http://www.kim.or.kr/

2018년도 대한금속 · 재료학회

춘계학술대회 초록집

2018 Spring Conference of the Korean Institute of Metals and Materials

날짜 2018년 4월 25일(수)~27일(금)

장소 제주국제컨벤션센터

주최 : (사)대한금속 · 재료학회

후원 : POSCO
현대제철
LS-NIKKO 동제련
(재)현송교육문화재단
제주컨벤션뷰로
한국과학기술단체총연합회
R&B
진우테크

KIM 대한금속·재료학회
THE KOREAN INSTITUTE OF METALS AND MATERIALS

초록집 목차

+ 초대의 글 1
+ 위원장 인사 2
+ 행사 및 발표 진행 안내 3
+ 춘계학술행사 행사 일정 4
+ 구두 발표일정 11
+ 포스터 발표일정 56
+ 구두 발표 88
+ 포스터 발표 308
+ 발표자 색인 482
+ 2018년도 임시총회 학회상 수상자 487
+ 부스배치 489
+ 경품 추첨 안내 490

발표장 안내도

제주국제컨벤션센터

2F

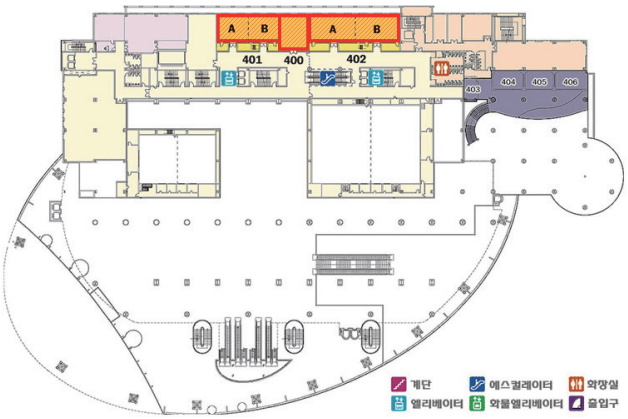
201A/B, 202A/B, 203

3F

한라홀, 삼다홀, 300, 301, 302, 303,
로비(포스터발표,경품추첨)

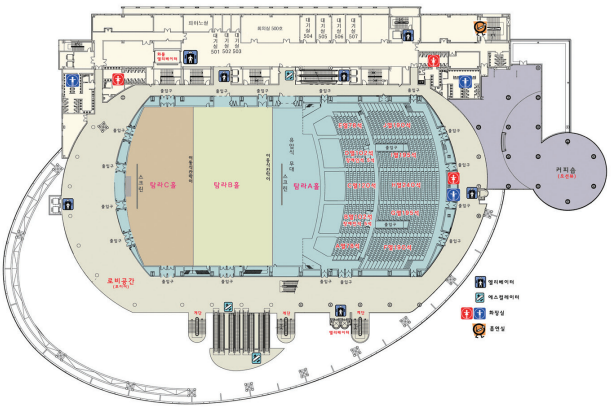
4F

400, 401A/B, 402A/B



5F

탐라홀(총회)



초대의 글

회원여러분 안녕하십니까?

만물이 소생하는 봄을 맞이하여 2018년도 임시총회 및 춘계학술대회는 천혜의 아름다움을 간직한 섬 제주도의 국제컨벤션센터에서 개최하게 되었습니다. 4월 25일부터 27일까지 3일간 개최되는 금번 학술대회에 학회 회원님들은 물론, 금속 · 재료 유관 분야에 종사하시는 관계자 여러분들의 많은 참석을 부탁드립니다.

이번 춘계학술대회에서는 금속 · 재료 각 분야 회원님들께서 수행해 오신 약 1,300여 편의 훌륭한 연구 결과에 대해 각 주제별 발표가 이루어질 예정으로, 모든 회원님들의 연구 수준을 한 단계 높일 수 있는 좋은 기회가 될 것이라 믿어 의심치 않습니다. 제1회 전력저장용 이차전지 심포지엄, 하이브리드 수소환원제철 심포지엄 등 27개의 다양한 심포지엄은 각계 연구개발자분들의 정보 교류를 활성화하여 국내외 금속 · 재료 분야의 미래 경쟁력 기반을 다지고 학술 및 기술 연구의 융합을 도모하는 계기가 될 것입니다. 특히 우리나라 전통문화산업 발전에 재료 분야의 기술 개발과 연구 성과가 기여할 수 있는 방안을 제시하기 위해 전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄도 함께 개설되어 운영될 예정입니다.

아울러 약 40여 개의 회사홍보, 기기전시, 인력채용 등을 위한 부스를 개설하여 회원 여러분과 산업체의 관심과 요구에 부응하고 적극적인 교류 및 홍보를 통해 학계와 산업계가 서로 상생할 수 있는 자리를 마련할 예정입니다.

아름다운 풍광을 배경으로 진행되는 이번 학술대회가 회원 여러분들의 학문적 발전과 성과를 공유할 수 있는 뜻 깊은 자리가 될 수 있도록 적극적인 참여와 관심을 요청 드리며, 금번 행사가 모든 회원님들께서 향후 더욱 훌륭한 연구성과를 창출할 수 있는 자양분이 될 수 있기를 소망합니다.

2018년 4월

대한금속 · 재료학회 회장 홍 경 태

위원장 인사

회원 여러분, 안녕하십니까?

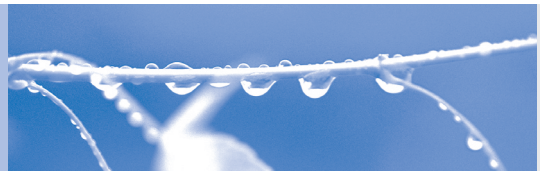
이번, 2018년도 대한금속 · 재료학회 춘계학술대회는 아름다운 섬 제주에서 개최됩니다. 우리 학회는 국제적 추세에 맞춰 학술대회 조직위원회를 구성하여 행사 전반을 보다 체계적으로 조직 하였습니다. 이번 춘계학술대회도 새로운 운영체계 하에서 학회의 미래상에 부합되도록 학술 프로그램의 내실화, 다양화, 개방화, 융합의 기조를 다져갈 작은 변화들을 시도하였습니다.

우리나라의 금속 및 재료분야 학술연구와 산업의 수준은 회원 여러분들께서 아시는 바와 같이 이미 세계 정상급에 가까이 가 있습니다. 이러한 성과를 얻기까지 우리 학회가 큰 기여를 해왔다고 자부하고 있습니다. 우리 학회는 그동안 매년 봄, 가을에 학술대회를 개최하여 금속 및 재료분야의 산 · 학 · 연 전문가들이 새로운 연구성과를 공유하고 학술정보를 실시간 교류하는 활동을 확대 · 발전시켜 왔습니다. 이러한 활발한 학술대회 활동이 밑바탕이 되어 우리 학회가 발간하는 3개의 학술논문지가 모두 SCI(E)에 등재되는 등 우리 학회는 금속 및 재료분야에 있어서 대한민국을 대표하는 공학학회로서 그 역할을 충실히 수행해왔습니다.

그간 우리 학회가 이룩한 발전과 성과는 모두 회원님들의 열정적이고 헌신적인 연구와 참여의 노력들이 축적된 결과라고 생각합니다. 아무쪼록 이번에도 회원 여러분의 적극적 참여를 통해 학술대회가 성황리에 개최될 수 있도록 협조해주시기 바랍니다.

2018 춘계학술대회 조직위원장 이 창 규, 변 지 영

행사 및 발표 진행 안내



❖ 대회 기간 : 2018년 4월 25일 수요일 ~ 4월 27일 금요일, 3일간

❖ 대회 장소 : 제주 ICC, TEL: 064-735-1000

❖ 학술대회 등록비

구분	사전등록비		현장등록비	
	회원	비회원	회원	비회원
일반	140,000	210,000	160,000	230,000
학생	90,000	140,000	110,000	160,000

※ 사전등록 취소 및 환불은 4월 10일까지 가능합니다.

구두세션 안내

❖ 구두 발표자료 준비

- 발표자료는 개인별로 이동용 저장 장치에 담아 오시기 바랍니다.(MS오피스 2010)
- 발표자료는 휴게시간을 이용하여 발표장 노트북에 미리 옮겨 두시기 바랍니다.
- 강연장에는 연사용 노트북이 준비되어 있으며, 개인노트북 연결 사용은 불가합니다.
- 발표자께서는 발표시간 20분 전까지 입장을 하셔야 합니다.

❖ 구두 발표 시간

- 일반발표 : 15분 발표, 10분 발표 후 5분간 질의응답으로 진행
- 초청강연 : 25분~30분(질의 및 응답 5분 포함)

※심포지엄의 발표시간은 심포지엄 별로 발표시간이 다르게 배정됨.

포스터세션 안내

- 포스터 발표 보드 부착 공간은 가로(폭) 100cm × 세로(높이) 120cm 크기로 준비하며, A4 기준으로 12장이 (가로 또는 세로로)부착 될 수 있습니다.
- 포스터 보드판 상단에 발표 번호가 마킹이 되어 있으므로 해당 포스터 번호에 포스터 부착물을 부착해주시기 바랍니다. 부착은 반드시 투명테이프로만 할 수 있으며, 부착도구는 행사장 내에 비치된 부착물품을 이용 해 주시기 바랍니다.
- 발표부착물은 첫 장에(또는 서두에) 발표제목, 발표자 성명, 발표자 재직처가 명시될 수 있도록 준비 바랍니다.
- 포스터 질의 및 응답시간에는 본인 발표 포스터 앞에 정위치 하여야 합니다.
- **포스터 발표시간이 종료된 이후는 종료 후 10분 이내에 부착물을 탈착 하여야 하며 15분 이후 부착된 발표물은 학회 진행 요원에 의하여 임의 탈착되어 임의 처리 됩니다.**
- 포스터발표자 출석체크는 질의 및 응답시간에 게시된 부착물 여부로 출석을 체크합니다.

학생구두발표 및 우수포스터 시상안내

- 모든 포스터발표에 대해서 심사를 거친 후 우수포스터를 선정하여 시상을 하게 됩니다.
- 학생구두발표에 대해서 심사를 거친 후 우수발표에 대하여 시상을 하게 됩니다.

좌장위원, 포스터 심사위원 출석확인

- 좌장위원 : 좌장위원은 해당 발표장에 20분전에 입실 해 주시고 발표장 운영 요원에게 출석을 확인 해주시기 바랍니다.
- 포스터 심사위원 : 포스터 심사위원은 등록대 옆 포스터 운영 테이블로 오셔서 출석 확인 후 심사용지를 수령 해주시기 바랍니다.

춘계학술행사 행사 일정

4월 25일 수요일

시간	행사 일정	비고
09:00-18:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
10:00-12:30	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
10:00-16:00	포스터세션 발표 I	3층 로비
10:00-18:00	전시부스 홍보 진행	3층 로비
12:30-13:30	점심시간	5층 탐라홀
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	3층 로비
13:30-18:00	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
18:30-20:30	수상자 및 역대회장 초청 만찬	부영호텔
18:30-21:00	튜토리얼세션 (별도 등록)	삼다 B

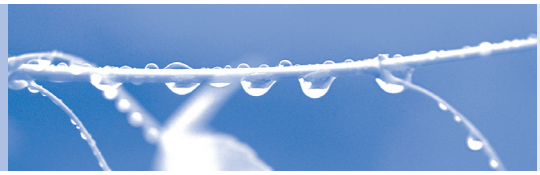
4월 26일 목요일

시간	행사 일정	비고
08:30-18:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:00-12:30	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
09:00-16:00	포스터세션 발표 II	3층 로비
09:00-18:00	전시부스 홍보 진행	3층 로비
12:30-13:30	점심시간	5층 탐라홀
13:30-18:00	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	3층 로비
17:00-17:30	경품 추첨	3층 로비
18:00-18:15	총회 강연	5층 탐라홀
18:15-20:00	총회 / 학회상 시상식 / 간친회	5층 탐라홀

4월 27일 금요일

시간	행사 일정	비고
08:30-17:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:00-12:30	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
09:00-16:00	포스터세션 발표 III	3층 로비
09:00-16:00	전시부스 홍보 진행	3층 로비
12:30-13:30	점심시간	5층 탐라홀
13:00-13:30	포스터세션 I 질의 및 응답시간	3층 로비
13:30-17:00	구두세션 발표	각 발표장(2~4층)
16:00-16:30	경품 추첨	3층 로비

발표일정



4월 25일(수) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 장재일 학술이사, 염종택, 이효종 위원
학생구두발표 우수상 선정위원 : 장재일 학술이사, 염종택, 이효종 위원 / 포스터 세션 진행 : 홍현욱 학술이사, 손일, 황병철 위원
우수포스터상 선정위원 : 홍현욱 학술이사, 손일, 황병철 위원 / 튜토리얼 진행 위원: 박찬진 학술이사

구분	구두 발표													
	삼다A	삼다B	300	301	303	201A	201B	202A	202B	203	401	402A	402B	3층 로비
09:00 ~18:00	행사 등록													
10:00 ~12:30	철강I	철강II	주조 및 응고	비철금속I	비철금속II	에너지재료	나노소재	전산재료 과학	타이타늄	첨단 융합분석 기술 심포지엄	에너지 기능소재 집합조직 심포지엄	계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄	재료분석	포스터 세션-1
12:30 ~13:30	점심 식사(5층 탐라홀)													
13:00 ~13:30	포스터 발표 질의 및 응답 시간													
13:30 ~15:00	철강I	철강II	형상기억 합금 심포지엄	철강III	비철금속II	에너지재료	나노소재	전산재료 과학	타이타늄	첨단 융합분석 기술 심포지엄	에너지 기능소재 집합조직 심포지엄	계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄	Nanomaterials for 3D printing & printed electronics	포스터 세션-1
15:00 ~15:10	Break													
15:10 ~18:00	철강I	철강II	형상기억 합금 심포지엄	철강III	비철금속II	에너지재료	나노소재	전산재료 과학	타이타늄	첨단 융합분석 기술 심포지엄	에너지 기능소재 집합조직 심포지엄	계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄	Nanomaterials for 3D printing & printed electronics	포스터 세션-1

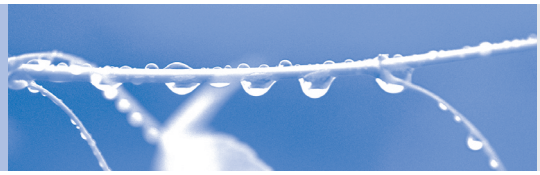
발표일정

4월 26일(목) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 김일호, 이선영, 여종석 위원
학생구두발표 우수상 선정위원 : 김일호, 이선영, 여종석 위원 / 포스터 세션 진행 : 임재원 학술이사, 박주현, 임창동 위원
우수포스터상 선정위원 : 임재원 학술이사, 박주현, 임창동 위원

구분	구두 발표														
	삼다A	한라B	한라A	300	301	303	201A	201B	202A	202B	203	401	402A	402B	3층 로비
08:30 ~18:00	행사 등록														
09:00 ~12:30	4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용	New-Horizon: 재료분야의 인공지능 및 시뮬레이션 적용기법과 사례	철강기술 심포지엄	극한 환경재료 심포지엄	소재부품 안전 신뢰성 심포지엄	전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄	철강IV	열전재료	피로 및 파괴 심포지엄	타이타늄 심포지엄	High Entropy Alloy 심포지엄 I	금속 3D프린팅 재료 및 공정	알루미늄 심포지엄	전력저장용 이차전지 심포지엄	포스터 세션-2
12:30 ~13:30	점심 식사(5층 탐라홀)														
13:00 ~13:30	포스터 발표 질의 및 응답 시간														
13:30 ~15:00	4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용	New-Horizon symp. 13:20 ~15:30	철강기술 심포지엄	극한 환경재료 심포지엄	소재부품 안전 신뢰성 심포지엄	전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄	감성소재 부품 심포지엄	융합재료 Biomimetic Engineering	피로 및 파괴 심포지엄	타이타늄 심포지엄	High Entropy Alloy 심포지엄 I	금속 3D프린팅 재료 및 공정	알루미늄 심포지엄	전력저장용 이차전지 심포지엄	포스터 세션-2
15:00 ~15:10	Break														
15:10 ~18:00	4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용	15:30 ~18:00 미래의 소재기술 심포지엄	철강기술 심포지엄	극한 환경재료 심포지엄	소재부품 안전 신뢰성 심포지엄	전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄	감성소재 부품 심포지엄	융합재료 Biomimetic Engineering	피로 및 파괴 심포지엄	타이타늄 심포지엄	High Entropy Alloy 심포지엄 I	금속 3D프린팅 재료 및 공정	알루미늄 심포지엄	전력저장용 이차전지 심포지엄	포스터 세션-2
18:00 ~18:15	총회 강연 (5층 탐라홀)														
18:15 ~20:00	총회 및 학회상 시상식 (5층 탐라홀)														

발표일정



4월 27일(금) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 박진우, 최현주 위원
학생구두발표 우수상 선정위원 : 박진우, 최현주 위원 / 포스터 세션 진행 : 김유찬, 이종수, 임혜인 위원
우수포스터상 선정위원 : 김유찬, 이종수, 임혜인 위원

구분	구두 발표														
	삼다A	삼다B	300	301	303	201A	201B	202A	202B	203	400	401	402A	402B	3층 로비
08:30 ~17:00	행사 등록														
09:00 ~12:30	전자재료	재료강도	표면처리	상변태 심포지엄	하이브리드 수소환원 제철 심포지엄	수소재료 안전 심포지엄	열전재료II	분말재료	High Entropy Alloy 심포지엄 II	수요자 맞춤형 소재설계 및 제조기술	지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄	미래자석 심포지엄	물분해 및 인공광합성 재료	마그네슘	포스터 세션-3
12:30 ~13:30	점심 식사(5층 탐라홀)														
13:00 ~13:30	포스터 발표 질의 및 응답 시간														
13:30 ~15:00	전자재료	재료강도	표면처리	상변태	하이브리드 수소환원 제철 심포지엄	수소재료 안전 심포지엄	복합재료	마찰 마모	용접 및 접합	수요자 맞춤형 소재설계 및 제조기술	지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄	미래자석 심포지엄	생체재료 6	여성세션	포스터 세션-3
15:00 ~15:10	Break														
15:10 ~17:00	전자재료	재료강도	표면처리	상변태	하이브리드 수소환원 제철 심포지엄	수소재료 안전 심포지엄		마찰 마모	용접 및 접합	수요자 맞춤형 소재설계 및 제조기술					포스터 세션-3

발표일정

포스터 발표 일정

4월 25일(수) 포스터 발표 (Poster - I)	4월 26일(목) 포스터 발표 (Poster - II)	4월 27일(금) 포스터 발표 (Poster - III)
P1 에너지재료	P13 비철금속II	P23 표면처리
P2 나노소재	P14 철강	P24 상변태
P3 재료분석	P15 타이타늄	P25 분말재료
P4 주조 및 응고	P16 열전재료	P26 가공-용접 및 접합
P5 소성가공	P17 제4회 High Entropy Alloy 심포지엄	P27 마그네슘
P6 열처리	P18 금속 3D 프린팅 재료 및 공정	P28 전자재료
P7 전산재료과학	P19 알루미늄 심포지엄	P29 생체재료
P8 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄	P20 제19회 피로 및 파괴 심포지엄	P30 재료강도
P9 비철금속I	P21 융합재료과학	P31 마찰마모
P10 형상기억 합금심포지엄	P22 제1회 전력저장용 이차전지 심포지엄	P32 제5회 수소재료안전 심포지엄
P11 에너지/기능소재 집합조직 심포지엄		P33 복합재료

총회 강연

5층 탐라홀, 4월 26일(목) 18:00~18:15

좌장 : 이창규 학술부회장

AW-1 Welding Metallurgy - Weldability

이창희 교수[1]
[1]한양대학교.

Welding technology have been developed together with the advance and prosperity of the steel industry. Today's endeavors to obtain high performance materials also demand for high-quality weldments corresponding with high-performance steel. However, the more research about welding have been being required because various types of weld failure in advanced steels has still been reported, such as hot cracking and hydrogen induced cold cracking. With this background, a wide range of welding research is being carried out to obtain high-quality weldments, including welding metallurgy, computational simulation, real-time management, equipment, and etc. Among them, welding metallurgy is essential academic discipline since inevitable microstructural changes due to thermo-mechanical stress occur during welding procedures. Especially, chemical and physical reactions as well as phase transformation make more complex and hard to understand the variations of physical and mechanical properties in weldments. Therefore, the importance of researching weldability in various alloys is quite necessary for all advanced industrial fields and their progress. In the presentation, introduction of welding metallurgy will be presented along with research areas studied in my laboratory. By introducing our completed and on-going researches about the weldability, the importance of understanding welding metallurgy in evolution of steels will be reconfirmed and explained.

제87회 철강기술 심포지엄
"극저온용 고Mn강의 기술개발 현황 및 전망"

한라A, 4월26일 09:30~17:00

Time	Title	Name/affiliattin
09:30~09:40	Opening Address	Dr. Choi, Joo/Head of Technical Research Laboratories of POSCO
09:40~09:50	Congratulatory Address	Mr. Oh, Woon-yul/Director General for Maritime Affairs and Safety Policy Bureau, MOF
Session Ⅰ : 신소재 적용을 위한 국제법규		Session Chair: Prof. Lee, Kang-Ki, Prof. An, Gyubaek
09:50~10:20	International Standards for the Cryogenic Use of High Manganese Austenitic Steel on Ships	Mr. Linsner/Marshal Island
10:20~10:50	Use of High Manganese Austenitic Steel in LNG Cargo and Fuel Tanks	Dr. Znati/USCG
10:50~11:10	Break	
11:10~11:40	Suitability of High Manganese Austenitic Steel for Cryogenic Service	Mr. Lindgren /DNV
11:40~12:10	ISO Standard Development of Specification of High Manganese Austenitic Steel Used for LNG Tanks on Ships	Dr.Lee, Sei-Chang/TJ Ship Design
12:10~13:40	Lunch	
Session Ⅱ : 극저온용 고Mn강을 이용기술		Session Chair: Dr. Lee Sei-Chang, Prof. Chang Daejun
13:40~14:10	Commercialization of High Manganese Austenitic Steel for Cryogenic Application	Dr. Lee, Unhae/POSCO
14:10~14:40	Welding Consumables for High Manganese Austenitic Steel for Cryogenic Application	Dr. Han, Ilwook/POSCO
14:40~15:10	Fracture Toughness Assessment with High Mn Steel Weld Joints	Porf. An, Gyubaek/Chosun Univ.
15:10~15:30	Break	
15:30~16:00	Study of the Influence on Material Industry due to Strengthened Maritime Environmental Regulations	Prof. Lee, Kang-Ki/KMOU
16:00~16:30	Development of Lattice Pressure Vessel (LPV)	Prof. Chang, Daejun/KAIST
16:30~17:00	Development of LNG Fueled Ships using High Manganese Austenitic Steel	Mr. Lee, Dong-Kwon/DSME

철강I

위원장 : 최주(POSCO)
총무간사 : 최종교(POSCO)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 삼다A, 04월 25일

좌장 : 강영조(동아대학교)

철강1-1 | 10:00

인공지능을 이용한 고로 자동 조업 기술 개발
손상한[1], 전지원[2], 나지훈[2], 정인현[2], 박지성[3], 손기완[3]
[1]㈜포스코 기술연구원. [2]㈜포스코 기술연구원. [3]㈜포스코 포항제철소 제선부.

철강1-2 | 10:15

Density, Surface Tension and Structural Investigation of $CaO-Al_2O_3$ Slag
Ramaraghavulu Rajavarm[1], Joonho Lee[1]
[1]고려대학교 신소재공학부.

철강1-3 | 10:30

Numerical Simulation for the Evolution of the Size and Density of Non-metallic Inclusions: Nucleation, Growth, and Removal - Case Study for Al_2O_3 Inclusions
Jonathan Spring[1], Manas Paliwal[2], 정인호[3]
[1]5N Plus Montreal Canada. [2]IIT Gandhinagar India. [3]서울대학교.

철강1-4 | 10:45

Behavior of Frozen Steel Deposition on Submerged Entry Nozzle in Continuous Casting of Ti-ULC steels
Joo-Hyeok Lee[1], Sung-Kwang Kim[2], Myeong-Hun Kang[3], Min-Su Kim[4], Youn-Bae Kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSCTECH. [2]Gwangyang Works, POSCO. [3]Technical Research Laboratories, POSCO. [4]Korean Institute of Industrial Technology.

철강1-5 | 11:00

Al이 첨가된 고Mn강의 내부산화 거동과 표면크랙의 상관성 연구
이소담[1], 강신언[2], 조경철[2], 이재상[1], 허윤욱[1], 임창희[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포스코 기술연구소.

좌장 : 손상한 (㈜포스코 기술연구원)

철강2-1 | 11:15

고로 내용적에 따른 연화융착대 형상 변화에 대한 전산해석적 연구
이동조[1]
[1]㈜포스코.

철강2-2 | 11:30

전로내 2차 연소 반응에 의한 가스 및 열 유동 해석 연구
이지아[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

철강2-3 | 11:45

탈황효율 및 용강청정도를 고려한 2차정련 래들 슬래그 최적화
강진규[1], 박주현[1]
[1]한양대학교.

철강2-4 | 12:00

Thermodynamic Optimization in the Fe-Mn-Si-C system
Min-Kyu Paek[1], Youn-Bae Kang[2], In-Ho Jung[1]
[1]Seoul National University. [2]Pohang University of Science and Technology.

철강2-5 | 12:15

연속 냉각 및 항온 유지 시 탄소강 내의 Cu_2S 의 석출 거동
이수연[1], 허윤욱[1], 조중욱[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

좌장 : 이준호(고려대학교)

AW-3 | 13:30 현송공학상 수상기념강연

4차 산업혁명 시대에 대응한 제철소의 준비와 대응
이계영[1], 최주태[1], 고향진[1], 안재환[1], 구남훈[1], 이정한[1]
현대제철 기술연구소

AW-4 | 13:55 POSCO젊은철강상 수상기념강연

핵융합 발전용 저방사화 철강소재 개발
이창훈[1], 문준오[1], 이태호[1], 홍현욱[2], 신찬선[3], 장동찬[4], 이명규[5]
[1] 재료연구소. [2]창원대학교 [3]명지대학교. [4]KAIST. [5]서울대학교.

Break Time | 14:20

좌장 : 정인호(서울대학교)

철강3-1 | 14:25

고반응성 신장입 원료 사용에 따른 고로내 광석 환원 영향 평가
이종협[1], 김병철[1], 김혁[1], 윤호준[1]
[1]현대제철기술연구소.

철강3-2 | 14:40

$SiO(g)-C(s)$ 반응을 통한 SiC 생성 반응 속도론
오준석[1], 이준호[1]
[1]고려대학교 신소재공학과.

철강3-3 | 14:55

장입조건에 따른 미분광 브리켓의 장입거동 해석
김강민[1], 배종호[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

철강3-4 | 15:10

Effect of Additives on Polymeric Structure and MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Point in High Alumina-beraing Slag System
윤철민[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

철강3-5 | 15:25

Al Deoxidation and S Distribution Equilibria Between Molten CaO–Al_2O_3 Slag and Fe–Cr Alloy

도경효[1], 김도형[1], 장정목[1], 박종진[1]

[1]한양대학교.

철강3-6 | 15:40

Hot Ductility Behavior of a High Alloy Steel

민준홍[1], 권상흠[1], 문상운[2], 조경철[2], 이소담[1], 김동규[3], 이재상[1], 허윤욱[1], 임창희[1]

[1]포항공대 철강대학원(GIFT). [2]포스코. [3]동아대학교.

Break Time | 15:55

좌장 : 강윤배 (포항공과대학교)

철강4-1 | 16:00

소결 배가스순환설비 개발

박종인[1], 정은호[1], 조병국[1]

[1]포스코 기술연구원.

철강4-2 | 16:15

Effect of Direct Reduced Iron (DRI) on the Dephosphorization of Molten Steel in Electric Arc Furnace (EAF) Steelmaking

허정호[1], 박주현[1]

[1]한양대학교.

철강4-3 | 16:30

Soft blowing을 위한 전로용 초음속 jet 노즐 분출 거동 연구

권재홍[1], 이기우[1], 신동엽[2], 한정환[1]

[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포스코 제강연구그룹.

철강4-4 | 16:45

Electrochemical Method for Controlling Slag–metal Reaction in Molten CaO–SiO_2–Al_2O_3 system.

이상훈[1], 민동준[1]

[1]연세대학교신소재공학과.

철강4-5 | 17:00

블룸 턴디시에서 개재물의 분리부상능 강화를 위한 최적 댐 형상에 대한 수치적 연구

김성줄[1], 서정도[1]

[1]㈜포스코 기술연구원.

철강4-6 | 17:15

잉곳 압탕비 감소에 따른 주축 제조 공정 최적화 설계

김남용[1], 주병돈[1], 이채훈[1], 허상현[1], 윤선룡[1], 이진모[1], 장희상[1], 문영훈[2]

[1]㈜태웅. [2]부산대학교 기계공학부.

철강4-7 | 17:30

슬래그의 고부가화를 위한 단열소재 제조기술 개발

정은진[1]

[1](재)포항산업과학연구원.

철강II

위원장 : 최주(POSCO)
총무간사 : 최종교(POSCO)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 삼다B, 04월 25일

좌장: 성효경(경상대학교)

철강7-1 | 11:00

경량고강도 FeMnAlC 합금 주조재의 Si 첨가에 따른 κ-carbide의 C partitioning 효과 및 전위거동 상관성에 대한 원자단위적 해석

김치원[1], 박성주[1], Mathieu Terner[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], *홍현욱[1]

[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.

철강7-2 | 11:15

Stacking Fault Energy and Deformation Mechanisms in Fe–xMn–0.6C–yAl TWIP Steel

김진경[1]

[1]성균관대학교 에너지과학과.

철강7-3 | 11:30

Nb 첨가 TWIP강의 냉연 후 미재결정 소둔에 따른 기계적 성질 변화

권호준[1], 김진경[1], 김성준[1], Bian Jian[2], Hardy Mohrbacher[3], 송태진[4], 김성규[4]

[1]포항공대 철강대학원. [2]CBMM Asia PTE Ltd. [3]NiobelCon bvba. [4]포스코 기술연구원.

철강7-4 | 11:45

12Al 함유 경량강에서 Cr이 미세조직과 기계적 특성 및 부식 특성에 미치는 영향

김경원[1], 이창훈[1], 하헌영[1], 박성준[1], 이태호[1], 이영주[2]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실. [2]포항산업과학연구원 금속소재연구그룹.

철강7-5 | 12:00

변형 유기 페라이트 상변태를 이용한 이상 경량 철강의 기계적 물성 향상

이용문[1], 김재남[1], 이태경[2], 이종수[1]

[1]포항공과대학교. [2]부산대학교.

철강7-6 | 12:15

Development of Precipitation Hardened Austenitic High Mn Steels for Automotive Applications

Yunik Kwon[1], Nack J. Kim[1]

[1]GIFT POSTECH.

좌장 : 황병철(서울과학기술대학교)

철강8-1 | 13:30

590 MPa급 냉연 초고장력 강판의 신장 플랜지성에 영향을 미치는 인자에 대한 연구

박봉준[1], 박진성[1], 허성열[1], 김성주[1]

[1]현대제철 기술연구소.

철강8-2 | 13:45

자동차 외판용 BH강 개발 현황 및 Boron 첨가 이슈

이제웅[1], 하유미[1]

[1]㈜포스코.

철강8-3 | 14:00

A Study on Mechanical Property of Martensitic Automotive Steel After Hot Stamping

Byung-Gil Yoo[1], Chee Woong Song[1], Chun Gu Kang[1], Hyoung Hyup Do[1], Sung Yul Huh[1], Seong Ju Kim[1]

[1]Hyundai steel R&D center.

철강8-4 | 14:15

고경도강의 상온 인장, 고주기 피로 특성에 미치는 bainite/martensite 상 분율 제어 열처리의 영향

백민석[1], 김규식[1], 박태원[2], 김홍규[2], 이기안[1]

[1]인하대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소.

철강8-5 | 14:30

Application of the Virtual Fields Method to Determine Dynamic Properties at Intermediate Strain Rates

Jin-Hwan Kim[1], Jin-Seong Park[1], Frederic Barlat[1]

[1]Pohang University of Science and Technology (POSTECH).

철강8-6 | 14:45

방향성 전기강판 열간압연 압하율 분배에 따른 집합조직 변화

고경준[1], 박종태[1]

[1]포스코 기술연구원.

Break Time | 15:00

좌장: 이재상(포항공과대학교)

철강9-1 | 15:10

강의 결정립 크기 변화를 통한 SOFC 분리판용 고크롬 페라이트계 스테인리스강의 산화 특성 향상

김병규[1], 김동익[1], 정인호[2], 이경우[2]

[1]한국과학기술연구원. [2]서울대학교.

철강9-2 | 15:25

TP347H 오스테나이트계 내열강에서 $M_{23}C_6$ 입계 석출물 및 MC 입내 석출물 거동이 불순물의 입계 편석에 미치는 영향

홍창완[1], 허윤욱[2], 허남회[1], 김성준[2]

[1]GIFT. [2]POSTECH.

철강9-3 | 15:40

고강도 강판의 저항점용접 액상금속취화(LME) 크랙의 종류와 특성 고찰

Yeong-Do Park[1], Siva Prasad Murugan[1]

[1]Dong-Eui University.

철강9-4 | 15:55

물류운송용 철재 파렛트 개발을 위한 3원계 합금도금강판 적용성 연구

이재원[1], 최성열[2], 오민석[3]

[1]포항금속소재산업진흥원. [2]㈜삼정산업. [3]한국생산기술연구원.

철강9-5 | 16:10

핫 프레스 강의 수소 취성 거동에 미치는 도금의 영향

조경래[1], 김성우[2], 김성준[1]

[1]포항공대철강대학원. [2]포스코 기술연구원.

철강9-6 | 16:25

삼원계 합금도금강판용 친환경 후처리 피막 품질 특성

조수현[1], 최창훈[1]

[1]POSCO 기술연구원.

가공- 주조 및 응고

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)
Room 300, 04월 25일

좌장 : 최윤석(부산대학교)

주조1-1 | 10:00

단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 결정립 방위 및 응고 공정에 따른 기계적 특성 변화

권순철[1], 신종호[2], 구지호[2], 주윤곤[1], 이재현[1]

[1]창원대학교. [2]두산중공업.

주조1-2 | 10:15

가스터빈용 초내열합금의 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 열처리의 영향

구지호[1], 송영석[1], 김영대[1], 송전영[1], 배현나[1], 석진익[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원.

주조1-3 | 10:30

발전용 로터 강괴 제조를 위한 니켈기 초내열합금의 재용해 공정 연구

배현나[1], 김민수[1], 김정욱[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원.

주조1-4 | 10:45

첨가원소에 따른 Al-Si-Mg계 합금의 Mg2Si 미세구조 변화와 기계적 특성 평가

김병주[1], 장광주[1], 박용호[2], 이영철[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]부산대학교.

Break Time | 11:00

좌장 : 조영희 (재료연구소)

주조2-1 | 11:10

Heat Treatment Method for Proto-type Aluminum Sand Castings in Automotive Industry

hyung sop yoon[1]

[1]Hyundai motors R&D division.

주조2-2 | 11:25

A356 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 Sr 함량 및 냉각속도의 영향

유준휘[1], 정택균[1], 김상욱[1], 김윤준[1], 현승균[1], 박병옥[2], 한건기[2], 손주희[2]

[1]인하대학교 공과대학 신소재공학부. [2]핸즈코퍼레이션.

주조2-3 | 11:40

친환경 중자를 이용한 자동차용 실린더 헤드 제조 기술

조성환[1], 김승기[1], 윤종주[1], 권순일[1]

[1]동서기공.

주조2-4 | 11:55

차압주조된 A356합금의 T5 열처리 : 기계적 성질과 미세조직 간 상관관계 및 항복강도 모델 개발

김민수[1], 김상원[2], 곽기훈[1], 이석재[1], 김대업[3]

[1]한국생산기술연구원 전북지역본부. [2]전북대학교 금속시스템공학과. [3]명화공업㈜ 기술연구소.

형상기억합금 심포지엄

위원장 : 남태현(경상대학교)
실무위원 : 김연욱(계명대학교), 김재일(동아대학교), 노정필(경상대학교), 최미선(포항산업과학연구원)
Room 300, 04월 25일

좌장 : 김재일(동아대학교)

형상1-1 | 13:30

TiNi 합금의 R상변태 온도에 미치는열처리의 영향
김재일[1]
[1]동아대학교.

형상1-2 | 13:45

Fe-Ni-Co-Al-Ti-B 다결정합금의 초탄성효과
이도엽[1], Toshihiro Omori[2], Ryosuke Kainuma[2]
[1](재)포항산업과학연구원. [2]Tohoku University.

형상1-3 | 14:00

(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 가공성 및 미세구조
김성철[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

형상1-4 | 14:15

Effect of Porosity on Mechanical Properties of Ti-Ni-Mo Biomedical Alloys
김연욱[1]
[1]계명대학교.

형상1-5 | 14:30

수소화탈수소화 공정을 이용한 Ti-Zr계 합금 분말 제조공정 연구
최미선[1], 강희수[1]
[1]포항산업과학연구원.

Break Time | 14:45

좌장 : 최미선(포항산업과학연구원)

형상2-1 | 14:55

Superelastic Properties of Ti-based Alloy Fibers Fabricated by Melt Overflow
LI SHUANGLEI[1], Yeon-wook Kim[2], Tae-hyun Nam[1]
[1]Gyeongsang National University. [2]Keimyung University.

형상2-2 | 15:10

생체용 Ti-Nb-Zr-Sn 합금의 형상기억특성
김진용[1], 마봉건[2], 김재일[1]
[1]동아대학교 공과대학 신소재공학과. [2]㈜현테크.

형상2-3 | 15:25

생체용 Ti-Zr-Nb-Sn-O 합금의 형상기억특성
박정빈[1], 마봉건[2], 김재일[1]
[1]동아대학교 공과대학 신소재공학과. [2]㈜현테크.

형상2-4 | 15:40

혈관계 스텐트용 NiTi합금 튜브의 나노결정립화 및 특성평가
염종택[1], 박찬희[1], 이상원[1], 김재호[1], 신기승[1], 최성우[1], 홍재근[1], 박지태[2], 안순태[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]삼화스틸 주식회사.

비철금속I

위원장 : 이재천(한국지질자원연구원)
총무간사 : 김병수(한국지질자원연구원)
Room 301, 04월 25일

좌장 : 강정신(한국지질자원연구원,UST)

비철2-1 | 10:30

고온 공초점레이저주사현미경 실험을 통한 불화물계 용융염 내 MgO의 용해 거동 평가
이유민[1], 양재교[2], 민동준[3], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]고등기술연구원. [3]연세대학교.

비철2-2 | 10:45

A Thermodynamic Study on the Reduction Behavior of Nickel Oxide Powder
이동수[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

비철2-3 | 11:00

온도 변화 및 플럭스 첨가에 따른 일메나이트의 탄소환원 거동
김동현[1], 허정호[1], 박현식[2], 김민석[2], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]한국지질자원연구소 (KIGAM).

비철2-4 | 11:15

Recycling of Waste Lithium Ion Batteries Through High Temperature Pyrometallurgy.
OhSung Kwon[1], Il Sohn[1]
[1]Yonsei University.

비철2-5 | 11:30

불용성 양극을 이용한 아연 전해회수에 공정 변수의 영향 연구
김동현[1], 김선정[1]
[1]울산대학교 첨단소재공학부.

비철2-6 | 11:45

Anodic Behavior due to the Difference of Zr Concentration in CuZr during Electrorefining using Ba_2ZrF_8-LiF Electrolyte
이성훈[1], 이영준[2], 유병욱[1], 이종현[1]
[1]충남대학교. [2]급속응고신소재연구소(RASOM).

비철2-7 | 12:00

염수에서 Mg(OH)2의 결정화 추출 연구
정지수[1], 김영서[2], 정인호[1]
[1]서울대학교. [2]McGill University.

철강III

위원장 : 최주(POSCO)
총무간사 : 최종교(POSCO)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 301, 04월 25일

좌장 : 한정호 (충남대학교)

철강10-1 | 13:30

Mo 무첨가 lean duplex stainless Steel의 시효에 따른 상변태 및 인장특성

신익수[1], 정기채[1], 최점용[2], 박경태[1]
[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]중국 장강 POSCO 스테인레스 유한회사.

철강10-2 | 13:45

Role of Carbide and Martensite in Ultra-high Strength Improvement of Medium-Mn Tempered-martensite-based Lightweight Steel
Sukjin Lee[1], Seok-Hyeon Kang[1], Jea-Hoon Nam[1], Sang-Min Lee[1], Young-Kook Lee[1]
[1]Yonsei university.

철강10-3 | 14:00

결정립의 형태와 오스테나이트 안정성에 따른 10Mn 강의 기계적 물성 변화
김동휘[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강10-4 | 14:15

중성자 흡수재로 사용가능한 Boride-stainless steel의 미세조직 및 기계적 특성 비교
정승록[1], 정현도[1], 이상욱[1], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

철강10-5 | 14:30

고합금 공구강의 열역학 평형온도 계산을 통한 최적 오스테나이트화 처리 온도 예측
박동성[1], 전중환[2], 이민하[2], 손영일[3], 이석재[1]
[1]전북대학교 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹. [3]국방과학연구소.

철강10-6 | 14:45

Microstructure, Mechanical Properties and Deformation Mechanisms of Freeze-Casting Iron Foams
엄태경[1], 박혜지[1], 홍기철[1], 강진수[2], 성영은[2], 최희만[1]
[1]국민대학교신소재공학부신소재공정및평가실험실. [2]서울대학교.

철강10-7 | 15:00

Superplasticity in a lean Fe-Mn-Al steel
Seok-Hyeon Kang[1], Jeongho Han[2], Seung-Joon Lee[3], Megumi Kawasaki[4], Han-Joo Lee[5], Dirk Ponge[6], Dierk Raabe[6], Young-Kook Lee[1]
[1]Yonsei University. [2]Chungnam National University. [3]Osaka University. [4]Oregon State University. [5]University of Califonia San diego. [6]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

철강10-8 | 15:15

핫스탬핑용 보론강에 미치는 고주파 유도 가열을 이용한 템퍼링 공정의 영향
김안나[1], 임항준[1]
[1]한국산업기술대학교.

Break Time | 15:30

좌장 : 박성준 (재료연구소)

철강11-1 | 15:40

Effects of Pre-deformation on Edge Cracks of Non-oriented Electrical Steels During Cold Rolling
최현서[1], 구양모[1]
[1]포항공과대학교.

철강11-2 | 15:55

A Study on the Corrosion Properties of Lean Duplex Stainless Steels in Chloride Containing Synthetic Tap Water
조상원[1], 안정훈[1], 김정구[1], 조재동[2], 이승환[2]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과. [2]포스코.

철강11-3 | 16:10

3wt.% 염화칼슘 수용액에서 부식억제제의 종류 및 첨가량에 따른 철강의 부식 속도
박태준[1], 최영기[2], 장희진[3]
[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]한국환경사업단. [3]조선대학교재료공학과.

철강11-4 | 16:25

Enhanced Resistance of H Embrittlement in TWIP Steel by Partial Recrystallization Technique
Tak Min Park[1], Min Tae Kim[1], Motomichi Koyama[2], Kyeong-Ho Baik[1], Jeongho Han[1]
[1]Chungnam National University. [2]Kyushu University.

철강11-5 | 16:40

Microstructural Influence on Low-Cycle Fatigue Resistance of Coiled Tubing Steel
Kyungmin Noh[1], Chong Soo Lee[1]
[1]POSTECH.

철강11-6 | 16:55

해양용 강재의 전위밀도 변화에 따른 수소 확산속도 고찰
박철호[1], 강남현[1]
[1]부산대학교.

철강11-7 | 17:10 – Cancel

A Constitutive Model of TWIP Steel at Different Re-rolling Reduction
Jin-Sung Hong[1], Seok-Hyun Kang[1], Wontae Cho[2], Young-Kook Lee[1]
[1]Yonsei University. [2]POSCO.

비철금속II

위원장: 이재천(한국지질자원연구원)
총무간사: 김병수(한국지질자원연구원)
Room 303, 04월 25일

좌장 : 채홍준(고등기술연구원)

비철1-1 | 10:00

Synthesis and Mechanical Properties of 3D-Printed Co-Based Superalloy Foams
박혜지[1], Adam E. Jakus[2], Ramille N. Shah[2], 최희만[1], David C. Dunand[2]
[1]국민대학교 신소재공학부. [2]Northwestern University.

비철1-2 | 10:15

Re 저감형 2세대급 단결정 초내열합금의 계면반응 분석
정중은[1], 김인수[1], 최백규[1], 도정현[1], 정인용[1], 조창용[1]
[1]재료연구소(KIMS).

비철1-3 | 10:30

Cu clad Al(CCA) wire 의 기계적 특성 및 미세구조 관찰
김용근[1], 박현진[2], 홍순익[1]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한스코 기술연구소.

비철1-4 | 10:45

기지와 석출물간 계면에너지 제어에 의한 고강도 고연성 Al-Zn 주조재 합금 개발

허기녕[1], 한승전[2], 최은애[2], 안지혁[2], 이재현[1], 임성환[3]

[1]창원대학교. [2]재료연구소. [3]강원대학교.

비철1-5 | 11:00

Cu-Ti합금의 기계적, 전기적 특성에 미치는 Ti 함량 및 미량원소 첨가 효과

조민아[1], 한승전[2], 안지혁[2], 임성환[3], 김광호[1], 손영국[1]

[1]부산대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소. [3]강원대학교.

비철1-6 | 11:15

Cu-Fe-Mn-P계 고강도-고전도도 구리합금에 관한 연구

최준영[1], 곽원신[1], 조병래[1], 임성환[2]

[1]㈜풍산 소재기술연구원. [2]강원대학교.

비철1-7 | 11:30

주석-니켈 합금 다공성 집전체의 단일 전해도금 형성 연구

연건흠[1], 김선정[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부.

좌장 : 박인수(한국지질자원연구원)

비철3-1 | 11:45

Al-계 블루 컬러 합금의 Mg_2Si상 분율 및 분포도에 따른 색도 및 물성 변화 연구

문상철[1], 김영석[1], 박혜진[1], 최시연[1], 권성준[1], 홍성환[1], 김기범*[1]

[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

비철3-2 | 12:00

Cu-Zn 합금에 MnP 석출물 형성에 따른 변색 특성 연구

문선영[1], 박철민[1], 권태양[1], 남효문[1], 김준형[1]

[1]㈜풍산 소재기술연구원.

비철3-3 | 12:15

Development of Copper & Aluminum Alloy Color Control Technology for Vehicle Interior Metal

hoodam LEE[1], Jong Kook LEE[1], Yeon Beom JEONG[2], Ki Buem KIM[2]

[1]Hyundai Motor Company. [2]sejong university.

좌장 : 이정훈 (부경대학교)

비철4-1 | 13:30

청색 AlNi 석출 제어를 통한 $Cu_{100-x}(AlNi)_x$ 합금의 기계적 물성과 색 변화 연관성 연구

최시연[1], 정연범[1], 문상철[1], 박혜진[1], 김영석[1], 박상원[1], 권성준[1], 김기범*[1]

[1]세종대학교.

비철4-2 | 13:45

니켈폼에 대한 이속 압연 공정의 효과

정희태[1], 김우진[1]

[1]홍익대학교 첨단금속실험실.

비철4-3 | 14:00

Microstructural Analysis of Hydrogen Charged Zr-2.5wt%Nb Pressure Tube

장근옥[1], 임상엽[2], 김성수[1], 안동현[1], 이경근[1]

[1]한국원자력연구원. [2]경희대학교.

비철4-4 | 14:15

이트륨 입계편석에 따른 타이타늄 합금의 부식특성 변화

원소리[1], 서보성[2], 김효규[2], 하태권[1], 민석홍[1], 박광석[2]

[1]강릉원주대학교. [2]한국생산기술연구원.

Break Time | 14:30

좌장 : 김지웅(한국지질자원연구원)

AW-6 | 14:40 기술상 수상기념강연

Twin Roll Cast Mg/Cu 판재 제조 기술 개발

박우진[1], 권기혁[1], 오윤석[1], 박언병[1]

[1]포항산업과학연구원.

비철5-1 | 15:05

부식 관통 저항성이 향상된 알루미늄 열교환기 튜브 합금 개발

박인준[1], 김용상[1], 김정구[1]

[1]성균관대학교 신소재공학과.

비철5-2 | 15:20

미량원소의 첨가가 단결정 초내열합금의 고온 특성에 미치는 영향

윤대원[1], 유영수[1], 정희원[1], 서성문[1], 정인용[1]

[1]재료연구소.

비철5-3 | 15:35

증기발생기 전열관 틈새복합환경에서 Alloy 690의 응력부식균열특성

신정호[1], 김동진[1]

[1]한국원자력연구원.

비철5-4 | 15:50

황산 및 염화나트륨 수용액에서 열 교환기 알루미늄 관판의 부식 저항성

조수연[1], 김재중[2], 장희진[1]

[1]조선대학교. [2]구일공조.

Break Time | 16:05

좌장 : 박충권(서울대학교)

비철6-1 | 16:10

프레스 성형가공시 표면 마찰계수에 따른, 6천계 알루미늄 판재의 성형가공성 변화

허용강[1], 홍철희[2], 강헌[1], 김성녕[1], 박호준[1], 구남훈[1]

[1]현대제철. [2]한국하우톤.

비철6-2 | 16:25

Strip Cast Cu-Fe 판재 제조공정 및 특성

박우진[1], 권기혁[2], 오윤석[2], 박언병[2], 이재영[3]

[1]포항산업과학연구원. [2]포항산업과학연구원 재료공정연구소. [3]포스코 신사업실.

비철6-3 | 16:40

알루미늄 첨가 저비중 고내식 합금강 합금설계 및 특성

이영주[1], 남궁정[1], 이창훈[2], 홍현욱[3]

[1]포항산업과학연구원. [2]재료연구소. [3]창원대학교.

비철6-4 | 16:55

Mn 함량에 따른 Cu-Mn 합금의 열간압연 미세조직 및 기계적 특성 연구

권성준[1], 최시연[1], 박상원[1], 문상철[1], 박혜진[1], 김영석[1], 김기범*[1]

[1]세종대학교 나노신소재공학과.

에너지재료

위원장 : 김동환(고려대학교)
총무간사 : 김지현(고려대학교)
Room 201A, 04월 25일

좌장 : 정지원(한국과학기술원)

에너지1-1 | 10:00

유기 활물질과 탄소소재 복합체를 이용한 Na배터리 음극소재 개발
하현철[1], 남승훈[1], 현승민[1], 정수환[2]
[1]한국기계연구원. [2]경북대학교 응용화학공학부.

에너지1-2 | 10:15

이차전지 음극 활물질 Si-Ni-M (Cu, Ti, Fe, Al) 3원계 합금의 M조성에 따른 미세구조 변화 및 전기화학적 특성
정도현[1], Nurzhan Umirov[1], 김성수[1]
[1]충남대학교에너지과학기술대학원.

에너지1-3 | 10:30

리튬이차전지용 Nb_2O_5-Ge/GeO_2 음극물질의 합성과 전기화학적 특성
김경배[1], 김재헌[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

에너지1-4 | 10:45

Flexible LIB with OLED by Gel Polymer Electrolyte
IlHwan Kim[1], Chiwon Kang[2], Seunghoon Nam[1], Hoo-jung Lee[2], Seungmin Hyun[1]
[1]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). [2]Sungkyunkwan University.

에너지1-5 | 11:00

Carbon Nanofiber Grown on Si/Transition Metal Silicide Nanocomposite Anodes for Lithium Ion Batteries
장주영[1], 강인영[1], 이경우[2], 조영환[3]
[1]서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실/한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터. [2]서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실/서울대학교 신소재공동연구소. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

좌장: 여승환 (한국원자력연구원)

에너지2-1 | 11:15

Synthesis of C-N-B Materials Via Chlorination of Titanium Carbonitride and Titanium Boride Mixture
하대권[1], 이문균[1], 강신후[1], 정인호[1]
[1]서울대학교.

에너지2-2 | 11:30

Tunable 1D GaN/Carbon Composite Nanofibers as Anode for Li-Ion Batteries
Jiwon Jung[1], Chanhoon Kim[1], Jun Young Cheong[1], Soo-Ho Cho[1], Seok Won Song[1], Il-Doo Kim[1]
[1]한국과학기술원(KAIST).

에너지2-3 | 11:45

Phase Transitions of Si-alloy Anode Upon Cycling
Nurzhan Umirov[1], 김성수[1]
[1]충남대학교에너지과학기술대학원.

에너지2-4 | 12:00

Computationally Predictable and Controllable Dopant Substitution Effect on Battery Performance of LTO: First Principle Study
조한얼[1], 최희채[2], 이규환[1]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]㈜버추얼랩.

에너지2-5 | 12:15

Coercivity Enhancement of Sintered Nd-Fe-B Magnets by Grain Boundary Diffusion Process
Sumin Kim[1], Donghwan Kim[2], Wooyoung Lee[1]
[1]Yonsei university. [2]Sunglim Group.

좌장 : 최근수 (울산과학기술원)

에너지3-1 | 13:30

Influence of Pre-heat treatment on Formation of Silicon Surrounded by Amorphous Matrix for LIB Anode
서덕호[1], 김성수[1], 김향연[2]
[1]충남대학교에너지과학기술대학원. [2]한국생산기술연구원.

에너지3-2 | 13:45

Kerf-less Silicon Wafer by Electrochemical Process
양현석[1], 임재홍[1]
[1]재료연구소(KIMS).

에너지3-3 | 14:00

Synthesis and Magnetic Properties of Y^{3+}-substituted SrM-type Hexagonal Ferrites
KangHyuk Lee[1], Sang-Im Yoo[1]
[1]Seoul National University.

에너지3-4 | 14:15

Ce_3Al_{11}이 첨가된 NaAlH4 의 수소 흡방출 특성
하태준[1], 최종관[1], 심재혁[1], 한흥남[2], 이준호[3]
[1]한국과학기술연구원. [2]서울대학교. [3]고려대학교.

에너지3-5 | 14:30

Revealing the Characteristics of the SEI Layer on the Graphite Anode
Jun-Hyoung Park[1], Hyun Jeong Lee[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea university. [2]Korea Institute of Science and Technology.

Break Time | 14:45

좌장 : 남승훈(한국기계연구원)

에너지4-1 | 14:55

The Role of Fe Particle Size and Oxide Distribution on the Hydrogenation Properties of Ball-milled Nano-crystalline Powder Mixtures of Fe and Mg
JULIEN FADONOUGBO[1], Jee Yun Jung[1], Jin-Yoo Suh[1], Young-Su Lee[1], Jae-Hyeok Shim[1], Young Whan Cho[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology.

에너지4-2 | 15:10

Design of Interconnect-Based Ultra-Conformable Battery Structure
Seunghoon Nam[1], Myungho Kim[1], Jae Kook Yoon[1], Chang-Su Woo[1], Seungmin Hyun[1]
[1]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM).

에너지4-3 | 15:25

Effective Passivation of Nano-sized Electrode Materials Pursuing High Stability and Activity using in situ chemical vapor deposition

김찬훈[1], 최동성[1], 김상욱*[1], 김일두*[1]
[1]KAIST.

에너지4-4 | 15:40

수직 롤 밀링법으로 제조한 Mg / Fe 복합 분말의 수소화 반응에 미치는 미세구조 및 산화의 영향

정지윤[1,2], Julien O. Fadonougbo[1], 이영수[1], 서진유[1], 허주열[2], 조영환[1]
[1]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터. [2]고려대학교 신소재공학부.

에너지4-5 | 15:55

Electrochemical Analysis of Front-side Ag Metallization for Crystalline Silicon Solar Cells by Short-circuiting Between Ag and Si Emitter

HeeSoo Kim[1], JooYoul Huh[1]
[1]Korea University.

에너지4-6 | 16:10

Porous Silicon/carbon Composite Anode by One-step Thermal Processing for Li-ion Batteries

강인영[1,2], 장주영[1,2], 이경우[1], 조영환[2]
[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

Break Time | 16:25

좌장 : 유정준(한국에너지기술연구원)

에너지5-1 | 16:30

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery

변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

에너지5-2 | 16:45

특별한 형상과 구조의 도입으로 실현된 재료 고유의 성질을 넘어서는 플렉서빌리티: 프랙탈 컷 패턴으로 구현된 새로운 플렉서블 배터리 시스템

김기범[1], 이영주[1], 주영창[1], 오규환[1], 최인석[2]
[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

에너지5-3 | 17:00

Theoretical Evalulation of Energy Efficiency of Na-Sn Battery Based on Phase Transition Behaviors and Formation of Electrically Resistivt Phases

최용석[1], 변영운[1], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원.

에너지5-4 | 17:15

우수한 고온 안정성을 갖는 LTO 리튬이차전지 음극소재 개발

윤재국[1], 남승훈[1], 심형철[1], 현승민[1], 박건우[2], 윤태호[2], 박현상[2]
[1]한국기계연구원. [2][주]아이작 리서치.

에너지5-5 | 17:30

리튬 이차전지 음극 소재용 실리콘/구리나노선 복합소재의 제조 및 전기화학적 특성

윤두영[1], 김찬훈[1], 조수호[1], 정지원[1], 김일두[1]
[1]한국과학기술원(KAIST).

나노소재

위원장 : 류호준(한국전자통신연구원)
총무간사 : 신병하(한국과학기술원)
Room 201B, 04월 25일

좌장 : 문명운(한국과학기술연구원)

나노1-1 | 10:15

Atomic Scale Relaxation at Van Der Waals Interface Between Two-dimensional Materials

Hyobin Yoo[1], Kuan Zhang[2], Rebecca Engelke[1], Paul Cazeaux[2], Sukhyun Sung[3], Robert Hovden[3], Adam Wei Tsen[4], Takashi Taniguchi[5], Kenji Watanabe[5], Gyu-Chul Yi[6], Miyoung Kim[6], Mitchell Luskin[2], Ellad Tadmor[2],, Philip Kim[1]
[1]Harvard University. [2]University of Minnesota. [3]University of Michigan. [4]University of Waterloo. [5]National Institute for Materials Science. [6]Seoul National University.

나노1-2 | 10:30

Two-dimensional Atomic Layered FET Improved by Composition Engineered Metallic-semiconducting TMDs Heterojunctions Interface

Deok Min Seo[1], Byungjin Cho[2], Yonghun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]
[1]Inha University. [2]Chungbuk National University. [3]Korea Institute of Materials Science.

나노1-3 | 10:45

용액공정을 이용한 금속 산화물 기반의 저항변화 메모리 제작 및 동작 특성 평가

윤혜원[1], 김미현[1], 김수정[2], 홍성훈[1]
[1]한국전자통신연구원(ETRI) ICT 소재연구그룹. [2]고려대학교 신소재공학과.

좌장 : 이규성(한국전자통신연구원)

나노2-1 | 11:00

Chemiresistive Detection of Disease Markers in Human Breath Using Porous WO_3@SnO_2 Nanofibers as Sensing Layers

PERESI MAJURA BULEMO[1], Il-Doo Kim[1]
[1]한국과학기술원(KAIST).

나노2-2 | 11:15

Highly Selective Breath Acetone Analysis Using ZnO QDs with Miniaturized Gas Chromatographic Column

Hwaebong Jung[1], Wonhee Cho[2], Ran Yoo[1], Hyun-sook Lee[1], Yong-Sahm Choe[3], Justin Y. Jeon[2], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University. [2]Department of Sport Industry Studies, Yonsei Universi. [3]Isenlab Inc

나노2-3 | 11:30

Crumpled Graphene Oxide Templated Morphology Engineered SnO2 Nanofibers for Superior Acetone Sensors

김동하[1], 장지수[1], 구원태[1], 김일두[1]
[1]한국과학기술원.

나노2-4 | 11:45

Nanoscale PtO_2 Catalysts-Loaded SnO_2 Multichannel Nanofibers toward Highly Sensitive Acetone Sensor

Jeong YongJin[1], Koo WonTae[1], Jang JiSoo[1], Kim DongHa[1], Kim MinHyeok[1], Kim IlDoo[1]
[1]Korea Advanced Institue of Science and Technology.

나노2-5 | 12:00

Selective Acetone Sensor Based on Pt-decorated Al-doped ZnO and Their Improved Acetone Sensing Properties with Rapid Response.

aran gu[1], Ran Yoo[2], Seong-Pil Woo[1], Hyun-Sook Lee[2], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Yonsei University.

나노2-6 | 12:15

SnO_2 Nanofibers Hierarchically Composed of Thin-walled Hollow Nanospheres for Enhancing Acetone Sensing Properties

Rheehyun Kim[1], Ji-Soo Jang[1], Dong-Ha Kim[1], Won-Tae Koo[1], Min-Hyeok Kim[1], Il-Doo Kim[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

좌장 : 오승주 (고려대학교)

나노3-1 | 13:30

Hollow Pd-Ag Composite Nanowires for Fast Responding and Transparent Hydrogen Sensors

Ji-Soo Jang[1], Il-Doo Kim[1], Reginald M. Penner[2]
[1]한국과학기술원(KAIST). [2]Department of Chemistry.

나노3-2 | 13:45

Exceptional Electrical Conductivity and Toughness of Non-oxidized Graphene Flake Aerogel Based Epoxy Composite

Jin Kim[1], Jungmo Kim[1], Hyewon Yoon[1], Minsu Park[1], Travis Novak[1], Ashraful Azam[1], Jinho Lee[1], Seokwoo Jeon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

나노3-3 | 14:00

Au-Pd/SnO_2 복합나노입자 합성 및 산화 거동 연구

이후준[1], 최하늬[1], Gautam K. Naik[1], 유연태[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

나노3-4 | 14:15

Thermoelectric and Electrical Transport Properties of Ag-doped RuO2 Nanosheets

Hongjae Moon[1], Jeonmin Kim[2], Somi Yoo[2], Jong Wook Roh[2], Wooyoung Lee[2]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.
[2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei Universit.

나노3-5 | 14:30

Size Effect on Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Isoprene

Yunji Park[1], Ran Yoo[1], Seungryol Park[1], JunHo Lee[1], Hwabong Jung[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

Break Time | 14:45

좌장 : 심욱(전남대학교)

나노4-1 | 14:55

Fabrication of 3D Nanoshell Structured ZnO Thermoelectric Material via Proximity Field Nanopatterning

Kisun Kim[1], Junyong Park[2], Sun Hwa Park[3], Changui Ahn[1], Donghwi Cho[1], Sanghyeon Nam[1], Gayea Hyun[1], Yongjin Ham[1], Jade Nadine S. Ang[1], Jae Yong Song*[3], Seokwoo Jeon*[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology. [2]Kumoh National Institute of Technology. [3]Korea Research Institute of Standards and Science.

나노4-2 | 15:10

Strain engineering을 통한 코어-쉘 Pd@Au 구조에서의 과산화수소 촉매활성 변화 규명

김진수[1], 김홍규[2], 김인호[3], 유태경[3], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]경희대학교.

나노4-3 | 15:25

Effect of Reduced Graphene Oxide (RGO) on Au@TiO_2 Core-shell NPs for Gas Sensing Properties

Gautam Kumar Naik[1], Hu-Jun Lee[1], Thuy Nguyen[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Chonbuk National University.

나노4-4 | 15:40

High-durability of Antireflective Structure on Polymer with Silica Nanoparticle Array Fabricated by RF Magnetron Sputtering

SeongGwon Jeon[1], JongJoo Rha[1]
[1]Korea Institute of Materials Science.

나노4-5 | 15:55

Facile Synthesis of Urchin Like Porous WO3 Microspheres with Nanothorns and Their Functionalization with Pt Catalyst for Application in Haliotsis Breath Sensor

Hee-Jin Cho[1], Seon-Jin Choi[2], Won-Tae Koo[1], Il-Doo Kim[1]
[1]KAIST. [2]MIT.

Break Time | 16:10

좌장 : 오민석 (한국생산기술연구원)

나노5-1 | 16:15

유전영동 힘을 기반으로 한 양자점 응집체의 조립 및 광기전 소자로의 응용

심형철[1], 최혜경[1], 정소희[1]
[1]한국기계연구원(KIMM).

나노5-2 | 16:30

Real-time Detection of 2-CEES by Al-doped ZnO Quantum Dots

Jun Ho Lee[1], Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Yonsei University.

나노5-3 | 16:45

Perovskite La0.75Sr0.25Cr0.5Mn0.5O3 sensitized SnO2 Fiber-in-Tube Scaffold: Highly Selective and Sensitive Formaldehyde Sensing

Kang Joon-Young[1], Jang Ji-Soo[1], Koo Won-Tae[1], Seo Jongsu[1], Choi Yoonseok[1], Kim Min-Hyeok[1], Kim Dong-Ha[1], Hee-Jin Cho[1], Jung WooChul[1], Kim Il-Doo[1]
[1]한국과학기술원.

나노5-4 | 17:00

Investigation of Electrochemical Behavior of Titanium Ions and Possibility of Electrorefining of Ti in the Eutectic NaF-KF Molten Salt with Addition of BaTiF6

리블라디슬라브[1], 유병욱[2], Hayk Nersisyan[3], 이영준[2], 이종현[2]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]충남대학교. [3]급속응고신소재연구소(RASOM).

나노5-5 | 17:15

Electrochemical Properties of Pt_{EPD}-Pt/C Electrode for PEMFC
다오반둥[1], Adilbish Ganpurev[1], In-Hwan Lee[2], Yeon-Tae Yu[1]
[1]전북대학교 신소재공학부. [2]Korea University.

나노5-6 | 17:30

2차원 전이금속 칼코제나이드 물질의 구조 및 트라이볼로지 특성 분석
황교진[1], 김진우[2], 장호[2], 함명관[3], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]고려대학교 신소재공학과. [3]인하대학교 신소재공학과.

나노5-7 | 17:45

Intense Pulsed Light Sintering for Defect-free High-conductivity Silver Nanoparticle Electrodes on Common Plastic Substrates
Ji Hye Kwak[1], Chae-Hwa Shon[1], Sun Shin Jung[1]
[1]Korea Electrotechnology Research Institute.

전산재료과학

위원장 : 차필령(국민대학교)
총무간사 : 한상수(한국과학기술연구원)
Room 202A, 04월 25일

좌장 : 권용우(홍익대학교)

전산1-1 | 10:00

경계요소법을 이용한 핀-튜브 알루미늄 열교환기의 소재 부식전위 및 용액 전도도에 따른 부식 평가
김용상[1], 박인준[1], 유진석[1], 소윤식[1], 김정구[1]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과.

전산1-2 | 10:15

열전도도, 방열판에 따른 LED 냉각 효율 전산모사 열전도도, 방열판에 따른 LED 냉각 효율 전산모사
이동희[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학.

전산1-3 | 10:30

Heat Flow and Ingot Deformation Analysis of Large Diameter Sapphire Single Crystals : A Finite Element Method
최승훈[1], S.H Moon[2], J.H Kim[2], H.J.Kim[2], P.R Cha[1]
[1]Kookmin university. [2]Sapphire technology.

전산1-4 | 10:45

Static and Dynamic Holdup of Liquid Slag in Carbonaceous Beds
DEREJE DEGEFA GELETA[1], Sugeun Kwak[1], Joonho Lee[1]
[1]고려대학교.

전산1-5 | 11:00 – Cancel

A CFD Study on the Electromagnetic Cold Crucible
이현재[1], 정현도[1], 최수지[1], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

좌장 : 정인호(서울대학교)

전산2-1 | 11:15

Thermodynamic Optimization of the Ti-H System
김태형[1], 백민규[1], 정인호[1]
[1]서울대학교 공대 재료공학부.

전산2-2 | 11:30

Martensitic Transformation in Polycrystal – a Phase-field Method
Kyeong-Min Kim[1], Jae Sang Lee[2], Byeong-Joo Lee[1]
[1]POSTECH. [2]POSTECH GIFT.

전산2-3 | 11:45

Thermodynamic Modeling of the Mo-N and Mo-C Systems
Yoongu Kang[1], Min-Kyu Paek[1], In-ho Jung[1]
[1]Seoul National University.

전산2-4 | 12:00

Polyhedron Model을 통한 Li-Fe-P-O 시스템의 열역학 값 예측
이재성[1], 정인호[1], 신동원[2]
[1]서울대학교. [2]Oak Ridge National Laboratory.

전산2-5 | 12:15

Thermodynamic Modeling of the Binary BaO-V_2O_5 and SrO-V_2O_5 Systems
예승비[1], 정인호[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

좌장 : 한상수(한국과학기술연구원)

전산3-1 | 13:30 초청강연

Modeling Switching Operations of Resistance-based Memories
Yongwoo Kwon[1], Minkyu Shin[2], Kyunghwan Min[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Hongik University.

전산3-2 | 13:55

Numerical Simulation of Inclusion Particles Pushing and Engulfment Phenomenon in Solidifying Boundary Layer Under the Influence of Thermal and Concentration Gradient in a Welding Process
Md Irfanul Haque Siddiqui[1], 이준호[1]
[1]고려대학교.

전산3-3 | 14:10

Effect of Applied Electric Field in Zn-ZnO System : a Phase Field Study
Arijit Roy[1], Pil Ryung Cha[1]
[1]Kookmin University.

전산3-4 | 14:25

Simulation of Transmission Electron Diffraction Patterns for Silver Nanopowders
임영언[1], 이갑호[1], 백귀종[1], 손정용[1], 우미자[2], 송현아[2]
[1]충남대학교 공과대학. [2]KAIST Analysis Center.

전산3-5 | 14:40

Modeling of Stresses and Strains During (de)lithiation of tin Alloy-based Anodes Supported by Inverse-opal Nano-scaffolds
조훈휘[1], Matthew P. B. Glazer[2], David C. Dunand[3]
[1]국립한밭대학교. [2]Exponent. [3]Inc.

전산3-6 | 14:55

$Cu_{64}Zr_{36}$ 메탈릭글래스의 내부 구조 결함에 따른 거시적인 기계적 변형 모드 변화에 대한 원자 단위에서의 체계적 연구
김성환[1], 유승화[1]
[1]한국과학기술원 기계공학과.

좌장 : 최희채 (㈜버추얼랩)

전산4-1 | 15:10 초청강연

Pb-free 태양전지 광활성 물질 연구를 위한 Ag-Bi-I 3원계 partially occupied 결정구조 예측

이동화[1], 도경연[1], 김성훈[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과.

전산4-2 | 15:35 초청강연

Simulations Guide Impurity Engineering for Metal Oxides

Seungchul Kim[1], Heechae Choi[2], Sovan Khan[1], So Hye Cho[1]

[1]KIST. [2]Virtual Lab Ltd.

전산4-3 | 16:00

Bond Formation and Carrier Confinement at Epitaxial Interface between PbS and $CsPbBr_3$

정영광[1], Keith T. Butler[2], Aron Walsh[1]

[1]Yonsei University. [2]Rutherford Appleton Laboratories.

전산4-4 | 16:15

Comparative Study on Modeling the Paramagnetic State of Uranium Hydride Using DFT+U Method

KyuJung Jun[1], Takuji Oda[1], Sei-Hun Yun[2]

[1]Seoul National University. [2]National Fusion Research Institute.

전산4-5 | 16:30

밀도범함수이론 (DFT)를 이용한 흑린/흑연 헤테로 접합체에서의 Sodiation Mechanism 연구

이홍우[1], 한상수[1]

[1]한국과학기술연구원 계산과학연구센터.

전산4-6 | 16:45

The Optimum Size to Maximize Activity, Selectivity, and Durability of Ruthenium Nanoparticle Catalysts for Ammonia Synthesis by Reactive Molecular Dynamics Simulation

김성엽[1], 한상수[1]

[1]한국과학기술연구원 계산과학센터.

좌장 : 김승철(한국과학기술연구원)

전산5-1 | 17:00

기계학습 기반 포텐셜을 통한 합금나노입자 구조 및 전기화학 안정성 예측

강준희[1], 노승효[1], 황지민[1], 전호제[1], 한병찬[1]

[1]연세대학교 화공생명공학.

전산5-2 | 17:15

머신러닝을 이용한 소재의 DOS 패턴을 예측 방법

여병철[1], 한상수[1]

[1]한국과학기술연구원(KIST).

전산5-3 | 17:30

Unraveling the Catalytic Mechanism of Dehydrogenation of Ammonia Borane for Hydrogen Storage Material

배성진[1], 한상수[1]

[1]한국과학기술연구원(KIST).

전산5-4 | 17:45

Parallelizing Oxygen Evolution Reactions for High Activity Guided by DFT Calculations

최희채[1]

[1]㈜버추얼랩.

전산5-5 | 18:00

Unlocking the Potential of Nanoparticles Comprising Immiscible Elements for Direct H2O2 Synthesis

한상수[1], 김동훈[1], 이승용[1], 남효빈[1], 안재평[1], 조영훈[2], 이관영[2]

[1]한국과학기술연구원. [2]고려대학교.

타이타늄

위원장 : 오명훈(금오공과대학교)
총무간사 : 노윤경(동아특수금속), 염종택(재료연구소)
Room 202B, 04월 25일

좌장 : 김승언(재료연구소)

타이타늄1-1 | 10:00

Ti-Al-Fe 계 2상 타이타늄합금의 연속냉각변태 특성

현용택[1], 원종우[1], 박경령[1], 서동우[2]

[1]재료연구소. [2]POSTECH 철강대학원.

타이타늄1-2 | 10:15

초미세립 2상 (Alpha+Martensite) Ti-6Al-4V 합금의 기계적 거동

이상원[1], 최성우[1], 박찬희[1], 염종택[1], 홍재근[1]

[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄1-3 | 10:30

Ti-Al-Fe-Si 합금의 응력 유기 마르텐사이트의 형성 원인과 기계적 특성에 미치는 영향

변율[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 강남현[2], 이상원[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교 재료공학과.

타이타늄1-4 | 10:45 – Cancel

전자기 연속 주조법을 이용한 의료용 타이타늄 합금 압연봉재 제조 기술 연구

최수지[1], 정현도[1], 이현재[1], 홍선양[1], 문병문[1]

[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

Break Time | 11:00

좌장 : 양상선 (재료연구소)

타이타늄2-1 | 11:10

가스아토마이저 방법으로 Ti 분말제조 시 가스노즐 각도 변화에 따른 분말 형상 관찰.

이상현[1], 이빈[1], 사다르아바스[1], 임경묵[1], 김범성[1], 김택수[1]

[1]한국생산기술 연구원

타이타늄2-2 | 11:25

탈지/소결 공정 중 TiH_2분말의 수축거동 분석

김경욱[1], 장진만[2], 이원식[2], 이재철[1]

[1]고려대학교. [2]한국생산기술연구원.

타이타늄2-3 | 11:40

Production of Titanium Powder from Titanium Tetrachloride by Inductively coupled RF plasma

Sung-Hun Park[1], So-Yeong Lee[1], Young-Joon Kim[1], Ho-Sang Sohn[1]

[1]School of Materials Science and Engineering, Kyungpook National University.

Break Time | 11:55

좌장 : 이기안(인하대학교)

타이타늄3-1 | 13:30

타이타늄-구리 이종금속 클래드판재 제조와 재료학적 특성 연구

이동근[1], 박양균[1], 윤창석[1], 김상열[2], 이상로[2]

[1]국립순천대학교. [2]에이원ENG.

타이타늄3-2 | 13:45

Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Gr.2 Titanium Manufactured by Selective Laser Melting

LI CHENGLIN[1], Jungho Choe[1], P.L.Narayana[1], Chan Hee Park[1], Sang-won Lee[1], Jong-Taek Yeom[1], Jae-Keun Hong[1]

[1]재료연구소(KIMS).

타이타늄3-3 | 14:00

산소함량에 따른 Ti-Al-Fe계 합금의 고온 변형 거동 및 정적 구상화 메커니즘

정대원[1], 원종우[1], 최재영[2], 박현순[3], 현용택[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]동아대학교 신소재공학과. [3]인하대학교 신소재공학과.

타이타늄3-4 | 14:15

Electron beam additive manufacturing 타이타늄 부품의 후처리 공정에 따른 기계적 특성 및 피로특성 평가

최영신[1], 박양균[1], 황유진[1], 김건희[2], 이병수[2], 이창우[2], 이동근[1]

[1]순천대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

Break Time | 14:30

좌장 : 김정한(국립한밭대학교)

타이타늄4-1 | 14:40

분자동역학 기법을 이용한 γ-TiAl 단결정 나노선의 변형거동 분석과 범밀도 함수이론을 이용한 일반화된 적층결함 에너지 변화에 대한 체계적 연구

이태구[1], 정병관[1], 김재민[1], 김성웅[2], 유승화[1]

[1]한국과학기술원 기계공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄4-2 | 14:55

발전용 저비중 Blade 개발을 위한 Ti-62222합금 적용 및 제품 개발

김영대[1], 송영석[1], 구지호[1], 마영화[1], 송전영[1], 석진익[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원.

타이타늄4-3 | 15:10

On the Microstructure Evolution During Friction Stir Welding of Ultra-fine Grained Ti-6Al-4V Alloy

Jae-Deuk Kim[1], Siva Prasad Murugan[1], Ji-Ung Kim[1], Jae-Hee Park[1], Chang-Keun Chun[2], Sung-Wook Kim[2], Sangwon Lee[3], Yoeng-Do Park[1]

[1]Dong-Eui University. [2]Researh Institute of Industrial Science and Technology. [3]Korea Institute of Materials Science.

타이타늄4-4 | 15:25

Ti-6Al-4V alloy 초기조직에 따른 열간압연판재의 기계적특성분석

최성우[1], 이상원[1], 염종택[1], 박찬희[1], 홍재근[1]

[1]재료연구소(KIMS).

Break Time | 15:40

좌장 : 원종우(재료연구소)

타이타늄5-1 | 15:50

CP-Ti Gr. 2 소재의 열처리 조건에 따른 기계적 특성 연구

신홍철[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST).

타이타늄5-2 | 16:05

The Effect of Oxygen and Iron Contents on Microstructure and Mechanical Properties of Commercially Pure Titanium

이현석[1], 최미선[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST).

타이타늄5-3 | 16:20

X-ray line profile을 이용한 알파 타이타늄의 쌍정 거동 분석

김명훈[1], 손현우[1], 이경서[1], 김상욱[1], 정택균[1], 현승균[1]

[1]인하대학교 신소재공학과.

타이타늄5-4 | 16:35

Ti-5Al-3.5Fe합금의 시효처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화

최혜정[1], 정대원[2], 박경령[1], 윤석영[1], 원종우[1], 현용택[2]

[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교 재료공학부.

Break Time | 16:50

좌장 : 임재원 (전북대학교)

타이타늄6-1 | 17:00

일메나이트광의 유동 염화반응시 발생하는 응집 현상 연구

이미선[1], 김진영[1], 정은진[1]

[1]포항산업과학연구원.

타이타늄6-2 | 17:15

로스팅 공정조건별 일메나이트광의 상 변화가 선택적 염화반응 효율에 미치는 영향

김진영[1], 이미선[1], 정은진[1]

[1]포항산업과학연구원.

타이타늄6-3 | 17:30

탈질폐촉매로부터 고순도 티타니아 피그먼트 제조

문경혜[1], 김진형[1,2], 강희남[1], 최인혁[1,3], 이진영[1,3], 강정신[1,3]

[1]한국지질자원연구원. [2]울산과학기술원 (UNIST). [3]UST.

제6회 첨단 융합분석기술 심포지엄

위원장 : 성백석(한국원자력연구원)

Room 203, 04월 25일

좌장 : 김태주(한국원자력연구원)

융합분석1-1 | 10:00

하나로 중성자 영상 장치의 현황과 산업적 활용

김태주[1], 김진만[1], 김종열[1]

[1]한국원자력연구원.

융합분석1-2 | 10:25

미래 자석소재를 위한 중성자 분석법

이준혁[1]

[1]한국원자력연구원.

융합분석1-3 | 10:50

Status and Future Plans of Ex-core Neutron Irradiation Facility at HANARO

JONGYUL KIM[1], TAEJOO KIM[1], JINMAN KIM[1], BYOUNGIL JEON[1], BAEK-SEOK SEONG[1], MYUNGKOOK MOON[1]

[1]Korea Atomic Energy Research Institute.

융합분석1-4 | 11:15

잔류응력 측정_Hole Drilling Method를 중심으로

최 광[1], 김태근[1], 우 흠파[1], 김 대영[1], 최 정훈[1]

[1]케이티엠엔지니어링.

융합분석1-5 | 11:45 초청강연

중성자 회절 및 영상을 이용한 TRIP 스테인레스강의 상변태 분석 연구

우완측[1], 김종열[1], 김동규[1], 김은영[2], 최시훈[2], Daniel S. Hussey[3]

[1]한국원자력연구원. [2]순천대학교. [3]NIST.

좌장 : 성백석(한국원자력연구원)

융합분석2-1 | 13:30 초청강연

Phase and Strain Characterizations of Lithium Battery Cathode Materials

안재평[1], 김준동[1], 변영운[2], 이재철[2]

[1]한국과학기술연구원. [2]고려대학교 신소재공학과.

융합분석2-2 | 14:00 초청강연

Understanding the cation ordering transition in superior electrochemical performance of LiNi0.5Mn1.5O4 by doping Li instead of Ni

강병우[1]

[1]포항공대.

융합분석2-3 | 14:30

Thermal Atomic Migration Studies on Layered Cathode Materials for Li-ion Batteries

Hyungsub Kim[1], Seongsu Lee[1]

[1]Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI).

Break Time | 14:55

좌장 : 신은주(한국원자력연구원)

융합분석3-1 | 15:10 초청강연

P91/347H 이종용접부의 크리프 변형 시 미세조직변화 분석에 관한 연구

최시훈[1], 신지환[1], 서위걸[1], 유근봉[2], 이한상[2], 서진유[3]

[1]순천대학교. [2]한국전력공사 청정발전연구소 발전시스템그룹. [3]한국과학기술연구원 고온에너지 재료연구센터.

융합분석3-2 | 15:35 초청강연

인코넬 X-750 스프링의 응력완화에 미치는 미세조직의 영향

하정원[1], 정희원[2], 최윤석[3], 성백석[4], 우완측[4], 강남현[3]

[1]고려특수선재. [2]재료연구소. [3]부산대학교. [4]한국원자력연구원.

융합분석3-3 | 16:00

Elemental Partitioning and Site-occupancy Behavior in γ/γ'-strengthened Co-Ti-based Superalloys

Hyeji Im[1], Surendra Kumar Makineni[2], Baptiste Gault[2], Dierk Raabe[2], Pyuck-Pa Choi[1]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

Break Time | 16:25

융합분석3-4 | 16:35 초청강연

전자현미경을 이용한 철강재료의 상변태 및 파괴 거동 해석

허윤욱[1]

[1]포항공대 철강대학원.

융합분석3-5 | 17:00 초청강연

SANS와 SAXS를 이용한 고망간 TWIP강의 나노 석출물 분석

신은주[1], 우완측[1], M Ohnuma[2]

[1]한국원자력연구원. [2]Hokkaido Univ.

융합분석3-6 | 17:25

중성자빔을 이용한 철강 재료내의 다상 및 미세구조 분석 연구

성백석[1]

[1]한국원자력연구원.

에너지/기능소재 집합조직 심포지엄

위원장 : 정효태(강릉원주대학교)
실무위원 : 이효종(동아대학교), 최시훈(순천대학교), 김동익(한국과학기술연구원), 강주희(재료연구소)
Room 401, 04월 25일 11:00 - 12:30

좌장 : 정효태(강릉원주대학교)

집합조직1-1 | 11:00 초청강연

아연 전기도금 층의 재결정 집합조직 해석

김인수[1], 이상철[2], 김인기[1], 이세광[3], 이철우[1], 이동녕[4]

[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]금오공과대학교/되르켄 코리아. [3]금오공과대학교/ 삼성SDI. [4]서울대학교 공과대학.

집합조직1-2 | 11:30

Upsetting of Functionally-graded Material Produced by Direct Energy Deposition

김동규[1], 우완측[1], 김은영[2], 최시훈[2]

[1]한국원자력연구원. [2]국립순천대학교.

집합조직1-3 | 11:50

탄탈륨의 압연 및 재결정 집합조직에 미치는 초기 집합조직의 영향

박성준[1], 강전연[1], 박준영[1], 박성원[1], 송이화[2], 박성택[2]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]풍산 방산기술연구원.

집합조직1-4 | 12:10

Lightweight Duplex Steel의 일축인장 시 구성상에 발생하는 미소역학적 변형 및 상변태 거동 예측

김은영[1], 우완측[2], 김동규[2], 곽재현[3], 최시훈[1]

[1]순천대학교. [2]한국원자력연구원 중성자과학연구부. [3]포스코기술연구원 박판연구그룹.

좌장 : 이효종(동아대학교)

집합조직2-1 | 13:30 초청강연

Prediction of Formability Using Crystal Plasticity

정영웅[1]

[1]창원대학교.

집합조직2-2 | 14:00

Abnormal Grain Growth of Non-Goss Grain in Fe-3% Si Steel Using Micro Indenter

김태영[1], 심형석[2], 최성기[1], 권동일[1], 황농문[1]

[1]서울대학교. [2]한국표준과학연구원.

집합조직2-3 | 14:20

EBSD를 활용한 BCC 금속의 전위전파(slip transfer) 해석

강전연[1], 허윤욱[2], 박성준[1], 송이화[3], 박성택[3], 김광련[3]

[1]재료연구소(KIMS). [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]㈜풍산 기술연구원.

집합조직2-4 | 14:40

Effect of Microstructure on the O_2 / SO_2 Gas Environment Oxidation of Haynes 282 Nickel Based Super alloy

Yoon Seok Ko[1,2], Byung Kyu Kim[1], Byung Kyu Kim[2], Dong-Ik Kim[1], Heung Nam Han[2]

[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Seoul National University.

Break Time | 15:00

좌장 : 강주희(재료연구소)

집합조직3-1 | 15:10

순수 타이타늄 판재의 산소 함량에 따른 기계적 거동 해석

강주희[1], 채준열[2], 김지훈[2], 박찬희[1], 오창석[1]

[1]재료연구소. [2]부산대학교.

집합조직3-2 | 15:30

Mini V-bending 시험 시 Mg합금의 굽힘성에 미치는 이방성의 영향

김민성[1], Jaiveer singh[1], 이성음[1], 박준호[2], 김재중[2], 최시훈[1]

[1]국립 순천대학교. [2]POSCO.

집합조직3-3 | 15:50

다축대각단조(MADF) 가공량에 따른 AA1100의 집합조직 변화

정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 김다빈[1], 김민성[2], 이성음[2], 이성[3], 최시훈[2]

[1]강릉원주대학교. [2]순천대학교. [3]국방과학연구소.

집합조직3-4 | 16:10

AA1100에 발달하는 미세조직과 집합조직발달에 미치는 면 및 대각 단조의 영향에 관한 연구

최시훈[1], 김민성[1], 이성음[1], 권상철[2], 김순태[2], 정효태[2], 이성[3]

[1]순천대학교. [2]강릉원주대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.

집합조직3-5 | 16:30

Investigation of Texture and Microstructure Evolution of Mg Sheets During Tensile Draw Bending

Jaehyung Cho[1], Y.S. Lee[1], G.Y. Lee[1]

[1]Korea Institute of Materials Science.

좌장 : 조재형 (재료연구소)

집합조직4-1 | 16:50

페라이트계 스테인리스강의 열연 및 소둔 조건에 따른 집합조직과 R값의 변화

박지언[1]

[1]포스코 기술연구원 STS연구그룹.

집합조직4-2 | 17:10

유기첨가제에 의한 구리 박막의 에칭 이방성 연구

김상혁[1], 이우진[1], 박현[2], 이효종[1]

[1]동아대학교 금속공학과. [2]리녹스㈜.

집합조직4-3 | 17:30

All Transparent-stretchable Electrochromic-supercapacitor Wearable Patch Device

taegwang Yun[1], Dong-ha Kim[1], Jin Gook Bae[1], Il-Doo Kim[1]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

제11회 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄

위원장 : 권동일 (서울대학교)
실무위원 : 최민재 (한국원자력연구원)
Room 402A, 04월 25일

좌장 : 강승균(한국과학기술원)

계장화1-1 | 10:00

Evaluation of Yield Properties Considering Stress Field Analysis of Polyethylene Pipe Using Flat-ended Cylindrical Indentation

원종호[1], 김승규[2], 권오민[1], 이경열[1], 권동일[1]

[1]서울대학교 공대 재료공학부. [2]삼성전자.

계장화1-2 | 10:15

나노포러스 금의 강도와 리가먼트 크기의 상관관계

전한솔[1], 강나리[1], 곽은지[1], 송은지[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

계장화1-3 | 10:30

하이엔트로피 합금의 통전 소성 거동 연구

김우진[1], 이동현[1], 양광휘[1], 정혜진[2], 서진유[3], 한흥남[2], 장재일[1]

[1]한양대학교. [2]서울대학교. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

Break Time | 10:45

좌장 : 김영천(안동대학교)

계장화2-1 | 11:05

Hollow Alumina Nanostructures with Ultrahigh Fracture Strength for High-Efficiency GaN LEDs

강성규[1], 문대영[1], 장정환[1], 김주영[2], 서진유[3], 윤의준[1], 한흥남[1], 최인석[3]

[1]서울대학교 재료공학부. [2]울산과학기술원 신소재공학과. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료 연구센터.

계장화2-2 | 11:20

계층 결정립 구조를 가지는 나노포러스 금의 파괴인성

송은지[1], 전한솔[1], 강나리[1], 곽은지[1], 김주영[1]

[1]울산과학기술원.

계장화2-3 | 11:35 초청강연

체내흡수형 전자소자기술을 이용한 뇌압측정기술

배재영[1], 최성근[1], 이건희[1], 이주용[1], 강승균[1]

[1]한국과학기술원.

Break Time | 12:00

좌장 : 김주영 (울산과학기술원)

계장화3-1 | 13:30 초청강연

Small Scale Mechanical Testing of Nuclear Materials
신찬선[1], Peter Hosemann[2], 진형하[3], 권준현[3]
[1]명지대학교. [2]University of California Berkeley. [3]한국원자력연구원.

계장화3-2 | 13:55

봉지재료용 비정질 금속박막의 합성 및 물성
박선영[1], 안승민[1], 우정현[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

계장화3-3 | 14:10

수소 장입된 CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 구형 나노압입 거동 분석
양광휘[1], 이동현[1], 김우진[1], 박정민[1], 서진유[2], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

계장화3-4 | 14:25 초청강연

산업표준 규격화된 IIT 기술동향
권동일[1], 김종형[1], 김우주[1], 이준상[1]
[1]서울대학교 재료공학부

Break Time | 14:50

좌장 : 신찬선(명지대학교)

계장화4-1 | 15:10

원전구조재료 SCC 개시민감도 평가를 위한 표면산화막 특성 분석
최민재[1], 김동진[1]
[1]한국원자력연구원.

계장화4-2 | 15:25

Cu/Gr Nanolayered Composite for Flexible Interconnect with Enhanced Fatigue Resistance
ByungIl Hwang[1], Wonsik Kim[2], Jaemin Kim[2], Subin Lee[3], Seoyoen Lim[2], Sangmin Kim[2], Sangho Oh[4], Seunghwa Ryu[2], Seung Min Han[2]
[1]Chung-Ang University. [2]KAIST. [3]Max Plank Institute. [4]Sungkyunkwan University.

계장화4-3 | 15:40 초청강연

초고압 환경에서의 상전이 거동 및 역학물성 측정
이윤희[1], 김용재[1], 이근우[1]
[1]한국표준과학연구원.

Break Time | 16:05

좌장 : 최민재 (한국원자력연구원)

계장화5-1 | 16:25 특별

계장화압입시험기 기술 및 장비 소개
천민정[1]
[1]FRONTICS

계장화5-2 | 16:35 특별

Introduction to Anton Paar Mechanical Surface Testing
박원근[1]
[1]안톤파코리아

계장화5-3 | 16:40 특별

Bruker In-Situ NanoIndenter
채기성[1]
[1]나노비즈코리아

계장화5-4 | 16:45 특별

Nanoindentation Instrument
우문성[1]
[1]DH트레이딩

계장화5-5 | 16:50

투명 스트레처블 봉지재료용 비정질 알루미나 박막의 합성 및 기계적 특성
우정현[1], 김시훈[1], 안승민[1], 박선영[1], 김주영[1]
[1]울산과학기술원.

계장화5-6 | 17:05

연속압입시험법을 활용한 LTT (Low Transformation Temperature) 용접 효과 분석
이경열[1], 김종형[1], 최성기[1], 이준상[1], 권동일[1]
[1]서울대학교.

재료분석

위원장 : 김영운(서울대학교)
총무간사 : 양철웅(성균관대학교)
Room 402B, 04월 25일

좌장 : 강주희(재료연구소)

재료분석1-1 | 10:00 초청강연

3차원 메조스케일 미세조직 분석과 phase-field 모델링 연계 해석
강주희[1], 김수현[1], 서성문[1], 오창석[1], 박지원[1], 김성대[1], J. Goerler[2], A. Monas[2], I. Steinbach[2]
[1]재료연구소. [2]Ruhr-University Bochum.

재료분석1-2 | 10:25

SSRM 법을 활용한 음극재 단면 저항 분포 분석
김병주[1], 강성[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

재료분석1-3 | 10:40

Study of the Scale Formed on an Austenitic Boiler Tubes Super304H after Long-Term Steam Oxidation
Yinsheng He[1], 유근봉[2], 이한상[2], 신기삼[3]
[1]한전전력연구원. [2]한전 전력연구원. [3]창원대학교.

재료분석1-4 | 10:55

Modified 9Cr-2W강의 냉간 필거링 후 중간 열처리에 따른 미세조직 변화
허형민[1,2], 김준환[2], 김성호[2], 김종렬[1]
[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.

재료분석1-5 | 11:10

Effects of Thermal Aging Induced Microstructure Evolution on Mechanical and Corrosion Properties of Delta-ferrite in Austenite Stainless Steel Weld
Sang Kyu Park[1], Ho Jung Lee[2], Jong Hyeon Lee[1]
[1]Central Research Institute. [2]KHNP.

재료분석1-6 | 11:25

중성자 흡수능을 갖는 Duplex Stainless Steel의 열간가공 특성 연구

이상욱[1], 정현도[1], 정승록[1], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

나노소재 심포지엄 : Nanomaterials for 3D printing & printed eletronics

위원장 : 류호준(ETRI)
총무간사 : 신병하(한국과학기술원)
Room 402B, 04월 25일

좌장 : 류호준(ETRI), 신병하(KAIST)

나노3D 1-1 | 13:30 초청강연

3D · 4D Printing Technology with Functional Nano-materials

Myoung-Woon Moon[1]
[1]KIST.

나노3D 1-2 | 14:00 초청강연

기상환원법으로 합성된 니켈 미세분말의 응집억제 및 형상변화

양승민[1], 박형기[1], 박광석[1], 최희채[2], 황농문[3]
[1]한국생산기술연구원 강원지역본부, [2]버추얼랩, [3]서울대학교 재료공학부.

나노3D 1-3 | 14:30 초청강연

Multiple-materials 3D Printing with Functional Inks for 3D Printed Electronics

Seung Kwon Seol[1]
[1]Korea Electrotechnology Research Institute.

나노3D 1-4 | 15:00 초청강연

Chemical Strategies for 3D-Printed Cu Electrodes

Sunho Jeong[1]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology.

Break Time | 15:30

나노3D 2-1 | 15:50 초청강연

3D 나노 구조를 이용한 광 반응성 전기변색-슈퍼캐패시터 소자 기술 개발

현승민[1]
[1]한국기계연구원.

나노3D 2-2 | 16:20 초청강연

Nanoscale Printing of Optical Materials for 3D Printed Photonics

Jaeyeon Pyo[1]
[1]Korea Electrotechnology Research Institute.

나노3D 2-3 | 16:50 초청강연

Controlling the Crystallization of Small Molecule Organic Semiconductors using Solution Shearing and their Application to Field-effect Transistors

Steve Park[1], Jin-Oh Kim[1], Jeong-Chan Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, KAIST.

분말재료 심포지엄 : 4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용

위원장 : 이창규(KAERI)
총무간사 : 홍순직(공주대학교)
Room 삼다A, 04월 26일

좌장 : 홍순직(공주대학교)

금속분말 1-1 | 09:20 초청강연

Amorphous Soft Magnetic Powders Prepared by High-Pressure Gas Atomization and their Application for High-Performance Electronic Devices

Yong-Jin Kim[1,*], Jae Won Jeong[1], Dong-Yeol Yang[1], Ki-Bong Kim[1], Tae-Soo Lim[1], Sangsun Yang[1], Min Ha Lee[2], Hwi Jun Kim[2]

[1]Korea Institute of Materials Science. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

금속분말 1-2 | 10:00

Metastable Cu-Fe Functional alloys: Fabrication, Characterization and Applications

Sardar Farhat Abbas[1], Seok Jun Seo[2], Kyoung Tae Park[2], Bum Sung Kim[2],Taek-SooKim[1,2*]

[1]University of Science and Technology (UST). [2]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH).

금속분말 1-3 | 10:30

A New Concept for Synthesizing Spherical Titanium Powder for Additive Manufacturing

Hayk Nersisyan[1*], Vladislav Ree[2], Bung UK Yoo[2], Young Jun Lee[1], Jeong Hyeon Lee[1,2]

[1]Chungnam National University(RASOM). [2]Chungnam National University.

금속분말 1-4 | 11:00

Thermal Stabilities of Al/BNNS composites Produced via a Powder Metallurgical Route

Seungjin Nam[1], Kunok Chang[2],Woonki Lee[3], Moon J. Kim[4], JunYeon Hwang[3] ,yunjoo Choi[1*]

[1]Kookmin University. [2]Korea Atomic Energy Research Institute. [3]Korea Institute of Science and Technology. [4]The University of Texas at Dallas.

금속분말 1-5 | 11:30

The Effects of Process Parameters on the Particle Size of Gas Atomized 17-4PH stainless Steel Powders

Hee-Soo Kang[1*], Eon-Sik Lee[1]

[1]Pohang Research Institute of Industrial Science & Technology.

좌장 : 김택수(KITECH)

금속분말 2-1 | 13:20 초청강연

4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용

박요설[1]

[1]㈜창성.

금속분말 2-2 | 14:00

Fabrication and Characterization of CoCrFeNiMn based High Entropy Alloy Powder by Gas Atomizing Process

Bin Lee[1*], Sang Hyun Lee[1], Won Jung Choi[1], Hye Mi Cho[1], Bum Sung Kim[1], Taek-Soo Kim[1]

[1]Korea Institute for Rare Metal (KIRAM), Korea Institute of Industrial Technology

금속분말 2-3 | 14:30

Production of Functional Materials by Powder Metallurgy(Gas Atomization, Water Atomization) and Investigation of their Characteristics

Babu Madavali[1], Chul Hee Lee[1], Dongwon Shin[1], Soon-Jik Hong[1*]

[1]Kongju National University.

금속분말 2-4 | 15:00

Heat-resistant Tungsten Matrix Composites for Rocket Propulsion Systems

Dongju Lee[1]

[1]Chungbuk National University.

좌장 : 강희수(포항산업과학연구원)

금속분말 3-1 | 15:40 초청강연

Fabrication and Characterization of Ultra-Fine Polycrystalline Diamond Compact

Hee-Sub Park[1*], Yong-jun Shin[1], Bae-gun Park[1]

[1]ILJIN Diamond.

금속분말 3-2 | 16:10

자전연소합성법으로 제조한 탄탈륨 카바이드 분말의 초기 압분체 밀도에 따른 특성 평가

박경태[1*], 심재진[1], 최상훈[1,2], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 유지원[1,2]

[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교.

금속분말 3-3 | 16:40

습식 화학 공정을 이용한 불소 함유 TiO_2 나노입자 제조 및 광촉매 특성에 관한 연구

이찬기[1*], 이덕희[1], 박재량[1], 박경수[1]

[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

금속분말 3-4 | 17:10

Study of Heterogeneous Nucleation on as Synthesized Akaganeite Nanorods; Tuning the Exchange Biasing by Controlled Nucleation

Hessan Khalid[1,3],Sung Gue Heo[1,2], Won Sik Yang[1], [2], Bum Sung Kim[1,3], Seok-Jun Seo[1*]

[1]Korea Institute for Rare Metals, Korea Institute of Industrial Technology. [2]In-Ha University. [3]University of Science and Technology.

New-Horizon 심포지엄: 재료분야의 인공지능 및 시뮬레이션 적용기법과 사례

위원장 : 유석현(두산중공업)
Room 한라B, 04월 26일

좌장 : 유석현(두산중공업)

New1-1 | 09:00 초청강연

Towards AI-driven Materials R&D
Dr. Masahiko Demura[1]
[1]National Institute for Materials Science.

New1-2 | 09:30

History of ICME (Integrated Computational Materials Engineering) and MGI (Materials Genome Initiative)
Yoon Suk Choi[1]
[1]School of Materials Science and Engineering, Pusan National University.

New1-3 | 09:55

Application of Artificial Neural Network in Materials Science and Engineering
Youngsoo Yoo[1], Hiwon Jeong[1], Seongmoon Seo[1], Daewon Yun[1], Inyong Jung[1]
[1]Department of High Temperature Materials, Korea Institute of Materials Science.

New1-4 | 10:20

인공지능(AI) 활용 철강재료의 기계적 물성예측
이중형[1], 김진유[1]
[1]POSCO 기술연구소 강재1연구그룹.

AW-5 | 10:45 기술상 수상기념강연

머신러닝 기반의 합금 및 공정 설계 플랫폼
구남훈[1], 김성환[1], 김재인[1], 고향진[1]
[1]현대제철 기술연구소.

New1-5 | 11:10

제철소 스마트 원료공급 모형 개발
홍대근[1]
[1]POSTECH 엔지니어링대학원.

New1-6 | 11:35

Study on Fracture Behavior During Hole Expansion of Steel Using Realistic Microstructure Based Dual-scale Approach
Heung Nam Han[1], Siwook Park[1], Jinwook Jung[1], SungIl Kim[2], and Myoung-GyuLee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering and RIAM, Seoul National University. [2]POSCO Technical Research Laboratories.

New1-7 | 12:00

Finite Element Simulations for Joining Processes and Their Applications to the Estimation of Mechanical Properties
Chanyang Kim[1], Dongjoon Myung[1], Ji-HoonKim[2], Myoung-Gyu Lee[3]
[1]Korea University. [2]Pusan National University. [3]Seoul National University

좌장 : 최윤석(부산대학교)

New2-1 | 13:30 초청강연

아마존 웹서비스의 인공지능 및 빅데이터 사례와 기술 소개
구태훈[1]
[1]AWS(Amazon Web Service), Database & Big Data Business Development.

New2-2 | 14:00

신경망(Neural Network) 인공지능 데이터모델링을 이용한 보일러용 Grade 91 소재의 인장 및 Creep 수명예측
공병욱[1], 김병구[1], 한정민[1], 이경운[1], 석진익[1], F. Masuyama[2]
[1]두산중공업㈜ 기술연구원. [2]Kyushu Institute of Technology.

New2-3 | 14:25

Design of Novel Catalysts: From First-Principles to Machine-Learning
Sang Soo Han[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology.

New2-4 | 14:50

Prognostics of Swing Reduction Gear Box for Excavator based on the machine learning
Gyebong Jang[1]
[1]Electrical & Electronics Center, Doosan Infracore, Co., Ltd.

New2-5 | 15:10

재료공학 분야에 적용되는 Virtual Engineering 사례 및 기대효과
유석현[1]
[1]두산중공업㈜.

미래의 소재기술 심포지엄

위원장 : 이재현(창원대학교)
Room 한라B, 04월 26일

좌장 : 이재현(창원대학교)

미래소재 1-1 | 15:30

산업환경변화에 따른 소재개발 전략
이상관[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

미래소재 1-2 | 16:00

고강도 경량 철강소재 연구 동향
이영국[1]
[1]연세대학교.

미래소재 1-3 | 16:25

항공용 소재, 부품 기술 및 국산화 전략
권용남[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

미래소재 1-4 | 16:50

3D 프린팅 미래소재 기술 동향과 개발 전략
배창준[1], 정연길[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]창원대학교.

미래소재 1-5 | 17:15

미래 수송기기용 경량금속의 연구개발과 그 응용

김형욱[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

미래소재 1-6 | 17:40

리튬전지 핵심소재 및 재활용 기술 개발

김영식[1]

[1]울산과학기술원.

제2회 극한 환경재료 심포지엄

위원장 : 이근우(한국표준과학연구원)
실무위원 : 김재용(한양대학교),이용재(연세대학교),
고영호(국방과학연구소), 이윤희(한국표준과학연구원)
Room 300, 04월 26일

좌장 : 박은수(서울대학교)

극한1-1 | 10:00

Effects of Heat and Hydrogen Flux on the Tungsten-based Materials Fabricated by Means of Spark Plasma Sintering Technique

Nojun Kwak[1], Yeonju Oh[1], Heung Nam Han[1]

[1]Seoul national university.

극한1-2 | 10:15

RADIATION HARDENING AND SWELLING IN TI-BEARING REDUCED ACTIVATION FERRITIC-MARTENSITIC STEEL

Chansun Shin[1], Jungwoo Heo[1], Sangeun Kim[1], Changhoon Lee[2], Hyung-Ha Jin[3]

[1]Myongji University. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Korea Atomic Energy Research Institute.

극한1-3 | 10:30 초청강연

용융 합금의 고유한 특성 온도에의 고찰

류채우[1], Wojciech Dmowski[2], Kenneth F. Kelton[3], Andreas Meyer[4], 이근우[5], 박은수[6], Takeshi Egami[7]

[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]University of Tennessee. [3]Washington University. [4]독일우주항공국. [5]한국표준과학연구원. [6]기반표준부. [7]창의융합센터.

극한1-4 | 10:55 초청강연

임계 압력속도 구간에서 고압얼음의 압력유기 결정성장의 천이거동 해석

이윤희[1], 김용재[1], 이수형[1], 이근우[1]

[1]한국표준과학연구원.

극한1-5 | 11:20 초청강연

Realization of Quantum Hall Resistance Standard Based on Epitaxial Graphene in KRISS

Dong-Hun Chae[1],

[1]Korea Research Institute of Standards and Science.

Break Time | 11:45

좌장 : 심재혁(한국과학기술연구원)

극한2-1 | 13:30 초청강연

Thermophysical Properties of Molten Refractory Materials Above 2500 K Using Electrostatic Levitation (Nb, Mo, Ta, W and Nb-alloys)

이근우[1], 유창환[2], 이윤희[1]

[1]한국표준과학연구원. [2]경희대학교.

극한2-2 | 13:55 초청강연

Phase Stabilization of High Entropy Alloy Under Dynamic Forcing Condition by High Shear Stress

Hyun Seok Oh[1], Zhiming Li[2], Jinyeon Kim[1], Chae Woo Ryu[1], Koichi Tsuchiya[3], Andreas Meyer[4], Dierk Raabe[2], Eun Soo Park[1]

[1]Seoul National University. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung. [3]National Institute for Materials Science. [4]Deutsches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt.

극한2-3 | 14:20

극한 환경용 차세대 초내열합금 개발

박형기[1], 이택우[1], 박은수[2], 박광석[1]

[1]한국생산기술연구원 강원지역본부. [2]서울대학교 재료공학부.

극한2-4 | 14:35 초청강연

극한환경용 초고온 세라믹 재료의 삭마 특성

이세훈[1], 김준섭[1], Nguyen Van Quyet[1], 홍성민[2]

[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소. [2]전북대학교 고온 플라즈마 연구센터.

Break Time | 15:00

좌장 : 이윤희(한국표준과학연구원)

극한3-1 | 15:10 초청강연

Thermodynamic Modeling of Precipitate Evolution in Heat-resistant Alloys Exposed to High Temperature

심재혁[1]

[1]한국과학기술연구원.

극한3-2 | 15:35

The Installation of a Double-sided Laser Heating System

Kyoung Hun Oh[1], Young-Ho Ko[2], Kwang-Joo Kim[2]

[1]Air Force (Ministry of National Defense) & 4-2 (Agency for Defense Development). [2]4-2 (Agency for Defense Development).

극한3-3 | 15:50

Neutron Scattering Studies Under Extreme-conditions

Seongsu Lee[1]

[1]KAERI.

극한3-4 | 16:05 초청강연

Direct Probing of Structures of Crystalline and Non-crystalline Oxides under Extreme Compression and Friction: Insights from Inelastic X-ray Scattering and Solid-state NMR

Sung Keun Lee[1]

[1]Seoul National University.

극한3-5 | 16:30

Redistribution of Native Defects and Photoconductivity in ZnO under Pressure

Partha Pratim[1], 이용재[1]

[1]연세대학교.

Break Time | 16:45

좌장 : 이근우(한국표준과학연구원)

극한4-1 | 16:50

압력 상태도 작성을 위한 Sn-Bi 밀도 측정

김한결[1], 이준호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과.

극한4-2 | 17:05 초청강연

High Pressure Crystallographic Study on Proteins

김채운[1]

[1]울산과학기술원.

극한4-3 | 17:30 초청강연

Current Status and Future Plan of Nuclear Batteries Development for Use of Extreme Environment in Korea

손광재[1]

[1]한국원자력연구원.

제11회 소재부품 안전 및 신뢰성심포지엄

위원장 : 양원존(재료연구소), 변재원(서울과학기술대학교)
실무위원 : 신상용(울산대학교), 허석환(창원대학교),
박신화(포항산업과학연구원), 박상규(한국수력원자력)
Room 301, 04월 26일

좌장 : 양원존(재료연구소)

소재1-1 | 10:00

Ex-situ interrupted bending EBSD를 통한 API X80강에서 발생하는 바우싱거 효과

김대웅[1], 손석수[2], 김완근[3], 김기석[4], 이성학[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung. [3]포스코 철강솔루션마케팅실. [4]포스코 POSCOA 팀.

소재1-2 | 10:15

발전소재 1.25Cr-0.5Mo(P11) 강의 고온 기계적 물성변화에 따른 잔여 수명예측

김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2]

[1]연세대학교. [2]한국과학기술연구원.

소재1-3 | 10:30

Effect of Precipitate Evolution on Creep Properties of 2.25Cr-1Mo Steel

추동주[1], 김한열[1], 이준호[1], 정우상[2]

[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

소재1-4 | 10:45

Microstructure and Phase Stability in Nimonic263 During Creep Test

HEE CHUNG CHUNG[1], Joo Youl Huh[2], Woo Sang Jung[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Korea University.

소재1-5 | 11:00

Effects of Flue Gas Composition and Temperature on the High Temperature Corrosion of Boiler Tubes Under Simulated Biomass Combustion

Srinivasan Swaminath[1], Seuk Cheun Choi[2], Won Yang[2], Dong-Ik Kim[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

소재1-6 | 11:15

충돌 해석 신뢰성 향상을 위한 동적 예비변형률 효과를 고려한 AZ31 합금의 동적 인장 물성 평가

이동기[1], 권준범[2], 양원존[2], 임영목[2]

[1]부산대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Break Time | 11:30

좌장 : 신상용(울산대학교)

소재2-1 | 13:30

유한요소법을 이용한 써지 릴리프 밸브의 안정성 평가

이건하[1], 양원존[1], 권준범[1]

[1]한국기계연구원부설재료연구소.

소재2-2 | 13:45

함선용 유압시동기 하우징 손상 원인 분석

양원존[1], 이건하[1], 권준범[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

소재2-3 | 14:00

용접후열처리에 의한 ASME P-No. 1 탄소강 모재의 기계적 특성 열화

강용준[1], 이승건[1], 이상훈[1], 송상우[1], 강성식[2]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]한국원자력안전기술원.

소재2-4 | 14:15

고속 충돌시험기를 이용한 항공기용 self-sealing 밸브의 충돌 안전성 평가

권준범[1], 양원존[1], 정동근[2], 여석모[2]

[1]재료연구소(KIMS). [2]SG solution 주식회사.

소재2-5 | 14:30

고강도 체결 부품의 파손 및 수소지연파괴 사례

이유환[1], 김정한[2]

[1]태양금속공업㈜ 기술연구소 소재연구실. [2]국립한밭대학교 신소재공학과.

소재2-6 | 14:45

터빈증기방출밸브 플러그 손상원인 고찰

박상규[1], 윤은섭[1]

[1]한국수력원자력㈜.

Break Time | 15:00

좌장 : 김광배(한국항공대학교)

소재3-1 | 15:10 초청강연

전압인가 HAST에서 유기 배선기판의 고장 메커니즘과 수명모델

허석환[1]

[1]창원대학교 공과대학.

소재3-2 | 15:35 – Cancel

정유공정 Booster Compressor Cover Bolt 파손해석

노윤조[1], 김재웅[2], 박중철[3]

[1]SK이노베이션. [2]SK Engergy. [3]RIST.

소재3-3 | 15:50

Microstructural Evaluation of Fresh to Twenty-Years Aged Reformer Tube Welds Used in Hydrogen Production Plants

ABBASI MAJID[1], AYER RAGHAVAN[1], PARK IHHO[1], RO YUNJO[1], NAM JINGAK[2], JI YOUNGSU[2], KIM JAEWOONG[2]

[1]SK이노베이션. [2]SK에너지.

소재3-4 | 16:05

The study on Pitting Corrosion Mechanism of Cu Tube for a Sprinkler System

박기덕[1], 조병일[1], 함종오[1]

[1]한국화학융합시험연구원.

AW-7 | 16:20 기술상 수상기념강연

고강도 볼트 수소취성민감도 측정 및 CHQ 탄화물 구상화율 측정에 대한 ISO NWIP 제안사례 연구

함종오[1]

[1]Metallic Materials Team, Korea Testing and Research Institute.

전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄

위원장 : 조남철(공주대학교), 최창옥(동아대학교)
실무위원 : 변지영(KIST), 김긍호(KIST), 임태홍(KITECH)
Room 303, 04월 26일

좌장 : 서진유(한국과학기술연구원)

전통1-1 | 09:00 역사분과 위원장 인사말

전통1-2 | 09:05 심포지엄 위원장 인사말

전통1-3 | 09:10

The Korean Bells-It's Design and Characteristic

라형용[1]

[1]서울대학교.

전통1-4 | 09:40

The Casting Technology and Restoration Of Metal Type

윤용현[1]

[1]국립중앙과학관.

전통1-5 | 09:55

첨단 조직제어 기술을 활용한 전통유기 합금의 재발견

김긍호[1], 윤진국[1], 도정만[1], 장혜정[1]

[1]한국과학기술연구원.

전통1-6 | 10:10

Casting Defects Control of Yuggi

Ki-Tae Kim[1], Youn-Suk Lim[1], DongEung Kim[1]

[1]한국생산기술연구원.

전통1-7 | 10:25

유기재료 (Cu-22Sn)의 고온변형 특성과 프로세싱 맵

양준영[1], 김우진[1]

[1]홍익대학교.

Break Time | 10:40

좌장 : 조남철(공주대학교)

전통2-1 | 10:55

The Effect of Micro-constituent Phases on Corrosion and Tarnishing Behaviour of Cu-22wt%Sn alloy with Heat Treatment Temperature

Min Gyu Kim[1], Chan soo Lee[1], Gyeung-ho Kim[2] , Jin Guk Yoon[2], Hye Sung Kim[1]*

[1]Pusan National University, [2]Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology.

전통2-2 | 11:10

Microstructure Control by Heat Treatment in Cu-Sn alloys

Jun Hyun Han[1], Musub Jeong[1], Ki Tae Kim[2], Jin Kook Yoon[3], Gyeung Ho Kim[4]

[1]Division of Materials Science and Engineering, Chungnam National University. [2]Liquid Processing & Casting Technology R&BD Group, Korea Institute of Industrial Technology. [3]Materials Architecturing Research Center, Korea Institute of Science & Technology. [4]Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science & Technology.

전통2-3 | 11:25

Macrostructure Evolution in Continuously Cast Thin Bronze Slab

김희수[1]

[1]조선대학교.

전통2-4 | 11:40

Cu-22Sn 청동 방짜유기 제조과정에 숨어있는 재료과학 비밀

김영석[1], 김성수[1]

[1]한국원자력연구원.

전통2-5 | 11:55

한국의 방짜유기에 적용된 가공기술 연구

이재성[1]

[1]국립문화재연구소.

금속역사분과 총회 | 12:10

좌장 : 이재성(국립문화재연구소)

전통3-1 | 13:30

층상 나노 구조를 이용한 자개의 플라즈몬 발색 특성연구

김상우[1], 최종한[1,2], 박재관[1] , 홍경태[1]

[1]한국과학기술연구원. [2]고려대학교.

전통3-2 | 13:45

고고금속학점 관점에서 보는 東北亞 역사에서의 종속이론

박장식[1]

[1]홍익대학교

전통3-3 | 14:00

Metallographic, Radiometric and Neutron Scattering Analyses of an Iron Fragment for the Understanding of Pertinent Technology, Chronology and Sociocultural Implication

박장식[1], Francesco Grazzi[2]

[1]홍익대학교. [2]Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Fisica Applicata.

전통3-4 | 14:15

고대 슬래그 분석을 통한 제철 · 제강기술 해석

정광용[1]

[1]한국전통문화대학교.

전통3-5 | 14:30

마한 · 백제 영역 출토 철기유물의 미세조직과 제작특성

조남철[1], 조현경[1]

[1]공주대학교.

전통3-6 | 14:45

초기철기시대 청동유물인 동사의 미세구조 분석

김하영[1,2], 최미라[3], 서진유[1], 김동익[1], 김도향[2], 홍경태[1], 조남철[3]

[1]한국과학기술연구원. [2]연세대학교. [3]공주대학교.

Break Time | 15:00

좌장 : 김재현(국민대학교)

전통4-1 | 15:15

반복 열처리 시 Cr 첨가 강의 미세조직 발달에 미치는 유지시간의 영향

최시훈[1], 김민성[1], 서진유[2], 김동익[2]

[1]순천대학교. [2]한국과학기술연구원.

전통4-2 | 15:30

3D Printable Wood-plastic Composites for Higher Impact Resistance

Myoung-Woon Moon[1,*], Seo Hyun Cho[1,2], O-Chang Kwon[1], Wonjin Jo[1], Seok Chung[2]

[1]3D Printing Group, Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology. [2]Mechanical Engineering, Korea University.

전통4-3 | 15:45

홍합모사폴리도파민(polydopamine) 코팅10주년: 금속, 3D 프린팅과의 관계

이해신[1]

[1]한국과학기술원.

전통4-4 | 16:00

Loess-Based Composite Materials for High-Strength 3-Dimensional Printing

Jin-Ha Hwang[1], Jaehwan Kim[1], Hyunbae Lee[1]

[1]Hongik University.

전통4-5 | 16:15

황토와 천연 접착제의 3D 프린팅 소재화 가능성 및 계면접착 향상을 통한 강도 향상

정제준[1], 오규환[1]

[1]서울대학교.

전통4-6 | 16:30

전통금속공예의 발색 기술 중 하나인 칠보의 유약 특성

이민수[1], 김호형[1], 변지영[2], 박재영[1], 임태홍[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]한국과학기술연구원.

철강IV

위원장 : 최주(POSCO)
총무간사 : 최종교(POSCO)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 201A, 04월 26일

좌장 : 김선중(조선대학교)

철강5-1 | 09:00

Rietveld 기법을 이용한 소결광의 상 정량분석

박준우[1], Ramaraghavulu Rajavaram[1], 곽수근[1], 이준호[1]

[1]고려대학교.

철강5-2 | 09:15

전기로 slag로 부터 redmud-carbon 복합 환원제를 이용한 FeO 환원

유준수[1], 허정호[2], 박주현[2], 정용석[1]

[1]한국산업기술대학교. [2]한양대학교.

철강5-3 | 09:30

전기로 슬래그와 MgO 내화재 계면반응에 미치는 슬래그 중 FeO의 영향

한진성[1], 허정호[1], 박주현[1]

[1]한양대학교.

철강5-4 | 09:45

Hot thermocouple technique에서 불소 휘발에 미치는 압력의 영향

이재호[1], 조중욱[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강5-5 | 10:00

Single Hot Thermocouple 기술을 이용하여 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 슬래그와의 MgO 용해 거동 연구

Yelim KIM[1], Yoshiaki KASHIWAYA[2], Yongsug CHUNG[1]

[1]Dept. of Advanced Materials Engineering, Korea Polytechnic Univ. [2]Graduate School of Energy Science and Technology, Kyoto Univ.

Break Time | 10:15

좌장 : 정은진(포항산업과학연구원)

철강6-1 | 10:20

Coke 제조용 석탄의 건류 특성

고병훈[1], 정성모[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강6-2 | 10:35

Laboratory Investigation on Top and Bottom Mixed Blowing CO_2 at Vanadium-Extraction Process

Du Wei-Tong[1], Liang Xiao-Ping[1], Wang Yu[1]

[1]Chongqing University.

철강6-3 | 10:50

A study on the Reduction Behavior of FeO Through the Control of Pore by $FeCl_2$

신상균[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

철강6-4 | 11:05

Role of Basicity and Al_2O_3 on the NBO/T in Calcium Aluminosilicate Melts

최준성[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

철강6-5 | 11:20

Micro-alloyed steel 제강 공정에서 용강과 알루미나 개재물 계면장력에 미치는 온도 및 S 농도 영향 평가

정지석[1], 심상철[2], 나현택[3], 배규열[3], 서석종[3], 이준호[1]
[1]고려대학교 신소재공학부. [2]고려대학교 공학기술연구소. [3]포스코 기술연구원.

철강6-6 | 11:35

Experimental Phase Diagram Study and CALPHAD Thermodynamic Modeling of the Li2O-ZrO2 System

Sunyong Kwon[1], Manas Paliwal[2], In-Ho Jung[3]
[1]McGill University. [2]Indian Institute of Technology Gandhinagar. [3]Seoul National University.

철강6-7 | 11:50

The Molar Volume Modeling of the Fe-based Binary Liquid Alloys

Chen Zhuo[1], Wang Qian[1], Jung In-ho[2]
[1]Chongqing University. [2]Seoul National University.

철강6-8 | 12:05

금속 에멀젼 해석을 위한 오일 상 내의 물 방울의 하강 속도에 미치는 오일 점도 및 유동 흐름의 영향

권혁인[1], 조유담[2], 김선중[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

감성소재 · 부품 심포지엄

위원장 : 권혁천(KITECH)
실무위원 : 이효수(KITECH)
Room 201A, 04월 26일

좌장 : 이효수(KITECH)

감성1-1 | 14:00 초청강연

감성 소재 · 부품의 미래비전

권혁천[1], 이효수[1], 이해중[1]
[1]한국생산기술연구원.

감성1-2 | 14:30 초청강연

전 산업 분야 클라우드 확산 정책 All@Cloud 소개

이우진[1]
[1]과학기술정보통신부.

감성1-3 | 15:00 초청강연

전자기기 외장재로서의 금속 소재

오세권[1], 박진만[1]
[1]삼성전자.

감성1-4 | 15:45 초청강연

Brilliant 컬러 합금 개발

김기범[1]
[1]세종대학교.

감성1-5 | 16:15 초청강연

프로보크(Provoque) 우아한 도발

박성희[1]
[1]LG하우시스.

감성1-6 | 16:45 초청강연

사용자의 감성을 충족하기 위한 소재, 기술과 가공법에 대한 사례

장지훈[1,2]
[1](재)대구경북디자인센터. [2]한국업사이클센터.

감성1-7 | 17:15 초청강연

감성 반응 분석을 위한 적외선 이미지 센서 기술

이재웅[1], 이효수[1], 김도영[2]
[1]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹 [2] School of Materials Science and Engineering, Oklahoma State University.

열전재료I

위원장 : 박수동(한국전기연구원)
총무간사 : 김일호(한국교통대학교), 이종수(경희대학교)
Room 201B, 04월 26일

좌장: 이호성(경북대학교)

열전1-1 | 09:00

Improved Trade-off between Thermoelectric Performance and Mechanical Reliability of Mg_2Si by Hybridization of Few-layer Reduced Graphene oxide

Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[1], Hyun Jun Rim[1], Byung-Wook Kim[2], Wooyoung Lee[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]현대자동차.

열전1-2 | 09:15

Thermoelectric Properties of $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ Bulk Materials By an Oxide Reduction Process

박민수[1], 구혜영[1], 박용호[2], 하국현[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대 재료공학과.

열전1-3 | 09:30

The Oxide Formation Behaviors and their Effects on the Microstructure and Thermoelectric Properties of P-type (Bi_2Te_3+Sb_2Te_3) Alloys

MAY LIKHA LWIN[1], Peyala Dharmaiah[1], Babu Madavali[1], Chul-hee Lee[1], Dong-won Shin[1], Kap-Ho Lee[2], Soon-Jik Hong[1]
[1]Kongju National University. [2]Chungnam National University.

열전1-4 | 09:45

Enhanced Thermoelectric Properties of $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3/TeO_2$ Composites with in-situ Formed Sb_2O_3 Nanophase

Peyala Dharmaiah[1], Eun Bin Kim[1], Soon-Jik Hong[1]
[1]Kongju National University.

열전1-5 | 10:00

Fabrication of Silver-doped $(Bi,Sb)_2Te_3$ Thermoelectric Film Prepared from Ag Nanoparticles/BSbT Pastes

조영민[1], 권구현[1], 김수형[2], 김경태[1]
[1]한국기계연구원부설재료연구소. [2]부산대학교.

Break Time | 10:15

좌장 : 김동환(대구경북과학기술원)

열전2-1 | 10:30

Approaching High Thermoelectric Performance for Higher Manganese Silicide by Utilizing the Nature of Synthesis and Sintering Process

임현준[1], 김관식[1], 이우영[1]

[1]연세대학교 공대 신소재공학부.

열전2-2 | 10:45

High-Thermoelectric Performance of Metal-oxide Coated Bismuth Antimony Telluride Alloys

Kwang-Chon Kim[1] Seung-Hyub Baek[1] , Seong Keun Kim[1], Jin-Sang Kim[1]

[1]KIST.

열전2-3 | 11:00

N-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$/ZnO Core-shell Nanostructure for Colossal Improvement in the Thermoelectric Performance

Sang Soon Lim[1,2], Kwang Chon Kim[1], Hyung Ho Park[2], Seung Hyub Baek[1], Seong Keun Kim*[1], Jin Sang Kim*[1]

[1]KISt. [2]Yonsei University.

열전2-4 | 11:15

GeTe계 열전재료의 미세구조에 미치는 도핑원소 Cu와 Sb의 영향

김현호[1], 곽재익[1], 이호성[1]

[1]경북대학교.

열전2-5 | 11:30

Controlling Nano-twin Structure and Tuning zT for Wide Temperature Application in Ag-doped Bismuth Antimony Telluride Thermoelectric Material

Jae Ki Lee[1,2], Sudong Park[1], Ki Jeong Kong[3], Min Ho Lee[2], Jaywan Chung[1], Hyun Kim[1], Byungki Ryu[1], Gabi Schierning[2], Kornelius Nielsch[2]

[1]Thermoelectric Conversion Research Center. KERI. [2]Institute for Metallic Materials. Leibniz Institute for Solid St. [3]Korea Research Institute of Chemical Technology.

열전2-6 | 11:45

Method for Evaluating Interfacial Resistances of Thermoelectric Devices using I-V Measurements

Dong-Hwan Kim[1], Cham Kim[1], Jong Tae Kim[1], Duck Ki Yoon[2], Hoyoung Kim[1]

[1]DGIST. [2]Jeongkwan Co.

융합재료과학

위원장 : 조문호(포항공과대학교)
부위원장 : 윤명한(광주과학기술원), 강기석(서울대학교)
총무간사 : 심우영(연세대학교)
Room 201B, 04월 26일

좌장 : 윤명한(광주과학기술원)

융합재료1-1 | 13:00 초청강연

Miniaturized Stimuli Responsive Soft Robots for Healthcare Science

윤창규[1]

[1]숙명여자대학교.

융합재료 1-2 | 13:30 초청강연

Stretchable Ionics - A promising candidate for oncoming wearable devices

선정윤[1]

[1]서울대학교.

융합재료 1-3 | 14:00 초청강연

Design of Motion Controlled Gels as Soft Actuators

김연수[1]

[1]POSTECH.

융합재료 1-4 | 14:30 초청강연

Programming Anisotropic Properties of Hydrogels Using Magnetic Self-assembly

김지윤[1]

[1]UNIST.

융합재료 1-5 | 15:00 초청강연

Solid-state Patternable Nanofibrillar Hydrogels

윤명한[1]

[1]GIST.

Break Time | 15:30

좌장 : 선정윤(서울대학교)

융합재료 2-1 | 15:40 초청강연

Novel Strategy to Harness Entire Solar Spectrum Via Nano-templates

고두현[1]

[1]경희대학교.

융합재료 2-2 | 16:10 초청강연

Nanoscale Crack Based Sensors Inspired by Spider's Sensory Organ

김태일[1]

[1]성균관대학교.

융합재료 2-3 | 16:40 초청강연

Mimicking Biological Ion Transports Using 3D Nanochannel Networks

박정열[1]

[1]서강대학교.

융합재료 2-4 | 17:10 초청강연

Hijacking Serum Proteins in Nature for Generation of Long-acting Drugs

권인찬[1]

[1]광주과학기술원.

제19회 피로 및 파괴 심포지엄

위원장 : 권용남(재료연구소)
Room 202A, 04월 26일

좌장 : 이동준(재료연구소)

피로1-1 | 09:30

두께가 다른 상업용 Ti-6Al-4V 판재의 인장 및 피로 거동
안수진[1], 박상후[1], 김수민[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

피로1-2 | 09:50

Effect of Residual Stresses on Fracture Resistance Studied by Neutron Diffraction and Finite Element Analysis
왕회[1], 우완측[2], 김동규[2], 안규백[3], 이수열[1]
[1]충남대학교. [2]한국원자력연구원. [3]조선대학교.

피로1-3 | 10:10

Al-Mg-Si 합금 열간 단조품의 미세조직 변화에 따른 파괴 특성
권용남[1], 구가은[1], 이동준[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

피로1-4 | 10:30

7XXX계 알루미늄 합금의 응력 부식 균열 저항성에 미치는 열처리 및 환경 조건의 영향
박지호[1], 이관호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

Break Time | 10:50

좌장 : 성효경(경상대학교)

피로2-1 | 11:00

Fracture Mechanism of Cr-Mo-V Steel Slab
Chang-Hoon Lee[1], Byung Hwan Kim[1], Jae Hoon Jang[1], Tae-Ho Lee[1], Sang-Woon Moon[2], Seong-Yeon Kim[2]
[1]KIMS. [2]POSCO.

피로2-2 | 11:20

극지용 강재의 용접부 미세조직이 저온 CTOD 취성 파괴에 미치는 영향
이석규[1], 김보희[1], 김우겸[2], 엄경근[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

피로2-3 | 11:40

항공기용 볼트의 수소취성 사례 및 분석
박동희[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로2-4 | 12:00

Detection of Fatigue Damage Accumulation in Aluminum Plate Using PVDF Transducers for Actuation and Reception of Self-interacting Second Harmonic Lamb Waves
Hwanjeong Cho[1], Clifford J. Lissenden[2]
[1]공군항공기술연구소. [2]Pennsylvania State University.

Break Time | 12:20

좌장 : 이창훈(재료연구소)

피로3-1 | 13:30

응력부식균열 특성을 고려한 효율적인 항공기 구조 정비시기 예측기법 고찰
이철주[1], 김상식[2], 손진일[3], 안수진[2]
[1]한국항공우주산업㈜. [2]경상대학교. [3]엠티디아이.

피로3-2 | 13:50

대기부식위험도에 기반한 항공기 부식관리 연구
김민생[1], 이두열[1], 양성운[1], 김경우[1], 배중우[1]
[1]공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).

피로3-3 | 14:10

b-열처리된 Ti-6Al-4V 합금의 냉각속도에 따른 부식 피로균열전파 거동의 변화
안수진[1], 이동준[2], 권용남[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.

피로3-4 | 14:30

구조 건전성 측면에서 초소성 가공 Ti-6Al-4V 항공 부품의 기계적 특성 평가
곽재진[1], 김상식[2], 정대호[2]
[1]한국항공우주산업㈜. [2]경상대학교.

Break Time | 14:50

좌장 : 윤종호(한국항공우주산업)

피로4-1 | 15:00 초청강연

항공용 알루미늄합금의 아노다이징 전처리 공정에 의한 미세조직 및 기계적물성 영향성 고찰
윤종호[1], 정유인[1], 문성모[2], 유위도[2]
[1]한국항공우주산업㈜. [2]재료연구소.

피로4-2 | 15:30

복합재 보강된 3차원 프린팅 재료(Ultem 9085)의 기계적 특성 연구 (Study on mechanical properties of 3D printing material Ultem 9085 by using reinforced composite material)
양성운[1], 이두열[1], 김기현[1], 김민생[1], 배중우[1]
[1]공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).

피로4-3 | 15:50

Powder Bed Fusion 공정에 따른 항공용 티타늄 소재의 피로거동.
조서연[1], 이동준[2], 권용남[2], 정유인[1]
[1]한국항공우주산업㈜. [2]재료연구소.

피로4-4 | 16:10

Compressor Blade 파단 사례 및 Bowed Rotor 특성
김남극[1], 이복원[1]*, 손경숙[1]
[1]항공기술연구소

타이타늄 심포지엄: 핵심 산업 분야 별 타이타늄 소재 및 공정 기술

위원장 : 오명훈(금오공과대학교)
실무위원 : 염종택(재료연구소), 노윤경(동아특수금속), 강정신(한국지질자원연구원,UST), 박찬희(재료연구소), 김성웅(재료연구소)
Room 202B, 04월 26일

좌장 : 강정신(한국지질자원연구원, UST)

타이타늄기술1-1 | 09:30 초청강연

TiO_2 제조를 위한 일메나이트 처리기술 현황
손호상[1]
[1]경북대학교 신소재공학부.

타이타늄기술1-2 | 09:55

산업분야별 타이타늄 소재 개발이슈
염종택[1], 박찬희[1], 이상원[1], 홍재근[1]
[1]재료연구소.

타이타늄기술1-3 | 10:10

Ilmenite광 활용 TiCl4 제조를 위한 유동염화 거동 고찰
정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

타이타늄기술1-4 | 10:25

타이타늄 제련용 티클4 공정 기술
김진호[1]
[1]인천화학㈜.

Break Time | 10:40

좌장 : 홍재근(재료연구소)

타이타늄기술2-1 | 10:50 초청강연

Hot Isostatic Pressing application for Ti-alloys and TiAl intermetallic compounds
Jouni. Wedenstrand[1]
[1]Quintus Technology A.B

타이타늄기술2-2 | 11:05

타이타늄 분말 제조기술
양상선[1], 정재원[1], 김기봉[1], 최중호[1], 김용진[1]
[1]재료연구소.

타이타늄기술2-3 | 11:20

금속 3D 프린팅 서비스 및 의료분야에서의 활용
김대중[1]
[1]주식회사인스텍.

타이타늄기술2-4 | 11:35

Ti-6Al-4V 합금과 17-4PH 스테인리스강을 이용한 이종소재간 적층조형 기술 연구
김정한[1], Nana Kwabena Adomako[1], 양상선[2], 오창석[2]
[1]한밭대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.

타이타늄기술2-5 | 11:50

금속 3D 프린팅으로 제조된 Ti 시편의 기공 분석 및 시뮬레이션
이학성[1], 윤재철[1], 김은아[1], 양동열[1], 유지훈[1]
[1]재료연구소(KIMS).

Break Time | 12:05

좌장 : 김성웅(재료연구소)

타이타늄기술3-1 | 13:30 초청강연

High-Temperature Engineering Gammalloy Materials Development
Young-Won Kim[1], Sang-Lan Kim[1]
[1]Gamteck LLC.

타이타늄기술3-2 | 13:55

Oxidation and Sulfidation of Ti-44Al-6Nb-2Cr-0.3Si-0.1C and Ti-46Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1C Alloys
이동복[1]
[1]성균관대학교.

Break Time | 14:10

좌장 : 장동찬(한국과학기술원)

타이타늄기술4-1 | 14:35 초청강연

Smelting, Refining, and Recycling of Titanium
Toru H. Okabe[1], Chenyi Zheng[1], Takanari Ouchi[2]
[1]International Research Center for Sustainable Materials, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo. Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo. [2]Research Associate, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

타이타늄기술4-2 | 15:00

진공원심주조법을 이용한 자동차용 TiAl 터빈휠 제조기술
박종범[1], 이초롱[1], 양재교[2], 이정일[3], 김영직[4]
[1]천지산업㈜. [2]고등기술연구원. [3]한국교통대학교. [4]성균관대학교.

타이타늄기술4-3 | 15:15

Development of TiAl Alloys : a Future Light-weight Material for Extreme Condition
김성웅[1], 유승화[2], 홍재근[1], 김승언[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]한국과학기술원.

Break Time | 15:30

좌장 : 박찬희(재료연구소)

타이타늄기술5-1 | 15:40 초청강연

Titanium Alloys for Biomedical Applications
Shuichi Miyazaki[1], Hee Young Kim[2]
[1]University of Tsukuba,FAIS. [2]University of Tsukuba.

타이타늄기술5-2 | 16:05 초청강연

Development of TiCu-rich Superelastic Alloys for Elastocaloric Application
Wook Ha Ryu[1], Eun Soo Park[1]
[1]Seoul National University.

타이타늄기술5-3 | 16:30

집합조직 제어를 통한 상용 순수 타이타늄의 판재 성형성 향상

Jong Woo Won[1], Chan Hee Park[1], Jea Keun Hong[1], Chong Soo Lee[2]

[1]KIMS. [2]POSTECH.

타이타늄기술5-4 | 16:45

A Review on Materials and Technologies for Interventional Medical Device Development

Jun Kyu Park[1]

[1]CGBio Co. Ltd.

타이타늄기술5-5 | 17:00

임플란트용 Ti 환봉재 제조를 위한 다중공형압연 활용

이태경[1]

[1]부산대학교.

제4회 High Entropy Alloy 심포지엄

위원장 : 김형섭(포항공과대학교), 이병주(포항공과대학교), 박노근(영남대학교)

실무위원 : 박노근(영남대학교)

Room 203, 04월 26일

좌장 : 김형섭(POSTECH)

고엔1-1 | 09:30 초청강연

Ultra-high Strength CoCrNi Nanocrystalline Equiatomic Alloy Processed by High-pressure Torsion

PRAVEEN[1], Jae Wung Bae[1], Jeong Min Park[1], Peyman Asghari Rad[1], Hyoung Seop Kim[1]

[1]POSTECH.

고엔1-2 | 09:55

실시간 투과전자현미경 관찰을 통한 CoCrFeNiMn 고엔트로피 합금의 균열전파 거동 연구

김정한[1], 김성웅[2]

[1]한밭대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.

고엔1-3 | 10:10

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 응고 및 편석 거동

서성문[1], 정희원[1], 윤대원[1], 유영수[1], 나영상[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

고엔1-4 | 10:25

Production and Evolution Characteristics of Irradiation-induced Point Defects in CoCrFeMnNi High-entropy Alloy

Hyeon-Seok Do[1], Byeong-Joo Lee[1]

[1]POSTECH.

Break Time | 10:40

좌장 : 서진유(한국과학기술연구원)

고엔2-1 | 10:50

Strain Rate-dependent Deformation Mechanism of CoCrFeMnNi High-entropy Alloy

김형섭[1], 문종언[1], 홍순익[2]

[1]POSTECH. [2]충남대.

고엔2-2 | 11:05

Strain Rate Effects of Dynamic Compressive Deformation on Mechanical Properties and Microstructure of CoCrFeMnNi High-entropy Alloy

박정민[1], 문종언[1], 배재웅[1], 장민지[1], 박재영[1], 이성학[1], 김형섭[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과, 고엔트로피합금연구단.

고엔2-3 | 11:20

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 크리프 변형기구

강유빈[1], 심상훈[1], 송재숙[1], 이갑호[1], 홍순익[1]

[1]충남대학교 공대 신소재공학과.

고엔2-4 | 11:35

용접속도에 따른 고엔트로피합금 이종 용접부의 미세조직 및 기계적 특성 평가

남현빈[1], 김철희[2], 나영상[3], 김형섭[4], 강남현[1]

[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국생산기술연구원 용접 · 접합그룹. [3]재료연구소 티타늄연구실. [4]포항공과대학교 신소재공학과.

Break Time | 11:50

좌장 : 강남현(부산대학교)

고엔3-1 | 13:30

MnFeCoNiCu계 고엔트로피 합금의 나노구조 및 변형거동 연구

오승민[1], 홍순익[1], 송재숙[2]

[1]충남대학교 공대 신소재공학과응용소재. [2]충남대학교 나노공학연구소.

고엔3-2 | 13:45

Radiation-induced Continuous Dynamic Recrystallization in CrFeCoNiCu High-entropy Alloy

Jong Wook Lim[1], Jinyeon Kim[2], Joon Kon Kim[3], Eun Soo Park[4], Do Hyang Kim[1], Hye Jung Chang[2]

[1]Advanced Analysis Center. [2]Korea Institute of Science and Technol. [3]Research Institute of Advanced Materials. [4]Seoul National Univer.

고엔3-3 | 14:00

CoCrCuMnNi 와 CoCrMnFeCu 하이엔트로피 합금의 기계적 특성 및 변형거동

김형진[1], 오승민[1], 홍순익[1]

[1]충남대학교 신소재공학과.

고엔3-4 | 14:15

다원계 분말합금의 상안정성에 미치는 Cu 첨가 효과

권영준[1], 권훈[1], 조기섭[1]

[1]국민대학교 신소재공학부.

고엔3-5 | 14:30

나노 결정 CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금에서의 열처리에 의한 미세조직 및 기계적 물성 거동 분석

남승진[1], 황준연[2], 김문제[3], 최현주[1]

[1]국민대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 복합소재기술연구소. [3]The University of Texas at Dallas.

Break Time | 14:45

좌장 : 박노근(영남대학교)

고엔4-1 | 14:55

High Temperature Creep Behavior of Face-centered-cubic high-entropy Alloys

조민구[1], 서진유[2], 정우상[2], 한흥남[1]

[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

고엔4-2 | 15:10

Strength-ductility Balance in Ultrafine-grained $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ Medium Entropy Alloy

온디초 이브라힘[1], 박노근[1]

[1]영남대학교공과대학신소재공학부.

고엔4-3 | 15:25

CoCrFeMnNi 고엔트로피합금 내 비금속 개재물이 기계적 성질에 미치는 영향

최누리[1], 임가람[2], 나영상[2], 박주현[1]

[1]한양대학교. [2]재료연구소 (KIMS).

고엔4-4 | 15:40

FCC to BCC TRansformation-Induced Plasticity (TRIP) in $V_{10}Cr_{10}Fe_{45}Co_xNi_{35-x}$ high entropy alloy

조용희[1], 최원미[1], 김동근[1], 손석수[1], A. Zargaran[2], 김형섭[1], 이병주[1], 김낙준[3], 이성학[1]

[1]Center for High Entropy Alloys, POSTECH. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung. [3]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH.

Break Time | 15:55

좌장 : 임가람(재료연구소)

고엔5-1 | 16:05

A Thermodynamic Modelling of the Co-Cr-Fe-Ni-V High-entropy Alloy System

최원미[1], 조용희[1], 김동근[1], 손석수[1], 이성학[1], 이병주[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과.

고엔5-2 | 16:20

Effect of Carbon and Nitrogen in CoCrFeMnNi-C High Entropy Alloys

이병주[1], 고준영[1], 홍순익[1]

[1]충남대학교 공대 금속공학과.

고엔5-3 | 16:35

보론이 도핑된 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 인장 특성에 관한 연구

배재웅[1], 설재복[2], 한종찬[3], 김정기[1], Zhiming Li[4], Dierk Raabe[4], 김형섭[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과, 고엔트로피합금 연구단. [2]포항공과대학교 나노융합기술원. [3]포항공과대학교 신소재공학과. [4]Max-Plank-Institut für Eisenforschung.

가공분과 심포지엄: 금속 3D프린팅 재료 및 공정

위원장 : 박익민(부산대학교)

실무위원 : 최윤석(부산대학교), 이영선(재료연구소)

Room 401, 04월 26일

좌장 : 강민철(한국마그네슘기술연구조합)

금속3D1-1 | 09:00 초청강연

3D 프린팅용 금속소재 제조 및 미세조직 제어 기술

홍재근[1], 변율[2], 이성림[1], 나라야나[3], 김성웅[1], 염종택[1], 유지훈[1], 김승언[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교. [3]경상대학교.

금속3D1-2 | 09:25 초청강연

Metal AM : PBF 공정 요인과 소재 별 레이저 설정 변수

김명세[1]

[1]KAMI.

금속3D1-3 | 09:50 초청강연

고융점 금속재료의 3D 프린팅 기술

김대중[1]

[1]주식회사인스텍.

금속3D1-4 | 10:15

직접분사 적층공정(DED)에 의한 Ti-6Al-4V합금의 적층부 미세조직 특성

김성욱[1], 임성록[1], 천창근[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST) Ti상용화기술센터.

금속3D1-5 | 10:30

Additive Strategy of ZrCuAlNi Bulk Metallic Glass Part in Laser Powder Bed Fusion Additive Manufacturing

오지원[1], 남산[1], 최한신[2]

[1]고려대학교. [2]한국생산기술연구원.

Break Time | 10:45

좌장 : 최윤석(부산대학교)

금속3D2-1 | 10:50 초청강연

발전용 부품개발에서 적층제조기술의 응용과 전망

송영석[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.

금속3D2-2 | 11:15

적층제조법을 이용한 원전 부품제조

강석훈[1], 이창규[1], 이원희[2], 박남규[3], 안희성[4]

[1]한국원자력연구원. [2]㈜삼신. [3]한전원자력연료㈜. [4]비즈㈜.

금속3D2-3 | 11:30 초청강연

레이저 및 전자빔 적층공정으로 제조된 Inconel 625와 718 초내열합금 미세조직 및 인장특성 상관성 해석

홍현욱[1], 이지원[1,2], 김한규[1], M. Terner[1], 이병수[3], E. Copin[4], P. Lours[4], G. Marchese[5], S. Biamino[5]

[1]창원대학교. [2]Institut Clément Ader IMT Mines Albi of France. [3]한국생산기술연구원. [4]Institut Clément Ader IMT Mines Albi of France. [5]Politecnico di Torino of Italy.

금속3D2-4 | 11:55

Inconel 718의 기계적 특성 및 미세조직에 미치는 전자빔 적층 공정 변수인 Focus-offset의 영향

이해진[1], 김한규[2], 홍현욱[2], 이창욱[3], 조민철[3], 이병수[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]창원대학교. [3]일륭기공㈜.

금속3D2-5 | 12:10

SLM 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 열처리 공정 설계

도정현[1], 서성문[1], 정중은[1], 최백규[1], 김인수[1]

[1]한국기계연구원 재료연구소 금속재료연구본부.

좌장 : 권용남(재료연구소)

금속3D3-1 | 13:30 초청강연

적층제조(3D프린팅)를 위한 분말 및 DfAM을 위한 전략적 기회

강민철[1], 김진천[2], 유지훈[3]

[1]3D프린팅연구조합. [2]울산대학교. [3]재료연구소.

금속3D3-2 | 13:55 초청강연

적층 가공으로 제조된 기능성 재료의 소성 변형 이방성에 관한 연구

최시훈[1], 김은영[1], 김동규[2], 우완측[2]

[1]순천대학교. [2]한국원자력 연구원 중성자과학연구부.

금속3D3-3 | 14:20 초청강연

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 강화 입자 (TiC & TiB_2) 첨가 steel 계 복합 재료의 미세조직 및 상, 고온 기계적 특성

이기안[1], 김영균[1], 백민석[1], Bandar AlMangour[2]

[1]인하대학교 신소재공학과. [2]Harvard University.

금속3D3-4 | 14:55

완전용융 에너지밀도 기반 고밀도 SLM 적층성형 공정연구

김형균[1], 김원래[1], 함민지[1], 권오형[1], 이병수[1], 김강민[1], 정경환[1], 이창우[1], 김건희[1]

[1]한국생산기술연구원.

금속3D3-5 | 15:10

Parametric Microstructural Investigation on Single Tracks of Alloy 718 and TiAl alloy Processed by Powder Bed Fusion (PBF) Technique

Seul Bi Lee[1], Jae Woong Kim[1], Yoon Suk Choi[1], Myongse Kim[2], Jae Keun Hong[3]

[1]Pusan national university. [2]KAMI. [3]Korea institute of materials science.

알루미늄 심포지엄: 수송기기용 알루미늄 소재 및 공정기술

위원장 : 김형욱(재료연구소)

실무위원 : 어광준(재료연구소), 김명균 (포항산업과학연구원)

Room 402A, 04월 26일

좌장 : 김민석(재료연구소)

알루미늄1-1 | 09:30

Al-Mg-Si(-Cu) 합금에서 예비시효 온도가 시효경화 거동에 미치는 영향

송민영[1,2]임지우[1,2], 김인수[1,2], 홍성길[2], 김재황[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교.

알루미늄1-2 | 09:45

Al-Mg-Si 합금에서 합금성분과 자연시효 시간이 다단시효에 미치는 영향

임지우[1,2]송민영[1,2], 김인수[1,2], 홍성길[2] 김재황[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교.

알루미늄1-3 | 10:00

Al-Mg계, Al-Mg-Si계, Al-Zn-Mg계 알루미늄합금 판재의 방탄성능 및 변형거동

정제기[1], 김수현[2], 김희주[2], 이윤수[2], 임차용[2], 박용호[1]

[1]부산대학교 재료공학과. [2]재료연구소.

알루미늄1-4 | 10:15

초음파 용탕 처리가 아공정 Al-Si-Cu-Mg 합금의 미세구조 변화에 미치는 영향

김수배[1], 조영희[1], 정재길[1], 이정무[1], 이영국[2]

[1]재료연구소. [2]연세대학교.

알루미늄1-5 | 10:30

Al-Si 피스톤 합금의 초음파처리와 냉각속도 변화에 따른 미세조직의 변화 및 고온강도 예측

조민수[1], 이정무[1], 조영희[1], 정재길[1], 장재일[2]

[1]재료연구소. [2]한양대학교 신소재공학부.

Break Time | 10:45

좌장 : 김재황(한국생산기술연구원)

알루미늄2-1 | 11:00

과공정 Al-15wt.%Si 압출재의 미세조직, 마모, 인장 및 피로 특성에 미치는 TiO_2 첨가의 영향

허준영[1], 강연지[1], 신재혁[2], 김종호[3], 이기안[1]

[1]인하대학교. [2]자동차부품연구원. [3]포항산업과학연구원.

알루미늄2-2 | 11:15

Concepts of Amplitude-modulated EMS-microstructural Control at Continuous Billet Casting of the 7xxx-series Al-alloys

mykola slazhniev[1], Kyung Hyun Kim[1], Hyun Suk Sim[1], Se Won Kim[1], Won Jae Kim[1]

[1]Dong San Tech.

알루미늄2-3 | 11:30

Direct-chill casting법으로 제조된 고강도 Al-Zn-Mg-Cu합금 빌렛의 미세조직 예측

김민석[1], 이상화[1], 정재길[1], 어광준[1]

[1]재료연구소.

알루미늄2-4 | 11:45

가공열처리한 AlMg5Si2Mn 다이캐스팅용 알루미늄 합금의 미세조직 및 기계적 특성

이윤수[1], 김수현[1], 임차용[1], 김형욱[1], 김하식[1]

[1]재료연구소(KIMS).

알루미늄2-5 | 12:00

균질화처리에 따른 Al-6.5Mg-1.0Zn합금 빌렛 내 용질원소 확산거동 평가

김명균[1], 양현민[1]

[1]포항산업과학연구원.

Break Time | 12:15

좌장 : 이성희(목포대학교)

알루미늄3-1 | 13:30 초청강연

롤 본딩에 의한 복합 알루미늄 판재 제조

임차용[1], 이성희[2]

[1]재료연구소. [2]목포대학교.

알루미늄3-2 | 13:55

자동차 충돌 부품용 고강도 알루미늄합금의 에너지흡수능 향상 기술

김수현[1], 김희주[2], 정제기[1], 이윤수[1], 임차용[1], 최윤석[2]

[1]재료연구소. [2]부산대학교 재료공학부.

알루미늄3-3 | 14:10

Sr첨가량에 따른 사형주조 Al-7Si-0.35Mg합금의 열처리시 기계적 특성 고찰

김명균[1], 황석민[1]

[1]포항산업과학연구원.

알루미늄3-4 | 14:25

Effect of Ultrasonic Melt Treatment on the Solidification Microstructure of Al-Zr Alloy

정재길[1], 조영희[1], 김성대[1], 어광준[1] , 이정무[1]

[1]재료연구소.

알루미늄3-5 | 14:40 – Cancel

Modeling Anisotropic Plastic Properties and Friction Behavior of an AA 3003 Alloy Using a Coupled Crystal Plasticity and Anisotropic Yield Function

봉혁종[1], 이진우[1], 이명규[2]

[1]재료연구소. [2]서울대학교.

Break Time | 14:55

좌장 : 어광준(재료연구소)

알루미늄4-1 | 15:05

Effects of Particles on Hot Deformation Behaviors and Processing Maps of Al-7.9Zn-2.7Mg-2.0Cu (wt. %) Alloy

Zang Qianhao[1], Yu Huashun[2], Lee Yun-Soo[1], Kim Min-Seok[1], Kim Hyoung-Wook[1]

[1]재료연구소. [2]Shandong University.

알루미늄4-2 | 15:20

Age Hardening Behavior of AA7068 Aluminum Alloy at Different Cooling Rates After Solution Treatment

Saif haider kayani[1], Jae-Gil Jung[1], Sang-hwa Lee[1], Min-seok Kim[1], Kwangjun Euh[1]

[1]재료연구소.

알루미늄4-3 | 15:35

고강도 고열전도성 Al-Si-Ni계 다이캐스팅 합금의 기계적 특성과 열전도성 및 유동성에 미치는 합금원소의 영향

장재철[1], 신광선[1]

[1]서울대학교 재료공학부.

알루미늄4-4 | 15:50

Al-Zn-Mg 합금의 미세조직 X-ray line profile 분석

이경서[1], 김상욱[1], 손현우[1], 김명훈[1], 박성우[2], 이병훈[2], 김태환[2], 김경택[2], 정택균[1], 현승균[1]

[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

알루미늄4-5 | 16:05

Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재 프리폼의 소성가공성 평가

연규호[1], 김목순[1], 유승백[2], 이정근[2]

[1]인하대학교. [2]동양피스톤.

제1회 전력저장용 이차전지 심포지엄

위원장 : 임성기(건국대학교)

실무위원 : 정기영(포항산업과학연구원), 최준환(재료연구소), 심우영(연세대학교), 이윤기(경상대학교)

Room 402B, 04월 26일

좌장 : 정기영(포항산업과학연구원)

전지1-1 | 09:00 초청강연

Sodium Beta-alumina Batteries : Development, Status and Perspectives

임성기[1]

[1]건국대학교.

전지1-2 | 09:25 초청강연

Large-sized High Temperature Sodium-Sulfur Batteries: Cell design, Manufacturing and Evaluation

박윤철[1], 정기영[1], 조남웅[2], 이윤기[3], 전성운[2]

[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]대흥기업. [3]경상대학교.

전지1-3 | 09:50 초청강연

Bonding Technologies of Ceramic/Ceramic and Metal for Na-base Battery

최병현[1], 지미정[1]

[1]한국세라믹기술원(KICET).

전지1-4 | 10:15 초청강연

Room Temperature Sodium/Sulfur Battery

안효준[1]

[1]경상대학교.

좌장 : 최준환(재료연구소)

전지2-1 | 10:40 초청강연

Thermal Degradation and Thermo-mechanical Failure of High Temperature Sodium Sulfur Batteries

정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 전성운[2], 조남웅[2], 이윤기[3], 허회준[4], 강정윤[4], 김창수[5]

[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]대흥기업. [3]경상대학교. [4]부산대학교. [5]University of Wisconsin-Milwaukee.

전지2-2 | 11:05 초청강연

Numerical Modeling for the Thermal and Safety Analyses of the Molten Sodium Sulfur Battery

민준기[1], 이준석[1], Michael Stackpool[2], 신철호[3], 이창희[4]

[1]부산대학교. [2]IONOTEC Ltd. [3]국방기술품질원. [4]포항산업과학연구원(RIST).

전지2-3 | 11:30

Alloy Design of Advanced Active Brazing Alloys Used in High Temperature Sodium Sulfur Batteries

허회준[1], 정기영[2], 박윤철[2], 강정윤[1]

[1]부산대학교. [2]포항산업과학연구원(RIST).

좌장 : 임성기(건국대학교)

전지3-1 | 13:30 초청강연

Introduction of Na-$NiCl_2$ Batteries for Energy Storage Systems

이규태[1]

[1]서울대학교.

전지3-2 | 13:55 초청강연

Advanced Sodium-Metal Halide (Na-MH) Batteries for Stationary Energy Storage Applications

Guosheng Li[1], Vince Sprenkle[1]

[1]Pacific Northwest National Laboratory(PNNL).

전지3-3 | 14:20 초청강연

Na/$NiCl_2$ 전지용 부품 제조 및 접합기술

심승택[1], 황인기[1], 이영철[1]

[1]에너진.

전지3-4 | 14:45

하소/소결 단일공정 적용에 따른 고온형 sodium beta-alumina 2차 전지용 고체전해질 제조 연구

이대한[1], 임성기[1]

[1]건국대학교.

좌장 : 심우영(연세대학교)

전지4-1 | 15:10 초청강연

Na-metal chloride 전지의 충방전 특성에 미치는 양극용 금속 활물질 분말의 영향

안철우[1], 안병민[1,2], 한병동[1], 김양도[2], 최준환[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교.

전지4-2 | 15:35 초청강연

High-power Na/$ZnCl_2$ Battery

김창삼[1], 김한준[1], 변동진[2]

[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]고려대학교.

전지4-3 | 16:00 초청강연

Polymer Sealed Planar Na-$NiCl_2$ Battery Being Operated at Below 200°C

정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 양충모[1], 황순철[1], 박영민[1], 문지웅[1], Guoheng Li[2], Vincent L. Sprenkle[2], 진단아[3], 심우영[3], 이윤기[4], 박세영[5]

[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). [3]연세대학교. [4]경상대학교. [5]포스코.

전지4-4 | 16:25 초청강연

Advanced Na-β"-alumina Solid Electrolytes for Planar Sodium Nickel Chloride (Na/$NiCl_2$) Batteries

이윤기[1], 김혜란[1], 김성원[1], 손소리[2], 박윤철[2], 정기영[2]

[1]경상대학교. [2]포항산업과학연구원(RIST).

좌장 : 이윤기(경상대학교)

전지5-1 | 16:50 초청강연

Bismuth islands Coating on a β"-alumina for Low Temperature Na-BASE Batteries

심우영[1], 진단아[1], 최상진[1], 장우선[1], Aloysius Soon[1], 이윤기[2], 박윤철[3], 정기영[3]

[1]연세대학교. [2]경상대학교. [3]포항산업과학연구원(RIST).

전지5-2 | 17:15 초청강연

중저온 구동 Na/$NiCl_2$ 전지용 모듈설계에서의 열관리

양충모[1], 박윤철[1], 손소리[1], 정기영[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST).

전지5-3 | 17:40 초청강연

Cost Analysis in R&D of Sodium-based Secondary Battery

이정승[1], 정기영[2]

[1]호서대학교. [2]포항산업과학연구원(RIST).

전자재료

위원장 : 정병기(한국과학기술연구원)
총무간사 : 장호원(서울대학교)
Room 삼다A, 04월 27일

좌장 : 박태주(한양대학교)

전자1-1 | 09:00

High-performance Transparent Hydrogen Gas Sensor using Oxide Heterostructures
김성민[1], 김혜주[1], 석태준[2], 박태주[2], 이상운[1]
[1]아주대학교. [2]한양대학교.

전자1-2 | 09:15

Doping Effect on the Sensing Properties of ZnO Nanoparticles Synthesized by Flame Spray Pyrolysis for Detection of Acetone as a Biomarker
Ran Yoo[1], Yunji Park[1], Aran Koo[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of materials science and engineering, Yonsei Univ.

전자1-3 | 09:30

Enhanced H_2 Sensing Properties of Pd-coated SnO_2 Nanorod Arrays in Transformer Oil
Min Hyung Kim[1], Byungjin Jang[2], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Yonsei University.

전자1-4 | 09:45

Pd-coated Si Nanowire Arrays for Detection of Hydrogen Gas in Transformer Oil
장병진[1], 김민형[1], 이우영[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

전자1-5 | 10:00

Impedance and Modulus Spectroscopy of ZnO-$BiVO_4$-Mn_3O_4 Varisors
Youn Woo Hong[1], Man Jin Ha[1], Jong Hoo Paik[1], Jeong Ho Cho[1], Young Hun Jeong[1], Ji Sun Yun[1]
[1]KICET.

전자1-6 | 10:15

열필라멘트 화학기상증착 공정 중 발생하는 하전된 실리콘 카바이드 나노입자
김다슬[1], 권지혜[1], 김두윤[1], 황농문[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

Break Time | 10:30

좌장 : 홍연우(한국세라믹기술원)

전자2-1 | 10:40 초청강연

Highly Conductive and Transparent Hybrid Silver Nanowire Electrode for Diverse Photovoltaic Applications
송명관[1]
[1]한국기계연구원부설재료연구소.

전자2-2 | 11:05

Image Sensor Array for Digital X-ray Imaging System
Min Suk Oh[1], Jiwan Kim[2], Yong-Hoon Kim[3], Chul Jong Han[1], Byungwook Yoo[1]
[1]Korea Electronics Technology Institute (KETI). [2]Kyonggi University. [3]Sungkyunkwan University.

전자2-3 | 11:20

Improved Light Harvesting in Flexible Organic Solar Cells by Simutaneous Implementation of Self-cleaning and Light-trapping
정은욱[1], 송명관[1], 나종주[1], 조영래[2], 윤정흠[1]
[1]한국기계연구소 부설 재료연구소 표면기술연구본부. [2]부산대학교 재료공학과.

전자2-4 | 11:35

Fabrication of $BiVO_4$/WO_3 Heterojunction Anodes for Solar Water Splitting by All-solution Process
이보름[1], 이미경[1], 장호원[1]
[1]서울대학교.

전자2-5 | 11:50

Properties-controllable RTCVD multilayer graphene
Min-Sik Kim[1], Inseob Bae[2], Won Bin Kim[2], Dong Yoon Ko[3], Hyun-Mi Kim[1], Won Sik Nam[3], Byeong Jin Kim[3], Ki-Bum Kim[1]
[1]Seoul National University. [2]HAESUNG Device Solution. [3]NPS corporation.

전자2-6 | 12:05

열처리에 따른 유연소자용 금속 박막의 기계적/전기적 신뢰성 연구
이동준[1], 김병준*[1]
[1]안동대학교 청정소재기술연구센터.

Break Time | 12:20

좌장 : 송명관(재료연구소)

AW-2 | 13:30 LS학술상 수상기념강연

Pb-free Solder Interconnects for Electronic Packaging and Their Nano-scale Application to Printed Electronics and Transparent Electrode: Viewpoint of Computational Materials Science
Hyuck Mo Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, KAIST

전자3-1 | 13:55 초청강연

Field-effect Transistor Using Two-dimensional Electron Gas in ALD Al_2O_3/TiO_2 Ultrathin

Tae Joo Park[1], Sang Woon Lee[2]

[1]Hanyang University. [2]Ajou University.

전자3-2 | 14:20

Air-Stable Cesium Lead Iodide Perovskite for Ultra-Low Operating Voltage Resistive Switching

Ji Su Han[1], Quyet Van Le[2], Jaeho Choi[1], Soo Young Kim[2], Ho Won Jang[1]

[1]Seoul National University. [2]Chung-Ang University.

전자3-3 | 14:35

Eco-friendly Lead-free Perovskite Memristors and Artificial Synapses

Sun Gil Kim[1]*, Quyet Van Le[2], Ji Su Han[1], Jae Ho Choi[1], Ho Won Jang[1+]

[1]Seoul National University. [2]Chung-Ang University.

전자3-4 | 14:50

Characteristics of EMI Shielding Effectiveness on Shielded Cable for EV/HEV Automobile with Nickel coated Carbon Fiber Tapes

김지연[1], 박대희[2], 김원석[2]

[1](재)한국탄소융합기술원. [2]원광대학교.

전자3-5 | 15:05

CNT 함량에 따른 대기압 플라즈마로 소결된 Cu-CNT 나노복합재 필름의 열적 기계적 특성 연구

손은원[1], 임재원[2], 김광석[1]

[1]한국생산기술연구원 전북지역본부. [2]전북대학교 신소재공학부.

전자3-6 | 15:20

유연전자기기용 금속 박막과 폴리이미드 기판의 두께에 따른 전기적 수명 평가

김태욱[1], 김병준*[1]

[1]안동대학교 공대 신소재공학부 청정에너지소재기술연구센터.

재료강도

위원장 : 한흥남(서울대학교)
총무간사 : 황병철(서울과학기술대학교)
Room 삼다B, 04월 27일

좌장 : 성효경(경상대학교)

재료강도1-1 | 09:30

오스테나이트화 열처리후 냉각속도에 따른 SA508 Gr.1A 저합금강의 기계적 특성 변화

민기득[1], 홍석민[1], 김종민[1], 김민철[1], 이요섭[2], 김홍덕[2]

[1]한국원자력연구원. [2]한국수력원자력㈜.

재료강도1-2 | 09:45

Mo, Ti, Nb 첨가에 따른 저탄소강의 미세조직이 고온 인장강도 및 피로특성에 미치는 영향에 대한 연구

김준연[1], 홍현욱*[1], 문준오[2], 이창훈[2]

[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.

재료강도1-3 | 10:00 – Cancel

Effects of Microstructure on the Mechanical Properties of Cast Nickel Based superalloy

송전영[1], 구지호[1], 송영석[1], 김영대[1], 석진익[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.

재료강도1-4 | 10:15

Low Cycle Fatigue Properties of Wrought Nickel Base Superalloy Subjected to Different Heat Treatment.

송전영[1], 송영석[1], 구지호[1], 석진익[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.

재료강도1-5 | 10:30

Fatigue Damage Criterion based on Geometrically Necessary Dislocation of Heat-resistant Cast Austenitic Stainless Steel

AHIALE KWAME GODWIN[1], Won-Doo Choi[1], Yong-Jun Oh[1], Sunghak Lee[2]

[1]Hanbat National University. [2]Pohang University of Science and Technology.

Break Time | 10:45

좌장 : 김정한(국립한밭대학교)

재료강도2-1 | 10:55

중수로 압력관 재료 내 소량의 수소 함량이 기계적 특성에 미치는 영향

안동현[1], 이경근[1], 임상엽[1], 류이슬[1]

[1]한국원자력연구원.

재료강도2-2 | 11:10

TEM과 APT를 이용한 316 스테인리스강의 양성자 조사결함에 관한 연구

임연수[1], 김동진[1], 황성식[1], 최민재[1]

[1]한국원자력연구원 원자력재료연구부.

재료강도2-3 | 11:25

대형 볼트 제작시 질량효과 및 원소재 선정에 관한 연구

진성호[1], 차수호[1], 이선엽[1], 김종태[1], 강택기[1]

[1]현대건설㈜.

재료강도2-4 | 11:40

선구체 미세조직 제어를 통한 나노포러스 구리의 기계적 특성 향상

이시영[1], 박성수*[1]

[1]울산과학기술원(UNIST).

재료강도2-5 | 11:55

Deformation Twinning-detwinning Behavior of Au Nanowire During Cyclic Tensile-compression Test in TEM

김성훈[1], 서종현[2], 안재평[3], 이재철[1]

[1]고려대학교 신소재공학과. [2]SK hynix R&D division. [3]한국과학기술연구원 특성분석센터.

Break Time | 12:10

좌장 : 신상용(울산대학교)

재료강도3-1 | 13:30

Effect of Low-temperature Annealing on the Mechanical Properties of Manganese Steel

누르차야닝시 드이 아유[1], 박노근[1]

[1]영남대학교공과대학신소재공학부.

재료강도3-2 | 13:45

API 라인파이프강의 고변형능 특성에 미치는 미세조직적 인자 및 변형 시효의 영향

이상인[1], 이석규[2], 이성학[2], 정환교[3], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 신소재공학과. [3]포스코 기술연구원.

재료강도3-3 | 14:00

Evaluation of Ductile-brittle Transition in Tungsten by Nano-indentation

Yeonju Oh[1], Nojun Kwak[1], Won-seok Ko[2], Heung Nam Han[1]
[1]Seoul National University. [2]University of Ulsan.

재료강도3-4 | 14:15

Haynes 282 초내열합금의 열처리에 따른 미세조직과 변형기구 고찰

신경용[1], 김진혁[1], 공병욱[2], 홍현욱[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

재료강도3-5 | 14:30

Ti와 Ta 동시 첨가가 저방사화강의 미세조직 및 열화 거동에 미치는 영향 고찰

김한규[1], 이지원[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실.

가공-표면처리

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)
Room 300, 04월 27일

좌장 : 이정훈(부경대학교)

표면1-1 | 09:30

용융염을 이용한 다이아몬드 입자 표면에 크롬 탄화물 코팅

김화정[1], 정영우[2], 최희락[3], 안용식[3]
[1]부경대학교 LED공학협동과정. [2]부경대학교 LED융합공학전공. [3]부경대학교 재료공학과.

표면1-2 | 09:45

용융 Zn-Al-Mg 도금강판 마찰특성 및 내식성 개선 연구

박경관[1], 김선진[1], 홍문희[1]
[1]포스코강판㈜.

표면1-3 | 10:00

세노스피어를 활용한 기능성 첨가제 개발 및 특성평가

윤영철[1], *윤현석[2], 정용찬[2]
[1]서울과학기술대학교. [2]한전 전력연구원.

표면1-4 | 10:15

S45C 합금의 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 Cr 도금층 두께의 영향

함기수[1], 강연지[1], 김형준[2], 윤상훈[2], 이기안*[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.

표면1-5 | 10:30

B_4C 타겟을 이용한 d.c. 비대칭 마그네트론 스퍼터링으로 증착한 입방정 질화붕소(cBN)의 증착 거동

최영환[1], 박종극[1], 이욱성[1], 허주열[2], 백영준[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST) 전자재료연구단. [2]고려대학교 신소재공학부.

Break Time | 10:45

좌장 : 김동현 (한국세라믹기술원)

표면2-1 | 10:55

다기능의 윤활유가 침지된 나노다공성 알루미늄 양극산화 피막

이정훈[1], Chang-Hwan Choi[2]
[1]부경대학교. [2]Stevens Institute of Technology.

표면2-2 | 11:10

초 접착성 해양생물 부착 방지용 i-PDMS를 이용한 표면처리 방법에 대한 고찰

윤영철[1], 임채강[2], 정용찬[3], 이수열[2]
[1]서울과학기술대학교. [2]충남대학교. [3]한전 전력연구원.

표면2-3 | 11:25

인공산화 표준시편 제조를 통한 ACSR Cable 결빙특성 평가

조희재[1], 고수희[2], 정용찬[3], 이수열[1]
[1]충남대학교. [2]한국기술교육대학교. [3]한국전력연구원.

표면2-4 | 11:40

송전선로 ACSR Cable 결빙방지 코팅소재 개발 및 특성평가

조희재[1], 정용찬[2], 이수열[1]
[1]충남대학교. [2]한전 전력연구원.

표면2-5 | 11:55

테이프류 탈착특성 시험법 및 코팅소재 개발

김유섭[1], 조희재[1], 채원기[2], 정용찬[3], 이수열[1]
[1]충남대학교. [2]단국대학교. [3]한전 전력연구원.

표면2-6 | 12:10

Cu 소재의 내마모성확보를 위한 레이저 클래딩 공정에서 버퍼층의 영향연구

박순홍[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

좌장 : 천은준(한국기계연구원)

표면3-1 | 13:30

고강도 금형 소재 사용에 따른 열간금형 수명 연장

이경훈[1], 이승열[1], 고병동[2]
[1]㈜솔루션랩. [2]㈜신한발브.

표면3-2 | 13:45

다이오드 레이저를 이용한 플라스틱 사출 금형강의 변태 경화 열처리 및 기계적 특성 변화

심아진[1,2], 천은준[2], 박인덕[2], 조대원[2], 강남현[1], 김양도[1]
[1]부산대학교 재료공학과 [2]한국기계연구원.

표면3-3 | 14:00

질화처리 된 SCr420H 강재의 기계적 특성에 미치는 유도가열 열처리의 영향

염호종[1], 임항준[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

표면3-4 | 14:15

진공 상온 분사 공정에서 Al_2O_3 분말의 입도 분포가 코팅층 기계적 특성에 미치는 영향

권한솔[1], 박형권[2], 이창희[1]
[1]한양대학교. [2]현대제철.

표면3-5 | 14:30

Cr_3C_2-NiCr 분말의 damage accumulation을 통한 저온 분사 적층 용이성 향상

김재익[1], 이승태[1], 이창희[1]
[1]한양대학교 공대 신소재공학과.

상변태 심포지엄: 전위 및 재결정 유발의 상변태현상

위원장 : 최병학(강릉원주대학교)
실무위원 : 김재헌(국민대학교), 정우상(한국과학기술연구원)
Room 301, 04월 27일

좌장 : 최병학(강릉원주대학교)

상변태현상1-1 | 09:00 초청강연

Fe-12Mn 합금에서의 공석반응 (Eutectoid reaction in a Fe-12Mn binary alloy)

허윤욱[1], 남중원[2], 허남회[1], 김성준[1]
[1]포항공대 철강대학원. [2]POSCO.

상변태현상1-2 | 09:30 초청강연

전주도금 인바에서 상변태에 의한 저열팽창 특성의 발현

박용범[1], 김인경[1]
[1]순천대학교.

상변태현상1-3 | 10:00 초청강연

Dendritic Solidification and Texture Evolution of Zn Alloy Film in Hot-dip Galvanizing

김성균[1], 허주열[2], 정구진[2], 황현석[3], 김상헌[3]
[1]군산대학교. [2]고려대학교. [3]포스코 기술연구원.

좌장 : 정우상(한국과학기술연구원)

상변태현상2-1 | 10:30 박중근교수님 정년퇴임 기념강연

Modeling of the Dynamic Recrystallization Kinetics and Flow Stress of Micro-alloyed Medium-carbon Steels

박중근[1]
[1]한국과학기술원.

상변태현상2-2 | 11:00 초청강연

재료에 저장된 에너지 방출과 상변태의 상관관계

김영석[1], 김성수[1]
[1]한국원자력연구원.

상변태현상2-3 | 11:30 초청강연

Dislocation-based model for strain-induced martensitic transformation

Tae-Ho Lee*[,1], Heon-Young Ha[1], Jae Hoon Jang[1], Joonoh Moon[1], Sung-Dae Kim[1], Jong-Ho Shin[2], Jong-Wook LEE[2]
[1]Advanced Metals Division, Korea Institute of Materials Science. [2]Materials and Manufacturing Technology Development Center, Corporate Research and Development Institute, Doosan Heavy Industries and Construction Co. LTD.

상변태현상2-4 | 12:00 초청강연

금속합금의 오메상 상변태 현상

최병학[1], 장현수[1], 현용택[2], 김승언[2], 윤기봉[3], 이길재[4]
[1]강릉원주대학교. [2]재료연구소. [3]중앙대학교. [4]동서발전.

상변태

위원장 : 최병학(강릉원주대학교)
총무간사 : 정우상(한국과학기술연구원)
Room 301, 04월 27일

좌장 : 서진유(한국과학기술연구원)

상변태1-1 | 13:30

첨가 원소 및 열처리에 의한 Ti-Cr-X합금의 미세조직 및 기계적 물성 거동

박상원[1], 홍성환[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 권성준[1], 최시연[1], 김기범*[1]
[1]세종대학교 나노신소재공학과.

상변태1-2 | 13:45

Effect of Boron Addition on the Mechanical Properties of High Entropy Alloys

Jung Soo Lee[1], Kook Noh Yoon[1], Hyun Seok Oh[1], Sang Jun Kim[1], Eun Soo Park[1]
[1]Seoul National University.

상변태1-3 | 14:00

연속 냉각 실험을 이용한 등온 상변태 거동 예측

김정민[1], 심재혁[2], 이경종[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

상변태1-4 | 14:15

Al 첨가에 따른 FCC 하이엔트로피 합금의 경량화 특성 및 변형 거동

윤국노[1], 오현석[1], 이제인[1], 박은수[1]
[1]서울대학교.

상변태1-5 | 14:30

상온에서 우수한 가역적 자기열량효과를 보이는 Ni-Mn-Sn 계 호이슬러 합금 개발

김상준[1], 류욱하[1], 오현석[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태1-6 | 14:45

Fabrication of Quenched Bulk Metallic Glass by Laser Additive Manufacturing

유근희[1], 박태규[1], 최한신[2], 김휘준[2], 박은수[1]
[1]서울대학교. [2]한국생산기술연구원.

상변태1-7 | 15:00

Correlation Between Intrinsic Factors and Deformation Behavior of Nanoscale Metallic Glasses

김지영[1], 김소연[1], 김진우[2], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology.

Break Time | 15:15

좌장 : 박은수(서울대학교)

상변태2-1 | 15:25

전류펄스 및 인장응력을 이용한 FeNi계 비정질 합금의 상변태 거동

황지용[1], 이승훈[1]
[1]경북대학교 공과대학 신소재공학부.

상변태2-2 | 15:40

FCC계열 하이엔트로피 합금의 격자비틀림 및 고용강화효과 고찰

오현석[1], 김상준[1], Dierk Raabe[2], Fritz Kormann[2], 박은수[1]
[1]서울대학교신소재공동연구소. [2]Max Planck Institute for steel research.

상변태2-3 | 15:55

응고 및 열처리 시 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금의 석출 거동 및 기계적 특성

김진연[1], 김진우[2], 심재혁[3], 박은수[1], 장혜정[3]
[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology. [3]한국과학기술연구원.

상변태2-4 | 16:10

니켈베이스 합금의 격자 변화에 미치는 단 범위 규칙화의 영향

김성수[1], 임상엽[1], 김영석[1], 정종엽[1]
[1]한국원자력연구원.

상변태2-5 | 16:25

in-situ TEM Observation and Phase-Field Simulation of Abnormal Ripening in Al-Li Alloy

Jiwon Park[1], Sung-Dae Kim[1], Chang-Seok Oh[1], Reza Darvishi Kamachali[2], Christian Schwarze[3], Ingo Steinbach[2]
[1]Korea Institute of Materials Science. [2]ICAMS. [3]Ruhr University Bochum.

상변태2-6 | 16:40

상 안정성 다이어그램을 활용한 전이금속 산화물의 탄질화 과정 고찰

권한중[1], 문아람[2], 김지웅[1]
[1]한국지질자원연구원광물자원연구본부. [2]과학기술연합대학교대학원.

하이브리드 수소환원제철 심포지엄

위원장 : 유재욱(한국금속재료연구조합)
실무위원 : 배철민(포스코), 최주태(현대제철), 장병록(SAC), 민동준(연세대학교)
Room 303, 04월 27일

좌장 : 이운재(포스코)

환원1-1 | 09:10

수소함유자원 고로 활용 Proces기술

이운재[1]
[1]포스코.

환원1-2 | 09:20

바이오매스 고로 활용 Process 기술- 기술동향 및 기초물성 평가

김혁[1]
[1]현대제철.

환원1-3 | 09:30

함 수소 고로 조업시 장입물 노내 거동

민동준[1]
[1]연세대학교.

환원1-4 | 09:40

수소환원 고로 조업에서 연화융착대 환경변화에 따른 용융성 개선 기술

이준호[1]
[1]고려대학교.

환원1-5 | 09:50

고로 내 함수소 가스취입시 Shaft부 코크스 반응특성 변화

김성만[1]
[1]포항공과대학교.

환원1-6 | 10:00

고온 전기분해 시스템을 통한 이산화탄소 환원 및 저감 기술

김원배[1]
[1]포항공과대학교.

환원1-7 | 10:10

상온구동 전기화학적 이산화탄소 환원기술 및 시스템 개발

이종람[1]
[1]포항공과대학교.

환원1-8 | 10:20

제철공정 배열회수 및 CO_2 자원화 기술

이준석[1]
[1]포항산업과학연구원.

환원1-9 | 10:30

해외 CO_2 저감 관련 제철기술 개발 동향

김태윤[1]
[1]한국금속재료연구조합.

Break Time | 10:40

좌장 : 박해웅(RIST)

환원2-1 | 11:00

부생가스 기반 CO_2 저감형 Hybrid 환원제철 증폭 및 개질 기술개발

장병록[1]
[1]SAC.

환원2-2 | 11:10

통합 공정 설계 검토

권영현[1]
[1]필즈엔지니어링㈜.

환원2-3 | 11:20

제철 부생가스 기반 CO전환을 통한 수소제조 기술 개발

이창훈[1]
[1]포항산업과학연구원.

환원2-4 | 11:30

COG 가스로부터 수소 증폭을 위한 메탄 농축 공정 개발

박종호[1]
[1]한국에너지기술연구원.

환원2-5 | 11:40

부생가스 내 수소 증폭을 위한 개질 운전 조건 평가

배중면[1]
[1]한국과학기술원.

환원2-6 | 11:50

부생가스 활용기술 개발 및 분석기술 개발

송덕용[1]
[1]한국금속재료연구조합.

Break Time | 12:00

좌장 : 조종오(현대제철)

환원3-1 | 13:00

대체 철원 기반 제철공정 CO_2 저감 기술 개발

장철호[1]

[1]현대제철.

환원3-2 | 13:10

제철 부생가스를 이용한 고탄소/고금속화율의 DRI 제조

김행구[1]

[1]부경대학교.

환원3-3 | 13:20

HBI 제조 및 파괴 강도 향상 기술

이광희[1]

[1]케이텍.

환원3-4 | 13:30

전기로 슬래그의 탈린능에 미치는 DRI 투입의 영향

박주현[1]

[1]한양대학교.

환원3-5 | 13:40

수소환원 DRI 하이브리드 전기로용 내화재의 슬래그 부식특성

정용석[1]

[1]한국산업기술대학교.

환원3-6 | 13:50

전기로 조연버너 사용 효율향상 조업기술 개발

한경문[1]

[1]현대제철.

환원3-7 | 14:00

전기로 조연버너 형상과 조업 개선을 통한 열효율 향상 기술 개발

문정은[1]

[1]에스티아이씨앤디.

환원3-8 | 14:10

전기로 및 전로에 사용 가능한 대체철원 용해 모델 개발을 위한 기반 연구

김선중[1]

[1]조선대학교.

환원3-9 | 14:20

국내 전기로사별 공정 및 기술 분석을 통한 CO_2 저감 전략

장형순[1]

[1]한국금속재료연구조합.

환원3-10 | 14:30

전로내 2차 연소 반응시험 및 해석모델 구축

하창수

[1]포스코.

제5회 수소재료 안전 심포지엄

위원장 : 남승훈(한국표준과학연구원)
실무위원 : 서진유(한국과학기술연구원)
Room 201A, 04월 27일

좌장 : 남승훈(한국표준과학연구원)

안전1-1 | 09:30 초청강연

오스테나이트 스테인리스합금의 변형유기 마르텐사이트 상변태와 수소의 역할

김영석[1], 김성수[1]

[1]한국원자력연구원.

안전1-2 | 09:55 초청강연

Grain Boundary Engineering Approach to Improve Hydrogen Embrittlement Resistance in Fe–Mn–C TWIP Steel

Young Jin Kwon[1], Hyunjoo Seo[1], Chong Soo Lee[1]

[1]POSTECH.

안전1-3 | 10:20 초청강연

철강재료의 미세조직에 따른 수소취성 메커니즘 규명

박철호[1], 박한지[1], 이정훈[1], 강남현[1]

[1]부산대학교.

안전1-4 | 10:45

IN740H Ni–based superalloy의 수소 취화 특성

이승용[1], 김한진[1], 안창호[2], 백승욱[2], 심재혁[1], 서진유[1]

[1]한국과학기술연구원(KIST) 고온에너지재료연구센터. [2]한국표준과학연구원(KRISS) 소재에너지융합측정센터.

Break Time | 11:00

좌장 : 한정호(충남대학교)

안전2-1 | 11:10 초청강연

고강도 선재의 개발 방향과 수소취성 저항성 문제

이준모[1], 이상윤[1], 김관호[1], 정환교[1]

[1]㈜포스코.

안전2-2 | 11:35 초청강연

오스테나이트 스테인레스강의 고압수소가스에서의 사용적합성 평가

백운봉[1], 남승훈[1], 이해무[1], 박종서[1]

[1]한국표준과학연구원.

안전2-3 | 12:00 초청강연

수소 주입 및 시험 방법에 따른 고망간강의 수소 취화 특성 비교

황병철[1], 이승용[1], 서진유[2], 백운봉[3], 남승훈[3]

[1]서울과학기술대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]한국표준과학연구원.

좌장 : 황병철(서울과학기술대학교)

안전3-1 | 13:30

Variation of Stacking Fault Energy by Hydrogen for CrMnFeCoNi High Entropy Alloy

김한진[1], 조민경[2], 김긍호[2], 서진유[2], 이준호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원.

안전3-2 | 13:45

안정한 오스테나이트계 스테인리스강에서 입계 예민화가 수소취성에 미치는 영향

김경식[1], 강지현[1], 김성준[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원.

안전3-3 | 14:00

Characteristics of Sustained Load Crack Resistance in Aluminum Alloy for High Pressure Hydrogen Gas Storage Vessels

Dae-Kyeom Kim[1], Sun-Woo Nam[2], Sung Chul Kim[3], Dong Hun Yang[3], Sung-Min Cho[4], Taek-Soo Kim[5]

[1]University of Science and Technology/ Korea Institute of Industrial Technology. [2]Korea Institute of Industrial Technology. [3]TK-FUJIKIN R&D Center. [4]Institute of Gas Safety R&D. [5]University of Science and Technology/ Korea Institute of Industr.

안전3-4 | 14:15

면심입방정 금속의 수소 TDS 거동에 미치는 시편 두께의 영향

송은주[1], 김한진[2], 이승용[2], 안창호[3], 백승욱[3], 서진유[2]

[1]Sandia National Laboratory. [2]한국과학기술연구원. [3]한국표준과학연구원.

열전재료II

위원장 : 박수동(한국전기연구원)
총무간사 : 김일호(한국교통대학교), 이종수(경희대학교)
Room 201B, 04월 27일

좌장 : 이종수(경희대학교)

열전3-1 | 09:00 Tutorial

고체물질의 열 전도에 관한 짧은 개론

진현규[2]

[1]포항공과대학교 기계공학과.

Break Time | 09:40

좌장 : 김일호(한국교통대학교)

열전4-1 | 09:50 초청강연

Enhancement of Thermoelectric Performances in Topological Crystal Insulator via Weak Perturbation of the Topological State and Chemical Potential Tuning

이종수[1]

[1]경희대학교.

열전4-2 | 10:20 초청강연

Promising Thermoelectric Performances of a-Cu_2Se for Near-room-temperature Applications

임영수[1], 김민지[1], 진승현[1], 이길근[1], 탁장렬[2], 조형균[2], 이창훈[3], 김수지[3], 심지훈[3], 남우현[4], 서원선[4], 고경문[5], 박철희[5]

[1]부경대학교. [2]성균관대학교. [3]포항공과대학교. [4]한국세라믹기술원. [5]LG화학.

열전4-3 | 10:50 초청강연

Quantitative Scanning Thermal Microscopy - Methods and Probes

Ohmyoung Kwon[1]

[1]Korea University.

Break Time | 11:20

좌장 : 임영수(부경대학교)

열전5-1 | 11:30

열전발전모듈 신뢰성 평가 Thermal Cycle 개발

허성준[1], 노윤현[1]

[1]㈜블루시스.

열전5-2 | 11:45

Thermoelectric Properties Evaluation of Thermoelectric Generators According to Thermal Cycling

한승우[1], 조한기[1]

[1]한국기계연구원.

열전5-3 | 12:00

Hot Spot 냉각을 위한 수평형 열전소자

신해선[1,2], 김시진[3], 이후정*[1], 한승우*[2]

[1]성균관대학교. [2]한국기계연구원. [3]Te-tech.

열전5-4 | 12:15

Fabrication of Thermoelectric Power Generators with Segmented Legs Synthesized by One-step Hot Press Sintering

J. H. Park[1], B. G. Ryu[1], J. W. Chung[1], S. D. Park[1]

[1] Korea Electrotechnology Research Institute,

복합재료

위원장 : 이상관(재료연구소)
총무간사 : 이상복(재료연구소)
Room 201B, 04월 27일

좌장 : 김경태(재료연구소)

복합1-1 | 13:30

Unusual Microstructural Evolution in Nanoscale of Dopant-added WC-Co Composites

Choong Kwon Park[1], Nojun Kwak[1], Sang Won Suh[2], Shinhoo Kang[1], In-Ho Jung[1]

[1]Seoul National University. [2]SUNKWANG L.T.I. Inc.

복합1-2 | 13:45

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 미세조직 변화 및 인장파괴 특성

박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 홍현욱[1]

[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.

복합1-3 | 14:00

Effect of Nanoparticle Addition on the Microstructure, Solderability and Tensile Characteristics of SAC Alloy

정도현[1], 정재필[1]

[1]서울시립대학교.

복합1-4 | 14:15

나노 탄소의 형상에 따른 구리/나노-탄소 복합재료 결정립 성장거동 관찰

장하늘[1], 류경식[1], 장혜정[2], 최현주[1]

[1]국민대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

Break Time | 14:30

좌장 : 최현주(국민대학교)

복합2-1 | 14:40

Fabrication Process of Porous Titania(TiO_2) Thin Films with a High Specific Surface Area Using Nano-cellulose and Analysis of Their Characteristics

Yonghee Yoon[1], Giuk Yang[1], Hyeongmin Noh[1], Soyoung Kim[1], Wonhee Lee[1]

[1]Sejong University.

복합2-2 | 14:55

Superaligned Carbon Nanotubes-reinforced Aluminum Composite

Jong Gil Park[1], Jeong-Gyun Kim[1], Dongseok Suh[1], Young Hee Lee[1]

[1]Department of energy science (DOES) Sungkyunkwan University.

복합2-3 | 15:10

Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites

손유한[1], 한준현[1]

[1]충남대학교 신소재공학과.

복합2-4 | 15:25

Multi-Functional Photorheological Fluids for the Sensors and Actuators applications

Minyoung Cho[1], Timilsina Suman[1], Jisik Kim[1]

[1]Kyungpook National University.

분말재료

위원장 : 이창규(한국원자력연구원)
총무간사 : 홍순직(공주대학교)
Room 202A, 04월 27일

좌장 : 서석준(한국생산기술연구원)

분말1-1 | 09:30

기계적 밀링 방법에 따른 Al-CNT 복합재료의 CNT 분산도 및 기계적 특성 평가

김건홍[1], 한덕현[1], 채홍준[1], 김재성[1]

[1]고등기술연구원.

분말1-2 | 09:45

가스 분무법으로 제조한 Al-Si-Ni 합금분말 압출재의 압출거동 및 미세조직 분석

안수성[1], 구자명[1], 백창현[2], 정찬욱[2], 홍순직[1]

[1]공주대학교 신소재공학과. [2]동양 AK 코리아.

분말1-3 | 10:00

기계적 수소화법을 통해 제조된 Y_2O_3 분산 Ni-Cr계 분말의 SPS 소결 거동 및 기계적 특성

김창재[1], 윤정모[2], 박제신[2]

[1]전북대학교 공대 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

분말1-4 | 10:15

PMMA 스페이스 홀더(Space holder)를 이용한 중~저 기공률의 다공성 스테인리스강 제조 및 압축특성분석

이택선[1], 조의제[1], 박용호[1]

[1]부산대학교 재료공학과.

분말1-5 | 10:30

기계적 수소화법으로 제조된 금속바인더 Co를 포함하는 TiO_2 소결체의 소결 특성 및 기계적 성질

임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]

[1]전북대학교 일반대학원 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재 공학부.

좌장 : 채홍준(고등기술연구원)

분말2-1 | 10:55

고순도 금속 탄탈륨 분말 제조를 위한 입도 제어 연구

이지은[1], 이찬기[1], 박지환[2], 박일규[3], 윤진호[1]

[1]고등기술연구원. [2]㈜엠티아이지 기술연구소. [3]서울과학기술대학교 신소재공학화.

분말2-2 | 11:10

Microstructure Characterization of Iron Oxide Fabricated by Pulsed Wire Evaporation

Young Woo Kim[1], Hyun Soon Park[2]

[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Inha University.

분말2-3 | 11:25

AIP 공정 적용 W 첨가에 따른 Ti계 질화물 코팅층의 형성 거동 및 특성 평가

이정한[1,2], 장준호[1], 박현국[1], 홍성길[2], 오익현[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교 신소재공학과.

분말2-4 | 11:40

Selective Laser Melting에 의한 WC-Co 분말의 특성 제어

이진우[1], 하국현[1], 구혜영[1], 최윤석[2]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교 재료공학과.

마찰마모

위원장 : 장호(고려대학교)
총무간사 : 김성수(만도중앙연구소), 김윤준(인하대학교)
Room 202A, 04월 27일

좌장 : 김윤준(인하대학교)

마찰1-1 | 13:30

Effect of Laser Surface Hardening of a Plastic Mold Steel on Fretting Wear Behavior

박창규[1], 천은준[1], 박인덕[1], 심아진[1]

[1]한국기계연구원 부산기계기술센터.

마찰1-2 | 13:45

자동차 브레이크 용 회주철 디스크와 마찰재 사이에 발생하는 녹고착 현상에 대한 종합적 분석

권재현[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰1-3 | 14:00

브레이크 마찰재의 열이력에 따른 표면 특성 변화와 마찰불안정성 분석

장연하[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰1-4 | 14:15

상대재의 표면 형상이 마찰력 및 마찰불안정성에 미치는 영향

주병수[1], 신상희[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰1-5 | 14:30

마찰면에 발생하는 접촉고평부 형성과정 분석 및 그에 따른 마찰특성

김진우[1], 장호[1], Diego J. Chavez[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰1-6 | 14:45

자동차용 브레이크 디스크의 재질에 따른 미세먼지 배출에 대한 연구

김도현[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

좌장 : 박창규(한국기계연구원)

마찰2-1 | 15:10

Al2024 – T4 합금 압출재의 기계적 성질 및 마모 성질의 이방성 연구

박천명[1], 정제기[1], 유병철[1], 정해용[2], 박용호[1]

[1]부산대학교 재료공학과. [2]부경대학교 재료공학과.

마찰2-2 | 15:25

중국고속철도(모델명:CRH5) 소결브레이크 패드 개발

이범주[1], 조정환[1], 나종태[1]

[1]㈜다원프릭션.

마찰2-3 | 15:40

Silicone oil 첨가에 따른 Polyamide 66 기반의 Gear 마찰마모 거동

염현식[1], 김혜린[1], 방상호[1]

[1]현대첨단소재.

마찰2-4 | 15:55

Material and Shape Design for Improving Wear Life of Tooth for Construction Equipment

이청래[1], 안상민[1]

[1]두산인프라코어㈜.

제4회 High Entropy Alloy 심포지엄II

위원장 : 김형섭(포항공과대학교), 이병주(포항공과대학교), 박노근(영남대학교)

실무위원 : 박노근(영남대학교)

Room 202B, 04월 27일

좌장 : 박은수(서울대학교)

고엔6-1 | 09:30 초청강연

BCC 구조를 갖고 고온용 dual phase 고엔트로피합금 개발

나영상[1], 임가람[1], 원종우[1], 권현준[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

고엔6-2 | 09:55

$Al_{0.5}CoCrFeMnNi$ 고엔트로피 합금의 균질화 온도가 가공성에 미치는 영향

문종언[1], 배재웅[1], 장민지[1], 백승미[1], 임다미[1], 박정민[1], 이병주[1], 김형섭[1]

[1]포스텍(포항공과대학교).

고엔6-3 | 10:10

$Al_{0.1}(Fe_{1+x}CoCr_{1-x}Mn)_{0.9}$ (x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) 고엔트로피 합금의 미세구조 및 자성특성분석

정찬원[1], K.G. Pradeep[2], A. Marshal[2], 최벽파[1]

[1]한국과학기술원. [2]RWTH Aachen University.

고엔6-4 | 10:25

Effect of Anneling on Microstructure and Mechanical Properties of Equatomic AlCoCrNi High-entropy Alloy

JUMAEV ELYORJON[1], KIM YOUNG SEOK[1], PARK HAE JINE[1], MUN SANG CHUL[1], KIM KI BUEM*[1]

[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

Break Time | 10:40

좌장 : 조기섭(국민대학교)

고엔7-1 | 10:50

수소취성을 이용한 BCC 고엔트로피 합금 구형 분말 대량 제조기술 연구

나태욱[1], 양승민[1], 박은수[2], 박광석[1], 박형기[1]

[1]한국생산기술연구원 강원지역본부. [2]서울대학교 재료공학부.

고엔7-2 | 11:05

나노입자가 분산된 NbMoTaW 고 엔트로피 합금 기반 복합소재 개발

노애란[1], 최현주[1]

[1]국민대학교 신소재공학과.

고엔7-3 | 11:30

고온강도-상온연신 조절 내화금속계 고엔트로피 합금 개발

김일환[1], 오현석[1], 박은수[1]

[1]서울대학교 재료공학부.

가공-용접 및 접합

위원장 : 박익민(부산대학교)

총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)

Room 202B, 04월 27일

좌장 : 박영도(동의대학교)

용접1-1 | 13:30

고강도 알루미늄합금의 레이저 용접성에 관한 연구

이목영[1], 이도엽[1], 황종일[2]

[1]포항산업과학연구원. [2]㈜엘엠에스.

용접1-2 | 14:00

저온 템퍼링에 의한 자동차용 초고강도강 용접부 미세조직 및 기계적 특성 변화 연구

박기태[1], 김광중[1], 엄상호[2], 정홍철[2], 이창희[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]포스코 접합연구그룹.

용접1-3 | 14:15

Al-Si 도금층 용융거동 해석 및 다단통전을 통한 핫스탬핑강의 너트 프로젝션 용접성 향상 기술

천은준[1], 김영민[2], 박영환[3], 박영도[4]

[1]한국기계연구원. [2]한국생산기술연구원. [3]부경대학교. [4]동의대학교.

용접1-4 | 14:30

Self-Piercing Riveting을 이용한 이종소재 접합 검증에 관한 연구

박지형[1], 전용호[2]

[1]진합볼호프. [2]아주대학교.

Break Time | 14:45

좌장 : 천은준(한국기계연구원)

용접2-1 | 14:55

발포 금속을 사용한 열교환기 접합부의 미세조직과 기계적 강도에 미치는 접합인자의 영향

허회준[1], 박용찬[1], 김규린[1], 강정윤[1]

[1]부산대학교.

용접2-2 | 15:10

A Study on the Possibillity of Manufacturing Ni-based Superalloy Substrate and Bond Coat with the Selective Laser Melting

이지원[1], Mathieu TERNER[2], Philippe LOURS*[3], Etienne COPIN[3], Hyun-Uk HONG*[2]

[1]Changwon National University/Ecole de Mines Albi-Carmaux. [2]Changwon National University. [3]Ecole de Mines Albi-Carmaux.

용접2-3 | 15:25 – Cancel

Fe-Mn-Al-C 경량철강에서의 C함량이 응고균열에 미치는 영향에 대한 분석

김봉윤[1], 정성훈[1], 박성준[2], 문준오[2], 이창희[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]재료연구소.

용접2-4 | 15:40

Al함량 및 입열량 변화에 따른 FeMnAlC 경량철강 용접 열영향부의 κ-carbide 석출 거동 및 기계적 특성 변화 분석

정성훈[1], 김봉윤[1], 문준오[2], 박성준[2], 이창희[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]재료연구소.

용접2-5 | 15:55

Dissimilar Welding Between 17-4PH Stainless Steel and Ti6Al4V Alloy Using Vanadium Interlayer

나나[1], 김정한[1]*

[1]국립한밭대학교.

수요자 맞춤형 소재설계 및 제조기술

위원장 : 나종주(KIMS)

실무위원 : 변지영(KIST), 임태홍(KITECH), 이주열(KIMS), 조재형(KIMS)

Room 203, 04월 27일

좌장 : 나종주(KIMS)

수요자1-1 | 09:00

금속판재 표면에 감성효과를 부여하기 위한 롤-스탬핑 기술

김만[1]

[1]재료연구소.

수요자1-2 | 09:15

Development of Porous Ni Plating Technology by Using Hard Template for Simple Control of Metal Thermal Conductivity

Danbi Kim[1,2], Jiwon Kim[1], Nusia Eom[1], Jae-Hong Lim[1]

[1]재료연구소. [2]부경대학교.

수요자1-3 | 09:30

다공체 재료의 열적 · 기계적 거동 고찰

조재형[1], 이건영[1], 염규정[1], 나종주[1]

[1]재료연구소

수요자1-4 | 09:45

Effects of Electrochemical Parameters on the Physical Properties of Ni-Co Electroplating

Yong-Su Lee[1], Hong-Wook Chun[1], Jae-Ho Lee[1]

[1]Hongik University.

수요자1-5 | 10:00

Quantitative Investigation on Structure-Property Relations in a Porous Material in the viewpoint of 3D Morphology and Topology

Dongmyoung Jung[1], Yongwoo Kwon[1]

[1]Hongik University.

수요자1-6 | 10:15

Plasmonic Nano Coloring on Stainless Steel Substrate

A.Rahman[1], 최광덕[1], 백인욱[1],김상훈[1], 이승용[1], 조소혜[1], 변지영[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology.

Break Time | 10:30

수요자2-1 | 10:45

Surface Nanotexturing of Bulk Stainless Steel for Plasmonic Coloration

Minseok Seo[1], Jeeyoung Lee[1], Myeongkyu Lee[1]

[1]Yonsei University.

수요자2-2 | 11:00

Ni계 합금 전주 기판의 다층 접합 sheet 제조공정에 관한 연구

박재영[1], 김호형[1], 이민수[1], 정용수[2], 임태홍[1]

[1]한국생산기술연구원.

수요자2-3 | 11:15

A Study on the Correlation between Ambient Temperature and Human Warm and Cool Cognitive Abilities of Materials

Hyeonjin Eom[1], Chaewon Bak[1,2], Minsu Lee[1], Tai Hong Yim[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

수요자2-4 | 11:30

Reflective Color Analysis of the Ni-Fe Textured Surface Filled with SiO_2 Layer Containing Ag Nanoparticles

Jong-Kwon Lee[1], Tai Hong Yim[2], Jae Young Park[2], Minsu Lee[2], Hohyeong Kim[2], Mun Seop Hyun[1]

[1]National NanoFab Center.

수요자2-5 | 11:45

FEM-based Design for the Development of Hierarchical Architectured Materials Simulating the Mechanical Behavior of Natural Materials

Heung-Kyu Kim[1], Sung-Yong Shim[2]

[1]Department of Automotive Engineering, Kookmin University. [2]Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University.

지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄

위원장 : 김현길(한국원자력연구원)
실무위원 : 정양일(한국원자력연구원)
Room 400, 04월 27일

좌장 : 김현길(한국원자력연구원)

지르코늄1-1 | 09:00

사고저항성 강화 핵연료(ATF) 피복관 개발 현황 및 전망
김현길[1], 양재호[1], 구양현[1], 김준곤[2], 신호철[2], 이광호[2], 유종성[3], 목용균[3]
[1]한국원자력연구원. [2]한국수력원자력. [3]한전원자력연료.

지르코늄1-2 | 09:15

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 표면코팅기술 개발
박정환[1], 정양일[1], 박동준[1], 이영호[1], 최병권[1], 김현길[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄1-3 | 09:30

Wicking-based Enhancement of Pool Boiling Critical Heat Flux on Cr- and CrAl-coated Plate Surfaces
손홍현[1], 김남국[1], 김성중[1]
[1]한양대학교.

지르코늄1-4 | 09:45

Effects of Surface Coating on CRUD Deposition Behavior of Fuel Cladding in Simulated Primary Water
함준혁[1], 김태호[1], 이윤주[1], 김지현[1]
[1]UNIST.

지르코늄1-5 | 10:00

Corrosion Behaviors of Zr-1.55Nb-0.2Cu Alloy in Simulated PWR Primary Water
장훈[1], 임재영[1], 정태식[1], 김윤호[1], 목용균[1]
[1]한전원자력연료.

지르코늄1-6 | 10:15

Effects of Cu Addition on Microstructure and Corrosion Behavior of Zirconium Alloys in Simulated Primary Water Chemistry
이윤주[1], 김태호[1], 함준혁[1], 김지현[1]
[1]UNIST.

지르코늄1-7 | 10:30

Development of Basic Technology of FeCrAl-based LWR Cladding for Enhancing Accident-tolerant
김선규[1], 문준호[1], 반치범[1]
[1]부산대학교.

Break Time | 10:45

좌장 : 정양일(한국원자력연구원)

지르코늄2-1 | 11:00

혁신형 지르코늄 신합금 피복관의 사고안전성 평가
이성용[1], 장훈[1], 김대일[1], 목용균[1]
[1]한전원자력연료.

지르코늄2-2 | 11:15

저온분사 공정으로 FeCrAl/Mo층이 코팅된 지르코늄 판재의 기계적 특성 평가연구
박동준[1], 김현길[1], 정양일[1], 박정환[1], 이영호[1], 최병권[1], 양재호[1], 구양현[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄2-3 | 11:30

Microstructure Characterization of Oxide Formed on a Zirconium Alloy After High-temperature Steam Oxidation at 8001200℃
이철민[1], 손동성[1]
[1]UNIST.

지르코늄2-4 | 11:45

Oxidation Effect of Cr-coated Surface on Liquid Spreading and Its Relation with Pool Boiling Critical Heat Flux
김남국[1], 손홍현[1], 김성중[1]
[1]한양대학교.

Break Time | 12:00

지르코늄2-5 | 13:30

사고저항성 코팅 피복관 접촉특성 연구
이영호[1], 박정환[1], 김일현[1], 정양일[1], 박동준[1], 최병권[1], 김현길[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄2-6 | 13:45

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 3D 레이저 코팅 기술
김일현[1,2], 김현길[1], 최병권[1], 양재호[1], 김선진[1], 임윤수[3]
[1]한국원자력연구원. [2]한양대학교. [3]한밭대학교.

지르코늄2-7 | 14:00

지르코늄 피복관의 산화물분산강화(ODS) 표면처리 기술
정양일[1], 김일현[1], 김현길[1], 박동준[1], 박정환[1], 최병권[1], 이영호[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

미래자석 심포지엄

위원장 : 이우영(연세대학교)
실무위원 : 유상임(서울대학교), 최판규(MTI),
김택수(한국생산기술연구원), 임혜인(숙명여자대학교),
김동환(성림첨단산업연구소), 이정구(재료연구소)
Room 401, 04월 27일

자석1-1 | 10:00

미래자석 심포지엄 조직위원장 인사말
이우영[1]
[1]연세대학교.

좌장 : 최판규(㈜MTI)

자석2-1 | 10:10 초청강연

친환경 자동차 모터용 영구자석 개발 현황: 위기와 기회
이우영[1]
[1]연세대학교.

자석2-2 | 10:35 초청강연

Prospect of Enhancing performance of Current Nd-Fe-B-type Magnets and Discovery of New Permanent Magnetic Compounds

권해웅[1]*, 김경민[1], 강민석[1], 이정구[2], 유지훈[2]
[1]부경대학교, [2]재료연구소.

자석2-3 | 11:00 초청강연

친환경 자동차 모터용 영구자석 개발 현황

장태석[1]*, 김효준[2], 김동환[3]
[1]선문대학교. [2]자화전자㈜ 연구소. [3]성림첨단산업㈜ 연구소.

Break Time | 11:25

자석2-4 | 11:35 초청강연

Nd-Fe-B계 희토자석의 개발현황과 향후전망

김동환[1]*, 공승군[1]
[1]성림첨단산업㈜ 연구소.

자석2-5 | 12:00 초청강연

Current Status and Research Trend of Rare-earth Permanent Magnet

김진배[1]
[1]LG 전자.

좌장 : 유상임(서울대학교)

자석 3-1 | 14:00 초청강연

모터용 Ferrite 자석 최신 기술 및 연구 동향

배석[1]*, 한종수[1]
[1]LG이노텍 R&D 센터.

자석 3-2 | 14:25 초청강연

자동차 전장부품용 영구자석 소재의 개발 및 응용

김효준[1]*, 김상면[1], 장태석[2]
[1]자화전자㈜ 연구소. [2]선문대학교.

자석 3-3 | 14:50 초청강연

가스분무로 제조된 NdFeB 분말 소성변형거동에 관한 연구

조주영[1], 김택수[1,2]*
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]과학기술연합대학원 대학교.

Break Time | 15:15

자석 3-4 | 15:25 초청강연

Fe-based Non-Rare Earth Permanent Magnets

백연경[1], 이정구[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

자석 3-5 | 15:50 초청강연

MnBi 기반 비희토류 복합 영구자석 개발

이현숙[1],*, 김수민[1], 문홍재[1], 정회봉[1], 김수민[2], 임혜인[2], 이우영[1,*]
[1]연세대학교 신소재공학과, [2]숙명여자대학교 물리학과.

물분해 및 인공광합성 재료

위원장 : 장호원(서울대학교)
실무위원 : 신형정(성균관대학교), 신병하(한국과학기술원)
Room 402A, 04월 27일

좌장 : 장호원(서울대학교)

물분해1-1 | 09:20 초청강연

Low Dimensional Catalysts for Electrochemical Fuel Production

심욱[1]
[1]전남대학교 신소재공학부.

물분해1-2 | 09:55 초청강연

Electrocatalyst of Metal Sulfides Prepared by Sequential Gas Phase Deposition

신현정[1]
[1]성균관대학교.

물분해1-3 | 10:20 초청강연

Solar Chemical Conversion Using Electrochemically Disordered Blue Titania Nanotube Arrays Transplanted Onto Transparent Conductive Oxide Electrodes

정혜원[1], 김성훈[1], 박현웅[1]*
[1]경북대학교 에너지공학부.

Break Time | 10:45

좌장 : 신현정(성균관대학교)

물분해2-1 | 10:55 초청강연

Improving stability of Cu(In,Ga)Se2 Photocathodes with Reduced Graphene Oxide Interlayers

구본형[1], 신병하[1]*
[1]한국과학기술원 신소재공학과.

물분해2-2 | 11:20 초청강연

고성능 광전기화학적 물 분해 전지

오지훈[1]
[1]한국과학기술원 EEWS 대학원.

물분해2-3 | 11:45 초청강연

광전기화학전지 광전극용 BiVO4 단결정 박막에 대한 최근 연구 동향

송재선[1], 김태민[2], 장호원[2], 이상한[1]*
[1]광주과학기술원. [2]서울대학교.

생체재료

위원장 : 한준현(충남대학교)
총무간사 : 김유찬(한국과학기술연구원)
Room 402A, 04월 27일

좌장 : 정화철(유앤아이㈜)

생체1-1 | 13:30

3D 프린팅 기법을 접목한 골 대체/재생용 PLA/HA 복합소재 스캐폴드 제조 및 세라믹 분말 함량에 따른 특성 변화 분석

이진아[1], 임재서[1], 이권우[1], 정현도[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

생체1-2 | 13:45 – Cancel

High Performance Stretchable, Transient Gas sensors based on Silicon Nanomembranes

Gwan-Jin Ko[1], Soo Deok Han[2], Chong-Yun Kang[2], Suk-Won Hwang[1]
[1]KU-KIST Graduate School Converging of Science and Technology. [2]Korea Institute of Science and Technology (KIST).

생체1-3 | 14:00

PEO를 이용한 생체적합코팅에서 전해질에 첨가된 HA입자의 크기가 코팅층의 물리적 특성에 미치는 영향

이재열[1], 송용원[1]
[1]한국산업기술대학교나노광공학과.

생체1-4 | 14:15

Direct CVD Growth of Graphene on NiTi Alloy for Reduction of MR Image Distortion

한태양[1], 한준현[1]
[1]충남대학교.

생체1-5 | 14:30

펨토초 레이저를 이용한 표면 개질이 마그네슘에서의 세포 부착에 미치는 영향

길혜준[1], 서영민[1], 황혜원[1], 전호정[1], 옥명렬[1], 석현광[1], 박진우[2], 김유찬[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]연세대학교 신소재공학.

생체1-6 | 14:45

Assessment for Bone Regeneration of Customized Polycaprolactone Kagome-structure Scaffold Using Rabbit Calvarial Defect Model

Kang-Gon Lee[2], Se-Hwan Lee[1], Kang-Sik Lee[2], Hyun-Jeong Kim[2], Gwang-Hyun Yang[2], Jong-Hyun Hwang[3], Hoon-Jin Jeong[1], Yong Sang Cho[1], Sang-Hyug Park[5], Yong-doo Park[4], Young-Sam Cho[1]* and Bu-Kyu Lee[2,3]*
[1]College of Engineering, Wonkwang University. [2]Biomedical Engineering Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan. [3]Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan. [4]College of Medicine, Korea University. [5]Department of Biomedical Engineering, Pukyong National University.

마그네슘

위원장 : 유봉선(재료연구소)
총무간사 : 임창동(재료연구소)
Room 402B, 04월 27일

좌장 : 임창동(재료연구소)

마그네슘1-1 | 09:00

전자빔 조사를 통한 고강도 Mg-Sn계 합금의 내식성 향상

이다슬[1], 박성수*[1]
[1]울산과학기술원(UNIST).

마그네슘1-2 | 09:15

Effect of Impurities on Microstructure and Corrosion Behaviour of Magnesium Alloys

nguyen ngoc ha[1], Jong Il Kim[2], Jun Ho Bae[3], Young Min Kim[3], Bong Sun You[3]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]Chungnam National University. [3]Korea Institute of Materials Science.

마그네슘1-3 | 09:30

Mechanical and Biocorrosion Properties of Magnesium-alumlnum Alloy Scaffold for Biomedical Applications

홍기철[1], 박혜지[1], Kristian mathis[2], Akiko yamamoto[3], 최희만[1]
[1]국민대학교. [2]Charles university. [3]NIMS.

마그네슘1-4 | 09:45

Yield point phenomenon of biodegradable Mg-Ca-Zn alloy

Joung Sik Suh[1], Hwa Chul Jung[2], Ha Sik Kim[1], Chang Dong Yim[1]
[1]Korea Institute of Materials Science. [2]U&I Corporation.

Break Time | 10:00

좌장 : 박성수(울산과학기술원)

마그네슘2-1 | 10:05

균질화열처리 시간이 AZ91 합금의 시효 거동과 기계적 물성에 미치는 영향

Jong un Lee[1], Sang-Hoon Kim[1], Ye Jin Kim[1], Sung Hyuk Park[1]
[1]Kyungpook National University.

마그네슘2-2 | 10:20

Effect of Second Phases on the Tensile Behavior in Mg-Zn-Ca Alloy

백승미[1], 박형근[1], 이석규[1], 윤재익[1], 문지현[1], 이성학[1], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교.

마그네슘2-3 | 10:35

Ca, Y 복합첨가가 AZ31 압출재의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향

김상훈[1], 배상우[1], 이상원[1], 김영민[2], 문병기[2], 김하식[2], 박성혁[1]
[1]경북대학교. [2]재료연구소.

마그네슘2-4 | 10:50

Effect of Sn Addition on AZXW9100 Non-flammable Magnesium Alloy

Yohan Go[1], Jae Ok Choi[2], Joung Sik Suh[3], Su Mi Jo[1], Bong Sun You[3], Young Min Kim[3]
[1]Korea University of Science and Technology. [2]Kyungpook National University. [3]Korea Institute of Materials Science.

Break Time | 11:05

좌장 : 박성혁(경북대학교)

마그네슘3-1 | 11:15

Ca이 첨가된 마그네슘 합금 정제 시 Ca 회수율 향상을 위한 플럭스 개발

배준호[1], 문병기[1], 김하식[1]
[1]재료연구소(KIMS).

마그네슘3-2 | 11:30

AZ31+0.5%CaO 합금에서 Al-Mn-Ca 3원계 석출상의 형성

손현우[1], 이지운[1], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

마그네슘3-3 | 11:45

Effect of Ca and Y Addition on the Recrystallization Behavior and Texture Evolution of Cold-rolled AZXW3100 Sheet

조수미[1], 고요한[1], 김종일[2,3], 유봉선[1,3], 김영민[1,3]
[1]과학기술연합대학원대학교(UST). [2]충남대학교. [3]재료연구소(KIMS).

마그네슘3-4 | 12:00

원자단위 전산모사를 통한 Mg-X-Zn (X=Al, Ca) 합금의 slip 거동 해석

장효선[1], 이병주[1]
[1]포항공과대학교.

마그네슘3-5 | 12:15

Influence of Li Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Non-combustible Mg-Al-Ca Alloys

Jonghyun Kim[1]
[1]College of Materials Science & Engineering, Chongqing University.

여성세션

위원장 : 임혜인(숙명여자대학교)
총무간사 : 박진우(연세대학교), 이선영(한양대학교)
Room 402B, 04월 27일

좌장 : 박진우(연세대학교)

여성1-1 | 13:30

How to Survive after Ph. D. Thesis

최헌진[1]
[1]연세대학교.

여성1-2 | 14:30

토론

P1 : 에너지재료

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P1-1

Lithiation Pathway in Si–C Composite Anode Via In–situ Experiments: How do Nanopores Work in Lithiation?

hyunjeong Lee[1], Hong–Kyu Kim[1], Jong–Hyun Seo[2], Young–woon Byeon[1,3], Young–woon Byeon[4], Korea University[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]SK hynix. [3]Korea University.

P1-2

결정질 실리콘 태양전지 적용을 위한 고온소결 Cu전극 솔더링 특성에 관한 연구

이정진[1], 손형진[1], 박병탁[1], 김성현[1]

[1]전자부품연구원.

P1-3

Effective Morphology Control of MAPbI3 Perovksite Solar Cells by Fast Laser Irradiation

Donghun Jung[1], Taewoo Jeon[1], Sang Ouk Kim[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering KAIST.

P1-4

Organic/Inorganic Hybrid Perovskite light–emitting diodes via laser crystallization

Jinwoo Byun[1], Sung Jin Kim[1], Sang Ouk Kim[1]

[1]KAIST.

P1-5

전고체 리튬이온전지를 위한 졸겔법을 이용한 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 세라믹 전해질 및 $LiCoO_2$ 양극 제조 연구

오누리[1], 이희철[1]

[1]한국산업기술대학교.

P1-6

Ag/GaF_3 분말 첨가에 의한 Nd–Fe–B 소결자석의 미세구조 및 자기적 특성 개선 연구

배경훈[1], 이성래[1], 김효준[2], 이민우[3], 장태석[3]

[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]자화전자 R&D 센터. [3]선문대학교 신소재공학과.

P1-7

Fabrication and Sintering of Al Doped LLZO Powder by Modified Sol–gel Process with High Ionic Conductivity

Sunggue Heo[1,4], Hessan Khalid[1,2], Won Sik Yang[1,3], Taek–Soo Kim[1,2], Bin Lee[1], Soong Ju Oh[4], Seok–Jun Seo[1]

[1]Korean Institute of Industrial Technology. [2]Universty of Sciece & Technology. [3]Inha University. [4]Korea University.

P1-8

Molybdenum Sulfide/N–doped CNT Forest Electrochemical Catalysts for Hydrogen Evolution Reaction

Gang San Lee[1], Dong Jun Li[1], Sang Ouk Kim[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering KAIST.

P1-9

Role of Si and Cl Dopant on the Fast Ionic Transport in the Sulfide–based Solid Electrolytes

최용석[1], 김홍규[2], 안재평[2], 김태성[1], 이재철[1]

[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원.

P1-10

결정질 실리콘 태양전지 전면 전극의 고종횡비를 위한 Copper페이스트의 레올로지에 관한 연구

박병탁[1], 손형진[1], 이정진[1], 김성현[1]

[1]전자부품연구원.

P1-11

리튬이차전지 양극활물질 재활용 연구

김현수[1], 진봉수[1], 조인호[1]

[1]한국전기연구원.

P1-12

유기태양전지 모듈의 정공 전달층 및 후면전극에 의한 열적 열화

손형진[1], 김성현[1]

[1]전자부품연구원.

P1-13

Phase Transition Behaviors of Na–ion Batteries and their Effects on Energy Efficiency: A Comparative Study on Sn and Sb Anodes

최용석[1], 이재철[1]

[1]고려대학교.

P1-14

Understanding on the Electrocatalytic Mechanism of $[VO]^{2+}/[VO_2]^{+}$ Redox Reaction in Onion–like Carbon

최근수[1], 고영진[2], 양혜미[1], 이현재[1], 이준희[1]

[1]울산과학기술원. [2]한국과학기술연구원.

P1-15

HT9 피복관과 금속 핵연료의 상호반응을 억제하기 위한 피복관 내면 도금 연구

여승환[1], 구혜연[1], 김준환[1]

[1]한국원자력연구원.

P1-16

Cobalt Selenide as Efficient Catalyst on Si Photocathode for Photoelectrochemical Hydrogen Production

Byeolee Moon[1], Jude John[1], Tae–yong An[1], Dong Kyu Lee[1], Uk Sim[1]

[1]Chonnam National University.

P1-17

Passivation Quality Control in Tunnel Oxide Passivated Contact (TOPCon) Solar Cells

HyunJung Park[1], Se Jin Park[1], Soohyun Bae[1], Ji Yeon Hyun[1], Chang Hyun Lee[1], Dongjin Choi[1], Dong Kyun Kang[1], Yoonmook Kang[1], Hae-Seok Lee[1], Donghwan Kim[1]
[1]Korea University.

P1-18

Ultrasmall Iridium Oxide Nanoparticles Encapsulated Co_3O_4 Nanosheets as Highly Efficient Oxygen Evolution Reaction Catalyst

Seokwon Song[1], Su-Ho Cho[1], Won-Tae Koo[1], Ki-Ro Yoon[1], Il-Doo Kim[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P1-19

Asymmetrically deposited TiO_2 Plasmonic Platform for Wide light absorption and their Water Splitting Applications

김희준[1], 백정민[1]
[1]울산과학기술대학교(UNIST).

P1-20

다공성 금속촉매를 이용한 SMR 공정에서의 수소제조 촉매성능향상 연구

송철한[1], 장대환[1], 양현석[1], 정우철[1], 박상환[1], 공만식[1]
[1]고등기술연구원.

P1-21

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery

변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P1-22

Stabilization of the Surface of Lithium Metal Using an Organic Electrolyte Additive for Lithium Metal Based Batteries

Hee-sang Kim[1], Chan-Jin Park[1]
[1]Chonnam National University.

P1-23

Liquid Crystallinity Induced Size Seperation of Graphene Oxide Oxygen Reduction Reaction Catalysis

Sung Hwan Koo[1], Kyung Eun Lee[1], Sang Ouk Kim[1]
[1]KAIST.

P1-24

Li 이온 배터리 양극재료 NCM의 충 · 방전에 따른 격자 변형 및 상변태의 상관관계 연구

변영운[1], 김준동[2], 박정희[2], 이재철[1], 안재평[3]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]고려대학교 신소재화학과. [3]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P1-25

Effect of Nitrogen Contents in Titanium Carbonitride-derived Carbon

이문균[1], 하대권[1], 강신후[1], 정인호[1]
[1]서울대학교.

P1-26

High Performance Supercapacitor Based on Polyaniline Coated Nanoporous Gold

KeonU Lee[1,2], Ji Young Byun[2], Sang Hoon Kim[2], Hyung-Joon Shin[3]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST). [2]Korea Institute of Science and Technology(KIST). [3]Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST).

P1-27

Highly Porous Silicon Nanoparticles Synthesized by an Ultra-simple Combustion Method

Duc Tung Ngo[1], Chan-Woo Min[1], Chan-Jin Park[1]
[1]Chonnam National University.

P1-28

리튬이차전지 음극소재용 SiO의 볼밀링 합성 및 전기화학적 특성

황준선[1], 김경배[1], 김재헌[1]
[1]국민대학교.

P1-29

전기이중층 커패시터(EDLC)용 바이오 활성탄의 전기화학적 특성

김용일[1], 유정준[1], 백정훈[1], 이찬우[1], 김종휘[1]
[1]한국에너지기술연구원.

P1-30

다공성 안티모니-실리콘-탄소 소재의 합성 및 전기화학적 특성

서형은[1], 김재헌[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P1-31

Ultrasmall Functional Titanium Based Nanoparticles Loaded on Carbon Nanofibers for High-performance Free-standing Lithium-sulfur Battery Electrodes

이초롱[1], 김찬훈[1], 김일두*[1]
[1]KAIST.

P1-32

탄소 코팅된 산화아연 나노튜브 구조의 합성 및 전기화학적 특성

김한슬[1], 김재헌[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P1-33

Revealing the Characteristics of the SEI Layer on the Graphite Anode

Jun-Hyoung Park[1], Hyun Jeong Lee[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea university. [2]Korea Institute of Science and Technology.

P1-34

비정질 실리카를 포함하는 리튬이차전지 음극소재의 전기화학적 특성 연구

이승수[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P1-35

Synthesize and Magnetic Properties of Barium-strontium Hexaferrites Prepared by Solid-state Reaction

Jun-Ho Park[1], Kang-Hyuk Lee[1], Sang-Im Yoo[1]
[1]Seoul national university.

P1-36

NbC Embedded Sb-based Nanocomposite as Na-ion Battery Anodes

정수민[1], 장연호[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P1-37

Non-Metal Dual Heteroatom Incorporation of Mo_2C Catalyst for Highly Efficient Hydrogen Production

Tae-Yong An[1], Jude John[1], Byeolee Moon[1], Dong Kyu Lee[1], Sang Min Ha[2], Hye-Mi Jo[3], Uk Sim[1]

[1]Chonnam National University. [2]Elim-Global Inc. [3]Korea Institute of Science and Technology.

P1-38

나트륨 이차전지용 Sb_2Te_3/C 나노복합체의 전기화학적 특성 연구

남기훈[1], 김도현[1], 박철민[1]

[1]금오공과대학교.

P1-39

Layered GeP_3-C Nanocomposite Anodes for High-performance Li- and Na-ion Batteries

남기훈[1], 김태현[1], 빅철민[1]

[1]금오공과대학교.

P1-40

Improvement of the Electrical Properties of Low-temperature Cured Front Silver Gridlines for Heterojunction Solar Cells

LI YUANMING[1], Hee-Soo Kim[1], Joo-Youl Huh[1]

[1]고려대학교신소재공학과.

P1-41

$MnFeCoPSi_xGe_y$ (x+y=0.6) 합금에서 첨가원소의 함량에 따른 자기열량 효과의 변화에 대한 연구

이아영[1], 김송이[1], 김영도[2], 이민하[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]한양대학교.

P1-42

음극활물질 표면안정화에 따른 리튬이온전지 특성평가

조성철[1], 박창현[1], 김현종[1], 유성미[1]

[1]㈜뉴파워프라즈마.

P1-43

Hydrogen Storage in Metal Oxide Hybrid Nanostructure with Nanocellulose by Hydrothermal Method

Chulmin Youn[1], Joonbong Lee[1], Hojin Lee[1], Sangwoo Lee[1], Taekjib Choi[1]

[1]Sejong university.

P2 : 나노소재

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P2-1

One-pot으로 합성된 Pd@Au core-shell 나노입자의 변형률 분석

김진수[1], 정의영[2], 유태경[2], 안재평[3], 이재철[1]

[1]고려대학교. [2]경희대학교. [3]한국과학기술연구원.

P2-2

Wafer-Scale Integration of Highly Uniform and Scalable MoS_2 Transistors

Juyeon Seo[1], Byungjin Cho[2], Youghun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]

[1]Inha University. [2]Chungbuk National University. [3]Korea Institute of Materials Science (KIMS).

P2-3

Controlled Fabrication of 3D Silicon Micro-/nanopillar Arrays Using Bilayer Metal Assisted Chemical Etching

Minisha Mehta[1], Tae-Won Nam[2], Yeon-Sik Jung[2], In-Suk Choi[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P2-4

전기폭발법을 이용한 Ni 나노분말의 제조 및 입도 제어

박일정[1], 김건홍[1], 김대원[1], 이동진[2], 정항철[1]

[1]고등기술연구원. [2]㈜나노기술.

P2-5

수열합성법을 이용한 산화아연 나노선 어레이 합성 및 생체 분자의 세포 내 전달 효율

변상원[1], Prashant Sharma[2], 이재원[2], 조현아[1], 함우승[1], 박범철[1], 조남혁[2], 김영근[1]

[1]고려대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 의과대학.

P2-6

PANI/Cu_2O NPs/InP Nanorods for CO_2 to CH_3OH Conversion Stability

Dong Yun Kim[1], Hyun Kim[1], Brayek Amine[1], Bee Lyong Yang[1]

[1]Kumoh National Institute of Technology.

P2-7

Inverse micelle sol-gel process를 이용하여 합성한 메조포러스 산화구리(CuO) 의 계면활성제에 따른 특성 변화

양원식[1,4], 허성규[1,2], 핫산 가리드[1,3], 황해진[4], 김범성[1,3], 서석준*[1,3]

[1]한국생산기술연구원희소금속산업기술센터. [2]고려대학교. [3]과학기술연합대학원대학교. [4]인하대학교.

P2-8

Self-assembled NaCl Nano-crystal: Patterning Agent for Nano-sized Metal-mesh

Dong Kyu LEE[1], Tae Soo Kim[1], Hak Ki Yu[1]

[1]Ajou University.

P2-9

Charge-transfer-based Gas Sensing Using Atomic-layer MoS_2

Su Ryeon Lee[1], Byung Jin Cho[2], Yong Hun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]

[1]Inha university. [2]Chungbuk National University. [3]Korea Institute of Materials Science.

P2-10

Fe_3O_4-ZnO 복합기능 클러스터의 합성 및 특성 분석

고민준[1], 박범철[1], Pan Lijun[1], 김영근[1]

[1]고려대학교.

P2-11

Photoelectrochemical Reduction of Carbon Dioxide on Carbon QDs/PANI/TiO_2 NRs Photoelectrode

Brayek Amine[1], Hyun Kim[1], Dong Yun Kim[1], Bee Lyong Yang[1]

[1]Kumoh National Institute of Technology.

P2-12

Effect of Shot Peening on Microstructural Evolution of QT500 Ductile Cast Iron

Yubing Zhang[1], Keesam Shin[2]

[1]School of Nano & Advanced Materials Engineering. [2]Changwon National University.

P2-13

Morphological Change of Tellurium Nanostructures through Controlling Nucleation and Growth Rate

서호준[1], 문건대[1]
[1]한국생산기술연구원 첨단하이브리드생산기술센터.

P2-14 - Cancel

Synthesis of Ag–Cu Bimetallic Nanowires with Separated Domain

이창수[1], 이혁모[1]
[1]한국과학기술원 신소재공학과 전산재료과학연구실.

P2-15

Mechanical Properties of 3D graphene reinforced Cu

YONGDEOK JO[1], Terry A. Ring[2], Byung–Sang Choi[3]
[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Chosun University. [3]Department of Chemical Engineering.

P2-16

Nanocomposite–based Sensors for Table–top Touch Displays

Byeong–Cheol Kang[1], Tae–Jun Ha[1]
[1]Kwangwoon University.

P2-17

Self–guided Growth of sub–millimeter–long Vanadium Dioxide Nanowires Driven by Directional Ostwald Ripening

Hye Jin Lee[1], Myung Hwa Kim[2], Won Jun Choi[3], Jeong Min Baik[1]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST). [2]Ewha Womans University. [3]Korea Institute of Science and Technology (KIST).

P2-18

접착력 제어 방식의 메탈 나노와이어 패터닝 기술

김종복[1], 고동욱[1]
[1]금오공과대학교.

P2-19

Selective–area Oxidation of Graphene Grown by Chemical Vapor Deposition

Jinseok Choi[1], Sung Jin An[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology.

P2-20

Two–dimensional Hexagonal Atomic Layers as Raman Scattering Enhancers Triggered by Pressure and Charge Transfer

김현민[1], 이영빈[2], 김정혜[1], 조정호[2], 안종현[3]
[1]대구경북과학기술원. [2]성균관대학교. [3]연세대학교.

P2-21

Effect of Ultrasonic Shot Peening on Microstructural Evolution of Duplex Stainless Steel S32750

Sijia Liu[1], Keesam Shin[2]
[1]School of Nano & Advanced Materials Engineering. [2]Changwon National University.

P2-22

Magnetic Properties of FeCo Nanoparticles by Polyol Method

Park Jong–hwan[1], Sun–Woo Kim[1], Choi Ho–Jun[1], Se–Hee Shin[1], Young–il Na[1], Hynu–Jun Kwon[1], Dae–Seok Seo[1], Han–Young Jung[1], Su–Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University.

P2-23

Study on Chromaticity According to Nano Pore Conditions Produced by Anodic Aluminum Oxide Process

신형원[1], 이효수[1], 정승부[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교.

P2-24

Mechanical Properties of 3D Graphene Reinforced Cu

Byung–Sang Choi[1], Yongdeok Jo[1], Terry A. Ring[2]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Chosun University. [2]Department of Chemical Engineering, University of Utah.

P2-25

Effect of Shot Peening on the Microstructural Evolution of Pure Al

Liming Xu[1], Keesam Shin[2]
[1]School of Nano & Advanced Materials Engineering. [2]Changwon National University.

P2-26

High Sensitive Pressure Sensor Based AgNW/NOA Electrode Patterning

김준혁[1], 김강현[2], 김종만[2]
[1]부산대학교 나노과학기술대학 광메카트로닉스공학과. [2]부산대학교 나노과학기술대학 나노융합기술학과.

P2-27

Carbon Quantum Dots on InP Nanorods for CO_2 to CH_3OH Conversion

Hyun Kim[1], Dong Yun Kim[1], Brayek Amine[1], Bee Lyong Yang[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology.

P2-28

Mg–Cu–Y–Ag 비정질 합금의 탈 성분 부식법을 이용한 Cu–Ag 이원계 나노 다공성 구조체 형성과 전기화학 촉매 특성

현재익[1], 공경호[1], 김우철[1], 나민영[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교.

P2-29

연속합성제조시스템을 이용한 니켈 입자의 합성 및 이의 형상 제어

조용수[1], 양승민[1], 김영근[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]고려대학교.

P2-30

Highly Sensitive Acetylene Sensing Properties of In–doped ZnO Quantum Dots

박민선[1], 유란[1], 장병진[1], 구아란[1], 김민형[1], 박윤지[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

P2-31

CVD(Chemical vapor Deposition)를 통한 그래핀의 대면적 합성 및 특성

HoJun Choi[1], Sun Woo Kim[1], Jong Hwan Park[1], Se Hee Shin[1], Young Il Na[1], Hyun Jun Kwon[1], Dae Seok Seo[1], Han Young Jung[1], Su Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University.

P2-32

열간 압출공정으로 제조된 알루미늄 합금 경사 기능 이종복합재료의 특성 평가

김다솜[1], 박광재[1], 박재홍[2], 김권후[3], 김경주[1], 권한상*[1]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]㈜차세대소재연구소. [3]부경대학교금속공학과.

P2-33

Nanocrystal Metamaterial Perfect Absorber Fabrication by Ink-jet Printing with Coupling Method

Mihyun Kim[1], Hye-Won Yun[1], Sung-Hoon Hong[1]
[1]ETRI.

P2-34

브랜치 복합구조 나노와이어 합성 및 금속촉매에 의한 가스 센싱 특성 향상

김현우[1], 최명식[1], 방재훈[1], 엄완식[1]
[1]한양대학교 신소재공학과.

P2-35

Thermal Effect of Repeated CVD Process on Cu/graphene

Lee Jaeyeong[1], Shin Hojun[1], Yu Hak Ki[1]
[1]Ajou University.

P2-36

Synthesis of Indium Oxide Nanocubes and Their Gas Sensing Properties

Thuy T. D. Nguyen[1], Dung Van Dao[2], Gautam K. Naik[2], In-Hwan Lee[2], Yeon-Tae Yu[3]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Center of Advanced Materials Development. [2]Chonbuk National University. [3]Korea University.

P2-37

Synthesis of As Doped p-type ZnO Nanorods by Ion Implantation

Taekyun Lee[1], Jong Sung Ryu[2], Seong Gyu Park[1], Sung Jin An[3]
[1]Department of Advanced Materials Science and Engineering. [2]Kumoh National Institute of Technology. [3]Kumoh.

P2-38

Synthesis of Ag-prism@SiO_2 Core-shell Nanoparticles and Their Electrophoretic Deposition (EPD) on TCO Electrode

MD JAMIR AHEMAD[1], Adilbish Ganpurev[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Chonbuk National University.

P2-39

용액공정기반 열변색 스마트윈도우용 VO_2 나노잉크 제조 최적화

윤지원[1], 이석재[2], 김광석[1], 김대업[1]
[1]한국생산기술연구원 전북지역본부. [2]전북대학교 신소재공학부.

P2-40

Effect of Nb Doping on Chemical Sensing Performance of Two-Dimensional Layered MoSe2

Min Ji Kang[1], Byung Jin Cho[2], Yong Hun Kim[2], Myung Gwan Hahm[1]
[1]Inha University. [2]Chungbuk National University.

P2-41

Electrochemical Properties of Pt/C Catalyst Electrodes Prepared by EPD Method Under Different pH and Deposition Times for PEMFC

Adilbish Ganpurev[1], Dung Van Dao[1], Jin-Nyeong Jo[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]전북대학교.

P3 : 재료분석

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P3-1

바이오매스 연소 보일러에 적용을 위한 T91 보일러 튜브 코팅의 접착강도 및 미세조직 특성

고은솔[1], 김두수[1], 배시연[1]
[1]한전전력연구원.

P3-2

고온 성장로용 단열 흑연 펠트의 전열특성에 관한 연구

김경호[1], 조규섭[1], 전영준[1], 최경환[1], 김상섭[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P3-3

Sendust 분말을 이용한 휴대전화용 전자파 흡수체의 미세 자기구조 평가

김영우[1], 장혜원[1], 강두인[2], 최승민[2], 박현순[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]㈜창성.

P3-4

Laser shock peening으로 표면처리 된 금속의 미세조직 변화에 대한 기계적 물성 연구

신원상[1], 정동혁[1], 박창규[2], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과 금속재료물성연구실. [2]한국기계연구원 부산레이저기술지원센터.

P3-5

방사화 중수로 스페이서 재료 TEM 분석 방법

진형하[1], 류이슬[1], 권준현[1], 이경근[1]
[1]한국원자력연구원.

P3-6

Microstructural Observation of Cu-Ni-Si Alloy Having High Strength and High Electrical Conductivity

Hwangsun Kim[1], Seung Zeon Han[2], Jee Hyuk Ahn[2], Miyoung Kim[1], Heung Nam Han[1]
[1]Seoul National University. [2]Korea Institute of Materials Science.

P3-7

A micro-structure Analysis to Identify the Cause of Lance Fracture in the Smelting Furnace during the Mitsubishi process

sungmi lim[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P3-8

산소라디칼 함량에 따른 PAN Precursor의 산화안정화 특성

박창현[1], 김수봉[1], 한도형[1], 이은수[1]
[1]㈜뉴파워프라즈마.

P3-9

HTCLSM을 이용한 STS 강 델타상(δ)의 고온산화 특성 분석 방법

강영환[1], 김진원[1], 진현호[1], 김학현[1], 윤병준[1], 이만재[1]
[1]포항산업과학연구원분석평가센터.

P3-10

집속 렌즈를 활용한 중성자소각산란장치의 나노입자 분석

류지명[1], 신은주[1], 김상원[1], 성백석[1]
[1]한국원자력연구원.

P3-11

Nanoparticle Sample Fabrication for Atom Probe Tomography (APT)

김세호[1], 강필웅[2], 박오옥[2], 설재복[3], 안재평[4], 이지영[4], 최벽파[1]
[1]한국과학기술원 신소재공학과. [2]한국과학기술원 생명화학공학과. [3]포항공과대학교. [4]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P3-12

MnS함유량에 따른 동탄성계수 및 푸아송비 평가(Evaluation of dynamic elastic modulus and Poisson's ratio according to Mns content)

서대석[1], 최호준[1], 권현준[1], 정한영[1], 나영일[1], 김선우[1], 박종환[1]
[1]성균관대학교.

P3-13

알루미늄 합금 성분에 따른 열적특성 및 부품적용에 관한 연구

전승원[1], 박광훈[2], 김대근[3], 김한구[4]
[1]인하대학교 금속재료공정공학. [2]이지캐스텍. [3]고등기술연구원. [4]네덱㈜.

P3-14

A356 합금에서 2단 시효 열처리가 미세구조와 기계적 특성에 끼치는 영향

정동혁[1], 신원상[1], 공소현[1], 손주희[2],김윤준[1]
[1]인하대학교신소재공학과 금속재료물성연구실. [2]핸즈코퍼레이션.

P3-15

Real-time Study of Precipitation Behavior of Oxide and Nitride in Nickel based MA Powders

Man Wang[1], Heung Nam Han[2], Young Bum Chun[1], Jinsung Jang[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Seoul National University.

P3-16

Fe계 및 Ni계 내열 비정질 합금의 내식특성 연구

김송이[1], 이아영[1], 이민하[1]
[1]한국생산기술 연구원.

P3-17

전기적 절연이 전자 빔 조사에 의한 입자 성장에 미치는 영향

김영운[1], 황위주[1], 이용희[1], 정원우[1]
[1]서울대학교 공대 재료공학부.

P3-18

Zone annealing을 이용한 Ni계 산화물 분산 강화 합금의 미세조직 및 집합 조직 제어 연구

김영균[1], 박종관[2], 김휘준[3], 공만식[4], 이기안[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]㈜대한소결금속. [3]한국생산기술연구원. [4]고등기술연구원.

P3-19

950℃에서 크리프 파단된 Alloy 617시편의 미세조직 분석

신민하[1], 왕만[1], 김도향[2], 김우곤[1], 장진성[1]
[1]한국원자력연구원 신소재개발팀. [2]연세대학교 신소재공학부.

P3-20

용강운반용 구조물의 강도평가

김우영[1], 표산종[1], 김이곤[1], 김정엽[1]
[1]전남대학교.

P3-21

고 Si 오스테나이트계 스테인리스강의 결정입도 측정을 위한 에칭 방법

강영환[1], 이만재[1], 김진원[1], 진현호[1], 김학현[1], 윤병준[1]
[1]포항산업과학연구원 분석평가그룹.

P4 : 가공-주조 및 응고

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P4-1

재순환 희토류 금속연료심 제조조건에 따른 건전성 평가

송훈[1], 김기호[1], 박정용[1]
[1]한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발.

P4-2

존 멜팅법을 이용한 게르마늄의 고순화 공정에 관한 연구

김경호[1], 조규섭[1], 김기훈[1], 최경환[1], 김상섭[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P4-3

다이캐스팅 법에 의한 주철-알루미늄 이종소재 계면접합특성에 미치는 주철 표면처리의 영향

김태형[1], 양지바름[1], 신제식[1], 김동응[1]
[1]한국생산기술연구원.

P4-4

Vacural 기술을 적용시킨 경량 구조용 리어플로워 고압 다이케스팅 성형 공정 개발

문민석[1], 유명한[1], 송준혁[1], 노종일[1], 박나라[1], 김원태[1], 오제하[1], 정동철[1]
[1](재)한국탄소융합기술원.

P4-5

소실모형주조공정에서 냉각속도의 변화에 따른 알루미늄 주조품의 특성 변화

이강래[1], 최지석[1,2], 김문조[1], 최경환[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소 주조공정그룹. [2]인하대학교.

P4-6

장수명 핵종 소멸을 위한 핵연료 제조공정 및 장치개발에 관한 연구

김종환[1], 김기환[1], 박정용[1], 김준환[1], 천진식[1], 김성호[1]
[1]한국원자력연구원.

P4-7

고압 다이캐스팅을 적용한 자동차 밸브바디 주조 특성에 관한 연구

김진평[1], 김세훈[1], 신재혁[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1], 김기선[2]
[1]자동차부품연구원. [2]삼기오토모티브.

P4-8

단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 응고 공정 변수와 기계적 특성의 상관관계

권순철[1], 이현우[1], 주윤곤[1], 윤병관[2], 권석환[2], 이재현[1]
[1]창원대학교. [2]한국로스트왁스㈜.

P4-9

IN792hf 일방향 초내열 합금에서 응고속도에 따른 Eta상의 열처리 후 기계적 특성에 미치는 영향

손명균[1], 구지호[2], 주윤곤[1], 박명일[3], 정영환[3], 김찬미[1], 이재현[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업. [3]성일터빈.

P4-10

열처리 조건 변화에 따른 공정상 및 미세기공 제어를 통한 CMSX-4합금의 기계적 특성변화

성창훈[1], 성기태[1], 임근영[1], 이현정[1], 구지호[2], 이재현[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

P4-11

E급 가스터빈용 베인 적용을 위한 Alloy 718 합금의 적층 제조 조건별 γ'' 석출 비교

김한규[1], Mathieu terner[1], 이병수[2], 이해진[2], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]생산과학기술연구원.

P4-12

소실모형주조법에 의한 내마모 코팅층 형성에 미치는 제인자들의 영향

최창영[1], 조용재[1], 김건호[1], 이재욱[1], 김다혜[1], 이상곤[1], 윤종천[1]
[1]한국생산기술연구원.

P4-13

반응고 단조공법을 이용한 베어링 삽입 경량 부품 개발

문민석[1], 정근성[1], 윤종대[2], 김기원[2], 유명한[1], 송준혁[1], 김원태[1], 박나라[1], 오제하[1], 정동철[1]
[1](재)한국탄소융합기술원. [2]㈜레오포즈.

P4-14

고속도 공구강 DED One-bead 적층시 온도 및 잔류응력 거동에 대한 실험 및 유한요소 시뮬레이션

하경식[1], 김태환[2], 백경윤[1], 남태훈[1], 전종배[1], 심도식[3], 문영훈[2], 이욱진[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]부산대학교. [3]한국해양대학교.

P4-15

전류를 이용한 Pure Aluminum 결정립 미세화 특성 연구

최지석[1,2], 이강래[1], 라문우[1], 현승균[2], 최경환[1], 김문조[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P5 : 가공-소성가공

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P5-1

스테인리스 430 재료를 이용한 디젤 엔진용 매연저감장치 일체형 콘아웃렛 성형성 연구

임인기[1], 김태준[1], 송규영[1], 탁윤학[1], 김영일[2], 주종관[2]
[1]경북하이브리드부품연구원. [2]㈜세진정공.

P5-2

PREN 41급 Super Duplex Stainless Steel 32760 소재를 적용한 Hex Socket Bolt 개발

김성헌[1], 김희봉[1], 유재욱[1], 정현주[1], 강종훈[2], 안규희[3]
[1](재)경남테크노파크. [2]중원대학교. [3]㈜태정기공.

P5-3

반복겹침접합압연법에 따른 미세조직 및 기계적 특성변화 분석

김정한[1], 김철우[1], 조재익[1], 이성희[2]
[1]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2]목포대학교 신소재공학과.

P5-4

비정질 합금 박판의 고속 정밀 성형을 위한 Gas Pressurized Molding 공정개발

김용학[1], 나영상[1], 임가람[1], 최윤석[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교.

P5-5

열간 롤-피어싱 기술을 이용한 자동차 드라이브 샤프트용 중공 심리스 튜브 제조 연구

홍성모[1], 김완교[1], 한승완[1], 박흥신[1], 최용갑[1]
[1]㈜세창스틸 기술연구소.

P5-6

직수분사냉각에 따른 보론강의 미세조직 및 기계적특성

권의표[1], 김대영[1], 박현경[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]동해금속㈜.

P5-7

코일 스프링 핀 제조를 위한 재질별 프레스가공 특성연구

김호영[1], 변영민[1], 노영태[1], 김문수[2]
[1](재)한국건설생활환경시험연구원. [2]삼광정밀공업 주식회사.

P5-8

강관의 인발성형 공정 최적화 및 내구성 평가에 관한 연구

전민우[1], 이석배[1]
[1]한국화학융합시험연구원.

P5-9

이종복합재의 스웨이징 공정에 따른 튜브 두께변형특성 분석

윤덕재[1], 김응주[1]
[1]한국생산기술연구원.

P5-10

알루미늄 6061 합금의 고온 가공성 평가

조창희[1], 이지운[1], 손현우[1], 이경서[1], 김명훈[1], 김상욱[1], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 공대 신소재공학과.

P5-11

고강도 고인성 강재 쉐어링 절단시 변형거동 연구

박광수[1], 이목영[1], 박형진[2], 박종원[1]
[1]포항산업과학연구원. [2]포스코.

P5-12

마찰교반을 통한 직접압출 접합선 제어 시스템 설계 및 기계적 특성 평가

주경석[1], 최재영[1], 김진평[1], 신재혁[1], 김세훈[1], 성시영[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

P5-13

Austenitic Stainless Steel with Enhanced Machinability

Jin Man Park[1], Sung Hwan Hong[2], Ki Buem Kim[2]
[1]Samsung Electronics. [2]Sejong University.

P5-14

내열 합금의 5,000시간 미만 단기 크리프 데이터를 이용한 5,000~100,000시간 장기 크리프 수명 예측 모델링

김신찬[1], 심재혁[2], 정우상[2], 최윤석[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국과학기술연구원.

P6 : 가공-열처리

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P6-1

열처리에 따른 Cu-Sn합금의 미세조직과 기계적 특성변화

정무섭[1], 한준현[1]

[1]충남대학교 공대 신소재공학부.

P6-2

열처리 조건에 따른 자동차용 기어 내구성 평가 결과

최병호[1], 이규석[1], 장진성[2]

[1]현대다이모스. [2]경북 VCT.

P6-3

Al 용융도금된 P91강판의 H2S혼합가스에서의 고온부식

이동복[1], Xiao Xiao[1]

[1]성균관대학교.

P6-4

AISI 304 및 AISI 316 오스테나이트 강의 열처리에 따른 부식 특성

조진우[1], 황건재[1], 김정석[2]

[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P6-5

열에너지수치를 이용한 플라즈마 질화의 질화층 예측 및 제어에 관한 연구

전동술[1], 안경준[1], 박성중[1]

[1]한국생산기술연구원 열처리그룹.

P6-6

사용후핵연료 저장 캐스크용 저탄소강의 저온인성에 미치는 잔류오스테나이트의 영향

오제혁[1], 손영훈[1], 김성환[1], 김병준[1], 장재호[1], 서오덕[1], 박원욱[2], 남대근[1]

[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]인제대학교 에너지융합학과.

P6-7

Analysis of Aging Hardening Characteristics of Al-Cu-Mg Alloys by Heat Treatment Condition

유가영[1], 김동배[1], 전진현[1], 정해석[2]

[1](재)대구기계부품연구원. [2]㈜신도하이텍.

P6-8

질소와 결합된 크롬 및 니켈 석출물의 함량에 따른 오스테나이트 입자 성장특성 고찰

신현정[1], 김동배[1], 노정석[1], 박상하[1]

[1](재)대구기계부품연구원.

P6-9

저합금강의 진공 침탄시 표면 carbon flux

권기훈[1], 정민수[1], 문경일[1]

[1]한국생산기술연구원.

P6-10

Phase Transition of Compound Layers During Gaseous Nitriding According to Carbon Content of Steels

손석원[1], 이원범[1]

[1]한국생산기술연구원.

P7 : 전산재료과학

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P7-1

나노구조막 형성을 위한 건식 진공 장비의 전산해석연구

김준형[1], 이희철[1]

[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P7-2

냉각수 유속에 따른 분산형 핵연료의 건전성 평가 예측

공의현[1], 오제용[1], 탁영욱[1], 김현중[1], 임정식[1]

[1]한국원자력연구원.

P7-3

Phase-field study on Bain, KS, NW and Pitsch mechanisms martensitic transformations

조민규[1], 차필령[1], 배문기[2], 홍승연[2], 강민우[2], 권순우[2]

[1]국민대학교. [2]현대자동차.

P7-4

Unusual Mechanical Properties of the Nanostructured Mechanical Metamaterials with Various Minimal Surfaces

Jun-Hyoung Park[1], Jae-Chul Lee[1]

[1]Korea university.

P7-5

밀도범함수 계산과 기계학습을 이용한 최적의 산소 환원 촉매 설계 방법에 관한 기준 물리량 연구

홍두선[1], 권순호[1], 이혁모[1]

[1]한국과학기술원.

P7-6

Alloy Design Strategy to Accelerate Nitriding of Fe Alloys: DFT, CALPHAD, and, kMC approaches

강구[1], 이창수[1], 권순호[1], 이혁모[1]

[1]한국과학기술원 신소재공학과 전산재료과학연구실.

P7-7

High-throughput Screening of Lead free Perovskite Solar Cell with Low Level Descriptors

방기훈[1], 이혁모[1]

[1]한국과학기술원(카이스트).

P7-8

Critical Systematic Evaluation and Optimization of the SiO_2-RE_2O_3 Systems

김영서[1], 정인호[1]

[1]서울대학교공대재료공학부30동205호.

P7-9

고주파 유도 가열을 이용한 steam-methane reformer 모델 개발

채홍준[1]

[1]고등기술연구원.

P7-10

Temperature Dependent Phase Stability of Ti-C-N System

김지웅[1], 김명재[1], 백예은[1], 서용재[1]

[1]한국지질자원연구원.

P8 : 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P8-1

계장화 압입시험법을 이용한 슈퍼히터튜브의 잔여수명 평가

김우영[1], 김정희[1], 김상휘[1], 표산종[1], 김이곤[1], 김정엽[1]

[1]전남대학교.

P8-2

태양전지용 페로브스카이트 재료의 인장 특성

안승민[1], 박선영[1], 우정현[1], 정의대[1], 송명훈[1], 김주영[1]

[1]울산과학기술원.

P8-3

구형나노압입시험을 이용한 나노포러스 금의 시간의존 변형 거동

강나리[1], 곽은지[1], 전한솔[1], 송은지[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

P8-4

고압력 비틀림 공정을 가한 석출경화형 하이엔트로피 합금의 나노역학 특성 연구

박정민[1], 이동현[1], 김우진[1], 양광휘[1], 서진유[2], 장재일[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

P8-5

계장화 압입방법을 통한 주물소재의 부분 오스템퍼링 경화깊이 측정방법에 대한 연구

정형근[1], 오동현[1], 손명진[2], 정웅철[2]

[1]한국화학융합시험연구원. [2]대진기업.

P8-6

투명 스트레처블 봉지재료용 SiO_2 박막의 인장 물성 특성화

김나향[1], 김한글[1], 김시훈[1], 김주영[1]

[1]울산과학기술원 신소재공학부.

P8-7

고밀도 쌍정 나노포러스 금의 향상된 인장 강도

곽은지[1], 전한솔[1], 송은지[1], 강나리[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

P8-8

솔겔 공정을 이용한 고연신 이산화규소 박막의 제조

김시훈[1], 김한글[1], 김나향[1], 김주영[1]

[1]울산과학기술원 신소재공학부.

P8-9

물결 구조를 적용한 비정질 이산화규소 박막의 신축성 향상

김한글[1], 김나향[1], 김시훈[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

P9 : 비철금속

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P9-1

Minor 원소가 알루미늄 6천계 합금의 기계적 특성에 미치는 영향

박호준[1], 강헌[2], 허용강[1], 김성냉[2], 구남훈[1]

[1]현대제철. [2]기술연구소.

P9-2

Synthesis and Characterization of Nanoporous Copper (NPC) for Potential Applications in Energy Areas

Han GiGap[1], Hyeji Park[1], Kyungju Nam[1], Heeman Choe[1]

[1]국민대학교.

P9-3

Processing and Characterization of Porous NiO/Ni for Advanced Lithium–Ion Batteries

송영석[1], 이수경[1], 박혜지[1], 최희만[1]

[1]국민대학교신소재공학부신소재공정및평가실험실.

P9-4

고효율 방열 부품 적용을 위한 다이캐스팅용 알루미늄 합금 개발 연구

임병용[1], 강유빈[1], 이찬기[1], 김대근[1], 김한구[2], 김성우[2], 박광훈[3]

[1]고등기술연구원. [2]네덱㈜. [3]이지캐스텍.

P9-5

Mo기 고융점 실리사이드 분말의 구상화 및 열역학 계산

강장원[1], 양승민[1], 박광석[1], 박정효[2], 이 성[2], 최병학[3], 박형기[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]국방과학연구소. [3]강릉원주대학교.

P9-6

소각성능향상 금속핵연료 피복관용 후보합금선정 연구

신상훈[1], 김준환[1], 김성호[1]

[1]한국원자력연구원 SFR핵연료개발부.

P9-7

Al–Si 과공정 합금에서의 TiO_2 입자 첨가에 따른 초정 Si 미세화 효과

신재혁[1], 김세훈[1], 김진평[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1]

[1]자동차부품연구원.

P9-8

Si:Mg 비에 따른 6000계 알루미늄 합금 판재의 기계적 특성 평가

신재혁[1], 김세훈[1], 김진평[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1]

[1]자동차부품연구원.

P9-9

Al–Mg계 합금의 Mg 함량 및 용해공정변수에 따른 용탕 청정도 평가

장호성[1], 이승원[2], 강호정[1], 윤필환[1], 박진영[1], 김억수[1], 박성혁[3], 신선미[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]울산대학교. [3]경북대학교.

P9-10

입자강화 티타늄 기지 복합재료의 미끄럼 마모조건에 따른 내마모 특성

최봉재[1]

[1]인하공업전문대학 금속재료과.

P9-11

장시간 열처리한 Ni기 초내열 합금의 미세조직 분석

조대영[1], 황창훈[1], 오준협[2], 김홍규[3], 김동훈[3], 유정호[4], 박경진[4], 윤존도[5]
[1]경남대학교 대학원 첨단공학과. [2]한국기초과학지원연구원. [3]국방과학연구소. [4]나노종합기술원. [5]경남대학교 나노신소재공학과.

P9-12

액상 Mg을 이용한 Nd–Fe–B영구자석 내의 희토류 원소 추출 거동 평가

박상민[1,2], 남선우[1], 조주영[1], 김대겸[1], 김범성[1], 현승균[2], 김택수[1,3]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과. [3]과학기술연합대학원 대학교.

P9-13

The Effect of Driving of Precipitation by Adding Small Amount of Zr in Cu Alloy

이지민[1,2], 김선기[1,2], 조대연[1,3], 김준현[1], 유영규[1], 주진호[2], 조훈[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교. [3]인하대학교.

P9-14

리튬 함유 용액으로부터 고순도 탄산리튬 제조

정우용[1], 안종관[2], 변석현[1]
[1]성일하이텍㈜. [2]중원대학교.

P9-15

고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 기술을 활용한 폐 ITO 중 희소금속 회수 연구

김종걸[1], 추동균[1], 조성구[1], 정은진[1], 최미선[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

P9-16

Cerium Recovery from the Spent Auto–catalyst via H_2SO_4 Digestion Followed by Oxalate Precipitation

TRINH BICH HA[1], Jae–chun Lee[2], Rajiv R. Srivastava[3], Soo–kyung Kim[2]
[1]University of Science and Technology(UST). [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM). [3]TAE–HYUNG Recycling.

P9-17

Recovery of Tungsten as Synthetic $CaWO_4$ from Spent V_2O_5–WO_3/TiO_2 Catalyst

In–Hyeok Choi[1], Rajesh Kumar Jyothi[2], Hee–Nam Kang[2], Gyenghye Moon[2], Jin–Young Lee[2]
[1]Korea University of Science and Technology (UST) – Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM). [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM).

P9-18

용융염전해정련을 이용하여 In–Sn 합금으로부터 In 추출

이현규[1], 최상훈[1], 심재진[1], 임재홍[1], 유지원[1], 서경덕[1], 현승균[2], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

P9-19

PEO를 이용한 알루미늄 합금의 표면 처리 및 특성 평가

진연호[1], 정우철[1], 최진주[1], 양재교[1]
[1]고등기술연구원.

P9-20

AlSiCu 알루미늄합금의 고용화 열처리와 Sr 첨가를 통한 기계적 특성 향상 연구

박상규[1], 김정석[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P10 : 형상기억 합금 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P10-1

Ti–Zr–Ni–Cu 4원 합금에서 Cu의 첨가가 형상기억효과에 미치는 영향

김우철[1], 김영성[1], 김정수[1], 나민영[1], 김용주[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교 신소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교 레이저광정보학과.

P10-2

Ti–40Ni–10Cu 합금의 상변태거동 및 형상기억특성에 미치는 온간압연과 시효처리의 영향

김지현[1], 박주완[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

P10-3

(50–x)Ti–35Ni–15Cu–x(Ta, Nb) 형상기억합금의 상변태거동 및 초탄성 조사

심지현[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

P10-4

비정질 Ti–(50.3–x)Ni–20Hf 합금리본의 결정화 열처리와 초탄성특성 변화

문정태[1], 최수영[1], 김동조[1], 김연욱[2], 남태현[1]
[1]경상대학교. [2]계명대학교.

P10-5

마그네트론 스퍼터링을 이용한 Ti–Ni 형상기억합금 박막 증착

배주현[1], 뭉크바야르[1], 이현석[1], 허선철[1], 정효민[1], 최병근[1], 남태현[1], 노정필[1]
[1]경상대학교.

P10-6 – Cancel

가공열처리한 (35.5–x)Ti–49.5Ni–15Hf–xTa (x=1.5, 3, 4.5 at. %) 형상기억합금의 상변태거동 및 기계적성질

김태완[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

P10-7

Composition Dependence of the β Phase Stability and Mechanical Properties of Ti–Nb Thin Films

Munkhbayar[1], Joohyeon Bae[1], Sunchul Huh[1], Hyomin Jeong[1], Byeongkeun Choi[1], Gyubong Cho[1], Taehyun Nam[1], Jungpil Noh[1]
[1]Gyeongsang National University.

P11 : 에너지/기능소재 집합조직 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 25일 10:00 - 16:00

P11-1

Fabrication and Characteristics of Al Thin Films Capacitor Using Electroless Plating Process

Sunwoo Kim[1], Jong-Hwan Park[1], Dae-Seok Seo[1], Ho-Jun Choi[1], Han-Young Jung[1], Jung-Woo Lee[1], Young-Il Na[1], Hyun-Jun Kwon[1], Se-Hee Shin[1], Su-Jeong Suh[1]

[1]Sungkyunkwan University.

P11-2

Texture Evolution in Duplex Stainless Steel During Cold Rolling and Recrystallization

이계만[1]

[1]㈜포스코.

P11-3

구리판재의 R-value 증가 방안

이철우[1], 이동녕[2], 김인수[1]

[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P11-4

EBSD를 이용한 순수 타이타늄의 삼차원 미세구조 생성

채준열[1], 강주희[2], 오창석[2], 김지훈[1]

[1]부산대학교 기계공학부. [2]재료연구소.

P11-5

탄소강판에서 GOSS 강도 증가 방법

김인수[1], 이철우[1], 이동녕[2]

[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P11-6

열간 비대칭 압연한 AA5052 알루미늄 합금의 감마-fiber강도 변화

김인수[1], 보보무로드[1], 이철우[1], 이동녕[2]

[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P11-7

DED (Direct Energy Deposition) 법으로 제조된 고속도 공구강 적층부의 미세조직 및 상변태 거동

남태훈[1], 손종윤[2], 신선미[3], 장재훈[4], 최은영[1], 하경식[1], 이욱진[1], 심도식[5], 강남현[6], 전종배[1]

[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]한국생산기술연구원 서남지역본부. [3]한국생산기술연구원 울산지역본부. [4]재료연구소. [5]한국해양대학교 기계공학부. [6]부산대학교 재료공학부.

P13 : 비철금속

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P13-1

정밀주조법으로 제조된 Co계 초내열 합금의 미세구조

이정일[1], 박종범[1], 류정호[1]

[1]한국교통대학교.

P13-2

Review of Shrinkage Initiation Temperature and Mushy Zone Stress of Al6061 Alloys

전규태[1], 육태원[1], 장인혁[1], 이준호[1], 박호준[1]

[1]한국기술교육대학교.

P13-3

염산용액 중 자철석에 의한 금의 환원적 흡착

오주미[1], 유경근[1]

[1]한국해양대학교.

P13-4

Study on Microstructural Control of High Strength Al–alloys Billet by the Means Variability Distribution of Intensity of Rotary AC Magnetic Field in Radial EMS

Wonjae Kim[1], Mykola Slazhniev[1], Se Won Kim[1], Kyung Hyun Kim[1], Hyun Suk Sim[1]

[1]Dong San Tech.

P13-5

자동차 차체용 알루미늄 6014 합금 판재의 저항 점 용접시 Pre–heating 조건에 따른 너겟경 성장거동 및 용접성 비교

천주용[1], 김재훈[1], 박진영[1], 지창욱[1]

[1]한국생산기술연구원 울산지역본부 첨단정형공정그룹.

P13-6

고용질 7xxx계 알루미늄 합금의 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향

김세훈[1], 신재혁[1], 김진평[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1]

[1]자동차부품연구원.

P13-7

제련부산물 중 구리침출효율 향상을 위한 황산침출공정 개선

채수진[1], 유경근[1]

[1]한국해양대학교.

P13-8

Corson계 동합금 내 Ni2Si 석출물 분포가 탄성강도에 미치는 영향

강덕호[1], 최영철[1], 주장호[1]

[1]㈜풍산 소재기술연구원.

P13-9

리드 프레임의 토탈 리싸이클링을 위한 니켈의 선택적 침출

김종현[1], 이재천[2], 김민석[2], 박현식[2], 최경섭[1]

[1]과학기술연합대학원대학교(UST). [2]한국지질자원연구원(KIGAM).

P13-10

전해채취 중 음이온 교환막을 이용한 주석 4가 이온 전해재생

정문철[1], 정경우[1], 유경근[2]

[1]한국지질자원연구원. [2]한국해양대학교.

P13-11

활성탄에 의한 폐PCB 박리액중 유가금속의 흡착거동

배무기[1], 장영주[2], 조현지[3], 김수경[3]

[1]과학기술연합대학원대학교. [2]다남이엔이. [3]한국지질자원연구원.

P13-12

Cu–Ni–Si계 합금에서 집합조직 제어를 통한 굽힘가공성 향상에 관한 연구

주장호[1], 최영철[1], 강덕호[1], 이시담[1]

[1]㈜풍산.

P13-13

물리적 전처리를 통한 전지스크랩 분말 내 알루미늄 분리

김광중[1], 변석현[1], 이아름[1], 박상렬[1]

[1]성일하이텍㈜.

P13-14

Al–5.6Zn–2.5Mg–1.6Cu합금에서 Cr 원소 첨가가 열간성형공정에서의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향

양승윤[1], 김봉환[2], 하성호[2], 윤영옥[2], 김세광[2], 김영직[1]

[1]성균관대학교. [2]한국생산기술연구원.

P13-15

VIM으로 제조된 BCC계 및 AB5계 합금의 수소저장특성

유정현[1], 조성욱[1]

[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P13-16

AgWC계 전기접점의 미세조직 및 기계/전기적 특성

소윤지[1], 박재성[1], 박주현[1]

[1]희성금속㈜.

P13-17

소재설계 융합 SW를 활용한 고압 다이캐스팅 방안 설계 최적화

박광훈[1], 김한구[2], 유은하[3]

[1]이지캐스텍. [2]㈜네덱. [3]한국알테어.

P13-18

실버 합금의 부식거동에 대한 네오디뮴의 영향

박상협[1], 김도형[1], 신병현[1], 박정현[1], 황명원[1], 정원섭[1]

[1]부산대학교 재료공학부 나노전기화학연구실.

P13-19

Mg–CNT 복합 PEO에 따른 복사 방열성능 및 내식성 연구

황명원[1], 김도형[1], 신병현[1], 박정현[1], 박상협[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P13-20

원자단위 분석기술을 이용한 내화원소 다원초합금 설계

전호선[1], 최벽파[1]
[1]한국과학기술원.

P13-21

동정광 용련과정의 금정광 투입에 따른 산화반응에 대한 속도론적 연구

최경섭[1], 김종현[1], 김병수[2], 이재천[2], 박현식[2]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P13-22

Mg+2B 혼합분말 빌렛의 충진 밀도가 정수압 압출된 PIT 선재의 core 밀도 및 금속 sheath의 미세조직에 미치는 영향

박상용[1], 현승균[1], 박정민[1], 이종범[2], 정하국[2]
[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

P13-23

The Influence of Eutectic Silicon on Activation Energy of Silicon Precipitation Reaction in Al–Si Alloys.

YUMI KIM[1], SEWEON CHOI[1], YOUNGCHAN KIM[1], SUNGKIL HONG[2]
[1]KITECH. [2]National University of Chonnam.

P13-24

Icosahedral phase reinforced Mg–Zn–Y합금의 초소성 거동 중 발생하는 미세구조 변화

이태진[1], 김우진[1]
[1]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온구조재료실험실.

P13-25

Studying on Low Electromagnetic Pressure Casting Impact as a Microstructural Control Mean at Casting High–strength Aluminium Alloys 7xxx–series

mykola slazhniev[1], Kyung Hyun Kim[1], Se Won Kim[1], Won Jae Kim[1], Hyun Suk Sim[1]
[1]Dong San Tech.

P13-26

폐스크랩에서 추출한 Nd 산화물의 용융점 전해 및 고순도화 연구

김종호[1], 이영주[1], 김주영[1], 이고기[1], 김정모[2], 임병철[2]
[1]포항산업과학연구원. [2]㈜성림희토금속.

P13-27

7xxx계 알루미늄 합금의 two–step 인공시효에 따른 기계적 특성

김세훈[1], 신재혁[1], 김진평[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

P13-28

초미세립 ZK60합금의 온간유동 거동과 프로세싱맵

이태진[1], 김우진[1]
[1]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온구조재료실험실.

P13-29

Al–10Si–0.5Mg–xCa 합금의 주조성, 기계적 특성 및 열전도도에 미치는 Ca 첨가 영향

오건영[1], 정영길[1], 양원석[1], 김세광[1], 임현규[1]
[1]한국생산기술연구원.

P13-30

밸브용 강재의 고농도 염산분위기에서 부식 저항성 평가 및 합금 설계 지향

류승민[1], 김성진[1]
[1]순천대학교.

P13-31

탄탈륨 스크랩으로부터 전자빔 용해 및 인발 공정을 통한 4N5급 고순도 탄탈륨 Wire 제조

유지원[1,2], 최상훈[1,2], 심재진[1], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 서경덕[1,2], 현승균[2], 박경태*[1]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

P13-32

Influence of Precipitation on the Coefficient of Thermal Expansion of Al–Si–Mg–Cu–(Ti) Alloys

Se–Weon Choi[1], Yu–Mi Kim[1], Young–Chan Kim[1], Chang–Seog Kang[1]
[1]KITECH.

P13-33

Al–Mg 합금의 항복강도 향상 방안 연구

김세훈[1], 주경석[1], 신재혁[1], 김진평[1], 성시영[1], 김동옥[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

P13-34

공정제어에 따른 Ag Alloy소재 특성

임종빈[1]
[1]희성금속㈜.

P13-35

Top Mount의 재질 변경을 위한 알루미늄 소재의 피로특성 연구

임인기[1], 김태준[1], 송규영[1], 탁윤학[1], 심명섭[2], 서용원[2]
[1]경북하이브리드부품연구원. [2]㈜현대포리텍.

P13-36

에어컨 열교환기용 고내식성 Al 합금 압연 공정 및 물성 평가

소윤식[1], 김용상[1], 유진석[1], 김정구[1]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.

P13-37

혼합전지로부터 단일공정을 통한 La의 선택적 회수

주성호[1], 신동주[1], 오창현[1], 이동석[1,2], 왕제필[3], 신선명[1,2]
[1]한국지질자원연구원. [2]UST. [3]부경대학교.

P13-38

용융염 전해에 의한 kg급 네오디뮴 금속 제조

유정현[1], 조성욱[1]
[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P13-39

Al–0.5Si–0.5Mg–xCa 합금의 부식성 및 열전도도에 미치는 Ca 첨가 영향

오건영[1], 정영길[1], 양원석[1], 김세광[1], 임현규[1]
[1]한국생산기술연구원.

P13-40

고온 황화 반응에 의한 $FeTiO_3$ 으로부터의 Fe 제거 및 TiO_2 제조 공정의 기초 연구

신승환[1], 김선중[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P13-41

금속원소 첨가에 따른 코발트계 초내열합금의 미세구조 변화

유보령[1], 최벽파[1]
[1]한국과학기술원.

P13-42

AlMg9 합금의 냉간압연 압하율에 따른 β상의 석출과 입계 부식 속도의 경향 분석

최권훈[1], 김봉환[2], 하성호[2], 윤영옥[2], 김세광[1]
[1]과학기술연합대학원대학교(UST). [2]한국생산기술연구원.

P13-43

Ag–C계 접점의 미세조직 제어를 통한 기계/전기적 특성 확보

이효원[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P13-44

Co 회수를 위한 아연정광 침출 모사액의 Co 세멘테이션 및 Co 필터케이크의 자력선별

최상현[1], 유경근[1]
[1]한국해양대학교.

P13-45

합성 Rutile로부터 타이타늄 침출에 관한 연구

신동주[1], 주성호[1], 강정신[1], 김민석[1], 신선명[1]
[1]한국지질자원연구원.

P14 : 철강

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P14-1

건설기계 무한궤도 트랙 링크용 고강도 보론강 개발

남기영[1], 최재영[1], 송병문[2]
[1]현대제철 연구개발본부. [2]현대제철.

P14-2

UNS S 32750 Super duplex stainless steel UNS S 32750의 물리적 특성과 전기화학적 특성에 미치는 조직의 영향

신병현[1], 차태민[2], 김도형[1], 박상협[1], 황명원[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실. [2]포항금속소재산업진흥원.

P14-3

UNS S 32750 Super Duplex Stainless Steel UNS S 32750의 corrosion behavior에 미치는 fine austenite의 영향

신병현[1], 차태민[2], 박정현[1], 박상협[1], 황명원[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실. [2]포항금속소재산업진흥원.

P14-4

Austenitic Mn–steel의 극저온 인장 및 충격 특성에 미치는 Ni 및 Cu 첨가의 영향

김보희[1], 이석규[1], 배진호[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

P14-5

정전류 가속화 시험법을 통한 부식이 용접부의 기계적 특성에 미치는 영향 평가

안정훈[1], 고상진[1], 김우철[2], 김정구[1]
[1]성균관대학교 신소재공학과. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.

P14-6

고 Ni–Cr계 Austenitic Cast Steels의 고온인장 물성에 미치는 Cu 와 V 첨가 영향

유지성[1], 최원미[1], 손석수[1], 이병주[1], 김기용[2], 오용준[3], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]계양정밀 R&D Center. [3]한밭대학교 신소재공학과.

P14-7

Mn–segregation Induced Deformation Behavior with Serrated Flow in Ultra–high–strength Austenitic High–Mn Steels

조민철[1], 최진혁[1], 이형수[1], Alireza Zargaran[2], 류주현[3], 손석수[4], 김낙준[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]POSCO. [4]Max–Planck–Institut für Eisenforschung.

P14-8

제강 원가 절감을 위한 Tundish Middle Plate 내화물 수명 증대 연구

엄형식[1], 유정민[1]
[1]동국제강㈜.

P14-9

Billet 연주 Mold내 Splash 발생 메커니즘

박태은[1], 김영환[1], 정훈제[1], 표영석[1]
[1]동국제강주식회사 중앙기술연구소.

P14-10

내산화특성이 향산된 엔진피스톤용강 개발

김동윤[1], 조훈성[2]
[1]세아베스틸㈜ 기술연구소. [2]전남대학교 신소재공학과.

P14-11

STK 400 tube의 마찰접합특성 평가

김경우[1], 김영규[1], 송국현[1]
[1]조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과.

P14-12

배관 부식 simulator를 이용한 내해수성 강재의 해수배관 적용성 평가

박종원[1], 이종구[2]
[1]포항산업과학연구원. [2]포스코.

P14-13

Effect of Na_2O and K_2O on the Viscosity, Structure and Crystallization of Continuous Casting Mold Fluxes

서민석[1], 김기현[1], 김기범[1], 손일[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

P14-14

Fe–Si–C합금의 저온템퍼링 거동에 영향을 미치는 Si 첨가의 영향

유정선[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P14-15

10Cr–1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직에 미치는 예비 열처리의 영향

전성호[1], 홍순익[2], 노상훈[1], 장진성[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원. [2]충남대학교.

P14-16

건축구조용 내화 H형강의 고온 기계적 물성 및 가속크리프 특성 평가

최동준[1], 김동익[2], 심재혁[2], 한흥남[1], 이영수[2]
[1]서울대학교. [2]한국과학기술연구원(KIST).

P14-17

Tempering 조건에 따른 마르텐사이트계 초고강도강의 부식 및 수소확산 거동 분석

박진성[1], 김성진[1]
[1]순천대학교신소재공학과.

P14-18

C 함량에 따른 자동차용 초고강도강의 부식 및 수소 취화 특성 평가

황은혜[1], 성환구[2], 김성진[1]
[1]순천대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

P14-19

Coupled Reaction 모델을 활용한 2차 정련에서의 개재물 조성 및 생성양의 속도론적 해석

김정인[1], 김규완[2], 김선중[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P14-20

경량고강도 FeMnAlC 합금 주조재의 시효 열처리시 Si 첨가에 따른 κ-carbide 석출거동 및 전위거동에 대한 원자단위적 해석

김치원[1], 박성주[1], Mathieu Terner[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], *홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.

P14-21

실리콘 웨이퍼 절삭 슬러지를 페로크롬 합금철 제조기술 개발

김종호[1], 정은진[1], 이고기[1]
[1]포항산업과학연구원.

P14-22

슬래그 연화 용융 거동에 미치는 첨가제 미세구조의 영향

곽수근[1], 이준호[1]
[1]고려대학교 신소재공학과.

P14-23

Final Thickness Reduction, Bulk Contents of Sulfur and Aluminum, Development of Cube + Goss Texture and Magnetic Properties in Fe-3.1wt.%Si-0.1wt.%Mn Steels

나정균[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

P14-24

The Influences of Interstitial and Extrusion Temperature on the Grain Boundary Segregation, Y-Ti-O Nanofeatures, and Mechanical Properties of Ferritic ODS Steels

설재복[1], 김정한[2]
[1]포항공대 나노융합기술원. [2]한밭국립대학교.

P14-25

통전 성형시 내부조직 변화 관찰을 위한 실시간 관찰용 투과전자현미경 홀더의 설계와 적용

이명철[1], 홍석용[1], 김진욱[1], 웨이첸[1], 김영운[1]
[1]서울대학교 공대 재료공학부.

P14-26

Kinetic Analysis of Reoxidation Behavior for Al-killed Steel by Slag Containing Fe_tO

Yong-Min Cho[1], Joo-Hyeok Lee[1], Woo-Yeol Cha[2], Youn-Bae Kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.

P14-27

T91/T92 seamless 튜브재의 크리프 미세조직 변화

김한열[1], 허주열[1], 정우상[2]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

P14-28

SiO_2-CaO-CaF_2계 몰드플럭스의 등온 결정화 속도

허지원[1], 이재호[2], 조중욱[2]
[1]부산대학교. [2]포항공과대학교 철강대학원.

P14-29

Electrowinning of Iron with Oxygen Evolution from the Oxide Melt

최호길[1], Kyung-Woo Yi[1]
[1]Seoul National University.

P14-30

용융 주철 내 질소의 열역학적 거동

손해솔[1], 장정목[1], 백민규[2], 박종진[1]
[1]한양대학교. [2]서울대학교.

P14-31

금속연료 연료봉의 용접 열영향부에 미치는 레이저 용접조건에 대한 미세조직학적 고찰

박상규[1], 김기호[1], 박정용[1]
[1]한국원자력연구원.

P14-32

철의 고온산화 온도에 따른 파장별 광 반사율 특성 연구

박태준[1], 조희택[2], 안태정[3], 장희진[4]
[1]조선대학교대학원첨단소재공학과. [2]조선대학교대학원광기술공학과. [3]조선대학교광기술공학과. [4]조선대학교재료공학과.

P14-33

쇼트피닝이 스프링강의 부동태 거동에 미치는 영향

이규혁[1], 안승호[2], 서지원[2], 장희진[3]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]현대자동차 남양연구소 가속내구개발팀. [3]조선대학교 재료공학과.

P14-34

용강 탈황거동에 미치는 저원가 산업부산물 첨가의 영향

김태성[1], 강진규[1], 정태수[1], 박주현[1]
[1]한양대학교.

P14-35

Fe-Cr 합금의 고온 용융염 부식특성 연구

김민정[1], 박영수[2], 한준희[2], 이동복[1]
[1]성균관대학교 자연과학캠퍼스. [2]한국표준과학연구원.

P14-36

발전소재 1.25Cr-0.5Mo(P11) 강에서 등온 열화에 따른 M_2C 형성 거동 분석

김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2]
[1]연세대학교. [2]한국과학기술연구원.

P14-37

Dissolution Rate of Alumina in $CaO-Al_2O_3-FeO-MgO-SiO_2$ Slag

Young-Joon Park[1], Yong-Min Cho[1], Woo-Yeol Cha[2], Youn-Bae Kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.

P14-38

산소 농도에 따른 탄재 내장 산화철 브리켓의 환원 거동

이경욱[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P14-39

열연 사상전단용 내열성 향상 HSS 개발

김창완[1], 안용섭[1], 김민기[1]
[1]현대제철 연구개발본부.

P13-40

Electrochemical Dephosphorization of $Fe-C^{satd}$ Alloy by $CaO^{satd}-SiO_2-Al_2O_3$ Slags

이동구[1], 이상훈[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

P14-41

미분광 브리켓의 소결공정 적용을 위한 기계적 특성 연구

배종호[1], 김강민[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P14-42

The Effect of Spheroidizing Heat-treatment on Mechanical Properties and Microstructure of Cr_2B in Borated Stainless Steel

원치형[1,2], 장재훈[1], 하헌영[1], 이창훈[1], 이태호[1], 강남현[2]
[1]한국기계연구원재료연구소. [2]부산대학교.

P14-43

Effect of Tempering Temperature on Hydrogen Embrittlement in Tempered Martensitic Steels

서현주[1], 이준모[2], 이종수[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포스코 기술연구원.

P14-44

탄재내장 펠렛의 환원거동에 미치는 입자 혼합양상의 영향

송성림[1], 강영조[1]
[1]동아대학교 금속공학과.

P14-45

Nb 첨가 저탄소강의 고온연성에 미치는 유지온도 및 시간의 영향

이형록[1], 김혜주[1], 정지연[1], 김경아[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 임창희[3], 김동규[1]
[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소. [3]철강대학원(GIFT).

P14-46

저탄소 강에서의 수증기 분위기에 따른 내부산화층 형성 거동

김혜주[1], 이형록[1], 정지연[1], 김경아[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 임창희[3], 김동규[1]
[1]동아대학교. [2]포스코기술연구소. [3]철강대학원(GIFT).

P14-47

The Difference of Microstructure and Tensile Properties According to Cold Rolling Reduction in Medium Mn Steel

Min Tae Kim[1], Tak Min Park[1], Kyeong-Ho Baik[1], Aniruddha Dutta[2], Dirk Ponge[2], Dierk Raabe[2], Jeongho Han[1]
[1]Chungnam National University. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

P14-48

신재생에너지 풍력발전 타워용 S355 강재의 Large Scale 용접비드 굽힘균열 저항시험 특성에 미치는 제조공정의 영향

김기혁[1], 심호섭[1], 이광석[2]
[1]동국제강 중앙기술연구소. [2]재료연구소.

P14-49

베이나이트계 고경도강의 미세조직 및 기계적 물성에 미치는 냉각조건 및 열처리의 영향

함진희[1], 송영범[1], 홍성석[1], 박태원[1], 심인옥[1], 김홍규[1], 서동우[2]
[1]국방과학연구소. [2]포항공과대학교 철강대학원.

P14-50

Effect of Microstructure on Occurrence of Separation During the Drop Weight Tear Test in X-70 Grade Line-pipe Steel

Yong-hwan Cho[1], Jaeeun Lee[1], Heung Nam Han[1], Juseok Kang[2], Wung Yong Choo[1]
[1]Seoul National University. [2]POSCO.

P14-51

0.2C-0.35Si-1.05Mn 저탄소 단조강의 미세조직 변화에 미치는 V 첨가의 영향

원윤정[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P14-52

Interpretation of Quasi-static and Dynamic Tensile Behavior with Different Annealing Temperature in Ferrite-Austenite Duplex Lightweigth Steels

조민철[1], 박재영[1], 정혁재[2], 손석수[3], 곽재현[4], 김형섭[1], 이성학[1]
[1]포항공대 신소재공학과. [2]항공재료연구센터. [3]Max-Planck. [4]POSCO.

P15 : 타이타늄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P15-1

Effects of Oxygen Contents on the Strain Rate Sensitivity of Commercially Pure Titanium

Min-su Lee[1], Tea-Sung Jun[1], Yong-Taek Hyun[2]
[1]Incheon National University. [2]Korea Institute of Materials Science.

P15-2

베타형 Ti-4Mo-4Cr-X(Zr, V, Sn) 4원계 타이타늄합금 의 미세조직 및 기계적 특성

이건희[1], 이광민[1]
[1]전남대학교 신소재공학부.

P15-3

Ti-6Al-4V 합금과 17-4PH 스테인리스강의 이종 확산접합 연구

박태성[1], 노상훈[2], 김정한[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학부. [2]한국원자력연구원.

P15-4

PACHM 공정을 적용한 Ti-Al-Fe 합금 제조

박상협[1], 임주형[1], 현용택[2], 원종우[2], 백승원[1], 최재영[1], 문승호[1]
[1]㈜한국진공야금. [2]재료연구소.

P15-5

TiAl계 터빈휠 제조를 위한 정밀주조용 산화물 주형과 TiAl 합금의 계면 반응 평가

이슬[1], 신명수[1], 김영직[1]
[1]성균관대학교 공과대학 신소재공학과.

P15-6

수소 첨가 열처리에 따른 Ti-6Al-4V 합금 분말의 격자 변형 및 고온 산화 거동

조계훈[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-7

β안정화 원소가 TiAl합금의 상변태에 끼치는 영향

박성현[1], 박종문[1], 오명훈[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학과.

P15-8

타이타늄 중공빌렛주조재의 열처리에 따른 기계적 특성 연구

윤창석[1], 박양균[1], 최영신[1], 이동근[1]
[1]순천대학교신소재공학과.

P15-9

열간 압연을 이용한 TiAl합금의 상온 및 고온에서의 기계적 특성 연구

김종훈[1], 김성웅[1], 김승언[1], 박용호[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교.

P15-10

CP Ti와 TiAl의 산화 및 탈산 거동 비교

채지광[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-11

TiH_2 분말을 활용한 TiNi 합금 소결체 제조 및 특성 평가

임노운[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-12

TiAl 합금과 SCM440의 접합계면에 미치는 삽입금속의 영향

박종문[1], 박성현[1], 이지현[1], 김기영[1,2], 김경균[2], Kazuhiro ITO[3], 오명훈[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]A.F.W㈜. [3]Joining and Welding Research Institute of Osaka University.

P15-13

Study of Tensile Fracture Morphology and Mechanism on MIM Product Ti-6Al-4V from Water-Soluble Debinding Method

수프로보고잘리[1], L. E. Hye[2], J. S. Jun[2], Eng Ryul Baek[1]
[1]Yeungnam University. [2]Kyerim.

P15-14

분말 소결 제조된 W 첨가 Ti6Al4V 합금의 미세조직 및 강도 변화

남동윤[1], 최현진[1], 계인석[1], 이지영[1], 오용준[1], 권영삼[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]㈜쎄타텍.

P15-15

저비용, 저융점 원소로 구성된 고강도 TRIP 타이타늄 합금에서 Mn의 영향

오정목[1], 강남현[2], 박찬희[1]
[1]재료연구소. [2]부산대학교 재료공학과.

P15-16

Effect of Various Cooling Rate and Aging Treatment on Hardness Properties of Lamellar α + β wire Ti-6Al-4V Alloy as-annealed

Janu Ageng Nugroho[1], Nur Arief Meyviawan[1], Desrilia Nursyifaulkhair[1], Eung Ryul Baek[1]
[1]영남대학교.

P15-17

Effect of Hot Forging on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Alloy Produced by Vacuum arc Remelting Process

Tae-hyuk Lee[1], Bung-Uk Yoo[2], Yong-Bum Lee[3], Hyeon-Jin Park[3], Kwang-Hyuk Lim[3], Jong-Hyeon Lee[2]
[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. [2]Chungnam National University. [3]HANSCO Co.LTD.

P15-18

Carbochlorination에 의한 일메나이트 광석 중 Fe 제거

이소영[1], 박성훈[1], 홍성민[1], 손호상[1]
[1]경북대학교 신소재공학부.

P15-19

금속 칼슘을 이용한 벌크형 Ti-6Al-4V 합금의 산소 저감

김태헌[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-20

Tensile Behavior of a Newly Developed High-temperature Titanium Alloy at Room Temperature and 650℃

나라야나[1], 김성웅[1], 홍재근[1], N.S. Reddy[2], 염종택[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]경상대학교.

P15-21

수소 플라즈마 아크 용해에 의한 TiAl 스크랩의 정련 및 탈산

이도성[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-22

Mm첨가에 의한 Ti-Al-Mo-Nb 합금의 조직미세화 및 인장특성

최광수[1], 송영범[2], 이승훈[3], 박준식[1]
[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]경북대학교 금속신소재공학과.

P15-23

Sintering Properties of Ti-27Nb Alloys Prepared Using Ti/TiH_2 Powders Under ASP/HSP

Gui Yunwei[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P15-24

생체의료용 Ti-39Nb-6Zr 합금의 미량 Si 첨가에 따른 미세조직과 기계적 성질의 변화

장지훈[1], 최영신[1], 윤창석[1], 이동근[1]
[1]순천대학교 신소재공학과.

P16 : 열전재료

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P16-1

Polyimide를 이용한 열전소자 코팅에 관한 연구

황인지[1], 김현철[1], 김참[1], 김호영[1], 김동환[1]
[1]DGIST.

P16-2

기계적 합금화와 열간 압축으로 제조한 테트라헤드라이트 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$의 열전 특성

곽성규[1], 김성윤[1], 피지희[1], 이고은[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P16-3

자동차에 설치되는 친환경 열전 냉각기의 소비전력조건 최적화

김다혜[1], 김시진[2], 한승우[3]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]TETech. [3]한국기계연구원.

P16-4

Ge이 도핑된 고망간 실리사이드 $MnSi_{1.72\sim1.73}$:Ge_m의 열전 특성

이인재[1], 박솔빈[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P16-5

Sb_2Te_3 와 polystyrene nano bead를 이용한 다공성 유/무기 열전복합소재 제조 및 열전특성 분석

노경환[1], 김혜영[1], 신한균[1], 엄누시아[1], 김지원[1], 임재홍[1]
[1]한국기계연구원부설 재료연구소.

P16-6

Localization Effect of Thermoelectric Properties in $(Bi_2Te_3)_{0.95-x}(Bi_2Se_3)_x(Bi_2S_3)_{0.05}$ quaternary system

조현용[1], 백송이[1], 이종수[1]
[1]경희대학교국제캠퍼스.

P16-7

Sb_2Te_3과 PEDOT:PSS 나노파이버를 이용한 유 · 무기 복합열전소재 합성 및 평가

김혜영[1], 노경환[1], 엄누시아[1], 김지원[1], 임재홍[1]
[1]한국기계연구원부설재료연구소.

P16-8

산화물 환원공정에 의해 제조된 Cu_2Se 합금분말의 전기적 특성

신지은[1], 임영수[1], 이길근[1]
[1]부경대학교신소재시스템공학과.

P16-9

산화물환원과 플라즈마활성소결에 의해 제조된 Bi–Te–M (M:Sb,Se) 소결체의 열전 특성

신지은[1], 봉현민[1], 장민[1], 이길근[1]
[1]부경대학교신소재시스템공학과.

P16-10

Interface Reaction Between Solders and Ni–plated Thermoelectric Materials

Yoohwan Choi[1], Yeseul Ahn[1], Hyerin Jeong[1], Sanghum Cho[2], Kwan–ho Park[2], HO SEONG LEE[1]
[1]Kyungpook National University. [2]Daeyang Company.

P16-11

Effect of Adding Pb on the Microstructure and Thermoelectric Properties of GeTe–based Materials

Jaeik Kwak[1], Hyunho KIm[1], Jaeseon KIm[1], Hyunji KIm[1], HO SEONG LEE[1]
[1]Kyungpook National University.

P16-12

탄소나노튜브를 활용한 시멘트 복합재료의 열전성능 분석

김대연[1], 최경후[1]
[1]한국철도기술연구원.

P16-13

Tetrahedrite $Cu_{12}Sb_4S_{13}$의 열적 안정성 및 기계적 특성

피지희[1], 곽성규[1], 김성윤[1], 이고은[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P16-14

$(Ce_{1-z}Yb_z)_{0.8}Fe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 이중 충진 Skutterudite의 합성 및 열전 특성

최덕영[1], 차예은[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P16-15

$(La_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 전하 이동과 열전 특성

차예은[1], 이창봉[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P16-16

Texture–induced reduction in electrical resistivity of p–type $(Bi,Sb)_2Te_3$ by a hot extrusion

Bongki Min[1,2], Sang–Soon Lim[1], Sung–Jin Jung[1], Garyeong Kim[2], Byeong–Hyeon Lee[3] , Sung Ok Won[3] , Seong Keun Kim[1], Jong–Soo Rhyee[2], Jin–Sang Kim[1*], Seung–Hyub Baek[1,4*]
[1]Center for Electronic Materials, Korea Institute of Science and Technology. [2]Dept. of Applied Physics & KHU–KIST Dept. of Converging Science and Technology, Kyung Hee University. [3]Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology. [4]Division of Nano & Information Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology.

P16-17

Thermoelectric properties of n – type $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ prepared by hot extrusion

Sung–Jin Jung[1,2], Sang–Soon Lim[1,2], Hyung–Ho Park[2], Seong Keun Kim[1,3], Jin–Sang Kim[1*], Seung–Hyub Baek[1,3*]
[1]Center for Electronic Materials, Korea Institute of Science and Technology. [2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University, [3]Division of Nano & Information Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology.

P17 : High Entropy Alloy 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P17-1

Microstructures and Mechanical Properties of the Non–equiatomic FeMnNiCoCr High Entropy Alloy Processed by Differential Speed Rolling

Hee–Tae Jeong[1], Woo–Jin Kim[1]
[1]Advanced Metal Lab of Hongik university.

P17-2

기계적 합금화와 스파크 방전 소결을 이용하여 제조된 $Al_{0.5}CoCrCuFeNi$ 고엔트로피 합금의 미세구조 및 기계적 특성

장순호[1], 노애란[1], 남승진[1], 최현주[1]
[1]국민대학교 신소재공학과 나노융합구조소재실험실.

P17-3

극저온 강소성 가공을 받은 $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ 고엔트로피 합금의 미세조직 및 기계적 특성 변화

김동혁[1], 문종언[1], 배재웅[1], 박정민[1], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교신소재공학과.

P17-4

고온 구조용 소재로의 적용을 위한 경량 고엔트로피합금 연구

권현준[1], 임가람[1], 나영상[1], 이승훈[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]경북대학교.

P17-5

Strain Hardening Behavior of $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ Medium Entropy Alloy

온디초 이브라힘[1], 티모티 알렉산더[1], 박노근[1]
[1]영남대학교공과대학신소재공학부.

P17-6

열플라즈마를 이용한 내화금속 기반 WTaMoNbV 고엔트로피 합금 구형 분말 제조

박종민[1], 박기범[1], 양승민[1], 강장원[1], 이택우[1], 박형기[1]
[1]한국생산기술연구원 강원지역본부.

P17-7

TWIP에서 TRIP으로 변형거동의 전이에 대한 FCC 와 BCC 간 깁스 자유에너지 변화의 영향

김동근[1], 조용희[1], 최원미[1], 손석수[2], 김형섭[1], 이병주[1], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]Max–Planck–Institut für Eisenforschung.

P17-8

Effect of Aluminum Addition on the Microstructure and Mechanical Properties of CoCrNi–Medium Entropy Alloy

마야 푸트리[1], 댄닛스 조디[1], 박노근[1]
[1]영남대학교.

P17-9

Nano–Scale Micro–structural Evolution and Mechanical Properties of Quaternary AlCoCrNi High Entropy Alloy

JUMAEV ELYORJON[1], HONG SUNG HWAN[1], PARK HAE JIN[1], PARK JEHYUNG[1], MIN BYUNG HO[2], LEE TAE GYU[2], KIM KI BUEM*[1]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2]HYUNDAI MOTOR GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT DIVISION ADVANCED MATERIALS RESEARCH TEAM

P17-10

AlCoCrNi 합금의 개발 및 미세조직 변화에 따른 기계적 특성 분석

박제형[1], Jumaev Elyorjon[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 홍성환[1], 박상원[1], 민병호[2], 이태규[2], 김기범*[1]
[1]세종대학교 나노신소재공학과. [2]현대자동차 연구개발본부 신소재연구팀.

P18 : 금속 3D 프린팅 재료 및 공정 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P18-1

고신뢰성 인공 고관절용 대퇴골부 적층성형 및 후처리 기술 연구

방경배[1], 이병수[1], 이해진[1], 김기범[1], 함민지[1], 김건희[1], 이창우[1], 김형균[1]
[1]한국생산기술연구원.

P18-2

Numerical Simulation for Thermal Profile During Selective Laser Melting Process

Young–Shik Yun[1], Deok–Jin Jeon[1], Seungmuk Ji[1], Jong–Souk Yeo[1]
[1]Yonsei University.

P18-3

전자빔 적층가공으로 제조한 상용 순수 티타늄 임플란트의 기계적 특성 및 미세조직 특징

이해진[1], 김원래[1], 심은정[1], 김형균[1], 김건희[1], 이병수[1]
[1]한국생산기술연구원.

P18-4

Selective laser melting (SLM) 공정을 이용한 AlSi10Mg 조형체 제조 조건 연구

이기승[1]
[1]울산대학교 공과대학.

P18-5

적층 가공으로 제조된 17–4PH 스테인리스 강의 미세조직 및 기계적 특성 평가

윤종천[1], 이민규[1], 이윤선[1], 김우성[1], 성지현[1], 차경제[1], 황선광[1], 김다혜[1]
[1]한국생산기술연구원.

P18-6

금속 3D 프린터로 적층된 마레이징강의 피로특성

홍석관[1], 김성규[1], 김미애[1]
[1]한국생산기술연구원 금형기술그룹.

P18-7

SLM 공정조건 에너지 밀도 차이에 따른 SUS316L의 특성 변화

김원래[1], 박기범[1], 정효태[2], 최재호[2], 김건희[1], 김형균[1]
[1]한국생산기술연구원강원지역본부. [2]강릉원주대학교 신소재공학과.

P18-8

DED 공정을 이용한 Fe–Ni계 이종소재 적층공정 연구

임성록[1], 김성욱[1], 천창근[1]
[1]포항산업과학연구원 Ti 상용화 기술센터.

P18-9

타이타늄 분말 구상화를 위한 유도결합형 RF 열플라즈마 수치해석

권오형[1], 양승민[1], 강장원[1], 최준[1]
[1]한국생산기술연구원.

P18-10

Al–12Si 합금 분말을 이용한 3D 프린팅 소재의 미세구조적 · 기계적 특성

김영균[1], 채홍준[1], 김홍물[2], 최문석[2], 김명세[3], 공만식[1]
[1]고등기술연구원신소재공정센터. [2]하나AMT. [3]KAMI.

P18-11

적층성형 후 HIP 처리 된 Co 기 합금의 미세조직과 기계적 특성 발달

김경우[1], 김영규[1], 정경환[2], 김강민[2], 송국현[1]
[1]조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과. [2]한국생산기술연구원 적층성형연구그룹.

P18-12

PBF 공정으로 제조된 H13 tool steel의 잔류 응력 및 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향

배기창[1], 박천명[1], 윤재철[2], 유지훈[2], 박용호[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소 분말기술연구실.

P19 : 알루미늄 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P19-1

전자기 교반 공정을 적용한 알루미늄 실리콘 과공정 합금 빌렛 연속주조 연구

김종호[1], 박준표[1], 김명균[1]
[1]포항산업과학연구원.

P19-2

Influence of Cu Addition and Strain on the Bake Hardening of Al–Mg–Si Alloy

Min Cui[1], Min–Seok Kim[1], Yun–Soo Lee[1], Hyoung–Wook Kim[1], Je–hyun Lee[2]
[1]Korea Institute of Materials Science. [2]Changwon National University.

P19-3

고강도 7XXX계 알루미늄 합금의 미세 조직 및 기계적 특성에 미치는 균질화 처리 조건의 영향

김도희[1], 박지호[1], 성효경[1], 어광준[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.

P19-4

Al–Mg2Si 합금의 초정 Mg2Si에 미치는 P 첨가와 초음파용탕처리의 영향

김주혜[1], 정재길[1], 최윤석[2], 어광준[1]
[1]재료연구소. [2]부산대학교.

P19-5

자동차 경량화를 위한 60%IACS급 Al합금 전선 및 성형공정 개발

김기호[1], 김학준[1], 홍순현[1], 강승훈[1]
[1]경신전선.

P19-6

박판주조법으로 제조한 Al–8wt%Zn–2.5wt%Mg–2wt%Cu 합금의 자연시효억제와 성형성 향상

허지구[1], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1], 김양도[2]
[1]한국기계연구원부설재료연구소. [2]부산대학교.

P19-7

7068 알루미늄 압출재의 미세조직과 인장특성에 미치는 Ti 첨가의 영향

이상화[1], 정재길[1], 김민석[1], 김세훈[2], 이영국[3], 어광준[1]
[1]재료연구소. [2]자동차부품연구원. [3]연세대학교.

P19-8

축 압축 시험 및 유한 요소 시뮬레이션에 의한 고강도 알루미늄 합금 튜브의 에너지 흡수능 평가

김희주[1], 김수현[2], 정제기[2], 이윤수[2], 임차용[2], 최윤석[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

P19-9

ADC12 기반 합금에서 Mg과 Cu 첨가가 기계적 특성에 미치는 영향

김재황[1], 임지우[1], 송민영[1], 김종인[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]㈜ 대승.

P20 : 피로 및 파괴 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P20-1

항공용 박판 소재의 설계 허용치 생성을 위한 준정적 및 동적 시험 · 평가 방안

박준혁[1], 안수진[1], 정대호[1], 손진일[2], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]엠티디아이㈜.

P20-2

일반부식(염수) 특성을 고려한 효율적인 항공기 구조 정비시기 예측기법 고찰

최희수[1], 이유림[1], 안수진[1], 이철주[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]한국항공우주산업.

P20-3

5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량과 응력부식균열 저항성 사이의 상관관계

이관호[1], 박준혁[1], 안우진[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P20-4

In situ Structural Health Monitoring on CNT/Carbon–fiber Reinforced Polymer Composite Via Mechanoluminescence and Electrical Resistance

Seongyeon Ahn[1], Yohan Noh[1], JiSikKim[1]
[1]Kyungpook National University.

P20-5

고강도 Al–Zn–Mg 합금의 고온 인장 및 충격 특성에 미치는 노출온도 및 시간의 영향

안우진[1], 김도희[1], 안수진[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P20-6

Crystallography Inspired Optimization of 3D Printed Micro Lattices Using Metaheuristics of NSGA–III

Noh yohan[1], Ahn seonyeon[1], Kim jisik[1]
[1]Kyungpook National University.

P20-7

니켈기 초내열합금의 열화에 따른 미세구조 및 저주기 피로 손상도 평가

허인강[1], 윤동현[1], 김재훈[2], 배시연[3], 이한상[3]
[1]충남대학교 공과대학 기계공학과. [2]충남대학교 기계공학부. [3]전력연구원.

P21 : 융합재료과학

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P21-1

Visually Interactive Pressure Sensor Using Multilayered Thermochromic Display

Gwangmook Kim[1], Sungjun Cho[1], Wooyoung Shim[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

P21-2

Transparent Capacitive Pressure Sensors with ultralow Electromagnetic Interference

김태훈[1], 김광묵[1], 김혜온[1], 심우영[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

P21-3

다공성 SnO_2@C/RGO 복합체 전극 제조 및 리튬이온 이차전지 음극 특성 연구

송하용[1], 함문호[1]
[1]광주과학기술원 신소재공학부.

P21-4

Porosity Gradient Porous Structured Dielectric for Linearly Sensitive Pressure Sensor

김경남[1], 백정민[1]
[1]울산과학기술원.

P21-5

화학기상증착법을 이용한 그래핀의 저온 합성 및 구리/그래핀 적층 구조의 배선 특성

김항규[1], 손명우[1], 함문호[1]
[1]광주과학기술원.

P21-6

Biocompatible Field–Effect–Transistor–based Dopamine Sensors Composed of Hybrid Nano Materials

Seung Min Yang[1], Tae–Min Jang[1], Suk–Won Hwang[1]
[1]KU–KIST Graduate School of Converging Science and Technology.

P21-7

Designable Hydrogel Nanofiber Scaffold for Cell Culture: Patterning and Stiffness Modulation

Dasom Song[1], Dong–Hee Kang[1], Myung–Han Yoon[1,*]
[1]School of Materials and Science engineering, Gwangju Institute Science Technology. (GIST)

P21-8

Atomic Layer Deposition of HfO_2 Films on Graphene

Hyeok Jae Lee[1], Hye Ju Kim[1], Sang Woon Lee[1*]
[1]Department of Physics and Department of Energy Systems Research, Ajou University.

P21-9

Knittable and Wearable Gas Sensors Using Reduced Graphene Oxide, Molybdenum Disulfide Covered Carbon Fabrics Decorated with Metal Catalysts for Enhanced Selectivity

Chung won Lee[1], Jun Min Suh[1], Ho Won Jang[1*]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University.

P21-10

Nanostructured p–Si with TiO_2 Passivation Layer and Metal Catalyst for Stable and Efficient Water Splitting

Changyeon Kim[1], Ho Won Jang[1*]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.

P21-11

Use of MoS_2 Nanosheets for Drilling Mud

Seonghyeon Hong[1], Suyeong Kim[1]
[1]School of Chemical Engineering and Materials Science, Chung–Ang University.

P21-12

High Performance Humidity Sensor Based on Reduced Graphene Oxide Hybrid Composites

Seo Yun Park[1], Yeon Hoo Kim[1], Seon Yong Lee[1], Woonbae Sohn[1], Jung Eun Lee[2], Do Hong Kim[3], Young–Seok Shim[4], Ki Chang Kwon[1,5], Jun Min Suh[1], Museok Ko[6], Jong–Heun Lee[3], Mi Jung Lee[6], Soo Young Kim[5], Min Hyung Lee[2*], Ho Won Jang[1*]
[1]Seoul National University. [2]Kyung Hee University. [3]Korea University. [4]Korea Institute of Science and Technology (KIST). [5]Chung–Ang University. [6]Kookmin University.

P21-13

Dominance of Plasmonic Resonant Energy Transfer over Direct Electron Transfer in Substantially Enhanced Water Oxidation Activity of BiVO4 by Shape–Controlled Au Nanoparticles

Mi Gyoung Lee[1], Ho Won Jang[1*]
[1]Seoul National University.

P21-14

Graphene Grain Boundary Observation Via Plasma and Thermal Treatment

Jong–Young Lee[1], Min Jung Kim[1], Gwan–Hyoung Lee[1*]
[1]Department of Materials science and engineering, Yonsei University.

P21-15

Observation, Characterization, and Modification of MoS2 Grain Boundaries Using Atomic Force Microscopy

Jae Hwan Jeong[1], Gwan–Hyoung Lee[1]
[1]Department of Materials science and engineering, Yonsei University.

P21-16

Photo–response Characteristics of Graphene–on–GaN Schottky Junction photodiodes

Jae Hyung Lee[1], Jin Tae Kim[1], Sang Il Lee[1], Won Il Park[1]
[1]Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University.

P21-17

Epitaxial Growth of Three-dimensional InxGa1-xN/GaN Light Emitting Crystals Based on Nano/micro-architectured ZnO Templates

Dong Won Yang[1], Su Han Kim[1], Gyu-Chul Yi[2] and Won IL Park[1]*
[1]Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University. [2]Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.

P21-18

Systematic Study of Interdependent Relationship on Gold Nanorod Synthesis Assisted by Electron Microscopy Image Analysis

Seokyoung Yoon[1], Byoungsang Lee[2], Jaesub Yun[3], Jeon Geon Han[2], Jong-Seok Lee[3], Jung Heon Lee[1,2]
[1]SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT), Sungkyunkwan University (SKKU). [2]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU). [3]Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU).

P21-19

Improved Electrocatalytic Properties of Strain-induced $La_{0.95}NiO_{3-\delta}$

Minju Choi[1], Howon Jang[1]
[1]Seoul National University.

P21-20

전기화학적 산화 및 환원 공정 변수 제어를 통한 형태 조절 가능한 금 나노구조의 형성 및 이의 응용

김재훈[1], 송준태[1], 류혜원[1], 김진규[3], 정성윤[1,2], 오지훈[1,2]*
[1]한국과학기술원 EEWS 대학원. [2]한국과학기술원 신소재공학과. [3]한국기초과학지원연구원.

P21-21

Poly(vinyl alcohol)-based Electrospun Fibers as Artificial Extracellular Matrice

Sungrok Wang[1], Dong-Hee Kang[1], Myung-Han Yoon[1]*
[1]School of Materials Science & Engineering, Gwangju Institute of Science & Technology.

P21-22

New Architectural Design for Stretchable and Deformable Electronics

Yu-ki Lee[1], Young-joo Lee[1], Young-chang Joo[1], and In-suk Choi[1]*
[1]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.

P21-23

Fabrication of soft magnets FeCo alloy with highest saturation magnetization by electrolessplating

Danbi Kim[1,2], Jiwon Kim[1], Nusia Eom[1], Sung heum Park[2], Jae-Hong Lim[1]
[1]KIMS. [2]Pukyong National University.

P21-24

Highly Flexible and Conductive Elastomer Integrated with Personal Earphone for Wireless and Real-time Monitoring of Electrophysiological signals

Joong Hoon Lee[1], Ji-Young Hwang[2], Jia Zhu[3], Ha Ryeon Hwang[1], Seung Min Lee[4], Huanyu Cheng[3], Sang-Hoon Lee[1], Suk-Won Hwang[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Carbon Convergence Technology. [3]The Pennsylvania State University. [4]Kookmin University.

P21-25

Soft Energy Harvesters Based on Triboelectrification

Younghoon Lee[1], Jeong-Yun Sun[1,*]
[1]Seoul National University.

P22 : 전력저장용 이차전지 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 26일 09:00 - 16:00

P22-1

중저온 구동 평판 $Na/NiCl_2$ 전지의 전기화학적 특성

손소리[1], 박윤철[1], 장희정[2], Guosheng Li[2], Vincent L. Sprenkle[2], 정기영*[1]
[1](재)포항산업과학연구원. [2]Pacific Northwest National Laboratory.

P22-2

AC Impedance Analysis for $Na/ZnCl_2$ batteries

김한준[1], 변동진[2], 김창삼[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]고려대학교.

P22-3

Enhancement of Lithium-Ion Batteries by a Graphene interfacial Layer

Park Jong-hwan[1], Sun-Woo Kim[1], Ho-Jun Choi[1], Se-Hee Shin[1], Hyun-Jun Kwon[1], Dae-Seok Seo[1], Han-Young Jung[1], Jung-Woo Lee[1], Young-il Song[1], Su-Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University.

P22-4

Development of 2NNMEAM interatomic potential for the Sodium unary system

Yongmin Kim[1], Byeong-Joo Lee[1]
[1]POSTECH.

P22-5

Na+- β"-Al_2O_3 고체전해질 이온전도도 향상을 위한 배향성 제어에 대한 연구

김용혁[1], 임성기[1]
[1]건국대학교.

P23 : 가공-표면처리

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P23-1

전류밀도와 시간에 따른 A1050과 A6061 합금의 양극산화 비교분석

김용유[1], 김창근[1], 정상준[1], 김희수[1]

[1]조선대학교.

P23-2

플라스마 전해산화코팅에서 전해액에 NaF 첨가에 따른 AZ31 마그네슘 합금의 산화막 물성 변화

이도경[1], 황덕록[1], 이재열[2]

[1]대구가톨릭대학교 신소재화학공학과. [2]㈜화진.

P23-3

3D 프린팅 Co–Cr 합금의 플라스마 전해연마에 따른 부식특성

서보성[1], 박형기[1], 박광석[1]

[1]한국생산기술연구원.

P23-4

D.C. 마그네트론 스퍼터링 공정을 이용한 하이엔트로피합금 코팅소재의 미세조직 및 기계적 특성평가

김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], Jumaev Elyorjon[1], 임기성[1], 홍성환[1], 김기범*[1]

[1]세종대학교 나노신소재공학과.

P23-5

Mo계 내산화 본드 코팅층 제조 및 고온 산화거동

강상운[1], 박희진[1], 백경호[1], 박준식[2], 이성[3]

[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.

P23-6

가로등용 LED기판 발열부 온도 5℃ 저감을 위한 세라믹 코팅 방열판

김도형[1], 박상협[1], 황명원[1], 박정현[1], 신병현[1], 정원섭[1]

[1]부산대 재료공학과.

P23-7

Maraging 250강의 플라스마질화처리시 처리 압력이 경화층의 특성에 미치는 영향

이인섭[1], 이천호[1]

[1]동의대학교.

P23-8

탄소–탄소 복합재 및 흑연 기판에 CVD 증착된 Re의 계면접합 및 결정학적 특성

최현진[1], 남동윤[1], 오용준[1], 임성택[2]

[1]국립 한밭대학교. [2]국방과학연구소.

P23-9

STS 304L강 소재의 오토트랜스미션 소형부품의 플라스마 침질탄화처리

이인섭[1]

[1]동의대학교.

P23-10

빗각 증착에 의해 코팅된 Al 박막의 부식특성 향상

김성환[1], 변인섭[1], 양지훈[1], 정재인[1]

[1]포항산업과학연구원.

P23-11

F51 듀플렉스 스테인레스강의 Multiple Step 플라스마 침질탄화 처리

이인섭[1], 이천호[1]

[1]동의대학교 신소재공학과.

P23-12

316L 스테인리스강의 Multiple 플라스마 질화/ 침질탄화 처리

이인섭[1], 이천호[1]

[1]동의대학교.

P23-13

용융아연도금 강판의 표면거칠기 변화에 따른 도금층 결정립 미세화

정구진[1], 허주열[1], 황현석[2], 김상헌[2]

[1]고려대학교 신소재공학부. [2]POSCO 기술연구원.

P23-14

발수 처리를 이용한 전기 아연도금층의 초기 내식성 개선

정해창[1], 주재훈[1], 이정훈[1]

[1]부경대학교 금속공학과.

P23-15

보락스와 알루미나 파우더의 첨가량에 따른 단결정 사파이어 웨이퍼의 표면 부식에 대한 연구

김경호[1], 조규섭[1], 전영준[1], 김상섭[2]

[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P23-16

마그네트론 스퍼터법으로 증착한 Cr박막의 두께 증가에 따른 미세조직과 표면특성 연구

강영준[1], 조영욱[1], 백주환[1], 조영래[1]

[1]부산대학교 재료공학과.

P23-17

마그네슘 합금의 플라스마 전해산화 표면처리 공정에서 전해액 내 CeO_2 나노입자 첨가에 따른 산화막 물성 변화

황덕록[1], 이도경[1], 이재열[2]

[1]대구가톨릭대학교 신소재화학공학과. [2]㈜화진.

P23-18

일체형 산화철 촉매를 이용한 메틸렌블루 폐수 처리

최윤정[1], 주재백[2], 변지영[1], 김상훈[1]

[1]한국과학기술연구원. [2]홍익대학교.

P23-19

마그네슘합금의 내식성 향상을 위한 플라스마 전해 산화를 이용한 초발수성 표면처리

주재훈[1], 정해창[1], 이정훈[2]

[1]부경대학교 금속공학과. [2]부경대학교.

P23-20

Optimization of HVOF-Sprayed Cermet Coatings Based on Influence of Feedstock Powder Characteristics

SOYEONG KANG[1], KYEONGHO BAIK[1], HEEJIN PARK[1]
[1]Chungnam National University.

P23-21

음극아크와 빗각증착으로 코팅된 TiN 박막의 잔류응력 특성 연구

변인섭[1], 양지훈[1], 김성환[1], 정재인[1]
[1]포항산업과학연구원 소재이용연구그룹.

P23-22

마그네슘 합금의 표면처리 및 전착도장 특성

황규광[1], 이재은[1], 김용균[1], 윤영규[1]
[1]KC케미칼㈜.

P23-23

AlCrN based Hard Coating의 미세구조 및 기계적 특성 분석

임기성[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 최시연[1], 박상원[1], 권성준[1], 정세일[2], 김광식[2], 박영군[2], 김기범*[1]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2]㈜와이지원.

P23-24

Improved Method for Radiation Efficiency and Hydrophobic Property on Cooling System

박정현[1], 이정훈[2], 김동현[3], 정원섭[4]
[1]부산대학교공과대학. [2]부경대학교 공과대학. [3]한국세라믹기술원. [4]부산대학교 공과대학.

P23-25

초음파나노표면개질 공정 시 표면변형 거동에 대한 연구

박현욱[1], 김준형[2], 편영식[2], 아마노프 아외즈한[2], 최윤석[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]선문대학교 기계공학과.

P23-26

플라즈마 스프레이를 통해 제조된 Al_2O_3 코팅층의 미세조직 및 기계적 특성

정병홍[1], 황우식[2], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교. [2]베델원㈜.

P23-27

플라즈마 환경에서 빗각증착에 의한 TiN 박막 제조 및 특성

정재인[1], 양지훈[1]
[1]포항산업과학연구원.

P23-28

산질화 표면처리가 저탄소강의 미세조직과 부식 및 마모 특성에 미치는 영향

조영욱[1], 강영준[1], 백주환[1], 조영래[1]
[1]부산대학교 재료공학부.

P23-29

600℃급 세라믹 코팅 카본 히터 제조를 위한 세라믹 코팅 층의 열변형 온도 향상을 위한 연구

김도형[1], 박상협[2], 김동현[2], 이경욱[3], 정원섭[1]
[1]㈜햇살. [2]부산대학교 재료공학과. [3]한국세라믹기술원.

P24 : 상변태

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P24-1

비정질 합금으로부터 결정화 된 초탄성 상의 기계적 특성 평가

김영성[1], 나민영[1], 김우철[1], 김정수[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교. [2]청주대학교.

P24-2

Enhancement of Mechanical Properties in Fe Based High Strength Alloys by Addition of Minor Alloying Elements

Jeong Yeonbeom[1], Hong Sunghwan[1], Kim Jeongtae[2], Kim Kibuem*[1]
[1]Sejong University. [2]Erich Schmid Institute of Materals engineering.

P24-3

Thermophysical Properties of Niobium Alloy in Liquid State

Chang-Hwan Yoo[1], Shraddha. Ganorkar[2], Yun-Hee Lee[2], Yong Chan Cho[2], Geun Woo Lee[2]
[1]Kyung Hee University. [2]Korea Research Institute Standards and Science.

P24-4

강도-연신 trade-off 극복 TWIP/TRIP 하이엔트로피 합금 개발

오현석[1], Fritz Kormann[2], Cem Tasan[3], Dierk Raabe[2], 박은수[1]
[1]서울대학교신소재공동연구소. [2]Max Planck Institute for steel research. [3]Massachusetts Institute of Technology.

P24-5

Transformed-Induced Plasticity (TRIP) Phenomenon in Medium-Entropy Alloy

EKA BOBBY SAPUTRA[1], Nokeun Park[1]
[1]School of Material Science and Engineering, Yeungnam University.

P24-6

조성 변화에 따른 하이엔트로피 합금의 상분리 거동

윤국노[1], 이제인[1], 김진연[1], 박은수[1]
[1]서울대학교.

P24-7

결정상의 복잡도와 비정질 형성능과의 연관성 고찰

류채우[1], Wojciech Dmowski[2], Kenneth F. Kelton[3], 이근우[4], 박은수[5], Takeshi Egami[6]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]University of Tennessee. [3]Washington University. [4]한국표준과학연구원. [5]기반표준부. [6]창의융합센터.

P24-8

Cr강 템퍼링 열처리에서 TEM 분석을 통한 탄화물 거동

장현수[1], 최병학[1], 김시훈[1], 김태용[1], 박진수[1], 백문기[1], 윤기봉[2]
[1]강릉원주대학교. [2]중앙대학교.

P24-9

Influence of Spherical Particles and Interfacial Stress Distribution on Viscous Flow Behavior of Ti-Cu-Ni-Zr-Sn Bulk Metallic Glass Composites

Choi Si Yeon[1], Sang Chul Mun[1], Ki Buem Kim[1], Sung Hwan Hong[1]
[1]Sejong University.

P24-10

수열합성 공정을 통한 $Al_{88}Cu_6Si_6$ 공정 합금의 표면 특성 부여

박혜진[1], 김영석[1], 문상철[1], 김기범*[1]

[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

P24-11

Investigation on the Mechanical Properties of High Entropy Alloys Upon Nitrogen Addition

Jung Soo Lee[1], Kook Noh Yoon[1], Hyun Seok Oh[1], Sang Jun Kim[1], Eun Soo Park[1]

[1]Seoul National University.

P24-12

이상조직 스테인레스 강의 용접열영향부 석출거동

장현수[1], 최병학[1], 정직한[1], 최우정[1], 양우혁[1], 박찬성[2], 최광수[2]

[1]강릉원주대학교. [2]국립과학수사연구원.

P24-13

Zr첨가에 따른 Ti–Zr–Ni–Cu 4원 비정질 금속의 산화 거동

김용주[1], 나민영[1], 김우철[1], 김정수[1], 김영성[1], 김원태[2], 김도향[1]

[1]연세대학교. [2]청주대학교.

P24-14

하이엔트로피 합금의 적층 결함 에너지 및 변형률 속도 조절에 따른 변형 메커니즘 분석 Stacking fault energy와 변형 속도에 따른 변형 메커니즘 변화

예정원[1], 윤국노[1], 김상준[1], 오현석[1], 박은수[1]

[1]서울대학교 재료공학부.

P24-15

철계 비정질 합금의 Y함량에 따른 결정화거동

남재현[1], 황지용[1], 정윤오[1], 이승훈[1]

[1]경북대학교 금속공학과 나노구조재료연구실.

P24-16

Ti 합금의 오메가상 분석

장현수[1], 최병학[1], 윤재형[1], 이상우[1], 이호연[1], 현용택[2], 김승언[2]

[1]강릉원주대학교. [2]재료연구소.

P24-17

Effect of Additional Elements on Structure and Mechanical Behavior of Ti–Zr–Ni Quasicrystal

유근희[1], 류채우[1], 김진연[1], 박은수[2]

[1]서울대학교. [2]한국과학기술연구원.

P24-18

하이엔트로피 컴파운드의 형성 거동 및 구조적 특성 분석

김상준[1], 오현석[1], 박은수[1]

[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

P24-19

석출 시효를 통한 Fe계 형상기억합금의 형상기억효과 제어

정홍락[1], 김상준[1], 류욱하[1], 박은수[1]

[1]서울대학교재료공학부 상변화제어신소재연구실.

P24-20

복합재 형상의 미세구조 모사를 통한 높은 강도와 연신율 값을 가지는 고엔트로피 신 합금의 개발

김민석[1], 윤국노[1], 오현석[1], 박은수[1]

[1]서울대학교.

P24-21

Zr–2.5Nb의 수소화물 생성의 결적학적 분석

임상엽[1], 김성수[1], 이경근[1]

[1]한국원자력연구원 원자력재료연구부.

P24-22

$Ti_{40}Zr_{10}Ni_{40}Cu_{10}$ 비정질 합금의 산화거동 분석

나민영[1], 김용주[1], 김우철[1], 김정수[1], 김영성[1], 김원태[2], 김도향[1]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]청주대학교 레이저광정보공학과.

P24-23

NiTi–based Shape Memory Nanoparticles Fabricated by Phase–separation

김지영[1], 김소연[1], 김상준[1], 류욱하[1], 박은수[1]

[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

P24-24

가돌리늄이 첨가된 Fe–B 비정질 합금의 부식특성, 중성자 차폐능 평가

박지성[1], 이승훈[1]

[1]경북대학교 신소재공학부.

P24-25

EBSD–GND's 계산을 통한 Co–Cr–Mo–N 합금내 변형유기마르텐사이트의 해석 방법

이병수[1]

[1]한국생산기술연구원.

P24-26

Al Rich TiAl3 Coating Layer Formation and Growth Kinetics by In situ Chemical Vapor Deposition on Ti–6Al–4V Alloys

최광수[1], 양원철[1], 김선진[1], 정지현[1], 박진수[2], 박준식[1]

[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]㈜ 인스텍.

P24-27

Characterization, Growth Kinetics Model and Oxidation Test at 1400℃ of Si–B Co–deposition Coating on 3 Phase Mo–Si–B Alloy

최광수[1], 백경호[2], 이성[3], 박준식[1]

[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.

P25 : 분말재료

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P25-1

기계적 밀링을 통한 Al 기지 내 CNT 분산 거동 및 물리적 특성 평가

한덕현[1], 김건홍[1], 김재성[1], 안병민[2]

[1]고등기술연구원. [2]아주대학교.

P25-2

급속소결로 제조한 Fe–Cr계 산화물분산강화합금의 조직과 기계적성질에 미치는 Y_2O_3첨가의 영향

김대영[1], 우기도[1], 권의표[2]

[1]전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학. [2]한국생산기술연구원.

P25-3

Ni계 ODS 합금 분말의 SPS 공정을 이용한 성형 온도에 따른 미세조직 및 기계적 특성 평가

한덕현[1], 박상환[1], 김영균[1], 공만식[1]
[1]고등기술연구원.

P25-4

SPS로 제조한 나노결정 Fe–Mn 합금의 오스테나이트 안정성과 기계적 성질에 미치는 망간의 영향

오승진[1], 손인진[2], 이석재[1]
[1]전북대학교 금속공학과. [2]전북대학교 신소재공학부.

P25-5

Fe–Ni 합금의 기계적 성질과 고온산화

이동복[1], 김민정[1], 박순용[2], 조규철[2]
[1]성균관대학교. [2]한국피아이엠 기술연구소.

P25-6

순 알루미늄 나노 세라믹 코팅 기술의 고내식성 향상/Improved corrosion resistance of pure aluminum nano–ceramic coating technology

이명원[1], 신동원[1], 홍순직[1], 김기호[2]
[1]공주대학교. [2]경신전선.

P25-7

니켈 입자가 부착된 초미세 알루미늄 분말 합성 및 산화특성 연구

권구현[1], 김동원[1], 김종민[2], 김경태[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교 나노융합기술학과.

P25-8

선탄경석 및 폐글라스울 함량에 따른 발포유리 단열재 특성분석

김형훈[1], 이원섭[1], 김현석[1], 홍종선[1], 김효성[1], 김상호[1]
[1]강원테크노파크.

P25-9

SPS로 제조한 FeCrMoVC 고합금 공구강의 미세조직과 기계적 성질

오승진[1], 전중환[2], 이민하[2], 이석재[1]
[1]전북대학교 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹.

P25-10

Effects on Sintering Kinetics of Al_2O_3 in Microwave Hybrid Sintering by making Al_2O_3 – Susceptor Composite

MUHAMMADWAQAS KHALID[1], Bum Sung Kim[1], Bin Lee[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology.

P25-11

Na 연속 공급방식을 이용한 탄탈륨 금속 분말 제조 기술

임재홍[1], 최상훈[1], 심재진[1], 이현규[1], 유지원[1], 서경덕[1], 현승균[2], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

P25-12

장수명 Ta–Cu 전기접점 소재 구현을 위한 2차상 첨가의 영향

서경덕[1,2], 최상훈[1,2], 심재진[1,2], 박용진[3], 박준성[3], 송재영[3], 현승균[3], 박경태[1*]
[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2]인하대학교 신소재 공학과. [3]신생금속공업㈜.

P25-13

용융가압함침공정을 이용한 Fe계열 소형 압연롤의 개발

김대하[1], 이원혁[1], 이상관[2], 서동우[3], 홍현욱[4]
[1]㈜대화알로이테크. [2]재료연구소. [3]포항공과대학교. [4]창원대학교.

P25-14

자전연소파 활용 3D 프린팅용 구상 Ti 분말 제조기술

최상훈[1], 심재진[1], 임재홍[1], 이현규[1], 현승균[2], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

P25-15

기계적 수소화공정을 이용한 금속바인더 Co를 포함하는 TiO_2–ZrO_2 소결체의 소결 특성 및 기계적 성질

고명선[1], 임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]
[1]전북대학교 일반대학원 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재 공학부.

P25-16

정전 분체 코팅 공정을 이용한 SUS316L 다공체 제조

이민정[1,3], 이유정[1,3], 김현주[2], 윤중열[2], 김병기[3]
[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소. [2]한국기계연구연 부설 재료연구소. [3]울산대학교 첨단소재공학부.

P25-17

PVA 폴리머(Polyvinyl alcohol) 유기물로 합성한 Ni–Co–Cr–Fe계 나노분말의 특성

한영민[1], 이종현[2], 장진성[1], 정충환[1]
[1]한국원자력연구원 신소재개발실. [2]충남대학교 신소재공학과.

P25-18

가스아토마이저 공정으로 제조 된 Al–Cr–Si계 합금 분말의 PCAS 소결공정 조건에 따른 미세조직 및 특성 평가

유효상[1], 김용호[1], 오익현[1], 김향연[1], 박현국[1], 이성희[2], 손현택[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]목포대학교.

P25-19

기계적 합금화 및 방전 플라즈마 소결에 의한 Ta–Nb–V–W–Ti 하이엔트로피합금의 미세조직 및 특성

송다혜[1], 김상준[2], 박은수[2], 이진규[1]
[1]공주대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P25-20

나노크기의 C 및 Ni이 분산된 Ag–Based 분말의 제조방법 및 이를 이용한 전기접점 소재의 제조방법

권오집[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P25-21

DED와 PBF 공정으로 제조된 316L 스테인리스강의 미세조직 및 기계적특성

차현진[1], 장기남[1], 김희종[1], 설문정[1], 김규태[1]
[1]동국대학교.

P25-22

열처리 공정 조건에 따른 M–type 스트론튬 페라이트 영구자석의 자기적 특성 연구

오남지[1,3], 박승연[1], 김용완[2], 권혁민[2], 김상섭[3], 임경묵[1]
[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2]우지막코리아. [3]인하대학교.

P25-23

에너지수치를 이용한 다이아몬드 절삭공구용 금속복합분말의 소결모델 개발

전동술[1], 안경준[1]
[1]한국생산기술연구원 열처리그룹.

P25-24

Laser Cladding 공정으로 제조된 Ni–Cr–B–Si–C 코팅층의 미세조직 및 상온 마모 특성

강태훈[1], 김규식[1], 이고기[2], 박순홍[2], 이기안*[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.

P26 : 가공-용접및접합

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P26-1

Quest to Join Dissimilar Materials for Automotive Applications

Hyun–Ju CHOI[1], Won–Kyung KANG[1]
[1]Korea Automotive Technology Institute.

P26-2

Prediction of Multi–layer Weld Zone from Heat Transfer and Fluid Flow Modeling

송지효[1], Kyung–Woo Yi[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.

P26-3

Fiber Laser를 이용한 Al5052 합금의 용접 특성에 관한 연구

최구현[1], 최용호[1], 이양복[1], 이형섭[1]
[1]㈜보림테크.

P26-4

Dissimilar Welding Between 17–4PH Stainless Steel and Ti6–Al4–6V Alloy Using Vanadium Interlayer

나나[1], 김정한*[1]
[1]국립한밭대학교.

P26-5

차량용 중공 피스톤로드의 레이저용접 특성에 대한 연구

최용호[1], 최구현[1], 이양복[1], 이형섭[1]
[1]㈜보림테크.

P26-6 - Cancel

송준우[1]
[1]공주대학교 신소재공학부.

P26-7

로터스형 다공성 동의 접합 특성

김상욱[1], 이지운[1], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P26-8

새롭게 개발된 441 페라이트계 스테인리스 강의 GTA 용접부 미세화 기구 및 미세원소 첨가에 따른 용입성 개선에 대한 연구

김준연[1], 홍현욱*[1], 이원배[2], 오용희[3], 조영태[3]
[1]창원대학교. [2]포스코 철강솔루션마케팅실. [3]창원대학교 기계공학과.

P26-9

Modified 439 페라이트계 스테인리스 강의 GTA 용접부 산화 개재물에 의한 CET 촉진에 대한 연구

김준연[1], 홍현욱*[1], 조영태[2], 이원배[3]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]창원대학교 기계공학과. [3]포스코 철강솔루션마케팅실.

P26-10

강과 알루미늄합금의 레이저 용접에 따른 기계적 특성 평가

전형준[1], 심우정[2], 김원혁[3], 송명환[1]
[1]㈜명진테크. [2]㈜새한산업. [3]엔케이에스㈜.

P26-11

분당 200타급 이상의 고속 포장 기계용 초경 본딩 나이프 개발

김민호[1], 신재오[2], 유관영[2], 전재혁[1], 서영진[3]
[1](재)한국화학융합시험연구원. [2]나이프코리아㈜. [3]금오공과대학교.

P26-12

탄소 소재 코팅을 이용한 알루미늄 합금 저항 점 용접 전극 특성 평가

김재훈[1], 천주용[1], 이덕현[1], 지창욱[1]
[1]한국생산기술연구원울산지역본부.

P26-13

Ferritic/Martensitic 내열강과 Ni기 초내열합금의 이종용접부 크리프 특성과 파괴 메커니즘 상관성 고찰

신경용[1], 김준연[1], 이지원[1], 한정민[2], 이경운[2], 공병욱[2], 홍현욱[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

P26-14

25%Mn강의 Gas Tungsten Arc Welding 용접부 미세조직 및 기계적 물성평가

박건우[1], 남태훈[1], 안은솔[1], 최은영[1], 안용식[2], 김병준[1], 전종배[1]
[1]한국생산기술연구원 동남지역본부. [2]부경대학교 재료공학과.

P26-15

BiTe계 열전소자와 다공성 구리 전극의 접합 특성 평가

백연진[1], 손시영[1], 김상욱[1], 손현우[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P26-16

MnSi계 열전소자와 Ni 코팅된 Cu 기판의 접합 특성

손시영[1], 백연진[1], 김상욱[1], 손현우[1], 현승균[1]*
[1]인하대학교.

P26-17

High Efficiency Cooling Channel Fabricated by Explosive Welding Process

Sang Soo Shin[1]
[1]R&D Center.

P26-18

수송기계용 경량합금의 마찰교반점용접 연구

김흥주[1], 이목영[1], 이도엽[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

P26-19

알루미늄 합금의 레이저 용접 특성 평가

심우정[1], 전형준[2], 김원혁[3], 설현욱[3], 김경석[4], 박성진[1]
[1]㈜새한산업. [2]㈜명진테크. [3]엔케이에스㈜. [4]프레시텍코리아.

P26-20

Zr-Ti계 비정질 삽입재를 이용하여 브레이징된 Ti/SUS 접합부의 미세조직 특성

박진수[1], 송다혜[1], 이진규*[1]
[1]공주대학교 공대 신소재공학부.

P26-21

핫스탬핑 된 22MnB5와 AA6061 합금의 SPR 접합에 미치는 리벳 국부경화의 영향

서성지[1], 임항준[1]
[1]한국산업기술대학교신소재공학과.

P26-22

알루미늄 합금과 철강의 이종접합 시 삽입된 Zn층이 용접성에 미치는 영향

박정민[1], 임항준[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P26-23

경량 부품 제조를 위한 이종소재(Al/Fe)간 전자기 접합 공정 연구

윤병현[1]
[1]충남대학교.

P27 : 마그네슘

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P27-1

Effect of Carbon Fiber Reinforced Plastic Matrix on the Strength of an AZ31 Mg Alloy-CFRP Joint Made by the Hot Metal Pressing Technique

나나[1], Barton Mensah Arkhurst[1], 김정한[1]*, 이목영[2]
[1]국립한밭대학교. [2]Research Institute of Industrial Science and Technology Pohang.

P27-2

압연 전 열처리공정 제어에 따른 Mg-Sn 판재의 기계적 특성 변화

오승현[1], 김용주[1], 김정균[2], 김원태[3], 김도향[1]
[1]연세대학교. [2]LG전자. [3]청주대학교.

P27-3

Deformation Behavior of Mg-Al Single Crystals

정설[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P27-4

Deformation Behavior of Magnesium-Neodymium Single Crystals

권호[1], 신광선[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P27-5

Ca 및 Y첨가에 따른 AZ61 합금의 부식거동의 변화

김종일[1], nguyen ngoc ha[2], 이상은[3], 김영민[3], 김천중[1], 유봉선[3]
[1]Chungnam national university (CNU). [2]Korea university of science and technology (UST). [3]Korea institute of materials science (KIMS).

P27-6

생체분해성 Mg-Ca-Zn 합금 압출재의 미세조직 분석 및 기계적 물성 평가

최재옥[1,3], 정화철[2], 박성혁[1], 임창동[3], 서종식[3]
[1]경북대학교. [2]유앤아이(U&I). [3]재료연구소(KIMS).

P27-7

AZ계 마그네슘 합금에서 어닐링시 진동감쇠능에 미치는 알루미늄 농도의 영향

안재현[1], 고민성[2], 강창룡[2], 김권후[2]
[1]부경대학교 마린융합디자인협동과정. [2]부경대학교 금속공학과.

P27-8

Thixomolding용 Mg-Zn-Al계 마그네슘합금의 Al 및 Sr 첨가에 따른 열전도도 및 기계적 특성 비교

이상민[1], 유영재[1], 예대희[2], 고근호[2], 강민철[2]
[1]㈜장원테크. [2]한국마그네슘기술연구조합.

P27-9

자동차용 고강도 마그네슘 휠 제조를 위한 결정립 미세화 기술의 적용

문영훈[1], 배준호[1], 김하식[1]
[1]재료연구소(KIMS).

P27-10

Strain Rate Dependent Deformation Behaviour of Pure Magnesium at Room Temperature

Gukin Han[1], Hyung-Ki Park[2], Hyo Kyu Kim[2], Tea-Sung Jun[1]
[1]Incheon National University. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

P27-11

시효처리에 의한 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 석출상이 AZ91 마그네슘 합금 온간 가공성에 미치는 영향

이수진[1,3], 이태경[2], 최지환[1], 박성혁[3], 이정훈[1]
[1]한국생산기술연구원 울산지역본부 첨단정형공정그룹. [2]부산대학교 기계공학부. [3]경북대학교 신소재공학부 금속신소재공학과.

P27-12

초경량 Mg-Li-Zn-Ca-Al 하이엔트로피 합금 주조재의 미세조직 및 특성 평가

김용호[1], 유효상[1], 손현택[1]
[1]한국생산기술연구원.

P27-13

AM60 합금과 AZ91 합금의 기계적 특성에 미치는 Ca 및 Y 함량의 영향

김민수[1], 문병기[1]
[1]재료연구소(KIMS).

P27-14

압출 전 냉간단조를 통한 AZ80 마그네슘 압출재의 조직 미세화 및 인장물성 향상

김예진[1], 김상훈[1], 이종언[1], 박성혁[1]
[1]경북대학교.

P27-15

Sn 첨가에 따른 AZ62 마그네슘 압출재의 미세조직 및 기계적 특성 변화

배상우[1], 김상훈[1], 이종언[1], 박성혁[1]
[1]경북대학교.

P27-16

Sc 첨가에 따른 생체분해성 Mg–4Zn 합금의 부식특성

김남룡[1], 서병찬[2], 우상규[1], 임창동[1,2]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

P27-17

Mg–Zn계 마그네슘 합금에서 열특성에 미치는 Cu의 영향

예대희[1], 고근호[2], 강민철[2], 이상민[3], 유영재[3]
[1]1한국마그네슘기술연구조합. [2]한국마그네슘기술연구조합. [3]㈜장원테크.

P27-18

마그네슘 압출재(AZ31B)에서의 탄소첨가가 기계적 특성에 미치는 영향

고근호[1], 예대희[1], 강민철[1], 김영섭[2], 이승기[2]
[1]한국마그네슘기술연구조합. [2]㈜인텍.

P27-19

AZ91 합금의 고온 평면변형압축 변형에 따른 집합조직 형성 거동

한동근[1], 이정훈[2], 권한상[3], 김권후[2]
[1]부경대학교 마린융합디자인 협동과정. [2]부경대학교 공대 금속공학과. [3]부경대학교 공대 신소재공학과.

P27-20

고온 변형에 따른 M1 마그네슘 합금의 미세조직 형성 및 발달

이규정[1], 고민성[2], 권한상[3], 김권후[2]
[1]부경대학교 마린융합디자인협동과정. [2]부경대학교 금속공학과. [3]부경대학교 신소재공학화.

P28 : 전자재료

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P28-1

High Electric Conductivity and Transparent Properties of Two Dimensional Electrodes($NiTe_2$) Manufacturing by PVD Process.

Taewon Yuk[1], JeonTaik Lim[2], GyuTae Jeon[3], Junho Lee[1], Inhyeok Jang[2], Hojun Park[4], Sukjun Kim[1]
[1]School of Energy. [2]Materials and Chemical Engineering. [3]Korea University of Technology and Education. [4]Korea Univ.

P28-2

반도체의 다이 본딩을 위한 Ag/Sn/Ag 박막구조 적용 및 특성 분석

남상열[1], 안성진[2], 박주철[1], 김지수[1], 김민수[1], 채정은[1]
[1]구미전자정보기술원. [2]금오공과대학교.

P28-3

Switching Memory Devices Based on 2–dimensional Organometallic Halide Perovskites

Hyojung Kim[1], Ho won Jang[1]
[1]서울대학교.

P28-4

SnO_2 나노입자가 기능화된 단일벽 탄소나노튜브의 가스 감응 특성

진창현[1], 박수영[2], 나한길[3], 최선우[4]
[1]인하대학교. [2]극동대학교. [3]㈜지에버. [4]강원대학교.

P28-5

Low–temperature Atomic Layer Deposition of HfO_2 Using NH_3 Catalyst

김소정[1], 강연태[1], 김진태[1], 윤주영[1], 정낙관[1]
[1]한국표준과학연구원 소재에너지융합측정센터.

P28-6

Additive and Current Condition for Void Free Filled TSV

Se–Hee Shin[1], Dae–Seok Seo[1], Jong–Hwan Park[1], Sun–Woo Kim[1], Ho–Jun Choi[1], Young–Il Na[1], Hyun–Jun Kwon[1], Han–Young Jung[1], Su–Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University.

P28-7

Fe가 첨가된 Ni–Mn–Co–O NTC 서미스터 세라믹의 전기적 특성

전재은[1,2], 박경열[1,2], 한혁수[2], 민성욱*[2]
[1]한양대학교. [2]한국생산기술연구원.

P28-8

전도성 Ag–PDMS 복합체를 이용한 스트레쳐블 전극 제조

박경열[1,2], 전재은[1,2], 한혁수[2], 민성욱*[2]
[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

P28-9

소결온도와 도핑물질이 PZNN–PZT 압전세라믹스 소재특성에 미치는 영향

김소원[1], 이희철[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P28-10

SnAgCu 무연솔더 접합부의 전기적 신뢰성에 미치는 산화 그래핀의 영향 분석

손기락[1], 고용호[2,3], 박영배[1]
[1]안동대학교 신소재공학부 청정에너지 소재기술연구센터. [2]한국생산기술연구원 마이크로조이닝센터. [3]용접접합그룹.

P29 : 생체재료

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P29-1

금속 3D프린팅 기술을 활용한 하악골 결손부 대체형 임플란트 동물실험 연구

함민지[1], 김형균[1], 김원래[1], 김성곤[2], 김민근[2], 이병수[1], 이창우[1], 김건희[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]강릉원주대학교 치과대학 구강악안면외과.

P29-2

Novel Concept of Polymer–free Drug–eluting Stent with Nanopore Surface

In–Ho Bae[1,2], Myung Ho Jeong[1,2], Kyung–Seob Lim[3], Dae Sung Park[1,2], Jae–Won Shim[1,2], Jun–Kyu Park[4], Doo Sun Sim[1,2]
[1]The Cardiovascular Convergence Research Center of Chonnam National University Hospital Designated by Korea Ministry of Health and Welfare. [2]Korea Cardiovascular Stent Research Institute. [3]Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology. [4]Department of Polymer Science and Engineering, Sunchon National University.

P29-3

Engineering Copper Nanoparticles Synthesized on the Surface of Carbon Nanotubes for the Anti-microbial and Biofilm Removal Applications

Youngmin Seo[1], Jangsun Hwang[2], Eunwon Lee[3], Young Jin Kim[4], Hojeong Jeon[1], Jonghoon Choi[2]
[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Chung-Ang University. [3]BBB Inc. [4]Hanyang University.

P29-4

Enhanced Corrosion Resistance of Biodegradable Magnesium Alloy by Electropolishing

Dongkyu Koo[1], Gayoung Jung[1], Myoung-Ryul Ok[1], Hojeong Jeon[1], HyunKwang Seok[1], Yu-Chan Kim[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology(KIST).

P29-5

제일원리 방법에 의한 마그네슘 합금의 부식특성 향상 원리 고찰

최지원[1], 최승훈[2], 박나영[2], 차필령[2], 윤을식[3], 석현광[4], 김유찬[4]
[1]한국과학기술연구원. [2]국민대학교 신소재공학부. [3]고려대학교 의과대학. [4]한국과학기술연구원 생체재료연구단.

P29-6

Patterned Nano-texture on NiTi Via Nanosecond Laser Surface Modification to Regulate Cell Behaviors

정용우[1], 전인동[1], 김경수[1], 김유찬[1], 전호정[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST).

P29-7

Effects of Release and Control of Reactive Oxygen Species on the Tissue Regeneration of Implants

Gayoung Jung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Hojeong Jeon[1], Yu-Chan Kim[1], Jong-Woong Park[2], Myoung-Ryul Ok[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology(KIST). [2]Korea University.

P29-8

Mechanical Property Enhancement by PSN Effect During Hot Extrusion in Mg-Zn Alloy

Guangzhe Li[1], Hyuan-Kwang Seok[2], Yu-Chan Kim[1], Ho-Jeong Jeon[1], Myung-Ryul Ok[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]과학기술대학원대학교(UST).

P30 : 재료강도

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P30-1

Evaluation of Dynamic Hardening Behavior of SCM440 Steel at High Strain Rates

이근호[1], 이예림[1], 우상현[1], 이창수[1], 박이주[1], 김학준[1]
[1]국방과학연구소(ADD).

P30-2

BCC 이원계 합금의 고용강화 경험식 도출

김일환[1], 오현석[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P30-3

Deformation Twinning Behavior of Single Crystalline Al Nanowire and Its Size Effect on the Deformation Mode Trainsition

김성훈[1], 김홍규[2], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P30-4

SA533 B1 원자로압력용기용 저합금강의 두께방향 위치별 미세조직 및 천이특성 평가

김민철[1], 민기득[1], 홍석민[1], 김종민[1], 최권재[1]
[1]한국원자력연구원.

P30-5

Laser Metal Deposition으로 제조된 boron added Ni 소재의 미세조직 및 고온 인장 변형 거동

김영균[1], 박순홍[2], 이기안[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.

P30-6

오스테나이트계 Fe-23Mn-Al-C 고망간강의 충격 인성에 미치는 알루미늄과 탄소 함량의 영향

이승완[1], 이상인[1], 임현석[1], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교.

P30-7

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 Co-Cr-Mo계 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 building direction 및 HIP 영향

김규식[1], 황재원[2], 박요설[2], 김명세[3], 이기안[1]
[1]인하대학교. [2]㈜창성. [3]KAMI.

P30-8

700 MPa 급 고강도 및 내진 철근의 미세조직과 인장 특성

홍태운[1], 이상인[1], 김보성[2], 이준호[3], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]대한제강 생산관리팀. [3]고려대학교 신소재공학부.

P30-9

고경도 철계 장갑재의 미세조직과 기계적 특성 분석

이지민[1], 임현석[1], 송영범[2], 함진희[2], 김홍규[2], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교. [2]국방과학연구소.

P30-10

Effect of Geometry Ratio in Equal-channel Angular Pressing OFHC Copper

Woo sanghyun[1,2], Lee keunho[2], Lee yerim[2], Lee changsoo[2], Park leeju[1,2]
[1]Korea university of science and technology. [2]Agency for defense development.

P30-11

강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성에 미치는 열처리와 접합강도의 영향

하동욱[1], 진보라[1], 전건우[1], 정창열[1]
[1]동국대학교 원자력 • 에너지시스템공학과.

P30-12

경량 스테인리스강 개발을 위한 FeMnAlC 합금의 Cr 첨가에 따른 미세조직 및 변형거동 상관성 해석

김치원[1], 박성주[1], 박성준[2], 이창훈[2], 김경원[2], 이영주[3], 홍현욱[1]*
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]포항산업과학연구원.

P30-13

Alloy 617 합금의 입계 및 입내 강화를 통한 초고온 크리프 특성에 미치는 효과

이지원[1], 홍현욱*[1], 설재복[2], 장재훈[3]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [3]재료연구소 철강재료연구실.

P30-14

페라이트계 산화물 분산강화 강의 고온인장강도에 미치는 미량합금원소의 영향

노상훈[1], 강석훈[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.

P30-15

Investigation of Various Manganese Steels About the Mechanical Properties for Bearing Steel Application

누르차야닝시 드이 아유[1], 박 노근[1]
[1]영남대학교공과대학신소재공학부.

P30-16

Small Punch Test를 통한 금속재료의 인장특성 예측

홍석민[1], 민기득[1], 김종민[1], 김민철[1], 이봉상[1]
[1]한국원자력연구원.

P30-17

대형 Built-up H형강 접합상세 개발을 통한 내진성능 평가

최우남[1], 김길수[1], 이창주[2], 이동훈[2], 이명재[3]
[1]동국제강 중앙기술연구소 봉형강연구팀. [2]동국제강 기술영업팀. [3]중앙대학교 건축학부.

P30-18

템프코어 냉각모사 장치 개발을 통한 SD400 철근 미세조직 구현

박춘수[1], 이향준[1], 김길수[1]
[1]동국제강주식회사 중앙기술연구소.

P30-19

TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-0.3Si-0.1C 합금의 고온 압축 변형 거동

김대진[1], 금동엽[1], 서동이[2], 양원존[3], 김상영[4]
[1]안동대학교 기계공학과. [2]National Research Council Canada. [3]재료연구소. [4]군산대학교 기계자동차공학부.

P31 : 마찰마모

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P31-1

Comparative Studies on Tribological Behavior of Amorphous Carbon Coatings on Gear Materials

Hyun-Ju CHOI[1], Won-Kyung KANG[1], Yong-Ho HAN[2]
[1]Korea Automotive Technology Institute. [2]Hansmeca Co.

P31-2

일반 라인파이프용 강과 비교한 고Mn 해드필드(Hadfield)강의 미끄럼마멸과 침식마멸 거동

김용석[1], 구본우[1]
[1]국민대학교.

P31-3

Cu-Free hybrid 마찰재의 제동 조건에 따른 전이막 특성 분석 및 유한요소법을 이용한 열-탄성 거동 해석

박기성[1], 이성음[1], 서위걸[1], 최희범[2], 김향래[2], 최시훈[1]
[1]국립순천대학교. [2]㈜프릭사.

P32 : 수소재료안전 심포지엄

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P32-1

Four Point Bending 방법을 적용한 고압 수소 사용 적합성 평가 방법 연구

오동현[1], 임경민[1], 이찬주[1]
[1](재)한국화학융합시험연구원.

P33 : 복합재료

Room 3층 로비, 04월 27일 09:00 - 16:00

P33-1

그래핀으로 보강된 구리 복합재료의 열처리에 따른 특성 연구

조동민[1], 김현준[1], 김성한[1], 최병상[1]
[1]조선대학교 공과대학 재료공학과.

P33-2

나노셀룰로오스를 이용한 고비표면적을 갖는 다공성 티타니아(TiO_2) 박막 제조 및 물성분석

윤용희[1], 양기욱[1], 노형민[1], 김소영[1], 이원희[1]
[1]세종대학교 나노신소재공학과.

P33-3

고방열 특성을 갖는 Si 복합체 패드 및 그리스 제조

양기욱[1], 윤용희[1], 노형민[1], 김소영[1], 이원희[1]
[1]세종대학교 나노신소재공학과.

P33-4

Split Hopkinson Pressure Bar(SHPB)를 활용한 SiC-Al alloy 금속복합재료의 동적 압축 특성 및 변형거동에 미치는 영향

최진혁[1], 조민철[1], 조일국[2], 이상관[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]재료연구소.

P33-5

Tensile Fracture Characteristic of TiC-SKD11 Composite by HIP Process

박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.

P33-6

CeO_2가 초경 앤드밀 소재의 물성에 미치는 영향

강인철[1], 한재길[1], 주선아[1], 박영군[2], 송아림[2]
[1](재)인천경제산업정보테크노파크. [2]㈜와이지-원.

P33-7

Effect of Graphene/Al Encapsulation for the Thermal and Mechanical Properties of the Hybrid Materials

Jin uk Hwang[1], Woo sik Kim[2], Hwan soo Dow[2], Hye young Kim[1], Sang yong Nam[3]
[1]Department of materials engineering, Gyoengsang National University. [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology. [3]Department of Materials Engineering and Convergence Technology.

P33-8

전기방사를 이용한 고강도 복합소재(CNT–CFRP) 개발연구

이종엽[1], 이경환[1], 서경두[2], 이준철[2]
[1]울산테크노파크. [2]㈜티오엠에스.

P33-9

3차원 금속 네트워크를 가지는 열전도성 고분자 복합체의 개발

유승건[1], 노석진[1], 박철민[2], 구종민[1]
[1]한국과학기술연구원. [2]연세대학교.

P33-10

아연도금강판–알루미늄 이종소재의 주조접합 특성에 미치는 계면의 영향

김효중[1,2], 김태형[1], 신제식[1], 현승균[2], 임경묵[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교 신소재공학부.

P33-11

방전플라즈마 소결 공정을 통해 제조된 Al–Ti 복합재료의 금속간화합물 생성 거동 분석

박광재[1], 김다솜[1], 박재홍[2], 조승찬[3], 김권후[4], 권한상*[1]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]㈜차세대소재연구소. [3]재료연구소 복합재료연구본부. [4]부경대학교 금속공학과.

P33-12

Fabrication of Iron Syntactic Foam Through Powder Metallurgy Route: Effect of Compaction Pressure and Fraction of Glass Microspheres

Yi Je Cho[1], Wook Jin Lee[2], Young Cheol Lee[2], Yong Ho Park[1]
[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

P33-13

Self–sintering법으로 제조된 복합재에서 강화상의 종류가 질화도에 미치는 영향

장우빈[1], 최현주[1], 장하늘[1], 안재평[2], 이건배[1]
[1]국민대학교 공과대학. [2]한국과학기술연구원.

P33-14

Synthesis and Characterization of Nickel@Graphene Core–shell Nano–Particles by Polyol Process

Sunwoo Kim[1], Hyun–Jun Kwon[1], Se–Hee Shin[1], Ho–Jun Choi[1], Young–Il Na[1], Dae–Seok Seo[1], Jong–hwan Park[1], Han–Young Jung[1], Su–Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University.

P33-15

금속기지 복합소재(MMC) 계면의 라만분광분석 고찰

박상하[1], 김동배[1], 유가영[1], 신현정[1], 손인준[2]
[1]대구기계부품연구원. [2]경북대학교.

P33-16

Characteristics of Micro Wave Treated Graphene/PANI Composite Paste for Electrode

정한영[1], 나영일[1], 권현준[1], 서대석[1], 최호준[1], 신세희[1], 박종환[1], 박화선[2], 노재철[1], 오용수[2], 서수정[1]
[1]성균관대학교. [2]Advanced Materials and Process Research for IT.

P33-17

Development of the High Mechanical Strength and Thermal Resistance Carbon Fibers Using Boron Nitride/Graphene Deposition

Hye Young Kim[1], Jinuk Hwang[2], Hwan Soo Dow[3], Sook Young Moon[4], Cheol Jin Kim[5], Woo Sik Kim[3]
[1]Dept. of Materials Engineering Gyeongsang National Univ. [2]Dept. of polymer science and engineering Gyeongsang National Univ. [3]Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology. [4]Institute of Advanced Composite Materials Korea Institute of Science and Technology. [5]Research Institute of Green Energy Convergence Technology Gyeongsang National Univ.

P33-18

공형 압연을 통해 제조된 Cu/Al clad의 core Al 합금 조성 변화에 따른 열전도도, 기계적 특성 변화연구

박정민[1], 현승균[1], 이종범[2], 박상용[2], 정하국[2]
[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

P33-19

TiC 입자 강화 Fe계 금속복합소재의 항절력에 미치는 템퍼링 온도의 영향

김성훈[1], 김대하[2], 이원혁[2], 서동우[1]
[1]포항공과대학교. [2]대화알로이테크.

P33-20

Fluorinated Epoxy Siloxane Hybrid Materials with Low dielectric for Inter Layer Dielectric

Injun Lee[1], Yong Ho Kim[1], Byeong–Soo Bae[1]
[1]Korea Advanced Institue of Science and Technology.

P33-21

$Fe_{86}(Zr_xNb_{1-x})_7B_6Cu_1$ 비정질합금의 자기적특성에 미치는 Zr과 Nb의 영향

노정현[1,2], 박승연[1], 황해진[2], 임경묵[1]
[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2]인하대학교.

P33-22

Highly Improved Light Conversion Efficiency of Quantum Dot Film via Haze Controllable Glass–fabric Reinforced Quantum Dot Hybrimer Film

Hyunhwan Lee[1], Young–Woo Lim[1], Junho Jang[1], Byeong–Soo Bae[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P33-23

Novel Synthesis and Characterization of Methacrylate Siloxane Hybrid Materials with a Tunable Molecular Design

Yun Hyeok Kim[1], Gwang–Mun Choi[1], Yong Ho Kim[1], Jin Gyu Bae[1], Byeong–Soo Bae[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

총회강연
Room 5층 탐라홀, 4월 26일

[AW-1 | 18:00] POSCO학술상 수상 기념 강연

Welding Metallurgy – Weldability: 이창희; 한양대학교

Welding technology have been developed together with the advance and prosperity of the steel industry. Today's endeavors to obtain high performance materials also demand for high-quality weldments corresponding with high-performance steel. However, the more research about welding have been being required because various types of weld failure in advanced steels has still been reported, such as hot cracking and hydrogen induced cold cracking. With this background, a wide range of welding research is being carried out to obtain high-quality weldments, including welding metallurgy, computational simulation, real-time management, equipment, and etc. Among them, welding metallurgy is essential academic discipline since inevitable microstructural changes due to thermo-mechanical stress occur during welding procedures. Especially, chemical and physical reactions as well as phase transformation make more complex and hard to understand the variations of physical and mechanical properties in weldments. Therefore, the importance of researching weldability in various alloys is quite necessary for all advanced industrial fields and their progress. In the presentation, introduction of welding metallurgy will be presented along with research areas studied in my laboratory. By introducing our completed and on-going researches about the weldability, the importance of understanding welding metallurgy in evolution of steels will be reconfirmed and explained.

철강I
Room 삼다A, 4월 25일

[철강1-1 | 10:00]

인공지능을 이용한 고로 자동 조업 기술 개발: 손상한[1], 전지원[2], 나지훈[2], 정인현[2], 박지성[3], 손기완[3]; *[1](주)포스코 기술연구원. [2](주)포스코 기술연구원. [3](주)포스코 포항제철소 제선부.*

Keywords: 인공지능, 고로, 딥러닝, 노황

최근 인공지능의 비약적인 발전에 의해 제철 공정에서의 인공지능 적용 기술 개발이 큰 이슈가 되고 있다. 제선에서의 고로 조업은 조업자의 경험에 의해 100% 수동 조업이 되고 있으므로 조업자의 숙련도 정도가 조업결과에 크게 영향을 미치게 된다. 이를 극복하기 위해 고로 노황을 데이터에 근거해서 판단하고 그 결과에 의해 고로 조업을 자동화하는 기술 개발은 매우 중요하다. 인공지능을 이용하여 고로 노황을 자동 제어하기 위해 딥러닝 알고리즘을 이용하여 고로 상, 중, 하부의 노황을 예측하는 모델을 개발하였다. 기존 조업 데이터를 바탕으로 예측 모델에서는 고로의 통기성, 노열 및 풍구 연소성 등을 예측 또는 판정을 하게 되며 이 결과에 의해 고로 풍량, 환원제비 및 장입모드 등을 자동으로 제어하게 된다. 본 기술의 실 고로 적용 결과 고로 조업의 안정화와 더불어 고로 용선 생산량 증가 및 환원제비 저감 효과가 발생하는 것을 확인하였다.

[철강1-2 | 10:15]

Density, surface tension and structural investigation of $CaO-Al_2O_3$ slag: Ramaraghavulu Rajavarm, Joonho Lee; *고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: Density; surface tension; FTIRspectra; Raman spectra; $CaO-Al_2O_3$ slag.

Density and surface tension of liquid $CaO-Al_2O_3$ slags were investigated with the advanced sessile drop method. The FTIR and Raman spectra of the slag $CaO-Al_2O_3$ were measured to understand the structure of the prepared samples. The density of the slag decreased with increasing temperature and the Al_2O_3 content. From the regular solution model, it was evaluated that the excess volume was positively deviated from the ideal mixture. The surface tension of the slag decreased with increasing temperature, while it slightly increased with increasing the Al_2O_3 content. The calculated results with Tanaka model showed good agreements with the present results.

[철강1-3 | 10:30]

Numerical simulation for the evolution of the size and density of non-metallic inclusions: nucleation, growth, and removal – Case study for Al2O3 inclusions: Jonathan Spring[1], Manas Paliwal[2], 정인호[3]; *[1]5N Plus Montreal Canada. [2]IIT Gandhinagar India. [3]서울대학교.*

Keywords: 개재물, 이차정련, numerical simulation

비금속 개재물들은 이차정련 공정중에서도 다양한 문제를 발생하며, 또한 주조 후 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 끼친다. 따라서 개재물의 종류, 총량 그리고 사이즈를 적절히 조절하는 것은 이차정련 공정의 중요한 이슈중 하나이다. 이러한 개재물의 크기 변화 거동을 이해하기 위해서 본 연구에서는 Kampmann-Wagner numerical (KWN) 모델을 이용하여 개재물의 생성과 성장을 모사하였고, 기존에 알려진 개재물의 합체 및 부상분리에 관한 준 경험식을 이용하였다. 본 시뮬에이션 결과와 실제 이차정련 공정의

Al_2O_3 개재물 샘플링 데이터와 비교 하여 시뮬레이션의 정확도를 검정하였다. 최종적으로 본 모델을 이용하여 다양한 현장의 공정 변수들이 개재물의 크기 분포에 주는 영향도를 평가하였다.

[철강1-4 | 10:45]

Behavior of Frozen Steel Deposition on Submerged Entry Nozzle in Continuous Casting of Ti-ULC steels: Joo-Hyeok Lee[1], Sung-Kwang Kim[2], Myeong-Hun Kang[3], Min-Su Kim[4], Youn-Bae Kang[1]; [1]*Graduate Institute of Ferrous Technology, POSCTECH,* [2]*Gwangyang Works, POSCO,* [3]*Technical Research Laboratories. POSCO,* [4]*Korean Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Submerged entry nozzle, Continuous casting, Nozzle clogging, Refractory

It is well known that Ti causes serious nozzle clogging problem during continuous casting of Ultra Low C (ULC) steel, even severe than continuous casting of Ti-free ULC steel. However, nozzle clogging mechanism of Ti-ULC steel is still uncertain compared with that of Ti-free grades. Nozzle clogging of the Ti-free steel casting is less serious, and most of the clogging material is composed of alumina inclusions. On the other hand, a clog material are composed of mainly frozen steel containing inclusions in case of Ti-ULC steel casting. In order to figure out why nozzle clogging issues become severe in presence of Ti, cross section of actual worked nozzles in POSCO Gwangyang works were analyzed by SEM-EDS. From observations of the nozzle, complex oxide mainly composed of calcium aluminate with limited amount of TiO_x was identified in the vicinity of inner wall contacting with molten steel after Ti-ULC steel casting. It should be noted that the complex oxide was adhered with frozen steel on the periphery of nozzle outports, but inclusions in frozen steel consisted of mainly alumina. The presence of TiO_x containing phase only on the inner wall of the nozzle indicates that there is a source of Ti oxidation by refractory. Present authors recently proposed that CO gas generated by a carbothermic reaction of nozzle constituents (SiO_2 and graphite) might be detrimental to the nozzle clogging. The CO gas oxidizes the Ti-ULC steel at the interface between the steel and the nozzle, and forms Fe_tO-Al_2O_3-TiO_x liquid oxide temporarily. The Fe_tO-Al_2O_3-TiO_x liquid oxide might be act as a binder between frozen steel and refractory due to its wettable characteristics both steel and refractory. The Fe_tO-Al_2O_3-TiO_x might be initial form of CaO-Al_2O_3-TiOx phase in the field operation, and Ti oxidation of Ti-ULC on the nozzle can be trigger to initiate nozzle clogging involving frozen steel adhesion.

[철강1-5 | 11:00]

Al이 첨가된 고Mn강의 내부산화 거동과 표면크랙의 상관성 연구: 이소담[1], 강신언[2], 조경철[2], 이재상[1], 허윤욱[1], 임창희[1]
[1]*포항공과대학교 철강대학원.* [2]*포스코 기술연구소.*

Keywords: 고Mn강, 표면결함, 표면크랙, 표면산화

산화성 원소인 Mn을 다량 함유하고 있는 고 Mn강은 고온으로 가열시 표면과 인접한 부분에 두터운 산화층을 형성한다. 특히, Al이 첨가 된 고 Mn강은 상대적으로 깊은 내부 산화 층을 형성하며, 이는 열연 시 표면 결함을 유발 시킬 수 있다. 본 연구에서는 Al이 첨가된 고 Mn강의 내부 산화 거동과 표면결함 생성의 상관관계를 이해하고자 하였다. 이를 바탕으로 Al이외의 추가 첨가 원소에 따른 산화거동의 변화를 조사함으로써, 이들 원소가 표면결함 생성에 미칠 영향을 평가하였다. 실험은 Al이 첨가된 17Mn Base의 고Mn강을 이용해 진행하였으며, 산화거동을 관찰하기 위해 시편 절단 후 표면을 연마한 뒤, 1000~1300°C의 대기분위에서 고온산화 하였다. 산화된 시편의 단면을 EPMA, EBSD, TEM 등으로 분석하였고, 이를 통해 Al 첨가강의 내부 산화 거동을 해석하였다. 표면결함과의 연관성을 이해하기 위해 표면을 산화 시킨 시편으로 고온 인장테스트를 실시하여 산화층에 형성된 크랙의 생성원인을 조사하였다. 또한, 표면크랙 생성메커니즘에 대한 이해를 바탕으로 표면크랙 평가지수를 제안하고 이를 통해 추가 첨가원소들이 표면크랙 생성에 미칠 영향을 평가하였다.

[철강2-1 | 11:15]

고로 내용적에 따른 연화융착대 형상 변화에 대한 전산해석적 연구: 이동조; *㈜포스코.*

Keywords: 고로, 전산해석, 내용적, 온도분포, 광석환원, 연화융착대

고로는 상부로 광석과 코크스를 장입하고 하부의 풍구를 통해 약 1200°C의 고온 공기를 불어넣어 코크스가 연소할때 발생하는 CO가스와 열이 위쪽 방향으로 이동하며 고체상의 철광석 및 코크스와 운동량, 열, 물질전달 현상이 복잡하게 일어나며 철광석으로부터 산소와 불순물을 제거하여 용선을 생산한다. 대형 설비인 고로의 안정적인 가동과 효율 증대를 위해선 고로 내부 현상의 이해가 필수적이나 내부의 고열과 가스로 인해 측정이 곤란하기에 고로 외피에서 측정된 압력/온도, 노정 가스 분석 등의 고로 외부에서 확보 가능한 정보와 조업자의 오랜 경험에 의지하였으나 최근에는 전산해석적 접근 방법을 통해 노내 현상을 파악하고자 하는 시도가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 고로 내용적에 따른 내부 현상 차이를 해석하기 위해 상용 코드인 STAR-CCM+를 이용하여 축-대칭의 2차원 정상상태 고로 시뮬레이션 모델을 내용적별로 구성하였으며 장입물 강하 거동 해석은 Potential Flow 기법을 적용하였고 가스류 분포는 장입물의 분포 정보와 Ergun's Equation 적용을 통해 해석하였으며 각 상들간의 열전달은 Rantz-Marshall Equation, CO/H2 가스에 의한 광석 환원 반응은 Un-reacted Core 모델 적용을 통해 해석을 수행한후 실고로에서 수집 가능한 데이터들과 상호 검증을 실시하였다. 이로부터 고로 내용적에 따라 광석 환원 분포, 노내 온도 분포 차이, 그리고 융착대 위치와 형태의 차이가 나타날 수 있으며 내용적인 작고 노의 반경이 작은 소형 고로일수록 이상적인 형태인 역-V형 융착대 형성이 용이하며 이러한 융착대 형성이 가스류 분포에도 유리할 수 있음을 확인하였다.

[철강2-2 | 11:30]

전로내 2차 연소 반응에 의한 가스 및 열 유동 해석 연구: 이지아, 한정환; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: converter, post combustion, numerical analysis, gas flow, high temperature reaction

세계 조강생산량의 70%를 차지하는 전로 공정은 CO 함유량이 높은 배가스를 배출한다. 배가스는 많은 양의 현열을 갖고 있기 때문에 이를 재사용하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 중 CO 가스의 연소열을 통해 노내 열량을 증가시키는 2차 연소에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 2차 연소는 고온의 가스를 발생시켜 노벽부 내화물 손상 등의 문제를 야기시킨다. 따라서 이러한 문제의 해결을 위해 2차 연소에 따른 고온 가스 거동 및 벽부 열전달에 대한 기초 연구가 필요하다. 본 연구에서는 O_2와 CO 가스 연소에 의한 노내 유동 변화 및 온도 변화를 비교하기 위해 상용 프로그램인 ANSYS FLUENT를 사용하여 해석을 진행했다. 전로 조업 모사를 위해 노 상부의 랜스에서 상온의 O_2 가스를 취입하고, 하부에서 고온의 CO 가스를 취입했다.

[철강2-3 | 11:45]

탈황효율 및 용강청정도를 고려한 2차정련 래들 슬래그 최적화: 강진규, 박주현; *한양대학교.*

Keywords: Ladle slag, Viscosity, Slag-Metal reaction, Refining, Desulfurization

고-액 공존 슬래그는 높은 겉보기점도, 용강/슬래그 반응계면적 감소 등의 요인으로 정련효율에 악영향을 미치는 것으로 잘 알려져 있다. 이러한 문제의 해결을 위해, 슬래그의 융점과 점도를 낮추어 용강/슬래그 반응을 촉진하기 위해 CaF_2가 첨가되는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 불소계 플럭스의 사용은 환경적으로 유해할 뿐 아니라 MgO-C 타입 래들 내화재의 과다 용출을 야기하므로, 그 사용에 제한이 있다. 따라서 효율적이고 친환경적인 2차정련 공정을 구현하기 위해서는 정련 슬래그 제조에 사용되는 부원료 및 슬래그의 물리화학적 특성에 대한 이해가 필수적이다. 이러한 배경 하에 본 연구에서는 전기로 및 2차정련 래들 슬래그에 대한 정량적 검토를 토대로, 실조업에서의 부원료 투입조건을 최적화하고자 하였다. 2차정련 래들 슬래그의 융점, 점도, 염기도, 탈황능 및 MgO 용해도와 같은 항목들에 대한 물리화학적 검토를 바탕으로 불소계 플럭스의 사용 없이도 탈황능이 크게 향상된 균일 액상 슬래그의 제조가 가능함을 확인하였다. 또한 용강 탈산거동과 비금속 개재물의 생성 및 개질에 대해 고찰하기 위해, 상용 열역학 프로그램 FactSage를 응용하여 도출된 결과와 테스트 결과를 비교 검토하였다.

[철강2-4 | 12:00]

Thermodynamic Optimization in the Fe-Mn-Si-C system: Min-Kyu Paek[1], Youn-Bae Kang[2], In-Ho Jung[1]; *[1]Seoul National University. [2]Pohang University of Science and Technology.*

Keywords: Fe-Mn-Si-C, High-Mn steel, Ferromanganese alloy, Modified Quasichemical Model (MQM), Thermodynamic modeling

Recently, high Mn steel grades have received many attentions as next generation advanced high strength steels for automotive applications. Since large amount of ferromanganese alloys are added to molten steels in the final stage of the refining process, the demands of high purity feromanganese alloys are also increasing. In order to improve not only the high Mn steelmaking process but also the economic way of the ferroalloy addition stage, accurate thermodynamic information of the Fe-Mn-Si-C system is required for both applications in Fe-base steel composition and Mn-based alloys. In the present study, thermodynamically consistent set of database for the Fe-Mn-Si-C quaternary system was developed. The strong interactions between the alloying elements and carbon in the liquid solution were described by the Modified Quasichemical Model(MQM) in the pair approximation. The optimization of solid solutions and compound phases was performed using the Compound Energy Formalism(CEF). Based on the critical evaluation and optimization of the Fe-Mn-Si-C with its sub-binary and ternary systems, the liquid solution properties of both lab scale and plant data and all phase boundary data in literature in the Fe-Mn-Si-C system were successfully reproduced. Therefore, this database can be used to predict the complex chemical reactions over the entire composition range for the production of high-Mn steels to ferromanganese alloys.

[철강2-5 | 12:15]

연속 냉각 및 항온 유지 시 탄소강 내의 Cu_2S 의 석출 거동: 이수연, 허윤욱, 조중욱; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Cu_2S, MnS, Continuous cooling precipitation curve

세계적으로 철강 제조 시 고철 사용량이 증가하면서 강 중 구리 농축이 문제로 대두되고 있다. 농축된구리는 열간공정에서 고온취성을 일으킨다. 제강단계에서 구리의 함량을 낮출 수 있는 방안을 모색중이지만 현실적으로는 제거가 어렵다. 또 하나의 문제점은 강 중의 황의 제거이다. 탈황은 고온에서 진행되며 다량의 슬래그와 이산화탄소를 배출 시키며 많은 비용을 소비하며, 강재의 입계 등에 편석되어 취화를 일으키는 대표적인 불순물이다. 하지만 구리와 황을 나노스케일의 Cu_2S로 석출 시킴으로써 기계적 물성을 향상 시킬 수 있다. 본 연구에서는 주사전자현미경과 투과전자현미경을 이용하여 연속 냉각 및 항온 유지 시 강 중에 Cu_2S의 석출 거동을 확인하였다. 시험편을 1350°C로 가열하고 5분간 유지 후 0.1~100°C/s의 다양한 속도로 연속 냉각 하였고, 미세조직 분석을 통하여 Cu_2S의 석출 메커니즘을 조사하였다. 그 결과 느린 냉각속도에서 MnS와 Cu_2S의 복합 석출물이 관찰되었다. 하지만 빠른 냉각속도에서는 MnS 단독 석출물이 관찰되었다. 추가적인 항온 유지 실험을 통하여 MnS가 Cu_2S의 석출에 미치는 영향을 논하고자 한다.

[AW-3 | 13:30] 현송공학상 수상기념강연

4차 산업혁명 시대에 대응한 제철소의 준비와 대응: 이계영, 최주태, 고향진, 안재환, 구남훈, 이정한; *현대제철 기술연구소*

Key word : 인공지능, 빅데이터, 스마트 팩토리

디지털 산업의 발전과 함께 4차 산업혁명은 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 큰 화두가 되어 다양한 산업군에서 확대 및 적용 중

에 있다. 독일은 정부 주도의 인더스트리 4.0 출범하여 제조업 혁신을 통한 성장 동력을 모색하고 있고, 미국은 민간 기업을 중심으로 신사업 모델을 창출하고 있다. 중국은 정부 주도의 중국 제조 2025을 출범하여 스마트 제조 혁신 프로젝트를 시행중이고, 특히 철강분야에서는 공정별 경쟁력 있는 기업을 선정하여 철강 산업의 스마트 팩토리를 추진하고 있다. 4차 산업혁명을 주도하는 인공지능, 빅데이터, 센서 등의 기술은 철강 산업의 측면에서도 충분히 매력적인 기술이다. 철강 제품은 많은 단위 공정을 거쳐 제품화가 되는데, 이 과정에서 발생하는 복잡한 Data를 4차 산업혁명의 다양한 기술력을 접목한다면 철강 산업 기술 발전의 진일보를 이룰 수 있을 것이다. 이미 많은 철강사들이 4차 산업혁명의 다루어진 기술을 접목하여 스마트 팩토리 추진 중에 있다. 현대제철 또한 각 부문에서 4차 산업혁명 트렌드에 대응하기 위해 인공지능을 활용한 차세대 성분 설계 시스템 및 철강 조직 분석 시스템 개발, 철분말 공장을 활용한 스마트 팩토리 기반 구축, 고로 자동화 기반 구축을 위한 시스템 개발 등 철강 기술 개발을 위한 기초 연구를 진행 중에 있다.

[AW-4 | 13:55] POSCO젊은철강상 수상기념강연

핵융합 발전용 저방사화 철강소재 개발: 이창훈[1], 문준오[1], 이태호[1], 홍현욱[2], 신찬선[3], 장동찬[4], 이명규[5]; *[1] 재료연구소. [2] 창원대학교 [3] 명지대학교. [4]KAIST. [5]서울대학교.*

본 발표에서는 미래의 대량 에너지원으로 평가받고 있는 핵융합 발전에 사용되는 저방사화 철강소재의 개발에 대해 소개하고자 한다. 핵융합 구조용 소재는 그 사용환경을 고려하면 저방사 특성, 중성자 조사 저항성, 고강도, 고인성, 용접 특성, 크리프 특성, 피로특성, 대량 생산성 등 다양한 극한의 특성이 요구된다. 이에 저방사 철강재 (Reduced Activation Ferritic/Martensitic steel, RAFM), 산화물분산강화강 (Oxide Dispersion Strengthened steels, ODS), W alloys, V alloys, SiCf/SiC 복합재료 등이 후보소재로 거론된다. 하지만, 용접 특성과 대량 생산성을 고려할 때, 저방사 철강소재가 가장 유력한 후보소재로 평가받는다. 저방사 철강소재는 화력발전용 9Cr-1Mo계 내열강으로부터 고방사성 합금원소인 Mo, Nb를 저방사성 합금원소인 W, Ta로 치환한 합금성분을 가진다. 노말라이징과 템퍼링을 통해 최종적으로 결정립, 래스 경계에 상대적으로 조대한 Cr계 M23C6 탄화물과 래스 내부에 미세한 Ta계 MX 석출물을 함유하고 있는 템퍼드 마르텐사이트를 나타낸다. 대표적인 핵융합용 저방사 철강소재는 EU에서 개발 중인 Euorfer97과 일본에서 개발 중인 F82H가 있다. 저자들은 고유 성분계의 저방사 철강소재를 개발하기 위해 2013년부터 연구를 진행하였고, 이에 기존의 Ta 첨가형 RAFM강에 미량의 Ti를 첨가함으로써 강도와 충격 특성이 동시에 향상된 Ta+Ti 복합 첨가형의 RAFM강을 개발하였다. 미량의 Ti 첨가는 RAFM강의 파괴의 시작점으로 작용하는 상대적으로 조대한 M23C6 탄화물의 크기를 줄여 파괴 저항성을 증가시켰다. 그로 인해 기계적 특성, 특히 연성취성천이온도 (DBTT)의 급격한 향상을 나타내었다. 또한, 고온 특성과 이온 조사 저항성에서도 기존의 RAFM강 대비 동등 수준 이상의 특성을 나타내었다.

[철강3-1 | 14:25]

고반응성 신장입 원료 사용에 따른 고로내 광석 환원 영향 평가: 이종협, 김병철, 김혁, 윤호준; *현대제철기술연구소.*

Keywords: 신장입원료, 바이오매스, 고반응성 코크스, 광석 환원

CO_2 배출 저감을 위하여 제선공정에서는 에너지 효율을 개선할 수 있는 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 고로공정에서는 다양한 고반응성 원료를 사용하여 열보존대의 온도 하향을 통한 환원제비 저감 기술이 제안되고 있다. 본 연구에서는 고반응성 신장입 원료 중 CIC(Carbon Iron ore Composite) 및 바이오매스(Cow Manure Extruded)를 이용하여 장입되는 코크스 중 20%를 대체 사용하였을 경우 고로 내 광석의 저온 환원 특성에 미치는 영향을 평가하였다. Boris-type의 수직관상로를 활용하여 장입물의 온도 분포는 고로 내 샤프트 영역과 유사하도록 제어하였고, 가스 조성 또한 각 온도 영역별로 실시간으로 변화하도록 구성하여 실기와 유사한 조건으로 모사가 가능하도록 진행하였다. 실험 종료 후 반응관을 절개하고 위치별로 채취한 광석, 신장입 원료 및 코크스 샘플을 분석하여, CIC와 바이오매스 사용에 따른 온도 영역별 광석의 환원 개시 온도, 환원율 및 코크스 반응률을 각각 정량화하였다.

[철강3-2 | 14:40]

SiO(g)-C(s) 반응을 통한 SiC 생성 반응 속도론: 오준석, 이준호; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: ironmaking process, SiC formation, SiO gas, Si transfer

고로 조업에서 출선 된 용선의 Si 농도는 고로 하부의 열적 상태를 나타내는 지표로써 사용된다. 또한 제강공정에서 산화 반응을 통해 열원으로서 중요한 역할을 하지만 Si 농도가 높을 경우, 슬래그 부피 증가 및 탈린 효율을 저해하기 때문에 Si 농도 제어는 제선공정에서 매우 중요한 조업 요소 중 하나이다. 일반적으로 용선으로의Si의 이행은 연소대에서 코크스 애쉬 중 SiO2가 코크스에 의해 환원되어 생성된 SiO가스가 적하하는 용선과 반응하여 이루어진다. 연소대에서의 SiO가스 발생은 고로 하부 온도 및 SiO2의 활동도 뿐만 아니라 슬래그와 코크스의 젖음성에도 큰 영향을 받으며, 특히 SiC의 생성은 슬래그의 젖음성을 크게 향상 시키는 것으로 알려져 있다. 따라서, SiO가스 생성을 제어하기 위해서는 SiC생성에 대한 이해가 필요하다. 본 연구에서는 슬래그에서 발생한 SiO가스와 고체 탄소와의 반응을 통해서 SiC 생성하였으며, 생성 속도에 미치는 온도 및 분위기 가스의 영향을 살펴 보았다.

[철강3-3 | 14:55]

장입조건에 따른 미분광 브리켓의 장입거동 해석: 김강민, 배종호, 한정환; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: ultra-fine ore briquette, size segregation, sintering process, DEM, Numerical analysis

제선공정에서 고로에 장입되는 철광석의 적정 입도는 일반적으로 10~30mm가 바람직하며 10 mm 이하의 분광석은 소결법(sintering)으로, 44 μm 이하의 미분광은 펠레타이징법(pelletizing)으로 적정한 크기의 괴광으로 만들어 사용된다. 특히 최근 고품위 제철 자원이 고갈됨에 따라 저품위 미분광의 유효 활용 기술 개발에 대한 필요성이 대두되고 있으며 미분광으로 제조한 성형체를

소결 원료와 함께 장입하여 소결 공정에서 발생하는 연소열을 이용해 소성 또는 부분 환원시키는 방법이 제시되어 왔다. 그러나 소결 베드는 층후에 따라 열 분포가 다르기 때문에 장입위치별 소결온도에 적합한 적정 크기의 브리켓을 위치시켜야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 DEM을 이용한 수치해석법으로 소결공정을 전산모사하여 소결원료와 미분광 브리켓의 편석 장입 시뮬레이션을 수행하였으며 장입슈트 각도, 브리켓 혼합비율과 같은 장입조건을 변화시켰을 때의 입도분포를 조사하였다.

[철강3-4 | 15:10]

Effect of Additives on Polymeric Structure and MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Point in High Alumina-beraing Slag System: 유철민, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Refractory, Self-lining, $MgAl_2O_4$ Spinel, Spinel Dissolution, MgO Solubility, Liquid-solid interface

최근 제강공정 중 내화재와 슬래그 계면의 화학반응으로 인한 내화재의 용출 현상과 개재물의 형상 제어가 큰 주목을 받고 있다. 이와 관련하여 MgO-C계 내화재와 $MgAl_2O_4$ spinel 고상 계면에서의 양이온 치환에 따른 $MgAl_2O_4$ spinel의 성장에 관한 많은 연구에도 불구하고, 슬래그와 $MgAl_2O_4$ spinel이 형성하는 고상과 액상의 계면에 대한 열역학적인 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 $MgAl_2O_4$ spinel 층의 형성에 영향을 미치는 산성산화물의 조성과 염기도의 특성을 연구하기 위해 수직 관상로 내에서 $CaO-Al_2O_3$-X-MgO (X = SiO_2, B_2O_3)계 슬래그의 MgO 용해도를 측정하고 MgO, $MgAl_2O_4$ spinel 두 상의 열역학적 안정성에 미치는 조성의 영향성을 평가하였다. 또한 ^{11}B, ^{27}Al MAS NMR을 통해 내화재와 평형하는 양상포화점의 슬래그의 이온구조를 정량적으로 분석하였다. 슬래그 중 MgO, $MgAl_2O_4$ spinel 평형상의 변화는 두 평형상이 평형을 이루는 슬래그의 양상포화 조성을 기준으로 변화하고 있으며 양상포화점에서 슬래그와 고상 간의 평형 반응식은 아래와 같이 표현할 수 있다. $MgAl_2O_{4(Spinel)} + 5O^{2-} = MgO + 2(AlO_4)^{5-}$ 위 평형 반응식으로부터 슬래그 중 SiO_2, B_2O_3 조성이 증가함에 따라 양상포화점에서의 MgO 용해도가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 첨가되는 성분에 따라 양상포화점에서 $MgAl_2O_4$ spinel을 형성하는 $[AlO_4]^{5-}$ ion의 안정적인 결합구조 변화와 함께 열역학적 특성이 동시에 변화하므로, MgO의 활동도 계수 또한 영향을 받아 MgO 용해도에 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

[철강3-5 | 15:25]

Al deoxidation and S distribution equilibria between molten $CaO-Al_2O_3$ slag and Fe-Cr alloy: 도경효, 김도형, 장정목, 박종진; *한양대학교.*

Keywords: 비금속 개재물, Al 탈산, 탈황

Ni 가격 상승으로 인해 오스테나이트계 스테인리스강을 대체하기 위해 많이 사용되고 있는 고 Cr 함유 페라이트계 스테인리스강 제품의 품질은 산화물, 황화물과 같은 비금속 개재물의 영향을 크게 받는다. 비금속 개재물은 고청정강 제조를 위해서 2차정련 래들뿐 아니라 연속주조 턴디쉬와 몰드에서 반드시 제어되어야 하는 핵심 인자이다. 한편 저융점 조성의 $CaO-Al_2O_3$ 슬래그는 Al 탈산 시 [O] 제어와 함께 높은 탈황능에 의한 [S] 제어 등 용강의 청정도 향상에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 S가 포함된 Fe 및 Fe-Cr 용강에서의 산화물 및 황화물의 생성 반응평형을 측정하기 위해 용강 내 CaS와 액상 calcium aluminate가 공존하는 상태에서 용강 내 [Al], [S] 및 [O]를 측정하였다. 슬래그 조성에 따른 Al_2O_3 활동도 및 순수 고체 CaS와 평형을 이루는 [Al]과 [S]의 농도는 기존의 여러 연구자들의 열역학 데이터를 이용하여 예측한 결과와 비교하였으며, 최적의 데이터를 선별하였다. 본 연구에서의 실험 결과와 열역학적인 해석을 통하여, Fe-Cr-Al-Ca-O-S 계에서 개재물의 상안정도 예측이 가능하였으며, Fe-Cr-S 용강에서 Al 탈산 및 Ca 처리 후 $CaO-Al_2O_3$ 슬래그와 평형을 이루는 개재물의 조성 확인을 통하여 이를 증명하였다.

[철강3-6 | 15:40]

Hot ductility behavior of a high alloy steel: 민준홍[1], 권상흠[1], 문상운[2], 조경철[2], 이소담[1], 김동규[3], 이재상[1], 허윤욱[1], 임창희[1]; *[1]포항공대 철강대학원(GIFT). [2]포스코. [3]동아대학교.*

Keywords: 고합금강, 표면크랙, 표면결함, 고온연성, 연속주조

최근 후판 구조용 강재의 안전성을 확보하기 위하여 합금원소(Mn, Cu, Ni, Nb 등)를 증가시켜 보다 높은 기계적 성질을 얻고 있으나 합금원소 증가로 인해 연속주조 슬래브 표면 또는 표층하에서의 크랙이 발생되고 있다. 슬라브 제조과정 중에 발생되는 각종 크랙성 결함은 제품의 품질과 실수율을 하락시켜 경제적 손실을 준다. 이를 방지하기 위해서는 크랙 발생의 명확한 원인규명과 제어가 필요하다. 본 연구에서는 고합금 강재의 크랙 결함을 고온연성 특성과 연관지어 해석하고, 그 원인을 규명하고자 한다. 연주기 내에서 각 온도에 따른 주편의 연성거동을 모사하기 위해 인장시편을 상온에서 1,400°C까지 가열 및 유지시킨 후, 연주기와 유사한 온도조건(400~1,100°C)으로 냉각 후 인장시험을 진행하였다. 인장테스트 결과 상대적으로 저온역(≤600°C)에서 특이한 취성 거동이 보임이 확인되었다. 추가적인 미세조직 분석(FE-SEM, EDS, TEM, EPMA)을 통하여 그 온도 대역에서의 취화 메커니즘을 규명하였으며, 이를 바탕으로 유사한 고합금강 주편 제조시 표면결함 억제 방안을 제시하고자 한다.

[철강4-1 | 16:00]

소결 배가스순환설비 개발: 박종인, 정은호, 조병국; *포스코 기술연구원.*

Keywords: iron making, sinter plant, waste gas recirculation process

최근 환경규제 강화로 인해 철강공정에서는 대기환경오염물질과 온실가스 저감기술 개발이 진행되고 있다. 특히 소결공정에서는 배출가스 총량규제 시행과 배출가스 처리비용 부담으로 배가스순환기술 적용이 세계적으로 확대되고 있으며 에너지 저감으로 온실가스 규제에 대처하려는 노력이 진행 중이다. 본 연구를 통해 소결공정에서 생산성 향상과 에너지 저감이 가능한 배가스순환 기술을 개발

하여 포항제철소 소결공장에 성공적으로 적용하였다. 본 기술은 소결기 본체에서 발생하는 배가스의 일부를 고압으로 흡인하여 소결기 상부로 재순환하는 기술과 쿨러에서 발생되는 저온의 폐가스를 소결기 전단으로 보내는 기술을 포함한다. 수치해석 모델링과 축소 모형실험을 통해 설비를 설계하였고 설비 적용을 통해 실조업에서 생산성 향상 및 에너지 저감 효과를 얻을 수 있었다.

[철강4-2 | 16:15]

Effect of Direct Reduced Iron (DRI) on the Dephosphorization of Molten Steel in Electric Arc Furnace (EAF) Steelmaking: 허정호, 박주현; *한양대학교*

Keywords: Direct Reduced Iron (DRI), Eelectric Arc Furnace (EAF) steelmaking, Dephosphorization, Slag, Basicity

Recently, use of direct reduced iron (DRI) as a substitute for premium scrap in electric arc furnace (EAF) steelmaking is attracted to great attention because DRI has several advantages such as absence of tramp elements, uniform density and shape, and higher yield and purity of carbon. Unfortunately, however, the commercially available DRI contains relatively high level of phosphorus which is detrimental to the properties of steels. With increasing use of DRI in EAF steelmaking for the production of high quality steels, it is expected to increase in phosphorus contamination. Thus, phosphorus should be fully controlled in EAF process. However, because various types of oxides such as Fe_tO, SiO_2, Al_2O_3, CaO, etc. as well as carbon in DRI, it is necessary to comprehensively understand the effect of DRI on the slag formation behavior and thus dephosphorization efficiency in EAF process. In the present experiments, DRI was used as substitute for iron by fixing total amounts of DRI and iron (DRI+iron) as 600 g. Input of DRI was varied from 0 to 30% in the present study. DRI and iron were melted in a fused magnesia crucible with a graphite heater under a purified Ar-3%H_2 gas atmosphere using a high-frequency induction furnace at 1823 K. After temperature stabilization was confirmed, an industrial EAF slag (60 g) was quickly added through a quartz tube under an inert atmosphere. In-situ sampling of metal and slag was employed during the slag-metal reaction at certain time intervals (5, 10, 30, and 60 minute). The compositions of metal and slag were determined using various methods such as ICP-AES, XRF, and combustion analyzer (C/S and N/O). The complicated phenomena such as CO gas evolution, slagmaking by gangue oxides in DRI were experimentally observed in each reaction step. Basicity, which is thermodynamic driving force of dephosphorization reaction, was decreased by increasing the input amount of DRI because SiO_2 content in the slag was proportional to DRI input. It was found that the stability of P_2O_5 in slag phase increased with decreasing DRI addition from the concept of excess free energy. It was experimentally confirmed that higher addition of DRI resulted in a decrease in dephosphorization efficiency, which is due to a decrease in slag basicity and stability of P_2O_5 in the slag. Therefore, it is very important to control slag basicity to improve dephosphorization efficiency when DRI is used as an iron source in EAF process.

[철강4-3 | 16:30]

Soft blowing을 위한 전로용 초음속 jet 노즐 분출 거동 연구: 권재홍[1], 이기우[1], 신동엽[2], 한정환[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포스코 제강연구그룹.*

Keywords: steelmaking, BOF, incorrect expansion, supersonic jet

최근 세계적으로 철강 제품 경쟁력 향상을 위해 취련 시간 단축 및 P 제어능 증대의 방향으로 전로 조업 동향이 급변하고 있다. 기존의 전로 랜스 노즐은 산소 jet의 에너지 손실을 최소화하기 위해 설계된 correct expansion type 노즐로 soft blowing 패턴을 적용하여 탈린 효율을 증대시켰다. 하지만, 산소 jet의 blowing soft화로 인해 취련 시간이 증가하여 전로내 슬래그 양의 증가 및 내화물의 수명 저하가 문제점으로 대두되고 있다. 따라서 현재 조업 패턴에 적합한 soft blowing 패턴을 유지하며 산소 공급 속도를 증대시킬 수 있는 상취 랜스 노즐의 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 산소 공급 속도 증가에 인한 취련 시간 저감과 탈린 효율 향상이 모두 가능한 incorrect expansion type의 노즐에 대한 설계 및 기초 해석을 진행했다. 노즐 형상에 대한 영향을 비교하기 위해 노즐 exit/throat 직경비에 따른 해석을 진행했으며, 공급되는 산소량에 의한 영향을 비교하기 위해 inlet 유량 변화에 따른 해석을 진행했다. 노즐의 초음속 유동 특성 해석을 위해 상용 해석 프로그램인 ANSYS FLUENT를 사용하여 해석을 진행했다. 노즐 형상이 correct expansion type 노즐일 경우 가장 빠른 jet 속도가 나타났고, exit/throat 직경비가 correct expansion에 비해 증감 할 경우 모두 jet 속도가 감소하는 경향이 나타났다. 또한, 산소 유량이 증가할수록 jet 속도가 증가하는 경향이 나타났다.

[철강4-4 | 16:45]

Electrochemical Method for Controlling Slag-metal Reaction in Molten $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ system: 이상훈, 민동준; *연세대학교신소재공학과.*

Keywords: Electrochemical, Slag-metal reaction, DC voltage, Sulfide capacity, Electrical conductivity

슬래그의 화학적 정련능의 한계 극복 및 제어를 위한 기초연구의 일환으로 슬래그의 전기화학적 정련반응기구에 대한 기초연구와 해석을 행하였다. 본 연구에서는 1773K, C/CO 가스 평형의 조건하에서 Cu와 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$계 슬래그에potentiostat을 이용하여 slag-metal 계면에 0~4V 전압을 인가하여 전기화학적 구동력이 slag-metal반응에 미치는 영향성을 평가하였다. 또한 CaO, SiO_2 그리고 Al_2O_3 포화슬래그를 사용하여 슬래그 조성의 영향성을 평가하였다. In-situ로 측정되는 전류값을 통해 전기화학 반응의 평형을 확인 하였으며 Argon 기류 중 급랭 후 C/S 및 N/O 분석을 통해 황과 산소 농도를 분석하였고 ICP와 XRF분석을 통해 실험 후 금속과 슬래그의 조성을 평가하였다. 그 결과 전기화학 반응에 의한 금속내 물질 수지 변화의 평가를 통해 전압 및 슬래그 조성이 전기화학 반응 기구의 Faradaic efficiency에 미치는 영향성을 평가하였다. 그러나 Nernst 식을 통한 이론적 계산으로부터 전기화학적 구동력에 대한 전기화학 반응은 IR-drop등의 원인으로 전기화학적 평형치에 도달하지 못한 것을 확인하였다. 이에 조성에 따른

슬래그의 전기 전도도 및 전기화학적 부반응에 대한 추가적인 고찰을 진행하였다.

[철강4-5 | 17:00]

블룸 턴디시에서 개재물의 분리부상능 강화를 위한 최적 댐 형상에 대한 수치적 연구: 김성줄, 서정도; *㈜포스코 기술연구원.*

Keywords: Bloom, Tundish, Dam, Inclusion removal, simulation

블룸 주편을 선재 제품으로 가공함에 있어, 개재물의 존재는 코일의 단선 등을 유발하므로 이에 대한 제거가 필요하다. 본 연구는 용강의 청정도 확보를 위하여 블룸 턴디시에서 RTD (Residence Time Distribution) 곡선을 통한 평가법을 이용하여 다양한 댐의 형상 및 위치에 따른 개재물의 분리부상능을 수치해석으로 비교하였다. 본 연구를 통해 댐이 탕유부의 특정 거리 이내에 존재할 경우, 용강의 적정 체류시간을 유지할 수 있으며, 특히 정체영역을 매우 저감할 수 있음을 알 수 있었다. 즉, 노즐을 통해 턴디시로 공급된 용강의 운동 에너지를 이용하여 용강 흐름을 최대한 탕면으로 유도하는 것이 개재물 제거에 있어 효과적임을 알 수 있었다.

[철강4-6 | 17:15]

잉곳 압탕비 감소에 따른 주축 제조 공정 최적화 설계: 김남용[1], 주병돈[1], 이채훈[1], 허상현[1], 윤선룡[1], 이진모[1], 장희상[1], 문영훈[2] ; *[1](주)태웅. [2]부산대학교 기계공학부.*

Keywords: Cr-Ni-Mo steel, riser ratio, cost reduction, casting, Main shaft

풍력발전용 주축(Main shaft)은 일반적으로 Cr-Ni-Mo 계열 합금 등으로 제조된다. Cr-Ni-Mo계열 합금은 소입성이 크므로 수냉(Water quenching)에 의한 마르텐사이트 생성 시 내부응력이 집중되어 원소재의 수축공, 편석 및 비금속개재물 등을 기점으로 크랙(Crack)발생 빈도가 높은 편이다. 이러한 결함발생을 최소화하기 위해서는 잉곳(Ingot)의 청정도 개선 및 몰드(Mold) 형상변경을 통한 압탕비 최적화뿐만 아니라 소성변형 시 압착효과의 극대화가 유효하기 때문에 단조공정 최적화 또한 매우 중요하다. 본 연구에서는 제조원가를 절감하기 위해 잉곳의 압탕비를 16%에서 12%로 줄임으로써 원자재 투입량을 최소로 하여 단조공법에 의한 주축 제조를 최적화시키고자 하였다. 잉곳의 압탕비가 감소하면 Hop Top부에 존재하는 수축공 및 편석이 잉곳 Body부로 이동하면서 단조 후에도 결함이 존재할 가능성이 높다. 그러나, 원소재의 투입중량을 줄이는 방법이 제조원가를 감소하는 효과가 가장 크므로 12%의 압탕비를 가지는 잉곳의 단조공법을 최적화하여 결함을 줄이고자 하였다.

[철강4-7 | 17:30]

슬래그의 고부가화를 위한 단열소재 제조기술 개발: 정은진; *(재)포항산업과학연구원.*

Keywords: 슬래그, 고부가화, 부산물, 단열재

최근 철강슬래그는 1,600만톤의 고로슬래그와 770만톤의 제강슬래그가 발생되고 있고 그 외 비철슬래그 또한 환경문제로 대두되고 있는 실정이다. 국외에서는 슬래그의 고부가화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 슬래그를 시멘트 원료, 토목 건축용 골재, 도로용 노반재, 규산질 비료 등 경제성이 낮은 저부가가치 제품으로 전량 활용되고 있는 실정이다. 특히 단열재로 활용되는 고로슬래그는 국내외에서도 일부 활용되고 있지만 그 외 제강 및 SNNC 슬래그, FeMn 슬래그 등은 슬래그 특성상 단열재로의 활용이 전무한 상황이다. 이중에서도 일부 슬래그는 활용 및 처리가 원활하지 않아 대량 야적이 따른 민원이슈, 지반 안정성 문제 발생으로 해결책 도출이 시급한 상황이다. 최근 자원순환법 및 폐기물관리법이 시행예정임에 따라 슬래그내 재활용이 가능한 유효자원을 회수하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 본 연구에서는 슬래그의 고부가화 방안의 일환으로 철강 또는 비철슬래그의 미네랄울 제조가능성을 평가하고자 하였다. 미네랄울의 생산비용 문제를 해소하기 위해 기존에 활용되고 있는 스피닝공정 대체 수직형 가스분무 공정을 이용하여 미네랄울 제조 가능성을 검토 하였다. 또한, 기존 철강슬래그의 구조적 접근과 물성제어를 통해 배합조건과 공정조건의 최적화를 도출하였다. 이에 따라, 슬래그의 재활용 기술을 통해 by-product를 product화 검토 가능성을 확인할 수 있었다.

철강Ⅲ

Room 삼다B, 4월 25일

[철강7-1 | 11:00]

경량고강도 FeMnAlC 합금 주조재의 Si 첨가에 따른 κ-carbide의 C partitioning 효과 및 전위거동 상관성에 대한 원자단위적 해석: 김치원[1], 박성주[1], Mathieu Terner[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], *홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.*

Keywords: Lightweight steel, 3D atom probe tomography, Shearing, Orowan bypassing, Anti-Phase-Boundary energy

본 연구에서는 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화를 위해 설계한 FeMnAlC 계 주조합금의 기계적 특성 및 변형기구에 대해 고찰하고자 하였다. 대부분의 연구가 단조 처리된 합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 부족한 실정이므로 다양하고 복잡한 분야에 대한 적용성을 고려하여 주조합금에 대해 연구하였다. 합금원소 30 wt.% Mn와 1 wt.% C으로 상온에서 austenite기지를 안정화하여 우수한 기계적 특성을 확보하고, 9 wt.% Al의 첨가로 기존 철강 대비 약 15% 이상 경량화하는 것이 핵심이다. 또한, 용탕의 유동성 개선 및 재료의 융점 감소 효과가 있다고 알려진 Si을 약 1 wt.% 첨가하여 주조성을 개선하고자 하였다. FeMnAlC 합금강은 석출경화형 합금으로, 시효처리 시 L`1_2 구조의 규칙상 κ-carbide의 석출로부터 경화 효과가 나타나는 것이 핵심이다. Si 첨가로 인해 열처리 초기단계에서 경화가 가속화 되어 기계적 특성에 영향을 미치므로, 기계적 특성의 변화와 이로부터 기인되는 변형거동에 대해 연구하였다. 용체화처리된 경우 인장 변형시 전위들의 planar glide에 의한 전위밀도 증가로 microband가 형성되었으며, Si 첨가에 따른 변형거동 변화는 나타나지 않았다. 한편, 시효 열처리한 경우 인장 변형 시, 정합 석출상 κ-carbide에 의해 전위의 활주가 제한되며 국부적으로 나타나며, 이는 shearing 변형기구에 기인한다고 판단된다. Si이 첨가된 경우 초기의 κ-carbide 석출거동이 가속화 되었으며, 이후 Si이 첨가되지 않은 경우와 유사한 경향을 보인다. 3D-Atom Probe Tomography를 통한 원자적 관점에서의 관찰 결과, 시효 열처리 시 Si은 austenite 기지와 κ-carbide 사이의 계면 부근에 집중되고, C는 κ-carbide 내부에 partitioning 되었다. Si첨가로부터 시효 열처리 시 κ-carbide에 C의 partitioning 계수가 2.3에서 5.3으로 증가되어 κ-carbide의 격자상수가 증가하고, 이로부터 coherency strain field가 증가하게 된다. 또한, κ-carbide 내부의 C농도 증가는 shearing 발생 시 unfavorable Al-C bonding과 Anti-Phase-Boundary(APB) Energy의 증가를 초래하여 전위가 κ-carbide를 shearing하는 slip activity가 현격하게 저하한다. 제일원리 계산결과, κ-carbide내에 C 원자가 존재할 경우, shearing에 요구되는 에너지가 약 515 mJ/m^2 더 증가함을 확인하였다. 한편, 본 연구와 달리 전위가 κ-carbide의 분포 및 형상에 따라 shearing이 아닌 Orowan bypassing 변형기구가 우선적으로 나타난다는 연구가 보고된 바 있다. 따라서 이러한 차이에 대해 이론적 배경에 기반하여 κ-carbide와 전위의 상관성에 대해 고찰하고자 하였다.

[철강7-2 | 11:15]

Stacking fault energy and deformation mechanisms in Fe-xMn-0.6C-yAl TWIP steel: 김진경; *성균관대학교 에너지과학과.*

Keywords: TWIP steel, Transmission electron microscopy (TEM), Deformation, Mechanical property, Stacking-fault energy

The deformation mechanisms and mechanical properties of Fe-Mn-C-Al twinning-induced plasticity (TWIP) steels of a chemical composition range of 12-18% Mn and 0-3% Al, are reviewed. The in-depth microstructural analysis by means of electron-backscatter diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM) revealed that all the investigated TWIP steels exhibit deformation twinning as the main deformation mechanism in addition to dislocation glide. Twin thickness shows a tendency to decrease with decreasing stacking fault energy (SFE). The Al-free TWIP steels show a much more complex deformation behaviour than the Al-added TWIP steels. Deformation of Fe15Mn0.6C steel is accompanied by a very small amount of strain-induced e martensite, in addition to deformation twinning, and deformation of Fe12Mn0.6C steel is accompanied by several deformation mechanisms which are simultaneously activated, such as strain-induced e martensite, formation of shear bands and strain-induced a′ martensite, in addition to deformation twinning. Based on the in-depth microstructural characterization, the SFE range for twinning and the simultaneous occurrence of twinning and e or a′ martensitic transformation in TWIP steel was determined. The upper limit for the value of SFE for strain-induced martensitic transformation was determined to be approximately 13 mJ/m^2. The results confirm that the SFE is the key parameters affecting the strength and the ductility of TWIP steel. A linear relation between the ultimate tensile strength (UTS) and the SFE is found, i.e. with the UTS increasing with decreasing SFE. The Fe18Mn0.6C steel, which has a SFE slightly above the upper limit SFE value for strain-induced martensitic transformation achieves the highest combination of tensile strength and elongation

[철강7-3 | 11:30]

Nb 첨가 TWIP강의 냉연 후 미재결정 소둔에 따른 기계적 성질 변화: 권호준[1], 김진경[1], 김성준[1], Bian Jian[2], Hardy Mohrbacher[3], 송태진[4], 김성규[4]; *[1]포항공대 철강대학원. [2]CBMM Asia PTE Ltd. [3]NiobelCon bvba. [4]포스코 기술연구원.*

Keywords: TWIP강, 오스테나이트, Nb 미세첨가, 회복 소둔

변형 중 쌍정이 형성됨으로써 유기되는 우수한 가공경화 성질과, 그로부터 발생하는 높은 인장강도와 탁월한 성형성으로 인해, 고망간 TWIP강은 자동차강판이나 선박 건설을 위한 구조재료로써 꾸준한 관심을 받아왔다. 그러나, 다른 강종과 비교해 경쟁력을 확보하지 못하는 낮은 항복강도로 인해 활용성이 떨어지는 단점이 지적되어 왔다. 본 연구에서는 Nb 첨가와 미재결정 소둔이 TWIP강의 항복강도에 미치는 영향을 분석했다. Fe-0.6C-17Mn-1.5Al (wt%) TWIP강에 0.01wt%~0.1wt%의 Nb를 첨가한 다섯가지의 강종에 대해 미세조직과 기계적 성질을 조사하였다. 각 공정에서의 Nb 첨가 효과를 관찰하기 위하여, 조압연재, 열연재, 냉연재를 준비하였고, 냉연재의 경우 열처리 조건을 달리하여 재결정 정도가 미세조직과 기계적 성질에 미치는 영향을 관찰하였다. 조압연재와 열연재, 냉연재 모두에서 첨가된 Nb의 양이 증가할수록 재결정이 지연되는 것을 관찰하였다. 냉연소둔재의 경우, 첨가된 Nb의 양이 증가할수록 항복강도가 높아지는 경향이 관찰되었다. 이는 석출강화와 재결정 지연의 복합적인 효과인 것으로 판단된다. 700ºC 이상

에서 소둔한 냉연재의 경우 대부분 재결정 된 조직이 관찰되었고, 600ºC 이하에서 소둔한 냉연재의 경우 조직 대부분이 미재결정 상태로 관찰되었다. 650ºC에서 회복 소둔 열처리한 시편의 경우, 우수한 항복강도와 연신율의 조합을 나타내는데, 0.01wt%와 0.025wt% Nb를 첨가한 강종의 경우 40,000 MPa·% 이상의 UTSxTE 와 800 MPa 이상의 항복강도를 얻을 수 있었다.

[철강7-4 | 11:45]

12Al 함유 경량강에서 Cr이 미세조직과 기계적 특성 및 부식 특성에 미치는 영향: 김경원[1], 이창훈[1], 하헌영[1], 박성준[1], 이태호[1], 이영주[2]; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실. [2]포항산업과학연구원 금속소재연구그룹.*

Keywords: Low-dnesity steel, k-carbide, Al, Cr, Cr_7C_3

본 연구에서는 Fe-Mn-Al-C 기본 조성의 경량강에서 Cr의 첨가량에 따른 미세조직과 기계적 특성 및 부식 특성의 변화에 대해 연구하였다. 12Al-20Mn-1.5C-0,2,5,6,7,8Cr 및 12Al-30Mn-1.5C-6,7,8Cr의 합금에 대하여 주사전자현미경과 X선 회절분석, 후방전자산란회절, 투과전자현미경을 통해 미세조직을 관찰하였다. 0~5 wt% Cr에서는 첨가량이 증가함에 따라 κ-carbide의 석출이 억제되며, 그에 따라 고용 C의 농도 증가로 오스테나이트 분율이 미세하게 증가함을 확인하였다. 6~8 wt% Cr에서는 첨가량 증가에 따른 페라이트의 분율 증가와 Cr_7C_3의 석출을 확인하였다. 0~5 wt% Cr에서는 첨가량이 증가함에 따라 강도는 감소하나 연신율이 크게 상승하였고, 이는 κ-carbide의 석출 억제에 기인하는 것으로 확인하였다. 6~8 wt% Cr에서는 첨가량 증가에 따라 강도는 상승하고 연신율이 크게 감소되었으며, 이는 취성이 강한 페라이트의 분율 증가와 Cr_7C_3의 석출에 따른 것으로 확인하였다. 부식 특성으로는 0~5wt% Cr에서는 첨가량이 증가함에 따라 부식전위가 상승하고, 6~7 wt% Cr에서는 첨가량 증가에 따라 부식전위가 감소함을 확인하였다. 이는 Cr 첨가량 증가에 따라 페라이트 및 Cr_7C_3 등의 제 2상 분율 증가로 인해 부식 특성이 감소되는 것으로 판단된다.

[철강7-5 | 12:00]

변형 유기 페라이트 상변태를 이용한 이상 경량 철강의 기계적 물성 향상: 이용문[1], 김재남[1], 이태경[2], 이종수[1]; *[1]포항공과대학교. [2]부산대학교.*

Keywords: lightweight steel; deformation-induced ferrite transformation

운송 수단의 연비를 향상시키기 위한 경량화 소재로 알루미늄을 다량 첨가한 Fe-Mn-Al-C 계열의 경량 철강이 주목받고 있다. 알루미늄은 철강의 밀도를 효율적으로 감소시키지만 페라이트/오스테나이트 이상 경량 철강에서 알루미늄의 함량이 많아질수록 조대화되는 페라이트 밴드 구조와 탄화물 석출로 인해 재료의 이방성이 심화되며 성형성을 하락시킨다. 본 연구에서는 열연 후 600도의 온간 영역에서의 압연 및 소둔을 통해 이상 경량 철강의 냉간 압연성 및 기계적 물성을 향상시켰다. 온간 압연 중 관찰된 변형 유기 페라이트는 효과적으로 강도 향상과 냉간 압연 중 균열 방지에 기여했다. 변형 유기 페라이트의 특징을 관찰하기 위해 Electron Backscatter diffraction (EBSD) 및 Transmission electron microscopy (TEM)을 이용하여 변형 거동을 관찰하였다.

[철강7-6 | 12:15]

Development of precipitation hardened austenitic high Mn steels for automotive applications: Yunik Kwon, Nack J. Kim; *GIFT POSTECH.*

Keywords: Mn steels, high strength, austenite, cooling rate

Hot press formed (HPF) steels are widely used for automotive applications because of their high strength that is much needed for safety components. However, Zn or Al coated HPF steels are often susceptible to liquid metal embrittlement (LME) or microcrack formation during hot press forming. Therefore, a new type of high strength steel is needed, which does not have the problems of LME and microcrack formation and can be formed at room temperature. Among various types of high strength steels, austenitic high Mn steels usually show high work hardening rate and accordingly excellent combination of ultimate tensile strength and ductility that are suitable for automotive applications. However, in spite of such excellent tensile properties, these austenitic high Mn steels usually show low yield strength as compared to other conventional ferritic high strength steels. Therefore, there is a great need for improving yield strength of austenitic high Mn steels without sacrificing other properties. In the present study, an attempt has been made to improve yield strength by utilizing precipitation hardening as well as grain refinement. Among the possible alloying elements that can induce the precipitation of carbides, V was chosen since it has a relatively large solubility in austenite at high temperatures. The model alloys containing various amounts of Mn, C, and V were fabricated and their microstructure and tensile properties were evaluated after annealing of cold rolled sheets. It shows that the cooling rate after annealing as well as alloy composition have a large effect on precipitation behavior of carbides and accordingly tensile properties. Details of microstructural evolution in these alloys have been investigated by EBSD, SEM, TEM, and 3DAP and correlated with tensile properties.

[철강8-1 | 13:30]

590 MPa급 냉연 초고장력 강판의 신장 플랜지성에 영향을 미치는 인자에 대한 연구: 박봉준, 박진성, 허성열, 김성주; *현대제철 기술연구소.*

Keywords: stretch-flangeability, microstructure, FE-SEM, EBSD, cold-rolled steel

자동차용 강판은 강도 향상 및 부품 일체화 등을 목적으로 초고강도강의 개발 및 적용이 증가하고 있는 추세이다. 특히 자동차용 냉연 강판의 경우 초고강도화의 진행과 더불어 프레스 포밍을 위하여 보다 높은 신장 플랜지성이 요구되고 있으며, 이에 대한 연구가 많이 진행되었다. 홀 펀칭 후 구멍 확장을 통하여 예측되는 신장 플랜지성은 상간경도차에 가장 큰 영향을 받는 것으로 알려져

있다. 본 연구에서는 590 MPa 급 냉연 강판의 신장 플랜지성에 영향을 미치는 인자에 대하여 연구를 진행하였다. Mn, Si의 함량 및 소둔 조건에 따라 유사 미세 조직 및 인장 물성을 가지는 경우 다양한 구멍확장비(40~80%)가 측정되었다. FE-SEM, EBSD 및 EPMA를 이용한 분석 결과 구멍확장비에 영향을 미치는 인자는 상간경도차 뿐만 아니라, 미세 조직과 치환형 원소의 파티셔닝 등에 영향을 받는 것으로 확인되었다.

[철강8-2 | 13:45]

자동차 외판용 BH강 개발 현황 및 Boron 첨가 이슈: 이제웅, 하유미; *㈜포스코.*

Keywords:

자동차용 철강소재는 적용 부품에 따라 Closure(외판), BIW(Body-In-White, 차체), Chassis(샤시)용으로 나뉠 수 있다. 이 중, 자동차 외판용으로 널리 쓰이는 소재는 Bake Hardening (BH) steel이며 그 이유는 도장/소부 후 항복강도가 증가하여 내덴트성이 우수하기 때문이다. 최근 북미/유럽의 원거리 고객사 (GM, Ford, VW 등)의 BH강에 대한 요구 품질은 점점 엄격화 되고 있으며, 과거에는 U-BH값만을 요구하였지만 현재는 L-BH값을 기준으로 30MPa 이상을 만족해야 한다. 또한 원거리 운송으로 인한 상온내시효성을 6개월 이하로 동시 보증하는 것이 필수이다. 두 가지 시효특성 (L-BH 및 상온내시효)은 근본적으로 고용 탄소와 전위와의 Cottrell atmosphere 형성에 기인하는 것이므로 동시에 두 물성을 좋게 하기는 어려움이 따른다. 이러한 어려움을 극복하고자 B 첨가에 따른 BH강의 시효특성을 평가하였으며, 이에 대한 연구내용에 대해 발표하고자 한다.

[철강8-3 | 14:00]

A study on mechanical property of martensitic automotive steel after hot stamping: Byung-Gil Yoo, Chee Woong Song, Chun Gu Kang, Hyoung Hyup Do, Sung Yul Huh, Seong Ju Kim; *Hyundai steel R&D center.*

Keywords: Hot stamping, indentation, martensitic, Boron

The focus of this study is on hot stamped physical property under the process variants and special additions (Boron etc.). Results are discussed in terms of relationship between dislocation mechanics.

[철강8-4 | 14:15]

고경도강의 상온 인장, 고주기 피로 특성에 미치는 bainite/martensite 상 분율 제어 열처리의 영향: 백민석[1], 김규식[1], 박태원[2], 김홍규[2], 이기안[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소.*

Keywords: High strength steel, Tensile test, High cycle fatigue test, dual phase steel, EBSD

본 연구에서는 high hardness alloy(HHA) steel의 미세조직 및 상온 인장, 고주기 피로 특성에 미치는 bainite(B)/martensite(M) 상 분율 제어 열처리 영향에 대해 조사하였다. 최근 상온 인장 및 고주기 피로 특성을 향상시키기 위해 B/M 상 분율 제어 연구에 대해 이목이 집중되고 있다. 본 연구에서는 quenching & tempering(Q&T) 열처리 전 prior austenite grain size(A alloy: 34 μm, B alloy: 11 μm)를 제어하였으며, B/M 상 분율 변화와 HHA강의 기계적 특성을 알아보고자 하였다. HHA강은 prior austenite grain size에 관계없이 martensite와 bainite로 구성되어 있음을 XRD 결과로 확인할 수 있었다. 또한 EBSD를 이용하여 M/B의 정량적인 분율을 분석하였으며 그 결과, A는 M: 40.37%, B: 59.63% 그리고 B는 M: 53.03%, B: 46.97%로 나타났다. B 소재의 경우 A 소재보다 더욱 미세한 미세조직을 나타내고 있었으며, martensite 분율이 상대적으로 높음에 따라 더욱 우수한 항복 및 최대 인장 강도를 나타내었다. 반면 연신율의 경우에는 유사하거나 다소 감소된 경향을 보였다. 고주기 피로 수명 경우에도 상온 인장 강도가 높은 B 소재가 우수한 피로 수명을 나타냈으며 피로한은 약 200 MPa 높게 측정되었다. 위의 기계적 특성을 해석하기 위하여 미세조직과 연계하여 해석하고자 하였으며, 상온 인장, 고주기 피로 파면을 이용하여 파괴 거동에 미치는 미세조직학적 영향에 대하여 고찰하였다. [본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[철강8-5 | 14:30]

Application of the Virtual Fields Method to determine dynamic properties at intermediate strain rates: Jin-Hwan Kim[1], Jin-Seong Park, Frederic Barlat; *Pohang University of Science and Technology (POSTECH).*

Keywords: dynamic hardening behavior; sheet metal; intermediate strain rates; the Virtual Fields Method (VFM); digital image correlation (DIC)

Crash analysis simulation is now very important in automotive industry to assess automotive crashworthiness and safety. In order to acquire reliable crash simulation results, precise material behaviors at intermediate strain rates should be used as input data. To determine the stress-strain curves at various strain rates, the number of expensive and complicated experiments is large. The present study aims at determining the stress-strain curves of sheet metals at various strain rates from a single dynamic experiment. In this study, dynamic hardening properties of thin steel sheet specimens at intermediate strain rates were identified by using the Virtual Fields Method (VFM) with a rate dependent hardening law. The VFM is an inverse analytical tool for deriving the mechanical properties of materials based on the principle of virtual work. The VFM was adopted to determine the true stress-true strain curves at intermediate strain rates, which are very important for car crash simulation in practice. A new type of high speed tensile tester for sheet metal specimens was built and high speed tensile tests were performed. Digital image correlation technique using a high-speed camera was utilized to measure strain and acceleration fields so that the identification was carried out from the measured quantities. An advanced rate dependent hardening law was chosen to derive the stress-strain curves at various intermediate strain rate. The stress-strain curves of

three advanced high strength steels at intermediate strain rates (100 /s - 300 /s) were successfully obtained from a single experiment. In the presentation, the proposed methodology will be introduced and the identification procedure of the VFM with a rate dependent model will be validated using FE simulation. After the validation, the preparatory work and data processing methods to be applied to the actual experiment will be explained. Finally, experiment results using the VFM with a rate-dependent model will be shown and some aspects of the results will be analyzed.

[철강8-6 | 14:45]

방향성 전기강판 열간압연 압하율 분배에 따른 집합조직 변화: 고경준, 박종태; *포스코 기술연구원.*

Keywords: 방향성 전기강판, Goss 집합조직, 열간압연, 전단강압하

방향성 전기강판은 매우 강한 고스 집합조직을 가지는 2차 재결정 현상을 이용하여 최종 제품을 생산하고 있다. 2차 재결정으로 성장하는 고스 집합조직 핵형성의 근원은 열간압연에서 표층 아래 1/8두께층 영역에서 형성되는 고스 집합조직에서 시작된다는 연구가 많이 되어 있다. 본 연구에서는 방향성 전기강판의 열간압연 패스별 압하율 배분을 조정하여 열간압연 후 형성되는 미세조직 및 집합조직의 변화를 분석하였다. 특히 1,2 패스에 전단강압하 조건에서 고스 집합조직이 증가하는 현상을 보이는데 압하율 분배 조건과 패스별 열간압연두께의 시편을 분석하여 추적하여 보았다.

[철강9-1 | 15:10]

강의 결정립 크기 변화를 통한 SOFC 분리판용 고크롬 페라이트계 스테인리스강의 산화 특성 향상: 김병규[1], 김동익[1], 정인호[2], 이경우[2]; *[1] 한국과학기술연구원. [2] 서울대학교.*

Keywords: SOFC, 금속분리판, 페라이트, 금속산화, 미세조직분석

SOFC 의 출력 향상을 위해선 SOFC 단전지를 연속적으로 연결하여 스택 (stack) 을 형성하게 된다. 이 때 각각의 단전지 사이에 물리적 차단막과 전기 연결체 역할을 하는 금속 분리판이 위치하게 된다. SOFC는 고온에서 가동되기 때문에 분리판 소재의 고온 내산화성이 재료 선정 시 고려해야 할 가장 중요한 재료 물성이다. 본 연구에서는 금속의 결정립 크기가 고온 산화 특성에 미치는 영향에 대해서 연구를 진행하였다. 내산화 특성 평가 및 비교를 위해서 2 mm 와 20 mm 두께를 가지는 두 종류의 고 Cr 페라이트계 스테인리스강 상용판재를 이용하였다. 내산화 특성 평가는 일반적 SOFC 가동온도인 800 도에서 진행하였으며 SOFC 양극 환경을 모사하기 위해 공기 + 2 % H_2O 의 기체를 지속적으로 주입하였다. 사용된 두 종류의 시료의 평균 결정립 크기는 각각 ~25 μm 와 ~500 μm 로 측정되었다. 내산화 특성 비교 결과 20 mm 판재가 약 30 % 감소된 무게 증가량을 나타냈다. 이러한 차이는 시료의 결정립 크기 차이에 영향을 받는 총 입계 길이의 차이에 의해 초래된 것으로 판단된다. 본 연구의 실험 조건 하에서 금속기질의 입계는 입계 산화가 활발하게 일어나는 우선적 반응 장소로 작용하게 된다. 기질의 입계부는 금속과 산소 원자의 확산 속도가 빠르기 때문에 상대적으로 기질의 입내 표면과 다른 산화 거동 양상을 띠게 된다. 기질의 입계에서 추가적 입계 산화가 일어나면서 입계 산화물을 감싸고 있는 기질의 변형이 일어나게 되고 이는 결과적으로 산등성이 (ridge) 형태의 표면 음각으로 나타나게 된다. 결과적으로 이러한 기질 입계의 추가적 산화가 앞서 언급된 30 % 의 무게 증가량 차이를 일으키는 주된 원인으로 작용한다. 첫 번째 연구의 주된 목적은 고 Cr 페라이트계 스테인리스강의 입계 산화가 직접적으로 산화 거동에 어떤 영향을 주는지 밝혀내는 것이다. 이외에도 미세조직 분석을 통해 생성된 산화물의 상 및 성분 분석을 수행하고 이를 기반으로 열역학적 관점에서 산화물의 생성에 따른 평형 산소 분압 변화를 예측하였다.

[철강9-2 | 15:25]

TP347H 오스테나이트계 내열강에서 $M_{23}C_6$ 입계 석출물 및 MC 입내 석출물 거동이 불순물의 입계 편석에 미치는 영향: 홍창완[1], 허윤욱[2], 허남회[1], 김성준[2]; *[1]GIFT. [2]POSTECH.*

Keywords: TP347H, MC, M_2P, $M_{23}C_6$ intergranular cracking, precipitation, segregation.

초초임계압 화력발전용 보일러의 핵심 부품인 보일러 튜브에는 주로 오스테나이트계 내열강인 TP347H와 Super304H 강이 사용된다. 그 중 Super304H 강에 비해 TP347H강에서는 1-2년의 짧은 시간 안에 용접 열영향부 (Heat Affected Zone)의 손상이 많이 발생되고 있다. 용접시 형성된 조대한 Grain size와 석출물들이 재고용되어 있는 용접 열영향부에서의 사용 중 조기균열은 모두 입계에서 발생한다. 이 용접 열영향부에서의 입계 파괴는 석출물과 연관된 불순물의 입계 편석에 의해 발생된다고 판단되는 바, 입내 및 입계 석출물과 입계 편석 거동을 연관지어 살펴 볼 필요가 있다. 기존 오스테나이트계 내열강에서, 입내 강도와 연관된 석출물 거동 그리고 입계 강도와 연관된 불순물 편석 거동은 각각 보고 되었지만 입내 및 입계 석출물이 불순물 편석에 어떻게 직접적으로 영향을 주는지에 대한 실험적 연구는 부족하다. 본 연구에서는 TP347H 강에 대하여 750도에서 stress rupture 시험을 진행하면서, 시간 (200, 500, 700, 1000 시간)에 따라 입내 석출물 (MC, M_2P)과 입계 석출물 ($M_{23}C_6$)의 석출 거동 (Size, number density, phase fraction)과 불순물 (S, P)의 입계 편석 거동을 동시에 관찰하였다. 불순물 편석 거동에 대한 석출물 영향의 비교를 위해 stress rupture 시험편의 gauge, grip 부분을 실험군과 대조군으로 각각 비교 분석하였다. 이를 통해 두 가지 다른 조건 (Stress 유/무)에서의 석출물과 연관된 입계 편석 거동을 이해하여, 최종적으로 TP347H 강에서 입계 파괴로 발생되는 용접부 조기 균열 과정을 규명하고자 하였다. 석출 거동을 분석한 결과, 입내 석출물 (MC, M_2P) 분율 차이에 따라 P 편석 정도가 달라짐을 확인할 수 있었고, 입계 석출물 ($M_{23}C_6$)의 크기에 따라 S, P 편석 정도가 달라짐을 확인하였다.

[철강9-3 | 15:40]

고강도 강판의 저항점용접 액상금속취화(LME) 크랙의 종류와 특성 고찰: Yeong-Do Park, Siva Prasad Murugan; *Dong-Eui University.*

Keywords: Liquid Metal Embrittlement, Advanced High Strength Steel, Cracks, Resistance Spot Welding, Zinc

It has been reported by several researchers that the Zn coated advanced high strength steels susceptible to liquid metal embrittlement cracking during the resistance spot welding. It can be observed that the LME cracks are concentrated at certain locations such as sheet to sheet faying interface, center of the weld surface, the surface near to the periphery of the electrode etc. From the basic knowledge of resistance spot welding, it can be said that each of these locations experience different combination of conditions such as temperature, stress, strain rate, availability of Zn etc. Thus, the classification of LME cracks and their characterization will provide remarkable contribution for exploring the mechanism of LME and thereby proposing potential solution in the future. So, the present study focuses on the classification and characterization of Zn-LME cracking in the resistance spot welding of Zn coated advanced high strength steel. Experimental studies show that the LME cracks are mainly concentrated on four locations of spot welds: canter of the weld surface, shoulder of the weld surface, periphery of the weld surface and sheet to sheet interface. Accordingly, the cracks are classified into four various "types of LME cracks", and are named as Type-A, Type-B, Type-C and Type-D, respectively. Large LME cracks are observed in case of type-A and type-C, whereas, type-B and type-D are very short cracks. Excess availability of liquid Zn, high temperature and tensile stress, and a fully austenitic microstructure resulted in large type-C cracks, while, the interaction of the crack with the fusion zone resulted in the formation of large type-A cracks.

[철강9-4 | 15:55]

물류운송용 철재 파렛트 개발을 위한 3원계 합금도금강판 적용성 연구: 이재원[1], 최성열[2], 오민석[3]; *[1]포항금속소재산업진흥원. [2](주)삼정산업. [3]한국생산기술연구원.*

Keywords: 철재 파렛트, 3월계 합금도금강판, 롤가공

물류 운송용 파렛트(Logistic Pallet)는 포장된 완제품을 운송하기 위한 받침대 역할을 수행하며, 컨베이어 시스템 및 지게차, 자동화 창고와 연계된 물류자동화의 핵심 요소이다. 파렛트 시장은 2017년까지 년간 5%의 성장률을 보이고 있으며 총수요는 51억장, 516억달러의 시장규모로 전망된다. 유럽, 호주, 미국 등은 2001년 10월 수출용 파렛트 검역 강화이 강화되어 목재 파렛트 제작업체들은 별도의 검역에 대비하기 위한 열처리 설비 투자로 제조원가 상승 추세로 인하여 제품 경쟁력을 잃어가고 있으며, 1998년부터 유럽15개국 폐기물 처리 규제강화 및 플라스틱 파렛트 수입 제한하고 있어 전량 회수하여 100% 고철(Scrap)처리할 수 있는 철재 파렛트 사용이 증가 될 것으로 예상된다. 철재 파렛트는 목재/플라스틱 파렛트에 비해 고 하중에서 사용가능하지만 가격이 높고 부식되는 단점이 있다. 본 연구에서는 장기 사용을 가능한 철재 파렛트 개발을 위해 3원계 합금도금강판의 적용하기 위한 기초연구를 진행 하였다. 형상 가공 시 발생되는 3원계 합금도금강판의 도금층 균열 발생과 내식성의 저하 최소화하는 최적의 가공조건 시험을 진행하였다.

[철강9-5 | 16:10]

핫 프레스 강의 수소 취성 거동에 미치는 도금의 영향: 조경래[1], 김성우[2], 김성준[1]; *[1]포항공대철강대학원. [2]포스코 기술연구원.*

Keywords: Hydrogen embrittlement, hot press forming(HPF), coating, press hardening steel

자동차 승객 안전 관련 구조체 부분에 사용되는 핫 프레스강은 마르텐사이트 미세구조 때문에 수소 취성에 민감하다. 본 연구에서는 시간에 의존하는 수소 취성 거동을 미도금재, Al 도금재, Zn 도금재에 대하여 열분해분석 (Thermal Desorption Analysis)과 일축 인장시험으로 평가하였다. 확산성 수소의 흡장과 탈출 거동을 직접 인장 시험과 1주 시효 후 인장 시험으로 평가하였을 때, Al 도금재는 가장 높은 수소 흡장과 그에 따른 수소 유기 파괴에 대하여 높은 민감도를 보였다. 미도금재의 경우 중간 정도의 민감도를 보였고, Zn 도금재의 경우 수소 유기 균열이 관찰되지 않았다. 이는 핫프레스포밍 (HPF) 공정에서 어떤 도금재를 사용하느냐에 따라 수소 취성 발생 위험성이 증가 또는 감소함을 보여주는 것이다. 본 연구에서는 공정 중 수소의 흡장과 이후 확산 수소의 탈출 거동에 대하여 도금 종류에 따른 수소 고용도와 수소 확산 계수 측면에서 고찰하였다.

[철강9-6 | 16:25]

삼원계 합금도금강판용 친환경 후처리 피막 품질 특성: 조수현, 최창훈; *POSCO 기술연구원.*

Keywords: Trivalent Chromium, Corrosion Resistance, Zn/Al/Mg alloy, Eco-friendly, post-treatment

POSCO 삼원계 합금도금강판 (POSMAC®)은 3% Mg과 2.5% Al을 함유한 아연계 합금도금층으로 인하여 우수한 부식 저항성을 가지는 고내식 도금제품으로서, 순수 아연도금강판 제품에 비해 적은 도금 부착량으로도 양호한 내식성을 확보할 수 있다는 점에서 가전, 건자재를 비롯한 여러 용도에서 그 사용량이 급속히 증가하고 있다. 이러한 POSMAC® 도금강판은 크로메이트 또는 유기계 크롬프리 후처리 피막을 도금층 상층에 형성함에 의해 백청 발생에 대한 부식 저항성을 향상시켜 왔으며, 특히 파이프를 비롯한 대부분의 건자재용 제품에는 6가 크롬을 주요성분으로 하는 후처리 제품이 널리 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 6가 크롬 성분의 후처리 피막은 근래 전 세계적인 환경규제로 인한 사용 제약에 직면하고 있으며, 또한 고객의 내백청 성능향상 요구에 대응품질 수준이 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 POSMAC® 합금도금강판용으로 개발된 친환경 고내식의 3가 크롬조성 후처리 피막 제품의 내식성 및 주요 품질 특성을 기존의 6가 크롬 성분 제품과 비교하였으며, 후처리 피막 특성에 따른 제품 품질에의 영향성을 평가 하였다. 또한, 무기계 3가 크롬 조성과 유기계 크롬프리 조성의 특성에 따른 내식성, 내흑변성 및 용접 품질에 미치는 영향성을 특성 비교를 통하여 함께 고찰하고자 하였다.

가공-주조 및 응고
Room 300, 4월 25일

[주조1-1 | 10:00]

단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 결정립 방위 및 응고 공정에 따른 기계적 특성 변화: 권순철[1], 신종호[2], 구지호[2], 주윤곤[1], 이재현[1]; [1] *창원대학교.* [2] *두산중공업.*

Keywords: Superalloy, Directional solidification, Single crystal, Solidification rate, Seed

본 연구에서는 가스 터빈 블레이드용 니켈기 단결정 초내열합금인 CMSX-4를 개량형 Bridgman type의 일방향 응고 장비를 이용하여 결정립 방위 및 응고 공정에 따른 기계적 특성에 대해 고찰하였다. 단결정 SEED를 이용하여 동일한 결정립 방위와 일정한 온도구배에서 응고 속도 25, 50, 100, 160 μm/s로 일방향 응고하여 미세조직 변화를 관찰하였다. 미세조직을 OM, SEM-EDS로 분석한 결과, 1차 및 2차 수지상 간격은 응고 속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 수지상 사이에 형성되는 γ/γ' Eutectic 또한 크기가 감소함을 확인하였다. 미세조직 변화에 따른 기계적 특성 변화를 살펴보기 위해 결정립 방위와 응고 속도를 다양하게 하여 인장실험을 진행한 결과, [001] 방향에 가까운 결정립 방위와 비교적 빠른 응고 속도에서 높은 항복 강도를 나타내었다. 이 결과를 바탕으로 응고 속도를 다양하게 함으로써 1차 및 2차 수지상 간격과 γ/γ' Eutectic의 크기를 조절할 수 있었고, 최종적으로 우수한 인장 특성을 위한 미세조직학적 인자를 제시하고자 한다.

[주조1-2 | 10:15]

가스터빈용 초내열합금의 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 열처리의 영향: 구지호, 송영석, 김영대, 송전영, 배현나, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원.*

Keywords: Nickel-based superalloy, Investment casting, Single crystal, Mechanical property, Directional solidification

본 연구에서는 발전용 가스터빈 1단 블레이드 소재로 사용되는 단결정 니켈기 초내열합금의 인장 및 크리프 파단 특성에 영향을 미치는 미세조직의 영향에 대해 고찰하였다. 단결정 주조시험편은 개량된 Bridgman법이 적용된 진공 정밀주조로를 이용하여 직경 15 mm, 길이 250 mm의 봉상형태로 제작되었다. 단결정 정밀주조는 3E-3 mbar의 진공분위기에서 용탕온도 1400~1550도, 인출속도 2~6 mm/min의 공정조건에서 수행되었다. 단결정 시험편의 결정방위는 Laue back reflection X-ray로 측정하였고, 표면 마크로 에칭을 통하여 단결정의 건전성을 확인하였다. 주조시험편의 미세조직은 광학 및 전자 현미경을 이용하여 관찰하였고, 화학성분은 Optical emission spectroscopy로 분석하였다. 단결정 주조재의 결정방위는 주조공정변수에 관계없이 주조방향인 [001]방향을 기준으로 약 15도 이내로 잘 배향된 것을 확인하였다. 열처리 후 미세조직 관찰결과, 1차 및 2차 수지상 사이에 MC 탄화물과 미 용해된 공정상이 분포하고 있었으며, 감마 프라임 상은 수지상 중심에 비해 Al, Ti, Ta 등이 심하게 편석되는 수지상 사이에서 좀 더 조대한 것으로 확인되었다. 결론적으로, 단결정 주조재의 기계적 성질은 수지상 간격, MC 탄화물 및 공정상 크기, 결정방위 등과 같은 미세조직에 큰 영향을 받는 것으로 확인되었다.

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2013101010170C)

[주조1-3 | 10:30]

발전용 로터 강괴 제조를 위한 니켈기 초내열합금의 재용해 공정 연구: 배현나, 김민수, 김정욱; *두산중공업㈜ 기술연구원.*

Keywords: 초내열합금, 재용해, ESR, 슬래그, 평형반응

공정온도는 발전효율을 결정하는 중요한 인자이다. 화력발전의 경우, 600°C도급이 상용화되어 있고 700°C급을 향해 국내외적으로 연구가 진행되고 있다. 발전효율 향상의 현실적 구현을 위해서 적절한 소재의 개발은 선결 과제이다. 고온, 고압에서 장시간 운영해야 하는 로터의 특성 상 고온강도 및 크리프 특성이 뛰어난 니켈기 초내열합금이 적절한 소재로 선택되는데 초내열합금은 다량의 합금원소로 인해 편석 문제가 발생하므로 재용해 과정이 필수적이다. 본 연구에서는 발전용 로터 강괴 개발을 위하여 니켈기 초내열합금과 5원계 슬래그를 이용하여 ESR(Electroslag Remelting) 실험을 수행하였다. 먼저, VIM(Vacuum Induction Melting) 전극을 이용하여 Lab급 소형 강괴를 제조하였고 슬래그 및 강괴 성분 분석을 통해 슬래그 조성의 타당성을 검증하였다. 다음으로 동일한 슬래그 조성으로 1톤급 강괴를 제조하였다. 슬래그와 강괴 분석 결과, 반응성 원소의 함량이 전극에 비해 증감이 있지만 허용 범위 내로 분석되었고 그 외의 원소들은 변화가 미미했다. 또한, ESR 전후의 슬래그 조성 변화 경향과 강괴의 반응성 원소의 성분 변화 경향이 일치하였다. 강괴의 하부보다 상부에서 전극과 강괴의 성분 차이가 작았으며 이를 통해 재용해가 진행될수록 슬래그 반응이 평형 상태로 근접하고 있음을 확인할 수 있었다. 종합적으로, 니켈기 초내열합금 성분에 대해 ESR 슬래그 조성이 적절함을 확인하였고, 재용해 강괴로서 안정적인 제조성과 건전성을 확보하였다.

[주조1-4 | 10:45]

첨가원소에 따른 Al-Si-Mg계 합금의 Mg_2Si 미세구조 변화와 기계적 특성 평가: 김병주[1], 장광주[1], 박용호[2], 이영철[1]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *부산대학교.*

Keywords: Casting, Aluminium alloys, Microstructure, Eutectic Mg_2Si, Modification

최근까지 합금 설계는 가볍고, 강하며 저렴한 생산비용의 소재에 집중되었다. 철강에 비해 우수한 비강도를 보유하고 있는 알루미늄합금은 자동차, 항공기, 군수분야 등 많은 산업에서 핵심소재로 연구되고 있다. 알루미늄합금에서 Mg_2Si 상은 높은 강도와 높은

융점, 낮은 열팽창계수를 가지고 있어 고강도/고내열 알루미늄 합금의 핵심 강화상으로 연구되고 있다. 하지만, 조대한 Primary-Mg_2Si상과 chinese script형상의 Eutectic-Mg_2Si상은 기계적 특성을 저하시키는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 Mg_2Si 상의 개량화 연구가 진행되었으며, 현재 Sr등의 원소 첨가가 과공정 Al-Mg_2Si합금의 Primary-Mg_2Si를 개량화한다고 알려져 있다. 하지만 Mg와 Si가 첨가된 대부분의 알루미늄합금에 존재하는 Eutectic-Mg_2Si의 개량화 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Al-Si-Mg합금에 Ti, P의 함량에 따른 Mg_2Si의 미세구조변화를 관찰하고, 또한 Eutectic-Mg_2Si상의 형상에 따른 합금의 기계적 특성을 평가하였다.

[주조2-1 | 11:10]

Heat treatment method for proto-type aluminum sand castings in automotive industry: hyung sop yoon; *Hyundai motors R&D division.*

Keywords: aluminum, heat-treatment, proto-castings

Nowdays radical innovation in automotive industries demands to reduce their developing period, so aluminum sand castings is using in proto developing stage instead of high-pressure die castings. However, the different properties of aluminum sand castings with mass products using A380 alloy(or ADC10) can detorate proto-development. Therfore, proper sand casting for proto development is necessary in automotive industry. For this purpose, over-aged AC4B alloy is optimized with various assessment and statistically compared with HPDC product.

[주조2-2 | 11:25]

A356 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 Sr 함량 및 냉각속도의 영향: 유준회[1], 정택균[1], 김상욱[1], 김윤준[1], 현승균[1], 박병옥[2], 한건기[2], 손주희[2]; *[1]인하대학교 공과대학 신소재공학부. [2]헨즈코퍼레이션.*

Keywords: A356 alloy, Microsturcture, Mechanical properties, SDAS, Spheroidizing ratio

최근, 자동차 휠의 트렌드는 경량화를 위한 철계소재를 알루미늄소재로 대체함과 함께 휠의 대형화에 대한 요구로 인하여 핵심요소라 할 수 있는 Hub, Spoke 및 Flange의 두께를 더욱 얇게 하면서도 휠의 성능을 높이는 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해서는 합금의 개량화와 두께의 변화에 따른 냉각속도의 영향에 대한 고찰이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위하여 연신율 증가 및 공정 Si의 구상화에 효과가 있는 Sr함량을 변화시킨 A356합금을 두께가 각기 다른 Y-Block으로 주조하여 시험편을 제조하였다. 후속공정인 열처리는 기존 A356휠의 공정으로 일정하게 하였으며, 미세조직 및 기계적 특성을 평가하였다. 시험분석 결과, Sr의 함량이 0.03%일 때 개량 A356 합금에 비해 신율이 증가하였지만, 인장강도는 약간 감소하였다. 두께가 일정할 경우 Sr의 함량이 증가할 때 구상화율이 증가하는 것을 확인하였으며, Sr의 함량이 일정할 경우에는 냉각속도가 빠른 경우에 구상화율이 높게 나타나는 것을 확인하였다.

[주조2-3 | 11:40]

친환경 중자를 이용한 자동차용 실린더 헤드 제조 기술: 조성환, 김승기, 윤종주, 권순일; *동서기공.*

Keywords: 알루미늄, 주조, 중자, 친환경, 무기바인더, 중자가스

실린더 헤드는 엔진의 실린더와 함께 연소실을 구성하며, 흡입 배기 통로, 워터 재킷 및 오일 갤러리 등 복잡하고 정교한 구조를 가지고 있기 때문에 주조라는 공법을 이용해 생산하고 있다. 전세계적으로 환경규제가 강화되고 대기오염문제가 대두되는 가운데 주조공정에서 발생되는 유해 물질을 차단하기 위한 노력이 요구 되고 있다. 의무적 집진기 설치 등 주조 현장의 환경오염 개선을 위해 노력하고 있지만 근원적인 오염 물질을 제거하는 방안이 절실히 필요한 실정이다. 특히, 중력 및 저압 주조의 경우 모래를 이용하여 중자를 성형하는데 이때 사용되는 유기바인더에서 Benzene, Ethylbenzene, Xylene, Formaldehyde, Toluene 등의 유해가스가 다량으로 발생되고 있어 대기오염을 가속화 할 뿐만 아니라 주물품 내부에 침투하여 미세기공과 내부 기포를 생성하여 소재의 기계적 특성을 저하시키는 원인이 되고 있다. 이러한 문제로 인해 중자의 연소가스를 제거하는 방법이 주조품의 품질 향상뿐만 아니라 환경오염 규제에 대응할 수 있는 방안으로 대두되고 있다. 무기 바인더를 사용하여 성형된 친환경 중자를 디젤용 실린더 헤드 제품 생산에 적용하여 제품의 기계적 특성 분석 및 친환경 중자의 효용성을 검증하고, 이때 발생되는 가스발생량과 제품 내부 발생되는 기포 결함의 상관관계를 밝히는데 연구의 목적을 두고 있다. 실린더 헤드는 알루미늄 중력주조를 통해서 제작 되었으며 사용된 합금은 Al-Si-Mg계의 AC4C-H를 사용하였다. 친환경 중자는 기존에 사용되던 유기바인더(shell core, resin sand)를 대신하여 무기바인더(inorganic core, hydrated sodium silica)를 사용하여 제작하였다. 주조공정 중에 발생되는 가스의 양을 시간대별 포집하여 측정 비교하였으며, 제품의 평가를 위해 인장강도와 연신율을 비교 분석 평가하였다. 차후 양산제품에 친환경 중자를 적용함으로써 제품의 품질 향상과 함께 주조공정에서 발생되는 유해오염 물질을 효과적으로 줄일 것으로 기대가 된다.

[주조2-4 | 11:55]

차압주조된 A356합금의 T5 열처리 : 기계적 성질과 미세조직 간 상관관계 및 항복강도 모델 개발: 김민수[1], 김상원[2], 곽기훈[1], 이석재[1], 김대업[3]; *[1]한국생산기술연구원 전북지역본부. [2]전북대학교 금속시스템공학과. [3]명화공업(주) 기술연구소.*

Keywords: Aluminum alloy, Heat treatment, Artificial aging, Yield strength, Thermomechanical processing

환경 규제 및 연비 향상에 대응하기 위한 차체 경량화 추세에 따라 자동차 부품 소재로 널리 활용되고 있는 알루미늄 합금인 Al-Si-Mg계 합금 (A356) 은 기지상 내 미세 석출물을 생성시켜 석출강화 효과를 활용하는 열처리가 필수적이다. 열처리에 의한 미세조직 제어 혹은 기계적 성질 향상에 영향을 주는 요인 중 하나인 주방상태의 미세조직의 경우, 주조방법에 따라 크게 좌우되므로,

저압주조 및 중력주조 대비 미세한 주방상태를 얻을 수 있는 차압주조를 통해 생산된 제품의 열처리를 위해서는 기존에 활용하던 열처리 조건의 실험적 검증 혹은 최적의 물성을 얻기 위한 새로운 열처리 조건의 도출이 필요하다. 본 연구에서는 차압주조된 A356합금의 T5 열처리 (자연냉각 후 인공시효) 조건에 따른 미세조직과 기계적 성질변화를 실험적으로 확인하고 상기 합금에 대한 최적 열처리 조건을 도출하고자 하였다. T5 열처리는 150~190°C 의 온도범위 및 6~9시간의 열처리 범위에서 수행되었으며, 이후 인장시험을 통해 기계적 성질을 확인하였다. 열처리 조건에 따른 미세조직 변화를 확인하기 위해서 광학 현미경 (OM) 및 전계주사 전자현미경 (FE-SEM) 분석을 실시하고 열처리에 따른 공정 Si 상의 변화, Intermetallics의 생성, Al 기지상 조성변화 등을 분석하였다. 이렇게 얻어진 열처리 조건별 실험데이터를 기반으로 A356 합금의 기계적 성질과 미세조직간의 상관관계에 대해서 고찰하였다. 또한 확인된 미세조직 변화를 수학적으로 모사하고 이를 기반으로 항복강도를 예측하는 모델을 개발하였다. 모델 계산결과와 측정된 항복강도 데이터간 비교를 통해 모델 파라미터를 도출하였으며, 개발된 모델을 활용하여 원하는 항복강도를 얻기 위한 최적 열처리 조건을 예측하였다.

형상기억합금 심포지엄
Room 300, 4월 25일

[형상1-1 | 14:55]
TiNi 합금의 R상변태 온도에 미치는열처리의 영향: 김재일; *동아대학교*
Keywords: shape memory alloy, Ti-Ni, R-phase, Ni content, Ti3Ni4 precipitates
Ti-Ni합금은 우수한 형상기억특성으로 인해 Actuator재료 및 의료분야 등에서 많이 응용되고 있다. 이러한 Ti-Ni합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성은 B2↔B19'의 마르텐사이트 변태 및 B2↔R상 마르텐사이트 변태에 기인한 것이다. 전자의 마르텐사이트 변태는 우수한 변태변형량(7~8%)을 가지지만 변태온도 히스테리시스가 높아서 열 응답성이 작은 것이 단점으로 지적되고 있다. 한편, 후자의 R상 마르텐사이트 변태는 변태변형량이 1% 미만으로 작지만, 전자의 마르텐사이트 변태보다 훨씬 낮은 온도 히스테리시스(3-5K)를 가지므로 열 응답성이 높다. 이러한 R상 변태는 이러한 특성으로 인해 Sensor 및 Actuator의 재료로서 주목받고 있다. 하지만 R상 변태를 Sensor 및 Actuator의 재료로 응용하기 위해서는 변태온도의 제어가 중요하다. R상 변태온도는 전위, Ti3Ni4 석출물 및 Matrix의 Ni 농도에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 전위, 석출물 및 Matrix의 Ni농도가 R상 변태온도에 미치는 영향에 대해서 체계적으로 조사하였다. Ti-Xat.%Ni(X=50.0~50.85)조성의 합금을 냉간가공률 10~37%로 압연하였다. 압연된 시편은 573K~1073K범위에서 3.6ks동안 어닐링 한 후 열싸이클 시험을 수행하였다. 또한 1073K에서 3.6ks의 용체화 처리 후 473K~773K에서 10분~700일 동안 시효처리를 시행하였다. 각 조성의 용체화 처리재는 10,000번의 열싸이클 수행하였고 각각의 시편은 DSC를 통해 변태온도를 측정하였다.

[형상1-2 | 13:45]
Fe-Ni-Co-Al-Ti-B 다결정합금의 초탄성효과: 이도엽[1], Toshihiro Omori[2], Ryosuke Kainuma[2]; [1]*(재)포항산업과학연구원.* [2]*Tohoku University.*
Keywords: Fe-based shape memory alloys, Superelasticity
현재까지 Ni-Ti 합금이 형상기억합금의 대명사로서 그 우수한 형상기억/초탄성 효과 및 내부식성, 피로특성 등의 장점으로 인해 실용제품의 대부분을 차지하고 있다. 하지만 Ni-Ti 합금은 금속간화합물이기 때문에 냉간 가공이 어려우며, 원료가 고가라는 점이 형상기억합금의 실적용 및 활용의 큰 장벽으로 작용하고 있다. 하지만 최근, Fe기 형상기억합금인 Fe-Ni-Co-Al-X-B (X=Ta, Ti, Nb) 및 Fe-Mn-Al-Ni 합금에서 지금껏 얻어지지 않았던 초탄성효과가 얻어지게 되었으며, 특히 Fe-Ni-Co-Al-X-B 합금에서는 최대 13.5%의 초탄성효과가 얻어져 큰 화제가 되기도 했다. 본 발표에서는 이 합금계에 대한 소개와 더불어 최근 연구 결과에 대해 발표하고자 한다.

[형상1-3 | 14:00]
(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 가공성 및 미세구조: 김성철, 남태현; *경상대학교*
Keywords: Ti-Ni-Hf-Nb, High Temperature Shape memory alloy, Workability, Martensite transformation, Nb-rich phase
본 연구에서는 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb (x=0, 1.5, 3, 4.5, 6) 합금의 미세구조와 가공성을 조사하기 위해 주사전자현미경, X선회절시험, 시차주사열분석, 인장시험을 실시하였다. 미세구조 관찰 결과 Nb이 첨가되지 않은 합금에서는 B19' 마르텐사이트 기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$ 상이 관찰되었다. Nb이 첨가 되었을 때 Nb함량이 4.5 at.% 보다 적은 경우 B19′ 마르텐사이트 기지, $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$ 상 그리고 Nb-rich 상을 관찰 할 수 있었다. 또 Nb함량이 4.5 at.% 보다 많은 경우 B19′ 마르텐사이트 기지, $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$, Nb-rich 상 그리고 Hf-rich 상이 관찰되었다. Nb함량이 증가할수록 brittle한 $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$ 상의 상분율은 감소하고 ductile한 Nb-rich 상의 상분율은 증가하였다. 상온에서 실시한 파단인장시험의 경우 합금의 파단변형률은 Nb함량이 증가함에 따라 4.0 %에서 18.2 %로 증가하였고 이는 Nb-rich 상으로 인한 것으로 생각된다. 용체화처리 한 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 합금은 B2→B19' 1단계 상변태 하였고 마르텐사이트 변태개시온도의 경우 Nb함량이 0 at.% 에서 6 at.%로 증가함에 따라 204.4°C에서 -61.2°C로 감소하였다. 또 용체화처리를 한 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 합금은 A_f 이상의 온도에서 부분적인 초탄성회복이 나타났으며, 가공열처리를 한 Ti-Ni-Hf-Nb 합금의 경우 용체화처리를 한 Ti-Ni-Hf-Nb 합금보다 더욱 높은 초탄성회복률이 나타났다.

[형상1-4 | 14:15]
Effect of porosity on mechanical properties of Ti-Ni-Mo biomedical alloys: 김연욱; *계명대학교*
Keywords: Porous materials, Shape-memory alloys, Martensitic transformation, Superelastisity, Elastic modulus
Porous shape memory alloys have attracted great interest as low-weight materials with high energy dissipation properties. In the biomedical field, owing to their biocompatibility and their promise to exhibit high strength and low modulus, porous Ti-Ni alloys have been tested as bone implant materials, successfully exhibiting a significant amount of bone ingrowth. In order to use the excellent superelastic property of shape memory alloys in many medical applications, the austenite transformation finish temperature (A_f) must be less than 37°C which is human body temperature. In this study, the transformation temperature could be controlled by substitution of Mo for Ni in Ti-Ni alloy. For the fabrication of bulk near-net-shape shape memory alloys and porous metallic biomaterials, Ti-Ni-Mo shape memory alloy fibers were prepared by a melt overflow and cylindrical billets with 75% porosity were produced by a vacuum sintering technology. The transformation temperatures and microstructures of those powders were investigated as a function of powder size. The

dependence of powder size on martensitic transformation temperature is also very small in the powders ranging from 25 to 150 μm. The phase transformation temperatures of the porous specimens are 10°C. According to compressive tests, the porous specimens exhibit shape memory effect, and it is found that recovered stains of porous is 2.7 %.

[형상1-5 | 14:30]

수소화탈수소화 공정을 이용한 Ti-Zr계 합금 분말 제조공정 연구: 최미선, 강희수; *포항산업과학연구원.*

Keywords: 생체재료, 티타늄합금, 초탄성합금, 3D프린팅, 구형분말

현재 의료용 금속재료로 사용되고 있는 Ti-6Al-4V, Co-Cr, stainless 등 금속재료는 자연뼈와 생물학적 적합성은 우수하지만 기계적 적합성이 매우 취약하다. 이는 자연뼈가 일반 금속재료와 달리 외부하중에 대해서 비선형 초탄성 변형거동을 나타내기 때문이다. 따라서 초탄성 변형거동을 갖는 의료용 합금 개발이 요구된다. 또한, 3D 프린팅 기술을 이용한 의료용 부품 제조는 환자 맞춤형 인공구조물 제작이 가능하기 때문에 고부가가치 미래형 융복합 산업으로 주목 받고 있지만, 생체 적합소재의 금속분말 제조 기술의 고순도화, 구형화 등 기술적 난이도로 인해 비싼 제조단가로 보편화에 제약이 따르고 있다. 따라서 본 과제에서는 수소화탈수소화 공정을 이용하여 Ti-Zr계 초탄성 합금 분말 제조 공정을 조사하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다. Arc 용해를 이용하여 약 300g의 합금 잉곳을 제조하였으며, 편석 방지를 위해 3회 반복 용해하였다. 잉곳 조분쇄를 위해 630°C, 950mb에서 2시간 수소화 처리하였으며, 그 결과 Ti_2ZrH_4 및 ZrH_2 상이 관찰되었다. 반응표면법 2요인 3수준 설계를 통하여 최적 미분쇄 조건을 도출하였으며, 도출 조건을 이용하여 미분쇄 후 평균입도(D_{50}) 62.7 μm, 회수율 67% 각형 분말을 제조하였다. 탈수소화 후 분말은 TiZr 단일상을 형성하였으며, 산소농도는 3,300ppm이었다.

[형상2-1 | 15:10]

Superelastic properties of Ti-based alloy fibers fabricated by melt overflow: LI SHUANGLEI[1], Yeon-wook Kim[2], Tae-hyun Nam[1]; [1]*Gyeongsang National University.* [2]*Keimyung University.*

Keywords: Ti-based shape memory alloys, Biomaterials, Rapid solidification, Superelasticity.

Ti-18Zr-12.5Nb-2Sn (at.%) alloy fibers were fabricated by the rapid solidification method. X-ray diffraction analysis showed that the as-spun alloy fibers were composed of β phase at room temperature. Scanning electron microscopy analysis revealed that the as-spun alloy fiber exhibited a fine-grained β microstructure with a grain size of approximately 1~5 μm. Tensile tests carried out by a dynamic mechanical analyzer showed the as-spun alloy fibers exhibited superelastic behavior in the temperature range of 238 and 318 K. The martensitic transformation start temperature of the as-spun alloy fiber was approximately 180 K, and a large recovery strain of 4.5% was observed for 5% pre-strain at room temperature. The as-spun alloy fiber exhibited a combination of excellent superelasticity and high tensile strength when compared to the conventional solution-treated alloy bulk. The critical stress for slip deformation of the as-spun alloy fiber was higher than that of the solution-treated alloy bulk, which is attributed to the fine-grained structure of the former. The effect of cyclic deformation on superelasticity was also investigated, and a stable superelstic behavior with a narrow stress hysteresis of 35 MPa was observed in the as-spun alloy fiber at room temperature.

[형상2-2 | 15:25]

생체용 Ti-Nb-Zr-Sn 합금의 형상기억특성: 김진용[1], 마봉건[2], 김재일[3]; [1]*동아대학교 공과대학 신소재공학과 첨단재료실험실.* [2]*(주)현테크.* [3]*동아대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: 형상기억합금, 베타형 Ti-based합금, 초탄성, Ti-Nb-Zr-Sn

Ti-Ni계 형상기억합금은 우수한 형상기억특성 및 생체적합성, 부식저항성을 가지고 있기 때문에 생체용 합금으로 응용되고 있다. 그러나 최근 Ti-Ni계 형상기억합금에서 Ni이 신체에 심각한 알레르기를 유발한다는 연구결과가 보고됨에 따라 Ni-Free형상기억합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Ni-Free 합금계에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 최근 Ti-based합금은 우수한 냉간가공성, 낮은 탄성계수, 안정된 초탄성 특성을 나타내어 생체재료로 활용가능성이 높은 것으로 주목받고 있다. 특히 Ti-Nb-Zr 합금에서 우수한 형상기억특성을 가지지만 Ti-Ni계 합금에는 미치지 못하는 낮은 변태변형률이 단점으로 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 변태변형률을 향상시키기 위해 Sn을 첨가하여 Ti-Nb-Zr-Sn 합금의 형상기억특성을 조사하였다. Ti-Nb-Zr-Sn을 Vacuum Arc Melting을 이용하여 합금원소의 편석을 방지하기 위해 8회 뒤집어가며 Ingot을 용해하였다. 제작한 Ingot을 실온에서 최종 냉간가공율 98%로 압연하여 0.2 mm의 판재를 제작하였다. 시편을 900°C에서 1.8ks동안 열처리 한 후 퀜칭하였고 인장 시험기를 이용하여 파단시험, 응력증가시험 및 다양한 온도에서 인장시험을 수행하였다. 또한 각 조성의 결정구조 해석을 위해 XRD측정을 수행하였다.

[형상2-3 | 15:40]

생체용 Ti-Zr-Nb-Sn-O 합금의 형상기억특성: 박정빈[1], 마봉건[2], 김재일[3]; [1]*동아대학교 공과대학 신소재공학과 첨단소재실험실.* [2]*(주)현테크.* [3]*동아대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: shape memory alloy, 형상기억합금, 베타형 Ti-based합금, 초탄성, Ti-Zr-Nb-Sn-O, 생체재료

최근 Ti-Nb-Zr계 합금은 우수한 형상기억특성 및 낮은 탄성계수, 탁월한 냉간가공성을 가지는 생체재료로 많은 관심을 받아왔다. 그러나 Ti-Nb-Zr 3원계 합금은 우수한 형상기억특성을 가지지만 Ti-Ni계 합금과 비교하여 낮은 인장강도 및 슬립임계응력, 초탄성변형률을 보이고 있다. 최근 연구에서는 Sn을 첨가한 Ti-Nb-Zr-Sn계 합금에서 양호한 변태 변형률이 얻어졌다고 보고되었다. 또한 변형에 대한 슬립임계응력 증가가 초탄성 특성을 향상시키는 방법이 알려져 있다. 그러므로 본 연구에서는 Ti-Nb-Zr-Sn-O 합금의 슬

립임계응력 향상을 위해 침입형 원소이며 α안정화 원소인 산소를 첨가하여 Ti-Nb-Zr-Sn-O 합금에서 형상기억특성을 조사하였다. 또한 산소 첨가는 1at%당 변태온도를 160K 저하 시키므로 변태온도를 체온 이하로 유지시키기 위해 첨가 원소를 조절하여 새로운 합금을 설계하여 연구를 수행하였다. Ti-Zr-Nb-Sn-O합금을 Vacuum Arc Melting을 이용해 합금을 용해하여 Ingot을 제작하여 97% 냉간압연을 하였다. 각 시편을1173K에서 1.8Ks동안 용체화처리 후 퀜칭 하였고 합금의 기계적 특성, 변태온도, 형상기억특성을 평가하기 위하여 인장시험을 수행하였다. 또한 각 조성의 결정구조 해석을 위한 XRD측정, 시료의 변태온도 측정을 위한 시차주사열분석시험(DSC), 정확한 산소 조성분석을 위한 화학분석을 실시하였다.

[형상2-4 | 13:30]

혈관계 스텐트용 NiTi합금 튜브의 나노결정립화 및 특성평가: 염종택[1], 박찬희[1], 이상원[1], 김재호[1], 신기승[1], 최성우[1], 홍재근[1], 박지태[2], 안순태[2]
; [1] *재료연구소(KIMS).* [2] *삼화스틸 주식회사.*

Keywords: NiTi alloy, Fine tube, Nano structured grain, Vascular stent

NiTi합금은 우수한 초탄성 및 형상기억특성을 가지고 있어 생체의료용 비혈관 및 혈관계 스텐트, 카텐터, 수술용 고급바늘 등에 활용되고 있다. 다만, 혈관계 스텐트의 경우 우수한 초탄성특성에도 불구하고, NiTi합금은 CoCr합금에 비해 낮은 피로특성으로 인하여 전체 혈관계 스텐트의 약 10%-20%정도만이 활용되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 NiTi합금이 가지는 낮은 피로특성을 극복하기 위하여 미세튜브 제조시 나노결정립화를 통해 강도를 증가시키고자 하였다. 이때 나노결정립화 방법중에서 실제 적용이 어려운 강소성 가공법을 배제하고, 일반 인발공정설비와 NiTi합금의 상변태 거동을 활용한 가공열처리 공정에 의해 나노결정립을 가지는 NiTi합금 튜브를 제조하는데 성공하였다. 또한, 연속인발공정이 가능한 소프트 멘드렐법을 활용한 NiTi합금 튜브 인발공정을 설계하였고, 나노결정립화를 위한 가공열처리 공정을 최적화하였다. 나노결정립을 가지는 NiTi합금 튜브에 대한 인장시험, 피로시험, DSC분석, 초탄성특성 평가가 수행되었고, 기존 상용 NiTi합금 튜브와 비교분석하여 본 연구개발에서 얻어진 나노결정립을 가지는 NiTi합금 튜브의 우수성을 입증하고자 하였다.

비철금속I
Room 301, 4월 25일

[비철2-1 | 10:30]

고온 공초점레이저주사현미경 실험을 통한 불화물계 용융염 내 MgO의 용해 거동 평가: 이유민[1], 양재교[2], 민동준[3], 박주현[1]; [1] *한양대학교.* [2] *고등기술연구원.* [3] *연세대학교.*

Keywords: Solid oxide membrane (SOM) process, Magnesium, Molten salt, MgO dissolution, high temperature confocal scanning laser microscope (HT-CSLM)

고체 산화물 멤브레인 (Solid Oxide Membrane, SOM) 기반 제련공정은 전기화학 반응을 이용하여 금속 산화물로부터 목적 금속을 추출하는 기술로서, 최근 마그네슘, 알루미늄, 타이타늄 등의 희소금속 제련에 적용되고 있다. 일반적으로, SOM 공정에는 비교적 융점이 낮고 이온화 경향이 큰 불화물계 용융염이 사용되며, 특히 마그네슘 제련을 위한 SOM 공정에서는 $45MgF_2$-$55CaF_2$ 공정 조성의 용융염이 주로 사용된다. 하지만, 마그네슘 제련의 주요 원료 물질인 MgO의 용융염 내 용해 거동은 전체 공정 속도에 영향을 주는 주요 인자임에도 불구하고, 불화물계 용융염 내 MgO의 용해 거동에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다. 따라서, 본 연구에서는 고온 공초점레이저주사현미경(HT-CSLM)을 이용함으로써 용융염 내 MgO 입자의 용해거동을 실시간 관찰하여 반응 메커니즘을 규명하고, 이에 미치는 불화물계 용융염의 물리화학적 특성에 대하여 고찰하였다. 그 결과, MgO 입자 주변 확산경계층 내 물질전달이 전체 반응속도를 결정하는 율속 단계임을 규명하였다.

[비철2-2 | 10:45]

A thermodynamic study on the reduction behavior of nickel oxide powder: 이동수, 민동준; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: nickel powder, reduction mechanism, hydrogen reduction, particle size, thermogravimetric analysis

금속 니켈 분말은 에너지, 전자 기기 및 우주 항공에 응용되는 고 부가가치 소재로 $NiCl_2$의 기상 환원법으로 제조 된 것으로 알려져 있다. 이러한 기체 환원법의 경우 니켈 분말의 응집에 의한 크기 조절이 어렵다. 따라서, $Ni(OH)_2$ 분말을 이용한 고가의 니켈 나노 분말의 제조 방법이 제안되고 주목 받고있다. 벌크 니켈 산화물(NiO)의 환원 거동을 고려하면 topo-chemical model을 따르는 것으로 보고되었다. 그러나 분말 입도의 감소에 따른 환원 메커니즘은 규명이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 topo-chemical model을 따르는 것으로 보고된 기존 니켈 산화물(NiO)의 입도의 감소에 따른 환원 거동에 대한 온도, 수소 의존성을 확인하였다. 또한 니켈 산화물(NiO) 분말의 환원 메커니즘에 대한 grain-topo-chemical model을 이용한 속도론적 고찰을 진행하였다. 벌크 니켈 산화물(NiO)의 환원 반응은 2D diffusion model을 거치며, 입도 감소에 따라 Avrami's model, 0th reaction model을 따르며 환원이 진행되는 것을 확인하였다. kapp=[kICR·f(pH2,pH2O)·fparticle size]

[비철2-3 | 11:00]

온도 변화 및 플럭스 첨가에 따른 일메나이트의 탄소환원 거동: 김동현[1], 허정호[1], 박현식[2], 김민석[2], 박주현[1]; [1] *한양대학교.* [2] *한국지질자원연구소 (KIGAM).*

Keywords: Ilmenite, Smelting reduction, TiO2-slag, Computational thermodynamics, Pseudobrookite

천연 루타일(rutile)은 매장량에 한계가 있기 때문에, 매장량이 풍부한 일메나이트(ilmenite) 광석이 중요한 Ti 원료로서 각광받고 있다. 그러나 일메나이트는 루타일에 비해 TiO_2 순도가 낮으므로, Ti 실수율을 확보하기 위해서는 ilmenite smelting process를 통해 슬래그 내 TiO_2를 농축시킬 필요가 있다. 이 공정에서 TiO_2-rich 슬래그를 효율적으로 생성하기 위해서는 철(Fe) 성분의 화학적 분리가 매우 중요함에도 불구하고, 일메나이트 내 철 성분의 화학적 분리에 대한 물리화학적 고찰은 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 열역학 소프트웨어인 FactSage^{TM}7.0을 활용한 평형계산과 함께 고주파 유도로를 이용한 고온용융환원 실험을 실시하였다. 이를 바탕으로 고온, 환원성 분위기에서 온도 변화 및 플럭스 첨가에 따른 일메나이트 용융환원 거동에 관해 고찰하였다. 실험에 앞서 FactSage^{TM}7.0를 이용한 열역학적 계산을 바탕으로 실험조건을 설정하였다. 1550-1650°C 온도에서 SiO_2 및 Na_2O를 각각 9wt%까지 첨가하며 실험을 진행하였고, 이 때 60분간 일어나는 경시변화를 관찰하기 위해 일정시간 간격으로 슬래그 시료를 채취하였다. 실험 후 슬래그의 조성과 상 변화를 살펴보기 위해 XRF, XRD 그리고 SEM 분석을 각각 실시하였다. 실험 결과, 고융점을 갖는 pseudobrookite ($[Fe,Mg]_xTi_yO_5$, x+y=3) 상이 석출되어 슬래그 내 Fe 잔류농도는 온도에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. SiO_2 플럭스 첨가 시에는 슬래그 내 MgO의 활동도가 감소하지만, 점도가 상승함으로써 환원반응이 더디게 진행되었다. 반면, Na_2O 플럭스는 슬래그 내 FeO의 활동도를 증가시켜 환원 반응의 열역학적 구동력이 증가함과 동시에 점도를 감소시킴으로써 Ti-rich 슬래그 생성에 유리한 것으로 확인되었다.

[비철2-4 | 11:15]

Recycling of waste lithium ion batteries through high temperature pyrometallurgy: OhSung Kwon, Il Sohn; *Yonsei University.*

Keywords: Recycling; LIBs; Pyrometallurgy; Reduction;Urban mining

Lithium cobalt oxide ($LiCoO_2$) is a widely used cathode material commercialized in mobile electronics using LIBs (lithium ion batteries) such as smart phones, electric vehicles, and computers. The short life span of portable equipments have culminated in an urban mining industry utilizing waste LIBs to solve the problem of global resource exhaustion and environmental pollution. To meet the

potential demand of LIBs, valuable metals like Co and Li from waste LIBs require recycling. Several methods of LIB recycling have been developed in hydrometallurgy and pyrometallurgy. However, recycling through hydrometallurgy ultimately results in additional hazardous wastes that require supplemental facilities that drastically lowers the economics. In this study, fundamental studies on a novel approach using a high temperature pyrometallurgy process for cathode materials is introduced by incorporating the reduction reaction with carbon anode (C) and Al comprising the LIBs. From the TGA (thermos-gravimetric analysis) and subsequent SEM-EDS (scanning eletron microscope-energy dispersive spectroscopy) and XRD (x-ray diffraction), the main reaction mechanism of the recycling process is detailed.

[비철2-5 | 11:30]

불용성 양극을 이용한 아연 전해회수에 공정 변수의 영향 연구: 김동현, 김선정; *울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Zinc, Sulfuric acid, Insoluble anode, Electrowinning, Current efficiency

아연은 24번째로 지각에 많이 포함되어 있는 원소로 매년 약 1200만 톤의 아연 금속이 생산되고 있으며, 철, 알루미늄, 구리 다음으로 많이 사용되는 금속이다. 아연의 반 이상은 부식을 방지하기 위해 철이나 강철 표면에 코팅 용도로 쓰이고 있다. 아연은 내식성이 좋고 녹는점이 420°C로 상당히 낮아 주물 제작에 주로 이용된다. 이러한 아연은 습식의 전해회수 과정을 이용하여 알루미늄 환원전극과 납-은 합금 산화전극을 사용하여 기존에 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 황산아연을 이용하여 아연 수용액을 제조하여 전해회수에 이용하여 왔다. 현재 사용되는 전해회수 환경보다 전류효율을 높이고 원가를 절감할 수 있는 전해회수 환경을 만들어 주기 위해 기존과는 달리 산화아연을 전해질로 사용하였다. 아연제련산업과 동일하게 알루미늄판을 환원전극으로 이용하였으며, 전극의 재사용률을 높이기 위해 이리듐-탄탈륨 산화물 촉매층을 지닌 불용성 전극을 산화전극으로 사용하였다. 기준전극으로는 Ag/AgCl 전극을 사용하였다. 순환전압전류법을 이용하여 아연의 전해 산화/환원거동을 확인하였으며, 전해환원 전류밀도를 변수로 설정하여 아연의 전해회수 거동을 연구하였다. 산화아연 속의 아연의 함량과 황산의 농도를 조절하여 각 농도조건 별 아연 전해환원의 전류효율과 전력량을 비교 연구하였다.

[비철2-6 | 11:45]

Anodic Behavior due to the Difference of Zr Concentration in CuZr during Electrorefining using Ba2ZrF8-LiF Electrolyte: 이성훈[1], 이영준[2], 유병욱[1], 이종현[1]; *[1]충남대학교. [2]급속응고신소재연구소(RASOM).*

Keywords: Zr recovery; Ba_2ZrF_8; Hf-free electrolyte

In the production of Zirconium cladding tube, pickling acid solution is used to remove surface contaminants. Tons of waste pickling acid are generated during this process. Waste pickling solution also remained Hf free Zr source. Studies have been performed to utilize Hf free Zr source. The result showed that Ba_2ZrF_8 precipitates was made from wasted pickling acid. In the past work, electrorefining was performed in Ba_2ZrF_8-LiF electrolyte to recover Zr from the Hf free CuZr ingot made by electroreduction as an anode. In this work, the dissolution behavior of Zr in the CuZr anode was investigated by Zr concentration and time during electrorefining. The anode used in electrorefining was CuZr containing 10 wt% and 20 wt% Zr. Process times was 10hour and 20hour. After electrorefining anode was analyzed by SEM, EDS to check Zirconium dissolved length.

[비철2-7 | 12:00]

염수에서 Mg(OH)2의 결정화 추출 연구: 정지수[1], 김영서[2], 정인호[1]; *[1]서울대학교. [2]McGill University.*

Keywords: Crystallization, Precipitation, Magnesium hydroxide, morphology

염수에는 MgCl2, CaCl2, NaCl, LiCl 등이 녹아있다. 최근 염수로부터 고순도의 Li를 추출하기 위해 다른 불순물들을 먼저 선택적으로 제거하는 습식 기술이 개발되고 있다. 특히 염수 중 Mg은 높은 pH에서 $Mg(OH)_2$의 형태로 제거되는데, 제거하는 방법에 따라서 결정모양이 달라진다. 본 연구에서는 Mg(OH)2의 효율적인 제거를 위해서 결정화 거동을 연구하였는데, 그 중 특히 상온에서 염수 중 Mg^{2+} 와 OH^- 이온의 농도 변화에 따른 Mg(OH)2의 Homogeneous/Heterogeneous 결정화 거동에 대한 연구를 수행하였다.

철강Ⅲ
Room 301, 4월 25일

[[철강10-1 | 13:30

Mo 무첨가 lean duplex stainless Steel의 시효에 따른 상변태 및 인장 특성: 신익수[1], 정기채[1], 최점용[2], 박경태[1]; *[1] 한밭대학교 신소재공학과. [2] 중국 장강 POSCO 스테인레스 유한회사.*

Keywords: 스테인레스강, 시효, 상변태, 인장특성, 미세조직

lean duplex STS는 고합금으로서 시효 처리에 따라 다양한 제 2상들이 석출된다. 그 중 σ상은 Cr과 Mo이 많이 함유된 금속간 화합물로서 기계적 성질에 악영향을 미친다. 이에 따라 본 연구에서는 σ상 석출을 억제하기 위해 Mo 무첨가 lean duplex STS강을 제조하고 600-1000C 5분간 시효 시 석출 거동과 이에 따른 상변태 및 기계적 거동 변화를 조사하였다. 모든 시효 조건에서 시효 초기부터 상 경계 주위에 Cr_2N이 석출되었으나, σ상은 석출되지 않았다. Cr_2N 석출에 따라 상경계 부근 austenite에 Cr, N 희석대가 생성되었으며, 이에 따라 austenite 안정성이 낮아져 급냉 시 martensite로 변태가 일어났다. 시효 온도 증가에 따라 Cr_2N석출이 증가하였으며, 이에 따라 급냉 후 martensite 분율도 austenite를 잠식하며 증가하였다. 이와 같은 상변태에 의해 인장 거동은 martensite 분율이 상대적으로 낮을 경우 austenite 의 TRIP에 의해 지배되나, martensite 분율이 높을 경우 dual phase 강과 유사한 특성을 나타내었다.

[철강10-2 | 13:45]

Role of carbide and martensite in ultra-high strength improvement of medium-Mn tempered-martensite-based lightweight steel: Sukjin Lee, Seok-Hyeon Kang, Jea-Hoon Nam, Sang-Min Lee, Young-Kook Lee; *Yonsei university.*

Keywords: High-strength, Lightweight steel, Martensite, Tempering, κ-carbide

The weight reduction of vehicles has become a key issue for the better environment and energy saving. This social demand made many researches focused on developing a new steel grade with both high strength and low density, which is so-called high strength lightweight steel. The lightweight steels commonly contain high Al concentrations above 5 wt. % and their microstructure is mixed with a matrix of δ-ferrite and/or γ-austenite and κ-carbide. However, up to date there is no report on the medium Mn lightweight steel with a matrix of α'-martensite. Recently, some of present authors have reported the precipitation of κ-carbide inside α'-martensite during tempering of a medium Mn lightweight steel. Accordingly, in the present study we investigated the microstructural evolution of a medium Mn lightweight steel as a function of tempering temperature and its effect on tensile properties to develop a new high strength medium Mn lightweight steel.

[철강10-3 | 14:00]

결정립의 형태와 오스테나이트 안정성에 따른 10Mn 강의 기계적 물성 변화: 김동회, 강지현, 김성준; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Medium Mn steel, Austenite stability, TRIP

3세대 AHSS의 후보로 거론되고 있는 중망간강은 오스테나이트 안정화원소인 망간의 양이 3-10 wt% 포함된 강으로 상온부터 약 700 ºC 구간 사이에 오스테나이트와 페라이트가 공존하는 2상 영역이 존재한다. 2상 영역 온도에 따라 변하는 오스테나이트의 조성과 분율의 차이로 인하여 인장 물성이 다양하게 변하고, 이를 활용한 연구가 폭 넓게 진행되고 있다. 본 연구에서는 냉연 10Mn 강을 등축형과 라멜라형 두 가지 결정립 형태의 페라이트+오스테나이트 구조를 제조하고 인장 물성의 차이를 확인하였다. 냉연 후 변형된 마르텐사이트 조직을 이상 영역 열처리하여 등축형 결정립을 만들고, 라멜라형의 결정립은 오스테나이트 단상 영역 열처리를 선행하여 생성된 래스 마르텐사이트 조직을 이상 영역 열처리하여 생성하였다. 인장 물성의 경우 두 결정립 형태 모두 이상 영역 열처리 온도가 높아짐에 따라 낮은 항복강도와 높은 가공경화율을 가진다. 그러나 등축형 결정립에서는 불연속항복과 항복점 연신을 보이고, 라멜라형 결정립에서는 연속항복 거동을 보였다. 이러한 차이를 규명하기 위하여 잔류오스테나이트 분율, 미세구조, local misorientation, XRD를 통한 전위밀도 등을 분석하고 고찰하였다.

[철강10-4 | 14:15]

중성자 흡수재로 사용가능한 Boride-stainless steel의 미세조직 및 기계적 특성 비교: 정승록, 정현도, 이상욱, 문병문; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*

Keywords: Boride-stainless steel, B, Gd, Austenite Stainless steel, hot rolling, heat treatment

원자력 발전의 기본이 되는 핵연료는 전 세계적으로 사용되어 온 유용한 자원이며 원자력 발전 후 남은 사용 후 핵연료의 안전한 처리 방법은 현재까지 지속적으로 연구되어왔다. 사용 후 핵연료에서 발생하는 중성자에너지 차폐 재료로는 Boron을 이용한 Boride stainless과 Ni-alloy 등이 ASTM에 등재되어 사용 중에 있다. 하지만 Boron의 경우 첨가량이 증가함에 따라 열간가공성의 저하가 나타나며, Austenite Stainless steel 또한 내식성은 우수하나 기계적 강도가 취약한 단점이 있다. 그렇기 때문에 기계적 강도가 Boride stainless steel 보다 우수한 신 합금 설계가 필요하며 중성자 흡수 재료로서 열간 가공성을 저하시키는 Boron의 함량을 줄이고 중성자 흡수능을 보완하기 위해 Gadolinium을 첨가한 합금을 연구 하였다. 신 합금의 설계는 내식성과 기계적 강도가 좋은 Duplex stainless steel의 기본 조성을 변형하여 Austenite stainless steel에 가까운 강종 2종을 설계하였으며, 본 연구에서는 진공용

해(VIM)장비를 이용하여 신 합금에 Gd와 B을 각각 0.5 wt%, 0.7 wt%를 첨가 하였다. Spectro 와 Gas analysis, ICP를 이용하여 원소분석을 하였으며 열처리 전, 후의 시편을 이용하여 X-ray diffraction으로 이차 상을 확인하였다. Fe-SEM 분석을 통해 Gd 및 B의 분포 특성 및 금속간 화합물의 형성, 그리고 Ferrite와 Austenite의 구조를 분석하였다. Ferrite와 Austenite의 함량 변화를 알아보기 위해 Ferrite Scope를 사용하여 열처리 전/후 Ferrite함량을 측정하였다. Gd의 첨가로 인한 열간 가공성을 살펴보기 위해 공시재를 열간압연 하였다. 상분율 제어를 위해 1050°C에서 용체화 열처리를 하고 기계적 특성의 변화를 살펴보기 위해 인장강도, 항복강도, 연신율 및 충격테스트를 하여 Alloys의 비교를 하였다. 인장강도와 항복강도, 그리고 연신율은 ASTM-A370을 이용하여 측정을 하였으며, 충격테스트는 KS-0809 샤르피 충격테스트를 상온에서 측정을 하였다.

[철강10-5 | 14:30]

고합금 공구강의 열역학 평형온도 계산을 통한 최적 오스테나이트화 처리 온도 예측: 박동성[1], 전중환[2], 이민하[2], 손영일[3], 이석재[1]; *[1]전북대학교 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹. [3]국방과학연구소.*

Keywords: 고합금 공구강, 오스테나이트화 처리 온도, 최적화, 탄화물 석출, 평형온도

고합금 공구강은 높은 C 함량과 Cr, Mo, V, W 등의 합금 원소들로 이루어져있다. 높은 합금원소의 함량으로 인해 다양한 종류의 합금탄화물들이 석출되고, 이로 인해 높은 경도와 강도 및 우수한 내마모성의 특성을 가지고 있다. 하지만 높은 C 함량과 강력한 합금탄화물 형성원소들로 인하여 주조 중에 정출 탄화물이 형성되고, 열처리 공정 중 정출 탄화물은 조대하게 된다. 조대해진 탄화물들에서 응력 집중이 일어나고, 균열이 생기게 되어 파괴가 일어나 기계적 성질에 악영향을 미친다. 따라서 공구강의 기계적 특성을 향상시키기 위해 정출 탄화물을 최대한 억제시키고, 템퍼링 처리 동안 미세한 2차 탄화물 형성을 위한 합금 설계 연구가 많이 행해지고 있다. 하지만 공구강의 기계적 성질에 관한 오스테나이트화 처리 온도와 관련된 연구는 매우 적은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고합금 공구강의 기계적 성질에 영향을 미치는 최적 오스테나이트화 처리 온도에 대해 연구하였다. 이를 위해 상업용 공구강의 합금 조성과 오스테나이트화 처리 온도를 조사하였다. 조사된 합금 조성을 이용하여 상업용 공구강의 열역학적 평형 온도를 계산하였고, 평형 온도와 오스테나이트화 처리 온도와의 상관관계를 발견하였다. 이를 토대로 고합금 공구강의 우수한 기계적 성질을 얻기 위한 최적의 오스테나이트화 처리 온도를 예측하는 식을 제안하였고, 새롭게 개발된 공구강을 이용하여 예측된 식을 검증하였다.

[철강10-6 | 14:45]

Microstructure, Mechanical Properties and Deformation Mechanisms of Freeze-Casting Iron Foams: 엄태경[1], 박혜지[1], 홍기철[1], 강진수[2], 성영은[2], 최희만[1]; *[1]국민대학교신소재공학부신소재공정및평가실험실. [2]서울대학교.*

Keywords: Iron, cellular material, powder metallurgy, acoustic emission, deformation mechanisms

철(Iron, Fe) 기반의 다공성 소재는 저렴한 재료비, 합금 용이성, 우수한 기계적 성질, 우수한 열전도성 등 우수한 특성으로 인해 구조 및 기능성 소재로서 광범위한 적용 가능성에도 불구하고 이와 관련된 연구가 많이 진행되지 않은 상태입니다. 따라서 본 연구에서는 친환경적이고 비교적 공정 과정이 간단하고 비용이 저렴하여 경제적인 동결주조법 (Freeze-casting)을 이용하여 다공성 철 소재(Fe foam)을 제작하였습니다. 이 공정은 용매가 응고하면서 형성되는 덴드라이트를 기공으로 이용하기 때문에 용매의 성격에 따라 다양한 기공 크기, 형상의 복합 기공을 얻을 수 있다는 이점이 있습니다. 본 연구에서는 공정 변수인 용매 종류에 따른 미세구조의 변화를 관찰하고, 미세구조가 기계적 성질에 미치는 영향에 대해 평가하였습니다.

[철강10-7 | 15:00]

Superplasticity in a lean Fe-Mn-Al steel: Seok-Hyeon Kang[1], Jeongho Han[2], Seung-Joon Lee[3], Megumi Kawasaki[4], Han-Joo Lee[5], Dirk Ponge[6], Dierk Raabe[6], Young-Kook Lee[1]; *[1]Yonsei University. [2]Chungnam National University. [3]Osaka University. [4]Oregon State University. [5]University of Califonia San diego. [6]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.*

Keywords: Superplasticity, Medium manganese steel, Mechanical properties, High temperature tensile properties

Superplastic alloys exhibit extremely large ductility (> 300 %) without cracks when tensile-strained at temperatures above half of their melting point. Superplasticity, which resembles the flow behavior of honey, is caused by grain boundary sliding (GBS) in metal. The extreme ductility of superplastic alloys enables forming parts with nearly arbitrarily complex shapes. Until now, most studies on superplasticity were conducted on non-ferrous materials, such as Zn, Ni, Al and Ti alloys. Although these compounds revealed good superplastic behavior, they are not suited for mass production and high strength applications due to their high material costs (Ni and Ti alloys) and insufficient strength after superplastic forming (Zn and Al alloys). To overcome these limitations, iron-based superplastic alloys, such as duplex stainless steel (DSS) and ultrahigh carbon steel (UCS), were developed. Although showing promising superplasticity, these steels are not applied commercially due to their high alloying contents (Cr, Ni and Mo), high material costs and high required deformation temperature (> 800 °C) in the case of DSS and complicated fabrication process in the case of UCS, respectively. In present study, we propose a new compositionally lean superplastic medium Mn steel which resolves these limitations. The medium Mn steel is characterized by ultrafine grains, low alloying content, low material costs, simple fabrication, i.e. conventional hot and cold rolling, low deformation temperature (ca. 650 °C) and superior ductility above 1300 % at 850 °C.

[철강10-8 | 15:15]

핫스탬핑용 보론강에 미치는 고주파 유도 가열을 이용한 템퍼링 공정의 영향: 김안나, 임항준; *한국산업기술대학교.*

Keywords: 핫스탬핑, 보론강, 템퍼링

최근 자동차 산업에서는 연비 규제 및 충돌 규제의 강화로 인하여 차체 소재의 고강도화를 통한 경량화가 이루어지고 있는 추세이다. 그 중 핫스탬핑 공법은 기존 고강도강의 인장강도 및 성형성을 증가시키고자 개발되어 적용되고 있는 방법이다. 핫스탬핑 공법은 보론이 미량 첨가된 강판을 900ºC 이상의 고온으로 가열하여 오스테나이트 조직을 형성한 후, 금형을 이용하여 성형과 동시에 상온까지 급냉시켜 마르텐사이트 조직으로의 상변화를 유도한다. 이로 인해서, 원하는 형상으로의 성형이 가능하며 인장강도는 약 1.5GPa까지 증가한다. 하지만 핫스탬핑 공법 후 마르텐사이트 조직의 형성으로 연신율은 5% 수준까지 감소한다. 핫스탬핑 공법은 자동차 차체 중 충돌 특성이 요구되는 부품을 제조하는 데에 적용되나, 마르텐사이트 조직의 형성으로 인한 낮은 연신율과 인성으로 이후 템퍼링 공정이 요구된다. 템퍼링 공정은 핫스탬핑 공법 후의 소재를 150~650ºC 온도 영역으로 재가열하여 시멘타이트의 석출로 인장강도는 미비하게 감소하나 연신율, 인성을 증가시키는 방법이다. 현재는 템퍼링 공정의 시간 단축을 위하여 고주파 유도 가열을 이용한 급속 템퍼링 공정에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만 고주파 유도 가열을 이용한 템퍼링의 가열 속도 및 온도가 핫스탬핑용 보론강에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 핫스탬핑용 보론강에 고주파 유도 가열을 이용한 템퍼링의 가열 속도 및 온도가 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다. 실험에 사용된 시편은 핫스탬핑 공법이 적용된 두께 1.2 mm의 22MnB5 강판을 사용하였으며, 템퍼링의 가열 속도 및 온도를 변수로 하여 고주파 유도 가열을 이용한 템퍼링을 진행하였다. 템퍼링의 가열 속도 및 온도에 따른 미세조직 변화를 분석하고자 SEM 관찰과 EDS 성분 분석를 진행하였다. 또한 기계적 특성 평가를 위하여 경도 측정과 인장시험을 진행하여 분석하였다.

[철강11-1 | 15:40]

Effects of pre-deformation on edge cracks of non-oriented electrical steels during cold rolling: 최현서, 구양모: *포항공과대학교*

Keywords: high Si electrical steels, edge cracks, pre-deformation, dynamic recovery

Non-oriented (NO) electrical steel is an important soft magnetic material that is widely used in rotating machines. The addition of Si to electrical steels reduces eddy current loss by increasing the electrical resistivity. However, Si degrades the cold workability of steels. Edge cracks can initiate and propagate during cold rolling in high Si steel of more than 3.5 wt.%. Thus, it is essential to prohibit crack initiation of high Si steel for low core loss NO steels. Crack initiation was prohibited by a pre-deformation of 40% which involves a small reduction per pass of 5-10%. The mechanism of prohibiting crack initiation was investigated by the Vickers hardness test, the measurement of dislocation density with x-ray diffraction (XRD) and low angle grain boundary fraction with electron backscatter diffraction (EBSD). Hardening rate after a pre-deformation decreased as amount of pre-deformation increased. Full width at half maximum (FWHM) of {200} peaks showed dynamic recovery after a pre-deformation of 40%. This may be due to the increase of mobile dislocations and low angle grain boundary during the pre-deformation.

[철강11-2 | 15:55]

A study on the corrosion properties of lean duplex stainless steels in chloride containing synthetic tap water: 조상원[1], 안정훈[1], 김정구[1], 조재동[2], 이승환[2]; [1]*성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.* [2]*포스코.*

Keywords: Plate heat exchanger, Localized corrosion, Stress corrosion cracking, Lean duplex stainless steel, Tap water

열사용시설의 열교환기에는 다양한 형태의 열교환기가 적용되어 운용되고 있으며, 특히 단위 체적당 효율이 높은 판형 열교환기가 가장 많이 적용되고 있다. 판형 열교환기는 1차측 열원설비에서 생산한 열을 2차측 난방수로 전달하는 매개체 역할과 더불어 1차측 난방수와 2차측 난방수간의 혼입을 억제하는 칸막이 역할을 한다. 따라서 판형 열교환기가 파손될 경우 열교환 효율의 감소와 더불어 1차측 난방수와 2차측 난방수가 혼입되어 여러 문제들을 유발할 수 있다. 이러한 판형 열교환기의 파손은 대부분 2차측 난방수에 의해 발생하며, 주로 가스켓과 열교환기 사이의 틈부식이나 응력부식균열에 의한 균열, 핀홀 등에 의해 파손 된다. 현재 국내에서 사용중인 판형 열교환기는 대부분 오스테나이트계 스테인리스강이 적용되고 있다. 하지만 오스테나이트계 스테인리스강은 염소 이온에 의한 국부부식과 응력부식균열에 취약한 특징을 가지고 있다. 이에 따라 오스테나이트 스테인리스강을 대체할 수 있는 티타늄, 듀플렉스 스테인리스강 등에 대한 연구가 많이 진행되었으며, 해외에서는 이미 2205 듀플렉스 스테인리스강을 적용한 열교환기가 시중에 판매되고 있다. 그러나 듀플렉스 스테인리스강은 크롬, 몰리브덴 등 고가의 합금원소 함량이 높아 가격이 비교적 비싸기 때문에 주기적으로 교체해야하는 판형 열교환기 소재로 적용하기에는 가격적인 부담이 크다. 따라서 최근 해외에서는 고가의 합금원소인 니켈과 몰리브덴의 함량을 줄여 원가를 낮추고 적정한 내식성을 가진 린 듀플렉스 스테인리스강에 대한 연구가 활발히 진행되는데 반해, 국내에서는 린 듀플렉스 스테인리스강의 부식 특성 연구가 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지역난방용 판형 열교환기 작동 환경인 60ºC, 염소이온이 포함된 인공수돗물 환경에서 린 듀플렉스 스테인리스강의 부식 특성 분석을 통해 판형 열교환기 소재로써 린 듀플렉스 스테인리스강의 적용 가능성을 평가해 보고자 한다. 본 연구는 2017년 포스코의 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 대한 모든 권리는 포스코에 귀속된다.

[철강11-3 | 16:10]

3wt.% **염화칼슘 수용액에서 부식억제제의 종류 및 첨가량에 따른 철강의 부식 속도**: 박태준[1], 최영기[2], 장희진[3]; [1]*조선대학교대학원첨단소재공학과.* [2]*한국환경사업단.* [3]*조선대학교재료공학과.*

Keywords: deicing agents, corrosion, corrosion inhibitor, RSM(Response Surface Methodology), DOE(Design of Experiment technique)

염화물계 제설제는 부식성이 강하므로, 부식을 억제하기 위해 각종 억제제를 첨가 한다. 실험계획법의 한 유형인 반응표면분석법(RSM)을 적용하여 각 첨가제의 효과를 조사하였다. $NaNO_2$, $(NaPO_3)_6$, TEA, Sugar 및 urae를 첨가제로 사용하였다. 동전위 분극시험에 의해 철강의 부식 속도를 측정한 결과로부터 부식율에 대한 통계적 모델을 얻었고, 각 첨가제의 주 효과와 첨가제 간의 상

호 작용을 정량적으로 분석했다.

[철강11-4 | 16:25]

Enhanced resistance of H embrittlement in TWIP steel by partial recrystallization technique: Tak Min Park[1], Min Tae Kim[1], Motomichi Koyama[2], Kyeong-Ho Baik[1], Jeongho Han[1]; [1]*Chungnam National University.* [2]*Kyushu University.*

Keywords: high Mn steel, hydrogen embrittlement, partial recrystallization, twinning-induced plasticity

Fe-Mn-C twinning-induced plasticity (TWIP) steels have received the significant attention of automotive industry due to their excellent combination of tensile strength (> 800 MPa) and ductility (> 60%) stemmed from high strain hardening rate. The high strain hardening rate of the steel could be explained by dynamic Hall-Petch effect; during deformation the formation of mechanical twin in austenite matrix reduces the effective grain size. In general, mechanical twin was known to occur with having stacking fault energy (SFE) at 20~40 mJ/m^2. Despite outstanding strength-ductility combination, however, some strong weakness limits the application of the steel to automotive parts. For example, TWIP steel the relatively low yield strength (~350 MPa) compared to the other advanced high-strength steels. For YS improvement, the addition of alloying elements for solution or precipitate hardening is suggested, but it increases the materials cost. Thus, some researcher used partial recrystallization technique to reduce consumption. The other weakness is the H embrittlement (HE) due to a weakness of high strength of over ~ 1 GPa to HE. The diffusible H segregates to intersections of twin-twin and twin-grain boundaries, resulting in H-induced cracks and premature fracture. The improved HE resistance by addition of Al element was known to increase SFE. But Al increased material cost and caused difficulties in manufacturing such as nozzle clogging and welding. Here, we suggested that partial recrystallization technique is also effective for an increase in HE resistance. We control the recrystallization of Fe-Mn-C TWIP steel by changing annealing time, and discover the relation between recrystallization and HE resistance.

[철강11-5 | 16:40]

Microstructural Influence on Low-Cycle Fatigue Resistance of Coiled Tubing Steel: Kyungmin Noh, Chong Soo Lee; *POSTECH*

Keywords: Coiled tubing, Low-Cycle Fatigue, Microstructure

Coiled tubing (CT) is widely used for extracting oil and gas from the wells, and is also attractive for production means in depleted gas wells because CT can reduce tube-handling time. To increase the lifetime of CT materials, many investigations on fatigue properties have been made, mostly in relation to the mechanical factors such as pipe-wall thickness and pipe diameter. However, there have been rare investigations on the microstructural factors such as the type of phase and their morphology, which are also considered important in determining the working life of CT. Since the tube is subjected to repeated loading (i.e., bending and straightening) with very high plastic strain amplitude ranging up to 3%, a major concern is focused on low-cycle fatigue properties. This paper presents how the low-cycle fatigue resistance of CT steel is affected by its microstructure. This study will be useful for the development of new alloy CT steel with improved low-cycle fatigue resistance.

[철강11-6 | 16:55]

해양용 강재의 전위밀도 변화에 따른 수소 확산속도 고찰: 박철호, 강남현; *부산대학교.*

Keywords: Steel, hydrogen permeation, hydrogen diffusion, hydrogen embrittlement, trap site

철 구조물의 부식을 억제하기 위하여 희생양극 이나 음극방식법과 같은 방식이 필요로 하여진다. 음극방식법의 경우 과도한 방식 전류밀도 혹은 낮은 인가전위로 인하여 과도한 수소가 발생하게 되는데, HSLA 강에서 HIC (hydrogen-induced cracking) 또는 HE (hydrogen embrittlement)가 발생 될 수 있다. 많은 연구에서 HE 발생에 따른 전위 밀도의 영향을 조사하였다. 이전의 연구는 다른 합금 조성 계나, Grainsize가 상이한 재료를 가지고 연구를 진행하였다. 따라서 다양한 미세조직, 조성의 상이함 같은 다른 요인으로부터 전위 밀도만의 영향을 확인할 수 없었다. 본 연구에서는 hydrogen permeation test를 통하여 화학적 조성, 상 및 Grainsize를 일정하게 유지하면서 전위 밀도가 수소 확산에 미치는 영향을 조사했다. 전위 밀도만을 변화시키기 위해, 강은 1375K로 재 가열 한 뒤 5-25%의 pre-strain을 부과하였다. Pre-strain이 부과된 시편의 최종 미세조직은 OM, SEM, EBSD를 사용하여 관찰되었다. Hydrogen permeation test에서 working 전극으로는 200μm 두께로 가공된 시편을 가운데로 위치시키고, 왼쪽 cell에서 수소주입, 오른쪽 cell에서 확산된수 수소를 검출하였다. 수소 주입 쪽에서는 0.1M NaOH용액에서 정전류(0.5mA/cm^2)를 통하여 수소를 인가하고, 수소 검출 쪽은 0.1M NaOH용액에서 정전위(0.25VSCE)를 인가하여 방출된 수소를 확인하였다.

[철강11-7 | 17:10] Cancel

A constitutive model of TWIP steel at different re-rolling reduction: Jin-Sung Hong[1], Seok-Hyun Kang[1], Wontae Cho[2], Young-Kook Lee[1]; [1]*Yonsei University.* [2]*POSCO.*

비철금속Ⅱ
Room 303, 4월 25일

[비철1-1 | 10:00]

Synthesis and Mechanical Properties of 3D-Printed Co-Based Superalloy Foams: 박혜지[1], Adam E. Jakus[2], Ramille N. Shah[2], 최희만[1], David C. Dunand[2]; *[1]국민대학교 신소재공학부. [2]Northwestern University.*

Keywords: 초내열합금; 다공성; 3D 프린팅; 나노강화상; 확산침투

초내열 합금 소재는 벌크 구조재료로써 자동차 등 수송 분야, 터빈 등 에너지 생산 분야, 고온과 압력 분위기에서의 에너지 수송 분야 등 다양한 에너지 관련 분야에서 근본적인 축을 이루고 있다. 산업·기술의 발전과 더불어 Co2 배출규제 등 환경에 대한 관심이 증가함에 따라, 더욱 빠르고 연비가 좋은 소재 개발이 중요시되고 있다. 본 연구에서는 Co 기지의 초내열합금을 다공성 소재를 제작함으로써 고강도/경량화 및 고기능성의 차세대 Co 기지 초내열 합금을 개발을 하고자 하였다. 본 연구에서는 Co 기지 다공성 초내열 합금을 다음과 같은 신개념 공정 융합을 통해 제작하였다: (a) 3D 프린팅 (3D-printing) 공정법을 이용하여 Co-based foam을 제작한다. 본 공정법은 쉽게 다공성 구조체를 제작할 수 있고 기공의 크기, 형태, 분포, 그리고 방향을 제어할 수 있다는 이점이 있다. 추가적으로, (b) 초내열합금의 핵심인 γ′ 강화상을 형성시키는 Al을 확산침투 (pack- cementation) 공정법으로 3D 프린팅된 Co-based foam에 확산 증착시킨다. (c) 최종적으로, 고온에서 균질화와 에이징 단계를 거쳐 Co 기지에 γ′ 강화상을 석출시킴으로써 다공성 Co 기지의 초내열 합금 폼을 제작한다. 따라서, 본 연구에서는 최초로 고강도/고기능성 및 경량성을 지닌 차세대 Co 기지 초내열합금소재를 개발/평가함으로써 가능성을 증명하였다.

[비철1-2 | 10:15]

Re 저감형 2세대급 단결정 초내열합금의 계면반응 분석: 정중은, 김인수, 최백규, 도정현, 정인용, 조창용; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Secondary reaction zone, Single crystalline, Superalloy, High temperature, Surface recrystallization

단결정 초내열합금은 고온에서 상대적으로 강도가 낮은 결정립계를 제거하여 크리프 특성을 극대화한 경우로, 가스터빈 엔진 내에서 가장 높은 열·기계적 특성이 요구되는 블레이드, 베인 등의 소재로 사용된다. 통상 블레이드, 베인 등의 부품은 고온, 고압의 유체와 닿는 에어포일 표면을 열차폐 코팅하여 사용되는데, 이 과정에서 본드 코팅 층과 초내열합금 사이의 원소 농도 차이, 열차폐 코팅 공정에 따른 표면 잔류응력 등으로 재결정 층이 형성된다고 알려져 있다. 이러한 재결정 층은 2차 반응 층으로 불리며, 부품이 받는 유효 단면적을 감소시켜 크리프 수명을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 최근 재료연구소에서 개발한 Re 저감형 2세대급 단결정 초내열합금인 KMXP202를 이용하여 모재와 본드 코팅에서 일어나는 계면 반응에 대해 알아보고자 하였다. 직경과 두께가 각각 25mm, 5mm인 코인 형상의 KMXP202 시편 표면에 NiCrAlY, NiCoCrAlY, CoNiCrAlY 상용 본드 코팅 분말을 VPS (Vacuum Plasma Spray) 코팅하여, 1000°C, 1100°C에서 100사이클, 571사이클까지 반복 열피로 시험을 실시하였다. 각 조건 별 시험이 완료된 뒤 미세조직을 관찰하여 반복 열피로 사이클 및 온도, 본드 코팅 조성 등에 따른 개발합금의 2차 반응 층 성장양상을 분석하였으며, 이를 2세대 상용 초내열합금 (CMSX-4)의 결과와 비교?분석하였다.

[비철1-3 | 10:30]

Cu clad Al(CCA) wire 의 기계적 특성 및 미세구조 관찰: 김용근[1], 박현진[2], 홍순익[1]; *[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한스코 기술연구소.*

Keywords: Cu, Al, Clad, Wire

최근, 2가지 이상의 성질을 갖는 소재의 필요성이 증가함에 따라 기계적, 전기적 성질을 개선시키기 위한 목적으로 개발된 클래드 소재의 제조, 가공. 특성 평가 및 산업 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Cu와 Al은 전기적 특성이 뛰어난 비철금속 재료로 다양한 분야에 적용되고 있으나, Cu 및 Cu 합금의 높은 비중과 원자재 가격, 그리고 Al의 낮은 강도 등의 단점으로 인해 Cu와 Al의 중간 특성을 갖는 Cu/Al 클래드재의 수요가 증가하고 있다. 최근 연구 결과에 의하면, Cu/Al 클래드재의 전기적 특성, 경량성, 성형성등의 장점이 확인되었으나, 열처리시 형성되는 금속간화합물에 의한 전기 전도도의 감소 및 기계적 강도 감소의 문제점이 확인되었다. 본 연구에서는 Al wire에 비해 접합성이 뛰어나고 전도도가 높은 CCA의 제조공정 중의 기계적 특성 및 계면 미세구조의 변화에 대한 분석 및 평가연구를 수행하였다. 또한 제조공정 중의, 열처리가 기계적 특성 및 계면구조에 미치는 영향을 분석하였다.

[비철1-4 | 10:45]

기지와 석출물간 계면에너지 제어에 의한 고강도 고연성 Al–Zn 주조재 합금 개발: 허기녕[1], 한승전[2], 최은애[2], 안지혁[2], 이재현[1], 임성환[3]; *[1]창원대학교. [2]재료연구소. [3]강원대학교.*

Keywords: Al-Zn alloy, Cast alloy, continuous precipitaion, discontinuous precipitaion, TEM

알루미늄 합금은 다른 금속 대비 우수한 비강도와 내식성을 가져, 자동차를 포함한 수송기기의 경량 구조재로서 사용되고 있고, 수송기기에 대한 환경 규제와 연비향상 목표에 따라 알루미늄 합금 또한 더 높은 강도와 연성이 요구되고 있다. 알루미늄 합금 주조재는 주조 후 원하는 모양을 쉽게 구현 할 수 있고 제조 공정 단가가 낮아 여러 산업에서 많이 사용하지만, 강화상 이외에도 개재물 등의 생성이 야기되어 강도와 연성의 동시향상은 기대하기 힘들다. 따라서 고강도 고연성 주조용 알루미늄합금을 개발하기 위해서는 미세한 강화상의 고른 분산과 함께 결정립에 생성되는 대형 개재물 억제가 수반되어야 한다. 본 연구에서는 Cu 첨가가 Al-

35Zn 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 알아보았고, 제일원리 계산을 통해 최적 Cu 첨가량을 도출하여 고강도 고연성 Al-Zn-Cu합금을 개발하고자 하였다. SEM(Scanning Electron Microscope) 및 TEM(Transmission Electron Microscope) 관찰 결과, 2wt%의 Cu가 첨가될 때 Zn 석출물이 더 작고 고르게 석출되고 결정립계에 불연속석출물(Discontinuous Precipitation)이 생성되어 개재물을 저감시키는 것을 발견할 수 있었다. 이와 같은 이유는 Cu가 Zn내에 고용되어, Al기지와 Zn석출물간 계면에너지를 낮추었기 때문인 것으로 제일원리 계산 결과를 통해 알 수 있었다. 또한 Cu가 1 wt% 첨가될 때 가장 낮은 계면에너지를 가졌는데, Cu가 2wt% 첨가된 시편보다 불연속석출물의 크기와 간격이 더 작아지는 것을 확인할 수 있었다. 그 결과 Cu가 1wt% 첨가된 Al-Zn 합금 주조재는 가장 좋은 기계적 물성을 보였으며, flux 및 탈가스 처리 등 최적화된 주조공정을 통해 350 MPa의 인장강도와 15% 연신율을 가지는 고강도 고연성 알루미늄 주조재 합금을 제조 할 수 있었다.

[비철1-5 | 11:00]

Cu-Ti합금의 기계적, 전기적 특성에 미치는 Ti 함량 및 미량원소 첨가 효과: 조민아[1], 한승전[2], 안지혁[2], 임성환[3], 김광호[1], 손영국[1]; *[1]부산대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소. [3]강원대학교.*

Keywords: Cu-Ti alloy, Precipitation hardening, High conductivity, High strength

Cu-Ti 합금은 석출경화형 합금으로, 다른 동합금에 비해 매우 우수한 강도 및 굽힘가공성을 가지나, 시효처리 후 Cu기지 내 Ti이 잔류하여 전도도가 낮은 단점을 가지고 있다. 따라서 고강도 고전도도 합금을 개발하기 위해서는 Cu-Ti 합금의 고강도를 유지하고, 고전도도 물성을 확보하기 위해 Cu기지에 고용되어 있는 Ti을 효과적으로 배출시켜야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 고강도 고전도도 Cu-Ti 합금 제조를 위해 Ti 함량을 제어하고, 미량 원소를 첨가하여 미세조직 변화와 이에 따른 기계적, 전기적 특성 변화에 대하여 고찰해보았다. 진공 유도 용해(Vacuum induction melting, VIM)로 제작된 Cu-Ti 합금을 용체화 처리한 후, 75% 냉간 가공 및 시효처리를 하였다. 그 결과 모든 시편에서 Ti 함량이 증가하거나, 미량 원소가 첨가될 때 경도가 상승하였다. 또한 모든 시편에서 시효처리 시간이 증가할수록 경도는 증가하다 점차 감소하는 경향을 보였는데, 이는 장시간 시효 시 lamellar 구조의 불연속 석출물(Discontinuous precipitation)이 생성되었기 때문인 것으로 미세조직 촬영 결과 확인할 수 있었다. 전기전도도는 시효처리 시간이 증가할수록 상승하였는데, 이는 장시간 시효처리로 인해 Cu기지 내 잔류 Ti 양이 감소하였기 때문인 것으로 확인되었다. 그리고 시효처리 온도가 증가하면 잔류 Ti이 더 많이 배출되어 전기전도도가 상승하는 반면, 석출상의 조대화에 의해 경도는 감소하는 것으로 나타났다. 결과적으로 최적화된 가공열처리와 합금 설계를 통해 288 Hv, 23 %IACS의 물성을 갖는 고경도 고전도도 Cu-Ti 합금을 제조하였다.

[비철1-6 | 11:15]

Cu-Fe-Mn-P계 고강도-고전도도 구리합금에 관한 연구: 최준영[1], 곽원신[1], 조병래[1], 임성환[2]; *[1](주)풍산 소재기술연구원. [2]강원대학교.*

Keywords: 구리합금, Cu-Fe-Mn-P, $(FeMn)_2P$ 석출물, 고전도도

구리합금은 타 금속 대비 우수한 전기전도도를 가지면서도 가격이 저렴하고 우수한 내부식성, 가공성 등 다양한 특징이 있다. 또한 합금화를 통해 고강도 특성을 구현할 수 있는 장점이 있어 전기전자 및 자동차 부품 등 첨단기술 발전의 밑바탕이 되는 합금이다. 고전도도 특성을 갖는 C19210(Cu-Fe-P) 합금은 범용소재로 현재도 많이 사용되고 있지만, 최근 전기전자 부품이 경박단소화 되면서 전기전도도는 유사하면서 강도가 높은 소재가 요구되고 있다. 일반적으로 금속은 강도를 증가시키면 전기전도도는 감소하는 상충관계(trade-off relation)를 갖는다. 따라서, 전도도 저하를 최소화 하면서 강도를 향상시키는 방안에 대한 연구가 지속되어 왔으며, 실험실 규모에서는 강소성 가공을 통해 초미세 결정립을 형성시키는 연구가 많이 진행 되었다. 하지만 현재 양산 설비로는 ARB(반복겹침압연), 이주속 압연 등의 강소성 가공이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 Cu-Fe-P계 합금 원소 비율 조절 및 망간을 첨가함으로써 양산설비에서 제조 가능한 Cu-Fe-Mn-P계 석출경화형 합금을 개발하였다. 합금설계시 전도도 저하를 최소화 하면서 강도를 향상시킬 수 있는 조성을 목표로 하였으며 석출물 형성을 최적화 하면서 동시에 양산성을 확보할 수 있는 제조공정을 수립하였다. 제조된 시편을 FE-SEM, FE-TEM을 이용하여 미세조직을 관찰한 결과 Cu 기지내에 수~수십nm 크기의 $(FeMn)_2P$ 석출물이 고르게 분산된 것을 확인 하였으며, 인장강도 540 MPa, 전기전도도 85%IACS 수준으로 C19210 합금(인장강도 430 MPa, 전기전도도 87%IACS) 대비 전기전도도 저하는 거의 없이 인장강도는 25% 이상 향상된 고강도-고전도도 구리합금을 제조하였다.

[비철1-7 | 11:30]

주석-니켈 합금 다공성 집전체의 단일 전해도금 형성 연구: 연건흠, 김선정; *울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Sn-Ni alloy, current collector, metal foam, electrodeposition

휴대용 전자기기의 활용 분야가 매우 다양화됨에 따라 휴대용 전자기기의 성능 증가에 대한 요구가 많아지고 있는데, 특히 더 작고 가벼우며, 작동시간은 긴 2차 배터리에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이에 따라 2차 배터리로 가장 많이 사용되는 리튬 이온 배터리의 비용량 증가와 더 안정적인 충·방전 성능에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 탄소 양극재에 비해 주석(Sn) 양극재는 더 높은 비용량을 가지지만, 주석 양극재의 반복적인 충·방전 과정 중 발생하는 탈 리튬화 반응 시 일어나는 큰 부피 변화에 의한 파괴나 에너지 용량의 감소가 일어나는 단점을 가지고 있다. 니켈(Ni) 양극재는 이러한 충·방전 과정에서 균열발생에 대한 저항성이 뛰어나다. 그리고 3차원 개방 셀 구조는 닫힌 셀 구조에 비해 전기화학 반응을 위한 넓은 표면적과 리튬 원자의 빠른 이동 및 짧은 확산거리의 장점을 가진다. 이러한 특징을 이용해 이 연구에서는 3차원 개방 셀 구조의 폴리우레탄 템플릿으로 합금 집전체를 단일 전해도금 과정을 이용해 형성하여, 높은 비용량을 가지면서 충·방전 과정에서의 파괴나 에너지 용량의 감소가 적은 새로운 주석-니켈 합금 다공성 집전체를 전기화학적으로 형성하는 것에 대해 연구하였다. 여러 pH의 환경에서 전위와 증착시간, 온도 등의 증착 조건을 조절하여 최적의 증착 조건을 찾아 증착 하였고, 증착 과정을 거쳐 폴리우레탄 다

공체에 증착 된 주석-니켈 합금을 아르곤 분위기의 수직 관상로에서 열처리를 하여 폴리우레탄 다공체를 제거하여 순수한 주석-니켈 합금 다공성 집전체를 형성하였다. 열처리 전?후의 시편은 SEM, XRD, EDS 를 통해 성분 및 구조를 분석하였다. 열처리를 통해 형성된 주석-니켈 합금 다공체 전극을 기존의 제조과정이 복잡한 코인셀 형태의 충·방전 테스트 방식을 대신하여 아르곤 분위기의 글로브 박스 내에서 3전극 셀을 이용한 충?방전 테스트를 하여 전극의 성능에 대해 측정하였다.

[비철3-1 | 11:45]

Al-계 블루 컬러 합금의 Mg_2Si상 분율 및 분포도에 따른 색도 및 물성 변화 연구: 문상철, 김영석, 박혜진, 최시연, 권성준, 홍성환, 김기범*; *세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: 컬러 금속간화합물, 컬러합금, 기계적물성

기존의 컬러 외장소재에서의 Al-계 합금은 표면처리를 통해 표면에만 국한된 컬러 구현 기술을 적용하고 있어 외부에서 가해지는 물리적 압력에 의한 표면 마모 및 변형이 발생할 경우 색이 제거되고 Al-계 합금 자체의 무채색이 외부에 드러나게 된다. 또한, 표면처리를 통한 컬러 구현 기술은 단상 Al-계 합금에서만 적용이 가능하기 때문에 경량/고강도 특성과 컬러 구현 기술을 동시에 적용하는데 큰 어려움이 따른다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 고유한 원자구조에 의하여 pseudogap을 가지며, 이를 통해 자체 색상을 가지는 컬러금속간화합물을 이용하는 방법이 제시되고 있다. 본 연구에서는 상 제어 합금설계 기술을 이용하여 Al 기지상 내에서 블루 컬러를 띄는 금속간화합물의 선택적 석출/정출을 통해 합금 자체의 고유 색상을 갖고 우수한 색 내구성 및 경량/고강도 특성을 동시에 나타내는 Al-계 컬러합금 개발에 대한 연구를 수행하고자 하였다.Al-(Mg_2Si) 합금의 경우 자체 제작한 판형 몰드로 유도 주조를 이용하여 판상의 시편을 제작하였다. 제작된 시편에 대해 상분석과 미세조직 분석을 위하여 X선 회적분석기와 주사전자현미경을 이용하였다. 합금의 기계적 특성을 분석하기 위해 상온 압축시험 및 경도 시험을 실시하였다. 또한 조성의 변화를 통한 합금의 색도 변화를 확인하기 위하여, Spectrometer를 이용하여 L*a*b 색도 측정을 수행하였다. 이러한 조성의 변화가 기계적 물성 및 색도에 어떠한 영향을 미치는지를 고찰하고, 최적의 색상 및 기계적 물성을 나타내는 Al-계 블루 컬러 합금을 제작하고자 하였다.

[비철3-2 | 12:00]

Cu-Zn 합금에 MnP 석출물 형성에 따른 변색 특성 연구: 문선영, 박철민, 권태양, 남효문, 김준형; *(주)풍산소재기술연구원.*

Keywords: Cu-Zn, 감성소재, 내변색성, MnP

구리 합금은 전기전도도와 열전도도가 우수하며 가공성이 우수하여, 전기, 에너지 사업, 등 다양한 산업 분야에 사용되고 있으며, 첨가되는 원소의 종류와 조성에 따라 다양한 색상 구현이 가능하여 주화, 건축용 내외장재, 생활용품등으로 이용되어 지고 있다. 또한 항생제 내성 포도상 구균(MRSA)와 같은 짧은 시간내에 사멸시키는 우수한 항균 특성을 가지고 있다 하지만 구리합금은 수분을 함유하는 환경에 노출되면 쉽게 변색이 되는 문제점이 있다. 이에 본연구는 그러한 단점을 보안하고자 Cu-Zn 합금에 Mnp 석출물을 형성하여 변색 특성을 향상 시켰으며,특성을 평가하기 위하여 SEM(Quanta FEG 650, FEI)과 XRD(Empyrean series2, PANalytical)를 이용하여 미세구조와 형성된 금속간 화합물의 종류를 분석하였다. 또한 동전위 분극실험(Tafel plot)을 이용하여 개발합금의 부식특성을 확인하였다.그결과 Cu-Mn-Zn 3원계에 P이 첨가되면 기지 내 Mn과P간의 금속간 화합물(Mn2P)이 형성되며, Mn2P의 형성으로 동전위 분극실험(Tafel plot)결과 P의 함량이 증가할수록 변색저항성이 증가하며 Mn2P의 형성은 Cu-Mn-Zn 기지의 내변색특성을 향상시키는 점을 확인하여 여러분야에 적용시킬 수 있는 방안을 마련하고자 하였다.

[비철3-3 | 12:15]

Development of copper & aluminum alloy color control technology for vehicle interior metal: hoodam LEE[1], Jong Kook LEE[1], Yeon Beom JEONG[2], Ki Buem KIM[2]; *[1]Hyundai Motor Company. [2]sejong university.*

Keywords: Vehicle interior garnish, Metal color, Copper and alumium alloys.

To vehicle, traditional metal alloy development was focused on mechanical properties for formability, safety, durability that is vehicle performance. Nowadays customer required not only vehicle performance but also design to buy vehicle. Vehicle design was divided exterior and interior design. Vehicle designs ware influenced by shape, color and applied materials. Especially interior designs were effect applied material than exterior design. So, to improve the quality of interior design was applied metal garnish. Generally, metal garnish is used aluminum, but in the case of aluminum is a limit to the expression of color. Our research is to overcome this limitation which is control of metal color using additional alloys

[비철4-1 | 13:30]

청색 AlNi 석출 제어를 통한 $Cu_{100-x}(AlNi)_x$ 합금의 기계적 물성과 색 변화 연관성 연구: 최시연, 정연범, 문상철, 박혜진, 김영석, 박상원, 권성준, 김기범*; *세종대학교.*

Keywords: 유색 금속, 합금 설계, CIE L*a*b* 색공간, 금속간 화합물

최근 핸드폰 외장재나 자동차 내장재와 같은 금속을 이용한 상품들의 증가와 함께, 금속이 가지고 있는 고유의 고급스러운 질감 및 광택도로 인하여 금속 소재에 대한 관심이 증폭되고 있다. 그러나 기존 금속 재료에 있어서 금, 은, 구리를 제외한 원소에서 유색을 기대하기 힘들었다. 이러한 이유로 최근 사용되고 있는 유색 금속의 경우, 상당수가 양극 산화법이나 유기 염료를 도료하는 등 직접적인 표면제어를 이용하여 색을 구현하고 있다. 이와 같은 방법으로 색을 구현할 경우, 표면이 취약하여 재료의 원색이 드러나거나 특정 부분에 색이 응집되는 등의 문제가 발생하고 이는 색의 내구성을 저하시키는 단점으로 이어진다. 이러한 단점을 극복하기 위해, 합금 설계법을 이용하여 합금 자체의 원색을 구현하고자 하는 연구가 각광 받고 있다. 이 중 대표적인 유색 합금으로 주목

받고 있는, 구리 합금계에서는 합금의 전이 에너지 조절을 통해 색상을 제어하고 있다. 이 방법의 경우, 구리 고용체 상의 전이 에너지의 변화에 따라 색상을 구현할 수 있으나 고용체를 필요로 하여 고용한계점이 발생한다. 이로 인해 조성이 제한되어 물성 향상과 색의 제어 가능 범위가 한정되는 단점이 있다. 최근에는 이를 보완하기 위해, 합금 설계법을 이용하여 Cu 기지상 위에 특정한 색을 갖는 금속간 화합물을 석출 제어하는 방법이 연구 중에 있다. 이와 같이 색을 지니는 금속간 화합물의 석출을 제어할 경우, 색상 제어가 용이하고 기계적 물성 역시 향상 될 것으로 기대 된다. 본 연구에서는 청색 색상을 갖는 금속간 화합물 AlNi의 석출 제어를 통해 폭 넓은 색상 제어와 기계적 물성을 향상 시키는 것을 목표로 한다. 색의 변화를 용이하게 측정하기 위해 적색의 구리 기지 위에 청색을 갖는 AlNi상의 분율 제어를 이용하였고, 이에 따른 합금의 색상과 기계적 물성의 변화를 분석하고자 하였다. 조성에 따른 합금의 색 차이를 나타내기 위해 CIE L*a*b* 색 공간을 이용해 표현하고자 한다. 결정구조 분석 및 상 분율, 미세조직 변화는 X선 회절 분석기와 주사 전자 현미경을 통하여 분석을 실시하였고, 합금의 기계적 물성은 비커스 경도계를 이용해 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 본 연구는 AlNi 금속간 화합물의 석출 제어에 따른 상 분율 변화와 이 때 기계적 물성과 색 변화, 그리고 이 둘의 연관성을 확인하고자 한다

[비철4-2 | 13:45]

니켈폼에 대한 이속 압연 공정의 효과: 정희태, 김우진; *홍익대학교첨단금속실험실.*

Keywords: 메탈폼, 니켈, 압연, EBSD, 결정립미세화

등속 압연과 강소성 이속 압연 공정을 개방형 기공 니켈 폼에 접목시켰다. 그 결과, 니켈폼에 심한 소성변형이 일어났으며 기계적 강도는 증가하였고 결정립 크기는 미세해졌다. 기계적 강도는 마이크로 비커스 경도로 측정하였으며 결정립 크기와의 관계는 Hall-Petch 관계식으로 연구하였다. 또한 압연 결과 니켈 폼의 기공도는 감소하였는데 이는 아르키메데스 밀도 측정 방식으로 계산하였다. 재료의 미세조직은 광학현미경과 EBSD(Electron BackScatter Diffraction)으로 관찰하였다.

[비철4-3 | 14:00]

Microstructural analysis of hydrogen charged Zr-2.5wt%Nb pressure tube: 장근옥[1], 임상엽[2], 김성수[1], 안동현[1], 이경근[1]; *[1]한국원자력연구원. [2]경희대학교.*

Keywords: Pressure Tube, Delayed Hydride Cracking, Zirconium Hydride

We analyzed the microstructural characteristic of δ hydrides in Zr-2.5%Nb pressure tube. The hydrogen was charged cathodically and the hydride-contained sample was evaluated using the advanced analysis methodologies. We performed a DCS (Differential Scanning Calorimeter) analysis to more quantitatively understand the thermodynamics of the hydride formation/growth process. We characterized the micrograph of hydride-contained Zr samples to estimate the microstructural characteristics of the hydrides. We investigated effects of hydrogen concentration and homogenization heat temperature on average hydride density, average length and their distributions. Those microstructural measures were quantitatively analyzed and the mechanism of the Zr-hydrides growth was discussed.

[비철4-4 | 14:15]

이트륨 입계편석에 따른 타이타늄 합금의 부식특성 변화: 원소리[1], 서보성[2], 김효규[2], 하태권[1], 민석홍[1], 박광석[2]; *[1]강릉원주대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Corrosion, Titanium alloys, Grain boundary segregation, Grain refinement

해수용 판형 열교환기는 해수에 대한 내식성과 주름 형태의 가공을 위해 타이타늄 소재 중 우수한 연신율을 가지는 순수 타이타늄이 주로 사용되고 있다. 열교환기의 열효율을 높이는 방법으로 가공을 위한 연신율을 유지한 채 강도를 향상시키는 방법이 시도되었고, 최근 이트륨 입계편석을 이용한 결정립 미세화 방법으로 연신율 손실을 최소화하면서 강도를 증가시키는 방법이 보고되었다. 하지만 이 방법에 사용된 입계편석 및 결정립 미세화는 타이타늄 소재의 내식성을 저하시킬 수 있기 때문에 본 연구에서는 이트륨 첨가량에 따른 타이타늄 합금의 부식특성에 대해 연구하였다. 이트륨의 첨가는 부식전위와 부식전류밀도 측면에서 타이타늄의 부식특성을 저하 시켰으며, 이트륨 첨가량이 증가할수록 내부식 성능이 더욱 저하하였다. 이트륨 첨가량이 0.1 wt.%일 경우 약 0.1~2.0 μm 크기의 석출물이 생성되었고, 0.5 wt.%의 경우 약 2.0~6.0 μm 정도로 비교적 큰 크기의 석출물이 생성되었으나, EIS 분석에 따른 부식저항 측면에서는 순수 타이타늄과 거의 동등한 수준의 내부식 성능을 나타내었다.

[AW-6 | 14:40] 기술상 수상기념강연

Twin Roll Cast Mg/Cu **판재 제조 기술 개발**: 박우진[1], 권기혁[1], 오윤석[1], 박언병[1]; *[1]포항산업과학연구원.*

CO2 가스 저감 이슈와 같은 글로벌 환경규제 강화에 따른 연비향상 및 EV 혹은 HEV의 사용량 급증에 따라 자동차 구조재 분야에 있어서는 경량 고강도 Mg 판재 적용이 본격화되고 있으며, 전장부품에 있어서는 고전도 고강도 Cu 판재의 적용이 증가될 것으로 전망되고 있다. 자동차 내.외판 적용이 기대되는 Mg 판재의 경우에는 온간압연 적용 및 압연수율 감소가 불가피하므로 이로 인해 발생될 수 있는 압연비용 절감이 반드시 필요하다. 또한 Cu 판재의 경우에는 전장부품의 고성능화에 부응하기 위한 고강도 고전도 합금 개발이 필요하므로 Cu-Fe 합금 등의 고성능 Cu 판재 제조기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 Mg 판재와 Cu 판재 각각의 요구에 부응하기 위해서는 양산적용이 가능하면서도 냉각속도가 높은 Twin Roll Casting 적용 기술 개발이 필요하다. 이러한 분위기에 따라 본 연구원에서는 폭 2,000 mm의 저원가 Mg 판재 제조를 위한 Twin Roll Casting 기술을 개발한 바 있으며, 최근에는 Mg 판재 제조기술을 바탕으로 고강도 고전도 Cu 판재 제조를 위한 Twin Roll Casting 기술을 시도하고 있다. 본

발표에서는 Twin Roll Casting을 이용한 Mg 및 Cu 판재 개발 현황 및 결과를 소개하고자 한다.

[비철5-1 | 15:05]

부식 관통 저항성이 향상된 알루미늄 열교환기 튜브 합금 개발: 박인준, 김용상, 김정구; *성균관대학교 신소재공학과.*

Keywords: 알루미늄, 열교환기, 부식관통, 방식설계, 금속간 화합물

알루미늄 합금은 경량성, 높은 열전도도, 가공 용이성, 상대적으로 우수한 비강도 및 기계적 특성으로 인하여 구리와 함께 다양한 공조시스템의 (HVACR; heating, ventilation, air conditioning, refrigeration) 열교환기용 소재로 사용되고 있다. 특히 최근 열교환 효율과 무게를 줄이기 위해 내벽이 얇은 Micro-multiport extrusion tube (MPE tube)가 주로 사용되고 있다. 그러나 실외에 노출되는 알루미늄 열교환기는 대기 부식 영향을 받아 다양한 부식 문제가 발생하며, 튜브 소재의 부식 관통이 발생하여 제품의 수명에 큰 영향을 미치게 된다. 이러한 문제는 가전, 자동차, 공업분야 등 다양한 분야에서 나타나고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 고분자 코팅, Cladding tube, 아연용사 등의 방법을 적용하고 있다. 그러나 이 방법들은 추가 공정비용이 발생하며, 튜브 표면의 부식개시에만 영향을 주기 때문에 가공 및 조립 과정에서 표면이 손상될 경우 부식전파를 억제할 수 없다. 따라서 알루미늄 튜브 소재의 근본적인 부식전파 방식을 개선해야 할 필요성이 있다. 본 연구에서는 알루미늄 열교환기용 튜브에서의 부식전파 메커니즘을 규명하여 부식관통을 억제하는 전략을 수립, 합금 성분 및 열처리 조건을 개발하고 최적 방식설계를 적용하여 관통저항성이 향상된 시제품 제작, 평가하였다. 부식관통수명은 아세트산-염수 분무시험 (Salt spray acetic acid test, SWAAT, ASTM G85)으로 평가되었다. 연구 결과, 기존 제품과 동등 가격 수준의 무코팅 알루미늄 열교환기에서 SWAAT 기준 90일 이상의 부식관통 수명이 나타났다. 이는 기존 수명인 40~50일 수준보다 크게 향상된 결과이다.

[비철5-2 | 15:20]

미량원소의 첨가가 단결정 초내열합금의 고온 특성에 미치는 영향: 윤대원, 유영수, 정희원, 서성문, 정인용; *재료연구소.*

Keywords: 초내열합금, 크리프, 고온산화

가스 터빈은 항공과 발전 분야에서 널리 사용되고 있다. 가스 터빈의 고온 부품들은 고온에서 지속적인 기계적 하중과 부식성 환경에 노출되기 때문에 높은 고온 물성이 요구된다. 이러한 요구를 만족 시키기 위해 고온부에서는 니켈기 초내열합금이 사용되고 있다. 특히, 최근에는 가스 터빈의 효율을 증가시켜 오염 물질의 배출을 감소시키고 발전 단가를 낮추기 위해 turbine inlet temperature(TIT) 증가에 대한 요구가 꾸준히 발생하고 있다. 이렇게 증가하는 작동 온도에 대응하기 위해 초내열 합금은 일방향 응고 합금을 거쳐 단결정 합금에 이르기 까지 고온 크리프 특성을 향상시키는 방향으로 개발이 진행되어 왔다. 이러한 합금 개발의 방향은 합금내의 Re, Ru, W, Mo, Ta와 같은 내화 원소의 양을 증가시키고 Cr의 함량을 감소시켰기 때문에 고온 기계적 물성은 향상되었지만, 내환경성을 저하시키는 결과를 초래하였다. 앞서 언급한 내화원소들 중 특히 Mo와 Ru의 산화물은 고온에서 높은 증기압을 가지기 때문에 휘발에 의해 산화층에 손상을 주고 고온산화 속도를 증가시키는 경향을 초래할 수 있다.본 연구에서는 단결정 니켈기 초내열합금에 고온 크리프 특성을 저하시키지 않은 범위 내에서 미량 원소를 첨가하여, 고온 산화 특성을 향상시키고자 하였다. 5세대 단결정 니켈기 초내열합금에 2종의 원소를 0.01~0.20 wt%로 변화시켜가며 12종의 합금을 용해하였으며, 용해된 합금을 1100°C에서 1시간 동안 노출 시킨 후 상온까지 공랭하는 반복 산화 실험을 50회까지 반복 수행하여 무게 변화를 측정하였다. 또한 미량원소가 첨가된 합금과 첨가되지 않은 합금의 크리프 특성을 비교하였다.미량원소의 첨가에 의해 과도기적 산화물의 형성과 산화층의 박리가 억제되어 내산화특성이 향상된 것이 관찰되었고, 크리프 특성은 저하시키지 않은 것으로 나타났다. 다만 적정량 이상의 미량원소가 첨가되었을 경우 초기 산화가 급격하게 일어나서 최적 첨가 시와 비교해 내산화성을 다소 떨어트릴 수 있는 것으로 나타났다.

[비철5-3 | 15:35]

증기발생기 전열관 틈새복합환경에서 Alloy 690의 응력부식균열특성: 신정호, 김동진; *한국원자력연구원.*

Keywords: Alloy 690, TEM, SCC, Alkaline

원자력발전소의 2차계통은 초기 시공시, 정비 및 정상 운전시에 미량의 불순물(S, Pb 및 Cl등)이 유입 될 수 있다. 이 불순물들의 농도는 매우 낮지만 냉각수의 움직임이 제한되어 슬러지가 축적되는 전열관과 관판상단 사이의 틈새에서는 불순물들이 농축될 수 있으며 이곳의 환경은 화학적으로 매우 복잡하며 산성에서 알칼리까지 매우 다양한 pH를 가질 수 있다. 본 연구에서는 Pb, Cl, S가 함유된 수용액에서 Alloy 690 TT 를 사용하여 부식실험을 진행 후 피막특성 분석 및 응력부식균열에 작용하는 기구를 규명하는 것을 목표로 연구하였다. SCC 저항성을 평가하기 위하여 RUB(revers U-bend)시편을 이용하였으며 시험 용액은 3m NaCl + 500ppm Pb + 0.31 m Na2SO4 + 0.45 m NaOH를 첨가한 염기성 용액(pH310°C=9.5±0.01)을 사용하였으며 C276 합금으로 제작된 오토클레이브에 310°C 온도에서 일정 기간 동안 시편을 장입하여 부식시험을 수행하였다. 실험 결과 Pb,S,Cl이 포함된 틈새부식환경의 Alloy 690 TT에서 균열이 발견되었으며 이러한 환경에서 Alloy 690은 응력부식균열에 취약한 것을 확인하였다.

[비철5-4 | 15:50

황산 및 염화나트륨 수용액에서 열 교환기 알루미늄 관판의 부식 저항성: 조수연[1], 김재중[2], 장희진[1]; *[1]조선대학교 [2]구일공조.*

Keywords: Corrosion, Heat exchanger, Heat treatment, Zinc coating, Aluminum

열 교환기 재료에는 우수한 가공성, 열전도성, 내식성, 경제성 등이 필요하여 대부분의 열 교환기에는 열전도성이 뛰어난 알루미늄을 주 재료로 사용하고 있다. 열 교환기를 작동하는 과정에서 사용하는 응축수에 의해 알루미늄 관판의 부식이 발생하게 된다. 본 연구에서는 알루미늄 합금의 종류(1100 및 3003)와 Zn 코팅 유무, 열처리 유무에 따른 부식 저항성을 3전극 전기화학 셀을 사용한

동전위 분극실험을 통하여 조사하였다.

[비철6-1 | 16:10]

프레스 성형가공시 표면 마찰계수에 따른, 6천계 알루미늄 판재의 성형가공성 변화: 허용강[1], 홍철희[2], 강헌[1], 김성녕[1], 박호준[1], 구남훈[1]; *[1] 현대제철. [2] 한국하우톤.*

Keywords: 알루미늄, 성형성, LDR,마찰계수,윤활유

최근 자동차 기술동향은 연비향상을 위한 경량화에 중점 연구되고 있다. 기존에 사용되는 철강의 질량비 강도를 증가시키는 3세대 강판의 연구와 더불어, 밀도가 30% 수준인 알루미늄을 자동차 내/외 부품에 적용하려는 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 자동차 부품에 적용하기 위한 필요한인 물성은 강도와 연성뿐만 아닌, 복잡한 형태의 성형을 위한 성형성이 매우 중요하다. 특히, 알루미늄은 철강재료와는 달리 항복강도와 R-value가 상대적으로 낮기 때문에, 프레스 성형가공시 상대적으로 표면 상태에 따른 영향을 크게 받는것으로 짐작이 된다. 이를 실질적으로 확인하기 위해, 몇 가지의 윤활유를 도포하여 상용 6천계 알루미늄 판재의 마찰계수를 변화시켰고, 각기 다른 표면 마찰계수를 가진 판재를 cup drawing test를 진행하였다. 결과를 토대로 프레스 금형과 알루미늄 판재의 마찰계수간의 상관관계를 고찰하였다.

[비철6-2 | 16:25]

Strip Cast Cu-Fe 판재 제조공정 및 특성: 박우진[1], 권기혁[2], 오윤석[2], 박언병[2], 이재영[3]; *[1] 포항산업과학연구원. [2] 포항산업과학연구원 재료공정연구소. [3] 포스코 신사업실.*

Keywords: Cu-Fe 합금, Cu-Fe 판재, Strip Casting, Twin Roll Casting, Cold Rolling

Cu 소재는 시장규모가 가장 큰 비철금속으로써 우수한 열/전기전도도, 용접성 등을 겸비하고 있으나, 고강도 특성과 고전도성을 동시에 충족시키기 어렵다는 단점을 갖고 있다. 이러한 이유로 자동차 전장부품이나 모바일기기 등의 고강도성이 요구되는 분야에는 고가의 인청동이 사용되고 있다. 반면 Cu-Fe합금은 고강도 고전도 및 고차폐성 겸비가 가능하여 인청동 대체 합금으로 유망할 뿐 아니라, Cu합금의 가장 큰 적용분야인 커넥터 부품의 소재로 적용 가능하여 시장잠재력이 우수한 것으로 잘 알려져 있다. 하지만 Cu-Fe 합금은 상대원소에 대한 낮은 고용도와 넓은 응고구간으로 응고속도가 낮은 일반 주조공정으로는 제품화가 곤란하므로 이에 대한 해결방안 확보가 절실히 필요하다. 따라서 본 연구에서는 응고속도가 높으며 동시에 대량생산에 적용 가능한 Strip Casting 공정을 이용하여 Cu-Fe 합금 판재를 제조하고, 고강도 고전도 구현을 위해 합금설계를 통한 Fe입자 미세화 및 냉간압연/후속 열처리 공정을 최적화 하고자 하였다. 본 연구에서는 먼저 액상선온도가 높고, 고액공존영역이 넓고, Fe 고용도가 낮은 Cu-10Fe-X 합금 판재 제조 조건을 적정화하고자 하였다. 이를 위해 열/유동/응고해석을 통한 용탕이송시스템을 설계/제작 하였으며, 이를 통해 Fe 입자가 미세하고 균일하게 분포하는 Cu-Fe 합금 판재를 제조할 수 있는 Strip Casting 공정 기술을 확보하였다. 본 Strip Cast 판재는 재가열 없는 냉연을 통해 극박 냉연재로 제조된 후 미세조직과 전기전도도 및 인장특성이 평가되었다.

[비철6-3 | 16:40]

알루미늄 첨가 저비중 고내식 합금강 합금설계 및 특성: 이영주[1], 남궁정[1], 이창훈[2], 홍현욱[3]; *[1] 포항산업과학연구원. [2] 재료연구소. [3] 창원대학교.*

Keywords: 경량철강, 저비중, 고내식, 합금강, 밀도

미국, EU 등 전 세계 각국에서는 에너지 고효율화를 통한 환경보호 정책을 적극적으로 추진하고 있으며, 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 수송기의 연비규제를 강화하고 있으며, 이러한 추세에 부합하기 위해 새로운 소재개발에 박차를 가하고 있다.미국 에너지성(DOE)의 경우 2025년 연비 23.1 km/l 달성을 위한 CAFE 2025 정책을 도입하여 자동차 업체와 철강사 공동으로 35% 이상의 차체 경량화를 위한 차체설계 및 1 Ga 이상의 고강도 철강소재의 개발을 추진 중에 있다. 유럽은 민간 자동차회사 및 철강사를 중심으로 연비향상을 위해 9개국 38개사가 참여한 Super-Light Car (SLC) 프로젝트를 진행 중이며 '25년까지 연비 33.1 km/l 달성을 목표로 고강도 고연신율 철강소재를 개발 중에 있다. 고강도 철강소재 개발을 통한 소재 사용량 절감을 통한 경량화와 별도로, 철강소재 자체의 밀도를 낮춘 저비중 (light-weight) 철강소재의 대한 관심이 높아지고 있으며, 각국은 알루미늄을 첨가하여 원소의 경량효과 및 결정격자의 증가로 인해 밀도 6.8 g/cm^3 이하의 저비중 합금강을 개발하였다. 본 발표에서는 밀도 6.5 g/cm^3 이하의 고강도 고내식 고합금강 개발을 위한 전산모사 기반의 물질설계 기술과 용해/주조 압연기술에 대해 논하고자 한다. 세부적인 내용으로 합금은 Fe-Al-Cr-Mn-C계이며 특성은 밀도 6.37 g/cm^3, 인장강도 1100 MPa, 연신율 38%, 부식전위 -350 V/SCE 이다.

[비철6-4 | 16:55]

Mn 함량에 따른 Cu-Mn 합금의 열간압연 미세조직 및 기계적 특성 연구: 권성준, 최시연, 박상원, 문상철, 박혜진, 김영석, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: Cu – Mn alloy, Microstructure, Mechanical property, Rolling process

Cu계 합금은 내식성, 가공성이 우수하며 무엇보다 전도성이 크게 우수하여 전선, 저항기, 반도체 등 다양한 전자기기 산업 분야에서 널리 사용되고 있다. 최근 전자기기의 고집적화로 부품은 그 크기가 점차 소형화되고 있으며 상용화를 위해 높은 내구성을 필요로 한다. 이렇듯 Cu계 합금이 더욱 다양한 분야에 적용되기 위해서는 전자기기 재료의 전기적 특성뿐만 아니라 높은 기계적 특성이 요구된다. Cu-Mn 합금은 고온에서 넓은 조성 영역에 걸쳐 FCC 단상의 고용체를 형성하며 온도 감소에 따라 Mn 함량이 고용한계를 넘어서면 Mn 석출상을 형성하게 된다. 이와 같은 Cu계 합금에서 열간압연 및 열처리 공정은 가공경화와 상 제어를 통하여 기계적 특성의 향상을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 Cu-Mn 합금의 압연 및 열처리 전후의 미세조직 관찰 및 기계적 특성을 측정하여 기계적 특성과 미세조직의 상관관계를 확인하고 조성에 따른 기계적 변형 거동을 확인하고자 하였다. 합금의 특성 분석을 위해

주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy: SEM)을 이용하여 미세조직을 분석하고 결정구조 및 상 분석을 위하여 X-선 회절 분석(X-ray diffraction: XRD)을 이용하였다. 또한, 기계적 특성 평가를 위해 만능재료시험기(Universal testing machine, UTM)을 이용한 상온 압축 및 인장 시험, 마이크로 압입 시험(Micro indentation test)을 시행하였다. 이러한 결과를 바탕으로 Mn 함량에 따른 Cu-Mn 합금의 압연 전후의 미세조직 및 기계적 특성 변화를 고찰 하였다.

에너지재료
Room 201A, 4월 25일

[에너지1-1 | 10:00]
유기 활물질과 탄소소재 복합체를 이용한 Na배터리 음극소재 개발: 하현철[1], 남승훈[1], 현승민[1], 정수환[2]; *[1]한국기계연구원. [2]경북대학교 응용화학공학부.*
Keywords: sodium battery, organic active materials, anode, carbonaceous materials

최근 리튬 2차 전지의 원료인 리튬의 가격이 자원 희소성과 제한된 생산지 등으로 인하여 계속 높아지는 추세이다. 이러한 리튬 2차 전지의 대안으로 세계에 골고루 분포되어 있고 자원이 풍부하여 가격이 저렴한 나트륨을 이용한 2차 전지가 차세대 전지로서 주목 받고 있다. 특히, 나트륨 배터리에서 사용되는 많은 활물질 소재 중에 유기물질은 낮은 가격 및 친환경성, 안정성, 구조적 다양성 등의 장점을 가지고 있어 많은 연구가 활발하게 이루어 지고 있다. 하지만, 유기 물질이 가지는 단점인 낮은 전기전도성과 전해질에 쉽게 녹는 성질을 가지고 있어 배터리에 사용되었을 경우 좋지 않은 전기화학적 특성을 보인다. 본 연구에서는 앞서 언급되었던 문제점을 해결하기 위하여 전기 전도성이 뛰어난 carbon black, carbon nanotube등과 같은 탄소소재에 유기 물질을 화학적으로 결합하여, 유기 물질의 전도성을 증가시키고 전해질에 쉽게 녹지 않게 함으로써 안정적인 유기 음극 소재를 개발하였다. 개발 된 유기 전극 소재의 전기화학적 특성을 확인하기 위하여 나트륨 하프셀(harf-cell)을 제작하여 용량 및 율 특성(rate capability)을 확인하였고, 전지의 수명 특성을 확인하였다.

[에너지1-2 | 10:15]
이차전지 음극 활물질 Si-Ni-M (Cu, Ti, Fe, Al) 3원계 합금의 M조성에 따른 미세구조 변화 및 전기화학적 특성: 정도현, Nurzhan Umirov, 김성수; *충남대학교에너지과학기술대학원.*
Keywords: Lithium-ion battery, Si alloy, melt-spinning, Micro structure, active/inactive matrix

실리콘(Si) 금속은 리튬(Li) 이온을 저장하여 고밀도의 에너지 저장(이론적으로 최대 4000 mAh/g)이 가능한 재료이다. 하지만 실리콘은 고용량이라는 이점을 갖고 있음에도 불구하고 충전 시 Li의 삽입으로 인해 300%이상의 부피 변화가 일어나고, 이로 인해 전극 내 실리콘의 결정 내부응력이 증가하여 균열을 야기하게 되는데, 이로 인해 전지용량이 감소되고 결과적으로 수명이 열화 되는 원인으로 작용한다. 수명 열화 개선을 위해 다양한 연구들이 진행되고 있는 가운데 본 연구에서는 리튬과는 반응하지 않으나 실리콘과는 친화력이 강한 천이금속을 탐색 후, 리튬이차전지 음극소재로 사용되고 있는 실리콘의 합금화를 통한 활성화/비활성화 매트릭스 방법을 적용하여 조성에 따른 Si-Ni-M (M: Cu, Ti, Fe, Al) 3원계 합금을 melt-spinning방법을 이용하여 제작하였다. 일반적으로 melt-spinning 방법으로 제조된 Si합금의 경우 냉각속도가 빠른 휠 접촉면에서는 미세한 결정이, 냉각속도가 느린 공기 접촉면에서는 비교적 조대한 결정이 형성 된다. 이러한 결정 성장의 차이는 원소(M: Cu, Ti, Fe, Al)의 첨가에 의해 활성 입자인 실리콘의 크기가 제어가 되어 미세구조 및 전기화학적 특성이 다양하게 발현된다. 조성에 따라 발현되는 상을 XRD를 통해 확인 하였고, Si-Ni-M 합금의 미세구조 관찰을 위해 FIB를 이용하여 시편을 제작한 후 HR-TEM, EDS, SAED를 통해 미세구조의 관찰 및 active/inactive 상을 관찰 하였다. 전기화학적 특성 평가는 반쪽전지를 제작하여 용량, 사이클 안정성, 쿨롱효율, dQ/dV를 확인하였다. 또한 전극의 팽창정도를 확인 하기 위하여 모노셀을 제작한 후 Dilation을 측정한 결과 조성에 따라 발생되는 비활성 매트릭스에 따른 팽창거동의 차이를 확인하였다. 본 연구에서 제작한 Si-Ni-M(M: Cu, Ti, Fe, Al) 3원계 합금 음극소재의 전기화학적 특성 및 부피 팽창 거동 결과가 다원계 실리콘 합금 설계에 지표가 될 것으로 기대한다.

[에너지1-3 | 10:30]
리튬이차전지용 Nb_2O_5-Ge/GeO_2 음극물질의 합성과 전기화학적 특성: 김경배, 김재헌; *국민대학교 신소재공학부.*
Keywords: germanium, germanium oxide, niobium oxide, core-shell, lithium storage

리튬이차전지의 고용량 음극물질로서 리튬-합금형 (Li-alloy) 반응을 하는 IV족 원소 (실리콘: Si; 게르마늄: Ge; 주석:Sn) 기반 물질들이 활발히 연구되어왔다. 특히 Ge 은 1600 mAh · g^{-1} 의 비교적 높은 이론 용량과 빠른 리튬 이온 전도 특성을 보여주기 때문에 새롭게 주목 받고 있는 물질이다. 그러나 다른 리튬합금계 물질과 같이 충·방전 시 심각한 부피 팽창에 따른 수명 특성 저하의 문제점을 가지고 있다. 이 한계를 극복하기 위해서 Ge의 부피 변화에 대해 안정된 구조를 유지하는 소재의 설계가 필요하다. 본 연구에서는 Li의 삽입/탈삽입 반응에도 안정한 구조를 유지하는 Nb_2O_5를 이용하여 새로운 Ge 기반 구조를 합성하였고 전기화학적 특성을 분석하였다. 나노 스케일의 NbO_x-GeO_x 전구체는 코어 쉘 구조를 형성하는 계면활성제를 첨가한 수열 공정으로 합성되었다. 이 후, 열처리를 통해 나노 스케일 Nb_2O_5 코어 구조 위에 Ge/GeO_2을 형성한 마이크로미터 크기의 구형 소재로 합성하였다. 전기화학적 평가 결과, 72% 의 초기 효율을 보이며 100회 충방전 후에 700 mAh · g^{-1} 이상의 높은 가역 용량을 확인하였다. 또한 고율의 300회 이상 장기 수명평가에서도 안정된 용량 유지 특성을 나타내었다.

[에너지1-4 | 10:45
Flexible LIB with OLED by Gel Polymer Electrolyte: IlHwan Kim[1], Chiwon Kang[2], Seunghoon Nam[1], Hoo-jung Lee[2], Seungmin Hyun[1]; *[1]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). [2]Sungkyunkwan University.*
Keywords: flexible LIB, gel polymer electrolyte, polymer membrane, electrospinning

Flexible LIBs have been emerged as an advanced power source for flexible electronics. Enhanced flexible LIB performance, the qualities of key components are important and need comprehensive investigations. Out of the components, gel polymer electrolyte, which is a polymer encapsulated with liquid electrolyte, plays a crucial role in facilitating lithium ionic conductivity for LIB performance. The conventional polyelefine or polypropylene based separators possess poor wetting capability caused by their small pore size and porosity, thus hindering the absorption of electrolyte solutions into membrane. In the case of the existing LIB, it has guaranteed ion conduction, but it is a limitation of stability and development of flexibility. Gel polymer electrolytes are free from liquid electrolyte leakages and accidents, and are also considered as a major material in the development of a flexible energy storage material. Gel type electrolyte can be use instead of electrolyte and separator at once. The amorphous regions of polymer network absorb the liquid electrolyte, thus rendering swollen structures, while the crystalline regions imparts their high mechanical strength to the membrane. In this study, gel polymer electrolyte was fabricated by using electrospun fiber polymer membrane and its microstructure / electrochemical characteristics were analyzed. In addition, the coin half-cell test confirmed that the electrospun membrane can be applied as a polymer electrolyte for flexible energy storage devices.

[에너지1-5 | 11:00]

Carbon nanofiber grown on Si/Transition metal silicide nanocomposite anodes for lithium ion batteries: 장주영[1], 강인영[1], 이경우[2], 조영환[3]; *[1]서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실/한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터. [2]서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실/서울대학교 신소재공동연구소. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Si alloy, silicide, CNF synthesis, electrical conductivity, Li ion battery

Silicon is promising candidate for the anode material in lithium-ion batteries because of its high theoretical capacity (3580 mAh/g). However, the large volume change variation (~300%) causes pulverization of Si anodes during the Li+ alloying/de-alloying process, resulting in rapid capacity fading upon cycling. Two methods were employed to tackle this problem: first is to synthesize Si/M-silicide nanocomposite other than pure silicon as active materials. In this method, since the absolute amount of silicon is reduced, the initial capacity is lower than that of the pure Si anode, but the volume expansion is relaxed due to the silicide, which is advantageous in maintaining the cycle life and can compensate the low electric conductivity of Si. Secondly, carbon coating is applied to form a stable SEI and improve the electrical conductivity. In particular, silicide acts as a nucleation site for CNF growth. Therefore, an amorphous carbon coating layer is formed on the silicon surface, but CNF can grow on the surface of the silicide. This CNF plays an important role in improving the electrical connection between the active materials, thereby maximizing the effect of carbon coating. Here, the cell test of each silicide was compared using various silicides, and the CNF growth of each silicide was compared.

[에너지2-1 | 11:15]

Synthesis of C-N-B materials via chlorination of titanium carbonitride and titanium boride mixture: 하대권, 이문균, 강신후, 정인호; *서울대학교*

Keywords: C-N-B, chlorination, titanium carbonitride, titanium boride

The C-N-B materials have great attention in energy storage and environmental field as cost effective and environment-friendly substrate materials. Bare porous carbon and boron nitride, however, have fatal limitation due to their chemical inactivity. To overcome this limitation, hetero atom doping, effective strategy that endows bare materials with higher chemical activity through changing their localized electron distribution, functional group and morphology, has been actively studied. Boron(B) and Nitrogen(N) could be electron donor and electron acceptor of carbon, respectively, which effectively change the characteristic. In addition, C doping on boron nitride is in the same context. The characteristics of B, N doped carbon and C doped boron nitride can be significantly changed depending on the doping method. However, in carbide derived carbon(CDC) field, the research about the alternation of carbon and boron nitride's properties via heteroatom doping is still insufficient. In this study, porous C-N-B were synthesized via chlorination of titanium carbonitride and boride mixture. Through controlling mixture's ratio, both B,N co-doped carbon and C doped BN could be synthesized. The morphology of C-N-Bs was investigated via FE-SEM and TEM analysis. XPS and Raman analysis were conducted to understand the chemical bonding characteristic of C-N-Bs and also 77K N2 isotherms were obtained to analyze the pore structure of C-N-Bs. In addition, the electrochemical properties were estimated.

[에너지2-2 | 11:30]

Tunable 1D GaN/Carbon Composite Nanofibers as Anode for Li-Ion Batteries: Jiwon Jung, Chanhoon Kim, Jun Young Cheong, Soo-Ho Cho, Seok Won Song, Il-Doo Kim; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: Li-ion batteries, anode, GaN nanofiber, electrospinning, nitridation

Many researchers have tried to develop promising anode materials for next-generation Li-ion batteries (LIBs). However, LIBs based on present anode materials (e.g., graphite and $Li_4Ti_5O_{12}$) are still facing challenges to improve energy density and cycle life for large-scale applications such as electric vehicles (EVs) and energy storage system (ESS). This has urged us to develope alternative anode materials. Here, we report one dimensional gallium nitride/carbon composite nanofibers (1D GaN/CNFs) as LIB anode. By using simple electrospinning and nitridation, the 1D GaN/CNFs were successfully fabricated for the first time; GaN nanoparticles (NPs)

tended to be embedded in the 1D CNFs. Interestingly, the composite NFs could be tuned by nitridation temperature (500, 700 and 900 °C under NH_3 atmosphere) in terms of oxygen concentration and relative ratio of GaN to carbon in 1D scaffold. Low nitridation temperature (500 and 700 °C) could trigger oxygen-rich or -doped GaN (GaON), whereas high nitridation temperature (above 900 °C) facilitates pure GaN phases. It was found that those tunable properties affected the ability to store Li^+ in host structure, the results of which were discussed in concrete details.

[에너지2-3 | 11:45]

Phase transitions of Si-alloy anode upon cycling: Nurzhan Umirov, 김성수; *충남대학교에너지과학기술대학원.*

Keywords: Li-ion battery, anode, Silicon-alloy, melt-spinning, phase diagram

Nowadays, graphite is the most popular anode material in LIBs owing to good cycling performance and remains unchanged since 1990s. However, the practical capacity of such materials already reached their theoretical limit (372 mAh g^{-1}), and therefore it is highly desirable to develop and optimize high capacity anode materials for LIB. Among all potential candidates, silicon (Si) has been considered as one of the most promising alternative due to high gravimetric and volumetric capacity (3579 mAh $g^{-1}$and 2200 mAh cm^{-3}, corresponding to $L_{15}Si_4$ state). Also, Si has low delithiation potential and in high abundance. Nevertheless, further commercialization is restricted by low conductivity and colossal volume change of Si (>300%) upon alloying/de-alloying with lithium (Li), resulting in poor cycle life. Among plenty approaches to overcome aforementioned problems, matrix stabilization strategy appears to be most suitable for the large-scale and inexpensive production of next-generation anode to meet industrial demand. In the given study we report the structural and electrochemical properties of Si-alloy anodes prepared at different atomic ratio using arc-melting followed by rapid solidification process (RSP). As prepared ribbon type binary alloys were characterized by X-ray diffraction (XRD). The distribution of Si and inactive Si-Ni phases through the microstructure were investigated using high-resolution transmission electron microscope (HR-TEM) in combination with EDS and SAED. Accurate analysis of electrochemical results revealed that Si-alloys lithiated till 5 mV indicate two-phase region as reported by Obrovac et al. [1]. In addition to that, we observed gradual changes of delithiation curves upon cycling, which indicate the transition of two-phase to single-phase reaction

[1] Obrovac, M. N., & Christensen, L. (2004). Structural changes in silicon anodes during lithium insertion/extraction. Electrochemical and Solid-State Letters, 7(5), A93-A96.

[에너지2-4 | 12:00]

Computationally Predictable and Controllable Dopant Substitution Effect on Battery Performance of LTO: First Principle Study: 조한얼[1], 최희채[2], 이규환[1]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2](주)버추얼랩.*

Keywords: $Li_4Ti_5O_{12}$, First principle study, Electrical conductivity, Ionic conductivity, Annealing condition

Due to the disadvantage that renewable energy sources (wind, hydropower, solar, etc.) are intermittent, there is a growing demand for stationary ESS (Energy storage system). LTO($Li_4Ti_5O_{12}$) has been considered as the most suitable candidate for the anode of large capacity energy storage. There has been many effort to overcome disadvantages and improve the electrochemical properties. The extremely low electrical conductivity of LTO (10^{-13} S / cm) has continued to be a problem. In addition, there are not many examples of significant improvement in battery performance because other bottlenecks such as charge and discharge problems continue to occur even when the electrical conductivity is improved. Even if the breakthrough improvements are made, there are many cases that are not reproduced in other studies. Therefore, there is a need for a micro-methodology that can explain, predict, and control these. Although the electrical conductivity has improved by up to 10^{-2} S / cm through doping, the reported improved performance and electrical conductivity of the doped LTO anode appears to be inconsistent. Therefore, it is necessary to investigate the other conditions required to improve the electric conductivity to improve the charging / discharging efficiency. This study investigated doping effects on battery charging / discharging performance in various aspects such as electrical conductivity, capacity and ionic conductivity. First, we have investigated various changes in the electrical conductivity of LTO by Mg doping. Second, we examined the effect of cation doping, which is expected to have no change on the number of valence electron of LTO, to determine what other conditions should be further met to improve the LTO electrical conductivity. Third, the cause of capacity change of LTO depending on doping was investigated.

[에너지2-5 | 12:15]

Coercivity Enhancement of Sintered Nd-Fe-B Magnets by Grain Boundary Diffusion Process: Sumin Kim[1], Donghwan Kim[2], Wooyoung Lee[1]; *[1]Yonsei university. [2]Sunglim Group.*

Keywords: Permanent magnet, Rare-earth, NdFeB, Magnetic property

Since the invention of Nd-Fe-B magnets in 1984, sintered Nd-Fe-B magnets have been widely used in the various environmentally friendly fields such as the traction motors of hybrid electric vehicles (HEVs) and electric vehicles (EVs) and generators for wind turbines due to their excellent room-temperature magnetic properties. But the intrinsic coercivity of commercial magnets is still insufficient to satisfy the demands for EVs and HEVs. Partial substitution of heavy rare earth (HRE) elements like Dy and Tb for Nd is proved an efficient method to significantly increase the coercivity of magnets by enhancing magneto-crystalline anisotropy. However, the remanence and the energy product reduced inevitably due to the antiferromagnetic coupling between the HRE atoms and Fe atoms.

Furthermore, the abundance of HRE in the earth's crust is limited, so an available method for enhancing coercivity with none or slight HRE elements introduction is desired. Grain boundary diffusion process (GBDP) is developed as an effective method to enhance the coercivity without sacrificing the remanence of sintered Nd–Fe–B magnets. In this process, HRE elements powders in different forms (such as oxides, fluorides or pure metals) are used for coating the magnets and during the post-sintering annealing treatment, HRE elements diffuse into the magnet through the grain boundaries and then into the outer region of the Nd2Fe14B grains, resulting in a core–shell microstructure. In this study, using dipping method, we systematically investigated the magnetic and microstructural properties of the TbF-coated sintered Nd-Fe-B magnets. The large scaled magnets (12×12×5 mm^3) were required the deeper Tb diffusion to improve coercivity. Aru Yan and S.R Lee groups reported that HRE-hydrides have advantages in terms of diffusion depth than HRE-fluorides. Therefore, we used TbH as a diffusion source instead of TbF. Also, we attempted to elucidate the mechanism of Tb diffusion and Hc enhancement according to heat treatment conditions.

[에너지3-1 | 13:30]

Influence of pre-heat treatment on formation of Silicon surrounded by amorphous matrix for LIB anode: 서덕호[1], 김성수[1], 김향연[2]; *[1]충남대학교에너지과학기술대학원. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Li ion battery, Anode, Si-alloy, Amorphous matrix, melt-spin process

에너지 저장 장치인 LIB(Lithium ion battery)는 높은 출력특성 및 저장용량으로 인해 다양한 application에 적용이 가능하여 각광받고 있다. 최근 ESS(Energy Storage System) 및 EV(Electric vehicle) 등의 전자기기의 시장 확대로 인해 LIB의 요구 특성들이 한층 강화되고, 이에 따라 적합한 신규소재 개발이 불가피하게 되었다. 특히, 음극소재의 경우 최근 10년 넘게 사용되어져온 graphite의 대체재로 실리콘이 주목을 받고 있다. 실리콘의 경우 높은 가역용량을 보이며, 지구에 존재하는 광물 중 철 다음으로 함유량이 높아 가격적인 면에서도 큰 경쟁력을 갖는다. 하지만, 충,방전시 발생하는 높은 부피팽창은 급격한 수명열화를 동반하게 된다. 이를 해결하기 위해 수년에 걸쳐 다양한 방법으로 연구가 진행 중이지만, 현재 양산화가 가능한 완벽한 해결책은 없는 것으로 보인다. 실리콘의 부피팽창 단점을 보완하는 방법 중 하나인 실리콘 합금법은 단순공정으로 통한 높은 수명특성 개선을 보이는 것이 특징이다. 따라서 본 연구에서는 LIB용 음극소재로 사용하기 위한 실리콘 합금을 제작 시 Si-Al 계의 조성으로 melt-spin법을 이용해 합금을 급냉 시켜 Amorphous 상태의 합금을 얻었다. 만들어진 합금은 열처리 간에 High Temp Differential Scanning Calorimetry (DSC), High Resolution Powder X-Ray Diffractometer (XRD), Transmission Electron Microscope (CS-TEM) 분석을 통해 실리콘 합금의 열분석과 미세조직의 변화를 관찰하였고 이를 전기화학적 특성과 연관하였다. 최종적으로는 열처리를 통해 제작된 Amorphous 합금에서 실리콘의 재석출을 유도하여 Amorphous matrix가 실리콘이 둘러 쌓인 형태로 만들어서 Amorphous matrix에 의해 물리적으로 실리콘의 부피팽창을 억제하여 수명특성 향상을 주목적으로 하였다.

[에너지3-2 | 13:45]

Kerf-less Silicon wafer by electrochemical process: 양현석, 임재홍; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Spalling, Kerfless, Silicon wafer, Silicon photovoltaic, Laser

In the photovoltaic (PV) industry, there were many efforts to enhance the solar efficiency and reduce the production cost. The most simple way to solve these overall issues is the thickness reduction of solar cell substrates. So, the direct production of kerfless thin silicon wafer is very attractive and numerous different techniques have been proposed and developed. Among them, electrochemical process is suitable because of low production cost, easy scale-up, and yield. But this process is difficult to predict the thickness of spalled film and still has kerf-loss on the edge of Silicon wafer. To solve the problem, this research shows that theoretical approach predicted by the thickness of spalled Si wafer. Moreover, laser grooving process on the side edge reduced the thickness variation on the edge of spalled Si wafer.

[에너지3-3 | 14:00]

Synthesis and magnetic properties of Y^{3+}-substituted SrM-type hexagonal ferrites: KangHyuk Lee, Sang-Im Yoo; *Seoul National University.*

Keywords: Hexaferrite, magnetic property, yttrium-substituted Sr M

The M-type hexaferrite ($AFe_{12}O_{19}$, A = Ba, Sr) is one of the most widely used materials in permanent magnets in industrial applications since it possesses high Curie temperature, high coercivity, and high magnetic anisotropy. And they have several advantages of excellent magnetic properties, chemical stability, and low cost compared with other magnetic materials. There have been various attempts to improve the magnetic properties of M-type hexaferrites such as divalent and trivalent cations can be substituted for these Fe^{3+} sites or A site. In this study, we tried to synthesize Y^{3+}-substituted Sr M-type hexagonal ferrites. A study of yttrium substituted Sr M-type hexagonal ferrites remain unexplored. The nominal compositions of $Sr_{(1-x)}Y_xFe_yO_{19}$ (x = 0.0–0.5) (y = 10–12) were prepared by solid state reaction in air using strontium carbonate ($SrCO_3$), yttrium oxide (Y_2O_3) and iron oxide (Fe_2O_3) as raw materials. The raw materials were ball-milled for 24 h and calcined at 1100~1300 °C for 10 h in air. As-calcined powder was pressed into pellets and sintered at 1200~1300°C for 4 h in air. The samples were characterized by X-ray diffraction (XRD), vibrating sample magnetometer (VSM), and scanning electron microscope (SEM). The powder XRD patterns of $Sr_{0.5}Y_{0.5}Fe_{10}O_{19}$ calcined at 1200 for 10 h exhibited a single phase. The maximum saturation magnetization value of 66.8 emu/g and coercivity value of 3755 Oe was obtained from the

$Sr_{0.5}Y_{0.5}Fe_{10}O_{19-\delta}$ sample sintered at 1300°C for 4h in air. Details will be presented for a discussion.

[에너지3-4 | 14:15]

Ce_3Al_{11}이 첨가된 $NaAlH_4$의 수소 흡방출 특성: 하태준[1], 최종관[1], 심재혁[1], 한홍남[2], 이준호[3]; *[1]한국과학기술연구원. [2]서울대학교. [3]고려대학교.*

Keywords: ball milling, catalyze, hydrogen storage properties, sodium alanate

수소에너지는 최근 각광받고 있는 수소연료전지 및 수소전기자동차 등의 연료로 사용되며 이 기술들의 상용화를 위해서는 충분한 양의 수소를 안전한 방법으로 저장할 수 있는 소재에 대해서 연구 및 개발이 필요하다. $NaAlH_4$에 다양한 촉매를 첨가하여 ball milling 으로 혼합하면, 약 110°C부터 수소를 방출하며 분해한다. 본 연구에서는 촉매로 사용되는 Ce_3Al_{11} 분말을 합성하는 방법, 첨가한 다양한 촉매 종류에 따른 as milled 시료의 수소 흡방출 특성 차이, 밀링한 분말을 펠렛으로 제조했을 때의 수소 흡방출 특성 및 부피변화 특성 등에 대한 연구를 수행하였다. 실험 시에 주요 인자로는 투입 촉매 종류, 볼 밀링 시간, 펠렛 제조시의 프레스 압력을 고려하였다. 제조한 시료의 수소 흡방출 시의 상 변화를 검토하였고, 열중량 분석, 등온 수소 흡방출 분석 결과를 통해 수소 저장 물질의 수소 용량, 수소 발생 속도의 차이를 확인하였다.

[에너지3-5 | 14:30]

Revealing the characteristics of the SEI layer on the Graphite anode: Jun-Hyoung Park[1], Hyun Jeong Lee[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]; *[1]Korea university. [2]Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Li-ion battery, anode material, graphite, liquid electrolyte, SEI layer

During the cycle of the Li-ion battery, SEI (solid electrolyte interphase) layer is formed at the region between the electrolyte and the anode as a by-product of the reaction. The SEI is considered to be a major cause to the degradation of the performance of the Li-ion battery. In spite of the importance of analyzing the formation of the SEI, there have been only few studies on this phenomenon. This is because of the difficulties on the observation of the SEI. The SEI is comprised of the various organic/inorganic compounds, which is difficult to analyze. Furthermore, the formation of the SEI occurs in the liquid-state electrolyte which is another challenge. Due to those difficulties in the observation of the SEI, the composition, structure, and electric properties of the SEI are still elusive. Therefore, it is necessary to develop the new method to analyze the SEI in Li-ion battery. In this study, we observe the growth process and confirm the properties of SEI changing along the cycles and C-rate in the high-degree vacuum.

[에너지4-1 | 14:55]

The role of Fe particle size and oxide distribution on the hydrogenation properties of ball-milled nano-crystalline powder mixtures of Fe and Mg: JULIEN FADONOUGBO, Jee Yun Jung, Jin-Yoo Suh, Young-Su Lee, Jae-Hyeok Shim, Young Whan Cho; *Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Metal hydrides, hydrogen storage, thermal analysis, dehydrogenation, transmission electron microscopy

Low temperature formation of Mg_2FeH_6 is demonstrated by hydrogenation of Mg-Fe elemental powder mixture at a temperature as low as 350 °C which is lower than the conventional process temperature, 500 °C. To enable the low temperature synthesis, the powder mixture of Mg and Fe has been prepared by high energy ball milling using different process control agents (PCAs). A systematic study on the ball milling and hydrogenation conditions has been carried out to maximize the yield of the ternary line compound. The hydrogenation conditions together with the Fe particle size of the starting materials turn out to play a significant role in the hydrogen absorption kinetics of the system. An optimized condition has demonstrated a significant hydrogenation as well as a robust cycling ability at low temperature which suggests the strong potential of the process for practical applications. In the aim of further evidencing the relationship between the synthesized amounts of Mg_2FeH_6 and the size of Fe particles (and their distribution), several powder mixtures have been prepared by applying various milling energies (milling time). The resulting powder mixtures display a quite broad Fe particle size distribution as a function of milling time. The hydrogenation of those composite powders has been conducted at relatively low temperatures (< 400 °C) under 60 and 100 bars of hydrogen pressure. Not only the Fe particle size turned out to significantly influence the hydrogenation kinetics, but also the distribution of oxides formed during milling process affected greatly the hydrogen storage capacity.

[에너지4-2 | 15:10]

Design of Interconnect-Based Ultra-Conformable Battery Structure: Seunghoon Nam, Myungho Kim, Jae Kook Yoon, Chang-Su Woo, Seungmin Hyun; *Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM).*

Keywords: Conformable Battery, Array of Cells, Interconnects, Bendable, Stretchable

With the advent of flexible electronics, there has been an increasing demand on energy-conversion systems that guarantee long-lasting performance with mechanical reliability. Therefore, we propose a rational battery structure that is shape-conformable to external bending/stretching, while maintaining its original energy-storage functionality. The structure includes an array of hexagonal unit cells that are electrically-connected by diagonal interconnects. From a line of reasoning, the way of interconnection and shape of the unit cells are designed not to interrupt their mutual motions. The stretching and bending of the whole array are rendered by the attached interconnects folding and unfolding, leaving the unit cells and other interconnects free of mechanical disruption. Compared to previous

origami/kirigami batteries, this kind of batteries is capable of multi-dimensional displacement, that is, bendable and stretchable with various degrees of motions. The suggested structure is proved effective when a prototype Li-ion battery, made of a pouch-type cells, is accessed on dynamic deformations (bending/stretching). Obviously, the battery on the basis of interconnects outperforms a single pouch cell, which otherwise, would have deteriorated for repeated mechanical variations.

[에너지4-3 | 15:25]

Effective Passivation of Nano-sized Electrode Materials Pursuing High Stability and Activity using in situ chemical vapor deposition: 김찬훈, 최동성, 김상욱*, 김일두*; *KAIST.*

Keywords: Graphene, encapsulation, Co3O4, LIBs

Nanos-sized electrode materials have great scientific interests in energy conversion and storage technologies owing to their unique properties, which has not been discovered in bulk materials, stemmed from the confining in the nanoscale dimension and their extremely high surface to volume ratio. However, they always encounter coalescence, oxidation, and degradation due to their thermodynamically unstable and highly reactive nature. Thereby, the passivation of nanos-sized electrode materials become more and more important to maintain their reliable properties from external environments. In this work, we have successfully synthesized highly monodispersed ultrasmall nanoparticles encapsulated in graphene as an active material with high stability and excellent activity for high performance lithium storages. Our unique and scalable strategy to synthesize highly monodispersed ultrasmall Co_3O_4 nanoparticles (~ 3.7 nm) discretely encapsulated in graphene via simultaneous chemical vapor deposition (CVD) and subsequent in-situ oxidation at low temperature (180 °C) realizes both the highly stable and active characteristics. In-situ oxidation is a critical step in controlling the number of layers and defects of the graphene shell by catalytic oxidation and at the same time phase transformation of Co to Co_3O_4. By adjusting post oxidation conditions, highly monodispersed ultrasmall Co_3O_4 nanoparticles encapsulated by graphene shell with an appropriate number of layers, regarded as the desired and ideal structure for Li-ion battery anodes, were successfully synthesized. The graphene encapsulation significantly improves typical challenges of Co_3O_4 such as huge volume expansion up to 300%, formation of unstable SEI layer, and poor electrical conductivity. This rationally designed electrodes exhibit extremely confined volume expansion of only 15.8% at fully lithiated state and excellent electrochemical performances including highly stable capacity retention after 2000 cycles. More importantly, the it shows excellent rate performance which is far superior to previously reported Co_3O_4 based anodes.

[에너지4-4 | 15:40]

수직 롤 밀링법으로 제조한 Mg / Fe 복합 분말의 수소화 반응에 미치는 미세구조 및 산화의 영향: 정지윤[1,2], Julien O. Fadonougbo[1], 이영수[1], 서진유[1], 허주열[2], 조영환[1]; *[1]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터. [2]고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: Mg_2FeH_6, complex metal hydride, cold roll milling, oxygen analysis

현재까지 알려진 수소저장합금 및 금속수소화물 가운데 마그네슘과 마그네슘계 금속 수소화물은 무게 및 부피 저장용량이 크고 저장/방출 사이클 수명이 매우 우수하며 저가의 원료를 사용하기 때문에 국내외를 막론하고 활발한 연구개발이 이루어져 왔다. 본 연구에서 주목한 Mg_2FeH_6는 무게저장용량이 5.5 wt.%이고 특히 부피저장용량은 150 kg/m^{3}으로 현재까지 알려진 고체수소저장물질 중에 가장 크다. Mg_2FeH_6를 합성하는 여러 가지 방법 중에 Mg와 Fe분말을 high energy ball milling (HEBM) 공정을 적용해 미세하고 균일하게 혼합한 다음 400~550°C에서 10~100기압의 수소와 반응시키는 방법이 있는데 HEBM 방법은 대량생산에 적용하는 것이 쉽지 않다. 본 연구에서는 양산에 적합한 연속 조업이 가능한 cold roll milling (CRM) 공정을 도입하여 공업용 Mg와 Fe 분말을 미세하고 균일하게 혼합해 수소화 반응 온도를 낮추고 반응시간을 단축하고자 하였다. 또한 pre-mixing 방법과 Fe layer의 두께 및 산화물(MgO)이 수소화 반응에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Mg와 Fe의 혼합 비율은 몰 비로 2.1:1 로 고정하고 process control agent를 0.5 wt.%를 첨가하여 두가지 방법으로 pre-mixing한 후 대기 중과 불활성 분위기(Ar)에서 CRM을 진행하였다. 원료 및 CRM 처리 횟수에 따른 분말 시료의 형태 및 Fe 층의 두께, 산소 분포 등의 미세구조를 조사하기위해 전자현미경(SEM/EDS, TEM/EDS) 분석을 했으며 XRD와 Rietveld refinement 분석을 통해 상 조성을 조사했다. 대기 중 CRM 처리에 따른 산화에 의한 산소 함량 증가를 ONH analyzer로 분석하였으며 High Pressure DSC와 고압 수소 반응기를 통해 CRM 처리 횟수가 시료의 수소화 반응량과 반응속도에 미치는 영향을 조사했고 열 중량 분석(TGA)을 통해 수소 방출량을 조사하여 비교하였다.

[에너지4-5 | 15:55]

Electrochemical analysis of front-side Ag metallization for crystalline silicon solar cells by short-circuiting between Ag and Si emitter: HeeSoo Kim, JooYoul Huh; *Korea University.*

Keywords: Crystalline Si solar cell, Screen-printed Ag contact, Contact firing reactions, Mixed potential theory, Ag crystallites

Screen-printed front-side Ag metallization of crystalline Si (c-Si) solar cells is commonly formed by printing Ag paste and then spike firing at a peak temperature of ~800°C. It was previously reported that the firing reactions involved in the screen-printed Ag contact formation are electrochemical in nature. However, electrochemical studies on the fire-through Ag contact formation are very scarce. In this study, we investigate further the electrochemical nature of contact firing reactions for Ag contacts of c-Si solar cells by examining the electroluminescence (EL) images and contact microstructures of various Ag finger lines of different lengths and patterns after contact firing with and without short-circuiting to the underlying Si emitter. The experimental results demonstrated that the contact firing reactions established a potential difference between the sintered Ag finger line and Si emitter separated by a thin molten glass

layer. Short-circuiting between the sintered Ag finger line and Si emitter resulted in a galvanic cell with an electron flow from the Si emitter to the sintered Ag during contact firing. Therefore, the short-circuiting inhibited the reduction of Ag^+ ions at the Si emitter/glass interface, leading to no Ag crystallite formation at the contact interface. The effects of short-circuiting on the contact firing reactions were gradually attenuated along the finger line away from the short-circuit spot predominantly owing to the ohmic loss along the Si substrate. Strong correlation was observed between the EL contrast of finger lines and the density of Ag crystallites formed on the Si emitter surface, indicating that the Ag crystallites played a crucial role in current conduction across the fire-through Ag contact interface. The contact firing reactions could be well understood based on the mixed potential theory of corrosion. In the presentation, the dependence of Ag crystallite formation on the lengths of short-circuited Ag finger lines will be interpreted with an aid of the Evans diagram.

[에너지4-6 | 16:10]

Porous silicon/carbon composite anode by one-step thermal processing for Li-ion batteries: 강인영[1,2], 장주영[1,2], 이경우[1], 조영환[2]; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Si anode, Porous structure, Electrode Swelling, Li ion battery

Many research have been attempts to solve the volumetric expansion problem of Si anode materials during charge and discharge process, and their performance has been greatly improved. However, there are difficulties in practical use such as using expensive nano-silicon and complicated synthetic process. This study shows the results that can improve the performance of lithium ion batteries by introducing additional voids in silicon-based anode materials. The active material that satisfies several solutions to solve disadvantages of silicon anode materials is synthesized with a simple and practical method. It is possible to reduce the absolute volume expansion of active materials by using ball-milled silicon-based nanocomposite. In addition, our approach has the advantage of simultaneously removing the void template during the heat treatment for the carbonization of the carbon-coated precursor. The microstructure analysis has shown the difference of void structure introduced into the active material. Coin half-cell tests demonstrate the improved electrochemical performance of the silicon/ carbon nanocomposites with additional voids compared to that of the anode materials without the voids. In addition, the effect of the porosity of the active material on the electrochemical performances and the swelling of the electrode were also analyzed.

[에너지5-1 | 16:30]

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery: 변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: kinetics, sodiation, crystallographic orientation, tin anode, Na-ion battery

오늘날 차세대 전기자동차 (EV) 용 배터리의 음극은 고용량, 장수명 뿐만 아니라 높은 rate capability가 요구된다. 그런데 배터리 음극의 실제 특성은 이론값과는 달라 개발에 어려움이 있다. 이러한 현상이 나타나는 주요 원인 중 하나는 전극에서의 이온 확산이 계면 반응에 의해 지배 (Interface-controlled reaction, ICR)받기 때문이다. 예를 들어, Li-ion battery (LIB)의 음극재료인 결정질 Si의 Anisotropic swelling은 계면 반응에 의해 발생하는 대표적인 사례이며, 이 결과 형성되는 전극 반응의 방향성은 전극의 균열 파괴를 가속화 하고, 배터리의 사이클 수명을 감소시킨다. 따라서 차세대 배터리의 개발을 위해서는 음극에서의 계면 현상을 없애거나 혹은 완화시키기 위한 연구가 필요하다. 저자들은 최근 500 nm의 직경과 배향을 갖는 단결정 Sn pillar의 sodiation 실험을 통해 Na-ion battery(NIB) 음극재료인 Sn이 LIB의 Si 보다 더 큰 직경에서도 계면 현상이 일어나지 않아, 전체 확산속도는 물질 전달에 의해 지배 (Diffusion-controlled reaction, DCR)받았으며, 그 결과 동일 직경의 Li-Si 음극에서 관찰된 것 보다 2 order 이상의 빠른 반응 속도를 관찰하였다. 이 결과가 흥미로운 것은 더 큰 ionic radius로 인해 NIBs가 LIBs보다 더 느릴 것이라는 기존의 예측과는 다른 결과이기 때문이다. 만일 DCR이 이 합금계에서 일어나는 특이한 계면 반응의 결과라면, 결정 방향과 직경에 상관없이 Sn의 비정질화를 통해 DCR이 발현될 것임을 암시한다. 이에 본 연구에서는, Na-Sn battery의 결정 배향에 따른 sodiation 등방성 거동을 실시간 실험 및 전산 모사를 이용해 규명하였다. 실시간 sodiation 실험은 다양한 초기 방위 (, , 그리고)를 갖는 직경 300 nm - 2000 nm의 단결정 Sn pillar를 이용해 Na의 확산 속도 및 부피 팽창을 정량적으로 측정함으로써 sodiation of Sn이 초기 배향에 무관하게 등방적으로 발생함을 입증하였다. Sodiation에서 Sn의 결정 배향이 무효화되는 원인은 Ab initio MD 기반 시뮬레이션을 통해 해석되었는데, 이것은 흥미롭게도 Na-Sn 음극의 sodiation 반응 시에 a-Na_xSn/Sn 계면의 Sn side가 먼저 비정질화 되었기 때문이었다. 본 연구 결과는 현재 음극 개발에서 문제시되는 charging time, capacity 특성을 개선할 수 있는 유용한 insight를 제공할 것이다.

[에너지5-2 | 16:45]

특별한 형상과 구조의 도입으로 실현된 재료 고유의 성질을 넘어서는 플렉서빌리티: 프랙탈 컷 패턴으로 구현된 새로운 플렉서블 배터리 시스템: 김기범[1], 이영주[1], 주영창[1], 오규환[1], 최인석[2]; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: 메타 물질, 프랙탈 컷 플랫폼, 계층 구조, 플렉서블 리튬 이온 전지

유닛셀 영역과 유닛셀들을 연결하는 힌지 부분으로 이루어진 프랙탈 컷 패턴의 변형성은 외부 힘이 패턴에 가해졌을 때 인접 유닛셀들을 회전시키는 힌지의 작동에 의해 이루어진다. 프랙탈 컷 패턴이 변형 되는 동안 외부 힘에 의해 발생되는 대부분의 변형 에너지는 힌지 영역에만 집중되기 때문에 힌지를 제외한 유닛셀 영역은 상대적으로 변형 에너지에 대해서 자유로워진다. 따라서 변

형 에너지로부터 자유로운 각 유닛셀 영역에 변형능이 없는 전자 기기들을 배치하고 힌지 부분을 통해서 서로 연결한다면, 전자 기기들이 연결되어 이루어진 프랙탈 컷 패턴 전자 디바이스가 거시적으로 유연성을 가질 수 있다. 이러한 디바이스는 각 유닛셀 영역에 배치될 전자 기기들의 유연성을 개선하기 위한 별도의 공정이 필요하지 않기 때문에 플렉서블 전자 기기 개발 분야에서 상충되는 목표로 여겨져 왔던 높은 기계적 변형성과 최적의 전기적 작동 효율이라는 두 가지 목표를 동시에 충족할 수 있다. 프랙탈 컷 패턴 플렉서블 전자 기기의 한 예로, 본 연구에서는 전방위적으로 변형 가능한 리튬 이온 배터리를 제작하고 그 배터리의 기계적-전기화학적 성능을 검증했다. 전체 패턴이 변형될 때 가해지는 변형 에너지의 크기와 국부적 분포를 유한 요소 해석법을 이용하여 예측하였으며, 대부분의 응력이 집중되는 힌지 부분에 가해지는 예측된 최대 변형 에너지를 수용할 수 있도록 실리콘 러버가 패키징 탄성 재료로 사용되었다. 그 결과 우리의 배터리는 롤링 상태, 스트레칭 된 상태, 나아가 무작위로 구겨진 상태에서도 안정적으로 작동하는 것이 확인되었으며, 변형되지 않은 상태와 비교하여 각 변형 상태에서의 충방전 용량 또한 떨어지지 않음이 확인되었다. 사용된 일반적인 리튬 이온 셀이 변형에 매우 취약하다는 점을 고려하면, 구조적 엔지니어링으로 성취된 프랙탈 컷 시스템의 전방위적인 변형 능력은 플렉서블 전기 기기 개발에 새로운 패러다임을 제시할 수 있을 것이라고 기대된다.

[에너지5-3 | 17:00]

Theoretical evalulation of energy efficiency of Na-Sn battery based on phase transition behaviors and formation of electrically resistivt phases: 최용석[1], 변영운[1], 안재평[2], 이재철[1]; [1]*고려대학교.* [2]*한국과학기술연구원.*

Keywords: Na-Sn battery, Phase transition, Electric resistivity, In-situ diffusion experiments, First-principles calculations

Despite their large theoretical capacity and fast-charge capability, Na−Sn batteries exhibit comparatively poor energy efficiency and the underlying physics is not yet fully understood. We developed a thermodynamic model that can replicate voltage curves associated with battery cycle by incorporating the detailed phase transition behaviors and associated resistivity changes of the Na−Sn system under various applied voltages. The present study is the first attempt to reveal the fundamental physics behind the shape of the voltage curves of Na−Sn batteries. The developed model allows the elucidation of the structural origin of the low energy efficiency of Na−Sn batteries. We observed that the simultaneous action of the multiple phase transition behaviors and the formation of electrically resistive phases is responsible for the low energy efficiency of Na−Sn batteries. This work also provides useful insight into the design of attractive anode materials for realizing batteries with high energy efficiency suitable for future electric vehicles and energy storage systems. This paper addresses three fundamental issues and is organized as follows: 1) We first identified the stable and metastable intermediate phases formed during the charge–discharge process of the battery by reanalyzing the previously reported results of galvanostatic experiments and atomic simulations. 2) We also evaluated the individual effects of the stable and metastable intermediate phases on the kinetic and ohmic overpotentials. 3) By comparing the calculated overpotentials with those measured using in situ electron microscopy, we validated that both the phase transition behavior and high electric resistivity of the intermediate phases play key roles in determining the energy efficiency of Na−Sn batteries. Based on the present findings, we also address some rules for selecting anode materials with high energy efficiency.

[에너지5-4 | 17:15]

우수한 고온 안정성을 갖는 LTO 리튬이차전지 음극소재 개발: 윤재국[1], 남승훈[1], 심형철[1], 현승민[1], 박건우[2], 윤태호[2], 박현상[2]; [1]*한국기계연구원.* [2]*[주]아이작 리서치.*

Keywords: LTO(Li4Ti5O12), Lithium ion battery, Atomic layer deposition, Al_2O_3

스피넬(Spinel) 구조를 갖는 LTO($Li_4Ti_5O_{12}$)는 높은 출력 특성과 전기화학적 충 방전시 소재의 부피변화가 없어 우수한 안전성(safety)을 나타냄으로써 전기자동차등에 적용될 차세대 리튬이차전지 음극소재로서 각광받고 있다. 그러나 LTO는 전기화학적 충 방전 시 전극표면과 일반적으로 사용되는 전해질과 부 반응이 일어나면서 전해질이 분해되고 특히 높은 온도에서(40~60ºC) 이러한 반응이 더욱더 활발해지면서 결과적으로 전지의 성능이 저하되고 안전성(safety) 문제를 일으킬 수 있다. 또한 이러한 문제는 LTO가 향 후 전기자동차등의 전극소재로 상용화 되기 위해선 꼭 해결되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 ALD(Atomic layer deposition)를 이용, LTO 전극표면에 Al_2O_3을 얇게 코팅하여(~1nm) 보호막을 형성하였고 이를 60ºC 조건에서 전기화학적 충 방전 cycle 시험을 수행하였다. 그 결과, 500 Cycle 충 방전 후 초기용량 대비 ~98%의 높은 용량 유지율을 보였으며 코팅 된 Al_2O_3가 전해질과 일어나는 부 반응을 억제하여 LTO 표면의 상 변화가 나타나지 않는 것을 보였다. 따라서 Al_2O_3 보호막 형성은 LTO의고온 안정성(stability) 향상을 위한 효과적인 방법임을 확인하였다.

[에너지5-5 | 17:30]

리튬 이차전지 음극 소재용 실리콘/구리나노선 복합소재의 제조 및 전기화학적 특성: 윤두영, 김찬훈, 조수호, 정지원, 김일두; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: 실리콘, 복합전극, 리튬이온전지, 구리나노선, 그래핀

에너지 저장 장치로써 리튬 이온 배터리는 휴대용 전자 기기 및 휴대 전화에 전 세계적으로 널리 사용되고 있으며 전기 자동차 같은 응용분야에 큰 잠재력을 보여주고 있다. 그렇지만, 전기 자동차와 같이 고용량을 요구하는 응용분야를 만족시키기에는 여전히 부족하기 때문에 현 수준 이상의 에너지 저장 장치가 개발 되어야 한다. 실리콘(Si)는 높은 이론적 용량 (~4200 mAh g^{-1}) 때문에 리튬이온 전지분야에서 각광 받는 차세대 음극 물질로 알려져 있다. 그렇지만 충방전 과정 동안에 되면 높은 부피팽창 (~300%) 때문에 용량 감소 및 충방전 특성이 급감하게 된다. 또한, 음극의 집전체로 사용되고 있는 구리박(Cu foil)은 음극의 구동전압에서 환

원전류에 의한 리튬과의 합금(alloy)이 일어나지 않는 재료이지만 금속 특유의 높은 밀도(density)로 얇은 막(~18 μm)을 사용함에도 불구하고 활 물질 대비 차지하는 무게가 전체 전극 물질에서 큰 비율을 차지 하고 있다. 현재 리튬이온전지는 활물질, 전도체, 바인더, 집전체, 분리막으로 구성되어 있는데 전기화학 반응을 일으키는 활물질 이외의 다른 구성품의 비율이 높은 한계를 가지고 있다. 많은 연구진들은 이를 해결하기 위해 바인더의 및 전도체의 함량을 줄여 최적 조합을 찾으려고 노력하고 있지만 Si 기반 전극에서는 부피팽창으로 인한 문제 때문에 새로운 형태의 전극이 요구되고 있다. 본 연구에서는 Si과 구리나노선(CuNW)을 복합화하여 추가적인 전도박 없이 3차원 전극을 제조했고, 탄소소재 및 바인더 대신에 reduced graphene oxide를 사용하여 이를 대체하여 전기화학적 특성을 향상 시켰을 뿐만 아니라 배터리로 사용 할 만한 수준의 free-standing 전극을 제조하였다. Raman 및 XPS 분석을 통해 graphene oxide와 CuNW의 oxidation state를 확인 하였으며, SEM & TEM 분석으로부터 전극의 형태와 exsitu 분석을 수행하였다. 전기화학적 평가를 위해 potentiostat법과 galvanostate법에 의해 분석이 이루어졌고 Si/CuNW 복합전극의 면적당 용량은 1.5 mAh cm^{-2}, 무게당 용량은 2275 mAh g^{-1}으로 나타났으며 90번의 충방전 후에도 88%의 용량이 유지 되는 것을 확인하였다. Ex-situ SEM 분석을 통해 Si/CuNW 전극의 두께가 충방전을 거치는 과정에도 크게 변화하지 않음을 확인하였다. 추가로 상용화된 음극과 동일 용량으로 비교하였을 시, 전극의 두께는 약 20%의 얇아졌으며 전체무게는 3배 가량 가벼운 것으로 확인되었다. 본 전극은 향후, 고용량 리튬이온 전지에 새롭게 제안 될 전극 형태가 될 것으로 예상 되며 Si 기반 음극의 상용화 가능성을 모색했다고 볼 수 있다.

나노소재

Room 201B, 4월 25일

[나노1-1 | 10:15]

Atomic scale relaxation at van der Waals interface between two-dimensional materials: Hyobin Yoo[1], Kuan Zhang[2], Rebecca Engelke[1], Paul Cazeaux[2], Sukhyun Sung[3], Robert Hovden[3], Adam Wei Tsen[4], Takashi Taniguchi[5], Kenji Watanabe[5], Gyu-Chul Yi[6], Miyoung Kim[6], Mitchell Luskin[2], Ellad Tadmor[2], Philip Kim[1]; *[1]Harvard University. [2]University of Minnesota. [3]University of Michigan. [4]University of Waterloo. [5]National Institute for Materials Science. [6]Seoul National University.*

Keywords: Commensurate domains, atomic reconstruction, van der Waals interface, two-dimensional materials, transmission electron microscopy, charge transport

Stacking dissimilar two-dimensional (2-D) van der Waals layers into heterostructures has played a pivotal role in creating novel materials with multifunctionalities. In addition to the versatile material combinations, adjusting stacking angle or lattice mismatch between the layers can tune the electronic properties of the system by creating quasiperiodic moiré structures. More interestingly, the interplay between van der Waals interaction energy and elastic energy at the interface result in atomic scale reconstruction, producing commensurate domains and domain boundaries. Accordingly, understanding the microstructures that result from the commensurate transition at the interface and their effect on physical properties is crucial for engineering 2-D heterostructures in various applications. In this work, we fabricated artificially twisted bilayer graphene with controlled twist angle via state-of-the-art dry transfer technique. Then we exploited transmission electron microscopy to investigate its microstructural details including commensurate domains and domain boundaries as well as their dependence on the twist angle. The commensurate domains in twisted bilayer graphene are topologically nontrivial in the presence of vertical displacement field, providing network of one-dimensional transport modes along their boundaries. Electrical transport behavior with controlled vertical displacement field and carrier density was investigated to understand the effect of commensurate domains and their boundaries on the charge transport behavior.

[나노1-2 | 10:30]

Two-dimensional atomic layered FET improved by composition engineered metallic-semiconducting TMDs heterojunctions interface: Deok Min Seo[1], Byungjin Cho[2], Yonghun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]; *[1]Inha University. [2]Chungbuk National University. [3]Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Transition metal dichalcogenide, atomic-layered FET, WSe2, NbSe2, heterostructure

Enhanced junction reliability and long-term stability with TMDs-based FET are attracting attention in two-dimensional(2D) nano-scale electronic devices. We investigate heterostructures of compositionally and electronically different 2D atomic layers of TMDs to improve contact properties of 2D metal-semiconductor heterojunction. Through interfacial doping with niobium atoms, we engineered composition of transition region between semiconducting WSe_2 atomic layer channels and metallic $NbSe_2$ contact layers. This van der Waals junction with $W_xNB_{1-x}Se_2$ mixed transition regions considerably lower the potential barrier of the heterojunction and enhancing the performance of the corresponding 2D TMDs-based FET devices. Also, it has atomically sharp interfaces, exhibiting long hot-carrier lifetimes (75,296 s) of 78 times longer than Pd/WSe_2 metal-semiconductor junctions. The fabrication of controllable composition alloyed 2D junctions between dissimilar atomic layers could be a significant progress approaching electrically reliable 2D nanomaterial-based electronic devices.

[나노1-3 | 10:45]

용액공정을 이용한 금속 산화물 기반의 저항변화 메모리 제작 및 동작 특성 평가: 윤혜원[1], 김미현[1], 김수정[2], 홍성훈[1]; *[1]한국전자통신연구원(ETRI) ICT 소재연구그룹. [2]고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: flexible ReRAM, solution-process metal oxide, resistive switching

저항변화메모리(ReRAM)은 전기적 신호에 따라 저항이 큰 상태(OFF state)에서 저항이 작은 상태(ON state)로 바뀌는 특성을 이용한 비휘발성 메모리를 말한다. 이 중, 금속 산화물 기반의 저항변화 메모리는 비교적 간단한 구조를 가지기 때문에 고집적화가 용이하다. 또한 빠른 동작 속도, 낮은 전력 소모 등의 장점을 갖기 때문에 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 낸드 플래시를 대체할 차세대 비휘발성 메모리로 기대 받고 있다. 특히 저항변화메모리는 제작이 용이하고 동작 시 발열이 적어 플랙서블 소자로의 큰 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 플랙서블 소자에 적용될 수 있는 용액 기반의 산화물 소자를 이용하여 저항변화메모리를 만들고 그 특성을 평가하였다. 산화물 나노 입자와 리간드 치환 공정을 이용하였으며 기판으로는 폴리이미드 기판을 사용하였다. 또한, 유연 기판에 제작한 산화물 나노입자 기반의 저항변화메모리의 전기적 신호에 따른 동작 특성을 확인하였다.

[나노2-1 | 11:00]

Chemiresistive Detection of Disease Markers in Human Breath Using Porous WO_3@SnO_2 Nanofibers as Sensing Layers: PERESI MAJURA BULEMO, Il-Doo Kim; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: WO_3@SnO_2 nanofibers, core-shell, chemiresistive detection, exhaled breath

Heterogeneous semiconducting metal oxides in core-shell configurations exhibit versatility and applicability in gas-sensing applications and several others. Typically, they exhibit superior sensing capability compared to homogeneous semiconducting counterparts due to synergistic effects originating from n-n or p-n junctions formed at interfaces. Of particular importance is the electron kinetics occurring at the interface upon cyclic exposure to air and gaseous disease markers of interest. It is well established that lattice mismatch between the core-shell components creates high density of states due to surface strains, and enhance electron trapping at the interfaces that creates extended depletion region in semiconducting components involved. Herein, porous WO_3@SnO_2 nanofibers (NFs) are facilely synthesized by employing electrospinning and precipitation techniques. Whereas reported WO_3-SnO_2 NFs systems exhibit appreciable response toward H_2S, NH_3, NO_x and CO gases, their performance toward trace concentrations has not been significantly investigated. This study explores the sensing performance of WO_3@SnO_2 NFs toward trace concentrations of gaseous disease markers in human exhaled breath.

[나노2-2 | 11:15]

Highly selective breath acetone analysis using ZnO QDs with miniaturized gas chromatographic column: Hwaebong Jung[1], Wonhee Cho[2], Ran Yoo[1], Hyun-sook Lee[1], Yong-Sahm Choe[3], Justin Y. Jeon[2], Wooyoung Lee[1]; *[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University. [2]Department of Sport Industry Studies, Yonsei Universi. [3]Isenlab Inc*

Keywords: Breath acetone, ZnO quantum dot, miniaturized gas chromatography column, real-time detection, mini sampling volume

Here, we developed a breath acetone analyzer integrated with a sensor based on ZnO QDs and a miniaturized GC column filled with a packing material. This sensor can be used for the analysis of small volumes of human breath (1 ml), and can detect breath acetone without pre-concentration, in real-time, with high sensitivity and selectivity. This analyzer can detect acetone concentrations as low as 0.1 ppm. The response of the ZnO QDs increases with increasing acetone gas concentration and is strongly correlated with the concentration. The acetone content in the breath of volunteers (who were on a ketogenic diet for 3 days and a normal diet) was monitored using the breath acetone analyzer. The breath acetone concentration of the volunteer who was on the ketogenic diet for 3 days was 1.28 ppm; subsequently, the change in the breath acetone concentration after the intake of carbohydrates was measured. The acetone concentration steadily decreased to 0.18 ppm, which was almost equivalent to that from the breath of volunteers who were not on the ketogenic diet.

[나노2-3 | 11:30]

Crumpled graphene oxide templated morphology engineered SnO2 nanofibers for superior acetone sensors: 김동하, 장지수, 구원태, 김일두; *한국과학기술원.*

Keywords: Graphene oxide, crumpled, nanofiber, acetone sensor

A new class of sacrificial graphene oxide (GO) templating route was pioneered to utilize Sn ions coated GO (Sn-GO) as the two-dimensional (2D) building block precursor for the synthesis of 1D architecture of metal oxide via electrospinning and subsequent calcination. During the electrospinning under high applied voltage, Sn-GO self-crumpled and wrapped on the as-spun polymeric nanofibers (NFs) which turned into porous NFs comprised of crumpled 2D SnO_2 nanosheets (NSs) (C_2D SnO_2 NFs) after calcination. Importantly, unique morphologies of C_2D SnO_2 NFs derive three distinct benefits, i.e., (i) high surface area and pore distribution taking morphological advantages of both one- and two-dimension, (ii) fully utilized electron depletion region derived from ultra-thin 2D SnO_2 with small crystallite size, and (iii) dramatically enhanced catalytic efficiency driven by mostly exposed catalytic NPs anchored on the ultra-thin 2D SnO_2. As a result, under highly humid condition (95% RH), Pt decorated C_2D SnO_2 NFs exhibited exceptional acetone sensing characteristics, i.e., superior response, high selectivity toward 8 other interfering molecules (HCHO, C_2H_5OH, C_2H_6S, H_2S, C_7H_8, NH_3, CO, and CH_4), fast response speed, and excellent cycling stability at 350 °C. Importantly, the sensing performance of the morphology tuned C_2D SnO_2 NFs were superior to that of dense SnO_2 NFs and 2D SnO_2 NSs. Sensor arrays were further utilized to discriminate simulated acetone breath against healthy breath by means of pattern recognition, thus demonstrating potential feasibility to achieve reliable sensing of breath biomarkers.

[나노2-4 | 11:45]

Nanoscale PtO_2 Catalysts-Loaded SnO_2 Multichannel Nanofibers toward Highly Sensitive Acetone Sensor: Jeong YongJin, Koo WonTae, Jang JiSoo, Kim DongHa, Kim MinHyeok, Kim IlDoo; *Korea Advanced Institue of Science and Technology.*

Keywords: apoferritin, multichannel nanofiber, catalyst, gas sensor, exhaled breath analysis

Semiconducting metal oxides (SMOs) based gas sensor is an emerging technology which can diagnose disease by detecting biomarker gas from exhaled breath of human. To increase sensitivity and selectivity of SMOs-based gas sensor, large reaction sites and functionalization of well dispersed nanocatalysts should be simultaneously achieved. In this sense, electrospinning is suitable synthesis tool for sensing materials due to the simple synthesis of one-dimensional SMOs decorated with catalysts. As a template for settlement of catalysts, we used protein cage, i.e., apoferritin (AF) which can encapsulate nanoparticles (NPs) within a small inner cavity, limiting the size of NPs to less than 3 nm. Furthermore, positive charge of the outer shell of AF can prevent bulk aggregation of NPs. Thus, AF is

suitable for the activation of uniformly distributed nanoscale catalysts. In this work, we proposed nanoscale PtO_2 catalyst-loaded SnO_2 multichannel nanofibers (PtO_2-SnO_2 MCNFs) synthesized by single-spinneret electrospinning combined with AF and two immiscible polymers, i.e., polyvinylpyrrolidone (PVP) and polyacrylonitrile (PAN). During the electrospinning, PVP-tin precursor and PAN are divided into the continuous phase and discontinuous phase by phase separation of two immiscible polymers. After calcination of as-spun NFs, PtO_2-SnO_2 MCNFs were synthesized through the decomposition of organic components (PVP, PAN, and AF) and crystallization of tin precursors. This sensing material achieves two main strategies, i.e., (i) effective activation of catalysts on both interior and exterior site of NFs taking advantage of the multichannel structure and (ii) large surface area of multichannel structure leading to the effective gas reactions. Based on that results, PtO_2-SnO_2 MCNFs exhibited exceptionally high acetone response (R_{air}/R_{gas} = 190.03) at 5 ppm acetone, great selectivity to acetone among 8 different gas species and excellent stability during 30 cycles of response and recovery under high humidity condition (95% RH). This work first demonstrates the facile combination of multichannel SMOs structure and AF-encapsulated catalytic NPs which exhibited great potential suitability as high performance chemical sensors to detect biomarkers from exhaled breath.

[나노2-5 | 12:00]

Selective acetone sensor based on Pt-decorated Al-doped ZnO and their improved Acetone sensing Properties with rapid response: aran gu[1], Ran Yoo[2], Seong-Pil Woo[1], Hyun-Sook Lee[2], Wooyoung Lee[1]; *[1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Yonsei University.*

Keywords: Acetone gas sensor, Al-doped ZnO, nanoparticles, Pt decoration, sensing properties.

We report the excellent sensing performance of Pt-decorated Al-doped ZnO nanoparticles (Pt-AZO) to detect hazardous gas of acetone. The sensing response and response time of Pt-AZO were observed with the values of 421 and 2.9 s at 450°C under exposure of 10 ppm acetone, indicating remarkably enhanced sensing properties compared to those of Al-doped nanoparticles (AZO) (56, 15 s) and pure ZnO nanoparticles (ZO) (17, 51 s) at the same condition. Furthermore, the Pt-AZO showed the highest sensing response to 10 ppm acetone reported so far in metal-oxide sensing materials. It was found that Pt nanoparticles play a crucial role in improving the gas sensing performance of ZnO NPs. The spillover effect and catalytic effect of Pt NPs provide a greater number of absorbed oxygen ions species on the surface of nanoparticles, which were demonstrated from the increased oxygen vacancies, higher carrier concentration, larger specific surface area, and enhanced reaction kinetics. The synergic effects attribute the outstanding sensing performance of Pt-AZO compared to AZO and pure ZO.

[나노2-6 | 12:15]

SnO_2 nanofibers hierarchically composed of thin-walled hollow nanospheres for enhancing acetone sensing properties: Rheehyun Kim, Ji-Soo Jang, Dong-Ha Kim, Won-Tae Koo, Min-Hyeok Kim, Il-Doo Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).*

Keywords: SMOs gas sensor, electrospinning, wet chemical reduction, response

By analyzing the biomarkers from exhaled breath, it is available to diagnose specific diseases non-invasively, and simply. Among the various analyzers, the semiconducting metal oxides (SMOs) gas sensor is widely studied due to the stability, simple fabrication, low cost, fast reaction, and simple operation. To improve the performance of the SMOs gas sensors, high surface-to-volume ratio should be achieved to increase reaction sites. One-dimensional (1D) nanostructures such as nanofibers (NFs) have a high surface-to-volume ratio and can provide efficient gas permeability. Also, zero-dimensional (0D) nanostructures, especially thin-walled hollow nanospheres (NSs) have a large surface area and fully utilized electron depletion regions. In this work, SnO_2 NFs composed of hollow NSs (hereafter 1D_0D SnO_2) were synthesized via the electrospinning and kirkendall diffusion, to take both advantages of 1D and 0D nanostructures for highly effective gas sensor, i.e., - (i) large surface area-to-volume ratio (ii) complete electron depletion and (iii) effective gas diffusion. First of all, by the process of electrospinning, Sn precursor/PVP NFs can be obtained. The metallic Sn were formed in carbon NFs through the 1st heat treatment (N_2 atmosphere at 400 °C, 3 h). During the 2nd calcination under air atmosphere at 550 °C for 1 h, metallic Sn were oxidized to SnO_2 hollow NSs by means of kirkendall diffusion, and carbon was thermally decomposed to form 1D_0D SnO_2. Additionally, Pt NPs were simply decorated and sensitized on 1D_0D SnO_2 via wet chemical reduction process to further enhance the gas sensing properties. The gas sensing performances were proceeded to VOCs (volatile organic compounds) gas species, e.g., CH_3COCH_3, NO_2, C_2H_6O, NH_3, HCHO, H_2S, C_7H_8 and NO. The sensing test results demonstrated that Pt NPs decorated 1D_0D SnO_2 can be used as high performance exhaled breath analyzers to effectively detect the acetone from exhaled breath for early diagnosis of diabetes (R_{air}/R_{gas}=54.6 @5ppm toward acetone).

[나노3-1 | 13:30]

Hollow Pd-Ag composite nanowires for fast responding and transparent hydrogen sensors: Ji-Soo Jang[1], Il-Doo Kim[1], Reginald M. Penner[2]; *[1]한국과학기술원(KAIST). [2]Department of Chemistry.*

Keywords: LPNE, galvanic replacement reaction, alloy metal, hollow nanowire, sensor

Pd based alloy materials with hollow nanostructures are ideal hydrogen (H_2) sensor building blocks because of the ultra-high surface

area afforded by this architecture. In this work, for the first time, we report a simple fabrication process for preparing hollow Pd-Ag alloy nanowires (Pd@Ag HNWs) by using the electrodeposition of lithographically patterned silver nanowires and followed galvanic replacement reaction (GRR) to form palladium. By controlling the GRR time of aligned Ag NWs within an aqueous Pd^{2+}-containing solution, the compositional transition and morphological evolution from Ag NWs to Pd@Ag HNWs simultaneously occurred, and the relative atomic ratio between Pt and Ag was controlled. Interestingly, a GRR duration of 17 h transformed Ag NWs into Pd@Ag HNWs, that showed enhanced H_2 response and faster sensing response time - reduced 2.5-fold – as compared to silver nanowires subjected to a shorter GRR period of 10 h. Furthermore, Pd@Ag HNWs patterned on the colorless and flexible polyimide (cPI) substrate showed highly reversible H_2 sensing characteristics. To further demonstrate the potential use of Pd@Ag HNWs as sensing layers for all-transparent, wearable H_2 sensing devices, we patterned the Au NWs perpendicular to Pd@Ag HNWs to form heterogeneous grid-type metallic NWs electrode which showed reversible H_2 sensing properties in both bent and flat state.

[나노3-2 | 13:45]

Exceptional Electrical Conductivity and Toughness of Non-oxidized Graphene Flake Aerogel Based Epoxy Composite: Jin Kim, Jungmo Kim, Hyewon Yoon, Minsu Park, Travis Novak, Ashraful Azam, Jinho Lee, Seokwoo Jeon; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Graphene, Non-oxidized graphene flakes (NOGFs), Epoxy composite

Graphene polymer composite is a promising candidate for multifucitonal material with ultralight weight. By preforming graphene flakes into a porous structure, such as an aerogel, properties of polymer composites could be enhanced even further. By doing so, graphene flakes could be evenly distributed and fully interconnected within the polymer matrix, maximizing the intrinsic property of graphene. Recent studies have focused on optimization and alignment of graphene aerogel's structure, which could potentially improve its property of aerogel itself, and the corresponding composite. This has been achieved by various methods such as self-assembly, direct printing, and ice templating of graphene flakes. Initially, graphene oxide flakes (GO) was used for fabricating graphene aerogel with aligned structure, due to its abundant surface functional groups, which facilitate both aqueous dispersion and assembly of graphene aerogel. However, those functional groups also act as defects, which severely deteriorate the property of both GO flakes and its aerogel. Therefore, non-oxidized graphene flakes (NOGFs), with minimum defects, is expected to be a good alternative for fabricating graphene aerogel with better quality. Until now, however, it has been difficult to fabricate graphene aerogel with such pristine graphene flakes due to the lack of surface functional group. Here we report a facile fabrication method to fabricate graphene aerogel composed only with NOGFs. Bi-direction freeze casting technique was utilized in order to fabricate an aerogel with highly aligned structure.[3] As a result, the graphene aerogel showed low defect concentration and oxidation according to Raman and XPS analysis. Due to the synergetic effect of both high quality of NOGFs and the aligned structure, the graphene aerogel exhibited outstanding electrical conductivity of 217 S/cm. Subsequently, epoxy composite was fabricated by impregnating epoxy resin within the graphene aerogel's pores with vacuum infiltration method. The epoxy composite showed remarkable fracture resistance of 1.74 MPa $m^{1/2}$ at 0.45 vol% and electrical conductivity of 122.6 S/cm at 0.27 vol%. Both results are superior to those of epoxy composite based on rGO aerogel, which proves that the NOGFs based graphene aerogel is a promising candidate for various applications other than polymer composite.

[나노3-3 | 14:00]

Au-Pd/SnO_2복합나노입자 합성 및 산화 거동 연구: 이후준, 최하늬, Gautam K. Naik, 유연태; *전북대학교신소재공학부전자정보재료공학과.*

Keywords: Au-Pd, alloy,nanoparticle, gas sensor.

SnO_2는 넓은 band gap(3.62eV)을 갖는 n-type 반도체로서 화학적으로 안정하고, 높은 전자 이동도를 갖고 있기 때문에 반도체식 가스센서의 감지물질로 많이 사용된다. 일반적으로 SnO_2 기반 gas sensor의 최적 작동 온도는 300°C 이상이다. SnO_2 기반 gas sensor에 대한 연구는 반응성과 선택성을 향상시키는 데 중점을 두어왔다. 그러나 SnO_2는 target gas에 대한 선택성이 없다는 문제점을 가지고 있다. 최근 수소화 시대가 도래 할 것으로 전망되는 가운데 수소감지에 대한 관심이 높아지면서 수소 가스에 대한 선택성이 있는 반도체식 가스센서를 필요로 하고 있다. 한편, gas sensor의 감지 특성을 향상시키기 위해 귀금속 나노 입자 촉매가 사용되어 왔다. 이 중에서, palladium은 수소 흡착 능력이 우수해서 촉매로 사용하면 gas sensor의 수소 가스에 대한 선택성을 높일 수 있다. 하지만, palladium은 고온에서 쉽게 산화되는 특성이 있기 때문에, 고온에서 동작하는 gas sensor의 촉매로 사용 할 경우 산화되어 촉매로써의 기능을 상실하게 된다. 본 연구에서는, palladium이 산화되는 것을 방지하기 위해 상대적으로 안정한 Au(gold)에 Pd(palladium)을 일정량 혼합한 Au-Pd alloy 나노입자를 먼저 합성한 후, sodium stannate를 전구체로 이용하여 Au-Pd/SnO_2 복합나노입자를 제조하였고, Au-Pd/SnO_2 복합나노입자 중의 Au-Pd alloy의 산화거동을 관찰하였다. Au-Pd alloy의 산화거동을 조사하기 위하여, 반도체식 가스센서의 작동온도인 200~500°C의 온도로 Au-Pd/SnO_2 복합나노입자를 열처리하였고, DTA 및 X-ray diffraction를 이용하여 Au-Pd alloy의 산화 거동을 관찰하였다. 또한, Au-Pd alloy의 조성에 따른 산화 거동을 조사하기 위해 다양한 조성의 Au-Pd alloy를 합성하였고, Energy Dispersive Spectrometer(EDS)를 사용해 조성을 확인하였다.

[나노3-4 | 14:15]

Thermoelectric and Electrical Transport Properties of Ag-doped RuO2 Nanosheets: Hongjae Moon[1], Jeonmin Kim[2], Somi Yoo[2], Jong Wook Roh[2], Wooyoung Lee[2]; [1]*Department of Materials Science and Engineering Yonsei University.* [2]*Department of*

Materials Science and Engineering Yonsei Universit.
Keywords: Two-dimensional materials, RuO2, Nanosheets, Electrical conductivity, Thermoelectric
We present the thermoelectric and electrical transport properties of two-dimensional RuO_2 nanosheets (NSs). The enhancement in electrical transport properties of exfoliated individual RuO_2 NSs was systemically investigated for their application in flexible electronics and optoelectronics. Decoration of Ag nanoparticles on the surface of the RuO_2 NSs provides donor electrons and dramatically increases the electrical conductivity of the monolayer RuO_2 NSs by up to 3700%. The n-type doping behavior was confirmed via Hall measurement analysis of the doped RuO_2 NSs. The layer number- and temperature-dependence of the conductivity were also investigated. Moreover, carrier concentration and mobility were obtained from Hall measurements, indicating that the undoped RuO_2 NSs had ambipolar transport and semi-metallic characteristics. Thermoelectric properties of pristine and Ag-doped RuO_2 NSs were also investigated. For pristine RuO_2 NSs, the sign of the Seebeck coefficient changes with temperature from 350 K to 450 K. This indicates that the dominant type of charge carrier is dependent on the temperature, and the RuO_2 NSs show ambipolar carrier transport behavior. By contrast, the sign of the Seebeck coefficient for Ag nanoparticle-doped RuO_2 NSs does not change with temperature, indicating that the extra charge carriers from metal nanoparticles promote n-type semiconductor behavior.

[나노3-5 | 14:30]

Size Effect on Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Isoprene: Yunji Park, Ran Yoo, Seungryol Park, JunHo Lee, Hwabong Jung, Wooyoung Lee; *Department of Materials Science and Engineering Yonsei University.*
Keywords: gas sensor, ZnO, nanoparticles, quantum dots, Isoprene, biomarker
The sensing properties of ZnO particles have been investigated for the detection of VOCs (Volatile Organic Compounds), in particular, isoprene (C_5H_8). According to previous studies, a size reduction of ZnO particles was used as one of methods for maximizing the reactivity. Thus, we compared the reactivity of ZnO particles classified with different average particle sizes, ~5 (so-called quantum dots (QDs)) and ~25 nm (so-called nanoparticles (NPs)), for the detection of isoprene. All the ZnO particles were synthesized by a wet-chemical synthesis method. X-ray diffraction characterizations indicated that the ZnO particles were successfully synthesized. XPS and BET results revealed that the larger number of oxygen vacancies and larger specific surface area were found in the ZnO QDs compared to NPs. The maximum responses to 1 ppm isoprene were ~33 at 400 °C for QDs and ~5 at 500 °C for NPs. The higher sensing response and lower optimal working temperature in the ZnO QDs compared to NPs can be attributed to more active adsorption sites and enhanced kinetics of the surface reaction by the size effects. Furthermore, the sensing response of ZnO QDs to 1 ppm isoprene is superior to that of other previously reported isoprene sensors based on semiconducting metal oxides.

[나노4-1 | 14:55]

Fabrication of 3D Nanoshell Structured ZnO Thermoelectric Material via Proximity Field Nanopatterning: Kisun Kim[1], Junyong Park[2], Sun Hwa Park[3], Changui Ahn[1], Donghwi Cho[1], Sanghyeon Nam[1], Gayea Hyun[1], Yongjin Ham[1], Jade Nadine S. Ang[1], Jae Yong Song*[3], Seokwoo Jeon*[1]; [1]*Korea Advanced Institute of Science and Technology.* [2]*Kumoh National Institute of Technology.* [3]*Korea Research Institute of Standards and Science.*
Keywords: 3D Nanopatterning, Proximity field nanoPatterning (PnP), Thermoelectric, Zinc Oxide, Nanofabrication
Recently, many researchers have focused on realizing 3D nanostructured materials for enhanced functionality with high specific surface area and low relative density. Especially, 3D nanostructures can be applied to thermoelectric materials due to their low thermal conductivity. ZnO is a potential thermoelectric material because of its non-toxicity, high thermal stability, and relatively high Seebeck coefficient (S) of metal oxides. However, the extremely low figure of merit (zT), which comes from a high thermal conductivity (κ) over 40 W/mK, limits the thermoelectric application of ZnO. Here, we propose a new strategy for achieving a reduced κ and a correspondingly increased zT of pure ZnO over a wide temperature range from 333 K to 723 K by forming an ~72 nm thick, 3D nanoshell structure. The suppressed κ of the 3D ZnO film is ~3.6 W/mK at 333 K, which is ~38 times lower than that of the blanket ZnO film (3.2 μm thick), which was set as a reference. The experimental zT of the 3D ZnO film is ~0.017 at 333 K, which is the highest value among ZnO reported to date and is estimated to increase by ~0.072 at 693 K according to the Debye-Callaway approach. Large-area (~1 in^2) fabrication of the 3D ZnO film with high structural uniformity allows the realization of an integrated thermoelectric device, which generates ~60 mV at a temperature difference of 40 K along the in-plane direction.

[나노4-2 | 15:10]

Strain engineering을 통한 코어-쉘 Pd@Au 구조에서의 과산화수소 촉매활성 변화 규명: 김진수[1], 김홍규[2], 김인호[3], 유태경[3], 안재평[2], 이재철[1]; [1]*고려대학교.* [2]*한국과학기술연구원.* [3]*경희대학교.*
Keywords: strain engineering, core-shell, H_2O_2 catalysis, Pd, Au
1997년 Nørskov는 Au가 수소를 해리하지 못하는 “noble”한 특성을 갖는 이유를 Au-H 분자결합 density of state구조를 활용하여 제시하였고, 꾸준히 이어져왔다. 최근의 촉매 연구에서 Pt, Pd등의 촉매 재료에 대하여 코어-쉘, 고용체, 박막 형태를 활용하여 표면의 전자구조를 변화시켜 촉매활성 향상을 일으킨다는 사실이 알려졌다. 이러한 결과는 전자구조 변화를 통해 수소해리가 불가능한 Au도 전자구조 변화를 통해 수소해리가 가능해질 수 있음을 제시한다. 본 연구에서는 코어-쉘 Pd@Au 나노입자 계면에 변형공

학을 적용함으로써 Au의 전자구조 변화를 통해 수소분해에 높은 활성을 가지면서 동시에 과산화수소 직접 합성이 가능한 Au 촉매를 제조하고자 한다. Pd cube 위에 정합 성장한 Au 쉘은 나노영역의 NED에 의해 수축되는 것이 입증되었으며 XANES 측정을 통해 전기음성도 차이에 의한 Pd의 전자가 Au로 이동하는 현상이 발견되었다. 압축변형과 전하이동 조건 하에 놓인 Au는 Au-H d-band 구조의 반결합 오비탈의 에너지 상태가 Fermi 에너지보다 높아지면서 강력한 수소해리용 촉매물질이 되었고 더욱이 산소분해를 억제시킴으로써 과산화수소 직접합성용 촉매로 작용함을 보였다. 이러한 결과를 통해 Pd 촉매를 대체하거나 또는 비활성 물질에 대한 새로운 촉매 개발에 대한 설계 기준을 제시하는 것이다.

[나노4-3 | 15:25]

Effect of reduced graphene oxide (RGO) on Au@TiO_2 core-shell NPs for gas sensing properties: Gautam Kumar Naik, Hu-Jun Lee, Thuy Nguyen, Yeon-Tae Yu; *Chonbuk National University.*

Keywords: Au@TiO_2 core-shell, RGO, gas sensing properties, p-n heterojunction, MOS

Among various metal oxide semiconductor (MOS) gas sensor materials, TiO_2 is widely investigated for sensing of various gases such as CO, C_2H_5OH, NO_2 and O_2. But the anatase phase of TiO_2 starts forming to rutile phase above 500°C and causing less applicable at higher temperature. In recent days noble metal nanoparticles (NPs) are being widely used for the improvement of gas sensing performance of MOS gas sensors owing to their catalytic properties. From earlier research, it was found that there was no phase transformation of TiO_2 from anatase to rutile in the Au@TiO_2 core-shell NPs even after 900°C suggesting the enhancement of sensing activity of Au@TiO_2 core-shell as compared to bare TiO_2. In this research we investigated the sensing properties changed by forming a p-n heterojuction between the TiO_2 shell of Au@TiO_2 core-shell NPs and p-type reduced graphene oxide (RGO). Here we also varied the amount of RGO loaded to study the effect of its amount on the gas sensing activity of Au@TiO_2 core-shell. Here we chose RGO as p-type material because of it high surface area, presence of conjugative σ and π bonds, good electrical conductivity and high thermal stability. All the samples were calcined at 600°C for 2 hours in atmospheric condition. The morphology and microstructures of the samples were analyzed by transmission electron microscopy (TEM). X-ray diffraction (XRD) analysis reveals that the well reduction of grapheneoxide (GO) in the samples. The sensing properties of the samples were tested for CO gas and found that the RGO loaded Au@TiO_2 core-shell NPS showed higher sensing activity than that of the bare TiO_2 and Au@TiO_2 core-shell. This enhanced activity is due to the p-n heterojunction formed between n-TiO_2 and p-RGO and electron absorption capability of RGO. The gas sensing properties of RGO loaded Au@TiO_2 core-shell NPs will be further studied for the NO_2 and ethanol gases.

[나노4-4 | 15:40]

High-durability of antireflective structure on polymer with silica nanoparticle array fabricated by RF magnetron sputtering: SeongGwon Jeon, JongJoo Rha; *Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Antireflection, durability, flexble substrate, rubber test, long-term stability

Nowadays, rigid substrate has gradually been replaced to flexible polymer substrate due to advantages such as flexibility, low-cost and light weight. These substrates have been generally applied to solar-sell, touch screen and photovoltaic applications. However, polymers typically have the lower transmission and durability than glasses. In this study, we aim to achieve simultaneously not only the anti-reflection (AR) but also the durability. We fabricated durable antireflective layer with silica nanoparticle on polymer by two steps. Firstly, Nano- protrusions on polymer were formed by plasma etching by R.I.E(Reactive Ion Etching) process. Secondly, silica nanoparticles were deposited on polymer Nano-protrusions as mechanically protective and optically enhancing AR layers by RF magnetron sputter. And then durable antireflective polymers were synthesized adjusting power, time, working pressures of RIE and RF sputtering processes. Consequently, we acquired the average transmission (93.36%) in the visible spectral range 300-800 nm using a UV-visible-spectrophotometer and the durability of the silica nanoparticle AR layer was verified to sustain its AR properties until 5,000 numbers by rubber test of 500gf.

[나노4-5 | 15:55]

Facile synthesis of urchin like porous WO3 microspheres with nanothorns and their functionalization with Pt catalyst for application in haliotsis breath sensor: Hee-Jin Cho[1], Seon-Jin Choi[2], Won-Tae Koo[1], Il-Doo Kim[1]; [1]*KAIST.* [2]*MIT.*

Keywords: spray pyrolysis, WO3 micropsheres, urchin like porous strcutures, nanothorn

Maximization of surface area and porosity is of importance for improvement of gas sensing performances, since the sensing reactions of analyte gases occur on the surface of metal oxides. In this work, urchin like porous WO_3 microspheres with nanothorns were synthesized with spray pyrolysis and post heat-treatment. The urchin like porous WO_3 microspheres consist of small WO_3 nanospheres, in which each nanospheres also consist of small WO_3 nanoparticles, and one dimensional (1D) nanothorns exist on the WO_3 microspheres. This unique morphology is attributed to excessive concentration of block co-polymer during spray pyrolysis in inert gas (N_2). As a result, multiple pores of meso- and macro-scale were loaded within WO_3 microspheres, which could facilitate easy gas penetration and diffusion. Each mesopores are located between small nanoparticles, on the other hand the macropores are located between nanospheres within large microspheres. Furthermore, the reactive surface area is highly enhanced owing to the 1D nanothorns at the surface of microspheres. In addition, we functionalized the hierarchical porous WO_3 microspheres with Pt catalyst during spray

pyrolysis process. The Pt catalytic functionalization showed hugely improved sensing capability with superior hydrogen selectivity from the investigation of gas sensing characteristics in high humid atmospheres (90% RH), which is similar to exhaled human breath condition. Therefore, this work demonstrates a facile synthesis of urchin like porous WO_3 microspheres with 1D nanothorns using spray pyrolysis, and exhibits a significant potential for diagnosis of halitosis by analyzing the exhaled breath.

[나노5-1 | 16:15]

유전영동 힘을 기반으로 한 양자점 응집체의 조립 및 광기전 소자로의 응용: 심형철, 최혜경, 정소희; *한국기계연구원(KIMM).*

Keywords: dielectrophoretic force, quantum dot, carbon nanotube, optoelectronic device

본 연구에서 우리는 나노 결정 양자점 (nano crystal quantum dot) 집합체 (aggregates)를 유전영동 힘 (dielectrophoretic force)을 이용하여 조립하였다. 양자점은 일반적으로 10nm 이하의 매우 작은 반도체 입자 이기 때문에 이것의 움직임을 전기적으로 제어하기 위해서는 매우 큰 크기의 전기장을 발생시킬 수 있는 전극 제작이 요구된다. 전기장의 크기는 전극 간극 (gap)에 반비례 하기 때문에 유전영동 힘으로 양자점을 제어하기 위해서는 결국 나노미터 크기의 좁은 간극을 지닌 전극 제작이 요구된다. 본 연구에서는 저차원 나노소재 중 하나인 탄소나노튜브 (carbon nanotube) 한 가닥을 미세전극 (microelectrode) 사이에 정렬 및 조립 시킨 뒤, 과전류 인가를 바탕으로 한 줄열 (Joule heat)을 발생시켜 나노튜브 중간을 임의적으로 파괴시켰다. 이렇게 전기적으로 파괴된 탄소나노튜브는 폭 10-30nm의 간극을 가지게 되며, 이를 전극으로 사용할 때 앞서 언급한 양자점의 움직임을 전기적으로 제어하는 것이 가능하게 되었다. 더욱이 탄소나노튜브 전극은 종횡비 (aspect ratio)가 크기 때문에 같은 간극을 갖는 미세전극과 비교하더라도 더 큰 전기장을 생성하는 것이 가능하였고, 이는 유한요소법 (finite element method)을 이용한 해석을 통해 간접적으로 입증되었다. 이러한 전극 제작 방법은 공정 후 별도의 형상학적 분석 없이 저항변화의 실시간 관측을 통해 제작 수율을 가늠할 수 있고, 같은 방법으로 양자점 응집체의 조립 여부까지 파악할 수 있다는 장점이 있다. 전극의 폭 및 전극 사이에 포집되는 양자점 응집체의 크기는 전류의 크기 및 유전영동 힘의 인가 시간에 따라 제어가 가능함을 실험적으로 확인할 수 있었다. 또한 유전영동 힘을 이용하여 포집된 양자점 응집체는 나노 입자간 원활한 전하전달을 위해 리간드 (ligand) 교환 공정을 거치더라도 균열이 발생하지 않음을 확인하였다. 마지막으로 간단한 소자 구동 실험을 통해, 탄소나노튜브 전극 기반의 양자점 응집체는 양자점 크기에 따라 자외광 또는 적외광에 반응할 수 있는 광기전 소자 (optoelectronic device)로 응용될 수 있음을 확인하였다.

[나노5-2 | 16:30]

Real-time detection of 2-CEES by Al-doped ZnO Quantum dots: Jun Ho Lee, Hwaebong Jung, Wooyoung Lee; *Yonsei University.*

Keywords: gas sensor, sensing properties, Al-doped ZnO nanoparticles, gas chromatography, miniaturized GC column

We report a new portable warfare agent analyzer consists of a miniaturized gas chromatography (GC) and Al-doped ZnO quantum dot (AZO QD) sensors. This device can analyze of 2-CEES over a wide concentration range within 2 min and use a small volume of the target gas (1mL) without pre-concentration. The average size of hydrothermally synthesized AZO QDs is approximately 5 nm and these particles exhibit superior sensing properties over un-doped ZnO QDs. This is mainly due to increased carrier concentration by doping Al^{3+} into ZnO lattices. The analyzer is capable of detecting 2-CEES gas as low as 0.5 ppm and its signal is strongly correlated with the concentration of the target gas. In addition, the miniaturized GC column can separate 2-CEES from other VOCs like DMMP and acetone. In this study, we demonstrated that a portable device with miniaturized GC columns and AZO QD sensors can selectively separate and detect small amount of 2-CEES over other gases.

[나노5-3 | 16:45]

Perovskite La0.75Sr0.25Cr0.5Mn0.5O3 sensitized SnO2 Fiber-in-Tube Scaffold: Highly Selective and Sensitive Formaldehyde Sensing: Kang Joon-Young, Jang Ji-Soo, Koo Won-Tae, Seo Jongsu, Choi Yoonseok, Kim Min-Hyeok, Kim Dong-Ha, Hee-Jin Cho, Jung WooChul, Kim Il-Doo; *한국과학기술원.*

Keywords: gas sensor, perovskite, formaldehyde, fiber-in-tube, catalysts

Semiconducting metal oxides (SMOs) have been selected commonly for gas sensing materials due to their stability, electrical properties, and simple fabrication process. However, their sensitivity and selectivity toward analyte gas should be improved for practical implementation as a chemical gas sensor. In order to further enhance their sensing characteristics, catalytic functionalization is essentially accompanied in SMOs based gas sensors. So far, noble metal nanocatalysts were utilized as electronic and/or chemical sensitizers, despite their scarcity and high costs. Moreover, nanoscale catalysts degraded during long operation cycles at high sensor operation temperature. To address these demerits of noble metal catalysts, perovskite oxides (ABO_3), which possess outstanding thermal stability and low costs, are employed as new catalytic materials for SMOs based gas sensors. Perovskite oxide particles can serve as surface oxygen suppliers when decorated on the surface of SMOs, based on their outstanding oxygen storage capability, resulting in the increase of reaction sites with target analytes. In this work, highly porous SnO_2 fiber-in-tubes (FITs), which are sensitized with perovskite oxides, i.e., $La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O_{3-\delta}$ (LSCM) particles as chemical sensitizers, are used as a superior formaldehyde (CH_2O) sensing layer. Electrospun Sn precursor/polymer composite fibers are rapidly calcined with the addition of LSCM particles to control Ostwald ripening and to create fiber-in-tube (FIT) SnO_2 structures with high surface area and porosity. Furthermore, LSCM particles with a high oxygen vacancies concentration and a large work function significantly provide surface oxygen species (O^-) and promote electron depletion on the surface of SnO_2. As a result, LSCM-loaded SnO_2 FITs (LSCM@SnO_2 FITs) provide remarkably high response

to formaldehyde (R_{air}/R_{gas} = 26.50 to 5 ppm) and excellent selectivity against interfering gases (H_2S, C_7H_8, NH_3, C_2H_6O, C_8H_{10}, CO, and C_5H_{12}) even without using noble metal catalysts. These observations demonstrate the potential use of LSCM@SnO_2 FITs for real-time monitoring of indoor air quality, especially toward formaldehyde, which is not accurately detected by conventional metal oxide based sensors. Furthermore, a combination of perovskite oxides and nanostructured SMOs can be applied as chemical gas sensors, providing excellent catalytic effects.

[나노5-4 | 17:00]

Investigation of electrochemical behavior of titanium ions and possibility of electrorefining of Ti in the eutectic NaF-KF molten salt with addition of $BaTiF_6$: 리블라디슬라브[1], 유병욱[2], Hayk Nersisyan[3], 이영준[2], 이종현[2]; *[1]충남대학교신소재공학과. [2]충남대학교. [3]급속응고신소재연구소(RASOM).*

Keywords: Titanium electrorefining, Cyclic Voltammetry, Barium Hexafluorotitanate, Molten salts

There are many researchers studied electrochemical behavior of titanium ions introduced by addition of K_2TiF_6, $TiCl_x$ and TiF_x in chloride and fluoride electrolytes, however, there is no research about $BaTiF_6$. Thus, this research contains a novel process of usage of $BaTiF_6$ as a solvent in the eutectic NaF-KF molten salt at 780C. Electrochemical behavior of titanium ions was investigated by cyclic voltammetry and anodic polarization measurement methods. Then titanium electrolysis process was investigated by chronopotentiometry method using titanium rod as an anode (counter electrode) and nickel plate as a cathode (working electrode). Various current densities were applied to the nickel working electrode during electrolysis of titanium to study morphology of deposited titanium. SEM and EDX analyzes were used to investigate deposition properties and composition.

[나노5-5 | 17:15]

Electrochemical properties of Pt_{EPD}-Pt/C electrode for PEMFC: 다오반둥[1], Adilbish Ganpurev[1], In-Hwan Lee[2], Yeon-Tae Yu[1]; *[1]전북대학교신소재공학부전자정보재료공학과. [2]Korea University.*

Keywords: Pt/C, Pt-Pt/C, catalyst electrode, HOR, MOR, ECSA

Platinum (Pt) has received much attention in proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) because it is an effective catalyst for anodic oxidation. However, the commercialization of PEMFCs has been significantly prevented by the slow kinetics of anodic reactions, their poor stability, and the high cost of Pt catalyst. Therefore, considerable efforts have been reported to prepare Pt-related catalysts with improved performance while minimizing the usage amount of Pt catalyst. A good approach can reduce Pt utilization with increasing the loading amount is the method of the deposition of Pt catalyst onto the surface of electrode. As versatile choice, electrophoretic deposition (EPD) can be of great advantage of assembling metallic on conductive substrates. The EPD offers relatively short processing times, high dispersion rate, good uniformity and adequate control of deposit thickness, as well as makes sure that catalytic nanoparticles still adhere in intimate electronical contact with the underlying conductive substrates. However, the mass-specific activity of catalyst electrode could be significantly reduced with increasing deposition amount of Pt catalyst at low pH value because of the agglomeration of Pt nanoparticles. Additionally, the electrode should be prepared to increase the electrochemical active surface area (ECSA) to allow rapid transfer of both protons and electrons. For resolving these issues, the separation of Pt nanoparticles into two catalyst layers is necessary. The present work deals with the fabrication the double catalyst layer electrodes with high electrochemical performance. In which, the working catalysts electrodes were prepared through two steps including the spray of the commercial Pt/C (wt. 40% Pt) catalyst slurry onto the carbon cloth substrate, and the electrophoretic deposition of pure Pt nanoparticles to form Pt_{EPD}-Pt/C electrocatalysts. The obtained electrodes showed higher ECSA value as compared to Pt_{EPD}/C and Pt/C electrodes. Furthermore, the Pt_{EPD}-Pt/C electrodes also showed better performance in hydrogen oxidation reaction (HOR) and methanol oxidation reaction (MOR) activities than Pt/C electrode preparing by spray method. Therefore, this work can open new way to prepare effective catalysts for electrochemical applications in the future.

[나노5-6 | 17:30]

2차원 전이금속 칼코제나이드 물질의 구조 및 트라이볼로지 특성 분석: 황교진[1], 김진우[2], 장호[2], 함명관[3], 김윤준[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과 금속재료물성연구실. [2]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실. [3]인하대학교 신소재공학과 퀀텀나노재료연구실.*

Keywords: Superconductor, Transition Metal Dichalcogenide, Tribology, Atomic Force Microscope

초전도체는 물질의 임계온도 아래에서 저항이 급격하게 감소하여 전력 손실 없이 전류가 흐르는 물질이다. 이를 이용하면 에너지, 전력, 교통, 의료·과학, 환경·산업 그리고 전자·정보 등의 분야에서 활용이 가능하다. 이러한 초전도체 중 2차원 전이금속 칼코제나이드 (Transition Metal Dichalcogenide, TMDs)가 최근 각광을 받고 있으며, $NbSe_2$ 물질이 대표적이다. TMD는 구조적으로 안정하며, 밴드 갭 그리고 실리콘과 비슷한 전자 이동도를 갖는다. 또한 나노 크기이므로 나노전자기계 시스템(Nanoelectromechanical System, NEMS)에서 사용되며, NEMS에서는 기존의 마이크로 이상의 시스템과는 다른 트라이볼로지 (Tribology) 특성을 보인다. 본 연구에서는 고체 윤활제로 사용되는 TMD 물질인 MoS_2 와 초전도 특성을 갖는 $NbSe_2$ 를 화학증기증착법(Chemical Vapor Deposition)을 이용하여 제작하여 TMD 박막의 구조 및 트라이볼로지 특성을 전자현미경과 원자힘현미경(Atomic Force Microscope)를 이용하여 비교 분석하였다

[나노5-7 | 17:45

Intense pulsed light sintering for defect-free high-conductivity silver nanoparticle electrodes on common plastic substrates:

Ji Hye Kwak, Chae-Hwa Shon, Sun Shin Jung; *Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: intense pulsed light sintering, silver nanoparticle electrodes, defects, plastic substrates, printed electronics

Intense pulsed light (IPL) sintering has attracted much attention for printed and organic electronics. It irradiates high-intensity broad-spectrum pulsed light onto the front surface of metal nanoparticle electrodes in a very short time. The conventional front-irradiation IPL sintering often causes defects such as delamination and cracks in the electrodes, which are severe enough to significantly degrade the electrical and mechanical performance of the electrodes. Here, a back-irradiation IPL sintering method is presented for obtaining defect-free high-conductivity silver nanoparticle electrodes on a transparent plastic substrate, through which IPL is irradiated onto the back surface of the electrodes for a few milliseconds. The back-irradiated silver electrodes are not only free of defects, in contrast to the front-irradiated ones, but also they showed the mechanical stability, good adhesion to substrates, and 35–40% the electrical conductivity of bulk silver. Furthermore, the defect generation and prevention mechanism is revealed for the first time by observing defects forming and vapor escaping in real time during the millisecond IPL sintering process.

전산재료과학
Room 202A, 4월 25일

[전산1-1 | 10:00]
경계요소법을 이용한 핀-튜브 알루미늄 열교환기의 소재 부식전위 및 용액 전도도에 따른 부식 평가: 김용상, 박인준, 유진석, 소윤식, 김정구; *성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.*
Keywords: 갈바닉 부식, 경계요소법, 알루미늄, 열교환기, 용액 전도도

알루미늄 소재의 경우 경량성, 높은 열전도도와 기계적 특성, 우수한 내식성으로 인하여 다양한 공조시스템의 (HVACR; heating, ventilation, air conditioning, refrigeration) 열교환기에 많은 적용이 이루어지고 있다. 특히, 에어컨 실외기에 사용되는 알루미늄 열교환기의 경우 높은 기계적 특성 보다는 높은 열교환 효율을 요구하기 때문에 1000, 3000계열의 알루미늄을 주로 사용하고 있다. 또한, 이러한 기계적 특성과 열교환 효율 외에도, 실외에 노출되는 알루미늄 열교환기의 특성상 대기 부식 영향을 받아 다양한 부식 문제가 발생하고 있기에 재료의 내식 설계가 제품의 수명에 큰 영향을 미치게 된다. 열교환기의 내식성 향상을 위한 설계 요소에서 가장 큰 부분 중 하나는 핀, 튜브 그리고 브레이징 접합에 사용되는 충전재 (filler metal) 사이의 갈바닉 부식 설계이다. 핀, 튜브 그리고 충전재의 경우 각 부분에서 요구되는 특성이 상이하기 때문에 동일한 알루미늄 재료보다는 각 부분의 특성에 적합한 조성의 알루미늄 재료를 사용하게 된다. 비록 동일한 알루미늄 소재이지만, 합금 조성에 따라서 부식 전위가 상이하게 나타날 수 있다. 이러한 부식 전위의 차이는 갈바닉 부식을 일으키는 구동력으로 작용하지만 실제 갈바닉 부식이 일어나는 정량적인 정도는 전위 차이뿐만 아니라 전위에 따른 전류변화의 정도 또한 갈바닉 부식에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 또한, 용액의 환경 요인 중 용액 전도도가 갈바닉 부식에 영향을 미치는 요소이다. 따라서, 이러한 부식 전위 차이에 따른 갈바닉 부식의 정도를 평가하는 것이 실제 열교환기의 제품화 이전에 부식 설계로서 선행되어야 할 부분이다. 그리고 이러한 시뮬레이션 결과의 경향성과 실제 제품 평가실험의 결과와의 비교를 통해서 시뮬레이션의 결과를 검증, 차 후 제품의 평가법으로 활용을 위한 신뢰도를 확보해야 한다. 최근 이러한 복잡한 제품이나 구조물 그리고 세 가지 이상의 재료의 갈바닉 부식을 고려해야 하는 경우에는 전산해석 시뮬레이션을 통해서 평가를 진행하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 핀-튜브 알루미늄 열교환기의 3D 모델을 구현, 경계요소법을 이용한 시뮬레이션을 통해서 충전재의 부식 전위 변화 그리고 용액 전도도의 차이에 따른 핀-튜브 알루미늄 열교환기의 부식 정도를 평가하고, 실제 염수 분무 시험 (SWATT, sea water acetic acid test) 결과와의 비교를 통해서 시뮬레이션과 실제 시험 결과와의 경향성을 비교하여 내식성 향상을 위한 내식성 향상을 위한 열교환기 설계를 제안하였다.

[전산1-2 | 10:15]
열전도도, 방열판에 따른 LED 냉각 효율 전산모사 열전도도, 방열판에 따른 LED 냉각 효율 전산모사: 이동희; *충남대학교공대신소재공학부나노재료공정연구실.*
Keywords: LED, 방열판, TIM, Al/Cu 복합소재

대부분 LED의 구조는 Epoxy(PP 수지), Al, 방열판으로 구성된다. 이 중 LED의 효율을 결정할 때 가장 중요한 요소는 방열판과 TIM이다. 방열판은 대부분 Al 시리즈로 제작된다. 그러나 LED의 방열 특성을 향상시키기 위해, Al/Cu 복합소재를 LED와 방열판 사이에 사용하여 방열판의 열전도 특성을 변화시킴으로써 LED의 효율을 향상시키는 데 중점을 두고 있다. 또한, TIM은 방열소재 (금속)와 LED 사이에 놓일 때 발생할 수 있는 열 저항을 줄이는 역할을 한다. 그러나 LED의 냉각 효율은 TIM 재료가 사용되는 방식에 따라 달라지기 때문에, 우리는 Al/Cu 사용 및 TIM의 열 접촉저항에 따라 LED의 냉각 효율을 계산했다. 전산 시뮬레이션은 LED출력, 방열판의 표면적 및 열전도도의 변수를 제공하여 수행되었습니다. 또한, 방열판 구조에 따른 열전도도를 계산해야 되기 때문에 방열판 구조에 따른 냉각 효율을 시뮬레이션을 통해 계산을 수행하였습니다.

[전산1-3 | 10:30]
Heat flow and ingot deformation analysis of large diameter sapphire single crystals : A finite element method: 최승훈[1], S.H Moon[2], J.H Kim[2], H.J.Kim[2], P.R Cha[1]; *[1]Kookmin university. [2]Sapphire technology.*
Keywords: Single crystal sapphire, finite element method

With the rapid growth of the LED market, it became important to develop growth technology of sapphire single crystals which is a core material. Production of sapphire single crystals methods includes Kyropolus, Czochralski, HAM, and Vertical Horizontal Gradient Freezing (VHGF). The VHGF method has a very good advantage in yield and quality of crystals. Due to the polycrystallization of sapphire, However, various problems occurred in the growth of sapphire single crystal due to polycrystallization, formation of ingot seed, growth rate imbalance, and so on. We have developed a code that applies a current density analysis of heater that is using resistance heating to a single crystal sapphire growth simulation. With appying the code, heat transfer and solidification simulations, which depend on the growth process and various process parameters has been studied.

[전산1-4 | 10:45]
Static and Dynamic Holdup of Liquid Slag in Carbonaceous Beds: DEREJE DEGEFA GELETA, Sugeun Kwak, Joonho Lee; *고려대학교.*

Keywords: blast furnace, liquid holdup, particle size, contact angle, multiphase, backed bed

The coexistence of several phases and their complex interactions make the multiphase flow behaviors in the lower part of blast furnace (BF) not to be well understood. The flow behaviors of the liquids and gases are highly influenced both by their physical properties and the packing structure of the coke bed that is found in very high temperature. Enhanced liquid holdup reduces the void space between particles which results in pressure drop and unstable operation condition in BF. Thus, it is very important to predict the effect of liquid holdup in packed coke bed. In this work, the static and dynamic holdup of liquid slag flow in the fixed packed carbonaceous bed was studied at high temperature by using 3-dimensional multiphase computational simulations. Along with computational simulation, the study was confirmed by performing lab-scale experiments. The effects of particle size, type of carbonaceous materials, and contact angles on the static and dynamic holdups of liquid slag were investigated. Coke particles with four different diameters was taken into consideration. Accordingly, based on the experimental and simulation results, it was confirmed that the contact angle (wettability condition) and the particle diameter was found to be the most important factor determining the liquid slag holdup. So it was pointed out that liquid slag holdup and it's over all resistance of flow decreases with increasing particle size.

[전산1-5 | 11:00] Cancel

A CFD study on the electromagnetic cold crucible: 이현재, 정현도, 최수지, 문병문; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*

Keywords: computational fluid dynamics, electromagnetic cold crucible, Lorentz force, molten metal

[전산2-1 | 11:15]

Thermodynamic optimization of the Ti-H system: 김태형, 백민규, 정인호; *서울대학교 공대 재료공학부.*

Keywords: Titanium, Hydrogen, Thermodynamic optimization

티타늄 및 티타늄 합금은 항공산업과 해양 분야에서 내부식성 구조재로 광범위하게 사용되고 있다. 또한, 최근에는 티타늄 합금의 수소 저장 성능 때문에 많은 관심을 받고있다. 그러므로, 티타늄 및 티타늄 합금의 물성에 대한 수소의 영향을 알기 위해서는, 티타늄과 수소 사이의 상호작용에 의한 상태도 및 열역학 특성을 정확히 아는 것이 중요하다. 본 연구에서는 Ti-H 이원계 시스템에 관련하여 문헌상으로 보고된 티타늄의 수소 평형 용해도 실험값, 여러가지 방법으로 측정된 phase boundary, 그리고 수소 용해시 발생열 등의 실험적 측정값들을 분석하여, 온도 및 성분의 변화에 따른 Ti-H 시스템의 각종 고상들과 액상의 열역학 Gibbs energy를 최적화 하였다. 고체상들의 Gibbs energy는 각 고상의 구조를 고려한 Compound Energy Formalism Model을 이용하였다. 특히 기존 열역학 연구들에서 고려되지 않은 액상의 Gibbs energy도 Modified Quasi-chemical Model을 이용하여 구현하였다. 본 연구에서 최적화된 model parameter들을 통해 Ti-H 시스템의 모든 온도와 압력에서 실험적으로 얻어낸 수소 용해도 및 이원계의 상평형도를 도출할 수 있으며, 본 연구결과는 향후 Ti 합금의 수소저장 설계에 사용할 수 있으리라 생각된다.

[전산2-2 | 11:30]

Martensitic transformation in polycrystal – a phase-field method: Kyeong-Min Kim[1], Jae Sang Lee[2], Byeong-Joo Lee[1]; *[1]POSTECH. [2]POSTECH GIFT.*

Keywords: phase-field method, martensitic transformation, polycrystal

Martensitic transformation in steel is important phenomenon, because distribution and morphology of the martensite phase play a role in characterizing mechanical properties of steel. The morphology of martensite changes depending on transformation temperature, chemical composition, and structural defects such as dislocation, grain boundary, precipitation, etc. In particular, grain boundaries in polycrystals can act as heterogeneous nucleation sites. However, it has been still challenging to study the martensitic transformation kinetics and morphology experimentally due to its rapid transformation rate and complexity of transformation behavior. In this study, a phase-field model coupled to elasticity model for martensitic transformation in polycrystal was investigated. Previous studies have mainly focused on martensitic transformation in a single grain, so effects of grain boundary have been excluded. In this study, it was studied how grain boundary affected the martensitic transformation, or grain boundary physically prohibits propagation of martensite and the curvature of grain boundary affects the nucleation of new martensite.

[전산2-3 | 11:45]

Thermodynamic modeling of the Mo-N and Mo-C systems: Yoongu Kang, Min-Kyu Paek, In-ho Jung; *Seoul National University.*

Keywords: molybdenum carbonitride, thermodynamic modeling, MQM, FactSage, Mo-N-C

Molybdenum carbonitride is highlighted as an important alloying element to fabricate cermet of very high nitrogen content. In order to tailor a cermet alloy with appropriate carbon and nitrogen content to optimize ideal properties for desired application, thermodynamic and phase diagram data of the Mo-N and Mo-C binary systems was re-evaluated and optimized to obtain a best set of thermodynamic descriptions of solid and liquid phases. The newly developed thermodynamic database can be accessed by the FactSage software to calculate phase diagram and thermodynamic properties of any phase in the binary systems. The results of this study will be extended to Mo-C-N and be used for alloy design molybdenum carbonitride.

[전산2-4 | 12:00]

Polyhedron Model을 통한 Li-Fe-P-O 시스템의 열역학 값 예측: 이재성[1], 정인호[1], 신동원[2]; [1]*서울대학교.* [2]*Oak Ridge National Laboratory.*

Keywords: 전산재료, Polyhedron Model, Machine Learning, Li-Fe-P-O, Oxide

재료의 열역학 에너지를 정확히 예측할 수 있다면 미지 물질에 대한 상 변화 및 열역학 반응을 정확하게 도출 할 수 있다. 최근에 제일원리계산을 통해서 많은 계산을 수행하고 있고, 금속물질의 경우에는 정확도가 높은 enthalpy 계산이 가능하다. 하지만 아직도 제일원리계산을 옥사이드계에 적용하기에는 그 정확도가 낮다. 특히 현재 지속적으로 개발중인 battery에 적용하고자 하는 산화물의 경우에는 transition metal oxide를 사용하므로 제일원리계산의 정확도가 낮다. 본 연구에서는 각종 산화물의 열역학 enthalpy를 계산하기 위해서 Polyhedron method를 더욱더 개발하고 계산 오차를 줄이기 위해 연구하였다. 특히 계산의 오차를 줄이기 위한 다양한 가능성을 테스트 하기위해서 machine learning 방법을 이용하였다. 최종적으로 Li-Fe-P-O 시스템의 산화물들에 대한 Polyhedron model을 통한 예측값과 제일원리계산을 통한 값의 정확도를 비교하였다.

[전산2-5 | 12:15]

Thermodynamic modeling of the binary $BaO-V_2O_5$ and $SrO-V_2O_5$ systems: 예승비, 정인호; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Thermodynamic modeling, $SrO-V_2O_5$, $BaO-V_2O_5$, Modified Quasichemical Model

Inorganic Vanadates는 광전자공학, 유전체, 촉매, 생체재료 등 다양한 분야에서 응용될 수 있는 가능성을 가지고 있기 때문에 오랜 기간동안 연구되고 있다. 또한 Perovskite 구조를 갖는 물질은 최근 태양전지, LED 등 다양한 산업 분야에서 관심을 받고 있는데, 알칼리토금속 산화물과 바나듐산화물은 바나듐의 다양한 산화수 덕분에 Perovskite를 포함하는 수많은 종류의 안정한 화합물을 형성한다. 이러한 화합물 가운데 $Ba_2V_2O_7$과 $Sr_2V_2O_7$은 좋은 발광 재료로써의 가능성도 갖기에 더욱 주목받고 있는데, 이들을 포함하는 열역학적 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 $BaO-V_2O_5$와 $SrO-V_2O_5$ binary system의 열역학 및 상태도 실험 데이터를 바탕으로 열역학적 모델링을 진행하였다. 특히 본 이원계 시스템들에서는 열역학 실험데이터가 많이 부족하므로, $CaO-V_2O_5$, $MgO-V_2O_5$ 등의 다른 이원계 시스템의 열역학 자료들과 비교 분석하여 최적의 열역학 데이터를 추정하여 열역학 모델링을 수행하였다.

[전산3-1 | 13:30] 초청강연

Modeling switching operations of resistance-based memories: Yongwoo Kwon[1], Minkyu Shin[2], Kyunghwan Min[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering.* [2]*Hongik University.*

Keywords: ReRAM, PC=RAM, macro/meso-scale simulation, semiconductor

Both ReRAM and PC-RAM perform their switching operations by changing their material status. In case of ReRAM, formation and breakage of conductive filaments in a dielectric material, usually transition metal oxide, correspond to zero and one. In case of PC-RAM, crystallization and amorphization of a chalcogenide, usually a ternary alloy of Ge-Sb-Te, correspond to zero and one. Conductive filament regions in ReRAM and crystalline regions in PC-RAM can be regarded as a conducting phase while other regions can be regarded as an insulating phase. In the numerical viewpoint, we can think of the whole active material as a two-phase mixture that can be expressed as an order parameter, that is, a matrix comprising zero and one. Then, the switching operations can be nicely described by the manipulating the order parameter using proper governing equations such as electrostatics, red-ox reactions, joule heating and heat transfer, phase-change, etc. In this presentation, simulations of ReRAM and PC-RAM operations using this technique will be shown.

[전산3-2 | 13:55]

Numerical Simulation of Inclusion Particles Pushing and Engulfment Phenomenon in Solidifying Boundary Layer Under the Influence of Thermal and Concentration Gradient in a Welding Process: Md Irfanul Haque Siddiqui, 이준호; *고려대학교.*

Keywords: solidifying interface, interfacial/surface tension, Marangoni effect, CFD, welding.

A numerical investigation has been carried out to study the inclusion particle's motion behavior (pushing and engulfment) during the flash butt welding process. The solidifying boundary layer plays an important role in determining the fate of inclusion particles. The governing mechanism of inclusion particles movement (near to solidifying boundary layer) under the influence of thermal and concentration gradient has been studied. The inclusion particles are encountered with thermal Marangoni force in the thermal boundary layer which pushes particles away from the solidification front if the Sulphur concentration gradient is lower than a certain limit. However, the particles are pulled when Sulphur concentration gradient is higher than a critical value. Moreover, the applied pushing force on the welding metal also influences the inclusion particle movement. A numerical model based on Computational Fluid Dynamics (CFD) has been developed to analyze the above-mentioned phenomenon. The predicted results obtained from CFD simulations have been found well accord with the experimental results.

[전산3-3 | 14:10]

Effect of applied electric field in Zn-ZnO system : a phase field study: Arijit Roy, Pil Ryung Cha; *Kookmin University.*

Keywords: Phase field modelling; electric field; growth kinetics; pattern formation.

The formation of different types of microstructure in Zn-ZnO system due to applied electric field is studied using phase field model. Our model is similar to that proposed by Kim-Kim-Suzuki [1]. The incorporation of electric field is adopted

from the work of Shibuta et al [2], where the distribution of electric field is obtained by solving the Laplace's equation. Materials properties are chosen in such a way that they describe the system as stated above. In particular, we consider a positively charged Zn rich precipitate (well beyond the size of its critical nucleus) is growing at the boundary of supersaturated ZnO matrix. A constant electric field is applied at the opposite end of the boundary. The boundary condition at these two ends of the system are chosen to be adiabatic in nature. A periodic boundary condition is applied at the other two ends. So, the 2-D simulation domain can be considered to be a long channel of ZnO, in which the morphology of positively charged Zn rich precipitate is studied. Now, due to applied electric field at the opposite end of the Zn rich precipitate, positively charged Zn atoms migrate. Depending upon the strength and sign of the electric field, either accumulation or depletion of Zn can be observed at the boundary. We found that during this process, depending on the amount of supersaturation, strength of electric field and kinetics of Zn migration, the growth can be supported or suppressed. In this study, we discuss such morphologies as obtained during the process in detail.

Reference: 1. S.G. Kim, W.T. Kim and T. Suzuki, Phase-field model for binary alloys, Phys. Rev. E 60 (1999), pp. 7186-7197. 2. Y. Shibuta, Y. Okajima and T. Suzuki, Phase-field modeling for electrodeposition process, Sci. Technol. Adv. Mat. 8 (2007), pp. 511–518.

[전산3-4 | 14:25]

Simulation of Transmission Electron Diffraction Patterns for Silver Nanopowders: 임영언[1], 이갑호[1], 백귀종[1], 손정용[1], 우미자[2], 송현아[2]; [1]*충남대학교 공과대학.* [2]*KAIST Analysis Center.*

Keywords: TED calculation, TED simulation, Nanosilver, XRD calculation, XRD simulation

Transmission electron diffraction(TED) patterns of commercial silver nanopowders have been calculated applying the kinematic theory of electron diffraction. Transmission electron microscopy(TEM) revealed that the silver nanopowders are single crystal spheres with average diameter of 5.94nm, and the standard deviation of 1.36. The 2theta range for calculation was 20.00~100.00 degree, and 2theta partition was 0.05 or 0.10 degree. Atomic scattering factor for electron diffraction at each 2theta data point was calculated using the Doyle-Turner analytic equation. Number of silver nanospheres in calculation varied from 2,000 to 20,000. Each nanosphere contained approximately 3,840 silver atoms. For the random distribution of radii, interpolation of the histogram obtained from TEM analysis has been done using the International Math and Statistics Library(IMSL) routines; random_number(), csakm() and csval(). Concepts of two dimensional probability map and the random isotropic probability sphere were proposed in order to realize the random distribution of radii and the random positions of nanospheres. Calculated TED patterns for single nanosphere shows the presence of twins. Two dimensional TED patterns were also calculated and compared with observed TED patterns. This work provides an idea how the random variance of radii and the random distribution of nanopowders in 3 dimension can be taken into account for the computer simulation of TED patterns of silver nanopowders.

[전산3-5 | 14:40]

Modeling of stresses and strains during (de)lithiation of tin alloy-based anodes supported by inverse-opal nano-scaffolds: 조훈휘[1], Matthew P. B. Glazer[2], David C. Dunand[3]; [1]*국립한밭대학교.* [2]*Exponent.* [3]*Inc.*

Keywords: tin anodes, lithiation strain, diffusion-stress coupling, active layer, stacking sequence

Tin alloy-based anodes supported by inverse-opal nano-scaffolds undergo large volume change from (de-)lithiation during cyclic battery (dis-)charging, affecting their mechanical stability. We perform continuum mechanics-based simulation to study the evolution of internal stresses and strains as a function of the geometry of the active layer(s): (i) thickness of Ni_3Sn_2 single layer (30 and 60 nm) and (ii) stacking sequence of Ni_3Sn_2 and amorphous Si in bi-layers (60 nm thick). For single Ni_3Sn_2 active layers, a thinner layer displays higher strains and stresses which are relevant to mechanical stability but causes lower strains and stresses in the Ni scaffold. For Ni_3Sn_2-Si bi-layers, the stacking sequence significantly affects the deformation of the active layers, and thus its mechanical stability, due to different lithiation behavior and volume change.

[전산3-6 | 14:55]

$Cu_{64}Zr_{36}$ 메탈릭글래스의 내부 구조 결함에 따른 거시적인 기계적 변형 모드 변화에 대한 원자 단위에서의 체계적 연구: 김성환, 유승화; *한국과학기술원 기계공학과.*

Keywords: Metallic glass, shear band, atomic-level modulus, irradiation

메탈릭글래스 (Metallic glass)는 다른 금속 재료와 비교해 높은 항복 강도와 탄성 계수를 가지고 있지만 거시적인 전단밴드 (shear band)를 수반하는 소성변형의 시작점과 진행 과정이 원자단위에서부터 명확하게 밝혀지지 않았다. 최근에는 실험에서 메탈릭글래스의 전단밴드를 완화시키기 위한 한 방법으로 방사선 (irradiation) 조사를 사용하지만, 이 메커니즘 또한 원자단위에서 명확하게 밝혀지지 않았다. 분자동역학 연구는 실험과 달리 탄소성변형 범위에서 원자단위에서의 국부적인 배열 상태와 포텐셜 에너지 분포의 변화를 추적할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 메탈릭글래스 내부에서의 방사선 조사에 의해 발생되는 구조적 결함이 거시적인 기계적 거동에 영향을 주는 정도를 분자동역학 전산모사로 분석하였다. 또한 본 연구에서는 원자단위에서의 국부적인 전단, 체적 계수 및 푸아송비를 정의하고 메탈릭글래스에 방사선 조사를 가하면서 시편 내부 원자들의 계수 변화를 분석하였다. 결과적으

로 시편 내부의 원자단위에서의 전단 계수 변동성 (fluctuation order)과 시편의 거시적인 푸아송비가 방사선 조사에 대해 변화하는 것이 시편의 거시적인 전단밴드의 크기와 상관관계가 있다는 것을 확인하였다.

[전산4-1 | 15:10 초청강연]

Pb-free 태양전지 광활성 물질 연구를 위한 Ag-Bi-I 3원계 partially occupied 결정구조 예측: 이동화, 도경연, 김성훈; *포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: 제일원리, 유전알고리즘, 구조예측

Ag-Bi-I 3원계 광활성 물질은 하이브리드 페로브스카이트의 단점인 납으로 인한 환경오염 문제를 해결할 수 있는 친환경 에너지 물질로 연구되고 있다. 이 물질은 납을 포함하지 않는 광활성 물질 중 4.3%로 높은 에너지변환효율을 보이지만 각 조성에 대한 정확한 결정구조가 밝혀지지 않아 구조에 대한 논의가 계속되고 있다. 상평형도에 따른 (Ag_2BiI_5, $AgBi_2I_7$) 조성과 결정구조분석에 따른 (Ag_3BiI_6, $AgBiI_4$) 조성이 제기 되었고, 최근 네 가지 조성 모두 존재할 수 있다는 주장도 제기되었다. 하지만 원자수준에서 구조적 불확실성이 남아 있어 이론적인 측면에서 물질의 특성의 한계를 분석하기에 어려움이 있다. 따라서 이번 연구에서는 제일원리 방법을 통해 실험에서 관측한 공간군 정보를 바탕으로 Wyckoff position을 고려한 partially occupied 결정구조와 특정 조성 조건에 대한 진화알고리즘을 바탕으로 예측한 결정구조들의 시스템 에너지를 계산하였고 이들 중 가장 안정한 결정구조를 제시하고자 한다. 또한 제시된 결정구조의 전자구조분석을 통해 광활성 물질로써 이론적 한계를 제시하고자 한다.

[전산4-2 | 15:35] 초청강연

Simulations guide impurity engineering for metal oxides: Seungchul Kim[1], Heechae Choi[2], Sovan Khan[1], So Hye Cho[1]; *[1]KIST. [2]Virtual Lab Ltd.*

Keywords: atomic impurity, metal oxides, DFT simulations, TiO2

Normal 0 0 2 false false false EN-US KO X-NONE /* Style Definitions */ table.MsoNormalTable {mso-style-name:"표준 표"; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-parent:""; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin-top:0cm; mso-para-margin-right:0cm; mso-para-margin-bottom:8.0pt; mso-para-margin-left:0cm; text-align:justify; text-justify:inter-ideograph; line-height:107%; mso-pagination:widow-orphan; font-size:10.0pt; mso-bidi-font-size:11.0pt; font-family:"맑은 고딕"; mso-ascii-font-family:"맑은 고딕"; mso-ascii-theme-font:minor-latin; mso-fareast-font-family:"맑은 고딕"; mso-fareast-theme-font:minor-fareast; mso-hansi-font-family:"맑은 고딕"; mso-hansi-theme-font:minor-latin; mso-font-kerning:1.0pt;} Impurity doping into the metal oxides is widely used in various fields to achieve the desired material's property or to improve it. Realization or improvement of desired properties by impurities are mostly in atomic scale origin that local atomic structure on impurities and electronic structures. It is, however, extremely hard task to figure out, through experiments, the correlation between such microscopic properties and macroscopic control parameters, such as temperature and pressure. Total energy and electronic structure calculations using density functional theory are the appropriate approach connecting macroscopic experimental parameters and material's properties. At first, we calculated thermodynamic potential of various possible structures of impurities and defects, then checked electronic structures of energetically low-lying structures whether they play positive or negative roles in the purpose of materials. Finally, we suggested to the experimentalists changing their experimental procedure to induce the good impurity structures or to suppress the bad one. This presentation is going to present such simulation-experiment collaborations of Y_2O_3 phosphor and TiO_2 photocatalyst.

[전산4-3 | 16:00]

Bond Formation and Carrier Confinement at Epitaxial Interface between PbS and $CsPbBr_3$: 정영광[1], Keith T. Butler[2], Aron Walsh[1]; *[1]Yonsei University. [2]Rutherford Appleton Laboratories.*

Keywords: DFT, Halide Perovskites, Interface

Recently, hybrid halide perovskites have been widely studied for photovoltaics, but their application range is extending to light-emitting diodes, solid-state memories, sensors, and battery electrodes. Therefore, control of the energetic stability, transport, and confinement of charge carriers (electrons & holes) at interfaces is a key requirement for practical devices. We systematically investigate chemical and physical properties of the PbS – $CsPbBr_3$ interface, where epitaxial growth is possible due to their similar lattice constants, by performing a first-principles density functional theory (DFT) calculations. Our results include (i) what is the most favorable contact geometry; (ii) how bonding is formed between the two materials; (iii) which type of heterojunction occurs at interface. Moreover, we suggest straightforward procedure for studying interface system.

[전산4-4 | 16:15]

Comparative study on modeling the paramagnetic state of uranium hydride using DFT+U method: KyuJung Jun[1], Takuji Oda[1], Sei-Hun Yun[2]; *[1]Seoul National University. [2]National Fusion Research Institute.*

Keywords: Uranium hydride, tritium SDS, DFT+U, formation energy, paramagnetism

Uranium hydride (UH_3, UT_3) is the most promising material for tritium storage and delivery system (SDS) in the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER). During the operation of tritium SDS, helium-3 bubbles are formed by the beta-decay of

tritium and are piled in uranium hydride. The material property changes induced by the helium accumulation are unresolved issues in designing tritium SDS. First principles calculations can be an efficient tool to study the helium accumulation effects because experimental studies pose radiological concerns associated with handling and are time-consuming due to the long half-life of tritium (12.3 years). At the operation temperature of tritium SDS, which is well above its Curie temperature, uranium hydride is in paramagnetic state. In this work, prior to research on the helium accumulation effects, various materials properties of uranium hydride were calculated to determine the optimal calculation setting for modeling paramagnetic uranium hydride by first principles calculations based on the density functional theory (DFT). Specifically, several LDA, GGA and Meta-GGA functionals were tested. Hubbard U parameter was determined to correctly represent the strongly correlated electrons. The calculated 0 K formation energy, lattice constant, thermal expansion and magnetic moments were compared with available experimental data. As a result, PBE functional with U value of 0.6 eV was selected as the optimal calculation method. Subsequently, we compared the formation energy and lattice volume calculated with four model systems for paramagnetic UH_3: ferromagnetic (FM), antiferromagnetic (AFM), special quasirandom structure (SQS) and non-magnetic configurations. FM provides reasonable agreement with SQS, which is regarded as the most accurate model, while maintaining much lower computational cost than SQS. Therefore, it was concluded that FM can be used as a model system for paramagnetic UH_3.

[전산4-5 | 16:30]

밀도범함수이론 (DFT)를 이용한 흑린/흑연 헤테로 접합체에서의 Sodiation Mechanism 연구: 이홍우, 한상수; *한국과학기술연구원 계산과학연구센터.*

Keywords: Sodium-ion batteries, Anodes, dennsity Functional Theory, Black Phosphorus and Graphite

최근에, Black Phosphorus (BP)는 Sodium (Na)-ion Batteries (SIBs)의 음극재로서 주목을 받아왔다. BP는 층 간에 van der Waals Interaction을 지니고 있으며 A-B Stacking 구조인데, 이는 흑연의 구조와 유사하다. 또한 BP 내부 층 간격은 흑연보다 커서 (흑린: 5.4 Å vs 흑연: 3.4 Å), Na-ion이 Channel 사이로 더 쉽게 들어갈 수 있다. 그러나, BP는 Charge/Discharge 과정에서 심한 부피 변화를 동반하며, 나쁜 Cycle Stability로 이어지게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해, 실험적으로 Graphene Layer를 BP Layer 안에 도입한 연구결과가 있었다. 그렇게 제작 된 BP/Graphene (BP/G) Hybrid 구조는 High Specific Capacity (2,440 mAh g^{-1}) 와 Cyclic Life (83% Capacity Retention After 100 Cycles)를 가지는 등의 주목할 만한 배터리 성능을 보였었다. 이번 발표에서, 우리는 Density Functional Theory (DFT)를 이용하여, SIBs의 음극재로서 BP/Graphite Heterostructure의 도입을 위해 Sodiation Mechanism 을 이론적인 관점에서 집중 적으로 다룬다. 그리고, Pristine BP 대비 음극재로서의 성능을 서로 비교하였다. 우리의 DFT 연구는 BP/G Heterostructure가 Pristine BP대비, 같은 Sodiation 시간 동안에 더 작은 부피 팽창이 진행되었음을 확인했다. 게다가, 얻어진 BP/G Heterostructures는 향상 된 전기 전도성과 쉬운 Na-ion 확산 채널을 제공해 주었다. 요약하면, BP에 흑연 층의 도입은 부피팽창을 더욱 줄이고, 빠른 Charge/Discharge 속도와 Cycling Stability를 가지게 함을 규명하였다.

[1]Jie Sun et al. Nature Nanotechnology 10, 980–985 (2015)

[전산4-6 | 16:45]

The Optimum Size to Maximize Activity, Selectivity, and Durability of Ruthenium Nanoparticle Catalysts for Ammonia Synthesis by Reactive Molecular Dynamics Simulation: 김성엽, 한상수; *한국과학기술연구원계산과학센터.*

Keywords: ReaxFF, molecular dynamics, nanocatalyst

In this study, a new ReaxFF reactive force field for Ru/N/H is developed to describe ammonia synthesis process on Ruthenium surface. For this purpose, ReaxFF parameters have been fitted to a quantum mechanical (QM) training set aiming to reproduce equation of state, cohesive energy and surface formation energy of Ruthenium as well as bond dissociation energy, diffusion energy barrier, adsorption energy, free energy barrier for N_2 dissociation and NH_3 association, respectively on Ruthenium surface. Model configurations for the training set were based on DFT calculations on molecular clusters and periodic systems (both bulk crystals and surfaces). By using the developed Ru/N/H force field, molecular dynamics simulations have been conducted to investigate activity, selectivity and stability of Ruthenium nanoparticle catalyst with particle size during NH_3 synthesis process. Results show that activity and selectivity can be improved by applying high pressures while ambient high pressures affect durability negatively due to the increased stress acting upon the particles. Also, we have learned nanoparticle feature could determine these activity and selectivity as well. In terms of durability of nanoparticle catalyst, particle size matters and optimum size do exists at the same pressure environment. Optimum particle size should be selected to avoid relatively higher stress and stress concentration.

[전산5-1 | 17:00]

기계학습 기반 포텐셜을 통한 합금나노입자 구조 및 전기화학 안정성 예측: 강준희[1], 노승효[1], 황지민[1], 전호제, 한병찬; *연세대학교 화공생명공학.*

Keywords: 기계학습, 나노입자, 전기화학 안정성

합금 나노 입자의 경우 연료전지 촉매 분야에서 백금량을 줄이며 성능을 향상시킬 수 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 Ni 또는 Co를 Pt와 합금할 경우 순수 Pt보다 10배 이상 큰 산소환원반응 성능을 보였다. 하지만 작동 횟수가 길어지면 Ni 또는 Co가 녹아나오며 구조가 붕괴되고 성능히 급격히 하락하는 문제가 있다. 따라서 최근에 원소를 더 추가하여 삼종 합금 나노 입자를 만들어 성능과 안정성을 모두 향상시키는 연구가 보고되고 있다. 본 발표는 기계학습 기반 포텐셜을 통해 밀도범함수이론 수준의 정

확도로 매우 빠르게 삼종 합금 나노 입자의 구조를 예측하고 그 구조의 전기화학적 안정성을 계산하였다. 이를 통해 성능과 안정성이 최적화된 원소 비율을 확인하고 삼종 합금 나노 입자 설계 방법을 제시하였다. 이 방법론은 추후 복잡한 전기화학 시스템을 정확하고 빠르게 묘사하여 획기적인 촉매를 설계할 수 있다.

[전산5-2 | 17:15]

머신러닝을 이용한 소재의 DOS 패턴을 예측 방법: 여병철, 한상수; *한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: Machine learning, Density of states, Density functional theory, Principal component analysis

전자구조 정보인 Density of States(DOS)는 소재의 특성을 결정하는 핵심 요소 중 하나입니다. Density Functional Theory (DFT) 계산은 상당한 계산 비용에도 불구하고 일반적으로 DOS를 얻기 위해 사용되었습니다. 이 때, 주성분 분석(Principal Component Analysis)을 기반으로 Multi-component alloy 시스템의 DOS 패턴을 예측하기 위한 머신러닝 방법을 소개하려 합니다. 본 연구에서는 조성과 원자 구조에 따라 d-orbital occupation ratio, coordination number, mixing factor 세 가지의 소재 정보만 입력합니다. DFT 방법이 $O(N^3)$로 비례하는 동안, N은 시스템 크기의 전자의 수이고, 우리의 패턴 학습 방법은 N과 관계없이 단일 CPU 코어에서 단 1 분만 소요되므로 O (1)로 확장 할 수 있습니다. 또한, 본 연구의 방법은 DFT 계산에 비해 91~98 %의 정확도를 제공합니다. 이것은 우리의 학습 방법이 전자 구조 계산 분야에서 잘 알려진 정확도와 속도 사이의 trade-off 관계를 깨뜨릴 수 있는 대안이 될 것이라는 것을 보여줍니다.

[전산5-3 | 17:30]

Unraveling the catalytic mechanism of dehydrogenation of ammonia borane for hydrogen storage material: 배성진, 한상수; *한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: Ammonia borane, S_E2 reaction, hydrogen storage, catalyst

There have been many researches for searching for a good hydrogen storage material to alternate the present compressed H_2-gas, such as metal hydrides, cryogenic technology, liquid organics and so on. Ammonia borane (AB) is one of the promising hydrogen storage materials due to its high capacity and cheapness. To lower the operating temperature for fuel cell car, dehydrogenation from AB cannot be done only by thermal energy, but action of catalysts should be accompanied. Among the usual suspects for the good catalysts are homogeneous organometallic compounds. Most of the dehydrogenation reaction pathway for these catalysts are known as the metal-to-H bond mechanism. For first-row transition metal halides (MX_2 type), however, we found from ab initio calculation that this metal-to-H bond mechanism does not work effectively. In this work, we proposed a new reaction pathway for dehydrogenation of AB with MX_2 catalysts as a kind of S_E2 reaction and proved its plausibility by ab initio calculation and comparing with experimental data. We also found that the same mechanism can be applied to the polymerization mechanism of AB and dehydrogenation reaction for 3-Methyl-1,2-BN-cyclopentane molecule. To our knowledge, this is the first application of the S_E2 reaction mechanism for non-carbon system. We anticipate that this S_E2 reaction mechanism for AB helps to expand the domain of the inorganic chemistry.

[전산5-4 | 17:45]

Parallelizing oxygen evolution reactions for high activity guided by DFT calculations: 최희채; *(주)버추얼랩.*

Keywords: DFT, Water Splitting, Electrocatalysis, Metal Sulfide, Parallelized OER

Excellent electrocatalytic performance of transition metal sulfide (TMS)-graphene composites has been simply regarded as the results of high conductivity and the large surface/volume ratio. However, unavoidable factor such as degree of oxidation of TMSs has been hardly considered for the origin of this catalytic activity of TMS-graphene composite. To accomplish reliable application of TMS based electrocatalytic materials, clear understanding in thermodynamic stability of TMS and impacts of oxidation on catalytic activity are necessary. In addition, the mechanism of charge transfer at TMS-graphene interface must be studied in depth to properly design composite materials. Herein, we report a comprehensive study of the physical chemistry at the junction of a $Co_{1-x}Ni_xS_2$-graphene composite, which is a prototype designed to unravel the mechanisms of charge-transfer between TMS and graphene. Specifically, the thermodynamic stability and the effects of oxidation of TMSs during oxygen evolution reaction (OER) on reaction mechanism is systematically investigated using density functional theory (DFT) calculations and experimental observations. Cobalt atoms anchored on pyridinic N sites in the graphene support form metal–semiconductor (SC) junctions, and the internal band bending at these junctions facilitates electron transfer from TMSs to graphene. The junction enables fast sinking of the excess electron from OH^- adsorbate. Partially oxidized amorphous TMSs layer newly formed during OER can facilitate adsorption and desorption of OH and H atoms, boosting the OER performance of TMSs–graphene nanocomposite. From the DFT calculations, the enhanced electrocatalytic activity of TMSs-graphene nanocomposite originates from two important factors: i) increased internal band bending and ii) parallelized OER pathways at the interface of pristine and oxidized TMSs.

[전산5-5 | 18:00]

Unlocking the Potential of Nanoparticles Comprising Immiscible Elements for Direct H_2O_2 Synthesis: 한상수[1], 김동훈[1], 이승용[1], 남효빈[1], 안재평[1], 조영훈[2], 이관영[2]; *[1]한국과학기술연구원. [2]고려대학교.*

Keywords: Density functional theory, nanoparticle catalyst, Hydorgen Peroxide, Immiscible element

High-performance catalysts for direct H_2O_2 synthesis mostly utilize costly Pd. It is imperative to discover an inexpensive alternative. Here, we set out to design a strategy using a hitherto unexplored material space, namely, nanoparticles (NPs) comprising immiscible elements. As a result, four novel H_2O_2-producing catalysts (i.e., RhAg, RhAu, PtAu, and IrAg NPs) were developed. In particular, $Rh_{10}Ag_{90}$, owing to its high Ag content, exhibits a 7.3-fold enhancement in the cost-to-productivity ratio compared to that of prototypic Pd; it may serve as a commercially viable option. Using combinations of ab initio computations and experimental spectroscopy, we demonstrate that the observed productivities of these NPs are a result of the synergy between the two elemental domains at the interface.

타이타늄
Room 202B, 4월 25일

[타이타늄1-1 | 10:00]
Ti-Al-Fe 계 2상 타이타늄합금의 연속냉각변태 특성: 현용택[1], 원종우[1], 박경령[1], 서동우[2]; *[1]재료연구소. [2]POSTECH 철강대학원.*
Keywords: titanium alloy, cooling rate, phase transformation, continuous cooling transformation

저가의 고강도 타이타늄합금으로 개발된 Ti-Al-Fe계 2상 타이타늄합금의 연속냉각에 따른 상변태 거동 및 미세조직 변화를 조사하였다. 이를 위하여 딜라토미터를 사용하여 이 합금의 β변태 온도영역으로 부터 0.01°C/s - 750°C/s 의 속도로 냉각한 후 미세조직 및 경도 변화를 관찰하였다. β 온도영역으로부터 상온까지 일정한 속도로 냉각할 경우 Fe함량이 증가할수록 경도값이 증가하였으며, 냉각속도 0.1°C/s 이상에서는 냉각속도가 증가할수록 경도값이 증가하는 것으로 나타났다. 한편 본 실험에서 가장 낮은 냉각속도인 0.01°C/s에서는 냉각속도 20°C/s 정도에 해당하는 정도의 높은 경도값을 나타내었다. 이와 같은 경도변화는 Ti-Al-Fe계 합금의 변태 거동과 석출상 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 냉각속도 변화에 따른 미세조직 관찰 결과 75°C/s로 냉각할 경우 Fe함량이 2.5wt.% 이하인 합금의 경우에는 완전한 마르텐사이트 조직을 갖는 것으로 나타났지만, Fe함량이 4wt.%인 합금에서는 다량의 β상이 잔류하는 것으로 나타났다. 이는 강한 β상 안정화원소인 Fe가 빠른 냉각속도에서도 상당한 확산을 동반한 상변태를 하고 있기 때문이라고 할 수 있다. 냉각속도가 20°C/s에서는 Fe 함량이 4wt.%인 경우에서는 β상과 마르텐사이트 조직을 나타내었지만 Fe 함량이 1wt.%, 2.5wt.%의 함금에서는 마르텐사이트 조직과 더불어 입계 α상이 관찰되었다. 냉각속도가 더 늦어지면 입계 α상과 판상의 α상이 뚜렷이 관찰되었으며 점차 조직이 조대화되는 것을 알 수 있었다. TEM 관찰 결과 Fe함량이 2.5wt.% 이상의 합금에서는 냉각속도가 0.1°C/s 이상에서 α상과 β상이 층상조직을 이루고 있으며 β상 내에 ω상이 석출된 것을 확인할 수 있었다.

[타이타늄1-2 | 10:15]
초미세립 2상 (Alpha+Martensite) Ti-6Al-4V 합금의 기계적 거동: 이상원, 최성우, 박찬희, 염종택, 홍재근; *한국 기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: Ti-6Al-4V, 타이타늄, 마르텐사이트, 초미세립

기존 초미세립 Ti-6Al-4V 합금 제조방법으로는 초기 마르텐사이트조직을 600-800도에서 온간성형(ECAP, Hot rolling, Forging)을 활용하여 분절 후 초미세립화하는것으로 알려져 있다. 이러한 온간성형방법은 성형장비의 높은 성능을 요구하며, 대형 중간재제조에 한계를 가지고 있기 때문에 초미세립을 통한 우수한 기계적 물성을 가질 수 있음에도 실제 상용화에 많은 어려움을 가지고 있다. 본 연구에서는 상대적으로 고온성형(950도)을 이용하면서도 초미세립화 할 수 있는 공정을 개발하고 그 기계적 거동을 살펴보고자 하였다.

[타이타늄1-3 | 10:30]
Ti-Al-Fe-Si 합금의 응력 유기 마르텐사이트의 형성 원인과 기계적 특성에 미치는 영향: 변율[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 강남현[2], 이상원[1]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교 재료공학과.*
Keywords: Ti-Al-Fe-Si alloy, Stress Induced Martensite (SIM), metastable β phase, Atomic Force Microscopy (AFM), In-situ EBSD.

Ti 합금인 Ti-Al-Fe-Si 합금(TAFS)에서 Fe는 안정화 원소로서 낮은 분배계수를 갖는다. 따라서 동일 조성임에도 열처리온도에 따라 상 내에 분배되는 Fe 함량은 큰 차이가 발생하고, 이로 인해 준안정 상이 형성된다. 특정온도에서 발생한 준안정 상에서 인장시 응력 유기 마르텐사이트(Stress Induced Martensite, SIM)가 발생하는데 이 현상으로 인해 기계적 강도가 향상되고, 높은 연신율을 갖게 되어 변형 공정에 적용 할 수 있다. 본 연구에서는 AFM(Atomic Force Microscopy) 및 인장 시험에서의 In-situ EBSD를 이용하여 SIM의 형성 원인과 기계적 강도에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

[타이타늄1-4 | 10:45] Cancel
전자기 연속 주조법을 이용한 의료용 타이타늄 합금 압연봉재 제조 기술 연구: 최수지, 정현도, 이현재, 홍선양, 문병문; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*
Keywords: EMCC method, Ti-6Al-4V alloy, microstructure, heat treatment, tensile strength, hardness

[타이타늄2-1 | 11:10]
가스아토마이저 방법으로 Ti 분말제조 시 가스노즐 각도 변화에 따른 분말 형상 관찰: 이상현, 이빈, 사다르아바스, 임경묵, 김범성, 김택수; *한국생산기술 연구원*
Keywords: 3D프린팅 소재, Ti 분말, 생체소재, cold crucible, 가스노즐

최근에는 3D프린팅 산업 및 시장이 확대되고 있으며 Ti 금속을 이용한 3D 프린팅은 우주항공용 소재, 미래형 경량 자동차 부품, 인공 치아 및 뼈를 비롯한 생체소재, 귀금속 장식품 등 다양한 분야에의 응용 가능성으로 시장이 급속히 성장하고 있다. Ti은 경량 소재의 하나로 Fe보다는 가볍고 Al보다는 강한 강도의 특성을 및 다양한 구조기능성을 가지고 있어 산업적으로 사용량은 꾸준히 증가되고 있으며, 다양한 분야에 있어서 Ti의 연구가 전 세계적으로 관심이 집중되고 있다. 하지만 Ti 소재 및 가공기술은 일부 국가에 한정되어 있으며, 국내에서 소재는 전량 수입에 의존하고 가공장비 또한 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다.따라서 본 연구에서는 Cold Crucible을 활용해 불순물이 없는 청정한 용탕을 구현하였고 가스분무법으로 불순물 함유가 없는 Ti 분말을 제조하였

다. 또한, 분말입도를 제어하기 위해 가스 분사 각도의 변화를 주어 분말을 제조하였다. 제조된 Ti분말은 FE-SEM을 통해 형상 및 미세구조를 관찰하였다.

[타이타늄2-2 | 11:25]

탈지/소결 공정 중 TiH_2 분말의 수축거동 분석: 김경욱[1], 장진만[2], 이원식[2], 이재철[1]; *[1]고려대학교 [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Powder Injection Molding, Titanium hydride,

티타늄은 높은 비강도와 화학적 안정성으로 인해 주로 항공우주 산업과 화학용 장치산업에 많이 이용되어 왔다. 최근에는 티타늄의 생체적합성을 이용하기 위하여 의료용 기기 및 부품에 적용하고 있으나, 그 범위는 제한적이다. 이는 철, 알루미늄 등의 소재에 비해 티타늄의 제조공정비용이 높고, 높은 산소친화력으로 인해 가공이 어려기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하고 다양한 형상의 부품의 제조가 가능한 공정으로 대두되고 있는 공정이 분말사출성형공정(PIM: Powder Injection Molding)이다. PIM공정은 대량생산이 가능한 플라스틱산업의 사출성형기술과 고정밀 부품의 제조가 가능한 분말야금산업의 금속 또는 세라믹분말 소결기술의 이점을 융합시킨 공법이다. 따라서 본 연구에서는 PIM을 이용하여 Ti 부품을 제조함에 있어 높은 치수정밀도 확보를 위한 TiH_2 분말의 탈지/소결 중 수축거동을 고찰하고자 한다.

[타이타늄2-3 | 11:40]

Production of Titanium powder from Titanium Tetrachloride by Inductively coupled RF plasma: Sung-Hun Park, So-Yeong Lee, Young-Joon Kim[1], Ho-Sang Sohn; *School of Materials Science and Engineering, Kyungpook National University.*

Keywords: Titanium Tetrachloride, Titanium powder, Hydrogen, Thermal plasma, Inductively coupled plasma

In this study, the inductively coupled radio frequency(R.F.) plasma has been used with titanium tetrachloride($TiCl_4$) for the production of titanium powder. The $TiCl_4$ was injected as a liquid by Ar-carrier gas into reactor in which a H_2 plasma is floated as the reductant. The effects of various parameters on powder size, size distribution and phase composition of the powder were investigated to develop a plasma process. The characteristics of the powder such as powder size, size distribution, and phases were analyzed with XRD, SEM, EDS and TEM. Most of the powder was mainly composed of Ti and the average diameter of powders were 100 nm. The size of the powder and particle agglomeration depended on the flow rate of plasma gas and the length of reaction zone.

[타이타늄3-1 | 13:30]

타이타늄-구리 이종금속 클래드판재 제조와 재료학적 특성 연구: 이동근[1], 박양균[1], 윤창석[1], 김상열[2], 이상로[2]; *[1]국립순천대학교 [2]에이원ENG.*

Keywords: Cladding plate, Titanium, Interface, Corrosion resistance

이종금속간 클래딩은 재료학적 특성에 따라 기계적 화학적 특성에 악영향을 미치는 경우도 있으며, 2개 이상의 이종 뿐만 아니라 그 이상의 상이한 소재에 대한 클래딩을 실시하여 판재를 제조하기도 한다. 이종 금속간 클래딩은 방식에 따라 접합계면 부위의 특성이 달라지며, 이로 인한 판재의 기계적 화학적 특성에 큰 차이를 나타낸다. 특히, 기계적 방법에 의한 클래드 판재 제조시에는 화학적 방법에 의한 경우보다 이종 금속간 접합면이 사용하는 소재에 따라 다른 미세조직학적 특성을 나타내며, 이후 소성가공이나 변형공정 등 후처리 공정에서 취약점을 보이기도 한다. 본 연구를 통해 타이타늄과 구리 소재를 이용하여 이종 클래드 판재를 성공적으로 제조하였으며, 이종소재의 접합계면을 중심으로 기계적 특성과 미세조직학적 재료특성, 그리고 부식학적 특성변화에 대해 평가결과를 분석하였다.

[타이타늄3-2 | 13:45]

Microstructural evolution and mechanical properties of Gr.2 Titanium manufactured by selective laser melting: LI CHENGLIN[1], Jungho Choe[1], P.L.Narayana[1], Chan Hee Park[1], Sang-won Lee, Jong-Taek Yeom, Jae-Keun Hong; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: 3D printing, SLM, microstructure, mechanical property

Titanium and its alloys are widely used in aerospace, chemical, marine, and biomedical industries, due to their excellent properties such as high specific strength, and corrosion resistance and high biocompatibility. In particular, commercially pure titanium (CP-Ti) has been utilized in applications that require corrosion resistance and good formability to manufacture components with complex geometries, such as medical implants. Emerging advanced manufacturing technologies such as selective laser melting (SLM) and direct energy deposition (DED) are much feasible to process components for complex geometries. This study presents the microstructural evolution and mechanical properties of Gr. 2 CP-Ti processed by SLM. The SLMed CP titanium has a relative density of 99.34%. Microstructural observation shows a few pores in the as-fabricated sample. As fabricated microstructure consists of typical features of 3D printed materials, namely columnar grains along building direction and martensites in grains due to fast cooling rate. We have studied the microstructure and mechanical properties of as-fabricated samples after annealing, however, coarse columnar grains and martensites transformed to α phase after annealing.

[타이타늄3-3 | 14:00]

산소함량에 따른 Ti-Al-Fe계 합금의 고온 변형 거동 및 정적 구상화 메커니즘: 정대원[1], 원종우[1], 최재영[2], 박현순[3], 현용택[1]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]동아대학교 신소재공학과. [3]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Ti-Al-Fe alloy, Hot deformation, deformation map, static globularization

스크랩을 재활용하여 합금을 제조하면 생산비용을 줄일 수 있으나, 산소 등의 불순물 제어가 어렵다는 단점으로 인해 연구 진행이 많이 되고 있지 않다. 본 연구의 최종 목표는 기존 Ti-6Al-4V 합금에 비해 생산비용이 저렴하며 유사한 기계적 특성을 나타내는 Ti-Al-Fe계 합금을 스크랩을 이용해 제조하는 것이다. 산소는 β 변태 온도 및 기계적 특성에 많은 영향을 미치기 때문에 각 함량에 따른 각각의 공정설정이 필요하다. 또한 타이타늄 합금의 등축조직은 강도 및 연성이 모두 우수하며 이를 제어하기 위해서는 반드시 열처리 공정이 필요하며, 구상화 메커니즘을 이해하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 저산소(0.069 wt.% O) 합금 및 고산소(0.32 wt.% O) 합금을 제조하여 주조 조직을 파쇄하였고, 이 후 α+β 온도 영역에서의 공정 영역 설정을 위해 고온 압축 시험을 진행하였다. 시험 결과를 이용하여 공정 지도를 작성했으며 각 합금의 최적 공정 영역을 나타냈다. 그리고 등축 조직 제어를 위해 압축 시험 시편 중 층상 조직 시편을 골라 열처리 공정 실험을 진행했다. 열처리 시간에 따른 미세조직, 종횡비(Aspect ratio)의 변화를 비교 분석하여 구상화에 걸리는 시간 예측 및 구상화 메커니즘에 대해 고찰하였다.

[타이타늄3-4 | 14:15]

Electron beam additive manufacturing **타이타늄 부품의 후처리 공정에 따른 기계적 특성 및 피로특성 평가**: 최영신[1], 박양균[1], 황유진[1], 김건희[2], 이병수[2], 이창우[2], 이동근[1]; *[1]순천대학교신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Electron beam melting, Ti-6Al-4V, Hot isostatic pressing, Heat treatment, Fatigue properties

Electron beam additive manufacturing (EBAM) 방식은 Electon beam melting (EBM) 으로 표기되기도 하며 SLM 방식과 더불어 주목받는 3D 프린팅 공정중의 하나이다. 급속 냉각에 의한 응고가 발생하는 EBM 방식은 Ti-6Al-4V 소재에 마르텐사이트 생성을 불러일으키며 높은 기계적 특성을 지닌다. 분말을 활용한 EBM 적층공정 시편은 필연적으로 기공에 의한 피로강도 저하를 수반하고 이에 따라 후처리 공정이 필요하다. 본 연구에서는 적층된 EBM Ti-6Al-4V 시편에 후처리 공정으로 열처리 및 열간 정수압 성형 (Hot isostatic pressing; HIP)을 수행하였으며 as-printed 시편과의 차이를 분석하였다. 미세조직 분석 및 기계적 특성을 평가하였고 피로특성평가를 진행하여 후처리 공정이 피로강도에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 피로파단면을 분석하여 후처리 공정이 crack initiation 및 propagation에 미치는 영향을 확인하였다.

[타이타늄4-1 | 14:40]

분자동역학 기법을 이용한 γ-TiAl 단결정 나노선의 변형거동 분석과 범밀도 함수이론을 이용한 일반화된 적층결함 에너지 변화에 대한 체계적 연구: 이태구[1], 정병관[1], 김재민[1], 김성웅[2], 유승화[1]; *[1]한국과학기술원 기계공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: TiAl 합금 / 분자동역학 시뮬레이션 / 일반화된 적층결함 에너지 / 범밀도 함수이론

TiAl 합금은 비중량이 낮고 높은 내열 및 내산화 특징을 가지고 있어 니켈 합금을 대체할 수 있는 재료로 손꼽히고 있다. 하지만, TiAl 합금은 낮은 연성으로 인해 활용도가 떨어지는 한계점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서 순수한 TiAl 합금을 구성하고 있는 단일상의 기계적 변형거동에 대한 이해하고, Nb, Mn 등의 제 3원소를 추가하여 TiAl 합금의 기계적 변형거동을 바꾸고 연성을 높이는 원리에 대해 이론적으로 분석하고자 한다. TiAl은 α2 와 γ 상이 특정 방위관계를 가지고 있는 적층구조를 형성하고 있다. 본 연구에서는 이론적 분석과 분자동역학 시뮬레이션을 병행하여 γ-TiAl 단결정 나노선의 변형 거동을 분석하였다. 서로 다른 10개의 방위관계를 갖는 γ-TiAl 단결정 나노선을 만들어 인장 및 압축을 하는 시뮬레이션을 진행하고 그 결과 일반 전위, 쌍정, 혼합된 파단/슬립 그리고 초격자 전위의 4가지 변형거동을 발견하여 구분할 수 있었다. 이러한 변형 거동은 Schmid 계수와 일반화된 적층 결함 에너지로부터 계산된 임계응력으로 예측할 수 있었다. 그리고 이론적 분석을 통하여 기존 실험결과를 분석하고, 시편의 크기로 인한 기계적 변형거동의 차이점에 대해 설명하였다. 또한, γ-TiAl 단결정에 Nb, Mn 등의 제 3원소를 추가하였을 때 야기되는 일반화된 적층 결함 에너지를 통해 변형거동이 어떻게 달라지는 지를 예측하여 기존실험결과와 비교하였다.

[타이타늄4-2 | 14:55]

발전용 저비중 Blade 개발을 위한 Ti-62222합금 적용 및 제품 개발: 김영대, 송영석, 구지호, 마영화, 송전영, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원.*

Keywords: Blade, Ti-62222 titanium alloy, Forging, Heat treatment

발전용 터빈 효율 증가를 위해 터빈 블레이드 대형화 제품 개발에 대한 요구가 증대되고 있다. 그러나 제품 대형화로 인해 발생하는 무게 증가와 원심력 증가로 인해 기존 철계 대비 저 비중 대체소재 개발이 필요한 상태이다. 타이타늄 합금의 경우 기존 블레이드 소재로 적용되고 있는 철계 대비 높은 비강도와 내식성으로 인해 블레이드 대형화에 따른 무게감소를 위한 대체소재로 타이타늄 합금을 적용한 대형 블레이드 개발 연구가 수행되었다. 본 연구에서는 Ti-6Al-2Cr-2Mo-2Zr-2Sn 합금의 단조 및 열처리 공정 최적화를 위한 연구를 수행하였으며 대형 블레이드 적용 가능성을 확인하기 위해 43인치 크기의 블레이드를 제작하였다. 현재 해외 업체에서는 타이타늄합금을 적용한 Blade개발은 제조가 가능하나, 국내에 타이타늄 합금을 이용한 블레이드 개발 업체는 전무하다. 따라서, 본 연구수행과 동시에 국내 타이타늄 단조업체 개발을 수행하였으며 앞서 도출된 단조 조건 및 열처리 공정을 적용하여 43인치 블레이드 제품에서의 기계적 특성 및 미세조직 분석을 통해 국산화 가능성을 확인하였다.

[타이타늄4-3 | 15:10]

On the microstructure evolution during friction stir welding of ultra-fine grained Ti-6Al-4V alloy: Jae-Deuk Kim[1], Siva Prasad Murugan[1], Ji-Ung Kim[1], Jae-Hee Park[1], Chang-Keun Chun[2], Sung-Wook Kim[2], Sangwon Lee[3], Yoeng-Do Park[1]; *[1]Dong-Eui University. [2]Researh Institute of Industrial Science and Technology. [3]Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Titanium alloys; Rolling; Residual stresses; Dynamic recrystallization; Friction stir welding

Ultra-fine grained (UFG) titanium (Ti) with a grain size less than 1μm provides numerous benefits such as high specific strength

which enables weight reduction and lower temperature superplastic deformation etc. On the other hand, for the successful implementation of such UFG Ti alloys into several practical fields specific joining method should be chosen. However, some of the critical problems such as diminishing (or even elimination) of UFG characteristic in the joint area and grain coarsening in heat affected zone (HAZ) make it extremely challenging task. Friction stir welding (FSW) is a solid-state joining process which makes the joining through stirring and plastic flow of visco-plastic state material as a consequence of the material softening at elevated temperature by the friction between the tool and material. It can be suggested that the FSW is promising joining process for the UFG materials. This research attempts to understand the microstructural evolution during the friction stir welding of UFG Ti-6Al-4V sheet material produced by the multi-pass hot rolling process. Five specific regions have been analyzed, one at the base metal (BM) and others at the stir zone: center-bottom (CN4), center-middle (CN3) and center-top (CN2 and CN1). Optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and electron backscatter diffraction (EBSD) analysis were used for the microstructural characterization, and orientation imaging microscopy (OIM) software was used for the post EBSD data analysis. During FSW, the microstructure and texture behavior has been completely changed due to globularization, recrystallization, recovering, tearing and kinking of platelets etc.

[타이타늄4-4 | 15:25]

Ti-6Al-4V alloy 초기조직에 따른 열간압연판재의 기계적특성분석: 최성우, 이상원, 염종택, 박찬희, 홍재근; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Ti-6Al-4V, Hot rolling, Tensile properties, Microstructure

Ti-6Al-4V 합금은 초기 열처리온도에 따라 알파 및 마르텐사이트 분율이 다르며 이에 따른 열간압연공정 후 기계적성질 및 미세조직을 분석하였다. 초기 알파분율이 많을 수록 열간압연 후 판재의 결정립이 조대하며, 작을수록 판재의 결정립이 미세한것을 확인할 수 있었다. 높은 베타분율을 가지는 압연판재의 경우 가공경화가 높은 것을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서는 알파 및 베타 분율의 최적화를 통해 기계적특성을 제어하고자 하였다.

[타이타늄5-1 | 15:50]

CP-Ti Gr. 2 소재의 열처리 조건에 따른 기계적 특성 연구: 신홍철; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: CP-Ti, Specific strength, corrosion resistance, heat treatment

타이타늄 소재는 큰 비강도(Specific strength)와 높은 내부식성이라는 장점으로 인해 항공 산업, 석유 화학 산업 및 해양 플랜트 산업 등에 광범위하게 사용되고 있다. 특히 CP(Commercially Pure)-Ti 소재는 내부식 특성과 높은 가공성으로 인해 판형 열교환기용이나 관형 열교환기 소재로 많이 사용되고 있다. CP-Ti 소재는 Ingot으로부터 단조를 거쳐 슬라브(Slab)를 제조하고, 열간 압연과 냉간 압연 및 최종 진공 열처리를 통해 생산된다. 본 연구에서는 냉간 압연을 거친 CP-Ti 소재에 대한 최종 진공 열처리 온도 및 시간에 따른 미세조직 거동과 기계적 특성을 살펴보고자 한다.

[타이타늄5-2 | 16:05]

The effect of oxygen and iron contents on microstructure and mechanical properties of commercially pure titanium: 이현석, 최미선; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: Commercially Pure, Titanium, Oxygen, iron

Pure titanium varies greatly in its microstructure and mechanical properties depending on the impurity content. In particular, as the content of iron and oxygen increases, the strength increases but the workability of pure titanium decreases. The commercially pure (CP) titanium is what the content of oxygen and iron is controlled for the using purpose. We first investigated how the content of oxygen and iron affects the beta-alpha phase transofrmation temperatrue of pure titanium. The microstructure and hot workablity of titanium were studied for dependence of each element. The hot workability and microstructural behaviors were studied according to the content of each element in titanium.

[타이타늄5-3 | 16:20]

X-ray line profile을 이용한 알파 타이타늄의 쌍정 거동 분석: 김명훈, 손현우, 이경서, 김상욱, 정택균, 현승균; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: X-ray line profile, Twinning, CP titanium

최근 대두하고 있는 에너지 저감의 요구와 환경문제로 인해 높은 비강도 특성을 갖는 타이타늄 및 그 합금에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이들의 부품 및 제품의 가공기술에 대한 수요도 증가하고 있다. 이에 따라 X선 회절을 이용한 line profile 분석법은 전위슬립 거동이나 쌍정 및 적층결함 등을 파악함으로써 재료의 소성변형을 판단하는 지표로써 이용될 수 있다. 재료의 변형 시 발생하는 쌍정은 재료의 결정구조는 유지되나 쌍정이 미세계면처럼 작용하여 가공경화율과 연신율을 증가시켜 가공성을 향상시키는데 중요한 역할을 한다. 그러나 육방정계의 변형 시 발생하는 쌍정은 조밀평면에서 일어나지 않으며, 결면 쌍정형성 없이 {101}, {112}의 compressive 쌍정과 {102}, {111}<-1-16>의 tensile 쌍정의 쌍으로서 의 특정 pyramidal 면에서만 일어나기 때문에 이로 인한 X선 line broadening에 미치는 영향은 일반적인 입방구조의 재료의 분석 방법을 적용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 DIFFaX 프로그램과 CMWP법을 이용하여 X-ray line profile을 육방정계에 적용함으로써 고온 변형된 상용 순수 타이타늄의 쌍정 거동을 파악하고자 하였다.

[타이타늄5-4 | 16:35]

Ti-5Al-3.5Fe합금의 시효처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화: 최혜정[1], 정대원[2], 박경령[1], 윤석영[1], 원종우[1], 현용택[2]; *[1]재료연구소 (KIMS). [2]부산대학교 재료공학부.*

Keywords: Ti alloy, Aging treatment, Microstructure, Mechanical properties

타이타늄 합금 중 많이 사용되고 있는 Ti-6Al-4V합금은 고가의 V에 의해 높은 가격에 거래되고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 V을 저가의 Fe로 대체한 Ti-Al-Fe계 합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 고성형, 고강도인 Ti-Al-Fe계 합금의 구체적인 열처리 공정 방법은 보고되고 있지 않다. 또한 타이타늄 합금의 기계적 특성은 미세조직 변화에 큰 영향을 받는다. 따라서 Fe가 첨가된 타이타늄 합금에 대한 기계적 특성을 제어하기 위해 온도 및 미세조직 제어가 필요하다. 한편, 강력한 β상 안정화 원소인 Fe은 α/β상의 특성 및 석출 거동을 결정하는 지배적인 요인으로 알려져 있지만 아직까지 본 합금계에서 석출거동에 대한 체계적인 분석이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 Ti-5Al-3.5Fe 조성의 합금을 유도 스컬 용해로(Induction Skull Melting)를 이용하여 잉고트를 제조하였고 열간 단조 및 압연을 실시하였다. 이후 α+β 영역에서 용체화 처리를 통해 초기조직을 제어하였으며, 이 후 시효 처리를 진행하였다. 시효시간에 따른 기계적 성질을 관찰하기 위해 경도 측정을 실시하였다. 시효처리 도중 발생한 경도변화의 원인을 SEM, TEM 등을 이용하여 미세조직 변화를 관찰 분석하였다.

[타이타늄6-1 | 17:00]

일메나이트광의 유동 염화반응시 발생하는 응집 현상 연구: 이미선, 김진영, 정은진; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Ilmenite; Fluidized bed reactor; Chlorination; Agglomeration

일메나이트 광은 30-65% titanium oxide(TiO_2)와 35% 이상의 iron oxide으로 이루어진 광물로 금속 Ti 또는 TiO_2 pigment 제조시 출발물질로 활용될 수 있다. 일반적으로 원소재로 사용되는 90-95% TiO_2를 포함하는 루타일 광과 비교시 일메나이트 광은 가격이 저렴하고 매장량이 풍부하므로 매력적인 소재로 각광받고 있다. 이로 인해 일메나이트 내 iron oxide를 선택적으로 제거하는 연구가 필수적이며, 일반적으로 유동층 반응기 내에서 coke 존재하에 chlorine gas를 통해 iron oxide를 제거하고 TiO_2를 잔류시키게 된다. 그러나 염화반응시 반응기 내에서 유동로내 wall effect에 의해 국부적인 응집현상이 확인되었으며 응집현상은 유동반응의 효율을 저해하는 원인이 된다. 그러므로 본 연구에서는 일메나이트 광의 유동 염화반응시 iron oxide의 선택적 제거공정 중 발생하는 응집현상의 원인을 파악하고자 하였다. 염화반응 후 잔여광석의 표면과 단면을 관찰하고, SAED(Selected Area Electron Diffraction) pattern 해석을 통해 결정구조를 분석하여 응집의 원인을 파악하였고 이에 대한 해결방안에 대해 고찰할 수 있었다.

[타이타늄6-2 | 17:15]

로스팅 공정조건별 일메나이트광의 상 변화가 선택적 염화반응 효율에 미치는 영향: 김진영, 이미선, 정은진; *포항산업과학연구원.*

Keywords: roasting, ilmenite, selective chlorination, titanium tetrachloride, phase transformation

일반적으로 TiO_2 안료의 경우 루타일광을 이용하여 황산법으로 제조되지만 최근 가격경쟁력이 높은 일메나이트광을 이용하여 선택 염화법을 활용하는 공정에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다량의 FeO_x를 함유하고 있는 일메나이트 광석을 활용한 $TiCl_4$(Titanium tetrachloride) 제조의 경우 92~95 % TiO_2를 함유하는 고순도 루타일광에 비해 높은 순도를 확보하는 것이 필수적이다. 따라서, FeO_x 성분의 선택적 제어 방법을 통한 고순도 TiO_2를 확보할 경우 염화반응을 통해 높은 순도의 $TiCl_4$를 수월하게 얻을 수 있을 것으로 기대되며 본 연구에서는 일메나이트광 내 FeO_x 성분의 선택적 염화반응 효율을 향상시키는 방법 중 하나로 거론되는 로스팅 공정을 실시하여 광석의 상 변화 거동에 대해 고찰하였다. 이러한 상 변화에 의한 일메나이트광의 염화반응 효율관계를 파악할 수 있었고, 공정조건에 따라 광석 내 존재하는 상 분율에 의한 선택적 염화거동 변화에 대해 고찰할 수 있었다.

[타이타늄6-3 | 17:30]

탈질폐촉매로부터 고순도 티타니아 피그먼트 제조: 문경혜[1], 김진형[1,2], 강희남[1], 최인혁[1,3], 이진영[1,3], *강정신[1,3]; *[1]한국지질자원연구원. [2]울산과학기술원 (UNIST). [3]UST.*

Keywords: 탈질폐촉매, 소다로스팅, 티타니아 피그먼트, 산화타이타늄

탈질폐촉매 내 주요 유가금속 중 하나인 타이타늄으로부터 고순도 티타니아 피그먼트를 제조하기 위한 기초연구를 실시하였다. 1000°C에서 탈질폐촉매와 Sodium Carbonate와의 반응에 의해 Sodium Titanate ($Na_{16}Ti_{10}O_{28}$)가 생성되었다. 이를 DI-Water에 침출시킨 결과, 탈질폐촉매 내 W 및 V의 침출률의 경우 각 약 92 – 95 % 및 99 % 였으며 Al 및 Si의 침출률의 경우 침출 조건에 따라 각 74% 및 72% 였다. 타이타늄 수용액을 얻기 위해 DI-Water 침출 잔사를 60 °C의 5 M 염산용액에서 침출 한 결과 잔사 내 타이타늄의 침출률은 약 94 % 였다. Hydrolysis 반응에 의해 침출액 내 타이타늄으로부터 산화 타이타늄을 얻기 위해 80°C에서 반응시킨 결과 순도 99.2 %의 고순도 티타니아 피그먼트를 제조할 수 있었다.

제6회 첨단 융합분석기술 심포지엄
Room 203, 4월 25일

[융합분석1-1 | 10:00]
하나로 중성자 영상 장치의 현황과 산업적 활용: 김태주, 김진만, 김종열; *한국원자력연구원.*
Keywords: 중성자, 중성자 영상, 비파괴 검사

중성자 영상법은 방사선 촬영법의 종류로, 방사선 촬영법은 방사선이 측정 물질을 투과할 때 물질과의 상호작용에 의하여 그 세기가 감쇠하는 정도를 이용하여 물질 내부의 정보 및 내부를 비파괴적으로 분석할 수 있다. X-선과 감마선은 전자와 반응하기 때문에 원자번호가 증가할수록 투과가 쉽지 않아, 무거운 원소 내에 있는 가벼운 원소를 구별할 수 있는 충분한 명암 차이를 얻을 수 없어 적용에 한계가 있다. 이에 반해 중성자는 원자핵과 반응하기 때문에 투과 특성이 원자 번호에 무관하게 불규칙하고, 일반적인 금속(구리, 알루미늄 등)은 잘 투과하고 수소와 같은 가벼운 원소는 투과가 쉽지 않다. 이러한 중성자만의 독특한 투과 특성을 활용하여 연구용 원자로인 하나로의 중성자 영상 장치(NRF)에서는 중성자 영상 기법으로 항공기 터빈블레이드의 균열, 결함 검사와 같은 일반적인 비파괴 검사부터 운전 중인 연료 전지의 내부 가시화를 통해 성능 향상과 같은 차세대 동력원 연구까지 다양하게 활용하고 있다. 그 활용 범위는 점차 증대할 것으로 기대된다.

[융합분석1-2 | 10:25]
미래 자석소재를 위한 중성자 분석법: 이준혁; *한국원자력연구원.*
Keywords: 자석,영구자석,중성자분석,자성분석,무희토류

차세대 고성능 자석은 다가오는 4차 산업혁명에서 전기자동차, 풍력발전소, 로봇 등에 필수적인 핵심소재이다. 기존 Nd-Fe-B계 영구자석의 고특성화 및 공정 개선과 더불어 차세대 무희토류/희토류저감 자석에 대한 연구가 일본, 중국, 미국 등을 중심으로 활발하다. 본 발표에서는 차세대 자석의 개발을 위한 중성자분석을 활용 연구를 소개하고자 한다. 투과특성이 뛰어나면서 자기스핀을 가진 중성자는 자석에서 산란, 회절을 통해 결정구조, 미세구조, 자기구조를 동시에 분석할 수 있다. 또한, 방사광 엑스선이나 기존 분석법과 함께 융합 적용되면 자석 개발의 현안들을 해결하는데 더욱 효과적이다. 산업적 벌크소재와 차세대 박막 자석소재에 대해 하나로시설 (한국원자력연구원) 및 해외 중성자시설을 이용한 중성자 분말회절, 소각산란, 반사율측정 연구의 가능성과 현황을 보고하고자 한다.

[융합분석1-3 | 10:50]
Status and future plans of Ex-core Neutron irradiation Facility at HANARO: JONGYUL KIM, TAEJOO KIM, JINMAN KIM, BYOUNGIL JEON, BAEK-SEOK SEONG, MYUNGKOOK MOON; *Korea Atomic Energy Research Institute.*
Keywords: HANARO, Neutron, ENF, Imaging

Ex-core Neutron irradiation Facility (ENF) at HANARO has been used for multi-purpose including thermal neutron irradiation test, neutron imaging, neutron detector evaluation and so on. Although ENF had high neutron beam flux, large neutron beam size and large space for various experiments, there were beam shutter and helium leak problem. ENF was reinstalled to solve mentioned problem in 2016, and radiation shielding was also improved. After reinstallation of ENF, we are setting up experimental equipments including X-ray system, neutron energy selection system, and imaging system. We have plan to conduct experiments for neutron/X-ray hybrid imaging, energy selection imaging and dynamic imaging at ENF.

[융합분석1-4 | 11:15]
잔류응력 측정_Hole Drilling Method를 중심으로: 최광 , 김태근, 우흠파, 김대영, 최 정훈; *KTM Engineering*
Keywords: Material Forming, Residual stress, Measurement, Hole Drilling Method,

소재의 제작, 가공 및 열처리를 할 때 항복응력이상에서 변형이 시작되고 가공이 완료된 후에는 응력의 이력에 따라 잔류응력이 발생하게 된다. 가공 시 발생하는 응력으로 인하여 소재의 가공 정도 및 사용 중에도 영향을 미치게 된다. 이러한 잔류응력은 소재의 가공방법, 조건과 환경에 따라 달라지게 된다. 소재 가공 후 발생하는 잔류응력을 정확하게 평가하는 일은 소재의 가공 중 변화하는 응력의 이력들 대하여 이해하고 이 공정을 합리적으로 개선 및 활용에 중요한 요소이다.잔류응력의 측정에 대하여서는 Sachs가 제안한 방법이 제시된 이래 다양한 방법들이 제시 되어 실제 측정에 사용되고 있으며, 기존의 측정법들도 지속적인 개량을 통하여 측정의 한계를 넓혀 나가고 있다. 본 발표는 다양한 잔류응력 측정 방법 중 ASTM E 837에 규정된 Hole Drilling Method를 이용한 잔류응력 측정에 대하여 이론적 배경과 측정방법,수치해석결과와 비교 및 당사에서 평가를 수행한 사례중심으로 보고하고자 한다.

[융합분석1-5 | 11:45] 초청강연
중성자 회절 및 영상을 이용한 TRIP 스테인레스강의 상변태 분석 연구: 우완측[1], 김종열[1], 김동규[1], 김은영[2], 최시훈[2], Daniel S. Hussey[3]; [1] *한국원자력연구원.* [2] *순천대학교.* [3] *NIST.*
Keywords: TRIP, 중성자 회절, 중성자 영상, 스테인레스스틸, 상분석

페라이트와 오스테나이트 혼합 미세구조인 이상 스테인리스 강을 인장 변형하면 오스테나이트가 마르텐사이트로 변화되는 TRIP 현상이 흔히 발생된다. 이러한 TRIP 이상 스테인리스 강을 변형량에 따른 상분율 변화를 3가지 방법 (EBSD, in-situ 중성자회절법, 중성자영상법)으로 분석하고 그 연구결과를 보고 한다. 일반적으로 널리 활용되는 EBSD 분석은 국부적인 지역 (~수백 마이크로 미터)에 대한 임의 선택에 대한 제한이 있으며, 중성자 회절법의 경우는 약 3~10 mm^3 부피 평균값을 측정할 수 있어 보다 거시적인 장점이 있다. 본 연구에서는 동일 시험편을 보다 넓은 영역 (인장시편 평행부 약 5 cm 길이)에서 동시에 상분석 할 수 있는 에너지 선택 영상 측정법 (energy selective imaging)을 적용 하였다. 그 기본 원리는 특정 파장 (4.1A)의 중성자 빔이 페라이트 (bcc)와 마르텐사이트 (bct)가 오스테나이트 (fcc) 보다 훨씬 큰 투과능을 보이는 특성으로 상분석하는 것이다. 본 발표에서는 보다 자세한 측정원리와 정량적 측정 결과값을 상호 비교 하도록 한다.

[융합분석2-1 | 13:30] 초청강연

Phase and strain characterizations of lithium battery cathode materials: 안재평[1], 김준동[1], 변영운[2], 이재철[2]; *[1] 한국과학기술연구원. [2] 고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: Strain, Phase, TEM, Li-ion Battery, NCM cathode

본 연구에서는 NCM의 사이클 시험에서 투과전자현미경(TEM)에 장착된 나노회절패턴과 전자빔의 세차회절 방법을 동시에 사용하여 NCM 충방전 동안 Li의 이동에 따른 NCM 입자에서 전개되는 변형량을 측정하였고 또한 입자에서 발생되는 상변태를 측정하였다. Pristine은 모든 면에 대해 0.4% 이하의 낮은 변형량을 갖고 있다. 1 사이클에서 Li이 나갈 때 표면 2%, 내부 0.5% 수준의 변형량이 발생하며 표면으로부터 수 m 깊이까지 Rhombo에서 Spinel로 상변태가 발생하며 Li 방출이 증가할 수록 Spinel 영역은 표면에서 내부쪽으로 확장된다. 흥미롭게도 electrolyte와 맞닿은 basal plane은 변형량도 적고 상변태도 거의 진행되지 않는 반면, 상변태는 prismatic 방향에서 주로 발생하였다. 1 사이클에서 Li이 들어올 때 최대 3%의 변형량이 0.8% 이하로 감소하고 Spinel에서 Rhombo로 역상변태가 발생하여 구조적인 측면에서 pristine에 가깝게 초기화된다. 그러나 60/60 사이클을 거친 NCM은 1C/SOC0과는 분명히 다르게 역상변태 없이 Spinel 조직이 영구적으로 남아 있다.

[융합분석2-2 | 14:00 초청강연]

Understanding the cation ordering transition in superior electrochemical performance of $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ by doping Li instead of Ni: 강병우; *포항공대.*

Keywords: High voltage electrode material, Lithium ion battery, High rate capability

Normal 0 false false false EN-US KO X-NONE /* Style Definitions */ table.MsoNormalTable {mso-style-name:"Table Normal"; mso-tstyle-rowband-size:0; mso-tstyle-colband-size:0; mso-style-noshow:yes; mso-style-priority:99; mso-style-parent:""; mso-padding-alt:0cm 5.4pt 0cm 5.4pt; mso-para-margin:0cm; mso-para-margin-bottom:.0001pt; mso-pagination:widow-orphan; font-size:10.0pt; font-family:"Times New Roman",serif;} High energy density of a lithium ion battery (LIB) is an essential requirement for novel applications such as plug-in hybrid electric vehicles. For this purpose, $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ is a promising cathode material for LIBs because it has a high redox potential of ~4.7 V, which makes its energy density 20% higher than that of $LiCoO_2$. However, the electrochemical properties of LNMO spinel depend on several factors such as its structure, the quantity of Mn^{3+} ions. To understanding of this origin could guide improvement of LNMO's electrochemical properties, we recently showed that the Ni/Mn disordering is decoupled from the Mn^{3+} ions by Li doping instead of Ni in LNMO. By using this decoupling, we found out that controlling the amount of cation disordering in the spinel is a more important factor for achieving superior electrochemical performance than is the presence Mn^{3+} ions. ADDIN EN.CITE *Lee201523Lee201732*

[융합분석2-3 | 14:30]

Thermal atomic migration studies on layered cathode materials for Li-ion batteries: Hyungsub Kim, Seongsu Lee; *Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI).*

Keywords: Neutron diffraction, Li-ion batteries, Atomic migration, Cathode

Li-ion batteries (LIBs) have been considered as the most efficient energy storage systems (ESSs) for electric vehicles (EVs) and grid-scale ESSs owing to their high energy and power densities; however, as the size of battery packs is increasing, there is a growing concern on battery safety issues. Battery safety is closely related to the thermal stability of the cathode materials because the structural transition or decomposition of a charged cathode generally involves O_2 gas evolution, which increases the risk of a thermal explosion of battery packs. In this presentation, we will demonstrate the effect of the transition of metal ions in commercial Ni-Co-Mn-based oxide (NCM) electrode materials upon the phase transition at high temperature using combined in-situ high-temperature neutron diffraction and gas analyses. We believe that this research can provide a new insight into atomic migration and phase evolution in NCM materials and intuition for the design of cathode materials with high thermal stability.

[융합분석3-1 | 15:10] 초청강연

P91/347H 이종용접부의 크리프 변형 시 미세조직변화 분석에 관한 연구: 최시훈[1], 신지환[1], 서위걸[1], 유근봉[2], 이한상[2], 서진유[3]; *[1] 순천대학교. [2] 한국전력공사 청정발전연구소 발전시스템그룹. [3] 한국과학기술연구원 고온에너지 재료연구센터.*

Keywords: Dissimilar welding, Creep, P91 steel, Deformation, Microstructure

최근 발전소에서 적용되고 있는 P91강은 높은 내식성(corrosion resitance) 및 크리프 저항성(creep resistance)으로 인해 9Cr-1Mo-V-Nb 강을 수정하여 발전용기 및 가열기에 사용이 증가되고 있는 소재이다. 사용 환경(온도, 압력)에 따라 다른 소재와 이종용접하여 사용되고 있다. 고온·고압 조건에서 발전설비의 수명을 향상시키기 위해서는 크리프 변형 시 이종용접부의 미세조직 발달에 관한 이해가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 광학 현미경(optical microscope, OM) 및 전자후방산란(electron backscatter diffraction, EBSD)을 이용하여 텅스텐 아크 용접(tungsten inert gas arc welding, TIG welding)으로 용접한 P91/347H 이종용접부의 크리프 변형 시 용접 부 위치 별 미세조직을 관찰하였다. 이종용접부의 미세조직은 용접부(welding zone, WZ), 열영향부(heat affected zone, HAZ), 모재(base metal, BM)로 구분하여 관찰을 수행하였다. 크리프 변형 시 P91의 HAZ부에서 typeIV 균열이 발생한다고 알려져 있기 때문에 크리프 변형 전 열처리 된 P91의 HAZ부의 미세조직 발달을 투과전자현미경(transmission electron microscope, TEM)으로 분석하고, 비커스 경도기를 이용하여 두께방향으로 미시경도(micro hardness)를 측정하였다. P91/347H 이종용접부의 수명에 미치는 미세조직의 영향을 조사하기 위해 예상 수명을 기준으로 50, 70, 90%에서 크리프 변형을 수행하였으며, 크리프 변형이 상이한 시편의 P91 HAZ 부에서의 미세조직 및 미시경도를 분석하였다. P91 HAZ부에서 크리프 변형 시 시편 내부에 발생하는 기공의 형상을 3차원으로 측정하기 위하여 엑스선 전산화 단층 촬영(x-ray computed tomography)을 수행하였다. 본 연구를 통하여 P91/347H 이종용접부의 크리프 변형 조건에 따라 P91 HAZ부에 발생하는 미세조직의 변화를 이해할 수 있었다.

[융합분석3-2 | 15:35] 초청강연

인코넬 X-750 스프링의 응력완화에 미치는 미세조직의 영향: 하정원[1], 정희원[2], 최윤석[3], 성백석[4], 우완측[4], 강남현[3]; *[1]고려특수선재. [2]재료연구소. [3]부산대학교. [4]한국원자력연구원.*

Keywords: Stress relaxation, Precipitates, Grain size, Drawing ratio, Dislocation

Inconel X-750은 석출형 니켈기 초내열 합금으로서 고온에서 우수한 강도, 내식성과 내산화 특성을 가진다. 스프링의 응력완화 현상은 냉간가공량에 따라 다른 거동을 보이고 있으므로, 냉간가공량이 감마프라임상, 탄화물 및 결정립도 등 미세조직에 미치는 영향을 분석하였다. 미세조직의 변화가 응력완화에 미치는 메커니즘을 규명하였고, 실제 산업에 사용시 고온 스프링으로서 역할을 다할 수 있는 최적의 신선조건을 제시하는 연구를 수행하였다.

[융합분석3-3 | 16:00]

Elemental partitioning and site-occupancy behavior in γ/γ'-strengthened Co-Ti-based superalloys: Hyeji Im[1], Surendra Kumar Makineni[2], Baptiste Gault[2], Dierk Raabe[2], Pyuck-Pa Choi[1]; *[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: Co-based superalloy, Atom probe tomography

We report on the sub-nanometer scale characterization of Co-Ti-Mo and Co-Ti-Cr superalloys using atom probe tomography. Both alloys form a dual-phase γ/γ' microstructure with a significantly increased γ' volume fraction and γ' solvus temperature as compared to a reference Co-Ti alloy. Co and Cr are found to preferentially partition to γ, whereas Ti and Mo partition to γ'. Atom probe data reveal that Mo and Cr partially substitute Ti within γ', thus increasing the γ' volume fraction and phase stability.

[융합분석3-4 | 16:35] 초청강연

전자현미경을 이용한 철강재료의 상변태 및 파괴 거동 해석: 허윤욱; *포항공대 철강대학원.*

대표적인 구조재료인 철강재료는 오랜 연구역사를 가지고 있어서 많은 연구자들에 의해서 연구되어져 왔고, 다양한 이론들도 잘 정립되어 있다. 그러나, 최근 분석장비의 비약적인 발전과 새로운 분석법의 발견으로 과거에 해석하지 못했던 새로운 현상들이 새롭게 해석되고 있으며, 이는 철강재료의 발전에 중요한 바탕이 된다. 본 발표에서는 투과전자현미경, 주사전자현미경,오제전자현미경, 이차이온질량분석기 등의 분석 장비를 복합 활용하여 철강재료 내의 상변태 및 파괴거동을 해석한 사례들을 제시함으로써 철강재료 연구자들에게 분석에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

[융합분석3-5 | 17:00] 초청강연

SANS와 SAXS를 이용한 고망간 TWIP강의 나노 석출물 분석: 신은주[1], 우완측[1], M Ohnuma[2]; *[1]한국원자력연구원. [2]Hokkaido Univ.*

*Keywords:*SANS, SAXS, 나노 석출물, 중성자, 고망간강

중성자소각산란(SANS)은 중성자의 높은 투과율을 이점으로 금속재료의 내부에 존재하는 나노 불균질 물질을 정량분석하는데 용이하며, 그동안 철강재료, 알루미늄, 니켈 합금 등 다양한 재료의 석출물, 기공, 결함 등의 분석에 활용되어왔다. 최근에는 SANS를 이용하여 고망간 TWIP강의 나노 석출물을 정량분석함으로써 인장 변형시 나타나는 serration 현상을 나노 석출물의 영향으로 설명하기도 하였다. 그러나 SANS 분석으로는 나노 석출물의 정확한 화학조성을 밝힐 수 없으며, 분석 대상인 고망간 TWIP강의 경우 TEM 등 다른 측정법으로도 관찰이 어려워 나노 석출물의 정체에 대해서는 계속 논란이 되고 있다. 따라서 이들 나노 석출물을 정성적으로 분석하기 위하여 X-선소각산란(SAXS) 측정을 수행하였으며, SANS 측정 결과와 비교분석하여 인장 변형에 따른 석출물을 정량/정성적으로 평가하였다. 본 발표에서는 SANS와 SAXS를 이용한 정량/정성 분석법을 설명하고 고망간 TWIP강의 분석결과를 소개하고자 한다.

[융합분석3-6 | 17:25]

중성자빔을 이용한 철강 재료내의 다상 및 미세구조 분석 연구: 성백석; *한국원자력연구원.*

Keywords: 철강 재료, 다상 분석, 미세구조분석, 중성자회절기술, SANS

중성자는 고유 특성으로 인해 철강 등의 시료에서도 높은 투과력을 가지므로 벌크 재료에서도 비파괴적으로 결정구조, 정량상분석, 상전이, 집합조직, 잔류응력, 나노 구조 등의 측정 분석이 가능하다. 특히 중성자 회절 기술은 고온/저온, 인장/압축 등 다양한 시료 환경 조건에서의 상변화를 관찰 할 수 있으며, 중성자 소각산란 기술은 재료내의 1-200 nm 크기의 불균일성(석출물, 기공, 결함, 나노 구조)을 측정, 분석하는데 용이하다. 본 연구에서는 중성자 회절 및 산란 기술을 이용하여 재료내의 다상 및 미세구조를 측정 기법을 논의 하고, 그 활용 연구 예를 소개하고자 한다.

에너지/기능소재 집합조직 심포지엄

Room 401, 4월 25일

[집합조직1-1 | 11:00] 초청강연

아연 전기도금 층의 재결정 집합조직 해석: 김인수[1], 이상철[2], 김인기[1], 이세광[3], 이철우[1], 이동녕[4]; [1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]금오공과대학교/되르켄 코리아. [3]금오공과대학교/ 삼성SDI. [4]서울대학교 공과대학.

Keywords: 아연, 전기도금, 재결정 집합조직, Strain Energy Release Maximization Theory

전기도금에서 도금조건인 도금 온도, 전류밀도 및 도금액의 농도에 따라 전착 층의 집합조직을 변화시킬 수 있다. 본 연구에서는 조밀입방정(HCP) 결정구조인 아연(Zn)을 전기도금 조건을 다양하게 변경하고 특정한 집합조직이 잘 발달한 아연(Zn) 전기도금 층을 얻었다. 아연(Zn) 전기도금으로 특정한 집합조직이 잘 발달한 // ND 및 // ND 및 // ND 및 // ND 집합조직은 재결정 후에도 집합조직이 변하지 않았다. 이와 같이 조밀입방정(HCP) 결정구조인 아연(Zn)의 전기도금 층이 재결정 후에 집합조직이 변하지 않는 현상을 Strain Energy Release Maximization Theory로 설명할 수 있었다.

[집합조직1-2 | 11:30]

Upsetting of functionally-graded material produced by direct energy deposition: 김동규[1], 우완측[1], 김은영[2], 최시훈[2]; [1]한국원자력연구원. [2]국립순천대학교.

Keywords: Direct energy deposition, Functionally graded material, Finite element analysis, Transformation-induced plasticity

Functionally graded material (FGM) can be characterized by the variation in composition and structure gradually over volume, resulting in corresponding changes in the properties of the material. In the present study, the FGM specimens were processed by direct energy deposition (DED) using SUS316L and P21 powders, which have superior corrosion resistance and dimensional stability, respectively. Two kinds of FGM specimens were processed with the different number of layers. For the first one (direct cladding, DC), SUS316L is directly cladded on the bottom layer of P21; it has two layers such that for each layer, the relative compositions (wt%) of SUS316L and P21 are 0:100 and 100:0. For the second one (buffer cladding, BC), an intermediate buffer layer of the powder blend is introduced between the bottom (P21) and top (SUS316L) layers; it has three layers such that for each layer, the relative compositions (wt%) of SUS316L and P21 are 0:100, 50:50, and 100:0. When the cylindrical FGMs with upsetting ratio of 2.0 are subject to the large deformation up to approximately 30% reduction in height, they exhibit axisymmetric mushroom-like deformation behavior. Such plastic deformation was simulated by elasto-plastic finite element analysis (FEA) considering transformation-induced plasticity (TRIP) and its heterogeneity occurring in the SUS316L layer.

[집합조직1-3 | 11:50]

탄탈륨의 압연 및 재결정 집합조직에 미치는 초기 집합조직의 영향: 박성준[1], 강전연[1], 박준영[1], 박성원[1], 송이화[2], 박성택[2]; [1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]풍산 방산기술연구원.

Keywords: Tantalum, EFP, Crystallographic texture, Rotated cube component

체심입방 결정구조를 갖는 탄탈륨은 밀도가 높고 연성이 우수하여 폭발성형관통자(Explosively Formed Penetrator, EFP) 라이너 소재로 적용되는 금속이다. 라이너는 통상 디스크 형태의 판재가 사용되고, 후방의 주작약 폭발에 의해 슬러그(slug)를 형성하여 목표물을 타격하게 된다. 폭발성형에 의해 관통력이 높은 바람직한 형상의 슬러그가 형성되는 데에는 라이너의 집합조직도 중요한 인자이며, {111} 집합조직 또는 배향성이 없는 집합조직이 바람직하고 {100} 집합조직은 바람직하지 않은 것으로 알려져 있다. 체심입방 결정구조를 갖는 금속은 압연 및 어닐링 열처리를 통하여 {111} 집합조직이 발달하는 경향을 가지나, 동시에 압연 안정 방위인 {100} rotated cube 성분도 상당히 발달할 수 있다. 본 연구에서는 동일한 탄탈륨 소재로부터 강체회전(rigid body rotation)을 이용하여 초기 집합조직에 압연 안정 방위인 {100} rotated cube 성분의 발달 정도가 상이한 판재를 제조하고, 냉간압연 및 어닐링 열처리를 실시하여 집합조직의 차이를 비교하였으며, 이를 통해 초기 집합조직 중 rotated cube 발달 정도의 중요성에 대하여 고찰하였다.

[집합조직1-4 | 12:10]

Lightweight Duplex Steel**의 일축인장 시 구성상에 발생하는 미소역학적 변형 및 상변태 거동 예측**: 김은영[1], 우완측[2], 김동규[2], 곽재현[3], 최시훈[1]; [1]순천대학교. [2]한국원자력연구원 중성자과학연구부. [3]포스코기술연구원 박판연구그룹.

Keywords: Lightweight Duplex Steel, Neutron Diffraction, CPFEM, Phase Transformation, Deformation

최근 전 세계적으로 자동차 산업에서 고강도 및 연성을 가질 뿐만 아니라 연비 향상을 위해 경량강판에 대한 연구와 개발이 점진적으로 증가하고 있다. 특히 자동차 강판 내 Al 첨가는 고온에서 페라이트(ferrite)와 오스테나이트(austenite)를 형성하는데 도움을 주며, 4~6 wt%의 Al을 첨가는 기존의 자동차 강판 대비 6~9%를 경량화 할 수 있다고 기존 문헌에 보고 된 바 있다. 본 연구에서는 Mn 및 Al이 각각 3.5, 6.0 wt%이 함유된 lightweight duplex steel(LW-DS)의 일축인장 시 각 구성상((α(ferrite), γ(austenite), α'(martensite))에 발생하는 미소역학적 변형 및 상변태 거동을 조사하기 위해 실제미세조직을 고려한 결정소성 유한요소법(crystal plasticity finite element method, CPFEM)을 사용하였다. 각 구성상에 대한 기계적 물성을 이론적으로 예측하기 위해 파쇄 중성자

원(spallation neutron source, SNS)으로 VOLCAN을 이용하여 in-situ 일축 인장시험을 수행하였으며, 각 구성상의 결정면에서의 회절 피크(diffraction peak)를 측정하였다. 중성자 회절 측정 데이터와 CPFEM을 결합하여 최종적으로 각 구성상에 대한 microscopic hardening parameter를 결정하였다. LW-DS의 일축인장 시 γ상에서 α'상으로의 변태를 고려하기 위하여 CPFEM에 상변태 모델을 적용하였다. LW-DS 일축인장 시 각 구성상의 두께방향으로 변형 및 상 변태 거동의 불균일성을 이해하기 위해 두께방향으로 10개의 유한요소 메쉬를 고려할 뿐 아니라 실제 미세조직이 맵핑 된 영역에 buffer zone을 두어 경계조건을 부여하였다. 본 연구를 통해 실제 미세조직을 기초로 하여 소성변형 시 LW-DS에 발생하는 불균일한 미소역학적 변형 및 상변태 거동을 이론적으로 이해할 수 있었다.

[집합조직2-1 | 13:30] 초청강연

Prediction of formability using crystal plasticity: 정영웅; *창원대학교*

Keywords: crystal plasticity, forming limit diagram, formability, sheet metals

Formability of sheet metals are typically represented in the 2D principal strain space by dividing the safe and the dangerous regions. The boundary is typically called the forming limit curve (FLC) and the 2D information as a whole is often referred to as forming limit diagram (FLD). An FLD is usually employed to finite element (FE) simulation on forming operations to reveal potential regions susceptible to unwanted failure over the course of the process optimization. There are typically two types of predictive models used to assess the formability: 1) phenomenological models using yield function with an empirical strain hardening rule; and 2) micromechanical approach using crystal plasticity that accounts for microstructural features. For ductile sheet metals, these models are usually employed to a boundary value problem modeled by Marciniak and Kuczynski. In this talk, a forming limit predictive tool using viscoplastic self-consistent crystal plasticity framework is introduced, which recently has improved its computational efficiency by allowing simultaneous executions on the basis of parallel computation. Also, various experimental verifications of the predictive accuracy of the model are presented, which includes interstitial-free steel, austenitic and ferritic stainless steels, dual-phase steel and magnesium alloys. Moreover, it is shown that the crystallographic texture present in the as-received state plays a significant role in determination of formability.

[집합조직2-2 | 14:00]

Abnormal grain growth of non-Goss grain in Fe-3% Si steel using micro indenter: 김태영[1], 심형석[2], 최성기[1], 권동일[1], 황농문[1]; [1]서울대학교. [2]한국표준과학연구원.

Keywords: abnormal grain growth, sub-boundary, indenter, synchrotron

여러 금속에서 일어나는 비정상 입자 성장은 아직 그 매커니즘이 명확히 밝혀지지 않은 매우 중요한 문제다. 우리 연구팀에서는 sub-boundary가 비정상 입자 성장을 강화 한다는 solid state wetting 이론을 이용하여 금속의 비정상 입자 성장을 해석하고자 한다. 일반적으로 Fe - 3% si steel에서는 Goss grain이 선택적으로 비정상 입자 성장을 한다고 알려져 있다. 하지만 본 연구팀에서는 micro indenter를 이용하여 Fe - 3% si steel에서 Goss orientation을 갖지 않는 grain이 비정상 입자 성장이 일어나게 하였다. 1차 재결정이 완료된 Fe - 3% si steel에 국부적으로 6kgf, 3kgf, 2kgf, 500gf, 300gf, 200gf의 각자 다른 하중을 주고, 회복을 통해 sub-boundary가 생성 될 수 있도록 1차 재결정을 다시 한번 실시하였다. 그리고 시편을 고온에서 다시 한번 annealing하여 비정상 입자 성장을 일어나게 유도하였다. 실험 결과 모든 시편에서 국부적으로 하중을 주었던 위치에서 non-goss grain이 비정상 입자 성장을 하였다. 이렇게 비정상 성장한 grain들을 synchrotron X-ray microdiffraction으로 분석한 결과, 모두 0.6도 이하의 매우 작은 misorientation, 즉 sub-boundary를 가지고 있었고 반면에 주위의 matrix grain들은 예외 없이 sub-boundary를 가지고 있지 않았다.

[집합조직2-3 | 14:20]

EBSD를 활용한 BCC 금속의 전위전파(slip transfer) 해석: 강전연[1], 허윤욱[2], 박성준[1], 송이화[3], 박성택[3], 김광련[3]; [1]재료연구소(KIMS). [2]포항공과대학교 철강대학원. [3](주)풍산 기술연구원.

Keywords: slip transfer; yielding; EBSD; BCC metal; plastic deformation

다결정 재료에서 소성변형의 시작을 나타내는 항복(yielding)은 일반적으로 결정립 내부에 생성된 전위가 인접한 결정립들로 전파해 나가는 현상으로 해석된다. 따라서 전위전파 현상은 거시적으로 측정되는 항복강도와 밀접한 관련을 가진다. 본 연구에서는 전위전파를 야기하는 결정학적 요인에 대하여 고찰하였다. 입방체심(BCC) 구조를 가지는 모델합금을 에칭(etching)액 중에 유지하면서 인장곡선 상의 항복점 부근까지 인장시험을 수행하였다. 시험편의 표면에는 전위의 이동을 나타내는 에치피트(etch pit)의 배열이 일부 결정립을 중심으로 생성되는 것을 확인할 수 있었다. EBSD로부터 얻은 결정립의 방위와 에치피트가 나열된 방향을 활용하여 해당 결정립에서 관찰되는 전위의 활주면(slip plane)과 활주방향(slip direction)에 대한 정보를 얻을 수 있었다. 또한 전위가 하나의 결정립에서 인접한 다른 결정립으로 전파되는 경우, 두 결정립에서 확인되는 활주계(slip system)의 상호관계를 파악할 수 있었다. 이로부터 전위의 전파는 각 결정립의 활주계에 부과되는 전단응력 뿐 아니라, 활주계 상호 간의 상대적인 기하학적 배치에도 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다.

[집합조직2-4 | 14:40]

Effect of Microstructure on the O_2 / SO_2 Gas Environment Oxidation of Haynes 282 Nickel Based Super alloy: Yoon

Seok Ko[1], Yoon Seok Ko[2], Byung Kyu Kim[1], Byung Kyu Kim[2], Dong-Ik Kim[1], Heung Nam Han[2]; [1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Seoul National University.
Keywords: Grain size, Stored Energy, Oxidation, EBSD, Ni base super alloy

온실 가스 감소와 발전 효율 상승을 동시에 달성하기 위해 기존 운영 온도보다 높은 760도에서 운영되는 A-USC 화력 발전소에 관한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 이를 위해 화력 발전소 내에서 가장 고온에 놓여진다고 알려져 있는 가열기의 구조 재료를 니켈 기 초 합금으로 대체하려는 노력이 계속 되고 있으며 본 실험에서는 니켈 기 초 합금이 고온에 노출될 경우 발생할 수 있는 산화 문제를 다뤄보고자 했다. 기존에 알려진 합금 내 크롬 첨가 량을 조절하여 산화 현상을 제어하는 접근법은 상용 소재의 다른 물성 치에 영향을 줄 수 있기 때문에 설계 기준 조성의 허용 범위 내에서 크롬의 양을 조절해야 된다는 점에서 한계가 있다. 따라서 본 실험에서는 재료의 조성은 변화를 주지 않고, 미세조직 만을 제어하여 내산화성을 증가시키고자 하였다. 실험을 위해 상용 소재인 Haynes 282 니켈 계 초 합금을 냉간 압연한 뒤 서로 다른 온도에서 1시간 동안 재결정 처리하여 결정립 크기와 축적 에너지가 (KAM 분석) 다른 시편들을 준비하였다. 초기 미세 조직 분석을 위해 열처리 전 EBSD 분석을 진행하였으며 760도에서 O_2/$SO_{2\ (100ppm)}$ 조건으로 열처리를 진행한 뒤 질량 변화 측정을 통해 거시적인 산화 거동 결과를 확보했다. 이 후 재료에 형성된 산화물을 SEM/EDS, TEM 등을 통해 관찰하여 재료의 미세 조직이 산화 현상에 미치는 영향을 분석하였다.

[집합조직3-1 | 15:10]

순수 타이타늄 판재의 산소 함량에 따른 기계적 거동 해석: 강주희[1], 채준열[2], 김지훈[2], 박찬희[1], 오창석[1]; [1]재료연구소. [2]부산대학교.
Keywords: Ti, in-situ EBSD, CP-FEM, slip, twin

순수 타이타늄은 육방정계 구조로 변형시 한정된 슬립시스템과 쌍정이 작동하여, 매우 이방성이 높다고 알려져 있다. 순수 타이타늄은 산소 함량에 따라 grade 1부터 4까지 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 산소함량이 각각 0.13, 0.32 wt%인 Gr.2와 Gr.4 순수 타이타늄 판재로 실시간 변형 EBSD 분석을 실시하여, 각 변형율에 따른 미세조직 변화를 관찰하고 결정소성유한요소(CP-FEM) 해석과 연계하여 변형 거동을 정량적 해석하였다. 실시간 EBSD 분석으로부터 방위맵과 FSD(ForeScatter detector)의 방위/단차 이미지로부터 변형에 따른 미세조직을 정량 분석하였다. CP-FEM 계산을 위한 매개변수는 일차적으로 인장시험과 인장-압축/압축-인장시험으로 구하였으며, 이차적으로 FSD 이미지로부터 슬립과 쌍정 흔적을 추적하여 변형 시 작동하는 슬립계/쌍정계를 예측한 값으로부터 CP-FEM 매개변수를 보다 정밀화하였다. 일차적으로 얻어진 매개변수를 이용한 기존 CP-FEM 계산에서 예측이 어려웠던 쌍정 생성 거동을 매개변수 정밀화를 통해 예측할 수 있게 되었으며, 쌍정의 variant도 예측할 수 있었다. Gr.2 판재에서는 임계분해전단응력이 가장 낮은 prismatic 슬립계가 우선적으로 작동하고 쌍정도 추가적으로 발생하였지만, Gr.4 판재에서는 쌍정 생성 없이 초기 변형시에는 prismatic 슬립계가 우선적으로 작동하고 이후 일부 pyramidal 슬립계가 작동되는 것을 관찰하였다.

[집합조직3-2 | 15:30]

Mini V-bending 시험 시 Mg합금의 굽힘성에 미치는 이방성의 영향: 김민성[1], Jaiveer singh[1], 이성음[1], 박준호[2], 김재중[2], 최시훈[1]; [1]국립 순천대학교. [2]POSCO.
Keywords: Mg alloy, Bendability, Microtexture, Anisotropy, Mini-forming

Mg합금 판재의 상온 성형성 향상을 위한 연구에서는 주로 최소 굽힘각도(minimum bending radius) 및 에릭슨 지수(Erichsen index)을 측정하여 성형성을 평가하고 있다. 본 연구에서는 Mg합금의 상온 굽힘성에 미치는 이방성의 영향을 실험×해석적으로 연구하였다. 디지털 이미지 상관기법(digital image correlation, DIC)을 활용한 일축인장 시험을 수행하여 Mg합금의 방향별 기계적 성질 및 이방성(anisotropy)을 분석하고 Mg합금의 굽힘성을 방향별(RD, TD)로 비교 ×고찰하였다. 미소역학적 변형 및 파괴거동을 이론적으로 이해하기 위하여 결정소성 유한요소해석(crystal plasticity finite element method, CPFEM)법을 활용하여 mini-V-bending 시 Mg 합금에 나타나는 변형이력을 추출한 후 실제 미세조직 및 결정방위에 부여하는 2-level (macroscale, mesoscale) 해석을 수행하였다. 시험 소요시간 및 재료 손실 감소에 적합한 mini-V-bending 기술을 적용함으로써 Mg합금의 굽힘성에 대한 즉각적인 평가가 가능하며, 향후 상온 굽힘 변형이 용이한 Mg합금 판재 제조 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

[집합조직3-3 | 15:50]

다축대각단조(MADF) 가공량에 따른 AA1100의 집합조직 변화: 정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 김다빈[1], 김민성[2], 이성음[2], 이성[3], 최시훈[2]; [1]강릉원주대학교. [2]순천대학교. [3]국방과학연구소.
Keywords: AA1100, MADF, XRD, EBSD, Texture

최근에 개발된 강소성 가공법인 사전이력 초기화 다축대각단조(MADF-IPH, Multi-Axial Diagonal Forging - Initialization of Prior manufacturing History, 이하 MADF) 가공법은 기존의 강가공법들과 비교하여 공정 중 재료의 손실이 거의 없고 가공전후의 형상변화가 없으므로 반복적으로 가공이 가능하다. MADF의 전체 공정은 12 pass를 1 cycle로 구성되어있으며, 이 연구에서는 면심입방정(FCC) 결정구조인 AA1100을 25 mm길이의 정육면체로 제작한 후 1, 2, 3, 4 cycles 가공하였다. MADF 공정은 위 아래의 램이 동시에 작용하는 복동 프레스를 사용하였으며, 두께감소율 30%의 수직단조와 대각단조각 135°의 대각단조로 구성하였다.MADF 가공재에 대한 집합조직과 미세조직을 측정하여 분석하였으며, 집합조직과 미세조직은 EBSD를 이용하여 측정하였다. 그리고, 집합조직의 경우 상대적으로 넓은 영역의 평균적인 집합조직을 분석하고자 XRD를 이용한 극점도를 측정하였다. 1, 2, 3, 4 cycles MADF 가공재에 대하여 XRD와 EBSD를 이용하여 가공량에 따른 macro, micro 집합조직을 비교분석하여 MADF 가공에 따른 집합조직 발달을 고찰하였다.

[집합조직3-4 | 16:10]

AA1100에 발달하는 미세조직과 집합조직발달에 미치는 면 및 대각 단조의 영향에 관한 연구: 최시훈[1], 김민성[1], 이성음[1], 권상철[2], 김순태[2], 정효태[2], 이성[3]; [1]순천대학교. [2]강릉원주대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.

Keywords: Multi-axial diagonal forging, AA1100, Polycrystal model, Microstructure, Texture

다축대각단조(multi-axial diagonal forging, MADF)는 기존 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 시편의 형상의 변화가 없는 상태로 효과적으로 시편에 변형을 부여하기 위해 개발되었다. MADF공정은 면단조(plane forging), 대각단조(diagonal forging), 각각의 복귀단조를 포함하여 모두 12 pass로 구성되어 있다. 본 연구에서는 면단조, 대각단조 및 각각의 복귀단조 시 AA1100 시편의 미세조직 및 집합조직의 발달 거동을 실험 및 이론적으로 고찰하였다. 실험적인 측면에서는 각 공정 별 시편에 발달하는 미세조직, 미시집합조직 및 거시집합조직을 분석하기 위해 광학, EBSD, XRD를 이용하였다. 이론적인 측면에서는 유한요소해석 기술을 사용하여 각 공정 별 AA1100 시편에 부여되는 변형이력 값과 XRD로 측정한 초기 집합조직의 정보를 다결정모델의 입력 값으로 활용하여 변형집합조직 발달을 이론적으로 예측하였다. 본 연구를 통하여 MADF공정에서 가장 대표적인 두 단조 공정 및 각각의 복귀단조 시 AA1100에 발달하는 미세조직 및 집합조직의 발달을 이해할 수 있었다.

[집합조직3-5 | 16:30]

Investigation of texture and microstructure evolution of Mg sheets during tensile draw bending: Jaehyung Cho, Y.S. Lee, G.Y. Lee; Korea Institute of Materials Science.

Keywords: Magnesium alloy; bending; texture and microstructure; finite element

Commercial AZ31 Mg sheets originally fabricated by twin-roll casting process at POSCO were bent using controlled bending machine at various speeds and temperatures. Initial texture and microstructure of the casted AZ31 sheets possessed basal texture and equi-axed grain structure. During bending, both sides of the sheets experienced dynamic stress and strain variation. The inner surface experienced initially compressive stress and negative strains along the longitudinal direction at the beginning of the process. When leaving the bending curvature, stress and strain distribution changed into the opposite sign. The outer surface started to go through tensile stress and positive strains along the longitudinal direction, and it reversely changed into the opposite signs, respectively. It is interesting to note that change in stress state is closely associated with deformation mode in AZ31 sheets.

[집합조직4-1 | 16:50]

페라이트계 스테인리스강의 열연 및 소둔 조건에 따른 집합조직과 R값의 변화: 박지언; *포스코 기술연구원 STS연구그룹.*

Keywords: 스테인리스강, 페라이트계, 집합조직, R값, 열연

페라이트계 스테인리스강은 오스테나이트계에 비해 연신율이 낮아 높은 성형을 요구하는 제품에 적용하는데 어려움이 있다. 이러한 점을 극복하고자 페라이트계 스테인리스강은 집합조직 제어를 통해 R값을 향상시켜 성형성을 확보하고 있다. 그래서 본 연구에서는 이러한 페라이트계 스테인리스강의 R값을 향상시키고자 열연 온도와 소둔 온도의 영향을 살펴보았다. 먼저 열연 온도가 낮을수록 소재에 변형이 더 많은 것을 알 수 있었으며 이는 압연에 의해 생성된 전위가 낮은 온도에서는 사라지지 않고 축적되었다는 것을 보여준다. 이러한 열연 온도의 차이는 소둔시에 온도에 따른 결정립의 크기에도 영향을 주어 최종적으로는 냉연 제품의 집합조직과 R값에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 반면 소둔온도가 과도하게 높은 경우에는 열연 온도에 상관없이 결정립이 조대화되면서 최정 냉연 제품의 집합조직과 R값에 악영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

[집합조직4-2 | 17:10]

유기첨가제에 의한 구리 박막의 에칭 이방성 연구: 김상혁[1], 이우진[1], 박현[2], 이효종[1]; *[1]동아대학교 금속공학과. [2]리녹스(주).*

Keywords: Cu 전기도금, 에칭, 염소이온, 유기첨가제

전기도금을 통해 얻어진 Cu 박막은 재결정을 통해 면수직 방향에 대해 (111)을 비롯한 (100) 등의 우선배향 특성을 갖는 박막이 형성된다. 10 vol% 질산 용액에서의 에칭을 통해 에칭속도와 표면형상 변화를 관찰하였다. 결정 방위인 (111), (110), (100)에 대해 고유의 facetted surface morphology를 나타났으며, 에칭속도는 결정립 성장 이전의 as-deposited 영역이 가장 빨랐으며, (100), (110), (111)의 순서로 (111)의 경우 가장 에칭속도가 느린 결과를 관찰하였다. 하지만, 염소이온(Cl^-)과 유기 첨가제를 첨가하게 되면 에칭특성이 크게 바뀌는 것을 알 수 있었다. Cu에 대한 에칭반응의 억제제로 널리 알려진 BTA(benzotriazole)의 첨가로 에칭 억제 반응에 대한 표면 흡착정도를 알아보았다. BTA는 0.1 mM, 1 mM의 농도에서의 inhibition 작용은 크지 않은 것으로 보이며, 10 mM에서는 부식저항 특성이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 할로겐 원소인 Cl^-, Br^-, I^-는 금속의 용해 속도에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 특히 적정 Cl^- 농도에서는 표면에 CuCl을 형성하여 에칭속도 변화를 주는 요인으로 알려져 있다. Cl^-의 농도에 따른 에칭특성을 관찰한 결과로 기존 10 vol% 질산 용액 내에서 facetted surface morphology를 나타내며 에칭된 양상이 pitting 경향으로 완전히 변한 것을 관찰할 수 있었다. 대표적인 구리 전기도금에서 사용되는 유기첨가제로써 SPS, PEG 등의 accelerator 및 suppressor의 첨가를 통해 표면에 흡착되는 유기첨가제가 용액 내 존재할 때 어떤 에칭 양상을 보이며 각각의 첨가제 역할 및 에칭 영향성을 결정방위별 특성을 비교한 결과를 논의하고자 한다.

[집합조직4-3 | 17:30]

All transparent-stretchable electrochromic-supercapacitor wearable patch device: taegwang Yun, Dong-ha Kim, Jin Gook Bae, Il-Doo Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Supercapacitor, electrochromic, stretchable, transparent, wearable device

Wearable electrochromic devices have attractive functions and development possibilities that can be applied in everyday life, however, the limitations of conventional electrochromic devices based on ITO-glass, which is brittle and required external electrical input did not overcome. All transparent-stretchable electrochromic-supercapacitor wearable patch devices with high electrochemical and electrochromic performance was fabricated to overcome the limitations of conventional electrochromic devices. All transparent-stretchable wearable patch device was consisted of transparent-stretchable low density silver nanowire embedded PDMS substrate, electrospunned WO_3 nanotube-PEDOT:PSS thin layer composite and transparent-stretchable Li ion-poly acryamide based hydrogel electrolyte. Especially, the WO_3 nanotube can be increased contact efficiency with low density silver nanowire current collector. In addition, PEDOT:PSS thin layer can be prevented to delaminate WO_3 nanotube and enhanced coloration efficiency by dual electrochromic coloration. As a result, electrochemical energy capacity, electrochemical cycle reliability and electrochromic coloration efficiency was enhanced 20.6%, 7.0%, 12.0% by WO_3 nanotube-PEDOT:PSS active materials. The electrochromic-supercapacitor wearable patch device capable of stretching-bending deformation and simultaneously electrochromic coloration-electrochemical energy storage with enhanced electrochemical-electrochromic properties was operated by integrated hydrogel electrolyte with high ionic conductivity, transparency and more than 80% elongation. Therefore, the fabricated all transparent-stretchable electrochromic-supercapacitor wearable patch device was demonstrated to suitable for wearable electronic applications.

제11회 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄
Room 402A, 4월 25일

[계장화1-1 | 10:00]
Evaluation of Yield Properties Considering Stress Field Analysis of Polyethylene Pipe Using Flat-ended Cylindrical Indentation: 원종호[1], 김승규[2], 권오민[1], 이경열[1], 권동일[1]; *[1]서울대학교 공대 재료공학부. [2]삼성전자.*
Keywords: Instrumented indentation test, Strength, Stress field
최근, 중화학 산업에서 폴레에틸렌(PE) 배관의 중요성은 지속적으로 증대되고 있다. 금속 배관은 현재도 충분히 안정적이지만, 폴리에틸렌 배관은 좋은 내화학성을 갖고 있으며, 유지비가 낮기 때문에 경제성 또한 좋다. 하지만, 금속 배관에 비해 폴리에틸렌 배관의 신뢰성 평가에 대한 연구는 미비한 것이 현실이다. 중화학 산업에 있어 신뢰성 평가는 매우 중요한 요소이며, 신뢰성 문제로 인한 파손 및 손상은 심각한 인적, 경제적 피해를 유발시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고, 구조적 취약부인 폴리에틸렌 배관의 용접부는 초음파 검사 및 육안 검사로 수행되고 있다. 그러나 이 시험법들은 파괴적이고, 현장 적용에 대한 제약이 있으며 정량적으로 평가가 어려운 한계점이 존재한다. 이러한 시험법들과 달리 계장화 압입시험은 비파괴적인 시험법인 동시에 국부적인 물성을 정량적으로 평가하는 것이 가능한 장점이 있어 실제 산업에서 사용되기 매우 적합한 시험법이라 할 수 있다. 본 연구에서는 끝이 평평한 원기둥 형태의 압입자를 활용하여 HDPE 소재의 항복강도를 평가하는 기법을 제안하고자 하였다. 최종적으로 압입자 하부의 Stress field를 해석을 통해 항복강도를 평가하였으며, 인장시험 결과와의 비교를 통해 검증하였다.

[계장화1-2 | 10:15]
나노포러스 금의 강도와 리가먼트 크기의 상관관계: 전한솔, 강나리, 곽은지, 송은지, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*
Keywords:
나노포러스 금(Nanoporous gold)은 나노크기의 리가먼트(고체 부분)와 기공으로 구성된 복연속성(bicontinuous)의 open-cell 구조를 가지는 소재로서, 낮은 상대밀도와 높은 비표면적 특성으로 인해 촉매, 센서, 엑추에이터 등의 다양한 분야에서 각광받고 있는 재료이다. 나노포러스 금의 상용화를 위한 기계적 물성 평가와 신뢰성 향상에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 나노포러스 금의 기계적 물성은 일반적인 open-cell 구조와 마찬가지로 Gibson-Ashby식에 부합하는 경향을 보인다. 이와 더불어 나노포러스 금은 나노스케일(nano-scale)에서의 크기 효과(size effect)와 마찬가지로, 뼈대를 이루고 있는 리가먼트(ligament)의 크기가 작아질수록 강도가 증가하는 리가먼트 크기 효과(ligament size effect)를 나타낸다는 점에서 연구의 가치를 보이고 있다. 나노포러스 금의 기계적 물성은 nanoindentation 시험법을 통해 많은 분석이 이루어 졌지만, nanoindentation을 통해 계산된 경도 값을 항복강도 값으로 정확히 변환하는 것에는 한계가 있으며, 기존의 인장 또는 압축 실험을 통해 얻어진 항복강도 값과의 관계를 구하는 것 역시 어려움이 있다. 현재까지의 나노포러스 금의 순수한 항복강도 측정에 관한 인장 및 압축 실험이 몇몇 진행되어 왔지만 재현성과 통계성을 띄기에는 부족하고, 리가먼트 크기 효과에 관한 객관적이며 심도있는 분석은 미미하다. 이러한 사안에 착안하여, 본 연구에서는 나노포러스 금의 열처리를 통한 다양한 리가먼트 크기를 가지는 나노포러스 금을 제작하여, 리가먼트 크기에 따른 나노포러스 금의 인장 및 압축 실험을 통한 기계적 물성을 측정하여, 리가먼트 크기가 강도에 미치는 영향에 대한 관계를 분석하였다. 디얼로잉(dealloying) 공정을 통해 제작된 나노포러스 금을 다양한 열처리 조건을 통해 리가먼트 크기를 제어하였으며, 항복강도 값에 영향을 미칠 수 있는 시험편에 존재하는 결정립계, 결함을 최소화 하기 위해 어닐링을 통해 결정 크기를 최대화 하였으며, 미소크기를 가지는 시험편을 제작하여 모사-단결정을 가지는 시험편을 제작하였다. 전자주사현미경(SEM)에서의 실시간(in-situ) 인장 및 압축 실험을 통해 나노포러스 금의 기계적 물성에 대한 분석 및 논의를 진행하였다.

[계장화1-3 | 10:30]
하이엔트로피 합금의 통전 소성 거동 연구: 김우진[1], 이동현[1], 양광휘[1], 정혜진[2], 서진유[3], 한홍남[2], 장재일[1]; *[1]한양대학교. [2]서울대학교. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*
Keywords: high entropy alloy, electroplasticity, mechanical testing, strain rate sensitivity
최근 재료의 성형성을 개선하기 위한 효과적인 방법으로 통전 가공법이 많이 활용되고 있는데, 이는 통전처리가 재료의 유동응력을 낮추고 연성을 효과적으로 향상시키기 때문으로 알려져 있다. 특히 펄스(pulse) 통전은 연속전류통전 시 발생할 수 있는 연신율 감소현상을 보완하는 개선된 통전처리 방법으로 보고된 바 있다. 본 연구에서는 이러한 통전처리의 효과가 최근 많은 연구가 진행되고있는 하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)에서도 유효한지 확인하고자 하였다. 가장 대표적인 HEA인 CoCrFeMnNi HEA에 대해 변형율 속도 및 펄스 전류 인가 횟수를 변화 시키며 통전인장시험을 수행하여 HEA의 통전 소성 거동을 체계적으로 분석하였고, 얻어진 시험결과를 SEM, EBSD, XRD를 이용한 미세조직적 분석을 통해 고찰하였다.

[계장화2-1 | 11:05]
Hollow Alumina Nanostructures with Ultrahigh Fracture Strength for High-Efficiency GaN LEDs: 강성규[1], 문대영[1], 장정환[1], 김주영[2], 서진유[3], 윤의준[1], 한홍남[1], 최인석[3]; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]울산과학기술원 신소재공학과. [3]한국과학기술연구원 고온에너지재료 연구센터.*
Keywords: Ceramic nanostructures, Nanopores, Fracture strength, Size effect, Hollow nanostructures, Light-emitting diodes

Recently, the size-related phenomenon of “smaller is stronger”, whereby there is an increase in the strength of metallic materials at the nanoscale, has also been identified in ceramic materials. However, the reason for the phenomenon occurring in nanoceramics has yet to be elucidated. Unlike the metallic materials, the strength of the bulk ceramic materials strongly depends on inherent flaws and the strength decreases as the size of the flaw increases. Therefore, the flaws must be taken into account when evaluating the strength and elucidating the size-related phenomenon of nanoceramics. In this study, we fabricated the alpha-alumina hollow nanoshell structures containing multiple spherical nanopores. We found that alpha-alumina hollow nanoshell structure can exhibit an ultrahigh fracture strength despite the presence of the multiple nanopores. By systematically performing in-situ mechanical testing and finite element simulations, we could measure that the fracture strength of an alpha-alumina hollow nanoshell structure is about four times higher than that of the conventional bulk size alpha-alumina. The high fracture strength of the alpha-alumina hollow nanoshell structure can be explained in terms of conventional fracture mechanics, in that the position and size of the nanopores are the most critical factors determining the fracture strength, even at the nanoscales. More importantly, by deriving a fundamental understanding, we would be able to provide guidelines for the design of reliable ceramic nanostructures for advanced GaN light-emitting diodes (LEDs). To that end, we demonstrated how our ultrastrong alpha-alumina hollow nanoshell structures could be successfully incorporated into GaN LEDs, thereby greatly improving the luminous efficiency and output power of the LEDs by 2.2 times higher than that of conventional GaN LEDs.

[계장화2-2 | 11:20]

계층 결정립 구조를 가지는 나노포러스 금의 파괴인성: 송은지, 전한솔, 강나리, 곽은지, 김주영; *울산과학기술원.*

Keywords:

나노포러스(Nanoporous) 구조는 나노스케일의 리가먼트와 기공이 연속적으로 연결된 스펀지와 같은 구조로, 높은 비표면적과 낮은 밀도를 가지는 구조 재료이다. 이러한 이점으로 촉매나 센서, 액추에이터에 적용되고 있고, 그 중 나노포러스 금은 간단한 화학반응과 열처리만으로 구조 제어가 용이해 많이 사용되고 있다. 하지만 일반적으로 연성이 높은 벌크스케일의 금과 달리 나노포러스 구조의 본질적인 특성으로 인하여 낮은 강도과 연성을 가진다. 기존 연구에 따르면 나노크기의 기공이 결함과 같이 응력집중부로 작용하여 균열을 발생시키고, 발생된 균열은 공정 과정 중에 형성된 나노포러스 금의 입계를 통하여 급진적으로 진전하여 재료의 취성 파괴를 일으킨다. 이러한 구조적인 요인으로 나노포러스 금의 기계적 특성을 향상시키기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 열간압연을 이용하여 계층구조의 입계를 가지는 금-은 모합금을 만든 후 은을 제거하는 선택적 에칭 조건에 따라 나노포러스 금의 미세구조를 제어하여 인성과 파괴인성을 측정하였다. 이를 통해 나노포러스 금의 본질적인 특성과 계층구조의 외적인 특성의 상호작용으로 향상된 기계적 특성을 얻고자 하며, 동시에 취성 파괴를 유도하는 기공과 결정립계에 따른 기계적 특성의 상관관계를 분석하고자 한다.

[계장화2-3 | 11:35] 초청강연

체내흡수형 전자소자기술을 이용한 뇌압측정기술: 배재영, 최성근, 이건희, 이주용, 강승균; *한국과학기술원.*

Keywords: Bioresorbable device, Biodegradable materials, Pressure sensor, Intracranial pressure

ICT 기술의 발전으로 바이오 인터페이스 전자소자를 활용한 조기진단 기술이 목전에 다가왔다. 하지만 정밀진단이 필요한 경우와 치료기술이 필요한 경우에는 여전히 수술을 동반한 삽입형 의료소자의 기술이 요구되고 있다. 수술로 인해 발생하는 2차 감염 및 손상 위험을 비롯하여 비용, 시간 및 고통 등 환자가 감당해야하는 문제점을 최소하기 위하여 최소침습소자 기술에 대한 요구가 커지고 있다. 체내흡수형 전자소자는 체내에서 측정과 치료 기능을 수행 후 분해되어 흡수되기 때문에 2차 제거 수술을 요구하지 않는 최소침습소자의 대표적인 기술이다. 본 발표에서는 체내흡수형 소재기술과 소자공정기술을 비롯하여 잠복기를 갖는 외상성 뇌손상을 진단하기 위한 압력측정 센서기술을 소개할 예정이다. 제작된 소자는 무선통신기술을 통해 작동이 가능하며 심부뇌압을 측정할 수 있는 플랫폼으로 변형이 가능하다. 마지막으로 체내흡수형 소자를 통한 신경치료기술을 함께 소개한다.

[계장화3-1 | 13:30 초청강연]

Small scale mechanical testing of nuclear materials: 신찬선[1], Peter Hosemann[2], 진형하[3], 권준현[3]; *[1] 명지대학교. [2]University of California Berkeley. [3] 한국원자력연구원.*

Keywords: Micro mechanical testing, Nuclear materials, Mechanical properties, Radiation damage

Small specimen testing techniques have a long history in nuclear material research due to the limitations posed by nuclear facilities. The limited space in reactors and the fact that the samples are oftentimes radioactive in addition to the increasing need to obtain mechanical properties from ion beam irradiated samples require small specimen mechanical testing. With the application of modern focused ion beam sample preparation techniques and the enhancement of nanoindentation instruments, the size scale has been moved to even smaller scales and new geometries. Micrometer and even nanometer size samples are feasible, but raise the question of comparability to large scale properties for engineering applications. This presentation presents available small scale materials testing techniques and potential shortcomings based on examples from the literature, as well as introduce novel experimental approaches conducted using microcompression testing, microbend bar testing, and nanoindentation at ambient and nonambient conditions.

[계장화3-2 | 13:55]

봉지재료용 비정질 금속박막의 합성 및 물성: 박선영, 안승민, 우정현, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 비정질금속박막, 나노인장시험, 봉지재료, 스퍼터링

최근 플렉서블 및 스트레쳐블 디스플레이의 연구가 활발하게 이루어지면서 소자의 봉지재료 개발에 대한 연구도 많이 진행되고 있다. 봉지막은 외부에서 유입되는 수분과 산소를 차단함으로써 수분과 산소에 취약한 소자의 산화를 방지 할 뿐만 아니라 기계적 충격으로부터 보호 하기 위한 필수적인 구조이다. 수분 및 산소 투습 방지 효과는 뛰어나지만 깨지기 쉬워 플렉서블 소자에 적용이 어려운 글래스 재료의 한계점을 해결하기 위해 원자층 증착법(ALD)을 이용한 무기물 재료가 개발되었다. 또한 무기층에 유연한 유기층을 적층시킴으로써 유연하면서도 수분 방지에 효과적인 다층봉지박막을 증착하는 기술이 개발되었다. 하지만 공정 비용 또는 유기물과 무기물 간 이동시 발생하는 공정 시간으로 인한 수율 측면에서 상용화에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 대면적화 및 상온 공정이 가능한 스퍼터링 기술을 이용하여 금속박막을 제조하고 봉지특성 평가를 위해 칼슘 부식 테스트를 이용하여 수분투과율을 측정하였다. 또한 나노 인장시험을 통해 수분투과 방지 특성뿐만 아니라 강도 및 연성 등 기계적 물성을 평가한다.

[계장화3-3 | 14:10]

수소 장입된 CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 구형 나노압입 거동 분석: 양광휘[1], 이동현[1], 김우진[1], 박정민[1], 서진유[2], 장재일[1]; *[1] 한양대학교 신소재공학부. [2] 한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*

Keywords: high-entropy alloy, hydrogen, yielding behavior, nanoindentation

차세대 구조재료로 주목 받고 있는 하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)은 우수한 물성으로 인해 최근 들어 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. HEA가 실제 응용되기 까지는 다양한 환경적 영향에 대한 선행연구들이 필수적인데, 수소 영향도 중요한 주제 중 하나이다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 HEA인 CoCrFeMnNi 합금에 대하여 기상 장입법과 전기화학적 장입법을 이용하여 수소를 도입한 후, 구형 나노압입시험을 통해 항복 거동에 미치는 수소의 영향을 체계적으로 분석하고자 하였다. 그 결과, CoCrFeMnNi 합금의 항복거동이 수소 장입 방법 및 조건에 따라 민감하게 변화하는 것이 관측되었으며, 이를 장입된 수소양과 전단 항복응력 분포의 변화 및 활성화 부피를 통하여 분석하였다.

[계장화3-4 | 14:25] 초청강연

산업표준 규격화된 IIT 기술동향: *권동일, 김종형, 김우주, 이준상; *서울대학교 재료공학부*

Keywords: Instrumented indentation test, stardization, Mechanical properties

미소의 힘과 변형을 가해 소재의 기계적 물성을 평가하는 계장화 압입시험은 비파괴적이면서도 다양한 스케일에서 비교적 쉽고 간단하기 시험을 진행할 수 있기 때문에 다양한 구조물과 미세소자에 보편적으로 적용되고 있다. 본래 소재의 경도와 탄성계수를 측정하기 위해 도입이 되었으나, 기술의 발전으로 압입시험이 진행되는 동안 연속적으로 하중과 변위 양상을 관찰할 수 있게 되어 시험 후 얻어지는 하중-변위 곡선을 통해 최근 인장물성, 잔류응력, 파괴특성을 평가하는데까지 연구가 진행되었다. 위와 같은 기술들은 2008년 국제표준화기구(International Organization for Standardization)의 기술문서인 ISO/TR29381로 정식 정식 출간되었고, 2011년에는 미국기계학회(ASME) 보일러압력용기 규격에 연속압입시험법을 제안하여 Code case 2703으로 제정되었다. 특히, 가장 최근에는 지난 11월 잔류응력 평가기술을 통한 후열처리 면제요건에 관한 code case가 Sec.Ⅲ(Construction of nuclear facility component) 에서 최종 승인되어 계장화 압입시험의 우수성은 물론 그 활용이 극대화 되고 있다. 본 발표에서는 국내 기술로 개발된 계장화 압입시험기술과 그간의 표준화활동을 소개하고, 장비개발에서부터 다양한 활용 및 향후 계획에 대해 소개하고자 한다.

[계장화4-1 | 15:10]

원전구조재료 SCC 개시민감도 평가를 위한 표면산화막 특성 분석: 최민재, 김동진; *한국원자력연구원.*

Keywords: 응력부식균열, 표면산화막, 균열개시민감도, 나노압입시험

1차수 환경에 노출된 Ni-Cr 합금 계열의 원전구조재료의 경우, 장기 가동에 따른 응력부식균열 문제가 핵심 열화 mechanism이다. 응력부식균열의 개시 관점에서의 연구에 있어서 최근의 연구는 grain boundary에서의 입계 균열 (intergranular crack) 내의 internal oxidation의 분석에 초점이 맞추어져 있다. 본 연구에서는 원전 1차수 환경을 모사한 loop system을 이용하여 alloy 690의 slow strain rate test 및 constant load test를 수행하였고, 실험을 통해 시편 내에 생성된 응력부식균열의 surface oxide film의 기계적 물성을 측정하여 재료 표면의 passivation film의 물성이 internal oxidation에 의한 입계 균열 형성과 어떤 상관관계가 있는지 평가하고자 하였다. 또한, 원전 내부구조물 재료로 사용되는 스테인리스강의 경우, 장기 열화의 핵심 mechanism인 IASCC의 균열 개시 민감도 평가를 위하여 양성자 조사재를 활용한 표면 입계 균열 평가 기법을 개발하였고, 스테인리스강의 균열 개시 민감도와 surface oxide film 특성간의 상관관계를 평가하고자 하였다.

[계장화4-2 | 15:25]

Cu/Gr Nanolayered Composite for Flexible Interconnect with Enhanced Fatigue Resistance: ByungIl Hwang[1], Wonsik Kim[2], Jaemin Kim[2], Subin Lee[3], Seoyoen Lim[2], Sangmin Kim[2], Sangho Oh[4], Seunghwa Ryu[2], Seung Min Han[2]; *[1]Chung-Ang University. [2]KAIST. [3]Max Plank Institute. [4]Sungkyunkwan University.*

Keywords: Cu, graphene, nanolayered, crack, bending, MD simulation

With the technological developments in flexible/stretchable electronics, there are increasing demands for the robust metal thin film interconnects that can tolerate the fatigue under cyclic deformation. Even with a small strain below the yield point of the metal

interconnects, dislocation can accumulate on the film/substrate interfaces that cause void and extrusion formation. During the repeated deformation, applied stress can be concentrated on the extrusion; thus, fatigue cracks can be initiated at the regions and propagated quickly through the metal films, which results in the degradation of the conductivity of the interconnects. Therefore, suppressing the crack initiation and propagation is critical for the development of a reliable metal interconnect for the flexible electronics applications. In this study, metal/grapheme nanolayered composite that can suppress the crack propagation was explored for the reliable interconnect with enhanced fatigue resistance. Cu/Gr composite with repeat layer spacing of 100 nm was fabricated by the well-kwon wet transfer method, and tested for bending fatigue at 1.6% and 3.1% strain up to 1,000,000 cycles that showed a 5-6 times enhanced fatigue resistance than the Cu only thin film. Cross-sectional SEM and TEM images revealed that the fatigue cracks generated within the Cu layer were stopped by the graphene interface. The high in-plane strength of graphene due to the strong sp2 bonding can simultaneously serve as an effective interface for suppressing the fatigue crack propagation. Molecular dynamics simulations showed the density of dislocation pile-up at the film/substrate interfaces was reduced in the Cu/Gr system, which support the enhanced fatigue resistance in this materials system by suppressing the fatigue crack formation mechanism observed in the conventional Cu film/substrate interfaces.

[계장화4-3 | 15:40] 초청강연

초고압 환경에서의 상전이 거동 및 역학물성 측정: 이윤희, 김용재, 이근우; *한국표준과학연구원.*

Keywords: 초고압, 다이아몬드 앤빌 셀, 상태방정식, 상전이, 분자성물질

다이아몬드 앤빌 셀(Diamond anvil cell)을 이용한 초고압 상전이 및 물성 측정은 1950년대 말에 연구가 시작되었으나, 압력을 측정용 루비스케일 (Ruby scale)의 발견과 방사광가속기를 이용한 미량시료의 X-선 분석이 가능해짐에 따라 비약적인 발전을 거듭하게 되었다. 국방, 에너지 분야에서 초고압 연구의 관심사 중에 하나는 물질의 상태방정식(Equation of state)를 측정하는 것이며, 이로부터 초고압 하의 물질특성을 가늠하게 된다. 아울러 수천 K, 수백 GPa에 육박하는 초고온, 초고압 환경을 앤빌 셀 내부에 구현할 수 있게 됨에 따라 다양한 물질의 상전이 거동을 관측할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 초고온/초고압 분야에서 최신 연구동향을 살펴보고, 더불어 H2O와 같은 분자성 물질의 상전이 거동을 실시간으로 관찰할 결과를 살펴보고자 한다.

[계장화5-1 | 16:25] 특별

계장화압입시험기 기술 및 장비 소개: 천민정; *FRONTICS*

[계장화5-2 | 16:35] 특별

Introduction to Anton Paar Mechanical Surface Testing: 박원근; *안톤파코리아*

[계장화5-3 | 16:40 특별]

Bruker In-Situ NanoIndenter: 채기성; *나노비즈코리아*

[계장화5-4 | 16:45 특별]

Nanoindentation Instrument: 우문성; *DH트레이딩*

[계장화5-5 | 16:50]

투명 스트레처블 봉지재료용 비정질 알루미나 박막의 합성 및 기계적 특성: 우정현, 김시훈, 안승민, 박선영, 김주영; *울산과학기술원.*

Keywords: 비정질 알루미나, 원자층 증착법, 봉지재료

최근 유연소자 및 스트레처블 디바이스의 연구가 활발히 진행됨에 따라 소자의 절연층 및 봉지재료로 각광을 받고 있는 비정질 알루미나에 관한 연구도 함께 진행되고 있다. 원자층 증착법을 이용해 증착한 비정질 알루미나는 높은 밀도와 투과도 및 박막의 높은 균일성과 대면적화 가능성이라는 장점이 있지만 높은 증착온도와 비정질 구조로 인한 인장 취성 거동으로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 비정질 알루미나의 저온 증착 및 나노 스케일에서의 기계적 성질 평가에 대한 연구가 진행되고 있다. 최근 연구에 따르면 세라믹 재료와 같은 인장 취성 거동을 갖는 재료의 두께가 감소할수록 이론 강도에 가깝게 강도가 증가한다는 연구가 보고된 바 있으며, 재료의 연신율도 함께 증가할 가능성을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 원자층 증착법으로 고온 증착한 비정질 알루미나의 성능과 비슷한 성능을 갖는 저온 공정의 비정질 알루미나를 제작하고, 비정질 알루미나 박막의 기계적 물성을 측정하기 위해 접속이온빔장비를 이용해 인장시편을 제작한 후 push-to-pull 방법으로 인장실험을 진행하였다. 또한 봉지재료의 성능을 평가하기 위해 가속환경에서 칼슘테스트를 진행하여 수분투습도를 측정하였다.

[계장화5-6 | 17:05]

연속압입시험법을 활용한 LTT (Low Transformation Temperature) 용접 효과 분석: 이경열, 김종형, 최성기, 이준상, 권동일; *서울대학교.*

Keywords: Instrumented indentation test, Residual Stress, LTT welding

극지방 유조선, 광산업, 구조물 건설산업 등 다양한 주요 산업 공정에서의 용접부 건전성은 구조물 전체의 안전성 측면에서 보았을 때 가장 중요한 이슈이다. 특히, 용접 시 발생되는 잔류응력은 소재의 기계적 물성에 의한 역학적 거동을 왜곡시키는 요소로 해당 기기의 건전성에 영향을 주는 인자이다. 용접 과정 후 상온 냉각에 의해 인장잔류응력 발생은 불가피하며, 이는 다양한 균열 전파를 야기시킬 수 있고 최종적으로 구조물의 부분적 파손에 의한 대형사고를 발생시킬 수 있는 원인이 될 수 있다. 이러한 용접부

의 인장잔류응력을 감소시키기 위해 다양한 열적, 기계적 방법들이 기존에 널리 활용되고 있다. 특히, 산업계에서 후열처리와 기계적 피닝 방법이 활용되고 있으며, 이는 인위적으로 인장잔류응력을 완화시켜주거나 압축잔류응력을 발생시키는 방법으로 활용되고 있다. 하지만 두 방법 모두 시간적/비용적으로 비효율적인 단점을 갖고 있으며, 고강도강 구조물의 경우 후열처리 시 수소 이동에 의해 균열성장저항 능력을 감소시킬 수 있는 원인이 될 수 있다. 따라서 용접 시 발생되는 인장잔류응력을 다양한 방법으로 감소시킬 수 있는 연구들이 지속적으로 수행되어 오고 있다. 최근 국외에서는 용접재의 마르텐사이트 변태시작온도를 재료적으로 낮춤으로써, 인장잔류응력의 발생을 감소시킬 수 있는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 인장잔류응력 감소의 주된 원인은 용접부 냉각 시 발생되는 마르텐사이트 상변태의 부피팽창에 의한 응력완화효과를 상대적으로 낮은 온도 영역에서 발생시키는 것이 핵심이라고 할 수 있다. 이러한 마르텐사이트 변태에 의해 발생된 압축응력은 기존 후처리 인장잔류응력 완화 방식에 비해 더욱 많은 양의 압축응력을 발생시켜 공정 당시 용접부의 건전성을 확보할 수 있으며, 시간적/비용적으로 보다 효율적인 용접 방식이다. 본 연구에서는 기 개발된 연속압입시험법을 활용한 잔류응력 평가기법과 인장물성 평가기법을 활용하여, LTT 용접재로 제작된 용접부의 물성을 평가하여 용접효과를 분석해보았다.

재료분석
Room 402B, 4월 25일

[재료분석1-1 | 10:00 초청강연]

3차원 메조스케일 미세조직 분석과 phase-field 모델링 연계 해석: 강주희[1], 김수현[1], 서성문[1], 오창석[1], 박지원[1], 김성대[1], J. Goerler[2], A. Monas[2], I. Steinbach[2]; [1] *재료연구소.* [2]*Ruhr-University Bochum.*

Keywords: 3D microstructure, phase-field modeling, Ni superalloly, Mg-Al

소재 미세조직의 디지털 정보는 통합전산재료공학(Integrated Computational Materials Engineering, ICME)으로 대표되는 전산모사기술, 혁신적 실험방법과 더불어 구조용 합금의 신연구방법론을 구성하는 요소로, 3차원 미세조직 정보는 2차원 분석이 갖는 구조적 한계를 극복하고 미세조직 구성요소에 기반한 전산모사기술 향상을 위해 필수적인 소재정보이다. 구조용 금속소재의 기계적 성질과 성능은 메조스케일 미세조직학적 인자의 상호작용에 의해 결정되며, 소재성능 및 열화거동 분석을 위해서는 화학적 불균일성과 결정학적 배향성의 정량 분석이 필수적이다. 본 연구에서는 Ni기 초내열합금(CMSX-4) 고온시효처리재와 Mg-Al합금 주조재의 3차원 미세조직을 분석하고, phase-field(PF) 모델링에 의한 미세조직 예측 결과와 비교하였다. CMSX-4 합금 일방향응고 주조재를 1050도에서 각각 1000, 2000, 5000시간 열처리하였다. 초기 조직은 감마상 기지에 감마프라임상이 입방정 형태로 석출되며, 감마 채널 두께는 약 50~80 nm이다. 1000시간 열처리재에서는 각 상의 조대화가 진행되어 감마상의 두께는 약 300~500n m이 되고, 2000시간 이상 열처리재에서는 형상 역전(topological inversion) 현상이 일어나면서 채널 구조가 깨지게 된다. 미열처리 시편과 1000시간 열처리재는 FIB에서 순차적 박리법을 통해 FSD(ForeScatter Detector) Z contrast를 이용하여 감마상과 감마프라임상 이미지를 기계학습법으로 구별하여 3차원 미세조직을 얻었으며, 결정립이 조대화된 2000시간과 5000시간 열처리재는 광학현미경 분석 기반의 RoboMet-3D를 이용하여 3차원 미세조직을 얻었다. 열처리 시간에 따른 형상역전 형상을 정량화한 3차원 미세조직 결과와 PF 모델링 결과를 비교하였다. 한편, Mg-Al합금은 응고시 알파-Mg 수지상 채널에서 divorced eutectic 응고 미세조직이 형성된다고 알려져 있다. Divorced eutectic 응고는 알파-Mg 수지상 채널에서 베타-Mg(Mg17Al12)와 알파-Mg의 응고가 개별적으로 진행되면서 알파-Mg 수지상 채널이 채워지면서 응고가 완료되는 현상이다. Mg-Al합금 주조재의 냉각속도에 따른 3차원 미세조직을 PF 모델링으로 예측하고 3차원 광학현미경 미세조직으로부터 울퉁불퉁한 정도(ruggedness)를 비교하여 검증하였다.

[재료분석1-2 | 10:25]

SSRM 법을 활용한 음극재 단면 저항 분포 분석: 김병주, 강성; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: 음극재, 저항, SSRM, CP, SEM

최근, 이차전지 전극의 저항 특성에 대한 정성/정량적 비교 평가를 수행하기 위하여 SSRM (Scanning Spreading Resistance Microscopy)법을 활용한 원인 규명 분석 방법이 각광을 받고 있다. SSRM법은 CP(Cross-section Polisher), AFM, SEM이 하나의 분석 패키지로 구성되어, 먼저 CP를 사용하여 전극판에 대한 단면 가공을 실시하고, 가공된 단면 표면에 대해 AFM 저항분포 측정과 SEM-EDS 미세조직 분석을 통해 저항을 일으키는 주요 원인이 무엇인가를 밝혀내는 방법이다. 특히 음극 전극의 저항 증가 요인으로 꼽히는 SEI는 공기에 노출될 경우 매우 짧은 시간 안에 표면 변질이 발생하는 문제가 있으므로 음극재에 형성된 SEI 등을 분석하기 위해서는 대기에 노출시키지 않는 것(이하 대기비개방)이 중요하며, 전지를 해체하여 시편을 장비에 장입하여 분석을 진행하기까지 모든 일련의 과정이 대기에 노출되지 않도록 해야 한다. 본 연구에서는 물성이 다른 두 종류의 인조 흑연에 있어, 표면에 형성된 SEI와 전극 표면부의 저항 특성 간 상관성 해석을 위하여 SSRM법을 활용하여 규명코자 하였다. 연구에 사용된 SSRM 분석 장비는 Hitachi에서 제작된 것으로 대기비개방 분석을 수행하기 위하여 별도의 시편 운송 용기(Transfer vessel)가 모든 장비 내에서 공유되도록 구성되어져 있다. 분석 대상인 음극 전극은 2032-코인셀을 3 cycles formation 후 방전 상태로 준비하여 글로브 박스 내에서 전지 해체를 통해 분리하여 전용 용기에 옮겨 담은 후 CP 가공을 진행하였고 가공된 단면 내 중심부에 대한 AFM 저항 분포 측정, SEM 미세조직 관찰, 및 EDS 성분 mapping 분석을 진행하였다.

[재료분석1-3 | 10:40]

Study of the Scale Formed on an Austenitic Boiler Tubes Super304H after Long-Term Steam Oxidation: Yinsheng He[1], 유근봉[2], 이한상[2], 신기삼[3]; [1] *한전전력연구원.* [2] *한전 전력연구원.* [3] *창원대학교.*

Keywords: Boiler tube, Steam oxidation, Shot peening, Oxide scale, Microstructure

Boiler system transfers water to pressured supercritical steam which drivers the running of the turbine to rotate the generator to produce electricity in power plants. Materials for the building up of tube system have the challenges from the high temperature creep damage, thermal fatigue/expansion, fireside and steam corrosion, etc. Database on the creep resistance strength and steam oxidation of the materials are essential factors for the long-term reliable operations of the boiler system. In this paper, oxidation of austenitic boiler tube Super304H were performed at the steam temperature of 650°C and 700°C for time durations up to 5,000 hrs. The oxidation scale formed on the as-received conventional and shot peened (SP) tubes were studied using XRD, SEM, EBSD and TEM. The SP generated an abundant fraction of grain boundaries that guaranteed the formation of continuous amorphous SiO_2 layer that enhanced the formation of dense Cr_2O_3 and $FeCr_2O_4$ in the scale. Scale breakaway in the outer layer was accelerated by the steam temperature in the conventional specimens, whereas appeared to be stable in the SP specimens. This study clearly characterized the enrichment of Si in the

scale, and the formation of an amorphous SiO_2 layer separated the metal from the scale, suggested it played a significant role on the enhancement of corrosion properties.

[재료분석 1-4 | 10:55]

Modified 9Cr-2W강의 냉간 필거링 후 중간 열처리에 따른 미세조직 변화: 허형민[1,2], 김준환[2], 김성호[2], 김종렬[1]; *[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.*

Keywords: SFR, intermediate heat treatment, cold work, Boron, microstructure

현재 소듐냉각고속로의 핵연료 피복관 소재로는 우수한 중성자조사 저항성을 갖는 고 크롬 (9-12% Cr) 페라이트/마르텐사이트강이 고려되고 있으며, 핵연료 피복관 약 650°C의 고온에서 장시간 중성자 조사를 받기 때문에 우수한 중성자 조사 저항성 및 고온강도, 그리고 내압 크리프 특성 등이 요구된다. 페라이트 마르텐사이트강 중에 크리프 특성이 우수한 Gr.92의 합금조성을 기준으로 하여 우수한 크리프 특성을 갖는 핵연료 피복관을 개발하는 연구가 진행 중이다. 최근 연구결과에 따르면, 미세조직의 안정성, 석출 강화, 가공경화, 고용강화는 크리프 특성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 크리프 특성이 우수한 피복관은 열간 가공, 냉간 가공 (필거링과 인발) 그리고 중간 열처리를 통하여 제작된다. 냉간 인발을 하기 위하여 필거링 후 중간 열처리인 노말라이징 및 템퍼링 열처리를 수행하게 된다. 이러한 중간 열처리는 다음 공정인 냉간 인발에서 성형성을 결정할 수 있는 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 냉간 필거링 후 노말라이징 및 템퍼링 열처리에 따른 미세조직 변화를 관찰하고자 하였다.

[재료분석 1-5 | 11:10]

Effects of thermal aging induced microstructure evolution on mechanical and corrosion properties of delta-ferrite in austenite stainless steel weld: Sang Kyu Park[1], Ho Jung Lee[2], Jong Hyeon Lee[1]; *[1]Central Research Institute. [2]KHNP.*

Keywords: Thermal aging, Austenite stainless steel weld, Delta-ferrite, Spinodal decomposition

Effects of thermal aging (343-450 °C up to 20,000 h) induced microstructure evolution on mechanical and corrosion properties of delta-ferrite in 347 austenite stainless steel weld (ASSW) were assessed in this study. After thermal aging at 400 and 450 °C for 5,000 h, fluctuation of major alloying elements such as Fe, Cr, and Ni was observed by spinodal decomposition in the delta-ferrite while Ni+Si rich G phase was developed at 400 °C for 20,000 h and 450 °C for 5,000 h. Such microstructure evolution tended to be accelerated as increasing aging temperature and exposure period. These affected increase in tensile strength and decrease in elongation of 347 ASSW at room temperature compared with as-welded condition. Moreover, when spinodal decomposition and G phase were observed, the degree of sensitization values of 347 ASSW in the double loop-electrochemical potentiodynamic reactivation tests were significantly increased due to localized Cr depletion in the delta-ferrite.

[재료분석 1-6 | 11:25]

중성자 흡수능을 갖는 Duplex Stainless Steel의 열간가공 특성 연구: 이상욱, 정현도, 정승록, 문병문; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*

Keywords: Duplex stainless steel, Gadolinium, Boron, Vacuum Induction Melting

앞으로 매우 많은 수의 사용후 핵연료가 원전부지 내 혹은 다른 곳으로 이송 및 저장될 것으로 예상되며, 이러한 이송과 저장을 위하여서는 많은 수의 운송 및 저장용기가 필요하다. 따라서 국내실정에 적합한 사용후 핵연료 운송 및 저장용기에 대한 설계 및 제조기술 개발이 시급히 요구되며, 새로운 사용후 핵연료 운송 및 저장용기와 관련되는 기술의 개발에는 소재개발, 설계개발, 성능검증, 인허가, 등에 5~10년의 시간이 필요하므로 이러한 기술개발은 조속히 시작되어야 한다. 사용후 핵연료의 안전한 보관 용기를 제작하기 위해 Boron은 매우 효과적인 원소이며 현재 사용되고 있는 Boride-stainless steel이 ASTM에 등재되어 있다. 그러나 Boride-stainless steel의 경우 장기간 보관시 기지 조직내의 Boron이 장시간 보관 시 Helium gas를 발생하는 연구결과가 있으며, 이에 따라 다른 해결방안을 찾는 연구가 진행되고 있다. Gadolium의 경우 희토류 금속으로 Boron과 비교하여 중성자 흡수능이 4.39배 뛰어난 소재로 알려져 있으며, Boride-stainless stell 과 마찬가지로 Ni-Gd alloy가 ASTM에 등재되어 있지만, Ni을 사용함으로써 경제성의 문제가 있다. 본 연구는 사용후 핵연료 본관용기 소재를 제작하기 위해 중성자 흡수능이 뛰어난 Gadolinium(Gd)과 Boron(B)을 기계적 특성과 내식특성이 우수한 Duplex stainless steel(DSS) 에 각각 0.5wt%, 0.8wt% 첨가하여 진공 주조를 하였으며, 열간가공 후 미세조직 관찰과 중성자 흡수소재의 분포도, Gd와 B의 첨가에 따른 상분율의 변화, 기계적 특성 및 내식특성을 연구하였다. Gd와 B을 DSS에 첨가 시 Gd는 Austenite 안정화 원소인 Ni과 결합을 하였으며, B은 Ferrite 안정화 원소인 Cr과 결합을 하여 원소재인 DSS alloy의 Ferrite와 Austenite의 상분율과는 다른 Austenite Steel alloy에 가까운 특성이 관찰 되었으며, 중성자 흡수 원소는 기지조직내 고르게 분포됨을 확인하였다. 또한 Gd와 B의 첨가는 응고 시 Ferrite와 Austenite의 성장을 억제하는 요소로 작용하여 보다 미세한 입계 크기가 관찰되었으며 이는 기계적특성을 상승시키는 요인으로 작용하였다.

나노소재 심포지엄 : Nanomaterials for 3D printing & printed eletronics

Room 402B, 4월 25일

[나노3D1-1 | 13:30] 초청강연

3D·4D Printing Technology with Functional Nano-materials: Myoung-Woon Moon; *KIST.*

Keywords: Functional Nanomaterials, 3D Printing, Smart Materials

3D printing has been recognized as a disruptive technology for future advanced manufacturing systems. With a great potential to change everything from our daily lives to the global economy, significant advances in 3D printing technology have been made with respect to materials, printers, and processes. In this context, although similar to 3D printing technology, 4D printing technology adds the 4th dimension of time. 4D printing allows a printed structure to change its form or function with time in response to stimuli such as pressure, temperature, wind, water, and light. Recently, rapid advances in printing processes and materials development for 3D printing have allowed the printing of smart materials or multi-materials designed to change function or shape1). In this talk, I first present a fabrication method for the 3D functional materials and its application for oil-water separation by combination of 3D printed structures and surface nanostructuring on it. First, latest work of 3D printed hierarchical gyroid structure, having embedded photocatalyst of TiO2 nanoparticles, will be introduced2). Some overviews can be presented on 4D printing technology with the main factors composing 4D printing technology such as smart materials and designs. Finally, new findings on 4D printed metamaterials in my group will be discussed.

[나노3D1-2 | 14:00] 초청강연

기상환원법으로 합성된 니켈 미세분말의 응집억제 및 형상변화: 양승민[1], 박형기[1], 박광석[1], 최희채[2], 황농문[3]; *[1]한국생산기술연구원 강원지역본부, [2]버추얼랩, [3]서울대학교 재료공학부.*

[나노3D1-3 | 14:30] 초청강연

Multiple-materials 3D printing with Functional Inks for 3D Printed Electronics: Seung Kwon Seol; *Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: 3D printed electronics, 3D printing, Functional inks, Multiple-materials

"Printed electronics" is the term used to describe electronic circuits and devices, such as RFID tag antennas, sensors, transistors, batteries, and conductive traces, that are manufactured via printing techniques. Conventional printing techniques such as screen, gravure, and inkjet printing, offer a rapid and cheap way of fabricating electrical circuits on diverse flexible substrates. Furthermore, the advances in functional nanomaterials, which are included in the ink, have led to the rapid development of printed electronics in recent years. To date, printed electronics have introduced excellent opportunities for the creation of advanced products, which are developed by adding electronic functions to flexible substrates composed of materials such as plastics, rubber, or paper. However, conventional printing methods are limited to the patterning of two-dimensional (2D) or low aspect-ratio structures on flat substrates only, whereas three-dimensional (3D) patterning on non-flat substrates is essential for advanced applications. 3D printing, also known as additive manufacturing, is widely regarded as a revolution in manufacturing technology, with significant promise for electronic applications; this field is known as 3D printed electronics. However, it is difficult to obtain functional 3D structures for electronics, although we can easily produce plastic or metallic 3D objects with coarse resolution via various commercial 3D printing methods, such as stereolithography (SLA), fused deposition modeling (FDM), or selective laser sintering (SLS). Finding the appropriate printing approach for the achievement of functional 3D structures with high spatial resolution remains one of the major challenges in the field of 3D printed electronics. Here, we demonstrate a novel strategy for multiple-materials 3D printing at room temperature in ambient air conditions. The 3D micro- and nanoarchitectures are printed by an omnidirectional accurate control of a micropipette ("fountain-pen") filled with a solution ("ink"). A simple modulation of the ink leads to 3D printing for multiple-materials, such as graphene, carbon nanotube (CNT), metal oxide, metal and even their composite. The employed printing technique is based on the simple procedure: when the fountain-pen touches the substrate, a meniscus of the ink is created outside its opening and the solvent is evaporated at the same time. As the fountain-pen is pulled away, the meniscus is stretched and its cross section decreases. In case of conducting polymer, CNT, graphene, silver and their composite, microarchitectures are formed by a van der waals force between substances during solvent evaporation. On the other hands, 3D copper microstructures are fabricated by a meniscus-guided electrodeposition. The feature of grown metallic structure (i.e. dense or hollow feature) is controlled by a modulation of applied voltage. As a result, 3D structures of diverse materials are successfully fabricated: the arched wire, the 3D wire-junction and woven structure, the structures corresponding to the letters "KERI", the martial arts artist, and the mesh structure. We believe that this approach paves the way for efficient multi-material 3D printing with high spatial resolution, which will ultimately lead to important advancements in additive manufacturing.

[나노3D1-4 | 15:00] 초청강연

Chemical Strategies for 3D-Printed Cu Electrodes: Sunho Jeong; *Korea Research Institute of Chemical Technology.*

Keywords::3D, print, Cu, electrode, chemical

In recent years, highly conductive, three-dimensional (3D) printable electrodes have received tremendous attention in various research fields. Printable electrodes must display the following characteristics: (i) high conductivity, (ii) cost-effectiveness, (iii) durability under extreme environmental conditions (heat and moisture), and (iv) processability on low-cost plastic substrates (indispensably, polyethylene terephthalate (PET) substrate). I will introduce a variety of chemical technologies for resolving the aforementioned issues for the realization of 3D-printed electronics. In terms of an indispensable sintering process for generating electrodes from nanomaterials, a photonic sintering technique has been regarded as a viable approach in printed metallic architectures. In this talk, the chemical methodologies of preparing core-shell nanoparticles, ultrathin barrier layers and multicomponent mixture inks will be covered along with an usage of photonic sintering process.

[나노3D 2-1 | 15:50 초청강연]

3D 나노 구조를 이용한 광 반응성 전기변색-슈퍼캐패시터 소자 기술 개발: 현승민; *한국기계연구원.*

Keywords: 전기변색, 유연, 슈퍼캐패시터, 광반응, 다기능

전기변색 소자는 전기적 신호에 의해 색깔이 변하는 소자로, 건물 창 유리등에 사용 되어 에너지 절약 용도로 많이 사용되고 있다. 기존 전기 변색 소자는 전해질의 양이온이 전기 변색 재료의 결정 내부에 삽입 되면서 색이 변하므로 외부 전력 공급원이 필요하며, 투명한 기판이 필요하기 때문에 주로 깨지기 쉬운 유리를 기판으로 활용되었다. 하지만, 휴대 가능한 웨어러블 소자 기술의 수요가 급증하면서, 외부 전력 공급원이 항상 수반되어야 하고 소자의 유연성이 없는 문제들을 해결 해야 할 필요성이 급증하고 있다. 본 연구에서는 인체친화적인 나노 셀룰로오스 투명 종이를 통해 투명하고 유연한 기판과, 굽힘에 강한 은 나노선-환원 그래핀 복합체로 웨어러블-유연 소자로의 활용 가능성이 있는 투명하면서 전도성 있는 기판을 제조 하였다. 그리고, 환원 그래핀-텅스텐 산화물 나노 입자 복합체를 통해 전기화학적 에너지 저장 성능이 극대화 된 투명 슈퍼캐패시터 에너지 저장체를 개발하였다. 그리고, 텅스텐 산화물의 전기 변색과 전기 화학적 에너지 저장 원리가 같은 점을 이용해서 에너지 저장과 전기 변색을 동시에 발생시키는 시스템을 개발하여 외부 전력없이 구동 가능한 유연 전기 변색 소자를 개발하였다. 나아가서, 태양 전지와 결합하여 구동할 수 있는 다기능 유연 전기 변색-에너지 저장 시스템을 통해 정오나 오후같이 광원이 강할 때에만 선택적으로 전기 변색을 통한 내부 온도 제어가 가능한 광반응 기능을 구현하는데 성공하였다.

[나노3D 2-2 | 16:20] 초청강연

Nanoscale Printing of Optical Materials for 3D Printed Photonics: Jaeyeon Pyo; *Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: 3D Printing, Photonics, Nanoscale Materials

Photonics, the scientific study and application of light, has revolutionized our everyday life in displays, lightings, cameras, internet, and so on. Sharing the logic of miniaturization in modern electronics, enormous efforts have been dedicated to producing nanoscale photonic elements. Nanoscale confinement dramatically enhances light interaction with nearby objects, creating novel functionalities such as localized light transfer, and optical sensing. Conventional nanophotonic devices are fabricated in planar layout that can cause unwanted light interaction with the underlying substrate. We realize the isolation of nanophotonic elements from the underlying substrate using a three-dimensional (3D) printing method in out-of-plane layout. High-quality surface engineering, a critical factor for photonic application, was achieved with previously developed 3D printing technique based on confined solidification of liquid solution within a nanoscale meniscus (Advanced Materials 23, 1968). In this talk, the scientific and technological implications of 3D printing technique in photonics will be discussed. First, fundamental understanding on light propagation in nanomaterials (Nanoscale 6, 5620). Second, 3D printing for optical interconnection in nanoscale (Advanced Optical Materials 4, 1190). Third, 3D printed nanoscale biological probes (Advanced Materials 28, 4071).

[나노3D 2-3 | 16:50] 초청강연

Controlling the Crystallization of Small Molecule Organic Semiconductors using Solution Shearing and their Application to Field-effect Transistors: Steve Park, Jin-Oh Kim, Jeong-Chan Lee; *Department of Materials Science and Engineering, KAIST.*

Keywords: Thin-film Transistor, Printing, Solution-shearing, Organic Semiconductor

The electronic properties of solution-processable small molecule organic semiconductors (OSCs) have rapidly improved in recent years, rendering them highly promising for various low-cost large area electronic applications. Practical applications of organic electronics as field-effect transistors require sufficient field-effect mobility (1-10 cm^2/Vs), patterned and precisely registered OSC film within the transistor channel, and device-to-device uniformity over a large area, a task that remains a significant challenge. Here we present solution shearing as a promising technique to achieve such a task. In solution shearing, organic solution is sandwiched between a heated substrate and a shearing blade. As the shearing blade moves, meniscus is formed through which solute deposits on the substrate to form a thin film. When the evaporation rate of the solvent at the meniscus matches that of the shearing rate, the crystals can be grown along the direction of shearing, resulting in aligned crystalline films. To further enhance crystallinity, the substrate can be patterned with alternation solvent wetting and dewetting regions, to limit nucleation events and impede lateral crystal growth. This resulted in high

aligned crystals TIPS-pentacene with mobility as high as 2.7 cm^2/Vs. Furthermore, we have developed a novel technique known as CONNECT (Controlled OSC NucleatioN and Extension for CircuiTs), which utilizes a non-wetting substrate with wetting electrodes to generate aligned organic films that were self-patterned and self-registered within the channel region, resulting in low device-to-device variability. We have fabricated transistor density as high as 840 dpi. We have successfully built various logic gates and a 2-bit half adder circuit, demonstrating the practical applicability of our technique for large-scale circuit fabrication.

분말재료 심포지엄 : 4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용

Room 삼다A, 4월 26일

[금속분말 1-1 | 09:20] 초청강연

Amorphous Soft Magnetic Powders Prepared by High-Pressure Gas Atomization and their Application for High-Performance Electronic Devices: Yong-Jin Kim[1],*, Jae Won Jeong[1], Dong-Yeol Yang1, Ki-Bong Kim[1], Tae-Soo Lim[1], Sangsun Yang[1], Min Ha Lee[2], Hwi Jun Kim[2]; [1]*Korea Institute of Materials Science,* [2]*Korea Institute of Industrial Technology*

Soft magnetic materials have been used as core materials for electricity conversion devices such as converters and inverters. Currently, absolute magnitude of current passing through inductors is continuously increasing, so high-magnetization metallic materials are preferentially used to ensure high magnetic flux density in the device. However, operating frequency of the inductors is also continuously increasing, core loss due to eddy current become significant. As a result, both bulky ferrites and conventional metallic soft magnetic materials including permalloy, sendust, and supermendur can not support the technical demand for future inductors, and new innovative soft magnetic materials should be developed. In this respect, amorphous soft magnetic materials is considered as promising materials. Amorphous soft magnetic materials can provide high saturation magnetization due to high atomic content of Fe, and effectively reduce core loss due to high resistivity originated from atomic disordering. Current high-end inductors are fabricated by powder compaction process using spherical metal powders which is beneficial in high packing ratio which in turn provides high magnetization per unit volume. However, previous researches have been restricted only to melt-spinning fabrication of amorphous soft magnetic ribbons, which require additional ball-milling crushing process resulting in non-spherical irregular powders. Here, we report newly-developed high-pressure gas atomization process to obtain spherical amorphous soft magnetic powders and presents its possible applications for high-performance electronic devices.

[금속분말 1-2 | 10:00]

Metastable Cu-Fe Functional alloys: Fabrication, Characterization and Applications: Sardar Farhat Abbas[1], Seok Jun Seo2, Kyoung Tae Park[2], Bum Sung Kim[2],Taek-SooKim[1,2]; [1]*University of Science and Technology (UST),* [2]*Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)*

Keywords: Copper-Iron alloys, Gas atomization, Miscibility gap, Electrical conductivity, Coercivity

Copper–Iron alloys (CFAs) are much anticipated as electrical contact materials, adaptive materials as sensors for magnetic recording devices and high strength materials. Cheaper cost of Fe makes these alloys excellent candidates for investigation and an opportunity to replace high cost Cu-Nb and Cu-Ag alloys. In order to explore these opportunities in detail, detailed historical background of development of CFAs is given. As a reference alloys of copper and iron having composition Cu100-xFex(x=10,30and50at%) were prepared by gas atomization. Detailed structural, microstructural, electrical and magnetic properties were investigated with composition and powder size as variables. Furthermore; relationships between material properties such as grain size, phase volume fraction, Fe particle size and functional properties were established by fine tuning the microstructure of these alloys.

[금속분말 1-3 | | 10:30]

A New Concept for Synthesizing Spherical Titanium Powder for Additive Manufacturing: Hayk Nersisyan[1], Vladislav Ree[2], Bung UK Yoo[2], Young Jun Lee[1], Jeong Hyeon Lee[1,2]; [1]*Chungnam National University(RASOM),* [2]*Chungnam National University*

Keywords: Spherical Titanium, Titanium Dioxide, Combustion synthesis, Additive Manufacturing, Calcium reduction.

Spherical titanium and its alloy powders are key components for additive manufacturing (AM) technologies to make bulk materials and components. When, the spherical shape is properly combined with the other characteristics, such as particle size, flowability, and chemical composition, the powder becomes irreplaceable in bulk materials manufacturing technologies. Depending on the application field the diameter of titanium particles should be from 10 to 100 mm, and oxygen content, less than 0.2 wt%. Another important technological challenge is to have high-quality spherical Ti alloy powder with low-cost. Commercial spherical Ti powder production methods include gas atomization (GA), plasma atomization (PA), and plasma rotating electrode process (PREP). All these methods are based on plasma melting and spheroidization of titanium metal (powder, bulk, sponge). Typical particle sizes of Ti alloy powders produced by these methods range from 10 to 300 mm. To produce desired size cuts, the atomized powder further is classified, which affects negatively on the cost of the material. The low yield of fine powder produced by the current commercial methods is the main technical reason for the high cost of the powder used for the advanced AM processes. In our presentation, we will demonstrate a low-cost and technologically attractive approach to synthesize spherical titanium particles from TiO_2. Our approach is based on the combustion synthesis(CS) in which an exothermic mixture of TiO_2-2Ca-kSM(shape modifier) composition (k is moles of SM, $k \leq 0.5$ mol) is used to produce spherical Ti powder (here, SM is a low melting point inorganic additive, in which the solubility of titanium is negligible. The Ti powder produced by CS method displays the following characteristics: shape – spherical; size – 5-50 mm; density – 3.0 g.cm-3; f oxygen - less than 0.3 wt%.

[금속분말 1-4 | 11:00]

Thermal stabilities of Al/BNNS composites Produced via a Powder Metallurgical Route: Seungjin Nam[1], Kunok Chang[2],Woonki Lee[3], Moon J. Kim[4], JunYeon Hwang[3],yunjoo Choi[1]; *[1]Kookmin University, [2]Korea Atomic Energy Research Institute, [3] Korea Institute of Science and Technology, [4]The University of Texas at Dallas*

Keywords: Nanocrystallin, Aluminum, Composites, Boron Nitride Nanosheets, Thermal Stability, Mechanical Properties

While nanocrystalline (NC) metals exhibit superior strength to conventional microcrystalline metals, their thermal instability has hampered their application at high temperatures. Herein, two-dimensional (2D) boron nitride nanosheets (BNNS) are proposed as reinforcement to enhance the strength as well as the thermal stability of NC Al. The strength of pure Al was increased from 80 to 468 MPa by refining its grains from ~600 to ~40 nm, and it was further enhanced to 685 MPa by incorporating 2 vol% of BNNS. Moreover, the small amount of BNNS was found to effectively suppress grain growth of NC Al at 580°C (~0.9 Tm, where Tm is the melting point of Al), which prevented a strength drop at high temperature. The effect of the BNNS on the grain boundary pinning as a function of volume, shape, and orientation of the reinforcement will be discussed.

[금속분말 1-5 | 11:30]

The Effects of Process Parameters on the Particle Size of Gas Atomized 17-4PH stainless Steel Powders: Hee-Soo Kang, Eon-Sik Lee; *Pohang Research Institute of Industrial Science & Technology*

Keywords: Gas atomization, Particle size, Steel powder, Melt nozzle, Additive manufacturing

Metal additive manufacturing processes such as powder bed fusion and directed energy deposition are potentially capable of producing high quality and functional parts from a variety of metallic powder materials. The growth of additive manufacturing is tied to business opportunities and, directly, the materials available and their cost. Low-cost metal powders are the key enablers for 3D printing, to realize its potential and transform industrial production. Metal powders used in additive manufacturing should have a spherical shape to ensure good flow, coating ability and a high packing density, also particle size usually below 50 μm or 150 μm depending on machine type and surface finish or productivity required. In this study, 17-4PH stainless steel powders have been manufactured by high pressure gas atomization process, and investigated in terms of effects of different gas atomization parameters on the particle characteristics. The gas atomized 17-4PH stainless steel powders exhibited a fine particle size and a spherical shape. The median particle size significantly decreased with increasing gas pressure and decreasing melt flow rate. Furthermore, the increased gas pressure accelerated the degree of sphericity of particles. The gas atomized 17-4PH stainless steel powders prepared in this study showed higher tap density and lower flow rate than conventional powders. The effective control of processing parameters was discussed in detail for manufacturing fine particles.

[금속분말 2-1 | 13:20] 초청강연

4차 산업용 금속분말 제조기술 개발 및 응용: 박요설; *(주)창 성*

Keywords: Metal Powder, Particle Shape, (AM)Additive Manufacturing, High Purity Tailor-made Metal Powder, Smart Alloy, Multi-Material

금속분말은 분사법(Atomization Method), 액상법, 기상법, 고상법등 다양한 방법으로 제작할 수 있으며, 제작공정 및 공정 변수에 따라서 다양한 입형 및 입도분포를 제어할 수 있다. 이를 통해서 종래의 분말야금, 자성재료, 전극재료등의 응용분야에 서 점차로 에너지, 의료, 환경 및 지식정보등 응용분야가 확대되고 있다. 최근에는 4차 산업 활성화에 동기화되어 Additive Manufacturing용 금속분말의 사업화가 가속화되고 있는 추세이다. 금속 AM 분야는 기계부품이나, 금형소재용 STS계열, 생체재료용 Co-Cr 및 Ti/Ti 합금 계열, 우주항공용 Ni계 초내열합금 및 Ti/Ti 합금 계열, 에너지 열교환기분야의 Cu 합금계열 분야로 구분할 수 있으며, 생체재료나, 우주항공용 소재는 생체친화성이나, 고온, 장시간 신뢰성 특성을 요구하므로 High Purity 및 Low Oxygen을 필수요소로 하고 있다. 이를 만족시키기 위하여 High Vacuum Atomization 공정 및 불순물과의 반응성을 억제하는 EIGA, Skull Melt 양산 분사법이 개발되고 있다. 향후 AM용 금속분말 소재는 현재까지 개발된 Conventional Metal Powder 이외에 AM환경에 최적화된 Tailor-made Metal Powder, 비정질 및 Biodegradable Smart Material, 내마모, 미찰계수, 열전도특성이 제어된 복합재료등의 고기능화된 다양한 분야의 금속분말이 AM 응용분야에서 요구될 것으로 예측되어진다.

[금속분말 2-2 | 14:00]

Fabrication and Characterization of CoCrFeNiMn based High Entropy Alloy Powder by Gas Atomizing Process: Bin Lee*, Sang Hyun Lee, Won Jung Choi, Hye Mi Cho, Bum Sung Kim, Taek-Soo Kim; *Korea Institute for Rare Metal (KIRAM), Korea Institute of Industrial Technology*

Keywords: High entropy alloy, gas atomizing, spark plasma sintering

High entropy alloys, the alloy group of new composition, which are consisted of five or more alloy elements without base element. They have differentiated properties from existing alloys and are attracting industrial attention. Fabrication of well-alloyed powders is important to extent the application field of the high entropy alloys. Up to now, research has focused on the production of irregular shaped powders by mechanical milling process. However, in order to secure reliable physical properties of sintered body using powder, it is required to manufacture spherical powder with uniform size.

In this study, high entropy alloy powder was prepared by gas atomizing process. CoCrFeNiMn based high entropy alloy system, which is the most widely studied, is selected. The alloy powder showed single phase and the microstructure was analyzed. After shaping and sintering process using SPS method, the mechanical properties were evaluated. It is believed that the high entropy alloy powder with high purity and regular spherical shaped can be applied to several processes such as powder injection molding and 3D printing. Especially, it is expected to greatly improve the performance of high precision parts for extreme environments by applying it to 3D printing, a key technology of the 4th industrial revolution.

[금속분말 2-3 | 14:30]

Production of Functional Materials by Powder Metallurgy(Gas Atomization, Water Atomization) and Investigation of their Characteristics: Babu Madavali[1], Chul Hee Lee, Dongwon Shin, Soon-Jik Hong; *Kongju National University*

The new emerging functional materials such as thermoelectric (TE) devices are the most preferable renewable energy sources used for waste heat energy recovery and environmentally friendly solid-state refrigeration due to their considerable and attractive interest in direct conversion of heat into electric energy and vice versa. At present, powder metallurgy came forward to increase thermoelectric figure of merit by the reduction of thermal lattice thermal conductivity through the bulk nano-structuring approach. In the present work, the designed powder compounds for functional materials were fabricated by rapid solidification processes such as gas atomization, water atomization, high energy ball milling and, subsequently consolidated by spark plasma sintering, and hot pressing. The powder characterizations such as angle of repose, angle of collapse, flat plate collapse, flowability index were examined. The crystal structure of the fabricated powders was analyzed and identified the phase formation in the powder state. The morphology and cross-sectional microstructures of fabricated powder were characterized by scanning electron microscopy. The texture analysis was proceeded by electron back scattering diffraction (EBSD), and atom-level microstructures was characterized by transmission electron microscopy (TEM) respectively. The mechanical properties such as tensile strengths, bending strengths, and micro-Vickers hardness values are carried out and interpreted their result with microstructure. The thermoelectric, and transport properties including Seebeck coefficient, electrical conductivity, and thermal conductivities were measured and interpreted results with microstructure. The dimensionless figure of merit, ZT was calculated by the measured TE properties.

[금속분말 2-4 | 15:00]

Heat-resistant Tungsten Matrix Composites for Rocket Propulsion Systems: Dongju Lee; *Chungbuk National University*

Keywords: Tungsten, Zirconium nitride, Rocket, Nozzle materials

Tungsten and its alloys are of particular interest for high-strength and high-temperature applications (rocket motor nozzles, aerospace rudders, turbines, combustion chambers, and fusion reactors) because of their high melting points, high moduli of elasticity, good thermal shock resistances, and good strengths at high temperatures. Temperatures in these applications may rise to 2000–3000°C within a few seconds, and high-temperature ablation is the primary source of component failure. Therefore, it is extremely important for high temperature materials to retain their strength and shape under working conditions. However, severe oxidation of tungsten at high temperatures is the primary obstacle to using tungsten in high-temperature applications. Over the past few decades, there have been many attempts to solve the problem by adding high temperature ceramics as a reinforcement in a tungsten matrix. In this talk, I will introduce fabrication process of tungsten matrix composites with a large volume fraction of ceramic reinforcement (ZrN) and the characteristics of thermo-mechanical and ablation properties. The effects of the ceramic volume fraction on the thermos-mechanical and ablation properties of the composites is investigated and compared with the behavior of monolithic tungsten for potential use in high-temperature aerospace components.

[금속분말 3-1 | 15:40] 초청강연

Fabrication and Characterization of Ultra-Fine Polycrystalline Diamond Compact: Hee-Sub Park, Yong-jun Shin, Bae-gun Park; *ILJIN Diamond.*

Keywords: Polycrystalline diamond compact(PCD), High pressure and high temperature sintering, Abnomal grain growth

Polycrystalline diamond (PCD) tools featuring excellent wear resistance and long tool life are made by sintering diamond powders. They are being used in the automotive and electronics industries as the tools that realize high speed, high efficiency and high precision machining of non-ferrous metals and non-metals. Recently, the machining trends in various industries are toward productivity improvement, use of hard-to-cut materials as environmental measures, and higher required precisions in finish specifications such as finish roughness. As a result of these trends in machining, there are growing needs for cutting tools made of PCD. PCD composites are made by a high pressure-high temperature (HPHT) process similar to one used in the commercial manufacture of synthetic diamond. PCD composite is a fully dense mass of randomly oriented, intergrown micron-size diamond-particles that are sintered together in the presence of a metallic binder phase, usually cobalt. Metallic binder cobalt helps diamond can make the strong bonding each other under HPHT condition. In this study, ultra fine polycrystalline diamond compact(UFD) using nano-sized cobalt-diamond composite powders was fabricated successfully by HPHT sintering process. Main focus of this investigation is to evaluate the microstructure control and cutting performance of PCD from new advanced process. Uniform microstructure with homogeneous distribution between diamond and

cobalt binder was confirmed by SEM and TEM analysis with EDS mapping. It was possible to control abnormal grain growth by optimizing sintering condition. Cutting performance of ultra fine PCD fabricated by new process was better than that of samples by conventional process. In conclusion, ultra fine PCD fabricated by new process with nano sized cobalt-diamond composite powders has more uniform microstructure and higher diamond content, which lead to improved cutting performance.

[금속분말 3-2 | 16:10]

자전연소합성법으로 제조한 탄탈륨 카바이드 분말의 초기 압분체 밀도에 따른 특성 평가: 박경태[1], 심재진[1], 최상훈[1,2], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 유지원[1,2]; [1] *한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터,* [2] *인하대학교*

Keywords: 탄탈륨 카바이드, 초경합금, 자전연소합성법, 탄탈륨, 카본

탄탈륨 카바이드(이후 TaC)는 높은 강도, 고온경도가 우수하고, 상용 초경탄화물 소재 중 가장 높은 융점을 지니고 있다. 또한 TaC는 첨가제로 사용시 결정립 미세화 효과 및 침식 작용을 방지하는 역할을 하여 초경합금 (WC-Co계) 산업에 주로 사용되고 있다. TaC를 포함한 Ta(Tantalum) 관련물질인 Tantalite는 아프리카 분쟁지역에서 채굴되는 이유로 수출입이 철저하게 통제되는 전략물자로 분류된다. 본 연구에서는 국내 발생 금속 스크랩으로부터 재활용된 원료를 이용하여 자전연소고온합성법(이후 SHS)을 통해 TaC를 제조하였다. SHS는 점화 후에 추가 열원을 필요로 하지 않아 높은 공정 효율과 빠른 생산 속도를 제공한다. 또한, SHS 공정은 원료가 도가니와 같은 다른 구성 요소와 접촉하지 않도록 설계 할 수 있다. 탄탈륨 원료는 98%의 순도, 31 μm의 입자사이즈를 가진 분말과 카본 원료는 평균 입자사이즈가 6 μm인 판 형상의 분말을 사용하였다. 공급원료의 초기 압분체 밀도를 본 연구의 변수로 하였고, 합성 후 TaC 분말의 형상, 입자 사이즈, 상 및 순도를 분석 하였다. 초기 압분체 밀도에 따라 조직의 형상 변화는 없었으나, 밀도가 증가할수록 입자 사이즈는 32.99 μm에서 10.80 μm까지 감소하였다. 또한 상 분석결과 상대적으로 낮은 밀도에서는 미합성된 탄탈륨과 카본 원료분말이 남아있었지만, 51%의 밀도에서 TaC 단상을 확인할 수 있었다. 연소합성 시 최고온도는 2,200°C까지 상승하였고, 이때 Ga, Mn, In, Ba과 같이 증기압이 낮은 불순물들이 휘발되어 순도가 최고 99.32%까지 상승하였다.

[금속분말 3-3 | 16:40]

습식 화학 공정을 이용한 불소 함유 TiO_2 나노입자 제조 및 광촉매 특성에 관한 연구: 이찬기, 이덕희, 박재량, 박경수; *고등기술연구원 신소재공정센터*

Keywords: AHFT, F-containing TiO_2, Nanoparticles, Wet-chemical process, Photocatalyst

TiO_2는 높은 광효율 뿐만 아니라 산, 염기에 대한 탁월한 화학적 안정성을 갖고 있는 대표적인 광촉매 중 하나이며 생산단가 낮아 상업성이 우수하고 촉매, 태양전지 재료, 가스센서, 안료 등 다양한 산업에서 널리 사용되고 있는 재료이다. TiO_2 촉매의 경우 반응이 광촉매의 표면에서 일어나기 때문에 광촉매의 표면 성질이 광활성에 중요한 영향을 미친다. 최근 들어, TiO_2의 표면개질을 통해 우수한 산화-환원력을 가지는 TiO_2 제조 연구가 활발히 진행되고 있으며 이를 제조하기 위한 다양한 공정이 활용되고 있다. 특히, TiO_2 표면 불소화는 생성된 전자-정공의 분리를 증가시키고 OH 라디칼 형성을 향상시켜 보다 효과적으로 오염 물질의 분해가 가능하다. 본 연구에서는 불소 함유 TiO_2 나노입자를 제조하기 위해 Ammonium hexafluorotitanate ((NH4)2TiF6, AHFT)와 Boric acid를 전구체로 사용하여 간단한 습식 화학 공정으로 불소 함유 TiO_2 나노입자를 제조하였으며 후열처리를 통해 불소가 제거된 TiO_2와 비교하였다. 제조된 TiO_2 나노 입자들의 결정구조, 입자형태 등의 다양한 물성 분석은 XRD, FESEM, TEM, XPS, TGA, BET를 이용하여 비교하였으며 함유된 불소가 광촉매에 미치는 영향을 평가하기 위해 Methylene blue 염료를 이용한 광분해 특성을 고찰하였다.

[금속분말 3-4 | 17:10]

Study of heterogeneous nucleation on as synthesized akaganeite nanorods; tuning the exchange biasing by controlled nucleation: Hessan Khalid[1,3],Sung Gue Heo[1, 2], Won Sik Yang[1, 2], Bum Sung Kim[1,3], Seok-Jun Seo[1]*; [1]*Korea Institute for Rare Metals, Korea Institute of Industrial Technology,* [2]*In-Ha University,* [3]*University of Science and Technology*

Keywords: Akaganeite, Nano rods, Synthesis, Forced hydrolysis, Exchange Bias

Iron oxide with its high natural abundance and low cost is in limelight of researcher for replacing critical and rare materials in various application fields. Akaganeite (β–FeO(OH)) with its antiferromagnetic behavior is known to show exchange bias at low temperature. In this study surface morphology of the akaganeite nanorods were tailored in order to achieve exchange bias effect close to room temperature. Akaganeite nanorods were synthesized via forced hydrolysis, HCl was added in the aqueous solution of FeCl3 and heated at 98°C for 24 hr. Different amount of NH4OH was added in the solution which acts as a surface modifying agent. Controlled heterogeneous nucleation was done with NH4OH. Exchange bias effect of different sample with varying amount of NH4OH was analyzed and parameter were optimized in order to achieve exchange bias near to room temperature. This increase in exchange bias was correlated with surface roughness and these argument were well supported using TEM, AFM and FE-SEM. Magnetic properties were analyzed using VSM. Akaganeite nanorods with near room temperature exchange bias properties may finds its application in read/write read of HDD, MRAM and magnetic sensors.

New-Horizon 심포지엄: 재료분야의 인공지능 및 시뮬레이션 적용기법과 사례

Room 한라B, 4월 26일

[New1-1 | 09:00] 초청강연

Towards AI-driven Materials R&D; Masahiko Demura: *National Institute for Materials Science*

Keywords: Materials Informatics, Materials Integration, Integrated Computational Materials Engineering

Initiatives to accelerate materials R&D with a power of artificial intelligence (AI) technology become globally active. While expecting the potential of AI, which unveils in Go, pattern recognition, medical diagnosis, etc., materials experts would have a question: "are problems on materials too complicate to apply the AI technology?" Actually, a variety of combination of elements and hierarchical inhomogeneity seems virtually unlimited and materials data available are limited, though. In this talk, I would like to introduce a couple of our activities which are expected to lead to the AI-driven materials R&D in the future, overlooking the global situation in this area. I will discuss about a role of AI to draw inspiration and hone intuition of the materials experts.

[New1-2 | 09:30]

History of ICME (Integrated Computational Materials Engineering) and MGI (Materials Genome Initiative): Yoon Suk Choi; *School of Materials Science and Engineering, Pusan National University*

Keywords: Integrated Computational Materials Engineering, Materials Genome Initiative, Modeling, Simulations, Materials Science and Engineering

ICME (Integrated Computational Materials Engineering) and MGI (Materials Genome Initiative) are key concepts leading the innovation of science and technology toward advanced manufacturing in the fourth industrial revolution. The present talk deals with how the ideas of ICME have been organized through the long history of modeling and simulation in Materials Science and Engineering and how ICME was further shaped to MGI. In addition, some of the finest examples of ICME approaches will be presented along with the state-of-the-art efforts and challenges to implement ICME and MGI concepts for the future research and development in the field of Materials Science and Engineering.

[New1-3 | 09:55]

Application of artificial neural network in materials science and engineering: Youngsoo Yoo, Hiwon Jeong, Seongmoon Seo, Daewon Yun, Inyong Jung; *Department of High Temperature Materials, Korea Institute of Materials Science*

Keywords: Artificial Neural Network, Data Modeling, Property Prediction, Superalloys, Creep

Artificial neural network (ANN) can be utilized as a flexible statistical data modeling tool in Materials Science field. After considerate construction of corresponding data base, training of the data is followed to predict various properties accurately for unseen input. A number of case studies of application of ANN are presented including alloy design and process optimization. Accurate prediction of key properties in terms of alloy composition is crucial step in alloy design; especially the number of elements added is around ten which is the case of superalloys. Creep life of single crystal superalloys are modeled with respect to alloy composition and creep condition utilizing ANN method. When there is no previous database, large numbers of experiments are needed to construct new database. Design of experiment such as response surface method (RSM) can be an efficient method for the new database generation when the number of input is large. The possibility of new alloy design method composed of database generation by RSM followed by data modeling by neural network (NN) is investigated. With this approach new candidate Ni base superalloys with good mechanical properties and oxidation resistance is proposed. A possibility of application of ANN in fine calibration of the data in deformation map for process optimization is also presented.

[New1-4 | 10:20]

인공지능(AI) 활용 철강재료의 기계적 물성예측: 이중형, 김진유; *POSCO 기술연구소 강재1연구그룹.*

Keywords: Mechanical Property, Artificial Intelligence, Hot strip rolling, Optimal Design in Steel Products

철강재료의 기계적 물성을 예측하는 재질예측 기술은 1980년대부터 본격적인 연구개발이 이루어졌으며 열역학, 재결정, 석출, 상변태 등의 물리야금모델 기반으로 발전해 왔다. 2000년대에 접어들어 IT기술의 비약적 발전과 더불어 온도, 변형율등 공정 물리량 예측모델과의 연계해석을 통해 재료의 기계적 물성을 보다 엄밀하게 예측 가능케 되었으며, 인장강도 500 MPa 이내의 일반강 중심으로 합금/공정 최적설계(기계적성질, 품질개선, 저원가)에 활용해 왔다. 그러나 일반 탄소강대비 석출경화형 고강도 합금강의 예측정도 열위, 추가적인 정도향상을 위한 기술적인 난제 존재, 예측 가능 물성의 제한(충격치등) 등의 어려움이 있었고 이를 극복하기 위해 조업 실적치를 이용한 통계적 기법 혹은 최근 대두된 딥러닝 기반의 인공지능 기법을 활용하게 되었다. 본 연구를 통해 주로 공정/제어/설비 중심으로 적용되어 온 딥러닝 기반의 인공지능 방법론을 철강재료의 기계적 물성예측에 적용 하였으며, 물리야금모델 대비 약 5~10%의 정도향상(석출경화 강종, 인장강도 ±30MPa이내 적중율) 결과를 얻을 수 있었다. 인공지능 모델의 최적 구조(입력층, 은닉층등)를 결정하기 위해 입력변수는 열간 압연(가열, 압연, 냉각)중 측정되는 조업변수의 다양한 조합을 구성하고 모델 은닉층 개

수와 각 은닉층의 노드개수를 자동으로 탐색하여 예측 적중율이 최대인 인공지능 모델의 구조를 결정하였다. 결정된 인공지능 모델은 중요 입력변수(합금성분, 온도조건)의 변화에 대한 물리적 경향성을 잘 반영하는지 검토하여 그 예측 정합성을 확인하였다. 하지만, 데이터 기반 모델인 인공지능 모델은 학습 범위 밖의 입력에 대해서는 예측 안정성을 보장할 수 없으며, 본 연구에서는 향후 이러한 부분에 대해서도 보완할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

[AW-5 | 10:45] 기술상 수상기념강연

머신러닝 기반의 합금 및 공정 설계 플랫폼: 구남훈, 김성환, 김재인, 고향진; *현대제철*

Keywords: 인공지능, 합금설계, 저합금용 Q&P 강재, 잔류오스테나이트, Machine Eye system

철강 및 비철 금속재료를 포함한 구조용 금속 재료의 합금 설계를 위해서는 기계적 물성, 제조 공정, 및 최종 제품의 후속 제조 공법 까지를 포함하는 다양한 특성에 대한 검토와 최적화가 필요하다. 이러한 최적화 과정에서는 수많은 변수들이 서로 복잡하게 연결되어 있고, 대부분의 경우에는 이러한 변수의 상관관계가 선형적 이론에서 벗어나, 수학적 모델링 기법으로는 그 예측이 매우 어려운 것이 현실이다. 때문에 합금 설계 과정은 지루한 반복적 시행착오의 과정을 거쳐야 하며, 이 과정에서 많은 비용과 시간이 소모되게 된다. 이러한 문제의 해결 방안으로서, 당사에서는 인공 지능 기반의 전산 합금 설계 플랫폼을 개발하게 되었다. 최근 인공지능 기술에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 산업 현장에 적용하기 위한 다양한 시도가 계속 되고 있다. 이중 에서는 창의 적인 발상으로 기존 공법의 어려움을 극복하고, 생산성을 증대하는 성과를 보이는 경우도 있으나, 대부분의 경우에는 인공지능 기술 자체에 대한 이해 부족으로, 기존의 일상적 생산 활동에 인공지능을 가미하여 혁신을 도모하려는 시도에 머물고 있다. 또한 인공지능 기술과 수식 모델에 기반을 둔 전산 모사 기법을 혼동하는 사례도 다수 발견 되고 있는바, 본 발표에서는 데이터 생산 및 최적화에 기반을 둔 인공지능 기반의 합금 설계 방법론을 제시하고, 개발된 합금의 미세조직 평가에 있어서, 이미지 학습을 통한 상분율 자동 판정 기법을 소개 하고자 한다. 본 발표에서 제시하는 강종의 종류는 최근 자동차용 3 세대 강판으로 주목 받고 있는 6.5Mn 계열의 고합금강과, 2.5Mn-1.7Si 으로 구성된 저합금용 Q&P(Quench and Partitioning) 강재이다. 6.5Mn 계열의 합금계에 대해서는 연속 주조 공정 변수 및 최대 물성을 얻어내기 위한 잔류오스테나이트 (retained austenite) 분율 최적화를 주요 목적으로 하였고, 저합금용 Q&P 강재에 대해서는 강도 향상에 필요한 Martensite 분율을 최적화하기 위한 합금 원소 및 후속 재가열 열처리 조건의 최적화를 주요 대상으로 하였다. 또한 제조된 최종 합금의 물성을 좌우하는 미세 조직의 해석에 있어서, 기존의 육안 관찰에 의존하던 방식에서 벗어나 금속 조직 해석에 특화된 인공 신경망을 구축하고 이를 학습 시켜 자동차용 3 세대 강판의 상분율을 자동으로 측정 할 수 있는 'Machine Eye system' 을 구축 하였다. 이와 같은 공법으로 개발된 신 강종은 타 철강사에서 발표하는 비교재 (Bench mark)와는 차별화된 설계 인자를 가지고 있으며, 동등 이상의 우수한 물성을 가지는 것으로 평가되었다. 또한 Machine Eye System 을 통한 금속 미세조직의 자동 판별 시스템은 작업 효율 측면에서 우수한 성능을 나타내었다.

[New1-5 | 11:10]

제철소 스마트 원료공급 모형 개발: 홍대근; *POSTECH 엔지니어링대학원*

Keywords: 원료공정, 스마트제어, 시뮬레이션, 빅데이터, 머신러닝, 딥러닝

제철소 원료공정은 이동기기의 운반과 대기와 같은 현장 조업에서 작업자 경험에 의존한 야드 및 설비 루트를 설정하는 등 작업 스케줄을 수기로 작성함에 따라 조업 프로세스가 효율적이지 못하다. 원료공급을 안정적으로 지원하기 위해서는 고로, 소결, 블랜딩 등 원료 사용량 추이에 따라 원료야드, 리클레이머(Reclaimer), 스태커(Stacker), 컨베이어 벨트 등 원료공정에서 운영하는 설비 및 자원을 효율적으로 제어할 수 있는 스마트 원료공급모형 개발이 필요하다. 스마트 원료공급 모형은 원료공급 예측모형과 제어모형 두 부분으로 구성된다. 첫째, 원료공급 예측모형은 원료공정에서 운용되고 있는 설비로부터 설비로부터 수집할 수 있는 기초자료(잔량, 부착광량, 절출량, 광종, 부피 등)를 수집하여 모델 수립을 위한 전처리 과정을 거친다. 최종적으로 구조화 된 데이터는 센서 잔량정보, 작업자 부착광정보, 고로 사용정보, 원료 사양정보, 빈(Bin) 사양정보, 제조실행시스템(MES) 정보 등으로 구성되고, 이를 기반으로 향후 Bin-level 현황을 예측할 수 있는 원료 공정 입/출력 예측 모델을 구축한다. 한편, 원료공급 제어모형은 구조화된 데이터 및 예측 모델로부터 도출된 향후 Bin-Level에 대한 정보 등을 종합하여 최신 데이터 분석 알고리즘을 활용한 설비 제어 모형을 개발한다. 시뮬레이션(Simulation) 기술을 이용하여 제어 시스템에 대한 모델링을 수행하고 의사결정 로직을 작성한다. 또한, 빅 데이터 분석(Big Data Analysis)과 딥 러닝(Deep Learning) 등 데이터 과학 기술을 이용하여 대량의 설비 데이터를 다룰 수 있으며, 분석한 데이터에 최적화(Optimization) 기술을 적용하여 최적 비용의 원료공장 이송설비를 실시간으로 제어한다.

[New1-6 | 11:35]

Study on fracture behavior during hole expansion of steel using realistic microstructure based dual-scale approach: Heung Nam Han[1], Siwook Park[1], Jinwook Jung[1], SungIl Kim[2], and Myoung-GyuLee[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering and RIAM, Seoul National University,* [2]*POSCO Technical Research Laboratories*

Keywords: Hole Expansion Ratio (HER), Representative Volume Element (RVE), dislocation, fracture criterion, dual-scale simulation

A reliable prediction of material formability should be required on designing automobile parts, especially for Advanced High Strength Steels (AHSS) with complex microstructures. In this work, a dual-scale finite element approach was conducted to predict the Hole Expansion Ratio (HER) of steels. In macro-scale, the punching analysis step followed by hole expansion simulation was performed. The strain history of each element was used as a boundary condition of micro-scale Representative Volume Element (RVE) model. Mechanical properties of constituent phases were optimized using dislocation based continuum model. The equilibrium dislocation density was calculated by enforcing condition, which the Peach-Kohler force vanishes during pile-up of dislocations. The mean free

path was also calculated from the derived dislocation density, which is incorporated in the equation of flow behavior. The local strain distribution between different phases was compared with the in-situ tensile test results. For the failure modeling, a realistic microstructure-based finite element approach was presented in combination with continuum damage mechanics to consider the influence of microstructural characteristic. In the simulation of blanking process, a ductile fracture criterion was suggested to predict both shear and fracture zone. The experimentally observed hole-expansion behavior was compared with the presented finite element model.

[New1-7 | 12:00]

Finite element simulations for joining processes and their applications to the estimation of mechanical properties: Chanyang Kim[1], Dongjoon Myung[1], Ji-HoonKim[2], Myoung-Gyu Lee[3]; *[1]Korea University. [2]Pusan National University. [3]Seoul National University*

Keywords: Finite element simulations, Friction Stir Welding, Self-Piercing Rivet, Joining strength, Fracture criterion

Finite element (FE) method is one of continuum level simulation technologies which has been utilized in numerous industrial applications. For successful FE simulations in the process and product optimizations to enable better product quality, both aspects on numerical and material properties should be further improved to obtain accurate solutions for problems with complex geometry and mechanical behaviors of recent engineering structural materials. In this study, the FE simulations were applied to two joining processes, friction stir welding (FSW) and self-piercing riveting (SPR), in which the material deformation is significantly large and nonlinear compared to the conventional forming process. For the FSW simulation, the Lagrangian-based formulation (compared to the frequently used Eulerian approach) was adjusted to solve the large deformation under coupled thermal-mechanical condition, and the final mechanical properties were estimated by applying empirically obtained transformation kinetics of aluminum alloy as a validation purpose. For the SPR simulation, an advanced fracture model was additionally considered to simulate the penetration of sheet by a tool. The simulated results were used as virtual experiments for proposing practical analytical model of joint strength estimation. The new analytical model was also validated by the comparison with experimental data for wide range of materials.

[New2-1 | 13:30 초청강연]

아마존웹서비스의 인공지능 및 빅데이터 사례와 기술 소개: 구태훈; *AWS(Amazon Web Service), Database & Big Data Business Development*

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), Big Data

최근 4차 산업혁명의 도전에 대하여 기업은 디지털 혁신(Digital Transformation)을 매우 중요한 화두로 이야기하고 있습니다. 이것은 인공지능 및 빅데이터를 기반으로 산업의 본질적인 경쟁력을 혁신하고자 하는 생존을 위한 노력입니다. 아마존웹서비스는 이러한 기업들을 위해서 클라우드 서비스를 통해서 다양하고 혁신적인 기술을 제공해왔습니다. 특히 인공지능 및 빅데이터 기술 부문은 디지털 혁신을 이끌고 있는 메가트랜드로 아마존 그룹의 선도적인 실험과 성공 사례를 참조할 수 있습니다. 본 강연에서는 이러한 혁신적인 사례를 살펴보고 어떤 기술적 가치와 특징이 있는지를 분석하겠습니다. 추가로 인공지능 및 빅데이터 기술을 실현할 수 있는 아마존웹서비스의 다양한 클라우드 서비스를 검토하고, 어떤 아키텍처 설계로 구현할 수 있는지를 전달하겠습니다.

아마존의 인공지능 및 빅데이터 혁신 사례

아마존웹서비스의 인공지능 및 빅데이터 서비스 소개

인공지능 서비스 구현을 위한 아키텍처 설계

[New2-2 | 14:00]

신경망(Neural Network) 인공지능 데이터모델링을 이용한 보일러용 Grade 91소재의 인장 및 Creep 수명예측: 공병욱[1], 김병구[1], 한정민[1], 이경운[1], 석진익[1], F. Masuyama[2]; *[1]두산중공업㈜ 기술연구원, [2]Kyushu Institute of Technology*

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Neural Network (NN), Bayesian Network, Grade 91, Creep, Boiler Tube

화력발전의 경우는 증기온도를 상승시켜 효율을 높이는 기술개발이 지속적으로 진행하고 있고, 이를 실현시키기 위해서는 600°C 이상에서도 고온, 고압에 견디는 소재 확보가 필수적이다. 특히, 보일러용의 헤더, 주증기관 그리고 터빈용 로타 및 블레이드 등에 사용하기 위한 높은 Creep 강도를 갖도록 고강도 마르텐사이트 조직의 소재가 개발 되어 현재 사용되고 있다.그러나, 보일러 소재분야에서 가장 많이 사용하고 있는 Grade 91, 92 재질에서 장시간 Creep 수명이 초기 ASME Code committee 승인 시 예측된 예상 수명보다 감소하는 현상이 최근 보고되면서 설계 가능한 허용 응력을 낮추는 활동들이 진행되었다. 이러한 장시간 수명예측의 한계는 시험 DB는 특정 범위의 합금성분의 갖는 시험편을 기반으로 충분하게 확보되지 못한 장시간 수명 DB를 바탕으로 기존에 활용되고 있는 지식 기반 예측 model를 사용한 결과이다.본 연구에서 사용한 Grade 91합금은 다양한 합금원소 첨가를 통해 크리프 강도를 향상 시키도록 합금설계가 되어 있다. 합금원소 단독첨가에 의해 나타나는 효과는 단순 시험을 통해 검토가 어렵지 않으나 다양한 원소의 동시첨가에 따른 상호 작용성은 효율적으로 검토할 적절한 방법이 제안되지 못한 상황이었다. 그리고 이러한 효과를 정확히 예측하는 것은 기존의 접근 방법으로는 거의 불가능하므로 본 연구에서는 이를 극복하기 위해서 다양한 인공지능 기술 중의 하나인 신경망이론(Neural Network : NN)을 적용해 합금원소의 상호 작용성을 고찰하고 이를 바탕으로 다양한 합금조성에서도 보다 정확한 장시간 Creep 수명 등을 예측하고자 한다.

[New2-3 | 14:25]

Design of Novel Catalysts: From First-Principles to Machine-Learning: Sang Soo Han; *Korea Institute of Science and Technology*

Keywords: Metallic catalysts, first-principles calculation, machine-learning, high-throughput screening

Electronic structures of materials such as electron densities of states (DOSs) are one of the most critical keys to determine material properties. Thus, prediction of the electronic structure using a first-principles density-functional theory (DFT) calculation has been regarded as a very useful tool for design of novel catalysts. Recently, a combination of the DFT calculation and the automation technique provides a high-throughput screening for a catalysis design. With this method, we have recently developed novel metallic catalysts for direct synthesis of hydrogen peroxide (H2O2), which shows a superior catalytic properties over the state of the art material, palladium (Pd). Moreover, the high-throughput screening technique is also efficient to build the DOS database, with which we can apply a machine-learning technique for design of novel catalysts. In this talk, we will also discuss the relevant recent advances. On the other hand, although the DFT calculation provides an accurate DOS for a material, the calculation is very time-consuming. Herein, we will discuss a cost-effective method to predict the DOS of multi-component ally systems based on a machine-learning algorithm called a principal component analysis, with which the shape of DOS can be even predictable. Within this framework, we input only a crystal structure and a composition. In comparison with the DFT calculation (GGA level), our machine learning method can provide the DOS results (both of value and shape) with an accuracy of >95% and a 1,000 times faster speed than the DFT calculation. To our best knowledge, this work is the first machine learning approach to predict the complete DOS information (value and shape) of multi-component alloys.

[New2-4 | 14:50]

Prognostics of Swing Reduction Gear Box for Excavator based on the machine learning: Gyebong Jang; *Electrical & Electronics Center, Doosan Infracore, Co., Ltd.*

Keywords: Prognostics, machine learning, Swing Reduction Gear, Gear, Excavator

The research to prevent the breakdown of the construction machine has been done continuously, but it is still at the level of recognizing the breakdown. This technology aims at developing an autonomous and robust solution for predicting the failure of a planetary gear of an excavator swivel. Using the machine learning technique, which has recently been spotted, it learns about the fault situation and recognizes the initial abnormal situation of the turning speed reducer The aim is to minimize the down time of the equipment by predicting the failure. Traditionally, the values of the vibration sensor are frequency-converted and diagnosed according to the vibration characteristics of the rotating body through analytical techniques such as AR-MED filter and Spectral Kurtosis. In this project, we developed an algorithm that has more than 80% accuracy without loss by applying the algorithm such as bagging, decision tree, and ensemble by converting the time series data received from the knock sensor to statistical data by using the machine learning technique. In the case of applying to the embedded system by the standalone method, the conventional method requires a high-performance computing power from the data acquisition to the recognition algorithm application. However, in the case of the learned algorithm, the low-capacity and high- Embedding easily. In addition, since it is possible to continuously update the algorithm once learned, it has been possible to design a robust algorithm that can be easily adapted in various environments rather than the existing analysis method. By using this technology, it is anticipated that the system will be developed into a system that predicts the lifetime of a component in the future. Through this presentation, we will explain in detail how to prepare for machine learning, the obstacles in the process and how to apply it to the system.

[New2-5 | 15:10]

재료공학 분야의 Virtual Engineering 사례 및 기대효과: 유석현; *두산중공업㈜*

Keywords: Virtual Engineering, 인공지능, IoT, Material Informatics, Simulation

최근 4차산업혁명 시대의 디지털 전환에 발맞추어 재료분야에도 인공지능, 머신러닝, IoT, Material Informatics, Simulation 등과 같은 새로운 Virtual Engineering 기법들이 전통적인 방법을 대체 혹은 보완하여 성과를 내는 단계에 접어 들고 있습니다. 미국에서는 2014년부터 소재게놈계획(Materials Genome Initiative)이 추진 중이며, 국내,외 현장/연구실에서도 최신 IoT 기술과 결합한 Virtual Engineering의 사용범위가 빠르게 확대되고 있습니다. 본 발표에서는 제4회 New Horizon Symposium에서 발표된 내용을 종합하고, 국내,외에서 적용되고 있는 Virtual Engineering 사례별 기대효과를 고려하여, 생산 현장이나 연구실에서 혁신적인 성과를 창출하기 위해 어떤 준비와 활동이 필요한지 논의하고자 합니다.

미래의 소재기술 심포지엄

Room 한라B, 4월 26일

[미래소재 1-1 | 15:30]

산업환경변화에 따른 소재개발 전략: 이상관; 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: 초연결, IoT, 4차산업혁명, 사물인터넷, 빅데이터, 소재제조공정

한국 소재산업이 4차 산업혁명의 시대에서 진정한 의미에서 소재강국의 길로 진입하기 위해서는 기존 소재산업의 토대에서 새로운 성장동력을 발굴하기 위한 개발전략이 필요하다. 현재까지도 국내 소재산업은 소재 선진국과 대비하여 고부가 가치화를 가능하게 하는 핵심 분야에서는 열위에 있으며, 소재 선진국들은 지속적인 선점을 위해서 끊임없이 투자하고 있는 시점에 4차산업혁명의 시대라는 새로운 변화를 맞이하고 있다. 이와 같은 변화는 신기후 체제와 관련한 지속가능한 사회, 인구구조의 변화와 관련한 건강한 사회, IoT 기술을 기반으로 하는 초연결 사회, 재해 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 안전한 사회, 인간과 인간, 인간과 사회에 새로운 가치를 창출하는 창의적 융합사회로 대별되는 미래사회 요구와 밀접한 관계가 있다. 이에 대응하기 위하여 소재산업은 핵심소재 확보를 통한 산업 고도화라는 기존의 전략에다가 4차산업혁명시대의 도래에 따른 산업환경변화를 고려한 새로운 소재개발전략을 필요로 한다. 산업환경변화에 따른 소재는 4차 산업혁명과 관련한 다양한 시스템의 요구를 반영할 수 있는 특성을 보유하여야 하며, 소재개발 주기도 기존보다 획기적으로 빨라져야한다. 또한, 다품종을 위한 소재제조공정의 스마트화, 기존의 금속, 화학, 세라믹 등 다양한 소재간의 경계영역의 파괴, 소재의 다양한 기능을 선택적으로 조합하여 복합성능을 발현하면서 바이오, 기계, 전자 등과의 기술융합이 필요하다. 예를 들면, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 센서 등 초연결 사회를 구현하기 위해서는 지능형 스마트 소재의 개발이 필요하며, 고령화, 저출산 등 초고령 사회로의 진입, 난치병 극복 등 건강한 사회를 구현하기 위해서는 맞춤형 웰니스 바이오 소재의 개발이 요구된다. 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 온실가스 배출 감축 이행, 기후변화 등 지속가능한 자연과 사회를 구현하기 위해서는 환경변화 대응소재의 개발이 요구되며, 자연재해 및 인공재난, 전염병, 테러 발생 등의 위험으로부터 안전한 사회를 구현하기 위해서는 안전소재의 개발이 필요하다.

[미래소재 1-2 | 16:00]

고강도 경량 철강소재 연구 동향: 이영국; 연세대학교

Keywords: 경량화, 고강도, 철강재료, 구조재료

철강 산업은 전후방 산업에 미치는 영향이 매우 큰 기간 산업이기 때문에, 세계 각국은 자국의 철강 산업 보호와 육성을 위해 무역장벽을 높이고 있어 그 어느 때보다도 현재 치열한 경쟁 속에 있다. 이러한 국내외 어려운 환경을 극복하기 위해서는 고부가가치의 world premium 급 신철강 재료의 개발이 반드시 필요하다. 특히, 수송기기 분야에서는 유가 상승, 안전성 향상, 온실가스 배출 저감, 높아지는 무역장벽 등에 효율적으로 대응하고 국제 경쟁력을 확보하기 위해 신철강재료를 절실히 필요로 하고 있다. 산업체에서 요구하는 신철강재료의 개발 방향은 크게 고강도화와 경량화이다. 이는 '국가중점과학기술 전략로드맵'에 채택되어 있는 차세대 소재 기술 중 하나인 고강도·고인성 경량합금 소재와도 맥을 같이 하고 있다. 이러한 사회적 요구에 발맞추어 최근 세계적으로 고강도 경량 철강소재에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 따라서, 이번 발표에서는 지금까지 보고되고 있는 고강도 경량 철강소재들과 그들의 물성들에 대해서 정리해보고 연구방향 등에 대해서도 살펴보고자 한다.

[미래소재 1-3 | 16:25]

항공용 소재, 부품 기술 및 국산화 전략: 권용남; 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: 항공 소재, 항공 부품, 손상허용물성, 시험평가기술

세계 2차 대전 이후 제트 엔진의 보급으로 항공기의 속도가 높아짐에 따라 항공기 구조물이 받는 하중이 증가하였고 이에 따른 구조적인 결함으로 항공기 사고들이 증가하였다. 이러한 항공기 구조 문제를 공학적으로 해결하기 위한 연구가 시작되었고, 특히 파괴역학과 재료공학은 항공기의 안전을 향상시키는데 필수적인 학문으로 부각되기 시작하였다. 최근에는 기존의 항공기 안전을 기본으로 경제적인 항공기 운용을 위한 새로운 설계 및 운용 개념이 제안되고 있으며, 새로운 기술적 시도의 근간에도 복잡한 항공기 운영 환경에서 발생하는 소재의 거동을 정량적으로 평가하고 극한환경을 극복하는 신소재 기술의 적용이 자리 잡고 있다. 항공용 소재의 개발 및 양산에는 기술적으로 높은 장벽이 존재할 뿐만 아니라 경제성 확보가 어려운 문제로 존재한다. 하지만 우리나라 완제기와 민수용 항공기 부품 수출이 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 최근 각광을 받고 있는 무인기 시장도 향후 급격히 성장할 것으로 예상된다. 항공용 소재의 개발은 기존 소재 대비 향상된 특성과 항공기 안전을 저해하지 않는 범위에서 경제성을 동시에 만족하는 방향으로 진행되어야 한다. 최근 많은 연구가 이루어지는 나노 소재와 구조기반 소재는 현재 항공 산업 선도국에서 개발이 진행되는 소재로 전통적인 항공소재에 비해 우리나라 입장에서 항공 산업에 적용할 수 있는 가능성이 높은 소재이다. 향후 항공 산업의 발전 방향에서 요구되는 소재개발을 통해 항공용 소재의 국산화를 진행할 필요가 있다. 더불어 현재 항공기 제작에 사용되는 부품 제작 공정기술의 국산화율을 향상시키는 노력을 우선적으로 추진할 필요가 있다.

[미래소재 1-4 | 16:50]

3D 프린팅 미래소재 기술 동향과 개발 전략: 배창준[1], 정연길[2]; [1]한국기계연구원 부설 재료연구소, [2]창원대학교

Keywords: 3D 프린팅, 금속, 세라믹, 소재기술, 공정기술, 평가기술

3D 프린팅 기술은 설계 데이터에 따라 액체·파우더 형태의 다양한 소재를 가공·적층 방식으로 쌓아 올려 제조하는 것으로 소재를 기계가공·레이저 등을 이용하여 자르거나 깍아내는 방식으로 제품을 생산하는 기존 제조방법과는 반대되는 개념이다. 이러한 3D 프린팅 기술이 산업용 기계, 항공·우주, 자동차, 의료산업 등 다품종 소량생산이 필요한 분야에서 제조업 혁신을 가져올 것으로 판단하여 각국 정부에서 기술 경쟁력을 확보하기 위한 R&D 활동과 함께 산업 육성을 위한 기반기술을 확보해 나가고 있으며, 3D 프린팅 관련 산업 규모는 연평균 19.3%씩 증가해 나가는 추세이다. 특히 미국은 정부차원에서 가장 활발히 3D 프린팅 R&D를 추진하고 있으며, 제조업 고도화를 위해 3D 프린팅 응용 생산기술 개발·육성을 위한 지원을 아끼지 않고 있다. 이에 반해 국내 3D 프린팅 산업은 기반구축이 전무한 상태이며, 세계적인 추세에 맞춰 3D 프린팅의 소재·공정·평가 기술개발을 위한 원천기술 국산화 및 관련 산업의 육성이 필요한 실정이다. 따라서 급속하게 발전해 나가고 있는 세계 3D 프린팅 기술에 대응하고 국내 3D 프린팅 기술과 관련 산업을 육성하기 위해 금속 및 세라믹 소재를 기반으로 하는 3D 프린팅 핵심기술들 (출발물질에 대한 소재기술, 선전된 소재의 공정기술, 소재 및 공정에 따른 후처리 기술, 평가기술 등)에 대한 개발 방향과 전략을 제안·논의하고자 한다.

[미래소재 1-5 | 17:15]

미래 수송기기용 경량금속의 연구개발과 그 응용: 김형욱; 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: 경량, 고강도, 금속, 수송기기, 알루미늄, 마그네슘, 타이타늄

지구규모의 환경문제의 해결을 위하여 각종 수송기기의 연비향상 및 이산화탄소 저감을 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 전기자동차 및 항공 등 미래 수송기기의 경량화를 통한 연비향상을 위하여 알루미늄, 마그네슘 및 타이타늄을 중심으로 한 경량금속에 대한 사용비중이 증가하고 있으며 보다 경량이며 고강도인 신합금 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 기술 선진국을 중심으로 자국의 산업보호와 미래 시장의 선점을 위하여 수송기기 경량화를 위한 국가지원 연구개발과제를 산학연 협력하여 추진 중에 있으며 이를 산업화하기 위한 연구를 지속적으로 수행 중에 있다. 국내에서도 미래수송기기 경량화를 위한 소재개발의 일환으로 2017년부터 국가전략연구과제로서 "경량금속"연구를 지원하기 시작하였다. 본 발표에서는 각종 수송기기 중 국내에서 산업 비중이 가장 큰 자동차를 중심으로 연구되고 있는 차량 경량화 소재인 알루미늄합금, 마그네슘합금, 타이타늄합금에 대한 국내외 산업현황과 현재 진행되고 있는 연구개발동향을 소개하고자 한다. 또한 재료연구소에서 진행되고 있는 미래 수송기기의 경량화를 위한 경량금속에 대한 연구개발과 응용에 대하여 소개하고 향후 국내에서 미래 수송기기의 성능향상을 위하여 개발되어야 하는 새로운 경량금속소재 및 공정기술에 대하여 논의하고자 한다.

[미래소재 1-6 | 17:40]

리튬전지 핵심소재 및 재활용 기술 개발: 김영식; 울산과학기술원

Keywords: 에너지, 리튬이온배터리, 리튬, 코발트, 재활용, 원료확보

전 세계적인 에너지 소비량의 증가로 인해, 에너지의 가치와 에너지의 저장의 중요성이 크게 대두되고 있다. 에너지 저장의 핵심기술인 리튬이온배터리는 지속적인 과학기술의 발전과 함께 꾸준한 성장력을 보이고 있다. 또한, 미래의 친환경 이동 수단으로 각광받고 있는 전기자동차와, 미래 친환경 에너지를 저장 할 수 있는 에너지 저장장치(ESS)등의 개발로 인해, 리튬이온배터리 시장은 매년 가속화된 성장 속도를 보이고 있다. 리튬이온배터리의 가속화되는 시장 성장에 영향을 받아, 리튬이온배터리 소재의 고갈의 위험성과 소재 원료확보에 대한 중요성이 국가적 차원에서 대두되고 있으며, 실제 리튬이온배터리의 핵심 원료인 리튬과 코발트는 기하급수적인 가격 증가 추세를 보이고 있어, 이를 확보 및 재활용할 수 있는 기술의 필요성이 증가하고 있다. 전 세계적으로 다양한 연구기관에서 리튬이온전지재활용에 관련하여 연구 및 기술 개발을 진행하고 있지만, 대부분의 기술들은 리튬이온전지물질을 산에 용해하여, 처리를 하는 방법으로 인해, 높은 가격 및 환경오염의 문제가 발생한다. 이를 위해서 안전하고, 친환경적인 리튬이온배터리 원료의 재활용 기술의 개발이 반드시 필요하며, 코발트와 리튬, 니켈 등 폐전지 핵심 원료 물질들을 열처리와 전기화학적인 공법으로만 재활용 할 수 있는 기술이 개발이 소개되고 있다.

제2회 극한환경재료 심포지엄
Room 300, 4월 26일

[극한1-1 | 10:00]

Effects of heat and hydrogen flux on the tungsten-based materials fabricated by means of spark plasma sintering technique: Nojun Kwak, Yeonju Oh, Heung Nam Han; *Seoul national university.*

Keywords: Plasma facing materials (PFMs), Tungsten-based materials, Spark Plasma Sintering (SPS), High heat flux (HHF), Ion flux of hydrogen isotopes (IFH)

Tungsten-based materials have been considered as the most promising candidate for plasma-facing materials (PFMs) in a next generation fusion reactor. It is well known that commercialized ITER grade tungsten is manufactured by mechanical processing at high temperature after sintering to obtain high density with improved mechanical properties. In this study, in order to obtain high-density sintered tungsten with better plasma stabilities, spark plasma sintering (SPS) technique, where a pulsed electric current with high current density was applied to the specimen with a pressure, was utilized. It is known that the application of an electric current through a metal can change the microstructure and increase the plastic deformation (often called 'electroplasticity'). The sintering conditions for SPS were controlled to figure out their effects. The microstructure and mechanical properties of the SPSed specimens were feedbacked to obtain an optimized condition. The plasma stabilities of tungsten specimens were evaluated by high heat flux (HHF) test and an intense ion flux of hydrogen isotopes (IFH) test. The microstructure after HHF and IFH test was compared with those of the commercialized ITER grade tungsten samples. It was revealed that the high-density tungsten-based materials fabricated by SPS technique show better plasma stabilities with respect to microstructure and mechanical properties than commercialized ITER grade tungsten samples.

[극한1-2 | 10:15]

Radiation Hardening and Swelling in Ti-bearing Reduced Activation Ferritic-martensitic Steel: Chansun Shin[1], Jungwoo Heo[1], Sangeun Kim[1], Changhoon Lee[2], Hyung-Ha Jin[3]; [1]*Myongji University.* [2]*Korea Institute of Materials Science.* [3]*Korea Atomic Energy Research Institute.*

Keywords: Radiation hardening, Swelling, RAFM steel, Blanket, Nuclear fusion reactor

The Reduced Activation Ferritic / Martensitic (RAFM) steel is a candidate material for the blankets in a nuclear fusion reactor. We investigated the radiation-induced hardening and swelling in self-ion irradiated Ti-bearing RAFM steel. Ti-bearing RAFM steels were fabricated by vacuum induction melting and hot-rolling process followed by normalizing and tempering. The addition of Ti induces the formation of (Ti, W)C precipitates and refined $M_{23}C_6$ particles during tempering process. It is known that refined $M_{23}C_6$ particles and MC-type carbides contribute to enhance the mechanical properties. The irradiation-induced increase in yield strength was evaluated using micropillar compression tests of a Fe-ion irradiated Ti-bearing RAFM steel sample. Swelling was experimentally measured by implanting He ions on the polished surface at nominal room temperature, and annealing the irradiated specimens at 350oC. Irradiation hardening and swelling of the Ti-bearing RAFM steel (called hereafter as 'E97+Ti') are compared with those evaluated from Eurofer97.

[극한1-3 | 10:30 초청강연]

용융 합금의 고유한 특성 온도에의 고찰: 류채우[1], Wojciech Dmowski[2], Kenneth F. Kelton[3], Andreas Meyer[4], 이근우[5], 박은수[6], Takeshi Egami[7]; [1]*서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.* [2]*University of Tennessee.* [3]*Washington University.* [4]*독일우주항공국.* [5]*한국표준과학연구원.* [6]*기반표준부.* [7]*창의융합센터.*

Keywords: Metallic melts, Characteristic temperature, Liquid structure, Metallic glass

액상의 원자 단위 구조 분석과 이로 인한 재료의 물성과의 연관성에의 연구는 결정상과는 달리 그 실험적 측정 한계와 액상 구조의 정형화의 곤란성으로 연구 진행의 정도가 결정상에 비해 미비한 실정이다. 최근 정전기 공중 부양 장치(Electrostatic Levitation, ESL)가 개발되면서, 재료와 용기의 반응에 의한 오염이 차단 됨과 동시에 고진공 상태를 구현함으로써 재료의 용융 상태를 유지하는 것이 용이해 졌으며 나아가 과냉각 액상 영역을 구현하는 것이 실험적으로 가능해졌다. 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션과 고에너지 X-ray와 정전기 공중 부양 장치가 결합된 실험을 통해 용융 합금의 온도에 따른 구조 변화 양상을 분석하는 한편, 액상 구조가 존재할 수 있는 이상적인 온도에 대한 새로운 특성 온도를 제시하였다. 특히 복사 냉각을 통해 비정질을 형성하는 Pd-Cu-Ni-P 합금 시스템에 대하여 녹는점 이상의 고온에서부터 유리 천이 온도 이하의 온도까지 실시간 구조적 변화와 물성 변화 양상을 체계적으로 정리하였으며, 이를 통해 비정질을 형성하는 합금 시스템에 있어서 온도에 따른 특성 온도 전반에 대한 거시적인 관점을 보여준 바, 액상 영역에서의 상변화 양상에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 실질적으로 재료의 물성을 이용할 수 있는 새로운 루트를 도출해 내었다.

[극한1-4 | 10:55 초청강연]

임계 압력속도 구간에서 고압얼음의 압력유기 결정성장의 천이거동 해석: 이윤희, 김용재, 이수형, 이근우; *한국표준과학연구원.*

Keywords: 동적다이아몬드앤빌셀, 고압얼음, 결정형상천이, 성장속도천이, 압력속도

동적 다이아몬드 앤빌 셀(dynamic diamond anvil cell)을 이용한 고압얼음의 결정성장 거동의 관찰을 통해 1 Hz 이하의 낮은 압력속도에서는 2개의 사각피라미드가 맞닿은 팔면체의 각진 얼음결정(faceted ice crystal)이 서서히 3차원으로 성장함을 확인할 수 있었다. 반면에 10 Hz 이상의 높은 압력속도에 대응해서는 각진 얼음결정이 발달하는 도중에 급격한 2차원 얼음결정의 성장을 확인할 수 있었다. 초고속 카메라로 관측된 얼음결정의 크기와 성장속도 데이터를 살펴보면, 3차원 성장에서 2차원 성장으로 얼음결정의 형상천이가 일어나는 과정에서 고압 얼음의 성장속도는 약 100배 이상 빨라짐을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 임계 압력속도 이상에서 발생하는 고속의 얼음결정 성장거동을 높은 압력속도에서 발생하는 과도한 결정성장 구동력과 성장계면에서의 물분자 부착에 대한 속도론적인 효과의 상호작용으로 설명하고자 한다. 즉 얼음성장의 구동력이 물분자 계면 부착에 따른 성장속도를 초과할 경우 얼음/물 계면의 순간적인 과압이 발생하며, 이 과압으로 인해 성장계면에 접한 물의 밀도가 증가하게 되고 종래 합금의 고속 응고에서 관찰되었던 용질 트래핑과 유사한 현상이 2차원 얼음결정 성장에서 발생하는 것으로 고찰하였다. 또한 용질 트래핑에서의 결정 성장속도와 용질 분배인자에 대한 수식을 이용하여 본 결정성장속도와 밀도 트래핑 거동을 설명할 수 있었다.

[극한1-5 | 11:20 초청강연]

Realization of quantum Hall resistance standard based on epitaxial graphene in KRISS: Dong-Hun Chae, ; *Korea Research Institute of Standards and Science.*

Keywords: Graphene, quantum Hall resistance

Graphene has been known as a promising candidate system for quantum Hall resistance metrology application at relaxed experimental enviroments such as higher operational temperature and lower magnetic field due to the linear energy-momentum dispersion. In reality, there exist challenges to be overcome for graphene quantum Hall resistance metrology. Those are, for instance, doping control and longterm stability. In this presentation, we will introduce experimental progress of graphene-based quantum Hall resistance standard in KRISS. Using photo-gating and dopants, carrier density of graphene on SiC is tuned for emergence of quantum Hall effect at relatively lower magnetic field. We will present preliminary results on precision measurements of quantum Hall plateau value in epitaxial graphene devices using a cryogenic current comparator bridge.

[극한2-1 | 13:30 초청강연]

Thermophysical properties of molten refractory materials above 2500 K using electrostatic levitation (Nb, Mo, Ta, W and Nb-alloys): 이근우[1], 유창환[2], 이윤희[1]; *[1] 한국표준과학연구원. [2] 경희대학교.*

Keywords: high melting temperature materials, thermophysical properties, electrostatic levitation, refractory materials

It is very challenging to measure thermophysical properties of molten refractory metals and alloys. At high temperature more than 2000 K, molten liquids can be easily contaminated by environment (e.g., container, or gas) and contact probing tools using conventional methods. This hinders measuring accurate thermophysical properties. To avoid the problem, we used electrostatic levitation (ESL) which provides containerless environment under high vacuum. Using the ESL, we can achieve high temperature condition more than 3000 K, and study thermophysical properties of refractory materials. Here, we present the thermophysical properties of molten refractory materials, such as undercooling, density, thermal expansion, specific heat with Nb, Mo, Ta, and Nb-Mo/Ta/W alloys.

[극한2-2 | 13:55 초청강연]

Phase stabilization of high entropy alloy under dynamic forcing condition by high shear stress: Hyun *Seok Oh[1], Zhiming Li[2], Jinyeon Kim[1], Chae Woo Ryu[1], Koichi Tsuchiya[3], Andreas Meyer[4], Dierk Raabe[2], Eun Soo Park[1]; [1]Seoul National University. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung. [3]National Institute for Materials Science. [4]Deutsches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt.*

Keywords: High entropy alloy, Dynamic forcing condition, High pressure torsion, Effective temperature, Autonomous phase stabilization

The rapid evolution of modern industries demands advanced materials exhibiting greatly improved performances. Recently, the novel design strategies of multi-component high entropy alloys have shown great potential to resolve these challenges with their inherent mechanisms of damage tolerance under extreme environments such as high stress, high temperature and high radiation flux. However, since chemical complexity in HEA causes strong propensity for the formation of intermetallic compounds or segregations, phase instability can be frequently triggered when the external forces activate the diffusion under dynamic forcing conditions. Herein, we demonstrate that the steady state condition induced by high pressure torsion causes far-from-equilibrium super-saturation of FeCoNiCrAl HEA with high temperature stable phases (higher effective temperature, Teff) due to sluggish diffusion kinetics of constituting elements and unique dynamic constraint at Teff~melting point, assuring autonomous phase stabilization of HEA under dynamic forcing conditions. Indeed, this result would offer a guideline to design a new type of structural materials for harsh environments.

[극한2-3 | 14:20]

극한 환경용 차세대 초내열합금 개발: 박형기[1], 이택우[1], 박은수[2], 박광석[1]; *[1] 한국생산기술연구원 강원지역본부. [2] 서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Nb based alloy, Super alloy, High entropy alloy, high temperature

최근 발전 및 우주·항공 산업에서 엔진의 고효율화 및 경량화 실현을 위해 터빈 등의 고온용 부품에 요구되는 가용한계온도가 점차 증가되고 있다. 기존의 초내열합금으로는 주로 Ni기 합금이 사용되었으나 Ni의 녹는점 한계로 인해 1400도 이상의 극한 고온

환경에서 사용이 어렵다. 따라서, Ni기 초내열합금 대비 가용온도가 높아 극한 고온 환경에서 사용이 가능한 초내열합금에 대한 연구 및 개발이 필요하다. 이러한 초고온용 소재 개발과 관련하여 국내에서는 Ni대비 녹는점이 높은 Nb기 초내열합금 및 내화금속 기반의 BCC 고엔트로피 합금 성분계 및 제조기술 개발에 대한 기초적인 연구를 진행하고 있다. Nb기 초내열합금은 기지금속과 silicide로 이루어진 복합재료의 구조를 이루고 있으며 BCC 고엔트로피 합금은 5개 이상의 원소가 균일한 원자 비율로 구성되어 단상을 이루는 합금으로 두 소재 모두 고온영역에서 우수한 기계적 강도를 나타낸다. 내화금속 기반의 초내열합금 개발을 위해서는 고온 크리프 특성 및 강도를 확보하면서도 내산화성을 향상시키는 성분계 개발이 필요하며, 합금을 제조하고 미세조직을 제어하여 부품을 제조하는 공정기술 개발이 필요하다. 본 발표에서는 극한 고온용 차세대 초내열합금의 개발 동향을 소개하고 향후 개발 방향에 대해서 이야기하고자 한다.

[극한2-4 | 14:35 초청강연]

극한환경용 초고온 세라믹 재료의 삭마 특성: 이세훈[1], 김준섭[1], Nguyen Van Quyet[1], 홍성민[2]; *[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소. [2]전북대학교 고온 플라즈마 연구센터.*

Keywords: UHTC, CMC, 삭마, 초고온 세라믹, 공정

재료연구소에서는 고순도의 초고온 세라믹 (UHTC, ultra-high temperature ceramics) 나노 분말의 합성, 초고온 세라믹스의 고순도 분쇄 및 분산, 초고온 세라믹스 슬러리의 성형 및 섬유 내 함침 공정 개발, 고순도 초고온 세라믹스의 저온 소결 조성 개발 등 우수한 내삭마 특성을 갖는 초고온 세라믹스 섬유강화 복합재료 (UHTCMC, Ultra-high temperature ceramic matrix composites)를 제조하기 위한 다양한 연구를 수행하였으며 최근에는 기존의 결과를 바탕으로 각 부분에서 특성 고도화 및 선단기술 개발 연구를 진행하고 있다. 초고온 세라믹스 나노 분말의 경우 기존 결과 대비 잔류 탄소의 함량을 줄인 고순도화를 위한 연구를 진행하고 있고 고순도 분쇄 및 분산 연구에서는 기존 대비 개선된 장비들을 이용한 공정 특성 향상 연구를 수행 중이다. 또한 섬유 내 연속 슬러리 함침 및 섬유 성형체 내의 고농도 세라믹 슬러리 함침 기술을 개발함으로써 기존 연구 대비 개선된 상대밀도를 갖는 UHTCMC를 제조하기 위한 연구를 진행 중이다. 이들 도출된 기술들을 기반으로 2700°C 이상의 초고온 환경에서도 우수한 내삭마 특성을 나타내는 HfC-SiC, HfB_2-SiC 세라믹 나노 복합재료와 C_f/HfC-SiC UHTCMC를 제조하였다. 제조된 나노 복합재료 및 UHTCMC는 2700°C, 대기중에서 Mach 0.6의 불꽃 속도로 Oxy-acetylene torch를 이용하여 20분 이상 삭마 실험을 수행한 후에도 내부의 탄소섬유가 산화되지 않고 잔류하였으며, $5'10^{-4}$mm/s의 매우 낮은 삭마율을 유지하였다. 이 결과를 Plasma Arc-jet wind tunnel을 이용한 삭마 실험 결과와 비교하였다.

[극한3-1 | 15:10 초청강연]

Thermodynamic modeling of precipitate evolution in heat-resistant alloys exposed to high temperature: 심재혁; *한국과학기술연구원.*

Keywords: Heat-resistant alloy, thermodynamic modeling, precipitate evolution, creep strength

There is an urgent need to improve the thermal efficiency of power plants by raising the operation temperature and pressure in order to reduce CO_2 emission as well as the cost of fuel. Plant operation at higher temperatures inevitably requires the development of heat-resistant alloys with a higher creep strength. There has recently been an increasing interest in applying advanced heat-resistant alloys to power plants in order to raise their operation temperature. The important role of precipitation in the achievement of good creep properties of heat-resistant alloys has long been recognized. One of the most effective ways for improving the creep properties is to uniformly distribute fine precipitates with a good long-term stability at elevated temperatures. The experimental investigation of the long-term precipitate evolution behavior in heat-resistant alloys has not often been performed, although it is important in understanding the creep properties. In addition to experimental approaches, there have recently been a few attempts to simulate the precipitation kinetics in heat-resistant alloys. The purpose of this study is to simulate the long-term precipitate evolution in various heat-resistant alloys such as ferritic/martensitic, austenitic steels and nickel alloys using a numerical model based on the classical nucleation theory and evolution equations derived from the thermodynamic extremum principle that maximizes the dissipation rate of the total Gibbs energy of the system. The simulation results, such as the precipitation sequence and the precipitate size, will be compared with experimental observations.

[극한3-2 | 15:35]

The installation of a double-sided laser heating system: Kyoung Hun Oh[1], Young-Ho Ko[2], Kwang-Joo Kim[2]; *[1]Air Force (Ministry of National Defense) & 4-2 (Agency for Defense Development). [2]4-2 (Agency for Defense Development).*

Keywords: Diamond Anvil Cell, Laser Heating, Synthesis of novel materials

Producing extremely high-temperature and high-pressure condition which are stabilized is crucial in order to synthesize novel materials of various functions and investigate their static and dynamic properties. We completed high-pressure condition up to Mbar range using a Diamond Anvil Cell (DAC), which is necessary to make brand new materials. In this study (which referred to the paper of A. F. Goncharov et al.), we designed a laser-heating system combined with the DAC and installed it using two 1064 nm, 100 W lasers to heat the sample at different sides of the DAC as well as three spectrometers to measure the temperature, pressure, and Raman spectra. We heated a stainless steel gasket which is generally used as a sample chamber in high-pressure experiments to make a thermal radiation source and measure the temperature of the heated gasket by obtaining radiation spectra. By applying this technique, it would be possible to produce various materials and investigate their physical properties under extreme conditions.

*This work was supported by the Defense Research Program of Defense Acquisition Program Administration (DAPA).

[극한3-3 | 15:50]

Neutron Scattering studies under extreme-conditions: Seongsu Lee; *KAERI.*

Keywords: neutron scattering, high magnetic field, high pressure, low temperature

Because neutrons are non-destructive and can penetrate deep into matter, neutron scattering is an ideal probe for high-pressure ices, earth mantle materials, bio-materials and quantum magnetic systems. Neutron scattering is uniquely well suitable to study condensed matter under complex extreme conditions, such as high pressure, high magnetic field, extreme temperature or within chemical reaction vessels. Also, the power of neutron scattering in probing a wide range of time and length-scales makes it an effective method for understanding the characteristics of matter under complex extreme-conditions. Even though famous foreign neutron facilities such SNS, J-PARC, ISIS and Ansto focus on the material studies using neutron scattering under extreme-condition, this kind of study using HANARO in KOREA is very few. In this talk, I will introduce some application using neutron diffraction under high pressure/high magnetic field and talk a great potential for extreme conditions science using neutron. I want to discuss how we can extend neutron scattering studies under extreme-condition.

[극한3-4 | 16:05] 초청강연

Direct Probing of Structures of Crystalline and Non-crystalline Oxides under Extreme Compression and Friction: Insights from Inelastic X-ray Scattering and Solid-state NMR: Sung Keun Lee; *Seoul National University.*

Keywords: Extreme Compression and Friction, Inelastic X-ray Scattering, Solid-state NMR, Electronic bonding transitions

Electronic bonding transitions in amorphous and crystalline oxides with low-z elements under extreme compression (i.e., high pressure) and friction is important to identify the inherent yet unknown densification mechanisms upon compression and to clarify the evolution of the Earth's interior. Recent advances in element-specific experimental probes, such as nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and inelastic x-ray scattering (IXS) allowed us to reveal the detailed structural transitions around these elements at high pressure and during rapid frictional slip. Here, we provide an overview of the recent progress that we have made into the bonding transitions and the formation of high energy molecular structures in diverse oxide materials at high pressure beyond megabar pressure conditions (> 100 Giga Pascal, GPa) and under rapid frictional sliding [1,2,3]. Although anomalous melt properties have been attributed to the presence of triply coordinated oxygen ($^{[3]}O$), the presence of $^{[3]}O$ in covalent amorphous oxides has not been revealed experimentally. The ^{17}O NMR spectrum for amorphous Al_2O_3 revealed the presence of $^{[3]}O$. The detailed NMR characteristics of the oxygen tricluster are distinct from those estimated for the crystalline analogs, thus indicating its unique structure [1]. We also report the detailed structural transitions of oxides under extreme friction, which reveals the atomistic origins of the melting temperature depression of materials during rapid frictional heating [2]. Finally, we showed the structural transition in amorphous and crystalline silicates under extreme compression above megabar pressures using both experimental and theoretical IXS [3,4].

[1] Lee, S. K. and Ryu, S. B., Journal of Physical Chemistry Letters 9, 150-156 (2018); [2] Lee, S. K., Han, R., Kim, E. J., Jeong, G.Y., Khim H., and Hirose, T., Nature Geoscience, 10, 436 (2017); [3] Yi, Y. S. and Lee, S. K., Physical Review B, 94, 094110 (2016); [4] Lee, S. K. et al. revised version submitted. PNAS, 2018

[극한3-5 | 16:30]

Redistribution of Native Defects and Photoconductivity in ZnO under Pressure: Partha Pratim, 이용재; *연세대학교.*

Keywords: high pressure, ZnO microstructures, redistribution of defects, phase transformation, in-situ photoresponse

Control of native-defects in semiconductors is extremely important towards applications. Here, we investigated the pressure-effect on redistribution of native-defects and their impact on structural-phase-transitions and photoconductivity in ZnO, the versatile-semiconducting-oxide. We characterize morphological-differences of rod- (ZnO-R) and flower-like (ZnO-F) ZnO where the latter has several native-defects namely, double-ionised oxygen-vacancies, zinc-interstitials and oxygen-interstitials. Synchrotron-XRD reveals an irreversible-phase-transformation of ZnO-F under-pressure and due to enhanced-diffusion of interstitial-Zn the emergence of a hexagonal metallic-Zn phase during decompression ~4 GPa. In-contrast, at ~8 GPa, ZnO-R undergoes a reversible-phase-transition to NaCl-type phase displaying a large-hysteresis during decompression until ~1 GPa. Micro-Raman and photo-emission studies also indicate hydrostatically-compressed ZnO-R having significantly less-defects. We show that pressure-induced strain and inhomogeneous-distribution of defects play vital-roles during structural-phase-transitions. We systematically studied the dynamics of native-defects under-pressure by monitoring in-situ transient-photoresponse and current-voltage characteristics. This is the first experimental-observation of photoconductivity of ZnO varying pressure and morphology. We find that the larger-defects in ZnO-F result in faster-rise and decay processes and a lower-photocurrent gain under UV-illumination. Successive pressure-treatments improve the photoconductivity only in ZnO-R. A complex-interplay between pressure-induced redistribution of native-defects, strain, phase-inhomogeneity and morphology impacts the photoconductivity of ZnO providing new-opportunities to engineer photoconductivity of this and other semiconductors.

[극한4-1 | 16:50]

압력 상태도 작성을 위한 Sn-Bi 밀도 측정: 김한결, 이준호; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: Calphad, modified pulse-echo technique, Pressure diagram, Density, Constrained drop method

최근 Emuna 등은 Calphad 기법을 이용한 압력 상태도 작성법을 보고하였다. 압력 상태도 계산에서 중요한 물성값은 온도 및 조성에 따른 밀도와 음속이다. 이들은 Sn-Bi 2원계 상태도 작성에서 자신들이 modified pulse-echo 기법을 이용하여 실험적으로 측정한 음속과 Moser 등이 Maximum bubble pressure(MBP) 기법을 이용하여 측정한 밀도값을 사용하였다. 그러나, MBP 기법의 경우 실험적 오차가 상대적으로 큰 것으로 보고되어 있어, 이에 대한 검증이 요구되었다. 본 연구에서는 압력 상태도 작성을 위해 Constrained drop method(CDM) 기법을 이용하여 Sn-Bi 계의 온도 및 조성 의존성에 따른 밀도를 실험적으로 측정하였다. 본 실험 결과는 Moser 등이 MBP 기법을 이용하여 측정한 결과와 비교되었다. Moser 등이 측정한 결과에서는 Excess volume이 큰 음의 값으로 평가된 반면, 본 실험 결과에서는 Excess volume이 약한 양의 값으로 평가되었다. 이러한 차이는 압력 상태도를 계산하는데 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

[극한4-2 | 17:05] 초청강연

High Pressure Crystallographic Study on Proteins: 김채운; *울산과학기술원.*

Keywords: high pressure cryocooling, high pressure protein crystallography

A high pressure technique, called high-pressure cryocooling, has been developed as a method for biophysical and X-ray science studies. The method was developed primarily for crystal cryoprotection and dozens of macromolecular crystals have been successfully cryopreserved, including membrane protein crystals (e.g. a potassium ion channel). In addition, the method was successfully applied to stabilize ligand–protein interactions and to study the pressure effect on the structure of a yellow fluorescent protein, citrine. The procedure was then modified to entrap intermediate enzymatic states of human carbonic anhydrase. In this presentation, I will discuss the mechanism of high pressure cryocooling and its biophysical applications.

[극한4-3 | 17:30] 초청강연

Current Status and Future Plan of Nuclear Batteries Development for Use of Extreme Environment in Korea: *손광재; *한국원자력연구원.*

Keywords: Nuclear Batterie

A nuclear battery which generates electric power from the decay energy of radioisotopes is a useful power source in extreme environment such as space, deep sea and so on. We have been developing two kinds of nuclear battery since 2012. The first subject is RTG (radioisotope thermoelectric generator) which convert heat energy from radioisotope to electricity. In the mid of 1950, basic research had begun to find a way to use atomic energy in space exploration and the first spacecraft equipped RTG was started to launch. These low power RTGs were designed as an auxiliary electricity supplier. But recently, RTG has been used as main power for many missions because of several technological progress. These days, RTG powered space probes are exploring deep space and inter-planetary mission. The Korea government established a plan for lunar exploration, and RTG research has been initiated in Korea since 2014. The first target of Korean RTG program (from 2016 to 2018) is the development of an engineering model, which generates more than 3 We of electricity using an electric heater instead of a radioisotope. In this study, an RTG was designed and several case studies for the heat source module, the thermoelectric module, and the insulation structure were carried out to enhance the performance of the RTG. As the second subject, a betavoltaic battery that converts the decay energy of beta-emitting radioisotopes into electricity by electron-hole pair generation phenomenon of the semiconductor. We have been studying on the development of a betavoltaic battery using Ni-63 through cooperative research with Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI). In KAERI, we developed the production technology of Ni-63 using HANARO research reactor and the coating process of Ni-63 on a semiconductor. In ETRI, the silicon-based semiconductor with three-dimensional trench structure has been developed, which shows high power conversion efficiency. As a future work, we plan to develop the betavoltaic battery using silicon carbide (SiC)-based semiconductor instead of silicon, which can increase the power output more than five times. In about 2017, we have the plan to develop a betavoltaic battery using Sr-90 and Pm-147 that can be applied to the medical kit, military purpose, and aerospace application. Also, ROSATOM, a state corporation in Russia, completed technology of producing enriched Ni-63 at last year. The outlook that the market of a betavoltaic battery using Ni-63 as a power source is reached tens of billion dollars in 2020. In the 2020s, it is expected that the micro-betavoltaic battery with the power of 100μW will be commercialized.

제11회 소재부품 안전 및 신뢰성심포지엄
Room 301, 4월 26일

[소재1-1 | 10:00]

Ex-situ interrupted bending EBSD를 통한 API X80강에서 발생하는 바우싱거 효과: 김대웅[1], 손석수[2], 김완근[3], 김기석[4], 이성학[1]; [1]*포항공과대학교 신소재공학과.* [2]*Max-Planck-Institut für Eisenforschung.* [3]*포스코 철강솔루션마케팅실.* [4]*포스코 POSCOA 팀.*

Keywords: 바우싱거 효과, Ex-situ interrupted bending EBSD, 저온변태상, Back stress, Linepipe

Bainitic ferrite (BF), granular bainite(GB) acicular ferrite (AF) 및 polygonal ferrite (PF)로 이루어진 Linepipe강에서 각 미세조직은 파이프 성형 중에 바우싱거 효과에 영향을 미치는 정도가 다르다. 주요 Matrix로 작용하는 AF 및 PF의 바우싱거 효과를 각각 확인하기 위하여 Bending 및 Flattening 과정을 통한 동일 부분에서 인장-압축 후의 electron back-scattered diffraction (EBSD) 실험을 수행하였다. 본 연구에서 동일 부분에서의 Kernel average misorientation(KAM) line-profile data가 back stress를 규명하여 중요한 역할을 하였다. 바우싱거 효과는 back stress와 관련이 깊기 때문이다. Bending과 Flattening 과정에서 mobile dislocation의 양은 PF가 AF보다 많았으나, AF에서는 대부분의 mobile dislocation이 grain boundary에 형성되어 높은 back stress를 가진다고 분석을 하였다. 따라서, 바우싱거 효과는 주요 미세조직이 PF인 이상역 압연강 보다 AF를 주요 미세조직으로 갖는 단상역 압연강에서 더 높았다. Ex-situ interrupted bending EBSD는 바우싱거 효과를 설명하는데 유용하였고 또한 Line-pipe 설계에 중요한 아이디어를 제공하였다.

[소재1-2 | 10:15]

발전소재 1.25Cr-0.5Mo(P11) 강의 고온 기계적 물성변화에 따른 잔여수명예측: 김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2]; [1]*연세대학교.* [2]*한국과학기술연구원.*

Keywords: P11, Creep, LMP, Replica

표준석탄화력발전 시스템에서 재열기(CRH : Cold Reheater)의 소재로 1.25Cr-0.5Mo 내열강이 사용되고 있다. CRH 배관은 낮은 설계 온도 및 압력(310ºC, 52 MPa)을 고려하여 보일러 출력증강 사업추진의 교체 대상목록에서 제외되었다. 그러나, 격상된 운전조건에서는 CRH 배관의 설계 조건이 366ºC, 61 MPa로 증가하였으며, 표준화력에서 사용된 소재가 변경된 설계 조건에서 20년 이상의 잔여 수명을 갖는지에 대한 DB가 확보되어야만 한다. 따라서, 본 연구에서는 1.25Cr-0.5Mo신재와 550ºC에서 1,000시간 동안 가속열화 된 소재의 기계적 물성을 확인하였다. LMP(Larson-Miller Parameter)법을 이용하여 잔여수명을 정량화하였고, 비파괴검사(휴대용경도계 및 표면복제법)를 활용하여 실제 화력발전소에서 사용된 재료의 물성 및 미세조직을 비교분석 하였다.

[소재1-3 | 10:30]

Effect of Precipitate Evolution on Creep Properties of 2.25Cr-1Mo Steel: 추동주[1], 김한열[1], 이준호[1], 정우상[2]; [1]*고려대학교 신소재공학과.* [2]*한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Creep, Precipitate, XRD, T22

Thermal power plants are typically designed to accomplish continuous operation for which, an employment of heat resistant materials of high creep strength is necessary. In this study, the creep test of T22 seamless steel made of 2.25Cr-1Mo steel was carried out under the conditions of temperature range of 500-650 ºC and stress range of 30-300 MPa. Analysis of precipitate were conducted through SEM, TEM and XRD. The behaviors of precipitation at the low- (500-550 ºC) and high (600-650 ºC) temperature ranges were comparatively analyzed to identify the effects on creep property. As a result of transformed the creep data to LMP, the slope in the range of 600-650 ºC showed rapidly reduction than that in the range of 500-550 ºC. In case of 500-550 ºC, the ferrite and pearlite region are distinguished even after long term creep. Only $M_{23}C_6$, M_7C_3 and M_3C were observed in the range of 500-550 ºC. But it is difficult to distinguish the ferrite and pearlite region and additional precipitation of M_2C and M_6C were observed in the range of 600-650 ºC. The changes of precipitation sequence might be a reason for rapidly reduction of the slope at 600-650 ºC.

[소재1-4 | 10:45

Microstructure and phase stability in Nimonic263 during creep test: HEE CHUNG CHUNG[1], Joo Youl Huh[2], Woo Sang Jung[1]; [1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Korea University.

Keywords: Ni based superalloy, phase stability, creep, intragranular precipitation, phase reaction

Ni based superalloy offers excellent resistance to creep, and as such can be used under an A-USC condition of coal fired power plant which has extremely high temperature and high pressure. This is due to the microstructure stability at high temperature which is characteristic of the various phases present in the Ni based superalloy. In order to investigate the effect of creep on microstructure stability, crept microstructure at various applied stress and temperature conditions were analyzed. The precipitation of η-phases which has slower precipitation kinetics than γ' was promoted by creep. In addition, intra-granular $M_{23}C_6$ was observed at the sub grain boundary formed by the strain. The results of the SEM (SE and BSE) and TEM observation indicate that the phase reaction at the creep test temperature is as follows. ; $MC + \gamma' \Rightarrow M_{23}C_6 + (\gamma' \eta)$ Also, The γ' ordering was maintained at the highest creep test temperature

and the deformation mechanism changed from γ' shearing to by-pass and pinning as the temperature increased. This is consistent with the previous studies.

[소재1-5 | 11:00]

Effects of flue gas composition and temperature on the high temperature corrosion of boiler tubes under simulated biomass combustion: Srinivasan Swaminath[1], Seuk Cheun Choi[2], Won Yang[2], Dong-Ik Kim[1]; [1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

Keywords:

The high temperature corrosion of boiler tubes is a major operating problem in biomass fired power plants. There are several factors such as flue gas composition, temperature, characteristics of molten salts deposits etc. that are the crucial factors for high temperature corrosion of boiler tubes during biomass combustion. Increasing the lifetime of boiler tubes and also, preventing unwarranted plant shutdowns due to their failure, requires understanding of the complex corrosion mechanisms. Therefore, to understand the mechanisms of high temperature corrosion, detailed analysis of corrosion products is an important task. In the present work, the high temperature corrosion behavior of two boiler tube materials such as grade T12 and SUPER 304H steels has been studied. In the light of the wide variation in operating conditions in biomass fired power plants, controlled laboratory exposures were conducted to understand the effect of flue gas composition, and temperature variations on the corrosion process. In the present work, to simulate the hot corrosion under biomass combustion conditions, the samples were immersed in KCl bath, and the SO_2 content of flue gas mixture (both dry and wet N_2/CO_2/O_2) has been varied from 0 to 600 ppmv. For all flue gas composition, the isothermal corrosion exposures were conducted for 50 hours, at 450 °C and 500 °C in the case of T12 steel, and, 600 °C and 650 °C in the case of SUPER304H steel, respectively. The SEM/EDX analysis of surface and cross-sectional views were carried out to achieve the comprehensive characterization of corrosion products. For the investigated steels, it will be shown that the formation of protective oxide layer that suppressed corrosion attack was not observed. Moreover, it will be revealed in the present contribution that the presence of SO_2 in flue gas overrules the corrosion process.

[소재1-6 | 11:15]

충돌 해석 신뢰성 향상을 위한 동적 예비변형률 효과를 고려한 AZ31 합금의 동적 인장 물성 평가: 이동기[1], 권준범[2], 양원존[2], 임영목[2]; [1]부산대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Keywords: AZ31 Magnesium alloy, High speed tensile test, Pre-strain, strain control device, TEM analysis

본 연구에서는 판재성형공정 시 발생하는 변형률 속도와 유사한 조건인 중변형률 속도에서 마그네슘 합금 판재에 예비변형률을 부과하여 성형 시 발생하는 동적 예비변형률이 AZ31 합금의 물성에 어떠한 영향을 미치는지 평가하였다. 열처리를 통해 초기 전위를 제거한 두께 1.2 t의 AZ31 합금 시편에 동적 예비변형률을 부과하기 위한 특수한 형태의 변형률 제어 장치를 설계하였고 유압식 고속인장시험기를 이용해 변형률 속도 100 /sec에서 5%의 예비변형률을 부과 하였다. 동적 예비변형률이 부과된 시편과 초기에 변형이 가해지지 않은 동일 재료의 시편으로 100 /sec에서 고속인장시험을 수행하여 동적 예비변형률이 부과 된 시편이 항복응력 및 유동 응력이 증가한 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 현상의 물리적인 원인을 규명하기 위해 TEM 분석을 수행하여 동적 예비변형률이 부과 된 시편의 경우 전위 밀도가 증가하고 직선 형태의 전위가 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이와 같이 마그네슘 판재의 기계적 특성과 미세 구조 및 변형 거동이 성형공정 중 발생하는 동적 예비변형률 효과에 의해 바뀌는 것을 고려하여 성형 해석이나 충돌 해석 시 동적 예비변형률 효과가 고려된 동적 물성 데이터를 적용하면 해석의 신뢰성이 향상될 것으로 판단된다.

[소재2-1 | 13:30]

유한요소법을 이용한 써지 릴리프 밸브의 안정성 평가: 이건하, 양원존, 권준범; 한국기계연구원부설재료연구소.

Keywords: Surge Relief Valve, von-Mises stress, Shrinkage porosity

써지 릴리프 밸브는 정지하고 있는 펌프를 갑자기 작동시키거나 정상운전 중에 갑작스런 정전으로 펌프가 동력을 잃게 될 때, 혹은 밸브 개도량을 빠르게 변화시킬 때 등의 경우 오일 송수관 내 유속의 변화를 제어해주는 역할을 한다. 특히 해상용 FPSO(Floating Production Storage Offloading)의 경우 오일의 누출과 화재 발생 시 막대한 재산과 인명피해가 예상되고, 해상 재난으로 발전하면 국제적인 문제가 발생될 수 있기 때문에 구조적 안정성이 매우 중요하고 주로 써지 릴리프 밸브는 주조공정설계를 통해 제작되기 때문에 주조해석을 통한 주조 결함 여부 확인 또한 매우 중요하다. 따라서 본 연구는 써지 릴리프 밸브의 안정성을 평가하기 위하여 시제품의 기계적 특성평가, 구조해석 및 주조해석을 수행하였다. 써지 릴리프 밸브의 시제품 특성을 평가하기 위하여 시제품을 절단하여 총 6곳에서 시편을 확보하여 기계적 특성을 평가하였으며 또한 이때 열처리 조건에 따른 기계적 특성 변화도 확인하였다. 다음으로 유한요소법을 이용하여 써지 릴리프 밸브의 구조 안정성 및 주조결함 여부를 확인하였다. ANSYS를 이용하여 구조해석을 수행하였으며, 써지 릴리프 밸브는 약 7 MPa의 압력에서 운전이 되고 가혹한 환경에서의 결과를 보기 위해 6 MPa~15 MPa의 조건에서 구조해석을 진행하였다. 해석 결과 7 MPa의 압력이 부하될 경우 von-Mises stress를 기준으로 재질의 항복강도 값인 275 MPa보다 낮은 값인 130 MPa의 결과를 보였다. 주조결함 여부를 확인하기 위하여 주조해석 프로그램인 ProCast를 이용하여 주조결함 여부를 확인하였다. 밸브 제조 공정을 고려한 주조해석 결과 실제 시제품에서 발견된 주조결함과 해석상에서 발견된 결함 발생부위가 유사한 것을 확인할 수 있었다. 필렛 부위에서 국부적으로 Shrinkage porosity를 확인하였고 이를 줄이기 위해 압탕 설치 혹은 강판을 덧대는 주조 방안을 제시 및 수행하였다. 그 결과 주조 결함의 원인인 Shrinkage porosity의 볼륨이 크게 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

[소재2-2 | 13:45]

함선용 유압시동기 하우징 손상 원인 분석: 양원존, 이건하, 권준범; 한국기계연구원 부설 재료연구소.

Keywords: Failure Analysis, Housing, Brittle Fracture

본 연구는 가동 중 파손된 함선용 유압시동기 하우징의 파손특징 조사와 사용 소재에 대한 평가 등을 토대로 손상 원인을 정확히 분석하고 향후 재발 방지를 위한 대책을 마련하기 위하여 수행되었다. 해당부품에 대한 소재정보가 전무하여 해당소재에 대한 화학성분을 분석한 결과, 소재는 주조 알루미늄 합금으로 추정되었다. 또한 형상 및 표면 상태를 고려해 볼 때 해당 부품은 사형주조(Sand Casting)에 의해 제조된 것으로 판단된다. 원인분석을 위하여 소재의 화학성분 분석외에 파단면 관찰 기계적 특성평가, 미세조직 분석을 평가하였으며 3D 스캐너를 이용하여 해당 부품에 대한 역설계 도면을 확보하였고 이를 이용한 유한요소해석도 수행하였다. 파손품의 기계적 특성평가 결과, 높은 경도 및 낮은 연신율로 인성이 매우 낮은 것으로 평가되었고, 미세조직 결과 많은 기공이 관찰되어 주조결함의 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 구조해석 결과 균열은 최대주응력 부위에서 발생하였고 취성피로(Brittle Fatigue)발생 직후 취성파괴가 발생한 것으로 판단된다. 결론적으로 고 응력부위에서 피로균열이 발생하였고 소재의 낮은 인성(또는 높은 취성)으로 인해 균열발생 직후 일시에 정적 취성파괴가 발생한 것으로 추정된다.

[소재2-3 | 14:00]

용접후열처리에 의한 ASME P-No. 1 탄소강 모재의 기계적 특성 열화: 강용준[1], 이승건[1], 이상훈[1], 송상우[1], 강성식[2]; [1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]한국원자력안전기술원.

Keywords: 용접후열처리, P-No. 1 탄소강, 기계적 특성

원자력발전소 안전등급 기기의 제작 기술기준인 ASME Section III NX-4620에서는 용접부의 인성을 확보하고 잔류응력을 완화하기 위한 용접후열처리(post-weld heat treatment, PWHT) 요건을 제시하고 있다. 또한 용접후열처리 시 용접부에 인접한 모재도 용접부와 동일한 온도 이력을 갖게 되므로 이에 따른 기계적 성질 변화를 사전에 확인하기 위해 ASME Section III NX-2211에서는 모재의 인장 및 충격시편에 대해 용접후열처리와 동일한 조건의 열처리, 즉 모의 용접후열처리(simulated PWHT)를 사전에 수행할 것을 규정하고 있다. 한편 2 in. 이하의 두께를 갖는 P-No. 1 탄소강에 대해서는 모의 용접후열처리의 면제를 허용하고 있다. 본 연구에서는 이러한 면제 요건의 적합성을 평가하기 위해 2 in. 이하의 두께를 갖는 P-No. 1 탄소강을 대상으로 모의 용접후열처리를 실시하여 이에 따른 기계적 특성 및 미세조직 변화를 관찰하였다.

[소재2-4 | 14:15]

고속 충돌시험기를 이용한 항공기용 self-sealing 밸브의 충돌 안전성 평가: 권준범[1], 양원존[1], 정동근[2], 여석모[2]; [1]재료연구소(KIMS). [2]SG solution 주식회사.

Keywords: 고속 충돌시험기, MIL-STD-1290A, 동적 인장시험, 항공기용 self-sealing 밸브, 충돌 안전성

최근 고속화 되고 있는 운송 수단의 충돌 안전성에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 항공기 충돌은 다른 운송 수단에 비해 피해 규모가 매우 크고 치명적인 인명피해를 동반하기 때문에 충돌에 대한 엄격한 안전 평가 기준이 요구된다. 본 연구에서는 경량 고정익 및 회전익 항공기의 충돌 특성 평가 기준인 MIL-STD-1290A에 따른 항공기용 self-sealing 밸브의 충돌 요구 특성을 고속 충돌시험기를 이용하여 평가하였다. 항공기용 self-sealing 밸브는 항공기 충돌이나 추락 시 밸브가 자동으로 차단되어 연료의 유출을 막아 화재나 폭발로 인한 2차 피해를 막기 위한 부품으로 충돌 안전성 평가를 위해 충돌 상황을 모사한 환경에서 작동 및 부품의 파손 여부가 평가되어야 한다. 이를 위해 MIL-STD-1290A기준에 따른 동적 시험 조건을 고속 충돌시험기로 재현하였으며 부품 단위의 밸브에 동적 인장하중을 부과하기 위한 loading jig를 설계, 제작하였다. 고속카메라를 이용하여 loading jig의 인장 속도와 하중 부과 시간이 MIL-STD-1290A기준을 만족하는지 확인하였고 고속 충돌시험 동안의 밸브 변형 양상을 관찰하여 충돌 안전성을 평가하였다.

[소재2-5 | 14:30]

고강도 체결 부품의 파손 및 수소지연파괴 사례: 이유환[1], 김정한[2]; [1]태양금속공업(주) 기술연구소 소재연구실. [2]국립한밭대학교 신소재공학과.

Keywords: High tensile strength bolt, Fasteners, Hydrogen delayed fracture, HDF

자동차 및 수송 기계의 눈부신 발전과 함께 체결 부품으로써 볼트는 매우 다양한 분야에 적용되고 있다. 이것은 볼트에 의한 체결 방식의 장점 즉, 빠른 시간에 접합(joining)이 가능하고 체결 부품에 문제가 발생한 경우 즉시 신속한 해체 및 재 체결이 가능하다는 것에 의하여 설명될 수 있을 것이다. 그러나 사용 환경의 변화 및 성능 향상에 대한 요구로 보다 향상된 체결력이 요구됨에 따라 고강도 체결 부품의 적용이 활발한 만큼 사용 중 파손이 자주 관찰되는데, 특히 고강도 체결부품에서 관찰되는 수소지연파괴에 대한 이해가 절실한 상황이다. 외국의 경우 수소지연파괴의 원리 연구 및 방지 방안에 대한 활발한 연구가 있어 왔으나, 국내의 경우에는 아직 많은 실증적인 연구와 현상에 대한 이해가 필요하다고 할 수 있을 것이다. 이에 본 발표에서는 고강도 체결부품에서 관찰되었던 수소지연파괴 실 사례를 근간으로 수소지연파괴에 대한 원인과 이해에 대하여 발표될 것이며, 미약하나마 향후 방지 대책 및 사용 범위를 논하는데 밑거름이 되고자 한다.

[소재2-6 | 14:45]

터빈증기방출밸브 플러그 손상원인 고찰: 박상규, 윤은섭; 한국수력원자력㈜.

Keywords: Valve, Disc, Seat, Plug

발전 및 화학플랜트에서는 다양하고 많은 종류의 밸브가 설치되어 운영되고 있다. 밸브는 유체의 흐름을 조절, 차단 및 밀봉을 유

지하는 기능이 있는데 밀봉부를 형성하는 주요 부품인 플러그 및 시트의 손상은 정상적인 밸브 기능을 유지하지 못하게 하는 가장 큰 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 터빈증기방출밸브 주요부품인 플러그 손상원인을 고찰하고 손상원인에 대한 재발방지 대책을 제시하고자 하였다. 밸브 손상 원인은 일반적으로 설계 및 재질불량, 운전부주의, 부품제작불량, 설치불량, 이물질유입 방지 미흡 등 다양한 원인이 있는데 본 논문에서는 플러그의 외면손상의 2가지 현상에 대하여 광학 및 전자 현미경을 활용한 조직적인 측면과 기계적물성의 건전성 측면에서 고찰하여 보았다. 플랜트 운영을 위하여 밸브의 정상기능 유지는 무엇보다 중요한 현안이며 손상이 발생되었을때 정확한 원인분석을 통하여 재발이 발생하지 않도록 후속대책을 마련함으로 설비의 안전성을 확보할 수 있을것으로 판단된다.

[소재3-1 | 15:10] 초청강연

전압인가 HAST에서 유기 배선기판의 고장 메커니즘과 수명모델: 허석환; 창원대학교 공과대학.

Keywords: Biased HAST, Organic PCB, MTTF, SMT assembly process, Failure mechanism

반도체 팩키지의 경박단소화와 신호 처리속도의 증가로 유기 배선기판의 미세 회로화 요구는 계속 진행중이다. 유기 배선기판은 온도와 습도가 중요한 신뢰성 인자로 관리되고 있으며 그에 따른 고온고습 (85ºC/85%Rh) 시험이 표준신뢰성 시험으로 이루어 지고 있다. 그러나 산업계에서는 고온고습 시험의 가속시험으로 HAST에 대한 도입 욕구가 높고 그에 관련한 시험 방법론 연구도 많이 보고되고 있다. 이에 미세 회로 유기 배선판에서의 전압인가 HAST 시험을 통한 고장 형태와 고장 메커니즘을 고찰하고 온도/습도/전압 수명모델을 Peck 모델을 이용하여 고찰하여 사용자 수명도 예측하였다. 또한 반도체 SMT 어셈블리 공정이 유기 배선기판의 수명에 미치는 영향을 Pre-conditioning 과 비교 고찰하였다. 온도/습도/전압 스트레스에 대한 고장 현상을 논의함으로써 강건 설계를 위한 필요 디자인들을 논의하고자 한다.

[소재3-2 | 15:35] Cancel

정유공정 Booster Compressor Cover Bolt 파손해석: 노윤조[1], 김재웅[2], 박중철[3]; [1]SK이노베이션. [2]SK Engergy. [3]RIST.

[소재3-3 | 15:50]

Microstructural Evaluation of Fresh to Twenty-Years Aged Reformer Tube Welds Used in Hydrogen Production Plants: ABBASI MAJID[1], AYER RAGHAVAN[1], PARK IHHO[1], RO YUNJO[1], NAM JINGAK[2], JI YOUNGSU[2], KIM JAEWOONG[2]; [1]SK이노베이션. [2]SK에너지.

Keywords: Heat resisting stainless steels; Reformer tube; Welding; Microstructure; Tensile properties.

High temperature heat resisting steels have been used in hydrogen production plants as reformer tubes for decades. These alloys comprise a significant fraction of overall plant cost as they contain high amounts of nickel and chromium (i.e. 25Cr-35Ni-1Nb-0.1Ti). Tubes experience 700-900 C temperature over twenty years in the reformer which leads to microstructural changes and creep damage. Welding or repair-welding of aged tubes therefore becomes challenging and may lead to reliability issues due to deteriorated mechanical properties. Welding trials are carried out to investigate the joint microstructure and correlate it with tensile properties (particularly elongation) in order to evaluate the weld performance. Findings indicate that the heat affected zone of aged tubes is prone to carbide micro-cracking and incipient melting particularly at the inner surface where the root pass is applied. Adopting preheating for the root pass was effective in reducing carbide micro-cracking by decreasing cooling rate. Decreasing cooling rate assists accommodating stresses generated by thermal contraction. Tensile results indicate that welds maintain room and high temperature elongation of above 4% which is the guideline followed by industry to avoid cold cracking during shutdowns and startups. Detailed microstructural results are presented and discussed.

[소재3-4 | 16:05]

The study on pitting corrosion mechanism of Cu tube for a sprinkler system: 박기덕, 조병일, 함종오[1]; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: Cu tube, pitting corrosion, springkler system, oxygen concentration cell

The purpose of this study is to identify the failure cause of Cu tube for spring cooler. The failure of Cu tube occurred about 5 years after installation. Metallographic analysis, scanning electron, Microscopy, XPS, XRD and water quality analysis was conducted to find out the reasons of the failure. As results of inner surface analysis, the inner surface was covered with black corrosion products, and green and red corrosion products rising from the surface were also observed. Based on cross-section analysis for rising corrosion product, it was found that pitting corrosion proceeded under the thick oxide layer covering the surface. Based on EDS and XRD analysis, the oxide layer covering the surface was confirmed to consist of $Cu_2(OH)_2CO_3$ and $Cu_4SO_4(OH)_6$, and corrosion products inside thick oxide layer were detected as CuO and $CuCl_2$. was observed on several areas, and there were dark and green corrosion products around the corrosion area. Based on the shape of the pitting corrosion and the types of corrosion products, It is presumed that the environment such as the high pressure air layer, which can exist in the copper pipe for the sprinkler, caused the formation of an oxygen concentration cell, which results in pitting corrosion.

[AW-7 | 16:20] 기술상 수상기념강연

고강도 볼트 수소취성민감도 측정 및 CHQ 탄화물 구상화율 측정에 대한 ISO NWIP 제안사례 연구: 함종오; *Metallic Materials Team, Korea Testing and Research Institute.*

Keywords: High strength bolt, Hydrogen embrittlement, CHQ Wire(Cold Heading Quality Wire), Cementite, Spherodization

최근 20여간 Failure Analysis을 연구하면서 아래와 같은 시험방법들이 표준으로 존재하다면 파단원인의 유추가 더욱 더 객관적일 수 있으며, 페스너 산업계에 큰 도움이 될 것으로 항상생각해 왔다. 아래 시험방법들은 ISO FDIS 버전을 현재 진행 중이며, 중요 내용에 대해 간단히 제시하겠다. 고강도 볼트(1100 MPa, 1300 MPa)의 수소취성 민감도를 측정하기 위해 인위적으로 볼트에 수소를 주입하여 수소취화 현상이 나타나게 하였다. 응력비(applied stress/bolt tensile stress) 및 인장속도에 따른 각각의 응력을 볼트에 부가한 후 볼트를 가로 방향으로 절단하여 나사산의 크랙 유무를 관찰하였다. 크랙의 수가 가장 많이 나타나는 응력비 및 인장속도를 해당 볼트의 수소취성의 민감도를 측정할 수 있는 가장 적합한 시험조건으로 선택하였다. 1100 MPa급 고강도 볼트의 경우는 인장 응력비 0.85(80000 N), 인장속도 1.6×10^{-5}/sec, 1300 MPa급 고강도 볼트의 경우는 인장 응력비 0.87(100 000 N), 인장속도 1.6×10^{-5}/sec 일 때 크랙이 가장 많이 관찰되었다. 한편 인장속도가 증가한 경우(>8.3×10^{-4}/sec)는 경우는 볼트의 나사산에서 크랙을 관찰할 수 없었다. 기계요소 제품으로 널리 사용되는 Bolt, Nut, Screw등의 제품은 절삭가공 또는 열간가공으로 제조하였으나, 1990년대 후반부터 생산성 향상과 Cost Down을 목적으로 냉간가공으로 생산하고 있는 추세이다. 냉간압조용 강선은 신선공정 중 양호한 가공성을 주기 위해 원소재의 조직인 시멘타이트(Cementite) 조직을 안정된 구형의 탄화물로 바꾸어 강도를 낮추고 연성을 증대시키며 냉간 단조시의 변형성을 향상시키는 구상화처리 공정이 실시하고 있다. 따라서 냉간 압조용 강선 제품에 대한 물성을 파악하고자 펄라이트 조직의 구상화율 측정 및 평가가 반드시 필요하다. 하지만 국내·외 표준은 구상화율 평가 방법은 구상화 정도를 No.1 ~No.4 의 도표로 구분하여 단순비교법에 의해 측정하고 있다. 화상분석(Image Analysis)을 통하여 탄화물의 구상화율을 정량적으로 측정할 수 있는 새로운 시험방법을 제시하고자 한다. 구상화 정도에 따른 탄화물의 분포도는 먼저 탄화물을 Dot Pattern으로 표시한 다음, 측정점으로 부터 가장 가까운 직선거리에 위치한 4개의 점을 선택 후, 측정점과 4개의 점간 거리의 평균값(M)을 구한다. 그 후 모든 측정점 M값의 표준편차(P) 구한다. 강종별 구상화 정도에 따른 M값과 P값을 비교하여 강종별 구상화 정도가 합리적인지 판단하였다.

전통문화와 융합되는 재료기술 심포지엄

Room 303, 4월 26일

[전통1-1 | 09:00] 역사분과 위원장 인사말

[전통1-2 | 09:05] 심포지엄 위원장 인사말

[전통1-3 | 09:10]

The Korean Bells-It's Design and Characteristic: Hyung Yong Ra[1]*, Sock Hyun Kim[2], Dong Kyu Na[3]; [1]*Seoul National University.* [2]*Kangwon National University.* [3]*Hongik University*

The origin of Korean bell is not clear yet, but they are believed to have come into use in the late of Three Kingdoms period(Koguryo, Shilla and Paekche Dynasty) after introduction of Buddhism into Korea peninsula. Ancient records and remains of buildings on the temple sites of Paekche Dynasty lead us to construe that bells began to be used in temples in the late of sixth century. The oldest extant bell is the Sangwonsa bell which was cast in Unified Shilla Dynasty(AD725) after the unification of the three kingdoms. Now a day, it has been evidence that a prototype of Korean bell was already established by the time it was made(1).

[전통1-4 | 09:40]

The Casting Technology and Restoration Of Metal Type: 윤용현; *국립중앙과학관.*

Keywords: 금속활자, 납활자, 복원, 밀랍주조법, 주물사주조법, 거푸집, 甲寅字, 癸丑字, 丙辰字, 整理字, 합금, Cu, Sn, Pb, 鑄成率, 多量주조법

금속활자를 주조 방법으로는 밀랍주조법과 주물사주조법을 적용하였으며, 금속활자 복원 대상유물은 밀랍주조법의 고려시대 직지, 주물사주조법의 조선시대 6종의 甲寅字(2007년), 조선전기 금속활자인 癸丑字와 丙辰字(2008년), 조선후기 금속활자인 整理字(2009년)이다. 밀랍주조법에 사용된 소재는 밀랍과 밀랍을 감싸는 석비레, 이암토, 모래, 황토 등이며, 밀랍은 굳기를 조절하기 위해 밀랍과 쇠기름을 2:8, 밀랍과 송진을 6:4, 밀랍과 돼지기름을 7:3 비율로 배합하는 것이 적당하다. 주물사주조법에 사용되는 거푸집의 소재는 본기(本器)틀과 주물사로 구성된다. 본기틀은 주물사를 담는 바깥 틀로 재질에 따라 목틀과 쇠틀이 사용되며, 주물사는 옅은 황색의 전북 이리사를 사용했고, 체로 쳐 입자가 고운 것을 사용하였다. 복원에 사용된 합금 성분비를 살펴보면, 밀랍주조법으로 복원 실험한 고려 직지는 Cu 80%, Sn 20%, 주물사주조법으로 복원 실험 한 조선시대 금속활자 중 2007년도의 6종의 모합금과 甲寅字에는 오주갑인자인 壬辰字의 성분비인 Cu 80%, Sn 10%, Pb 10%를 근거로 하였으며, 실제 복원에는 합금 시 주석과 납이 기화되어 날아가 성분비율이 줄어드는 것을 감안하여 주석과 납을 각각 5% 더하여 구리 72.8%, 주석 13.6%, 납 13.6%로 설정하였다. 2008년도의 조선전기 금속활자의 모합금과 癸丑字 복원에는 乙亥字 성분비의 평균값 Cu 86.7%, Sn 9.7%, Pb 2.3%를 합금 기준으로 하여, 실제 복원에는 Sn, Pb를 5%씩 더 첨가하여 구리 79%, 주석 14%, 납 7%로 설정하였다. 또한 납활자인 丙辰字에 대한 합금비율은 납 80%, 구리 20%로 주조하였다. 2009년도의 조선후기 금속활자 복원의 합금기준은 국립중앙박물관 소장 整理字의 성분비 평균값 Cu 78.2%, Sn 10.8%, Pb 6.3%를 근거로 하였으며, 실제 복원에는 Sn, Pb를 5% 더 첨가하여 구리 75%, 주석 14%, 납 11%로 하였다. 특히 금속활자 복원 실험에서의 특징은 학계의 논쟁이 되고 있는 밀랍주조법에 사용된 거푸집 재료와 공력과 밀랍사용 대비 적은 수량의 활자주조에 대해 주안점을 두고 연구가 진행된 점으로, 먼저 주형 재료는 천연소재인 석비레 65%, 황토 35% 비율로 섞은 혼합토를 사용하였는데, 석비레는 활자의 주조 결함이 적고 鑄成率이 95% 이상으로 개선되어 가장 적합한 재료로 판단되었다. 공력과 밀랍사용 대비 적은 수량의 활자주조에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 한 번에 주조 할 수 있는 활자 수량을 10~15개 정도에서 80~100여개 정도로 효율성을 높인 多量주조법을 적용하였는데, 多量주조법에 의한 틀안 매몰 방식은 활자 주조 성공률이 99%에 이를 정도로 주조 효율성이 상당히 높았다.

[전통1-5 | 09:55]

첨단 조직제어 기술을 활용한 전통유기 합금의 재발견: 김궁호, 윤진국, 도정만, 장혜정; *한국과학기술연구원*

Keywords: 유기합금, 조직제어, 구리-주석 합금, 청동, 열처리, 마르텐사이트,

전통유기 합금은 한국의 전통금속으로서 삼국시대에 이르러 열처리와 열간 가공을 활용하는 방짜유기가 출현한 후 다양한 형태 및 용도로 활용되어 왔으며 현재까지도 제기나 식기로서 그 명맥을 유지하고 있다. 유기 합금은 주석을 중량으로 22% 함유하는 구리 합금으로서 크게 고주석 청동으로서 분류되며 제조공정에 따라 두 종류의 미세조직을 가지게 된다. 즉 주조/서냉을 통해 구리고용체 상(α)과 금속간화합물 상 (δ상, Cu41Sn11)으로 구성된 주물유기와 650~700°C의 고온에서 성형 및 담금질을 통해 얻어지는 마르텐사이트 기지조직 (β' 상)과 구리고용체 상(α)을 가지는 방짜유기로 구별된다. 주물유기는 취약한 δ상에 의해 소성 가공이 불가능하고 깨지기 쉬워 산업적으로 활용성이 제한되며 반면 방짜유기는 담금질에 의한 변형과 높은 온도에서 사용이 제한되는 한계를 가지고 있다. 본 연구에서는 전통유기 합금에 다양한 첨단 열처리 기술을 활용하여 열적으로 안정하며 우수한 상온 물성을 가지는 미세조직의 제어를 시도하였다. 주물유기의 조직 및 물성 개선을 위하여 공석변태의 반응 제어를 이용한 δ상의 균일분산과 미세화를 시도하였으며 냉각속도 조절을 통해 방짜유기의 미세조직을 개선하였다. 궁극적으로 최적화된 열처리/가공 공정의 도입 및 활용을 통해 전통유기 합금의 여러 물성을 개선하고 산업적 가치를 높임으로서 기능성 금속으로서 경쟁력을 가지는 현대적 유기 합금으로 발전할 수 있을 것이다.

[전통1-6 | 10:10]

Casting Defects Control of Yuggi: Ki-Tae Kim, Youn-Suk Lim, DongEung Kim; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Cu alloy, Casting Defect, Melt Treatment

Yuggi means copper bronze alloy with 78~85wt.%Cu and 15~22wt.%Sn. Especially, Cu-22wt.%Sn alloy have been traditionally used to cookwares, musical instruments and ornaments manufactured by casting and mechanical processing. However, these products include much casting defects such as oxide, micro shrinkage, and pin hole because of unsuitable melt control of Cu-22wt.%Sn alloy on melting process. These casting defects in Cu-22wt.%Sn alloy products result in tarnished and inferior surfaces of Cu-22wt.%Sn alloy products. In order to minimize casting defects of Cu-22wt.%Sn alloy products, the effects of melting atmosphere control and gas content control of Cu-22%Sn alloy melt on the oxygen contents, micro structures and tensile properties of as cast Cu-22wt.%Sn alloy were investigated in this study. The control of the melting atmosphere of Cu-22wt.%Sn alloy includes oxidation atmosphere control by air or reduction atmosphere control by inert gas such as argon or nitrogen gas. The control of gas content of Cu-22wt.%Sn alloy includes oxygen and hydrogen content control of Cu-22wt.%Sn alloy by melt treatments such as addition of the deoxidizing element to the melt and blowing of the inert gas to the melt.

[전통1-7 | 10:25]

유기재료 (Cu-22Sn)의 고온변형 특성과 프로세싱 맵: 양준영, 김우진; *홍익대학교*

Keywords: Cu-22Zn alloy, High temperature behavior, Processing maps, Microstructures

Cu-22Sn 합금에 대해 843–993 K/ 10^{-3}–10 s^{-1} 조건에서 고온압축 실험이 수행되었다. 변형초기 yield drop 현상이 일어나며 변형이 진행되는 동안 serrated flow가 관찰되었다. 이러한 현상은 α상으로만 이루어진 Cu-9Sn합금에서도 발견된 바 있는데, mobile 전위와 고용된 Sn 용질원자들 간 상호작용과 관련이 있다. ln (strain rate) vs. ln (flow stress) 커브로부터 측정된 stress exponent 값이 3에 가깝고 serrated flow가 보이므로, solute drag creep이 주 변형메커니즘으로 작용하고 있을 가능성이 높다. 변형 활성화에너지는 185.8 kJ/mole로, 구리의 자기확산 활성화에너지 197 kJ/mole에 가깝다. 프로세싱 맵에 의하면 η (power dissipation efficiency) > 40%으로, 합금은 전 온도 범위와 변형률속도 범위에서 우수한 열간 가공성을 보일 것으로 예상된다. 그러나 낮은 온도 843 K에서 10 s^{-1}의 빠른 변형률속도에서는 unstable flow가 일어날 가능성이 있다.

[전통2-1 | 10:55]

The effect of micro-constituent phases on corrosion and tarnishing behaviour of Cu-22wt%Sn alloy with heat treatment temperature: Min Gyu Kim[1], Chan soo Lee[1], Gyeung-ho Kim[2] , Jin Guk Yoon[2], Hye Sung Kim[1]*; *[1]Pusan National University, [2]Advanced Analysis Center, Korea Institute*

It is a goal of this study to develop anti-corrosive and tarnishing Yuggi with highly improved mechanical properties. Microstructural optimization was attempted by controlling micro-constituent phases and their volume fraction with different heat treatment temperatures. From the different heat treatment temperatures, micro-constituent phases of Cu-22wt%Sn was controlled to (α+δ), (α+β), (α+γ) and (β+α). Their volume fraction was calculated using analytical program attached in optical microscope. Corrosion behavior was investigated with Potentio-polarization and weight-loss test in 3.5wt% NaCl solution, respectively. Color difference (△E) with micro-constituent phases and volume fraction after immersion test in 3.5wt% NaCl solution was determined. From a series of experiments, it was observed that the corrosion resistance is improved in the order of β+α > α +γ > α+β > α+δ. The quantitative increase of α-phase cause to deteriorate corrosion resistances. Interestingly, the tarnishing behavior is not consistent with corrosion properties. α phase is considered to be rather more stable phase on tarnishing characteristic (ΔE) than the other phases.

[전통2-2 | 11:10]

Microstructure control by heat treatment in Cu-Sn alloys: Jun Hyun Han[1], Musub Jeong[1], Ki Tae Kim[2], Jin Kook Yoon[3], Gyeung Ho Kim[4]; *[1]Division of Materials Science and Engineering, Chungnam National University. [2]Liquid Processing & Casting Technology R&BD Group, Korea Institute of Industrial Technology. [3]Materials Architecturing Research Center, Korea Institute of Science & Technology. [4]Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science &Technology.*

Keywords: Cu-Su alloy, Heat treatment, Microstructure, Mechanical property, Martensite

Cu-Sn alloys have been used for cultural heritage, bowls, or musical instruments. Despite the high cost of the Cu-Sn alloys, the demand for the Cu-Sn alloys is increasing due to their cultural value, excellent antibacterial properties and thermal insulation properties. However, The Cu-Sn alloys fabricated by casting have low mechanical strength and elongation. Their mechanical properties could be improved by microstructure controlling through various plastic deformations and heat treatments. There are many phases such as α, β, γ, δ, ε, etc in Cu-Sn alloy system, and the phases are able to transformed to various martensite phases after quenching. The first thing to do to improve the mechanical properties of the Cu-Sn alloys is to understand the inherent mechanical properties of each phase. In addition, to measure the mechanical properties of each phase, it is necessary to control the microstructure so that each phase can exist in a single phase. The purpose of this study is to control the fraction of each phase through heat treatment process and to measure the mechanical properties of each phase. We changed the cooling temperature and cooling method (water quenching, air cooling, furnace cooling), and analyzed the changes of microstructures and mechanical properties with tempering temperature and time after water cooling. As a result,

we could get the microstructures with (α+β'), (α+γ'), or (α+δ) phases independently by changing the heat treatment temperature and cooling method.

[전통2-3 | 11:25]

Macrostructure evolution in continuously cast thin bronze slab: 김희수; *조선대학교*

Keywords: Bronze, Continuous casting, Macrostructure, Heat transfer, Cellular automata

The macrostructure of the continuously-cast thin bronze slab was investigated using the computer simulation. The composition of the bronze was Cu-22wt%Sn, which has been widely used in Korean history. During nonequilibrium solidification, the alloy has a wide solidification temperature range, and a complex peritectic microstructure with several solid phases. In this study, the solid form of Cu-22wt%Sn was assumed as a single phase for simplicity. To simulate the macrostructure of the alloy, the heat transfer in the horizontal continuous casting of the thin slab was approximated to a steady-state one-dimensional lumped system. The cellular automata was used for simulating the grain structure. The pre-calculated temperature profile was interpolated into the grid for the cellular automata simulation. Since the temperature profile is in the steady state, the cell information was shifted along the casting direction at a rate of one cell per time step during the simulation. The grains were nucleated at the slab surface, and grown as columnar grains. No equiaxed grain was found in the center of the slab. The angle between the columnar grains and the casting direction changed with the casting speed. The relation was analyzed in terms of the heat flow in the system.

[전통2-4 | 11:40]

Cu-22Sn **청동 방짜유기 제조과정에 숨어있는 재료과학 비밀**: 김영석, 김성수; *한국원자력연구원*

Keywords: Cu-22Sn, atomic ordering, water quenching, casting

방짜유기를 제작하는 전통적 과정은 Cu-22Sn 조성의 용융물을 주조하여 만든 주조품을 망치로 원하는 크기로 잘게 부순후 다시 용융한 후 수냉하여 방짜유기 제품을 만든다. 이러한 제조과정에서 숨어있는 재료과학적 비밀은 주조품을 망치로 치면 유리처럼 부숴지지만 수냉한 방짜유기는 망치로 세게 때려도 주조품과는 달리 부숴지지 않는 이유이다. 그 비밀을 규명하고자, 여주공방 (김경수)의 방짜유기 숟가락 주물과 이를 700oC에서 1시간 소둔처리후 수냉한 두 시편에 대하여 미세조직, 인장시험 및 differential scanning calorimetry (DSC)를 이용한 열분석을 수행하였다. 인장시험 시 수냉한 방짜유기는 무질서 원자구조와 높은 연성, 주조품은 단범위규칙도의 원자구조와 매우 낮은 연성을 보였다. 즉, 주조품이 취성을 보이는 것은 주물할 때 서냉하면서 형성된 단범위규칙 원자구조 (short range order) 때문이고 반대로 수냉한 방짜유기가 높은 연성을 보이는 것은 수냉시 형성된 무질서 원자구조 (disorder) 때문이다. 이러한 연구결과는 주조로 만든 쇠가 높은 취성을 보이는 것도 단범위규칙도의 원자구조 때문이라는 것을 시사한다. 결론적으로, 본 연구는 금속의 주조품과 수냉처리 부품의 기계적 특성 차이는 원자구조에 의하여 결정된다는 것을 보여준다. 이러한 발견은, 재료의 기계적 특성은 우선적으로 전위구조에 의하여 지배된다고 주장하는, 현재의 재료과학 이론과 배치된다.

[전통2-5 | 11:55]

한국의 방짜유기에 적용된 가공기술 연구: 이재성; *국립문화재연구소*

방짜라 일컬어지는 단조에 의한 청동기 제작은 구리 1근과 주석 4냥 5돈을 정확한 비율로 섞어 만든 놋덩이에 수백번의 망치질을 가해 기물을 만드는 방법이다. 방짜로 만든 유기는 떨어뜨려도 찌그러질 뿐 깨지지 않아 옛부터 사람들이 선호했다고 한다. 한국의 전통기술로 만들어지는 방짜유기는 구리와 주석을 78 대 22의 무게 비율로 섞은 합금으로 만들어지는 매우 독특한 고주석 청동이다. 일반적으로 구리 78%와 주석 22%의 합금은 α+δ상으로 이루어져 있으며, 깨지기 쉬운 δ상으로 인해 상온에서의 가공이 불가능하지만 600에서 750°C에서는 β상이 형성되어 가공이 용이해진다. 방짜유기에는 주조 후 고온에서의 두드림 작업이 수행되고 이를 통해 형태가공이 완료되면 최종적으로 담금질처리가 수행된다. 방짜기술은 금속재료가 귀했던 고대에 얇고 질긴 합금제품을 만들 수 있는 획기적인 발명이지만 어떠한 이유로 그 기술이 시작되었는지는 정확하게 밝혀지지 않고 있다. 다만 유적에서 출토되는 유물과 조선후기에 저술된 문헌을 통해 방짜유기의 흔적을 찾고 있을 뿐이다. 따라서 전통 방짜유기 제작기술의 금속학적 특성을 찾기 위해서는 현재 전통 방식으로 제작하는 방짜유기를 과학적으로 분석하고, 재현 실험을 통해 서로 간의 상관관계를 찾는 방법이 최선일 것이다. 유기는 담금질을 하기 전까지는 상온에서의 가공이 불가능하기 때문에 '놋덩이'를 만드는 첫 단계 이후부터 열간가공을 통해 숟가락, 젓가락, 그릇 등 형태를 갖추게 된다. 열간가공이 적용된 이후부터는 α상 입계 내에 쌍정이 생성되었으며, 많은 두드림이 가해질수록 여러 개의 α상이 한 개체로 붙는 현상을 관찰할 수 있다. 이와 같은 α상은 유물에서도 쉽게 관찰되는 것으로 제작기술의 연관성을 확인할 수 있다. 방짜유기는 망치질을 통해 만들기 때문에 그 흔적이 완성품에서 '메자국'으로 남는다. 이 메자국은 방짜유기의 제작 과정상 어쩔 수 없이 생기는 가공 흔적으로 청동 유물에서도 흔하게 발견된다. 특히 전통방법으로 만들어진 방짜유기 숟가락의 손잡이 부분에 가로로 나있는 접힌 선은 고려시대 청동 숟가락에서도 동일하게 관찰되기 때문에 유물에 가해진 제작방법을 유추할 수 있다. 즉 방짜유기는 형태가공에 앞서 구리-주석 합금 '놋덩이'를 주조하고 이것을 망치로 늘리고 넓히는 현재의 전통기술이 과거에도 동일하게 존재했고, 이 기술의 완성 시점이 적어도 고려시대 이전이라는 것을 의미한다. 본 연구는 국립문화재연구소 문화유산 조사연구(R&D) 사업의 일환으로 이뤄졌다.

[전통3-1 | 13:30]

층상 나노 구조를 이용한 자개의 플라즈몬 발색 특성연구: 김상우[1], 최종한[1,2], 박재관[1] , 홍경태[1]; *[1] 한국과학기술연구원, [2] 고려대학교.*

자개는 진주 빛깔의 다양한 색상을 내기 때문에 실내 가구를 장식하는 데 전통적으로 사용해 왔다, 자개는 패총류의 다양한 종류

에 따라 색상이 서로 다른 종류들이 나오며, 국내산으로는 주로 진주자개는 많이 사용된다. 이렇게 다양한 종류의 자개가 있으나 결정구조적으로 보면 모두 aragonite 라는 단일 상의 나노 블록(block)이 3차원 층상 구조로 쌓여 있는 구조를 하고 있다. 이들 자개 모두 나노 블록의 층간에는 바이오 고분자 접착제가 그 사이를 연결해 주는 질서 정연한 구조를 하고 있다. 이같이 구조적으로 모두 같고 발색을 나타내는 특별한 다른 성분이 없기 때문에 자개의 종류에 따라 서로 다른 진주 빛이 난다는 것 자체가 매우 신비로운 것이다. 특히, 자개는 그 위치와 보는 각도에 따라서 색상이 바뀌기 때문에 단순히 기존의 발색단을 가진 안료 등에 의한 발색 메커니즘으로 그 발색 원인을 해석할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 층상 나노 구조를 가진 진주자개의 발색 원인을 알아보고 다양한 진주 색상을 구현할 수 있는 표면 플라즈몬 발색 특성에 관한 연구를 보고 하고자 한다.

[전통3-2 | 13:45]

고고금속학점 관점에서 보는 東北亞 역사에서의 종속이론: 박장식; *홍익대학교*

Keywords: 고고금속학; 동북아 역사; 종속이론

현재의 몽골 영토를 중심으로하는 북방의 초원지역에는 여러 유목국가가 차례로 등장하며 그 남방에 세워진 농경국가와 함께 정치와 문화의 거의 전 영역에서 지역을 넘어 세계역사의 변화를 주도하였다. 이 과정에서 협력과 견제를 통한 유목사회와 농경사회 간의 상호작용이 주요 변수로 작용하였을 것임은 추측하기 어렵지 않다. 현재 주류 학계에서는 이들 간에 형성되어 있던 관계를 정치적 종속이론(theory of political dependency)에 입각하여 설명하고 있다. 종속이론에 의하면 목축을 전업으로 하는 비교적 소수의 인원이 광대한 지역에 흩어져 끊임없이 이동하면서 식량과 생산품의 결핍을 숙명처럼 안고 살아가는 유목사회의 경우 외부로부터의 충격이나 도움이 없이는 국가형성에 필요한 시회분화나 분화된 사회를 결집 및 제어할 수 있는 정치세력의 출현이 불가능하다고 판단한다. 유목사회에 대한 인류학자들의 관찰결과와 중국의 사서에 근거하여 제시된 이 이론에서는 과거 아시아 북방의 초원지역에 출현하였던 유목국가가 중국으로부터 유입된 유형무형의 자원에 힘입어 세워진 것으로 이해한다. 즉, 농경사회를 대상으로하는 교역, 약탈, 또는 전쟁을 통하여 필요한 물자를 확보해야하는 유목민은 그 목적을 달성하기 위하여 결집하게 되며, 이로 인하여 출현하는 유목국가는 그 발전과정에서 농경사회의 정치와 문화와 사회를 모방한다는 것이다. 반면 최근 일부 학자들 사이에는 그간에 축적된 고고학적 발굴결과에 근거하여 종속이론을 비판하며 유목민에 의한 국가형성과정을 보다 객관적으로 이해하려는 움직임이 일고 있다. 본고에서는 지난 15년 동안 몽골의 철기와 청동기 유물을 분석하여 얻어진 결과를 바탕으로 흉노를 전후한 시기로부터 징기스칸의 몽골제국을 전후하는 시기에 이르기까지 몽골 금속기술의 보편성과 특수성을 살펴볼 것이다. 또한 이 두가지 금속기술을 기준으로 몽골과 중국을 비교함으로써 양자 간의 유사점과 차이점을 파악할 것이며, 당대의 물질문화를 대표하던 이들 철기와 청동기 기술에 투영된 종속이론의 허와 실을 논하게 될 것이다. 한편 이와 유사한 방법론을 한반도와 그 주변지역에 적용할 경우 고대 한반도에서 실행되던 금속기술의 기원을 중국 일변도로 보는 학계의 주된 견해가 유지될 수 있을지 의문을 제기하고 수정의 필요성을 살펴 이에 대한 토론을 공론화하고자한다. (이 연구는 한국연구재단의 연구비 지원으로(NRF–2017R1A2B4002082) 수행되었다.)

[전통3-3 | 14:00]

Metallographic, radiometric and neutron scattering analyses of an iron fragment for the understanding of pertinent technology, chronology and sociocultural implication: 박장식[1], Francesco Grazzi[2]; [1]*홍익대학교*, [2]*Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Fisica Applicata*

Keywords: Ancient iron technology; Metallography; Radiocarbon; Neutron scattering; Sociocultural implication

A small iron fragment with irregular surface features characteristic of a solidification reaction was subjected to preliminary metallographic, radiometric and neutron scattering analyses. The object is a surface find that was recovered from the Mongolia-American expedition to the Egiin Gol site of north central Mongolia, along with many non-metallic objects displaying strong Xiongnu traits. Metallographic examination revealed it to be a piece of iron covered with a layer of mineral phases. The metal part, including numerous micro cavities but with few non-metallic inclusions, was a mixture of pearlite and the proeutectoid ferrite phase in variable proportions, indicating that its carbon level is non-uniform and mostly below the eutectoid. The presence of cavities, corresponding to casting defects, parallels the visual inspection suggesting that the object was given a melt treatment. The accelerator mass spectrometric dating experiment with carbon samples extracted from the very object produced the radiocarbon age of 2415 ± 31 year BP as of 1950, which corresponds to the calibrated date of the 5th century BC or earlier. Neutron diffraction analysis measured the mass fraction of ferrite and cementite of the irradiated sample to determine the average carbon concentration of the metal part at approximately 0.38%. In addition, the neutron analysis detected a trace amount of Mn and Cu as well as some mineral phases such as wustite and magnetite but no goethite. The foregoing analytical results confirm that the object examined was initially a piece of cast iron, which was subsequently treated in the molten state to reduce its carbon level. This treatment must have been an effort to produce steel in the presence of such minerals as wustite and magnetite added as an oxidizing agent to promote rapid decarburization. This particular steelmaking method, evidently practiced in the heartland of Mongolia in such an early period, constitutes a clear indication of the technological status achieved by nomads in Mongolia, which was as sophisticated as that of China with the only exception found in its scale. Given cast-iron based technology dominating China's traditional iron industry as opposed to bloomery-based technology of Mongolia, the analytical results above are in support of hypotheses, viewing Mongolian nomads as a people adept at adopting foreign ideas and materials selectively and capable of developing their own culture without necessarily requiring direct foreign supports. (This work was financially supported by National Research Foundation of Korea [NRF-2017R1A2B4002082]. The neutron analysis was performed in the ISIS Neutron and Muon Source.)

[전통3-4 | 14:15]

고대 슬래그 분석을 통한 제철·제강기술 해석: 정광용; *한국전통문화대학교*

Keywords: ancient slag, iron manufacture, steel manufacture, iron manufacture site :

현대에는 제철유적에서 출토된 철 생산물이나 슬래그를 분석하여 단절된 고대 제철·제강기술을 규명하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 제련공정에서 생성된 슬래그는 제련과정의 전반적인 정보를 담고 있어, 제철유적의 성격을 확인할 수 있는 중요한 요소라 할 수 있다. 고대 제련공정에서 생성된 철 생산물이나 슬래그는 제련공정에 따라 제철재와 단야재, 주물재 등으로 구분되며, 공정에서 생성된 슬래그를 대상으로 자연과학적 분석을 적용하면 보다 세부적인 공정의 성격과 기술수준을 파악할 수 있었다. 제철슬래그는 저온환원법 또는 고온환원법에 의해 철을 생산하는 공정에서 발생하며, 일반적으로 원료에 따라 생성물의 차이를 보인다. 철광석을 사용한 경우, 장주상의 Fayalite와 입상 또는 수지상의 Wüstite가 확인되거나 다각형 형태의 Magnetite 조직이 나타났다. 사철을 원료로 한 슬래그는 일반적으로 Ti과 V의 함량에 따라 사용여부를 판단해 왔지만, 최근 복원실험결과에서 Ti 함량이 낮은 사철을 쓴 슬래그의 경우 철광석을 이용한 제철슬래그와 구분이 어려운 것을 알 수 있었다. 단야재는 정련단야와 단련단야 공정에 따라 각각 정련단야재와 단련단야재로 구분된다. 정련단야재는 Wüstite와 Fayalite가 공존하며 Magnetite가 관찰되는데 반해 단조과정을 거치는 단련단야재의 경우, 거상의 Wüstite가 나타나며 공정의 후반으로 갈수록 응집된 Wüstite가 정출화된 것이 확인되었다. 주물재는 일반적으로 생산된 선철을 용해할 때 생성되는 것이지만 고대에 환원철에 많은 연료를 장입하면서 고온에서 용해된 철을 생산했을 경우, 용탕 위로 부유한 철재를 의미한다. 주물재는 현재 국내에서 확인된 유적사례가 미비하여, 상대적으로 비중이 낮은 불순물들이 부유하여 생성된 주물재가 실제 함유한 철의 함량은 적을 것으로만 추정하고 있다. 이에 본 연구에서는 실제 제철유적에서 수습된 슬래그에 미세조직 분석을 적용한 사례들을 바탕으로 슬래그가 생성된 공정의 성격이나 사용한 원료, 제련온도 등을 추정하여 고대 제철·제강기술을 해석하고자 하였다.

[전통3-5 | 14:30]

마한·백제 영역 출토 철기유물의 미세조직과 제작특성: 조남철, 조현경; *공주대학교*

마한·백제 영역에서 출토된 철부와 철도를 대상으로 미세조직 및 비금속개재물을 분석하여 시기별, 지역별 철기유물의 제작특성을 알아보았다. 우선 철부의 경우는 주조와 단조로 제작된 것들이 함께 출토되고 있으며, 특히 공주 수촌리 유적에서 출토된 철부의 경우 미세조직을 관찰한 결과 내부에는 백주철, 외부는 아공석강 조직을 지니고 있는 전형적인 주철탈탄강 특징을 보이고 있다. 이는 주조의 특징인 취성을 제거하기 위해 표면부위만 탈탄하여 강으로 제작하는 열처리 기술을 BC2세기 때의 유물로 확인가능하였다. 단조로 제작된 철부의 경우는 연철을 여러번 접고 두드리는 과정을 통해 제작됨을 미세조직을 통해 알 수 있었다. 철도의 제작 방법은 일반적으로 연철인 아공석강의 반복적인 단조 작업을 통해 이루어졌으며, 단조 성형 이후 침탄 또는 열처리가 진행됨을 확인할 수 있었다. 동일 유적에서 출토된 철부, 철모 및 철겸의 미세조직과 비교해보면 시기에 따른 기술적 변화보다는 도구의 사용 목적에 따라 적용되는 기술이 서로 다름을 알 수 있다. 즉 이미 2-3세기 무렵 한반도에는 침탄, 담금질 등의 열처리 기술이 보편화되었고 이를 각각의 도구에 맞게 적용하였음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 특히 환두도보다는 목병도에서 날 부분에 인위적으로 열처리를 실시한 마르텐사이트가 확인되는 경우가 많았다. 즉 이른 시기의 소환두도는 실전용 병기보다는 의기로써의 목적으로 제작된 것으로 보이며 목병도의 출토량이 증가하는 후기에는 목병도의 열처리 기술이 적용되어 무기로써의 기능을 함께 지니도록 제작되었음을 알 수 있었다.

[전통3-6 | 14:45]

초기철기시대 청동유물인 동사의 미세구조 분석: 김하영[1,2], 최미라[3], 서진유[1], 김동익[1], 김도향[2], 홍경태[1], 조남철[3]; *[1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교, [3]공주대학교*

전북 완주지방에서 발굴된 초기 철기 시대의 청동유물 중에서 동사의 미세조직을 전자현미경을 이용하여 화학조성 및 결정학적 분석연구를 수행하였다. Cu-Sn-Pb로 구성된 주조조직을 갖는 동사는 함께 발굴된 동검에 비해 높은 Sn 함량을 가지며 특히 100 nm 내외의 크기를 갖는 Cu3Sn과 Cu41Sn11의 금속간화합물로 구성된 초미세 결정립 구조를 가지는 것으로 판명되었다. 본 발표를 통해 이러한 미세구조를 갖게 된 원인 및 결과에 대한 토의를 할 것이다.

[전통4-1 | 15:15]

반복 열처리 시 Cr 첨가 강의 미세조직 발달에 미치는 유지시간의 영향: 최시훈[1], 김민성[1], 서진유[2], 김동익[2]; *[1]순천대학교, [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Cr-added steel, Heat treatment, Transformation, Microtexture, Microstructure

철강재료 제조 시 단 한번의 가열 및 냉각 공정을 적용하고 최종 미세조직을 확보하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 가열 및 냉각 공정을 반복적으로 수행한 경우 Cr 첨가 강의 미세조직의 발달 거동을 이해하고자 하였다. Cr 첨가량에 따라 4개의 합금을 제조하였으며, 염욕(salt bath) 법을 활용하여 균일하게 시편을 가열하였다. 반복 열처리 시 다양한 유지시간(holding time) 조건에서의 미세조직 변화를 이해하고자 하였으며, dilatometer를 이용하여 합금 내 나타나는 상변태(transformation) 온도를 측정하였다. 한번의 반복 열처리 수행 후 광학 현미경(optical microscope, OM) 및 전자후방 산란회절법(electron back-scattered diffraction, EBSD)을 이용하여 Cr 첨가 강에 발달하는 미세조직 및 미시집합조직을 분석하였다. 비커스 경도계(Vickers microhardness)를 이용하여 공정 조건에 따른 합금별 두께 방향으로의 미소경도 분포를 측정하였다. 반복 열처리를 수행한 Cr 첨가 강의 미세조직 및 미소경도와의 상관관계를 바탕으로 Cr 첨가 강의 열처리 조건을 최적화가 가능하였다.

[전통4-2 | 15:30]

3D printable wood-plastic composites for higher impact resistance: Myoung-Woon Moon[1], Seo Hyun Cho[1,2], O-Chang Kwon[1],

Wonjin Jo[1], Seok Chung[2]; [1]*3D Printing Group, Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology.* [2]*Mechanical Engineering, Korea University.*
Keywords: Wood materials, 3D Printing, weatherability, mechanical strength

We fabricated wood-plastic composite (WPC) filaments using acrylonitrile styrene acrylate (ASA) material which has strong weatherability and mechanical strength as a substitute material of PLA. Compounds based on ASA pellets and red pine powders were prepared with the different weight percentage of wood powders, which were dried at 80 °C in advance. The WPC filaments were made with the compounds through a twin screw extruder at the temperature reduced gradually from 230 to 190 °C. To evaluate the filament suitability as construction material, mechanical property analysis including tensile strength, bending strength, and impact strength was performed with respect to the wood contents in the composites. The tensile strength of ASA-based WPCs decreased by about 10 MPa and the flexural strength showed a similar tendency to those of PLA-based WPCs. On the other hand, at the 10% of wood content, the impact resistant strength of ASA-based WPC was measured to be about 5 times higher than that of PLA based WPC due to the higher value from ASA nature. The ASA-based WPC was also confirmed to have excellent physical properties through weathering and light stability test for large construction. Through these experiments, it can be confirmed that the ASA-based WPC has sufficient strength to be utilized as a building material.

[전통4-3 | 15:45]

홍합모사폴리도파민(polydopamine) 코팅10주년: 금속, 3D 프린팅과의 관계: 이해신; *한국과학기술원*

폴리도파민 (polydopamine) 코팅은 홍합접착단백질의 핵심 물질인 페놀계 카테콜아민 (catecholamine) 에서 착안한 유기폴리머로, 세계 최초로 산화금속 (metal oxide), 귀금속 (noble metal)을 포함한 지구상의 어떤 물질의 표면을 원하는 방향으로 개질시킬 수 있는 방법이다. 현재 2007년에 이해신 교수에 의해서 Science지에 발표된 이후 4,000회 이상 피인용 되는 전세계 에서 가장 널리 쓰이는 표면화학 방법론이다. 본 발표에서는 폴리도파민 코팅과 그 방법을 통해 지속적으로 전개된 연구를 통한 최신 폴리도파민 코팅 전략과 금속, 3D 프린팅과의 관계에 대한 overview를 발표할 예정이다. 구체적으로는 금속과 세라믹의 접착을 위한 폴리도파민 코팅, 금속과 유기물 접착을 위한 코팅, 3D printing에 사용가능한 폴리도파민 및 그 유사 방법론의 적용방법론에 관한 발표를 할 예정이다.

[전통4-4 | 16:00]

Loess-Based Composite Materials for High-Strength 3-Dimensional Printing: Jin-Ha Hwang, Jaehwan Kim, Hyunbae Lee; *Hongik University.*

3D printing technology offers superior flexibility in manufacturing based on the designers' unlimited concepts without involving the lengthy and complicated mechanical machining. Since the first introduction of 3D printing concept, the 3D printing materials have incorporated polymers, ceramics, metallics, and even their hybrid materials. Typically, plastic materials have been widely employed with special emphases on prototyping as a feasible activity. The current work places it main emphasis on loss-based composite materials which is compatible with large-scale 3D printing technologies, functioning as building materials. The loess-based composite materials should be designed using water as a binding helper, along with the core-materials of high reactivity with water. Furthermore, physical/chemical admixtures are added to the materials combination. In particular, the current research & development is performed based on the scientific approach on the conventional loess materials, using mechanical strength measurements, X-ray fluorescence Analysis, X-ray Diffraction, Electron Microscopy, and Particle Size Analysis. Frequency-dependent impedance spectroscopy is applied to the monitoring of setting behaviors. The empirical optimization strategies are discussed towards the applicability of 3D printing, introducing the experimental research progress.

[전통4-5 | 16:15]

황토와 천연 접착제의 3D 프린팅 소재화 가능성 및 계면접착 향상을 통한 강도 향상: 정제준, 오규환; *서울대학교*

Keywords: 황토, 천연 접착제, Ball mill

3D 프린터는 소형 모형이나 구조물에서 대형 빌딩을 짓는 데까지 사용되고 있으며 특히 기존 건축환경에서 요구되는 자유형 구조물이나, 아프리카나 산간오지, 우주 등 극한 지역, 혹은 전쟁 수행 시 요구되는 짧은 축조 시간 등의 장점을 가진다. 3D프린팅 소재로 친환경 흙 건축 재료가 현대적 건축물에 적용되기 위해서는 건축 각 부위별 요구 성능을 충족 해야 한다. 개성적이고 친환경적인 고급주거 형을 위해 시멘트 대체 소재에 대한 요구가 높아지고 있으며 건축물에 출력물이 사용될 경우 구조물의 안전을 위해 높은 강도를 갖는 소재가 필요하다. 3D 프린팅 재료로 황토를 사용하기 위해서 황토의 입자 사이즈를 일정하게 컨트롤하고 천연 접착소재를 혼합해서 한옥 등의 친환경 구조물에 사용 가능한지를 검증 해보고자 한다. Ball mill을 통해서 입자간의 인력에 영향을 주는 황토 분말 형상과 크기, 조밀 정도를 분석하고sedimentation을 통해서 황토의 입자 사이즈를 조절한다. 일정한 크기의 황토와 천연 접착제의 함량에 따른 기계적 특성과의 관계를 확인하고 최적 혼합 조건을 확립한다. Ball mill을 하지 않은 황토와 천연 접착제 혼합물은 황토와 접착제의 경계면에서 porous한 구조를 가지고 있는 것을 TEM 분석을 통해서 확인했으며 이 porous한 구조가 강도에 영향을 주는 것으로 판단된다. 천연 접착제와의 mixing방법을 개선해서 황토와 천연 접착제가 골고루 mixing되고 황토와 접착제의 계면에서도 치밀한 조직을 형성하도록 한다. 이로써3D 프린팅 소재가 가지는 재료적 한계를 극복하고 전통 천연 소재의 사용 가능성을 확인한다.

[전통4-6 | 16:30]

전통금속공예의 발색 기술 중 하나인 칠보의 유약 특성: 이민수[1], 김호형[1], 변지영[2], 박재영[1], 임태홍[1]; [1]*한국생산기술연구원.* [2]*한국과학기술연구원.*

Keywords: 칠보, 유약, 컬러, 열분석 금속 기판재

전통금속공예의 발색기술에 속하는 칠보기술은 한국의 전통 고유의 문양, 기술, 기법 및 유물이 존재하는 전승공예의 한 분야이며 장인 정신이 녹아 있는 감성적 디자인으로 고가의 장식품으로 사용되는 현대 공예로도 가치가 높다. 하지만 소수 장인의 노력과 경험을 바탕으로 제작되는 공예 특성 상 현대 시장 진출에 있어 문제점들이 상존한다. 이중 하나로 생산단가가 매우 높다는 점을 들 수 있다. 이는 칠보용 기판재로 고가의 금속만을 사용하고 수작업으로 인해 인건비가 많이 들기 때문이다. 그 외 기술적인 문제로 표준화되지 않음으로 인한 칠보 유약의 컬러 재현성 문제를 들 수 있다. 전통적인 표면처리기술로서 모든 금속공예품의 뿌리기술로 적용이 가능한 칠보기술이 현대기술과의 융합을 통해 이러한 문제들을 해결한다면 칠보공예품은 소비재 시장으로 진입이 가능할 것이다. 또한 일부 단절된 칠보기술의 복구와 칠보기술의 전승을 용이하게 하여 우리 문화를 계승 발전시키는데도 기여할 것이다.

본 연구에서는 칠보 유약 기술의 재현성 확보와 순금, 순은, 순동 위주인 고가 금속 기판재 대체를 위하여 투명도가 다른 다양한 색상의 칠보 유약을 선별하여 열적 특성 및 결정 구조를 확인 하였으며 기판재의 종류에 따른 유약의 색상 변화 분석을 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 유약의 색상 재현 방안과 새로운 기판재의 적용 방안을 고찰하였다.

철강IV
Room 201A, 4월 26일

[철강5-1 | 09:00]

Rietveld 기법을 이용한 소결광의 상 정량분석: 박준우, Ramaraghavulu Rajavaram, 곽수근, 이준호; *고려대학교.*

Keywords: Rietveld analysis, Sintered ore, Calcium ferrite, SFCA

본 연구에서는 모사소결로를 사용하여 만든 모사소결광과 실제 소결 공정에서 제작된 소결광을 Rietveld 기법을 이용하여 각 소결광의 상 정량분석을 실시하였다. 모사소결광은 Fe_2O_3, CaO, SiO_2, Al_2O_3 시약을 사용하여 조립되었으며, 1,300°C에서 소결되었다. 각 소결광은 XRD용 시료로 준비되어 20 °≤ 2θ ≤120 ° 로 XRD 분석을 실시하였고, 이를 Rietveld 기법을 통해 정량분석을 실시 하였다. 분석결과 주요 광물상으로는 Fe_2O_3, Fe_3O_4, SFCA가 나타났다. 또한, 이를 화학 분석(ICP)과 SEM-EDX 분석을 실시해 비교하였다.

[철강5-2 | 09:15]

전기로 slag로 부터 redmud-carbon 복합 환원제를 이용한 FeO 환원: 유준수[1], 허정호[2], 박주현[2], 정용석[1]; *[1]한국산업기술대학교. [2]한양대학교.*

Keywords: EAF slags, Iron recovery, Red mud-C mixture, Effective reaction area, Multiphase reductant.

Slag는 철강 생산 공정 중 필수적으로 발생하는 산업부산물이며 매년 지속적으로 발생하고 있다. 그 중 전기로 공정에서 발생하는 slag는 20%~40% 함량의 iron oxide가 존재해 재활용 되는 비율이 낮으며 처리방법에 있어 주로 매립이 되는 상황이다. 이러한 전기로 slag의 주요한 처리 방법은 환경적, 경제적으로 문제가 되기 때문에 현재 다양한 방면에서 많은 연구가 진행되었다. 본 연구는 hot slag 상태로부터 redmud-carbon 복합 환원제를 이용하여 slag로부터 iron oxide를 환원 및 회수하는 연구이며, 환원제에 사용된 redmud는 Aluminium 생산 시 발생하는 또 다른 산업 폐기물이다. 복합 환원제의 사용은 반응속도 향상 및 효율 극대화를 위한 목적으로 carbon과 복합 환원제로 사용하여 연구를 진행하였다. 본 연구의 실험 방법으로 고주파 유도 용해로를 이용하여 1550°C, Ar-3%H_2 분위기 하에 진행되었으며 시간에 다른 FeO의 거동을 연구하였다. 복합 환원제에 함유된 redmud의 함량에 따라 FeO의 환원 거동의 변화가 나뉘어 졌으며, redmud의 함량이 증가함에 따라 환원제의 반응 속도 향상을 나타내었다.

[철강5-3 | 09:30]

전기로 슬래그와 MgO 내화재 계면반응에 미치는 슬래그 중 FeO의 영향: 한진성, 허정호, 박주현; *한양대학교.*

Keywords: MgO refractory, Corrosion, Elelctric Arc Furnace (EAF) slag, Interfacial reaction, (Fe,Mg)O solid solution

MgO-계 내화물은 상대적으로 높은 내침식성과 고온 안정성을 갖기 때문에 전기로 내화물로 주로 사용된다. 그러나, 내화물은 1500°C 이상의 고온에서 전기로 슬래그와의 지속적인 반응에 의해 수명이 단축된다. 따라서, MgO-계 내화물과 전기로 슬래그간의 계면반응에 대한 물리화학적 이해가 매우 중요함에도 불구하고, 다량의 FeO 성분이 함유된 슬래그와 MgO-계 내화재간 계면반응에 대한 연구는 충분하지 않다. 따라서 본 실험에서는 CaO-SiO_2-Al_2O_3-xFeO-MgO-MnO (C/S=1.2, x=20-50wt%) 슬래그와 MgO내화물간의 계면반응에 대해 고찰하였다. 실험결과, 슬래그/내화재 계면에 $(Fe,Mg)O_{ss}$ 층이 관찰되었다. $(Fe,Mg)O_{ss}$ 층은 슬래그 중 FeO 확산에 의해 생성된 것으로 판단되며, FeO 함량이 증가함에 따라 반응층의 두께가 증가함을 확인하였다. 또한 슬래그 중 FeO 함량이 감소할수록 MgO 포화 용해도가 증가하였으며, 이는 슬래그 중 FeO함량이 낮을수록 내화재로부터 MgO의 용출이 촉진됨을 의미한다. 결과적으로, $(Fe,Mg)O_{ss}$ 층의 생성과 MgO 용출거동을 비교함으로써 내화재의 침식거동을 고찰하였으며, 상용 열역학 계산 프로그램인 FactSage™7.0을 활용하여 $(Fe,Mg)O_{ss}$ 반응층의 생성 메커니즘을 규명하고자 하였다.

[철강5-4 | 09:45]

Hot thermocouple technique에서 불소 휘발에 미치는 압력의 영향: 이재호, 조중욱; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Mold flux, Hot thermocouple technique, DSC, Evaporation, Crystallization

Hot thermocouple technique은 빠른 승온속도와 냉각속도설정과 함께 실시간으로 시편을 관찰할 수 있다는 점에서 연속 주조 공정에 사용되는 몰드플럭스의 특성을 파악하는 데 많이 사용되고 있다. 하지만 유사한 실험에 사용되는 DSC(시차주사열량계)와 달리 이 장치의 단점은 외부에 시편이 많이 노출된다는 점이다. 따라서 고온에서 증발이 심한 F계열이 포함된 몰드플럭스를 사용하는 경우 F는 Hot thermocouple technique에서 증발이 더 심할 수 밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 상업용으로 사용되는 SiO_2-CaO-CaF_2 계의 몰드플럭스를 사용하여 Hot thermocouple technique과 DSC를 같은 냉각조건으로 실험하고, 미세조직을 비교하여 증발의 영향을 조사하면서 압력의 영향을 추가로 알아보았다. 냉각조건은 10, 20, 50, 100°C/min였으며, DSC의 경우 모든 냉각조건에서 Cuspidine($Ca_4Si_2F_2O_7$)과 Dicalcium silicate(Ca_2SiO_4) 결정상이 공존하였지만, Hot thermocouple technique은 모든 냉각 조건에서 Dicalcium silicate만 존재하였다. 따라서 Hot thermocouple technique에서는 F증발이 가속화 된다는 것이 확인되었다. 증발을 막기 위하여 3atm의 아르곤 분위기에서 실험하였을 경우, 20°C/min의 냉각조건에서만 Cuspidine과 Dicalcium silicate가 함께 존재하였으며 나머지 조건은 이전의 미세조직과 같이 Dicalcium silicate만이 존재하였다. 따라서 Hot thermocouple technique은 증발이 심한 F계열에서는 사용하기 적합하지 않으며 증발을 막기 위한 압력은 3atm 이상이 필요하다는 것을 제시하였다.

[철강5-5 | 10:00]

Single Hot Thermocouple 기술을 이용하여 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 슬래그와의 MgO 용해 거동 연구: Yelim KIM[1], Yoshiaki KASHIWAYA[2], Yongsug CHUNG[1]; [1]*Dept. of Advanced Materials Engineering. Korea Polytechnic Univ.* [2]*Graduate School of Energy Science and Technology. Kyoto Univ.*

Keywords: Dissolution; Hot Thermocouple; MgO; Kinetic

다양한 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 슬래그에서의 MgO 내화재의 용해 거동을 Single Hot Thermocouple Technique(SHTT) 이용하여 연구하였다. 각 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 시료 파우더를 염기도 1에 따른 Al_2O_3 함량을 다양하게 변화시켜 220 rpm의 회전 조건에서 볼밀링하였다. 슬래그를 SHTT를 이용하여 1550°C에서 용융시킨 후 MgO를 투입하여 시간에 따라 급속 냉각하여 용해 거동을 광학현미경을 통해 관찰하여 용해반응 기구를 제시하였다. 결과적으로, MgO 용해 속도는 Al_2O_3 함량 증가에 따라 감소하였다. Kinetic 연구를 통하여 다양한 슬래그 조성에서 MgO의 종류(poly crystal, single crystal)에 따른 용해 거동 연구가 수행되었다.

[철강6-1 | 10:20]

Coke 제조용 석탄의 건류 특성: 고병훈, 정성모; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Coking coal, Pyrolysis, Char, Gaseous species, Tar

코크스는 고로 조업에서 열원 및 통기유지제로 사용되는 매우 중요한 원료이지만 점결성이 우수한 고급 강점탄의 가격 상승으로 철강제품 가격에서 연원료의 비용이 지속적으로 상승하고 있다. 이에 저가의 저품위 비야금용 석탄 배합비율 증대를 통해 제선 연원료의 원가경쟁력 제고의 필요성이 지속 제기되고 있지만 저품위 비야금용 석탄의 배합비 증대시 Coke 품위의 저하가 예상된다. 이에 본 연구에서는 Coke의 품질을 예측할 수 있는 차별화된 모델 개발을 최종목표로 연구를 진행 중에 있다. 첫 단계로 석탄의 종류 및 혼합, 탄화조건에 따른 석탄의 열분해 거동 및 발생 가스 성분을 측정하여 석탄 등급별로 경향성을 분석하였고, 탄화 중 발생하는 Char, Gas 및 Tar의 물질수지를 석탄 등급별로 구분하였다. 또한 석탄의 탄화 후 잔류하는 Char에 대해 FT-IR 및 XRD 장비 활용하여 석탄 종류 및 탄화 조건에 따라 탄화과정 중 화학적 조직의 변화를 분석하였다. 그 결과 석탄 등급에 따라 탄화과정 중 발생되는 Char, Gas, Tar에 일정한 경향성을 확인하였으며, 화학적 구조의 변화도 일정한 경향성이 있음을 확인하였다. 그리고 본 연구에서 확인한 내용들을 Data Base화 하여 2,3단계 연구의 기초 Data로 사용하고자 한다.

[철강6-2 | 10:35]

Laboratory Investigation on Top and Bottom Mixed Blowing CO_2 at Vanadium-Extraction Process: Du Wei-Tong, Liang Xiao-Ping, Wang Yu; *Chongqing University.*

Keywords: Carbon dioxide; Gas coolant; Vanadium; Extraction; Converter;

With the aim of reducing carbon dioxide (CO_2) emissions and of using waste resources in steel plants, the use of CO_2 as a gas oxidant and coolant in vanadium-extraction converter was investigated in this study. Experiments with vanadium-containing hot metal at different initial temperature from 1300 to 1380°C, and two injection styles, top-blown and bottom-blown, with 0, 10, 20 vol.% of CO_2-O_2 mixed injection were attempted at the laboratory scale. The results indicate that the initial temperature of the hot metal bath with top-blown at 1300°C are beneficial to promote the extraction of vanadium and keep carbon in semi-steel. In addition, at an injection of 80 vol.% O_2 - 20 vol.% CO_2, approximately 13% of additional carbon was retained in the hot metal whereas the content of vanadium was at the same level as pure O_2 blowing. Therefore, the use of CO_2 as a gas coolant was conducive to vanadium extraction process.

[철강6-3 | 10:50]

A study on the reduction behavior of FeO through the control of pore by $FeCl_2$: 신상균, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: FeO, $FeCl_2$, Reduction, Morphology, Porosity

산화철의 환원 거동은 온도, 환원제, Fe 활동도, 기공 등 다양한 요소에 의하여 영향을 받는다. 그 중 기공율과 분포가 환원 속도에 미치는 영향을 알기 위하여 $FeCl_2$의 승화 기법을 이용하여 FeO 내 기공율과 분포를 정량적으로 제어하여 환원속도를 평가하였다. TGA에 의한 환원속도 평가 기법 실험 결과로부터 기공이 환원 거동에 미치는 영향을 조사하였고, SEM, BET 기법을 통하여 Morphology, 기공율과의 상관성을 정량화 하였다. $FeCl_2$ 승화에 따른 시료 내 기공 생성을 확인하였으며, 초기 환원 속도는 감소하는 경향을 보이나, 반응 중반 이후 환원 속도는 증가하는 경향을 얻었다. 위와 같은 거동은 $FeCl_2$ 승화 과정 중 FeO의 크고 치밀한 morphology 변화에 의하여 초기 환원속도를 저하시키나 환원 진행에 따라 내부 기공의 활성화로 환원 속도는 증가하는 경향을 나타낸다. 따라서 환원 속도에 기공은 양뿐만 아니라 기공의 질과 분포도 중요한 요소임을 알 수 있다.

[철강6-4 | 11:05]

Role of basicity and Al_2O_3 on the NBO/T in calcium aluminosilicate melts: 최준성, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: NBO/T, XPS, Raman spectroscopy, MAS NMR, Aluminosilicate Slags

$CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 용액의 구조 특성에 미치는 염기도와 Al_2O_3 효과에 관한 연구를 수행하였다. 용액 구조에 미치는 조성 효과를 확인할 목적으로 Al_2O_3 농도와 염기도(CaO/SiO_2)를 변화시켰다. 1600°C 실험 후 급냉된 비정질 시료는 XPS, Raman, 그리고 ^{29}Si, ^{27}Al MAS NMR Spectroscopy 분석 이후 PeakFit™4.0을 이용하여 deconvolution 함으로써 각각, Q^n unit 분율, 그리고 음이온(Si, Al) 배위 구조의 정량 분석을 진행하였다. 정량 분석을 진행한 결과 실험에 기반한 NBO/T를 나타내면 다음과 같다.

NBO/T = [Al^{n*} (4-n)+Q^{n*} (4-n)] / ($^{[IV]}Al$+$^{[IV]}Si$) NBO/T와 $X_O^-/(X_O^{2-}+X_O^-+X_O^0)$ 는 염기도(CaO/SiO_2) 1.0을 기준으로 변곡점을 나타내었다. 이는 CaO/SiO_2=1.0 의 wollastonite ($CaSiO_3$) congruent point 를 중심으로 융체의 stability와 Q^n unit 변화에 의한 것으로 판단된다. Al_2O_3 증가에 따른 structural unit을 확인한 결과, anorthite ($CaAl_2SiO_8$) congruent point 이후로 Q^2 chain 구조를 선호하는 경향으로 인하여 NBO/T 가 수렴하는 것으로 나타내었다. 이는 dominant polymeric unit이 Al-O-Si와 Al-O-Al으로 변하는 것에 기인한다. 또한, XPS와 Raman spectroscopy 결과값 비교를 통하여 iso-NBO/T을 도출하였고 이를 융체 대표적인 물성치인 점성과 탈황능과의 비교 평가를 진행하였다.

[철강6-5 | 11:20]

Micro-alloyed steel 제강 공정에서 용강과 알루미나 개재물 계면장력에 미치는 온도 및 S 농도 영향 평가: 정지석[1], 심상철[2], 나현택[3], 배규열[3], 서석종[3], 이준호[1]; [1]*고려대학교 신소재공학부.* [2]*고려대학교 공학기술연구소.* [3]*포스코 기술연구원.*

Keywords: Interfacial tension, Surface tension, Contact angle

제강공정에서 용존 산소량을 낮추기 위해 주로 알루미늄을 이용한 탈산이 실시된다. 이로 인해 다량의 알루미나 등의 개재물이 생성되며, 정련이나 연주 공정 중 제거되지 못한 개재물은 강에 잔류하게 된다. 이렇게 강 내부에 포함된 개재물은 강의 품질 저하의 원인이 된다. 따라서, 정련 또는 연주 공정에서 해당 개재물을 액상 슬래그로 배출하는 것이 필수적이다. Mukai 등은 강의 응고 과정에서 표면활성원소의 재분배로 인하여, 고액계면 근처에서 농도 구배가 생기며, 이로 인하여 개재물의 pushing/engulfment 현상이 결정되는 것으로 보고하였다. 본 실험에서는 이러한 거동을 예측하기 위해 개재물인 알루미나와 micro-alloyed steel 사이에서의 계면장력을 실험적으로 평가하였다. 먼저 micro-alloyed steel의 표면장력을 constrained drop method를 통해 측정하였다. 이 때, 온도는 1823 - 1873 K의 범위에서, S의 농도를 10 – 100 ppm로 제어하였다. 또한, sessile drop법을 이용하여 micro-alloyed steel과 알루미나 기판 사이의 접촉각을 측정하였다. 마지막으로, 알루미나의 표면장력은 문헌값으로 부터 취한 뒤, Young's equation을 이용하여 계면장력을 평가 하였다. 본 실험 결과로부터 50 ppm S 농도에서 개재물의 engulfment 구동력이 가장 높은 것으로 확인되었다.

[철강6-6 | 11:35]

Experimental phase diagram study and CALPHAD thermodynamic modeling of the Li2O-ZrO2 system: Sunyong Kwon[1], Manas Paliwal[2], In-Ho Jung[3]; [1]*McGill University.* [2]*Indian Institute of Technology Gandhinagar.* [3]*Seoul National University.*

Keywords: ZrO2-Li2O, Refractory, Phase diagram, Thermodynamic modeling, Gibbs energy

Li_2O is used as a substitute of CaF2 in the mold flux of the continuous casting process, which is in contact with ZrO_2 refractory of Submerged Entry Nozzle (SEN). As a part of studying the corrosion of SEN, thermodynamic optimization of the Li_2O-ZrO_2 system was attempted using CALPHAD (Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry) method. However, during the process of thermodynamic modeling, the conflict of two different experimental data sets (thermodynamic properties, and equilibrium phase relations) was observed in the Li_2O-ZrO_2 system. To resolve this issue, the new phase diagram experiments were conducted by in-situ thermal analysis and equilibration/quenching method. The new set of phase diagram data consistent with the reported thermodynamic properties are obtained. The Gibbs energy of each phase was parameterized and optimized accordingly. The obtained thermodynamic database will be used to understand the corrosion mechanism of SEN.

[철강6-7 | 11:50]

The molar volume modeling of the Fe-based binary liquid alloys: Chen Zhuo[1], Wang Qian[1], Jung In-ho[2]; [1]*Chongqing University.* [2]*Seoul National University.*

Keywords: Molar volume; Fe-based alloy; Thermodynamic modeling

The variation of molar volume (density) of liquid metal with composition and temperature is important physical property in casting process. In particular, the high alloyed steels having a wide solidification ranges requires more accurate knowledge on the molar volume changes of alloy in casting process. However, accurate information on the molar volume of liquid high alloyed steels is still scarce. In this study, the experimental data on the molar volume of binary liquid Fe–X (X=Al, Mn, Cr, Ni and Si) systems are critically evaluated and modeled based on the structural change in liquid alloys. The structural change of liquid alloys was calculated using the Modified Quasichemical Model. The interesting relationship between excess molar volume of binary liquid alloys and its thermodynamic properties was found.

[철강6-8 | 12:05]

금속 에멀젼 해석을 위한 오일 상 내의 물 방울의 하강 속도에 미치는 오일 점도 및 유동 흐름의 영향: 권혁인[1], 조유담[2], 김선중[2]; [1]*조선대학교 첨단소재공학과.* [2]*조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Metal emulsion, Metal droplet, Reaction rate

제강 공정에서 슬래그와 용강의 반응은 매우 중요하며 효율을 향상시키기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 슬래그와 용강의 반응 효율을 높이기 위한 방법 중 반응 면적을 증가시키는 금속 에멀젼(Metal emulsion)이 있다. 금속 에멀젼은 저취에 의해 슬래그상에서 작은 금속 방울이 분산되어 반응 면적을 증가시키는 현상으로 금속 방울이 미세하고 많을수록 슬래그와의 반응 효율이 향상된다고 알려져 있으나 고온에서 직접 관찰하기 곤란하므로 금속 에멀젼 현상을 해석하기 위해 물 모델이 많이 사용된다. 본 연구에서는

점도가 다른 실리콘 오일을 슬래그상으로 가정하여 폴리카보네이트 용기 내에 채운 뒤 다양한 직경의 물 방울을 떨어뜨리는 방식으로 하강 속도를 측정하였고 용기 바닥에 펌프를 설치하여 유동이 있는 상태에서 하강 속도를 측정하였다. 물 방울의 크기와 오일 점도를 변화시키며 측정한 방울의 하강 속도를 시뮬레이션 모델 계산 결과와 비교하였다.

감성소재 ▪ 부품 심포지엄
Room 201B, 4월 26일

[감성 1-1 | 14:00] 초청강연

감성 소재·부품의 미래비전: 권혁천, 이효수, 이해중; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Emotional, Material, Component, Five Senses, Consumption

'감성소재'란 인간의 오감(시각, 촉각, 후각, 청각, 미각)을 통해 감동을 극대화(만족, 즐거움, 편안함 등) 시키는 창의적 소재를 말한다. 이러한 감성소재·부품 산업은 감성을 소재·부품을 통해 발현시켜서 감성소재·부품의 사용자 니즈를 도출하고 신시장을 개척하는 가치창조 산업이다. 요즘 소비자들이 주목하는 것은 낮은 가격과 높은 기능성만이 아니다. 그간 소비의 절대 기준으로 군림해온 기술 중심의 사용가치가 퇴색하고 감정과 경험을 근간으로 하는 감성가치가 소비자의 선택을 좌우하는 잣대로 떠올랐다. 독창적 디자인과 색다른 경험, 기술과 서비스가 갖는 사회적 의미, 개개인의 성향과 기호가 중요해지면서 '기술 이상의 그 무엇'에 대한 요구가 커졌다. 요컨대 기술일변도에서 기술과 감성의 융합 시대로 패러다임이 옮아가고 있는 것이다. 이러한 소비패턴 변화가 기업에 시사하는 바는 크다. 먼저 기능과 가격 위주로 추진해온 그간의 전략을 근본적으로 재검토할 필요가 있다. 특히 완제품 생산의 근간이 되는 소재·부품산업부터 감성과 경험적 만족을 높이는 방향으로 전환해야 한다. 실제로 글로벌 시장에서 감성 소재·부품과 관련된 부문은 최근 수년 새 급속한 성장세를 보이고 있다. 창의적인 부품소재 산업육성을 위해서 중소·중견기업의 감성경쟁력 강화가 필수적이며 감성 기초연구 및 정보제공, 감성디자인, 감성소재 개발 등 감성에 대하여 종합 지원할 정부의 정책적 지원 및 사업개발이 필요하다. 또한, 대기업은 기존의 부품소재사업을 수행하고 있거나 자체연구소를 보유하고 있으나, 부품소재 중소·중견기업은 기본 인프라를 보유하고 있지 않으며 기본적 기술의 보유도 미비하여 중소·중견기업 중심의 감성연구를 수행할 전담 기관의 신설 과 정보지원 등 감성소재개발에 대한 종합적인 지원이 필요한 상태이다. 제품이 주는 감성 만족은 결국 소재·부품을 통해 구현된다. 소비자를 감동시키는 소재·부품의 감성화 기술은 완제품의 가치를 높이는 핵심요인이며, 경쟁사가 쉽게 따라올 수 없는 경쟁력의 원천이 된다. 기업과 대학, 연구기관이 관련분야 연구개발에 힘을 모아야 할 때다. 따라서 본 강연에서는 감성소재·부품 기술을 이용한 활용 사례 및 미래 비전에 대해 논의하고자 한다.

[감성 1-2 | 14:30] 초청강연

전 산업 분야 클라우드 확산 정책 All@Cloud 소개: 이우진; *과학기술정보통신부.*

Keywords: 클라우드, 빅데이터, 네트워크, 금속재료

미래 한국의 전 산업분야의 혁신성장을 견인할 주요 기술은 빅데이터와 지능정보기술, 그리고 이를 연결하는 네트워크 기술이고, 이는 DNA(Data, Network, AI)로 표현된다. 이러한 DNA를 중심으로, 기계, 금속 등 제조 산업의 혁신에서 공공 서비스 고도화까지 다양한 정보 데이터 활용의 새로운 패러다임을 여는 기반 기술이 바로 클라우드이다. 본 발표에서는 과기정통부가 범부처와 협업하여 추진하고 있는 전 산업 분야 클라우드 확산 정책인 All@Cloud 에 대해 소개하고, 금속재료 분야에 적용할 수 있는 방안에 대해서 논의하고자 한다.

[감성 1-3 | 15:00] 초청강연

전자기기 외장재로서의 금속 소재: 오세권, 박진만; *삼성전자.*

Keywords: 전자기기, 내/외장 부품, 경량 금속, 표면 처리

금속 소재는 자동차, 항공, 선박, 건축 및 가전분야 등 각 산업분야에 다양하게 적용되고 있으며, 그 적용범위가 점차 확대되고 있다. 본 연구에서는 전자기기 외장재로서의 금속소재의 활용에 대해 살펴보고자 한다. 기존 전자기기 외장재의 선정은 주로 소재 생산성과 내구성이 중점적 고려사항이 되어왔으나, 최근 변화하는 소비자의 요구에 따라 감성 및 디자인 요소가 더욱 중요하게 고려되고 있는 상황이다. 전자기기에서 소재의 선택은 곧 제품의 디자인과 사용자에게 주는 감성에 직결되기 때문에, 소비자의 최종적 구매를 결정하는 주요 요소로 작용하게 된다. 전자기기 외장재로 금속소재를 활용할 경우 금속 고유의 구조용, 기능적 특성과 더불어 다양한 표면처리를 통한 표면 질감, 컬러, 기능성 부여가 가능하여 강인하면서도 세련되고 고급스러운 이미지 창출이 가능하고, 제품의 부가가치를 높일 수 있다. 특별히 현대사회에서 휴대용 전자기기는 사람의 개성과 감성을 표현하는 대표적인 도구이자 표현수단이 되고 있다. 휴대용 전자기기 외장재로서 금속 소재의 적용은 구조용 특성뿐 만 아니라 소재가 가지는 감성의 발현으로 장신구로서의 감성적인 만족과 욕망을 표현할 수 있는 수단으로 발전해 왔다. 휴대용 전자기기 외장재로는 가볍고, 표면특성제어가 용이한 경량금속인 알루미늄이 광범위하게 사용되어왔고, 최근에는 마그네슘, 티타늄, 스테인리스 스틸등도 주목을 받고 있다. 본 강연에서는 전자기기 내외장 부품에 적용되는 금속 소재 적용 트렌드 및 미래 비전에 대해 논의하고자 한다.

[감성 1-4 | 15:45] 초청강연

Brilliant 컬러 합금 개발: 김기범; 세종대학교.

Keywords: 컬러합금, 고용체, 석출물

최근 사용되고 있는 유색 금속의 경우, 상당수가 양극 산화법이나 유기 염료를 도료하는 등 직접적인 표면제어를 이용하여 색을 구현하고 있다. 그러나 직접적인 표면 제어를 통해 색을 구현할 경우, 표면이 취약하고, 부분적으로 얼룩이 생성되거나 특정 부분에 색이 응집되는 등의 문제가 발생하며 이는 색의 내구성을 저하시키는 단점으로 이어진다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 합

금 설계법을 이용하여 합금 자체의 원색을 구현하고자 하는 연구가 각광 받고 있다. 특히 구리계 유색 합금의 경우, 첨가원소의 종류와 함량에 따라 각기 다른 색상과 물성을 나타내어 많은 주목을 받고 있다. 본 구리계 유색 합금의 색을 구현하는 방법으로는 전이 에너지 조절을 통한 색 제어와 색을 갖는 금속간 화합물 석출 제어로 나눌 수 있다. 이 중, 전이 에너지 조절을 통한 합금의 색 제어의 경우, 구리 고용체 상의 전이 에너지의 변화에 따라 다양한 색상을 구현할 수 있다. 이러한 합금 설계법은 고용체를 필요로 하여 고용한계점이 발생하며, 이로 인해 조성이 제한되어 물성 향상과 색의 제어 가능 범위가 한정되는 단점이 있다. 최근에는 이를 보완하기 위해, 색상이 있는 구리 기지상 위에 특정한 색을 갖는 금속간 화합물을 석출 제어하는 방법이 연구 중에 있다. 합금 설계를 통해 금속간 화합물의 석출을 제어할 경우, 색상 제어가 용이하고 기계적 물성 역시 향상 될 것으로 기대 된다. 본 연구에서는 두 가지의 합금 설계법을 통해, 모체에 다양한 색상 변화를 주고자 하였다. 본 연구는 구리와 넓은 고용도를 갖는 미소원소를 각각 3 그룹으로 나누어 첨가하여 전이에너지 변화와 색 변화의 연관성을 찾고자 하였으며, 청색 색상을 갖는 금속간 화합물 AlNi의 석출 제어를 통해 폭 넓은 색상 제어와 기계적 물성을 향상 시키고자 하였다. 이에 본 연구에서는, 색상 변화에 대한 객관적인 표현 방법으로 산업계에서 가장 널리 사용되고 있는 L*a*b* 색 공간을 이용하였고, 겉보기 색이 아닌 파장 값을 이용해 색상을 표현하여 보다 공학적으로 색 변화를 구현하였고, 더불어 합금 원소의 조성에 따른 색 차에 관하여 확인 할 것이다. 이러한 결과를 바탕으로, 본 연구는 유색 금속의 합금 설계법에 따른 색 변화와 그에 따른 전이에너지 및 기계적 물성의 변화를 확인하고자 한다

[감성 1-5 | 16:15] 초청강연

프로보크(Provoque) 우아한 도발: 박성희; LG하우시스.

Keywords: 탈진실, 감정소비, 행동주의자, 지속가능한 삶, 침묵의 가치, 지혜로운 연대

LG하우시스는 매년 사회·소비자 동향 분석을 통해 라이프스타일과 디자인 트렌드 변화를 유추하고 이에 따른 CMF 방향을 제안하고 있다. 2018/19 트렌드 제안에서는 '프로보크_우아한 도발'라는 주제를 통해, 혼란스러운 시대를 긍정적인 방향으로 이끌기 위해 스스로 사유하고 질문을 던지고, 행동하는 주체적인 사람들에 주목한다. 객관적 진실보다 감정과 개인의 신념에 대한 호소가 사회적 여론 형성에 더 영향을 미치는 탈진실 사회에서는 머리로 이해되는 '개념'보다 가슴으로 느끼는 '이미지'나 '감정'이 더 중요해지고 있다. 하지만 깊이 사유하길 꺼리고 지나치게 감정적인 것에 치우친 나머지 충동적으로 쏟아져 나오는 자극적이고 편협한 정보 또한 넘쳐난다. 이렇게 소란스럽고 비합리적인 사회 분위기에 변화를 요구하며 등장한 새로운 '행동주의자(activist)'들은 디지털 결집력과 지성을 기반으로 자신의 신념과 가치를 지키기 위해 적극적인 자세를 취하고 있다. 지역과 세대를 아우르는 지혜로운 연대를 구축하며 '사람'에 대한 배려와 존중받아야 할 '문화'라는 공동의 가치를 추구하는 이들로 인해 변화하고 있는 주거와 디자인, 그리고 CMF 동향을 조망한다.

[감성 1-6 | 16:45] 초청강연

사용자의 감성을 충족하기 위한 소재, 기술과 가공법에 대한 사례: 장지훈[1,2] ; [1](재)대구경북디자인센터. [2]한국업사이클센터.

Keywords: Design, Material, Technologies, Processes, Molding and forming, Treatments, Joining and bonding, Surface modification

제품의 표면은 감각적인 측면에서 우리가 처음으로 제품을 경험하게 되는 부분이다. 이렇듯 사용자 경험을 충족시키기 위한 감성적이고 혁신적인 인공소재를 우리는 주목하고 있다. 아직까지도 많은 이들이 "인공"보다는 "천연" 재료를 우선시 하는 경향이 있지만 사실상 천연 재료는 눈에 보이지 않는 화학공정으로 기능이 개선되었고 화학 재료를 치밀하게 자연적 제작되고 있다. 이번 발표에서는 사용자의 감각을 자극하는 소재, 기술과 가공법에 대해 공유하고자 한다. 최근 제품이나 공간의 물리적 기능과 미적 기능을 충족하기 위해 양산된 "감성소재" 소개를 기본으로 하며, 혁신적인 이유와 실제 적용사례를 제공한다. 사례를 통해 앞으로의 소재와 가공 분야의 새로운 아이디어를 제시한다.

[감성 1-7 | 17:15] 초청강연

감성 반응 분석을 위한 적외선 이미지 센서 기술: 이재웅[1], 이효수[1], 김도영[2]; [1]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹 [2] School of Materials Science and Engineering, Oklahoma State University.

Keywords: 감성 반응, 센서, 얼굴인식, Near Infrared, Short-wavelength Infrared

사람의 감성 반응을 읽고 분석하는 일은 미디어, 광고, 자동차, 헬스케어, 로봇 산업 등 다양한 분야에서 활용도가 큰 기술이다. 어펙티바(Affectiva), 애플, 페이스북, 마이크로소프트, 구글, 인텔, IBM 등 글로벌 기업들은 관련시장 선점을 위해 감성 분석 시스템 개발에 몰두하고 있다. 감성 분석 기술 중 가장 주목받고 있는 안면인식 기술은 소프트웨어 기술 측면에서 빠르게 발전하고 있는 반면, 실제 감성 데이터를 읽기위한 센서 기술과 소재 기술은 기존 소재의 한계에서 정체되어 있는 실정이다. 아이폰 X의 실시간 안면인식 기술은 얼굴에 적외선을 쏘아 수만 개의 점들로 입체사진을 만들어 내는 방식으로 정확도를 크게 높였으나, 현재 적외선 이미지 센서에서 사용되는 NIR(near infrared)대역의 빛은 지속적인 감성 반응 분석에는 적용하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. NIR 대역의 빛(700~1400 nm)은 사람의 홍채를 투과하여 망막에까지 다다르기 때문에 오랜 시간 NIR을 눈에 조사하게 되면 망막에 손상을 가져올 수 있다. 따라서 망막에 손상을 주지 않는 NIR 대역보다 긴 1400 nm 이상의 파장의 SWIR(short-wavelength infrared)을 이용한 적외선 이미지 센서의 개발이 필수적이다. 하지만 현재 SWIR 적외선 이미지 기술은 재료적 한계와 높은 가격으로 인해 상용화가 제한되어 있다. 얼굴에 직접 빛을 조사하는 적외선 이미지 센서의 안전성을 높이기 위해 한국생산기술연구원에서는 SWIR 대역의 적외선 이미지 센서를 개발하고 있다. OLED, 퀀텀닷 등의 신소재 융합을 통해 저가격 고성능의 적외선 이미지 센서의 상용화하고 이를 통해 보다 안전한 센서기술을 요구하는 소비자의 요구에 대응하고자 한다.

열전재료
Room 201B, 4월 26일

[열전1-1 | 09:00]

Improved trade-off between thermoelectric performance and mechanical reliability of Mg_2Si by hybridization of few-layer reduced graphene oxide: Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[1], Hyun Jun Rim[1], Byung-Wook Kim[2], Wooyoung Lee[1]; *[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]현대자동차.*

Keywords: Thermoelectric, Mg_2Si, Fracture toughness, trade-off relationship

We prepared the hybrid powders of $Mg_{1.96}Al_{0.04}Si_{0.97}Bi_{0.03}$ and rGO and fabricated the rGO nanocomposites without agglomeration of nano-phase through precisely controlled sintering process to demonstrate the trade-off relationship between thermoelectric performance and mechanical reliability. The fracture toughness was greatly increased due to the deflection of crack propagation, rGO layers which were bridging the crack and sheet pull-out by introducing rGO in the grain boundaries at a thickness of 5 nm. In addition, systematic analysis of the effect on the thermoelectric properties and fracture toughness on the shape, dimension, and size of the introduced nano-phase (metal nanoparticles and rGO) were carried out. The introduction of the two-dimensional nano-phase (rGO), which is expected to have a high interface density, was more effective in improving the trade-off relationship. As a result, optimized ZT value (~0.60 @ 873K) and fracture toughness (1.88 MPa $m^{1/2}$) were obtained at 3 vol% of rGO nanocomposite, and these results emphasized the importance of the trade-off relationship between thermoelectric performance and mechanical reliability.

[열전1-2 | 09:15]

Thermoelectric properties of $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ bulk materials By an oxide reduction process: 박민수[1], 구혜영[1], 박용호[2], 하국현[1]; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대 재료공학과.*

Keywords: Bi_2Te_3, thermoelectric

Bismuth telluride-based alloys have long been in the spotlight as they show promising ZT and high thermal stability near the room-temperature rigion. Although there are existing fabrication methods, but they all have problems like long processing time, lower sample thermoelectric property. Hence there exists a need to develop material of high thermoelectric properties in room temperature by simple method. The present work consists of synthesis and characterization of $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ nanocomposite. Nanocomposite in thermoelectric materials has been proven to be an effective paradigm for optimizing the high thermoelectric performance primarily by reducing the thermal conductivity. In addition, changes in electrical and thermal transport properties brought up by amount of Se in the $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ material for this methodology are measured and discussed. $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ composites were fabricated by a high energy ball milling followed by spark plasma sintering process. $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ milled powders show agglomerated particles between 100nm and 300nm in size with almost faced or rounded shape. Reduction powders with irrelgularly facetted shape and about 500nm in size. As a field-assisted technique, spark plasma sintering (SPS) enables densification of specimens in a very short period of time compared to other sintering techniques. For high performance thermoelectric material synthesis, SPS is widely used to fabricate nanograin-structured thermoelectric materials by rapidly densifying the nanopowders suppressing grain growth. Phase of powders and bulk were analyzed by X-ray diffraction. The microstructures of powders and bulk were characterized by field emission scanning electron microscopy. $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ bulk materials were analyzed electrical and thermal transport properties. Although Seebeck coefficient and electrical conductivity showed irregular trend, power factor, thermal conductivity and figure of merit ZT gradually decreased with the increase in amount of Se. The achieved higher ZT value is attributed to the unique nanostructures which increase phonon scattering in the nanostructured materials to effectively reduce thermal conductivity.

[열전1-3 | 09:30]

The Oxide Formation Behaviors and their Effects on the Microstructure and Thermoelectric Properties of P-type (Bi_2Te_3+Sb_2Te_3) Alloys: MAY LIKHA LWIN[1], Peyala Dharmaiah[1], Babu Madavali[1], Chul-hee Lee[1], Dong-won Shin[1], Kap-Ho Lee[2], Soon-Jik Hong[1]; *[1]Kongju National University. [2]Chungnam National University.*

Keywords: p-type (Bi_2Te_3+ Sb_2Te_3), HT, thermoelectric properties, microstructure, gas atomization

In this study, the oxide formation behaviors and their effects on thermoelectric properties of p-type (Bi_2Te_3+ Sb_2Te_3) alloy powders and bulks fabricated by spark plasma sintering were studied. The formation of oxide after heat treatment of gas-atomized powder with different temperatures for 1 hour in the oxygen atmosphere has been investigated. While making heat treatment of powder, it interacts with the surrounding atmosphere and contaminations, new oxide phases form which acts as a diffusion barrier due to the low diffusion through them. The results clearly reveal that this oxide formation behavior of (Bi_2Te_3+ Sb_2Te_3) alloy powders initiated at the elevated heat treatment temperatures at which the powder surface responded severe reaction with oxygen during the heat treatment and many Sb_2O_3 new phases formed with few hundred of nanometers in size at the grain boundaries. This leads to slower the Hall mobility and effects to decrease the electrical conductivity. Moreover, the oxide formation at the grain boundaries and in the matrix can severely

scatter the phonons/carriers which reduces the thermal conductivity of the material. As a result, the oxidation of powder had produced any marked effect on the thermoelectric properties.

[열전1-4 | 09:45]

Enhanced thermoelectric properties of $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3/TeO_2$ composites with in-situ formed Sb_2O_3 nanophase: Peyala Dharmaiah, Eun Bin Kim, Soon-Jik Hong; *Kongju National University.*

Keywords: Bismuth telluride; interface scattering; spark plasma sintering; thermoelectric materials; nanocomposite

In this work, we prepared $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ nanocomposites incorporated with TeO_2 nanoparticles (NPs) by high energy ball milling and spark plasma sintering, where in situ Sb_2O_3 phase and triple functional interfaces were developed. The formation mechanism of in-situ Sb_2O_3 phase in the $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3/TeO_2$ composites was explored by the thermodynamic calculations; microstructural features and material composition in the bulk samples were investigated using high resolution transmission electron microscopy (HRTEM) coupled with energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The formation of interfaces between in situ senarmontite Sb_2O_3 nanophase and $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ matrix causes an enhanced Seebeck coefficient by ~20% due to increase of carrier energy filtering and significant reduction of thermal conductivity by ~77% ascribed to intensified phonon scattering or trapping at 350 K. As a result, an improved dimensionless figure of merit (ZT) of 1.07 at 350 K was achieved in a $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$/3wt.%TeO_2 composite. The proposed in situ reaction and interface formation mechanisms are expected to open the possibility of further increases in ZT.

[열전1-5 | 10:00]

Fabrication of silver-doped $(Bi,Sb)_2Te_3$ thermoelectric film prepared from Ag nanoparticles/BSbT pastes: 조영민[1], 권구현[1], 김수형[2], 김경태[1]; *[1] 한국기계연구원부설재료연구소. [2] 부산대학교.*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth antimony telluride, Film, Paste, Print

The thermoelectric module (TEG) based on bismuth telluride (Bi-Te) has been attracted as a sustainable energy source because it has remarkable efficiency to directly convert thermal energy at low temperature into electric energy. Especially in the case of a flexible thermoelectric module (f-TEG) made of Bi-Te, it is regarded as an advanced power source of a wearable electronic device and internet of things, taking advantage of maximizing a contact area between a module and a heat source. However, TEGs composed of TE materials in a film-form are limited in use because of their relatively low TE conversion efficiency than conventional one due to their inadequate electrical conductivity based on severe porosity. Therefore, it is important to improve the electrical properties by increasing the density of the TE film material. We fabricated a new type of paintable TE paste by mixing $(Bi,Sb)_2Te_3$ (BSbT) powder, silver nanoparticle (AgNP) and organic binder to make film-like TE material. It was confirmed that the developed paste can be effectively applied to the screen printing method, and a high performance Ag-BSbT thick film can be produced. In addition, it was confirmed that the 2 step-heat treatment we developed shows the outstanding effect in removing the organic binder from the BSbT paste and densifying the TE film produced at the same time. As a result, it was observed that the grain growth of BSbT particles in the film was actively caused by the addition of AgNP, and the shape of the particles was increased during the 2-step heat treatment process on the substrate. As a result, the maximum power factor in this study was recorded at $2.93 \times 10^{-3} W/mK^2$ on 0.072at% Ag-BSbT film, which represents the highest power factor among TE films made from other Bi-Te pastes.* This work was supported by a grant (Code No. NRF2014M3A6B3-063704) from the Global Frontier Research Program of the Ministry of Science, ICT & Future Planning of the Republic of Korea and K.T.K thanks to the Core Research Project on Nano-Materials (Code No. 2016M3A7B4900) funded by National Research Foundation of the Republic of Korea.

[열전2-1 | 10:30]

Approaching high thermoelectric performance for higher manganese silicide by utilizing the nature of synthesis and sintering process: 임현준, 김관식, 이우영; *연세대학교 공대 신소재공학부.*

Keywords: Thermoelectric; higher manganese silicide; HMS; synthesis; sintering

Thermoelectric (TE) devices have long been relegated to use in the mainstream application due to the inherently low figure of merit, ZT, and lack of mechanical strength. However, TE devices have utmost importance in addressing current global energy issues as they are capable of directly and reversibly converting heat to electrical energy by utilizing a temperature difference. This consequently led to active consideration of higher manganese silicide (HMS) as it is non-toxic, abundant, durable and has relatively high zT, which are favorable for a TE material. In this vein, we thoroughly analyzed and modulated widely known critical parameters of both synthesis and sintering processes and some probable issues such as the weight of powder annealed. Speaking of the synthesis process, we specifically focused on Solid State Reaction (SSR) and Arc-Melting (AM), in which we manipulated temperature, time and weight of powder. Likewise, in the sintering process, we modulated temperature and time for Spark Plasma Sintering (SPS) and Hot Pressing (HP) methods.

[열전2-2 | 10:45]

High-Thermoelectric Performance of Metal-oxide Coated Bismuth Antimony Telluride Alloys: Kwang-Chon Kim[1] Seung-

Hyub Baek[1] , Seong Keun Kim[1], Jin-Sang Kim; *KIST.*

Recently, thermoelectric materials combined with nanotechnology have shown possibility of greatly improving thermoelectric performance based on nanometer-scale phenomena such as electric filtering and phonon scattering. For practical uses of thermoelectric materials, it is considered that figure of merit (ZT) of 2 or above should be met, although the reported ZT has been obtained to 1 near room temperature. In this study, we develop a novel bismuth antimony telluride (BST) alloy made of BST powders coated with nanometer-scale metal-oxide (ZnO) layer using conventional atomic layer deposition technique. In order to evaluate the effect of such core-shell type materials, we measure ZT of the ZnO / BST alloys over a temperature range of 300-500 K. The ZnO layer serves to reduce thermal conductivity without the decrease of electrical conductivity, leading to the enhancement of ZT. Thin ZnO layer is believed to scatter short-wavelength phonons while enables the electrical transport without the loss of electrical conductivity. The detailed thermal and electrical properties of the ZnO coated BST alloys will be discussed in terms of ZnO / BST core-shell structure and energy band filtering effects.

[열전2-3 | 11:00

N-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$/ZnO core-shell nanostructure for colossal improvement in the thermoelectric performance: Sang Soon Lim[1,2], Kwang Chon Kim[1], Hyung Ho Park[2], Seung Hyub Baek[1], Seong Keun Kim*[1], Jin Sang Kim*[1]; *[1]KISt. [2]Yonsei University.*

Keywords: Core-shell structure, $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$, ZnO, Atomic layer deposition

Thermoelectric materials are necessary to have a high electrical conductivity and a low thermal conductivity simultaneously to realize high thermoelectric figure-of-merit ($Z=\alpha^2\sigma/\kappa$). However, the intimate coupling between electronic conductivity and thermal conductivity renders the enhancement of thermoelectric performance difficult. Nanostructuring of thermoelectric materials has been a major strategy to improve the thermoelectric performance because frequent phonon scattering at nano-grain boundaries effectively reduces the thermal conductivity without significant loss of electronic carrier. However, easy grain growth of Bi_2Te_3 during the sintering process diminishes the reduction of thermal conductivity. Here, we propose a novel way to form a nanostructured $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ thermoelectric element to achieve a low thermal conductivity. $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ fine powders are coated by atomic layer deposition (ALD) of very thin ZnO films (< 3 nm). The ALD technique is known to achieve a precise thickness control at a sub-nm scale and have excellent conformality even on complex shaped substrate. The $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$/ZnO core-shell structured powders are sintered by using a spark plasma sintering process. ZnO-coated $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ thermoelectric element shows small grains compared to the uncoated $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$. The thermal conductivity is significantly decreased by the small grains and the thin ZnO layers at the grain boundaries. Consequently, the figure-of-merit of the n-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ is drastically improved. We believe that the utilization of ALD technique for nanostructuring crucially contributes to enhance thermoelectric performance of Bi_2Te_3-related materials.

[열전2-4 | 11:15]

GeTe계 열전재료의 미세구조에 미치는 도핑원소 Cu와 Sb의 영향: 김현호, 곽재익, 이호성; *경북대학교.*

Keywords: 도핑원소, 열전재료

열전기술은 낭비되는 열을 유용한 전기에너지로 직접 변환할 수 있으며, 주요 전력 생산과 에너지 보존에 중요한 역할을 한다. GeTe계 열전재료 합금은 높은 ZT값과, 낮은 격자 열전도도, Ge 공공에 의한 높은 캐리어 농도를 갖는 P-형 물질이다. ZT 값을 높이기 위해 적절한 도핑 재료를 첨가하는 연구가 수행 되어왔다. 도핑의 효과는 재료의 미세구조에 큰 영향을 미친다. GeTe는 헤링본 형태의 특이한 미세구조를 가진다. 헤링본 구조는 고온의 입방정 상이 저온의 삼방정 상으로 변태할 때 발생하는 변형 에너지를 완화시키기 위해 형성된다. GeTe계 열전재료는 결정립의 크기, 헤링본 구조의 도메인 크기에 따라 ZT 값이 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그러나 GeTe계 열전재료의 ZT값을 향상시키기 위한 미세조직의 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 도핑원소 첨가에 따른 GeTe계 열전재료의 미세조직 변화와 ZT값의 상관관계에 대하여 발표할 것이다.

[열전2-5 | 11:30]

Controlling Nano-twin Structure and Tuning zT for Wide Temperature Application in Ag-doped Bismuth Antimony Telluride Thermoelectric Material: Jae Ki Lee[1], Sudong Park[1], Ki Jeong Kong[3], Min Ho Lee[2], Jaywan Chung[1], Hyun Kim[1], Byungki Ryu[1], Gabi Schierning[2], Kornelius Nielsch[2]; *[1]Thermoelectric Conversion Research Center. KERI. [2]Institute forMetallic Materials. Leibniz Institute for Solid St. [3]Korea ResearchInstitute of Chemical Technology.*

Bismuth antimony telluride (BST) has been considered as a potential p-type thermoelectric materials near room temperature. However, the material zT of BST is significantly vanishes with temperature, limiting the wide temperature application up to 600 K. Here, by tuning the zT, we solved this limitation and achieved the ideal highest energy-conversion-efficiency of 11.2% in BST for temperature difference of 300 K. This is attributed to the existence of interlayers such as $AgBiTe_2$ and Bi_2 with nano-twin structure, which lowers the lattice thermal conductivity to ~0.4 W m^{-1} K^{-1} at 300 K. On the other hand, formation of zero-dimensional Ag-defect is responsible for the enhanced power factor and reduced bipolar transport. With Ag-doping, the peak-zT temperature is tuned at the wide temperature from 323 to 423 K, while maintaining the high peak-zT value of 1.2 to ~1.4. With the zT tuning and the high zT above 1.2 for wide temperature range, BST:Ag shows a superior thermoelectric performance for power generation between room temperature and 600 K.

[열전2-6 | 11:45]

Method for Evaluating Interfacial Resistances of Thermoelectric Devices using I-V Measurements: Dong-Hwan Kim[1], Cham Kim[1], Jong Tae Kim[1], Duck Ki Yoon[2], Hoyoung Kim[1]; [1]*DGIST.* [2]*Jeongkwan Co.*

Keywords: electrical contact resistance, interfacial thermal resistance, thermoelectric device, power generation, open circuit voltage

Research on the methodology for predicting and analyzing the performance of a thermoelectric device (TED) can offer various possibilities for enhancing its energy conversion characteristics. In this work, the methodology to determine the electrical contact resistance and the interfacial thermal resistance of a TED was studied. Based on one-dimensional heat transfer equations of power generation mode that includes electrical contact resistance and interfacial thermal resistance, we derived explicit expressions for the open circuit voltage and the short circuit current as the limiting cases of the external electrical load. The measurements of the open circuit voltage and the short-circuit current of TED were carried out for various thermal interface materials (TIMs) between the TED and heat reservoirs under varying compressive forces. The electrical contact resistance and the interfacial thermal resistance of a TED were determined by matching the measured values of the open circuit voltage and the short circuit current of a TED to the results of the analytic model. The electrical contact resistivity of the TED tested was approximately 3 x 10^{-9} Ωm^2, irrespective of the compressive force, the hot-side temperature, and the TIMs. The interfacial thermal resistance varied sensitively with the TIMs and decreased with the compressive forces.

Acknowledgement: This work was supported by the DGIST R＆D Program of the Ministry of Science, ICT and Technology of Korea (18-ET-02), and by the Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP), granted financial resource form the Ministry of Trade, Industry ＆ Energy, Republic of Korea. (No. 20152020001210)

융합재료과학

Room 201B, 4월 26일

[융합재료 1-1 | 13:00] 초청강연

Miniaturized Stimuli Responsive Soft Robots for Healthcare Science: 윤창규; *숙명여자대학교*

The manufactured modern medicine requires the development of miniaturized devices that can access hard-to-reach areas in the human body to complete therapeutic drug delivery or surgical procedures in less invasive and more effective manners. In this talk, I will discuss the challenges associated with operation of untethered small scale mobile soft robots for surgery and drug delivery with an important result in the development of miniaturized and mechanized tools that were used to biopsy tissue and delivery drugs. Stimuli responsive and chemomechanical actuation schemes provide attractive means to enable off-chip actuation at small scales to overcome the challenges associated with harnessing power and especially, in- vivo.1 Furthermore, stimuli responsive mobile soft robots can achieve mechanized functions at small scales without the need for any wires, tethers, or external power sources.2 I will describe mainly utilized actuation scheme that are compatible with clinical medicine. Importantly, the source of energy and actuation based on different swelling of polymers was utilized to perform in-vitro tissue biopsy using sub-mm sized untethered soft devices.3 In addition, beyond external global stimuli cues including temperature, light, or pH, I will demonstrate highly sensitive and selective shape change in hydrogels that can be induced by specific DNA molecules by successive extension of crosslinks.4 When the photopatterned multi-layer planar soft machines are presented with the complementary strands, the machines can change shape in complicated and programmable ways, including stepwise or sequential shape changes. Finally, I will discuss the design, fabrication, control, and applications of untethered mobile soft robots using remote magnetic fields in enclosed spaces. In summary, our results provide proof-of-concept that mobile micro-sized stimuli responsive soft robots could be utilized to provide mechanized functions and operate within narrow conduits in the body. Such miniaturized untethered stimuli responsive soft robots could provide desired functions and properties to achieve specified intelligent characteristics of advanced engineering systems for healthcare science.

[융합재료 1-2 | 13:30] 초청강연

Stretchable Ionics – A promising candidate for oncoming wearable devices: 선정윤; *서울대학교*

As many devices for human utility target fast and convenient communications with users, superb electronic devices have been demonstrated as hardware for Human-Machine Interface (HMI) in wearable forms. Wearable devices for daily health-cares and self-diagnosis desire more human-like properties unconstrained to deformation. In this sense, stretchable ionics based on flexible and stretchable hydrogels is on the rise as another field to develop wearable devices for bio-applications due to two major reasons; i) ionic currents, choosing the same signal carriers with biological areas, and ii) the adoption of hydrogel ionic conductors which are intrinsically stretchable materials with bio-compatibility. Here, forte and current status of stretchable ionics as well as future applications whose positive effects can be magnified by stretchable ionics are going to be introduced.

[융합재료 1-3 | 14:00] 초청강연

Design of motion controlled gels as soft actuators: 김연수; *POSTECH*

The development of muscle-like hydrogel actuators that can convert chemical energies into large, quick, and unidirectional motions is one of the long-standing research topics in materials sciences. Various hydrogel actuators have been developed so far, however, their actuation has inherent limitation in efficiency, because of their primitive actuation mechanism simply relying on the volume changes through the swelling and deswelling of gel networks. In addition, the volume changes are usually isotropic and not suitable to produce anisotropic motion. These limitations could be overcome through the imitation of mechanisms shown in Nature's living creatures, offering an enormous potential for the development of functional soft materials that may improve our life. As represented by muscular tissues, some biological tissues are composed of numerous nanoscopic subunits that are assembled into anisotropically oriented structures extending over a macroscopic size regime. Such hierarchical structures are the origin of the excellent biological functions, and their reproduction in artificial systems is a great challenge. To address this challenge, we have recently developed polymer networks with 'single-crystal-like' structural order, where 2D-shaped inorganic materials were employed as constituents. This 3D network of this hydrogel is composed of a stimuli-responsive polymer, so that the polarity and dynamics of the gel matrix are abruptly changed in response to external stimuli, which causes the switching of the intensity of the 'embedded electrostatics'. Thereby, it produces quick and anisotropic deformation of the hydrogel. In this presentation, their unprecedented functions originating from anisotropic structures will be discussed.

[융합재료 1-4 | 14:30] 초청강연

Programming anisotropic properties of hydrogels using magnetic self-assembly: 김지윤; *UNIST*

Nanocomposite hydrogels are a novel class of intelligent materials, which have attracted interest in diverse biological applications

with unique properties including biocompatibility, optical selectivity, remote actuation, good conductivity, etc. These properties depend on not only the material types but also the spatial organization of those materials. Specifically, the spatial organization of materials bears anisotropy in the embedded properties of the nanocomposite, and a method to control the spatial patterns becomes a great tool to design the anisotropic properties of hydrogel in a programmable way. Here, I present the self-assembly of magnetic particle ensemble as a methodology that promotes functional diversification of programmable nanocomposites. A collection of particles, that spontaneously arrange themselves into a coherent structure, sometimes bears emergent characteristics. In this talk, I introduce the hydrogel based nanocomposite structures with embedded anisotropic properties, such as magnetic anisotropy, optical anisotropy and biological anisotropic topography. The assembled particles, with the aid of dynamic photolithography, endow this structure with programmable anisotropic properties. Firstly, I present hydrogel based micro-actuators which has the ability to exhibit a programmed response to magnetic stimulation. Self-assembled magnetic particles play a role of rotational axis of each part in order to undergo predesigned, complex two- and three-dimensional motions. Also, color-changing micro-surfaces, that employ both magnetic and optical anisotropy, were demonstrated. These hydrogel actuators can be integrated into the microfluidic systems for diagnostics or biological analysis, as diverse fluidic control components. Furthermore, I describe the 3D hydrogel composites with anisotropic topography that aims to approximate in vivo cell microenvironment. In this material, the self-assembled architecture of functional particles provides bio-interfaces that serve as a physical or chemical guidance cue capable of directing the dendritic extension of cells. I believe that this methodology can promise breakthroughs across many applications of material engineering, soft-robotics as well as bioengineering.

[융합재료 1-5 | 15:00] 초청강연

Solid-state patternable nanofibrillar hydrogels: 윤명한; *GIST.*

Herein, we developed a new class of nanofiber scaffolds based on electrospun poly(vinyl alcohol) (PVA). Hydrogel nanofiber scaffold (HNFs) can be fabricated using water soluble PVA with various diameters and different swollen states unlike the conventional electrospun nanofiber scaffolds (NFs), which exhibit solid form typically prepared from water insoluble polymers. The resultant HNFs show excellent optical transparency and tunable mechanical properties, which were verified by a variety of characterization techniques, especially optical imaging and force microscopy in the aqueous environment. Furthermore, by introducing the light-sensitive chemical functionality, HNFs can be spatially patterned by irradiating UV light. Based on the abovementioned findings, we expect that HNFs can serve as a model hydrogel platform, which can be delicately tuned in terms of shape/dimension, density/porosity, swelling state, optical/mechanical properties, etc.

[융합재료 2-1 | 15:40] 초청강연

Novel strategy to harness entire solar spectrum via nano-templates: 고두현; *경희대학교*

The conversion and manipulation of light via lanthanide-based upconversion (UC) and downshifting (DS) show promise in numerous applications. We demonstrate the lanthanide-doped nanotemplates to improve conversion of ultraviolet and near-infrared to visible light through resonant-mode excitation. The templates are fabricated using nanoimprint technique wherein ordered arrays of nanoscale features are readily made over large areas. The practical applicability of this platform in photovoltaic devices is evaluated, showing distinctively enhanced efficiency. The material-agnostic nanopatterning methodology is further extended to nanopatterned thin films synthesized by a sol-gel-based solution to achieve simultaneous photonic and electrical enhancements in thin film photovoltaic devices. For further approach, we demonstrate the use of quaternary bulk heterojunctions composed of two conjugated polymer donors and two fullerene acceptors as a novel platform to produce high-efficiency and long-term durable organic photovoltaics. We attribute the enhanced stability to the significant suppression of domain growth and phase separation between the components via kinetic trapping effect.

[융합재료 2-2 | 16:10] 초청강연

Nanoscale crack based sensors inspired by spider's sensory organ: 김태일; *성균관대학교*

Keywords: Nanoscale crack sensor, Mechanosensor, Vibration, Slit organ

Arachnids are among the most sensitive creatures on the Earth. Especially, their mechano-sensory system embedded in the crack-shaped slit organ made of stiff exoskeleton over a cuticular pad near leg joints is known to sense a tiny variation of mechanical stress, thereby, serve as a ultra-sensitive vibration sensor.[1] In this talk, we introduce spider inspired mechanosensors having an ultrasensitivity [2], durability utilized with self-healing material [3]. It also served as a multifunctional sensor for a vibration and pressure sensing. The device fabricated on a sheet of plastic is reproducible, mechanically flexible and shape-deformable so that they can be easily mounted on human skin as skin electronic with multi-pixel arrays. We also show that the sensory system is applicable for highly selective speech pattern recognition even in noisy environment (~82 dB). The spider inspired sensory system would provide versatile novel applications utilized in ultra-high sensitivity on displacements.

[융합재료 2-3 | 16:40] 초청강연

Mimicking biological ion transports using 3D nanochannel networks: 박정열; *서강대학교*

Natural cell membrane can regulate ionic transports directionally and selectively, which is critical for maintaining living cell metabolism. Previously, nanopores, nanotubes, and nanochannel have been intensively utilized for mimicking this biological ion transports. However, these systems are limited by their low currents due to intrinsic fabrication methods; it is difficult to be applied to further various fields requiring high ionic current. In this study, to address this problem, a spatially controlled self-assembly method for nanostructures is introduced. Its versatile potentials and applications cover control of ion transportation and energy conversion. A thoughtful electrokinetic study is carried out by changing the geometry of microchannel, size, and materials of nanoparticles and can lead the development of high- current ionic diode using the asymmetric design of nanochannel networks membrane (NCNM). It exhibits rectified high-currents compared to the conventional method without reducing the rectification ratio because of ionic selectivity gradients and different electrical conductance. Another promising application is a high voltage nanofluidic energy generator inspired by electrical eel using ion-concentration gradients, which converts Gibbs free energy into electricity without any pollutants. The high voltage can be induced by alternatively multi-stacking cation and anion-exchange nanochannel network membranes (CE-NCNMs and AE-NCNMs) in a confined microscale space. To improve power generation performance, the effects of nanoparticle material, intermembrane distance (IMD), and environmental temperature were explored quantitatively. Very interestingly, the optimized IMD (80 μm) of our artificial nanofluidic energy generator was similar to the inter-cell membrane distance of an electric eel, and the measured diffusion potential for a single cell at this IMD (~138.3 mV) is also similar to the diffusion potential of an electric eel's electrocyte. Owing to the optimization, we successfully achieved voltages as high as 1 V by stacking 20 full cells. The clean and sustainable nanofluidic energy generator designed in this work has great potential to be utilized in several power-supply applications in next-generation microdevices for health care or environmental monitoring and also in implantable microdevices.

[융합재료 2-4 | 17:10] 초청강연

Hijacking serum proteins in nature for generation of long-acting drugs: 권인찬; *광주과학기술원*

Nature often has solutions to our problems. Therapeutic proteins play an important role in curing various human diseases. Global market size of therapeutic proteins is over 167 billion dollars and expected to steadily grow. Therapeutic proteins administered to patients are constantly eliminated from the blood via several mechanisms including renal filtration, proteolytic degradation, and intracellular degradation. Therefore, therapeutic proteins should be periodically administered, leading to poor patient compliance. For biopharmaceutical industry, prolonging the serum half-life of therapeutic proteins is one of important technical issues. In order to prolong the serum half-life of therapeutic proteins, poly(ethyleneglycol) (PEG) molecules have been conjugated to therapeutic proteins. There are PEG-conjugated therapeutic proteins approved by the FDA. However, several concerns on the use of PEG were recently raised such as immunogenicity and poor degradability. Therefore, developing an alternative strategy to prolong the serum half-life of therapeutic proteins was required. Our research group has been exploring conjugation of human serum albumin to prolong the serum half-life of therapeutic proteins. In nature, human serum albumin has an unusually long serum half-life (over two weeks) via evasion of intracellular degradation. We hypothesized that coupling of human serum albumin to therapeutic proteins led to prevention of therapeutic protein from intracellular degradation as human serum albumin does in nature. We demonstrated that the combination of the site-specific amino acid analog incorporation technique and biorthogonal chemistries was successfully employed to conjugate human serum albumin to therapeutic proteins, resulting in the prolonged serum half-life in vivo.

제19회 피로 및 파괴 심포지엄

Room 202A, 4월 26일

[피로1-1 | 09:30]

두께가 다른 상업용 Ti-6Al-4V 판재의 인장 및 피로 거동 ; 안수진[1], 박상후[1], 김수민[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]

[1]경상대학교.

Keywords: TI-6Al-4V, 미세조직, 인장, 피로, 밀어닐링

밀어닐링(mill-annealing)된 상업용 Ti-6Al-4V(Ti64) 합금 판재는 기본적으로 등축정 α 상과 이를 둘러싸고 있는 β 상으로 이루어지며, 최종 두께와 어닐링 조건에 따라 다소의 미세조직의 차이와 이에 따른 기계적 특성의 차이를 보일 수 있다. 이를 알아보기 위하여 제작사와 두께(1.3, 3 및 50 mm)가 다른 밀어닐링된 상업용 Ti64 합금 판재의 미세조직의 변화 및 이에 따른 인장, 고주기피로 및 피로균열전파 특성을 평가하였다. 시험 결과, 인장 특성은 두께가 얇아지면서 강도가 증가하는 일반적인 경향을 나타내었으나, 고주기피로 특성의 경우에는 강도와 비례하는 일반적인 경향이 관찰되지 않았다. 이에 반해 피로균열전파 특성의 경우에는 미세조직이나 강도에 의존하지 않는 경향을 나타내었다. 본 연구에서는 두께 및 미세조직의 변화에 따라 관찰되는 상업용 Ti64 합금 판재의 특성 변화의 원인을 알아보기 위해서 시험된 시편에 대한 파면 분석과 피로 균열의 생성 및 전파 경로 등을 분석 및 고찰하였다.

[피로1-2 | 09:50]

Effect of residual stresses on fracture resistance studied by neutron diffraction and finite element analysis ; 왕회[1], 우완측[2], 김동규[2], 안규백[3], 이수열[1]

[1]충남대학교. [2]한국원자력연구원. [3]조선대학교.

Keywords: Residual stress, Fracture, LOPC, Neutron diffraction, Finite element analysis

Effect of residual stresses on fracture has been investigated in the shipbuilding structural steel EH40 (0.05C, 0.1Si, 1.2Mn, 0.01P and balance Fe, in wt%). Comparative studies were carried out among three distinct residual stress conditions; (i) as-received state, (ii) with tensile residual stress, and (iii) with compressive residual stress. Local out-of-plane compression (LOPC) tests were employed in advance to generate tensile or compressive residual stresses by performing side-punching on relevant compact tension (CT) specimens. The generated residual stress fields were determined using neutron diffraction along the three orthogonal directions at the mid-thickness of CT specimens. Then, in-situ standard CT fracture tests were conducted and the evolution history of micro-strains was simultaneously recorded. In addition, three-dimensional finite element analysis was performed to simulate the residual stress fields. The effect of residual stresses on the fracture behavior was then explored using continuum-damage-mechanics-based (CDM) modeling. The simulated residual stresses and elastic strain evolutions correspond well with the neutron diffraction results. It demonstrates that the tensile residual stress clearly accelerates the fracture probability of structure, vice versa for the compressive one. To summarize, the experiment and modeling results correlate residual stresses with the strain evolution and fracture phenomenon in structures.

[피로1-3 | 10:10]

Al-Mg-Si 합금 열간 단조품의 미세조직 변화에 따른 파괴 특성 ; 권용남[1], 구가은[1], 이동준[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Keywords: Al-Mg-Si 합금, 회복 기구, 열간 단조

본 연구에서는 자동차용 경량화 부품을 많이 사용되는 6xxx계 알루미늄 합금의 열간단조시 발생하는 미세조직 변화가 인장 및 피로 등의 파괴 특성에 미치는 영향을 평가하는 것을 목표로 하였다. 현재 사용되는 금형주조법에서는 용탕을 금형에 주입한 후 응고가 이루어지는 것에 비해 본 연구에서는 용탕을 금형에 단계적으로 주입하여 응고에 따라 발생하는 수축을 보상할 수 있는 점진응고법을 사용하여 Al-Mg-Si 합금을 제작하였다. 열간단조는 400도 이상의 고온에서 진행됨에 따라 잉곳의 초기상태 및 변형량에 따라 전위밀도, 저경각입계 등의미세조직 특징들이 변화하며 이에 따라 인장, 피로 등의 파괴특성 차이가 발생할 수 있다. 열간단조시 변형량 변화에 따른 인장 및 피로 특성의 차이는 조성 변화에 따른 금속간 화합물 분포의 차이와 주조시 생긴 결함이 주 원인으로 작용하는 것으로 확인하였다. 또한, 금속간 화합물은 열간단조시 전위밀도의 차이를 가져오며 이를 통해 파괴 특성에도 영향을 미치는 것을 확인하였다.

[피로1-4 | 10:30]

7XXX계 알루미늄 합금의 응력 부식 균열 저항성에 미치는 열처리 및 환경 조건의 영향 ; 박지호[1], 이관호[1], 성효경[1], 김상식[1]

[1]경상대학교.

Keywords: Aluminum, SCC, SSRT

전반적인 산업 분야에서 환경 문제가 대두됨에 따라 수송기기용 소재의 경량화를 위해 고강도 알루미늄 합금 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 7XXX계 알루미늄 합금은 높은 비강도로 인해 항공용 소재로 주로 사용되지만 응력 부식 균열(Stress Corrosion Cracking, SCC) 저항성이 낮다는 연구들이 주로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 7XXX계 알루미늄 합금의 열처리 및 환경 조건을 다양화하여 SCC 거동에 미치는 미세조직학적 인자를 고찰하였다. 먼저7XXX계 알루미늄 합금의 T6 열처리를 실시하고, 열처리 전후의 미세

조직 및 인장 특성을 분석하였다. 또한 0.6 M NaCl 수용액 분위기에서 양극산화 및 음극방식 조건으로 다양하게 인가 전위를 제어하여 저속 인장 시험(Slow Strain Rate Test, SSRT)을 실시하였으며 이 때 측정된 강도 및 연신율을 공기 중에서의 시험 결과와 비교하였다. 인장 파면 분석을 통하여 환경 변화에 따른 강도 및 연신율 차이를 금속학적으로 분석하였으며, 7XXX계 알루미늄 합금의 열처리 조건에 따른 미세조직과 인가 전위와 같은 환경 조건 변화에 따른 SCC 저항성을 고찰하고자 하였다.

[피로2-1 | 11:00]

Fracture Mechanism of Cr-Mo-V Steel Slab ; Chang-Hoon Lee[1], Byung Hwan Kim[1], Jae Hoon Jang[1], Tae-Ho Lee[1], Sang-Woon Moon[2], Seong-Yeon Kim[2]
[1]KIMS. [2]POSCO.

Keywords: continuous casting, slab, brittle fracture, ductile fracture, temper embrittlement

The causes of through-thickness cracking in a continuous casting steel slab with low carbon and high alloys were investigated by observation of the fractured surface and microstructures of a fractured slab, and analysis of phase transformation through a continuous cooling transformation (CCT) diagram. Intergranular brittle fracture and ductile fracture were observed on the surface of the slab and inside the slab, respectively. A bainite and martensite microstructure was transformed in the vicinity of the slab surface where intergranular fracture occurred due to excessive water-cooling during continuous casting, and ferrite and pearlite were transformed inside the slab due to a slow cooling rate and relatively high temperature. Immediately after continuous casting, the temperature and the cooling rate for the surface of the slab were 300 ~ 450 °C and about 0.1 °C/s, respectively, and thus bainite and martensite on the surface of the slab were tempered simultaneously during transfer to the slab yard. As a result, the tempered bainite and martensite on the surface of the slab and the mixed microstructure of ferrite and pearlite inside the slab were transformed. However, segregation of P and S at grain boundaries was observed in the tempered bainite and martensite at the surface of the slab. The segregation of P and S at grain boundaries could occur by tempering at the temperature between 300 ~ 450 °C and the cooling rate as slow as 0.1 °C/s at the surface of the slab, and is a critical cause on 'temper embrittlement'. Therefore, it is believed that the intergranular fracture at the surface of the slab was due to the temper embrittlement, and ductile fracture occurred inside the slab having a mixed microstructure of ferrite and pearlite, which is ductile.

[피로2-2 | 11:20]

극지용 강재의 용접부 미세조직이 저온 CTOD 취성 파괴에 미치는 영향 ; 이석규[1], 김보희[1], 김우겸[2], 엄경근[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

Keywords: CTOD, 취성파괴, 저온변태상, 용접

심해자원과 극지자원의 개발의 가속화로 인해 고강도강의 수요가 증대되고 있고 극지용 고강도 강재의 파괴인성 확보를 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 용접성이 좋고 강도도 우수한 HSLA 강이 많이 연구되고 있는데, 이러한 HSLA 강을 용접했을 때 형성되는 열영향부에서 CTOD 파괴인성이 저하된다는 결과들이 많이 보고 되어왔다. 본 연구에서는 용접 부 열영향부에서 파괴인성에 영향을 끼치는 요인 중 미세조직이 저온 CTOD 취성 파괴에 어떠한 영향을 미치는지 연구하고자 한다. 여러 HAZ 중 Inter-critically heated HAZ (ICHAZ) 에서 MA 및 저온변태상들이 많이 형성되며 파괴인성이 저하되는 것을 확인하였고 이를 분석하기 위해 Thermal-cycle system simulation test를 통해 열 모사한 시편을 사용하였다. 우수한 파괴인성을 얻기 위해 열영향부의 파괴 개시/전파를 결정 짓는 요소를 확인할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 이를 알아보기 위해 열영향부의 미세조직에서 어떻게 파괴 거동이 일어나고 파괴 인성에 영향을 크게 주는지 살펴보고자 한다.

[피로2-3 | 11:40]

항공기용 볼트의 수소취성 사례 및 분석 ; 박동희[1]
[1]공군 항공기술연구소.

Keywords: Alloy Steel, Hydrogen Embrittlment, Hydrogen Induced Cracking, Cleavage,

오늘날 많은 금속의 발견으로 항공기 재료의 종류와 특성이 다양해졌다. 일부 항공기의 구조체결용으로 고강도 합금강 볼트를 사용한다. 그러나 이러한 합금강은 대기중의 산소, 수분 및 도금작업시 전기도금으로 인해 금속내부로 수소의 유입이 쉽다. 환경적인 요인으로 침투된 수소는 금속 내부에 수화물을 형성하거나 수소가스를 발생시키며, 균열을 유발시킨다. 이렇게 취화된 금속은 본래의 강도보다 낮은 강도에서 파괴가 일어나는 수소취성이나, 수소유기취성을 발생하게 된다. 본 발표는 항공기에 사용되는 볼트가 파단되었다, 저합금강으로 제작된 볼트는 형상 제작품과 해외조달품(FMS)으로 나뉘며 그 중 형상 제작품이 장착도중 볼트 헤드 밑단이 파단되었다. 장착중 파단된 볼트는 일반적으로 과하중에 의한 일시파단면인 딤플이 관찰되는 것이 일반적이나, 손상된 볼트의 파단면은 전체적으로 취화된 파단면에서 관찰할 수 있는 벽개파단면이 관찰되었다. 수소함량 분석시 저합금강을 취화시킬만한 수소함량(ppm)이 관찰되었으며, 수소는 제작시 도금층에 갖힌 수소사 금속내부로 유입되어 취화된 것으로 확인하였다.

[피로2-4 | 12:00]

Detection of fatigue damage accumulation in aluminum plate using PVDF transducers for actuation and reception of self-interacting second harmonic Lamb waves ; Hwanjeong Cho[1], Clifford J. Lissenden[2]
[1]공군항공기술연구소. [2]Pennsylvania State University.

Keywords: Nonlinear guided waves, NDE, SHM, aluminum, fatigue
There are many well-defined ultrasonics methods for detecting and characterizing defects in metallic materials. While linear ultrasonics relies on features like amplitude and time-of-flight, nonlinear ultrasonics utilizes frequency spectra of transmitted and received ultrasonic signals to detect fatigue damage progression that precedes macro-scale crack growth. Harmonic generation from self and mutual wave interactions are examples widely studied for non-destructive evaluation (NDE) and structural health monitoring (SHM) applications aiming to develop early damage detection capabilities. In particular, nonlinear guided waves provide emerging techniques that enable both early damage detection and fast inspection over large plate-like structures. This presentation discusses an experimental study showing superior sensitivity of self-interacting second harmonic Lamb waves generated by self-interaction to fatigue damage accumulation in an aluminum plate subject to cyclic mechanical loading. PVDF (polyvinylidene difluoride) transmitter and receiver are adhesively bonded to actuate finite amplitude of S1 mode and to receive second harmonic S2 mode Lamb waves. At each interval, cyclic mechanical loading is interrupted to make nonlinear guided wave measurement. Analyses over frequency spectra of the collected signals reveal nonlinear guided waves have great potential for monitoring fatigue damage progression in the aluminum plate to provide time to make maintenance decisions and enable logistics before catastrophic failures. Comparisons are made between the linear and nonlinear damage features to emphasize the excellent sensitivity of nonlinear guided waves.

[피로3-1 | 13:30]

응력부식균열 특성을 고려한 효율적인 항공기 구조 정비시기 예측기법 고찰 ; 이철주[1], 김상식[2], 손진일[3], 안수진[2]
[1]한국항공우주산업(주). [2]경상대학교. [3]엠티디아이.
Keywords: 응력부식균열, 검사주기, 구조 건전성
최근에는 부식으로 인한 항공기 유지보수를 위해 년 수 조원에 달하는 큰 비용이 수반되고 있다. 따라서 항공기 개발 단계에서 수명 기간 동안 부식 방지를 위한 재료 선택, 배수, 밀봉, 부식 방지 설계 개념을 적용하고 있으나 운용기간 동안 수행되는 정비활동이나 마모 및 부식방지 시스템의 손상, 부품 조립시 부가되는 잔류응력과 화합물 때문에 유발되는 응력부식균열 결함의 완벽한 방지는 한계점이 있다. 이러한 한계점 때문에 응력부식균열특성이 양호한 재질을 적용하고 있으나 항공기 구조 건전성 확보를 위해서 수행되는 주기적인 검사를 생략할 수는 없다. 이러한 반복적인 주기 검사는 항공기 가용성 저하와 고비용을 유발시키고 정비 시기가 적절하지 않을 경우 항공기 구조 건전성을 위협하기 때문에 사용된 재료 및 구조물에 대하여 적절한 점검 주기를 설정해야 한다. 기동임무를 주로 수행하는 훈련기 및 군용 항공기의 경우 검사주기 결정은 피로수명해석 결과가 기본적으로 사용되며 부분적으로 사고 손상 확률과 환경에 의한 부식 손상을 고려하여 효율적인 검사 주기를 설정하고 이를 바탕으로 정비를 수행한다. 부식환경을 고려하여 검사주기를 설정하기 위해서는 부식환경에서 수행된 시험자료에 의한 부식 민감도 분석이 필요하다. 본 연구에서는 항공기 구조물에 널리 사용되는 재료에 대한 응력부식균열 특성을 연구하고 종류별 재료의 민감도 평가방법을 제시하였다.

[피로3-2 | 13:50]

대기부식위험도에 기반한 항공기 부식관리 연구 ; 김민생[1], 이두열[1], 양성운[1], 김경우[1], 배중우[1]
[1]공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).
Keywords: 대기부식위험도, 염화물누적률, 금속재료 부식속도, 부식관리
공군 항공기 운영기지 및 대형 항공기를 대상으로 대기부식환경을 측정하였다. 금속시편에 기반한 센서 및 상대습도센서 이용하여 염화물누적률(Chloride Deposition Rate), 젖음시간(Time of Wetness), 그리고 주요 구조용 금속재료(알루미늄 합금, 철강재료)의 부식속도를 측정하였다. 측정된 대기부식인자는 ISO 9223에 따라 운영기지 및 항공기 내부의 부식위험도를 결정하는데 사용하였다. 부식위험도를 바탕으로 CHP(Controlled Humidity Protection)의 효과도를 검증하였고, 향후 엄체호 유개화, 기체/엔진 세척주기 등 공군에서 수행 중인 부식관리의 기준으로 사용될 계획이다

[피로3-3 | 14:10]

b-열처리된 Ti-6Al-4V 합금의 냉각속도에 따른 부식 피로균열전파 거동의 변화 ; 안수진[1], 이동준[2], 권용남[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.
Keywords: Ti-6Al-4V , 피로균열전파, 부식 환경
b-어닐링된 Ti-6Al-4V 합금은 피로균열전파에 저항성이 요구되는 두꺼운 항공기체 구조물의 적용을 위해 개발된 합금이다. 침상의 a 상을 가지는 이 합금은 어닐링 처리 후 냉각 속도에 따라 미세조직뿐만 아니라 피로균열전파 거동도 변화하게 된다. 따라서 냉각속도를 각각 수냉과 공냉으로 달리한 b-어닐링된Ti-6Al-4V 합금의 염수환경에서의 부식 피로균열전파 거동에 대하여 연구하였다. 지금까지의 연구결과에 의하면 대기 중에서의 피로균열전파 거동에 미치는 영향은 크지 않으나, 염수환경과 같은 부식 환경에서는 고려할만한 차이를 나타내었다. 특히 하중비에 따라 냉각속도의 영향이 현저히 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 이러한 냉각속도의 차이가 부식 피로균열전파 저항성에 미치는 영향을 균열경로 및 파면 분석 등을 통해 분석하였다.

[피로3-4 | 14:30]

구조 건전성 측면에서 초소성 가공 Ti-6Al-4V 항공 부품의 기계적 특성 평가 ; 곽재진[1], 김상식[2], 정대호[2]
[1]한국항공우주산업(주). [2]경상대학교.

Keywords: 구조건전성, Ti-6Al-4V, 초소성가공
항공기의 안전성, 내구성 입증을 위한 기체 수명 관리는 민수 및 군수 분야에서 필수적인 유지 업무이다. 항공기 구조 건전성 관리(ASIP)는 여러 국가의 다양한 군용 항공기에 적용되는 프로그램이다. 이 개념에 따라 항공기 구조 부품은 적절한 검사와 수리 절차에 따라 건전성이 관리된다.
타이타늄 합금은 그 양호한 기계적 특성으로 인해 항공 산업계에서 적용이 증가하고 있다. 떨어지는 제작성을 보완하는 여러 기법 중에서 초소성 가공은 Ti-6Al-4V sheet와 같은 타이타늄 합금에서 활용성이 높은 가공 방법 중 하나이다. Ti-6Al-4V 합금의 초소성 가공으로 항공 부품이 제작되어 군용 항공기에 사용될 예정이다.
본 논문에서는 초소성 가공으로 인한 기계적 특성의 변화가 평가되었다. 이 결과로부터 Ti-6Al-4V의 초소성 가공 공정의 분석을 통해 초소성 가공 부품의 주요 결함 원인에 대한 분석을 수행하였다. 그 다음으로 기체 구조 건전성 측면에서 초소성 가공 Ti-6Al-4V 항공 부품에 대한 유지 기법이 논의된다.

[피로4-1 | 15:00 초청강연]
항공용 알루미늄합금의 아노다이징 전처리 공정에 의한 미세조직 및 기계적물성 영향성 고찰 ; 유종호[1], 정유인[1], 문성모[2], 유위도[2]
[1]한국항공우주산업(주). [2]재료연구소.
Keywords: 알루미늄합금, 아노다이징, 에칭, 디스머트, 기계적물성
대표적인 항공용 알루미늄합금인 2024와 7050은 20년 이상 사용되는 항공기의 운용 수명을 고려해서 부품 제작 시 아노다이징 처리를 기본으로 적용하여 내부식특성을 향상시켜왔다. 이에 따라 아노다이징 처리에 의한 알루미늄합금의 미세조직 및 기계적물성 변화에 대한 연구는 많이 진행되어 왔으나 아노다이징 처리의 성능을 높이기 위해 다양하게 적용되는 전처리 공정에 따른 알루미늄합금 별 미세조직 및 기계적물성 변화에 대한 연구는 제한적으로 진행되어 왔다. 본 연구에서는 알루미늄합금 2024와 7050에 대해 아노다이징 전처리 공정인 에칭 공정과 디스머트 공정 적용에 따른 미세조직 변화를 관찰하여 기계적물성에 대한 영향성을 고찰하였다.

[피로4-2 | 15:30]
복합재 보강된 3차원 프린팅 재료(Ultem 9085)의 기계적 특성 연구 (Study on mechanical properties of 3D printing material Ultem 9085 by using reinforced composite material) ; 양성운[1], 이두열[1], 김기현[1], 김민생[1], 배중우[1]
[1]공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).
Keywords: 3D Printing(3차원 프린팅), Glass-fiber Reinforced Plastic(유리섬유보강플라스틱), Tensile Test(인장시험), Bending Test(굽힘시험), Puncture Test(관통시험)
본 연구에서는 Ultem 9085 재료를 사용하여 3차원 프린팅의 Fused Deposition Modeling(FDM) 방식으로 제작되는 재료의 기계적 특성을 확인하였다. 시험편의 인장시험, 굽힘시험으로부터 얻은 응력-변형률 선도를 바탕으로 기계적 물성을 조사하였다. 또한 관통시험은 ASTM D3763을 기준으로 상온과 저온의 온도 조건 변화에 따른 하중-변형률 선도를 바탕으로 기계적 물성을 조사하였다. 3차원 프린팅 시험편의 적층방향에 따른 기계적 특성의 이방성을 확인하였으며, 이를 보완하기 위해 유리섬유보강플라스틱(Glass-Fiber Reinforced Plastic) 복합재를 적용하여 보강설계하였다. 3차원 프린팅 시험편의 복합재 보강설계를 통해 인장강도와 굽힘강성의 개선을 관찰하였으며 온도조건에 따른 관통 파괴모드 변화를 확인하였다.

[피로4-3 | 15:50]
Powder Bed Fusion 공정에 따른 항공용 티타늄 소재의 피로거동. ; 조서연[1], 이동준[2], 권용남[2], 정유인[1]
[1]한국항공우주산업(주). [2]재료연구소.
Keywords: Aerospace, Fatigue, Powder Bed Fusion, Titanium, 3D Printing
최근 3D 프린팅 공정은 자동차, 의료기기 및 항공 등의 산업에 적용되고 있다. 특히, 항공 산업에서는 경량화 및 제작성 향상을 목적으로 점차 많은 분야에 적용되는 추세이다. 3D 프린팅 공정은 기존의 절삭(subtractive) 공정과 달리 재료를 적층(additive)하는 방법으로, 원소재를 쌓는 방법에 따라 다양한 방식의 공정이 존재한다. 금속재 3D 프린팅용 소재는 현재 내식강, 인코넬, 티타늄 합금 등이 있다. 이 중 티타늄 소재는 비강도가 높아 기계적 안정성이 우수하여 많은 연구자들에 의해 항공용 소재로 적용하려는 시도가 활발히 진행되고 있다. 그러나 3D 프린팅 공정으로 개발된 부품은 기존의 절삭 공정으로 생산된 부품과 달리 내부 기공, 적층 방향에 따른 이방성 등으로 인하여 기계적 특성이 저하된다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 소재의 3D 프린팅 공정(Powder Bed Fusion 방식)에 따른 피로특성을 살펴보고 그 차이점을 평가하고자 한다.

[피로4-4 | 16:10]
Compressor Blade 파단 사례 및 Bowed Rotor 특성; 김남극, 이복원*, 손경숙
항공기술연구소
Key words : Gas Turbine Engine, Bowed Rotor, Blade Fracture, Fractography
가스터빈엔진의 고유한 특성중 하나인 'Bowed Rotor'현상은 엔진 내부의 균일하지 않은 열구배 환경이 존재하거나, 엔진 구성품간의 열팽창계수의 차이, 항공기의 기동에 따른 엔진 변형등 다양한 요인에 의해 발생 가능하다. 이러한 현상은 고온/고회전수에서 작동하는 가스터빈엔진의 특성상 압축기/터빈 Blade와 같은 엔진 주요 구성품의 손상을 야기할 수 있다. 항공기 엔진의 구성품 손상은 비행중 사고로 이어질 수 있는 중요한 문제이며, 이러한 Bowed Rotor 현상을 방지하기 위해 Blade Tip의 코팅이나 디자인 변경, 엔진 제어기술 최적화 등 다양한 시도가 이루어지고 있으나, 현실적으로 완벽하게 이를 방지하는 기술은 개발되어있지 않다. 본

연구에서는 실제 운용중인 항공기의 가스터빈엔진에서 확인된 Bowed Rotor 현상 및 이로인해 유발된 엔진 압축기 Blade의 파단/손상에 대해 연구하였으며, 다양한 항공기 엔진에서 발생한 Blade의 파단/손상사례와 비교분석을 진행하였다.

타이타늄 심포지엄: 핵심 산업 분야 별 타이타늄 소재 및 공정 기술

Room 202B, 4월 26일

[타이타늄기술 1-1 | 09:30] 초청강연

TiO_2 제조를 위한 일메나이트 처리기술 현황: *손호상; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Ilmenite, synthetic rutile, chloride process, sulphate process, titanium dioxide

타이타늄은 지각 구성원소 중 아홉 번째로 풍부한 원소이며, 철과 밀접한 관계를 가지고 있다. 타이타늄과 관련된 공업제품은 안료로서의 TiO_2(이산화 타이타늄)와 금속원료로서의 스펀지 타이타늄이 주류이지만, 약 93%는 페인트, 제지, 플라스틱 등의 안료 및 충진제로 사용되고 있으며, 금속상태로 사용되는 것은 약 7% 정도에 불과하다. 이러한 TiO_2의 원료에는 천연 루타일(금홍석, rutile, TiO_2 함유량 95~100%)과 일메나이트(ilmenite, $FeTiO_3$, TiO_2 함유량 40~65 %)가 있으나, 천연 루타일의 경우 매장량이 적어 현재는 일메나이트가 타이타늄 관련제품의 주원료로 사용되고 있다. 일메나이트로부터 안료급의 TiO_2나 금속 타이타늄 제조를 위한 순수한 TiCl4를 제조하기 위해서는 철 성분을 제거하여야 한다. 일메나이트로부터 합성 루타일을 제조하는 방법으로는 일메나이트를 전기로 등에서 정련하여 선철을 생산하고 남은 TiO_2 농도가 높은 슬래그, 일메나이트 중의 Fe나 기타 불순물을 제거하기 위한 산 침출법, 일메나이트 중의 산화철을 부분환원하거나 완전히 환원한 후에 물리적 선별이나 화학적 처리를 하는 방법, 그리고 선택적 염화에 의해서 Fe만 제거하는 방법이 있다. 본 연구에서는 일메나이트로부터 고순도의 TiO_2나 $TiCl_4$를 제조하는 새로운 프로세스 개발을 위한 기초연구로서, 일메나이트 중의 철을 제거하여 합성 루타일을 제조하는 프로세스와 상기한 안료급의 고순도 TiO_2를 제조하는 프로세스에 대하여 조사하였다.

[타이타늄기술 1-2 | 09:55]

산업분야별 타이타늄 소재 개발이슈: 염종택, 박찬희, 이상원, 홍재근; *재료연구소.*

Keywords: Titanium, aerospace, chemical industries, power industries, shipbuilding, oil and gas, desalination, metallurgy

타이타늄소재는 우수한 비강도, 내식성 그리고 생체적합성 등의 특성으로 인해 항공국방, 석유화학 및 에너지 플렌트, 조선 해양, 자동차 등 수송기기, 전자, 전기 및 생체의료 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 이러한 응용분야중 항공분야가 전체 타이타늄 중간재(판재, 봉재 등) 소비량의 약 45%이상을 차지하고 있고, 화학분야, 에너지분야, 조선 해양, 오일 가스, 담수화, 금속첨가원소 등의 순으로 소비하고 있음을 보고하고 있다,(Titanium Metal, Roskill, 2017) 이러한 타이타늄 응용분야별로 소재 가격을 낮추기 위한 노력은 필수적으로 이루어지고, 기술적으로 해결해야 하는 이슈들을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 미국, 일본, 러시아, 유럽, 중국 등 타이타늄 소재 선도국에서는 자국의 이익을 위한 Ti 신합금 및 공정개발을 통한 노력을 기울이고 있다. 하나의 예로, 생체의료분야에서 타이타늄 소재에 대한 기술적 이슈는 과거 저탄성계수를 가지는 타이타늄합금 개발이었으나, 지금의 경우 순수 타이타늄의 고강도화 및 초고강도/저탄성계수를 동시 만족하는 타이타늄합금 개발로 개발이슈가 변해가고 있는 것이 현실이다. 본 발표에서는 타이타늄소재가 활용되고 있는 각 산업별 기술적 이슈에 대해 살펴보고, 이러한 기술적 이슈를 참고로 타이타늄 소재 개발에 대한 선도국의 응용사례 및 연구방향과 함께 국내 연구기관에서 개발하고 있는 소재 개발사례에 대해 살펴보고자 한다.

[타이타늄기술 1-3 | 10:10]

Ilmenite광 활용 TiCl4 제조를 위한 유동염화 거동 고찰: *정은진; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Ilmenite, FBR, TiCl4, Chlorination, Distributor

TiCl4(Titanium tetrachloride) 소재는 크롤 공법 등을 통한 금속 티타늄 및 안료로서 활용되는 TiO_2 소재의 중간원료로써 널리 사용되어 왔으며 현재 92~95%의 TiO_2를 함유하는 고순도 루타일 광의 염화 반응을 이용한 상용화 공정에 의해 제조되고 있다. 최근에는 가격경쟁력이 높고 수급이 용이한 55-60%의 저가 일메나이트광을 활용하여 선택염화법을 이용하는 공정연구가 활발히 진행되고 있으며, 일메나이트광 내에 35%이상 존재하는 FeOx의 선택염화 조건 도출 및 고순도 TiCl4 제조조건 도출이 핵심 기술이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 일메나이트광을 활용하여 TiCl4를 제조하고자 하였으며 고순도 TiCl4 제조를 위해서는 광석의 입도에 따른 분산판 설계, 공정설계에 따른 유동화 모사 및 선택염화공정을 위한 속도론적 고찰 등을 검토하고자 하였다. 이러한 유동효율 향상을 위한 공정조건을 이해하고 일메나이트광 활용 방안 가능성을 평가하여 TiCl4 제조를 위한 원천기술을 확보하고자 한다.

[타이타늄기술 1-4 | 10:25]

타이타늄 제련용 티클4 공정 기술: *김진호; *인천화학(주).*

Keywords: 티클4 , 타이타늄, 유동염화로

티클4 (TiCl4), 즉, 사염화 타이타늄은 타이타늄 금속 제련의 기초 원료이며 전 세계적으로 매년 90만톤 이상의 티클4가 타이타늄 금속 제련용으로 생산되는 것으로 추산된다. 티클4의 원료는 주로 천연 루타일이나 합성 루타일이 사용되고 있으며 그 외에 타이타늄 슬레그, 일메나이트 등이 사용될 수 있다. 티클4는 타이타늄이 함유되어 있는 원료 물질을 탄소 환원제인 석유 코크스 등을 이용하여 유동층 염화로에서 약 1000°C 조건으로 생산될 수 있다. 높은 열전달 효과 및 물질 전달 속도를 얻을 수 있는 유동층 염화 기술이 상업적으로 널리 사용되고 있다. 타이타늄 함유 원료와 석유 코크스 혼합물이 유동 염화로에 공급되고 염소 기체와 질소가 유동화 기체로 사용된다. 염화 공정은 고온인 900°C~1100°C에서 진행된다. 가혹한 고온 염화 반응 조건을 견딜 수 있도록 실리카/알루미나 재질의 내화물로 처리된 유동 염화로가 사용된다. 타이타늄 광에 존재하는 여러 종류의 원소는 반응기의 조건, 열역학

적 성질, 염화 반응 속도에 따라 각기 다른 염화 반응을 일으키게 된다. 반응 생성물은 각각의 물질 고유의 특성과 운전 조건에 따라 기체 상태로 토출되거나 내부로 축적되게 된다. 끓는점이 낮은 염화물일수록 반응기에서 잘 토출되어 응축기에서 응축된다. 반응기에서 토출된 티클4는 주 응축기에서 응축되어 액상으로 모여지고 모여진 액상 티클4는 화학 처리법과 증류법 등의 공정을 통해 고순도 티클4가 된다.

[타이타늄기술 2-1 | 10:50]
Hot Isostatic Pressing application for Ti-alloys and TiAl intermetallic compounds: Jouni. Wedenst rand; *Quintus Technology A.B*

[타이타늄기술 2-2 | 11:05]
타이타늄 분말 제조기술: 양상선, 정재원, 김기봉, 최중호, 김용진; *재료연구소.*
Keywords: 타이타늄, 분말, 분말야금, 3D 프린팅

타이타늄 소재는 높은 비강도, 내식성 및 생체친화성 등으로 인해 수송기기용 부품과 의료용 부품제조에 다양하게 사용되고 있다. 이들 부품은 다양한 기계가공으로 제조되고 있으나, 분말을 사용한 분말야금 공정인 프레스 성형, 금속분말사출성형 등을 이용하면 공정 비용의 절감과 대량생산의 장점이 있다. 또한, 3차원의 CAD 데이터를 사용하여 금형이나, 기계적 가공 없이 부품의 제조가 가능하고 형상의 자유도가 높아 다양한 연구가 진행되고 있는 3D 프린팅 방법에 있어서도 분말은 주된 원료 소재이다. 티이타늄 분말을 이용한 분말야금 공정이나 3D 프린팅 공정의 원료 소재인 분말은 스폰지나 스크랩을 HDH(hydrogenation-de hydrogenation) 공정과 분쇄 공정을 통하여 각형 분말이 제조된다. 이러한 각형 분말은 금속사출성형공정이나 프레스성형공정에는 이용할 수 있으나, 분말의 흐름(유동성)이 높아야하는 3D 프린팅 공정에는 사용할 수 없다. 이들 각형 분말의 유동성 향상을 위하여 열원(플라즈마) 내부에 에어로졸 방식으로 체류시켜 액상화 시킨 후 표면장력에 의해 구형이 되는 ICPS(inductively coupled plasma spheroidization)과 같은 구상화공정들이 연구되고 있다. 또한, 유동성이 우수한 구형 티타늄 분말은 EIGA(electrode induction gas atomization), VIGA-CC(vacuum induction gas atomization-cold crucible), PWAP(plasma wire atomization process), PREP(plasma rotating electrode process)등의 다양한 방법으로 제조되고 있다.본 발표에서는 타이타늄 분말을 제조하는 다양한 공정을 소개하고 각 방법으로 제조된 타이타늄 분말의 특성에 대하여 발표하고자 한다.

[타이타늄기술 2-3 | 11:20]
금속 3D 프린팅 서비스 및 의료분야에서의 활용: 김대중; *주식회사인스텍.*

본 발표에서는 금속 3D 프린팅의 기술동향을 살펴보고, 금속 3D 프린팅 기술이 의료산업분야에 활용되고 있는 동향과 향후 전망을 살펴보고자 한다. 실제 금속 3D 프린팅 기술을 컴퓨터단층촬영(CT), 3D 스캔, 모델링 기술과 결합하여 맞춤형 치과 및 정형외과 관절등의 형상제작에 활용하는 사례가 많아지고 있다. 특히 인공관절에 금속 3D 프린팅 기술을 적용하기 위한 시도가 많이 지고 있는데, Arcam사는 EBM기술을 이용하여 인공고관절의 비구컵을 제조하는 기술을 상용화하였다. 국내 인스텍에서는 DMT(Ditect Metal Tooling) 기술을 이용하여, 인공관절 표면에 거칠면서도 인체 해면골 구조와 유사한 공극(pore)을 형성시켜주는 다공성 코팅의 응용기술로 골 시멘트가 없이 정형외과의 인공관절 초기 고정력 및 골 내 성장능력을 극대화 시키는 기술을 상용화하기도 하였다. 또한 골 결함 환자에게 최적화된 고관절을 직접 프린팅하지 않고, 기존제품에 필요한 부분만 프린팅하는 Hybrid 3D printing과 골 재생을 도와주도록 약물을 투입하는등 다양한 형태의 적용분야로 발전되어가고 있다. 단순히 3D 프린팅 제조가 아닌, 기능과 가치를 부여하여, 부가가치를 높이는 새로운 형태의 제조기술로 발전하고 있다. 3D 프린팅을 통한 인공관절 제조 및 융합기술은 환자에게 최적화된 제품이 적용되므로 임상의의 수술시간을 단축시켜주고, 수술의 정확성을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 더 좋은 임상결과로 환자의 삶의 질을 높일 수 있다. 또한 응용 융합기술 개발과 양산화 공정기술 등에 따라 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것이다.

[타이타늄기술 2-4 | 11:35]
Ti-6Al-4V 합금과 17-4PH 스테인리스강을 이용한 이종소재간 적층조형 기술 연구: 김정한[1], Nana Kwabena Adomako[1], 양상선[2], 오창석[2]; *[1] 한밭대학교 신소재공학부. [2] 재료연구소.*
Keywords: 3D 프린팅

현재 대부분의 적층조형은 기판과 동일한 소재를 적층하는 방식으로 이루어지고 있다. 이는 기판과 조형품 사이의 접합면에서 잔류응력과 취성의 금속간화합물 생성을 억제하고자 하는 목적이다. 이종의 금속을 적층조형기술로 동시에 적층하고자 하는 요구는 꾸준히 증대되고 있으나 현재까지 성공적으로 수행된 바는 없다. 이는 대부분의 경우 이종 금속간 접합부에서 균열 및 박리가 발생하기 때문이다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 기지 위에 17-4PH 스테인리스 강의 조형체를 적층하는 방법에 대하여 고찰해 보았다. Ti합금과 철계합금 사이에서 발생하기 쉬운 TiFe, TiFe2 금속간화합물을 억제하기 위해 중간층 금속을 삽입하였다.

[타이타늄기술 2-5 | 11:50]
금속 3D 프린팅으로 제조된 Ti 시편의 기공 분석 및 시뮬레이션: 이학성, 윤재철, 김은아, 양동열, 유지훈; *재료연구소(KIMS).*
Keywords: 3D printing, Pores, x-ray tomography, titanium, CFD

금속 3D 프린터는 디자인된 제품을 직접 생산할 수 있어, 4차 산업혁명의 새로운 제조방법으로 많은 주목 받고 있다. 금속 3D 프린터는 제조방식에 따라 크게 2가지로 나눌 수 있으며, 적층 방향에 따라서 넓게 펼쳐진 분말 도포면을 형성하여 조형하는 Power Bed Fusion (PBF)방식과 조형하고자 하는 면에 직접 분말을 도포하면서 적층하는 Direct Energy Deposition(DED) 방식이

있다. 금속 3D 프린팅 과정 중에 금속 분말이 용융되고 응고되는 과정에서 내부의 기공들이 발생하게 되며 레이저 파워, 조형 속도, 조형 분위기 등 조형 조건에 따라서 기공의 크기 및 분포는 크게 변화한다. 특히, 거대한 기공은 최종 제품의 기계적 물성에 크게 저하하므로, 조형 조건과 생성 기공의 상관관계를 예측하는 것은 금속 3D 프린터로 제작된 제품의 신뢰성을 확보하기 위해서 중요하다. 본 발표에서는 금속 3D 프린터로 제조된 순수 Ti 시편의 내부 기공 구조를 입체적으로 살펴보기 위해 X선 3차원 이미지 분석 방법을 사용하였다. 첨단 분석 방법을 통해서 에너지 밀도와 기공의 분포의 상관관계를 살펴보았으며, 유체역학 기법과 기계학습을 통해서 기공구조를 분석할 수 있는 연구방법을 소개하고자 한다.

[타이타늄기술 3-1 | 13:30] 초청강연

High-Temperature Engineering Gammalloy Materials Development: *Young-Won Kim, Sang-Lan Kim; *Gamteck LLC.*
Keywords: TiAl, gammalloys, high temperature, components, application-specific R&D

We now have several engineering gammalloys implemented as moving components in high temperature engine sections. They include: three current alloys (Ti-4822, 45XD, and TNM) for aero-engine LPT blades; three conventional alloys (an Ti-48Al-2Nb base alloy and two K5-derivatives) for automotive turbocharger rotors; and alloy 2B (Ti-44Al-6Nb-base) for racing vehicle engine valves. Their respective operation temperatures range to 750°C, to 1000°C, and over 800°C. While the temperature capability has advanced nearly to the upper limit for non-aero-engine applications where balanced property requirements are less stringent, it has remained below 750°C for decades for aero-engine uses. This stagnant progress is caused by our inability in attaining application-specific alloy-processing-microstructure combinations that can balance required resistances to low temperature fracture and greater temperature creep/oxidation. This inability is due to negligence in utilizing the vastly available DKI (data, knowledge and information) pileup and instead continuation of the same bottom-to-top RD practices that are vaguely targeted. This lecture introduces the exploration history of gamma TiAl alloys, reclassifies them under a new name, gammalloys, and critically assesses current engineering gammalloys and their limitations. It identifies specific pathways to achieving greater engineering temperature capabilities, based on and considering useful DKI in composition-processing-microstructure-property relationships and applied RD experience. Then, the top-to-bottom "application-specific research & development (AsRD)" processes are employed to accelerate the materials development by integrating the pathway and related processing methods that may fit best for a given application.

[타이타늄기술 3-2 | 13:55]

Oxidation and Sulfidation of Ti-44Al-6Nb-2Cr-0.3Si-0.1C and Ti-46Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1C Alloys: 이동복; *성균관대학교*
Keywords: TiAl, oxidation, sulfidation, corrosion resistance

The two phase (γ-TiAl+α_2-Ti_3Al) alloys based on Ti-(45-48%)Al are attracting considerable attention from the aerospace and automobile industries, because of their low density, high melting point, and high specific strength. Of major concern are however their poor ductility at room temperature, their low strength, and insufficient oxidation resistance at high temperatures. Much effort has been directed toward improving these shortcomings by alloy modifications. The addition of Nb significantly increased the oxidation resistance of TiAl-based alloys by suppressing the TiO_2-rich scale growth and increasing the scale adherence. Tungsten also increased the oxidation resistance, and reduced the oxygen solubility or diffusivity in TiAl-based alloys. Silicon further increased the oxidation resistance as dissolved ions in the oxide scale or by forming SiO_2 islands at the scale/alloy interface. Chromium however decreased the oxidation resistance by increasing the TiO_2-rich scale growth, unless added by a quantity of more than 10%. The aim of this study is to describe the high-temperature corrosion behavior of Ti-44Al-6Nb-2Cr-0.3Si-0.1C and Ti-46Al-6Nb-0.5W-0.5Cr-0.3Si-0.1C alloys in air and SO_2-containing atmospheres. The high-temperature corrosion kinetics, corrosion mechanism, and the scale microstructures are discussed. Acknowledgement. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2017R1D1A1B03028792).

[타이타늄기술 4-1 | 14:35] 초청강연

Smelting, Refining, and Recycling of Titanium: *Toru H. Okabe[1], Chenyi Zheng[2], Takanari Ouchi[3]; *International Research Center for Sustainable Materials, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo. Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo. [3]Research Associate, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo*
Keywords: titanium, smelting, refining, recycling, oxygen removal, molten salt

Smelting, refining, and recycling of titanium (Ti) are technically very difficult, mainly because Ti has extremely strong affinity with oxygen (O) and iron (Fe). Although high-purity metal production is feasible by utilizing current technologies, impurity control especially for O and Fe is still technically very difficult. Therefore, the production cost of Ti alloys with low contents of O and Fe is high. This high production cost hinders the widespread application of Ti and its alloys. The authors are currently working on the deoxidation of Ti, or direct removal of O dissolved in metallic Ti, in order to develop new process for smelting, refining, and recycling of Ti and its alloys. In the talk, current status of Ti smelting, refining, and recycling will be reviewed, and the related processing technologies will be introduced. Further, recent progress in the refining and recycling processes of Ti will be introduced. Possible applications of deoxidation techniques developed by the authors, especially for Ti recycling, in practical industrial processes is also

discussed. If time permits, the possibility of next-generation Ti smelting and recycling technologies will be discussed from a multilateral perspective.

[타이타늄기술 4-2 | 15:00]

진공원심주조법을 이용한 자동차용 TiAl 터빈휠 제조기술: 박종범[1], 이초롱[1], 양재교[2], 이정일[3], 김영직[4]; [1]천지산업(주). [2]고등기술연구원. [3]한국교통대학교. [4]성균관대학교.

Keywords: TiAl, 정밀주조, 터보차저 터빈휠, alpha-case, 원심주조

최근 자동차 부품의 경량화가 많은 발전을 이루고 있고, 배기가스 규제 또한 갈수록 높아지고 있다. 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 Inconel 713C 터보차저 터빈휠을 경량합금인 TiAl로 제조를 하였다. 터빈휠 디자인은 상용 터보차저 Borgwaner사 Geniune Borgwanrner EFR Turbo 6258을 분해 후 역설계를 진행하였고, 3D Modeling과 2D 도면을 설계하였다. 터빈휠의 직경은 63.54 mm, 날개 두께 1.15 mm, 높이 26.91 mm이며, 정밀주조용 Wax 사출 금형 제작을 하고, 정밀주조 쉘 몰드를 제작하였다. 제작 시 몰드소재를 Zircona, Alumina, Yittria 각각 몰드를 제작하고 진공원심주조법으로 주조하였으며, Alpha-case를 마이크로 비커스를 통하여 확인하였다. 주조 시에는 중요 조건인 원심력, 진공도, 몰드 온도, 주조온도를 확인 하고, 원심 주조 방안은 주조 게이트 위치에 따라서 결함 차이를 확인 하였다. 그 결과 진공원심주조 조건을 확립하고 건전한 터빈휠을 얻을 수 있었으며, 그 이후 치수측정 및 비파괴 검사를 통한 제품 품질 또한 확인 하였다.

[타이타늄기술 4-3 | 15:15]

Development of TiAl alloys : a future light-weight material for extreme condition: 김성웅[1], 유승화[2], 홍재근[1], 김승언[1]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]한국과학기술원.*

Keywords: TiAl, ductility, oxidation resistance, in-situ TEM, molecular dynamics

Research on developing new TiAl alloys for high temperature (>900°C) applications at KIMS is introduced. TiAl alloys have been gained interest for automobile and aerospace applications due to their low density, good oxidation resistance and high temperature strength. However, lack of room temperature ductility and the limitation of operating temperature hindered the practical applications of TiAl alloys.At KIMS, we have developed new TiAl alloys which have excellent room temperature and high temperature properties. Expecially, the #16 alloy showed excellent oxidation resistance in the temperature range from 900 to 1000°C by forming stable Al_2O_3 oxidation layer. Moreover, #16 alloy exhibit room temperatrure ductility up to 0.78% solely by casting.In addition, we introduced some in-situ transmission electron microscopy experiments in order to understand an underlying mechanism on room temperature ductility of TiAl alloys. Also, molecular dynamics simulation was conducted to calculate the stacking fault energy of TiAl alloys and to show which deformation mode is dominant. The difference in deformation mode was explained by stacking fault energy of the TiAl alloys which was calculated by molecular dynamics. Furthermore, the role of lamellar orientation of tensile direction on deformation behavior was examined using Schmid factor of each orientation. Finally, we proposed the important microstructural factors to have room temperature ductility of TiAl alloys.

[타이타늄기술 5-1 | 15:40] 초청강연

Titanium Alloys for Biomedical Applications: *Shuichi Miyazaki[1], Hee Young Kim[2]; *[1]University of Tsukuba,FAIS. [2]University of Tsukuba.*

Keywords: Ti alloys, biomedical applications, shape memory effect, superelasticity, martensitic transformation, nano-domain, texture

Titanium alloys have been successfully developed for biomedical applications. There are two types of such titanium alloys, i.e. b-type titanium alloys and Ti-Ni shape memory alloys. The former alloys are characterized by high strength and low Young's modulus, while the latter alloys reveal unique functions such as shape memory effect and superelasticity. If Ni in Ti-Ni alloys is replaced with other elements such as Nb, Mo, O, etc. which are safe for human bodies, we can develope Ni-free b-type titanium shape memory alloys which are more biocompatible than Ti-Ni alloys and more functional than conventional b-type titanium alloys. In order to design new Ni-free b-type titanium shape memory alloys, it is needed to adjust M_s temperature. For this purpose, the effects of many elements on M_s have been investigated and many Ni-free Ti-based shape memory alloys with a variety of functions have been developed by our research groupe since 2002. Among these alloys, Ti-Zr-Nb-Sn alloy exhibited superelasticity with a large recovery strain of 6% due to well-developed {001} type recrystallization texture, while O added Ti alloys revealed non-linear elastic deformation with a low Young's modulus and Invar effect due to the effect of nano-domain transformation. Details of these topics of Ti alloys will be explained in our presentation.

[타이타늄기술 5-2 | 16:05] 초청강연

Development of TiCu-rich superelastic alloys for elastocaloric application: Wook Ha Ryu, Eun Soo Park; *Seoul National University.*

Keywords: TiCu-rich suerelastic alloy, Elastocaloric effect, Mechanial hysterisis, Coefficient of performance, Fatigue resistance

The Elastocaloric effect refers to the change in enthalpy due to reversible phase transformation as the applied external stress field changes. Recently, cooling system to make use of elastocaloric effect has been recognized as a promising alternative to the vapour

compression cooling system, owing to the high coefficients of performance (COP). For realizing high COP in elastocaloric effect, narrow hysteresis and large amount of latent heat of martensitic phase transformation should be obtained. For example, although the largest latent heat of martensitic phase transformation (large temperature change ~17 K) was reported in TiNi-based shape memory alloys (SMAs), COP of the alloy system is not good as other SMA systems due to relatively wide hysteresis. However, Cu-Al-Zn alloy system has been demonstrated to have excellent COP as a result of its significantly low hysteresis, but the temperature change (~6 K) is not promising for real cooling system. Based on this understanding, in the present study, we systematically developed novel TiCu-rich super-elastic alloys with extremely supersaturated Cu for elastocaloric cooling system. We elucidated the compositional dependence of mechanical hysteresis and temperature change of martensitic transformation and suggested the methodology for optimizing fatigue resistance as well as the performance of elastocaloric cooling. Our approach will be an useful guideline for optimizing the characteristics of various SMA systems through tailoring the composition. Indeed, this study will shed light on the design of high efficient heat exchange system for home appliances and other industrial products.

[타이타늄기술 5-3 | 16:30]

집합조직 제어를 통한 상용 순수 타이타늄의 판재 성형성 향상: Jong Woo Won[1], Chan Hee Park[1], Jea Keun Hong[1], Chong Soo Lee[2]; [1]*KIMS.* [2]*POSTECH.*

Keywords: 순수 타이타늄; 성형성; 쌍정; 집합조직

It is well known that the formation of an intense transverse split basal texture is inevitable in commercially pure titanium (CP-Ti) during conventional cold rolling (CCR) to produce a sheet. Strong rolling texture generally causes deterioration in sheet formability of CP-Ti, giving rise to many limitations on its widespread use in industrial fields. Although twinning has been considered as an effective method to control texture as it causes large-scale change of texture, its applicability to the CCR for CP-Ti is limited. In this study, we propose a two-step cold rolling (TCR) process that enables production of a CP-Ti sheet with weakened and dispersed texture by facilitating twinning-mediated texture control.

[타이타늄기술 5-4 | 16:45]

A review on materials and Technologies for interventional medical device development: Jun Kyu Park; *CGBio Co. Ltd.*

Keywords: Intervention, medical device, stent, Titanium alloys, surface modifcication, coating

Materials used in interventional device on advanced medical technologies. Interventional medical device hae been used in various metals such as titanium alloy, stainless steels, tantalum, cobalt-chromium alloys, and magnesium alloys. there are still many problems to be solved, especially to improve mechanical properties and biological activity. Materials were searched which is resistant to mechanical and biochemical effects, works for a long time in the body. The main requirement of materials is performance according to the clinical condition. I expect that the new concept will be discussed the strategy for interventional device materials in this session. This study was supported by grants from the Korean Health Technology R&D Project (HI16C0994), Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea.

[타이타늄기술 5-5 | 17:00]

임플란트용 Ti 환봉재 제조를 위한 다중공형압연 활용: 이태경; *부산대학교*

다중공형압연 공정(multi-pass caliber-rolling process)은 초미세결정립 조직을 갖는 대형 환봉재를 대량생산할 수 있어 주목받고 있는 기술이다. 다중공형압연 공정을 활용한 지금까지의 연구는 철강소재에 집중적으로 적용되어 왔으며 연구 목적 측면에서는 고강도 구조재료의 개발에 치중되었다. 본 발표자는 다중공형압연 공정을 비철소재인 타이타늄 합금에 적용하고, 이를 통해 보다 부가가치가 높은 임플란트용 생체소재에 활용할 수 있음을 제안하고자 한다. 시험 연구로 우선 Ti-6Al-4V 합금에 다중공형압연 공정을 적용하여 1m 이상 크기의 초미세결정립 환봉재를 성공적으로 생산하였다. 다음으로 미국 ASTM 규격에 임플란트용 소재로 등록된 Ti-13Nb-13Zr 합금과 일본에서 차세대 생체소재로 개발되어 홍보 중인 Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 합금에 대해서도 본 다중공형압연 공정이 매우 유효하게 작용함을 확인할 수 있었다. 다중공형압연 적용 시 공통적으로 효과적인 강도 향상이 관측되었으며 이는 초미세결정립 조직 생성에 의한 결정립계 강화가 주요한 원인인 것으로 판단된다. 더욱이 마르텐사이트상이나 오메가상 등 특정 이차상이 석출되도록 소성가공 조건을 구성함으로써 가공경화율이나 연성 등 목표로 하는 특정한 기계적 성능을 추가적으로 증진시킬 수 있었다. 특히 생체소재로써의 활용을 위해서는 강도뿐 아니라 stress-shielding effect를 무효화할 수 있는 낮은 탄성 계수가 유리한데, 마르텐사이트상을 활용함으로써 기존 소재와 동일한 강도를 가지면서도 탄성 계수를 상대적으로 낮춘 소재를 제조할 수 있었다.

제4회 High Entropy Alloy 심포지엄

Room 203, 4월 26일

[고엔1-1 | 09:30] 초청강연

Ultra-high strength CoCrNi nanocrystalline equiatomic alloy processed by high-pressure torsion: PRAVEEN[1], Jae Wung Bae[1], Jeong Min Park[1], Peyman Asghari Rad[1], Hyoung Seop Kim; *POSTECH.*

Keywords: nanotwins, stacking fault energy, high pressure torsion, grain refinement, ultra-high tensile strength

In the present study, an effort has been made to develop a ductile ultra-high strength nanocrystalline alloy by utilizing the advantages of several concepts: equiatomic alloy, severe plastic deformation, stacking fault energy, nanotwins, and grain refinement. A nanocrystalline CoCrNi equiatomic alloy of ~30 - 50 nm grain size with exceptional mechanical properties of ultra-high tensile yield strength of ~2.3 GPa and ductility of ~ 12% was fabricated using high-pressure torsion. The effect of post deformation annealing on microstructural and mechanical properties is investigated. The post-deformation annealing of HPT processed CoCrNi alloy led to a remarkable combination of strength and ductility of ~ 1.4 GPa and ~24%, respectively. The remarkable combination of strength and ductility is compared with other high strength materials, and the superior mechanical properties are discussed based on the grain refinement and presence of multiple planar defects such as nano-twins and stacking faults.

[고엔1-2 | 09:55]

실시간 투과전자현미경 관찰을 통한 CoCrFeNiMn 고엔트로피 합금의 균열전파 거동 연구: 김정한[1], 김성웅[2]; *[1] 한밭대학교 신소재공학부. [2] 재료연구소.*

다결정 CoCrFeNiMn 고엔트로피 합금의 균열성장과 쌍정 사이의 상호 작용을 in-situ 투과전자현미경 기법을 사용하여 연구하였다. 균열전파 지연 기구는 균열 길이와 강하게 관련이있었다. 짧고 날카로운 균열의 경우, 균열 진전은 쌍정 경계에서의 균열 굴절과 소성이완에 의해 대부분 지연되었다. 보다 더 긴 균열로 발전하게 되면 변형쌍정 경계에서 crack tip blunting 및 Bridging 효과에 의해 균열전파가 지연되었다.

[고엔1-3 | 10:10]

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 응고 및 편석 거동: 서성문, 정희원, 윤대원, 유영수, 나영상; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 고엔트로피 CoCrFeMnNi segregation solidification Scheil

지난 2004년 Cantor 등 (Mater. Sci. Eng. A 375-377 (2004) 213)은 동일한 원자분율로 만들어진 CoCrFeMnNi 합금이 금속간화합물 형성 없이 fcc 구조의 단상 고용체를 형성한다고 보고한 바 있다. 이후 Yeh 등 (Adv. Eng. Mater. 6 (2004) 299)은 다성분계 고용체를 형성하는데 있어 구성 엔트로피의 중요한 역할에 대해 언급하고 이 같은 다성분계 고용체 합금을 고엔트로피 합금으로 명명하였다. 본 연구에서 사용한 Cantor 합금 즉, CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금은 극저온 영역에서 온도 감소에 따라 항복강도와 파괴인성이 동시에 증가하는 특성을 갖고 있다. 이 같은 독특한 특성으로 인해 CoCrFeMnNi 합금은 우주발사체, 극저온용 용기 및 밸브, 천연가스 파이프라인 등과 같은 저온 구조용 부품에의 적용 가능성이 높을 것으로 기대된다. 최근까지 보고된 CoCrFeMnNi 합금의 연구는 대부분 기계적 특성 및 변형거동, CALPHAD를 활용한 신합금 개발과 상안정성 평가가 주를 이루고 있다. 반면에 실제 부품 제조와 관련된 주조 공정 특히, 고엔트로피 합금을 구성하는 각 합금원소의 응고 편석에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 응고 및 합금원소의 편석 거동을 일방향응고/급냉 공정, EPMA-WIRS (Weighted Interval Rank Sort) 기법 및 Clyne-Kurz 모델을 사용하여 분석하고, 각 합금원소의 분배계수 (k)를 조사하였다. 그 결과 CoCrFeMnNi 합금의 응고 시 Co, Cr, Fe 등은 고상으로 편석하는 경향이 있고, Ni 및 Mn은 액상으로의 편석이 심한 것을 알 수 있었다. 특히 Mn의 분배계수는 0.82로 CoCrFeMnNi 합금을 구성하는 합금원소 중 가장 편석이 심한 것으로 확인되었으며 Fe, Ni, Co, Cr 순으로 편석 정도가 감소하였다. 고상에서의 확산을 고려한 Clyne-Kurz 모델 계산결과는 전체 응고구간에서 각 합금원소의 EPMA 조성 profiles와 매우 잘 일치하는 것으로 확인된 반면에 고상에서의 확산을 고려하지 않는 Scheil 모델은 수지상간 영역의 조성을 과대평가 하는 것으로 관찰되었다. 따라서 매우 느린 확산을 특징으로 하는 고엔트로피 합금의 경우에 있어서도 정확한 응고 편석 예측을 위해서는 반드시 고상에서의 확산을 고려한 예측 모델을 사용해야 할 것으로 판단된다.

[고엔1-4 | 10:25

Production and evolution characteristics of irradiation-induced point defects in CoCrFeMnNi high-entropy alloy: Hyeon-Seok Do, Byeong-Joo Lee; *POSTECH.*

Keywords: High-entropy alloy, molecular dynamics simulations, radiation damage, primary defect formation, defect evolution

Using molecular dynamics simulations, we characterize the production and interaction of irradiation-induced point defects in CoCrFeMnNi high-entropy alloy (HEA) compared with unary Ni and Fe systems. We investigate the characteristics of primary point defects by cascade simulation at 773K and the interaction of point defects by defect evolution simulation using 1 at% defect-containing sample. As a result, the number of residual defects after cascade and surviving defects after evolution in CoCrFeMnNi HEA are fewer than those of Ni and Fe. In addition, defect clusters appearing in CoCrFeMnNi HEA after defect evolution are unstable and have

different cluster shape with general FCC system because of alloy complexity.

[고엔2-1 | 10:50]

Strain rate-dependent deformation mechanism of CoCrFeMnNi high-entropy alloy: 김형섭[1], 문종언[1], 홍순익[2]; [1]*POSTECH.* [2]*충남대.*
Keywords: High-entropy alloy; strain rate sensitivity; thermally activated process; transmission electron microscopy; twinning

In the presentation, the deformation mechanisms of the CoCrFeMnNi high-entropy alloy at 77 K were investigated using thermal activation analyses. The strain rate jump test was performed to estimate strain rate sensitivity and the activation volume of the alloy. Transmission electron microscopy analyses were performed to identify the evolution of twins at low temperatures. The insensitivityof activation volume to strain observed in the CoCrFeMnNi alloy at 77 K was different from the observed increase in the activation volume with strain at room temperature, which occurred due to the shearing of nanoscale inhomogeneities, such as co-clusters and short-range orders.

[고엔2-2 | 11:05]

Strain rate effects of dynamic compressive deformation on mechanical properties and microstructure of CoCrFeMnNi high-entropy alloy: 박정민, 문종언, 배재웅, 장민지, 박재영, 이성학, 김형섭; *포항공과대학교 신소재공학과 / 고엔트로피합금연구단.*
Keywords: High-entropy alloy (HEA), Dynamic deformation, Split-Hopkinson pressure bar (SHPB), Deformation twinning, Adiabatic shear band

In this work, the effects of strain rate on mechanical deformation and microstructural evolution of CoCrFeMnNi high-entropy alloy (HEA) under quasi-static and dynamic compression were investigated. The HEA exhibited high strain-rate sensitivity values (m = 0.028) of yield strength under quasi-static conditions. In particular, due to the viscous drag effect, the variation of yield strength with strain rate under dynamic compression was much larger than that under quasi-static compression. Microstructural analysis using electron backscatter diffraction shows profuse twinning under both conditions. The dynamically deformed specimens exhibited strongly localized deformation regions (i.e., adiabatic shear bands). The process of dynamic compressive behavior in this HEA is competitive between hardening by dislocation and twinning, and thermal softening. To analyze numerically the flow behavior of the HEA under dynamic conditions, the modified Johnson-Cook model considering adiabatic temperature rise was employed. The modified Johnson-Cook model offered good agreement with experimental results regarding dynamic flow curves of this HEA.

[고엔2-3 | 11:20]

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 크리프 변형기구: 강유빈, 심상훈, 송재숙, 이갑호, 홍순익; *충남대학교 공대 신소재공학과.*
Keywords: CrMnFeCoNi high entropy alloys, creep, activation energy, thermally activated deformation, stress exponent

CrMnFeCoNi 고엔트로피 합금은 여러 합금원소의 고용체 형성에 의한 격자뒤틀림 등에 의한 전위이동의 어려움 및 확산속도의 감소 등으로 인하여 내크립특성이 좋을 것으로 예상된다. CrMnFeCoNi 고엔트로피 합금의 크리프 거동은 크리프 조건에 따라 1차 크리프가 거의 나타나지 않는 Class A type 거동과 크립속도가 시간에 따라 급격히 감소하는 1차 크립이 나타나는 normal type의 크립거동이 모두 관찰 되었다. 본 연구에서는 600~750ºC의 온도 범위, 22 MPa에서 100 MPa 하중 범위에서 크립실험을 수행하였다. 하중 증가에 따라 크리프 곡선의 거동이 변화하였으며, 응력지수도 climb 율속기구인 5에서 glide 율속기구인 3으로 감소하였다. 또한 파단면에 가까워질수록 시편 내부에 void가 증가하는 것으로 관찰 되었다. 본 연구에서는 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 크립거동, 전위구조, 그리고 크립 파괴거동에 대하여 분석하였다.

[고엔2-4 | 11:35]

용접속도에 따른 고엔트로피합금 이종 용접부의 미세조직 및 기계적 특성 평가: 남현빈[1], 김철희[2], 나영상[3], 김형섭[4], 강남현[1]; [1]*부산대학교 재료공학과.* [2]*한국생산기술연구원 용접·접합그룹.* [3]*재료연구소 티타늄연구실.* [4]*포항공과대학교 신소재공학과.*
Keywords: High-entropy alloy, Laser welding, Dissimilar welding, Welding speed, Weldability

최근 원유 및 천연자원 고갈로 인한 극지 에너지 자원 개발의 필요성이 확대되고 있으며, 해양 플랜트 및 선박이 극지나 심해의 극한 환경에서 운행됨에 따라 강재의 고강도 및 저온특성이 요구되고 있다. 극저온 장비의 경우, 기존에 사용되던 9% Ni 강이나 오스테나이트계 스테인레스강의 용접부는 극저온에서 용접결함 및 용접특성 저하 등의 용접성이 한계에 도달하였으므로 우수한 상온 및 저온특성을 가지는 고엔트로피합금의 개발이 요구되었다. 먼저, 개발된 신소재를 구조용 재료로 적용하기 위해서는 용접기술을 확보하는 것이 최우선적으로 이루어져야 한다. 특히, 극저온 장비 중에서 밸브와 파이프 용접에 대하여 고엔트로피합금 주조재와 압연재의 이종용접이 필수적이므로 주요 관심사항이 되고 있다. 그러나 현재 주조 및 압연재의 동종용접과 관련 연구는 진행되고 있으나, 이종용접에 대한 연구결과는 없다. 따라서 본 연구에서는 레이저 용접속도의 변화가 고엔트로피합금(주조재/압연재)의 이종 용접부 특성에 마치는 영향 분석을 주요 목적으로 한다. 이종용접의 가능성을 평가하기 위하여 주조재와 압연재의 BOP 선행용접을 진행하였으며, BOP 선행용접 및 이종 Butt 용접 시 레이저용접 속도는 6-10 m/min의 동일한 용접속도를 적용하였다. 또한 고엔트로피합금의 용접부 type에 따라 미세조직 및 경도분포, 인장특성, 파단위치 등을 분석하여 최적 용접조건 선정 및 이종용접 가능성을 판단하였다.

[고엔3-1 | 13:30]

MnFeCoNiCu계 고엔트로피 합금의 나노구조 및 변형거동 연구: 오승민[1], 홍순익[1], 송재숙[2]; [1]충남대학교 공대 신소재공학과응용소재. [2]충남대학교 나노공학연구소.

Keywords: High entropy alloy, MnFeCoNiCu,

고엔트로피 합금은 5원계 이상의 다원소 합금계로서, 고합금계임에도 불구하고 혼합엔트로피가 높아 금속간 화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 FCC 또는 BCC 단상을 이루는 합금이다. 최근 우수한 내식성 및 기계적 특성을 갖는 고엔트로피합금은 기존 상용합금들을 대체할 차세대 합금계로 활발한 연구가 진행이 되고 있다.본 연구에서는 Cantor alloy라고 불리는 CrMnFeCoNi 합금계에서 Cr 원소를 Cu로 치환한 MnFeCoNiCu계의 고엔트로피 합금을 Arc melting으로 주조하여, 주조조직과 가공조직의 변화, 그리고 기계적 특성을 관찰하였다. 본 연구에서는 우수한 기계적특성을 갖는 MnFeCoNiCu계 고엔트로피 합금의 변형거동, 나노구조 그리고 강화기구에 대하여 연구하였다.

[고엔3-2 | 13:45]

Radiation-induced continuous dynamic recrystallization in CrFeCoNiCu high-entropy alloy: Jong Wook Lim[1], Jinyeon Kim[2], Joon Kon Kim[3], Eun Soo Park[4], Do Hyang Kim[1], Hye Jung Chang[2]; *[1]Advanced Analysis Center. [2]Korea Institute of Science and Technol. [3]Research Institute of Advanced Materials. [4]Seoul National Univer.*

Keywords: ion irradiation, dynamic recrystallization, transmission electron microscopy, nanoindentation

Under irradiation, defects such as dislocation loops and voids are created, resulting in property and microstructure degradation. Due to correlation between microstructure and property, it is necessary to analyze the microstructure to determine radiation tolerance of the materials. High entropy alloys (HEAs), characterized by alloy design with similar atomic percentages lead to relatively stable solid solution with lattice distortion and as a result, diffusion and dislocation movement are difficult. The radiation tolerance of the HEAs was evaluated by quantifying the microstructure change upon irradiation. As-cast CrFeCoNiCu high entropy alloy, selected in this research, is composed of CrFeCoNi high entropy phase and Cu-rich phase, showing both phases have FCC structure. Therefore, it has a merit that the irradiation damage behavior on the Cu-rich FCC phase and the high entropy FCC can be compared at one time. Heavy ion irradiation was performed using a 2 MeV tandem accelerator in Korea Institute of Science and Technology (KIST) at room temperature and at 400 °C at 1 dpa and 10 dpa. TEM samples of irradiated CrFeCoNiCu were fabricated using dual-beam FIB (FEI, Helios Nanolab 600). Irradiation induced microstructure degradation was analyzed with bright field image (BF image) and selected area diffraction pattern (SADP) using TEM (FEI, Tecnai F20, FEI Talos F200X). Especially, microstructural evolution like the recrystallization was quantitatively analyzed by TEM-orientation mapping technique based on precession electron diffraction (PED). With the help of nanoscale quantitative crystal orientation mapping in a cross-sectional transmission electron microscopy sample, we found that continuous dynamic recrystallization occurred at the surface area under ion irradiation. The effect of radiation dose, temperature, and alloy composition on subgrain formation and recrystallization was systematically investigated. This study thus provides insight and guidance to study the radiation-induced recrystallization mechanism and evaluate the radiation resistance of the materials in terms of microstructural analysis.

[고엔3-3 | 14:00]

CoCrCuMnNi 와 CoCrMnFeCu 하이엔트로피 합금의 기계적 특성 및 변형거동: 김형진, 오승민, 홍순익; *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 하이엔트로피, 슬립 거동, CoCrCuMnNi, CoCrMnFeCu

하이엔트로피 합금는 서로 비슷한 원자비의 5개 이상의 원소가 고용체를 이루고 있는 합금으로서, 혼합엔트로피가 높아 금속간화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 특성을 가지고 있다. 최근 연구에서 우수한 열적 특성과 기계적 물성을 가지고 있다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 고엔트로피 합금인 Cantor alloy(CoCrFeMnNi)에서 Fe 와 Ni 원소를 Cu로 치환하여 CoCrCuMnNi 와 CoCrMnFeCu 하이엔트로피 합금을 제조하였다. 제조방법에는 Arc Melting 방식을 이용하였으며 균질화를 진행하였다. 균질화 후 미세구조 분석과 압축 실험을 통하여 표면 슬립거동 및 기계적 특성의 변화를 분석하였다.

[고엔3-4 | 14:15]

다원계 분말합금의 상안정성에 미치는 Cu 첨가 효과: 권영준, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: High-entropy alloys, Mechanical alloying, Solid-solution, Amorphous, Regular solution, Formation enthalpy

다원계 고엔트로피 합금의 이론설계를 위해서는 상안정성에 미치는 합금원소 효과에 대한 정확한 예측이 필요하며, 이를 위해서는 혼합 엔탈피, 원자사이즈 차이 이외에도 혼합 엔트로피 및 최외각 전자밀도와 같은 다양한 물리, 화학적 인자를 동시에 고려할 수 있는 모델 개발이 요구된다. 본 연구에서는 기계적 합금화 공정을 활용해 AlCuxNiCoTi 다원계 합금분말을 합성하였으며, XRD, DSC, TEM 등을 이용한 미세조직 분석과 함께 volume corrected 정규용액 모델을 활용하여 상안정성에 미치는 Cu첨가 효과를 분석하였다.

[고엔3-5 | 14:30]

나노 결정 CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금에서의 열처리에 의한 미세조직 및 기계적 물성 거동 분석: 남승진[1], 황준연[2], 김문제[3], 최현주[1]; *[1]국민대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 복합소재기술연구소. [3]The University of Texas at Dallas.*

Keywords: High-entropy alloy; Powder metallurgy; Heat-treatment; Microstructure; Strengthening behavior;

고엔트로피 합금은 5개 이상의 원소를 유사한 원자비로 혼합함으로써 시스템의 혼합 엔트로피를 극대화한 합금으로, 심한 격자 변형에 의해 기계적 물성뿐만 아니라 열적, 화학적 안정성을 향상시킬 수 있어 차세대 극한환경용 소재로서 각광받고 있다. 주조 및 아크 용융법과 같은 액상 공정으로 제조된 고엔트로피 합금은 지속적으로 연구된 반면, 분말 야금법을 통해 제조된 고엔트로피 합금에 대한 연구는 최근 주목 받기 시작하였다. 분말 야금법을 활용한 경우, 수지상의 생성을 억제하고 미세구조 및 결정립을 미세화하여 고강도의 고엔트로피 합금을 제조할 수 있지만, 높아진 내부 잔류응력에 의해 연성이 크게 감소되는 단점을 보이고 있다. 이러한 잔류응력은 열처리를 통해 제거할 수 있지만, 열처리 공정이 분말야금 고엔트로피 합금의 미세조직에 미치는 영향 및 강도 변화에 대한 체계적인 연구가 미비하다. 본 연구에서는 기계적 합금법과 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 나노 결정립을 갖는 CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금을 제조하였고, 400, 600, 1000°C에서 열처리한 후의 미세조직 및 기계적 물성 거동을 조사하였다. Co-Cr-Cu-Fe-Ni 혼합 분말을 고에너지 볼 밀링하여 면심입방구조의 단일상을 형성하였으며, 소결 후 고엔트로피 합금의 미세조직에서 CoFeNi-rich 고용상과 Cu-rich 상, 그리고 Cr 산화물이 관찰되었다. 400, 600°C에서 열처리한 합금의 미세조직 및 기계적 물성에는 큰 변화가 없었다. 반면, 1000°C에서 열처리 후에는 Cu 원자가 고용되어 CoCuFeNi-rich 고용상을 형성하였고, 평균 결정립 크기가 59 nm에서 386 nm로 증가하였다. 기계적 물성의 경우, 소결된 CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금이 1920 MPa의 항복강도와 525 Hv의 비커스 경도 등 높은 기계적 물성을 보였으며, 1000°C 열처리 후에는 강도 및 경도가 833 MPa과 262 Hv로 감소하였지만, 연성은 5배 이상 크게 증가하였다. 본 연구에서는 분말야금법으로 제조된 나노 결정 CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금을 열처리한 후 관찰되는 미세조직의 변화를 통해 기계적 물성의 거동을 고찰하고자 한다.

[고엔4-1 | 14:55]

High temperature creep behavior of face-centered-cubic high-entropy alloys: 조민구[1], 서진유[2], 정우상[2], 한흥남[1]; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: High-entropy alloy, High temperature materials, Creep properties, Microstructural changes

고엔트로피 합금은 다양한 원소들이 단일 격자구조를 형성하고 있기 때문에 높은 수준의 격자 스트레인이 존재할 것으로 예측되며, 고용강화 효과로 인해 고온에서의 크리프 변형 저항성 또한 높을 것으로 예측되어진다. 다만, 현재까지의 내열특성에 관한 연구는 주로 체심입방형 고엔트로피 합금에 집중되고 있으나, 니켈계 초합금이나 오스테나이트계 내열강과 같은 격자구조를 갖는 면심입방형 고엔트로피 합금의 내열특성에 대한 연구는 아직 발표되지 않았다. 따라서 본 연구를 통해 대표적인 면심입방형 고엔트로피 합금인 CrMnFeCoNi 합금과 CrFeCoNi 합금의 크리프 저항성을 650~725°C에서의 크리프 파단 시험을 통해 평가하였다. 니켈계 초합금 및 내열강의 크리프 데이터와의 비교를 통하여 고엔트로피 합금의 기본 기지상의 크리프 변형 저항성에 대한 상대 평가를 하였고, 크리프 파단 후의 미세조직에 대한 분석을 통해 면심입방형 고엔트로피 합금의 상 안정성에 대한 고찰을 하였다.

[고엔4-2 | 15:10]

Strength-ductility Balance in Ultrafine-grained $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ Medium Entropy Alloy: 온디초 이브라힘, 박노근; *영남대학교공과대학신소재공학부.*

Keywords: Strength, Ductility, Ultrafine grain

Industrial applications of most alloys is limited because of the strength-ductility tradeoff experienced with a grain reduction down to the ultrafine regime. The strength-ductility tradeoff in most alloys has limited their use in industrial application where both properties are required. However, this presentation will feature recent development of $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ medium entropy alloy that has a remarkable combination of high strength and ductility after annealing at 600°C. The fabrication of the alloy was done using vacuum arc melting method. The ingot was homogenized at 1000°C for 24 h followed by cold rolling with a 90% thickness reduction to obtain plates of 1.5 mm thick. Phase identification for samples annealed at 500ºC, 600°C, 700°C and 800°C for 30 min was done using X-ray diffraction. It was confirmed that all the samples contained a single phase face-centered cubic structure and the X-ray diffraction patterns indicated that recrystallization seemed to start from 600°C. Subsequent heat treatment was done at 600°C for between 3 min and 24 h. The microstructure of all samples were characterized using scanning electron microscope on a backscatter scanning electron mode. A remarkable ultrafine grain size of 846 nm was achieved after annealing for 1 h. To investigate the mechanical properties of both partially and fully recrystallized samples, tensile tests were conducted ambient temperature with initial strain rate of 8.3×10^{-4} s^{-1}. A fully recrystallized sample showed a yield strength of 550 MPa and ultimate tensile strength of 700 MPa with total elongation of 51%, which showed excellent combination of high strength and ductility as a single FCC MEA

[고엔4-3 | 15:25]

CoCrFeMnNi **고엔트로피합금 내 비금속 개재물이 기계적 성질에 미치는 영향**: 최누리[1], 임가람[2], 나영상[2], 박주현[1]; *[1]한양대학교. [2]재료연구소 (KIMS).*

Keywords: CoCrFeMnNi high entropy alloy, Thermodynamic computation, Non-metallic inclusion, Tensile strength, Elongation

본 연구에서는 Vacuum Induction Melting (VIM) 방식을 이용하여 제조한 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금 내에서 비금속 개재물의 형성 메커니즘을 FactSage™7.0 열역학 계산프로그램을 통해 규명하고자 하였다. 뿐만 아니라 전해추출기법과 SEM-EDS를 활용하여 개재물의 2차원 및 3차원 형상을 비롯하여 화학적 조성, 크기, Number Density (ND), Area Fraction (AF) 등의 특성을 정량적으로 비교 평가하였다. 본 연구에서 사용된 CoCrFeMnNi 합금에서는 [S]와 [O]과 같은 불순원소에 기인하는 Mn(S,Se)와

spinel 구조의 $Mn(Cr,Al)_2O_4$와 같은 개재물이 다량 발견되었으며, 합금의 파단면에서도 dimple 내부에 $Mn(Cr,Al)_2O_4$ 개재물이 발견되었다. 이를 통해 합금에 외부 응력이 가해질 때 고융점 개재물이 합금 기지 내 micro-void를 형성하여 파괴를 촉진시킴에 따라 합금의 기계적 성질을 저하시키는 원인이 됨을 확인하였다. 또한, 동일한 제조 방식을 통해 제작한 CoCrFeMnNi 합금이라도 합금 내 개재물의 AF, ND가 증가함에 따라 인장강도와 연신율 등의 기계적 성질이 저하되었다. 특히, 지름 5 μm 이상으로 조대한 개재물이 존재할 때 합금의 기계적 성질이 크게 저하됨을 실험적으로 규명하였다.

[고엔4-4 | 15:40]

FCC to BCC TRansformation-Induced Plasticity (TRIP) in $V_{10}Cr_{10}Fe_{45}Co_xNi_{35-x}$ high entropy alloy: 조용희[1], 최원미[1], 김동근[1], 손석수[1], A. Zargaran[2], 김형섭[1], 이병주[1], 김낙준[3], 이성학[1]; [1]*Center for High Entropy Alloys, POSTECH.* [2]*Max-Planck-Institut für Eisenforschung.* [3]*Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH.*

Keywords: HEA,TWIP,TRIP, Gibbs Free Energy

Recently developed face-centered-cubic (fcc) high-entropy alloys (HEAs) present excellent tensile properties and exceptional fracture toughness by forming mechanical nano-twins at cryogenic temperature. For the further improvement of cryogenic-temperature properties, we introduced a TRansformation-Induced Plasticity (TRIP) mechanism, i.e., a martensitic transformation from fcc phase to bcc phase. A VCrFeCoNi HEA system was newly designed in consideration of phase stability between bcc and fcc phases by thermodynamic calculations. The resultantly formed bcc martensite favorably contributed to the TRIP, which led to a significant enhancement in both strength and ductility as well as strain hardening. The microstructural evolution and phase stability varied with the Co-Ni balance and their contributions to a mechanical response were also revealed. The Co-Ni balance played an important role in phase stability and consequently tuned the cryogenic-temperature strength-ductility balance.

제4회 High Entropy Alloy 심포지엄I
Room 203, 4월 26일

[고엔5-1 | 16:05]

A thermodynamic modelling of the Co-Cr-Fe-Ni-V high-entropy alloy system: 최원미, 조용희, 김동근, 손석수, 이성학, 이병주; *포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: High-entropy alloy, thermodynamic assessment, CALPHAD

The addition of vanadium (V) to the typical Co-Cr-Fe-Mn-Ni high-entropy alloy (HEA) system is attracting attention due to the expectation of a large solid solution hardening effect. Prediction of the sigma (σ) phase formation has been mainly issued in the design of V-added HEAs because of its significant influence on mechanical properties. Although the CALculation of PHAse Diagram (CALPHAD) approach can be an efficient tool for predicting phase structures, a robust thermodynamic database is still required to accurately predict phase equilibria in the V-added HEA systems. In the present work, we provide a thermodynamic description for the Co-Cr-Fe-Ni-V HEA system by newly modeling the Co-Cr-Fe, Co-Cr-V, Co-Fe-V, Co-Ni-V, Cr-Ni-V and Fe-Ni-V systems and combining them with already existing descriptions for the other constituent ternary systems, with a close focus on the thermodynamic stability of the σ phase. A parameterization technique which minimizes the number of fitting parameter and simplifies the extension of the thermodynamic description into higher-order systems is also proposed and applied to the σ phase with multiple sublattice for the modelling. The reliability of the thermodynamic description for the Co-Cr-Fe-Ni-V quinary system is experimentally confirmed by designing, fabricating and analysing the phase structures of a series of Co-Cr-Fe-Ni-V HEAs.

[고엔5-2 | 16:20]

Effect of carbon and nitrogen in CoCrFeMnNi-C high entropy alloys: 이병주, 고준영, 홍순익; *충남대학교 공대 금속공학과.*

Keywords: 하이 엔트로피,탄소,질소

본 연구에서는 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금에 탄소와 질소를 첨가하여 미세 구조와 기계적 특성의 변화를 관찰하였다. 탄소 첨가의 효과를 확인하기 위해 탄소가 첨가되지 않은 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금과 탄소가 첨가된 고엔트로피 합금을 아크용해로 주조하여 각각 주조조직, 균질화한 조직, 가공조직, 소둔조직을 관찰하여 미세구조를 비교하였다. Cr7C3 및 Cr23C6 탄화물 입자는 매트릭스와 결정입계에서 분산되어 관찰되었다. 결정립 크기는 탄소와 질소가 첨가될수록 감소되는 경향을 나타내었고, 탄소가 평면 슬립을 증가시켜 트윈 분율이 증가하는 것으로 나타났다. 결정립 크기의 감소와 트윈 분율의 증가는 변형가공중 저장된 높은 냉간가공에너지로 인해 탄소를 함유한 고엔트로피 합금에서 활발한 재결정 및 트윈형성이 일어나기 때문으로 분석된다. 강화의 주요한 원인은 고용체 강화 및 나노스케일의 탄화물인것으로 분석하였다.

[고엔5-3 | 16:35]

보론이 도핑된 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 인장 특성에 관한 연구: 배재웅[1], 설재복[2], 한종찬[3], 김정기[1], Zhiming Li[4], Dierk Raabe[4], 김형섭[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과/고엔트로피합금 연구단. [2]포항공과대학교 나노융합기술원. [3]포항공과대학교 신소재공학과. [4]Max-Plank-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: high-entropy alloys; grain boundary segregation; boron; tensile properties

고엔트로피합금 (high-entropy alloy, HEA)은 다성분계의 주요원소를 5~35 at%로 혼합함에도 불구하고 높은 배열엔트로피에 의해 단일 고용체를 형성하는 것으로, 최근 이들의 새로운 합금계 개발, 미세조직 및 기계적 특성 등에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 CoCrFeMnNi 합금이 있으며, 상온 및 극저온에서 우수한 기계적 성질을 나타낸다고 알려져 있다. 그러나 상온에서 다소 낮은 항복 강도 및 인장 강도를 나타내며, 이를 해결하고자하는 다양한 강화기구를 활용한 연구 결과가 보고되고 있다. 본 연구에서는 CoCrFeMnNi 합금에 극소량의 보론을 첨가하여 입계로의 편석을 유발하였으며, 이에 따른 인장 특성 변화를 미세조직 변화와 함께 분석하였다.

가공분과 심포지엄: 금속 3D프린팅 재료 및 공정

Room 401, 4월 26일

[금속3D1-1 | 09:30] 초청강연

3D 프린팅용 금속소재 제조 및 미세조직 제어 기술: 홍재근[1], 변율[2], 이성림[1], 나라야나[3], 김성웅[1], 염종택[1], 유지훈[1], 김승언[1]; [1]*재료연구소(KIMS).* [2]*부산대학교.* [3]*경상대학교.*

Keywords: 타이타늄, 3D 프린팅, 미세조직, 기계적 특성

복잡한 형상의 금속 부품을 효과적으로 제조하기 위해 3D 프린팅 기술이 활발히 적용되고 있다. 특히, 난가공성 금속재료인 타이타늄 소재는 고가의 원소재 비용을 저감할 수 있어 3D 프린팅용 소재로 각광을 받고 있다. 따라서, 3D 프린팅 공정을 활용하여 타이타늄 부품 제조를 위한 소재 및 공정 개발에 대한 수요도 급증하고 있다. 본 발표에서는 고가의 분말을 저비용화 하기 위한 저비용 타이타늄 분말 제조기술과 3D 프린팅시 급냉에 의해 형성되는 타이타늄 미세조직 제어를 통한 기계적 특성 제어기술을 중심으로 논의하고자 한다.

[금속3D1-2 | 09:45] 초청강연

Metal AM : PBF 공정 요인과 소재 별 레이저 설정 변수: 김명세; *KAMI.*

Keywords: Metal AM, 3D 프린팅, 금속적층가공, PBF

Metal AM : PBF 공정 요인과 소재 별 레이저 설정 변수

1. Metal AM PBF 공정 이해
2. 공정 요인 분석
3. 소재 별 레이저 변수 설정
4. 적층제조품 품질 향상 방안
5. 맺음말

[금속3D1-3 | 10:00] 초청강연

고융점 금속재료의 3D 프린팅 기술: 김대중; *주식회사인스텍.*

항공우주와 국방 등의 특수 산업분야에서 W, Mo, Re 등과 같은 내화금속(refractory metal)으로 된 부품에 대한 요구가 증대되고 있지만, 현실적으로 내화금속을 솔리드하게 만들 수 있는 방법(consolidation)과 자유로운 형상을 제작할 수 없어서 내화합금 부품을 사용하지 못하거나, 생산성이 지극히 낮고 품질이 떨어지는 증착과 소결 방식 등에 의존하여 제작하고 있다. 선진국에서는 3D 금속 프린팅 기술을 이용하여 W, Mo 합금제작된 복잡한 형상의 부품을 개발하기 위한 노력을 기울이고 있다. 실제로 미국, 영국, 독일에서는 군사용 및 민간용 항공기 제트엔진 부품, 로킷 엔진부품(특히, nozzle 등)을 3D 금속 프린팅 기술로 제작하는 것이 상용화 단계에 이른 것으로 알려져 있다. 본연구에서는 3D 금속 프린팅 기술을 이용하여 W, Mo 합금 등의 내화금속 부품을 실형상으로 제작하는 기술을 개발하여, 항공우주과 국방 등의 특수 산업분야뿐만 아니라 시추설비, 해양설비, 항공기 엔진의 핵심부품 등의 제작에 활용할수 있는 기반을 마련한다.

[금속3D1-4 | 10:15]

직접분사 적층공정(DED)에 의한 Ti-6Al-4V합금의 적층부 미세조직 특성: 김성욱, 임성록, 천창근; *포항산업과학연구원(RIST) Ti상용화기술센터.*

Keywords: DED, Additive manufacturing, Ti-6Al-4V, microstructure

적층제조(AM, additive manufacturing) 기술은 원하는 형상을 국부적으로 적층 및 가공하는 방식으로 부품제작이 가능하므로, 기존의 절삭공정과 비교시 소재 및 공정시간을 절감할 수 있다. 특히, 직접분사 적층공정(DED, directed energy deposition)은 적층물의 크기제약이 없으며, 부품의 보수 및 재생에 적용이 용이하다. 본 연구에서는 AM공정에서 주로 사용되고 있는 Ti-6Al-4V조성의 합금분말을 이용하여 직접분사적층 시 다양한 공정변수에 따른 적층부의 미세조직 특성에 대하여 분석하였다. 주 공정변수로 레이저 출력 500~900 W 및 분말송급량 3~9 g/min으로 변화시켰으며, 적층부의 산화를 방지하기 위해 Ar가스를 이용하여 국부적인 차폐를 실시하였다. 1패스 및 다중패스 적층으로 미세조직을 관찰하였고, 적층부의 기계적 특성을 파악하기 위한 인장시험을 진행하였다. 공정조건에 따른 적층부의 산소농도를 분석한 결과, 500W이하의 저출력 및 낮은 분말 송급시 분말수준의 산소농도를 유지하고 있는 것으로 파악되었으며, 레이저 출력 증가 시 산소농도가 크게 증가하였다.

[금속3D1-5 | 10:30]

Additive strategy of ZrCuAlNi bulk metallic glass part in laser powder bed fusion additive manufacturing: 오지원[1], 남산[1], 최한신[2]; [1]*고려대학교.* [2]*한국생산기술연구원.*

Keywords: Additive Manufacturing, ZrCuAlNi, Bulk Metallic Glass, Powder bed fusion, Additive strategy

Bulk metallic glass (BMG) has inherent characteristics such as hardness, strength, elasticity, corrosion resistance, insulation, magnetism, etc. It has superior mechanical properties compared with metal and ceramic. Therefore, it is used for medical instruments,

sporting goods, sensors, mechanical parts, etc. which need these characteristics. BMG having these excellent characteristics is difficult to commercialize because size restriction and processing are difficult. Therefore, the process of powder bed fusion (PBF) additive manufacturing (AM) has attracted attention to solve the size of this product and the limit of processing. PBF AM technology is a technique to selectively melt powder by using electron beam and laser to produce the product. In this process, the instantaneous temperature rise and cooling rate of the melted part is very fast. Also, the degree of freedom of the shape of the desired product is also good. Therefore, PBF AM cooling rate is very fast and there is no restriction on product shape, so it is a good alternative process to solve the size and shape problem of BMG material. In the research, introduce the results of the additive strategy of ZrCuAlNi BMG parts to laser PBF AM. The output of the laser used in the process was fixed at 90W. Process variables are Hatch frequency, Hatch distance and Scan rate. Hatch frequency is the time interval between subsequent laser scans in PBF AM and Hatch distance is the distance between subsequent laser scans in PBF AM. And Scan rate is the laser process speed. In this way, when making the same bar column shape with the same laser output, the difference of the Zr BMG bar column outputted by the process variable was analyzed.

[금속3D2-1 | 10:55] 초청강연

발전용 부품개발에서 적층제조기술의 응용과 전망: 송영석; *두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.*

적층제조기술은 2025년경이 되면 200억달러시장으로 성장할 것으로 전망되고 있다. 최근 3D프린팅 기술은 설계, 3D프린팅의 하드웨어와 소프트웨어, 적용 재료, 후처리 공정, 사업모델 혁신 발굴 등 다양한 가치사슬에서의 빠른 성장과 큰 효과에 힘입어 크게 성장해 왔다. 특히, 설계자유도 관점에서 발전소에 적용할 수 있는 3D프린팅 가능성을 검토하고 있다. 발전산업의 경우 에너지 효율을 향상시키기 위해서는 설계 유연성을 확보하는 것이 중요하기에 발전소의 설계 요구조건을 더 효과적으로 만족시킬 수 있을 것으로 판단하고 있다. 적층제조기술은 산업계의 수요, 가치사슬, 재료 및 공정기술, 적용 부품을 충분히 파악하여 추진하는 것이 중요하다. 발전 분야에서는 3D프린팅기술 가운데 설계, 모델링, 3D 프린팅 장비특성, 후처리 기술중 부품의 표면 및 내부 가공기술 및 열처리기술, 부품 특성평가 기술 등을 검토하고 있다. 또한, 적용 부품의 요구특성에 맞는 재료 성능을 발휘할 수 있는 새로운 재료의 도입과 적층제조기술로 제조된 부품의 신뢰성을 어떻게 확보할 것인가에 대한 품질 평가 기술에 대한 이슈가 있다. 따라서, 발전산업에서의 적층제조기술의 응용과 전망에 대해 소개하고 국내 적층제조기술의 개발 방향에 대하여 논의하고자 한다.

[금속3D2-2 | 11:20]

적층제조법을 이용한 원전 부품제조: 강석훈[1], 이창규[1], 이원희[2], 박남규[3], 안희성[4]; *[1]한국원자력연구원. [2](주)삼신. [3]한전원자력연료(주). [4]비즈(주).*

Keywords: Nuclear materials, Metal additive manufacturing, Nuclear fuel supporting grid, 3 inch control valve, Reverse engineering design

최근 적층제조법을 응용하는 많은 산업분야들을 접할 수 있다. 적층제조법을 이용하여 생산할 수 있는 구조 부품의 종류와 수도 크게 증가하고 있으며 자동차, 철도 및 항공과 같이 안전이 극히 요구되는 산업에서도 발견되고 있다. 한편, 원자력 부품에도 적층제조법을 적용하려는 노력이 있다. 원자력 발전소의 수명이 다하고 새로운 노형으로 변화해 갈수록 기존에 주조 및 기계가공으로 대량 생산하던 부품들의 공급에 한계가 생겨 점차 다품종 소량생산에 대한 요구가 커지고 있기 때문이다. 대량으로 생산해내지 않고 필요한 부품을 적시에 생산해야하는 경우는 적층제조법이 적합하며 또한 기존의 주조, 기계가공의 방법으로 생산할 수 없는 우수한 디자인을 가지는 부품의 제조에도 적층제조법이 효과적이다. 해외원자력 선도 기업인 Westinghouse Electric Company LLC. (WEC) and Global Nuclear Fuels-Americas, LLC (GNF) 에서도 적층제조법을 이용해 원자력 핵심 부문인 핵연료 지지체 부품 제조에 관한 연구를 수행한 바가 있다.한국 원자력 연구원 (KAERI) 에서도 핵연료지지체와 원자력 안전 1등급 밸브부품 제작에 적층제조법을 적용하는 연구에 주력하고 있다. 역설계를 기반으로 하여 기존의 부품들의 도면이 부재한 상황에서도 효과적으로 부품을 제작하는 기술을 활용할 것이며 제품의 표준화 인증 작업을 통해 실제 활용될수 있는 가능성을 높이는데 힘쓸 것이다. 목표로 하는 부품은 핵연료봉을 지지하는 중간지지격자, 핵연료 집합체의 바닥을 고정시키는 하단 고정체 유로판, 크기가 3 인치 미만의 다품종 소량 밸브 부품들을 고려하고 있다.적층제조 소재 특성 데이터 검토, CAD 파일, 공정 계획, 열이력, 열처리, 최적 공정제어, 치수 제어, 최종 마무리, 검사 및 최종 부품 생산. 표준화/인증, 비파괴 검사, 재료 데이터베이스 개발등을 수행할 계획이다.

[금속3D2-3 | 11:35 초청강연]

레이저 및 전자빔 적층공정으로 제조된 Inconel 625와 718 초내열합금 미세조직 및 인장특성 상관성 해석: 홍현욱[1], 이지원[1,2], 김한규[1], M. Terner[1], 이병수[3], E. Copin[4], P. Lours[4], G. Marchese[5], S. Biamino[5]; *[1]창원대학교. [2]Institut Clément Ader IMT Mines Albi of France. [3]한국생산기술연구원. [4]Institut Clément Ader IMT Mines Albi of France. [5]Politecnico di Torino of Italy.*

Keywords: selective laser melting (SLM); electron beam melting (EBM); superalloys; microstructure; properties

The aerospace and gas turbine-based power generation industries have become increasingly interested in the potential use of Additive Layer Manufacturing (ALM) methods for the beneficial production of high-temperature components. Ni-based superalloys are being widely used as the small batches of complex components in the above-mentioned industries. Over the past several years, new superalloy processing and fabrication routes have been explored by ALM utilizing laser and electron beam melting technologies. Recently, we have established an international collaboration team to enlighten the scientific community towards profound understanding of Inconel 625 processed by selective laser melting (SLM) method: Politecnico di Torino (Italy) is in charge of SLM fabrication, Institut Clément Ader

at IMT Mines Albi (France) equipped with a SLM machine as well is in charge of residual stress measurement, Changwon National University (Korea) is responsible for mechanical/microstructural characterization. Additionally, a collaboration with KITECH is being conducted to develop a prototype vane component by means of the electron beam melting (EBM) method, and an initial study of EBMed Inconel 718 will be discussed. Microstructures and tensile properties were characterized for as-fabricated and heat-treated SLMed Inconel 625 samples. The as-fabricated microstructure of the alloy consisted in columnar grains with a very fine dendritic structure exhibiting high density of tangled dislocations. This highlights the high degree of residual stress developed during SLM processing, characterized by a repetition of rapid heating and cooling. A solution treatment led to recrystallization by which equiaxed grains with bimodal size distribution in their size (average size of 90 and 10 μm) were observed. After aging treatment, very fine (10-30 nm) discoidal γ? phases as well as the discontinuous formation of elongated Cr-rich $M_{23}C_6$ carbides at grain boundaries formed. The tensile properties of SLMed Inconel 625 will be discussed with respect to their typical microstructures. Moreover, cylindrical Inconel 718 samples (diameter 15 mm and length 100 mm) were successfully fabricated by EBM. A relative density higher than 99.9% was obtained under the optimized energy density of 2.0~3.5 kJ/mm^2. Hatch scanning resulted in -oriented columnar grains strongly aligned along the building direction. The focus offset significantly affected the cooling rate and accordingly the development of the microstructure. Even in the as-fabricated condition, considerable amount of γ" yielded excellent tensile properties, higher than those of fully heat-treated wrought Inconel 718. The microstructure-mechanical property relationship of ALMed superalloys will be discussed with a comparison between SLM and EBM methods.

[금속3D2-4 | 12:00]

Inconel 718의 기계적 특성 및 미세조직에 미치는 전자빔 적층 공정 변수인 Focus-offset의 영향: 이해진[1], 김한규[2], 홍현욱[2], 이창욱[3], 조민철[3], 이병수[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 창원대학교. [3] 일류기공(주).*

Keywords: Additive Manufacturing, Electron-beam melting, Inconel718, Creep

전자빔 적층가공 (Electron-Beam Additive Manufacturing, EBAM)은 Powder bed fusion 방식을 기반에 전자빔을 열원으로 하는 3D Printing 기술 중 하나로 분류되며 Laser를 열원으로 하는 Selective Laser Melting (SLM) 방법에 비해 열원의 이동속도가 5~10 배 이상 빠르며 Layer마다 예열공정이 포함되어 있기 때문에 열적잔류응력이 ±50 MPa 이내로 SLM에 비해 매우 낮다. 본 연구는 발전용 Ni기 분말을 이용하여 EBAM 공정을 적용하였으며 일방향성 응고조직을 유도하기 위해 Focus-offset를 제어하였다. Focus-offset이 9 mA에서 최대 경도와 높은 상대밀도를 나타내었으며 Focus-offset이 증가할수록 경도와 상대밀도는 지속적으로 감소하였다. 모든 시편에서 방향성 응고조직이 발달되었으나 결정립의 폭은 9 mA에서 500 μm로 가장 높았으며 Building direction과 평행하게 (001) 방향을 가지고 있다. 더욱이 상온 및 650°C의 고온 강도는 9 mA에서 1.3 GPa, 1.0 GPa 로 우수하였으며 Creep 시간도 9 mA에서 400 hr을 나타내었다.

금속3D2-5 | 12:15]

SLM 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 열처리 공정 설계: 도정현, 서성문, 정중은, 최백규, 김인수; *한국기계연구원 재료연구소 금속재료연구본부.*

Keywords: Inconel 718, SLM, δ, high-temperature properties, γ”

금속 3D 프린팅 기술은 금속 부품의 자유로운 형상 구현이 가능한 차세대 제조 공정으로 주목 받고 있다. 그 중 SLM(Selective Laser Melting) 기술은 국부적인 영역에서 순간적으로 가열과 냉각이 동시에 이루어지기 때문에 종래의 제조 공정과는 다른 미세조직을 갖게 된다. 이러한 미세조직 차이는 합금에 따라 기계적 특성에 여러 가지 영향을 미치기 때문에 금속 소재와 3D 프린팅 공정에 맞는 열처리 공정 설계가 요구된다. 본 연구에서는 Inconel 718 합금을 SLM 공정을 이용하여 제조한 조형체의 미세조직 최적화를 위하여 열처리 공정을 설계하였다. 일반적인 주조 Inconel 718 열처리 공정을 적용한 시편에서는 고온특성을 저하시키는 δ 상이 다량 형성되었으나, 설계한 열처리 공정에서는 delta 상의 분율을 현저히 저하 시킬 수 있었다. 이에 따른 강화상의 미세조직과 고온 특성을 비교 분석하였다.

[금속3D3-1 | 13:30] 초청강연

적층제조(3D프린팅)를 위한 분말 및 DfAM을 위한 전략적 기회: 강민철[1], 김진천[2], 유지훈[3]; *[1]3D프린팅연구조합. [2]울산대학교. [3]재료연구소.*

Keywords: Additive Manufacturing, PBF, DED, DfAM, Tailored powder

최근 3D프린팅 기술은 프로토 타입이 아닌 양산용 부품으로 적용하려는 노력이 세계적으로 진행되고 있으며 용어 또한 양산개념의 적층제조기술로 자리 잡고 있다. 특히 응용분야에 있어 개인용 소비재의 성장률은 둔화되고 있으나 최근 금속분말을 기본으로 하는 우주항공, 금형, 방산, 에너지 발전, 자동차 분야는 성장률이 증가하고 있다.따라서 금속적층제조방식 중 PBF(Powder Bed Fusion)방식의 장비의 보급이 확산되고 있으며 2025년 설치될 장비는 3만4천대로 예상되고 있다. 이와 같은 장비 판매 신장에 힘입어 적층제조용 금속분말의 판매가 매년 50% 이상씩 급증하고 있다. 주된 합금은 Ti 합금, Inconel, Co-Cr 합금 등이 주된 시장을 이루고 있으나 적층제조용으로 제조된 이들 분말의 경우 기존 합금을 구상화한 분말에 불과하여 새로운 합금계의 개발이 활발히 진행되고 있다. 최근의 적층제조의 주된 이슈는 첫째, 새로운 조성의 적층제조용 맞춤형 분말(Tailored powder), 둘째, 레이저 또는 전자빔의 급속 가열과 급랭을 이용한 비정질 분말을 연구가 시도가 진행 중이며, 마지막으로는 산화물 및 탄화물 등을 분산 분포하여 내마모성과 내열성 향상을 위한 연구도 일부 수행 중이다. 제품 설계 디자인에 있어서도 적층제조기술이 가지는 최대 장점인 형상 자유도를 고려하여 경량설계와 구조강성을 최적화하는 기술도 소개하고자 한다.

[금속3D3-2 | 13:55] 초청강연

적층 가공으로 제조된 기능성 재료의 소성 변형 이방성에 관한 연구: 최시훈[1], 김은영[1], 김동규[2], 우완측[2]; *[1]순천대학교. [2]한국원자력 연구원 중성자과학연구부.*

Keywords: Additive manufacturing, Functionally graded material, Plastic anisotropy, Finite element analysis, Crystal plasticity

기능성 재료(functionally graded material, FGM)은 점진적으로 체적이 증가하면서 조성 및 구조 변화에 의해 재료의 물성 특성이 바뀌는 소재이다. 본 연구에서는 각각 우수한 내식성과 치수 안정성을 갖는 SUS316L 및 P21 분말을 이용해 direct energy deposition(DED) 방식으로 적층 수를 달리하여 두 가지 조건의 FGM 시편을 제조하였다. 첫번째 FGM 시편(direct cladding, DC)은 P21에 직접 SUS316L을 적층하는 방식으로, 각 층에 대하여 SUS316L 및 P21의 상대적 조성이 각각 0:100과 100:0이 되도록 두 개의 층으로 구성되어 있다. 두번째 FGM 시편(buffer cladding, BC)은 P21(하부)과 SUS316L(상부)의 중간층 사이에 분말을 배합한 중간 완충층을 고려하는 방식으로, 각 층에 대하여 SUS316L 및 P21의 상대적 조성이 각각 0:100, 50:50, 100:0이 되도록 세개의 층으로 구성되어 있다. 흥미롭게도, 중간 완충층은 연속항복거동, 낮은 항복비 및 상대적으로 높은 연성 대비 높은 가공경과속도(work hardening rate)와 같은 우수한 기계적 특성을 갖는다. 업세팅 비율이 2.0으로 가공된 원통형 FGM시편으로 50% 일축압축 시험을 수행한 결과 DED방식에서 유도된 변형 이방성으로 인하여 매우 불균일하면서 비축대칭(non-axisymmetric) 변형 거동을 보였다. 이론적으로 FGM시편의 일축인장 압축 해석은 다음과 같이 3가지의 구성 방정식을 갖는 탄·소성 유한요소해석(elasto-plastic finite element analysis)을 이용하였다: i) von Mises 항복 함수가 고려된 등방성 경화, ii) Hill의 항복 함수가 고려된 이방성 경화, iii) 완전 구속 Taylor모델에 기초한 다결정 소성.

[금속3D3-3 | 14:10 초청강연]

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 강화 입자 (TiC & TiB_2) 첨가 steel 계 복합 재료의 미세조직 및 상, 고온 기계적 특성: 이기안[1], 김영균[1], 백민석[1], Bandar AlMangour[2]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]Harvard University.*

Keywords: Selective laser meting, Metal matrix composite, 316L stainless steel, TiC, TiB_2, Mechanical property

Additive manufacturing은 기존 metal matrix composite(MMC) 제조 공정들에 비해 제조 과정이 단순하여 획기적인 MMC 제조 공정으로 기대되고 있다. 이번 연구에서는 selective laser melting 공정을 이용하여 여러 강화상(TiC 및 TiB_2)이 첨가된 316L stainless steel matrix composite을 제조하였다. 또한, 상온 및 고온 기계적 특성을 개선하기 위하여 강화 상의 크기 및 분율을 제어하였다. 이 때, TiC를 첨가한 소재는 강화 상의 크기가, TiB_2를 첨가한 소재는 강화 상의 분율이 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다. 초기 미세조직 관찰 결과, 강화 상을 첨가하지 않은 316L stainless steel 소재는 building direction을 따라 조대한 결정립들이 연신된 형태를 보였다. 반면, TiC 및 TiB_2가 첨가된 소재들의 경우 molten pool 형상을 나타냈으며 이와 함께 상대적으로 작은 결정립 크기를 가졌다. 압축 시험 결과, 상온에서의 항복 강도는 강화 상의 분율에 따라 차이가 있지만 316L, 15% TiC-reinforced 316L 그리고 10% TiB_2-reinforced 316L 소재에서 각각 598 MPa, 811 MPa, 980 MPa로 측정되었다. 즉, 강화 상 첨가에 따라 특성이 크게 향상되는 것으로 나타났으며 TiB_2가 상대적으로 기계적 특성 향상에 크게 기여하는 것으로 확인되었다. 이와 함께 고온 압축 시험 결과에서 모든 온도 범위에서 강화 상을 첨가한 소재가 뛰어난 기계적 특성을 보였고, TiB_2를 첨가한 소재의 경우 700°C에서 316L과 비교하여 약 두 배 가량 뛰어난 항복 강도를 나타냈다. 또한, 강화 상의 크기 및 분율에 따라 고온 변형 거동 역시 달라지는 것으로 확인되었다. 상기 결과들과 함께 SLM-created steel 계 복합 소재의 항복 강도 예측 모델도 제시하고자 하였다.

[금속3D3-4 | 14:35]

완전용융 에너지밀도 기반 고밀도 SLM 적층성형 공정연구: 김형균, 김원래, 함민지, 권오형, 이병수, 김강민, 정경환, 이창우, 김건희; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Selective laser melting, Energy density, Full melting, Power, Scan Speed

적층성형(Additive manufacturing)기술은 분말 혹은 와이어 형태의 원소재를 활용하여 bottom-up으로 부품을 제조하는 기술로써, 소재 및 열원별로 다양한 제조 방식이 연구되고 있다. SLM(Selective Laser Melting) 기술은 금속분말과 레이저를 활용하여 매 층마다 선택적으로 급속 용융 및 냉각을 통해 제조하는 대표적인 금속적층성형 기술이다. 금속분말이 완전용융되는 과정에서 공정조건에 따른 에너지 밀도가 과하거나 부족하면 key-hole 현상 혹은 가소결 다공성 구조로 인해 적층부품의 밀도가 저하되고 기계적 특성 열화 및 성능저하가 발생한다. 또한, 적정 에너지 밀도가 아니면 형상학적으로 부풀거나(swelling) 무너짐(collapse) 현상의 발생 가능성이 높다. 그러므로, 금속부품의 요구되는 성능 구현을 위해 소재별 SLM적층성형 공정 최적화 연구는 필수이다. 본 연구에서는 고밀도 SLM 공정 최적화를 위해 대표적인 SLM 소재인 Ti, Co, Fe계 합금 등에 대해 완전용융 에너지밀도를 도출하고 레이저 파워, 주사속도, 주사간격 및 적층두께 등 SLM의 공정변수를 설정하여, 각 시험 조건별로 적층제조 후 형상 및 기공 관련 면밀도 등 기초 특성 D/B를 평가하였다. 소재별 이론적 완전용융 에너지를 활용한 공정조건 설계로, 다공성 부품 제조기술부터 저에너지, 고밀도, 고속 적층기술 구현까지 새로운 SLM 공정연구 방법을 제안할 수 있게 되었다.

[금속3D3-5 | 14:50]

Parametric Microstructural Investigation on Single Tracks of Alloy 718 and TiAl alloy Processed by Powder Bed Fusion (PBF) Technique: Seul Bi Lee[1], Jae Woong Kim[1], Yoon Suk Choi[1], Myongse Kim[2], Jae Keun Hong[3]; *[1]Pusan national university. [2]KAMI. [3]Korea institute of materials science.*

Keywords: Additive manufacturing (AM), Powder bed fusion (PBF) technique, Microstructure analysis, Alloy 718, TiAl alloy

An extensive microstructural parametric study was performed for single tracks of Alloy 718 and TiAl alloy deposited by a powder

bed fusion (PBF) technique. A particular effort was made to understand and evaluate the PBF processability and the integrity of resulting microstructures for two different alloy powders. For this purpose, the microstructure evolution, track topography and melt pool analysis were thoroughly investigated as a function of process parameters. The details were discussed, based upon experimental results.

알루미늄 심포지엄: 수송기기용 알루미늄 소재 및 공정기술
Room 402A, 4월 26일

[알루미늄1-1 | 09:30]

Al-Mg-Si(-Cu) 합금에서 예비시효 온도가 시효경화 거동에 미치는 영향: *송민영[1,2]임지우[1,2], 김인수[1,2], 홍성길[2], 김재황[1]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *전남대학교.*

Keywords: Al-Mg-Si(-Cu) alloys, Aging, Nanocluster, pre-aging

자동차의 연비를 높이기 위하여 알루미늄 합금에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. Al-Mg-Si계 합금은 우수한 시효경화특성으로 인하여 자동차 산업에서 많이 이용되고 있다. 그러나 알루미늄 판재 공정과정에서 필연적으로 상온에 노출된다. 이 때 형성되는 나노클러스터로 인하여 판재의 강도가 저하되는 negative effective of two-step aging 현상이 발생하게 된다. 상온에 노출되기 전 예비시효를 통하여 이 현상을 억제 할 수 있는 것으로 알려져 있지만 아직 정확한 메카니즘에 대한 이해가 부족하다. 본 연구에서는 예비시효 온도가 시효경화 거동에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

[알루미늄1-2 | 09:45]

Al-Mg-Si 합금에서 합금성분과 자연시효 시간이 다단시효에 미치는 영향: 임지우[1,2]송민영[1,2], 김인수[1,2], 홍성길[2] 김재황[1]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *전남대학교*

Keywords: Al-Mg-Si alloys, Nanocluster, Aging, Natural aging, Multi-step aging

Al-Mg-Si계 합금은 우수한 성형성, 시효경화, 강도로 인해 자동차 외부판재에 널리 쓰인다. 이러한 판재는 알루미늄 생산 공장에서 용체화처리 후 자동차생산 공장으로 수송 및 적재됨에 따라 불가피하게 상온에 노출이 된다. 상온에 노출된 판재는 자효시효가 발생하며 용체화 직 후 판재에 비해 도장처리 공정(170°C, 20 min) 시, 강도가 저하되는 negative effect of two-step aging이 나타난다. 이러한 현상의 원인은 자연시효 시 형성되는 나노클러스터 때문이다. 본 연구에서는 예비시효(100°C, 1 h) 처리를 통해 negative effect of two-step aging를 억제 하였으며, 이는 예비시효처리 시 형성되는 나노클러스터 때문이다. 한 편, 다양한 합금성분 및 자연시효시간에 대해 다단시효 시 각기 다른 시효거동 특성을 보였다.

[알루미늄1-3 | 10:00]

Al-Mg계, Al-Mg-Si계, Al-Zn-Mg계 알루미늄합금 판재의 방탄성능 및 변형거동: 정제기[1], 김수현[2], 김희주[2], 이윤수[2], 임차용[2], 박용호[1]; [1] *부산대학교 재료공학과.* [2] *재료연구소.*

Keywords: alloys, rolling, microstructure, ballistic test

방탄판은 고속의 탄환을 방호하기 위해 높은 강도를 가지는 강판과 세라믹판이 주로 사용되고 있다. 하지만 개인용 장갑 및 장갑차량에 사용시 방호능력을 기대할 수 있으나, 장갑의 중량을 증가시켜 기동성을 저해하는 요인으로 작용하게 된다. 따라서, 탄환에 대한 충격 저항성이 우수하면서 가벼운 방탄용 소재가 요구되며 고강도 알루미늄 합금은 우수한 비강도를 가지고 있어 장갑차량의 외판에 사용되고 있다. 지난 수십 년간 알루미늄합금의 방탄성능과 관통거동에 대한 연구는 거시적 관찰과 전산모사를 통해 수행되고있다. 하지만 각 방탄소재의 특성에 대한 정확한 이해와 전산모사의 정확도를 위해서는 미시적 관찰을 통한 방탄거동 해석이 요구된다. 본 연구에서는 비강도가 우수한 Al-Mg, Al-Mg-Si계, Al-Zn-Mg계 알루미늄합금 판재의 방탄성능을 평가하고 변형거동을 관찰하였다. 25 mm 두께의 알루미늄합금 판재의 방탄성능은 MIL-STD-662F에 명시된 V_{50}(방호한계속도) 값을 구하여 평가하였다. 각 합금의 변형거동에 미치는 기계적 특성과 미세조직의 영향에 대하여 고찰하였다.

[알루미늄1-4 | 10:15]

초음파 용탕 처리가 아공정 Al-Si-Cu-Mg 합금의 미세구조 변화에 미치는 영향: 김수배[1], 조영희[1], 정재길[1], 이정무[1], 이영국[2]; [1] *재료연구소.* [2] *연세대학교.*

Keywords: ultrasonic melt treatment, microstructure, microsegregation, solute

본 연구에서는 초음파 용탕 처리가 합금원소와 더불어 아공정 Al-Si-Cu-Mg 계 합금의 미세조직에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 특히, Al-Si 계 합금에 사용되는 대표적 합금원소인 Cu 와 Mg 의 함량을 달리하여, 합금원소의 첨가량에 따른 초음파 용탕 처리의 영향을 관찰하고자 하였다. Cu 및 Mg는 각각 4 wt.% 와 1 wt.%까지 첨가되었고, 초음파 용탕 처리는 합금의 액상선 보다 약 100°C 높은 온도에서 수행되었다. 초음파 용탕 처리 시 2차 수지상 간격이 감소하였고, 공정 Si 및 금속간 화합물은 미세화된 수지상 가지 사이에 보다 균일하게 분포하는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 초음파 용탕 처리에 의한 결정립 미세화 효과는 나타나지 않았다. 또한, 초음파 용탕 처리가 수행되지 않은 합금에서는 합금원소의 첨가량이 증가함에 따라 결정립 크기가 감소하는 반면에, 초음파 용탕 처리시 합금원소의 첨가량이 증가함에도 불구하고 결정립 크기 변화는 나타나지 않았다. 이는 초음파 용탕 처리가 α-Al nuclei 의 potency 뿐 아니라 nuclei의 생존 수명과 nuclei의 성장 시 영향을 미치는 용질의 재분배에도 영향을 미침을 시사한다. 초음파 용탕 처리는 결정립 미세화나 탈가스 효과 뿐만 아니라 microsegregation을 감소시키는 것으로도 알려져 있는데, 본 연구에서는 초음파 용탕 처리에 의한 microsegregation의 감소효과를 고려하여 본 연구 결과를 해석하고자 하며, 이에 대한 메커니즘을 제안하고자 한다.

[알루미늄1-5 | 10:30]

Al-Si 피스톤 합금의 초음파처리와 냉각속도 변화에 따른 미세조직의 변화 및 고온강도 예측: 조민수[1], 이정무[1], 조영희[1], 정재길[1], 장재일[2]; [1] *재료연구소.* [2] *한양대학교 신소재공학부.*

Keywords: Al-Si piston alloy, Ultrasonic melt treatment, elevated temp mechanical properties, Microstructure

초음파용탕처리 및 냉각속도의 변화가 Al-Si 피스톤합금의 미세조직 및 고온강도에 미치는 영향을 분석하였다. 용해된 Al-Si피스톤합금을 초음파 처리 후 스텝몰드를 이용하여 다양한 냉각속도로 주조 하였다. 초음파용탕처리는 초정상을 미세화시킬 수 있으며, 냉각속도가 증가할수록 미세화 효율은 향상되었다. 초음파 용탕처리는 초정상의 미세화와 응고중에 정출되는 이차상의 분율을 감소시키기며, 상의 형상(morphology) 및 조성에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 특히, 초음파 용탕처리는 미세조직의 균질성을 향상시키는데, 이는 응고중의 용질의 재분배 및 후기 응고 정출상의 분율 등에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 본 연구에서는 초음파 용탕처리 및 냉각속도변화에 따른 피스톤합금의 미세조직적 현상을 분석함으로써, 미세조직의 변화가 고온강도에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 미세조직과 고온강도의 상호 관계에 대한 해석을 위하여 Shear lag model을 바탕으로 하는 식을 제안하였고, 이를 이용하여 피스톤합금의 미세조직과 고온강도의 관계를 해석 및 예측하고자 하였다.

[알루미늄2-1 | 11:00]

과공정 Al-15wt.%Si 압출재의 미세조직, 마모, 인장 및 피로 특성에 미치는 TiO_2 첨가의 영향: 허준영[1], 강연지[1], 신재혁[2], 이기안[1], 김종호, 김종호[3]; [1] *인하대학교.* [2] *자동차부품연구원.* [3] *포항산업과학연구원.*

Keywords: Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, Wear, Tensile, Fatigue

본 연구에서 과공정 Al-15wt.% Si 압출 소재에 새로운 concept 의 초정 Si 미세화제인 TiO_2 첨가하고 그 미세조직, 마모, 인장, 피로 특성을 조사하였다. Al-Si 합금에서 일반적으로 초정 Si 의 size 및 계면 물성은 기계적 특성에 크게 영향을 미친다. 본 연구에서는 새로운 미세화제 TiO_2 의 첨가가 (비교재로서 CuP 첨가재도 제조, 비교) 초정 Si 의 제어를 통하여 얻어진 미세조직, 마모, 인장 및 피로 특성에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 상기 실험에 사용된 소재들의 XRD 및 EPMA 상 분석 결과 TiO_2 및 CuP 첨가 소재들 모두 Al 기지에 Si, Al_2Cu, $Al_6(Mn,Fe)$, Mg_2Si 상들이 관찰되었다. 초기 미세조직에서 초정 Si 크기는 CuP, TiO_2 각각 40~60 μm, 30~35 μm 로 확인되었다. Hot-extrusion 후 CuP 첨가 소재는 초정 Si 이 깨어져 나타나는 반면, TiO_2 첨가 소재는 초정 Si 이 거의 깨어지지 않았다. 마모 시험 결과 CuP 첨가 소재에 비하여 TiO_2 첨가 소재의 wear loss 가 2, 3, 4 kgf 모든 조건에서 현격히 감소하는 우수한 내마모 특성을 나타내었다. 상온 인장 시험 결과, CuP 첨가 소재의 항복 강도 371 MPa, 인장강도 414 MPa 로 얻어졌으며 TiO_2 첨가 소재의 항복 강도는 391 MPa, 인장 강도는 430 MPa 으로 TiO_2를 첨가한 소재가 더 우수한 강도 특성을 나타내었다. 고주기 피로 시험 결과 CuP 를 첨가한 소재의 피로한은 130 MPa, TiO_2 를 첨가한 소재의 피로한은 160 MPa 로 TiO_2 를 첨가한 소재의 고주기 피로 특성이 더 우수하였다. 이와 함께 본 연구에서는 TiO_2 첨가에 따른 초정 Si 형성 기구의 차이 및 그에 따른 미세조직과 기계적 특성과의 상관 관계에 대해서도 고찰해보았다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.]

[알루미늄2-2 | 11:15]

Concepts of amplitude-modulated EMS-microstructural control at continuous billet casting of the 7xxx-series Al-alloys: mykola slazhniev, Kyung Hyun Kim, Hyun Suk Sim, Se Won Kim, Won Jae Kim; *Dong San Tech.*

Keywords: High-strength aluminum alloys, continuous billet casting, electromagnetic stirring, pulse magnetic field, microstructure, grain size

In this study, the original equipment and methods for the macro/microstructure managed formation in the crystallizers of continuous casting processes by the applying of the amplitude modulated (AM) pulsing magnetic fields (PMF) it the electromagnetic stirrer (EMS) has been developed and tested. Method has provide the complex electrodynamic, hydrodynamic and acoustic pulse-force processing of unsolidified casting product portion for providing equalizing of solidification front in the billet mushy zone. Resulted non-dendritic type of microstructure has been provided by the means applying: Pulse magnetic field with periodically changing in time amplitude (AM-PMF); Pulse amplitude-modulated rotating melt stirring (AM-PRMF); Two-contour's 3D, in vertical plane pulses amplitude-modulated rotating melt stirring; Pulse amplitude-modulated 3D-helicoidally rotating melt stirring.Study efficiency applying of unidirected axial pulse magnetic field (AM-PMF) with pulse frequency in range 5~15Hz, carried frequency in range 22~25Hz, at intensity of MF 0.05~0.1T, for semi-continuous 7XXX alloys (analogue 7075 alloy) 7'billet casting on micro- and macrostructure billet formation has been show reaching the stabile effect for non-dendrite state microstructure formation in all billet cross-section. As well-achieved uniform and homogeneity microstructure state with average grain size not more 100μm, and for middle and central billet part in range 60~80μm, in 3~5 times lowest instead grain sizes 200~650μm at DC casting (without EMS), or instead 150μm grain sizes as for conventional rotating EMS. As well, fully solved problems of the axial and structural segregation, hot-crack ability or micro-cracks on grains edges and micro porosity occurring.

[알루미늄2-3 | 11:30]

Direct-chill casting법으로 제조된 고강도 Al-Zn-Mg-Cu합금 빌렛의 미세조직 예측: 김민석, 이상화, 정재길, 어광준; *재료연구소.*

Keywords: direct-chill casting, Al-Zn-Mg-Cu alloy, cellular-automaton finite-element, grain structure

Direct-chill casting (DC casting)법은 semi-continuous 주조공정으로 알루미늄 빌렛 제조에 널리 사용되고 있다. 최근 수송기의

경량화가 이슈화 되면서 기존 철강재 부품들을 알루미늄 합금으로 대체하려는 노력이 이루어 지고 있다. 이를 위한 노력의 일환으로 Zn 함량이 높은 고강도 7xxx계 빌렛의 개발이 진행되고 있다. 알루미늄 합금의 고강도화가 진행될수록 첨가되는 합금량이 증가하게 되고, 그에 따라 응고과정에서 합금의 고액공존구간이 넓어지게 된다. 그 결과 열간균열, macro-segregation 등의 결함 발생으로 양질의 빌렛 제조를 위해 더욱 정밀한 공정조건 제어를 요구하게 된다. 특히 초기 주조재의 미제조직은 주조결함 발생뿐 만 아니라 후속공정에서의 압출성 및 미세조직 변화에 큰 영향을 미치기 때문에 반드시 제어되어야 한다. 본 연구에서는 유한요소해석과 cellular automaton 알고리즘을 도입하여 DC casting 시 응고거동 및 결정립 구조를 예측할 수 있는 모델을 개발하고자 하였다. 정확한 시뮬레이션 모델을 구축하기 위하여 실제 DC casting공정을 활용하여 A7068합금 빌렛을 제조하였고, 연속주조 중 용탕 및 빌렛 내부의 온도측정을 실시하여 적절한 계면 열전달 계수를 도출하였다. 빌렛 주조재의 결정립 구조 예측을 위해서 Permanent mold casting을 통하여 표면부의 냉각속도와 결정립 밀도간의 관계식을 도출하였고, DC casting 모델에 적용하였다. 모델링 결과는 실제 DC casting 빌렛 주조재의 결정립 구조를 매우 잘 재현하고 있는 것을 확인하였다. 향 후 본 모델을 활용할 경우 고강도 알루미늄 빌렛의 연속주조공정의 최적화에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[알루미늄2-4 | 11:45]

가공열처리한 AlMg5Si2Mn 다이캐스팅용 알루미늄 합금의 미세조직 및 기계적 특성: 이윤수, 김수현, 임차용, 김형욱, 김하식; *재료연구소.*

Keywords: AlMg5Si2Mn, Rolling, Extrusion, Microstructure, Mechanical properties

자동차 연비규제 강화에 의한 경량화 추세에 따라 알루미늄 합금의 적용량이 지속적으로 증가하고 있다. 자동차에 적용되는 알루미늄 합금은 크게 주조재와 전신재로 구분되며, 적용 부품, 요구 특성, 제조사 등에 따라 다양한 합금원소가 첨가되어 사용되고 있다. 따라서 재활용 시에는 별도의 선별작업이 요구되며, 대부분 저급한 용도의 스크랩으로 취급되는 문제점이 있다. 그러므로 증가되는 알루미늄 부품의 재활용률을 높이기 위해서는 주조재와 전신재 합금의 통합화를 위한 연구개발이 요구되며, 이를 통한 Scrap to Primary화 재활용이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 다이캐스팅용 합금인 AlMg5Si2Mn 알루미늄 합금의 전신재 적용 가능성에 대하여 평가하였다. 중력주조한 AlMg5Si2Mn 합금에 대하여 새롭게 설계한 가공열처리 공정을 적용하였으며, 제조된 최종 소재의 인장 특성을 평가하고 그 결과를 주조재/다이캐스팅재와 비교하였다. 가공열처리한 AlMg5Si2Mn 합금의 향상된 기계적 특성과 미세조직과의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

[알루미늄2-5 | 12:00]

균질화처리에 따른 Al-6.5Mg-1.0Zn합금 빌렛 내 용질원소 확산거동 평가: 김명균, 양현민; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Al-Mg-Zn alloy, high solute element, billet, homogenization treatment

최근 수송기기의 경량화 및 환경이슈로 인해 고특성이 요구되는 고강도 알루미늄 합금에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 고용질을 함유한 Al-Mg-Zn합금은 높은 강도 및 열처리 특성으로 우수한 특성이 발현가능하나, 용질원소 함유량의 증가로 인한 넓은 고액공존구간으로 인해 연속주조시 편석 및 크랙을 유발하며, 이후 압출 후에도 이들 결함은 존재하며 압출특성에도 악영향을 끼친다. 고용질 함유 알루미늄 합금의 응고시 생성된 미세편석 및 정출물을 재용해하고자 균질화처리를 행하는데, 이에 대한 연구가 체계적인 연구가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 고강도 및 고성형성을 고려한 Al-6.5Mg-1.0Zn합금을 선정하고, 이를 연속주조 공정을 통해 직경 165 mm빌렛을 제조하였다. 이후, DSC 및 열역학 프로그램을 이용한 균질화처리 온도를 설정하고, 435°C에서 6, 12, 18, 24시간 순으로 균질화처리를 진행하였다. 이후 시편준비 과정을 거친 균질화처리 시편은 OM 및 SEM으로 미세조직을 관찰하고, EDS, XRD 및 원소 Mapping을 통해 주요상 분포거동 및 상분석을 실시하며 균질화처리 유지시간에 따른 주요 용질원소의 확산거동을 정성적으로 분석하였다. 아울러 합금설계 프로그램을 이용하여 선정합금과 타합금과의 균질화처리 소요시간을 계산 및 비교하고, 이를 기반으로 균질화처리 동력학 방정식을 이용하여 선정합금의 균질화처리 소요시간에 대한 계산을 통해 합금설계 프로그램 예측치와 비교하였다.

[알루미늄3-1 | 13:30] 초청강연

롤 본딩에 의한 복합 알루미늄 판재 제조: 임차용[1], 이성희[2]; *[1]재료연구소. [2]목포대학교.*

Keywords: 복합 알루미늄 판재, 롤본딩, 고강도, 고연성, 초미세립

이종 알루미늄 합금을 반복 겹침 압연하여 복합 알루미늄 판재를 제조하였다. 반복 압연법은 결정립을 미세화시키는 효율적인 방법 중 하나이며, 결정립을 나노미터 크기로 제어하면 기존 재료의 한계 특성을 뛰어넘는 특성을 얻을 수다는 것이 알려져 있다. 1000계, 5000계, 6000계 등 서로 다른 알루미늄 판재를 접합 압연하여 초미세립의 고강도 복합 알루미늄 판재를 제조하였으며, 반복 압연 횟수를 조절하여 미세조직 및 강도를 제어할 수 있다.복합 판재는 두께방향으로 균일한 전단집합조직이 잘 발달함을 확인하였고, 또한 두께방향으로 펄스형 경도분포를 가진 층상의 복합 알루미늄 판재 제조가 가능함을 확인하였다. 가공 후에는 열처리를 통해 큰 결정립과 미세 결정립이 공존하는 미세조직을 만들 수 있었으며, 이러한 복합조직은 연성이 향상에 도움이 된다. 외판을 내식성이 강한 1000계를 사용함으로써 강도와 연성뿐만 아니라 내식성이 우수한 복합 판재 제조도 가능하다. 이러한 복합판재는 자동차용 판재를 응용 가능하다고 판단된다.

[알루미늄3-2 | 13:55]

자동차 충돌 부품용 고강도 알루미늄합금의 에너지흡수능 향상 기술: 김수현[1], 김희주[2], 정제기[1], 이윤수[1], 임차용[1], 최윤석[2]; *[1]재료연구소. [2]부산대학교 재료공학부.*

Keywords: 알루미늄합금, 에너지흡수능, 충돌 부품, 튜브, 축 압축시험

알루미늄합금은 우수한 비강도, 내식성, 재활용성 등을 가지고 있어서 수송기기용 소재로 널리 사용되고 있다. 또한 알루미늄합금은 판, 튜브, 폼 등의 형태로 제조가 가능하여 자동차 범퍼빔, 크래쉬박스 등과 같은 충돌 부품으로 사용되며 외부로부터의 충격을 흡수하여 차량 파손을 방지하고 탑승자의 안전을 확보하는 역할을 한다. 충돌 부품의 성능 향상을 위해서는 에너지흡수능이 높은 소재를 사용해야 하는데, 에너지흡수능은 소재의 기계적 성질 및 부품 형상에 의해서 결정되므로 이에 대한 면밀한 검토가 요구된다. 본 연구에서는 비강도가 우수한 5000계 (Al-Mg), 6000계 (Al-Mg-Si), 7000계 (Al-Zn-Mg) 알루미늄합금 튜브의 축압축시험을 통하여 에너지흡수능을 평가하고 에너지흡수능을 향상시키기 위한 기술적 방법에 대하여 연구하였다. 합금 종류에 따른 소성 유동 거동의 변화와 튜브재의 압축 에너지흡수 거동과의 상관관계를 고찰하고 최적의 소재 물성 및 부품 형상을 도출하고자 하였다.

[알루미늄3-3 | 14:10]

Sr첨가량에 따른 사형주조 Al-7Si-0.35Mg합금의 열처리시 기계적 특성 고찰: 김명균, 황석민; *포항산업과학연구원.*

Keywords: A356 alloy, Eutectic Si, Modification, Solution treatment, Mechanical properties

주조용 합금으로 널리 사용되는 Al-7Si-0.35Mg 합금(이하 A356)은 공정 Si 개량화를 위해 Sr이 주로 사용되고 있으며, 개량화된 합금은 열처리 공정로 기계적 특성 향상에 크게 기여하는 것으로 보고되고 있다. 최근 알루미늄 합금 주물의 고부가가치화 및 고객요구에 대응하는 대형 알루미늄 주물에 대한 수요가 증가하고 있는 가운데, 대형주물의 사형주조시 낮은 응고속도에서 공정 Si 개량화 및 열처리에 따른 기계적 특성 등에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 사형주조 A356합금에 Sr 첨가량에 따라 공정 Si 개량화 정도와 열처리 시간에 따른 공정 Si 구상화 거동을 분석하였으며, 기계적 특성 평가를 실시하여 공정 Si상 변화에 따른 물성을 고찰하고자 한다. 시료는 전기 저항식 용해로로 A356합금을 용해한 뒤, Al-5Sr 모합금으로 40, 60, 80 ppm Sr 첨가하였다. 약 10분간 Ar 탈가스처리 후, 사형주조시와 동일 응고속도를 구현하고자 400°C 예열한 graphite 몰드에 주조하였다. 이후 Sr 첨가량에 따른 각 합금의 공정 Si 구상화 거동을 관찰하고자 용체화처리(540°C)하였다. A356합금 주조재 및 열처리재 미세조직과 상분석은 OM, SEM, EDS 및 TEM으로 실시하였으며, 조직 내 공정 Si 크기 및 형상은 Image Analyzer로 정량화하였다. 한편, Sr첨가량에 따른 A356합금의 열처리시 기계적 특성평가은 경도 및 인장시험으로, 인장시험 후 파단면 분석을 통해 물성과 열처리시 조직변화와의 상관성을 분석하였다.

[알루미늄3-4 | 14:25]

Effect of ultrasonic melt treatment on the solidification microstructure of Al–Zr alloy: 정재길, 조영희, 김성대, 어광준, 이정무; *재료연구소.*

Keywords: Al alloys; cavitation; heterogeneous nucleation of phase; Solidification; Grain size

Effect of ultrasonic melt treatment (UST) on the solidification microstructure of Al–0.5Zr alloy was investigated over various cooling rates. The grain size of Al–0.5Zr alloys increased with increasing the cooling rate due to the suppressed formation of primary Al_3Zr particles at higher cooling rates. The cavitation-enhanced nucleation on Al_2O_3 resulted in the refinement of primary Al_3Zr phase. This causes the increase in the number density of primary Al_3Zr particles that nucleate the α-Al grains. Moreover, the UST activated the non-wetting Al_2O_3 particles to directly nucleate the α-Al grains. The UST-induced increase in the number density of primary Al_3Zr and activation of non-wetting Al_2O_3 particles lead to the grain refinement in Al-0.5Zr alloy.

[알루미늄3-5 | 14:40] Cancel

Modeling Anisotropic Plastic Properties and Friction Behavior of an AA 3003 Alloy Using a Coupled Crystal Plasticity and Anisotropic Yield Function: 봉혁종[1], 이진우[1], 이명규[2]; [1]*재료연구소.* [2]*서울대학교.*

[알루미늄4-1 | 15:05]

Effects of particles on hot deformation behaviors and processing maps of Al-7.9Zn-2.7Mg-2.0Cu (wt. %) alloy: Zang Qianhao[1], Yu Huashun[2], Lee Yun-Soo[1], Kim Min-Seok[1], Kim Hyoung-Wook[1]; [1]*재료연구소.* [2]*Shandong University.*

Keywords: Aluminum; hot deformation behavior; processing maps; particles; dynamic recrystallization

The high strength Al-Zn-Mg-Cu alloys were designed with increasing the zinc content. The hot deformation behavior of high zinc content Al-Zn-Mg-Cu alloys should be investigated to optimize the hot processing parameters. Hot compression test of annealed (400°C/1 h) and homogenized (470°C/24 h) Al-7.9Zn-2.7Mg-2.0Cu alloys was carried out on a thermo-mechanical simulator (Thermacmaster-Z). The $Mg(Zn, Al, Cu)_2$ phase and Al_7Cu_2Fe phases were observed in the annealed alloy. Meanwhile, most of secondary phases dissolved into the matrix after the homogenization. The effects of particles on hot deformation behavior were investigated through activation energy map and processing map. The 3D activation energy map was established by Arrhenius constitutive model, the activation energy for the homogenized alloy was higher than that for the annealed alloy. The processing map was obtained using dynamic materials model. High power dissipation value under the temperature range of 350°C - 400°C and the strain rate of 0.005 s^{-1} - 0.1 s^{-1} was observed on the processing map of the annealed alloy due to occurrence of particle stimulated nucleation (PSN) of recrystallization. The dynamic recrystallization (DRX) controlled by PSN and continuous DRX under different conditions was discussed.

[알루미늄4-2 | 15:20]

Age hardening behavior of AA7068 aluminum alloy at different cooling rates after solution treatment: saif haider kayani, Jae-Gil Jung, Sang-hwa Lee, Min-seok Kim, Kwangjun Euh; *재료연구소.*

Keywords: Cooling rate, Solution treatment, Precipitation, Dispersoids, natural aging

Precipitation during cooling can affect the quench sensitivity of Al-Zn-Mg-Cu alloys. Effect of cooling rates after solution treatment on the microstructural features and age-hardening behavior of AA7068 aluminum alloy is studied. Alloys are cooled in the furnace or quenched in water after solution treatment. Precipitation of GP zones and η' take place during the aging process in water quenched alloy. Formation of solute-rich precipitates is observed on dispersoids and grain boundaries in the furnace cooled alloy. low hardness is observed in furnace cooled alloy during aging process due to the formation of quench-induced precipitates.

[알루미늄4-3 | 15:35]

고강도 고열전도성 Al-Si-Ni계 다이캐스팅 합금의 기계적 특성과 열전도성 및 유동성에 미치는 합금원소의 영향: 장재철, 신광선; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Aluminum, High Pressure Die-casting (HPDC), Thermal Conductivity, Cast Alloy, Mechanical Property

다이캐스팅을 통해 제조한 수송기기 부품은 제조 공정에 의해 발생하는 미세 기공의 결합을 방지하기 위해 열처리를 행하지 않는 것이 일반적이다. 따라서 열전도성을 확보하는 동시에 도입할 수 있는 강화기구를 활용하여 합금을 설계해야 한다. 본 연구에서는 열역학 전산모사를 통해 합금원소별 응고거동과 상 분율을 조사하여 적절한 분율의 강화상 생성이 가능한 Al-Si-Ni-X계 합금을 설계하고, 고압 다이캐스팅(HPDC) 공정을 이용하여 시편을 제조한 뒤 기계적 특성과 열전도성을 평가하였다. 또한 합금 조성 변화에 따른 유동성 차이에 대해 조사하여 합금의 유동성이 다이캐스트재의 열전도성과 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 기계적 특성 평가 결과, 합금원소의 분율이 증가함에 따라 생성되는 금속간 화합물 정출상에 의해 기계적 특성이 향상되는 것을 확인하였으며, 미량원소의 첨가에 의해 정출상의 제어가 가능하였다. 열전도성은 합금원소의 분율이 증가함에 따라 감소하는 것이 일반적이나, 합금원소의 종류, 조합, 비율에 의해 열전도성의 제어가 가능함을 결정상 분석과 미세조직 관찰 및 열확산도 분석을 통해 확인하였다.

[알루미늄4-4 | 15:50]

Al-Zn-Mg 합금의 미세조직 X-ray line profile 분석: 이경서[1], 김상욱[1], 손현우[1], 김명훈[1], 박성우[2], 이병훈[2], 김태환[2], 김경택[2], 정택균[1], 현승균[1]; *[1] 인하대학교. [2] 한국생산기술연구원.*

Keywords: X-ray diffraction, Line-profile analysis, Aluminum, Dislocation

알루미늄 합금 중 구조용 재료로 사용되는 7xxx계열 알루미늄 합금은 강도는 높지만, 가공성이 좋지 않다는 단점이 있다. 본 연구에서는 결정립 이방성을 줄이고 가공성을 높이기 위하여 Cu 함량을 줄인 개량 7021합금을 사용하여 X선 회절 line-profile 분석을 진행하였다. 결정재료의 X선 회절 line-profile은 격자결함의 영향을 받기 때문에 이를 이용하여 전위밀도와 같은 격자결함 분석이 가능하며, 분석법의 정밀도를 높이기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 전위밀도 및 profile의 back ground에 민감한 전위배열, 결정자 사이즈를 구하기 위하여 다양한 분석법 중에서 profile의 전체 정보를 이용할 수 있는 CMWP법을 활용하여 line-profile 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 재결정이 이루어지는 높은 변형률에서의 전위 거동을 알아보기 위하여 고온 비틀림 가공을 통해 변형률 변화에 따른 전위 거동 분석을 실시하였다.

[알루미늄4-5 | 16:05]

Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재 프리폼의 소성가공성 평가: 연규호[1], 김목순[1], 유승백[2], 이정근[2]; *[1] 인하대학교. [2] 동양피스톤.*

Keywords: Nano sized Al_2O_3, Al6061 based MMC(metal matrix composite), Compressive test, Plastic deformation

내연기관의 고성능화 및 연비향상을 위해 엔진의 출력향상 및 폭발압 증대가 필수적이며, 이에 따라 고기능 경량 피스톤 개발이 요구되고 있다. 세라믹 분산 강화 알루미늄 합금기 복합재료는 비강도, 비탄성률 및 내마모성이 우수하고, 열팽창계수가 낮아 상기 요구를 만족 시킬 수 있는 피스톤 소재로 주목받고 있다. 본 연구에서는 동양피스톤㈜로부터 Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재 프리폼을 제공 받아 미세조직 및 고온소성가공성 평가에 대한 연구를 실시하였다. 프리폼의 미세조직을 OM, SEM 및 TEM을 이용하여 관찰하였으며, 다양한 온도와 변형속도에서 압축 시험을 실시하여 고온소성가공성을 조사하였다. 또한 재료의 열간 성형성 및 미세조직 변화사이의 관계를 연계시킨 동적재료모델(Dynamic Materials Model)을 적용하여 변형공정지도를 작성하였으며, 이를 통해 소성가공성을 고찰하였다.

제1회 전력저장용 이차전지 심포지엄

Room 402B, 4월 26일

[전지1-1 | 09:00] 초청강연

Sodium beta-alumina batteries : Development, status and perspectives: 임성기; *건국대학교.*

Keywords: Na/S battery, Na/$NiCl_2$ battery, Na-beta-alumina, Na-based batteries

전세계적으로 탈원전 및 저탄소 사회구현 정책의 일환으로 신재생에너지의 보급이 급속도로 확대되는 추세로, 중대형 전력저장장치와 시스템 관련 세계시장은 2005년 9조원($8.7 Billion)의 규모에서, 2020년 87조원($87 Billion), 2030년 122조원($121.8 Billion) 규모의 거대한 시장으로 성장이 예상된다.(후지경제) 이와 같이 에너지저장시스템은 미래 시장을 선도할 중요 기술로서 시장의 확대가 가시화되고 있는 가운데, 일부 해외 선진사에서 Na-base의 2차전지를 이용한 중/대용량 전력저장시스템 기술의 상용화에 성공하여 시장을 독점하고 있는 현실이다. 현재 Na-base의 대용량 2차전지로서, 오랜 실증기간을 통하여 시스템의 우수성과 안전성이 검증되어 상용화되고 있는 전지의 종류로는 1) Sodium/Sulfur(Na/S) 2차전지와 2) Sodium/Nickel chloride(Na/$NiCl_2$) 2차전지가 있다. Na/S 2차전지의 본격적인 개발은 1980년도에 독일의 BBC사(Brown & Bovery Co., 현재 ABB사)에서 전기자동차용으로 시작되었다. 당시 미국에 많은 양의 자동차를 수출하고 있었던 독일의 입장에서는 미국의 강력한 ZEV(Zero Emission Vehicle) 강제판매 규정을 이행하기 위하여 필수적이었다. 일본의 경우 1983년도부터 동경전력(TEPCO)이 전력저장용 Na/S 2차전지의 개발에 참여하기 시작하였다. 이를 위하여 1984년부터 일본의 NGK사가 독일의 BASF AG와 함께 Na/S 2차전지를 개발하여 1994년부터 field에 실용화를 실현하였다. Na/S 2차전지의 화재 문제를 해결하기 위하여, 1986년 독일에서 용융전해질인 $NaAlCl_4$과 전이금속 할로겐화합물을 양극에 채용한 일명 ZEBRA(Zero Emission Battery Research Activity)란 이름으로 개발된 Na/$NiCl_2$ 2차전지는 1999년에는 MES-DEA사가 상업양산을 시작하였고, 2010년 FIAMM Sonick사가 그리고 최근에는 Fz-Sonick사가 사업을 인수하여 EV와 ESS를 위한 $NaNiCl_2$ 전지를 생산하고 있다. 국내의 경우, Na/S 2차전지 개발은 1992년 G7사업 "전기자동차개발사업"의 일환으로 처음 시작되었다. 당시 과제의 수행을 위하여 유공, 기아자동차 그리고 한국자동차부품연구원이 참여하였고, 2010년 이후 ESS 시장의 중요성이 부각되면서 RIST와 포스코에너지에서 Na/S 와 Na/$NiCl_2$ 2차전지의 개발에 각각 참여하였다. 이번 발표내용은, sodium beta-alumina batteries의 개발사를 비롯하여 현재 국내외 기술 현황 및 그 수준을 조사하고, 향후 ESS 시장에서의 sodium beta-alumina batteries에 대한 전망을 분석한다.

[전지1-2 | 09:25] 초청강연

Large-sized High Temperature Sodium-Sulfur Batteries: Cell design, Manufacturing and Evaluation: 박윤철[1], 정기영[1], 조남웅[2], 이윤기[3], 전성운[2]; *[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]대흥기업. [3]경상대학교.*

Keywords: Na/S battery, Na-beta-alumian, Thermo-compression bonding, carbon felt, safety

중대형 전력 저장 장치와 시스템의 보급에 대한 시장에서의 필요성은 증대되고 있지만, 시장의 확대를 위해서는 가격, 수명 및 안전성 측면에서 획기적인 개선이 필요한 실정이다. 특히 최근 몇 년간 리튬 이온 전지의 가격 저하가 급속히 이루어지고 있는 상황에서, 다른 이차 전지 기술도 획기적인 가격 저감 및 성능 향상 기술이 절실히 요구되고 있다. 고온 동작 나트륨-유황전지(Na-S)는 NGK사 제조 시스템에서 발생한 화재 사고로 부각된 안전성 문제에 의해 현 시점에서는 시장 확대에 어려움이 있지만, 리튬 이온 전지 수준의 고 에너지 밀도, 10년 이상의 장수명 및 나트륨, 황과 같은 저렴한 소재 사용 등 성능과 가격 측면에서 향후 대용량 전력저장 시스템용 이차 전지로서 충분히 경쟁력이 있을 것으로 기대되고 있다. 본 발표에서는 지난 수년간 RIST 주관으로 국내 기술로 개발된 1200Wh급 대형 나트륨-유황 전지의 설계 개념, 제조 공정 및 충방전 특성에 대해 소개하고자 한다.

[전지1-3 | 09:50] 초청강연

Bonding Technologies of Ceramic/Ceramic and Metal for Na-base Battery: 최병현, 지미정; *한국세라믹기술원(KICET).*

Keywords: Junction technology, ceramic/ceramic, metal/ceramic, Na-base Battery, Electroless plating

최근 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출 저감이나 원자력을 이용한 발전에 피해를 줄이고자 유휴 전력 저감 사용, 신재생에너지 사용에 대한 관심이 고조되고 있다. 유휴전력의 저감은 전력수요가 적을 때 이차전지를 이용하여 전력을 저장해 두었다가 수요가 클 때 저장된 전력을 사용하는 load leveling & peak sharing의 용도로 사용하고 풍력이나 태양광을 이용한 신재생에너지는 불규칙한 품질의 전력을 고품질로 확보하기 위한 발전 주파수 보상을 통해 출력변동과 연계하여 평준화하여 이용되게 하는 것으로 그 장치가 ESS(전력저장)이다. ESS용으로 현재까지 개발되어 상용화된 대표적인 이차전지가 바로 Na-base 전지이다. 이 전지는 신재생에너지으 전력품질 및 출력 안정화외에도 비상시 신뢰성을 갖는 무정전 전력공급, 스마트 그리드, 마이크로 그리드용으로도 사용하고 있다. 그런데 이 Na-base 전지중 NAS가 폭발으 위험이 있어 safety 장치를 보완하여 보급하고 있는 그와 유사한 Zebra 전지는 폭발의 위험은 없으나 대용량의 전력 저장을 할 수 없는 단점이 있다. Na-base 전지를 제조할 때 폭발의 위험을 방지하고 반응이 우수하게 하기 위한 중요한 핵심기술중의 하나가 전해질 β″-Al2O3를 사이에 두고 음·양극이 반응을 해야하기 때문에 β″-Al2O3와 α-Al2O3, α-Al2O3와 metal을 접합하여 반응물이 overflow되지 않고 잘 반응하여 전지특성을 발현하게 하고, 또한 두 전극물질이 반응하여 폭발하는 것을 방지함이 필요하다. 그래서 본 발표에서는 NAS와 Zebra 전지에서 동종접합과 이종접합을 수행한 바 있는데 그 결과를 위주로 발표할 예정이다. 발표내용으로는 저가이면서 공정이 단순한 metal-ceramic 접합 방법으로 이종재료의 열팽창계수의 mis-matching을 최소화하고, metal과 metal의 접합으로 바꾸어 주기 위해 α-Al2O3 표면에 무전해도금법으로 Ni층을 형성하여

연구수행한 결과와 β-Al2O3를 전해질과 α-Al2O3를 절연체의 표면처리가 접합특성에 어떤 영향을 미치는가에 대한 검토를 하였다.

[전지1-4 | 10:15] 초청강연

Room Temperature Sodium/Sulfur Battery: 안효준; *경상대학교.*

Keywords: Room temperature sodium/sulfur battery, safety, high theoretical energy density

Na/S전지는 전력저장시스템을 위한 대용량 전지로 매우 유망한 시스템이다. 특히, 높은 에너지밀도, 낮은 원가를 갖추고 있는 Na/S전지는 lead acid, Redox-flow전지, Li-ion 전지와 더불어 매우 유망한 대형 전지시스템이다. 일본의 NGK는 Na/S전지를 독점적으로 양산하고 있으며, 일본 및 미국에서 여러 응용분야에 대한 시범운행사업을 실시하고 있다. Na/S전지는 760Wh/kg의 높은 이론에너지 밀도를 가지며, 수명특성이 우수하고, 원재료 가격이 낮은 장점들을 가지고 있다. 그러나 상용화된 Na/S전지는 300°C 이상의 높은 온도에서 작동하기 때문에 나트륨과 유황이 액상으로 존재하며, 이러한 액상활물질의 누액이나 부식에 의하여 폭발할 수 있는 문제점을 가지고 있다. 본 연구팀은 고체 상태의 전극을 이용하여, 상온에서 작동되는 Na/S전지를 2006년에 처음으로 발표하였으며, 현재까지 전세계 많은 연구팀에서 상온형 Na/S전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 상온형 Na/S전지는 높은 이론에너지 밀도를 가지고 있으나, 실제 방전용량을 낮게 나타나고 있으며, 사이클특성이 좋지 않아서 이를 개선하는 연구가 진행되고 있다. 본 발표에서는 상온형 Na/S전지의 기본 개념과 고온형과의 차이점, 상온형 Na/S 전지의 최신 연구동향 및 본 연구팀의 연구결과를 요약하여 발표할 예정이다.

[전지2-1 | 10:40] 초청강연

Thermal degradation and thermo-mechanical failure of high temperature sodium sulfur batteries: 정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 전성운[2], 조남웅[2], 이윤기[3], 허회준[4], 강정윤[4], 김창수[5]; *[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]대흥기업. [3]경상대학교. [4]부산대학교. [5]University of Wisconsin-Milwaukee.*

Keywords: 나트륨-유황전지(Na-S), 대용량 전력저장 시스템(ESS), 고온 부식(High temperature corrosion)

나트륨-유황전지(Na-S)는 음극으로 액상의 나트륨(Na), 양극으로 액상의 유황(S)를 사용하며, 고체전해질 및 분리막으로서 베타알루미나(b"-Al_2O_3)를 사용하는 이차전지이다. 나트륨-유황전지는 에너지밀도가 높고, 저가의 원재료를 사용하며, 대용량화가 용이하다는 장점과 더불어, 15년 이상의 장수명 특성으로 인해 대용량 전력저장(ESS)용 이차전지로서 주목 받고 있다. 그러나, 이들 전지는 통상 320~350°C에서 구동하므로 열적 공격성이 존재하는 환경에 장기간 노출되며, 이는 활물질의 열화는 물론, 활물질에 의한 금속 집전체의 전기화학적 부식에 의해 전지 성능 저하를 유발할 수 있다. 또한, 활물질에 의한 접합부 부식, 열충격 및 열응력에 의한 이종 접합부의 파손 등이 유발될 수 있으며, 이는 전지의 수명을 제한하는 주요 요인중 하나이다. 따라서, 이러한 고온 구동형 전지를 설계하는데 있어서, 기대 수명에 대한 신뢰성을 강화하고, 나아가 기대 수명을 더욱 연장하기 위해서는, 수명 열화를 최소화하기 위한 소재 설계와 열응력에 대한 내성을 강화시키기 위한 전지 형상 설계는 매우 중요하다 할 수 있다. 본 발표에서는 나트륨-유황전지의 수명을 결정하는 다양한 열화 및 파손 형태를 소개하고, 이를 개선 또는 방지하기 위한 연구에 대해 논의하고자 한다.

[전지2-2 | 11:05 초청강연]

Numerical modeling for the thermal and safety analyses of the molten sodium sulfur battery: 민준기[1], 이준석[1], Michael Stackpool[2], 신철호[3], 이창희[4]; *[1]부산대학교. [2]IONOTEC Ltd. [3]국방기술품질원. [4]포항산업과학연구원.(RIST)*

Keywords: Na-S, Thermal management system, Safety analysis, Numerical analysis

본 발표에서는 고온에서 작동하는 용융 나트륨-유황전지(Na-S) 설계를 위한 수치해석 기법을 소개한다. Na-S전지의 작동온도인 300-350°C를 달성하기 위해 전지 모듈에는 단열재 및 히터와 같은 열관리 시스템 (thermal management system)이 사용된다. 이 모듈내의 온도분포가 균일하지 않은 경우 발생하는 집합손실(set loss)를 최소화 하기 위해서는 서멀 매니지먼트 시스템의 최적설계가 요구되며, 고온을 수반하는 실험의 횟수를 줄이기 위해서는 수치해석을 위한 해석 모델이 필요하다. 본 연구에서는 전지 모듈의 열해석을 위한 수치모델로서 집중열용량 (lumped heat capacity) 가정에 근거한 기초설계 (preliminary design) 해석방법과 등가 열물성 (equivalent thermal property)을 사용한 3차원해석기법을 통해 체계화된 단계적 설계 (multi-fidelity design)가 가능함을 제안하였다. 또한 2011년 ESS용 Na-S전지의 화재사례 이후 급증하고 있는 전지 안정성 관련 신뢰성 해석을 위하여, 고체전해질 내에 크랙 (crack)이 발생하는 경우의 열, 유동 및 전기화학반응을 전산유체역학 (computational fluid dynamics)기법을 적용하여 해석하였다. 활물질의 직접 반응에 의한 급격한 온도 상승을 지연하기 위한 안전 기구인 위크 튜브 (wick tube)의 갭 사이즈와 필러 재질 (filler material)의 영향에 대한 정성 및 정량적인 결과를 정리하였다.

[전지2-3 | 11:30]

Alloy design of advanced active brazing alloys used in high temperature sodium sulfur batteries: 허회준[1], 정기영[2], 박윤철[2], 강정윤[1]; *[1]부산대학교 [2]포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: 나트륨-유황 전지(Na-S), 열압착 접합(TCB, Thermal Compression Bonding), 활성 브레이징 금속(Active brazing alloy), 액상금속부식(LMC, Liquid Metal Corrosion), 접합강도(Bonding strength)

나트륨-유황 전지(Na-S)는 음극 활물질로 나트륨(Na), 양극 활물질로 유황(S)을 배치하고, 나트륨 이온이 전도되는 베타알루미나(β"-Al_2O_3)를 고체전해질로 사용하는 고온형 전지이다. 나트륨-유황(Na-S)전지는 에너지 밀도 및 충방전 효율이 높고, 자가 방전이 없으며, 15년 이상의 장기 구동이 가능하다는 점 등 장점으로 인하여 대용량 전력 저장(ESS)용 이차전지로 주목받고 있다. Na-S 전지 제조에는 다양한 이종 접합기술이 적용되며, 그 중 α-Al_2O_3로 제조되는 절연링과 주변의 금속 구조체를 접합하기 위해서는, 두

이종 부품 사이의 접합면에 활성 브레이징 금속(Active brazing alloy)을 삽입한 뒤, 적절한 온도와 압력을 가하여 압착 밀봉하는 열압착 접합 기술(TCB, Thermal Compression Bonding)이 사용된다. 그러나, TCB 접합부의 활성 브레이징 금속은 320~350°C의 고온에서 음극부의 액상 Na에 장기간 노출되기 때문에, 액상 Na에 대한 내부식성은 본 전지의 장수명 특성을 유지하기 위해 고려되어야 할 필수적인 요소 중 하나이다. 또한, TCB 접합부는 전지 형상 및 이종 소재 간 열팽창 계수차에 의해 발생하는 열응력을 견뎌낼 수 있는 높은 접합강도가 요구된다. 따라서, Na-S 전지용 TCB 삽입금속으로 사용되기 위한 합금은 액상 Na에 대한 높은 내부식성 및 높은 이종접합강도 특성을 모두 만족하여야 한다. 본 발표에서는 Na-S 전지의 TCB 접합부 수명 향상을 하기 위해, 액상 Na에 대한 높은 내부식성과 우수한 접합강도를 가지는 삽입금속의 조성 설계에 관한 연구를 소개하고자 한다.

[전지3-1 | 13:30] 초청강연

Introduction of Na-$NiCl_2$ Batteries for Energy Storage Systems: 이규태; *서울대학교.*

Keywords: Na-$NiCl_2$ battery, reaction mechanism, failure mechanism, high temperature cell

근래 들어 환경 오염 등의 문제를 개선하기 위하여 전력저장용 이차전지 개발에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 전력 저장 장치의 에너지원으로써 값비싼 리튬 이온 전지뿐 아니라 다양한 저가의 소듐 기반 고온 이차전지에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 고온 소듐 기반 이차전지의 경우, 대표적으로 Na-$NiCl_2$ 전지 및 Na-S 전지를 예를 들수 있으며, 이러한 이차 전지는 상용화에 근접한 전지 성능을 보여주고 있다. Na-$NiCl_2$ 전지는 소듐 금속을 음극으로, $NiCl_2$를 양극으로, 용융된 $NaAlCl_4$를 액체 전해질로, 그리고 beta-alumina 또는 NASICON을 고체 전해질로 사용한다. 본 발표에서는 Na-$NiCl_2$ 전지의 반응 메커니즘 및 열화 메커니즘을 소개하고자 하며, 또한 현재 진행되고 있는 Na-$NiCl_2$ 전지의 연구 동향에 대해 살펴 볼 예정이다.

[전지3-2 | 13:55] 초청강연

Advanced Sodium-Metal Halide (Na-MH) Batteries for Stationary Energy Storage Applications: Guosheng Li, Vince Sprenkle; *Pacific Northwest National Laboratory(PNNL).*

Keywords: Stationary Energy Storage, Na-MH Battery, ZEBRA, Intermediate temperature

Advanced Sodium-Metal Halide (Na-MH) Batteries for Stationary Energy Storage Applications Guosheng Li and Vince L. Sprenkle Electrochemical Materials and Systems Group, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA, USA Email: guosheng.li@pnnl.gov Keyword: Stationary Energy Storage, Na-MH Battery, ZEBRA, Intermediate temperature Stationary energy storage system (ESS) has been considered as one of the key components for Grid-Modernization, since it is crucial to stimulate the growth of renewable energy resources and to improve the reliability of electric power grids. As the battery technology expands its applications to ESS, rechargeable Na batteries could provide great promises for lowering materials cost by using earth abundant Na resource, which is much less susceptible for resource and supply risks compared to lithium based battery technologies. Of the particular interest is Na-metal halide (Na-MH) battery, which has gained increasing interests as a large-scale energy storage device owing to its several advantages such as abundant resources, higher voltage, long cycle life, safe cell failure mode, and easiness of assembly in discharged state. The R&D efforts in PNNL have been primary focusing on advanced Na-MH battery technologies by lowering the operating temperature (< 200°C) and developing low cost cathode materials as well as cell assembly technologies. It was found that lowering operating temperature helps to retain the long-term stability and higher energy density of Na-MH batteries by slowing down the degradation of cathode materials. Furthermore, lowering operating temperature also provides opportunities to use conventional high temperature polymers as sealing materials, which can greatly reduce cell manufacturing costs. In this presentation, we also would like to present the advanced cathode materials, and share our perspective to Na-MH battery technology for stationary ESS applications.

[전지3-3 | 14:20] 초청강연

Na/$NiCl_2$ 전지용 부품 제조 및 접합기술: 심승택, 황인기, 이영철; *에너진.*

Keywords: a/$NiCl_2$ Battery, Ceramic-Ceramic Bonding, Metal-ceramic Bonding, Press forming, TCB Bonding

전력저장용 이차전지인 Na/NiCl2 Battery는 많은 부품으로 구성되어있다. 또한 각각의 부품들은 다양한 접합방법으로 조립되어있다. Na/NiCl2 Battery 부품은 전기전도도 및 열전도도의 향상을 위해 Nickel을 Base로 제작되어있으며, 구성품의 명칭은 Case, Lower Case, Upper Case, Current Collect, Outer Ring, Inner Cap, Shim, Upper Ring, Lower Ring, α-Alumina Ring, β-Alumina Tube와 Carbon Felt로 이루어져 있고, Case, Upper Case, Lower Case를 접합하여 하나의 Cell이 되며, 이 Cell의 내부에는 Shim에 둘러싸인 β-Alumina Tube가 있고, β-Alumina Tube는 Current Collect와 Outer Ring, Inner Cap, Upper Ring, Lower Ring, α-Alumina Ring과 함께 접합되어 있다. Na/NiCl2 Battery 부품은 Metal-Metal 접합, Metal-Ceramic 접합, Ceramic-Ceramic 접합 등 다양한 방법을 사용하여 조립되며, Laser Welding, Metallizing, TCB 본딩 방법이 사용된다.

[전지3-4 | 14:45]

하소/소결 단일공정 적용에 따른 고온형 sodium beta-alumina 2차 전지용 고체전해질 제조 연구: 이대한, 임성기; 건국대학교.

Keywords: sodium beta-alumina batteries, Na^+-beta-Al_2O_3, solid electrolyte, calcining-cum-sintering process

고온형 sodium beta-alumina 2차 전지 중에서 Na/S 2차 전지와 Na/$NiCl_2$ 2차 전지가 현재 대표적이라고 할 수 있으며, molten sodium을 음극으로 사용하며, Na^+-beta-Al_2O_3를 Na^+ 이온전도체로 사용하는 것을 특징으로 한다. 따라서 Na^+-beta-Al_2O_3 고체전해질은 sodium beta-alumina 2차 전지의 핵심 소재라고 할 수 있다. Na^+-beta-Al_2O_3 고체전해질은 전통적으로 고상반응법으

로 제품을 제조하였다. 하지만 고상반응법은 제조공정이 복잡하며, 공정시간이 오래 소요되며, 균일한 제품을 제조하기 위하여 고온에서의 Na^+-beta-Al_2O_3 합성 공정이 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 단점을 극복하고자 Na^+-beta-Al_2O_3 합성 공정을 생략하여, 저렴한 초기원료 사용이 가능하고, 고체전해질 제조 공정 간소화에 따른 공정 시간 단축 및 공정 에너지 절감의 장점을 갖는 하소/소결 단일 공정을 적용하여 Na^+-beta-Al_2O_3고체전해질 제조에 대한 연구를 수행하였다. 하소/소결 단일공정에서는 초기원료 α-Al_2O_3 상에서 Na^+-β-Al_2O_3로의 상 전이, Na^+-β-Al_2O_3에서 Na^+-β″-Al_2O_3로의 상 전이가 연속적으로 발생하여 하소/소결 공정에서 고체전해질 matrix 내에서 극심한 볼륨 팽창 현상을 야기하게 된다. 또한 하소/소결 단일 공정에서 연속적인 상 전이 그리고 Na^+-β″-Al_2O_3의 치밀화가 진행이 되기 때문에 우수한 품질 그리고 균일한 제품 제조의 어려움이 예상된다. 이를 극복하기 위하여 Na_2O-Al_2O_3-MgO 삼성분계 시스템을 확립하여 최적화 조성을 확보, Na^+-β″-Al_2O_3 고체전해질 소결 물성 향상을 위하여 도판트에 따른 최적 함량을 도출하고자 하며, Na^+-β″-Al_2O_3의 전도면(conduction plane) 배향(orientation)을 조절하여 고체전해질의 이온전도도 향상 연구를 수행하였으며 이에 대한 결과를 발표하고자 한다.

[전지4-1 | 15:10] 초청강연

Na-metal chloride 전지의 충방전 특성에 미치는 양극용 금속 활물질 분말의 영향: 안철우[1], 안병민[1,2], 한병동[1], 김양도[2], 최준환[1]; *[1] 재료연구소(KIMS). [2] 부산대학교.*

Keywords: Na/$NiCl_2$ 전지, Na-metal chloride 전지, ESS, 금속 활물질 분말

국내외적으로 에너지 전환정책에 따른 신재생에너지 발전량이 크게 증가할 경우, 대형(MW급)에서 초대형(수백 MW급)의 ESS (Energy Storage System)가 필요하여 전지의 안전성이 무엇보다 중요하게 된다. Sodium metal chloride (Na-MCl_2, M: metal)전지는 주로 안전한 소재인 세라믹과 금속으로 구성되어 안전성이 보장되는 이차전지이지만 활물질로 사용되는 Ni의 가격문제가 단점으로 지적되고 있다. 자연에서 쉽게 구할 수 있는 소금을 Na+ 이온 소스(source)로 사용하는 Na-MCl_2 전지에서 고가의 소재는 Ni이 유일하여 Ni을 저가 소재로 대체할 경우 가격 면에서도 타전지 대비 차별성 있는 장점이 될 수 있다. 최근 들어 ESS용 이차전지 기술 개발이 활발히 진행되고 있는데 그 중에서도 장주기 중대형 용량에 적합한 Na계 전지에 대한 관심이 커지고 있다. 또한 LiB 발화/발열 가능성 때문에 ESS용 비리튬계 이차전지에 대한 기술 개발이 확대되고 있다. 대표적인 Na계 전지인 Na-S 전지는 대용량 ESS로 사용되어 왔지만 최근 폭발사고 등으로 인해 안전성에 대한 문제가 제기되었다. 이에 비해 Na-$NiCl_2$ 전지는 Na-S 전지와 유사한 점이 많지만 failure mode에서의 cell 및 system의 안전성을 확보할 수 있고, 음극에 용융 나트륨을 직접 주입하지 않아도 된다는 장점이 있다. Na/$NiCl_2$ 전지의 성능에 미치는 핵심 소재는 고체전해질인 β″-alumina tube와 양극재로 충전에 따른 셀의 저항증가는 주로 양극재에 기인하며, 전지의 전기화학적 특성 및 충방전 성능에 가장 중요한 역할을 하는 양극 소재가 활성물질인 니켈 분말이다. 본 발표에서는 양극용 금속 분말의 종류와 입도 및 형상이 Na/MCl_2 전지의 충방전 특성 및 양극 내 전자 전도에 미치는 영향에 대해 조사하였고, 이를 통해 양극부에 Ni 이외의 금속분말을 첨가함에 따라 금속 입자간 연결성과 전지의 싸이클 특성을 향상시킬 수도 있음을 알 수 있었다.

[전지4-2 | 15:35] 초청강연

High-power Na/$ZnCl_2$ Battery: 김창삼[1], 김한준[1], 변동진[2]; *[1] 한국과학기술연구원(KIST). [2] 고려대학교.*

Keywords: Metal chloride batteries, Zinc chloride, High power, Ohmic resistance, Carbon felt

양극활물질로 니켈과 소금을, 음극으로 나트륨을 사용하는 Na/$NiCl_2$ 전지는 에너지밀도가 높으며 15년 이상의 장기 구동이 가능할 뿐만 아니라 LIB, NIB, NAS 전지와 비교하였을 때 안전성이 탁월하여 전력저장, 대용량 에너지백업, 운송용 이차전지로 활용되고 있다.[1] 그러나 Na/$NiCl_2$ 전지의 제조단가는 LIB나 NAS 전지에 비하여 경쟁력이 크다고는 할 수 없다. 그 원인은, 현재 상용화된 Na/$NiCl_2$ 단전지의 최적 용량이 40Ah로 NAS 단전지 최적 용량(약 600Ah)의 1/15로 작은 것도 하나의 원인이지만, 전지 재료비에서 차지하는 니켈의 비율이 60%로 크다는 것도 큰 원인 중의 하나이다. Na/$ZnCl_2$ 전지는 Ni대신 Zn을 사용하는 전지로 재료비를 40% 이상 절감할 수 있고 충방전 중에 NaCl-$ZnCl_2$ 액상 염이 생성되기 때문에 금속과 소금 입자의 입성장이 없어 사이클이 진행되어도 용량이 감소하지 않는 장점이 있다.[2] 하지만, Na/$ZnCl_2$전지의 기전력은 Na/$NiCl_2$전지 보다 0.55V 낮아 에너지밀도와 출력특성이 떨어지는 단점이 있다. 본 연구는 Na/$ZnCl_2$ 전지 양극에 탄소펠트를 삽입하여 옴저항을 줄이고 액체전해질과 활물질이 분리되는 것을 억제하여 출력특성을 향상시키는 것이 목적이다. 탄소펠트 삽입으로 충전시의 옴저항이 20% 감소하였고 출력특성이 향상되었다. [1] C.-H. Dustmann. J. Power Sources. 127, 85 (2004). [2] X. Lu, G. Li, J. Y. Kim, J. P. Lemmon, V. L. Sprenkle, Z. Yang. Energy Environ. Sci. 6, 1837 (2013).

[전지4-3 | 16:00] 초청강연

Polymer sealed planar Na-$NiCl_2$ battery being operated at below 200°C: 정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 양충모[1], 황순철[1], 박영민[1], 문지웅[1], Guoheng Li[2], Vincent L. Sprenkle[2], 진단아[3], 심우영[3], 이윤기[4], 박세영[5]; *[1] 포항산업과학연구원(RIST). [2] Pacific Northwest National Laboratory(PNNL). [3] 연세대학교. [4] 경상대학교. [5] 포스코.*

Keywords: 대용량 전력저장 시스템(ESS), 평판형 Na-$NiCl_2$ 전지, 베타알루미나 고체전해질, 폴리머 접합

Sodium nickel chloride (Na/$NiCl_2$) battery is one of the most promising candidates as a large scale electrochemical energy storage device. The battery comprises molten Na and $NiCl_2$ as negative and positive electrodes, respectively, in its charged state, separating them by a b”-Al_2O_3 solid electrolyte (BASE). In order to facilitate fast sodium ion transport in the cathode compartment, molten $NaAlCl_4$, as a secondary electrolyte (or catholyte), is infiltrated into the cathode materials powder. The battery typically operates at 250~300°C to maximize the ionic flux in the $NaAlCl_4$ and through the solid electrolyte, and to minimize the dissolution of $NiCl_2$ into the

melt. However, this efficient battery is yet to be widely used in the energy storage market since it is still expensive and hard to dramatically reduce the cell cost mainly due to its use of the state-of-the-art expensive sealing technologies, such as thermal compression bonding, glass sealing, and laser welding. The presentation introduces Korea-U.S. collaborative efforts to develop a lower temperature operating sodium beta-alumina battery (LT-NBB) with $Na/NiCl_2$ chemistry. Since the novel battery runs at below 200°C, it can be fabricated at an ultra low manufacturing cost by introducing a planar cell design with a greatly reduced number of cell components, and by substituting expensive sealing technologies with low cost polymer sealing. Enhanced degradation resistance of cathode materials is another important advantage of this technology. This presentation will start with stating the problems in traditional sodium beta-alumina batteries, and possible solutions to resolve the issues will be described. Challenges and progress in materializing prototype LT-NBB cells, and related core technologies, including cell design, highly toughened solid electrolyte, and polymer sealing method, will be introduced.

[전지4-4 | 16:25] 초청강연

Advanced Na-β"-alumina solid electrolytes for planar sodium nickel chloride ($Na/NiCl_2$) batteries: 이윤기[1], 김혜란[1], 김성원[1],손소리[2], 박윤철[2], 정기영[2]; *[1]경상대학교 [2] 포항산업과학연구원(RIST)*

Keywords: Na-Beta alumina, Solid electrolyte, $Na/NiCl_2$ battery, ZEBRA

The sodium high-temperature rechargeable batteries, e.g. sodium nickel chloride ($Na/NiCl_2$) batteries, have been highlighted for large-scale energy storage applications due to the possibility of cost reduction by using a naturally abundant element and negligible self-discharge rate. The molten sodium anode can easily obtain a high capacity with a simple structure; however, it is essential to employ a stable electrolyte at a high temperature. Na-?"-alumina with the nominal composition of $(Na_2O)\cdot(Al_2O_3)_x$ (x = 5~7) has been considered as a solid electrolyte due to its fast ionic conduction and high thermal stability. The superb sodium ion conduction in the material is originated from its loosely packed Na-O layer between spinel structure. When the cell operates below 200°C, cell degradation is able to be significantly suppressed and polymer sealant can substitute for conventional expensive joining materials; nevertheless, only a few studies have been focused on lowering temperature since the resistance rise of the solid electrolyte is most severe on cell performance. In recent years, efforts are being made to develop planar solid electrolytes since the planar design is easy to allow a thinner electrolyte that reduces the area specific resistance compared to a conventional tubular structure. The effect of additives has also been investigated on the electrical/mechanical properties of Na-β"-alumina. In this presentation, we will discuss recent progress on dimensional and compositional approaches to enhance sodium ionic transport of Na-β"-alumina solid electrolytes.

[전지5-1 | 16:50 초청강연]

Bismuth islands coating on a β”-alumina for low temperature Na-BASE batteries: 심우영[1], 진단아[1], 최상진[1], 장우선[1], Aloysius Soon[1], 이윤기[2], 박윤철[3], 정기영[3]; *[1]연세대학교 [2]경상대학교 [3]포항산업과학연구원(RIST)*

Keywords: Sodium-beta alumina battery, liquid metal, wetting, bismuth

재생 에너지의 중요성이 증대됨에 따라 높은 비 에너지, 높은 충 방전 효율 및 긴 사이클 수명을 갖는 Sodium/ β”-alumina batteries (NBBs) 셀이 효과적인 에너지 저장 장치 중 하나로 주목 받고 있다. 중저온에서 NBBs을 구동시킬 시 발생하는 주요 기술적 문제들 중 하나는 액상 나트륨(Na)과 고체 전해질인 Beta”-alumina (BASE) 사이의 좋지 못한 습윤 특성이다. 이는 BASE의 반응면적을 감소시키고 배터리 성능의 저하를 야기 시킨다. 액상 Na의 습윤 특성은 BASE 표면의 흡착 된 수분에 의한 산화막 형성에 의해 큰 영향을 받는다. 형성된 산화막은 Na의 용해를 방해하여 BASE에 대한 낮은 습윤 특성을 유발하고 나트륨의 습윤 거동의 정확한 측정을 방해한다. 본 연구에서는 BASE 위에 형성된 수분 계면의 영향을 연구하기 위해 수분과 산소 분위기가 제어된 환경에서 Sessile-drop 기법을 사용해 BASE 표면 위에서 액상 Na의 젖음성을 관찰했다. 수분 계면을 분리하기 위해 BASE 표면은 나트륨과 합금을 형성 할 수 있는 금속으로 코팅하였고, 따라서 BASE 표면을 외부 환경과 격리하여 실제 셀을 모방하는 방식으로 표면을 처리하였다. Bismuth (Bi)를 코팅 층으로 선택하였고 효과적인 패시베이션을 통해 습윤성 및 전지 성능의 향상을 확인하였다. 단순한 박막 증착으로 저온 NBBs의 구현 가능성을 입증하였고 대규모 생산의 실질적인 가능성을 보여주었다.

[전지5-2 | 17:15 초청강연]

중저온 구동 $Na/NiCl_2$ 전지용 모듈설계에서의 열관리: 양충모, 박윤철, 손소리, 정기영; 포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: Na/NiCl2 battery, Na-based batteries, Thermal treatment, Module design

전세계적으로 확대되고 있는 신재생에너지 시장과 연계하여 친환경 · 신재생에너지 발전 비중을 확대하는 에너지전환정책이 속도를 내면서 대용량 ESS 시장규모는 2016년 25억6000만달러에서 2020년에는 약 150억달러, 2025년 292억달러로 10배이상 급성장할 것으로 전망되고 있다. 이러한 우호적인 환경변화에도 불구하고 ESS 시장은 그 동안 안전성, 수명, 가격 이슈로 시장의 대폭적인 확대가 지연되고 있는 실정이다. 현재 LiB, Na/S, RFB, $Na/NiCl_2$ 등이 후보기술로 상용화 되거나 개발 중에 있으며, 이 중 $Na/NiCl_2$는 수명과 안전성 우수하여 설비 투자비와 공정비를 획기적인 저감할 수 있는 제조 기술을 개발하여 가격경쟁력을 확보한다면 ESS 시장의 50% 이상을 점유할 것으로 예상되는 에너지셀 시장의 대폭적인 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 포항산업과학연구원에서는 안전성이 우수한 $Na/NiCl_2$ Chemistry를 기반으로 구동온도를 300°C 고온에서 190°C의 중저온으로 낮출 수 있는 양극 활물질, 이차전해질 및 프리폼 제조공정을 개발하고, 이에 적합한 폴리머 밀봉 공법을 적용함으로써 그 동안 저가격화의 걸림돌이 되어 온 고비용 접합공정을 대체하는 등 $Na/NiCl_2$ 전지의 초저가화를 위한 연구를 진행하고 있다. 이와 병행하여 부품수를 대폭

축소하는 평판형 셀 설계와 기존 Multi-Step 제조공정을 단순화한 1-Step Hot Pressing 셀 제조 공정을 적용하여 대량 생산이 가능한 단전지 제조공정을 개발하고 있다. 또한, 중저온 구동 평판 Na계 이차전지의 핵심 요소기술 및 단전지 제조 기술을 기반으로 양산 가능한 2 kWh급 가정용 ESS 모듈의 개발을 추진하고 있다. 이를 위해서는 15~25Wh급 단전지를 직병렬로 연결하는 모듈화 기술과 열관리 구조를 포함한 핫박스 형상 설계 기술 등의 모듈 설계 기술을 확보하여야 한다. 열관리와 관련된 모듈설계 기술로는 heater/cooler/thermal insulation 등의 사양 및 소재 선정에서부터 열유동 모델링과 실험을 통한 운전시 또는 오동작시의 온도예측 등이 있으며, 구조적 안정성 확보를 위한 모듈설계 기술로는 셀 스택의 기계적 체결 안정성, 셀 배치에 따른 전기적/기계적 안정성 뿐 아니라 승온/냉각시 열변형에 따른 기계적 안정성에 대한 설계와 예측 기술이 포함된다. 본 논문에서는 모듈 열관리 기술의 기본이 되는 셀 스택의 온도 예측을 위한 열전달 모델링 기법을 소개하고 모듈 설계와 운전 조건에 따른 온도 변화 결과를 모듈 핫박스 설계에 활용하는 방법에 대하여 소개하고자 한다.

[전지5-3 | 17:40] 초청강연

Cost analysis in R&D of Sodium-based secondary battery: 이정승[1], 정기영[2]; [1]호서대학교. [2]포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: Sodium-based secondary battery, cost analysis

본 연구는 ESS용 나트륨계 이차전지를 대상으로, 원가 분석을 포함한 경제성 분석을 실시하였다. 비용 최소화를 위한 최적화 모형 분석을 통해 나트륨계 이차전지를 상용화할 때 규모의 경제를 달성할 수 있는 최소 생산량과 달성 시기를 예측하였고, 요인별 민감도 분석을 통해 원가에 영향을 미치는 주요 요인을 도출하였다. 향후 나트륨계 이차전지의 성능은 지속적으로 향상되고 양산 설비 증설에 따라 가격은 추가 하락할 것으로 예상된다. 본 연구에서 개발된 나트륨계 이차전지 패키지를 대용량 전력저장 용도 등에 적용할 경우 통계적으로 유의미한 경제적 이익이 발생할 것으로 기대된다.

전자재료
Room 삼다A, 4월 27일

[전자1-1 | 09:00]

High-performance Transparent Hydrogen Gas Sensor using Oxide Heterostructures: 김성민[1], 김혜주[1], 석태준[2], 박태주[2], 이상운[1]; [1] *아주대학교.* [2] *한양대학교.*

Keywords: Hydrogen Gas Sensor, Oxide heterostructures

Recently, two-dimensional electron gas (2DEG) at oxide heterostructures has attracted intense attentions owing to their unique physical properties. A model system is $LaAlO_3/SrTiO_3$ in which $LaAlO_3$ layer is epitaxially grown by pulsed laser deposition on single crystalline $SrTiO_3$ substrate at 700 ~ 800 °C. Here, we discovered 2DEG at the interface of Al_2O_3-based oxide heterostructure using atomic layer deposition (ALD) technique. The electrical performances were comparable to those obtained from epitaxial interfaces at $LaAlO_3/SrTiO_3$ heterostructures with high electron densities of 10^{13}~10^{14}/cm^2. In this work, we demonstrate high performance hydrogen gas sensors using Al_2O_3-based oxide heterostructure grown by ALD. The hydrogen sensors are transparent, and they exhibit fast response time even at room temperature ($?_{90}$ < 30 s), which outperform previously reported hydrogen gas sensors. The developed sensors detect diverse concentration of hydrogen gases, ranging from 5 ppm to 1%. Those high performance of gas sensor using oxide heterostructure will be introduced, and the operation principle will be discussed at the presentation.

[전자1-2 | 09:15]

Doping effect on the sensing properties of ZnO nanoparticles synthesized by flame spray pyrolysis for detection of acetone as a biomarker: * Ran Yoo, Yunji Park, Aran Koo, Wooyoung Lee; *Department of materials science and engineering, Yonsei Univ.*

Keywords: Acetone gas sensor, Flame spray pyrolysis, Al-doped ZnO

The development of chemo-resistive gas sensors for environmental and industrial air monitoring as well as medical breath analysis is investigated. Flame-made ZnO nanoparticles (NPs) doped with 1 at% Aluminum exhibited higher sensing performance (response 245, response time ~ 3 s, and sensitivity 23 ppm^{-1}) than pure ZnO and those made by a hydrothermal method (HT) (41, ~ 12 s, and 4 ppm^{-1}) for detection of 10 ppm acetone. Furthermore, their sensing response of ~10 to 0.1 ppm of acetone at 90% RH is superior to other metal oxide sensors and they feature good acetone selectivity to other compounds (including NH_3, isoprene and CO). Characterization by N_2 adsorption, X-ray photoelectron and UV-vis spectroscopies reveals that the improved sensing performance of flame-made Al-doped ZnO NPs is associated primarily to a higher density of oxygen vacancies than pure ZnO and all HT-made NPs. This leads to a greater number of adsorbed oxygen ions on the surfaces of Al-doped ZnO NPs, which can react with acetone molecules.

[전자1-3 | 09:30]

Enhanced H_2 Sensing Properties of Pd-coated SnO_2 Nanorod Arrays in Transformer Oil: Min Hyung Kim[1], Byungjin Jang[2], Wooyoung Lee[1]; [1]Department of Materials Science and Engineering. [2]Yonsei University.

Keywords: Hydrogen gas sensor, SnO_2, Pd, Schottky barrier, Transformer oil

We have investigated the H2 sensing properties of Pd nanoparticles on vertical standing SnO_2 nanorod (NR) arrays for the detection of dissolved hydrogen (H2) gas in transformer oil. SnO_2 nanorod arrays were fabricated by glancing angle deposition using an e-beam evaporator. The SnO_2 nanorods arrays have an average height of 200 nm. The Pd film with a thickness of 5nm was coated on the top surface of SnO_2 nanorod arrays by an ultra-high vacuum DC magnetron sputtering system. The Pd-coated SnO_2 nanorod arrays showed high response (Ra-Rg/Rg = 104, Ra: Resistance in air; Rg: Resistance in hydrogen) at 10,000 ppm of H2. This optimized Pd-coated SnO_2 NR arrays were immersed and measured in transformer oil with various dissolved concentrations of H2. We found that Pd-coated SnO_2 NR arrays showed significantly superior performance with regard to the response (~96.3), the lowest detection limit (0.2 ppm), and the response time (300 s). The Pd-coated SnO_2 NR arrays showed a temperature coefficient of resistance (TCR) of 3.69×10-3 °C-1 at various oil temperatures (20–80 °C). Furthermore, we found that the change in Schottky barrier height on H2 concentration was shown in Pd-coated SnO_2 nanorod arrays. A Schottky barrier was formed between the Pd and SnO_2 ($\phi M > \phi SC$) before exposure to H2 and decreased after H2 exposure.Therefore, Pd-coated SnO_2 NR arrays shows excellent sensing properties to H2 in air and transformer oil.

[전자1-4 | 09:45]

Pd-coated Si Nanowire Arrays for Detection of Hydrogen Gas in Transformer Oil: 장병진, 김민형, 이우영; 연세대학교 공과대학 신소재공학과.

Keywords: Hydrogen gas sensor, Si nanowire arrays, Aqueous electroless etching, Pd coating, Shottky/Ohmic contact, Transformer oil

We report an advanced approach for H_2 gas sensing using both n- and p-type Si nanowires (NWs) arrays, which were fabricated by

aqueous electroless etching and sputtering. The as-synthesized Si NWs were vertically aligned on the substrate and Pd was coated on the top surface of Si NW arrays. At a criterion of base resistance, the resistances of the Pd-coated Si NWs upon exposure to H_2 showed different behaviors with different carrier types: higher in the n-type arrays whereas lower in the p-type arrays. The sensitivity (S = 1700% at 1% H_2) of the p-type arrays was much greater than that of the n-type arrays (S = 75%). Furthermore, the change in carrier density depending on H_2 concentration was big in the p-type arrays, while it was negligible in the n-type arrays. It was found that a Schottky barrier was formed between Pd layer and n-Si NWs ($\phi_M > \phi_{SC}$) before exposure to H_2 and an Ohmic contact ($\phi_M < \phi_{SC}$) was formed after H_2 exposure. However, the opposite results were seen between the Pd and p-Si: Ohmic contact ($\phi_M > \phi_{SC}$) before exposure to H_2 and Schottky barrier ($\phi_M < \phi_{SC}$) after exposure to H_2. Therefore, the p-type Si NW arrays have higher sensitivity to H_2 than the n-type Si NW arrays. We also discussed H_2 sensing properties of Pd-coated Si NWs in transformer oil.

[전자1-5 | 10:00]

Impedance and Modulus Spectroscopy of ZnO-$BiVO_4$-Mn_3O_4 Varisors: Youn Woo Hong, Man Jin Ha, Jong Hoo Paik, Jeong Ho Cho, Young Hun Jeong, Ji Sun Yun; KICET.

Keywords: ZnO, Varistor, Impedance, Grain Boundary

Polycrystalline ZnO has been applied to various electrical and optical applications such as gas sensors, piezoelectric transducers, phosphors, transparent conducting films, and varistors. To control these devices it is important to understand the grain and grain boundary properties in doped ZnO, especially in ZnO varistor. All of these applications are affected by defects and interface state properties according to various dopants (Bi, V, Co, Mn…oxides). It is known that cobalt and/or manganese oxide added to ZnO improves the nonlinear current-voltage characteristics, which is presumably due to the formation of the Schottky-type double barriers at the grain boundaries. Also it is found that the presence of a large Bi, V, Pr or Ca ions induces the concentration of native defects of acceptor type in the grain boundary of doped ZnO. However, it is not known about the relationship between the defects and grain boundary properties in the simple three component system ZnO-$BiVO_4$-Mn_3O_4 (ZBVMn) revealed good nonlinear current-voltage characteristics namely varistor behaviors. In this study, we investigated the effects of Mn_3O_4 doped ZnO-$BiVO_4$ ceramics (it's a new varistor system developed by our lab.) on the grain boundary properties using impedance and modulus spectroscopy. It will provide information about the grain boundary properties for the double Schottky barrier. Experimentally Mn-doped ZnO-$BiVO_4$ sintered at 800~1000°C in air have more complex grain boundaries (apparent activation energy Ea=0.53~0.85 eV), and a good varistor properties (nonlinear coefficient α~60). The origin of varistor behavior in ZBVMn has been discussed in relation to grain boundary based on the experimental results.

[전자1-6 | 10:15]

열필라멘트 화학기상증착 공정 중 발생하는 하전된 실리콘 카바이드 나노입자: 김다슬, 권지혜, 김두윤, 황농문; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: CVD, Silicon carbide, Charged nanoparticles, HWCVD

실리콘 카바이드는 대표적인 와이드 밴드갭 반도체로, 기존의 실리콘의 물적 한계를 넘을 수 있는 새로운 반도체 재료로서 수요가 증가하고 있다. 본 연구의 목적은 열필라멘트 화학기상증착으로 실리콘 카바이드를 증착할 때 하전된 나노입자의 발생과 그 거동을 이해하는 것이다. Transmission Electron Microscopy(TEM) 분석을 이용하여 수나노미터 크기의 실리콘 카바이드 나노입자가 발생하는 것을 확인하였으며, 나노입자의 크기가 공정 변수에 따라 달라지는 것을 관찰하였다. 또한 박막 증착시 기판 및 필라멘트에 바이어스를 걸어 증착된 박막의 미세구조 변화를 관찰을 통해 바이어스가 박막 증착 공정에 있어서 새로운 공정 변수로 작용할 수 있음을 확인하였다.

[전자2-1 | 10:40 초청강연]

Highly conductive and transparent hybrid silver nanowire electrode for diverse photovoltaic applications: 송명관; *한국기계연구원부설재료연구소.*

Keywords: Silver nanowire, photovoltaic, Zinc oxide, solar cells

We report on highly transparent and conductive hybrid silver nanowire/zinc oxide (AgNW/ZnO) thin films prepared with a spin-coating and their optical/electrical properties measured for versatile photovoltaic applications. By using spin-coating Ag NW/ZnO on a glass substrate, these films exhibited a low sheet resistance of » 15 Ω sq^{-1} with a high transmittance of 83.24 % at 550 nm in wavelength. The optical, morphological, and electrical properties of hybrid Ag NW/ZnO films were investigated and fabricated for versatile photovoltaic applications. The optimized perovskite solar cells (PSCs), a-Si solar cells, and inverted organic solar cells (IOSCS) show a PCE of ~12%, ~8%, and 8%, respectively. These results indicated that the possibility of hybrid Ag NW/ZnO electrodes can be used as transparent conducting electrodes for versatile photovoltaic and also have the potential to replace commercial ITO and FTO electrodes.

[전자2-2 | 11:05]

Image Sensor Array for Digital X-ray Imaging System: Min Suk Oh[1], Jiwan Kim[2], Yong-Hoon Kim[3], Chul Jong Han[1], Byungwook Yoo[1]; [1]*Korea Electronics Technology Institute (KETI).* [2]*Kyonggi University.* [3]*Sungkyunkwan University.*

Keywords: Image Sensor, Organic Photodiode, Oxide TFT

Until a recent date, X-ray imaging system for medical applications has used analogue system using films for acquiring images. But

this film-type analogue system needs the large storage space and the chemicals for developing the image films, and retake or real-time processing is unavailable. To solve these problems, the digital X-ray imaging systems emerged. Recently, the charge-coupled device (CCD) systems and the flat panel systems which use the semiconductor sensors have been developed. But, due to higher resolution & less radiation exposure, the flat panel system is substituting for the CCD system. Flat panel system consists of the conversion part which converts X-ray to the electric charge and thin film transistor (TFT) backplane which reads out the electrical signals. Because TFT technologies came from the flat panel display industry, the process and the data acquisition of large image are possible. In this presentation, we'll introduce digital X-ray imaging system by introducing new flexible scintillator film with high resolution, flexible photodiode and oxide thin film transistor array with high performance at low process temperature

[전자2-3 | 11:20]

Improved Light Harvesting in Flexible Organic Solar Cells by Simutaneous Implementation of Self-cleaning and Light-trapping: 정은욱[1], 송명관[1], 나종주[1], 조영래[2], 윤정흠[1]; *[1]한국기계연구소 부설 재료연구소 표면기술연구본부. [2]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Light trapping, Superhydrophobicity, Superoleophobicity, Flexible organic solar cells

최근 폴리머 기판을 기반으로 한 유기 태양전지와 OLED로 대표되는 유기 광전자 소자 개발은 기판 소재의 유연성, 가벼운 무게, 대량 생산성 등의 장점들로 인해 많은 관심을 받고 있다. 그러나 유연 유기 광전자 소자들은 기존의 기판에 제조된 장치들에 비해 낮은 에너지 변환효율과 표면에 이물질 축적으로 인한 광 투과 감소로 장시간 안정성이 확보되지 않는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 입사되는 빛의 반사방지 또는 산란시키는 구조를 통한 에너지 변환효율 향상과 자가세정을 통한 장시간 안정성 확보가 대안으로 떠오르고 있지만 두 가지 효과를 동시에 발현하는 연구는 아직 제한적이다. 본 연구에서는 태양전지의 효율 향상과 장시간 안정성을 확보하기 위해 광 산란 및 내오염성 특성을 동시에 발현하는 실리카 나노 구조체를 폴리머 기판 위에 제조하였다. 실리카 나노 구조체는 플라즈마 전처리 및 화학기상증착법을 이용하여 두 가지 특성을 최적화하였다. 실리카 나노 구조체는 물과 기름의 접촉각이 150° 이상을 보이는 우수한 내오염성과 80 % 이상의 높은 광 산란도를 동시에 나타내었다. 나노 구조체의 반대 표면에 제조한 유기 태양전지의 효율은 기존 대비 10 % 이상 향상되는 것을 확인하였다.

[전자2-4 | 11:35]

Fabrication of $BiVO_4/WO_3$ Heterojunction Anodes for Solar Water Splitting by All-solution Process: 이보름, 이미경, 장호원; *서울대학교.*

Keywords: Photoelectrochemical, Tungsten Oxide, Heterojunction

Tungsten oxide have been developed as a promising water splitting material due to its appropriate band-edge position and moderate hole diffusion length. Also, It can absorb large range of wavelength including visible light because of its proper band gap. Solar water splitting using metal oxide nanorods is suitable for hydrogen production due to their large surface area and short distance for holes to diffuse. Among the various oxide nanostructure fabrication technologies, hydrothermal synthesis is the most simple and eco-friendly technology because pre-existing technologies often need vacuum equipment or etching process. However, the hydrothermal synthesis of WO_3 nanorods without seed layer on substrate such as FTO/glass is difficult to be achieved due to the poor adhesion between WO_3 nanorods and FTO/glass. Herein, we report the synthesis of WO_3 nanorod arrays without seed layer for water splitting. Furthermore, to enhance photoelectrochemical properties, $BiVO_4/WO_3$ heterojunction anodes were fabricated by all-solution process. $BiVO_4$ nanodots were formed by pulsed electrodeposition on WO_3 nanorods synthesized by hydrothermal method. The current density of $BiVO_4/WO_3$ heterojunction anodes was double that of bare WO_3 nanorod arrays. This all-solution process enables the eco-friendly technology to fabricate efficient water splitting anode.

[전자2-5 | 11:50]

Properties-controllable RTCVD multilayer graphene: Min-Sik Kim[1], Inseob Bae[2], Won Bin Kim[2], Dong Yoon Ko[3], Hyun-Mi Kim[1], Won Sik Nam[3], Byeong Jin Kim[3], Ki-Bum Kim[1]; *[1]Seoul National University. [2]HAESUNG Device Solution. [3]NPS corporation.*

Keywords: Graphene, Multilayer graphene, CVD, RTCVD, transparent conductive electrode

Due to the graphene superior electrical mechanical and optical properties, graphene is particularly advantageous for flexible transparent conductive electrode applications. However, in practice the sheet resistance of a single layer graphene is still not sufficient for this purpose. One of the methods to reduce the graphene sheet resistance is increasing the number of graphene layers. But, there is the trade-off between the sheet resistance and the optical transmittance of graphene, efficient method which controls the optical and electrical properties of graphene is needed. In addition, in order to be applied to roll-to-roll transfer process which is widely used in industry for mass production, it is required to synthesize graphene on foil. Here, we propose a method which controls the number of layers and quality of graphene through various thicknesses of the Cu (from 0 to 700 nm) and Ni (from 100 to 700 nm) on the Cu foil (23 um) by using rapid thermal chemical vapor deposition (CVD) system. Since the temperature rapidly rises to 1025 °C within the 5 min 30 sec, small amounts of Cu and Ni, which compared to the whole Cu/Ni/Cu foil structure, can effect on the graphene growth. The thicker Ni interlayer grow the thicker multilayer graphene. We exhibit a continuous change in the number of graphene layers from 1 to 13. As the number of graphene layers increases, the sheet resistance decreases from ~5000 to ~160 ohm/sq. In addition, even though the number of graphene layers is almost same, it was confirmed that depending on the Cu thickness increasing the mobility increases from

1560 to 2670 cm^2/Vs. It indicates that top Cu layer effect on the graphene quality. By adjusting the thickness of Cu and Ni, we synthesized 4 layers of graphene with maximum figure of merit of 15. Finally, sheet resistance further improved by applying roll-to-roll transfer process and additional doping.

[전자2-6 | 12:05]

열처리에 따른 유연소자용 금속 박막의 기계적/전기적 신뢰성 연구: 이동준, 김병준*; *안동대학교 청정소재기술연구센터.*

Keywords: As-deposited, Anneal, Microstructure, Tensile test, Fatigue teat

미래의 전자기기는 휴대성을 극도로 높이기 위하여 굽히거나 말수 있는 유연성을 가진 유연 전자 기기로 발전 될 것 이다. 일반적으로 유연 전자기기에 사용되는 금속 박막은 박막의 내부 안정화 및 전도도 향상을 위해서 열처리를 진행한다. 이에 따라서 박막의 미세 조직에 물성은 큰 영향을 미친다. 그러므로 굽히거나 마는 등의 반복적인 변형 상황에서 열처리된 금속 박막의 전기적 기계적 신뢰성 연구가 필요하다. 본 연구 에서는 125 μm의 폴리이미드 기판에 1 μm로 진공 증착된 구리 박막을 150°C, 300°C 각각 한 시간 동안 열처리 후 피로 시험과 인장 시험을 수행하였다. 그리고 열처리 후 미세조직의 영향을 알아보기 위해서 열처리 하지 않은 박막과 실험 결과를 비교하였다. 인장 시을 할 경우 열처리된 구리 박막의 전기 저항이 더 적게 변하는 걸로 확인 되었지만, 피로 시험을 할 경우 열처리 한 금속 박막이 더 큰 폭으로 전기저항이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 열처리에 따른 금속 박막의 비교를 통해서 유연전자기기에 수명을 증가시키는 방법을 알아보고자 한다.

[AW-2 | 13:30 LS학술상 수상기념강연]

Pb-free Solder Interconnects for Electronic Packaging and Their Nano-scale Application to Printed Electronics and Transparent Electrode: Viewpoint of Computational Materials Science: Hyuck Mo Lee; *Department of Materials Science and Engineering, KAIST*

With the aid of phase diagrams and phase equilibria obtained from computational thermodynamics, the designing of Pb-free Sn-based solders for low-temperature, mid-temperature and high-temperature applications due to increasing environmental and health concerns over the use of lead has been successful and this approach also proved very useful in studying the interfacial reactions at the solder joints. Some of their examples are presented. When the nanotechnology is applied to the lead-free solder alloys, they lead to synthesis of Sn-based nanoparticles. A various size of bimetallic or unary nanoparticles were synthesized and they were eventually used in inkjet printing. In this regard, Ag-based nanoparticles are one of the most widely studied materials due to high electrical conductivity and stability. At the same time, Cu-based nanoparticles and nanowires attract much attention as conductive materials with low cost compared to that of Ag. However, the undesirable oxidation tendency of Cu-based nanomaterials is the main issue for conductive electrodes. Alloying and coating strategies with Ag were suggested to protect the Cu nanoparticles from oxidation. We fabricate the Ag, Cu and Ag-Cu bimetallic nanoparticles with alloy and core-shell structures using oleylamine-based synthesis, and ligand exchange study has been performed to lower the sintering temperature. In addition, Cu nanowires were synthesized using both water-based and oleylamine-based methods. Ethylenediamine (EDA) and polymethyl methacrylate (PMMA) were used to protect Cu nanowires from oxidation. The anti-oxidation properties were confirmed through density functional theory (DFT) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Applications of conductive nanoparticles and nanowires based on Ag and Cu for printed electronics and transparent electrode are also briefly introduced.

[전자3-1 | 13:55 초청강연]

Field-effect transistor using two-dimensional electron gas in ALD Al_2O_3/TiO_2 ultrathin: Tae Joo Park[1], Sang Woon Lee[2]; [1]*Hanyang University.* [2]*Ajou University.*

Keywords: ALD, 2DEG, FETs, oxide

Recently, two-dimensional electron gas (2DEG) has attracted great attention due to the observation of 2DEG at various heteroepitaxial perovskite oxide interfaces. Typically, epitaxial $LaAlO_3$/single-crystal $SrTiO_3$ (LAO/STO) heterostructure shows high density of electrons (~10^{13}-10^{14} cm^{-2}) confined at the oxide interface, where the density is about ~100 times higher than those of a typical semiconductor interface (~10^{11}-10^{12} cm^{-2}). Despite its high electrical performance, process schemes are not suitable for practical device applications because of their high cost in the production of the oxide single crystal and epitaxial layer. Although the formation of 2DEG using γ-Al_2O_3 and amorphous LAO with Al_2O_3 over-layers on STO substrate was demonstrated recently, single crystalline STO substrates are still required. Therefore, 2DEG at an oxide interface has not been realized via a mass-production compatible thin film deposition process, in contrast to 2DEG at the semiconductor interfaces. In this work, we demonstrate a realization of 2DEG at the interface in an extremely thin film (< ~10 nm) heterostructure comprised of two binary oxide stacks of Al_2O_3/TiO_2 via atomic layer deposition (ALD) on a SiO_2/Si substrate without using an oxide single crystal or epitaxial substrate. The Al_2O_3/TiO_2 heterostructure was composed of a few nm-thick amorphous Al_2O_3 over-layer and poly-crystalline anatase-TiO_2 bottom layer. We achieved high electron density (~10^{13}-10^{14} cm^{-2}) and mobility (~4 $cm^2/V{\cdot}s$) in the 2DEG at the interface of ultrathin Al_2O_3/TIO_2 heterostructures, comparable to those obtained from epitaxial oxide heterostructures. More importantly, we demonstrate a new type of field-effect transistors (FETs) using Al_2O_3/TIO_2 heterostructures with a high on-current (I_{on}, > 12 A/m), high on/off current ratio (I_{on}/I_{off} > ~10^8), low off current (I_{off}, ~10^{-8} A/m), and low sub-threshold swing (SS, ~100 mV/dec.), which outperforms the oxide heterostructure-based FETs reported so far.

Ultrathin (< ~7 nm) TiO_2 bottom layer in the proposed Al_2O_3/TiO_2 heterostructure prone to be fully depleted, allows an extremely low I_{off}, high I_{on}/I_{off} ratio and low SS with maintaining high I_{on} via 2DEG channel with a high carrier density at the interface. The proposed new-type devices would provide a great opportunity for practical applications and mass-production of 2DEG devices, allowing a multi-level three-dimensional (3D) integration scheme. The detailed experimental results including new materials systems will be presented.

[전자3-2 | 14:20]

Air-Stable Cesium Lead Iodide Perovskite for Ultra-Low Operating Voltage Resistive Switching: Ji Su Han[1], Quyet Van Le[2], Jaeho Choi[1], Soo Young Kim[2], Ho Won Jang[1]; [1]*Seoul National University.* [2]*Chung-Ang University.*

Keywords: inorganic halide perovskite, cesium lead iodide, resistive switching, conducting filament, electrochemical metallization

$CsPbX_3$ (X=halide, Cl, Br, or I) all-inorganic halide perovskites (IHPs) have been regarded as promising functional materials because of their tunable optoelectronic characteristics and superior stability to organic-inorganic hybrid halide perovskites. Herein, we report nonvolatile resistive switching (RS) memory devices based on all-inorganic $CsPbI_3$ perovskite. An air-stable $CsPbI_3$ perovskite film with a thickness of only 200 nm is successfully synthesized on a platinum-coated silicon substrate using low temperature all-solution process. The RS memory devices of $Ag/PMMA/CsPbI_3/Pt/Ti/SiO_2/Si$ structure exhibit reproducible and reliable bipolar switching characteristics with an ultra-low operating voltage (< +0.2 V), high on/off ratio (> 10^6), reversible RS by pulse voltage operation (pulse duration < 1 ms), and multilevel data storage. The mechanical flexibility of the $CsPbI_3$ perovskite RS memory device on a flexible substrate is also successfully confirmed. With analyzing the influence of phase transition in $CsPbI_3$ on RS characteristics, a mechanism involving conducting filaments formed by metal cation migration is proposed to explain the RS behavior of the memory device. This study will contribute to the understanding of the intrinsic characteristics of IHPs for low-voltage resistive switching and demonstrate the huge potential of them for use in low-power consumption nonvolatile memory devices on next-generation computing systems.

[전자3-3 | 14:35]

Eco-friendly Lead-free Perovskite Memristors and Artificial Synapses: Sun Gil Kim[1]*, Quyet Van Le[2], Ji Su Han[1], Jae Ho Choi[1], and Ho Won Jang[1+]; [1]*Seoul National University,* [2]*Chung-Ang University.*

Keywords: Synaptic Plasticity, Resistive RAM, Neuromorphic computing, Perovskite, Artificial Synapse

Artificial Synapse has been an emerging researching field as emulating the function of biological synapse. It is regarded as a basic building block for neuromorphic computing. Lead-based perovskites including $CH_3NH_3PbI_3$ and $CH_3NH_3PbBr_3$ have been researched as materials for Synaptic Device based on Resistive Random Access Memory(RRAM). They have shown gradual increase and decrease of conductivity that represent the synaptic plasticity such as STP (Short Term Potentiation) and LTP (Long Term Potentiation), LTD (Long Term Depression) which emulate learning and forgetting in human brain. However, there have been some environmental concerns about using lead-based materials in large-scale applications because of the possibility of lead contaminations. As a lead-free alternative, $CH_3NH_3SnI_3$ has similar bandgap energy with CH_3NH_3PbI3, and tin also belongs to the group 14 metals in the periodic table having similar ion radius with lead. In this study, $CH_3NH_3SnI_3$ has been researched as the best alternative for fabricating high speed, low power artificial synapse without environmental risks.

[전자3-4 | 14:50]

Characteristics of EMI shielding effectiveness on Shielded Cable for EV/HEV Automobile with Nickel coated Carbon Fiber Tapes: 김지연[1], 박대희[2], 김원석[2]; [1]*(재)한국탄소융합기술원.* [2]*원광대학교.*

Keywords: EMI shielding, carbon fiber, EV/HEV cable, dipping

Recently, the problems are on the rise about the shielding method of the electrical products, such as an increase in the noise occurrence of the vehicle and increase in the weight of the wiring harness with a lot of in the electrical equipment of the vehicle. The metal (copper, aluminum) was used as a shielding material in the conventional shielding cable, which has a disadvantage that the weight is heavy. In this study, nickel coated carbon fiber (MCF) was fabricated in tape form and applied as a shielding material to cables used in automotive high - voltage systems. MCF tapes were manufactured by spreading and dipping processes, and used polyurethane to minimize fluff generation and increase flexibility. The optimum content of polyurethane was confirmed 42wt% via TGA and the coefficient of friction. The EMI shielding performance of cable was measured by IEC 62153-4-6. The shielding performance on the MCF shielding tape of 4 layers showed a performance of more than 42.9dB in the frequency range of 510kHz to 3MHz.

[전자3-5 | 15:05]

CNT 함량에 따른 대기압 플라즈마로 소결된 Cu-CNT 나노복합재 필름의 열적 기계적 특성 연구: 손은원[1], 임재원[2], 김광석[1]
[1]한국생산기술연구원 전북지역본부. [2]*전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Cu-CNT nanocomposite, Heat dissipation paste, Atmospheric-pressure plasma, Themal interface materials, Heat dissipation materials

최근 전자 디바이스의 고집적화로 인해 소자에서 발생되는 열을 효율적으로 방출시키기 위하여 방열 소재의 성능 향상이 요구되고 있다. 전자 디바이스에서 열계면 소재는 열방출을 위한 핵심 소재로서 다층구조에서 발생하는 공극의 열저항을 최소화하기 위해 사

용된다. 기존 방열 페이스트에 사용되는 금속과 세라믹 필러의 경우 열전도도 개선이 제한적이며, 열처리 후 입자 간의 결합력이 약해 기계적 강도 개선이 요구된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 우수한 열적, 기계적 특성을 가지는 필러의 복합화가 필요하다. 본 연구에서는 Cu와 CNT를 복합화하여 열계면 소재의 열적, 기계적 특성을 개선하였고, 대기압 플라즈마로 Cu-CNT 나노복합재를 소결함으로써 열충격에 의한 소자의 손상을 최소화하고자 하였다. Cu-CNT 나노복합재는 CNT를 산처리하여 기능화 한 후 Cu를 decoration 하였으며, 나노복합재 내 CNT 함량을 1, 2, 3 wt.%로 변화하였다. Cu-CNT 방열 페이스트는 나노복합재를 유기용매 및 분산제와 혼합하여 제조되었으며, 도포한 페이스트는 대기압 산소 및 수소 플라즈마로 순차적 처리를 통해 필름화 하였다. CNT 함량이 Cu-CNT 나노복합재 필름의 미세조직과 열적, 기계적 특성에 미치는 영향을 전계방출형 주사전자현미경과 Hot disk법 열전도도 측정기, 그리고 고속 전단시험기로 분석하였다. CNT 함량이 2 wt.% 증가됨에 따라 Cu-CNT 나노복합재 필름의 열전도도는 Cu 나노분말 필름에 비해 14% 증가하였으며, 파단 에너지는 22% 향상되었다. 이는 Cu보다 높은 열전도도를 가지는 CNT가 Cu 입자들간의 계면 열저항을 감소시키는 영향 때문이며, Cu-CNT 나노복합재 필름의 파단 에너지 증가는 CNT로 인해 Cu 나노입자와 CNT 간의 결합력을 부분적으로 향상시켜 연성 파괴를 유도하기 때문이다. CNT 함량이 3 wt.%로 증가함에 따라 열전도도와 전단응력은 오히려 감소하며 이는 CNT 간의 응집이 결함으로 작용하기 때문이다. Cu-CNT 나노복합재 필름의 열적, 기계적 특성은 CNT 함량이 증가함에 따라 향상되나, 임계 이상의 CNT 함량은 필름의 성능을 감소시키므로 열계면 소재의 열적, 기계적 특성 최적화를 위해서는 나노복합재 내 CNT 함량 제어가 중요하다.

[전자3-6 | 15:20]

유연전자기기용 금속 박막과 폴리이미드 기판의 두께에 따른 전기적 수명 평가: 김태욱, 김병준*; *안동대학교 공대 신소재공학부 청정에너지소재기술연구센터.*

Keywords: Flexible, Substrate thickness, Cu thickness, Fatigue test, Reliability

최근 IoT와 Flexible Display등 여러 가지 유연전자기기에 대한 연구가 많이 진행되고 있으나 상용화되기에는 아직 수명이 충분하지 않다. 그 이유는 유연전자기기들을 사용하는 환경이 접고 펴고 하기 때문에 이에 따른 피로응력을 받게 되고 더 나아가 파괴가 일어나게 된다. 여기서 받게 되는 응력에 대한 요인은 금속 박막과 기판이 있는데 두 소재 모두 고려해 주어야 정확한 실험 값을 얻을 수 있다. 지금까지의 실험은 단순화시켜 금속박막의 두께 및 물성 그리고 응력집중변화만을 고려하여 실험한 것이 대부분이다. 그러나 기판두께의 두께, 물성에 따른 응력집중효과 또한 유연전자기기의 수명에 미치는 영향이 있을 것이라고 생각이 된다. 그러므로 본 연구에서는 여러 두께의 기판에 1 μm, 100 nm 두께의 금속박막을 증착하였을 경우 생기는 물성의 변화 및 그에 따른 응력 집중을 고려하여 전기적 수명평가에 대하여 연구하였다.본 연구에서는 열증착 장비를 이용하여 50, 75, 125 μm 두께의 Polyimide(PI)기판 위에 1 μm두께와 100 nm두께의 Cu박막을 증착한 후 시편의 크기를 폭 6 mm, 길이 60 mm로 잘라서 Bending Radius 1.25 mm ~ 6.25 mm에서 실시간으로 전기저항 측정하면서 슬라이딩 실험을 수행하였다. 이 실험을 통하여 Cu 1 μm의 시편은 PI가 두꺼운 것이 전기저항의 증가가 큰 것으로 나타났으며, Cu 100 nm 의 시편에서는 PI의 두께가 얇은 것이 전기저항의 증가가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 박막의 두께만 고려했을 때와 기판과 박막 두 가지 모두 고려했을 경우의 계산값과 실험값 모든 부분에서 Cu 100 nm는 차이가 있었으며, Cu 1 μm는 차이가 거의 없었다. 즉, Cu 100 nm와 같이 얇은 박막의 경우에는 기판과 박막의 물성 및 응력집중 변화를 고려해 주어야 한다. 그에 따라 이 논문에서는 유연한 전자기기의 신뢰성을 향상시키는 방법과 기판 영향의 중요성을 소개하고자 한다.

재료강도
Room 삼다B, 4월 27일

[재료강도1-1 | 09:30]
오스테나이트화 열처리후 냉각속도에 따른 SA508 Gr.1A 저합금강의 기계적 특성 변화: 민기득[1], 홍석민[1], 김종민[1], 김민철[1], 이요섭[2], 김홍덕[2]; *[1] 한국원자력연구원. [2] 한국수력원자력(주).*
Keywords: SA508 Gr.1A, J-R 특성, 주증기배관, 냉각속도
원자력발전소 주증기 배관은 증기발생기에서 생성된 증기를 동력생산을 위해 터빈발전기계통과 기타 보조기기로 전달하는 역할을 한다. 현재 주증기 배관에는 SA106 Gr.C 소재가 사용되고 있으나, 파단전누설 개념을 적용하여 설계하중을 감소시키기 위해 SA106 Gr.C 소재보다 강도와 인성이 우수한 SA508 Gr.1A 저합금강을 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 저합금강 소재는 오스테나이트화 열처리 후 냉각속도에 따라 미세조직이 변화하며, 이에 따라 기계적 특성도 변화한다. 본 연구에서는 냉각속도 변화에 따른 SA508 Gr.1A 소재의 기계적 특성을 평가하였다. 소재의 열처리 공정은 880°C에서 2시간 동안 오스테나이트화 열처리 후 공냉(AC), 공기중 급냉(AQ), 수냉(WQ) 방법으로 냉각속도의 변화를 주었으며 655°C에서 7시간 템퍼링을 수행하였다. 열처리된 소재는 미세조직 분석과 상온 및 주증기 배관 사용온도인 286°C에서 인장 및 J-R 특성을 평가하였다. 미세조직 분석결과 AC 소재에서는 페라이트+펄라이트, AQ 소재에서는 페라이트+베이나트, WQ 소재에서는 페라이트+베이나이트+템퍼드 마르텐사이트 복합조직이 관찰 되었다. 기계적특성은 WQ 소재가 상온 및 고온인장특성이 다른 냉각속도에 비해 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 충격천이 특성도 증가하는 것으로 보였다. 고온 J-R 특성도 WQ 소재가 AC와 AQ에 비해 우수한 것으로 나타났다. 이는 냉각속도가 증가함에 따라 기계적 특성향상은 미세조직 및 탄화물의 미세화가 영향을 미친 것으로 사료된다.

[재료강도1-2 | 09:45]
Mo, Ti, Nb 첨가에 따른 저탄소강의 미세조직이 고온 인장강도 및 피로특성에 미치는 영향에 대한 연구: 김준연[1], 홍현욱*[1], 문준오[2], 이창훈[2]; *[1] 창원대학교 신소재공학부. [2] 재료연구소.*
Keywords: Seismic resistance, Fire resistance, Bainite, Precipitates, Low Cycle Fatigue
현재 내진강의 경우 지진에 노출이 잦은 일본과 미국을 중심으로 개발이 진행되어 왔고 국내의 경우 또한 우수한 특성을 가진 내진강을 보유하고 있지만 내화형강에 대한 연구개발이 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 내진, 내화특성을 동시에 갖는 고성능 H 형강 개발을 위해 설계된 Mo, Ti, Nb 첨가에 따른 세 가지 강재에 대하여 미세조직에 따른 상온, 고온강도 및 변형성능을 비교·분석하였다. 0.3Mo-0.03Ti-0.021Nb (A), 0.1Mo-0.07Ti-0.001Nb (B), 0.2Mo-0.1Ti-0.001Nb (C) 에 대해 진공용해 및 열간압연을 통해 3가지 강재를 제조하였다. 미세조직을 토대로 하여 각 강재 별 상/조직 분율 분석결과, 경화능 증대효과가 매우 큰 Mo의 함량이 가장 높은 강재(C)의 베이나이트 분율이 약 90%로 가장 높게 나타났고, Ti과 Nb의 함량이 가장 높은 강재(C)의 경우 2.5%로 가장 낮게 관찰되었다. 또한 A3강재의 경우 페라이트 결정립 내에 수 나노 크기의 미세한 (Ti,Mo)-rich MC 석출물이 비교적 균일하게 형성되어 있는 것을 관찰하였다. 인장시험은 상온(24°C)과 고온(600°C)에서 시행하였다. 상온인장시험 결과 MC 석출물이 가장 많이 형성되고 베이나이트 분율이 가장 낮은 V3강재의 항복강도(642 MPa)와 인장강도(839 MPa)모두가 베이나이트 분율이 가장 높은 V1강재의 항복강도(507 MPa)와 인장강도(644 MPa)보다 높게 나타났다. 항복비 또한 V3강재가 0.77로 가장 낮게 나타났다. 그러나 고온인장시험 결과 V3강재의 상온대비 600°C 항복강도가 가장 큰 폭으로 감소(40%)하였고 연신율 또한 가장 큰 폭의 감소(30.7→22.5%)가 관찰되었다. 이와는 달리, V1강재의 경우 상온대비 600°C항복강도는 가장 작게 감소(26%)하였고, 연신율은 오히려 증가(26.7→30.3%)하였다. 이는 상온에서는 베이나이트 조직보다는 미세 석출물에 의한 강화 및 저항복비 효과가 우수하나, 600°C의 고온에서는 석출물의 강화효과는 급격히 낮아지고 베이나이트 조직에 의한 고온강도 유지가 더 유리하다는 것을 의미한다. 또한 V1강재의 베이나이트 조직은 매우 긴 시간 열노출 후에도 안정하다는 것이 확인되었다. V1강재와 V3강재에 대해 저주기 피로 시험 결과 V1강재는 주로 Cyclic Softening이 일어나고, V3강재는 Cyclic hardening이 일어나는 것을 확인하였고, 상온에서는 V1강재의 저주기 피로 특성이 V3 강재보다 우수하게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 상온과 600°C 고온인장시험 전과 후의 TEM Image 분석을 통하여 A과 C강재의 베이나이트 조직과 미세 석출물에 의한 강화효과 및 고온 항복강도 저하 원인을 규명하고자 한다.

[재료강도1-3 | 10:00] Cancel
Effects of microstructure on the mechanical properties of cast nickel based superalloy: 송전영, 구지호, 송영석, 김영대, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.*

[재료강도1-4 | 10:15]
Low cycle fatigue properties of wrought nickel base superalloy subjected to different heat treatment: 송전영, 송영석, 구지호, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.*
Keywords: Nickel based superalloy, Heat treatment, Delta phase, Low cycle fatigue, Work hardening
Wrought nickel base superalloys are good candidate for high temperature component, such as industry turbine engine.

[재료강도1-5 | 10:30]

Fatigue Damage Criterion based on Geometrically Necessary Dislocation of Heat-resistant Cast Austenitic Stainless Steel: AHIALE KWAME GODWIN[1], Won-Doo Choi[1], Yong-Jun Oh[1], Sunghak Lee[2]; [1]*Hanbat National University.* [2]*Pohang University of Science and Technology.*

Keywords: Geometrically necessary dislocation, Fatigue, Electron backscattering diffraction (EBSD), Misorientation, Austenitic steel

One of the primary concerns related to heat-resistant cast austenitic stainless steel (CASS), which is used for several high-temperature components, is thermomechanical fatigue resistance. Under thermomechanical fatigue conditions, materials undergo repeated compressive deformation at high temperatures and tensile deformation at low temperatures, and these changes are expected to cause the development of a complicated microstructure. The microstructure and crystallographic orientation during thermomechanical fatigue (TMF) of heat-resistant cast austenitic stainless steel at different peak temperature ranges were evaluated using the electron backscatter diffraction (EBSD) method. The TMF test was conducted at a minimum of 200°C and the maximum temperature varied from 800°C to 950°C under out-of-phase condition. Higher peak temperatures induced larger crystal misorientation by geometrically necessary dislocations (GNDs), forming dislocation walls or subgrains in the matrix. Networked carbide clusters in the microstructure locally amplified the misorientation in the adjacent matrix and initiated fatigue cracks. The mean value of cumulative misorientations over a specific distance in the matrix was linearly proportional to the cyclic plastic strain.

[재료강도2-1 | 10:55]

중수로 압력관 재료 내 소량의 수소 함량이 기계적 특성에 미치는 영향: 안동현, 이경근, 임상엽, 류이슬; *한국원자력연구원.*

Keywords: 기계적 강도, Zr-2.5Nb, 중수로 압력관, 수소화물, 미세조직

국내 중수로 연료채널 압력경계에 사용되는 주요 부품 중 하나인 Zr-2.5Nb 압력관은 운전 중 확관, 처짐 등의 변형에 의한 열화를 겪게 되며, 이런 열화는 원자로의 운전 효율 및 안정성 측면에서 감시가 요구되는 문제이다. 운전 중 변형은 재료의 강도, 미세조직 등 다양한 재료 특성에 영향을 받기 때문에, 효율과 안전을 위해 압력관 재료 특성에 따른 변형 거동 예측이 매우 중요하다. 압력관 재료 내 수소 함량은 이런 중요한 인자들 중 하나로 고려되며, 수소는 원자로 운전 하의 고온에서도 낮은 고용도로 인해 쉽게 수소화물을 생성한다. 소량의 수소 함량을 가지더라도 취성이 강한 수소화물이 생성되어 재료의 안전성에 문제를 일으킬 수 있기 때문에 운전 전 압력관은 5 ppm 이하의 수소 함량이 필수이며 운전 중에도 수소 유입에 대한 지속적인 감시를 필요로 한다. 본 연구에서는 상온에서 수소화물이 석출될 수 있는 낮은 수소 함량을 포함한 압력관 재료를 사용하여 기계적 강도 및 미세조직 특성을 체계적으로 분석하였고, 이를 바탕으로 소량의 수소 화물이 압력관 내에서 기계적 특성에 미치는 영향을 파악하였다. 결론적으로 소량의 수소화물이 생성될 경우 수소화물이 기계적 강도 및 변형 거동에 미치는 영향은 수소화물의 형상과 분포에 따라 극단적으로 달라질 수 있다는 것을 확인하였다.

[재료강도2-2 | 11:10]

TEM과 APT를 이용한 316 스테인리스강의 양성자 조사결함에 관한 연구: 임연수, 김동진, 황성식, 최민재; *한국원자력연구원 원자력재료연구부.*

Keywords: Stainless Steel, Proton Irradiation, TEM, APT, Radiation Defects, IASCC

원자력발전소 원자로 내부에서는 높은 중성자 조사량에 따른 조사취화 현상이 발생하며, 특히 316 스테인리스강으로 제작된 내부구조물의 중성자 조사에 따른 조사유기 응력부식균열 (IASCC)은 원자력발전소의 장기 가동 안전성에 큰 영향을 주고 있다. 최근에 양성자를 이용한 조사취화 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 양성자 조사는 중성자 조사유기 현상을 모사하는 유용한 대체 실험기법으로 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 원자로 내부구조물 재료로 사용되는 316 스테인리스강을 2 MeV로 가속된 양성자에 의해 360°C에서 10 dpa (displacement per atom)까지 조사시킨 후, 형성된 양성자 조사결함을 TEM과 APT 등을 이용하여 분석하였다. TEM 분석을 위해 표면으로부터 약 20 mm 깊이에 걸쳐 형성된 양성자 조사층에서 FIB 방법으로 TEM 시편을 제작하였다. FIB 방법으로 TEM 시편을 제작할 때 고에너지 Ga 이온 스퍼터링 과정에서 표면 손상층이 발생하는 데, 이를 화학연마 (chemical polishing) 방법으로 제거하였다. TEM 관찰을 통해 양성자 조사층에 전위루프, 공동 (cavity), 미소 판상 석출물 등 다양한 조사 결함이 형성되었음을 알 수 있었다. APT 분석 결과 결정립계에서는 Ni와 S가 농축되고 Cr, Mn 그리고 Mo는 고갈되는 조사유기 편석 현상이 발생하였다. 그리고 수 nm 크기의 Ni-Si cluster가 시편 전반에 걸쳐 형성되었다. 동일한 조사 깊이에서 양성자 조사량이 증가함에 따라, 조사 결함의 밀도와 결정립계에서의 조사유기 편석 정도가 증가함을 확인하였다. 또한 주로 관찰되는 조사결함의 종류와 밀도는 조사 깊이에 따라 달라졌으며, 양성자 조사 깊이에 따른 조사 손상 프로파일의 특성을 잘 반영하고 있었다. 마지막으로, 조사 손상에 따른 기계적 및 미세조직 특성의 변화가 원전 1차측 수화학 환경에서 316 스테인리스강의 IASCC에 미치는 영향을 검토하였다.

[재료강도2-3 | 11:25]

대형 볼트 제작시 질량효과 및 원소재 선정에 관한 연구: 진성호, 차수호, 이선엽, 김종태, 강택기; *현대건설(주).*

Keywords: Bolt, SCM440H, Mass effect, Heat treatment, Grain Size

오늘날 금속재료는 적절한 가공 공정을 통해 빌딩, 수로, 공항, 특수구조물 등 대형/특수 건축 구조물 건설에 폭넓게 사용되어 왔다. 현대건설은 아랍에미레이트(UAE) 인공섬(Blue Waters)에서 세계 최대규모 대관람차 건설공사를 2013년부터 수행 중이다. 대관람차는 여러 개의 Rim으로 구성되어 있으며, Rim을 지탱하기 위한 Temporary Rim Brace에는 대형(M72) 볼트 체결 부위가 존재한다. 볼트는 크게 단조 및 열처리 공정으로 제작되며, 열처리 조건은 일반적으로 시험 열처리 및 기계시험을 통해 기계적 성질 만

족여부를 확인 후 확정하여 본제품에 적용한다. 본 연구에서는, Quenching 및 Tempering 조건별 역학시험 및 결과분석을 통해, 대형볼트 열처리 조건 수립시 반드시 고려되어야 하는 질량효과(Mass Effect)와 원소재(Raw Material) 선정에 대해 고찰하였다.

[재료강도2-4 | 11:40]

선구체 미세조직 제어를 통한 나노포러스 구리의 기계적 특성 향상: 이시영, 박성수*; *울산과학기술원(UNIST).*

Keywords: Nanoporous copper, Microstructure, Dealloying, Compression, Bending

높은 비표면적과 낮은 밀도를 지니고 있는 나노포러스(Nanoporous)금속은 촉매, 액추에이터, 센서 등에 사용될 차세대 기능성 재료로서 각광받고 있다. 특히 나노포러스 구리는 낮은 비용으로 선구체(precursor)의 제작이 가능하고, SERS (Surface Enhanced Raman Scattering) 분해능 향상 및 이산화탄소의 환원 전극으로 이용될 수 있는 장점이 있어 최근 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노포러스 구리를 제작하기위한 가장 쉽고 보편적인 방법으로 선구체 내 반응성이 높은 원소를 선택적으로 침출시키는 디얼로잉(dealloying) 기법이 많이 활용되지만, 디얼로잉 시 일어나는 불가피한 부피 수축으로 인해 micro-crack이 발생하는 문제가 있다. 이러한 micro-crack은 강도 및 연성 저하 등 나노포러스 금속의 기계적 물성에 좋지 않은 영향을 주기 때문에 나노포러스 구리의 기계적 특성을 높이기 위해 디얼로잉 공정을 조절하여 micro-crack을 개선하거나, 나노포러스 금속의 물성에 큰 영향을 주는 리가먼트 형상을 조절하여 강도를 높이는 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 이러한 연구에도 나노포러스 구리는 여전히 다른 나노포러스 금속에 비해 낮은 기계적 강도를 보이는 문제가 있고 선구체의 미세조직이 미치는 영향에 대한 연구는 아직 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 미세조직을 갖는 선구체에 동일한 디얼로잉 공정을 적용하여 나노포러스 구리 샘플을 제조하였으며, 선구물질의 초기 미세조직이 디얼로잉으로 제조된 나노포러스 구리 벌크 샘플의 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

[재료강도2-5 | 11:55]

Deformation twinning-detwinning behavior of Au nanowire during cyclic tensile-compression test in TEM: 김성훈[1], 서종현[2], 안재평[3], 이재철[1]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]SK hynix R&D division. [3]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: FCC, Nanowire, Deformation twin, detwin, shape memory

나노화된 금속 재료는 내부의 전위밀도가 급격히 감소하면서 높은 강도와 함께 많은 기계적 특성이 변화한다. 특히, 내부의 전위가 이동 및 증식하면서 소성변형되는 벌크 금속과는 달리 나노화된 재료는 대부분 표면/계면에서 전위가 새로 생성되면서 소성변형이 진행된다. 새롭게 생성되는 전위는 생성조건에 따라 완전전위와 쌍정 생성이 결정되기 때문에 나노재료에서는 쌍정에 의한 변형이 다수 보고되어왔다. 나노선에서의 쌍정 변형은 40%에 달하는 높은 소성변형량 외에도 완전전위에 의한 소성변형과는 다르게 Shape memory 현상과 유사한 가역적인 소성 회복이 가능하기 때문에 MEMS 소자나 기계적 에너지 저장이라는 측면에서 응용 가능성을 가지고 있다. 이 때문에 twin-detwin현상에 대한 실험결과들도 보고되어 왔지만 현상에 대한 보고가 주를 이루었다. 이에 본 연구팀은 쌍정의 twin-detwin 현상을 실험적으로 관찰하기 위해 TEM 내에서 Au 나노선의 인장실험을 수행하였고, 쌍정생성 이후에 인장용 MEMS DEVICE의 복원력(압축 응력)에 의해 detwin이 발생하는 현상을 관찰할 수 있었다. 이 때 측정된 displacement – load 곡선을 통해 detwin 과정을 에너지적으로 해석하고자 한다.

[재료강도3-1 | 13:30]

Effect of low-temperature annealing on the mechanical properties of manganese steel: 누르차야닝시 드이 아유, 박노근; *영남대학교공과대학신소재공학부.*

Keywords: Manganese steel, low-temperature annealing, hardness properties, austenite phase, tensile testing

In this study, simple heat treatment at different low-temperatures is suggested to manganese steels. The casting process was done by induction melting subsequently homogenized at 1000°C in 3% H_2 + argon atmosphere. Hot and cold rolling were performed with the same thickness reduction of 65%. The specimens were annealed at low-temperatures such as 300, 350, 400 and 450°C for 1, 5 and 12 h, followed by water quenching. Hardness measurement and tensile testing were employed to characterize the mechanical properties. Fractured surface was observed using scanning electron microscope. X-ray diffraction analysis was used to identify the phase and proven by transmission electron microscopy. 3-dimensional atom probe tomography was performed to find the probability of the carbide precipitations which might be formed during low-temperature annealing. The experimental results showed the increase of hardness properties ±20 HV after low-temperature annealing at temperature below 375°C and inversely decrease at temperature above 375°C. Tensile strength reached 2 GPa with 4% of elongation for the sample treated at 300°C for 1 h. Small dimples were observed as a characteristic of ductile fracture and some inclusions were detected as manganese oxide (MnO) and manganese sulfide (MnS).

[재료강도3-2 | 13:45]

API 라인파이프강의 고변형능 특성에 미치는 미세조직적 인자 및 변형 시효의 영향: 이상인[1], 이석규[2], 이성학[2], 정환교[3], 황병철[1]; *[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 신소재공학과. [3]포스코 기술연구원.*

Keywords: microstructure, strain aging, deformability, yield ratio, uniform elongation

라인파이프 강재는 설계 시 파이프 내의 가스나 오일에 의한 내압(hoop stress)만을 고려한 응력기초설계(stress-based design)가 일반적이다. 최근 원유나 가스의 채굴 환경이 갈수록 열악해 짐에 따라 지진이나 동토 지역에 파이프라인의 건설 시 지반의 움직임에 대하여 균일 변형능이 높은 강재가 요구되어 파이프 길이 방향으로의 변형능이 우수한 변형기초설계(strain-based design) 강재가 개발되었다. 그러나 라인파이프 강재의 경우, 제조공정 중 파이프 성형에 의해 예비 변형(pre-strain) 작용되고 이후 코팅 공정에 의

한 시효(aging) 효과로 인해 변형 시효에 의한 변형능 특성이 감소하는 문제가 종종 발생하고 있다. 또한 최근 심해 2000 m 이상에서 채취된 가스나 원유를 수송 시키기 위한 심해저용 강재가 개발되고 있는데, 이를 적용한 파이프의 경우에도 설치/운영시 해저에서의 외부 압력에 의한 좌굴변형 저항성이 중요시 되고 있다. 특히 외부압력과 굽힘이 작용하는 심해저용 파이프 강재의 안정성을 확보하기 위해 T-방향 저항복비 특성이 요구되고 있다. 그러나 국내외적으로 개발 및 생산되고 있는 API X70 및 X80 라인파이프 강재들의 경우 매우 복잡한 형태의 저온변태조직들이 포함되어 있어 항복비, 균일 연신율 및 가공경화지수 등과 같은 변형능 특성과 미세조직적 인자 및 변형 시효와의 상관관계에 대한 정확한 이해가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 미세조직 구성상을 가지는 API 라인파이프 강재의 미세조직을 광학현미경 및 전자후방산란회절 분석으로 구분하고, 인장 시험을 실시하여 고변형능 특성에 미치는 미세조직적 인자 및 변형 시효의 영향에 대해 고찰하였다.

[재료강도3-3 | 14:00]

Evaluation of ductile-brittle transition in tungsten by nano-indentation: Yeonju Oh[1], Nojun Kwak[1], Won-seok Ko[2], Heung Nam Han[1]; [1]*Seoul National University.* [2]*University of Ulsan.*

Keywords: Tungsten, Nano-indentation, Fracture strength, Plastic yielding, Dislocation

Tungsten has been considered as the most-favored material for plasma-facing components due to its excellent thermomechanical properties. Tungsten, however, exhibits serious brittleness after recrystallization, which possesses intergranular fracture with a probability of more than 90 percent. Since the recrystallization process is well known to soften most metallic materials, the question arises as to the unusual characteristic of tungsten that it becomes more brittle after recrystallization. Thus, it is an important issue for tungsten to establish the cause of degradation in mechanical properties to expand its applications as a structure material. In this presentation, we have investigated the ductile-brittle transition of tungsten by macroscopic tensile test and nano-indentation at room temperature for three specimens with individually different microstructure : hot-rolled, cold-rolled and recrystallized tungsten. As a result of macroscopic tensile test, only cold rolled specimen shows a plastically deformed region with the highest strength and ductility. In order to clarify this distinction, the intrinsic mechanical behavior of several grains for three specimens is measured by nano-indentation. The statistical distribution of maximum shear stresses at pop-ins corresponding to the yield stresses reveals a significant reduction in the cold-rolled specimen. Such a high pop-in stress of recrystallization is believed to be caused by the nucleation of dislocation, whereas pre-deformed materials are well known to show clear reduction in pop-in stress indicating that the deformation mechanism changes to the dislocation source activation or movement of pre-existing dislocations. In addition, we have performed a series of molecular dynamics and molecular statics simulations to define valid information on the GB fracture strength of pure tungsten. As a result, it is identified that the maximum shear stress for hot-rolled and recrystallized specimens are higher than the fracture shear strength of grain boundary, whereas that of cold-rolled specimen is lower than the fracture shear strength of grain boundary. This study proves that the pre-existing deformation could increase the ductility of tungsten by improving the capacity of plastic deformation before crack initiates at grain boundaries.

[재료강도3-4 | 14:15]

Haynes 282 **초내열합금의 열처리에 따른 미세조직과 변형기구 고찰**: 신경용[1], 김진혁[1], 공병욱[2], 홍현욱[1]; [1]*창원대학교.* [2]*두산중공업.*

Keywords: HSC(극초임계압); Haynes282; aging heat-treatment; deformation characteristics; dislocation;

화력발전소의 발전 효율을 증가시키기 위해 증기의 온도를 높이는 것이 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다. 따라서 최근 증기온도와 압력을 극초임계압 (HSC)조건인 700ºC/300bar 이상으로 높여 운영하고자 노력한다. 극초임계압 로터 소재는 700ºC 이상의 증기 조건에서 견뎌야 하는 소재로 현재 가스터빈에 많이 사용되는 초내열합금이 고려되고 있으며 현재까지 선정된 극초임계압 로터용 후보소재로는 Ni계 석출경화형 초내열합금이 고려되고 있다. 이 중 Haynes282는 뛰어난 크리프 강도, 열적 안정성, 낮은 열팽창률, 높은 산화저항성의 특징을 지니고 있다. 또한 이 합금은 $L1_2$ 규칙격자를 가지는 γ'상에 의해 강화되는 합금이다. 이때 용체화처리 후 냉각속도와 시효처리 차이에 따라 γ'상과 입내, 입계 석출물의 형성에 영향을 미친다. 따라서, 본 연구에서는 시효처리 조건에 따라 Haynes 282의 미세조직 변화 및 이에 따른 750ºC 고온인장 특성을 확인하고, 이들 간의 상관성을 고찰하고자 하였다. 2단 시효(상용 열처리) 처리시 γ'상 크기는 17 nm 였고 구형(spheroidal)임을 관찰하였다. 이에 반해 1135ºC 용체화 처리 후 냉각 속도가 느릴수록, 800ºC에서 1단 시효 처리시 γ'상 크기는 11 nm에서 최대 42 nm까지 조대화되었고 구형(spheroidal)에서 입방형(cuboidal)으로 변형됨을 고찰하였다. 750ºC 고온인장 특성은 용체화 처리 후 수냉 처리된 1단 시효처리가 통상의 2단 시효처리보다 더 큰 항복강도를 가지는 것을 관찰하였다. TEM분석을 통해 전위거동이 2중시효의 경우 Orowan bypassing mechanism을 형성을 하였고 수냉처리된 1단 시효처리의 경우 Shearing mechanism을 형성함을 고찰하였다. 이해 반해 용체화 처리 후 공냉과 노냉 처리된 1단 시효의 경우 2단시효처리보다 항복강도가 낮으며 전위거동은 Orowan bypassing mechanism을 형성함을 관찰하였다. Haynes 282 합금의 750ºC에서 이론적 항복강도 증가분을 계산한 결과 전위거동은 임계 γ'상의 크기(11.5 nm) 이하에서는 Shearing mechanism을 형성하고 임계 γ'상의 크기 이상에서는 Orowan bypassing mechanism을 형성하는 것을 고찰 하였다. 따라서, 임계 γ'상의 크기와 변형특성간의 상관성을 가지고 있음을 고찰하였다.

[재료강도3-5 | 14:30]

Ti와 Ta **동시 첨가가 저방사화강의 미세조직 및 열화 거동에 미치는 영향 고찰**: 김한규[1], 이지원[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱[1]; [1]*창원대학교 신소재공학부.* [2]*재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: 저방사화강, Eurofer97, 조대화, 미세구조 안정성, 크리프

본 연구에서는 핵융합로 블랭킷(Blanket) 후보 소재로 고려되고 있는 저방사화강(RAFM, Reduced Activation Ferritic/Martensitic steel)에 있어 고온 안정성 및 기계적 특성에 영향을 미치는 MX의 미세한 석출을 증가시키고자 하였다. 이에 따라 (Ti,W)C 석출을 증가시키기 위한 Ti 첨가 효과를 고찰하였고, 아울러 Ta 동시 첨가 영향도 함께 고찰하고자 하였다. 따라서, Eurofer97강과 MX 형성원소인 Ta를 Ti로 치환한 Ti-RAFM강 그리고 Eu97+Ti RAFM강의 미세조직 및 고온 특성을 비교·분석하고 고찰하였다. 인장시험 결과, 초기에는 (Ti,W)C의 형성으로 석출강화 된 Ti-RAFM강이 Eurofer97강 대비 더 높은 항복 강도를 보였으나, 장시간 열노출(600°C/1000h) 이후에는 Ti-RAFM강의 항복 강도가 급격히 감소함을 보였다. TEM 분석 결과, Ti-RAFM강의 lath 폭은 약 44%로 급격하게 증가한 반면, Eurofer97강은 약 8%만 증가하였다. 이로 인해 Ti-RAFM강 (336→273 MPa)이 Eurofer97강 (304→284 MPa) 대비 더 급격한 항복 강도 감소를 보였고, 이는 Ti-RAFM강이 Eurofer97강 보다 열화속도가 빠르다는 것을 의미한다. 빠른 열화의 원인은 기지의 빠른 회복과 석출물의 조대화 등 미세조직 안정성이 열위하기 때문이다. 이로보아, 열위한 미세조직 안정성은 열간 노출 중 Ti의 빠른 확산과 연관된다고 사료된다. 이러한 확산 문제를 해소하기 위해 Ti와 Ta을 동시 첨가한 Eu97+Ti RAFM강은 고온 인장시험 및 크리프 시험에서 우수한 미세구조 안정성을 보였다. 열 노출 이후, 인장시험에서도 Ti-RAFM강은 약 11%의 항복 강도 감소가 발생하는 반면, Eu97+Ti RAFM강은 오직 0.9% (316→313 MPa)만 감소하였다. 크리프 시험 (550°C/200MPa)의 결과, Eu97+Ti RAFM강의 수명 (1,823 hr)이 상용 Eurofer97강 (592 hr)대비 약 2배 이상 향상 된 것을 확인하였다.

가공-표면처리
Room 300, 4월 27일

[표면1-1 | 09:30]

용융염을 이용한 다이아몬드 입자 표면에 크롬 탄화물 코팅: 김화정[1], 정영우[2], 최희락[3], 안용식[3]; *[1]부경대학교 LED공학협동과정. [2]부경대학교 LED융합공학전공. [3]부경대학교 재료공학과.*

Keywords: Coating, Diamond, Molten salts, Carbide, Chromium

높은 열전도도를 가진 다이아몬드의 경우 950°C 이상의 온도에서 표면의 그라파이트화가 진행된다. 따라서 일반적으로 1000°C 이상의 온도에서 제조되는 다이아몬드-구리 복합재료의 경우 열전도도의 감소를 일으킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 용융염을 이용하여 다이아몬드 표면을 크롬 카바이드층로 코팅하였다. 기존의 용융염법 코팅에 사용하였던 염은 NaCl-KCl으로 900°C 이상의 온도에서 코팅처리 되었다. 따라서 염의 용융점을 낮추기 위해 NaCl-KCl에 비해 공정점이 낮은 LiCl-KCl-NaCl, KCl-$CaCl_2$ 및 LiCl-KCl-$CaCl_2$등의 여러가지 염들을 사용하여 각 염의 공정 온도가 크롬 카바이드 형성 유무와 코팅 두께에 어떠한 영향을 미치는 지 연구하였다. 다이아몬드 코팅 시에는 염과 크롬 분말, 다이아몬드를 혼합하여 700~950°C의 온도와 다양한 시간에서 아르곤 분위기로 열처리하였다. 다이아몬드 표면에 크롬 카바이드 형성과정은 열분석 곡선을 이용하여 조사하였고, 표면 코팅 층은 X선 회절 분석과 주사전자현미경을 이용하여 분석하였다. 코팅층의 평균 두께는 입도 분석을 이용하여 계산하였다. 코팅된 다이아몬드 입자 표면은 그라파이트화 없이 Cr_7C_3으로 코팅된 것을 확인하였고, 코팅 온도 및 시간이 증가함에 따라 두께가 증가되었다.

[표면1-2 | 09:45]

용융 Zn-Al-Mg 도금강판 마찰특성 및 내식성 개선 연구: 박경관, 김선진, 홍문희; *포스코강판㈜.*

Keywords: Hot-dip galvanizing, Zn-Al-Mg alloy, Friction Coefficient, Anti-corrosion

연속 용융 도금법으로 제조된 Zn-Al-Mg 합금 도금 강판은 Zn 도금 강판 대비 내식성이 우수하여 건축 내/외장재, 가전 부품 및 자동차용 강재 분야에서 점차 수요가 확대되는 추세이다. 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금강판의 우수한 내식성은 Zn의 희생방식 효과에 더하여 첨가된 Al 및 Mg과 반응하여 치밀한 산화물 형성에 의한 것으로, 이와 관련하여 도금층의 분극거동, 부식전위 및 부식생성물 분석에 근거하여 방식 메커니즘 규명에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나, Zn 도금 강판 대비 Mg 첨가에 따른 문제점도 있어서 도금층 내부에 형성된 $MgZn_2$, Mg_2Zn_{11}과 같은 금속간 화합물이 프레스, 절곡 등과 같은 성형 과정에서 미세균열을 유발하고 이로 인해 도금층의 박리, 균열 부위 부식 등의 문제점을 유발한다. 이러한 문제점은 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금강판의 적용 확대에 있어서 커다란 장해요소로 작용하고 있으며, 이를 해결하기 위하여 Al, Mg을 수wt.% 미만으로 소량 첨가하여 가공성을 개선하는 방법이 있으나 상대적으로 내식성이 저하되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 용융 Zn-Mg 도금층의 Al 첨가량을 0~20wt.% 범위에서 변화시키면서 도금층의 미세조직과 마찰특성이 미세균열 발생과 내식성에 미치는 영향을 분석하여 내식성이 우수하면서도 각종 성형 방법에 적합한 Al 첨가 범위를 제시하고자 한다.

[표면1-3 | 10:00]

세노스피어를 활용한 기능성 첨가제 개발 및 특성평가: *윤영철[1], *윤현석[2], 정용찬[2]; *[1]서울과학기술대학교. [2] 한전 전력연구원*

Keywords: cenosphere, fly ash, insulation, hollow sphere, additive

화력발전소의 부산물인 석탄회(coalash)는 미세먼지 증가와 대기 및 환경문제를 야기시키기 때문에 이를 해결하기 위한 기술이 요구되고 있다. 석탄회에는 약 10%부피의 중공형 10~200 μm 세노스피어를 포함하고 있으며, 이 세노스피어는 우수한 내열성, 경량성, 단열성 등의 특징으로 각종 도료 및 충진재로의 활용이 가능하기 때문에 이에 대한 가능성을 평가하고자 하였다. 기존 세노스피어는 산화철과 미연탄분등 불순물의 유입과 다양한 입도분포를 보이며, 어두운 명도를 가져 페인트 및 단열 외장재 등 백색도를 요구하는 제품에 적용하기는 어려움이 있다. 본 연구에서는 영흥화력발전소의 석탄회로부터 체취한 세노스피어를 페인트의 기능성 첨가제로써 활용하는 방안에 대하여 고찰하였다. 세노스피어를 4가지 입도별로 분급하고 산처리를 거쳐 백색도를 향상시키고 입도에 따른 세노스피어/페인트 혼합물의 발색특성과 분산안정성, 단열성능을 시험 및 평가하였다. 발색특성 실험결과 세노스피어/페인트 혼합물의 발색특성은 입도가 낮은 세노스피어가 첨가될수록 높은 백색도를 보였고 산처리를 거친 세노스피어는 더욱 향상된 백색도가 관찰되었다. 분산안정성과 단열성능은 입도가 낮은 세노스피어/페인트 혼합물이 20% 우수한 열차단 특성이 있음이 관찰되었다. 따라서 세노스피어는 입도분류와 산처리 공정을 활용하면 기능성 단열도료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

[표면1-4 | 10:15]

S45C 합금의 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 Cr 도금층 두께의 영향: 함기수[1], 강연지[1], 김형준[2], 윤상훈[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: S45C, Cr plating, tensile, high cycle fatigue

경질 Cr 도금은 철강 표면에 Cr 도금층을 적층시켜 철강의 부식, 마모 특성을 보완하는 공정으로 다양한 철강 소재 및 부품에 사용되고 있다. 본 연구에서는 모재인 S45C 합금과 도금층 2종(두께가 다른)의 인장 및 고주기 피로 특성을 조사, 비교하였다. 먼저 S45C 합금을 ASTM E8, E466 규격의 시편으로 가공하였으며, 시편 가공 후 Cr을 각각 13 μm와 53 μm로 도금하였다. 도금

소재의 잔류 응력을 조사해 보고자 위치별 indentation (Helmut Fisher Co. HM-500)을 이용하여 분석하였다. 인장시험은 strain rate : 10^{-3}/s로 설정하였으며, 고주기 피로 시험은 stress ratio : 0.1, 10^7cycles을 피로한으로 설정 후 수행하였다. S45C 합금은 α-Fe 기지와 pearlite 조직으로 구성되어 있었으며, Cr 도금층의 두께는 각각 13.1 μm와 53.9 μm로 측정되었다. Cr 도금층은 모재와 박리가 관찰되지 않았으나, 도금층 내에 초기 균열이 존재하고 있었다. Cr 도금재들은 S45C 합금과 항복강도와 인장강도는 유사하나 연신율 매우 감소한 것으로 관찰되었으며, Cr 도금층 두께가 두꺼워짐에 따라 연신율은 점차 감소하는 것으로 나타났다. 고주기 피로 시험 결과, Cr 도금을 수행함에 따라 600MPa(S45C)에서 500MPa(13.1 μm 도금)로 감소하는 것을 관찰 할 수 있었으며, 도금층 두께가 두꺼워 짐에 따라 325MPa(53.9 μm 도금)로 고주기 피로특성의 감소를 확인 할 수 있었다. 상기 결과들과 함께 인장 및 고주기 피로 파단면 관찰을 수행하고 S45C 합금과 두께가 다른 2종의 Cr 도금재의 인장 및 고주기 피로 변형기구를 미세조직과 연계하여 고찰해 보았다. [본 연구는 산업통상자원부의 경질 Cr 대체 용사코팅 기술개발 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[표면1-5 | 10:30]

B_4C 타겟을 이용한 d.c. 비대칭 마그네트론 스퍼터링으로 증착한 입방정 질화붕소(cBN)의 증착 거동: 최영환[1], 박종극[1], 이욱성[1], 허주열[2], 백영준[1]; [1] *한국과학기술연구원(KIST) 전자재료연구단.* [2] *고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: boron carbide sputtering target, cubic boron nitride, sputtering, deposition parameter, residual stress, microstructure

Sputtering 방법으로 입방정 질화 붕소 박막(cubic boron nitride: cBN)을 증착하는 경우 일반적으로 육방정 질화붕소(hexagonal boron nitride:hBN)을 사용하고 hBN이 부도체이므로 sputtering 전원으로 고주파전원을 사용한다. 고주파 전원의 사용은 양산 공정이나 대면적 증착시 여러 문제를 유발한다. 본 연구에서는 직류전원 사용이 가능한 탄화 붕소를 sputtering target으로 사용하여 증착 거동과 증착된 박막의 구조 및 물성을 조사하였다. 기판의 바이어스 전압을 인가하기 위해 pulse 전원을 사용하였고, 증착변수로는 바이어스전압, pulse 전원의 duty cycle, sputtering 기체의 질소 분압 등을 선정하여 그 영향을 조사하였다. B_4C 타겟에 400W의 고전력을 인가하였고 비대칭 마그네트론 방식의 sputtering 방식을 택하였다. Fourier Transform Infrared (FTIR) 분광분석법을 이용하여 박막의 구조와 cBN 상의 함량을 분석하였고Transmission electron microscopy (TEM)으로 미세구조를 관찰하였다. Duty cycle을 70%로 고정하였을 때 기판 bias에 따른 영향을 보면, – 160 V 이하에서는 hBN 상이, – 200 V에서 – 320 V에서는 cBN 상이 – 360 V 이상에서는 증착이 되지 않았다. 바이어스 전압을 – 240 V로 고정하였을 때 duty cycle의 영향을 보면, 50% 이하에서 cBN 상의 함량이 80% 이하로 떨어졌고, 50% 이상에서는 cBN 상의 함량이 80% 이상을 얻었으며 duty cycle을 증가시킬수록 증착 두께가 감소하며 잔류응력이 증가하였다. – 240 V와 50%의 duty cycle로 고정하였을 때 공정 압력에 따른 영향을 보면, 공정 압력을 감소시킬수록 cBN 함량은 점점 증가하여 2.0 mTorr에서 79.5%, 1.5 mTorr에서 85.4%의 cBN 함량을 얻었으며 잔류응력과 cBN 증착 면적이 증가했다. 공정 압력을 1.6 mTorr로 고정하였을 때 질소 분압에 따른 영향을 보면, 질소를 첨가하지 않았을 때는 B_4C 박막이, 10% 이하의 질소 분압에서는 hBN이, 15% 이상에서부터 cBN 박막이 증착되는 것을 보였다. cBN 박막의 성장 거동을 TEM으로 관찰하였을 때 기판에서부터 비정질상, hBN상, cBN상 순으로 성장하는 것을 보았고 이는 증착시간에 따른 cBN막의 FTIR 분석 결과와 일치하였다.

[표면2-1 | 10:55]

다기능의 윤활유가 침지된 나노다공성 알루미늄 양극산화 피막: 이정훈[1], Chang-Hwan Choi[2]; [1] *부경대학교.* [2] *Stevens Institute of Technology.*

Keywords: 양극산화; 윤활유; 다공성 피막; 발수성

물에 젖지 않는 특성을 경량 금속 소재로써 널리 활용되고 있는 알루미늄 합금에 적용하는 것은 다양한 사용 환경에 노출되어 발생하는 표면 노화, 오염, 부식 등의 문제를 해결하는데 효과적이다. 본 연구에서는 기존의 초발수 및 발수 표면처리 보다 더 우수한 내구성과 성능을 확보 하고자 불용성의 윤활유를 알루미늄 양극산화피막의 나노기공에 침지함으로써 물에 대한 젖음성을 감소시켰다. 발수처리가된 다공성 양극산화피막을 윤활유로 완전히 채우기 위하여 용매치환법을 개발하였으며, 이를 통해 한쪽 끝이 막혀있는 주상형 기공을 윤활유의 점도와는 관계없이 윤활유로 가득 채울 수 있었다. 윤활유가 가득 채워진 발수 처리된 알루미늄 양극산화피막의 표면은 물에 완전히 젖지 않으며, 높은 내구성을 보여 주었다. 표면은 완전히 물과 알루미늄 모재를 분리함으로써 부식성 물질이 기공 내부로 침입하는 것을 완전 차단하여 매우 개선된 내식성을 보여주었다. 또한, 기공에 채워져 있던 윤활유는 양극산화피막에 균열이 생길 시, 그 균열로 스며들게 되고, 이로 인하여 알루미늄 모재가 외부로 노출되는 것을 차단하는 자기치유 효과를 보여준다. 또한, 이 표면은 미생물의 부착과 번식에 대한 저항성을 가지고, 외부의 액체 흐름에도 안정적으로 성능을 유지하는 것으로 나타났다. 불용성의 윤활유를 적용함으로써 물뿐만 아니라 유기용매 및 다양한 유체에 젖지 않는 미끄러운 표면을 구현할 수 있으며, 자기 세척 효과를 기대할 수 있다. 또한, 결빙 및 생체 오염에 대한 저항성도 높아 그 잠재적 가치가 매우 높다.

[표면2-2 | 11:10]

초 접착성 해양생물 부착 방지용 i-PDMS를 이용한 표면처리 방법에 대한 고찰: 윤영철[1], 임채강[2], 정용찬[3], 이수열[2]; [1] *서울과학기술대학교.* [2] *충남대학교.* [3] *한전 전력연구원.*

Keywords: I-PDMS, Spray coating, Anti-marine biofouling

선박의 하부나 발전소 해수 공급용 튜브에 초접착성 해양생물의 부착으로 인해서 경제성과 효율성의 저하가 발생하고 있다. 이에 방오 코팅을 통하여 이러한 초접착성 해양생물 부착 방지 기술을 개발하는 것에 대한 수요가 점점 증가하고 있으며, 그 중 하나가 Polydimethylsiloxane(PDMS)에 Si oil을 침투시켜서 만든 Oil-Polydimethylsiloxane(I-PDMS)이다. 본 연구에서는 I-PDMS 표면처리 기술을 활용하여 초접착성 해양생물(따개비, 홍합 등)의 부착을 방지하는 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 압력 분사 도포

방법으로 I-PDMS를 제작하였고, 이러한 제작방법은 I-PDMS의 기판 표면 처리 시간을 현저히 줄여주었다. 본 연구에서 제작한 I-PDMS와 비교군 기판과의 코팅 특성을 평가하기 위하여 실제 바다 환경을 모사한 수조에서 흥합의 움직임을 관찰하였다. 종합적인 분석은 코팅제에서의 흥합 거동, 흥합의 부착이후 기판 표면에 남겨진 단백질 분석, 흥합과 기판의 접착강도 평가, I-PDMS의 접촉각 및 표면 에너지 등 다양한 분석이 이루어졌으며, 이를 통해 압력 분사 도포를 이용해서 만든 I-PDMS가 방오 코팅제로서의 적합한 특성을 가짐을 확인하였다.

[표면2-3 | 11:25]

인공산화 표준시편 제조를 통한 ACSR Cable 결빙특성 평가: 조희재[1], 고수희[2], 정용찬[3], 이수열[1]; *[1]충남대학교 [2]한국기술교육대학교 [3]한국전력연구원.*

Keywords: Ice and Snow Faliure, Ice Adhesion Strength, Dry Oxidation

송전 및 배전선 선로에 사용되는 핵심 부품인 ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced, 강심 알루미늄 연선) 케이블은 알루미늄(Al 6031)이 아연도금강선(Galvanized steel)을 나선형으로 감싸고 있는 복합적인 3차원 구조로써, 우수한 기계적 특성과 내부식성을 가지고 있다. 국내외 혹한지역에 설치된 ACSR 케이블은 시간이 경과함에 따라 산화막이 형성되고, 노후화된 전선일수록 빙설이 전선에 강하게 부착된다. 빙설의 하중이 전선에 전가되고 이 상태에서 기온이 급상승하게 되면 착빙이 한꺼번에 떨어지게 되며, 반력에 의해 전선이 위로 튀어올라 전선 상하가 접근, 접촉되어 합선 및 단락이 발생한다. 따라서 ACSR 케이블의 산화정도에 따른 결빙특성을 파악하는 것은 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 건식 산화방법을 통해 실제 자연 산화된 ACSR 케이블의 표면특성과 유사한 인공산화 표준시편을 제작하는 방법을 제시하고, 산화 평가 인자를 확립하였다. ACSR 케이블은 신제, 7년, 15년된 소재를 비교지표로 설정하였으며 평가인자로는 표면에너지, 조도, 백색도, 광택을 고려하였다. 또한 얼음과 Al 소재와의 전단응력을 측정하기 위해 결빙접합강도 장치가 사용되었다. 결과를 요약하면, 회귀분석(Regression analysis)을 통해 평가인자와 결빙강도와의 상관관계를 모델링하고, ACSR 케이블의 평가인자 측정값을 그래프에 매치함으로써 산화막 형성에 따른 ACSR 케이블의 결빙강도를 정량적으로 예측하였다.

[표면2-4 | 11:40]

송전선로 ACSR Cable 결빙방지 코팅소재 개발 및 특성평가: 조희재[1], 정용찬[2], 이수열[1]; *[1]충남대학교 [2]한전 전력연구원.*

Keywords: Ice and Snow Faliure, Icephobic Coating, Room Temperature Vulcanizing Silicon Rubber, Hydrophobic Surface

ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced, 강심 알루미늄 연선) 케이블은 우수한 기계적 성질, 가벼운 중량, 내부식성 특징을 가지고 있어 송전 및 배전선 선로에 핵심 부품으로 사용된다. 하지만, 국내외 혹한 다설지역에 설치된 ACSR 케이블은 매우 가혹한 환경으로 인해서 결빙적설에 의한 단락 또는 지락 사고가 발생한다. 빙설해에 의한 송전선로의 고장은 급격한 전압 강하로 인한 전기 품질에 큰 영향을 주어 민원제기의 주요 원인이 되며, 고장의 파급효과가 국지적으로 발생하지 않고 광범위하게 발생하는 특징을 가지고 있다. 따라서 ACSR 케이블의 결빙적설 현상을 완화하는 것은 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 ACSR 케이블의 소재로 사용되는 알루미늄 합금(Al 6031)에 낮은 표면에너지를 가지는 결빙방지 코팅소재를 이용하여 표면을 개질하고 결빙특성을 평가하였다. 코팅 소재의 미세구조 분석 및 표면의 기계적 물성 측정을 위해 주사전자현미경과 나노인덴테이션을 사용하였다. 코팅소재와 얼음과의 전단응력은 결빙접합강도시험 장치를 사용하여 측정하였으며, 코팅제의 얼음 부착 감소 인자는 알루미늄 합금을 기준으로 평가하였다. 또한 표면의 젖음성은 물 접촉각과 접촉각 히스테리시스를 측정하여 평가하였다. 본 연구에서 개발한 상온 경화형 실리콘 수지의 얼음 부착 강도는 알루미늄 합금과 비교하여 약 44배 낮은 탁월한 방빙성 (Anti-icing) 효과를 나타내었다. 이러한 낮은 접합강도는 매끈한 표면 거칠기와 낮은 표면에너지 때문으로 생각된다.

[표면2-5 | 11:55]

테이프류 탈착특성 시험법 및 코팅소재 개발: 김유섭[1], 조희재[1], 채원기[2], 정용찬[3], 이수열[1]; *[1]충남대학교 [2]단국대학교 [3]한전 전력연구원.*

Keywords: Anti-adhesive coating, Desorption property test, Tape

신도시 및 대규모 도시개발사업이 진행되면서 안정적인 전력공급을 위하여 다수의 배전용 개폐기, 변압기와 같은 지상기기가 보도에 설치되고 있다. 이에 대한 보행자의 통행 불편에 대한 민원도 일부 있으나, 상업 광고용 포스터, 전단지 및 스티커를 지상 개폐기와 변압기 함에 무단으로 부착하여 미관 저해 및 원상복구에 대한 민원이 다수를 차지하고 있는 실정이다. 따라서 최근에 몇몇 기관에서 부착 방지용 코팅 소재에 대한 개발을 진행하여 실제 현장에 제품을 적용한 사례도 보고가 되었지만, 아직까지 기능성과 내구성 측면에서 뛰어난 효과를 보이지는 않고 있다. 이러한 원인으로는 코팅 소재 특성 및 내구성의 한계도 있지만, 현재 지상변압기 및 개폐기에 적용되기 위한 부착방지용 도료 및 시트의 성능 요구 기준이 낮고, 비교평가 할 수 있는 점착제 자체에 대한 기본자료 및 탈착 특성에 영향을 주는 인자를 기반으로 한 정확한 요구 기준이 없기 때문이다. 본 연구에서는 실제 부착방지용 코팅소재 개발에 앞서, 먼저 코팅소재의 물성을 정확하게 평가하기 위한 기준 시험법의 개발에 주안점을 두었다. 시험평가의 소재로서, 현장에서 실제로 많이 부착되어 사용되고 있는 테이프를 종류별로 선정하였고, 탈착 특성에 영향을 줄 것으로 예상되는 인자들(탈착속도, 각도, 점착력, 표면조도, 상대습도)을 고려하면서 탈착 시험 평가를 진행하였다. 시험 결과를 요약하면, 점착 강도는 탈착속도가 빠를수록, 각도가 높을수록, 점착력이 강할수록, 표면이 매끄러울수록 증가함을 보여주었고, 상대습도는 측정한 30~70%의 구간 내에서는 탈착 특성에 미치는 영향이 매우 적음을 확인하였다. 얻어진 탈착 물성 값을 바탕으로, 95% 신뢰도 구간을 적용한 탈착 모델링을 제시하여 관계식을 도출하였다. 본 연구에서 얻어진 데이터를 활용한다면, 실제 현장 환경을 모사하는 다양한 각도와 속도 범위에 따른 탈착 물성 값에 대한 추정이 가능하며, 여러가지 제품들의 비교평가에 활용할 수 있는 가이드라인을 제시했다는 점에서 그 의미가 있다.

[표면2-6 | 12:10]

Cu 소재의 내마모성확보를 위한 레이저 클래딩 공정에서 버퍼층의 영향연구: 박순홍; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: 레이저, 클래딩, Ni도금, 버퍼층

열전도가 우수한 Cu소재는 고온 마찰환경의 노즐이나 몰드에 많이 사용된다. 이러한 Cu소재의 내마모성을 확보하기 위하여 전기도금이나 용사코팅이 표면에 많이 적용되는데 Cu 소재의 특성상 큰 열팽창 계수와 높은 열전도 특성으로 코팅층이 박리 또는 결함이 많이 발생한다. 이러한 Cu 소재의 고온 환경에서의 내열, 내마모 특성을 향상시키기 위하여 Ni계 합금을 레이저 클래딩 공정을 이용하여 Cu 소재의 표면에 코팅하는 기술이 많이 발전되었다. 레이저 클래딩 공정은 고출력 레이저원을 이용하여 금속 분말 또는 와이어를 용융 및 흡착하는 방식으로 기존의 내마모성이 요구되는 금속 또는 세라믹 소재에 많이 응용되어 왔다. 이러한 고출력 레이저원을 이용하여 클래딩 하는 경우 모재와 코팅층 사이에 금속간 화합물이 형성되어 우수한 결합력을 나타내며 고온 및 냉각의 공정에 의하여 균일한 응고조직을 형성할수 있어 우수한 기계적 특성을 가지게 된다. 하지만 Cu 소재의 경우 레이저 에너지원의 낮은 흡수율로 인하여 모재와 코팅층 사이의 금속간 화합물 형성이 어렵고 이로 인하여 박리 현상이 많이 발생하는 단점이 있다. 이러한 박리 현상을 방지하고자 본 연구에서는 Ni 도금을 형성하고 형성된 도금층 위에 Ni계 합금의 레이저 클래딩을 실시하였다. 또한 도금층을 Ni 또는 NiCo를 먼저 전기 도금하고난후 레이저 클래딩을 실시하여 도금층의 종류에 따른 코팅층의 특성을 파악하였다. 이렇게 형성된 레이저 클래딩층은 미세조직의 분석과 계면의 특성을 중심으로 분석하였으며 계면의 고온 안정성을 평가하기 위하여 열충격 실험을 실시하였다.

[표면3-1 | 13:30]

고강도 금형 소재 사용에 따른 열간금형 수명 연장: 이경훈[1], 이승열[1], 고병동[2]; *[1](주)솔루션랩. [2](주)신한발브.*

Keywords: hot work tool steel, tool life, high strength, evaluation of mold stress, FEM

금형강 재질의 기계적 특성 및 열처리 상태와 표면처리 상태에 따라 금형 품질이 결정되며 금형의 수명을 결정하는 요인 중 하나이다. 금형의 수명을 연장하고자 새로운 강종 개발과 열처리 기법 및 표면처리 기법이 꾸준하게 연구중에 있다. 열간금형의 마모 및 피로 파손은 코팅층에서 시작하며, 코팅층의 견고함이 금형 수명에 영향을 준다. 코팅층의 견고함을 유지하기 위해서는 금형 모재의 기계적 성능 또한 중요하다. 본 연구에서는 코팅층을 고려하여 금형 응력해석을 수행하였고, 모재의 기계적 성능에 따른 코팅층에 생기는 응력을 비교 분석하였다.

[표면3-2 | 13:45]

다이오드 레이저를 이용한 플라스틱 사출 금형강의 변태 경화 열처리 및 기계적 특성 변화: *심아진[1,2], 천은준[2], 박인덕[2], 조대원[2], 강남현[1], 김양도[1]; *[1]부산대학교 재료공학과 [2]한국기계연구원.*

Keywords: Diode laser, plastic mold steel, heat treatment, transformation hardening, microstructure

플라스틱 사출 금형에 이용되는 강재 3종(AISI P20-improved, AISI P21, AISI 1045)을 대상으로 다이오드 레이저를 이용한 변태 경화 열처리를 실시하였다. 레이저 빔의 파장 970 nm, 최대 출력 4 kW 다이오드 레이저에 적외선 온도센서(two-color pyrometer)를 부착한 실시간 온도제어 열처리 시스템을 사용하였다. 금형강 화학 조성에 따른 열역학 계산 결과를 토대로 레이저 조사조건을 선정하였으며, 조사 후 금형강 표면의 미세조직과 경화 거동에 대한 기초 검토를 실시하였다. 열처리부 단면은 광학 현미경을 이용한 매크로 조직 분석을 하였으며, 주사전자현미경과 투과전자현미경을 사용하여 미세조직 분석을 실시하였다. A_3 온도 미만인 973 K에서 열처리한 시편의 단면에서는 레이저 조사 흔적이 거의 관찰되지 않았으나 나머지 조건에서는 온도가 증가함에 따라 열처리부 단면적이 증가하였으며 용융의 흔적은 관찰되지 않았다. 레이저 조사부에서 래스(lath) 타입의 마르텐사이트 조직이 관찰되었다. AISI P20-improved는 열처리부의 경도 값이 모재 (평균 290 HV)에 비해 108~140% 상승하였다. AISI 1045 또한 유사한 수준의 경도 값 향상이 확인되었으나, AISI P21의 경우 모재 (평균 410 HV)와 열처리부(평균 430 HV)에서 경도 값 변화가 거의 나타나지 않았다. 열처리부와 모재의 경계 영역에서는 경도 값이 저하된(300~350 HV) 연화층이 형성되었다. 레이저 조사부의 3차원 열전도 해석을 통해 열처리 시스템의 온도 제어 신뢰성을 검증함과 동시에 레이저 조사부의 승온 및 냉각의 열이력을 계산하였다. 최대 가열 온도는 1286 K으로 열처리 과정에서 적외선 온도센서를 통해 측정된 표면 온도와 유사한 수준을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 열전도 해석을 통해 예측된 열처리부의 형상과 면적은 실제 열처리부와 동등한 수준임을 알 수 있었다.

[표면3-3 | 14:00]

질화처리 된 SCr420H 강재의 기계적 특성에 미치는 유도가열 열처리의 영향: 염호종, 임항준; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Planetary gear, Nitriding, Induction heating

자동차는 수많은 부품으로 이루어져있으므로 주행 중 차량 내부에는 소음이 발생한다. 소음(Noise)의 직접적인 원인으로는 차량의 동력을 전달하는 자동변속기 내 '유성기어장치'를 예로 들 수 있다. 유성기어장치는 내구성 확보를 위해 표면 경화 열처리를 하는데 이 과정에서 치수 변형이 일어나고 이러한 변형된 기어를 장착하게 되면 소음이 발생한다. 그러므로 차량 내 소음을 포함한 NVH(Noise, Vibration, Harshness) 특성 개선이 요구되고 있다. 기어에 적용되는 기존의 표면 열처리 공정은 침탄과 질화가 있다. 침탄은 850~900°C까지 가열 후, 급냉시키는 공정으로 기계적 성질은 우수하지만 제품의 열변형량이 크다. 질화는 침탄에 비해 낮은 온도인 570~590°C에서 진행한 후, 120°C로 낮추어 로냉시키는 공정이므로 열변형량은 거의 없지만, 경화되는 깊이가 적다. 그러나, 기어는 최소화 된 변형량과 동시에 우수한 경도 및 경화 깊이가 요구되므로, 변형이 거의 없는 질화 처리의 경화 깊이를 보완할 방법이 필요하다. 그 방법으로서 질화처리 된 기어에 유도가열 열처리를 하고자 한다. 유도가열은 코일 형태의 도체에 전류를 가하여 자장을 발생함으로서 자장 내에 있는 가열체에 유도전류를 흘려 단시간에 가열시킨다. 이 때, 유도전류의 표피 효과(skin

effect)로 인해 가열체 표면에 열이 집중되므로 유도가열 후 급냉을 통해 표면경화 효과를 얻을 수 있다. 즉, 1차로 질화처리 하여 표면경도를 얻고, 2차로 유도가열에 의한 급속 가열 및 급냉을 통해 더 깊게 경화시키는 것이다. 이를 바탕으로 본 실험은 기어용 강재인 SCr420H를 대상으로 질화처리한 후, 유도가열 열처리를 진행하여 강재에 미치는 영향을 알아보고자 했다. 실험은 질화처리된 강재를 유도가열 열처리하되 유도가열 온도와 시간을 변수로 하여 진행하였다. 그리고 급냉을 포함한 최종 열처리 후, 공정변수에 의한 표면경화 특성을 분석하고자 경도를 측정하여 시편 표면으로부터의 경도 변화 곡선을 분석하고, 미세조직 변화를 SEM으로 관찰하였다.

[표면3-4 | 14:15]

진공 상온 분사 공정에서 Al2O3 분말의 입도 분포가 코팅층 기계적 특성에 미치는 영향: 권한솔[1], 박형권[2], 이창희[1]; *[1]한양대학교 [2]현대제철.*

Keywords: Vacuum Kinetic Spray(VKS); Ceramic coating; Powder structure; Scanning Electron Microscopy(SEM); Mechanical property

진공 상온 분사 공정(Vacuum Kinetic Spray)은 수 마이크로미터 이내의 입도를 갖는 분말을 수백 m/sec로 빠르게 가속하여 이때 발생하는 분말 입자와 기판의 충돌에 의해 세라믹 코팅을 육성하는 기술이다. 기존의 일반적인 세라믹 코팅 기술과는 다르게 재료의 접합을 위한 고온의 열처리가 필요하지 않고, 상대적으로 높은 적층 속도, 그리고 치밀한 코팅층을 형성할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 다양한 기능성 세라믹 원료 분말이 가지고 있는 특성을 고스란히 코팅층으로 제작할 수 있다는 특성으로 인해 압전소자, 광촉매, 센서, 배터리 등 다양한 분야에서의 연구가 활발하게 이루어져왔다. 이러한 이점에도 불구하고 선행 연구에 따르면 진공 상온 분사 공정의 적층 효율은 0.1% 이내로 낮은 것으로 알려져 있으며, 이로 인하여 실제 산업의 적용은 매우 제한되고 있다. 진공 상온 분사 공정의 적층 메커니즘과 관련된 연구들이 다수 이루어졌으나, 원료 분말의 입도 분포에 따른 영향이 고려되어 연구가 이루어진 바 없다. 일반적으로 진공 상온 분사 공정의 원료 분말로 사용되는 세라믹 입자들은 작게는 수십 나노미터부터 크게는 수 마이크로미터에 이르는 상당히 균일하지 못한 넓은 입도 분포를 가지고 있다. 따라서 이러한 입도 분포에 의한 적층 현상의 연구를 통해 기존의 진공 상온 분사 공정이 가지고 있는 한계점을 극복할 수 있는 연구가 이루어질 필요가 있다. 본 연구에서는 서로 다른 크기를 갖는 두 종류의 Al_2O_3 분말(nano 및 submicron Al_2O_3 powder)을 이용하여 다양한 혼합비를 갖는 혼합 분말을 제작하였다. 이를 통해 서로 다른 입도 분포를 갖는 입자들이 진공 상온 분사 공정에서 적층 현상에 미치는 영향과 코팅층의 기계적 특성 사이의 상관 관계를 고찰하였다. 코팅 공정의 적층 효율 및 속도 측정을 위해, 코팅 전후의 시편과 분말의 무게를 측정하였다. 코팅층의 표면 및 단면 미세구조 분석을 위해 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM)을 사용하였으며, surface profiler를 통해 코팅층의 두께를 측정하였다. 코팅층의 기계적 특성 평가를 위하여 박막의 접합력을 평가할 수 있는 scratch test system을 이용하였고, 표면의 경도와 탄성계수 측정을 위해 nano-indenter를 사용하였다. Nano Al_2O_3 분말의 함량이 매우 높은 경우에는 코팅층의 충분한 densification 현상이 이루어지지 못하여 매우 약한 힘에 의해서도 코팅층이 탈락하는 현상을 확인하였다. 이러한 탈락이 발생하지 않는 특정한 혼합 범위에서, nano Al_2O_3 분말의 조성이 높아질수록 코팅층의 적층 속도 및 효율을 증가하는 경향을 보였으나, 기계적 특성은 전체적으로 급격히 저하되는 것을 확인하였다. 또한 코팅층 미세구조 분석 결과, submicron Al_2O_3가 증가함에 따라서 세라믹 입자들은 더욱 극심한 friction을 겪으며 서로 친밀하게 접합된 것을 볼 수 있었다. 결론적으로, 진공 상온 분사 공정에서 세라믹 입자들은 그 입도 분포에 따라 deposition 혹은 consolidation 현상에 서로 기여하는 바가 다름을 확인하였다.

[표면3-5 | 14:30]

Cr_3C_2-NiCr 분말의 damage accumulation을 통한 저온 분사 적층 용이성 향상: 김재익, 이승태, 이창희; *한양대학교 공대 신소재공학과 신소재하이브리드 프로세스연구실.*

Keywords: Cr_3C_2-NiCr; Mechanical milling, Heat-treatment, Deposition, Kinetic (or cold) spray process

For kinetic spray process, metals have been primary subject, since this process highly depends on the plastic deformability of feedstock powder. Nevertheless, several studies related to the kinetic spraying of cermet (i.e. WC-Co and Cr_3C_2-NiCr) were conducted. According to those studies, fragmentation of kinetic sprayed cermet particles is prerequisite for the successful deposition, so the properties of feedstock powders related to the fragmentation are significantly critical factor of cermet kinetic spraying. Thus, in this study, commercial Cr_3C_2-25NiCr powder was mechanically milled and heat-treated to accumulate damage in the feedstock powder, in order to reduce the resistance of cermet particles to fragmentation. The effect of mechanical milling and heat-treatment was evaluated by nanoindentation and TEM observation, and then the deposition aspect of three kinds of powders (as-received, milled and milled & heat-treated) was compared using SEM observation. As a result, it was confirmed that Cr_3C_2-25NiCr powder was considerably weakened by mechanical milling. There was no recovery of fracture toughness and phase transformation of mechanically milled Cr_3C_2-25NiCr powder even after post heat-treatment. Consequently, the deposition state of mechanically milled and heat-treated Cr_3C_2-25NiCr powder was highly enhanced relative to the as-received. It seems certain that the mechanical milling and post heat-treatment of commercial Cr_3C_2-25NiCr powder was very effective to enhance its deposition capability in kinetic spray process.

상변태 심포지엄: 전위 및 재결정 유발의 상변태현상

Room 301, 4월 27일

[상변태현상1-1 | 09:00] 초청강연

Fe-12Mn 합금에서의 공석반응 (Eutectoid reaction in a Fe-12Mn binary alloy): 허윤욱[1], 남중원[2], 허남회[1], 김성준[1]; *[1]포항공대 철강대학원. [2]POSCO.*

Keywords: Eutectiod reaction, hydrostatic pressure, Fe-Mn alloy

Fe-Mn 합금은 Fe에 오스테나이트 안정화 원소인 Mn을 첨가함으로서 고온안정상인 오스테나이트(γ)를 낮은 온도에서도 유지할 수 있는 특징을 보인다. 특히 Mn의 첨가량에따라 오스테나이트 기지의 적층결함에너지가 변화하며, α+γ 이상영역에서 유지 후 냉각 시에는 ε-마르텐사이트, α?-마르텐사이트와 잔류오스테나이트 등의 다양한 조직을 형성한다.본 연구에서는 Fe-12Mn 합금을 α+γ 이상영역인 400°C에서 유지 후 냉각한 시료를 투과전자현미경으로 관찰함으로써 이상영역 열처리 시 형성되는 입계석출물의 석출거동에 대하여 알아보고, 공석온도(247°C) 이상의 온도에서 일어나는 공석반응 (Eutectoid reaction)의 원인에 대하여 설명하고자 한다.

[상변태현상1-2 | 09:30] 초청강연

전주도금 인바에서 상변태에 의한 저열팽창 특성의 발현: 박용범, 김인경; *순천대학교.*

Keywords: 메탈마스크, 열팽창계수, 인바, 전주도금

올레드(OLED) 디스플레이 제작공정에 필수 부품인 메탈마스크 재료로서 저열팽 특성을 나타내는 인바가 사용된다. 차세대 고해상도 (UHD급) 디스플레이에 적용하기 위해서는 메탈마스크의 두께가 7 μm 수준으로 얇아져야 하기 때문에, 기존의 압연 방법으로 생산되는 인바 보다는 보텀-업 방식인 전주도금 방법으로 인바를 제조하는 것에 연구 개발이 집중되고 있다. 본 연구에서 상용인바 보다 열팽창계수가 더 낮은 전주도금 인바를 제조하는 방법을 공개한다. 전착상태에서 열팽창계수가 높은 전주도금 인바는 열처리에 의해 열팽창계수를 낮추어야 한다. 이러한 열처리 중에 일어나는 상변태에 의해 저열팽창 특성이 발현하는 기구와 함께 전주도금 인바의 열팽창계수를 제어하는 원리를 밝힌다.

[상변태현상1-3 | 10:00] 초청강연

Dendritic solidification and texture evolution of Zn alloy film in hot-dip galvanizing: 김성균[1], 허주열[2], 정구진[2], 황현석[3], 김상현[3]; *[1]군산대학교. [2]고려대학교. [3]포스코 기술연구원.*

Keywords: hot dipping, Zinc alloy, dendrite, texture, phase field model

용융아연 도금된 강판의 기계적, 화학적 성질 및 외관 등은 도금 층의 화학조성뿐 만 아니라, 결정립 크기, 집합조직 및 편석 등에 의해서도 크게 변한다. 이들 중에서 집합조직과 편석을 이해하기 위해서는 무엇보다도 먼저 도금 층의 응고과정을 살펴보아야 한다. 본 연구에서는 용융도금의 기본 조성인 Zn-0.2% Al 합금을 대상으로 결정 방위에 따른 미세조직의 특징을 실험적으로 검토하고, 이를 기반으로 phase field 모델을 이용하여 응고 과정에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 도금 층은 2회 대칭, 4회 대칭, 6회 대칭, 8회 대칭 및 doublon 등 다양한 형태의 수지상으로 응고하는 것으로 관찰되었다. 수지상의 기하학적 형태는 기판 면에 대한 수지상의 결정학적 방위 관계에 따라 달라지며, 그 특징들을 EBSD 분석을 통해 검토하였다. 이로부터 고-액 계면 에너지의 3차원 이방성이 추정되었으며, 그 결과를 토대로 40~100개의 결정립을 포함하는 대규모 3차원 시뮬레이션이 수행되었다. 각 결정립의 결정학적 방위는 수지상의 형태뿐 만 아니라 수지상의 성장 속도에도 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이로 인해 결정립의 크기와 합금 원소의 편석 양상 등도 변하였다. 마지막으로, 수지상 성장의 결정학적 이방성, 결정립 크기, 집합조직 및 합금원소의 편석 사이의 관계가 정량적으로 검토되었다.

[상변태현상2-1 | 10:30] 박중근교수님 정년퇴임 기념강연

Modeling of the dynamic recrystallization kinetics and flow stress of micro-alloyed medium- carbon steels: 박중근; *한국과학기술원.*

Keywords: Microalloyed medium carbon steels, dynamic recrystallization kinetics, flow stress modeling, deformation-induced B-segregation, Grain-size-distribution method

본 연구는 열간 단조공정을 모사하기 위한 목적으로, microalloying 중탄소강의 동적 재결정에 의한 고온 유동곡선 변화 측정과 변형조건 변화에 따른 고온 유동 연화거동 분석을 통하여, microalloying중탄소강의 동적재결정 kinetics와 유동곡선을 모델링하고자 하였다. 본 연구 결과 동적재결정 kinetics를 변형조건 Z ($(\acute{\varepsilon}\exp(Q_{def}/RT))$)의 단일함수로 모델링 하기 위해서는 Avrami kinetics를 사용하되 종래의 $t_{1/2}$-방법 즉 $X = 1 - \exp[-0.692(t/t_{1/2})^n]$이 아니라, 새로운 $\varepsilon_{1/2}$-방법 즉 $X = 1 - \exp[-0.692(\varepsilon/\varepsilon_{1/2})^n]$방법을 사용하여야 한다는 사실을 보여주었다. 이때 Avrami kinetics의 시간지수 n은, 문헌과 같은 일정한 값을 갖는 것이 아니라, 변형조건 즉 온도보상 - 변형율속도 상수 Z가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이며 이는 동적재결정의 주요기구인necklace – 재결정 형태가 입계이동-주도에서 핵생성-주도 형태로 변화하기 때문이라는 사실을 규명하였다. 이에 비해 B (그리고 B-Nb) - microalloying강은, 특이하게도, Z가 증가할 때 시간 지수 n값이 일정한 값을 보이거나 오히려 증가하는 경향을 보인다. 이러한 특이 현상은 고온-변형에 의해 유발되는 B의 비평형 입계 편석 효과에 기인하는 것으로, B의 입계편석 과 Nb- borocarbide의 석출 효과가 이러한 특이 현상의 주된 원인 임을 밝힐 수 있었다. 나아가, 본 연구에서는 고온 변형조건 Z의 변화에 따른 유동응력의 변화거동에 관한 모델링 연

구를 통하여, 고온work-hardening 거동을 Voce식과 Kocks-Mecking방법을 이용하여 변형조건의 단일 함수로 모사 할 수 있다는 사실을 처음으로 보여 주었다. 이러한 사실을 토대로 본 연구에서는, Voce – Kocks - Mecking방법과 본 연구에서 제안한 $\varepsilon_{1/2}$-Avrami kinetics 방법을 이용하여 고온 변형 중에 예상되는 microalloying중-탄소강의 고온 유동응력의 변화를 변형조건 Z의 단일 함수로 모델링 할 수 있다는 사실을 보여주었다. 한편, microalloying중탄소- 강의 동적재결정 kinetics를 측정하기 위한 통상적인 방법은, 재결정립과 미재결정립 구분의 어려움으로 인하여, 미세조직을 이용한 직접적인 측정보다는flow softening정보를 통한 간접적인 측정 방법을 사용하고 있다. 이에 본 연구에서는 동적재결정 분율을 미세조직으로부터 직접적으로 평가하는 방법으로 GSD (grain size distribution)- 방법을 새로이 제안하였다. 이 방법은 변형량 변화에 따른 전체- 결정립 분포 (재결정립과 미-재결정립 모두 포함)의 변화를 실험적으로 측정하는 단계와, 그 측정 결과를 Lognormal Distribution Function (LDF)으로 일차 모사한 후 이를 다시 Area-weighted (A_w-) LDF로 전환하는 과정으로 이루어진다. 이와 같이 구한, 변형율 변화에 따른 A_w- LDF변화를 이용하여, 변형율 변화에 따른 동적재결정 분율 변화를 계산할 수 있음을 보여 주었다.

[상변태현상2-2 | 11:00] 초청강연

재료에 저장된 에너지 방출과 상변태의 상관관계: 김영석, 김성수; *한국원자력연구원.*

Keywords: stored energy, recrystallization, ordering transformation, heat evolution and absorption, phase transformation

냉간가공된 재료를 가열하면 열이 방출되면서 회복 (recovery) 및 재결정 (recrystallization)이 일어난다. 이러한 관측된 사실을 토대로 냉간가공시 생긴 변형에너지의 일부가 재료에 저장되며, 저장된 열 (stored energy)이 방출되면서 재결정이 일어나기에, 재결정을 야기하는 구동력은 가열시 방출된 변형에너지라고 현재의 재료과학에서 주장하고 있다. 이러한 주장은 재결정의 구동력과 방출된 에너지 간에 상관관계가 있음을 의미하지만, 인과관계를 의미하는 것은 아니다. 실 예로 재결정의 핵생성이 어떻게 일어나는지가 명확하지 않다. 문제는 어떠한 형태의 에너지이던 간에 재료 내에 에너지가 저장 또는 방출될 수 없지만, 다만 엔트로피의 변화를 수반하면 에너지 저장 및 방출이 가능하다. 이것이 상변화물질 (phase change materials)을 이용한 에너지를 저장하는 공학적인 원리다. 따라서 냉간가공된 재료를 가열할 때 열이 방출하는 것은 회복 또는 재결정 때문에 일어나는 것이 아니라, 가열시 주어진 에너지가 disorder-order 상변태로 엔트로피의 감소 때문이다. 반대로 에너지흡수는 order-disorder 역 상변태가 수반된다는 것을 나타낸다. 따라서 에너지 방출에 따른 원자규칙화 상변태 (ordering transformation)가 재결정을 야기하는 구동력이며, 이러한 새로운 관점에서 재결정 현상을 토의한다.

[상변태현상2-3 | 11:30] 초청강연

Dislocation-based model for strain-induced martensitic transformation: Tae-Ho Lee[1], Heon-Young Ha[1], Jae Hoon Jang[1], Joonoh Moon[1], Sung-Dae Kim[1], Jong-Ho Shin[2], Jong-Wook LEE[2]; [1]*Advanced Metals Division, Korea Institute of Materials Science.,* [2]*Materials and Manufacturing Technology Development Center, Corporate Research and Development Institute, Doosan Heavy Industries and Construction Co. LTD.*

Martensitic transformation (MT) plays a decisive role in the plasticity of many engineering materials requiring both high strength and ductility that are mutually exclusive. Although several models for strain-induced MT have been proposed and attempts have been made of providing experimental evidences to support the models, there remains ongoing question as to how sequential fcc-hcp-bcc MT operates. In this presentation, we propose a dislocation based model for sequential fcc-hcp-bcc transformation. Apart from previous models for direct fcc-to-bcc MT, two-step transformation composed of fcc-to-hcp followed by hcp-to-bcc was a main transformation path. For the first stage of γ-to-ε MT, Frank partial dislocation played a decisive role in the formation of ε martensite. And, two invariant-plane strains are required to complete the ε-to-α′MT: the first shear is of the {0001}<10-10> type and amounts to one-half twinning shear of austenite; the second shear whose magnitude is one-third twinning shear of austenite is consecutively introduced parallel to the direction of <2-1-10> on {01-11} plane. An indirect verification of the model was provided by the careful analysis on the precise rotational relationship involved in the ε-to-α′ transformation. It was found that a partial dislocation in moving ε variant interacted a partial dislocation in stationary ε variant, and their interaction resulted in the formation of a stair-rod dislocation which connects two ε variants.

[상변태현상2-4 | 12:00] 초청강연

금속합금의 오메상 상변태 현상: 최병학[1], 장현수[1], 현용택[2], 김승언[2], 윤기봉[3], 이길재[4]; [1]*강릉원주대학교.* [2]*재료연구소.* [3]*중앙대학교.* [4]*동서발전.*

Keywords: 오메가상, Ti 합금, 철강, 마르텐사이트, 준안정상

금속합금에서 오메가상이란 주로 Ti 합금 또는 비정질합금에서 나타나는 준안정상 형태로 설명되고 있다. 이것은 Athermal & Thermal로 구분되어 열확산이 없는 마르텐사이트 유사의 오메가상과 열확산이 개입된 석출상 형태의 오메가상으로 분류되기도 한다. 그러나 아직까지 오메가상이 무엇인지에 대해서는 구체적인 해석이 없는 상황이다. 이는 오메가상을 이루는 상변태 과정이 기존 이론으로 해석할 수 없는 형태이기 때문이다. 최근 고분해능 투과전자현미경 분석기술의 발달로 오메가상 유사현상이 Ti 합금 뿐만 아니라 일반 철강의 템퍼링에서도 보고되고 있다. 이러한 오메가상의 공통된 특징은 3a 위성회절점 현상과 연계된다. 이것은 그 이전 단계인 준안정상 형태로부터 발달한 일종의 Thermal 오메가상으로 판단할 수 있다. 아직까지 Athermal 마르텐사이트 유사의 오메가상에 대해서는 실체가 밝혀진 바없다. 본 연구에서는 Ti 합금과 철강 템퍼링에서 나타나는 오메가상 형태를 비교분석 하였다. 이것으로부터 일반적으로 받아들여지는 Thermal 오메가상 구조와 구성요인을 고찰하고자 하였다. 또한 이전 단계인 Athermal 오메가상을 유추하여 두 합금이 공통적으로 가지고 있는 bcc 마르텐사이트 형성단계까지 추정하고자 하였다.

상변태
Room 301, 4월 27일

[상변태1-1 | 13:30]
첨가 원소 및 열처리에 의한 Ti-Cr-X합금의 미세조직 및 기계적 물성 거동: 박상원, 홍성환, 김영석, 박혜진, 문상철, 권성준, 최시연, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과.*
Keywords: Ti 합금, Ti-Cr-X, β 타이타늄, 상변태, 미세조직, 기계적 물성, 열처리.

타이타늄은 우수한 물성과 특성으로 많은 관심과 연구가 집중 되고 있는 소재이다. 또한 항공기, 자동차 및 임플란트 등의 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 대표적인 타이타늄 합금으로는 Ti-6Al-4V 합금이 있다. 하지만, 이러한 Ti-6Al-4V합금은 소재의 비용이 고가이며 α+β 타이타늄 상의 미세조직을 갖게 되어 합금의 공정이 매우 까다롭다는 단점을 갖고 있다. 이렇듯, 합금 소재의 비용 및 공정 상의 한계를 극복하기 위해 합금의 미세조직을 제어하여 해결하고자 하는 많은 연구들이 진행되고 있다. 이러한 미세조직 제어를 위한 방법 중의 하나로, 첨가 원소에 의한 합금화가 있다. 첨가 원소로는 미세조직 상의 큰 분율의 β-Ti상을 형성하기 위해 강한 β-Ti 안정화 효과를 일으키는 Cr과 Mn이 선택되었다. 이러한 Ti-Cr 이원계 합금은 높은 고용도로 인한 고용 강화 효과를 통해 우수한 물성을 보인다. 특히, $Ti_{95}Cr_5$ 합금은 β-Ti 형성과 동시에 α" 및 ω-Ti 상이 형성되어 강화상으로 작용하는데, 이러한 미세조직적 특성으로 높은 압축 항복강도를 갖지만 연신율의 한계가 극명하다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 Ti-Cr 이원계 합금 중, 가장 높은 압축 항복강도를 갖는 $Ti_{95}Cr_5$ 이원계 합금의 제한적인 소성능을 개선하기 위해 미량의 원소 X에 해당하는 Mn을 첨가하였으며, Mn 첨가량의 변화에 따른 미세조직의 변화와 물성의 거동을 확인 하였다. 또한, 합금의 최적 열처리 조건을 확립하기 위하여 시차주사열량측정법을 통해 α/β 상변태 온도를 측정하였고 주조 상태와 열처리 후의 합금의 미세조직 및 기계적 물성의 차이를 확인 하였다. 합금의 상 분석과 미세구조는 각각 X-선 회절분석, 주사 전자 현미경 및 광학 현미경을 통해 분석하였고 기계적 물성을 측정하기 위해서 만능 시험기를 이용해 상온에서의 압축시험을 진행하였다.

[상변태1-2 | 13:45]
Effect of boron addition on the mechanical properties of high entropy alloys: Jung Soo Lee, Kook Noh Yoon, Hyun Seok Oh, Sang Jun Kim, Eun Soo Park; *Seoul National University.*
Keywords: High entropy alloy; Boron addition; Solid solution strengthening; Transformation induced plasticity

Elemental boron is a small-size metalloid that is added to various types of alloys including stainless steels, titanium, and superalloys for modification of the microstructure, grain size, enhancement of creep performance, wear resistance, ductility, and hardness. It is the precipitation of boride that directly impacts the hardness and wear resistance of the alloy. Recently, the suppression of creep cavitation through boron segregation at relatively high temperatures in austenitic stainless steels was also reported. Nonetheless, very few reports on the studies of effect of boron addition in the recently developed high entropy alloys (HEAs) have been made, which show potential application in various temperature ranges. In order to analyze and contribute to the existing knowledge, we investigated the effect of low concentration boron addition in transformation induced plasticity (TRIP) exhibiting HEAs. Mechanical tests, characterization and electron microscopy techniques were employed to the boron content modified alloys. The results showed retained TRIP effect along with improved strength and ductility. Further alloy design through combination of non-transition metal elements can lead to tuning of the properties in the desired direction.

[상변태1-3 | 14:00]
연속 냉각 실험을 이용한 등온 상변태 거동 예측: 김정민[1], 심재혁[2], 이경종[1]; *[1] 한양대학교 신소재공학부. [2] 한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*
Keywords: Phase transformation; JMAK; CCT diagram; Additivity rule

최근 우수한 강도와 성형성을 가진 Advanced High Strength Steels (AHSS)의 개발이 철강 산업의 새로운 과제로 떠오르고 있다. AHSS는 합금조성과 공정조건에 따라 dual phase, TRIP, complex phase steels로 나누어지며, austenite, ferrite와 같은 고온상 뿐만 아니라 bainite, martensite와 같은 저온상으로 구성돼있기에 이에 대한 상변태 거동의 예측이 굉장히 중요하다. 일반적으로 상변태 거동은 TTT 실험을 통해 추출되지만 경화능이 좋은 합금강인 경우 incubation time이 굉장히 짧기 때문에 급냉 중 상변태가 발생하여 incubation time을 추출하기 힘들다. 또한 Cr, Mo와 같은 합금원소들의 편석에 의해 TTT 곡선에 bay가 생겨나며, bay 근방의 온도 영역에서 TTT 실험을 수행할 경우 상변태가 종료하지 않는 문제가 발생한다. 따라서 CCT 실험을 통해 역으로 TTT 데이터를 추출하는 방법이 제시되었으나, 이 방법을 사용하기 위해서는 넓은 구간의 냉각 속도를 촘촘하게 많이 실험해야 하기 때문에 현실적으로 불가능하다. 본 연구에서는 기존에 제시된 방법을 개선하여 실제 상변태가 John – Mehl – Avarmi – Kolmogorov (JMAK) 방정식을 따르며 가산법식 (additivity rule)이 성립한다는 전제하에 적은 양의 실험을 토대로 연속적인 Q-T 곡선을 얻을 수 있는 회귀 함수를 제안하였으며, 실제 실험을 통해 제시된 회귀 함수의 타당성을 증명하였다.

[상변태1-4 | 14:15]
Al 첨가에 따른 FCC 하이엔트로피 합금의 경량화 특성 및 변형 거동 분석: 윤국노, 오현석, 이제인, 박은수; *서울대학교.*

Keywords: High entropy alloy, Light material, Deformation behavior, Transformation Induced Plasticity

최근 큰 관심을 모으고 있는 하이엔트로피 합금(HEA, High entropy alloy)은 다종의 금속 원소가 유사한 분율로 구성되어 첨가된 모든 원소가 주 원소로 작용하는 합금 시스템이다. 각 원소 간의 복잡한 상호작용에 의해 유발된 높은 엔트로피 상태를 가지는 HEA는 우수한 강도 및 연신 특성 등으로 인해 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 최근에는 이러한 하이엔트로피 합금의 조성을 조절하여 적층 결함 에너지(SFE, Stacking Fault Energy)를 낮추어, 쌍정유기소성(TWIP, Twin Induced Plasticity), 변태유기소성(Trip Induced Plasticity) 및 복합구조(DP, Dual Phase) 등의 독특한 변형거동이 발생할 수 있다는 결과가 보고된 바 있다. 본 연구에서는 상기와 같이 TWIP, TRIP 및 DP 특성을 보이는 것으로 알려진 Fe, Ni, Mn, Co 및 Cr 으로 구성된 5 원계 하이엔트로피 합금을 제조하고, 저밀도(2.7 g/cm^3)를 가짐과 동시에 FCC 합금계에서 페라이트 안정화를 통해 SFE를 높이는 것으로 알려진 Al을 합금화 함에 따라 그 변형거동의 변화 및 기계적 물성 변화를 체계적으로 고찰하였다. 종합하면, 본 연구를 통해 제시된 하이엔트로피 합금은 고강도 특성은 유지하면서도 연신을 획기적으로 향상시킬 수 있는 TRIP 특성을 보임과 동시에 경량화를 달성하여, 차세대 구조용 소재로 적용 될 수 있으며, 이와 같은 산업적 응용 가능성을 확인하여 우수한 특성의 하이엔트로피 합금 개발의 시금석을 제공하고자 한다.

[상변태1-5 | 14:30]

상온에서 우수한 가역적 자기열량효과를 보이는 Ni-Mn-Sn 계 호이슬러 합금 개발: 김상준, 류욱하, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Heusler alloy, magnetocaloric effect, field-induced reverse martensitic transition, reproducible magnetocaloric cycle

냉매를 이용한 기존의 냉각 기술을 대체할 상온 자기 냉각 기술이 미래의 친환경 고효율 냉각 기술로서 최근 각광받고 있다. 자기 냉각이란 물질에 자기장을 인가할 경우 온도 변화를 일으키는 자기열 효과를 이용해 온도 차이를 유발하는 기술로, 고효율의 자기 냉각기 개발을 위해서는 작은 자기장 변화로 큰 온도변화를 보이는 자기 냉각 물질 개발이 필수적이다. Gd와 $Gd_5Si_2Ge_2$에서 거대 자기열 효과가 발견된 이래로 많은 자기열 물질이 개발되었으며, Ni-Mn-Z(Z=Ga, In, Sn) 호이슬러 합금도 이러한 자기열 물질 후보군 중 하나로 연구되어 왔다. 호이슬러 합금은 자기장을 인가했을 때 온도가 감소하는 역자기열 효과를 보이는데, 마텐사이트 상변화 온도 근처에서 자기장을 인가하면 마텐사이트 역변태가 일어나면서 상변화에 필요한 에너지를 흡수해 온도가 감소한다. 하지만, 마텐사이트 상변화의 비가역적 특성 때문에 자기장 싸이클을 연속적으로 인가할 경우, 재료가 가지고 있는 열자기 효과를 온전히 나타내지 못 한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 상온에서 지속가능한 열자기 싸이클을 보이는 Ni-Mn-Sn 계 호이슬러 합금을 개발하기 위해 작은 히스테리시스를 가지는 합금을 설계하였다. 제작된 합금은 상온 근처에서 2 T의 자기장에 대해 24.5 J/kg·K의 큰 자기엔트로피 변화(magnetic entropy change)를 보였으며, 5 T의 자기장에 대해 276 J/kg의 유효 자기 용량(effective refrigeration capacity)를 보였는데, 이는 Ni-Mn-Z 호이슬러 합금계에서 최고 수준이다. 이러한 결과는 히스테리시스와 상변화 엔트로피, 그리고 자기적 특성의 복합적인 영향으로 인하여 마텐사이트 상변화에 필요한 열역학적 구동력이 최소화된 결과로 사료된다. 본 연구를 통하여, 가역적인 자기열량효과를 보이는 호이슬러 합금의 설계법을 제시함으로써 향후 자기 냉각기에 적용 가능한 자기열 물질 개발의 시금석을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

[상변태1-6 | 14:45]

Fabrication of quenched bulk metallic glass by Laser Additive Manufacturing: 유근희[1], 박태규[1], 최한신[2], 김휘준[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Bulk metallic glass, Mechanical property, Nanoindentation, Laser additive manufacturing, Plasticity

Even though metallic glasses show outstanding mechanical/physical properties such as high yield strength, good fracture thoughness and superior wear resistance, the critical cooling rate for glass formation restrict their use in structural application. So, many researches tried to overcome the limitation of their dimensions by using powder metallurgy process such as Spark plasma sintering (SPS). However, due to bad interfacial bonding between the particles and applied heat during sintering process, fabricated BMG shows lack of plasticity. In the present study, we will report the fabrication of Zr-based BMG by laser additive manufacturing(laser AM) and influence of hatch distance on laser AM fabrication of Zr-based BMGs. We analyze the mechanical behavior difference by statistical analysis of serration behavior between specimnes fabricated by various processes (as-cast, SPS and laser additive manufacturing). Also compression test results show outstanding mechanical properties of laser AM specimen. Through these attempts, we can carefully figure out the unique structure of laser additive manufacturing specimen, and finally suggest an effective process for overcoming size limit of metallic glass with excellent mechanical properties.

[상변태1-7 | 15:00]

Correlation between intrinsic factors and deformation behavior of nanoscale metallic glasses: 김지영[1], 김소연[1], 김진우[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology.*

Keywords: Nanoscale metallic glass, Deformation behavior, Deformation map of nanoscale metallic glass, Homogeneous deformation, Intrinsic property

비정질 금속은 높은 항복 강도, 탄성 한계와 상대적으로 낮은 탄성 계수를 갖는다는 장점을 나타내며 활발한 연구가 진행되었음에도 불구하고, 응력 하에서 국부적 영역에 변형이 집중되는 불균일 변형거동으로 인한 파괴 특성으로 인해 구조재료로의 활용에 한계를 갖고 있다. 하지만, 비정질 금속은 시편 크기에 따라 소성변형모드 전이가 일어난다는 특징을 나타내는데, 그 크기가 나노스케일

에 이를 경우에 벌크 시편에서는 불균일 소성변형이 일어나는 응력, 온도 조건 하에서도, 균일 소성변형이 일어나다는 특징을 갖는다. 최근 이러한 나노스케일 비정질 합금의 변형기구변화에 대한 근본적인 메커니즘을 이해하고자 나노스케일 변형기구 영역도를 활용하여 재료의 기계적 성질과 나노스케일에서의 변형거동 변화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 비정질 합금의 푸아송 비, 취약도와 같은 intrinsic 특성에 따른 나노스케일 비정질 금속의 변형거동 변화를 나노스케일 변형기구 영역도를 그려 체계적으로 고찰하고자 하였다. 이를 통해 활성화 에너지, 활성화 부피와 같이 나노스케일 변형기구 영역도를 결정하는 인자들과 나노스케일 비정질 금속의 균일 소성변형 거동 사이의 상관관계를 정밀 분석하였다. 본 연구를 통해 비정질 금속의 상온 균일변형을 확대 적용하여 (온도)-(응력) 인가를 통한 비정질 성형 방안과 더불어 국부영역 변형모드 전이에 의해 벌크 시편까지도 연신을 부여하는 방안에 관하여 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

[상변태2-1 | 15:25]

전류펄스 및 인장응력을 이용한 FeNi계 비정질 합금의 상변태 거동: 황지용, 이승훈; *경북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: FeNi계 비정질 합금, 전류펄스

FeNi계 합금은 높은 투자율, 낮은 자왜와 같은 우수한 자기적 특성을 지녀 인덕터, 모터, 등의 전자기 부품에 활용될 뿐 아니라 차폐 분야에도 적용되고 있는 재료이다. FeNi계 합금의 그 자기적 특성을 위해 나노크기의 결정립을 지니는 것이 요구되며 이를 위해 현재 다양한 방법들이 제시되어있다. 그 중 전기적 에너지를 이용한 경우, electromigraion 효과에 의한 원자들의 집단적 움직임에 의해 결정화가 발생하게 되며 보편적으로 이용되는 열처리 온도보다 낮은 온도에서 결정화가 가능하다. 이와 더불어 기계적 응력이 electromigraion 효과를 높이는 것으로 알려져 있어, 본 연구에서는 이러한 전류펄스와 인장응력을 이용하여 나노결정화를 시도하였으며 이에 따른 FeNi계 비정질 합금의 저온 상변태 거동과 자기적 특성변화를 살펴보았다.

[상변태2-2 | 15:40]

FCC계열 하이엔트로피 합금의 격자비틀림 및 고용강화효과 고찰: 오현석[1], 김상준[1], Dierk Raabe[2], Fritz Kormann[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교신소재공동연구소. [2]Max Planck Institute for steel research.*

Keywords: 하이엔트로피 합금, 격자비틀림, 고용강화, EXAFS, DFT

하이엔트로피 합금은 주원소가 없기 때문에 모든 원소가 용질원소로서 간주될 수 있고, 이러한 원자 단위의 복잡성은 높은 격자비틀림 효과 (lattice distortion), 낮은 확산 (sluggish diffusion), 고용강화 효과 (solid solution strengthening) 등을 유발하는 것으로 알려져 있다. 특별히 FCC계열 하이엔트로피 합금은 우수한 파괴인성 특성으로 인해 철강, 초합금을 이을 차세대 상용 합금으로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 단일상 FCC 구조로 이루어진 하이엔트로피 합금에서 격자비틀림 효과와 그로 인한 고용강화 효과를 규명하고자 하였다. 기존의 격자 구조 분석기법 및 고용강화 이론은 dilute 합금에서 발전되어 왔고, 용질 원소들이 본 격자에서 고정된 원자 단위 구조를 가정한다. 하지만 하이엔트로피 합금은 모든 원자들이 본 격자 위치에서 벗어난 격자 비틀림 효과를 갖기 때문에 기존의 방법으로는 격자 비틀림 효과와 고용강화 효과를 설명하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 X-ray diffraction, Extended X-ray Absorption Fine Structure, Pair Distribution Function 분석들을 통해 하이엔트로피 합금의 격자 비틀림 효과를 규명하고, 이를 응용하여 고용강화의 원인을 분석하였다. 본 연구에서 수행한 하이엔트로피 합금의 원자단위 구조분석은 하이엔트로피 합금의 원자 단위 복잡성에서 기인한 다양한 특성들을 규명할 수 있는 기초가 될 수 있을 것으로 기대된다.

[상변태2-3 | 15:55]

응고 및 열처리 시 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금의 석출 거동 및 기계적 특성: 김진연[1], 김진우[2], 심재혁[3], 박은수[1], 장혜정[3]; *[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology. [3]한국과학기술연구원.*

Keywords: 하이엔트로피 합금, 응고, 석출, 상태도, TEM

유사한 비율의 다 성분 원소 합금화로 제조되는 하이엔트로피 합금은 현재까지도 단상 고용체를 갖는 조성 범위 및 특성 평가에 대한 연구에 집중되어 왔다. 하지만 대부분의 하이엔트로피 합금은 단상 고용체보다는 나노 석출 및 스피노달 분해와 같은 복잡한 미세구조를 가지며 이는 하이엔트로피 합금의 응용 가능성을 저하시킨다. 이에 하이엔트로피 합금에서도 미세구조 제어를 위한 합금 설계 및 공정 최적화에 대한 방법으로 상태도에 대한 연구가 진행되고 있다. Arc melting 과 suction casting 을 통해 주조한 판상 시편을 1100°C에서 24 시간 동안 균질화 처리하였으며 XRD, SEM, EPMA, TEM, EDS tomography 와 3D-APT 를 통해 상분석 및 미세구조를 관찰하였다. 또한, CALPHAD 법을 기반으로 하여 thermos-calc (version S) 와 STGE alloy solution database (version 5.1) 로 $Cr_{0.25}Fe_{0.25}Co_{0.25}Ni_{0.25}$-Cu 의 준이성분계 상태도를 계산하였다. 본 연구에서는 계산된 준이성분계 상태도와 멀티 스케일 미세구조 분석 결과를 토대로 응고 및 열처리 시 제2상의 형성 과정을 설명하고 이에 따른 기계적 특성 변화에 대해 고찰하고자 하였다. 마지막으로, 나노인덴테이션과 pillar 압축 시험을 통해 기계적 특성에 대한 기지 및 석출물, 계면의 기여도를 정성적으로 살펴보고자 하였다. 본 연구는 하이엔트로피 합금 중에서도 간단한 합금인 $Cr_{20}Fe_{20}Co_{20}Ni_{20}Cu_{20}$을 이용하여 합금 설계 및 공정 최적화를 위해 상태도를 제안하고 실제 합금이 응용되도록 지침을 제공하는 데 의의가 있다.

[상변태2-4 | 16:10]

니켈베이스 합금의 격자 변화에 미치는 단 범위 규칙화의 영향: 김성수, 임상엽, 김영석, 정종엽; *한국원자력연구원.*

Keywords: 니켈 베이스 합금, 단 범위 규칙, 시차열분석, 발열 반응, 격자 수축

니켈 베이스 합금은 고온 물성 및 크리프 특성이 우수하여 산업 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 이중 X-750 은 Ni-15 Cr-8 Fe-3Ti 합금으로 중수로 원자로의 압력관과 칼라드리아 튜브 사이의 공간을 확보하는 garter spring 으로 사용되고 있다. 이 합금

은 사용 중 입계 파괴 형태의 취화 거동을 나타내는 것으로 알려져 있다. 최근 보고된 바에 따르면 니켈이 핵반응에 의하여 헬륨(He)을 형성하는데, 이것이 void 에 모여 He bubble 을 형성하는 것이 취화의 원인이라는 보고가 있다. 그러나 X-750은 단 범위 규칙(short range order, SRO) 반응이 일어나고 이것은 격자의 수축을 유발하는 것으로 알려져 있다. 이 규칙화의 원인은 재료의 제조 과정에서 유입되는 엔트로피의 감소에 따른 것으로 재료의 사용 중에 필연적인 현상이다. 본 연구는 X-750 에 대하여 용체화 처리 온도에서 급냉하여 시차 열분석 (differential scanning calorimeter, DSC) 분석을 통하여 단 범위 규칙 반응이 일어난다는 것을 확인하였다. 또한 이 반응에 대한 활성화 에너지(activation energy)를 측정한 결과 570 및 670°C 부근에서 일어나는 규칙 반응에 대한 활성화 에너지는 각각 Q = 217 kJ/mole 및 Q=303 kJ/mole로 나타났다. XRD로 분석한 결과 이 합금은 규칙화 처리에 의해 0.03% 정도의 격자 수축을 나타내었으며, 이것은 여타의 니켈베이스 합금에서 나타나는 수축과 유사한 범위이다.

[상변태2-5 | 16:25]

in-situ TEM Observation and Phase-Field Simulation of Abnormal Ripening in Al-Li Alloy: Jiwon Park[1], Sung-Dae Kim[1], Chang-Seok Oh[1], Reza Darvishi Kamachali[2], Christian Schwarze[3], Ingo Steinbach[2]; [1]*Korea Institute of Materials Science.* [2]*ICAMS.* [3]*Ruhr University Bochum.*

Keywords: in-situ TEM, phase-field, Al-Li, Al_3Li, precipitation

Evolution of d' (Al_3Li) precipitate during heat treatment is great importance in strengthening of Al-Li alloys. Unlike the past researches based on ex-situ analysis on the precipitation, d' evolution during in-situ heating observation shows abnormal distribution in precipitate size, precipitate-free zones associated with dislocations, and continuous decrease in number density of precipitate which are not well-explained in classical ripening theory. On the other hand, phase-field modeling successfully simulates these behaviors when the idea of chemo-mechanical coupling is adopted. In the simulation, size and number of the precipitates decrease when a Li-sink is present near the precipitates - for example, extensive amount of dislocations observed in TEM analysis. This also explains that the precipitate-free zone is developed in the highly-strained region.

[상변태2-6 | 16:40]

상 안정성 다이어그램을 활용한 전이금속 산화물의 탄질화 과정 고찰: 권한중[1], 문아람[2], 김지웅[1]; [1]*한국지질자원연구원광물자원연구본부.* [2]*과학기술연합대학교대학원.*

Keywords: 전이금속, 탄화물, 질화물, 탄질화물, 상 안정성 다이어그램

전이금속의 탄화물, 질화물, 탄질화물은 결정 구조적 특성으로 인하여 고경도, 내마모성 등과 같은 기계적 물성이 우수하여 기계 부품 제조를 위한 가공용 공구 및 내마모용 부품의 재료로 활용되고 있다. 탄화물, 질화물, 탄질화물을 제조하기 위한 여러 방법 중 낮은 비용으로 가장 보편화된 방법은 전이금속의 산화물에 대한 탄질화 공정으로 열처리 중 산소 분압, 질소 분압 및 탄소량이 공정 변수로 고려되어야 한다. 본 연구에서는 전이금속의 산화물에 대한 탄질화 과정 중 최적 조건 탐색을 위한 이론적인 접근법으로 상 안정성 다이어그램을 활용하고자 하며 상 안정성 다이어그램을 도출하고 이를 실험적으로 적용하는 과정에 대한 소개하고자 한다.

하이브리드 수소환원제철 심포지엄

Room 303, 4월 27일

[환원1-1 | 09:10]
수소함유자원 고로 활용 Proces기술: 이운재; *포스코*

본 심포지엄에서는 제철공정 발생 CO_2 10% 저감을 위한 기술옵션 확보를 목표로, 크게 탄소계 환원제 사용의 직접적인 저감을 위한 CO_2 직접저감 기술과 미활용 배열/현열 회수, 배출 CO_2 자원화 등을 통한 CO_2 간접저감 기술로 구성하여 기술개발을 진행하고자 한다. CO_2 직접저감 기술에는 대표적으로 수소함유자원의 고로 활용 Process 기술, 저탄소 대체원료 고로 활용 Process 기술 개발로 구성되어 있으며, 간접저감 기술로는 제선 에너지 및 물질 회수 기술과 CO_2 환원 기술로 구성하여 기술개발을 진행한다. 따라서, '함수소 가스 고로 취입기술' 일변도의 접근에서 벗어나, 수소함유가스를 고로에 취입하는 방법 이외에도 국내 고로사가 보유한 고유 기술의 장점을 활용하여, LRI (Low-Reduced Iron) 등의 대체철원의 제조 및 활용 기술개발, Biomass 등과 같은 탄소중립자원의 사용 기술개발 등을 통하여, 원료 및 연료의 다변화 관점의 기술적 접근과 개발속도의 가속화를 동시에 도모하고자 한다. 또한, CO_2 매립에 있어 현실적 제한이 많은 국내 상황을 고려하여, 발생 배가스 내 CO_2 처리에 대한 기술적 접근은 일본의 CCS 관점과는 달리 CCU(CO_2 Capture & Utilization) 기술을 통한 CO_2의 자원화(고부가 Chemical & fuel/환원제로 전환) 관점에서 기술개발을 진행할 예정이다.

[환원1-2 | 09:20]
바이오매스 고로 활용 Process 기술- 기술동향 및 기초물성 평가: 김혁; *현대제철*

[환원1-3 | 09:30]
함 수소 고로 조업시 장입물 노내 거동: 민동준; *연세대학교*

[환원1-4 | 09:40]
수소환원 고로 조업에서 연화융착대 환경변화에 따른 용융성 개선 기술: 이준호; *고려대학교*

[환원1-5 | 09:50]
고로 내 함수소 가스취입시 Shaft부 코크스 반응특성 변화: 김성만; *포항공과대학교*

[환원1-6 | 10:00]
고온 전기분해 시스템을 통한 이산화탄소 환원 및 저감 기술: 김원배; *포항공과대학교*

[환원1-7 | 10:10]
상온구동 전기화학적 이산화탄소 환원기술 및 시스템 개발: 이종람; *포항공과대학교*

[환원1-8 | 10:20]
제철공정 배열회수 및 CO_2 자원화 기술: 이준석; *포항산업과학연구원*

[환원1-9 | 10:30]
해외 CO_2 저감 관련 제철기술 개발 동향: 김태윤; *한국금속재료연구조합*

[환원2-1 | 11:00]
부생가스 기반 CO_2 저감형 Hybrid 환원제철 증폭 및 개질 기술개발: 장병록; *SAC*

CO_2 무배출 대량 수소공급원과 연계시 수소환원 제철공정에의 수소공급에 있어 CO_2 제로화가 가능하나 제철소 내에는 이러한 수소공급원이 존재하지 않는 상황이며, 제철 공정에서는 다양한 부생가스가 발생하며, 특히 코크스 오븐가스 (Cokes oven gas, COG)에는 수소가 다량 함유되어 있으며 메탄의 함량이 높아 수소 환원제철의 수소공급원으로 이용이 가능하다. 제철 공정에서 발생하는 COG는 현재 다른 공정에서도 이용이 되고 있으며, 공정률에 따라 제철소에서 발생한 COG가 수소 환원제철을 위한 프로세스로 모두 공급이 되는데 한계가 있고, 다양한 불순물 (H2S, NH3, BTX, Tar 등)을 포함하고 있어 기존 수소 제조 공정 적용에 한계가 있다. 안정적인 개질촉매반응을 위해서는 불순물 정제가 필수적이며, 혼합가스 별 불순물 정제수준 파악에 대한 연구가 선행되어야 한다. COG를 기반으로한 다양한 수소원의 하이브리드 개질 시 수소공급원의 혼합 비율, 운전조건에 따른 수소증폭특성을 평가하여 고효율의 개질기 설계안을 제시하고, 불순물 정제수준을 도출하고자 한다. 부생가스는 일정 수준의 정제를 거쳐 제철소 내에서 발전소 혹은 가열로 등의 연료원으로 사용되고 있으나, 이를 제선용 (함)수소 제조(증폭)의 원료로 공급하기 위해서는 불순물을 제거하기 위한 고효율의 가스정제 공정 개발이 반드시 선행되어야 하며, 개질 공정으로 부터 발생하는 환원가스 내 CO를 H2로 전환하는 공정을 적용하여 제조된 증폭된 수소를 고로 공정에 공급함으로써 CO_2 저감량을 증대시키고자 한다.

[환원2-2 | 11:10]
통합 공정 설계 검토: 권영현; *필즈엔지니어링㈜*

[환원2-3 | 11:20]
제철 부생가스 기반 CO전환을 통한 수소제조 기술 개발: 이창훈; *포항산업과학연구원*

[환원2-4 | 11:30]
COG 가스로부터 수소 증폭을 위한 메탄 농축 공정 개발: 박종호; *한국에너지기술연구원*

[환원2-5 | 11:40]
부생가스 내 수소 증폭을 위한 개질 운전 조건 평가: 배중면; *한국과학기술원*

[환원2-6 | 11:50]
부생가스 활용기술 개발 및 분석기술 개발: 송덕용; *한국금속재료연구조합*

[환원3-1 | 13:00]
대체 철원 기반 제철공정 CO_2 저감 기술 개발: 장철호; *현대제철*

국내 철강 생산량의 1/4가량을 차지하고 있는 전기로 업체 및 관련 중소기업에 대한 영향이 막대할 것으로 예상되며, 이에 대한 대응으로 CO_2 저감을 위한 전기로 공정 효율 향상 기술 개발이 요구된다. 최근 제강(전로/전기로) 공정에서는 원료의 다변화 관점에서 기존의 철스크랩 뿐 아니라, 고로 용선, 직접환원철(DRI) 등을 복합적으로 사용하는 기술이 주목받고 있으며, 유럽에서는 관련 설비 개발도 활발히 진행되고 있다. 특히 전기로에서 DRI 사용량의 증대는 고급철스크랩 대체와 저급 철스크랩 사용량 증대를 동시에 가져올 수 있으므로, 최근 많은 철강사들이 관련 기술을 개발하고 있음. 멕시코, 이탈리아 등 DRI를 적극적으로 전기로 공정에 활용하는 사례를 보면, 일관제철 공정 대비 DRI 사용 전기로 조업의 경우 고로-전로 대비 절반이상 수준으로 CO_2 배출량을 저감할 수 있는 것으로 알려져 있음. 특히 DRI 제조공정에서 함수소 가스를 활용할 경우, CO_2 저감 효과는 더욱 증가한다. 이에, 본 과제의 연구 방향은 '함수소 가스를 활용한 대체철원으로서의 직접환원철(DRI) 제조 및 사용에 관한 원천 기술 개발', '에너지 저감(CO_2 감소)용 전기로 공정 효율 향상 기술 개발' 및 '전로 공정 대체철원(스크랩, DRI) 사용량 증대를 통한 제강공정에서의 CO_2 저감기술 개발'을 추진하고자 한다.

[환원3-2 | 13:10]
제철 부생가스를 이용한 고탄소/고금속화율의 DRI 제조: 김행구; *부경대학교*

[환원3-3 | 13:20]
HBI 제조 및 파괴 강도 향상 기술: 이광희; *케이텍*

[환원3-4 | 13:30]
전기로 슬래그의 탈린능에 미치는 DRI 투입의 영향: 박주현; *한양대학교*

[환원3-5 | 13:40]
수소환원 DRI 하이브리드 전기로용 내화재의 슬래그 부식특성: 정용석; *한국산업기술대학교*

[환원3-6 | 13:50]
전기로 조연버너 사용 효율향상 조업기술 개발: 한경문; 현대제철

[환원3-7 | 14:00]
전기로 조연버너 형상과 조업 개선을 통한 열효율 향상 기술 개발: 문정은; *에스티아이씨앤디*

[환원3-8 | 14:10]
전기로 및 전로에 사용 가능한 대체철원 용해 모델 개발을 위한 기반 연구: 김선중; *조선대학교*

[환원3-9 | 14:20]
국내 전기로사별 공정 및 기술 분석을 통한 CO_2 저감 전략: 장형순; *한국금속재료연구조합*

[환원3-10 | 14:30]
전로내 2차 연소 반응시험 및 해석모델 구축: 하창수; *포스코*

제5회 수소재료 안전 심포지엄

Room 201A, 4월 27일

[안전1-1 | 09:30] 초청강연

오스테나이트 스테인리스합금의 변형유기 마르텐사이트 상변태와 수소의 역할: 김영석, 김성수; *한국원자력연구원.*

오스테나이트 스테인리스합금은 상온 및 저온에서 인장 변형시 변형유기 마르텐사이트 상변태 (Strain-induced Martensite Transformation)로 마르텐사이트가 변형중에 형성되면서 연성을 증대시킨다. 마르텐사이트 상변태로 인한 연성의 증가는 지금까지는 외부응력의 일부가 오스테나이트-페라이트 상변태에 사용되어서 균열선단에 가해지는 응력이 감소되기에 일어난다는 주장이 현 재료과학에서 용인되고 있다. 이러한 주장은 다른 재료-세라믹 또는 금속-에서 나타나는 변형유기 마르텐사이트 역할에도 동일하게 적용되고 있다. 그러나 이러한 주장은 저변형속도에서 형성되는 마르텐사이트 부피가 현저히 증가하는 현상을 설명할 수 없으며, 수소가 응력유기 마르텐사이트 형성을 억제하는 현상 및 특히 저 변형속도에서 상기 현상이 뚜렷해지는 것을 설명할 수 없다. 따라서 변형유기 마르텐사이트가 연성에 미치는 역할에 관한 기존의 주장은 비합리적이다. 또한 재료의 상변태는 항상 열 방출 또는 흡수를 수반하고 이에 따른 엔트로피의 감소 및 증가가 있음에도 불구하고, 변형유기 상변태 시 수반되는 엔트로피 변화가 기계적 특성에 미치는 영향을 전혀 고려하지 않고 있다. 본 논문에서는 상온 인장변형시 유발되는 변형유기 마르텐사이트 실체를 TEM, 중성자회절 및 소각산란법 및 atom probe tomography를 이용하여 규명한 결과를 제시한다. 아울러, 수소가 변형유기 마르텐사이트 형성을 억제하는 이유 및 수소취성 메커니즘에 대하여 토의한다.

[안전1-2 | 09:55] 초청강연

Grain boundary engineering approach to improve hydrogen embrittlement resistance in Fe-Mn-C TWIP steel: Young Jin Kwon, Hyunjoo Seo, Chong Soo Lee; *POSTECH.*

Keywords: Twinning-induced plasticity steel, Hydrogen embrittlement, Grain boundary engineering, Coincidence site lattice

This investigation aimed to improve hydrogen embrittlement (HE) resistance of Fe−17Mn−0.8C (wt. %) TWIP steels by use of grain boundary engineering approach. Al-added TWIP steels (Fe−17Mn−0.8C−1Al and Fe−17Mn−0.8C−2Al) was also investigated for the comparison. By applying grain boundary engineering, the special boundaries that shared a high fraction of lattice points between neighboring grains were increased, and the morphology of grain boundaries was changed to ragged type. After hydrogen charging, fracture strength and reduction of area were clearly degraded in all four samples (Base, GBE, 1Al, and 2Al), revealing a transition of fracture mode from dimple fracture to intergranular fracture. However, the alloy with higher fraction of special boundaries had higher resistance to hydrogen-induced intergranular embrittlement. The HE resistance of GBE was obviously improved to a level similar to that of Al-added TWIP steels. Important implication of this work is that HE resistance can be greatly enhanced by controlling the distributions of grain boundary characters (GBCs) without adding Al. This was attributed to not only the higher fraction of special boundaries, but also the loss of continuity of random boundaries.

[안전1-3 | 10:20] 초청강연

철강재료의 미세조직에 따른 수소취성 메커니즘 규명: 박철호, 박한지, 이정훈, 강남현; *부산대학교.*

Keywords: Hydrogen embrittlement, Steels, Grain size, Transformation-induced plasticity, Dislocation

구조재료는 경량화 추세에 맞추어 고강도화 되고 있다. 특히 구조재료 중 사용량이 가장 많은 철강재료는 자동차 및 에너지 플랜트 산업을 중심으로 빠른 속도로 고강도화가 진행되고 있다. 철강재료의 고강도화를 위해서는 일반적으로 고용체강화, 가공경화, 석출강화, 상변태에 의한 강화 및 결정립 미세화에 의한 강화 등의 기구를 이용한다. 각 재료별 강화기구에 따른 강도 증가의 비중이 다르듯이 이에 따른 수소취성의 반응도 다르게 보고 되고 있다. 따라서 본 연구는 많은 강화기구 중 전위 집적에 의한 가공경화, 가공유기 마르텐사이트변태에 의한 강화 및 결정립 미세화에 의한 강화에 따른 수소취성의 거동을 비교하고, 수소취성을 최소화하기 위한 강화기구를 제시한다.

[안전1-4 | 10:45]

IN740H Ni-based superalloy의 수소 취화 특성: 이승용[1], 김한진[1], 안창호[2], 백승욱[2], 심재혁[1], 서진유[1`]; *[1] 한국과학기술연구원(KIST) 고온에너지재료연구센터. [2] 한국표준과학연구원(KRISS) 소재에너지융합측정센터.*

Keywords: IN740H, Superalloy, Hydrogen embrittlement, Tensile property, Fractograph

Superalloy는 우수한 고온 강도 및 크립 저항성을 가져 항공기와 우주선의 엔진 및 화력, 원자력 발전소 내 터빈 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그러나 최근에는 정유 플랜트 및 가스 시추와 같은 부식적 환경에서도 활용 및 고려되고 있어, 이러한 환경에서 발생하는 수소에 의해 야기되는 수소 취화 (hydrogen embrittlement) 현상에 대해 다양한 기존 superalloy 소재들이 다루어진 바 있다. 이 중 IN718은 대표적인 석출 강화형 superalloy로써 최근 심해저 가스 시추용 구조 소재 후보로 선정되어 이 합금의 수소 취화 연구가 활발하게 보고되었다. Superalloy는 다양한 공정 및 열처리 조건에 따라 미세조직 내 석출물이 민감하게 변하며, 이들이 수소 취화 미치는 영향은 상이할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 최근 차세대 화력 발전용 후보 소재로 각광받고 있는 최신 Ni-based superalloy IN740H 소재의 수소 환경 하 사용 가능성에 대해 알아보고자 하였다. 이 소재를 용체화 온도 및 시

효 온도를 달리하여 다양한 미세조직적 인자들을 달리 하고, 고온-고압 열적 방식으로 15 MPa H_2, 300°C 조건에서 72시간 동안 수소 주입하였다. 인장 시험은 10^{-4} s^{-1} 변형률 속도로 상온에서 실시되었고, 이 후 미세조직 및 파면 관찰을 통해 미세조직적 인자 변화에 따른 수소 취화 거동을 살펴보았다.

[안전2-1 | 11:10] 초청강연

고강도 선재의 개발 방향과 수소취성 저항성 문제: 이준모, 이상윤, 김관호, 정환교; *㈜포스코.*

Keywords: 고강도화, 선재, 철강, 수소취성

자동차 경량화 이슈와 함께 전세계 철강회사는 줄어드는 철강의 입지를 다지기 위해 철강의 고강도화 연구에 집중을 하고 있다. 특히 여러 제품들 중 선재는 2.0GPa을 넘는 스프링강부터 시작해서 4GPa을 넘는 신선재까지 오래 전부터 고강도 제품들을 다루면서 수소취성 문제를 지속적으로 다루어 왔다. 고강도 CHQ (Cold Head Quality) 용 제품의 경우는 대부분의 고객사에서 필수적으로 수소지연파괴 저항성 자료를 요구하기도 하며, 전세계 철강회사들 또한 수소취성 저항성 관련 연구를 지속적으로 해오고 있다. 국내 여러 기관들 또한 수소취성 관련 연구가 과거에 비해서 많이 증가하고 있으나, 아직까지 일본과 같이 오랜 시간 수소취성 관련 연구를 한 나라에 비해서는 자료가 많이 부족한 실정이다. 특히 수소취성의 경우 각 고객사들이 요청하는 자료들이 다양하며, 철강 제품마다 수소취성 저항성 비교 방법에서도 많은 차이를 보인다. 따라서 본 발표에서는 고강도 선재의 제품 개발 방향과 수소취성 연구 동향 그리고 다양한 수소취성 저항성 테스트 방법에 대하여 다루고자 한다.

[안전2-2 | 11:35] 초청강연

오스테나이트 스테인레스강의 고압수소가스에서의 사용적합성 평가: 백운봉, 남승훈, 이해무, 박종서; *한국표준과학연구원.*

Keywords: 수소취성, 수소가스환경, 기계적물성, 오스테나이트 스테인레스강

수소 사용량이 급증 할 것으로 예상되는 가까운 미래에 수소산업 사회가 이룩될 수 있기 위해서는 수소의 생산, 저장, 수송 및 변환 등에 대한 내수소취성 재료 선정에 대해 다양한 연구가 필요하다. 이미 알려진 연구에 의하면 오스테나이트 스테인레스강 중에서도 Ni 함량이 많은 강종에 대해 수소취성에 강한 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 본 연구팀의 연구결과 Ni 함량이 적은 오스테나이트 스테인레스 강이라 할지라도 제조 방법이 분말인 경우 수소취성에 강한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 Ni 함량을 이용한 수소재료 사용 적합성 평가는 한계가 있다고 판단하고 기계적 특성을 이용하여 수소 환경에서의 사용 적합성 평가를 하는 것이 바람직하다고 판단하여 이에 대한 고찰을 설명 하고자 한다.

[안전2-3 | 12:00] 초청강연

수소 주입 및 시험 방법에 따른 고망간강의 수소 취화 특성 비교: 황병철[1], 이승용[1], 서진유[2], 백운봉[3], 남승훈[3]; *[1]서울과학기술대학교 [2]한국과학기술연구원. [3]한국표준과학연구원.*

Keywords: 수소 주입, 고망간강, 수소 환경 취화, 내부 가역 수소 취화, 시험 방법

일반적으로 재료의 수소 취화 현상은 수소의 존재 위치에 따라 수소 환경 취화(hydrogen environment embrittlement) 또는 내부 가역 수소 취화(internal hydrogen embrittlement)로 구분되기도 한다. 수소 환경 취화는 1960년대 NASA에서 우주선에 장착되는 재료들에 대해 활발하게 연구되었으며, 최근에는 수소 연료 전지 자동차나 수소 스테이션 등 수소 시스템에 사용되기 위한 후보 소재들에 대해서 연구가 진행되고 있다. 이와 달리 내부 가역 수소 취화는 제조 공정, 용접, 산세, 도급 등 어떠한 원인에 의해 재료 내 주입된 내부 수소에 의해 나타나는 현상이다. 현재 연구자들은 이러한 수소 취화 현상을 모사하기 위해 전기화학적 또는 고온-고압 열적 수소 주입 방식을 채택하여 물성 평가를 수행하고 있으며, 주로 Ni 첨가 오스테나이트계 스테인리스 강의 취화 거동에 대한 연구가 대부분이었다. 본 발표에서는 최근 Mn, C 및 Al을 첨가하여 다양한 적층 결함에너지와 오스테나이트 안정도를 갖는 고망간강들을 위의 다양한 수소 주입과 시험 방법에 따른 수소 취화 특성 평가를 실시하고, 이를 비교하고자 하였다.

[안전3-1 | 13:30]

Variation of Stacking Fault Energy by Hydrogen for CrMnFeCoNi High Entropy Alloy: 김한진[1], 조민경[2], 김긍호[2], 서진유[2], 이준호[1]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Hydrogen Embrittlement, High Entropy Alloy, Stacking Fault Energy

하이엔트로피합금은 요즘 많은 연구자들이 관심을 가지고 연구하고 있는 재료이다. 하이엔트로피합금의 가장 중요한 특성 중 하나는 저온으로 갈수록 연신율과 강도가 동시에 증가하는 부분이다. 본 연구에서는 CrMnFeCoNi의 5개 원소가 각각 동일한 원자량을 가지고 있는 합금에 대해 연구하였다. 이 합금은 5개 원소가 다량으로 있지만, 면심입방구조의 단일상을 가지며, 상안정성도 높은 합금이다. 그리고 면심입방구조의 합금에서 적층결함에너지는 기계적거동의 특히 연신율을 결정하는 중요한 요소이다. 여러 하이엔트로피합금에 대해 보고된 적층결함에너지에 대한 데이터는 아직 많이 없으며 계산과학을 통한 예측치가 일부 보고되었다. 하이엔트로피합금의 저온에서 좋은 특성은 액체수소저장의 용기에 쓰는 재료로 아주 적합하다. 또 하이엔트로피합금은 수소취성저항성이 좋은 재료로 보고되고 있어 그 적합성이 우수하다. 수소취성저항성재료로 많이 쓰는 면심입방구조의 재료들의 적층결함에너지는 수소취성물성을 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나이다. 보통 316L과 같은 기존에 많이 쓰이는 수소취성저항성재료는 수소에 의해서 적층결함에너지가 감소하여 수소취성에 취약해 진다고 알려져 있다. 본 연구에서는 CrMnFeCoNi 하이엔트로피합금의 수소에 의한 적층결함에너지 변화를 분석함으로써 하이엔트로피합금의 수소취성거동의 이해를 돕고자 하였다. 본 연구에서는 CrMnFeCoNi 하이엔트로피합금의 적층결함에너지를 투과전자현미경의 WBDF(Weak Beam Dark Field) 모드를 통해서 실험적으로 측정하였다. ASTM E08에 부합하는 판상형 인장시편을 수소주입 후 5%의 인장변형을 가하고 변형이 가해진 영역에서 TEM을 정대축 상태에서 3G-WBDF를

통해서 적층결함의 폭을 관찰하였다. 앞의 폭 길이를 토대로 하이엔트로피합금의 적층결함에너지를 실험적으로 계산하였고, 수소 주입에 따른 적층결함에너지의 변화를 관찰하였다

[안전3-2 | 13:45]

안정한 오스테나이트계 스테인리스강에서 입계 예민화가 수소취성에 미치는 영향: 김경식, 강지현, 김성준; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: 오스테나이트계 스테인리스강, 예민화, 수소취성

안정한 오스테나이트계 스테인리스강은 수소의 용해도가 높고 확산이 느리며 수소에 취약한 마르텐사이트가 생성되지 않아 수소환경용 강재로 주목 받고 있다. 그러나 이러한 강종은 고온에서 입계에 석출물이 잘 생성되어 수소취성 민감도가 증가하는 단점을 가진다. 본 연구는 안정한 오스테나이트계 스테인리스강, Fe-20Cr-11Ni-5Mn-2Mo-0.5Si-0.3N-0.1C (wt.%), 에서 입계 석출물이 수소취성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 수행되었다. 시편을 800°C 에서 1 시간, 그리고 24 시간 동안 열처리하여 입계에 $M_{23}C_6$를 석출시켰고 전기화학적으로 수소를 주입하였다. 수소 주입 후에 연신율이 감소되는 수소취성이 나타났으며 변형 유기 마르텐사이트는 발견되지 않았다. 수소취성은 예민화가 많이 진행될수록, 즉 입계에 석출물이 많이 생성될수록 더 크게 나타났다. 수소취성 증가의 원인을 밝히기 위하여 변형된 시편들의 미세구조를 관찰하였으며 수소의 거동을 TDA 와 은 치환을 통해 확인하였다. 결과적으로 석출물 / 오스테나이트 계면에 수소가 트랩되어 입계의 결합력을 약화시키는 것이 주 요인으로 확인되었으며 입계에 석출물이 생성되었을 때 마르텐사이트 생성과 관계없이 수소취성 민감도가 증가한다는 결론을 얻었다.

[안전3-3 | 14:00]

Characteristics of sustained load crack resistance in aluminum alloy for high pressure hydrogen gas storage vessels: Dae-Kyeom Kim[1], Sun-Woo Nam[2], Sung Chul Kim[3], Dong Hun Yang[3], Sung-Min Cho[4], Taek-Soo Kim[5]; *[1]University of Science and Technology/ Korea Institute of Industrial Technology. [2]Korea Institute of Industrial Technology. [3]TK-FUJIKIN R&D Center. [4]Institute of Gas Safety R&D. [5]University of Science and Technology/ Korea Institute of Industr.*

Keywords: hydrogen,sustained load cracking, Al6061, EBSD, vessels

Recent renewable energy technologies are being developed mainly in developed countries due to recent fossil energy supply and demand concerns and environmental pollution problems. Among them, hydrogen is increasingly attracting attention as a non-polluting fuel that emits only pure water without emitting greenhouse gases. In order to safely store and transport hydrogen, Aluminum alloy Al6061-T6 is used as a storage vessels material due to its light weight, high hydrogen embrittlement resistance and better formability. During manufacturing and or high pressure loading, unloading of hydrogen gas in the vessel, micro and macro cracks tend to occur internally and also in the joints. The material is required to have high crack growth inhibition and strength. In this study, we evaluated the change in characteristic of sustained load cracking (SLC) resistance according to the cross sectional area reduction rate of 30%, 60%, 90% in commercial Al6061 - T6 billet. Furthermore, these samples are also investigated by tensile test, SEM(Scanning electron microscope) and EBSD(Electron backscatter diffraction) analysis.

[안전3-4 | 14:15]

면심입방정 금속의 수소 TDS 거동에 미치는 시편 두께의 영향: 송은주[1], 김한진[2], 이승용[2], 안창호[3], 백승욱[3], 서진유[2]; *[1]Sandia National Laboratory. [2]한국과학기술연구원. [3]한국표준과학연구원.*

Keywords: 수소확산, 면심입방정, TDS

체심입방정 격자구조를 갖는 철강소재는 격자내의 수소의 확산이 금속중에서 가장 빠른 재료에 속하지만 오스테나이트계 스테인리스강재와 같이 면심입방정 격자구조를 갖는 금속에서의 수소의 확산은 대단히 느리다. 따라서 금속내부에 흡수된 수소의 양 및 특성을 평가하는 TDS 평가법 또한 면심입방정 금속에서의 느린 수소의 확산으로 인해 영향을 받을 것으로 예상할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 면심입방정 금속의 수소 TDS 거동에 미치는 시편 두께의 영향에 대해 실험 및 계산을 통해 고찰하였다. 또한 대표적인 수소 주입 방법인 전기화학적인 방법과 가스상 주입방법의 차이에 의해 나타나는 TDS 결과에 대해 비교 분석하였다.

열전재료

Room 201B, 4월 27일

[열전3-1 | 09:00] Tutorial

고체물질의 열 전도에 관한 짧은 개론: 진현규; *포항공과대학교 기계공학과.*

고체물질 내부의 열 전도 현상에 대한 이해는, 19세기 초 거시적 관점에서 경험적으로 얻어진 Fourier 법칙으로부터 시작하여, 운동학 이론 및 통계열역학에 기반한 미시적 관점이 도입되면서 크게 발전하였다. 비자성 고체 내에서 열에너지를 운반하는 기본 단위는 자유전자와 격자의 진동(phonon)으로, 이들에 의한 열 전도는 오랜 시간에 걸쳐 금속, 비금속, 그리고 반도체 등 다양한 벌크스케일의 물질군에서 실험적으로 연구되었고 관련 이론이 잘 정립되어 있다. 반면, 최근 활발히 연구되고 있는 나노스케일 시스템에서의 열 전도를 설명하기 위해서는 size effect 등 새로운 개념의 도입이 필요하다. 또한, 근래 각광받고 있는 spintronics 및 spin caloritronics 분야에서 많이 사용되는 자성체 물질의 열 전도를 설명하기 위해서는, spin excitation을 양자화 한 개념인 magnon에 대한 이해 및 자유전자, phonon, 그리고 magnon 간의 상호작용에 관한 이해가 요구된다. 본 강연에서는 거시적 / 미시적 관점에서의 열 전도 현상에 관한 간단한 소개로부터 시작하여, 벌크스케일 및 나노스케일 시스템 그리고 자성체 물질에서의 열 전도에 대해 이야기한다.

[열전4-1 | 09:50] 초청강연

Enhancement of Thermoelectric Performances in Topological Crystal Insulator via Weak Perturbation of the Topological State and Chemical Potential Tuning: 이종수; *경희대학교.*

Keywords: thermoelectric, topological, ZT, 열전, 위상

Topological insulators generally share commonalities with good thermoelectric materials because of their narrow band gaps and heavy constituent elements. Here we propose that a topological crystalline insulator (TCI) could exhibit a high thermoelectric performance by breaking its crystalline symmetry and tuning chemical potential by elemental doping. As a candidate material, we investigate thermoelectric properties of the Cl-doped topological crystalline insulator $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$. The infrared absorption spectra reveal that the band gap is increased from 0.055 eV for $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$ to 0.075 eV for $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se_{0.99}Cl_{0.01}$, confirming that the Cl-doping can break the crystalline mirror symmetry of a topological crystalline insulator $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$ and thereby enlarges its bulk electronic band gap. The topological band inversion is confirmed by the extended X-ray absorption fine structure spectroscopy (EXAFS) showing that the TCI state is weakened in chlorine x = 0.05 doped compound. The small gap opening and partial linear band dispersion with massless and massive bands may have high power factor for high electrical conductivity with enhancement of Seebeck coefficient. As a result, the $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se_{0.99}Cl_{0.01}$ shows a considerably enhanced ZT of 0.64 at 823 K, which is about 1200 % enhancement in ZT compared to that of the undoped $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$. This work demonstrates that the optimal n-type Cl-doping tunes the chemical potential together with breaking the state of topological crystalline insulator, suppresses a bipolar conduction at high temperatures, and thereby enables the Seebeck coefficient to keep increasing up to 823 K, resulting in a significantly enhanced power factor at high temperatures. In addition, the bipolar contribution to thermal conductivity is effectively suppressed for the Cl-doped samples of $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se_{1-x}Cl_x$ ($x \geq 0.01$). We propose that breaking the crystalline mirror symmetry in topological crystalline insulators could be a new research direction for exploring high performance thermoelectric materials.

[열전4-2 | 10:20 초청강연]

Promising thermoelectric performances of a-Cu_2Se for near-room-temperature applications: 임영수[1], 김민지[1], 진승현[1], 이길근[1], 탁장렬[2], 조형균[2], 이창훈[3], 김수지[3], 심지훈[3], 남우현[4], 서원선[4], 고경문[5], 박철희[5]; *[1]부경대학교. [2]성균관대학교. [3]포항공과대학교. [4]한국세라믹기술원. [5]LG화학.*

Keywords: Thermoelectric, Cu2Se, room-temperature, ZT

Since 1950s, Bi_2Te_3 has been the only commercialized thermoelectric material for near-room temperature (RT) applications. Although there have been significant progresses in the ZT of Bi_2Te_3 over decades, its relatively high material cost and scarcity of Te have urged us to develop the alternatives for the Bi_2Te_3 to expand the present applications and to promote upcoming thermoelectric technologies. Herein, we report very promising near-RT thermoelectric performances in α-Cu_2Se, comprising of low-price, abundant, and non-toxic constituent elements. Although the ZT of α-Cu_2Se was less than 0.3 at RT, this enhancement could be achieved by the power factor optimization through the suppression of the Cu vacancy in α-Cu_2Se and also by its intrinsically very low lattice thermal conductivity of the α-phase. Detailed effects of the cation-, anion, and self-doping on the thermoelectric transport properties were discussed and our experimental results were supported consistently by theoretical calculations based on first principle and Boltzmann transport theory. With these results, it was demonstrated that α-Cu_2Se is a very promising thermoelectric material for replacing the Bi_2Te_3-based compounds.

[열전4-3 | 10:50] 초청강연

Quantitative Scanning Thermal Microscopy – Methods and Probes: *Ohmyoung Kwon; *Korea University.*

Keywords: scanning thermal microscopy, quantitative measurement, SThM probe, NP SThM, thermal property

Due to its nanoscale spatial resolution, scanning thermal microscope (SThM) has been expected and developed as a tool to measure nano-scale non-equilibrium thermal phenomena occurring in nanomaterials and nanodevices. However, conventional SThM, which measures local temperature and/or thermal properties by scanning a SThM probe once in contact mode on the sample surface, is unable to perform quantitative measurements due to the three major problems: (i) distortion of the measured signal due to the heat transfer through the air, (ii) the unknown and variable value of the tip-sample thermal contact resistance, and (iii) perturbation of the sample temperature due to the heat flux through the tip-sample thermal contact. To resolve all the problems of conventional SThM, we have developed the null-point SThM (NP SThM). NP SThM measures the local temperature and thermal contuctivity quantitatively and simultaneously by tracking the thermal equilibrium between the end of the SThM tip and the sample surface, at which the small heat flux through the extremely tiny tip-sample nano-contact is nullified. Therefore, NP SThM require highly sensitive SThM probes that can detect extremely small heat fluxes transferred through the tip-sample thermal contact only. Consequently, the problem of enabling quantitative measurement with high spatial resolution boils down to how to design and fabricate the performance-optimized SThM probes. Herein, we explain the principle of the NP SThM and then the development process and performance evaluation of high sensitivity SThM probes.

[열전5-1 | 11:30]

열전발전모듈 신뢰성 평가 Thermal Cycle 개발: 허성준, 노윤현; *(주)블루시스*

Keywords: 열전발전모듈, 신뢰성, Thermal Cycle

폐열을 회수하여 전기에너지로 변환하는 열전발전모듈은 열원의 온도가 항상 변화하는 조건에서 구동되는 경우가 대부분이다. 열전발전모듈의 신뢰성을 평가하기 위해서는 실제 구동 환경과 유사한 온도 변화 조건의 반복적인 열충격을 가하여 반복누적횟수에 따른 성능 변화를 관찰하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 열전발전 모듈의 주요 적용 대상인 자동차, 산업용 발전기의 온도 프로파일을 토대로 열전발전모듈의 신뢰성 평가 Thermal Cycle을 개발하고 이를 구현하기 위한 열전발전모듈 신뢰성 평가 시스템을 구축하여 Thermal Cycle에 따른 열전발전모듈의 성능 변화와 신뢰성 평가를 위한 추가적인 고려 요소들을 제시한다.

[열전5-2 | 11:45]

Thermoelectric properties evaluation of thermoelectric generators according to thermal cycling: 한승우, 조한기; *한국기계연구원.*

Keywords: Thermal stress, Cooler, Thermoelectric generator, Load cell, Resistance, Thermal cycling

Thermoelectric generator (TEG) is solid state module by temperature difference immediately into electrical energy. Thermoelectric generators operate in between the high and low temperature sources and the efficiency of the TEG increases with depending on temperature difference between the sources. However, thermal stress developed within the TEG limits temperature difference in the practical applications due to the shorting of the life cycle of the TEG. Moreover, material failure due to high stress induced cracking prevents further operations of the device with expected performance. Consequently, investigation into thermal stress development in the thermoelectric device becomes essential[1]. In this paper, we described thermal stress evaluation system, composed of a load cell, cooler and insulator. The cooler circulates water in order to remove heat and it is possible to maintain steady lower side temperature. The upper side was heated or cooled by change of current direction of thermoelectric device. This evaluation system can be used to measure resistance of TEG for cyclic temperature until resistance of TEG reaches about 20 %. We measured and compared with performance of TEG. Cyclic temperature is controlled as the temperature difference of 100, 110, 120, 130 ºC. We measured resistance according to thermal cycling. In this result, we evaluate performance of ZT, output power and resistance of TEG during thermal cycling. Reference

[1] A.S AI-Merbati, B.S. Yilas, A.Z.Sahin, “Thermodynamics and thermal stress analysis of thermoelectric power generator: Influence of pin geometry on device performance,” Appl. Therm. Eng., 50 683-692 (2013).

[열전5-3 | 12:00]

Hot Spot 냉각을 위한 수평형 열전소자: Hot Spot **냉각을 위한 수평형 열전소자**: *신해선[1,2], 김시진[3], 이후정*[1], 한승우*[2]; *[1]성균관대학교. [2]한국기계연구원. [3]Te-tech.*

Keywords: 열전박막소재, 수평형 열전소자, Hot spot, 냉각성능평가

열전 물질이란 전류를 가해주면 온도차이가 생기거나 (지백효과: Seebeck effect), 반대로 온도차이가 있을 때 전류를 생성하는 물질을 말하며 (펠티어 효과: Peltier effect), 전류를 생성하는 주된 캐리어가 전자이거나 혹은 정공이냐에 따라서 반도체 물질인 N-형과 P-형으로 구분된다. 이 두 반도체는 전기적 직렬, 열적 병열로 쌍을 이루어 연결되어 있으며 직류전원을 공급할 경우, 서로 다른 반도체에서 같은 방향으로 전자가 열을 이동시킴으로써 저온부에서는 흡열 현상이 일어나고, 고온부 표면에서는 열이 방출된다. 이런 열전재료의 냉각원리를 이용하여 다양한 분야인 자동차, 우주 항공, 반도체, 광학, 가전제품에 많이 사용한다. 최근에 마이크로 소자들의 부피가 작아짐에 따라 마이크로 소자의 냉각을 위해 열전박막소재를 이용한 박막형 열전소자를 대한 관심이 부각되고 있다. 마이크로 소자의 경우 부피 내에 여러 가지 기능을 하는 소자를 넣어야 하는데 기존의 열전 소자는 수평형 3D의 구조로 큰 부피를 차지한다. 또한 마이크로 소자들은 전면적으로 온도가 상승하는 것이 아닌 소자의 극히 일부분에서 온도가 상승하는 hot spot이 생성되며, 이 hot spot은 마이크로 소자의 성능과 수명을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 국부적으로 작은 면적을 냉각할 수 있는 열전소자가 필요하게 된다 이 연구에서는 열-진공증착장비를 이용하여 N-형과 P-형 의 열전박막소재를 증착하여 수평형 열전소자를 제

작하였다. N-형과 P-형 열전소재는 각각 Bi_2Te_3와 Sb_2Te_3를 사용했다. 또한 수평형 열전소자에 대한 성능 평가를 하기 위하여 측정 시스템을 구축하였다. 본 시스템을 이용하여 수평형 열전소자의 냉각성능을 평가하였으며, hot spot냉각을 위한 최적 인가전류를 도출하였다.

[열전5-4 | 12:15]

Fabrication of thermoelectric power generators with segmented legs synthesized by one-step hot press sintering: J. H. Park, B. G. Ryu, J. W. Chung, S. D. Park; Korea Electrotechnology Research Institute,

Thermoelectric (TE) devices can generate electrical power from the situation where the temperature difference exists. Due to their simple geometry, long life-time, and scalability of micro to huge size, the devices have recently attracted much interest. However, single thermoelectric material is difficult to use at wide ranges of temperatures (~300-823K). It is therefore necessary to form a segment device by using different materials in each temperature range where they possess optimum performance. The segment device consists of multi-layered legs of thermoelectric material with the highest performance for each temperature. The segmented TE legs were synthesized by one-step hot press sintering with both p-type legs such as PbTeNa+Ag/BiSbTe+Ag/BiSbTe+Ag and n-type legs such as PbTeBi+Ag/PbTeBi. The legs completed by the one step sintering may change the performance of the material due to the degradation mechanism. Therefore, the segment device should form a diffusion barrier of stabilizing the composition in the legs. In this study, we exhibit how to synthesize a multi-layered segment element and explain the formation of a diffusion barrier for the stabilization of the synthesis of the leg.

복합재료
Room 201B, 4월 27일

[복합1-1 | 13:30]

Unusual Microstructural Evolution in Nanoscale of Dopant-added WC-Co Composites: Choong Kwon Park[1], Nojun Kwak[1], Sang Won Suh[2], Shinhoo Kang[1], In-Ho Jung[1]; *[1]Seoul National University. [2]SUNKWANG L.T.I. Inc.*

Keywords: VC segregation, nanoparticle growth, crystal defects, HRTEM

The microstructural character and particle growth of nanostructured VC-doped WC?Co were examined using field emission scanning electron microscopy and aberration corrected scanning transmission electron microscopy. By the addition of VC, WC nanoparticles less than 30 nm exhibited significantly high thermal stability against growth, i.e., the particles grew scarcely for a long time (100 min) during sintering under 1300 ºC. Uniform (V,W)C films formed on WC particle surfaces was found to suppress significantly the particle growth by increasing the critical driving force for particle growth. It was observed that many sigma-2 coincidence site lattice boundaries formed densely inside WC nanoparticles. The defects assist the uniform formation of (V,W)C layers on WC nanoparticles and induce the reduction effect of WC particle size.

[복합1-2 | 13:45]

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 미세조직 변화 및 인장파괴 특성: 박성준[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.*

Keywords: Microstructure, Fracture, tensile test, Residual stress, Heat treatment

본 연구에서는 새로운 용융가압함침공정을 사용하여 만든 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 젖음성이 우수한 TiC 강화재를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 열적 안정성 및 내마모성을 지닌 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. SEM(scanning electron microscope)을 사용하여 입내 및 TiC/TiC 입자 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/matrix 계면이 [-111]SKD11//[001]TiC, (1-12)SKD11//(220)TiC 및 [012]SKD11//[110]TiC, (200)SKD11//(-224)TiC의 방향 관계를 가지는 semi-coherent nature를 이루어 우수한 계면 강도 가질 것이라고 예측하였다. TiC-SKD11 금속복합소재의 열처리에 따른 인장 특성 및 파괴거동을 고찰하기 위해 다양한 열처리(Softening, Hardening, Hardening+Tempering at 300ºC, Hardening+Tempering at 500ºC)를 통해 25ºC 및 700ºC에서 인장시험을 진행하였다. 파괴기구 고찰을 위한 SEM 관찰 결과 열처리와 시험온도에 관계없이 TiC 입내의 {100} 벽개면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 인장강도 비교 결과 상온에서는 Hardening, 700ºC에서는 Softening시킨 열처리재가 가장 높은 인장 강도를 나타내었다. 이는 기지의 미세조직이 TiC-SKD11 복합소재의 인장 강도에 크게 영향을 미치고 있음을 반영한다. 추후 기지 미세조직과 복합소재 인장강도의 상관관계에 대한 정량적 고찰이 필요하다. 또한 HIP(Hot isostatic Pressing)처리한 복합소재와 HIP공정과 동일한 온도조건에서 추가 열처리한 복합소재의 미세조직을 관찰하였고 HIP처리 전에 비해 M_7C_3 분율이 감소(9.12%→4.36%→0.54%)하였다. 이는 고온 고압에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 판단된다. 인장강도 또한 HIP처리 전에 비해 25ºC(791MPa→965MPa), 700ºC(490MPa→559MPa) 인장 강도가 크게 향상함을 확인하였다. 향상된 이유에 대해서는 M_7C_3 분율 감소, TiC 분율 감소, 기지조직 변화, TiC 계면에서의 잔류응력 변화 등을 예상할 수 있다. 인장시험 파면분석 결과, HIP처리에 의해 Crack의 분포영역이 파면으로부터 점점 깊어짐을 확인하였고 이는 기지조직의 변화에 의한 인장특성 변화가 있음을 암시한다. 또한 HIP처리 후 TiC 계면에서의 잔류응력 변화가 발생하였는지를 확인하기 위해 X-ray 회절 측정으로 TiC 격자상수를 비교 하였다. HIP처리 전에 비해 TiC 격자상수가 작아짐을 확인함으로서 격자상수의 변화와 인장강도 간에 상관관계가 있을 수 있음을 확인하였다.

[복합1-3 | 14:00]

Effect of Nanoparticle Addition on the Microstructure, Solderability and Tensile Characteristics of SAC Alloy: 정도현, 정재필; *서울시립대학교.*

Keywords: lead-free solder, reinforced composite solder, tensile, wetting, spreading

The addition of nanosized graphene particles to Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu (SAC305) lead-free solder alloy has been investigated. The various weight fractions of graphene have been dispersed in SAC305 solder matrix by a mechanical mixing and melting route. The influences of graphene nanosized particles on the microstructure, mechanical properties, and solderability (e.g., spreadability and wettability) have been carried out. The structural and morphological features of the nanocomposite solder were characterized by scanning electron microscope (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS), and transmission electron microscope (TEM). The experimental results show that good combination of solderability and mechanical properties are obtained by the addition of graphene in the solder matrix. The reinforced composite solder with optimum graphene nanoparticles shows 41.67% improvement in zero-cross time (ZCT), and 14.28% increase in the spreadability. In addition, the results of microstructural analysis of composite solder indicate that the nanocomposite solder, especially reinforced with graphene nanoparticles, exhibits better microstructure, improved tensile strength and elongation properties as compared to monolithic SAC305 solder.

[복합1-4 | 14:15]

나노 탄소의 형상에 따른 구리/나노-탄소 복합재료 결정립 성장거동 관찰: 장하늘[1], 류경식[1], 장혜정[2], 최현주[1]; *[1]국민대학교 신소재공학과 나노융합구조소재실험실. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: Copper, Nano-carbon, Composites, Grain growth, TEM

나노 크기의 결정립을 갖는 금속은 우수한 기계적 특성 및 부식 저항성으로 인해 다양한 적용분야에서 최근 많은 주목을 받고 있다. 하지만 나노 결정 금속의 미세구조는 고온에서 매우 불안정하며 이에 따라 고온에서 나노 결정 금속의 특성 저하의 원인이 된다. 따라서 나노 결정 금속의 열 안정성 향상에 대한 해결이 시급하다. 기존 문헌에 따르면, 용질 원자나 석출물을 이용하여 고온에서 금속의 결정립 성장을 억제하는 방법들이 다수 보고되었으나, 이러한 방법은 합금 원소의 용해도 한계에 의해 제한된다. 한편, 금속의 열 안정성 향상을 위한 방안으로 금속 기지 복합재료의 연구가 주목되고 있다. 금속 기지 복합재료는 기지 내에 다양한 강화상을 분산시킴으로써 금속의 열 안정성을 향상시킬 수 있다. 다양한 강화상 중 탄소 기반의 나노 탄소 재료들은 우수한 기계적, 전기적 · 화학적 특성으로 인해 다양한 금속 기지 복합재료의 강화상으로써 각광받고 있다. 뿐만 아니라 나노 탄소 재료가 분산된 금속 기지 복합재료에서 금속 기지의 결정립 성장이 효과적으로 억제되었으며, 이에 따라 눈에 띄게 향상된 기계적 특성 또한 보고된 바 있다. 따라서 본 연구에서는, 나노 탄소 재료가 분산된 나노 결정립 구리/나노 탄소 복합소재를 제조하고, 나노 탄소 물질의 형상에 따른 강화효율 및 고온에서의 결정립 성장 억제 효율을 비교하였다. 각 형태가 다른 0차원의 풀러렌, 1차원의 탄소나노튜브, 2차원의 그래핀(graphene)이 나노 결정립 구리의 강도 향상 및 결정립 성장 억제에 미치는 영향을 논의할 예정이다.

[복합2-1 | 14:40]

Fabrication process of porous titania(TiO_2) thin films with a high specific surface area using nano-cellulose and analysis of their characteristics: Yonghee Yoon, Giuk Yang, Hyeongmin Noh, Soyoung Kim, Wonhee Lee; *Sejong University.*

Keywords: Porous TiO_2, cellulose nanocrystal, photocatalyst, transition metal, specific surface area

A titania (titanium dioxide, TiO_2) functioned as a photocatalyst is self-purification substance through an oxidation-reduction process induced by solar energy. To maximize the photo-activity, many researches on the mesoporous titania that possesses a high specific surface area have been actively conducted. In this study, we adopted cellulose nanocrystal (CNC) natural substance as a porous template which is easy to be extracted, eco-friendly, and rich in nature to produce the porous titania thin films without removing the template compared to the conventional method. We varied the mass ratio of CNC and titania precursor of titanium(Ⅳ) ethoxide (TEOT). After spin-coating the CNC-titania precursor solution on the ITO glass substrate, calcination at high temperature follows to combust the CNC, enabling the formation of porous structure. By controlling the proportion of CNC contained in the precursor, the porosity, pore volume, and specific surface area of titania thin film can be controlled. Furthermore, calcination temperature was subdivided to check the surface morphology and BET parameters at the various condition. To extend the absorption wavelength from ultraviolet to visible ray region, transition metals such as Co, Mo, Nb, and W were doped into porous titania thin films as an additional process. FE-SEM, BET, XRD, and XPS were utilized to analyze the morphology, structure and qualitative properties of porous titania thin films. UV-Vis spectroscopy and spectrophotometer were also used to analyze the optical properties and photo-activity. The porous structure of titania films with acicular mesopores consisted of TiO_2 crystallites in the range of 100 ~200nm. The porous nature duplicates the original pattern of CNC. The specific surface area of film was 221.6 m^2/g when the TiO2/CNC mass ratio was 0.5 and the calcination temperature was 350°C. Titania films doped with transition metal that has higher valence electron such as Nb^{5+}, Mo^{5+} and W^{6+} showed improved photocatalytic characteristics and photodegradation efficiency. Furthermore, the surface area of porous titania films was at least 20% higher with doping the transition metal.

[복합2-2 | 14:55]

Superaligned carbon nanotubes-reinforced aluminum composite: Jong Gil Park, Jeong-Gyun Kim, Dongseok Suh, Young Hee Lee; *Department of energy science (DOES) Sungkyunkwan University.*

Keywords: Carbon nanotubes, metal matrix composite, nano composite, aligned carbon nanotubes, strengthening efficiency

Carbon nanotubes (CNTs) are known to possess superb mechanical properties with extremely high aspect ratios. Because of their unique properties, many researchers have studied CNT-reinforced metal matrix composites (MMCs). In the MMCs, especially in the one dimensional reinforcement such as CNTs, the mis-orientation angle of the reinforcement in the matrix relative to the loading direction during tensile testing is the most important parameter. The mechanical properties of the MMCs depend on the orientation angle. However, CNTs tend to form clusters due to strong van der Waals interactions between long CNTs. The difficult handling of CNTs is limiting the application of this material in MMCs. Thus, alignment of CNTs is a key to improving the performance of MMCs. From the vertically grown CNTs, the horizontally-aligned CNT layer, referred to the CNT sheet, was fabricated. When the suspended CNT sheet was transferred on the thin aluminum (Al) foil, the alignment angle of CNTs was considered with the loading direction. In order to improve the contact between Al and CNTs, Al was deposited on the CNT sheet by sputter. For the densification, the Al deposited Al-CNT sheets were stacked repeatedly and sintered by spark plasma sintering. Through our new method, we successfully aligned the CNTs on metal matrix. Although only a small quantity of CNTs are added in Al matrix, the mechanical properties of our Al-CNT composite are significantly improve due to the super-aligned CNTs. We believe that our new fabrication method could open up new avenues of research for CNT-reinforced MMCs.

[복합2-3 | 15:10]

Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites: 손유한, 한준현; *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electroless plating, Graphite, Carbon Nano Fiber(VGCNF), Hotpress, Heatsink

최근 실생활에서 이용되는 Heat sink, Heat spreader는 전기, 전자기기부터 자동차까지 많은 분야에 이용이 되고 있다. 특히 기기에서 방출되는 열이 주변 소자에 안 좋은 영향을 미치므로, Heat sink는 열을 신속하고 빠르게 방출시켜 소자를 식히는 역할을 갖는다. 기존의 Heat sink, Heat spreader에는 구리 금속이 높은 열전도도와 재료의 낮은 가격으로 인하여 이용이 되었었다. 하지만 구리는 밀도가 높으며, 열팽창계수가 반도체나 PCB의 기판에 비해 작게는 2배에서 많게는 6배까지 차이가 발생하고 이는 기판과 Heat sink, Heat Spreader 사이의 열응력을 증가시킨다. 따라서 이 미스매치는 고출력의 전자기기의 사용이 진행이 되면 될수록 전자기기의 파괴 위험성을 증대시킨다. 최근의 전자기기의 추세를 종합해 보았을 때에, Heat sink, Heat spreader의 열전도도는 구리와 같거나 증대를 시키고, 사용이 되는 기판과 열팽창 계수를 맞추는 것이 궁극적인 목표라고 할 수 있다. 주로 Heat sink, Heat Spreader의 복합재료에 이용이 되는 소재로는 금속인 구리나 알루미늄 기반의 금속에 탄소 소재의 강화상으로 이루어져 있다. 탄소 소재의 강화상으로는 Graphite, Graphene, Carbon nano tube(CNT), Carbon nano fiber(CNF)를 첨가하여 복합체를 만드는 연구는 활발히 진행되고 있다. 기존의 강화상으로 이용이 되는 Graphite의 열팽창계수는 $\alpha_{gr(Z)}$: 28ppmK^{-1},$\alpha_{gr(x-y)}$: -1ppmK^{-1}로 알려져 있다. 이는 복합체를 만들었을 때에 열전달 방향과 열팽창계수 감소 방향이 모두 x-y 방향으로 같다. 이는 z 방향 열팽창계수의 감소가 필요한 Heatsink에 있어서의 요구사항을 충족시키지 못했다. 따라서 본 연구에서는 기존의 열팽창계수 경향과는 다른 z 방향 열팽창계수가 줄어드는 Graphite를 이용하여 앞서 언급했던 요구사항을 충족시키는 것과 동시에 일정 CNF가 첨가 될 때마다 효과를 확인하고자 하였다. 이 때 강화상을 Graphite만으로 실험을 진행하였을 때 보다 CNF가 첨가될 때에 열팽창계수가 줄어드는 경향성을 더 확연히 드러났다. Graphite와 CNF를 섞었을 때의 총 weight%는 같게 유지되었으며 이에 따라 나타나는 열전도도와 열팽창계수 경향성에 대해서 알아보았다. 또한 분말 제조과정은 무전해도금 방법과 성형과정은 Hotpress를 이용하였다.

[복합2-4 | 15:25]

Multi-Functional Photorheological Fluids for the Sensors and Actuators applications: Minyoung Cho, Timilsina Suman, Jisik Kim; *Kyungpook National University.*

Keywords: Photorheological Fluids, Smart fluid, Photoluminescence, CNT, Resistance

We present a comprehensive introduction to the photorheological (PR) fluids whose rheological behavior can be changed by ultraviolet (UV) light of wavelength 365 nm. When the PR fluid was exposed to UV light, the viscosity of the fluid decreased, while the viscosity recovered to its initial value when UV light was turned off, indicating that the viscosity of these types of fluids can be reversible and tunable by UV light. In fact, this tunable fluidity in response to UV can be applied as a smart fluid in many fields of science and technology. Furthermore, contrary to conventional smart fluids, such as electrorheological and magnetorheological fluids, PR fluid does not suffer from a phase splitting problem as it exists in a single-phase solution. Additionally, the PR fluid does not require any contact component, such as electrodes, and electric wires that are essential components for conventional smart fluids. In addition, an example of tailoring rheological properties using photoluminescence was introduced to improve response time and linearity. We are also currently studying the resistance-variation from the composite of CNT/phosphor/PR fluid under UV that would certainly extend the scope of PR fluid in the field of sensor and actuators applications.

분말재료
Room 202A, 4월 27일

[분말1-1 | 09:30]

기계적 밀링 방법에 따른 Al-CNT 복합재료의 CNT 분산도 및 기계적 특성 평가: 김건홍, 한덕현, 채홍준, 김재성; *고등기술연구원.*

Keywords: Al-CNT composite materials, Mechanical ball milling, Dispersion strength, Powder extrusion, Mechanical properties

Al-CNT 복합재료는 고강도/고인성의 경량 구조재료 및 내마모 경량구조용 소재 그리고 우수한 열 및 전기전도도가 필요한 소재로써의 적용을 위하여 연구개발이 진행 중에 있으나, Al 기지 내 CNT(Carbon Nano Tube)의 응집 문제로 인하여 균일한 CNT 분산을 가지는 Al-CNT 복합소재는 아직 상용화를 위해 많은 연구개발이 필요한 실정이다. 본 연구개발에서는 CNT 분산 방법 중에 하나인 기계적 밀링을 이용하여 Al-CNT 복합재료를 제조하였으며, 기계적 밀링 방법에 따른 Al-CNT 복합재료의 CNT 분산도 및 기계적 특성 평가를 진행하였다. Al-CNT 복합재료의 기계적 밀링 공정에서 가장 중요한 부분은 금속기지 내에 게제물인 CNT(Carbon Nano Tube)의 분산도 향상을 통한 분산강화 효과와 금속기지인 Al 분말에 대한 소성 가공 효과를 통한 나노 결정립 생성하여 기계적 특성을 향상시키는 것이다. 기계적 밀링 방법은 기존의 드럼 볼밀링 방법, 유성볼 밀링 및 극저온 밀링 방법을 이용하여 Al-CNT 복합분말을 제조하였으며, 제조된 Al-CNT 복합분말의 기계적 특성을 분석하기 위해 열간 압출을 이용하여 벌크화를 진행하였다. 각각의 밀링 방법에 따른 Al-CNT 복합재료의 분산도를 확인하기 위해 주사파전자현미경을 이용하여 Al 분말 내 CNT의 분산도를 관찰하였고, 기계적 특성을 분석하기 위해 인장 및 경도 시험을 실시하였다.

[분말1-2 | 09:45]

가스 분무법으로 제조한 Al-Si-Ni 합금분말 압출재의 압출거동 및 미세조직 분석: 안수성[1], 구자명[1], 백창현[2], 정찬욱[2], 홍순직[1]; *[1]공주대학교 신소재공학과. [2]동양 AK 코리아.*

Keywords: Gas atomization, Al-Si alloy, hot extrusion, microstructure

최근 산업계는 세계적으로 환경오염과 에너지 고갈에 대한 우려가 대두되면서 운송수단의 에너지 소비량을 낮출 경량금속 사용이 주요 이슈이다. 특히, 분말야금법으로 제조된 알루미늄 소재는 철계 소재보다 가볍고 기존의 알루미늄 주조재 보다 우수한 기계적 물성을 가진다. 이러한 특성 때문에 선진국은 이미 일본을 중심으로 1990년대부터 알루미늄 분말을 이용한 부품소재의 기술개발을 진행하였고, 다양한 상용부품이 개발 및 판매 중이지만, 국내는 선진국에 비해 상대적으로 기술개발이 취약한 상태이다. 본 연구는 압출기용 vane 제작을 목적으로, 기존 철계 소재보다 가볍고 진동에 강하며 내마모성이 좋은 알루미늄 4000계열 합금을 가스 분무법을 이용하여 분말로 제조하였으며, 제조된 분말을 canning 압출하여 압출재를 제조하였다. 알루미늄 분말은 Al-Si합금을 기반으로 Ni, Cu, Mg, Mn을 첨가하여 설계한 합금을 급속응고법인 가스분무공정을 이용하여 분말로 제조하였다. 알루미늄 분말의 압출은 알루미늄 6061 합금 캔을 이용한 Canning 압출을 진행하였으며, 20:1의 압출비를 적용하여 알루미늄 압출재를 제조 하였다. 또한, 압출 재에 T6 열처리를 적용하여 기계적 강도를 향상 시켰다. 제조한 알루미늄 분말과 압출재는 XRD, SEM, EBSD를 이용하여 상변화 및 미세조직 분석하였으며, TEM을 통해 T6열처리에 따른 알루미늄 압출재 격자구조 변화를 비교 분석하였다. 또한 압출재 단면분석을 통해 Can에 충진된 분말의 압출 거동을 분석하였으며, 인장시험을 통해 압출재의 기계적 강도를 평가 하였다.

[분말1-3 | 10:00]

기계적 수소화법을 통해 제조된 Y2O3 분산 Ni-Cr계 분말의 SPS 소결거동 및 기계적 특성: 김창재[1], 윤정모[2], 박제신[2]; *[1]전북대학교 공대 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: Ni-Cr ODS alloy, Spark plasma sintering (SPS), Mechanical properties

Ni 기반 ODS (Oxide Dispersion Strengthening)합금은 고온에서의 기계적 특성이 우수하여 고온에서 사용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적인 ODS 합금은 금속과 산화물을 물리적으로 혼합한 분말을 소결하여 제조하는데, 산화물의 분산성, 조성 균일성 등의 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 기계적 수소화법을 통해 문제점을 개선하고자 하였다. 기계적 수소화법에 의하여 제조된 Ni-Cr-Y2O3 복합분말의 소결거동을 조사하였다. 복합 분말은 상온에서 기계화학적 방법으로 수소화공정에 의하여 Ni-Cr-YH2를 제조하여 선택 산화 처리에 의해 Ni-Cr-Y2O3분말을 제조하였다. 제조된 분말은 Ar 분위기에서 통전가압소결(SPS)을 사용하여 소결하였으며, 소결체의 압축강도 및 경도 등의 기계적 특성을 조사 하였다. 수소화 공정에 의해 제조된 분말에서 경도값의 뚜렷한 증가를 나타냈다. 비교를 위한 기계적 혼합으로 제조한 각 분말 및 소결체의 상분석 및 미세구조 등을 비교 분석하여 기계적 특성과의 관련성을 조사하였다.

[분말1-4 | 10:15]

PMMA 스페이스 홀더(Space holder)를 이용한 중~저 기공률의 다공성 스테인리스강 제조 및 압축특성분석: 이택선, 조의제, 박용호; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Porous 316L stainless steel, PMMA, Space holder technique, Compressive property

다공성 금속이란 내부에 많은 기공을 갖는 금속을 말하며, 기공률이 70% 이하인 금속을 다공성 금속으로 정의할 수 있으나 기공률이 높은 금속을 포함하여 이야기한다. 비교적 낮은 밀도, 높은 비강도, 큰 비표면적, 우수한 에너지 흡수능 및 높은 열전도성 등 같은 유용한 특성을 갖는 재료로써 주목을 받고 있다. 다공성 금속 내부의 기공은 표면에 연결된 개기공, 표면으로부터 고립된 폐기

공이 있다. 이 중 개기공을 가지는 다공성 금속은 유체의 흐름이 용이한 장점이 있어 필터 , 단열재 등에 적용이 되고, 폐기공을 가지는 다공성 금속은 고립된 기공들에 의해 강도 향상과 높은 충격 에너지 흡수 능력의 장점을 이용하여 강성, 강도, 내충격성, 제진성 등을 추구하는 자동차부품, 공작기계, 산업로봇, 수송기기 등의 구조용 재료로써 이용할 수 있다. 비철계(Al, Mg, Ti) 위주로 진행된 다공성 금속 연구는 경량성은 확보하였지만 낮은 기계적 특성으로 강도가 요구되는 부분에 이용하기에는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위한 방법의 하나로 Fe를 기지로 하는 다공성 금속 개발에 대한 연구가 시작되었다. 특히, 강도뿐만 아니라 내식성 및 고온 기계적 특성이 우수한 스테인리스 강 위주의 연구가 진행되었다. 하지만, 대부분 기능성, 통기성 등을 요구하는 다공성 금속에 대한 연구로, 높은 강도, 강성, 에너지흡수능 등의 기계적 특성을 고려한 중~저 기공률의 대한 연구는 비교적 부족하다. 따라서 이와 같은 중~저 기공률의 다공성 스테인리스강을 제조를 위해서는 소결 공정 인자의 선정 및 기공도와 압축 특성에 스페이스홀더의 영향에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 분말야금법을 이용하여 중~저 기공률을 가지는 다공성 스테인리스강을 제조하고 PMMA의 부피 및 크기가 미세조직과 기공에 미치는 영향을 조사하였다. 316L 스테인리스 강 분말을 사용하여 소결 조건을 선정하고, 스페이스 홀더(Space holder)의 형상이 유지는 성형 압력을 사용하였다. 기공률은 아르키메데스법으로 측정하였고, 미세조직은 주사전자현미경으로 관찰하였다. 압축특성은 만능재료시험기를 이용하여 평가하였다.

[분말1-5 | 10:30]

기계적 수소화법으로 제조된 금속바인더 Co를 포함하는 TiO_2 소결체의 소결 특성 및 기계적 성질: 임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]; [1]*전북대학교 일반대학원 금속공학과.* [2]*전북대학교 공과대학 신소재 공학부.*

Keywords: TiO_2 Sintering, Co binder, Ceramic-metal composite

세라믹 소결체는 낮은 파괴 인성 및 취성 등의 단점이 있다. 따라서 세라믹 소결체의 기계적 특성 향상을 위해 소결 조제로서 금속 바인더가 사용되며, 금속 바인더는 파괴 인성 및 취성을 향상시키는 역할을 한다고 알려져 있다. 일반적으로 금속 바인더는 세라믹 분말과 혼합하여 소결체를 제조하며, 혼합 과정 중 금속과 세라믹 입자간 다른 연성으로 인한 조성 불균일, 입자간 젖음성 등의 문제점이 있다. 이전 연구에서 기계적 탄화법, 기계적 질화법으로 소결체를 제조 했을 때, 일반적인 기계적 혼합법(Mechanical mixing)에 비해 우수한 굽힘 강도, 파괴인성 값을 보임을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 기계적 수소화공정 후 선택적 산화를 통해 제조된 Co 바인더가 포함된 TiO_2-Co복합분말의 소결거동에 대해 조사하였다. Ti-Co alloy 제조를 위해 Ti와 Co sponge를 Ar분위기에서 Arc용해하여 Ti-33at%Co alloy를 제조하였으며, 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말은 고에너지 볼밀링으로 수소 분위기 하에서 TiH_2-Co를 제조하였으며, 선택적으로 산화 처리하여 TiO_2-Co 복합 분말 제조 후 프레스로 가압하여 소결하였다. 제조된 분말의 산화 거동 및 조성 분석은 DTA, DSC, XRD를 통해 조사하였으며, 소결체 기계적 특성은 굽힘 시험과 비커스 경도 시험을 통해 굽힘 강도와 비커스 경도, 파괴 인성을 조사하였다. 수소화 공정을 통해 제조된 소결체의 경우 질화법으로 제조된 소결체에 비해 높은 파괴 인성과 굽힘강도, 상대 밀도 값을 보였으며, 이러한 향상된 기계적 특성은 SEM을 이용하여 미세조직과 기계적 성질의 관련성을 조사하고자하였다.

[분말2-1 | 10:55]

고순도 금속 탄탈륨 분말 제조를 위한 입도 제어 연구: 이지은[1], 이찬기[1], 박지환[2], 박일규[3], 윤진호[1]; [1]*고등기술연구원.* [2]*(주)엠티아이지 기술연구소.* [3]*서울과학기술대학교 신소재공학화.*

Keywords: Ta 분말, 분말재료, 오실레이션 밀, 볼밀

탄탈륨은 우수한 내부식성 및 낮은 저항온도계수, 높은 전하량으로 인해서 주요 전자제품의 핵심소재인 소형 콘덴서의 재료나 항공기, 엔진부품에 이용되고 있으며, 그 사용량은 매년 증가하고 있는 추세이다. 또한 최근에는 반도체 공정에서 사용하는 박막을 제조하기 위한 타겟 재료로서 이용됨에 따라 그 사용량은 급증하고 있다. 탄탈륨 타겟 및 엔진부품의 이용하기 위해서는 주로 탄탈륨 분말을 이용하고 있으며, 각각의 사용처에 따라 요구하는 탄탈륨 분말의 입도는 다양하다. 이러한 탄탈륨 분말을 제조 하기 위해서는 습/건식 공정을 거치게 되는데 다량의 폐수 발생 및 공정이 복잡하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 고순도 금속 탄탈륨 분말 제조를 위한 입도 제어 공정 연구를 실시하였다. 일반적으로 탄탈륨의 경우, 연성이 우수하여 분말 제조에 용이하지 않아 수소화를 통해 취성을 부여하고 이를 이용하여 분말화 연구를 진행하였다. 볼밀/오실레이션 밀/습식 오실레이션 밀을 이용하였으며, 각각의 장비 및 반응 조건(반응시간, rpm)이 입도와 분말 형상에 미치는 영향력을 살펴보았다. PSA 분석을 통해 탄탈륨 분말의 입도를 확인하였으며, SEM 분석을 통해 탄탈륨 분말의 형상을 확인하였다. 최종적으로 평균 입도가 10 μm 이하인 분말을 제조하고자 한다. 본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업(20165010100870)의 일환으로 수행된 연구입니다.

[분말2-2 | 11:10]

Microstructure characterization of iron oxide fabricated by Pulsed Wire Evaporation: Young Woo Kim[1], Hyun Soon Park[2]; [1]*Department of Materials Science and Engineering.* [2]*Inha University.*

Keywords: PWE(Pulsed Wire Evaporation), iron oxide, magnetism

Iron oxides are various such as hematite(α-Fe_2O_3), magnetite(Fe_3O_4), maghemite(γ-Fe_2O_3), Wüstite(FeO), β-Fe_2O_3 and ε-Fe_2O_3. These iron oxides have different colors, magnetism, and structures. According to shape, magnetism and structures of iron oxide, properties are also different such as electric, magnetic properties. For example, needles of maghemite(γ-Fe_2O_3) are required for magnetic tapes because they can be orientated in a strong magnetic field during the manufacturing process and this reduces background noise during recording. On the other hand, iron oxide pigments for use in paints should be cubic because they tend to orient themselves with the brush stroke. Therefore, we constantly effort to uniform size or size distribution for industry application. In this study, we

fabricated iron oxides with applied voltage (2.6 kV to 6.3 kV) by Pulsed Wire Evaporation and analyzed the microstructure, phase and saturation magnetic flux density. Microstructures were studied by X-ray diffraction(XRD) and transmission electron microscopy(TEM). The magnetization loop of the powders was performed using a Magnetic Property Measurement System(MPMS) at room temperature(300K).

[분말2-3 | 11:25]

AIP 공정 적용 W 첨가에 따른 Ti계 질화물 코팅층의 형성 거동 및 특성 평가: 이정한[1,2], 장준호[1], 박현국[1], 홍성길[2], 오익현[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Ti-Al-Si-W, Mechanical alloying, Pulsed current activated sintering process, Arc ion plated thin film, Nitrid nano-composite

최근 다양한 산업군에서 경량 고강도 및 고인성 등의 특성이 우수한 난삭소재의 사용이 증가됨에 따라 이를 가공하는 고물성 절삭공구의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 절삭공구로는 초경합금이 많이 사용되고 있으며, 공구소재의 표면에 PVD, CVD, DLC 등의 코팅을 적용하여 공구의 수명 및 특성을 향상시키고 있다. 특히, AIP 코팅에 의한 Ti계 질화 박막은 고경도 및 내마모성, 내산화성 등이 우수하여 절삭공구 표면 코팅으로 각광받고 있다. Ti계 코팅 물질은 건식 고속절삭 가공에서 발생하는 고온의 마찰온도 및 산화온도를 만족하기 위하여 Al, Si 등을 첨가하여 특성을 향상시키고 있다. 최근에는 TiAlSi 조성에 소량의 W, Mo, B, Zr, Ta과 같은 고융점 원소들을 첨가시켜 고온에서의 안정화, 결정립계 내의 분산강화, 내산화성을 증가시키는 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는, 고융점 소재 중 하나인 W 첨가 유무에 따른 Ti계 질화물 코팅층의 형성 거동 및 기계적 특성에 대해 논하고자 하였다. 코팅층 형성을 위하여 Ti, Al, Si, W 원료분말을 기계적 합금화 및 미세화시켰고, 최적 소결조건을 적용한 PCAS 공정으로부터 단일공정 및 단시간에 균일 조성의 TiAlSi, TiAlSiW 코팅타겟을 제조하였다. AIP 공정을 적용하여 제조된 코팅 타겟에, TiAlSiN 및 TiAlSiWN 질화물 나노 복합체 구조의 코팅층을 WC 모재에 증착하였다. 질화물 나노 복합체 코팅층에서는 결정질과 비정질(Si_3N_4)의 분포와 W 첨가에 따른 미세구조 및 기계적인 특성을 비교하였다. TiAlSiWN에서 경도 약 4,350 kg/mm^2, 부착력 181.47 N을 나타내었고, TiAlSiN에서 경도 약 2,986 kg/mm^2, 부착력 117.77 N을 각각 나타내었다.

[분말2-4 | 11:40]

Selective Laser Melting에 의한 WC-Co 분말의 특성 제어: 이진우[1], 하국현[1], 구혜영[1], 최윤석[2]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소. [2] 부산대학교 재료공학과.*

Keywords: 초경합금, (WC-Co), Additive manufacturing, Selective Laser Melting(LSM)

초경합금은 내마모성, 내식성 등이 우수하여 절삭 공구로 많이 사용되고 있다. 하지만 초경합금으로 만들어진 복잡한 형상 및 구조를 생산하기 위해서는 시간과 비용이 많이 드는 다단계 소결 공정을 필요로 한다. 또한 가공 후 스크랩 발생량도 많아 경제적 효율에 중요성이 부각되고 있다. 현재 경제적이고 자동화된 생산을 위한 대안으로 레이저 기반의 3D 프린팅 공정 제조법이 이용되고 있다. 3D 프린팅 공정 시간이 짧고, 복잡한 형상이나 특수 내부 형상을 가진 조형물을 비교적 손쉽게 제조할 수 있으며, 실제 형상으로 제조하므로 스크랩 발생 및 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 고융점, 난성형성의 초경합금을 3D 공정으로 제조하는 경우 텅스텐 카바이드(WC)의 탈탄에 의한 상 분리와 함께 불안정한 조형체의 밀도를 높이는데 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 WC 분말의 탄소량을 제어하고, 분말의 형상 분포를 제어하여 조형체의 밀도를 향상시키는 시도를 하였다. 미립의 WC-Co 분말을 사용하여 나노 복합체 WC-10Co 구형 분말을 제조하고, 분말의 밀도에 따른 3D 조형체의 상대밀도를 비교하였다. 또한 탄소량에 따른 상 분리 정도를 비교하여 조형체의 미세 구조 변형 및 기계적 특성을 동일한 3D 공정 변수로 시행하였다. 연구에 사용한 분말은 진공 분위기에서 가소결 후 선택적 레이저 용융 공정(LSM) 공정을 시행하였으며 제조된 조형체는 아르키메데스 법을 이용하여 상대밀도를 분석하였으며, SEM을 통해 입자의 크기와 기공률 분석 및 XRD를 이용하여 상 분석을 하였다.

마찰마모
Room 202A, 4월 27일

[마찰1-1 | 13:30]
Effect of laser surface hardening of a plastic mold steel on fretting wear behavior: 박창규, 천은준, 박인덕, 심아진; *한국기계연구원 부산기계기술센터.*
Keywords: 다이오드 레이저, 레이저 표면 경화, 플라스틱 사출 금형, KP4M, 마찰마모테스트
플라스틱 사출 금형의 경우 오랜 기간 동안 반복적인 작업이 진행되면서 금형부의 일부분에서 심각한 마모가 발생하게 된다. 이러한 마모는 플라스틱 사출 금형의 부품들간의 반복적인 접촉이나 마찰 혹은 플라스틱 레진에 포함되어 있는 글라스 파이버와 금형부의 지속적인 접촉이나 마찰에 의해서 발생한다. 금형부의 마모는 제품의 생산성과 제품의 최종 품질에 악영향을 미치게 때문에 최근 산업계에서는 금형 표면경화 기술을 이용하여 금형의 수명 연장뿐만 아니라 제품의 균일한 품질을 확보하기 위한 노력이 진행 중이다. 본 연구에서는 다이오드 레이저를 이용하여 플라스틱 사출 금형의 표면 경화를 시도하였다. 높은 출력의 다이오드 레이저를 이용하여 플라스틱 사출 금형의 재료로 사용되는 AISI P20-Improved (KP4M)을 1000, 1100 그리고 1200ºC의 온도로 표면 열처리를 진행하였다. 표면 열처리 온도는 Two-color pyrometer를 이용한 표면 온도 측정과 다이오드 레이저 파워 조절을 통해서 실시간으로 관리되었다. KP4M의 다이오드 레이저 열처리 결과, 미세 조직 변화로 인한 표면 경도 증가를 확인할 수 있었다. KP4M의 레이저 표면경화로 인한 마찰마모 특성을 확인하기 위해 표면 열처리를 진행한 KP4M과 모재의 KP4M을 프레팅 실험을 진행하였다. 표면 열처리 온도 별 KP4M의 마찰 계수, 마찰계수의 이력곡선 분석, 그리고 마모량을 비교하였다. 또한, 프레팅이 발생하는 환경(수직 하중과 마찰 빈도)이 마모량에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

[마찰1-2 | 13:45]
자동차 브레이크 용 회주철 디스크와 마찰재 사이에 발생하는 녹고착 현상에 대한 종합적 분석: 권재현; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*
Keywords: 브레이크 마찰재, 회주철 디스크, 녹고착, 복합재료, 부식 속도
본 연구에서는 주차 시 브레이크용 마찰재와 디스크 간의 접촉계면에서 발생하는 녹고착 현상의 주요 원인에 대해 분석하였다. 이를 위해 염수에 침지된 상용 마찰재를 대상으로 디스크 면에 가압 상태로 부식을 진행시켰으며 부식 시간, 고정 압력, 환경 조건에 따른 녹고착 현상을 분석하였다. 또한 녹고착 기구와 주요 영향 인자를 확인하기 위해 마찰재의 물리적 및 화학적 특성을 분석하고 그 연관성을 확인하였다. 녹고착에 의해 결합된 마찰재와 디스크를 분리하는 데 필요한 고착력은 마찰재의 종류에 따라 상이하였으며, 부식 시간, 가압력 그리고 온·습도가 증가할수록 녹고착력이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 마찰재의 기공도, 산성도(pH), 및 친수성(접촉각)은 녹고착력과 뚜렷한 연관성을 나타내지 않았으며 전기화학적 특성인 부식 속도는 녹고착력과 명확한 연관성을 나타내어 마찰계면의 부식 속도가 녹고착력을 결정함을 입증하였다. 마찰재와 디스크 계면의 미세조직 및 파단면 분석을 통해 마찰재 원료 종류 및 분포가 녹고착력에 영향을 미치는 사실을 확인하였으며 녹고착력이 강한 경우 마찰재 내부로 철 산화물의 침투가 심하였다. 마찰력은 분리시험 시 나타나는 전단면의 위치에 따라 큰 변화를 나타내었으며 이러한 전단면의 위치는 마찰재에 사용된 원료에 의존되는 것으로 판단된다.

[마찰1-3 | 14:00]
브레이크 마찰재의 열이력에 따른 표면 특성 변화와 마찰불안정성 분석: 장연하, 장호; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*
Keywords: 자동차 브레이크, 열이력, 마찰 계면, 고평부, 마찰 떨림
제동 시 브레이크 마찰재의 접촉면은 마찰열에 의해 최고 500°C 이상의 고온에 노출되며, 이로 인해 원료의 일부가 열분해 되어 마찰면의 변성을 초래하며, 이로 인해 제동력 저하뿐 아니라 마찰불안정성을 초래하게 된다. 본 연구에서는 열이력(온도)에 따른 마찰면의 표면특성 변화와 그에 따른 마찰 불안정성에 대해 연구하기 위해 low-steel 마찰재를 대상으로 제동력 저하 원인 및 열이력에 따른 스틱-슬립 현상을 분석하였다. 본 연구의 결과는 열이력을 받은 마찰재 표면의 접촉 강성과 경도는 감소하고 마찰면에 발달하는 접촉 고평부의 크기 및 분포가 제동특성의 결정적인 인자임을 나타내었다. 열이력을 받은 시편은 낮은 마찰계수와 강성에도 불구하고 큰 스틱-슬립 진폭을 보이는 것을 확인할 수 있었으며 이는 열에 의한 마찰재 표면의 변화가 스틱-슬립 현상의 기저 메커니즘을 변화시켰기 때문으로 생각된다. 열이력을 받지 않은 시편의 경우에는 치밀하고 단단한 계면을 유지하여 계면의 탄성파괴에 의해 스틱슬립이 발생하며, 고온 열이력을 받은 시편은 고압고평부의 소성파괴에 의하여 스틱슬립이 발생하였다. 이러한 결과는 열이력을 받은 마찰재의 빈번한 소음발생 기구를 이해하는데 근거자료가 될 것으로 판단된다.

[마찰1-4 | 14:15]
상대재의 표면 형상이 마찰력 및 마찰불안정성에 미치는 영향: 주병수, 신상희, 장호; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*
Keywords: 표면 형상, 거칠기, 파상도, 마찰떨림, 스틱-슬립 특성
마찰력의 수준 및 마찰에 의한 떨림 현상은 두 상대 물질의 물성과 접촉 조건에 의해 결정되며 특히 표면의 거칠기 (roughness), 파상도(waviness), 및 형상(form)에 의해 수반되는 실접촉 면적과 면압 분포는 마찰현상 이해에 가장 중요한 인자로 파악된다. 본 연구에서는 제동장치의 마찰불안정성을 분석하기 위해 디스크의 표면 거칠기 및 형상 변화에 따른 마찰력 및 마찰 떨림의 변화에 대해 연구하였다. 이를 구현하기 위해 회주철 디스크 면에 브레이크용 마찰재를 이용하여 끌기시험을 함으로써 저속에서의 마찰 떨

림과 속도 증가에 따른 마찰력 변화를 측정하였다. 마찰특성은 마찰시험기(pin-on-disc type)를 이용하였으며 마찰 과정에서의 접촉면 변화 측정을 위해 비 접촉식 변위 센서(laser displacement sensor)를 이용하여 실시간으로 측정하였으며, 공초점 현미경(confocal microscopy)을 이용하여 실험 전후의 표면 형상을 관찰하였다. 실험 결과, 마찰력 수준은 디스크 표면의 거칠기 및 형상에 의해 큰 영향을 받는 것을 확인 할 수 있었다. 저속 마찰 실험을 통해 거칠기에 따라 마찰 떨림이 크게 변화하는 것을 확인할 수 있었으며 디스크 형상의 변화는 가진력의 발생을 초래하여 시스템 전체에 진동 에너지를 부여함으로써 마찰불안정성에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과는 표면 거칠기 및 형상 조절을 통해 브레이크 시스템의 소음 및 진동 제어가 가능함을 입증하었다.

[마찰1-5 | 14:30]

마찰면에 발생하는 접촉고평부 형성과정 분석 및 그에 따른 마찰특성: 김진우, 장호, Diego J. Chavez; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*

Keywords: 2차고평부, stress assisted activation kinetics, 마찰재표면물성, 활성화에너지

제동 중 마찰재 표면에는 접촉고평부가 형성되며 이들은 제동특성에 결정적인 역할을 한다. 특히 조대한 고경도 원료 주변에 마모 입자들이 응착되어 형성되는 2차고평부는 마모량 및 소음 특성에 지대한 영향을 나타내며 이에 따라 고평부의 크기, 분포, 물성과 마찰특성 사이의 연관성을 규명하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 마찰실험 중 형성되는 고평부의 형성 및 파괴 과정을 CCD 카메라를 사용하여 직접 관찰하고 2차고평부의 크기를 정량적으로 측정함으로써, 다양한 제동조건에서 형성되는 2차고평부의 크기를 분석하였다. 실험 결과 마찰시간이 증가함에 따라 성장한 2차고평부는 특정크기로 수렴하였으며, 수렴하는 2차고평부의 크기는 제동 압력, 속도에 따라 상이하였다. 마찰시간에 따른 2차고평부의 크기 변화그래프를 통해 2차고평부의 성장속도를 계산할 수 있었으며, 다양한 실험조건에서 응력 수반 고평부 성형 속도(stress assisted-reaction rate)를 고찰하여, 자동차용 마찰재의 2차고평부 성장과 관련된 활성화 에너지를 도출하였다. 본 연구는 2차 고평부의 크기를 정량적으로 도출하고 이를 수식화 함으로써, 향후 마찰재의 표면특성에 관한 면밀한 연구에 필요한 기초적 자료를 제공하게 된다.

[마찰1-6 | 14:45]

자동차용 브레이크 디스크의 재질에 따른 미세먼지 배출에 대한 연구: 김도현, 장호; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*

Keywords: 브레이크 디스크, 미세먼지, PM2.5, PM10, 경도

최근 전세계적으로 큰 관심을 끄는 유해 미세먼지 및 그에 따른 환경문제 해결을 위한 대책은 자동차에서 배출되는 미세먼지의 저감에 크게 의존하고 있다. 이는 운송수단이 발생하는 미세먼지가 전체 미세먼지량의 상당부분을 차지하기 때문이며 이를 저감하기 위해 자동차 배출가스 저감을 위한 엄격한 규제가 시작되었다. 그러나 운송수단이 배출하는 총 미세먼지량의 약 30% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있는 브레이크 유발 미세먼지에 대한 연구는 아직 초기 단계에 있으며 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 브레이크 유발 미세먼지의 대표적 발생원인 마찰재 및 디스크 중 디스크의 종류에 따른 미세먼지 배출량을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 재질이 상이한 브레이크 디스크 5종 (회주철, 강철, 산질화처리 회주철, 세라믹 복합재(C/SiC), 탄소복합재(C/C))를 이용하여 미세먼지량을 측정하였고 상대재로는 로스틸 계열 마찰재를 사용하였다. 축소형 브레이크 다이나모미터를 이용하여 80km, 30bar, 30회의 제동과정을 총 10회 진행하여 횟수 별로 마찰특성 및 미세먼지 배출량의 차이를 확인하였다. 미세먼지 측정에는 광학적 입자계수기(OPC: Optical particle counter)를 이용하여 크기(PM1.0, PM2.5, PM10)에 따라 미세먼지 배출량을 비교하였다. 미세먼지 발생량은 제동횟수가 증가함에 따라 감소하여 특정 값에 수렴함을 확인할 수 있었으며 이는 디스크와 패드 사이의 마찰면이 안정화됨에 따른 현상으로 판단된다. 또한 총 미세먼지 발생량은 디스크의 경도가 높을수록 적은 양을 나타내었으며 비교적 낮은 경도를 보이는 탄소디스크 (C/C) 및 회주철 디스크의 미세먼지가 가장 많은 미세먼지 배출량을 나타내었다. 그러나 미세먼지 입자의 크기 분포는 디스크의 재질에 따라 상이하였으며 이는 디스크의 미세조직 및 마찰재 표면에 형성되는 접촉 고평부의 크기 및 물성에 의존되는 것으로 나타났다.

[마찰2-1 | 15:10]

Al2024 - T4 합금 압출재의 기계적 성질 및 마모 성질의 이방성 연구: 박천명[1], 정제기[1], 유병철[1], 정해용[2], 박용호[1]; *[1]부산대학교 재료공학과, [2]부경대학교 재료공학과*

Keywords: Extrusion, anisotropy, al2024-t4, mechanical property, wear property

압출 공정은 소성가공 공정의 하나로써 금속 빌렛을 노즐 형상의 금형 내로 통과시켜 강제 유동 시킴에 따라 봉, 파이프, 프로파일 형상의 제품을 연속적으로 생산하는 기술이다. 유리 윤활이 필요 없고, 고유 변형성 을 가지고 있으며, 구조 조직에서 미세한 가공조직으로 신속하게 성형할 수 있는 점에서 알루미늄 합금 가공에 많이 사용되고 있다. 또한 알루미늄 압출재의 경우 알루미늄 주조재 와 달리, 압출 공정을 통해 미세 조직적으로 조대한 상의 석출을 제어함에 따라 주조재 보다 높은 기계적 특성을 부여 할 수 있어, 많은 산업 분야에 사용되고 있으며, 최근 산업 전반에 미치고 있는 부품의 경량화 추세로 인하여 철계 부품을 대신해서 많이 사용되고 있다. 대표적인 알루미늄 합금 압출재 인 AA2024-T4(Al-4.4Cu-1.5Mg-0.8Mn)는 열처리를 통해 Al2Cu 상과 Al2CuMg 상 등의 석출상을 알루미늄 기지 내에 분산 시킨 합금으로써 , 현재 높은 기계적 성질이 요구되는 항공기 동체 및 부속품에 주로 사용되고 있으며. 최근에는 내 마모 특성이 요구되는 동력 전달 부품인 Sprokets이나 Worm gear 등에 사용하고자 하고 있다.

압출 방향에 따른 미세조직의 차이는 압출재의 기계적 특성을 전체적으로 불균일하게 만드는 결과를 초래함에 따라 제품의 크랙이나 박리와 같은 결함을 발생하게 하며, 이러한 결함으로 인해 부품 수명, 안정성, 내마모성 등의 문제가 발생하고 있다. 그럼에도 불구하고 압출방향에 따른 미세조직 차이에 의한 기계적 특성 및 마모 거동에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 합금 압출재 (AA2024-T4)의 압출 방향의 수직 및 수평방향, 45도 방향 에 따른 미세조직 변화를 SEM, EDS, EBSD

를 통해 관찰하였으며, 경도 및 인장 시험 을 통하여 압출 방향에 따른 기계적 특성을 평가하였다. 또한 다양한 선 속도 (0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 m/s) , 수직하중 (20, 50 ,100, 150, 200N)을 실험 조건으로 하여 압출 방향에 따른 마모 특성 평가 및 마모 거동의 변화를 분석하였다.

[마찰2-2 | 15:25]

중국고속철도(모델명:CRH5) 소결브레이크 패드 개발: 이범주, 조정환, 나종태; *㈜다원프릭션.*

Keywords: 고속철도, 소결마찰재, 브레이크패드, CRCC인증, 현차시험

고속철도는 산업전반에 인적/물적 네트워크에 획기적인 변화를 가져오고, 친환경적인 교통수단으로 각광받고 있는 성장동력산업이다. 국제철도연맹(UIC)에 따르면 시속250 km이상으로 운행되는 세계고속철도노선은 2025년 54,550 km에 도달할 것으로 전망하고 있으며, 이중 절반수준의 노선을 중국이 차지하고 있다. 우리나라는 프랑스 알스톰으로부터 TGV 고속차량을 도입하여 2004년부터 영업운행을 시작하였고. 중국은 2007년부터 일본 신칸센차량인 CRH2를 도입하여 운행을 시작하였다. 중국은 우리나라보다 고속철도를 3년 늦게 운행한 국가이나, 현재 고속철도 기술 격차는 중국이 우리나라보다 5% 정도 우위로 평가받고 있고, 그 시장은 한국의 30배 이상으로 알려져 있다. 고속철도용 브레이크 패드는 자동차용 브레이크 패드와는 달리 고온(700°C 이상)에서도 제동력을 상실하지 않고, 원하는 위치에 제동이 되도록 함으로써 주행하는 고속철도의 안전을 보장하는 핵심안전부품이다. 고속철도 브레이크 패드는 안정적인 마찰력과 내마모성 및 디스크에 대한 낮은 공격성, 저소음, 높은 열발산 능력을 확보해야 하는데 이런 종합적인 요구사항을 만족시키는 핵심이 '소결마찰재'이다. (주)다원프릭션은 우리나라에 고속철도 도입 결정 당시부터 소결마찰재 개발에 착수하였고, 10년만에 2008년 KTX용 제동패드를 개발, 세계에서 5번째로 고속철도용 마찰재 소재원천기술을 독자적으로 확보하여 선진업체(독일, 일본, 이탈리아, 프랑스)의 기술종속에서 탈피하게 되었다. 이후 지속적인 연구개발을 진행하였고, 2015년부터 중국고속철도(모델명:CRH5) 소결브레이크 패드 개발을 착수하여 일차적으로 중국 철도 규격에 만족 후, 또 다시 1년간의 현차시험(차량 영업 운전시 탑재하여 시험)을 성공리에 완료해서, 2017년에 인증서를 획득, 중국 철로국에 양산공급하는 쾌거를 득하였다. 본 발표에서는 중국고속철도(모델명:CRH5) 소결브레이크 패드 개발부터 양산공급까지의 개발 이력의 핵심 내용을 소개한다.

[마찰2-3 | 15:40]

Silicone oil 첨가에 따른 Polyamide 66 기반의 Gear 마찰마모 거동: 염현식, 김혜린, 방상호; *현대첨단소재.*

Keywords: Plastic Gear, PPA Gear, PPS Gear, Gear wear and friction

금속을 대체하는 플라스틱 Gear의 전체 산업분야로 적용이 확대되고 있고 그 중에서 복잡한 형상으로 가공이 어려운 한계를 극복하기 위해 자동차시스템 분야에서 소형부터 대형 Gear까지 확대되고 있다. 자동차시스템에서 플라스틱 Gear의 적용환경은 저속 상시작동 Gear(예 : MDPS Reduction Gear)부터 고온에서 주기적 초고속작동 Gear(예 : EWGA Twin Gear)까지 적용분야가 다양하다. 저속 상시작동 플라스틱 Gear의 경우 연삭마모를 최소화 하기위해 플라스틱 원소재의 점도가 높고 또한 Gear 사출 후 점도가 낮아지지 않도록 해야 한다. 또한 고온에서 주기적 초고속 작동 플라스틱 Gear의 경우 Gear 치의 변형을 최소화 하면서 Gear 치표면이 윤활성을 갖도록 하여 마찰계수를 낮게 해야 한다. 본 연구는 고온에서 고유동 소재인 PPA (Polyphtalamide), PPS(Polyphenylene sulfide)를 사용하는 대신 Polyamide 66 소재에 Glass Fiber와 PTFE(Polytetrafluoroethylene)가 첨가된 조성을 기본으로 하여 기존의 초기 불균일한 마모의 문제점을 극복하고자 Silicone oil을 첨가하여 마찰 면 특성 및 마모 거동을 분석하였다.

[마찰2-4 | 15:55]

Material and Shape Design for Improving Wear Life of Tooth for Construction Equipment: 이청래, 안상민; *두산인프라코어㈜.*

Keywords: Construction Equipment, Tooth, Cast steel, Wear

굴삭기, 로더 등 건설기계의 버켓(Bucket)에 장착되어 사용되고 있는 tooth제품은 버켓의 앞단에 장착되어 작업 효율과 사용 수명을 증대시키는 용도로 사용되는 소모품으로서 TCO(Total Cost of Ownership)관점에서 매우 중요한 부품의 하나이다. 이러한 tooth는 대부분 주강(Cast Steel)재질이며, 제조업체마다 다양한 형상과 합금으로 제작되고 있다. 사용 환경에 따라 부적합한 tooth의 형상과 재질의 사용으로 인한 짧은 교체주기는 정비를 위한 downtime과 장비 유지 관리비의 상승을 야기 시킨다. 고객은 사용환경에 최적화된 제품을 선택하여 tooth의 수명을 증가시킨다면 상당한 비용절감이 가능하다고 하겠다. 본 연구에서는 건설기계용tooth에 요구되어지는 마모, 충격 그리고 뜨임 저항성 등의 복합 성능 지표를 개발하고 이를 기준으로 원가를 최소화하면서 내마모 성능을 향상시킬 수 있는 합리적 합금 설계 기술을 개발하였다. 또한, 건설기계의 다양한 작업환경을 구분하고 그 환경에 적합한 tooth 형상을 개발하여 작업 대상물의 특성에 따라 tooth의 작업 효율을 극대화하고 마모 수명 향상시키고자 하였다. 상기 개발된 재질과 형상이 적용된 tooth제품은 실제 차량시험을 통해 평가하였으며, 기존 양산품 대비 작업 환경에 따라 1.3~2.0배 향상된 사용 수명을 얻었다. 본 연구를 통해 선진 경쟁사 동등 수준 이상의 내마모 tooth용 주강 재질을 보유하게 되었고, 형상 개발을 통한 내구 수명 향상은 cost 대비 당사 제품 경쟁력 향상에 기여하였다. 또한 기존 양산보다 더 세부화된 건설기계용 tooth옵션개발로 좀 더 다양한 고객의needs에 대응할 수 있게 되었다.

제4회 High Entropy Alloy 심포지엄II
Room 202B, 4월 27일

[고엔6-1 | 09:30] 초청강연

BCC 구조를 갖고 고온용 dual phase 고엔트로피합금 개발: 나영상, 임가람, 원종우, 권현준; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 고엔트로피합금, AlCoCrFeNi, BCC 고엔트로피합금, dual phase 고엔트로피합금

고엔트로피합금의 극저온, 초고온 등 극한 환경용 소재로서 새롭게 가능성을 인정받고 있으며 국내외의 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 통상적인 극한 환경과는 달리 500-600°C 급의 중고온용 소재로서 고엔트로피합금의 응용 가능성을 제시하고 이에 대한 합금 개발 및 미세조직-물성 상관 관계에 대한 연구 결과를 발표하고자 한다. 특히 본 연구에서는 BCC 구조를 갖고 고엔트로피합금으로서 refractory elements 를 포함하지 않으면서 (A2+B2) 2상 으로 구성된 dual phase 고엔트로피합금에 대한 연구 결과를 주로 다루고자 한다. BCC 계열 고엔트로피합금은 중고온 영역에서 우수한 기계적 특성을 갖고 있으며, 특히 BCC-forming 원소로서 비교적 많은 양의 Al이 포함되기 때문에 우수한 비강도 특성을 구현할수 있을 것으로 기대되고 있다. 반면에 BCC 구조, 특히 ordered BCC 구조인 B2 상이 기지 상으로 존재하기 때문에 합금의 연성 또는 인성이 극히 취약한 문제가 있다. 본 연구에서는 dual phase의 석출물 및 기지상 inversion을 통해 합금의 연성 및 인성을 개선하고자 하였다.

[고엔6-2 | 09:55]

$Al_{0.5}CoCrFeMnNi$ 고엔트로피 합금의 균질화 온도가 가공성에 미치는 영향: 문종언, 배재웅, 장민지, 백승미, 임다미, 박정민, 이병주, 김형섭; *포스텍(포항공과대학교).*

Keywords: 고엔트로피 합금, 가공성, X-ray diffraction (XRD), 열역학 계산, 비커스 경도

고엔트로피 합금(High Entropy Alloy: HEA)은 5원계 이상의 다원소 합금계로서, 고합금계임에도 불구하고 혼합엔트로피가 높아 금속간 화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 면심입방격자(Face Centered Cubic: FCC) 또는 체심입장격자(Body Centered Cubic: BCC) 단상으로 구성된 새로운 개념의 신물질이다. 2004년 처음 금속간화합물 같은 중간상 없이 단상이 얻어진다는 것이 학계에 발표되었고, 최근 급격한 관심으로 관련연구가 폭발적인 증가 추세에 있다. 최근, 이러한 고엔트로피 합금에 Al을 첨가하여 경량화시키는 연구가 활발히 진행되고 있지만, Al의 첨가가 다양한 이차상을 형성하여 가공성을 악화시키기 때문에 첨가가 제한되고 있다. 본 연구에서는 $Al_{0.5}CoCrFeMnNi$ 고엔트로피 합금의 냉간압연 성을 향상시키기 위한 균질화 열처리 온도의 영향을 분석하였다. 균질화 열처리 후, 합금의 결정 구조와 경도를 확인하기 위해 X 선 회절, 미세 구조 및 조성 분석, 비커스 경도 측정 및 열역학 계산을 수행하였다. 균질화 열처리 과정에서 형성되는 AlNi B2상은 해당 합금을 경화시키며, 냉간 압연 시 균열을 일으키고 가공성을 악화시키는 것을 확인하였다. 해당 합금의 냉간압연 중 균열을 방지하기 위해서는 고온 균질화를 통해 AlNi B2상을 억제시키는 것이 필수적이다.

[고엔6-3 | 10:10]

$Al_{0.1}(Fe_{1+x}CoCr_{1-x}Mn)_{0.9}$ (x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) 고엔트로피 합금의 미세구조 및 자성특성분석: 정찬원[1], K.G. Pradeep[2], A. Marshal[2], 최벽파[1]; [1] *한국과학기술원.* [2]*RWTH Aachen University.*

Keywords: 고엔트로피 합금, 3차원 원자분석, 미세구조, 연자성체, 자성특성

최근 등장한 고엔트로피 합금(High entropy alloys)은 기존 합금과는 다른 독특한 합금설계 방법과 우수한 특성으로 인하여 연구가 활발히 진행되고 있다. 고엔트로피 합금(HEAs)의 경우 하나의 주성분과 소량의 합금원소를 가진 기존의 전통적인 합금설계와는 달리, 배열 엔트로피를 극대화 하기 위해 다양한 원소를 비슷한 조성으로 합금을 설계한다는 특징이 있다. 그 결과 다량의 이종원소들의 혼합으로 격자의 뒤틀림이 극대화 되어 다양한 특징을 나타내는 것으로 알려져 있다. 지금까지 다방면에서 우수한 특성을 가진 고엔트로피 합금(HEAs)이 보고되고 있는데 이러한 보고의 대부분은 구조재료로 사용되기 위한 기계적 특성에 관한 보고가 대부분이고 다른 특성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 고엔트로피 합금(HEAs) 설계방법을 이용하여 높은 포화 자화값과 낮은 보자력을 가진 연자성체를 목표로 $Al_{0.1}(Fe_{1+x}CoCr_{1-x}Mn)_{0.9}$ (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) 고엔트로피 합금(HEAs)을 설계하였다. 설계한 합금을 Arc-melting furnace를 이용하여 주조하였고, X선 회절 (XRD) 분석과 전자 후방 회절 (EBSD) 분석을 이용하여 결정구조와 미세구조 분석을 진행하였고, 나노 스케일에서의 원자분포를 분석하기 위해 3차원 원자 탐침 단층 촬영 (Atom probe tomography, APT)을 진행하였다. 또한, Vibrating Sample Magnetometer (VSM) 분석을 통하여 주조된 합금의 자성특성을 측정하였다. 이러한 분석을 통하여 $Al_{0.1}(Fe_{1+x}CoCr_{1-x}Mn)_{0.9}$ (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) 시스템 에서의 segregation 양상이 어떻게 변화하는지 확인하였고, FCC 상보다 BCC 상이 더 좋은 자성특성을 나타내는 것을 확인하였으며, X=0.6, $Al_{0.1}(Fe_{1.6}CoCr_{0.4}Mn)_{0.9}$ 에서 가장 우수한 연자성체 특성을 가지는 것을 확인하였다.

[고엔6-4 | 10:25]

Effect of anneling on microstructure and mechanical properties of equatomic AlCoCrNi high-entropy alloy: JUMAEV ELYORJON, KIM YOUNG SEOK, PARK HAE JINE, MUN SANG CHUL, KIM KI BUEM*; *세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: High-entropy alloy, Microstructure, Mechanical properties, Heat treatment

In this study, the microstructure and mechanical properties of AlCoCrNi high-entropy alloy. The alloy was prepared by arc melting

method and analyzed using X-ray diffraction (XRD), Scanning Electron microscopy, Field emission-scanning electron microscopy, Transmission electron microscopy and Universal test machine. The XRD result shows body-centered cubic (BCC) crystal structure is obtained for the AlCoCrNi alloy. The microstructure of the alloy showed two phases such as dendrite and matrix areas. The ingots were examined as well after annealing at different maintenance times, and a compression test has been measured for as-cast and annealed samples at room temperature. Good combination of participant elements has been obtained in the separated regions of dendrite and interdendritic areas such as Al and Ni in dark region while Co and Cr-rich in bright region. After annealing at different maintenance times, grain-growth was observed in the morphology of the interdendritic area and phase transformation happened in the dendrite area. Results of EDS attached on transmission electron microscopy (TEM) revealed elements combination in both areas were discussed. Some of these ingots showed an increase in mechanical properties. The yield strength of alloys significantly increased after annealing between 1753 and 2925 MPa. The crystal structure, microstructure, mechanical properties and influence of heating of AlCoCrNi alloy system has been discussed in detail by high entropy concept.

[고엔7-1 | 10:50]

수소취성을 이용한 BCC 고엔트로피 합금 구형 분말 대량 제조기술 연구: 나태욱[1], 양승민[1], 박은수[2], 박광석[1], 박형기[1]; [1]*한국생산기술연구원 강원지역본부.* [2]*서울대학교 재료공학부.*

Keywords: High entropy alloy, Powder, Hydrogen embrittlement, Spheroidization

BCC 고엔트로피 합금은 주로 Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W 중 4~5개의 원소가 균일한 원자비로 구성되어 있다. 이러한 BCC 고엔트로피 합금은 상온에서뿐만 아니라 고온에서의 높은 기계적 물성으로 인해 차세대 초내열합금으로 각광받고 있다. 하지만, BCC 고엔트로피 합금의 경우에는 높은 녹는점, 낮은 열전도도, 높은 산화구동력으로 인해 일반적인 주조 및 가공을 통한 부품제조가 어렵다. 따라서, 최근 각광받고 있는 near-net shape 제조기술인 additive manufacturing이나 powder injection molding 등의 기술을 이용하여 부품화가 가능하리라 판단된다. 이러한 제조 기술로 부품을 제조하기 위해서는 고엔트로피 합금 분말이 필요하며 특히 additive manufacturing을 위해서는 구형의 분말이 필요하다. 일반적으로 구형의 금속분말 제조를 위해서는 gas atomization 기술이 이용되지만 BCC 고엔트로피 합금의 높은 녹는점으로 인해 안정적으로 용탕 및 유동 형성이 어려워 해당 방법으로의 분말 제조가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 수소 열처리를 통해 고엔트로피 합금의 취성을 유발시켜 기계적 분쇄를 실시하고 열플라즈마를 이용하여 수소 제거 및 구상화를 동시에 실시하였다. 해당 방법을 통해 WTaMoNbV, WTaNbVTi, TaNbHfZrTi 고엔트로피합금 구형분말을 제조하였다.

[고엔7-2 | 11:05]

나노입자가 분산된 NbMoTaW 고 엔트로피 합금 기반 복합소재 개발: 노애란, 최현주; *국민대학교 신소재공학과.*

Keywords: 고 엔트로피 합금, 내열, 내산화, 복합재, 나노 입자

고엔트로피합금(High-entropy alloys, HEA)은 5개 이상의 주요 원소가 등원자구성에 가까운(Near-equal atomic percent) 조성으로 고용체(Solid Solution)를 형성하는 새로운 개념의 합금 시스템이다. HEA는 심하게 변형되어 있는 격자 구조로 인해 상온에서 높은 강도를 보일 뿐 아니라, 고온에서의 변형 및 산화에의 저항성이 우수하다고 알려져 있으며, 최근에는 고융점의 Nb, Mo, Ta, W를 기반으로 한 내열, 내산화 고 엔트로피 합금의 개발이 주목 받고 있다. 본 연구에서는 Nb-Mo-Ta-W계 HEA기지에 나노 크기의 입자를 분산하여 열 및 산화에 대한 저항성을 극대화한 새로운 개념의 복합재를 제조하였다. 기계적 합금화를 통해, 나노 입자를 HEA 기지내에 균질하게 분산할 수 있었으며, 방전 플라즈마 소결 공정을 최적화하여 치밀한 벌크형의 복합소재를 제조하였다. 본 발표에서는 기계적 합금화 및 소결 공정에 따른 미세구조, 내열/내산화성 간의 상관관계에 대해 논의할 예정이다.

[고엔7-3 | 11:30]

고온강도-상온연신 조절 내화금속계 고엔트로피 합금 개발: 김일환, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Tungsten alloy, BCC solid solution, High entropy alloy, Ductility, Hardening mechanism

디버터와 같은 플라즈마 대면 소재는 핵융합로 내에서 안정적인 플라즈마 조절을 위하여 고융점, 높은 플라즈마 및 중성자 저항성, 낮은 삼중수소 함유율, 저방사화 특성, 고열전도도, 고온 고강도와 크랙 저항성 등의 복합 특성을 가져야 한다. 현재까지 상기 해당되는 요구조건을 만족하는 가장 가능성 있는 소재로 순 텅스텐이 제안되고 있으나, 텅스텐의 단점을 개선하기 위한 방향으로 타 내화금속을 첨가하여 합금화 하는 것에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 텅스텐을 바탕으로 엔트로피 제어 합금 설계법을 적용하여 다양한 내화금속원소가 첨가된 다성분계 신합금을 개발함으로써 텅스텐이 가지는 낮은 가공성 및 높은 취성으로 인한 크랙 저항성의 약화를 극복하면서도 고온 강도를 높이며 열전도도를 유지할 수 있도록 하는 신개념 플라즈마 대면 소재 설계를 개발하였다. 부연하면, 본 연구에서는 고용체 내 Ta, V, Ti, Cr을 순차적으로 합금화하였고, 제조된 텅스텐 합금의 상온, 고온 압축 특성 및 열전도도와 같은 열물성을 평가함으로써 각 합금 원소 첨가에 따른 기계적, 열적 물성 변화 경향을 조절하고자 하였다. 이를 통하여 고용강화 효과에 따른 강도 특성 변화와 원자가전자농도 (VEC)에 따른 인장률 변화 정도를 고찰하였다. 상기된 특성의 인자를 바탕으로 고온에서의 고용강화효과를 극대화시키면서도 상온 연성을 유지할 수 있는 합금을 개발하였다. 본 연구를 통하여 플라즈마 대면소재로써 적용 가능한 다성분계 텅스텐 신합금 개발을 위한 물성 데이터베이스를 구축하고, 합금화 원소 및 함량제어에 의한 구성엔트로피 조절을 통해 텅스텐계 합금의 물성을 조절하는 보다 구체적인 합금설계방안에 관한 가이드라인을 제공하고자 하였다.

가공-용접 및 접합
Room 202B, 4월 27일

[용접1-1 | 13:30]
고강도 알루미늄합금의 레이저 용접성에 관한 연구: 이목영[1], 이도엽[1], 황종일[2]; *[1]포항산업과학연구원. [2](주)엘엠에스.*
Keywords: 알루미늄합금, 고강도, 레이저용접, 공정변수, 용접비드
배출가스 및 연비규제가 강화됨에 따라 자동차 산업에서 고강도 알루미늄 합금의 적용이 증가하는 추세임. 알루미늄합금은 열/전기 전도도가 높기 때문에 종래의 방법으로는 용접이 어려움. 레이저 용접은 고밀도로 집속된 레이저 빔을 이용하여 알루미늄의 용접에 적용이 증가하는 추세임. 그러나 알루미늄 합금의 레이저 용접부는 비드외관이 불균일하고, 기공 혹은 균열 등 용접부 결함이 발생하기 쉬운 것으로 알려짐.본 연구에서는 7000계열 고강도 알루미늄 합금을 대상으로 대출력 화이버 레이저를 이용하여 용접성을 알아보았다. 레이저 출력, 용접속도, 초점위치 등 용접공정변수에 따른 용접비드 상태를 조사하였다.

[용접1-2 | 14:00]
저온 템퍼링에 의한 자동차용 초고강도강 용접부 미세조직 및 기계적 특성 변화 연구: 박기태[1], 김광중[1], 엄상호[2], 정홍철[2], 이창희[1]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]포스코 접합연구그룹.*
Keywords: Resistance spot welding, Paint-baking, UHSS, HAZ simulation, Cross-tension test
최근 안전 및 환경규제 강화로, 냉간성형을 이용하는 초고강도-고연신 기가급 강재 개발의 필요성이 증대되고 있다. 기가급 UHSS 강재 중, Retained austenite의 Transformation-induced plasticity(TRIP) 현상을 이용하는 초고강도강은 높은 가공경화효과와 함께 상대적으로 비용적인 우위를 가져, 기존의 Hot press forming (HPF)강 시장에 대한 대체제로써의 역할이 가능할 것으로 예상된다. 그러나 용접성에 대한 연구는 아직까지 많이 발표되지 않았으며, 자동차 생산 공정 중 Paint-baking에 의한 용접성 개선 효과가 일부 보고되었으나 이에 대한 명확한 규명은 이뤄져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 TRIP-Base의 기가급 강재의 용접성을 평가하기 위해, RSW 용접을 수행하여, 동종 용접부 및 DP980 소재와의 이종 용접부를 얻고, 용접조건별 미세조직 변화와 Paint baking에 따른 기계적 특성 변화를 관찰하였다. 이 때 CGHAZ에서 주로 발생하는 용접성열위 문제에 대해 검토하였으며, 또한 Paint-baking 온도 및 시간 조건에 따른 Cross tension strength를 측정하여 열에 의한 용접부 인성 변화에 대해 정량화하였다. 이 연구 및 발표를 통해 자동차용 초고강도강의 생산 공정 중 필연적으로 발생하는 저온 템퍼링에 대하여 소개 및 고찰을 하고자 한다.

[용접1-3 | 14:15]
Al-Si 도금층 용융거동 해석 및 다단통전을 통한 핫스탬핑강의 너트 프로젝션 용접성 향상 기술: 천은준[1], 김영민[2], 박영환[3], 박영도[4]; *[1]한국기계연구원. [2]한국생산기술연구원. [3]부경대학교. [4]동의대학교.*
Keywords: 프로젝션 용접, 핫스탬핑강, 응고 해석
프로젝션 용접은 차체 조립에 사용되는 저항 용접 프로세스의 한 종류로, 차체의 다양한 부위에 너트, 볼트 등의 fastener 를 접합하는 데에 사용된다. 지속적인 차체 경량화 및 고강도화를 위해핫스탬핑 강의 적용 비율은 증가 추세에 있고, 이에 따라 프로젝션 용접성 저하에 대한 문제도 지속적으로 보고되고 있다. 하지만 점 저항 용접에 비해 용접성 분석 및 그 향상 기술에 대한 연구가 많이 부족한 실정이다. 본 연구에서는, Al-Si 도금된 핫스탬핑 보론강의 너트 프로젝션 용접성을 야금학적 관점에서 분석하고, 용접성 향상을 위한 다단통전 기술 최적화 연구를 수행하였다. Al-Si 도금된 핫스탬핑 보론강의 양호 용접구간은 Zn 도금된 이상 조직(DP)강의 14%, 용착강도는 60% 수준에 불과하였다. Al-Si 도금층의 용융거동 분석 및 유한차분 응고 해석을 통해, 핫스탬핑강의 너트 프로젝션 용접성 저하는 Al-Si 도금층의 편석, $Fe_3(Al,Si)$ 상의 형성 및 편방향 너겟 성장 거동에 기인함을 알 수 있었다. 다단통전 기술 적용 및 조건 최적화를 통해, Al-Si 도금층의 편석 거동 제어 및 균일한 너겟성장 거동을 확보 하였고, 그 결과, DP강에 준하는 용접성 향상 결과를 얻을 수 있었다.

[용접1-4 | 14:30]
Self-Piercing Riveting을 이용한 이종소재 접합 검증에 관한 연구: 박지형[1], 전용호[2]; *[1]진합볼호프. [2]아주대학교.*
Keywords: 셀프피어싱리벳팅(Self-Piercing Riveting), CFRP, Steel, Aluminium, Shear Test
본 연구에서는 자동차 차체경량화에 대비하여 Self-Piercing Riveting(SPR) 기계적 접합 방식을 활용하여 이종 소재의 접합 검증을 한다. 첫 번째로, 상, 중간, 하판 소재 두께 조합별 리벳 및 다이의 사양을 선정하여 접합 유무를 확인 검증하였고, 두 번째로는 접합 조건 결과를 통해 Self-Piercing Riveting(SPR)접합강도 평가를 비교 수행하여 각 조합별 접합부 기계적 성질을 확인 할 수있었다. 여러 접합 조합별 접합성 검증 데이터를 통한 유사 강종 조합 및 접합 위치별 강도 상이함을 확인 할 수 있었으며, 강종 위치에 따라 접합 인자 영향성을 사전에 인지 및 신뢰할 수 있는 데이터 확보를 통해 향후 여러 겹 수의 Self-Piercing Riveting이 필요한 접합부의 설계 조건에 반영 할 수 있도록 연구하였다.

[용접2-1 | 14:55]
발포 금속을 사용한 열교환기 접합부의 미세조직과 기계적 강도에 미치는 접합인자의 영향: 허회준, 박용찬, 김규린, 강정윤; *부산대학교.*
Keywords: Metal Foam, Brazing, Microstructure, Tensile property, Opticalmicrographs

해양 선박 산업분야에서 열교환기의 효율은 LNG 액화 설비 시스템의 성능을 결정한다. 열 교환 효율을 높이기 위하여, 기존 판형 열교환기 유로에 발포 금속(Metal Foam)을 이용한다면 다공성 공간(Open Cell Foam)으로 유체 유입이 전면에 걸쳐 이루어지므로 열교환 면적이 넓어지는 장점이 있다. 특히 고내열 고강도 소재인 Ni 발포금속 사용시 Stainless Steel로 제작한 열교환기의 열교환율은 기존 대비 약 30% 가량 높은 효율을 갖는다고 보고된다. 발포 금속을 사용한 기존의 연구는 소재간의 단순한 기계적 체결로 되어있지만, 소재의 계면에서 열저항이 발생하고, 낮은 내압력을 갖는 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 발포금속과 금속소재를 접합하기 위한 연구가 요구되며, 브레이징 공법은 모재 형상을 유지하면서 삽입금속으로 접합부 간격을 충진할 수 있기 때문에 적절한 접합 프로세스로 생각된다. 발포 금속을 사용한 브레이징 연구는 거의 진행된 바 없으며, 이에 대한 연구는 공업적으로 가치가 있을것으로 판단된다. 본 연구에서는 Stainless plate/Ni foam간의 브레이징 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 접합인자의 영향에 대한 연구를 소개하고자 한다.

[용접2-2 | 15:10]

A Study on the Possibillity of Manufacturing Ni-based Superalloy Substrate and Bond Coat with the Selective Laser Melting: 이지원[1], Mathieu TERNER[2], Philippe LOURS*[3], Etienne COPIN[3], Hyun-Uk HONG*[2]; *[1]Changwon National University/ Ecole de Mines Albi-Carmaux. [2]Changwon National University. [3]Ecole de Mines Albi-Carmaux.*

Keywords: Ni-based Superalloy, Aerospace Turbine Blade, Selective Laser Melting, MCrAlY, Bi-material

As the additive manufacturing technologies are receiving the spotlight as a technique to realize the Fourth Industrial Revolution era, the growth of the transport and passenger sectors accompanied by the economic growth has led to the active adoption of additive manufacturing technologies in this area. As an example, turbine blades, one of the major elements of an aircraft component, have a strong influence on its properties and are actively involved in the adoption and application of additive manufacturing technology. However, for actual product applications, not only additive manufacturing but also the conventional turbine blades require a surface coating process to perform the properties of the material for prolonged periods in high temperature and pressure environments. The coating process of metal being used now includes electron-beam physical deposition, fast salt spray, etc. and is performed in wholly different way that is significantly different from that of metal. As such, the high temperature material has to go through two processes, usually metal fabrication and coating, which also consumes considerably in terms of time and cost. Therefore, in this study, the Alloy 625 alloy was applied as a material for turbine blades using selective laser melting, a method of additive manufacturing, and post heating treatment effect was investigated to develop its properties at high temperature. In addition, to reduce the costs incurred in different manufacturing processes, coating layers attached to alloys were also produced with the same method to increase practicality. To achieve this, some post heat treatment was implemented on Alloy 625 alloys made with selective laser melting, and compared the microstructures and mechanical properties along with each different heat treatment. MCrAlY powder was selected as the bond coat material based on the size and flowability experiment of the Alloy 625 alloy powder. Then, bond coat layer was manufactured with selective laser melting with the typical parameter based on paper research and data. Based on this, future studies aim to set the standard for coating layers, which are implemented with additive manufacturing.

[용접2-3 | 15:25] Cancel

Fe-Mn-Al-C 경량철강에서의 C함량이 응고균열에 미치는 영향에 대한 분석: 김봉윤[1], 정성훈[1], 박성준[2], 문준오[2], 이창희[1]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]재료연구소.*

[용접2-4 | 15:40]

Al함량 및 입열량 변화에 따른 FeMnAlC 경량철강 용접 열영향부의 κ-carbide 석출 거동 및 기계적 특성 변화 분석: 정성훈[1], 김봉윤[1], 문준오[2], 박성준[2], 이창희[1]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]재료연구소.*

Keywords: FeMnAlC, HAZ, κ-carbide, 기계적 특성

FeMnAlC 경량 철강은 높은 강도 특성과 낮은 비중을 확보함으로써 자동차 산업의 당면 과제로 대두되고 있는 환경 문제 개선과 차량의 안정성 향상을 모두 충족시킬 것으로 기대되고 있다. 뿐만 아니라 경량 철강은 κ-carbide 석출 등을 이용한 추가적인 특성 향상 등의 이점이 있어 전세계적으로 활발하게 연구되고 있지만, 실제 산업에서 요구되는 용접 공정 및 용접 열영향부(HAZ)에 대한 연구는 상대적으로 부족한 상태이다. 본 연구에서는 Fe-30Mn-9Al-0.9C을 기본 조성으로 하는 오스테나이트계 경량철강에 대해 Al 함량과 입열량을 달리 하였을 때의 모재 및 HAZ에서의 미세조직과 기계적 특성 평가를 수행하였으며, κ-carbide 석출 거동의 관점에서 이를 분석하였다. 실험에 쓰인 모재는 진공 용해 및 열간 압연을 통해 제조되었으며, Gleeble simulator를 이용해 HAZ를 모사하였다. 기계적 특성 평가는 각각의 시편에 대한 경도, 인장 및 저온 충격 인성 시험을 실시하였으며, κ-carbide 석출 거동에 관한 분석을 바탕으로 HAZ에서의 κ-carbide 석출과 기계적 특성에 관한 관계를 파악하였다.

[용접2-5 | 15:55]

Dissimilar welding between 17-4PH stainless steel and Ti6Al4V alloy using vanadium interlayer: 나나, 김정한*; *국립한밭대학교.*

Keywords: Welding; 17-4PH, Ti6Al4V and Fe-V sigma phase.

In this work, the application of Electron beam welding, Continuous laser welding and Pulse laser welding process in the joining of Ti6Al4V and 17-4PH stainless steel using a 1 mm pure vanadium sheet as an has been studied. In addition, the effect of vanadium

composition on the mechanical properties of the weld joint by shifting the beam towards the17-4PH side have also been investigated. All welding processes were capable of creating a quality fusion welded joints in Fe-V-Ti. V exhibited good bonding with Ti and the weld metal was characterized by (βTi, V) solid solution. In the Fe-V weld joint, similar phase (FeV) ss but different composition was found in their melt zone. The differences in the microstructure composition had an effect on their mechanical properties. Pulse laser welded joint at Fe-V interface showed crack regions which contributed to its lowest tensile property. The crack occurred due to residual stresses brought about by the repeated rapid solidification and heating cycle imposed by pulsed-laser welding process which caused solidification cracking. The formation of a common melting zone between all 3 materials in EB1 created Fe_2Ti and FeTi which acted as crack initiation site and led to failure. V composition had a significant impact in the mechanical properties of the welded joint. The hardness increased incrementally with V concentration. Joint with low V composition up to 17 at.% which corresponded to α-Fe +(FeV) σ or α-Fe formation range had a better tensile properties as compared to V composition above 35 at.% which corresponds to single (FeV) σ phase. However, care should be taken in regulating the laser beam in order not to obtain a very low V composition since this might cause incomplete fusion or non-welded regions which will cause failure.

수요자 맞춤형 소제설계 및 제조기술

Room 203, 4월 27일

[수요자1-1 | 09:00]

금속판재 표면에 감성효과를 부여하기 위한 롤-스탬핑 기술: 김만; *재료연구소*

Keywords: 감성소재, 자연무늬, 임프린팅, 전주도금, 원통몰드, 롤-스탬핑, 복제율

자연무늬는 대표적인 감성소재로 인간과 오랜시간 함께함으로서 인간이 가장 편안한 느낌을 가지는 소재이다. 천연의 섬유, 가죽, 나무, 종이 등의 자연무늬 표면을 나노임프린팅 공정과 전주도금 공정을 이용하여 복제하여 금속판재, 필름, 플라스틱 사출물 또는 다이캐스팅 표면에 자연무늬를 형성하는 연구가 진행되고 있다. 특히 스마트폰의 케이스나 배터리커버, 테블릿PC나 노트북 케이스와 같은 금속이나 플라스틱 케이스표면에는 제품고급화를 위하여 지속적으로 무늬나 패턴형성이 요구되며, 건축물에도 수요가 증가하고 있다. 이제까지 감성소재는 기계적으로 가공한 금형을 사용하여 제작하였으나, 기계가공한 표면은 무늬나 패턴형성에 한계가 있어 소비자 감성을 자극하지 못하므로, 무늬가 다양하고 촉감이 우수하며 광학효과를 요구하는 고감성 패턴이 증가하는 추세를 나타내고 있다. 본 연구에서는 정밀 나도임프린팅공정과 전주도금 공정에 의해 자연에 존재하는 무늬를 95% 이상의 정밀도로 복제함으로써 자연무늬의 조직과 질감이 그대로 살아있으며, 금속판재에 롤-스탬핑 하더라도 70% 이상의 정밀도를 유지함으로써 육안으로는 구별하기 어려운 정도의 조직과 질감을 유지하고 있는 금속판재 연속제조공정에 대하여 발표한다.

[수요자1-2 | 09:15]

Development of Porous Ni Plating Technology by Using Hard Template for Simple Control of Metal Thermal Conductivity: Danbi Kim[1,2], Jiwon Kim[1], Nusia Eom[1], Jae-Hong Lim[1]; [1]*재료연구소*, [2]*부경대학교*

Keywords: Porous metal sheet, Ni, Polystyrene bead, Thermal conductivity

Porous metal sheet have attracted much attention because thermal, mechanical, and chemical properties can be tuned. Among them, the control of thermal property is the most important for the application of heat exchanger in high power electronic devices. In this work, the porous metal sheet was fabricated by electrochemical process in order to control heat transfer or/and radiation heat transfer of metal material. The pores of porous structure can inhibit the transfer of heat, resulting the reduced thermal conductivity. And porous metal structure were synthesized by stacking polystyrene (PS) beads on Au/Ti/Si substrate by using spin coating, followed by the electrodeposition of Ni. Porous Ni films were obtained by the resolving PS beads in water. The thermal property of porous Ni films was 47 W·m/K, which is more than 2 times smaller than the bulk counterpart (102 W·m/K). The more details will be presented.

[수요자1-3 | 09:30]

다공체 재료의 열적·기계적 거동 고찰: 조재형, 이건영, 염규정, 나종주; *재료연구소*

Keywords:다공체 모델링, 유효열전달, 압축변형거동, 유한요소해석

다공체 재료의 열적, 기계적 거동은 공극의 여러 가지 변수들, 즉 공극률, 공극의 형상 및 분포 등의 인자에 따라서 본래 소재가 가지는 물성과는 다른 거동을 보인다. 자연계에서 알려진 여러 가지 정다면체를 활용하여 공극의 형상을 구현하고 공극률을 변화하면서 여러 가지 3차원 모델을 생성하였다. 유한요소 해석을 이용하여 열전달 및 탄성 변형 거동의 변화를 살펴보았다. 공극률이 커짐에 따라서 유효변형률과 탄성변형률은 비선형적으로 작아지는 경향을 보였다. 공극의 형상에 따라서 열전달 거동은 다르지만 유효변형률에 미치는 영향은 공극률에 비해서 상대적으로 작게 평가 되었다.

[수요자1-4 | 09:45]

Effects of Electrochemical Parameters on the Physical Properties of Ni-Co Electroplating: Yong-Su Lee, Hong-Wook Chun, Jae-Ho Lee; *Hongik University*

Probe card is one of reliability testing tool in semiconductor system. MEMS technology is used in MEMS probe tip fabrication. As the size of semiconductor is getting smaller, the size of probe tip is decreased. Since the reliability of probe is dependent on the physical property of probe tip, the hard and wear resistant material is used. Ni-Co alloy is one of the candidate material for this purpose. Ni-Co probe tip is fabricated through electroplating method. The physical properties of Ni-Co plating is dependent on the contents of Co as well as plating property such as grain size and residual stress. In this study the effect of plating bath conditions on the Ni-Co electroplating is investigated. Ni-Co is one of the anomalous plating and it is not easy to predict. The relationship between concentration of Co and contents of coating is investigated. The effects of current density on Ni-Co electroplating is also investigated. The surface hardness and crystallography of coating is measured and compared.

[수요자1-5 | 10:00]

Quantitative Investigation on Structure-Property Relations in a Porous Material in the viewpoint of 3D Morphology and Topology: Dongmyoung Jung, Yongwoo Kwon; *Hongik University*

Keywords: Porous Material, Three-Dimensional Microstructure, Morphology, Topology, Structure-Property Relations

A porous material that can be regarded as a mixture of gas and solid phases has even lower thermal conductivity than the same bulk material does. In general, the larger porosity, the lower effective thermal conductivity and mechanical strength. However, the effective properties of the porous material do not only depend upon the porosity but also the geometrical characteristics of the pores that are, for instances, spherical or cylindrical pores, interfacial curvatures, topology of pores, etc. In this presentation, we will show how to quantify the pore geometry (more emphases on 3D curvatures and topology) and its relation to the effective properties. We will start with the porous structures obtained from simulations but in the future we can apply this method to experimental porous structures obtained from micro-CT, serial sectioning, confocal microscopy, etc.

[수요자1-6 | 10:15]

Plasmonic Nano Coloring on Stainless Steel Substrate: A.Rahman, 최광덕, 백인욱, 김상훈, 이승용, 조소혜, 변지영; *Korea Institute of Science and Technology*

Keywords: Plasmonic Coloring, Metal Nano-particle, Metal-Dielectric Composite

In recent years, plasmonic colour generation is receiving tremendous attention as it offers a range of exciting opportunities including an extremely high spatial resolution, simplicity in the material's design and high durability. In this present research, we have studied systematically the plasmonic colour generations via Au and Ag nano-particles in various dielectric thin films: Al_2O_3, TiO_2, and SiO_2. Metal-dielectric composite thin films of Au:TiO_2, Au:Al_2O_3, Au:SiO_2, Ag:TiO_2, Ag:Al_2O_3, and Ag:SiO_2 were prepared by a reactive sputtering process. The thin film thickness was kept at 100 nm in all cases. The noble metal contents and colors of the thin films were analyzed by an Auger soectroscopy and a color spectrophotometer, respectively. It was observed that the colors of thin films were changed with variation of noble metals and dielectric materials and also the noble metal content in the composites. It is expected that the obtained colors are attributed to a combined effect of absorption via metal nano-particles and thin film interference. Details of these research finding will be explained in our presentation.

[수요자2-1 | 10:45]

Surface Nanotexturing of Bulk Stainless Steel for Plasmonic Coloration: Minseok Seo[1], Jeeyoung Lee[1], Myeongkyu Lee; *Yonsei University*

Keywords: Surface Plasmon Resonance, Nanotextures, Light Absorption, Stainless Steel

While stainless steel is a common alloy widely used in daily life as well as in industry, little has been known about its plasmonic behavior. We here demonstrate surface plasmon resonance (SPR) in nanotextured stainless steel. Periodic one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) gratings with a pitch of 500 nm were fabricated on the surface of 316L-type bulk stainless steel by imprinting combined with electrochemical etching. As the fabricated texture structures gave rise to strong SPR absorption peaks, their resonance behaviors were characterized in terms of the incident direction and angle of light and its polarization state. It was found that in order to support SPR, the incident light should have an electric-field component parallel to the grating vector. The dependence of SPR wavelengths on the incident direction and angle was theoretically calculated employing the mechanism of grating-assisted light coupling. For both 1D and 2D textures, experimental results were in good agreement with the theoretical calculations. Grating-coupled SPR provides an effective means of producing structural colors from stainless steel and may find many applications including surface decoration, product identification, and anti-counterfeiting.

[수요자2-2 | 11:00]

Ni계 합금 전주 기판의 다층 접합 sheet 제조공정에 관한 연구: 박재영[1], 김호형[1], 이민수[1], 정용수[2], 임태홍[1]; *[1] 한국생산기술연구원*

Keywords: Ni alloy foil, 금속 sheet, 다층 접합, 온감, 탄성감

21세기로 넘어와 생활수준이 향상됨에 따라 소비자들은 실용성 위주의 소비에서 감성을 요하는 제품을 선호하는 소비경향으로 바뀌었다. 이러한 경향은 전자제품, 자동차 부품에서부터 건축자재 내·외장재에 이르기까지 크고 작은 산업분야에서 전반적으로 일어나고 있으며 이에 맞춰 감성소재에 따른 수요도 급속도로 증가하고 있는 추세이다. 금속 소재에 감성을 부여하고자 차가운 금속광택을 가지면서 온감을 지니고 딱딱한 느낌의 금속표면에서 부드러운 탄성감을 가질 수 있도록 금속 sheet내 공극을 형성하여 열전도도를 감소시키며 아키텍처의 구조로 탄성계수를 낮춰주는 다층구조의 금속 sheet를 제작하기 위한 텍스처가 있는 Ni alloy foil 접합이 필요하다. 본 연구에서는 다양한 금속 sheet를 다층으로 접합방법 중 저온에서 연속적으로 적층할 수 있는 금속 soldering 공정을 이용한 기초 실험을 실시하였다. Ni 합금계를 soldering 가능한 합금으로 도포 한 후 reflow soldering 해줌으로서 접점 부위에 적량의 solder가 공급되어 모제인 금속 포일에 열 충격이 작게 되고 soldering 불량률을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 공정으로 제작된 다층구조의 금속 sheet를 제작하여 접합 계층을 관찰하고 기계적 물성을 확인하였다.

[수요자2-3 | 11:15]

A Study on the Correlation between Ambient Temperature and Human Warm and Cool Cognitive Abilities of Materials: Hyeonjin Eom[1], Chaewon Bak[1,2], Minsu Lee[1], Tai Hong Yim[1]; *[1] 한국생산기술연구원, [2] 인하대학교*

Keywords: Ambient temperature, season, warm and cold sensation, cognitive ability, Material

In this study, various experiments were conducted to investigate the relationship between ambient temperature and human cognitive

ability on warmness and coolness. Since the ambient temperature around the subject varies with the different seasons, the temperature of working space in summer and winter was measured and maintained by temperature and humidity conditioners. Two kind of comparative cognitive experiments were conducted as the same way for consistency of previous research. Correlation between the thermal conductivity value of the materials and the warm and cold sensation ability of humans was recognized in previous study. First experiment was blind test. A quartz as experimental group and another quartz and non-quartz as control group were prepared and touched by participants. Participants select only one specimen among control group compare to experimental group to judge different warmness and coolness. Having cognitive ability of coldness and warmness was defined when the accuracy is more than 75% as in the previous statistical model. Second experiment showed all the specimens to participants. The warmness and coolness of each specimen was scored by participants. The effect of ambient temperature on human warm and coolness sensation for various materials was confirmed by comparing the results of summer and winter.

[수요자2-4 | 11:30]

Reflective color analysis of the Ni-Fe textured surface filled with SiO2 layer containing Ag Nanoparticles: Jong-Kwon Lee[1], Tai Hong Yim[2], Jae Young Park[2], Minsu Lee[2], Hohyeong Kim[2], Mun Seop Hyun[1]; [1]*National NanoFab Center,* [2]*Research Institute of Advanced Manufacturing Technology, Korea Institute of Industrial Technology,*

Keywords: Electroforming Substrate, Ni-Fe Texture, Ag Nanoparticle, Dielectric Layer Reflective Color

The conventional chemical coating method has been limited to the sensitivity and clarity of color and is vulnerable to the external environment for realizing various colors of visible light in a thin metal plate. In this study, the reflective color characteristics of Ni-Fe textured substrates filled with SiO2 layer embedding Ag nanoparticles were analyzed in order to reproduce various visible colors while maintaining the metallic luster of the metal thin plate. Here the optical properties of the metal textured substrates were analyzed by Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method using the refractive index and the absorption coefficient measured in the visible light region on the Ni(50%)–Fe(50%) alloy substrates. In addition, we adopted the simulation structure that has a 700 nm-thick SiO2 layer containing Ag nanoparticles with a size between 20 nm and 60 nm which are deposited on the Ni-Fe textured substrate with a period of 5 μm. Then, the color characteristics of the plasmonic reflection due to the plasmon light absorption/scattering effect of Ag nanoparticles combined with the reflective color change by the Ni-Fe textured structure were quantitatively analyzed in the visible region. The observed results suggest a new way of metallic color reproduction based on the textured metal electroforming substrates.

[수요자2-5 | 11:45]

FEM-based Design for the Development of Hierarchical Architectured Materials Simulating the Mechanical Behavior of Natural Materials: Heung-Kyu Kim[1], Sung-Yong Shim[2]; [1]*Department of Automotive Engineering, Kookmin University,* [2]*Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University*

Keywords: architecturing materials, FEM

We have designed architecturing materials that exhibit mechanical properties similar to plastic or leather by laminating sheets with embossing or channel patterns. Structural analysis of the hierarchical structure was performed using FEM to design the architecturing material and to predict the mechanical properties. Because the physical properties of the architecturing material vary depending on the design of the embossing or channel pattern formed on the sheet, the shape and dimensions of the pattern, the thickness of the sheet, the number of laminations and the bonding conditions are considered as design factors. Through stiffness evaluation using structural analysis, it was possible to predict the material properties that can be realized by the architecturing material design. From this study, it was found that the architecturing material can mimic the physical properties of existing natural materials and can artificially implement various characteristics that are difficult to observe in existing materials.

지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄
Room 400, 4월 27일

[지르코늄1-1 | 09:00]

사고저항성 강화 핵연료(ATF) 피복관 개발 현황 및 전망: 김현길[1], 양재호[1], 구양현[1], 김준곤[2], 신호철[2], 이광호[2], 유종성[3], 목용균[3]; *[1] 한국원자력연구원, [2] 한국수력원자력, [3] 한전원자력연료*

Keywords: Accident Tolerant Fuel, Surface modification, Zr cladding

사고저항성 강화 핵연료는 2011년에 일본에서 발생한 후쿠시마 사고를 계기로 원자력발전발전소의 사고안전성을 핵연료 관점에서 향상시키기 위해 제안된 개념이다. 그러나 사고저항성 핵연료의 성능은 사고환경에 국한되지 않고 정상운전에서의 성능도 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다. 사고저항성 핵연료의 개발은 국, 내외 원전가동국에서 경쟁적으로 수행하고 있는데 경제성, 성능 그리고 개발주기가 주요관심사가 되고 있다. 이와 같은 사고저항성 핵연료 피복관은 가동원전을 운영하는 나라에서는 Game Changer라 불릴 만큼 파급효과가 큰 것으로 인식되고 있다. 원자력 발전소의 가동환경은 재료가 극복하기에 매우 가혹한 조건으로 원자력 소재로 개발되지 않은 타 분야에서 우수한 성능을 갖은 소재를 이용하려는 연구는 점차 경쟁력을 잃고 있다. 현재 미국 웨스팅하우스, 프랑스 아레바 그리고 한국 원자력연구원에서는 기존 지르코늄 피복관의 외면에 신소재를 코팅하여 제조성, 경제성, 그리고 상용화의 수월성을 얻고자 하고 있다. 코팅 피복관 개념은 노외 시험이 많이 진행된 상태이고, 연구로 연소시험에 대부분 착수되었으며, 국가별로 2018 – 2025 사이에서 상용로 연소시험을 계획하고 있다. 국내에서는 원자력연구원에서 원천기술로 개발한 사고저항성 표면처리 피복관의 상용화를 위해 국내산업체인 한수원과 한전원전연료가 협의체를 구성하여 개발을 최대한 조속히 진행하려하고 있다. 사고저항성 핵연료 피복관은 국내 원자력발전소의 안전성을 증진하고 국외 핵연료 수출기반을 마련하여 대국민 수용성을 높일 수 있는 원자력소재 분야의 핵심기술이다.

[지르코늄1-2 | 09:15]

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 표면코팅기술 개발: 박정환, 정양일, 박동준, 이영호, 최병권, 김현길, 양재호; *한국원자력연구원*

Keywords: Accident tolerant fuel cladding, Arc ion plating, High-temperature corrosion

원자력 산업계는 후쿠시마 원전사고 이후 원자력발전소의 안정성을 향상 시키고자 많은 노력을 하고 있다. 특히 핵연료재료 분야에서 핵연료를 외부로부터 보호하는 핵연료피복관의 안정성, 즉 사고상황에서 내산화성을 향상시켜 산화에 의한 수소발생을 차단하기 위한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. FeCrAl, SiC 등 내산화성이 우수한 물질을 이용하여 기존 지르코늄 피복관을 대체하는 사고저항성 핵연료피복관의 개발 컨셉이 제안되었다. 그러나, 높은 중성자 흡수 단면적으로 인해 중성자 경제성이 낮아지고, 발전소를 재설계해야 하는 등 기술적 난이도가 높이 때문에 개발기간이 길다는 단점이 있다. 그러므로 내산화성 물질을 기존 지르코늄 표면에 코팅하여 사고 시 안정성을 향상시키는 연구가 제안되었으며, 핵연료 피복관의 표면 코팅 기술들이 주목 받고 있다.
금속재료의 대표적인 표면처리기술로서 화학증착법(CVD)과 물리증착법(PVD)이 발전되어 왔다. 화학증착법은 약 1000ºC 이상의 고온에서 확산공정이 이루어지기 때문에 코팅층과 모재 사이의 뛰어난 밀착력을 보인다. 그러나 고온에서 모재의 조직변화 등에 의해 기계적 성질이 저하되는 문제가 발생한다. 이러한 문제로 인해 기계적 성질의 저하를 억제하기 위해서는 500ºC 이하에서 코팅이 가능한 물리증착법을 이용한다. 특히 물리증착법 중 아크 이온 플레이팅법은 우수한 밀착력과, 박막의 균일성, 두께 조절의 용이성, 조직이 치밀성을 장점으로 가진다. 그러나 아크 이온 플레이팅법을 핵연료 피복관에 적용하기 위해서는 증착변수에 따른 코팅재료의 산화특성 및 표면 특성을 체계적으로 연구할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 아크 이온 플레이팅 증착 변수에 따른 고온 내산화성 및 표면 특성을 정량적으로 분석하고자 하였다.

[지르코늄1-3 | 09:30]

Wicking-based enhancement of pool boiling critical heat flux on Cr- and CrAl-coated plate surfaces: 손홍현, 김남국, 김성중; *한양대학교*

Keywords: Accident-tolerant fuel cladding, Critical heat flux

Fukushima accident remained a potential risk of a large amount of hydrogen generation for high temperature steam reaction of zirconium-based alloys. To extremely reduce hydrogen generation in fuel systems, accident-tolerant fuel (ATF) claddings have been developed by introducing surface coating techniques applicable for existing fuel claddings. Recently, extensive ATF-related studies have revealed that candidate coating layers such as FeCrAl, Cr, CrAl, etc. secure outstanding resistance for high temperature steam reaction. In pursuing multi-function of ATF claddings, it additionally contributes to secondary benefit which relates to boiling heat transfer, especially on critical heat flux (CHF). Because coating process modifies surface structures in micro/nanoscale, resulting in improvement of liquid wicking dynamics that plays a key role in enhancing CHF. Thus, in this study, we investigated the effect of morphological changes of ATF-coated surfaces on wicking dynamics and its hydrodynamic relation with CHF enhancement. As a primary interest, ATF coating candidates were selected as Cr and CrAl. Using DC magnetron sputtering and arc ion plating techniques, Cr- and CrAl-coated surfaces consisted of nanostructures and hierarchical micro/nanostructures, respectively. Both of the surfaces became superhydrophilic due to structural augmentation. Wicking experiment was conducted by introducing the air injection method for observation of receding behavior of wicked liquid. Tracking the interfacial boundary between dry area and wicked liquid, the receding

velocity of wicked liquid was slower at CrAl (micro/nanostructure) surface than Cr (nanostructure) surface. There are no wicked region on bare (smooth) surface. This clearly guarantees higher wicking potential of CrAl surface than Cr surface. To compare the receding velocity with CHF data, pool boiling experiment was carried out in saturated deionized water under atmospheric pressure. The CHF of CrAl and Cr surfaces was higher 2.08 and 1.46 times respectively than bare surface. This enhancement trend linearly agreed with the receding velocity. Those hydrodynamic relation was analyzed by considering the similarity of dry spot expansion process between our wicking observation and in-situ observation. Although our result supports potential enhancement of CHF on Cr- and CrAl-coated surfaces, near the future, postprocessing for surface finish should be further incorporated into optimal surface design in order to satisfy counteracting needs (i.e. roughness issue) between material integrity and boiling enhancement.

[지르코늄1-4 | 09:45]

Effects of surface coating on CRUD deposition behavior of fuel cladding in simulated primary water: 함준혁, 김태호, 이윤주, 김지현; *UNIST*

Keywords: Accident-tolerant fuel cladding, CRUD, surface coating

As a nuclear power plant has been operated for a long term, corrosion related unidentified deposit (CRUD) have arisen as a problem. According to the coolant flow direction along fuel assembly, cladding surface temperature at the upper side is higher than that of the lower side. Where the surface temperature rises over the coolant saturation temperature, sub-cooled boiling can occur and it can make porous CRUD. CRUD can cause severe problems such as CRUD induced power shift (CIPS) and CRUD induced localized corrosion (CILC). To ensure the integrity of nuclear power plant, therefore, CRUD should be controlled. In this research, surface coating was adopted to mitigate CRUD deposition. TiN was coated on the zirconium substrate, because it can reduce van der Waals force between CRUD and coated layer. TiN layer was fabricated in physical vapor deposition (PVD) method. The experimental conditions such as pressure, coolant temperature, and water chemistry were set as the typical environment of primary system of pressurized water reactor. Iron ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and nickel acetate were injected as solution form into the facility to provide corrosion product. CRUD morphology and thickness were investigated after 7 days experiment by using scanning electron microscope (SEM), and focused ion beam (FIB) to figure out surface coating effects on mitigating CRUD deposition. The chemical composition of CRUD was measured by energy dispersive spectrometer (EDS). In case of zirconium alloy cladding, zirconium oxide was firstly formed, and nickel oxide layer was densely formed on it. Above these layers, porous CRUD was deposited. The size of CRUD particle was getting smaller as far from the cladding surface because of heat transferring path and flow wear effect. The average value of CRUD height was calculated from 20 different points as about 6.42 μm. In case of TiN coated cladding, there was no zirconium oxide layer and no nickel oxide layer as well. The average value of CRUD height was calculated as the same way, and the value was about 4.24 μm. In both cases, the chemical composition of CRUD was same as nickel oxide, iron oxide, and nickel ferrite. CRUD thickness can be the one of the important criteria to judge CRUD induced problems, therefore, this study can imply that TiN coating can be effective to mitigate CRUD deposition.

[지르코늄1-5 | 10:00]

Corrosion behaviors of Zr-1.55Nb-0.2Cu alloy in simulated PWR primary water: 장훈, 임재영, 정태식, 김윤호, 목용균; *한전원자력연료*

Keywords: Fuel cladding, Zirconium, Microstructure

An advanced Zr-base cladding named as M2 (Zr-1.55 wt.% Nb-0.2 wt.% Cu) has been developed in order to enhance the reliability and safety of nuclear fuel. The corrosion test of plate type M2 alloy was performed in simulated PWR water for 550 days. The superior corrosion property of M2 alloy was observed when compared with other commercial alloys. From TEM observation, it was found that second phase particles (SPPs) in M2 alloy were β–Nb, Zr(Nb,Fe)2, and Zr2Cu. The oxidation behaviors of three SPPs in the oxide layer of M2 alloy were investigated. The delayed oxidation of β–Nb and Zr(Nb,Fe)2 particles and their amorphization with oxidation were observed. On the other hand, the Zr2Cu was dissolved at the metal/oxide interface. The dissolved Cu in Zr2Cu were remained as metallic and segregated at the metal/oxide interface and cracks or grain boundaries of oxide layer. And, the effect of final heat treatment temperature on corrosion weight gain of M2 alloy was investigated. The lowest corrosion weight gain were observed at final heat treatment temperature of 460°C and 520°C. The effect of size of SPPs on corrosion weight gain in final heat treatment temperature range from 430°C to 580°C will be discussed.

[지르코늄1-6 | 10:15]

Effects of Cu addition on microstructure and corrosion behavior of zirconium alloys in simulated primary water chemistry: 이윤주, 김태호, 함준혁, 김지현; *UNIST*

Keywords: Fuel cladding, Zirconium alloy, Corrosion

To investigate the effects of copper addition in a zirconium alloy, the corrosion experiments in primary water chemistry with different dissolved hydrogen (DH) concentration -30 cm^3/kg and 50 cm^3/kg- were carried out and their oxide structure and chemistry were examined using High Resolution-Transmission Electron Microscopy (HR-TEM), Raman spectroscopy, and Scanning Transmission X-

ray Microscopy (STXM). The thickness of oxide layer of Zr-Nb-Cu alloy was thinner than that of Zr-Nb-Sn alloy for both DH concentration. It was found that Zr-Nb-Cu alloy had larger number of 50-80 nm size β-Nb precipitates. Due to the presence of the β-Nb precipitates, Zr-Nb-Cu alloy showed higher fraction of tetragonal phase zirconium oxide than Zr-Nb-Sn alloy for both DH concentration. Since the high fraction of the tetragonal phase zirconium oxide at the metal/oxide interface means high stability of the oxide layer, it is expected that the Zr-Nb-Cu alloy is much resistive to corrosion in primary water chemistry. And, it was found that the thickness of the oxide layers of both alloys decreased in 50 cm3/kg of DH concentration. This indicated that the corrosion resistance of both zirconium alloys was degraded in high DH concentration.

[지르코늄1-7 | 10:30]

Development of basic technology of FeCrAl-based LWR cladding for enhancing accident-tolerant: 김선규, 문준호, 반치범; *부산대학교*

Keywords: FeCrAl, Fuel cladding, Accident-tolerant

지르코늄 합금 피복재는 PWR, BWR 가동 환경에서 우수한 내부식성을 가지고 있지만, 일본 후쿠시마 원전 사고와 같이 냉각수 상실 사고 발생 시 급격한 산화반응으로 인한 내부 수소 폭발 가능성이 있다. 이러한 이유로 국내외에서 고온 스팀 환경에서도 내부식성을 가지는 SiC, Mo 그리고 FeCrAl 합금 등의 재료 또는 기존 지르코늄 피복재에 코팅을 적용, 다중금속층 피복관 등이 연구되고 있다. FeCrAl 합금의 고온 산화 저항성, 가동 중 부식 저항성 및 수소 취화에 대한 저항성이 높은 것이 알려져 있지만 경수로 환경에 적용하기 위한 최적 합금 조성은 현재 연구가 필요한 실정이다. 본 기관에서는 경수로 환경에 적합한 최적의 FeCrAl 합금 조성을 설정하기 위해 전산열역학을 이용하여 최적 조성비를 결정하고, 미량 원소 첨가한 최종 FeCrAl 합금의 1200°C 이상의 고온 수증기에서의 내부식성, 기계적 특성, 원전수화학환경에서의 내부식성, 조사저항성 등을 확인하는 연구를 수행하고 있다. 1차년도에서는 전산 열역학을 이용하여 결정된 합금의 최적 조성비를 통해 시편 제작을 수행하여 합금의 공정 최적화를 수행하는 것이 목표였고 합금의 결정립 크기는 100 μm 이하였으나 압연 방향으로 긴 결정립이 발생하여 공정 최적화를 추가적으로 수행하고 있다. 14Cr-4Al에 대한 고온산화실험을 수행하였으며 지르코늄 합금보다 고온산화저항성이 우수함을 확인하였다. 2차년도에서는 1차년도에서의 합금 공정 최적화와 조성 최적화를 바탕으로 미량 합금 원소가 첨가된 FeCrAl-X 합금을 제작하여 고온산화저항성, 원전수화학환경에서의 장기부식저항성, 기계적 성질, 조사저항성을 확인하는 것이 목표이며, 3차년도에서는 2차년도의 결과를 바탕으로 최종 합금 조성을 선택하여 합금의 재료 특성을 확인할 계획이다.

[지르코늄2-1 | 11:00]

혁신형 지르코늄 신합금 피복관의 사고안전성 평가: 이성용, 장훈, 김대일, 목용균; *한전원자력연료*

Keywords: Zirconium alloy, Fuel cladding, LOCA, Safety performance

2011년 발생한 후쿠시마 원전사고 이래 가동 중인 원전의 안전성에 대해 재고를 하게 된 계기가 되어 신규 규제요건 등 사고조건에서 핵연료의 건전성을 평가하고자 하는 연구 및 규제에 대한 논의가 활발히 진행되어 왔다. 이미 냉각재상실사고 (LOCA, Loss-of-coolant Accident) 환경에서 천이산화 제한치 및 산화도 제한치 관련 규제요건이 이미 미국 원자력규제위원회(NRC)를 통해 제시되었으며 이에 대한 지르코늄 피복관의 사고안전성 평가 및 적용이 활발히 진행 중에 있다. 현재 한전원자력연료에서는 국내 고유피복관으로 개발된 HANA 합금 외에 핵연료의 경제성 및 안전성을 개선한 혁신형 지르코늄 신합금을 개발 중에 있으며 본 연구에서는 개발된 혁신형 신합금의 사고 시 안전성능을 평가한 결과에 대해 기술하였다. 본 연구에서는 혁신형 지르코늄 신합금 2종 피복관에 대해 냉각재상실사고 모사 환경에서 사고안전성을 평가하기 위하여 고온산화, 고온파열 및 고온 크리프 변형 특성에 대해 시험을 수행하였다. 시험 결과를 토대로 신합금 피복관의 정량적인 안전성능 결과를 도출하였으며, 기 개발된 피복관의 특성과 비교를 통하여 각 특성에 대한 정성적 비교 결과를 도출하였다. 본 연구 결과는 최종 지르코늄 신합금의 선정 시 고려 항목 중 주요 평가 항목으로 사용되며 추후 신합금의 예비 설계영향 평가 시 재료 물성의 기초 모델을 적용하는 데 근거로 활용될 예정이다.

[지르코늄2-2 | 11:15]

저온분사 공정으로 FeCrAl/Mo층이 코팅된 지르코늄 판재의 기계적 특성 평가연구: 박동준, 김현길, 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 양재호, 구양현; *한국원자력연구원*

Keywords:: Fuel cladding, Cold spray, Zr alloy, FeCrAl alloy, Mechanical property

원전 사고시 피복관의 안전성을 획기적으로 높이기 위하여 핵연료 금속 피복관 표면에 내산화층인 FeCrAl 합금을 형성 시키고자 하였다. 두 금속간의 상호 확산 및 공정반응을 막기 위하여 확산 방지 막으로서 Mo을 두 금속 사이에 형성 시켰으며 표면 코팅층 형성을 위한 공정으로는 저온분사법을 이용하였다. 실제 원전 사고상황을 모사한 고온 수증기 분위기에서 고온산화 시험을 수행하였으며 외부 FeCrAl 합금 코팅층이 내측 Zr 합금 기지의 산화를 획기적으로 저하 시킬 수 있음을 확인하였다. 이때 Mo 층도 확산 방지막으로서의 역할을 잘 수행하는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 저온 분사로 생성된 코팅층 내부, 코팅층간 계면, 코팅층과 Zr 합금 기지 계면의 미세구조를 주사전자현미경 및 고분해능 투과 전자현미경등을 이용하여 분석하고자 하였다. 분사된 분말내부에서 고속 충돌에 의한 미세구조 변화를 관찰 하였고 코팅층과 기지 간 섭동 현상으로 인하여 생성된 계면구조로 인한 강한 결합이 이루어졌음을 확인하였다. 또한 코팅 층을 포함한 다층 구조 시편의 인장시험을 상온 및 고온에서 각각 수행하여 기계적 특성을 평가 하였다. 저온 분사공정 도중 분말이 기지에 충돌하여 소성 변형된 영역이 계면 근처 Zr 합금 기지에 생성된 것을 단면 경도 분석을 통하여 확인 하였다. 관련하여 기계적 특성과의 상호 연관성을 규명하고자 하였다.

[지르코늄2-3 | 11:30]

Microstructure characterization of oxide formed on a zirconium alloy after high-temperature steam oxidation at 800-1200°C: 이철민, 손동성; *UNIST*

Keywords: Zirconium alloy, high-temperature oxidation, EPMA, TEM

It is well known that zirconium alloys have many advantages in normal operating condition of a current light water reactor system. However, zirconium alloys show relatively high oxidation rate at high-temperatures around 1000°C. Many oxidation tests have been performed so far to analyze the oxidation behavior of zirconium alloys at high-temperatures. However, microstructures of the oxide formed at high-temperatures have not been characterized in detail using advanced techniques such as EPMA and TEM. In this study, we characterized microstructures of the oxides formed on a zirconium alloy after high-temperature steam oxidation based on the analysis using SEM, EPMA, and TEM.

[지르코늄2-4 | 11:45]

Oxidation effect of Cr-coated surface on liquid spreading and its relation with pool boiling critical heat flux: 김남국, 손홍현, 김성중; *한양대학교*

Keywords: Accident-tolerant fuel cladding, Critical heat flux

After Fukushima accident, the accident-tolerant fuel (ATF) cladding has been widely issued to reduce the hydrogen generation by the oxidation reaction of Zr-based alloy with high temperature steam. As one of the ATF cladding fabrication techniques, surface coating on fuel cladding surfaces has been concerned to maintain existing nuclear fuel cladding systems. Moreover, as a secondary benefit, coating process modifies surface micro/nano structures, which can enhance critical heat flux (CHF) with improved liquid wicking behavior. This potential benefit, however, will be changed along in-situ condition because fresh structures undergo surface oxidation for normal operation. Thus, the objective of this study is to investigate the effect of surface oxidation on micro/nano structures, liquid spreading, and CHF. Firstly, we deposited pure Cr on plate substrates using DC sputtering technique. The surface structure was fabricated with different substrate temperatures. After Cr sputtering, oxidation process was conducted under 400°C dry air condition for 20 days. To evaluate liquid wicking capability, the spreading velocity of liquid droplet was quantified by introducing high speed visualization. The particle size was characterized from SEM images. As representative liquid wicking parameter, the wicked liquid volume rate, which consists of spreading velocity and particle size, was enhanced with decreasing substrate temperature regardless of surface oxidation. The wicked liquid volume rate of oxidized Cr-coated surfaces was more enhanced than Cr-coated surfaces. In pool boiling experiment under the saturated water condition, the CHF of the Cr-coated and the oxidized Cr-coated surfaces was enhanced up to approximately 35% and 70% respectively than bare surface. The CHF enhancement ratio increased with decreasing substrate temperature. The CHF data was linearly agreed with the wicked liquid volume rate. Although this study results in that short-term oxidation enhances CHF on Cr-coated surfaces, further study is needed in light of oxidation time. Because long-term oxidation may give potential reduction in CHF, owing to higher thermal resistance of thicker oxide layer.

[지르코늄2-5 | 13:30]

사고저항성 코팅 피복관 접촉특성 연구: 이영호, 박정환, 김일현, 정양일, 박동준, 최병권, 김현길; *한국원자력연구원*

Keywords: Accident tolerant fuel, Zr cladding, Grid-to-rod fretting, scratch test

기존 지르코늄 피복관 표면에 내산화성이 우수한 코팅층을 형성시켜 사고조건에서도 우수한 내산화성을 확보하는 연구가 진행되고 있다. 이러한 사고조건에서 안전성을 확보하기 위한 전제조건은 정상상태 조건에서 피복관 표면 코팅층의 건전성 확보이다. 본 연구에서는 Laser, Arc Ion Plating, Cold Spray 등 다양한 코팅 방법을 이용하여 Cr, CrAl, FeCrAl 등 내산화성이 우수한 합금원소로 코팅된 피복관을 제작하였고, 이를 이용하여 프레팅 마멸, 스크래치 특성 등 기본적인 접촉특성을 평가하였다. 지르코늄 지지격자에 대한 프레팅 마멸시험 결과로부터 코팅층 강도가 클 경우, 초기 내마멸 특성은 우수하나 코팅층 손상이 발생하게 되면 급격히 마멸에 따른 지르코늄 모재의 표면 손상이 급격히 증가함을 관찰하였다. 또한 표면 코팅 후 표면 조도 제어가 매우 중요한 변수임을 확인하였고 코팅 방법에 따른 표면 강도의 차이는 접촉면에서 전혀 다른 마멸기구로 나타났다. 코팅방법, 표면 조도 및 함금 원소에 따른 코팅층 접합강도 평가를 위한 스크래치 시험에서 대부분의 코팅 피복관 시편은 코팅층 박리현상을 보이지 않아 코팅방법의 우수성을 확인하였다.

[지르코늄2-6 | 13:45]

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 3D 레이저 코팅 기술: 김일현[1,2], 김현길[1], 최병권[1], 양재호[1], 김선진[1], 임윤수[3]; *[1] 한국원자력연구원, [2] 한양대학교, [3] 한밭대학교*

Keywords: ATF, Laser coating, Fuel Clading, FeCrAl, Oxidation

원자력발전소에서 지르코늄 합금은 정상적인 운전환경에서는 매우 우수한 내식성, 기계적 특성 그리고 방사선 조사에 대한 안전성이 높기 때문에 핵연료 집합체를 구성하는 피복관 소재로 사용되고 있다. 하지만 일본 후쿠시마 사고와 같은 원자력발전소 사고 환경에서는 내식성 및 내산화저항성이 크게 감소되는 것으로 확인되었다. 후쿠시마 사고 이후 수소폭발의 위험을 감소시킬 목적으로 사고저항성 핵연료 피복관의 개발이 원전 선진국을 중심으로 진행 중에 있다. 사고저항성 강화 핵연료 피복관은 기존 피복관에 비하여 고온 내산화성과 변형저항성이 크게 증대되어 산화반응에 의한 수소발생을 저감하여 수소폭발을 억제하고 변형파손에 의한 방사

선물질의 누출을 억제하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 핵연료 피복관의 고온내산화 저항성을 향상시키기 위한 방법으로 고온 내산화 저항성이 우수한 소재를 핵연료 피복관 표면에 코팅하는 기술을 개발하고자 하였다. 내산화 저항성이 우수한 피복관 개발을 위해서는 급격한 온도상승에 의한 코팅소재가 박리되지 말아야 하며 계면 안정성이 확보 되어야 한다. 지르코늄 모재와의 접합력을 향상시키기 레이저를 이용하여 내산화 저항성이 우수한 FeCrAl을 코팅하였다. 레이저로 FeCrAl를 코팅한 결과 코팅물질이 지르코늄 기지로 확산되어 건전한 코팅층으로는 사용 할 수가 없어 Cr을 확산 방지 층으로 아크이온 플레이팅 방법으로 코팅 후 레이저로 FeCrAl를 코팅하였다. 아크이온 플레이팅으로 확산방지 층이 Cr을 코팅한 후 레이저로 FeCrAl를 코팅한 결과 고온산화 저항성이 우수하고 박리도 발생하지 않는 코팅층을 형성하였다.

[지르코늄2-7 | 14:00]

지르코늄 피복관의 산화물분산강화(ODS) 표면처리 기술: 정양일, 김일현, 김현길, 박동준, 박정환, 최병권, 이영호, 양재호; *한국원자력연구원*

Keywords: Fuel cladding, ODS, Laser beam scanning, Zr alloy

산화물분산강화(ODS)는 금속 기지상에 산화물 미세입자를 분산시켜 금속 소재의 강도를 높이는 방법이다. 한국원자력연구원에서는 지르코늄 피복관의 기계적 강도를 증가시키기 위하여, 산화물분산강화(ODS) 기법을 적용하여 사고저항성 피복관을 개발하고 있다. ODS 처리는 레이저 열원을 이용하여, 지르코늄 피복관 표면에 코팅된 산화물 입자를 지르코늄 모재 내부로 침투시키는 방법으로 수행하였다. 산화물 코팅은 Y2O3 분말을 사용한 딥 코팅용액으로부터 제조하였다. 레이저 빔 조사는 지르코늄 모재의 순간적인 용융과 응고를 유발하고, 표면에 코팅된 산화물 입자의 내부 침투를 유발하였다. ODS 처리층의 두께는 약 100 μm로서 피복관 두께의 약 20% 두께로 형성되었다. ODS 표면처리의 효과는 링 인장시험과 크리프 시험을 통하여 평가되었다. 상온에서 상용 Zircaloy-4 피복관의 링 인장강도는 790~810 MPa이었다. 레이저 처리만 된 시편 및 ODS 처리된 시편은 Zircaloy-4 대비 강도가 각각 830~840 MPa 및 870~880 MPa로 증가하였다. 그러나 급격한 하중감소를 동반하며 시편의 파단이 발생하였다. ODS 처리 효과는 고온에서 두드러졌다. 고온 인장시험은 380ºC와 500ºC에서 수행하였다. ODS 처리한 시편은 인장강도가 약 20% 증가하였으며. 상온 인장거동에서 보이던 급격한 하중 감소에 의한 연신율의 저하가 나타나지 않았다. 크리프 시험은 380~400ºC에서 수행하였으며, 크리프 변형량이 크게 감소하였다.

미래자석 심포지엄
Room 401, 4월 27일

[자석2-1 | 10:10] 초청강연

친환경 자동차 모터용 영구자석 개발 현황: 위기와 기회: 이우영; *연세대학교.*

Keywords: Rare-earth Permanent Magnet, NdFeB Magnet, Green Automobiles, Permanent Magnet Motor, Electric Motor

최근 대기환경 오염 및 미세먼지 발생 이슈 등으로 인해 환경친화형 자동차(하이브리드/전기자동차) 시장이 급격히 확대되고 있다. 친환경 자동차에서는 자동차의 주행을 위한 동력장치가 엔진구동에서 모터구동으로 발전되는데, 이들 구동모터는 전 세계적으로 고성능 희토류자석을 채용하는 영구자석형 모터가 주류를 이루고 있어, 희토류자석 수요도 매우 가파른 상승세를 보이고 있으며 2025년에는 약 30조 시장이 예상된다. 현재 희토류자석의 국외시장 현황을 살펴보면, 고성능-고부가가치 Nd계 영구자석 시장의 대부분은 일본이 차지하고 있으며, 중국기업의 대부분은 저가형 제품을 생산하기 때문에 연간 평균가격이 일본시장 가격의 40%에 불과하다. 중국의 풍부한 자원 및 저비용의 여러 이점에도 불구하고 고효율 Nd계 자석시장의 70%를 일본이 점유하고 있다. 국내의 희토류자석 연구는 고부가가치의 고성능 희토류 소결자석 및 이방성 본드자석 소재의 경우 세계 최고 수준인 일본과 비교하여 60% 수준이며, 특히 희토류 저감 및 희토류 대체 영구자석 소재의 경우 일본은 Hitachi Metals, ShinEtsu, TDK 등의 기업들이 이미 상용화를 시작한 단계와 비교하여 국내의 경우는 전 공정에 의한 희토류 영구자석을 제조하지 못하고 있으며, 일본 및 중국에서 자석 블록을 수입하여 가공해서 생산하는 수준이다. 친환경자동차에 채용되는 모터에서는 자동차 경량화 및 연비효율을 향상시키는 것이 가장 큰 기술적 이슈가 되므로 이와 같은 완성차의 기술적 수요를 만족하기 위해 기존 희토류자석보다 2-3단계 업그레이드된 성능 개발이 필수적이다. 이를 위해 중희토류를 사용하지 않고 보자력을 향상시키기 위한 기술적인 해결방안 제시가 필수적이라 할 수 있고 이에 대해 논의해보고자 한다.

[자석2-2 | 10:35] 초청강연

Prospect of Enhancing performance of Current Nd-Fe-B-type Magnets and Discovery of New Permanent Magnetic Compounds: 권해웅[1]*, 김경민[1], 강민석[1], 이정구[2], 유지훈[2]; *[1]부경대학교, [2]재료연구소.*

Keywords: permanent magnet, Nd-Fe-B, coercivity, traction motor

현재 진행중인 영구자석용 재료 관련 연구개발은 HEV, EV 등 환경친화형 자동차의 구동모터에 적용을 목표로 하는 기존 Nd-Fe-B계 영구자석용 재료의 고성능화 그리고 기존 희토류-천이금속계 영구자석을 대체할 수 있는 고성능 영구자석용 신물질 개발로 요약할 수 있다. 이를 위한 구체적인 연구개발 활동은; (1) Nd-Fe-B계 자석에서 중희토류 원소를 사용하지 않거나 그 사용을 최소화하면서 보자력의 극대화, (2) 높은 자기이방성과 높은 포화자화를 갖는 새로운 희토류 화합물 탐색, (3) 높은 자기이방성과 높은 포화자화를 갖는 3d 천이금속 합금 탐색 등으로 요약할 수 있다. 현재 HEV, EV 등의 구동모터에 이용되는 자석으로는 우수한 자기적 성능으로 인하여 Nd-Fe-B계 영구자석이 거의 독점적으로 이용되고 있다. 이 자석의 전반적인 성능은 구동모터를 원활히 작동시키는데 필요한 요구를 만족시키고 있지만 여전히 문제가 되고 있는 것은 만족스럽지 못한 보자력이다. Nd-Fe-B계 자석에서 보자력 극대화의 필요성은 환경친화형 자동차의 구동모터에 이용되는 영구자석의 지나치게 높은 작동온도 (> 150ºC) 때문이다. 이에 대응하기 위한 재료과학적인 기술 개발은 은 결정립 미세화, 결정립계 확산 처리, 결정립계상의 개질 등을 통한 보자력 향상 기술에 집중되고 있다. 자동차의 구동모터에 이용되는 영구자석의 지나치게 높은 작동온도로 인한 문제점에는 기계적 방법으로도 대응하고 있다. 구동모터에 효율적인 냉각 기술을 적용하여 모터 및 그 자석의 작동온도가 지나치게 높아지는 것을 억제하고 있다. 환경친화형 자동차의 구동모터에 이용되는 영구자석의 작동온도가 지나치게 높아지는 주요 원인은 모터의 작동과정에서 stator의 slot에서 발생해서 그 자장 세기가 지속적으로 변화하면서 자석을 향해오는 자장 때문에 자석 내에 발생하는 소용돌이 전류 (eddy current)에 의한 발열 (Joule heating) 이다. 이 소용돌이 전류는 영구자석의 전기비저항에 반비례하기 때문에, 영구자석의 전기비저항을 높여서 이 소용돌이 전류의 발생을 억제하는 기술도 환경친화형 자동차의 구동모터에 이용되는 영구자석의 지나치게 높은 작동온도에 대응하기 위한 기술로 활발히 연구되고 있다. 한편, 기존의 Nd-Fe-B계 영구자석을 대체할 수 있는 새로운 경자성 화합물을 찾기 위한 연구개발도 진행 되고 있는데, 대표적으로 높은 자기이방성과 높은 포화자화를 갖는 새로운 희토류 화합물 혹은 3d 천이금속 합금을 찾고자 하는 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 본 발표에서는 기존 Nd-Fe-B계 영구자석용 재료의 고성능화 및 기존 희토류-천이금속계 영구자석을 대체할 수 있는 고성능 영구자석용 신물질 탐색의 현재 및 미래에 대해 전망해 본다.

[자석2-3 | 11:00] 초청강연

친환경 자동차 모터용 영구자석 개발 현황: 장태석[1]*, 김효준[2], 김동환[3]; *[1]선문대학교, [2]자화전자(주) 연구소, [3]성림첨단산업(주) 연구소*

Keywords: Rare-earth magnet, NdFeB sintered magnet, electric vehicle, electric motor.

오늘날 전 세계적으로 석유자원의 고갈 우려와 함께 지구환경 보호를 위한 대기 오염원의 감축이 절실해지고 CO2 감축이 강제화됨에 따라, 내연기관을 사용하던 자동차의 power train도 내연기관과 전기모터를 같이 사용하는 하이브리드 시스템을 넘어 본격적으로 전기에너지만을 사용하는 모터의 시대로 접어들고 있다. 이와 같이 모터를 power train으로 사용하는 자동차는 장차 자율주행 시스템의 발전과 함께 더욱 빠르게 확산될 것으로 보이며, 전기에너지, 태양에너지, 수소에너지 등 친환경에너지원으로서 무엇이 사용되던 미래 자동차의 주역이 될 것으로 전망되고 있다. 전기모터를 power train으로 사용하는 자동차에서는 자동차의 성능과 에너지효율 향상을 위해서 필연적으로 고성능의 구동모터가 요구된다. 현존하는 상용 자석 중 이러한 구동모터에 가장 적합한 영구자석은 에

너지값이 가장 큰 NdFeB계 희토류자석으로서, 거의 대부분 고성능 소결자석이 구동모터용 자석으로 채택되고 있다. 현재 자동차 분야에서의 응용을 필두로 하여 이러한 고성능 NdFeB계 희토류 자석은 매년 20% 이상 지속적인 수요 증가를 보이고 있다. 한편, 보자력의 온도특성이 낮은 NdFeB 자석이 이러한 구동모터용으로 사용되기 위해서는 고온이나 극한 환경에서도 모터의 성능이 유지될 수 있도록 상온에서 높은 보자력 (보통 25 kOe 이상)을 가져야 하며, 현재의 기술로 이와 같이 높은 보자력을 갖는 고보자력 NdFeB 자석을 제조하기 위해서는 Dy와 같은 중희토류 원소의 첨가가 필수적이다. 그러나 전세계으로 매장량이 적은 중희토류, 특히 Dy는 가격이 매우 비쌀 뿐만 아니라, 매장량 대부분이 중국에 편중되어 있어서 중국의 정책에 따라 언제라도 과거와 같은 희토류 파동이 재현되면 관련 제품의 생산과 공급에 큰 차질을 불러올 수 있다. 따라서 희토류 자석에 대한 최근의 연구는 Dy를 중심으로 한 중희토류 원소의 사용량을 줄이고도 높은 보자력을 얻을 수 있는 기술, 나아가 중희토류의 도움 없이도 고보자력 자석을 제조할 수 있는 기술을 개발하는 데에 집중되고 있으며, 이제는 상당한 성과를 이루어 상용화도 이루어지고 있다. 본 발표에서는 이러한 중희토류 사용 저감을 위한 기술적 노력과 국내외의 최근 기술개발 및 응용 현황을 살펴보고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부에서 지원한 2012년도 기술혁신사업(No.10043780)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[자석2-4 | 11:35] 초청강연

Nd-Fe-B계 희토자석의 개발현황과 향후전망: 김동환*, 공승군; *성림첨단산업(주) 연구소*

Keywords: Rare-earth Permanent Magnet, NdFeB Magnet, Green Automobiles, Permanent Magnet Motor, Electric Motor.

현대사회가 점차 인간의 편이성을 추구하면서 여러 산업분야의 다양한 제품생산이 확대됨에 따라 에너지의 효율적 사용과 지구상의 환경오염 억제가 가장 큰 화두가 되어 있고, 이와 같은 미래 산업트렌드에 부응하기 위해 자동차, 로봇, 에너지, 정보분야 등 첨단산업 중심으로 모터의 사용량이 급격히 증가하는 추세이다. 이와 같은 모터산업 발전 추이와 더불어 이들 고효율 모터에 사용되는 핵심소재인 고성능 희토자석 역시 수요가 급증하리라 예상되지만, 희토자석 사용상의 단점인 가격이 고가이고, 희토자원이 중국에 편중되어 정치적 상황에 따라 언제든지 공급에 문제가 있을 수 있다는 우려를 해결하지 못한다면 모터 설계자들 입장에서 희토자석형 모터를 유도전동기 혹은 동기형릴럭턴스 모터로 전환할 가능성이 높다. 또한, 최근 세계적인 희토자원 개발현황을 살펴보면 2011년 희토류 파동 이후 희토 생산기지가 중국 이외에 호주, 미국, 말레이시아 등으로 다변화되어 있고, 경희토류(Nd, Pr)의 매장량은 인류가 향후 1000년 이상 사용할 수 있을 정도로 충분하기 때문에 아직 중국의 자원편중이 높은 고가의 중희토만 사용하지 않고 희토자석을 제조할 수 있다면 저가의 희토자석 및 안정적인 희토자석 공급 문제를 동시에 해결하는 해법이 된다. 현재까지 발표된 대표적인 중희토 저감기술에는 중희토 입계확산기술과 입자미세화 기술이 제시되고 있는데, 2005년 Shin-Etsu Chemical에서는 자석 표면에 DyF3를 도포한 후 진공분위기에서 800～900°C 조건으로 가열하여 중희토 물질의 입계확산을 유도함으로서 보자력을 6 kOe 이상 향상시키는 연구결과를 발표한 바 있다.[1] 또한, 2010년 M. Sagawa 등은 중희토를 함유하지 않는 합금조성에서 분말입도를 1.2 μm까기 감소시켜 자석을 제조함으로서 보자력 20 kOe 이상 자석 제조가 가능하다는 연구 결과를 발표하였다[2]. 당사 연구소에서는 지난 3년간 중희토저감형 희토자석 개발에 역량을 집중하여 연구를 수행하였고 최근에는 국내 H사, L사의 자동차용 모터에 사용되는 중희토저감형 희토자석을 개발 중에 있다. 본 발표에서는 중희토저감형 희토자석 제조를 위한 당사의 고유기술을 소개하고, 향후 대한민국의 희토자석 사업의 기술적 발전방안에 대한 제언을 하고자 한다.

[자석2-5 | 12:00] 초청강연

Current Status and Research Trend of Rare-earth Permanent Magnet: 김진배; *LG 전자*

Keywords : Rare-earth Permanent Magnet, Rare-earth Free Permanent Magnet, Nd-Fe-B, Coercivity

High performance permanent magnets are widely used in many critical components like motors, generators, wind turbines, handset, and hard disks. Among these, the usage of high coercivity (Nd,Dy)-Fe-B based permanent magnets is rapidly increasing due to the expansion of the applications where the operating temperature increases like the traction motors of hybrid and electric vehicles. The recent concern of the scarce supply of Dy has stimulated worldwide research on the development of Dy free high coercivity Nd-Fe-B magnets. At the same time, many scientists have even started exploring rare-earth free magnets. In this talk, we will discuss the research trend of rare-earth and rare-earth free permanent magnets.

[자석3-1 | 14:00] 초청강연

모터용 Ferrite 자석 최신 기술 및 연구 동향: 배석*, 한종수; *LG이노텍 R&D 센터*

Keywords: 탈희토류, Ferrite자석, Sr-La-Co계, Ca-La-Co계

2010년경 일본명 센카쿠열도, 중국명 댜오위다오 지역에서 일본순시선과 중국 어선이 충돌하는 사건을 계기로 중국발 희토류파동이 발발, 전 세계가 요동친 사건을 기억할 것이다. 전 세계 희토류의 90~95%를 공급하는 중국의 자원전략화는 희토류 원료가격의 폭등, 30% 희토류원소를 포함하는 NdFeB 영구자석의 가격 급등, 영구자석식 모터가격 상승을 불러왔다. 이때부터 영구자석 신소재개발, 희토류 저감기술개발, 탈희토류 소재개발에 대한 needs가 급증하기 시작했다. NdFeB 영구자석 기술의 세계 top인 일본은 이 사건을 계기로 수요가 급증한 탈희토류 자석에 대한 관련연구를 지금까지 계속하고 있다. 희토류를 사용하지 않는 자석을 개발하려는 움직임이 있으나, NdFeB 자석에 대적할만한 경제성을 갖춘 자성소재의 출현은 짧은 기간 내 어려울 것이라는 것이 현장기술자들의 중론이며, 희토류 자석 대체용 고성능 Ferrite자석을 도입하여 자석과 모터 구조를 최적화하는 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 이에 모터용 Ferrite 자석에 대한 최신 기술 및 동향에 대하여 살펴보고자 한다. Ferrite 영구자석을 대표하는 M(마그네트 플럼바이트)형 Ferrite 자석은 산화철을 주성분으로 하기 때문에 코스트 퍼포먼스가 뛰어나 중량환산으로 세계 최고의 생산량을 점하고 있으며 자동차 전장용, 에어컨, 냉장고 등의 가전제품용 모터 등 우리의 생활에 밀착한 분야로 중요한 역할을 달성하고 있다.1)

M형 페라이트 자석의 고성능화를 위해서 지금까지 다양한 조성검토가 수행되어져 왔다. 그 중에서도 Sr계 M형 페라이트의 Sr의 일부를 La으로 Fe의 일부를 Co로 치환한 Sr-La-Co계 M형 페라이트(Sr1-xLaxCoyFen-yOa, a≒19이하 a에 대해서는 동일 표기)에서 Sr계 M형 페라이트 자석의 자기특성을 크게 향상할 수 있는 것이 보고되고 있다. 그 고성능화의 요인은 Co치환에 의한 M형 페라이트의 결정자기이방성 향상에 의한 것이라고 생각되고 있다. Sr-La-Co계 M형 페라이트의 자기특성을 뛰어넘는 페라이트 자석을 개발하기 위해 A-La-Co계 M형 페라이트(A=알카리토류 금속)의 상세한 조직검토(A, La, Fe, Co조성비 검토)를 수행한 결과, A=Ca로 한 Ca-La-Co계 M형 페라이트(Ca1-xLaxCoyFen-yOa)에서 M형이 안정하게 존재함과 동시에 Jr, Hcj, 결정자기이방성(이방성자계)이 특히 높은 조성영역이 존재하는 것을 발견해, Sr-La-Co계 M형 페라이트를 크게 상회하는 자기특성을 얻은 결과들이 보고되고 있다. 이러한 탈희토류 Ferrite 자석에 대한 최근 이슈와 연구동향에 대해 살펴보고, 향후 펼쳐질 시장의 변화를 고찰해보고자 한다.

[자석3-2 | 14:25] 초청강연

자동차 전장부품용 영구자석 소재의 개발 및 응용: 김효준[1]*, 김상면[1], 장태석[2]; *[1]자화전자(주) 연구소, [2]선문대학교*

Keywords: Nd-Fe-B magnet, Rare-earth magnet, sensor, automotive, motor

자동차와 정보통신기술의 융합으로 자동차 시스템의 전자화와 전동화가 가속되고 있다. 발전과 변모의 가속 방향은 운전자를 사고로부터 보호해주는 안전성과 운전자와 승객이 쾌적하게 느낄 수 있도록 하기 위한 편의성 제공은 물론이고, 배기가스 및 소비 에너지를 절감해 친환경성의 가치를 경제적으로 창출하는 것에 지향점을 두고 있다. 영구자석은 자동차의 전자화와 전동화에 필요한 핵심 소재로서 각종 자기식 센서와 전동기 분야에서 활용범위가 확대되고 있다. 전장 부품 분야에 확대 적용됨에 따라 영구자석 분야에서는 소재 자체의 자기특성 향상뿐만 아니라 내열대책, 내구성 및 부품의 전체적인 공정비용의 절감 등 영구자석 소재를 활용하는 전방위 산업의 시스템적 측면에서도 새로운 기술적 접근이 필요하다. 본 발표에서는 자동차 전장에 사용되는 영구자석 소재의 개략적인 기술현황과 각 전장 부품별 특성과 그에 따른 영구자석의 설계의 사례를 소개하고 향후 영구자석 응용 분야에 활용할 기술과제들을 함께 소개하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부에서 지원한 전략적 핵심 소재 기술 개발 사업(No. 10043780)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[자석3-3 | 14:50] 초청강연

가스분무로 제조된 NdFeB 분말 소성변형거동에 관한 연구: 조주영[1], 김택수[1,2]*; *[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, [2]과학기술연합대학원 대학교*

Keywords: NdFeB magnet, gas atomization, plastic deformation, high temperature XRD, high temperature hardness

Nd-Fe-B 이방성 소결자석은 우수한 자성특성으로 인해 전기자동차, 의료기기, 풍력발전 등 다양한 산업분야에 활용되고 있다. Nd-Fe-B 자석은 크게 두 가지 방법으로 제조되는데 첫 번째는 스트립 캐스팅으로 제조된 스트립을 분쇄한 분말에 이방성을 부여하기 위해 자장성형한 후 소결하여 자석을 제조하는 방법이며, 두 번째는 멜트스피닝으로 제조된 분말을 분쇄한 후 다이업셋 공정을 통해 이방화와 동시에 고온성형하여 자석을 제조하는 방법이다. 한편 대표적인 분말 제조공정 중 하나인 가스분무법으로 NdFeB 자석 분말을 제조하는 방법이 연구되고 있으나 등방성이며 상대적으로 조대한 분말이 얻어지므로 기존 자장성형 또는 다이업셋 공정을 통한 이방성 형성이 어렵기 때문에 본드자석으로만 일부 적용되고 있는 실정이다. 그러나 소성가공을 통해 이방성을 부여하여 자석을 제조한다면 공정 단축 효과를 얻을 수 있을 뿐 아니라 지금까지 시도되지 않았던 새로운 자석 제조 방법을 제시 할 수 있을 것이라 기대된다. 따라서 본 연구에서는 가스분무법으로 제조된 NdFeB 분말을 소성변형시킴으로써 이방성을 부여하여 자석을 제조하는 새로운 방법이 제시되었다. NdFeB 자석의 상 중 강자성 상인 Nd2Fe14B 상의 경우 상온에서 2개의 슬립시스템만 가지고 있기 때문에 소성변형이 불가능 한 것으로 보고됨에 따라 온도 상승에 따른 소성 변형 가능성을 확인하였다. Nd12Fe82B6 조성의 분말을 가성형 한 후 고온 XRD 및 고온 경도 시험을 수행함으로써 온도에 의한 연화 및 상 변화 여부를 관찰하였고 Nd12Fe82B6 조성에서 온도가 상승함에 따라 상 변화가 발생함을 관찰하였으며 온도 상승에 따른 경도 변화로 상 변화 및 연화에 의한 소성변형 가능성을 판단하였다. Nd12Fe82B6 조성 분말의 소성가공을 위해 가성형 후 압연공정을 수행하였으며 압하율, 온도, 냉각속도를 제어하여 미세조직을 관찰함으로써 소성변형 정도를 확인하였고 최종적으로 자성특성을 측정하여 소성가공 정도에 따른 특성 변화를 관찰하였다.

[자석3-4 | 15:25] 초청강연

Fe-based Non-Rare Earth Permanent Magnets: 백연경, 이정구; *한국기계연구원 부설 재료연구소*

Keywords: Fe-based permanent magnet, Non-rare earth, coercivity

최근 에너지/환경문제 해결을 위해 수송기기의 전동화가 급속히 진행되고 있고, 이러한 전동화에 필요한 고효율모터의 필수소재인 희토류 영구자석소재의 수요 또한 지속적으로 성장하고 있다. 하지만, 희토류 원소재의 높은 가격과 수급불균형 문제는 향후 관련 산업에서 희토류 영구자석소재 채용에 지속적인 걸림돌로 작용할 것으로 예상된다. 이러한 문제 해결을 위해 최근 비희토류 영구자석소재 개발에 대한 관심이 증가하고 있고 미국을 중심으로 정부주도의 연구개발 사업이 진행되고 있다. 한편, 비희토류 영구자석소재 연구개발에서 중요한 것은 개발된 소재가 산업적으로 활용되기 위해서는 개발초기부터 원소재 가격과 공정비용이 반드시 고려되어야 한다. 본 연구팀에서는 이러한 관점에서 저렴한 철계 기반의 비희토류 영구자석소재개발을 진행 중이다. 특히, 철계기반 소재는 자화 값은 높지만 보자력이 낮아 모터소재로 사용되기에 한계가 있어 보자력 향상을 위한 시도가 필수적이다. 보자력 향상은 자성입자의 크기와 형상 제어 및 입자들의 이방 벌크화를 통해 달성 가능할 것으로 예상되며 이를 실현하기 위해서는 습/건식 융합 제조기술이 매우 유용하다. 본 발표에서는 철계 기반 비희토류 영구자석소재 개발 동향 전반에 대해 논의할 예정이다.

[자석3-5 | 15:50] 초청강연

MnBi 기반 비희토류 복합 영구자석 개발: 이현숙[1],*, 김수민[1], 문홍재[1], 정회봉[1], 김수민[2], 임혜인[2], 이우영[1,*]; *[1] 연세대학교 신소재공학과, [2] 숙명여자대학교 물리학과.*

Keywords: Rare-earth-free Permanent Magnet, Mn-based Permanent Magnet, MnBi, Bulk, Thin Film.

하이브리드/전기 자동차 모터에 쓰이는 고온용 영구자석 개발의 필요성 대두 및 희토류 원소 자원 문제로 인하여 2000년대부터 미국, 일본, 중국을 중심으로 고온에서 적용 가능한 비희토류 영구자석 연구가 진행되고 있으며, 2000년 중반부터 특히 MnBi 영구자석 관련 논문이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. MnBi는 고온영역(~200°C)에서 Nd계자석 보다 높은 보자력을 가져 희토류자석을 대체할 수 있는 대표적인 영구자석으로 주목되어왔다. 그러나, 이러한 특성에도 불구하고, 각 원소의 녹는점의 차이가 크고 (Mn 1246°C, Bi 271°C), 제조 및 공정과정을 거치면서 Mn과 Bi로 상분리가 일어나거나, 반응이 안되고 남아있는 Mn은 산화상(MnO)으로 되게 쉽기 때문에, 강자성을 띄는 고순도 Low-temperature-phase (LTP)-MnBi의 제조가 어려워, 이론에서 제시한 자석특성에 못미치는 결과들이 보고되고 있다. 이를 극복하기 위하여 분말, bulk, 박막의 다양한 형태에서 다양한 공정 조건을 도입함으로써 로 고특성 MnBi 자석 개발이 이루어지고 있다.

본 연구팀에서는 최근 새로운 공정법을 제시함으로써 Bulk와 박막 형태의 고특성 MnBi 자석을 개발하였으며, 그 결과에 대해 논의할 예정이다.

물분해 및 인공광합성 재료
Room 402A, 4월 27일

[물분해1-1 | 09:20] 초청강연

Low Dimensional Catalysts for Electrochemical Fuel Production: 심욱; *전남대학교 신소재공학부*

Keywords: PEC, HER, atomic scale catalyst, zirconium nitride, atomic layer deposition

Development of sustainable energy sources is an urgent issue to meet growing demand in world energy consumption. Among the various types of sustainable energy, hydrogen and ammonia are one of the most promising renewable energy sources with a high energy density. The discovery of efficient catalysts represents one of the most important and challenging issues for the implementation of photoelectrochemical (PEC) or electrochemical fuel production. A critical requirement for outstanding catalysts is not only an ability to boost the kinetics of a chemical reaction but also a durability against electrochemical and photo-induced degradation. Generally, precious metals, such as platinum, exhibit superior performance in these requirements; however, high cost of the precious metal is the biggest barrier to widespread commercial use. To address this critical and long-standing technical barrier, I have focused on an intense search for efficient, durable, and inexpensive alternative catalysts. My research have been concentrated on two subjects; (1) new possibilities of an atomic-scale catalyst as the efficient hydrogen evolution reaction (HER) catalyst, (2) the first report on the experimental electrochemical production of ammonia using zirconium nitride nanolayers grown by plasma enhanced atomic layer deposition.

[물분해1-2 | 09:55] 초청강연

Electrocatalyst of Metal Sulfides Prepared by Sequential Gas Phase Deposition: 신현정; *성균관대학교*

Keywords: metal sulfide, hydrogen evolution reaction, electrocatalyst, atomic layer deposition

2D (2-dimensional) MoS2 has been shown to be efficient electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction (HER) replacing expensive noble metals. Here, we first describe that when atomic layer deposition (ALD) is applied to layered materials such as MoS2. MoS2exhibits the non-ideal mode of ALD growth on planar surfaces. The non-ideality does not allow for the conventional linear relationship between the growth thickness and the number of cycles. Instead, it provides the ability to control relative ratios of the edge-sites and basal planes of MoS2 to the exposed surfaces. The number of edge sites produced was carefully characterized in terms of the geometric surface area and effective work function. It was correlated to the HER performance, including Tafel slopes and exchange current densities. When MoS2 as are presentative 2-D material is deposited on self-supported Cu substrates in a controlled manner, the sulfidation reactions also occur with the metal. We observed the spontaneous formation of a composite chalcogenide materials that consist of two-dimensional (2-D) materials dispersed in bulk, i.e., bulk layered heterojunctions (BLHJs) of Cu-Mo-S that contain MoS2 flakes inside, which are uniformly dispersed in the Cu2S matrix, and their unusual charge transport properties for application in hydrogen evolution reactions(HERs). The resulting structures were expected to induce asymmetric charge transfer via layered frameworks and tested as electrocatalysts for HERs. Upon suitable thermal treatments, the BLHJ surfaces exhibited the efficient HER performance of approximately 10 mA/cm2 a potential of as low as –0.1V versus are reversible hydrogen electrode(RHE). The Tafel slope was approximately 30 to 40 mV/dec. The present strategy was further generalized by demonstrating the formation of BLHJs on other transition metals such as Ni.

[물분해1-3 | 10:20] 초청강연

Solar chemical conversion using electrochemically disordered blue titania nanotube arrays transplanted onto transparent conductive oxide electrodes: 정혜원, 김성훈, 박현웅*; *경북대학교 에너지공학부*

Keywords: PEC, OER, TiO2 nanotubes, oxygen vacancies

One-dimensional TiO2 nanotube arrays (TNAs) grown on Ti substrates have been extensively studied as a nano-photoreactor for solar conversion because of their enlarged surface area and unique porous configuration. The as-synthesized TNAs are highly active for photocatalytic water treatment and PEC fuel production. Furthermore, they can accommodate ions (e.g., Li+) and inorganic guests (e.g.,WO_3, Fe_2O_3, $SrTiO_3$, CdS), which widens their applicability. Despite these advantages and potentials, TNAs still face several challenges. Technically, the TNAs/Ti is difficult to immediately utilize in the electrode pairs (e.g., an anode–cathode couple) of stand-alone solar devices because of the non-transparent substrate. Thus, there is no choice but to irradiate TNAs through the coupled counter electrode and electrolyte. In this situation, the counter electrode and electrolyte solution must be very transparent to a broad sunlight spectrum to avoid the light-screening effect. Unfortunately, maintaining this transparency requires an expensive fabrication process and a high-quality solution. With this in mind, we attempted to synthesize free standing TNAs on transparent conducting oxide (TCO) substrates via the two-step anodization of Ti substrates. These free-standing W-TNA/TCO samples were electrochemically reduced in a phosphate buffer solution, forming blackish TNAs (denoted as B-TNAs). The quick electrochemical reduction of the W-TNAs leads to an 8-fold larger photocurrent, while significantly accelerating the OER (by three times) and iodide and urea oxidation reactions (by 2

and ~20 times, respectively). The time-resolved photoluminescence spectra further reveal that the lifetime of the photogenerated charge carriers in the B-TNAs (= 0.33 ns) is an order of magnitude shorter than that of the W-TNAs (= 3.63 ns). These enhanced PEC activities of the B-TNAs are attributed to the creation of Ti3+and associated oxygen vacancies which strengthen their n-type characteristics and thereby increase their electrical conductivity. This suggests that B-TNAs can be used as photoanodes, both for driving the hydrogen evolution reaction on the counter electrode because of the large photocurrents and also for initiating value-added oxidation reactions via single-electron transfers.

[물분해2-1 | 10:55] 초청강연

Improving stability of Cu(In,Ga)Se2 photocathodes with reduced graphene oxide interlayers: 구본형, 신병하*; *한국과학기술원 신소재공학과로*

Keywords: PEC, HER, CIGS, rGO, graphene

Efforts to convert sustainable solar energy into a storable form of chemical fuels have generated much interest. Among various technologies, photoelectrochemical (PEC) water splitting, which is capable of producing hydrogen fuel in an environmentally friendly manner, is being intensively studied. Because PEC water splitting has an operating principle similar to that of photovoltaic devices, a good photovoltaic material must be a good candidate for a photoelectrode of PEC solar water splitting. In this talk, I present the recent research efforts of our laboratory to produce highly efficient and stable photoelectrodes—Cu(In,Ga)Se2 (CIGS)-based heterojunction for the cathode-side, where hydrogen evolution reaction occurs. The focus of the study has been in improving long-term stability of the photocathode. Application of functional overlayers acting as a protective layer and reduced graphene oxide as a catalyst binder will be presented.

[물분해2-2 | 11:20] 초청강연

고성능 광전기화학적 물 분해 전지: 오지훈; *한국과학기술원 EEWS 대학원*

Keywords: Photoelectrochemical, Water splitting, Nano-structure, Atomic layer deposition

광전기화학적 물분해 전지는 태양광 에너지를 이용하여 물을 분해하여 수소를 생산하는 궁극의 친환경 에너지 소자이다. 일반적으로 광전기화학 물 분해 반응을 위한 광전극은 태양에너지를 흡수하기 위한 반도체 물질과 물 분해의 전기화학적 과전압을 줄이기 위한 조촉매 물질으로 구성된다. 조촉매 물질은 광전기화학 셀의 전기화학 특성을 높여주지만 반도체로 입사되는 빛을 차단할 수 있기 때문에, 광전극의 전기화학적 특성과 광흡수 특성은 서로 경쟁 관계에 놓이게 되어 광전기화학 물 분해 효율 향상에 한계를 갖게 된다. 본 연구에서, 우리는 이러한 기존 광전극의 한계를 극복하기 위한 고성능 광전기화학적 물 분해 전지에 대한 두 가지 전략을 제시한다. 첫째로, 우리는 기존 광전극의 조촉매 표면적 증가의 한계를 극복하기 위해 3D 조촉매 구조를 광전극에 적용하였다, 3D 조촉매 구조는 광전극의 빛 흡수를 방해하지 않으면서 조촉매의 전기화학 활성 면적을 증가시킴으로써 전극의 효율을 극적으로 향상시킬 수 있는 방법이다. 광전극의 효율을 높이기 위한 두 번째 전략으로, 조촉매 물질이 광흡수체의 빛 흡수를 방해하지 않도록 와이드 밴드갭 반도체 물질을 광흡수체의 상부 조촉매 층으로 사용하는 방법이 있다. 우리는 코발트 산화물을 실리콘 위에 형성함으로써, 전기적, 전기화학적, 광학적 특성 및 안정성을 모두 갖춘 고효율 실리콘 광음극을 개발하였다. 본 발표에서는 고성능 광전기화학적 물 분해 전지에 대해 우리가 제시한 두 가지 전략에 대해 자세히 설명할 예정이다.

[물분해2-3 | 11:45] 초청강연

광전기화학전지 광전극용 BiVO4 단결정 박막에 대한 최근 연구 동향: 송재선[1], 김태민[2], 장호원[2], 이상한[1]*; *[1]광주과학기술원, [2]서울대학교*

Keywords: PEC, BiVO4, photoanode, pulsed laser deposition, epitaxy

In photoelectrochemical (PEC) water splitting, bismuth vanadate (BiVO4) has been considered as the most promising photoanode material among all metal oxide semiconductors due to its relatively narrow optical bandgap and suitable band structure for water oxidation. Up to now, various strategies such as the doping of electron donors, adoption of co-catalyst, control of surface morphology have been tried to enhance the photocatalytic performance of BiVO4. Nevertheless, the solar-to-hydrogen (STH) conversion efficiency of BiVO4 has not yet reached the level of commercialization. To make a breakthrough, it is required to study fundamental characteristics of BiVO4. To do that, it is necessary to demonstrate high quality epitaxial films-based photoelectrodes. In this study, the growth of epitaxial BiVO4 is investigated using a thin ã-WO3 template layer. Consequently, the photocurrent density of epitaxial BiVO4 on the ã-WO3 template layer is approximately 10 times greater than that of bare BiVO4, related to the effective charge transfer by the ã-WO3 intermediate layers. Furthermore, we for the first time succeeded to grow BiVO4 epitaxial thin film photoanodes with different crystallographic orientations and have foundthat the hole diffusion length in epitaxial BiVO4 (010) thin films is significantly longer than that in epitaxial BiVO4 (001) thin films. As a result, at 1.23 VRHE, the photocurrent density of epitaxial BiVO4 (010) thin film (2.29 mA cm-2) is much higher than that of epitaxial BiVO4 (001) thin film (0.74 mA cm-2) due to extended hole diffusion length. These results strongly suggest that the growth of epitaxial BiVO4 thin films with specific crystallographic orientations has the great potential to considerably improve the charge transport efficiency of photoanodes for solar water splitting.

생체재료
Room 402A, 4월 27일

[생체1-1 | 13:30]

3D 프린팅 기법을 접목한 골 대체/재생용 PLA/HA 복합소재 스캐폴드 제조 및 세라믹 분말 함량에 따른 특성 변화 분석: 이진아, 임재서, 이권우, 정현도; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*

Keywords: biodegradation, PLA/HA composites, 3D printing process, scaffolds, bone tissue engineering

최근 FDM기반의 3D 프린팅 소재로 가장 많이 사용되고 있는 PLA는 생체분해 성능이 뛰어나고, 생체흡수성을 지니고 있어 생체재료로서 많이 사용되고 있는 대표적인 합성고분자이다. 또한 인체에 유해한 물질을 발생시키지 않고, USA Food and Drug Administration (FDA)승인을 받은 물질로서 screw나 scaffold와 같은 인체에 삽입하는 부품으로 사용하기 적합하다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 PLA를 단일소재로 사용하는데 있어서 PLA의 깨지기 쉬운 기계적 물성과 분해속도 제어가 어렵다는 점과 함께 조직과의 접합성 및 생체적합성이 낮은 특성으로 인해 다양한 응용에서 제한적이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 고분자 기지 내에 첨가물을 함께 복합화하여 물성을 보완하는 많은 연구가 진행되고 있다. 본 실험에서는 뼈를 이루는 무기성분과 동일한 조성을 가지며, 인체와의 생체적합성, 생체활성, 골전도가 우수하여 hard tissue 대체 재료로서 뛰어난 생체세라믹인 하이드록시아파타이트(hydroxyapatite)를 나노 사이즈로 PLA기지에 섞어 복합소재를 제조하여 기존의 PLA의 한계점을 보완하고, 골 조직의 재생을 위한 implants로서 다공성 scaffold를 FDM(fused deposition modeling)기반의 3D 프린팅 기법을 통해 제작하기로 하였다. 실험은 고분자인 PLA matrix에 나노 크기를 가진 세라믹 분말을 각각 0vol%, 5vol%, 10vol% 15vol%씩 첨가하여 복합소재를 만든 후 single extruder를 이용하여 복합체로부터 1.75mm 직경의 3D 프린트용 필라멘트를 제조하였다. 만들어진 필라멘트 단면의 모습을 SEM을 통해 관찰하였으며, DSC 및 TGA 와 같은 thermal analysis 수행하여 세라믹 분말의 함량에 따른 물성 변화를 관찰하였다. 또한 3D 프린터를 통해 다공성 scaffold를 출력하여 biomedical implants로서의 사용 가능성을 살펴보았다.

[생체1-2 | 13:45]

High Performance Stretchable, Transient Gas sensors based on Silicon Nanomembranes: Gwan-Jin Ko[1], Soo Deok Han[2], Chong-Yun Kang[2], Suk-Won Hwang[1]; *[1]KU-KIST Graduate School Converging of Science and Technology. [2]Korea Institute of Science and Technology (KIST).*

Keywords: transient electronics, biodegradable, stretchable, flexible, gas sensors

Transient Electronics represents a new class of single-crystal silicon-based technology that has established controlled, elaborated functional components and/or systems with capability of completely biodegradable and biocompatible. This Transient technology can apply to all of electronic components and gradually dissolve via hydrolysis under certain conditions, with programmable rates in a controlled manner and bio-fluid. Recently, real-time monitoring devices for harmful gases have become an issue in relation to diseases such as environmental pollution and asthma. We demonstrate stretchable transient gas sensors that can use at room temperature based on mono-crystalline silicon nanomembranes, and shows device's performance and dissolvability. The thickness of the silicon thin film was varied within a range of several tens of nanometers, and as a result, the response of NO_2 gas was as high as Rs ~50 or more. The response and recovery rate are also very fast compared to conventional flexible sensors within a few seconds at room temperature. High performance was maintained even when bending or stretching. In addition to their possibility for use in temporary biomedical implants, this type of physically transient device technology has potential applications in degradable environmental monitors/sensors, disposable consumer devices, unrecoverable electronics.

[생체1-3 | 14:00]

PEO를 이용한 생체적합코팅에서 전해질에 첨가된 HA입자의 크기가 코팅층의 물리적 특성에 미치는 영향: 이재열, 송용원; *한국산업기술대학교나노광공학과.*

Keywords: PEO, Hydroxyapatite, Suspension, Powder size

티타늄 및 티타늄합금은 높은 비강도 및 높은 내식성으로 인해 우수한 생체적합성을 가진 물질로서 생체재료로 널리 사용되고 있다. 하지만 골융합 및 골 유착을 유도하는 성질이 없어 다양한 표면처리 방법이 요구된다. 티타늄의 골 유착 특성을 향상시키기 위한 연구는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 뼈의 해면질과 유사한 표면구조를 형성하여 골내성장을 유도하는 방법과 둘째, 표면에 생체활성 물질을 코팅하여 골생성을 유도하는 방법이다. 후자의 방법으로 널리 사용되는 물질인 하이드록시아파타이트(HA)는 골 유사 물질로서 임플란트의 생체활성 특성을 향상시켜 골 유착 및 골 형성에 매우 긍정적인 역할을 한다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 플라즈마 전해산화(Plasma Electrolytic Oxidation, PEO)방법으로 티타늄상에 결정질의 HA를 증착시키고자 하였다. 기존의 연구는 Ca 및 P로 구성된 전해질을 이용해 PEO 공정과정에서 전기 화학적 반응에 의해 HA화합물을 형성하는 연구가 진행되었다. 하지만 증착 시 높은 에너지의 플라즈마로 인해 원하지 않는 제3의 물질이 추가로 생성되어 HA의 결정상을 제어하는 것이 어려웠다. 위의 문제를 극복하기 위하여 HA분말을 전해액에 혼입하여 티타늄표면에 증착시키는 연구가 진행되었다. HA입자는 수용액 내에서 크기에 따라 서로 다른 Zeta potential을 형성하며 가해주는 전기적 조건에 따라 증착된 HA코팅층의 물리적 특성이 달라진다. 본 연구에서는 서로 다른 크기의 HA분말에 따라 달라지는 HA코팅층의 특성을 분석하였다. 또한 PEO공정의 전기적 변수가 코팅층

의 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

[생체1-4 | 14:15]

Direct CVD Growth of Graphene on NiTi Alloy for Reduction of MR Image Distortion: 한태양, 한준현; *충남대학교*

Keywords: Magnetic Resonance Imaging (MRI), MR image distortion, NiTi, Graphene

자기공명영상분석법 (Magnetic Resonance Imaging, MRI)은 비전리 고주파를 사용하기 때문에 인체에 무해하다는 장점이 있지만 MRI 측정 시 환자의 몸 안에 생체 금속이 이식 되어있을 경우 그 주변에서 이미지 정보가 소실되거나 변형되어 나타나는 자기공명 (Magnetic Resonance, MR) 영상 왜곡현상이 나타난다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 왜곡현상이 나타나는 이유는 인체에 이식된 생체 금속 및 재료와 그 주변의 생체 조직간의 자화율의 차이가 크기 때문이다. 일반적으로 사용되는 생체 재료인 NiTi계 합금이나 Co-Cr 합금 등은 상자성의 성질을 가지고 있는 반면 생체 조직은 반자성의 성질을 가지고 있으며 두 물질간의 자화율의 차이는 매우 크다. 이러한 자화율 차이때문에 MR 영상 왜곡현상이 나타나며 자화율 차이가 커짐에 따라서 왜곡현상은 더욱 더 심하게 나타난다. 따라서 MR 영상 왜곡현상을 줄이기 위해서는 생체 재료의 자화율을 생체 조직의 수준까지 낮추어야 한다. 본 연구에서는 현재 생체 재료로 널리 쓰이고 있는 NiTi계 합금 표면에 반자성체이자 생체적합성을 가지고 있는 그래핀을 코팅함으로써 NiTi계 합금의 자화율을 감소시켰다. 그래핀은 CVD법을 통해 NiTi 표면에 직접 성장시켜 코팅하였으며 이는 그래핀 전사법으로 코팅한 그래핀보다 계면접합성이 더 뛰어날 것으로 예상된다. NiTi 표면에 직접 성장시킨 그래핀의 성장 시간을 달리 하여 제조된 NiTi-Graphene composite의 자화율을 측정하였으며 Pure NiTi 대비 자화율의 감소율을 비교하였다.

[생체1-5 | 14:30]

펨토초 레이저를 이용한 표면 개질이 마그네슘에서의 세포 부착에 미치는 영향: 길혜준[1], 서영민[1], 황혜원[1], 전호정[1], 옥명렬[1], 석현광[1], 박진우[2], 김유찬[1]; *[1] 한국과학기술연구원(KIST). [2] 연세대학교 신소재공학.*

Keywords: 펨토초 레이저, 마그네슘 합금, 표면 개질, 세포 부착

체내 삽입용 생체재료의 표면은 세포와 직접 맞닿으므로 표면 특성에 따라 세포 거동이 달라진다. 따라서 재료의 표면 개질은 세포의 거동을 조절하기 위해 매우 중요하다. 여러 표면 개질 방법 중 레이저 처리는 비교적 간단한 방법으로 표면의 화학적인 변화 없이 표면의 거칠기만을 변화시켜 세포의 거동을 조절할 수 있다. 현재 체내 삽입용 생체재료로 생분해성 금속인 마그네슘의 사용이 증가하고 있는 상황에서, 레이저 처리를 이용한 마그네슘의 표면 개질에 대한 연구가 필요하다. 마그네슘은 체내에서 분해되는 동안 주위의 마그네슘 이온 농도, 수소발생량 등의 변화를 일으키게 된다. 레이저 처리로 표면의 거칠기 변화를 일으킬 때 이러한 거칠기의 변화가 마그네슘 이온 농도 및 수소 발생량과 같은 주위의 환경변화를 일으키지 않는 레이저 처리 조건이 필요하다. 본 연구에서는 펨토초 레이저를 사용하여 마그네슘 표면의 거칠기를 변화시켜 세포의 부착을 조절하고자 하였다. 이러한 결과는 향후 마그네슘에서 다양한 세포의 부착을 제어하는데 도움을 줄 것으로 기대된다. This work was supported by the Industrial Core Technology Development Program (10077595), funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE).

[생체1-6 | 14:45]

Assessment for bone regeneration of customized polycaprolactone kagome-structure scaffold using rabbit calvarial defect model: Kang-Gon Lee[2], Se-Hwan Lee[1], Kang-Sik Lee[2], Hyun-Jeong Kim[2], Gwang-Hyun Yang[2], Jong-Hyun Hwang[3], Hoon-Jin Jeong[1], Yong Sang Cho[1], Sang-Hyug Park[5], Yong-doo Park[4], Young-Sam Cho[1]* and Bu-Kyu Lee[2,3]*; *[1]College of Engineering, Wonkwang University, [2] Biomedical Engineering Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, [3] Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan.[4]College of Medicine, Korea University. [5]Department of Biomedical Engineering, Pukyong National University*

Keywords: Bone graft, Bone defect model, Poly-caprolactone, 3D printing, Customized scaffold

To regenerate the craniomaxillofacial (CMF) bone with large region in clinical surgery, methods as allograft, xenograft, and autograft have been widely used. However, there still exist limitations such as infectious diseases, immunological rejection, or limited donor site. Therefore, three-dimensional synthetic scaffold which has patient-customized structure and mechanical properties similar to bone tissue could be a cue. Recently, in tissue engineering, three-dimensional kagome-structure scaffold made of synthetic polymer has been introduced to have improved mechanical performance using solid freeform fabrication (SFF) technology. Consequentley, in this study, in-vivo assessment of customized kagome-structure scaffold for 8-shaped defect model with complex morphology using the rabbit calvarium was conducted. The kagome-structure scaffold and grid-structure scaffold made of polycaprolactone (PCL) were implanted in the 8-shaped defect model. To evaluate the osteoconductivity of the implanted scaffolds, the new bone formation, hematoxylin & eosin stain, immunohistochemistry stain, and Masson's trichrome stain were carried out during 16 weeks.

마그네슘
Room 402B, 4월 27일

[마그네슘1-1 | 09:00]
전자빔 조사를 통한 고강도 Mg-Sn계 합금의 내식성 향상: 이다슬, 박성수*; *울산과학기술원(UNIST).*
Keywords: Magnesium alloy, Electron beam treatment, Microstructure, Corrosion

마그네슘은 구조재료로 이용가능한 금속 중 낮은 밀도, 높은 비강도를 가지는 장점이 있지만 쉽게 부식되어 내식성 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 Mg-Sn계 합금은 온도에 따른 Sn의 solubility 차이가 커 석출강화를 통한 고강도 합금 개발에 이용하는 것으로 보고되고 있다. 또한 Mg-Al계 합금의 경우 석출상인 $Mg_{17}A_{l12}$ 상의 녹는점이 약 460도로 압출 속도가 제한되지만, Sn계 합금에서 생성되는 석출상인 Mg_2Sn 상의 녹는점은 약 770도로 Mg-Al계 합금보다 높아 고속 압출이 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 기계적 특성 향상을 위한 Mg_2Sn 상이 마그네슘 기지보다 높은 전위를 가져 미소 갈바닉 반응을 유발해 부식의 진행을 촉진시키는 현상이 보고된 바가 있으며 시효경화 된 합금이 균질화상태의 합금에 비해 높은 부식속도를 나타낸다. 따라서 내부에 석출상이 포함된 Mg-Sn계 합금의 표면 미세조직을 선택적으로 제어한다면 강도를 유지하며 내식성을 향상하는 것이 가능하다. 표면 미세조직 제어를 위한 방법으로 전자빔 조사를 이용하여 표면처리를 실시하였다. 마그네슘 합금 표면에 고에너지의 전자빔을 조사하는 경우 표면 균질화 효과가 있는 점이 보고되어 이를 이용해 부식환경에 노출되는 표면의 이차상을 용융하고, 미소 갈바닉 반응을 억제해 내식성을 향상하고자 하였다. 본 연구에서는 Mg-Sn계 압출재에 전자빔 조사를 통한 미세조직 변화를 관찰하였고, 수소 발생량 측정과 전기화학적 시험을 통해 부식특성의 변화를 알아보았으며 내식성이 향상된 원인을 미세조직의 변화와 연관하여 분석하였다.

[마그네슘1-2 | 09:15]
Effect of impurities on microstructure and corrosion behaviour of magnesium alloys: nguyen ngoc ha[1], Jong Il Kim[2], Jun Ho Bae[3], Young Min Kim[3], Bong Sun You[3]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]Chungnam National University. [3]Korea Institute of Materials Science.*
Keywords: impurities, microstructure, grain refinement, corrosion, magnesium alloys

The effect of minor elements that are contained in pure magnesium as impurity, on microstructure and corrosion behavior of Mg-Al based alloys was investigated in this study. It was interesting that by using different pure magnesium, the alloys presented totally different microstructure as well corrosion behavior. Microstructure analysis helped to understanding the phenomena, and simultaneously figured out the mechanism of grain refining in Mg-Al based alloys which is strongly related to intermetallic phase Al-Mn(-Fe). Immersion test was applied to alloys of two groups that used different pure magnesium as starting material. Corrosion rate was extremely different between two groups as manganese content was low. The increasing of manganese content reduced effectively this difference. This study would be well referred for designing of Mg-Al based alloys that have fine grain and good corrosion resistance.

[마그네슘1-3 | 09:45]
Mechanical and biocorrosion properties of magnesium-alumlnum alloy scaffold for biomedical applications: 홍기철[1], 박혜지[1], Kristian mathis[2], Akiko yamamoto[3], 최희만[1]; *[1]국민대학교. [2]Charles university. [3]NIMS.*
Keywords: porous magnesium, powder metallurgy, freeze casting, mechanical properties, biommaterial

다공성 마그네슘 합금(Mg alloy foam) 은 준수한 비강도, 향상된 치료효율을 가지기에 첨단 생체재료로써 각광을 받고 있으며, 그렇기에 다양한 공정들로 다공성 마그네슘을 제작한 연구사례들이 발표되어왔다. 본 연구에서는 동결주조법(freeze-casting) 공정을 이용하여 다공성 마그네슘 합금을 제작하였으며, 광학현미경 및 SEM 분석을 통하여 제작된 다공성 마그네슘의 미세구조적인 특징을 관찰하였다. 또한 다공성 마그네슘 합금을 제작하는데 이용된 공정의 적합성을 XRD, EDS 와 같은 조성적 분석을 통해 평가하였으며, 압축시험과 동시에 진행되는 acoustic emission 분석을 통하여 다공성 마그네슘 합금의 기계적 성질, 변형 거동 및 메커니즘을 분석하였다. 추가적으로, 체내와 유사한 환경에서 진행된 동전위분극시험과 EIS 시험을 통하여 생체부식특성을 확인하였다.

[마그네슘1-4 | 10:00]
Yield point phenomenon of biodegradable Mg-Ca-Zn alloy: Joung Sik Suh[1], Hwa Chul Jung[2], Ha Sik Kim[1], Chang Dong Yim[1]; *[1]Korea Institute of Materials Science. [2]U&I Corporation.*
Keywords: Magnesium alloy; Extrusion; Microstructure; Mechanical properties; Yield Point Phenomenon

The present study investigates microstructure development and resultant yield point phenomenon of biodegradable Mg-Ca-Zn alloy with respect to extrusion speed. Forward extrusion was performed in the form of 8 mm rod at 330 °C with different extrusion speeds of 0.1, 0.3, 0.5 mm/s. As-extruded rod exhibited fully recrystallized microstructure with a wide distribution of second phases like Mg2Ca. Average grain size increased, but area fraction of the second phases decreased with increasing extrusion speed. Very random textures were formed and the maximum pole intensity also increased with extrusion speed in a similar manner to grain size. Especially, yield point phenomenon was observed in tension. As decreasing extrusion speed, yield elongation and drop in yield strength ranged from 0.19

to 0.55% and from 0.7 to 8.4 MPa, respectively. Difference in yield elongation and yield strength was related to the microstructure development. The decrease in grain size led to an increase in yield elongation and yield drop. Furthermore, yield elongation and yield drop increased with area fraction of the second phases. Based on this, yield point phenomenon in as-extruded Mg-Ca-Zn rods can be explained with pinning effect induced by Mg matrix and the second phases and remobilization of pinned dislocation.

[마그네슘2-1 | 10:05]

균질화열처리 시간이 AZ91 합금의 시효 거동과 기계적 물성에 미치는 영향: Jong un Lee, Sang-Hoon Kim, Ye Jin Kim, Sung Hyuk Park; *Kyungpook National University.*

Keywords: magnesium, homogenization, aging, precipitation, mechanical properties

This study demonstrates that the holding time of homogenization treatment conducted before aging strongly affects the precipitation behavior of AZ91 alloy during aging and its mechanical properties after aging. When homogenization is conducted for a relatively short time of 8 h, obvious Al solute segregation is still observed near the grain boundaries and in the interdendritic region because of insufficient diffusion of the solute atoms. This locally high Al concentration accelerates discontinuous precipitation at the grain boundaries and continuous precipitation in the interdendritic region in the early stage of aging treatment. However, the growth of formed discontinuous precipitates (DPs) is prematurely terminated on account of a decrease in the driving force for the growth of DPs owing to the presence of α-Mg dendrites with a low Al concentration and promotion of the formation of continuous precipitates (CPs). As a result, the microstructures of the AZ91 samples homogenized for 8 h and 96 h are obviously different after aging for 2 h, but they become similar after peak aging for 24 h. The hardness and tensile strength of the two samples with different homogenization times are nearly identical in the homogenized and peak-aged states. However, in the 2-h-aged state, the hardness and strength of the sample homogenized for 8 h are higher than those of the sample homogenized for 96 h, which is mainly attributed to the presence of a larger amount of hard DPs in the former sample. The tensile strength and ductility of the two samples under the homogenized, 2-h-aged, and peak-aged conditions and the causes of their differences under these conditions are discussed in detail.

[마그네슘2-2 | 10:20]

Effect of second phases on the tensile behavior in Mg-Zn-Ca alloy: 백승미, 박형근, 이석규, 윤재익, 문지현, 이성학, 김형섭; *포항공과대학교.*

Keywords: Mg alloy; Micro-digital image correlation, Second phase, Deformation behavior, Finite element method

마그네슘은 인체의 구성성분으로 체내에서 독성 반응을 일으키지 않으며 밀도와 탄성계수가 골조직과 유사하다는 장점을 지닌다. 특히, 마그네슘은 생체 내 분해 특성을 지니고 있어 생분해성 생체재료로 이용될 경우 제품 회수를 위한 2차적 수술이 필요하지 않다는 장점을 지니고 있다. 그러나 순 마그네슘이 정형외과용 임플란트 소재로 이용되기에는 치유 정도에 비해 빠른 부식 속도와 낮은 강도를 지녀 고정 안정성이 불충분하다는 단점이 있다. 부식 속도와 강도 조절을 위해 인체 내 구성 원소인 Zn, Ca 등의 성분을 이용한 합금 설계가 이루어졌다. Mg-Zn-Ca 합금은 Zn/Ca 원소 비율이 1.2 이하일 때 $Ca_2Mg_6Zn_3$와 Mg_2Ca의 두 가지 이차상을 지닌다. 일반적으로 이러한 이차상의 존재는 Mg-Zn-Ca 합금의 기계적 물성을 감소시킨다고 알려져 있다. 그러나 어떤 조건에서 이차상이 인장 물성에 영향을 미치는지에 대한 연구는 아직 잘 논의되지 않았다. 본 연구에서는 이차상의 분율 차이가 Mg-1 wt.%Zn-1 wt.%Ca 합금의 인장 거동에 미치는 영향에 대해서 조사하였다. 이차상의 영향만 고려하기 위해 서로 다른 열처리 조건을 통해 결정립 크기와 집합조직의 영향을 배제하여 각 시편의 이차상 분율을 조절하였다. Ex-situ 인장 실험과 이차상 분율 및 형태를 고려한 시뮬레이션을 통해 실험적, 이론적으로 이차상이 인장 물성에 미치는 영향에 대해서 고찰하였다.

[마그네슘2-3 | 10:35]

Ca, Y 복합첨가가 AZ31 압출재의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향: 김상훈[1], 배상우[1], 이상원[1], 김영민[2], 문병기[2], 김하식[2], 박성혁[1]; *[1]경북대학교. [2]재료연구소.*

Keywords: Magnesium; Ca and Y addition; Extrusion; Dynamic recrystallization; Mechanical properties.

This study demonstrates that the combined addition of 0.5 wt% Ca and 0.2 wt% Y to a commercial AZ31 alloy leads to the promotion of dynamic recrystallization (DRX) behavior during hot extrusion, which significantly improves the mechanical properties of the extruded alloy. The $(Mg,Al)_2Ca$ and Al_8Mn_4Y particles, which are formed during solidification by the Ca and Y addition, result in an increase in the area fraction of dynamically recrystallized (DRXed) grains through particle-stimulated nucleation. These undissolved particles also cause the material to deform more severely during extrusion, thereby decreasing the size of DRXed grains and increasing the residual strain within the unDRXed grains. The tensile yield strength of the extruded alloy improves considerably from 248 MPa to 290 MPa by the addition of small amounts of Ca and Y without loss of ductility. This drastic improvement in strength is mainly attributed to the combined effects of grain-boundary hardening by the increased DRX fraction and decreased DRXed grain size, the strain hardening by the increased dislocation density in unDRXed grains, and the particle hardening by the numerous undissolved particles. Despite the significant improvement in strength and the presence of many brittle particles in the extruded alloy containing Ca and Y, its tensile elongation is not deteriorated; this is because a decrease in the area fraction of coarse unDRXed grains suppresses the formation of twins which act as initiation sites for microcracks during tensile deformation. In addition, a decreases in the average grain size and texture intensity causes a larger increase in compressive yield strength than in tensile yield strength, consequently reducing the

tension-compression yield asymmetry of the extruded alloy.

[마그네슘2-4 | 10:50]

Effect of Sn Addition on AZXW9100 Non-flammable Magnesium Alloy: Yohan Go[1], Jae Ok Choi[2], Joung Sik Suh[3], Su Mi Jo[1], Bong Sun You[3], Young Min Kim[3]; [1]*Korea University of Science and Technology.* [2]*Kyungpook National University.* [3]*Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Magnesium alloy, Extrusion, Precipitation, Flammability, Microstructure

Magnesium alloy is used as the lightest structural metal because of its high specific strength, good damping capacity and electromagnetic shielding properties. For wider use of magnesium alloys, there have been a lot of studies to develop new alloys which meet specific demands, especially good corrosion resistance and high strength. Moreover, non-flammability has been an essential matter in the development of new magnesium alloy due to its high reactivity with oxygen. AZ alloy system is used for general application for its several strong points which are relatively low cost, moderate mechanical properties and good castability. However, low ignition temperature and poor corrosion resistance are big issue to be solved. Addition of small amount of Ca and Y to the AZ alloy significantly increases the ignition temperature, decreasing corrosion rate, simultaneously. In addition, wrought processes, such as extrusion and rolling, have been used to improve the mechanical properties of magnesium alloys by reducing grain size and making fine precipitation. $Mg_{17}Al_{12}$ phase is a main phase which increases the strength of extruded AZ alloys. On the other hand, addition of Ca and Y hinders the full dissolution of $Mg_{17}Al_{12}$ phase during homogenization treatment due to the formation of thermally stable ($Mg_{17}Al_{12}$)-Ca and Al_2Y phases. This phenomenon decrease the dynamic precipitation behavior of AZXW alloys, therefore, there is a reduction of mechanical properties. Thus, effect of Sn addition on non-flammable magnesium alloys was studied to increase the strength because Sn is well known as the precipitation hardening element for the Mg_2Sn phase. In this study, Sn was added to modify the properties of AZXW alloy, and measurement of mechanical properties, ignition temperature and microstructure observation have been done to reveal the roll of Sn addition.

[마그네슘3-1 | 11:15]

Ca이 첨가된 마그네슘 합금 정제 시 Ca 회수율 향상을 위한 플럭스 개발: 배준호, 문병기, 김하식; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: 마그네슘, 플럭스, 난연합금, Ca 첨가합금, 정제

Ca은 액상 마그네슘의 발화를 억제하고 Al이 첨가된 합금에서 상온 및 고온 강도를 증가시킬 수 있으며 압연 판재의 성형성을 크게 향상 시키는 등 마그네슘의 물리적, 화학적 특성을 개선하는데 효과적인 원소로 다양한 연구에 활용되어 왔다. 최근 박판주조로 제조되는 고성형성 마그네슘 판재 및 고내식 난연 마그네슘 합금의 양산화로 인해 Ca이 첨가된 마그네슘 합금의 사용량이 크게 증가할 것으로 예상되고 이로 인한 제조 시 발생하는 스크랩 및 사용 후 폐부품의 고부가가치 재활용에 대한 중요성이 대두되고 있다. 현재 상용 합금 스크랩은 플럭스 및 가스 버블링 등의 기술을 통해 신재와 동등한 수준의 고품위 양산품으로 재활용되고 있지만 Ca이 첨가된 합금에서는 $MgCl_2$가 주성분인 상용 플럭스를 사용하게 되면 화학적으로 안정한 $CaCl_2$를 형성하기 때문에 소재 내의 Ca이 급격히 감소하게 된다. 따라서 Ca이 첨가된 마그네슘 합금의 고효율 재활용을 위해서는 정제 시 Ca 원소의 소실을 억제할 수 있는 새로운 플럭스가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 열역학적으로 Ca과 반응을 하지 않으면서 기존의 상용 플럭스와 유사한 수준의 정제능을 가진 플럭스를 개발하기 위해 열역학 계산법을 통해 다양한 염화물의 특성을 확인하고 실제 마그네슘 합금의 정제 공정을 고려한 염화물들의 혼합 특성을 분석하여 Ca 소실을 억제할 수 있는 플럭스를 개발하고자 하였다. 또한 개발된 플럭스의 효과를 확인하기 위해 100kg 수준의 pilot 주조 설비를 이용하여 상용 AM60 합금으로 제조된 자동차용 스티어링 휠 폐부품을 용해한 후 0.5wt%Ca을 첨가하고 상용 및 개발 플럭스를 적용한 후 주조과정에서 각 단계별로 Ca의 함량 변화를 비교 관찰하였다.

[마그네슘3-2 | 11:30]

AZ31+0.5%CaO 합금에서 Al-Mn-Ca 3원계 석출상의 형성: 손현우, 이지운, 정택균, 현승균; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: CaO added AZ31, Al_8Mn_4Ca, precipitate transformation, Al_8Mn_5, $Al_{11}Mn_{14}$

AZ31+0.5%CaO합금은 기지내에서 CaO의 환원과정을 통해 Ca를 공급한다. 결과적으로 AZ31+0.5%CaO 합금에서는 Al_8Mn_5, Al_2Ca 2개의 2원계 석출상이 지배적으로 형성되는 것으로 알려져있다. Al_2Ca석출상은 열처리시 400도 이상에서 용해될 수 있기 때문에 AZ31+0.5%CaO합금은 T6처리를 통하여 기계적특성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 AZ31+0.5%CaO합금의 용체화처리시 Al_2Ca의 분율감소와 함께 Al_8Mn_4Ca이 열처리시간에 따라 지속적으로 증가하는 것을 관찰하였다. 이는 열역학 모사프로그램에서 추측된 평형상태도에는 나타나지 않는 금속간화합물임에도 기계적특성에 의미있는 효과를 부여할 정도로 많이 형성되었기 때문에 석출메커니즘 및 기계적특성에 미치는 영향을 분석하는 것은 중요하다. Al_8Mn_4Ca상은 기지내에 존재하던 준안정한 τ상(Al_8Mn_{11} 및 $Al_{11}Mn_{14}$)과 안정한 $Al_8Mn_5(\gamma_2)$상이 용해된 Ca와 반응하여 형성되는 것으로 파악된다. 석출상들의 상변태는 Ca확산에 기인할뿐만 아니라 Al확산에도 영향을 받는것으로 추측하였다. 용체화처리중 형성되는 Al_8Mn_4Ca상의 분율이 높아질수록 T6효과는 작아지는 것으로 파악되는데, 이는 Al_8Mn_4Ca상이 합금이 액상으로 용해되지 않는 한 Ca원자로 용해될 수 없는 비가역적인 상이기 때문이다.

[마그네슘3-3 | 11:45]

Effect of Ca and Y addition on the recrystallization behavior and texture evolution of cold-rolled AZXW3100 sheet: 조

수미[1], 고요한[1], 김종일[2,3], 유봉선[1,3], 김영민[1,3]; [1]*과학기술연합대학원대학교(UST).* [2]*충남대학교.* [3]*재료연구소(KIMS)*
Keywords: Magnesium, Cold-rolling, Ca, Y, Recrystallization

마그네슘은 금속 구조재료 중 가장 가벼운 밀도를 가지고 있어 차량 연비향상을 위한 차세대 금속 구조재료로서 주목 받고 있다. 그러나 상온에서 기저면 슬립(basal slip)으로 제한된 변형기구로 인해 낮은 성형성을 나타낼 뿐만 아니라 낮은 내식성으로 인해 실제 적용은 미흡한 실정이다. 이러한 마그네슘의 한계를 극복하고 적용범위를 확대하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 연구를 통해 마그네슘 판재의 성형성은 공정 제어와 합금원소 첨가를 통해 개선될 수 있음이 확인되었다. 본 연구팀의 최근 연구결과에 따르면 AZ-합금에 Ca과 Y을 복합 첨가하여 내발화성과 내식성이 동시에 향상됨을 확인하였으며, 또한 AZ31 합금에 Ca과 Y을 단독 혹은 복합 첨가한 냉간압연 판재가 우수한 상온성형성을 나타냄을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 Ca과 Y이 단독 혹은 복합 첨가된 냉간압연 판재의 집합조직 및 재결정 거동에 미치는 첨가원소의 영향에 대해 살펴보았다. 본 연구에 따르면 AZ31합금에 Ca 및 Ca과 Y 복합첨가는 판재의 집합조직을 약화시키고 상온성형성을 크게 향상시키는 것을 확인할 수 있었다. XRD 및 EBSD 분석을 통해 AZ31 합금에 Ca과 Y 첨가에 따른 집합조직의 변화를 관찰하였으며 상온 인장 시험을 통해 판재의 압연 방향 및 두께 방향에 따른 물성을 평가하였다. 또한 에릭센 테스트(erichsen test)를 통해 판재의 상온 성형성을 평가하였다. 그리고 EBSD 및 TEM 분석을 통해 판재의 재결정거동 및 변형기구를 규명하고자 하였다.

[마그네슘3-4 | 12:00]

원자단위 전산모사를 통한 Mg-X-Zn (X=Al, Ca) 합금의 slip 거동 해석: 장효선, 이병주; *포항공과대학교*
Keywords: Mg-Al-Zn, Mg-Ca-Zn, Critical reserved shear stress, <c+a> slip, Atomistic simulation

Mg은 가장 가벼운 구조용 금속으로 차세대 친환경 에너지 재료로 각광받고 있다. 그러나 hcp 구조로 인한 slip system 부족으로 상온 연성이 좋지 않다. 이를 향상시키기 위해서는 5개의 independent slip system을 가진 slip을 활성화시켜야 한다. 그러나 slip은 상온에서 높은 CRSS를 가지므로 잘 활성화되지 않는다. 본 연구팀에서는 합금 첨가 시 slip이 활성화되는 근본 mechanism으로 합금원소와 Mg의 원자 크기 차이로 인한 dislocation binding이 slip system간 CRSS 이방성을 완화시켜 slip이 활성화되는 것이라 제시한 바 있다. 특히 강한 dislocation binding을 가지는 Al 소량 첨가 시 slip계간 CRSS 이방성이 완화되어 slip이 활성화된다는 것을 simulation을 통해 예측 후 실험으로 증명하였다. 이를 바탕으로 Mg와 원자 크기 차이를 가지는 모든 합금원소는 잠재적으로 slip을 활성화시켜 연성을 향상시킬 수 있다는 것을 제안한 바 있다. 본 연구에서는 2원 합금을 바탕으로 수립된 위 mechanism을 3원 합금으로 확장 적용하려 한다. 특히 대표적인 Mg 상용 합금계인 Mg-Al-Zn 와 Mg-Ca-Zn에서 slip을 활성화시킬 수 있는 조성비는 무엇인지, 그 조성이 2원 합금계 (Mg-Al, Mg-Ca, Mg-Zn)의 slip 활성화 최적 조성과 어떠한 관계가 있는지 조사할 것이다. 이를 바탕으로 binding이 큰 원소(Al, Ca)와 작은 원소(Zn) 중 어떠한 원소가 더 큰 효과를 내는지 확인하고자 한다. 연구 방법으로는 dislocation gliding 등의 큰 system에서 원자 scale 관찰이 가능한 원자단위 전산모사 (Atomistic simulation)을 사용할 것이다. 따라서 원자단위 전산모사를 사용하여 slip system별 shear simulation을 통해 Al, Ca, Zn solute의 단독 및 복합첨가 시 basal, prismatic, pyramidal slip의 CRSS 변화를 계산하여 slip을 활성화시킬 수 있는 3원 합금 설계 방안을 수립하고자 한다.

[마그네슘3-5 | 12:15]

Influence of Li addition on microstructure and mechanical properties of non-combustible Mg-Al-Ca alloys: Jonghyun Kim; *College of Materials Science & Engineering, Chongqing University*

Magnesium alloys are extensively employed in automobile, aerospace and railway due to their excellent mechanical and physical properties including low density, high strength/weight ratio and good damping capacity. Unfortunately, their low ignition temperature, low mechanical strength and poor corrosion resistance greatly hindered the wide application of magnesium alloys. Recently, Kawamura et al. developed Mg-Al-Ca alloys with superior mechanical properties and flame resistance including an ignition temperature of above 1,000 degrees Celsius. And these alloys are now the focus of wide attention in many parts of the world. Among all magnesium alloys, those based on the Mg–Li system, commonly considered as super-light materials, are the most promising ones for improved formability and better weight saving. In the present study, the investigation focuses on the influence of Li addition on microstructure and mechanical properties of the Mg-Al-Ca alloy system.

여성세션
Room 402B, 4월 27일

[여성1-1 | 13:30]

How to Survive after Ph. D. Thesis: *최헌진; *연세대학교*

Keywords: Guides, Young Materials Scientists and Engineers

석사나 박사학위 후 약 5 년 정도는 일생을 연구자로 활동하는데 필요한 토대를 구축하는 중요한 기간이다. 본 강연에서는 이 기간 동안 신진연구자로 활동할 때 참고하면 도움이 될 만한 몇 가지 사항을 개인적인 경험을 바탕으로 정리해서 소개하고자 한다. 먼저 재료공학 (Materials Science and Engineering) 분야에서 연구 활동이 무엇을 목적으로 하는지 과학 철학적 관점에서 간단히 살펴본다. 그리고 신진연구자의 성장가능성 예측과 [1] 미국 주요 대학 신진교수들의 교육배경 및 연구 성과 조사 [2]를 예를 들어 재료공학 분야에서 성공적인 연구자로 도약하는데 필요하다고 생각되는 몇 가지 요건을 설명한다. 이어서 신진연구자가 거쳐야 할 각 단계에서 주어진 과제를 수행할 때 참고하면 도움이 될 만한 구체적인 사항을 살펴본다. 예를 들면 Post-doc 준비 (연구 분야와 그룹선택 등), 인터뷰, 연구주제선정 (독자적인 연구를 시작할 수 있을 때), 논문작성 (좋은 글을 쓰는 법, 논문출판전략, authorship을 나누는 문제 등), 학회 참석과 발표, 공동연구, 연구윤리대처방안(예를 들면 데이터 조작) 등을 논의한다. 이런 세부적인 사항을 잘 수행하려는 최종적인 목적은 결국 자신의 삶의 가치를 구현하는 것이다. 따라서 마지막으로 위에서 설명한 구체적인 사항들, 즉 재료공학자로서 해야 할 일들이 자신의 삶을 계획하고 구현하는데 어떻게 기여할 수 있는지 함께 생각해 보려고 한다.

P1 : 에너지재료
Room 3층 로비, 4월 25일

[P1-1]

Lithiation pathway in Si-C composite anode via in-situ experiments: how do nanopores work in lithiation?: Hyunjeong Lee[1], Hong-Kyu Kim[1], Jong-Hyun Seo[2], Young-woon Byeon1[1,3], Young-woon Byeon[4], Korea University[1]; [1]*Korea Institute of Science and Technology.* [2]*SK hynix.* [3]*Korea University.*

Keywords: Li-ion battery, Si-C composite, In-situ Lithiation, In-situ FIB(Focused Ion Beam)

The lithiation kinetics of Si-C composite anode introduced for high-capacity batteries, containing the multi phases of C, nanopores and Si, were investigated through the electron microscopic based in-situ lithiation and the in-situ electrochemical C-V measurements. Here we were able to determine the order of Li migration according to the three components of the Si-C composite, which consist of C, nanopores, and Si regions. The lithiation was the fastest on carbon, and it has preceded by filling Si with nanopores interestingly before the lithiation of Si. The nanopores in the composite did not play a role to provent the large volume expansion of 400% in Si particles that leads to the crack generation, because the pore-filling lithiation occurs prior to the Si lithiation. The anode material with potential energy lower than pore may provide an ideal composite to inhibit the crack generation.

[P1-2]

결정질 실리콘 태양전지 적용을 위한 고온소결 Cu전극 솔더링 특성에 관한 연구: 이정진[1], 손형진[1], 박병탁[1], 김성현[1]; [1]*전자부품연구원.*

Keywords: Cu전극, 고온소결, 솔더링, 접착력, 내산화제

결정질 실리콘 태양전지에 Cu전극을 적용하기 위해서는 고온소결 후 낮은 저항을 확보해야 할 뿐 아니라 모듈 제작을 위해 리본/Cu전극 간의 접착력을 확보해야 한다. 본 연구에서는 고온소결 후 낮은 저항과 리본/Cu전극 간에 접착력을 확보할 수 있는 Cu 페이스트를 제조하였다. 전극 비저항과 접착력을 확인하기 위해 Cu-Ag 코어쉘, 바인더, 유기 비히클이 혼합된 페이스트에 내산화제를 3.5 wt%~6.5 wt%로 첨가하였고, 제조된 Cu 페이스트를 결정질 실리콘 웨이퍼에 스크린 프린팅 후 800°C에서 고온소결 하여 Cu전극을 형성하고 내산화제에 따른 비저항을 비교하였다. 솔더링 공정은 IR램프를 이용한 비접촉식 솔더링 방식을 채택하였고, IR램프 온도를 230°C~270°C로 가변하여 솔더링 공정을 진행하였다. 솔더링 공정 후 리본/Cu전극 계면의 접착력을 확인하기 위해 90° peel strength test를 진행하였고 Cu 페이스트내 내산화제 함량과 솔더링 공정조건과의 접착력 상관관계를 확인하기 위해 리본/Cu전극 접합계면을 FE-SEM 및 EDX를 이용하여 분석하였다.

[P1-3]

Effective Morphology Control of MAPbI3 Perovksite Solar Cells by Fast Laser Irradiation: Donghun Jung, Taewoo Jeon, Sang Ouk Kim; *Department of Materials Science and Engineering KAIST.*

Keywords: Perovskite, Laser crystallization, Morphology control, Solar cell

Organic−inorganic hybrid perovskites attract enormous research interest for next generation solar energy harvesting material. Due to its convenient solution processable fabrication, low cost and many good properties for optoelectronic devices, high efficiency of organic-inorganic hybrid halide perovskites solar cells expanded their research in the field of solar energy materials. A reliable crystallization method for uniform perovskites, compatible with fast continuous process over large-area flexible substrates, is crucial for high performance solar cell mass production. Here, we present effective crystallization of perovskite film using near-infrared laser (λ = 1064 nm). Crystalline morphology of $CH_3NH_3PbI_3$ ($MAPbI_3$) perovskite films can be widely controllable with laser irradiation condition while maintaining film uniformity. Photothermal heating is effectively assisted by interaction between laser and photoconversion substrate for phase transformation without degradation of perovskite film. Consequently, laser induced crystallization shows higher device performances than conventional thermal annealing using hot-plate. Fast crystallization by laser irradiation with manufacture level scan rate (6 mm min^{-1}) demonstrates inverted-type perovskite solar cells with 12.6 and 8.0% efficiencies on typical glass and flexible polymer substrates, respectively, without rigorous device optimization. It is adaptable to roll-to-roll process which is important for mass production.

[P1-4]

Organic/Inorganic Hybrid Perovskite light-emitting diodes via laser crystallization: Jinwoo Byun, Sung Jin Kim, Sang Ouk Kim ; *KAIST.*

Keywords: Laser, perovskite, crystallization, PeLEDs, morphology control

These days organic/inorganic perovskite is becoming most interesting material in optoelectronic field. Especially, because it can produce high color purity luminance with low cost process, many research groups are trying to produce efficient organic/inorganic hybrid perovskite light emitting diodes (PeLEDs). To make highly efficient PeLEDs, controlling the surface morphology of the film is important. Herein, we introduce new crystallization process, using near-infrared (NIR) laser (λ=808 nm) irradiation instead of thermal

annealing process. This laser-induced crystallization can produce smooth perovskite film surface with much smaller grain size compared to thermal annealing process can produce. Morphology of the $CH_3NH_3PbBr_3$ ($MAPbBr_3$) can be controlled by laser irradiation condition; power density and scan speed. We compare the efficiency and luminance of the PeLEDs with different power density and laser scan speed and produce efficient diode with 0.95 cd A^{-1} efficiency and 1784 cd m^{-2}.

[P1-5]

전고체 리튬이온전지를 위한 졸겔법을 이용한 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 세라믹 전해질 및 $LiCoO_2$ 양극 제조 연구: 오누리, 이희철; *한국산업기술대학교.*

Keywords: All-solid-state battery, Solid electrolyte, Garnet ceramics, Sol-gel, Co-doping

본 연구에서는 졸겔 합성법을 이용하여 Ta만 도핑한 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (Ta-LLZO)에 Al을 추가로 첨가하여 Al과 Ta을 동시 도핑한 LLZO (Al-Ta LLZO) 고체 전해질 분말을 제조하였다. 제조한 분말을 유압프레스와 냉간 등방성 압축 프레스 (CIP; Cold Isostatic Press)를 이용하는 2단계 프레스법을 통해 펠렛으로 성형하여 이온전도도 향상의 주요 요인으로 생각되는 밀도를 향상시키고자 하였다. 리튬 첨가량과 최종 소결 온도에 따른 Al-Ta LLZO의 미세구조 및 리튬 이온전도도를 분석하였으며, 제조한 고체 전해질 펠렛에 $LiCoO_2$ (LCO)를 졸겔 상태로 코팅하여 양극 전극을 형성하여 전기적 특성을 평가하였다. 리튬 첨가량을 6.2에서 7.44 mol까지 변화시켰을 때 순수 cubic 구조와 이차상이 없는 Al-Ta LLZO를 나타냈으며 Ta-LLZO는 6.2 mol의 낮은 리튬 첨가량일 때 cubic과 pyrochlore가 혼합된 상을 나타냈다. 900에서 1100°C까지의 최종 소결 온도 범위에서 순수 cubic 상을 가지는 Al-Ta LLZO를 얻었으며 Ta-LLZO의 경우 1000°C 이상의 온도에서 pyrochlore가 섞인 혼합 cubic 상이 얻어졌다. 두 가지 LLZO 펠렛의 표면 형상은 최종 소결 온도가 1100°C로 점차 증가되었을 때 훨씬 더 조밀해졌다. 1100°C에서 최종 소결한 Ta-LLZO 고체 전해질은 상온에서 상대적으로 낮은 이론 밀도 87.3% 와 2.1×10^{-4} S/cm의 낮은 이온전도도를 나타냈으며 같은 온도에서 최종 소결한 Al-Ta LLZO 고체 전해질은 상온에서 95.2%의 높은 이론 밀도와 Ta-LLZO의 이온전도도에 비해 2배 높은 4.6×10^{-4} S/cm의 우수한 이온전도도를 나타냈다. 또한, LCO를 졸겔 코팅함으로써 LCO 분말을 펠렛화한 경우에 비해 제조한 고체전해질과의 접촉저항이 낮아졌으며, 충·방전 특성도 향상되었다. 이러한 높은 리튬 이온전도도와 우수한 충·방전 특성은 Al과 Ta의 동시 도핑에 의한 리튬 공공 형성과 밀도 향상, LCO 졸겔 코팅에 의한 낮은 접촉저항 때문인 것으로 사료되며 이에 대한 고찰을 진행하였다.

[P1-6]

Ag/GaF_3 분말 첨가에 의한 Nd-Fe-B 소결자석의 미세구조 및 자기적 특성 개선 연구: 배경훈[1], 이성래[1], 김효준[2], 이민우[3], 장태석[3]; *[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]자화전자 R&D 센터. [3]선문대학교 신소재공학과.*

Keywords: Nd-Fe-B sintered magnet, Coercivity, Ramanence, Grain boundary phase, Magnetic decoupling

Nd-Fe-B 소결자석에서 비자성 Nd-rich 입계상의 형성은 잔류자화 감소 없이 보자력을 향상 시키는 가장 핵심적인 미세구조 설계이다. Nd-rich 상의 공정반응을 유도하는 Al, Ga, Cu, 또는 Ag와 같은 원소의 첨가는 열처리 이후 Nd-rich 입계상의 연속성 및 균질도를 향상 시킨다. 그 중에서 Ag는 주상에 확산되지 않고 Nd-rich 상에만 용해되며 연속적인 Nd-rich 입계상 형성이 용이하고 입자성장을 억제 시킨다. 그러나, Fe 함량이 높은 강자성 입계상이 형성되어 자기적 특성 향상에 제한이 따른다. 반면에 Ga은 강자성 입계상의 형성을 억제하는데 효과적이다. 특히, GaF_3 형태로 분말을 첨가하면 낮은 분해온도로 Nd-rich 입계상에 Ga을 용이하게 분포시킬 수 있어 미세구조를 효과적으로 개선 시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 동시에 Ag/GaF_3 분말을 첨가하면 기존의 Ag 첨가자석의 문제점을 해결하고 잔류자화 감소없이 고 보자력 Nd-Fe-B 소결자석을 개발 할 수 있을 것으로 기대된다. 0.1 wt.% Ag와 0.3 wt.% GaF_3을 첨가 한 $(Nd_{30.0}Dy_{2.0})$-$Fe_{bal.}B_{1.0}M_{2.5}$ 분말을 1070°C에서 4시간 동안 소결하였다. 이후, 열처리는 최적의 온도에서 진행하였다. Ag/GaF_3 동시 첨가 소결자석의 입자크기는(~7.13 μm) Ag 단독 첨가 소결자석의 입자크기(~7.3 μm)와 un-doped 소결자석의 입자크기(~7.56 μm) 보다 작아, 효과적으로 입자 성장이 억제 되었다. Ag 첨가 자석은 입자성장을 적절히 억제 시켰지만, 주상의 Fe 함량이 (~70 --> ~63 at.%) 감소되고, Fe 함량이 높은 비정질 $Nd_{24.1}Fe_{55.8}Ag_{2.1}Cu_{1.8}O_{16.2}$ 입계상이 형성 되어 주상의 자기적 결합을 효과적으로 감소시키지 못하였다. 그 결과, Ag 단독 첨가 자석의 보자력과 잔류자화 (15.7 kOe, 13.6 kG)는 un-doped의 특성 (16.7 kOe, 13.8 kG) 보다 감소 되었다. 반면, Ag/GaF_3 동시 첨가 자석은 주상의 Fe 함량이 ~70 at.%로 증가되어 잔류자화 (13.8 kG) 값이 회복 되었다. 또한, hexagonal-type $Nd_{36.0}Fe_{28.6}Ag_{3.7}Cu_{1.9}Ga_{3.4}O_{26.4}$ 입계상 형성은 주상의 자기적 고립도를 개선시켜 보자력을 (15.7 kOe --> 18.2 kOe) 증가 시켰다. Ag/GaF_3 동시 첨가 자석의 보자력 향상 이유는 강자성 Nd-rich 입계상 형성이 억제되고, 연속적이고 균질하게 형성되어 주상간의 자기적 분리(magnetic decoupling)가 향상되고 입자 성장이 적절히 억제되었기 때문이다. 주상의 Fe함량이 복원되어 잔류자화 감소 없이 14.5%의 보자력이 증가되었다. 감사의 글 본 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. NRF-2016R1D1A1B03931980)과 지식경제부 지원의 기술 혁신사업(No. 10043780) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[P1-7]

Fabrication and sintering of Al doped LLZO powder by modified sol-gel process with high ionic conductivity: Sunggue Heo[1,4], Hessan Khalid[1,2], Won Sik Yang[1,3], Taek-Soo Kim[1,2], Bin Lee[1], Soong Ju Oh[4], Seok-Jun Seo[1]; *[1]Korean Institute of Industrial Technology. [2]Universty of Sciece & Technology. [3] Inha University. [4]Korea University.*

Keywords: $Li_7La_3Zr_2O_{12}$, Solid electrolyte, Sol-gel process, Ion conductivity

Lithium lanthanum zirconate (LLZO) is considered as promising candidate for Li+ ion conduction for the applications like solid state lithium ion batteries. However the tetragonal and cubic phases of LLZO differ in their ionic conductivity by many folds. In this study, $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolytes doped with different amounts of Al were prepared by a polymerized complex Sol-gel process. The influence

Poster Session I

of aluminum on the structure and conductivity of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ were investigated by X-ray diffraction (XRD), impedance spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), and thermal analysis (TG/DTA). It was found that even a small amount of Al added to $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ can greatly accelerate densification during the sintering process. SEM results showed the existence of a liquid phase introduced by Al additions which led to the enhanced sintering rate. The addition of Al stabilized the higher conductivity cubic form of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ as well rather than the less conductive tetragonal form. The combination of these two beneficial effects of Al enabled greatly to reduce calcination time for preparation of highly conductive $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolyte. In addition, the conductivity of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolytes with microwave and conventional sintering process were compared in order to investigate the effect of the sintering methods.

[P1-8]

Molybdenum Sulfide/N-doped CNT Forest Electrochemical Catalysts for Hydrogen Evolution Reaction: Gang San Lee, Dong Jun Li, Sang Ouk Kim; *Department of Materials Science and Engineering KAIST.*

Keywords: carbon nanotubes, doping, catalyst, hydrogen evolution, molybdenum sulfide

Recently, cost effective hydrogen evolution reaction (HER) catalyst without noble metals has been highly desired for sustainable energy production. Molybdenum sulfide is known as good candidate for such purpose particularly in acidic condition. However, it has inevitable shortcomings as an electrochemical catalysts such as sparse catalytic edge sites and poor electrical conductivity. For overcoming these obstacles of molybdenum sulfide-based HER catalysts, the foremost issue is to expose and stabilize more catalytic active sites at external surface. We report synthesis of hybrid HER catalyst composed of amorphous molybdenum sulfide (MoS_x) layer directly bound at vertical N-doped carbon nanotube (NCNT) forest. This hybrid structure of ~2nm scale thick amorphous MoS_x layers deposited at NCNT surface can be achieved by facile wet chemical process under low-temperature owing to high wettability of N-doped graphitic surface and electrostatic attraction between thiomolybdate precursor anion and N-doped sites. Protonated pyridinic N-doping sites at graphitic surfaces attract anionic precursors by electrostatic force to generate dense nanoscale amorphous MoS_x layer. Consequently, it shows very high HER catalytic activity which only requires small potential of ~110 mV to achieve 10 mA/cm^2 current density. This catalytic performance is far better than any other molybdenum sulfide-based HER catalysts ever reported. This noticeable performance is originated from the synergistic effect from the dense catalytic sites at amorphous MoS_x surface and fast charge transport along NCNT forest electrodes. Moreover, nanohybrid structure based on NCNT gives excellent durability to this composite catalyst.

[P1-9]

Role of Si and Cl dopant on the fast ionic transport in the sulfide-based solid electrolytes: 최용석[1], 김홍규[2], 안재평[2], 김태성[1], 이재철[1]; *[1]고려대학교 [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Sulfide-based solid electrolytes, Si and Cl dopants, Diffusion pathways, Static electric potential, First-principles calculations

Despite their high ionic conductivity of the recently discovered sulfide-based solid electrolytes (SEs), the underlying physics on the superionic conductivity is not yet fully understood. This is particularly the case for the $Li_{10}GeP_2S_{12}$ (LGPS) and $Li_{9.54}Si_{1.74}P_{1.44}S_{11.7}Cl_{0.3}$ (Cl-doped LSPS) that exhibit an unprecedented rate of the ionic conductivity close to or even higher than those of liquid electrolyte counterparts. Despite recently reported experimental and simulation works, mechanisms underlying the ionic transport rate observed from these SEs are still poorly understood. In this study, we, using the first principles calculations, modeled the LGPS crystal to identify various ionic clusters that construct the fundamental structural motifs comprising the SE. We then analyzed the effect of the dopant materials (Si and Cl) on the changes in the topological and electronic structures of the ionic clusters comprising the Cl-doped LSPS model crystal. We also performed the comparative studies of the model SEs to replicate the actual diffusion behaviors of Li^+ in the model SEs during charging/discharging and found that Li^+ tend to travel along specific pathways that facilitate the fast transport of Li^+ under an electric potential. Based on the present findings, we showed that, in addition to topological structure, the polarizability and bond characteristics arising from the addition of dopant materials to SEs play a key role in determining the ionic conductivity.

[P1-10]

결정질 실리콘 태양전지 전면 전극의 고종횡비를 위한 Copper페이스트의 레올로지에 관한 연구: 박병탁, 손형진, 이정진, 김성현 ; *전자부품연구원.*

Keywords: 태양전지, 페이스트, 첨가제, 종횡비

결정질 실리콘 태양전지의 효율을 높이기 위하여, 전면전극은 미세하고 높은 종횡비로 형성시켜 수광면적을 최대화하고 전기저항을 줄여야 한다. 본 연구에서는 결정질 실리콘 태양 전지의 미세 전극의 종횡비를 높이기 위해, 요변제 및 윤활제를 첨가하여 페이스트의 레올로지에 변화를 주었다. Cu-Ag 코어쉘, Ag, 유기 비히클이 혼합된 페이스트에 요변제 1종을 0.2%~1.6%, 윤활제 2종을 1~2% 범위에서 첨가하여 페이스트를 제조하였다. Copper 페이스트를 30 μm opening인 제판을 사용하여 스크린 프린팅 방법으로 인쇄하였고, 800°C에서 고온소결하여 전극의 선폭과 두께를 광학현미경과 FE-SEM으로 분석하였다. 요변제의 함량이 늘어날수록 선폭이 줄어들고 두께는 증가하여, 전극의 종횡비가 요변제 첨가 전 0.2에서 첨가 후 0.5 이상으로 증가하였다. 윤활제를 첨가할 경우 전극의 균일성이 개선되었고, 선폭 33 μm 두께 14 μm 종횡비 0.42인 전극을 얻을 수 있었다.

[P1-11]

리튬이차전지 양극활물질 재활용 연구: 김현수, 진봉수, 조인호; *한국전기연구원.*

Keywords: 리튬이차전지, 양극활물질, 재활용, 방전용량

리튬이차전지의 양극 극판에서 활물질만을 채취하기 위하여 연속식 재활용장치를 설계하고 제작하였다. 이 장치를 통하여 활물질을 채취하고 재가공한 후에 전지에 적용하였다. 전극내 활물질 입자 사이의 응집력과 활물질 분말과 집전체 사이의 접착력을 약화시키기 위해 PVDF 바인더의 열분해 온도(500°C)에서 가열하였다. 그 다음, 회전력과 낙하의 힘으로 충격을 주어 Al 집전체로부터 코팅 분말을 분리하였다. 분리된 재활용 양극재 샘플은 바인더의 열분해 온도와 대기 중 노출 때문에 양극활물질 표면에 리튬화합물이 생성되었다. 또한 이렇게 얻은 양극활물질을 이용하여 다시 셀을 제조하여 전기화학적 특성을 평가한 결과, 표면에 생성된 Li_2CO_3 등의 리튬화합물의 영향으로 초기 비가역 용량이 매우 증가하였다. 이렇게 표면에 생성된 리튬화합물을 제거하기 위하여 Li_2CO_3의 melting point인 723°C 이상의 온도에서 재소성을 하였다. 그 결과 전기화학적 특성이 pristine 수준으로 회복하였다.

[P1-12]

유기태양전지 모듈의 정공 전달층 및 후면전극에 의한 열적 열화: 손형진, 김성현; *전자부품연구원.*

Keywords: Organic photovoltaic module, Stability, Thermal degradation, Hole transporting layer, Ag back electrode

본 연구에서는, 유기태양전지 모듈의 열적 열화에 있어 정공 전달층 및 Ag 후면전극에 의한 영향을 살펴보고자 한다. 실험에 쓰인 유기태양전지 모듈들은 기본적으로 기존 적층 방법의 역 구조인 Indium tin oxide/ZnO/photoactive layer/poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)/Ag 로 구성되어 있으며, 정공 전달층의 DMSO 첨가유무 및 두께 그리고 Ag 후면전극의 증착 방법 및 패턴에 변화를 주어 제작되었다. 위와 같이 제작된 모듈들은 85°C의 가속조건에서 모듈의 열적 내구성 및 수명을 평가하였다. 그 결과, 정공 전달층에 DMSO 가 첨가된 샘플의 경우 그렇지 않은 샘플에 비해 V_{oc} 의 열화가 더디게 일어났으며, 정공 전달층의 두께가 두꺼울수록 J_{sc} 열화 또한 더디게 진행됨이 관측되었다. 또한, Ag 후면 전극를 패턴화시킨 모듈의 경우 그렇지 않은 샘플에 비해 J_{sc} 열화가 더디게 진행되었는데, 주사전자현미경 (SEM) 분석 결과 Ag 전극의 접촉 부분에 한해 내부층의 광 흡수층 및 정공 전달층의 심한 부식이 관측되었다. 추가적으로, 유기태양전지 모듈의 V_{oc} 열화와 관련해 고온에서 정공 전달층의 화학적 변화를 X 선 광전자 분광법 (XPS) 을 통해 심층 분석해보았다.

[P1-13]

Phase transition behaviors of Na-ion batteries and their effects on energy efficiency: A comparative study on Sn and Sb anodes: 최용석, 이재철; *고려대학교.*

Keywords: Na-ion battery, Sn anode, Sb anode, phase transitions, electric resistivity, first-principles calculations

The design of anode materials for realizing batteries with high energy efficiency is important for future energy storage systems. In this paper, using a combination of galvanostatic experiments and atomic simulations, we performed comparative studies on the Na−Sn and Na−Sb systems to describe the phase transition behaviors during the battery cycle and interpret the role of the phase transition behavior on the energy efficiency of batteries. We developed a thermodynamic model that replicated voltage curves associated with the battery cycle to quantitatively establish the phase transition versus energy efficiency relationship of Na-ion batteries (NIBs). This was achieved by incorporating the detailed phase transition behaviors and associated resistivity changes of the Na−Sn and Na−Sb systems under various applied voltages. The simultaneous action of the multiple phase transition behaviors and the formation of electrically resistive phases were found to be responsible for the decreased energy efficiency of the batteries. Our findings provide a rough but simple guideline for selecting attractive anode materials with high energy efficiencies. This paper addresses two fundamental issues: 1) The identification of the stable and metastable intermediate phases that form during the charge-discharge process of the battery, by reanalyzing the previously reported results of the galvanostatic experiments and atomic simulations. 2) The subsequent determination of the theoretical voltage curves by incorporating the individual effects of the stable and metastable phases, as well as the evaluation of the energy efficiency of the model systems. On the basis of the present studies, we propose that both the phase transition numbers and formation of electrically resistive phases play key roles in determining the energy efficiency of the batteries.

[P1-14]

Understanding on the electrocatalytic mechanism of $[VO]^{2+}/[VO_2]^{+}$ redox reaction in onion-like carbon: 최근수[1], 고영진[2], 양혜미[1], 이현재[1], 이준희[1]; *[1]울산과학기술원. [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Onion-like carbon, Vanadium redox reaction, O-functional group, First-principles calculation

Vanadium Redox Flow Battery (VRFB) is one of the most promising next-generation secondary battery for large-scale and stationary electrochemical energy storage system. Vanadium ions generate electricity by changing oxidation states in electrolytes, anolyte and catholyte, through redox reaction. In this study, we investigate the application of the onion-like carbon (OLC) as an electrocatalyst for V^{4+}/V^{5+}, of which forms are $[VO]^{2+}/[VO_2]^{+}$ in catholyte, redox flow reactions in VRFB; its performance (electrocatalytic activity and reversibility) strongly increases with the synthesis to peak at 1800°C in 1000°C - 2000°C range. The dopant/modification-free, optimized redox performances of the OLC is comparable to some of the best data in the literature of various types of carbon materials with post-synthesis modifications or doping. We employed various physical/electrochemical analyses as well as theoretical calculation based on the density functional theory. Those analyses reveal that O-functional groups, hydroxyl and carboxyl group, play a pivotal role

in redox reactions. We also demonstrate the redox reactions in terms of the change of bond lengths obtained from the theoretical calculations. Furthermore, the theoretical calculation suggests that redox reactions in hydroxyl group and carboxyl groups are different and the carboxyl group is superior to the hydroxyl group in the activity of electrocatalytic reaction.

[P1-15]

HT9 피복관과 금속 핵연료의 상호반응을 억제하기 위한 피복관 내면 도금 연구: 여승환, 구혜연, 김준환; *한국원자력연구원.*

Keywords: 소듐냉각고속로, 핵연료 피복관 상호반응, 크롬 도금층, 전해도금

소듐냉각 고속로 (SFR)는 원자력 발전의 가장 시급한 문제점으로 부각되고 있는 사용 후 핵연료를 재활용 하여 가동하는 원자로이다. Generation IV로 명명되는 차세대 원자로 중에 하나로 국제 공동연구와 자체 연구를 통해 우리나라 고유의 기술이 축적되고 개발되고 있다. 현재 소듐냉각 고속로의 가장 큰 문제점 중의 하나는 금속핵연료와 피복관의 상호반응이다. 상호반응이 일어나면 공융현상을 일으켜 피복관의 녹는점이 낮아지고 피복관의 두께가 얇아져 원자로의 안전에 치명적인 위협이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전해도금 (electro-plating)을 활용하여 HT9 피복관 내면에 크롬을 도금하여 금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제하는 연구가 본 연구팀에서 진행되고 있다. 전해도금 시 도금액의 온도, 전류, 질화과정 등의 조건을 달리하여 도금한 크롬층의 두께와 미세구조를 분석하여 균열이 없고 상호반응을 방지하는 최적의 조건을 찾아내는 것이 본 연구의 목적이다.

[P1-16]

Cobalt Selenide as Efficient Catalyst on Si Photocathode for Photoelectrochemical Hydrogen Production: Byeolee Moon, Jude John, Tae-yong An, Dong Kyu Lee, Uk Sim; *Chonnam National University.*

Keywords: Hydrogen Evolution Reaction, Catalyst, Water-splitting, Cobalt Selenide

Photoelectrochemical hydrogen production has seen a stellar growth in the recent years as renewable energy technologies forms the pivotal key for the future energy production and storage. Among the primary aspects comes the role of an efficient catalyst for water splitting. Despite the overwhelming research on a low- cost electrode catalyst, the development in this area is seemingly a huge challenge. Cobalt Selenide being an important transition metal chalcogenide finds wide range of applications one of which is being an important co-catalyst in water-splitting reactions. In this study we report the synthesis of Cobalt Selenide catalyst, through electrodeposition technique for an efficient of H_2 and O_2 generation for water-splitting reaction. We believe that the photon energy harvesting ability of Si along with Cobalt Selenide can work in synergy to provide a comprehensive upgrade to optical transparency as well as excellent electrocatalytic activity of Cobalt Selenide. This efficient design would pave way for developing highly efficient photoelectrochemical water-splitting for solar energy conversion devices

[P1-17]

Passivation quality control in tunnel oxide passivated contact (TOPCon) solar cells: HyunJung Park, Se Jin Park, Soohyun Bae, Ji Yeon Hyun, Chang Hyun Lee, Dongjin Choi, Dong Kyun Kang, Yoonmook Kang, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim; *Korea University.*

Keywords: solar cell, polysilicon, tunnel oxide, passivation

Tunnel oxide passivated contact silicon solar cells have attracted many researchers interests because of its high passivation quality with low contact resistance. In conventional silicon solar cells, recombination at the junction between a metal and silicon was the major cause of total efficiency loss. Thus, the concept of passivated contact was introduced and tunnel oxide passivated contact (TOPCon solar cell means passivated contact solar cells with thin tunneling oxide composed of poly-Si/SiOx/c-Si structure) showed outstanding performance with simple fabrication processes which enable to fabricate low-cost and high-efficiency solar cells. In this study, we tried to understand the principle of passivation quality in TOPCon according to the material properties including poly-Si thickness, doping concentration, and annealing condition. Our observations indicated that the passivation quality of TOPCon solar cells was controlled by in-diffusion, gettering and parasitic absorption. From the results, we fabricated high passivation quality TOPCon with of 741mV iVoc with low parasitic absorption, achieving 20.59% efficiency.

[P1-18]

Ultrasmall Iridium Oxide Nanoparticles Encapsulated Co_3O_4 Nanosheets as Highly Efficient Oxygen Evolution Reaction Catalyst: Seokwon Song, Su-Ho Cho, Won-Tae Koo, Ki-Ro Yoon, Il-Doo Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Iridium, cobalt, electrocatalyst, oxygen evolution reaction, ZIF-67

In recent years, many attempts for clean and sustainable energy system have been progressed to cope with rapid climate changes and global warming. Among them, electrocatalysis, which is key factor of renewable energy systems related to water splitting, metal-air batteries, and fuel cells, has been suggested as promising research field. Particularly, oxygen evolution reaction (OER) which is anodic half-reaction of water splitting can strongly affect the performances of devices. However, OER typically needs to enhance the efficiency of water splitting due to the slow kinetics of OER. As a result, efficient electrocatalysts lowering the overpotential for OER are practically used in industry. Iridium (Ir) is considered as one of most efficient electrocatalysts for OER due to its superior activity. However, it is one of the rarest elements in earth and therefore numerous studies using Ir composites with other transition metals or

metal oxides have been reported to reduce the amount of Ir. Especially, cobalt oxide (Co_3O_4) is one of non-precious metal oxide that shows relatively good and stable OER activity. In this work, by introducing metal-organic frameworks (MOFs) which have ultrahigh porosity and high surface area, we synthesized the ultrasmall iridium oxide nanoparticles encapsulated Co_3O_4 nanosheets (ICNs) via solvothermal methods and heat treatment. Using ZIF-67, which is one of MOFs, composed of cobalt ions with organic ligand, we can uniformly encapsulate iridium nanoparticles (Ir NPs) into the cavity of ZIF-67 by $NaBH_4$ reduction, and subsequent solvothermal reaction makes Ir NPs encapsulated 2D nanosheets providing exposed Ir atom sites. Since the limited size of cavity, encapsulated Ir NPs are less than 2 nm. Followed by heat treatment, this composite material turns into oxide and forms numerous mesopores by decomposition of organic components. As a result, it shows more exposed active sites and makes rapid interfacial charge transfer by providing intimate contact with electrolyte. Even with a lower amount of Ir content, ICNs exhibited higher OER activity than that of 20 wt% Ir/C, in terms of overpotential, Tafel slope, and stability. These results demonstrated the effective way to reduce the amount of precious electrocatalysts with enhanced OER activity by using MOF template.

[P1-19]

Asymmetrically deposited TiO_2 Plasmonic Platform for Wide light absorption and their Water Splitting Applications: 김희준, 백정민; *울산과학기술대학교(UNIST).*

Keywords: TiO_2, Plasmonic, metastructre, photocatalytic water splitting, pyramid structure

Plasmonic platform (PP) for utilizing broadband light in a single device has impacted on a variety of photonic and photovoltaic applications in recent year. The motivation behind these efforts mainly concerns maximizing incident light absorption by, for example, trapping solar spectrum to enhance solar-to-hydrogen efficiency. In the context of the current study, the seminal question is to enhance both the incident light absorption and the internally generated charge transport to carry out a useful PEC process or to promote increased photocatalytic activity at the surface of a proximate wide-bandgap semiconductor. In the current study, we show that by engineering a photoanode which includes an array of pyramidal gold layer with a thin, thickness-varianced TiO_2 layer on the surface in contact with gold nanoparticles, functioning as a dielectric spacer. The optical absorption over 500 nm to 700 nm were increased to ~90%, confirmed by using confocal spectral mapping techniques The photoelectrodes shows a remarkable enhancement in the photocurrent density by approximately 25% and 59% by the asymmetric TiO_2 decoration and AuNPs decoration, respectively

[P1-20]

다공성 금속촉매를 이용한 SMR 공정에서의 수소제조 촉매성능향상 연구: 송철한, 장대환, 양현석, 정우철, 박상환, 공만식; *고등기술연구원.*

Keywords: SMR reaction, CH_4 conversion, H_2 yirld, NiO/Al_2O_3, Hydrogen Production

현재 석유나 천연가스 등의 화석연료를 이용한 수소제조기술에서부터 미래 청정 시스템 구축을 위한 대체 에너지를 이용한 수소제조기술에 이르기까지 다양한 수소제조 기술이 개발되고 있다. 미래 청정 기술의 경우 해당 세부 제조 기술로서 대체 에너지에 의한 물의 전기 분해 수소 제조, 광촉매를 이용한 물분해 수소 제조, 생물학적 물분해 수소 제조, 저온 열화학 싸이클에 의한 수소 제조 등으로 나누고 있다. 이러한 수소에너지는 공해가 없는 청정에너지이며, 미래원천 에너지이다. 그동안 수소에너지는 특수 분야에만 이용되었으나 현재는 무공해 동력원으로 실용화 범위가 확대 되고 있다. 본 연구에서는 형상 또는 촉매코팅 조건에 따라 제조한 다공성 금속촉매를 평가하였다. 평가 조건은 수증기/CH_4의 몰비를 3/1으로하고 내부반응 온도를 550~850°C, 공간속도(GHSV)는 10,000h^{-1}으로 놓고 실험을 진행하였다. 온도별 스팀 메탄 개질반응을 통해 메탄 전환율 및 수소 수율을 평가 하였고, 장시간 내구성 평가를 진행하여 촉매의 내구성을 관찰하였다.

[P1-21]

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery: 변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]; [1] *고려대학교 신소재공학과.* [2] *한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: kinetics, sodiation, crystallographic orientation, tin anode, Na-ion battery

오늘날 차세대 전기자동차 (EV) 용 배터리의 음극은 고용량, 장수명 뿐만 아니라 높은 rate capability가 요구된다. 그런데 배터리 음극의 실제 특성은 이론값과는 달라 개발에 어려움이 있다. 이러한 현상이 나타나는 주요 원인 중 하나는 전극에서의 이온 확산이 계면 반응에 의해 지배 (Interface-controlled reaction, ICR)받기 때문이다. 예를 들어, Li-ion battery (LIB)의 음극재료인 결정질 Si의 Anisotropic swelling은 계면 반응에 의해 발생하는 대표적인 사례이며, 이 결과 형성되는 전극 반응의 방향성은 전극의 균열 파괴를 가속화 하고, 배터리의 사이클 수명을 감소시킨다. 따라서 차세대 배터리의 개발을 위해서는 음극에서의 계면 현상을 없애거나 혹은 완화시키기 위한 연구가 필요하다. 저자들은 최근 500 nm의 직경과 배향을 갖는 단결정 Sn pillar의 sodiation 실험을 통해 Na-ion battery(NIB) 음극재료인 Sn이 LIB의 Si 보다 더 큰 직경에서도 계면 현상이 일어나지 않아, 전체 확산속도는 물질 전달에 의해 지배 (Diffusion-controlled reaction, DCR)받았으며, 그 결과 동일 직경의 Li-Si 음극에서 관찰된 것 보다 2 order 이상의 빠른 반응 속도를 관찰하였다. 이 결과가 흥미로운 것은 더 큰 ionic radius로 인해 NIBs가 LIBs보다 더 느릴 것이라는 기존의 예측과는 다른 결과이기 때문이다. 만일 DCR이 이 합금계에서 일어나는 특이한 계면 반응의 결과라면, 결정 방향과 직경에 상관없이 Sn의 비정질화를 통해 DCR이 발현될 것임을 암시한다.이에 본 연구에서는, Na-Sn battery의 결정 배향에 따른 sodiation 등방성 거동을 실시간 실험 및 전산 모사를 이용해 규명하였다. 실시간 sodiation 실험은 다양한 초기 방위 (, , 그리고)를 갖는 직경 300 nm - 2000 nm의 단결정 Sn pillar를 이용해 Na의 확산 속도 및 부피 팽창을 정량적으로 측정함으로써 sodiation of Sn

Poster Session I

이 초기 배향에 무관하게 등방적으로 발생함을 입증하였다. Sodiation에서 Sn의 결정 배향이 무효화되는 원인은 Ab initio MD 기반 시뮬레이션을 통해 해석되었는데, 이것은 흥미롭게도 Na-Sn 음극의 sodiation 반응 시에 a-Na_xSn/Sn 계면의 Sn side가 먼저 비정질화 되었기 때문이었다. 본 연구 결과는 현재 음극 개발에서 문제시되는 charging time, capacity 특성을 개선할 수 있는 유용한 insight를 제공할 것이다.

[P1-22]

Stabilization of the surface of lithium metal using an organic electrolyte additive for lithium metal based batteries: Hee-sang Kim, Chan-Jin Park; *Chonnam National University.*

Keywords: Lithium metal, Lithium-oxygen battery, Additive, Electrolyte, SEI layer

Lithium metal has been considered to be an ideal anode material for rechargeable batteries due to its high theoretical specific capacity, low density, and the lowest standard red-ox potential. However, Li metal is thermodynamically unstable in organic electrolytes: when Li metal is in contact with an organic electrolyte, it reacts easily with the electrolyte to form a solid electrolyte interphase (SEI) layer. This layer can prevent the direct contact between Li metal and liquid electrolyte and the further decomposition of the electrolyte, once the stable and robust SEI layer forms. Nevertheless, inhomogeneity in chemical composition or thickness of the SEI layer can be the cause of the growth of Li dendrite, leading to short-circuit in batteries. In the present study, we suggest the use of an electrolyte additive to suppress the growth of Li dendrite by forming the uniform and robust SEI layer on Li surface. The Li symmetric cell containing the electrolyte additive was stably cycled over 500 cycles at a current density of 1 mA cm^{-2}, which was >50 times longer than that of the Li symmetric cell without the additive. Further, the Li-O_2 cell containing the electrolyte additive was cycled for longer than 200 cycles at a current density of 0.1 mA cm^{-2} under a limited capacity mode of 1000 mAh g^{-1}, which was >4 times longer than that of the cell without the additive. This outstanding cyclability of the Li metal based batteries is attributed to stabilization of surface of Li metal by employing the electrolyte additive.

[P1-23]

Liquid Crystallinity Induced Size Seperation of Graphene Oxide Oxygen Reduction Reaction Catalysis: Sung Hwan Koo, Kyung Eun Lee, Sang Ouk Kim; *KAIST.*

Keywords: graphene, oxygen reduction reaction, catalyst, graphene oxide, liquid crystal

Graphene Oxide (GO) has been considered as most promising material with its excellent mechanical, thermal, electrical properties. However, small flake size of GO limited its applications and properties. Most GO fabrication process diverse its flake size distribution. Herein, size seperated GO via its liquid crystal behavior has been studied to show effect of size in N doping. Concentration of large GO flakes shows liquid crystal behavior with biphasic dispersion. Also, ratio of quaternary site for N doping on large GO are studied. In catalytic application, excellent onset potential are shown for oxygen reduction reaction due to quaternary N dopant site on large graphene oxide which act as catalytic active sites.

[P1-24]

Li 이온 배터리 양극재료 NCM의 충?방전에 따른 격자 변형 및 상변태의 상관관계 연구: 변영운[1], 김준동[2], 박정희[2], 이재철[1], 안재평[3] ; [1]*고려대학교 신소재공학과.* [2]*고려대학교 신소재화학과.* [3]*한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: NCM, Nano-beam electron diffraction (NED), lattice strain, phase transition, Li-ion battery

$LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ (NCM111, 이하 NCM)은 용량, 구조 안정성 및 경제성 측면에서 우수해 리튬 이온 배터리 분야에서 가장 주목받는 양극 재료 중 하나이다. 그러나 NCM은 충·방전 과정에서 용량 감소를 피할 수 없고, 이 용량 감소는 급속 충전을 위한 고전압 환경에서 더욱 두드러지게 나타난다. 지금껏 이러한 열화 현상의 원인은 NCM 표면에서의 화학 반응으로 인해 재료의 구조가 붕괴하기 때문으로 알려졌으나, 층상의 NCM 내부에서 리튬의 삽입 및 탈리가 미치는 영향에 대한 이해는 제한적이었다. 이것은 X선, 전자빔 회절 기반의 기존 분석 기법 (XRD, SAED패턴) 으로는 내부의 격자 정보가 측정됨과 동시에 평균화되기 때문에 매우 국부적인 표면 (수 nm 수준)에서의 구조 붕괴를 정확히 추적할 수 없었기 때문이다.본 연구에서는 투과전자현미경의 나노 회절 패턴과 전자빔의 세차 회절 기법을 동시에 사용해 NCM111 입자 표면 및 내부의 격자 변형 및 상변화를 측정함으로써 NCM의 열화 거동을 추적하였다. 이 방법은 지름 2 nm 수준의 매우 작은 영역만을 회절시키는 것이 가능하므로 양극 입자의 어떤 부위라도 국부적인 나노 회절 패턴을 얻고 구조를 분석할 수 있다. 또한, 지름 ~300 nm NCM 입자의 전체 영역에 대하여 ~200,000장의 나노 회절 패턴을 측정하고 이를 매트릭스 형태로 분석하기 때문에, 기존 HRTEM 이미지 및 SAED 패턴 분석으로는 불가능했던 구조 변형 분석이 가능하다. 따라서 우리는 나노 영역에서 Li의 ?출입에 따른 변형량의 변화를 측정함으로써 상변태에 필요한 격자 변형량을 제시하고, 그 상관관계를 도출함으로써 향후 NCM 기반 양극 재료의 design rule을 제시하고자 한다.

[P1-25]

Effect of nitrogen contents in titanium carbonitride-derived carbon: 이문균, 하대권, 강신후, 정인호; *서울대학교.*

Keywords: carbide-derived carbon, titanium carbonitride, porous carbon, hierarchical porosity, hollow

Porous carbon materials is an important technological material due to its high surface area, high electrical conductivity, as well as a range of shapes, size and pore size distributions, and ability to interact with gases and liquids. Among various synthetic procedures,

carbide-derived carbon (CDC) is one of the promising methods, which produces highly porous carbon with narrow pore size distribution by extracting metal from metal carbides such as TiC, SiC, VC, ZrC, Al_4C_3, B_4C, Fe_3C, and NbC. Depending on the precursor and chlorination temperature and steps, the pore structure and pore volumes can vary, but only few solid-solutions have been discussed. Hence, in this work, highly porous carbon with/without nitrogen functional groups have been synthesised by chlorinating titanium carbonitride solid-solutions, $Ti(C_{1-x}N_x)$ (x=0, 0.3, 0.5, and 0.7), and characterized by nitrogen physisorption, and they were evaluated as a potential electronic applications. Additionally, the effect of nitrogen contents in carbonitrides solid-solutions for carbon transformations were discussed.

[P1-26]

High performance supercapacitor based on polyaniline coated nanoporous gold: KeonU Lee[1,2], Ji Young Byun[2], Sang Hoon Kim[2], Hyung-Joon Shin[3]; [1]*Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST).* [2]*Korea Institute of Science and Technology(KIST).* [3]*Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST).*

Keywords: Nanoporous gold, Polyaniline, Supercapacitor

Supercapaictor has been attracted to next-generation energy system because of its high power density, fast charge-discharge rate and long lifetime. Generally, carbon materials were widely used as an effective electrode in supercapacitor due to its large surface area and high conductivity. In this work, we fabricated nanoporous gold (NPG) films using a very simple and safe method and the NPG films have large surface area and much higher conductivity than carbon materials. For pseudocapacitor, we coated the polyaniline (PANI) on the NPG films by electro-polymerization of aniline. To develop the stable and uniform structure of PANI, we optimized the coating conditions such as electrolyte, applied voltage, and coating time. Our PANI/NPG films show many attractive features including large capacitance, high stability and fast charge-discharge rate. Notably, our samples are stable even after 500 cycles of charge-discharge while conventional PANI is usually suffering from long-term stability. Our method can be applied to manufacturing next-generation supercapacitor. Detailed results will be discussed in the presentation.

[P1-27]

Highly porous Silicon nanoparticles synthesized by an ultra-simple combustion method: Duc Tung Ngo, Chan-Woo Min, Chan-Jin Park; *Chonnam National University.*

Keywords: Silicon, anode, porous, combustion

Silicon has been regarded as one of the most promising anode materials for next generation Li-ion batteries (LIBs) due to its high specific capacity (4200 mAh g^{-1} for $Li_{4.4}Si$), low working potential ($^{+}$), low cost, low toxicity, environmental friendliness. However, Si based anodes in LIBs have some critical drawbacks. During alloying/dealloying, volume change of Si becomes >300%, leading to the rupture of solid electrolyte interphace (SEI) layer and pulverization of active material in the Si based electrodes. These issues could be addressed by using conductive buffer layers and nano structural electrode design. However, some methods are not cost-effective by using vacuum process and complex synthesis routes. In the present work, we introduce an ultra-simple combustion method using Mg-thermal reduction process in air. In particular, this method does not need additional furnace under inert atmosphere for the processing, which have been generally used in the conventional studies. Obtained the porous Si nanoparticle powders have high surface area (38 m^2/g), broad pore-size distribution (2–200 nm), and 3-dimensionally (3D)- interconnected Si structures. The porous Si electrode delivered a high reversible capacity of 2451 mAh g^{-1}, corresponding to ~70% of the theoretical capacity of Si, under a rate of C/10. After 100 cycles, the porous, Si electrode maintained a capacity of 1956 mAh g^{-1}, corresponding to 79.8% of the initial reversible capacity. Importantly, a reasonably high reversible capacity of 614 mAh g^{-1} was achieved even under a high rate of 10C. This simple combustion method can be employed as a promising anode Recipe for the next generation of high-energy LIBs.

[P1-28]

리튬이차전지 음극소재용 SiO의 볼밀링 합성 및 전기화학적 특성: 황준선, 김경배, 김재헌; *국민대학교*

Keywords: LIB, Silicon oxide, Ball milling, Carbon-incorporated

리튬이차전지는 현재 에너지저장장치, 전기 자동차, 모바일 전자 제품 등의 사용처에서 핵심적인 에너지저장장치로 사용되고 있다. 최근에 리튬이차전지에 대한 수요는 세계적으로 크게 증가하고 있으며, 그 수요를 충족하기 위하여 고에너지 밀도 이차전지의 개발이 필수적으로 요구되고 있다. 에너지 밀도를 높이기 위해서는 고용량 전극 재료의 개발이 필수적이다. 현재는 흑연(Graphite) 소재가 음극재료로 널리 사용되고 있지만, 용량이 제한적이다 (이론 용량: 372 mAh g^{-1}). 따라서 대체 음극 재료로 용량을 증가시키기 위해 Li 합금계 재료가 집중적으로 연구되어 오고 있다. 그 중 실리콘 소재는 $Li_{15}Si_4$ 상에 대해 3580 mAh g^{-1} 의 높은 이론 용량 때문에 매력적인 재료 중 하나로 연구가 이뤄지고 있다. 그러나, Li 삽입 및 탈삽입 반응 중에 큰 체적 변화로 인한 기계적 열화가 발생한다. 최근, 실리콘 일산화물 (Silicon monoxide, SiO) 소재는 고용량 뿐만 아니라 산소의 역할에 기인하는 비교적 양호한 수명 특성으로 많은 관심을 받고 있다. SiO는 통상적으로 Si의 산화수가 0~4의 범위인 비정질 형태로 존재한다. 이 물질은 기상 공정에 의해 합성될 수 있으나 공정 비용이 비교적 높다. 본 연구에서는 SiO 소재를 간단한 볼밀링 공정으로 합성하고 그 전기화학적 특성을 평가하였다.

[P1-29]

전기이중층 커패시터(EDLC)용 바이오 활성탄의 전기화학적 특성: 김용일, 유정준, 백정훈, 이찬우, 김종휘; *한국에너지기술연구원.*

Keywords: Supercapacitor, EDLC, Hydrothermal synthesis, , Activated bio-carbon, Bio material

EDLC는 높은 충방전 효율과 매우 신속한 출력 응답 특성을 지니며, 우수한 내구성으로 반영구적인 수명 특성을 가지고 있다. 특히 친환경적인 소재를 사용함으로써, 최근 문제가 되는 환경 오염적인 문제에서도 자유로울 수 있다. 이러한EDLC에 적용되는 대표적인 활물질인 활성탄은 발달된 세공구조를 갖는 무정형 탄소로서, 빠른 충방전, 장수명, 친환경, 광범위한 작동 온도 조건 등을 가져야 하는 전기이중층 커패시터의 전극 활물질로 많이 사용되고 있다. 현재 상용되고 있는 활성탄은 주로 코크스, 피치, 레진 등을 원료로 하여 제조되고 있었으나, 최근 환경적인 요소로 인해 바이오물질이 주목받고 있다. 바이오물질은 불순물 함량이 거의 없으며, 원료의 수급이 용이하고, 농수산 폐기물등의 재활용이 가능하기 때문에 제조 단가 측면이나 친환경적이고 고순도 등의 장점을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 바이오물질인 Starch를 출발물질로 활용하여, 수열합성법과 화학적 활성화를 위한 KOH용액 진공함침 등의 방법을 이용하여 고순도의 활성탄을 제조하였으며, 그에 따른 물리적 특성과 전기화학적 특성을 확인하였다.

[P1-30]

다공성 안티모니-실리콘-탄소 소재의 합성 및 전기화학적 특성: 서형은, 김재헌; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: LIB, Anode, Antimony, Silicon, Ball milling

최근 전기자동차나 스마트폰과 같이 장시간 사용해야 하는 이동형 기기들에 대한 수요가 증가함에 따라 고용량, 고에너지 밀도를 가지는 이차전지 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 리튬이차전지용 음극소재로 상용화되어 널리 사용되고 있는 흑연 소재의 경우 372 mAh/g의 비교적 낮은 용량을 갖는다. 따라서, 음극소재의 용량을 증가시키기 위하여 고용량의 리튬 합금계 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 대표적인 리튬 합금계 물질인 실리콘, 주석, 안티모니 등은 흑연에 비해 비교적 높은 용량을 가졌지만 충·방전 시 큰 부피 변화로 수명 특성이 좋지 않다. 따라서 부피 변화를 완화시켜 수명특성을 향상시키기 위하여 다양한 구조의 소재들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 나노크기의 안티모니산화물와 마그네슘규산화물을 고에너지 볼밀링 방법을 사용하여 안티모니의 환원 및 복합화를 진행하였다. 이렇게 합성된 복합체를 다시 탄소와 이차 복합화를 진행한 후, 마그네슘산화물을 화학적으로 에칭하여 다공성 구조의 안티모니-실리콘-탄소 복합체를 합성하였다. 그 결과 다공성의 안티모니-실리콘-탄소 복합소재의 경우 실리콘첨가로 인해 순수 안티모니와 안티모니-탄소 복합체보다 비교적 높은 약 610mAh/g의 가역용량을 나타내었다. 또한 다공성 구조와 탄소 복합화를 통한 수명특성 향상의 효과로 100회 충방전 후에도 약 450mAh/g 이상의 고용량이 유지 가능함을 확인하였다.

[P1-31]

Ultrasmall functional titanium based nanoparticles loaded on carbon nanofibers for high-performance free-standing lithium-sulfur battery electrodes: 이초롱, 김찬훈, 김일두*; *KAIST.*

Keywords: 3D current collector, Li-S batteries, catholyte, CNFs

Lithium sulfur (Li-S) batteries have been intensively studied owing to their extremely high energy density close to 2600 Wh kg^{-1} which is significantly higher than that of current lithium-ion batteries (150-200 Wh kg^{-1}) due to the lightest solid-state redox pairs of Li-S. Nevertheless, the poor electrical conductivity of sulfur (5 × 10-30 S cm^{-1}) at room temperature, the significant volume change (up to 80%) during discharge, critical safety problem arising from the use of highly reactive Li metal, and dissolution of highly soluble lithium polysulfide (Li_2Sn, $4 < n < 8$) hinder the practical application of Li−S batteries. In order to improve the poor electrical conductivity of sulfur, large amount of conductive agents have been added in sulfur electrode up to 40 wt% of slurries containing large amount of binders. However, both conductive agent and binders are directly not involved in faradic reactions of Li-S batteries. Therefore, the use of conductive agents and binders should be minimized to incorporate more active materials into a fixed volume of electrodes for high energy density. The huge volume change and dissolution of highly soluble lithium polysulfide also need to be carefully considered for practical use of the Li-S batteries. Here we report the binder/conductive agent free, ultrasmall, functional titanium based nanoparticles (NPs) loaded on carbon nanofibers for high-performance lithium-sulfur battery electrodes. As-prepared highly conductive carbon nanofiber 3D current collector containing ultrasmall titanium oxide/titanium oxynitride composite NPs (TiO_2/TiO_xN_y c-NPs, 2-5 nm), which have high affinity to polysulfides, showed outstanding flexibility with much lighter weight compared to conventional Al current collector. Subsequently, dissolved Li2S6 in electrolyte (catholyte) was simply introduced on the 3D current collector without any post annealing or vacuum processes. As-prepared free-standing lithium-sulfur battery electrodes based on TiO_2/TiO_xNy c-NPs loaded on CNFs showed high reversible capacity of 1107 mAh g^{-1} after 100 cycles at 1 C cycle with superior capacity retention of 85%.

[P1-32]

탄소 코팅된 산화아연 나노튜브 구조의 합성 및 전기화학적 특성: 김한슬, 김재헌; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: Lithium ion battery, ZnO, ZNT, Zinc oxide nanotube

리튬이차전지의 상용화 이후, 더 높은 용량과 에너지 밀도를 가지는 새로운 소재에 대한 연구가 지속적으로 관심을 받고 있다. 현재 음극소재로서 주로 상용화된 탄소 소재의 경우 수명 특성 측면에서 유리하지만, 상대적으로 낮은 이론용량 (372 mAh/g) 때문에 그 대안으로 실리콘 계열이나 금속산화물 등이 연구되고 있다. 그 중에서 산화아연은 높은 이론용량(978 mAh/g)을 가지고, 다양한 형태의 미소 입자를 용이하게 합성할 수 있기 때문에 주목을 받고 있다. 그러나 산화아연 소재는 충전과 방전이 진행되면서 부피팽창으로 인한 수명 감소가 뚜렷하게 나타난다. 이러한 소재가 가지는 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 탄소 코팅된 산화아연 나

노튜브구조를 합성하였다. 나노튜브 구조는 외부와 내부 모두 전해액과 접촉할 수 있어 효율적인 이온의 이동이 가능하고, 리튬과 반응하면서 생기는 부피 팽창을 구조 내부로 흡수할 수 있어 속도 특성과 수명 특성 모두 개선되는 효과를 가질 수 있다. 지금까지의 산화아연 나노튜브 합성 연구의 경우 대체로 기판 성장이나 별도의 식각 과정을 거치는 등 비교적 복잡한 과정으로 합성되었으나, 본 연구에서는 간단한 열처리를 통한 탄소 코팅된 나노튜브 제작 공정 방법을 제시하고 그 전기화학적 특성을 분석하였다.

[P1-33]

Revealing the characteristics of the SEI layer on the Graphite anode: Jun-Hyoung Park[1], Hyun Jeong Lee[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]; [1]*Korea university.* [2]*Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Li-ion battery, anode material, graphite, liquid electrolyte, SEI layer

During the cycle of the Li-ion battery, SEI (solid electrolyte interphase) layer is formed at the region between the electrolyte and the anode as a by-product of the reaction. The SEI is considered to be a major cause to the degradation of the performance of the Li-ion battery. In spite of the importance of analyzing the formation of the SEI, there have been only few studies on this phenomenon. This is because of the difficulties on the observation of the SEI. The SEI is comprised of the various organic/inorganic compounds, which is difficult to analyze. Furthermore, the formation of the SEI occurs in the liquid-state electrolyte which is another challenge. Due to those difficulties in the observation of the SEI, the composition, structure, and electric properties of the SEI are still elusive. Therefore, it is necessary to develop the new method to analyze the SEI in Li-ion battery. In this study, we observe the growth process and confirm the properties of SEI changing along the cycles and C-rate in the high-degree vacuum.

[P1-34]

비정질 실리카를 포함하는 리튬이차전지 음극소재의 전기화학적 특성 연구: 이승수, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Li-ion batteries, Carbon-composite, Electrochemistry, Anode materials, SiO_2-based anode

현재 상용화되고 있는 리튬이온 이차전지용 음극재료인 흑연계 음극의 경우 제한적인 이론용량(372 mAh/g)과 좋지 않은 고율특성을 가진다는 단점에 의해 현재 출시되고 있는 휴대용기기 및 전기자동차에 적용하기에 부적합하다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 여러 음극재료가 많이 개발되고 있으며, 그 중 리튬 합금계 음극소재가 가장 높은 용량을 발현 할 수 있는 음극소재로서 각광받고 있다. 합금계 음극소재 중 가장 높은 이론용량을 가지는 물질로는 IV족의 규소(4200 mAh/g)와 주석(993 mAh/g)이 있으며 특히 규소 및 규소산화물들은 고용량을 발현하는 차세대 전극 재료로 주목받고 있다. 하지만, 규소 및 규소산화물들이 가지는 리튬과의 합금화 과정 중에 발생하는 큰 부피팽창으로 인하여 수명특성이 저하되는 등의 많은 문제점을 갖고 있다. 본 연구에서는 이러한 합금계 음극 소재에서 발생하는 부피팽창의 문제점을 해결하기 위해 IV족계 원소 중 하나인 규소(Si) 의 산화물상인 SiO를 이용하여 SiO_2계 비정질 복합체를 제조하였다. 제조된 비정질 SiO_2계 복합체의 형성을 XRD, HRTEM 및 FT-IR로 확인하였고, 리튬이온 이차전지용 음극 재료로써의 활용가능성에 대하여 살펴보았다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (2018R1A2B6007112). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information &communications Technology Promotion).

[P1-35]

Synthesize and magnetic properties of barium-strontium hexaferrites prepared by solid-state reaction: Jun-Ho Park, Kang-Hyuk Lee, Sang-Im Yoo; *Seoul national university.*

Keywords: Hexaferrite, paramagnetic material, saturation magnetization, coercivity

M-type hexaferrties have been used for many applications as permanent magnets, data storage materials, electrical devices, and microwave devices because of its merit. Recently, in order to increase their magnetic properties, researches on the site substitution of M-type hexaferrites are being widely performed. There have been several reports on the barium-strontium hexaferrites such as , , and etc. However, the complete solid solutions of without partial substitutions of other elements such as Ni, Mn, Co, La, Bi have rarely been reported. Thus, in this study, we investigated the magnetic properties of BSFO samples prepared by solid state reaction. Calcination condition was 1050°C for 8 h in air, and sintering condition was 1100°C, 1200°C for 2 h in air. Samples were characterized by X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and Vibration Sample Magnetometer (VSM). The XRD data revealed that BSFO hexaferrites phase coexists with a small amount of α- , and their lattice parameters of a and c tend to linearly increase with increasing x. Sintering temperature at 1100°C, sample having x = 0.2 (exhibited the highest magnetic properties of Ms = 72.22 emu/g and Hc = 4996 Oe while the sample having x = 0.5 (Ms = 69.14 emu/g and Hc = 3672 Oe. Sintering temperature at 1200°C sample with x = 0,(exhibited highest properties of Ms = 72.09 emu/g and Hc = 4469 Oe, while sample x = 0.5 (possessed the lowest values of Ms = 70.66 emu/g and Hc = 1987 Oe. The tendency of magnetic properties tended to decrease from x = 0 to x = 1 at both sintering temperatures, but showed a different trend at x = 0.5. Details will be presented for a discussion.

[P1-36]

NbC embedded Sb-based nanocomposite as Na-ion battery anodes: 정수민, 장연호, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Na-ion batteries, Anode materials, Antimony, Reaction mechanism

최근 휴대용 전자기기 및 전기자동차 산업 등의 개발과 발전으로 인하여 이차전지에 대한 수요도 늘어나고 있는 추세이다. 그 중 리튬 이차전지에 대한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 리튬 이차전지의 주원료인 리튬은 일부 국가에 제한적으로 매장되어 시장성, 경제성이 부족하다. 따라서 리튬과 특성이 비슷한 같은 족 원소인 나트륨을 이용한 나트륨 이차전지에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 나트륨 이차전지의 음극에서도 합금계 음극재료의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 660 mAh/g 이라는 우수한 용량을 가지는 물질인 안티모니(Sb) 가 주목받고 있지만 음극재료로의 적용 시 부피팽창으로 인하여 충방전시 전기화학적 성능이 저하되는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 Sb음극 소재의 단점을 극복하기 위하여, Sb/NbC/C 나노복합체를 제조하여 전기화학적 성능을 확인 하였다. 또한, Na이온의 탈삽입시 일어나는 반응메커니즘을 여러 분석기기를 이용하여 밝혀내었다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (2018R1A2B6007112). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information &communications Technology Promotion).

[P1-37]

Non-Metal Dual Heteroatom Incorporation of Mo_2C Catalyst for Highly Efficient Hydrogen Production: Tae-Yong An[1], Jude John[1], Byeolee Moon[1], Dong Kyu Lee[1], Sang Min Ha[2], Hye-Mi Jo[3], Uk Sim[1]; [1]*Chonnam National University.* [2]*Elim-Global Inc.* [3]*Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Hydrogen Evolution Reaction, Catalyst, Water splitting, Photoelectrochemical cell, Molybdenum Carbide

The development of efficient and low-cost catalysts for water splitting is a fundamental challenge for electrochemical hydrogen production. For commercialization of water electrolyzer, highly efficient catalyst for hydrogen evolution reaction (HER) under basic condition is required. Low-cost molybdenum-based catalysts have attracted much attention, but they have not proven to be sufficiently active or stable in alkaline media. Inspired by biomolecular systems, we now present our successful use of polydopamines, a component of adhesive proteins secreted by marine mussels, to synthesize a new, enhanced molybdenum-based catalyst. Moreover, through combinatorial controlling P and S heteroatom elements, further enhanced electrochemical performance was realized. Firstly, to study the effect of P incorporation, we synthesized Mo_2C:P using a hydrothermal process. Dopamine (2 mg) was used as a monomer and mixed in tris-(hydroxy-methyl) aminomethane solution (10 mM, pH 8.5). Mo precursors in ammonium heptamolybate (3 mM) and the P precursors in ammonium phosphate (0 to 100 mM) were introduced into the dopamine solution. In order to carbonize the solution, it was dried and then thermally treated in a nitrogen-rich tube furnace at 800°C. The electrocatalytic activity of the catalyst was measured using cyclic voltammetry with a rotating disk electrode system in a three-electrode cell at 1M KOH. The 50mM of P sample showed optimal HER catalytic activity, showing the overpotential of 133 mV to attain a current density of 10 mA/cm^2. Further improvement could be achieved via S incorporation into the optimized Mo_2C:P catalyst. To find optimal concentration of S element, S precursors in sodium sulfide (0 to 50 mM) were introduced into the dopamine solution with Mo and P precursors and the solution was dried and carbonized at 800°C. From the current-potential plot, the overpotential was further decreased (113 mV). From XRD, TEM and XPS analysis, we also identified that the incorporation of S and P changed the crystallinity and electronic structure on the surface, possibly resulting in the improved electrochemical performance. In conclusion, we have designed a new bio-mimetic Mo_2C:S:P catalyst with enhanced HER properties. The significant catalytic enhancement achieved in this study emphasizes the potential to be explored in strategies applying bioinspired materials as HER catalysts.

[P1-38]

나트륨 이차전지용 Sb_2Te_3/C 나노복합체의 전기화학적 특성 연구: 남기훈, 김도현, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Sodium-ion batteries, Antimony telluride, Anode materials, reaction mechanism

최근 에너지 저장 시스템, 모바일, 자동차 산업 등의 개발과 발전으로 인하여 화석연료를 대체하기 위한 이차전지에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 그 중에서도 리튬 이차전지에 대한 수요가 많이 증가하고 있다. 그러나 리튬 이차전지의 주원료인 리튬은 일부 국가에 제한적으로 매장되어 시장성, 경제성이 부족하다. 따라서 이를 대체할 수 있는 저가의 나트륨을 이용한 나트륨 이차전지에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 나트륨 이온전지는 리튬 이온에 비해 상대적으로 큰 나트륨 이온의 이온 반경으로 인하여 상용화된 흑연을 음극소재로 적용하기 어렵기 때문에 다양한 합금계 음극에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 그 중에서도 높은 이론용량을 가지는 안티모니(Sb) 및 텔루륨(Te)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Sb과 Te의 화합물인 Sb_2Te_3을 합성하여 나트륨 이차전지의 전극소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 나트륨과의 반응 메커니즘을 확보하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 나트륨 이온 전지의 음극재료로써의 새로운 연구 방향을 제시하였다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (2018R1A2B6007112). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information &communications Technology Promotion).

[P1-39]

Layered Ge[P3-C nanocomposite anodes for high-performance Li- and Na-ion batteries: 남기훈, 김태현, 빅철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Litihum-ion batteries, Sodium-ion batteries, Anode materials, Germanium phosphide, reaction mechanism

최근 에너지 저장 시스템(ESS) 모바일, 자동차 산업 등의 개발과 발전으로 인하여 기존의 화석연료를 대체하기 위한 이차전지에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 그 중에서도 대용량 리튬 이차전지에 대한 수요가 많이 증가하고 있다. 리튬 이차전지에는 대표적인 음극재료로 흑연을 많이 사용하게 되는데, 흑연의 이론용량(372 mAh/g)은 고용량 이차전지 음극재료로 사용되기에는 부족함이 있다. 따라서 높은 에너지 밀도를 가지는 음극재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 리튬 및 나트륨 이차전지 음극 물질 중에서 인(P)은 리튬 또는 나트륨과 합금반응이 가능하며, 이를 이차전지 음극에 적용하였을 경우, 높은 이론 용량 2594 mAh/g의 고용량 구현이 가능하다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고, 충방전시 큰 부피팽창으로 인한 전기화학적 성능 저하로 인하여 많은 연구가 필요하다. 본 연구에서는 인(P)과 게르마늄(Ge)의 이원계 층상구조 화합물인 GeP_3를 제조하여 리튬 및 나트륨 이차전지의 전극소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 반응메커니즘을 확보하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 고용량 리튬 및 나트륨 이온 이차전지의 음극재료로써의 새로운 연구 방향을 제시하였다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (2018R1A2B6007112). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information &communications Technology Promotion).

[P1-40]

Improvement of the electrical properties of low-temperature cured front silver gridlines for heterojunction solar cells: LI YUANMING, Hee-Soo Kim, Joo-Youl Huh; *고려대학교신소재공학과.*

Keywords: silicon heterojunction solar cell, Ag electrode, low-temperature curing, contact resistance, microstructure

To realize the high conversion efficiency potential of silicon heterojunction (SHJ) solar cells, it is crucial to minimize the series resistance by reducing the line resistivity and contact resistance of the Ag gridlines formed via curing process at a low temperature (^{2} were obtained by adding 20 wt.% of Ag NPs and inserting the inkjet-printed Ag contact layer, respectively. In the presentation, the correlation between the electrical performance and contact microstructure of the front Ag gridlines will be discussed in detail.

[P1-41]

$MnFeCoPSi_xGe_y$ (x+y=0.6) **합금에서 첨가원소의 함량에 따른 자기열량 효과의 변화에 대한 연구**: 이아영[1], 김송이[1], 김영도[2], 이민하[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]한양대학교.*

Keywords: Magnetocaloric effect, Magnetic transition, Magnetic entropy change, Curie temperature

자기열량 효과에 기초한 자기냉각 소자의 개발은 상온 부근에서 큰 자기열량 효과를 나타내는 새로운 재료의 개발에 연구가 집중되어 왔다. 현재까지 $Gd_5Si_2Ge_2$, $LaFe_{13-x}Si_x$, MnFePAs 등의 상온 부근에서 큰 자기열량 효과를 가지는 합금들을 기초로 하여 자기냉각 소자에 응용하는 연구가 이루어졌으나, 고가의 희토류가 사용되어 제작비용이 증가하거나, As 원소와 같은 인체에 유해한 성분이 포함되는 문제점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 희토류나 유해원소의 사용 없이 상온 부근에서 기존 자기열량 재료의 특성을 따라갈 수 있는 새로운 Mn계 자기열량 소재의 개발을 위하여 MnFeCoP 합금에 첨가원소 (Ge, Si)를 추가하고, 첨가원소 함량 (x=0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.6)에 따른 Mn계 합금의 자기열량 특성변화를 VSM을 이용하여 분석하였다. 결론적으로 $MnFeCoPSi_xGe_y$ (x+y=0.6) 합금에서 자기적 전이가 발생하여 자기열량 효과가 발현된 온도 구간은 상온 (280~310K)과 고온 (390~490 K) 부근으로 나타났으며, 상온 부근에 비해 고온 부근에서의 자기열량 효과가 더 크게 나타나는 것을 확인하였다.

[P1-42]

음극활물질 표면안정화에 따른 리튬이온전지 특성평가: 조성철, 박창현, 김현종, 유성미; *(주)뉴파워프라즈마.*

Keywords: 리튬이온전지, 이차전지, 표면개질, Si-SiOx, Graphite

본 연구에서는 Si 와 SiO_x를 이용하여 고용량 및 재현성이 우수한 흑연 음극활물질을 제조하고 그 특성을 평가하였다. SiO_x 혼합분말을 열처리하여 Si와 SiO_2, 그리고 흑연으로 형성된 음극활물질을 제조하였으며 SEM 및 XRD를 통해 특성을 평가하였다. 사용된 raw powder의 크기가 미세할수록 우수한 음극재 특성을 보였다. Si 함량, 열처리 온도, 도전재 조성 및 음극활물질 조성을 달리하여 실험하였으며, 최적의 음극활물질 제조 공정을 확립하고 이를 이용하여 음극재를 제조하였다. 0.5C로 충방전한 결과, Si 함량이 5%일 경우 초기 방전용량은 940 mAh/cm^3 이였으며, 500cycles 이후 85%의 retention을 보였다. 음극활물질 내부에 존재하는 Si의 영향으로 높은 용량을 보였으며, SiO_x 막으로부터 형성된 코팅층이 부피팽창을 억제하여 우수한 재현성을 나타내었다.

[P1-43]

Hydrogen storage in metal oxide hybrid nanostructure with nanocellulose by hydrothermal method: Chulmin Youn[1], Joonbong Lee[1], Hojin Lee[1], Sangwoo Lee[1], Taekjib Choi[1]; *[1]Sejong university.*

Keywords: Hydrogen storage, Nanocellulose, Hybrid nanostructure

Nanocellulose is considered as the sustainable materials due to renewability, affordability and non-toxicity in nature. As a chemical raw material, nanocellulose can form flexible or strong networks that are suitable templates for artificial nanostructure with enhanced

electrochemical performances. Here, we prepared metal oxide hybrid nanostructure from cellulose nanofibrils and oxide nanobelt via hydrothermal method using transition metal oxide precursor and TEMPO oxidized cellulose nanofibers. Oxide nanobelts with high aspect ratio are structurally uniform and single crystalline. Pt nanoparticles was grown on the surface of oxide nanobelt by spillover method to achieve high efficiecy of hydrogen storage. The injection and release of hydrogen atoms into the oxide nanobelt can be confirmed by a lattice structure using X-ray diffraction.

P2 : 나노소재
Room 3층 로비, 4월 25일

[P2-1]

One-pot으로 합성된 Pd@Au core-shell 나노입자의 변형률 분석: 김진수[1], 정의영[2], 유태경[2], 안재평[3], 이재철[1]; *[1]고려대학교. [2]경희대학교. [3]한국과학기술연구원.*

Keywords: Pd, Au, one-pot synthesis, 변형률

재료가 나노화되면 표면 격자 변화 및 재료의 특성 변화가 나타난다는 것은 많은 연구로 잘 알려져 있다. 특히 격자 상수의 변화는 원자의 전자구조를 변화시킬 수 있기 때문에 표면 격자 변형률 제어를 통해 기존에 나타나지 않는 새로운 특성을 나타낼 수 있다. 이러한 특징을 활용하여 특히 촉매 분야에서는 나노입자의 고용, 코어-쉘, 산화물계열의 구조를 통해 백금계열 귀금속 원소 촉매를 대체하려는 연구들이 진행되고 있다. 10족 원소인 Pd는 수소분해 촉매로 현재 과산화수소 합성 반응에 주로 사용되고 있다. 그러나 과산화수소 선택성이 낮은 문제점으로 인해 개선이 필요하여 다른 원소와의 고용을 통해 해결하는 연구들이 진행되고 있지만, Pt와 같이 다른 원소로 대체하려는 연구는 아직 진행되고 있지 못하고 있다. 본 연구에서는 Pd@Au core-shell 구조를 통해 Pd보다 높은 과산화수소 촉매 활성 및 높은 선택성을 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 Au의 과산화수소 촉매 활성이 없음에도 불구하고 코어-쉘 구조에서 높은 촉매 활성이 나타난 원인에 대하여 표면의 격자 변형률 측면에서 분석하고자 한다.

[P2-2]

Wafer-Scale Integration of Highly Uniform and Scalable MoS_2 Transistors: Juyeon Seo[1], Byungjin Cho[2], Youghun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]; *[1]Inha University. [2]Chungbuk National University. [3]Korea Institute of Materials Science (KIMS).*

Keywords: molybdenum disulfide (MoS_2), MoO_3, radiofrequency sputtering, transistors, intrinsic mobility

Great potential of atomically thin molybdenum disulfide, such as low power consumption, high carrier mobility, excellent switching capability, and tunable band gap, calls out for a tremendous amount of researches to be conducted to apply this material as semiconducting channel for various electrical devices including logic circuits, memories, and transistors. However, the realization of a 2D integrated circuit is challenging due to the lack of large-scale and high-quality growth method. In this work, we report that subsequent sulfurization of predeposited MoO_3 thin films prepared via rf sputtering can produce the large-scale, atomically flat, and four-layered MoS_2 film on a 2 in. wafer. Microscopic and spatial spectroscopy results indicate that the synthesized MoS_2 films exhibit high uniformity over the entire wafer. The highly uniform MoS_2 layers allow a successful integration of devices based on ~ 1200 MoS_2 transistor arrays with a yield of 95% owing to their extreme homogeneity on Si wafers. Intrinsic charge transport behavior of MoS_2 channel can be investigated by the pulse measurement system, minimizing the extrinsic parameters such as oxide charge trapping effect. Such a simple and reliable synthesis method is applicable to other 2D transition metal dichalcogenides, enabling the chip integration of novel 2D layered device architectures.

[P2-3]

Controlled fabrication of 3D silicon micro-/nanopillar arrays using bilayer metal assisted chemical etching: Minisha Mehta[1], Tae-Won Nam[2], Yeon-Sik Jung[2], In-Suk Choi[1]; *[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Metal Assisted Chemical Etching, Micro- and Nanostructures, Lithography

Highly ordered three-dimensional (3D) silicon based micro/nanostructures are of growing interest in current semiconductor industry and well-documented as promising building blocks for devices in the fields of nanoelectronics, optoelectronics, energy conversion, energy storage, as well as bio- and chemical sensors. Numerous methods have been developed to fabricate Si mico-/nanostructures, but metal-assisted chemical etching (MacEtch) has attracted significant attention in the past because of its simplicity and ability to generate high quality 1D, 2D and 3D semiconductor nanostructures. Over the last years, MacEtch was effectively utilized for the fabrication of ordered nanostructures, but till date this process has not been fully explored for the Si micromachining which might opens a whole new field of research in microelecromechanical system (MEMS). In this contribution, a facile, cost effective and micro/nano-electronics compatible method based on bilayered Macetch approach for fabrication of 3D Si-micro/nano-pillar arrays will be addressed. Prior to MacEtch, metal mesh with arrays of micro/nanoholes was prepared using standard/soft lithography and evaporation procedures. The preliminary investigations show that the key ingredient to achieve such micro/nano-structures not only depends on metal types, but also on order of metal films, their surface morphology, and wet etching conditions. Moreover, MacEtch process using single/bi-metal films with various combinations and thicknesses were also tested to obtain desired mesostructures. Upon optimization, vertical and controlled 3D Si-micro/nanopillar arrays have been successfully prepared from bulk Si(100) substrate. Furthermore, metal-Si interface studies on etched and unetched surface were performed to understand the mass transfer and etching mechanism during metal-assisted etching process. Thus, the technique introduced here can presumably be applied to systems other than Si and highly interesting for scalable 3D micro/nanostructures generation that may find its potential applications in electronic devices.

[P2-4]

전기폭발법을 이용한 Ni 나노분말의 제조 및 입도 제어: 박일정[1], 김건홍[1], 김대원[1], 이동진[2], 정항철[1]; *[1]고등기술연구원. [2](주)나노기술.*

Keywords: Pulsed wire evaporation, Nickel, Nanopowder, Classification, MLCC

최근 스마트폰, 태블릿 PC 등의 소형화, 박형화, 고용량화 등에 따라 MLCC 내부전극에 사용되는 니켈 분말의 초미세화가 요구되고 있다. 전기폭발법(Pulsed Wire Evaporation method)은 펄스파워(Pulse Power)를 이용하여 금속와이어를 증발·응축시켜 분말을 제조하는 방법으로 전기폭발법을 이용하여 제조한 금속 나노분말은 액상환원으로 제조되는 금속 분말보다 결정성이 좋아 높은 결정화도가 요구되는 나노분말 제조에 사용되고 있다. 본 연구에서는 전기폭발법에 의하여 니켈 나노분말을 제조하고 조대한 마이크로 분말을 분급하기 위해 원심회전력 분급장치를 이용한 분급특성에 대하여 연구하였다. 초기 분말 입도가 약 40-80 nm인 결정화도가 높은 니켈 나노분말을 제조하였으며 전기폭발법으로 제조된 니켈 나노분말은 핵생성속도 및 분말 형성 시 여러 변수의 영향으로 입도분포가 넓은 단점과 금속 나노 입자의 경우 비표면적의 증가로 인해 나노 입자의 응집이 발생하였다. 니켈 나노분말의 분산 및 소성 후 조도를 향상시키기 위해 분급을 실시하였으며, 1 μm 이상의 조대 분말이 대부분 제거된 것을 확인하였다.

[P2-5]

수열합성법을 이용한 산화아연 나노선 어레이 합성 및 생체 분자의 세포 내 전달 효율: 변상원[1], Prashant Sharma[2], 이재원[2], 조현아[1], 함우승[1], 박범철[1], 조남혁[2], 김영근[1]; *[1]고려대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 의과대학.*

Keywords: 산화아연, 나노선, 수열합성, 3차원 구조, 인간배아신장세포

금속 산화물은 다기능성과 생체적합성으로 인하여 식품, 자외선 차단제 및 항균제에 사용되며, 그 중 산화아연을 기반으로 한 나노 복합체는 바이오 이미징, 약물 전달 및 면역치료에 큰 기대를 모으고 있다.[1, 2] 하지만 산화아연 나노구조가 어떻게 생체 고분자의 세포 내 전달을 매개하는지에 대한 자세한 메커니즘은 찾기 어렵다. 본 연구에서는 수열 합성법을 이용하여 수직 및 부채 형태를 갖는 두 종류의 산화아연 나노선 어레이를 고밀도로 합성하였고, 세포 독성 및 세포 내 전달 효능과 3차원 구조의 상관 관계를 분석하였다. 수열 합성법을 이용하여 산화아연 나노선을 합성하였고, 염색된 HEK 293 세포를 두 구조의 나노선 어레이 와 대조군으로 커버슬립 위에서 배양하고 분리한 뒤 생존 세포의 수를 측정하여 비교하였다. 나노선에 형광염료가 결합된 펩타이드를 붙여 세포를 배양하여 세포 내 전달 효율을 분석하였다. 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM), X선 회절장치(XRD) 등으로 나노선 구조 및 세포의 형상을 분석하였으며, Confocal microscopy 와 flow cytometry를 통하여 세포 내 전달 효율 및 생존 세포의 수를 분석하였다. 산화아연의 세포 독성을 갖음을 확인하였고, 산화아연의 3차원 구조가 세포 내 전달 효율에 영향을 미침을 확인하였다.

[P2-6]

PANI/Cu_2O NPs/InP nanorods for CO_2 to CH_3OH conversion stability: Dong Yun Kim, Hyun Kim, Brayek Amine, Bee Lyong Yang; *Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: CO_2, CH_3OH, PANI, Cu_2O, Stability

Ongoing research of the precise CO_2 to fuel conversion selectivity became important issue because products are mixed during CO_2 reduction. In order to improve conversion selectivity, some of metal oxide catalysts are available for different products. In this study, InP was vertically grown on FTO glass by chemical bath deposition instead of dominant chemical vapour deposition. And grown InP nanorods were confirmed by means of both FESEM (field emission scanning electron microscope) and TEM (transmission electron microscope). Cu_2O NPs were comparatively studied by two different methods that of electrodeposition/oxidation process and SILAR (successive ionic layer adsorption and deposition process process). PANI(polyaniline) was coated to prevent a photocorrosion of Cu_2O. CO_2 to CH_3OH conversion selectivity test was conducted using three electrode system under visible light that of intensity 100mW/cm^2. Products of CO_2 reduction was collected by micro-syringe and subsequently transferred to the NMR (nuclear magnetic resonance) and raman spectroscope to identify inside solution composition. Quantitative measurement of CH_3OH was not only evaluated by GC-MS (gas chromatography-mass spectrometer) but also stability of InP composite.

Acknowledgement: This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education Science and Technology(MEST) (2017R1D1A1B03034141)

[P2-7]

Inverse micelle sol-gel process를 이용하여 합성한 메조포러스 산화 구리(CuO) 의 계면활성제에 따른 특성 변화: 양원식[1,4], 허성규[1,2], 핫산 가리드[1,3], 황해진[4], 김범성[1,3], 서석준*[1,3]; *[1]한국생산기술연구원희소금속산업기술센터. [2]고려대학교. [3]과학기술연합대학원대학교. [4]인하대학교.*

Keywords: 메조포러스 산화 구리, Inverse micelle, Sol-gel process

메조포러스 산화물은 2~50 nm 기공 크기와 넓은 표면적 등의 고유한 특성을 갖고 있어 메조포러스 SiO2를 중심으로 폭넓은 분야에 이용되고 있다. 반면 전이금속 산화물은 빠른 축합반응 속도와 계면활성제-전구체 간의 약한 상호작용으로 인해 일반적인 sol-gel 법으로 합성이 어려워, TiO2, ZrO2 등 일부 원소의 메조포러스 산화물 합성만이 이루어져 왔다. 본 연구에서는 메조포러스 구조 제어의 용이성 확보와 공정의 단순화가 가능한 inverse micelle sol-gel 법을 이용하여 메조포러스 산화 구리를 합성하였다.메조포러스 구조 형성을 위해 반응 pH, 계면활정제의 농도와 종류, 열처리 온도를 조절하였고, 합성된 메조포러스 산화 구리는 비표면적 분석기(BET), FT-IR, FE-SEM, HR-TEM, X-선 회절분석기(XRD)를 통해 분석을 수행하였다. 메조포러스 산화 구리는 pH 및 반응물 농도를 최적화하여 합성되었고, 열처리 온도(250-450°C)가 증가함에 따라 기공크기, 1차 입자 크기가 모두 커짐을 확인하였다.

또한 서로 다른 계면활성제를 사용하여 탄화수소 길이의 따른 내부 기공, 비표면적등 특성 변화를 확인하여 메조 구조 형성에 필요한 최적의 계면활성제를 선택 할 수 있었다.

[P2-8]

Self-assembled NaCl nano-crystal: Patterning agent for nano-sized metal-mesh: Dong Kyu LEE, Tae Soo Kim, Hak Ki Yu ; *Ajou University.*

Keywords: NaCl nano-crystal, metal-mesh, flexible device, wet chemical etching

We developed a breakthrough method of making metal nano-patterns using self-assembled NaCl nano-crystals as a patterning agent, applying them to i) transparent flexible electrodes and ii) catalysts for Si nanorods fabrication. Au nano-patterns fabricated using NaCl patterning agent on PET substrate showed low resistance (40 Ω) and relatively high transmittance (73%), and excellent mechanical stability. Wet chemical etching of silicon with Ag nano-pattern formed on Si (100) substrate using NaCl patterning agent produced uniform vertical silicon micro-rods with thickness 1~2 um and length of about 3~4um. This Si micro-rods shows high light absorption (over 90%) in the wavelength range of 350~800 nm, and various applications in optoelectronic devices are expected in future.

[P2-9]

Charge-transfer-based Gas Sensing Using Atomic-layer MoS_2: Su Ryeon Lee[1], Byung Jin Cho[2], Yong Hun Kim[3], Myung Gwan Hahm[1]; [1]*Inha university.* [2]*Chungbuk National University.* [3]*Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: TMD, 2D nanomaterials, Molybdenum disulphide, Gas sensor, CVD

Two-dimensional dichalcogenides, including MoS_2(Molybdenum disulphide), have shown impressive potential for a sensor material based on their high surface-to-volume ratio and semiconducting properties. However, the theoretical mechanism behind this selective chemical reactivity has been unclear, limiting further researches for applications. Here, we report highly sensitive atomically grown MoS_2 using CVD(Chemical vapour deposition) method. In-situ photoluminescence makes it clear that the charge charge transfer mechanism between the gas molecules and MoS_2 is the origin of high sensitivity. Calculations based on Density functional theory also explain this mechanism, indicating NO_2 and NH_3 molecules have negative adsorption energies. We discovered existence of charged trions and neutral excitons due to gas adsorptions via the difference in peaks of in situ PL characterization, which clarifies the charge transfer mechanism.

[P2-10]

Fe_3O_4-ZnO **복합기능 클러스터의 합성 및 특성 분석**: 고민준, 박범철, Pan Lijun, 김영근; *고려대학교.*

Keywords: 산화철, 산화아연, 나노입자, 체외진단

자성나노입자는 약물전달시스템, 생체 내 이미징, 온열 치료, 세포 및 생체분자 분리 등의 진단분야에 응용하는 연구가 활발히 진행 중이다 [1]. 그 중에서도, 초상자성을 띄는 산화철 나노입자를 체외진단에 응용하는 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 그러나, 현재 낮은 검지민감도, 긴 검지시간, 불가능한 정량분석 등에서 기술적 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 체외진단에 응용이 가능한 페리자성 산화철-산화아연 콜로이달 나노결정 클러스터를 합성하고 자성 및 광학 특성을 분석하였다. 먼저 산화철 클러스터를 폴리올 방법으로 합성하였고 [2], 그 표면에 산화아연의 핵생성을 유도하는 방식 [3]으로 콜로이달 나노결정 클러스터를 합성하였다. 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope), 엑스선회절분석(X-ray diffraction, XRD)을 통해 클러스터 입자의 형상 및 구조를 확인하였다. 또한 자성, 광학 특성은 진동시편자력계(Vibrating sample Magnetometry, VSM) 와 형광분광계(Photoluminescence spectrometry)를 통해 분석하였다. 클러스터의 내부에 산화철 클러스터가 존재하고, 그 위를 산화아연 클러스터가 덮은 형태임을 확인하였고, 산화아연 클러스터가 다결정 혹은 비정질 형태로 존재함을 선택영역 전자빔 회절패턴(Selected Area Electron Diffraction, SAED)를 통해 분석하였다. 또한 산화철-산화아연 클러스터의 포화자화 (32 emu/g)가 초상자성 산화철-산화아연 코어-쉘 나노입자의 포화자화보다 커, 체외진단 시 자성농축효율이 용이하다. 또한 형광분광계를 통해 산화철-산화아연 클러스터가 310 nm의 파장을 갖는 레이저를 흡수한 후 365 nm, 470 nm의 빛을 발광함을 분석하였다.

참고문헌 [1] N. H. Cho et al., Nat. Nanotechnol., 6, p. 675 (2011). [2] J. Cha, RSC Adv. 3, p. 3631 (2013). [3] X. Hu, J. Gong, L. Zhang, J. C. Yu, Adv. Mater., 20, p. 4845 (2008).

[P2-11]

Photoelectrochemical reduction of carbon dioxide on Carbon QDs/PANI/TiO_2 NRs Photoelectrode: Brayek Amine, Hyun Kim, Dong Yun Kim, Bee Lyong Yang; *Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: Photoelectrochemical reduction, Carbon Dioxide, Carbon QDs, PANI, TiO2 NRs

We report exploiting effective carbon QDs grafting to enhance the photoelectrochemical activity of PANI/TiO_2 NRs films, applied as photoanodes for photoelectrocatalytic (PEC) CO_2 reduction into methanol (CH_3OH). The in situ carbon QDs/PANI/TiO_2 NRs films were prepared on a fluorine-doped tin oxide (FTO) substrates by a hydrothermal method for TiO_2 NRs growth, then chemical polymerization for PANI Coating and finally impregnation in carbon dots solution. C QDs and Polyaniline coating were confirmed with an X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), TEM and SEM analysis. Comparing the PEC properties, Carbon QDs/PANI/TiO_2 NRs cathode exhibits the highest photocurrent density vs. (Ag/AgCl/Sat.KCl), which is approximately 2 times higher than that of the

uncoated films. The highest methanol yield increased significaly after carbon QDs grafting. Based on the electrochemical and photoelectrochemical analysis, the enhanced PEC performance in C QDs/PANI/TiO_2 NRs films owe to its improved carriers density, electrical conductivity, and electrons lifetime. The possible photocatalytic mechanism was proposed which is beneficial for further improving the activity of photocatalysts. The approach described in this study provides a simple and reliable strategy for the rational design of efficient visible light-driven photo catalysts for photoreduction of CO_2 to hydrocarbons. Acknowledgement This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education Science and Technology(MEST) (2017R1D1A1B03034141)

[P2-12]

Effect of shot peening on microstructural evolution of QT500 ductile cast iron: Yubing Zhang[1], Keesam Shin[2]; [1]*School of Nano & Advanced Materials Engineering.* [2]*Changwon National University.*

Keywords: shot peening, ductile cast iron, microstructural evolution

Ductile cast iron is widely used in the manufacture of automobile parts duo to its high wear resistance and fatigue resistance. Thus, improvement of wear resistance and fatigue properties of such material is a key for the improvement of the automobile. Surface nanocrystallization is a high efficient method for the improvement of performance of materials (i.e., wear resistance, fatigue resistance, etc.). Shot peening treatment, as one of the surface method, have been widely applied in various materials. However, research on the microstructure evolution upon shot peening is quite rare. Thus, detailed microstructure evolution of ductile cast iron is the key for the application of shot peening treatment on ductile cast iron. After ultrasonic shot peening (USP), the hardness of pearlite and ferrite increased. The degree of deformation and produced depth of the graphite was also increased. The grain refinement occurs and intensifies with increase of time and ball size of the USP treatment. With shot peening treatment, cementite transformed: from flake and band to dot and granular. The detailed microstructure evolution is shown in this research.

[P2-13]

Morphological Change of Tellurium Nanostructures through Controlling Nucleation and Growth Rate: 서호준, 문건대; *한국생산기술연구원 첨단하이브리드생산기술센터.*

Keywords: Tellurium, Shape control, Nanowire, Nanorod, Nanotube

나노 입자 합성의 주된 목적은 다양한 소자 적용에 있고, 각 소자별 나노입자의 형태, 크기, 결정성 등을 조절하는 것이 매우 중요하다. 특히, 용액공정을 통한 나노구조체 형성에 미치는 요인으로 전구체나 환원제, 용매, 계면활성제, 온도, 반응시간을 들 수 있는데, 각 인자들의 작용에 따라 핵생성 및 입자 성장에 있어 큰 영향을 받는다. 여러 가지 인자들을 조절함으로써 전구체의 환원 및 핵생성과 입자의 성장 방향 및 속도 변화를 통해 나노구조를 다양한 형태와 크기로 만들 수 있다. 이 연구에서는 일차원 형태의 다양한 텔레륨 (Te) 나노구조체의 용액 공정을 통한 합성을 소개하고자 한다. 이를 위해, 서로 다른 전구체 및 환원제, 계면활성제 농도, 서로 다른 극성의 용매에 기인한 용해도 차이 등의 성장 반응 제어가 텔레륨 나노구조체의 형상에 미치는 영향을 연구했다.

[P2-14] Cancel

Synthesis of Ag-Cu bimetallic nanowires with separated domain: 이창수, 이혁모; *한국과학기술원 신소재공학과 전산재료과학연구실.*

[P2-15]

Mechanical Properties of 3D graphene reinforced Cu: YONGDEOK JO[1], Terry A. Ring[2], Byung-Sang Choi[3]; [1]*Department of Materials Science and Engineering.* [2]*Chosun University.* [3]*Department of Chemical Engineering.*

Keywords: Graphene-Cu composite; 3D graphene; Tensile Test; Cu powder

Three-dimensional (3D) graphene network reinforced Cu (3DGR-Cu) composite was fabricated in a simple two-step process: 1) the compaction of Cu particles without additives and 2) the process of chemical vapor deposition on the particles. This method is a simple and unique process compared to previous works on graphene/metal nanocomposites [1-3]. The formation of graphene in Cu composite was characterized by Optical microscope, TEM, SEM, and Raman. SEM characterization after tensile test showed that 3D graphene was networked with Cu and had a strong bond with copper. In addition, the 3D graphene network reinforced Cu composite showed enhanced yield and ultimate tensile strength compared to pure Cu fabricated by the aforementioned processes. The enhanced yield and ultimate tensile strength of 3DGR-Cu composite was attributed to the 3D graphene network which caused load transfer and the dislocation strengthening in the Cu matrix.

Reference [1] Y. Chen, X. Zhang, E. Liu, C. He, C. Shi, J. Li, P. Nash and N. Zhao, Sci. Rep. 6, 19363 (2016). [2] J. Hwang, T. Yoon, S.H. Jin, J.Lee, T.S. Kim, S.H. Hong, S. Jeon, Adv.Mater. 25, 6724-6729 (2013). [3] S.F. Bartolucci, J. Paras, M.A. Rafiee, S. Lee, D. Kapoor, N. Koratkar, Mater. Sci. Eng. A, 528, 7933 (2011).

[P2-16]

Nanocomposite-based sensors for table-top touch displays: Byeong-Cheol Kang, Tae-Jun Ha; *Kwangwoon University.*

Keywords: touch displays, nanocomposites, solution-process, flexible substrate

Recently, touch-based displays have been extensively investigated corresponding to the development of the sensor applications. Notably, high potentials for growth of such displays can be enhanced by high-performance touch sensors which exhibit high sensitivity, fast response and long-term operational stability. In this presentation, we will demonstrate flexible touch sensors based on nanocomposites fabricated by solution process at low temperature for table-top touch displays. By carefully choosing the nanomaterial as a sensing component and optimizing the fabrication process, we fabricate the highly sensitive touch sensors on a flexible media. We will also discuss the sensing mechanism of touch sensors based on solution-processed nanocomposites.

[P2-17]

Self-guided Growth of sub-millimeter-long Vanadium Dioxide Nanowires Driven by Directional Ostwald Ripening: Hye Jin Lee[1], Myung Hwa Kim[2], Won Jun Choi[3], Jeong Min Baik[1]; [1]*Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).* [2]*Ewha Womans University.* [3]*Korea Institute of Science and Technology (KIST).*

Keywords: VO_2 nanowire; growth; V-shaped structure; align technology; Ostwald Ripening;

The large-scale assembly of nanowires with controlled orientation on surfaces remains one challenge preventing their integration into practical devices. Millimeter-long vanadium dioxide nanowire formed at temperature below the bulk melting point and they can be exploited to grow nanowire without any catalyst. We demonstrates the simple approach of sub-millimeter long and self-aligned VO_2 nanowires based on directional Ostwald Ripening process. This work started by designing the substrate, composed of V-grooved surface deposited by silicon oxides, in which the transport of liquid particles are controlled by the chemical potential energy and surface morphology. Thus, the particle coarsening process became directional, resulted in successful growth of sub-millimeter long nanowires with very uniform metal-insulator transition properties and self-alignment of the nanowires. By applying millimeter-long horizontally aligned VO_2 nanowires, we also fabricated strain sensor arrays with high sensitivity and high accuracy through chemical transfer method on PDMS substrate. Moreover, the various applications of millimeter-long vanadium dioxide nanowires is also investigated. This work should play an important role in sensor such as gas sensor, batteries, photonic crystal and infrared detection.

[P2-18]

접착력 제어 방식의 메탈 나노와이어 패터닝 기술: 김종복, 고동욱; *금오공과대학교.*

Keywords: 메탈 나노와이어, 접착력, UV 경화성 고분자, PMMA, 패터닝

광전자소자 제작에 필수적인 투명전극 재료로는 높은 투과도와 전도도를 갖는 ITO가 주로 사용되었다. 그러나 ITO는 외부 응력으로 인한 변형 시 crack이 발생되기 쉽고 그 결과 전도도가 저하되는 문제점으로 인하여 웨어러블 소자에는 적합하지 않은 문제점이 제기 되었다. 메탈 나노와이어, 특히 은 나노와이어는 나노와이어 네트워크 형성을 통한 우수한 전기전도와 네트워크 자체의 강한 외부 변형 저항성으로 인하여 유연 소자를 위한 ITO 대체 투명전극으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 이러한 은 나노와이어 기반 투명전극을 위한 새로운 패터닝 공정으로써 접착력 제어 방식의 패터닝 공정에 대하여 연구하였다. 일반적으로 은 나노와이어 기반 전극의 패터닝은 감광제를 코팅하고 노광, 현상 과정을 거치는 포토리소그래피 공정이 주로 사용된다. 그러나 이러한 포토리소그래피 공정은 감광제의 환경 오염 특성과 높은 공정단가라는 문제점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 은 나노와이어와 기판과의 접착력 제어를 통하여 패터닝하는 새로운 공정을 연구하였으며, 표면 처리를 통하여 선택적으로 은 나노와이어와 기판과의 접착력을 증가시킬 경우 패터닝 할 수 있음을 증명하였다. 또한, 다양한 메탈 나노와이어와 기판에 대하여 접착력 제어 방식의 패터닝 공정을 테스트 함으로써 패턴을 형성하기 위한 임계 접착력을 도출하였으며 유기태양전지와 같은 광전자소자에 이러한 전극을 도입하여 광전자소자로의 응용 적합성 또한 확보하였다.

[P2-19]

Selective-area oxidation of graphene grown by chemical vapor deposition: Jinseok Choi, Sung Jin An; *Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: graphene, oxidation, chemical vapor deposition

Graphene is an interesting material because it has remarkable properties such as high intrinsic carrier mobility, good thermal conductivity, large specific surface area, high transparency, and high Young's modulus values. It is produced by mechenical and chemical exfolation, chemical vapor deposition (CVD), and epitaxial growth. In particular, large-area and uniform single-layer growth of single- and few-layer graphene is possible by using transition metals via thermal CVD process. Similar to graphene, graphene oxide also offers a wide range of application posibilities such as sensor technology, energy-related material, biomedical, etc. Here we present selective-area oxidation of graphene grown by CVD. The graphene was transferred to the SiO_2/Si wafer before oxidation. The oxidized surface and the pristine surface of the graphene were analyzed by Raman spectroscopy, x-ray photoelectron spectroscopy etc.

[P2-20]

Two-dimensional hexagonal atomic layers as Raman scattering enhancers triggered by pressure and charge transfer: 김현민[1], 이영빈[2], 김정혜[1], 조정호[2], 안종현[3]; [1]*대구경북과학기술원.* [2]*성균관대학교.* [3]*연세대학교.*

Keywords: graphene, 2D materials, surface enhanced Raman scattering, charge transfer, pressure

Recently, graphene enhanced Raman scattering (GERS) is very popular as a method to extract chemical information from dye

molecules due to its excellent quenching capability on otherwise superfluous fluorescent backgrounds. Here, we introduce a new method to enhance Raman signals of a graphene-rhodamine 6G (R6G)-graphene sandwich structure using a magnet-induced static pressure to maximize the chemical contact of the R6G molecules with graphene. The increase in pressure in the graphene-R6G-graphene sandwich geometry plays a crucial role in enhancing the Raman signal by approximately up to 30 times in comparison to that acquired from a R6G/graphene layered film. We also report the enhanced Raman scattering of R6G using 2-dimensional transition metal dichalcogenides such as MoS_2 and WSe_2 to compare with graphene. Single layered physisorbed adsorptions of R6G onto MoS_2 and WSe_2 nanosheets were made with soaking aqueous R6G solution, allowing us to implement a photocurrent measurement and subsequently correlate it with Raman spectroscopy. Theory and experiments were critically interrogated to evaluate fluorescence quenching and chemically enhanced Raman signals of R6G molecules coated on MoS_2 and WSe_2 systems with regards to those of graphene-R6G system.

[P2-21]

Effect of Ultrasonic Shot Peening on Microstructural Evolution of Duplex Stainless Steel S32750: Sijia Liu[1], Keesam Shin[2] ; [1]*School of Nano & Advanced Materials Engineering.* [2]*Changwon National University.*

Keywords: Ultrasonic shot peening (USP), Duplex stainless steel, EBSD, TEM

Shot peening treatment, as one of the surface modification, has been widely applied in various materials. S32750 duplex stainless steel is usually used as tubing in the oil/gas delivery system, operated in corrosion environment under high pressure. During service, oil/gas induced pitting on tubing reduces the thickness and even causes the failure of the structure. Improving the corrosion resistance is a key for the application and maintenance of such materials. S32750 stainless steel has been treated at 1070°C for 1 h to prepare the precipitation-free microstructure (g and d dual phase structure). Shot peening treatment was carried out on the heat treated specimen. Cross section electron backscattered diffraction (EBSD) analysis was used to distinguish the evolution of the dual phase structure. Specific depth transmission electron microscopy (TEM) analysis was applied to the characterization of the evolution of nanocrystallization. The hardness of the shot peened specimen was tested upon microhardness test. The detailed microstructure evolution of dual phase steel is shown in this research.

[P2-22]

Magnetic Properties of FeCo Nanoparticles by Polyol Method: Park Jong-hwan, Sun-Woo Kim, Choi Ho-Jun, Se-Hee Shin, Young-il Na, Hynu-Jun Kwon, Dae-Seok Seo, Han-Young Jung, Su-Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: magnetic, nanoparticles, polyol method

FeCo alloys have high saturation magnetization, permeability and high Curie temperature. FeCo alloys are candidates EMI for high frequency applications. However, Synthesis of FeCo nanoparticles remains difficult in terms of controlling shape and size. There have been attempts to synthesize FeCo nanoparticles through co-precipitation, wet chemical, thermal decomposition. There have been many papers written about the synthesis of FeCo nanoparticles, but few have addressed the effect of synthesis time. The purpose of this study was to investigate how both the synthesis time and composition affect the magnetic properties of FeCo nanoparticles using the polyol method.

[P2-23]

Study on chromaticity according to nano pore conditions produced by Anodic Aluminum Oxide process: 신형원[1], 이효수[1], 정승부[2]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *성균관대학교.*

Keywords: chromaticity, nano pore, anodic aluminum oxide, color, 1976 CIE space

Existing color material are produced an organic solvent painting process on steel sheet, but there is a limit of emotion color realization. Color material has a problem does not required emotional needs of customer for restrictions on use of organic solvent and simple color material. Anodic Aluminum Oxide is one of the emotional material technology for using the aluminum in a variety of metal materials. The AAO produced by anodic aluminum oxide process is excellent color and texture better than other materials. In this study, we were made the AAO by pore size to implement a natural color and texture instead of a simple and artificial colors through anodization. We measured the reflectivity according to incident wavelength and analyzed the color of the AAO by pore size. Also, we have studied the mechanism that the relationship between the reflectivity and pore of AAO by analysis of the microstructure and surface properties.

[P2-24]

Mechanical Properties of 3D graphene reinforced Cu: Byung-Sang Choi[1], Yongdeok Jo[1], Terry A. Ring[2]; [1]*Department of Materials Science and Engineering, Chosun University.* [2]*Department of Chemical Engineering, University of Utah.*

Keywords: Graphene-Cu composite; 3D graphene; Tensile Test; Cu powder

Three-dimensional (3D) graphene network reinforced Cu (3DGR-Cu) composite was fabricated in a simple two-step process: 1) the compaction of Cu particles without additives and 2) the process of chemical vapor deposition on the particles. This method is a simple and unique process compared to previous works on graphene/metal nanocomposites [1-3]. The formation of graphene in Cu composite

was characterized by Optical microscope, TEM, SEM, and Raman. SEM characterization after tensile test showed that 3D graphene was networked with Cu and had a strong bond with copper. In addition, the 3D graphene network reinforced Cu composite showed enhanced yield and ultimate tensile strength compared to pure Cu fabricated by the aforementioned processes. The enhanced yield and ultimate tensile strength of 3DGR-Cu composite was attributed to the 3D graphene network which caused load transfer and the dislocation strengthening in the Cu matrix.

Reference: [1] Y. Chen, X. Zhang, E. Liu, C. He, C. Shi, J. Li, P. Nash and N. Zhao, Sci. Rep. 6, 19363 (2016). [2] J. Hwang, T. Yoon, S.H. Jin, J.Lee, T.S. Kim, S.H. Hong, S. Jeon, Adv.Mater. 25, 6724-6729 (2013). [3] S.F. Bartolucci, J. Paras, M.A. Rafiee, S. Lee, D. Kapoor, N. Koratkar, Mater. Sci. Eng. A, 528, 7933 (2011).

[P2-25]

Effect of Shot Peening on the Microstructural Evolution of Pure Al: Liming Xu[1], Keesam Shin[2]; [1]*School of Nano & Advanced Materials Engineering.* [2]*Changwon National University.*

Keywords: Key words: USP, pure Al, microstructural evolution

The ultrasonic shot peening (USP) technique can cause severe plastic deformation with high strain rate on the surface of materials, which has been successfully used as a method of surface modification. Here, the effect of shot peening on the microstructural evolution and stability of commercially pure aluminum is investigated. The chemical composition of commercial pure aluminum is Si-0.08 Fe-0.30 Cu-0.01 Mn-0.04 Mg-0.01 Ti-0.01 V-0.01 Al>99.55. Before shot peening, all specimens are annealed at 450°C to reduce the influence of residual stress. USP-treated Al was investigated using analytical microscopic techniques: Vickers microhardness test, electron backscattered diffraction (EBSD), and transmission electron microscopy (TEM).The results show that, the plastic deformation during USP produces an ultrafine grain layer and results in a higher hardness on the surface. Besides, the microstructure of USP-treated specimen shows a gradient variation from surface to matrix.

[P2-26]

High sensitive pressure sensor based AgNW/NOA electrode patterning: 김준혁[1], 김강현[2], 김종만[2]; [1]*부산대학교 나노과학기술대학 광메카트로닉스공학과.* [2]*부산대학교 나노과학기술대학 나노융합기술학과.*

Keywords: AgNW, NOA, pressure sensor, Interdigitated electrode, Lithography

최근 실시간으로 건강 정보를 수집할 수 있는 전자 기기에 대한 관심이 증대됨에 따라서, 신체에 부착하여 다양한 움직임을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 유연하고 신축성 있는 압력센서에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 다양한 원리로 구동되는 압력 센서 중에서 제작 공정이 간단하고, 신호 수집이 용이하다는 장점을 갖는 저항형 압력센서가 가장 집중적으로 연구되고 있다. 저항형 압력센서를 실제 응용 분야에 활용될 수 있도록 하기 위해서는 저렴한 비용과 간단한 공정으로 제작 가능한 고민감도의 압력센서에 대한 연구가 진행되어야 한다. 그렇기 때문에, metal thin film interdigitated 전극과 불규칙한 표면을 갖는 상대 전극을 이용하여 민감도를 높이는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 하지만 이러한 연구들은 사용하는 상대 전극이 금속 물질이 코팅된 티슈와 샌드 페이퍼로부터 형상을 전이한 폴리머등을 기반으로 하기 때문에, 재현성이 다소 떨어진다는 문제를 갖고 있다. 본 연구에서는 PET 필름에 코팅된 감광성 폴리머인 NOA를 노광 시간을 조절하여서 점성을 갖는 intergdigitated 전극과 카운터 전극 패턴을 형성시킨 후 폴리이미드 필름에 코팅해 놓은 AgNW(은 나노 와이어)위에 제작된 NOA 패턴을 올려놓고 롤러로 압력을 줘서 전이시켜준다. 이로써 제작된 AgNW/NOA pattern 압력 센서를 제작한다. 제작된 압력 센서는 AgNW의 표면 거칠기와 더불어 NOA pattern의 단차를 통해 압력이 가해졌을 때 카운터 전극과 interdigitated 전극의 접촉 면적 변화를 극대화 시킴으로써 기존의 metal thin film interdigitated 전극을 이용한 압력센서보다 더욱 높은 민감도를 갖게 된다. 또한, 높은 신뢰도를 갖는 리쏘그래피 공정을 이용하여 패턴을 제작하기 때문에 재현성을 크게 높일 수 있다. 이렇게 간단한 공정으로 제작된 고민감도의 AgNW/NOA 압력센서를 통해 다양한 신체의 움직임을 실시간으로 확인할 수 있는 웨어러블 디바이스를 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

[P2-27]

Carbon quantum dots on InP nanorods for CO_2 to CH_3OH conversion: Hyun Kim, Dong Yun Kim, Brayek Amine, Bee Lyong Yang; *Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: Carbon quantum dots, InP nanorods, CO_2, CH_3OH, Selectivity

Ongoing research of the carbon capture and utilization (CCU) became critical challenge over the world after revealed that storage of captured carbon is not ultimate solution to reduce CO_2 concentration. There are several CO_2 conversion processes such as a thermal reduction with catalyst, electro-catalytic reduction, biochemical reduction and photocatalytic reduction. Especially photocatalytic CO_2 reduction process is analogue to solar water splitting. That is, photocatalysts that were applied for hydrogen evolution could be also used for CO_2 reduction. In this study, InP (indium phosphide) which enable to visible light absorption was vertically grown on FTO glass by chemical bath deposition instead of dominant chemical vapour deposition. Carbon quantum dots were synthesized by hydrothermal method. Subsequently carbon quantum dots were deposited on grown InP nanorods that were confirmed by means of both FESEM (field emission scanning electron microscope) and TEM (transmission electron microscope). Its anisotropic growth mechanism was proposed that dissolution and specific precipitation. CO_2 to CH_3OH conversion test was conducted using three electrode system under visible light that of intensity 100mW/cm^2. Products of CO_2 reduction was collected by micro-syringe and subsequently transferred to the

quartz cuvette involving chemical reagent of CH_3OH to coloured solution conversion selectively for qualitative measurement by UV-Vis absorbance. Quantitative measurement of CH_3OH was also conducted by GC-MS (gas chromatography-mass spectrometer). Acknowledgement This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education Science and Technology(MEST) (2017R1D1A1B03034141)

[P2-28]

Mg-Cu-Y-Ag 비정질 합금의 탈 성분 부식법을 이용한 Cu-Ag 이원계 나노 다공성 구조체 형성과 전기화학 촉매 특성: 현재익[1], 공경호[1], 김우철[1], 나민영[1], 김원태[2], 김도향[1]; *[1]연세대학교 공과대학신 소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교.*

Keywords: amorphous alloy, dealloying, nanoporous structure, electrocatalyst

탈 성분 부식법 (dealloying)을 통한 나노 다공성 금속은 센서, 촉매, 연료전지, 캐패시터 등 다양한 분야에서 많은 관심을 받고 있다. 탈 성분 부식법은 전구체 합금에서 상대적으로 낮은 환원 전위를 갖는 원소를 선택적으로 탈 성분화 시켜 비활성 원소들이 표면 확산을 통하여 연속적인 나노 다공성 구조를 형성하는 화학적인 공정이다. 특히, 조성적으로 균일한 구조를 갖는 비정질 합금을 전구체로 사용할 경우 탈 성분 부식법을 통해 균일한 구조를 갖는 나노 다공성 구조를 얻을 수 있어 전구체로서 비정질 합금이 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 다양한 형태의 나노 다공성 복합체 구조를 형성하기 위해 비정질 형성능이 뛰어난 Mg-Cu-Y 계 비정질 합금을 전구체로 사용하였고, Ag를 첨가하여 탈 성분 부식법을 통해 준안정한 고용체 형태의 Cu-Ag 나노 다공성 구조체를 형성하였다. XRD, SEM, TEM, XPS 분석을 통하여 Ag 첨가량과 용액의 농도, 침지시간에 따른 나노 다공성 구조체 형성 거동에 대하여 분석하였고, 3 전극 시스템 (three-electrode system)을 이용하여 Ag 첨가량에 따라 연료전지 촉매특성을 평가하였다 .Inductiou melting을 이용하여 Mg-Cu-Y-Ag 합금을 제조하였고, melt-spinning 기법을 통해 리본 형태의 비정질 전구체 합금을 제조하였다. 탈 성분 부식 용액은 각각 0.1 M, 1.0 M 황산 용액을 사용하였으며, 수소기포 발생이 멈출 때 까지 탈 성분 부식을 진행하였다. 연료전지 촉매특성 평가는 2.0 M NaOH와 0.1 M NaBH4 혼합 용액에서 하였으며, 모든 실험은 상온에서 진행되었다.

[P2-29]

연속합성제조시스템을 이용한 니켈 입자의 합성 및 이의 형상 제어: 조용수[1], 양승민[1], 김영근[2]; *[1]한국생산기술연구원. [2]고려대학교.*

Keywords: 니켈, 분말, 형상제어, 연속합성

최근 급격한 세계 시장 규모증가 추세를 보이는 니켈 입자는 의료, 촉매, 에너지 등 여러 응용분야에서 활발한 연구들이 진행되고 있다. 본 연구에서는 연속합성제조시스템을 설계 및 구축하고 이에 전구체로 니켈염화육수화물(nickel chloride hexahydrate), 환원제로 하이드라진 수화물(hydrazine monohydrate), 계면활성제로 PVP(polyvinylpyrrolidone), pH 조절제로 NaOH가 사용되는 습식 환원법을 적용하여 니켈 입자를 합성하였다. 하이드라진 수화물, PVP, NaOH의 농도와 반응온도가 니켈 입자의 형상 및 평균직경에 미치는 영향을 확인하였다. 합성된 입자는 주사전자현미경과 XRD(X-ray diffraction) 측정을 통해 구형, 성게모양, 체인모양 등 다양한 형상의 니켈 입자임을 확인하였다.

[P2-30]

Highly Sensitive Acetylene Sensing Properties of In-doped ZnO Quantum Dots: 박민선, 유란, 장병진, 구아란, 김민형, 박윤지; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Acetylene gas sensor, In-doped ZnO, Quantum dots, Transformer oil

The acetylene gas (C_2H_2), dissolved in oil-filled power equipment, has undoubtedly the most detrimental risk in terms of safety owing to the arc discharge characteristics. Therefore, it is a necessity to systematically detect the dissolved acetylene gas for optimum operation condition which can directly affect the safety and stability of the power system. In this vein, we report the high-performance C_2H_2 gas sensor based on 1 at% In-doped ZnO quantum dots (QDs) which was synthesized by a hydrothermal method. The phase and morphology of the as-synthesized QDs were characterized by X-ray diffraction (XRD) and scaning electron microscope(SEM) analyses. The sensing properties of the C_2H_2 gas were carried out by exposing the sensor to various concentration under the various working temperatures. The response (R_a-R_g/R_g) to the 10 ppm acetylene was about 337.5. at the optimum operating temperature of 500 °C, which was superior to that of In-doped ZnO nanoparticles. The excellent sensing properties of the In-doped ZnO QDs are attributed to the synergic effect originating from the high surface area to volume ratio and the large amount of oxygen vacancies because of quantum size effect. The excellent C_2H_2 sensing properties of the In-doped ZnO QDs indicate that the sensor is feasible for the detection of C_2H_2 in oil-filled-transformer.

[P2-31]

CVD(Chemical vapor Deposition)를 통한 그래핀의 대면적 합성 및 특성: HoJun Choi, Sun Woo Kim, Jong Hwan Park, Se Hee Shin1, Young Il Na, Hyun Jun Kwon, Dae Seok Seo, Han Young Jung, Su Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: graphene, CVD, transmittance, electromagnetic wave, shield

As a fourth industrial revolution, electronic device is becoming smaller. the development of advanced materials become more important. Also the transparent and flexible devices are being important for healthcare and actualizing ubiquitous. accordingly Electromagnetic wave causes many problems at high frequency. When electromagnetic wave occurs, a various of problems such as human body, destroy of P-N junction, malfunction of semiconductor component. In order to solve these problems, many researches have

been progress. Electromagnetic thin films using graphene which has thin and high electric conductivity were fabricated by chemical vapor deposition(CVD) for application of high frequency band. Theoretically, graphene has not only monolayer of carbon and good mechanical and transmittance properties but also high conductivity, mobility. However, although it has excellent properties, bulk production is difficult and properties of graphene are lower than expected due to defect of graphene. In this study, we confirmed the synthesis of large area graphene for transparent electronics. The graphene was synthesized by chemical vapor deposition(CVD) on Cu foil. Properties of graphene were measured by 4-point probe, raman spectroscopy, transmittance measurement, effectiveness shielding.

[P2-32]

열간 압출공정으로 제조된 알루미늄 합금 경사 기능 이종복합재료의 특성 평가: 김다솜[1], 박광재[1], 박재홍[2], 김권후[3], 김경주[1], 권한상*[1]
; *[1]부경대학교신소재시스템공학과. [2](주)차세대소재연구소. [3]부경대학교금속공학과.*

Keywords: Aluminum alloy; Hot extrusion; interface; Hall-Petch equation; Kelly-Tyson equation

본 연구에서는 열간 압출 공정을 이용하여 환봉 형태의 Al3003/Al6063 경사 기능 이종복합재료를 제조하였다. 이 재료의 외부는 고강도 특성을 지닌 Al6063, 내부는 상대적으로 연성 및 가공성이 우수한 Al3003으로 구성되어있다. 성질이 다른 두 소재의 계면 접합 강도를 증가시키기 위해 벌크 간의 조합보다 접촉 표면적이 큰 분말과 벌크의 조합으로 이종복합재료를 제조하였다. Al3003 원료 분말의 특성은 particle size analyze(PSA)와 x-ray fluorescence(XRF)로 분석되었다. 제조된 경사 기능 이종복합재료의 미세 조직을 scanning electron microscope(SEM)으로 관찰한 결과, 두 재료의 접합부는 결함이 존재하지 않는 건전한 계면 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 경사 기능 이종복합재료의 기계적 물성을 파악하기 위해 비커스 경도와 인장 강도를 측정하였다. 비커스 경도와 인장강도는 각각 약 50 HV과 153 MPa로 일반적으로 알려진 Al3003과 Al6063의 물성치에 비해 모두 약 1.5배 정도 높게 나타났다. 이러한 강화 현상은 석출 경화와 압출 과정에서의 결정립 미세화에 기인한 것으로 예상되고, 그 중 결정립 미세화에 따른 강도 상승의 정도를 계산하기 위해 Hall-Petch 식을 도입하였다. 또한, Al6063을 강화상으로 가정하여 Kelly-Tyson식으로 이론적 인장강도를 계산하였고, 그 값을 실험치와 비교하였다. 이상의 결과는 열간 압출 공정이 경사 기능 이종 복합재료를 제조함에 있어 유용한 공정임을 시사하며, 이러한 경사 기능 이종복합재료는 전자 기기 및 기계 장치 부품과 수송기기 산업용 소재 부품에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

[P2-33]

Nanocrystal metamaterial perfect absorber fabrication by ink-jet printing with coupling method: Mihyun Kim, Hye-Won Yun, Sung-Hoon Hong; *ETRI.*

Keywords: nanocrystal, metamaterial, perfect absorber, ink-jet printing

In this study, we present the inkjet printing of silver colloidal nanocrystals for the functional metamaterial perfect absorber fabrication. The Ag nanocrystal dispersion are used as printing ink, and the flexible PET film is used as the substrate. Using the ink-jet printing process, the few micron featured Ag nanocrystal-based patterns were fabricated over large areas of up to a 10 cm×10 cm centimeters of complex patterns. The ink-jet printing and coupling process with low temperature process allows for the demonstration of these metamaterial patterns on the rigid substrates as well as, on the various flexible polymers substrates. The optical and electromagnetic property of the metamaterial patterns were tuned by the choice of pattern size and shapes, the dielectric function of the nanocrystals.

[P2-34]

브랜치 복합구조 나노와이어 합성 및 금속촉매에 의한 가스 센싱 특성 향상: 김현우, 최명식, 방재훈, 엄완식; *한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: SnO_2 나노와이어, 브랜치, 금속 촉매, 가스센싱

1-D 나노와이어 기반의 가스센서는 표면적-부피 비율(surface-to-volume ratio)이 높기 때문에 높은 민감도와 선택성이라는 장점을 가지고 있으며, 이에 따라 많은 연구가 진행되고 있다. 이번 실험에서는 두 번의 Vapor-Liquid-Solid(VLS) 공법을 통하여 SnO_2 나노와이어 위에 브랜치 복합구조를 형성하였으며, 이중나노선 위에 금속 촉매를 형성시켰다. 브랜치와 금속 촉매가 형성된 SnO_2 나노와이어는 형상 및 미세구조가 변화하였고 이는 Scanning Electron Microscope(SEM), X-ray diffraction(XRD), 그리고 Transmission Electron Microscope(TEM)을 통하여 분석되었다. 가스센서 실험을 통하여 브랜치 구조 및 금속 촉매 기능화된 SnO_2 나노와이어는 기존 SnO_2 나노와이어 센서에 비해서 높은 감응 특성을 보였다. 이러한 복합구조의 합성은 앞으로의 다중 복합물을 이용한 나노센서 분야에서 유용할 것으로 보인다.

[P2-35]

Thermal effect of repeated CVD process on Cu/graphene: Lee Jaeyeong, Shin Hojun, Yu Hak Ki; *Ajou University.*

Keywords: Graphene, Cu foil, CVD, thermal conductivity

Graphene, one of the most remarkable materials, has been studied in a variety of fields. There have been many studies on the chemical and corrosion stability of graphene. However, research on thermal stability has not been relatively developed. Changes in graphene and copper grain size were analyzed by exposing the copper foil to a repeated graphene growth CVD process. 1) a sample in which the graphene growth cycle was repeated three times, 2) a sample in which the graphene growth cycle was performed once, and the remaining two were subjected to a CVD process without introducing methane(carbon source for graphene growth) 3) Samples with three cycles without methane(sample without graphene growth). A total of three samples were analyzed. Raman spectroscopy was used

to confirm that there was no significant difference in the quality of graphene. The grain size of the copper was analyzed with an optical microscope(OM). The copper foil protected by graphene had a relatively small increase in grain size after repeated CVD cycles. On the other hand, samples that were not protected by graphene showed a large increase in copper grain size. The high thermal conductivity of the graphene releases the heat of the copper foil, thereby preventing the increase in copper grain size. The changes of graphene such as number of layer or arrangement will be confirmed by using polarized OM and SEM. This study will show more possibilities for the thermal stability of graphene.

[P2-36]

Synthesis of indium oxide nanocubes and their gas sensing properties: Thuy T. D. Nguyen[1], Dung Van Dao[2], Gautam K. Naik[2], In-Hwan Lee[2], Yeon-Tae Yu[3]; [1]*Division of Advanced Materials Engineering and Research Center of Advanced Materials Development.* [2]*Chonbuk National University.* [3]*Korea University.*

Keywords: In_2O_3 nanocubes, hydrothermal, gas sensing, repeatability

As n-type semiconductor, indium oxide (In2O3) is an important direct wide band gap (~3.6 eV) material for gas sensing application because of its useful optical and electronic properties. The gas sensing properties of In_2O_3 are closely related to its morphologies and structures. Up to now, many morphologies and structures of In_2O_3 have synthesized for gas sensing application. However, there is few reports on the gas sensing of In_2O_3 nanocubes. In_2O_3 nanocubes have good advantages of sharp edges and tips, which provide more active sites and smooth surfaces to the detection gas. Here, we report a facile way to synthesize In_2O_3 nanocubes by using hydrothermal method. Initially, $In(OH)_3$ nanocubes were synthesized by adding Na_2CO_3 to $InCl_3$ solution. The reaction was conducted at 90°C for 10 h with continuous stirring. After that, $In(OH)_3$ nanocubes was heated at 500°C for 2 h to form In_2O_3 nanocubes. The structures, morphologies and surface area of as-synthesized In_2O_3 nanocubes were characterized by XRD, SEM, TEM, and BET measurements. As an important gas sensor material, as-prepared In_2O_3 nanocubes have been tested for ethanol, hydrogen, carbon monoxide, methane, and acetaldehyde detection. Notably, In_2O_3 nanocubes showed the highest gas sensing response (~120) to 100 ppm ethanol at the optimum working temperature of 300°C. In_2O_3 nanocubes further showed high gas sensing performances as compared with commercial In_2O_3 nanoparticles. It is a reason of higher surface areas of In_2O_3 nanocubes (~47.6 m^2/g) than commercial In_2O_3 nanoparticles (~7 m^2/g). In addition, the synthesized In_2O_3 nanocubes indicated good repeatability for gas sensing applications.

[P2-37]

Synthesis of As Doped p-type ZnO Nanorods by Ion Implantation: Taekyun Lee[1], Jong Sung Ryu[2], Seong Gyu Park[1], Sung Jin An[3]; [1]*Department of Advanced Materials Science and Engineering.* [2]*Kumoh National Institute of Technology.* [3]*Kumoh.*

ZnO with wurtzite structure have a wide band gap of 3.37 eV. Because ZnO has a direct band gap and large exciton binding energy, it has higher optical efficiency and thermal stability than GaN of the blue light emitting device. To fabricate ZnO devices with optical and thermal advantages, n-type and p-type dopoing are needed. Many research groups have devoted to fabricate stable p-type ZnO up to date. In this study, As ions was implanted by ion implanter to fabricate p-type ZnO. After ion implant, rapid thermal annealing (RTA) was conducted to activate As dopants. The structural, optical, and electrical properties of ZnO nanorods were investigated before and after ion implantation and annealed ZnO using FE-SEM, XRD, PL, and Hall measurement by stages. And the structural, optical, and electrical properties of ZnO nanorods depending on As ion dose variation and RTA temperature were analyzed same methods.

[P2-38]

Synthesis of Ag-prism@SiO_2 core-shell nanoparticles and their electrophoretic deposition (EPD) on TCO electrode: MD JAMIR AHEMAD, Adilbish Ganpurev, Yeon-Tae Yu; *Chonbuk National University.*

Keywords: Core-shell, electrophoretic deposition (EPD), transparent conductive oxide (TCO), optical properties

Now-a-days silver nanoparticles (NPs) have been widely used to tune the optical properties of LEDs by varying the size, geometry, and interparticle distance of NPs. Particularly controlling the shape of silver nanoparticles to more complex geometries other than spherical such as prism and cubes, provides another tactic to tune its properties for different applications. Among them silver nanoprisms show a promising role due to relatively large size and highly anisotropic shape. Because of the high radius of curvature of the tips of silver nanoprisms the localized surface plasmon resonance (LSPR) band can be tuned anywhere from the blue-violet to the near-infrared (NIR) region of the spectrum. Two main issues arises in the way of fabrication of LSPR silver NPs enhanced-LEDs are, aggregation nature of silver NPs and its non-uniform deposition on less conductive LEDs surface. To overcome these shortcomings silver NPs were coated with silica layer and deposition was carried out by electrophoretic deposition (EPD) technique. Silica coating stabilizes the surface of the core particle, without damage to their optical properties. Compared with other conventional coating methods such as dip-coating, spin-coating, sputter coating and plasma spray, EPD possessed the advantages of fast deposition velocity, little restriction of the shape of substrates, a good thickness control, and the cost effectives for assembling the apparatus. In this report, we have first time deposited Ag-prism@SiO_2 core-shell NPs on the transparent conductive oxide (TCO) substrate by EPD technique under mild conditions and study their deposition behavior under different conditions. Ag-prism@SiO_2 core-shell NPs were synthesized by chemical reduction of silver salt followed by the modified Stöber method. As synthesized Ag-prism@SiO_2 core-shell NPs were

deposited initially on transparent conductive oxide (TCO) substrate such as Indium tin oxide (ITO) or fluorine doped tin oxide (FTO) glass by EPD technique. The thickness of the Ag-prism@SiO_2 NPs film can be controlled via pH of the solution, the applied voltage and the deposition duration. The morphology, size, and structural properties of synthesized core-shell NPs were characterized by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), transmission electron microscopy (TEM), and UV-visible spectroscopy (UV-VIS) techniques. The deposited Ag-prism@SiO_2 core-shell NPs on the TCO substrate were then been analyzed by using Field Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX). The optical properties such as transmittance (T) of the deposited film were carried out using a UV–Vis spectrophotometer in the wavelength range from 200 to 800nm.

[P2-39]

용액공정기반 열변색 스마트윈도우용 VO_2 나노잉크 제조 최적화: 윤지원[1], 이석재[2], 김광석[1], 김대업[1]; [1]*한국생산기술연구원 전북지역본부.* [2]*전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Solution-based process, Nanoink, Dispersion stability, IPL sintering, Vanadium dioxide

전 세계적으로 CO_2 배출 및 에너지 절감 등의 환경규제를 시행함에 따라 가시광선 투과율은 유지하고 열선인 적외선 투과율 제어를 통해 실내온도 유지에 소비되는 에너지를 절감할 수 있는 스마트윈도우 연구가 활발히 진행되고 있다. Vanadium dioxide (VO_2)는 상대적으로 낮은 68°C의 상전이온도와 적외선 투과 제어가 가능하여 열변색 소재로 많이 사용되고 있다. 기존의 VO_2 박막 제조는 주로 sputtering이나 CVD 등으로 하였으나, 공정비용이 높고 균일하게 증착가능한 면적의 한계가 있으며, sol-gel 등 용액공정을 통해 제조된 박막은 낮은 접착강도로 인해 상용화에 걸림돌이 되고 있다. 이러한 문제 해결을 위해, 본 연구에서는 VO_2 분말이 포함된 용액에 분산제와 바인더를 첨가하여 제조된 나노잉크로 유리기판을 코팅하여 균일하고 접착강도가 향상된 열변색 스마트윈도우 박막을 저렴하게 제조하고자 하였다. VO_2 분말을 용매에 polyvinylpyrrolidone (PVP) 및 ethyl cellulose와 혼합하여 나노잉크를 제조하였으며, 잉크의 점도와 분산안정성을 viscometer와 turbiscan을 활용하여 분석하였다. 박막은 유리 표면에 적정량의 잉크를 스핀코팅한 후 IPL sintering 공정을 통해 제조하였으며, 미세조직은 FE-SEM, 접착강도는 SAICAS를 활용하여 분석하였다. 실험결과, 용매 비율이 물 1 : 에탄올 1인 경우에서 가장 효율적인 잉크제조가 가능하였으며, VO_2 분말의 크기가 작아질수록, 첨가된 분산제 함량이 증가할수록 잉크의 분산안정성은 향상되었으나 6 wt.% 이상에서 반대의 경향을 보였다. 첨가된 바인더 함량이 증가할수록 박막의 접착강도는 증가하나 공정시간 및 첨가제간 상호작용 등을 고려하여 함량을 최적화 하였다.

[P2-40]

Effect of Nb Doping on Chemical Sensing Performance of Two-Dimensional Layered MoSe2: Min Ji Kang[1], Byung Jin Cho[2], Yong Hun Kim[2], Myung Gwan Hahm[1]; [1]*Inha University.* [2]*Chungbuk National University.*

Keywords: two-dimensional layered MoSe2, Nb doping, chemical sensing

Two-dimensional semiconducting transition metal dichacogenides (TMDs) are getting more attention as gas sensing devices. High surface to volume and tunable electronic structures are merits, but low long-term stability and sensitivity still remain as problem to solve. Here we report the enhancement of detection performance in few-layered $MoSe_2$ doped with Nb atoms. The concentration of Nb atoms was controlled by the number of cycles of plasma enhanced atomic layer deposition Nb_2O_5. Responses to NO_2 gas molecules and durability of sensor were highly increased in relatively small amount of Nb doping due to its small grains and stabilized grain boundaries. However further increasing Nb density leads to metallic transition to $NbSe_2$ which does not respond to gas molecules results in downsizing sensing performances. This novel method of doping 2D transition metal dichalcogenide-based nanomaterials with metal atoms is a promising approach to improve the performance such as stability and gas response of 2D gas sensors.

[P2-41]

Electrochemical properties of Pt/C catalyst electrodes prepared by EPD method under different pH and deposition times for PEMFC: Adilbish Ganpurev[1], Dung Van Dao, Jin-Nyeong Jo, Yeon-Tae Yu; *전북대학교.*

Keywords: Electrophoresis deposition, Carbon cloth, Pt/C electrode, pH value, low Pt loading

One of challenges facing PEMFC commercialization is to improve the utilization of platinum (Pt) within the catalyst layer (CL), which should ultimately reduce Pt loading in the electrodes. Theoretically, all Pt in the CL should be active for hydrogen oxidation and oxygen reduction reactions. The fuel and oxidant must react at the interfacial region between the polymer electrolyte and Pt catalyst, which is a three-phase reaction zone. Here, the electrode should be designed to allow rapid access of the reactants into this zone, and the electrolyte/catalyst interface must enable the transfer of both protons and electrons. A new approach to prepare MEA with ultra-thin Pt CLs at the polymer electrolyte membrane/electrode interface based on electrophoresis deposition (EPD) was reported in our previous work. During EPD, we succeeded in depositing an ultra-thin CL onto the carbon black electrode and controlling the Pt nanoparticles (NPs) size to 3-5 nm. However, the mass-specific activity of Pt/C electrode was considerably decreased with increasing deposition amount of Pt catalyst due to coagulation of Pt NPs at low pH values. To solve coagulation problem of Pt NPs, EPD is carried out at different pH values of Pt colloid solution. The aim of this study is the observation of Pt catalyst loading behavior on MPL of carbon substrate by EPD at different pH and deposition times, also investigation of single cell performance of MEA with low and optimum Pt loading. To prepare Pt/C electrode using EPD, a carbon cloth with microporous layer (W1S1005, CeTech) was used as the working electrode, and Pt colloid solution was applied as a plating bath. Electrochemical experiments were conducted on Potentiostat/

Galvanostat in three-electrode cell. In each experimental case, pulse current density, cycle time and duty cycle were held constant at 30 mA/cm^2, 1 s and 25%, respectively. The pH of Pt colloid solution was varied from 2 to 4 and it was adjusted by using H_2SO_4 solution prior to EPD. The EPD time was changed from 10 min to 60 min. The MEAs were formed by sandwiching the Nafion®212 membrane between the anode and cathode and hot-pressing them at 100°C for 3 min under 60 kg/cm^2 of pressure. The prepared MEAs were characterized by FESEM, EDX and ICP, in order to verify the deposition of Pt NPs at the membrane/electrode interface and determine the total Pt loading. The electrochemical performances of prepared MEAs were determined in a single 5 cm^2 PEMFC (SMART-II, WonATech) under H_2/air environments, at 80°C and 1.5 atm backpressure. As reference, a MEA was fabricated using the commercial gas diffusion electrode (GDE, 0.3 mg_{Pt}/cm^2) on both the anode and cathode sides.

P3 : 재료분석
Room 3층 로비, 4월 25일

[P3-1]

바이오매스 연소 보일러에 적용을 위한 T91 보일러 튜브 코팅의 접착강도 및 미세조직 특성: 고은솔, 김두수, 배시연; *한전전력연구원.*

Keywords: Biomass, Boiler tube, HVOF, Microstructure, adhesion strength

현재 바이오매스 연소 보일러는 과열기 튜브 고온부식에 의한 손상이 빈번이 발생되고 있다. 이를 방지하기 위해, 내식성을 갖는 코팅분말 재료 및 시공에 대한 연구가 요구된다. 본 연구에서는 고온 부식을 저감하기 위한 코팅 분말과 코팅 공정을 개발하고, 실제 발전소 현장에 적용하고자 한다. 내부식 코팅의 설계방안 도출을 위해, 기존 사용 분말로 코팅 시험편을 제조하고, 내부식 코팅의 특성을 평가하였다. 바이오매스 보일러 과열기 튜브로 사용되고 있는 T91소재를 모재로 사용했고, 코팅분말은 Ni기 In625와 C276, Fe기 Armacor-M을 선정하여, Arc-wire, Flame powder spray, HVOF의 3가지 방법을 적용했다. 코팅의 미세조직 및 상분석은 주사전자현미경과 XRD로 측정했고, 비커스 경도와 표준 인장 접착 시험을 통해 기계적 특성을 평가했다. 분석결과, HVOF가 낮은 기공도를 가지며, 경도와 접착강도에서 우수한 특성을 보인다.

[P3-2]

고온 성장로용 단열 흑연 펠트의 전열특성에 관한 연구: 김경호[1], 조규섭[1], 전영준[1], 최경환[1], 김상섭[2]; *[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.*

Keywords: graphite felt, heat insulating material, heat insulation, graphite hard felt, graphite soft felt

graphite felt의 특성으로는 낮은 열 전도율, 고온에서의 치수 안정성 및 균일성, 낮은 비열을 가진다. 또한 가공이 용이하기 때문에 고온을 요구하는 실험 및 공정에서 단열재로 사용되고 있다. 본 연구에서 사용되는 graphite felt 단열재는 Al2O3를 약 2050°C의 고온에 성장시켜 단결정 사파이어 잉곳을 만드는 열처리로의 단열재로 사용된다. 단열재의 성능에 따라 단결정 사파이어 성장 공정에서의 전력 소비량이 결정되기 때문에 단결정 사파이어 잉곳의 단가를 결정하는 중요한 요인이 된다. 본 연구에서는 이러한 흑연 felt들의 특성을 연구하기 위해 soft felt와 hard felt 및 graphite felt들의 미세구조로 분류하여 분석하였다. 각 각의 graphite felt들을 박스형 열처리로 안에 고정시키고 열전대를 깊이별로 삽입하여 온도를 측정하였다. 측정온도는 단결정 사파이어의 성장온도 및 열처리로의 제원을 고려하여 측정하였으며, 각 각의 graphite felt들의 전열특성을 비교하고 soft felt와 hard felt 및 graphite felt들의 미세구조와 단열특성의 상관관계를 규명하고자 하였다.

[P3-3]

Sendust 분말을 이용한 휴대전화용 전자파 흡수체의 미세 자기구조 평가: 김영우[1], 장혜원[1], 강두인[2], 최승민[2], 박현순[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2](주)창성.*

Keywords: Electromagnetic Interference , Electromagnetic Wave Absorber for mobile phone , Magnetic metal powder, Fe-Si-AI alloy, magnetic permeability, micro structure, magnetic structure

휴대전화 장치들이 소형화, 고집적화, 고사양화 되면서 전자파 간섭문제가 발생하였고, 단순히 전자파를 차폐하는 것을 넘어 흡수능을 올리는 것이 오늘날 중요한 개발 요소가 되었다. 이동통신 단말기에 들어가는 흡수체는 통신 주파수가 수 백㎒~수 ㎓대역이기 때문에, 이 주파수 대역에서 전자파 흡수율이 커야 하고, 단말기의 슬림화에 따라 film 형태로 제조되어야 한다. 또한 기기 내부에서 발생하는 자기장에 의한 전자파 간섭을 최소화 할 필요가 있다. 이러한 간섭을 최소화 하기 위해서는, 자기장을 쉽게 자화 할 수 있는 투자율이 큰 자성체가 요구된다. 주로 사용되는 재료에는 페라이트, Sendust, 니켈 합금 등이 있는데, 이 중에서 Sendust가 대표적으로 사용된다. Sendust는 분말로 사용함으로써 고주파 영역에서 와전류 손실이 크다는 단점을 보완하였고, 얇은 두께로 제조할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 Fe-Si-Al Sendust 분말을 이용해 제조된 전자파 흡수체의 미세조직 및 자기구조를 연구하였다. X-ray diffraction (XRD) 및 SEM을 이용하여 Sendust flake의 크기분포를 구하고 필름 형태로 제조되었을 때의 적층 구조를 분석하였다. 그리고 FIB 및 Lorenz TEM 을 이용하여 분석된 자기구조에 대해 논의하고자 한다.

[P3-4]

Laser shock peening으로 표면처리 된 금속의 미세조직 변화에 대한 기계적 물성 연구: 신원상[1], 정동혁[1], 박창규[2], 김윤준[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과 금속재료물성연구실. [2]한국기계연구원 부산레이저기술지원센터.*

Keywords: Laser Shock Peening, Vickers, SEM, TEM, Microstructure

Laser shock peening은 Laser를 재료 표면에 조사하게 되면 플라즈마 형태의 충격파를 형성하여 표면 부위에 Ultra-high plastic strain을 발생시키는 표면 강화 기법이다. 금속학적으로 보면 금속 표면과 내부에 다량의 전위가 생성 및 재배열 되고, 결정립 미세화, 잔류응력 발생 등의 기구를 통해 경도, 내마모성 등 기계적 성질이 강화된다고 알려져 있다. 본 연구에서는 대표적인 금속 재료인 스테인리스 강, 알루미늄 및 구리에 가하는 Laser의 파워를 조절하였을 때의 표면 강화 효과를 평가하였다. 기계적 특성 부분은 깊이에 따른 경도를 측정하는 방법으로 수행하여 표면과 심부의 경도 차이를 비교 분석하였다. 또한 광학 현미경(OM), 주사 전자 현미경(SEM/EBSD) 및 투과 전자 현미경(TEM)을 사용하여 결정립 미세화 정도와 전위 밀도 등의 분석을 수행하여 Laser shock peening이 적용된 금속의 결정학적, 조직학적 특성을 비교 분석하였다.

[P3-5]

방사화 중수로 스페이서 재료 TEM 분석 방법: 진형하, 류이슬, 권준현, 이경근; *한국원자력연구원.*

Keywords: 인코넬 X-750; TEM ; 방사화

가압중수로 형 원전은 운전 중 Zr-2.5Nb 재질의 압력관이 포함된 연료채널에서 핵분열을 유도하여 전기를 생산하는 원자력시스템 중 하나 이다. 연료채널 소재 중 연료채널내의 두개의 관인 연료관과 칼란드리아관의 접촉을 방지하는 역할을 하는 스페이서 소재는 고강도 인코넬 X-750 소재로 제작되어 사용 중에 있다. Ni 합금으로 제작된 스페이서 소재는 연료관의 근접한 위치로 인하여 운전 중 고에너지 중성자 조사 환경에 지속적으로 노출되어 있으며 이러한 중성자 조사에 의한 재료 내부의 조직 변화와 이에 따른 재료 물성 변화가 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 연료채널 구조의 건전성 평가 중 하나로서 방사화 스페이서 소재에 대한 미세조직 분석이 수행되어야 하며 특히 높은 방사화에 대비한 TEM 분석 방법이 체계적으로 준비되어야 한다. 이 논문에서는 단면적 0.7 mm * 0.7 mm 사각형태의 코일 스페이서 소재에 대한 절단, 연마 그리고 전해연마 방법으로 구성된 TEM 시편 준비 방법과 비조사 스페이서에 대상 미세 조직 분석 결과를 소개하고자 한다. 이 방법은 고방사화 상태의 스페이서 소재에 대한 TEM 분석기술로서 적용하여 향후 원전에서 사용된 방사화 스페이서 소재의 미세조직 DB 구축에 활용될 예정이다.

[P3-6]

Microstructural observation of Cu-Ni-Si alloy having high strength and high electrical conductivity: Hwangsun Kim[1], Seung Zeon Han[2], Jee Hyuk Ahn[2], Miyoung Kim[1], Heung Nam Han[1]; [1]*Seoul National University.* [2]*Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Cu-Ni-Si alloy, Microstructure, Transmission electron microscope(TEM), Precession electron diffraction

Copper alloys have been used for electric devices such as lead frame and electrical connector due to its good electrical conductivity. These materials require not only high electrical conductivity, but also high mechanical strength for reliable device application. However, in general, enhancing electrical conductivity and mechanical strength simultaneously often considered to be mutually exclusive in structural materials. Recently, improvement of both mechanical strength and electrical conductivity by utilizing Ni_2Si discontinuous precipitation process and cold drawing on Cu-Ni-Si alloy has been reported. The discontinuous precipitation is not preferred due to its unfavorable mechanical property compared to continuous precipitation, yet it can be beneficial in improving electrical conductivity by lowering the concentration of solute in matrix. In addition, cold drawing induces abnormal plastic deformation of Ni_2Si nano-sized fiber-like precipitates which is attributed to the origin of mechanical strengthening of Cu-Ni-Si alloy. Therefore, it is important to examine the microstructure of Ni_2Si nano-precipitates and their interface with neighboring grains to understand the role of Ni_2Si in the mechanical properties. In this work, samples using cold drawing to 90% and 95% reduction of the cross-sectional area with Cu-4Ni-0.91Si-0.05Ti, and 90% reduction of the cross-sectional area with Cu-6Ni-1.5Si-0.1Ti alloys were investigated. The microstructure was studied with JEOL-2100F Transmission Electron Microscope equipped with the DIGISTAR/ASTAR system. The raw data sets of the indexed precession electron diffraction patterns were processed and analyzed further with the TSL OIM Analysis software. 90% area reduction drawn sample has microstructure composed of low angle grain boundaries and twin boundaries. After drawing to 95% area reduction, quite a few Cu matrix grain boundaries are made up of sigma 7 coincident site lattice boundaries. Based on these results, the mechanical behavior and relationship between Ni_2Si precipitate and Cu grain will be discussed.

[P3-7]

A micro-structure analysis to identify the cause of Lance fracture in the Smelting Furnace during the Mitsubishi process: sungmi lim; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: mitsubishim , fracture, lance, smelting furnace, micro analysis

The Smelting furnace (S-furnace) used for Cu concentrate refining in the Mitsubishi process, a type of Cu refining method, undergoes violent internal reactions and temperatures in excess of 1300°C, method, making a direct experimental approach difficult. A major issue in current processing conditions is the irregular fracture of lances used to inject Cu concentrate and saturated oxygen. Costs are rising for the replacement of high-priced, high chrome-content steel used for the lances, and interruption of processing to adjust the height of the irregularly fractured lances results in significant processing loss. Presently, the lance tip temperature increase is caused by reaction heat and radiation, while the decrease is caused by the absorption of heat by the Cu concentrate. In the EBSD and EDS results, the before-using lance is a duplex stainless steel which the BCC ferrite phase and FCC austenite phase are mixed. Also, Cr content in the austenite area around the grain boundaries is smaller than the grain interior. In the SEM results of fractured lance, the number of the precipitates are found on the surface and grain boundaries. And the surface shapes of the lance body and lance surface are different. In the EDS results, substance consisting of S, Si and O shown comes from the lance surface along the grain boundary. A lot of Cr is distributed in the grain boundary in the lance body but there is little at the surface. From the EBSD results, the FCC austenite is in the lance exterior and the austenite and ferrite mixture is in the lance body. In addition, it is expected that austenite steel is present at the lance exterior due to the Cr depletion. And from AES results, the Cr precipitated at the grain boundary with Fe and C and MnS locally present at the grain boundary. Therefore, Cr depleted at the lance exterior due to the high temperature and severe atmosphere, which weakens the corrosion resistance of lance surface. And S, Si and O penetrated into the grain boundary and segregated, and crack propagation takes place quickly due to the continuous thermal stress of the lance. In addition, other factors, splashed melt or rapid injected ore may expect to cause a rapid lance fracture. It can be seen that the high-Cr stainless steel lance for improving thermal fatigue resistance is not good

because the Cr depletion is not considered. Therefore, in order to prevent the lance fracture, lower the lance temperature, reduce the lance temperature change range and a more stable lance composition to Cr depletion are needed.

[P3-8]

산소라디칼 함량에 따른 PAN Precursor의 산화안정화 특성: 박창현, 김수봉, 한도형, 이은수; *(주)뉴파워프라즈마.*

Keywords: 탄소섬유, 인장강도, 탄성율, PAN, 산화안정화

탄소섬유란 탄소원소의 질량 함유율이 90% 이상으로 이루어진 섬유장의 탄소재료로서 폴리아크릴로니트릴(PAN), 석유계, 피치(Pitch) 등을 불활성분위기에서 열분해하여 얻어지는 섬유를 의미한다. 탄소섬유는 제조공정 조건에 따라 인장강도 및 탄성율이 큰 차이를 보인다. 본 연구에서는 고강도 고탄성율을 가지는 탄소섬유를 제작하기 위하여 산소라디칼 함량에 따른 산화안정화 실험을 진행하였으며, 그 특성에 대해 평가하였다. 산화안정화 온도는 220°C~280°C 범위에서 20°C 간격으로 진행하였으며, 4zone 챔버를 이용한 연속식 공정으로 진행하였다. 밀도측정, XRD분석(고리화지수), UTM 측정 및 FESEM 분석으로 진행하였다. 산소라디칼의 영향으로 산화안정화 공정 시간을 단축시킬수 있었으며, 기존 공정 대비 향상된 특성을 나타내었다.

[P3-9]

HTCLSM을 이용한 STS 강 델타상(δ)의 고온산화 특성 분석 방법: 강영환, 김진원, 진현호, 김학현, 윤병준, 이만재; *포항산업과학연구원분석평가센터.*

Keywords: Stainless Steel, MicroScope, Confocal Laser Scanning MicroScope, δ Phase, Oxidation, SEM

STS강의 제품 생산 중 발생 되는 화이트 밴드 결함을 제거 하기 위한 연구는 그 동안 많이 진행되어 왔으나 그 원인으로 추정되는 주조 시 발생 되는 델타상의 고온 산화 특성 거동에 대한 문헌(직접관찰 데이터) 들이 부족한 것이 현실이었다. 델타상의 존재로 인해 후 공정 열처리 과정에서 기지 조직과 델타상의 고온 산화에 대한 내산화성 정도가 달라 압연 후 제품 결함의 원인이 되기도 하는데 이때 델타상의 산화특성이나 고온산화거동에 대한 명확한 해석을 할 수 없는 문제가 있었고 현장에서는 약 1200 열처리 후 델타상이 없어져 버려 표면 산화층으로 인하여 델타상의 해석을 할 수 없었다. 이런 문제들을 규명을 위하여 FE-TEM과 고온공초점현미경을 이용한 델타상의 고온 산화 특성을 직접 관찰 할 수 있도록 온도 범위를 설계하고, 그에 따른 분석 방법을 얻고자 하였다.

[P3-10]

집속 렌즈를 활용한 중성자소각산란장치의 나노입자 분석: 류지명, 신은주, 김상원, 성백석; *한국원자력연구원.*

Keywords: 중성자소각산란장치, 집속렌즈, 나노입자

중성자소각산란법은 중성자의 높은 투과율을 이용하여 재료내의 나노크기 불균일성을 측정하는 방법으로써 액체, 젤, 분말, 금속 등 다양한 형태의 재료에 활용되어 왔으며, 수~수백 나노 크기의 결정, 기공, 결함, 게제물, 석출물 등에 대한 정량적인 정보를 제공하였다. 이들 분석대상인 나노 입자들의 크기는 일반적으로 중성자소각산란장치에서 시료와 중성자 검출기간의 거리로 결정되는데, 소각산란장치에서 측정 가능한 나노 크기의 범위는 해당 소각산란장치의 주요 성능으로 평가된다. 그러나, 물리적 한계로 인해 시료와 검출기의 거리 조절만으로 측정 범위를 확대하는 것은 한계가 있다. 이를 보완하는 방법으로 저각 산란영역을 확대하여 큰 나노 입자의 측정 범위를 확대하는 방법이 집속 렌즈를 활용하는 방법이다. 본 연구발표에서는 하나로 냉중성자실험동에 운영중인 18 m 중성자소각산란 장치에 중성자용 집속 렌즈를 설치함으로써 개선된 장치성능 및 활용법에 대해 소개하고자 한다. 개선된 18 m 중성자소각산란장치의 산란(Q) 측정 영역은 약 0.03~4(/nm) 이며, 분석가능한 나노 크기는 약 5~200(nm)이다.

[P3-11]

Nanoparticle sample fabrication for atom probe tomography (APT): 김세호[1], 강필웅[2], 박오옥[2], 설재복[3], 안재평[4], 이지영[4], 최벽파[1]; *[1]한국과학기술원 신소재공학과. [2]한국과학기술원 생명화학공학과. [3]포항공과대학교. [4]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: atom probe tomography, nanoparticles, atomic resolution, 3D tomography

The atom probe tomography (APT) is a unique three dimensional compositional mapping tools and is now known as powerful techniques in materials science since the successful development of laser-assisted APT is promising for tackling in wide nanoscale materials. There have been several suggested methods and trials to investigate nanoparticles in atomic-scale using APT. However, because the fabrication of samples from nanoparticles poses a great challenge, only a very few successful attempts have been made. To analyze nanoparticles in atomic-scale using APT, two main issues must be overcome in sample preparation. The first principle issue is that the nanoparticles must be well embedded in matrix without any nano or micro void between nanoparticles and matrix interfaces, meaning that the material under examination should be well compatible. The second issue is that nanoparticles in the matrix material must be able to withstand the stresses associated with the strong electric fields or laser heat. We present a new preparation method for nanoparticles analysis for atom probe tomography. From our correlative studies, the detected particles' shape and size from APT are satisfied with our transmission electron microscopy results for the first time. We believe that this methodology and approach of well embedding nanoparticles will provide many key information to answer questions around nanoparticles.

[P3-12]

MnS함유량에 따른 동탄성계수 및 푸아송비 평가: 서대석, 최호준, 권현준, 정한영, 나영일, 김선우, 박종환; *성균관대학교.*

Keywords: ultrasonic, Poisson's ratio, Dynamic Elastic Modulus

초음파 에코 펄스법을 이용하여 철제 소결체의 MnS의 함유량에따른 물리적특성인 탄성계수와 에코 펄스 법을 측정하였다. 시편으로는 직경 30 mm 내경 15 mm 두께 10 mm의 pipe형태의 Fe_0.7%C_0.8%LUB 기본으로 MnS의 함유량을 0.3%, 0.45%, 0.75%로 다르게한 4개의 시편을 사용하였다. 초음파 에코펄스 법에 있어서는 5MHz의 주파수를 가지는 Transducer을 사용하였다. MnS의 함유량에 따라 재료내의 기공의 비율이 높아졌으며, 그에따라 탄성계수또한 0.45%의 MnS를 함유한 시편까지 감소하였지만 0.75%의 MnS를 함유한 시편은 증가하는 경향이 나타났으며 포아송비의 경우 MnS의 함유량이 증가함에 따라 값이 낮아지는 것을 확인하였다.

[P3-13]

알루미늄 합금 성분에 따른 열적특성 및 부품적용에 관한 연구: 전승원[1], 박광훈[2], 김대근[3], 김한구[4]; *[1]인하대학교 금속재료공정공학. [2]이지캐스텍. [3]고등기술연구원. [4]네덱(주).*

Keywords: Aluminum alloys, Heat radiation components, Numerical Model, Taguchi methods

최근 들어 반도체 산업에서 경량화, 고출력, 고성능, 고효율화에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따른 반도체의 집적화로 인해 과도한 열이 발생되며, 이러한 열 발생은 부품과 시스템의 성능저하 뿐만 아니라 신뢰성 확보에도 영향을 미치고 있다. 따라서, 이를 해결하기 위한 기술확보와 연구개발이 중요한 과제로 부상하고 있다. 본 연구는 위에서 언급한 문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로, 알루미늄 합금 성분에 따른 열적 특성을 분석하고, 이에 따른 부품 적용성을 확인하였다. 알루미늄의 합금설계는 JMatPro를 이용하여 phase 및 열적 특성을 1차적으로 분석하였고, 분석 결과를 바탕으로 다구치법을 이용하여 알루미늄 합금 조성 변수를 선정하였으며, 조성에 따른 개발 합금의 기계 및 열적 특성을 분석하였다. Al-Si-Mg 성분을 기본으로 개발된 합금에서 가장 문제가 되고 있는 주조성을 비교 분석하기 위하여 상용 합금인 ALDC12를 기준으로 Spiral mold를 이용한 유동성 분석을 실시하였으며, 수치해석을 통하여 형상과 구조에 따른 열적 특성을 확인하였다.

[P3-14]

A356 합금에서 2단 시효 열처리가 미세구조와 기계적 특성에 끼치는 영향: 정동혁[1], 신원상[1], 공소현[1], 손주희[2], 김윤준[1]; *[1]인하대학교 신호재공학과 금속재료물성연구실, [2]핸즈코퍼레이션*

Keywords: 2단 시효, a356 합금, 금속간 화합물, 주사전자현미경

알루미늄 합금의 주조 과정에서, Fe 원소의 첨가는 불가피하다. 고온에서 첨가된 Fe 원소는 알루미늄 합금 내에 용해되지만, 상온에서의 낮은 용해도로 인해 냉각과정에서 금속간 화합물을 형성하게 된다. 형성된 Fe 금속간 화합물의 합금에 대한 영향은 Fe 원소의 함량에 따라 다른데, 허용 함량 이상에서 Fe 금속간 화합물은 침상 형태를 보이며 합금의 기계적 성질을 악화시킨다. 이와 같은 문제 해결을 위해 사용되는 방법은 화학적 개질화가 대표적이며, 이는 Mn 등의 원소를 합금에 첨가하여 화합물의 형태를 변화시켜 기계적 특성의 변화를 가져온다. Mn 을 첨가한 기계적 시험 결과, Mn의 함량이 증가함에 따라 인장강도와 항복 강도는 증가하나, 연신율은 감소하는 경향을 보임을 확인했으며, 연신율의 감소는 합금의 상업적 이용에 있어 문제를 일으키므로, 이를 해결하기 위해 A356합금의 2단 시효 열처리를 진행하였다. 2단 시효 열처리 결과, 항복 강도엔 큰 변화가 없고, 인장강도는 약 10%의 향상, 연신율에서는 약 2% 향상을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서는 자동차 휠의 부위별 특성 분석을 위해 중력주조하고, 시효 조건을 제어하여 인장 특성 및 미세조직을 광학현미경과 주사전자현미경을 통해 공정 Si와 Fe 금속간 화합물의 조성 및 형태를 관찰하고자 한다.

[P3-15]

Real-time Study of Precipitation Behavior of Oxide and Nitride in Nickel based MA Powders: Man Wang[1], Heung Nam Han[2], Young Bum Chun[1], Jinsung Jang[1]; *[1]Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Seoul National University.*

Keywords: Nickel alloy; Precipitation; Oxide dispersion strengthening; Mechanical alloying; In-situ TEM

Oxide dispersion strengthened (ODS) alloys are important candidate structural materials for advanced nuclear reactors due to their good high-temperature creep properties and irradiation resistance, which is usually attributed to the dispersion of nano-sized particles. However, there are limited studies about the particle precipitation behavior in Ni-based alloys, especially the early stage of the particle formation. In this study, the structural evolution of nickel based MA (mechanical alloying) powders with different additions of oxides and nitrides was investigated by in-situ TEM and high temperature XRD. The results show that the added oxide particles were dissolved into the matrix during MA process, and re-precipitated during subsequent heating; while, the added nitrides did not get dissolved into the matrix during MA, resulting in the lower recrystallization temperatures between 550 and 750°C.

[P3-16]

Fe계 및 Ni계 내열 비정질 합금의 내식특성 연구: 김송이, 이아영, 이민하; *한국생산기술 연구원.*

Keywords: Fe-based amorphous, Ni-based amorphous, corrosion, dissolution

비정질 금속은 내식성이 우수하고 강도가 높은 특성으로 알려져 있으나 고온의 분위기에서 장시간 노출되면 결정화에 의한 제 2상의 생성으로 내식성이 취약하고 기계적 특성이 저하되는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 비정질 합금의 조성을 제어하여 결정화 온도를 높여 제2상의 형성을 억제하여 내식성 향상 효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 고온에서 안정한 새로운 조성의 Fe계 및 Ni계 내열 비정질 합금을 제조하여 두 가지 합금계에서 합금원소에 따른 내식성의 변화 연구를 수행하였다. Fe계 내열 비정질 합금 및 Ni계 내열 비정질 합금은 Arc melting 과 Melt spinning을 활용하여 제조 하였으며, 비정질 구조 및 열적 특성을 확인하고자

X-ray 및 DSC 분석을 수행하였다. 제조된 합금의 내식성을 조사하고자 염화수소분위기(10%HCl+10%NaCl)에서 최대 360일 동안 침지하여 내식 특성의 변화를 관찰하고 이에 따른 미세조직 변화를 확인하였다.

[P3-17]

전기적 절연이 전자 빔 조사에 의한 입자 성장에 미치는 영향: 김영운, 황위주, 이용희, 정원우; *서울대학교 공대 재료공학부.*

Keywords: 투과전자현미경, 나노입자, 절연 TEM 홀더, 입자성장, TEM 지지박막

전자현미경을 활용하여 재료의 내부 구조를 관찰하는 분석기법은 금속, 무기/유기 물질에 이르기까지 다향한 재료에 적용이 되고 있다. 나노미터 크기의 재료를 전자현미경에서 관찰하기 위해서는 전자빔 아래 시료를 위치하기 위하여 지지 박막 위에 재료를 올려서 관찰하는 방법을 많이 사용하고 있고 지지 박막으로는 비정질/결정 탄소막, 알루미나막, 질화규소막 등이 활용되고 있다. 본 연구에서는 박막의 전도성이 전자빔 아래에서 나노 입자들의 거동에 미치는 영향을 규명해 보고자 한다. 전기적으로 접지된 비정질 탄소막, 전기적으로 floating된 비정질 탄소막, 그리고 각 나노입자를 전기적으로 절연되어 있는 질화규소막 위에 분산시킨 나노 입자들의 입자간의 움직임을 정량화하여 어떠한 차이가 있는지를 확인하였다. 전기적 절연을 위해서는 본 연구실에서 개발된 절연-탐침 TEM specimen holder를 활용하였고 3가지 다른 박막 위에 금 입자를 sputtering으로 분산 시킨 후 절연-탐침 TEM specimen holder에 장착을 한 후 200 kV 전자에너지 전자가 조사되는 가운데 매 분단 1 frame의 사진을 찍고 3시간 동안 관찰하여 그 차이를 확인하고 입자의 투영면적크기, 입자간 거리의 변화를 통계처리하였다. 입자들의 움직임은 입자와 입자가 전기적을 절연되었을 때 제일 빠르게 입자들의 이동이 관찰되었고 액체와 같이 원형의 입자로 안정화 됨이 확인되었고 비정질 탄소 박막의 경우 탄소 박막과 입자와의 상호 반응에 의해 3시간이 지난 후에도 입자들의 구형화는 완전히 이루어 지지 않고 느리게 입자 성장이 진행됨을 확인하였다.

[P3-18]

Zone annealing을 이용한 Ni계 산화물 분산 강화 합금의 미세조직 및 집합 조직 제어 연구: 김영균[1], 박종관[2], 김휘준[3], 공만식[4], 이기안[1]; *[1] 인하대학교 신소재공학과. [2](주)대한소결금속. [3] 한국생산기술연구원. [4] 고등기술연구원.*

Keywords: Oxide dispersion strengthening, Ni, Microstructure, Zone annealing, Texture

이번 연구에서는 Ni-based oxide dispersion strengthened 합금의 크립 특성에 가장 큰 영향을 미치는 일방향 성장된 결정립을 얻기 위하여 zone annealing을 통해 미세조직과 집합 조직을 제어하고자 하였다. 여기서 zone annealing 온도는 1270°C와 1390°C로 설정했으며 컨베이어의 속도를 변화시키며 조직을 관찰하였다. Zone annealing 전 압출 소재의 미세조직 관찰 결과, 평균 결정립 크기는 530 nm로 측정되었으며 Ni계 ODS 합금의 특성 저하에 큰 영향을 미치는 Fe의 오염은 매우 적은 것으로 확인되었다. 1270°C에서 zone annealing 한 경우 컨베이어의 속도가 감소함에 따라 결정립 크기는 증가하는 경향을 보였으며 4 cm/h의 속도에서는 표면에서 약 수 mm 수준의 결정립들이 관찰되었다. 반면, 1390°C, 2.5 cm/h 조건에서는 수백 μm에서 수 mm 수준의 결정립 크기를 보였고 orientation에 비해 크립 특성이 우수한 것으로 보고되고 있는 ‖ ND preferred orientation이 지배적으로 나타났다. 상기 결과들을 기반으로 Ni-based ODS 합금의 미세조직 제어와 특성 향상을 위한 zone annealing 조건 최적화, 그리고 경도와 미세조직의 상관 관계에 대하여 토의하고자 하였다 [본 연구는 산업통상자원부 ‘핵심방산소재 기술개발사업’의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다].

[P3-19]

950°C에서 크리프 파단된 Alloy 617시편의 미세조직 분석: 신민하[1], 왕만[1], 김도향[2], 김우곤[1], 장진성[1]; *[1] 한국원자력연구원 신소재개발팀. [2] 연세대학교 신소재공학부.*

Keywords: alloy617, Creep, Micorostructue

초고온 가스 냉각로(Very High Temperature Reactor, VHTR)는 대량 수소 생산을 주목적으로 하는 4세대 원자로이다. VHTR의 중간 열 교환기 부분은 4~7MPa의 압력하에서 고온에서 작동하여야 하므로 고온 크리프 저항성이 우수해야 한다. Alloy 617은 고온에서의 미세조직 안정성, 크리프 파단 강도 및 내산화성이 뛰어나 VHTR 중간 열 교환기 부품의 후보 재료로 손꼽히고 있다. 본 연구에서는 주사 전자 현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM) 및 X-선 회절을 이용하여 950°C에서 20 및 25 MPa 응력 조건 하에서 파단된 크리프 시편의 미세조직을 분석하였다. 20 및 25 MPa 프리프 파단 시편의 grip 부분과 gauge 부분을 따로 분석한 결과 gauge 부분의 시편에서 결정입계를 따라 균열과 void가 생성됨을 확인할 수 있었다.

[P3-20]

용강운반용 구조물의 강도평가: 김우영, 표산종, 김이곤, 김정엽; *전남대학교 중화학설비안전진단센터.*

Keywords: 용강운반용 구조물, 강도평가

용강운반용 구조물은 고온 및 부식 환경하에서 사용되기 때문에 침식 및 부식에 의해 구조물 두께가 전반적으로 감소하며, 특히 가스배출구 주위의 침식으로 인해 원형구멍의 확장과 구멍부위의 두께가 감소하는 문제가 발생하고 있다. 이로 인해 구조물에 발생하는 응력이 전반적으로 증가하며, 가스배출구 주위의 침식에 의한 노치부 응력집중의 상승은 구조물 안전성에 심각한 영향을 미칠 수 있으며, 또한 구조물이 고온 환경 하에서 사용되고 있어, 항복강도나 인장강도와 같은 기계적 물성의 열화가 우려되고 있다. 이에 이전 연구에서는 구조물의 기계적 물성을 평가하여 소재의 열화 정도를 평가하고, 구조해석을 통해 침/부식에 의한 구조물의 응력을 검토함으로써, 구조물의 전반적인 안전성을 평가하였다. 용강운반용 구조물은 고온 환경하에서 사용되는 구조물로서, 고온에 의해 소재의 기계적 물성이 변할 수 있으므로 사용온도조건을 측정하고 이러한 사용환경하에서 철강소재의 기계적 물성을

측정하고 이를 이용한 피로강도에 대하여 검토한다. 작업중 용강운반용 구조물의 온도변화를 적외선 열화상 카메라를 사용하여 측정하였다. 예열 작업을 거쳐 정상적인 작업과정 중에 온도를 측정한 결과, 최대 온도는 좌측 지지대 하단부에서 발생하였다. 구조해석 결과에서 최대응력의 발생 부위와 일치하고 있으며 운전중 온도분포는 약 320~350°C이다. 소재의 기계적 물성은 작업중 최대 온도인 350°C를 기준으로 측정하여, 시험온도는 상온과 250, 350, 450°C에서 수행하였으며, Fig.1은 그 결과를 보여주고 있다. 용강운반용 구조물에 대한 소재의 기계적 물성을 측정하였으며, 인장강도로부터 피로물성을 추정하였고 구조해석결과의 응력으로부터 피로강도를 평가하였다.

후기: 본 연구는 산업통상자원부 지정 지역혁신센터사업(RIC) 중화학설비안전진단센터(B0010843) 지원으로 수행되었음.

[P3-21]

고 Si 오스테나이트계 스테인리스강의 결정입도 측정을 위한 에칭 방법: 강영환[1], 이만재[2], 김진원[1], 진현호[1], 김학현[1], 윤병준[1]
; *[1]포항산업과학연구원분석평가그룹. [2]포항산업과학연구원 분석평가그룹.*

Keywords: 고Si강,오스테나이트,고온내산화,결정입도,STS300

STS 300계 오스테나이트 스테인리스 강은 연성, 내식성, 가공성이 우수하며 내열 용도로 사용하고 있다. 하지만 고온 열팽창계수가 높아 제약이 많이 따른다. 고온 내산화성 및 내열특성을 향상시키기 위해 Si를 2~5%를 첨가하여 열처리 구조물 등의 분야에 널리 이용되고 있다. 그러나 Si 첨가에 따른 우수한 내식성 때문에 기존 에칭액(ASTM E 407)으로는 결정립 현출이 명확하지 않아 조직 특성을 평가하는데 어려움이 있다. STS 300계 강에 통상적으로 쓰이는 에칭액(ASTM E 407) 방법을 적용하여 결정입도 측정 시 결정립의 현출율이 약 57.7% 그쳐 데이터 신뢰도가 떨어져 미세조직 성질을 파악하는데 어려움이 있다. 이를 해결하고 저 CH_3COOH 화학 에칭 방법을 적용한 결과 97.7% 이상의 결정립의 현출율이 크게 개선되어 데이터 신뢰도를 향상 시킬 수 있었다. STS 200계 강종에도 동일한 방법을 적용한 결과 유사한 효과를 확인할 수 있었다. 데이터의 신뢰도를 검증하기 위해 광학현미경과 EBSD(Electron backscatter diffraction Jeol-JSM7001F)을 이용하여 상호 비교 분석한 결과, EBSD 측정한 데이터 대비 약2.3%의 근소한 차이로 높은 신뢰성을 확인할 수 있었다. 개발된 에칭법 효과는 결정립 현출율 향상에 따른 데이터 신뢰도 향상 및 작업시간 단축효과의 분석 효율성이 향상 되었다

P4 : 가공-주조및용고
Room 3층 로비, 4월 25일

[P4-1]
재순환 희토류 금속연료심 제조조건에 따른 건전성 평가: 송훈, 김기호, 박정용; *한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발.*
Keywords: 희토류, 재순환, 금속연료심, 회수율

재순환 핵연료 연료심에 포함되어 있는 희토류 원소는 TRU 원소와 화학적 특성이 유사하기 때문에 재순환 핵연료 제조 시 희토류 원소의 영향을 고려해야만 한다. 희토류 원소는 기지원소인 U에 고용도가 낮아 석출물 형태로 존재하기 때문에 희토류 함량에 따른 희토류 연료심의 제조성과 용해주조 시 용해부품에 미치는 영향 및 희토류 연료심의 건전성을 평가하는 것이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 희토류 연료심에 대해 희토류 함량에 따른 희토류 연료심의 제조성과 용해부품에 미치는 영향 및 연료심의 건전성을 평가하기 위하여 기존의 희토류 연료심의 자료를 분석하고 그 특성 및 성능을 평가하였다. 희토류 연료심의 합금조성 평가 결과, Zr 함량은 장입함량과 거의 일정하게 나왔고, U 함량은 장입함량에 비해 약간씩 높게 나왔고, 희토류 원소 함량은 장입농도보다 적게 나왔다. U 함량 회수율은 장입함량보다 모두 높게 나왔고, 희토류 원소 회수율은 장입함량에 미치지 못했다. U 함량 회수율은 희토류 함량이 커질수록 U 회수율도 장입함량 보다 커지는 것을 보여주고, 희토류 장입함량이 커질수록 회수율이 적어지는 것을 보여준다. U 회수율과 희토류 원소 회수율은 서로 반비례관계를 보였으며, 희토류 함량이 적을수록 장입함량에 근접한 회수율을 보였다.

[P4-2]
존 멜팅법을 이용한 게르마늄의 고순화 공정에 관한 연구: 김경호[1], 조규섭[1], 김기훈[1], 최경환[1], 김상섭[2]; *[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.*
Keywords: zone melting, germanium, graphite boat, high purity, simulation

단결정 게르마늄은 높은 투과 범위, 수분에 대한 반응성, 우수한 굴절률 등의 특성을 가지고 있다. 이처럼 우수한 특성을 가진 게르마늄은 적외선 투과재료로 광학계 핵심 부품인 투과창(window), 렌즈(lens) 등 여러 분야에 사용 된다. 다결정 게르마늄은 결정립 입계의 불순물 편석에 의한 내부 산란으로 투과율 감소 및 적외선 영상의 노이즈 증가로 인하여 대형 고성능 광학계에 적용하기 어려움이 있어 고순도의 단결정 게르마늄 소재가 요구되고 있다. 또한 게르마늄의 가격이 비싸기 때문에 스크랩의 재사용이 필수적인데 이러한 게르마늄 스크랩을 고순화하기 위해 존 멜팅법(zone melting method)을 적용하였다. 본 연구에서는 zone의 이동속도를 변수로 두어 비저항 50 Ωcm 이상으로 고순화 된 게르마늄의 수율 향상을 위한 연구를 수행하였다. 실험방법은 240 mm의 흑연보트에 게르마늄 스크랩을 채워 넣고 질소95% 수소5%의 gas 분위기에서 유도코일을 이용하여 시작부분을 용해한 후 시편 끝 부분으로 불순물을 정제하였다. 정제 된 게르마늄의 비저항을 측정하고, 홀 이팩트 측정기를 이용하여 77K의 온도에서 비저항과 불순물 농도를 비교하였다. 또한 존 멜팅 시뮬레이션을 이용하여 고순화에 요구되는 이송회수를 예측하였다.

[P4-3]
다이캐스팅 법에 의한 주철-알루미늄 이종소재 계면접합특성에 미치는 주철 표면처리의 영향: 김태형, 양지바름, 신제식, 김동응; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Aluminum alloy, Iron, De-graphitization, Interfacial bonding, Graphite type

수송기기 부품의 고강도화 및 경량화를 동시에 달성하기 위해 철-알루미늄계 이종소재를 이용하여 부품을 제조하려는 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 기존의 이종소재 부품 제조기술로서는 용융접합법, 강제압입법, 확산접합법 및 마찰접합법 등이 개발되어 왔다. 하지만 계면결합력, 생산성 및 부품 형상의 한계 등의 문제로 인하여 아직까지 매우 제한적으로 사용되고 있는 실정이다. 다이캐스팅 기술의 경우 높은 생산 속도로 다양한 형상을 정형 제조할 수 있는 이점이 있고, 주철, 주강 등 철계 주조재들은 높은 강도를 지니면서도 부품을 최종 형상에 가깝게 정형주조 할 수 있어 알루미늄 합금과 이종소재를 형성할 경우 큰 장점이 기대된다. 하지만 주철, 주강에 존재하는 흑연 및 탄화물들은 알루미늄 용탕과의 젖음성 및 계면결합력을 떨어뜨리는 원인으로 작용하는 문제점이 있어 아직 상용단계에는 이르지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 주철의 표면처리를 통해 철-알루미늄 계면의 결합력을 획기적으로 개선할 수 있는 접합공정을 개발하고자 하였다. 이를 위해 철계 주조재 표면의 흑연과 탄화물을 다양한 방법으로 탈착시켜 제조한 코어를 주형 내에 위치시키고 다이캐스팅 공법으로 알루미늄 용탕을 주입 주조하여 시편을 제작한 후 계면 접합 특성을 조사하였다. 특히, 다양한 흑연 형상을 갖는 주철을 제조하여 흑연 형상이 철-알루미늄 이종소재의 계면결합력 및 강도 향상에 미치는 영향을 정량적으로 평가하여 보았다.

[P4-4]
Vacural 기술을 적용시킨 경량 구조용 리어플로워 고압 다이케스팅 성형 공정 개발: 문민석, 유명한, 송준혁, 노종일, 박나라, 김원태, 오제하, 정동철; *(재) 한국탄소융합기술원.*
Keywords: high-vacuum, die-casting, rear flow, aluminum, automotive parts

최근, 국내 및 해외 자동차산업에서 차량의 연비향상 및 온실가스 저감을 위해 알루미늄 합금을 적용한 자동차 부품(샤시, 엔진, 변속, 등속장치)의 경량화 추진이 가속화되고 있고, 특히 전기자동차 산업의 진보에 따라 다양한 경량화 제품에 대한 필요성이 증가되고 있다. 고압 다이케스팅 공법은 고속 및 고압으로 용탕을 금형에 주입하는 대량 생산형 주조 공법으로, 생산성이 우수하여 대량 생산에 적합하고, 기계적 특성 및 치수정밀도가 우수하여 소형 부품류에서 전자제품을 비롯한 자동차 부품 산업에서 널리 활용되며

작업 중에 있다. 그리고, 유럽을 중심으로 고진공을 이용한 고압 다이캐스팅의 경우, 고진공 기술 도입을 통하여 성형 부품의 경량화와 내부 건전성 확보를 통하여 부품 두께를 얇게 성형하여 대형의 박육 제품 생산에 활용 중에 있다. 특히, 독일의 Helmholz 연구소, 노르웨이의 NTNU (Norwegian University of Science and Technology) 등에서 나노클러스터 및 석출물 분석이 활발히 진행되며, 유럽의 EAA (European Aluminum Association)에서는 EATP(European Aluminum Technology Platform) 통해 응용 분야를 확대 중에 있다. 국내 뿌리산업의 핵심 기술로, 자동차에 관련한 고진공 고압 다이캐스팅 기술은 자동차용 부품을 중심으로, 알루미늄 합금을 이용한 고강도 고연성 제품 제작이 가능하여 기존에는 여러 단계의 제조 공정으로 성형하던 제품을 단순화하여 제조공정의 단순화, 생산성향상, 제조원가 절감이 가능한 공정이다. 또한, 국내에서는 알루미늄 합금 개발에 대한 연구를 행한 바 있으나, 실질적으로 양산 차량에 알루미늄 적용 경험이 부족한 실정이므로, 가격 경쟁력을 갖춘 고품질 알루미늄 합금 및 이를 활용할 수 있는 공법 개발에 대한 지속적 노력이 필요한 실정이다. 본 공정 기술 개발은 리어 플로어 (Rear Floor) 부품으로 자동차 차체 부품 중 충격 흡수장치를 감싸기 위해 적용되는 부품이며, 기존의 Steel 소재를 사용하여 분할 생산 및 용접 공정으로 일체화를 시킨 부품으로써, 공정 증가에 따른 생산효율이 낮은 특성을 고려하여, 알루미늄 합금 기반의 다이캐스팅 통하여 별도의 용접 공정없이 일체형의 부품으로 개발하기 위하여 개발을 시작하였고, 현재까지 개발된 공정 개발 내용을 공유하고자 한다.

[P4-5]

소실모형주조공정에서 냉각속도의 변화에 따른 알루미늄 주조품의 특성 변화: 이강래[1], 최지석[1,2], 김문조[1], 최경환[1]; [1] *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소 주조공정그룹.* [2] *인하대학교.*

Keywords: 소실모형주조, Lost foam casting, 냉각속도, 알루미늄합금

소실모형주조(Lost Foam Casting)공정은 주형제작에 필요한 코어를 생략할 수 있고, 형상이 복잡하더라도 foam의 설계변경을 통해 주조제품을 최소한의 후가공으로 생산할 수 있기 때문에 Near-net shape로 대량생산이 가능하다. 특히 독일 등을 중심으로 알루미늄 자동차부품 생산에 소실모형주조공정을 적용하여 알루미늄 주조제품을 생산하고 있다. LFC 공정을 이용한 알루미늄 주조품을 자동차용부품에 적용하기 위해서는 내부결함이 적어야 하고, 내충격성 등 기계적 성질 또한 매우 우수하여야 한다. 이를 위해서는 foam 분해가스의 빠른 제거가 필요하며, 빠른 냉각속도가 요구된다. LFC공정의 용탕충전과정에서 용탕은 foam과 치환되면서 충전된다. 이 때 foam이 분해된 가스를 빠르게 제거하고, 주형의 형상을 유지하기 위하여 무점결제 주물사로 채워져있는 주형플라스크 내부를 감압방식(vacuum technique)을 사용하여 저진공상태로 만든다. 그리고 도형막의 단열효과 등으로 인하여 냉각속도가 느리면 결정립이 조대화되어 기계적 특성이 열화되고, 미세수축공 등의 결함이 발생할 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 모형의 내외부에 냉각재를 설치하여 냉각속도를 변화시키면서 주조품의 기계적특성과 주조결함의 변화를 관찰해 보았다. 먼저 중공부위를 가지는 발포폴리스티렌(Expandable Polystyren)모형을 제작하고, 이 모형에 A356합금을 용융시킨 용탕을 주입 및 충전시켰다. 그리고 모형 내외부에 다양한 형태의 냉각재를 설치하여 냉각속도에 변화를 주었다. 냉각재의 종류에 따른 냉각속도의 변화를 확인하기 위하여 모형 내부의 용탕온도를 측정하였다. 그리고 냉각속도 변화에 따른 LFC 알루미늄 주조품의 인장강도의 변화 등 기계적 성질을 비교하였고, 내부조직 관찰을 통해 기공 및 미세수축공 등 내부결함에 미치는 영향을 확인하였다.

[P4-6]

장수명 핵종 소멸을 위한 핵연료 제조공정 및 장치개발에 관한 연구: 김종환, 김기환, 박정용, 김준환, 천진식, 김성호; *한국원자력연구원.*

Keywords: Spent fuel, Long-lived radionuclide, Metallic fuel, Remote fabrication, Fuel loss

사용후핵연료 처리는 원자력산업이 궁극적으로 극복해야 할 필수인 문제이다. 사용후핵연료 중 가장 문제가 되는 것은 독성이 강하고 반감기가 수백만년에 이르는 장수명 핵종으로서, 이를 처분하는 방안으로 가장 손쉬운 지층 처분이 제시되고 있으나 이 방법은 장시간에 걸쳐 발생할 수 있는 위험성에 대한 기술적 불확실성을 내재하고 있다. 장수명 핵종을 소멸시키는 방법에는 중성자를 이용하는 방법, 고에너지로 가속된 양자를 이용하는 방법, 전자를 이용하는 방법 등 여러 가지 개념이 제시되고 있으나 에너지 수지 관점에서 중성자를 이용하는 방법이 가장 타당한 방법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 고속 중성자 반응로에서 장수명 핵종을 소멸을 위한 핵연료에 대하여 제조장치과 제조공정 개념을 개발하였다. 현재 세계 각국에서는 후보 핵연료 형태로 산화물 연료, 금속 연료, 질화물 연료, 탄화물 연료 등을 고려하고 있으며 본 연구에서는 제조 공정이 간단하고 소듐 냉각재와 양립성, 재처리 공정과 양립성 등이 우수한 금속연료를 선정하였다. 핵연료 제조장치는 고방사능 핵물질을 취급하므로 원격 조작기에 의한 원격 취급성을 고려하였고 핵연료 제조 중에는 휘발이나 반응으로 인해 연료손실이 억제될 수 있도록 공정개념을 개발하였다.

[P4-7]

고압 다이캐스팅을 적용한 자동차 밸브바디 주조 특성에 관한 연구: 김진평[1], 김세훈[1], 신재혁[1], 주경석[1], 성시영[1], 한범석[1], 김기선[2] [1] *자동차부품연구원.* [2] *삼기오토모티브.*

Keywords: High pressure diecasting, Alloy design, casting, valve body, aluminum alloy

최근 자동차의 경량화는 연비 향상뿐 아니라, 전 세계적으로 환경에 대한 문제가 크게 대두되고 있다. 이러한 이유에서 경량 소재를 적용하여 연비 향상 및 자동차 배출가스를 저감시키기 위한 연구에 크게 기여를 하고 있다. 또한 자동차에 적용되는 부품의 경량화와 더불어 내구성에 대한 중요성이 부각되고 있어 고품질, 고성능의 소재가 요구되고 있다. 자동차 밸브바디는 자동차 변속 장치 중 주행 시 유압을 제어하여 기어변속을 자동적으로 해주는 역할을 하고 있다. 또한 주행 조건에 맞도록 가속과 감속을 수행하는 부품으로 자동차의 주행 중 변속 수행에 있어서 각각의 주요 부품들에 유압을 공급하고 제어함으로써 자동차 운전 조작에서의 주요 기능을 담당하고 있다. 이러한 자동차 밸브바디 부품의 경우 복잡한 유로를 형성하고 있으며, 오일의 유량을 제어하여 높은 정밀도로 변속기를 제어하고 있기 때문에 높은 수준의 품질을 요구하고 있어서 주조 시 발생되는 기포 및 내부 수축에 의한 치수 정

밀도에 대하여 민감하게 적용되는 부품 중 하나이다. 또한 밸브바디는 알루미늄 주조 제품이지만, 작은 유로 설계로 인하여 내부에 고압이 발생되기 때문에 고압에 의한 강도를 확보하기 위하여 제품의 중량이 다소 무거운 편이다. 본 연구에서는 선진사 밸브바디 부품을 벤치마킹하여 특성을 파악하였으며, 합금설계 시뮬레이션을 통하여 강도 특성을 확보하고 기포 및 내부 수축을 감소시킬 수 있는 합금을 설계하였다. 또한 설계된 합금을 반영하여 540ton 고압 다이캐스팅 장비를 이용하여 가로 60 mm × 세로 150 mm 판형 시편을 제조하여 기계적 특성을 평가하였다.

[P4-8]

단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 응고 공정 변수와 기계적 특성의 상관관계: 권순철[1], 이현우[1], 주윤곤[1], 윤병관[2], 권석환[2], 이재현[1]; *[1]창원대학교. [2]한국로스트왁스(주).*

Keywords: Superalloy, Directional solidification, solidification rate, Seed, Single crystal

산업의 발달로 인해 재료가 사용되는 환경은 더욱더 열악해지고 있으며 특히 열효율을 위해 더 높은 온도에서 견딜 수 있는 재료를 요구하고 있는 상황이다. 본 연구에서는 가스 터빈 블레이드용 니켈기 단결정 초내열합금 CMSX-4를 개량형 Bridgman type의 일방향 응고 장비를 이용하여 응고 공정 변수들이 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. [001] 방향으로 성장한 단결정 SEED를 이용하여 일정한 온도 구배에서 응고 속도 25~160 μm/s로 일방향 응고하여 미세조직 변화를 관찰하였다. 미세조직을 OM, SEM-EDS로 분석한 결과, 1차 및 2차 수지상 간격은 응고 속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 수지상이 미세할수록 γ/γ‘ Eutectic은 크기가 감소함을 확인하였다. 미세조직 변화에 따른 기계적 특성을 살펴보기 위해 응고 속도를 다양하게 하여 상온 및 고온 인장실험을 진행한 결과, 비교적 빠른 응고 속도에서 높은 항복 강도를 나타내었다. 본 연구 결과를 바탕으로 응고 속도를 다양하게 함으로써 1차 및 2차 수지상 간격과 γ/γ‘ Eutectic의 크기를 조절할 수 있었고 최종적으로 우수한 인장 특성을 위한 미세조직학적 인자를 제시하고자 한다.

[P4-9]

IN792hf 일방향 초내열 합금에서 응고속도에 따른 Eta상의 열처리 후 기계적 특성에 미치는 영향: 손명균[1], 구지호[2], 주윤곤[1], 박명일[3], 정영환[3], 김찬미[1], 이재현[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업. [3]성일터빈.*

Keywords: superalloy, directional solidification, Eta phase, heat treatment

가스터빈 블레이드 및 베인소재로 널리 사용되는 Ni기 초내열합금은 고온 기계적 특성과 내환경특성을 최적화한 합금이다. Ni기 초내열합금 IN792는 600°C~800°C에서 연성을 개선시키기 위해 합금원소 Hf를 첨가하여 IN792hf으로 개량되었다. 그러나 IN792hf 합금은 응고 중에 Eta상이 형성되며, 형성된 Eta상은 고온에서 사용중에 응력, 온도 시간 등의 인자에 따라 조직의 안정성과 기계적 성질을 저하 시킬 수 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 IN792hf 합금에서 일방향 응고속도에 따른 Eta상 석출이 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 일정한 온도구배(G)에서 응고속도(V)를 10~100 μm/s로 일방향응고 시켰다. 응고속도가 빨라짐에 따라 수지상 사이에서 Eta상이 작게 형성되었다. 일방향 응고 이후 크기에 따른 정출된 Eta상 및 열처리 후 석출된 Eta상의 형성거동을 고찰 하여, 응고속도에 따라 정출 및 석출된 각각의 Eta상과 그 크기가 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

[P4-10]

열처리 조건 변화에 따른 공정상 및 미세기공 제어를 통한 CMSX-4합금의 기계적 특성변화: 성창훈[1], 성기태[1], 임근영[1], 이현정[1], 구지호[2], 이재현[1]; *[1]창원대학교 [2]두산중공업.*

Keywords: 응고, 초내열합금, 공정, 미세기공

Ni기 초내열합금은 고온에서 높은 강도와 우수한 크리프 저항성을 가지고 있다고 널리 알려져 있다. 이 합금은 특히 가스터빈 엔진의 고온부(hot section)에서 터빈 블레이드 및 베인으로 사용되고 있으며 항공우주 산업분야에도 광범위하게 이용되고 있다. 본 연구에 사용된 단결정 초내열합금 CMSX-4의 경우 결정립계가 존재하지 않아 강화상인 γ'의 분율이 높아 고온에서 높은 수준의 균형잡인 기계적 특성을 나타낸다. Ni기 초내열합금의 기계특성은 주로 합금 조성에 달려 있지만, 고온에서의 우수한 특성을 가지기 위해서는 적절한 열처리 공정이 무엇보다 중요하다. 일반적으로 미세구조를 균질화하고 원소의 편석을 줄이기 위한 용체화 처리와 γ/γ' 미세구조를 제어하기 위한 시효 처리가 열처리 공정으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 CMSX-4 단결정합금을 진공열처리로를 이용하여 1296°C에서 시간 변화에 따라 용체화 되었을 때 γ/γ' 공정 영역의 형상, 크기, 분율 및 미세기공의 분율을 제어하였다. 열처리 시간이 증가함에 따라 공정상의 분율은 감소 하였고, 기공 분율은 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서는 특히 초내열합금에서 공정상(γ/γ')과 미세기공(micro porosity)이 기계적 특성에 끼치는 영향을 분석하였다.

[P4-11]

E급 가스터빈용 베인 적용을 위한 Alloy 718 합금의 적층 제조 조건별 γ´´ 석출 비교: 김한규[1], Mathieu terner[1], 이병수[2], 이해진[2], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]생산과학기술연구원*

Keywords: 적층 제조 기술, 분말 소결 방식, Alloy 718, 가스 터빈용 베인 블레이드, γ´´

최근 각광받고 있는 적층 제조 기술 (Additive Manufacturing, AM)은 다른 기계적 방식과는 달리 기존의 잉크젯 프린터와 유사한 적층 방식으로 제품을 제작하기 때문에 원재료 절감 및 기존 제조 방식 대비 짧은 제작 시간 그리고 컴퓨터 제어를 통한 복잡한 형태의 제작 등을 장점으로 가지고 있다. 이러한 적층 제조 기술은 제조 방식과 열원에 따라 다양한 방법으로 나누어지며, 그 중 분말 소결 방식 (Powder Bed Fusion)은 금속 재료에도 활용될 수 있는 방법으로써 전자 빔 용해 (Electron Beam Melting, EBM)와 선택적 레이저 용융 (Selective Laser Melting, SLM) 방법이 있다. 이러한 제조 기술은 기존 응용하던 재료를 넘어 금속

재료 등에도 적용됨에 따라 그 기술의 사용 폭이 넓어지게 되었고, 그로 인해 그 기술의 효과를 더욱 인정받고 있다. 대표적인 예로 가스 터빈의 주요 요소 중 하나인 터빈 블레이드 및 베인 블레이드는 터빈 내부에서 고온 고압의 가스로부터 최대의 에너지를 추출할 수 있는 형상으로 설계되어 있다. 이는 적층 제조 기술을 활용한 정밀한 형상의 제작 및 안정성을 위한 연구 개발이 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 E급 가스터빈 적용을 위한 분말 소결 방식법을 이용하여 다양한 조건에 따라 제조된 Alloy 718 합금의 미세조직 및 주요 강화 요소인 γ′′의 석출을 비교·고찰하였다.

[P4-12]

소실모형주조법에 의한 내마모 코팅층 형성에 미치는 제인자들의 영향: 최창영, 조용재, 김건호, 이재욱, 김다혜, 이상곤, 윤종천; *한국생산기술연구원.*

Keywords: 이종접합, 내마모, 고기능, 경량화, 소실모형주조법

산업의 고도화 및 환경문제의 부각으로 인하여 소재부품에 대한 고기능/고특성 및 경량화에 대해 동시에 요구되고 있다. 따라서 이러한 특성을 구현하기 위해서 소재부품 전체가 아닌 고기능이 요구되는 특정부분에 코팅 및 이종접합을 통해 복합기능을 구현할 수 있는 고기능 주조품 개발에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄합금을 소실모형주조법(Evaporation Pattern Casting)을 통하여 국부적인 표면 코팅 가능성 및 제인자 대한 영향에 대해 분석하였다.

[P4-13]

반응고 단조공법을 이용한 베어링 삽입 경량 부품 개발: 문민석[1], 정근성[1], 윤종대[2], 김기원[2], 유명한[1], 송준혁[1], 김원태[1], 박나라[1], 오제하[1], 정동철[1]; [1]*(재) 한국탄소융합기술원.* [2]*(주) 레오포즈.*

Keywords: 알루미늄 합금, 반응고, 용탕단조, 베어링, 경량부품

자동차 부품에서의 경량화 노력은 환경문제와 유가상승의 원인으로 계속 추구되어 왔고 자동차 3사를 중심으로 몇몇 연구기관 및 학계에서 고강도 고 내구 알루미늄 부품개발과 관련하여 합금개발 및 제조공정기술에 대해서 꾸준히 연구가 진행되고 있는 실정이다. 현재 일부 승용차부품에서는 기초연구에서 부품개발 및 응용 진입단계에 이르고 있으나 일부 합금개발 분야와는 다르게 제조기술 측면에서는 아직도 선진기술의 단순도입이나 습득단계에 있는 상태이다. 미국, 독일, 일본의 해외선진국에서는 승용차는 물론 상용차에도 경량화를 위해 알루미늄부품을 속속 채용하고 있으며, 특히 상용차 액슬의 알루미늄 HUB 부품 관련해서는 미국의 Commet사와 독일의 ZF사, Ritter사가 부품제조측면에서 세계시장을 주도하고 있는 상황이다. 부품제조 원천기술 및 장비기술에서는 일본UBE사의 New Rheocasting공법, 스위스 Buehler사의 Semi Solid Casting 공법이 상용화 양산을 수행하고 있고, 알루미늄 Hub에 대한 세계시장규모는 약 40조원에 달하는 것으로 보고되고 있다. 국내의 경우, 트럭 및 버스의 상용차 부문에서 20톤급 대형트럭의 중량이 해외경쟁사인 볼보 등의 20톤급 트럭에 비해 약 1~2톤 정도가 무거운 것으로 밝혀져 향후 국산 대형트럭의 대외 경쟁력을 위해서 그동안 승용차부품시장에 비해 상대적으로 관심을 끌지 못했던 대형트럭의 부품 경량화가 업계 최대 해결과제로 부상하고 있다. 엑슬 및 차축관련부품 중에서도 알루미늄 차륜은 몇 몇 기업에서 국산화 개발에 성공, 국산 상용차에도 속속 채용되고 있으며, 차축 관련부품 중에서 Hub 또한 알루미늄재질로 대체할 경우 경량화 효과가 큰 품목으로 해외자동차사에서는 이미 알루미늄재질로 개발완료하고 수년전부터 실차에 장착하고 있으나 아직까지 국내에서는 개발 전례가 없는 실정이다.따라서, 본 기술 개발은 기존의 반응고 단조 공법을 활용한 경량부품개발 제품으로 기존의 단순한 단조 기술의 한계인 One-cavity 기술을 극복하기위한 기술개발을 진행 중에 있으며 현재까지 개발된 내용을 보고하고자 한다.

[P4-14]

고속도 공구강 DED One-bead 적층시 온도 및 잔류응력 거동에 대한 실험 및 유한요소 시뮬레이션: 하경식[1], 김태환[2], 백경윤[1], 남태훈[1], 전종배[1], 심도식[3], 문영훈[2], 이욱진[1]; [1]*한국생산기술연구원.* [2]*부산대학교.* [3]*한국해양대학교.*

Keywords: 3D프린터, DED, 적층, 유한요소, 잔류응력

DED(Directed Energy Deposition) 적층공정은 금속 적층제조 공정 중 하나로써 금속 파우더 또는 와이어를 레이저와 같은 높은 에너지원을 통하여 molten pool을 형성시키며, 이를 반복하여 금속재료 층을 제조하는 공정이다. 이렇게 제조된 층 단위의 금속재료를 여러 번의 적층을 통하여 사용자가 원하는 입체구조물의 형태로 제작한다. DED 적층공정은 금속재료의 “Mass Customization” 생산체제에 가장 적합한 제조기술중 하나로 평가받고 있다. 한편 DED 적층공정은 국부적인 입열과 용융 그리고 빠른 열전달 및 급속 냉각 효과로 큰 열구배가 발생한다. 이는 높은 열응력을 발생시키며 적층부에 박리 및 균열현상을 야기시키는 원인이 된다. 따라서, DED 적층공정을 최적화하기 위해서는 온도와 잔류응력 분석이 매우 필요하다. 허나 국부적인 용융 및 응고가 급속도로 진행되기 때문에 실험적으로 온도의 변화를 분석하기는 곤란하며, 수많은 공정 인자가 온도변화와 잔류응력 형성 분석에 영향을 주기 때문에 모든 공정인자의 영향를 세밀히 분석하는 것이 불가능하므로 공정모사를 통한 온도 및 잔류응력 거동 분석이 매우 요구되는 현실이다. 본 연구에서는 DED 적층공정의 온도 및 잔류응력 거동 분석을 위한 기초 연구의 일환으로 DED 적층공정으로 one-bead를 적층하는 것을 유한요소 모델로 모사하였고, 이를 실제 적층실험과 비교, 분석하였다. 유한요소 모델은 DED 적층공정 중 금속소재가 적층되어 추가되는 형상변화를 “Element Birth & Death” 기법을 활용하여, 강판에 고속도 공구강 분말이 높은 열원을 통해 직접 적층되는 조건을 상정하였다. 모델 내의 timeStep과 molten pool의 iso-temperature surface와 같은 경계조건들을 달리하여 온도분포 및 거동을 비교, 분석하였다. 그 결과를 기반으로 실제 적층공정의 온도거동과 유사한 모델을 도출하였고, 모델과 실험의 잔류응력 형성 거동을 비교, 분석하였다.

[P4-15]

전류를 이용한 Pure Aluminum 결정립 미세화 특성 연구: 최지석[1,2], 이강래[1], 라문우[1], 현승균[2], 최경환[1], 김문조[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 인하대학교.*

Keywords: Electric Current, Pure Aluminum, Grain refinement, Solidification macrostructure, Cooling curve

최근 자동차, 항공 산업에서는 연비 향상을 위한 방법으로 경량 금속의 활용 비중을 점차 높이고 있다. 그 중에서도 Al 합금은 대표적인 경량화 소재이다. 하지만 Al 합금이 구조재료로서 기존의 철강소재를 대체하기에는 강도를 포함한 기계적 특성의 한계를 가진다. 이를 극복할 수 있는 방법으로는 고용강화, 석출경화, 분산강화, 가공경화, 결정립 미세화 등이 있다. 특히, 결정립 미세화는 금속재료의 강도, 인성 등의 기계적 특성을 향상시키는데 매우 유효한 방법이다. 지금까지 Al 합금의 미세화 된 결정립을 얻기 위한 다양한 방법들이 연구되어 왔다. 그 예로 미세화제 첨가, 초음파 진동, 전자기적 진동, 전자기적 교반, 전류 펄스(Electric Current Pulse, ECP) 등을 이용한 방법들이 있다. 최근에는 전류 펄스를 용탕의 응고 과정 중에 인가하여 미세화 된 최종 응고 조직을 얻는 방법이 활발하게 연구되고 있다. 하지만 아직까지 이와 관련된 연구가 많이 부족하여 산업에 적용하기에는 한계가 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전류 펄스를 이용한 Al 합금의 결정립 미세화 효과에 영향을 주는 요인들을 규명하고자 하였다. Pure Al 소재를 사용하였고, 전기적 절연을 위해 사형몰드를 사용하였다. 용융된 Al을 몰드에 주입한 후 전극을 용탕 내부에 투입하여 전류를 인가해 주었다. 전류 세기, 전류 인가 온도, 인가 시간을 변수로 설정하여 결정립 미세화 효과에 미치는 영향을 확인하였다. 전류 인가가 용탕 응고에 미치는 영향을 확인하기 위해 K-type thermocouple을 이용하여 냉각곡선을 측정하였다. Macro etching을 실시하여 최종 응고 조직을 확인하였고, SEM과 EDS 분석을 통해 미세화 된 조직의 특성을 확인하였다.

P5 : 가공-소성가공
Room 3층 로비, 4월 25일

[P5-1]

스테인리스 430 재료를 이용한 디젤 엔진용 매연저감장치 일체형 콘아웃렛 성형성 연구: 임인기[1], 김태준[1], 송규영[1], 탁윤학[1], 김영일[2], 주종관[2]; [1]*경북하이브리드부품연구원.* [2]*(주)세진정공.*

Keywords: Stainless 430, Disel Particulate Filter, Cone Outlet, Formability, Cold Forming

유럽, 미국, 일본 등의 환경규제 강화에 따른 디젤 차량의 배출 물질 허용기준이 강화되고 있다. 이에 배출 물질 허용기준 만족을 위해 디젤 자동차에는 디젤 엔진용 매연저감장치가 장착되어 배출 물질인 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 이산화탄소(CO2) 등을 정화되고 있다. 기존 일체형 콘아웃렛 부품은 2개의 스테인리스 재료를 성형한 후 용접, 조립되고 있으나 버링부의 크랙과 용접공정으로 인한 조립불량이 발생되고 있다. 본 연구는 디젤 엔진용 매연저감장치의 일체형 콘 아웃렛 부품을 개발하는 것으로 스테인리스 430 재료에 대한 단축인장실험을 통해 기계적 성질을 구하였고, 돔장출실험을 통해 성형한계를 확인하였다. 스테인리스 430 재료의 성형성 연구를 통해 일체형 콘아웃렛 부품의 버링부 성형과 용접 공정 제거가 가능할 것으로 예상된다.

[P5-2]

PREN 41급 Super Duplex Stainless Steel 32760 소재를 적용한 Hex Socket Bolt 개발: 김성헌[1], 김희봉[1], 유재욱[1], 정현주[1], 강종훈[2], 안규희[3]; [1]*(재)경남테크노파크.* [2]*중원대학교.* [3]*(주)태정기공.*

Keywords: PRE41 Super Duplex 32760, Hex Socket Bolt, Fastener,

체결용 부품인 볼트 및 너트로 대표되는 화스너 (Fastener) 시장은 전 세계적으로 매년 지속적인 성장을 보이고 있다. 국내외 세계시장 점유율은 3% 수준으로 산업규모에 비해 점유율이 낮은 수준에 머물고 있으며, 해외 선진사 대비 개발이 뒤처지고 있다. 현재 화스너 시장은 해양 플랜트 발전으로 인해 기존 구조용강에서 스테인리스강을 이용한 내부식성 화스너가 필요하다. 본 연구에서는 요구하는 내식성과 기계적 특성에 적합한 PREN 41급 Super Duplex Stainless Steel 32760 소재를 선정하여 JMatPro S/W를 이용해 소재의 성분 변화, 즉 Mill Sheet상의 화학 성분에 기초한 기본적인 열열학적 물성치를 확인하였고, Gleeble 장비를 이용하여 열간 인장 및 압축실험을 통하여 온도 및 변형율 속도에 따른 열간 변형 공정 지도를 작성하였다. 고온 유동응력 데이터를 이용하여 작성된 변형공정지도를 이용하여 최적의 단조온도 및 변형율 속도를 선정하였으며. 이를 통하여 단조 작업 시 발생될 수 있는 소재의 단조 조건에 따른 불량을 최소화 시키고, 경쟁력 있는 양산 기술을 확보하였다 그 이외에도 PREN 41급 Super Duplex Stainless Steel 32760 잉곳을 진공가압주조기를 이용하여 원소재를 제조하였고, 단조 성형공정을 통하여 시제품 제작 후 미세조직 및 기계적 물성치도 재차 확인하였다.

[P5-3]

반복겹침접합압연법에 따른 미세조직 및 기계적 특성변화 분석: 김정한[1], 김철우[1], 조재익[1], 이성희[2]; [1]*한국생산기술연구원 동력부품소재그룹.* [2]*목포대학교 신소재공학과.*

Keywords: ARB, EBSD, Aluminum

ARB(Accumulative Roll Bonding)공정은 금속판재를 반복적으로 겹치기 압연하여 결정립 초미세화와 고강도를 달성하는 효과적인 강소성가공법 중 하나이다. 이번 연구에서는 각기 다른 알루미늄을 ARB공정을 이용해 다층으로 적층하여 압연에 의한 가공경화와 열처리에 의한 석출경화 및 결정립 성장에 따른 연신율을 높이기 위해 AA5052/AA6061/AA1050으로 총 4layer로 실험을 진행하였고, 복합판재의 제조에 성공하였다. 복합판재의 미세조직과 기계적특성을 평가하기 위해 EBSD(Electron Backscatter Diffraction), Tensile test 및 Erichsen test를 진행하였다. 또한 강도와 연신율의 비례를 타진하기 위해 전기로를 이용 250°C, 300°C, 350°C, 400°C까지 30분동안 annealing하여 실험을 진행하였다. 그 결과 이번 연구의 목적인 Lamella structure와 annealing 온도에 따른 bimodal structure를 갖는 복합판재 제조에 성공하였고, 강도 392 MPa, 연신율 18%로 나타났다. 이는 이번 연구의 목적과 부합하는 고강도-고연성의 결과를 보이고 있으며, ARB공정을 통한 고강도-고연성의 합금판재의 제조가 가능함을 보여주는 결과라 할 수 있다.

[P5-4]

비정질 합금 박판의 고속 정밀 성형을 위한 Gas Pressurized Molding 공정개발: 김용학[1], 나영상[1], 임가람[1], 최윤석[2]; [1]*한국기계연구원 부설 재료연구소.* [2]*부산대학교*

Keywords: 비정질, Amorphous, 성형, GPM

연속주조를 통해 제조된 S.U.F Metal stip을 gas-pressurized molding (GPM) 판재 성형법을 통해 고속· 정밀성형 공정을 행한다. GPM 판재 성형법은 일정 크기의 strip을 몰드 상단에 고정 시킨 뒤 비정질 합금의 유리 천이 온도이상, 결정화 온도 이하의 과냉각 액체영역까지 가열한 뒤 가스 압력에 의해 성형하는 방법으로, 버튼 일체형 유니바디 외장재의 국부적 영역까지 원스텝 성형으로 완료가 가능한 고속 정밀 성형 공정에 해당한다. 이러한 방법을 통하여 비정질리본을 사용하여 자체 제작된장비로 열전도가 다른 두가지의 Mold를 사용하여 온도 조절과 압력의 변화를 주어 시편을 제작하여 halo pattern을 확인하고, 성형된 시편의 단면을 OM으로 확인하였다.

[P5-5]

열간 롤-피어싱 기술을 이용한 자동차 드라이브 샤프트용 중공 심리스 튜브 제조 연구: 홍성모, 김완교, 한승완, 박홍신, 최용갑; *(주)세창스틸 기술연구소.*

Keywords: 드라이브 샤프트, 경량화, 중공 심리스 튜브, 열간 피어싱, 인발

전 세계적으로 온실가스 배출 억제를 위한 자동차 환경규제 및 연비규제가 매우 중요시되면서, 차량 부품소재의 경량화는 선택이 아닌 필수 요소가 되었다. 경량화 대상 부품중에서 동력전달파트의 드라이브 샤프트(등속조인트)는 엔진의 힘을 바퀴로 전달하는 핵심 구동부품이라 할 수 있는데, 대부분은 중실 봉(solid bar) 형태의 샤프트가 적용되어 왔다. 그러나 이를 중공 심리스 튜브(hollow seamless tube)로 대체 시, 내구성이 더욱 향상될 뿐 아니라 타 부품소재 대비 약 10배 이상의 경량화 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있어, 심리스 튜브 제조의 기술성 및 경제성 확보가 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 본 연구에서는 경사 롤-천공(roll-piercing) 및 사이징 압연기술을 이용하여 열간 튜브를 제조하였고, 그 후 냉간 인발 기술을 통해 실제 차량에 적용 가능한 소구경 고정밀치수의 드라이브 샤프트용 심리스 튜브를 제조하고자 하였다. 특히 열간 공정에서 고온의 환봉에 구멍을 뚫어 소구경 박육관의 심리스 튜브를 제조하는 것이 핵심기술인데, 이를 위해 툴(plug, shoe, roll) 및 공정 최적화 조건을 마련하고자 하였다. 또한 냉간 인발을 통해 최종 설계치수의 심리스 튜브를 제조하였고, 품질 신뢰성 확인을 위해 편육율, 표면흠, 치수공차, 표면조도, 탈탄층, 경도 및 미세조직 분석을 실시하였다.

[P5-6]

직수분사냉각에 따른 보론강의 미세조직 및 기계적특성: 권의표[1], 김대영[1], 박현경[2]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 동해금속(주).*

Keywords: 직수분사냉각, 핫스탬핑, 보론강

보론강 핫스탬핑 공정시 고온으로 가열된 판재를 27°C/s 이상의 임계냉각속도 이상으로 냉각시킴으로써 마르텐사이트 변태를 통해 1.5 GPa의 강도를 얻을 수 있다. 판재의 냉각을 위해 금형과 판재와의 접촉으로 인한 열전달을 이용하는 다이냉각 방식이 주로 적용되고 있으나, 냉각속도 향상에 한계가 있고 판재의 충분한 냉각을위해서 금형에서의 유지시간이 길어 부품 생산성이 낮다는 단점이 있다. 최근 냉각속도 향상 및 생산성 향상을 목적으로 냉각수 분사를 통해 직접 냉각시키는 직수분사냉각기술이 개발되어 일부 일본 자동차 업체에서는 차체부품 성형에 상용기술로 적용 되고 있다. 본 연구에서는 직수분사가 가능한 사각컵금형을 이용하여 핫스탬핑 성형시험을 진행하였으며, 시험조건에 따른 판재의 냉각성능과 미세조직 및 기계적 특성을 분석하였다.

[P5-7]

코일 스프링 핀 제조를 위한 재질별 프레스가공 특성연구: 김호영[1], 변영민[1], 노영태[1], 김문수[2]; *[1](재)한국건설생활환경시험연구원. [2]삼광정밀공업 주식회사.*

Keywords: 코일 스프링 핀, 프레스가공, 탄소공구강, 스테인레스강, 전단강도

코일 스프링 핀은 자동차 구동장치(핸들 및 조향장치, 엔진블록, 구동축 등)의 압축응력과 하중이 가해지는 부품 및 항공산업, 전자제품 등의 정밀부품의 연결부위를 고정하기 위해 사용되는 부품이다. 본 연구는 코일 스프링 핀의 제조를 위한 재질별 프레스가공에 따른 가공도(곡률) 및 물리적 특성을 연구하였다. 연구에 사용된 소재는 탄소 공구강(STC85)와 스테인레스강(STS304) 판재를 사용하였으며, 코일 스프링 핀 제조공정은 소재 공급 → 커팅홈 성형 → 나선형 권취 → 커팅 단계로 제조하였다. 제조 후 단면을 광학현미경 통해 형상을 관찰하였고, 3차원 비접촉 현미경을 사용하여 곡률 측정을 통해 가공도를 확인하였으며, 만능재료시험기를 사용하여 전단강도 측정을 통해 전단력을 측정하였다. 동일한 가공조건에서의 가공도는 스테인레스강이 탄소공구강에 비해 높은 값이 나왔으며, 나선폭 사이의 간극이 더 작아짐을 확인할 수 있었다. 전단강도는 탄소공구강이 스테인레스강에 비해 높은 값이 나옴을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

[P5-8]

강관의 인발성형 공정 최적화 및 내구성 평가에 관한 연구: 전민우, 이석배; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: Steel Pipe, Tensil Strength, Hardness, Drawing, Plastic Working

인발은 소성가공을 통하여 정밀강관을 제작하고자 할 때 쓰이며, 이는 기계적 물성치의 변화를 초래함. 기계적 물성치 중에서 유압실린더용으로 사용되고하 할 때는 인장강도의 값이 중요함. 일반적으로 소성가공인 인발 후에는 인장강도가 증가하는 경향을 보이며, 열처리를 통하여 최종적으로 요구하는 기계적 물성치값을 확보하게 됨. 본 연구에서는 강관의 인발공정에서 단면감소율을 달리하는 다단인발공정을 적용하여 제작된 시제품의 기계적 물성치와 치수변화를 확인하여 인발 공정의 최적화를 도출하였음. 또한 도출된 공정으로 제작된 강관을 유압실린더도 제작하여 내구성을 평가하였음.

[P5-9]

이종복합재의 스웨이징 공정에 따른 튜브 두께변형특성 분석: 윤덕재, 김응주; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Swaging Process, Swaging Process, Incremental Forming, Oxygen Free Copper(OFC), Composites, Tube thickness

이종복합 소재는 두 종류 이상의 특성이 다른 금속을 적층하여 사용하는 것으로 단일 금속 소재만으로는 얻기 어려운 물리적 특성을 확보하게 된다. 그러나 이종복합 선재의 제조공정에 있어서 두 금속이 완전히 접합되지 않은 상태에서 기존의 인발가공이나, 압출공정으로 소재를 당기거나, 미는 방식으로 성형할 경우 이종복합재간의 다른 변형거동으로 인하여 성형공정상 문제가 발생하게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 단조 성형과 같이 반경방향으로 두드림과 동시에 축 방향으로 밀어내는 방식이 가능한 스웨이징 공정을 적용하고자 한다. 본 연구에서는 스웨이징 공정에서 이종복합재인 튜브 두께의 변형특성을 파악하기 위해 무산소 동

(Oxygen Free Copper) 튜브에 Sn, Nb, Fe를 코어로 조합한 봉재를 대상으로 성형실험을 수행하였다. 여기서 스웨이징 공정변수는 성형속도와 금형 입력각이고 무산소동 튜브의 두께에 따른 변형 특성을 분석하였다.

[P5-10]

알루미늄 6061 합금의 고온 가공성 평가: 조창희, 이지운, 손현우, 이경서, 김명훈, 김상욱, 정택균, 현승균; *인하대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: AA6061, Processing map, Constitutive equation, Kinetics of DRX, Hot torsion test

알루미늄 6061합금은 Al에 Mg와 Si 원소가 첨가된 합금으로 강도가 높으며 내식성이 양호하여 구조 재료로 많이 사용되고 있다. 본 연구의 목적은 알루미늄 6061합금이 온도 및 변형률, 변형 속도에 대하여 도출된 공정 지도 및 동적 재결정 분율 곡선으로 고온 변형시 발생하는 동적 연화기구 및 미세조직의 변화를 확인하고자 함이다. 알루미늄 6061 합금의 고온 가공 특성의 변화를 조사하기 위하여 573, 673, 773K에서 변형속도를 0.05, 0.5, $5s^{-1}$에서 열간 비틀림 시험을 진행하였다. 유동응력곡선, 공정 지도, 활성화 에너지 지도, 동적 재결정 분율 곡선이 결과로 도출되었다. 유도된 유동응력곡선을 통해 각 온도에서 변형속도가 클수록, 온도가 낮을수록 극대응력 값이 높다는 것을 확인하였다. 연신율이 0.5인 지점에서 공정 지도와 활성화 에너지 지도를 작성하였다. 활성화 에너지 지도는 고온구성방정식을 통해 도출된 식으로 작성되었다. 공정 지도에서 소성불안정 영역과 같은 특정 영역의 미세조직을 관찰하기 위하여 광학현미경법을 사용하였다.

[P5-11]

고강도 고인성 강재 쉐어링 절단시 변형거동 연구: 박광수[1], 이목영[1], 박형진[2], 박종원[1]; *[1]포항산업과학연구원. [2]포스코.*

Keywords: Shearing, Cutting, Forming, Plastic deformation, Knife

고강도 고인성 강재의 쉐어링 절단시 쉐어링 나이프가 첫 타격부터 소성변형이 발생하여 수명저하로 연결되는 문제를 해결하기 위해 나이프의 재질을 개선하고자 한다. 이를 위해 시뮬레이션을 통한 나이프의 소성변형량을 해석을 통하여 예측하였다. 본 모델은 대용량의 요소를 요구하므로 해석 시간을 줄일 수 있는 소재의 소성변형 및 전단 해석과 금형의 탄소성 변형 해석을 동시에 수행하지 않고 순차적으로 uncoupled 방법을 통하여 적용하였다. 해석을 통하여 기존의 나이프 소재와 개선된 나이프 소재의 절단시 변형거동 및 절단성을 평가 하였다.

[P5-12]

마찰교반을 통한 직접압출 접합선 제어 시스템 설계 및 기계적 특성 평가: 주경석, 최재영, 김진평, 신재혁, 김세훈, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: Direct Extrusion, Friction stir welding, seam-line, Al-alloy, Mechanical properties

알루미늄 압출은 자동차용 샤시, 건축재료, IT 및 전자 부품 소재, 공조용 pipe 등 산업 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있는 가공법 중 하나이다. 최근에는 금속 가공 산업 중 약 15~20%의 비중을 알루미늄 가공재가 차지할 만큼 쓰임의 폭이 더욱 넓어지고 있다. 그 중에서도 알루미늄 관재 직접 압출가공은 공정상 중공형상을 성형하기 위해 금형 내 port 및 bridge의 존재가 필수적이다. 따라서 알루미늄 관재 제품에는 고상-고상간의 접합선이 발생하며, 이 접합선은 육안으로는 확인이 어렵지만 미세조직 관찰 시 확인이 가능하다. 이렇게 생산된 압출 관재의 경우 일반적인 제품 제작에 있어서는 큰 문제가 없지만 내압특성이 요구되는 부품 및 확관성형이 필요한 제품에서는 가압 시 접합선을 중심으로 파단이 일어나는 문제점이 있다. 본 연구에서는 직접 압출에 마찰교반 기술을 도입하여 압출 시 형성되는 접합선을 제어하는 시스템 설계를 진행 하였다. 압출 금형 bridge 전방 교반 팁을 위치시키고 압출 시 팁을 강하게 회전시켜 금형 내 소재 유동 접합구간에서의 교반을 통한 접합선 제어효과를 확인하고자 하였다. 이 시스템을 이용해 2인치 압출장치에서 관재 압출을 진행하였으며, 미세조직 분석을 통해 접합선 제어 효과를 확인하였다. 또한, 접합선 제어 판재 압출을 진행하여 접합선 제어에 따른 접합강도 개선 효과를 평가하기 위한 기계적 특성 평가를 실시하였으며, 교반하지 않은 일반 판재 및 소재 규격과의 비교를 통해 개선효과를 확인하였다.

[P5-13]

Austenitic stainless steel with enhanced machinability: Jin Man Park[1], Sung Hwan Hong[2], Ki Buem Kim[2]; *[1]Samsung Electronics. [2]Sejong University.*

Keywords: Austenitic stainless steels, Microstructure, Machinability, Corrosion resistance.

In this study, we developed novel austenitic stainless steels with enhanced machinability. Although, austenitic STSs are characterized by high ductility, high deformability, non-magnetic property and excellent corrosion resistance, they have certain draw backs. They are considered as the most difficult-to-cut materials as compared to other steels and alloys due to their high work-hardening rate, low thermal conductivity, high thermal expansion and high built up edge (BUE) formation tendency. Here we investigates the effects of fine compositional tuning and formation of non-metallic inclusions on the microstructural evolution, mechanical properties, corrosion resistance and machinability of austenitic STSs.

[P5-14]

내열 합금의 5,000시간 미만 단기 크리프 데이터를 이용한 5,000~100,000시간 장기 크리프 수명 예측 모델링: 김신찬[1], 심재혁[2], 정우상[2], 최윤석[1]; *[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Creep-resistant steel, P91, P92, Creep, Creep life, Modelling

발전용 내열 합금의 크리프 특성 평가 및 분석을 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에, 다양한 종류의 크리프 수명 예측 모델들이 제안되고 활용되어져 왔다. 1950년대에 개발된 Larson-Miller Parameter와 같은 Time-Temperature Parameter(TTP) 모델들은 활용이 용이하지만 모델 자체가 가지는 물리적 기반이 약하고 예측능이 떨어지며, power law equation 기반의 크리프 모델의 경우에도 현상론적인 모델링에 그치고있다. 최근에는 이러한 기존의 크리프 모델들의 주요 파라미터들의 온도 및 응력 의존성을 개선하여 단기 크리프 데이터를 이용한 장기 크리프 수명 예측에 활용하는 크리프 모델링 접근법이 행해지고 있다. 본 연구에서는 주요 발전용 내열 합금인 P91 및 P92에 대해 5,000시간 이하의 단시간 크리프 데이터를 이용하여 5,000~100,000시간의 장시간 크리프 수명 예측능을 주요 매크로 크리프 모델별로 비교, 분석하였다. 또한 열역학 시뮬레이션을 이용하여 단시간에서의 온도 및 응력에 따른 P91, P92 크리프 변형 메커니즘의 변화를 미세조직 측면에서 고찰하였다.

P6 : 가공-열처리
Room 3층 로비, 4월 25일

[P6-1]

열처리에 따른 Cu-Sn합금의 미세조직과 기계적 특성변화: 정무섭, 한준현; *충남대학교 공대 신소재공학부.*

Keywords: Cu-Sn alloy, bronze, heat treatment, microstructure, mechanical property

구리에 주석을 첨가한 합금은 청동이라고 불리며, 전통적으로 Cu-22wt%Sn합금은 유기나 타악기인 꽹가리나 종에 사용되었다. 청동은 내부식성과 강도가 좋으며 그릇의 소재로 사용하는 경우, 보온보냉효과와 향균특성이 뛰어나다. 악기로 사용하는 경우, 감쇠성이 적고 감쇠시간이 길다는 장점이 있다. 이러한 특성 때문에, 국내뿐 아니라 해외에서도 그 수요가 증가하고 있다. Sn함량이 10 wt% 이상 첨가된 Cu-Sn함금은 냉간 deep drawing이 불가하며, 사람의 인력으로 열간단조를 통해 생산되기 때문에 공급이 원활하게 이루어지지 않는다. 청동에 주석함량이 적다면, 황색도가 낮아지며 백색이 되고 경도가 저하된다. 이러한 단점을 보완하고자 열처리를 통해 Cu-22 wt%Sn합금에 미세조직과 기계적 특성변화를 고찰하였다. Beta상 구간과 gamma상, delta상, upsilon상 구간에서 열처리를 실시하였다. 이를 광학현미경을 통해 미세조직을 관찰하였고, SEM/EDS와 XRD를 통해서 나타나는 상을 분석하고 비커스경도와 로크웰 경도, 인장시험을 통해 기계적 특성을 분석하였다. 이를 통해서 Cu-22 wt%Sn에서는 다양한 상이 혼합된 조직을 얻을 수 있으며, alpha상 분률이 높을수록 로크웰 경도가 낮아졌다. Alpha상 다음으로 gamma상의 경도가 낮았고, 인장시험 결과 alpha의 분률이 높고 gamma상이 생성된 열처리 조건에서 가장 높은 연신률이 나타났다.

[P6-2]

열처리 조건에 따른 자동차용 기어 내구성 평가 결과: 최병호[1], 이규석[1], 장진성[2]; *[1]현대다이모스 [2]경북 VCT.*

Keywords: Carburizing, Differential gear, Gear durabiliry, Austempering

최근 들어 자동차 부문에 있어서는 환경 부문의 개선을 위한 활발한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이중에서도 차량의 콤팩트화를 통한 엔진 및 변속기등의 부품을 최적화하여 연비향상을 추구하고 있다. 변속기의 중요 부품중의 하나인 기어의 경우에는 종래에 침탄 열처리 방법을 통하여 부품의 내구성 및 소음을 저감하는 방법을 적용하고 있었으나, 최근 들어 다양한 표면 경화 열처리 방법 적용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 종래의 침탄 열처리 방법과 오스템퍼링 방법을 적용하여 자동차 기어의 내구성 평가에 관한 연구를 진행하였다. 연구 결과, 열처리 조건에 따라 표면 조직 변화 및 경도값 변화가 나타났으며, 최적 열처리 조건을 확정하였다. 최적화된 조건에 의해 제작된 기어를 이용하여 내구성을 평가하였으며 이를 통해 표면 조직 형태 및 경도값 분포에 따라 내구성의 변화가 있음을 확인하였다.

[P6-3]

Al 용융도금된 P91강판의 H_2S혼합가스에서의 고온부식: 이동복, Xiao Xiao; *성균관대학교.*

Keywords: Hot-dip aluminizing, ASTM P91 steel, H_2S corrosion

석탄/석유의 열분해와 가스화 공정, 석유정제장치, 황화물이 함유된 가스를 취급하는 화학 플랜트, 보일러, 선박/항공기/발전소의 엔진, 가스터빈 등은 H_2S 등 황을 함유하는 가스에 의해 부식이 발생한다. 석탄/석유에 소량 포함된 원소 황은 환원 조건에서는 H_2S로 되는데, SO_2보다 H_2S에서 부식속도가 더 빠르며 이 부식속도는 황화수소내의 황과 수소의 분압 및 사용온도에 크게 의존한다. 아직까지 고온의 H_2S가스 부식에 견디는 금속재료는 개발되지 않았는데, 본 연구에서는 내열 Fe계 합금인 P91강판을 Al 용융도금한 후, 고온의 H_2S 함유가스에서 부식시키고, 부식특성과 거동 조사을 통해 고효율/고신뢰성 설비 부품 기술을 개발하고자 하였다. 고온부식실험 전후의 모재, 형성된 스케일의 형상, 종류, 성분분포 등을 광학현미경, XRD, EPMA, SEM을 이용하여 분석하였다. 감사의 글. 본 연구는 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2017R1D1A1B03028792).

[P6-4]

AISI 304 및 AISI 316 오스테나이트 강의 열처리에 따른 부식 특성: 조진우[1], 황건재[1], 김정석[2]; *[1]조선대학교대학원첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Sensitization, DL-EPR, Corrosion, Aging, Polarization

고온 구조용 소재로 널리 사용되는 AISI 304강과 AISI 316 스테인리스 강은 가공공정이나 사용중 주된 고용 원소인 크롬의 고갈로 인해 내식성이 현저히 감소되어 입계 부식으로 이어질 수 있다. 또한, 이러한 입계부식은 결국 구조물의 두께 감육이나 균열의 생성과 입계를 따른 전파로 응력부식 균열을 초래하게 된다. 본 연구는 오스테나이트기 AISI 304강과 AISI 316강에 대해 용체화처리 후 예민화 처리를 하여 열처리에 따른 부식특성을 면밀히 조사하고자 하였다. 이를 위해서 열처리는 AISI 304 1000°C에서 6시간 용체화 처리 후 예민화 처리는 670°C 최대 20시간 까지 전기로에서 수행 하였고 AISI 316강은 1200°C의 온도에서 6시간 동안 용체화 처리후 700°C 온도에서 최대 10000시간까지 열처리를 실시 하였으며 예민화된 시험편의 입계 부식 저항성은 DL-EPR시험과 동전 위 분극 실험에 의해 평가 하였다. 부식 시험 전후 시편의 표면 미세조직을 광학현미경과 주사전자현미경으로 관찰 하였다. 예민화도를 나타내는 전류밀도비 (Ir/Ia)의 변화를 열처리시간에 대해서 면밀하게 고찰하였다.

감사의 글: 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(No. 2017R1D1A3B03028681)

[P6-5]

열에너지수치를 이용한 플라즈마 질화의 질화층 예측 및 제어에 관한 연구: 전동술, 안경준, 박성중; *한국생산기술연구원 열처리그룹.*

Keywords: Plasma Nitriding, Master Nitriding Curve, Activation energy

열처리 공정 중 제품에 동일한 열에너지수치를 가하면 동일한 열처리품질을 얻을 수 있다는 신개념의 열에너지수치 제어 기법을 기계구조용 합금강인 SCM415강의 플라즈마 질화공정에 적용하였다. SCM415강의 플라즈마 질화 시 질화 가스 및 플라즈마 전원 등 동일한 질화분위기 조건에서 질화 온도와 시간을 변화시켜 제품이 받은 열에너지수치를 측정하였으며, 이 때 질화된 SCM415강의 확산층 깊이와 화합물층 두께를 확인하였다. 그 결과 질화 확산층 깊이와 화합물층 두께가 열에너지수치에 따라 단일 곡선에 의존함을 Master Nitriding Curve(MNC)개발로 확인하였다. 또한 MNC 개발 시 확산층과 화합물층이 형성되기 위한 물질 고유의 활성화에너지값(Activation energy)은 각각 65.5 kJ/mol, 133 kJ/mol로 계산되었으며, 이는 확산층보다 활성화에너지값이 더 큰 화합물층을 형성시키는데 더 많은 에너지가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 SCM415강의 MNC 모델 개발로 플라즈마 질화 시 확산층과 화합물층이 열에너지수치에 의존함을 확인하였으며, 이를 생산 현장에 적용한다면 질화 시 제품이 받은 열에너지수치를 측정 및 모니터링하여 제품의 요구특성에 맞게 확산층과 화합물층을 동시에 각각 예측하고 정밀하게 제어 할 수 있다.

[P6-6]

사용후핵연료 저장 캐스크용 저탄소강의 저온인성에 미치는 잔류오스테나이트의 영향: 오제혁[1], 손영훈[1], 김성환[1], 김병준[1], 장재호[1], 서오덕[1], 박원욱[2], 남대근[1]; *[1] 한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2] 인제대학교 에너지융합학과.*

Keywords: Low Alloy Carbon Steels, Intercritical Heat Treatment, Retained Austenite, Toughness, DBTT

국내 고리원전 1호기의 폐로가 결정되면서 사용후핵연료 냉각 및 저장시설에 대한 관심이 높아지고 있다. 사용후핵연료의 냉각 및 저장은 습식저장방식에 비해 비용 및 위험도가 상대적으로 낮은 건식저장방식이 고려되고 있으며, 협소한 방폐장 면적을 고려하여 이동이 가능한 캐스크 저장방식에 관심이 모이고 있다. 캐스크용 소재로 주목받고 있는 저탄소강은 스테인리스강에 비하여 경제성이 우수하지만, 사용후핵연료가 가지고 있는 중성자와의 상호작용으로 발생하는 캐스크 소재의 취화현상으로 인한 취성파괴방지 및 우수한 충격특성 확보를 위해 낮은 연성-취성 천이온도(Ductile-Brittle Transition Temperature, DBTT)를 확보하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 잔류오스테나이트의 분율 및 안정도 등이 저온인성 향상에 영향을 준다는 연구사례를 바탕으로 저탄소강에 보편적으로 사용되고 있는 열처리 공정인 담금질-뜨임(Quenching-Tempering, QT)공정에서 담금질과 뜨임공정 중간에 잔류오스테나이트 형성을 위한 이상영역 열처리(Intercritical Heat Treatment, IHT)를 추가로 실시하였으며, 광학현미경(OM) 및 주사전자현미경(SEM)분석을 통해 침상형 페라이트 기지 내에 소량의 잔류오스테나이트가 형성된 것을 관찰하였다. 투과전자현미경(TEM) 분석으로 잔류오스테나이트가 Granular 및 Film형상으로 구성된 것을 확인하였으며, X선 회절분석을 통한 잔류오스테나이트의 체적분율은 약 2.4%로 측정되었다. 기존 QT공정을 거친 시편과 이상영역 열처리가 추가된 시편에 대하여 EBSD 분석으로 유효결정립 크기를 비교하였으며, 샤르피 충격시험으로 충격특성 및 DBTT의 차이를 분석하였다. 기존 QT공정과 비교하여 추가 이상영역 열처리가 적용되었을 때 상대적으로 결정립이 미세하였으며, 우수한 충격특성 및 더 낮은 DBTT를 나타내었다. 이는 결정립 미세화로 인해 기지 내 오스테나이트 안정화원소들의 확산 및 농화가 용이해짐에 따라 잔류오스테나이트의 안정도가 상승하여 저온인성 향상 및 DBTT의 감소로 이어진 것으로 판단된다.

[P6-7]

Analysis of aging hardening characteristics of Al-Cu-Mg Alloys by heat treatment condition: 유가영[1], 김동배[1], 전진현[1], 정해석[2]; *[1](재)대구기계부품연구원. [2](주)신도하이텍.*

Keywords: Al-Cu-Mg alloy, Al2014, Al2024, Al alloy Aging, Al alloy heat treatment

Recently, as a part of lightweight automobile parts to improve fuel efficiency of vehicles, attempts to substitute nonferrous materials for steel have been increasing. The most actively applied lightweight materials have the advantage of being easy to mold with aluminum 6000 series alloy, but they have a relatively low tensile strength and thus are not applicable to parts requiring strength of 250 MPa or more. For this reason, recent attempts have been made to improve the strength of Al alloys through alloy refinement, aging heat treatment and work hardening.Al 2000 series and 7000 series alloys having higher strength than Al 6000 series alloys are limited to aircraft parts and special machine parts for various reasons such as molding difficulty and price. Aluminum 2000-based alloys can achieve a tensile strength of up to 450 MPa through aging hardening. Therefore, it is expected that they can be replaced with lighter weight. For this purpose, it is essential to acquire an aging property database for this material.Therefore, in this study, we investigated the characteristics of Al2014 alloy, which is the representative alloy of aluminum 2000, according to the age hardening heat treatment conditions.For this purpose, the aging temperature and time were set differently and heat treatment was performed, and mechanical properties and microstructure were observed.

[P6-8]

질소와 결합된 크롬 및 니켈 석출물의 함량에 따른 오스테나이트 입자성장특성 고찰: 신현정, 김동배, 노정석, 박상하; *(재)대구기계부품연구원.*

Keywords: 고온침탄, 질소화합물, 입자성장, 침탄처리강, 오스테나이트

고온 침탄처리 시 발생되는 결정립 성장을 억제하기 위하여 온도 상승구간에서 암모니아를 투입하는 Pre-Nitriding가 결정립의 성장을 억제하는 것을 확인하였다.본 연구에서는 침탄온도에 따라 금속표면에 침투된 석출/고용(C, N)이 결정립 성장에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 S20C, SCM440, SCR420에 Pre-Nitriding 처리 후 고온침탄처리를 실시하여 Pinning Force에 영향을 미치는 석

출/고용물의 종류와 농도에 따른 상관 관계를 고찰하였다.

[P6-9]

저합금강의 진공 침탄시 표면 carbon flux: 권기훈[1], 정민수[1], 문경일; *한국생산기술연구원.*

Keywords: vacuum carburizing, carbon flux, low alloy steel, simulation

침탄은 강재 부품의 표면에 탄소를 침투시킴으로써 내구성을 향상시키기 위해 오래전부터 사용되어 온 대표적인 표면경화 열처리 방법이다. 산업계에서 주로 사용되는 침탄 열처리는 (상압) 가스침탄 방식이었으나, 고품질, 저비용, 친환경의 장점을 가진 (저압) 진공 침탄의 사용이 증대되고 있다. 하지만, 국내에서는 장비의 높은 초기 설비비용과 신뢰성 높은 공정기술 부족으로 인하여 보급이 늦어지고 있는 실정이다. 이러한 진공 침탄은 침탄 강재 표면 carbon flux를 이용한 침탄 시뮬레이션을 바탕으로 공정기술 개발 및 공정 최적화를 이룰 수 있다. 이에 본 연구에서는 저합급강의 진공 침탄 공정 조건에 따른 표면 carbon flux를 도출하고, 비교·분석하였다. 본 연구에서 도출된 표면 carbon flux를 이용하여 계산한 침탄 농도프로파일은 실측한 결과와 잘 일치하였다.

[P6-10]

Phase Transition of compound layers during gaseous nitriding according to carbon content of steels: 손석원, 이원범; *한국생산기술연구원.*

Keywords:

본 연구에서는 탄소강의 탄소함량에 따른 질화층의 성장과 확산깊이의 영향에 대한 연구를 진행하였다. 탄소함량 0.15w% 이하의 냉간압연 강판소재인 AISI1012 소재와 0.45w% AISI1045 소재를 질소가스와 암모니아가스를 일정 비율로 로내에 주입하여 490°C와 520°C온도에서 질화공정을 실시하였다. 공정시간은 1시간, 3시간, 10시간 공정을 진행하여 온도 및 시간에 따라 경화깊이와 화합물층 두께를 관찰하였다. 또한 레이져 현미경을 통하여 화합물층의 γ'(Fe_4N) 상과 ε($Fe_{2-3}N$) 상의 분율을 확인하였다. 열역학 계산을 통하여 공정시간 및 온도에 따라 화합물층이 어떻게 성장하는지 예측하였고. 실험 결과 공정 시간이 증가함에 따라 화합물층 및 경화깊이가 증가하였다. 490°C와 520°C 에서 10시간 질화한 시험편에 대해 EBSD 분석을 통하여 상분율을 측정하였다. 질화 화합물 형성기구에 대해서는 CALPHAD기법을 사용하여 열역학 계산을 통하여 탄소 함량에 따른 Lehrer Diagram을 얻을 수 있었고 질화 공정에서 형성되는 화합물층의 예측값과 실험값를 비교분석을 할 수 있었다. AISI 1012와 AISI 1045 소재의 경우 순수한 Fe와는 다른 Lehrer Diagram을 가지고 있었다. 탄소가 첨가된 일반적으로 사용하는 강은 질화 공정에서 ε상과 γ'두 개의 상이 동시에 성장하며 질화가 이루어진다는 것을 확인 할 수 있었다.

P7 : 전산재료과학
Room 3층 로비, 4월 25일

[P7-1]
나노구조막 형성을 위한 건식 진공 장비의 전산해석연구: 김준형, 이희철; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*
Keywords: Computational simulation, FVM method, Fluid dynamics, Nanostructure, Dry vacuum deposition
본 연구에서는 나노 구조의 다공성 막을 형성하기 위해 진공 건식 표면처리 장비에 노즐 구조의 모듈을 장착한 새로운 개념의 진공장비 설계 및 컴퓨터 유체 역학(computational fluid dynamics) 해석을 진행하였다. 우선적으로 진공챔버 및 노즐의 구조형상이 챔버 내부의 유동 분포 특성 및 다공성 막 형성에 미치는 영향에 대해 연구를 진행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 tool로 유한체적법(FVM method)을 이용하는 FLUENT(ANSYS Co.)를 사용하여 수치해석을 진행하였으며, 실제 가스 유체가 진공 챔버에서 진행하는 흐름을 시각적으로 형상화 할 수 있었다. 다공성 나노막 형성에서 가장 중요한 요소인 증착 속도와 균일도가 기판 위에 흐르는 가스의 z축 방향 속도와 높은 연관성이 있다는 것을 선행실험으로 확인하여 챔버에 대한 가스 주입구인 inlet의 형상 및 가스 주입 방향, 그리고 노즐의 개수를 시뮬레이션을 통하여 최적화하였다. 시뮬레이션을 통하여 최적화된 다공성 막두께의 균일도는 4인치 기준으로 28.9%인데 이를 실제 챔버에서 구현하여 실험을 통하여 측정한 결과는 24.9%로써 4%의 차이를 나타내었다. 추가적으로 이산 입자 모형(Discrete Particle Models)을 기존에 진행한 유체 해석에 적용하여 입자의 크기에 따른 유체거동을 진행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 모델 입자의 크기를 수 nm이하로 낮출 경우 난류(turbulent flow)에 의해 노즐을 통과하여 박막을 형성하는 분율이 낮아 증착 속도가 크게 감소하였으며, 입자의 크기가 수백 nm 이상으로 커질 경우는 중력의 영향을 주로 받아 균일도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

[P7-2]
냉각수 유속에 따른 분산형 핵연료의 건전성 평가 예측: 공의현, 오제용, 탁영욱, 김현중, 임정식; *한국원자력연구원.*
Keywords: 분산형 핵연료, 냉각수 유속, 핵비등 시작 온도, 우라늄 알루미나이드, 유한요소해석
본 연구에서는 알루미늄 기지 내에 구형의 우라늄 알루미나이드 입자가 분산된 핵연료판의 건전성을 평가 예측하는 것이 목적이다. 분산형 핵연료판은 한국원자력연구원의 연구용 원자로인 하나로(HANARO: High-flux Advanced Neutron Application ReactOr)에 탑재되며, 냉각수의 유속에 따른 핵연료판의 온도, 산화(부식), 팽윤 등의 변화 양상이 핵연료판의 건전성에 미치는 영향을 분석하였다. 판의 표면온도가 증가하면 많은 양의 기포가 피복재 표면에 형성되어 냉각수와 피복재의 접촉이 차단될 수 있다. 이로 인해 냉각 능력을 상실하면 피복재의 온도는 급격히 증가하여 결국 피복재가 손상될 수 있기 때문에 핵연료의 건전성이 보장되지 않을 수 있다. 그러므로 핵연료판 표면의 최대온도와 핵비등 시작 온도(ONB: Onset of Nucleate Boiling)와의 차이로 정의되는 ONB 온도 여유도를 핵연료의 건전성을 평가하는 기준들 중 하나로 삼을 수 있다. 아직 국내외에 우라늄 알루미나이드 구형입자로 제조된 핵연료에 대한 실제 성능평가시험이 전무하다. 실측 전에 유한요소해석을 포함한 이론적인 연구를 통하여 냉각수 유속 변화에 따른 분산형 핵연료의 건전성을 예측하였다.

[P7-3]
Phase-field study on Bain, KS, NW and Pitsch mechanisms martensitic transformations: 조민규[1], 차필령[1], 배문기[2], 홍승연[2], 강민우[2], 권순우[2]; *[1]국민대학교. [2]현대자동차.*
Keywords: martensite, transformation, phase-field, elastic
Lath martensite is a characteristic structure in quenched steels with a low or negligible carbon content, maraging steels and interstitial free steels. The transformation of a parent austenite grain into lath martensite was characterized as a grain subdivision on different length scales. On a coarse scale, the austenite grain breaks down to several packets, each containing extended parallel blocks. Each block is further subdivided by laths, which are narrow units with a width in the sub-micrometer range. In this study, we analyze the origin of lath martensite formation by using volume-conserving multi-phase field model with micro-elasticity. Although various deformation mechanisms such as Bain, Kurdjumov–Sachs, Nishiyama-Wassermann and Pitch mechanisms have been proposed for cubic to tetragonal martensitic transformation, Only Bain deformation mechanism has been considered in previous phase field models. In this study, we consider all the formation mechanisms and reveal a plausible origin for the multi-scale nature of lath martensite.

[P7-4]
Unusual mechanical properties of the nanostructured mechanical metamaterials with various minimal surfaces: Jun-Hyoung Park, Jae-Chul Lee; *Korea university.*
Keywords: Metamaterials, elastic properties, morphological effect, surface effect, molecular dynamics
자연계에는 다양한 크기와 형상을 지닌 나노구조들이 존재한다. 이러한 나노구조들이 기존의 재료와 다른 특이한 특성들을 이끌어낼 수 있다는 사실이 확인되면서, 나노구조를 통한 재료의 특성변화는 기존 재료의 활용 방안에 대한 광범위한 확장을 이끌어낼 수 있는 방법으로 고려되고 있다. 특히, 나노구조를 통한 기계적 특성 변화에 대한 연구는 negative effective mass density, meta-fluid property, negative effective bulk modulus 등 기존 재료에서는 볼 수 없는 독특한 특성을 이끌어냈다. 이러한 독특한 기계적 특성

들은 재료 본래의 특성에 기반하지 않고, 나노 구조의 크기와 형태에 의해서 구현된다. 메타물질은 그 종류에 따라 서로 다른 형상과 크기를 지니고 있다. 따라서, 메타물질의 구조와 기계적 특성 간의 관계를 규명하기 위해서는 크기와 형상을 모두 고려하는 계산 방법이 요구된다. 분자동역학은 level surface function을 활용하여 메타물질의 형상을 정확히 구현할 수 있으며, 각 원자의 움직임과 에너지를 고려하여 크기에 따른 표면효과의 변화 또한 반영하는 계산 방법으로, 나노 스케일의 메타물질의 기계적 특성을 분석하는데 적합하다. 분자동역학을 통하여, 메타물질의 구조적 근간을 파악하고, 이를 통하여 메타물질이 갖는 독특한 기계적 특성의 원인을 설명한다.

[P7-5]

밀도범함수 계산과 기계학습을 이용한 최적의 산소 환원 촉매 설계 방법에 관한 기준 물리량 연구: 홍두선, 권순호, 이혁모; *한국과학기술원.*

Keywords: 연료 전지, 산소 원자 흡착 에너지, 밀도범함수 이론, 기계학습

연료 전지는 지속 가능한 친환경 에너지원으로서 주목받고 있다. 특히 PEMFC는 낮은 작동 온도 등 다양한 장점으로 인해 더욱 주목받고 있다. 하지만 양극에서 널리 쓰이는 백금 촉매의 높은 가격과 좋지 않은 내구성으로 인하여 아직까지 PEMFC가 상용화되는데 어려움을 겪고 있다. 이에 백금 촉매를 대체하기 위한 실험적, 이론적 연구들이 많이 진행되었다. 특히, 밀도범함수 이론을 이용하여 최적의 대체 촉매를 찾는 기준으로 산소 원자의 흡착 에너지를 제시하였고, 이는 실제로 효과를 보았다. 하지만 이러한 기준으로도 완전히 백금 촉매를 대체하는 물질을 찾을 수 없었고, 다양한 요소들이 고려된 기준이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위하여 밀도범함수 이론과 기계학습 법을 이용하여 이를 살펴보고 새로운 기준을 제시하려 한다. 기계 학습을 통해 다양한 물리량들로부터 산소 원자 흡착에너지를 재현하고, 재현하는데 사용되었던 가중치 분석을 통해 최적의 산소 환원 촉매 설계에 대한 새로운 기준을 제시할 수 있다.

[P7-6]

Alloy design strategy to accelerate nitriding of Fe alloys: DFT, CALPHAD, and, kMC approaches: 강구, 이창수, 권순호, 이혁모; *한국과학기술원 신소재공학과 전산재료과학연구실.*

Keywords: nitriding, DFT, CALPHAD, kMC, CI-NEB

Ammonia nitriding was theroetically studied using DFT and $_b$CALPHAD approaches. First, we considered the ammonia decomposition and nitrogen diffsuion mechanism on the clean and alloyed Fe (100) surface. Alloying elements considered in this study include transition metals as well as II through VI species in the periodic table. We performed the CI-NEB claculation to obtain the reaction energy barriers (E_b) of every step in diffusion and the micro-kinetic analysis to investigate the effect of alloying elements. CALPHAD approach was also used for thermodynamic study. As a result, optimum alloying elements will be suggested, which may accelerate nitriding of steel.

[P7-7]

High-throughput screening of lead free perovskite solar cell with low level descriptors: 방기훈, 이혁모; *한국과학기술원(카이스트).*

Keywords:

하이브리드 페로브스카이트는 최근 각광받고 있는 태양전지 소재 중 하나이다. 2010년대 이후 많은 연구가 이루어져 최근에는 약 20%의 태양전지 효율을 이루워냈다. 하지만 아직 상용화하기에는 몇가지 단점이 있는데 그 중 하나가 유독성 원소인 납을 사용한다는 것이다. 본 연구에서는 납을 대체하고자 다양한 descriptor를 이용하여 high-thorughput screening을 진행하고 기존의 MAPbI3 하이브리드 페로브스카이트 소재를 대체할 수 있는 신소재를 찾고자 하였다. 먼저 기존의 ABX3 구조 뿐만 아니라 A2BB'X6, ABX2X', A3B2X9 등 다양한 구조와 각 site에 사용할 후보 원소군을 선정하였다. 이렇게 선정된 약 650개의 후보물질을 heat of formation, band gap, direct gap, effective mass 의 low level descriptor를 이용하여 screening을 진행하였다. 이렇게 선정된 약 20여가지의 후보물질을 가지고 추후 defect level, formation barrier 등의 high level descriptor를 가지고 추가 screening을 진행할 계획이다.

[P7-8]

Critical systematic evaluation and optimization of the SiO_2-RE_2O_3 systems: 김영서, 정인호; *서울대학교공대재료공학부30동205호.*

Keywords: 희토류산화물, thermodynamic modelling, factsage, modified quasichemical model, 열역학

희토류 금속들은 화학적으로 매우 안정적일 뿐만 아니라 훌륭한 전열 물질로써 21세기에 새로운 자원으로 각광받고있다. 이 금속들은 산소와 매우 쉽게 결합하기 때문에 산화물인 RE_2O_3 형태로 존재한다. 본 연구에서는 CALPHAD 방법을 이용하여16개의 SiO_2-RE_2O_3 이원계 시스템의 열역학 데이터 베이스를 구축하였다. Sc과 Y 의 산화물 시스템을 제외한 대부분의 RE_2O_3-SiO_2 시스템은 RE_2SiO_5, $RE_2Si_2O_7$, $RE_{14}Si_{19}O_{39}$ 형태의 3가지의 화합물들을 가지고 있는데, 이 화합물들의 열역학 값들이 RE의 원자번호에 따라서 일정하게 변화하는 추세를 고려하여 열역학 값이 없는 화합물의 경우에 그 값들을 추정하였다. 최종 CALOHAD 열역학 데이터 베이스 구축을 위해서, 액상 RE_2O_3-SiO_2 용액의 열역학 거동은 Modified Quasichemical Model을 이용해서 구현하였고, 나머지 고체상들은 모두 Stoichiometric compound로 고려하였다.

[P7-9]

고주파 유도 가열을 이용한 steam-methane reformer 모델 개발: 채홍준;*고등기술연구원.*

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Reformer, steam-methane, high frequency heating

기존의 상업화 되고 있는 니켈 촉매 개질 반응기는 튜브형으로 촉매, 개질용 튜브와 이를 가열할 수 있는 버너로 구성되어 있으며, 담지체로 사용되고 있는 알루미나 소재는 기하학적 표면적이 500 m^2/m^3로 다공성 구조를 띄고 있기 때문에 개질 반응으로 전달되지 못한 열이 많이 발생하는 문제를 안고 있다. 이러한 문제해결을 위해 튜브형 개질기의 고효율을 위한 열 교환 면적이 큰 개질기와 열 회수 장치를 통한 에너지 교환에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 기존 공정의 열효율을 증대시킬 수 있는 신개념의 고효율 steam-methane 개질 시스템을 개발하는 것으로 구체적으로 개질용 튜브 외부에 고주파 유도가열을 적용하여 튜브의 열 효율 증가 및 수명 연장이 가능하도록 설계하였다. 개질관의 형상과 코일의 배열간격, 가열 주파수에 따른 열, 전자기적 특성에 따라 유도가열에 유리한 조건을 우선적으로 선정하고, 코일 배열과 개질관 내부 촉매 층의 열전달 효과에 대한 특성을 분석하였다.

[P7-10]

Temperature dependent phase stability of Ti-C-N system: 김지웅, 김명재, 백예은, 서용재; *한국지질자원연구원.*

Keywords: stability, first rpincipels, Ti, C, N

We investigated lattice dynamic and temperature-dependent thermodynamic phase stabilities of Ti(C1−xNx) solid solutions using first-principles calculations within the quasi-harmonic approximation. Phonon dispersion and density of states were obtained by the finite-element method. Special quasi-random structures were used to mimic the random distribution of carbon and nitrogen atoms in the sublattice of Ti(C1−xNx). The reliability of the models and calculations were obtained by comparing the structural and elastic properties of Ti(C1−xNx) with previous results. The random mixing of carbon and nitrogen atoms had a minor effect on the elastic properties, but greatly influenced the dynamic stability. Thermodynamic phase stability was investigated using the formation energy of the solid solutions. The phonon density of states with the quasi-harmonic approximation yielded accurate formation energies at various temperatures. Nitrogen-rich phases showed noticeable changes in thermodynamic stability with increasing temperature, and their phase stability decreased quickly in comparison with the carbon-rich phases. Our results provide fundamental insights into Ti(CN) solid solutions that will help underpin the use and production of Ti(CN) materials.

P8 : 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 25일

[P8-1]
계장화 압입시험법을 이용한 슈퍼히터튜브의 잔여수명 평가: 김우영, 김정희, 김상휘, 표산종, 김이곤, 김정엽; *전남대학교.*
Keywords: Superheater tube, 잔여수명평가, 계장화압입시험법

플랜트 수명 관리의 주요 측면은 크리프로 인한 유한 수명을 갖는 고온 부품의 잔여수명을 평가하는 것이다. 지난 수 십년간 남아있는 크리프 수명의 직접적인 평가를 통해 고온고압 환경에서 사용되는 설비의 잔여수명평가로써의 인기를 얻었다[1]. 하지만 현장에서 설비의 항복 및 인장강도 등의 기계적 특성을 평가하는 것은 직접적인 평가로는 불가능한 실정이다. 이러한 한계로 인해 현장에서 운용 중인 설비에 적용시킬 수 있는 평가 방법인 계장화 압입시험법이 부각되고 있다. 계장화 압입시험법은 현장에서 평가가 가능하여, 발생 결함의 사용 적합성 평가에 필요한 필요 시점의 현장 물성을 제시할 수 있게 되었다. 또한, 역학적 안정성 해석에 기초자료를 제공할 수 있게 되어 규격과 직접적인 비교를 통해 만족여부를 현장에서 판단할 수 있게 되었다[2]. 본 연구에서 시험은 슈퍼히터튜브에 사용되는 HP40강으로 만들어진 튜브로 진행하였다. HP40강 튜브에 대해 크리프 시험과 계장화압입시험, 조직시험이 이루어졌다. HP 40강에 대한 크리프 시험을 진행하였고, 그 결과를 Fig 1.에 나타내었다. 본 연구를 통해 HP40 강에 대한 크리프 시험을 수행하였으며, 시험에서 얻어진 시편에 대한 계장화 압입시험, 조직 분석을 수행하였다. 이들 시험결과에 대하여 LMP 및 계장화압입시험에서 얻어진 기계적 물성의 상관관계분석, 조직분석을 통하여 슈퍼히터튜브소재에 대한 잔여수명 평가기법에 대한 정리를 수행하였다.
후기: 본 연구는 산업통상자원부 지정 지역혁신센터사업(RIC) 전남대학교 중화학설비안전진단센터(B0010843)지원으로 수행되었음.

[P8-2]
태양전지용 페로브스카이트 재료의 인장 특성: 안승민, 박선영, 우정현, 정의대, 송명훈, 김주영; *울산과학기술원.*
Keywords: 나노역학, 페로브스카이트 태양전지, 유연성, 나노인장시험

최근 에너지 고갈과 환경에 대한 이슈로 인해 무한한 에너지원으로 간주되는 태양전지가 차세대 대체에너지로 각광받고 있다. 다양한 태양전지 중에 페로브스카이트 구조의 유무기 복합재료를 이용한 태양전지가 급속도로 관심을 받고 있는데, 이러한 페로브스카이트 태양전지는 발전단가가 저렴하고, 간단한 기술을 통해 높은효율의 소자를 제작할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 대기상태에 노출되면 쉽게 열화되기 때문에 상용화에 대해서는 한계가 존재한다. 상용화를 위해서는 외부의 충격에 대한 내구성에 대한 연구가 중요한데, 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 위한 최근 연구동향은 페로브스카이트 소재 자체의 안정성 및 수분/산소에 대한 내구성을 향상시키는 연구가 대부분이고, 기계적 신뢰성에 대한 연구는 거의 진행되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 페로브스카이트 태양전지에 기계적 신뢰성을 부여하기 위해서 나노역학적 측정기술을 이용하여 소자의 기계적 물성을 측정하고 그것을 기반으로 유연소자의 가능성을 규명하는 연구를 진행하였다. 페로브스카이트 태양전지에 사용되는 소재를 동일한 공정을 통해 제작하여, 외부의 환경과 차단되는 SEM 내에서 일축인장시험을 실시하였다. 또한 유연성향상을 위해 결정크기 조절, 표면조도 조절 등 소자에 영향을 주지않는 선에서의 조건을 정해 측정하였다. 그 결과를 토대로 페로브스카이트 태양전지의 내구성 및 기계적신뢰성에 대한 고찰을 진행하였다.

[P8-3]
구형나노압입시험을 이용한 나노포러스 금의 시간의존 변형 거동: 강나리, 곽은지, 전한솔, 송은지, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*
Keywords: 나노포러스금, 나노압입시험, 크립

나노포러스 금(Nanoporous gold)은 밀도가 낮고 비표면적이 높으며 화학적으로 안정하기 때문에 촉매나 센서, 액추에이터의 재료로 유용하게 쓰이고 있다. 하지만 취성에 약한 단점이 있어 이러한 특성을 보완하기 위한 연구가 진행되어오고 있으며 기계적 특성을 확인하기 위한 연구들이 수행되어지고 있지만, 아직까지 나노포러스 금의 크립 거동에 대한 연구 결과는 없었다. 크립과 같은 시간 의존적인 변형 거동은 나노스케일에서 더욱 가속화될 수 있고, 이를 평가하기 위한 방법으로 나노압입시험을 이용한 연구가 활발히 수행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 금-은 합금에서 은을 선택적으로 에칭하는 디얼로잉 공정을 거쳐 나노포러스 금을 제작하였고 초기 전위 밀도 및 결정립계 밀도를 다양하게 제작하여 이러한 미세구조가 나노포러스 금의 크립 거동에 미치는 영향을 분석하였다. 구형압입자를 이용한 나노압입시험으로 크립 실험을 수행하였으며 open-cell 구조, 초기 전위 밀도, 결정립계의 밀도에 따른 나노포러스 금의 크립 거동 특성에 대해 논의할 것이다.

[P8-4]
고압력 비틀림 공정을 가한 석출경화형 하이엔트로피 합금의 나노역학특성 연구: 박정민[1], 이동현[1], 김우진[1], 양광휘[1], 서진유[2], 장재일[1]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*
Keywords: high-entropy alloy, high-pressure torsion, precipitation, nanoindentation

최근 고용강화, 석출경화, 결정립 미세화 등의 강화기구를 도입하여 하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)의 기계적 특성을 향상시킨 연구사례들이 보고되고 있다. 따라서 두 종류 이상의 강화기구를 적절히 조합할 경우 HEA의 기계적 특성을 극대화시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 석출경화와 결정립계 강화의 시너지 효과를 살펴보기 위하여 $Ni_3(Ti,Al)$ 석출상이 형성된 $(FeCoNiCr)_{94}Ti_2Al_4$ HEA에 대하여 고압력 비틀림(high-pressure torsion, HPT) 공정을 진행하여 결정립 미세화를 유

도시켰다. 특히, HPT 공정 시 가장 큰 변형율이 가해지는 시험편의 가장자리 부위에 대해 나노압입시험을 수행하여 나노경도 및 변형율 속도 민감도 등을 측정하였으며, 그 결과들을 HPT 회전 수에 따른 미세조직 및 변형기구 등의 변화를 통하여 분석하고자 하였다.

[P8-5]

계장화 압입방법을 통한 주물소재의 부분 오스템퍼링 경화깊이 측정방법에 대한 연구: 정형근[1], 오동현[1], 손명진[2], 정웅철[2]; [1] *한국화학융합시험연구원.* [2] *대진기업.*

Keywords: 계장화 압입, 부분 오스템퍼링, 부분 유도가열, ADI

자동차의 좌우 바퀴 회전수 변화를 조정하는 디퍼렌션 기어부품의 경우 주로 구상흑연 주물소재로 제작되나 기어부의 수명향상을 위해서는 강도 및 내마모특성 향상이 요구됨. 이를 위해서 ADI라 불리는 오스템퍼링 구상흑연주철 열처리기법을 통한 기지 조직 개선이 필요하나, 기어부를 제외한 몸통부의 경우 고강도 특성 보다 구조상 연성을 지니는 것이 요구되고 있음. 이에 부분 유도가열 및 부분 오스템퍼링 열처리를 통하여 경화가 필요한 부위에만 선택적으로 경화시키는 기술이 개발되고 있으며, 본 연구에서는 부분 오스템퍼링 열처리에 따른 경화 깊이 측정에 있어 기존 조직학적 측정 방법 및 경도측정 방법 외에 계장화 압입방법을 적용하여 경화 깊이의 측정방법을 개발하고자 하였음.

[P8-6]

투명 스트레처블 봉지재료용 SiO_2 박막의 인장 물성 특성화: 김나향, 김한글, 김시훈, 김주영; *울산과학기술원 신소재공학부.*

Keywords: SiO_2, thermal oxidation, wrinkled structure, tensile test, elastic limit

실리콘 다이옥사이드 박막은 높은 전기저항으로 인해 절연체로 사용되고 있다. 또한 매우 낮은 수분투과 특성을 가져 봉지재료로서 소자에 적용시키려는 연구가 각광받고 있다. 최근 스트레처블 유기 소자에 대한 수요가 증가하면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만 스트레처블 SiO_2 박막에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 본 연구에서는 스트레처블 SiO_2 박막을 제작하기 위해서, 널리 쓰이고 있는 방법인 주름구조를 이용하였고 이를 위한 기초단계로 50 nm 및 100 nm, 200 nm 두께의 SiO_2 박막의 기계적 물성을 측정하고 두께에 따른 영향을 분석하였다. 이는 주름구조일 때 박막의 최고 연신율이 평평한 SiO_2 박막의 탄성한계일 때의 연신률 보다 낮아야하기 때문이다. SiO_2 박막은 열증착법 및 스퍼터링 기법, 화학기상증착법, 열산화법 등을 이용하여 성장시킬 수 있는데, 그 중 다른 증착법에 비해 균일성이 좋고 밀도가 높으며 결함이 적은 열산화법으로 성장시킨 SiO_2를 이용하여 향상된 탄성한계를 기대하였다. 열산화법으로 성장 할 시 SiO_2는 압축잔류응력을 가지게 되는데 이 점을 이용하여 주름 구조를 제작하였다. 기계적 물성은 가장 정량적인 기계적 물성을 측정 할 수 있는 인장시험을 통해 평가되었다. 박막의 두께가 매우 얇아 이온조사법을 이용하여 도그본 모양으로 패터닝을 한 후 Push to Pull 장치에 부착하는 방법으로 인장시편을 제작하였다. 그리고 피코인덴터를 이용하는 in-SEM 인장시험을 진행하여 SiO_2 박막의 인장거동을 정확히 관찰하였다. 100 nm 두께의 SiO_2 박막의 경우 탄성변형뿐만이 아니라 소성변형도 수반하여 박막의 정확한 탄성한계를 확인하기 위해 반복적인 인장시험을 진행하였다.

[P8-7]

고밀도 쌍정 나노포러스 금의 향상된 인장 강도: 곽은지, 전한솔, 송은지, 강나리, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 나노포러스 금, 쌍정 구조, 나노트윈, 실시간 인장시험, 리가먼트

나노포러스 금(Nanoporous gold)은 나노스케일의 기공이 open-cell 구조로 형성된 포러스 재료로, 인장응력에서의 취성 거동으로 인하여 넓은 비표면적과 낮은 밀도라는 장점에도 불구하고 상용화에 제약이 되고 있다. 따라서 나노포러스 금의 인장강도를 정확히 측정하고, 인장 강도와 연성을 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 최근 나노미터 간격의 고밀도 쌍정계(twin boundary), 즉 나노트윈 구조를 형성하면 취성거동을 보이는 나노결정립 구조 재료에 비하여 높은 강도와 연성을 나타내는 것이 보고되었으며, 나노필라컴프레션에서도 동일하게 강도와 연성이 증가되는 것이 관찰되었다.본 연구에서는 스퍼터링 기법을 이용하여 약 8 나노미터 간격의 빽빽한 나노트윈 구조의 금-은 모합금 박막을 제조하고 금-은 박막에서 은을 선택적으로 에칭하는 디얼로잉 공정을 거쳐 나노포러스 금을 제작하고, 나노포러스 금의 미세구조를 TEM, SEM 등을 이용하여 분석하였다. 또한 SEM 챔버 내에서 실시간 인장 물성 평가를 통하여 나노트윈 나노포러스 금의 기계적 물성을 평가하여 나노트윈 구조의 나노포러스 금의 인장강도가 트윈이 없는 나노포러스 금에 비하여 약 3배 증가되는 것을 확인하였으며, 리가먼트 내부 미세구조에 따른 나노포러스 금의 인장 변형 메커니즘을 규명하였다.

[P8-8]

솔겔 공정을 이용한 고연신 이산화규소 박막의 제조: 김시훈, 김한글, 김나향, 김주영;*울산과학기술원 신소재공학부.*

Keywords: 솔겔, 이산화규소, 기계적물성, 인장물성

최근 다양한 전자기기의 사용이 증가함에 따라 무기재료의 절연체, 확산 장벽 등으로 활용이 증가하여 무기재료에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 일반적인 무기재료의 경우 낮은 변형 특성 때문에 유연성 소자에 적용하기엔 어려움이 있다. 매크로 스케일에서의 무기재료의 경우 재료 내부에 존재하는 핀홀과 결정립계 같은 결함들이 크랙 발생의 원인으로 작용하여 쉽게 파단이 발생하게 된다. 반면에 나노스케일 두께를 가진 무기재료 박막의 경우 두께가 감소함에 따라 확률론적으로 결함의 수가 감소하여 특정 두께 이하에서는 결함이 존재하지 않게 되어 이론 강도에 가까운 강도 값을 가지게 된다. 이 경우 소재의 탄성계수는 변화 없이 강도 값만 증가하기 때문에 나노스케일 두께의 박막의 경우 높은 변형률을 가지게 된다. 하지만 나노스케일 무기재료의 경우 샘플 제작 및 실험이 어려워 기계적 물성에 대한 연구가 부족한 상태이다. 본 발표에서는 솔겔 공정을 이용해 제작한 나노스케일 두께의

SiO_2 박막의 유연특성을 인장실험을 통하여 분석하였다. TEM 분석을 통하여 SiO_2 박막의 미세구조가 비정질구조인 것을 확인하였다. SEM 내에서 일축 인장 실험을 진행하여 SiO_2 박막의 기계적 물성을 분석하였으며, 보다 정확한 탄성한계를 분석하기 위해 반복인장 실험을 진행하여 유연 특성을 분석하였다.

[P8-9]

물결 구조를 적용한 비정질 이산화규소 박막의 신축성 향상: 김한글, 김나향, 김시훈, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 봉지재료, 비정질, 이산화규소, 탄성한계, 신축성

최근 유연소자에 대한 연구가 활발해지면서, 유연소자를 위한 봉지재료의 필요성도 같이 대두되고 있다. 봉지재료는 소자를 외부환경으로 보호하며, 전기적으로 절연 시켜주는 역할을 한다. 특히, 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode)와 같이 유연성은 좋으나 수분에 매우 취약한 소자를 위해서 얇지만 투명하고 수분투습도가 매우 낮은 봉지재료에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 중 비정질 이산화규소(Silicon dioxide)는 얇고 투명하지만 밀도가 높아 수분투습도가 낮아 차세대 봉지재료로 많이 연구되고 있다. 특히, 실리콘 단결정 웨이퍼에 열적 산화를 시켜서 성장시킨 이산화규소 경우, 다른 비정질 박막에 비해 밀도가 매우 높고, 공동(pin hole)과 결함(defect)이 거의 없어 얇은 두께에서 낮은 굽힘 저항성(flexural rigidity)과 매우 낮은 수분투습도를 가진다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 열적 산화된 이산화규소는 매우 낮은 탄성한계, 파단연신율과 신축성을 가지는 특성 때문에 상용화에 쉽게 다가가지 못하고 있다. 본 연구에서는, 일축인장시험을 통해서 평평한 비정질 이산화규소 단일막의 항복강도와 탄성한계를 파악하고, 실리콘 기판을 다양한 물결모양으로 식각하여 물결모양의 이산화규소 박막을 제작하였다. 또한 단일막의 탄성한계와 물결구조의 이산화규소 박막의 신축성과의 상관관계를 분석 및 물결구조의 특징과 모양에 따른 기계적 특성을 분석하였다.

P9 : 비철금속I
Room 3층 로비, 4월 25일

[P9-1]

minor 원소가 알루미늄 6천계 합금의 기계적 특성에 미치는 영향: 박호준[1], 강헌[2], 허용강[1], 김성녕[2], 구남훈[1]; *[1]현대제철. [2]기술연구소.*

Keywords: 알루미늄, minor원소, 미세구조, 기계적 특성

알루미늄 6천계 합금의 경우 자동차용 외판재로 가장 널리 사용되고 있으며, 외판재의 특성상 우수한 표면품질과 고강도, 고연성의 기계적 특성을 가지고 있어야한다. 최근 자동차 차체 경량화 요구가 증가함에 따라 자동차 산업의 알루미늄 수요가 상승하고 있어 자동차용 알루미늄 판재의 기계적 특성 및 생산성의 한계를 극복하여 경제적인 적용성을 확보하려는 기술개발이 활발히 일어나고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 6천계 합금인 Al-Mg-Si에 minor원소(Mn, Ti, Zr 등)를 첨가한 합금을 압연공정을 통해 판재로 제조하여 minor원소가 미세구조에 미치는 영향을 분석하고, 기계적 특성을 평가하였다. 또한, 자연시효(T4) 및 인공시효(T6)처리를 통해 미세조직을 제어하여 인장강도 및 연신율을 향상시키는 최적의 열처리 조건을 도출하였다.

[P9-2]

Synthesis and Characterization of Nanoporous Copper (NPC) for Potential Applications in Energy Areas: Han GiGap, Hyeji Park, Kyungju Nam, Heeman Choe; *국민대학교.*

Keywords: Metal foam, Nanoporous copper, plate-based process, Dealloying, Energy application

Nano-porous copper (NPC) possess many beneficial properties (specific surface area, low densities, shock absorption) due to its structure. Therefore, NP¬¬C has potential to be used for various applications such as heat exchanger, sensors and fuel cell. However, the usage of NPC is limited owing to its poor mechanical properties and the most of the precedent studies about fabricating NPC use ‘powder’ as precursor. Thus, plate-based process is expected to improve mechanical properties of NPC. In this study, NPC was synthesized via Cu plate-based dealloying process. The microstructural properties of the NPC were analyzed by scanning electron micrograph (SEM) and componential distribution were determined by X-ray diffraction (XRD) energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS)

[P9-3]

Processing and Characterization of Porous NiO/Ni for Advanced Lithium-Ion Batteries: 송영석, 이수경, 박혜지, 최희만 ; *국민대학교신소재공학부신소재공정및평가실험실.*

Keywords: Lithium-ion batteries, Anode, Ni foam, Freeze-cast, Thermal oxidation

리튬이온전지는 휴대폰, 전자기기, 자동차 등 넓은 분야에서 적용되지만, 기술개발에 따른 고용량, 고출력을 요구하는 현재 시장에서 graphite의 낮은 이론용량으로는 충분히 만족시키지 못하고 있다. 따라서 탄소계 음극소재를 대체하기 위해서 음극소재의 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 특히, 다양한 고용량 음극소재 중에서 Transition Metal Oxide(MO, M is Co, Ni, Fe, Cu, etc.)는 500 $mAhg^{-1}$ ~ 1000 $mAhg^{-1}$의 우수한 이론용량을 바탕으로 고용량 소재로서 각광받고 있다. 그 중 니켈옥사이드는 718 $mAhg^{-1}$의 이론용량을 가지나 전도성이 좋지 않아 충방전 시간을 저하시켜 상용화에 어려움이 있다고 알려져 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 연구에서는 동결주조법 (Freeze-casting) 을 활용하여 다공성 니켈(Ni foam)을 제작하고, 간단한 열산화(Thermal oxidation)을 통해 다공성NiO/Ni 음극소재를 제작하였다. FE-SEM, EDS, XRD분석을 통해 제작된 다공성NiO/Ni 음극소재의 미세구조를 관찰하고, half cell test를 통해 전기화학특성을 분석하였다.

[P9-4]

고효율 방열 부품 적용을 위한 다이캐스팅용 알루미늄 합금 개발 연구: 임병용[1], 강유빈[1], 이찬기[1], 김대근[1], 김한구[2], 김성우[2], 박광훈[3]; *[1]고등기술연구원. [2]네텍(주). [3]이지캐스텍.*

Keywords: 방열부품, 알루미늄 합금, 유동성, 열전도도, JMatPro

최근 자동차, 반도체, 기계, 전기·전자 부품의 고집적화/고출력화/고성능화 요구로 인하여 고효율 방열부품의 중요성이 증대되고 있는 실정이다. 특히, 전자 부품의 경우에는 과도한 열 발생 및 열 축적 요인으로 인하여 부품 및 시스템의 성능 및 신뢰성에 저하 문제를 야기하기 때문에 고효율 방열 부품에 관한 연구가 필요한 대표적인 분야이다. 국내 주조용 알루미늄 합금 생산량의 약 90% 이상을 차지하는 ALDC12는 Al-Si 합금계에 소량의 Cu, Mg, Ni등의 합금 원소들이 첨가된 합금으로 우수한 유동성 및 기계적 특성을 가지고 있어 제품의 케이스, 커버류와 같이 특수한 성능이 요구되지 않는 대부분의 부품에 적용되고 있다. 하지만 ALDC12는 열전도성이 96 W/m·K(순수 알루미늄 대비 43% 수준)에 불과하여 고효율 방열 특성을 구현하기에는 어려움이 있다. 본 고효율 방열 부품용 알루미늄 합금 개발 연구에서는 ALDC12 대비 유사한 유동성과 높은 열전도 특성을 지니는 합금을 개발하기 위해 JMatPro를 이용한 합금 원소에 따른 알루미늄 합금의 phase 및 열적 특성 예측을 실시하였으며, 예측 결과를 바탕으로 선정된 Cu, Mg, Si, Mn 등의 합금 첨가 원소를 변수로 하여 유동성, 열전도도, 인장강도 및 미세조직을 비교 분석하였다. 연구 결과를 바탕으로 도출된 최종 개발 알루미늄 합금은 ALDC12 대비 80% 이상의 유동성, 180 MPa 이상의 인장강도, 115 W/m·K 이상의 열전도도 특성을 가지며, 개발 합금을 전자 부품 케이스에 적용하여 수치해석 한 결과 ALDC12에 비해 우수한 열전도 경향을 보였다.

[P9-5]

Mo기 고융점 실리사이드 분말의 구상화 및 열역학 계산: 강장원[1], 양승민[1], 박광석[1], 박정효[2], 이 성[2], 최병학[3], 박형기[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 국방과학연구소. [3] 강릉원주대학교.*

Keywords: Molybdenum alloy, RF plasma, Spheroidization, Silicide

국방 및 발전분야에 널리 쓰이고 있는 Ni기 초내열합금은 가용온도가 1150°C 정도로 H급 터빈에 적용하기에는 어려움이 있다. 이러한 Ni기 합금에 비해 Mo기 초내열합금은 녹는점이 약 2230°C로 높으며 고온강도가 우수하여 Mo을 기반으로 한 합금 개발이 활발히 이루어 지고 있다. Mo에 Si를 첨가하게 되면 Mo_5Si_3(T1) 및 Mo_3Si(A15)의 Silicide를 형성하여 고온강도를 증가시킬 수 있다. 그러나 이러한 Mo silicide는 Intermetallic compound가 연속적으로 형성되어 있어 상온에서 인성이 취약하다. 또한 분말환원법 및 주조에 의한 방법으로는 T1, A15를 단상으로 만들기 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 분말야금을 위한 단상, 구형의 Mo_5Si_3(T1)분말을 제조하고자 합금용해/기계적분쇄-열플라즈마를 이용한 구상화 공정을 실시하였으며 제조된 구형 분말의 플라즈마 출력에 따른 형상 및 성분분석, 구상화 공정 시 Si 휘발 가능성을 열역학을 이용하여 계산 및 분석하였다.

[P9-6]

소각성능향상 금속핵연료 피복관용 후보합금선정 연구: 신상훈, 김준환, 김성호; *한국원자력연구원 SFR 핵연료개발부.*

Keywords: 소각성능향상, TRU-Zr, 피복관, 후보합금

사용후핵연료의 소각성능을 향상시키기 위해 소각성능향상 원자로 노심개념 개발이 필요하며 이에 따라 새로운 금속핵연료 및 피복관 개발이 필요하다. 소각성능향상 원자로는 기본적으로 소듐냉각고속로 개념에서 출발하며 기존에 사용되었던 금속연료의 주원료인 U-Zr 시스템 합금에서 우라늄 대신 TRU(초우란원소)를 사용하여 금속핵연료를 제조하는 U-free 금속핵연료 개념이다. 제조된 TRU-Zr 금속핵연료 내 TRU를 고속중성자로 최대한 소각시켜 TRU의 부피와 독성을 최소화하는 개념이 필요하며 이에 따라 목적에 더욱 부합하는 핵연료 피복관 개발이 필요하다. 기존 소듐냉각고속로용 피복관재료인 HT9 및 FC92는 철 기반 합금으로서 고온 크리프 성능이 우수한 장점이 있으나 고온에서 TRU와 FCCI (fuel-cladding-chemical-interaction)문제로 인한 배리어 개념이 추가되어야 했다. 이번 연구에서는 소각성능향상 원자로 노심 및 핵연료 개념에 양립할 수 있는 합금후보군 선정기준과 더불어 이를 활용하여 후보합금을 선정하였다. 기존 소듐냉각고속로용 합금을 포함하여 내열금속합금 후보까지 선정하여 기준을 선정하여 그 이유와 추후 개발단계에서의 주요사항에 대하여 정리하였다.

[P9-7]

Al-Si 과공정 합금에서의 TiO_2 입자 첨가에 따른 초정 Si 미세화 효과: 신재혁, 김세훈, 김진평, 주경석, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: Aluminum alloy, Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, Refinement, Aluminothermic Reaction

과공정 Al-Si 합금계의 미세조직은 α-Al, Si의 공정조직에 초정 Si 입자가 분산된 형태로 나타나게 되는데, 주조 시 불충분한 응고제어로 인하여 조대한 주조조직과 더불어 조대한 초정 Si, 용질 편석, 기공 등이 나타나 소재의 기계적 특성을 저하시키는 문제점이 발생되어 왔다. 이를 해결하기 위한 방법 중 하나로, 최근 초음파 용탕 처리를 적용, 미세한 Al_2O_3 입자를 분산하여 초정 Si의 크기를 미세화한 연구가 발표된바 있다. 본 연구에서는 과공정 Al-Si 합금 주조 시 금속 산화물인 TiO_2 입자을 투입하여 용탕 내 반응을 통하여 Al_2O_3 입자를 생성시키고 이를 통한 초정 Si의 미세화 효과를 분석하고자 하였다. 0.1 wt.%의 TiO_2 입자를 과공정 Al-Si 합금 용탕 내에 첨가하는 경우 공정 및 초정 상들이 개질되는 것으로 관찰 되었으며, 유지 시간이 길어짐에 따라 그 효과가 감소하는 것으로 관찰되었다. 초정 Si의 크기는 금속 산화물을 첨가하지 않는 Al-15Si 주조재에 비하여 투입 초기 약 30% 가량 미세화 되는 것으로 관찰되었고, 초정 Si 의 구형도(sphericity)도 함께 향상 되는 것을 확인 할 수 있었다. 주조 유지시간이 약 1시간 이상 경과됨에 따라 미세화 효과가 감소하였으며, 그 이상의 시간으로 용탕을 유지하였을 경우에는 미세화 효과가 상당 부분 사라짐을 확인하였다.

[P9-8]

Si:Mg 비에 따른 6000계 알루미늄 합금 판재의 기계적 특성 평가: 신재혁, 김세훈, 김진평, 주경석, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: 6000계 알루미늄 합금 판재, 압연, 기계적 특성, 소부경화성

최근 강화되고 있는 세계 각국의 연비 규제로 인하여 자동차 산업에서 경량화를 위한 연구개발이 증가하고 있으며, 이에 따라 알루미늄 합금 판재에 대한 관심이 증가하고 있다. 이 중 Al-Mg-Si의 6000계 알루미늄 합금은 Mg2Si를 주요 강화상으로 하는 석출강화형 합금으로 우수한 성형성, 용접성, 내부식성, 내피로성 등으로 인해 자동차 차체에 널리 적용되고 있는 추세이다. 6000계 알루미늄 합금의 기계적 특성은 Mg 및 Si의 함량에 크게 의존하며, 특히 Si:Mg의 비가 1이상인 과잉 Si형 합금의 경우 성형성 및 소부경화성이 우수한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 열간 압연 공정에서의 생성상 해석을 통하여 Mg 및 Si 외 첨가원소의 함량을 결정하였으며, 결정된 합금 조성을 바탕으로 Si:Mg의 비를 1~2 까지 변화시키며 제조한 판재의 기계적 특성을 분석하였다. 열간 압연 공정은 20 mm에서 5 mm 까지 360도에서 진행하였으며, 이 후 5 mm 에서 1 mm 까지 냉간 압연을 실시하였다. 제조된 판재는 520도에서 1시간 어닐링 처리 하였고, 소부경화 특성을 분석하기 위하여 2% pre-strain 후 170도에서 20분간 시효 처리한 후 Si:Mg의 비에 따른 기계적 특성의 변화를 분석하였다.

[P9-9]

Al-Mg계 합금의 Mg 함량 및 용해공정변수에 따른 용탕 청정도 평가: 장호성[1], 이승원[2], 강호정[1], 윤필환[1], 박진영[1], 김억수[1], 박성혁[3], 신선미[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 울산대학교. [3] 경북대학교.*

Keywords: Aluminum alloy, Molten aluminum, Melting, Hydrogen solubility

최근 강화된 환경 규제에 대응하여, 차량 경량화를 위한 철강재료의 대체재로 알루미늄 합금의 자동차 차체 적용 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 Al-Mg계 합금은 대표적인 고강도 알루미늄 전신재 합금으로 우수한 강도와 변형 저항성으로 구조용 재료로 사용되고 있다. Mg 합금원소는 고용강화 효과를 유발하여 기계적 강도를 향상시키고 Si와 Zn의 공존 여부에 따라 시효강화 특성이 생길 수 있으나, 용탕의 유동성이 약화되고, 특히 산소와의 결합력이 강하여 용해 공정 시 세심한 주의가 필요하다. 최근 고강도 알루미늄 제품의 수요가 증대됨에 따라, 고청정 용탕 확보 기술 개발을 통한 가공 및 열처리 등의 후공정의 공정성을 높이고, 제품의 내부결함을 저감하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 Al-Mg계 합금의 Mg 함량 및 용해공정변수가 수소 용해량 및 가스함유량 등 용탕 청정도에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 0~6 wt% Mg을 함유한 Al-Mg 합금의 용해 시, 용탕 온도 변수에 따른 수소 용해량을 측정하여 각 합금별 수소 용해도 실험식을 산출하였다. 응고 후 시험편에 잔존하는 가스량 및 수소량을 측정하여, 주조시 수소 용해량과 비교하였고, 감압응고법에 의한 density index 측정값과 비교분석하여 Al-Mg계 합금의 용탕 청정도 및 청정도 분석방법에 대해 고찰하였다.

[P9-10]

입자강화 티타늄 기지 복합재료의 미끄럼 마모조건에 따른 내마모 특성: 최봉재; *인하공업전문대학 금속재료과.*

Keywords: 티타늄, 복합재료, 마모

마찰/마모 환경에 놓인 티타늄 소재는 낮은 열전도도로 인하여 상대재와 접촉 시 표면에서의 소재변형이 쉽게 일어나고, 산소와의 높은 반응성으로 표면에 형성되는 산화물이 반복적으로 파괴되어 심각한 마모를 일으키기 때문에 내마모 특성이 요구되는 분야에 적용하기 어려운 한계를 가진다. 이와 같은 배경으로 티타늄 소재는 이 같은 열악한 내마모성을 극복하기 위하여 표면처리 혹은 복합재료화를 통하여 특성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 티타늄 기지 복합재료는, 기지인 티타늄 및 티타늄 합금이 가지고 있는 고비강도, 내식성 및 내산화성의 특성과 함께 강화상을 기지에 첨가함으로써 내마모성, 강도, 탄성계수 및 고온안정성의 특성 향상을 동시에 얻을 수 있는 재료이다. 본 연구에서는 주조공정을 기반으로 반응생성 합성을 통한 티타늄 기지 복합재료 제조를 위하여 티타늄 기지에 B4C를 첨가한 후 Ti+B4C→TiB+TiC의 반응생성 합성을 유도하였다. 또한, 반응생성을 위하여 첨가되는 B4C의 크기 및 반응생성된 강화상의 함량에 따른 미세조직 변화와 함께 건마찰 상태에서의 Pin-on-disk type 미끄럼 마모시험을 통하여 접촉하중에 따른 마찰계수, 마멸량 및 마모표면의 전이층 형성거동을 분석하여 티타늄 기지 복합재료의 내마모 특성을 평가하였다.

[P9-11]

장시간 열처리한 Ni기 초내열 합금의 미세조직 분석: 조대영[1], 황창훈[1], 오준협[2], 김홍규[3], 김동훈[3], 유정호[4], 박경진[4], 윤존도[5]; *[1]경남대학교 대학원 첨단공학과. [2]한국기초과학지원연구원. [3]국방과학연구소. [4]나노종합기술원. [5]경남대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: Ni기 초내열 합금, 열처리, 미세조직 분석, 결정상 분석

Ni기 초내열 합금은 고온에서 우수한 기계적 특성을 갖고 있어서 항공기 엔진, 가스터빈 디스크와 블레이드 재료로 사용되고 있다. Ni기 초내열 합금의 우수한 성질은 감마프라임상 석출강화와 탄화물 분산강화에 의해 얻어진다. 본 연구에서는 용체화 처리 및 시효경화 처리한 Ni기 초내열 합금을 700°C에서 100-1000시간 동안 장시간 열처리하고 미세조직을 분석하였다. 전해 에칭법, 집속이온빔법, 등을 이용하여 시편을 제작하고 주사전자현미경, 투과전자현미경, EDS, EBSD, 등을 이용하여 영상 분석, 매핑 분석, 회절 분석, 등을 실시하였으며 Ni기 초내열 합금의 주요 석출상인 감마상, 감마프라임상 및 석출물 입자에 대한 결정상을 분석하였다. 그 결과 모든 조건에서 기지상 내에 나노미터 크기의 감마프라임 입자가 석출되었으며, 열처리 시간이 증가함에 따라 감마프라임상의 크기, 부피 분율이 소폭으로 증가하였다. 감마프라임상 이외의 석출물 입자는 대부분 등방성 형상을 하고 있었으며 크롬과 몰리브덴을 함유하는 M_5B_3 붕화물과 M_6C, (Ti,Ta)C 등의 탄화물로 분석되었다. 본 내열합금은 1000시간 동안 700도의 열에 노출되었음에도 불구하고 TCP상은 전혀 형성되지 않은 것으로 나타나 우수한 내열성을 갖는 것으로 평가된다.

[P9-12]

액상 Mg을 이용한 Nd-Fe-B영구자석 내의 희토류 원소 추출 거동 평가: 박상민[1,2], 남선우[1], 조주영[1], 김대겸[1], 김범성[1], 현승균[2], 김택수[1,3]; *[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과. [3] 과학기술연합대학원 대학교.*

Keywords: Rare Earth Elements, Liquid Metal, Dry Extraction, Intermetallic Compound, Nd-oxide

최근 세계적인 환경 규제로 인한 친환경 에너지 산업이 활성화되고 있는 가운데 전기자동차, 신재생에너지 등의 핵심 부품에 사용되는 희토류 계 영구자석의 수요가 급격하게 증가하고 있다. 그러나 희토류 자원의 편중성 및 제한성으로 국내 수급에 어려움이 있기 때문에 희토류 자원 순환을 위한 재활용기술이 중요해지고 있다. 희토류 재활용 기술은 현재 대부분 용매추출법과 같은 습식 공정을 통해 이루어지고 있는데, 용매추출법은 자석 스크랩을 산에 용해 시킨 후 여과하여 희토류를 분리 침전시키는 방법으로써 산화물 형태로 고순도의 희토류 재활용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 추출 공정 시 폐기되는 산(HCl, HNO_3, H_2SO_4)과 추출수지(HEH/HEP)의 처리와 같은 환경적 문제가 발생하게 된다. 따라서 환경적 문제를 최소화 할 수 있는 다양한 건식 추출법이 연구되고 있으며 그 중 하나인 액상Mg를 이용한 희토류 추출공정의 경우 Mg의 융점이 낮고 Fe, B와 어떠한 화합물도 형성하지 않기 때문에 희토류를 추출하기에 최적의 공정으로 알려져 있다. 한편 자석 내에서 희토류인 Nd는 금속간 화합물 형태와 산화물 형태로 존재하는 것으로 보고 되고 있지만 산화물 형태의 Nd-oxide의 추출거동에 대한 연구는 현재까지 이루어 지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Nd-oxide 분말을 이용하여 액상Mg 내의 희토류 산화물 거동을 살펴보고자 한다.

[P9-13]

The effect of driving of precipitation by adding small amount of Zr in Cu alloy: 이지민[1,2] 김선기[1,2], 조대연[1,3], 김준현[1], 유영규[1], 주진호[2], 조훈[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교. [3]인하대학교.*

Keywords: cu alloys, eletrical conductivity, tensile strength, precipitation

최근, 전자제품의 경박단소화로 인하여 내부 전자부품들 또한 소형화되어 더욱 높은 강도가 요구되고 있다. Cu 합금은 전자부품의 대표적인 소재이며, 다양한 합금 원소 중, Ag는 다른 첨가원소에 비해 첨가량에 따른 전도도 감소율이 가장 적으며, 동시에 강도를 높일 수 있어 Cu-Ag 합금은 고강도 고전도도 특성을 동시에 만족시킬 수 있는 소재로 주목을 받고 있다. 과거의 연구에서는 값이 비싼 Ag를 높은 함량으로 첨가하였지만, 최근에는 Ag 함량을 억제하면서도 열처리 및 가공공정들을 통하여 고강도-고전도도를 동시에 확보할 수 있는 연구가 진행되고 있다. Cu-Ag 합금은 대표적인 석출 경화형 합금으로 열처리 및 가공 공정을 통하여 고강도-고전도도의 특성을 구현하고 있는데, 이 때, Ag의 석출물을 기지 내에 미세하게 분산시키는 시효 열처리 공정단계가 중요하다고 볼 수 있다. Ag함량이 낮을수록 high-angle grain boundary의 분율이 높아 입계에 존재하는 불연속 석출물이 더욱 활발하게 발생하여 강도저하에 영향을 미친다는 연구결과가 보고되고 있다. 불연속 석출물의 석출구동을 억제시켜 강도 증가효과를 기대할 수 있으며, 이를 위해 불연속 석출물의 발생 구동력을 낮출 수 있는 합금설계 및 공정 개발이 필요하다. 본 연구에서는 Ag의 함량을 낮추며 미량의 Zr을 첨가를 통해 불연속석출물의 생성을 억제시킴으로써, 고강도-고전도도의 특성을 동시에 확보할 수 있는 합금 조성 설계 및 실험 공정 조건을 최적화시켜 열처리 조건 및 가공에 따른 전기 전도도와 강도의 변화를 비교하고자 하였다. 이를 위해 4N이상의 Cu와 Ag를 진공 용해 주조(VIM)한 후, 열역학 시뮬레이션 프로그램인 factsage를 통하여 얻은 열처리 온도에서 용체화 열처리 및 시효열처리 공정을 적용하였다. 이 후 냉간 소성가공을 시행하였으며, 가공율에 따른 미세조직, 경도, 인장강도, 전기전도도 등의 특성을 공정에 따라 비교 평가하였다. 각 공정들의 특성평가 결과들을 통해 미량의 Zr첨가가 Ag 석출구동에 미치는 영향을 비교하고 고찰하였다.

[P9-14]

리튬 함유 용액으로부터 고순도 탄산리튬 제조: 정우용[1], 안종관[2], 변석현[1]; *[1]성일하이텍. [2]중원대학교*

Keywords: 리튬, 리튬화합물, 고순도

최근 휴대폰, 노트북 및 전기자동차 산업의 급속한 발전으로 인해 이동형 에너지원에 대한 국제적인 수요가 점차 증가하고 있다. 특히 에너지원으로서 리튬 이차전지의 활용이 크게 증가하고 있으며, 리튬 이차전지의 수요에 따라 핵심원료인 리튬의 소모량도 급증하고 있다. 리튬의 주요 원료인 탄산리튬의 가격은 톤당 약 26,000 달러에 거래될 정도로 경제성과 희소성이 입증된 상태이다. 향후 탄산리튬의 폭발적인 수요증가와 맞물려 탄산리튬의 가격이 꾸준히 증가할 것으로 예상되고 있는 상황에서 탄산리튬 제조 기술 개발은 더욱 절실한 실정이다. 리튬 함유 용액에서 리튬을 회수하는 기술로는 증발결정화 또는 용매추출 등이 있다.증발결정화 공정은 가열로 인해 많은 에너지 비용이 발생하며, 용매추출 공정은 추출제의 비용으로 인한 가공비의 상승으로 두 공정 모두 경제성이 낮은 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 리튬 함유 용액에 인 함유물질을 첨가, 인산리튬을 회수함으로서, 경제적이고 친환경적이며 높은 효율로 리튬을 회수하는 방법을 연구하였다. 구체적으로 리튬 함유 용액 중 리튬은 1.5~6.0 g/L 이며, 탄산염을 첨가, 100°C로 가열 시 침전물(리튬화합물)이 생성되었다. 생성된 침전물 여과 후 100°C 의 고온의 증류수를 이용 세척 시 세척 후의 침전물 순도는 99.8% 임을 확인할 수 있었다.

[P9-15]

고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 기술을 활용한 폐 ITO 중 희소금속 회수 연구: 김종걸, 추동균, 조성구, 정은진, 최미선; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: Electrolytic refining, SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), Rare metal

인듐주석산화물(Indium Tin Oxide, ITO)은 디스플레이 산업의 발전과 더불어 그 수요가 급격하게 증가하고 있다. ITO는 일반적으로 습식 제련 공정이나, 흑연양극 전해제련시스템을 사용하여 유용자원을 회수하고 있다. 하지만 이러한 처리공정은 고가의 비용이 필요하며, 공해를 야기하는 환경오염물질이나, 전해 양극에서의 이산화탄소 및 탄소오염이 발생되는 단점을 가지고 있다. 따라서 소모성흑연양극이 아닌 SOM(Solid Oxide Membrane) 양극을 이용하여 유용금속을 회수하는 기술을 개발하고자 하였다. SOM(Solid Oxide Membrane) 제련공정은 이온 전도성 고체 전해질 멤브레인을 이용한 직접 전해 공정으로 온실가스의 배출이 적고, 고순도 금속 제조가 가능하여 희소금속 제련/재활용의 생산 비용을 절감할 수 있는 차세대 혁신 금속 직접 환원 제련 공정 기술이다 본 연구에서는 ITO 환원용 SOM 전극 활용을 위한 전위 거동 평가, 전극 간 거리 최적화 연구, 전해환원 실험을 진행하였다. 또한 SOM 전극용 세라믹 소재의 내구성 평가를 위하여 전해질내 Y_2O_3 의 적정 첨가량 선정 실험 및 장기수명 평가를 수행하였다.

[P9-16]

Cerium recovery from the spent auto-catalyst via H_2SO_4 digestion followed by oxalate precipitation: TRINH BICH HA[1], Jae-chun Lee[2], Rajiv R. Srivastava[3], Soo-kyung Kim[2]; *[1]University of Science and Technology(UST). [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM). [3]TAE-HYUNG Recycling.*

Keywords: Spent catalyst, Cerium oxide, Hot digestion, Acid dissolution, Reductive precipitation

Cerium is one of the most abundant rare earth metals with an average concentration of 66 g/t, albeit kept in the list of critical raw materials due to its high supply risk and specific uses for reducing the energy consumption and greenhouse gases emissions. The widespread uses of cerium in various catalytic activities (such as, in the automobile catalyst, fuel cell catalyst, and fluid cracking

catalyst), glass additives, polishing agents, battery alloys, and lamp phosphors are generating the major demands of this rare metal. After completion of their life span, cerium contents in the end-of-life materials can be taken as major secondary source, subjected to be appropriate recycling. A typical composition of spent catalytic converter from automobiles that contains 50−100 g CeO_2 (besides having significant amount of platinum group metals, PGMs) is the equivalence yields that of processing one ton of primary ore. The recycling of spent auto-catalyst is therefore very attractive for recovering both the PGMs and cerium. Studies on PGMs recovery has always remained in focus with a less emphasized on cerium value. Hence in this study, we have examined the possibility for hydrometallurgical recovery of cerium from spent auto-catalyst. In which, a sulfuric acid hot digestion followed by cerium dissolution and reductive precipitation of the oxalate salt has been investigated. Notably, the concentrate obtained after dissolving the cordierite substrate of spent auto-catalyst has been used as the feed sample in this study. In hot digestion of CeO_2, the parameters like, the amount of H_2SO_4, temperature, and time have been varied for optimizing the maximum yield in solution. Results indicate that the hot digestion performed with conc. H_2SO_4 at 250°C for 2 h followed by dissolution in 100 mL water (~4 g/L pulp density) at ≥60°C for 2 h yielded the maximum Ce(IV) sulfate in solution. Thereafter the reductive precipitation of cerium with oxalic acid has been carried out, yielding the product of Ce(III) oxalate.

[P9-17]

Recovery of tungsten as synthetic $CaWO_4$ from spent V_2O_5-WO_3/TiO_2 catalyst: In-Hyeok Choi[1], Rajesh Kumar Jyothi[2], Hee-Nam Kang[2], Gyenghye Moon[2], Jin-Young Lee[2]; *[1]Korea University of Science and Technology (UST) - Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM). [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM).*

Keywords: Tungsten, Recycling, Spent SCR catalysts, Extraction, $CaWO_4$

Recovery of tungsten as synthetic $CaWO_4$ from spent V_2O_5-WO_3/TiO_2 (selective catalytic reduction, SCR) catalyst was investigated by a hydrometallurgical route. Developed process followed the systematic experimental steps such as roasting, decomposition, leaching, and precipitation for recovery of tungsten as $CaWO_4$. Results revealed that the effect of roasting of spent SCR catalyst was significant for the extraction efficiency of tungsten. Furthermore, CaO addition in roasting process promoted the chemical equilibrium for the formation of $CaWO_4$, and extraction efficiency of tungsten was increased, simultaneously. Decomposition process was revealed that 4 $mol{\cdot}L^{-1}$ of HCl solution was best condition with a considerable removal degree (92.5%) of vanadium in accordance with a negligible loss of tungsten. Appropriate concentration of NaOH (aq) to dissolve tungstic acid (H_2WO_4) from the decomposed sample was 1 $mol{\cdot}L^{-1}$ (>99% tungsten yield) in accordance with a minimized concentration of foreign metals (Si, Al, and Fe). Maximum yield (>99%) of tungsten as synthetic $CaWO_4$ from Na_2WO_4 (aq) was obtained by using 1 equivalent ratio $CaCl_2$ (aq). The best experimental conditions for the precipitation in this experiments were under following conditions: temperature, 50°C; equilibrium pH, 8-10; molar ratio ($CaCl_2$/WO_3), 1. Based on the wt% of WO_3, content of $CaWO_4$ in the final product revealed to 96.1 wt%. Overall yield of tungsten from feedstock was found to be 96.4% through the proposed processes.

[P9-18]

용융염전해정련을 이용하여 In-Sn 합금으로부터 In 추출: 이현규[1], 최상훈[1], 심재진[1], 임재홍[1], 유지원[1], 서경덕[1], 현승균[2], 박경태[1]; *[1]한국생산기술연구원희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.*

투명전극으로 널리 사용되는 Indium-Tin-Oxide(ITO)는 최근 전자산업이 더욱 발전함에 따라 수요가 증가하면서 주요 구성 성분인 Indium(In)의 생산양도 꾸준히 늘어나고 있다. 그러나 In은 아연 등 다른 금속 정광에 소량 포함 되어 있어 제련 공정에서 부산물로 생산된다. 대표적인 희소금속 인듐은 높은 활용성과 가격으로 인해 사용 후 ITO로부터 재활용되어 많이 활용되고 있다. 현재 In 재활용 상용 공정은 습식제련 및 전해정련을 이용하고 있어 공정비용이 높고 복잡하며 산과 같은 오염물질을 대량으로 사 용하기 때문에 환경적 문제를 야기 시키고 있다. 다른 재활용 공정 중에서도 용융염을 이용한 전해제련 및 전해정련은 에너지 소모가 적고 CO2 및 독성가스의 배출을 줄일 수 있어 경제적이고 친환경적인 공정이다. 용융염(molten salt)이란 이온 결정으로 되어 있는 금속염을 가열하여 용융 시켜 만든 고온의 이온성 액체를 말한다. 용융염은 다양한 알칼리 금속 (Li, Mg, Na, K)과 같은 경량 금속 및 Ti, Zr 등 고융점 희소금속 제조, 우라늄 제조 등의 다양한 분야에 적용되고 있으며, 최근 들어 사용 후 핵연료 (Spent fuel)의 재활용 방법으로의 연구가 진행 중이다. 이에 본 연구에서는 In을 제조함에 있어 ITO 제련 후 생성 되는 In-Sn 금속으로 부터 용융염 전해정련을 통해 In을 회수하는 연구를 실시하였다. In의 정련을 위한 Cell 구성은 전해질로 사용 된 LiF-KF (49:51 mol%) 3,5,7 wt% InF3 용융염에 In-Sn 합금은 양극재로서 액체금속 형태로 사용하였으며, 전기화학 및 열역학적 안정성을 고려하여 참조전극으로 Ni wire, Anode로써 W rod, Cathode는 Mo plate를 선택하여 설치하였다. 전해질은 불화물 기반 용융염으로 높은 화학적 안전성을 보여준다. 전해질로 사용된 용융염의 공융점을 고려하여 공정 온도는 700oC로 설정하였으며, 전해질 내 다양한 InF3 함량에 따른(3,5,7 wt%) In이온의 환원에서 전이된 전자수와 확산 계수를 Cyclic Voltammetric Analysis(CV)를 통해 측정하였다. 환원 전위는 Chrono Potentiometric Analysis(CP)를 사용하여 전류 밀도를 인가함으로써 제어 하였고 전해 정련 시, In 금속은 음극 표면에 석출 되었다가 액상의 형태로 포집된다.

[P9-19]

PEO를 이용한 알루미늄 합금의 표면 처리 및 특성 평가: 진연호, 정우철, 최진주, 양재교; *고등기술연구원.*

Keywords: Aluminum, PEO, MAO, 표면처리, 내마모성

자동차를 포함한 수송기기, 전기 및 전자산업에 있어 경량화, 소형화, 고성능화와 함께 에너지 및 원가절감을 위한 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 경량화를 위해 최근 고강도 알루미늄 합금 개발이 활발히 진행중이다. 알루미늄 합금중 Al 4007A 계열은 고강도 알루미늄 소재로써 Al-9~10.5%Si-2.5~3.53%Cu-0.5%Mg 의 함량을 갖고 있으며, 주/단조 공정에 용이한 특징이 있다. 본 재료는 종래의 주철을 대체하기 위해 최근 스크롤형 컴프레서의 스크롤에 적용되는데, 이는 가동 스크롤과 고정스크롤 사이의 간극을 좁게하기 위해 열팽창 계수가 낮아야 하고 고강도 및 내마모성이 필요한 것으로 알려져 있다.이러한 Al 4007A 합금의 내마모성 향상을 위해 PEO (Plasma Electrolytic Oxidation) 를 이용해 표면처리 연구를 진행하였다. PEO 공정은 200~450 V의 범위에서 CV (Constant Voltage) 모드로 진행하였으며, AC Power supply를 이용하였다. Silicate 계열의 전해액을 이용하여, 최대 90 micron 수준의 표면 산화층을 제조하였다. 형성된 표면 산화층은 산화막 두께 분석기와 내마모 특성 평가 장비를 이용해 형성된 산화층의 내마모성 분석을 진행하였다.

[P9-20]

AlSiCu 알루미늄합금의 고용화 열처리와 Sr 첨가를 통한 기계적 특성향상 연구: 박상규[1], 김정석[2]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Al alloy, AlSiCu, Solution treatment, Modification

본 연구는 자동차용 고강도 알루미늄 합금의 기계적 특성(인장강도, 연신율)을 개선하기 위한 이단계 고용화 열처리와 Sr의 첨가영향에 대해 연구되었다. 본 연구에서 기계적 특성을 개선하기 위해 고용화 열처리는 1단계와 2단계 용체화 처리를 적용하였고 Sr의 함량은 0.01–0.05 wt%로 적용하였다. 1단계 열처리 온도는 485, 495°C로 설정하고 2단계 열처리 온도는 515, 525°C로 설정하였다. 고용화 열처리를 적용한 알루미늄 기지에서는 조대한 eutectic Si, Al_2Cu 금속간 화합물과 Fe-rich 상(α-$Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$, β-Al_5FeSi) 들이 존재하였고 Sr을 첨가한 알루미늄 기재에서는 조대한 각각의 상들은 개량화 되어졌다. 결과적으로 이단계 고용화 열처리와 Sr의 첨가는 기계적 특성이 개선되어 자동차 분야에서 널리 사용되어지는 것이 가능하다.

감사의 글: 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(No. 2017R1D1A3B03028681)

P10 : 형상기억 합금 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 25일

[P10-1]

Ti-Zr-Ni-Cu 4원 합금에서 Cu의 첨가가 형상기억효과에 미치는 영향: 김우철[1], 김영성[1], 김정수[1], 나민영[1], 김용주[1], 김원태[2], 김도향[1]; *[1]연세대학교 신소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교 레이저광정보학과.*

Keywords: amorphous precursor, shape memory alloy, superelasticity, Cu effect

형상기억합금은 가역 마르텐사이트 변태를 통해 형상기억 효과(Shape memory effect) 또는 초탄성 효과(superelasticity effect)를 나타낸다고 알려져 있다. 다양한 형상기억합금 중 대표적으로 Ni:Ti이 1:1의 조성비를 갖는 NiTi(니티놀) 합금은 형상기억 효과 또는 초탄성 효과에 의해 6~8%의 큰 회복변형율과 우수한 생체적합성을 가져 오랜 기간 연구자들의 관심을 받아오고 있다. 형상기억 효과 또는 초탄성 효과의 발현 여부는 마르텐사이트 변태 온도에 따라 달라지며, 변태온도는 특히 첨가원소에 따라 크게 변화한다고 알려져 있다. 따라서 형상기억합금 기술에 있어 가장 중요한 요소는 합금 조성변화를 통해 변태온도를 제어하는 것이라 할 수 있다. 기존의 형상기억 합금 제조방법은 단조, 압연과 같은 기계적인 방법으로 가공성이 낮은 합금에 대해서는 적용이 불가능했을 뿐만 아니라 미세구조적 변화를 초래해 물리적 성질의 변화를 초래하는 단점이 있었다. 비정질 금속의 경우 과냉각 액체 영역에서 낮은 점도를 나타내 높은 정밀도로 재료의 성형이 가능한데, 형상기억합금에서도 비정질 합금을 이용할 수 있는 가능성이 최근 연구에서 제시되고 있다. 이원계 NiTi의 경우 매우 낮은 형성능을 나타내 melt spinning과 같은 급속 응고를 통해서도 비정질을 형성할 수 없다. 따라서 다원화를 통한 형성능의 향상이 필수적이다. Zr은 Ti계 비정질에서 형성능을 향상시키는 원소로 많이 제시되어 왔으며, Ti와 전자구조가 유사하여 많은 양 고용될 수 있다. 앞서 제시된 바와 같이 NiTi 형상기억합금의 특성은 조성에 따라 크게 변화하는데 Cu의 경우 삼원 NiTiCu에서 형상기억특성을 향상시킨다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이원 NiTi에 비해 비정질 형성능이 향상된 $Ni_{50-x}Ti_{35}Zr_{15}Cu_x$ 4원 합금을 설계하여 Cu 첨가의 영향을 조사하였다. 3원 합금에서 Cu가 B2의 안정도에 큰 영향을 미치지 못했던 것과는 달리, 4원 Ni-Ti-Zr-Cu 합금에서는 Cu 첨가에 따라 B2의 안정도가 크게 향상됨을 DSC 열 분석과, in-situ XRD를 통해 확인하였다. 또한 Thermal hysteresis 측면에서는 Cu 첨가에 따라 그 정도가 커짐을 보였다. 상온에서의 형상기억효과 또는 초탄성 효과를 관찰하였으며, 오스테나이트 변태온도(A_f)+15°C 에서 B2 안정도 변화에 따른 초탄성 거동 변화를 조사하였다.

[P10-2]

Ti-40Ni-10Cu 합금의 상변태거동 및 형상기억특성에 미치는 온간압연과 시효처리의 영향: 김지현, 박주완, 남태현; *경상대학교.*

Keywords: Ti-Ni-Cu, Warm rolling, Shape memory effect, aging

Ti-Ni-Cu 합금의 초탄성특성과 상변태거동에 대한 온간압연과 시효처리 효과는 시차주사열분석, 인장시험, X선 회절 시험, 미세조직 관찰을 통하여 연구하였다.Ti-Ni-Cu 합금은 아크멜팅 법으로 제조 되었다. Ms-Mf 그리고 Af-As온도는 Ti-40Ni-10Cu 합금의 압연온도 증가에 따라 감소하였다.B2-B19 상변태 거동은 873 K에서 온간 압연된 Ti-40Ni-10Cu 합금에서 발생하였다.온간가공량에 따른 상변태거동 및 초탄성 특성을 조사한 결과 873 K에서 압하율 60%로 온간압연된 Ti-40Ni-10Cu 합금의 초탄성 회복률과 슬립임계응력은 90.6% 그리고 222.1MPa 로 각각 측정되었으며, 873 K에서 압하율이 70%로 온간압연된 Ti-40Ni-10Cu 합금의 초탄성 회복률과 슬립임계응력은 91.4% 그리고 249.5MPa로 각각 측정되었다.시효처리에 따른 상변태 거동 조사 결과를 위해 Ti-41Ni-10Cu 합금은 1123 K에서 1시간 용체화 처리 후 773 K 그리고 873 K에서 다양한 시간으로 시효처리 하였다.시효시간의 증가에 따라 다단계 상변태 DSC 피크가 관찰 되었으며, 773 K에서 시효처리된 Ti-41Ni-10Cu 합금의 M* 그리고 A* 온도는 용체화 처리재와 비교하여 63.2 K, 67.8 K 각각 증가하였고, 873 K에서 시효처리된 Ti-41Ni-10Cu 합금의 M* 그리고 A* 온도는 용체화 처리재와 비교하여 63.6 K, 67.5 K 각각 증가하였다.시효온도 773 K에서 최대경도는 시효시간 120시간에서 268.1 Hv, 시효온도 873 K에서 최대경도는 시효시간 12시간에서 267.4 Hv로 측정되었다. Ti(Ni,Cu)2 석출물은 시효시간이 증가함에 따라 나타났다. 용체화 처리된 Ti-41Ni-10Cu 합금의 초탄성 회복률을 93.8%으로 관찰되었으며, 773 K, 873 K 온도에서 시효처리된 Ti-41Ni-10Cu 합금의 초탄성 회복률은 각각 87.1%, 82.7% 로 관찰 되었다.B2-B19 상변태 거동은 873 K에서 압하율 70%로 온간압연 후 12시간 동안 시효처리를 진행하였을 때 관찰되었다.Ms 와 Af 온도는 각각 331.2 K, 343.7 K로 측정되었으며, 인장시험 결과 100% 총회복률과 91.3% 초탄성 회복률을 얻었다.

[P10-3]

(50-x)Ti-35Ni-15Cu-x(Ta, Nb) 형상기억합금의 상변태거동 및 초탄성 조사: 심지현, 남태현; *경상대학교.*

Keywords: Ti-Ni-Cu, Ti-Ni-Cu-Ta, Ti-Ni-Cu-Nb, Superelasticity, Martensite transformation

본 연구에서는 Ti-Ni-Cu 합금에 Nb과 Ta의 첨가에 따른 미세구조와 상변태거동 및 초탄성 특성을 조사하기 위해 주사전자현미경, 시차주사열분석, 인장시험을 실시하였다. 시차주사열분석 결과 세 조성 모두 B2→B19 1단계 상변태거동이 나타났으며, 마르텐사이트 변태개시온도는 Ti-Ni-Cu 합금의 경우 64.7°C, Ti-Ni-Cu-Ta 합금은 33.8°C, Ti-Ni-Cu-Nb 합금은 -37.9°C이며, 오스테나이트 변태 종료온도는 각각 74.2°C, 44.7°C, -25°C이다. 미세조직관찰 결과 제 4원소가 첨가되지 않은 합금에서는 B19 마르텐사이트 기지에 $Ti(Ni,Cu)_2$ 상과 $Ti_2(Ni,Cu)$ 상을 관찰 할 수 있었다. Ta을 첨가한 경우 B19 마르텐사이트 기지, $(Ti,Ta)_3(Ni,Cu)_5$ 상, $(Ti,Ta)_3(Ni,Cu)$ 상이 관찰되었다. 또 Nb을 첨가한 경우 B2 오스테나이트 기지, $(Ti,Nb)_4(Ni,Cu)$, $(Ti,Nb)_2(Ni,Cu)$ 상이 관찰되었다. 상온에서의 파단변형률은 제 4원소가 첨가됨에 따라 26%에서 10%로 감소하였다. 마르텐사이트 변태개시온도 부근에서부터 인장시험

Poster Session I

을 실시한 결과, 최대 초탄성회복율은 Ti-Ni-Cu 합금의 경우 74.5%, Ta을 첨가한 경우는 94%, Nb을 첨가한 경우는 90%로 제 4 원소를 첨가했을 때 더욱 높은 초탄성 회복이 나타났다.

[P10-4]

비정질 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf 합금리본의 결정화 열처리와 초탄성특성 변화: 문정태[1], 최수영[1], 김동조[1], 김연욱[2], 남태현[1]; *[1]경상대학교. [2]계명대학교.*

Keywords: Ti-Ni-Hf alloys, Melt Spinning, Crystallization, Phase Transformation, Superelasticity

본 연구에서는 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf (x=0, 0.8, 1.3) (at.%) 합금리본을 melt spinning 법으로 제조하고, 제조된 합금리본의 상변태 거동을 조사하기 위하여 시차주사열분석을 하였으며, 결정구조를 조사하기 위하여 X선 회절시험을 하였다. 생성되는 마르텐사이트의 미세조직을 관찰하기 위하여 주사전자현미경으로 관찰하였고 합금리본의 변형거동 및 초탄성특성을 관찰하기 위하여 인장시험을 하였다. 모든 조성에서 비정질 합금리본이 제조되었으며, Ni함량이 49 at.% 에서 50.3 at.%로 높아질수록 결정화온도는 809 K 에서 819 K 로 높아졌으며, 결정화에 필요한 활성화 에너지는 182.7 kJ/mol 에서 167.8 kJ/mol로 감소하는 것을 알 수 있었다. 미세구조 관찰결과 Ti-49Ni-20Hf, Ti-49.5Ni-20Hf 합금리본에서는 어닐링온도와 조성에 관계없이 B19' 마르텐사이트 기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$ 석출물로 구성되어있으며 Ti-50.3Ni-20Hf 합금의 경우 B19' 마르텐사이트기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$, (Ti,Hf)Ni 석출물로 구성되어 있었다. 석출물의 크기는 어닐링온도가 높아짐에 따라 11 nm에서 325 nm로 증가하였다. 시차주사열분석 결과 어닐링온도와 조성에 관계없이 B2-B19' 1단계 마르텐사이트 상변태 거동을 나타내었고 Ni함량이 낮을수록, 열처리온도가 높을수록 마르텐사이트 변태개시온도(Ms)는 높아졌다. 1273 K에서 어닐링한 Ti-49.5Ni-20Hf, Ti-50.3Ni-20Hf 합금리본의 경우 초탄성회복율은 각각 90.9%, 92.5%로 측정되었다.

[P10-5]

마그네트론 스퍼터링을 이용한 Ti-Ni 형상기억합금 박막 증착: 배주현, 뭉크바야르, 이현석, 허선철, 정효민, 최병근, 남태현, 노정필; *경상대학교.*

Keywords: TiNi, shape memory alloy

형상기억합금은 일반적인 금속에서 발견되지 않는 형상기억효과와 초탄성(superlasticity) 때문에 스마트 소재로 널리 알려져 있다. 현재 보고되어 있는 형상기억합금은 Ti-Ni계, Cu계 및 Fe계 합금으로 분류되며, 이 중에서 Ti-Ni계 형상기억합금이 우수한 안정성과 내부식성으로 인해 가장 널리 사용되고 있다. 형상기억합금을 박막으로 제조할 경우 벌크 형태보다 반응속도를 현저하게 높일 수 있기 때문에 고속 액추에이터 및 센서로서 활용이 가능하다. 형상기억합금 박막은 다양한 물리적 증착법 (펄스 레이저 증착, 음극아크 이온 도금 및 스퍼터링 등)으로 제조가 가능하며 이 중에서 공업적으로 널리 사용되고 있는 스퍼터링법이 산업적 적용 가능성이 가장 높다고 판단된다. Ti-Ni계 형상기억합금 박막의 형상기억특성은 금속 성분 (합금 조성, 어닐링 온도 등) 및 스퍼터링 조건 (아르곤 가스 압력, 플라즈마 전력, 기판 온도 등)에 크게 의존된다고 보고되어 있다. 본 연구에서는 Ti-Ni계 형상기억합금 박막의 최적 스퍼터링 조건과 제조된 합금박막의 특성을 조사하였다. Ti-Ni 합금박막은 기판회전형 마그네트론 스퍼터링 장치에서 증착되었다. 순수 Ti과 Ni 타겟의 전력을 조절하여 목표하는 조성의 박막을 제조하였으며, 기판으로 슬라이드 글라스를 사용하였다. 1.0 × 10-3 부터 3.0 × 10-3 Torr로 작업 압력을 변화하였으며, 기판의 온도를 상온에서 773K, Ar 가스량을 15sccm에서 50sccm 범위에서 변화하면서 최적의 조건을 조사하였다. 10분의 예비 스퍼터링 후 본 박막을 증착하였으며, 스퍼터링 중 기판 홀더를 회전시켜 박막의 균질성을 향상시켰다. 제조된 박막의 조성은 EDS(Energy dispersive spectroscopy)로 확인하였다. FE-SEM(Field Emission scanning electron microscopy)을 이용하여 박막의 표면과 단면을 조사하였으며, XRD(X-ray diffractometer)를 이용하여 결정구조를 분석하였다. 박막의 상변화를 조사하기 위하여 DSC(Differential scanning calorimeter) 시험을 수행하였으며, 기계적 특성을 조사하기 위하여 상온에서 nanoindentation 시험을 실시하였다.

[P10-6] Cancel

가공열처리한 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xTa (x=1.5, 3, 4.5 at.%) **형상기억합금의 상변태거동 및 기계적성질**: 김태완, 남태현; *경상대학교.*

[P10-7]

Composition dependence of the β phase stability and mechanical properties of Ti-Nb thin films: Munkhbayar, Joohyeon Bae, Sunchul Huh, Hyomin Jeong, Byeongkeun Choi, Gyubong Cho, Taehyun Nam, Jungpil Noh; *Gyeongsang National University.*

Keywords: TiNb, Thin film, shape memory alloy, beta type Ti alloy

Shape memory alloys (SMAs) are commonly used for various applications, e.g. in the aerospace and automotive industries, robotics, and biomedical sciences. Although Ti-Ni SMAs are commercially available, the low biocompatibility of Ni has stimulated research into the development of Ti-Nb based SMAs as potential replacements of Ti-Ni alloys in biomedical applications. Ti-Nb alloys have attracted attention because of their low stiffness and superelasticity. Superelastic thin films can be used in medical applications, including the fabrication of stents for neurovascular blood vessels, which relies on a thin film and on the use of a Ti-Nb alloy coating for less biocompatible alloys. In this study, Ti-Nb thin films were prepared using magnetron sputtering. A Nb content in the range 12.2-35.9 at.% was used in the films, which was determined using energy-dispersive X-ray spectroscopy. X-ray diffraction measurement was used to analyze the crystal structure of the thin films, and their mechanical properties were investigated using nanoindentation.

P11 : 에너지/기능소재 집합조직 심포지엄

Room 3층 로비, 4월 25일

[P11-1]

Fabrication and Characteristics of Al Thin Films Capacitor Using Electroless Plating Process: Sunwoo Kim, Jong-Hwan Park, Dae-Seok Seo, Ho-Jun Choi, Han-Young Jung, Jung-Woo Lee, Young-Il Na, Hyun-Jun Kwon, Se-Hee Shin, Su-Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: Capacitor, Electroless plating, Anodizing, Metal filling

Capacitors are a basic component of electronic devices used in various fields such as hybrid electric vehicles, LED lighting, solar cells and mobile phones. These capacitors require high performance, including high capacitance, a wide range of operating temperatures, high frequency, and miniaturization. An aluminum electrolytic capacitor has been used in a wide range of applications, due to its high electrical capacity, good frequency characteristics, and low price. In addition, while the thin film capacitor has a good voltage resistance and high electrical capacity, miniaturization and thinning are inevitable to ensure the high capacitance density. Therefore, we proposed a thin film capacitor which is fabricated using Al anodizing and Ni electroless-plating. The film capacitor was fabricated using barrier type oxide films as dielectric materials, formed on aluminum (Al2O3/Al) through an anodizing process used widely in the fabrication of electrolytic capacitors. Also, a metal electrode was formed on the Al2O3/Al instead of the electrolyte used in an aluminum electrolytic capacitor. A modified thin-film capacitor has many advantages, such as high voltage, high capacitance, superior frequency, wide range of operating temperatures (~200 C), and low dissipation factor. For metal interconnects of ultralarge scale integration circuits, the metal filling of submicrometer trenches is usually fabricated using electroplating and electroless-plating with polyethylene glycol (PEG), bis-(3-sulfopropyl)-disulfide (SPS) and polyethyleneimine (PEI) as inhibiting bath additives. Depending on the size of the additive, the molecular weight of the polymer affects the film formation in a variety of orientations, for example, in the diffusion of the reagent ions in the solution and in the growth direction of the deposit. In this study, regarding the Ni–P/Al2O3/Al capacitor, the surface of Al2O3 had a scale-like and porous pattern because of the hydration treatment of Al, in which this surface morphology was maintained after anodizing. The surface morphology enhances the start of the adhesion of the Pd seed, while allowing the homogeneous nucleation of the Ni–P, whereby the complex structures made full filling with metal difficult. To control the plating rate in this study, PEI was added. PEI is a substance having a high molecular weight. Crosslinking PEI is formed at the etching tunnel inlet, and serves to slow down the inlet of the plating rate. When the PEI solution bath was used after activation, the Ni–P layer was deposited selectively on the bottoms of the tunnels. The characteristics were analyzed by adding PEI at 100–600 mg/L to the DI water.

[P11-2]

Texture evolution in duplex stainless steel during cold rolling and recrystallization: 이계만; *㈜포스코.*

Keywords: Duplex stainless steel, Texture, cold rolling, deformation, recrystallization

Texture evolution in duplex stainless steel sheet during cold rolling and recrystallization was studied by micro-texture analysis. Duplex stainless steel sheets were cold-rolled to various thicknesses and subsequently annealed at various temperatures. The microstructures were investigated by electron backscattered diffraction (EBSD) and the grains in the microstructures were divided into a ferritic or austenitic grain. Although the same amount of deformation and thermal energy was applied to two types of grains during cold rolling and annealing, completely different deformation and recrystallization behaviors occurred.

[P11-3]

구리판재의 R-value 증가 방안: 이철우[1], 이동녕[2], 김인수[1]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: 구리판재; 비대칭 압연; 집합조직; R-value

구리판재는 연신율과 전연성이 좋으므로 가공이 용이하고 전기 및 열전도성이 좋은 금속재료이다. 그러나 구리판재는 FCC 결정구조를 갖는 금속이기 때문에 디프드로잉 성형성 파라메타의 하나인 R-value 가 크지 않다고 알려져 있다. 이와 같이 디프드로잉 성형성을 나타내는 R-value 를 증가시키기 위하여 많은 연구자들이 다양한 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 구리판재의 R-value 를 더욱 향상시키기 위하여 전단변형을 주는 비대칭 압연을 하였다. 구리판재를 윤활유를 사용하지 않고 비대칭 압연을 하였다. 비대칭 압연기의 조건은 상하 압연 롤의 속도비가 1: 1.5로 하였다. 비대칭 압연한 구리판재 를 분위기에서 다양한 분위기와 온도에서 열처리를 하였다. 비대칭 압연한 구리판재는 다양한 분위기와 온도에서 열처리하였다. 구리판재 원소재와 비대칭 압연한 한 구리판재 및 비대칭 압연 후 열처리한 구리판재를 광학현미경을 이용하여 조직사진을 촬영하고 X-선 회절기를 이용하여 Pole figure를 측정하였다. Pole figure를 측정한 구리판재는 Bunge 모델을 이용하여 ODF(방위분포함수)를 계산하였다. 계산한 ODF는 R-value, 평균 R-value (R) 및 lΔRl을 계산하는데 이용하였다. 구리판재를 비대칭 압연한 후 다양한 열처리 온도에서 열처리한 결과, 초기 구리판재에 비하여 R-value 가 매우 향상되고 평균 R-value 가 낮아지는 조건을 찾았다.

Poster Session I

[P11-4]

EBSD를 이용한 순수 타이타늄의 삼차원 미세구조 생성: 채준열[1], 강주희[2], 오창석[2], 김지훈[1]; *[1]부산대학교 기계공학부. [2]재료연구소.*

Keywords: titanium, 3D microstructure, statistics, crystal plasticity

결정소성을 이용한 금속재료의 미세구조 해석을 위해서는 삼차원 미세구조 모델이 필수적이다. 본 연구에서는 삼차원 미세구조 생성 프로그램인 DREAM.3D를 이용하여 순수 타이타늄의 삼차원 미세구조 모델을 생성하였다. EBSD 측정 결과와 생성된 미세구조를 통계적으로 분석하여 미세구조 모델의 대표성을 검증하였다. 생성된 미세구조 모델을 이용하여 삼차원 결정소성 유한요소 해석을 수행하고 이차원 해석 결과와 비교하였다.

[P11-5]

탄소강판에서 GOSS 강도 증가 방법: 김인수[1], 이철우[1], 이동녕[2]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: 변압기, 탄소강, GOSS 강도, 비대칭 압연, 전단변형

변압기에 쓰이는 철심은 방향이 방향과 방향보다 좋은 연자성을 나타낸다. 그 이유는 방향이 방향과 방향보다 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮아지고 좁은 히스테리시스 루프(hysteresis loop)를 나타내기 때문이다. 방향을 갖는 집합조직은 {100}과 {110}이 있다. 여기서 {100}집합조직을방향성으로 만드는 생산방법은 아직 알려지지 않고 있다. {110} 집합조직은 약 80여년 전에 N.P. Goss에 의하여 생산 방법을 알아냈다. 그리하여 {110} 집합조직을 N.P. Goss가 생산방법을 고안하여 고스(Goss) 집합조직이라고 부른다. 연자성 재료에서 고스(Goss) 집합조직, {110}는 방향성 전기강판을 만드는데 중요하다. 본 연구에서는 N.P. Goss가 개발한 방법을 개선하기 위하여 탄소강을 무윤활 상온 비대칭 압연함으로서 Goss, {110} 집합조직의 형성 유무를 고찰하였다. XRD를 이용하여 탄소강을 상온 비대칭 압연한 후 Goss, {110} 집합조직이 잘 발달을 고찰한 결과 만족 할 만한 결과를 얻었다.

[P11-6]

열간 비대칭 압연한 AA5052 알루미늄 합금의 감마-fiber강도 변화: 김인수[1], 보보무로드[1], 이철우[1], 이동녕[2]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: AA5052 Al, Hot asymmetric rolling, Pole figure, 감마-fiber

알루미늄 합금은 비중이 낮아 경량소재로 사용되고 있다. 특히 AA5000계열 알루미늄 합금 판재는 강도가 높아 자동차 경량화를 위한 강판의 대체 재료로 관심이 높은 재료이다. 그러나 알루미늄 합금은 완전 어닐링한 후에 판재 성형성이 매우 낮은데 그 이유는 성형성이 낮은 집합조직인 입방(Cube) 집합조직이 발달되기 때문이다. 자동차 경량화를 위하여 이 문제를 해결해야 한다. AA5000 계열 알루미늄 합금에서 이 문제를 해결하기 위하여 입방(Cube) 집합조직을 감소시켜야 한다. 본 연구에서는 AA5000 계열 중에서 AA5052 알루미늄 합금의 성형성에 영향을 주는 감마-fiber강도 를 향상시키 위하여 열간 비대칭 압연을 행하였다. AA5052 알루미늄 합금 판재를 우선 상온부터 550°C 까지 열간에서 비대칭 압연을 하였다. 여기서 비대칭 압연은 AA5052 알루미늄 합금 판재에 전단변형을 주어 감마-fiber강도 를 향상시키 위함 이다. 열간 비대칭 압연한 AA5052 알루미늄 합금 판재를 두께층의 변화에 따라 XRD를 이용하여 극점도를 측정하였다. 그리고 방위분포함수(ODF)로 전개하여 하였다. AA5052 알루미늄 합금을 열간 비대칭 압연 후 감마-fiber강도가 잘 발달하였다.

[P11-7]

DED (Direct Energy Deposition) 법으로 제조된 고속도 공구강 적층부의 미세조직 및 상변태 거동: 남태훈[1], 손종윤[2], 신선미[3], 장재훈[4], 최은영[1], 하경식[1], 이욱진[1], 심도식[5], 강남현[6], 전종배[1]; *[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]한국생산기술연구원 서남지역본부. [3]한국생산기술연구원 울산지역본부. [4]재료연구소. [5]한국해양대학교 기계공학부. [6]부산대학교 재료공학부.*

Keywords: 금속 3D 프린팅, Direct Energy Deposition, M4 공구강, 상변태

DED (Direct energy deposition) 방식의 3차원 금속 프린팅은 레이저로 용융된 금속 분말을 기판에 직접 분사하는 방식으로 3차원 적층을 구현하는 기법이다. 적층속도가 비교적 빠르며, 기판의 형상을 고려하여 적층이 가능하므로, 중대형 부품의 직접제조 및 금형의 부분적인 보수에 유리한 방식이다. 현재까지 DED 기법에 대한 공정연구가 일부 진행되고 있으나, 적층재의 조직학적 분석, 상변태 거동 등에 대한 체계적인 이해가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 금속 3D Printing 기법 중 하나인 DED (Direct Energy Deposition)법으로 제조된 3차원 적층재 (AISI M4 고속도공구강) 및 기판재 (AISI D2 냉간 공구강)의 조직학적 분석과 상변태 거동 등에 대한 연구를 수행하였다. Multi layer, Single line 적층을 통한 시편을 광학현미경, FE-SEM, EBSD 등을 활용하여 적층재의 조직형상, 구성상 및 집합조직 등을 분석하였다.

P13 : 비철금속Ⅱ
Room 3층 로비, 4월 26일

[P13-1]
정밀주조법으로 제조된 Co계 초내열 합금의 미세구조: 이정일, 박종범, 류정호; *한국교통대학교.*
Keywords: Co-base superalloy, investment casting, metal carbides, microstructure, $M_{23}C_6$
본 연구에서는 가스터빈용 Co계 합금인 ECY768 as-cast 합금 시편의 melt/mold 온도에 따른 결정구조 및 미세조직 및 변화를 고찰하였다. As-cast ECY768 샘플들은 전반적으로 amorphous 특성을 보여주고 있으며 기지인 Co상과 금속 탄화물상으로 구성되어 있음을 확인하였으며, mold의 온도에 따른 XRD 패턴에서의 결정성 변화를 고찰하였다. 광학현미경(OM)을 이용하여 as-cast 샘플들의 결정립계에 석출물을 관찰하였다. 또한 FE-SEM에 의한 미세구조 분석시 Co기지상과 금속 탄화물의 석출물이 발견되는 영역이 관찰하였으며 EDS 분석에 의해 금속과 탄소의 화학양론이 확연히 다른 $M_{23}C_6$ 및 MC-type 조직으로 확인할 수 있었다. 여기서 $M_{23}C_6$-type의 탄화물은 Cr원소를 주성분으로 하는 것을 확인할 수 있었으며, MC-type 탄화물은 Ta원소가 주성분임을 확인할 수 있었다.

[P13-2]
Review of shrinkage initiation temperature and mushy zone stress of Al6061 alloys: 전규태, 육태원, 장인혁, 이준호, 박호준; *한국기술교육대학교.*
Keywords: Al6061 alloy; Shrinakge; Mushy zone; Mechanical Property;
Al6061 alloys are known to be difficult to produce by casting process. In order to overcome these problems, progressive solidification technology (PST) was developed and applied to the A356.2 alloy. Therefore, in order to apply PST to Al6061 alloys. We need to understand shrinkage initiation temperature and mushy zone stress. The shrinkage initiation temperature and mushy zone stress were measured while Al6061 alloys with minor addition of Zirconium, Zinc, and Copper were solidified. Temperature of liquid melt, mold temperature and mold injection diameter are fixed at 790°C, 400°C, 10 mm, respectively. As a result of the experiment under these conditions, we found a suitable temperature and shrinkage intensity for the PST

[P13-3]
염산용액 중 자철석에 의한 금의 환원적 흡착: 오주미, 유경근; *한국해양대학교.*
Keywords: gold, reductive absorption, magnetite, HCl solution
본 연구에서는 자철석을 이용하여 금을 포함한 염산용액에서 금 이온의 회수를 위한 전기화학적 환원 실험을 진행하였다. 자철석은 반도체이므로 고체상과 고-액 계면 사이에서 전자를 전달하는 역할을 하며, 강한 자성을 가지고 있어 추후 분리가 용이하다. 50 cm^3 염산용액에 자철석 및 NaCl 첨가량, 금 농도(0.05 $mol \cdot m^{-3}$)를 조절하여 침출 모사액을 제조하였으며, pH(2-12), 온도(25-90°C), 초기 금 농도(20-200 $mg \cdot L^{-1}$), 기타 불순물(Ni, Cu, Pb)의 영향에 따라서 자철석 입자에 대한 금의 전기화학적 환원의 최적 조건을 구하였다. 금의 흡착률은 pH 2-6에서 약 20%, pH 8-10에서 약 40%로 나타났으나 pH 10 이상에서 상당히 감소하였다. 이에 따라 pH를 금 흡착률이 최대인 pH 8-10으로 고정하고 실험을 진행하였으며, 온도만 조절하여 금의 흡착률을 조사한 결과 90°C에서 24시간 경과 후 금 이온이 100% 흡착됨을 확인하였다. 불순물이 포함된 경우 금의 선택적인 회수 가능성을 조사하기 위해 Ni, Cu, Pb 등이 함유된 폐PCB 침출 모사액을 제조하였다. 금과 불순물의 농도가 같을 때, 불순물 이온의 회수율은 3% 미만이었으나 금 이온은 50% 이상 회수되었다. 그러나 불순물의 농도가 금의 농도보다 높을 때, 금 이온의 선택적 회수율은 다소 감소하였다. 실험 후 얻은 자철석 입자의 SEM-EDX 분석을 통해 자철석 표면에서 금의 존재를 확인하였다. 결과적으로 다음과 같은 조건에서 금이 100% 흡착되었다: Au 0.05 $mol \cdot m^{-3}$, 자철석 0.1 g, 24 hr, 90°C, 250 rpm.

[P13-4]
Study on microstructural control of high strength Al-alloys billet by the means variability distribution of intensity of rotary AC magnetic field in radial EMS: Wonjae Kim, Mykola Slazhniev, Se Won Kim, Kyung Hyun Kim, Hyun Suk Sim; *Dong San Tech.*
Keywords: High-strength aluminum alloys, continuous billet casting, electromagnetic stirring, pulse magnetic field, microstructure, grain size
As known at the continuous casting of the billets from the 6xxx or 7xxx series high-strength aluminum alloys are very important to provide the special hydrodynamic, temperature and heat-force impact conditions, that there are playing leading role at the macro and microstructure formation at the billet solidification.Solution of the dispersed fine microstructure in the all billet cross section are comprised in the creation into liquid state alloy in crystallizer the special contactless melt stirring for creation small different by the temperature and chemical compositions of liquid phase behind front of solidification. As well, no less important role of the electromagnetic melt stirring into crystallizer play the force hydrodynamic interaction near and in the mushy zone, where are melt take the semi-solid state.In this study presented experimental researches impact of the different intensity AC rotary 60Hz magnetic fields

(0T-DC, 0.05T and 0.1T) in the radial EMS of machine for the semi-continuous 7-inch billet casting of the 7075 analogue Al-alloy as means of the microstructural control.As well, for effective controllable electromagnetic melt stirring into vertical water-cooling cylindrical Cu-crystallizer for 7 inch semi continuous billet casting, has been develop an original design of the 3-phases 6 poles radial electromagnetic stirrer (EMS). Radial EMS has been designed from three similar mechanically and electrically independent C-type magnetic core parts consisted each by one radial main and two length-adjustable axial magnetic poles core. It is perform possibilities variating in axial plane distribution magnetic fields by intensity between each couple C-type magnets and space between each one, for providing creation micro- vortexes melt stirring into crystallizer and improving heat-transferring processes as near and in billet mushy zone.Ordinary rotary electromagnetic melt stirring at the continuously 7xxx-series alloy 7" billet casting have some one limitation by the intensity of magnetic field (60 Hz), wherein into mushy zone melt stirring not should be overhead critical velocity, for example 0.1m/s at over 0.05T, for prevention occurring hot-cracks into 7'billet.Microstructure of the 7'billet from 7075 melt to show for DC conditions dendrite structure with grain size over 500 μm on surface with some inclusions. At rotary electromagnetic stirring 0.05T intensity the size dendrites on billet surface seriously reduced in 5~6 times with grain sizes in ranges 100~280 μm. However in middle and central billet cross-section, for EMS 0.05T~0.01T, the most compacted non-dendrite structure, with grain size in range 50~100 μm and 80~100 μm has been dedicated as uniform state with small equalized grains.

[P13-5]

자동차 차체용 알루미늄 6014 합금 판재의 저항 점 용접시 Pre-heating 조건에 따른 너겟경 성장거동 및 용접성 비교: 천주용, 김재훈, 박진영, 지창욱; *한국생산기술연구원 울산지역본부 첨단정형공정그룹.*

Keywords: Resistance spot welding, Nugget growth, Pre-heating, Weldability, Al 6014

저항 점 용접(Resistance Spot Welding, RSW)은 강철 차체 구조를 제조하기 위해 자동차 업계에서 사용하는 가장 인기 있는 접합 기법입니다. 최근에는 연료 효율이 증가함에 따라 CO2배출량 저감을 위해 차량 부품의 중량 감소가 활성화되어지고 있어 차량 부품에 알루미늄 합금의 사용량이 증가하고 있다. 하지만 알루미늄 합금을 RSW 적용 시 많은 문제가 있으며 특히, 산화 피막(Al2O3)에 의한 전극의 마모와 열화는 RSW의 용접 품질을 저하시키고 주요 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 6014 합금의 RSW 적용 시 예열 용접 조건에 따른 너겟 성장과 용접성의 비교 연구를 실시했다. 지금까지의 연구에서는 알루미늄 합금용 RSW의 예열을 포함한 표준 용접 조건이 있는 것으로 조사되고 있으나 알루미늄 합금에서의 예열 용접 조건은 자동차 메이커의 생산 관리자에 의해 다른 지침이 있다. 이번 연구에서는 표면의 산화피막 제거와 RSW시 너겟 형성과 성장에 미치는 예열 용접 조건의 영향을 검토하여 용접성을 분석해보았다.

[P13-6]

고용질 7xxx계 알루미늄 합금의 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향: 김세훈, 신재혁, 김진평, 주경석, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: Iso-yield strength curve, Al-Zn-Mg-Cu Alloy, Alloy Design, Mechanical Property, Artificial Aging

최근 자동차 산업에서는 소재의 경량화, 고품질, 고성능, 친환경, 저비용 등의 특성을 요구하고 있으며, 이를 달성하기 위해 경량 소재인 알루미늄 소재에서도 설계, 제조, 공정 및 부품화시 경량, 고강도, 고연성, 고성형성, 내마모, 치수안정성 등이 향상된 고품질/고특성의 중간소재가 요구되고 있는 실정이나 7xxx계 알루미늄의 경우 응고 시 hot tearing 발생으로 연속주조가 어려운 단점에 있다. 이에 본 연구에서는 고용질 7xxx계 알루미늄 전신재 합금의 연속주조가 용이하도록 알루미늄 합금을 설계하고 응고시 수축을 제어하였다. 본 연구에서는 개발된 고용질 7xxx계 합금을 연속주조한 후 압출하고 열처리하여 수송기기용 부품으로 적용하기 위한 기본 물성 평가를 진행하였다. 이렇게 개발된 합금이 경우 포함된 용질원소의 변화가 생김에 따라 열처리 조건 또한 달라져야 하므로 최적화된 열처리 조건을 찾기 위해 다양한 열처리 조건을 실시하여 기계적 특성을 평가하여 인공시효 조건에 따른 열처리 특성맵을 작성하였다.

[P13-7]

제련부산물 중 구리침출효율 향상을 위한 황산침출공정 개선: 채수진, 유경근; *한국해양대학교.*

Keywords: 구리, 안티모니, 납, 황산침출

국내 제련공장에서 발생하는 부산물에서 귀금속을 회수하기 위해 구리를 침출하는 공정이 진행되나 구리가 침출잔사에 귀금속과 함께 잔존하는 경우, 귀금속 회수공정의 효율을 저하한다. 당 연구에서는 구리의 용해를 저해하는 요인을 분석하고, 구리 침출율을 향상시킬 수 있는 침출조건을 연구하였다. 침출잔사에는 납과 안티모니의 함량이 5% 이상이 되어 특히 구리의 용해도를 낮출 수 있다고 판단되었으며, 특히 침출잔사에서는 황산납 ($PbSO_4$)의 피크가 관찰되어 이와 같은 다른 원소들이 구리 침출을 저해하는 것으로 생각되었다. 또한 구리 금속도 일반적으로는 황산에 용해되지 않는 것으로 알려져 있기 때문에 구리금속의 산화를 촉진할 수 있는 산화제로서 3가철 이온을 첨가하여 침출실험을 진행한 결과, 구리의 용해가 촉진되는 것이 관찰되었으며, 18시간 이내에 80% 이상 침출이 달성되는 것으로 판단되었다.

[P13-8]

Corson계 동합금 내 Ni2Si 석출물 분포가 탄성강도에 미치는 영향: 강덕호, 최영철, 주장호; *(주)풍산 소재기술연구원.*

Keywords: Cu alloy, Corson alloy, Precipitate, Elastic strength

Cu-Ni-Si계 합금은 통상 Corson 합금의 명칭을 갖고 있으며, 강화기구로써는 Ni2Si 석출물을 분산시킨 석출경화형 합금으로 높은

전도성과 강도 특성을 겸비하고 있다. Corson계 동합금의 이러한 균형잡힌 특성 때문에 전기.전자 부품, 자동차용 커넥터에 적용이 되고 있으나, 전자기기의 경박단소화, 자동차 경량화로 인해 적용되는 소재의 고기능화(강도, 전기전도도, 가공성 동시 확보)에 대한 시장의 요구가 급속히 증대되고 있는 실정이다. 본 연구는 Corson계 합금 시효열처리 시 형성되는 Ni2Si 석출물과 결정립의 크기 및 분포가 탄성강도 특성에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하여 최적의 커넥터용 동합금 제조 공정을 찾고자 실시하였다. 먼저 용체화 정도가 다른 두 종류 샘플의 시효처리 온도를 변화시키면서 석출물과 결정립의 크기가 탄성강도에 미치는 영향을 분석 하였고, 다음으로 유사 석출물 형성 조건에서 시효처리 온도를 변화시키면서 결정립 크기가 탄성강도에 미치는 영향을 분석 하였다. 마지막으로 유사 결정립 크기 조건에서 시효처리 시간을 변화시키면서 석출물의 크기 및 분포가 탄성강도에 미치는 영향을 관찰하여 탄성 및 인장강도, 연신율을 동시에 확보 할 수 있는 최적의 공정조건을 도출하였다.

[P13-9]

리드 프레임의 토탈 리싸이클링을 위한 니켈의 선택적 침출: 김종현[1], 이재천[2], 김민석[2], 박현식[2], 최경섭[1]; *[1]과학기술연합대학원대학교(UST). [2]한국지질자원연구원(KIGAM).*

Keywords: Lead frame, Selective leaching, Total recycling, H_2SO_4, Ni

리드 프레임(Lead frame)은 반도체 칩과 외부 회로를 연결시켜 주는 전선(lead) 역할과 반도체 패키지를 전자회로기판에 고정시켜 주는 버팀대(frame) 역할을 동시에 수행하는 핵심 재료이다. 리드 프레임의 모재는 구리(Cu)로서 표면에 니켈(Ni) 그리고 귀금속인 금(Au)과 팔라듐(Pd) 등이 코팅되어 있으며, 이의 화학조성은 Cu 96.67%, Ni 1.50%, Au 127 ppm, Pd 376 ppm이다. 이와 같이 반도체 제조공정에서 발생하는 리드 프레임 스크랩은 천연광물에 비하여 수십 배의 귀금속을 함유하고 있기 때문에 매력적인 2차 자원으로 효율적인 재활용이 필수적이다. 본 연구에서는 리드 프레임의 모재인 구리 표면에 얇은 막으로 코팅되어 있는 니켈을 선택적으로 침출하여 제거 함으로서 구리를 다시 리드 프레임의 소재로 재활용하는 공정개발을 시도하였다. 또한 니켈의 황산 침출 시 니켈 층에 존재하는 금과 팔라듐의 거동을 조사하여 리드 프레임의 토탈 리싸이클링에 대한 가능성을 조사하였다. 황산침출의 실험 조건들은 황산농도 (0.25 ~ 2.0 M), 침출시간(1 ~ 4시간), 침출온도 (25 ~ 90°C), 광액농도 (5 ~ 50 g/L) 이었다. 황산으로 리드 프레임을 침출하였을 때 니켈의 침출반응은 초기반응시간부터 급격히 진행된 반면에 구리의 침출은 초기반응시간에 거의 일어나지 않고 일정시간이 경과 후 침출이 진행되었다. 황산농도와 침출온도의 증가에 따라 니켈의 침출율은 상당히 증가하였지만 구리 침출율의 증가는 미미하였다. 침출온도를 25°C ~ 90°C로 변화시키면서 1.0 M H_2SO_4용액으로 리드 프레임을 4시간동안 침출하였을 때 니켈의 침출율은 51%에서 90%까지 증가하였지만, 구리의 침출율은 0.02% ~ 5%로 미미하였다. 이 때 니켈 코팅 층에 존재하는 금과 팔라듐의 침출은 전혀 일어나지 않았다. 황산농도를 0.25 ~ 2.0 M로 변화시키면서 90°C에서 침출하였을 때 니켈은 90% 이상으로 높은 침출율을 나타내었으나 구리의 침출율은 10% 미만이었다. 그리고 5~20g/L의 광액농도에서 니켈의 침출율은 90% 이상을 유지하였지만 광액농도가 30 g/L이상으로 증가함에 따라 니켈의 침출율은 급격히 감소하였다. 또한 구리의 경우 침출율이 서서히 감소하다 40 g/L 이상의 광액농도에서는 거의 침출되지 않았다. 이와 같이 황산용액을 사용하여 리드 프레임의 표면에 코팅되어 있는 니켈을 선택적으로 침출, 제거함으로서 리드 프레임의 모재인 구리를 직접 소재원료로 재활용하는 것이 가능하였다. 또한 니켈의 황산침출 시 리드 프레임의 표면으로부터 제거된 미용해 금과 팔라듐은 물리적으로 여과하여 회수하는 것이 가능하였으며 침출액으로부터 니켈은 결정화에 의하여 황산니켈로 회수할 수 있었다.

[P13-10]

전해채취 중 음이온 교환막을 이용한 주석 4가 이온 전해재생: 정문철[1], 정경우[1], 유경근[2]; *[1]한국지질자원연구원. [2]한국해양대학교.*

Keywords: WPCB 재활용, 해체, 전해채취, 주석 4가 이온, 전해재생

폐인쇄회로기판은 다양한 유가금속뿐 만 아니라 귀금속을 함유하고 있어 금속의 회수 측면에서 유용한 자원으로 여겨지고 있다. 전통적인 방식의 WPCB재활용 공정은 크게 파쇄, 건식 및 습식제련, 전해정련 및 정액 단계로 구성되지만, 파쇄 단계에서 발생하는 귀금속의 손실이 발생하고 건식 제련을 통해 재활용 될 시 미량 존재하는 귀금속의 회수에 복잡한 공정이 필요한 등의 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 WPCB재활용 공정에서 부품과 기판을 해체하는 방법이 대안으로 여겨지고 있으며, 다양한 연구가 이루어져 왔다. Jung(2017) 등은 염산용액 중 주석 4가 이온을 이용하여 솔더를 용해시킴으로써 메모리형식의 인쇄회로기판에 실장 된 부품을 해체하는 연구를 성공적으로 수행하였다. 주석 4가 이온을 이용할 경우 주석금속과 주석 4가 이온이 자발적으로 반응하여 주석 2가 이온을 형성하므로 낮은 온도와 산도에서도 효과적으로 부품의 해체가 가능하다. 또한 산화제로 사용된 주석 4가 이온은 전해채취 단계에서 주석 4가 이온으로 전해재생 가능함으로 해체에 재사용 할 수 있는 장점을 갖는다. 본 연구에서는 음이온 교환막을 이용하여 주석 2가 이온을 함유한 염산 수용액으로부터 주석의 전해채취를 실시함과 동시에 주석 2가 이온으로부터 주석 4가 이온을 재생성하는 연구를 진행하였다. 전해채취 실험에 사용된 전해액은 주석 금속을 35% 염산에 침출 시켜 얻은 용액을 1 M HCl 농도까지 희석하여 제조하였다. 실험에 사용된 반응기는 아크릴 재질로 자체 제작하였으며, 500ml 부피의 양극과 음극 부분으로 각각 제작되어 조립 가능하다. 양극과 음극 사이에는 음이온 교환막(Neosepta, Tokuyama Co., Ltd.)을 설치하여 주석 2가 이온이 음극액으로부터 양극액으로 이동하는 것을 방지하였다. 전해채취 실험은 250 A/m^2 전류밀도, 1 M HCl, 주석 2가 이온의 농도 7,000-13,000 mg/L의 조건에서 수행하였다. 실험 후 주석 4가 이온의 재생성을 정량적으로 확인하기 위하여 음극액을 회수 후 주석 금속을 침출하여 침출률을 비교하였다. 실험결과 주석 2가 이온의 농도가 7,000, 10,000, 13,000 mg/L일 경우 각각 3, 4, 6시간 내에 양극액에 존재하는 대부분의 주석 이온이 주석 금속으로 회수되었으며, 음극액 내의 주석 이온의 농도변화는 관찰되지 않았다. 주석 4가 이온의 재생된 양을 확인하기 위한 음극액을 이용한 침출 실험 결과 초기 전해액의 농도가 7,000, 10,000, 13,000 mg/L일 경우 79.43, 81.03, 84.44 %의 주석 4가 이온이 전해채취 과정 중 음극액 내에서 재생성 된 것으로 확인하였다.

[P13-11]

활성탄에 의한 폐PCB 박리액중 유가금속의 흡착거동: 배무기[1], 장영주[2], 조현지[3], 김수경[3]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]다남이엔이. [3]한국지질자원연구원.*

Keywords: WPCBs, Valuable metals, Au, Adsoprtion, Recovery

인쇄회로기판(Printed Circuit Boards)은 대부분의 전기전자제품(Electrical and Electronic Equipment)에서 핵심부품으로 사용된다. 빠른 경제성장과 기술발전에 의해 전기전자제품의 생산량이 증가되고 사용 수명은 점차 감소함에 따라 발생되는 폐전기전자제품(Waste Electrical and Electronic Equipment)은 해마다 급증하고 있다. 본 연구에서는 폐인쇄회로기판의 표면에 도금되어 있는 금(Au)을 회수하기 위해서 분쇄하지 않고 박리제(stripper)로 침출한 용액으로부터 금(Au)을 흡착하여 회수하는 연구를 수행하였다. 침출액에는 금(Au) 그리고 구리(Cu), 니켈(Ni), 철(Fe) 등이 불순물로 존재하고 있어서 금을 전기화학적으로 환원하기 전 제거가 필요하다. 흡착실험에 사용된 흡착제는 활성탄(activated carbon) 두 가지를 사용하였다. 흡착실험조건은 시안농도 0.02~553 ppm, 흡착온도 25~90°C, 흡착시간 10분~1440분, pH 4~12 이었으며 흡착제의 종류와 표면형상이 금(Au)과 구리(Cu), 니켈(Ni), 철(Fe)의 흡착에 미치는 영향을 조사하였다. 실험결과 금(Au)의 경우 흡착률은 약 90%로 pH에 의한 영향은 매우 미미하였으나 구리(Cu), 니켈(Ni), 철(Fe)은 pH가 증가할수록 흡착률은 감소하였다. 본 연구를 통해 폐PCB박리액에 함유되어 있는 귀금속을 선택적으로 흡착하여 회수할 수 있음을 확인하였다.

[P13-12]

Cu-Ni-Si계 합금에서 집합조직 제어를 통한 굽힘가공성 향상에 관한 연구: 주장호, 최영철, 강덕호, 이시담; *㈜풍산.*

Keywords: 굽힘가공성, 집합조직, 커넥터, Corson계, Cu-Ni-Si계

최근 산업기술의 발전에 따라 전기전자, 자동차 적용 부품의 소형화가 진행되고 있다. 이에 따라 초소형 Hybrid Type Connector용 동합금 원소재의 사용량이 증대되고 있으며, 이들 부품에 사용되는 구리 합금에는 양호한 강도, 도전율, 굽힘가공성이 요구된다. 이러한 사용자의 요구로 인하여 원소재 중 Corson계 동합금이 많이 쓰이고 있으나 일반적으로 강도를 향상시키면 굽힘가공성이 저하되는 경향이 있어 그 동안 수요업체에서 요구하는 고강도(750 MPa 이상)와 커넥터로의 제조 가공성을 동시에 확보하기는 어려웠다. 본 연구에서는 두께 0.2 mm 이하 박판 동합금에서 고강도 및 굽힘가공성을 동시에 확보하여 수요업체에서 커넥터로 가공하여 적용이 가능토록 Corson계 동합금의 특성 향상 연구를 진행하였다. 공정별 집합조직을 분석하여 굽힘가공성 향상에 기여하는 Cube texture(XRD:200peak)형성과 동시에 굽힘가공성을 저해하는 Brass, Copper structure를 최소화 시킬 수 있는 방안을 연구 하였고, 또한 판재 수직 방향(ND)으로 결정립들의 배향성(집합조직)이 굽힘가공성에 미치는 영향과 원인을 분석하여 강도와 굽힘가공성을 동시에 확보할 수 있는 동합금 판재 제조 공정을 설정하였다.

[P13-13]

물리적 전처리를 통한 전지스크랩 분말 내 알루미늄 분리: 김광중, 변석현, 이아름, 박상렬; *성일하이텍(주).*

Keywords: recovery, aluminum, battery scrap, powder

리튬이온배터리(이하 LIB)는 소형 개인용 장치부터 중대형 장치까지 적용범위가 확대되고 있으며 수요 또한 꾸준히 증가하고 있다. 이와 동시에 폐LIB의 발생량이 함께 증가되는 문제가 발생하였고 폐기물 처리 문제를 해결하기 위한 유가금속 회수기술과 자원화 방법에 대한 관심과 기술개발이 이루어지고 있다. 폐LIB 내 유가금속을 회수하기 위해서는 물리적 화학적 공정을 거치며, 파분쇄 단계를 거친 폐LIB 분말은 유가금속과 Al, Cu, Fe 등의 불순물이 혼재되어있어 분리가 필요하다. 이를 분리하지 않을 시 불순물이 유가금속 회수율과 고순도 제조에 문제를 발생시킨다. 이러한 불순물 중 양극파우더 내 잔존하는 알루미늄을 분리하고자 다양한 크기의 체를 사용하여 알루미늄 분리의 최적 Mesh 크기를 확인하였다. 본 실험에서는 폐LIB 파쇄분말 500 g을 6개의 체(25, 50, 70, 100, 170, 230 mesh)를 사용하여 총 3회 반복 실험을 진행하였고, 유가금속과 알루미늄의 분리율이 높은 구간을 확인하였다.

[P13-14]

Al-5.6Zn-2.5Mg-1.6Cu합금에서 Cr 원소 첨가가 열간성형공정에서의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향: 양승윤[1], 김봉환[2], 하성호[2], 윤영옥[2], 김세광[2], 김영직[1]; *[1]성균관대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloy, Recrystallization, Hot extrusion, Hot compression, Recrystallization, Hot extrusion

알루미늄 합금 중 우수한 강도가 장점인 Al-Zn-Mg-Cu 7xxx계 합금은 주로 항공기용 재료로 사용되어 왔다. 그러나 최근 들어 이 합금을 자동차 부품용 재료로 사용한 사례들이 발표되고 있다. 같은 합금이 사용되더라도 항공기용 재료와 자동차 부품용 재료는 서로 다른 특성을 요구한다. 그러한 특성에 미치는 영향 중 하나로 재결정을 들 수 있다. 재료의 재결정 유무는 기계적 특성, 미세조직, 부식 특성, 성형성 등 여러 가지 특성에 영향을 준다. 이 중에서 성형성은 자동차 부품용 재료가 요구하는 중요한 특성 중 하나로 분류되고 있다.일반 알루미늄 합금에서 Mn, Cr, Zr 등의 원소는 재결정을 억제하기 위해 첨가된다고 알려져 있다. 이러한 원소들은 합금 내에서 미세한 분산상들을 생성하고, 이러한 분산상들은 결정립계 및 아결정립계를 고정하여 재결정을 억제한다.이러한 점들에 착안하여 Al-5.6Zn-2.5Mg-1.6Cu합금에 Cr원소 첨가 유무가 합금의 열간 압출 및 열간 압출 후 고온 압축 거동에 미치는 영향에 대해 연구하였다. Cr이 첨가된 합금과 첨가 되지 않은 합금을 연속 주조하여 빌렛을 제작하였고, 균질화 과정을 거쳐 열간 압출을 실시하였다. 이후 열간 압출 조직을 분석하여 재결정 여부를 확인하였고, 조직에 따른 기계적 특성을 비교하였다. 또한 압출 시편에 고온 압축 실험을 실시하여 두 합금의 온도 및 변형률에 따른 고온 압축 거동을 비교 분석하였다. 이 후 실험 변수에 따른 조직의 차이를 EBSD 분석을 통해 비교하였다.

[P13-15]

VIM으로 제조된 BCC계 및 AB_5계 합금의 수소저장특성: 유정현, 조성욱; *한국지질자원연구원 광물자원연구본부.*

Keywords: Hydrogen Storage Alloy, Vacuum Induction Melting, P-C isotherm curve, MH tank

진공유도용해에 의하여 BCC계 및 AB_5계 수소저장합금을 제조하였으며, 제조된 합금의 수소저장특성을 평가하였다. VIM(vacuum induction melting)에 의하여 3 kg/batch로 BCC계 및 AB_5계 수소저장합금을 제조하였으며, 반복 용해실험 및 개선을 통하여 재현성을 확보하였다. P-C isotherm 곡선, ICP, XRD, 산소/질소 가스불순물 등의 분석을 통하여 제조된 합금은 상용 시료와 동등한 수소저장 특성을 나타냄을 확인하였다. 수치해석에 의하여 설계 및 제작된 5 kg급의 MH탱크에 BCC계 및 AB_5계 합금 분말을 장입하고 연료전지가 부착된 수소활용시스템을 이용하여 활용성을 평가하였다. 또한 AB_5계 배터리용 합금의 경우 실라인 테스트를 통하여 상용 시료와 동등 또는 비교우위의 성능을 보임을 확인하였다. 즉, VIM에 의한 다양한 수소저장합금의 상용 가능한 제조 기술을 확립하였다.

[P13-16]

AgWC계 전기접점의 미세조직 및 기계/전기적 특성: 소윤지, 박재성, 박주현; *희성금속(주).*

Keywords: silver tungsten carbide, sintering

전기접점재료는 차단기 및 개폐기, 전기기구, 자동차 스위치, Relay 등에서 물리적으로 개폐를 행하여 전기회로의 접촉 및 차단에 직접적으로 사용되는 소자로써, 현재 대표적으로 소·중 전류 영역에서 Ag계 및 Ag-산화물계, 대 전류영역에서는 AgW계가 주로 사용되고 있다. 그 중 AgWC 합금계 접점은 분말야금법을 기반으로 하여 소결 및 용침법을 이용하여 제조되고 있으며, 열전도성, 내아크성 및 내용착성이 우수한 특성을 가지고 있다. 따라서 수백 A이상의 대 전류 차단과 높은 빈도의 개폐로 인하여 아크를 발생하는 전기 개폐기 부품에 이용되고 있으며, 고융점 및 고경도의 특성으로 차단기의 가동접점으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 AgWC계 분말의 사이즈, 소결 및 용침법의 조건 따른 미세조직 제어를 통해 비중, 경도 및 전기전도도등의 물성을 관찰하였으며, Arcing test를 통해 내마모성 및 내아크성을 확인 할 수 있었다. 또한, AgWC계 접점 사이즈에 따른 분말의 분산성 및 특성을 비교 평가하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P13-17]

소재설계 융합 SW를 활용한 고압 다이캐스팅 방안 설계 최적화: 박광훈[1], 김한구[2], 유은하[3]; *[1] 이지캐스텍. [2](주)네텍. [3] 한국알테어.*

Keywords: 다이캐스팅, 주조방안, 최적화, ,융합, 수치해석

최근 고압 다이캐스팅 제품은 형상이 복잡해지고 고객사의 높은 품질의 요구로 인해 적정 주조방안의 설계 중요성이 대두되고 있다. 고압 다이캐스팅의 주조방안에서 게이트의 위치, 방향, 크기, 각도 등은 용탕의 흐름을 좌우하는 중요한 요소이다. 고압 다이캐스팅은 금형의 캐비티에 용탕이 충진되는 시간이 수 초 안에 이루어지며, 게이트를 통과하는 용탕의 속도는 40~70 m/s로 매우 고속이다. 따라서 게이트의 미세한 설계에 의해 전체 용탕 유동 패턴이 변하게 되므로 다양한 게이트를 설계하여 최적 방안을 도출해야한다. IT기술과 컴퓨터의 발달로 인해 수치해석 프로그램과 설계 프로그램의 융합이 이루어지고 있는 추세이다. 이러한 융합된 S/W를 이용하여 고압 다이캐스팅의 주조 방안을 설계 및 해석을 동시에 수행할 수 있는 환경이 구현되고 있다. 본 논문에서는 소재 설계와 수치해석이 융합된 S/W를 사용하여 다양한 게이트 방안에 대하여 설계를 진행하고 수치해석 과정을 통해 적정 주조방안을 도출하였다. 또한 최적화된 설계를 실제 제품에 적용하여 시제품을 제작하고 품질을 평가하여 설계 방안에 대한 검증을 실시하였다.

[P13-18]

실버 합금의 부식거동에 대한 네오디뮴의 영향: 박상협, 김도형, 신병현, 박정현, 황명원, 정원섭; *부산대학교 재료공학부 나노전기화학연구실.*

Keywords: Neodymium, Corrosion, Microstructure, Silver alloy

silver는 최근 은의 높은 전기전도도, 높은 연성 등의 특성을 이용해 태양광, 전자기기 등 여러가지 분야에서 사용량이 점차 증가하고 있다. 하지만 silver는 sulfide, sulfate, chloride 등 이온들에 의해 쉽게 부식이 발생하며, 이온들에 의해 발생되는 silver의 부식은 전기전도도, 광학적, 심미적 특성의 열화를 일으킴으로 경제적으로 많은 손실을 끼치고 있다. 이런 필요성을 바탕으로 AZ91 Mg alloy에 Nd 을 첨가 했을 때 passivation film을 형성해 내식성을 향상시킨다는 연구결과를 토대로 Ag-Cu alloy인 sterling silver 조성의 합금에 내식성 향상에 기여하는 것으로 알려진 희토류 Nd을 첨가해 합금을 제조하고, Scanning Electron Microscopy (SEM) X-ray Diffraction(XRD), Potentiodynamic test 등을 이용해 silver alloy에 Nd의 첨가가 내식성에 미치는 영향을 분석하였다.

[P13-19]

Mg-CNT 복합 PEO에 따른 복사 방열성능 및 내식성 연구: 황명원, 김도형, 신병현, 박정현, 박상협, 정원섭; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Mg, PEO, Corrosion resistance, Radiative performance

제품의 경량화를 위해 비강도가 높은 마그네슘 방열 기술에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다. 더불어, 전자부품 소자의 고기능화에 따른 집적화로 인해 열이 제품의 성능 및 수명에 미치는 영향이 커지고 있다. 기존의 방열 기술은 히트싱크의 형상과 같은 구조적인 개선을 통한 대류를 이용하거나, 고전도성 소재나 합금을 통한 전도를 이용하였다. 그러나 복사를 이용한 방열에 대한 연구는 부족한 실정이다.따라서, 본 연구에서는 Mg의 복사 방열 특성을 향상시키기 위해, 전해질에 방사율과 열전도도가 높은 CNT 분말을 분산시켜 복합 Plasma electrolytic oxidation (PEO)를 실시하였다. 표면처리 조건인 온도, 시간에 따른 PEO를 수행하여 이

에 따른 복사 특성과 내식성 평가를 실시하였다.표면처리 조건에 따른 산화피막의 형상을 관찰하기 위해 FE-SEM을 이용하였고, 산화피막층의 CNT의 분포를 확인하기 위하여 FE-EPMA를 이용하였다. 내식성 평가를 위하여 동전 위 분극 실험을 실시하였다. 또한, 방열 성능 평가를 위해 자체 제작한 복사 방열 측정 장치를 이용하여 방열량을 비교하였다. 복합 PEO를 이용한 방열 코팅은 일반적인 코팅에 비해 피막-기지간 접착력이 강하여 극한 환경 속에서도 우수한 방열 성능을 유지할 수 있어 많은 분야에 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

[P13-20]

원자단위 분석기술을 이용한 내화원소 다원초합금 설계: 전호선, 최벽파; *한국과학기술원.*

Keywords: High-temperature structural material, refractory element, multi-principle element alloy, atom probe tomography, gas turbine

가스 터빈은 고온의 기체로부터 일을 추출하는 열기관으로, 항공기의 제트 엔진과 화력발전소 등에서 폭넓게 사용되고 있다. 보다 높은 추력과 효율을 달성하기 위해서는 보다 높은 온도에서 가스 터빈을 구동할 필요가 있기에, 가스 터빈의 사용 가능 온도 상한을 높이는 것은 항공우주 및 전력생산 분야의 발전을 위해 주요한 과제이다. 가스 터빈에서 가장 높은 온도와 인장응력을 받는 부품인 터빈 블레이드는 대부분의 경우 단결정 Ni계 초합금으로 제조된다. Ni계 초합금은 면심입방구조의 모상과 입방체형 $L1_2$상 coherent precipitate로 구성된 미세구조 (γ/γ' 미세구조) 로 인해 1100°C까지 매우 우수한 기계적 강도와 creep 저항성을 지닌다. 그러나 상대적으로 낮은 녹는점으로 인하여 Ni계 초합금의 사용 가능 온도 상한은 1300°C 수준으로 제한된다. 1650°C 이상의 녹는점을 지니는 내화원소를 모상이 되는 원소 없이 유사한 분율로 혼합하여 만드는 합금인 내화원소 다원합금은 그 구성원소의 높은 녹는점과 낮은 확산속도로 인하여 고온에서 우수한 creep 저항성을 지닌다. 그러나 현재 대부분의 내화원소 다원합금 연구는 혼합엔트로피 상승을 통한 안정된 단상의 합금 제조에 그 초점을 맞추고 있다. 이에 본 연구는 내화원소 다원초합금이라는 새로운 합금을 제안하고자 한다. 이는 체심입방구조의 내화원소 다원합금에 B2 혹은 $L2_1$상의 coherent precipitate를 발생시켜 Ni계 초합금의 γ/γ' 미세구조와 유사한 미세구조를 형성함으로써 높은 녹는점에 더해 고온에서의 기계적 강도와 creep 저항성을 보다 향상시킨 합금이다. 본 연구에서는 제조된 합금이 열처리 과정에서 어떠한 상변화를 거치며, 어떠한 상들이 발생하는지를 다양한 기법을 통해 분석하고자 한다. 상 조성을 분석하기 위한 X선 회절, 실제 미세구조를 관찰하기 위한 주사전자현미경 및 투과전자현미경 촬영, 그리고 atom probe tomography가 그것이다. Atom probe tomography는 구성 원소의 조성과 위치를 원자 단위 정밀도로 이해할 수 있는 분석 기법으로, 원자 규모에서 발생하는 precipitation, elemental partitioning, interfacial segregation을 관찰하는 데 적합하다. 이러한 정보는 합금 내에 coherent precipitate를 설계하는 데 필수적이며, 나아가 합금에 있어 미세구조와 조성, 그리고 물성은 밀접한 상호관계를 맺고 있음을 고려할 때 원하는 물성의 합금을 설계하는 데 있어서도 필수적이라 할 수 있다. 이와 같이, 원자 단위 분석법을 통한 정보는 새로운 합금의 물성 설계에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대한다.

[P13-21]

동정광 용련과정의 금정광 투입에 따른 산화반응에 대한 속도론적 연구: 최경섭[1], 김종현[1], 김병수[2], 이재천[2], 박현식[2]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.*

Keywords: 동정광, 금정광, 산화반응, 활성화에너지

금은 대부분 습식방법인 시안을 통한 침출법을 이용하여 추출되고 있다. 이는 저품위 금광을 제련하는데 단순하고 효율적이기 때문이다. 하지만 최근 환경문제의 인식이 높아지면서 시안의 높은 독성과 다량의 침출여액 처리에 대한 문제점이 커지고 규제가 강화되면서 새로운 대체 공정이 필요하게 되었다.국내 구리제련소에서는 금정광을 구리제련 공정에 투입하여 금을 회수하는 건식공정을 사용하고 있다. 이에 따라 금정광의 투입에 따른 메커니즘 및 반응속도에 대한 연구가 필요한 실정이다. 동정광과 금정광에 대한 반응 메커니즘에 관한 연구는 국내외적으로 진행되고 있는 반면, 반응속도에 관한 연구는 여전히 부실한 상황이다. 본 연구에서는 이러한 현 상황에 맞추어 동정광과 금정광의 반응속도에 대하여 조사하였다.산화반응속도를 측정하기 위해 동정광과 금정광을 각각 100:0, 85:15, 70:30, 50:50, 30:70, 0:100의 비율로 1g씩 실리카 도가니에 장입하여 TGA(Thermo gravimetric analyzer)에 투입하였다. TGA는 설정 온도 1173-1373K까지 불활성 분위기로 가열하였다. 설정온도 도달 후에 공기와 산소분압 70kPa의 조건으로 각각 1시간씩 투입하여 산소분위기를 조성하였다. 이후 샘플을 장입하여 무게변화를 TGA의 microbalance를 이용하여 측정하였다. Sharp의 방법을 사용하여 반응속도 모델을 찾았고, 속도상수 및 활성화 에너지를 계산하였다. 초기산화 단계에서의 활성화 에너지는 16~31kJ/mol 범위였다. 활성화 에너지 값은 nucleation and growth kinetics에 의해서 계산되어졌다.

[P13-22]

Mg+2B 혼합분말 빌렛의 충진 밀도가 정수압 압출된 PIT 선재의 core 밀도 및 금속 sheath의 미세조직에 미치는 영향: 박상용[1], 현승균[1], 박정민[1], 이종범[2], 정하국[2]; *[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: MgB_2, Hydrostatic extrusion, Densification, Microstructure behavior

MgB_2는 PIT법으로 길이가 긴 선재 형태로 제조하여 NMR/MRI와 같은 분석/의료기기의 마그넷으로 적용이 가능하며, 액화질소에 의한 냉각으로 초전도특성을 얻을 수 있는 소재이다. PIT법으로 만들어지는 in-situ MgB_2 초전도 선재는 주로 낮은 단면감소율의 수 단계 인발 공정을 거쳐 Mg+2B core/barrier/sheath의 균일한 계면 및 높은 치수정밀도를 얻게 된다. 이와 같은 공정으로 제조된 선재는 낮은 단면적 감소율 (낮은 압축 응력)로 인하여 Mg+2B core의 밀도를 증가시키는데 한계가 있다. 또한 MgB_2형성을 위한 열처리 과정에서 발생하는 Mg의 휘발로 인해 core 부의 밀도는 현저히 낮아지며, 최종적으로 MgB_2 선재에서 50% 이하의 낮은 core 밀도는 초전도 특성을 크게 저하시키는 주요 문제점으로 지적되고 있다. MgB_2 core 부의 밀도를 향상시키는 방법으로 PIT과정에서 Mg 튜브에 붕소 분말을 넣고 성형 후 열처리 하는 internal magnesium diffusion (IMD)방법과 인발된 선재에 HIP 혹은

CIP 공정을 부가하여 밀도를 향상시키는 연구가 보고되었지만, 초기 분말의 packing density 변화에 따른 Mg+2B core/barrier/sheath의 계면 거동 및 정수압압출 공정이 적용된 선재의 최종 core density 변화 등에 관한 연구 사례 보고는 없다. 본 연구에서는 각각 다른 충진 밀도를 갖는 빌렛을 제조하여 정수압 압출법으로 1차적으로 봉재를 제조한 후, 연속적으로 기존의 인발 공정을 적용하여 Φ8 mm의 in-situ PIT 선재를 제조하였다. 다양한 충진 밀도 조건에서 제조된 선재를 아르키메데스 밀도로부터 각 공정에 따른 MgB_2 core부의 밀도 변화를 조사하였고, SEM 및 EBSD로 MgB_2/diffusion barrier/sheath의 계면 및 집합조직 변화 거동을 관찰하였다. 최종적으로 특정 충진 밀도 조건에서 core부의 밀도가 높고, 균일한 계면상태를 갖는 건전한 선재를 제조할 수 있음을 확인하였다.

[P13-23]

The influence of eutectic silicon on activation energy of silicon precipitation reaction in Al-Si alloys: YUMI KIM[1], SEWEON CHOI[1], YOUNGCHAN KIM[1], SUNGKIL HONG[2]; [1]*KITECH.* [2]*National University of Chonnam.*

Keywords: Al-Si alloy, Si precipitation, activation energy, CTE, DSC

Silicon is one of base elements that can be used to cast an aluminum alloy, and the heat treatment can be adjusted to control the properties of the Al-Si alloy. Al-Si alloys were investigated to determine the influence of the silicon content and the solution treatment time at 530 °C. Silicon was added in pure aluminum at 0.8, 3.0, and 9.5 wt.%, and the alloy was produced through gravity casting. The specimens treated for 10h at 530 °C were analyzed via thermomechanical analysis and differential scanning calorimetry, and then the exothermic peak and the CTE peak were determined. An exothermic reaction occurred as a result of the silicon precipitation in the matrix, which solved in the matrix during heat treatment. The rate of silicon precipitation was proportional relative to the silicon content in the aluminum alloy. In the experiment where the time of the heat treatment was varied, the change in the CTE peak temperature appeared to have a difference tendency as that of the changes in the silicon content.

[P13-24]

Icosahedral phase reinforced Mg-Zn-Y합금의 초소성 거동 중 발생하는 미세구조 변화: 이태진, 김우진; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온구조재료실험실.*

Keywords: I-phase, superplatic, microstructure, 강소성이속압연, Mg-Zn-Y

강소성이속압연(High Ratio Differential Speed Rolling)을 사용하여 ZW51소재를 초미세립화시켜 I-phase 입자가 초소성 거동에 미치는 영향을 조사하였고, 또한 초소성 변형 중 발생하는 I-phase 입자의 분산과 기지재의 집합 조직 변화에 대한 연구를 수행하였다.

[P13-25]

Studying on low electromagnetic pressure casting impact as a microstructural control mean at casting high-strength aluminium alloys 7xxx-series: mykola slazhniev, Kyung Hyun Kim, Se Won Kim, Won Jae Kim, Hyun Suk Sim; *Dong San Tech.*

Keywords: High-strength aluminum alloys, electromagnetic force, low pressure casting, electromagnetic stirring, microstructure, grain size

For case manufacturing important constructive automobile parts, such as suspension and engine parts, instead heavy steel materials, in modern machinery would like using progressive high-strength aluminum casting alloys, for example 7xxx-series (Al-Zn-Mg-Cu system), having yield strength over 500MPa and no less 5% elongation.However, due to specific casting properties indicated alloy, crack-ability, low cast-ability, indicated alloy require applying special casting method, that can to provide row casting parameters in dependencies from the casting detail design, wall thickness, solidifying rate and macro and micro structures requirements including directed solidification. As more progressive, safety, soft-controllable, non-inertial by the pressure creation means the low electromagnetic pressure casting method and equipment can be successful applied for solving rows microstructural and casting problems for high-strength aluminum casting alloys 7xxx-series. Applying the MHD low electromagnetic pressure casting method at manufacturing 3” billet 550mm lengths into graphite tube have an mainly compact globular microstructure, characterized as non-dendrite state with 80~120μm grain size and 50~80μm in the central part of billet. Achieved effect explained as an artificial heat-force effect of the pulse unidirected electromagnetic force, created below into electromagnetic pump working area directly on the solidification casting structure. As well, we have fact vibratory, hydrodynamic and acoustic impact on the growing crystals into mushy zone solidifying billet. Effect named ad force impact on the front solidification. From the practice viewpoint, this effect useful for the casting of real product from high-strength aluminum alloys with predicted improved properties.

[P13-26]

폐스크랩에서 추출한 Nd 산화물의 용융점 전해 및 고순도화 연구: 김종호[1], 이영주[1], 김주영[1], 이고기[1], 김정모[2], 임병철[2]; [1]*포항산업과학연구원.* [2]*(주)성림희토금속.*

Keywords:

NdFeB계 영구자석은 전기차, 오디오, 무선기기, 휴대폰 등 다양한 분야에 널리 사용되고 있으며 세계 시장은 6만톤, 10조원 규모이고 국내시장은 3000억 규모로 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 국내 자원을 회수하고 순환할 수 있는 기술개발이 필요하며 폐

스크랩에서 추출한 희토류 산화물을 전해 및 정련하여 99%이상의 고순도화 기술이 핵심이다. 본 연구에서는 스크랩 및 폐자석으로부터 회수된 산화물을 이용하여 용융염 전해 연구를 실시하였으며 전해온도 및 인가전압등 공정 최적 조건을 도출하고자 하였다. 일반적으로 불화물염을 사용하고 NdF_3와 LiF의 염의 2:8 비율로 혼합하여 사용하면 전류효율 65%의 높은 회수율을 얻을 수 있다고 알려져 있다. 정전압 전해 실험에서 전극의 표면적 한계로 최대 전류값이 포화되는 현상이 관찰되었으며 신규 전원장치 및 전극 개선을 통해 양호한 공정 조건을 도출하였다. 산화에 따른 산화물의 투입량을 시간당 70~210g까지 조절하였으며 그 결과 회수율에 미치는 영향은 미미한 것으로 확인되었다. 최종적으로 얻어지 Nd금속의 순도는 GD-MS 장치를 이용하여 측정하였으며 그 순도는 99.16%인 것으로 확인되었다. 용융점 전해를 통해 충분한 고순도 금속 회수가 가능함을 확인하였다.

[P13-27]

7xxx계 알루미늄 합금의 two-step 인공시효에 따른 기계적 특성: 김세훈, 신재혁, 김진평, 주경석, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: A7xxx Alloy, Alloy Design, Two-step Artificial Aging, Heat Treatment

7xxx계 알루미늄 소재는 높은 항복강도 및 인장강도로 인해 항공기, 자동차, 철도, 방위산업 등의 수송기기 산업에서 사용되고 있으나, 난가공성으로 인한 제조단가 상승 및 응력부식균열 등의 문제로 매우 제한적으로 적용되고 있으며, 인공시효 열처리 시간이 길어 생산성이 떨어지는 문제점이 있다.본 연구에서는 기존 자동차용 알루미늄 합금의 경량화 한계를 극복하기 위한 소성가공성이 우수한 고항복강도 알루미늄 소재를 개발하고 two-step 인공시효 열처리 조건에 따른 기계적 특성을 평가하였다. 이를 통해 항복강도 520 MPa, 연신율 13% 이상의 특성을 가지면서 압출 및 단조 등의 소성가공성 또한 우수한 합금의 열처리 조건을 도출하였다.

[P13-28]

초미세립 ZK60합금의 온간유동 거동과 프로세싱맵: 이태진, 김우진; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온구조재료실험실.*

Keywords: ZK60, Prcessing Map, 강소성이속압연, Microstructure

ZK60합금의 용체화 처리 후 상부와 하부롤의 큰 속도 비를 이용해 강한 전단변형을 만들어내는 강소성이속압연(High Ratio Differential Speed Rolling)을 수행하여 초미세립 ZK60재료를 제작 후 에이징 조건에서 에이징을 진행하였다. 이 후 100~400°C의 온도조건에서 각각 변형률 속도 1×10^{-3}~ 1×10^{-1} s^{-1}에서 고온인장실험을 수행하여 고온 변형 거동을 조사하고 이를 바탕으로 프로세싱맵을 구축하였다. 또한, 열처리에 의해 결정립을 인위적으로 다양하게 성장시켜 동일 조건에서 인장 실험을 진행하여 결정립의 크기가 고온거동과 프로세싱맵에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하였다.

[P13-29]

Al-10Si-0.5Mg-xCa 합금의 주조성, 기계적 특성 및 열전도도에 미치는 Ca 첨가 영향: 오건영, 정영길, 양원석, 김세광, 임현규; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Si-Mg-Ca alloy, Fluidity, Mechanical properties, Thermal conductivity

스마트폰용 알루미늄 부품은 대부분 가격적인 측면과 생산성을 고려하여 다이캐스팅 공법을 활용하여 제작 되는 것이 일반적이다. 스마트폰용 알루미늄 다이캐스팅 부품은 알루미늄 합금을 다이캐스팅 공법을 사용하여 제작된 내장 혹은 외장용 부품으로서 모바일폰의 내/외부를 보호하거나, 외장 제품으로서 디자인 구현에 일부 역할을 수행하는 부품이다. 그러나 급변하고 있는 휴대폰 시장의 흐름 속에 스마트폰용 알루미늄 다이캐스팅 제품의 역할도 변하고 있는 실정이다. 스마트폰 기기의 발전으로 더욱 우수한 성능을 위한 고집적화 부품들이 사용됨에 따라 발열에 의한 기기오작동, 내구성의 문제점이 제기되고 있어 높은 방열 특성과 방열 성능을 극대화 할 수 있는 복잡한 형상이나 최적의 외형 구조를 요구하고 있으며, 외부환경 특히 충격에 대한 높은 저항성을 필요로 하고 있다. 이를 구현하기 위해서는 우수한 열전도도와 주조성, 기계적 특성을 가지는 알루미늄 합금 개발이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 복잡한 형상의 다이캐스팅 제품 적용성을 위하여 알루미늄에 첨가되어 주조성을 향상 시키는 규소를 10 wt.% 첨가하였다. 또한 합금의 강도 및 내식성을 향상 시키는 마그네슘을 첨가하였으며, 마그네슘의 산화 및 발화를 방지하는데 효과적이고, 결정립 미세화를 시키는 역할을 하며, Si의 개량화 처리가 가능하다고 알려진 Ca을 첨가하여 첨가량에 따른 주조성, 기계적 특성 및 열전도도 특성에 대하여 알아보고자 하였다. 그 결과 Ca의 첨가로 인하여 주조성은 유지되었으며, 기계적 특성의 큰 감소 없이 열전도도는 약 8 % 증가한 결과를 얻을 수 있었다. 또한, Ca이 첨가된 본 연구의 합금의 주조성, 기계적 특성 및 열전도도는 상용 ADC12 합금과 비교하여 높은 특성을 나타내었다.

[P13-30]

밸브용 강재의 고농도 염산분위기에서 부식 저항성 평가 및 합금 설계 지향: 류승민, 김성진; *순천대학교.*

Keywords: high hidrochlroic acid, corrosion resistance, immersion, valve material

밸브는 유체의 흐름을 조절하는 역할로써 산업, 군수, 주거와 운송 등에서 다양한 방면에서 사용되고있으며, 우수한 기계적 물성과 함께 내부식성에 대한 특성이 요구되고 있다. 특히 해수, 산, 염기와 같은 가혹한 환경에 직접적으로 노출될 수 있는 밸브의 경우, 우수한 내식성에 대한 인식 제고와 함께 고내식 특성을 보증할 수 있는 밸브용 신소재 개발의 중요성이 높아지고 있다. 실제 일부 적용되고있는 Hastelloy 소재는 고온 물성 및 높은 내식성을 가지는 Ni 기반의 합금이지만 Mo, Co와 같은 고가의 합금성분을 다량으로 포함하고있어 원가 상승에 의한 비용 절감 효과가 낮은 것으로 평가된다. 반면, 비교적 원가가 낮은 Alloy 및 고합금 Stainless 소재의 경우, 강산 분위기 내에서 충분한 내식성 확보의 어려움이 예상된다. 본 연구에서는 실험의 결과를 바탕으로 내식성에 영향을 미치는 합금성분을 파악하고, 높은 내식성을 갖는 적절한 합금설계를 목적으로 한다. 실험에는 Hastelloy을 포함한 6가지의 고합금 소재를 이용하여 고농도의 HCl 용액에서 침지 및 전기화학적 방법을 통하여 부식 저항성을 평가하였다. 전기화학적 실험

방법으로 Gamry를 이용한 동전위 분극 실험을 진행하였다. 동전위 분극 실험에는 3전극이 사용되었으며, 각각 정해진 온도와 HCl 용액 농도의 조건으로 4주간 실험을 진행하였다. 침지 실험은 HCl용액의 농도를 고정하고 각각 온도 별 실험을 진행하였다. 일정한 온도에서 장기간 침지를 하기위해 Heat melting 장비를 이용하였다. 소재 별 내식성을 평가하기 위해 침지 이후 감량 된 무게를 측정하였다.

[P13-31]

탄탈륨 스크랩으로부터 전자빔 용해 및 인발 공정을 통한 4N5급 고순도 탄탈륨 Wire 제조: 유지원[1,2], 최상훈[1,2], 심재진[1], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 서경덕[1,2], 현승균[2], 박경태*[1]; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electron beam melting, Tantalum scrap, Recycling, Drawing process, High purity

전자빔 용해(EBM)는 용융 온도와 속도를 제어할 수 있는 뛰어난 정제기술로 알려져 있으며 고순도 금속을 얻는데 유용한 공정이다. 또한 고순도 탄탈륨은 반도체 제조용 스퍼터링 타겟, 우주 항공 및 의료용 부품 등의 전자 부품 산업에 이용되고 있다. 본 연구에서는 전자빔 용해 및 인발 공정을 통해 탄탈륨 ingot 및 wire를 제조할 수 있는 가능성을 조사하였다. 반도체 공정에서 사용되는 노광램프에 포함된 탄탈륨 스프링(스크랩)을 원료로 사용하였고, 스크랩에 함유된 Mo, Fe, W, Ca, Mg, Na, Tg 등의 불순물은 염산과 질산을 3 : 1 의 비율로 혼합한 왕수를 사용한 전처리를 통해 제거되었다. EBM의 정련 효과로 인해 스크랩의 용해 과정에서 추가적으로 불순물이 제거되었다. 탄탈륨 ingot 제작 후 글로우 방전 질량 분석법(GD-MS)으로 샘플의 순도를 분석하였으며 인발 공정시 다이의 재료로는 산업용 다이아몬드를 사용하였다. 인발을 진행한 탄탈륨 ingot의 초기 직경은 9 mm 였으며, 최종 샘플의 직경이 0.5 mm가 될 때까지 점차적으로 직경을 줄여나가며 공정을 진행하였다. 본 연구의 결과는 탄탈륨 스크랩이 EBM 및 인발 공정을 통해 재활용이 가능하다는 것을 보여주었으며, 탄탈륨 ingot의 순도는 4N5(99.995%) 이상으로 분석되었다.

[P13-32]

Influence of precipitation on the coefficient of thermal expansion of Al-Si-Mg-Cu-(Ti) alloys: Se-Weon Choi, Yu-Mi Kim, Young-Chan Kim, Chang-Seog Kang; *KITECH.*

Keywords: Al-4.5Cu alloy, Thermal conductivity, Thermal diffusivity, Casting, Heat treatment, DSC

The effect of the precipitation of secondary phases on the thermal properties of Al-4.5Cu alloy (in wt.%) after various heat treatments was investigated using a laser flash apparatus (LFA). The alloy samples were solution treated at 535 °C for six hours followed by warm water quenching and then aged in air at 200 °C for different times. The results showed that the thermal diffusivity of the annealed sample increased relative to that of the as-cast sample in the temperature range from 20 to 260 °C. The thermal diffusivity improved as the solute concentration in the a-Al matrix rapidly decreased. The solution treated sample showed lower thermal diffusivity and conductivity than the artificially aged sample. The thermal conductivity of the solution treated sample was 148 W/m·K at 25 °C, but artificial aging treatment increased it to 166 W/m·K at the same temperature. The thermal diffusivity and thermal conductivity increased in the temperature range between 250 and 400 °C. This increase is due to the precipitation of secondary phases. Precipitation of secondary phases occurred as the temperature increased, which we confirmed via DSC analysis.

[P13-33]

Al-Mg 합금의 항복강도 향상 방안 연구: 김세훈, 주경석, 신재혁, 김진평, 성시영, 김동옥, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: Alloy Design, Mechanical Property, Al-Mg Alloy, Casting, Wrought

알루미늄 합금은 일반적으로 주조재와 전신재 합금으로 나뉘며, 각각은 요구되는 특성에 따라 다양한 원소가 첨가되어 수송기기 분야뿐만 아니라 다양한 분야에 수십 종 이상의 합금이 적용되고 있다. 특히 자동차용 알루미늄 합금은 적용 부품에 따라 합금 성분이 다른 경우가 많아 재활용 시에는 합금원소 차이로 인해 저급의 스크랩으로 활용되는 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 주조재와 전신재 사이의 차이를 극복하여 주조-전신재 모두 적용이 가능하고 수송기기에서 요구되는 다양한 기계적 특성을 만족할 수 있는 Al-Mg계 합금을 개발하였으나, 열처리 합금에 비해 항복강도가 낮아 부품 적용에 한계가 있다. 본 연구에서는 비열처리 Al-Mg 합금의 낮은 항복강도 특성을 향상시키기 위한 합금 설계를 진행하였으며, 이를 통해 도출된 알루미늄 합금은 해당 조성에 맞게 첨가원소를 각각 칭량한 후 20KW 유도용해로를 통해 용해하여 빌렛 형태로 중력 주조하였다. 제조된 빌렛은 200 ton 압출기를 통해 25:1의 압출비로 압출하여 미세조직을 평가하고 인장시험을 통해 기계적 특성 평가를 실시하였다.

[P13-34]

공정제어에 따른 Ag Alloy소재 특성: 임종빈; *희성금속㈜.*

Keywords: Ag alloy, 전기접점, 차단기, 압출, 강도

전기회로의 통전을 제어하는데 사용되는 재료로서의 전기접점은 차단기, 계폐기 및 모터 스위치, 스위치 기어, 소형 모터 및 전장용에 적용된다. 이러한 전기 접점 재료에 요구되는 기본적으로 개폐시 충격에 견딜 수 있는 강도가 높은 것이 있으며, 또한 융점이 높고 전기전도도, 열전도도 및 내용착성이 우수하고 접촉저항이 낮은 것이 요구된다. 전기 접점 재료는 재질에 따라 은-텅스턴계, 은-산화물계, 은-흑연계 등으로 분류될 수 있고, 그 중 은-흑연계 전기 접점 재료는 흑연의 주요 특성인 sliding/융착제어에 의해 주로 고정 접점으로 사용된다. 최근까지는 상기 은-흑연계 전기 접점 재료를 제조하기 위해 원료 분말을 혼합 및 소결한 후 프레스 성형하는 방법이 적용되었으나, 프레스 성형이 적용된 은-흑연계 전기 접점 재료는 고밀도 및 고강도를 나타내는데 한계가 있어, 기계적 강도 평가시 크랙 및 파손이 발생하고, 이를 전기회로 기기에 적용할 경우 전기회로 기기의 통전성 및 차단특성이 저하되는 문제점

이 있었다. 본 연구는 Ag Alloy계 소재의 압출공법을 이용하여 Ag Alloy에 대한 특성개선 공법을 실시하여 물성을 제어하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P13-35]

Top Mount의 재질 변경을 위한 알루미늄 소재의 피로특성 연구: 임인기[1], 김태준[1], 송규영[1], 탁윤학[1], 심명섭[2], 서용원[2]; *[1]경북하이브리드부품연구원. [2](주)현대포리텍.*

Keywords: Suspension, Top Mount, Aluminium, Fatique test

현가장치는 차축과 차체를 연결하여 주행할 때 차축이 노면에서 받는 진동과 충격을 차체에 직접 전달되지 않도록 함으로써 차체나 화물의 손상을 방지하고 승차감을 좋게하는 장치이다. 따라서 이 장치는 승차감 및 차량의 조정 안정성에 큰 영향을 미친다. 이 장치는 스프링과 Shock absorber로부터 들어오는 충격과 진동이 직접 차체에 전달되지 않도록 흡수, 절연 작용을 하는데, 그중 Top Mount는 Suspension 상단에 장착되어 Shock absorber 및 코일 스프링을 차체에 지지하고, 차륜에서의 소음을 방지하고 진동 및 충격을 받아들이는 역할을 한다. 본 연구에서는 장치의 경량화를 위하여 기존의 Top Mount의 재질을 스틸에서알루미늄으로의 변경을 위하여 벤치마킹 후 선정된 재질에 대하여 피로시험 후 S-N 선도를 완성하여 재료의 피로강도, 피로한도를 파악하여 Top Mount Bracket의 설계에 반영하고자 한다.

[P13-36]

에어컨 열교환기용 고내식성 Al 합금 압연 공정 및 물성 평가: 소윤식, 김용상, 유진석, 김정구; *성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.*

Keywords: Aluminum, Alloy, Heat Exchanger, Corrosion, Tensile Test

도심의 자동차 배기가스 및 공장 등에서 발생하는 NOx, SOx에 의한 산성비와 기혹한 염수 환경인 해안도시 지역에서의 에어컨 열교환기의 부식 문제가 보고되고 있으며, 이로 인해 제품의 신뢰성 하락 및 유지 보수로 인한 경제적 손실이 발생되고 있다. 일반적인 에어컨 실외기의 열교환기는 구리 튜브와 코팅이 된 알루미늄 핀재로 구성되어 있다. 비록 코팅을 통해 알루미늄 모재부의 부식을 방지하지만, 가공에 의한 절단면 그리고 코팅 결함부에서 알루미늄의 부식이 발생하게 된다. 즉, 알루미늄 소재 자체의 내식성 확보를 통한 열교환기의 수명 향상이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 합금 조성의 개선을 통해 소재의 내식성을 확보하는 동시에 압연 및 열처리 후 기계적 특성의 유지를 통해서 양산 소재로서의 적용성을 평가하였다. 새로운 합금 조성의 알루미늄 시편 직접 주조법(Direct Casting)으로 5~8 mm 두께의 판재를 주조하고, 압연기를 이용하여 상용재와 같은 0.1 mm까지 압연을 진행한 후 기계적특성 확보를 위해 열처리를 진행하였다. 제작된 인장시험 시편은 상용재와의 기계적특성과 내식성을 비교하기 위해 인장시험과 동전위 분극시험을 진행하였다. 인장시험은ASTM E8 규격으로 가공된 시편을 인장시험기를 통해 평가하였으며, 동전위 분극시험은 실제 에어컨 실외기의 부식 가속 환경인 SWAAT(Salt Spray Acetic Acid Test) 환경에서 진행하였다. 본 연구에 사용된 알루미늄 합금은 1000계와 3000계 알루미늄 합금 조성에 지르코늄 (Zr) 첨가를 진행하여, 기존에 사용되고 있는 1000계, 3000계 알루미늄 합금과 기계적 특성, 내식성을 비교하였다. 기계적 특성의 경우 기존 열교환기 제품에서 요구하는 특성을 만족하였으며, 내식성의 경우에는 기존 소재 대비 약 20배 향상된 내식성을 가지는 것을 확인하였다.

[P13-37]

혼합전지로부터 단일공정을 통한 La의 선택적 회수: 주성호[1], 신동주[1], 오창현[1], 이동석[1,2], 왕제필[3], 신선명[1,2]; *[1]한국지질자원연구원. [2]UST. [3]부경대학교.*

Keywords: Mixture Batteries, Nickel, Lanthanum, Oxidation Leaching, Precipitation

본 연구는 혼합폐전지로부터 선택적 침전법을 통해 란탄을 회수하는 연구이다. 실험에 사용된 시료는 혼합폐전지로 40 wt% 알카라인 전지, 30 wt% Li-ion 전지, 10 wt%의 Ni-MH전지, 10 wt%의 Ni-Cd 전지로 구성되어 있다. 이들 전지를 안정적으로 열처리한 후 물리적 파쇄 및 선별을 통해 Fe, Al 등의 불순물을 제어하였다. 침출에 사용된 시료 내 La은 산화물 형태로 존재하였으며 이로부터 La을 회수하기 위해 H2O2와 Na2S2O8를 첨가한 황산-산화 침출실험을 수행하였다. 두 개의 산화제를 혼합하였을 때 Ni을 비롯한 대부분의 금속들은 95% 이상 침출이 되었으며 La은 산화제인 $Na_2S_2O_8$와 반응하여 $LaNa(SO_4)_2H_2O$의 금속 복합염 형태로 선택적으로 침전이 됨을 확인하였다.

[P13-38]

용융염 전해에 의한 kg급 네오디뮴 금속 제조: 유정현, 조성욱; *한국지질자원연구원 광물자원연구본부.*

Keywords: Fused Salt Electrolysis, Rare-earth Materials, GDMS, Nd metal

용융염 전해에 의한 kg급 네오디뮴 금속 제조를 연구하였다. 용융염 전해 원료 물질은 Nd_2O_3이었으며, 전해 지지염으로 NdF_3 - BaF_2 - LiF 3원계 염을 사용하였다. 용융염 전해 실험을 통하여 전해조 열평형, 전해 온도, 전류 밀도, 원료 투입속도, 극간 거리 등 최적의 전해 조건을 확립할 수 있었다. 전해 중 회수된 네오디뮴 금속에 대하여 XRD를 통한 상분석, ICP, GDMS를 통한 성분분석을 하였고, 그 결과 얻어진 Nd 금속은 순도 99.9% 이상임을 확인하였다. 또한 파일럿 규모의 전해장치를 설계 및 제작하였으며, 이를 이용하여 파일럿 규모의 실증 실험을 실시하였다. 파일럿 규모 실험 결과 상용수준의 지표를 달성하였으며, 상용 가능한 용융염 전해 기술을 확보하였다.

[P13-39]

Al-0.5Si-0.5Mg-xCa 합금의 부식성 및 열전도도에 미치는 Ca 첨가 영향: 오건영, 정영길, 양원석, 김세광, 임현규; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Si-Mg-Ca alloy, Corrosion, Salt spray, Thermal conductivity

모바일 기기 시장의 폭발적인 성장과 더불어 모바일 기기 완제품 생산 업체들은 시장의 욕구에 대응하기 위한 초slim, 초경량 제품의 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 대응하기 위한 대표적인 Al 부품은 밀도가 약 2.7 g/cm^{3}으로 가장 대표적인 경량 금속임과 동시에 구조재로서 사용가능한 강도를 가지고 있는 소재이다. 모바일 기기용 알루미늄 부품은 내장 혹은 외장용 부품으로서 모바일 기기의 내/외부를 보호하거나, 외장 제품으로서 디자인 구현에 일부 역할을 수행하는 부품이다. 최근 모바일 기기의 발전으로 더욱 우수한 성능을 위한 고집적화 부품들이 사용됨에 따라 발열에 의한 기기오작동, 내구성 및 외부 환경에 의한 외장 부품의 부식 문제점이 제기되고 있다. 따라서 외장 제품의 부식에 대한 높은 저항성을 필요로 하고 있으며, 열전도도가 우수하여 발열 특성을 향상 시킨 새로운 합금 개발이 필수적이다. 그러나 현재 사용되는 부품에 있어서 기존의 상용 알루미늄 합금을 적용할 경우 내부식성이 급격히 저하되는 문제를 가지고 있으며, 열악한 열전도도로 인해 모바일 기기용 알루미늄 합금의 개발이 시급한 실정이다. 이에 본 연구에서는 부식성 측면을 고려하여 규소 함량을 0.5 wt.% 로 선택하고, 알루미늄에 첨가되어 합금의 강도 및 내식성을 향상 시키는 마그네슘을 첨가하였으며, 마그네슘의 산화 및 발화를 방지하는데 효과적인 Ca을 첨가하여 첨가량에 따른 부식성 및 열전도도 특성에 대하여 알아보고자 하였다. 그 결과 Ca이 첨가된 본 연구의 합금은 염수분무 48시간 테스트에서 모두 양호한 결과를 얻었을 수 있었다. 또한, Ca 첨가량이 증가함에 따라 열전도도는 유지되었으며, 상용 ADC12 합금에 비하여 열전도도는 약 36 % 증가된 결과를 얻을 수 있었다.

[P13-40]

고온 황화 반응에 의한 FeTiO3 으로부터의 Fe 제거 및 TiO2 제조 공정의 기초 연구: 신승환[1], 김선중[2]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Titanium, $FeTiO_3$, TiO_2, Sulfurization, Pyrometallurgy

티타늄은 가볍고, 내열성, 내식성, 고강도이며 자성이 없고 생체 적합성이 매우 우수한 특성을 가지고 있다. 또한 금속 티타늄은 현재 항공기, 화학 공장 재료, 의료장비 등 널리 사용되고 있다. 현재 여러 분야에서도 상용화 되어있는 금속 티타늄은 대부분 고품위 TiO_2(Rutile)에서 생산된다. 값싼 ilmenite($FeTiO_3$)에서 기존 제련법을 이용하여 고품위 rutile을 제조하기 위해 Fe 제거와 함께 건식 공정간 습식 공정이 반드시 필요하기 때문에 공정비용이 높은 것이 문제점으로 지적된다. 본 연구에서 제안하는 고온 황화법은 $FeTiO_3$에서 Fe를 FeS계 매트로 제거하고 고품위 TiO_2를 얻기 까지 비교적 낮은 온도에서 액상간의 반응을 기반으로 한 고온 건식 공정이다. 본 연구에서는 강 환원 분위기 속에서 $FeTiO_3$ 의 황화반응을 통한 FeS계 매트와 저융점 TiO_2 슬래그의 분리성과 고온 평형실험을 통한 Ti, Fe 등의 평형 분배비에 대한 온도의 영향을 조사하였다.

[P13-41]

금속원소 첨가에 따른 코발트계 초내열합금의 미세구조 변화: 유보령, 최벽파; *한국과학기술원.*

Keywords: Superalloy, Cobalt, APT

니켈계 초내열 합금은 고온에서 높은 기계적 강도를 보이고 내식성, 내산화성 등이 우수하여 고온에서 우수한 기계적 특성을 필요로 하는 항공기 엔진 혹은 발전소의 터빈 등에 활용되고 있다. 항공기 엔진과 발전소 터빈은 효율을 높이기 위하여 작동온도를 높이는 것이 필수 조건이며, 이러한 조건에서 견딜 수 있는 소재의 개발이 요구된다. 이런 요구에 맞춰서 기존의 니켈계 초내열 합금에 비해 더 높은 녹는점을 가지는 코발트계 초내열 합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 코발트계 초내열합금 중에서 열역학적으로 γ/γ' 평형상을 이루는 시스템은 Co-Ti 2원계 합금이 유일한 것으로 알려져 있다. Co-Ti 시스템은 γ/γ' 평형상을 가지지만, Ni계 초내열합금에 비해 고온에서 낮은 기계적강도와 γ' 부피분율을 가진다. 따라서 본 연구에서는 그 문제를 보완하기 위해 다양한 금속원소를 추가한 뒤 미세구조를 관찰했다. 먼저 텅스텐, 바나듐, 크롬 등의 원소를 첨가하고 열처리 한 후에 γ' 미세구조를 SEM을 이용해 관찰했고 XRD, TEM으로 구조를 분석했다. γ'구조임을 확인한 후에는 APT를 이용해 γ' 부피분율과 원자단위의 partitioning을 분석했고 금속원소 첨가에 따른 변화를 확인했다.

[P13-42]

AlMg9 합금의 냉간압연 압하율에 따른 β상의 석출과 입계 부식 속도의 경향 분석: 최권훈[1], 김봉환[2], 하성호[2], 윤영옥[2], 김세광[1]; *[1]과학기술연합대학원대학교(UST). [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Mg2Al3, AlMg alloy, Corrosion, Heat treatment, Cold rolling

현재 친환경 자동차의 개발이 화두에 오르면서 알루미늄 합금은 현재 자동차 산업에서 각광받고 있는 경량소재 중 하나로 평가받고 있다. 열처리과정이 없어 가공비용에 강점을 갖는 5xxx계 알루미늄 합금은 Mg을 첨가하여 고용강화 및 가공경화 과정을 통해 기계적 특성을 향상 시킬 수 있다. 특히 Mg 함량이 증가 할수록 기계적인 강도와 연신율이 모두 증가하는 것으로 알려져 있다. 하지만 일정량 이상(3%정도 이상)을 첨가하면 Mg2Al3이라는 석출상이 생겨 SCC(균열응력부식)와 같은 입계 부식(Intergranular Corrosion)에 민감한 영향을 준다. 본 연구에서는 마그네슘을 많이 첨가한 AlMg9 합금을 통하여 압하율에 따른 부식 속도 측정과 부식에 민감한 Mg2Al3 석출상의 분포를 관찰하고자 하였다. 실험 방법으로 100°C에서 200시간 열처리를 하여 입계 부식에 민감하게 한 후(Sensitization), 압하율(0%, 20%, 50%)에 따른 입계 부식의 정도를 측정하였다. 부식의 실험 종류로 5xxx계 입계 부식 민감도 실험으로 알려진 NAMLT(ASTM G67) 실험을 진행하였다. 실험의 결과 냉간 압연을 20% 하였을 때의 부식 정도가 50% 하였을 때 부식의 정도보다 더 심하였다. 이를 규명하기 위해 부식 실험이 진행 된 시편의 미세조직을 OM을 통하여 관찰 하였고,

석출상의 분포를 관찰하기 위해 TEM과 EPMA 분석기법을 이용하였다.

[P13-43]

Ag-C계 접점의 미세조직 제어를 통한 기계/전기적 특성 확보: 이효원, 박재성, 박주현; *희성금속㈜*

Keywords: Ag-C, 압출, Sintering, 접점, Cd-free

전기 접점 재료는 개폐기, 차단기 등의 전기기기에서 전기회로의 개폐를 제어하는데 사용되는 통전용 접촉 재료로서, 모터 스위치, 스위치 기어, MCCB, 소형 모터 및 램프, 자동차 및 가전제품 등에 적용된다. 이러한 전기 접점 재료는 개폐기능과 관련하여 융점이 높고 전기전도도, 열전도도 및 내용착성이 우수하고 접촉저항이 낮은 것이 요구되며, 내마모성과 관련하여 경도가 높은 것이 요구된다. 이와 같은 전기 접점 재료는 재질에 따라 텅스턴계, Ag-산화물계, Ag-C계, 귀금속계 등으로 분류될 수 있다. 그 중 Ag-C계 전기 접점 재료는 흑연의 sliding/융착제어 특성으로 인해 전기전도도가 우수하여 주로 고정 접점으로 사용된다. Ag-C계 접점은 열적특성이 우수한 탄소 분말과 전기전도도가 우수한 은 분말과 혼합하여 소결하는데 소결과정의 온도가 맞지 않으면 내부에 기공이 존재하고 결합력이 떨어지는 단점이 존재한다. Ag-C계 접점에서는 잘 분산된 탄소입자로 인해 경도 및 전기전도도등의 물성이 개선되는 효과를 기대할 수 있다. 또한, Ag-C계로 제조된 접점은 용접 및 기계적 마모에 매우 강하고 접촉 저항이 낮지만 Arcing 조건에서 높은 마모를 나타내며 기계적 강도와 경도는 낮습니다. 본 연구는 Ag-C계 접점의 소결 및 압출공정 최적화를 바탕으로 미세조직 제어 및 접점의 기계적, 전기적 특성을 확보하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P13-44]

Co 회수를 위한 아연정광 침출 모사액의 Co 세멘테이션 및 Co 필터케이크의 자력선별: 최상현, 유경근; *한국해양대학교*

Keywords: separation, Cementation, Zn powder, Ni magnetism

아연 정광 침출액은 아연금속의 품질 및 전해채취시 전류효율에 영향을 주는 불순물을 포함하고 있다. 아연말을 투입하는 세멘테이션 과정을 통해 Zn보다 이온화 경향성이 낮은 불순물이 금속간 화합물로 침전 제거되는데 불순물 중 가장 안좋은 영향을 미치는 Co의 경우 아연말만으로 제거하기 어려우므로 활성제로 Sb, Cu를 투입하여 함께 제거한다. 세멘테이션 이후 발생하는 Co 필터케이크는 미반응한 Zn 및 환원된 Co, Sb, Cu로 구성된다. Co 필터케이크는 중금속이 포함되어 있어 매립이 금지되며 적절한 처리방법이 없기 때문에 대부분 적치하고 있는 실정이다. Ni의 경우 대표적인 강자성체로 알려져 있으며 만약 Co 필터케이크 내에 Ni 성분이 존재한다면 금속간 화합물로 구성된 불순물인 Co, Sb, Cu가 Ni과 함께 자착물로 농축될 것으로 예상했다. 그러므로 본 연구는 자력선별을 통해 Co 필터케이크로부터 Co의 회수 과정을 개발하는 것을 목표로 하였다. 먼저 아연 정광 침출 모사액은 증류수에 Ni, Co, Sb, Cu의 농도를 조절하며 제조하였다. 니켈의 초기 농도가 증가함에 따라 Ni, Co, Sb, Cu가 자착물에 농축되었으나 아연 또한 함께 농축되었다. [Co]=[Sb]=[Cu]=150 ppm, [Ni]=300ppm, Zn 투입량(광액농도) : 10 g/300 ml, 질소 투입량 : 300 cc/min, 온도 : 85ºC, pH : 3.5~4.5, 자력세기 : 3000G의 조건에서 Ni, Co, Sb, Cu가 약 70~74%정도 자착물로 농축이 되었으며 아연은 약 44% 정도 자착물에 농축이 되었다. 따라서 Ni를 투입한 Co 필터케이크에 자력선별을 적용한다면 불순물인 Ni, Sb, Co, Cu는 Ni 자성에 의해 자착물로 농축이 가능하고 비자착물로 미반응한 Zn을 회수할 수 있는 것으로 보인다.

[P13-45]

합성 Rutile로부터 타이타늄 침출에 관한 연구: 신동주, 주성호, 강정신, 김민석, 신선명; *한국지질자원연구원*

Keywords: Titanium, Leaching process, Soda-roasting process, Hydrolysis reaction

본 연구는 합성 Rutile을 활용하여 타이타늄의 침출률 향상을 목적으로 하고 있다. 먼저 합성 Rutile(TiO_2>90%)를 NaOH와 1:1.13 질량비로 니켈도가니에 혼입 후 500ºC, 대기 분위기에서 4시간동안 Soda-roasting 공정을 거쳐 Na_2TiO_3를 합성하였다. 침출 실험을 위한 시료는 Na_2TiO_3를 증류수로 세척한 시료와 세척하지 않은 시료 두 종류를 사용하였으며 5M HCl, 온도 80ºC, 고액비 10%(50 g/500 ml), 교반속도 250 rpm으로 고정하여 침출 시간에 따른 타이타늄의 침출률을 살펴보았다. 실험 결과 세척하지 않은 시료의 경우 타이타늄의 침출률이 초기 침출 반응 5분 내에 95% 이상 달성되었으나 시간이 지남에 따라 가수분해 반응에 의해 침출률이 시간에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 세척한 시료의 경우는 침출 시작 후 60분 동안 타이타늄의 침출률이 증가하였으나 60분 이후로는 세척하지 않은 시료의 침출 결과와 마찬가지로 침출률이 시간에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 따라서 가수분해 반응을 억제하기 위하여 온도별 실험을 진행하였다. 그 결과, 세척한 시료는 침출 온도 50ºC에서 12시간의 침출 반응에도 타이타늄의 가수분해 반응이 발생하지 않음을 알 수 있었으며 최종 타이타늄 침출률은 92%를 달성하였다.

P14 : 철강
Room 3층 로비, 4월 26일

[P14-1]
건설기계 무한궤도 트랙 링크용 고강도 보론강 개발: 남기영[1], 최재영[1], 송병문[2]; [1]*현대제철 연구개발본부.* [2]*현대제철.*
Keywords: Track Link, Boron Steel, Hardness, Friction

트랙 링크는 건설기계의 무한궤도에 사용되는 핵심 부품의 하나로 사용환경의 특성상 높은 강도와 내마모성이 확보되어야 한다. 최근 건설기계의 대형화와 더불어 작업성 및 신뢰성 향상을 위한 요구가 지속되고 있으며, 이에 따라 MTBF(Mean Time between failures, 평균 무고장 시간) 증대, B10 Life 등 내구성 강화를 위한 기술 개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 트랙 링크용 보론강의 강도 및 내마모성 향상을 위해 소입성 강화 원소인 Cr을 활용하였다. Cr 첨가에 따라 동일 열처리 조건에서의 트랙 링크의 표면 및 심부 경도는 기존 보론강 대비 13% 증가하였으며, 고온 템퍼링 조건에서도 기존재 동등 수준의 경도를 보여 열처리 조건 적정화를 통한 트랙 링크의 강도를 증가시킬 수 있었다. 또한, 석출된 고경도 Fe-Cr-C계 M_3C 탄화물로 인해 안정된 내마모성을 확보할 수 있었다.

[P14-2]
UNS S 32750 Super duplex stainless steel UNS S 32750의 물리적 특성과 전기화학적 특성에 미치는 조직의 영향: 신병현[1], 차태민[2], 김도형[1], 박상협[1], 황명원[1], 정원섭[1]; [1]*부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실.* [2]*포항금속소재산업진흥원.*
Keywords: Super Duplex Stainless Steel, Austenite Morphology, Electrochemical properties

Super duplex stainless steel(SDSS)의 조직을 제어하고 물리적 특성과 전기화학적 특성을 분석하기 위해 5 가지 조건으로 열처리를 수행하였다. 열처리는 1100 ºC부터 1300 ºC까지 온도의 범위를 이용하였고 상분율의 제어를 위해 1 단계에서 3 단계로 수행하였다. SDSS의 냉각은 일반적으로 수냉을 사용하지만 조직을 제어하기 위해 냉각 방법은 수냉과 공냉을 이용하였다. SDSS는 오스테나이트와 페라이트의 PRE가 동등할 때, 우수한 내식성을 가지기 때문에 조직이 물성과 내식성에 미치는 영향을 분석하기 위해 오스테나이트와 페라이트의 분율을 5:5로 동등하게 만들고 내식성을 분석하였다. SDSS의 조직에 따른 물리적 특성은 인장 시험으로 강도와 연신율을 측정하였고 전기화학적 특성은 poetniodynamic polarization curve, open circuit potential, 그리고 electrochemical impedance spectroscopy로 분석하였다.

[P14-3]
UNS S 32750 Super duplex stainless steel UNS S 32750의 corrosion behavior에 미치는 fine austenite의 영향: 신병현[1], 차태민[2], 박정현[1], 박상협[1], 황명원[1], 정원섭[1]; [1]*부산대학교공대재료공학부나노전기화학연구실.* [2]*포항금속소재산업진흥원.*
Keywords: Super Duplex Stainless Steel, Fine Austenite, Corrosion behavior, Potentiodynamic polarization curve

Super duplex stainless steel(SDSS)은 austenite의 우수한 내식성과 ferrite의 우수한 물성으로 구성된 dual phase stainless steel이기 때문에 우수한 내식성과 높은 강도를 가졌다. SDSS는 열에 민감한 소재이기 때문에 가공 온도에 따라 두 상의 크기 및 분율이 변화한다. 기존의 문헌은 특정 온도에서 열처리후 상의 분율에 따른 내식성을 분석하였다. J. O. Nillson은 SDSS의 corrosion properties을 분석하였다. C. J. Park은 rare earth metal이 corrosion에 미치는 영향을 분석하였다. H. Tan은 solution annealing으로 corrosion을 분석하였다. 하지만 SDSS에서 austenite 크기 corrosion behavior에 미치는 영향에 대한 연구는 전무하였다. 그래서 본 연구는 열처리로 austenite 크기를 제어하여 corrosion behavior에 미치는 austenite 크기의 영향을 분석하였다. Austenite의 크기를 제어하기 위해 고온에서 오스테나이티의 분율을 감소시키고 조대한 오스테나이트를 형성시켰다. 조대한 오스테나이트 사이에 미세한 오스테나이트를 만들고 그에 따른 부식 거동을 분석하였다. 부식 거동은 Potentiodynamic polarization curve로 분석하였고 공식에 미치는 상대적인 차이를 분석하기 위해 critical pitting temperature를 측정하였다.

[P14-4]
Austenitic Mn-steel의 극저온 인장 및 충격 특성에 미치는 Ni 및 Cu 첨가의 영향: 김보희[1], 이석규[1], 배진호[2], 이성학[1]; [1]*포항공과대학교 신소재공학과.* [2]*포스코 기술연구원.*
Keywords: Mn-Steel, Ni, Cu, Tensile Property, Impact Property

환경규제로 인해 천연 가스에 대한 수요가 증대됨에 따라 북미 Shale 가스 산업이 활성화되고 있으며, 극저온 충격특성이 우수한 배관용 소재에 대한 수요가 증가하고 있다. Austenitic Mn-Steel의 경우 현재 극저온 배관용 소재로 이용되는 STS 304L 보다 저렴한 이점을 가져 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 극저온에서도 높은 충격인성을 확보하기 위한 충분한 SFE와 Austenite Stability를 가지도록 하는 합금원소를 첨가한 합금설계가 이루어지고 있으며 본 연구에서는 Mn-Steel에 Ni 및 Cu를 첨가한 강의 충격특성의 거동을 살펴보았고 또한 강도와 인성이 어떻게 달라지는지 관찰하고자 하였다. Ni과 Cu는 SFE가 TWIP 영역에 포함되도록 하는 범위 내에서 조절하여 소량 첨가하였고, Ni 및 Cu 첨가량의 변화가 Mn-Steel의 극저온 기계적 성질, 충격특성에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

[P14-5]

정전류 가속화 시험법을 통한 부식이 용접부의 기계적 특성에 미치는 영향 평가: 안정훈[1], 고상진[1], 김우철[2], 김정구[1]; *[1]성균관대학교 신소재공학과. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.*

Keywords: Carbon Steel, Welding, Corrosion, Mechanical Property, District Heating System

지역난방은 중앙 열 생산 시설에서 생산된 열을 대단위 지역에 공급하는 난방 시스템이다. 지역난방은 안정성과 편리성 측면에서 우수하며, 개개의 건물이나 가정에 난방 설비 설치가 필요하지 않아 경제적이다. 현재, 여러 재질들 중에서 강도, 유용성, 경제성 측면에서 우수한 탄소강의 사용빈도가 많으며, 장거리 열수송을 위하여 6 또는 12 m 단위의 배관을 연결하기 위하여 용접공정이 필수적으로 적용되고 있다. 하지만, 이러한 용접의 경우 배관 구조물의 취약부로 작용하기 때문에 공정 관리 및 신뢰성 평가 등에 대한 부분이 중요하게 고려되야 한다. 용접으로 인해 용접부(Weld metal)의 미세 구조는 모재부(Base metal)와 달라지게 된다. 이로 인해, 용접부는 모재부와 다른 부식 특성을 갖게 되고 지역난방수 환경에서 서로 다른 부식 거동을 보이거나 부식 정도가 달라진다. 또한, 부식 후에 나타난 용접부의 기계적 특성 변화는 배관의 파손을 일으킬 수 있고 이는 수명 저하의 원인이 된다. 따라서, 부식 후에 변화되는 기계적 특성에 따른 열배관의 내구성 및 안전성에 대한 연구가 필요하다. 부식환경에 노출된 재료의 부식전류밀도와 재료가 부식되는 시간을 곱하여 일정 기간동안 단위 면적에 가해진 총 전하량(Q)을 산출할 수 있다. 정전류 가속화 시험법은 일정 전류 인가하여 해당 기간의 전하량을 시편에 가해 재료의 부식정도를 모사 할 수 있다. 본 연구에서는 전기화학적 방법을 이용하여 난방수 모사환경에서 열배관 용접부의 부식 특성과 부식 후의 인장 시험을 통해서 부식이 용접부의 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

[P14-6]

고 Ni-Cr계 Austenitic Cast Steels의 고온인장 물성에 미치는 Cu 와 V 첨가 영향: 유지성[1], 최원미[1], 손석수[1], 이병주[1], 김기용[2], 오용준[3], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]계양정밀 R&D Center. [3]한밭대학교 신소재공학과.*

Keywords: Turbo-charger housing; High-Ni-containing austenitic cast steel; V or Cu addition; M_7C_3 carbide

최근 고성능 자동차 엔진 개발로 인해 차량의 배기가스 온도는 1050도까지 상승하여 이에 대응 가능한 소재 개발이 필수적이다. 이러한 배경에서 고온용 소재로 개발된 고 Ni-Cr계 오스테나이트강은 최근 차세대 Turbo-charger housing 소재로 제시되어 연구가 진행되고 있다. 고 Ni-Cr계 오스테나이트강은 특히 고가의 Ni을 고 함량 함유하기 때문에 고온안정성이 우수하나, 가격 경쟁력 측면에서 불리하다. 따라서 일부 고가의 Ni을 상대적으로 저가의 Mn으로 대체함과 동시에, 확보한 가격 경쟁력을 바탕으로 Cu 와 V 첨가를 시도하였다. 강도를 주요하게 담당하는 탄화물을 조절하는 것도 중요하지만, 고온 환경에서 오스테나이트 기지 조직을 안정화 시키는 것 역시 중요하기 때문에 기지 강화를 위해 Cu 와 V을 첨가 하였다. 고용강화를 통해 성공적으로 기지경도가 향상되었고 이 때문에 뚜렷한 탄화물 분율 증가 없이 고온 강도가 크게 향상되었다. 또한 이들은 저가의 합금 원소로 가격 경쟁력을 동시에 확보 가능하기 때문에 차세대 Turbo-charger housing 소재로 본 재료가 활용되기를 기대한다.

[P14-7]

Mn-segregation induced deformation behavior with serrated flow in ultra-high-strength austenitic high-Mn steels: 조민철[1], 최진혁[1], 이형수[1], Alireza Zargaran[2], 류주현[3], 손석수[4], 김낙준[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교. [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]POSCO. [4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: High-Mn steel, ultra-high-strength, Mn-segregation, serrated flow

Recently, many researchers have focused on austenitic microstructure to develop advanced strength and ductility combinations. The austenite microstructure has a huge potential for improving mechanical properties with deformation mechanisms such as transformation-induced plasticity (TRIP) and twinning–induced plasticity (TWIP). To utilize the potential of austenite microstructure, it is essential to contain high manganese. However these high manganese steels inevitably generate band-shaped Mn-segregation during solidification and rolling process. In this study, we studied effect of Mn-segregation on deformation behavior including serrated flow with increasing carbon contents. The deformation mechanism changed from TRIP to TWIP with increasing carbon contents. It is unique that the serrated flow only occurs in TRIP steel without showing typical serration of TWIP steel and shows excellent combination of yield strength, tensile strength, elongation (778MPa, 1289MPa, 53.7%). Here, we present deformation behavior varied with band shaped Mn-segregation by quantification of segregation and give a desirable possibility for utilizing inevitably generated Mn-segregation.

[P14-8]

제강 원가 절감을 위한 Tundish Middle Plate 내화물 수명 증대 연구: 엄형식, 유정민; *동국제강㈜.*

Keywords: Tundish, Refractory, Sliding Plate, Clogging, Ca-Si

연속주조공정은 주형에 용강을 연속적으로 주입하고, 주형 내에서 반응고된 주편을 연속적으로 인발하여 블룸(bloom), 빌렛(billet) 등과 같은 다양한 형상의 반제품을 제조하는 공정이다. 턴디쉬 하부에는 용강의 배출 및 그 배출량을 제어하기 위해 상부 노즐과 하부 노즐 사이에 Sliding plate가 설치되어 사용된다. 턴디쉬에 유입된 용강은 각각의 하부에 구비되는 Sliding plate를 이용하여 개방되거나 차단된다. Sliding plate는 사용 횟수의 증가, 조업시간의 증가와 조업 후 산소세척, 강종, Sliding plate 재질 및 형상 등에 따라서 그 수명이 결정되게 된다. 일반적으로 Sliding plate의 사용 중 발생되는 문제점으로는 균열 및 용강에 의한 마모, 산화 및 용강 성분이나 비금속 산화물에 의한 화학적 용손이 발생된다. 균열의 원인은 연주 조업 시작 시 열충격과 카세트 변형, 면압 유지 불량, Sliding plate의 지지방식, 형상 등이 있다. 균열이 발생되면 용강류에 질소나 산소의 유입을 초래하여 용강의 품질을

저하시키기도 하며 사용 중 Sliding plate 내화재의 탈락까지 야기하며 연속주조 조업 시 용강유출의 문제점을 야기 시킬 수 있다. 당사의 경우 일반강 생산 시 Tundish sliding plate 중 MgO middle plate 내화물 내부에 노즐 막힘 현상 발생에 따른 조업 지연 문제 및 Ca-Si 과다 투입에 따른 제강 원가 증가 문제가 발생되고 있으며, Al강 생산 시 MgO Middle plate에 대비 Al_2O_3 Middle Plate 내화물 침식율 증가에 따른 연연주 한계가 발생되고 있다. 또한 Tundish Middle Plate 재질 이원화에 따른 Al 강종 생산 스케줄 유동성 확보 어려움으로 Tundish축로 부하가 증가되고 있다. 이에 따라 Tundish Middle plate 내화물 재질 개선을 통한 원가 절감 및 Tundish 수명을 향상시키고자 한다.

[P14-9]

Billet 연주 Mold내 Splash 발생 메커니즘: 박태은, 김영환, 정훈제, 표영석; *동국제강주식회사 중앙기술연구소.*

Keywords: 연속주조, Billet, Mold tube, Splash, open casting

철근재의 원료로 사용되는 Billet 반제품의 연속 주조 공정 중 초기 응고의 과정인 Tundish에서 Mold로 주입되는 용강의 경우, 원가절감의 목적으로 open casting 조업이 일반적으로 시행되고 있다. 최근 billet 소재의 연속 주조 공정 중 Open casting으로 Mold로 주입되는 용강 탕면에 Splash의 발생으로 인한 Nozzle 막힘으로 불균일 용강 토출이 발생되어 주조 속도 향상이 제한적이며, Splash의 토출구 흡착으로 사고발생이 우려되어 불필요한 Tundish교체 증가와 몰드 상면에 부착되었다가 탈락된 지금의 몰드내 혼입으로 인한 압연시 제품 끊어짐 현상 등의 발생이 문제로 재기되고 있다. 하지만, 몰드내 Splash발생의 경우 명확한 원인이 밝혀지지 않고 있으며, 일본 제강사의 경우 Zn, V등의 용강 성분상의 원인으로 추정되어 Zn성분을 450ppm이하로 생산하는 경험적인 조업관리를 시행 중이다. 따라서 본 연구에서는, 이러한 경험적 성분 관리와 더불어 Mold내 splash의 발생 원인 고찰을 통하여 개선방안을 모색하여, 연주 조업성 개선에 따른 B/O발생 방지에 의한 제강 생산성 향상과 Tundish 및 Nozzle교체 횟수 저감에 따른 공정 부하 감소를 이루고자 하였다. 연주 몰드내 용강 splash 발생 현황 파악을 위해 연주기별 Splash 발생을 비교 하였으며, 용강 성분의 영향을 분석하기 위해 LF-Tundish-Mold 공정간 성분변화를 분석한 결과, Tundish-mold간 용강 재산화 현상 발생이 관찰되었으며, 재산화 발생의 검증을 위해 연주 Splash발생량과 Mould내 용강의 N, O 성분간 상관성 분석을 진행한 결과 Splash발생이 재산화에 비례하여 증가 됨을 확인하였다. 또한, 몰드내 윤활유 수분에 따른 Splash 발생 연관성을 확인하기 위해 측정한 윤활유 수분 측정결과 상관성은 나타나지 않았으며, Tundish 하부 용강 토출구와 몰드내 용강 탕면간의 거리에 따른 물리적 요인에 의한 Splash 거동을 모사하기 위해 실시한 수모델 시험에서 현재 발생중인 Splash는 몰드 외부로 폭발하는 형태로 방출되는 현상임을 볼 때, 물리적 요인에 의한 상관성은 낮은 것으로 확인되었다. 따라서, Splash 발생의 Mold 주입 용강 재산화 방지 기구를 설계 및 제작하여 그 효과를 파악하였으며, Splash 발생이 25~60%저감되는 효과를 관찰할 수 있었다. 또한 재산화 방지 기구의 사용에 따른 소재 내부 품질[편석, Hole, crack발생 감소]이 증가되는 효과가 나타났으며, 이는 산화성 개재물의 감소에 따른 내부 품질 향상으로 판단된다.

[P14-10]

내산화특성이 향산된 엔진피스톤용강 개발: 김동윤[1], 조훈성[2]; *[1]세아베스틸㈜ 기술연구소. [2]전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 엔진피스톤, 고온산화

자동차 부품 중 피스톤 부품은 수많은 엔진 부품 중 엔진의 심장부에 위치하여 고온, 고압의 조건에서 작동하기 때문에 엔진 기술개발과 함께 그 중심에 있어 왔다. 피스톤의 주된 역할은 엔진의 실린더 속을 왕복하여 혼합기의 폭발력을 커넥팅 로드를 거쳐 크랭크 샤프트에 전달시키는 것으로, 실린더내에서 고온 환경에 노출된다. 지금까지는 주로 알루미늄 합금을 주조하여 사용되어 왔으나, 최근 자동차 엔진의 다운 사이징, 연비 강화 등의 이유로 피스톤의 형상을 더욱 작게 하여 피스톤 무게를 줄이는 것이 중요한 사실이다. 그러나 알루미늄 피스톤의 고온에서의 강도 저하, 높은 열팽창으로 인해 한계가 있는 실정으로, 최근 알루미늄 피스톤을 스틸 피스톤으로 변경하는게 전세계 자동차사의 개발 트랜드이다. 그러나 스틸 피스톤의 한가지 단점은 고온의 환경에서 산화가 일어나는 것으로 이로 인해 발생된 크랙은 엔진 피스톤을 파손시킬수 있어, 이에 대한 대응책이 필요하다. 이에 본 연구에서 개발된 엔진 피스톤용강은 기존강에 비해 Si, Cr 성분을 높이고 입계 미세화를 위해 Ti을 첨가하였으며, 기지조직을 마르텐사이트화 시키기 위해 Mo를 첨가하였다. 또한 가공성 향상을 위해 S를 첨가하였다. 이러한 조직적 변화를 통해 개발강은 기존 SCM440 강종 대비 인장강도가 50% 향상되었고, 엔진 작동온도인 500°C에서 SCM440의 산화스케일 발생량인 10 mg인데 비해 산화스케일이 발생하지 않았고, 고출력 자동차의 작동온도인 600°C에서는 SCM440 강종이 59 mg 산화스케일이 발생한데 비해 20 mg이 발생하여 30% 수준의 산화스케일이 발생하였다. 내산화성강이 개발됨으로써, 알루미늄 합금이 가지는 낮은 강도, 높은 열팽창계수의 단점을 극복하고, 높은 온도에서 낮은 산화스케일이 발생함으로서, 고출력 자동차 피스톤을 제작할 수 있는 강을 개발하였다.

[P14-11]

STK 400 tube의 마찰접합특성 평가: 김경우, 김영규, 송국현; *조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과.*

Keywords: Friction welding, STK 400, electron back-scattering diffraction(EBSD), microstructure, mechanical properties

이 연구는 STK 400 tube에 대하여 마찰접합 적용가능성을 평가하고, 접합부에서 나타나는 미세조직과 기계적 특성의 전개양상을 평가하기 위하여 수행되었다. 실험을 위하여, 소재는 직경이 서로 다른 STK 400 tube(A1 : 60.5 × 56.1 × 70 mm^3, A2: 60.5 × 53.9 × 170 mm^3)가 채택되었고, 마찰압력과 회전속도를 고정한 채, 업셋시간(3-7 s)을 달리하여 마찰접합을 수행하였다. 이후 마찰접합부의 결정립계특성분포(grain boundary characteristic distribution, GBCD)를 분석하기 위하여, 전자후방산란회절(electron backscattering diffraction, EBSD)법을 도입하였고, 입열량의 변화에 따른 결정립 크기, 형상, 상분포 등을 구체적으로 평가하였다. 기계적 특성 평가의 경우, 비커스경도시험을 도입하였고, 이 또한 입열량 변화에 따른 접합부의 경도분포 양상을 평가하였다. 실험결

과, STK400 tube에 대한 마찰접합은 외관상 결함 없이 건전하게 수행되었고, 접합부의 결정립크기가 업셋시간의 증가에 의해 점차 조대화 되는 것으로 확인되었다. 또한 모든 조건에서 고경각입계의 분포가 전체 결정립계의 87 %이상을 차지 함으로써, 접합과정 중 동적재결정이 건전하게 일어났음을 확인하였다. 이러한 결정립 미세화는 접합부의 기계적 특성 향상에 직접적인 영향을 주어, 접합부의 경도값을 모재대비 30 % 이상 증가시켰다. 따라서 STK 400 tube에 대해 미세조직 발달에 기초하여 기계적 특성이 우수한 접합부를 확보하기 위해서는, 고상접합 프로세스인 마찰접합의 적용이 적합하다고 판단된다.

[P14-12]

배관 부식 simulator를 이용한 내해수성 강재의 해수배관 적용성 평가: 박종원[1], 이종구[2]; [1]*포항산업과학연구원.* [2]*포스코.*

Keywords: 내해수강, 해수배관, 부식 simualtor, 알루미늄 도금, 내구 수명

저합금계 탄소강인 내해수성 강재는 일반 탄소강에 비해 해수 환경에서의 부식 속도를 저감 시킬 수 있는 특성으로 최근 해상 강구조물을 중심으로 적용성을 확대하고 있는 강재이다. 이러한 해수 환경에서의 내식성 향상 특성을 기반으로 해수 배관으로의 적용 시 기존 탄소 배관을 대체 할 경우 내구 수명 향상 및 경제성이 높아 화력발전소 및 상선용 해수 배관으로 널리 사용되어 질 것으로 기대된다. 이를 검증하기 위해 400A 구경 배관을 제작하고 소재 및 코팅재와의 비교 검증을 해수 배관 부식 simulator를 제작하여 실증 평가를 진행하였다. 그 결과 직관부에서는 일반 탄소강 대비 약 40%, 곡간부에서는 80%의 부식 속도를 절감할 수 있는 것으로 평가되었으며, 배관 내부 코팅재로 알루미늄 도금을 적용 시 내구 수명 40~50년을 확보할 수 있을 것으로 예측되었다. 내해수강 및 알루미늄 도금의 조합은 기존 해수배관재로 적용 시 시공성, 내구 연한 및 경제성의 밸런스가 가장 우수할 것으로 기대된다.

[P14-13]

Effect of Na_2O and K_2O on the viscosity, structure and crystallization of continuous casting mold fluxes: 서민석, 김기현, 김기범, 손일; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: mold flux, alkali oxide, viscosity, crystallization

This study investigated the effect of alkali oxides on the viscosity, structure and crystallization behavior of continuous casting calcium-silicate-based flux systems. The CaO/SiO_2 mass ratio was fixed at 0.8, and a flux containing 10 mass pct. of CaF_2 and 20 mass pct. of alkali oxide was used. Alkali oxides of Na_2O and K_2O were compared in this work. In particular, the effect of the Na_2O and K_2O proportions, when the flux simultaneously contains both Na_2O and K_2O . As K_2O increases and Na_2O decreases, the viscosity increases and the break temperature increases and correlated to the structure using Raman spectroscopy. The crystallization behavior, liquidus temperature, and crystallization temperature were measured using the DSC (differential scanning calorimetry) and CLSM (confocal laser scanning microscopy). The crystallinity (the degree of crystallization) was measured using XRD (x-ray diffraction) analysis of specimens cooled at a constant rate. It was found that the crystallinity decreases with increasing K_2O and decreasing Na_2O.

[P14-14]

Fe-Si-C합금의 저온템퍼링 거동에 영향을 미치는 Si 첨가의 영향: 유정선, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: low temperature tempering, carbide precipitation, Johnson-Mehl-Avrami-kolmogorov (JMAK) model, alloying effects

이차경화형 마르텐사이트 합금의 저온 템퍼링시 석출하는 천이탄화물 및 시멘타이트는 상대적으로 고온에서 석출하여 이차경화 현상을 유발하는 합금탄화물의 핵생성 및 성장에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화 공정 및 방전 플라즈마 소결(SPS)법을 활용하여 4종류 합금(Fe-0.2Si-C, Fe-1Si-C, Fe-1.5Si-C, Fe-2Si-C)을 제조하였으며, 관련 합금에 대한 SEM 및 TEM 미세구조 분석과 함께 Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) kinetic model을 활용한 열분석을 통해 기지 내 고용되어 저온 탄화물(epsilon, eta, cementite)의 형성에 상당한 영향을 미칠 수 있는 Si 첨가 효과에 대해 고찰하였다.

[P14-15]

10Cr-1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직에 미치는 예비 열처리의 영향: 전성호[1], 홍순익[2], 노상훈[1], 장진성[1], 김태규[1]; [1]*한국원자력연구원.* [2]*충남대학교.*

Keywords: Oxide Dispersion Strengthened Steel, Heat Treatment, Microstructure, Mechanical Alloying

차세대 원자력시스템은 기존의 상용 경수로에 비해 더 높은 온도 및 중성자 조사 조건 하에서 운전하게 되므로 노심 부품 소재로서 우수한 고온 강도 및 조사저항성이 요구된다. 페라이트/마르텐사이트계 산화물분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS) 강은 고온에서 열적 안정성이 우수한 Y_2O_3 산화물을 균일하게 분산시킴으로써, 우수한 고온 기계적 특성을 확보한다. 일반적으로 ODS 강은 기계적합금화(Mechanical Alloying, MA) 공정을 통하여 제조하는데, 일부 불균일한 미세조직이 형성되어 기계적 특성이 저하되는 단점이 있다. 본 연구에서는 ODS 강의 MA 공정과 열간등압성형(Hot Isostatic Press, HIP) 공정 사이에 예비 열처리를 거침으로써 미세조직의 균일성을 향상시키고자 하였다. 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 및 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)을 이용하여 미세조직과 석출물을 관찰하였고, 비커스 경도기로 경도를 측정하였다. 예비 열처리를 통하여 시편의 미세조직과 석출물 크기 분포가 더 균일해졌고, 경도 수치의 최소·최대 편차가 감소하였음을 확인할 수 있었다. 이는 예비 열처리를 통해 MA 공정에서 발생한 기지 내 높은 전위밀도를 감소시킴으로써 산화물 입자 생성에 소요되는 원자의 확산이 더 고르게 일어나고 재결정 및 결정립 성장이 더 균일하게 진행되었기 때문으로 판단된다. 이 결과는 ODS 신합금 제조 공정을 확립하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[P14-16]

건축구조용 내화 H형강의 고온 기계적 물성 및 가속크리프 특성 평가: 최동준[1], 김동익[2], 심재혁[2], 한흥남[1], 이영수[2]; *[1]서울대학교. [2]한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: Fire resistant steel, Transient state tensile test, Yield strength ratio

최근 국내외적으로 지진, 폭설, 화재 등의 자연적, 인위적 재난이 빈번하게 일어나고 있어 이를 대비한 건축 구조물의 안전성 확보가 우선적으로 요구되고 있다. 본 연구에서는 내화 및 내진특성을 동시에 만족하도록 합금설계 된 건축구조용 H형강의 상온 및 고온에서의 기계적 특성을 평가 및 분석하였다. 내화 특성을 평가하는 일반적인 지표로는 600도 고온항복강도, 항복강도비(상온 항복강도 대비 600도 고온 항복강도) 등이 사용되어 왔다. 본 연구에서는 추가로 구조물의 화재 시 거동을 보다 현실적으로 모사하기 위해 일정 하중조건에서 승온 시 변형율을 측정하는 transient state tensile test를 수행하였다. 그리고 그 결과를 앞의 항온실험에서 구한 항복강도와 연관 지어 상관 관계를 이해하고자 하였다. 이를 바탕으로 600도에서 재료의 고온 항복강도와 하중이 주어졌을 때 일정 속도로 승온 시 온도 및 시간에 따른 변형율을 예측하는 모델을 개발하였다.

[P14-17]

Tempering 조건에 따른 마르텐사이트계 초고강도강의 부식 및 수소확산 거동 분석: 박진성, 김성진; *순천대학교신소재공학과.*

Keywords: Ultra high strength steel, carbide, tempering, corrosion, hydrogen embrittlement

최근 자동차용 강판의 개발에 있어 탑승자의 안전을 보장하면서 자동차의 무게를 감소시켜 연비를 증가시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초고강도 강재의 개발은 자동차용 강판의 두께 및 무게 감소로 연비 효율의 증가를 가져오며 안정성을 확보 할 수 있다. 이에 학계 및 산업계에서는 1 GPa 이상의 인장강도를 갖는 철강소재 개발을 위해 합금설계 및 열처리의 최적화가 진행되고 있다. 하지만 강도확보에 필수적인 Carbon의 첨가는 필연적으로 Carbide의 석출을 수반하고, 이에 따라 내식성 및 수소취화 저항성이 크게 저하되는 문제점이 지적되고 있다. 본 연구에서는 Tempering 조건을 달리하여, 강재 내 형성되는 Carbide의 형태 및 크기를 제어한 후 내식성 및 수소확산거동을 분석하고자 하였다. 주사전자현미경 (SEM)과 투과전자현미경 (TEM)을 사용하여 Carbide의 Morphology를 관찰하였고, 동전위 분극 및 선형분극실험을 실시하여 부식저항성을 측정하였다. 아울러, 전기화학적 수소투과실험을 통해 Carbide가 수소확산거동에 미치는 영향을 명확히 분석하고자 하였다.

[P14-18]

C 함량에 따른 자동차용 초고강도강의 부식 및 수소 취화 특성 평가: 황은혜[1], 성환구[2], 김성진[1]; *[1]순천대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.*

Keywords: ultra-advanced high strength steel, C(carbon), corrosion, hydrogen embrittlement

최근 자동차 시장에서는 연료 가격 상승 및 CO_2 배출로 인한 환경문제의 해결을 위해 차체 경량화 정책을 추진하고 있다. 뿐만 아니라 탑승객과 보행자의 안정성 확보의 필요성이 제기되면서, 차체의 경량화 및 강도, 인성, 내식성 등의 특성을 보증하고자 자동차용 고강도 강재의 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 인장강도가 1GPa 이상인 초고강도를 갖는 강재일수록 C와 같이 경화능을 높이는 원소의 첨가량이 증가하기 때문에, 미세조직 내 저온변태조직 및 내부 결함 site가 증가하게 되는데, 강재 표면의 전기화학적 부식반응에 의해 발생되는 다량의 수소원자가 결함 site에 trap되면서 수소 취성 파괴에 대한 민감도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 C 함량 변화에 따른 초고강도 강재의 부식 특성 및 수소 확산 거동을 분석하여 수소 취화 민감도를 예측해보고자 한다. Quenching 및 tempering 처리한 각 시편의 미세조직과 석출물을 관찰하기 위해 주사전자현미경 (SEM), 후방산란전자회절 (EBSD) 및 투과전자현미경 (TEM)을 사용하였다. 강재 표면에서의 전기화학적 부식 거동을 비교하기 위해 산성 용액 내에서 동전위 분극 실험을 실시하였고, 강재 내 수소 확산 거동을 분석하기 위해 수소 투과 실험을 실시한 뒤, 실험 데이터를 finite difference method (FDM)로 curve fitting하여 수소 확산 계수를 계산하였다. 또한 C 함량에 따른 시편 별 SCC 민감도를 비교하기 위해 두 가지 환경 중에서 저변형률 인장실험 (SSRT)을 실시하여 각 환경에서의 인장강도 변화를 관찰하고, SCC 민감도 지수를 도출하였다.

[P14-19]

Coupled Reaction 모델을 활용한 2차 정련에서의 개재물 조성 및 생성양의 속도론적 해석: 김정인[1], 김규완[2], 김선중[2]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Coupled reaction, Ladle refining process, inclusion

2차 정련은 고품질의 철강을 생산하기 위한 필수 공정이며, 고급강을 생산하기 위해서는 2차 정련간 용강, 슬래그, 비금속 개재물의 조성 변화를 예측할 필요가 있다. 하지만 내화물, 용강, 슬래그, 비금속 개재물, 탈산제 및 합금원소 등의 여러 반응이 동시에 진행되므로 비금속 개재물의 거동에 대한 예측은 어렵다. 본 연구에서는 Coupled Reaction 모델을 활용하여 2차 정련간 용강, 슬래그, 비금속 개재물의 조성과 양을 예측하였다. 본 모델의 정확성을 검토하기 위해 210t의 공정에서 Scheller 등이 이전에 보고한 ICS 모델의 계산 값과 조업 데이터를 활용하여 용강, 슬래그의 조성, 개재물의 조성과 양의 시간적 변화를 비교하였다.

[P14-20]

경량고강도 FeMnAlC 합금 주조재의 시효 열처리시 Si 첨가에 따른 κ-carbide 석출거동 및 전위거동에 대한 원자단위적 해석: 김치원[1], 박성주[1], Mathieu Terner[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], *홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.*

Keywords: Lightweight steel, κ-carbide, 3D atom probe tomography, Dislocation, shearing

최근 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화로부터 기동력 개선을 위한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 기동성 개선에 따라 작전 수행능력이 향상되고, 유지비용이 절감되며 수송이 원활해진다. 따라서 이에 적합한 소재로, 경량 고강도강으로 알려진 FeMnAlC 합금계에 대한 연구가 진행 중이다. 대부분의 연구가 단조 처리된 합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 충분치 못하므로 보다 다양한 분야에 대한 적용을 위한 주조합금에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구는 고강도를 확보하기 위해 무게분율 30% Mn 과 1% C로 상온에서 완전한 austenite기지를 유지시키고, 경량원소 Al 9%를 첨가하여 기존 철강 대비 약 15% 경량화 하는 것이 핵심이다. 또한 주조 시 용탕의 유동성을 개선하고 재료의 융점을 감소하는 효과가 있다고 알려진 Si을 1% 첨가하여 주조성을 개선하고자 하였다. FeMnAlC 강은 석출경화형으로, Si 이 첨가됨에 따라 시효열처리 시 κ-carbide 의 석출 거동이 초기단계에서 가속화 되어 기계적 특성에 영향을 주는 것으로 나타나므로, 본 연구에서는 Si 첨가에 따른 석출거동의 차이 및 기계적 특성 변화, 이로부터 기인되는 변형거동에 대해 고찰하였다. 용체화 열처리 시 Si첨가와 무관하게 기계적 특성 및 가공경화 거동이 유사하며, 인장 변형 시 전위들의 비교적 제한된 planar 활주에 의한 전위 밀도 증가에 의해 microband가 형성되며, 이는 소성변형에 대한 주요 변형기구라고 판단된다. 한편 시효 열처리한 경우 인장 변형 시 기지 내에 석출된 κ-carbide에 의해 austenite 전위의 움직임이 제한되며, 이는 shearing 변형기구에 기인하는 것으로 판단된다. 특히, Si이 첨가될 경우 시효열처리에 따라서 shearing은 보다 제한된 방향성을 가지는 것으로 나타난다. 이는 Si 원자들이 오스테나이트 기지와 κ-carbide 사이에 밀집되어 C 원자를 κ-carbide 내부로 집중시키므로 인해 나타나는 κ-carbide 의 크기증가 효과와 관련이 있는 것으로 판단된다. 반면, 소성변형 초기에 전위의 shearing이 아닌 Orowan bypassing 변형기구가 먼저 발생된 후 shearing 변형기구의 활성화가 나타난다고 보고된 바 있다. 따라서 Si 첨가 유무에 따른 κ-carbide의 석출 거동과 C의 partitioning 계수를 고려한 단위구조를 비교하고, 전위 shearing activity를 계산하여 원자단위적으로 해석하고자 하였다.

[P14-21]

실리콘 웨이퍼 절삭 슬러지를 페로크롬 합금철 제조기술 개발: 김종호, 정은진, 이고기; *포항산업과학연구원.*

Keywords: 페로크롬, 실리콘슬러지, 아크로, 합금철

페로크롬은 스테인레스 철강의 주요 합금 원소로 주로 탄소환원법에 의해서 제조된다. 탄소 환원법에 사용되는 주요 환원제는 석탄 또는 코크스가 주로 사용되며 아크 전기로를 이용하여 제조하는 것이 일반적이다. 최근 태양광 산업의 급격한 발전에 따라 실리콘 웨이퍼 생산량이 증가하고 있으며 웨이퍼 가공에서 발생하는 슬러지 또한 급격하게 증가하고 있다. 세계적으로 실리콘 웨이퍼 가공 슬러지의 양은 10만톤 수준이며 국내에서도 연간 1만톤 정도가 발생하고 있다. 본 연구에서는 실리콘 웨이퍼 가공 슬러지를 이용하여 석탄이나 크코스 환원제를 대체하여 페로크롬 제조하고자 하였다. 실리콘 웨이퍼 가공 슬러지는 수분, 유분, 실리콘, 실리콘 카바이드로 구성되어 있으며 환원제로 사용하기 위해 수분 및 유분을 제거한 분말을 사용하였다. 관상로 실험을 통해 슬러지를 이용한 페로크롬 제조 가능성을 확인하였다. 석탄 및 코크스를 실리콘 웨이퍼 슬러지로 전량 대체하는 경우 플럭스 투입없이 저융점의 슬래그 생성이 가능하고 이산화탄소 저감이 가능함을 확인하였다. 또한 파일럿 규모의 아크로 실험을 통해 페로크롬이 조업이 가능함을 확인할 수 있었다. 금속과 슬래그 층이 분리가 명확하게 발생하고 있어 기존 탄소 환원법 대비 조업성이 향상되며 에너지 저감이 가능함을 확인하였다. 본 연구에서는 기존 폐기물 실리콘 웨이퍼 슬러지를 활용한 에너지 저감 저원가 페로크롬 제조 가능성을 확인하였다.

[P14-22]

슬래그 연화 용융 거동에 미치는 첨가제 미세구조의 영향: 곽수근, 이준호; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: In-situ observation, ironmaking process, melting, oxides, softening

제선 공정에서 사용되는 철광석은 SiO2, Al2O3 등 맥석 성분을 포함하는데, 맥석 성분을 용융시켜환원된 용선과 분리하기 위해 염기성 산화물 CaO나 MgO를 석회석이나 돌로마이트 형태로 첨가한다. 그러나 슬래그 중 CaO 또는 MgO가 용융되지 않는 입자로 존재하면 슬래그의 점성을 높여 유동성을 떨어뜨리고 슬래그 홀드업을 증대시켜, 반응로 내부의 가스 흐름을 원활하지 못하게 하고, 열전달 효율을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 슬래그에 첨가된 염기성 산화물의 연화 및 용융 거동에 따른 이해와 가속화 방안이 요구된다. 본 연구에서는 슬래그 중 DIN 51730에 따른 연화 용융 온도 측정을 통해 CaO-SiO2-Al2O3-MgO 슬래그의 용융 거동을 확인하고자 하였고, 특히 CaOH2로부터 만든 CaO와 CaCO3로부터 만들어진 CaO를 첨가했을 때, 슬래그의 용융 거동에 미치는 영향을 조사했다.

[P14-23]

Final thickness reduction, bulk contents of sulfur and aluminum, development of cube + Goss texture and magnetic properties in Fe-3.1wt.%Si-0.1wt.%Mn steels: 나정균; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Non-oriented, electrical steel, silicon steel, low carbon steel, cube texture

Non-oriented (NO) electrical steel is core material for rotating machines. With growth of industries related to rotating machines such as electrical car, more efficient non-oriented electrical steel is needed. Therefore, to increase efficiency of electrical steel, silicon steel with manganese is treated with two-stage cold rolling and final annealing condition and this result in cube + Goss texture after final annealing. The cube component in the cube + Goss texture continues to become strong with increasing final annealing time, while the Goss component becomes gradually weak. Such a behavior may be understood as the selective growth of the (0 0 1) grains under a specific segregation condition of sulfur. The overall core intensity of the cube + Goss texture decreases in the order of the 6 ppm S-, 20 ppm S- and 6 ppm S and 8wt.%Al-contained steels. This arises from the strong grain boundary pinning effect of the sulfur segregated at

grain boundaries and the Al2O3 layer formed on the strip surface. The irregular change in magnetic induction with final annealing time and the gradual decrease in core loss can be understood on the basis of the development of the cube + Goss texture.

[P14-24]

The influences of interstitial and extrusion temperature on the grain boundary segregation, Y−Ti−O nanofeatures, and mechanical properties of ferritic ODS steels: 설재복[1], 김정한[2]; *[1]포항공대 나노융합기술원. [2]한밭국립대학교.*

Keywords: ODS ferritic steel; grain-boundary segregation; Y-Ti-O nanoparticles

Here, we studied the impacts of interstitial concentration and extrusion temperatures on the grain boundary (GB) structure-dependent solute segregation, Y−Ti−O rich nanoparticles, and mechanical properties of ferritic Fe–14Cr (wt%) ODS steels fabricated by ball milling. We found that doping with high content of carbon and oxygen causes GB decoration of the interstitials and promotes formation of nanoparticles along the GBs, thereby retarding capillary-driven grain coarsening. This effect acts twofold, through grain size refinement and particle hardening. For the samples with low interstitials, altering the temperatures leads to no significant changes in the material's mechanical properties and microstructure or even nonstoichiometric chemistry of nanoparticles that are substantially stable at high temperatures. Another importance of this study includes that Y–Al oxides at incipient precipitation stages can rapidly become coarsened at high temperatures, where Al weakens the thermal stability of nanoparticles, thereby making them core-shell structure with a Y−Al rich core and a Ti−O rich shell at later precipitation stages.

[P14-25]

통전 성형시 내부조직 변화 관찰을 위한 실시간 관찰용 투과전자현미경 홀더의 설계와 적용: 이명철, 홍석용, 김진욱, 웨이첸, 김영운 ; *서울대학교 공대 재료공학부.*

Keywords: EAF, In-situ TEM, straining, electrical pulse, microstructure

생산현장에서 많이 쓰이는 열간성형(hot-forming)은 성형 후 국부적인 온도편차로 인한 잔류응력발생 및 불균일한 미세조직 등의 문제를 안고 있다. 이 문제들을 극복하기 위하여 전기를 통하면서 변형을 시키는 새로운 가공방식인 통전 가공 (Electrically Assisted Forming, EAF)이 제안되었다. 하지만 통전 가공에서 얻어지는 잔류 응력의 완화, 성형성 증대와 같은 현상에 대해서는 아직도 그 원인이 명확히 규명되어 있지 않다. 본 연구에서는 통전 가공시에 일어나는 내부 구조의 변화를 관찰하기 위하여 투과전자현미경에서 활용할 수 있는 통전-가공이 가능한 실시간 관찰 홀더를 개발하고 이를 실제 변화 관찰에 응용해 보고자 한다. 통전에 필요한 전기적 신호는 시편 위치에 저항이 최대로 되도록 전선의 굵기와 저항을 고려하여전기 저항이 제일 작은 은(Ag)으로 통전선을 완성하였으며 최대 350 A/mm^2 의 펄스형 전류를 부가할 수 있고 성형은 인장으로 200% 까지 스트레인이 가해질 수 있도록 디자인 되었다. 디자인된 홀더의 실제 작동은 알루미늄 시편에서 95 - 350A/mm^2 의 펄스전류를 0.5초 동안 부가하고 15초를 쉬는 펄스전류반복 부가하면서 내부조직의 변화를 관찰하였다. 시편의 잔류 온도는 초기 펄스 이후에 빠르게 증가하여 13회 pulse를 부가한 후에는 섭씨 130도에서 유지 되었다. 최대 펄스전류인 350A/mm^{2}와 시편 온도가 섭씨 130도까지 상승한 조건에서도 전위의 이동이나 내부 구조의 변화는 관찰되지 않았다.

[P14-26]

Kinetic analysis of reoxidation behavior for Al-killed steel by slag containing Fe_tO: Yong-Min Cho[1], Joo-Hyeok Lee[1], Woo-Yeol Cha[2], Youn-Bae Kang[1]; *[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH. [2]Technical Research Laboratories. POSCO.*

Keywords: reoxidation by slag, Fe_tO, alumina inclusion, Al-killed steel

In the secondary refining to manufacture Ultra Low Carbon Aluminum Killed (ULCAK) steel, refining slag usually contains Fe_tO. It is well known that reoxidation behavior of steel at low aluminum content range ($_tO$ is not known clearly. In present study, effect of slag composition on reoxidation behavior was investigated. Slag which has various C/A and content of Fe_tO was reacted with molten steel at 1823K in induction furnace. The molten steel was periodically sampled by quartz tube and was analyzed by ICP-AES and LECO. Reoxidation rate on low composition range of Fe_tO ($_tO$, the reoxidation rate of steel increased dramatically (>10%). It was found that rate controlling step changed at certain slag composition. At low Fe_tO composition range, the reoxidation reaction controlling step might be considered mass transfer of Al in molten steel phase. On the other hands, at high Fe_tO composition range, it was considered that reaction mechanism is changed molten steel side to slag side.

[P14-27]

T91/T92 seamless **튜브재의 크리프 미세조직 변화**: 김한열[1], 허주열[1], 정우상[2]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Heat resistance steel, T91, T92, creep, High Cr steel

9~12%Cr 마르텐사이트 내열강은 크리프 강도가 우수하여 내열재료로 사용되고 있다. 하지만 사용 온도가 600°C 이상 온도에서 장시간 노출 될 경우 마르텐사이트가 불안정해지고 금속간 화합물인 Laves phase가 생성된다. 또한 입계에 존재하는 $M_{23}C6$ 나 입내에 존재하는 MX 석출물이 조대화되어 크리프 강도가 감소하게 된다. 따라서 크리프 강도를 향상시키기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 이 중 대표적인 소재가 T91/T92이다. 이 소재들을 내열재료로 사용하기 위해서는 사용온도에서 10만시간 기준 100 MPa 이상의 크리프 강도가 요구된다. 본 연구에서는 T91/T92 seamless 튜브재의 크리프 특성 평가 및 미세조직 변화에 대한

Poster Session II

연구를 수행하였다. 550~650 °C의 온도와 80~260 MPa 응력 조건에서 크리프 시험을 수행하였다. 또한, 크리프 진행 시간에 따른 조직 변화를 보기 위해 SEM, XRD, TEM을 이용하여 크리프 파단재의 미세조직을 분석하였다. 또한, 응력이 조직에 미치는 영향을 파악하기 위하여 게이지부와 그립부의 미세조직을 비교 분석하였다. LMP (Larson-miller parameter) 법을 이용하여 크리프 수명을 예측하였으며, 그 결과 T91, T92의 600°C에서의 10만 시간 환산 크리프 강도는 각각 79.0, 117.2 MPa로 T92가 T91에 비하여 67% 높은 크리프 강도를 나타냈다.

[P14-28]

SiO_2-CaO-CaF_2계 몰드플럭스의 등온 결정화 속도: 허지원[1], 이재호[2], 조중욱[2]; [1]부산대학교. [2]포항공과대학교 철강대학원

Keywords: Mold flux, Crystallization, Activation energy, Anti- Arrhenius, JMAK equation

연속 주조 공정에서 좋은 품질의 강을 얻기 위해서는 응고 초기 단계에서 균일하고 안정한 응고 속도가 필요하다. 응고 속도 제어를 위해서 사용되는 방법 중 하나는 몰드플럭스의 결정화를 통한 열전달 제어이다. 따라서 몰드플럭스 결정화의 속도론 적인 특성을 파악하는 것은 응고 초기 단계의 품질을 유지하는 데 중요하다. 본 연구에서는 DSC(시차주사열량계)를 사용하여 SiO_2-CaO-CaF_2계 몰드플럭스의 등온 결정화 특성을 JMAK equation으로 파악하였다. 유사한 염기도와 점성을 가지고 있지만 한 샘플은 0.8wt%의 Li_2O를 더 포함하고 있는 두 샘플(A, B)을 사용하였다. 비등온 실험을 하였을 때 A가 약 240 °C 가량 낮은 결정화 온도를 나타내었는데, 이는 Li_2O와 SiO_2의 친화도에 따른 영향으로 보인다. 등온 실험은 결정화 온도에서 5°C씩 올려가면서 1시간 유지하여 결정화 거동을 파악하였다. A 샘플의 아브라미 상수는 평균 1.5이었으며, 이는 결정이 확산에 의해 3차원으로 성장하며 폭발적으로 핵이 생성되는 것을 의미한다. 반면에, B 샘플의 아브라미 상수는 평균 3.6이었으며, 이는 결정이 계면 반응에 의해 3차원으로 성장하며 연속적으로 핵이 생성되는 것을 의미한다. 결정 형성에 대한 A와 B의 Activation energy는 각각 403.18, -205.64 KJ/mol이었다. 양의 Activation energy를 가지는 A는 결정화 거동이 결정 성장의 Kinetic term에 의해 지배를 받는 것을 의미한다. 그리고 음의 Activation energy를 가지는 B는 Anti- Arrhenius 거동을 보이며, 이는 결정화 거동이 핵생성의 Thermodynamic term에 의해 지배를 받는다는 것을 의미한다. 위의 실험 결과를 바탕으로 SiO_2-CaO-CaF_2 계 몰드플럭스에 대한 Li_2O의 영향과 등온상태의 핵생성 및 성장 모드를 제시하였다.

[P14-29]

Electrowinning of Iron with Oxygen Evolution from the Oxide Melt: 최호길, Kyung-Woo Yi; *Seoul National University.*

Keywords: molten oxide electrolysis, iron electrowinning, carbon-free process

As increasing demand for reduction of greenhouse gas emission in the steel industry, electrolysis is being investigated as a carbon-free process. In this study, the process was developed to reduce CO2 that electricity was applied to the molten oxide electrolyte incorporating the iron oxide to obtain iron at the cathode and oxygen at the anode without consuming carbon. Chloride electrolyte, which are often used for the electroreduction of metals, is difficult to maintain in the electrolytic furnace atmosphere and is likely to produce chlorine gas at the anode and ore needs to be converted to chloride form. On the other hand, the use of oxide electrolytes which have solubility to ore is free from these difficulites. Taking these advantages of oxide electrolytes, overseas research team has developed a process using SiO2-based molten oxide electrolytes. Since this process proceeds at a high temperature of 1575 degrees or more, it has difficulites of energy loss and selecting refractory material and electrode material.In this study, it is aimed to develop a process which can attain an industrially usable current density and conduct electrowining at a lower temperature than the existing studies. Using the thermodynamic database software, Factsage, oxides and their compositions that can exist in a molten state at low temperature and have solubility to iron oxide were selected. Cyclic voltammetry was conducted using the selected mixed oxide as a supporting electrolyte. From the results, the oxidation potential of the anode and the reduction potential of the cathode required for the reduction of iron were confirmed. The constant potential electrolysis was conducted based on the potential confirmed by cyclic voltammetry for the reaction. The current density and the current efficiency at each condition were calculated by repeating the constant potential electrolysis experiment while varying the voltage applied to both electrodes. On the other hand, to confirm the electrochemical reaction products, electrodepositions on the cathode were analyzed by using XRD, EDS and XRF. As a result, it was confirmed that Fe was electrochemically reduced at the electrode. The analysis of gas components by gas analyzer showed that oxygen was generated during electrolysis.

[P14-30]

용융 주철 내 질소의 열역학적 거동: 손해솔[1], 장정목[1], 백민규[2], 박종진[1]; *[1]한양대학교 [2]서울대학교.*

Keywords: Cast iron, Nitrogen solubility, Sampling method, Interaction parameter

주철의 응고 시 내부 핀홀 및 기공과 같은 결함이 발생될 수 있고 이는 양질의 주철 부품을 생산함에 있어서 어려움을 야기시킨다. 이러한 결함의 주된 요인은 응고 시 질소가스의 과포화에 의해 발생한 기포 때문이라고 알려져 있다. 따라서 주철의 생산 공정 중 질소 기포의 생성을 예측하고 제어하기 위해서는 주철의 융점 근처 온도에서 질소의 용해반응에 관한 정확한 열역학적 이해가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 탄소 포화 용선 내 질소용해도를 1 atm 질소분위기 하의 1573~1873 K 온도범위에서 샘플링 기법을 통해 측정하였다. 질소용해도는 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 이는 온도에 따른 용선 내 탄소 포화 용해도 증가 및 탄소와 질소간의 상호작용의 영향으로 사료된다. 본 실험결과의 열역학적 해석을 위해 Wagner's formalism을 사용하였고, 일반적인 용강온도에 비해 300도 이상 낮은 주철 생산 온도구간에서의 질소용해반응 및 C-N간 상호작용계수의 적용가능성을 확인하였다. 또한 동일한 온도 범위에서 Mn과 Si의 농도에 따른 용선 내 질소용해도를 측정하여, 그 결과로부터 Mn과 Si이 각각 질소에

미치는 영향 및 Mn, Si, C 중 두 합금원소가 동시에 질소에 미치는 영향인 1, 2차 상호작용계수를 각각 도출하였다. 이를 이용하여 Mn과 Si 함유 주철의 냉각 및 응고 시 질소기포 발생을 위한 임계 질소 농도를 평가하였다.

[P14-31]

금속연료 연료봉의 용접 열영향부에 미치는 레이저 용접조건에 대한 미세조직학적 고찰: 박상규, 김기호, 박정용; *한국원자력연구원.*

Keywords: 레이저 용접, 연료봉 용접, 용접 열영향부, EBSD

현재 원자력발전은 안전성과 함께 가동 후 발생하는 폐기물의 문제가 원자력에너지의 확대를 제한하는 원인이 되고 있다. 따라서 기존 경수로보다 경제성과 안전성이 향상된 제 4세대 원자로 개발을 위한 국제 국제적인 연구가 추진되고 있다. 현재 원자력연구원에서는 제 4세대 원자로에 적용 가능한 금속연료에 대한 연구가 진행되고 있다. 금속연료의 경우 사람의 접근이 어려운 핫셀 환경에서 제작이 진행되기 때문에, 핫셀 바깥에서 원격으로 연료봉 제작이 진행되어야 한다. 이러한 연료봉 제작 공정 중 원격용접의 경우 연료심이 장전된 핵연료피복관의 끝단을 봉단 마개로 조립한 뒤 용접하는 공정으로, 기존의 연료봉 용접 방식인 GTAW 용접방식을 사용할 경우 잦은 부품교체로 인한 원격성이 떨어지는 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 GTAW공정을 대체할 연료봉 원격용접 기술의 후보군을 조사하고, 최종 기술에 대한 원격성 검토 및 용접조건에 대한 평가를 수행하였다. 원격용접 기술 후보군으로는 저항용접, 마찰용접, 파이버 레이저 용접, 디스크 레이저 용접등이 검토되었으며, 각각의 용접 기술을 비교한 결과 파이버 레이저 용접이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 이러한 파이버 레이저 용접기술에 대한 조건을 확보하기 위해, 연료봉 후보 소재인 HT9에 대하여 용접 속도 및 출력을 변화시켜 용접을 수행하고 각각에 대한 용접부 및 용접열영향부의 미세조직 을 EBSD로 평가하여 적합한 용접조건을 도출하였다.

[P14-32]

철의 고온산화 온도에 따른 파장별 광 반사율 특성 연구: 박태준[1], 조희택[2], 안태정[3], 장희진[4]; *[1]조선대학교대학원첨단소재공학과. [2]조선대학교대학원광기술공학과. [3]조선대학교광기술공학과. [4]조선대학교재료공학과.*

Keywords: high temperature oxidation, XRD(X-ray Diffraction Spectroscopy), XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy), SEM(scanning electron microscope), reflectance spectra

Fe의 고온산화 양상과 광 반사율 사이의 연관성을 조사하였다. 고온산화의 양을 측정하기 위하여 산화 온도에 따른 질량 변화 및 산화물 두께, 거칠기를 측정하였다. 육안관찰, 광학현미경 및 SEM을 통하여 표면의 형상과 색상을 조사하였다. EDS, XRD, XPS를 이용하여 표면의 부식생성물의 상과 조성을 분석 하였다. 광 반사율 특성과 산화 거동 사이의 연관성을 알아보기 위해 300 nm~2500 nm파장 영역에서 반사스펙트럼을 측정하였다

[P14-33]

쇼트피닝이 스프링강의 부동태 거동에 미치는 영향: 이규혁[1], 안승호[2], 서지원[2], 장희진[3]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]현대자동차 남양연구소 가속내구개발팀. [3]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: 스프링강, 쇼트피닝, 부식, 부동태, 점결함

스프링강의 피로 수명을 향상시킬 목적으로 쇼트피닝이 흔히 사용되고 있다. 쇼트피닝 적용 시 피로 또는 부식 피로에 의한 수명 향상 효과가 있는 것으로 흔히 보고되고 있다. 그러나 순수한 부식 측면에서 강재의 부동태화에 어떠한 영향을 미치는지는 거의 알려진 바가 없다. 본 연구에서는 쇼트피닝에 의한 부동태 피막 내 점결함 농도를 Mott-Schottky 분석법을 통해 조사하였다.

[P14-34]

용강 탈황거동에 미치는 저원가 산업부산물 첨가의 영향: 김태성, 강진규, 정태수, 박주현; *한양대학교.*

Keywords: Secondary refining, Desulfurization, Fluorspar, FeMn slag, Red mud, White mud

2차 정련 공정에서 탈황효율을 증가시키기 위해 형석을 다량 투입할 경우 불소가 유출되어 환경오염을 야기할 뿐 아니라 내화재 침식을 가속화하기 때문에 래들정련 공정에서 형석 사용량을 저감하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 페로망간 슬래그(ferromanganese slag, FMS), 레드 머드 (red mud, RM), 화이트 머드(white mud, WM) 투입을 통해 기존 래들정련 공정에서 형석 사용량 저감 가능성을 검토하였다. MnO를 약 40% 함유하는 FMS를 슬래그 중량 대비 10% 첨가한 경우 슬래그의 융점이 감소하여 초기 탈황속도와 슬래그의 탈황능이 형석을 투입한 기존 래들 슬래그와 비슷한 수준으로 유지된 반면, 30% 첨가한 경우에는 슬래그의 염기도가 감소되어 용강 내 탈황속도와 슬래그의 탈황능이 감소하였다. Al_2O_3와 Fe_2O_3가 주성분이고 약 5% 이하의 Na_2O를 함유하는 RM을 10% 첨가한 경우 형석을 투입한 기존 래들 슬래그와 비슷한 수준의 탈황속도와 탈황능을 가지는 반면, 30% 첨가한 경우에는 탈황속도와 탈황능은 급격히 감소하였다. 한편 WM은 RM에서 FeO 성분을 환원함으로써 얻어지는 물질로, CaO와 Al_2O_3를 주성분으로 하며 약 10% 이하의 Na_2O를 함유한다. WM을 슬래그 중량 대비 10% 투입 시 형석을 투입한 기존 래들 슬래그 대비 동등 이상의 탈황속도와 탈황능을 나타내었다. 본 연구결과를 통해 저원가 산업부산물인 FMS, RM, WM 사용을 통해 래들정련 공정에서의 형석 사용량 저감 가능성을 확인하였다.

[P14-35]

Fe-Cr 합금의 고온 용융염 부식특성 연구: 김민정[1], 박영수[2], 한준희[2], 이동복[1]; *[1]성균관대학교 자연과학캠퍼스. [2]한국표준과학연구원.*

Keywords: 순환유동층 보일러, 바이오매스, KCl, 용융염부식, Fe-Cr alloy

순환유동층 보일러(CFBC: circulating fluidized bed combustion)는 공기와 석회를 동시에 주입시켜 연소시킴에 따라 질소 산화물

및 황산화물 등의 오염물질 배출을 크게 감소시킨 친환경 발전설비로 10%정도의 바이오매스를 적용을 목표로 하고 있다. 하지만 바이오매스가 연료로 사용되는 보일러는 배출가스 중에 알칼리 금속이 보일러 부식의 원인으로 작용하여 이와 관련된 연구가 요구되고 있다. 특히 연료 중에 포함된 KCl(s)의 경우 발생량이 많으며, 고체 KCl 성분이 가스상으로 전환되면서 super heater 소재의 산화막과 반응하여 2(Na,K)Cl(s) + Fe2O3 + O2 (g) = (Na,K) 2Fe2O4 + Cl2 (g)에 의해 Cl(g)가 생성된다. Cl(g)는 대부분 배출가스로 배출되지만 일부가 금속과 반응하여 염소가스부식을 발생시킨다. 따라서 본 연구에서는 발전설비 소재로 많이 사용되고 있는 T22, T91을 400-700oC의 온도에서 100시간까지 KCl 용융염 분위기에서 부식시켜 용융염에 의한 부식특성을 살펴보았다. 감사의 글: 본 연구는 2016년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1A2B1013169) 입니다.

[P14-36]

발전소재 1.25Cr-0.5Mo(P11) 강에서 등온 열화에 따른 M_2C 형성 거동 분석: 김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2]; *[1] 연세대학교. [2] 한국과학기술연구원.*

Keywords: P11, aging, precipitates, Replica, TEM

표준석탄화력발전 시스템에서 재열기(CRH : Cold Reheater)의 소재로 1.25Cr-0.5Mo 내열강이 사용되고 있다. CRH 배관은 낮은 설계 온도 및 압력(310 ºC, 52 MPa)을 고려하여 보일러 출력증강 사업추진의 교체 대상목록에서 제외되었다. 따라서 본 연구에서는 1.25Cr-0.5Mo 강에서 등온 열화에 따른 미세조직의 변화에 대해 연구하였다. XRD(X-Ray Diffraction) 및 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 석출상의 성장 거동을 파악하였고, 동온 열화 후 HCP의 구조를 보이는 M_2C 석출상이 FCC 구조의 CRN과 일정한 결정방위관계(crystalline orientation relationships)를 지니며 생성됨을 확인할 수 있었다.

[P14-37]

Dissolution Rate of Alumina in $CaO-Al_2O_3-FeO-MgO-SiO_2$ Slag: Young-Joon Park[1], Yong-Min Cho[1], Woo-Yeol Cha[2], Youn-Bae Kang[1]; *[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.*

Keywords: dissolution rate, Fe_tO, alumina inclusion, mass transfer coefficient, viscosity

Dissolution rate of alumina inclusion in molten slag is an important role in RH secondary refining process. Increasing dissolution rate of alumina into the slag would increase steel cleanliness. Various studies have been performed on the dissolution of alumina into slags. In the previous studies, the dissolution rate of alumina was measured in the absence of Fe_tO in the slags. However, in a field operation for ultra-low carbon steel production, RH slag contains considerable amount of Fe_tO. In the present study, effects of Fe_tO addition and C/A ((% CaO)/(% Al_2O_3)) of slag were investigated by using crucible test. Master slags were made to be as close as possible to the composition similar to the current RH slag. And experiments were conducted at 1827K with rotating a molybdenum rod in order to homogenize the slag. Thermodynamic and kinetic analyzes of the dissolution rate of slag in each composition were carried out. After the experiments, slag compositions were analyzed by X-Ray Fluorescence (XRF). At a same C/A condition, dissolution rate increased when Fe_tO contents increased. Above a certain Fe_tO value, no significant change in dissolution rate occurred. And at a same concentration of Fe_tO, dissolution rate increased when C/A increased. Mass transfer in the slag might act as the rate determining step. In the dissolution of alumina, the viscosity associated with mass transfer was more involved than other factors.

[P14-38]

산소 농도에 따른 탄재 내장 산화철 브리켓의 환원 거동: 이경욱, 한정환; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Carbon-Iron composite Briquette, Reduction of Iron oxide, Oxygen concentration

철강산업에서 제선공정의 이산화탄소 배출 및 에너지 소비는 매우 중요한 사항으로 세계적인 관심을 끌고 있다. 2020년 이후에 새로 발효되는 신기후체제도 이산화탄소 배출 최소화를 목표로 하고 있으며, 지속 가능한 산업 구축 측면에서도 에너지 소비를 감소시켜 환경과 공존하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 이산화탄소 배출 및 에너지 소비 감소를 위해 탄재 내장 산화철 성형물 환원법에 대한 연구가 다수 진행되고 있다. 탄재 내장 산화철 성형물 환원법은 분철광석과 분탄을 혼합하여 성형한 성형물을 환원시키는 방법이다. 이는 저 품위 원료의 활용이 가능하게 하고, 반응 면적이 넓으므로 상대적으로 낮은 온도에서 환원을 진행할 수 있다. 따라서, 탄재 내장 산화철 성형물 환원법을 활용하면 에너지 소비를 감소시킬 수 있고, 공정 과정 중에 CO_2 방출이 적은 장점이 있다. 본 연구에서는 산화성 분위기에서 탄재 내장 산화철 브리켓을 환원시킬 때 재산화가 미치는 영향을 확인하기 위해 기초 실험을 진행했다. 환원 실험은 200~1200ºC의 범위에서 50ºC/min로 승온 시킨 후, 1200ºC에서 40분 유지시켰으며, O_2 투입량 0%을 기준 조건으로 하여 5%, 10%, 20%로 변화시켜 실험을 진행했다. 냉각은 반응기 상부 약 200ºC 온도의 N_2 100%의 비활성 분위기에서 5분간 진행했다. 시편의 단면 분석을 위해 냉각 후 시편을 채취하여 마운팅을 진행했다. 환원률을 계산하기 위해 배출되는 CO, CO_2 가스를 가스분석기로 측정하였으며, 계산된 환원률의 비교를 통해 산소 농도에 따른 환원 거동 변화를 조사했다.

[P14-39]

열연 사상전단용 내열성 향상 HSS 개발: 김창완, 안용섭, 김민기; *현대제철 연구개발본부.*

Keywords: HSS work roll, Heat-resistance, Wear-resistance

HSS(High Speed Steel) 워크롤은 고경도의 탄화물이 생성되어 우수한 내마모성을 지닌 강종으로 열간 압연의 조압연 및 사상압연 스탠드에 널리 사용되고 있다. HSS 롤은 내마모성을 갖는 외층재(Shell)와 내사고성을 갖는 내층재(Core)로 구분된 2종 재질로

구성되어 있으며, 이로 인해 일반적으로 원심주조 공정을 통해 제작된다. 외층재의 원심주조 과정에서 금형 몰드에 접촉된 외부에서부터 응고가 시작되어 내부로 진행되며, 응고속도가 감소함에 따라 내부에는 상대적으로 조대한 조직이 생성된다. 내부에 생성된 조대한 M_2C 탄화물은 워크롤의 사용율이 증가하여 사용경이 감소함에 따라 표면에 노출된다. 이러한 조대한 M_2C 탄화물은 압연 중 생성되는 열크랙의 진전 경로로써, 열크랙이 과다하게 진전될 경우 탄화물이 탈락되어 핏팅(Pitting) 결함이 발생할 수 있으며 워크롤의 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 합금설계 및 주조방안을 변경하여 HSS 롤에 생성되는 조대한 M_2C 탄화물의 생성을 억제하고 동시에 미세한 MC 탄화물의 생성을 촉진하여 미세조직을 개선하였다.

[P14-40]

Electrochemical Dephosphorization of Fe-C^{satd} Alloy by CaO^{satd}-SiO_2-Al_2O_3 Slags: 이동구, 이상훈, 민동준; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Dephosphorization, Electrochemical, Distribution Ratio(L_P), Potential(V)

기존 stainless steel 생산 공정에서의 탈린은 산소와의 친화력이 P 대비 우수한 Cr과 같은 합금원소의 손실을 방지하기 위해 제한적인 조건(환원성 분위기)에서 진행되어 왔다. 이와 같은 화학적인 탈린의 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 전기화학적인 방법을 이용하여 CaO^{satd}-SiO_2-Al_2O_3 슬래그를 통한 Fe-C^{satd} 합금의 탈린에 대한 기초연구를 진행하였으며 전기화학적인 방법을 이용한 탈린의 가능성에 대해 모색하였다. 1873K, C/CO 가스 평형 조건하에서 진행하였으며, 열역학적 평형에 도달시킨 후 power supply를 이용하여 Slag와 Metal의 계면에 전기화학적 포텐셜(V)을 인가하였다. 실험 후 Ar 기류 중 급냉된 시료는 ICP를 이용하여 P 농도를 분석하였고, XRF 분석을 통해 슬래그의 조성을 평가하였다. 측정된 분배비(L_P)에 대하여 전기화학적 포텐셜(V)의 영향성을 검토하였으며, 시간 의존성 실험을 통해 전기화학 반응의 평형을 확인하였다.

[P14-41]

미분광 브리켓의 소결공정 적용을 위한 기계적 특성 연구: 배종호, 김강민, 한정환; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: ultra-fine ore, iron ore briquette, sintering process, firing characteristics

철광석의 소결공정은 고로 장입원료인 소결광을 제조하는 공정으로 분광석과 코크스, 석회석 및 수분을 혼합, 소성시켜 적절한 크기의 괴광으로 만드는 단광법이다. 특히 최근 고품위 제철 자원이 고갈됨에 따라 저품위 미분광의 유효 활용 기술 개발에 대한 필요성이 대두되고 있으며 미분광으로 제조한 성형체를 소결 원료와 함께 장입하여 소결 공정에서 발생하는 연소열을 이용해 소성 또는 부분 환원시키는 방법이 제시되어 왔다. 그러나 소결 베드는 높이에 따라 열 분포가 다르기 때문에 장입위치별 소결온도에 적합한 적정 크기의 브리켓을 제작할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 소결 온도에 따른 소성이 완료되는 적합한 크기의 브리켓을 도출하기 위하여 온도와 브리켓 크기의 변화를 주었을 때의 브리켓의 소성 정도 및 압축강도를 측정하였다.

[P14-42]

The effect of spheroidizing heat-treatment on mechanical properties and microstructure of Cr_2B in borated stainless steel: 원치형[1,2], 장재훈[1], 하헌영[1], 이창훈[1], 이태호[1], 강남현[2]; *[1] 한국기계연구원재료연구소. [2] 부산대학교.*

Keywords: Borated Stainless Steel, Cr_2B, coarsening, Multi-component diffusion simulation

매년 세계 원자력 발전의 수요가 증가함에 따라, 사용 후 핵연료 발생 양 역시 점차 증가 하고 있다. 이와 함께, 중성자 차폐 기능이 우수한 소재에 대한 수요가 증가하고 있으며, 그 소재로 붕소 (Boron)이 다량 첨가된 오스테나이트계 스테인리스강이 주목받고 있다. Boron 첨가 스테인리스강은 소재 내 Boron 중 약 20%인 B^{10}이 중성자(n^0)와 결합하여 B^{11} 이 되는 과정을 통해 중성자 성능을 나타내며, 첨가량이 증가할수록 우수한 차폐 소재가 된다. 그러나 중성자 차폐 성능과 달리, Boron 첨가에 따라 Cr_2B 상분율이 증가하고 그에 따라 가공성이 크게 저하되는 문제점이 있다. 따라서 열처리를 통하여 미세조직을 제어하는 과정이 수반 되어야 하며, 이를 위하여 본 연구에서는 다원계 확산 전산 모사를 통하여 Cr_2B의 미세조직을 제어하기 위한 온도와 시간을 도출하였다. 또한 서로 다른 Boron양을 포함하는 세가지 시험 편에 대하여 열처리 및 미세 조직 분석을 진행하였고, 그 결과 석출물의 조대화 및 구상화에 미치는 온도 효과를 확인하였다. 기계적 특성 측정 결과, 석출물 구상화와 함께 결정립 크기 제어를 통해 인장강도와 연신율이 향상됨을 확인하였고, 이러한 기계적 특성에 미치는 미세조직의 영향을 분석하였다.

[P14-43]

Effect of tempering temperature on hydrogen embrittlement in tempered martensitic steels: 서현주[1], 이준모[2], 이종수[1]; *[1] 포항공과대학교 철강대학원. [2] 포스코 기술연구원.*

Keywords: 템퍼드 마르텐사이트, 수소취성, 탄화물

템퍼드 마르텐사이트 조직강은 비교적 간단한 열처리를 통하여 우수한 인장 강도를 획득 할 수 있어 CHQ (cold head quality)용 강재로 널리 사용되고 있다. 하지만 최근 재료의 강도 증가에 따라서 내부 수소에 의한 조기 파단이 큰 문제가 되고 있어 이에 대한 안전성 확보가 중요하게 대두되고 있다. 템퍼드 마르텐사이트 강의 수소취성 저항성을 향상시키기 위하여 다양한 연구가 진행되어 왔는데 대표적으로 수소를 트랩하는 탄화물을 석출시켜 재료 내의 수소 확산을 억제시키는 방법이 있다. 하지만 기존의 연구는 탄화물의 종류가 수소취성에 미치는 영향에 대해 집중되어 왔으며 같은 종류의 탄화물에서 크기, 모양, 계면상태 등이 달라졌을 때 수소취성에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 탄화물 형성 원소인 V와 Mo를 첨가하고 열처리 온도를 다르게 하여 다양한 특성을 가지도록 석출된 탄화물이 수소취성에 미치는 영향을 연구하였다. 열처리를 통하여 제작한 강재는 템퍼링 온도에 관계없이 비슷한 강도를 가졌지만, 템퍼링 온도가 높아질수록 우수한 수소취성 저항성을 나타냈다. 이를 해석하기 위

하여 열 방출 분석 (thermal desorption analysis) 및 투과 전자 현미경 (transmission electron microscope) 관찰을 통해 수소 트랩 거동 및 탄화물의 특성을 분석하였다.

[P14-44]

탄재내장 펠렛의 환원거동에 미치는 입자 혼합양상의 영향: 송성림, 강영조; *동아대학교 금속공학과.*

Keywords: Direct reduced iron, Carbon composite pellet, Magnetite ore, Gas analysis, Particle mixing model

파리협정 체결 이후 신 기후체제에 대응하기 위하여 선진국을 중심으로 CO_2 배출량 저감에 유리한 전기로 제강법이 확대되고 있어 주원료인 고철의 공급 부족이 예측된다. 또, 저급고철의 경우, 불순물 원소의 제어가 필수적이기 때문에 직접환원철이 유망한 대체 철원으로 주목받고 있다. 국내 자원 환경에서는 가스 환원법보다 탄재를 철광석과 함께 혼합, 성형하는 탄재내장 방식의 직접환원철 제조법이 적합하기 때문에 관련된 연구가 다양하게 진행되어 왔으나 입자의 혼합양상의 영향에 대해서는 보고된 바가 없다. 환원반응을 촉진하고 최적의 탄재내장 조건을 도출하기 위해서는 탄재와 철원 입자의 혼합양상이 미치는 영향에 대한 정량적인 이해가 요구되므로 본 연구에서는 탄재와 철원의 혼합양상의 영향을 평가하기 위한 기초 실험으로써 다양한 입자 조건하에서 탄재내장 펠렛의 환원 거동을 조사하였다. 국내에서 생산되는 자철광과 무연탄을 3계열의 입도로 분류하여 입도비를 변화시켰으며 환원 실험은 각 조건에서 가스 분석기를 이용하여 발생한 CO와 CO_2의 총량을 분석하고 환원율과 유효 탄소 사용율을 계산하였다. 기존에 보고된 연구와 유사하게 온도가 증가함에 따라 환원율을 향상되었으며 당량비를 하향시키는 경우에는 환원율을 감소하나 유효탄소 사용율은 증가하였다. 당량비 고정 조건에서는 입도비(Fe/C)가 커질수록 환원율과 유효탄소 사용율이 증가하는 경향이 확인되었으며 이종 입자 혼합모델과 입도와 입자수를 고려하여 추산한 탄재와 철광석의 접촉수를 이용하여 탄재내장 펠렛의 환원거동을 해석하고자 하였다.

[P14-45]

Nb 첨가 저탄소강의 고온연성에 미치는 유지온도 및 시간의 영향: 이형록[1], 김혜주[1], 정지연[1], 김경아[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 임창희[3], 김동규[1]; *[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소. [3]철강대학원(GIFT).*

Keywords: continuous casting, hot ductility, holding temperature, precipitation temperature

강의 연속주조시 주편의 표면에는 다양한 결함들이 발생한다. 특히 주편의 가장자리에 생기는 균열은 최종제품의 품질을 저하시키는 주요한 원인이며 이를 제거하기 위한 스카핑 공정의 추가로 인해 제품의 실수율을 감소시킨다. 이에 따라 연속주조시 주편의 품질을 개선시키기 위해 강의 고온연성 메커니즘을 확인하기 위한 연구가 계속 되고있으며 냉각 조건에 따라서 다양한 고온연성 거동의 변화가 보고되고있다. 그 중 석출물의 형성 및 오스테나이트 입계 크기는 고온연성 거동의 주요한 인자로 보고된다. 따라서 본 연구에서는 Nb, Ti 가 첨가된 실 주편을 이용하여 인장시편을 제작, 1400°C에서 용체화 처리 후 다양한 온도조건(900°C, 1000°C) 및 유지 시간(0 min, 15 min, 30 min)을 부여하여 석출물 및 미세조직의 변화를 유도 하였으며, 연주시 주편이 겪는 온도 범위인 600~1000°C에서 인장시험을 실시하여 그에 따른 고온연성 거동을 조사하였다.

[P14-46]

저탄소 강에서의 수증기 분위기에 따른 내부산화층 형성 거동: 김혜주[1], 이형록[1], 정지연[1], 김경아[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 임창희[3], 김동규[1]; *[1]동아대학교. [2]포스코 기술 연구소. [3]철강대학원(GIFT).*

Keywords: hot rolling, wet air atmosphere, internal oxidation, penetration

Si가 함유되어있는 후판 강종, 특히 에너지 강재나 고급 후판재의 경우 Cu, Ni, Sn 등의 성분들을 포함하고 있다. 이러한 강종이 열간압연 공정을 거치면서 입계에 산화가 일어나게 되고 fayalite로 이루어진 내부산화층과 penetration이 형성된다. 이 penetration은 응력이 집중되는 site로 작용하기 때문에 hot shortness에 의해 크랙으로 발전할 수 있다. 이러한 결함은 강재의 최종 품질을 떨어뜨리기 때문에, 개선되어야 하는 사항이다. 본 실험에서는 극한의 산화 분위기를 조성하기 위해 wet air를 이용하였고, 온도 (900°C, 1000°C, 1150°C), 유지시간 (30min, 60min) 등을 조절하여 내부산화층의 형성 과정 및 특징을 관찰하였다. 각 열이력에 대한 결과를 관찰하기 위하여 SEM, EDS, BSE, i-solution 등의 장비를 이용하여 내부산화층의 형상, 깊이 그리고 penetration 길이 등을 분석하여 정량화하였다.

[P14-47]

The difference of microstructure and tensile properties according to cold rolling reduction in medium Mn steel: Min Tae Kim[1], Tak Min Park[1], Kyeong-Ho Baik[1], Aniruddha Dutta[2], Dirk Ponge[2], Dierk Raabe[2], Jeongho Han[1]; *[1]Chungnam National University. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.*

Keywords: cold rolling reduction, transformation-induced plasticity, twinning-induced plasticity, medium Mn steel

With an increasing demand for cost efficient advanced high-strength steels in modern industry, medium Mn steels have received significant attention due to their reasonable materials cost and excellent mechanical properties. Medium Mn steels are steels with Mn concentration ranging from ~3 wt.% to ~12 wt.%, C concentration less than ~0.3 wt.% and small amount of additional alloying elements. The steels generally exhibit an α′ martensite microstructure after hot and cold rolling and a dual phase microstructure of α ferrite or martensite and retained austenite (γ_R) with ultrafine grain size after intercritical annealing. The excellent mechanical properties are caused by the active transformation-induced plasticity (TRIP) effect from a large fraction of γ_R (<~0.5). In very recent, the new concept of alloy design for medium Mn steel with coupled TRIP and twinning-induced plasticity (TWIP) mechanisms during deformation has been suggested to improve the mechanical properties. Addition of Al to medium Mn steel activates the TWIP

mechanism by increasing stacking fault energy (SFE) of γ_R to the proper values for generating mechanical twinning. Most of previous studies of medium Mn TRIP-TWIP steel have focused on the alloy design and plasticity enhancing behavior of the steel. However, the thermo-mechanical process of the steel was not considered so far. Based on facts that the material could be produced as hot-rolled of cold-rolled steel, in the present study, we systematically investigated the microstructural evolutions and changes in tensile properties of annealed steels according to cold rolling reduction before intercritical annealing.

[P14-48]

신재생에너지 풍력발전 타워용 S355 강재의 Large Scale 용접비드 굽힘균열 저항시험 특성에 미치는 제조공정의 영향: 김기혁[1], 심호섭[1], 이광석[2]; [1]*동국제강 중앙기술연구소.* [2]*재료연구소.*

Keywords: WBBT (AUBI/SE[P1490), Maximum Hardness of CGHAZ (Hmax), Carbon Equvalant of S355 Plates, TMCP

최근 경제성 높은 원자력 발전 대신 환경안전 측면에서 우위인 풍력발전과 같은 신재생에너지 발전 산업이 주목 받고 있다. BP, SIEMENS 등 에너지산업 관련기업의 전력에너지 수요예측 보고서에 의하면 10년 남짓 남은 2030년의 전기에너지의 전 세계 수요는 큰 폭으로 증가하는데 그중 친환경에너지의 수요증가가 가장 두드러질 것으로 전망되어 풍력관련 산업에 대한 관심과 더불어 구조물 등 소재의 안전성에 관한 관심도 자연히 높아지고 있다. 한편, 풍력타워 제작 시 구조용 강재를 굽힘가공과 아크용접을 통해 대구경 강관으로 제조하는데 동적 구조물의 대형화로 인해 두꺼운 소재를 사용하면서 강재의 인성 확보와 안전성 검증이 요구된다. 특히, 30t 이상의 후판에는 모재 및 열영향부의 취성균열 저항특성 파악을 위한 Large Scale 용접비드 굽힘시험 (SEP 1390, Weld Bead Bend Test) 보증이나 용접부 비파괴 검사가 요구되고 유수의 연구자들에 의해 관련 기계적 성질 등의 연구결과는 보고가 있었지만 전 세계적으로 재료분야의 검토 보고는 다소 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 제어압연 및 제어압연+제어냉각 이종공정으로 제조된 용접구조용 강재를 독일 철강협회 규격의 시험파트인 SEP의 1390번에 따라 시험, 분석한 후 야금학적으로 고찰하고자 하였다. 제조공정에 따른 용접비드 굽힘시험 특성에 미치는 영향을 파악하고자 5종 합금조성의 S355 강재와 350톤급 대형 굽힘시험기를 제작해 사용하였고 굽힘시험 후 강종별 평균 균열길이와 기계적 성질 및 미세조직 비교 고찰을 중점적으로 수행하였다. 일반 제어압연 강재보다 실드메탈 아크용접 이후 조직이 조대화된 열영향부(CGHAZ)의 최고경도(Hmax)가 상대적으로 낮은 제어압연+제어냉각 공정으로 제조된 강재들의 특성이 우수함을 정량적으로 검증하고 야금학적으로 고찰하였다.

[P14-49]

베이나이트계 고경도강의 미세조직 및 기계적 물성에 미치는 냉각조건 및 열처리의 영향: 함진희[1], 송영범[1], 홍성석[1], 박태원[1], 심인옥[1], 김홍규[1], 서동우[2]; [1]*국방과학연구소.* [2]*포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Bainite Steel, Isothermal Treatment, Hardness, Continuous Cooling

나노 베이나이트강은 1.5 wt.% 수준의 높은 Si 함량 및 1.0 wt.% 수준의 C 함량을 바탕으로 저온에서 등온 열처리를 통하여 600 Hv 수준의 높은 경도와 2.0 GPa 수준의 초고강도 및 10 % 이상의 높은 연신율을 나타내지만, 산업적 적용을 위해서는 염욕로를 이용한 등온 열처리 공정이 개선되어야 한다. 본 연구에서는 0.5 wt.% 의 중탄소 베이나이트계 고경도강에 대하여 열간압연 마무리 온도, 냉각조건 및 템퍼링 열처리가 미세조직 및 기계적 물성 (경도, 인장물성 및 충격인성)에 미치는 영향을 평가하여 기존의 등온 열처리 공정과 비교하였다.

[P14-50]

Effect of microstructure on occurrence of separation during the drop weight tear test in X-70 grade line-pipe steel: Yong-hwan Cho[1], Jaeeun Lee[1], Heung Nam Han[1], Juseok Kang[2], Wung Yong Choo[1]; [1]*Seoul National University.* [2]*POSCO.*

Keywords: Separation, Line-pipe steel, DWTT, Fracture, EBSD

As the separation is known to occur more frequently in steel plate rolled with higher reduction ratios at low temperature, line-pipe steels are more susceptible to be affected by the separation. Therefore, studying the mechanism of the occurrence of separation and their effect on the fracture behaviour is essential for the development of the high-strength line-pipe steels with excellent properties. In this study, the effect of separation on the fracture behaviour was investigated using API X70 line-pipe steel with various rolling conditions in the ferrite-austenite two phase region. Drop weight tear test (DWTT) was performed to identify the fracture behaviour of the steel. Ductile-brittle transition temperature (DBTT) of the impact specimens was measured under the different rolling conditions, and the temperature range where the separation occurred in each rolling condition was investigated. The microstructure just beside the separation was analysed by electron beam scattered diffraction (EBSD) to investigate the fracture patterns of the separation. The analysis of the fracture pattern was quantitatively performed based on the investigating the texture that occurred along the separation crack. Also, the microstructure and texture of each specimen were correlated to understand the potential nucleation sites of separation during the impact tests.

[P14-51]

0.2C-0.35Si-1.05Mn 저탄소 단조강의 미세조직 변화에 미치는 V 첨가의 영향: 원윤정, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: hot forging, low-carbon steel, alloying effects

본 연구에서는 저탄소 단조강인 Fe-0.2C-0.35Si-1.05Mn 합금 조성을 기반으로 미소합금첨가 원소인 V을 0.05 wt.% 첨가하여 2종류 합금(Ref. & RV)을 진공유도용해(VIM)하였으며, 이 후 균질화, 사이징 압연, 불림처리를 통해 15 mm합금 판재를 제조하였다.

제조된 합금판재에 대한 기계적 성질(인장강도, 경도, 충격인성)을 평가한 결과 V을 함유하는 RV합금에서 보다 우수한 강도(or 경도) 비 인성을 나타내었으며, 이러한 결과는 RV합금내 페라이트 형상 및 나노입자 분포 특성 변화와 연관되는 것으로 본 연구에서는 OM, SEM, TEM, TOF-SIMS 등을 활용하여 미세조직 변화에 미치는 V첨가 효과를 분석하였다.

[P14-52]

Interpretation of Quasi-static and Dynamic Tensile Behavior with Different Annealing Temperature in Ferrite-Austenite Duplex Lightweigth Steels: 조민철[1], 박재영[1], 정혁재[2], 손석수[3], 곽재현[4], 김형섭[1], 이성학[1]; *[1]포항공대 신소재공학과. [2]항공재료연구센터. [3]Max-Planck. [4]POSCO.*

Keywords: Duplex lightweight steel; Transformation induced plasticity (TRIP); Twinning induced plasticity (TWIP); Dynamic tensile deformation

자동차용 강재개발에 있어서 높은 강도, 연성과 더불어 우수한 충돌안정성을 갖는 강재에 대한 수요가 높아지고 있다. 이에 따라 quasi-static deformation에 대한 물성 뿐만아니라 dynamic deformation에서의 물성과 변형거동에 대한 연구가 진행되어야 한다. 본 연구에서는 서로다른 소둔온도를 갖는 ferrite-austenite duplex steel의 quasi-static, dynamic 인장 변형거동에 대한 연구가 진행되었다. 소둔온도가 증가할수록 austenite grain size와 volume fraction이 증가하였고 austenite stability 감소에 따라 전반적으로 더 많은 martensitic transformation이 발생하였다. quasi-static deformation과 비교해 dynamic deformation에서는 adiabatic heating에 의한 austenite stability가 증가로 TRIP양 감소에 따라 강도와 연신율이 감소하였다. 하지만 950도 소둔온도에서는 매우 낮은 강도와 연신율을 갖는 quasi-static deformation과 비교해 dynamic deformation에서 우수한 강도와 연신율을 보인다.

P15 : 타이타늄
Room 3층 로비, 4월 26일

[P15-1]

Effects of oxygen contents on the strain rate sensitivity of commercially pure titanium: Min-su Lee[1], Tea-Sung Jun[1], Yong-Taek Hyun[2]; [1]*Incheon National University.* [2]*Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Strain rate sensitivity, Commercial pure titanium (CP-Ti), Oxygen contents, Loading direction, Slip systems, EBSD, Hardening

Abstract Understanding deformation behaviour of titanium is rather complicated due to highly localized deformation and elastic/plastic anisotropy inherent to hcp Ti. An increase of oxygen contents in titanium is typically known to suppress the deformation twinning and increase the strength and the c/a ratio. This affects the activation of favourable slip systems, where higher oxygen contents are likely to increase the pyramidal slip activities [1]. Recent work reveals the significant slip system dependent rate sensitivity of α-Ti [2], though its fundamental mechanistic insight is still unclear. In the present study, we investigated the effects of oxygen contents on the strain rate sensitivity of commercial pure titanium (CP-Ti) at room temperature. Electron backscatter diffraction (EBSD) was used to identify the crystallographic orientation (i.e. texture) of rolled CP-Ti (grade 1,2 and 4) specimen. Tensile tests were performed with variable strain rates (on the order of 10^{-2} to 10^{-4} s^{-1}) and loading directions (rolling, diagonal and transverse directions). Analysis of strain rate sensitivity, deformation twinning and hardening behaviour are comprehensively compared and discussed to evaluate the effect of oxygen contents on α-Ti deformation mechanisms associated with the strain rate sensitivity. [1] D.S. Kang et al, Materials Science and Engineering A 632 (2015) 120-126 [2] T-S. Jun et al, Acta Materialia 107 (2016) 298-309

[P15-2]

베타형 Ti-4Mo-4Cr-X(Zr, V, Sn) 4원계 타이타늄합금 의 미세조직 및 기계적 특성: 이건희, 이광민; *전남대학교 신소재공학부.*

Keywords: 베타형 Ti합금,Cold Rolling,Hardness,Microstructure

베타형 타이타늄 합금은 우수한 생체적합성을 가지며, 탄성계수가 좋아서 생체재료로 많이 활용된다. 본 연구에서는 심혈관 스텐트로 활용하기 위한 타이타늄 합금 설계로써 스텐트의 강도뿐만 아니라 연성이 요구되는데, 고강도 화가 될수록 연성의 저하가 수반되기 때문에 상반되는 특성을 양립시킬 수 있는 후속 열처리에 따른 조직제어 및 다양한 합금 설계가 필요하다. 본 연구에서는 아크용해로를 이용하여 각 4원계 Ti-4Mo-4Cr-(2~4)Zr, Ti-4Mo-4Cr-(2~4)V, Ti-4Mo-4Cr-(2~4)Sn 조성으로 합금을 제작한 후, 조성에 따른 기계적 성질을 평가하고 미세조직을 관찰하였다. 타이타늄합금 시편은 합금의 균질화를 위해서 4번의 재용해를 실시하였고, 열간단조 방법으로 약 10mm지름으로 단조하였다. 열처리 온도는 베타 상 전이 온도보다 160도 높은 850도로 설정하고, 4시간 동안 열처리 후 수냉 하였다. Ti-Mo-4Cr-2V 합금의 단면감소율은 78%로 가장 우수한 냉간 가공성을 보였고, Ti-4Mo-4Cr-3Zr 합금의 단면감소율은 61%, Ti-4Mo-4Cr-3Sn 합금의 단면 감소율은 65%를 나타냈다. 가장 낮은 가공성을 갖는 Ti 합금은 Ti-4Mo-3V 합금이었으며 냉간압연 시 34%의 단면 감소율을 나타냈다. Ti-4Mo-4Cr-3V 합금은 453.82HV로 가장 우수한 경도를 나타내었고, 가장 낮은 경도 값을 갖는 Ti 합금은 Ti-4Mo-4Cr-2Sn 합금으로 경도 값 371.29HV을 나타냈다. 850°C열처리의 시편은 모두 베타 상의 조직을 관찰할 수 있었다. 실험 결과를 종합해 보았을 때, V 함량이 감소할수록 가공성이 향상되었고, V 함량이 많을수록 경도 값이 증가되었으며, 이의 원인에 대하여 고찰하였다.

[P15-3]

Ti-6Al-4V 합금과 17-4PH 스테인리스강의 이종 확산접합 연구: 박태성[1], 노상훈[2], 김정한[1]; [1]*국립한밭대학교 신소재공학부.* [2]*한국원자력연구원.*

Keywords: Ti-6Al-4V, 17-4PH, Diffusion bonding, Interlayer, Intermetallic compounds

Ti-6Al-4V 합금은 비강도가 높고 내식성이 우수해 항공 및 바이오 소재로 널리 쓰이고 있다. 그러나, 내열성과 내마모성이 상대적으로 약하기 때문에 상기한 특성이 요구되는 환경에서는 적용이 어렵다. 이에 대한 보완을 위해 Ti-6Al-4V 위에 내열, 내마모 소재를 코팅 또는 클래딩하기 위한 시도가 많이 이루어졌다. 그러나, 대부분의 경우 취성의 금속간화합물이 접합면에 형성되어 접합강도를 크게 악화시키는 것이 보고되었다. 본 연구에서는 일반적인 용융 접합대신 고상 상태에서 접합이 이루어지는 확산접합 기술을 연구하였다. Ti-6Al-V과의 상대재는 석출경화영 17-4PH 스테인리스 강이 사용되었다. 확산접합의 경우에도 Ti와 Fe가 직접만나게 되면 TiFe 또는 TiFe2 금속간화합물이 생성될 수 있다. 이를 방지하기 위해 Ti와 Fe 모두에서 고용도가 있는 V 을 중간층으로 삽입하여 접합력을 평가하였다. 본 연구에서는 V 중간층을 이용한 확산접합이 그렇지 않은 경우의 확산접합과 비교하였을 때 접합성의 향상 여부를 평가하였다. 또한, 접합계면에서의 석출상 등을 SEM, XRD 등으로 분석하였다.

[P15-4]

PACHM 공정을 적용한 Ti-Al-Fe 합금 제조: 박상협[1], 임주형[1], 현용택[2], 원종우[2], 백승원[1], 최재영[1], 문승호[1]; [1]*(주)한국진공야금.* [2]*재료연구소.*

Keywords: Ti합금, 저비용 Ti 합금, α+β Ti 합금, PACHM

기존의 Ti-6Al-4V 합금을 대체하기 위한 저비용 Ti 합금으로 개발된 Ti-Al-Fe계 합금을 PACHM 공정을 적용하여 제조하였다. PACHM 공정은 150kW급 플라즈마 토치 3기를 장착한 설비를 이용하였으며, 직경 150 mm, 길이 300 mm, 약 30 kg급 Ti-Al-Fe

계 합금 잉곳을 제조 하였다. 제조한 잉곳의 성분과 미세조직, 상온 물성을 관찰하였으며 ISM으로 제작한 2 kg급 소재와 그 특성을 비교 하였다.

[P15-5]

TiAl계 터빈휠 제조를 위한 정밀주조용 산화물 주형과 TiAl 합금의 계면반응 평가: 이슬, 신명수, 김영직; *성균관대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Titanium aluminide, Oxide mold, Investment casting, Turbocharger, Interfacial reaction

TiAl 합금은 난가공성, 높은 융점 및 낮은 유동성으로 부품 제조가 어렵지만, 무게대비 우수한 고온 특성을 가져 니켈기 초내열 합금의 대체 소재로 적합하다고 알려져 있다. 자동차용 터보차져를 기존 IN713C 합금에서 TiAl 합금으로 대체할 때, 터보차져의 가속 응답시간이 최대 26% 증가되어 터보렉 현상이 완화된다. 하지만, 터보차져의 형상은 얇고 복잡하기 때문에 낮은 유동성을 갖는 TiAl 합금을 통해 부품을 제조하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 우수한 치수정밀도와 복잡한 형상의 정형 제조가 가능한 정밀주조 공정을 적용하여 산화물 주형을 제조하고, TiAl 합금의 낮은 유동성의 보완을 위해 원심주조를 진행하였다. 하지만, 티타늄 및 티타늄 합금은 고온에서 높은 반응성을 가져, 정밀주조용 주형과의 반응을 통해 표면 경화층이 생성된다. 이와 같은 경화층의 생성은 부품의 사용 환경에서 파단 시작점으로 작용해 주조품의 기계적 특성 및 피로특성을 저하시킨다. 따라서, TiAl 합금의 주조 시 생성되는 반응층의 제어를 위해 알루미나 주형 내 반응층의 주요 성분인 티타늄 산화물을 포함한 주형을 개발하고, TiAl 합금과의 계만반응 특성을 평가하였다.

[P15-6]

수소 첨가 열처리에 따른 Ti-6Al-4V 합금 분말의 격자 변형 및 고온 산화 거동: 조계훈, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Ti-6Al-4V, Hydrogen, Heat treatment, Lattice parameter, Oxidation resistance

타이타늄은 우수한 비강도, 내식성 및 생체적합성 등의 장점을 가진 금속이나, 고반응성 및 난가공성 등의 문제점으로 인해 다른 구조용 재료에 비해서 제조비용이 높은 단점을 가진다. 특히 대기 중 산소와 고반응성으로 발생하는 타이타늄의 산화는 타이타늄의 물성을 저하시키는 요인으로 타이타늄의 산화를 억제하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근의 연구를 살펴보면 타이타늄 분말의 수소를 이용한 열처리 방법이 새롭게 조명되고 있다. 이에 본 연구에서는 새롭게 고안한 수소 첨가 열처리 방법을 통해 Ti-6Al-4V 합금 분말의 고온 산화 거동을 확인하기 위하여, 제조된 분말을 가스 분석, XRD 및 TGA 분석을 통하여 물성 변화를 확인하였다. 수소 첨가 열처리 후 Ti-6Al-4V 합금 분말 내 수소는 500 ppm 이상 증가하였고, 이에 따라 Ti-6Al-4V 합금 분말의 격자 팽창이 확인되었으며 TGA 분석 결과 수소 첨가 열처리를 한 Ti-6Al-4V 합금 분말이 원재료 대비 높은 내산화성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

[P15-7]

β안정화 원소가 TiAl합금의 상변태에 끼치는 영향: 박성현, 박종문, 오명훈; *금오공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: titanium aluminide alloy, phase transformation, beta stabilizing elements

TiAl 합금은 우수한 고온강성, 비강도, 내산화성 등의 장점을 바탕으로 자동차 및 항공기 산업 부품 등의 대체재료로써 잠재적인 가능성을 인정받아 현재 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만 낮은 상온연성으로 인하여 실용화에 어려움을 겪고 있으므로 문제점을 해결하기 위해서는 bcc구조인 β상의 상변태가 유도되어야 한다. 현재까지 보고된 최적의 TiAl 합금계는 Ti-(45~47)Al-(1-3)X-(0.5~2)Y-(0~0.5)Z 이며, 2원계 TiAl 합금 상태도 중 가장 널리 인정받고 있는 것은 Odgen과 Bumps가 제안한 것이다. TiAl 합금에 제 3원소 첨가를 통한 β상 상변태 유도는 기존의 2원계 TiAl 합금에서 나타나지 않는 새로운 혼합상이 나타날 수 있으므로 이러한 상변태를 이해하기 위해서는 β안정화 원소를 첨가한 다원계 상태도 및 고온 상변태에 대한 연구가 뒷받침되어야 한다. 본 연구는 Ti-46.5Al 조성의 2원계 상태도를 바탕으로 Ti-46.5Al 조성에 β안정화 원소(Cr, Nb, W)를 각각 1, 3, 5 at%로 첨가하였을 때의 변화하는 상변태 온도를 DTA분석을 통해 예측함으로써 β안정화 원소 효과를 조사하였다. 상변태 온도 측정은 DTA장비를 이용하여 Ar분위기에서 실험을 진행하였고 측정온도 구간은 800°C~1500°C, 승온속도 3°C/min를 유지하였다.

[P15-8]

타이타늄 중공빌렛주조재의 열처리에 따른 기계적 특성 연구: 윤창석, 박양균, 최영신, 이동근; *순천대학교신소재공학과.*

Keywords: Casted titanium, Seamless tube, Extrusion, Heat treatment

타이타늄 소재는 다른 구조용 재료에 비해 비강도가 월등히 높으며, 낮은 탄성계수와 우수한 내식성을 나타내어 자동차, 해양 플랜트, 해수담수화, 의료 등의 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 플랜트, 담수화 등의 설비 핵심튜브소재로 타이타늄 및 구리계 합금이 경쟁적으로 활용되고 있는데, 용접관은 용접부에서 부식에 취약하여 마모부식, 응력부식균열 등이 발생하게 되고 기계적 물성에 악영향을 미친다. 이에, 제조비용이 많이 들어감에도 불구하고 타이타늄 심리스튜브의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 본 연구에서는 타이타늄 압출공정을 통해 심리스 튜브를 제조하기 위해 진공유도용해로를 이용하여 타이타늄 중공빌렛주조재를 제조하였으며, 이 중공빌렛의 균질화 열처리에 따른 조건별 상온 기계적 특성과 미세조직학적 특징을 평가하였다. 또한, 열처리된 중공빌렛 주조재를 이용하여 제조한 심리스 압출재 튜브의 특성을 평가하고 분석하였다.

[P15-9]

열간 압연을 이용한 TiAl합금의 상온 및 고온에서의 기계적 특성 연구: 김종훈[1], 김성웅[1], 김승언[1], 박용호[2]; [1] *한국기계연구원 부설 재료연구소.* [2] *부산대학교.*

Keywords: 타이타늄, TiAl합금, 열처리

TiAl합금은 높은 내열 및 내산화성을 가지고 있어서 자동차 및 우주항공 응용분야에서 많은 관심을 받고 있다. 하지만 주조상태에서 상온 연성이 거의 없어서 사용하기가 까다롭다.이를 해결하기 위해서 베타 안정화 원소인 Nb, Cr, Si을 넣어서 TiAl합금을 주조하여 열간 압연을 통해 결정입계의 크기를 작게 만든 후, 상온 및 고온 인장시험 및 미세조직을 관찰을 하여서 기계적 특성이 기존의 합금에 비해 얼마나 나아졌는지를 알아보았다.

[P15-10]

CP Ti와 TiAl의 산화 및 탈산 거동 비교: 채지광, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: CP Ti, TiAl, Oxidation, Deoxidation, Oxide layer

본 연구에서는 최근 고온용 재료로써 수요가 높은 TiAl의 고온에서의 산화 및 탈산 거동을 알아보았다. 정확한 거동을 비교하기 위해 CP Ti과 동일한 조건으로 산화 및 탈산을 진행하였다. 먼저 CP Ti과 TiAl 모두 대기 중에서 1273K 으로 3시간 동안 산화를 진행하였다. 이후 산화된 CP Ti과 TiAl을 칼슘증기를 이용한 비접촉식 탈산법으로 1273K 에서 1시간 동안 탈산을 수행하였다. 이렇게 산화 및 탈산된 CP Ti과 TiAl의 서로 다른 거동을 비교하기 위해 XRD, OM, SEM-EDS, 가스분석기를 이용해 분석을 하였다. 분석결과 CP Ti과 TiAl은 산화와 탈산 및 내부의 산소 침투에 있어서 상당히 다른 거동을 확인하였다. 이는 CP Ti은 단일 산화막이 생성되는 반면 TiAl은 TiO_2와 Al_2O_3의 혼합 산화막이 형성되어 이러한 거동의 차이가 나타나는 것을 확인하였다.

[P15-11]

TiH_2 분말을 활용한 TiNi 합금 소결체 제조 및 특성 평가: 임노운, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: 타이타늄 합금, 소결, TiH2 분말, 생체재료

TiNi 합금은 형상기억효과, 내식성, 생체적합성이 좋은 재료로 알려져 있으며 이러한 특징 때문에 우주항공, 생체재료 등 다양한 분야에서 활용되고 있는 재료이다. 그러나 Ti-Ni 이원계 상태도에서의 열역학적 반응에 따라 TiNi 상을 형성시키는 것 보다 Ti_2Ni 상 및 $N_{i3}Ti$ 상이 생성되기 쉬워 본 연구에서 목표로 하는 TiNi 상을 생성하는 것이 어려운 단점을 가지고 있다. TiH2 분말을 활용하여 소결할 경우 TiH2 분말의 탈수소화 반응을 통해 반응온도를 증가시켜 Ti_2Ni 및 Ni_3Ti 금속간화합물 상을 감소시킨다는 연구가 보고된 바 있으며 상대적으로 가격이 저렴한 TiH_2 분말을 활용하여 제품의 부가가치성 또한 확보하고자 하였다. 본 연구에서는 Ni 및 Ti/TiH_2 분말의 혼합을 기계적 밀링 방법이 아닌 수평 회전으로 단순 혼합을 진행하였으며, 기존의 가압 소결 방법이 아닌 고진공 열처리($5.0x10^{-5}$torr) 방법을 통해 연구를 진행하였다. 또한 TiH_2 분말을 사용하여 TiNi 합금 소결체를 제조하고자 소결조건은 800-1200°C에서 소결하였고, 소결 특성의 비교를 위하여 Ni 분말을 사용한 TiNi 소결체를 제조하여 특성을 비교하였다.

[P15-12]

TiAl 합금과 SCM440의 접합계면에 미치는 삽입금속의 영향: 박종문[1], 박성현[1], 이지현[1], 김기영[1,2], 김경균[2], Kazuhiro ITO[3], 오명훈[1]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]A.F.W(주). [3]Joining and Welding Research Institute of Osaka University.*

Keywords: TiAl, Intermetallic compound, Insert metal, Friction welding, Interfacial reaction

본 연구에서는 마찰용접을 이용한 TiAl 합금과 SCM440의 접합계면에서 발생되는 금속간화합물과 미세한균열의 생성을 개선하기 위해서 Al, Cu, Ni을 삽입금속으로 선정하여 접합계면에 미치는 영향을 분석하였다. 삽입금속의 종류에 따라 마찰용접시에 발생되는 마찰열의 차이가 발생하였으며, 마찰열은 Al < Cu < Ni로 Al이 500°C정도로 가장낮고, Ni이 1100°C로 가장 높게 측정되었다. 이러한 마찰열의 차이로 인하여 삽입금속의 종류에 따라 접합계면에서의 금속간화합물층의 두께와 구성하고 있는 화합물의 종류 그리고 미세균열의 분포의 차이가 관찰되었다. Al을 사용한 경우에는 TiAl 합금과 Al의 계면과 Al과 SCM440의 계면 모두 금속간화합물층과 미세균열이 관찰되지 않았다. Cu을 사용한 경우에는 Cu와 SCM440의 계면에서는 변화가 관찰되지 않았지만, TiAl 합금과 Cu의 계면에서 1~2 μm 크기의 금속간화합물층과 외각에서 미세균열이 관찰 되었다. SEM과 TEM을 이용하여 분석한 결과 TiAl 합금과 Cu의 접합계면에서 생성된 금속간화합물은 TiAlCu 3원계 합금과 TiCu 2원계 합금으로 조사되었다. Ni을 사용한 경우에는 금속간화합물층이 100~150 μm 크기로 넓게 나타났으며, 외각에서부터 중심까지 미세균열이 넓게 분포되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 삽입금속의 종류에 따라 발생되는 마찰열의 온도차이가 발생되고 이러한 마찰열의 차이로 인하여 접합계면에서 생성되는 금속간화합물층의 크기와 미세균열의 분포에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 금속간화합물층의 크기와 미세균열의 분표는 접합강도의 중요한 요인으로 작용하기 때문에 2가지 요인을 조절하여 우수한 접합강도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[P15-13]

Study of Tensile Fracture Morphology and Mechanism on MIM Product Ti-6Al-4V from Water-Soluble Debinding Method: 수프로보고잘리[1], L. E. Hye[2], J. S. Jun[2], Eng Ryul Baek[1]; *[1]Yeungnam University. [2]Kyerim.*

Keywords: Metal Injection Molding, Ti-6Al-4V, Water Soluble Debinding, Fracture Morphology

The most common used Ti-6Al-4V now is possible to be developed by using Metal Injection Molding (MIM) which exhibits similar properties with its wrought counterparts. Many researches in MIM have been conducted to improve both its strength and elongation while decreasing the amount of porosity. Fracture morphology and mechanism in Ti-6Al-4V during tensile deformation has been published recently, however the reports on the MIM product is limited due to the typical of MIM microstructure which the pores are distributed in lamellar α/β. The purpose of this study is to define the fracture mechanism in MIM product Ti-6Al-4V after tensile deformation by using electron disperse spectroscopy, electron microscope, light microscope and quantitative metallography. The

mixture of fine and coarse dimples morphology in fractured sample were influenced by lamellar size and pore distribution which will affect the final mechanical properties. By understanding the mechanism and morphology of fractured sample, the ideal microstructure of high strength and elongation MIM product can be developed.

[P15-14]

분말 소결 제조된 W 첨가 Ti6Al4V 합금의 미세조직 및 강도 변화: 남동윤[1], 최현진[1], 계인석[1], 이지영[1], 오용준[1], 권영삼[2]; *[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2](주)쎄타텍.*

Keywords: Ti합금, 분말야금, 미세조직, 인장특성, XRD

Ti6Al4V 합금은 내식성이 우수하고 강도가 높아서 항공기 및 군수용 재료로써 상용화 되어있다. Ti6Al4V 합금에 W 함량을 다르게 하여 1200°C 및 1250°C에서 분말 소결 및 900°C에서 HIP 처리후 제조한 합금의 미세조직 및 강도 특성의 변화를 평가하였다. 1250°C에서 소결된 합금은 W 함량이 5%에서 높은 연신율과 인장강도와 항복강도를 보였다. W 함량이 증가함에 따라 β상의 분율이 증가했고 조직이 매우 치밀해졌다. W함량이 높을수록 표면 딤플이 미세하며 균일하였다. 1200°C 에서 소결된 합금은 W 함량 1%에서 가장 높은 연신율을 보였고, 인장강도와 항복강도는 W 함량이 증가할수록 증가함을 보였다. 1250°C에서 소결된 합금에 비해 낮은 특성을 보였고, W 함량이 증가함에 따라 β상이 증가하는 특성은 유사하였다. W 함량이 높은 합금에서 라멜라 구조가 매우 치밀하며 α상도 폭이 상당히 좁아졌고, β상이 증가하였다. 파면 딤플이1250°C에서 소결된 합금에 비해 잘 발달하지 않고 균질도가 떨어졌다. XRD 분석시 W함량이 증가할수록 β상의 피크가 높아졌다. W 함량이 높아질수록 조직이 치밀해짐에 따라 강도 특성이 향상되므로 고강도를 요구하는 부품에 대한 적용이 기대된다.

[P15-15]

저비용, 저융점 원소로 구성된 고강도 TRIP 타이타늄 합금에서 Mn의 영향: 오정목[1], 강남현[2], 박찬희[1]; *[1]재료연구소. [2]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Titanium alloy, TRIP, Metastable β phase, DV-Xα Molecular orbital method

타이타늄 합금의 고강도에 대한 연구는 다양한 산업 전반에 경쟁력을 확보하는데 필수적이다. 하지만 고강도화에 따른 연신률의 저하는 타이타늄 합금뿐만이 아닌 금속 합금의 대표적인 문제이며, 이를 극복하기 위한 방법 중 하나는 TRIP (Transformation Induced Plasticity)현상이 수반된 합금 설계이다. 타이타늄 합금에서 TRIP 현상이 발현되기 위해서는 준안정상태의 β상이 반드시 필요하며 이는 합금원소에 의해 결정된다. 타 연구에 의하면 준안정 β 단상으로 이루어진 합금에서 TRIP 현상이 보고되었으며 이때 α? 상변태, {332} Twin등 복잡한 변형 기구가 작동하는 것을 확인하였다. 하지만 일반적으로 β안정화 원소는 Mo, Nb, Ta등 중금속이 대부분이기 때문에 합금 형성 시 비강도를 저하시키며 이들의 용융 온도가 상대적으로 높은 편이기 때문에 합금 제조 시 용융공정에 많은 에너지가 요구되어 경제성을 저하시키는 요인이 된다. 이와 더불어 준안정 β 단상을 형성하기 위해서는 상대적으로 많은 합금량이 요구되어 문제를 가중시킨다. 따라서 본 연구에서는 준안정 β상과 α상이 공존하는 2상 합금을 설계하였다. 이때 사용된 합금원소는 저비용, 저융점 원소들로 선정하였고 DV-Xα 분자궤도법을 통해 TRIP현상을 수반하는 합금인 Ti-Al-Fe-Mn계 합금을 설계하였다. 또한 Mn 함량에 따른 β상의 준안정도와 인장 물성 및 미세조직 사이의 관계를 분석하였다.

[P15-16]

Effect of various cooling rate and aging treatment on hardness properties of lamellar α + β wire Ti-6Al-4V alloy as-annealed: Janu Ageng Nugroho, Nur Arief Meyviawan, Desrilia Nursyifaulkhair, Eung Ryul Baek; *영남대학교.*

Keywords: Ti-6Al-4V; Heat treatment; cooling rate; Aging; Hardness

We had studied about improving properties by heat treatment for full lamellar α + β microstructure. It employs a double-stage heat treatment that includes annealing treatment at 950°C for 90 minutes and aging treatment at 550°C for 480 minutes. Addition In, we tried using different cooling rate that were air-cooling (8.097°C/s), furnace cooling (0.08°C/s) and quench water (187°C/s). High cooling rate achieved full martensitic α. Besides the slow cooling rate, the yield of lamellar spacing 3.3 ± 1.2 μm, meanwhile as received material lamellar spacing 0.6 ± 0.08 μm. It also had the lowest prior β grain size, 62 ± 0.9 μm. Additional aging treatment was slightly increased in the lamellar spacing 3.4 ± 0.6 μm, as well as in the prior β grain size 164 ± 41.9 μm. 393-381 HV due to martensitic microstructure. While the air-cooling and furnace cooling was obtaining 370-346 HV and 345-320 HV, respectively. Additional aging treatment achieved 380-365 HV due to formation of secondary α_s and precipitation α_2 (Ti_3Al). In this experiment, we also studied the precipitate α_2 and secondary α_s by SEM, EDS and XRD measurements.

[P15-17]

Effect of hot forging on microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy produced by vacuum arc remelting process: Tae-hyuk Lee[1], Bung-Uk Yoo[2], Yong-Bum Lee[3], Hyeon-Jin Park[3], Kwang-Hyuk Lim[3], Jong-Hyeon Lee[2]; *[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. [2]Chungnam National University. [3]HANSCO Co.LTD.*

Keywords: Ti-6Al-4V alloy, Hot forging, Microstructure, Tensile strength, Hardness

Hot forging is a manufacturing forming process involving the application of compressive forces in order to deform a workpiece and create a desired geometric change. Hot forging affects the properties of Ti-6Al-4V alloy. In particular, forging can strengthen the alloy by eliminating cracks and voids within the metal. Grain structure can also be altered due to the metal flow during the process. Thus, forging represents an optimum way to create favorable grain structure greatly increasing the strength of Ti-6Al-4V alloy. For these

reasons, forging gives distinct advantages over other processes as casting or machining in terms of mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy. In this study, the effects of hot forging process on microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy were investigated. The effects of microstructural features on mechanical properties were analyzed.

[P15-18]

Carbochlorination에 의한 일메나이트 광석 중 Fe 제거: 이소영, 박성훈, 홍성민, 손호상; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: ilmenite ore, reduction, coke, removal rate, selective chlorination

백색 안료로 사용되는 TiO_2나 금속 타이타늄을 생산하기 위한 타이타늄 광석으로 천연 루타일이나 일메나이트가 주로 사용되는데 루타일은 TiO_2의 함량은 높으나 매장량이 적어 상대적으로 철이 많이 포함된 일메나이트를 고순도화 공정을 거쳐 사용하고 있다. 본 연구에서는 일메나이트로부터 Fe의 선택적 염화법에 의해 합성 루타일을 제조하는 공정에서 철의 제거율에 미치는 온도, 시간, 유량, 염소분압, 코크스 첨가비의 영향에 대해 검토하였다. 일메나이트 10 g과 일정한 비율의 코크스를 석영 보트에 장입하고 승온 완료 후 시료보트를 노 중앙에 장입하였다. Ar가스 분위기에서 일정시간 유지한 후 Cl_2 가스를 취입하여 반응시켰다. 반응 후 희석한 HCl 용액에 침출하여 잔류 염화물을 제거하고, 건조시킨 후 코크스를 분리하여 다시 무게를 측정하고, X-선회절 분석, SEM 관찰, ICP 분석을 수행하였다. Ti의 제거율은 온도, 염소분압 등에 관계없이 낮은 수준을 유지하였으나 Fe의 제거율은 온도가 증가할수록 증가하였고, 염소분압이 증가할수록 증가하였다. 그러나 염소분압을 일정하게 하고 전체 유량을 증가시켰을 때 Fe의 제거율에서 큰 변화가 없는 것으로 보아 염소가스의 전체유량 보다는 염소분압의 영향이 큰 것으로 생각된다. 또한 XRD 분석 결과 60분 반응시킨 후 시료에서 hematite와 Fe-Ti 복합 산화물 상은 나타나지 않고, TiO_2 상만 나타난 것을 확인하였다. 이를 Shrinking core model에 적용하여 해석하였을 때, Fe의 염화반응은 생성물층을 통한 반응물질의 확산에 의해 율속되는 것으로 판단되며, 활성화에너지는 111.433 kJ/mol로 계산되었다.

[P15-19]

금속 칼슘을 이용한 벌크형 Ti-6Al-4V 합금의 산소 저감: 김태헌, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Ti-6Al-4V, Deoxidation, Calcium, Bulk

대표적인 타이타늄 합금인 Ti-6Al-4V 합금은 비강도와 내식성이 매우 뛰어난 신소재이나 고융점, 고반응성 특성 때문에 가공 및 변형이 어려워 제조비용을 절감하기 위한 재활용 연구가 활발히 진행되고 있다. 타이타늄의 재활용에 있어 가장 큰 문제점은 가공 중 발생하는 산소의 오염이며, 재료의 고부가가치화를 위해 산소의 저감은 필수적이다. 따라서 본 연구는 금속 칼슘을 사용하여 타이타늄 합금의 산소 저감을 실시하였다. 실험은 고진공 분위기에서 고상탈산법(DOSS, DeOxidation in Solid State)에 의해 진행되었으며, 700~1000°C 의 온도 범위에서 1시간 유지되었다. 추가적으로 보다 낮은 산소 저감을 위해 탈산공정을 1회 반복하는 재탈산 공정을 실시하였다. 실험 결과 1000°C에서 1회 탈산을 통하여 52%의 산소 저감을 나타냈으며, 추가적인 재탈산 공정을 통하여 65%의 산소 저감을 나타냄으로 금속 칼슘을 이용한 저산소 Ti-6Al-4V 합금의 저산소화가 가능하였다.

[P15-20]

Tensile behavior of a newly developed high-temperature titanium alloy at room temperature and 650°C: 나라야나[1], 김성웅[1], 홍재근[1], N.S. Reddy[2], 염종택[1]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]경상대학교.*

Keywords: High-temperature titanium alloy, tensile properties, zirconium silicides, Ti_3Al and aging.

Near alpha titanium alloys got great importance in high temperature component applications. Commonly used high-temperature near-alpha titanium alloys contain Al, Zr and Si as their alloying elements. Significant losses of mechanical properties and cleavage mode failures are evident due to the presence of Ti_3Al and S2 types of zirconium silicides ($(TiZr)_6Si_3$) in these alloys. Taking this problem as consideration the present study was focused to development of a new alloy (Ti-6.5Al-3.0Sn-4.0Hf-0.2Nb-0.4Mo-0.4Si-0.1B) by replacing Zr with Hf to avoid the formation of zirconium silicides. The effect of aging temperature on microstructural features and failure mode of alloy was studied. Aging at 700°C for five hours successfully eliminated the Ti_3Al phase and significantly improved the room-temperature ductility. Tensile tests were carried out at room temperature and at 650°C. The mechanical properties of the present alloy were significantly improved compared to those of existing high-temperature titanium alloys under testing at ambient and 650?C.

[P15-21]

수소 플라즈마 아크 용해에 의한 TiAl 스크랩의 정련 및 탈산: 이도성, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: TiAl, Plasma arc melting, Deoxidation, Refining, Hydrogen

TiAl 합금은 지난 20년간 항공 우주, 자동차 산업 등에서 고온 구조재료로서 주목을 받아왔다. 낮은 밀도, 높은 비강도와 고온에서의 산화 저항력이 높기 때문에 니켈 기반의 초합금의 대체 재료로서 제시되고 있다. 이 연구에서는 TiAl 스크랩으로부터 함유된 산소와 금속 불순물을 제거하기 위해 수소 플라즈마 아크 용해를 이용하였으며, 시간에 따른 정련효과를 연구하였다. 수소 플라즈마 아크 용해에 사용된 전력량은 6KW, 분위기는 Ar이 80%, H2가 20%, 용해 시간은 5분, 10분, 20분, 30분으로 실험하였다. 위 조건으로 용해한 TiAl 버튼형 잉곳을 XRD, ICP, 산소분석기를 사용하여 분석하였다. 연구 결과 탈산 과정에 있어서 수소가 중요한 역할을 한다는 것과 용해 시간이 길어질수록 TiAl 스크랩 내의 산소와 금속 불순물 등이 더 크게 감소한다는 것을 확인하였다.

[P15-22]

Mm첨가에 의한 Ti-Al-Mo-Nb 합금의 조직미세화 및 인장특성: 최광수[1], 송영범[2], 이승훈[3], 박준식[1]; *[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]경북대학교 금속신소재공학과.*

Keywords: 미쉬메탈, TiAl, 열처리, 인장시험

γ-TiAl은 우수한 비강도 및 내크립성 등으로 고온재료로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 Ti-Al-Mo-Nb 합금에 낮은 가격의 란탄계의 물질로서 Ce과 La으로 이루어진 Misch (Mm)을 첨가해 Mm 조성 변화, 열처리 온도 그리고 냉각시간 조건에 따른 상변태를 고찰 하고 기계적 물성 평가를 진행하였다. 상변태는 PandatTM 으로 계산된 isoplethal 상태도를 이용하여 참고했다. Mm의 첨가로 합금의 미세조직에서 란탄계 산화석출물이 생성 되었고, 이러한 석출물이 조직의 미세화와 분산 강화 효과 그리고 lamella 구조를 파괴 하였다. 1350°C 열처리 이후 ?칭을 통하여 Mm 첨가에 따른 고온 영역의 상을 비교 분석 하고 1250°C의 열처리 이후 로냉한 합금에서 α, γ 상이 팽창한 상변태를 확인하였다. 이를 통해 Mm의 첨가를 통한 합금의 상변태에 미치는 영향을 제시 하였으며, 이러한 Mm을 첨가한 합금에서 800°C의 온도에서 500 MPa 이상의 인장강도를 얻을 수 있었다.

[P15-23]

Sintering properties of Ti-27Nb alloys prepared using Ti/TiH_2 powders under ASP/HSP: Gui Yunwei, 오정민, 임재원; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Ti-27Nb alloy, Sintering, Density, Hardness, Hydrogen sintering process(HSP)

In the present study, Ti-27Nb alloy specimens were prepared by Ti/TiH_2 powders with Nb powders under Argon Sintering Process (ASP) and Hydrogen Sintering Process (HSP). X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), sintered density, Vickers and Rockwell hardness of the Ti-27Nb alloys under different sintering process as a function of the vacuum sintering temperature (1350-1450°C) were measured. The results show that the Ti-27Nb alloy sintered bodies with high density and hardness were obtained by the HSP. In addition, a pore size and number of the HSP specimens were smaller and less than those of the ASP specimens. It was found that the Ti-27Nb alloy by HSP can prevent the formation of oxide layers, resulting in enhancing densification and hardness. Furthermore, HSP can also prevent the formation of hydrides and reduce the dehydrogenation step. At the same time, the problem of brittleness and failure caused by hydride formation could be solved.

[P15-24]

생체의료용 Ti-39Nb-6Zr 합금의 미량 Si 첨가에 따른 미세조직과 기계적 성질의 변화: 장지훈, 최영신, 윤창석, 이동근; *순천대학교 신소재공학과.*

Keywords: Ti-39Nb-6Zr alloy, Silicon, Bio-medical materials, Mechanical property

타이타늄 및 타이타늄 합금은 비강도와 내식성이 뛰어나며 특히 생체적합성이 우수하여 인공관절, 치과용 임플란트와 같은 의료 분야 소재로 널리 사용되고 있다. 타이타늄 합금 중 가장 상용화 된 Ti-6Al-4V의 경우, 기계적 성질이 우수하나 합금원소인 Al 과 V의 세포독성에 의한 생체 유해성이 보고되어 의료 분야에서의 사용이 제한되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 TNZ40 (Ti-39Nb-6Zr)합금이 개발되었다. TNZ40 합금은 세포독성이 거의 없는 β상 안정화 원소 Nb, Zr을 합금원소로 첨가시켜 생체에 무해하며, 탄성계수가 뼈의 탄성계수(10-30 GPa)에 가깝다는 이점이 있다. 하지만 TNZ40 합금의 기계적 강도는 Ti-6Al-4V 합금에 비해 낮은 편이기 때문에 합금의 기계적 성질을 향상시키기 위해 미량의 Si를 첨가하였다. 이에, 본 연구에서는 TNZ40 합금의 Si 첨가에 따른 영향 및 Si 첨가량 증가에 따른 미세조직과 기계적 성질의 변화를 고찰하였다.

P16 : 열전재료
Room 3층 로비, 4월 26일

[P16-1]
Polyimide를 이용한 열전소자 코팅에 관한 연구: 황인지, 김현철, 김참, 김호영, 김동환; *DGIST.*
Keywords: 열전소자, 폴리이미드, 산화방지막, 코팅
열전발전과 열전냉각에 사용되는 열전소자는 사용환경에 따라 부식이나 산화현상 등으로 인하여 짧은 수명을 나타내기 때문에 사용환경에 대한 제약을 받는다. 본 연구에서는 열전소자의 코팅소재 또는 열전소자 내부의 충진재로 사용할 수 있는 폴리이미드 소재를 이용하여 열전소자의 내구성을 확보하고자 하며 폴리이미드를 이용한 열전소자 코팅 공정기술에 관하여 연구하였다. 열전소자에 적용하기 위한 폴리이미드 합성공정을 개발을 개발하였으며 상용 열전소자에 가장 많이 사용되는 Bi-Te계 열전소재에 적용하여 개발 가능성을 확인하였다. (본 연구는 산업통상자원부 (MOTIE)와 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20172010000830))

[P16-2]
기계적 합금화와 열간 압축으로 제조한 테트라헤드라이트 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$의 열전 특성: 곽성규, 김성윤, 피지희, 이고은, 김일호; *한국교통대학교.*
Keywords: thermoelectric, tetrahedrite, mechanical alloying, hot pressing
테트라헤드라이트(tetrahedrite)의 기본 조성은 $Cu_{12}Sb_4S_{12}$으로 천연 광물이 존재하여 구성 원료가 풍부하고, 복잡한 결정 구조로 인해 열전도도가 매우 낮아 우수한 열전 재료로서 많은 관심을 받고 있다. 테트라헤드라이트는 Sb 원자의 고립 전자쌍(lone-pair electrons)으로 인한 척력 발생으로 Cu 원자가 저주파 고진폭으로 진동하여 낮은 격자 열전도도를 유도한다. 일반적으로 용융 방법을 이용해 테트라헤드라이트를 합성할 때 S의 낮은 비점으로 인해 정교한 반응(승온/유지/냉각)이 필요하며, 상변태 및 균질화를 위해 오랜 시간의 열처리가 요구된다. 따라서 이번 연구에서 고상반응의 일종인 기계적 합금화(MA) 공정으로$Cu_{12}Sb_4S_{12}$를 합성하였고 열간 압축(HP)으로 성형하였다. 350 rpm, 24 시간 MA에 의해$Cu_{12}Sb_4S_{13}$가 성공적으로 합성되어 추가적인 열처리는 불필요하였고, 70 MPa의 압력으로 723 K에서 2 시간 HP에 의해 이론 밀도에 가까운 치밀한 성형체를 얻었다. 도핑하지 않은 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$의 무차원 성능지수(ZT)가 723 K에서 0.87로서 우수한 열전 특성을 나타내었다.

[P16-3]
자동차에 설치되는 친환경 열전 냉각기의 소비전력조건 최적화: 김다혜[1], 김시진[2], 한승우[3]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]TETech. [3]한국기계연구원.*
Keywords: 열전, 자동차, 냉각기
현재 전세계는 과학기술의 발전과 함께 환경오염을 극복하기 위해 노력으로 열에너지와 전기에너지의 상호변환기술인 열전기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 즉, 열전기술이란 환경에 영향을 주지 않으며 냉각 시스템을 형성할 수 있는 기술이다. 그뿐만 아니라 냉매를 이용하지 않아 소형의 냉각 장치를 만들 수 있다.이 연구에서는 자동차 냉방시 빠르게 시원해지지 않는 자동차의 뒷자석을 위한 소형의 냉각공조장치를 열전 기술을 이용하여 열전 냉각기(Thermoelectric Cooler)를 제작하였다. 열전 냉각기(TEC)는 두 개의 blower fan을 이용하여 하나의 blower fan은 열전소자 고온부의 열을 빼주는 역할을 하며, 다른 하나는 열전소자 저온부로 불어주어 차가운 공기가 차량 내부로 들어갈 수 있도록 해준다. TEC는 자동차 뒷자리 공간의 천장에 설치하기 위해 소형으로 제작하였으며, TEC의 두께는 40 mm이고 무게는 0.885 kg이다. 유로는 열전도도가 적은 테프론(Teflon)을 재료로 사용하였고, 고온부와 저온부 사이의 열교환을 막기 위해 유로의 방향을 엇갈리게 하였다. TEC의 성능을 평가하기 위해 250 mm × 250 mm × 250 mm의 부피를 가진 공간에 TEC를 설치하여 내부공간 중앙부의 온도가 45°C에서 26°C까지 냉각되는 시간을 측정하였다. 이 때 TEC의 냉각하는 시간은 열전소자뿐만 아니라 고온부와 저온부의 소비전력에 영향을 받는다. TEC의 소비전력 조건들을 분석하였으며, 분석결과를 통해 열전냉각기의 소비전력 조건을 최적화하였다.

[P16-4]
Ge이 도핑된 고망간 실리사이드 $MnSi_{1.72\sim1.73}$:Ge_m의 열전 특성: 이인재, 박솔빈, 김일호; *한국교통대학교.*
Keywords: thermoelectric, higher manganese silicide, HMS, solid-state reaction, hot pressing
고망간 실리사이드(HMS: higher manganese silicide)는 500 K에서 800 K의 온도 범위에서 유망한 P형 열전 재료로서, 높은 산화 저항성과 환경 친화성 및 뛰어난 열적 안정성 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 고망간 실리사이드는 Nowotny chimney ladder 결정 구조를 가지며, $Mn_{11}Si_{19}(MnSi_{1.72})$, $Mn_{15}Si_{26}(MnSi_{1.73})$, $Mn_{27}Si_{47}(MnSi_{1.74})$ 및 $Mn_4Si_7(MnSi_{1.75})$의 네 종류가 존재한다. 고망간 실리사이드의 열전 특성을 향상시키기 위하여 다양한 도펀트의 첨가가 시도되고 있다. Si 자리에 Ge을 도핑할 경우, 동족 원소의 치환으로 전하 보상의 개념에서 벗어난 다른 도핑 효과를 기대할 수 있다. Ge과 Si의 공유 반경의 차이로 결합 길이가 변화되어 격자가 왜곡되고, 이로 인해 운반자 농도의 변화를 기대할 수 있다. 이번 연구에서 Ge이 도핑된 고망간 실리사이드 $MnSi_{1.72\sim1.73}$:Ge_m를 고상 반응법으로 합성한 후, 열간 압축으로 소결하여 Ge 도핑에 따른 열전 특성을 평가하였다.

[P16-5]

Sb_2Te_3 와 polystyrene nano bead를 이용한 다공성 유/무기 열전복합소재 제조 및 열전특성 분석: 노경환, 김혜영, 신한균, 엄누시아, 김지원, 임재홍; *한국기계연구원부설 재료연구소.*

Keywords: 열전소재, 안티모니, 다공성

최근 화석연료를 대체하기 위해 세계적으로 대체 에너지원 확보를 위한 노력이 전개되고 있다. 열전소자는 열에너지를 전기에너지로, 전기에너지를 열에너지로 직접 변환하는데 사용되는 소자로 잘 부응하는 소재이자 기술이다. 본 연구에서는 열전특성을 향상시키기 위해 Nano size의 polystyrene bead를 이용한 다공성 구조를 제조함으로써 phonon scattering을 증대시켜 열전도도를 감소 시켰다. bead의 size 및 전기도금 방법을 통해 porosity 및 다공성구조를 변화를 조절하여 열전특성 중 가장 이슈가 되는 열전도도와 전기전도도의 디커플링 현상을 조절하였다. 뿐만 아니라Sb_2Te_3 열전소재의 density감소로 재료절감을 통한 경제적 이점, 무기물 대신 유기물의 함량이 증가함에 따른 무게감소 인해 다양한 분야의 적용이 가능한 장점이 있다. 수십에서 수백 나노미터의 polystyrene nano bead를 직접 제조하였으며, 실리콘 기판 위에 nano bead를 spin coating하여 균일하고 재현성 좋은 nano bead층을 형성하였고, bead층 위에 Sb_2Te_3를 전기도금 하여 유/무기 열전복합소재를 성공적으로 제조하였으며, 다공성의 유무, 구조변화에 따른 열전특성을 비교 분석하였다.

[P16-6]

Localization effect of thermoelectric properties in $(Bi_2Te_3)_{0.95-x}(Bi_2Se_3)_x(Bi_2S_3)_{0.05}$ quaternary system: 조현용, 백송이, 이종수; *경희대학교국제캠퍼스.*

Keywords: Carrier localization, variable range hopping, thermoelectric properties

Bi_2Te_3-based compounds have been widely studied by the thermoelectric materials due to its high thermoelectric performance around room temperature. However, Bi_2Te_3-based materials are included as variable native disorder such as anti-site defect, vacancy, dislocation, impurity and so on. Therefore, those electronic structures have not been appropriately indicated. For this reason, n-type undoped-Bi_2Te_3 based materials are not easy to succeed in optimization of figure of merit in comparison with p-type $(Bi,Sb)_2Te_3$ based materials. Here, we investigated thermoelectric properties of $(Bi_2Te_3)_{0.95-x}(Bi_2Se_3)_x(Bi_2S_3)_{0.05}$ (x=0.05, 0.2) which are induced disorder. We confirmed strongly carrier localization in $(Bi_2Te_3)_{0.95-x}(Bi_2Se_3)_x(Bi_2S_3)_{0.05}$ compounds due to system of induced disorder with increasing Se concentration. By x-ray diffraction, peak broadening appeared by strongly lattice strain in $(Bi_2Te_3)_{0.75}(Bi_2Se_3)_{0.2}(Bi_2S_3)_{0.05}$ compound. By the 3D variable range hopping, carrier localization is demonstrated by electrical transport measurements at low temperatures, which indicate the localized nature of the electronic states on the Fermi level. Also, the carrier concentration, mobility and mean free path are about $2.5\times10^{18}\,cm^{-3}$, $17\,cm^2V^{-1}s^{-1}$, 0.46 nm in $(Bi_2Te_3)_{0.75}(Bi_2Se_3)_{0.2}(Bi_2S_3)_{0.05}$ compound at 10K. In order to suppress carrier localization, we also investigated the effect of Cu/I co-doping on the thermoelectric properties of $(Bi_2Te_3)_{0.95-x}(Bi_2Se_3)_x(Bi_2S_3)_{0.05}$ (x=0.05, 0.2). By Cu/I co-doping, we proposed that the Fermi level deviate localized electronic state and localized band tail disappear. Consequently, a high value of ZT of 0.85 was achieved at 523K in CuI-doped $(Bi_2Te_3)_{0.75}(Bi_2Se_3)_{0.2}(Bi_2S_3)_{0.05}$.

[P16-7]

Sb_2Te_3과 PEDOT:PSS 나노파이버를 이용한 유·무기 복합열전소재 합성 및 평가: 김혜영, 노경환, 엄누시아, 김지원, 임재홍; *한국기계연구원부설재료연구소.*

Keywords: Sb_2Te_3, PEDOT:PSS, Electrical Conductivity, Seebeck coefficient , Thermoelectric composites

최근, 유·무기 복합화를 통하여 제벡 계수와 전기전도도 향상 및 열전도도 저하효과로 열전특성을 극대화 하고 있다. 무기 열전소재 가운데 Sb_2Te_3는 상온에서 작동 가능한 p형 열전 물질로 잘 알려져 있다. 하지만 기계적 특성 및 가격이 매우 비싼 단점이 있다. 반면, 가격이 저렴하고 상대적으로 높은 열전 특성을 가진 전도성 고분자가 주목을 받으면서 유기 열전 소자개발이 이슈로 떠오르고 있다. 이 중에 높은 전도도를 가지는 PEDOT:PSS가 가장 주목 받고 있다. 따라서 본 연구는 고성능 유/무기 Sb_2Te_3/PEDOT:PSS 복합 열전소재를 합성하기 위하여 계면 및 각 유/무기 소재의 열전특성을 제어하였다. 무기 열전소재인 Sb_2Te_3를 스퍼터링방법을 통해 기판을 형성하였고, 열전특성을 향상시키기 위하여 전기도금법 및 열처리를 통하여 나노구조를 형성하였다. 또한, 유기 소재인 PEDOT:PSS는 전기방사법을 통하여 나노파이버 템플릿을 형성하였으며, 열전특성 및 복합체의 특성을 제어하기 위하여 나노파이버의 직경 및 밀도를 제어하였다. 열전 복합체의 유/무기 계면을 제어하기 위하여 ethylene glycol(EG)을 이용하여 전기전도도 및 일함수를 제어하였고, 합성된 복합 열전소재의 유/무기 volume ratio 및 계면에 따른 열전/전기적 특성의 변화를 관찰하였다.

[P16-8]

산화물 환원공정에 의해 제조된 Cu_2Se 합금분말의 전기적 특성: 신지은, 임영수, 이길근; *부경대학교신소재시스템공학과.*

Keywords: Thermoelectric, Cu_2Se, Oxide-Reduction Process, Electrical Properties

열전재료는 Seebeck효과와 Peltier효과를 이용하여 열에너지와 전기에너지를 가역적으로 변환시키는 반도체 재료로써 최근 에너지 효율적 활용을 위한 신재생에너지의 한 종류로 주목받고 있다. 현재 상업적으로 많이 사용되는 열전재료는 Bi-Te계로 상온영역에서 성능이 우수한 것으로 알려져 있다. 하지만 Te의 자원희소성과 가격불안정성 등과 같은 자원적 문제점으로 인하여 최근에는 Cu-Se계, Sn-Se계, Mg-Si계 등과 같이 Te을 사용하지 않는 열전재료에 대한 개발이 활발해지고 있다. 한편, 종래의 열전재료 제조 방법으로는 단결정성장법과 용해분쇄법이 이용되고 있으며, 최근 나노재료기술을 통한 기계적 합금화법, 고에너지 밀링법 등이 시도되고

있다. 이들 공정기술들은 초기원료로써 고가의 순금속 혹은 합금을 이용할 뿐만 아니라 장시간, 고에너지를 요구하며 개발된 공정기술을 저비용으로 상용화 시키는데는 어려움이 있다. 저자는 열전합금분말 제조를 위해 전술한 종래의 다른 열전분말 제조기술들(단결정성장법, 용해분쇄법, 기계적 합금화법, 고에너지 밀링법)과는 달리 출발원료로서 산화물을 이용하여 저온, 단시간에 합금을 제조할 수 있는 산화물환원법 공정을 제안하고 있다. 본 연구에서는 산화물 환원공정으로 제조를 시도한 Cu_2Se 합금분말의 전기적 특성을 검토하고자 하였다.

[P16-9]

산화물환원과 플라즈마활성소결에 의해 제조된 Bi-Te-M (M:Sb,Se) 소결체의 열전 특성: 신지은, 봉현민, 장민, 이길근; *부경대학교신소재시스템공학과.*

Keywords: Thermoelectric, $Bi_xSb_{2-x}Te_3$, $Bi_2Se_xTe_{1-x}$, Oxide Reduction, Spark Plasma Sintering

열전재료는 Seebeck효과와 Peltier효과를 이용하여 열에너지와 전기에너지를 가역적으로 변환시키는 반도체 재료로써 최근 에너지 효율적 활용을 위한 신재생에너지의 한 종류로 주목받고 있다. 현재 상온부근에서 가장 우수한 특성을 나타내며 상업적으로 주로 이용되고 있는 열전재료는, n형으로는 Bi_2Te_3에 Se이 고용된 $Bi_2Se_xTe_{1-x}$계, p형으로는 Sb_2Te_3에 Bi가 고용된 $Bi_xSb_{2-x}Te_3$계이다. 종래의 열전재료 제조 방법으로는 전기적특성의 제어가 용이한 단결정성장법으로 제조된 열전재료가 주로 사용되어져왔다. 그러나 최근에 높은 열전 성능을 달성하기 위해 나노재료기술을 통한 기계적 합금화법, 고에너지 밀링법, 응고-밀링법 등이 시도되고 있다. 이들 공정기술들은 초기원료로써 고가의 순금속 혹은 합금을 이용할 뿐만 아니라 장시간, 고에너지를 요구하며 개발된 공정기술을 저비용으로 상용화 시키는데는 어려움이 있다. 저자는 열전합금분말 제조를 위해 전술한 종래의 다른 열전분말 제조기술들(단결정성장법, 용해분쇄법, 기계적 합금화법, 고에너지 밀링법, 응고-밀링법)과는 달리 출발원료로서 산화물을 이용하여 저온, 단시간에 합금을 제조할 수 있는 산화물환원법 공정을 제안하였다. 또한 열전분말의 소결기술로는 소결체의 미세구조 조정(나노구조~마이크로구조)이 용이한 플라즈마활성소결을 활용하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 산화물환원공정기술과 플라즈마활성소결기술을 조합하여 Bi-Te-M (M:Sb,Se) 합금을 제조하고, 소결체의 열전특성을 평가하여 열전재료로의 활용 가능성을 검토하였다.

[P16-10]

Interface reaction between solders and Ni-plated thermoelectric materials: Yoohwan Choi[1], Yeseul Ahn[1], Hyerin Jeong[1], Sanghum Cho[2], Kwan-ho Park[2], HO SEONG LEE[1]; [1]*Kyungpook National University.* [2]*Daeyang Company.*

Thermoelectric generator can convert heat to electricity by using temperature gradient and it's effective to harvest wasted heat at low temperature. Bismuth-telluride based thermoelectric materials is used to operate most effectively at temperatures lower than 200 °C. Thermoelectric performance is evaluated by the dimensionless figure-of-merit, . S is the Seebeck coefficient of p-type and n-type of materials. and represent the electrical conductivity, absolute temperature and thermal conductivity, respectively. Thermoelectric materials should be bound by a solder. Interface reaction is very important to obtain desirable soldering properties. It is well-known that Sn and Te make very thick intermetallic compounds (IMCs). Thickness of IMCs affects the property of solder joints and reliability of thermoelectric module. Therefore, diffusion barrier is very important to inhibit fast growing of SnTe compounds. We plated thermoelectric materials with Ni as a diffusion barrier. Diffusion barrier of Ni-plated layer inhibits formation of SnTe by blocking diffusion path. In this study, we will discuss interfacial reaction between solders and Ni-plated thermoelectric materials with various aging time and temperature.

[P16-11]

Effect of adding Pb on the microstructure and thermoelectric properties of GeTe-based materials: Jaeik Kwak, Hyunho KIm, Jaeseon KIm, Hyunji KIm, HO SEONG LEE; *Kyungpook National University.*

To produce friendly energy, thermoelectric materials have been considered as new energy source of next generation. Thermoelectric materials can harvest wasted heat by converting heat into electrical energy. The conversion efficiency of thermoelectric materials depends on the dimensionless figure of merit, ZT ($ZT=S^2\sigma T/\kappa$). To improve the ZT, the power factor ($S^2\sigma$) should be increased while the thermal conductivity needs to be decreased. However, it is hard to independently control the thermal conductivity and electrical conductivity due to their coupling with Wiedeman-Franz law. GeTe has shown the high electrical conductivity and relatively low thermal conductivity. GeTe has a cubic crystal structure at high temperature, and at below temperature of about 400 °C, GeTe is transformed into a rhombohedral structure. These phase transformation makes lattice distortion causing an herringbone structure which can scatter phonon effectively. According to many attempts to achieve a high ZT with doping some element into GeTe, TAGS (tellurium, antimony, germanium, silver) alloys show the high performance of thermoelectric power by making embedded nanostructures so that their thermal conductivity is much lower than that of intrinsic GeTe. In addition, TAGS also has a relatively high power factor. However, the effect of adding Pb on the microstructure and thermoelectric properties of GeTe-based materials has not been studied in detail. Therefore, $Ge_{1-x}Pb_x\ Sb_{0.1}Te$ materials were synthesized by melting, pulverizing and hot pressing. We will discuss the microstructure and thermoelectric properties of GeTe-based materials.

[P16-12]

탄소나노튜브를 활용한 시멘트 복합재료의 열전성능 분석: 김대연, 최경후; *한국철도기술연구원.*

Keywords: Thermoelectrics, Carbon Nanotube, Cement composite, Energy Harvesting

열전효과를 이용하면 자연계에 존재하는 온도 차이 및 산업용, 가정용 기기들의 구동 시에 발생하는 폐열을 효과적으로 재활용할 수 있다. 열전 장치는 발전뿐만 아니라 냉각 모드로도 활용할 수 있으며, 구동 부품이 없는 단순한 leg-type 구조는 기존의 터빈, 엔진 및 압축기보다 견고성과 정숙성이 요구되는 분야에 적합하고, 높은 에너지 밀도는 모바일 전원 및 소형 냉각시스템에 이상적이다. 지난 수십 년간 다양한 분야에서 열전효과에 대한 연구가 활발히 진행됐지만, 구조재료에서의 열전 효과에 관한 연구에서는 괄목할만한 성과가 없었다. 본 연구에서는 대표적인 인프라 재료 중 하나인 시멘트에 전기적 기능성을 부여할 수 있는 탄소나노튜브(CNT)를 첨가하여 인프라 구조재료에 열전기적 기능을 부여하고자 하였다. 시멘트 기반의 복합재료는 일반적으로 열전도도가 낮아 열전소재로 활용할 가능성이 있다. 하지만 시멘트는 전기적 성질이 극도로 낮은데, CNT를 소량 첨가하여 이를 해결할 수 있다. CNT는 우수한 전기적 성질을 가지며, 탄소 동소체 기반의 복합재료 첨가제로 적합하기 때문에 시멘트 기반 복합재료의 열전 특성을 향상시킬 수 있다. 이러한 복합소재로 만들어진 구조물은 실내외에서 발생하는 온도 차이 및 건축물 발전/냉난방 시스템에서 발생하는 폐열을 회수할 수 있는 열전 구조재료로 활용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 시멘트/CNT 복합재의 전기전도도, Seebeck coefficient 및 열전도도를 측정하여 CNT 첨가에 따른 재료 내부의 전기적 거동을 통해 열전 성능을 분석하였다. 실험 결과, CNT 함량을 0.0625wt%에서 0.25wt%까지 증가시켰을 때 전기전도도는 약 104배 향상되었으며, Seebeck coefficient는 측정 불가한 수준에서 11μV/K로 향상되었다. 또한, 열전도도를 측정하여 시멘트/CNT 복합재의 열전성능지수를 분석한 결과, CNT의 함량이 증가할수록 열전 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이후, 이 결과를 이용하여 구조물의 온도 차이를 이용한 저전력 센서의 구동 전원 및 발열 콘크리트에 대한 후속연구가 진행될 것이다.

[P16-13]

Tetrahedrite $Cu_{12}Sb_4S_{13}$의 열적 안정성 및 기계적 특성: 피지희, 곽성규, 김성윤, 이고은, 김일호; *한국교통대학교*

Keywords: tetrahedrite, thermoelectric, thermal stability, mechanical

Tetrahedrite는 우수한 열전 성능을 나타내는 친환경적인 열전 재료로서, 최근 합성소재뿐만 아니라 천연광물에 대한 연구가 진행되고 있다. 합성된 tetrahedrite는 Cu, Sb 및 S 원소로 구성된 복잡한 결정구조를 이루고 있으며, Sb 고립 전자쌍(lone-pair electrons)의 척력으로 Cu 원자가 고진폭으로 진동하여 낮은 열전도도를 보인다. Cu-Sb-S 3원계 tetrahedrite 상 연관성과 열적 안정성 영역에 대한 연구가 진행되고 있다. 도핑되지 않은 tetrahedrite는 600 K까지 안정성을 갖지만 도펀트 첨가에 따라 변태온도가 변할 수 있다. 그러나 tetrahedrite에 대한 변태 온도는 합성 공정에 따라 다르다고 보고되었다. 본 연구에서 진성 및 도핑 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ 분말을 기계적 합금화로 합성하였고 열간압축 성형하여 제작하였다. 열처리 분위기, 온도, 시간에 따른 열적 안정성과 기계적 특성을 평가하였다.

[P16-14]

$(Ce_{1-z}Yb_z)_{0.8}Fe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 이중 충진 Skutterudite의 합성 및 열전 특성: 최덕영, 차예은, 김일호; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, skutterudite, double filling, substitution

Skutterudite는 중온 영역에서 우수한 열전 성능을 나타내며, n형 및 p형의 전도 특성을 나타내는 재료가 존재하여 열전 발전을 위한 유망한 재료이다. 충진 및 치환에 의한 캐리어 농도의 조절과 전화 보상을 통해 조성을 최적화하여 skutterudite의 열전 특성을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 Ce/Yb의 이중 충진과 Fe 자리에 부분적인 Co 치환을 통해서 p형의 skutterudite를 제조하였다. $(Ce_{1-z}Yb_z)_{0.8}Fe_{4-x}Co_xSb_{12}$(z = 0.25~0.75 및 x = 0~1)의 조성으로 1323 K에서 10 시간 밀폐 용해하여 합성하였고, 873 K에서 24 시간 열처리 후, 873 K에서 1 시간 열간 압축으로 성형하여, 전하이동 특성 및 열전 특성을 평가하였다.

[P16-15]

$(La_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 전하 이동과 열전 특성: 차예은, 이창봉, 김일호; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, skutterudite, partial double filling, charge compensation

충진 스커테루다이트(filled skutterudite)는 격자 공극에 충진된 원자의 래틀링(rattling) 효과로 인해 포논 산란을 일으켜 격자 열전도도 감소를 유도하는 열전 소재이다. Co_4Sb_{12} 기반의 n형 충진 스커테루다이트는 우수한 열전성능을 보이지만, Fe_4Sb_{12} 기반의 p형 충진 스커테루다이트는 상대적으로 낮은 열전성능을 보인다. Fe_4Sb_{12}는 68개의 최외각 전자를 가져 불안정하지만, 희토류 원소(R)가 충진된 $R^{4+}[Fe_4Sb_{12}]^{4-}$형태로 스커테루다이트 상을 안정화시킬 수 있다. 열전 성능을 향상시키고 전자 구조를 안정화시키기 위해 Fe 자리에 Co 또는 Ni로 일부 치환하여 전하 보상이 가능하다. 이중 또는 다중 충진 p형 스커테루다이트 는 공극 내에 2개 이상의 희토류 원소를 충진하여 넓은 범위의 포논 산란을 통해 격자 열전도도를 감소시킨다. 이번 연구에서는 La/Pr을 이중 충진하고, Co 치환한 $(La_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$를 제작하였고, 이에 대한 전하 이동 및 열전 특성을 평가하였다.

[P16-16]

Texture-induced reduction in electrical resistivity of p-type $(Bi,Sb)_2Te_3$ by a hot extrusion: Bongki Min[1,2], Sang-Soon Lim[1], Sung-Jin Jung[1], Garyeong Kim[2], Byeong-Hyeon Lee[3] , Sung Ok Won[3] , Seong Keun Kim[1], Jong-Soo Rhyee[2], Jin-Sang Kim[1]*, Seung-Hyub Baek[1,4]*; [1]*Center for Electronic Materials, Korea Institute of Science and Technology.* [2]*Dept. of Applied Physics & KHU-KIST Dept. of Converging Science and Technology, Kyung Hee University.* [3]*Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology.* [4]*Division of Nano & Information Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology.*

Keywords: thermoelectric, extrusion, resistivity, bismuth antimony telluride, mobility

The electrical resistance of a thermoelectric module is an important parameter as well as the thermoelectric figure-of-merit for the application of both waste energy harvesters and solid-state cooling devices. High resistance causes energy dissipation through Joule heating, leading to the degradation of the device's generating or cooling performance. Therefore, it is highly desirable to reduce the electric resistivity of the thermoelectric materials. Here, we report a hot extrusion technique to fabricate p-type bismuth antimony tellurides that has low electrical resistivity. Extrusion is a promising tool to fabricate a fiber-like texture of the microstructure, where the 001 normal vector of grains is pointing perpendicular to the extrusion direction. Such a textured microstructure can enhance the mobility of electrical carriers along the extrusion direction due to the anisotropic nature of electrical transport in bismuth telluride-based alloys. Beyond bismuth telluride-based thermoelectric materials, we believe that our result will offer a simple tool to manipulate physical properties of any two-dimensional, layered materials by controlling microstructure.

[P16-17]

Thermoelectric properties of n - type $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ prepared by hot extrusion: Sung-Jin Jung[1,2], Sang-Soon Lim[1,2], Hyung-Ho Park[2], Seong Keun Kim[1,3], Jin-Sang Kim[1*], Seung-Hyub Baek[1,3*]; [1]Center for Electronic Materials, Korea Institute of Science and Technology. [2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University, [3]Division of Nano & Information Technology, KIST School, Korea University of Science and Technology.

Keywords: thermoelectric material, hot extrusion, texture

Thermoelectric materials enable energy conversion from thermal to electricity and vice versa. Among the various thermoelectric materials, Bi-Te based materials have the highest thermoelectric performance around room temperature. Nowadays, nanostructures in poly-crystal present advances on not only thermoelectric but also mechanical performance. In case of n-type materials, however, owing to high electrical transport anisotropy, random-oriented polycrystal causes a serious degradation of electron mobility. For these reason, texturing of basal planes is the most promising way to enhance thermoelectric performance of n-type materials. Among the various synthesis techniques, hot extrusion is suitable for a simple texturing tool and mass product in terms of industrial aspects. Here, we show the orientation of basal planes and enhancement of thermoelectric properties by using hot extrusion technique. The material of n-type BiTeSe was used as a model system. The textured microstructure is measured by X-ray diffraction patterns. And also electron back-scatter diffraction was used to analyze grain size and crystal orientation in real space. Harman method was used to measure dimensionless figure-of-merit (ZT). In this presentation, factors for highly texturing will be discussed based on microstructure and thermoelectric performance.

P17 : High Entropy Alloy 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 26일

[P17-1]
Microstructures and mechanical properties of the non-equiatomic FeMnNiCoCr high entropy alloy processed by differential speed rolling: Hee-Tae Jeong, Woo-Jin Kim; *Advanced Metal Lab of Hongik university.*
Keywords: Stress-strain measurement, High entropy alloys, Plasticity method, Grains and interface
High-ratio differential speed rolling was applied to a non-equiatomic $Fe_{40}Mn_{27}Ni_{26}Co_5Cr_2$ high entropy alloy. After subsequent annealing, the processed alloy exhibited a superior combination of high strength and high uniform elongation compared with the alloy processed by conventional rolling, which was achieved through the development of a bimodal grain size distribution.

[P17-2]
기계적 합금화와 스파크 방전 소결을 이용하여 제조된 $Al_{0.5}CoCrCuFeNi$ 고엔트로피 합금의 미세구조 및 기계적 특성: 장순호, 노애란, 남승진, 최현주; *국민대학교 신소재공학과 나노융합구조소재실험실.*
Keywords: High entropy alloy; Mechanical alloying; Spark plasma sintering
고엔트로피 합금(high entropy alloys, HEAs)은 기존 합금에 비해 우수한 강도, 내부식성, 내열성 등의 다양한 강점을 지니고 있어 연구 주제로 많은 주목을 받고 있다. 특히, $Al_{0.5}CoCrCuFeNi$ 고엔트로피 합금은 높은 비강도를 가진다는 보고가 있으며, 이를 이용해 이동수단의 부품소재로서의 활용이 가능하고, 기존의 철강재료가 차지했던 다양한 분야의 구조재료로서의 응용이 기대된다. 보편적인 방법인 주조공법을 이용하여 고엔트로피 합금을 제작할 경우, 미세구조적으로 불균질하며 의도치 않은 화합물의 형성으로 인해 기계적 성질이 크게 개선된 고품질의 합금을 제조하는 데에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 주조재에 비해 균질한 미세구조와 우수한 기계적 성질을 가진 고엔트로피 합금을 얻고자 기계적 합금화(Mechanical alloying, MA)와 스파크 방전 소결(Spark plasma sintering, SPS)을 이용해 $Al_{0.5}CoCrCuFeNi$ 고엔트로피 합금을 제조하였다. 본 연구에서는 기계적 합금화 시간 및 스파크 방전 소결 조건에 따른 고엔트로피 합금의 형성 거동을 고찰하고, 미세구조와 기계적 성질의 상관관계에 대하여 논의할 예정이다.

[P17-3]
극저온 강소성 가공을 받은 $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ 고엔트로피 합금의 미세조직 및 기계적 특성 변화: 김동혁, 문종언, 배재웅, 박정민, 김형섭; *포항공과대학교신소재공학과.*
Keywords: 고엔트로피 합금, 고압 비틀림 공정, 비커스 경도, X-ray 회절, 미세조직
고엔트로피 합금(High Entropy Alloy: HEA)은 5원계 이상의 다원소 합금계로서, 고합금계임에도 불구하고 혼합엔트로피가 높아 금속간 화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 면심입방격자(Face Centered Cubic: FCC) 또는 체심입장격자(Body Centered Cubic: BCC) 단상으로 구성된 새로운 개념의 신물질이다. 2004년 처음 금속간화합물 같은 중간상 없이 단상이 얻어진다는 것이 학계에 발표되었고, 최근 급격한 관심으로 관련연구가 폭발적인 증가 추세에 있다. 원소 간의 비율을 다르게 할 때마다, 혼합엔트로피 및 적층 결함 에너지의 차이가 존재하며, 이에 따른 조직 변화 및 기계적 성질의 차이를 확인할 수 있다. 본 연구에서는, 극저온(77 K)에서 고압 비틀림 공정(High-Pressure-Torsion: HPT)을 거친 $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ 고엔트로피 합금의 미세조직 및 기계적 특성 변화를 고찰하였다. X-ray 회절, 주사전자현미경 및 투과전자현미경을 통하여 구조 및 미세조직을 확인하였고, 비커스 경도 측정을 통하여 기계적 특성을 확인하였다. 그 결과, 극저온 HPT 공정 후, 시간이 지남에 따라 $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ 합금의 기계적 특성이 저하되는 것을 알 수 있었다. 또한, X-ray 회절 결과를 통해 전위밀도 변화를 분석함으로써, 극저온 HPT에 의한 연화 현상을 확인하였다.

[P17-4]
고온 구조용 소재로의 적용을 위한 경량 고엔트로피합금 연구: 권현준[1], 임가람[1], 나영상[1], 이승훈[2]; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]경북대학교.*
Keywords: high entropy alloy, phase transformation, dual phase, BCC structure, B2 phase
BCC 결정구조를 갖는 대표적인 하이 엔트로피 합금으로 AlCoCrFeNi, VNbMoTaW 등의 합금계가 있으며, AlCoCrFeNi 합금은 응고과정 중에 Al,Ni-rich상과 Cr,Fe-rich상으로 분해되는 것으로 알려져 있다. AlCoCrFeNi 합금의 경우 500~600°C의 온도 범위에서 우수한 비강도를 나타낸다. 그러나 500°C 이상에서 상에 변화가 발생하고 고온에서의 구조적인 사용을 방해하기 때문에, 본 연구에서는 AlCoCrFeNi 합금의 온도 의존성을 미세 구조적 관점에서 검토했다. 이 연구의 핵심 발견 중 하나는 Al,Ni-rich상과 Cr,Fe-rich상이 합금의 고온 상 안정성에 미세 구조 형태에 크게 영향을 받는다는 점이다. 이 연구 결과는 우주 항공 엔진 부품 등의 고온 구조 재료로 높은 엔트로피 합금의 응용에 대한 새로운 연구 방향을 이야기 하고자 한다.

[P17-5]
Strain Hardening Behavior of $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ Medium Entropy Alloy: 온디초 이브라힘, 티모티 알렉산더, 박 노근; *영남대학교공과대학신소재공학부.*

Keywords: Strain hardening, Dislocation, Deformation twin

Alloys with a high strain hardening ability such as twinning-induced plasticity (TWIP) steel, are known to possess excellent combination of strength and total elongation. This presentation features an experimental investigation on the strain hardening behavior of the non-equiatomic $(CoCrMnNi)_{50}Fe_{50}$ that contains three microstructural regions namely; partially recrystallized, recrystallized with ultrafine grain size and recrystallized with coarse grain size. Vacuum arc melting method was used to fabricate the alloy. The ingot was homogenized at 1000 °C for 24 h and then cold rolled with a 90% thickness reduction to obtain plates of 1.5 mm thickness. Annealing at 600 °C for periods below and above 1 h resulted to partially recrystallized and fully recrystallized with ultrafine grain size microstructures, respectively. Coarse grained microstructures with a grain size of 7.23 μm and 54.83 μm were obtained after annealing specimens at 800 °C for 4 h and at 1100 °C for 30 min, respectively. Tensile testing was carried out at ambient temperature with an initial strain rate of 8.3×10^{-4} s^{-1}. Partially recrystallized and fully recrystallized with ultrafine grain size specimens exhibit a monotonic decrease in their strain hardening rate curves after discontinuous yield phenomenon. However, the slope of these curves becomes less steep as the microstructure shifts from partially recrystallized to fully-recrystallized. Furthermore, this result shows that deformation is probably dominated by dislocations only. The slopes of the specimen with coarse grain size experienced an inflection point that disrupts the monotonic decrease indicating additional deformation mechanism probably due to nucleation of deformation twin causing twin-induced plasticity (TWIP).

[P17-6]

열플라즈마를 이용한 내화금속 기반 WTaMoNbV 고엔트로피 합금 구형 분말 제조: 박종민[1], 박기범[1], 양승민[1], 강장원[1], 이택우[1], 박형기; *한국생산기술연구원 강원지역본부.*

Keywords: High entropy alloy powder, Refractory alloy, Spherical powder, Spheroidization

최근 우주·항공 및 발전분야 등에서의 요구온도가 점차 증가함에 따라 기존의 Ni기 초내열합금 대비 고온강도가 우수한 소재들에 대한 개발이 활발히 이루어지고 있다. 고엔트로피 합금은 4~5개의 원소가 균일 원자비로 구성된 합금으로 FCC 계열은 주로 극저온용 재료로 BCC 계열은 주로 고온용 재료로 각광받고 있다. 이중 WTaMoNbV 조성의 BCC 고엔트로피 합금의 경우에는 1600도에서의 압축 항복강도가 400 MPa이 넘는 고온물성을 나타내어 초고온에서 사용이 가능한 합금으로의 가능성으로 주목받고 있다. 이러한 내화금속 기반의 고엔트로피 합금은 우수한 고온물성을 나타내지만 녹는점이 매우 높아 주조가 어렵고 심한 격자변형에 의해 열전도도가 낮아 절삭 등의 가공이 어렵다. 따라서, 내화금속 기반 고엔트로피 합금은 분말야금법 중 near-net shape 제조 기술인 powder injection molding이나 additive manufacturing 등을 통해 부품화가 가능하리라 판단된다. 이러한 기술을 적용하기 위해서는 고엔트로피 합금 분말 제조 기술 개발이 필요하며 특히 additive manufacturing을 위해서는 구형의 분말이 필요하다. 본 연구에서는 WTaMoNbV 합금의 상온에서의 낮은 연신율 특성을 이용하여 합금용해-기계적 분쇄-열플라즈마를 이용한 구상화 공정을 통해 구형 분말을 제조하였다. 제조된 WTaMoNbV 구형 분말은 평균입도가 45 μm 수준으로 additive manufacturing에 적합한 형상과 크기임을 확인하였다.

[P17-7]

TWIP에서 TRIP으로 변형거동의 전이에 대한 FCC 와 BCC 간 깁스 자유에너지 변화의 영향: 김동근[1], 조용희[1], 최원미[1], 손석수[2], 김형섭[1], 이병주[1], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: High entropy alloy; Computational thermodynamic approach; Twinning Induced Plasticity; Transformation Induced Plasticity; Gibbs Free Energy

We introduce an alloy design approach using a Gibbs free energy difference between FCC to BCC to make transformation-induced plasticity(TRIP), i.e., a martensitic transformation from FCC phase to BCC phase, in high-entropy alloys (HEAs). We designed a VCrFeCoNi HEA system in consideration of phase stability between BCC and FCC phases by thermodynamic calculations. Most HEAs exhibit excellent properties at very low temperature utilizing deformation twin. However, no studies have been reported on excellent strength and elongation at cryogenic temperatures using transformation-induced plasticity. We have developed an alloy that transforms from FCC to BCC during tensile deformation, which has increased in strength and elongation with decreasing temperature like twinning-induced plasticity(TWIP) HEA. We reveal the microstructural evolution and phase stability varied with the Fe-Ni balance and their contributions to a mechanical response. The Fe-Ni balance plays a leading role in phase stability and consequently tunes the cryogenic-temperature strength-ductility balance. Our design approach can contribute to broaden the scope of the TWIP-based deformation mechanism research to TRIP.

[P17-8]

Effect of Aluminum Addition on the Microstructure and Mechanical Properties of CoCrNi-Medium Entropy Alloy: 마야 푸트리, 댄닛스 조디, 박노근; *영남대학교.*

Keywords: Aluminum; CoCrNi-medium entropy alloy; Mechanical properties; Solid-solution hardening

Multi-principal elemental alloys emerge as a new class of advanced materials which offer remarkable properties that can be used as alternative materials for high temperature applications. CoCrNi-medium entropy alloy exhibits good ductility due to the single-phase face-centered cubic (FCC) structure despite its performance diminishing during utilization at elevated temperature. To improve its

performance, aluminum (Al) was added to the matrix of CoCrNi-medium entropy alloy. In this work, effect of Al addition on microstructure and mechanical behavior was investigated with varying Al content (0 to 10 at.%). Those alloys were produced by arc melting furnace and homogenized at 1000 °C for 24 h. Cold rolling was carried out until a 90 % thickness reduction and subsequent annealing at 1100 °C. Result of X-ray diffraction indicates that phase of fully recrystallized was a single FCC structure for all compositions. The average grain size with regarding twin boundary as grain boundary was approximately ~18.09 μm. Tensile test was performed to understand the mechanical behavior. Yield strength increased as the Al content increased. Here, we discuss the role of Al especially about lattice distortion, so-called solid-solution hardening, by addition of Al in CoCrNi-medium entropy alloy.

[P17-9]

Nano-Scale Micro-structural Evolution and Mechanical Properties of Quaternary AlCoCrNi High Entropy Alloy: Jumaev Elyorjon[1], Hong Sung Hwan[1], Park Hae Jin[1], Park Jehyung[1], Min Byung Ho[2], Lee Tae Gyu[2], Kim Ki Buem*[1]; *[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2]HYUNDAI MOTOR GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT DIVISION ADVANCED MATERIALS RESEARCH TEAM*

Keywords: Annealing, Mechanical Properties, Micro-structure, High-Entropy Alloy

In this study, the microstructure and mechanical properties of AlCoCrNi high-entropy alloy. The alloy was prepared by arc melting method and analyzed. The XRD result shows body-centered cubic (BCC) crystal structure is obtained for the AlCoCrNi alloy. The microstructure of the alloy showed two phases such as dendrite and inter-dendritic areas. The ingots were examined as well after annealing at different maintenance times, and a compression test has been measured for as-cast and annealed samples at room temperature. Good combination of participant elements has been obtained in the separated regions of dendrite and inter-dendritic areas such as Al and Ni in dark region while Co and Cr-rich in bright region. After annealing at different maintenance times, grain-growth was observed in the morphology of the interdendritic area and phase transformation happened in the dendrite area. Results of EDS attached on transmission electron microscopy (TEM) revealed elements combination in both areas were discussed. Some of these ingots showed an increase in mechanical properties. The yield strength of alloys significantly increased after annealing between 1753 and 2925 MPa. The crystal structure, microstructure, mechanical properties and influence of heating of AlCoCrNi alloy system has been discussed in detail by high entropy concept

[P17-10]

AlCoCrNi 합금의 개발 및 미세조직 변화에 따른 기계적 특성 분석: 박제형[1], Jumaev Elyorjon[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 홍성환[1], 박상원[1], 민병호[2], 이태규[2], 김기범*[1]; *[1]세종대학교 나노신소재공학과. [2]현대자동차 연구개발본부 신소재연구팀.*

Keywords: Highentropy alloy, Mechanical property, Alloy design, AlCoCrNi

하이엔트로피 합금은 5개 이상의 원소가 동일비율 또는 유사비율로 구성되어있어 기존 합금설계의 틀을 벗어나는 새로운 개념의 합금이다. 하이엔트로피 합금을 구성하는 원소나 조성에 따라 고강도 또는 내부식성 같은 특성이 나타나며, 높은 혼합엔트로피를 유발하여 복잡한 금속간 화합물보다 고용체의 형태로 형성되는 특징을 가지고 있다. 최근 AlCoCrNi 하이엔트로피 합금이 고온 물성이 우수한 인코넬 합금보다 낮은 밀도를 가지면서 기계적 물성이 뛰어나다는 측면 때문에 인코넬 합금의 대체재료로써 산업적 적용을 검토중이다. 그러나 다방면의 산업적 적용에 있어 AlCoCrNi 합금의 기계적 물성의 개선이 필요하며, 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 선행연구 결과를 바탕으로 AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 미세조직에서 관찰되는 분리된 영역의 상들과 합금의 기계적 물성의 관계를 확인하고자 하였다. Ni-rich 조성의 합금은 이중항복 현상이 나타남과 동시에 고연성의 물성을, Cr-rich 조성의 합금은 상온에서 압축 항복강도가 뛰어난 물성을 확인했다. 합금 제조는 선행연구의 결과로부터 나온 Ni/Cr-rich 조성의 합금을 Arc 용해법 및 흡입 주조법으로 구리 몰드를 통해 직경 3 mm 및 길이 50 mm의 봉상의 시편으로 주조하였다. 시편의 미세조직과 상분석은 각각 주사전자 현미경(SEM: JEOL JSM-6390)과 X-선 회절분석(XRD: Panalytial)을 이용하였다. 제조된 시편의 기계적 물성 평가는 만능시험기(UTM: Universal Testing Machine)를 이용하여 상온 압축 시험을 시행하였다.

P18 : 금속 3D 프린팅 재료 및 공정
Room 3층 로비, 4월 26일

[P18-1]
고신뢰성 인공 고관절용 대퇴골부 적층성형 및 후처리 기술 연구: 방경배, 이병수, 이해진, 김기범, 함민지, 김건희, 이창우, 김형균; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Electron Beam Melting, Energy density, Ti-6Al-4V ELI, 인공 고관절 대퇴골부
환자 맞춤형 부품에 대한 수요가 급증하고 있으며, 금속 3D 프린팅 기술을 활용한 제조 기술 및 특성평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인공 고관절 대퇴골부는 지속적인 체내의 하중을 견뎌야 하고, 우수한 동적 피로 파괴 강도를 필요로 하며, 최근까지는 절삭 제조 방법을 이용하여 특정 치수별 기성품 형태로 제조되었다. 본 연구에서는 환자 맞춤형 인공 고관절의 대퇴골부 제조를 위해 생체적합성 및 내산화성이 우수하고 강도가 높으며 경량 소재로 알려진 Ti-6Al-4V ELI 합금분말을 사용하여, EBM (Electron Beam Melting) 공정으로 제조하고 평가하였다. 대퇴골부 설계는 수치 해석을 통하여 응력이 분산되어 내구성이 우수한 최적의 모델로 도출하고, Line energy 0.3 KJ/m의 EBM 공정조건을 활용하여 대퇴골부를 적층 가공 하였다. 동적 피로 특성 향상을 위해 920°C 및 100MPa 환경에서 2시간 HIP(Hot Isostatic Press) 처리 및 400 μm steel계 shot ball을 7bar의 분압으로 숏피닝(Shot peening)처리를 하였다. 후처리 공정 적용 유/무에 따른 시편의 기공 및 미세구조를 분석하고, ISO 7206에 의거하여 대퇴골부의 neck과 distal body 동적 피로 특성을 비교 평가하였다. 금속 3D 프린팅 기술을 생체재료에 접목하여 인공 고관절 대퇴골부의 신뢰성 향상을 위한 설계, 공정 및 후처리 기술까지 도출하였고, 신뢰성의 확보를 위한 분석과 평가 방법을 연구하였다.

[P18-2]
Numerical simulation for thermal profile during selective laser melting process: Young-Shik Yun[1], Deok-Jin Jeon[1], Seungmuk Ji[1], Jong-Souk Yeo; *Yonsei University.*
Keywords: additive manufacturing
Beyond the tools of rapid prototyping, additive manufacturing (AM) has highly grown to become a key technology for customized manufacturing of complex products in the variety fields of Industries. Selective laser melting (SLM) has more significant advantages than the other laser based AM technologies, due to its ability to produce nearly infinite complexity. However, material selection of SLM process is limited compared to the laser direct metal deposition process, because the energy consumed to form the melt pool through laser irradiation and the heat transfer during the melting process are sensitively changed by the size distribution and the inherent properties of the metal powder. Furthermore, printing accuracy in SLM process is determined by size and depth of melt pool formation. Therefore, comprehensive understanding on heat transfer between the melt pool and the surrounding materials in laser melting process is essential to optimize the laser processing parameters and material selection. Since the heat transfer is the result of temperature gradient due to laser exposure, modeling a thermal profile can be an appropriate way to investigate the effect of change in laser energy density on the formation and dynamics of the melt pool. In this work, we demonstrate a thermal profile along the build direction according to the main laser processing parameters, such as laser power and scan speed, by using numerical simulations based on finite element method. By using the achieved thermal profile, heat transfer due to laser irradiation is analyzed in terms of energy densities consumed to form a melt pool in laser melting process.This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the International Cooperative R&D program (N0002624, Development of metal additive manufacturing system with in-situ monitoring and powder recycling devices for biomedical applications)

[P18-3]
전자빔 적층가공으로 제조한 상용 순수 티타늄 임플란트의 기계적 특성 및 미세조직 특징: 이해진, 김원래, 심은정, 김형균, 김건희, 이병수; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Additive Manufacturing, Electron-beam melting, pure Ti, 3D printing
티타늄 및 티타튬 합금소재는 상대적으로 낮은 밀도, 우수한 강도 및 훌륭한 부식저항성 때문에 치과, 정형외과를 포함한 의료용 부품으로 활용되고 있다. 특히 Ti6Al4V 소재는 1GPa의 우수한 강도 때문에 의료용 소재로 널리 적용되고 있다.그러나 Ti6Al4V 소재는 알루미늄과 바나듐과 같은 독성원소를 포함하고 있기 때문에 수많은 새로운 Ti 합금들이 개발되고 있으나 수십년동안 임상시험 단계에서 잔존하고 있다. 본 연구는 독성원소가 없는 순수 티타늄 소재를 이용하여 implant를 제조하였으며 Pore의 크기에 따라 강도 및 탄성계수의 변화를 관찰하였다.

[P18-4]
Selective laser melting (SLM) **공정을 이용한** AlSi10Mg **조형체 제조 조건 연구**: 이기승; *울산대학교 공과대학.*
Keywords: Selective laser melting, AlSi10Mg, Microstructure, Mechanical properties
Selective laser melting (SLM)은 Powder Bed Fusion (PBF)기반의 적층 제조 (Additive manufacturing, AM)기술로, 도포된

금속 분말에 레이저 열원을 조사하여 분말의 용융 및 응고과정을 통해 선택적으로 원하는 부품을 제조 하는 기술이다. 일반적으로 SLM공정은 적층시 기하학적 유연성 및 정밀도가 우수하며 주조 및 단조부품과 비교하여 우수한 기계적 특성을 나타내는 장점이 있어 자동차, 국방, 항공, 의료 등 다양한 분야에 사용이 검토되고 있다. 본 연구에서는 현재 다양한 활용이 예상되는 AlSi10Mg 조형체를 SLM공정으로 제조하였고, 레이저 빔 중첩도 변화, 레이저 파워 변화 및 열처리 조건의 변화에 따른 조형체의 미세구조 및 기계적 특성 평가를 통해 공정의 최적화 조건을 찾는 연구를 수행하였다. 연구에 사용된 AlSi10Mg 분말은 가스 분무법으로 제조되었다. 공정변수의 변화는 레이저 빔 중첩도 (10~70%), 레이저 파워(180 W~270 W)의 변화에 따라 SLM공정을 진행하였다. 조형체의 미세구조는 FE-SEM, OM으로 분석하였으며 기계적 특성은 비커스경도 및 인장시험을 통해 분석하였다. 분석한 데이터를 비교분석하여 공정변수의 최적화 조건을 확립하였다.그 결과 Al-Si계 분말은 반사율이 높아 레이저 에너지를 분말에 조사하기 힘들어 비교적 높은 레이저 파워가 필요하였으며 이에 대한 최적화 연구를 수행하였다. 연구 결과는 향후 Al-Si계 분말을 이용한 3D프린팅 소재개발에 참고할 수 있는 데이터로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 재료연구소의 주요사업의 지원으로 수행되었습니다.

[P18-5]

적층 가공으로 제조된 17-4PH 스테인리스 강의 미세조직 및 기계적 특성 평가: 윤종천, 이민규, 이윤선, 김우성, 성지현, 차경제, 황선광, 김다혜; *한국생산기술연구원.*

Keywords: 3D Printing, 적층 가공, 17-4PH 스테인리스 강

4차 제조 혁명의 핵심 기술로 적층 가공 기술(Additive manufacturing technology)이 이슈화됨에 따라 선진국들을 중심으로 적층 가공에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 제조 방식을 대체할 적층 가공 기술은 소재를 한 층씩 쌓아 적층하는 방식으로 복잡한 형상 구현과 소재의 절감, 디자인 변경의 용이성 등의 다양한 장점을 가지며 폴리머, 금속 등 다양한 재료가 사용된다. 그러나 금속 제품의 경우, 용융 온도, 응고 속도, 분위기 등에 따라 물성이 달라지는데, 적층 가공으로 제조된 금속 소재 또한 적층 공정과 조작조건(레이저 출력, 스캔 속도, 분위기 등)에 따라 조직 및 기계적 특성이 크게 달라지지만, 아직 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 적층 가공으로 제조된 17-4PH 스테인리스강의 미세조직 및 물성에 대해 고찰하고자 한다. 본 연구에 사용된 금속 소재는 17-4PH 스테인리스강으로 시효 열처리에 의해 Cu가 석출되는 석출 강화형 합금이 사용되었다. 제조 조건에 따른 조직 및 물성을 평가하기 위해 다양한 조건으로 17-4PH 스테인리스강을 적층 제조하였고, 상 분석(XRD), 미세조직 관찰(FE-SEM) 및 상 분율(EBSD) 분석을 진행하였으며, 각각의 시편에 대해 인장 시험을 진행하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 적층 가공된 시편의 미세조직 및 기계적 특성을 평가하였다.

[P18-6]

금속 3D 프린터로 적층된 마레이징강의 피로특성: 홍석관, 김성규, 김미애; *한국생산기술연구원 금형기술그룹.*

Keywords: Injection mold, Conformal cooling channel, Metal 3D printing, Additive manufacturing, Maraging steel, Fatigue test

복잡한 3차원 냉각채널을 포함하는 사출금형의 가공은 금속 3D 프린팅 방법이 거의 유일한 대안일 것이다. 따라서 이와 같은 응용 분야에 대한 연구가 지속적으로 활발히 진행되고 있다. 사출성형 금형은 수십만 사이클의 고온-고압 하중을 견뎌야 하기 때문에 높은 내구성능이 요구된다. 하지만, 파우더 기반 PBF(powder bed fusion)방식은 가공품 내부에 기공이 존재해 피로하중에 취약할 수 밖에 없다. 본 연구에서는 피로시험을 통해 적층 제조된 시편의 수명을 측정한다. 이 데이터는 금형코어의 내구성능을 예측하기 위한 피로해석에 사용된다. 시편 제조에 사용된 금속 3D 프린터는 소딕사의 OPM250L이며, 금속 파우더 소재는 마레이징강(Grade300)이다. 피로시험은 초음파 피로시험 방법을 적용하였다. 이 방법은 10^8 ~ 10^9 이상의 사이클도 빠른 시간내에 데이터를 얻을 수 있는 장점이 있다. 실험결과 열처리 유무에 대한 영향은 미미하였다. 반면, 표면 가공 유무에 대한 수명 차이는 뚜렷이 나타나는 것을 확인하였다.

[P18-7]

SLM 공정조건 에너지 밀도 차이에 따른 SUS316L의 특성 변화: 김원래[1], 박기범[1], 정효태[2], 최재호[2], 김건희[1], 김형균[1]; [1] *한국생산기술연구원강원지역본부.* [2] *강릉원주대학교 신소재공학과.*

Keywords: Selective laser melting, Energy density, Laser power, Scan speed, SUS316L

Powder Bed Fusion 형태의 금속 3D 프린팅 기술 중 레이져를 빔의 쏘스로 활용한 Selective Laser Melting (SLM) 방식은 상용화가 되었음에도 불구하고, 현재 다각도에서 연구개발이 진행중인 기술 중 하나이다. 대표적으로 활용되는 소재인 SUS316L은 우수한 내부식성으로 인해 기계, 선박, 의료 산업 등 다양한 분야에서 활용도가 높고, 특히 금속 3D 프린팅을 통해 시제품 제작 및 특수 부품 제작용으로 쓰이고 있다. 산업의 요구에 맞는 특정 제품을 구현하기 위해서는 SLM의 공정조건을 변화해가며 최적화하는 것은 상당히 중요하다. SLM의 주요 공정조건인 레이져의 파워와 주사속도를 기반으로 한 에너지 밀도 별 재료의 특성 변화 연구는 공정 조건 최적화뿐만 아니라, Bulk 및 porous 구조 등 다양한 SLM응용분야를 제시할 수 있다. 그러므로, 본 연구에서는 레이져 빔 영역 내에 가해지는 에너지 밀도와 소재의 용융에 필요한 이론적인 에너지 밀도를 비교하여 다수의 공정조건을 선정하고, SLM 한 SUS316L시편의 기초특성을 비교평가 하였다. 500 W급 SLM 장비와 d_{50} = 38 μm의 구형 SUS316L 분말을 활용하여, 파워 80~480 W 및 주사속도 1,000~6,000 mm/s 의 공정 변수 조건으로 10 × 10 × 10 mm^3의 시편을 제조하였다. 아르키메데스 법으로 밀도를 측정 및 적층방향과 평행하게 cross-section하여 macro한 조직을 관찰하고, full melting 된 시편에 한해 Vicker's hardness를 측정하여 기계적 물성을 평가하였다. 이를 통해 소재가 용융되는 이론적 에너지 밀도에 따라 SLM의 공정 변수를 제어하는 새로운 공정조건 최적화 연구 방법을 제시 가능하였으며, SLM을 통한 SUS316L 제품의 Bulk 및 porous 구조 구현 공정 조

건을 도출하여 다양한 구조적 응용 가능성을 제시할 수 있게 되었다

[P18-8]

DED 공정을 이용한 Fe-Ni계 이종소재 적층공정 연구: 임성록, 김성욱, 천창근; *포항산업과학연구원 Ti 상용화 기술센터.*

Keywords: 3D Printing, DED process, Dissimilar meterials, Fe-Ni system

오늘날 제조업계에서 고객들의 요구가 다양해지고 고부가가치의 다품목 소량생산 방식이 증가함에 따라 3D 프린팅 기술은 필수적이 되었다. 3D 프린팅 기술은 이미 항공, 의료 등 다양한 산업 분야에서 활용되고 있으며, 여러 새로운 분야에서 3D 프린팅 기술의 확대 적용이 시도되고 있다. 특히, DED(Directed Energy Deposition) 공정은 기존 부품의 보수, 재생이 용이하여 이를 활용한 3D 프린팅 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 금속 3D 프린팅 기술을 사용부품 보수재생에 적용하기 위해, DED 적층공정을 이용하여 이종소재 적층기술의 적용 가능성을 파악하고자 하였다. 실험에 사용된 소재는 50~150 μm급 구형 분말 형태의 STS316L 및 IN625를 사용하였으며, RIST가 보유한 2종 동시 송급 DED장치(RAM-1000)를 이용하여 적층하였다. 적층조건은 이종소재의 송급비에 대한 용융 적층 시 혼합 정도를 알아보기 위해 레이저 출력과 이송속도, Ar 유량을 고정한 다음 투입되는 이종소재 분말의 송급비를 변화시켜 실험을 진행하였다. 공정 변수에 따른 적층변화를 파악하기 위해 S45C 플레이트 상에 BOP(Bead on Plate) 방식의 1 pass 적층으로 진행하였으며, 적층 후 이종소재 간 혼합 정도를 파악하기 위해 SEM과 TEM을 이용하여 적층부 단면을 관찰하였고, 물성 변화를 파악하고자 경도시험을 실시하였다.

[P18-9]

타이타늄 분말 구상화를 위한 유도결합형 RF 열플라즈마 수치해석: 권오형, 양승민, 강장원, 최준; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Powder spheroidization, inductively coupled RF thermal plasma, Numerical analysis, Ti scrap, Powder bed fusion

타이타늄은 경량이며, 강도, 내식성이 우수하여 우주항공, 자동차, 의료산업 등 다양한 응용분야에서 사용된다. 타이타늄 원자재를 가공한 이후 발생되는 타이타늄 스크랩은 불순물 및 슬래그가 포함되어 있으나 저가이므로, 재활용 기술을 통해 분말과 같은 고부가가치 소재로 바꾸는 시도가 증가하고 있다. 타이타늄 분말은 금속 적층성형 기술을 이용한 우주항공 및 발전용 터빈 부품이나 의료용 임플란트 부품 제조에 사용된다. 금속 적층성형 기술 중 분말용융방식 공정기술은 분말의 특성에 따라 제품의 물성이 결정된다. 특히, 분말 형상이 구형이 아닐수록 균일한 분말도포가 어렵고, 열원에 의한 분말용융 시 내부 결함이 발생할 확률이 높다. 따라서, 타이타늄 스크랩을 이용한 타이타늄 분말 제조과정 중 분말구상화는 필수공정이다. 본 연구에서는 유도결합형 RF 열플라즈마를 사용하는 분말구상화 장비의 수치해석을 통하여 장비공간 내 온도 분포, 가스 유량, 주파수에 따른 온도 분포 변화, 그리고 분말입자의 이동경로를 살펴보았다. 열플라즈마 수치해석은 플라즈마를 locally thermal equilibrium으로 가정하여 수행하였다. 플라즈마는 온도에만 의존하는 특성을 갖는 매질로 가정하였으며, 화학반응은 고려하지 않았다. 13.56 MHz RF 파워가 코일에 인가되고 이로부터 유도된 전기장에 의해 플라즈마가 가열되어 공간 상 온도 분포를 갖는다. 분말구상화 장비는 총 3개의 가스 주입경로가 있으며, 각 가스의 유량에 따라 고온부와 종단부의 온도 분포의 변화가 관찰되었다. 또한, 구동 주파수에 따라 안정적으로 열플라즈마를 생성할 수 있는 가스 유량의 최적값이 변화하였다. 그러나 가스 유량에 따라 분말입자의 이동경로가 변경되어 입자가 체감하는 온도가 다를 수 있다. 본 연구를 바탕으로 실제 장비 구동 시 공정조건 최적화 과정에 대한 이해를 높이는데 의의가 있다.

[P18-10]

Al-12Si 합금 분말을 이용한 3D 프린팅 소재의 미세구조적·기계적 특성: 김영균[1], 채홍준[1], 김홍물[2], 최문석[2], 김명세[3], 공만식[1]; *[1]고등기술연구원신소재공정센터. [2]하나AMT. [3]KAMI.*

Keywords: 3D 프린팅, 알루미늄 분말, PBF, 인장강도, 후처리

최근에 자동차나 항공기 같은 수송기기의 탄소 배출량 규제와 같은 환경적인 이슈가 높아지고 있어 관련 부품들의 경량화의 요구가 늘어나고 있다. 3D 프린팅 기술은 기계가공이 불가능한 복잡한 형상의 구현이 가능하여 큰 비표면적을 요구하는 열교환기와 같은 부품의 중량을 상당히 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 3D 프린팅용 여러 경량화 기지 금속 분말 중 알루미늄(Al) 합금 분말은 제조 및 취급이 어려워 생산 단가가 원재료에 비해 상당히 고가이고 기지 금속의 반사율이 상당히 높아 사용이 제한적이기 때문에 반사율을 낮추고 원가 절감을 위한 국산화가 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문발표에서는 국산화 중인 알루미늄 상용합금계 분말을 이용하여 3D 프린팅 하고 각 공정에 따라 특성평가를 실시하였다. 알루미늄 합금 분말은 gas atomization법으로 국내 제조사(하나AMT)가 제조하였으며 합금조성은 Al-12Siwt.%이다. 본 분말을 사용하여 PBF(powder bed fusion) 방식으로 3D 프린팅 하였다. 3D 프린팅 전의 분말은 선진사 분말에 비해 반사율이 저감되는 결과를 얻었으며 3D 프린팅 후의 기계적특성은 선진사 분말을 사용한 경우보다 상당히 우수한 강도(항복강도_172 MPa, 인장강도_450 MPa)를 보였다. 또한, 낮은 연신율(6%)을 높이고자 후처리(열처리) 하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 선진사 분말과 국산 분말의 기계적·미세구조적 특성을 비교·평가하였다.

[P18-11]

적층성형 후 HIP 처리 된 Co 기 합금의 미세조직과 기계적 특성 발달: 김경우[1], 김영규[1], 정경환[2], 김강민[2], 송국현[1]; *[1]조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과. [2]한국생산기술연구원 적층성형연구그룹.*

Keywords: Co-Cr-Mo alloy, additive manufacturing, microstructure, mechanical properties, HIP (hot isostatic press).

이 연구는 적층성형 된 Co-Cr-Mo 합금을 HIP 처리 함으로써 나타나는 미세조직과 기계적 특성의 발달양상을 평가하기 위하여 수행되었다. 적층성형에 사용된 소재는 10 ~ 60 mm 크기의 CoCrMo 분말이었고, 아르곤가스 분위기에서 Selective Laser Melting (SLM) 법을 이용하여 800 mm/s scan speed 조건 하에 10 mm (w) × 10 mm (l) × 10 mm (h) 크기의 unit cell이

적층성형 되었다. 이 후 1250°C에서 180분간 HIP (hot isostatic press)처리 되었고, HIP처리 전후의 결정립계특성분포(Grain Boundary Characteristic Distributions, GBCD)와 기계적 특성을 평가하기 위하여, 각각 전자후방산란회절(Electron Backscattering Diffraction, EBSD)법과 비커스경도 시험법이 도입되었다. EBSD 분석결과, 적층성형 된 CoCrMo합금은 50 ~ 130 mm 크기의 결정립들로 구성되어 있었으며, 평균결정립 크기는 90 mm로 확인되었다. HIP 처리의 적용은 CoCrMo 합금의 상변태뿐만 아니라 MC carbides의 형성을 촉진시켰는데, 이와 같은 미세조직의 전개는 경도분포의 감소를 동반하였다. 그 결과 HIP 처리 된 소재의 경도값은 적층성형 된 소재(397 Hv)에 비해 21.7% 가량 감소한 310.97 Hv를 나타내었다. 한편, HIP 처리 된 소재의 입계어긋남각 분포를 분석한 결과, 전체입계 중 60°분포가 가장 높게 나타났는데, 이는 fcc 금속 중 적층결함에너지가 낮은 금속에서 주로 형성되는 어닐링 쌍정립계로 확인되었다.

[P18-12]

PBF 공정으로 제조된 H13 tool steel의 잔류 응력 및 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향: 배기창[1], 박천명[1], 윤재철[2], 유지훈[2], 박용호[1]
; *[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소 분말기술연구실.*

Keywords: 3D printing process, H13 tool steel, Heat treatment, Residual stress

3D 프린팅기술은 기존의 기술과 비교하였을 때 필요한 양만큼의 소량생산이 가능하며, 금형없이 제품생산이 가능하기 때문에 응용분야가 확대되고 있다. 3차원 시제품 제작등에 이용되고 있으며, 전기 전자 분야, 건축분야, 자동차산업 및 ??우주분야등 폭넓게 적용할 수 있는 기술이다. 3D 프린팅의 대표적인 방식으로 SLA (Stereolithopraphy apparatus), FDM (Fused deposition modeling), SLS (Selective laser sintering), DED (Direct energy depositon), PBF (Powder bed fusion) 등이 있다. 다양한 제조 공정 및 폭 넓은 적용 분야를 가진 3D 프린팅 공정으로 제조된 제품은 공정 과정에서 급속한 냉각에 의한 소재 내부에 잔류응력을 가지게 되며 그로 인해 최종 제품에 균열이 가는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 열간 공구강 소재인 H13 tool steel 분말을 PBF 공정을 이용하여 조형체를 제작하였다. 열처리 전후에 조형체가 가지는 잔류응력, 상변화, 미세조직 및 기계적 특성변화를 비교분석하였다.

P19 : 알루미늄 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 26일

[P19-1]
전자기 교반 공정을 적용한 알루미늄 실리콘 과공정 합금 빌렛 연속주조 연구: 김종호, 박준표, 김명균; *포항산업과학연구원.*
Keywords:
알루미늄 실리콘 합금은 자동차, 항공기 및 군수용 등 다양한 응용분야를 갖고 있는 합금이다. 과공정 알루미늄 실리콘합금은 실리콘 함량이 14~20% 수준으로 초정 실리콘에 기인한 다양한 강점이 있다. 특히 알루미늄 실리콘 과공정 합금은 밀도가 낮고 내마모성이 우수하며 열팽창 계수가 낮은 것이 특징이다. 과공정 알루미늄 실리콘 합금을 가공 전신재인 빌렛으로 주조하는 경우 초정 실리콘의 크기 및 분포가 물리적 특성에 많은 영향을 끼친다. 본 연구에서는 초정 실리콘의 크기 및 분산도를 개선하기 위하여 전자기 교반 공정을 적용하였으며 이에 대한 효과를 검증하고자 하였다. 일반적으로 한 방향으로 용탕을 교반하게 되면 초정 실리콘의 빌렛 표면부 편석이 심해지는 현상이 일반적이다. 본 연구에서는 교반 방향을 시간에 따라 조정함으로써 용탕의 난류를 형성시키고자 하였다. 그 결과 초정 실리콘의 편석이 표변부에 집중되지 않고 균일한 분포를 나타냄을 확인하였다. 또한 전자기 교반 공정을 적용하게 되면 그렇지 않은 경우보다 초정크기가 현저히 감소함을 확인할 수 있었다. 전자기 교반 최적 조건으로 교반된 알루미늄 빌렛은 압출 공정을 적용하였으며 강도 및 연성 특성이 향상되는 것을 확인하였다.

[P19-2]
Influence of Cu addition and strain on the bake hardening of Al-Mg-Si alloy: Min Cui[1], Min-Seok Kim[1], Yun-Soo Lee[1], Hyoung-Wook Kim[1], Je-hyun Lee[2]; *[1]Korea Institute of Materials Science. [2]Changwon National University.*
Keywords: Bake-hardening; Al-Mg-Si alloy; Strain; Cu addition; Strength
The effect of Cu (= 0.1, 0.2 wt.%) addition combined with strain (0-10%) on the bake-hardening response of Al-0.6Mg-1.2Si alloy has been investigated through Vickers hardness measurements and tensile tests. A pre-aging treatment of 10min at 150°C before natural aging was conducted. It was revealed that there was a faint influence to the improvement of bake-hardening response by the addition of Cu alone. Due to the work hardening caused by the strain, a significantly increase in the yield strength was observed with the increasing of strain before and after paint bake treatment. Meanwhile, the ultimate strength was increased after bake-hardening treatment with increasing Cu content when the strain was applied up to 10%.

[P19-3]
고강도 7XXX계 알루미늄 합금의 미세 조직 및 기계적 특성에 미치는 균질화 처리 조건의 영향: 김도희[1], 박지호[1], 성효경[1], 어광준[2], 김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]재료연구소.*
Keywords: high strength aluminum alloy, homogenization, micro-pillar
최근 기존 화석 연료 자동차의 연비 향상과 함께 전기 및 수소 자동차의 주행 거리 향상을 위하여 소재 경량화에 대한 중요성이 증대되고 있다. 일반적으로 자동차에서 많이 사용되는 철강 소재의 경우에는 합금원소 첨가를 통한 경량철강 개발에 대한 연구가 많이 진행되었으며, 알루미늄 소재의 경우에는 철강소재 대비 낮은 강도를 극복하여 고강도 알루미늄 소재를 개발하고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 알루미늄 합금 중에서는 7XXX계 합금의 강도가 가장 높지만 소성 가공이 어려우므로 주조 후 편석을 제거하고 가공성을 향상시키기 위한 균질화 조건 제어가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 7XXX계 알루미늄 합금을 균질화 처리 후 다양한 조건으로 냉각하였으며, 이에 따른 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계를 고찰하였다. 전계 방사형 주사 및 투과전자현미경(FE-SEM, FE-TEM)을 통하여 미세조직을 관찰하였고, 에너지분산분광분석법(Energy-dispersive X-ray spectroscopy, EDS)을 통하여 이차상을 분석하였다. 기본적인 압축 시험과 함께 나노인덴테이션 시험을 통하여 기지조직과 이차상의 초미소 경도특성을 분석하였으며, 전자후방산란회절(Electron backscatter diffraction, EBSD) 분석 및 micro-pillar 압축 시험을 통해 미세조직의 결정립 방위 관계에 따른 압축 특성을 고찰하였다. 이를 통해 균질화 조건에 따른 미세조직학적 인자들과 기계적 특성 간의 상관관계를 밝히고자 하였다.

[P19-4]
Al-Mg_2Si 합금의 초정 Mg_2Si에 미치는 P 첨가와 초음파용탕처리의 영향: 김주혜[1], 정재길[1], 최윤석[2], 어광준[1]; *[1]재료연구소. [2]부산대학교.*
Keywords: Al-Mg_2Si, Mg_2Si, 초음파용탕처리, P
Al-Mg_2Si 합금은 Mg_2Si의 낮은 밀도 (1.99 g/cm^3), 높은 경도 (4500 MN/m^2), 높은 탄성계수 (120 GPa) 및 낮은 열팽창 계수 (7.5)로 인해 자동차 및 항공 분야에 적용되는 것으로 알려져있다. Al-Mg_2Si 합금의 기계적 성질은 주된 강화상인 Mg_2Si의 크기 및 형태에 따라 달라지고, 일반적으로 Mg_2Si가 너무 조대하게 형성될 경우 응력집중에 의해 합금의 기계적 성질 저하를 유발하고 이를 방지하고 개선시키기 위한 연구가 이루어지고 있으며 개선하는 것이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 Al-Mg_2Si합금을 사용하여 초음파용탕처리의 유무와 P 첨가의 유무에 따른 초정 Mg_2Si에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

[P19-5]
자동차 경량화를 위한 60%IACS급 Al합금 전선 및 성형공정 개발: 김기호, 김학준, 홍순현, 강승훈; *경신전선.*

Keywords: 소전류용 Al합금 전선, 주조, 신선, 자동차 전선

전 세계적인 연비 및 환경규제의 강화로 자동차 산업분야에도 경량 부품의 수요가 급격하게 증가되고 있으며 특히, 자동차용 전선에도 기존에 사용되는 Cu합금을 Al합금으로 대체하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 아직 해외 선진 메이커에 절대적으로 의존하고 있는 실정으로 이를 근본적으로 해결할 수 있는 국내의 독자 적인 자동차 전선용 Al합금 개발 및 성형공정 개발이 절실히 필요한 상황이다. 현재는 국내 고급차종의 배터리 케이블로 Al전선이 일부 적용되고 있으나, 향후 차량 실내의 회로에도 적용될 것으로 전망되고 있으며, 해외 선진국에서는 이미 Cu전선의 15% 이상이 Al전선으로 대체 적용되고 있다. Al전선을 제조하기 위해서 필요한 중요 가공기술인 주조, 압연 압출 및 인발 공정 등의 제어와 조직제어를 통한 60%IACS급 자동차 전선용 경량 Al합금 원천소재 및 핵심공정 기술 확보가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 Al 모재에 강도향상을 위한 Cu, Fe, Mg등의 원소를 첨가한 합금설계와 선재를 제조하기 위한 압연 및 인발 공정 시 단면감소율과 다이스 패스 스케줄 제어를 통해서 가공공정 최적화 조건을 수립하였다. 또한 제조된 최종 신선재를 이용하여 기존 Cu전선 대비 30% 이상의 중량절감을 목표로 0.75~2.5SQ규격의 소전류용 Al전선을 개발하였다.

[P19-6]

박판주조법으로 제조한 Al-8wt%Zn-2.5wt%Mg-2wt%Cu 합금의 자연시효억제와 성형성 향상: 허지구[1], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1], 김양도[2]; *[1] 한국기계연구원부설재료연구소. [2] 부산대학교.*

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu, Twin roll casting, Strength, Elongation, Natural aging

자동차의 연비규제 및 이산화탄소 배출량의 규제가 심화되어 지속적으로 그 기준이 상향됨에 따라 자동차 차체의 경량화는 필수적이다. 현재 자동차 차체의 경량화를 위하여 기존 철강소재를 알루미늄으로 대체하는 연구가 수행되어 왔으며 그 사용량 또한 증가하고 있다. 차체에 사용하는 알루미늄 합금 판재로는 가공경화성이 우수한 Al-Mg합금판재와 소부경화성이 뛰어난 Al-Mg-Si합금판재가 주로 사용되고 있다. 또한, 경량화 효율이 높고 보다 고강도인 차체를 제조하기 위하여 비강도가 우수한 Al-Zn-Mg-Cu계(7xxx계) 알루미늄 합금을 차체에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있으나 복잡한 제조공정으로 인하여 소재 및 부품제조 시 비용이 증가한다. 최근에는 박판연속주조법(Twin-Roll Casting, TRC)을 이용하여 고비강도 판재를 저비용으로 제조하는 연구가 진행중이다. 본 연구실에서도 가장 많이 사용되는 고비강도 Al-Zn-Mg-Cu합금인 7075 합금보다 비강도가 더 우수한 Al-8wt%Zn-2.5wt%Mg-2wt%Cu 합금을 박판주조 및 압연하여 두께 1 mm판재를 제조하였다. Zn 함량이 높은 이 합금판재를 냉간압연하여 용체화처리하였을 경우 시간이 경과함에 따라 자연시효가 발생하여 인장 및 항복강도는 증가하는 반면에 연신율이 저하된다. 이러한 연신율의 저하는 판재의 상온성형성 저하에 직접적인 영향을 미치므로 이를 방지할 목적으로 안정화 열처리를 실시하였다. 적절한 안정화 열처리를 통하여 Al-8wt%Zn-2.5wt%Mg-2wt%Cu합금판재는 용체화처리 직후와 비슷한 연신율을 나타내었으며 이후 소부경화처리시에도 우수한 항복강도 증가 특성을 나타내었다.

[P19-7]

7068 알루미늄 압출재의 미세조직과 인장특성에 미치는 Ti 첨가의 영향: 이상화[1], 정재길[1], 김민석[1], 김세훈[2], 이영국[3], 어광준[1]; *[1] 재료연구소. [2] 자동차부품연구원. [3] 연세대학교.*

Keywords: aluminum alloy, extrusion, grain refinement, tensile test, heat treatment

고강도 7xxx 알루미늄 합금은 전신재로서 자동차와 항공 등 수송기기용 부품에 널리 사용되고 있다. 지속되는 수용기기용 부품의 경량화 요구에 따라 보다 고강도를 갖는 소재 개발이 필요하며, 이를 위해서는 미세조직의 제어가 필수적이다. 최근 미세조직 제어를 위해 합금원소의 첨가, 소성가공, 다양한 열처리 등 다양한 방법이 시도되고 있다. Ti은 다른 합금원소에 비해 소량만 첨가해도 알루미늄 주조재의 결정립을 미세화 시키는 것으로 알려져 있으며, 압출재의 미세조직과 기계적 특성에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만, Ti 첨가가 알루미늄 압출재에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 Ti 첨가가 7068 압출재의 미세조직과 인장특성에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. Ti 미첨가/첨가 7068 합금 빌렛을 주조한 뒤 430 ºC에서 25:1의 압출비로 압출하였다. 압출재를 450 ºC에서 다양한 시간동안 용체화 처리를 실시하였고, 120 ºC에서 24시간 시효하였다. Ti 첨가가 주조, 압출, 열처리의 각 공정단계에서의 소재의 미세조직과 인장특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 주사/투과전자현미경, 기지경도 및 비저항 측정, 상온인장 시험을 실시하였다.

[P19-8]

축 압축 시험 및 유한 요소 시뮬레이션에 의한 고강도 알루미늄 합금 튜브의 에너지 흡수능 평가: 김희주[1], 김수현[2], 정제기[2], 이윤수[2], 임차용[2], 최윤석[1]; *[1] 부산대학교 재료공학과. [2] 한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 알루미늄, 에너지 흡수능, 압축 시험, 유한 요소 시뮬레이션

알루미늄 합금은 우수한 비강도로 경량성을 필요로 하는 수송기기용 소재로 널리 사용 되고 있다. 또한 에너지 흡수능이 우수하여 자동차 범퍼빔, 크래쉬박스 등과 같은 충돌 부재 및 가드레일, 방탄판 등 고 충격 흡수능을 필요로 하는 부품에 사용할 수 있다. 에너지 흡수능은 재료의 변형에 의하여 흡수되는 에너지의 크기이며, 이는 소재의 기계적 성질과 부품의 형상에 의해서 결정된다. 원형 튜브 형상은 비교적 높은 압축력을 견딜 수 있고, 적절히 설계된 형상에서 좌굴 후 소재의 거의 모든 부분이 소성변형을 일으키게 되므로 에너지 흡수를 위한 목적으로 사용하기에 적당하다. 이번 연구에서는 비강도가 우수한 5000계, 6000계, 7000계 알루미늄 합금의 에너지 흡수능을 실험 및 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 시편의 형상을 튜브 형태로 가공 후 압축시험을 실시하여 힘-변위 곡선을 얻은 후 에너지 흡수능을 계산하였다. 시뮬레이션은 유한 요소 해석 프로그램을 이용하여 진행하였다. 이로부터 알루미늄 합금의 소재 특성과 에너지 흡수능의 상호 관계를 규명하고자 하였다.

[P19-9]

ADC12 기반 합금에서 Mg과 Cu 첨가가 기계적 특성에 미치는 영향: 김재황[1], 임지우[1], 송민영[1], 김종인[2]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *(주) 대승.*

Keywords: 다이캐스팅, ADC12, Mg 첨가, Cu 첨가, 석출물

CO2 절감 및 연료효율 상승을 위해 자동차용 부품으로 알루미늄 합금 적용이 증가하고 있다. 다이캐스팅 공정은 생산성이 우수하여 자동차용 경량 소재 생산 공정에 주로 적용된다. 자동차용 부품 적용을 위하여 내구성 향상 일환으로 알루미늄 합금의 고강도화가 중요하다. 본 연구에서는 ADC12 합금에 Mg과 Cu 첨가가 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 다이캐스팅 이 후, 알루미늄 합금의 고강도화를 위하여 열처리가 실시되었다. 경도와 인장 시험을 통하여 기계적 특성이 평가되었으며, 광학현미경과 투과전자현미경을 활용하여 미세조직을 분석하였다. Mg 및 Cu 첨가 등의 첨가에 따라 석출물 생성으로 인한 고강도화를 확인하였다.

P20 : 피로 및 파괴 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 26일

[P20-1]

항공용 박판 소재의 설계 허용치 생성을 위한 준정적 및 동적 시험·평가 방안: 박준혁[1], 안수진[1], 정대호[1], 손진일[2], 성효경[1], 김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]엠티디아이(주).*

Keywords: Aerospace material, Airworthiness Certification, Quasi-static test, Dynamic test

최근 항공 산업에서 복합 소재의 활용도가 증가함에 따라 복합 소재와 갈바닉 부식이 발생하지 않고, 소재 경량화를 함께 고려할 수 있는 타이타늄의 사용량이 증가하고 있다. 현재 국내에서는 이러한 타이타늄을 비롯한 다양한 항공용 소재 및 부품의 새로운 설계와 개발을 위하여 많은 연구를 진행하고 있으며, 현실적으로 국산화를 실현하기 위해서는 정부에 의해 보증되는 감항인증이 필요하다. 이를 만족하기 위해서 항공용 금속재와 관련한 소재 규격은 AMS (aerospace material specification), 항공요소재 물성 확보를 위해서 적용되는 규격은 MMPDS (metallic materials properties development and standardization)에 따라 통계적 개념으로 생성된 금속재의 설계허용치(design allowable)를 이용하여 설계되어져야 한다. 감항인증 요구도에 따른 시험은 ASTM 규격에 기준하여 실시하는데 ASTM 규격은 항공기 Skin 부품의 주 소재인 타이타늄 박판과 같은 얇은 소재의 시험에 대한 기준을 명확히 제시하지 않고 있다. 본 연구는 국내에서 감항인증 요구도를 만족하기 위한 시험 시스템의 개선을 목적으로, 좌굴 현상 및 Alignment 등의 문제로 인하여 시험에 어려움이 있는 박판 소재의 시험을 ASTM 규격에 근거한 준정적 및 동적 시험·평가가 가능하도록 보완할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

[P20-2]

일반부식(염수) 특성을 고려한 효율적인 항공기 구조 정비시기 예측기법 고찰: 최희수[1], 이유림[1], 안수진[1], 이철주[2], 김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]한국항공우주산업.*

Keywords: 염수분무시험, 일반부식, 항공기 구조 건전성, 검사 주기

항공기 구조 부품은 다양한 환경에서 운용되기 때문에 개발 단계에서부터 방식 설계를 고려하며 수명기간 동안 부식 방지를 위한 예방정비 및 수리 활동을 수행한다. 항공기 생산단계에서는 설계 개념에 따라 철저한 방식 처리를 수행하지만 주기적으로 수행되는 정비활동 중에 공구에 의한 마모 및 외부물체에 의한 손상을 입을 수 있기 때문에 부식 환경에 주기적으로 노출된다. 이러한 방식 시스템의 파손 때문에 부식특성이 양호한 재질을 적용하고 있으나 항공기 구조 건전성 확보를 위해서 수행되는 주기적인 검사와 외부 물질에 의한 손상을 피할 수는 없다. 이러한 반복적인 주기 검사는 항공기 가용성 저하와 많은 정비 비용이 수반되며 또한 검사 주기가 부적절할 경우 항공기 구조 건전성을 위협하기 때문에 사용된 재료 및 구조물에 대하여 적절한 점검 주기를 설정해야 한다. 장시간 부식 환경에 노출되어 운용하는 항공기의 경우 검사주기 결정은 피로수명해석 결과, 사고 손상 확률과 환경에 의한 부식 손상을 고려하여 검사 주기를 설정하는 것이 항공기 구조 안전성 확보에 적절한 방법이다. 본 연구에서는 항공기 구조물에 널리 사용되는 재료에 대한 부식특성을 연구하고 종류별 재료의 부식민감도 평가방법을 제시하였다.

[P20-3]

5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량과 응력부식균열 저항성 사이의 상관관계: 이관호, 박준혁, 안우진, 성효경, 김상식; *경상대학교.*

Keywords: SSRT, SCC, AlMg alloy, Al_2Ca

최근 자동차용 소재로 주로 사용되는 5XXX계 알루미늄 합금의 강도를 향상시키기 위하여 Mg 첨가량을 증가시킨 연구들이 많이 보고되고 있다. 하지만 Mg의 강한 산화반응으로 인해 주조과정에서 문제점이 발생하고, 3% 이상 첨가 시 β 석출상(Mg_2Al_3)을 형성으로 인해 내식성이 저하되기 때문에 Mg 함량에 제한이 따른다. 이를 개선하기 위하여 5XXX계 알루미늄 합금의 주조 공정 중에 Mg+Al_2Ca 복합 첨가를 통해 산화성을 효과적으로 억제한 연구들이 진행되었으며, 합금원소의 첨가가 응력부식균열 저항성에는 어떠한 영향을 미칠지 관심이 주목되고 있다. 본 연구에서는 Mg+Al_2Ca 복합 첨가한 5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량에 따른 응력부식균열 저항성에 대해 분석하였다. 분극 시험, 하중 제어 ring test, 저속인장시험((Slow Strain Rate Test, SSRT)을 통하여, 공기 중과 0.6M NaCl 수용액 분위기에서 인장 특성 차이를 상용재와 정량적으로 비교 분석하였다. 또한 Mg 함량에 따른 SCC 민감도의 차이를 알아보기 위해 미세조직 및 파단면 분석을 실시하였으며, Mg 첨가가 5XXX계 알루미늄 합금의 응력부식균열 저항성에 미치는 영향을 고찰하였다.

[P20-4]

In situ structural health monitoring on CNT/Carbon-fiber reinforced polymer composite via mechanoluminescence and electrical resistance: Seongyeon Ahn[1], Yohan Noh[1], JiSikKim; *Kyungpook National University.*

Keywords: Composite material, Fatigue, Fracture, CFRP, ML(Mechano-luminescence)

Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) laminated with carbon fiber (CF) prepreg, which is extremely strong and light, has been extensively used in different fields such as aerospace, automotive, civil engineering, sports goods and defense. In this study, we tried to establish two different in-situ structural health monitoring methods through the stress visualization in terms of mechanoluminescence (ML) and the variation of electrical resistance. The ML pattern distribution is obtained by using the well-known phosphor: $SrAl_2O_4$:Eu,

Dy; meanwhile, the electrical resistance variation is obtained via CNT/CF. The CNT was added in order to improve the electrical conductivity to resist the damage caused by lightning strike, and also to enhance the mechanical strength. The direct visualization of stress field in term of ML at the vicinity of cracks and the variation of resistance caused by the damage can easily help to detect the damage and speculate the level of damage. Consequently, the possible hazardous catastrophe can be prevented and can save the loss of life and property.

[P20-5]

고강도 Al-Zn-Mg 합금의 고온 인장 및 충격 특성에 미치는 노출온도 및 시간의 영향: 안우진[1], 김도희[1], 안수진[1], 성효경[1], 김상식; *경상대학교.*

Keywords: aluminum alloy, high temperature properties, Charpy impact test, fractography

항공용 소재로 주로 사용되는 알루미늄 합금은 경제성이 우수하고 비강도가 높지만 고온 강도가 현저히 낮은 단점을 가진다. 항공용 소재는 다양한 환경에 노출되기 때문에 안정적인 항공기 운용을 위하여 항공용 알루미늄 합금의 고온 인장 및 충격 특성에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 항공용 소재 중 강도가 우수한 Al-Zn-Mg 합금을 선정하여 온도에 따른 미세조직과 고온 인장 및 샤르피 충격특성의 상관관계에 대해 분석하였다. 시험 온도를 25, 100, 150, 200, 250°C 로 제어하여 각각 0.5시간, 10시간 노출시킨 후 인장 및 샤르피 충격 시험을 실시하였다. 각 온도별 미세조직을 광학 및 주사 전자 현미경으로 분석하였으며, 결정립 크기 및 이차상의 종류와 분포를 측정하였다. 인장 시험 결과와 샤르피 충격 흡수에너지를 비교 분석하였으며 각 시험별 파면 분석을 통해 온도에 따른 딤플의 크기 및 개재물이 파괴에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 통하여 고온 노출 온도 및 시간에 따른 고강도 Al-Zn-Mg 합금의 기계적 특성 변화를 고찰하고자 하였다.

[P20-6]

Crystallography inspired optimization of 3D printed micro lattices using Metaheuristics of NSGA-III: Noh yohan, Ahn seonyeon, Kim jisik; *Kyungpook National University.*

Keywords: NSGAIII, Micro Lattice, 3D printing(DLP), Optimization, Labview

Micro lattice structural material is applicable to structures in various fields so that be able to apply almost all structural materials. This ripple effect, as predicted by NASA, will be selected as a 'Game Changer Technology' in the aerospace field. As the distance traveled by electric vehicles has recently been pointed out as an obstacle to the expansion of electric vehicles, it can be applied to preemption of the electric car market by making it possible to extend the mileage by decreasing the weight of cars. Especially, the most applicable fields in the domestic civilian field are the light materials for automobiles and their parts. Therefore, in this study, we propose an optimized micro lattice based on crystallography using a meta - heuristic optimization strategy based on a multi - objective genetic algorithm.

[P20-7]

니켈기 초내열합금의 열화에 따른 미세구조 및 저주기 피로 손상도 평가: 허인강[1], 윤동현[1], 김재훈[2], 배시연[3], 이한상[3]; *[1]충남대학교 공과대학 기계공학과. [2]충남대학교 기계공학부. [3]전력연구원.*

Keywords: 니켈기 초내열합금, 저주기피로, 미세구조, 감마프라임, 주사식전자현미경

니켈기 초내열합금은 고온 및 높은 응력등 과 같은 극한환경에 대한 우수한 저항성을 갖으며, 대형 가스터빈의 소재로 사용된다. 본 논문에서는 실제 장시간 사용된 블레이드에서 시편을 채취하여, 열화에 대해 미세조직 분석 및 저주기피로수명에 대해 연구하였다. 가스터빈 블레이드의 미세조직 분석은 금속현미경(OM)과 주사전자현미경(SEM)을 분석하였다. 미세구조 분석결과 감마프라임(Gammar Prime)상은 조대화 되었으며, 탄화물 및 TCP(Topological Closed Packed)상이 관찰되었다.저주기피로시험은 신소재와 장시간사용된 airfoil로 나눠서 진행하였다. 다양한 변형률 조건과 760°C, 870°C의 온도조건에서 실험을 진행하였다. 두 소재의 저주기피로시험은 Coffin-Manson 식을 통해 가스터빈 블레이드의 잔여피로수명을 예측하였으며, 상호 비교하여 열화에 따른 손상도를 평가하였다. 마지막으로 SEM을 이용하여 균열경로 및 파단면을 분석하였다.

P21 : 융합재료과학
Room 3층 로비, 4월 26일

[P21-1]

Visually interactive pressure sensor using multilayered thermochromic display: Gwangmook Kim, Sungjun Cho, Wooyoung Shim; *Department of Materials Science and Engineerin, Yonsei University.*

Keywords: thermochromic, composite, pressure sensor, interactive display, microstructure

Pressure sensor has huge potential in future electronics to achieve a zero-distance to human such as healthcare and IoT (internet of things) device. As a promising human-machine interface device, stimuli-responsive human readable readout is important factor for pressure sensor, and thereby user directly recognizes external stimuli without any additional process. Among the types of response, visual color change is the most intuitive readout for human, which can easily express both a magnitude of pressure and place being pressed. Here, we present visually interactive pressure sensor using multilayered thermochromic display and resistive pressure sensor. In this study, we develop maze-shape microstructured PDMS array to make resistive pressrue sensor with high spatial sensitivity and multilayer PDMS composite made by functional micro- and nano filling particles. By coupling them, electrical response of device can be converted to optical readout by heat as medium. To verify pressure mapping capability, we demonstrate pressure dependent dot writing and 3D force touch note that suggests potential uses as future electronics.

[P21-2]

Transparent Capacitive Pressure Sensors with ultralow Electromagnetic Interference: 김태훈, 김광묵, 김혜온, 심우영; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: sensor, EMI Shielding, Conductivity, Conductive Polymer, PEDOT:PSS

The disturbance by Electromagnetic interference (EMI) may degrade the performance of the circuit or even stop it from functioning. EMI shielding is a way to reduce the effects of EMI on a desired space. In general, materials with high electrical conductivity are effective for EMI shielding. But for this reason, circuits or devices that use high-conductivity materials also serve to block electromagnetic signals unintendedly. For example, when a metal or conductive polymer electrode is coated on a commercial touchscreen, the electric field is disturbed and can not be recognized as a 'touch' when the finger approaches. PEDOT: PSS, one of the conductive polymer, also has EMI Shielding Efficiency (EMI SE) due to its high electrical conductivity. Absorption loss is negligible when PEDOT: PSS is thinly coated on a scale of several hundred nanometers, but thickness-independent reflection loss still interferes with the electromagnetic wave signal. We fabricated thin-film electrodes of tens of nanometers to make different electrical tendencies and structures than bulk by diluting in solution. At that thickness range, the conductive pathways are changed and thus the electrical conductivity can be controlled. Therefore, we modifyed the structure of PEDOT: PSS to fabricate electrodes with very low reflection loss. We also fabricated a capacitance pressure sensor using this optimized electrode and attached it to a touch screen to produce a transparent film capable of 3D force input.

[P21-3]

다공성 SnO_2@C/RGO 복합체 전극 제조 및 리튬이온 이차전지 음극 특성 연구: 송하용, 함문호; *광주과학기술원 신소재공학부.*

Keywords: Li-ion battery, anode material, tin oxide, graphene

최근 스마트기기, 전기자동차와 같은 대용량 에너지 저장 소자를 필요로 하는 산업이 발달함에 따라 리튬이온 이차전지(lithium-ion batteries, LIBs)의 수요가 증가하고 있다. 하지만 LIBs에 사용되고 있는 흑연계 음극 활물질은 이론용량이 372 mAh/g으로, 리튬이온 저장능력이 상대적으로 작기 때문에, 고용량의 LIBs 개발을 위해 새로운 대체 활물질의 개발이 요구되고 있다. 주석 산화물(SnO_2)은 이론용량이 781 mAh/g으로 매우 높아 흑연의 대체 활물질로서 활발한 연구가 진행되고 있다. 하지만 SnO_2를 음극 활물질로 사용하기 위해서는 낮은 전기전도성과 이온전도성으로 인해 발생하는 출력이 낮다는 문제점과 리튬의 삽입/탈삽입에 따른 반복적인 부피 변화에 기인하는 전극의 열화 문제를 해결해야 한다. 본 연구에서는 위와 같은 SnO_2의 한계점을 극복하기 위해, 크기가 제어된 SnO_2 나노입자를 제작하고, 이를 전도성이 높고 유연한 탄소 재료와 복합화하였다. SnO_2 나노입자는 크기가 5 nm인 단결정 SnO_2를 응집시킨 다공성 구조로 제작되었으며, 이러한 구조를 통해 SnO_2 결정 내부에서의 리튬이온의 확산거리를 최소화하고, 나노입자 내부에 전해액의 침투를 원활하게 할 수 있었다. 또한 나노입자 표면에 얇은 탄소층을 도입하여 core-shell 구조를 형성하고, 이를 표면적이 넓고 유연한 그래핀 표면에 분산시켜 전기전도성을 향상시키는 동시에, 체적변화에 의한 열화를 완화시킬 수 있었다. 나아가 나노입자의 크기 및 나노입자가 전도성 탄소재료와 이루는 나노구조가 LIBs의 성능에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

[P21-4]

Porosity gradient porous structured dielectric for linearly sensitive pressure sensor: 김경남, 백정민; *울산과학기술원.*

Keywords: Linearity, Porosity gradient, Pressure sensor, Stretchable, Wearable device

Developing a successful strategy to enhance the linearity and sensitivity in pressure sensor is crucial to accelerate the

commercialization for restoring tactile sense to people with skin damage. We fabricate porosity gradient porous structured dielectric (PGPD) based capacitive pressure sensor with gradually increasing pore size along the longitudinal direction by the combination with multi-layer coating and semi-curing method. A biocompatible and stretchable porous dielectric layer is used, resulting in pressure sensor with high sensitivity, linearity and high stable property over 10,000 cycles and extremely low-pressure detection of 2 Pa. The strain sensitivity of the sensors differs according to the bending direction due to gradient porous structure. Additionally, the resulting pressure sensors are demonstrated to fabricate the artificial fingertip thus achieving successful tactile sensing of various motions. The developed high-performance electronic skin may open new opportunities for innovative application such as health monitoring and human-machine interfaces.

[P21-5]

화학기상증착법을 이용한 그래핀의 저온 합성 및 구리/그래핀 적층 구조의 배선 특성: 김항규, 손명우, 함문호; *광주과학기술원.*

Keywords: graphene, chemical vapor deposition, low temperature, interconnect

반도체 집적회로의 고집적화, 초미세화에 따라 반도체 소자를 연결하는 금속 배선의 폭 및 간격이 수 나노미터 크기로 감소하는 추세이다. 그러나 현재 반도체 배선으로 사용되는 구리는 배선 폭이 감소할수록 저항이 급격하게 증가하기 때문에 소자의 RC 지연 및 발열 문제를 초래한다. 이를 해결하기 위해 수 나노미터 크기의 반도체 소자에 적합한 금속배선으로 구리보다 저항이 낮은 배선 재료에 대한 연구가 진행되고 있다. 그래핀은 우수한 전기적, 열적 특성을 보이므로, 그래핀을 구리 배선 위에 적용할 경우 구리 배선의 비저항을 개선하고 구리의 electromigration 현상을 억제할 것으로 기대된다. 일반적으로 그래핀은 메탄 가스를 탄소소스로 이용하여 화학기상증착법으로 합성된다. 그러나 그래핀 합성 공정은 800-1000°C 에서 진행되기 때문에, 고온에 취약한 반도체 소자 위에 직접 그래핀을 합성할 경우 소자에 물리적 손상을 줄 수 있다. 본 연구에서는 벤젠을 탄소소스로 이용하여 100-300°C의 저온에서 그래핀을 합성하였다. 또한 구리 배선 위에 직접 그래핀을 합성해 구리/그래핀 적층 구조를 제작하였으며, 구리/그래핀 적층 구조의 배선 특성을 평가하였다. 구리/그래핀 적층 배선은 구리 배선에 비해 파괴전류밀도(breakdown current density)와 평균파괴수명(mean-time-to-failure) 특성이 개선되었다.

[P21-6]

Biocompatible Field-Effect-Transistor-based Dopamine Sensors Composed of Hybrid Nano Materials: Seung Min Yang[1], Tae-Min Jang, Suk-Won Hwang; *KU-KIST Graduate School of Converging Science and Technology.*

Keywords: Dopamine, Biosensor, Biocompatible, Flexible, Bioresorbable

Dopamine is an electroactive neurotransmitter released by the brain, playing critical roles in the mammalian central nervous system. Abnormal dopamine levels in the brain has been implicated in chronic neurological diseases such as Parkinson's disease, Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Therefore, rapid and sensitive detection of dopamine has been required for the diagnosis and monitoring of such disease. Further, many considerations must be taken into account in applying to actual brain. However, previously reported dopamine sensors have some limitations for their practical biomedical applications, such as the toxicity of the constituent materials. Here, we report field-effect-transistor (FET)–based dopamine sensor, all of the materials that make up this sensor are biocompatible, mostly biodegradable and flexible for direct detection in the brain, eliminating the risks and cost associated with secondary surgical operation. We suggest the fabrication of the FET-based dopamine sensor composed of Fe^{2+} / Fe^{3+} ion decorated conducting materials and p-doped silicon interdigitated array electrode on biodegradable and flexible substrate. In addition to its suitable properties for biomedical implants such as bioresorbability and flexibility, this FET–based dopamine sensor has also shown performance comparable to the previous dopamine sensors. Our device has the additional potential to be applied to sensing other various organic chemicals without any infection and/or side effects by the immune systems.

[P21-7]

Designable Hydrogel Nanofiber Scaffold for Cell Culture: Patterning and Stiffness Modulation: Dasom Song[1], Dong-Hee Kang[1], Myung-Han Yoon[1,*]; [1]*School of Materials and Science engineering, Gwangju Institute Science Technology. (GIST)*

Keywords: photo-crosslinking, hydrogel nanofiber scaffold, polyvinyl alcohol, electrospinning, cell culture.

체외 세포 배양을 위해 세포외기질(Extracellular matrix)의 나노섬유형태를 모사하는 전기방사 나노섬유 지지체를 인공적인 세포배양 기판으로 사용하고자 하는 연구들이 진행되어 왔다. 본 연구에서는 기존의 나노섬유 구조를 유지하면서도 개별 세포 단위 보다 큰 수백 마이크로 수준에서의 기하학적 형태 조절 및 나노섬유들의 기계적 강도 조절이 가능한 수화젤 나노섬유 지지체를 제작하고자 하였다. 해당 목적을 달성하기 위해 친수성 합성고분자인 폴리비닐알코올(poly(vinyl alcohol))에 UV파장대의 빛을 조사했을 때 화학적 가교가 발생하는 관능기를 도입하고자 하였으며 결과로서 광조사에 의한 용액상 및 고체상에서 광가교가 가능함을 확인하였다. 관능기가 도입된 고분자를 기반으로 전기방사를 통한 나노섬유 지지체 제작 후 패턴 마스크를 이용하여 마이크로 수준에서의 기하학적 형태를 조절하고 세포배양 함으로써 동일한 기하학적 형태로 세포성장되도록 하였다. 그 외에도 본 연구실에서 개발한 고체상 수화젤화 방식과 함께 광조사 시간을 조절하여 기계적 특성이 조절되는 수화젤 나노섬유 지지체 제작하였다. 개발된 광가교 가능한 수화젤 나노섬유 지지체는 세포배양 및 조직배양에 있어 기하학적 요소 전환을 통한 원활한 물질순환, 3차원 배양, 세포패턴과 같은 다양한 목적을 위한 배양기판으로 사용될 수 있을 것이라고 기대된다.

[P21-8]

Atomic Layer Deposition of HfO2 Films on Graphene: Hyeok Jae Lee, Hye Ju Kim, Sang Woon Lee*; *Department of Physics and Department of Energy Systems Research, Ajou University.*

Graphene has received significant attentions for nano and opto-electronic device applications. Among various applications, graphene has been considered as an alternative channel material for high-performance metal oxide semiconductor transistors owing its high electron mobility (>20,000 cm^2/Vs) at room temperature. For the fabrication of top-gated graphene transistor, a growth of high-k film is essential on graphene surface. Unfortunately, it is highly challenging to grow oxide films such as Al2O3 and HfO2 on the graphene using atomic layer deposition (ALD) due to absence of surface functional group on graphene surface which is necessary for oxide ALD. Here, we propose a simple method for highly enhanced nucleation and growth of HfO2 films by ALD via a graphene surface treatment using trimethylaluminum and H2O. The surface treatment was performed before the growth of HfO2 films by ALD. With the improved nucleation of the HfO2 film on the graphene, the leakage current decreases significantly by a factor of 102–105 (at 1 V) than those without surface treatment for a given number of HfO2 ALD cycles. Notably, a higher dielectric constant (k~14.5) was achieved with surface treatment than that without surface treatment (k~5.6). Therefore, the surface treatment using TMA and H2O enables the achievement of enhanced nucleation as well as improved electrical properties of HfO2 films, thus providing promising opportunities in graphene electronics. Detailed discussion on the improved nucleation of HfO2 film on graphene will be addressed in the presentation.

[P21-9]

Knittable and wearable gas sensors using reduced graphene oxide, Molybdenum disulfide covered carbon fabrics decorated with metal catalysts for enhanced selectivity: Chung won Lee, Jun Min Suh, Ho Won Jang*; *Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University*

In recent days, gas sensors have been attracting great interests for various purposes such as monitoring indoor air quality, detecting harmful gases, or providing information on food storage. Among them, researches on gas sensors to detect the gaseous substances from human body have been extensively conducted. The composition of gaseous substances from human activity like breathing contains information about health status such as diabetes, respiratory diseases, or even cancers. Even if there exist various gas sensor technologies to detect those substances from human breath, however, they cannot continuously monitor every single breath due to their rigid platform restricting them from being attached close to human breath. Therefore, gas sensors with a simple and flexible structure with capability of positioning near human breath are required. Here, we report knittable and wearable gas sensors based on reduced graphene oxide (rGO) covered carbon fabrics (CFs) decorated with metal catalysts for enhanced selectivity. The rGO junctions between rGO covered CFs synthesized by annealing graphene oxide (GO) electrodeposited CFs, function as an active material for gas sensing, and metal catalysts (Cu, Pt, and Pd) were decorated to enhance selectivity between various gases (H2S, H2, volatile organic compounds). MoS2 also has the capacity of detecting NO2 on its edge sites. MoS2 is applied to CFs by hydrothermal method. Since CFs are flexible and soft, gas sensors based on them are knittable and ultimately capable of direct application into clothes, the optimal location for monitoring human breath.

[P21-10]

Nanostructured p-Si with TiO2 passivation layer and metal catalyst for stable and efficient water splitting: Changyeon Kim, Ho Won Jang*; Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

Global warming, caused by greenhouse gases, has been emerging as one of the biggest environmental issue. The raising temperature could be very harmful to us and our earth. The greenhouse gases, such as carbon dioxide, methane, nitrous oxide, is emitted through the burn of fossil fuels. Therefore, new eco-friendly energy source, can be replaceable the fossil fuels, and production of that are needed to be developed. The solar water splitting has been attractive to promising approach. Generating hydrogen from water by solar energy allows for an unlimited amount of hydrogen to be stored and used as green fuels. For efficient production of hydrogen, there are several key factors to be needed; 1 proper energy band gap to absorb sunlight, 2 larger light absorption, 3 fater charge separation to prevent recombination of electron and hole pairs, 4 stability. p-Si photocathode has narrow band gap (1.12 eV) to absorb the wide range of the solar spectrum. So it could generate many electron-hole pairs and so larger photocurrent could be obtained. And nanostructured p-Si play a role to scatter the solar light, so enhance the absorption of solar energy. However, the silicon photocathode is unstable at electrolyte and suffers from fast photocorrosion due to the position of thermodynamic redox potentials, and the solar to hydrogen conversion efficiency of bare silicon photocathode is largely suppressed. To solve this problem, desigining a surface passivation layer that can protect against chemical and photo-induced corrosion has beed studied these days. Also, some metal catalysts have been reported to be enable to enhance the efficiency of solar to hydrogen efficiency. In this study, we are going to fabricate nanostructured p-Si with TiO2 passivation layer and deposit metal catalysts onto that. TiO2 layer, also, forms type 2 heterojunction with the p-Si and produces a band offset, which can improve the efficiency of separation of electron-hole pairs while preventing recombination. Finally TiO2 passivation layer would improve the statibility by preventing photocorrosion of p-Si. And metal catalysts would enhance the efficiency.

[P21-11]

Use of MoS2 nanosheets for drilling mud: Seonghyeon Hong, Suyeong Kim; *School of Chemical Engineering and Materials Science, Chung-Ang University*

Drilling mud is fluid used in drilling system, which conducts controlling subsurface pressures, removing drill cuttings and cooling the drill bit, so it is required high thermal conductivity, high viscosity and stability in high pressure and high temperature (HPHT). Drilling mud, especially for water-based drilling mud (WBM), needs additives which are used to enhance the properties of WBM. However, previous WBM additives have some limitation to increase thermal conductivity of the mud after HPHT treatment. The MoS2 showed high thermal conductivity (single layer 34 W/m·K, bilayer 54 W/m·K) and stability in HPHT. Notably, MoS2 nanosheets' thermal conductivity can be tuned by controlling the thickness and size. In this study, we demonstrated that these characteristics effectively changed the properties WBM. MoS2 nanosheets with different size and thickness were used in WBM. Then, we measured viscosity, shear stress, thermal conductivity and stability in HPHT environment. (100 ^{o}C, 10 bar, 1 hour). Through these experiments, we believed that MoS2 nanosheets can be a promising candidate to improve the properties of drilling mud.

[P21-12]

High performance humidity sensor based on reduced graphene oxide hybrid composites: Seo Yun Park[1], Yeon Hoo Kim[1], Seon Yong Lee[1], Woonbae Sohn[1], Jung Eun Lee[2], Do Hong Kim[3], Young-Seok Shim[4], Ki Chang Kwon[1, 5], Jun Min Suh[1], Museok Ko[6], Jong-Heun Lee[3], Mi Jung Lee[6], Soo Young Kim[5], Min Hyung Lee[2*], Ho Won Jang[1]*; [1]*Seoul National University,* [2]*Kyung Hee University,* [3]*Korea University,* [4]*Korea Institute of Science and Technology (KIST),* [5]*Chung-Ang University,* [6]*Kookmin University*

Recently, two-dimensional (2D) materials have attracted attention for gas sensor fields due to their unique properties such as high surface to volume ratio and numerous active sites. Especially, reduced graphene oxide (rGO) and MoS2 are typical 2D materials are one of the most promising materials for humidity sensor due to the oxygen containing functional groups on the surface of rGO and dangling bonds at the edge site of MoS2. Herein, we demonstrate chemoresistive humidity sensors with fast response, excellent selectivity, and ultrahigh sensitivity based on 2D rGO and 2D MoS2 hybrid composites (RGMSs). RGMSs were fabricated by simple ultra-sonication without adding additives and additional heating. Compared to the pristine rGO, a RGMS exhibit 200 times higher response to humidity at room temperature. A significant enhancement of the composite's sensing performance is attributed to the electronic sensitization due to p-n heterojunction formation and porous structures between the rGO and MoS2. The synergistic combination of rGO and MoS2 could be applied to a flexible humidity sensor. The sensing performance of a RGMS flexible device remained almost the same before/after bending, which provides a new and simple strategy to realize humidity sensor for use in wearable electronics. Our work provides an efficient way for realizing high-performance and fast responding humidity sensors utilizing 2D-2D heterojunction materials based chemoresistive humidity sensors for use in diverse applications.

[P21-13]

Dominance of Plasmonic Resonant Energy Transfer over Direct Electron Transfer in Substantially Enhanced Water Oxidation Activity of BiVO4 by Shape-Controlled Au Nanoparticles: Mi Gyoung Lee, Ho Won Jang*; *Seoul National University.*

The performance of plasmonic Au nanostructure/metal oxide heterointerface shows great promise in enhancing photoactivity, due to its ability to confine light to the small volume inside the semiconductor and modify the interfacial electronic band structure. While the shape control of Au nanoparticles (NPs) is crucial for moderate band gap semiconductors, because plasmonic resonance by interband excitations overlaps above the absorption edge of semiconductors, its critical role in water splitting has still not been fully understood. Here, we firstly study the plasmonic effects of shape-controlled Au NPS on bismuth vanadate (BiVO4), and report a largely enhanced photoactivity of BiVO4 by introducing the octahedral Au NPs. The octahedral Au NPs/BiVO4 achieved 2.4 mA/cm2 at the 1.23 V vs. reversible hydrogen electrode, which is the 3-fold enhancement compared to BiVO4. It is the highest value among the previously reported plasmonic Au NPs/BiVO4. Improved photoactivity is attributed to the localized surface plasmon resonance; direct electron transfer (DET), plasmonic resonant energy transfer (PRET). The PRET can be stressed over DET when considering the moderate band gap semiconductor. Enhanced water oxidation induced by the shape-controlled Au NPs is applicable to moderate semiconductors, and shows a systematic study to explore new efficient plasmonic solar water splitting cells.

[P21-14]

Graphene grain boundary observation via plasma and thermal treatment: Jong-Young Lee, Min Jung Kim, Gwan-Hyoung Lee*; *Department of Materials science and engineering, Yonsei University*

Graphene has received great attention because of its superior physical properties, which make graphene suitable for multiple applications. [1] Recently, graphene growth techniques to produce large-scale graphene film with high quality have been developed. Among these techniques, chemical vapor deposition (CVD) on catalytic metal substrate in one of the most promising one. [2] Even though extensive efforts have been devoted to synthesize high quality graphene film, degradation of graphene results from defect formation is unavoidable during the growth and transfer process. Particularly, grain boundaries (GBs) have been considered as a

dominant effect on properties of graphene. [3] Typically, transmission electron microscopy and scanning tunnelling microscopy have been used to probe microstructure of GBs in CVD-grown graphene. However, the more convenient method of GB observation will significantly aid in studies of CVD graphene grain structure that closely related with its characteristics. Here we report a straightforward way to detect the GBs of graphene through optical microscope, allowing rapid qualification of graphene as well as the number of layers. The selective oxidation of copper through damaged GBs after oxygen plasma treatment and thermal oxidation induces an optically detectable color change in the copper substrate due to different oxidation between the copper under grain and GBs. Our observation technique can be used to disclose relation between quality of graphene and growth process easily. Furthermore, we integrated plasma generator and CVD system for realizing in-situ process.

[P21-15]

Observation, characterization, and modification of MoS2 grain boundaries using atomic force microscopy: Jae Hwan Jeong, Gwan-Hyoung Lee; *Department of Materials science and engineering, Yonsei University*

Two-dimensional (2D) materials have been widely studied due to their unique electrical properties. Even though two-dimensional materials have great promises in future electronics, most of researches have been conducted with mechanically exfoliated flakes from a high-quality single crystal, which is not suitable for mass-production and large-scale electronic devices. On the other hand, chemically grown multi-grain films of 2D materials have degraded electrical properties due to various defects, such as vacancies and grain boundaries. Among them, one of main reasons for lower quality of the grown MoS_2 is the grain boundaries. The grain boundary leads to carrier scattering, resulting in reduction of carrier mobility, and acts as a starting point of long-term degradation. Therefore, understanding crystalline structure of grain boundary and its impact on electrical properties are critical for synthesis of high-quality large-area 2D materials. Nevertheless, there is no straightforward method to observe MoS_2 grain boundaries, without use of transmission electron microscopy and photoluminescence mapping. Here we introduce our recent results for observation, characterization, and modification of grain boundaries in chemical-vapor-deposited MoS_2 by using atomic force microscopy (AFM). Distinct crystalline structure of grain boundary and absorption of molecules at grain boundaries enable us to easily and clearly observe grain boundaries in a lateral force AFM image. Furthermore, we also find out that spontaneous degradation at grain boundaries occurs. Based on these results, we will suggest a possible mechanism for grain boundary etching phenomena.

[P21-16]

Photo-response characteristics of graphene-on-GaN Schottky Junction photodiodes: Jae Hyung Lee, Jin Tae Kim, Sang Il Lee, Won Il Park; *Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University*

Graphene produces an atomically thin, flat and uniform Schottky contact with the semiconductor, enabling a large, well-defined photoactive area. Especially, the graphene on n-type GaN (Gr-GaN) Schottky Junction photodetectors (SJPDs) are of great interest due to their high responsivity and large active area. In the study, we developed a Gr-GaN SJPD showing a typical rectifying behavior and distinct photovoltaic and photoelectric responses, with a maximum on/off ratio of 5.8 x 105 at Va = 0 V and a responsivity of ~110 mA/W at Va = −1 V. Following the initial abrupt response to UV illumination, the Gr-GaN SJPDs exhibited a distinct difference in photo-carrier dynamics depending on applied bias voltage, characterized by either a negative or positive change in photocurrent with time. By correlating experimental results and FEA modeling, we have proposed the underlying mechanism, highlighting the interplay between electrostatic molecular interactions over the graphene sheet and trapped charges in the bulk GaN.

[P21-17]

Epitaxial growth of three-dimensional InxGa1-xN/GaN light emitting crystals based on nano/micro-architectured ZnO Templates: Dong Won Yang[1], Su Han Kim[1], Gyu-Chul Yi[2] and Won IL Park[1]*; [1]*Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University,* [2]*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*

Keywords: GaN, ZnO, LED, Heteroepitaxial, 3D structure

There has been substantial interest in three-dimensional (3D) semiconductor materials engineered to have properties that are beyond what is possible with conventional materials. Appropriately designed optical metamaterials consisting of nano- and micro-structured elements can exhibit unusual phenomena properties such as negative reflectivity and near perfect absorbance. To further develop the capability of 3D epitaxy, we demonstrate here the heteroepitaxial growth of InxGa1-xN/GaN architectures on a lattice-matched ZnO template that were achieved via hydrothermal growth in which we controlled the position, size and morphology of the layer. To prevent collapse of the crystals during MOVPE growth, graphene sheets were employed as a protection/mask layer. Temperature-dependent growth behaviors of GaN crystals on diverse types of ZnO templates can facilitate the control of hexagonal crystal shapes. Furthermore, a 3D light emitting crystal array was demonstrated through subsequent growth of high-quality n-type and p-type GaN and InxGa1-xN Quantum well layers. Importantly, analyses such as TEM/EDX along the different facets showed that both the indium composition and quantum well width change according to the facets as well as the diameter of the crystals. This achievement represents additional opportunities to impose new functions in LEDs, such as multi-color (broadband) emission, wavelength tuning, piezo-photo-electricity, and light extraction or confinement in 3-dimension.

[P21-18]

Systematic study of interdependent relationship on gold nanorod synthesis assisted by electron microscopy image analysis: Seokyoung Yoon[1], Byoungsang Lee[2], Jaesub Yun[3], Jeon Geon Han[2], Jong-Seok Lee[3], Jung Heon Lee [1,2]; [1]SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT), Sungkyunkwan University (SKKU), [2]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU), [3]Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU)

Keywords: gold nanorod, image analysis, nanoparticle shape, transmission electron microscope

Here, we systematically investigated the independent, multiple, and synergic effects of three major com-ponents, namely, ascorbic acid (AA), seed, and silver ions (Ag+), on the characteristics of gold nanorods (GNRs), i.e., longitudinal localized surface plasmon resonance (LSPR) peak position, shape, size, and monodispersity. To quantitatively assess the shape and dimensions of GNRs, we used an automated trans- mission electron microscopy image analysis method using a MATLAB-based code developed in-house and the concept of solidity, which is the ratio between the area of a GNR and the area of its convex hull. The solidity of a straight GNR is close to 1, while it decreases for both dumbbell- and dogbone-shaped GNRs. We found that the LSPR peak position, shape, and monodispersity of the GNRs all altered simul- taneously with changes in the amounts of individual components. For example, as the amount of AA increased, both the LSPR peak and solidity decreased, while the polydispersity increased. In contrast, as the amount of seeds increased, both the LSPR and solidity increased, while the monodispersity improved. More importantly, we found that the influence of each component can actually change depending on the composition of the GNR growth solution. For instance, the LSPR peak position red-shifted as the amount of AA increased when the seed content was low, whereas it blue-shifted when the seed content was high.

[P21-19]

Improved electrocatalytic properties of strain-induced La0.95NiO3-δ.: Minju Choi, Howon Jang; Seoul National University[1]

It is well known that oxygen deficiency of oxides can exibit enhanced electrocatalytic activity at room temperature. The strain can control the bond strength between the catalyst and the oxygen by driving the orbital polarization. It can also be one of the ways to improve the catalyst properties. Here, in order to observe the effect of oxygen deficiency, epitaxial $La_{1-x}NiO_{3-\delta}$ (x=0, 0.05, 0.1) thin films were deposited on $NdGaO_3$ substrates by pulsed laser deposition (PLD) method. And to make systematic strain to (001) La-site deficient $LaNiO_3$, 50 nm $La_{0.95}NiO_3$ epitaxial films were deposited on a range of different lattice parameter substrates. The substrates included (110) $YAlO_3$, (001) $LaAlO_3$, (110) $NdGaO_3$, (001) $SrTiO_3$, (110) $DyScO_3$, whose lattice parameter varied from 3.69 Å to 3.947 Å. Applied strain induced by various substrates can be verified by the shift of x-ray diffraction peaks in θ-2θ scans. Each of strained samples were electrochemically characterized and showed a clear trend.

[P21-20]

전기화학적 산화 및 환원 공정 변수 제어를 통한 형태 조절 가능한 금 나노구조의 형성 및 이의 응용: 김재훈[1], 송준태[1], 류혜원[1], 김진규[3], 정성윤[1,2] , 오지훈[1,2]*; [1]한국과학기술원 EEWS 대학원, [2]한국과학기술원 신소재공학과, [3]한국기초과학지원연구원

전기화학적 이산화탄소(CO2)전환 기술은 CO2 저감 측면에서뿐만 아니라 CO2 전환을 통해 고부가가치 화합물(일산화탄소(CO) 또는 포름산(HCOOH) 등)을 생산할 수 있다는 점에서 매우 유망한 방법이다. 하지만 CO2는 열역학적으로 매우 안정하며, 특히 수용액 상에서 물의 환원 반응과 경쟁 반응을 하기 때문에 효율적인 CO2 환원을 위해서는 고효율 촉매의 사용이 필수적이다. 금(Au)은 잘 알려진 CO2환원 촉매 중 하나로서 CO2의 CO로의 전환에 높은 선택도(selectivity)를 갖는 것으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 CO2 환원에 필요한 과전압(overpotential)이 비교적 크다는 점과 비싼 귀금속이라는 점, 그리고 낮은 촉매 안정성 등은 효율적인 CO2 전환 촉매로서 금의 활용을 어렵게 했다. 하지만 최근, 금 나노구조가 CO2 환원에 뛰어난 촉매 특성을 나타냄이 보고된 이후 다양한 방법으로 금 나노구조를 형성하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이 중, 산화물 유도(Oxide-derived) 금 나노구조 합성법은 금 포일 표면에 연속적인 전기화학적 산화 및 환원 처리를 통해 손쉽게 금 나노구조를 형성하는 방법으로써, 형성된 금 나노구조는 낮은 과전압에서 높은 CO로의 전환 효율과 장시간의 촉매 안정성을 보이기 때문에 고효율 CO2 환원 전기촉매합성법으로 높은 주목을 받고 있다. 하지만, 위 방법을 통해 형성된 나노구조의 CO2 환원 특성에 주목한 연구는 많이 진행되어 온 반면에, 각 단계별(산화 및 환원) 변수 조절에 따라 합성되는 금 나노구조의 형성 원리 및 구조(형태)-촉매 특성 상관관계와 같은 연구는 거의 진행되지 않았다. 이에, 본 포스터 발표에서는 체계적인 실험을 통해 각 전기화학적 산화 및 환원 공정 변수들이 금 나노구조 형성에 미치는 영향을 보일 것이다. 예를 들어 양극산화전압의 크기 및 산화 시간 그리고 환원 시 가해지는 전류밀도의 크기 등, 각 공정 변수 조절을 통해 기공형 및 기둥형과 같이 크게 두 가지 형태로 대표되는 금 나노구조의 형성에 각 변수들이 어떻게 영향을 미치는지에 대해 보일 것이다. 또한, 변수 조절을 통해 형성된 금 나노구조 형태의 차이에 따라 CO2 환원 반응에 대한 촉매 특성이 어떻게 다르게 나타나는지 발표할 것이다.

[P21-21]

Poly(vinyl alcohol)-based Electrospun Fibers as Artificial Extracellular Matrice: Sungrok Wang, Dong-Hee Kang, Myung-Han Yoon*; School of Materials Science & Engineering, Gwangju Institute of Science & Technology

Keywords: Hydrogel, electrospinnig, ECM, nanofibers, PVA

In previous studies, it was revealed that extracellular matrix (ECM) is functionally important for proliferation, migration, and differentiation of cells. Several types of artificial ECMs such as electrospun fibers have been developed to imitate fibrous structure of structural proteins. In the case of nanofibers, which composed of polymers, chemical crosslinking is required to make nanofibers stabilize in water. However, because the degree of crosslinking between polymer chains has a trade-off relation with swelling ratio, these nanofibers have limitations to mimic physicochemical properties of ECMs. In this research, we controlled interchain hydrogen bonding of chemically crosslinked poly(vinyl alcohol) nanofibers. The swelling ratio of nanofibers was clearly controlled by not only crosslinking degree but also rupture of interchain hydrogen bonding. Therefore swelling ratio, optical transparency, and fiber diameter are finely modulated. Finally, these hydrogel nanofibers will be versatile platform for three-dimensional cell culture.

[P21-22]

New Architectural Design for Stretchable and Deformable Electronics: Yu-ki Lee, Young-joo Lee, Young-chang Joo, In-suk Choi*; Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

Keywords: Soft materials, Stretchable electronics, Hierarchy, Fractal cut, Geometry engineering

Electronic devices which can accommodate large external deformations have received growing interests. Recently, stress-relievable architectural designs have been intensively investigated to satisfy these demands. Engineering the geometry of device platforms has advantages in terms of material compatibility in addition to tuning the deformation shape. However, previous research works for developing deformable devices by introducing the concept of geometric design had limitations in that they were only able to be deformed in specific and programmed directions. Here, we propose a new structural design for stretchable and deformable electronics that can be freely deformed with a kirigami concept. Our compliant structure has a simple cut-based motif consisting of hinges connecting square units with their adjacent units. This motif is concurrently subdivided into a self-similar hierarchical structure, called 'fractal cut'. Compliant hinges are possible to be stretched, bended, and twisted when fabricated with soft, tough elastomers. We figured out that the hinges in the fractal cut can act as unstable singularity sites where most deformation occurs when stretched or crumpled. As a result, the strain was applied mostly in the hinge region, while the square unit can avoid the distortion called as “strain isolation”. This implies that we can incoporate the active device in the unit region without worrying about possible failure due to deformation. By applying hierarchical design concept. we can further optimize fractal cut design through finite element analysis, which thus allows us to develop omni-directionally deformable batteries. We believe that our new architecture can provide a variety of new design guidelines for extremely deformable electronic devices.

Acknowledgement: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF)(2015R1A2A2A04006933)

[P21-23]

Fabrication of soft magnets FeCo alloy with highest saturation magnetization by electrolessplating: Danbi Kim[1,2], Jiwon Kim[1], Nusia Eom[1], Sung heum Park[1], Jae-Hong Lim[1]; [1]KIMS. [2]Pukyong National University.

Keywords: FeCo, Soft magnet, Electroless plating

Soft magnets have been applied to many fields such as transformer, motor, sensor, due to their energy conversion between electrical and mechanical energy. Among many materials, FeCo alloys show the best performance such as high saturation magnetization, high Curie temperature, low magnetocrystalline anisotropy, and good mechanical strength. In this study, FeCo films were synthesized in an eco-friendly electroless plating method on copper foil. The morphology and crystal structure of FeCo alloys were controlled by temperature, pH of electrolyte. The density of the films was increased by 2-step electroless plating method for large magnetic domain. This method is first electroless-plated FeCo at 90°C for 30 min for large grain growth, followed by electroless-plated at 50°C for 30 min in order to fill the void between FeCo grain. Therefore, the dense FeCo films has the highest saturation magnetization (234 emu/g).

[P21-24]

Highly Flexible and Conductive Elastomer Integrated with Personal Earphone for Wireless and Real-time Monitoring of Electrophysiological signals: Joong Hoon Lee[1], Ji-Young Hwang[2], Jia Zhu[3], Ha Ryeon Hwang[1], Seung Min Lee[4], Huanyu Cheng[3], Sang-Hoon Lee[1], Suk-Won Hwang[1]; [1]Korea University. [2]Korea Institute of Carbon Convergence Technology. [3]The Pennsylvania State University. [4]Kookmin University.

Keywords: AgNWs/CNTs/PDMS, flexible elastomer, wearable electronics, EEG recordings

We introduce optimized highly conductive and flexible elastomeric electrodes using a mixture of silver nanowires (AgNWs) with carbon nanotubes/polydimethylsiloxane (CNTs/PDMS), to build a multifunctional, portable earphone type of wearable system that is designed to enable recording electrophysiological activities as well as listening music at the same time. A custom-built, plastic frame integrated with soft, deformable fabric-based memory foam of earmuffs facilitates essential electronic components, such as conductive elastomers, metal strips, signal transducers and a speaker. Such platform incorporates with accessory cables to attain wireless, real-time monitoring of electrical potentials whose information can be displayed on a cell phone during outdoor activities and music appreciation. Careful evaluations on experimental results reveal that the performance of fabricated dry electrodes are comparable to that of commercial wet electrodes, and position-dependent signal behaviors provide a route toward accomplishing maximized signal quality.

The functionality of fabricated sensor system in useful envisioned areas is demonstrated by sleep detection experiments applicable for driver drowsiness detection system. This research offers a facile approach for a wearable healthcare monitor via integration of soft and flexible electronic constituents with personal belongings.Acknowledgement: This work was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (HI14C0771).

[P21-25]

Soft energy harvesters based on triboelectrification: Younghoon Lee, Jeong-Yun Sun; *Seoul National University.*

Keywords: Ionics, Triboelectric nanogenerator, Soft, Stretchable, Transparent

Advent of the internet of things may require wearable electronics exhibiting attachability. In addition, lifetime of the devices is struggle due to limited volume. Here, we report highly transparent (99.6%) and stretchable (330 %) triboelectric nanogenerators based on ionic conductors. It can be easily applied on human skin due to its softness. It functions as harvesting wasted mechanical energy to electricity and as real-time WSNs for communicating between humans and machines. This research will be a foundation for potential development of attachable ionics, self-powered sensor networks, and monitoring system for biomechanical motion.

P22 : 전력저장용 이차전지 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 26일

[P22-1]

중저온 구동 평판 Na/$NiCl_2$ 전지의 전기화학적 특성: 손소리[1], 박윤철[1], 장희정[2], Guosheng Li[2], Vincent L. Sprenkle[2], 정기영*[1]; *[1](재)포항산업과학연구원. [2]Pacific Northwest National Laboratory.*

Keywords: Stationary energy storage sytem, Na-$NiCl_2$ battery, Lower temperature cell operation

최근 세계적인 신재생 에너지의 활용 확대 노력과 더불어, 대용량 전력저장 시스템(ESS)용 이차전지에 대한 수요는 급증하고 있으며, 이러한 수요에 부응하기 위해 다양한 전지들이 등장하여 시험되고 있다. 그 중 Na-$NiCl_2$ 전지는 풍부한 원재료 매장량, 높은 에너지 밀도, 장수명, 고안전성 및 장주기 특성을 가지는 전지로서, 대용량 전력저장에 가장 적합한 전지중 하나로서 주목 받고 있다. 그러나, 통상 250~300°C에서 구동되는 이 전지는 개발초기 고비용의 셀 제조공정을 채택함으로 인하여, 현재와 향후 ESS 시장으로부터 요구되는 추가적인 저가격화 기대에 부합하는 데에는 어려움을 겪고 있다.이에 포항산업과학연구원은 Na-$NiCl_2$ 전지의 제조비용을 획기적으로 저감하기 위해 전지 구동온도를 200°C 이하로 낮춤으로써, 고분자 밀봉재를 이용한 초저가 셀 제조공정 적용이 가능한 새로운 ESS용 이차전지를 개발하고 있다. 본 발표에서는 한미공동연구를 통해 개발중인 중저온 구동 평판형 Na-$NiCl_2$ 전지의 제조 방법을 공유하고, ESS용 이차전지로서의 상용화 가능성을 확인하기 위한 단전지의 대면적화 기술 개발 및 연결셀 개발에 대한 진행상황을 보고하고자 한다.

[P22-2]

AC Impedance Analysis for Na/$ZnCl_2$ batteries: 김한준[1], 변동진[2], 김창삼[1]; *[1] 한국과학기술연구원(KIST). [2] 고려대학교.*

Keywords: Metal chloride batteries, Zinc chloride, EIS, Ohmic resistance, Carbon felt

Na/$ZnCl_2$ 전지는 Ni대신 Zn을 사용하는 전지로 Na/$NiCl_2$ 전지에 비하여 재료비를 40% 이상 절감할 수 있고 충방전 중에 NaCl-$ZnCl_2$ 액상 염이 생성되기 때문에 Zn과 NaCl 입자의 입성장이 없어 사이클이 진행되어도 용량이 감소하지 않는 장점이 있다. Na/$ZnCl_2$전지의 기전력은 Na/$NiCl_2$전지 보다 0.55V 낮지만 양극부에 탄소펠트를 삽입하면 출력특성을 향상시켜 Na/$NiCl_2$전지와 동등한 출력을 얻을 수 있다. 탄소펠트를 삽입시켰을 때 전지의 출력특성이 향상되는 하나의 원인은 옴저항이 줄어들기 때문이다. 그러나 탄소펠트를 삽입하면 충방전 곡선의 형태도 변화하는 것으로 볼 때, 옴저항 감소 외의 다른 요인이 있을 것으로 예상된다. 본 연구는 탄소펠트를 삽입한 Na/$ZnCl_2$ 전지의 충방전 중의 임피던스를 측정하여 양극 내에서 탄소펠트가 하는 역할에 대해서 분석한 결과이다. 탄소펠트가 삽입되지 않는 전지는 SOC 80% 충전에서 고주파와 저주파 영역에서 2개의 반원이 나타나는 반면 탄소펠트가 삽입된 경우는 고주파 영역에서 하나의 반원만 나타났다. 방전시에도 이러한 경향은 변하지 않았다. 또한, 사이클이 계속되면서 두 전지의 전하이동저항에도 차이가 있었으며, 이는 탄소펠트가 옴저항만이 아니라 전하이동에도 영향을 미치고 있는 것으로 판단되었다.

[P22-3]

Enhancement of Lithium-Ion Batteries by a Graphene interfacial Layer: Park Jong-hwan, Sun-Woo Kim, Ho-Jun Choi, Se-Hee Shin, Hyun-Jun Kwon, Dae-Seok Seo, Han-Young Jung, Jung-Woo Lee, Young-il Song, Su-Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: graphene, power enhancement

We achieved a method for enhancement of heavy-duty lithium-ion batteries (LIBs) by synthesizing a graphene layer onto the anode copper current collector (ACCC). We tested fabricated coin cells, which used either 35-um-thick rolled pristine copper foil or graphene synthesized onto the pristine copper foil for power output estimation of the LIBs. We observed the copper surface morphology with a scanning electron microscope (SEM). Raman spectroscopy was used to measure the bonding characteristics and estimate the layers of graphene films. In addition, transmittance and electrical resistance were measured by ultra-violet visible near-infrared spectroscopy (UV-Vis IR) and 4 point probe surface resistance measurement. The graphene films on polyethylene terephthalate (PET) substrate obtained a transmittance of 97.5% and sheet resistance of 429ohm/square. Power enhancement performances was evaluated using LIB coin cells. After 5C current discharge rate of ～1.7 A/g reversible capacity of 293 mAh/g and 326 mAh/g were obtained for pristine and synthesized graphene anode current collectors, respectively. The graphene synthesized onto the ACCC showed superior power performance. The results presented herein demonstrate a power enhancement of LIBs by a decrease in electron flow resistivity between active materials and the ACCC and removal of the native oxide layer on the anode copper surface using high quality graphene synthesized onto the ACCC.

[P22-4]

Development of 2NNMEAM interatomic potential for the Sodium unary system: Yongmin Kim, Byeong-Joo Lee; *POSTECH.*

Keywords: Interatomic potential, Molecular dynamics, Modified embedded atom method, Sodium ion battery

Li ion battery is currently most used secondary battery cell system. However, as the battery application expands to large scale such as EV or stationary storage for power plants, the abundance and low cost of sodium are advantage compared to lithium. However, Na-

based battery is considerably less explored than the Li-based battery. The large-scale atomistic simulations can provide useful insight to the Na-battery system. In this study, the 2NNMEAM potential of Na has been developed for the preceding research of the simulation using the force matching method. The present potential reasonably reproduce the properties of Na metal not only on 0K but in various thermal condition. This potential will be further developed to Na-Sn binary potential to be used on the large-scale atomistic simulation.

[P22-5]

Na^+- β"-Al_2O_3 고체전해질 이온전도도 향상을 위한 배향성 제어에 대한 연구: 김용혁, 임성기; *건국대학교.*

Keywords: beta alumina, solid electrolyte, sodium battery, ESS

에너지 저장 시스템(ESS)은 생산된 전력을 저장 후 전력수요가 높은 시기에 공급하여 에너지효율을 높이는 시스템으로 미래 에너지산업의 핵심기술로 그 중요성이 증가하고 있다. ESS용 에너지저장장치는 MWh급의 대용량 전력을 안정적으로 공급 할 수 있어야 하며, 그 중 sodium-beta-alumina 2차전지는 고용량/고에너지 밀도의 전지로 ESS용 에너지 저장장치로 사용하기에 적합하다. Na^+-β"-Al_2O_3는 이러한 sodium-beta-alumina 2차전지의 고체전해질 및 분리막 역할을 하는 핵심소재이다. Na^+- β"-Al_2O_3는 육방정의 구조로 단위격자내 Al^{3+}, Na^+, O^{2-} 이온을 가지며, Na^+가 조밀한 전도면에서 2차원적 Na^+이온 전도가 이뤄진다. 따라서 Na^+- β"-Al_2O_3는 결정의 배향성에 따라 이온이 전도되는 경로가 달라지며, 결과적으로 고체전해질의 이온전도도가 달라진다. 고체전해질의 배향성은 성형과정에서 결정되며, 가해지는 압력(c축)과 수직으로 전도면이 형성되기 때문에 이온전도도에 악영향을 미친다. 따라서 c축과 수직으로 치우친 배향성을 완화시킴으로 이온전도도를 향상시키고자 한다. 본 연구에서는 초기원료, 소결프로파일에 변수를 둠으로써 고체전해질의 물성 변화를 확인하고자 하며, 밀도를 측정하고 SEM(scanning electron microscope)을 이용 미세구조를 분석하였다. XRD(X-ray diffraction)를 이용해 c축과 이루는 각도에 따른 결정면들의 상대강도를 계산해 배향성을 확인하고 그에 따른 전도도의 변화를 EIS(electric impedance spectroscopy)를 이용해 50HZ-3MHZ 주파수 구간과 25-350°C 온도 범위에서 확인하고 이를 발표하고자 한다.

P23 : 가공-표면처리
Room 3층 로비, 4월 27일

[P23-1]

전류밀도와 시간에 따른 A1050과 A6061 합금의 양극산화 비교분석: 김용유, 김창근, 정상준, 김희수; *조선대학교.*

Keywords: Anodizing, Anodic oxide film, A1050, A6061

상용 Al 합금 중 6000계 합금은 주요 합금원소로서 Mg와 Si를 포함하며, 석출경화 열처리를 통하여 고강도와 고내식성, 고압출성 등의 특성을 향상시킬 수 있다. 이 합금으로 제조한 기계부품은 부식, 마모, 피로 등의 환경에 노출되기 쉽기 때문에 양극산화 표면처리를 이용해 산화피막을 형성하여 이러한 문제들을 억제한다. 본 연구에서는 상용 A1050과 A6061 합금의 양극산화 실험을 실시하여, 6000계 Al 합금의 산화피막 형성 과정을 고찰하였다. 양극산화 과정에서는 전류밀도와 시간을 변화하여 산화피막을 형성시킨 후, 형성된 피막의 두께와 경도를 측정하였으며, 각 합금에 따른 산화피막의 특징을 비교하였다. 동일한 실험 조건에서 산화피막의 두께를 비교한 결과 A1050과 A6061의 산화피막은 성장 거동이 유사하였으나, 대체적으로 A6061이 A1050보다 산화피막의 형성이 제한되었다. 또한 산화피막의 경도는 A1050가 A6061보다 높았다. 이는 Al 6061에 첨가된 합금원소로 인해 전기전도성이 저하되어, 표면에 산화피막을 형성하는 전기화학 반응이 억제되었기 때문이라고 판단된다.

[P23-2]

플라즈마 전해산화코팅에서 전해액에 NaF 첨가에 따른 AZ31 마그네슘 합금의 산화막 물성 변화: 이도경[1], 황덕록[1], 이재열[2]; *[1]대구가톨릭대학교 신소재화학공학과. [2](주)화진.*

Keywords: AZ31 마그네슘 합금, 플라즈마 전해 산화, 산화막 코팅, NaF, 내식성 향상

마그네슘 합금 소재는 에너지 효율 향상 측면에서 차량이나 비행기 부품 등의 차세대 소재로 각광받고 있으나 마그네슘 소재의 대기 중의 부식성 문제로 그 적용이 제약되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 친환경 표면처리 공정기술인 플라즈마 전해 산화 기술이 주목받고 있다. 본 연구에서는 AZ31 마그네슘 합금의 내식성을 향상시키기 위하여 표면에 플라즈마 전해 산화 기술을 이용하여 산화막을 형성시켰으며 FE-SEM, XRD, XPS, EDX 등을 통해 표면 미세조직, 산화막 두께, 구성성분, 결정구조 등의 산화막의 특성을 살펴보았다. 특히, NaOH, Na3PO4, Na2SiO3로 이루어진 전해액 기본 조성에 NaF의 농도를 1 g/L에서 5 g/L까지 변화시키면서 첨가하여 코팅된 산화막의 물성 변화를 조사하였다. XRD 분석 결과, 플라즈마 전해 산화막의 결정상은 MgO를 나타내었으며, (200) 결정면이 주결정면으로 NaCl 구조로 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. FE-SEM으로 산화막의 단면 분석 결과로는 전해액 내 NaF의 비율에 상관없이 거의 비슷한 두께인 2.5 um 내외로 나타났으며 FE-SEM 표면형상 관찰로 기공의 크기는 평균적으로 500 nm 내외로 알 수 있었으나, 기공의 수는 NaF 비율이 3 g/L까지는 증가하였으나 4 g/L부터 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. XPS와 EDX 측정으로 산화막 내 산소 원소의 함량이 가장 높게 나타났으나 전해액 내 NaF의 비율이 증가 할수록 산화막 내 F원소 함량이 12.54at% 까지 상승하는 것을 알 수 있었다. 전해액 내에 5 g/L의 NaF를 첨가하여 코팅된 산화막이 가장 우수한 부식성 특성을 나타내었다. 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다. (R0004924)

[P23-3]

3D 프린팅 Co-Cr 합금의 플라즈마 전해연마에 따른 부식특성: 서보성, 박형기, 박광석; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Co-Cr, Surface treatment, Plasma electrolytic polishing, corrosion

금속 3D 프린팅용으로 사용되는 금속 소재 중 Co-Cr 합금은 생체 적합성과 우수한 기계적 강도로 인해 치아 및 인공 고관절 부품에 주로 적용되고 있다. 3D 프린팅 공정으로 제작된 부품은 사용된 금속분말 크기의 표면조도를 갖기 때문에 조도를 낮추는 후가공이 필수적이다. 현재는 주로 손으로 직접 연마를 하거나 전해연마 방법을 적용하여 표면특성을 얻고 있으나 원하는 수준의 조도와 치수 변화를 최소화하는데 어려움이 있다. 플라즈마 전해연마(Plasma Electrolytic Polishing) 방법은 낮은 조도값과 함께 우수한 치수 안정성을 보여 주기 때문에 차세대 연마기술로 대두되고 있다. 특히 플라즈마 전해연마시 연마는 주로 마이크로 플라즈마(arc)에 의해 이루어지기 때문에 기존 연마방식과는 다른 표면특성이 기대된다. 이에 본 연구에서는 3D 프린팅 Co-Cr 합금의 표면 연마 방법으로 플라즈마 전해연마 방법을 적용하였고 연마된 소재의 부식특성을 확인하기 위해 기계 연마 방식으로 연마된 Co-Cr 소재와 비교 평가하였다. 부식특성은 동전위 분극실험을 통해 부식전위와 부식전류밀도를 확인하였고, 침지실험을 통해 부식거동을 관찰하였다.

[P23-4]

D.C. 마그네트론 스퍼터링 공정을 이용한 하이엔트로피합금 코팅소재의 미세조직 및 기계적 특성평가: 김영석, 박혜진, 문상철, Jumaev Elyorjon, 임기성, 홍성환, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: high-entropy alloy, nitride film, magnetron sputtering, microstructure, nanoindentation

Hard coating application is effective way of cutting tool for hard-to-machine materials such as Inconel, Ti and composite materials focused on high-tech industries which are widely employed in aerospace, automobile and the medical device industry also Information Technology . In the cutting tool, high hardness is one of necessary condition along with high temperature stability and wear resistance.

In recent years, high-entropy alloys (HEAs) which consist of five or more principal elements having an equi-atomic percentage were reported by Yeh. The main features of novel HEAs reveal thermodynamically stable, high strength, corrosion resistance and wear resistance by four characteristic features such as sluggish diffusion, several-lattice distortion and cocktail effect. It can be possible to significantly extend the field of application such as cutting tool in extreme conditions. Base on this understanding, surface coatings using HEAs have been developed with considerable interest due to their useful properties. In present study, the HEA film with high hardness on WC substrate are investigated using high entropy alloy target made a powder metallurgy. Among the many surface coating methods, magnetron sputtering is considered to be a proper process. The N_2 is appliedtoreactive gas to make nitride system with transitionmetals.

[P23-5]

Mo계 내산화 본드 코팅층 제조 및 고온 산화거동: 강상운[1], 박희진[1], 백경호[1], 박준식[2], 이성[3]; *[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.*

Keywords: Thermal barrier coating, Pack cemenetion, Plasma spray, Mo-Si-B 초내열합금

Mo계 초내열 합금은 2400ºC 이상의 높은 용융점과 고온에서의 우수한 기계적 성질로 인하여, Ni계 합금의 적용이 어려운 1200-1500ºC의 고온 영역에서의 구조용 재료로 주목받고 있다. 본 연구에서는 Mo계 합금의 고온 특성을 향상시키기 위하여 Mo계 초내열 합금의 표면에 내산화성이 우수한 silicide, aluminide 계 내산화 본드 코팅층과 열전도도가 낮은 지르코니아 계열의 단열 세라믹 코팅층으로 이루어진 열차폐 코팅층을 형성하고, 고온 조건에서의 코팅층의 산화거동과 열차폐 단열성능에 대하여 연구하였다. 제조공정 및 조건에 따른 코팅층의 미세조직학적 특성과 다층구조화에 대해 연구를 진행하였으며, 더불어 1100-1400ºC 온도영역에서의 산화거동 및 생성된 산화층의 성장속도, 산화물의 화학적 조성 및 상 분석과 등온 노출에 따른 본드 코팅층과 세라믹 코팅층의 열차폐 성능 및 손상 평가를 진행하였다.

[P23-6]

가로등용 LED기판 발열부 온도 5ºC 저감을 위한 세라믹 코팅 방열판: 김도형, 박상협, 황명원, 박정현, 신병현, 정원섭; *부산대 재료공학과.*

Keywords: LED module, ceramic coating, radiant heat, heat transfer

방열은 기계 및 전자 부품 성능의 신뢰성 및 내구성 확보를 위한 핵심 기술 중의 하나이다. 본 연구에 사용된 가로등용 LED의 경우 가정용 LED 제품군들에 비해 관리 및 교체가 용이하지 않다. 또한 외부에 상시적으로 노출되어 있기 때문에 제품의 신뢰성 및 부품안정성이 높게 요구되어진다. 본 연구에서는 기존의 방열핀 설계 및 고전도성 알루미늄 방열판 사용 등의 방열시스템과는 차별화 된 세라믹 표면처리를 통한 방열판의 복사방열시스템 구현으로 가로등용 LED모듈의 방열성능을 향상시키고자 하였다. 방열판의 세라믹 표면처리를 통해 가로등 LED 모듈의 작동부 온도를 5ºC이상 감소시킬 수 있으며, 방열판의 표면적이 상대적으로 20% 이상 넓은 경우에도 세라믹 표면처리를 통하여 작동부 온도를 2ºC이상 감소시킬 수 있다. 이러한 방열성능 향상을 통해 가로등용 LED 제품의 에너지 효율, 출력, 수명 등을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 방열판의 소형화 경량화를 기대할 수 있으므로 원가절감 또한 기대할 수 있다.

[P23-7]

Maraging 250강의 플라즈마질화처리시 처리 압력이 경화층의 특성에 미치는 영향: 이인섭, 이천호; *동의대학교.*

Keywords: Maraging 250강, 플라즈마질화, 내식성

Maraging 250강을 플라즈마질화처리시 처리온도 450°C, 처리시간 15Hr, N2 25%를 고정하고 처리압력을 변화시켜 (1, 2, 4Torr) 경화층의 거동에 대해 알아보았고, 동전위분극 시험을 통하여 내식성을 평가하였다.저온 플라즈마 질화 처리결과 4Torr 일 때 경화층은 약 118 μm 생성되었고, 표면경도는 약 1230Hv0.1로 처리 전보다 약 3.8배 증가하였다.(처리 전 경도 약 328Hv0.1) 또한 4Torr일 때 표면조도가 약 0.183μm로 경화층의 크기에 따라 표면조도도 같이 증가하는 걸 볼 수 있었다. 동전위분극 시험결과 공식전위가 향상되었으므로 내식특\성이 미약하나마 향상되었다. 처리결과 압력이 올라갈수록 경화층 및 경도가 향상되었고 표면조도도 경화층의 증가에 따라 값이 증가되었다.

[P23-8]

탄소-탄소 복합재 및 흑연 기판에 CVD 증착된 Re의 계면접합 및 결정학적 특성: 최현진[1], 남동윤[1], 오용준[1], 임성택[2]; *[1]국립 한밭대학교. [2]국방과학연구소.*

Keywords: 탄소-탄소 복합재, CVD, ReCl5, EBSD, EPMA

탄소-탄소(C/C) 복합재는 높은 비탄성율, 열전도도 및 내 충격성으로 인해 초고온의 극한 환경에 대한 적용으로 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 초고온에서 C/C의 내삭마성을 높이고 산화방지를 위해 CVD 공정으로 Re을 코팅한 후, 계면의 미세조직 및 접합특성을 체계적으로 평가하였다. 비교재로 흑연기판 위에 동일 공정으로 Re을 증착 하여 분석하였다. 증착공정은 먼저 ReCl5 전구체 물질을 Ar가스를 이용하여 반응기로 이송하였고, C/C 또는 흑연 기판을 유도가열을 통해 1100~1250ºC의 온도로 가열하여 표면에서 분해반응을 유도하여 Re을 코팅하였다. XRD 및 EBSD를 통해 코팅막의 결정성을 평가하였고, SEM 및 EPMA 분석으로 계면의 조직 특성을 분석하였다. 두 기판 모두에서 결정은 매우 강한 우선방위를 보였고, 반응온도가 높을수록 결정성은 증가하였다. C/C기판과의 계면의 접합성은 흑연 기판에 비해 다소 낮았고, 특히 코팅막에서 일정한 균열이 관찰되었다. 공정온도와 표면조건을 달리한 실험적인 연구를 통해 C/C 기판 위에 접합성이 높은 Re을 증착시 고려해야 할 공정조건들을 제시한다.

[P23-9]

STS 304L강 소재의 오토트랜스미션 소형부품의 플라즈마 침질탄화처리: 이인섭; *동의대학교.*

Keywords: S-phase, 플라즈마침질탄화, 내식성

약 200 μm의 미세 구멍이 존재하는 STS 304L강 소재의 오토트랜스미션 소형부품에 플라즈마침질탄화 처리를 실시하였다. 의뢰업체의 요구사항은 경화층 두께 5 μm 및 표면경도 1000Hv0.1 를 만족시키는 공정조건을 확립하는 것이다. 공정변수 (처리압력, 처리시간, Discharge Voltage)를 변화시켜 Plasma Nitrocarburizing (PNC) 처리 시 다음과 같은 결론을 도출하였다 (at fixed 450°C, N2 25%, CH4 5%). 1. PNC 처리시 처리압력 및 처리시간이 증가할수록 경화층 두께 및 표면경도가 증가하였다. 2. PNC 처리 시 Discharge Voltage가 증가할수록 경화층의 두께는 증가하지만 표면경도는 저하되었다. 3. PNC 처리 시 최적조건은 처리압력 8 Torr, 처리시간 5 hr, Discharge Voltage 500V 이며, 이때 형성되는 경화층의 두께는 17.49 μm -25.952 μm의 범위에 있고, 표면경도는 1514 Hv0.1로 처리 전과 비교하여 약 3.8 배 향상되었다 (처리 전 경도 395 Hv0.1).

[P23-10]

빗각 증착에 의해 코팅된 Al 박막의 부식특성 향상: 김성환, 변인섭, 양지훈, 정재인; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Film microstructure, Oblique angle deposition, Aluminum film, Corrosion resistance, Physical vapor deposition.

빗각 증착 기술은 입사 증기가 90◦ 보다 작은 각도로 비스듬히 입사하도록 조절하여 코팅하는 물리증착 기술의 하나로 피막의 조직을 다양하게 제어할 수 있다. 초기의 빗각 증착(Oblique Angle Deposition : OAD) 기술은 빗각을 가진 정지된 기판에 코팅하였으나 최근에는 기판의 각도와 회전을 동시에 조절하는 스침각 증착법(Glancing Alngle Deposition)이 개발되었다. 이와 같은 기술로 기판을 다양하게 회전함으로써 비스듬한 기둥, 나선형, S형, C형, V형, 지그재그 등의 다양한 구조를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 기판을 0◦, 30◦, 45◦, 60◦의 다양한 각도로 회전시켜 Al 박막을 코팅하였고 회전각도에 따른 조직의 특성과 내식성 등을 알아보았다. 기판을 0◦, 30◦, 45◦, 60◦의 다양한 각도로 회전시켜 UBM 스퍼터링법으로 Al 박막을 증착시켰다. 시편은 알코올과 아세톤으로 초음파 세척을 하였으며 진공용기에서 펄스 전원 공급 장치를 이용하여 플라즈마 청정을 약 30분간 실시하였다. 시편 청정이 끝나면 ~106 Torr 까지 진공 배기를 실시하고, Ar 가스를 진공용기 내로 공급하여 ~10^{-3} Torr로 진공도를 유지하면서 스퍼터링으로 박막 코팅을 실시하였다. 박막의 구조를 확인하기 위하여 전자 현미경(SEM)을 사용하였다. 회전각도에 따라 비스듬한 기둥의 조직이 나타났으며 코팅층의 두께는 타겟과 멀어질수록 상대적으로 감소하였다. NaCl 5 % 용액에서 염수분무를 시행하여 시간 변화에 따른 코팅층의 표면을 관찰하였고 회전각이 0◦ 인 시편에서는 전 표면층의 부식이 비교적 빨리 일어나고 표면층 전체에서 적청이 나타나는 반면 회전각이 30◦, 45◦, 60◦ 인 기판에서는 타겟과 먼 부분부터 적청이 나타나며 적청이 나타나는 시간도 상대적으로 늦음을 알 수 있었다. 기판을 0◦, 30◦, 45◦, 60◦의 다양한 각도로 회전시켜 마그네트론 스퍼터링 법을 이용한 Al 박막을 증착시켰고 회전각도에 따른 비스듬한 기둥 구조의 박막을 형성함으로써 내식성 향상을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 얻어진 결과는 철강제품의 내식성 향상을 위한 표면처리 분야에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

[P23-11]

F51 듀플렉스 스테인레스강의 Multiple Step 플라즈마 침질탄화 처리: 이인섭, 이천호; *동의대학교 신소재공학과.*

Keywords: 플라즈마 침질탄화, S-phase, 내식성

듀플렉스 스테인레스강(Duplex Stainless Steel) F51을 15 hr동안 Single 플라즈마 침질탄화처리시 얻은 Process 1 (경도 최적 조건:처리온도 430°C, N2 10%, CH4 1%)과 Process 2 (내식성 최적 조건:처리온도 400°C, N2 10%, CH4 5%)을 기본단위로 하여 1 step을 5시간으로 유지하고 Process 1 / Process 2의 처리시간 조합을 다음과 같이 5종류 (4 hr/1 hr, 3 hr/2 hr, 2.5 hr/2.5 hr, 2 hr/3 hr, 1 hr/4 hr)로 달리하여 3회 반복하여 Multiple Step 플라즈마 침질탄화처리를 15 hr동안 실시하였다.Process 1 (경도 최적 조건)이 총 시간 12hr이고, Process 2(내식성 최적조건)가 총 시간 3 hr인 경우 (4 hr/1hr), 경화층은 약 21.317 μm 생성되었고 표면경도는 약 1413 Hv0.1로 처리 전과 비교하여 약 5.2배 증가하였다 (처리 전 경도 약 272 Hv0.1). Process 2 (내식성 최적조건)가 총 12hr이고, Process 1 (경도 최적 조건)이 총 3 hr인 경우 (1 hr/4 hr), 부식전위가 가장 좋아 내식성이 향상되었다. 경도 최적 조건 시간이 많아질수록 경화층 두께및 경도는 증가하며, 내식성 최적 조건 시간이 많을수록 내식성이 향상되었다. 내식성을 좀 더 향상시키기 위하여 Multiple Step에서 최적 가스조성을 다시 결정할 필요가 있다. 따라서 내식성이 가장 좋은 Process 1 / Process 2 비율인 1 hr/4 hr을 선정하여 CH4 가스조성을 변화시켜 (1, 3, 5%) 플라즈마 침질탄화처리를 실시하였다. 최적조건은 Process 1에서 온도 CH4 1%, Process 2에서 CH4 3%이다. 이때 경화층의 두께는 약 16.052 μm이고 표면경도는 약 1356 Hv0.1로 처리 전과 비교하여 약 4.9배 증가하였고, 부식전위가 증가하여 내식성이 향상되었다.

[P23-12]

316L 스테인리스강의 Multiple 플라즈마 질화/ 침질탄화 처리: 이인섭, 이천호; *동의대학교.*

Keywords: S-phase, 내식성, 플라즈마 질화, 플라즈마 침질탄화

오스테나이트계열의 스테인리스강 316L 시편을 처리온도 430°C 처리시간 15Hr을 고정하고 Multiple Step에서의 H2의 영향을 알아보기 위해 Step 1~3으로 나뉘어 Multiple Step 저온플라즈마 침질탄화를 진행하였다. Step1은 처리온도 430°C, N2 10%를 1Hr와 처리온도 430°C, N2 10%, CH4 5%, 4Hr를 각각 번갈아가면서 3회씩 진행하였고 Step2는 처리온도 430°C, N2 10%, CH4 5%, 4Hr과 430°C, N2 10%를 1Hr을 각각 2회씩 진행 후 에 처리온도 430°C, N2 10%, CH4 5%, 5Hr을 마지막으로 진행하였고, Step3은 처리온도 430°C, N2 10%, CH4 5%, 5Hr씩 3회, H2 200SCCM(100%)를 1Hr씩 2회를 번갈아가며 진행하였다. 처리결과 Step2에서 경화층은 약 19.005μm 생성되었으며 표면경도는 약 950 Hv0.1로 처리 전 보다 약 3.8배 증가하였다.(처

리 전 표면경도 약 250Hv0.1) 동전위분극 시험결과 부식전류밀도 및 부식전압등이 향상되었고 공식전위가 증가되어 내부식특성이 향상되었다.

[P23-13]

용융아연도금 강판의 표면거칠기 변화에 따른 도금층 결정립 미세화: 정구진[1], 허주열[1], 황현석[2], 김상헌[2]; [1]*고려대학교 신소재공학부.* [2]*POSCO 기술연구원.*

Keywords: Hot-dip galvanizing , Zn-Al, Surface roughness, Spangle size, Texture

용융아연도금(hot-dip galvanizing, HDG)은 강판의 부식저항성을 위한 표면처리 방법으로 널리 사용되고 있다. 용융아연도금을 자동차용 강판에 적용하는 경우에는 스탬핑 가공시의 골링성(galling property) 향상과 도장후 선영성 향상을 위해 도금층의 결정립을 100 mm 이하로 미세화하는 것이 요구되며 또한 저온 취성에 의한 도금층 박리현상을 억제하기 위해서는 도금층의 [0001] 우선 배향성을 줄이는 것이 요구된다. 강판에 표면조도를 부여한 경우 도금층의 결정립이 미세화됨과 동시에 [0001] 배향성이 감소하는 것으로 알려져 있다. 그러나 도금층 결정립 미세화와 배향성에 영향을 미치는 구체적인 강판 표면조도 변수에 대해서는 알려져 있지 않아 표면조도 변수와 결정립 크기 간의 상관관계에 대한 이해가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 표면조도 변수들과 결정립 크기 및 결정학적 배향분포 간의 상관관계를 알아보고자 경면연마, indentation, sand blasting 등 다양한 방법으로 강판의 표면조도를 변화시킨 후 HDG simulator를 이용하여 GI (Zn-0.2wt.% Al) 도금을 진행하였다. 강판의 표면형상 및 표면조도 변수는 공초점 레이저 현미경 (confocal laser scanning microscope)을 이용하여 확인 하였으며, 도금층 결정립 크기와 결정학적 배향성은 후방산란전자회절 (EBSD) 방법을 이용하여 분석하였다.

[P23-14]

발수 처리를 이용한 전기 아연도금층의 초기 내식성 개선: 정해창, 주재훈, 이정훈; *부경대학교 금속공학과.*

Keywords: 부식; 희생양극; 발수; 아연도금

부식은 금속소재의 수명, 성능, 안정성, 신뢰성 등에 악영향을 미침에 따라 금속소재의 부식을억제할 수 있는 다양한 방법이 적용되고 있다. 전기 아연도금은 철강의 내식성 향상을 위한 희생양극으로 널리 활용되고 있다. 이 때 아연도금층의 내식성 및 그 양에 따라서 철강이 부식으로부터 보호받을 수 있는 수명이 결정된다. 따라서, 철강 소재의 안정적 사용과 내구성을 확보하기 위해서는 고성능의 희생양극이 필요하고, 아연도금층의 내식성을 개선 하는 것은 철강의 수명을 향상시키는 결과를 수반할 수 있다. 본 연구에서는 전기 아연도금층의 내식성을 개선하기 위하여 발수성 표면 개질을 적용하였다. 도금층의 표면 및 인산염 처리에 따른 표면의 형상에 따라 발수 처리 후 젖음성 및 물방울의 이동성이 달라지며, 이는 거친 표면일수록 발수 처리 후 구조물 내에 공기를 가두게 되는 효과 때문에 발생한다. 이렇게 구조물 내에 가두어진 공기는 부식성 물질이 아연과 반응하는 것을 억제하여 아연의 부식을 지연시키는 효과를 보여준다. 따라서, 발수 처리된 아연도금층은 초기에 부식이 시작되는 시간을 크게 지연시킬 뿐만 아니라 물에 젖지 않아 나타나는 자기 세척효과를 보여준다.

[P23-15]

보락스와 알루미나 파우더의 첨가량에 따른 단결정 사파이어 웨이퍼의 표면 부식에 대한 연구: 김경호[1], 조규섭[1], 전영준[1], 김상섭[2]; [1]*한국생산기술연구원.* [2]*인하대학교.*

Keywords: Sapphire wafer, cutting damage, subsurface damage, borax, chemical etching

단결정 사파이어란 Al_2O_3의 원료로 2050°C 이상의 온도에서 단결정으로 성장시킨 결정체 이다. 특성으로는 다이아몬드 다음의 경도를 지닌 소재로 뛰어난 광학특성, 우수한 열전달 특성, 저온 및 고온 안정성, 내부식성과 내마모성이 우수하다. 주로 광학용 LED 산업에 사용되고 있으며, 이러한 단결정 사파이어 웨이퍼의 제조 공정은 2050°C 이상의 온도에서 Al_2O_3를 단결정 사파이어 잉곳으로 성장시키고 diamond wire saw의 잉곳 cutting → Lapping → DMP(Diamond Mechanical Polishing), CMP(Chemical Mechanical Polishing)의 공정을 거쳐 완성품의 웨이퍼가 만들어진다. 위의 공정 중 diamond wire saw의 잉곳 cutting 및 Lapping 과정에서 웨이퍼 표면에 심한 손상이 가해지게 된다. 이러한 표면 손상으로 인한 가공 결함은 후 공정 시 가공수율을 낮춰 생산 단가를 높이는 문제점이 발생하게 된다. 본 연구에서는 diamond wire saw의 잉곳 cutting 공정 시 웨이퍼 표면에 발생하는 가공 결함을 줄이고, 기계적 결함이 크게 가해지는 Lapping 공정을 대체 할 표면 부식 공정을 연구하였다. 화학 부식제로는 borax(Na2B4O7)와 Al2O3 powder를 이용하여 사파이어 웨이퍼의 표면 부식을 수행하였으며, Borax와 Al2O3 powder의 첨가량 및 부식 시간에 따른 무게 변화, 두께 변화, 미세조직 변화에 대하여 고찰 하였다.

[P23-16]

마그네트론 스퍼터법으로 증착한 Cr박막의 두께 증가에 따른 미세조직과 표면특성 연구: 강영준, 조영욱, 백주환, 조영래; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: 마그네트론 스퍼터법, Cr박막, 미세조직, 표면에너지

산업의 발달과 함께 특정한 용도에 최적으로 유용하게 사용 가능한 기능재료에 대한 필요성이 점점 커지고 있다. 이러한 요구를 만족시키기 위해 재료의 특성을 개선시키는 방법으로 대표적인 것이 박막코팅 방법이 있다. 박막코팅은 물리적증착(PVD; physical vapor deposition)과 화학적증착(CVD: chemical vapor deposition) 공정을 통하여 진행하며, 비교적 소량의 재료를 이용하여 주어진 모재의 표면에 박막을 형성함으로써 기존 모재의 물리적 혹은 화학적 특성을 개선할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 다양한 산업에서 장식용 또는 기능성 코팅 용도로 많이 사용되는 크롬(Cr)을 PVD 공정의 하나인 스퍼터 방법을 이용하여 실리콘 웨이퍼(Si wafer) 위에 증착하여, 증착시간이 증가함에 따른 박막의 두께, 미세구조, 경도 변화를 측정하였다. 즉, 동일한 스퍼터 조건에서

증착시간을 0분, 5분, 10분, 20분, 30분으로 각각 다르게 설정해서 박막을 형성한 후 α-step 장비를 이용하여 박막의 두께를 측정하고, XRD를 통한 구조분석, Nano-indentation을 이용한 나노경도 측정을 하였다. 또한, 각 시편에 대하여 플라즈마 표면처리를 25초 동안 실시하여 플라즈마 표면개질의 실시 전과 후의 상태에서 표면에너지 변화를 측정하였다. 표면에너지 측정은 Sessile Drop Method를 이용하였으며, 극성용액으로는 DI water를 사용하고 비극성 용액으로는 diiodo-methane을 사용해서 접촉각을 측정함으로써 표면에너지를 계산하였다. 박막의 두께측정을 통해 증착율은 대략 4.1 A/sec로 나타났으며, Si wafer 기판에 형성된 Cr박막은 증착시간이 증가할수록 DI water와이루는 접촉각은 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 본 연구를 통해 Cr 코팅층의 두께 변화는 박막의 미세조직과 표면에너지의 변화에 영향을 준다는 것을 확인하였다.

[P23-17]

마그네슘 합금의 플라즈마 전해산화 표면처리 공정에서 전해액 내 CeO_2 나노입자 첨가에 따른 산화막 물성 변화: 황덕록[1], 이도경[1], 이재열[2]; [1]*대구가톨릭대학교 신소재화학공학과.* [2]*(주)화진.*

Keywords: 마그네슘 합금, 플라즈마 전해산화, CeO_2 나노입자, 산화막, 내식성 향상

마그네슘 합금의 자동차 및 항공부품의 경량화 소재로의 응용을 위한 표면처리 기술 중 하나인 플라즈마 전해산화는 알칼리 전해액 내에서 절연파괴로 고온의 플라즈마가 발생하여 용해된 금속 이온들과 전해질 내 이온이 마그네슘 합금 표면에서 반응하며 산화막을 형성하는 친환경적인 기술이다. 그러나 표면처리로 형성된 산화막은 플라즈마에 의해 마그네슘 합금의 표면에서 발생하는 산소가스로 인하여 다공성의 구조를 가지게 되며 이로 인해 부식물질의 침투가 용이하게 되고 산화막의 내식성과 신뢰성 등을 감소시키는 단점이 있다. 산화막의 기공구조는 전해액의 조성에 크게 의존하며 이는 플라즈마 전해산화 처리에 있어 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 최근 전해액 내에 다양한 입자들을 첨가하여 산화막의 기공구조를 완화시킴과 동시에 물성을 향상시키는 연구들이 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 전해액 내 CeO_2 나노입자의 첨가가 산화막에 미치는 영향을 알아보기 위해 나노입자의 농도를 변화시키면서 플라즈마 전해산화 공정을 진행하였다. 전해액은 KOH, Na_2SiO_3와 Na_3PO_4를 기본 조성으로 사용하였고 전해액 내 플라즈마 방전을 위해 직류 전원장치를 사용하였다. 산화막의 구조적 특성은 X-선 회절을 통해 살펴보았으며, CeO_2 나노입자의 농도가 3g/L까지는 MgO와 Mg_2SiO_4의 혼합 결정구조를 나타내다가 5 g/L에서는 CeO_2 결정상이 관측되었다. 또한, FE-SEM 표면형상 관찰 및 내식성 평가로부터 3g/L까지의 농도에서는 CeO_2 나노입자의 첨가로 산화막 표면의 초미세기공이 sealing되며 내식성이 향상하였으나 그 이상의 CeO_2 나노입자가 첨가되면 내식성을 포함한 산화막의 물성은 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.(R0004924)

[P23-18]

일체형 산화철 촉매를 이용한 메틸렌블루 폐수 처리: 최윤정[1], 주재백[2], 변지영[1], 김상훈[1]; [1]*한국과학기술연구원.* [2]*홍익대학교.*

Keywords: 전기펜톤공정, 메틸렌블루, 산화철, SUS mesh, sand-blasting

난분해성 폐수를 분해하는 수처리 공정으로는 다양한 방법을 들 수 있지만, 그 중에서도고도산화공정은 과산화수소와 철이온을 이용하여 간단하고 저렴한 가격으로 폐수를 분해할 수 있는 장점을 가진다. 본 연구에서는 다양한 산업체에서 활발히 사용되는 반응성 염료 중 하나인 메틸렌블루를 전기펜톤공정을 사용하여 분해하고자 한다. 발암물질에 해당하는 메틸렌블루를 방류하기 위해서는 물리, 화학, 생물학적 방법을 사용하여 수처리 과정을 거치지만, 초기비용과 복잡한 전처리 공정으로 인해 실제 산업현장에 적용하기에 무리가 있다. 산화철 나노입자가 코팅된 SUS mesh의 표면에 sand-blasting을 활용하여 표면에 요철을 준 후, 전기펜톤산화법의 양극으로 사용하여 오염수 정화성능을 연구하였다. 모델오염물질로 메틸렌블루를 사용하고 비교대상으로서 기존의 통으로 된 SUS 양극을 사용하였다. pH, 전압을 변수로 두어 최적의 실험조건을 성립한 후, 넓은 비표면적을 갖는 SUS 양극이 효과적인 폐수 처리용 전극으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

[P23-19]

마그네슘합금의 내식성 향상을 위한 플라즈마 전해 산화를 이용한 초발수성 표면처리: 주재훈[1], 정해창[1], 이정훈[2]; [1]*부경대학교 금속공학과.* [2]*부경대학교.*

Keywords: 마그네슘; 부식; 플라즈마 전해산화; 발수

마그네슘합금의 높은 치수 안정성, 가공성, 열전도성, 전자기파 차폐능, 진동 감쇠능 그리고 낮은 융점으로 인한 높은 재활용성 등의 우수한 특성으로 인하여 항공기, 휴대용 전자부품 및 레저용품등 다양한 산업 분야에서 그 용도가 다양해지고 수요가 증가되고 있다. 그러나, 마그네슘합금은 표준환원전위가 -2.37 V (vs. NHE)로 매우 낮으며, 표면에 형성되는 산화물 피막은 치밀하지 못하여 부동태 층을 형성 하지 못하여 내식성이 매우 취약하다. 이러한 부식에 민감한 마그네슘합금의 폭넓은 분야에 본격적으로 적용하기 위해서는 내식성을 보완할 수 있는 표면처리가 필수적으로 요구된다. 이러한 마그네슘합금의 내식성을 향상시키고자 전기화학적 플라즈마 양극 산화처리를 하게 되는데, 이 때 다공성의 산화피막이 형성되어 그 내식성의 향상 효과가 매우 크지 못하다. 따라서 다공성의 양극산화피막의 단점을 개선시킬 수 있는 추가적인 처리를 필요로 한다. 본 연구에서는 마그네슘합금에 양극산화를 이용하여 다공성의 산화피막을 형성한 후, 그 다공성 구조물에 발수성 표면처리를 실시함으로써 초발수성 표면을 구현하여 기존의 방법에 비해 마그네슘합금의 내식성을 더욱 향상시킬 수 있는 표면처리법을 개발하고자 한다. 이렇게 형성된 표면 구조물은 수분에 대한 반발성이 매우 높아 부식성 물질이 마그네슘합금 모재로 침투하지 못하며, 자기세척 (Self-cleaning) 효과 역시 보여줄 수 있다.

[P23-20]

Optimization of HVOF-Sprayed Cermet Coatings Based on Influence of Feedstock Powder Characteristics: Soyeong

Kang, Kyeongho Baik, Heejin Park; *Chungnam National University.*
Keywords: Cermet, HVOF, powder characteristics, Microhardness

Cermet coatings manufactured by high velocity oxy-fuel (HVOF) spraying have superior hardness, high mechanical strength, and wear resistance. In this study, HVOF-sprayed WC-12Co, Cr3C2-NiCr coatings from three different feedstock powders have been evaluated in terms of microstructural features and carbide decomposition. WC-based coatings are usually harder and more resistant than Cr3C2-based coating due to the higher hardness of the WC particles embedded in the binder phase, but their operation temperature is limited to less than 450°C. The fused-crushed and the sintered-crushed WC-12Co powders had an angular shape, a dense internal structure and a high apparent density, whereas agglomerated-sintered WC-12Co, Cr3C2-NiCr powder was characterized by a spherical morphology with a porous internal structure and a relatively low apparent density. Cermet coatings had a low porosity of < 1 area%, and the agglomerated-sintered coatings exhibited a high microhardness of ~1400 Hv. For the high performances of Cermet coating, the most demanding requirement is the feedstock powder characteristics that was determined by processing route, size distribution, shape and internal structure.

[P23-21]

음극아크와 빗각증착으로 코팅된 TiN 박막의 잔류응력 특성 연구: 변인섭, 양지훈, 김성환, 정재인; *포항산업과학연구원 소재이용연구그룹.*
Keywords: PVD, Residual stress, OAD, Cathodic Arc Deposition

박막의 응력은 주로 압축으로 인한 결함, 힐록(hillock)--미세한 돌출부 생성, 주름(Wrinkiling) 형태로 인한 박막의 파괴 현상으로 인해 내마모성에 영향을 미친다. 본 연구에서는 TiN 박막은 음극 아크 증착(Cathodic Arc Deposition) 방법을 이용하여 단층과 빗각 증착(Oblique Angle Deposition; OAD)으로 다층 박막 제조하여 잔류응력 변화에 대해서 확인하였다. 타겟은 99.5% Ti이고, 기판은 Si wafer를 사용하였다. 기판과 타겟 간의 거리는 29 cm이며, 기판을 진공챔버에 장착하고 ~2.0 × 10^{-5} Torr 까지 진공배기를 실시하였다. 진공챔버가 기본 압력까지 배기되면 Ar 가스를 주입한 후 약 800 V의 전압을 인가하여 약 30분간 청정을 실시하였다. TiN 박막은 Ar와 N_2 가스를 주입하여 코팅하였으며 모든 박막의 두께는 약 1 μm로 고정 하였다. 공정 변수는 기판 인가 전압 이었다. 음극 아크를 이용하여 코팅된 TiN 박막은 공정 조건에 따라 잔류응력 변화가 확인되었다. 바이어스를 인가한 단층 박막이 인가하지 않는 박막 보다 잔류응력이 약 1 GPa 증가하였다. 빗각 증착으로 코팅한 다층 박막의 잔류응력은 약 3.4 GPa로 빗각을 적용하지 않은 단층의 코팅 박막 보다 약 2~3 GPa의 잔류응력 감소가 있었다. 이는 빗각구조가 박막의 잔류응력을 감소시키는데 영향을 미친 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 빗각 증착을 활용하여 박막의 잔류 응력 제어가 가능할 것으로 보인다.

[P23-22]

마그네슘 합금의 표면처리 및 전착도장 특성: 황규광, 이재은, 김용균, 윤영규; *KC케미칼(주).*
Keywords: 마그네슘, 표면처리, 전착도장, 플라즈마전해산화, 부착성, 부식저항

마그네슘은 실용 금속 가운데 가장 가벼운 금속으로 알려져 있으며 비중이 약 1.74 g/cm^{3}로서 알루미늄 대비 비중이 약 30%정도 적으며 타 금속보다 비강도가 우수하여 경량화와 강도가 요구되는 제품에 적용이 가능하다. 또한 인체에 무해하고 전자파 차폐성, 진동 감쇠능이 뛰어나 컴퓨터 및 전자부품, 기타 모바일 제품의 내/외장재, 가정용 주방기기, 수송기기 분야 등에서 광범위하게 적용될 수 있다. 그러나 마그네슘은 표준 전극 전위가 매우 낮은 활성 금속이기 때문에 쉽게 산화되며 표준 전극 전위가 높은 이종 금속과 접촉하면 먼저 부식되는 등 내식성이 현저히 낮아 그 사용범위에 제약을 받는다. 그러므로 마그네슘 금속을 사용하기 위해서는 내식성 및 기계적 특성을 향상시키는 표면처리가 필수적이다.마그네슘 표면처리 기술에는 화학적 반응을 이용한 Chemical conversion 방식이 있고, 전기 화학적으로 산화 피막을 성장시키는 PEO(Plasma Electrolyte Oxidation)방식이 사용되어 진다. 화학적 방식(화성처리) 공정은 기본적으로 탈지, 에칭, 중화, 화성처리,건조 공정을 거치며 진행되고, PEO 공정은 기본적으로 탈지, 에칭, 중화, PEO, 건조 공정을 거치며 진행되며 각 공정 사이에는 순수세 공정이 포함된다. 화성피막, 산화피막 위에 후코팅으로 전착도장법을 적용하여 전착도막의 특성을 비교해 볼수 있다.본 연구에서는 마그네슘 합금 소재에 화성처리, PEO 공법을 적용하여 표면처리 방법에 따른 화성피막,산화 피막과 후코팅으로 전착도막의 특성을 연구 하였다.

[P23-23]

AlCrN based Hard Coating의 미세구조 및 기계적 특성 분석: 임기성[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 최시연[1], 박상원[1], 권성준[1], 정세일[2], 김광식[2], 박영군[2], 김기범*[1]; *[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2](주)와이지원.*
Keywords: Hard coating, TEM, Microstructure, Mechanical property, Arc Ion Plating

최근 절삭공구산업은 자동차, 항공기, IT, 선박, 에너지 등 첨단산업의 증가로 인해 CGI, CFRP, 내열합금 등 난삭재의 수요가 증가하고 있다. 난삭재는 고내열, 고경도, 초경량 같은 특성을 지니며 우수한 기계적 물성을 갖지만 가공의 어려움이 있어 산업에 적용하는데 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 개발된 가공기술 중 하드 코팅은 공구코팅비용 대비 공구의 표면경도와 수명을 효율적으로 향상시킬 수 있다고 알려져 있다. 대표적인 하드코팅으로는 AlN계, TiN계 코팅이 있다. 이러한 코팅의 경우 높은 기계적 물성과 우수한 내마모성으로 인해 절삭공구의 성능을 향상시킬 수 있기 때문에, 많은 연구가 진행되고 있으며 절삭공구산업에서 각광받고 있다. 기존 선행연구 결과에 따르면 질화물 코팅의 우수한 물성은 질화물(Nitride) 생성 및 질화 공정에 의한 코팅층의 고밀도화에 의해 나타난다고 알려져 있다. 그 중에서 AlCrN coating은 우수한 내마모성 및 향상된 고온경도를 갖고 있다. AlCrN based coating에 미량의 원소를 첨가하여 기존 AlCrN coating의 기계적 특성을 더욱 향상 시킨 coating은 일반적인 고성능 코팅

대비 공구수명이 길다고 알려져 있으며, 전반적으로 우수한 특성에 의해 전 세계적으로 습식 및 건식 기계 가공 용도로 사용되고 있다. 본 연구에서는 AlCrN based coating에 미량 원소를 첨가한 coating의 우수한 기계적 특성의 원인을 규명하기 위해 텅스텐카바이드(WC) 기판 위에 아크 이온 플레이팅 장비를 이용하여 AlCrN based coating을 증착 시킨 sample을 분석하였다. 결정구조 및 상 분석을 위해 X선 회절분석(XRD)을 실시하였으며, 미세 구조를 분석하기 위해 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM), 투과 전자현미경(TEM) 분석을 실시하였다. 또한 코팅층의 화학적 성분 분석을 위해 EDX분석을 실시하였으며 기계적 특성 평가를 위해 나노압입시험(Nano-indentation test)을 진행하였다.

[P23-24]

Improved method for radiation efficiency and hydrophobic property on cooling system: 박정현[1], 이정훈[2], 김동현[3], 정원섭[4]; *[1]부산대학교공과대학. [2]부경대학교 공과대학. [3]한국세라믹기술원. [4]부산대학교 공과대학.*

Keywords: Emissivity, Cooling system, surface treatment, radiation, hydrophobic

화석연료의 매장량이 한계를 보이며 화석연료를 이용한 발전의 효율을 높이는 것이 중요시 되고있다. 따라서 플랜트 및 기계부품의 작동 온도가 높아지며 자연스럽게 냉각시스템의 성능 향상이 필요하게 되었다. 기존의 냉각시스템의 경우 대부분 표면적 확대에 의한 냉각을 주로 고려하고 있으며 emissivity에 대해서는 연구가 미미한 수준이다. 따라서 냉각시스템에 있어 emissivity에 관한 연구를 접목시키면 산업의 발전에 도움이 될 것이라 생각한다. 냉각시스템에 있어 emissivity가 높은 소재를 사용할 경우 전도 및 대류 뿐만 아니라 radiation에 의한 냉각이 함께 이루어 지므로 더 높은 효율을 나타낼 수 있다. 또한 냉각시스템은 결로현상이 큰 문제가 된다. 이를 극복하기 위해 표면처리를 통해 hydrophobic한 표면을 만든다면 결로현상 역시 해결할 수 있을 것이다. 표면처리를 진행한 시편에 대하여 조직을 관찰하고 표면처리 방법에 따른 냉각성능을 수치화하여 표현하였고, 이를 통해 효율적인 냉각을 위한 표면의 형상 및 처리방법을 최적화 하였다. 이 실험을 결과를 토대로 실제 냉각시스템에 적용하여 성능분석까지 진행하고자 한다.

[P23-25]

초음파나노표면개질 공정 시 표면변형 거동에 대한 연구: 박현욱[1], 김준형[2], 편영식[2], 아마노프 아외즈한[2], 최윤석[1]; *[1]부산대학교 재료공학과. [2]선문대학교 기계공학과.*

Keywords: UNSM (Ultrasonic Nano-Crystalline Surface Modification), Compressive residual stress, Finite element method (FEM), Severe plastic deformation

초음파나노표면개질(Ultrasonic Nano-Crystalline Surface Modification, UNSM)은 20 kHz의 진동으로 생성된 동적하중과 미세압자에 부가되는 정적하중을 통해 재료의 표면을 타격하여, 강소성 현상을 발생시키는 일종의 "표면미세냉간단조" 기술이다. UNSM 기술을 이용하여 금속 표면에 국부적인 강한 소성 변형을 부가할 경우, 표면 결정립의 초미세화로 인한 표면 경화와 동시에 압축 잔류 응력을 표면부에 인가하여 금속재료의 내응력부식성, 피로수명 향상을 도모할 수 있다. 현재 UNSM 효과를 이용하여 정밀기계 부품, 원자로 부품 등에 응용하는 많은 연구가 행해지고 있다. 본 연구에서는 유한요소해석법(FEM)을 이용하여 이러한 UNSM 공정 시 표면부의 압축 잔류 응력 형성 거동의 기초적 연구를 수행하였다. 소재의 국부적인 고변형속도(high strain rate) 소성거동을 모사하기 위해 Johnson-Cook 모델을 이용하였으며, 단일경로(Single path)의 타격을 시행하여 표면형상과 압축 잔류 응력을 예측, 실제 실험 결과 데이터와 비교 분석하였다. 또한 UNSM 공정 시 압축 잔류 응력 형성 거동에 영향을 미치는 주요 인자들을 조사하였다.

[P23-26]

플라즈마 스프레이를 통해 제조된 Al_2O_3 코팅층의 미세조직 및 기계적 특성: 정병훈[1], 황우식[2], 정택균[1], 현승균[1]; *[1]인하대학교. [2]베델원(주).*

Keywords: Plasma spraying, thermal spraying, Al_2O_3 Powder, Microstructure, Mechanical property

플라즈마 스프레이(Plasma spraying)는 플라즈마 아크 중에 각종 용사재 분말을 공급하여 기재(Substrate)에 분사시켜 코팅하는 방법이다. 플라즈마 스프레이 법은 내마모성과 내부식성을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 분말 입도는 코팅층 품질을 결정하는 중요한 인자이다. 또한 분말 입도는 분말의 안정적인 유동성과 코팅층의 매끄러운 표면을 나타낼 수 있어 분말 입도에 따른 코팅층을 분석하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 플라즈마 스프레이 법을 이용하여 Al_2O_3 코팅층을 제조하였으며, Al_2O_3 분말 입도 변화에 따른 코팅층의 미세조직 및 기계적 특성에 대해 조사하였다. Al_2O_3 분말에 따른 미세조직과 코팅층을 광학현미경, 주사전자현미경 및 XRD를 이용하여 분석하였고 분말 특성에 따른 코팅층의 기계적 특성을 평가하기 위해 미소경도시험기와 표면 조도계를 이용하였다.

[P23-27]

플라즈마 환경에서 빗각증착에 의한 TiN 박막 제조 및 특성: 정재인, 양지훈; *포항산업과학연구원.*

Keywords: 빗각증착, Obilque angle deposition, Titanium nitride film, Cathodic arc deposition

빗각 증착 (Oblique Angle Deposition; OAD)은 증발원 표면에 대해서 기판의 코팅되는 면을 평행하게 배치하는 일반적인 코팅방법과 달리 증발원에서 발생된 증기가 기판에 수직으로 입사하지 않고 일정한 기울기를 가지고 입사하도록 하여 증착하는 기술이다. 이렇게 하면 기판으로 입사하는 증기가 shadowing에 의해 증착되지 않는 영역이 나타나고 따라서 밀도가 낮고 기울어진 형상의 주상정 조직이 만들어 진다. 이러한 shadowing은 증기의 산란이 없을수록 그 효과가 커지기 때문에 지금까지는 10^{-4} Torr 이하의 고진공에서 OAD에 의한 증착 공정이 이루어져 왔다. 본 논문에서는 증기의 산란이 발생하는 플라즈마 분위기에서 빗각증착

에 의해 TiN 박막을 제조하고 제조된 박막의 조직과 특성변화를 관찰하였다. TiN 박막은 10^{-2}~10^{-3} Torr의 압력에서 스퍼터링 또는 음극 아크 방법을 이용하여 제조하였다. TiN 박막은 경사각이 커지면서 경도가 낮아졌으나 바이어스 전압을 이용하여 다층으로 제조함에 의해 경도는 유지하면서 modulus를 낮출 수 있어서 박막의 신뢰성 지수를 나타내는 H3/E2 값은 증가함을 알 수 있었다.

[P23-28]

산질화 표면처리가 저탄소강의 미세조직과 부식 및 마모 특성에 미치는 영향: 조영욱, 강영준, 백주환, 조영래; *부산대학교 재료공학부.*

Keywords: Oxide nitro-carburizing, Clad metal, Surface treatment, Nano-Indentation, Corrosion resistance.

강재의 표면처리 공정은 강재의 표면 특성을 개선하는 방법의 하나로, 자동차 산업을 비롯한 금속 부품소재 산업에서 널리 활용되어 왔다. 산질화 표면처리는 연질화 처리후 산화 처리하는 표면처리 방법이다. 연질화 처리는 질소와 탄소를 함유한 가스분위기에서 표면처리를 해서 강재의 표면에 다공질을 갖는 질화물 층과 치밀한 질화물 층을 형성시키는 공정이고, 산화 처리는 산소를 함유한 분위기를 사용해서 다공질의 질화물을 산화물(Fe3O4) 층으로 변화시키는 공정이다. 본 연구에 사용된 시편은 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈로 중간에 경량금속인 Al이 샌드위치 상태로 존재해 가벼운 특징을 갖는다. 그런데 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈이 궁중요리용 프라이팬(Wok)으로 사용될 때 저탄소강의 표면이 부식되거나 마모되는 문제가 발생하는데, 이 문제를 해결하게 위해 산질화 표면처리 기술을 적용하였다. 연질화 처리시 가스의 비율, 온도 및 시간을 공정변수로 하였으며, 온도는 560ºC로 고정시키고 시간은 50분과 100분으로 변화시켰다. 산질화 처리는 연질화 처리후 연속공정으로 수행하였으며, 550ºC의 온도에서 30분간 수증기를 주입시켜 수행하였다. 산질화 표면처리한 시편에 대해 내부식 특성과 내마모 특성의 변화를 미세조직과 연관시켜 고찰하였다. 내부식 특성은 동전위분극 시험으로 하였으며, 내마모 특성은 나노인덴테이션을 사용한 표면경도 측정을 통해 평가하였다. 표면층의 미세조직은 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다. 본 연구의 결과는 궁중요리용 프라이팬(Wok)의 경량화와 더불어 내식성과 내마모성을 향상시키는 표면처리 기술에 적용할 예정이다.

[P23-29]

600ºC급 세라믹 코팅 카본 히터 제조를 위한 세라믹 코팅 층의 열변형온도 향상을 위한 연구: 김도형[1], 박상협[2], 김동현[2], 이경욱[3], 정원섭[1]; *[1](주)헷살. [2]부산대학교 재료공학과. [3]한국세라믹기술원.*

Keywords: carbon heater, ceramic coating, heat resistance, thermal strain

원적외선 가열법의 경우 기존의 열전도 방식대비 높은 효율을 가지는 것으로 보고되고 있으며, 친환경적이고 에너지 절감 측면에서도 유리하여 관련 기술개발이 많이 요구되고 있다. 원적외선을 이용한 복사 열전달의 개념을 히터에 적용함으로써 기존의 열전도 가열방식대비 20%이상의 효율 향상을 가지며 유해물질이 없는 친환경적이고 안정적인 가열기에 적용하고자 한다. 기존의 석영관으로 마감된 카본히터 제품의 표면에 고방사율 세라믹 paste ink를 코팅하여 히터 자체의 과열을 방지하고, 상대적으로 적은 에너지로 20% 이상의 효율 향상을 유도하였다. 세라믹 코팅의 경우 600ºC 이상의 적용온도 범위에서 열변형에 의한 크랙발생 및 성장으로 제품 수명이 급격히 감소하는 경우가 발생한다. 세라믹 코팅 층의 필러함량 및 수지 경화 조건 등을 달리하여 세라믹 코팅층의 열변형 온도를 제어하였으며, 600ºC급 세라믹 코팅층의 고온 안정성을 확보하고자 하였다.

P24 : 상변태
Room 3층 로비, 4월 27일

[P24-1]

비정질 합금으로부터 결정화 된 초탄성 상의 기계적 특성 평가: 김영성[1], 나민영[1], 김우철[1], 김정수[1], 김원태[2], 김도향[1]; [1]*연세대학교.* [2]*청주대학교.*
Keywords: 초탄성, TiNi, 비정질
TiNi계 합금은 형상기억합금으로 많이 알려져 있는 합금이며, B2 모상의 마르텐사이트 상변태 온도에 따라 특정 상황에서 좋은 초탄성 특성을 나타낸다. 그러가 최종 가공물로의 공정이 어렵기 때문에 상업적 적용에는 많은 제한이 따른다. 반면에 비정질 금속은 과냉각 액체 구간에서 열소성 변형이 가능하기 때문에, 나노미터 단위의 미세한 형상까지도 제조 하는 것이 가능하다. 따라서 TiNi계 비정질 합금이 초탄성 특성을 나타내는 TiNi-B2상으로 결정화 될 수 있다면 기존의 TiNi계 합금이 가지고 있던 형성능의 한계를 극복 할 수 있을 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 Ti-Ni를 기반으로 비정질 형성능을 강화 및 마르텐사이트 상변태 온도 제어를 위해 Zr, Cu를 첨가하여 비정질로부터 동형체 B2 결정상으로 형성이 가능한 합금을 설계하였으며 이의 기계적 특성을 평가하였다.

[P24-2]

Enhancement of mechanical properties in Fe based high strength alloys by addition of minor alloying elements: Jeong Yeonbeom[1], Hong Sunghwan[1], Kim Jeongtae[2], Kim Kibuem*[1]; [1]*Sejong University.* [2]*Erich Schmid Institute of Materals engineering.*
Keywords: Eutectic alloys, Microstructure, Mechanical properties, Alloy design
Eutectic alloy has high strength compared with general coarse-grained materials and it is the simple way to make ultrafine structure due to eutectic reaction. Moreover, eutectic alloy has good castability because of low melting temperature and its single reaction during solidification. However, its limited plasticity and shear localization tendency at room temperature has been considered inconsistence for commercial application. Recently, eutectic alloys have been researched that have high strength and plasticity by introducing coarse primary dendrites in eutectic matrix. In particular, reinforced mechanical properties have been obtained when the propagation of shear bands is limited in the area between the micro-scale dendrites embedded in the ultrafine eutectic matrix, preventing catastrophic failure. Therefore, it is noteworthy to develop the ductile dendrite phase reinforced ultrafine eutectic alloys by alloy designing. In this study, we attempted to improve the mechanical properties of $(Fe_{0.9}Nb_{0.1})_{85}B_{15}$ eutectic structure composite by adding minor elements such as Cu and Ag. Cu particles, which are immiscible with other elements, are formed in eutectic matrix and can disperse stresses during deformation. Ag also well known as an immiscible element with Fe-Nb-B composites and leads to form large volume of lamellar structure with copper during solidification by eutectic reaction. The microstructure and phase analysis were examined by using Scanning electron microscope(SEM) and Xray diffraction(XRD). Mechanical properties were tested by Universal testing machine (UTM).

[P24-3]

Thermophysical properties of niobium alloy in liquid state: Chang-Hwan Yoo[1], Shraddha. Ganorkar[2], Yun-Hee Lee[2], Yong Chan Cho[2], Geun Woo Lee[2]; [1]*Kyung Hee University.* [2]*Korea Research Institute Standards and Science.*
Keywords: superalloys, Nb-alloys, Electrostatic levitaiton(ESL), liquid state, thermophysical properties
Superalloys are widely used in the welding, nuclear industries and aerospace industry. Especially in aerospace industry, they are researching on superalloys to create jet engine's turbine blades that can be used at high temperature. Currently, Ni-base superalloys are the materials of choice for high temperature turbine blade applications as they satisfy a unique combination of desired properties. The operating temperature capability of Ni-based superalloys is less than 1150 ºC.[1] However, for better efficiency of blade, it is necessary to find a material that can be used around 1300 ºC. Such materials should have a substantially higher melting point (around 2500 ºC), higher creep strength and higher operating temperature. The potential materials with this condition is niobium alloy. However due to the problems of the conventional method, there is a few data of niobium alloy especially at high temperature. Here, we provide thermophysical properties at high temperature about 2500 ºC using electrostatic levitation (ESL) device. Using the ESL, we measured melting and freezing, specific heat (C_p), density, and coefficient of thermal expansion of Nb-binary alloy liquids ($Nb_{100-x}A_x$; A=Ta, W, Mo, 10<x ºC. Our results will be useful to understand the phase formation of Nb-alloys, and thus will be helpful to develop materials for the superalloys. [1] G. Ghosh, G.B. Olson (2007) "Integrated design of Nb-based superalloys: Ab initio calculations, computational thermodynamcis and kinetics, and experimental results". Acta materialia 55, 3281-3303

[P24-4]

강도-연신 trade-off 극복 TWIP/TRIP 하이엔트로피 합금 개발: 오현석[1], Fritz Kormann[2], Cem Tasan[3], Dierk Raabe[2], 박은수[1] ; [1]*서울대학교신소재공동연구소.* [2]*Max Planck Institute for steel research.* [3]*Massachusetts Institute of Technology.*
Keywords: 하이엔트로피 합금, 적층결함에너지, TWIP, TRIP
하이엔트로피 합금은 4~5성분 이상의 원소들이 모두 주원소로 존재하여 높은 격자 비틀림 효과 (lattice distortion), 고용강화 효

과 (solid solution strengthening) 를 갖는 합금이다. 특별히 FCC계열 하이엔트로피 합금은 상온과 저온에서 모두 우수한 파괴인성 특성을 가져 철강, 초합금을 이을 차세대 상용 합금으로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 FCC 구조를 갖는 하이엔트로피 합금의 적층결함에너지를 제어하여 쌍정유기소성 (Twin induced plasticity, TWIP), 변태유기소성 (Transformation induced plasticity, TRIP) 특성을 가진 하이엔트로피 합금을 개발하였다. 개발된 하이엔트로피 합금은 항복강도의 감소 없이 연성과 인장강도가 증가하여 연성과 인성의 trade-off가 극복된 특성을 보였다. 본 연구에서는 이러한 trade-off 극복 현상이 보인 이유를 규명하고, 추가적인 합금 설계의 방향을 제시하였다.

[P24-5]

Transformed-Induced Plasticity (TRIP) Phenomenon in Medium-Entropy Alloy: EKA BOBBY SAPUTRA, Nokeun Park; *School of Material Science and Engineering, Yeungnam University.*

Keywords: TRIP, FCC, BCC, HCP, high-entropy alloy

Recently, we studied the mechanical properties of non-equiatomic FeCoCrMnNi high-entropy and medium-entropy alloys by varying the iron content to bridge the gap between high-entropy alloys (HEA) and other steel alloys. This work will report on the unique transformation-induced plasticity (TRIP) phenomenon observed in $Fe_{70\%}(CoCrMnNi)_{30\%}$ medium-entropy alloy during tensile deformation. The alloy was successfully produced by vacuum arc melting furnace with argon gas atmosphere and homogenized at 1000 ^{o}C for 24 h. It was cold-rolled with 90% thickness reduction. Double heat treatments at 900 ^{o}C for 2 h and at 450 ^{o}C for 7 h were carried out. Micro Vickers hardness was carried out with 374 HV. Tensile test with initial strain rate of 8.3 x 10^{-4} s^{-1} was also conducted at room temperature with 804 MPa ultimate tensile strength and a total elongation of 40%. Phase identification was done using electron backscatter diffraction that three phases, such as face-centered cubic (FCC), body-centered cubic (BCC) and hexagonal close-packed (HCP) existed. During tensile deformation, phase transformation occurred which resulted to a change in phase fraction. Typical TRIP phenomenon was used to interpret that in $Fe_{70\%}(CoCrMnNi)_{30\%}$ strength increased with decreasing the FCC phase fraction and increasing BCC and HCP phase fraction. We discuss the correlation between the stress-strain curve and microstructural features in this study.

[P24-6]

조성 변화에 따른 하이엔트로피 합금의 상분리 거동: 윤국노[1], 이제인[1], 김진연[1], 박은수[1]; [1]*서울대학교.*

Keywords: High entropy alloy, Light material, Deformation behavior, Transformation Induced Plasticity

최근 큰 관심을 모으고 있는 하이엔트로피 합금(HEA, High entropy alloy)은 다종의 금속 원소가 유사한 분율로 구성되어 첨가된 모든 원소가 주 원소로 작용하는 합금 시스템이다. 각 원소 간의 복잡한 상호작용에 의해 유발된 높은 엔트로피 상태를 가지는 HEA는 우수한 강도 및 연신 특성 등으로 인해 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 최근에는 이러한 하이엔트로피 합금의 조성을 조절하여 적층 결함 에너지(SFE, Stacking Fault Energy)를 낮추어, 쌍정유기소성(TWIP, Twin Induced Plasticity), 변태유기소성(Trip Induced Plasticity) 및 복합구조(DP, Dual Phase) 등의 독특한 변형거동이 발생할 수 있다는 결과가 보고된 바 있다. 본 연구에서는 상기와 같이 TWIP, TRIP 및 DP 특성을 보이는 것으로 알려진 Fe, Ni, Mn, Co 및 Cr 으로 구성된 5 원계 하이엔트로피 합금을 제조하고, 저밀도(2.7 g/cm^3)를 가짐과 동시에 FCC 합금계에서 페라이트 안정화를 통해 SFE를 높이는 것으로 알려진 Al을 합금화 함에 따라 그 변형거동의 변화 및 기계적 물성 변화를 체계적으로 고찰하였다. 종합하면, 본 연구를 통해 제시된 하이엔트로피 합금은 고강도 특성은 유지하면서도 연신을 획기적으로 향상시킬 수 있는 TRIP 특성을 보임과 동시에 경량화를 달성하여, 차세대 구조용 소재로 적용 될 수 있으며, 이와 같은 산업적 응용 가능성을 확인하여 우수한 특성의 하이엔트로피 합금 개발의 시금석을 제공하고자 한다.

[P24-7]

결정상의 복잡도와 비정질 형성능과의 연관성 고찰: 류채우[1], Wojciech Dmowski[2], Kenneth F. Kelton[3], 이근우[4], 박은수[5], Takeshi Egami[6]; [1]*서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.* [2]*University of Tennessee.* [3]*Washington University.* [4]*한국표준과학연구원.* [5]*기반표준부.* [6]*창의융합센터.*

Keywords: Metallic glass, Glass Forming Ability, Complexity, Liquid structure

용융상태 금속의 냉각속도를 충분히 빨리 하여 저온까지 냉각시키면 액체 구조가 그대로 유지된 채 원자의 상호 이동이 불가능하게 되어 결정으로 변태하지 못하고 유리화 온도에서 비정질 상으로 균일하게 고화되는 것이 가능하며, 최근에는 낮은 냉각속도에서도 비정질 형성이 가능한 합금이 다양하게 보고되고 있다. 본 연구에서는 정전기 공중 부양 장치(Electrostatic Levitation, ESL)와 중성자 산란 실험을 결합하여 비정질을 형성하는 합금의 액상에서의 구조를 측정하는 한편, 동일한 조성에서 생성되는 결정상의 구조를 분석하여 결정상의 복잡도가 비정질 형성능에 끼치는 영향을 분석하였다. 비정질 형성능의 큰 차이를 보이는 대표적인 이성분계 비정질 합금인 Cu-Zr과 Pd-Si 조성군을 선정하여 액체 상태에서의 구조를 실험적으로 관측하고 시뮬레이션을 통해 원자간 결합 양상을 분석하였다. 나아가 동일한 조성에서 안정적으로 형성되는 결정상의 복잡도를 원자간의 결합 및 배열 양상을 통해 해석하고 액상 구조와의 유사성을 판단하였다. 이를 통해 비정질 형성능을 판가름하는 데 있어서 결정상의 복잡도와 액상의 구조와의 연관성이 중요한 인자로 작용할 수 있음을 규명하여 비정질 형성능을 평가하는 기준을 정립하는 데 있어 새로운 관점을 제시하였다.

[P24-8]

Cr강 템퍼링 열처리에서 TEM 분석을 통한 탄화물 거동: 장현수[1], 최병학[1], 김시훈[1], 김태용[1], 박진수[1], 백문기[1], 윤기봉[2]; *[1]강릉원주대학교 [2]중앙대학교*

Keywords: 템퍼드마르텐사이트

고 Cr강의 급냉 및 템퍼링 열처리에 따른 템퍼드 마르텐사이트의 탄화물 석출거동을 분석하였다. 고 Cr강은 전형적인 템퍼드 마르텐사이트 미세조직으로써 우수한 강성과 인성을 나타내어 주요 기계 부품으로 널리 사용된다. 그러나 고 Cr강의 근본적인 문제는 475°C 템퍼취성에 있다. 이것은 이 강종을 급냉한 후 475°C 온도 범위에서 템퍼링하는 경우 인성값이 급격히 감소하는 취성이 발생하는 것인데, 그 원인에 대해서는 아직 구체적으로 밝혀진 바가 없다. S의 입계편석 또는 입계탄화물 형성 및 잔류 오스테나이트 영향성 등이 거론되고 있지만 일관되게 475°C 템퍼취성을 설명하기에는 부족하다. 본 연구에서는 고 Cr강의 급냉 및 템퍼링 열처리에 따른 템퍼드 마르텐사이트의 탄화물 석출거동을 분석함으로써 템퍼취성의 원인을 추정하는데 단서를 제공하고자 하였다. 이를 위해 주로 TEM 분석과 더불어 미소경도측정과 OM, SEM 분석을 수행하였다.

[P24-9]

Influence of spherical particles and interfacial stress distribution on viscous flow behavior of Ti-Cu-Ni-Zr-Sn bulk metallic glass composites: Choi Si Yeon, Sang Chul Mun, Ki Buem Kim, Sung Hwan Hong; *Sejong University.*

Keywords: Bulk metallic glass composite, Viscous flow, Interface, Stress distribution, Finite-element modeling

Bulk metallic glass composites containing micro-scale B2 particles are subject to investigation with regards to the influence of B2 particles and interfacial stress and strain distribution on the viscous flow behavior at a super-cooled liquid state. An increased volume fraction of B2 particles leads to an increase of minimum viscosity and influences to viscous flow behavior before crystallization. In high temperature deformation, the bulk metallic glass shows homogeneous deformation feature. However, the heterogeneous deformation feature is found in thermoplastically deformed bulk metallic glass composite. The strong stain accumulation and sluggish viscous flow occur around B2 particles, which are caused by the heterogeneous stress distribution linked to stress concentration and shear stress impediment around B2 particles. The sluggish viscous flow of super-cooled liquids around B2 particles during high temperature deformation induces an increase of viscosity and strongly affects the viscous flow behavior of Ti-based bulk metallic glass composites containing micro-scale spherical B2 particles.

[P24-10]

수열합성 공정을 통한 $Al_{88}Cu_6Si_6$ 공정 합금의 표면 특성 부여: 박혜진, 김영석, 문상철, 김기범*; *세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: 알루미늄, 공정합금, 수열합성법, 다공성

알루미늄 공정 합금은 비강도, 내식성 및 우수한 가공성을 가지며 그로 인해 구조용 재료로서의 응용에 큰 장점을 가지고 있다. 또한 현대 사회에 이르러 지구 환경 및 에너지 자원 문제 등이 사회적 이슈로 대두됨에 따라, 고강도 경량 소재로서 주조용 알루미늄 합금의 사용이 수송 사업 분야에서 그 수요가 크게 증가하고 있다. 최근 이러한 우수한 기계적 특성을 가지고 있는 알루미늄 공정 합금에 여러 가지 기능성을 부여하는 응용 소재로서의 활용 가능성에 대한 많은 연구가 진행되고 있는데, 여러 기계적/화학적 공법을 통한 표면 특성 부여 방식이 각광 받고 있다. 이러한 이해를 바탕으로 본 연구에서는 벌크형 $Al_{88}Cu_6Si_6$ 공정 합금에 화학적 침출법(탈성분 부식)을 이용하여 표면 다공성 소재를 제작하였고, 특성 부여를 위해 수열합성법을 통하여 형성된 기공에 기능성 산화물을 성장 시키고자 하였다. 수열합성공정에서의 공정 온도 및 온도 유지 시간의 변화를 통하여 산화물의 생성이나 성장 속도의 변화를 관찰하였으며, 이를 통해 기능성 산화물 성장의 최적화된 공정 조건을 찾고자 하였다. 표면 기공에 형성된 산화물 분석에는 EDX, SEM, FESEM 을 이용하였다.

[P24-11]

Investigation on the mechanical properties of high entropy alloys upon nitrogen addition: Jung Soo Lee, Kook Noh Yoon, Hyun Seok Oh, Sang Jun Kim, Eun Soo Park; *Seoul National University.*

Keywords: High entropy alloy; Nitrogen addition; Solid solution strengthening; Deformation behavior

Interstitial elements such as hydrogen, oxygen, carbon, and nitrogen play a crucial role in determining the characteristics and mechanical properties by affecting the lattice parameter, phase stability, microstructure, stacking fault energy (SFE) and deformation behavior. Among several deformation behaviors established, twinning induced plasticity (TWIP) and transformation induced plasticity (TRIP) effects show a direct correlation with the stacking fault energy of a material, i.e., as the SFE of a material is lowered, transition of predominating effect occurs from TWIP to TRIP. Previous studies have shown that in the austenitic steels, the effect of nitrogen on the SFE depends on the alloying content. Meanwhile, high entropy alloys (HEAs) are recently developed alloys which exhibit better mechanical properties from low to high temperature. However, in the case of HEAs, no work on the changes in SFE upon nitrogen addition seem to have been reported to our knowledge. Therefore, this work investigates the effects of nitrogen addition on the SFE via observation of mechanical properties and deformation behavior in HEAs through tensile test, electron microscopy and characterization techniques in the alloys with systematical nitrogen content variation. The results show an improvement both in strength and ductility. This research contributes to the information in the unexplored area of research of HEAs to better tune the mechanical properties.

[P24-12]

이상조직 스테인레스 강의 용접열영향부 석출거동: 장현수[1], 최병학[1], 정직한[1], 최우정[1], 양우혁[1], 박찬성[2], 최광수[2]; *[1]강릉원주대학교. [2]국립과학수사연구원.*

Keywords: DPSS, 용접균열

이상조직 스테인레스강의 용접균열에 영향을 미치는 열영향부 석출 상변태에 대하여 연구하였다. 이상조직 스테인레스강은(이하 DPSS) 피팅 및 응력부식균열(SCC) 저항성이 우수하여 열교환기 튜브 등에 SS304를 대체하여 사용되고 있다. 그런데 DPSS 사용성 문제는 용접에서 발생한다. 즉 이 합금의 용접시 용접 열영향부에 발생되는 제 2상의 석출이 균열유발이 될 수 있다. 본 연구에서는 용접 열영향에 의해 석출되는 제 2상 거동을 분석하고 이것이 용접균열에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. 이를위해 OM, SEM 및 TEM 분석을 수행하였다.

[P24-13]

Zr첨가에 따른 Ti-Zr-Ni-Cu 4원 비정질 금속의 산화 거동: 김용주[1], 나민영[1], 김우철[1], 김정수[1], 김영성[1], 김원태[2], 김도향[1]; *[1]연세대학교. [2]청주대학교.*

Keywords: Ti-Zr-Ni-Cu 4원 비정질 금속, 산화 거동, 열분석, 열가소성 변형

비정질 금속의 높은 강도는 구조재료로써 많은 가능성을 제시하였지만 낮은 연성으로 인해 많은 한계점이 온 상황이다. 따라서 요즈음은 기능재료로써 비정질 금속을 사용하려는 추세이다. 특히 비정질 금속은 낮은 점도값을 갖는 과냉각액체영역에서 열가소성 성형이 가능하기 때문에 복잡한 형상을 갖는 기능재료로의 응용이 가능하다. 또한, 과냉각액체영억은 일반적인 금속합금의 녹는점보다 낮기 때문에 기업의 경제성 측면에서 큰 이점이 있다. 섬세한 비정질 금속의 열가소성 성형 공정은 수십나노미터 정도의 정밀도를 갖기도 하므로 과냉각액체영역에서의 산화거동이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 열가소성 성형 공정을 위한 비정질 금속의 산화 거동을 연구하였으며, 그 조성은 $Ti_{50-x}Zr_xNi_{35}Cu_{15}$ (x=10, 15, 20 at%)로 특히 Zr 첨가에 따른 영향을 확인하였다. Ti-Zr-Ni-Cu 비정질 금속 전구체는 결정화 후 초탄성 변형이 가능한 합금이다. 산화 거동은 TGA를 활용하여 비정질 리본 샘플을 상온에서 1073 K까지 가열하여 확인하였고, DSC를 통해 비정질 합금의 열적 안정성 및 과냉각액체영역을 분석하였다. Zr 변화량에따라 SCL 구간(40 K)과 유리천이온도(~710 K), 결정화온도(~750 K)가 크게 변화하지 않았고, TGA 분석 결과 3조성의 비정질 합금 모두 과냉각액체영역에서 산화 거동의 차이가 크게 나타나지 않았다. 다만 Zr10 비정질 합금이 920 K 정도에서 무게 증가량이 나타난 반면, Zr15, Zr20 비정질 합금은 820 K 부근에서 무게 증가량이 뚜렷하게 나타났다. 3조성의 비정질 합금을 as-spun, SCL, 773 K, 873 K의 온도에 따라 4구간으로 나눠 TEM으로 미세조직을 확인하였다. 실험 결과 및 분석을 토대로 각 조성에 따른 산화 메커니즘을 확인하였다.

[P24-14]

하이엔트로피 합금의 적층 결함 에너지 및 변형률 속도 조절에 따른 변형 메커니즘 분석 Stacking fault energy와 변형 속도에 따른 변형 메커니즘 변화: 예정원, 윤국노, 김상준, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Deformation mechanism, TRIP, TWIP, Stacking fault energy, Strain rate

최근 다양한 연구가 진행되고 있는 하이엔트로피 합금(HEA, High entropy alloy)은 다종의 주 원소가 동시에 작용하는 합금계로써 기존의 상용 합금 대비 우수한 기계적 물성 및 높은 상안정성 등 독특한 특성을 보이는 것으로 알려져 있다. 특히, 일반적 합금과 다르게 크게 뒤틀린 격자 구조를 갖는 HEA의 경우 그 변형과 파괴에 있어 특별한 거동을 보일 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 차세대 합금으로 주목받고 있는 HEA의 변형 거동을 체계적으로 분석하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 HEA의 대표격으로 알려진 Cantor alloy를 제조하고 10-1에서 10-5 등으로 변형률 속도를 변화시켜가며 그 변형거동을 분석하였다. 특히 상용 합금 대비 적층 결함 에너지(SFE, Stacking fault energy)가 낮은 것으로 알려진 Cantor 합금의 변형 거동의 변화를 집중적으로 확인하고자 하였다. 추가적으로, Fe, Ni, Co, Cr 및 Mn으로 구성된 5원계 HEA의 조성을 적절히 제어함으로써 SFE를 조절하여 다양한 SFE를 가지는 합금의 변형 시에 나타날 수 있는 TWIP 및 TRIP 등의 특성을 체계적으로 분석하였다. 최종적으로 본 연구를 통하여, HEA의 SFE와 변형률 속도 간의 관계를 규명함으로써 향후 HEA의 변형 거동 연구의 시금석이 될 것으로 기대한다.

[P24-15]

철계 비정질 합금의 Y함량에 따른 결정화거동: 남재현, 황지용, 정윤오, 이승훈; *경북대학교 금속공학과 나노구조재료연구실.*

Keywords: amorphous, soft magnetism,crystallization, ETM

다른 금속과 달리 불규칙한 결정을 가진 비정질은 결정금속 특유의 내부결함이 없어 높은 강도와 고내식성을 가진다. 또한 우수한 연자기적 특성과 높은 전기 비저항 덕분에 첨단 전자기 부품활용에 넓은 이용가치를 지닌다. 이러한 철계 비정질 합금의 비정질 형성능을 향상시키고 향후 나노결정화를 통한 연자기적 특성개선을 위하여 본 연구에서는 early transition metal (ETM) 원소들 중 하나인 Y를 첨가하여 그 함량에 따른 결정화거동을 고찰하였다. 아크용해주조법으로 철계 비정질합금에 Y를 첨가하여 모합금을 제조하고 이 모합금을 melt spinig방법을 이용해 ribbons을 제조하였다. 이 리본들의 비정질상 형성을 확인하기 위해 X선 회절분석을 진행하였고 SDT를 통해 결정화 온도 및 발열량을 측정하여 결정화거동 및 비정질 형성능을 살펴보았다.

[P24-16]

Ti 합금의 오메가상 분석: 장현수[1], 최병학[1], 윤재형[1], 이상우[1], 이호연[1], 현용택[2], 김승언[2]; *[1]강릉원주대학교. [2]재료연구소.*

Keywords: Ti합금, 오메가상, 마르텐사이트

Ti 합금은 순수 Ti의 α상(hcp)에 V와 같은 합금에 의한 β상(bcc) 조직으로 구성된다. 그런데 β상은 마르텐사이트 변태를 겪으며 급냉시 상규명이 불분명한 오메가상 상변태로 규정되고 있다. 오메가상은 “Athermal & Thermal"로 구분되는데, 급냉 무확산의 마르텐사이트 유사가 ”Athermal 오메가“이며 확산의 석출상 유사가 ”thermal 오메가“이다. 아직까지 Ti 합금에서 무확산 또는 확산의 오메가상에 대해 정확하게 해석된 논리는 없다. 최근 확산오메가상이 Slip또는 twin에 기반한다는 연구가 있지만 이것이 이전단계인 무확산 오메가와 어떤 연관을 갖는지에 대해서는 여전히 의문이다. 본 연구에서는 이러한 오메가상 상변태를 Ti 합금에서 ”무확산→확산“ 절차로 고찰하였다. 이를 위해 고 분해능 TEM 분석을 위주로 하였으며, 오메가상 실체를 추정하는 근거를 마련하고자 하였다.

[P24-17]

Effect of additional elements on structure and mechanical behavior of Ti-Zr-Ni quasicrystal: 유근희[1], 류채우[1], 김진연[1], 박은수[2]; *[1]서울대학교 [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: TiZrNi quasicrystal, Nanoindentation, Mechanical property, Structural tuning

Quasicrystals exhibit very unique properties such as high hardness, wear-resistance, and high hydrogen storage ability. In particular, the absence of translational symmetry in quasicrystal causes unique deformation mechanisms such as lack of strain hardening, absence of dynamic strain aging. In the last 20 years, there have been several attempts to clarify the deformation mechanism of quasicrystals, but it is still undisclosed. In the present study, we will report the structure and mechanical behavior variation of Ti-Zr-Ni quasicrystal by adding additional elements. We have fabricated quasicrystal samples by adding additional atoms, and analyzed the serration of plastic flow by nanoindentation technique. After then, we figure out mechanical properties by macro-indentation and compression test. Through these attempts we suggest an effective method for tuning microstructure of the quasicrystals and for improving the damage tolerance upon plastic flow.

[P24-18]

하이엔트로피 컴파운드의 형성 거동 및 구조적 특성 분석: 김상준, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: High entropy alloy, intermetallic compounds, Hume-Rothery rule

하이엔트로피 합금이란 5개 이상의 원소가 서로 비슷한 원자비로 고용체를 이루고 있는 새로운 개념의 신합금으로 기존의 합금이 가지지 않는 독특한 특성으로 인해 다양한 분야에의 적용과 물성 향상을 목표로 활발히 연구되고 있다. 이러한 하이엔트로피 합금은 원자 배열 구조의 특이성에 의해 high configurational entropy, severe lattice distortion 등의 고유한 특성을 가지는데, 본 연구에서는 장주기 규칙성을 가지는 결정구조에 이러한 개념을 응용한 새로운 하이엔트로피 컴파운드를 개발하였다. 본 연구에서는 상 안정성과 고용도의 측면에서 하이엔트로피 합금 구조를 이룰 수 있는 금속간 화합물의 구조 및 원자 구성을 분석하였고, 이를 통해 B20 결정구조 내 전이금속 위치에는 5개의 전이금속이 동일한 원자비로 고용체를 이루고 무질서한 원자배열 구조를 가지는 하이엔트로피 (Cr,Mn,Fe,Co,Ni)-Si 컴파운드 개발하였다. 본 연구를 통해 새로운 합금계를 제시하였을 뿐만 아니라, 나아가서는 하이엔트로피 개념을 활용하여 세라믹 등의 신소재 개발의 시금석을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

[P24-19]

석출 시효를 통한 Fe계 형상기억합금의 형상기억효과 제어: 정홍락, 김상준, 류욱하, 박은수; *서울대학교재료공학부 상변화제어신소재연구실.*

Keywords: non-thermoelastic martensitic transformations, aging process, ordered phase precipitation

기존에 많은 합금계에서 형상기억효과가 보고된 반면 실제로 상용화가 진행된 합금은 대부분 TiNi 합금계이다. 하지만 TiNi계의 높은 가격으로 인해 그를 대체하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 Fe 계의 합금은 싼 가격과 높은 가공성 덕분에 각광받고 있지만, 대부분의 Fe 계에서는 높은 변태 에너지 장벽으로 인해 형상기억효과가 나타나지 않는다는 문제가 있다. 하지만 최근 Fe-Ni-Co-Al-Ta(이하 NCAT) 합금에서 시효 처리를 통해 히스테레시스를 크게 낮추어 열탄성적(thermoelastic) 특성을 가져 형상기억효과를 나타낼 수 있다는 것이 확인되었다. 시효 처리 과정에서 오스테나이트 기지와 정합 계면을 가지는 입자가 석출되고 두 상의 계면에 변형 에너지가 발생하는데, 이로 인한 변태 에너지 장벽의 감소가 이 기구의 핵심이다. 의 분율은 형상기억합금의 히스테레시스와 변형 정도에 영향을 주는 것으로 알려져 있고, 입자의 크기는 계면의 면적에 직결되므로 입자의 크기에 따른 변화를 관찰할 필요가 있다. 따라서 석출상의 부피 분율과 크기를 제어해 석출상과 형상기억효과 사이의 관계를 규명하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 NCAT 합금에서 상에 의한 형상기억효과 제어 기구를 규명하고자 하였다. 그를 위해 시효 온도를 다르게 처리한 NCAT 시편 세트와 시효 시간을 다르게 처리한 세트를 제작하였다. 제조된 시편들에 대해서 석출상의 변화를 체계적으로 분석하기 위해 미세구조 분석과 열분석을 진행하였다. 본 연구를 통해 NCAT 합금을 형상기억합금으로 사용하기 위한 최적의 공정을 개발하고, 나아가 기존에 형상기억효과가 없는 것으로 알려진 Fe계에서 형상기억합금 개발의 시금석을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

[P24-20]

복합재 형상의 미세구조 모사를 통한 높은 강도와 연신율 값을 가지는 고엔트로피 신 합금의 개발: 김민석, 윤국노, 오현석, 박은수; *서울대학교.*

Keywords: high entropy alloy, strength-ductility trade off, crack propagation resistance, nano-lamella microstructure, austenite reversion

강도와 연성은 금속 구조 재료를 평가함에 있어서 가장 중요한 요소이며, 산업 전반에 활용되기 위해서는 소재가 높은 강도와 연성을 동시에 확보하는 것이 이상적이다. 하지만, 일반적으로 강도가 커질수록 연신율은 감소하고, 연신율이 증가할수록 강도는 감소하는 Trade-off의 경향을 보이는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 Trade-off 관계의 한계를 극복하기 위하여 다양한 연구가 진행되어

왔다. 소성 변형에 따른 전위의 이동과 생성이 Trade-off의 주요한 원인이기 때문에 다양한 변형 기구를 가지는 재료를 설계한다면 이러한 한계를 극복할 수 있다. 이러한 맥락에서TRIP/TWIP 변형 거동을 가지는 합금의 개발이 이루어졌다. 한편, 5개 이상의 주 원소를 갖는 고엔트로피 합금 또한 높은 강도와 좋은 연성의 뛰어난 기계적 물성으로 Trade-off 관계를 극복할 수 있는 가능성이 있는 합금으로 제시되었다. 지금까지의 연구는 재료 본연의 성질을 강화시키는 것에 주목하여 이루어져왔다. 하지만 소재 자체의 성질을 강화시키는 것만으로는 Trade-off극복에 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 서로 다른 재료 간의 적절한 배합으로 더 좋은 성질을 가지는 재료를 만드는 '복합재' 개념을 통하여 강도와 연성의 Trade-off 관계를 극복하고자 하였다. 경질 상인 마르텐사이트 매트릭스에 나노 두께의 얇은 오스테나이트 막이 끼어 있는 형태의 미세구조를 구현하여 강도와 연성의 Trade-off 관계를 극복하고자 하였다. 이러한 미세구조는 경질 상인 마르텐사이트에 의한 매우 높은 강도와 나노 두께의 준 안정상인 오스테나이트에 의한 TRIP 현상에 의한 좋은 연성을 동시에 구현할 수 있는 장점이 있다. 또한, 변형 시 상대적으로 약한 상인 오스테나이트에 형성된 크랙이 강한 마르텐사이트 상 사이에 갇히는 효과에 의하여 파괴에 대한 내성 또한 증가하는 것을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 고엔트로피 합금은 좋은 연성과 높은 강도를 가짐과 동시에, 파괴에 대한 강한 내성을 가지기 때문에 차세대 구조 재료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

[P24-21]

Zr-2.5Nb의 수소화물 생성의 결적학적 분석: 임상엽, 김성수, 이경근; *한국원자력연구원 원자력재료연구부.*

Keywords: Zr-2.5Nb, Zr-Hydride, TEM

지르코늄합금은 우수한 부식 저항성과 낮은 중성자흡수율에 의하여 원자력 재료의 구조재로 사용된다. 중수로 원자로인 월성 원자로는 CANDU(CANada Deuterium Uranium)형 원자로를 사용하고 있으며 핵연료 다발을 지탱하는 구조체인 압력관으로 압력관 재료를 사용하고 있다. 그러나 지르코늄합금의 우수한 부식 안전성에도 불구하고 부식반응 시 생성된 수소가 지르코늄 기지 내부로 흡수하게 되며 기지의 고용 한도를 넘어서게 되면 수소화물을 생성한다. 수소화물은 지르코늄합금에서 취성을 가지므로 지르코늄 구조물 전체의 안전성을 저해하는 요소로 작용한다. 수소흡수율을 감소하기 위하여 기존 Zircaloy-2 재료를 좋은 강도와 크립 특성, 낮은 수소흡수속도를 갖는 Zr-2.5Nb 합금으로 제작하여 사용하고 있지만, 원자로의 장기 운전 시 기지 내에 침투되는 수소량은 점진적으로 증가하여 수소화물을 생성한다. 본 연구에서는 전기화학적 방법으로 수소화물이 생성되는 원리를 이해하고자 TEM을 통하여 지르코늄 기지와 하이드라이드의 결정학적 방위를 분석하여 상호 간의 결정 관계를 분석하였다.

[P24-22]

$Ti_{40}Zr_{10}Ni_{40}Cu_{10}$ 비정질 합금의 산화거동 분석: 나민영[1], 김용주[1], 김우철[1], 김정수[1], 김영성[1], 김원태[2], 김도향[1]; *[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]청주대학교 레이저광정보공학과.*

Keywords: Ti-Ni계 비정질 합금, 산화거동

비정질 합금은 과냉각 액체구간 내에서 열가소성 변형을 통하여 복잡한 소형 부품이나 표면 패턴을 제조할 수 있다. 열가소성 변형 과정에서 영향을 미치는 요소 중 하나는 공정과정에서 일어나는 산화인데, 산화막의 형성이 점도 유동에 부정적인 영향을 미치기 때문이다. 따라서 열가소성 변형과정의 최적화를 위해서는 승온 시에 산화거동을 이해하는 것이 중요하다. 본 실험에서는 초소성 거동을 보이는 단일 B2상으로 결정화하는 $Ti_{40}Zr_{10}Ni_{40}Cu_{10}$ 비정질 합금의 산화거동에 대해서 분석하였다. 열중량분석기를 이용해 600도까지 승온 시 산화 거동을 관찰하였을 때 2개의 변곡점이 나타났으며, 각 변곡점에서 산화층의 미세구조 변화를 알아보고자 샘플의 단면을 투과전자현미경을 통해 분석하였다. 실험결과, 첫번째 변곡점 전인 400도까지 산화시켰을 때 50 nm 두께의 Ti(Zr) 비정질 산화막이 존재하였고, 산화막 바로 아래에는 선택산화의 결과로 Ni-enriched층이 존재하였다. 첫번째 변곡점 후 (460도)에는 앞선 Ni-enriched층이 결정화되면서 Ni_3Ti층으로 변하고, 그 아래에 비정질 산화막과 Ni_3Ti상이 lamellar 형태로 새롭게 자라남을 관찰할 수 있었다. 2번째 변곡점을 넘어서 600도까지 열처리한 경우 앞선 비정질층, lamellar 형태의 산화층 모두 결정화되며, lamellar층 아래에는 2번째 Ni_3Ti층이 관찰되었다. 600도까지 열처리한 경우 비정질 기지는 모두 B2상으로 결정화가 되며, 두번째 Ni_3Ti상 아래의 기지에서는 내부산화가 진행됨을 볼 수 있었다.

[P24-23]

NiTi-based shape memory nanoparticles fabricated by phase-separation: 김지영, 김소연, 김상준, 류욱하, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Phase-separation, Selective dissolution, Spherical nanoparticle, Shape memory alloy, Martensitic phase transformation

형상기억합금(SMA, shape memory alloy)은 시편 및 결정립의 크기가 나노스케일 이하로 작아지면 마르텐사이트 상변태 거동이 급격히 변화되는 양상을 나타낸다. 특히, 임계 크기 이하에 다다르면 형상회복변형률이 완전히 사라질 수 있어 나노스케일에서의 변형 거동을 제어하는 방안에 대한 연구가 많은 관심을 받고 있다. 그러나 나노스케일 SMA의 적절한 제조 방안이 아직까지 마련되지 않아 실험적인 검증이 어려운 실정이다. 일반적으로 많이 활용되는 집속이온빔장비(FIB, Focused Ion Beam)의 경우, 표면에서 영의 계수가 증가하는 등의 기계적 특성 변화가 수반되고, 표면에서 산소와 니켈 이온 주입이 유도되어 정확한 형상기억특성의 규명이 어려운 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 신뢰성 있는 나노스케일 SMA 제조를 위하여 상분리 현상을 활용 하는 방안을 제안하고자 한다. 주 원소 쌍이 양의 혼합열 관계를 가지는 경우 그 혼합열의 크기와 합금 조성을 제어함에 따라서, 액상 상분리 현상에 의한 구형 (droplet) 미세조직을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 이를 활용하여 구형의 제 2상이 포함된 이상분리 합금을 제조한 후 기지를 선택적으로 용해하여 제거함으로써 완전한 구형의 SMA 나노 입자를 제조하고자 하였다. 상용 SMA인 NiTi 2원계 합금 시스템에 Ti와 양의 혼합열 관계를 갖는 Gd을 첨가하고, NiGd-rich 상 기지에 NiTi-rich 상이 구형으로 분리 될 수 있도록 조성을 제어하였다. 반응성

이 높은 NiGd-rich 상은 선택적 용해를 통해 제거되었으며, 상온 근처(20°C)에서 상변태 시작온도(Ms)를 갖는 NiTi-rich 구형 입자가 약 100~500nm 직경의 크기로 제조되었다. 추가적으로, 기타 첨가 원소의 영향을 분석하기 위해 NiTi-(Zr,Nb,Al,Si)-Gd 4원계 합금 시스템을 추가적으로 설계하였다. 각 시스템에서 제조된 SMA 입자의 크기 및 상변화 특성을 분석하여 나노스케일 구형 입자 형성 메커니즘을 규명하였다. 본 연구는 상분리를 통한 SMA 나노입자 제조의 이론적 기초를 제공하며, 제조공정의 영향을 최소화함을 통하여 신뢰성 있는 나노스케일 SMA 변형 거동의 실험적 검증을 위한 새로운 가이드라인으로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

[P24-24]

가돌리늄이 첨가된 Fe-B 비정질 합금의 부식특성, 중성자 차폐능 평가: 박지성, 이승훈; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: 비정질합금, 가돌리늄, 열중성자, 방사선차폐

원자력 에너지의 안전한 활용을 위하여 생체에 위협을 가하는 방사선에 대한 방어 기술은 필연적으로 연구되어야 한다. 때문에, 열중성자에 대한 차폐능을 높이기 위해 붕소를 사용하는 합금의 특성에 관한 연구는 많이 진행되었으나 가돌리늄을 사용한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 열중성자 차폐 재료로 설계된 고붕소 비정질 합금 조성 Fe-B-Mo에 가돌리늄의 조성을 조정하였고 이에 따라, 멜트 스피너(melt spinner)를 통해 시편을 제작 후 부식특성 및 열중성자 차폐능을 조사하였다. 가돌리늄의 첨가량이 증가함에 따라 XRD패턴의 최고점이 2θ 값이 감소하는 방향으로 움직였으며, 동시에 결정화 온도 상승을 확인하였다. 침지시험을 시행 후 단면 분석을 실시하였으며 XRD, EDS분석을 통해 표면 생성물을 확인 후 동전위분극시험을 실시하여 부식전류, 부식전위 측정을 통해 각 시편을 비교하였다. 마지막으로 열중성자 투과 시험을 시행하여 시편의 열중성자 차폐능을 정량적으로 평가하였으며 이에 따라 가돌리늄 첨가에 따른 효과를 확인하였다.

[P24-25]

EBSD-GND's 계산을 통한 Co-Cr-Mo-N 합금내 변형유기마르텐사이트의 해석 방법: 이병수; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Co-Cr-Mo-N, 변형유기마르텐사이트, EBSD, GND's

Co-Cr-Mo-N 합금은 우수한 내마모특성때문에 생체용 소재로 많이 적용되고 있다. 특히 상온에서 변형시 준안정상인 FCC상이 HCP상변태로 마르텐사이트 상변태가 발생하여 마모특성을 향상시키는 역할을 한다. 그러나 변형유기마르텐사이트 상변태에 대한 이론적 고찰이 부족하며 대부분 투과전자현미경을 이용하여 분석하기 때문에 국부적인 해석단계에서 멈추고 있다. 본 연구는 EBSD-GND's 계산을 통한 변형유기마르텐사이트 변태 해석을 수행하였으며 이를 위해 Wilkinson 방법을 이용하였다. Wilkinson 방법을 통해 Rotation term 을 이용하여 각 Slip system에대한 Energy를 계산하여 Tayer minimization을 통해 최소 energy를 갖는 Slip system을 계산하였다. 이를 통해 변형유기마르텐사이트가 발생하는 원인과 Cross slip 면에서 성장이 멈추는 이유를 확인하였다.

[P24-26]

Al rich TiAl3 coating layer formation and growth kinetics by In situ chemical vapor deposition on Ti-6Al-4V Alloys: 최광수[1], 양원철[1], 김선진[1], 정지현[1], 박진수[2], 박준식[1]; *[1]한밭대학교 신소재공학과. [2](주) 인스텍.*

Keywords: Ti-6Al-4V alloy, Pack cementation, diffusion coating

본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금에 팩 시멘테이션 코팅을 통하여 400~800 °C 온도 범위에서 알루미나이드 코팅을 진행 하였다. 팩 파우더는 Al, AlCl3, Al2O3를 사용 하였으며 600~800°C의 온도에서 TiAl3 코팅층을 형성하였고, Ti-Al 시스템의 열역학적 자유 에너지 다이어그램을 통하여 TiAl3 상이 Ti/Al 사이에서 안정적인 상인 것을 고찰 하였다. 팩 내의 코팅원 및 활성제의 분율 변화, 열처리 온도 및 시간 변화와 같은 여러 코팅층 형성의 변수들을 변형시켜 각 변수들과 TiAl3 코팅층 성장 사이의 관계를 정의 하였다. 이러한 변수들의 관계를 통하여 일정한 조건 범위 안에서 이론적으로 코팅층의 두께 성장을 계산 할 수 있는 모델을 제시하였으며, TiAl3 코팅층 성장 활성화 에너지는 코팅 조건 온도 범위 안에서 82 KJ/mol으로 계산되었다.

[P24-27]

Characterization, growth kinetics model and oxidation test at 1400 °C of Si-B co-deposition coating on 3 phase Mo-Si-B alloy: 최광수[1], 백경호[2], 이성[3], 박준식[1]; *[1]한밭대학교 신소재공학과. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.*

Keywords: Mo-Si-B, High temperature, pack cementation, Oxidation test

Mo rich Mo-3Si-1B (wt %) 합금은 1500°C 이상의 초고온에서 우수한 고온강도와 상온 연성을 가지는 것으로 알려져 있지만, 승화성 산화물을 가지는 Mo의 고온 산화 특성으로 인하여 내산화성이 부족하다는 단점이 있어 표면 코팅을 통한 내산화성의 향상이 필요하다. 본 연구에서는 Si-B 팩 시멘테이션 코팅을 통하여 900~1100°C 온도 영역에서 MoSi2 + MoB 이중 코팅층을 형성해 기존의 Si 코팅을 통한 MoSi2 단일 코팅층과 미세조직을 비교하였으며, 코팅층의 성장을 이론적으로 계산할 수 있는 모델을 제시하였다. 코팅층의 성장 모델은 실제 측정된 코팅층의 두께 데이터와 비교하여 합리성을 고찰하였다. 코팅층의 산화 테스트는 MoSi2 + MoB 코팅된 시편을 1400°C 온도에서 노출해 안정성을 확인하고 SEM, EDS, XRD 분석들을 통하여 산화 거동을 분석하였다.

P25 : 분말재료
Room 3층 로비, 4월 27일

[P25-1]
기계적 밀링을 통한 Al 기지 내 CNT 분산 거동 및 물리적 특성 평가: 한덕현[1], 김건홍[1], 김재성[1], 안병민[2]; [1]*고등기술연구원.* [2]*아주대학교.*
Keywords: Al-CNT, Cryomilling, Dispersion behavior, Tensile strength, Electrical conductivity

탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)는 특별한 원자 구조와 우수한 기계적/열적/전기적 특성을 가지고 있어 다양한 연구 분야에서 활용도가 점점 많아지고 있으며, CNT를 다양한 금속 소재들과 혼합하여 제작한 금속복합재에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다. 그 중에서도 Al+CNT 복합재 제조 시에 문제가 되는 CNT의 응집 문제를 해결하고, 금속 기지 내에 잘 분산시키기 위해서 주조, 분무 및 분말야금과 같은 많은 제조 방법을 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이중 분말야금법은 Al+CNT의 복합제 제조 시 다른 방법에 비해 CNT 분산이 용이하고 복합재의 기계적 특성을 향상시키기 때문에 많이 적용되고 있다. 본 연구에서는 순수 Al 분말과 CNT 분말을 혼합하여 극저온밀링(cryomilling), 유성형볼밀링(planetary milling), 볼밀(ball milling)의 세 가지 다른 방법으로 기계적 밀링을 실시한 후, 밀링을 통해 얻어진 Al+CNT 복합재 분말은 canning하여 15:1 비율로 압출하였다. 기계적 특성을 확인하기 위해 인장 및 경도 시험을 진행하였고, 세 가지 밀링 방법 샘플에 대해 CNT 분산도를 분석하였으며, 각각의 압출재에 대한 전기전도도 차이를 분석하였다.

[P25-2]
급속소결로 제조한 Fe-Cr계 산화물분산강화합금의 조직과 기계적성질에 미치는 Y2O3첨가의 영향: 김대영[1], 우기도[1], 권의표[2]
; [1]*전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학.* [2]*한국생산기술연구원.*
Keywords: ODS, SPS, High Energy Ball Mill

세계적인 인구증가와 산업발달로 인해 세계에너지 소비량이 2030년엔 2007년 대비 50%이상 증가할것으로 예측되고 있으며, 이러한 추세는 신재생 에너지 개발과 더불어 새로운 원자력 에너지 수요를 촉발시키고 있다. 대한민국의 경우 23개의 원자핵 발전소 중에 현재 19기의 원자핵 발전소를 가동하고 있으며 전력이 30% 이상을 감당하고 있다. 또한, 2035년 경에는 핵융합상용로 공학설계를 목표로 원자력에너지의 기술개발을 진행하고 있다. 산화물 분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS)강은 기계적 합금 방법으로 고온에서 안정한 산화물을 금속기지내에 분산시킴으로서 고온 크리프 특성 및 내조사성이 뛰어나기 때문에 원자력 에너지 시스템을 구성하는 구조용 소재로써 활용 가능성이 높은 재료료 평가되고 있다. 이러한 ODS강의 고유 특성은 미세하고 균일하게 분산된 산화물로 일어나며, 산화물 중에서 열역학적 안정성과 낮은 확산계수에 의해 쉽게 조대화 되지 않는 이트리아(Y2O3)가 주로 사용되고 있다. 일반적으로 ODS강은 기지금속과 Y2O3의 혼합분말을 볼밀에 의해 합금화한 후 열간 등압성형(Hot Isostatic Pressing, HIP) 또는 열간 압출(Hot extrusion)등의 소결방식으로 제조한다. 본 연구에서는 Fe-Cr계 산화물분산강화합금에 Y2O3양을 0~10% 변화시켜 첨가하고 High enery ball mill의 시간을 0(Mix), 24h, 48h, 60h으로 다르게하여 분말을 제조한뒤, SPS(Spark Plasma Sintering)로 시편을 제조하고 밀링 시간과 Y2O3첨가량에 따른 조직 및 상변화와 기계적성질의 변화를 조사하였다. 그결과, 분말의 밀링시간이 길어지고 Y2O3의 첨가량이 많아질수록 조직이 미세해지고 경도 및 상대밀도 값이 높아지는 것을 확인할수 있었다.

[P25-3]
Ni계 ODS 합금 분말의 SPS 공정을 이용한 성형 온도에 따른 미세조직 및 기계적 특성 평가: 한덕현, 박상환, 김영균, 공만식; *고등기술연구원.*
Keywords: Ni Base ODS, SPS, Sintering temperature, Oxide growth behavior, Grain growth behavior

산화물 분산 강화 합금은 압접 및 파쇄의 기계적 합금화 공정을 진행하여, 금속 기지상내에 산화물은 전위의 이동을 제한함에 따라 기계적 특성을 강화한다. 또한 분산된 산화물은 열적 안정성이 우수함에 따라 고온 특성을 향상시킨다. 그러나 제조된 ODS 합금 분말은 고에너지 밀링 공정을 통하여 생산되며, 또한 합금분말 제조시 강소성 변형에 따른 가공경화로 일반적인 성형공정이 어려운 실정이다. 이에 성형 공정의 어려움을 해결하기 위한 공정으로는 열간등압성형(HIP), 열간성형(HP), 방전플라즈마소결(SPS) 등이 있다. 이중 신속한 고온 성형 방법인 SPS는 고에너지 밀링을 통해 형성된 NanoGrain의 성장을 억제 할 뿐만 아니라, 기지 상내에 존재하는 미세 산화물의 성장을 늦춰준다. 따라서 SPS의 신속한 고온 성형성에 의하여 형성되는 ODS 합금은 성형 온도에 따른 내부 결정립 및 산화물의 거동을 관찰하기 용이하다. 이에 본 연구에서는 Ni계 ODS 합금 분말을 제조하여, SPS 성형 온도에 따른 산화물의 분산 및 결정립 변화를 관찰하였다. 실험에 사용한 Ni계 ODS 합금 분말은 MA6000 상용 분말을 사용하였으며, 산화물은 60 nm 이하의 Y2O3 2wt% 첨가하였다. ODS 합금 분말은 수평형 어트리션 밀링기(SimoloyerCM-01,ZOZ)를 이용하여 1200 rpm 8시간 밀링을 수행하였다. 제조된 분말은 Ar분위기 하에서 SPS를 이용하여 30분간 각 1000, 1100, 1200 ºC로 승온하였으며, 해당 온도에서 5분간 20 Mpa로 유지하여 성형되었다. 성형된 샘플은 비커스 경도 및 밀도 측정을 통하여 기계적 특성을 확인하였으며, FIB를 이용하여 TEM 분석 샘플을 제작하였다. 제작된 TEM 분석 샘플은 합금분말 제조 중 금속 기지상에 분산된 미세 산화물과 합금 분말 내에 형성된 나노 결정립의 성장 거동이 관찰되었다. 이를 통하여 제조된 ODS 소재의 성형 온도의 따른 기계적 특성 평가를 진행하였다.

[P25-4]
SPS로 제조한 나노결정 Fe-Mn 합금의 오스테나이트 안정성과 기계적 성질에 미치는 망간의 영향: 오승진[1], 손인진[2], 이석재[1]

; [1]전북대학교 금속공학과. [2]전북대학교 신소재공학부.
Keywords: Fe-Mn 합금, 오스테나이트 안정성, 기계적 성질, spark plasma sintering(SPS)
나노결정 Fe-Mn 합금에서의 망간 함량에 따른 기계적 거동과 잔류 오스테나이트의 변화에 대해 연구하였다. Fe-Mn 합금에서 잔류오스테나이트는 소성 변형시 소성유기 마르텐사이트로 변태하여 강도와 연성을 높여준다. 따라서 잔류오스테나이트 양과 안정성은 Fe-Mn 합금의 기계적 성질에 매우 큰 영향을 준다. 오스테나이트 안정성은 오스테나이트 안정화 원소의 함량과 결정립 크기에 따라 달라진다. 나노결정 Fe-Mn 합금은 Spark Plasma Sintering(SPS)을 이용하여 급속소결을 통해 제조하였다. SPS는 분말을 충진한 몰드에 펄스 전류를 직접 통전시켜 가열하여 소결하는 방식으로 급속한 승온 및 치밀화가 가능하여 소결 속도가 매우 빠르다. 따라서 소결동안 입자성장을 최소화시키면서 나노결정조직의 치밀한 소결체의 제조가 가능하다. 압축 시험을 통해 망간 첨가량에 따른 기계적 거동을 분석하였다. 압축 변형에 의한 잔류오스테나이트 분율 변화와 소성유기 마르텐사이트 변태를 XRD와 FE-SEM을 통해 확인하였다. 망간 첨가량은 소성유기 마르텐사이트 변태 거동에 영향을 미치며 그 결과 압축 변형동안 가공경화의 변화를 일으켰다.

[P25-5]

Fe-Ni 합금의 기계적 성질과 고온산화: 이동복[1], 김민정[1], 박순용[2], 조규철[2]; [1]성균관대학교. [2]한국피아이엠 기술연구소.
Keywords: Fe-Ni alloy, metal powder injection molding, sintering, oxidation, tensile strength
Fe-Ni 합금은 비교적 저렴하고 성형성, 내식성, 내마모성, 자성 등 좋아서 자동차엔진, 가스터빈, 항공부품, 화학공장에서 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 다양한 Fe-Ni 합금 개발에 응용하기 위하여 사출성형(metal powder injection molding; NIM)을 이용하여 수 μm 크기의 Fe-Ni 합금분말을 제조한 후 소결법(sintering)으로 Fe-2 wt%Ni합금을 제조하였다. 성형체의 소결밀도, 인장강도, 마찰마모 및 고온 내산화성을 조사하였다. 인장특성과 마찰마모시험은 제품의 성능 향상에 중요하고, 고온 내산화성은 Fe-Ni 합금분말을 성형할 때 분말이 작을수록 표면 산화가 발생하여 소결밀도를 저하시키기 때문에 합금의 내산화성이 요구된다. 감사의 글; 본 연구는 '2017년 차세대 선도기술개발사업'의 재원으로 '대구테크노파크'의 지원을 받아 수행되었습니다.

[P25-6]

순 알루미늄 나노 세라믹 코팅 기술의 고내식성 향상/Improved corrosion resistance of pure aluminum nano-ceramic coating technology: 이명원[1], 신동원[1], 홍순직[1], 김기호[2]; [1]공주대학교. [2]경신전선.
Keywords: Aluminum, nanoparticle, coating, oxidation, sol-gel, dip-coating
최근 산업에서 소재의 고강도, 경량화를 추구하는 가운데 알루미늄은 이 두 가지에 적합한 소재이며, 전반적으로 다양한 용도에 사용되어지고 있다. 특히 알루미늄은 강한 산화력을 가져 공기 중에 방치하면 공기와의 산화반응으로 인해 표면에 산화피막이 형성되고, 형성된 산화피막은 알루미늄을 부식으로부터 보호하고 물성의 저하를 방지한다. 이렇게 형성된 산화피막은 산, 알칼리와 같은 강부식성 물질에 매우 취약하기 때문에, 산화피막을 유지하고 알루미늄을 강부식성 물질로부터 보호하기 위해 다양한 방법으로 코팅하여 산화피막을 유지시키는 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 세라믹 나노입자를 이용하여 알루미늄을 코팅하여 부식시간에 따른 코팅된 알루미늄과 non-코팅된 알루미늄의 변화를 비교분석하였고, 세라믹 나노입자 코팅에 따른 산화피막의 유지와 그에 따른 내식성의 영향을 확인하고자 하였다. 본 연구에서는 sol-gel법을 이용하여 세라믹 나노입자가 함유된 용액을 제조하였다. 세라믹 나노입자는 dip-coating법을 이용하여 알루미늄 소재에 코팅시켰고, 코팅된 알루미늄은 염산에서 1시간 동안 부식을 진행하였다. 부식된 알루미늄 소재는 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)를 통하여 표면에 잔류하는 세라믹 나노입자의 존재여부를 확인하였고, SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 코팅된 알루미늄의 단면과 표면을 통해서 코팅된 알루미늄의 변화를 관찰하였다. non-코팅된 알루미늄이 코팅된 알루미늄보다 무게감소가 2배 증가하였으며, 산에 대한 내식성이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 세라믹 나노입자는 순 알루미늄의 내식성을 향상에 영향을 미침을 알 수 있었다.

[P25-7]

니켈 입자가 부착된 초미세 알루미늄 분말 합성 및 산화특성 연구: 권구현[1], 김동원[1], 김종만[2], 김경태[1]; [1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교 나노융합기술학과.
Keywords: Aluminum, Nickel, Powder, Energetics, SHS reaction
알루미늄 분말은 산화 반응시 높은 에너지를 발생하는 특징을 보유하고 있어 열과 빛 등으로 순간적으로 많은 에너지를 요구하는 에너제틱(Energetic) 재료로서 로켓 추진제 첨가제 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 특히 알루미늄 분말의 크기가 미세화 될수록 에너제틱 분말로서의 물성은 극대화 된다. 또한 알루미늄이 추진제로 쓰일 경우 니켈이 첨가되면 효율이 증가된다. 하지만 알루미늄과 니켈을 혼합할 경우 니켈이 알루미늄과 적절하게 분포되지 않는 문제점이 발생한다. 따라서 알루미늄 분말에 니켈을 붙여 자전연소합성(Self Propagation High Temperature Synthesis, SHS)를 통하여 주 연소반응 전에 추가적인 발열반응을 발생시켜, 더 낮은 온도에서 알루미늄의 산화반응을 유도하였다. 본 연구에서는 sub-um 알루미늄 입자의 산화막을 제거함과 동시에 니켈을 붙이는 공정을 개발하였다. 니켈이 붙은 알루미늄 입자는 FE-SEM, EDS 및 XRD를 통해 성분분석과 형상을 확인하였고, TGA/DSC 등 열분석을 통해 약 700°C 이상 산화 반응에서 혼합 분말과 반응엔탈피 값의 비교를 통해 우수성을 확인하였다. 또한 알루미늄의 녹는점인 약 660°C 이전에 혼합 분말보다 더 낮은 온도에서 SHS 반응이 시작하며 이로 인해 알루미늄-니켈 합금이 생성되면서 더 많은 열이 발생했다는 것을 XRD를 통해 확인하였다. 따라서 본 연구에서 사용한 니켈 코팅 기술은 에너제틱 분야에서 사용되는 초미세 알루미늄 분말의 성능을 향상시키는 기초기술로 사용될 것으로 기대된다. 본 연구는 국방개별기초산업 (UD160008GD)의 지원으로 수행되었습니다.

[P25-8]

선탄경석 및 폐글라스울 함량에 따른 발포유리 단열재 특성분석: 김형훈, 이원섭, 김현석, 홍종선, 김효성, 김상호; *강원테크노파크.*

Keywords: 선탄폐석, 폐글라스울, 발포유리, 무기단열재

채굴 및 선탄 공정을 통해 발생되는 석탄폐석은 발생 형태에 따라 굴진폐석(digging refuse)과 선탄폐석(coal-preparation refuse)로 구분된다. 석탄 폐석(이후 경석)은 폐자원으로 분류되어 주로 재활용 연구가 진행되었으며, 화력발전에서 발생하는 석탄회 등을 이용한 인공경량골재 연구가 다수 진행되었다. 경석은 산화알루미늄 실리케이트(Al2O3·SiO2)가 주성분으로 현재 고내구성의 다공성 소재로 전환하거나 친환경 방화소재 및 건축소재(단열재, 보온재, 펄프대체제)등으로 활용할 수 있으나 실험실 수준의 기초, 응용 연구만 진행되어 상용화에는 이르지 못하였다. 경석 내 주요 성분인 SiO2를 유리소재와 용융하여 발포유리 단열재와 같은 건축용 제품 개발 연구가 많이 진행되었다. 글라스울 단열재 제품은 고가이나 우수한 단열성능으로 인해 스티로폼 대체재로 많이 사용되고 있다. 하지만 제조, 시공, 폐기 시에 발생하는 미세분진으로 재활용이 어렵고, 섬유상의 글라스울은 수분의 이동으로 인한 형태의 변형 및 수축에 의해 단열 효과가 감소하게 된다. 본 연구진에서는 Lab Scale 분석의 용이성 및 현장접근성을 고려하여 연구대상지역의 전역에 대해 시료채취를 실시하였으며, 최대한 신선한 암석을 대상으로 채취하였다. 무기단열소재로 사용하기 위하여 공업분석(Proximate Analysis), 수분함량(Moisture), WDXRF, XRD, 열량분석(Calorimeter) 및 탄분함량분석(C/S Determinator)을 진행하였다. 이 후 글라스울과 경석의 혼합비와 용융온도에 따른 발포유리의 물성 분석을 하였다.

[P25-9]

SPS로 제조한 FeCrMoVC 고합금 공구강의 미세조직과 기계적 성질: 오승진[1], 전중환[2], 이민하[2], 이석재[1]; *[1]전북대학교 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹.*

Keywords: 공구강, spark plasma sintering(SPS), 탄화물, 미세조직

공구강은 높은 C와 Cr 첨가 외 Mo, V, W 등의 여러 탄화물 형성 원소들을 포함한다. 현재 사용되고 있는 대부분의 공구강은 용해주조, 단조, 압연 및 가공에 의해 제조되고 있다. 그러나 이러한 방법들에 의해 제조된 제품은 주조시의 편석과 불균일한 내부조직 등의 문제점이 발생할 수 있으며 복잡한 열처리를 실시하여야 하고 열처리 시 제품의 변형이 생길 수 있다. 분말야금법은 이러한 공정상의 단점을 보완할 수 있는 제조법이다. Spark plasma sintering(SPS)는 비교적 최근에 개발된 급속 분말 소결 기술이다. SPS는 매우 짧은 시간에 소결을 진행하여 결정립 성장을 억제하면서 단시간에 이론밀도에 상응하는 높은 치밀화 시킬 수 있는 효과적인 소결 공정이다. 본 연구에서는 FeCrMoVC 고합금 공구강을 SPS를 통해 제작하고 기존의 주단조법을 통해 제조한 FeCrMoVC 공구강과 기계적 성질을 비교하여 평가하였다. 미세조직과 탄화물 형성에 있어서 템퍼링 열처리의 효과를 XRD, FE-SEM, EDS MAPPING을 이용하여 조사하였다. 또한, 탄화물의 형성과 탄화물의 형태가 변화함에 따라 기계적 성질의 변화를 분석하였다.

[P25-10]

Effects on Sintering Kinetics of Al_2O_3 in Microwave Hybrid Sintering by making Al_2O_3 - Susceptor Composite: MUHAMMADWAQAS KHALID, Bum Sung Kim, Bin Lee; *Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Microwave hybrid sintering, alumina, ceramic matrix composite, susceptor, mechanical properties, thermal properties

Alumina (Al_2O_3) is one of the most cost effective and widely used materials in the family of engineering ceramics, owing to its phenomenal properties including high melting point, hardness, strength, electrical and thermal insulation, bio compatibility, high temperature stability, wear resistance and corrosion resistance. Refractory materials, combustion engine components, electrical and thermal insulators, substrate for electronic devices, hip joint and knee joint prosthesis, and pump components are few from the long list of alumina applications, covering almost every industry segment. In conventional sintering, alumina has a very high sintering temperature range (1400 to 1700 ºC), with processing times consisting of several hours. Microwave hybrid sintering of alumina offers solution to this problem, which sinters alumina at a very high heating rate, giving the highly dense alumina in significantly less time, and also at lower sintering temperatures as compared to conventional sintering. However, the sintering temperature range is still very high, and there is still need to further lower the sintering temperature. In this research work, microwave hybrid sintering of alumina-susceptor composite, with alumina as matrix, was carried out. The objective was to study the sintering kinetics of alumina by making its composite with susceptor material. It was assumed that the sintering kinetics of alumina further enhance by making its composite with susceptor material, and the sintering temperature further lowers. Microstructural evolution, mechanical and thermal properties were also studied

[P25-11]

Na 연속 공급방식을 이용한 탄탈륨 금속 분말 제조 기술: 임재홍[1], 최상훈[1], 심재진[1], 이현규[1], 유지원[1], 서경덕[1], 현승균[2], 박경태[1]; *[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Metallothermic reaction, K_2TaF_7, NaCl diluent, Na reductant, Tantalum

Ta(Tantalum)은 원자번호 73, 원자량 180.95, 비중 16.6의 원소로 융점이 2,997ºC로 매우 높고 내식성, 내열성 등 화학적, 물리적으로 우수한 특성을 지니고 있어 화공, 기계, 의료분야 뿐만 아니라 군사, 우주 등 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있는 소재이다. 특히, 탄탈륨은 모든 금속 중 가장 안정한 양극산화피막을 형성시킬 수 있는 유전 특성으로 인해 현재 고체전해질 콘덴서의 양극소재로 널리 이용되고 있으며, 고순도 탄탈륨 금속은 반도체 전극소재로 활용되고 있다. Ta 금속은 원광석인 Coltan으로부터

니오븀 등 불순물을 제거하고 여러 공정을 거쳐 제조하게 되는데 Coltan의 생산이 콩고 등 아프리카 10개국의 분쟁지역에서 채굴되는 전략물자로 분류 되어 있어, Ta 금속 제조를 위한 원광석을 사용하는 것에 대해 국제적으로 엄격하게 규제를 하고 있는 실정이다. 이에 소수의 선진국 업체들이 Ta 시장을 독점하고 있어 국내 Ta 산업에서 원자재 전량을 해외수입에 의존하고 있을 뿐만 아니라 물량확보에도 어려움이 있다. 상업적으로 사용되고 있는 Ta 제조 공정은 원료물질(K_2TaF_7), 환원제, 희석제를 모두 반응용기에 장입하여 생산하는 방식을 사용하고 있으나 이 공정은 반응속도와 반응온도를 제어하기 어려워 분말 입도 및 형상이 불규칙하게 제조 되는 문제점을 지니고 있다. 이에 본 연구에서는 원료 물질인 K_2TaF_7과 희석제 NaCl을 용융시킨 후 환원제인 Na를 외부 공급 장치를 통해 정량적으로 연속 공급하여 반응 온도 및 속도를 제어하며 Ta분말 제조를 실시하였다. 공정 온도 850°C에서 실험을 실시하였으며, 원료물질과 환원제는 화학양론에 따라 1 : 5의 몰 비로 각각 첨가하였고, 희석제는 원료물질과 같은 중량으로 장입 하였다. 환원제 Na의 외부 공급 속도는 8.6 g/min으로 하여 총 20분간 일정하게 공급 하였으며, 투입 후 4시간 동안 유지 하였다. 반응 후 반응기 내 탄탈륨 분말 및 반응 부산물들을 회수하여 수세 공정을 실시하였으며, 이를 진공 분위기에서 건조 하였다. 최종적으로 제조 된 Ta 분말 특성 평가를 위하여 분말의 산소함량, 형상, 입도, 순도 및 상분석 등 물성평가를 실시하였다.

[P25-12]

장수명 Ta-Cu 전기접점 소재 구현을 위한 2차상 첨가의 영향: 서경덕[1,2], 최상훈[1,2], 심재진[1,2], 박용진[3], 박준성[3], 송재영[3], 현승균[3], 박경태[1*]; *[1]한국생산기술연구원희소금속산업지원센터. [2] 인하대학교 신소재 공학과. [3]신생금속공업(주).*

Keywords: Electrical contact material, Ta-Cu, Additive Agent, Spark Plasma Sintering

접점재료는 통전 개폐용 소재부품으로 주요특성은 전기전도도, 내아크성, 융점, 내산화성등이 있으며, 인가전류범위에 따라 사용소재가 달라진다. 이 중 중/고전류 접점재료는 극한 환경에서의 사용으로 인해 전기전도도가 우수하고 내열성을 갖는 Ag 또는 Cu 복합재가 활용되고 있다. 대표적인 중/고전류 접점재료인 Ag-CdO계 복합재는 접점 시장의 70% 이상을 차지하나 토양 오염을 유발하고 중금속 및 특정 유해물질 사용규제로 인해 더 이상 사용이 어려워지고 있는 추세이다. 또한 Ag, Cu 기지의 접점재 사용 시 높은 전압·전류에 의해 발생하는 아크열에 의해 Ag 및 Cu 접점부에서 융착 문제가 발생하며 Cu-W 접점재의 경우 난가공성 문제가 있어 접점재료의 사용 및 응용에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위해 환경친화성 및 열적 안정성, 소성가공 특성을 지닌 Tantalum (Ta)을 선택하였다. 실험에서는 Ta-Cu 혼합분말과 추가로 열적 안정성을 지닌 첨가제로 CeO2와 WC 분말을 혼합 후 Spark Plasma Sintering (SPS) 방식을 사용하여 소결을 진행하였다. 출발원료의 혼합 조성은 Ta-Cu 분말과 0.5 wt% CeO2 분말, 1.5 wt% WC 분말을 각각 밀링기를 이용하여 분말 혼합을 진행하였으며, 소결체 제조를 위한 SPS 실험은 50 °C/min 승온 속도로 공정온도 900 oC에서 15분간 유지하였고 30MPa 압력 하에서 고상소결을 진행하였다. 이 후 첨가제의 종류에 따른 소결체의 물리적 특성을 분석하기 위하여 전기전도도 및 열전도도를 각각 4-point probe 및 Laser Flash Analyzer (LFA)를 이용하여 분석을 진행하였으며, FE-SEM을 이용하여 조직을 관찰하여 비교하였고 EDS와 EBSD를 활용하여 조성 및 결정상을 분석하였다.

[P25-13]

용융가압함침공정을 이용한 Fe계열 소형 압연롤의 개발: 김대하[1], 이원혁[1], 이상관[2], 서동우[3], 홍현욱[4]; *[1](주)대화알로이테크. [2]재료연구소. [3]포항공과대학교. [4]창원대학교.*

Keywords: 용융가압함침, Fe계 금속복합소재, 내마모성

다양한 형상의 철강소재를 생산함에 있어 생산성 및 수율등의 향상을 위하여 다양한 소재의 압연롤등이 적용이 되고 있다. 그 중에서 Fe+TiC 금속복합소재로 제조한 소형 압연롤은 우수한 표면경도 및 내마모성을 바탕으로 고강성 철강소재 생산등에 적용이 되고 있다. 그러나 제조 방식인 분말야금 공정의 한계로 인하여 내부기공, 낮은 계면 결합력, 미세 TiC 분말 입자의 뭉침 등으로 인한 단점을 지니고 있다. 용융가압함침공정은 분말야금공정의 단점을 극복한 금속복합소재 제조 공정으로 분말야금공정과 주조 공정의 장점을 동시에 지닌 공정으로 다양한 형상 및 대형 제품의 Fe계열 금속복합소재를 제조할 수 있는 장점을 지니고 있다. 본 연구에서는 용융가압함침공정을 적용하여 압연롤 중 가이드롤 형상의 Fe+TiC 금속복합소재를 제조하기 위한 공정 개발을 수행하였다. 볼밀 및 단압프레스를 이용하여 60%의 체적율을 가진 Fe+Tic 예비 성형체를 제조하였으며, 예비 소결을 활용하여 탈지 및 예비 성형체의 강도를 증대시켰다. Lost-wax 공법으로 제조한 지르코니아 몰드를 활용하여 1,600°C-9bar의 온도 및 가압 조건에서 가이드롤을 제조하였으며, 분말야금 공정으로 제조한 가이드롤과 비교 분석을 수행하였다.

[P25-14]

자전연소파 활용 3D 프린팅용 구상 Ti 분말 제조기술: 최상훈[1], 심재진[1], 임재홍[1], 이현규[1], 현승균[2], 김택수[1], 박경태[1]; *[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Titanium powder, Self-Propagating High-Temperature Synthesis(SHS), Gas reduction, Spheroidization Treatment, 3D Pringting Materials

자전연소합성법은 반응 초기에 필요한 에너지 이상의 에너지를 외부에서 가해 준 후 추가 열원의 공급 없이 반응을 일으킬 때 생성되는 연소파를 이용하여 연소반응이 진행되며, 동시에 이미 연소파가 지나간 부분은 잉여의 반응열이 소결작용을 하게 되어 압분체 전체를 원하는 화합물로 얻을 수 있는 반응이다. 이 공정은 연소파를 활용함으로써 환경적 피해를 줄이면서 고속 합성이 가능하여 경제성을 극대화할 수 있는 금속, 세라믹 제조 기술이다. 티타늄 분말을 제조하는 기존 공정에서는 Ti 광석 즉, Ti 산화물로부터 염소화 과정 및 Kroll 공정을 거쳐 티타늄 스폰지를 제조한 뒤 분말 제조를 위하여 가스 분무법이나 수소화-탈수소화 등 다단의 공정을 거쳐 티타늄 분말을 생산해 낸다. 하지만 연소합성의 경우 산화물로부터 분말의 형태로 직접 환원하여 저가의 Ti 분말 제조

가 가능하며, 환경적으로 유해한 염소화 공정을 거치지 않는 장점을 지니고 있다. 이에 본 연구에서는 경제적이고 친환경공정인 자전연소합성법을 이용하여 Ti 분말을 제조하였다. 원료 물질로는 TiO_2가 사용되었고 환원제로는 Mg을 활용하였다. W/Re C-type 열전대를 이용하여 연소온도(T_c)를 측정하였으며 연소속도를 계산하여 Mg 함량에 따른 연소온도 및 연소속도를 비교하였다. Mg 몰비에 따라 각각 1709°C, 1372.2°C, 1164°C의 연소온도가 측정 되었으며, 몰 비가 증가 할수록 연소속도는 점점 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 연소합성공정 중 반응 부산물로 생성된 MgO 및 Mg 등을 제거하기 위하여 산세 조건을 확립하였고 Ti 분말 내 격자간 불순물로 존재하는 잔존 산소 제거를 위하여 가스 환원 공정을 추가 실시하였으며, 이를 원료로 하여 Ti 분말 구상화를 위한 플라즈마 처리를 수행하였다. 각 공정에서의 Ti 분말 특성 비교를 위하여 분말의 산소, 질소, 탄소 함량, 형상, 입도, 순도 및 상 분석 등 물성을 다각적으로 평가하였다.

[P25-15]

기계적 수소화공정을 이용한 금속바인더 Co를 포함하는 TiO_2-ZrO_2 소결체의 소결 특성 및 기계적 성질: 고명선[1], 임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]
; [1] *전북대학교 일반대학원 금속공학과.* [2] *전북대학교 공과대학 신소재 공학부.*

Keywords: TiO_2-ZrO_2 Sintering, Ceramic-metal composite

세라믹 소결체의 기계적 특성 향상을 위해 소결 조제로서 금속 바인더, 이상 세라믹 입자 등이 사용되는 경우가 있다. 일반적으로 세라믹 복합 소결체는 기계적 혼합법(Mechanical mixing)을 통해 복합 분말을 제조하며, 금속과 세라믹 입자간 다른 연성으로 인한 조성 불균일, 입자간 젖음성 등의 문제가 있다. 이전 연구에서 기계적 탄화법, 기계적 질화법으로 소결체를 제조 했을 때, 일반적인 기계적 혼합법에 비해 우수한 기계적 특성을 보임을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 기계적 수소화공정을 통해 제조된 Ti(Zr)O_2-Co 복합소결체의 지르코니아 첨가에 따른 소결거동 및 기계적 특성에 대해 조사하였다. Ti,Zr,Co sponge를 이용하여 Ar분위기 하 Arc용해하여 Ti(Zr)-33at%Co alloy를 제조하였으며, 제조된 alloy는 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말은 수소 분위기 하 고에너지 볼밀링으로 Ti(Zr)H_2-Co을 제조하였으며, 선택적으로 산화 처리하여 Ti(Zr)O_2-Co 복합 분말을 제조하였다. 이때 ZrO_2는 TiO_2를 0~20%치환하여 첨가하였으며, 제조된 분말은 12Φ몰드에 장입하여 프레스로 가압 후 소결하였다. 소결체는 굽힘 시험과 비커스 경도시험을 통해 굽힘 강도와 비커스 경도, 파괴 인성을 조사하였으며, 지르코니아 첨가 시 파괴 인성과 비커스 경도가 향상되었으며, 상대 밀도값은 감소하는 것을 확인하였다. 따라서 ZrO_2첨가에 따른 향상된 기계적 특성을 XRD, SEM을 이용하여 조성 및 미세조직과 기계적 성질의 관련성을 통해 규명하고자하였다.

[P25-16]

정전 분체 코팅 공정을 이용한 SUS316L 다공체 제조: 이민정[1,3], 이유정[1,3], 김현주[2], 윤중열[2], 김병기[3]; [1] *한국 기계연구원 부설 재료연구소.* [2] *한국기계연구연 부설 재료연구소.* [3] *울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: SUS316L, Electrostatic powder coating, Porous metal, Coating area density, PU foam

최근 전 세계적으로 환경, 에너지 문제가 중요한 이슈가 되면서 핵심 부재인 금속 다공체의 중요성이 부각되고 있다. 금속 다공체(Porous metal)란 금속의 내부에 많은 기공(Pore)이 존재하는 금속을 말하며, 금속 다공체의 특성은 기공의 크기, 기공의 배향성, 기공률 등에 의하여 결정되며 이에 따라 특성도 달라지므로 목적하는 용도에 대응하여 여러 제조법이 이용되고 있다. 가장 많이 이용되는 제조법으로는 용융 금속을 이용한 발포법과 압분 성형체의 발포법이 있다. 이러한 제조법은 높은 재현성으로 복제 생산이 가능하다는 장점을 가지고 있으나 50% 이상의 기공률을 넘지 못하는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 방법이 정전 분체 코팅 공정이다. 정전 분체 코팅 공정(Electrostatic powder coating(ESPC) process)은 금속 분말을 스프레이 건을 통해서 시편에 분사할 때, 고전압으로 충전된 스프레이건 팁의 코로나 전극과 시편사이에 형성되는 전기장으로 금속 분말이 통과할 때 음이온이 금속 분말에 달라붙어서 전하를 띄게 되고 이때 형성되는 전기장을 따라 이동하여 시편에 코팅되는 공정이다. ESPC 공정의 경우 소재의 제한 없이 다양한 조성의 금속 분말이 적용가능하고 폼 형상의 template를 사용할 경우 80%이상의 기공율을 갖는 금속 다공체의 제조가 가능하다. ESPC 공정으로 제조된 금속 다공체의 특성은 초기 분말에서부터 template로 사용되는 폼의 종류, 탈지 및 소결 조건 등 공정변수에 많은 영향을 받으므로 분말 소재별 최적의 공정조건을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 ESPC 공정을 이용하여 SUS316L 금속 다공체를 제조하였고, 코팅 면밀도에 따른 다공질 금속의 미세구조 및 기공특성을 통해 공정 최적화 조건을 확립하였다. 연구에 사용한 SUS316L 분말 (7~9 μm)로 제조되었으며, 2.0~3.0 kg/m^2의 면밀도 변화에 따라 코팅 공정을 수행하였고, 1350°C에서 2시간 소결하여 금속 다공체를 제조하였다. 제조된 금속 다공체는 Archimedes 법을 이용하여 상대밀도를 분석하였으며, SEM을 통해 금속 다공체의 미세조직과 기공특성을 분석하였으며, XRD를 이용하여 상분석을 하였다.

[P25-17]

PVA 폴리머(Polyvinyl alcohol) 유기물로 합성한 Ni-Co-Cr-Fe계 나노분말의 특성: 한영민[1], 이종현[2], 장진성[1], 정충환[1]
; [1] *한국원자력연구원 신소재개발실.* [2] *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: PVA, Ni-Co-Cr-Fe, Nano powder, Solution synthesis

소재의 미립화를 통해 재료의 물리화학적 특성을 제어하기 위한 기능성 소재를 제조하기 위해 많은 연구가 진행 중에 있다. 기존의 복합재료(금속-세라믹스) 제조에는 기계적합금화 방법이 많이 사용되고 있는데, 기계적 합금화 공정은 불순물 혼입, 분말의 크기제어, 불균질한 미세조직등 여러 단점들이 지적되어 왔다. 이러한 단점들을 극복하기 위하여 물리적합금화 방법이 아닌 화학적 방법 중 하나인 폴리머(PVA)를 이용한 용액합성방법을 활용하여 공정의 단순화, 분말의 균질화 및 미립화를 얻고자 하였다. 고온재료인 Ni-Co계 합금 분말을 제조 함에 있어서 이전 연구에서는 다양한 환원 분위기 제어에 따라 Ni-Co계 합금을 제조하려 하였으나, Ni-Co계 고온재료의 주요 원소인 Cr은 강한 산화력에 의해 공정 초기에 Cr_2O_3 합성이 이루어져 Ni-Co계 합금으로 이루어지지 않았다.

이전 연구결과를 바탕으로 Cr의 산화를 방지하기 위해 환원 분위기 조절 및 환원 매개체 형성을 통한 PVA 용액합성법에서의 Cr 산화를 방지하고자 하였으며 그에 따른 분말특성을 관찰하였다.

[P25-18]

가스아토마이저 공정으로 제조 된 Al-Cr-Si계 합금 분말의 PCAS 소결공정 조건에 따른 미세조직 및 특성 평가: 유효상[1], 김용호[1], 오익현[1], 김향연[1], 박현국[1], 이성희[2], 손현택[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]목포대학교.*

Keywords: Al-Cr-Si, Gas atomizer, Powder, Sintering

첨단산업이 발달함에 따라 자동차, 조선, 우주/항공 산업 및 건축 등 모든 산업제품에서 고경도, 초경량의 첨단소재의 사용량이 증가하는 추세를 보이고 있다. 특성이 우수하면서도 장수명인 각종 재료는 그 재료 자체가 가지는 뛰어난 기계적/물리적 성질 때문에 피가공성이 크게 저하되고 특히 양산이나 고정밀도가 요구되는 부품을 제조함에 있어서 큰 문제로 대두되는 일이 많다. 이러한 첨단소재로 사용되는 난삭재를 가공하기 위해서 우수한 기계적 특성을 지닌 절삭공구의 수요가 점차 증가하고 있다. 난삭소재 가공 시에는 대체로 절삭온도, 절삭저항 및 표면조도가 크고 공구마모가 빠르며 절삭칩이 공구 날에 융착하는 현상이 발생하며, 이러한 난삭재는 소재에 따라 가공 시의 급격한 소성변형, 절삭공구의 급격한 마모 및 공구와의 화학반응 등 다양한 특성을 고려해야 한다. 대책으로 초경모재의 표면에 소재를 코팅한 절삭공구의 사용 비중이 증가하고 있다. 특히 Al-Cr-Si계 합금 조성은 기존의 재료보다 내산화성, 경도, 인성 등의 기계적인 특성이 우수하여 최근 각광을 받고 있다. 본 연구에서는 Al-Cr-Si계 합금을 가스아토마이저 공정을 이용하여 최적 입도를 가지는 분말을 제조하였으며, 제조된 분말을 이용하여 600, 800, 900, 1000°C에서 소결체를 제조하였다. 분말과 소결체의 미세조직 및 상분석은 FE-SEM, EDS 및 XRD를 통해 분석을 수행하였으며, 입도분석기를 이용하여 분말 입도를 분석하였다. 또한, 소결체의 밀도는 아르키메데스 법을 이용하여 분석하였다.

[P25-19]

기계적 합금화 및 방전 플라즈마 소결에 의한 Ta-Nb-V-W-Ti 하이엔트로피합금의 미세조직 및 특성: 송다혜[1], 김상준[2], 박은수[2], 이진규[1]; *[1]공주대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: High entropy alloy, Ball milling, Mechanical alloying, Sintering

하이엔트로피 합금(High Entropy Alloy)이란 5개 이상의 원소를 유사한 원자 비율로 혼합하여 이루어진 합금이다. 하이엔트로피 합금은 높은 배열 엔트로피를 통하여 과포화 고용체를 형성하고 있으며, 주조법, 기계적 합금화법(Mechanical alloying), 분무법(Atomizing), 스퍼터링(Sputtering) 등 다양한 제조방법을 통해 활발히 연구가 진행되고 있다. 최근 하이엔트로피 합금 분야는 다원계 합금 분야에서 높은 비강도, 내식성 등 우수한 특성으로 주목을 받고 있으며 다양한 분야로의 응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화법을 이용하여 Ta-Nb-V-W-Ti 조성의 하이엔트로피 합금 분말을 제조하였고, 공정조건이 합금의 미세조직 및 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 제조된 하이엔트로피 합금 분말을 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 벌크 형태로 제조하였다. 위와 같은 방법으로 제조 된 분말 및 소결체를 X선 회절분석(XRD)과 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세조직 및 상분석을 시행하였고, 비커스 경도 및 압축강도을 측정하여 기계적 특성을 평가하였다.

[P25-20]

나노크기의 C 및 Ni이 분산된 Ag-Based 분말의 제조방법 및 이를 이용한 전기접점 소재의 제조방법: 권오집, 박재성, 박주현; *희성금속㈜.*

Keywords: 전기접점, Ag-CdO, Ag-C, Ag-Ni, Ag-Ni-C

전기접점재료는 차단기, 계폐기 등의 전자기기에서 회로의 개폐나 접촉을 기계적으로 작동하는 소자로 사용되고 있다. 전기 접점용으로 사용되는 Ag Alloy중 Ag-CdO계는 내소모성이 우수하며, 접촉저항이 우수한 특성을 나타낸다. 또한 Ag-CdO계는 전세계적으로 접점 재료로 인정을 받으며 지금까지도 손쉽게 찾아볼 수 있으며, 제조 공정 또한 수십년에 걸쳐 최적화된 공정으로 최근에는 단가 경쟁력을 확보하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 하지만, 전 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 환경 유해 물질등의 사용 규제가 점차 심화 되고 있다. 특히, 접점 재료로 널리 사용되어온 Cd(카드뮴)은 세계보건기구(WHO: World Health Organization) 및 세계무역기구(WTO: World Trade Organization)에서는 인체 및 환경 유해물질로 규정되어 그 사용이 각 국가별로 점차 규제되고 있다. 특히 유럽 전역에서는 Cd물질을 전면 사용금지 조치 함에 따라, Cd를 대체하는 신규 접점 재료의 개발이 시급한 상황이다. 본 연구에서는 Cd 물질을 대체하고자 Ag-CdO와 동등 이상의 성능을 구현할 수 있는 Ag-M(Metal) 금속 접점 소재를 개발하고자 하였다. Ag에 수% 밖에 고용이 되지않는 금속 재료를 인위적인 방법을 통하여 과포화 고용시키는 급랭 기술을 접목하여 Ag 기지내에 제 2차 상을 나노 크기로 미세 분포시켜, 전기전도도 및 강도의 향상에 목적을 두었으며, 실제 접점 소자로 구동의 평가를 진행 하였다. 특히 고가의 원소재인 Ag의 저감을 통하여 원가 경쟁력 확보 뿐만 아니라, 금속원소의 첨가에 따른 전기전도도의 감소를 최소화하여 기존에 사용하던 Ag-CdO와 성능에서도 동등 이상의 결과를 확보 할 수 있었으며, 이를 통하여 Ag-CdO 재료를 대체 할 수 있는 소재를 개발 하였다. Ag-M 원료 분말은 플라즈마 분말제조 방법을 사용하여 Ag-M 분말을 제조 하였으며, 이 분말을 소결, 열처리, 압출 및 압연의 공정을 거쳐 최종 접점 소재로 제조 하였다. 각 공정별 조직 분석 및 특성 분석을 통하여 접점 제조 공정의 최적화를 진행 하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P25-21]

DED와 PBF 공정으로 제조된 316L 스테인리스강의 미세조직 및 기계적특성: 차현진, 장기남, 김희종, 설문정, 김규태; *동국대학교.*

Keywords: 적층가공, 316L, 미세조직, 기계적특성

최근 국내외에서 적층가공(Additive Manufacturing) 기술을 원자력발전소 핵연료부품에 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 이물질에 의한 핵연료손상을 방지하는 이물질여과용 하단고정체에 적층가공 기술을 적용할 경우 복잡한 형상의 유로를 만들 수 있어 이물질여과 성능이 우수한 하단고정체를 개발할 수 있다. 본 연구에서는 핵연료 하단고정체 소재인 316L 스테인리스강을 적층가공 공정으로 제작하여 미세조직과 기계적 특성을 평가하였다. DED(Direct Energy Deposition)와 PBF(Powder Bed Fusion) 공정으로 316L 스테인리스강 시편을 각각 제작하였으며, 제작된 시편은 970 및 1070°C에서 1시간 용체화 처리 하였다. 광학현미경을 이용하여 각 시편의 미세조직을 관찰하였고, 마이크로 비커스 경도계 및 인장시험기를 이용하여 기계적특성 평가를 수행하였다. 절삭가공 316L 스테인리스강의 미세조직에서 쌍정과 결정립계가 관찰된 반면, 적층가공 316L 스테인리스강은 결정립계가 분명하지 않으며 레이저에 의해 조사된 흔적이 선명하게 관찰되었다. 또한 절삭가공 대비 적층가공 316L 스테인리스강의 경도와 인장강도는 높고 연신율은 낮은 것으로 나타났다. 이러한 연구는 적층가공 공정으로 제조된 이물질여과용 하단고정체 개발에 유용한 자료로써 활용될 것으로 판단된다.

[P25-22]

열처리 공정 조건에 따른 M-type 스트론튬 페라이트 영구자석의 자기적 특성 연구: 오남지[1,3], 박승연[1], 김용완[2], 권혁민[2], 김상섭[3], 임경묵[1]; [1] *한국생산기술연구원희소금속산업지원센터.* [2] *우지막코리아.* [3] *인하대학교.*

Keywords: M-type hexaferrites, strontium ferrite, permanent magnet, standard ceramic process, heat temperature

최근 화석연료 저감을 위해 하이브리드 자동차(HEV), 전기 자동차(EV)의 수요가 증가되어 이들 전장부품의 핵심 소재인 희토류 영구자석과 산화물 영구자석의 생산량이 꾸준히 증가되고 있다. 그 중 산화물 영구자석인 M-type 페라이트 영구자석($MeFe_{12}O_{19}$; Me: Ba, Sr)은 낮은 원재료비용, 높은 화학안정성과 자기결정이방성(magnetocrystalline anisotropy)으로 인해 널리 사용되고 있다. 한편, 페라이트 영구자석은 잔류자기 및 보자력과 같은 자기적 특성이 비교적 낮아 특성 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 페라이트 영구자석의 자기적 특성 향상 연구에 있어서 제조 단가의 상승을 억제하는 것은 매우 중요한 측면이며, Sr^{2+}을 대체하기 위해 비교적 저렴한 Ca^{2+}를 사용하여 제조 단가의 상승을 억제하고 자기적 특성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. M-type 페라이트 영구자석은 일반적인 세라믹 제조공정(혼합, 하소, 조분쇄, 미분쇄, 성형, 소결)에 의해 제조되고 있다. 이 중 열처리 공정을 제어하는 것이 매우 중요한데, 이는 열처리 공정조건에 따라 페라이트 내 구조적 특성과 이에 따른 자기적 특성이 크게 좌우되기 때문이다. 본 연구에서는 M-type 스트론튬 페라이트 영구자석의 제조 시 하소 온도가 영구자석의 자기적 특성에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 우수한 자기적 특성을 가지는 $Sr_{0.06}Ca_{0.52}La_{0.52}Fe_{11.68}Co_{0.22}O_{19}$ 조성을 이용하여 M-type 스트론튬 페라이트 영구자석을 제조하였고, 하소 공정 시 1180°C부터 1280°C까지 다양한 온도에서 열처리 하였다. 하소 온도의 영향만을 연구하기 위하여 하소 외의 공정들을 최적화하여 동일하게 적용하였다. 하소 온도가 증가할수록 입자성장이 촉진되어 하소 분말의 보자력(H_{cj})이 저하되었다. 반면, 분말 상태의 보자력이 작았음에도 불구하고 하소 온도가 증가할수록 소결 후 자석의 보자력이 향상되었고, 이를 통해 소결 후 자석의 보자력은 하소 분말의 크기에 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

[P25-23]

에너지수치를 이용한 다이아몬드 절삭공구용 금속복합분말의 소결모델 개발: 전동술, 안경준; *한국생산기술연구원 열처리그룹.*

Keywords: Diamond tools, Sintering, Master Sintering Curve, Activation energy

Master Sintering Curve(MSC) 소결 모델은 소결 시 소결체에 동일한 열에너지를 가할 경우 동일한 소결밀도를 얻을 수 있다는 개념을 가지고 있다. 본 연구에서는 아스팔트, 석재, 금속 등을 절삭하는 다이아몬드공구에 사용되는 금속복합분말을 이용하여 다양한 승온 및 가압 조건에서 소결 모델링 공정 실험을 진행하였으며, 이를 활용하여 소결체의 소결밀도가 소결 공정 중 소결체가 받은 누적열에너지의 유일함수임을 확인하는 MSC 모델을 개발하였다. 소결공법으로 다이아몬드공구를 생산하는 산업현장에서는 본 MSC 모델을 활용하여, 제품에 가해지는 누적열에너지수치를 모니터링함으로서 제품의 소결밀도를 정확하게 예측 및 모니터링 할 수 있다.

[P25-24]

Laser Cladding 공정으로 제조된 Ni-Cr-B-Si-C 코팅층의 미세조직 및 상온 마모 특성: 강태훈[1], 김규식[1], 이고기[2], 박순홍[2], 이기안*[1]; [1] *인하대학교 신소재공학과.* [2] *포항산업과학연구원.*

Keywords: Laser Cladding, Ni-Cr-B-Si-C, Microstructure, High temperature hardness, Wear

Ni-Cr-B-Si-C 합금은 우수한 내마모특성과 내식성을 가지는 Ni-Cr base 합금 중 하나이다. 본 연구에서는 laser cladding 공정으로 Ni-Cr-B-Si-C 코팅층을 제조하여 상온 마모 특성에 대하여 조사하고, 이를 Ni 전기도금층과 비교하였다. Ni-Cr-B-Si-C 코팅층은 약 5.5 mm의 두께를 가지고 건전하게 제조 되었으며, 미세조직 관찰 결과 γ-Ni, Ni_4B_3, Cr_7C_3, Cr_5B_3가 관찰되었다. 반면 Ni 전기도금층은 γ-Ni 조직만이 검출되었다. 상온 경도는 laser cladding 코팅층의 경우 950 Hv, Ni 전기도금층은 154 Hv로 측정되어 laser cladding 코팅층의 상온 경도가 약 6배 우수하게 나타났으며, 700°C까지 승온 시켜가며 측정한 고온 경도 시험 결과, 온도가 증가함에 따라 두 소재 모두 경도는 감소하는 경향을 보였으나 모든 온도 영역에서 laser cladding 코팅층의 경도가 Ni 전기도금층보다 높게 측정 되었다. 상온 마모 시험 결과 weight loss는 laser cladding과 Ni 전기도금층에서 각각 약 0.025 g과 0.125 g으로 laser cladding 소재의 상온 마모 특성이 약 5배 우수하게 나타났다. 상기 결과들을 토대로 laser cladding로 제조된 Ni-Cr-B-Si-C 코팅층과 Ni 전기도금층의 상온 마모 특성 및 거동에 대해 고찰해 보았다. [본 연구는 POSCO의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.]

P26 : 가공-용접 및 접합
Room 3층 로비, 4월 27일

[P26-1]

Quest to Join Dissimilar Materials for Automotive Applications: Hyun-Ju CHOI, Won-Kyung KANG; *Korea Automotive Technology Institute.*

Keywords: Dissimilar materials, CFRP, Mechanical joining, Rivet joining

Lightweighting is the No 1 topic in the automotive industry now, as OEMs scramble to lower emissions and improve fuel economy. Major automakers have been time-released lightweight concept vehicles that use aluminum, magnesium, carbon fiber-reinforced plastics (CFRP), ultra-high-strength steels and advanced lightweight plastics throughout. Over the decades, many options have been tried out for joining plastics to plastics or metals to metals with either adhesives or fasteners. However, mechanical fastening and joining dissimilar materials (or multi-material joints) such as plastic parts to metal parts are few. In comparison with the existing joining methods, this study provides a recent overview of advanced joining techniques for dissimilar materials found in both metal-to-metal and metal-to-polymer joints, including metal-to-polymer riveted jointing technology. In rivet joining, it depends on the geometric parameters of the rivet and the die, such as sheet thickness, tool design, dimensions of the different rivet sizes, and also the riveting force. Some experiments with several new approaches in a variety of different metal types and thicknesses are introduced and discussed.

[P26-2]

Prediction of multi-layer weld zone from heat transfer and fluid flow modeling: 송지효, Kyung-Woo Yi; *Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.*

Keywords: multi-pass welding, computational fluid dynamics(CFD), heat transfer and fluid flow, heat affected zone(HAZ)

Recently as safety has been increasingly recognized, the safety of welding processes used in various industrial fields such as shipbuilding and construction is increasing. A microstructure different from the base metal is generated in the HAZ (Heat affected zone) generated by the welding heat during the welding process. As a result, the mechanical properties such as hardness and toughness are deformed and weld cracking occurs. In addition, when multi-layer welding since these changes occur more diverse and complicated based on the temperature history at each zone, it is necessary to classify and analyze the zone based on the temperature history. However, since there are fine and diverse microstructures in the weld zone, there are difficulties in the analysis by the naked eye or the electron microscope. The computational fluid dynamics software, ANSYS FLUENT 18.2, is applied to solve the mass, momentum, energy conservation equations and a model considering heat flow was applied for accurate analysis of the heat transfer and temperature history of the weld zone. In addition, total three pass welds were calculated to distinguish the weld zones by multi-layer welding and second, third passes were modeled to overlap the previous pass. The shape of the same size and welding conditions as the actual welding specimen were applied. The validity of the model was verified by comparing the shape of the weld zone obtained by the calculation with the welding specimen obtained through actual welding. In this research, HAZ is classified into 4 zones according to the peak temperature during welding and weld metal(WM), HAZ, base metal(BM) were classified by location. 1523°C()-1300°C CGHAZ, 1300°C-837°C(Ac3) FGHAZ(fine grained HAZ), 837°C(Ac3)-720°C(Ac1) ICHAZ(intercritical HAZ), 720°C(Ac1)-600°C SCGAZ(subcritical HAZ).

[P26-3]

Fiber Laser를 이용한 Al5052 합금의 용접 특성에 관한 연구: 최구현, 최용호, 이양복, 이형섭; *(주)보림테크.*

Keywords: Al5052, Fiber Laser, Laser Welding, Welding Condition

파리기후협정 이후 국내외 자동차 업계는 차량 연비 향상과 배기가스에 포함된 CO2 저감을 위하여 차량 경량화에 대한 기술개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 친환경 자동차의 개발 추세를 더욱 가속화하고 있다. 통상적으로 차량의 중량을 1% 감소시키면 연비는 약 1%가 향상된다는 보고가 있다. 차량을 경량화 시키는 방법으로는 경량소재기술과 성형 및 가공기술, 부품 최적화 기술 등이 있으며, 가장 효과적인 방법은 기존 소재자체를 경량화 소재로 대체시키는 것이다. 알루미늄 합금은 차량 경량화 소재로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 알루미늄 합금의 용접 방법 중 Laser 용접은 고밀도 열원을 이용하여 소재의 열변형을 최소화 시키고, 빠른 용접속도 등의 장점으로 인해 연구가 활발히 진행되고 있으며, 자동차 부품에서 5000, 6000계열의 알루미늄 합금이 일부 상용화되어 사용되어지고 있다. 하지만 성형성이 좋은 5000계열의 알루미늄 합금에 Fiber Laser를 적용 시 높은 반사율로 인한 Fiber의 파손 및 Mg 기화로 인한 스패터 발생 등의 용접 품질에서의 문제가 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 Al5052 합금에 1.064 um 파장을 가지는 Fiber Laser를 적용하여 Laser 출력, 용접속도 등의 조건에 따른 용접 특성을 분석하여 최적의 용접조건을 도출하고자 하였다.ㄷㅎ

[P26-4]

Dissimilar welding between 17-4PH stainless steel and Ti6-Al4-6V Alloy using vanadium interlayer: 나나, 김정한*; 국

립한밭대학교.
Keywords: Dissimilar welding between 17-4PH stainless steel and Ti6-Al4-6V Alloy using vanadium interlayer
In this work, the application of electron beam welding, continuous laser welding, and pulse laser welding process in the joining of Ti-6Al-4V alloy and 17-4PH stainless steel using a 1 mm pure vanadium sheet as an interlayer has been studied. In addition, the effect of vanadium composition on the mechanical properties of the weld joint by shifting the electron beam towards the 17-4PH side were also investigated. All welding processes were capable of creating a quality fusion welded joints. V exhibited good bonding with Ti and the weld metal, characterized by (βTi, V) solid solution. In the Fe-V weld joint, similar phase (FeV) ss but different composition was found in their melt zone. The differences in the microstructure composition had an effect on their mechanical properties. Pulse laser welded joint at Fe-V interface showed crack region which contributed to its low tensile property. The crack occurred due to residual stresses brought about by the repeated rapid solidification and heating cycle imposed by pulsed-laser welding process. The formation of a common melting zone between all 3 materials in EB1 created Fe_2Ti and FeTi intermetallic which acted as crack initiation site and led to the failure of the weld joint during machine process. V composition had a significant impacts in the mechanical properties of the welded joint. The hardness increased incrementally with V concentration. Joint with low V composition below 30 at.% which corresponded to α-Fe +(FeV) σ or α-Fe formation range had a better tensile properties as compared to V composition above 35 at.% which corresponds to single (FeV) σ phase. However, care should be taken in regulating the laser beam in order not to obtain a very low V content since this might cause incomplete fusion or non-welded regions which will cause failure.

[P26-5]

차량용 중공 피스톤로드의 레이저용접 특성에 대한 연구: 최용호, 최구현, 이양복, 이형섭; *(주)보림테크.*
Keywords: Laser Welding, Piston Rod, Automotive Parts, Vehicle Weight Reduction, Friction Pressure Welding
차량 연비 개선에 대한 지속적인 요구와 더불어 최근 이슈가 되고 있는 전기차의 상용화로 차량 경량화 부품의 생산은 국내외 자동차부품 제조업체의 생존조건으로 부상하고 있다. 기능과 원가를 유지하면서 부품의 중량을 감소시키기 위해서는 경량소재기술뿐만 아니라 가공기술과 부품 최적화기술이 필요하다. 본 연구에서는 피스톤로드의 경량화를 위하여 피스톤로드의 중앙부를 환봉으로부터 중공 파이프로 대체하였고, 레이저로 양단에 End cap을 용접하여 가공하였다. 용접부에 대한 분석은 미세조직 관찰과 기계적 특성을 평가하였다. 기존 중공 피스톤로드 제작공법이었던 마찰압접을 대체한 레이저용접은 고밀도열원을 이용하기에 좁고 깊은 형상의 용입이 가능하고, 용접속도가 빨라 열변형이 거의 없이 정밀가공이 가능하다. 또한 기존 마찰압접부의 플래시 발생으로 인한 자재 손실을 최소화시킴과 동시에 작업속도를 향상시켜 피스톤로드의 경제성 및 생산성을 향상 시킬 수 있을 것이라 기대한다.

[P26-6] Cancel

송준우; *공주대학교 신소재공학부.*

[P26-7]

로터스형 다공성 동의 접합 특성: 김상욱, 이지운, 정택균, 현승균; *인하대학교 신소재공학과.*
Keywords: Louts-type porous metal, pore, bonding, interface, shear strength
로터스형 다공성 금속은 원통형의 긴 기공들이 한 방향으로 배열되어 있는 구조를 갖고 있기 때문에 기공 방향으로의 기계적 및 물리적 특성이 기존 등방성 다공성 금속에 비해 우수하다. 따라서, 소재의 기계적 및 물리적 이방성이 필요한 자동차, 항공 및 전자부품 산업에서 경량소재, 충격흡수소재, 방열소재로 적용이 기대된다. 하지만 로터스형 다공성 금속을 다양한 형태로 제조하기에는 어려움이 있어 적용 범위에 제한이 있다. 따라서 로터스형 다공성 금속과 기존 소재와의 접합을 통해 적용 분야 범위를 확대할 수 있으며, 이에 따른 로터스형 다공성 금속의 접합 기술에 대한 연구가 필수적이라 판단된다. 본 연구에서는 Heat sink로의 적용이 기대되는 로터스형 다공성 동의 접합 특성에 대해 조사하였다. 비다공성 동 기판에 Ag-Cu계 브레이징 삽입금속을 이용하여 로터스형 다공성 동을 접합하였고, 접합 공정 및 로터스형 다공성 동의 기공 구조 변화에 따른 접합 특성을 평가하였다.

[P26-8]

새롭게 개발된 441 페라이트계 스테인리스 강의 GTA 용접부 미세화 기구 및 미세원소 첨가에 따른 용입성 개선에 대한 연구: 김준연[1], 홍현욱*[1], 이원배[2], 오용희[3], 조영태[3]; *[1]창원대학교. [2]포스코 철강솔루션마케팅실. [3]창원대학교 기계공학과.*
Keywords: Ferritic stainless steel, GTA welding, Exhaust system, Simulation, Inverse maragoni convection
Nb을 포함하고 있는 페라이트계 441 스테인리스 강은 우수한 내식성, 내산화성 뿐만 아니라 고온에서 우수한 강도를 갖기 때문에 자동차 배기파이프 중 hot part에서 널리 사용되고 있다. 그러나 제강시 Aluminum을 이용한 탈산을 실시하는 기존의 441 스테인리스 강은 높은 Al함량으로 인하여 GTA(Gas Tungsten Arc) 용접 시 응고 후 비드 표면에 Al-rich 산화 개재물을 형성하는 것을 확인하였다. 게다가, 용융 용접을 하는 경우, 방향으로 응고되는 조대한 이방성 구조의 주상정 결정립이 형성 되는데, 용접 중심부에는 합금원소에 의해 편석이 심한 영역이 존재한다. 따라서 판재 성형 후 용접을 실시하고, 용접된 파이프를 상온에서 확관 또는 곡관을 하게 되는 자동차 배기파이프와 같은 부품들은 비드 표면의 조대한 Al-rich 산화 개재물이 균열이 시작되는 부위로 작용 할 수 있고, 조대화된 용접부에서 균열이 발생할 수 있다. 강재의 Sulfur함량이 높고, Aluminum함량이 낮을수록 용입성이 개선되는 것으로 알려 져 있다. 이에 Aluminum과 Sulfur의 함량을 달리하여 제작된 모델합금에 대해 GTA 용접시 용융부를 초고속 카메라로 촬영하여 Sulfur함량이 높고, Aluminum 함량이 낮을수록 inward 유동의 흐름이 강하게 나타나 용입 깊이를 개선함을 관찰하였고,

전산해석을 통해 Aluminum함량이 300mm까지 Inverse Maragoni Convection이 나타나지만 350 ppm 부터는 그 효과가 사라져 용입성이 저하되는 것을 예측할 수 있었다. 최근 POSCO에서 cast slab의 등축정율을 증가시켜 성형성을 향상시킨 modified 441강을 개발하였고, 기존 441강과 하였을 때, 등축정 분율은 약 20%가 증가하였고, 용접부 중심의 등축정 크기 또한 약 45% 이상 미세화 됨을 확인하였다. 전자현미경을 이용하여 modified 441강의 등축정 중심부에 산화개재물이 존재하는 것을 관찰하였고, 이 산화 개재물은 기존 441강에서 관찰하기 힘든 TiN이 MgAl2O4를 둘러싼 구조임을 확인하였다. 또한 TiN과 spinel 구조를 갖는 MgAl2O4는[1-11]TiN//[1-11]spinel, (100)TiN//(100)spinel의 방향관계를 이루고, TiN과 ferrite가 이루는 방향관계는 [-112TiN//[001]ferrite, (13-1)TiN//(100)ferrite, (1-11)TiN// (1-10)ferrite 임을 새롭게 관찰하였다. 이러한 방향관계는 산화개재물이 등축정의 hetero - geneous nucleation site로 작용하는 것을 의미하며, 등축정과의 misfit을 최소화 하는 구조로 판단된다.

[P26-9]

Modified 439 페라이트계 스테인리스 강의 GTA 용접부 산화 개재물에 의한 CET 촉진에 대한 연구: 김준연[1], 홍현욱*[1], 조영태[2], 이원배[3]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]창원대학교 기계공학과. [3]포스코 철강솔루션마케팅실.*

400계 페라이트계 스테인리스강은 우수한 성형성 및 내부식성을 갖기 때문에 자동차 배기파이프로 사용되어지고 있다. 용융 용접을 하는 경우, 방향으로 응고((L→δ-ferrite) 되는 조대한 주상정 결정립이 형성된다. 이 용접부의 주상정 구조는 이방성이고, 합금원소에 의한 편석이 심한 영역이 용접 중심부에 존재한다. 이러한 이유로 자동차 배기파이프와 같은 부품들은 판재 성형 후 용접을 실시하고, 용접된 파이프를 상온에서 곡관 또는 확관하면서 조대화된 용접부에서 균열이 발생할 수 있다고 보고된다. 이에 최근 포스코에서 산화개재물을 제어하여 등축정율을 향상시킨 modified 439강을 개발하였다. 따라서, 기존 439강과 modified강의 가스텅스텐(Gas Tungsten Arc) 용접부 미세조직을 비교하고, 등축정율 향상기구에 대해 고찰하고자 한다. 기존 439강과 modified 439강의 미세조직을 비교한 결과, 기존 439강 대비 용접부 중심의 등축정 크기가 25% 이상 미세화 되었고, 등축정 영역 또한 크게 증가함을 관찰하였다. 전자현미경을 통하여 modified 439강의 등축정 중심부에 산화개재물이 존재하는 것을 확인하였으며, 이 개재물은 기존 439강에서는 발견하기 힘든 TiN이 MgAl2O4를 둘러싼 구조임을 관찰하였다. 또한 TiN과 spinel 구조의 MgAl2O4는 [-112]TiN//[-112]spinel, (110)TiN//(110)spinel의 방향관계를 가지고, TiN과 ferrite가 이루는 방향관계는 [011]TiN//[-111]ferrite, (01-1)TiN//(01-1)ferrite 임을 새롭게 확인하였다. 따라서 이러한 방향관계는 산화개재물이 등축정의 heterogeneous nucleation site로 작용하는 것을 의미하며, 등축정과의 misfit을 최소로 하는 구조로 판단된다. 다양한 용접 조건으로부터 얻어진 데이터를 바탕으로 초기 변수값을 선정한 후, GTA용접 용융풀 해석을 실시하였다. 용융풀 해석으로 얻어진 thermal gradiant (G)와 growth rate (V) 값으로 439강의 단위부피당 heterogeneous nucleant 수를 예측하였다. 그 결과, 기존 439강 대비 modified 439강의 heterogeneous nucleation site가 약 40% 많은 것을 확인하였고, 이 결과는 실험 데이터와 유사한 결과이다. 또한 439강과 modified 439강을 용접하는 과정에 liquid Tin에 급냉 시킴으로써 nucleation site로 작용하는 개재물을 분석하고자 하였다. 따라서, 본 연구에서는 modified 439강의 용접부 등축정율 향상 원인을 규명하고, 용융풀 해석과 급냉 실험을 통해 그 결과를 증명하고자 한다.

[P26-10]

강과 알루미늄합금의 레이저 용접에 따른 기계적 특성 평가: 전형준[1], 심우정[2], 김원혁[3], 송명환[1]; *[1](주)명진테크. [2](주)새한산업. [3]엔케이에스(주).*

Keywords: Laser welding, Dissimilar metal welding, Welding shearing load

최근 자동차 산업에서는 환경 규제 및 안전규제의 강화로 인해 초고강도 강의 적용이 급증하고 있다 또한 환경 규제로 인한 자동차 경량화를 위해 알루미늄 합금 소재 부품의 적용도 함께 증가되고 있는 추세이다. 초고강도 강과 알루미늄 합금을 동시 적용하기위해서는 이종접합이라는 문제점이 존재 한다. 기존의 접합은 SPR(Self Piercing Rivet) 등 기계적 접합과 브레이징 등이 주로 사용되고 있다. 하지만 기계적 접합은 적용위치의 제약, 제조 단가 증가 등의 단점을 가지고 있으며 브레이징의 경우에도 적용위치의 제약, 접합 강도 등에 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 스캐너 레이저 장치를 적용하여 이종 소재에 대한 용접을 실시하였으며 용접 속도, 용접 비드 등의 조건을 고정 시키고 레이저 용접 출력을 변수로 실험을 실시하여 이에 따른 강판과 알루미늄 합금의 레이저 용접 후의 기계적 특성과 미세조직에 대한 평가를 실시하였다.

[P26-11]

분당 200타급 이상의 고속 포장 기계용 초경 본딩 나이프 개발: 김민호[1], 신재오[2], 유관영[2], 전재혁[1], 서영진[3]; *[1](재)한국화학융합시험연구원. [2]나이프코리아(주). [3]금오공과대학교.*

Keywords: Bonding, Joining, Knife, Hard Metal, Packaging Machinery

분당 200타급 이상의 고속 포장 기계에 사용되어지는 나이프는 일반적으로 사용되는 포장 기계용 나이프와는 달리 급격한 속도와 온도 등 필름 절단 시 발생할 수 있는 가혹한 조건하에서의 신뢰성이 그 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 일반적인 포장 기계용 나이프를 제작하기 위해 사용하는 공구강을 사용할 경우, 칼날의 마모가 심하여 포장 필름의 불량과 잦은 교체가 요구되며, 초경합금(Hard Metal)으로 제작된 나이프는 공구강에 비해 재료 가격이 10배 이상, 완제품 가격이 3배 이상 비싸고 무게가 무거우며, 연마 및 연삭 등의 가공에 오랜 시간이 소요된다. 현재, 고속 포장 기계용 나이프 중 초경합금 나이프 이외에 공구강에 브레이징 용접으로 칼날 부위에 초경합금을 접합한 초경 브레이징 나이프가 개발되어 생산 단가를 낮추기는 하였으나 사용 중 변형에 의한 정밀 절단이 어려우며, 용접 후 2차 가공이 필요하다는 단점이 있다. 이에, 본 기술개발사업을 통하여 초경합금과 공구강을 손쉽게 접합할 수 있는 초경 본딩 기술을 개발하고자 한다. 초경 본딩 나이프는 초경 브레이징 나이프와는 달리 높은 온도가 요구되지 않기 때문에 온도 불균일에 의한 문제점이 없으며, 재료의 오염 없이 깔끔한 접합이 가능하여 정밀도가 우수하다. 또한, 기존 초경합금 나이프에 비해 가격이 저렴하고 무게도 상대적으로 가벼워 교체 작업 시 부담이 감소되어 작업자의 안전 확보가 가능할 것으로 사료되

며, 사용 시 칼날 부위가 손상 혹은 파손되는 경우, 기존의 나이프들은 새로운 제품으로 교체하여야 하나 본 기술을 적용한 개발품은 디본딩(Debonding) 작업을 통해 초경합금으로 제작된 나이프의 칼날 부위만 교체 가능하여 A/S 비용을 현저히 줄일 수 있다는 장점이 있다. 고속 포장 기계에 본딩 기술을 적용하기 위해서는 20 N/mm^2 이상의 본딩력이 요구되고 있어 접착제 선정 및 본딩 조건 확립이 필요하며, 경도, 조도 및 평탄도 등 초경 본딩 나이프의 특성평가가 요구된다. 따라서, 본 기술개발을 통하여 적합한 재질 및 접착제 선정, 본딩 및 디본딩 조건 확립, 나이프 최적 설계와 이를 반영한 시제품 제작에서 나아가 고속 포장 기계용 나이프의 특성 평가 기준을 확립하고자 한다.? 후기: 본 연구내용은 중소벤처기업부에서 시행한 2017년도 산학연협력 기술개발사업(산연전용)의 지원을 받아 수행한 연구개발 내용입니다. (과제번호: C0504587)

[P26-12]

탄소 소재 코팅을 이용한 알루미늄 합금 저항 점 용접 전극 특성 평가: 김재훈, 천주용, 이덕현, 지창욱; *한국생산기술연구원울산지역본부.*

Keywords: Aluminum, Resistance spot welding, Electrode, Coating, Carbon

최근 차체 경량화를 위해 알루미늄 합금의 적용이 증가됨에 따라 연비 개선(에너지) 및 환경 문제에 긍정적 효과가 있음에도 불구하고, 알루미늄 합금의 저항 점 용접에서는 알루미늄 산화층 및 고전류 용접조건으로 인한 전극 발열로 전극 열화, 비산현상, 표면균열, 전극수명저하 등의 공정 및 품질 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 알루미늄 합금의 용접시 전극과 모재 사이의 발열을 최소화 하여 품질 문제를 개선하기 위해 전기 및 열전도도가 뛰어난 탄소소재를 전극 표면에 코팅하여 실험을 진행하였다. Graphite, CNT, Graphene 소재를 코팅한 용접전극 특성을 비교하였다. 코팅 전극의 연속타점 측정 및 용접부 단면관찰, 전극 수명 및 결함유무를 확인하였고, 용접 전·후 전극표면 성분을 EPMA를 이용하여 비교·분석하였다. 그 결과, Graphene 코팅 전극의 용접성이 상대적으로 우수하였고, 코팅되지 않은 일반 전극과 비교하였을 때 전극표면 융착 및 알루미늄 표면의 균열 발생 시점이 지연되는 것을 확인하였다. 이는 Graphene 코팅 전극의 상대적인 낮은 접촉저항과 희생 코팅층으로 작용하였던 Graphene의 역할로 인하여 융착현상이 지연되었다고 판단된다.

[P26-13]

Ferritic/Martensitic 내열강과 Ni기 초내열합금의 이종용접부 크리프 특성과 파괴 메커니즘 상관성 고찰: 신경용[1], 김준연[1], 이지원[1], 한정민[2], 이경운[2], 공병욱[2], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 [2]두산중공업.*

Keywords: Dissimilar welding, Type IV crack, Fusion line, Weld Metal, P92 steel

지금까지 화력 발전소에 사용된 재료는 Fe계 ferritic/martensitic P92 강으로는 최대 670°C 운전온도의 한계를 가지고 있다. 특히 P92강은 화력발전소의 배관과 튜브에 사용되고 있으나, 곡률부의 균열로 인해 파열사고가 빈번히 발생되고 있다. 이로 인해, 고온 응력이 우수한 Ni계 석출경화형 Inconel 740H 초내열합금을 응력과 열이 집중되는 일부 구간에 사용을 시도하고 있다. 이를 위해서는 Inconel 740H와 기존재료인 P92강이 이종용접 되어야 하고, 이들의 용접조건별 야금학적 재질변화 및 고온 크리프 특성 등이 체계적으로 연구가 선행되어야 한다. 기존 문헌들을 살펴보면, Inconel 740H에 대한 동종 및 이종 용접부에 대한 세밀한 미세조직 해석 및 고온 크리프 특성 등에 대한 연구를 찾아 보기기 힘들다. 따라서, 본 연구에서는 Inconel 740H와 기존 철계합금 즉 P92강의 이종용접성과 미세조직, 나아가 고온 크리프 특성에 대한 고찰을 하고자 한다. 각각의 이종용접부 취약부분인 열 영향부의 파괴거동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 미세조직 멀티스케일 분석을 통한 상안정성, 고온변형, 파단기구, 크리프 수명 고찰 및 파괴 기구에 미치는 미세조직 변화를 해석하였다. 그 결과 용접부의 미세조직과 파괴 메커니즘의 관련성을 고찰하였다. 크리프 파단 후, 주사전자현미경 (SEM)을 이용하여 비커스 경도값이 가장 낮은 부분의 미세조직을 분석하였다. 740H-P92 이종용접부에서는 Larson-Miller 지수 (LMP)가 높아질수록 P92측 용융선에서 균열이 발생하는 용융선 파괴에서 결정립 크기가 작고 경도값이 낮은 FG/ICHAZ에서 균열이 발생하는 Type IV 파괴로 변화하는 것을 관찰하였다. 후방산란전자회절 (EBSD)를 이용하여 크리프 온도별 용융선과 FGHAZ에서의 misorientation을 KAM 기법을 이용하여 측정하였다. 그 결과, Type IV 파괴가 발생한 시편에서만 FGHAZ의 misorientation이 큰 것을 관찰하였다. 투과전자현미경 (TEM)을 이용하여 P92측 용융선 부근의 파괴거동을 분석하였다. 크리프 시험 전 P92측 용접계면과 CGHAZ 사이에 계면 밴드가 관찰되었다. 이는 용접과 후열처리(PWHT) 동안 Cr과 Ni 원소의 확산에 의해 생성된 fresh martensite임을 확인하였다. LMP가 낮은 경우, P92측 용융선에서 전위가 높은 밀도로 용융선에 집중되어 있는 반면 높은 경우 용융선에서 전위 밀도가 낮은 것을 관찰하였다. 이러한 결과를 통하여, LMP가 높아짐에 따라 전위 크리프 메커니즘에서 확산 크리프 메커니즘으로 천이되는 것을 고찰하였다.

[P26-14]

25%Mn강의 Gas Tungsten Arc Welding 용접부 미세조직 및 기계적 물성평가: 박건우[1], 남태훈[1], 안은솔[1], 최은영[1], 안용식[2], 김병준[1], 전종배[1]; *[1]한국생산기술연구원 동남지역본부. [2]부경대학교 재료공학과.*

Keywords: Twinning Induced Plasticity, Gas Tungsten Arc Welding, Cryogenic temperature, High Mn steel

고망간강은 TWIP(Twinning Induced Plasticity) 효과를 통해 강도와 인성이 우수하고, 극저온에서도 오스테나이트상을 유지하기 때문에 300계 스테인레스강 및 9%Ni강을 잇는 차세대 극저온용 소재로 주목받고 있다. 이러한 전망 속에서 Laser welding, Resistance spot welding 및 Flux cored arc welding 등 고망간강의 용접에 대한 연구들이 최근에 일부 진행되어 왔다. 하지만 최근 LNG 운반선 등에서 극저온용 강관의 수요가 증가하고 있으나 고망간강을 이용한 극저온용 강관의 용접에 관한 체계적이 연구가 부족하다. 이를 위하여, 강관 제작 시 널리 사용되는 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding) 용접을 고망간강재에 적용하여, 용접부의 미세조직 및 기계적 물성에 대한 연구를 수행하였다. 또한 경도, 인장시험을 수행하여 용접부의 기계적 물성을 평가하였다.

[P26-15]

BiTe계 열전소자와 다공성 구리 전극의 접합 특성 평가: 백연진, 손시영, 김상욱, 손현우, 현승균; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: 열전소자, 다공성구리, 열충격, 접합

열전 기술은 열 에너지를 전기 에너지로 직접 변환시키는 친환경 기술로 폐열 회수뿐만 아니라 지열, 체열 등 여러 분야에 적용이 가능한 잠재성이 큰 에너지 회수 기술이다. 상온에서 널리 활용되는 열전 소재로는 Bi-Te계 열전 소재가 있으며, 이는 모듈화되어 여러 상용 제품에 적용되고 있다. 그러나 열전 모듈을 장기간 열에 노출시켜 사용할 경우 전극과 열전 소자의 열팽창 계수의 차이로 인해 접합부의 기계적 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 기존에는 metal foam을 삽입재로 활용하여 열충격 현상을 개선하기 위한 연구들이 진행된바 있다. 본 연구에서는 다공성 구리를 전극으로 이용하여 열충격 현상을 완화시키고자 하였다. SAC305 솔더를 이용하여 Bi-Te계 열전소자를 다공성 구리 전극에 접합 후 열충격 시험을 진행 하였으며, 접합강도 및 계면 분석 등을 통해 접합 특성에 대해 고찰하였다.

[P26-16]

MnSi계 열전소자와 Ni 코팅된 Cu 기판의 접합 특성: 손시영, 백연진, 김상욱, 손현우, 현승균; *인하대학교.*

Keywords: MnSi, Thermoelectric, brazing, Thermal shock

열전소재는 에너지 하베스팅을 위한 소재이며 p-type MnSi는 가격이 저렴하고 비중이 낮아 열전재료로 사용된다. 또한 MnSi는 자동차 연료에서 가장 크게 소모되는 폐열에 적용시키기에 적당한 중 고온 범위를 가지고 있다. 열전소재를 사용하기 위해서는 다량의 소재를 전극과 모듈화하여 사용하여야 하기 때문에 접합의 중요성이 강조된다. 하지만 접합조건에 따라 열전소자로 브레이징재의 확산이 일어나고 이에 따라 열전소자의 성능저하가 발생될 것이다. 따라서 접합조건의 변화를 주어 열전소자인 MnSi와 Ni/Cu기판을 브레이징로 접합을 진행하고 이에 따라 열전소자 내부로의 확산 깊이를 확인하는 것이 목적이다. 이를 확인하기 위해 SEM 측정을 통해 확산 깊이 및 금속간화합물을 확인하였고 전단응력시험을 진행하였다.

[P26-17]

High Efficiency Cooling Channel Fabricated by Explosive Welding Process: Sang Soo Shin; *R&D Center.*

Keywords: die casting mold; explosive bonding; ANFO powder; dissimilar metal; cooling rate

In this examines, commercial steel tool alloy of the cylindrical configuration and commercial copper bush were bonded through explosive welding process. Several types of explosive material were used to investigate its influence on the bonding morphology and interface. Ammonium Nitrate Fuel Oil (ANFO) powders were used as explosive material and the bonding process was carried out as function of clearance gap and flyer thickness. Microstructures of the bonded sections were examined and then compression shearing tests and hardness measurements were carried out on the bonded specimens. Compression-shearing tests results showed that shear and fracture took place in the copper plates not in the joining interface. SEM with EDS results showed that no traces of intermetallic were observed in the interface. Finally, die casting molds bonded with dissimilar metals (SKD61+ Cu) showed a faster cooling rate than non-bonding samples.

[P26-18]

수송기계용 경량합금의 마찰교반점용접 연구: 김홍주, 이목영, 이도엽; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: 마찰교반용접(FSW), 마찰교반점용접(FSJ), A5XXX, 고상용접, 툴(Tool)

지금까지 Al합금의 용접은 주로 GMA 용접에 의해 수작업과 반자동 용접에 의하여 제작되고 있으나 용접부 외관이 나쁘고 불균일할 뿐 만 아니라 프레스 가공시 용접부 균열이 발생하여 불량률이 높고 불균일 소성변형과 용접 Reinforcement에 의한 그라인더 가공이 필요한 등 많은 문제점을 내포하고 있다. 차량의 소재가 경량 금속으로 교체되면서 대두되는 문제점 중 하나는 경량 금속의 접합이다. 특히, Al의 접합의 경우 기존의 저항점용접을 적용할 경우 팁의 오염과 양산성의 문제점이 발생하였고, 기존의 용융용접의 경우 높은 용접 비용과 용접부내의 취약한 조직 등이 문제가 되고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 기존에 많이 알려진 고상 용접법인 FSW(Friction Stir Welding)을 응용한 FSJ(Friction Spot Joining) 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 본 연구는 현재 자동차용 알루미늄 합금으로 각광받고 있는 Al-Mg계 5xxx 합금과 5J32 알루미늄 합금에 대하여 최적의 FSJ 접합 조건을 설정하고, 두 합금에 대한 접합성을 연구하였다. A5XXX 합금은 툴 회전속도 800 rpm, 툴 삽입 후 유지시간 1.5 sec, 툴 삽입깊이 1.7 mm일 때, A5J32 합금은 툴 회전속도 800 rpm, 툴 삽입 후 유지시간 2 sec, 툴 삽입깊이 1.7 mm일 때 가장 양호한 접합부를 나타내었다.

[P26-19]

알루미늄 합금의 레이저 용접 특성 평가: 심우정[1], 전형준[2], 김원혁[3], 설현욱[3], 김경석[4], 박성진[1]; *[1](주)새한산업. [2](주)명진테크. [3]엔케이에스(주). [4]프레시텍코리아.*

Keywords: Laser welding, Aluminum alloy welding, Welding shearing load

최근 자동차 산업에서는 환경규제 강화로 인한 연비향상을 위해 기존 내연기관 자동차의 차체 경량화가 요구되고 있으며 또한 전기자동차의 경우 베터리 무게증가로 인한 주행거리 향상을 위해 경량 차체 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이로 인해 자동차는 알루미늄 합금 소재 부품 적용에 대한 필요성이 증대되고 있다. 하지만 알루미늄 합금 소재 부품의 접합에 기존 자동차 제조에 이용되는 저항점용접을 적용할 경우 알루미늄 합금의 특성으로 인해 용접 성능 및 전극 마모 등으로 적용에 문제가 발생 할 수 있다.

따라서 현재에는 리벳, TIG 용접 등이 사용되고 있지만 용접 품질이나 외관 문제점 등으로 적용부에 한계가 있는 것이 단점이다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 스캐너 레이저 용접 장치를 이용하여 동종 계열의 알루미늄 합금과 이종 계열의 알루미늄 합금을 적용하여 용접을 실시하였으며 용접 속도, 용접 비드 등 조건을 고정 시키고 레이저 용접 출력을 변수로 하여 이에 따른 알루미늄 합금의 레이저 용접 후의 기계적 특성과 미세조직에 대한 실험 및 평가를 실시하였다.

[P26-20]

Zr-Ti계 비정질 삽입재를 이용하여 브레이징된 Ti/SUS 접합부의 미세조직 특성: 박진수, 송다혜, 이진규*; *공주대학교 공대 신소재공학부.*

Keywords: Zr-Ti based, Metallic glass, Ti, Stainless steel, Brazing

최근 Ti 및 Ti 합금은 해양산업, 수송기기, 화학 플랜트 산업의 다양한 분야에 이용되고 있으며, 사용 부품에 따라 동종금속 및 이종 금속 접합에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이종 접합의 경우 두 모재의 금속 성분 또는 삽입재의 성분과의 반응으로 인해 취약한 금속간 화합물이 접합부에 형성되어 기계적 강도에 영향을 미치기 때문에, 접합부의 미세조직을 제어하여 건전한 접합부를 얻는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 Zr-Ti계 비정질 삽입재 및 중간층을 이용하여 Ti와 SUS의 이종 브레이징시 형성되는 금속간 화합물의 생성을 제어하고자 하였다. 본 연구에서 먼저 Zr-Ti계 저융점 비정질 삽입재를 리본 형태로 제조한 후 시차열분석(DSC) 및 열분석(DTA)를 이용하여 삽입재의 열적 특성을 분석하였다. 제조된 비정질 삽입재 및 Ni, V 등의 중간층을 이용하여 Ti/SUS의 이종 브레이징 접합을 수행하였다. 주사전자현미경(SEM) 및 전자빔 미세분석(EPMA)을 이용하여 접합부의 형성 상 및 미세조직을 분석하였으며, 인장시험(Tensile test) 및 경도 시험을 이용하여 접합부의 기계적 특성을 측정하였다.

[P26-21]

핫스탬핑 된 22MnB5와 AA6061 합금의 SPR 접합에 미치는 리벳 국부경화의 영향: 서성지, 임항준; *한국산업기술대학교신소재공학과.*

Keywords: Self-piercing riveting(SPR), dissimilar metal sheets, rivet shank, shear strength

유가 상승에 따른 연비 절감 및 CO2의 감축 등의 요구로 인해 자동차 업계에서는 차체 경량화가 필요하며, 충돌 시 탑승자의 안전성 또한 확보하는 것이 중요하다. 이를 만족하기 위해 국내외 자동차 부품업계에서는 차체에 적용하는 소재로서 초고장력강은 50~70%, 알루미늄 합금은 최대 50%까지 사용되고 있다. 따라서 차체 부품 간 결합에서 철과 알루미늄의 이종접합이 요구된다. 현재 차체 부품들 간의 접합에 Spot 용접과 대체 기술로 레이저를 이용한 용접기술이 적용 중에 있으나 알루미늄과 철의 이종접합의 경우 녹는점과 열전도도가 달라 기존의 용접기술을 적용하기에 문제점이 있다. 이에 대한 해결방안으로 SPR 리벳을 이용한 접합기술이 대두되고 있다. SPR은 사전의 홀가공 없이 외부의 하중만으로 상부 판재를 피어싱하고 하부 판재와 소성결합되므로 점용접에 의한 열영향이나 부식이 발생하지 않아 이종재료 접합에 용이하다. 그러나 인장강도 1 GPa 이상의 초고장력강판과 알루미늄판의 SPR 시 리벳이 초고장력 강판을 뚫지 못하거나, 리벳이 파단에 이르는 경우가 있으며, 알루미늄 판에서 리벳이 제대로 펼쳐지지 않아 결합이 되지 않는 문제가 있다. 그러므로 최소한 리벳은 높은 강도와 우수한 연성이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 리벳의 기계적 특성 중 강도와 연성이 SPR 접합에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 이를 위해 리벳 생크의 급냉되는 범위를 다르게 하여 SPR 접합을 실시했다. SPR 접합을 위한 판재 시편으로는 핫스탬핑 된 22MnB5판재와 AA6061 알루미늄 합금판재를 사용했다. SPR 접합시 사용한 리벳의 재질은 35B2이며, 이 리벳을 850°C~900°C에서 10분간 가열 후 급냉했으며, 급냉 범위는 생크 끝부터 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm이다. 급냉 범위에 따라 변화된 리벳의 기계적 특성이 SPR 접합에 미치는 영향을 확인하기 위해 접합된 시편에 대해 리벳 전단시험을 실시했으며 이를 통해 인장강도와 연신율을 측정하였다. 전단 시험 후 파단된 시편은 미세조직을 관찰하고 아울러 열처리한 리벳의 경도를 측정하고 미세조직을 분석하였다. 이때 측정된 인장강도와 연신율, 그리고 미세조직을 바탕으로 이들의 금속학적 상관관계를 알아보았다.

[P26-22]

알루미늄 합금과 철강의 이종접합 시 삽입된 Zn층이 용접성에 미치는 영향: 박정민, 임항준; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Resistance spot welding, dissimilar sheet bonding, Zn layer, Intermetallic compound

오늘날 많은 산업에서 지구 온난화에 따른 이산화탄소 배출을 저감시키고자 여러 방법이 진행되고 있다. 그 중 자동차 업계에서는 배기가스 감축을 위해 차체 경량화를 진행하고 있고 이를 위해 자동차 차체에 비강도가 우수한 초고강도강판과 알루미늄판재의 사용이 증가하고 있다. 또한 차체에 초고강도강판과 알루미늄 판재를 함께 사용할 경우 이들 이종재료 간 접합을 필요로 하는데, 이러한 이종재료간 접합의 한 공법으로 저항점용접이 있다. 그러나 점용접을 실시할 경우 재료별 융점 및 열전도도 차이가 크므로 알루미늄 판재에 비하여 강판에 많은 열량이 발생한다. 이에 따라 강판 온도가 상승하여 열영향부가 확대되고 취성상의 Fe2Al5 와 같은 금속간화합물이 다수인 중간층이 형성되어 균열파괴가 쉽게 일어난다. 그러므로 이종재료 간 점용접시 생성되는 금속간화합물층은 제한되어야한다. 본 연구에서는 점용접을 실시 할 때 철강 판재 부분에 주입되는 과다 열량을 감소시켜 금속간화합물층의 생성을 억제할 수 있는 방안으로서 판재사이에 Zn층을 넣음으로서 접합열을 감소시키고자 한다. Zn은 융점이 Al보다도 낮아 점용접시 접합부에 있는 Zn이 용융되고 증발한다. 이 때 기화열의 형태로 접합열을 소모시키기 때문에 열영향부 및 금속간화합물층이 감소되어 접합성이 향상된다.. 따라서 본 실험은 접합되는 판재사이에 삽입된 Zn층이 점용접후 형성되는 금속간화합물층에 미치는 영향을 확인했다. 점용접 실험에서 사용된 판재는 5052 알루미늄 합금과 아연 도금이 된 SPFC 1180 철강이며 가압력은 3KN, 용접시간은 0.28초로 정했고 접합열을 결정하는 공정변수인 출력은 11KA에서 14KA까지 변화를 주었다. 그리고 삽입된 Zn층이 판재 간 용접성에 미치는 영향을 확인하고자 인장-전단시험을 했으며, 미세조직 분석을 통해서 열영향부 및 금속간화합물층을 관찰하였다. 이를 통해 접합부의 미세조직과 기계적 특성의 상관관계를 분석하였다.

[P26-23]

경량 부품 제조를 위한 이종소재(Al/Fe)간 전자기 접합 공정 연구: 윤병현; *충남대학교*

Keywords: 자동차, 경량소재, 이종소재, 전자기 접합, 계면특성

자동차 주요 수요국가인 미국, 일본, 중국까지 2015년을 전후로 연비와 온실가스 규제를 단계적으로 강화하고 실정으로 경량화는 가장 현실적이고 효과적인 연비개선 및 배출가스 절감 방법으로 차량의 안전, 편의 확대로 인한 중량화와 다른 연비 개선기술의 한계를 보완할 수 있는 중요한 기술임 기존 철강 차체에서는 전통적인 용접법인 저항용접 및 아크용접이 주를 이루었지만, 소재가 비철 소재로 변해감에 따라 공정 또한 필수 불가결하게 개발되어야 함. 철강 소재는 점점 고강도 박육화되고 있어 박판 용접기술에 대한 공정 확보가 중요하며 특히, 알루미늄의 경우 저항 용접을 대체할 만한 강력한 접합기술이 필요한 실정임 본 연구에서는 전자기 펄스 용접(Magnetic Pulse Welding)을 이용하여 알루미늄과 철강 소재간의 접합부를 제작하고 접합부 계면 특성 분석을 통하여 전자기 접합특성을 연구하고자 하였다.

P27 : 마그네슘
Room 3층 로비, 4월 27일

[P27-1]
Effect of carbon fiber reinforced plastic matrix on the strength of an AZ31 Mg alloy-CFRP joint made by the hot metal pressing technique: 나나[1], Barton Mensah Arkhurst[1], 김정한[1]*, 이목영[2]; *[1]국립한밭대학교. [2]Research Institute of Industrial Science and Technology Pohang.*
Keywords: AZ31 Mg alloy, plastics, oxidation, bubbles, decomposition
This study investigated the effect of two types of carbon fiber reinforced plastics (CFRPs) with different matrices, on the strength of a metal alloy–plastic composite joint made by the hot metal pressing (HMP) technique. One set of experiments was carried out with a CFRP with a thermoplastic polyurethane (TPU) matrix, and the other with a PAN-type CFRP with a polyamide 6 (PA6) matrix. Both matrices were joined with either as-received or annealed AZ31 Mg-alloy sheets processed at different annealing durations. Due to the complete suppression of CFRP-resin decomposition at its joint interface, the PAN-type CFRP with a PA66 matrix exhibited superior joint strength as compared to the TPU-matrix CFRP, which showed partial suppression of the CFRP-resin decomposition and bubble formation, with complete suppression characterized by microcracking at its joint interface. However, a reaction between C and MgO was observed at the joint interface for the TPU-CFRP matrix but not for the PA6-CFRP matrix, indicating an insignificant contribution from chemical-bond formation to the overall joint strength.

[P27-2]
압연 전 열처리공정 제어에 따른 Mg-Sn 판재의 기계적 특성 변화: 오승현[1], 김용주[1], 김정균[2], 김원태[3], 김도향[1]; *[1]연세대학교. [2]LG전자. [3]청주대학교.*
Keywords: Magnesium alloy, Hot rolling, EBSD, Mechanical Properties
마그네슘 합금은 낮은 밀도와 우수한 비강도라는 장점을 가지고 있으나 낮은 가공성과 항복강도로 인해 상용화에 어려움이 있다. Mg-Sn 합금은 높은 고온 안정성을 가진 Mg2Sn 제 2상을 지녀 경량 구조재로써 널리 연구되고 있으며, 기계적 특성을 향상시키기 위한 다양한 방법들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 기계적 특성을 향상시키기 위한 방법으로 Mg-Sn 합금계에서 합금원소 첨가 및 압연 전 열처리공정을 제어하여 압연 전의 미세구조를 변화시킨 후 판재를 제조하였다. 압연 전 공정 변화에 따른 압연재의 미세구조 및 기계적 특성 평가를 하였으며, 공정 변화를 통해 높은 기계적 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다.

[P27-3]
Deformation Behavior of Mg-Al Single Crystals: 정설; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: Mg-Al Single Crystal; Plastic Deformation; CRSS; VPSC Simulation
An effort has been made to obtain critical resolved shear stress (CRSS) values of major deformation modes in Mg-Al single crystals. The single slip oriented specimens were used to directly determine the CRSS value for the corresponding deformation mode from the Schmid criterion. In addition, mechanical tests along the [0 0 0 1] direction were performed for the activation of such deformation modes as slip and compression twin. The CRSS and hardening parameters of the major deformation modes were obtained using visco-plastic self-consistent (VPSC) simulation. It was found that the experimentally determined CRSS values were very close to those determined by the VPSC simulation.

[P27-4]
Deformation Behavior of Magnesium-Neodymium Single Crystals: 권호, 신광선; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: Magnesium, Neodymium, Single Crystal, Deformation Modes, Mechanical Property
The deformation behavior of magnesium-neodymium single crystal was examined in this study. Tensile and compression tests were conducted at an initial strain rate of $1x10^{-4}$/sec along the [1 0 -1 0] direction of the single crystal specimen. In addition, compression tests along the [0 0 0 1] direction were performed for the activation of such deformation modes as slip and compression twin. VPSC (visco-plastic self-consistant) simulations were carried out with the results obtained from both tensile and compression tests in order to obtain CRSS (critical resolved shear stress) values of various deformation modes. In addition, the activities of various deformation modes of magnesium-neodymium single crystals were compared with those of pure magnesium single crystals.

[P27-5]
Ca 및 Y첨가에 따른 AZ61 합금의 부식거동의 변화: 김종일[1], nguyen ngoc ha[2], 이상은[3], 김영민[3], 김천중[1], 유봉선[3]; *[1]Chungnam national university (CNU). [2]Korea university of science and technology (UST). [3]Korea institute of materials science (KIMS).*
Keywords: AZ61, As-cast, As-extruded, Corrosion property, Ca and Y additiion
자동차 보급이 급격히 늘어남에 따라 전 세계적으로 대기오염을 줄이기 위한 규제가 늘어나고 있는데, 이에 대한 대응책으로 자동

차 경량화 및 전기자동차 보급확대 등이 선진 각국에서 경쟁적으로 추진되고 있다. 마그네슘은 구조용 금속 중 가장 밀도가 낮아 경량화에 최적의 소재이며, 재생에 필요한 에너지가 적어 친환경적인 소재로 각광받고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 마그네슘 합금의 부식 문제는 여전히 해결되지 않아 오래된 숙제로서 남아 있다. 마그네슘 합금의 내식성 향상시키기 위한 목적으로 신합금 설계, 불순물제어, 미세조직 및 집합조직 제어, 표면처리 기술개발 등이 연구되고 있다. 이와 같은 방법들 중 재료연구소에서 개발된 Ca 및 Y첨가한 마그네슘 신합금은 상용 합금 대비 월등히 높은 내식성을 나타내었고, 성형성 및 기계적 특성을 동시에 향상시킨 것으로 보고되었다. 지금까지의 보고에 의하면 주조재의 경우 3%, 6% Al 첨가 합금 보다 9% Al 첨가 합금이 우수한 내식성을 나타내었고, 가공재의 경우에는 3%, 9% Al 첨가 합금보다 6% Al 첨가 합금이 가장 높은 내식성을 나타내었다. 본 연구는 가공재에서 우수한 내식성을 나타내고 있는 6% Al 첨가 합금을 중심으로 내식성 향상에 대한 원인을 체계적으로 분석하고자 하였으며, 가공재와 주조재의 부식 거동의 차이를 설명하고자 하였다.

[P27-6]

생체분해성 Mg-Ca-Zn 합금 압출재의 미세조직 분석 및 기계적 물성 평가: 최재옥[1,3], 정화철[2], 박성혁[1], 임창동[3], 서종식[3]; *[1]경북대학교. [2]유앤아이(U&I). [3]재료연구소(KIMS).*

Keywords: Mg alloy, Extrusion, Microstructure, Mechanical properties, Biodegradable materials

마그네슘은 인체에 반드시 필요한 무기물 중 하나로서 생체 친화형 원소이다. 마그네슘은 인체 내에 축적되지 않을 뿐만 아니라 뼈와 유사한 탄성계수를 가지고 있어 응력차폐현상을 최소화 할 수 있으므로 생체분해성 소재로 매우 각광받고 있다. 본 연구에서는 다양한 생체분해성 마그네슘합금 중 생체적합성이 우수한 Mg-Ca-Zn 합금에 대하여 다양한 제조 공정 변수에 따른 기계적 특성에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위해 제조된 Mg-Ca-Zn 빌렛에 대하여 압출온도와 압출속도를 변화시켜 직접압출을 실시하였고 압출조건에 따른 미세조직 변화와 기계적 물성에 대해 비교분석하였다.

[P27-7]

AZ계 마그네슘 합금에서 어닐링시 진동감쇠능에 미치는 알루미늄 농도의 영향: 안재현[1], 고민성[2], 강창룡[2], 김권후[2]; *[1]부경대학교 마린융합디자인협동과정. [2]부경대학교 금속공학과.*

Keywords: Damping capacity, Magnesium alloys, Solute concentration, Annealing treatment, Static recrystallization

마그네슘 및 마그네슘 합금은 우수한 진동감쇠능을 가지며, 운송기기 및 전자장비에 적용시켜 충격을 효과적으로 흡수 할 수 있다. 그 중 상용 마그네슘합금인 AZ31 (Mg-3Al-1Zn), AZ61 (Mg-6Al-1Zn)은 AZ91 (Mg-9Al-1Zn)에 비해 성형성과 진동감쇠능이 우수하다고 알려져 있다. AZ계열 마그네슘 합금에서 진동감쇠능에 대한 연구는 시효 열처리에 따른 석출물 제어가 주로 이루어졌다. 그러나 고용체의 진동감쇠능에서 결정립도는 중요한 인자이나 용질량함에 따라 체계적으로 조사된 연구는 미흡하였다. 이전 연구에서 AZ31 합금은 어닐링 시간과 온도가 증가함에 따라 결정립도는 증가하였고, 진동감쇠능은 점차 증가하였다. 또한 동일한 실험조건에서 AZ61은 AZ31과 같이 결정립도가 증가함에 따라 진동감쇠능이 증가하는 결과를 보였고, 동일한 어닐링 조건에서 AZ61의 결정립도가 AZ31 보다 클 경우 AZ61의 진동감쇠능이 더 높은 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 용질함량 차이가 어닐링에 따른 미세조직 변화의 정도를 좌우하며, 결과적으로 진동감쇠능에 영향을 미치는 것으로 결론지었다. 이번 연구는 AZ31과 AZ61에서 용질함량에 대한 진동감쇠능의 영향을 순 마그네슘과 비교하였다. 순 마그네슘, AZ31 및 AZ61은 각각 673K에서 압하율 30%로 압연하였고, 진동감쇠능 시험편은 압연 방향과 평행하게 가공하였다. 어닐링은 AZ31, AZ61의 고용온도인 623K ~ 723K 온도 조건에서 30분 ~ 180분 동안 실시하였다. 미세조직 관찰은 광학 현미경으로 중단면을 관찰하였으며, 경도는 비커스 경도 시험기에서 0.3N의 조건하에 측정되었다. 진동감쇠능은 내부 마찰 측정기를 사용하여 대수감쇠율을 측정하였다. 이 연구에서, 정적 재결정은 용질 함유량에 관계없이 모든 어닐링 조건 하에서 발생했다. 열처리 후 60 분까지 경도는 점차적으로 감소하였으며, 그 이후에는 큰 변화가 없었다. 모든 어닐링 조건에서 어닐링 시간과 온도가 증가함에 따라 진동감쇠능이 점차적으로 증가하였다.

[P27-8]

Thixomolding용 Mg-Zn-Al계 마그네슘합금의 Al 및 Sr 첨가에 따른 열전도도 및 기계적 특성 비교: 이상민[1], 유영재[1], 예대희[2], 고근호[2], 강민철[2]; *[1](주)장원테크. [2]한국마그네슘기술연구조합.*

Keywords: Thixomolding, Thermal conductivity, Magnesium alloys

마그네슘 합금은 상용금속 재료 중 가장 낮은 비중을 갖는 금속으로 IT, 전기전자, 자동차부품 등 적용분야가 확대되어 가고 있다. 특히 자동차 경량화로 인해 마그네슘 사용에 대한 필요성이 크게 대두되고 있으며, 램프부품의 경우 방열특성에 대한 이슈가 높아지고 있다. 자동차부품에 가장 많이 활용되고 있는 주조용 마그네슘 합금 중 대표적인 합금인 AZ91D나 AM60의 경우 열전도도가 51~57 W/m.K에 불과 하며, 주합금 원소인 Al에 의해 열전도도 특성을 크게 감소 시키는 원인이 된다. 그리고 다이캐스팅 공법 중 하나이며, 반용융 다이캐스팅 공법인 thixomolding은 기존 hot&cold chamber등의 기존 다이캐스팅 공법과는 다르게 SF_6, Ar gas를 사용하지 않고, ingot에서 가공된 chip을 이용하여 성형하기 때문에 용해온도보다 낮은 온도에서 성형이 가능하고, 기공 등의 주조 불량을 줄일 수 있는 공법이지만, 560~630°C 사이에서 성형되기 때문에 소재 자유도가 떨어지는 장점이 있어 신규소재 적용이 어려운 단점을 가지고 있다. 본 연구는 thixomolding 공법에 사용이 가능한 마그네슘 소재를 개발하고, 기존 상용합금보다 열전도도 및 기계적 특성을 높이기 위해 4~5 wt%Zn와 2~4 wt%Al 성분을 조절하여 열전도도 특성을 향상시키고, 0.2 wt%Sr을 첨가해 열전도도 향상에 의해 떨어지는 기계적 특성을 보완하는 연구를 진행하였으며, 열전도도(λ)는 비중(ρ), 비열(Cp), 열확산계수(α) 값을 측정하여 λ=ρ x Cp x α 식을 이용하여 산출하였으며, 기계적 특성은 인장시험을 통해 인장&항복 강도, 연신율을 측정하였다. 그 결과 상용합금인 AZ91D, AM60보다 높은 열전도도와 기계적 특성을 가지는 것을 확인하였다.[본 연구는 우수기술연구센터(ATC)사업

의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호:10045793)]

[P27-9]

자동차용 고강도 마그네슘 휠 제조를 위한 결정립 미세화 기술의 적용: 문영훈, 배준호, 김하식; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Magnesium Alloy, Grain Refinement, Carbon Addition, Magnesium Road Wheel, High Strength

구조용 금속 중 가장 가벼운 마그네슘은 우수한 비강도와 주조성, 진동 감쇠능 등의 특성으로 인해 카메라, 컴퓨터 및 통신기기 등 제품의 경량화가 요구되는 3C 산업에 주로 적용되어 왔으며 최근 자동차 산업에서 연비 절감, 이산화탄소 배출량 감소 등의 이유로 로드 휠, 시트 프레임, 스티어링 휠 코어, 헤드램프 케이스 등 적용 범위가 점차 증가하고 있다. 그러나 마그네슘 합금은 철강 및 알루미늄 합금에 비해 상대적으로 낮은 기계적 특성과 고비용 제조 공정으로 인해 폭넓은 적용에 어려움을 겪고있다. 이를 극복하기 위해 신합금 및 고효율 주조 공법 개발 등 다양한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 이 중 주조 결정립 미세화 방법은 대형 주조 제품의 기계적 특성을 향상시키는데 매우 효과적인 방법으로 알려져 있다. 마그네슘 합금에 주로 사용되는 미세화 방법으로는 Zr과 Carbon을 첨가하는 방법이 있는데, Zr의 경우 Al이 포함된 합금에서 Al과 반응하여 안정한 상을 형성하기 때문에 미세화 효율의 감소 뿐만 아니라 조대하게 형성된 이차상은 제품의 기계적 특성을 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다. 때문에 Al이 첨가된 상용 합금에서는 Carbon을 첨가하는 다양한 결정립 미세화 기술이 개발되고 있지만 현재까지 대형 주조품에 직접 적용이 가능한 미세화제 개발은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Carbon 첨가법을 이용하여 실험실 단위가 아닌 Pilot 설비 수준의 저압주조 공정에서도 사용이 가능한 미세화제를 개발하였고 이를 실제 제품과 동일한 크기의 로드 휠을 제조하는데 적용하였다. 미세화 기술이 적용된 로드 휠은 상용 AZ91 합금으로 제조된 휠에 비해 1/10 수준의 결정립 크기를 보이고 있으며 경도 및 압축 실험에서 강도와 연신율이 모두 증가된 결과를 보이고 있다.

[P27-10]

Strain rate dependent deformation behaviour of pure magnesium at room temperature: Gukin Han[1], Hyung-Ki Park[2], Hyo Kyu Kim[2], Tea-Sung Jun[1]; [1]*Incheon National University.* [2]*Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Pure magnesium, strain rate sensitivity, deformation twinning, hardening, EBSD

It has been well known that magnesium and its alloys have a limited room temperature formability due to insufficient numbers of slip systems at room temperature. The directional nature of deformation twining together with a strong basal texture should then be considered to understand the deformation behaviour of such alloys. It is thought that further mechanistic insight into deformation behaviour of magnesium can be obtained by the consideration of strain rate sensitivity, where recent work reveals the significant slip system dependent rate sensitivity of α-Ti, another HCP material [1]. In the present study, we investigated the room temperature deformation behaviour of rolled pure magnesium sheet. Electron backscatter diffraction (EBSD) was applied to characterise the crystallographic orientation and microstructure of the sheet. Tensile tests were performed on dog-bone specimens with variable strain rates, on the order of 10^{-2} to 10^{-4} s^{-1}, and loading directions (rolling, diagonal and transverse direction). The specimens tested up to ~4% strain were further examined with EBSD so as to identify the deformation twinning. We will present an overview of strain rate sensitivity and hardening behaviour in pure magnesium and discuss how this can link to the activation of deformation twinning. [1] T-S. Jun et al, Acta Materialia 107 (2016) 298-309

[P27-11]

시효처리에 의한 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 석출상이 AZ91 마그네슘 합금 온간 가공성에 미치는 영향: 이수진[1,3], 이태경[2], 최지환[1], 박성혁[3], 이정훈[1]; [1]*한국생산기술연구원 울산지역본부 첨단정형공정그룹.* [2]*부산대학교 기계공학부.* [3]*경북대학교 신소재공학부 금속신소재공학과.*

Keywords: Magnesium alloy; Caliber warm rolling; Aging; Dynamic recrystallization; Rollability

AZ91의 경우 비교적 가격이 저렴하고, 강도와 내부식성 등 기계적 특성이 우수해 마그네슘 합금 중 가장 보편적으로 많이 사용되지만, 높은 Al함량으로 가공성이 부족하여 산업 적용에 제약이 있다. 따라서 가공성을 향상시킬 수 있는 합금의 미세조직 및 석출상 제어가 필요하며, 이를 위해 본 연구에서는 시효처리를 통해 β-$Mg_{17}Al_{12}$석출상이 AZ91 마그네슘 합금의 온간 가공성에 미치는 영향을 평가하였다. 415°C에서 24시간 균질화 열처리 한 AZ91 시편과, 균질화 열처리 후 215°C에서 16시간 시효 처리한 AZ91 시편을 사용하여 215°C에서 동일한 조건으로 공형 압연을 진행하였다. 그 결과, 시효에 의해 미세하게 분포된 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 석출상이 압연 시 재결정 핵생성 부위로 작용함으로써 동적 재결정이 더 활발하게 일어나 온간 가공성이 향상됨을 확인하였다.

[P27-12]

초경량 Mg-Li-Zn-Ca-Al 하이엔트로피 합금 주조재의 미세조직 및 특성 평가: 김용호, 유효상, 손현택; *한국생산기술연구원.*

Keywords: magnesium, high-entropy, microstructure

현재까지 개발 된 구조재료 중에서 마그네슘 합금은 가장 낮은 밀도를 가지고 있고, 다른 경량 재료와 비교하여 비강도 및 전자파 차폐성이 우수하여 노트북, PC, 핸드폰 등 전자제품 케이스로 널리 사용되고 있다. 또한, 초경량 금속원소인 Li을 첨가한 Mg계 합금은 기존의 마그네슘 밀도를 획기적으로 낮추어 로케트, 미사일 등 우주항공 재료로써 많은 주목을 받고 있다. 하지만 강도의 저하로 인하여 실제 부품으로의 적용에 많은 제한을 받고 있는 실정이다. 본 연구에서는 고강도 및 초경량 high-entropy 소재 제조를 위해 Mg-Li-Zn-Ca 합금에 Al 원소 첨가량을 변화하여 고강도, 초경량 high-entropy 합금 제조 및 특성 평가에 관한 연구를 수행하였다. 주조재를 제조기 위해 전기로를 이용하여 SF_6+CO_2 가스 분위기에서 중력 주조하였다. FESEM을 이용하여 Al 원소 첨가에

따른 미세조직 변화를 관찰하였고, 상 분석을 위해 X-선 회절분석이 사용되었으며, 기계적 특성을 평가하기 위해 압축시험을 실시하였다.

[P27-13]

AM60 합금과 AZ91 합금의 기계적 특성에 미치는 Ca 및 Y 함량의 영향: 김민수, 문병기; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Magnesium alloy, Mg-Al-Ca-Y alloy, Mechanical properties, Creep

상용 마그네슘 합금인 AM계 및 AZ계 합금계는 Al이 첨가되어 용탕의 유동성을 향상시키고, β상 및 알루미늄 과포화상의 형성을 통한 석출경화 및 고용강화 효과를 유발하여 소재의 강도를 증가시키는 효과가 있으나, 열적으로 불안정한 β상은 합금의 고온 특성에 악영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 반면 상기 합금계의 난연성 및 내식성을 향상시키는 것으로 보고된 Ca과 Y의 첨가는 용탕 내의 Al과 반응하여 β상의 형성량을 감소시키고, 상대적으로 열적 안정성이 우수한 금속간 화합물을 형성하므로, 이를 통한 고온에서의 특성 향상을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 AM60 합금 및 AZ91 합금에 Ca과 Y을 각각 0~0.9 wt%, 0~0.6 wt% 첨가함으로써 합금 내부에 형성되는 금속간 화합물의 종류 및 형성량을 변화시키고, 이에 따른 기계적 특성의 변화를 관찰하였다. 상용 마그네슘 합금을 SF6+CO2 보호분위기 하에서 유도용해로에서 용해하고, Mg-Ca 및 Mg-Y 모합금을 첨가한 후, 이를 중력주조하여 시료를 제조하였다. 제조된 합금 시편은 광학현미경을 이용하여 미세조직을 분석하였으며, 경도 및 인장특성, 크리프 특성 등을 평가하였다.

[P27-14]

압출 전 냉간단조를 통한 AZ80 마그네슘 압출재의 조직 미세화 및 인장물성 향상: 김예진, 김상훈, 이종언, 박성혁; *경북대학교.*

Keywords: Magnesium alloys, Extrusion, Cold forging, Twin, Recrystallization

This study investigates the effects of cold pre-forging (CPF) on the extrusion load during hot extrusion and on the microstructure and mechanical properties of extruded AZ80 alloy. For this purpose, a billet is forged to 10% strain at room temperature and then subjected to indirect extrusion at 200°C. The CPF process causes the formation of a large amount of deformation twins and an increase in the dislocation density of the billet. The cold-forged AZ80 billet exhibits a higher extrusion load during extrusion than an unforged AZ80 billet, owing to the occurrence of twin-boundary hardening and enhanced strain-hardening effects in the former. The initial twins introduced by the CPF process promote dynamic recrystallization behavior during extrusion because they act as nucleation sites for recrystallization. As a result, the CPF process increases the area fraction of fine recrystallized grains and the microstructural homogeneity of the extruded alloy. The AZ80 alloy extruded after CPF shows a higher tensile strength and ductility than the AZ80 alloy extruded without CPF. The improvement in strength is attributed mainly to the decrease in the average grain size caused by an increased recrystallization fraction. The increased ductility is due to the reduced area fraction of coarse unrecrystallized grains, in which microcracks occur during tensile plastic deformation.

[P27-15]

Sn 첨가에 따른 AZ62 마그네슘 압출재의 미세조직 및 기계적 특성 변화: 배상우, 김상훈, 이종언, 박성혁; *경북대학교.*

Keywords: Magnesium alloys; Extrusion; Dynamic precipitation; Mechanical properties; Yield asymmetry.

The effects of Sn addition on the microstructure and mechanical properties of AZ62 alloy were investigated via optical microscopy, field-emission scanning electron microscopy, X-ray diffraction analysis, electron probe microanalysis, and electron backscatter diffraction analysis and by means of tensile and compressive tests of indirectly extruded AZ62 alloys with Sn contents of 2, 4, and 8 wt% (AZT62x alloy). All of the extruded alloys exhibit a fully recrystallized grain structure with abundant fine precipitates. However, only $Mg_{17}Al_{12}$ precipitates are present in the AZ62 alloy, whereas Mg_2Sn precipitates as well as $Mg_{17}Al_{12}$ precipitates are present in the Sn-containing AZT alloys. With an increase in Sn content, more abundant Mg_2Sn precipitates are dynamically formed during extrusion, which results in a reduction in the size of recrystallized grains through effective inhibition of their growth via the grain boundary pinning effect. Tensile and compressive yield strengths of the extruded alloy improve gradually with an increase in the added Sn content, which is attributed mainly to the enhancement of the grain boundary hardening and precipitate hardening effects. Tensile elongation decreases slightly up until the addition of 4 wt% Sn and then deteriorates considerably upon the addition of 8 wt% Sn because of the presence of large undissolved Mg_2Sn particles in the AZT628 alloy, which act as crack sources during tensile deformation. The tension–compression yield asymmetry reduces significantly with increasing Sn content; this is because the activation stress for {10-12} twinning increases to a greater extent than does that for basal slip owing to the refined grain size and additionally formed precipitates.

[P27-16]

Sc 첨가에 따른 생체분해성 Mg-4Zn 합금의 부식특성: 김남룡[1], 서병찬[2], 우상규[1], 임창동[1,2]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Biomaterial, Biodegradable, Mg-Zn alloy, Scandium, In-vitro

Mg-Zn계 합금은 Mg-Ca계 합금과 더불어 생체분해성 Mg 합금 재료로서 가장 많이 연구되고 있는 합금 중 하나이며, pure Mg에 비해 높은 강도와 적당한 분해속도를 지녀 생체분해성 재료로써 주목 받고 있다, 하지만 생체분해성 재료로써 적용되기 위해서는

합금원소 첨가로 Mg-Zn 계 합금의 분해특성 더욱 향상시킬 필요가 있다. Sc 의 경우, E-pH 도표에 따르면 넓은 영역에서 안정한 산화피막을 형성하며, Mg에서 높은 고용한계를 가지고 있어 Mg 기지에 쉽게 고용된다. 또한 이러한 고용한계 특성은 고용강화로 인한 기계적 성질을 향상시킬 수 있기 때문에 체내 지지대 역할을 하는 곳에 적용될 수 있는 가능성을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고순도 Mg-4Zn-aSc (a=0, 0.001, 0.01, 0.1, 1.0 wt.%) 합금에 대하여 생체유사용액을 이용한 체외 부식시험, 상온인장 시험 그리고 미세조직 관찰을 통해 비교 분석하였고, Sc 함량이 증가함에 따라 내식성 및 강도가 향상됨을 확인하였다.

[P27-17]

Mg-Zn계 마그네슘 합금에서 열특성에 미치는 Cu의 영향: 예대희[1], 고근호[2], 강민철[2], 이상민[3], 유영재[3]; *[1]한국마그네슘기술연구조합. [2]한국마그네슘기술연구조합. [3](주) 장원테크.*

Keywords: Magnesium alloys, Thermal conductivity, Thermal emission

마그네슘 합금은 상용 금속재료 중 가장 비중이 낮은 경량 금속으로써 전기전자, IT 및 자동차분야 등 산업전반에 걸쳐 적용 분야가 확대되어 가고 있다. 최근에 전자기기 및 LED기기의 내부 회로 고집적화로 인한 발열 문제가 대두됨에 따라 이를 효과적으로 방출시킬 수 있는 경량 고열전도 재료의 요구가 높아지고 있다. 대표적인 상용마그네슘 합금인 AZ계, AM계의 경우 열전도도가 50~60 W/m·K에 불과하며, 주 합금 원소인 Al이 열전도 특성을 가장 크게 감소 시킨다. 본 연구는 기계적 특성 및 주조성 향상에 효과적이나 열전도도 특성을 크게 저하시키는 Al을 첨가하지 않고, Zn를 주합금원소로 하여 Cu를 첨가한 합금의 열적특성을 연구하였다. Mg-6wt.%Zn를 기준 조성으로 0~1.5 wt.% Cu를 첨가하여 다양한 조성에 대한 열적 특성을 조사하였다. 열전도도(λ)는 비중(ρ), 비열(Cp), 열확산계수(α)을 측정하여 λ=ρ·Cp·α 식을 이용하여 간접측정방법 통해 산출하였으며, 실질적인 열전달 및 열방출 특성을 평가하기 위해 별도의 kit를 고안하여 상용 마그네슘 합금과 상대비교를 하여 AZ91 합금에 비해 우수한 열전달 및 열방출 특성을 가지는 것으로 확인하였다.

[본 연구는 우수기술연구센터(ATC)사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호:10045793)]

[P27-18]

마그네슘 압출재(AZ31B)에서의 탄소첨가가 기계적 특성에 미치는 영향: 고근호[1], 예대희[1], 강민철[1], 김영섭[2], 이승기[2]; *[1]한국마그네슘기술연구조합. [2](주) 인텍.*

Keywords: Magnesium alloy, Extrusion, Carbon reinforced

마그네슘은 우수한 경량성, 진동감쇠 등의 물성에 의해 구조용 소재로 오늘날 경량화 추세에 의해 기존의 구조용 소재를 대체할 수 있는 우수한 소재로 주목받고 있다. 특히 자동차 분야의 경우 현재 15 kg 적용중량에서 2배 이상으로 그 적용의 확대가 기대된다. 그러나 마그네슘합금을 구조용 재료로 사용하기에는 타 금속에 비해 강도 및 인성이 낮아 실제로 부품에 적용하려면 기계적 특성의 개선이 필요하다. 탄소를 기반으로 하는 원료를 통해 재료를 복합화 함으로서 재료의 기계적, 화학적, 전기적 특성을 향상시키는 연구는 CNT, Graphane과 같은 새로운 물질의 발견으로 인해 오래도록 큰 관심을 받고 있다. 이러한 추세는 여러 금속재료의 탄소분말 강화에 관한 연구로 이루어 졌으며 최근 마그네슘에 탄소분말을 첨가하여 강도 및 연성을 비롯한 여러 물성의 개선이 가능한 것으로 밝혀졌다. 본 연구에서는 그래놀 형태의 AZ31B 합금과 블랙카본 나노분말을 혼합하여 3inch 빌렛을 제조한 후 압출하여 탄소의 첨가가 기계적 특성에 미치는 영향과 미세구조의 변화 등을 조사하였다. 이 논문은 2016년도 정부(한국산업기술평가관리원)의 지원을 받아 수행된 산업핵심기술개발사업 성과임(No. 10070158)

[P27-19]

AZ91 합금의 고온 평면변형압축 변형에 따른 집합조직 형성 거동: 한동근[1], 이정훈[2], 권한상[3], 김권후[2]; *[1]부경대학교 마린융합디자인 협동과정. [2]부경대학교 공대 금속공학과. [3]부경대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: Plane Strain Compression, Texture, dynamic recrystallization, Magnesium alloy

마그네슘은 우수한 비강도, 진동 감쇠능, 열전도율과 같은 우수한 특성을 가지고 있으며 휴대용기기, 자동차 부품, 구조재와 같은 경량재료로 사용되고 있다. 그러나 HCP 결정구조적 특성으로 인해 상온에서 활성 슬립시스템이 적어 가공이 어렵고, 가공 후 나타나는 저면 집합조직으로 인해 후 가공성 또한 좋지 않다. 이전 연구에서는 AZ91 마그네슘 합금의 고온 단축 압축 변형 중 집합조직 형성 거동에 대해서 연구하였다. 그 결과 변형조건에 따라 집합조직의 주성분 및 발달정도가 달라지는 것을 발견했다. 그러나 단축압축실험의 변형조건은 제한적이었으므로, 이번 연구는 다양한 변형조건에서 초기 집합조직이 다르게 형성된 AZ91 마그네슘합금의 집합조직 발달을 관찰하기 위해 평면변형압축 실험을 수행하였다. 초기 시편은 주조재 AZ91 마그네슘 합금을 673K에서 압하율 30%로 압연하여 (0001) 집합 조직을 갖는 압연재로부터 각기 다른 초기 집합조직을 가진 3종의 시편을 가공한다. 이 후 723K에서 1시간 동안 열처리한다. 평면변형 압축 실험은 673, 723K에서 변형속도 $5\times10^{-4}s^{-1}$~$5\times10^{-2}s^{-1}$, 변형률 -0.4에서 -1.0 조건에서 수행되었으며 시편은 유냉 시킨 후 XRD, EBSD를 통해 결정방위분포를 분석한다. 이 연구에서 모든 시편의 진 응력-진 변형률 곡선에서 가공연화 현상이 관찰되었다. 미세조직 관찰 결과 변형률의 증가와 함께 결정입계가 줄어들었다. 저면 집합조직은 변형속도에 따라 빠른 변형속도에서는 저면 집합조직의 강도가 강하게 나타나고 느린 변형속도에서는 tilt된 저면 집합조직을 갖는다. φ2 단면도 분석에서 관찰 된 두 유형의 방위성분(orientation component) {0001}, {0001}{101 0}은 모든 시편에서 다른 방위성분(orientation component) 보다 높은 방위밀도(orientation density)를 갖는다.

[P27-20]

고온 변형에 따른 M1 마그네슘 합금의 미세조직 형성 및 발달: 이규정[1], 고민성[2], 권한상[3], 김권후[2]; *[1]부경대학교 마린융합디자인협동과*

정.[2]부경대학교 금속공학과.[3]부경대학교 신소재공학화.
Keywords: M1 magnesium alloy, Texture, Dynamic recrystallization, High-temperature deformation

일반적으로, 많은 종류의 마그네슘 합금은 변형 중에 강한 저면집합조직을 형성함으로써 낮은 연성 및 성형성을 나타낸다. 그 중 M1 마그네슘 합금은 Mn 석출에 의한 Particle pinning effect로 인해 저온에서 성형성이 향상된다. 그러나 M1 합금은 고온 변형에서 형성된 저면집합조직과 조대한 변형 조직에 의해서 기계적 성질이 낮아진다. 하지만 고온 변형에서의 변형 조직 형성 거동에 관한 M1 마그네슘 합금의 체계적인 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 고온 변형중의 변형 조직의 형성 거동에 대해서 조사하였다. 초기시료를 제작하기 위해서, 673 K에서 압연량 30%로 열간압연을 행하였다. 길이 9 mm, 직경 12 mm의 원통형 시편은 압축면이 압연면에 평행하도록 기계가공한 후, 823 K에서 1 시간 동안 어닐링을 실시하였다. 변형속도 $5.0\times10^{-2}s^{-1}$, 변형온도 723 K에서 -0.4~-1.3의 변형량 조건으로 단축 압축 시험을 행하였다. 시편의 결정 방위 분포의 관찰은 EBSD 측정에 의해 수행되었다. 그 결과, 모든 실험 조건에서 섬유 집합조직이 형성되었다. 미세조직은 동적 재결정 및 결정립 성장으로 인해서 모든 시편에 불균일한 결정립 분포를 보였다.

P28 : 전자재료
Room 3층 로비, 4월 27일

[P28-1]

High Electric Conductivity and Transparent Properties of Two Dimensional Electrodes(NiTe2) Manufacturing by PVD Process: Taewon Yuk[1], JeonTaik Lim[2], GyuTae Jeon[3], Junho Lee[1], Inhyeok Jang[2], Hojun Park[4], Sukjun Kim[1]; *[1]School of Energy. [2]Materials and Chemical Engineering. [3]Korea University of Technology and Education. [4]Korea Univ.*

Keywords: NiTe2, TMDC, PVD, Transition metal ditelluride, 2D material

Various of two-dimensional materials show high electrical conductivity similar to Graphene. particularly, some of transition metal ditellurides has electrical conductivity as high as pure metals. Also, they can be transparent once they are in the form of a thin layer. Fortunately, they can be easily fabricated in the form of thin layer that consists of a few numbers of atomic layers. We attempt to fabricate thin films of nickel ditelluride in two ways (Intermetallic Target, Co-sputtering). Both of fabricated thin film crystal structure is Ni_1Te_2, Melonite, 98-004-3293. Our results prove that nickel ditelluride are one of promising candidates for transparent electrodes (existing electrode-200 μΩ·cm, 80%). First, 2 inch-compound targets were prepared by fabricating the intermetallic followed by SPS. Thin film (thickness 9nm) was deposited by Radio frequency sputtering (PVD) using the Intermetallic Target. Second, thin film (11 nm) was deposited by co-sputtering a Ni and a Te target at Ni:Te=DC:RF. For two methods, we controlled sputtering power and deposition time and substrate heating conditions to maximize their electrical conductivity. Through TEM analysis proved that more grains with c-axis. Therefore, by after annealing and chemical exfoliation, Nickel ditellurides thin film grain size can be growth coarse and make more thin layer.

[P28-2]

반도체의 다이 본딩을 위한 Ag/Sn/Ag 박막구조 적용 및 특성 분석: 남상열[1], 안성진[2], 박주철[1], 김지수[1], 김민수[1], 채정은[1]; *[1]구미전자정보기술원. [2]금오공과대학교.*

Keywords: 투과전자현미경, 집속이온빔, 구조분석, 다이본딩

최근의 전자산업의 발달로 인하여, 반도체 소자의 크기는 점차 소형화되고, 집적도는 향상되고 있다. 그로 인한 High-power 반도체 시장은 급속하게 성장하는 추세이다. 이에 따른 고온용 솔더의 수요는 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 기존에 많이 쓰이고 있는 Au 계 조성의 합금은 비용이 많이 들고, Pb 계 조성의 합금은 유독성이 있는 재료이다. 따라서 비용이 저렴하고, 친환경적이면서도 계면 특성이 우수한 재료로 대체할 필요성이 있다. 이러한 요구를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Backside metal 접합부의 다이 본딩 공정의 온도와 박막의 종류 및 두께 조건을 제어함으로써, 금속간화합물(IMC)을 안정적으로 형성시키고 계면 특성을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 각 영역을 투과전자현미경(TEM)과 집속이온빔장치(FIB) 등을 활용하여 계면의 특성을 분석하였다.

[P28-3]

Switching memory devices based on 2-dimensional organometallic halide perovskites: Hyojung Kim, Ho won Jang; *서울대학교.*

Keywords: organometallic halide perovskites, 2-dimensional OHPs, resistive random access memory

The organometallic halide perovskites (OHPs) have ABX_3 structure where A is an organic cation - CH_3NH_3 (MA), B is a metal cation, and X is a halide anion - Cl, Br and I. With this unit formula of ABX_3, OHPs have been used extensively as rapid active materials for photovoltaics because of their useful electrical properties. The OHPs exhibit superior properties compared to traditional semiconducting materials, and thus have potential for application in resistive random access memory (ReRAM). Many ReRAM devices with 3-dimensional (3D) OHPs have been reported, but are poor in reliability and stability because it is difficult to control the shape, uniformity, and strength of the conducting filament. As a result, ReRAM based on with 3D OHPs has less reliable switching behavior, such as poor endurance and retention. To overcome these issues, 2D OHPs can be applied to the memory devices instead of 3D OHPs. 2-dimensional (2D) OHPs reduce random migration of defects because of their anisotropic nature, which makes the device more reliable and stable. Herein, we fabricated 2D OHP-based resistive switching memory devices using phenylethyl ammonium (PEA) cations in A site. This research suggests better understanding on the resistive switching mechanisms about the 2D OHP-based resistive switching memory devices.

[P28-4]

SnO_2 나노입자가 기능화된 단일벽 탄소나노튜브의 가스 감응 특성: 진창현[1], 박수영[2], 나한길[3], 최선우[4]; *[1]인하대학교. [2]극동대학교. [3](주)지에버. [4]강원대학교.*

Keywords: Micro-wave, Single-walled carbon nanotube, SnO_2, Gas sensors

탄소 소재 기반의 가스 센서는 기존의 세라믹 소재 기반의 센서에 비해 물리적/화학적 특성이 매우 우수하고 상온에서 극미량의 화학물질에 대한 감응특성이 유리하여 센서 재료로서 많은 각광을 받고 있으나, 이와 같은 탄소 소재 기반 센서의 실용화를 위해서는 특정 물질에 대한 선택성과 감응특성의 증진이 더욱 요구되고 있다. 특히, 촉매특성이 뛰어난 귀금속 혹은 금속산화물 나노입자

를 탄소 소재 표면에 부착시킨, 기능화 된 탄소 소재 기반 센서에 관련된 연구가 활발하다. 본 연구에서는 마이크로파를 적용하여 SnO_2 나노입자를 단일변 탄소나노튜브에 기능화하고, 스프레이 분사법을 이용하여 네트워킹된 센싱층을 형성한 후, 이에 따른 일산화탄소 가스에 대한 감응특성을 평가하였다. 또한, SnO_2 나노입자의 형성이 간섭가스인 NO_2, VOCs 그리고 C_2H_5OH 가스에 대한 감도와 선택성에 미치는 영향을 조사하였다

[P28-5]

Low-temperature Atomic Layer Deposition of HfO_2 Using NH_3 Catalyst: 김소정, 강연태, 김진태, 윤주영, 정낙관; *한국표준과학연구원 소재에너지융합측정센터.*

Keywords: Hafnium oxide, Atomic layer deposition (ALD), catalyst, Low temperature process, Flexible display

플렉서블 디스플레이는 평면 디스플레이와 달리 접거나 휠 수 있어 휴대성과 공간 활용성이 높기 때문에 차세대 디스플레이로 활발히 연구가 진행되어 왔다. 플렉서블 디스플레이를 구현하기 위해서는 유연한 플라스틱 기판 위에 소자를 만들어야 하는데, 기판의 손상을 방지하기 위해 저온 공정이 필수적이다. Hafnium oxide (HfO_2)는 고유전율(high-k) 물질로써 ZrO_2와 비슷한 유전율(k~25)을 가지며 실리콘과의 열적 안정성이 우수하여 반도체와 디스플레이 소자에 널리 사용되어 왔다. 그런데, 박막 증착을 위해서는 300°C 이상의 공정 온도를 필요로 한다고 알려져 있기 때문에 플렉시블 기판 적용이 힘든 실정이다. 본 연구에서는 암모니아를 촉매 가스로 사용하여 thermal atomic layer deposition (ALD) 공정으로 HfO_2을 저온에서 증착하였으며, 촉매를 사용하지 않은 고온 공정과 박막 특성을 비교, 분석 하였다. 그 결과, 촉매를 사용하였을 경우 80°C에서도 매끄럽고 균일한 HfO_2가 형성됨을 알 수 있었으며, 촉매를 사용하지 않은 경우, 200°C 이하에서는 표면 응축이 일어나 제대로 된 막이 형성되지 않았고, 300°C 정도의 고온에서 비로소 박막이 제대로 성장하였다.

[P28-6]

Additive and current condition for void free filled TSV: Se-Hee Shin, Dae-Seok Seo, Jong-Hwan Park, Sun-Woo Kim, Ho-Jun Choi, Young-Il Na, Hyun-Jun Kwon, Han-Young Jung, Su-Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: Through Silicon Via, Electrodeposition, Void free filling

Three-dimensional (3D) chip stacking has become a candidate to meet such compact chip packaging technology because of its advantages of volume reduction compared to conventional package-on-package technology. TSVs have an advantages of high density, low power, high speed. Because of these advantages, the heat and size as well as the capacity and the speed can be dramatically improved. To obtain high performance device, defect of TSVs should be minimized. Poly(ethylene glycol) (PEG), bis-(3-sodiumsulfopropyl disulfide) (SPS) and Janus Green B (JGB) are used to achieve the void free filling in TSVs as suppressor, accelerator and leveler, respectively. The optimized conditions of the additives were studied and electrochemical analysis was performed to confirm the effect of the additives. Different current conditions such as pulse, pulse-reverse(PR), periodic pulse-reverse(PPR) were also employed to enhance filling properties of Cu in TSVs with a diameter of 60 μm and the aspect ratio of vias was up to 3. The behavior of Cu filling was observed through cross section analysis of the TSVs after Cu plating under various conditions.

[P28-7]

Fe가 첨가된 Ni-Mn-Co-O NTC 서미스터 세라믹의 전기적 특성: 전재은[1,2], 박경열[1,2], 한혁수[2], 민성욱*[2]; *[1]한양대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: NTC thermistor, B-value, FNMC

저항의 온도계수가 음의 값을 갖는 서미스터인 NTC 서미스터(Fe_x $Ni_{0.3}$ $Mn_{1.8-x}$ $Co_{0.9}$ O_4, x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) (FNMC)의 조성을 가진 니켈 코발트 망간 스피넬 산화물의 전기적 특성을 연구하였다. FNMC 소결체는 solid state reaction 공정을 사용하여 합성되었고 1523 K에서 8 시간 동안 소결을 진행하였다. 소결 후 X-ray diffraction을 통해 Fe 함량 변화에 따른 세라믹 결정 구조를 분석하였으며 SEM을 사용해 소성체의 미세구조를 관찰하였다. Fe, Ni, Mn 및 Co가 균일하게 분포되어 있음을 확인하기 위해 SEM mapping을 사용하였다. FNMC의 전기 저항은 실리콘 오일을 사용한 항온조에서 25~85 °C 사이의 온도를 10 °C 간격으로 승온하면서 측정하였고, 전기 저항 값에 따른 B-value도 함께 계산하였다. Fe 농도가 증가함에 따라 FNMC 소결체의 전기 저항 값은 12~25 kΩ 증가함을 보였고, B-value는 각각 3400~3800 K 범위에서 증가함을 관찰 할 수 있었다.

[P28-8]

전도성 Ag-PDMS 복합체를 이용한 스트레쳐블 전극 제조: 박경열[1,2], 전재은[1,2], 한혁수[2], 민성욱*[2]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Ag, bending, flexible electrodes, PDMS, stretchable electrodes, stretching

최근 웨어러블 전자기기에 대한 연구가 활발히 진행되면서 플렉서블/스트레쳐블 전극 기술이 더욱 발전하고 있다. 지금까지 전극의 기계적/전기적 신뢰성을 개선하기위한 다양한 기술적 접근방법이 보고되고 있다. 하지만 실험실 규모에서 양산 가능한 규모로 전환되기 위해서는 복잡한 공정과정에 의해 여전히 제한적이다. 여기서 우리는 Ag-Polydimethylsiloxane (Ag-PDMS) 복합체를 이용하여 웨어러블 전자기기에 적용 가능한 유연 전극의 간단한 제조 공정을 제시하였다. Ag-PDMS 전극의 전기적 특성 평가는 Ag 함량에 따른 영향 및 반복 인장/굽힘 조건하에서 진행되어졌으며, Ag-PDMS 전극으로 구성된 LED 전자회로를 제작하여 다양한 기계적 변형에 따른 테스트를 진행하였다. 이러한 결과를 바탕으로 간단한 프린팅 공정 방법으로 제조된 Ag-PDMS 전극은 다양한 스트레쳐블 전자기기에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

[P28-9]

소결온도와 도핑물질이 PZNN-PZT 압전세라믹스 소재특성에 미치는 영향: 김소원, 이희철; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Piezoelectric ceramics, soft relaxor, perovskite, doping material

열처리 온도와 도핑 소재가 PZNN-PZT 세라믹의 미세구조와 압전 특성에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하였다. 전기적 특성과 소결성 향상을 위해 Soft relaxor 를 활용하였으며 압전 세라믹의 혼합 조성비는$0.13Pb((Zn_{0.8}Ni_{0.2})_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$0.87Pb(Zr_{0.5}Ti_{0.5})O_3$ 로 진행하였다. 반응성이 낮은 NiO 와 Nb_2O_5 를 1차로 반응시켜 columbite 상을 생성하고 PbO 와 2차 하소를 진행하는 columbite precursor 법으로 합성을 진행하였다. 1차 하소 온도는 1100°C 내외, 2차 하소 온도는 720°C 내외로 진행하였는데 XRD 패턴 분석 결과 순수한 페로브스카이트 상이 형성 되었고 평균 입자 크기가 2 μm 이내인 미세한 분말이 제조되었다. 열처리 온도에 따른 특성을 확인하고자 성형체를 보다 치밀한 구조를 가지도록 CIP 를 진행한 후 소결 과정을 비교적 낮은 온도 범위에서 진행하였다. 미세구조 관찰 결과 950°C 의 소결 온도에서 입자사이즈가 약 4 μm 내외로 입자가 성장하였으며 높은 밀도 값을 가지면서 치밀한 세라믹을 형성하였다. 또한 압전 성질 및 큐리 온도 안정성 향상을 위하여 도핑 물질로 MnO_2 등을 사용하여 물질의 양에 따른 압전 특성 변화를 확인하였는데 0.3wt% 양을 첨가하였을 때 d_{33} meter 와 Impedance analyzer 를 이용하여 압전 특성을 측정한 결과 가장 우수한 압전 상수(d_{33}), 전기 기계 결합 계수(k_p), 및 품질계수(Q_m) 값을 나타내었다

[P28-10]

SnAgCu 무연솔더 접합부의 전기적 신뢰성에 미치는 산화 그래핀의 영향 분석: 손기락[1], 고용호[2,3], 박영배[1]; *[1]안동대학교 신소재공학부 청정에너지 소재기술연구센터. [2]한국생산기술연구원 마이크로조이닝센터. [3]용접접합그룹.*

Keywords: lead-free solder, graphene oxide, nano composite solder, intermetallic compound, electromigration,

현대 사회는 internet of things(IoT), big data와 같은 정보통신기술의 발달로 인해 전자기기의 소형화, 고성능화에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서, 전자 패키지 분야에서는 새로운 패키지 기술과 실장 방법이 개발되고 있다. 그 중 칩과 칩 또는 칩과 기판을 직접 연결하는 플립칩 접합 기술은 칩과 기판간의 접속 거리가 짧아 전기적 특성이 우수하고, 패키지 면적 감소로 인해 널리 사용되었지만, 패드 피치가 감소함에 따라 인접 범프 간의 접합을 유발하며, 범프의 직경 및 금속하부층 단면적 감소는 전류밀도의 증가를 야기한다. 그 결과, electromigration(EM)과 같은 전기적 신뢰성 문제가 발생할 것으로 예상된다. 과도한 금속간 화합물의 성장, 상변화에 의한 microvoid 및 원자의 확산 속도 차이에 의한 Kirkendall void는 기계적, 전기적 신뢰성을 저하시킨다. 따라서 솔더 접합부의 신뢰성을 확보하기 위하여 계면 미세구조 변화 및 금속간 화합물 성장 거동에 대한 연구가 필요하다. 최근 무연솔더에 graphene, TiO_2, ZrO_2와 같은 나노분말을 첨가하한 복합솔더의 기계적 신뢰성 평가에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있지만 나노분말을 첨가한 복합 솔더의 전기적 신뢰성 평가에 관한 연구는 많이 미흡한 실정이다. 따라서 나노분말을 첨가한 복합솔더 접합부의 전기적 신뢰성평가 및 EM손상기구에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 130°C, 1.0×10^3 A/cm^{2}의 전류밀도 조건에서 graphene oxide복합 솔더 접합부의 EM 수명평가 및 손상기구를 분석 하였다.

감사의 글 : 이 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2016R1D1A3B03933937)에 의하여 지원되었으며 이에 감사 드립니다.

P29 : 생체재료
Room 3층 로비, 4월 27일

[P29-1]

금속 3D프린팅 기술을 활용한 하악골 결손부 대체형 임플란트 동물실험 연구: 함민지[1], 김형균[1], 김원래[1], 김성곤[2], 김민근[2], 이병수[1], 이창우[1], 김건희[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]강릉원주대학교 치과대학 구강악안면외과.*

Keywords: 3D Printing, Mandibular continuity defects, Custom implant, Daily food intake

3D프린팅 기술은 기존 절삭가공에서는 구현할 수 없는 복잡한 내부 형상 제작이 가능하고 의료용 금속으로 승인된 Ti, Co-Cr 등과 같은 소재의 가공에 용이하기 때문에 체내 삽입용 의료부품 제작에 최적화된 기술로 각광받고 있다. 특히 다양한 유형의 암을 치료할 때 용양을 제거함에 따라 발생되는 골 결손부는 매우 불규칙한 형태로 발생되는데, 이를 3D프린팅 기술을 적용하여 결손부를 채우는 개별 맞춤형 인공뼈를 제작하면 보다 정밀하고 수술시간을 단축시키는 장점을 확보할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수많은 재건술 사례 중 골 결손이 많은 하악골 재건 환자들에게 적용 가능한 대체형 임플란트 구조를 개발하여 기존제품과 차별화된 성능을 입증하는 동물실험을 수행하였다. 동물실험은 토끼를 이용하였고 각 5마리씩 2그룹을 형성하여 각각 기존제품, 개발제품을 나사로 고정하여 삽입하는 수술을 진행하였다. 기존제품은 결손부가 채워지지 않고 단순 지지구조의 상용화된 플레이트이며, 개발제품은 지지와 동시에 결손부를 동일형태로 맞춤 충진할 수 있는 일체형 구조의 3D프린터로 제작된 임플란트이다. 개발제품의 경우 맞춤 형상 재현과 더불어 내측의 다공성 구조를 설계하여 골 성장의 효율을 극대화시키고자 하였다. 수술 후 두 그룹의 토끼들의 회복 속도를 비교하였을 때 수술 전 5일동안 측정한 일일 음식물 섭취량을 기준으로 하여 기존제품은 1.52일, 개발제품은 1.34일을 필요로 했다. 3개월 경과 후, 나사 이완율이 65%, 11.4%로 개발제품이 현저히 낮았으며 일부 케이스에서는 결손부에서 이탈하는 현상까지 보이기 시작했다. 또한 개발제품을 삽입한 토끼에서는 나사 이완율이 적어 임플란트 기공 내부로 더 빠른 속도로 뼈가 성장하는 모습이 CT측정을 통해 관찰되었으며 부정교합 및 합병증 발생률도 더 낮게 확인되었다. 이에 따라 개발제품은 하악 결손부 재건을 위해 신뢰할 수 있는 제품임을 증명하였다.

[P29-2]

Novel concept of polymer-free drug-eluting stent with nanopore surface: In-Ho Bae[1,2], Myung Ho Jeong[1,2], Kyung-Seob Lim[3], Dae Sung Park[1,2], Jae-Won Shim[1,2], Jun-Kyu Park[4], Doo Sun Sim[1,2]; [1]The Cardiovascular Convergence Research Center of Chonnam National University Hospital Designated by Korea Ministry of Health and Welfare. [2]Korea Cardiovascular Stent Research Institute. [3]Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology. [4]Department of Polymer Science and Engineering, Sunchon National University.

Keywords: nanopore, polymer-free drug-eluting stent, surface modification. Thromboresistant, in-stent restenosis

The aim of this study was to physio-biological evaluation a novel polymer-free drug-eluting stent with nanopore surface formed by electro-polishing process. The metal used in this study was a circular disk type of stainless steel (316L; 15 mm in a diameter and 1 mm in a thickness). Sample was subjected to electro-polishing process at a constant voltage of 20 V and 10 A for 10 min in acidic atmosphere (50% H_2SO_4). The total amounts of drug (everolimus, EVL) on the disk surface and release kinetics were estimated. One hundred microliters of EVL solution (10 mg/mL) was carefully loaded onto the disk surface and incubated for 24 h to instill EVL on the surfaces. Thereafter, disk was immerged in THF solution with gentle shaking. The THF solution was then analyzed using an ultraviolet-visible (UV-vis) spectrophotometer. Physio-biological properties were examined by platelet adhesion, smooth muscle cell (SMC) adhesion, migration, and proliferation. The surface roughness was increased after post-polishing group compared to pre-polishing group (Ra: 9.2 ± 1.74 nm and 6.0 ± 1.02 nm, respectively, $n = 5$, $p < 0.05$). Platelet adhesion, and smooth muscle cell adhesion and migration were inhibited in the post-polishing group compared to pre-polishing group (71.5%, 23.5%, and 33.9%, respectively, $n = 5$, $p < 0.05$). Total amount of drug on the surface (i.e. drug storage rate) was increased (37.6%) in post-polishing group. Meanwhile, the drug release velocity was delayed in post-polishing group. Half amount of the EVL released within 1 day in pre-polishing group, whereas it was within 4 day in post-polishing group. Taken together, the nanopore surface of drug-eluting stent can be an innovative DES with reduced risk of in-stent restenosis and thrombosis.

[P29-3]

Engineering copper nanoparticles synthesized on the surface of carbon nanotubes for the anti-microbial and biofilm removal applications: Youngmin Seo[1], Jangsun Hwang[2], Eunwon Lee[3], Young Jin Kim[4], Hojeong Jeon[1], Jonghoon Choi[2]
; *[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Chung-Ang University. [3]BBB Inc. [4]Hanyang University.*

Keywords: Biofilm, antibacterial activity, copper nanoparticle, carbon nanotube

Biofilms adhere to surfaces to produce extracellular polymeric substances (EPSs). EPSs grow and protect themselves from external stresses. Their formation causes a foul odor and may lead to chronic infectious diseases in animals and people. Biofilms also inhibit the contact between bacteria and antibiotics, thereby reducing their antibacterial activity. Thus, we describe novel nanostructures, a fusion of copper and multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs), which increase antimicrobial activity against biofilms without being toxic to

human cells. Simulations based on the stochastic response were performed to predict the efficiency of synthesizing nanostructures. The synthesized Cu/MWCNTs inhibit the growth of Methylobacterium spp., which forms biofilms; antimicrobial testing and cytotoxicity assessments showed that the Cu/MWCNTs were not cytotoxic to human cells. The Cu/MWCNTs come in direct contact with the bacterial cell surface, damage the cell wall, and cause secondary oxidation of reactive oxygen species. Furthermore, the Cu/MWCNTs release copper ions, which inhibit the quorum sensing in Methylobacterium spp., thereby inhibiting the expression of the genes that form biofilms. Additionally, we confirmed excellent electrical and thermal conductivity of Cu/MWCNTs as well as biofilm removal efficiency in the microfluidic channel.

[P29-4]

Enhanced corrosion resistance of biodegradable Magnesium alloy by Electropolishing: Dongkyu Koo, Gayoung Jung, Myoung-Ryul Ok, Hojeong Jeon, HyunKwang Seok, Yu-Chan Kim; *Korea Institute of Science and Technology(KIST).*

Keywords: Biodegradable Magnesium, Biomaterials, Corrosion resistance, Electropolishing

Magnesium(Mg) is essential element in human body and one of the lightest metals, exhibiting good mechanical properties. Mg and its alloys have recently been considered as promising biodegradable materials because they are able to degrade on demand in vivo environment with the completion of their intended functions. However, Mg has a rapid degradation especially in aggressive chloride environments like body fluid. Rapid degradation of magnesium can cause the loss of mechanical integrity in a short period which can limit its application as an implant material. Moreover, the more amount of hydrogen gas is generated by relatively severe corrosion rate of Mg. It contributes to the causes of swelling of skin and causes consequent inflammation of soft tissue where is directly in contact with implants. The electropolishing process has been shown to be effective in enhancing the corrosion resistance of metals. In this study, we examined the influence of electropolishing on corrosion behavior of Mg alloy. The analysis of corrosion rate was performed by using Hanks' balanced salt solution (HBSS) as a simulated body fluid and in condition of 37°C. Also, supplementary results were obtained in Mg ion quantification tests in the same condition. Results showed that corrosion rate of electropolished Mg alloy decreased in both tests.

[P29-5]

제일원리 방법에 의한 마그네슘 합금의 부식특성 향상 원리 고찰: 최지원[1], 최승훈[2], 박나영[2], 차필령[2], 윤을식[3], 석현광[4], 김유찬[4] ; *[1] 한국과학기술연구원. [2] 국민대학교 신소재공학부. [3] 고려대학교 의과대학. [4] 한국과학기술연구원 생체재료연구단.*

Keywords: magnesium, corrosion, electrochemical potential, simulation

마그네슘 합금은 우수한 비강도와 생체적합성 등 많은 장점을 가지고 있어 생체분해성 금속소재로서 많은 연구가 진행되고 있지만, 부식에 취약하다는 단점을 가지고 있어 다양한 문제점이 노출되고 있다. 상대적으로 낮은 전기화학적 포텐셜을 갖는 마그네슘은 합금화에 의해 형성되는 구성상들 간의 전기 화학적 포텐셜 차이로 갈바닉 쌍이 형성하게 되고 이로 인해 부식이 급속도로 가속화 된다. 따라서 마그네슘 합금의 상간 포텐셜 차이를 조절하는 것이 부식특성 향상에 매우 중요한 요소이며, 내부에 존재하는 상들의 전기 화학적 특성을 변화시킬 수 있는 첨가원소의 선정 및 적정양을 조절하는 것은 마그네슘 합금 설계에 중요한 방향이 될 수 있다. 본 연구에서는 제 2상에 특정원소의 고용을 유도하고 이를 통해 부식거동의 변화를 고찰하고자 하였다. 합금계로는 생체용 합금을 기준으로 생체적합원소인 Mg-Sr계를 선정하였으며 초정상과 제2상의 전기화학적 변화를 고찰하기 위해 OCP를 측정하였다. 각각의 상의 포텐셜 변화를 위한 첨가원소로는 고용이 용이한 Zn원소를 선택하였으며, Zn의 함량에 따른 포텐셜 변화를 측정하였으며 첨가원소의 유무에 따른 부식거동을 SEM/EDS를 통해 고찰하였다. 또한 이와 같은 변화를 전산모사를 통해 검증함으로써 합금 설계 안의 적절성을 확인하였고 이를 통해 마그네슘 합금의 설계 방안을 제시하였다.

[P29-6]

Patterned nano-texture on NiTi via nanosecond laser surface modification to regulate cell behaviors: 정용우, 전인동, 김경수, 김유찬, 전호정; *한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: Stent, surface modification, laser texturing, cell

When people's blood vessels get blocked, one treatment is to insert a metal stent to extend the narrowed vessel. However, there is a high chance (20-30%) of getting in-stent restenosis due to endothelial layer damage of vessel when inserting a stent. Mechanism of in-stent restenosis is over-proliferation of smooth muscle cells (SMC) under the damaged endothelial layer. Our aim is to down-regulate proliferation and migration of SMC while up-regulating endothelialization by topographical factors. Our approach was to control the roughness of nitinol (NiTi) surface, which can be used as a stent material, via nanosecond laser surface modification. We were able to find the laser conditions to create gradual roughness change (Ra 0.108 nm to 0.835 μm) on nitinol plate. For the in-vitro test, we observed the cell morphology, migration, and other behaviors of SMC and EC on the roughness-controlled surface. Our results demonstrated that laser treated nitinol plates could suppress SMC adhesion, migration and dedifferentiation, whereas synergistic effects observed for HUVEC on a roughness-controlled surface (0.835 μm). Collectively, we present laser treated nitinol plates, which may effectively serve as in-vitro model system may provide fundamental results that will allow us to take the next step forward in pre-clinical research.

[P29-7]

Effects of release and control of reactive oxygen species on the tissue regeneration of implants: Gayoung Jung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Hojeong Jeon[1], Yu-Chan Kim[1], Jong-Woong Park[2], Myoung-Ryul Ok[1]; *[1]Korea Institute of Science and Technology(KIST). [2]Korea University.*

Keywords: ROS, Angiogenesis, Implant, Fracture, Galvanic corrosion

Due to the increasing number of geriatric fractures and young patients because of various accidents, the demand for fracture fixation implants and their functional growth is required. In this study, we aimed to develop and commercialize biofunctional implants to induce rapid recovery of fracture sites in response to recent demands. Angiogenesis, the most important step in the healing of fractures in which new blood vessels form in injured vessels, can be shortened the total healing time by inducing ROS(reactive oxygen species) below a certain concentration. When galvanic corrosion is induced by binding a biodegradable metal that is corroded in the body with an inert metal, titanium, it is possible to release H_2O_2 that is one of ROS due to an oxygen reduction reaction. In this study, the system was optimized and applied to actual implants to allow sustained and self-releasing of ROS to the point where new blood vessels begin to be produced. This implant was tested with an in vivo model and confirmed to be a functional implant that promotes ossification. In addition, we have experimentally proved that the amount of ROS produced by the control of the thickness of the oxide on the surface of an implant using anodic oxidation can be controlled, thereby developing a technology capable of achieving optimum ROS release amount for inducing angiogenesis. In conclusion, this study proves the effect of ROS on implants and suggests the direction of implants research to be applied in future by these functional tissue regenerative implants.

[P29-8]

Mechanical property enhancement by PSN effect during hot extrusion in Mg-Zn alloy: Guangzhe Li[1], Hyuan-Kwang Seok[2], Yu-Chan Kim[1], Ho-Jeong Jeon[1], Myung-Ryul Ok[1]; *[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]과학기술대학원대학교(UST).*

Keywords: Mg-Zn alloy, Mg, PSN, extrusion

As magnesium alloys have emerged as candidates for biodegradable materials in the field of medical devices, numerous studies have been conducted on magnesium alloys. However, its application area is limited due to the limitation of physical properties due to the HCP crystal structure of magnesium. Therefore, it has been reported that Mg-RE alloys suitable for physical properties are being developed, but RE elements are low in surface area, high in unit price, and some RE elements are toxic. Among the RE-free alloys, the potential candidates for biodegradable materials are Mg-Ca and Mg-Zn alloys. Here, the Mg-Ca alloy can be greatly improved in strength by precipitation hardening, but the elongation is much lowered. On the contrary, in the Mg-Zn alloy, Zn has a high solubility for magnesium to suppress excessive precipitation and improve the elongation, but the strength is relatively small. The most commonly used process for improving strength is hot extrusion. If the pre-extrusion precipitation phase is formed, it can induce the change of microstructure by using the particle stimulated nucleation(PSN) effect during hot extrusion, thereby realizing various physical properties. In this study, the effects of PSN effect on the physical properties of Mg-Zn alloys were studied.

P30 : 재료강도
Room 3층 로비, 4월 27일

[P30-1]
Evaluation of dynamic hardening behavior of SCM440 steel at high strain rates: 이근호, 이예림, 우상현, 이창수, 박이주, 김학준; *국방과학연구소(ADD).*
Keywords: SCM440 steel, Dynamic hardening model, Uniaxial tensile test, SHPB, Taylor impact test

The dynamic behavior of materials at high strain rates ranging from 10^2 s^{-1} to 10^6 s^{-1} is intimately associated in several defense applications, such as blast effects, ballistics impacts, and crashworthiness. In order to investigate the dynamic deformation behavior of structural materials, it is indispensable to acquire the mechanical properties under static and dynamic loads by accurate experimental techniques, and conduct numerical modelling and simulation with dynamic hardening models, which describe stress-strain relationship at high strain rates and different temperature. In this study, the quasi-static and dynamic deformation behaviors of SCM 440 steel that can be applied to the various parts of high explosive warheads were characterized at the strain rates from 10^{-3} s^{-1} to 10^6 s^{-1}. The uniaxial tensile tests at different temperature of 25 ºC, 350 ºC, and 700 ºC were performed by MTS 810 equipped with a heating stage, and the compressive tests were conducted by using spilt Hopkinson pressure bar (SHPB) at room temperature. Material coefficients of the dynamic hardening model considering thermal softening effects were obtained based on the stress-strain relations from the experimental tests. In addition, Taylor impact tests on the SCM 440 steel were carried out to evaluate the accuracy of the determined material coefficients and characterize the dynamic behavior at the ultra-high strain rates and high temperature.

[P30-2]
BCC 이원계 합금의 고용강화 경험식 도출: 김일환, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: Refractory alloy, Complete solid solution, Atomic size misfit parameter, Solid solution hardening, Valence electron concentration

기존 고온 구조용 소재로 주로 사용되는 합금인 니켈계 혹은 코발트계 초합금은 1000ºC 이상의 고온에서 급격한 연화가 일어난다는 한계를 나타낸다. 이러한 문제점은 초합금의 주 원소인 Ni, Co의 녹는점이 1500ºC 내외이기 때문에 발생하는 것으로, 이를 대체할 고융점을 가지는 초고온 구조용 소재에 대한 연구가 필요하나 하나의 대안으로 제시되고 있는 세라믹계열 내열소재는 취성이 매우 크기 때문에 큰 부하가 걸리는 구조용 소재로 활용하는데는 제약이 따른다. 이에 반해, 녹는점이 2000ºC 이상인 내화금속원소들은 기계적 특성이 급격히 감소하는 온도가 기존 초합금보다 높게 형성되며 세라믹보다 연성이 높기 때문에 고온에서 안정하여 초고온 구조용 소재로 사용하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 일례로 최근 Senkov는 다섯 가지 이상의 원소들을 5~35%의 동일한 비율로 합금화 시켜 고용체를 형성하는 고엔트로피 합금 설계 컨셉을 이용하여 내화금속원소계 고엔트로피 합금을 제조하였고 실제 고온 압축시험을 통하여 고온 기계적 성질이 초합금보다 더 높은 온도범위까지도 향상됨을 확인하였다. 하지만 아직까지 합금 구성원소의 농도 변화가 실제 강화 거동에 미치는 영향에 관한 체계적인 고찰은 미비한 실정이다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 완전 고용체를 형성하는 내화금속 이원계 합금에서 용질 함량 변화에 따른 기계적 특성 변화를 고용강화적 측면에서 고찰하고자 하였다. 이를 위해 다양한 내화금속 이원계 합금에서 조성 변화에 따른 마이크로 비커스 경도 변화를 체계적으로 측정하여 간단하면서도 신뢰성 있는 조성-기계적 물성간 특성 변화 양상에 관한 예측을 가능케 하고자 하였다. 이러한 결과는 고용강화에 대한 경험식 도출로 이어질 수 있으며 추후 BCC계열 합금을 개발 과정에서 새로운 모델 제시를 가능케 할 것이다. 본 연구를 통해 내화금속계 BCC 이원 합금에서 고용강화 효과를 제어하는 인자에 대한 보다 명확한 이해를 통해, 내화금속계 BCC 고엔트로피 합금 고용체에서 조성변화에 따른 고용강화효과에 의한 기계적 특성 향상에 관한 연구의 시금석을 제공하고자 한다.

[P30-3]
Deformation twinning behavior of single crystalline Al nanowire and its size effect on the deformation mode trainsition: 김성훈[1], 김홍규[2], 안재평[2], 이재철[1]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.*
Keywords: FCC, single crystal, Nanowire, Deformation twin, deformation mode

벌크 금속은 높은 전위 밀도 때문에 기존 전위의 이동 및 증식에 의해 소성 변형된다. 특히 fcc 금속은 많은 슬립계를 갖기 때문에 일반적으로 twinnning이 아닌 전위 슬립에 의해서 변형된다. 하지만, 재료가 나노화가 되면 전위 밀도가 급격히 낮아져 내부 전위가 아닌 표면(혹은 계면)에서 생성되는 전위에 의해 소성 변형된다. 표면/계면에서의 새로운 전위가 생성되는 과정에서 전위 생성 조건에 따라 완전전위와 쌍정이 선택적으로 생성되기 때문에 쌍정 생성에 유리한 낮은 SFE물질들은 나노선 형태에서 충분히 쌍정변형이 가능하며, 쌍정변형에 따라 나타나는 높은 소성량에 대한 계산 및 실험결과들이 보고된 바 있다. Au, Cu 등의 fcc 금속 나노선에서는 이 같은 완전전위 슬립에서 쌍정으로의 변형 모드 전환이 대략적으로 150 nm 내외의 크기에서 나타난다고 보고되었다. 하지만 높은 SFE를 갖는 Al와 같은 금속은 미소 결정립에서 극저온, 강소성가공 등의 조건에서 생성 가능하다고 알려졌으며, Al의 경우 약 10 nm 내외의 크기에서 완전전위-쌍정의 변형모드 전환된다고 보고되었다. 하지만, 본 연구팀의 선행 결과를 통해 약 150 nm를 갖는 Al NW에서도 충분히 쌍정 생성이 가능하였기 때문에 기존에 예측된 전환점에 대한 재연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 150 nm 이상의 다양한 직경의 Al 나노선을 인장하여 Al 나노선에서 나타나는 size에 의한 완전전위 슬립-쌍정의 변형

모드 전환에 대해 실험적으로 탐구하고자 하고 이에 대해 해석하고자 한다.

[P30-4]

SA533 B1 원자로압력용기용 저합금강의 두께방향 위치별 미세조직 및 천이특성 평가: 김민철, 민기득, 홍석민, 김종민, 최권재; *한국원자력연구원.*

Keywords: SA533 B1, 원자로압력용기강, 천이특성

한국형 표준원전에는 SA508 Gr.3 Cl.1 저합금강 단조재가 원자로압력용기, 증기발생기 등 주요 부품소재로 적용되고 있으나, 국내 초기 도입된 웨스팅하우스형 원전에는 SA533 B1 저합금강 압연재가 사용되었다. 본 연구에서는 국내 도입된 웨스팅하우스 원전에 적용된 소재를 활용하여 두께방향 위치별 및 소재 방향에 따른 미세조직과 천이특성을 평가하였다. 평가를 위한 시험편은 두께의 1/10, 1/4, 1/2, 3/4, 9/10t 위치에서 각각 채취하였으며, 1/10, 1/4t 위치에서는 압연재의 방향에 따른 특성차이를 평가하기 위해 T-L, L-T 두 방향에 대한 평가를 수행하였다. 판재 원자용기강의 LS면에서는 압연방향을 따라서 band structure가 생성된 반면, 다른 면에서는 뚜렷한 band 조직을 관찰할 수 없었다. 그러나 두께방향 위치나 시편 방향에 따른 인장특성에는 큰 차이가 관찰되지 않았다. 1/10t 위치에서 가장 우수한 충격천이특성을 나타내었으며 중앙부에서 가장 높은 천이온도를 보였다. 이후, 3/4, 9/10t 지점까지 천이온도가 감소하고 상부흡수에너지가 증가하는 경향을 보였다. 또한 LT 방향이 TL 방향보다 천이온도가 낮고, 상부흡수에너지도 높게 나타나 방향에 따른 큰 특성 차이를 나타내었다. ASTM E1921에 따른 천이영역 파괴인성 평가에서도 충격천이특성과 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 두께방향 위치별 천이특성의 차이는 소재의 열처리시 두께방향 위치별 냉각속도의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

[P30-5]

Laser Metal Deposition으로 제조된 boron added Ni 소재의 미세조직 및 고온 인장 변형 거동: 김영균[1], 박순홍[2], 이기안[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: Laser metal deposition, Ni, Boron, Microstructure, High temperature mechanical property

본 연구에서는 laser metal deposition 공정을 이용하여 boron added nickel bulk material을 제조하고 이에 대한 미세조직 및 상온-고온 기계적 특성에 대하여 조사하였다. 초기 미세조직 관찰 결과, LMD-created Ni은 γ-Ni로 구성된 dendrite와 Ni+Ni_3B eutectic으로 이루어진 inter-dendrite 영역으로 구분되었다. 이와 함께 additive manufactured materials에서 관찰되는 일 방향 성장된 조직은 확인되지 않았다. 인장 시험 결과, 상온에서의 항복 강도는 152 MPa로 측정되었고, 450°C까지 항복 강도는 유지되었지만 600°C에서 급격한 항복 강도의 감소 (116 MPa)가 발생하였다. 반면, 인장 강도는 모든 온도 범위에서 419~412 MPa로 유사한 수준을 나타냈다. 인장 파단면 관찰 결과, 상온 ~ 450°C까지 Ni_3B 상에서 균열이 생성 및 전파되는 것으로 확인되었고 상대적으로 연신율이 높은 600°C에서는 Ni_3B의 균열이 적게 관찰되었다. 또한, 특정 영역에서 geometrically necessary dislocation이 집중되는 현상이 관찰되었다. 상기 결과들을 기반으로 LMD-created Ni 소재의 미세조직과 상온-고온 인장 변형 거동의 상관 관계에 대하여 고찰해보았다.

[P30-6]

오스테나이트계 Fe-23Mn-Al-C 고망간강의 충격 인성에 미치는 알루미늄과 탄소 함량의 영향: 이승완, 이상인, 임현석, 황병철; *서울과학기술대학교.*

Keywords: High-manganese steel, ductile-brittle transition, low-temperature toughness, high manganese steel

오스테나이트계 고망간강은 1881년 Hadfield에 의해 Fe-Mn-C계 합금이 처음 개발된 후 많은 연구자들에 의해 여러 분야에서 이용 가능한 고망간강 강종들이 개발되고 있는 상태이다. 현재 액화천연가스(LPG) 저장용 소재로 주로 사용되고 있는 오스테나이트 스테인리스강, 9% 니켈(Ni)강, 알루미늄(Al) 합금은 원소재의 가격이 비싸고 가공이 까다로운 문제점이 있다. 이에 따라 오스테나이트계 합금에서의 망간(Mn) 첨가는 기존의 소재에 비해 가격 경쟁력이 높으며, 우수한 저온 강도 및 인성을 가지고 Ni과 비슷한 열역학적 상 안정도를 구현할 수 있어서 많은 응용이 기대되는 소재이다. 또한 최근 수송기기 전반에 사용되는 소재부품의 경량화 요구로 인해 오스테나이트계 고망간강 합금에 높은 함량의 Al을 함유한 저비중 고망간강 (low-density high-manganese steel)의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재 오스테나이트계 고망간강은 극저온에서 물성이 우수한 오스테나이트 단상 조직을 얻기 위해 다량의 Mn과 탄소(C)를 함유하고 있다. 침입형 원소이며 오스테나이트 안정화 원소인 C를 첨가하면 가압 공정을 거치지 않고도 안정된 오스테나이트 기지조직을 확보할 수 있으며, 자유전자의 농도가 증가하여 금속성 결합이 강화되고 이에 따라 저온인성이 향상되는 경향을 보인다. 하지만 일정량 이상의 C 첨가는 결정립계 편석으로 인해 입계 파괴가 야기됨으로써 저온 인성에 나쁜 영향을 미친다. 또한 오스테나이트계 고망간강의 경량화를 위해 첨가하는 Al은 페라이트 안정화 원소이기 때문에 상태도에서 페라이트 영역을 증가시켜 오스테나이트 단상 조직을 얻는데 제한이 된다. 이와 같이 Al과 C 합금 원소의 첨가는 오스테나이트의 상 안정도를 변화시켜 다양한 변형 기구에 따라 극저온 물성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 적절한 합금 원소의 첨가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Al과 C 함량이 다른 Fe-23Mn 계 고망간강을 제조하고, 온도별 충격 시험과 파면 분석을 통해 상온과 저온 충격 특성을 분석하였다.

[P30-7]

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 Co-Cr-Mo계 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 building direction 및 HIP 영향: 김규식[1], 황재원[2], 박요설[2], 김명세[3], 이기안[1]; *[1]인하대학교. [2](주) 창성. [3]KAMI.*

Keywords: Selective laser melting, biocompatible Co-based alloy, Anisotropy, Hot isostatic pressure

일반적으로 ASTM F75로 명명되는 Co-Cr-Mo계 합금은 의족, 무릎 임플란트 생체 재료로 적용이 되며 주로 investment casting 방법으로 제조된다. Selective laser melting (SLM)은 형태가 다른 개개인의 임플란트를 제조하기 위하여 기존 주조 공정보다 시간, 비용면에서 효율적인 공정으로 인식되고 있다. 그러나 SLM 공정으로 제조된 소재의 미세조직은 building direction에 따라서 상이한 조직을 보이며 이에 따라서 기계적 특성의 이방성을 나타낸다. SLM 공정으로 제조된 Co-Cr-Mo 합금은 γ(FCC)와 ε(HCP) 로 구성되었으며 building direction으로 미세한 columnar structure를 나타내고 있었다. 수직방향으로 제조가 된 경우, 수평으로 제조된 것과 비교시 매우 낮은 기공도를 가지는 것으로 측정되었다. 수직 방향으로 제조된 as-SLMed Co-Cr-Mo 합금은 항복강도 596.7 MPa, 인장강도 1087.6 MPa, 12.6% 연신율을 나타내었다. 반면 수평 방향으로 제조된 Co-Cr-Mo 합금은 상대적으로 높은 항복강도 868.9 MPa, 인장강도 1172.9 MPa, 3.5%의 낮은 연신율로 상이한 인장 특성을 나타내었다. HIP(Hot Isostatic Pressure) 처리를 한 후에는 columnar structure가 관찰되지 않고 globular grain으로 변화함을 확인 할 수 있었으며 초기 존재하던 기공이 관찰되지 않았다. 또한 상온 인장 특성의 경우, 초기 제조 방향에 관계없이 항복강도 658.7 MPa, 인장강도 1070.3 MPa, 약 20.2%의 연신율로 수렴하는 결과를 나타내었다. 상온 인장 결과를 SLM building direction과 HIP에 따른 미세조직, 인장 파단면을 연계하여 해석하였다. 또한 기계적 특성의 차이를 나타내는 미세조직학적 주요 인자에 대하여 고찰하였다.

[P30-8]

700 MPa 급 고강도 및 내진 철근의 미세조직과 인장 특성: 홍태운[1], 이상인[1], 김보성[2], 이준호[3], 황병철[1]; *[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]대한제강 생산관리팀. [3]고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: TempCore process, seismic resistant, tempered martensite volume fraction, hardenability

최근 건축물의 고층화에 따른 수직 부재의 단면 증가와 함께 세계 곳곳에서 발생하는 지진으로 인해 건축물의 안전에 대한 중요성이 커지면서 고강도 내진 철근이 큰 주목을 받고있다. 이러한 고강도 내진 철근은 높은 항복 강도와 인장 강도-항복 강도의 비가 일반 철근보다 높게 설계되어 일반 철근보다 적은 양으로 더 큰 하중을 견딜 수 있고, 소성변형이 일어나는 과정에서 더 많은 외부 에너지를 흡수 할 수 있는 철근이다. 한편 철근은 일반적으로 공냉 공정이나 템프코어 공정(TempCore process)을 통해 제조되는데, 템프코어 공정은 열간 압연 이후 수냉시키는 공정으로, 템프코어 공정으로 제조된 철근은 표면에 경화층이 생성되고, 생성된 경화층은 철근 중심의 잔열로 인해 템퍼링(tempering)되어 템퍼트 마르텐사이트(tempered martensite), 페라이트와 펄라이트등의 복합조직을 가지게 된다. 이러한 미세조직은 합금원소와 공정조건에 따라 변하는데, 일반적으로 템퍼드 마르텐사이트 분율이 증가할수록 철근의 강도가 증가하는 경향을 보이지만, 제한된 제조 과정 중 과도한 수냉으로 인한 생산성 저하와 낮은 연신율을 유발하는 문제점이 있다. 또한, 결정립크기가 작아질수록 철근의 강도는 증가하지만 항복 강도-인장 강도의 비가 감소하며, 바나듐 단독 첨가량이 증가할수록 철근의 강도와 항복 강도-인장강도의 비가 증가하는 경향을 나타내지만, 바나듐의 비싼 가격으로 인해 철근 자재 단가가 상승하는 문제점이 있어, 이를 보완하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 앞으로 보다 저렴하면서 높은 강도와 내진 성능을 갖는 고강도 내진 철근을 개발하기 위해서는 다양한 공정으로 제조된 상용 고강도 및 내진 철근의 미세조직, 경도와 인장 특성을 이해하는 것이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 700 MPa 급 고강도 및 내진 성능을 가진 상용철근을 광학 현미경과과 주사전자현미경을 통해 미세조직을 정량적으로 분석하고, 경도 시험과 인장 시험을 실시하여 미세조직과 기계적 특성의 상관관계를 고찰하였다.

[P30-9]

고경도 철계 장갑재의 미세조직과 기계적 특성 분석: 이지민[1], 임현석[1], 송영범[2], 함진희[2], 김홍규[2], 황병철[1]; *[1]서울과학기술대학교. [2]국방과학연구소.*

Keywords: high hardness armor steels, tempering temperature, tempered martensite

현대전에서 전투장비의 성능 개선에 의해 장갑 차량의 중요성이 크게 인식되면서 기동력, 화력을 대표하는 장갑차량의 생존성에 직접적인 영향을 미치는 장갑재의 방탄 성능 향상에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이전까지의 장갑재에 대한 연구결과에 따르면, 높은 경도는 관통 시험 시 튼·대구경탄의 관통 깊이와 부피를 감소시켜 에너지를 효과적으로 흡수하기 때문에 방탄 성능을 향상시킨다고 알려져 있다. 또한 최근에는 경도가 매우 높은 초고경도 장갑재에서는 충격인성이 방탄 성능을 지배하는 것으로 알려져 있는데, Ordnance Engineering Design Handbook(ORDP 20-170)에 의하면 임계 경도 이상에서는 인성이 증가할수록 방탄 성능이 증가하는 것으로 보고되었다. 따라서, 현재 개발되어 있는 다양한 상용 장갑재는 높은 경도와 더불어 충격인성을 확보하기 위해 주로 Q-T(Quenching-tempering) 처리를 한다. Q-T 처리는 quenching 직후 마르텐사이트에 의해 높은 경도를 갖는 소재를 일정 시간 동안 임계점 아래에서 가열함으로써 경도를 낮추지만, 더 높은 인성과 연성을 달성하는 열처리 공정으로 이용되고 있다. 이 공정을 통해 얻어지는 템퍼드 마르텐사이트는 템퍼링 온도에 따라 탄소 확산, 전위 풀림, 탄화물의 형성 등이 달라져 기계적 물성에 영향을 끼치게 된다. 이와 같이 장갑재의 물성제어를 위해서는 제조공정에서 미세조직 제어가 요구되며, 이때 첨가된 다양한 합금원소와 템퍼링 온도에 따라 고용원소로 인한 고용강화나 석출물의 생성에 의한 석출강화가 발생한다. 그러나 제조사별로 상이한 제조방법을 통하여 제조를 하기 때문에 직접적인 소재 비교에 어려움이 있고, 미세조직적으로 해석된 연구결과가 부족하여 기존의 장갑재보다 물성이 향상된 장갑재를 만들기에는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 높은 경도를 갖는 대표적인 철계 장갑재 4종에 대하여 템퍼링 온도에 따른 미세조직의 변화를 관찰하고 경도, 인장, 충격 특성 등의 기계적 성질을 비교하여 미세조직과의 상관관계를 조사하였다.

[P30-10]

Effect of geometry ratio in equal-channel angular pressing OFHC copper: Woo sanghyun[1,2], Lee keunho[2], Lee yerim[2], Lee changsoo[2], Park leeju[1,2]; *[1]Korea university of science and technology. [2]Agency for defense development.*

Keywords: OFHC Cu, Uniaxial compression test, Geometry ratio, ECAP, UFG

The mechanical properties of oxygen free high conductivity (OFHC) copper have been extensively studied in lots of literature as a function of strain rate, grain size and temperature. The interactions of these factors influencing the measured stress-strain response. To compare of specimen geometry ratio at uniaxial compression test using MTS-810 were carried out characterizing mechanical properties of OFHC copper. Following the same procedure, the compressive stress-strain curves of ultrafine-grained(UFG) OFHC Cu formed through equal-channel angular pressing (ECAP) were obtained. In this study, comprehensive comparison of quasi-static compressive response between large grain size and UFG OFHC Cu were conducted and effect of grain size and specimen aspect ratio on the compressive properties of two kinds of OFHC Cu were characterized.

[P30-11]

강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성에 미치는 열처리와 접합강도의 영향: 하동욱[1], 진보라[1], 전건우[1], 정창열[1]; [1]*동국대학교 원자력·에너지시스템공학과.*

Keywords: steel, aluminum, multi-materials, automobile, mechanical property

최근 강화되는 자동차 연비 규제 및 충돌 법규를 동시에 만족하는 방안으로 이종재질을 융합한 차량용 다중융합소재에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있지만, 접합강도와 열처리 조건에 따른 다중융합소재의 기계적 특성에 대한 연구는 부족한 현실이다. 이에 본 연구에서는 강판-프리폼(preform)에 진공고압주조공법으로 알루미늄 합금을 접합시킨 강-알루미늄 다중소재융합 부품에 대하여 열처리 조건과 강-프리폼의 표면처리 조건에 따른 인장, 굽힘 및 충격 특성을 비교 분석하였다. 또한, 구조용 접착제를 이용하여 접합강도 변화에 따른 기계적 특성을 비교 평가하였다. 열처리 조건에 따른 다중소재융합 부품의 특성 평가 결과, 알루미늄 합금의 경도와 인장강도는 용체화 온도가 525~555°C까지 증가함에 따라 고용도 증가에 의한 고용강화로 증가하는 결과를 나타내었지만, 565°C에서는 수지상의 급격한 성장에 따른 연화 효과로 감소하는 결과를 보였다. 인성이 우수하며 균일한 열처리 효과로 부위별 편차가 감소한 545°C 8시간 조건의 용체화 이후 180°C 5시간 및 200°C 2시간의 시효 조건에서 최대 경도를 나타내었다. 강은 열처리 이후 소재상태보다 항복강도는 증가하고 항복점 현상을 나타내었지만 인장강도는 감소하는 결과를 보였다. 경도와 인장강도는 용체화 시간이 5시간에서 8시간으로 증가함에 따라 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 인성은 555°C 5시간 조건에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 또한, 강-알루미늄 이종 재질의 접합강도 변화에 따른 특성 결과에서 접합강도와 함께 기계적 특성이 향상되는 결과를 나타내었으며, 강과 알루미늄의 접합 위치 배열에 따라 다른 기계적 거동을 보였다.

[P30-12]

경량 스테인리스강 개발을 위한 FeMnAlC 합금의 Cr 첨가에 따른 미세조직 및 변형거동 상관성 해석: 김치원[1], 박성주[1], 박성준[2], 이창훈[2], 김경원[2], 이영주[3], *홍현욱[1]; [1]*창원대학교 신소재공학부.* [2]*재료연구소 철강재료연구실.* [3]*포항산업과학연구원.*

Keywords: Lightweight Stainless Steel, dislocation, Cr addition, κ-carbide

최근 민수, 군수분야에서 저비중, 고강도 및 고내식성 재료의 개발을 통해 해당분야의 장비 운용 효율성을 증진시키고 나아가 Ni의 첨가를 지양하여 경제적인 측면을 개선하고자 하였다. 따라서, Ni-free 경량 고강도 스테인리스강 개발에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구의 후보소재로는 Ni을 포함하지 않으면서 Mn과 C 첨가를 통해 상온에서 오스테나이트 기지를 안정화하고, Al의 첨가를 통해 기존철강 대비 약 15~20% 경량화를 실현 할 수 있는 Fe-Mn-Al-C 합금계가 고려되었다. 본 합금계에서 Al과 C의 첨가는 열처리 시 오스테나이트 기지로부터 정합관계를 가지며 규칙상으로 존재하는 $L'1_2$ 구조의 κ-carbide의 석출에 기여한다. κ-carbide는 합금설계 및 열처리 조건에 따라 입내에 미세하게, 또는 입계에 조대하게 석출되며, 소성변형 시 발생하는 전위의 활주를 효과적으로 억제하여 석출경화효과의 주요인자로 작용한다. 또한 Cr의 첨가를 통해 내식성 향상을 유도하였다. 따라서 본 연구에서는 Cr 첨가에 따른 κ-carbide 의 석출거동 변화 및 소성변형 시 나타나는 변형기구에 대한 분석을 주제로 하였다. Cr이 첨가되지 않은 경우 Al과 C의 복합적인 합금화로 인해 κ-carbide의 석출이 활성화되어 입내에 미세하게 석출될 뿐만 아니라, 입계에 조대화된 형태로 석출되어 존재한다. 또한, 오스테나이트 기지와 정합관계를 갖는 상태가 아닌 정출상으로 판단되는 조대한 κ-carbide가 관찰되었다. 소성변형이 발생 할 경우, 전위의 평면형 활주에 의해 입내의 미세한 κ-carbide가 shearing되어 규칙화의 파괴로 인해 전위의 easy path로 작용되므로 미흡한 가공경화 경향을 보인다. 또한, 정출상으로 판단되는 κ-carbide 내부에서 균열이 발생하여 파단이 이른 시기에 발생 하였는데, 이는 응력집중으로 인해 균열 형성 구역으로 작용하는 것이 원인으로 판단된다. 반면, Cr이 첨가된 경우, 결정립이 조대화 되었으며 κ-carbide의 석출이 억제되어 입내에 미세하게 석출되었다. 인장 하중에 의한 소성변형 시 Cr이 첨가되지 않은 경우는 기제내의 규칙화된 κ-carbide의 존재로 인해 전위의 shearing이 제한적인 슬립 시스템에서 발생하였다. 뿐만 아니라, 정출상 κ-carbide 내에서도 고밀도 전위의 planar glide가 나타났다. 이러한 고밀도 전위가 이른 파단의 주요 원인으로 판단된다. Cr이 첨가된 경우 규칙화된 κ-carbide의 미세화가 나타나며 이로 인해 전위의 shearing은 보다 많은 슬립계의 활성화에 의해 발생한다. 이러한 변형거동의 차이는 기계적 특성에 영향을 미치므로, Cr의 첨가가 야금학적으로 미치는 영향에 대해 보다 면밀히 비교하고자 Cr 첨가 전후를 거시 및 미시적으로 분석하여 고찰하였다.

[P30-13]

Alloy 617 합금의 입계 및 입내 강화를 통한 초고온 크리프 특성에 미치는 효과: 이지원[1], 홍현욱*[1], 설재복[2], 장재훈[3]; [1]*창원대학교 신소재공학부.* [2]*포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실.* [3]*재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Alloy 617, Grain boundary serration, 3D-APT, Creep properites

Alloy 617 합금을 제 4세대 원자로인 초고온가스로 (VHTR) 중간 열교환기에 성공적으로 적용하기 위해서는 950°C 초고온 크리

프 특성 향상이 중요한 해결방안이며, 이를 위해 결정립계 강화를 고려한 미세조직 개선이 효과적인 방안으로 고려되고 있다. 본 연구에서는 Alloy 617의 초고온 크리프 특성 향상을 위해 파형입계 (GB serration) 효과 도입을 시도하였다. 이때 도입된 파형입계 방법은 이전부터 연구되던 파형 입계법이 아닌 상분리와 유사한 현상이라는 관점에서 시도되는 것이다. 이에 따라 파형입계 형성에 대한 modeling을 3D-APT(Three Dimensional Atom Probe Tomography) 분석을 통해 확립하고자 하였으며, 더 나아가 파형입계 형성에 요구되는 critical strain energy를 제1원리를 통하여 예측하고자 하였다. 또한 이전 연구결과로부터 Alloy 617 합금의 파형입계를 위한 특수 열처리 방법이 성공적으로 설계되었으며, 더 낮은 시효 온도에서 더 높은 진폭과 작은 파장, 높은 파형입계 분율이 생성 되는 것을 확인하였다. 성공적으로 생성된 파형입계 시편과 표준시편 그리고 파형입계와 더불어 입내 미세 탄화물 석출 효과를 알아보기 위한 파형입계 형성 후, 냉간가공을 시행한 시편을 크리프 시험한 결과, 냉간가공을 시행한 시편이 3배 향상된 크리프 특성을 보였고, 파형입계시편 또한 2배 향상된 특성을 보였다. 크리프 후 미세조직 관찰 결과, 입내 탄화물의 급격한 성장에 의해 전위 거동이 활발해진 모습이 표준시편에서 관찰되었다. 반면 파형입계시편은 입내탄화물 양이 적어 전위 거동은 효과적으로 방해하지 못하나, 강화된 입계에 의하여 크리프 수명연장을 나타낸 것으로 확인된다. 또한, 파형입계 후 냉간가공을 시행한 시편에서는 입내 수많은 미세탄화물들과 10 nm 미만의 초미세탄화물들이 함께 관찰되었으며, 이들이 입계로 집중되는 변형 손상을 효과적으로 분산시켰을 것으로 추정된다. 따라서 이러한 기구에 의해 입계와 입내강화가 동시에 발현하여 최상의 크리프 특성을 나타낸 것으로 사료된다.

[P30-14]

페라이트계 산화물 분산강화 강의 고온인장강도에 미치는 미량합금원소의 영향: 노상훈, 강석훈, 김태규; *한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.*

Keywords: ferritic steel, oxide dispersion strengthening, high temperature strength

산화물 분산강화(Oxide dispersion strengthened, ODS) 강은 페라이트/마르텐사이트 강을 기지조직으로 하고 고온에서도 매우 안정한 수 nm 크기의 산화물을 미세하고 균일하게 분산시킨 합금으로 고온강도, 조사저항성 및 내식성이 매우 우수하여 원자력용 구조부품재료로서 주목을 받고 있다. ODS 강을 원자력용 핵심 구조부품으로 적용하기 위해서는 우수한 특성뿐만 아니라 다양한 구조부품으로 제조할 수 있는 성형성이 확보되어야 한다. 본 연구에서는 고온강도와 냉간가공성을 겸비한 페라이트계 ODS 강을 개발하기 위한 사전연구로서, ODS 강의 고온강도에 미치는 Si, Ti, Zr, Hf 미량합금원소의 영향을 평가하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 ODS 강은 16~22 중량%의 높은 Cr 함량을 가지는 페라이트계 스테인리스 강 상용분말을 활용하여 기계적 합금화, 열간가압 및 열간압연 공정으로 제조하였다. 제조된 시편을 절단하여 결정립 조직, 석출물 분포 분석을 실시하였으며 고온인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하고 상용소재와 비교하였다. 제조된 페라이트계 ODS 강에는 평균입경 2 μm의 페라이트 결정립이 균일하게 분포하는 것을 확인하였다. 제2상 강화입자인 산화물은 10 nm 전후의 평균입경을 나타내었는데 이는 결정립계뿐만 아니라 결정입내에도 고밀도로 존재하는 것을 확인하였다. 나노산화물은 제조공정에서 첨가된 미량원소에 따라 Y-Si-O, Y-Zr-O 및 Y-Hf-O 와 같은 복합산화물의 형태로 존재하는 것을 확인하였는데 구성원소와 결정상에 따라 각기 상이한 평균입경을 나타내었다. 이러한 ODS 강의 미세조직적 특징이 700°C의 고온에서도 상용소재 대비 월등히 우수한 인장강도와 연신율을 가지게 하는 것으로 판단된다. 본 연구결과는 원자력용 핵심 구조부품에 적용이 가능한 고성능 ODS 강 개발에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[P30-15]

Investigation of various manganese steels about the mechanical properties for bearing steel application: 누르차야닝시드이 아유, 박 노근; *영남대학교공과대학신소재공학부.*

Keywords: manganese steels, low-temperature annealing, hardness properties, hydrogen susceptibility, wear testing

The new idea to design high manganese steel which has a good combination of strength and ductility for bearing steel application was investigated in this research. This developed alloy is also known as a low-cost material with good performance in hydrogen susceptibility and toughness properties compared to common bearing steels. The casting process was done by induction melting subsequently homogenized at 1000 °C in 3% H_2 + argon atmosphere. Hot and cold rolling were performed with the same thickness reduction of 65%. The specimens were annealed at low-temperatures such as 300, 350, 400 and 450 °C for 1, 5 and 12 h, followed by water quenching. Hardness measurement and tensile testing were employed to characterize the mechanical properties. Fractured surface was observed using scanning electron microscope. X-ray diffraction analysis was used to identify the phase and proven by transmission electron microscopy. 3-dimensional atom probe tomography was performed to find the probability of the carbide precipitations which might be formed during low-temperature annealing. Wear tests were performed using the ball on disc method with the highest hardness value sample which treated at 300 °C for 1 h. It used the load of 5 and 10 N, 1 km of sliding distance and 2.1 m/s of sliding speed. Hydrogen absorption was electrochemically charged into tensile test sample with a thickness of 1 mm. The charging condition was in a 3% NaCl aqueous solution containing 3 g/L of NH_4SCN at a constant current density of 15 A/m^2 for 24 h. A small weight loss of less than 2 mg/km was measured after wear test and a small drop of 1% in total elongation of the hydrogen-charged sample was observed.

[P30-16]

Small Punch Test를 통한 금속재료의 인장특성 예측: 홍석민, 민기득, 김종민, 김민철, 이봉상; *한국원자력연구원.*

인장, 충격, 파괴인성과 같은 재료의 기계적 성질은 표준화된 대형 시험편의 평가를 통해서 얻을 수 있다. 하지만 대형 시험편의 확보가 불가능한 작은 크기의 재료에서는 재료의 기계적 성질을 평가하는 것이 어렵다. 이를 대비하여 소형시험법을 통한 재료성질

을 예측하는 miniature testing 기법이 많이 연구되어 왔다. Small punch (SP) test법은 miniature testing 방법 중 하나로 초기 원자력 적용을 위해서 개발되었지만, SP test를 통한 금속재료 성질예측법의 표준화는 아직 이뤄지지 않았다. 기존에 연구된 SP test 방법은 연구자들마다 punch radius, 시험편 크기, 시험편 준비, 시험방법 등이 다양하게 연구되었다. 이런 SP 방법을 표준화 하기 위해서 유럽 CWA (CEN(European Committee for Standardization) workshop agreement)에서는 "small punch test method for metallic materials" 작성을 통해 표준화를 준비하였고 현재 ASTM work item WK47341로 개발 중에 있다. 이를 위해 많은 유럽의 기관들이 참여 중이고 국제 round-robin test (ILS 1408)를 통해 표준화 작업의 신뢰도를 높이기 위해 연구를 수행 중에 있다. 한국원자력연구원에서도 2000년도 초반에 SP 실험을 연구한 경험이 있고, 현재 국제 ILS 1408에 참여하여 SP test를 수행 중에 있다. 이번 연구에서는 2000년도 초반에 수행된 KAERI-SP test와 ILS1408-SP test 방법의 차이를 Finite Element Method (FEM) simulation을 통해 비교하였다. 또한 기존 연구를 통한 재료물성 예측법 결과를 정리하였고, ASTM WK47341의 재료물성 예측법과의 차이를 비교하였다.

[P30-17]

대형 Built-up H형강 접합상세 개발을 통한 내진성능 평가: 최우남[1], 김길수[1], 이창주[2], 이동훈[2], 이명재[3]; *[1]동국제강 중앙기술연구소 봉형강연구팀. [2]동국제강 기술영업팀. [3]중앙대학교 건축학부.*

Keywords: Built-up H Beam, Seismic Resistant Steel, Seismic Performance, SAW

최근 잇따른 국내지진으로 건축물에 사용되는 강재의 내진성능이 주목을 받고 있다. 본 연구는 용접으로 조립된 대형사이즈의 Built-up H형강 (H900x300, H1000x350, H1200x400)이 지진하중에 견딜 수 있는 충분한 연성능력을 확보하고, 접합부의 취성파괴가 일어나지 않는 내진제품로 적합한지 검증하기 위해 실시되었다. 대형 Built-up H형강은 Arc안전성이 높고, 안정적인 용접비드를 확보 할 수 있는 SAW (Submerged Arc Welding) 자동용접을 적용하였으며, 미국용접협회 (AWS, American Welding Society)에서 규정하는 기준에 부합하였고, 비파괴검사 (MT)를 통해 결함이 없는 양호한 용접부를 확인 하였다. 이렇게 제작된 대형 Built-up H형강 (H900x300, H1000x350, H1200x400)의 기둥-보 접합부의 소성변형 능력확보를 위하여 보 단부와 기둥의 접합상세를 개발하여 실제 실험체를 대상으로 반복가력실험을 실시하였다. 그리고, 실험결과를 바탕으로 수평보강판의 보강효과 및 접합부의 소성변형능력을 분석하여, 높이가 큰 보의 내진제품로의 적용가능성을 검토하였다. 그 결과, 모든 실험체는 반복하중가력실험 시 회전각 0.02rad 이상의 회전거동까지 휨 내력의 저하 없이 안정적인 이력거동을 나타내면서, 강구조 모멘트 분류방법에 따라 중간모멘트골조 (IMF), 즉 내진제품으로 사용이 가능한 것으로 판단되었다. 또한 접합상세개발에 적용한 Non-Scallop공법은 종래의 일반 접합상세를 가지는 경우에 비해 우수한 소성변형능력을 확보하여 최근 대형화 되고 있는 건축물의 비정형화와 장스팬 강구조 적용에 유리 할 것으로 확인되었다.

[P30-18]

템프코어 냉각모사 장치 개발을 통한 SD400 철근 미세조직 구현: 박춘수, 이향준, 김길수; *동국제강주식회사 중앙기술연구소.*

Keywords: TEMPCORE, hardened layer, hardness, microstructure, rebar

템프코어로 불리는 냉각 공정이 고강도 철근을 제조하기 위해 적용되고 있다. 높은 강도와 우수한 용접성능을 가진 철근은 템프코어 공정을 통해서 합금원소의 추가 없이 마일드 스틸을 사용하여 제조될 수 있다. 본 연구에서는 철근의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 화학성분과 냉각조건의 영향을 평가하기 위해 템프코어 공정을 모사 할 수 있는 장치를 개발하였고, 반경 방향에 따라 경화된 표층/중간 영역/연한 내부조직 등 세 가지의 다른 미세조직을 얻을 수 있었다. 본 실험장치에는 현장 설비와 동일한 쿨러가 설치되었고, 12~13 bar의 압력과 50 m^3/h의 유량을 공급할 수 있는 펌프라인으로 구성되어 있다. 항복강도 기준 400 MPa 이상을 요구하는 강종인 SD400의 모사실험 결과에 따르면 경화층 면적비와 반경방향 경도 프로파일이 상용중인 SD400 철근과 잘 일치함을 알 수 있었다.

[P30-19]

TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-0.3Si-0.1C 합금의 고온 압축 변형 거동: 김대진[1], 금동엽[1], 서동이[2], 양원존[3], 김상영[4]; *[1]안동대학교 기계공학과. [2]National Research Council Canada. [3]재료연구소. [4]군산대학교 기계자동차공학부*

Keywords: Hot Workability, Gleeble Compression Test, Strain Rate Sensitivity

항공기 터빈 블레이드 등의 부품을 단조 공정을 통해 제작하고자 할 경우 단조 과정에서 재료가 어떻게 변형이 되는지에 대한 열간성형성(Hot Workability)을 평가해야 한다. 본 연구에서는 TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-3Si-0.1C 조성의 lean-Al TiAl 합금에 대하여 1100°C~1300°C, 0.001s^{-1}~1s^{-1}의 조건으로 Gleeble 고온 압축시험을 수행하여 응력-변형율 선도를 도출하였다. 압축 변형 거동에 미치는 온도 및 변형율 속도의 영향을 평가하였고 최대응력과 변형율 속도와의 관계를 도출하여 각 온도별 변형율 속도 민감도 (strain rate sensitivity)를 분석하였다.

P31 : 마찰마모
Room 3층 로비, 4월 27일

[P31-1]

Comparative Studies on Tribological Behavior of Amorphous Carbon Coatings on Gear Materials: Hyun-Ju CHOI[1], Won-Kyung KANG[1], Yong-Ho HAN[2]; [1]*Korea Automotive Technology Institute.* [2]*Hansmeca Co.*

Keywords: Gear material, Heat treatment, ta-C, DLC, Tribological behavior

According to the intended application of the power-transmission gears used in automotive industry, it is essential to select proper gear materials and their heat treatments. Such parameters (substrate material, heat treatment and surface roughness prior to coatings) are also essential factors enabling the coating to reach its maximum performance on tribology. As is well known, DLC (diamond-like carbon) coatings can reduce the fuel consumption of automobiles by reducing frictional losses as well as increasing wear resistance because they are inherently self-lubricating and resistant to abrasive, adhesive, and corrosive wear. For the last few decades, many different functional DLC coatings have been commercialized and brought to the automotive industry. They are typically amorphous and thin-film. In this study, with the commercial and tailor-made DLC coatings, comparative case studies on tribological behavior of amorphous carbon coated gear materials were performed, compared to the uncoated substrates. First of all, we selected four different substrates with a hardness of 500 ~1000 Hv such as SCM440, SCM415, SM45C and SACM645. For each substrate, two different carbon coatings, ta-C and a-C:H, were deposited by filtered arc PVD and PECVD methods, respectively. Each specimen was run on a linearly reciprocating ball/ pin-on-flat wear tester under dry and oil sliding conditions. As a result, the typical coating thickness value for each was between 1.5 and 7 μm with hardness up to 6800 Hv. Good coating adhesion to the substrates of over HF2 following the VDI 3198 standard was obtained. 1) Regardless of the type of substrate used for this study, our results showed all of the thin ta-C coatings had the lowest available coefficient of friction of about 0.06 [under 0.5 m/s, 10 N, 10 min, against a SUS304 ball, in dry conditions] and 2) the thick ta-C coatings on SCM415 could maintain friction coefficients of about 0.07 [under 0.5 m/s, 100 N, 10 min, against the same material type as a pin, in dry conditions]. Furthermore, the high hardness (of a ta-C coating) guaranteed a high abrasive wear resistance.

[P31-2]

일반 라인파이프용 강과 비교한 고Mn 해드필드(Hadfield)강의 미끄럼마멸과 침식마멸 거동: 김용석, 구본우; *국민대학교.*

Keywords: Hadfield 강, 라인파이프 강, 미끄럼마멸, 침식마멸

오스테나이트계 강인 해드필드강은 내충격 내마멸(마모) 특성이 우수하여 지난 100여년 간 광산 산업과 철도 분야 등에서 널리 사용되어 왔다. 해드필드강의 우수한 내마멸 특성은 뛰어난 가공경화능에 기인한 것으로 알려져 있다. 해드필드강의 마멸 특성은 그간 주로 미끄럼마멸과 연삭마멸 특성에 대해 보고되어 왔고, 침식 마멸 특성에 대해서는 보고된 연구결과가 많지 않다. 또한 근래에 강재의 사용 조건이 다양해지는 환경에서 종래의 조건보다 좀 더 가혹한 조건에서의 해드필드강의 마멸 특성 분석이 요구된다. 본 연구에서는 고Mn Hadfiled 강(1.2C-13Mn)의 미끄럼 마멸과 침식 마멸 거동을 일반 라인파이프용 강인 API X70 강의 마멸 거동과 비교하여 다양한 조건에서 평가하였다. Pin-on-disk 미끄럼 마멸 시험을 실시하였고 마멸 상대재로는 알루미나 볼(ball)을 사용하였다. 미끄럼 거리 300 m, 미끄럼 속도 0.1 m/s 조건에서 적용 하중을 50 N에서 370 N 고하중까지 변화시키며 미끄럼마멸 시험을 행하였다. 또한 왕복동미끄럼마멸 시험을 실시하여, 미끄럼 방향이 변할 때의 Hadfield 강의 미끄럼 마멸 거동을 분석하였다. 침식마멸은 개스분사식 침식마멸시험기(Jet impingement method)를 이용하여 46 mm 크기의 알루미나 입자를 15°~90° 입사각으로, 입자의 입사속도를 40 m/sec에서 120 m/sec의 고속으로까지 변화시키며 수행하였다. 미끄럼 마멸 시험 후 마멸면, 마멸입자 그리고 마멸 단면을 SEM, TEM 그리고 EDS로 조사하여 일반강과 Hadfield 강의 마멸면 표층의 형성과 마멸입자 형성 기구를 비교하였다. 또한 침식마멸된 마멸면의 양상을 SEM 으로 관찰하여 입사 조건에 따른 침식마멸 기구의 변화를 고찰하였다. API X70강과 Hadfield 강의 마멸 거동을 마멸면에 형성되는 고경도 변형층과 변형층에서의 균열 전파 양상을 연계시켜 분석하였다.

[P31-3]

Cu-Free hybrid **마찰재의 제동 조건에 따른 전이막 특성 분석 및 유한요소법을 이용한 열-탄성 거동 해석**: 박기성[1], 이성음[1], 서위걸[1], 최희범[2], 김향래[2], 최시훈[1]; [1]*국립순천대학교.* [2]*㈜프릭사.*

Keywords: Cu-Free, Frictional material, Friction coefficient, Transfer film, FEA

현재 상용되고 있는 브레이크 패드는 제동 시 구리(Cu) 및 구리 화합물을 포함하는 파편(debris)이 떨어져 나가 주위의 수로를 통하여 강으로 유입되면서 심각한 수질오염 및 토양오염 문제를 야기시키고 있다. 신소재의 첨가 및 배합비율 조정을 통해 구리를 대체할 수 있는 Cu-Free hybrid 마찰재를 개발하였다. 1/5 scale dynamometer 시험을 통하여 Cu-Free hybrid 마찰재의 제동 성능(마찰 계수, 마모량 등)을 테스트하였다. FE-SEM을 이용하여 1/5 scale dynamometer 시험 후 디스크 표면에 형성된 전이막(transfer film) 형상 및 두께를 관찰하고, 제동 성능과 전이막 특성과의 상관관계를 도출하였다. 또한, 제동 시 개발 마찰재의 온도 변화 및 응력 분포를 예측하기 위하여 유한요소해석(FEA)을 수행하였다. 유한요소해석에 필요한 개발 마찰재의 기계적 물성 및 열 특성(thermal property)를 LFA(laser flash analysis) 및 TMA(thermomechanical analysis)시험법을 이용하여 측정하였다. 제동 시 디스크와 개발 마찰재 패드 사이에 발생하는 마찰열(frictional heat) 및 마찰 응력(frictional stress)을 모사하기 위해 FEA에 온도-변위 복합 모델을 적용함으로써 유기 마찰재의 열-탄성 거동을 이론적으로 해석하였다.

P32 : 수소재료안전 심포지엄
Room 3층 로비, 4월 27일

[P32-1]

Four Point Bending 방법을 적용한 고압 수소 사용 적합성 평가 방법 연구: 오동현, 임경민, 이찬주; *(재) 한국화학융합시험연구원.*
Keywords: 수소취성, Four point bending, 고압 수소 분위기, Step loading

최근 들어 이산화탄소 배출 및 미세먼지 방지를 위한 친황경 차량 및 에너지 패러다임 변화 예고로 인하여 수소연료전지 차량과 이를 충전하기 위한 고압 수소 가스 충전소와 관련된 연구 개발이 활발하게 진행되고 있는 실정임. 이 중 700 bar 이상의 고압 수소 환경하에서도 안전하게 사용될 수 있는 재질의 선정이 중요하며, 미국 등을 중심으로 ANSI, ASTM 등과 관련한 수소 사용 적합성 연구 및 시험방법 표준화가 이루어지고 있으나 기존 방법의 경우 수소 고압 분위기하에서 가스누출 및 시간상의 애로가 있어 본 연구에서는 Four Point Bending 및 Step loading 방법을 적용하여 금속재료의 고압 수소 분위기하에서 수소 사용 적합성 평가 방법을 개발하고자 하였음.

P33 : 복합재료
Room 3층 로비, 4월 27일

[P33-1]
그래핀으로 보강된 구리 복합재료의 열처리에 따른 특성 연구: 조동민, 김현준, 김성한, 최병상; *조선대학교 공과대학 재료공학과.*
Keywords: Copper, Graphene, CVD(Chemical Vapor Deposition), Heat treatment

그래핀으로 강화된 구리-그래핀 복합재료는 우수한 열전도성, 인장강도, 내부식 특성을 보이는 것으로 평가 되었다. 본 연구는 기존의 기계적 혼합의 방법이 아닌 아주 간단한 화학적 방법으로 압축 성형한 순도가 99.5%인 구리 분말 압분체에 CVD를 이용하여 3차원 그래핀 그물망 형상을 갖는 그래핀-구리 복합재료를 합성한다. 합성 후 수소, 아르곤, 메탄, 산소, 대기 분위기에서 열처리를 진행하며, 열처리 후 OM, SEM, EDX, XRD를 이용하여 구리-그래핀의 구조 및 형상의 변화를 알아보고 이에 따른 물리적 변화 즉, 비커스 경도, 인장강도, 열전도도, 전기전도도를 측정함으로써 이에 대한 상관관계를 보이고자 한다.

[P33-2]
나노셀룰로오스를 이용한 고비표면적을 갖는 다공성 티타니아(TiO_2) 박막 제조 및 물성분석: 윤용희, 양기욱, 노형민, 김소영, 이원희; *세종대학교 나노신소재공학과.*
Keywords: Porous TiO_2, cellulose nanocrystal, photocatalyst, transition metal, specific surface area

광촉매의 역할을 하는 티타니아(titanium dioxide, TiO_2)는 태양에너지에 의해 산화, 환원과정을 거쳐 공기와 물 등을 정화할 수 있는 친환경적 물질이다. 그 중에서도 비표면적을 높임으로써 광효율을 극대화하기 위해 메조 기공을 가진 다공성 TiO2에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 추출이 쉽고 가격이 저렴한 셀룰로오스 천연소재를 이용하여 다공성 TiO2 박막을 제조함으로써, 다공성 TiO2 박막을 제조할 때 필요한 지지체를 제거해야 하는 후처리 공정을 생략할 수 있도록 하였다. TiO2 전구체로 사용된 TEOT(titanium(IV) ethoxide) 용량 대비 셀룰로오스 나노결정(cellulose nanocrystal, CNC)의 질량비를 설정하여 용액을 합성할 때 포함시키고, 이 용액을 ITO 기판에 스핀코팅 한 후 하소를 진행할 때 박막에 존재하는 CNC가 자연스럽게 연소되어 기공을 형성하도록 유도하였다. 전구체 용액 속에 포함된 CNC의 비율을 조절하는 과정을 통해 박막의 기공도, 전체 기공의 부피, 그리고 비표면적을 제어할 수 있다. 또한 용액이 코팅된 박막의 하소 온도를 세분화하여 하소 온도에 따른 표면 형상 및 비표면적 등이 어떻게 달라지는지 확인하였다. 추가적인 공정으로써 TiO2의 흡수 파장을 자외선 영역에서 가시광선 영역으로 확장시키고자 전이 금속을 도핑하였는데, 원소로는 Cobalt(Co), Molybdenum(Mo), Niobium(Nb), Tungsten(W)을 사용하였다. 도핑 원소의 종류와 첨가량을 달리하여 광촉매 활성에 어떤 변화가 있는지 관찰하였다. 완성된 다공성 TiO_2 박막의 구조 및 정성적 분석을 위해 field emission gun이 장착된 Scanning Electron Microscopy(FE-SEM), Branauer-Emmett-Teller(BET), X-ray Diffractometer(XRD), Atomic Force Microscopy(AFM), X-ray Photoelectron Spectroscopy(XPS)를 이용하였다. 그리고 광학적 성질을 규명하기 위해 UV-Vis-NIR Spectroscopy와 Spectrophotometer를 이용하였고, 박막의 광활성 측정을 위해 waste material의 분해능을 관찰하였다. 셀룰로오스 나노결정(CNC)을 연소시켜 만든 다공성 TiO_2 박막의 기공 형상은 원재료의 모양 그대로 유지되었으며 CNC의 비율에 따라 표면의 morphology를 제어할 수 있었다. 박막의 비표면적은 하소 온도가 350°C, TiO_2/CNC ratio가 0.5일 때 221.6m^2으로 가장 높았다. 그리고 높은 원자가를 가진 전이 금속의 도핑에 의해 광촉매 특성 및 광분해 효율이 개선되었으며, 비표면적 역시 기존의 다공성 TiO_2에 비해 20% 가량 높은 수치를 나타내었다.

[P33-3]
고방열 특성을 갖는 Si 복합체 패드 및 그리스 제조: 양기욱, 윤용희, 노형민, 김소영, 이원희; *세종대학교 나노신소재공학과.*
Keywords: TIM(thermal interface metal), thermal conductivity, heat-releasing

LED는 수명이 반영구적이고 에너지 소비 또한 형광등에 비해 효율적이므로 수요가 증가하고 있다. 하지만 LED를 패키징?제품화 했을 경우 발열상의 문제가 생기므로, 이를 보완해주기 위해 열전도도가 높은 열전달 물질(TIM, Thermal Interface Material)의 수요 또한 증가하고 있는 추세다. TIM은 LED모듈과 방열판 사이에 생기는 공기층을 메워 LED에서 발생한 열을 방열판으로 빠르게 전달해주는 역할을 한다. 본 실험에서는 4가지의 필러(aluminum nitride(AlN), boron nitride(BN), silicon carbide(SiC), graphite)와 2가지의 베이스(silicon oil, silicon rubber)를 사용하여 Si 복합체 패드 및 그리스를 제조하여 그 특성을 분석 하였다. 먼저 AlN, BN, SiC 중 2가지필러를 선택하여 사용하였으며, 총 함량의 70 ~ 75 wt.% 만큼 각 필러를 일정 비율로 혼합하여 silicone oil 베이스에 첨가한 후 교반하여 그리스 복합체를 제조하였다. 다음으로 AlN, BN, graphite 등 3가지 필러를 총 함량의 40~58 wt.% 만큼 일정 비율로 혼합하여 silicone rubber 베이스에 첨가한 후 교반하였고, 상온에서 8시간 경화시켜 복합체 패드를 제조하였다. 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 패드의 단면을 관찰해보니 필러들끼리 서로 이어져있는 열전도경로를 형성하고 있었다. 시차주사열량법(DSC)을 이용하여 비열을, 아르키메데스법을 이용하여 밀도를, Nanoflash(LAF447)를 이용하여 열확산계수를 구한 후 이 3가지 물성을 곱하여 열전도도(Thermal conductivity)를 도출할 수 있었는데, 3W/m·K 이상의 높은 열전도도를 나타내고 있었다.

[P33-4]
Split Hopkinson Pressure Bar(SHPB)를 활용한 SiC-Al alloy 금속복합재료의 동적 압축 특성 및 변형거동에 미치는 영향: 최진혁[1], 조민철[1], 조일국[2], 이상관[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 [2]재료연구소.*

Poster Session III

Keywords: Split Hopkinson Pressure Bar(SHPB), Dynamic Compression Test, Metal Matrix Composite(MMC)

In defense research areas, it is necessary to obtain excellent ballistic performance with lightweight. Recently, lightweight alloy composites reinforced with ceramics such as SiC or B4C have been developed by advanced fabrication technologies such as a liquid pressing process which is a promising way of lightweight composite fabrication. In this study, Metal Matrix Composites(MMCs) which Al alloy reinforced with SiC particulates were tested by Split Hopkinson Pressure Bar(SHPB) for Dynamic Compression test. In this work, Dynamic compression properties and Dynamic deformation behaviors have been studied.

[P33-5]

Tensile fracture characteristic of TiC-SKD11 composite by HIP process: 박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.*

Keywords: Fracture, composite, tensile test, Residual stress, HIP

본 연구에서는 용융가압함침공정을 사용하여 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 우수한 복합소재 강화재로 알려진 TiC를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 경도 및 내마모성을 지닌 Fe계 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. 주사전자현미경을 사용하여 입내 및 TiC-TiC 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/SKD11 계면이 [-111]SKD11//[001]TiC, (1-12)SKD11//(220)TiC 및 [012]SKD11//[110]TiC, (200)SKD11//(-224)TiC의 방향 관계를 가지는 semi-coherent nature를 이루어 우수한 계면 강도 가질 것이라고 예측하였다. 이를 바탕으로 40% TiC 분율을 가지는 금속복합소재를 25°C 및 700°C에서 인장시험을 실시하였다. 실험 결과 TiC 입내의 {100} 벽개면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 또한 복합소재의 특성 향상 가능성을 판단하기 위해 용융가압함침 조건으로 제작된 TiC-SKD11 금속복합소재에 대해 HIP(Hot Isostatic Pressing)공정을 적용시켜 보았다. 그 결과 25°C 및 700°C에서 각각 128MPa(791MPa→919MPa), 25MPa(490MPa→515MPa)로 인장강도가 크게 향상되었다. 그리고 HIP처리된 복합소재에 HIP와 같은 온도조건의 열처리를 추가한 결과 인장강도는 각각 174MPa(791MPa→965MPa), 69MPa(490MPa→559MPa)로 크게 상승하였다. 향상된 이유에 대해서는 M_7C_3 분율 감소, TiC 분율 감소, 기지조직 변화, TiC 계면에서의 잔류응력 변화 등을 고려하였다. 주사전자현미경을 통한 미세조직 비교 결과 M_7C_3 분율이 8.58%감소(9.12%→4.36%→0.54%)하였으며 이는 고온 고압에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 유추하였다. 또한 HIP처리 후 TiC/SKD11 계면에서의 잔류응력 변화의 정도를 측정하기 위해 X-ray 회절 실험을 통해 TiC 격자상수를 비교하였다. 그 결과, HIP처리 전에 비해 TiC 격자가 작아짐을 확인하였다. 이를 통해 격자상수의 감소에 따라 인장강도 값이 증가함을 알 수 있으며 내부 잔류응력 영향에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

[P33-6]

CeO_2가 초경 앤드밀 소재의 물성에 미치는 영향: 강인철[1], 한재길[1], 주선아[1], 박영군[2], 송아림[2]; *[1](재)인천경제산업정보테크노파크. [2](주)와이지-원.*

Keywords: WC, High Temperature TRS, CeO_2, Hardness, Microstructure

최근 첨단산업을 중심으로 인코넬, 티타늄 및 복합재료와 같은 초경량 고경도 난삭 소재의 비중이 급격히 증가함에 따라 난삭재의 고효율, 고능률 가공기술 개발과 함께 가공을 위한 공구에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 난삭재의 경우 가공 시 작업 온도가 높아 고온의 작업 환경에서 공구의 수명이 단축되는 문제가 발생되어 고온에서도 안정한 기계적 물성을 확보할 수 있는 소재 개발에 대한 필요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 WC-Co을 기반으로 한 블랭크 소재의 고온 강도를 개선하기 위해 CeO_2의 첨가에 따른 상온/고온 TRS, 경도, 파괴 모드, 미세조직에 대하여 비교 분석하였다. 일반적으로 내마모성과 고온 안정성의 특성을 갖는 CeO_2가 고온 환경에 사용되는 엔드밀 블랭크 소재에 주는 영향을 평가하기 위해 고온(800°C)에서의 TRS 값을 비교하였으며, 인성 및 경도에 주는 영향을 비교하기 위해 로크웰 경도를 통한 경도 및 파괴 모드를 분석하였다. CeO_2를 첨가한 경우 고온 TRS의 값이 30% 이상 개선되었으며, 경도에서도 개선된 값을 보였다. 특히 파괴 모드를 비교한 결과 CeO_2가 첨가된 경우 인성이 개선된 경향을 보였다. 고온강도 테스트는 800°C, Ar 분위기에서 3점 곡강도 시험법을 통하여 진행하였으며, 시편 크기는 4(W) × 3(H) × 24(L)mm로 하였다.

[P33-7]

Effect of graphene/Al encapsulation for the thermal and mechanical properties of the hybrid materials: Jin uk Hwang[1], Woo sik Kim[2], Hwan soo Dow[2], Hye young Kim[1], Sang yong Nam[3]; *[1]Department of materials engineering, Gyoengsang National University. [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology. [3]Department of Materials Engineering and Convergence Technology.*

Graphene has highly desirable electrical and thermal properties, such as low electronic scattering rates, high electron transport and thermal conductivity with over 5,000W/mK. Therefore, graphene could be used to improve the thermal properties of aluminum (Al)-based composite. Graphene encapsulated Al was fabricated by self assemble process among the chemical reaction of functional groups on the surface of Al particles. To increasing of thermal energy movement on the surface of GO/Al hybrid materials (Al-GO). The densed Al-GO composites were fabricated by spark plasma sintering under various experimental conditions. Then the surface molphology of Al-GO paticles was observed with scanning electron microscope (SEM). Density of sintered composites were measured by a hydrostatic method and over 95% of the theoretical value. Thermal conductivitiy of the samples were measured thermal diffusivity by laser flash analysis (LFA) at room temperature, and then multiplying the density, diffusivity and theoretical specific heat. The structural features of the functionalized and hybrid materials could be analyzed by Raman and IR spectrum. We confirm that the thermal

conductivity of Al-GO was increased compared than pristine Al.

[P33-8]

전기방사를 이용한 고강도 복합소재(CNT-CFRP) 개발연구: 이종엽[1], 이경환[1], 서경두[2], 이준철[2]; *[1] 울산테크노파크. [2](주)티오엠에스.*

탄소나노튜브는 튜브와 튜브간의 강한 반데르발스 상호작용으로 인하여 응집되어 있는데, 이러한 응집현상은 복합제를 제조할 경우 복합제 내에서 탄소나노튜브의 균일한 네트워크 구성을 방해하므로 고분자 매트릭스 내에서 탄소나노튜브를 잘 분산시키지 않으면 열적, 기계적, 전기적 특성에 대한 우수한 결과를 기대하기는 어려울 것이다. 즉, 응집되어 있는 튜브를 고르게 분산시키는 일이 탄소나노튜브 복합제 제조의 핵심기술이다. 본 연구에서는 국내업체에서 생산되는 TWCNT(Thin walled CNT) 및 MWCNT(Multi walled CNT)로 구분되는 탄소나노튜브를 이용하여 CNT, PAN, DMF 과의 교반비율 및 방사조건(방사거리, 콜렉터 회전속도, 토출유량등)의 Optimization Condition 을 확보하였다. 시험결과 ASTM 인장시험을 통하여 일반 CFRP 대비 24% 우수한 강도를 갖는 복합재 결과물을 얻을수 있었다.

[P33-9]

3차원 금속 네트워크를 가지는 열전도성 고분자 복합체의 개발: 유승건[1], 노석진[1], 박철민[2], 구종민[1]; *[1] 한국과학기술연구원. [2] 연세대학교.*

Keywords: 열전도도, 전기전도도, 고분자, 복합체, 입자

최근 기술의 급속한 발전으로 인해 발광 소자, 태양 전지, 우주 항공, 자동차 및 의료 기기 등의 첨단 장비를 구성하는 소자의 고성능화 및 고효율화가 요구되어진다. 이러한 성능 향상을 위해서 소자의 소형화와 이를 구성하는 회로의 고집적화가 필수적이다. 하지만, 유효 면적 내 크게 집적된 소형 회로들이 작동함에 따라 더욱 많은 열을 발생시키고, 소자 내 축적된 열은 성능 저하, 수명 저하, 나아가 파손에 이르러 치명적인 사고를 유발할 수 있다. 따라서, 이러한 소자로부터 발생하는 열의 효율적인 방출 및 제어를 위하여 소자 내부의 열 계면 소재 뿐 아니라 패키징 소재의 적절한 디자인을 통하여 열의 집적화를 제어할 수 있는 열 관리 기술이 요구되어진다.본 연구에서는 열전도성 고분자 복합체의 제조를 위해 분말 가압 성형 공정을 통하여 열전도도가 우수한 금속 레이어의 3차원 네트워크 구조를 가지는 고분자 입자 구조체를 개발하였다. 고분자 입자 사이에 위치하는 금속의 3차원 네트워크 구조는 효율적인 전자 전도 통로를 형성함으로써 낮은 함량으로도 전기전도도 및 열전도도를 크게 향상시킬 수 있었다.

[P33-10]

아연도금강판-알루미늄 이종소재의 주조접합 특성에 미치는 계면의 영향: 김효중[1,2], 김태형[1], 신제식[1], 현승균[2], 임경묵[2]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 인하대학교 신소재공학부.*

Keywords: Cast-bonding, Aluminum, Galvanized Steel, Bonding Interface, Composite Materials

자동차 산업분야는 탑승자의 안전 및 연비 향상을 목적으로 충돌 시험 및 연비규제가 점차 강화되고 있으며, 그에 대응하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 종래에 사용되고 있는 소재에는 다양한 철계 합금이 주를 이루었으나 강화된 시험과 규제를 만족시키기 위한 방법으로 이종 복합소재 적용 방안이 주목받고 있다. 기존의 차량 충돌 시험에서는 스틸 차체로 대응 가능했던 반면, 강화된 충돌 시험에서는 그 한계를 보인다. 이에 대응하기 위하여 고강도강을 대폭 적용할 경우 중량의 증가를 초래하며 이는 연비의 손실로 이어진다. 그에 반해 연비 규제 대응을 위한 경량화 소재의 대폭 적용은 안전성 및 생산성의 저하를 불러온다. 이에 따라 이종 복합소재의 필요성이 대두되었으며 일부 선진사를 필두로 알루미늄과 스틸을 결합한 소재를 차체에 적용하려는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 가장 우수한 경제성 및 생산성을 지니는 주조접합법을 통하여 이종 복합소재를 제작하고, 접합면을 관찰 및 분석하여 접합 메커니즘 및 아연도금강판-알루미늄 계면에 따른 그 특성을 알아보고자 하였다. 실험에서의 아연도금강판-알루미늄 주조접합은 용융아연도금강판과 합금화아연도금강판 두 종류의 강판과 Sand-Blasting을 통한 표면처리 방안을 변수로 하였으며, Al-Si계 주조용 알루미늄 합금을 사용하여 고압 다이캐스팅을 진행하였다. 금형에 아연도금강판을 인서트로 삽입 후, 용융상태의 알루미늄을 주입하여 이종소재 주조접합 시편을 만들었으며 접합계면의 특성을 살펴보기 위하여 미세조직 관찰 및 EDS-point, Mapping 분석을 진행하였다. 또한, 접합면에 대한 시험을 진행하여 각각의 계면접합강도를 평가하였다. 아연도금강판 제조 공정에 따른 강판 조건 및 Sand-Blasting을 통한 표면처리에 따라 각각의 이종주조접합 소재 접합면의 상이함을 관찰할 수 있었으며, 계면접합강도 평가 결과 가장 우수한 강도는 약 40MPa로 측정되었다. 이 시편의 접합계면의 미세조직 관찰 결과, Inter-metallic compound 생성을 확인할 수 있었으며 Chemical Bonding을 유도하는 표면처리 방안이 가장 효과적인 방안으로 관찰되었다.

[P33-11]

방전플라즈마 소결 공정을 통해 제조된 Al-Ti 복합재료의 금속간화합물 생성 거동 분석: 박광재[1], 김다솜[1], 박재홍[2], 조승찬[3], 김권후[4], 권한상*[1]; *[1] 부경대학교 신소재시스템공학과. [2](주)차세대소재연구소. [3] 재료연구소 복합재료연구본부. [4] 부경대학교 금속공학과.*

Keywords: Aluminum, Titanium, Metal-matrix composites, Spark plasma sintering, Intermetallic compounds

본 연구에서는 방전플라즈마 소결 공정을 통해 Aluminum (Al)-Titanium (Ti) 복합재료를 제조하고 특성 분석을 실시했다. 먼저 Al-20, 50, 80 vol.% Ti 3가지 조성의 복합 분말을 볼 밀링 공정을 통해 제조 한 후 입도 분석기, 주사전자현미경을 통해 복합 분말의 형태와 입도 분포를 관찰하였다. 제조된 3가지 조성의 복합 분말을 600°C, 200 MPa, 5 min의 조건으로 방전플라즈마 소결하여 Al-Ti 복합재료를 제조 하였고, 소결된 복합재료를 X선 회절 분석기, 주사전자현미경, 전계방사형 전자 현미 분석기로 분석 한 결과 Al_3Ti, Al_5Ti_2, $Al_{11}Ti_5$ 등의 금속간화합물이 생성된 것을 확인하였다. 또한 TGA로 열 분석을 실시한 결과 약 600°C에서 금속간화합물의 생성으로 인한 중량 증가가 일어난 것으로 판단된다. 제조된 복합재료의 기계적 특성 평가를 위하여 비커스 경도를 측정한 결과, Al-80 vol.% Ti 조성의 복합 재료가 약 262 HV의 경도로 가장 높음을 알 수 있었고, 이는 Al과 Ti의 일반적인 비커

스 경도인 약 29 HV, 185 HV 보다 높은 값으로 확인되었다. 본 연구 결과를 통해 알 수 있듯이, 방전플라즈마 소결 공정을 이용하여 제조된 Al-Ti 복합 재료가 기존의 Al-Ti 합금재료보다 고강도-경량소재로서 자동차, 항공, 선박 등의 공업용 재료에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

[P33-12]

Fabrication of iron syntactic foam through powder metallurgy route: Effect of compaction pressure and fraction of glass microspheres: Yi Je Cho[1], Wook Jin Lee[2], Young Cheol Lee[2], Yong Ho Park[1]; [1]*Pusan National University.* [2]*Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Iron matrix syntactic foam, powder metallurgy, compaction pressure, glass microsphere

Metal matrix syntactic foams (MMSFs) have garnered increasing attention to offer multi-functional properties, such as low density, high energy dissipation capacity, vibration damping capacity, wear resistance and a combination thereof. Although foam-type materials including the MMSFs possess unique and multi-functional properties, there was only a limited number of large-scale applications. Metal injection molding (MIM) was mostly used toward the iron and steel matrix foams because of requiring only limited adaptations for switching from making solid parts to syntactic foams and its capabilities for producing various geometries and sizes. However, if the shape allows the production of the part by conventional PM (pressing and sintering), MIM would in most cases be too expensive. Difficulties of the conventional PM process to fabricate the iron and steel syntactic foams are working pressures and temperatures. For compacting powders to make green bodies, high working pressures can assist the densification of the matrix during sintering while this can deform or fracture the hollow spheres embedded. In case of the foams with the glass hollow spheres, softening of the glass occurs at high temperature thus original shape of the hollow spheres cannot be preserved. Therefore, to overcome the difficulties and to produce sound sintered bodies, the investigation on the production parameters of the conventional PM to fabricate the iron and steel syntactic foams is necessary. To date, no systematic attempts to fabricate an iron matrix SF with glass microspheres via the PM route considering the crush of microspheres by compaction pressure as well as the softening of the glass from level of the green body to the level of the sintered one. Therefore, the present study aims to fabricate the iron matrix SFs by addressing the aforementioned issues and to systematically scrutinize effects of processing parameters on physical and mechanical properties. The properties were characterized in terms of powder shape and size, density, microstructures and mechanical properties.

[P33-13]

Self-sintering법으로 제조된 복합재에서 강화상의 종류가 질화도에 미치는 영향: 장우빈[1], 최현주[1], 장하늘[1], 안재평[2], 이건배[1]; [1]*국민대학교 공과대학.* [2]*한국과학기술연구원.*

Keywords: 복합재료, 질화도, 자가소결법, 미세구조

알루미늄은 가볍고 성형성이 우수하며 매장량이 풍부하다는 장점이 있다. 따라서 경량구조재료로서 주목 받고있다. 그러나 알루미늄의 비교적 낮은 기계적 특성 때문에 활용이 제한적이고, 이를 극복하기 위해서 뛰어난 기계적 특성을 지니는 세라믹 강화상을 기존의 알루미늄 기지에 균일하게 분산시켜 제조한 알루미늄기지 복합재료(AMC)에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다. 분말야금법을 통해 제조된 복합재료는 비교적 낮은 온도에서 제조가 가능하기 때문에 화합물이 생성이 억제되고, 생산율이 높으며 작고 복잡한 형태의 제품을 제조하기에 용이하다. 그러나 공정이 다소 복잡하고 혼합과정중 강화상손상의 우려가 있다. 이러한 단점들을 개선하기 위해 고안된 공정이 Self sintering 공정이다. 이 공정은 알루미늄과 질소가스가 반응하여 발생하는 질화반응의 반응열을 통해 분말을 소결시키는 공정으로, 강화상 손상이 일어나지 않으며 균일한 분산이 용이하고 알루미늄의 융점 이하의 온도에서도 복합재료를 제조할 수 있다는 강점을 가지고 있다. 이 공정법을 통해 만들어진 복합재료는 사용된 강화상의 종류에 따라 각각 다른 질화도를 보이는데, 이런 현상이 발생하는 원인을 분석하기 위해 실험을 진행했다. 먼저 순수 알루미늄 분말과 보론카바이드 분말, 알루미나 분말, 질화알루미늄 분말을 혼합하여 그라파이트 도가니에 장입하고, 밀폐된 노를 사용해 질소분위기 하에 복합재를 제조하였다. 이렇게 제조한 복합재의 미세구조를 관찰하고 생성물들의 성분분석을 진행했으며, 각각의 강화상에 따라 생성된 화합물, 그리고 질화도의 차이에 대한 논의가 진행될 예정이다.

[P33-14]

Synthesis and Characterization of Nickel@Graphene Core-shell Nano-Particles by Polyol Process: Sunwoo Kim, Hyun-Jun Kwon, Se-Hee Shin, Ho-Jun Choi, Young-Il Na, Dae-Seok Seo, Jong-hwan Park, Han-Young Jung, Su-Jeong Suh; *Sungkyunkwan University.*

Keywords: Graphene, Nanoparticles Synthesis, Core-shell, Polyol Process

We fabricate core-shell nickel/graphene nanoparticles. First, we synthesize nickel nanoparticles by sonochemical process. And we used a carburization process using polyol solution for the carbon source and a thermal annealing process to synthesize graphene layers via carbon segregation on the outer surface of the nickel nanoparticles. The graphene layers were adjustable by controlling the carburizing process time conditions. In this study, we examined the effects of the process time of carburization for graphene layers. The morphology and size of the core-shell nanoparticles were determined using high-resolution transmission electron microscopy and Raman spectroscopy. The crystallinity of the silver nanoparticles was investigated by xrd measurement.

[P33-15]

금속기지 복합소재(MMC) 계면의 라만분광분석 고찰: 박상하[1], 김동배[1], 유가영[1], 신현정[1], 손인준[2]; [1]*대구기계부품연구원.* [2]*경북대학교.*

Keywords: metal matrix composite, Interfacial Properties, Heat spreader, Raman spectroscopic analyzer

본 연구에서는 고방열 금속기지 복합재료 (metal matrix composite)의 경량화와 열전달이 용이한 이방성 구조제어로 제품화 활용성 검토와 절연기판에 선택적으로 접합이 가능하여 제품형상 구현이 유연한 고방열 MMC 소재에 대한 열적물성에 대해 종합적으로 검토하였다. 분말야금공정을 통해 복합분말의 성형, 소결특성을 비교분석하고, 고방열 복합소재의 주요성능인 열전도도, 열팽창계수 등의 열물성 자료 확보를 통해 출발 복합분말부터 소결제품 간 상관관계를 이해하고자 하였다. 또한 복합소재의 이방성 제어와 이에 따른 열적특성을 평가하고 구리와 흑연의 계면분석을 통해 향후 방열소재의 상품화 기초자료의 활용이 기대된다. 소결과정에서 구리-흑연 복합재료의 화학적 구조 변화를 라만 스펙트럼 분석을 통하여 확인한 결과를 그림 3.13에 나타내었다. 구리-흑연 복합분말(raw powder)의 라만 스펙트럼은 흑연의 1차 산란에 해당하는 1581 cm^{-1}의 G 대역 강도값이 D 대역보다 큰 값을 나타내었다. 소결후의 구리-흑연 복합재료 계면(interface Gr. & Cu)의 라만 스펙트럼은 1581 cm^{-1}의 G 대역의 피크 외에 1594 cm^{-1}의 약한 강도의 피크가 관찰되었다. 또한, 1363 cm^{-1}에서의 D 대역의 강도 또한 크게 증가하였다. 이는 흑연 산화물과 흑연이 혼재되어 있음을 나타내며, 구리-흑연 복합분말의 도금과정과 SPS 소결 공정에서 흑연 표면이 산화되었기 때문이라고 판단된다. 라만 스펙트럼의 G 및 D 대역 (각각 1594 및 1352 cm^{-1})에서의 강도 증가 또한 흑연 산화물의 형성에 의한 것으로 사료된다 [8-10]. 흑연 산화물은 흑연과 유사한 층상의 구조를 가지고 있지만, 흑연 산화물의 탄소 원자면은 산소 함유기와 결합되어 탄소-탄소간의 층간 거리를 증가시킨다. 따라서, 소결후의 구리-흑연 복합재료 계면의 라만 스펙트럼에서 1594 cm^{-1}의 약한 강도의 피크가 관찰된 것으로 판단된다. 또한 라만맵핑결과 복합재료 계면에서 환원된 흑연산화물의 스펙트럼을 부분적으로 확인하였다.

[P33-16]

Characteristics of Micro wave treated Graphene/PANI composite paste for electrode: 정한영[1], 나영일[1], 권현준[1], 서대석[1], 최호준[1], 신세희[1], 박종환[1], 박화선[2], 노재철[1], 오용수[2], 서수정[1]; [1]*성균관대학교.* [2]*Advanced Materials and Process Research for IT.*

Keywords: Microwave, Graphene, Graphene/PANI, composite

Graphene flakes are in the form of thin, flat particles and have low electrical properties due to the presence of intermolecular connection resistance. Due to these disadvantages, studies are underway to improve electrical properties in combination with metal particles, conductive polymers, or materials having conductive properties. While poly-aniline (PANI) has conductivity, it is cheap and easy to synthesize. In this work, we demonstrate how a paste made by composite of Graphene flake obtained by direct exfoliation of graphite into an organic solvent and PANI, can be used for electrodes. Electrical properties were examined by tuning the ratio of Graphene / PANI, binder / solvent. As a result, the ratio of graphene / PANI was 1 : 4, and the binder / solvent ratio of paste solvent was 1 : 8 to 0.93 Ω/sq (resistivity : 5.56e-06 Ω·m). As the PANI ratio increases, the properties are improved while complementing the network. However, if the solvent ratio of the paste solvent is more than 1:8, the binder connecting the particle and the particle does not work. It is presumed that the net-work interferes with the proper configuration and impedes the movement of the charge.

[P33-17]

Development of the high mechanical strength and thermal resistance carbon fibers using Boron Nitride/Graphene Deposition: Hye Young Kim[1], Jinuk Hwang[2], Hwan Soo Dow[3], Sook Young Moon[4], Cheol Jin Kim[5], Woo Sik Kim[3]; [1]*Dept. of Materials Engineering Gyeongsang National Univ.* [2]*Dept. of polymer science and engineering Gyeongsang National Univ.* [3]*Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology.* [4]*Institute of Advanced Composite Materials Korea Institute of Science and Technology.* [5]*Research Institute of Green Energy Convergence Technology Gyeongsang National Univ.*

Keywords: Carbon fiber, Graphene, Boron Nitride

Carbon fiber (CF) has several advantages including high tensile strength, low weight, high chemical resistance, and low thermal expansion. However, CF shows very low thermal stability and mechanical strength at high temperature in oxidation atmosphere. Carbon atoms of CF reacted with oxygen over 300°C and then which was formation of carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO_2). To prevent oxidation of CF, we studied the forming Boron Nitride (BN) on the surface of CF using structural substitution from graphene to BN. BN has excellent insulating properties, thermal and electrical conductivity, and mechanical strength at the high temperatures therefore BN could protect the decomposition of CF at the high temperatures in oxidation atmosphere. Because lattice parameter of hexagonal BN was mainly matched with graphene structure (over 99.9%), we could synthesized BN structure on the surface of CF coated graphene by structural substitution method. The chemical groups on the carbon fiber surface were identified by Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). The effect of surface modification on the properties of CF and the resulting CF-BN was investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and scanning electron microscopy (SEM). TGA results of CF and CF-BN were verified that the effect of CF-BN was protected CF in the oxidation atmosphere. The mechanical property was confirmed single filament tensile strength test.

[P33-18]

공형 압연을 통해 제조된 Cu/Al clad의 core Al 합금 조성 변화에 따른 열전도도, 기계적 특성 변화연구: 박정민[1], 현승균[1], 이종범[2], 박상용[2], 정하국[2]; [1]*인하대학교.* [2]*한국생산기술연구원.*

Keywords: Groove rolling, Cu/Al clad wire, Thermal property, Mechanical property, Intermetallic copound

Al은 비중이 매우 작아 경량 금속에 속하며, Cu는 전기 및 열전도성이 우수한 대표적인 금속이다. 두 소재의 장점을 복합시켜 분전(배전)부품인 접지 단자대에 사용되는 80Al/20Cu clad소재의 경우, Cu 단일소재를 사용했을때에 비해 45%의 경량화 및 60%정도의 가격 절감 효과를 얻을 수 있으며, clad 제작 시, Cu/Al 소재의 구성 비율과 제조 조건에 따라 전도도 및 기계적 특성을 제어 할 수 있다. Cu/Al clad 소재는 주로 겹침용접, 폭발용접, 압출, 압연, 인발 공정 등으로 제조되고 있으며, 공형 압연은 상온에서 성형이 가능하고, 여타 공정에 비해 공정이 단순하여 생산성이 높은 장점이 있다. 공형 압연으로 제조된 Cu/Al clad 소재의 기계적, 미세 조직적 변화에 대해서는 연구가 보고되고 있으마, Cu/Al clad의 core소재인 Al 합금의 조성 변화에 따른 열전도도 및 기계적 특성 변화에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 Al 합금의 조성 변화를 위하여 조성이 다른 Al 합금인 Al 1100, Al 6061, Al 6063을 각각 core소재로 사용하여 공형 압연 공정으로 Cu/Al clad를 제조하였다. 제조된 Cu/Al clad는 다양한 조건의 열처리 공정 이후 core 소재의 합금 조성 변화에 따른 Cu/Al clad의 기계적 특성 및 Al과 Cu 간의 계면반응 변화를 관찰하였으며, Al과 Cu 계면에서 생성된 금속간 화합물(IMC)의 거동 및 Cu/Al clad의 전도도 특성의 변화에 대한 상관관계를 연구하였다.

[P33-19]

TiC 입자 강화 Fe계 금속복합소재의 항절력에 미치는 템퍼링 온도의 영향: 김성훈[1], 김대하[2], 이원혁[2], 서동우[1]; [1]*포항공과대학교.* [2]*대화알로이테크.*

Keywords: 복합재, TiC, Fe, 열처리, 항절력

TiC 입자 강화 Fe계 금속복합소재는 우수한 고온 강도, 경도, 내열성 및 내부식성이라는 세라믹계 강화재의 장점을 가지면서, 바인더 역할을 하는 기지강을 통해 세라믹의 단점인 취성을 보완하여 고강도/내마모성이 요구되는 환경에 적용할 수 있는 소재로 기대되고 있다. Fe계 금속복합소재의 기계적 물성 중 내마모성과 연관되는 경도는 열처리에 따른 변화 양상이 많이 연구되었지만, 항절력에 미치는 열처리 효과는 보고된 것이 많지 않다. 본 연구에서는 용융가압함침 및 HIP 처리를 통해 제작된 TiC-SKD11 복합재의 열처리 조건에 따른 항절력 변화 및 그 결정 요인에 대해 분석하였다. TiC 체적율이 약 42 vol.% 수준의 복합소재에 대해 1070°C에서 2시간 용체화 열처리 및 공냉 후, 150~700°C에서 2시간 템퍼링하였다. 실험 결과, 항절력은 350°C 템퍼링 조건에서 약 152 kgf/mm^2 로 최대값을 나타내었다. 항절력을 결정하는 요인을 분석하기 위해, 기지 강의 템퍼링에 따른 인장 물성 변화와 복합재의 항절력 변화 사이의 관계를 비교하였다. 600°C 이하에서 템퍼링 시 기지 강의 파괴 강도와 복합재의 항절력이 양의 상관관계를 가지는 것을 확인하였으며, 이러한 결과는 Fe계 금속복합소재의 열처리 설계 시, 기지 강의 파괴강도 향상을 복합소재의 항절력 증가에 있어 중요한 인자로 고려해야 한다는 것을 의미한다.

[P33-20]

Fluorinated Epoxy Siloxane Hybrid Materials with Low dielectric for Inter Layer Dielectric: Injun Lee, Yong Ho Kim, Byeong-Soo Bae; *Korea Advanced Institue of Science and Technology.*

Keywords: Fluorinated epoxy siloxane hybrid material, Non-hydrolytic sol-gel process, Low dielectric, Cationic polymerization, Leakage current

The demand for low dielectric constant materials is steadily needed in the electronics industry, particularly in Inter layer dielectric(ILD) for semiconductors and displays. The low dielectric constant of ILD reduces the parasitic capacitance, RC time delay, power consumption which make it possible to increase the device speed and integration. In this study, fluorinated epoxy siloxane hybrid materials(FESH) with low dielectric properties was demonstrated through non-hydrolytic sol-gel reaction and cationic polymerization. The low dielectric properties of FESH, which combine the properties of fluorine - based materials with the advantages of siloxane polymer materials, were investigated and their optical, thermal and surface properties were analyzed. FESH is base on Si-O backbone combining many suitable properties of conventional organic-inorganic components, such as good thermal stability ($T_{5wt\%\ decomposition}$ > 390), optical transparency(>90% at 500nm). In addition to the low dielectric properties(< 2.9 at 1MHz) exhibited by organic and fluorine-based materials, it is a material that has the advantage of being able to produce thin films by solution processes. The low leakage current of the FESH thin film due to the addition of cross-linking agent and heat treatment was confirmed. As a result, we conclude that FESH with low dielectric properties are promising materials that can be used in ILD.

[P33-21]

$Fe_{86}(Zr_xNb_{1-x})_7B_6Cu_1$ 비정질합금의 자기적특성에 미치는 Zr과 Nb의 영향: 노정현[1,2], 박승연[1], 황해진[2], 임경묵[1]; [1]*한국생산기술연구원희소금속산업지원센터.* [2]*인하대학교.*

Keywords: Amorphous alloy, melt-spun ribbon, nanocrystalline alloy, permeability, soft magnetic property

최근 무선통신 기기 및 고주파에서 사용되는 IT기기의 제품개발에 있어서 구동전류가 상승하고 소형화 됨에 따라, Power inductor용 core재료 또한 높은 투자율과 큰 포화자화를 갖는 자성재료로 대체되고 있다. 일반적으로 소형, 경량화할 수 있는 방안으로 사용주파수를 높이거나 포화자화가 큰 자성재료의 사용하는 방법이 있다. 하지만 금속소재는 낮은 전기저항 특성 때문에 와전류 효과가 커서 주파수를 높임에 따라 투자율이 급격히 하락하는 단점이 있다. 이에 따라 비교적 고주파대역에서 우수한 특성을 나타내는 비정질 및 나노결정구조 금속소재에 관한 연구가 광범위하게 진행되고 있다. Fe계 나노결정재료의 연자기적 특성은 조직학적 구조에 민감한 특성을 보인다. 결정질의 부피분율은 결정질의 자왜를 최소화 하는 기준이며, 결정질 부피분율 Vcr=70-75%에서 영자왜 조건이 있는 것으로 알려져있다. 이에 따라 본 연구에서는 Fe86(ZrxNb1-x)7B6Cu1에서 Zr과 Nb의 함량이 합금의 어닐링 이후 결정분율에 미치는 영향과 그에 따른 합금의 자기적특성을 고찰하였다. 본 연구에서는 Fe86(ZrxNb1-x)7B6Cu1 합금에서 Zr과 Nb의

비를 x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1의 비율로 변화를 주어 조성별로 Arc melting법을 이용하여 모합금을 제조한 뒤, 급속응고냉각장치를 이용하여 두께 30~40 μm의 리본형태로 비정질 연자성 합금을 제조하였다. 합금의 열분석 및 결정분율은 DSC를 이용하였으며, 자기적특성은 VSM을 이용하여 조성별로 특성을 비교분석하였다.(투자율, 보자력, 자속밀도 등)

[P33-22]

Highly Improved Light Conversion Efficiency of Quantum Dot Film via Haze Controllable Glass-fabric Reinforced Quantum Dot Hybrimer Film: Hyunhwan Lee[1], Young-Woo Lim, Junho Jang, Byeong-Soo Bae; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Glass-fabric reinforced film, sol-gel process, Quantum dot siloxane composite, Color conversion efficiency, Stable against heat and moisture

Quantum dot films have attracted attention these days. This is because display market has changed from pixel competition to image quality competition. As a way to realize and promote this trend, there is the introduction of quantum dot film due to quantum dot having high color purity from the narrow full width at half maximum (FWHM) and wide color gamut. Nowadays, additionally, quantum dot film is researched to improve the light conversion efficiency in order to maximize the emission from quantum dot. For this viewpoint, we fabricated quantum dot glass-fabric reinforced Hybrimer film. As our quantum dot film is composite film between quantum dot siloxane matrix and glass-fabric, it is easy to improve the light conversion efficiency by controlling the haze of films. There are three major ways to control the haze; (i) changing the refractive index of siloxane matrix, (ii) changing the number of glass-fabric, and (iii) adding the diffusing agents. From these methods, haze was controlled and especially, light conversion efficiency is increased when the haze is going higher. Moreover, our quantum dot glass-fabric reinforced Hybrimer film is stable against heat, moisture and the light. Therefore, our quantum dot glass-fabric reinforce Hybrimer film could be a material for devices in next-generation displays.

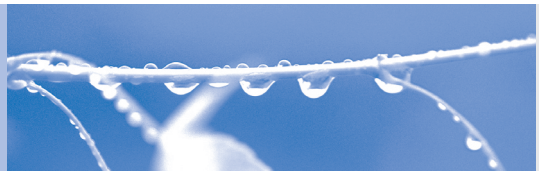
[P33-23]

Novel Synthesis and Characterization of Methacrylate Siloxane Hybrid Materials with a Tunable Molecular Design: Yun Hyeok Kim[1], Gwang-Mun Choi[1], Yong Ho Kim[1], Jin Gyu Bae[1], Byeong-Soo Bae; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Keywords: Methacrylate siloxane hybrid material, sol-gel process, thermal decomposition, nano-indentation test, siloxane structure

Siloxane-polymer hybrid materials, having both characteristics of inorganic and organic materials, have attracted much attention to overcome the limitation of pure organic and inorganic materials. The hybrid materials could exhibit robust mechanical, optical, thermal properties, and then the hybrid materials have been applied toward the era of flexible electronics. In this study, a unique synthetic methodology for a ladder-like and random-structured methacrylate siloxane hybrid (LMH, RMH) material was demonstrated herein through a simple hydrolytic sol-gel reaction and free-radical polymerization. The optical, thermal, and mechanical properties of the ladder-like, random-, and cage-structured MHs were comparatively analyzed, in terms of the structures of oligo-siloxanes and the density of the methacrylate-siloxane co-networks. It was found that the ladder-like structured MSH showed a structural regularity consisting of a ladder-like siloxane structure which had the highest density of co-networks among the MHs. Furthermore, the ladder-like structured MSH exhibited high thermal stability ($T_{5wt\%\ decomposition} > 400$), optical transparency (>90% at 550 nm), and outstanding mechanical performance with largely resilient characteristics ($W_e = 0.86$) evident by the nano-indentation experiments. Our findings suggest that the ladder-like structured MH has potential applications in thermally stable and damage-resistant optical coatings.

발표자 색인



ㄱ

강구 P7–6
강나리 P8–3
강남현 융합분석3–2, 안전1–3
강덕호 P13–8
강동희 P21–7
강민지 P2–40
강민철 금속3D3–1
강병우 융합분석2–2
강상운 P23–5
강석현 철강10–7
강석훈 금속3D2–2
강성 재료분석1–2
강성규 계장화2–1
강소영 P23–20
강영준 P23–16
강영환 P3–21,P3–9
강용준 소재2–3
강유빈 고엔2–3
강윤구 전산2–3
강인영 에너지4–6
강인철 P33–6
강장원 P9–5
강전연 집합조직2–3
강정신 타이타늄6–3
강주희 집합조직3–1, 재료분석1–1
강준영 나노5–3
강준희 전산5–1
강진규 철강2–3
강태훈 P25–24
강희수 금속분말1–5
고경준 철강8–6
고관진 생체1–2
고근호 P27–18
고두현 융합재료2–1
고명선 P25–15
고민준 P2–10
고병훈 철강6–1
고영호 극한3–2
고요한 마그네슘2–4
고윤석 집합조직2–4
고은솔 P3–1
공병욱 New2–2
공의현 P7–2
곽노준 극한1–1
곽성규 P16–2
곽수근 P14–22
곽은지 P8–7
곽재진 피로3–4
구남훈 AW–5
구동규 P29–4
구성환 P1–23
구아란 나노2–5
구지호 주조1–2
구태훈 New2–1
권구현 P25–7
권기훈 P6–9
권동일 계장화3–4
권선용 철강6–6
권성준 비철6–4
권순철 P4–8, 주조1–1
권영준 고엔3–4
권영현 환원2–2
권오명 열전4–3
권오성 비철2–4
권오집 P25–20
권오형 P18–9
권용남 피로1–3, 미래소재1–3
권용우 전산3–1
권윤익 철강7–6
권의표 P5–6
권인찬 융합재료2–4
권재현 마찰1–2
권재홍 철강4–3
권준범 소재2–4
권한솔 표면3–4
권한중 상변태2–6
권해웅 자석2–2
권혁인 철강6–8
권혁천 감성1–1
권현준 P17–4
권호 P27–4
권호준 철강7–3
길혜준 생체1–5
김강민 철강3–3
김건홍 분말1–1
김경남 P21–4
김경민 전산2–2
김경배 에너지1–3
김경식 안전3–2
김경우 P18–11,P14–11
김경욱 타이타늄2–2
김경원 철강7–4
김경호 P23–15, P3–2, P4–2
김관식 열전1–1
김광묵 P21–1
김광천 열전2–2
김규식 P30–7
김긍호 전통1–5
김기범 에너지5–2, 감성1–4
김기선 나노4–1
김기태 전통1–6
김기혁 P14–48
김기호 P19–5
김나향 P8–6
김남극 피로4–4
김남룡 P27–16
김남용 철강4–6
김다솜 P2–32
김다슬 전자1–6
김다혜 P16–3
김단비 수요자1–2, P21–23
김대겸 안전3–3
김대연 P16–12
김대영 P25–2, 융합분석1–4
김대웅 소재1–1
김대중 금속3D1–3, 타이타늄기술2–3
김대진 P30–19
김대하 P25–13
김도현 마찰1–6
김도형 P23–29, P23–6
김도희 P19–3
김동규 집합조직1–2
김동근 P17–7
김동윤 P14–10
김동하 나노2–3
김동혁 P17–3
김동현 비철2–3
김동환 P16–1
김동환 열전2–6, 자석2–4
김동휘 철강10–3
김만 수요자1–1
김명균 알루미늄2–5, 알루미늄3–3
김명세 금속3D1–2
김명연 P14–36
김명연 소재1–2
김명훈 타이타늄5–3
김미현 P2–33
김민석 P24–20
김민석 알루미늄2–3
김민성 집합조직3–2
김민수 P27–13
김민식 전자2–5
김민정 P14–35
김민철 P30–4
김민태 P14–47
김민형 전자1–3
김민호 P26–11
김병규 철강9–1
김병주 주조1–4
김보희 P14–4
김상식 피로3–3
김상우 전통3–1
김상욱 P26–7
김상원 주조2–4
김상준 P24–18
김상준 상변태1–5
김상혁 집합조직4–2
김상훈 마그네슘2–3
김선규 지르코늄1–7
김선길 전자3–3
김선우 P11–1, P33–14
김선정 비철2–5, 비철1–7
김선중 환원3–8
김성균 상변태현상1–3
김성만 환원1–5
김성민 전자1–1
김성수 상변태2–4
김성엽 전산4–6
김성욱 금속3D1–4
김성웅 타이타늄기술4–3
김성줄 철강4–5
김성철 형상1–3
김성헌 P5–2
김성환 P23–10
김성환 전산3–6
김성훈 P33–19, P30–3, 재료강도2–5
김세호 P3–11
김세훈 P13–33, P13–27, P13–6
김소원 P28–9
김소정 P28–5
김송이 P3–16
김수민 에너지2–5
김수배 알루미늄1–4
김수현 알루미늄3–2
김승철 전산4–2
김시훈 P8–8
김신찬 P5–14
김안나 철강10–8
김연수 융합재료1–3
김연욱 형상1–4
김영균 P18–10, P3–18, P30–5
김영대 타이타늄4–2
김영서 P7–8, 비철2–7
김영석 P23–4, 안전1–1, 상변태현상2–2, 전통2–4
김영성 P24–1
김영식 미래소재1–6
김영우 P3–3, 분말2–2
김영운 P3–17
김예림 철강5–5
김예진 P27–14
김용근 비철1–3
김용민 P22–4
김용상 전산1–1
김용석 P31–2
김용원 타이타늄기술3–1
김용유 P23–1
김용일 P1–29
김용주 P24–13
김용진 금속분말1–1
김용학 P5–4
김용혁 P22–5
김용호 P27–12
김우영 P3–20, P8–1

김우진 계장화1-3
김우철 P10-1
김원래 P18-7
김원배 환원1-6
김원재 P13-4
김유미 P13-23
김유섭 표면2-5
김윤혁 P33-23
김은영 집합조직1-4
김이현 나노2-6
김인수 P11-5, P11-6
김일현 지르코늄2-6
김일환 P30-2, 에너지1-4, 고엔7-3
김재득 타이타늄4-3
김재익 표면3-5
김재일 형상1-1
김재황 P19-9
김재훈 P26-12
김정민 상변태1-3
김정인 P14-19
김정한 P5-3, 고엔1-2, 타이타늄기술2-4
김종걸 P9-15
김종복 P2-18
김종열 융합분석1-3
김종일 P27-5
김종현 P13-9
김종현 마그네슘3-5
김종호 P14-21, P13-26, P19-1
김종환 P4-6
김종훈 P15-9
김주혜 P19-4
김준연 P26-9, P26-8
김준연 재료강도1-2
김준혁 P2-26
김준형 P7-1
김지연 전자3-4
김지영 P24-23, 상변태1-7
김지웅 P7-10
김지윤 융합재료1-4
김지현 P10-2
김진 나노3-2
김진경 철강7-2
김진배 자석2-5
김진수 나노4-2
김진수 P2-1
김진연 상변태2-3
김진영 타이타늄6-2
김진용 형상2-2
김진우 마찰1-5
김진평 P4-7
김진호 타이타늄기술1-4
김진환 철강8-5
김찬훈 P1-31
김찬훈 에너지4-3
김창연 P21-10
김창완 P14-39
김창재 분말1-3
김채운 극한4-2
김치원 P14-20, P30-12
김치원 철강7-1
김태성 P14-34
김태영 집합조직2-2
김태완 P10-6
김태욱 전자3-6
김태윤 환원1-9
김태일 융합재료2-2
김태주 융합분석1-1
김태헌 P15-19
김태형 P4-3, 전산2-1
김태훈 P21-2
김택수 금속분말1-2, 자석3-3
김한결 극한4-1
김한규 P4-1, 재료강도3-5
김한글 P8-9
김한슬 P1-32
김한열 P14-27
김한준 P22-2, 전지4-2
김한진 안전3-1
김항규 P21-5
김행구 환원3-2
김혁 환원1-2
김현 P2-27, P2-11, P2-6
김현길 지르코늄1-1
김현민 P2-20
김현수 P1-11
김현우 P2-34
김형균 금속3D3-4
김형섭 융합분석2-3, 고엔2-1
김형욱 미래소재1-5
김형진 고엔3-3
김형훈 P25-8
김혜성 전통2-1
김혜영 P16-7, P33-17
김혜주 P14-46
김호영 P5-7
김화정 표면1-1
김황선 P3-6
김효정 P28-3
김효준 자석3-1
김효중 P33-10
김흥규 수요자2-5
김흥주 P26-18
김희상 P1-22
김희수 에너지4-5
김희수 전통2-3
김희주 P19-8
김희준 P1-19

ㄴ
나나 P27-1, P26-4, 용접2-5
나라야나 P15-20
나민영 P24-22
나영상 고엔6-1
나영일 P33-16
나정균 P14-23
나형용 전통1-3
남기영 P14-1
남기훈 P1-38, P1-39
남동윤 P15-14
남상열 P28-2
남승진 고엔3-5
남승훈 에너지4-2
남재현 P24-15
남태훈 P11-7
남현빈 고엔2-4
노경민 철강11-5
노경환 P16-5
노상훈 P30-14
노요한 P20-6
노윤조 소재3-2
노정현 P33-21
누르차야닝시드이아유 P30-1, 재료강도3-1

ㄷ
다오반둥 나노5-5
도경효 철강3-5
도정현 금속3D2-5
도현석 고엔1-4

ㄹ
류승민 P13-30
류정호 P13-1
류지명 P3-10
류채우 P24-7
류채우 극한1-3
리블라디슬라브 나노5-4

ㅁ
마야푸트리 P17-8
모하마드자미르 P2-38
문명운 나노3D1-1, 전통4-2
문민석 P4-13, P4-4
문별이 P1-16
문상철 비철3-1
문선영 비철3-2
문영훈 P27-9
문정태 P10-4
문종언 고엔6-2
문홍재 나노3-4
문정은 환원3-7
민기득 재료강도1-1
민동준 환원1-3
민봉기 P16-16
민준기 전지2-2
민준홍 철강3-6
민찬우 P1-27

ㅂ
박건우 P26-14
박경관 표면1-2
박경열 P28-8
박경태 금속분말3-2
박광석 극한2-3
박광수 P5-11
박광재 P33-11
박광훈 P13-17
박기덕 소재3-4
박기성 P31-3
박기태 용접1-2
박동성 철강10-5
박동준 지르코늄2-2
박동희 피로2-3
박민선 P2-30
박민수 열전1-2
박병탁 P1-10
박봉준 철강8-1
박상규 P9-20, P14-31, 소재2-6
박상렬 P13-13
박상민 P9-12
박상용 P13-22
박상원 상변태1-1
박상하 P33-15
박상협 P15-4, P13-18
박서윤 P21-12
박선영 계장화3-2
박성주 P33-5, 복합1-2
박성준 집합조직1-3
박성현 P15-7
박성훈 타이타늄2-3
박성희 감성1-5
박순홍 표면2-6
박영도 철강9-3
박영배 P28-10
박영준 P14-37
박요설 금속분말2-1
박용범 상변태현상1-2
박우진 AW-6, 비철6-2
박원근 계장화5-2
박윤지 나노3-5
박윤철 전지1-2
박은수 타이타늄기술5-2, 극한2-2
박인준 비철5-1
박일정 P2-4
박장식 전통3-2, 전통3-3
박재영 수요자2-2
박정민 P33-18, P26-22, 고엔2-2
박정빈 형상2-3
박정열 융합재료2-3
박정현 P23-24
박정환 지르코늄1-2
박제형 P17-10
박종길 복합2-2
박종문 P15-12
박종범 타이타늄기술4-2
박종원 P14-12
박종인 철강4-1
박종호 환원2-4
박종환 P2-22, P22-3
박주현 환원3-4
박준규 타이타늄기술5-4
박준우 철강5-1
박준혁 P20-1
박준형 P1-33, P7-4, 에너지3-5
박준호 P1-35
박중근 상변태현상2-1
박지성 P24-24
박지언 집합조직4-1
박지원 상변태2-5
박지형 용접1-4
박진만 P5-13
박진성 P14-17
박진수 P26-20
박창규 마찰1-1
박창현 P3-8
박천명 마찰2-1
박철호 철강11-6

박춘수 P30–18
박충권 복합1–1
박탁민 철강11–4
박태성 P15–3
박태은 P14–9
박태주 전자3–1
박태준 P14–32, 철강11–3
박현욱 P23–25
박현웅 물분해1–3
박현정 P1–17
박형기 P17–6, 고엔7–1
박혜지 비철1–1
박혜진 P24–10
박호준 P9–1
박희섭 금속분말3–1
방경배 P18–1
방기훈 P7–7
배경훈 P1–6
배기창 P18–12
배무기 P13–11
배상우 P27–15
배석 자석3–1
배성진 전산5–3
배인호 P29–2
배재영 계장화2–3
배재웅 고엔5–3
배종호 P14–41
배주현 P10–5
배준호 마그네슘3–1
배중면 환원2–5
배창준 미래소재1–4
배현나 주조1–3
백민규 철강2–4
백민석 철강8–4
백승미 마그네슘2–2
백연경 자석3–4
백연진 P26–15
백운봉 안전2–2
변상원 P2–5
변영운 P1–24, P1–21, 에너지5–1
변율 타이타늄1–3
변인섭 P23–21
변진우 P1–4
봉혁종 알루미늄3–5

ㅅ

서경덕 P25–12
서대석 P3–12
서덕민 나노1–2
서덕호 에너지3–1
서민석 P14–13, 수요자2–1
서보성 P23–3
서석준 금속분말3–4
서성문 고엔1–3
서성지 P26–21
서영민 P29–3
서종식 마그네슘1–4
서주연 P2–2
서진유 안전3–4, 전통3–6
서현주 P14–43
서형은 P1–30
서호준 P2–13
선정윤 융합재료1–2
설승권 나노3D1–3
설재복 P14–24
성백석 융합분석3–6
성창훈 P4–10
성효경 피로1–4
소윤식 P13–36
소윤지 P13–16
손광재 극한4–3
손명균 P4–9
손상한 철강1–1
손석원 P6–10
손소리 P22–1
손시영 P26–16
손유한 복합2–3
손은원 전자3–5
손해솔 P14–30
손현우 마그네슘3–2
손형진 P1–12
손호상 타이타늄기술1–1
손홍현 지르코늄1–3, 지르코늄2–4
송다혜 P25–19
송덕용 환원2–6
송명관 전자2–1
송민영 알루미늄1–1
송석원 P1–18
송성림 P14–44
송영석 P9–3, 타이타늄기술3–3, 금속3D2–1
송은지 계장화2–2
송전영 재료강도1–4
송지효 P26–2
송철한 P1–20
송하용 P21–3
송훈 P4–1
수프로보고잘리 P15–13
신경용 P26–13, 재료강도3–4
신동주 P13–45
신민하 P3–19
신병하 물분해2–1
신병현 P14–2, P14–3
신상균 철강6–3
신상수 P26–17
신상훈 P9–6
신선미 P9–9
신세희 P28–6
신승환 P13–40
신원상 P3–4
신은주 융합분석3–5
신익수 철강10–1
신재혁 P9–7, P9–8
신정호 비철5–3
신지은 P16–8, P16–9
신찬선 극한1–2, 계장화3–1
신해선 열전5–3
신현정 P6–8
신현정 물분해1–2
신형원 P2–23
신홍철 타이타늄5–1
심승택 전지3–3
심아진 표면3–2
심우영 전지5–1
심우정 P26–19
심욱 물분해1–1
심재혁 극한3–1
심지현 P10–3
심형철 나노5–1

ㅇ

안경준 P6–5, P25–23
안동현 재료강도2–1
안성연 P20–4
안수성 분말1–2
안수진 P20–2, 피로1–1
안승민 P8–2
안우진 P20–5
안재평 융합분석2–1
안재현 P27–7
안정훈 P14–5
안철우 전지4–1
안태용 P1–37
안효준 전지1–4
양광휘 계장화3–3
양기욱 P33–3
양동원 P21–17
양상선 타이타늄기술2–2
양성운 피로3–2, 피로4–2
양승민 P21–6, 나노3D1–2
양승윤 P13–14
양원식 P2–7
양원존 소재2–2
양준영 전통1–7
양충모 전지5–2
양현석 에너지3–2
엄태경 철강10–6
엄현진 수요자2–3
엄형식 P14–8
여병철 전산5–2
여승환 P1–15
연규호 알루미늄4–5
염종택 형상2–4, 타이타늄기술1–2
염현식 마찰2–3
염호종 표면3–3
예대희 P27–17
예승비 전산2–5
예정원 P24–14
오건영 P13–29, P13–39
오남지 P25–22
오누리 P1–5
오동현 P32–1
오민석 전자2–2
오세권 감성1–3
오승민 고엔3–1
오승진 P25–4, P25–9
오승현 P27–2
오연주 재료강도3–3
오정목 P15–15
오제혁 P6–6
오준석 철강3–2
오지원 금속3D1–5
오지훈 P21–20, 물분해2–2
오현석 P24–4
오현석 상변태2–2
온디초이브라힘 P17–5, 고엔4–2
왕만 P3–15
왕성록 P21–21
왕회 피로1–2
우문성 계장화5–4
우상현 P30–10
우완측 융합분석1–5
우정현 계장화5–5
원소리 비철4–4
원윤정 P14–51
원종우 타이타늄기술5–3
원종호 계장화1–1
원치형 P14–42
유가영 P6–7
유경근 P13–3, P13–44, P13–7
유근희 P24–17, 상변태1–6
유란 전자1–2
유병길 철강8–3
유보령 P13–41
유석현 New2–5
유승건 P33–9
유용수 New1–3
유정선 P14–14
유정현 P13–15, P13–38
유준수 철강5–2
유준휘 주조2–2
유지성 P14–6
유지원 P13–31
유창환 P24–3
유효빈 나노1–1
유효상 P25–18
육태원 P28–1
윤국노 P24–6, 상변태1–4
윤대원 비철5–2
윤덕재 P5–9
윤두영 에너지5–5
윤명한 융합재료1–5
윤병현 P26–23
윤석영 P21–18
윤영식 P18–2
윤영철 표면1–3
윤용현 전통1–4
윤용희 P33–2, 복합2–1
윤재국 에너지5–4
윤종천 P18–5
윤종호 피로4–1
윤지원 P2–39
윤창규 융합재료1–1
윤창석 P15–8
윤철민 P1–43, 철강3–4
윤태광 집합조직4–3
윤형섭 주조2–1
윤혜원 나노1–3
이강곤 생체1–6
이강래 P4–5
이강산 P1–8
이강혁 에너지3–3
이건우 P1–26
이건하 소재2–1
이건희 P15–2
이경서 알루미늄4–4
이경열 계장화5–6
이경욱 P14–38
이경훈 표면3–1
이계만 P11–2
이계영 AW–3
이관호 P20–3

이광철 P29–8
이광희 환원3–3
이규정 P27–20
이규태 전지3–1
이근우 극한2–1
이근호 P30–1
이기승 P18–4
이기안 금속3D3–3
이다슬 마그네슘1–1
이대한 전지3–4
이도경 P23–2
이도성 P15–21
이도엽 형상1–2
이동구 P14–40
이동규 P2–8
이동근 타이타늄3–1
이동기 소재1–6
이동녕 집합조직1–1
이동복 P25–5, P6–3, 타이타늄기술3–2
이동수 비철2–2
이동조 철강2–1
이동주 금속분말2–4
이동준 전자2–6
이동현 P8–4
이동화 전산4–1
이동희 전산1–2
이명규 New1–7
이명원 P25–6
이명철 P14–25
이목영 용접1–1
이문균 P1–25
이미경 P21–13
이미선 타이타늄6–1
이민수 P15–1
이민정 P25–16
이범주 마찰2–2
이병수 P24–25, P18–3, 금속3D2–4
이병주 고엔5–2
이보름 전자2–4
이빈 금속분말2–2
이상관 미래소재1–1
이상민 P27–8
이상원 타이타늄1–2
이상인 재료강도3–2
이상한 물분해2–3
이상현 타이타늄2–1
이상화 P19–7
이상훈 철강4–4
이석규 피로2–2
이석진 철강10–2
이성근 극한3–4
이성림 타이타늄3–2
이성수 극한3–3
이성용 지르코늄2–1
이성훈 비철2–6
이세훈 극한2–4
이소담 철강1–5
이소영 P15–18
이수련 P2–9
이수연 철강2–5
이수진 P27–11
이슬 P15–5
이슬비 금속3D3–5
이승수 P1–34
이승완 P30–6
이승용 안전1–4
이시영 재료강도2–4
이아영 P1–41
이영국 미래소재1–2
이영주 비철6–3
이영호 지르코늄2–5
이영훈 P21–25
이용문 철강7–5
이용수 수요자1–4
이용재 극한3–5
이우영 자석1–1, 자석2–1
이우진 감성1–2
이운재 환원1–1
이유기 P21–22
이유민 비철2–1
이유환 소재2–5
이윤기 전지4–4
이윤수 알루미늄2–4
이윤주 지르코늄1–6
이윤희 계장화4–3, 극한1–4
이인섭 P23–9, P23–12, P23–7, P23–11
이인재 P16–4
이인준 P33–20
이재기 열전2–5
이재성 전산2–4, 전통2–5
이재열 생체1–3
이재영 P2–35
이재웅 감성1–7
이재원 철강9–4
이재형 P21–16
이재호 P14–28, 철강5–4
이정수 P24–11, 상변태1–2
이정승 전지5–3
이정진 P1–2
이정한 분말2–3
이정훈 P21–24, P23–19, P23–14, 표면2–1
이제웅 철강8–2
이종권 수요자2–4
이종람 환원1–7
이종수 열전4–1,안전1–2
이종언 마그네슘2–1
이종엽 P33–8
이종용 P21–14
이종협 철강3–1
이주혁 철강1–4
이준모 안전2–1
이준석 환원1–8
이준혁 융합분석1–2
이준호 나노5–2, 환원1–4
이중형 New1–4
이지민 P9–13, P30–9
이지아 철강2–2
이지원 P30–13
이지원 용접2–2
이지은 분말2–1
이진우 분말2–4
이찬기 금속분말3–3
이창수 P2–14
이창훈 AW–4, 피로2–1, 환원2–3
이창희 AW–1
이철민 지르코늄2–3
이철우 P11–3
이철주 피로3–1
이청래 마찰2–4
이청원 P21–9
이태경 타이타늄기술5–5
이태구 타이타늄4–1
이태균 P2–37
이태진 P13–28, P13–24
이태혁 P15–17
이태호 상변태현상2–3
이택선 분말1–4
이학성 타이타늄기술2–5
이해신 전통4–3
이혁모 AW–2
이혁재 P21–8
이현규 P9–18
이현석 타이타늄5–2
이현숙 자석3–5
이현정 P1–1
이현환 P33–22
이형록 P14–45
이혜진 P2–17
이호성 P16–10, P16–11 열전2–4
이호중 재료분석1–5
이홍우 전산4–5
이효원 P13–43
이후담 비철3–3
이후준 나노3–2
임기성 P23–23
임노운 P15–11
임병용 P9–4
임상순 열전2–3
임상엽 P24–21
임성기 전지1–1
임성록 P18–8
임성미 P3–7
임승균 분말1–5
임연수 재료강도2–2
임영수 열전4–2
임영언 전산3–4
임인기 P5–1, P13–35
임재홍 P25–11
임종빈 P13–34
임지우 알루미늄1–2
임차용 알루미늄3–1
임채강 표면2–2
임채홍 전통4–6
임현준 열전2–1
임혜지 융합분석3–3

ㅈ

장계봉 New2–4
장근옥 비철4–3
장병록 환원2–1
장병진 전자1–4
장순호 P17–2
장연하 마찰1–3
장우빈 P33–13
장재철 알루미늄4–3
장주영 에너지1–5
장지수 나노3–1
장지훈 P15–24, 감성1–6
장철호 환원3–1
장태석 자석2–3.
장하늘 복합1–4
장현수 P24–16, P24–8, P24–12
장형순 환원3–9
장혜정 고엔3–2
장효선 마그네슘3–4
장훈 지르코늄1–5
장희진 P14–33
전규정 전산4–4
전규태 P13–2
전민우 P5–8
전성권 나노4–4
전성호 P14–15
전승원 P3–13
전재은 P28–7
전한솔 계장화1–2
전형준 P26–10
전호선 P13–20
정가영 P29–7
정광용 전통3–4
정구진 P23–13
정기영 전지2–1, 전지4–3
정대원 타이타늄3–3
정도현 에너지1–2, 복합1–3
정동명 수요자1–5
정동혁 P3–14
정동훈 P1–3
정무섭 P6–1
정문철 P13–10
정병홍 P23–26
정선호 나노3D1–4
정설 P27–3
정성진 P16–17
정성훈 용접2–4
정수민 P1–36
정순신 나노5–7
정양일 지르코늄2–7
정연범 P24–2
정영광 전산4–3
정영웅 집합조직2–1
정용석 환원3–5
정용우 P29–6
정용진 나노2–4
정우용 P9–14
정은욱 전자2–3
정은진 철강4–7, 타이타늄기술1–3
정인호 철강1–3
정재길 알루미늄3–4
정재인 P23–27
정재황 P21–15
정제기 알루미늄1–3
정제준 전통4–5
정중은 비철1–2
정지석 철강6–5
정지원 에너지2–2
정지윤 에너지4–4
정찬원 고엔6–3
정현도 생체1–1, 재료분석1–6, 철강10–4
정형근 P8–5
정홍락 P24–19
정회봉 나노2–2

정효태 집합조직3-3
정희정 소재1-4
정희태 P17-1, 비철4-2
조경래 철강9-5
조계훈 P15-6
조남철 전통3-5
조대영 P9-11
조동민 P33-1
조민구 고엔4-1
조민규 P7-3
조민수 알루미늄1-5
조민아 비철1-5
조민영 복합2-4
조민철 P14-52, P14-7
조상원 철강11-2
조서연 피로4-3
조성철 P1-42
조성환 주조2-3
조수미 마그네슘3-3
조수연 비철5-4
조수현 철강9-6
조영민 열전1-5
조영욱 P23-28
조영환 P14-50
조용덕 P2-15
조용민 P14-26
조용수 P2-29
조용희 고엔4-4
조의제 P33-12
조재형 집합조직3-5, 수요자1-3
조진우 P6-4
조창희 P5-10
조한얼 에너지2-4
조현용 P16-6
조환정 피로2-4
조훈휘 전산3-5
조희재 표면2-3, 표면2-4
조희진 나노4-5
주경석 P5-
주병수 마찰1-4
주성호 P13-37
주장호 P13-12
진성호 재료강도2-3
진연호 P9-19
진현규 열전3-1
진형하 P3-5

ㅊ

차예은 P16-15,
차현진 P25-21
채기성 계장화5-3
채동훈 극한1-5
채준열 P11-4
채지광 P15-10
채홍준 P7-9
천민정 계장화5-1
천은준 용접1-3
천주용 P13-5
최경섭 P13-21
최광수 P15-22, P24-27, P24-26
최구현 P26-3
최권훈 P13-42
최근수 P1-14
최누리 고엔4-3
최덕영 P16-14
최동준 P14-16
최미선 형상1-5
최민재 계장화4-1
최민주 P21-19
최병상 P2-24
최병학 상변태현상2-4
최병현 전지1-3
최병호 P6-2
최봉재 P9-10
최상훈 P25-14
최선우 P28-4
최성우 타이타늄4-4
최세원 P13-32
최승훈 전산1-3
최시연 비철4-1
최시훈 융합분석3-1, 집합조직3-4, 금속3D3-2, 전통4-1
최영신 타이타늄3-4
최영환 표면1-5
최용석 P1-9,P1-13
최용석 에너지5-3
최용호 P26-5
최우남 P30-17
최원미 고엔5-1
최윤석 New1-2
최윤정 P23-18
최윤주 금속분말1-4
최인혁 P9-17
최재옥 P27-6
최준성 철강6-4
최준영 비철1-6
최지석 P4-15
최지원 P29-5
최진석 P2-19
최진혁 P33-4
최창영 P4-12
최헌진 여성1-1
최현서 철강11-1
최현주 P26-1, P31-1
최현주 고엔7-2
최현진 P23-8
최혜정 타이타늄5-4
최호길 P14-29
최호준 P2-31
최희채 전산5-4
추동주 소재1-3

ㅍ

표재연 나노3D2-2
피지희 P16-13

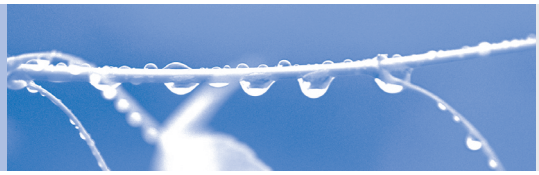
ㅎ

하경식 P4-14
하대권 에너지2-1
하동욱 P30-11
하창수 환원3-10
하태준 P2-16, 에너지3-4
하현철 에너지1-1
한경문 환원3-6
한국인 P27-10
한기갑 P9-2
한덕현 P25-3,P25-1
한동근 P27-19
한상수 전산5-5, New2-3
한승우 열전5-2
한영민 P25-17
한준현 전통2-2
한지수 전자3-2
한진성 철강5-3
한태양 생체1-4
한흥남 New1-6
함기수 표면1-4
함민지 P29-1
함종오 AW-7
함준혁 지르코늄1-4
함진희 P14-49
허기녕 비철1-4
허석환 소재3-1
허성규 P1-7
허성준 열전5-1
허용강 비철6-1
허윤욱 상변태현상1-1, 융합분석3-4
허인강 P20-7
허정호 철강4-2
허준영 알루미늄2-1
허지구 P19-6
허형민 재료분석1-4
허회준 용접2-1, 전지2-3
현승민 나노3D2-1
현용택 타이타늄1-1
현재익 P2-28
홍기철 마그네슘1-3
홍대근 New1-5
홍두선 P7-5
홍석관 P18-6
홍석민 P30-16
홍성모 P5-5
홍성현 P21-11
홍성환 P24-9
홍순직 금속분말2-3
홍연우 전자1-5
홍재근 금속3D1-1
홍진성 철강11-7
홍창완 철강9-2
홍태운 P30-8
홍현욱 금속3D2-3
황교진 나노5-6
황규광 P23-22
황덕록 P23-17
황명원 P13-19
황병일 계장화4-2
황병철 안전2-3
황은혜 P14-18
황준선 P1-28
황지용 상변태2-1
황진욱 P33-7
황진하 전통4-4

A-Z

A.Rahman 수요자1-6
ABBASI MAJID 소재3-3
Adilbish Ganpurev P2-41
AHIALE KWAME GODWIN 재료강도1-5
Arijit Roy 전산3-3
Chen Zhuo 철강6-7
DEREJE DEGEFA GELETA 전산1-4
Du Wei-Tong 철강6-2
EKA BOBBY SAPUTRA P24-5
Gautam Kumar Naik 나노4-3
Gui Yunwei P15-23
Guosheng Li 전지3-2
Hayk Nersisyan 금속분말1-3
He Yinsheng 재료분석1-3
Janu Ageng Nugroho P15-16
Jouni. Wedenst rand 타이타늄기술2-1
JULIEN 에너지4-1
JUMAEV ELYORJON P17-9
JUMAEV ELYORJON 고엔6-4
LI SHUANGLEI 형상2-1
LI YUANMING P1-40
Liming Xu P2-25
Masahiko Demura New1-1
MAY LIKHA LWIN 열전1-3
Min Cui P19-2
Minisha Mehta P2-3
MUHAMMADWAQAS KHALID P25-10
Munkhbayar P10-7
Mykola slazhniev 알루미늄2-2
Mykola slazhniev P13-25
Nguyen ngoc ha 마그네슘1-2
Nurzhan Umirov 에너지2-3
Park J. H. 열전5-4
Park Steve 나노3D2-3
PERESI MAJURA BULEMO 나노2-1
Peyala Dharmaiah 열전1-4
PRAVEEN 고엔1-1
RAMARAGHAVULU R 철강1-2
Saif haider kayani 알루미늄4-2
Shuichi Miyazaki 타이타늄기술5-1
Siddiqui 전산3-2
Sijia Liu P2-21
Srinivasan Swaminath 소재1-5
Thuy T. D. Nguyen P2-36
Toru H. Okabe 타이타늄기술4-1
TRINH BICH HA P9-16
Yubing Zhang P2-12
Zang Qianhao 알루미늄4-1

2018년도 임시총회 학회상 수상자



1. POSCO학술상
◆ 이창희(한양대학교)

2. POSCO젊은철강상
◆ 이창훈(재료연구소)

3. LS학술상
◆ 이혁모(한국과학기술원)

4. 현송공학상
◆ 이계영(현대제철(주))

5. 공로상
◆ 김용석(국민대학교), 조양구(한국표준과학연구원)

6. 기술상
◆ 구남훈(현대제철(주)), 박우진(포항산업과학연구원), 함종오(한국화학융합시험연구원)

7. 신진학술상
◆ 김동규(한국원자력연구원), 성효경(경상대학교), 손준우(포항공과대학교), 오승주(고려대학교)

8. 신진기술상
◆ 문준오(재료연구소), 장혜정(한국과학기술연구원), 정은진(포항산업과학연구원), 정재석(두산중공업)

9. 논문상

1) 제1부문: 우수 논문

◆ 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
박판주조법으로 제조한 7075 알루미늄 합금판재의 기계적 특성에 미치는 소부경화처리의 영향
Vol. 54, No. 7, pp. 483-491
고동현[1], 이윤수[2], 김민석[2], 김형욱[2,*], 안용식[3]
[1]한온시스템, [2]재료연구소, [3]부경대학교

◆ Metals and Materials International
Role of Deformation Twins in Static Recrystallization Kinetics of High-Purity Alpha Titanium
Vol. 22, No. 6, pp. 1041-1048
원종우[1], 이태경[2], 홍성구[3], 이용문[4], 이정훈[5], 이종수[4,*]
[1]재료연구소, [2]부산대학교, [3]한국표준과학연구원, [4]포항공과대학교, [5]한국생산기술연구원

◆ Electronic Materials Letters
Improving Charge Transport of P3HT:PCBM Organic Solar Cell Using MoO_3 Nanoparticles as an Interfacial Buffer Layer
Vol. 12, No. 3, pp. 383-387
김재형[1], 박응규[2], 김지환[3], 조형준[4], 이동훈[2], 김용상[5,*]
[1]Nifco Korea Inc., [2]QSTag, [3]Lam Research Korea, [4]SEMES, [5]성균관대학교

2) 제2부문: 논문 다수 인용

◆ 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
김형섭(포항공과대학교)

◆ Metals and Materials International
이성학(포항공과대학교)

◆ Electronic Materials Letters
이용욱(부경대학교)

10. 굿리뷰어상

- 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
  주수현(Tohoku University)
- Metals and Materials International
  한승전(재료연구소)
- Electronic Materials Letters
  정운진(공주대학교)

11. 재료조직사진상

[학술부문 - 우수]

- 고탄소 금형강의 금속 3D Printing시 발생하는 이례적인 상변태 거동
  남태훈[1,3], 손종윤[1,4], 신선미[1], 최은영[1], 하경식[1,3], 심도식[2], 이욱진[1], 강남현[3], 전종배[1]
  [1]한국생산기술연구원, [2]한국해양대학교, [3]부산대학교, [4]전남대학교

[학술부문 - 가작]

- Star Wars Airships' Formation During Long Time Aging in 1.25Cr-0.5Mo Steel
  김명연[1,2], 서진유[1], 이영국[2], 심재혁[1]
  [1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교
- 민들레와 강아지풀을 닮은 산화아연 구조
  변상원[1], 신지범[1], 박범철[1], 김영근[1]
  [1]고려대학교

[학술부문 - 장려]

- Formation of Randomly Oriented Nanopillars on Gold Nano-Membrane
  서현선[1], 이중훈[2], 서영민[1], 옥명렬[1], 김유찬[1], 석현광[1], 황석원[2], 전호정[1]
  [1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교
- Microstructural Characteristics of Linepipe Steel Using Optical and Scanning Electron Microscopes
  이상인[1], 이승완[1]
  [1]서울과학기술대학교

[기술부문 - 우수]

- Crystal Orientation Correlated 3D STEM-EDS Tomography
  김진연[1,2], 심철휘[2], 박은수[1], 장혜정[2]
  [1]서울대학교, [2]한국과학기술연구원

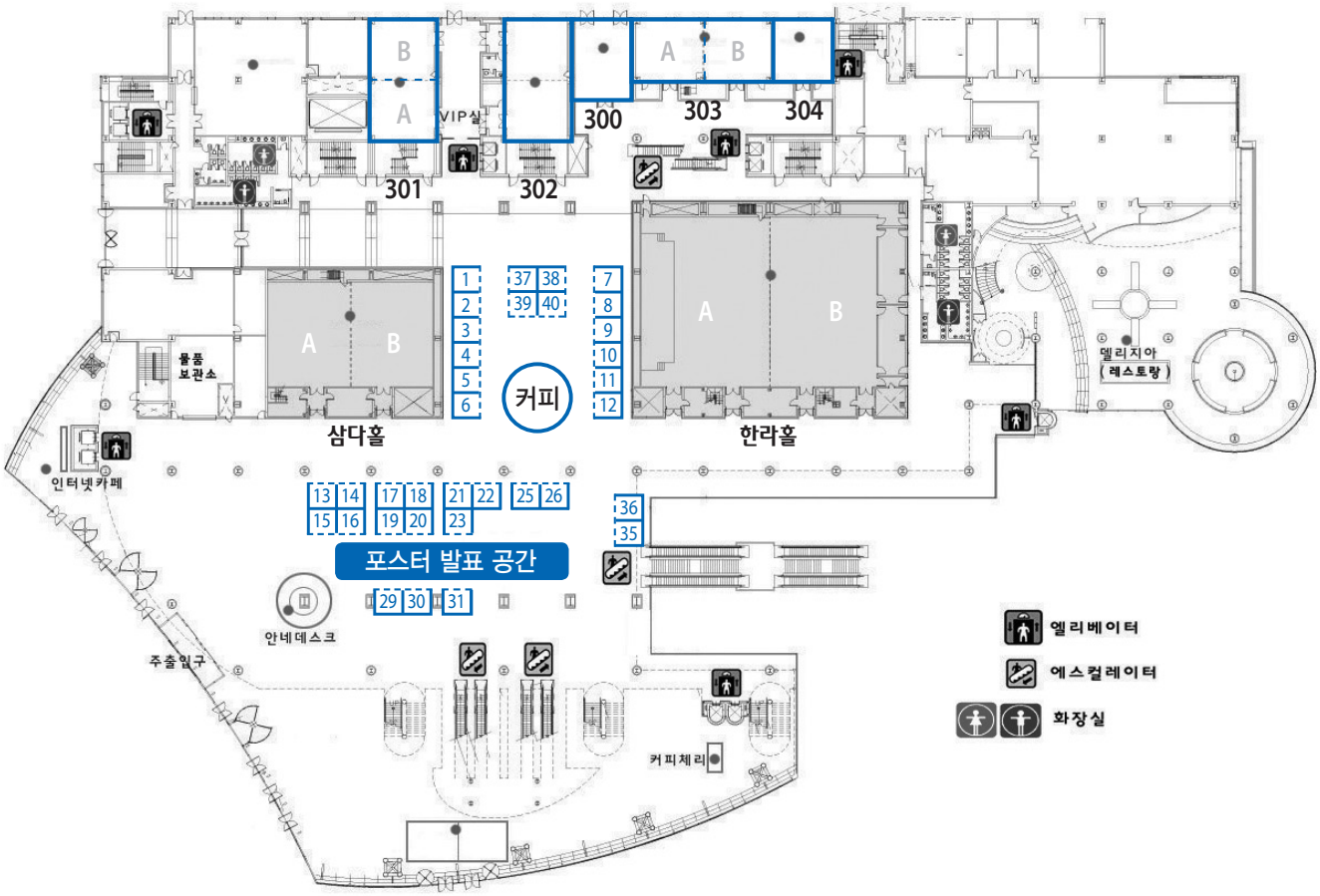
[기술부문 - 가작]

- Three Types of Typical Dislocation Interaction With Grain Boundary or Precipitates
  이승용[1], 이상혁[2], 홍재영[1], 심재혁[1], 서진유[1]
  [1]한국과학기술연구원, [2]서울과학기술대학교
- 간단 소결 방법으로 합성한 산호초
  장준영[1], 강수희[1], 최다현[1], 김효준[1], 이선영[1]
  [1]한양대학교

[기술부문 - 장려]

- Amazing Nature (강판의 모서리에 성장한 Zn Dendrite 도금)
  강영환[1], 백승훈[1], 조다희[1], 조두환[2], 조홍래[2]
  [1]포항산업과학연구원, [2]포스코
- Atom Probe Tomography (APT) Analysis of Nanoparticles in 3D Atomic Scale
  김세호[1], 강필웅[1], 박오옥[1], 설재복[2], 안재평[3], 이지영[3], 최벽파[1]
  [1]한국과학기술원, [2]포항공과대학교, [3]한국과학기술연구원

부스배치



학회 부스 참가회사

1 SJ트레이딩
2 ㈜유로사이언스
3 ㈜팜테크
4 JEOL KOREA
5 금속소재종합솔루션센터
6 엠티디아이㈜
7 ㈜케이티엠엔지니어링
8 LECO KOREA
9 TA Instruments Korea
10 안톤파 코리아
11 ㈜블루시스
12 한국세라믹기술원 분석인증센터
13 R & B
14 ㈜코셈
15 ㈜신영사이언스(ZEISS/MATSUZAWA)
16 한국이에스아이㈜
17 유로산업㈜
18 ㈜만진교역/STRUERS
19 ㈜태성에스엔이
20 한국알테어
21 TESCAN KOREA
22 엠티디아이㈜ 손상허용특성평가연구소
23 서울대 복합환경제어 멀티스케일 시험평가센터
25 ㈜프론틱스
26 엠티엠 코퍼레이션㈜ / PRESI S.A
29 브루커코리아㈜
30 ㈜KAMI
31 ㈜버추얼랩
35 영인과학㈜
36 NH농협금융
37 한국생산기술연구원 대구뿌리기술지원센터
38 비전플러스 주식회사
39 ㈜진우테크
40 시편전처리센터

경품 추첨 안내

학술대회 전시부스 18곳 이상을 순회하여, 도장(18개)을 받으셔서 응모함에 응모하시면 추첨을 통하여 아래 경품을 드립니다.

❖ 경품 추첨 일시 : 4.26(목) PM 5:00 / 4.27(금) PM 4:00

❖ 경품 추첨 장소 : 3층 로비

	4월 26일 (목)	4월 27일 (금)
1등 (1명)	LG 그램 (14Z980-GA50K)	iPhone X (스페이스 그레이, 256GB)
2등 (2명)	다이슨 슈퍼소닉 드라이기 (HD01, 아이언핑크) 고프로 액션캠 (HERO6)	다이슨 슈퍼소닉 드라이기 (HD01, 아이언핑크) 고프로 액션캠 (HERO6)
3등 (3명)	LG U+ 레이져 포켓빔 다이슨 New 에어멀티플라이어 (AM06-12(S)) 인스탁스 쉐어3 (SP-3)	LG U+ 레이져 포켓빔 다이슨 New 에어멀티플라이어 (AM06-12(S)) 인스탁스 쉐어3 (SP-3)
4등 (4명)	LG 퓨리케어 공기청정기 (AS122VDS) -2명- Seagate 외장하드 5TB (STDR5000300) -2명-	LG 퓨리케어 공기청정기 (AS122VDS) -2명- Seagate 외장하드 5TB (STDR5000300) -2명-
5등 (5명)	신세계상품권 (5만원)	신세계상품권 (5만원)

❖ 경품 추첨 시, 당첨자가 자리에 있는 경우에만 유효하고 자리에 없는 경우에는 재추첨 하게 됩니다.