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

2017년도 대한금속 · 재료학회

춘계학술대회 초록집

2017 Spring Conference of the
Korean Institute of Metals and Materials

날짜 2017년 4월 26일(수)~28일(금)

장소 창원컨벤션센터

주최 : (사)대한금속 · 재료학회

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



KIM 대한금속·재료학회
THE KOREAN INSTITUTE OF METALS AND MATERIALS
2017 춘계학술대회
2017년 4월 26-28일

2017 Spring Conference of the Korean Institute of Metals and Materials

초록집 목차

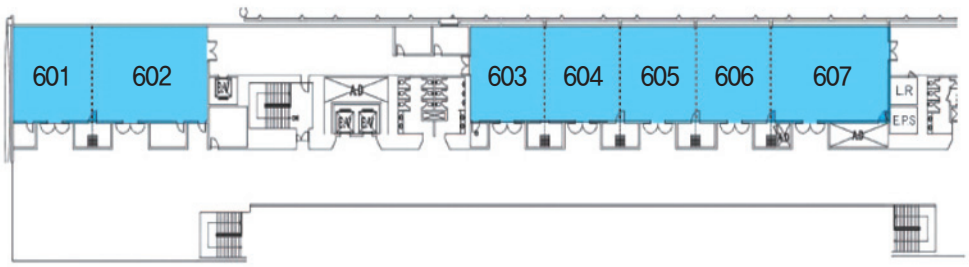
+ 초대의 글 1
+ 위원장 인사 2
+ 행사 및 발표 진행 안내 3
+ 춘계학술행사 행사 일정 4
+ 구두 발표일정 10
+ 포스터 발표일정 43
+ 구두 발표 69
+ 포스터 발표 230
+ 발표자 색인 366
+ 2017년도 임시총회 학회상 수상자 370
+ 부스배치 372
+ 경품 추첨 안내 373

발표장 안내도

창원컨벤션센터

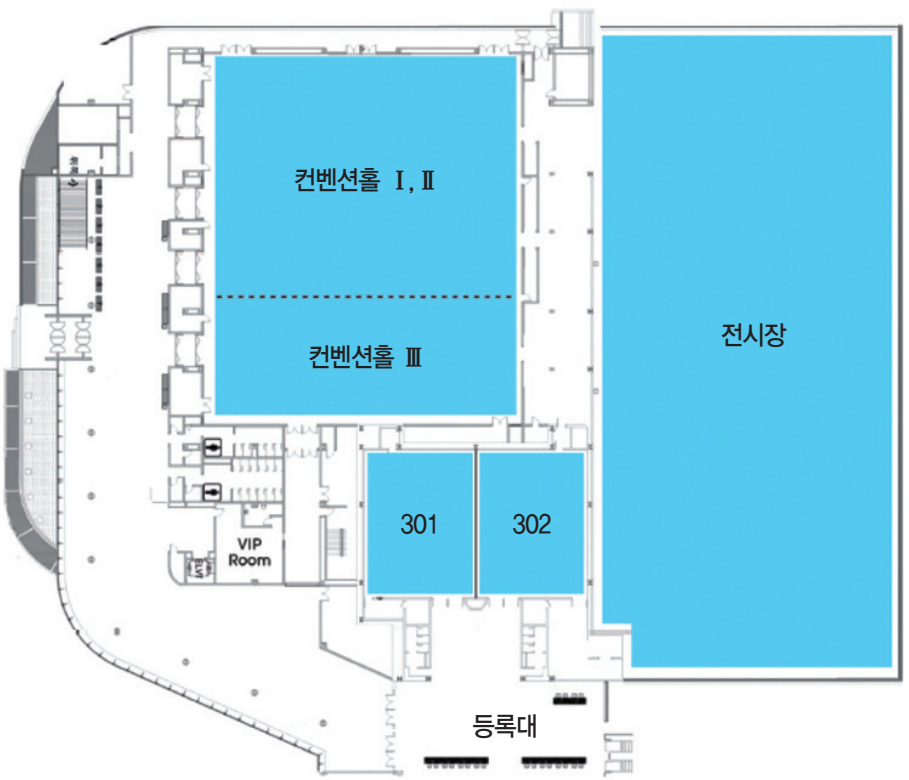
6F

601호, 602호, 603호, 604호, 605호, 606호, 607호 발표장



3F

301호, 302호, 컨벤션홀, 등록대, 전시장(포스터 발표, 부스 전시, 휴게실)





초대의 글

회원여러분 안녕하십니까?

2017년도 임시총회 및 춘계학술대회는 국내 최초의 계획도시이자 첨단산업도시이며 이제는 글로벌 환경도시로 도약하고 있는 경남 창원의 창원컨벤션센터(CECO)에서 개최하게 되었습니다. 학회 회원님들과 금속 및 재료 관련 산업에 종사하시는 모든 분들을 초대하오니 참석하여 주시면 감사하겠습니다.

금번 춘계학술대회에서는 그동안 각 분야 회원님들께서 열심히 연구한 총 1000여 편의 수준 높은 논문이 21개의 전문분야 심포지엄과 20개의 일반세션에서 발표 될 예정입니다. 지난 추계학술대회에 이어 국제화, 융합화, 다학제화, 산업체 전문가의 참여 확대를 도모하고자 개설된 New Horizon 심포지엄은 극한환경재료와 Two-Dimensional Materials를 주제로 진행되오니 관련 종사자분들의 많은 참여를 부탁드립니다.

또한 학술대회와 함께 개최되는 임시총회에서는 철강 연구의 관심 증대를 위해 POSCO젊은철강상이 신설되었습니다. 철강분야에서 학술적 또는 기술적으로 탁월한 공로가 있는 만 45세 미만의 연구자를 대상으로 주어지는 이 상을 통하여 신진 연구자들의 활동을 독려하고 철강분야가 더욱 활발해지는 계기가 되었으면 합니다.

회원 여러분께서도 잘 아시는 바와 같이 학술대회는 우리 학회 회원들의 연구 역량과 발전 의지를 확인하고 산 · 학 · 연이 교류하는 뜻깊은 자리입니다. 이번 학술대회에서도 대한금속 · 재료학회 회원들의 학문적 발전과 성과를 만끽할 수 있도록 회원 여러분들의 적극적인 참여와 애정을 기대하며, 이 뜻깊은 자리에 참석하신 회원 여러분 모두의 학문적 발전을 위해 서로의 관심을 공유하고 좋은 의견을 개진하는 뜻깊은 자리가 되길 기원 합니다.

다시 한 번 대한금속 · 재료학회 춘계학술대회에 참석해주신 여러분에게 감사의 말씀을 전하며 인사를 마치겠습니다.

2017년 3월 14일

대한금속 · 재료학회 회장 민 동 준





위원장 인사

회원 여러분, 안녕하십니까?

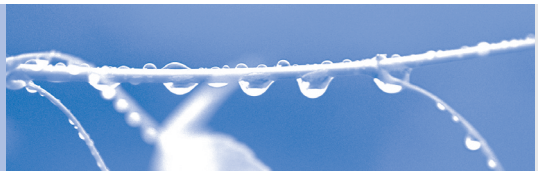
이번, 2017년도 대한금속 · 재료학회 춘계학술대회는 우리나라 기계산업의 메카인 창원의 창원컨벤션센터에서 개최됩니다. 우리 학회는 2016년부터 학회의 장기적이며 지속적인 발전을 위해 학회발전 중장기로드맵을 구상하였으며, 그에 따라 국제적 추세에 맞춰 학술대회 조직위원회를 구성하여 행사 전반을 보다 체계적으로 조직 하였습니다. 이번 춘계학술대회도 새로운 운영체계 하에서 학회의 미래상에 부합되도록 학술 프로그램의 내실화, 다양화, 개방화, 융합의 기조를 다져갈 작은 변화들을 시도 하였습니다.

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 우리학회가 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.

2017 춘계학술대회 조직위원장 이 창 규, 정 병 기

행사 및 발표 진행 안내



❖ 대회 기간 : 2017년 4월 26일 수요일 ~ 4월 28일 금요일, 3일간

❖ 대회 장소 : 창원 CECO, TEL: 055-212-1000

❖ 학술대회 등록비

구분	사전등록비		현장등록비	
	회원	비회원	회원	비회원
일반	130,000	200,000	150,000	220,000
학생	80,000	130,000	100,000	150,000

※ 사전등록 취소 및 환불은 4월 10일까지 가능합니다.

※ 주차권은 제공되지 않습니다. 대중교통을 이용해 주시기 바랍니다.

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 26일 수요일

시간	행사 일정	비고
09:00-18:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:30-12:30	구두세션 발표	각 발표장
10:00-16:00	포스터세션 발표 I	전시장
12:30-13:30	점심시간	3층 컨벤션홀
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	전시장
13:30-18:00	구두발표 세션	각 발표장

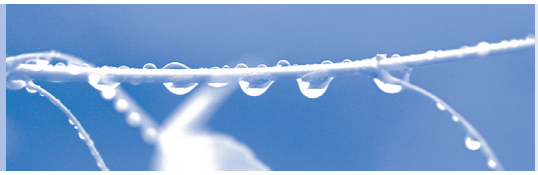
4월 27일 목요일

시간	행사 일정	비고
08:30-18:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:00-12:30	구두세션 발표	각 발표장
10:00-16:00	포스터세션 발표 II	전시장
12:30-13:30	점심시간	3층 컨벤션홀
13:30-18:00	구두세션 발표	각 발표장
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	전시장
17:00-17:30	경품 추첨	전시장
18:00-18:15	총회 강연	3층 컨벤션홀
18:15-20:00	총회 / 학회상 시상식 / 간친회	3층 컨벤션홀

4월 28일 금요일

시간	행사 일정	비고
08:00-12:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
08:30-13:00	구두세션 발표	각 발표장
09:00-13:00	포스터세션 발표 III	전시장
12:30-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	전시장
13:00-13:30	경품 추첨	전시장

발표일정



4월 26일(수) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 튜토리얼 세션 진행 : 이성호 학술이사 / 구두세션 진행 : 박은수, 최시훈 학술이사
학생구두발표 우수상 선정위원 : 박수동, 염종택 위원 / 포스터 세션 진행 : 장재일 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 박주현, 홍현욱 위원

구분	구두 발표										포스터
	301	302	컨벤션III	601	602	603	604	605	606	607	3층 전시장
09:30 ~12:30	제17회 피로 및 파괴 심포지엄	전산재료과학	철강I	2017년 첨단 융합분석기술 심포지엄	나노소재	상변태	비철금속	재료분석	제9회 소재부품안전 및 신뢰성 심포지엄	복합재료	Poster-I
12:30 ~13:30	점심식사										
13:30 ~18:00	제17회 피로 및 파괴 심포지엄	전산재료과학	철강I	2017년 첨단 융합분석기술 심포지엄	나노소재 심포지엄	격자구조결함 상변태 심포지엄	비철금속	지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄	제9회 소재부품안전 및 신뢰성 심포지엄	철강 국제표준 전략 심포지엄	

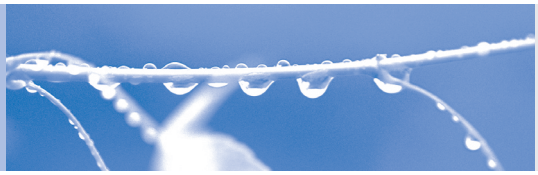
발표일정

4월 27일(목) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 구두세션 진행 : 박은수, 임혜인, 최시훈 학술이사
학생구두발표 우수상 선정위원 : 김유찬, 이선영 위원 / 포스터 세션 진행 : 김형욱 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 남호석, 박진우 위원

구분	구두 발표										포스터
	301	302	컨벤션III	601	602	603	604	605	606	607	3층 전시장
09:00 ~12:30	열전재료 (튜토리얼)	New-Horizon(1) Two-Dimensional Materials: Perspectives of Materials Science	제84회 철강기술 심포지엄	집합조직 심포지엄	제10회 계장화압입시험 및 미소강도 심포지엄	제26회 생체재료 심포지엄	마그네슘 심포지엄	New-Horizon(2) 극한환경재료 심포지엄	도시광석 재자원화 심포지엄	제3회 High Entropy Alloy 심포지엄	
12:30 ~13:30	점심식사										Poster-II
13:30 ~18:00	열전재료	New-Horizon(1) Two-Dimensional Materials: Perspectives of Materials Science	제84회 철강기술 심포지엄	집합조직 심포지엄	제10회 계장화압입시험 및 미소강도 심포지엄	금속역사 --- 여성세션	마그네슘 심포지엄	New-Horizon(2) 극한환경재료 심포지엄	감성소재·부품 심포지엄	제3회 High Entropy Alloy 심포지엄	
18:00 ~18:15	총회 강연										
18:15 ~20:00	총회 / 학회상 시상식 / 간친회										

발표일정



4월 28일(금) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 구두세션 진행 : 박은수, 최시훈 학술이사 / 학생구두발표 우수상 선정위원 : 김유찬, 박수동, 염종택 위원
포스터 세션 진행 : 김형욱 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 김수현, 이석빈 위원

구분	구두 발표										포스터
	301	302	컨벤션III	601	602	603	604	605	606	607	3층 전시장
08:30 ~13:30	제4회 수소재료안전 심포지엄	철강II	철강III	알루미늄 심포지엄	융합재료 ---------- 표면처리	소성가공 ---------- 타이타늄 심포지엄	전자재료 ---------- 용접 및 접합	에너지재료	분말재료	재료강도	Poster-III

※ 산업체 현장견학 : 세아창원특수강

포스터 발표 일정

4월 26일(수) 포스터 발표 (Poster - I)	4월 27일(목) 포스터 발표 (Poster - II)	4월 28일(금) 포스터 발표 (Poster - III)
P1 비철금속 P2 나노소재 P3 상변태 P4 복합재료 P5 재료분석 P6 피로 및 파괴 P7 전산재료과학	P8 철강 P9 표면처리 P10 열전재료 P11 열처리 P12 주조 및 응고 P13 융합재료 P14 집합조직 P15 마찰마모 P16 소성가공 P17 생체재료 P18 High Entropy Alloy P19 New-Horizon : 2-D Materials	P20 분말재료 P21 에너지재료 P22 재료강도 P23 용접 및 접합 P24 전자재료 P25 마그네슘 P26 알루미늄 P27 타이타늄

총회 강연

3층 컨벤션홀, 4월 27일(목) 18:00-18:15

좌장 : 정병기 학술부회장

AW-1 Computational Materials and Process Design

이병주 교수(포항공과대학교)

Abstract

A wide range of computational techniques have been developed on different scales during the last several tens of years. During the development stage, computational research groups have been somewhat separated from experimental research groups. However, with developments of computational techniques to a level applicable to real materials and process design, close collaborations between computational and experimental groups are becoming part of everyday research life, and many success stories in computational materials and process design are being reported in a wide range of materials research field.

In the present talk, a success story of computational materials and process design (development of highly value-added {100} textured steels sheet), written through a close collaboration between an experimental and a computational group in POSTECH will be outlined. An on-going collaborative research to write another success story (development of Mg alloys with room-temperature formability) will also be outlined. Finally, a recently achieved, new computational technology (atomistic simulation on multicomponent metallic/covalent oxide systems) will be introduced seeking a chance for future collaborations.

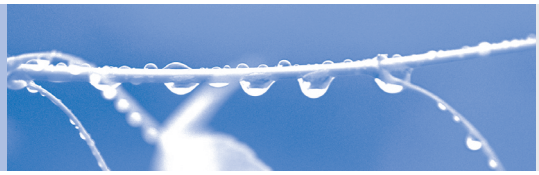
제 84회 철강기술 심포지엄
“제철공정 CO_2 배출 저감을 위한 기술 개발”

컨벤션III , 4월 27일(목) 09:30-16:50

Time	Title	Name/Affiliation
09:30~09:40	환영사	최 주 (포스코 기술연구원장 (철강 분과 위원장))
Session I. 新기후체제에서의 철강산업의 대응		좌장 : 포스코 이운재 제선연구그룹장
09:40~10:20	CO_2 저감 기술 금속분야 정책 및 R&D 지원 동향	임영목 (한국산업기술평가관리원 (금속재료PD))
10:20~11:00	재료 생태지수 분석을 통해서 본 철강 분야의 CO_2 문제와 전망	이경우 (서울대학교)
11:00~11:40	제철공정 CO_2 저감을 위한 제언	민동준 (연세대학교)
11:40~12:20	산업과 학제간 융합에 의한 CO_2 저감 방안	이상호 (POSCO)
12:20~13:40	중 식	
Session II. 제철 공정에서의 CO_2 배출 저감 기술		좌장 : 현대제철 윤호준 제선기술개발팀장
13:40~14:00	2030년 온실가스 감축 로드맵과 철강 업종 시사점	허재용 (POSRI)
14:00~14:20	제선공정 CO_2 배출 저감 기술 개발 동향	이운재 (POSCO)
14:20~14:40	Biomass 활용을 통한 제선공정 온실가스 저감	김병철 (현대제철)
14:40~15:00	CO_2 배출 저감을 위한 폐플라스틱류 물질 재활용 기술	정수현 (한국에너지기술연구원)
15:00~15:30	Coffee break	
Session III. CO_2 자원화 및 전환 기술		좌장 : 포항산업과학연구원 황계순 기후에너지연구그룹장
15:30~15:50	탄소 자원화 정책 및 기술 동향	전기원 (한국화학연구원)
15:50~16:10	제철 슬래그 활용 광물 탄산화 기술 동향	한건우 (포항산업과학연구원)
16:10~16:30	전기화학적 CO_2 환원 촉매 기술	이종람 (포항공과대학교)
16:30~16:50	태양에너지를 이용한 CO_2 전환 기술	김우열 (숙명여자대학교)

ORAL SESSION I

4월 26일



제17회 피로 및 파괴 심포지엄

위원장 : 권용남(KIMS)
실무위원 : 성효경(경상대학교)
Room 301, 04월 26일

좌장 : 이동준 (재료연구소)

피로1-1 | 09:30

고망간강 이종용접부의 인장 및 피로 거동

신동민[1], 이관호[2], 정대호[2], 성효경[2], 김상식[2]
[1]한국남동발전. [2]경상대학교.

피로1-2 | 09:50

Hydrogen-affected Mechanical Properties of Superplastic Formed Ti-6Al-4V Sheet

Daeho Jeong[1], Yongnam Kwon[2], Hyokyung Sung[1], Sangshik Kim[1]
[1]Gyeongsang National University. [2]KIMS.

피로1-3 | 10:10

점진응고법으로 제조된 Al-Mg-Si 합금의 파괴에 미치는 미세조직 영향

권용남[1], 구가은[2], 김휘준[3]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]경상대학교. [3]한국생산기술연구원.

피로1-4 | 10:30 초청강연

High Cycle Fatigue and Fatigue Crack Propagation Behavior of High Manganese Steels at Room and Cryogenic Temperatures

정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교 금속재료공학과.

Break time | 11:00

좌장 : 이두열 (공군 항공기술연구소)

피로2-1 | 11:10

스틸과 알루미늄의 아크 브레이징 이종접합부의 기계적 특성

김용[1], 조인식[2]
[1]고등기술연구원. [2]㈜엠브로지아.

피로2-2 | 11:30

알루미늄 합금(Al6061-T6) 반복보수용접 특성 연구

이두열[1], 원상훈[1], 김형근[1], 김민생[1], 신규철[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로2-3 | 11:50

상업용 순수 티타늄(CP-Titanium)에서 발생하는 수소취성

박동희[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로2-4 | 12:10 초청강연

고온 피로 변형된 합금강들의 EBSD 미세조직 분석

오용준[1], Godwin Kwame Ahiale[1], Kizzie-Hayford Ebo Anderson[1], 최원두[1], 이성학[2], 박이현[3], 천영범[4]
[1]한밭대학교. [2]포항공과대학교. [3]국가핵융합연구소. [4]한국원자력연구원.

좌장 : 성효경 (경상대학교)

피로3-1 | 13:30

항공기 엔진 터빈 Blade 파단원인 분석

심윤보[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로3-2 | 13:50

부식이 존재하는 항공기 착륙장치 구성품의 구조안전성 평가

이두열[1], 양성운[1], 김민생[1], 신규철[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로3-3 | 14:10

Damage Tolerance Analysis for Ensuring Airworthiness of Military Aging Aircraft Structures

이홍철[1]
[1]공군군수사령부.

피로3-4 | 14:30 초청강연

항공 구조용 소재의 개발과 비파괴검사 평가기법

유경식[1]
[1]공군5공중기동비행단.

Break time | 15:00

좌장 : 황병철 (서울과학기술대학교)

피로4-1 | 15:15

고강도 해양구조용강 열영향부에서의 미세조직과 CTOD 취성 파괴기구

이석규[1], 손석수[1], 김우겸[2], 엄경근[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

피로4-2 | 15:35

1800MPa급 고강도 HPF강의 충격인성에 미치는 미변태 ferrite의 영향

조민철[1], 박재영[1], 손석수[2], 김성우[3], 이성학[1]
[1]포항공대 신소재공학과. [2]항공재료연구센터. [3]포스코.

피로4-3 | 15:55

원전수환경에서 Type 347 스테인리스강의 피로균열성장속도

홍석민[1], 민기득[1], 김민철[1], 이봉상[1]
[1]한국원자력연구원.

피로4-4 | 16:15

열시효처리가 스테인리스강의 피로균열성장속도에 미치는 영향

민기득[1], 홍석민[1], 임상엽[1], 송근동[1], 이봉상[1]
[1]한국원자력연구원.

Break time | 16:35

좌장 : 홍석민 (한국원자력연구원)

피로5-1 | 16:45

Influence of Residual Stresses on Fracture Resistance Studied by Neutron Diffraction and Finite Element Analysis

Huai Wang[1], 김동규[2], 우완측[2], 안규백[3], 이수열[1]
[1]충남대학교. [2]한국원자력연구원. [3]조선대학교.

피로5-2 | 17:15

아파트 보일러 동배관의 파손 경향 및 원인 고찰

채호병[1], 왕회[1], 홍민기[1], 김우철[2], 하태백[2], 김정구[3], 김희산[4], 이수열[1]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한국지역난방공사 미래개발원. [3]성균관대학교 신소재공학과. [4]홍익대학교 재료공학부.

피로5-3 | 17:35

변형률 속도에 따른 오스테나이트계 Fe-Mn-C 고망간강의 상온 인장 특성과 동적 변형시효

이승용[1], 임현석[1], 이상인[1], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

전산재료과학

위원장 : 차필령(국민대학교)
총무간사 : 한상수(KIST)
Room 302, 04월 26일

좌장 : 최희채 (㈜버추얼랩)

전산1-1 | 09:30

강유전체 도메인 구조에 대한 상장모델링

이재욱[1]
[1]재료연구소(KIMS).

전산1-2 | 09:45

효율적 리튬이자전지 양극소재 개발을 위한 Li-[Ni,Co,Mn]-O 5원계에 대한 2NNMEAM+Qeq 포텐셜 개발

지준호[1], 이은구[1], 김용민[1], 이병주[1]
[1]포항공과대학교신소재공학과.

전산1-3 | 10:00

구조적 결함에 따른 메탈릭글래스의 기계적 성질 변화

김성환[1], 유승화[1]
[1]KAIST.

전산1-4 | 10:15

A New Insight Into Metal-organic Hybrid Interfaces

Kayoung Yun[1], Kyeongjae Cho[2], Jiyoung Kim[2], Pil-Ryung Cha[3], Jaegab Lee[3], Seungchul Kim[1], Ho-Seok Nam[3]
[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]The University of Texas at Dallas. [3]Kookmin University.

전산1-5 | 10:30

Zero Valence Orbital Diffusion of Li Ions in a Crystalline Si: Origin of Anisotropic Lithiation in Li-Si batteries

YONGSEOK CHOI[1], Jun-Hyung Park[1], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

Break time | 10:45

좌장 : 김현유 (충남대학교)

전산2-1 | 10:55

Electronic Band Structure of Si Nanosheets under stress

이광렬[1], Mina Park[1], Byung-Hyun Kim[1], Heon-Jin Choi[2], Gyuobong Kim[1]
[1]한국과학기술연구원 계산과학센터. [2]Yonsei University.

전산2-2 | 11:10

Atomic-scale Modelling of Interfaces in Semiconductors and Solar Cell Devices

Maeng Eun Lee[1], Kurt Stokbro[1]
[1]QuantumWise.

전산2-3 | 11:25

Designing Cost-Effective and Strong Photocatalytic Materials Using First-principles Calculations

최희채[1]
[1]㈜버추얼랩.

전산2-4 | 11:40

Understanding on the adsorption mechanism of Chromate ion by using Onion-like Carbon: Collaboration between theory and experiment

최근수[1], 히로시 미즈세키[1]
[1]한국과학기술연구원.

전산2-5 | 11:55

Artificial Neural Network Based Interatomic Potential Development for Bulk SiO_2

Kyuhyun Lee[1], Wonseok Jeong[1], Seungwu Han[1]
[1]Seoul National University.

전산2-6 | 12:10

Fundamental Studies on Enhancing Selective Phase Stability for FAPbI3 Perovskite Solar Cell

Jiwon Jeon[1], Taedaehyeong Eom[1], Eunyeong Lee[2], Sol Kim[2], Sanghak Kim[2], Ki-Ha Hong[3], Hyungjun Kim[1]
[1]Korea advanced institute of science and technology (KAIST). [2]Hyundai Motor Company. [3]Hanbat National University.

좌장 : 김승철 (KIST)

전산3-1 | 13:30

Automated ab Initio Calculations for Non-oxide High-k Materials

Miso Lee[1], Kanghoon Yim[1], Seungwu Han[1]
[1]Seoul National University.

전산3-2 | 13:45

A Novel Descriptor for High-throughput Screening of p-type Semiconducting Oxides

Yong Youn[1], Kanghoon Yim[1], Miso Lee[1], Seungwu Han[1]
[1]Seoul National University.

전산3-3 | 14:00

Screening of 2D Transition Metal Dichalcogenides with Anion Vacancies for Hydrogen Evolution Reaction

Joohee Lee[1], Seungwu Han[1]
[1]Seoul National University.

전산3-4 | 14:15

CeO_2-TiO_2 복합 산화물 지지체를 이용한 Pt 나노입자 촉매의 안정성과 반응성 개선

하현우[1], 유미[1], 안혜성[1], 이준희[1], 김현유*[1]
[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

전산3-5 | 14:30

Deformation Mechanisms of γ-TiAl: Molecular Dynamics (MD) Study

정병관[1], 김재민[1], 김성웅[2], 유승화[1]
[1]한국과학기술원. [2]재료연구소.

전산3-6 | 14:45

Determining Surface Energy of Pt by Fitting Surface Segregation Tendency of Pt − M (M=Ni,Co, Fe, Ti, Cu, Mo, V, Al) Alloys Using 2NN MEAM Potential and Monte Carlo Simulations

Jin Soo Kim[1], Byeong Joo Lee[1]
[1]POSTECH.

Break time | 15:00

좌장 : 남호석 (국민대학교)

전산4-1 | 15:15

Phase-field 모델을 이용한 Bain, Kudjumov-Sachs, Nishiyama-Wassermann, Pitsch 메커니즘의 마르텐사이트 상변태 시뮬레이션

조민규[1], 차필령[1], 홍승연[2], 배문기[2]
[1]국민대학교. [2]현대자동차 남양연구소.

전산4-2 | 15:30

The Analysis of Micromechanical Behavior of a Composite Using Fast Fourier Transform Based on the Viscoplasticity: Non-regular Particles

YoungKyun Son[1], Subin Lee[1]
[1]UNIST.

전산4-3 | 15:45

Mechanical Behavior of Three-dimensional Metal-metal Composite Unit Cells: A Comparison Between Vviscoplastic FE and FFT Analysis

Sihwa Sung[1], Youngkyun Son[1], Sukbin Lee[1]
[1]UNIST.

전산4-4 | 16:00

Numerical simulation and Experimental study on Electromagnetic field and Heat transfer in Electromagnetic Cold Crucible (EMCC)

Hyun-Jae Lee[1], HYUN-DO JUNG[1], Su-Hyun Baek[1], Jonghyun Seo[1], Byung-Moon Moon[1]
[1]Liquid Processing & Casting Technology R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology.

전산4-5 | 16:15

Transient Fluid Flow Patterns Analysis in the Conventional Slab Continuous Casting Mold for the Different SEN Port Angle

이원혁[1], 이경우[1]
[1]서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실.

철강 I

위원장 : 최주(포스코)
총무간사 : 최종교(포스코)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 컨벤션III, 04월 26일

좌장 : 이재상 (포항공과대학교)

철강1-1 | 09:30

Microstructure and Mechanical Properties of Nb-bearing Medium Mn Steel for Warm Stamping

남재훈[1], 한정호[2], 강석현[1], 이영국[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

철강1-2 | 09:45

TWIP강의 고온 기계적 특성 및 미세구조 분석

이병주[1], 오호균[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 공대 금속공학과 에너지기능재료실험실.

철강1-3 | 10:00

Fabrication of bimodal-grained microstructure in Fe-7Mn-0.05C steel

Seok-Hyeon Kang[1], Jeongho Han[2], Seung-Joon Lee[3], Young-Kook Lee[1]
[1]Yonsei University. [2]Chungnam National University. [3]Osaka University.

철강1-4 | 10:15

아연도금 TWIP강판의 액체금속취화 (LME)에 미치는 가열속도의 효과

김도엽[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원 (GIFT).

철강1-5 | 10:30

Simulation of Precipitation Kinetics and Precipitation Strengthening of k-carbide in Low Density Steel

이재은[1], 박시욱[1], 김황선[1], 박성준[2], Phaniraj Madakashira[1], 한흥남[1]
[1]서울대학교. [2]재료연구소.

Break time | 10:45

좌장 : 황병철 (서울과학기술대학교)

철강2-1 | 10:55 강연

고강도-고연성 강재 개발을 위한 새로운 접근: Double Bainitic TRIP

김경원[1], 이창훈[1], 김경일[2], 강전연[1], 이태호[1], 조경목[3], 오규환[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]서울대학교. [3]부산대학교.

철강2-2 | 11:20

취성 균열 정지특성이 우수한 조선용 고강도 EH47BCA 강재 개발

황성두[1], 조영주[1], 조승재[1], 서용찬[1]
[1]현대제철 기술연구소.

철강2-3 | 11:35

Effect of Substructure on Crack Propagation of the Bainite/Martensite Mixed Structure in Low Carbon Steel

Jae Young Cho[1], Inshik Suh[1]
[1]POSCO Technical Research Laboratories.

철강2-4 | 11:50

The Study on the Correlation of Large Scale and Small Scale Test for BCA Steel

jo seung jae[1], Hwang sung doo[1], Cho young joo[1], Seo young chan[1], Joo hwung gun[1]
[1]Hyundai steel RnD center plate research team.

철강2-5 | 12:05

Anisotropic Mechanical Behavior of Hot Rolled Ti-Nb Microalloyed Low Carbon HSLA Steel

Hyuntaek Na[1], Sungil Kim[1], Seokjong Seo[1], Inshik Suh[1]
[1]POSCO Technical Research Laboratories.

철강2-6 | 12:20

Effects of Microstructures and Pipe Forming Strain on Bauschinger Effect of API X70 and X80 Linepipe Steels

김대웅[1], 이석규[1], 손석수[1], 김기석[2], 김완근[3], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 철강솔루션마케팅실. [3]포스코 POSCOA팀.

좌장 : 한정호 (충남대학교)

철강3-1 | 13:30

Correlation of Microstructural Factors and Strain-Aging Properties of Stain-Based API Linepipe Steels

SangIn Lee[1], Hwan-Gyo Jung[2], Chang-Sun Lee[2], Byoungchul Hwang[1]
[1]Seoul national university of science and technology. [2]POSCO Technical Research Laboratories.

철강3-2 | 13:45

The Effects of Heat Treatment on the Micro-structure and Precipitates in Hot-rolled Low Carbon Steels

김주은[1], 설재복[2], 박찬경[1]
[1]포항공과대학교. [2]나노융합기술원(NINT).

철강3-3 | 14:00

SA508 Gr.4N Ni-Cr-Mo계 저합금강 모델합금의 이상영역 열처리가 불순물 편석에 미치는 영향

이초롱[1], 김민철[2], 이봉상[2]
[1]한국과학기술연합대학원대학교. [2]한국원자력연구원.

철강3-4 | 14:15

보론강의 기계적 특성에 미치는 2단 열처리의 영향

김안나[1], 임항준[1], 심우정[2]
[1]한국산업기술대학교. [2]㈜새한산업.

철강3-5 | 14:30

9Cr-2W강의 시효에 영향을 미치는 보론 및 질소 첨가 효과에 대한 미세조직학적 고찰

정은희[1], 김영도[1], 김성호[2]
[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.

철강3-6 | 14:45

Al-Ni 도금이 적용된 보론강 도금층의 상동정

윤중길[1], 이재형[2], 곽승윤[2], 강정윤[2]
[1]부산대학교 융합학부하이브리드소재응용전공. [2]부산대학교 재료공학과.

Break time | 15:00

좌장 : 강전연 (재료연구소)

AW-5 | 15:15 기술상 수상기념강연

Molten Mold Flux Technology for Continuous Casting of Steel

Ki-Hyeon Moon[1]
[1]POSCO.

AW-6 | 15:40 기술상 수상기념강연

자동차용 초고강도강의 개발 및 향후과제

김성주[1]
[1]현대제철 연구개발본부.

철강4-1 | 16:05 강연

멀티 강화기구 기반 초고강도 벌크 나노철강소재

김형섭[1], 김정기[1], 설재복[2]
[1]Pohang University of Science and Technology (POSTECH). [2]National Institute of Nanomaterials Technology (NINT).

철강4-2 | 16:30

The Effect of the Misfit Dislocation on the In-plane Shear Resistance of the Ferrite/cementite Interface

김재민[1], 강건욱[2], 유승화[1]
[1]한국과학기술원. [2]연세대학교.

철강4-3 | 16:45

TP347H, Super304H 오스테나이트계 내열강에서 $M_{23}C_6$ 입계 석출물 거동이 불순물의 입계 편석에 미치는 영향

홍창완[1], 허윤욱[1], 허남회[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강4-4 | 17:00

저탄소강의 고온 스케일 성장 거동의 in-situ 방사광 XRD 연구

장창환[1], 신광수[1], 강성[1], 이창희[1], 주만길[1], 강영환[1], 성환구[2]
[1]RIST. [2]POSCO 포항기술연구소.

철강4-5 | 17:15

고온 인장에 의한 22MnB5아연 도금 강판의 미세 균열 분석

강지현[1], 김도엽[1], 김동휘[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강4-6 | 17:30

HPF(Hot Press Forming)강의 열처리 후 물성에 미치는 공정인자 영향

김성우[1], 오진근[1], 조열래[1], 서인식[1]
[1]포스코 기술연구원.

2017년 첨단융합분석기술 심포지엄

위원장 : 김영운(서울대학교), 성백석(한국원자력연구원)
실무위원 : 성백석(한국원자력연구원)
Room 601, 04월 26일

좌장 : 김영운 (서울대학교)

첨단1-1 | 10:00 초청강연

첨단 재료연구를 위한 중성자과학연구시설 현황 및 미래 비전

성백석[1]
[1]한국원자력연구원.

첨단1-2 | 10:20 초청강연

방사광을 이용한 첨단소재 연구 및 산업적 활용

김재영[1]
[1]포항 방사광가속기.

Break time | 10:50

좌장 : 성백석 (한국원자력연구원)

첨단2-1 | 11:00 초청강연

실시간 관찰 실험에 활용될 수 있는 주사전자현미경의 주사신호를 외부에서 조정할 수 있는 간단한 연결 방법의 소개 주사전자현미경과 연결하여 실시간 관찰 실험에 활용하기 위한 주사신호를 외부에서 조정할 수 있는 간단한 연결 방법의 소개

김영운[1], 신미향[2], 김성일[2]
[1]서울대학교 공대 재료공학부. [2]서울대학교.

첨단2-2 | 11:30 초청강연

Visualization of Polarization, Screening Charges and Ionic Transport Using Atomic Force Microscopy

Seungbum Hong[1]
[1]KAIST.

첨단2-3 | 12:00 초청강연

Advanced TEM Applied to Electromagnetic Field Study in Materials Science

Hyun Soon Park[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering INHA University.

좌장 : 강남현 (부산대학교)

첨단3-1 | 13:40 초청강연

중성자 회절법을 이용한 CoCrFeMnNi 합금의 고온 변형거동 연구

우완측[1], E-Wen Huang[2]
[1]한국원자력연구원. [2]National Chiao Tung University.

첨단3-2 | 14:10 초청강연

새로운 재료과학과 중성자 회절/소각산란

김영석[1], 김성수[1], 송용만[1]
[1]한국원자력연구원.

첨단3-3 | 14:40 초청강연

In-situ 고온중성자소각산란 측정 및 분석법

신은주[1]
[1]한국원자력연구원.

Break time | 15:00

좌장 : 우완측 (한국원자력연구원)

첨단4-1 | 15:10 초청강연

Effects of Microstructural Behavior on Stress-relaxation Properties of Inconel X-750 Helical Springs

하정원[1], 성백석[2], 우완측[2], 정희원[3], 최윤석[4], 강남현[4]
[1]KOS. [2]한국원자력연구원. [3]재료연구소. [4]부산대학교.

첨단4-2 | 15:40 초청강연

Three-dimensional Microstructure Modeling Using Statistical Synthetic Structure and Its Thermo-mechanical Finite Element Analysis

김형섭[1], 박형근[1], 정재면[1]
[1]POSTECH.

첨단4-3 | 16:10 초청강연

Neutron Diffraction Measurement of Residual Stress in 3D Printing Functionally-Graded Material

Dong-Kyu Kim[1], Wanchuck Wool[1], Soo Yeol Lee[2]
[1]KAERI. [2]Chungnam National University.

나노소재

위원장 : 김영근(고려대학교)
총무간사 : 류호준(ETRI)
Room 602, 04월 26일 09:30 - 11:10

좌장 : 오승주 (고려대학교)

나노1-1 | 09:30

Luminescence Properties of Ce-doped Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles Synthesis

jaeyong jung[1], yangdo kim[2], yongkuk kim[1]
[1]Korea Institute of Materials Science (KIMS). [2]Pusan National University.

나노1-2 | 09:45

Doping Effect on Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone

Ran Yoo[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

나노1-3 | 10:00

Ionic Liquid-simplified Preparation of Highly Dispersed Ag Nanoparticles Decorated on CeO_2 and Their Enhanced Photocatalytic Ability

DUNG DAO VAN[1], Dung Van Dao[1], Thuy D.T Nguyen[1], Hyeon-Yong Song[1], In-Hwan Lee[2], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University. [2]Korea University.

나노1-4 | 10:15

Pd@ZnO Core-shell Nanoparticles as a High Sensitive Gas Sensor: Its Study on the Effect of Calcination Temperature on the Oxidation Behavior and Gas Sensing Performance

Sanjit Manohar Majhi[1], Gautam Kumar Naik[1], Ting-Ting Liang[1], Dhanaji P. Bhopate[1], Jin-Nyeong Jo[1], Song Ho-Geun[2], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University. [2]Ogam Technology.

나노1-5 | 10:30

Synthesis of Au@TiO_2 hollow core-shell / g-C_3N_4 composites for photocatalytic H_2 evolution

Gautam Kumar Naik[1], Sanjit Manohar Majhi[1], Yeon Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.

나노1-6 | 10:45

One-step Physical Method to Fabricate Gr/Ag Coreshell Nanomaterials

Sunwoo Kim[1], Jung-woo Lee[1], Tae-Yoo Kim[1], Jeong-kab Park[1], Jong-hwan Park[1], Seok-hun Kim[1], Se-hee Choi[1], Ho-jun Choi[1], Su-jeong Suh[1]
[1]Department of School of AMSE(SKKU).

나노1-7 | 11:00

Adsorption, Kinetics, and Equilibrium Studies on Removal of Congo Red from Aqueous Solution Using Core-shell Iron Nanoparticles

SeHo Kim[1], PyuckPa Choi[1]
[1]한국과학기술원 신소재공학과.

Break time | 11:15

좌장 : 신병하 (KAIST)

나노2-1 | 11:25

단일 개체 일차원 나노소재의 기계적 특성 연구

박지은[1], 유다영[1], 박성규[1], 이다정[1], 이동윤[1]
[1]부산대학교.

나노2-2 | 11:40

디알로잉을 통한 다성분계 나노 다공성 구조 복합체 제조

공경호[1], 현재익[1], 김우철[1], 김강철[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교. [2]청주대학교.

나노2-3 | 11:55

Mg-Cu(Ag)-Y 비정질 합금의 탈 성분 부식법을 이용한 Cu-Ag 이원계 나노 다공성 구조체 형성

현재익[1], 공경호[1], 김우철[1], 김강철[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교 이공대학 레이저광정보공학과.

나노2-4 | 12:10

Ag계 비정질의 탈성분부식 속도 조절에 따른 나노다공성 구조체 형성 매커니즘 조사

김우철[1], 나민영[1], 현재익[1], 공경호[1], 김원태[2], 김도향[1]
[1]연세대학교 신소재공학과 나노구조재료연구실. [2]청주대학교 레이저광정보공학과.

나노2-5 | 12:25

극저온 밀링으로 제조된 Al-MoO_3 나노 테르밋 분말에서 입도와 조성의 영향

오민석[1], 안병민[1], 정상현[2]
[1]아주대학교. [2]국방과학연구소.

나노2-6 | 12:40

Interlayer Gap Opening of Graphene-polyaniline Nanocomposite by Nanoparticle Intercalation for Supercapacitor Applications

Sungjin Im[1], Young Joon Hong[1]
[1]Sejong University.

나노소재 심포지엄: Nano Chromic Materials

위원장 : 김영근(고려대학교)
실무위원 : 류호준(ETRI)
Room 602, 04월 26일

좌장 : 류호준 (ETRI)

나노S1-1 | 13:30 초청강연

Organic-inorganic Hybride Electrochromic Device

아칠성[1], 김태엽[1], 조성목[1], 류호준[1]
[1]한국전자통신연구원.

나노S1-2 | 13:55 초청강연

Long-Term Cycle Stability of Electrochromic Poly(3-hexylthiophene) Films

나윤채[1], 김태호[1], 구자승[2]
[1]한국기술교육대학교. [2]한국원자력연구원.

나노S1-3 | 14:20 초청강연

Electrostatic Force-Assisted Dispensing Printed Electrochromic Gels

Se Hyun Kim[1]
[1]Yeungnam University.

나노S1-4 | 14:45 초청강연

Printable and Re-writable Full Structural Color

Cheolmin Park[1], Han Sol Kang[1], Tae Hyun Park[1], Min Joo Ki[1]
[1]Yonsei University.

Break time | 15:10

나노S1-5 | 15:30 초청강연

Pb-free Perovskite Materials for Optoelectronic Device Applications

Myungkwan Song[1]
[1]Korea Institute of Materials Science.

나노S1-6 | 15:55 초청강연

Electrochromic Device for the Reversible Electrodeposition System

김태엽[1], 아칠성[1], 조성목[1], 류호준[1], 김주연[1]
[1]한국전자통신연구원.

나노S1-7 | 16:20 초청강연

디스플레이 응용을 위한 Cd-Free나노입자 합성 및 응용

이종수[1]
[1]대구경북과학기술원(DGIST).

나노S1-8 | 16:45 초청강연

양자점 합성 및 복합화 응용 기술

김영국[1]
[1]재료연구소.

상변태

위원장 : 최병학(강릉원주대학교)
총무간사 : 정우상(KIST)
Room 603, 04월 26일

좌장 : 설재복 (포항공과대학교)

상변태1-1 | 09:30

Effect of Size on the Intermittent Deformation Behavior of Metallic Glass Particles

So Yeon Kim[1], Jinwoo Kim[1], Koji S. Nakayama[2], Karin A. Dahmen[3], Eun Soo Park[1]
[1]Seoul National University. [2]Tohoku University. [3]University of Illinois at Urbana-Champaign.

상변태1-2 | 09:45

이성분계 니텔-전이금속 비정질 합금의 기계적 거동 및 구조 분석

안혜상[1], 오현석[1], 류채우[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태1-3 | 10:00

Investigation on Gd-based Metallic Glass Alloys for Magnetic Refrigerant Development

Yeabin Moon[1], Sunghwan Hong[1], Haejin Park[1], Youngseok Kim[1], Younghoon Lee[1], Yunjung Hwang[1], Yeonbeom Jeong[1], Kibuem Kim*[1]
[1]Sejong University department of Nanotechnology and Advanced materials Engineering.

상변태1-4 | 10:15

TRIP 거동을 나타내는 FeMnCoCrAl 경량 하이엔트로피 합금 개발

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

상변태1-5 | 10:30

열 성형을 위한 우수한 열적 특성을 가지는 Zr계 신합금 개발

김경준[1], 류욱하[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태1-6 | 10:45

Thermophysical Properties of Tungsten Niobium Alloy Near 3000K

Chang-Hwan Yoo[1], Shraddha P.Ganorkar[2], Yun-Hee Leeb[2], Yong Chan Cho[2], Geun Woo Lee[3]
[1]Kyung Hee University. [2]Korea Research Institute Standards and Science. [3]Korea Research Institute Standards and Science / University of S.

상변태1-7 | 11:00

Influence of Minor Elements on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Cr-X Alloys

YunJung Hwang[1], Young Seok Kim[1], Hae Jin Park[1], Jeong Tae Kim[1], JUMAEV ELYORJON[1], Younghoon Lee[1], Yeonbeom Jeong[1], Yeabin Moon[1], Sung Hwan Hong[1], Ki Buem Kim[1]
[1]Sejong University.

Break time | 11:15

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

상변태2-1 | 11:25

Thermodynamic and Kinetic Aspects of CuZr Bulk Metallic Glass

Shraddha P. Ganorkar[1], Chang-Hwan Yoo[2], Yong Chan Cho[1], Yun-Hee Lee[1], Soo-Heyong Lee[1], Geun Woo Lee[3]
[1]Korea Research Institute Standards and Science. [2]Kyung Hee University. [3]Korea Research Institute Standards and Science / University of S.

상변태2-2 | 11:40

Interfacial Fee Energy and Medium-Range Order of Ti-Zr-Ni-Ag quasicrystal forming liquid

이근우[1], 조용찬[1], 이병찬[2]
[1]한국표준과학연구원. [2]경희대학교.

상변태2-3 | 11:55

CANDU 피더관 재료에서 고온 변형 거동에 미치는 단범위 규칙화의 영향

김성수[1], 임상엽[1], 김영석[1]
[1]한국원자력연구원.

상변태2-4 | 12:10

Effect of Annealing Temperature on Phase Transformation of Micron-sized MnAlC

Jihoon Park[1], Hui-Dong Qian[1], Ping-Zhan Si[1], Chul-Jin Choi*[1]
[1]Powder & Ceramic Division Korea Institute of Materials Science.

상변태2-5 | 12:25

Precipitation and Ripening of Al-Li Alloys: in-situ TEM Observation and Phase-Field Approach

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

격자구조결함 상변태 심포지엄

위원장 : 최병학(강릉원주대학교)
실무위원 : 정우상(KIST)
Room 603, 04월 26일

좌장 : 허윤욱 (포항공과대학교)

격자1-1 | 13:30 초청강연

탄소강 연주시 상변태(α ↔ γ)와 표면 입계균열 발생기구

허남회[1], 장지훈[1], 임창희[1]
[1]포항공대 철강대학원.

격자1-2 | 14:00 초청강연

수소 및 지연 취성파괴(delayed brittle cracking)의 물리적 이해

허남회[1]
[1]포항공대 철강대학원.

격자1-3 | 14:30 초청강연

Phase-field Modeling of Transformation with Interphase Boundary Segregation

Seong Gyoon KIM[1], Byeong-Joo Lee[2], Jae Sang Lee[2]
[1]Kunsan National University. [2]Pohang University of Science and Technology.

Break time | 15:00

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

격자2-1 | 15:15 초청강연

TiZrNiCu 비정질 합금의 산화거동

나민영[1], 김도향[1], 김원태[2]

[1]연세대학교. [2]청주대학교.

격자2-2 | 15:45 초청강연

스테인리스강의 변형유기 마르텐사이트 상변태

김영석[1], 김성수[1]

[1]한국원자력연구원.

격자2-3 | 16:15 초청강연

인장속도변화에 의한 SRO현상과 변형유기 상변태 및 역변태 제어

설재복[1], 김정기[2], 나선형[2], 박찬경[2], 김형섭[2]

[1]포항공과대학교 나노융합기술원. [2]포항공과대학교 신소재공학과.

격자2-4 | 16:45 초청강연

Dislocation Assisted Phase Transformation

허윤욱[1]

[1]포항공대 철강대학원.

격자2-5 | 17:15 초청강연

Self-twinning in Isothermal Decomposition

이태호[1], 하헌영[1], 장재훈[1], 강전연[1], 문준오[1], 이창훈[1], 박준영[1], 박성준[1]

[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소.

비철금속

위원장 : 이재천 (한국지질자원연구원)

총무간사 : 김병수 (한국지질자원연구원)

Room 604, 04월 26일

좌장 : 왕제필 (부경대학교)

비철1-1 | 10:00

Elctrorefining Mechanism of CuZr alloy in Ba_2ZrF_8-LiF electrolyte

이성훈[1], 최정훈[1], 이종현[1]

[1]충남대학교.

비철1-2 | 10:15

용융염에서 고체 산화물 멤브레인(SOM)을 이용한 Indium Tin Oxide 전해 환원

권숙철[1], 이종현[1]

[1]충남대학교.

비철1-3 | 10:30

불화물계 용융염 전해제련을 통해 회수 된 지르코늄 전착물의 잔존 산소 농도 및 특성 분석

최정훈[1], 이영준[1], 네르시안 하이크[1], 이종현[1]

[1]충남대학교.

비철1-4 | 10:45

마그네슘 열환원의 중간 반응식 및 최대 환원율

김장원[1], 권의혁[1], 한정환[1]

[1]인하대학교 금속공학과 재료공정연구실.

비철1-5 | 11:00

어븀(Er) 용해 염산의 온도와 pH에 따른 금속 어븀의 전해회수 가능성 연구

김동현[1], 장지훈[1], 김선정[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부.

비철1-6 | 11:15

Electrorefining of In Metal from In-Sn Containing Eutectic Molten Halide Systems

Basit ali[1], Sang-Hoon Choi[1], Jae-Jin Sim[1], Won Ju[1], Jae-Hong Lim[1], Kyoung-Tae Park[1]

[1]한국생산기술연구원.

비철1-7 | 11:30

폐 희토류 영구자석에서 액상추출법을 활용하여 선택적 희토류(Nd, Dy) 추출을 위한 추출 거동 평가

남선우[1,2], 김용수[1], 조주영[1], 이종환[1], 김대겸[1], 김도향[2], 김택수[1]

[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]연세대학교 나노구조 재료연구실.

비철1-8 | 11:45

소둔냉각고속로 금속연료심 스크랩 재활용 제조 및 금속연료심 특성 평가

하성준[1], 김기환[2], 고영모[2], 박정용[2], 홍순익[1]

[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [2]한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발부.

좌장 : 권한중 (한국지질자원연구원)

비철2-1 | 13:30

Cold Crucible 및 가스 분무에 의한 Ti 분말의 제조

이상현[1], 남선우[1], 심재진[1], 최원정[1], 조혜미[1], 이미혜[1], 온지선[1], 박경태[1], 서석준[1], 이빈[1], 임경묵[1], 김범성[1], 김택수[1]

[1]한국생산기술연구원.

비철2-2 | 13:45

비철금속 사전가열을 위한 산업용 고효율 고온초전도 직류유도가열로 개발

최종호[1], 조상호[1], 박민원[2]

[1]수퍼코일㈜. [2]창원대학교 전기공학과.

비철2-3 | 14:00

반복 열피로에 따른 단결정 초내열합금의 2차 반응 층 성장거동

정중은[1], 김인수[1], 최백규[1], 도정현[1], 정인용[1], 조창용[1]

[1]재료연구소(KIMS).

비철2-4 | 14:15

니켈기 초내열합금의 미세조직에 미치는 주조공정변수의 영향

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

[1]두산중공업㈜.

비철2-5 | 14:30

주석-니켈 합금 다공성 양극재의 전해도금 형성 및 성능평가 연구

연건흠[1], 김선정[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부.

비철2-6 | 14:45

Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride using North Korean Magnesite

강정신[1,2], 백의현[1], 박형규[1], 이진영[1,2]

[1]한국지질자원연구원. [2]UST.

Break time | 15:00

좌장 : 홍석원 (부산대학교)

비철3-1 | 15:15

Cu-Ti합금에서 일반 및 불연속 석출물이 전기적, 기계적 특성에 미치는 영향

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

[1]부산대학교. [2]재료연구소. [3]강원대학교.

비철3-2 | 15:30

A Novel Method to Fabricate Reinforced Ti Composites by Infiltration of Al (Mg) into Porous Titanium

Sumin Kim[1], Gyeungho Kim[2], Wooyoung Lee[2], Hyun-Sook Lee[1], Wonyoung Jeung[1]

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

비철3-3 | 15:45

고강도 고전도 Cu-Fe합금 Strip Casting 공정기술 개발

박우진[1], 박언병[1], 박재신[1], 오윤석[1], 권기혁[1]

[1]포항산업과학연구원.

비철3-4 | 16:00

Study on the Microstructure Refinements with EM/MHD Process in High-Strength Casting Aluminum Alloys

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

[1]Dong San Tech. Co.

비철3-5 | 16:15

Investigation Correlation Between Transition Energy and Color Difference of Cu-X Color Metal Alloy

Jeong Yeonbeom[1], Park Haejin[1], Kim Youngseok[1], Lee Younghoon[1], Moon Yeabin[1], Hwang Yunjung[1], Hong Sunghwan[1], Lee Hoodam[2], Kim Kibuem*[1]

[1]Sejong University. [2]Hyundai motors group advanced materials research team.

비철3-6 | 16:30

TEM Analysis of Transformed Phases from Rare Earth Magnet by Molten Magnesium

yongsu kim[1], Dae-Kyeom Kim[1], Sun-Woo Nam[2], Jong-Hwan Lee[2], Bum-Sung Kim[2], Seok-Jun Seo[2], Kyoung-Tae Park[2], Bin Lee[2], Teak-Soo Kim[2]

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

비철3-7 | 16:45

탄화텅스텐(WC) 확산방지막에 구리 나노박막의 직접 전해도금 거동의 EIS 해석 연구

윤홍민[1], 김수현[2], 김선정[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]영남대학교 신소재공학부.

재료분석

위원장: 김영운(서울대학교)
총무간사: 양철웅(성균관대학교)
Room 605, 04월 26일

좌장 : 김성대 (재료연구소)

분석1-1 | 09:30

고강도 석출강화강의 Delamination에 미치는 원자단위의 결정립계 편석 거동 연구

한종찬[1], 김주은[1], 설재복[2], 서석종[3], 박찬경[1,2]

[1]포항공과대학교. [2]나노융합기술원. [3]포스코 광양강재연구그룹.

분석1-2 | 09:45

순차적 박리법을 이용한 Ni기 초내열합금의 3차원 미세조직 분석

강주희[1], 김수현[1], 서성문[1], 오창석[1]

[1]재료연구소.

분석1-3 | 10:00

원자침 단층 분석법과 전자현미경 분석을 활용한 고강도 7075 알루미늄 합금의 T4 및 T6 열처리에 따른 미세조직 거동 분석

공소현[1], 이지영[2], 김윤준[1]

[1]인하대학교 신소재공학과. [2]KIST 특성분성센터.

분석1-4 | 10:15

Post-necking behavior of Pure Titanium Sheet based on 2D Full-Field Measurement Method

nguyen van thuong[1], Young Suk Kim[1]

[1]Kyungpook National University.

분석1-5 | 10:30

화력발전소 신재생에너지 활용에 따른 보일러튜브의 염소성분 부식 특성 연구

박석균[1], 안덕영[1], 최석천[1]

[1]한국생산기술연구원.

Break time | 10:45

좌장 : 강주희 (재료연구소)

분석2-1 | 10:55

전도성 광촉매 콘크리트의 부식촉진실험을 통한 염해 내구성 비교평가

배근국[1]

[1]부산광역시 해운대구청 경제진흥과.

분석2-2 | 11:10

Ni기 초내열합금 용접부 미세조직에 미치는 열처리의 영향

박해지[1], 심덕남[1], 김정길[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구소.

분석2-3 | 11:25

A Correlative Approach for Identifying Complex Phases by EBSD and TEM

나선형[1], 설재복[2], 박찬경[1]

[1]포스텍(포항공과대학교). [2]나노융합기술원(NINT).

분석2-4 | 11:40

Micromechanics for Investigating Deformation Behaviour of Metallic Materials

Tea-Sung Jun[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Incheon University.

지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄

위원장 : 김현길(한국원자력연구원)
실무위원 : 정양일(한국원자력연구원)
Room 605, 04월 26일

좌장 : 김현길 (한국원자력연구원)

지르코늄1-1 | 13:30

사고저항성 강화(ATF) 핵연료 피복관 기술

김현길[1], 김일현[1], 정양일[1], 박동준[1], 박정환[1], 최병권[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄1-2 | 13:50

CrAl 레이저 코팅된 지르코늄 합금의 미세조직 및 산화특성

김정민[1], 하태형[1], 김일현[2], 김현길[2]
[1]한밭대학교. [2]한국원자력연구원.

지르코늄1-3 | 14:10

경수로 핵연료 피복관 적용을 위한 FeCrAl 합금 및 공정 개발 현황

박동준[1], 김현길[1], 정양일[1], 박정환[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄1-4 | 14:30

혁신형 지르코늄 신합금 개발현황 및 Tube shell 제조

이충용[1], 정태식[1], 김윤호[1], 목용균[1], 유종성[1]
[1]한전원자력연료.

지르코늄1-5 | 14:50

다중 금속층 복합 구조(MMLC)를 가지는 경수로 핵연료 피복관 개발

문준호[1], 김선규[1], 김지현[2], Michael Short[3], 반치범[1]
[1]부산대학교. [2]울산과학기술원. [3]Massachusetts Institute of Technology.

지르코늄1-6 | 15:10

지르코늄 피복관의 산화물분산강화(ODS) 표면처리 기술

정양일[1], 김선한[1], 김일현[1], 김현길[1], 박동준[1], 박정환[1], 최병권[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

Break time | 15:30

좌장 : 정양일 (한국원자력연구원)

지르코늄2-1 | 15:50

가동원전 일차 수화학 환경에서 용존수소 농도 변화에 따른 지르코늄 합금의 부식 거동 평가

김태호[1], 최경준[1], 유승창[1], 김지현[1]
[1]울산과학기술원.

지르코늄2-2 | 16:10

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 금속 코팅막의 고온산화특성 평가

박정환[1], 김의중[1], 김현길[1], 정양일[1], 박동준[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄2-3 | 16:30

사고저항성이 우수한 피복관 개발을 위한 레이저 코팅기술

김일현[1,2], 김현길[1], 최병권[1], 양재호[1], 구양현[1], 김선진[2], 임윤수[3]
[1]한국원자력연구원. [2]한양대학교. [3]한밭대학교.

지르코늄2-4 | 16:45

ODS 표면처리 지르코늄 합금의 기계적 특성평가

김선한[1], 정양일[1], 김현길[1], 양재호[1], 구양현[1], 임윤수[2]
[1]한국원자력연구원. [2]한밭대학교.

지르코늄2-5 | 17:00

건식저장시 수소농도에 따른 내압 크립거동

김의중[1], 홍종대[1], 국동학[1], 김현길[1], 정양일[1], 박동준[1], 박정환[1], 김일현[1], 김선한[1]
[1]한국원자력연구원.

지르코늄2-6 | 17:15

FeCrAl 합금의 기계적 강도 향상을 위한 산화물분산강화 표면처리

오홍렬[1], 박동준[1], 정양일[1], 박정환[1], 김일현[1], 양재호[1], 김현길[1]
[1]한국원자력연구원.

제9회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄

위원장 : 변재원(서울과학기술대학교), 양원존(재료연구소)
실무위원 : 신상용(울산대학교)
Room 606, 04월 26일

좌장 : 신상용 (울산대학교)

소재1-1 | 10:30

Manufacturing of Cermet in the Fe-Al/TiC Composites and Mechanical Property

Yong-In Kim[1], Se-Hyun Ko[2], Sung-Churl Choi[1]
[1]Hanyang University. [2]Korea Institute of Industrial Technology.

소재1-2 | 10:45

Accelerated Degradation of a Ag-Cu-Ti Alloy in Liquid Sodium Via Selective Dissolution of Silver

허회준[1], 박윤철[2], 강정윤[1], 정기영[2]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]포항산업과학연구원 에너지소재연구그룹.

소재1-3 | 11:00

음향방출신호 모니터링을 통한 리튬이차전지의 손상 분류

이승미[1], 변재원[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재 공학과.

소재1-4 | 11:15

은 나노 와이어 투명전도성 필름의 기계적, 열적 스트레스에 의한 고장 분석

김혜영[1], 김현수[1], 정규태[2], 김한종[3], 우원석[3], 변재원[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]코스모신소재㈜. [3]㈜오르비텍.

소재1-5 | 11:30

SCM420의 비정상열처리 조건에 따른 기계적 물성 변화

조다희[1], 김기환[1], 김재우[1], 박중철[1], 정성욱[1], 조점석[1], 진현호[1]
[1]포항산업과학연구원.

소재1-6 | 11:45

Running Wheel 파손 원인 분석

양원존[1], 유위도[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

좌장 : 양원존 (재료연구소)

소재2-1 | 13:30 초청강연

항공기재료의 발전과 개발현황

김광배[1]
[1]한국항공대학교 항공재료공학과.

소재2-2 | 14:00

Microstructural Investigation of Nano-Grained 2205 Duplex Stainless Steel by Focused Ion Beam and Transmission Kikuchi Diffraction

ABBASI MAJID[1], PARK IHHO[1], AYER RAGHAVAN[1], RO YUNJO[1]
[1]SK Innovation.

소재2-3 | 14:15

정유공장 Air Fan Cooler Fan Blade Arm 파손해석

노윤조[1], 박이호[1], 김재웅[2]
[1]SK이노베이션. [2]SK에너지.

소재2-4 | 14:30

Heater Tube Support(50Cr-50Ni)의 파손 분석

박이호[1], 노윤조[1], Raghavan Ayer[1], 지영수[2], 김재웅[2]
[1]SK이노베이션. [2]SK에너지.

소재2-5 | 14:45

체결 부품에서 관찰되는 주요 손상 사례와 영향 인자

김정한[1], 이유환[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]태양금속공업 기술연구소 소재연구실.

Break time | 15:00

좌장 : 신상용 (울산대학교)

소재3-1 | 15:15

배관플랜지 연결부의 볼트 체결 길이에 따른 구조건전성평가

김만원[1], 신인환[1], 부명환[1], 박상규[1], 이경수[1]
[1]한국수력원자력㈜.

소재3-2 | 15:30

FCG시험을 이용한 비상디젤발전기 커넥팅로드의 건전성 평가

신인환[1], 부명환[1], 박상규[1], 이경수[1]
[1]한국수력원자력㈜.

소재3-3 | 15:45

보일러용 탄소강관의 용접부 손상원인 분석

박기덕[1], 이승호[1], 함종오[1]
[1]한국화학융합시험연구원.

소재3-4 | 16:00

침식(Erosion)에 의한 연료가스배관용강관(SPPG)의 파손 분석

함종오[1], 박기덕[1], 조병일[1]
[1]한국화학융합시험연구원.

소재3-5 | 16:15

직류전위차법을 이용한 피로균열전파 특성평가

이건하[1], 양원존[1], 현용택[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

소재3-6 | 16:30

원전 소구경배관 용접부 건전성 평가 및 정비 기술 개발

이상훈[1], 오창영[1]
[1]재료연구소(KIMS).

복합재료

위원장 : 이상관(재료연구소)
총무간사 : 이정무(재료연구소)
Room 607, 04월 26일

좌장 : 조일국 (재료연구소)

복합1-1 | 10:00

3차원 그래핀 강화 Cu 복합재료 합성

곽새롬[1], 최병상[1]
[1]조선대학교 첨단소재공학과.

복합1-2 | 10:15

In-situ Al-Si/SiCp 복합분말이 첨가된 Alumix231 금속복합재료의 3차원 대표체적요소 모델 개발 및 탄소성 변형거동 해석.

김병주[1], 조의제[1], 박용호[2]
[1]부산대학교 공과대학 재료공학과. [2]부산대학교 공과대학 재료공학부.

복합1-3 | 10:30

Creep Properties of Squeeze Infiltrated Hybrid Alborex + CNT/AS52 Magnesium Matrix Composites

박상현[1], 조대현[1], 박익민[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 신소재실험실.

복합1-4 | 10:45

나노 탄소의 형상이 구리/나노-탄소 복합재료의 결정립 성장에 미치는 영향

장하늘[1], 장혜정[2], 최현주[1]
[1]국민대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

Break time | 11:00

좌장 : 한준현 (충남대학교 공과대학)

복합2-1 | 11:10

Cu/Al/Cu 클래드에서 Ni-interlayer가 계면 안정성에 미치는 영향

김형진[1], 송재숙[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 신소재공학과.

복합2-2 | 11:25

Preliminary Study on Electroless Ni-coated Al_2O_3 Composites

Sukyung Lee[1], Jin Soo Kang[2], Hyeji Park[1], Amy Wat[3], Yung-Eun Sung[2], Robert O. Ritchie[3], Heeman Choe[1]
[1]Kookmin University. [2]Seoul National University. [3]University of California. Berkeley.

복합2-3 | 11:40

방향성 동결 건조법을 이용한 패턴 다공성 은 나노선 + 셀룰로오스 파이버 3D 전도체

김태건[1], 김종범[1], 한승민[1], 현승민[2]
[1]한국과학기술원(KAIST). [2]한국기계연구원(KIMM).

복합2-4 | 11:55

전산 모사를 이용한 3층 Cu/Al/Cu 클래드재의 열처리 온도에 따른 인장거동 해석

김용근[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 나노소재공학과.

복합2-5 | 12:10

레이저를 이용한 AZ31 마그네슘합금과 CFRP간 이종접합 기술

김정한[1], Barton Arkhurst[1], 이목영[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원 소재이용연구그룹.

철강 국제표준 전략 심포지엄

위원장 : 이준호(고려대학교)
실무위원 : 왕찬훈(한국철강협회)
Room 607, 04월 26일

좌장 : 이준호 (고려대학교)

표준1-1 | 13:30 초청강연

국제표준화 선도기반 구축을 통한 철강산업 국제 경쟁력 향상 전략

이래균[1]
[1]한국철강협회.

표준1-2 | 13:50 초청강연

콘크리트구조기준의 ISO 인증에 따른 해외 건설현장의 KS 표준 적용

이재훈[1,2]
[1]영남대학교 건설시스템공학과. [2]한국콘크리트학회.

표준1-3 | 14:20 초청강연

극저온용 고Mn강의 특성과 KS 및 ASTM 표준 등록

이순기[1], 하유미[1], 김성규[1], 서인식[1]
[1]포스코 기술연구원.

표준1-4 | 14:50 초청강연

극저온 고망간 판재 제품의 신규 ASTM 표준 개발

황태진[1]
[1]한국기계전자전기시험연구원(KTC).

표준1-5 | 15:20 초청강연

조선분야 표준화 현황 및 추진방향

신일섭[1]
[1]한국조선해양기자재연구원(KOMERI).

표준1-6 | 15:50 초청강연

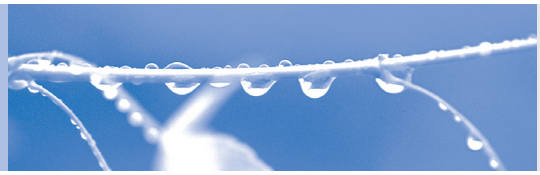
ISO/TC 107 (금속 및 무기질 코팅) 국제 표준화 활동 현황

변응선[1]
[1]재료연구소.

표준1-7 | 16:20 초청강연

철강제품의 국가표준 선진화

심광수[1]
[1]국가기술표준원.



열전재료

위원장 : 이희웅(한국전기연구원)
총무간사 : 박수동(한국전기연구원)
Room 301, 04월 27일

좌장 : 김일호 (한국교통대학교), 박수동 (한국전기연구원)

열전1-1 | 09:10

Computational Thermoelectric Properties and Materials
Min-Wook Oh [1]
[1]Hanbat National University.

열전1-2 | 09:55

Introduction to Electron Transport in Thermoelectrics
Joo-Hyoung Lee[1]
[1]GIST.

열전1-3 | 10:40

Bi_2Te_3계, GeTe계, Mg_2Si계 열전소재의 미세구조 특징
이호성[1], 장정인[2], 김봉서[2], 박수동[2]
[1]경북대학교. [2]한국전기연구원.

열전1-4 | 11:30 **Invited Lecture**

Skutterudite-based Thermoelectric Technology for Integration Into a Proposed eMMRTG for Space Power Applications
T. Caillat[1], I. Chi[1], S. Firdosy[1], C. -K. Huang[1], K. Smith[1], K. Yu[1], J. Ni[1], J. Paik[1], P. Gogna[1], S. Pinkowski[1], J.- P. Fleurial[1], T. Holgate[2], J. Ma[2], R. Bennett[2], S. Keyser[2]
[1]Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology. [2]Teledyne Energy Systems, Inc.

좌장 : 이종수 (경희대학교), 임재홍 (재료연구소)

열전2-1 | 13:00 **Invited Lecture**

Development of High Performance Thermoelectric Materials Using Detailed Information About Electronic Structure and Local Atomic Arrangements
Tsunehiro Takeuchi[1]
[1]Toyota Technological Institute.

열전2-2 | 13:30 **Invited Lecture**

High Thermoelectric Figure of Merit of n-type Bi-Te-Se Alloys at Low Temperatures
Dong Hwan Kim[1], Ju Young Baek[1], Inji Hwang[1], Cham Kim[1], Duck Ki Yoon[2], Hoyoung Kim[1]
[1]DGIST. [2]Jeongkwan Co.

열전2-3 | 13:55 **Invited Lecture**

High Performance Shape Engineerable Thermoelectric Materials
Jae Sung Son[1], Seungki Jo[1], Fredrick Kim[1], Da Hwi Gu[1]
[1]UNIST.

Break time | 14:20

좌장 : 김진상 (KIST), 김동환 (DGIST)

열전3-1 | 14:25

Formation of Antisite Defects Obtained by High Energy Ball Milling for N-type $Bi_2(Te,Se)_3$
오민욱[1], 손지희[2], 김봉서[2], 박수동[2], 이희웅[2]
[1]한밭대학교. [2]한국전기연구원.

열전3-2 | 14:40

Unusually off-stoichiometric n-type Bi2Te3-based Materials with the High Power Factor and Thermoelectric Figure of Merit
Kunsu Park[1,2], Joonil Cha[1,2], Hyungseok Lee[1,2], Taeghwan Hyeon[1,2] In Chung*[1,2]
[1]Institute for Basic Science (IBS). [2] Seoul National University.

열전3-3 | 14:55

Simultaneous Improvement in Electrical and Thermal Properties of Interface-engineered BiSbTe Nanostructured Thermoelectric Materials
Seungki Jo[1], Sung Hoon Park[1], Ji Eun Lee[2], Jae Sung Son[1]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology. [2]Korea Electrotechnology Research Institute (KERI).

열전3-4 | 15:10

Enhanced Thermoeoectric Figure-of-merit in Bi-Sb-Te Nanocomposites with Dispersed ZrO_2 Nano Particles
Peyala Dharmaiah[1], Babu Madavali[1], Soon-Jik Hong[1]
[1]Kongju National University.

열전3-5 | 15:25

Thickness Effects on the Thermoelectric Properties of Bismuth Telluride Films
신해선[1], 이후정[2], 한승우[1]
[1]한국기계연구원(KIMM). [2]성균관대학교.

Break time | 15:40

좌장 : 김동환 (DGIST), 홍순직 (공주대학교)

열전4-1 | 15:45 **Invited Lecture**

Design and Preparation of High-performance Thermoelectric Materials with Defect Structures
Kyu Hyoung Lee[1], Sung Wng Kim[2]
[1]Kangwon National University. [2]Sungkyunkwan University.

열전4-2 | 16:00

Thermoelectric Transport Properties of Higher Manganese Silicide (HMS) via Rapid Solidification Process
이휘종[1], 김관식[1], 이규형[2], 이우영[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]강원대학교 공과대학.

열전4-3 | 16:15

Enhancing Thermoelectric Properties of p-Type PbTe by Alloying ZnTe

Kyunghan Ahn[2], Sejin Byun[1,2], Hocheol Shin[1], In Chung[1,2]
[1] Institute for Basic Science (IBS). [2]Seoul National University.

열전4-4 | 16:30

Enhancement of Thermoelectric Performance in the Vicinity of Breakdown of Topological Crystalline Insulator by PbSe alloying in $(Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te)_{1-x}(PbSe)_x$

Dianta Ginting[1], Chan-Chieh Lin[1], Ga Reoung Kim[1], Jae Hyun Yun[2], Jong-Soo Rhyee[2]
[1]경희대학교. [2]경희대학교 국제캠퍼스.

Break time | 16:45

좌장 : 이호성 (경북대학교)

열전5-1 | 16:50

P형 $(R_{1-z}R'_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 합성 및 열전특성

신동길[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

열전5-2 | 17:05

결정방향 제어소재를 이용한 Bi-Te계 열전소자의 특성

김종태[1], 백주영[1], 김참[1], 윤덕기[2], 김태흥[3], 김호영[1], 김동환[1]
[1]대구경북과학기술원. [2]㈜정관디스플레이. [3]㈜정관.

열전5-3 | 17:20

Boltzmann Transport Calculation of Thermoelectric Properties in $Ag_2Se_{1-x}Te_x$ (x = 0.0 and 0.5)

윤재현[1], 이민호[1], 김재녕[2], 심지훈[2], 이종수[3]
[1]경희대학교국제캠퍼스. [2]postech. [3]경희대학교 국제캠퍼스.

열전5-4 | 17:45

Effect of Load on Generation Performance of Thermoelectric Devices

Si Jin Kim[1], Seungwoo Han[1]
[1]Korea Institute of Machinery and Materials.

New-Horizon 심포지엄: 2-D Materials Symposium

위원장 : 조문호(포항공과대학교), 안종현(연세대학교)
실무위원 : 심우영(연세대학교)
Room 302, 04월 27일

Charis : Wooyoung Shim (Yonsei Univ.)

2D 1-1 | 09:00 **Plenary**

New, and new routes to, Carbon Materials

Rodney S. Ruoff [1]
[1]UNIST/IBS.

2D 1-2 | 09:25

Bright Visible Light Emission from Suspended Graphene Structures

Yun Daniel Park [1]
[1]Department of Physics & Astronomy, Seoul National University.

2D 1-3 | 09:50

Graphene and Its Hybrid Structures for Wearable Electronics

박장웅[1]
[1]울산과학기술원(UNIST), 신소재공학부.

2D 1-4 | 10:15

Transition Metal Dichalcogenides for Optoelectronic Devices

김수영[1], Quyet Van Le[1], Thang Phan Nguyen[1]
[1]중앙대학교.

Break time | 10:40

Charis : Soo Young Kim (CAU)

AW-3 | 11:00 **2017 LS Academic Award Talk**

Electrical Contacts to Atomically Thin Semiconductors: Coplanar Contacts vs. Top Contacts

Moon-Ho Jo[1,2]*, Ji Ho Sung[1,2], Hoseok Heo[1,2], Saerom Si[1,2], Seung-Young Seo[1,2]
[1]Institute for Basic Science (IBS). [2]Pohang University of Science and Technology (POSTECH).

2D 2-1 | 11:25

Van der Waals Heterostructure Field Effect Transistors Based on Two-dimensional Crystals

유영준[1]
[1]한국전자통신연구원(ETRI).

2D 2-2 | 11:50

Non-Oxidized Graphene Flake Synthesis from Graphite Intercalation Compound and Its Applications

전석우[1], 김정모[1], 김진[1], 이진호[1]
[1]카이스트 신소재공학과.

Charis : Young-jun Yu (ETRI)

2D 3-1 | 13:30 **Keynote**

Low-Temperature Growth of Two-Dimensional Layered Materials Toward Phase-Engineered hybrid Films

Yu-Lun Chueh[1]
[1]National Tsing Hua University.

2D 3-2 | 13:55

2-dimensional Materials for Chemical Sensors and Water Splitting Electrodes

Ho Won Jang [1]
[1]Seoul National University.

2D 3-3 | 14:20

Ultrafast Optical Spectroscopy of Valley States in Transition Metal Dichalcogenide Monolayers

김종환[1]
[1]포항공과대학교.

2D 3-4 | 14:45

Observation of Anisotropic Exciton Quantum Beats in Atomically Thin ReS_2

심상완[1], 이도언[1], 김태영[1], 최현용[1]
[1]연세대학교.

Break time | 15:10

Charis : Hyunyong Choi (Yonsei Univ.)

2D 4-1 | 15:30

2D Materials for Wearable Sensor

안종현[1]
[1]연세대학교.

2D 4-2 | 15:55

Acoustic Phonon Generations from Atomically-thin MoS2 Layers Resolved by Transient Second Harmonic Generation Microscopy

김현민[1]
[1]대구경북과학기술원, 동반진단정밀의료융합연구실.

2D 4-3 | 16:20

Reliable Triboelectric and Piezoelectric Properties in 2D Materials

Sang-Woo Kim[1]
[1]Sungkyunkwan University (SKKU).

Break time | 16:45

Charis : Wooyoung Shim (Yonsei Univ.)

2D 5-1 | 16:55

Heteroepitaxial Integrated Growth of 2-D Transition Metal Dichalcogenides

Hoseok Heo[1]
[1]POSTECH/IBS.

2D 5-2 | 17:10

Large Scale Flexible Hybrid CMOS Inverter based on Si Nanomembrane and Molybdenum disulfide

Tanmoy Das[1], Xiang Chen[1], Houk Jang[1], Il-Kwon Oh[1], Hyungjun Kim[1], Jong-Hyun Ahn[1]
[1]Yonsei University.

집합조직 심포지엄

위원장 : 정효태(강릉원주대학교)
실무위원 : 강주희(재료연구소)
Room 601, 04월 27일

좌장 : 이효종 (동아대학교)

집합1-1 | 09:00

400계 스테인리스 강에서 오렌지필 발생에 미치는 집합조직의 영향

이계만[1], 오규진[2], 허무영[2]
[1]포스코 STS연구그룹. [2]고려대학교 신소재공학부.

집합1-2 | 09:20

Effect of Accumulative Roll Bonding Evolution of Microstructure in High Carbon-added Stainless Steel

NABEEL JAHANZEB[1], Ki-Seong Park[1], Dong-ik kim[2], Jin-Yoo Suh[2], Jae-Hyeok Shim[2], Shi-Hoon Choi[1]
[1]Sunchon National University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

집합1-3 | 09:40

2.0, 3.2wt% Si 무방향성 전기강판에서 Si 함량이 집합조직 발달에 미치는 영향 연구

오규진[1], 허무영[1], 이헌주[2], 김재성[2]
[1]고려대학교 신소재공학부. [2]포스코 기술연구원 강재[2]연구그룹.

집합1-4 | 10:00

Zn-Al-Mg 합금 용융도금 강판에서 도금층의 크랙 발생 기구

박용범[1], 김인경[1]
[1]순천대학교.

집합1-5 | 10:20

Effect of Grain Boundary Characteristics on Microcrack Propagation in Cu Metal Films on a Flexible PI Substrate During Cyclic-bend Testing

Atanu Bag[1], Ki-Seong Park[1], Shi-Hoon Choi[1]
[1]Sunchon National University.

좌장 : 정효태 (강릉원주대학교)

집합2-1 | 10:40

구리 도금층의 비등방적 에칭특성에 대한 연구

김상혁[1], 박채민[1], 문성재[2], 이효종[1]
[1]동아대학교 공과대학 금속공학과. [2]삼성전기 중앙연구소.

집합2-2 | 11:00

무질서 방위분포에서 Misorientation 분포의 수치해석

오규환[1], 한흥남[1], 서동우[2], 강전연[3], 이근호[1]
[1]서울대학교 공대 재료공학부. [2]포항공대 철강대학원. [3]한국기계연구원 부설 재료연구소.

집합2-3 | 11:20

The Study of GBCD and GBED for Electroplated Cu Thin Films Using a Three-dimensional EBSD Reconstruction Data

김민지[1], 이석빈[1]
[1]울산과학기술원(UNIST).

집합2-4 | 11:40

Al합금 재결정 시 P {110} 방위의 형성에 관한 해석

정재면[1], 윤재익[1], 이동녕[2], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교. [2]서울대학교.

좌장 : 강전연 (재료연구소)

집합3-1 | 13:40

Formability of Magnesium Alloys AZ31 and ZE10 at Warm Temperature: Predictions and Enhancement Based on Crystal Plasticity

정영웅[1], Dirk Steglich[2]
[1]Changwon National University. [2]Helmholtz-Zentrum Geesthacht.

집합3-2 | 14:00

In-situ EBSD analysis and crystal plasticity FE simulations in a CP titanium

Joo-Hee Kang[1], Ji Hoon Kim[2], Chan Hee Park[1], Jong Woo Won[1], Chang-Seok Oh[1]
[1]Korea Institute of Materials Science. [2]Pusan National University.

집합3-3 | 14:20

3차원 미세조직에 기반한 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동에 미치는 결정학적 방위의 영향

김은영[1], 김성일[2], 김수현[3], 최시훈[1]
[1]순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]POSCO 기술연구소 박판연구그룹. [3]한국기계연구원 부석 재료연구소.

집합3-4 | 14:40

Calculation of Limiting Drawing Ratio and Plastic Strain Ratio from Textures of Cubic Metal Sheets

Dong Nyung Lee[1]
[1]Seoul National University.

Break time | 15:00

좌장 : 강주희 (재료연구소)

집합4-1 | 15:15

An Analysis of Elastic Field Distribution in a Three-dimensional Digital Polycrystal Under Thermal Loading

MYEONGJIN LEE[1], Sukbin Lee[1]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST).

집합4-2 | 15:35

Kinetics and Morphology Evolution of Two-phase Microstructures Generated Via Two-dimensional Diffusion-controlled Monte Carlo Model

Gaeun Son[1], Sukbin Lee[1]
[1]울산과학기술원(UNIST).

집합4-3 | 15:55

신개념 강가공법인 다축대각 단조공정 시 구조재료의 집합조직 발달거동에 관한 연구

정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 최시훈[2], 김민성[2], 이성[3], 양성호[3], 이성호[3]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [3]국방과학연구소.

집합4-4 | 16:15

다축대각 단조공정 시 구조재료의 변형거동 및 집합조직 불균일성 예측에 관한 연구

최시훈[1], 김민성[1], 정효태[2], 권상철[2], 김순태[2], 이성[3], 양성호[3], 이성호[3]
[1]순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과. [3]국방과학연구소.

집합4-5 | 16:35

Effect of Grain Boundary Structures on the Hot Corrosion Behavior of Ni Base Superalloys

DONG-IK KIM[1], Byung-Kyu Kim[1], K. Deepak[2], V. Subramanya Sarma[2], Brian Gleeson[3]
[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Indian Institute of Technology Madras. [3]University of Pittsburgh.

집합4-6 | 16:55

The Effect of Initial Texture on Deformation and Failure Behaviours in E-form and AZ31 Mg Alloys Under Mini-V-bending Test

Jaiveer Singh[1], Min-Seong Kim[1], Shi-Hoon Choi[1]
[1]Sunchon National University.

집합4-7 | 17:15

냉간 금형용 특수강 분말 및 적층조형체의 미세집합조직(microtexture) 분석

강전연[1], 김호영[2], 윤재철[1], 양상선[1], 유지훈[1], 김용진[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]주식회사 센트랄.

제10회 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄

위원장 : 권동일(서울대학교)
실무위원 : 김주영(UNIST)
Room 602, 04월 27일

좌장 : 전은채 (KIMM)

계장화1-1 | 09:00

인덴테이션을 활용한 핵융합로용 텅스텐 소재의 파괴 거동 평가

Yeonju Oh[1], Keunho Lee[2], Hyunmin Sung[1], Nojun Kwak[1], Heung Nam Han[1]
[1]Seoul National University. [2]Agency for Defense Development.

계장화1-2 | 09:15

구형 나노압입 시의 압입크기효과를 고려한 크립변형 분석

김우진[1], 이정아[1], 최인철[2], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]Karlsruhe Institute of Technology.

계장화1-3 | 09:30

수치해석적 역추적 기법을 활용하여 추출한 Ti/Al 충격압분체의 압축 거동에 대한 고찰

김우열[1], 문지현[1], 정혁재[1], 박이주[2], 김문수[3], 황운봉[3], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소 4기술연구본부. [3]포항공과대학교 기계공학과

계장화1-4 | 09:45

나노인덴테이션과 유한요소법을 이용한 비틀림 변형 재료의 기계적 물성 취득

문지현[1], 정혁재[1], 백승미[1], 정재면[1], 김형섭[1,2]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2] 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.

계장화1-5 | 10:00

반복하중 인가에 따른 나노결정립 니켈 필라의 변형거동에 관한 연구

이정아[1], 석무영[1], Brandon B. Seo[2], Ting Y. Tsui[2], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]Department of Mechanical Engineering University of Waterloo.

Break time | 10:15

좌장 : 김영천 (한국산업기술시험원)

계장화2-1 | 10:25 초청강연

미세구조를 고려한 연속체 역학 기반 전산모사 연구

조훈휘[1], 한흥남[2], David C. Dunand[3]
[1]국립한밭대학교. [2]서울대학교. [3]Northwestern University.

계장화2-2 | 10:50 초청강연

압입시험을 통한 그래핀의 인장 강도 측정에 대하여

유승화[1], 손동우[2], 이상륜[1], 한지훈[3]
[1]한국과학기술원 기계공학과. [2]한국해양대학교 기계공학과. [3]국방과학연구소.

계장화2-3 | 11:15 초청강연

계장화 압입시험의 새기술: 충격인성, 박막접착력 평가

권동일[1]
[1]서울대학교.

좌장 : 김주영 (UNIST)

계장화3-1 | 13:30

Evaluation of Biaxial Residual Stress using Modified Berkovich Indenter in Nano Scale

최성기[1], 김종형[1], 이준상[1], XU HUIWEN[1], 권동일[1]
[1]서울대학교.

계장화3-2 | 13:45

동적 압입시험법을 응용한 디스플레이용 랜덤패턴 제조

이재령[1], 문승환[1], 제태진[1], 전은채[1]
[1]한국기계연구원.

계장화3-3 | 14:00

계장화압입시험기를 활용한 재료열화 경향분석

정선미[1], 신인환[1], 박상규[1]
[1]한국수력원자력㈜.

계장화3-4 | 14:15

Measurement of Local Dislocation Densities in Cold-rolled Alloy 690

안태영[1], 황성식[1], 최민재[1], 김성우[1]
[1]한국원자력연구원.

계장화3-5 | 14:30

탄성변형 구간의 응력상호작용을 고려한 새로운 잔류응력 평가기법

이윤희[1], 김용재[1], 김용일[1], 이근우[1]
[1]한국표준과학연구원.

계장화3-6 | 14:45

FIB-induced Dislocations in Al Submicron Pillars: Annihilation by Thermal Annealing and Effects on Deformation Behavior

Subin Lee[1], Jiwon Jeong[1], Seung Min Han[2], Sang Ho Oh[3]
[1]IBS Center for Integrated Nanostructure Physics. [2]KAIST. [3]Sungkyunkwan University.

Break time | 15:00

좌장 : 조훈휘 (국립한밭대학교)

계장화4-1 | 15:10 초청강연

Integration of Materials' Size Effects Into Mechanical Responses of Hollow Ceramic Nano-architectures

Dongchan Jang[1], Yeeun Na[1], Dahye Shin[1], Kisun Kim[1], Seokwoo Jeon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology.

계장화4-2 | 15:35

금속-그래핀 적층 구조의 강도강화 효과 및 대면적화 방법

김상민[1], 김원식[1], 김재현[2], 한승민[1]
[1]한국과학기술원(KAIST). [2]한국기계연구원(KIMM).

계장화4-3 | 15:50 초청강연

Bio-inspired Dry Adhesives and Applications

Moonkyu Kwak[1]
[1]Kyungpook National University.

Break time | 16:15

좌장 : 최민재 (한국원자력연구원)

특별 1 | 16:25

나노메카닉스사의 나노역학 측정기술

민치홍[1]
[1]프로브스.

특별 2 | 16:30

Current Trends in High Temperature Indentation

박원근[1]
[1]안톤파 코리아.

특별 3 | 16:35

Keysight Technologies G200 Nanoindentation

김효상[1]
[1]티엠게이트.

특별 4 | 16:40

New Technology Development in Hysitron

오윤제[1]
[1]Hysitron.

특별 5 | 16:50

헬무트피셔 나노인덴테이션 장비 소개

김창덕[1]
[1]헬무트피셔 코리아.

특별 6 | 16:55

Universal Nanomechanical Testing System

오현준[1]
[1]엠티엠 코퍼레이션

계장화5-1 | 17:00

in-situ synchrotron XRD 와 ASTAR 를 이용한 구리 박막의 기계적 거동 메커니즘 규명

이소연[1], 심철휘[2], 안재평[2], 주영창[1], 최인석[3]
[1]서울대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]한국과학기술연구운.

계장화5-2 | 17:15

고인장연신율을 가지는 고밀도 나노쌍정 나노포러스 금의 제조

곽은지[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

계장화5-3 | 17:30

나노결정립 하이엔트로피합금의 고온 나노압입 특성 분석

이동현[1], 최인철[2], 조아개[1], 가와사키 메구미[1], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]Karlsruhe Institute of Technology.

계장화5-4 | 17:45

유연 페로브스카이트 발광소자의 기계적 신뢰성 분석

김시훈[1], 이상윤[1], 남윤석[1], 송명훈[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

제26회 생체재료 심포지엄

위원장 : 한준현(충남대학교)
실무위원 : 김유찬(KIST)
Room 603, 04월 27일

좌장 : 한준현 (충남대학교)

생체1-1 | 09:00

Crystallization and Microstructure Evolution of Lithium Disilicate Glass-ceramics

김다미[1], 김형준[2], 유상임[1]

[1]서울대학교 공대 재료공학부. [2]한국세라믹기술원 이천분원.

생체1-2 | 09:15

제어된 집합조직을 지니는 에칭된 초미세 결정립 타이타늄의 전조골세포 반응

백승미[1], 신명환[1], 문종언[1], 정호상[2], 이세암[1], 황운봉[1], 염종택[2], 한세광[1], 김형섭[1]

[1]포항공과대학교. [2]재료연구소.

생체1-3 | 09:30

Microstructure and Superelastic Behavior of Rapidly Solidified Ti-Zr-Nb-Sn Shape Memory Alloys

LI SHUANGLEI[1], Ju-wan Park[1], Sang-chul Kim[1], Dong-jo Kim[1], Yeon-wook Kim[2], Tae-hyun Nam[1]

[1]Gyeongsang National University. [2]Keimyung University.

생체1-4 | 09:45

3D 프린트 방식을 적용한 PLA/Ti 기반의 scaffold 제조 연구

이진아[1], 최수지[1], 현승균[2], 정현도[1]

[1]한국생산기술연구원 주조공정그룹. [2]인하대학교.

Break time | 10:00

좌장 : 김유찬 (한국과학기술연구원(KIST))

생체2-1 | 10:10 초청강연

금속/세라믹 생체복합재료의 제조 및 생체특성

KEE DO WOO[1]

[1]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

생체2-2 | 10:40 초청강연

의료기기 임상시험의 이해

신동익[1]

[1]서울아산병원.

Break time | 11:10

좌장 : 염종택 (재료연구소)

생체3-1 | 11:20

Pulsed Laser Surface Modification for Heat Treatment and Nano-texturing on Metal Surface

Hojeong Jeon[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology.

생체3-2 | 11:35

An Animal Model for 3D Printed Customized Bone grafts: A Pilot Study in a Rabbit Calvarial Defect Model

Kang-sik Lee[1], Kang-Gon Lee[1], Yu-Jung Kang[1], Jong-Hyun Hwang[1], Gwang-Hyun Yang[1], Hyun-Jeong Kim[1], Se-Hwan Lee[2], Young-Sam Cho[2], Bu-Kyu Lee[1]

[1]Asan Medical Center. [2]Wonkwang university.

생체3-3 | 11:50

Texturing on Fibrous Materials Using Femtosecond Laser Ablation

전인동[1], 정용우[1], 김유찬[1], 석현광[1], 전호정[1]

[1]한국과학기술연구원 생체재료연구단.

생체3-4 | 12:05

Microstructure and Corrosion Behavior of Biodegradable Mg-4Z-0.5Ca Alloy

조대현[1], 박상현[1], 박익민[1]

[1]부산대학교.

금속역사

위원장 : 최창옥(동아대학교)
총무간사 : 정광용(한국전통문화학교)
Room 603, 04월 27일

좌장 : 조남철 (공주대학교)

역사1-1 | 13:30

금동아미타삼존불상의 제작 기술

박학수[1]

[1]국립중앙박물관.

역사1-2 | 13:45

보물 제337호 청양 장곡사 금동약사여래좌상의 과학적 분석을 통한 제작기법연구

배고운[1], 이상옥[1], 정광용[2]

[1]한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과. [2]한국전통문화대학교 문화재보존과학과.

역사1-3 | 14:00

수중 매장 동합금유물의 협기성 부식 특성

김규빈[1], 정광용[2]

[1]국립해양문화재연구소. [2]한국전통문화대학교 보존과학연구소.

Break time | 14:15

좌장 : 정광용 (한국전통문화학교)

역사2-1 | 14:25

양양 철광석을 이용한 제련 실험 및 제철 부산물의 과학적 분석

정재웅[1], 한정욱[2], 조남철[1]

[1]공주대학교 문화재보존과학과. [2]정강원.

역사2-2 | 14:40

인제 부평리 유적 출토 슬래그의 재료학적 특성

배채린[1], 조남철[1], 차재동[2]

[1]공주대학교 문화재보존과학과. [2](재)국강고고학연구소.

역사2-3 | 14:55

일제강점기 광양지역 항일의병의 철 생산 프로세스 분석

김민재[1], 정광용[2]
[1]국립나주문화재연구소. [2]한국전통문화대학교 보존과학과.

여성세션

위원장 : 임혜인(숙명여자대학교)
총무간사 : 박진우(연세대학교), 이선영(한양대학교)
Room 603, 04월 27일

좌장 : 최현주 (국민대학교)

여성1-1 | 15:30-15:40

WISET 소개 및 여성위 활동

임혜인[1]
[1]숙명여자대학교/여성발전특별분과위원장.

여성1-2 | 15:40-17:40

성별특성인식 이해 기반 리더십

장병휘[1]
[1]한국능률협회.

마그네슘 심포지엄

위원장 : 유봉선(재료연구소)
실무위원 : 임창동(재료연구소)
Room 604, 04월 27일

좌장 : 박성수 (울산과학기술원)

마그네슘1-1 | 09:00 초청강연

High Performance Non-flammable Magnesium Alloys for Wrought Applications: Overcoming Fundamental Limitations

Young Min Kim[1], Bong Sun You[1]
[1]KIMS.

마그네슘1-2 | 09:25 초청강연

고열전도도 주조용 마그네슘 합금 개발

임현규[1], 오건영[1], 김영균[1], 윤영옥[1], 김세광[1]
[1]한국생산기술연구원.

마그네슘1-3 | 09:50 초청강연

마그네슘 합금의 주조 결정립 미세화 기술 및 실용화 연구

배준호[1], 김영민[1], 김하식[1], 유봉선[1]
[1]재료연구소.

마그네슘1-4 | 10:15

고강도 AZ91계 신합금 개발

박우진[1], 추동균[1], 박재신[1], 김혜정[1], 오윤석[1], 권기혁[1]
[1]포항산업과학연구원.

Break time | 10:30

좌장 : 김영민 (재료연구소)

마그네슘2-1 | 10:40 초청강연

마그네슘합금 용접기술 동향

이목영[1], 이경황[1]
[1]포항산업과학연구원.

마그네슘2-2 | 11:05 초청강연

Gd첨가에 의한 마그네슘 압출재의 미세조직 및 집합조직 변화

박성혁[1]
[1]경북대학교.

마그네슘2-3 | 11:30 초청강연

국내 마그네슘 부품제조 및 재활용 업계의 현황

문병기[1], 강민철[2], 예대희[2]
[1]재료연구소. [2]한국마그네슘기술연구조합.

마그네슘2-4 | 11:55

AZ91D 합금의 기계적 특성 및 파괴거동에 미치는 β-상의 영향

유기태[1], 김재연[1], 변재원[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

마그네슘2-5 | 12:10

Fabrication and Characterization of AE42 Magnesium Alloy Foam

홍기철[1], 박혜지[1], 최혜림[1], Kristian mathis[2], 최희만[1]
[1]국민대학교 신소재공학부. [2]Department of Physics of Materials, Charles University.

좌장 : 박성혁 (경북대학교)

마그네슘3-1 | 13:30 초청강연

Mg 소성변형 특성에 미치는 합금원소 영향에 대한 새로운 시각

이병주[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과.

마그네슘3-2 | 13:55 초청강연

Erichsen 시험 시 AZ31 및 E-form Mg합금의 변형 및 파괴거동에 관한 연구

최시훈[1], Jaiveer singh[1], 김민성[1]
[1]순천대학교 대학원 인쇄전자공학과.

마그네슘3-3 | 14:20

Effect of Alloying Element on Deformation Behavior of Binary Magnesium Alloys

Ji Hyun Hwang[1], Byeong-Chan Suh[2], Jae H. Kim[1], B.J. Lee[1], Jaimyun Jung[1], H.S. Kim[1], Nack J. Kim[1]
[1]Pohang University of Science and Engineering. [2]National Institute for Materials Science.

마그네슘3-4 | 14:35

원자단위 전산모사를 통한 Mg-Zn 합금의 slip 및 grain boundary segregation 거동 해석

장효선[1], 김경민[1], 정승필[1], 이병주[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과.

마그네슘3-5 | 14:50

Study on the Electric Current-induced Dissolution in Magnesium Alloy During Plastic Deformation

Hye-Jin Jeong[1], Moon-Jo Kim[2], Ju-Won Park[1], Chang Dong Yim[3], Jae Joong Kim[4], Oh Duck Kwon[4], Phaniraj P. Madakashira[1], Heung Nam Han[1]
[1]Seoul National University. [2]Korea Institute of Industrial Technology. [3]Korea Institute of Materials Science (KIMS). [4]POSCO.

Break time | 15:05

좌장 : 김혜정 (포항산업과학연구원)

마그네슘4-1 | 15:15 초청강연

Microgalvanic corrosion 억제를 통한 내발화성 마그네슘 합금의 내식성 향상

백수민[1], 박성수[1], 하헌영[2], 임창동[2], 유봉선[2]
[1]울산과학기술원. [2]재료연구소.

마그네슘4-2 | 15:40 초청강연

Surface Treatments of Magnesium Alloys

문성모[1], Nguyen Van Phoung[1], Basit Raza Fazal[2], 김예진[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]UST.

마그네슘4-3 | 16:05

Ca과 Y 복합 첨가가 AZ91 마그네슘합금 다이캐스팅재의 부식거동에 미치는 영향

Sang Kyu Woo[1], Carsten Blawert[2], Sang Bong Yi[2], Chang Dong Yim[3], Young Min Kim[3], Bong Sun You[3], Nico Scharnagl[2], Kiryl Yasakau[4]
[1]UST. [2]HZG. [3]UST/KIMS. [4]CICECO.

마그네슘4-4 | 16:20

Electrochemical Behavior of Sn-containing ZK60 Magnesium Alloys for Biodegradable Implants

아마드[1], 이광민[1]
[1]전남대학교 신소재공학과.

New-Horizon 심포지엄: 극한환경 재료 심포지엄

위원장 : 이근우(한국표준과학연구원)
실무위원 : 이윤희(한국표준과학연구원)
Room 605, 04월 27일

좌장 : 박은수 (서울대학교)

환경1-1 | 09:00 초청강연

Liquid-liquid Transition in Ti

이병찬[1], 이근우[2]
[1]경희대학교. [2]한국표준과학연구원.

환경1-2 | 09:25

Tensile Flow Behaviors of Alloy 625 at Different Strain rate at High Temperature

Seul Bi Lee[1], Hanjong Kim[1], Hi-Won Jeong[2], Seonghun Park[1], Yoon Suk Choi[1]
[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Materials Science.

환경1-3 | 09:40

비대칭 압연된 80Cu20W의 미세조직과 집합조직 및 기계적 특성 분석

권상철[1], 김순태[1], 이성[2], 박정효[2], 정효태[1]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]국방과학연구소.

환경1-4 | 09:55

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 복잡한 원자 단위 환경으로 인한 고용강화 효과 규명

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

환경1-5 | 10:10 초청강연

충격 하의 단결정 FCC 알루미늄 거동 모사를 위한 원자 상호간 포텐셜 모델 검증 및 휴고니엇 관계 도출

최지민[1], 유상혁[1], 박정수[2], 송순호[1], 강건욱[1]
[1]연세대학교. [2]국방과학연구소.

Break time | 10:35

좌장 : 강건욱 (연세대학교)

환경2-1 | 10:45 초청강연

Study on Glassy Water using High Pressure Technique

김채운[1]
[1]울산과학기술원.

환경2-2 | 11:10

Dynamic diamond anvil cell을 이용한 동적압축률에 따른 얼음결정의 성장 거동 연구

김용재[1], 이윤희[1], 이수형[1], 이근우[1]
[1]한국표준과학연구원.

환경2-3 | 11:35

Understanding Metallic Glass Formation using in situ X-ray scattering With Electrostatic Levitation Device

Shraddha P. Ganorkar[1], Yoo Chang-Hwan[2], Yong Chan Cho[1], Yun-Hee Lee[1], Chae Woo Ryu[3], Eun Soo Park[3], Kenneth F. Kelton[4], Geun Woo Lee[5]
[1]Korea Research Institute Standards and Science. [2]Kyung Hee University. [3]Seoul National University. [4]Washington University USA. [5]Korea Research Institute Standards and Science / University of Science and Technology.

환경2-4 | 11:50 초청강연

Microstructural Stability of High Entropy Alloy Under Extreme Conditions

Hyun Seok Oh[1], Jin Yeon Kim[1], Eun Soo Park[1], Hye Jung Chang[2], Koichi Tsuchiya[3], Cem Tasan[4], Dierk Raabe[5]
[1]Seoul National University. [2]Korea Institute of Science and Technology. [3]National Institute for Materials Science. [4]Massachussetts Institute of Technology. [5]Max-Planck Institut für Eisenforschung GmbH.

좌장 : 이근우 (한국표준과학연구원)

환경3-1 | 13:00 초청강연

Status of Materials Science under Extreme Conditions in KRISS

이근우[1]
[1]한국표준과학연구원/University of Science and Technology.

환경3-2 | 13:25 초청강연

Challenges of Handling, Processing, and Studying Liquid and Supercooled Materials at Extreme Temperatures with Electrostatic Levitation

Paul-François Paradis[1], Takehiko Ishikawa[2]
[1]National Optics Institute (Canada). [2]Japan Aerospace Exploration Agency (Japan).

환경3-3 | 13:50 초청강연

가스부양법으로 제조한 준안정 $(Ba,Ca)(Ti,Zr)_2O_5$의 미세구조와 광학특성

조원승[1], 이규호[1], 이계혁[1], 이치훈[1], Shinichi Yoda[2]
[1]인하대학교. [2]Kumamoto University.

환경3-4 | 14:15

Study of Structural and Chemical Order in Zr_2M(M=Cu, Co, Pd) Binary Liquids Using Neutron Scattering Experiments at Spallation Neutron Source

조용찬[1], 유창환[2], Shraddha P. Ganorkar[3], 이근우[1]
[1]한국표준과학연구원. [2]경희대학교. [3]KRISS.

Break time | 14:30

좌장 : 이용재 (연세대학교)

환경4-1 | 14:40 초청강연

High-pressure Chemistry in the Pores and Layers

이용재[1]
[1]연세대학교.

환경4-2 | 15:05 초청강연

First Experimental Evidence of body-centered cubic structure of $Ti_{.9}Al_{.06}V_{.04}$ (Ti64) at high pressures using a Diamond Anvil Cell

신현채[1], Simon MacLeod[2], William J. Evans[1], Kenneth S. Visbeck[1]
[1]Lawrence Livermore National Laboratory (USA). [2]AWE Aldermaston (UK).

환경4-3 | 15:30 초청강연

Discrete Element Method for Crack Propagation under High Pressure and Strain Rate and Potential Applications

성유진[1], 손권중[2], 김시조[3], 김학준[4], 박성진[1]
[1]포항공과대학교. [2]홍익대학교. [3]안동대학교. [4]국방과학연구소.

환경4-4 | 15:55 초청강연

동질이상 고분자 물질에 대한 고압 브릴루앙 산란 연구

고영호[1], 김광주[1]
[1]국방과학연구소.

Break time | 16:20

좌장 : 김재용 (한양대학교)

환경5-1 | 16:30 초청강연

High Density Hydrogen Storage in TiZrNi Quasicrytals and Perspectives under High Pressure

김재용[1]
[1]한양대학교.

환경5-2 | 16:55 초청강연

Structural Studies of Materials at High Pressure

Lin Wang[1]
[1]HPSTAR (China).

환경5-3 | 17:20 초청강연

Molecular Geometry and Its Application to Material Science

Youngsong Cho[1], Joonghyun Ryu[1], Mokwon Lee[1], Jehyun Cha[1], Deok-Soo Kim[1]
[1]한양대학교.

환경5-4 | 17:45 초청강연

In-situ High Pressure and Temperature Investigation on Iron Oxides at Deep Earth's Interior Conditions

Wenge Yang[1]
[1]HPSTAR (China).

도시광석 재자원화 심포지엄

위원장 : 이재천(한국지질자원연구원)
실무위원 : 박현식(한국지질자원연구원)
Room 606, 04월 27일

좌장 : 왕제필 (부경대학교)

도시1-1 | 09:10

도시광산 재자원화 기술 개발의 현재와 미래

신호정[1], 김령주[1], 백춘열[1], 강홍윤[1]
[1]한국생산기술연구원.

도시1-2 | 09:40

폐전기전자기기의 인쇄회로기판으로부터 유용금속의 회수기술 현황

정진기[1], 김민석[1], 김병수[1], 박현식[1], 이재천[1]
[1]한국지질자원연구원.

도시1-3 | 10:10

면처리공정 폐수의 재자원화 적용 사례 연구 (니켈 및 구리 중심으로)
Case Study of Reclamation from waste water of metal finishing process (Nickel and Copper case)

김진호[1], 강용호[1], 이상호[1], 신기웅[1], 김광규[1]
[1]인천화학㈜.

Break time | 10:40

좌장 : 김병수 (한국지질자원연구원)

도시2-1 | 11:00

소다배소에 의한 탈질 폐촉매 재활용 연구

이진영[1], 최인혁[1,2], 강정신[1], 강희남[1]
[1]한국지질자원연구원. [2]과학기술연합대학원대학교.

도시2-2 | 11:30

Introduction of Hematite Process on Improving Zn Recovery and CO_2 Reduction in Zinc Refinery

강진구[1], 이호조[1], 문남일[1], 김택훈[1]
[1]영풍 기술연구소.

도시2-3 | 12:00

제련슬래그로부터 선택적 금속침출 및 재자원화 연구

김은영[1], H.Liesbeth[2], S.Jeroen[2], B.Kris[2], F.Kukurugya[2]
[1]연안관리기술연구소. [2]VITO.

감성소재 · 부품 심포지엄

위원장 : 권혁천(한국생산기술연구원)
실무위원 : 이해중(한국생산기술연구원)
Room 606, 04월 27일

좌장 : 이효수 (한국생산기술연구원)

감성1-1 | 14:00 초청강연

감성 소재 · 부품의 미래비전

권혁천[1], 이효수[1], 이해중[1]
[1]한국생산기술연구원.

감성1-2 | 14:30 초청강연

컬러금속 및 투명 도전 금속 박막의 제조

한승전[1], 윤정흠[1]
[1]재료연구소.

감성1-3 | 15:00 초청강연

인공지능과 인간

정두석[1]
[1]한국과학기술연구원.

Break time | 15:30

감성1-4 | 15:50 초청강연

전통염색 의류소재 '갈천'의 글로벌 제품화를 위한 색채 및 패션 이미지의 감성과학적 분석

이은주[1]
[1]제주대학교.

감성1-5 | 16:20 초청강연

마이크로볼로미터 응용을 위한 저온 열리 공정을 통한 니켈 망간 스피넬 박막 제조

조정호[1]
[1]한국세라믹기술원.

Break time | 16:50

감성1-6 | 17:10 초청강연

국내 주물 회사의 감성 리빙제품 개발현황

서갑성[1]
[1]대한특수금속㈜.

감성1-7 | 17:40

총평

권혁천[1]
[1]한국생산기술연구원.

제3회 High Entropy Alloy 심포지엄

위원장 : 김형섭(포항공과대학교), 이병주(포항공과대학교)
실무위원 : 장민지(포항공과대학교)
Room 607, 04월 27일

좌장 : 김형섭 (포항공과대학교)

고엔1-1 | 09:00 초청강연

Understanding Physical Metallurgy of FCC High-entropy Alloys Through an Atomistic Simulation

이병주[1], 최원미[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과.

고엔1-2 | 09:20

면심입방 고엔트로피 합금의 변형 거동 재현 및 예측을 위한 구성 모델링

장민지[1], 안동현[2], 문종언[1], 배재웅[1], 임다미[1], Jien-Wei Yeh[3], Yuri Estrin[4], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단. [2]한국원자력연구원. [3]National Tsing Hua University. [4]Monash University / NUST MISIS.

고엔1-3 | 09:35

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 중간온도 구역에서의 크리프 거동

강유빈[1], 이갑호[2], 홍순익[2]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [2]충남대학교 공대 신소재공학과.

고엔1-4 | 09:50

Microstructure and Mechanical Properties of High-Entropy Alloy $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ Processed by High-Pressure Torsion at 77 K and 300 K

문종언[1], Yuanshen Qi[2], Elena Tabachnikova[3], Yuri Estrin[2], 주수현[4], 김형섭[1]
[1]포스텍(포항공과대학교). [2]Monash university. [3]B. Verkin Institute. [4]Tohoku university.

고엔1-5 | 10:05

새롭게 개발된 Non-equiatomic CoCrFeMnNi 합금의 기계적 물성에 관한 연구

최민구[1], 박노근[1], 신윤지[1]
[1]영남대학교 공과대학 신소재공학부.

Break time | 10:20

좌장 : 류호진 (한국과학기술원)

고엔2-1 | 10:30

In-situ TEM 인장/압축 및 고분해능 STEM을 통한 FeCrCoMnNi 고엔트로피합금 변형거동 연구

이수빈[1], Gerhard Dehm[2], 오상호[3]
[1]IBS 나노구조물리연구단. [2]Max Planck Institute for Iron Research. [3]성균관대학교 에너지과학과.

고엔2-2 | 10:45

VCrMnFeCoNi 고엔트로피 합금의 상온 변형 쌍정을 이용한 극저온 기계적 강도 향상

조용희[1], 정승문[2], 최원미[1], 손석수[1], 김형섭[1], 이병주[1], 김낙준[1], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]한국원자력연구원.

고엔2-3 | 11:00

CoCrFeMnNi 고엔트로피 5원계 합금에서 각 원소의 Cu로의 치환에 의한 미세조직 변화

오승민[1], 홍순익[1], 송재숙[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.

고엔2-4 | 11:15

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 탄소 첨가에 따른 기계적 특성 및 미세구조 변환

고준영[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.

고엔2-5 | 11:30

Hydrogen Embrittlement Resistance of CoCrFeMnNi High-entropy Alloys

김대환[1], 원종우[2], 나영상[2], 이종수[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]재료연구소.

좌장 : 나영상 (재료연구소)

고엔3-1 | 13:40 초청강연

내열 하이엔트로피 합금의 개발 현황과 연구 방향

류호진[1], 강병철[1], 이준호[1], 홍순형[1]
[1]KAIST.

고엔3-2 | 14:00

Microstructure and Mechanical Properties of AlCoCrNi High Entropy Alloy

JUMAEV ELYORJON[1], PARK HAE JIN[1], KIM YOUNG SEOK[1], HONG SUNG HWAN[1], KIM KI BUEM*[1]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

고엔3-3 | 14:15

AlCoCrFeNi 하이엔트로피 합금의 상변태 거동 및 미세조직에 따른 기계적 특성

이준서[1], 임가람[1], 나영상[1], 이승훈[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]경북대학교 신소재공학과.

고엔3-4 | 14:30

Microstructures and Nanoindentation Behaviors of Heat-treated AlCoCrFeNi High Entropy Alloy

Gokul Muthupandi[1], Karam Lim[2], Young Sang Na[2], Yoon Suk Choi[1]
[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Materials Science.

Break time | 14:45

좌장 : 이광석 (재료연구소)

고엔4-1 | 15:15

고엔트로피합금 잉고트 및 판재의 pilot-scale 제조 및 분석

나영상[1], 임가람[1], 이광석[1], 원종우[1], 이준서[1], 박상혁[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

고엔4-2 | 15:30

Weldability of CoCrFeMnNi High Entropy Alloy Using Friction Stir and Laser Welding

조민구[1], 김한진[2], 강민정[1], Phaniraj Madakashira[1], 김동익[2], 박은수[1], 서진유[2], 한흥남[1]
[1]서울대학교 재료공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

고엔4-3 | 15:45

High-pressure torsion과 열처리를 통한 초미세립 CoCrCuFeNi 결정립계의 기계적 물성 연구

최민구[1], 박노근[2], Xiang Li[3], Nobuhiro Tsuji[3]
[1]영남대학교 공과대학 신소재공학과. [2]영남대학교 공과대학 신소재공학부. [3]Kyoto University.

고엔4-4 | 16:00

CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 미세조직 변화에 따른 변형거동 및 성형성 연구

배재웅[1], 문종언[1], 장민지[1], 임다미[1], 서민홍[2], 김대용[3], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단. [2]POSCO. [3]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Break time | 16:15

좌장 : 박노근 (영남대학교)

고엔5-1 | 16:25

분말야금 공정을 이용한 하이엔트로피 합금 제조 및 물성 연구

이준호[1], 강병철[1], 류호진[1], 홍순형[1]
[1]한국과학기술원(카이스트).

고엔5-2 | 16:40

고에너지 밀링으로 제조된 AlCoCrFeNi 고엔트로피 합금의 첨가원소(Cu, Mn, Ti)에 따른 미세조직 변화 연구

오민철[1], 이한성[1], 안병민[1]
[1]아주대학교 에너지시스템학과.

고엔5-3 | 16:55

고에너지 밀링 및 방전 플라즈마 소결로 제조된 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금의 밀링 시간에 따른 합금화 거동 연구

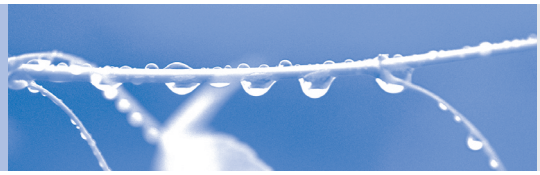
이한성[1], 오민철[1], 안병민[1]
[1]아주대학교.

고엔5-4 | 17:10

충격 압분을 통해 제조된 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금 분말의 소결 및 특성 평가

임다미[1], 김우열[1], 배재웅[1], 문종언[1], 장민지[1], 홍순직[2], 김형섭[3]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]공주대학교 신소재공학부. [3]포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.

ORAL SESSION III 4월 28일



제4회 수소재료안전 심포지엄

위원장 : 남승훈(한국표준과학연구원)
실무위원 : 백승욱(한국표준과학연구원), 서진유(KIST)
Room 301, 04월 28일

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

수소1-1 | 08:30
오스테나이트계 강재의 수소주입 후 변형미세조직에 대한 TEM 관찰
김한진[1], 조민경[2], 김긍호[2], 서진유[2], Phaniraj Madakashira[3], 이준호[1]
[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]서울대학교.

수소1-2 | 08:45
저탄소강 용접부의 음극전위 인가에 따른 수소취성거동에 대한 미세조직의 영향
박한지[1], 강남현[1]
[1]부산대학교 재료공학부.

수소1-3 | 09:00
Effect of Hydrogen on Microstructure and Damping Capacity of Fe–17wt.%Mn
박지숙[1], 유상현[1], 권혁준[1], 홍진성[1], 김한진[2], 서진유[3], 이영국[1]
[1]연세대학교. [2]고려대학교. [3]한국과학기술원.

수소1-4 | 09:15
오스테나이트강의 수소취성에 미치는 결정립 크기의 영향
노한섭[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공대철강대학원.

수소1-5 | 09:30 초청강연
바나듐탄화물이 수소취성에 미치는 영향
이종수[1], 권영진[1], 서현주[1], 이준모[2]
[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포스코 기술연구원.

수소1-6 | 10:00 초청강연
수소취성에 대한 이해와 연구 동향
이준모[1], 이상윤[1], 김관호[1], 배철민[1]
[1]㈜포스코.

Break time | 10:30

좌장 : 백승욱 (한국표준과학연구원)

수소2-1 | 10:40 초청강연
수소 충전소용 금속소재 선정
백운봉[1], 남승훈[1], 백승욱[1], 박종서[1]
[1]한국표준과학연구원.

수소2-2 | 11:10 초청강연
수소사용재질 열화 및 균열현상
최병학[1], 장현수[1], 이범규[1], 김성준[2], 김우식[3], 백운봉[4], 남승훈[4]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]강릉원주대학교 산업정보경영학과. [3]한국가스공사. [4]한국표준과학연구원.

수소2-3 | 11:40 초청강연
오스테나이트 합금의 수소취성과 단범위규칙
김영석[1], 김성수[1]
[1]한국원자력연구원.

수소2-4 | 12:10 초청강연
수소환경용 오스테나이트계 스테인리스강
김성준[1], 강지현[1], 노한섭[1], 김광민[2]
[1]포항공대 철강대학원. [2]포스코 기술연구원.

수소2-5 | 12:40 초청강연
Electrochemical Hydrogen Permeation and Diffusion Behavior, and Subsequent Hydrogen Assisted Cracking Failure of High–strength Ferritic Steel Used for Sour Service Applications
Sung Jin Kim[1]
[1]Sunchon National University.

수소2-6 | 13:10
CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 수소취성 특성 평가
서진유[1], Yakai Zhao[2], 김한진[1], Phaniraj Madakashira[3], 장재일[2]
[1]한국과학기술연구원. [2]한양대학교. [3]서울대학교.

철강II

위원장 : 최주(포스코)
총무간사 : 최종교(포스코)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 302, 04월 28일

좌장 : 김현수 (POSCO)

AW-2 | 08:30 POSCO젊은철강상 수상 기념 강연
Smart Survival of Steel (S3) in the Fourth Industrial Revolution
손일[1]
[1]연세대학교.

철강5-1 | 08:55
고로 괴상대에서 함철장입물의 환원분화거동 연구
전지원[1], 서인국[1], 손상한[1], 왕민규[1]
[1]㈜포스코.

철강5-2 | 09:10
고로 장입 특성 변화에 따른 가스 분포 해석
권재홍[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

철강5-3 | 09:25

저산화 철원의 소결 공정에서의 산화 반응 특성

손상한[1], 전지원[2]
[1]㈜포스코 기술연구원. [2]㈜포스코 기술연구원.

철강5-4 | 09:40

A Study of pore control of FeO Using $FeCl_2$ and its Reduction Behavior

신상균[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

철강5-5 | 09:55

폐촉매 용융환원 공정에서의 탈황에 관한 열역학적 연구

김도형[1], 장정목[1], 도경효[1], 박종진[1]
[1]한양대학교.

철강5-6 | 10:10

Effect of Composition on MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Poiint in High Alumina bearing Slag System

윤철민[1], 민동준[1]
[1]연세대학교.

좌장 : 정은진 (포항산업과학연구원)

철강6-1 | 10:25

Enhancement of Magnetite Reduction by Iron Carbide Formation

Hyun-Soo Kim[1], Minyoung Cho[1], Sang-Ho Yi[1]
[1]POSCO.

철강6-2 | 10:40 강연

제강 공정에서 슬래그의 고온물리화학적 성질 및 모델링 연구의 응용

박주현[1]
[1]한양대학교.

철강6-3 | 11:05

The Effect of Cation Species on the Sulfide Capacity in CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2 Slags

최준성[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

철강6-4 | 11:20

Desulfurization of High C liquid iron by CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO Slag Under Electric Current

Dong-Hyun Kim[1],Wook Kim[2],Young-Bae kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH. [2]Technical Research Laboratories. POSCO.

철강6-5 | 11:35

A study on the Relationship Between Sulfide Capacity and Degree of Polymerization in CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO Slags

이성희[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

좌장 : 강영조 (동아대학교)

철강7-1 | 11:50

Evolution of Non-Metllic Inclusions in the Stainless Steelmaking process

김완이[1]
[1]포스코 기술연구원.

철강7-2 | 12:05

Thermodynamic of Nitrogen Solubility in Multi-component Alloy Steels

Jung-Mock Jang[1], Min-Kyu Paek[2], Do-Hyeong Kim[1], Kyung-Hyo Do[1], Jong-Jin Pak[1]
[1]Hanyang University. [2]McGill University.

철강7-3 | 12:20

Numerical and Experimental Study of Turbulent Flow in a Real-scale Model of Continuous Casting Mold

조현진[1], 한상우[1], 강윤배[2]
[1]포스코 기술연구원. [2]POSTECH 철강대학원.

철강7-4 | 12:35

턴디쉬 내 용강 재산화에 미치는 왕겨의 영향

김태성[1], 정용석[2], Lauri Holappa[3], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]한국산업기술대학교. [3]Aalto University.

철강7-5 | 12:50

Interfacial Reaction between Ultra Low Carbon Steel and CO Gas Generated from Submerged Entry Nozzle

Joo-Hyeok Lee[1], Sung-Kwang Kim[2], Myoung-Hoon Kang[3], Youn-Bae Kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH. [2]Gwangyang Works. POSCO. [3]Technical Research Laboratories. POSCO.

철강7-6 | 13:05

철강슬래그 활용 고부가화 무기섬유 제조기술 개발

정은진[1]
[1](재)포항산업과학연구원.

철강III

위원장 : 최주(포스코)
총무간사 : 최종교(포스코)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 컨벤션III, 04월 28일

좌장 : 서동우 (포항공과대학교)

철강8-1 | 08:30

MCFC 분리판용 스테인리스강의 내식성과 전기전도도에 미치는 합금원소의 영향

김광민[1], 김종희[1]
[1]㈜포스코 기술연구소 스테인레스연구그룹.

철강8-2 | 08:45

Mn 함량 증가에 따른 $Fe_{balance}$-23wt%Cr 스테인리스강의 공식저항성 변화 연구

하헌영[1], 장민호[2], 이창근[3], 이태호[1]
[1]재료연구소. [2]한양대학교. [3]부산대학교.

철강8-3 | 09:00

결정립계 정합성 조절을 통한 Fe-Mn-C TWIP강의 수소 취성 저항성 향상

권영진[1], 서현주[1], 이종수[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강8-4 | 09:15

Improved Mechanical Properties of a Medium Mn TRIP-TWIP Steel by Austenizing Temperature Control

Jeongho Han[1], Aniruddha Dutta[2], Dirk Ponge[2], Dierk Raabe[2], Jae-Hoon Nam[3], Sang-In Lee[4], Byoungchul Hwang[4]
[1]Chungnam National University. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH. [3]Yonsei University. [4]Seoul National University of Science and Technology.

철강8-5 | 09:30

Effect of B2 Morphology on the Mechanical Properties of Dispersion Strengthened Lightweight Steels

남충호[1], Alireza Zargaran[1], 김상헌[1], 김한수[1], 김낙준[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology POSTECH Pohang South Korea.

철강8-6 | 09:45

Epsilon-마르텐사이트 변태 시작 온도에 대한 제일원리 모델링

장재훈[1], 하헌영[1], 서동우[2], 이태호[1]
[1]한국기계연구원부설 재료연구소. [2]포항공과대학교 철강대학원.

Break time | 10:00

좌장 : 박성준 (재료연구소)

철강9-1 | 10:10

Gadolinium 첨가에 따른 Duplex Stainless Steel의 저온 충격특성에 관한 연구

이상욱[1], 정현도[1], 정승록[1], 김영직[2], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 주조공정그룹. [2]성균관대학교.

철강9-2 | 10:25

니켈기 초내열 합금의 시효경화 처리에 따른 감마프라임상의 석출 거동

오준협[1], 윤지현[1], 조대영[1], 김홍규[2], 박종수[3], 윤존도[1]
[1]경남대학교. [2]국방과학기술연구소. [3]재료연구소.

철강9-3 | 10:40

Gd 첨가에 따른 Duplex Stainless Steels의 미세조직 및 기계적 특성 비교

정승록[1], 정현도[1], 이상욱[1], 김영직[2], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 주조공정그룹. [2]성균관대학교.

철강9-4 | 10:55

Fe-15Cr-15Mn-4Ni 오스테나이트계 스테인리스강에서 C와 N 첨가에 따른 석출 거동과 기계적 특성 변화

김경식[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원 (GIFT).

철강9-5 | 11:10

N과 C를 복합 활용한 Ni-free 스테인리스강의 공식부식저항성에 미치는 Nb의 영향

이창근[1], 하헌영[2], 이태호[2], 조경목[1]
[1]부산대학교. [2]재료연구소.

Break time | 11:25

좌장 : 김선중 (조선대학교)

철강10-1 | 11:35

입도 편석 제어를 위한 호퍼 장입 해석

김강민[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.

철강10-2 | 11:50

용융환원제철법에서 환원로 환원율 저하시 용융로 직접환원 최소화 조건

심양섭[1], 정성모[1]
[1]포항공대철강대학원.

철강10-3 | 12:05

송풍 조건 변화에 따른 고로내 연소대 거동 해석

이지아[1], 한정환[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

철강10-4 | 12:20

A Fundamental Study on the Selevtive Reduction of Ni in $NiFe_2O_4$

라기호[1], 이상훈[1], 민동준[1]
[1]연세대학교.

철강10-5 | 12:35

MgO-C 내화재 부식에 미치는 전기로 slag 조성의 영향

유준수[1], 이규용[2], 정용석[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과. [2]한국산업기술대학교 지식융합학부.

철강10-6 | 12:50

슬래그 혼입 저감 및 윤활 특성 향상을 위한 SiC 첨가 몰드플럭스 개발

정영찬[1], 신승호[2], 조중욱[2]
[1]포항공대 신소재공학과 대학원. [2]Postech GIFT Casting Technology Lab.

철강10-7 | 13:05

Direct Inoculation for Grain Refinement of Solidification Structure

Seong-Beum Kim[1], Soo-Yeon Lee[1], Jung-WookCho[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH.

알루미늄 심포지엄

위원장 : 김형욱(재료연구소)
실무위원 : 어광준(재료연구소)
Room 601, 04월 28일

좌장 : 김수현 (재료연구소)

알루미늄1-1 | 08:30

자동차 차체용 Al-Zn-Mg-Cu합금판재 소부경화특성

김형욱[1], 고동현[2], 이윤수[1], 김민석[1], 김수현[1]
[1]재료연구소. [2]한온시스템㈜.

알루미늄1-2 | 08:45

7xxx계 알루미늄 합금의 소성가공성 및 열처리 특성 연구

김세훈[1], 신재혁[1], 김진평[1], 최재영[1], 성시영[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

알루미늄1-3 | 09:00

Al-Zn-Mg 합금의 경도 및 열전도도에 미치는 합금원소 Ni의 영향

염호종[1], 임항준[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

알루미늄1-4 | 09:15

유한요소해석법을 이용한 Al-Zn-Mg 신합금의 성형한계 평가

장봉중[1], 노정훈[1], 황병복[1], 김목순[1]
[1]인하대학교.

알루미늄1-5 | 09:30

고온 비틀림 시험을 통한 개량 AA7175 합금의 고온변형거동특성

이세연[1], 이지운[1], 손현우[1], 현승균[1], 김경택[2], 김세광[2], 윤영옥[2], 최호준[2]
[1]인하대학교공대신소재공학부재료구조제어연구실. [2]한국생산기술연구원.

알루미늄1-6 | 09:45

알루미늄 금속기지 복합소재의 시효석출 거동

정재길[1], 안태영[2], 어광준[1]
[1]재료연구소. [2]한국원자력연구원.

Break time | 10:00

좌장 : 김종호 (포항산업과학연구원)

알루미늄2-1 | 10:10

고강도 알루미늄합금의 기계적 성질과 에너지흡수능 간의 상관관계

김수현[1], 이윤수[1], 차준현[1], 임차용[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

알루미늄2-2 | 10:25

Al-Mg-Si계 합금에서 Mg 첨가와 자연시효 시간이 이단시효 거동에 미치는 영향

임지우[1], 김재황[1], 홍성길[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교.

알루미늄2-3 | 10:40

전자기 주조법으로 제조된 과공정 Al-15Si계 합금의 고온 압축시험에 의한 소성가공성 평가

이태희[1], 김목순[1], 박준표[2]
[1]인하대학교. [2]포항산업과학연구원.

알루미늄2-4 | 10:55

분무성형법으로 제조된 과공정 Al-17Si계 합금의 변형기구영역도 작성 및 변형 조직 관찰

이지은[1], 김목순[1]
[1]인하대학교.

알루미늄2-5 | 11:10

Deformation Dynamics of Metallic Glass Composite Depending on Thes Structural Instability

김완[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

알루미늄2-6 | 11:25

고강도 고열전도성 Al-Ni 다이캐스팅 합금 개발

장재철[1], 신광선[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

알루미늄2-7 | 11:40

개량 5052 알루미늄 합금의 고온변형 특성 평가

손광태[1], 이지운[1], 현승균[1], 윤영옥[2], 김세광[2]
[1]인하대학교 신소재공학부. [2]생산기술연구원.

융합재료

위원장 : 조문호(포항공과대학교)
총무간사 : 심우영(연세대학교)
Room 602, 04월 28일

좌장 : 심우영 (연세대학교)

융합1-1 | 08:30

Improved Water Splitting Performance in $BiVO_4$-WO_3 Heterostructure Photoanode Grown by Pulsed Laser Deposition

Sang Yun Jeong[1], Taemin Ludvic Kim[2], Do Hyun Kim[3], Hye-Min Shin[1], Jaesun Song[1], Myung-Han Yoon[1], Chung Wung Bark[3], Ho Won Jang[2], Sanghan Lee[1]
[1]School of Materials Science and Engineering GIST. [2]Department of Materials Science and Engineering Seoul National University. [3]Department of Electrical Engineering Gachon University.

융합1-2 | 08:45

Molecular Interactions at Defect Sites in Graphene-based Glucose Sensors

Sun Sang Kwon[1], Su Han Kim[1], Jae Hyeok Shin[1], Won Jun Chang[1], Won Il Park[1]
[1]Division of Materials Science & Engineering, Hanyang University.

융합1-3 | 09:00

Phytic Acid Doped Polyaniline Nanostructures for Absorption of Aqueous Copper(II) Ions

Hyeong Jin Kim[1], Young Joon Hong*[1]
[1]Sejong University.

융합1-4 | 09:15

Enhanced Sensitivity of Luminescent Oxygen and pH Sensor with Cd-free Quantum Dot Light Emitting Diode

이소연[1], 박진우[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학부 금속시스템공학전공 계면및접합시스템연구실.

융합1-5 | 09:30

분자 도핑을 이용한 이황화 텅스텐의 구조적/전기적 특성 제어 연구

지상수[1], 손명우[1], 손기철[1], 장한별[1], 함문호[1]
[1]광주과학기술원.

표면처리

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)
Room 602, 04월 28일

좌장 : 이기안 (인하대학교)

표면1-1 | 10:00

Study on Microstructure and Mechanical Properties of Nanostructured Nitride Coating Layer by Reactive DC Sputtering

Young Seok Kim[1], Hae jin Park[1], Young Hoon Lee[1], Jumaev Elyorjon[1], Sung Hwan Hong[1], Ki Buem Kim*[1]
[1]Sejong University.

표면1-2 | 10:15

ZnMgAl 고내식 합금 도금의 기계적, 열적 특성과 내식 거동

손일령[1], 김태철[1], 유윤하[2], 배규열[2], 김종상[1]
[1]포스코 기술연구원. [2]포스코 철강솔루션마케팅실.

표면1-3 | 10:30

Cu 소재 부품의 내마모성 향상을 위한 Ni 도금의 Kirkendall Void 발생 및 박리 현상 연구

박순홍[1], Young Ho Sohn[2], Young Joo Park[2]
[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]University of Central Florida.

표면1-4 | 10:45

Tribological Properties of Advanced HVOF-sprayed WC-Co Coatings at Elevated Temperature

Majid Jafari[1], Jong-Chan Han[1], Jae-Bok Seol[2], Chan-Gyung Park[2]
[1]POSTECH (MSE). [2]POSTECH (MSE)/POSTECH (NINT).

표면1-5 | 11:00

Arc spray 공정으로 제작한 탄소강 코팅층의 탄소량 변화와 산화량 변화가 코팅층의 내마모 특성에 미치는 영향

이재원[1], 김재익[1], 이창희[1]
[1]한양대학교 신소재공학부.

표면1-6 | 11:15

PC/ABS 소재 상에 플라즈마 코팅 공정을 이용한 Al_2O_3 세라믹 코팅 시, Al 본드코트의 역할

권한솔[1], 이창희[1]
[1]한양대학교 신소재공학부.

Break time | 11:30

좌장 : 이주열 (재료연구소)

표면2-1 | 11:40

나노구조 팔라듐 가스센서의 수소검지 특성

노희준[1], 노희준[2], 김현종[1], 박진성[2], 이호년[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]한양대학교.

표면2-2 | 11:55

알루미늄 합금의 방열성능 향상을 위한 Nano-porous Anodizing과 이의 봉공처리

손경식[1], Junghoon Lee[2], Chang-Hwan Choi[2], 정원섭[3], 김동현[1]
[1]한국세라믹기술원. [2]Stevens Institute of Technology. [3]부산대학교 재료공학과.

표면2-3 | 12:10

Transparent Hydrophobic Coating on Flexible Substrate using Nanocomposites with Carbon Nanotubes and SiO_2 Nanoparticles

Wenhui Yao[1], Kwang-Jin Bae[2], Young-Rae Cho[1]
[1]Material engineering. [2]Pusan National University.

표면2-4 | 12:25

금속연료 용해도가니 재사용을 위한 다양한 세라믹 코팅재료의 적용

홍기원[1], 김기환[2], 고영모[2], 박정용[2], 홍순익[2]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]한국원자력연구원.

표면2-5 | 12:40

Al1050 합금의 플라즈마 전해산화 피막 형성 거동에 미치는 전해질 조성 및 인가전류밀도의 영향

김주석[1,2], 문성모[1], 오명훈[2]
[1]재료연구소 전기화학연구실. [2]금오공과대학교 신소재공학과.

표면2-6 | 12:55

Optimization of Coating Layer with Various Layer Combination by Physical Vapor Deposition

Younghoon lee[1], Charles Han[1], Young Seok Kim[1], Hae Jin Park[1], Sung Hwan Hong[1], Jeong Tae Kim[1], Young Koon Park[2], Ki Buem Kim*[1]
[1]Sejong University. [2]YG-1 CO. LTD.

소성가공

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)
Room 603, 04월 28일

좌장 : 이영선 (재료연구소)

소성1-1 | 08:30

극한 환경의 소성 가공이 재료의 미세조직에 미치는 영향

안동현[1], 김형섭[2]
[1]한국원자력연구원. [2]포항공과대학교.

소성1-2 | 08:45

상온 가공형 박판 마그네슘 합금의 상온 성형 거동 분석

김세종[1], 이영선[1], 이진우[1], 이창준[2], 구자명[2], 이용원[2], 김대용[1]
[1]재료연구소. [2]삼성전자.

소성1-3 | 09:00

3점 굽힘 시험을 통한 TWIP강의 인장-압축 변형 거동 관찰

박형근[1], 이학현[1], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교.

소성1-4 | 09:15

원통형 시편의 등통로각압축 공정

이학현[1], 정기채[2], 이재근[3], 박홍래[4], 박경태[2], 김형섭[1,5]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3](주)풍산. [4]방산기술지원센터. [5]포항공과대학교 고엔트로피합금센터.

타이타늄 심포지엄

위원장 : 이용태(재료연구소)
실무위원 : 이동근(순천대학교)
Room 603, 04월 28일

좌장 : 이동근 (순천대학교)

AW-7 | 09:40 기술상 수상기념 강연

고기능성 타이타늄 합금 및 접합 기술 개발

홍재근[1]
[1]재료연구소.

타이타늄1-1 | 10:05 초청강연

Reduced H-doped TiO_{2-x} showing Highly Efficient sun Light-driven H_2 Generation

Apurba Sinhamahapatra[1], Jong-Sung Yu[1]
[1]DGIST.

타이타늄1-2 | 10:35

타이타늄 신합금 개발 동향 및 전망

염종택[1], 박찬희[1], 이상원[1], 김성웅[1], 홍재근[1]
[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄1-3 | 10:55

Development of Cu-rich Ti-based Shape Memory Alloy for High Efficiency Elasto-caloric Effect

류욱하[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

타이타늄1-4 | 11:15

Local Deformation Mechanisms of Dual-phase Titanium Alloys

Tea-Sung Jun[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Incheon University.

Break time | 11:35

좌장 : 염종택 (재료연구소)

타이타늄2-1 | 11:45

일메나이트광의 유동염화 반응을 통한 FeO_x의 선택적 분리 및 $TiCl_4$ 제조

이미선[1], 김진영[1], 정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

타이타늄2-2 | 12:05

고온 로스팅 공정이 일메나이트 및 그 염화 반응에 미치는 영향

김진영[1], 이미선[1], 정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

타이타늄2-3 | 12:25

Ti-39Nb-6Zr+X 합금의 바이오메디컬 특성에 대한 연구

이동근[1], 황유진[1], 최영신[1], 김영은[2], 황윤호[3], 이성태[3], 조현욱[2]
[1]순천대학교 신소재공학과. [2]순천대학교 생물학과. [3]순천대학교 약학과.

타이타늄2-4 | 12:45

마찰용접을 이용한 TiAl합금과 SCM440간 접합의 접합계면에 미치는 삽입금속의 영향

박종문[1], 김기영[1], 소민석[2], 김경균[3], 오명훈[2]
[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2]A.F.W㈜. [3]금오공과대학교 신소재공학부.

타이타늄2-5 | 13:05

Ti-Nb-Zr+X 베타 타이타늄합금의 열처리에 따른 기계적 특성변화

박양균[1], 황유진[1], 이용태[2], 이동근[1]
[1]순천대학교. [2]경남대학교.

전자재료

위원장 : 정병기(KIST)
총무간사 : 김종규(포항공과대학교)
Room 604, 04월 28일

좌장 : 안종현 (연세대학교)

전자1-1 | 08:30

Stretchable Active-matrix Light Emitting Diode Display Driven by Single Crystal Silicon Transistors Using Roll Transfer Technique

Minwoo Choi[1], Jong-Hyun Ahn[1]
[1]School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University.

전자1-2 | 08:45

In situ Observation and 3D Atomic-scale Quantification of Conductive Filament in Resistive Switching Devices

채병규[1], 설재복[2], 송정환[1], 백경준[1], 곽창민[1], 오상호[3], 황현상[1], 박찬경[1]
[1]포항공과대학교신소재공학과. [2]NINT. [3]성균관대학교.

전자1-3 | 09:00

산화 방지 구리 나노 잉크를 이용한 저가형 유연 기판 잉크젯 프린팅 패턴의 광소결 및 굽힘 특성평가

손연호[1], 강민규[1], 이선영†[1]
[1]한양대학교재료공학과.

전자1-4 | 09:15

잉크젯 프린팅 된 구리기반 유연 소자의 특성향상을 위한 다중 광소결에 대한 연구

강민규[1], 손연호[1], 이선영†[1]
[1]한양대학교 재료공학과.

전자1-5 | 09:30

Wearable Three Dimensional Capacitive Touch Sensor Using Graphene

Minpyo Kang[1], Jong-Hyun Ahn[1]
[1]Yonsei University.

Break time | 09:45

좌장 : 안동환 (국민대학교)

전자2-1 | 09:55

Ab initio High-throughput Screening for Novel p-type Oxide Semiconductors

임강훈[1], 윤용[1], 이미소[1], 한승우[1]
[1]서울대학교.

전자2-2 | 10:10

Synthesis of $SrZn_xFe_{(2-x)}Fe_{16}O_{27}$ ($0.0 \leq x \leq 2.0$) in $PO_2 = 10^{-3}$ Atm and Their Static and Dynamic Magnetic Properties

유재형[1], 유상임[1]
[1]서울대학교.

전자2-3 | 10:25

Effects of Silica Filler Loading on the Deformation of the Solder Joint of 3D Stacked Chips

Wagno Alves Braganca[1], Kwang-Seong Choi[2], Yong-Sung Eom[2], Jihye Son[2], Keon-Soo Jang[2], Seok Hwan Moon[2], Hyun-Cheol Bae[2]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]Electronics and Telecommunications Research Institute.

전자2-4 | 10:40

Fabrication of the Boron Nanoparticles Converter Thin Film for Neutron Detector by Sedimentation Process

박민호[1], 문명국[2], 임창휘[3], 안동환[1]
[1]국민대학교. [2]한국원자력연구소. [3]선박해양플랜트연구소.

용접 및 접합

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교)
Room 604, 04월 28일

좌장 : 홍재근 (재료연구소)

용접1-1 | 11:10

Expectation of Hot Cracking Sensitivity for Stainless Steels Welds Using CFD Simulation

조대원[1], 천은준[1], 서정[1], 조정호[2]

[1]한국기계연구원(KIMM). [2]충북대학교 기계공학부.

용접1-2 | 11:25

Zr-base 삽입금속으로 브레이징한 CP-Ti 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 유지시간의 영향

허회준[1], 엄인섭[2], 강정윤[1]

[1]부산대학교 재료공학부. [2]동화엔텍 환경기술연구소.

용접1-3 | 11:40

전자기펄스 공정으로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합부 미세조직 변화

송준우[1], 박진주[2], 박은광[2], 이동주[2], 이민구[2], 홍순직[1]

[1]공주대학교 신소재공학부. [2]한국원자력연구원.

용접1-4 | 11:55

AA2219-AA2195 이종합금 마찰교반접합의 기계적 물성에 영향을 미치는 접합변수의 영향

노국일[1], 유준태[2], 윤종훈[2], 이호성[2]

[1]과학기술연합대학원대학교 항공우주시스템공학전공. [2]한국항공우주연구원 발사체구조팀.

용접1-5 | 12:10

980MPa급 Dual Phase Steel의 용접열영향부 미세조직 및 기계적 특성 평가

박기태[1], 배규열[2], 서석종[3], 정홍철[2], 이창희[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]포스코 접합연구그룹. [3]포스코 강재연구그룹.

에너지재료

위원장 : 김동환(고려대학교)
총무간사 : 김지현(고려대학교)
Room 605, 04월 28일

좌장 : 허주열 (고려대학교)

에너지1-1 | 08:30

Na-$NiCl_2$ 전지의 전기화학 특성 및 성능에 미치는 양극재 금속분말 첨가의 영향

최준환[1], 안철우[1], 김만기[1,2], 한병동[1], 홍인철[3], 김우성[3], 문고영[3], 이희수[2]

[1]재료연구소. [2]부산대학교 재료공학부. [3]포스코에너지.

에너지1-2 | 08:45

배터리 유연성 향상을 위한 파괴 메커니즘 규명 및 오리가미 배터리 개발

김명호[1], 현승민[1], 김정환[2], 남승훈[1], 장봉균[1], 윤재국[1]

[1]한국기계연구원 나노역학연구실. [2]한국기계연구원 나노공정연구실.

에너지1-3 | 09:00

Hydrogen Storage Properties of Ti/Mg/Ti/Pd Multilayer Thin Film

Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[2]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University. [2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei Universi.

에너지1-4 | 09:15

부피 팽창을 최소화한 높은 방전 용량 유지율을 나타내는 리튬 이차전지용 음극소재로써의 탄소나노튜브-실리콘 복합체에 대한 연구

심형철[1], 김일환[2], 우창수[1], 현승민[1]

[1]한국기계연구원(KIMM). [2]성균관대학교.

에너지1-5 | 09:30

고용량 고신뢰성 자가치유-실리콘 음극 복합체

김동혁[1], 현승민[1], 한승민[2]

[1]한국기계연구원(KIMM). [2]한국과학기술원(KAIST).

에너지1-6 | 09:45

리튬이차전지용 탄소복합 Si-SiO_x-Al_2O_3 소재의 합성 및 전기화학적 특성

김경배[1], 김재헌[1]

[1]국민대학교 신소재공학부.

에너지1-7 | 10:00

Strain-driven Chemical Stabilization of Perovskite O_2-electrode Surfaces in Solid Oxide Electrochemical Cells

Bonjae Koo[1], Hyunguk Kwon[2], YeonJu Kim[1], Han Gil Seo[1], Jeong Woo Han[2], WooChul Jung[1]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). [2]University of Seoul (UOS).

Break time | 10:15

좌장 : 오승주 (고려대학교)

에너지2-1 | 10:25

Breathable Carbon-Free Electrode: Black TiO_2 with Hierarchically-Ordered Porous Structure for Stable Li-O_2 Battery

Seunghoon Nam[1], Joonhyeon Kang[2], Seungmin Hyun[1], Chang-Su Woo[1], Chunjoong Kim[3], Yongjoon Park[4], Byungwoo Park[2]

[1]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). [2]Seoul National University. [3]Chungnam National University. [4]Kyonggi University.

에너지2-2 | 10:40

Rational Design of Heterostructure Photocatalyst with High Activity

Heechae Choi[1], Sovann Khan[2], Kwang-Ryeol Lee[2], Seungchul Kim[2], So-Hye Cho[2]

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

에너지2-3 | 10:55

LiCl 방사성 염폐기물 처리를 위한 U-SAP 고화체의 열처리 분위기 및 냉각속도에 따른 특성 변화 분석연구

이기락[1], 박환서[1], 최정훈[1], 한승엽[1], 이태교[1], 조인학[1]

[1]한국원자력연구원.

에너지2-4 | 11:10

Layer-number Dependence of the Magnetic Properties of MnBi Films

Hongjae Moon[1], Sumin Kim[2], Hwaebong Jung[2], Hyun-Sook Lee[2], Wooyoung Lee[2]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University. [2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei Universi.

에너지2-5 | 11:25

Highly Sensitive Resistive Sensors Composed of Pd-coated Si Nanowrire Arrays for Monitoring H_2 in both Air and Oil

Byungjin Jang[1], Min Hyung Kim[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Materials Science and Engineering, Yonsei University.

에너지2-6 | 11:40

셀룰로오스 나노크리스탈 유도체를 이용한 다공성 티타니아(TiO_2) 박막 제조

윤용희[1], 양기욱[1], 노형민[1], 이원희[1]
[1]세종대학교 나노신소재공학과 금속재료연구실.

분말재료

위원장 : 이창규(한국원자력연구원)
총무간사 : 홍순직(공주대학교)
Room 606, 04월 28일

좌장 : 홍순직 (공주대학교)

분말1-1 | 08:30

Fabrication and Characterization of Powder Forged Ti-6Al-4V Components

Youngmoo Kim[1], Young-Beom Song[1], Sung Ho Lee[1], Young-Sam Kwon[2]
[1]Agency for Defense Development. [2]Cetatech Co.

분말1-2 | 08:45

연소합성을 이용한 티타늄 분말 제조에서 원료 물질(TiO_2)의 종류에 따른 특성

최상훈[1], 심재진[1], 주원[1], 임재홍[1], 최원정[1], 현승균[2], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

분말1-3 | 09:00

도가니 종류에 따른 탄탈륨 금속 스크랩의 수소화-탈수소화 거동 변화 연구

이지은[1], 이찬기[1], 박지환[2], 박일규[3], 윤진호[1]
[1]고등기술연구원. [2]㈜엠티아이지 기술연구소. [3]서울과학기술대학교 신소재공학화.

분말1-4 | 09:15

Tungsten-micropowder/Copper-nanoparticle core/shell-structured composite powder synthesized by inductively coupled thermal plasma process

김규현[1], 최한신[1], 한철웅[1]
[1]한국생산기술연구원.

Break time | 09:30

좌장 : 박경태 (한국생산기술연구원)

분말2-1 | 09:40

자전연소합성법을 이용한 탄탈륨 카바이드 분말제조에서 초기 압분체 압력에 따른 특성 평가

심재진[1], 최상훈[1], 주원[1], 임재홍[1], 최원정[1], 현승균[2], 박지환[3], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교. [3]엠티아이지.

분말2-2 | 09:55

Enhancing Thermoelectric Figure Merit in $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3/\beta-Zn_4Sb_3$ Composites by the Combinational Processes

Peyala Dharmaiah[1], Eun-bin Kim[1], Chul-hee Lee[1], Jin-koo Han[1], Kwang-yong Jeong[1], Soon-jik Hong[1]
[1]Kongju National University.

분말2-3 | 10:10

AROS법에 의해 제조된 TiO_2-Co 복합분말의 소결 특성

임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]
[1]전북대학교 대학원. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

분말2-4 | 10:25

HEBM공정 적용 다성분계 Ti합금 분말 제조 및 특성평가

이정한[1,2], 장준호[1], 박현국[1], 홍성길[2], 오익현[1]
[1]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2]전남대학교 신소재공학과.

Break time | 10:40

좌장 : 현승균 (인하대학교)

분말3-1 | 10:50

통전활성소결법을 이용한 Fe-Ni 합금 소결체의 제작과 미세구조분석

유진수[1], 홍성현[1]
[1]서울대학교.

분말3-2 | 11:05

초경대체소재로서의 고경도 Fe-TiB_2 나노복합재료 분말의 소결 Sintering of Fe-TiB_2 Nanocomposite Powder with High Hardness as an Alternative Material for Hardmetals

최우진[1], 김지순[1]
[1]울산대학교 공대 첨단소재공학부 나노분말재료공정연구실.

분말3-3 | 11:20

Core Loss Improvement of Fe Alloy Powder by NH_4OH Etching and SiO_2 Insulation Coating

이선우[1], 최성준[1], 유재형[1], 유상임[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

분말3-4 | 11:35

DED 공정변수 제어에 따른 Stainless steel 316 응고 및 산화거동 변화

어두림[1], 조중욱[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

분말3-5 | 11:50

In-situ Investigation of Precipitation Behavior in Alloy 690 based MA Powders

Man Wang[1], Heung Nam Han[2], Young Bum Chun[1], Jinsung Jang[1]
[1]Korean Atomic Energy Research Institute. [2]Seoul National University.

Break time | 12:05

좌장 : 이찬기 (고등기술연구원)

분말4-1 | 12:15

Hot-defromation 공정을 통한 NdFeB 아토마이저 분말의 c축형성 평가

이종환[1], 조주영[2], 남선우[2], 김택수[2], 이우영[1]
[1]연세대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

분말4-2 | 12:30

Magnetic Properties of Nd-Fe-B Bonded Magnets with High Energy Compaction Method

Dong-won Shin[1], Dong-soo Kim[2], Dong-hwan kim[3], Jeong-gon Kim[4], Soon-jik Hong[1]
[1]Kongju National University. [2]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. [3]STAR GROUP IND. CO. LTD. [4]Incheon National University.

분말4-3 | 12:45

분말 야금법으로 제조한 Al-Zn-Mg-Cu + Al-9Si/SiCp 복합체의 조직 및 마모 특성에 미치는 열처리 영향

유병철[1], 배기창[†1], 정제기[†1], 박용호*[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

분말4-4 | 13:00

통전활성소결 (SPS) 법을 활용한 핵융합로 플라즈마 대면재용 텅스텐 기반 소결체 제조 및 기계적 특성 평가

Nojun Kwak[1], Hyunmin Sung[1], Jonghyun Choi[1], Seong-hyeon Hong[1], Heung Nam Han[1]
[1]서울대학교.

재료강도

위원장 : 공병욱(두산중공업)
총무간사 : 홍현욱(창원대학교)
Room 607, 04월 28일

좌장 : 신상용 (울산대학교)

AW-4 | 08:30 현송공학상 수상 기념 강연

원자력에너지 시스템의 안전성 향상을 위한 재료 연구

이봉상[1]
[1]한국원자력연구원.

재료강도1-1 | 08:55

오스테나이트계 FeMnAlC 경량철강 미세조직 및 기계적 특성

문준오[1], 박성준[1], 장재훈[1], 이태호[1], 한흥남[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]서울대학교.

재료강도1-2 | 09:10

Modified 9Cr-2W강에 첨가된 B과 N가 열처리 조건에 따른 기계적 특성 평가

허형민[1], 김준환[2], 김성호[2], 김종렬[1]
[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.

재료강도1-3 | 09:25

Ce 첨가와 균질화 온도가 Mg-Sn-Al-Zn 압출재의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향

김상훈[1], 김하식[2], 유봉선[2], 박성혁[1]
[1]경북대학교. [2]재료연구소.

재료강도1-4 | 09:40

장시간 사용된 가스터빈 블레이드의 미세구조 평가 및 고온 저주기 피로거동 평가

김진열[1], 윤동현[1], 배시연[2], 장성호[2], 김재훈[1]
[1]충남대학교 공대 기계공학과. [2]한국전력 전력연구원.

좌장 : 김정한 (한밭대학교)

재료강도2-1 | 09:55

Mechanical Properties of Porous Tin Oxide and Empirical Equation to Predict the Strength of Porous Materials

남경주[1], JEFF WOLFENSTINE[2], 최혜림[1], 박혜지[1], 최희만[1]
[1]국민대학교 신소재공학부. [2]RDRL-SED-C.

재료강도2-2 | 10:10

나노포러스 금의 리가먼트 조대화에 대한 3차원 형상 분석

전한솔[1], 김주영[1]
[1]울산과학기술원.

재료강도2-3 | 10:25

봉지 재료용 금속 박막의 수분투과 및 기계적 특성

박선영[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

재료강도2-4 | 10:40

ODS 합금분말에서 나노산화물의 거동 연구

김가언[1], 노상훈[2], 강석훈[1], 김영도[1], 김태규[2]
[1]한국원자력연구원. [2]한양대학교.

재료강도2-5 | 10:55

Combined Effect of Grain Boundary Serration and Nano-sized Precipitates to Improve Very High Temperature Creep Properties of Alloy 617

이지원[1], 설재복[2], 장재훈[3], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [3]재료연구소 철강재료연구실.

좌장 : 성효경 (경상대학교)

재료강도3-1 | 11:10

Change in Annealing Texture of Severely-Deformed 60601 Al Alloy

양해웅[1], 위디안타라[1], 코티바하마드[2], 고영건[1]
[1]영남대학교. [2]성균관대학교.

재료강도3-2 | 11:25

Turbo-charger용 주강의 고온 인장 성질에 미치는 Mn과 Mo의 영향

정승문[1], 조용희[2], 최원미[2], 이병주[2], 이성학[2]
[1]한국원자력연구원. [2]포항공과대학교.

재료강도3-3 | 11:40

Self-Piercing Riveting을 이용한 초고장력강판 접합부 기계적 성질 평가

박지형[1]
[1]진합볼호프.

재료강도3-4 | 11:55

Influences of Grain Size on the Room and High Temperature Mechanical Properties of Wrought Nickel Based Superalloy

송영석[1], 송전영[1], 구지호[1], 김영대[1], 마영화[1], 석진익[1]
[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.

좌장 : 이창훈 (재료연구소)

재료강도4-1 | 12:10

주조재 FeMnAlC 경량철강의 Si 첨가 및 시효열처리에 따른 석출경화 및 변형거동의 원자적 관점에서의 고찰

김치원[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], 이영주[4], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원. [4]포항산업과학연구원.

재료강도4-2 | 12:25

구형나노압입시험을 이용한 나노포러스 금의 시간의존 변형 거동

강나리[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

재료강도4-3 | 12:40

Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Ferritic Oxide Dispersion Strengthened Steels Made from Si-containing Powder

Barton Arkhurst[1], 김정한[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과.

재료강도4-4 | 12:55

유연 페로브스카이트 태양전지 구성재료의 인장특성

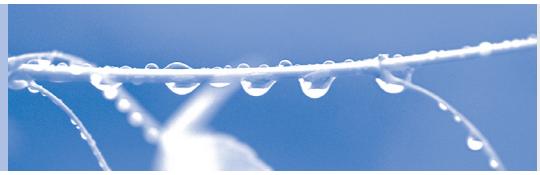
안승민[1], 정의대[1], 송명훈[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

재료강도4-5 | 13:10

Haynes 282 초내열합금의 시효처리에 따른 미세조직과 인장 변형특성의 상관성에 관한 연구

신경용[1], 공병욱[2], 강성태[2], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

POSTER SESSIONS I 4월 26일



P1 : 비철금속
Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P1-1

티타늄 주조용 TiO_2 함유 도가니의 산화물에 따른 반응성 평가

최봉재[1]
[1]인하공업전문대학.

P1-2

A Study on the Physical Chemistry of the Reduction Behavior of Manganese Oxide

신상균[1], 엄창호[2], 민동준[1]
[1]연세대학교 신소재공학과. [2]현대제철 제강기술개발팀.

P1-3

타이타늄 및 합금 스크랩의 재활용 공정 기술 개발

진연호[1], 양재교[1]
[1]고등기술연구원.

P1-4

B의 첨가에 따른 알루미늄의 미세조직 및 전도도 특성 평가

김정한[1], 박민경[1], 김철우[1], 조재익[1]
[1]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹.

P1-5

난연성 마그네슘 재활용을 위한 새로운 플럭스 설계 및 연구

정준영[1], 김명근[1], 손근용[1], 박원욱[1]
[1]인제대학교 나노융합공학과.

P1-6

용융염 전기분해법을 통한 알루미늄 스칸듐 모합금 제조기술

이병필[1], 장승규[1], 이고기[1], 이재영[1]
[1]포항산업과학연구원.

P1-7

A Research on Decreased Average Pore Size of Microporous Ti Implants

Wonhee Lee[1], Jeongeun Jin[1], Kiuk Yang[1], Hyungmin No[1], Yonghee Yoon[1]
[1]Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.

P1-8

A Study on Microstructure and Mechanical Properties of TNZ40 Compacts Fabricated by EDS(Electro-Discharge-Sintering)

Wonhee Lee[1], Seoyoung Park[1], Kiuk Yang[1], Hyungmin No[1], Yonghee Yoon[1]
[1]Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.

P1-9

Ti-39Nb-6Zr 합금의 미량원소 첨가에 따른 생체환경내 부식특성 평가

황유진[1], 박양균[1], 최영신[1], 이동근[1]
[1]순천대학교 신소재공학과.

P1-10

Mg-Al-X 다이캐스팅용 합금의 기계적 및 주조 특성에 미치는 합금원소의 영향(Effects of Alloying Elements on the Mechanical and Castable Properties of Mg-Al-X Alloys by Die-casting Process)

HoJun Park[1], KwangSeon Shin[1]
[1]Seoul National University.

P1-11

마찰접합 된 Duralumin과 AA6063의 부식특성 연구

원소리[1], 서보성[1], 김은혜[2], 하태권[3], 박광석[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]강원 테크노파크. [3]강릉원주대학교 신소재공학과.

P1-12

Mechanical Properties of WZ21 Magnesium Alloys Produced by Twin-roll Casting

Taehyun Yoon[1], Tianzhao Wang[1], Kwang Seon Shin[1]
[1]Seoul National University.

P1-13

지르코늄 함량에 따른 구리/지르코늄합금 와이어의 기계적, 전기적 특성 평가

송철한[1], 정우철[1], 한덕현[1], 양현석[1]
[1]고등기술연구원.

P1-14

보호 가스 및 용접 속도 변수에 의한 TIG 용접 후 구리 판재의 기계적 특성 및 미세조직 평가

한덕현[1], 정우철[1], 양현석[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P1-15

Pb, Cl 분위기에서 Alloy 690의 SCC 평가

신정호[1], 김동진[1]
[1]한국원자력연구원.

P1-16

5182 알루미늄 판재의 온간 성형성과 Spring back 현상 이해

장동혁[1], 김우진[1]
[1]홍익대학교 공대 신소재 • 화공시스템공학부 고온재료실험실.

P1-17

Removal of Iron from Ilmenite through Selective Chlorination Using CO-Cl_2 Gas Mixture

Lie Ling[1], Sung-Hun Park[1], Jae-Young Jung[1], Ho-Sang Sohn[1]
[1]Kyungpook National University.

P1-18

Microstructure of Al–8Zn–2.5Mg–2Cu (wt.%) Alloy Strip Fabricated by Twin Roll Casting

Zang Qianhao[1,2], Yu Huashun[2], Kim Hyoung–Wook[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]Shandong University.

P1-19

압연 공정에 의한 Nb–Ti 합금의 미세조직 변화에 관한 연구

김용호[1], 유효상[1], 김효성[2], 황덕영[2], 손현택[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]KAT㈜.

P1-20

단면적 감소에 따른 초전도 Mg+2B 분말/Nb/Cu 소재의 분말 충진도 및 미세조직 변화 연구

박상용[1], 현승균[1], 정하국[2], 이종범[2]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원 뿌리산업연구소.

P1-21

RS공법에 따른 Ag–Ni Alloy Overlay Clad Strip의 Brazing 공법 개선

이효원[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P1-22

Hot Press 진공 소결을 이용한 Ag–M 접점 소재 개발

구유성[1]
[1]희성금속㈜.

P1-23

DC Plasma를 이용한 건식 Ag–M 분말 제조를 이용한 Ag–M 합금 접점 소재 개발

권오집[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P1-24

Solid Oxide Membrane (SOM) Process를 위한 Fluoride계 용융염의 열역학적 특성 평가

이유민[1], 양재교[2], 민동준[3], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]고등기술연구원. [3]연세대학교.

P1-25

박판주조법으로 제조한 Al–0.6wt%Mg–1.2wt%Si 합금의 인장특성 및 소부경화 특성

주기철[1,2], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1], 김양도[2]
[1]재료연구소. [2]부산대학교.

P1-26

Al–Mg 합금 용탕에서의 Ca의 용융, 분배 및 선택적 산화 거동

윤영옥[1], 하성호[1], 김봉환[1], 임현규[1], 김세광[1]
[1]한국생산기술연구원.

P1-27

2종 이상의 알칼리 토금속 원소가 첨가된 Al 합금의 표면산화

하성호[1], 윤영옥[1], 김봉환[1], 임현규[1], 김세광[1]
[1]한국생산기술연구원.

P1-28

Coupled reaction model을 이용한 동 제련 슬래그 – 용융 황화물(매트) 간의 속도론적 해석 Kinetics between Copper smelting slag and Liquid sulfide by Coupled reaction model

신승환[1], 김선중[2]
[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P1-29

고강도 Al–Zn–Mg 합금의 성형이력에 따른 시효거동의 변화와 미세조직 및 기계적 특성 평가

양승윤[1], 김봉환[2], 하성호[2], 윤영옥[2], 김세광[2], 김영직[1]
[1]성균관대학교. [2]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구본부.

P1-30

Enhancement of Mechanical Properties of Cu – Mn – X Shunt Alloys by Second Phase Dispersion Strengthening with Positive Heat of Mixing

Seong Jun Kwon[1], Yeon Beom Jeong[1], Young Seok Kim[1], Hae Jin Park[1], Sung Hwan Hong[1], Ki Buem Kim*[1]
[1]Sejong University.

P1-31

Investigation Color Difference of Cu–x Alloys with the Various Composition

Siyeon Choi[1], Yeonbeom Jeong[1], Haejin Park[1], Younghoon Lee[1], Youngseok Kim[1], Sunghwan Hong[1], Jeongtae Kim[1], Kibuem Kim*[1]
[1]Sejong University.

P1-32

동 함유 슬러지로부터 고순도 구리 회수를 위한 전해공정 기술 개발

성현진[1], 이기웅[1], 서영명[1]
[1]성일하이메탈㈜.

P1-33

선택염화에 의한 네오디뮴 자석 스크랩으로부터 희토류 회수

이소영[1], 박성훈[1], 윤세영[1], 손호상[1]
[1]경북대학교 신소재공학부.

P1-34

첨가원소 및 열처리 조건에 따른 Co계 초합금의 미세구조 변화

임혜지[1], 최벽파[1]
[1]한국과학기술원.

P1-35

흡음,제진용 알루미늄 발포금속의 제조및 응용

허보영[1], N.S. Reddy[1]
[1]경상대학교 공대 재료공학부 금속공학전공.

P1-36

타이타늄 2원계 합금 분말의 상이한 탈산 거동 및 소결 특성

임노운[1], 오정민[1], 손인진[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P1-37

Ti계 벌크 비정질 합금의 레이저 용접 적용 가능성 연구

전현준[1], 윤창근[1], 주정환[1], 이호진[1]
[1]한국원자력연구원.

P1-38

Effect of Pulsing Magnetic Fields Process in Al–Zn–Mg Alloy

mykola slazhniev[1], Kyung Hyun Kim[1], Se Won Kim[1], Won Jae Kim[1], Hyun Suk Sim[1]
[1]Dong San Tech. Co.

P1-39

밴드-간 에너지 변화에 따른 Cu-X 유색 합금의 색 변화 상관성 분석

정연범[1], 박혜진[1], 김영석[1], 이영훈[1], 황윤중[1], 문예빈[1], 홍성환[1], 이후담[2], 김기범*[1]
[1]세종대학교 공과대학 나노신소재공학과. [2]현대자동차 그룹 중앙연구소 신소재연구팀.

P1-40

Cu-Ag 합금의 가공률 변화에 따른 특성 변화

이지민[1], 김선기[1], 주진호[2], 조훈[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교.

P1-41

A5xxx계 합금에서 용접부 강도향상에 미치는 첨가 합금원소의 영향

김선기[1], 이지민[1], 김동철[1], 김영직[2], 조훈[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교 신소재공학과.

P1-42

석출경화형 A6XXX합금의 소재 특성에 미치는 용탕 내 초음파 인가 공정의 영향

김선기[1], 이지민[1], 김영직[2], 조훈[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교 신소재공학과.

P1-43

Electroreduction of Zirconium Oxide by Using Liquid Copper Cathode in Molten Salt

BUNGUK YOO[1], YOUNGJUN LEE[1], SEONGHUN LEE[1], JEONGHUN CHOI[1], JONGHYEON LEE[1]
[1]Chungnam National University.

P1-44

Al-Si계 합금의 유동성과 열처리 특성에 미치는 Mg 첨가의 영향

김태준[1], 김서영[2], 이세동[2], 백아름[2], 김대환[3], 임수근[4]
[1]경상대학교 공과대학 대학원 재료공정융합공학과. [2]경상대학교 공과대학 나노 · 신소재공학부 금속재료공학과. [3]경상대학교 항공기기술연구소. [4]경상대학교 나노 · 신소재공학부 금속재료공학과.

P1-45

전자기장을 이용한 선외기용 알루미늄 프로펠러 부품의 부위별 미세조직 특성

김대환[1], 김태준[2], 김세원[3], 박상기[3], 임수근[4]
[1]경상대학교 항공기부품기술연구소. [2]경상대학교 재료공정융합공학과. [3](주)동산테크. [4]경상대학교 나노신소재공학부.

P1-46

Effect of Ultrasonic Frequency on Degassing Efficiency of A356 Al Alloys

Jin-Ju Choi[1], Jae-kyo Yang[1], Young-Jig Kim[2]
[1]Institute for Advaned Engineering. [2]Sungkyunkwan University.

P2 : 나노소재

Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P2-1

Correlation of the Reflectance and Pore Morphology of Anodic Aluminum Oxide (AAO)

신형원[1], 박태훈[2], 박수진[2], 이효수[2], 정승부[1]
[1]성균관대학교. [2]한국생산기술연구원.

P2-2

마이크로리액터의 전구체 유속에 따른 InP 양자점의 특성

서한욱[1], 전은주[1], 현승균[2], 김범성[1]
[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 재료공정공학부.

P2-3

Rapid Assembly of Pristine Large Area Graphene Films

김인호[1], 김상욱[1]
[1]한국과학기술원(KAIST).

P2-4

Thermodynamic Approach of Quaternary ZnCdSSe Quantum Dots with Composition Gradient Interface

Da-Woon Jeong[1], Eun Ju Jeon[1], Bin Lee[1], Kyoung-Mook Lim[1], Tae-Yeon Seong[2], Bum Sung Kim[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Korea University.

P2-5

The Multimodal Luminescence Property of ZnSe:Eu/ZnS (Core/Shell) Quantum Dots by Core Precursor Solvent

Ji Young Park[1], Han Wook Seo[1], Yong-Ho Choa[2], Bin Lee[1], Bum Sung Kim[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Hanyang University.

P2-6

Effect of Calcination Temperature on the Structural, Morphological and Optical Properties of Flower Like $-Fe_2O_3$ Nanostructure

TSEDENBAL BULGAN[1], Bon Heun Koo*[1]
[1]Changwon National University.

P2-7

Emissive Graphene Quantum Dots For Blue Light Emitting Diodes

송성호[1], 전석우[2]
[1]공주대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술원 신소재공학과.

P2-8

The Change of Mechanical Property of Polymer Aerogels Relying on 2-EHA and 2-EHMA

Kyu-Yeon Lee[1], Wooje Han[1], Hyung-Ho Park*[1]
[1]Yonsei University.

P2-9

Synthesis of Barium Strontium Titanate nanoparticles via modified liquid-solid-solution process

Wooje Han[1], Hyung-Ho Park*[1]
[1]Yonsei University.

P2-10

fcc polycrystalline nanowire의 인장 실험을 이용한 fcc 금속 twinning의 size effect 분석

김성훈[1], 김홍규[1], 고민준[1], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P2-11

2D Block-copolymer Arrangement Conversion to Diverse 3D Structures with Chemically Modified Graphene Layer

Jang Hwan Kim[1], Ju Young Kim[2], Sang Ouk Kim[1]
[1]KAIST. [2]ETRI.

P2-12

Enhanced Thermal Conductivity and Thermal Stability of Nanofluids Contaning Functionalized Boron Nitride Nanosheets

Dongju Lee[1], Jin-Ju Park[1], Gyoung-Ja Lee[1], Min-Ku Lee[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI).

P2-13

Preparation and Characterization of Transparent Alumina Films by Novel Room Temperature Cerami Coating Method

Park Jong-hwan[1], Seok-Hun Kim[1], Tae-Yoo Kim[1], Jung-Kab Park[1], Jung-Woo Lee[1], Sun-Woo Kim[1], Se-Hee Shin[1], Ho-Jun Choi[1], Dong-Soo Park[2], Chan Park[3], Kyung-Sub Lee[1], Su-Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Pukyong National University.

P2-14

투명전극 제작을 위한 CVD 대면적 그래핀 합성 및 특성 분석

김석훈[1], 박종환[1], 신세희[1], 박정갑[1], 김선우[1], 김태유[1], 이정우[1], 조영래[1], 최호준[1], 송영일[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 신소재공학부.

P2-15

상온과립분사로 제작한 투명 알루미나 필름의 특성평가

Park Jong-hwan[1], Seok-Hun Kim[1], Tae-Yoo Kim[1], Sun-Woo Kim[1], Jung-Woo Lee[1], Se-Hee Shin[1], Ho-Jun Choi[1], Jung-Kab Park[1], Dong-Soo Park[2], Chan Park[3], Kyung-Sub Lee[1], Su-Jeong Suh[1]
[1]Sungkyunkwan University. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Pukyong National University.

P2-16

Study on Formation of Multi layer Graphene Coated Metal Particles

이정우[1], 김선우[1], 박종환[1], 김석훈[1], 신세희[1], 최호준[1], 박정호[1], 김태유[1], 박정갑[1], 송영일[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 금속공학과 자성재료연구실.

P2-17

Study on Synthesis of Ag@SiO_2 Core-shell Nanoparticles and Its Deposition Behavior on FTO Glass by Electrophoretic Deposition (EPD) Method

MD JAMIR AHEMAD[1], Ganpurev Adilbish[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.

P2-18

Precise Synthesis of Palladium Nanoparticles Through the Control of Sodium Citrate and Ascorbic Acid Concentration

tingting liang[1], Dhanaji Pandit Bhopate[1], Sanjit Manohar Majhi[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.

P2-19

Synthesis of Pd@SnO_2 Core-shell Nanoparticles and Their Application for Sensitive and Selective Gas Sensors

Dhanaji Pandit Bhopate[1], Sanjit Manohar Majhi[1], Ting-ting Liang[1], Jo Jin-Nyeong[1], Song Ho-Geun[2], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, Chonbuk National University. [2]Ogam Technology.

P2-20

Performance Enhancement of MEA Prepared by Pulsed EPD Process by Using Carbon Sheet Substrate with Hydrophobic Microporous Layer

Adilbish Ganpurev[1], Jin-Nyeong Jo[1], Yeon-Tae Yu[1]
[1]Chonbuk National University.

P2-21

TEM nano-beam diffraction을 통한 Pd@Au core-shell 나노입자의 격자 변형률 분석

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

P2-22

탄소나노튜브를 이용한 신축성 전도체 개발 및 응용

하현철[1], 현승민[2], 정수환[1]
[1]경북대학교 공과대학. [2]한국기계연구원.

P2-23

VO_2 나노잉크를 활용한 열변색 스마트윈도우 박막에 대한 연구

윤지원[1,2], 김광석[1], 이석재[2], 김대업[1]
[1]한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹. [2]전북대학교 신소재공학부.

P2-24

선형 패턴기판과 박막 비젖음을 이용한 Au-Co쌍구조 나노입자의 1차원 정렬

이선규[1], 오용준[2], 배남호[3]
[1]한밭대학교 응용소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]나노종합기술원.

P2-25

Exfoliation of Tungsten Sulfide Flakes via In-Situ Oxidative Intercalation Method and Bandgap Modulation for Optoelectronics Devices Application

Azam Ashraful[1], Jungmo Kim[1], Dae-Chul Kim[1], Sung Ho Song[1], Seokwoo Jeon[1]
[1]KAIST. Department of Materials Science and Engineering.

P2-26

Alloyed 2D van der Waals atomic-layer heterojunctions

Cho Yong Joon[1], Yong Hun Kim[2], Byung Jin Cho[2], Min Ji Kang[1], Myung Gwan Hahm[1]
[1]Inha University. [2]Department of Advanced Functional Thin Films, Chungbuk National University.

P2-27

무기주형 입자코어 적용 나노중공 실리카 광학 특성 연구

노경재[1], 이지선[1], 유승용[1], 이영철[1], 이성의[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P2-28

실리콘 나노선기반 복합구조 형성 및 금속 촉매에 의한 가스 센서 특성 향상

김현우[1], 권용중[1], 최명식[1], 방재훈[1]
[1]한양대학교 신소재공학과.

P2-29

Cu-Ag Core-shell Nanowires with Enhanced Oxidation Stability for Transparent Electrodes

정슬기[1], 이창수[1], 추초롱[1], 이혁모[1]
[1]한국과학기술원.

P2-30

MW-CBD 방법을 이용하여 성장시킨 Fe2O3 박막의 광전기화학적 특성 변화

최하영[1], 류혁현[1]
[1]인제대학교 나노융합공학과.

P2-31

Wave-Tunable Nano- and Micro Material Assembly

Hyeohn Kim[1], Taehoon Kim[1], Dohun Kim[2], Wooyoung Shim[1]
[1]Yonsei University. [2]Seoul national university.

P2-32

Synthesis of Co Nanotubes by Nanoporous Template-assisted Electrodeposition Via the Incorporation of Vanadyl Ions

전유상[1], 김수효[1], 박범철[1], 남다연[1], 김영근[1]
[1]고려대학교 신소재공학과.

P2-33

개선된 화학 용액 증착법으로 성장시킨 Fe:CuO 광전극 특성 변화 연구

오재진[1], 류혁현[1]
[1]인제대학교나노융합공학과.

P2-34

CuO 나노구조체의 광안정성 개선 연구

이수훈[1], 오성진[1], 류혁현[1], 황창훈[2], 윤존도[2]
[1]인제대학교 나노융합공학과. [2]경남대학교 나노신소재공학과.

P2-35

Fe_2O_3 나노 구조체의 광전기화학적 특성 연구

홍예진[1], 류혁현[1]
[1]인제대학교 나노공학부.

P2-36

산화구리 (II) 버퍼층 증착 횟수에 따른 산화구리 (II) 나노구조체의 광전기화학적 특성 변화 연구

전승환[1], 류혁현[1]
[1]인제대학교 나노공학부.

P3 : 상변태

Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P3-1

Atomic Migration and Mechanical Stress Induced Hybrid Phase Transition in Single Crystal $Ge_2Sb_2Te_5$ Nanowire

Deok-Jin Jeon[1], Jun-Young Lee[1], Jae-Hyun Han[1], Jong-Souk Yeo[1]
[1]연세대학교.

P3-2

Crystallization and Phase Transformation Behavior of TiCu-based Bulk Metallic Glass Composite with B2 Particles

Young Seok Kim[1], Hae jin Park[1], Jumaev Elyorjon[1], Sung Hwan Hong[1], Ki Buem Kim*[1]
[1]Sejong University.

P3-3

X70강의 변형유기상변태

장현수[1], 최병학[1], 윤진영[1], 김형래[1], 윤주성[1], 이승영[1], 김우식[2]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]한국가스공사.

P3-4

Cu-Zn의 변형유기상변태

장현수[1], 최병학[1], 김형래[1], 윤진영[1], 권병호[1], 백광용[1], 이범규[1], 윤주성[1]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과.

P3-5

SS420의 미세조직 및 입계예민화 균열

장현수[1], 최병학[1], 고승희[1], 강효인[1], 윤주성[1], 박찬성[2], 김진표[2], 박남규[2]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]국립과학수사연구원.

P3-6

SS205의 미세조직 및 입계예민화 균열

장현수[1], 최병학[1], 강효인[1], 고승희[1], 윤주성[1], 이승영[1], 고태연[1]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과.

P3-7

액상 금속 탈성분 공정을 통한 다공성 Co-Cr 합금의 제조

윤국노[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

P3-8

Deformation Behavior Transition in Small-sized Metallic Glasses Upon Varying Experimental Conditions

So Yeon Kim[1], Jinwoo Kim[1], Andrew M. Minor[2], Koji S. Nakayama[3], Eun Soo Park[1]
[1]Seoul National University. [2]Lawrence Berkeley National Laboratory. [3]Tohoku University.

P3-9

실리콘 나이트라이드와 티타늄의 확산거동 및 계면반응고찰

최광수[1], 박준식[1], 이종원[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학부.

P3-10

Fabrication and Characterization of Novel Al/Al Clad Composite with High Strength and Aesthetic Exterior Design

Jin Man Park[1], Changwoo Jeon[1], Jae Won Sim[1], Sung Hwan Hong[2], Ki Buem Kim[2]
[1]Samsung Electronics. [2]Sejong University.

P3-11

Comparision of Mechanical Properties of the Amorphous & Crystal Substances with the Same Chemical Compositions

김완[1], 박은수[1], K.S. Nakayama[2]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]WPI-AIMR.

P3-12

Investigation of Configuration Entropy Effect in Multi-major Component Metallic Glasses on Their Property Change

Jung Soo Lee[1], B.S. Murty[1], H.S. Oh[2], W. Kim[2], E.S. Park[2], K.F. Yao[3]
[1]Department of Metallurgical and Materials Engineering Indian Institute of Technology Madras. [2]Research Institute of Advanced Materials Department of Materials Science and Engineering Seoul National University. [3]School of Materials Science and Engineering Tsinghua University.

P3-13

Zr과 전이금속 간 이성분 합금시스템 중 Zr-rich 조성의 비정질 형성능 및 특성 평가

김경준[1], 류욱하[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

P3-14

Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 시효처리에 따른 상변태 거동 및 형상기억특성

박주완[1], Li Shuanglei[1], 김동조[1], 김성철[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

P3-15

(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 미세구조 및 가공성 조사

김성철[1], 김동조[1], 이상래[1], 박주완[1], 염종택[2], 남태현[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.

P3-16

Study of Surface Metal Particle Formation by Selective Phase Transition in $SrTiO_3$

Jun Kyu Kim[1], Bonjae Koo[1], WooChul Jung[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology(KAIST) Department of Materials Science and Engineering.

P3-17

급랭응고한 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf 합금의 상변태거동 및 초탄성효과

김동조[1], 리솽레이[1], 박주완[1], 김성철[1], 염종택[2], 김연욱[3], 남태현[1]
[1]경상대학교 기능재료연구실. [2]재료연구소. [3]계명대학교 급랭응고연구실.

P3-18

Investigation of the Evolution on Microstructures and Mechanical Properties of Al-based Eutectic Alloy by Liquid Separation

Park Sang Won[1], Hee Jin Kim[1], Young Seok Kim[1], Yun Jung Hwang[1], Hae Jin Park[1], Jeong Tae Kim[1], Sung Hwan Hong[1], Ki Buem Kim*[1]
[1]Department of Nanotechnology and Advanced materials Engineering. Sejong University.

P3-19

수소투과환경에서 Pd-Cu 수소분리막의 FCC-BCC 상변태 거동 분석

김하영[1], 조민구[2], 김한진[3], 서진유[4], 김도향[1]
[1]연세대학교. [2]서울대학교. [3]고려대학교. [4]한국과학기술연구원.

P3-20

고온안정성 내화금속계 비정질 합금 개발

안혜상[1], 김진우[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

P3-21

시효에 따른 Ni-Cr-Fe고용강화 합금의 석출물 거동분석

임상엽[1]
[1]한국원자력연구소 원자력재료기술개발.

P3-22

Be 첨가에 따른 TZN 합금의 준결정-비정질 형성능 평가 및 기계적 특성 변화 고찰

유근희[1], 류채우[1], 박은수[1], K.F. Yao[2]
[1]서울대학교 재료공학부 RIAM. [2]Tsinghua University School of Materials Science and Engineering.

P3-23

Al-7Ni-xSi 도금된 보론강의 Si 함유량에 따른 상변화

이재형[1], 곽승윤[1], 윤중길[1], 강정윤[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학과.

P3-24

Ti-Ni-Mo 형상기억합금 다공성 소결체 제조 및 기공률에 따른 기계적 특성 비교

권혁준[1], 김연욱[1], 남태현[2], 장재원[1]
[1]계명대학교 재료공학과. [2]경상대학교 재료공학과.

P3-25

Fabrication and Characterization of Novel Al/Al Clad Composite with High Strength and Aesthetic Exterior Design

박진만[1], 전창우[1], 심재원[1], 문수동[1], 홍성환[2], 김기범[2]
[1]삼성전자. [2]세종대학교.

P4 : 복합재료

Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P4-1

Thermal Properties of Ag-AgCNT Composites by Mechanical Alloying Process.

Lee YeoReum[1], Hyo-Soo Lee[1], Seung-Boo Jung[2], Hyouk-Chon Kwon[1], Jae-Ha Kim[1], Jung-Hwa Lee[1], Sang-Woo Kim[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Sungkyunkwan University.

P4-2

Highly Stretchable Organic Conductors Based on Elastomer/Polyaniline Composites

LUAN YANGE[1], Gitae Namgung[1], Jin-Seo Noh[1]
[1]gachon university.

P4-3

직접압출 및 정수압 압출에 의해 제조된 Mg-B/Ti/Cu cladding의 미세조직 및 집합조직 변화 연구 Mg-B/Ti/Cu cladding fabricated by direct-extrusion and hydrostatic-extrusion

이종범[1], 정하국[1], 박상용[2]
[1]한국생산기술연구원뿌리산업연구소. [2]인하대하교 신소재공학과.

P4-4

Via Using Block Copolymer Self Assembly Au-Ag Core-Shell Nanoparticle Arrangement for Synergistic Broadband Plasmonic Properties

양건국[1]
[1]한국과학기술원.

P4-5

Thermal Management of Aluminum-YAG:Ce Composites for High-power Laser Lighting

Jehong Park[1], Kwangjae Park[2], Kwonhoo Kim[2], Hansang Kwon[2]
[1]Next Generation Materials Co Ltd. [2]Pukyong National University.

P4-6

다종 산업부산물 혼합 원료를 활용한 고기능 내마모 소재 생산 기술 개발

신동윤[1], 윤미정[2], 박현서[3], 윤진호[1]
[1]고등기술연구원. [2]동도바잘트. [3]포스코.

P4-7

Improving the Dispersibility of ZnO Nanoparticles with Silane Coupling Agent KH570 in Alcohol Solvent.

aran gu[1], Ran yoo[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering. Yonsei University.

P4-8

냉간인발 50.4Ni-Ti 합금의 초탄성 및 형상기억 특성

장병곤[1], 김우진[1]
[1]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온재료실험실.

P4-9

열처리가 강소성 가공된 Ni-43.4 wt% Ti 합금의 형상기억 특성에 미치는 영향

양준영[1], 임양균[1], 김우진[2]
[1]홍익대학교 공대 신소재공학과 고온재료실험실. [2]홍익대학교 공대 신소재공학과.

P4-10

방전플라즈마 소결공정으로 제조된 Al-SUS316L 복합재료의 소결 특성

박광재[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상*[1]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]㈜차세대소재연구소. [3]부경대학교 금속공학과.

P4-11

초미세립 Fe-Mn-Si 형상기억합금 제조 및 형상기억 특성

김영신[1], 김우진[2]
[1]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온재료실험실. [2]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부.

P4-12

결정립크기가 Fe-Mn-Si합금의 형상기억특성에 미치는 영향

최솔[1], 김우진[1]
[1]홍익대학교 공대 신소재 • 화공시스템공학부 고온구조재료실험실.

P4-13

Effect of the TiO_2 Nanoparticle size on the Decomposition Behaviors in Aluminum Matrix Composites

Jae Hyuck Shin[1], Se Hoon Kim[1], Jin Pyeong Kim[1], Si Young Sung[1], Beom Suck Han[1], Dong Hyun Bae[2]
[1]Korea Automotive Technology Institute. [2]Yonsei University.

P4-14

정수압 압출에 의해 제조된 Al/Cu 의 형상 구조에 따른 열적 특성 변화 연구

이종범[1], 박정민[2], 정하국[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업연구소. [2]인하대학교 신소재공학과.

P4-15

Micro Structure and Mechanical Properties of Amorphous Particle-reinforced Al Matrix Composite

김민규[1], 권영준[1], 오인택[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재성형기술연구소.

P4-16

냉연 TWIP Clad 강판의 인장성질 및 항복점 현상 해결 방안 연구

박재영[1], 강민주[1], 손석수[1], 김정수[1], 김형섭[1], 조원태[2], 이성학[1]
[1]포스텍(포항공과대학교). [2]포스코.

P4-17

질화알루미늄 필러 함량 및 폴리머 기지 변화에 따른 언더필의 열적 특성과 충진 거동 연구

손은원[1,2], 김대업[1], 임재원[2], 김광석[1]
[1]한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹. [2]전북대학교 신소재공학부.

P4-18

Microstructures and Tensile Properties of TiC-SKD11 Composite by Varying Heat Treatment Conditions

박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 황금철[3], 홍현욱*[3]
[1]창원대학교. [2]재료연구소. [3]대화알로이테크.

P4-19

용융가압함침법으로 제조된 TiC-SKD11 복합재의 템퍼링 거동에 미치는 TiC 분율의 영향

황지인[1], 김성훈[1], 서동우[1]
[1]포항공대 철강대학원.

P4-20

Mechanical and Thermal Properties of Graphite/Copper Composites

손유한[1], 한태양[1], 한준현[1]
[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

P4-21

GFRP 재료를 적용한 굴절형 텔레스코픽 절연붐 강도평가 연구

하만호[1], 강동명[1], 심기중[1], 박문호[2]
[1]군산대학교. [2]진우에스엠씨.

P4-22

액상가압을 통해 제조한 Bimodal SiC(10+30 μm)/Al7075 Al 금속복합재료의 변형률 속도에 따른 압축 변형 거동

이형수[1], 최진혁[1], 손석수[1], 조일국[2], 이상복[2], 이상관[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]재료연구소.

P4-23

Influence of Feedstock Powder and Fuel Type in WC-Co Coating Characteristicts on Microstructural Features and Erosion Resistance

SOYEONG KANG[1], KYEONGHO BAIK[1]
[1]Chungnam National University.

P4-24

Interactive Thermochromic Display Using Maze-shaped Resistive Pressure Sensor Array

Gwangmook Kim[1], Sungjun Cho[1], Wooyoung Shim[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

P4-25

반도성 세라믹을 이용한 입자상 물질 검지 센서

엄재현[1], 이지혜[1], 조용준[1], 장지상[1], 서호철[1]
[1]세종공업.

P4-26

Effect of Oxide Surface Layer on the Joining Strength of Carbon Fiber Reinforced Plastic to AZ31 Mg Alloy by Hot Metal Pressing Joining.

Barton Arkhurst[1], 김정한[1], 이목영[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학부 응용소재공학전공. [2]포항산업과학연구원 소재이용연구그룹.

P5 : 재료분석
Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P5-1

In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy

Young Woon Byeon[1], Hyun Jeong Lee[2], Jae Chul Lee[1], Jae Pyoung Ahn[2]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology (KIST).

P5-2

Effect of Ultrasonic Shot Peening on the Microstructural Evolution and Stability of Commercially Pure Al

Liming Xu[1], Yubing Zhang[1], Sijia Liu[1], Houyu Ma[1], Keesam Shin[1]
[1]창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.

P5-3

Oxidation Behavior of T91 Steel upon Long-Term Steam Test

마후유/MA HOUYU[1], Si-yeon Bae[2], Keesam Shin[1]
[1]창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실. [2]Advanced Materials Group. Korea Electric Power Company.

P5-4

Effect of Ultrasonic Shot Peening on Microstructure and Phase Transformation of 25Cr Duplex Stainless Steel

Sijia Liu[1], Houyu Ma[1], Liming Xu[1], Yubing Zhang[1], Keesam Shin[1]
[1]창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.

P5-5

Effect of Shot Peening on Microstructural Evolution of QT500 Ductile Cast Iron

Yubing Zhang[1], Sijia Liu[1], Liming Xu[1], Houyu Ma[1]
[1]창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.

P5-6

Shot Peening과 후열처리에 따른 미세조직 변화

남경애[1], 마후유[1], 신기삼[1]
[1]창원대학교 나노신소재공학과.

P5-7

방전가공 강선 와이어의 Cu/Zn 도금층 확산 열처리 조건에 따른 황동 도금층 형성에 관한 연구

한덕현[1], 정우철[1], 송철한[1], 양현석[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P5-8

Study of Thermal Induced Reversible Devitrification in ZrPt Alloy

김현아[1], 김송이[1], 이아영[1], 오혜령[1], 김도향[2], 이민하[1]
[1]한국생산기술연구원 인천지역본부. [2]연세대학교 신소재공학과.

P5-9

A study on the Grain Boundary Serration Mechanism of Ni-Cr Binary Model Alloy

이지원[1], 설재복[2], 장재훈[3], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교. [2]포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [3]재료연구소 철강재료연구실.

P5-10

The Effect of Fabrication Method on Magnetic Property of Fe-N Based Amorphous Soft Magnetic Alloys

오혜령[1], 김송이[1], 이아영[1], 김현아[1], 김종렬[2], 이민하[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업연구부문. [2]한양대학교 재료공학과.

P5-11

자동차 클러치용 다이아프램 스프링 강재 파손연구Study on Fracture of the Automobile Clutch Diaphragm in Spring Steel

김학현[1], 김진원[1], 조다희[1], 박중철[1]
[1]포항산업과학연구원 분석평가그룹.

P5-12

자동차 등속조인트 부트 체결용 밴드의 지연파괴로 인한 파손 분석 Fracture analysis due to delayed crack of Ear-Type Band for Clamping automobile CVJ*

김학현[1], 강영환[1], 조다희[1], 박중철[1]
[1]포항산업과학연구원 분석평가그룹.

P5-13

HRSG 보일러 튜브용 강재 파손연구

윤병준[1]
[1]포항산업과학연구원 분석평가그룹.

P5-14

원자침 단층 분석법을 활용한 2차원 나노소재의 구조적 분석

황교진[1], 함명관[1], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P5-15

자동차휠용 A356 합금의 기계적 특성에 미치는 미세조직 분석

정동혁[1], 공소현[1], 황교진[1], 김상욱[1], 유준휘[1], 현승균[1], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P5-16

Study of the Structure of the Emulsion by X-ray Scattering Analysis

Minjoo Noh[1], Jun Bae Lee[1]
[1]COSMAX.

P6 : 피로 및 파괴
Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P6-1

Modeling of the Corrosion Fatigue Crack Growth Rate for Ni-base Alloy X-750

Taehyun Lee[1], Kyung Ha Ryu[1], Sang Hyuk Lee[1], Young Joong Kim[1], Jae Young Yoon[2]
[1]Korea Institute of Machinery and Materials. [2]Korea Atomic Energy Research Institute.

P6-2

균질화 시간에 따른 고강도 7XXX계 알루미늄 합금의 미세조직 형성 거동

김도희[1], 박지호[1], 박대건[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P6-3

피로균열이 존재하는 회전익 항공기 주요 구조물의 수리 후 구조안전성 평가

양성운[1], 이두열[1], 김기현[1], 김화수[1], 김민생[1], 신규철[1]
[1]공군항공기술연구소.

P6-4

고망간강 용접부의 상온 및 극저온 피로균열전파 거동

이관호[1], 박준혁[1], 안우진[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P6-5

b-열처리된 Ti-6Al-4V 합금의 수소 발생 환경에서의 저속인장 거동

박지호[1], 박대건[1], 김도희[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P6-6

고망간강 용접부의 저온 파괴 거동

박준혁[1], 이관호[1], 안수진[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P6-7

Effects of Deformation Behaviors on Tensile and S-N Fatigue Properties of High-Mn Steels at Room and Cryogenic Temperatures

안수진[1], 박대건[1], 안우진[1], 정대호[1], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교.

P7 : 전산재료과학

Room 3층 전시장, 04월 26일 10:00 - 16:00

P7-1

LED 방열 소재의 물성 및 표면적에 의한 냉각 거동 전산모사

최정훈[1], 김대영[2], 심문수[2], 이종현[3]
[1]충남대학교 응용소재공학과. [2]충남대학교 에너지과학기술전문대학원. [3]충남대학교 신소재공학과.

P7-2

Ab-initio Study on the Origin of Charge Trap in Amorphous Si_3N_{4-x}

Gijae Kang[1], Kyeongpung Lee[1], Seungwu Han[1]
[1]Seoul National University.

P7-3

Transient 해석에 의한 금형의 열전달 해석 기법에 관한 연구

채홍준[1], 공만식[1]
[1]고등기술연구원.

P7-4

Determining Equilibrium Shape and Atomic Configuration of Pt-M Nanoparticles Using Monte Carlo Simulation

설동혁[1], 김진수[1], 이병주[1]
[1]포스텍(포항공과대학교).

P7-5

전류밀도 기반 발열체 구현을 통한 사파이어 단결정 성장 모사

최승훈[1], 문성환[2], 김준환[2], 김형중[2], 차필령[1]
[1]국민대학교. [2](주)사파이어테크놀로지.

P7-6

저항가열을 사용한 SiC 단결정 성장 시뮬레이션

김대환[1], 차필령[1]
[1]국민대학교 재료전산모사실험실.

P7-7

Understanding the Role of Transition Phases on Kinetic Overpotential of Na-ion Battery : A First-Principle Comparative Study of Sn and Sb Anode

YONGSEOK CHOI[1], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea University.

P7-8

Revisiting the Wenzel and Cassie-Baxter models in atomistic simulations

김수지[1], 임형규[1], 김형준[1]
[1]한국과학기술원(KAIST).

P7-9

이원계 나노입자 위의 분자 흡착 에너지 예측: DFT 및 기계학습 연구

방기훈[1], 신기현[1], 홍두선[1], 강구[1], 이혁모[1]
[1]한국과학기술원(카이스트).

P7-10

제일원리계산을 통한 전이금속질화물의 산소환원반응 촉매 특성 평가

홍두선[1], 권순호[1], 이혁모[1]
[1]한국과학기술원.

P7-11

The Steel Alloy Design for Enhancement of Nitriding rate : A DFT Study

Ku Kang[1], Changsoo Lee[1], Sunho Kwon[1], Hyuck Mo Lee[1]
[1]KAIST.

P7-12

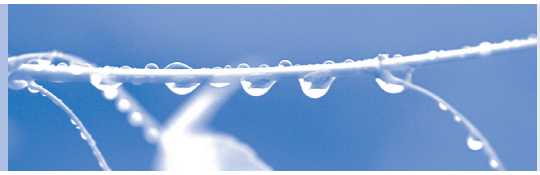
ALE 유한요소법을 활용한 마찰교반용접에서의 변형기구 연구

명동준[1], 노우람[2], 이명규[1]
[1]고려대학교. [2]한국생산기술연구원.

P7-13

A Model to Simulate Void Growth Effect of Metallic Material Under Dynamic Loading

이상일[1]
[1]해군사관학교.



P8 : 철강
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P8-1
가속기 조사방법을 활용한 원자로 철강재료의 고선량 조사경화 평가
진형하[1], 임상엽[1], 이경근[1], 권준현[1]
[1]한국원자력연구원.

P8-2
Cu-Invar 박막의 유한요소법과 동적 나노 압침법에 의한 기계적 특성 평가
최용[1], 강보경[1]
[1]단국대학교.

P8-3
용액의 열역학적 상안정성의 전산모사와 3원계 Fe-Ni-Cu 합금 도금 제조 및 특성 평가
최용[1], 한상선[1], 강보경[1]
[1]단국대학교.

P8-4
사용후핵연료 운송 및 저장용 Gd-이상 스테인레스 강 압연재의 집합조직과 중성자 차폐능 평가
최용[1], 백열[1], 문병문[2], S. G. Bogdanov[3], A. N. Pirogov[3]
[1]단국대학교. [2]KITECH. [3]Institute of Metal Physics of UB of RAS.

P8-5
Mo-free 저합금 이상 스테인레스강 열연재의 미세조직 및 인장특성에 미치는 aging 처리 영향
신익수[1], 정기채[1], 박경태[1], 최점용[2]
[1]국립한밭대학교. [2]POSCO 기술연구원(포) STS 연구그룹.

P8-6
수소 유기 균열된 API-X-80강의 3축 제어 초음파 분석 연구
최용[1], 백열[1], 김완근[2], 정환교[2], 이창선[2]
[1]단국대학교. [2]POSCO.

P8-7
중성자 흡수재 및 차폐재용 Fe-Gd-B 합금의 미세조직 및 Rietveld 정량분석
최용[1], 백열[1], 이상욱[2], 정현도[2], 문병문[2]
[1]단국대학교. [2]KITECH.

P8-8
고 Al 경량강에서 Cr이 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향
김경원[1], 이창훈[1], 박성준[1], 이태호[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실.

P8-9
Billet 연주 Mold tube의 corner crack 발생 메커니즘
박태은[1], 김영환[1], 정훈제[1], 표영석[1]
[1]동국제강주식회사 중앙기술연구소 제강연구팀.

P8-10
항복강도 400MPa급 이형봉강의 강도특성에 미치는 경화층의 영향
이주상[1], 김태형[1], 정준호[1], 이성민[1]
[1]현대제철 기술연구소.

P8-11
수치화 해석을 이용한 Mod.9Cr-1Mo강 GTAW 및 LBW 용접부에서 델타 페라이트 특성 연구
정남훈[1], 강남현[2], 조경목[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 재료물성연구실. [2]부산대학교 공대 재료공학부 ECO 재료 가공 연구실.

P8-12
420RB 스테인리스 냉연강판 표면 Temper Color층 분석
문병록[1], 방태양[1], 이명진[1], 강남현[1], 최윤석[1], 조경목[1]
[1]부산대학교.

P8-13
터보차저용 고 Ni-Cr계 Austenitic Cast Steels의 Cr 함량 조절이 고온 인장 물성에 미치는 영향
유지성[1], 조용희[1], 정승문[2], 최원미[1], 이병주[1], 오용준[3], 김기용[4], 장성식[4], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]한국원자력연구원. [3]한밭대학교. [4]계양정밀.

P8-14
연속냉각 변태 곡선을 이용한 초고장력강의 상변태 모델 개발
김정민[1], 심재혁[2], 이경종[1]
[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

P8-15
페라이트계 스테인리스강의 응고조직 미세화와 성형성(ridging) 평가
이문형[1], 김로사[1], 공정현[2], 박수호[2], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]POSCO.

P8-16
Chromium Distribution Behavior in Molten Pig Iron
Youngjun Cho[1], Youn-Bae Kang[1]
[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH.

P8-17
스텐레스계 이차경화형 UHS강의 수소취화 저항성에 미치는 Co 및 V 첨가의 영향
서주영[1], 권순우[1], 원윤정[1], 유정선[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부 신소재성형기술연구소.

P8-18
고 Mn강의 고온 산화 거동에 미치는 가열 온도의 영향
정지연[1], 이석환[1], 손광석[1], 이운해[2], 서인식[2], 임창희[3], 김동규[1]
[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소. [3]POSTECH 철강대학원.

P8-19

SS316 양성자 조사재의 1차수 용존수소 농도에 따른 IASCC 개시민감도 특성 평가

최민재[1], 황성식[1]
[1]한국원자력연구원.

P8-20

EBSD Investigation of Microstructure of Heat-resistant Cast Austenitic Stainless Steel Subjected to Thermomechanical and Low-cycle Fatigue Tests

AHIALE KWAME GODWIN[1], Won-doo Choi[1], Yong Jun Oh[1], Sunghak Lee[2]
[1]Department of Advanced Materials Engineering, Hanbat National University. [2]Center for Advanced Aerospace Materials, POSTECH.

P8-21

희토류 원소 첨가에 따른 고강도 공구강의 기계적 특성 변화 연구

김송이[1], 이아영[1], 오혜령[1], 김현아[1], 전중환[1], Julia Hufenbach[2], 이민하[1]
[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소 융합공정소재그룹. [2]IFW Dresden.

P8-22

래들 슬래그 중 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰

한진성[1], 강진규[1], 신재홍[1], 박주현[1]
[1]한양대학교.

P8-23

철 다공성 소재의 제작 및 기계적 성질 평가

엄태경[1], 홍기철[1], 최혜림[1], 최희만[1]
[1]국민대학교 신소재공학부 신소재공정및평가실험실.

P8-24

0.2C-0.35Si-1.05Mn 저탄소 단조강의 기계적 특성 및 미세구조 변화에 미치는 미소합금원소 첨가의 영향

원윤정[1], 서주영[1], 유정선[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재성형기술연구소.

P8-25

물 모델을 이용한 금속입자들의 거동에 미치는 상부 유동층의 점도의 영향Effect of viscosity of upper phase on the behaviors of droplet by water model

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

P8-26

밸브 개폐 정보 제공 기능이 적용된 기어비 조절이 가능한 Single Shaft 기어박스 개발

김현동[1], 김민호[2], 이찬주[2], 서영진[3]
[1]㈜티엠지코리아 기술부. [2](재)한국화학융합시험연구원 영남본부. [3]금오공과대학교 기계공학과.

P8-27

11CrMovNbN 마르텐사이트계 내열강의 Z-phase 형성 거동

김명연[1], 이영수[2], 정우상[2], 심재혁[2], 이영국[1]
[1]연세대학교. [2]한국과학기술연구원.

P8-28

The Influence of Controlled Microstructures on High Temperature Mechanical Properties in Advanced Austenitic Stainless Steels

박현화[1], 강전연[2], 하헌영[2], 이태호[2], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 나노신소재공학과. [2]재료연구소 철강재료연구실.

P8-29

High Yield Strength and Strain Hardening Rate Through Fine Ferrite and Dislocation Substructure Formation in Duplex Lightweight Steel

송혜진[1], 유지성[1], 손석수[1], 구민서[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]POSCO 기술연구소.

P8-30

냉각속도에 따른 Fe-Mn-Al-C계 경량철강의 미세조직 및 기계적 물성의 변화 연구

박준영[1], 문준오[1], 박성준[1], 이태호[1], 한흥남[2]
[1]재료연구소. [2]서울대학교.

P8-31

저방사화강의 미세조직 및 고온 인장 특성에 미치는 Ta와 Ti 첨가 영향

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

P8-32

Al-Mn 도금된 보론강 도금층의 상동정

곽승윤[1], 이재형[1], 윤중길[2], 강정윤[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]부산대학교 융합학부 하이브리드소재응용전공.

P8-33

FeMnAlC 합금계 스테인리스강에 대한 Cr 첨가에 따른 기계적 특성 및 변형거동 해석

김치원[1], 박성준[2], 이창훈[2], 김경원[2], 이영주[3], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]포항산업과학연구원.

P8-34

Austenite계 TRIP/TWIP강의 인장 성질에 미치는 Mn-segregation의 영향

조민철[1], 이형수[1], Alireza Zargaran[2], 류주현[3], 손석수[1], 김낙준[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]POSCO.

P8-36

Fe-0.15C-7Mn-2Al-1Si 중망간 강에서 탄소 재분배를 이용한 기계적 성질의 향상

김동한[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

P8-37

저합금강 소재의 미세크랙 가공을 이용한 파괴인성 향상 기술 개발

박민하[1], 김광윤[1], 전종배[1], 김병준[1]
[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부.

P8-38

오스테나이트 스테인리스강의 용접부 인성향상을 위한 미세크랙 가공기술 개발

김광윤[1], 박민하[1], 남대근[1], 김병준[1]
[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부.

P8-39

고강도 펄라이트 강선에서 열처리 조건이 비틀림 연성에 미치는 영향

안강석[1], 박정훈[1], 김진호[2], 정진영[2], 남원종[1]
[1]국민대학교 공과대학 신소재공학부. [2]고려제강 기술개발연구원.

P8-40

Correlation of Cyclic Stress Response and Softening Mechanisms in Reduced Activated Ferritic Martensitic Steel under High Temperature Fatigue Cycling.

Ebo A.Kizzie-Hayford[1], Won-Doo Choi[2], Yong-Jun Oh[3], Young-Bum Chun[3], Seung Young Cho[4]

[1]Hanbat National University. [2]Center for Research Facilities Hanbat National University. [3]Department of Advanced Materials Engineering Hanbat National University. [4]Korea Atomic Energy Research Institute.

P9 : 표면처리

Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P9-1

방전가공용 고강도 스틸 코어 와이어의 개발 연구

양현석[1], 한덕헌[1], 정우철[1]

[1]고등기술연구원.

P9-2

장식용 금도금 저감을 위한 하지도금용 Pd-Fe 합금도금층의 특성연구

변영민[1], 김호영[1], 노영태[1], 윤덕현[2], 정광미[2]

[1]한국건설생활환경시험연구원. [2]대도도금.

P9-3

Influence of Various Additives Including Borate, Fluoride, Graphite and Phosphate on the Two Step PEO Coatings Formed on AZ91 Alloy

zeeshan ur rehman[1], Minsoo Kim[1], Taehwan Noh[1], Bon Heun Koo*[1]

[1]Changwon National University.

P9-4

The Growth Mechanism of 2-step Plasma Electrolytic Oxidation on Al6061 Based in Zr-Al Components

TaeHwan Noh[1], SeongHun SHIN[1], MinSoo KIM[1], Zeeshan Ur Rehman[1], Bon Heun KOO*[1]

[1]Changwon National University.

P9-5

구리합금 스케일 제거법 및 이종소재 압출에 의한 구리 및 구리합금의 접합 거동

김영민[1], 김대영[2], 이성훈[1], 이종현[3]

[1]충남대학교 응용소재공학과. [2]충남대학교 에너지과학기술대학원. [3]충남대학교 신소재공학과.

P9-6

Electrodeposition of ZrO_2 Nanoparticles on Aluminum and Magnesium Alloy Via Plasma Electrolytic Oxidation with Plasma-enhanced Electrophoresis

Jung Woo Choi[1], Bongyoung Yoo[1], Dong Hyuk Shin[1]

[1]한양대학교.

P9-7

알루미늄 양극산화 피막의 색조에 미치는 착색조건의 영향

최인철[1], 손인준[1]

[1]경북대학교 금속신소재공학과.

P9-8

마그네슘 합금의 플라즈마 전해산화공정에서 전해액 내 KF 첨가에 따른 산화막의 물성 변화

황덕록[1], 이도경[1], 이재열[2]

[1]대구가톨릭대학교. [2]㈜화진.

P9-9

Sand Blast 전처리 공정이 마그네슘 합금의 플라즈마 전해 산화막에 미치는 영향

이도경[1], 황덕록[1], 손영수[2], 이재열[3]

[1]대구가톨릭대학교 신소재화학공학과. [2]대구가톨릭대학교 의공학과. [3]㈜화진.

P9-10

습식 식각시 초음파 진동의 인가조건 변화가 황동 도금층의 에칭 특성에 미치는 영향

정주영[1], 조영욱[1], 주재훈[2], 조영래[1]

[1]부산대학교 재료공학부. [2]부산대학교 수송기기하이테크소재부품전공.

P9-11

Coating Structure and Corrosion Characteristics of 6061 Al Alloy Via Plasma Electrolytic Oxidation With Dual Incorporation of SiO_2 and ZrO_2 Particles

파티마[1], 프리슬라카밀[1], 권정현[1], 고영건[1]

[1]영남대학교.

P9-12

고탄소강에서 질화층 상분율에 따른 크롬 확산 코팅층의 특성 평가

박경모[1], 김준호[2], 김기수[3], 이강식[3], 강남현[1]

[1]부산대학교. [2]한국생산기술연구원. [3]동보체인.

P9-13

펄스 플라즈마 산화 공정에서 코팅층 특성에 미치는 주파수와 듀티비의 영향

이정형[1], 김용환[1], 김연주[1], 김성종[2]

[1]한국생산기술 연구원 기능성부품소재그룹. [2]목포해양대학교 기관시스템공학부.

P9-14

기판특성이 양극산화법에 의해 제조된 TiO_2 나노튜브층에 미치는 영향

김민수[1], 권아람[1], 나찬웅[1]

[1]한국생산기술연구원.

P9-15

인산-망간 화성처리 시 pH에 따른 인산염 피막의 Morphology 및 내마모성 특성에 관한 연구

양인영[1], 박종규[2], 서선교[2], 박성현[3], 이지환[4]

[1]인하대학교 공대 재료공정공학과. [2]인하대학교 공대 신소재공학과. [3]삼영화학. [4]인하대학교.

P9-16

고온 노출에 따른 플라즈마 스프레이 Gd2Zr2O7 코팅층의 미세조직 및 열전도도 특성 변화

박희진[1], 백경호[1]

[1]충남대학교 신소재공학과.

P9-17

와이어 커트 웨이퍼의 화학부식에 의한 강도변화

김기훈[1], 김경호[1], 최경환[2], 조규섭[2], 김상섭[1]

[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

P9-18

확산코팅된 Mo 및 Mo기 초내열합금의 내화염 거동

최광수[1], 양원철[1], 김정민[1], 박준식+[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과.

P9-19

YSZ 및 다층 코팅된 steel의 내삭마특성

최광수[1], 김영주[1], 양원철[1], 박준식[1], 김민규+[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학부.

P9-20

산질화 처리가 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈의 부식특성과 마모특성에 미치는 영향

조영욱[1], 정주영[1], 우정호[2], 조영래[1]
[1]부산대학교. [2]한국클래드텍㈜.

P9-21

불산을 이용한 다이캐스팅용 합금의 표면처리 특성 연구

박종문[1], 장호승[1], 권혁곤[1], 김재권[1], 김수림[1], 김주석[1], 문성모[2], 박노진[2], 오명훈[3]
[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2]재료연구소 전기화학연구실. [3]금오공과대학교 신소재공학부.

P9-22

마르텐사이트계 석출경화형 스테인레스강 630강의 플라즈마 침질탄화 처리시 시효처리가 내부식성에 미치는 영향

이인섭[1]
[1]동의대학교.

P9-23

마르텐사이트계 석출경화형 스테인레스강 630강의 플라즈마 침질탄화 처리시 시효처리가 내부식성에 미치는 영향

이인섭[1]
[1]동의대학교.

P9-24

다이아몬드 연마를 위한 플라즈마 고온 열분사 연마판의 제조 조건 및 합금화 기구

최광수[1], 양원철[1], 이승준[2], 박준식+[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]챔프다이아㈜.

P9-25

STS204Cu 강의 저온 플라즈마 침탄/질화 처리 시 가스 함량에 따른 재료물성평가

이인섭[1], 김호준[1]
[1]동의대학교.

P9-26

STS316L의 Plasma Carburizing 처리 시 압하율에 따른 S-phase의 거동

이인섭[1], 김호준[1]
[1]동의대학교.

P9-27

자동차 전장용 전자파 차폐 Ni 도금막 특성평가

이순재[1], 이정현[1], 정도현[1], 전주선[2], 정재필[1]
[1]서울시립대학교 신소재공학과. [2]㈜단양솔텍.

P9-28

Wettability of Advanced High Strength Steels (AHSS) by Molten Zn-Mg-Al Droplets Depending on Their Si and Mn Contents

Seungwoo Shim[1], Keejung Kim[1], Gujin Chung[1], Joo-youl Huh[1], Hyun-seok Hwang[2], Yonkyun Song[2]
[1]Korea university. [2]POSCO.

P10 : 열전재료

Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P10-1

A Role of Meta-states in Bi-Te & Pb-Te Compounds and Their Thermoelectric Properties

Hyun Kim[1], Byun Ki Ryu[1], Su Dong Park[1]
[1]Korea Electrotechnology Research Institute.

P10-2

벌크형 열전소자용 N형 Bi-Te기지 열전복합재료 제조 및 특성평가

민태식[1,2], 신기훈[1], 조영민[1], 현은지[1], 권구현[1], 김동원[1], 손인준[2], 김경태[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]경북대학교 금속신소재공학부.

P10-3

양극산화 및 전기도금법을 이용한 열전모듈 방열기판의 제작

최이택[1], 손인준[1]
[1]경북대학교 금속신소재공학과 재료화학공정연구실.

P10-4

열압착 본딩(thermo-compression bonding)을 이용한 Bi_2Te_3계 열전모듈 제조

윤종찬[1], 손인준[1], 박관호[2], 조상흠[2], 김경태[3]
[1]경북대학교. [2]대양. [3]재료연구소.

P10-5

Enhanced Thermoelectric Properties in Bi/Te Core/shell Heterostructure Nanowires Through Strain and Interface Engineering

김정민[1], 김관식[1], 이우영[1]
[1]연세대학교.

P10-6

Thermoelectric Properties of Topological Crystalline Insulator $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$ Through Breaking the Crystal Symmetry by Cl-doping

Lin Chan-Chieh[1], 김가령[1], Dianta Ginting[1], 이종수[1]
[1]경희대학교국제캠퍼스.

P10-7

Enhanced Thermoelectric Performances at Low-mid Temperature Ranges in Pb-doped $Bi_{0.52}Sb_{1.48}Te_3$

Kwanlae Kim[1], Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

P10-8

Thermoelectric Properties of Cu-doped n-type $(Bi_2Te_3)_{0.65}(Bi_2Se_3)_{0.35}$

임혜진[1], 김봉서[1], 주성재[1], 이지은[1], 민복기[1], 박수동[1], 류병기[1], 이희웅[1], 정재환[1]
[1]한국전기연구원 열전기술연구센터.

P10-9

Thermoelectric Performance of n-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ – Bi_2S_3 System

박수지[1], 주성재[1], 이지은[1], 김봉서[1], 민복기[1], 박수동[1], 류병기[1], 이희웅[1]
[1]한국전기연구원.

P10-10

Thermoelectric Properties of Re-pressed Bi-Te Materials

장정인[1], 이지은[1], 주성재[1], 김봉서[1], 박수동[1], 류병기[1], 민복기[1], 이희웅[1]
[1]한국전기연구원.

P10-11

산화물환원-플라즈마활성소결 공정에 의한 p형 $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$ 합금 제조

신지은[1], 이길근[1], 임채선[1]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과.

P10-12

Correction of Extrinsic Effects in the Harman Method for Characterizing Thermoelectric Materials

Jinsang Kim[1], Min-Su Kang[1], Byeong-Kwon Ju[2], Beomjin Kwon[1]
[1]KIST. [2]Korea University.

P10-13

Nano-heterostructure of $(Bi_xSb_{1-x})_2Te_3$ For High-Thermoelectric Performance

Jinsang Kim[1], Kwang-Chon Kim[1], Sang-Soon Lim[1], Seung-Hyub Baek[1], Seong Keun Kim[1]
[1]Center for Electronic Materials. KIST.

P10-14

가스아토마이저에 의해 제조된 P-type Bi_2Te_3-Sb_2Te_3 합금분말의 Canning 압출공정 조건 변화에 따른 성형성 및 특성평가

유효상[1], 김용호[1], 이성희[2], 이상찬[2], 손현택[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]목포대학교.

P10-15

Enhancement of Thermoelectric Properties at Mild-Temperature Range in Te-excess N-type $Cu_{0.01}Bi_2Te_{2.3+x}Se_{0.7}$ Compounds

SongYi Back[1], HyunYong Cho[1], JongSoo Rhyee[1]
[1]경희대학교 국제캠퍼스.

P10-16

GeTe계 열전재료의 미세구조

김삼영[1], 이상원[1], 조정택[1], 곽재익[1], 김재선[1], 이호성[1]
[1]경북대학교 공과대학.

P10-17

$(Ce_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 스커테루다이트의 합성 및 열전특성

차예은[1], 신동길[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

P10-18

밀폐용해 및 열간압축 성형으로 제조된 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y:I_m$ 고용체의 열전특성

김혁진[1], 정우진[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

P10-19

열간압출 공정으로 제작된 P형 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3:Cu_{0.003}$의 열전특성

정우진[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

P10-20

부분적으로 이중 충진된 P형 $(Nd_{1-z}Yb_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 합성 및 열전특성

신동길[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

P10-21

EM-HP 공정으로 합성된 P형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_3:Cu_m$ 고용체의 열전특성

정우진[1], 김일호*[1]
[1]한국교통대학교.

P10-22

Observation of the Magnetic Property of a Sol-Gel Synthesized $Y_3Fe_5O_{12}$ by a Mechanical Pressing Process

Min-Sun Jang[1], Im-Jun Roh[2], Jungmin Park[1], Won Jun Choi[2], Seung-Hyub Baek[2], Sung Soo Park[2], Jung-Woo Yoo[1], Ki-Suk Lee[1]
[1]UNIST. [2]KIST.

P10-23

Chemical Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Bismuth Telluride

Da-Hye Kim[1], Hyun-Ju Cho[2], Seungwoo Han[3], Yongseong Kim[2]
[1]University of Science and Technology (UST)/KIMM. [2]Kyungnam University. [3]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM).

P10-24

Antimony Telluride thin Films Prepared by Spray Coating Method.

cho hanki[1], SeungwooHan[2]
[1]Korea Institute of Machinery and Materials/Chungnam National University. [2]Korea Institute of Machinery and Materials.

P10-25

Thermoelectric Applications in Vehicles : Air cooling system and waste heat recovery system

sae rom seo[1], Seungwoo Han[1]
[1]Korea Institute of Machinery and Materials.

P10-26

Micro Thermoelectric Generator Using Flexible Substrate

Su Hyeon Lee[1], Chang-Soo Woo[1], Seungwoo Han[1]
[1]Korea Institute of Machinery and Materials.

P11 : 열처리

Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P11-1

Fabrication of Rare-Earth Oxides Film Using High Pressure Oxygen Annealing Process

Sunggue Heo[1], Hessan Khalid[1], Won Sik Yang[1], Bum Sung Kim[1], Taek-Soo Kim[1], Soong Keun Hyun[2], Seok-Jun Seo[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]INHA University.

P11-2

Ni-Cr-Mo강 열간단조 샤프트의 파손원인분석

이영민[1], 김동배[1], 김주업[1], 유가영[1], 김봉고[1], 정상인[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]현진소재㈜.

P11-3

2Cr–0.2Mo 강의 퀜칭–템퍼링 시 냉각속도, 온도 및 시간에 따른 미세조직과 기계적특성의 변화

김봉고[1], 김주업[1], 이락규[1], 김동배[1], 이영민[1], 이재현[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]창원대학교.

P11-4

오스테나이트계 스테인레스강의 가공변형율에 따른 저온진공침탄 효율 연구

송영하[1], 김규식[1], 임재훈[2], 김준호[1]
[1]한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [2]㈜BMT.

P11-5

고온 침탄 열처리 전 Pre–Nitriding 처리가 결정립 성장 억제에 미치는 영향

신현정[1], 김동배[1], 노정석[1], 박상하[1], 김주업[1], 이호성[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]경북대학교.

P11-6

기계적 성질의 개선을 위한 AlSiCu 합금의 이단계 고용화 열처리

박상규[1], 김정석[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P11-7

In a Study of Corrosion Resistant of Gas Oxynitriding and Gas Nitriding for AISI 4140 Steel

손석원[1], 주형준[1], 이원범[1]
[1]한국생산기술연구원.

P11-8

Wedge 연속압입시험을 활용한 잔류응력 방향성 평가

이준상[1], 안희준[1], 김종형[1], 최성기[1], 권동일[1]
[1]서울대학교.

P11-9

시효처리된 Haynes 282 초내열합금의 미세조직 인자와 고온 크리프 특성의 상관성

신경용[1], 공병욱[2], 강성태[2], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

P11-10

차압주조된 A356 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 인공시효처리의 영향

김민수[1], 김상원[1], 곽기훈[2], 김대업[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]명화공업 기술연구소.

P11-11

수소 분위기 소결 공정을 통한 고밀도 · 고경도 타이타늄 소결체의 제조

구자건[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P12 : 주조 및 응고

Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P12-1

마그네슘 페스크랩을 이용한 리사이클링 공정에 적용할 수직식 주조와 경동식 주조의 주조해석을 통한 비교연구

이석배[1], 오동현[1], 전민우[1], 김현식[2], 예대희[3]
[1](재)한국화학융합시험연구원. [2]㈜HS고산. [3](사)한국마그네슘기술연구조합.

P12-2

방향성응고와 상온 인발가공에 의한 Zn–Al 합금의 기계적특성 변화 연구

권순철[1], 정해창[2], 김민수[2], 안지혁[2], 한승전[2], 이재현[1]
[1]창원대학교. [2]재료연구소.

P12-3

연속주조 특성을 고려한 고용질 알루미늄 합금 압출 및 기계적 특성 평가

김진평[1], 김세훈[1], 신재혁[1], 최재영[1], 성시영[1], 한범석[1], 김명균[2]
[1]자동차부품연구원. [2]포항산업과학연구원.

P12-4

고속도 공구강 DED 적층공정의 온도 및 잔류응력 분석을 위한 유한요소 시뮬레이션

하경식[1], 전종배[1], 심도식[2], 문영훈[3], 이욱진[1]
[1]한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [2]한국생산기술연구원 그린가공공정그룹. [3]부산대학교 기계공학부.

P12-5

니켈기 초내열합금 CMSX–6 단결정 주조재의 미세조직 및 기계적 성질

송영석[1], 김영대[1], 구지호[1], 송전영[1], 석진익[1]
[1]두산중공업㈜.

P12-6

Al–Zn–Mg계 알루미늄 합금의 빌렛 연속주조 및 균질화 특성평가

김명균[1], 양현민[1], 김종호[1], 박준표[1]
[1]포항산업과학연구원.

P12-7

합금원소 첨가에 따른 주조용 Al–7Si–0.35Mg계 합금의 상제어 및 고온 특성 향상에 관한 연구

김명균[1], 황석민[1]
[1]포항산업과학연구원.

P12-8

단결정 Ni기 초내열합금 CMSX–10의 편석 거동 및 액상유동 유무에 따른 응고조직 연구

성창훈[1], 구지호[2], 주윤곤[1], 손명균[1], 권순철[1], 이재현[1]
[1]창원대학교. [2]두산중공업 기술연구소.

P12-9

삼성분계 무기 바인더 적용을 통한 세라믹 주형의 강도 향상

김봉구[1], 조근호[1], 최현희[1], 박혜영[1], 김은희[1], 정연길[1]
[1]국립창원대학교.

P12-10

사형주조와 정밀주조의 효율적인 융합화를 위한 이중코팅 공정

최현희[1], 박혜영[1], 조근호[1], 김봉구[1], 김은희[1], 정연길[1]
[1]국립창원대학교.

P12-11

3D프린팅 기반 세라믹 코어 제조를 위한 유기·무기 바인더 전환공정 개발

박혜영[1], 최현희[1], 조근호[1], 김봉구[1], 김은희[1], 정연길[1]
[1]창원대학교 신소재공학부.

P13 : 융합재료
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P13-1

Human Perception of Micro–Topographic Surfaces for Haptic Applications

Jeongun Choe[1,2], Hee–Jae Hwang[1,2], Jihye Lee[1,2], Seungmook Ji[2], Da Young Ju[1,2], Jong–Souk Yeo[1,2]
[1]School of Integrated Technology, Yonsei University. [2]Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University.

P13-2

$BiVO_4$/ZnO Nanowire Core–Shell Heterosturcture Decorated with Gold Nanoparticles for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting.

Seungkyu Kim[1], Yejong Yu[1], Sang Yun Jeong[1], Yeongmin Kwon[2], Jeongmin Baik[2], Sanghan Lee[1]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST). [2]Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).

P13-3

Gate–Tunable 2D Memristor Devices Based on Monolithically–Integrated Vertical Heterojunctions

Woong Huh[1], Seong–Hun Jang[1], Jae Yoon Lee[1], Hu Young Jeong[2], Gunuk Wang[1], Chul–Ho Lee[1]
[1]Korea University. [2]UNIST.

P13-4

Wafer–Scale and Uniform Growth of Monolayer Transition Metal Dichalcogenides by Metal–Organic Chemical Vapor Deposition

Hee Seong Kang[1], Chul–Ho Lee[1]
[1]Korea University.

P13-5

Three–dimensional Light–emitting Crystals Based on Heteroepitaxially Grown GaN Microcrystals on Nano/micro–architectured ZnO Templates

Dong Won Yang[1], Dongha Yoo[2], Won Woo Lee[1], Jae Hyung Lee[1], JinTae Kim[1], Gyu–Chul Yi[2], Won Il Park[1]
[1]Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University. [2]Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.

P13-6

Synthesis of ^{58}Ni Target for Production of ^{57}Co

choi sangmu[1], Jin Joo Kim[1], Young Rang Uhm*[1], Kwang Jae Son[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute.

P13-7

Low Temperature Growth of Nitrogen–doped Graphene Films Via Chemical Vapor Deposition

Yunbin Jeong[1], Myungwoo Son[1], Moon–Ho Ham[1]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology.

P13-8

Evaluation of the Optical Characteristics and Microstructures of Zirconia Suspension Based on Extrusion Additive Manufacturing

강진호[1], 박상원[1]
[1]전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실.

P14 : 집합조직
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P14-1

결정소성 유한요소해석을 이용한 순수 타이타늄 Grade 4의 변형기구 분석

채준열[1], 강주희[2], 오창석[2], 김지훈[1]
[1]부산대학교 공과대학 기계공학부. [2]재료연구소.

P14-2

2상 스테인리스강의 Nitriding 후 경도변화와 내마모특성 변화

김인수[1], 이철우[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학부.

P14-3

Investigation of the Corrosion Behavior of 316L Stainless Steel Fabricated by SPS Technique

KALE AMOL BABURAO[1], Atanu Bag[1], ByungKyu Kim[2], Dong–Ik Kim[2], Shi–Hoon Choi[1]
[1]Sunchon National University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

P14-4

강의 조질압연과 집합조직 변화

김인수[1], 이철우[1], 이동녕[2]
[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P14-5

Simulation of Deformation and Fracture Mechanisms in Mg Alloys Under a Mini–V–bending Test

Shi–Hoon Choi[1], Min–Seong Kim[1], Jaiveer Singh[1]
[1]Sunchon National University.

P14-6

극저탄소강의 비대칭 압연과 집합조직 발달

김인수[1], 이철우[1], 남수권[1], 이동녕[2]
[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P14-7

A Diffusion–controlled Monte Carlo Model for Pore Evolution During Final Stage of Solid–state Sintering

Belinda Chung[1], Sukbin Lee[1]
[1]울산과학기술원.

P15 : 마찰마모
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P15-1

유한요소법을 이용한 ATV오토바이용 유기 마찰재의 열-탄성 거동 해석
박기성[1], 최영환[2], 최희범[2], 김향래[2], 최시훈[1]
[1]국립순천대학교. [2]㈜프릭사 연구개발팀.

P15-2

EPS용 헬리컬 웜기어에 적용되는 소재의 마찰마모 특성연구
임인기[1], 김태준[1], 심명섭[2], 박찬우[2]
[1]경북하이브리드부품연구원. [2]㈜현대포리텍.

P15-3

The Study on Correlation of Vibration and Wear for Rubbing in Rotating Machinery
박영철[1], 김영재[2], 류준휘[2], 이경서[2], 정병홍[1], 이주승[1], 정택균[2], 현승균[2]
[1]인하대학교 재료공정공학. [2]인하대학교.

P15-4

압출방향에 따른 Al-Cu 알루미늄 합금의 마모특성에 관한 연구
정제기[1], 박용호[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P15-5

VAR 공정으로 제조된 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 내마모 특성 평가
배기창[1], 유병철[1], 정제기[1], 이택선[1], 박용호[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P15-6

아크 이온 플레이팅 코팅을 적용한 핵연료 피복관 코팅층 내마멸성 평가
이영호[1], 박정환[1], 김현길[1], 양재호[1]
[1]한국원자력연구원.

P15-7

동합금계 싱크로나이저 링의 합금 조성에 따른 마찰특성 연구
권혁우[1], 민준원[1], 이성해[2], 이원석[2]
[1]자동차부품연구원 친환경소재연구센터. [2]㈜두원공업.

P15-8

순철(pure-iron)의 미끄럼 마멸 중 형성된 고경도 변형층 분석.
구본우[1], 권혁우[1], 김영규[1], 김용석*[2]
[1]국민대학교 신소재공학부 재료강도변형실험실. [2]국민대학교 신소재공학부.

P16 : 소성가공
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P16-1

Microstructure Evolution and Mechanical Properties of AL-Mg-Si Alloy Fabricated by Cryogenic Differential Speed Rolling
양해웅[1], 이용환[1], 민지훈[1], 주용환[1], 고영건[1]
[1]영남대학교 신소재공학부.

P16-2

Al-Cu-Mg 합금의 제조기술 확보를 위한 고온변형거동 분석
유가영[1], 김동배[1], 전효원[1], 정해석[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]㈜신도하이텍.

P16-3

핫스탬핑 돔장출시험을 통한 보론강 성형성 평가
권의표[1], 박현경[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]동해금속㈜.

P16-4

금형 냉각편차 제어를 위한 모듈 연구
구승현[1], 문형진[1], 김대한[1], 윤득선[2], 임병철[2]
[1]㈜코링텍. [2]자동차부품연구원.

P16-5

HPF 공정에 적합한 CAM Unit 및 Wear Plate 소재 특성 연구
구승현[1], 김대한[1], 문형진[2], 김지형[2], 윤득선[3], 임병철[3], 오상기[4]
[1]㈜코링텍. [2]㈜에코노미아. [3]자동차부품연구원. [4]경기과학기술대학교.

P16-6

Bending Formability of Ferritic Stainless Steels for Application to Tubular Exhaust Manifolds
정양진[1], Frederic Barlat[2], 이명규[3]
[1]포스코 기술연구원. [2]포항공대 철강대학원. [3]고려대 신소재공학부.

P17 : 생체재료
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P17-1

Functional Implants that Spontaneously release Reactive Oxygen Species.
Jung Gayoung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Yu-Chan Kim[1], Ho-Jeong Jeon[1], Jee-Wook Lee[1], Won-Hee Lee[2], Myong-Ryul OK[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Sejong University.

P17-2

Hybrid Micro/nanopatterned Fibrous Platform Using Femtosecond Laser Ablation for Regulating Cardiomyoblasts Behaviors
Kyeongsoo Kim[1], Indong Jun[1], Yong Woo Chung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Heungsoo Shin[2], Hojeong Jeon[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Hanyang University.

P17-3

Periodic Nano-textured Patterns on Poly(HEMA) to Control Cell Behaviors
Saeromi Kim[1], Yongwoo Chung[2], KyeongSoo Kim[2], Indong Jun[2], Myoung-ryul Ok[2], Yu-chan Kim[1], Hyunkwang Seok[1], Hojeong Jeon[1]
[1]Biomedical Engineering, KIST-school, University of Science and Technology. [2]Center for Biomaterials, Biomedical Research Institute, Korea Institute of Science and Technology.

P17-4

탄소소재 코팅을 이용한 생체용 NiTi 합금의 자화율 감소
한태양[1], 한준현[1]
[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

P17-5

Ti–Nb–Zr–X 합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 ω상의 영향

김영수[1], 김재일[1]
[1]동아대학교 공과대학.

P17-6

Evaluation of the Physical Properties and Microstructures of Zirconia Suspension Based on Additive Manufacturing Technologies

장경준[1], 김지현[1], 배창준[2], 박상원[1]
[1]전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실. [2]재료연구소 분말/세라믹연구본부 공정혁신연구실.

P18 : High Entropy Alloy
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P18-1

FCC계열 고엔트로피 합금 내 불순원소 및 비금속 개재물의 특성 평가

최누리[1], 임가람[2], 나영상[2], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]재료연구소 (KIMS).

P18-2

Combinatorial Alloy Design of Refractory High Entropy Alloys

Ulanbek Auyeskahn[1], Ho Jin Ryu[1]
[1]KAIST.

P18-3

The Effects of Elemental Interaction on Microstructure and Mechanical Behavior of Multicomponent TiZrHfNiCuX High Entropy Alloy System

Hae Jin Park[1], Young Seok Kim[1], Sung Hwan Hong[1], Jeong Tae Kim[1], Ki Buem Kim[1]
[1]Sejong University.

P18-4

용접속도에 따른 고엔트로피합금(HEA)의 용접부 특성 평가

남현빈[1], 강남현[1], 강민정[2], 김철희[2], 김형섭[3]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국생산기술연구원 용접접합그룹. [3]포항공과대학교 신소재공학과.

P18-5

기계적 합금화법에 의한 Ta–V–Nb–W–Mo 하이엔트로피 합금의 제조 및 특성

임종화[1], 서동선[1], 이진규[1]
[1]공주대학교 신소재공학과.

P18-6

새롭게 개발된 Non–equiatomic CoCrFeMnNi 합금의 미세조직에 관한 연구

Yoon Ji Shin[1], 최민구[1], 박노근[1]
[1]영남대학교 공과대학 신소재공학부.

P19 : New-Horizon : 2-D Materials
Room 3층 전시장, 04월 27일 10:00 - 16:00

P19-1

Two–Dimensional Atomic–Layered Alloy Junctions for High–Performance Wearable Chemical Sensor

Deok Min Seo[1], Su Ryeon Lee[1], Yong Hun Kim[2], Byung Jin Cho[3], Myung Gwan Hahm[1]
[1]Inha University. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Chungbuk National University.

P19-2

상온 스퍼터링 및 전자빔 후처리 공정에 의한 MoS2 박막 성장 및 TFT 소자 제조

김봉호[1], 구현호[1], 윤영준[2]
[1]한국세라믹기술원. [2]경상대학교.

P19-3

Highly Transparent and Stretchable Entangled Graphene

Jaehyun Han[1], Jong–Souk Yeo[1]
[1]School of Integrated Technology Yonsei University.

P19-4

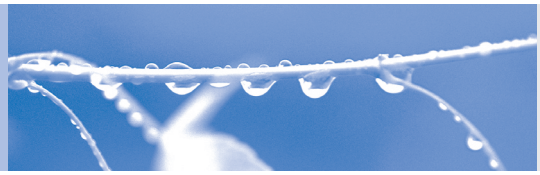
그래핀 소자의 전극 형성 방법에 따른 전기적 광학적 특성 ;

유태진[1], 이상경[1], 장경은[1], 조천흠[1], 김시현[1], 이병훈[1]
[1]광주과학기술원.

P19-5

진공 Roll–to–plate 전사 공정을 이용한 대면적 CVD graphene의 고품질 전사 상용화 기술 연구

이상경[1], 황현준[1], 유태진[1], Nikam Revannath[1], 황진하[1], 이병훈[1] ; [1]광주과학기술원.



P20 : 분말재료
Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P20-1

ODS 합금분말 첨가 및 소결 조건에 따른 밸브시트의 마모 거동에 관한 연구(A Study on the wear behavior of Valve Seat according to the addition of ODS alloy powder and sintering conditons.)

신민호[1], 전영수[1], 박종관[1]
[1]대한소결금속㈜ 기술연구소.

P20-2

Selective laser melting (SLM) 공정에 대한 분말 적층밀도 평가

신기훈[1,3], 최준필[2], 김경태[1], 김병기[3], 김은아[1], 유지훈[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]McGill University. [3]울산대학교 첨단소재공학부.

P20-3

DED 기술을 이용한 CPM15V 금속분말 적층 후 미세조직 관찰

백경윤[1], 심도식[2], 이기용[3], 신광용[3]
[1]전남대학교 공대 기계공학과. [2]한국해양대학교 기계공학부. [3]한국생산기술연구원 그린가공공정그룹.

P20-4

금속 레이저 적층기술을 이용한 발포 금속 제조에 관한 연구

서자예[1], 신광용[2], 윤희석[1], 이기용[2], 심도식[3]
[1]전남대학교. [2]한국생산기술연구원. [3]한국해양대학교.

P20-5

자전연소합성법을 이용한 Cu–Ni–Zn–페라이트 나노분말의 합성과 유한 요소해석

최용[1], 구문선[1]
[1]단국대학교.

P20-6

LTCC 전극 공정부산물로부터 은 회수 및 은 나노입자 제조 연구

주소영[1], 안낙균[1], 신동윤[1], 윤진호[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P20-7

Tantalite 정광으로부터 3N5이상급 산화물/불화물/금속제조 연구

임재홍[1], 최상훈[1], 주원[1], 심재진[1], 바시트 알리[1], 박용준[2], 구본우[2], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 희소금속산업지원센터. [2]에코리싸이클링.

P20-8

통전활성소결법을 이용한 Ta–Cu 고상소결에 따른 접점 및 조직 특성 고찰

주원[1], 최상훈[1], 임재홍[1], 박용진[2], 박준성[2], 송재영[2], 김영도[3], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]신생금속공업㈜. [3]한양대학교 신소재공학과.

P20-9

고에너지 기계적 합금화를 통한 Ni계 산화물 분산 강화 합금 분말 제조 시 밀링 매체에 따른 불순물 저감 공정 연구

한덕현[1], 박상환[1], 공만식[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P20-10

3D 프린팅 타이타늄 부품의 미세조직학적 특성 및 피로특성 평가

최영신[1], 박양균[1], 황유진[1], 김건희[2], 이병수[2], 이창우[2], 이동근[1]
[1]순천대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

P20-11

Insulation and Magnetic Properties of Phosphate Coated Iron Powder

Se–Hee Shin[1], Tae–Yoo Kim[1], Seok–Hun Kim[1], Jong–Hwan Park[1], Sun–Woo Kim[1], Jung–Kab Park[1], Jung–Woo Lee[1], Ho–Jun Choi[1], Su–Jeong Suh[1]
[1]성균관대학교 신소재 공학과.

P20-12

플라즈마 공정에 의한 10㎛ 이하 3D 프린터용 Fe계 금속분말 제조기술 개발

강상운[1], 박희진[1], 백경호[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학부.

P20-13

습식합성법을 이용한 10 nm급 자성유체용 Fe_3O_4 자성파우더 제작

박종환[1], 김선우[1], 박정갑[1], 이정우[1], 김석훈[1], 신세희[1], 김태유[1], 최호준[1], 오용수[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 신소재공학과.

P20-14

고에너지 밀링 시스템을 이용한 Ni계 ODS 합금 분말의 밀링 시간에 따른 결정립 미세화 및 산화물 분산 거동에 대한 연구

김건홍[1], 한덕현[1], 공만식[1]
[1]고등기술연구원.

P20-15

과립화된 미세금속분말의 FEM성형해석과 소결특성 고찰

박상하[1], 김진록[1], 김주업[1], 전효원[1], 신현정[1], 김민철[2], 정재옥[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]한국피아이엠.

P20-16

PVA 폴리머(Polyvinyl alcohol) 유기물 합성법으로 제조한 Ni–Co–Mo계 나노 복합분말의 특성분석

한영민[1], 정충환[1], 이종현[2], 장진성[1]
[1]한국원자력연구원 원자력소재개발부. [2]충남대학교 신소재공학과.

P20-17

펄스전류활성소결법을 이용한 Binderless-WC 소재 제조 및 기계적 특성평가

장준호[1,2], 박현국[1], 이정한[1], 오익현[1]
[1]한국생산기술연구원동력부품센터/전북대학교 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹.

P20-18

Phase Structure and Magnetic Properties of Ni-coated Graphite Powder Composite Prepared by Electrical Explosion of Wire in Liquid

김진형[1]
[1]울산대학교 재료공학과.

P20-19

Synthesis, Structure and Magnetic Properties of Mn_3Ga_2 Nanoparticles

Huidong Qian[1], Ping-Zhan Si[*2], Chul-Jin Choi[*1], Jihoon Park[1], Kyung Mox Cho[3]
[1]Powder & Ceramic Division Korea Institute of Materials Science. [2]College of Materials Science and Engineering. [3]School of Materials Science and Engineering Pusan National Univ.

P20-20

Powder Injection Molding 공정으로 제조된 STS 316 stainless steel의 미세조직 및 변형 거동에 미치는 Fe-Cr-B composite powder 분율의 영향

주연아[1], 김영균[1], 윤태식[2], 이기안[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]㈜베스너.

P20-21

2방향 압축 성형 및 분말 소결 공정으로 제조된 Tube type 다공성 STS 316L Stainless steel의 상온 압축 변형 거동

강태훈[1], 성기훈[2], 이기안[*1]
[1]인하대학교 공과대학 신소재공학부. [2]㈜아스플로.

P20-22

AROS공정에 의해 제조된 TiO_2 분산 Ni계 합금의 소결 특성

김창재[1], 윤정모[2], 박제신[2]
[1]전북대학교 대학원. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

P20-23

Gd-Si-Ge-(Mn) 합금의 자기열량 특성에 미치는 밀링시간의 영향

서동선[1], 임종화[1], 이진규[1]
[1]공주대학교 신소재공학과.

P20-24

다원계 복합 타이타늄 탄질화물 분말 합성 및 이를 활용한 나노 결정립 소결체 제조

권한중[1], 문아람[2], 서창열[1], 김병수[1]
[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부. [2]과학기술연합대학원대학교.

P20-25

분말 입자의 크기와 형상이 충격파로 인한 반응성 활성화 정도에 미치는 영향

박정민[1], 김우열[1], 문지현[1], 정혁재[1], 박이주[2], 김형섭[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소.

P20-26

Ceramic 모재 AlN에 Aerosol deposition 공정을 이용하여 적층시킨 Y_2O_3 ceramic 코팅층의 제조 및 적층기구

위동열[1], 함기수[1], 김상훈[2], 이기안[*1]
[1]인하대학교 신소재공학부. [2]KSD korea.

P20-27

Selective laser melting 공정으로 제조된 SUS 316L 합금(bulk type)의 고주기 피로 특성

함기수[1], 위동열[1], 박순홍[2], 김용진[3], 유지훈[3], 이기안[*1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원. [3]KIMS.

P20-28

Al-Si 압출재의 Si함량과 T6열처리가 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향

안수성[1], 구자명[1], 홍순직[1], 정찬욱[2], 백창현[2], 손현택[3]
[1]공주대학교. [2]동양AK코리아. [3]한국생산기술연구원.

P20-29

판형 중공 실리카를 적용한 복합 광학필름의 광 특성 연구

이지선[1], 김민정[1], 박채훈[1], 이영철[1], 이성의[1]
[1]한국산업기술대학교.

P20-30

볼 밀링 공정으로 제조된 Fe-14Cr ferritic 산화물 분산 강화(ODS) 합금 강의 고온 압축 및 크립 특성

김영균[1], 박종관[2], 김휘준[3], 공만식[4], 이기안[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]대한소결금속㈜. [3]한국생산기술연구원. [4]고등기술연구원.

P20-31

저산소 타이타늄 분말 제조를 위한 개량형 탈산 장치

홍천일[1], 오정민[1], 임재원[1]
[1]전북대학교 신소재공학부.

P20-32

Ga이 첨가된 Nd-Fe-B 소결자석의 1차 열처리 온도 변화에 따른 미세구조와 자기적 특성 연구

배경훈[1], 이성래[1], 김효준[2], 이민우[3], 장태석[3]
[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]자화전자 R&D 센터. [3]선문대학교 공과대학 신소재공학과.

P20-33

철계 비정질 합금 분말의 결정화 거동 및 연자성

이연주[1], 전종규[1], 남승진[1], 장태석[2], 이민우[2], 김용진[3], 양동열[3], 최현주[1]
[1]국민대학교 공과대학 신소재공학부. [2]선문대학교. [3]한국기계연구원 부설 재료연구소 분말/세라믹 연구 본부.

P20-34

Properties and Consolidation of Nanostructured CoAl-Al_2O_3 Composite

손인진[1]
[1]전북대학교.

P20-35

Properties of the Nanostructured AlN-graphene Composites Consolidated by Rapid Heating

손인진[1], 박근오[1]
[1]전북대학교.

P20-36

Properties and Rapid Sintering of WC–Al Composites

손인진[1], 김동기[1]
[1]전북대학교.

P20-37

Analysis of Ball Movement of Grinding Mechanism of a Stirred Ball Mill and Traditional Ball Mill by Discrete Element Method Simulation

BOR AMGALAN[1], Battsetseg Jargalsaikhan[1], Ichinkhorloo Batchuluun[1], Uyanga Batjargal[1], Heekyu Choi[1], Seongsoo Kim[1], Ochirkhuyag Bayanjargal[2], Jehyun Lee[1]
[1]국립창원대학교. [2]National University of Mongolia.

P20-38

Fabrication of Copper with CNTs Nanocomposites by Planetary Ball Milling

BOR AMGALAN[1], Ichinkhorloo Batchuulun[1], Uyanga Batjargal[1], Battsetseg Jargalsaikhan[1], Heekyu Choi[1], Seongsoo Kim[1], Bayanjargal Ochirkhuyag[2], Jehyun Lee[1]
[1]국립창원대학교. [2]National University of Mongolia.

P21 : 에너지재료

Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P21-1

Ultrafast Chemical Sodiation of a Cylindrical Crystalline Sn Anode

Young Woon Byeon[1], Yang Hee Kim[2], Ji Yeong Lee[2], Jae Pyoung Ahn[2], Jae Chul Lee[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology (KIST).

P21-2

Irradiation of Laser for Effective Control of Crystal Grain Size in Methylammonium Lead Iodide Perovskite Solar Cells

Hye Rim Hong[1], Taewoo Jeon[2], Hyeong Min Jin[1], Sang Ouk Kim[1]
[1]KAIST. [2]LG Display.

P21-3

금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제하기 위한 크롬 도금기술 연구

여승환[1], 김준환[1], 김성호[1]
[1]한국원자력연구원.

P21-4

리튬이차전지 음극소재용 아연–금속산화물 탄소복합소재의 합성 및 전기화학적 특성

최혜랑[1], 김재헌[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P21-5

Enhancement of Lithium–Ion Batteries by a Graphene Interfacial Layer

김선우[1], 이정우[1], 박종환[1], 김석훈[1], 신세희[1], 박정호[1], 김태유[1], 최호준[1], 박정갑[1], 송영일[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 금속공학과 자성재료연구실.

P21-6

고성능 리튬이차전지 음극용 비정질 SiO_2계 복합체의 전기화학적 특성 연구

이승수[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학부.

P21-7

나트륨 이온 이차전지용 3차원 프레임구조의 SnTe의 전기화학적 특성 연구

박아람[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P21-8

Layered SnSe and $SnSe_2$ Compounds for Li–ion Battery Anodes

이동훈[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P21-9

Antimony Telluride and Its Nanocomposite for Na–ion Battery Anodes

남기훈[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P21-10

Fabrication of Nano–silicon via Hydrothermal synthesis method for High Performance Lithium Ion batteries

Myoung–Jun Kwon[1], Hyun–Young Park[1], Dae–In Lee[1], Sun–Jae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-11

Electrochemical Characteristics of SiO_X by Solution Reaction with Various Surfactants Added

Hyun–Young Park[1], Myoung–Jun Kwon[1], Dae–In Lee[1], Sun–Jae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-12

수계 Tape–casting 기법을 이용한 고체 산화물 연료전지용 전해질 제작

김정현[1], 김미경[2], 송선웅[2]
[1]국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학. [2]국립한밭대학교 공대 신소재공학과.

P21-13

Electrochemical Properties of Mechanochemical–Coupling Processed Si@SiO_x/rGO Composite Anode for Lithium–ion Batteries

Hyeon–Woo Yang[1], Jeong–Kwon Kwak[1], Na–Young Kang[1], Sun–Jae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-14

The Effect of Titanium(III) Oxide (Ti_2O_3) Coating on Silicon Oxide (SiO_x) for High Performance Lithium Storage Materials

Na–Young Kang[1], Hyeon–Woo Yang[1], Jeong–Kwon Kwak[1], Sun–Jae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-15

Synthesis of Li–doped SiO_X Anode Material by Sol–gel Method for High Initial Efficient Lithium Ion Batteries

Jeong–Kwon Kwak[1], Hyeon–Woo Yang[1], Na–Young Kang[1], Sun–Jae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-16

Prelithiation Effects of Silicon Sub-oxide (SiO_x) Anode for High Initial Efficiency

Daein Lee[1], Myoungjun Kwon[1], Hyunyoung Park[1], Sunjae Kim[1]
[1]Sejong University.

P21-17

수계 Tape casting을 이용한 LSGM 반전지 제작

김정현[1], 송선웅[1], 박교리[2]
[1]국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학. [2]국립한밭대학교 공대 신소재공학과.

P21-18

파이로 공정 발생 금속 폐기물의 부피감용 및 장기 처분 안정성 향상을 위한 Zirlo-Inconel718-SS304-NM계 고화체 합금의 미세조직 및 부식 특성

장선아[1], 한승엽[1], 박환서[1], 안도희[1]
[1]한국원자력연구원.

P21-19

파이로공정 발생 금속폐기물 장기처분을 위한 Zr-Cr-NM 고화체 합금의 부식 특성

한승엽[1], 장선아[1], 이태교[1], 김나영[1], 박환서[1], 안도희[1]
[1]한국원자력연구원.

P21-20

Revealing the Characteristics of the SEI Layer on the Graphite Anode

Jun-Hyoung Park[1], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea university. [2]Korea institute of science and technology.

P21-21

중 · 저온 고체산화물 연료전지 공기극으로 사용되는 이중층 페로브스카이트 산화물의 Lanthanide 치환에 따른 전기화학 특성 평가

김정현[1], 송선웅[1], 정기채[1]
[1]국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학.

P21-22

Electrochemical Properties of Electrospun PVdF-HFP Based Gel Type Polymer Electrolyte for Lithium ion Battery

IlHwan Kim[1], Seunghoon Nam[2], Seungmin Hyun[2], Hoo-Jeong Lee[1]
[1]Department of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan. [2]Department of Nanomechanics, Korea Institute of Machinery & Mate.

P21-23

Effect of Ag ion Concentration in Glass on Front Ag Metallization of n-type Crystalline Si Solar Cell

Yuanming Li[1], Sung-Bin Cho[1], Hee-Soo Kim[1], Joo-Youl Huh[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea University.

P21-24

무전해 도금 및 전해도금을 이용한 유연 에너지 저장 소자 집전체 제조

윤재국[1], 남승훈[1], 심형철[1], 현승민[1]
[1]한국기계연구원.

P21-25

Preparation Method of Porous Titania Film(TiO_2) using Cellulose Nanocrystal

Yonghee Yoon[1], Kiuk Yang[1], Hyungmin No[1], Wonhee Lee[1]
[1]Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.

P21-26

Electrochemical Performance of Plasma-Sprayed Ni-Al-Mo Catalyst Coatings

Hyo-Hyun Yoo[1], Hee-Jin Park[1], Kyeong-Ho Baik[1]
[1]Chungnam National University.

P21-27

Ru-Mn-Ge 허슬러 복합물 합성 및 자기 열량 효과

송명석[1], 조근기[1], 강보연[2], 이재웅[3], 남충희[3], 조병기[1]
[1]광주과학기술원. [2]LG전자 소재기술원. [3]한남대학교.

P22 : 재료강도

Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P22-1

Mn 및 Ti 첨가에 따른 고망간강의 기계적특성 및 마모특성 연구

전민우[1], 황령경[2], 이석배[1], 구명섭[1], 오동현[1]
[1]한국화학융합시험연구원. [2]㈜동남특수강.

P22-2

다양한 고온용 철강 소재의 수소 취화 특성 비교

유일[1], 임현석[2], 백한솔[2], 황병철[2]
[1]SK건설. [2]서울과학기술대학교.

P22-3

예비 변형된 CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 기계적 거동에 미치는 수소의 영향

조윤[1], 조아개[1], 김우진[1], 서진유[2], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

P22-4

기계적 합금화된 분말의 연화 공정과 미세조직 변화

강석훈[1], 박동용[2], 노상훈[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원. [2]나라 KIC.

P22-5

국내가동 경수로 원자로압력용기 재료의 중성자 조사취화에 대한 통계적 분석

이경근[1], 권준현[1], 김민철[1], 이봉상[1]
[1]한국원자력연구원.

P22-6

Ti-38644 합금의 열처리 조건에 따른 기계적 특성

이지은[1], 박양균[1], 황유진[1], 김종형[2], 예진중[2], 이수창[2], 이동근[1]
[1]순천대학교. [2]㈜대원강업.

P22-7

Ni/Cu/Zn 도금된 고강도 방전가공 와이어의 확산 열처리 후 기계적 특성 변화에 관한 연구

정우철[1], 한덕현[1], 양현석[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P22-8

고성능 페라이트계 산화물분산강화 스테인리스 강의 미세조직과 인장 특성

노상훈[1], 김가언[1], 강석훈[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원 원자력소재개발부.

P22-9

Effect of Heat Treatment on Hardness and Tensile Properties of Al–Si–Mg–Cu Alloy

BO–RA JIN[1], DONG–WOOG HA[1], GEON–WOO JEON[1], CHANG–YEOL JEONG[1]
[1]Dongguk University Nuclear Energy System Engineering.

P22-10

이종재질 접합에 따른 다중소재융합 부품의 기계적 특성

진보라[1], 하동욱[1], 전건우[1], 정창열[1]
[1]동국대학교 원자력에너지시스템공학과.

P22-11

9Cr–1Mo 산화물분산강화강의 기계적 특성과 미세조직에 미치는 냉각 방법의 영향

장기남[1], 김규태[2], 노상훈[1], 강석훈[1], 최병권[1], 김가언[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원 소재개발부. [2]동국대학교.

P22-12

홀나노인덴테이션 시험법을 이용한 금 박막의 기계적 물성

김나향[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

P22-13

나노포러스 금의 파괴 인성 평가

송은지[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

P22-14

표면 텍스처링된 초박형 실리콘의 굽힘 강도

우정현[1], 김시훈[1], 천시은[2], 이현승[2], 김인호[2], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부. [2]KIST 전자재료센터.

P22-15

Mo, Ti, Nb 첨가에 따른 미세조직이 고온 인장강도 및 항복비에 미치는 영향

김준연[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.

P22-16

고성능 방탄소재 ARMOX 500T의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 템퍼링 온도의 영향

임현석[1], 이승용[1], 이상혁[1], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

P22-17

FeMnAlC 경량철강 주조재에 대한 Si 첨가에 따른 시효경화 및 변형거동의 원자단위 효과 고찰

김치원[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], 이영주[4], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원. [4]포항산업과학연구원.

P22-18

Effect of Aging Process on Yield Strength of 53MD Nickel–based Superalloy

안은솔[1], 김현진[1], 남태훈[1], 박노근[2], 박인욱[1], 전종배[1]
[1]한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [2]영남대학교 신소재공학부.

P22-19

승용 감성기술 적용한 사용 트럭 운전석 시트의 강도 평가 연구

하만호[1], 조규춘[1]
[1]군산대학교.

P23 : 용접 및 접합

Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P23-1

구리 TIG 용접부의 균열 발생 분석

양현석[1], 한덕현[1], 정우철[1]
[1]고등기술연구원.

P23-2

금 사용량 절감을 위한 Au–Sn합금 도금층 연구

박재왕[1], 손인준[1]
[1]경북대학교 금속신소재공학과.

P23-3

극후판 다층 FCAW 최적 입열에 따른 미세조직과 기계적 특성 연구

최동기[1], 정준모[2], 신상용[3], 조성규[4], 정택균[2], 현승균[2]
[1]하이드로휀스트. [2]인하대학교. [3]울산대학교. [4]현대제철.

P23-4

예열 온도에 따른 구리 TIG 용접부의 경도 특성

양현석[1], 한덕현[1], 정우철[1]
[1]고등기술연구원.

P23-5

가스분무법으로 제조한 Cu–Fe 분말 페이스트 필러를 활용한 Cu/STS 접합 특성에 관한 연구

최원정[1], 최상훈[1], 심재진[1], 주원[1], 바시트 알리[1], 임재홍[1], 서석준[1], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원.

P23-6

Ti/Cu 냉간압연 clad 소재에 대한 열처리 특성 연구

박양균[1], 윤창석[1], 이지은[1], 김상열[2], 이상로[2], 이동근[1]
[1]순천대학교 신소재공학과. [2]㈜에이원엔지니어링.

P23-7

고강도 용접부의 개재물 크기가 용접부 의벽개파괴에 미치는 영향

이명진[1], 조경목[1], 강남현[1]
[1]부산대학교.

P23-8

3점 굽힘시험을 이용한 무연솔더의 접합 특성

김정아[1], 박유진[1], 오철민[2], 홍원식[2], 강남현[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]전자부품연구원 시스템로버스트 연구센터.

P23-9

샌드위치 판넬의 접합 형식에 따른 특성 분석

이경민[1], 이현철[1], 박시준[1], 송종호[1], 송일종[2], 이동재[2], 정찬영[2]
[1]자동차부품연구원. [2]㈜현대하이텍.

P23-10

Zn-Al-Mg 계열 고온솔더의 Mg 조성에 따른 Cu 기판과의 계면반응 및 기계적 특성 연구

백승문[1], 오진수[1], 안병선[1], 차현우[1], 권예나[1], 강민철[1], 배지환[2], 양철웅[1]
[1]성균관대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원.

P23-11

Modified 439 페라이트계 스테인리스강의 GTA 용접부 결정립 미세화 기구에 대한 연구

김준연[1], 이원배[2], 김선구[2], 조영태[3], 홍현욱*[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포스코 철강솔루션마케팅실. [3]창원대학교 기계공학과.

P23-12

Ti/세라믹 접합용 저융점 Zr계 필러메탈의 특성

박성우[1], 김태환[1], 김경택[1], 현승균[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P23-13

후열처리 공정에 따른 304 스테인리스강의 SAW 용접부 미세조직 및 기계적 특성 평가

남태훈[1], 안은솔[1], 최은영[1], 김병준[2], 박인욱[1], 강남현[3], 전종배[1]
[1]한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹. [2]한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹. [3]부산대학교 재료공학부.

P24 : 전자재료

Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P24-1

Effect of W Doping on the Magnetic and Magnetocaloric Properties of $Ba_2FeMo_{1-x}W_xO_6$ Double Perovskite

soeun Jeon[1], Imad Hussain[1], Bon Heun Koo*[1]
[1]Changwon National University.

P24-2

Effect of Pr Doping on the Structural, Magnetic and Magnetocaloric Properties of Double Perovskite $Ba_{2-x}Pr_xFeMoO_6$

Imad Hussain[1], SoEun Jeon[1], BonHeun Koo*[1]
[1]Changwon National University.

P24-3

Effect of Halides on the Formation of Mixed Halide Film in Lead Halide Solar Cells

압둘 커더스[1], Son Singh[1], Rahim Abdur[1], Daekyun Jeong[1], Bhabani Sankar Swain[1], Jaegab Lee[1]
[1]국민대학교 공과대학.

P24-4

Enhancement of the Hybrid Perovskite Photodetector's Performances and Stability Using Mixed Halides Precursor

Son Singh[1], Rahim Abdur[1], Md. Abdul Kuddus Sheikh[1], Daekyun Jeong[1], Jaegab Lee[1]
[1]국민대학교 신소재공학과.

P24-5

Block copolymer Self-Assembly using Laser Writing on Graphene Light Absorbing Layer

최진영[1]
[1]한국과학기술원(카이스트).

P24-6

Fe-Co-Ni 연자성 전해 도금 박막의 전자파 차폐 특성 평가

김석훈[1], 박종환[1], 신세희[1], 박정갑[1], 김선우[1], 김태유[1], 이정우[1], 조영래[1], 최호준[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 신소재공학부.

P24-7

SnS-CuS 전구체를 사용한 Cu_3SnS_4 박막 성장

정진학[1], 김경민[1], 최광수[1], 배성준[1]
[1]영남대학교 전자공학과.

P24-8

Polyimid Film을 이용한 Light Emitting Diode PKG기판 제작 및 특성 평가

박종환[1], 김선우[1], 박정갑[1], 이정우[1], 김석훈[1], 신세희[1], 김태유[1], 최호준[1], 오용수[1], 서수정[1]
[1]성균관대학교 신소재공학과.

P24-9

Properties of Electroless Ni-P Alloy as a Diffusion Barrier and Seed Layer in Through-Si Vias for All-wet Cu Filling Process

Kim Tae-Yoo[1], Shin Se-Hee[1], Park Jong-Hwan[1], Kim Sun-Woo[1], Park Jeong-Kab[1], Lee Jeong-Woo[1], Kim Seok-Hun[1], Choi Ho-Jun[1], Suh Su-Jeong[1]
[1]Department of School of AMSE(SKKU).

P24-10

Die Attachment on Cu Plated Alloy42 and Bare Cu Lead Frames Using Ag/Sn/Ag Transient Liquid Phase Bonding

이태균[1], 박성규[1], 안성진[1]
[1]금오공과대학교.

P24-11

Reduction of Graphene Oxide Using Microwave Irradiation

박성규[1], 이태균[1], 안성진[1]
[1]금오공과대학교.

P24-12

Emission Color-tuned Nonpolar $In_xGa_{1-x}N$/GaN Multishell Nanotube Heterostructure Light-emitting Diode Microarrays

Young Joon Hong*[1], Junseok Jeong[1], Gyu-Chul Yi[2]
[1]Sejong University. [2]Seoul National University.

P24-13

Fabrication of Highly Sensitive Capacitive Prssure Sensors Utilizing Surface Roughness

Kilsoo Lee[1], Jaehong Lee[1], Taeyoon Lee[1], Wooyoung Shim[1]
[1]Yonsei University.

P25 : 마그네슘
Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P25-1

마찰교반공정이 AZ31 마그네슘 합금의 내식성에 미치는 영향
김혜영[1], 신용호[1], 김재연[1], 백지웅[2], 김종문[2], 변재원[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]㈜오르비텍.

P25-2

균질화 열처리 시간이 AZ91 마그네슘합금의 석출 거동에 미치는 영향
이종언[1], 김상훈[1], 김예진[1], 박성혁[1]
[1]경북대학교.

P25-3

TEM Analysis on Precipitation Behavior of Mg–Al–Sn–Zn(–Na) Alloys
Su mi Jo[1], Tae Hoon Kim[2], Yohan Go[1], Bong Sun You[3], Young Min Kim[3]
[1]Korea university of science and technology. [2]Sungkyunkwan University. [3]KIMS/Korea university of science and technology.

P25-4

고상 산화처리한 AZ, AZX, AZXW(SEN)계 마그네슘 합금의 부식거동
김종일[1], 고요한[2], 김영민[3], 김천중[1], 유봉선[3]
[1]충남대학교. [2]과학기술연합대학원대학교. [3]재료연구소(KIMS).

P25-5

Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금 조성에 따른 특성 평가
장호승[1], 김재권[2], 박종문[1], 박노진[2], 박민수[3], 오명훈[2]
[1]국립금오공과대학교 신소재공학과. [2]국립금오공과대학교 신소재공학부. [3]㈜장원테크.

P25-6

이온성액체 기반의 비수계 전해질에서 마그네슘의 전해 연구
박효진[1], 이철경[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학과.

P25-7

마그네슘의 상온 전기제련 기초연구
이유찬[1], 이철경[1]
[1]금오공과대학교 신소재공학과.

P25-8

Effect of Impurities on Grain Size of Mg–Al Based Alloys
nguyen ngoc ha[1], Young Min Kim[1,2], Jun Ho Bae[2], Bong Sun You[1,2]
[1]UST. [2]KIMS.

P25-9

Effect of Post–aging Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Extruded Non–Flammable Magnesium Alloys
Yohan Go[1], Su Mi Jo[1], Ha Sik Kim[2], Bong Sun You[1,2], Young Min Kim[1,2]
[1]Korea University of Science and Technology. [2]KIMS.

P26 : 알루미늄
Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P26-1

Duplex 알루미늄 합금 및 기계적 특성
김세훈[1], 신재혁[1], 김진평[1], 최재영[1], 성시영[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

P26-2

고용질 7xxx계 알루미늄 합금의 연속주소성 향상 연구
김세훈[1], 신재혁[1], 김진평[1], 최재영[1], 성시영[1], 한범석[1]
[1]자동차부품연구원.

P26-3

함침법(Infiltration)으로 제조된 Nano–Al_2O_3 입자분산 A6061기 복합재료의 시효 거동 및 기계적 특성
연규호[1], 김목순[1], 이정근[2], 류관호[2]
[1]인하대학교. [2]동양피스톤.

P26-4

중력주조 시뮬레이션을 이용한 자동차 엔진부품의 불량 원인과 해결방법에 대한 사례 연구
조성환[1], 권순일[1], 김숭기[1]
[1]동서기공.

P26-5

자동차 차체부품의 고진공 다이캐스팅 프로세스 시뮬레이션 사례 연구
조성환[1], 권순일[1], 김숭기[1]
[1]동서기공.

P26-6

주조해석 프로그램을 이용한 고압 다이캐스팅 프로세스 불량의 원인과 해결방법 사례 연구
조성환[1], 권순일[1], 김숭기[1]
[1]동서기공.

P26-8

열간 압연 접합된 고강도 알루미늄 소재의 열처리로 인한 계면 확산층 및 미세조직 변화와 이에 따른 기계적 성질의 영향
차준현[1], 김수현[1], 이윤수[1], 김형욱[1]
[1]재료연구소(KIMS).

P26-9

알루미늄 금속기지 자연복합재의 미세조직과 기계적특성
김주혜[1], 정재길[2], 어광준[1], 백은지[1], 최윤석[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교.

P26-10

Al–12Si 피스톤 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 초음파 용탕처리의 영향
이상화[1], 정재길[1], 이정무[1], 조영희[1], 안용식[2]
[1]재료연구소. [2]부경대학교.

P27 : 타이타늄

Room 3층 전시장, 04월 28일 09:00 - 13:30

P27-1

비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 고온 가공성 평가

김명훈[1], 이지운[1], 손현우[1], 손광태[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

P27-2

전자기 유도용해 주조법을 이용한 임플란트용 타이타늄 합금 봉재 제조 기술 연구

최수지[1], 정현도[1], 이진아[1], 현승균[2], 문병문[1]
[1]한국생산기술연구원 주조공정그룹. [2]인하대학교.

P27-3

Effect of Initial Microstructure on Warm Deformation and Annealing of Ti–4Al–4Fe–0.25Si Alloy

이용문[1], 원종우[2], 이상원[2], 염종택[2], 이기영[3], 이종수[1]
[1]포항공과대학교. [2]재료연구소. [3]KPCM.

P27-4

Composition–dependent Crystal Structure and Internal Friction in Cu–rich Ti–based Shape Memory Alloys

류욱하[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P27-5

10wt% 몰리 당량의 준안정 베타 타이타늄 이원 합금(Ti–X, X=6Mn, 8Cr, 36Nb)의 부식 평가

김신혜[1], 이광민[1]
[1]전남대학교.

총회 강연
Room 3층 컨벤션홀, 4월 27일

[AW-1 | 18:00] POSCO학술상 수상 기념 강연

Computational Materials and Process Design: *byeong-Joo Lee ; *Pohang University of Science and Technology.*

A wide range of computational techniques have been developed on different scales during the last several tens of years. During the development stage, computational research groups have been somewhat separated from experimental research groups. However, with developments of computational techniques to a level applicable to real materials and process design, close collaborations between computational and experimental groups are becoming part of everyday research life, and many success stories in computational materials and process design are being reported in a wide range of materials research field. In the present talk, a success story of computational materials and process design (development of highly value-added {100} textured steels sheet), written through a close collaboration between an experimental and a computational group in POSTECH will be outlined. An on-going collaborative research to write another success story (development of Mg alloys with room-temperature formability) will also be outlined. Finally, a recently achieved, new computational technology (atomistic simulation on multicomponent metallic/covalent oxide systems) will be introduced seeking a chance for future collaborations.

제17회 피로 및 파괴 심포지엄
Room 301, 4월 26일

[피로1-1 | 09:30]

고망간강 이종용접부의 인장 및 피로 거동: 신동민, 이관호[1], 정대호[1], *성효경[1], 김상식[1]; *한국남동발전. [1]경상대학교.*

Keywords: 고망간강, 이종용접, HAZ, 극저온, 고주기 피로

LNG 수송 배관용 소재는 극저온에서의 기계적 특성이 우수한 STS304L 가 주로 사용되고 있다. 하지만 낮은 항복 강도와 경제성으로 인하여 최근 극저온에서도 오스테나이트 단상을 나타내는 고망간강을 부분적으로 활용하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 STS304L 과 고망간강 사이의 이종용접부의 상온 및 극저온 고주기 피로 거동에 대해 고찰하였다. 25Mn, 25Mn0.2Al, 25Mn0.5Cu, 16Mn2Al, STS304L의 base metal(BM)과 이종용접부의 미세조직을 분석하고 인장 및 S-N 피로 거동에 대한 분석을 진행하였다. 기존에 보고되었던 고망간강 동종용접부의 경우 인장 시험 이후에 주로 weld metal(WM) 이나 heat affected zone(HAZ) 에서 파단이 발생하였지만 이종용접부의 경우 상온에서는 경도가 낮은 STS304L 에서 파단이 발생하였고, 저온에서는 시편에 따라 경향이 다양하게 나타났다. 이러한 극저온에서 고망간강의 인장 연신율은 합금원소에 따라 상온에 비해 증가하거나 감소하는 경향을 보였다. 고망간강 이종용접부의 상온 및 극저온 고주기 피로 특성에 있어서 인장 강도는 가장 중요한 인자이며 이는 높은 가공경화에 기인한다. 피로 균열 생성은 온도에 따라 큰 차이를 나타내지 않았지만 대부분의 시편에서 상온에서는 grain boundary cracking, 극저온에서는 slip band cracking 발생으로 인하여 극저온에서도 우수한 피로 저항 특성을 나타내었다. 본 연구에서는 EBSD 분석을 통하여 BM, HAZ, WM 의 미세조직을 관찰하였으며 고망간강 이종용접부의 피로 저항성 향상 기구에 대하여 고찰하고자 하였다.

[피로1-2 | 09:50]

Hydrogen-affected mechanical properties of superplastic formed Ti-6Al-4V sheet: Daeho Jeong, Yongnam Kwon[1], Hyokyung Sung, *Sangshik Kim ; *Gyeongsang National University. [1]KIMS.*

Keywords: Ti-6Al-4V, fatigue, hydrogen, superplastic forming

The Ti-6Al-4V sheets were formed into rectangular shaped pan with two square recesses by using a superplastic forming (SPF) technique under high pressure using commercial grade argon gas. It was found that the hydrogen probably absorbed during SPF process affected the mechanical properties, including tensile and fatigue, of Ti-6Al-4V alloy. Cleavage facetting was noted on the surface area of both tensile and fatigue specimens, reducing the mechanical properties significantly. The effect of hydrogen on the mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy was discussed based on fractographic and micrographic observation.

[피로1-3 | 10:10]

점진응고법으로 제조된 Al-Mg-Si 합금의 파괴에 미치는 미세조직 영향: *권용남, 구가은[1], 김휘준[2]; *한국기계연구원 부설 재료연구소. [1]경상대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: 점진응고, 파괴거동, Al-Mg-Si

본 연구에서는 점진응고 공정을 통해 제조한 Al-Mg-Si 합금의 파괴거동에 미치는 미세조직 영향을 조사하였다. 합금성분을 변화시킨 3가지 조성의 합금을 제조하여 열처리 조건을 최적화한 후 인장 및 피로시험을 실시하여 파괴거동을 조사하였다. 조성의 변화

에 따라 인장 및 피로 물성의 차이는 기공, 금속간화합물의 분포의 차이에서 발생하는 것을 확인하였다. 또한, 점진응고 잉곳에 소성가공량을 증가시킬 경우 파괴거동에 미치는 미세조직적 영향은 감소하는 것을 확인하였다.

[피로1-4 | 10:30] 조청강연

High Cycle Fatigue and Fatigue Crack Propagation Behavior of High Manganese Steels at Room and Cryogenic Temperatures: *정대호, 성효경, 김상식 ; *경상대학교 금속재료공학과.*

Keywords: S-N Fatigue, Fatigue crack propagation, High manganese steel, Stacking fault energy, Cryogenic temperature

최근 연구되고 있는 고망간강은 TWIP (twinning induced plasticity) 현상으로 인해 상온뿐만 아니라 저온에서도 우수한 인장강도 및 연신율을 나타내어 LNG 탱크 및 배관용 소재로써 관심이 높아지고 있다. 고망간강을 구조재료로 활용하기 위해서는 인장 특성뿐만 아니라 피로 및 피로균열성장 특성에 관한 연구가 필수적이며, 구조재가 노출되는 환경에서 피로 및 피로균열성장 거동에 대한 이해가 필요하다. 본 연구에서는 상온 및 극저온 환경에서 인장, 고주기 피로 및 피로균열성장 시험을 수행하였다. 고망간강의 인장강도는 온도 감소와 함께 향상되는 반면 연신율은 적층결함에너지 25 mJm^{-2}를 기준으로 TWIP 또는 TRIP (transformation induced plasticity)의 영향에 의해 상반된 거동을 나타내었다. 고망간강의 S-N 피로 저항성은 온도 감소에 따라 향상되었으며, 온도 및 합금에 따른 S-N 피로 저항성의 차이는 인장강도와 가장 밀접한 관계를 나타내었다. 고망간강의 피로균열성장 특성은 먼저, 상온 임계피로균열성장 저항성(ΔK_{th})을 기준으로 적층결함에너지(stacking fault energy), 결정립 크기 및 인장 특성 간의 상관관계를 분석하였다. 고망간강의 상온 임계피로균열성장 거동과의 연관성은 여러 변수들 가운데 적층결함에너지가 가장 밀접한 상관관계를 나타내었다. 고망간강의 저온 피로균열전파 특성은S-N 피로 특성과 마찬가지로 상온에서의 특성에 비해 향상되었으며, 온도 감소와 함께 향상된 피로균열전파 저항성 또한 적층결함에너지와 밀접한 연관성을 나타내었다.

[피로2-1 | 11:10]

스틸과 알루미늄의 아크 브레이징 이종접합부의 기계적 특성: *김용, 조인식[1] ; *고등기술연구원. [1](주)엠브로지아.*

Keywords: Ultrasonic fatigue, arc brazing, porosity, tensile-shear test, IR camera

기존에는 고려되지 않던 아크 용접을 스틸과 알루미늄 이종접합에 적용하기 시작하면서 대부분의 연구들은 다양한 공정 변수에 따라 나타나는 현상학적인 부분에 대해 이야기하였으며, 이종접합의 메커니즘 규명에 우선적인 관심을 두고 연구들이 진행되어 왔다. 하지만, 이종접합 기술이 보다 실용화되기 위해서는 금속학적 관점의 연구결과에서 나아가 강도 측면에서 접합부의 기계적 특성에 대한 명확한 연구 결과가 제시되어야 한다. 이에 본 연구에서는 공정변수에 따라 다양하게 나타나는 접합부 형상 차이에 기인한 정적 강도 파단특성에 대해 연구하였다. 공정변수에 의한 영향을 포함하여 소재의 조합 및 특성에 따른 강도변화에 대해 기술하였으며, 보다 정확한 고찰을 위해 FEM 해석을 병행하여 진행하였다. 또한 스틸과 알루미늄 아크용접을 현장 적용 가능성을 평가하기 위해 이종접합부의 피로수명에 영향을 미치는 인자를 도출하였다. 서브프레임과 같은 새시 부품은 진동피로에 대한 영향이 반드시 고려되어야 하며, 이를 모사하기 위해 압전세라믹 진동파에 의한 초음파 피로시험 기법을 적용하여 탄성공진시험을 실시하였다.

[피로2-2 | 11:30]

알루미늄 합금(Al6061-T6) 반복보수용접 특성 연구: 이두열, *원상훈, 김형근, 김민생, 신규철 ; *공군 항공기술연구소.*

Keywords: weld of aluminum alloy, HAZ

알루미늄 합금의 반복용접에 따른 특성변화를 연구하였다. 컴퓨터시뮬레이션을 이용한 민감도 분석을 통해 입열량이 본 연구에서 중요한 요인임을 확인하였고, 실험 결과 초기용접시편과 반복용접시편의 기계적인 특성에는 유의미한 차이가 발생하지 않았다. 미세조직적인 특성 또한 유사한 형태를 나타내었고, 열영향부의 크기 또한 유사하였다. 잔류응력의 경우 용접횟수 증가에 따라 유의미한 감소가 관찰되었다. 두 조건 모두에서 기공이 관찰되었으며 그 크기는 반복보수용접 여부와 상관관계가 낮은 것으로 판단된다.

[피로2-3 | 11:50]

상업용 순수 티타늄(CP-Titanium)에서 발생하는 수소취성: *박동희; *공군 항공기술연구소.*

Keywords: CP-Titanium, Hydrogen Embrittlment, Hydrogen Induced Cracking, Cleavage, Hydride

오늘날 많은 금속의 발견으로 항공기의 재료의 종류와 특성은 다양해졌다. 그 중 강한 내식성과 기계적 특성을 가진 티타늄은 항공기 구조재료로 많이 사용되고 있다. 그러나 이러한 티타늄은 다른 금속재료보다 산소, 수소 등과 결합력이 강하며, 그 중 수소는 금속조직 내부로 침투하기 쉽다. 환경적인 요인으로 침투된 수소는 금속내부에 수화물을 형성하거나 수소가스를 발생시키며, 균열성장을 유발하고 금속재료를 취화시킨다. 이렇게 취화된 금속은 본래의 강도보다 낮은 강도에서 지연파괴가 일어나는 수소취성이나, 수소유기취성이 발생하게 된다. 본 발표는 제트엔진에서 조종석으로 연결된 상업용 순수 티타늄(CP-Titanium)의 재질로 만들어진 Air Duct에서 수소취성에 의해 관찰되는 벽개파단면과 금속조직 내부에서 형성된 수화물의 형태를 관찰하였으며, 낮은 수소함량으로도 수소취성이 발생할 수 있다는 것을 확인하였다.

[피로2-4 | 12:10] 조청강연

고온 피로 변형된 합금강들의 EBSD 미세조직 분석: *오용준, Godwin Kwame Ahiale, Kizzie-Hayford Ebo Anderson, 최원두, 이성학[1], 박이현[2], 천영범[3] ; *한밭대학교. [1]포항공과대학교. [2]국가핵융합연구소. [3]한국원자력연구원.*

Keywords: Fatigue, Thermal fatigue, Cree-fatigue, Microstructure, Electron-Back-Scatter Diffraction

근래 들어 금속재료의 기계적 특성 해석에 후방전자산란회절(EBSD)방법이 널리 활용되고 있으나, 아직 피로특성 해석을 위한 적

용은 제한적인 형편이다. 고온에서 금속재료에 가해지는 저주기피로, 열 피로 또는 크립-피로는 소성변형의 누적에 의해 재료조직 내에 다양한 손상을 발생시킨다. 동시에 고온에서의 피로변형은 동적회복 또는 재결정, 가속된 석출현상을 일으켜 전위 외에도 각 조건 별로 새로운 미세조직을 형성하기도 한다. 본 연구에서는 후방전자산란회절(EBSD)방법을 이용하여 전형적으로 다른 두 종류의 구조용 합금강에서 발생하는 피로 현상을 해석하였다. 분석된 대상은 각각 고온에서 저주기 및 열피로 시험된 오스테나이트 내열강과 저주기 및 크립-피로 시험된 페라이트/마르텐사이트강이며, 각 상황에서 피로변형이 미세조직 내에 누적되는 경로를 파악하고, 이로 인한 반복 응력의 변화 양상을 해석코자 하였다. EBSD 분석을 통해 전위셀 등의 피로 전위조직의 발달 위치와 형성과정을 이해할 수 있었으며, 고온에서 전위회복으로 인한 아결정립의 발달과 반복응력의 포화 또는 감소현상도 파악할 수 있었다. 향후 EBSD기법은 다양한 금속재료의 복잡한 고온 피로변형 현상을 이해하는데 매우 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

[피로3-1 | 13:30]

항공기 엔진 터빈 Blade 파단원인 분석: *심윤보; *공군 항공기술연구소*

Keywords: Aircraft Engine, Nickel Superalloy, Directional Solidification Casting, Fracture Surface, Stress Rupture

항공기 엔진으로 사용되는 터보-팬 엔진은 압축기, 연소기, 터빈부, 배기부 등으로 구성된다. 압축기를 통해 고압으로 압축된 공기에 노출이 된다. 터빈부는 크게 두 부분으로 나누어지는데 축에 의해 회전하는 Rotor와 회전하지 않는 Stator로 구분된다. Rotor Blade는 앞서 언급한 고온/고압의 환경 속에서 고속으로 회전하여 발생하는 인장력을 받아 엔진 운영 중 Creep 혹은 Stress Rupture 손상이 발생하는 경우가 있다. 터빈부의 손상은 항공기 엔진의 Flame-Out으로 이어지기 때문에 Blade의 Stress Rupture 손상을 방지하기 위해 특수 재질/제작방식을 채택하고 있다. 이번 연구에서 분석한 Blade의 재질과 제작방식은 Nickel이 주 원소로 구성된 Superalloy를 Directional Solidification Casting 방식으로 제작한 것을 확인하였다. 본 연구에서 실제 운영 중인 항공기 엔진에서 발생한 Turbine (Rotor) Blade 파단결함에 대해 원인 분석을 수행하였다. 광학현미경을 통한 거시적 관찰을 통해 Stress Rupture 손상의 전형적인 특징들을 관찰하였고, 주사전자현미경(SEM)을 통한 파단면 미시적 관찰에서 고온에 의해 용융된 흔적, 입계면 분리, Cleavage, Dimple, Dendrite 등을 관찰하였다. 추가적으로 관련된 연구를 찾아본 결과, 온도와 재질에 따라 파단면에서 관찰되는 파단양상이 다르다는 것을 파악하였다. 일반적으로 온도가 높을수록 연성이 증가하여 파단면에서 Dimple이 주로 관찰되지만, 예외적으로 특정 온도 구간에서 Cleavage가 우세한 경우가 있는데, 이번 결함에서 이와 같은 특징이 관찰되었다.

[피로3-2 | 13:50]

부식이 존재하는 항공기 착륙장치 구성품의 구조안전성 평가: *이두열, 양성운, 김민생, 신규철 ; *공군 항공기술연구소*

Keywords: Corrosion, Reliability, Monte Carlo Simulation, Radiography

The reliability of a corroded helicopter landing gear drag beam has beem examined. The drag beam made of high strength steel has failed due to corrosion initiated crack. The probability of failure has been calculated by the intercept of a strength and a load distribution. The strength distribution of drag beam has been obtained by radiography using thickness reduction measurement. A model for thickness measurement has been developed using linear attenuation coefficients for both the base metal and the corrosion product. By comparing the photon intensities of the corroded region with the sound region along with known thickness, the reduction of corrosion has been estimated. Due to the uncertainties in model parameters, which includes thickness of sound region, photon intensity with or without a corrosion product, and corrosion rate, the Monte Carlo simulation has been conducted. Load distribution has been obtained using flight load data acquired from strain gage. The drag beam mostly carried compressive load and much smaller torsional load. The result revealed that current operated drag beams have enough margin of safety. In consideration of the uncertainties, the inspection of drag beam using radiography has gained sufficient reliable capability. Based on the risk of failure, part replacement schedule has been dicided. Therefore, part replacement schedule has been favored to reduce the risk of failure.

[피로3-3 | 14:10]

Damage Tolerance Analysis for Ensuring Airworthiness of Military Aging Aircraft Structures: *이홍철 ; *공군군수사령부*

Keywords: Damage Tolerance Analysis, Continued Airworthiness, Fatigue Life, Usage Monitoring, Load Spectra

The main purpose of this paper is to review damage tolerance analysis for continued airworthiness of aircraft structures. Most aircraft users are now faced with the challenge of maintaining and extending the life of aging military aircraft because of budget pressures and high costs of new aircraft. Among several factors affecting structural reliability of aircraft, fatigue is considered as a major factor to determine aircraft service life. To ensure continued airworthiness of aging aircraft structures in terms of fatigue failure throughout their service periods, the damage tolerance analysis should be updated based on actual flight usage and maintenance activities. Since actual service loads deviated from design loads may lead to miscalculated aircraft structural fatigue life, updating damage tolerance analysis considering changes in service usage is necessary to ensure the safety of flight or continued airworthiness. In this paper, the current methodologies and approaches in satisfying damage tolerance analysis to ensure airworthiness of aircraft structures are reviewed. Especially, as prerequisites for updating damage tolerance analysis during the operation of aircraft, the details of flight usage monitoring and development of in-service load spectra are explained.

[피로3-4 | 14:30] 초청강연

항공 구조용 소재의 개발과 비파괴검사 평가기법: *유경식 ; *공군5공중기동비행단*

Keywords: 비파괴검사, Non Destructive Inspection, 균열 탐지크기

금속분야 소재의 개발은 현대 인류에게 항공관련 산업의 눈부신 성장을 가져 주었다. 과거 금속으로만 제한되었던 항공용 소재분야는 다양한 재료가 갖고 있는 장점을 최대화하기 위해 점차 세라믹, 복합재료, 기능재료 등의 초고온, 고강도 경량인 구조용 신소재로 변화하고 있다. 이러한 신소재를 개발하고 항공기 설계 및 제작에 적용하여 신뢰도 높은 항공기 수명관리를 위해서는 재료 및 구조물에 대한 해석이 중요하다. 따라서 건전성을 보증하기 위한 실험적 검증 데이터의 확보수단으로 파괴시험을 채택하고 있으나, 검사결과의 신속성, 적용범위의 확대, 경제성 등의 이유로 인해서 파괴시험을 대신하여 결함의 검출 및 평가분야에서는 비파괴검사(Non Destructive Inspection)가 그 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 비파괴검사를 통한 균열크기에 대한 정확한 평가가 선행되지 않고서는 초기 및 반복검사 주기가 설정될 수 없으며, 더 나아가 항공기의 안전성을 보장할 수 없다. 본 강연에서는 과거 항공분야에서 적용된 균열 탐지크기에 대한 비파괴검사 평가방법을 고찰해보고 미래 항공분야에서 요구되는 구조용 신소재에 적합한 첨단 비파괴검사 평가기법에 대해 논의하고자 한다.

[피로4-1 | 15:15]

고강도 해양구조용강 열영향부에서의 미세조직과 CTOD 취성 파괴 기구: *이석규, 손석수, 김우겸[1], 엄경근[1], 이성학 ; *포항공과대학교 신소재공학과. [1]포스코 기술연구원.*

Keywords: 열영향부, HAZ, 미세조직, 파괴거동

최근 증가하는 심해자원과 극지자원의 개발로 인해 저온에서도 우수한 CTOD 인성을 갖는 고강도강의 연구가 많이 진행되고 있다. 강도가 우수하고 용접성도 좋은 HSLA 강이 많이 개발되고 있는데, 이러한 HSLA 강을 용접했을 때 형성되는 HAZ에서 CTOD 파괴인성이 저하된다는 결과들이 많이 보고 되어왔다. 본 연구에서는 용접 부 HAZ에서 파괴인성에 영향을 끼치는 요인들을 살펴보고자 한다. 여러 HAZ 중 대표적인 HAZ로 Coarse-grained HAZ (CGHAZ), Inter-critically heated HAZ (ICHAZ) 두 가지를 선정하였고 Thermal-cycle system simulation test를 통해 열 모사한 시편을 사용하였다. 우수한 CTOD 인성을 얻기 위해 HAZ의 미세조직과 파괴인성을 결정 짓는 요소를 확인할 필요가 있다. 본 연구에서는 이를 알아보기 위해 HAZ에서 관찰되는 미세조직 중 어느 상이 파괴인성에 영향을 크게 주는지 살펴보고, 파괴거동이 어떤 식으로 진행되는지 균열의 시작과 전파 과정에 대해 분석하고자 한다.

[피로4-2 | 15:35]

1800 MPa급 고강도 HPF강의 충격인성에 미치는 미변태 ferrite의 영향: *조민철, 박재영, 손석수[1], 김성우[2], 이성학 ; *포항공대 신소재공학과. [1]항공재료연구센터. [2]포스코.*

Keywords: Austenitization, 미변태 ferrite, Charpy impact energy, HPF강

자동차 강재에는 높은 강도와 연성뿐만 아니라 안전성 및 내충격성 향상을 위한 연구가 중요하다. 특히 A-, B-pillars 그리고 front cross members 같은 구조보강부품의 경우 안정성 확보를 위해서는 1Gpa이상의 매우 높은 항복강도와 높은 충격인성이 요구되고 최근 구조보강 푸품으로서 초고강도 HPF강이 많이 사용되고 있다. 그러나 HPF강 Austenitization treatment시 Austenitization 온도 및 시간이 충분하지 않을 때, 현저한 충격인성감소가 나타나게 된다. 미세조직을 분석한 결과 Austenitization 온도 및 시간이 충분하지 않을 때, 미변태 ferrite가 나타나고 샤피 충격에너지는 미변태 ferrite 부피분율이 증가함에 따라 감소하였다. 연질의 ferrite와 경질의 martensite간의 strain partitioning분석을 위해 변형 전과 후에 Interrupted EBSD와 미세조직 분석을 진행하였다. 그 결과 미변태 ferrite의 변형집중에 의한 Crack형성과 파괴가 관찰되었고 이는 연질의 미변태 ferrite가 변형집중 장소로서 작용하여 충격인성을 악화시킨것으로 보인다

[피로4-3 | 15:55]

원전수환경에서 Type 347 스테인리스강의 피로균열성장속도: *홍석민, 민기득, 김민철, 이봉상 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Type 347 스테인리스강, 피로균열성장속도, 원전수환경

원자력발전소는 300ºC, 150기압의 고온-고압의 수화학환경에서 가동된다. 원자력발전소 1차계통 중 하나인 가압기 밀림관은 온도가 다른 고온수들의 혼합으로 인해 열적-기계적 피로환경에 노출된다. 스테인리스강은 수환경에서 부식이 없다고 알려져 있지만, 원전수환경과 같이 고온 고압의 수환경에서는 부식이 발생하고 부식의 영향으로 인해 피로손상이 가속화되는 것이 확인되었다. 따라서, 기존 스테인리스강의 대기 중 피로균열성장속도 표준선도 모델만이 나와있는 ASME Code Section XI을 보안하기 위해서 ASME에서는 ASME Code Case N-809를 발간하여 원전수환경에서 스테인리스강의 피로균열성장속도 표준선도 모델을 만들었다. 하지만 이 모델은 대부분의 발전소에 주로 사용되는 304, 316 스테인리스강의 피로균열성장속도 데이터를 바탕으로 만들어졌기 때문에 한국형 표준원전의 가압기 밀림관에 쓰이는 347 스테인리스강의 원전수환경 피로균열성장특성이 반영되지 않았다. 따라서 이번 연구에서는 다양한 원전수환경 피로조건에서 347 스테인리스강의 피로균열 성장속도 측정을 통해 피로균열을 가속화 시키는 mechanism과 피로균열성장속도에 영향을 미치는 인자들에 대해서 분석하였다. 또 347 스테인리스강의 원전수환경 피로균열성장속도 특성자료와 기존에 존재하는 스테인리스강의 원전수환경 피로균열성장속도 모델과 비교해보고 이를 통해서 347 스테인리스강의 원전수환경 피로균열성장속도 모델을 만들었다.

[피로4-4 | 16:15]

열시효처리가 스테인리스강의 피로균열성장속도에 미치는 영향: *민기득, 홍석민, 임상엽, 송근동, 이봉상 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Type 347 stainless steel, Fatigue crack growth rate, Aging

오스테나이트 스테인리스강은 내부식성, 고온강도 및 인성이 우수하기 때문에 구조재료로 많이 사용된다. Type 304 오스테나이트 스테인리스의 경우 고온에서 장시간 사용하면 $M_{23}C_6$ 탄화물등이 생성되어 내부식성, 강도, 인성이 저하된다. 이러한 이유로 한국형원전 가압기 밀림관에는 Nb 안정화 오스테나이트 스테인리스강인 Type 347 스테인리스강이 사용된다. 하지만 가압기 밀림관은 고온수와 저온수가 교차하는 부분으로 열성층 형성으로 열적, 기계적 피로 및 수화학환경이 더해진 부식피로 등에 의하여 장시간 손상을 받는다. 따라서 장시간 사용에 의해 열시효경화된 가압기 밀림관 재료의 피로특성 평가는 중요하다. 본 연구에서는 Type 347과 Type 304 스테인리스강을 aging을 통해 열시효경화 처리 후 피로균열성장률을 시험평가 하였다. 실험에 사용된 재료는 한국형원전 가압기 밀림관과 동일한 소재인 Type 347 스테인리스강과 Type 304 스테인리스강 이며, aging은 650ºC에서 100h 동안 하였다. 재료의 미세조직을 FE-SEM과 TEM을 이용하여 관찰하였다. 피로균열성장률시험에 사용된 시편은 두께 5 mm, 폭 25.4 mm의 CT 시편이다. 온도 316ºC, 하중비 0.1, 하중 반복속도는 10Hz로 하중제어로 시험을 진행하였다. 균열길이는 직류전위차법(Direct Current Potential Drop : DCPD)을 이용하여 측정하였다. 전기화학실험을 통해 aging에 따른 재료의 부식특성도 평가하였다. Aging에 따른 재료의 결정립크기는 크게 변화가 없었으며, 탄화물이 증가하는 것으로 나타났다.

[피로5-1 | 16:45]

Influence of Residual Stresses on Fracture Resistance Studied by Neutron Diffraction and Finite Element Analysis: *Huai Wang, 김동규[1], 우완측[1], 안규백[2], 이수열 ; *충남대학교. [1] 한국원자력연구원. [2] 조선대학교.*

Keywords: Residual stress, Fracture, LOPC, Neutron diffraction, Finite element analysis

Influence 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 w.t. %). 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 and further fracture behavior. It shows that the simulated residual stress and its evolution matched well with the experiment data, and tensile residual stress was found to dramatically increase the fracture probability of structure compared to the compression. Hence, the experiment and modeling results correlate residual stresses with the stress evolution and fracture phenomenon in structures.

[피로5-2 | 17:15]

아파트 보일러 동배관의 파손 경향 및 원인 고찰: *채호병, 왕회, 홍민기, 김우철[1], 하태백[1], 김정구[2], 김희산[3], 이수열 ; *충남대학교 신소재공학과. [1] 한국지역난방공사 미래개발원. [2] 성균관대학교 신소재공학과. [3] 홍익대학교 재료공학부.*

Keywords: 동배관, 부식 파손, 공식, 응력분포, 유한요소법

동관은 가정용 난방수 공급을 위해 많이 사용되는데, 이는 구리의 뛰어난 내식성과 성형성 때문이다. 동관의 파손은 보통 균일 부식에 의한 손상보다 공식과 같은 국부 부식에 의해서 많이 발생한다. 난방을 위해 온수를 공급하던 중에 축방향을 따라 균열이 발생한 현장 사례를 통해서 설치된 동관의 파손 취약 부위와 원인에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서 다루는 파손 사례에서는 동관 고정을 위해 사용되는 U볼트 체결방향의 45~50º에서 파손이 발생하였다. 광학현미경과 주사전자현미경을 활용하여 파손된 동관의 내/외부를 살펴본 결과, 동관의 내면은 균일 부식이, 외면은 파손부위 주변으로 공식이 발생한 것을 확인하였다. 또한 동관 파손의 주요 원인인 동관에 걸리는 응력 분포를 확인하기 위해 유한 요소 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과 동관 외면의 공식 손상 주변으로 U볼트에 의한 강한 Hoop방향 인장 응력이 걸리는 것을 확인하였다. 동관 파손의 파괴 기구를 해석하기 위해서 파단면을 관찰한 결과, 동관의 내면 쪽보다 외면 쪽에서 부식이 더 많이 발생한 것을 관찰 하였다. 외면의 균열과 균열의 끝단에서는 Intergranular 형태의 균열을 보인 것과 대조적으로 내면의 균열에서는 Intergranular와 Transgranular형태의 복합적인 균열 형태를 보이는 것을 확인하였다. 이를 토대로 동관의 외면 공식 손상 부위에서 축방향을 따라 균열이 성장하고 균열이 임계두께까지 성장한 후에 급격하게 두께방향으로 균열이 진전하면서 파손이 발생한 것으로 생각된다. 본 연구를 통해서 설치되어 있는 동관의 파손 경향 및 원인을 고찰할 수 있었고, 현장에서 활용할 수 있는 가이드 수립에 일조할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글: 본 논문은 한국지역난방공사에서 시행한 “지역난방 설비의 부식에 의한 고장사례 조사 및 원인분석 연구”의 최종 연구결과이며, 이에 대한 모든 권리는 한국지역난방공사에 귀속됩니다.

[피로5-3 | 17:35]

변형률 속도에 따른 오스테나이트계 Fe-Mn-C 고망간강의 상온 인장 특성과 동적 변형시효: *이승용, 임현석, 이상인, 황병철 ; *서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: 고망간강, 인장 특성, 변형률 속도 민감도, 동적 변형시효, 변형 쌍정

고망간강은 적절한 적층 결함 에너지를 갖도록 설계함으로써 변형 중 기계적 쌍정이 발생하면 높은 강도 및 연신율을 가져 자동차 및 극저온 분야 등에서 활발하게 적용되고 있다. 일부 고망간강에서는 일반적인 금속재료와 달리 변형률 속도가 증가함에 따라 유동 응력이 감소하는 음의 변형률 속도 민감도를 나타낸다. 이는 용질 탄소와 가동 전위의 상호 작용에 의한 동적 변형시효 발생이 주된 원인으로 설명되고 있다. 그러나 변형률 속도 변화는 쌍정 생성을 위한 임계 응력(twinning stress)과 단열 가열(adiabatic heating)에 따른 적층 결함 에너지를 동시에 변화시킬 수 있어 변형 쌍정에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 변형률 속도에 따른 고망

간 TWIP강의 유동 응력 변화는 동적 변형시효와 변형 쌍정의 영향을 동시에 고려하여 고찰해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 다양한 조성의 고망간강에 대하여 변형률 속도를 달리한 상온 인장 시험을 실시하고, 변형률 속도 점핑 시험(strain rate jumping test)를 통해 동적 변형시효와 변형 쌍정이 각각의 유동 응력 변화에 기여하는 정도를 간접적으로 조사하였다.

전산재료과학
Room 302, 4월 26일

[전산1-1 | 09:30]
강유전체 도메인 구조에 대한 상장모델링: *이재욱 ; *재료연구소(KIMS).*
Keywords: 강유전체, 도메인, 상장모델링
강유전체의 도메인 구조는 금속 수지상(dendrite)과 더불어 상장모델링(phase field modeling)이 모사하고자 했던 대표적인 재료의 미세조직이다. 강유전체의 도메인 구조는 한 방향으로 정렬된 분극모멘트의 집합인 도메인이 모멘트 방향이 90°나 180° 만큼 차이나는 주변의 도메인들과 경계면(domain wall)을 형성한 형태이다. 상장모델링 외에 분자동역학이나 몬테카를로 방법도 이런 구조를 모사할 수 있지만 현재는 상장모델링이 가장 널리 쓰이고 있다. 강유전체 도메인 구조에 대한 상장모델링 기술은 미국 펜실베니아 대학(Pennsylvania State University) 등 소수의 집단이 독점하고 있어 국내에서는 이를 활용하기 어려운 형편이다. 이에 본 연구에서는 강유전체 도메인 구조를 모사할 수 있는 프로그램의 소스코드를 직접 개발하고자 하였다.

[전산1-2 | 09:45]
효율적 리튬이자전지 양극소재 개발을 위한 Li-[Ni,Co,Mn]-O 5원계에 대한 2NNMEAM+Qeq 포텐셜 개발: *지준호, 이은구, 김용민, 이병주 ; *포항공과대학교신소재공학과.*
Keywords: Lithium ion battery, NMC cathode, molecular dynamics, 2NNMEAM+Qeq
리튬이차전지 양극 소재를 개발할 때 고려해야 될 특성들로는 에너지 용량, 충방전 지속성, 충방전 속도, 안정성 및 가격 등이 있다. 이를 향상시키기 위해 기존에 많이 쓰인 $LiCoO_2$와 같이 Transition metal에 해당하는 부분에서 단일원소로 쓰이는 것보다 Ni,Co,Mn 외에도 Al, Fe, Ti등 여러 원소의 조합으로 구조적 특성과 전기화학적 특성을 조절하여 각 원소들의 장점을 최대화 하고 단점들을 상쇄하여 더 나은 특성의 양극재 개발을 이루려는 연구가 많이 진행되고, 실제로 Tesla에서도 Ni,Co,Al을 조합하여 만든 NCA battery를 사용하고 있다. 하지만 더 나은 특성의 새로운 물질을 개발하기 위한 경우의 수는 합금원소의 종류, 조성 및 구조에 따라 너무 많아 실험적으로 접근하는 것은 쉬운 일이 아니다. 이때 computational research가 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 금속물질과 공유결합 물질에 적용할 수 있는 2NNMEAM에 전하에 따른 정전기적 에너지를 계산할 수 있는 charge equilibrium method(Qeq)를 고려하여 이온결합까지 적용할 수 있는 2NNMEAM-Qeq 포텐셜 모델을 이용하여 Li-[Ni,Co,Mn]-O 5원계를 모두 고려할 수 있는 포텐셜 개발에 대한 결과를 발표하고자 한다.

[전산1-3 | 10:00]
구조적 결함에 따른 메탈릭글래스의 기계적 성질 변화: *김성환, 유승화 ; *KAIST.*
Keywords: 메탈릭글래스, 분자동역학, 전산모사
메탈릭글래스 (Metallic glass)는 일반적인 결정질 금속 합금에 비해 높은 강도를 가지고 있지만 불안정한 파단을 수반하는 단점이 있다. 메탈릭글래스의 기계적 성질을 제어하기 위하여 수많은 실험이 수행되었으나 원자 규모의 변형 메커니즘에 대한 정량적인 해석은 아직 완벽히 이루어지지 않았다. 결정질 금속에서의 전위 (Dislocation)와 유사한 전단 변형 구역 (Shear transformation zone, STZ)은 메탈릭글래스의 소성 메커니즘을 이해하기 위한 핵심 요소로 알려져 있다. 분자동역학 시뮬레이션에서 STZ는 보로노이 격자화 (Voronoi tessellation)에 의한 자유부피 (Free volume), 20면체 구조를 포함한 원자간의 내재적 구조 대칭성, 결합 방위 분석 (Bond orientation analysis) 및 최저 진동 소프트 모드와 같은 다양한 접근법으로 정의하고 있다. 다수의 분자동역학을 이용한 연구에서 메탈릭글래스의 구조-물성 상관관계는 2차원 및 3차원 주기 경계 조건하에 분석되고 있으나, 물질의 표면에 존재할 수 있는 구조적 결함이 고려되지 않는 한계가 있다. 본 연구에서는 메탈릭글래스의 국소적 원자 구조 변화에 따른 기계적 물성 변화를 관찰하기 위해, 조사 (irradiation) 과정을 통한 시편 내부의 의도적인 결함 증가 및 표면처리 방법에 따른 표면에서의 불안정성 정도에 따라 달라지는 전단거동을 분자동역학 해석을 통해 모사하였다. 그를 통해 시편 내부와 표면에서의 결함이 국소적 원자 구조 변화에 미치는 영향과 이에 따른 기계적 거동 차이를 제시한다.

[전산1-4 | 10:15]
A New Insight Into Metal-organic Hybrid Interfaces: *Kayoung Yun, Kyeongjae Cho[1], Jiyoung Kim[1], Pil-Ryung Cha[2], Jaegab Lee[2], Seungchul Kim, Ho-Seok Nam[2] ; *Korea Institute of Science and Technology. [1]The University of Texas at Dallas. [2]Kookmin University.*
Keywords: Metals-organic hybrid interfaces, self-assembled monolayer, molecular dynamics simulation, honeycomb lattice
Metal-organic hybrid structures such as self-assembled monolayers (SAMs) on metals can provide a wide range of industrial applications from interface modification of nanoelectronics to protective coatings in mechanical systems. Despite many efforts to reveal the formation mechanism of SAMs on metal surfaces, the details of metal-organic bonding nature and spatial alignment remain controversial. Based on molecular dynamics simulations of Au surfaces in contact with alkanethiols, we identified surface reconstruction of Au films underneath the organic SAMs and proposed a new picture for metal-organic hybrid interfacial structures that are thermodynamically stable even up to high temperature.

[전산1-5 | 10:30]

Zero Valence Orbital Diffusion of Li Ions in a Crystalline Si: Origin of Anisotropic Lithiation in Li-Si batteries: *YONGSEOK CHOI, Jun-Hyung Park, Jae-Pyoung Ahn[1], Jae-Chul Lee ; *Korea University. [1]Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Li-ion battery, Si anode, anisotropic lithiation, first-principles calculation, MD simulation

Recent experimental studies showed that the diffusion of Li to the three-dimensional Si crystal is anisotropic, which is contradictory to common understanding that diffusion to 'cubic-structured' single crystal is independent of the crystalline orientation of the anode material. This anisotropic lithiation causes an uneven swelling of c-Si and promotes the development of locally inhomogeneous residual stresses, which can induce the fracture of c-Si and reduce the cycle life of the Li-Si batteries (LIBs). Extensive studies are underway to understand the mechanism underlying the anisotropic diffusion. However, these analyses are mostly based on the first-principles calculations and suffer from the spatiotemporal limitation. In this study, using a combined technique of the classical molecular dynamics (MD) simulations and the first-principles calculations, we performed a comprehensive study to elucidate how and why Li diffusion in 3D c-Si is anisotropic. 1) we first evaluate the general features of Li diffusion in 3D c-Si using the classical MD simulations performed on the comparatively large-scale Li/Si diffusion couples with different orientations. 2) By combining the results of the MD simulations and the first-principles calculations performed on the Li/Si diffusion couples, we next elucidate the presence of the particular diffusion pathway corresponding to the lowest value of valence orbital, and clarify why Li diffusion in 3D c-Si is anisotropic. 3) We finally develop a structural parameter that can quantitatively evaluate the degree of anisotropy of the Li diffusion. By comparing the values of the developed parameter with the diffusion rates evaluated using simulations and experiments performed along various orientations of c-Si, we reveal that the configuration of the valence orbital is a dominant factor determining the anisotropic diffusion.

[전산2-1 | 10:55]

Electronic Band Structure of Si Nanosheets under Stress: *이광렬, Mina Park, Byung-Hyun Kim, Heon-Jin Choi[1], Gyuobong Kim ; *한국과학기술연구원 계산과학센터. [1]Yonsei University.*

Keywords: Si nano sheet, band structure, strain effect, band gap transition

The electronic band structure of two-dimensional silicon nanosheets (Si NSs) of different orientation and with different lattice strain was investigated by means of density functional theory calculations. For all the considered structures of Si NSs with (111), (001) and (110) exposed surfaces, we found a critical strain leading to the indirect-to-direct band gap transition. Changing the biaxial strain from compressive to tensile, always enhances the direct band gap characteristics. Analysis of the electron band structure and band decomposed charge density shows that the lateral deformation of the Si NSs leads to changes in the conduction band edge at a specific k-points. Our results can provide a critical clue to undestand the experimental observations of an efficient light emission from (111) Si NSs [U.Kim et al., ACS Nano 5 2176 (2011)].

[전산2-2 | 11:10]

Atomic-scale Modelling of Interfaces in Semiconductors and Solar Cell Devices: *Maeng Eun Lee, Kurt Stokbro ; *QuantumWise.*

Keywords: DFT, Interface, Semiconductor, Solar cell

As electronic devices shrink in size to reach nanoscale dimensions, interfaces between different materials become increasingly important in defining the device characteristics. In this talk I will present first principles calculations of the electrical properties of interfaces, based on Non Equilibrium Greens Function calculations (NEGF) using the ATK software. I will present calculations of the Schottky barrier at a Silicon-Silver interface, and calculate the dependence of the barrier on the doping and the applied bias. In another example, I will present calculations for the band offset between CZTS and CdS in a solar cell device and use the ab initio data in a multi-scale simulation of the solar cell efficiency.

[전산2-3 | 11:25]

Designing Cost-Effective and Strong Photocatalytic Materials Using First-principles Calculations: *최희채 ; *(주)버추얼랩.*

Keywords: DFT, Photocatalyst, Design

In this talk, I will brief the DFT calculation techniques for searching new photocatalytic materials and present my recent successful cases. First, I will present a combined computational and experimental work where density functional theory (DFT) calculations predict ideal heterojunctioned photocatalytic material, which is one-step solution synthesizable. Second, a wide-gap oxide ($Na_2Ti_6O_{13}$) with too large band gap (~3.8 eV), which was found to have electronic structure easy to control the band gap with gas treatment: low formaiton energy of anion doping and proper dopant (defect) levels, will be presented. Third, I will present coreshelled heterojunction photocatalyst materials, which were rationally designed considering band structures.

[전산2-4 | 11:40]

Understanding on the Adsorption Mechanism of Chromate Ion by using Onion-like Carbon: Collaboration between Theory and Experiment: *최근수, 히로시 미즈세키 ; *한국과학기술연구원.*

Keywords: Onion-like carbon, Chromate, Hydroxyl functional group, Carbon dangling bond

We investigated the removal of chromate ions in water by using carbon-based materials. It exist as ion complex, [HCrO4]-, and is very toxic to human body. We adopt onion-like carbon (OLC) as adsorbent, since all the reactions take place on the surface of OLC and it is advantageous to identify the mechanism. OLC was prepared from nanodiamond by thermal treatment and vacuum annealing at 1000-2000°C. We conducted experimental analyses such as X-ray spectroscopy and electron spin resonance, as well as theoretical calculation based on the first principles calculation. It revealed that Cr(VI) is adsorbed on OLC through two reaction steps: 1) Cr(VI) is reduced to Cr(III) by oxidizing hydroxyl functional group to keton group. 2) Reduced Cr(III) is bound to carbon dangling bonds around vacant defect.

[전산2-5 | 11:55]

Artificial Neural Network Based Interatomic Potential Development for Bulk SiO_2: *Kyuhyun Lee, Wonseok Jeong, Seungwu Han ; *Seoul National University.*

Keywords: DFT calculation, Neural network, Molecular dynamics

As the semiconductor devices continued to scale-down to 10 nm size, atomistic and quantum mechanical effects become dominant. In this case, the prediction power of conventional device process simulation tools which based on the classical approach began to reduce. Thus, atomic scale device/process simulation tool is needed for nano-meter-scales devices. While the density functional theory (DFT) calculation provides highly accurate information about material properties, molecular dynamics (MD) simulations using DFT approach only covers few pico-seconds and several hundred atoms due to its computational cost. With classical force fields, one can handle much larger systems up to million atoms and several nanoseconds. However, the accuracy of classical MD simulations critically depends on the interatomic potentials. Although several classical potentials are poised be highly accurate and transferable, optimizing the parameters in the force field requires strenuous efforts. Recently, artificial neural network (ANN) based potential is gaining attention as an alternative of classical force fields. The potential is constructed through the machine learning on the reference DFT calculation result. Due to its flexible functional form, ANN potential can efficiently represent the DFT result with high accuracy. In this presentation, we tested and developed ANN potential for SiO_2 under various conditions. We first tested an effective method to choose a training set for ANN potential and applied it to different SiO_2 crystal phases. Finally we developed a MD potential for SiO_2 bulk tested its validity.

[전산2-6 | 12:10]

Fundamental Studies on Enhancing Selective Phase Stability for $FAPbI_3$ Perovskite Solar Cell: Jiwon Jeon, *Taedaehyeong Eom, Eunyeong Lee[1], Sol Kim[1], Sanghak Kim[1], Ki-Ha Hong[2], Hyungjun Kim ; *Korea advanced institute of science and technology (KAIST). [1]Hyundai Motor Company. [2]Hanbat National University.*

Keywords: perovskite solar cell, phase stability, $FAPbI_3$, polymorphic phase, band gap engineering

As environmental pollution problems increasingly attract people's attention, studies on environmentally friendly energy sources and sustainable energy sources are being actively carried out in industrial and research fields. Particularly, in the field of solar cell, research and development are being actively carried out because infinite solar energy can be used as an energy source. Recently, perovskite solar cell (PSC) reaches high efficiency, and $FAPbI_3$ is considered to be an optimal material with moderate band gap energy for solar cell. However, the competitive polymorphic growth of α- and γ- phase in $FAPbI_3$ is considered to be an obstacle that adversely affects the control of characteristics as a solar cell. Here, we investigate what techniques can be applied to control polymorphic growth. Using density functional theory and statistical-mechanical processing in the constituent space, we have found that halide engineering and cation engineering must be performed simultaneously to maintain optimal band gap energy properties while ensuring thermodynamic stability of α- phase. This research hopes to provide guidance on the composition engineering of organic-inorganic hybrid perovskite alloys for PSC design with high efficiency and stability.

[전산3-1 | 13:30]

Automated ab initio calculations for non-oxide high-k materials: *Miso Lee, Kanghoon Yim, Seungwu Han ; *Seoul National University.*

Keywords: High-throughput screening, first-principles calculation, non-oxide, high-k materials

As the size of electronic devices has been decreased less than a few nanometers, gate leakage currents become fetal problem. It leads to high power consumption and reduces device durability. So, many candidates of high-k materials such as HfO_2 and ZnO_2 have been suggested to replace conventional SiO_2 as gate dielectric. Recently, high-throughput screening research for high-k oxide had been conducted. The research found several new candidate materials which have exceeding properties compared t-HfO_2. However, there are still needs for new high-k materials from non-oxide materials. In future semiconductor technology, the host material might be changed from silicon to higher mobility materials. For example, germanium is outstanding material for next-generation semiconducting industry. But its instability with oxide contact is serious problem to make reliable device. For new material system, new high-k materials are required. To screen novel non-oxide high-k dielectrics, we conduct high-throughput ab initio calculation for binary nitrides, sulfides, phosphides, chloride, and fluorides. We found that nitrides, sulfides, phosphides, chloride usually have lower band gap compared to oxides, so we first extend our screening target to ternary fluorides. As a result, we identified new potential candidates for high-k dielectrics.

[전산3-2 | 13:45]

A Novel Descriptor for High-throughput Screening of p-type Semiconducting Oxides: *Yong Youn, Kanghoon Yim, Miso Lee, Seungwu Han ; *Seoul National University.*

Keywords: p-type oxide, Density functional theory, high-throughput screening

Transparent semiconducting oxides (TSOs) have been researched for various application such as transparent and flexible electronic devices, and solar cells. Especially, n-type TSOs, including SnO_2, In_2O_3 and indium tin oxide (ITO) are utilized in the commercial applications. However, the electronic devices fabricated without p-type layer should be limited to the application of low-power and low-frequency electronics. Therefore, it is important to find novel p-type TSOs comparable with n-type TSOs. However, the existing p-type TSOs such as SnO, Cu_2O and $CuAlO_2$ still suffer from low conductivity or low transparency. In order to discover a novel p-type material, high-throughput first-principles screening was conducted in previous studies.[1,2] These works searched over large number of oxide compounds with low effective mass and large band gap. Though several candidate oxides were suggested, none of them was verified by experiment to the best of our knowledge. This implies that screening with effective mass and band gap alone may not be sufficient. In this study, we suggest a new descriptor for screening p-type oxides. In contrast to the previous works, we focus on the compensation of hole carriers since the low hole-concentration is the major reason of poor conductivity in p-type TSOs. To identify the descriptor, we calculate the intrinsic defect formation energies of various oxides including well-known p-type and n-type oxides. In particular, we include hydrogen impurities because they are easily incorporated during synthesis. We examine the correlation between p-type properties and defect formation energy and find that hydrogen interstitial defect formation energy with the Fermi energy at the valence band maximum ($\Delta H_f(H_i)_{VBM}$) well correlates with the type of intrinsic carrier. $\Delta H_f(H_i)_{VBM}$ also shows a linear relationship with the ionization potential, which implies the influence of valence band alignment for hole carrier generation. Therefore, we expect $\Delta H_f(H_i)_{VBM}$ is a meaningful descriptor to screen the p-type TSOs. [1] Hautier, G. et al. Nat. Comm. 4, 2292 (2013). [2] Sarmadian, N. et al. Sci. Rep. 6, 20446 (2016).

[전산3-3 | 14:00]

Screening of 2D transition metal dichalcogenides with anion vacancies for hydrogen evolution reaction: *Joohee Lee, Seungwu Han ; *Seoul National University.*

Keywords:

Hydrogen has been a strong candidate for a clean energy source that may replace fossil fuels. For clean production of hydrogen by splitting water, the catalyst is necessary to reduce the large overpotential during the hydrogen and oxygen evolution. Pt catalyst, which is known to be the best catalyst for water splitting, is very expensive and it limits large scale applications, so novel materials are actively studied as water splitting catalyst. Recently, transition metal dicalcogenides (TMDs), most notably MoS_2, are receiving much attention as a novel catalyst for water splitting due to their earth abundance, stability in the acidic media, and their 2D nature which provides largely exposed active sites. However, basal planes of many stable TMD phases are known to be inert. Although edges are considered as the active sites, demands for active basal planes still exist to maximally expose the active sites. Recently, it was found that the basal plane of MoS_2 can also be active for hydrogen evolution reaction (HER) by introducing sulfur vacancies and strain. This implies that engineering active sites on the inert basal planes of TMD materials would be possible by introducing anion vacancies. In this presentation, we try to find other defective TMD materials for HER catalyst by means of computational screening based on the density functional theory. We first identify the stable phase of 40 TMDs. Then, we explore the HER efficiencies of basal planes and anion vacancy sites of the TMD materials by using the hydrogen binding free energy as the descriptor for the exchange current density. As a result, we were able to select TMD candidates that may show high HER performance in various vacancy concentrations. In addition, through multiple linear regression, we identify that the physical quantities related to anion vacancies strongly affect the hydrogen adsorption energy. We suggest $ZrSe_2$ and $ZrTe_2$ when the vacancy concentration is low, and $MoSe_2$, $MoTe_2$, WSe_2, $ReTe_2$, MoS_2 and $ReSe_2$ when we can reach the intermediate or high concentration of vacancy. We expect for these materials to be able to compete against Pt as HER catalyst without strain engineering.

[전산3-4 | 14:15]

CeO_2-TiO_2 복합 산화물 지지체를 이용한 Pt 나노입자 촉매의 안정성과 반응성 개선: *하현우, 유미, 안혜성, 이준희, 김현유* ; *충남대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: TiO_2, CeO_2, Pt, CO oxidtation, Catalyst, Mars van Krevelen

본 연구에서는 전자밀도함수 이론을 이용한 계산과 실험의 융합 연구를 통해 CeO_2-TiO_2 복합 산화물 지지체를 이용하여 Pt 나노입자 촉매의 CO 산화 반응에 대한 반응성과 안정성을 개선하였다. Anatase-TiO_2 지지체 위에 다양한 형태의 CeO_2 나노 구조체를 실험을 통해 제조하였으며, 이러한 CeO_2 나노 구조체들이 Pt 나노입자에 대한 결착점으로 작용한다는 사실을 발견하였다. 전자밀도함수 이론 계산을 이용하여 CeO_2와 TiO_2 계면에 위치한 산소가 Pt 원자와 강하게 결합하여 Pt 원자의 응집과 확산을 방지한다는 것을 확인하였으며, Pt 나노입자에 흡착된 CO 분자들이 Ce, Ti 이온을 연결하는 산소이온들에 의해 MvK (Mars-van Krevelen) 메커니즘을 통해 산화되는 것을 발견하였다. CeO_2-TiO_2 지지체를 사용한 Pt 촉매는 TiO_2 위에 지지된 Pt 나노입자 대비 우수한 반응성과 안정성을 보였으며, 이는 CeO_2가 Pt 나노입자를 작게 분산시키는 것은 물론, 강하게 고정하여 시간에 따르는 Pt 나노입자의

성장에 의한 촉매 특성 저하를 방지했기 때문으로 생각된다. 본 연구는 금속 촉매입자를 고정하는 역할에 머물러있던 산화물 지지체를 적극적으로 이용하여 반응성과 안정성이 우수한 촉매를 디자인할 수 있음을 보였다는 점에서 의의를 가진다.

[전산3-5 | 14:30]

Deformation mechanisms of γ-TiAl: Molecular dynamics (MD) study: *정병관, 김재민, 김성웅[1], 유승화 ; *한국과학기술원. [1]재료연구소.*

Keywords: γ-TiAl, molecular dynamics (MD), Schmid factor, generalized stacking fault energy

TiAl 합금은 비중량이 낮고 높은 내열 및 내산화 특성을 가지고 있기 때문에 니켈 합금을 대체할 수 있는 재료로 손꼽히고 있다. TiAl 합금은 α_2 와 γ 상 (alpha 2 and gamma phase)이 특정 방위 관계 (crystallographic orientation relationship)를 가지는 적층 구조 (lamellar structure)를 형성한다. 이러한 TiAl 합금의 거시적인 기계적 거동을 이해하기 위해서는 각 단일 상의 미시 변형 메커니즘에 대한 깊은 이해가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 $L1_0$ 구조를 갖는 γ-TiAl 나노선 (nanowire)에 대한 변형 메커니즘 규명을 위한 분자동역학 연구를 수행하고자 한다. 총 10가지의 서로 다른 결정 방위를 갖는 γ-TiAl 나노선을 이용하여 인장/압축 (uniaxial tension/compression) 해석을 각각 수행하였고 해석 결과를 정량적으로 분석하기 위해 Schmid 계수 (Schmid factor) 및 일반화된 적층 결함 에너지 (generalized stacking fault energy)를 계산하였다. 해석 결과를 통해 γ-TiAl 나노선의 기계적 거동은 Schmid 계수 및 일반화된 적층 결함에너지에 의해서 지배된다는 것을 확인 할 수 있었고 γ-TiAl 나노선이 총 세가지의 변형 모드 (슬립, 쌍정 및 파단)를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

[전산3-6 | 14:45]

Determining surface energy of Pt by fitting surface segregation tendency of Pt - M (M=Ni,Co, Fe, Ti, Cu, Mo, V, Al) alloys using 2NN MEAM potential and Monte Carlo simulations: *Jin Soo Kim, Byeong Joo Lee ; *POSTECH.*

Keywords: Surface energy, surface segregation, Pt bimetallic alloys, 2NN MEAM, Monte Carlo

Surface energy (mJ/m^2) of Pt was determined ((100): 2036, (110):2106, (111): 1501)) by fitting the surface segregation tendency of eight Pt - M (M=Ni, Co, Fe, Ti, Cu, Mo, V, Al) alloys reported by experiments. To fit surface segregation tendency, Monte Carlo simulation was conducted using second nearest-neighbor modified embedded-atom method (2NN MEAM) potential. The potential reproduce various fundamental properties, mostly in reasonable agreements with experimental data or first-principle calculations. We changed one of the unary potential parameters of Pt, Ni, Co from already-published parameters, which influences surface energy and vacancy formation energy. Both surface energy and vacancy formation energy of Pt, Ni, Co do not deviate far from experimental value or first-principle calculations. This potential can be utilized to predict shape and atomic configuration of Pt bimetallic nanoparticles which are key factors of performance of catalysts.

[전산4-1 | 15:15]

Phase-field 모델을 이용한 Bain, Kudjumov-Sachs, Nishiyama-Wassermann, Pitsch 메커니즘의 마르텐사이트 상변태 시뮬레이션 : *조민규, 차필령, 홍승연[1], 배문기[1]; *국민대학교 [1]현대자동차 남양연구소.*

Keywords: martensite, martensitic transformation, phase field, strain

강의 마르텐사이트는 조성에 따라서 미세조직뿐만 아니라 격자구조, 모상과의 방위관계, habit plane과 같은 결정학적 특징도 변화하는 것으로 관찰되고 있다. 최초로 연구된 이론은 Bain 변형에 의한 Bain 방위관계의 마르텐사이트 상변태 연구이다. 기존의 Phase-field 모델을 이용한 마르텐사이트 상변태는 Bain 변형에 의한 탄성상호작용으로 나타나는 미세구조를 해석한 것으로 이 결과는 서로 다른 두 가지의 Bain variant가 조합되어 layer by layer구조를 이루는 것으로 플레이트 마르텐사이트와 유사한 결과가 나타난다. 그러나 이 구조에서 나타나는 habit plane과 twin plane은 실제 실험에로 관찰되는 방위와 다르게 나타난다. 실험적으로 관찰되는 모상과의 방위관계는 Kudjumov-Sachs(KS), Nishiyama-Wassermann (NW), Pitsch, Greniner-Troiano(GT) ORs로 나타나기 때문에 Bain mechanism만으로 마르텐사이트가 형성되지 않을 가능성이 있다. 이와 관련하여 KS, NW, Pitsch variant가 얻어지는 마르텐사이트 상변태 메커니즘이 연구되었다. 본 연구에서는 Bain 메커니즘이 아닌 KS, NW, Pitsch 메커니즘에 의한 Phase-field 모델을 이용하여 기존의 Phase-field 모델이 가지는 문제를 해결해 보고자 하였다. Bain 메커니즘이 3가지 variant를 가지는 반면에 KS, NW, Pitsch 메커니즘은 24, 12, 12가지의 variant를 가지기 때문에 다상계를 효과적으로 풀어낼 수 있는 Multi Phase-field 모델을 이용하여 접근하였다. 이 모델을 통하여 이러한 상변태 메커니즘이 에너지의 관점에서 타당하게 이루어 질 수 있는지와 이 variant의 차이로 나타나는 마르텐사이트 미세조직에 대해 논의하였다.

[전산4-2 | 15:30]

The analysis of micromechanical behavior of a composite using fast fourier transform based on the viscoplasticity: non-regular particles: *YoungKyun Son, Subin Lee ; *UNIST.*

Keywords: Viscoplasticity, mechanical behavior, FFT method, non-regular composites

In the previous study, the mechanical properties of composites related to microstructural parameters such as a size and spatial distributions of particles and volume fraction of particles were investigated. The results of previous unit cell study are that the matrix channels which have the high strain-rate are developed at interfaces and affected by particle positions. We studied the microstructure-mechanical fields relationship using Fast Fourier Transform(FFT) method based on viscoplasticity. As input microstructures, we prepared two-phase composites, where hard body centered cubic, spherical particles were grown up to prescribed volume fraction from

the non-regular positions inside soft face centered cubic matrix. As the first attempt, cube orientation was assigned to both phases. We found that the stress and strain-rate fields were not only functions of volume fraction and contiguity of particles, but also position of particles. These are found to be mainly due to the morphological difference in the matrix phase and development of paths with high strain-rate values.

[전산4-3 | 15:45]

Mechanical behavior of three-dimensional metal-metal composite unit cells: A comparison between viscoplastic FE and FFT analysis: *Sihwa Sung, Youngkyun Son, Sukbin Lee ; *UNIST.*

Keywords: FE Method, FFT Method, viscoplasticity, mechanical filed, composites

In this work, we compare two simulation approaches, finite element (FE) and Fast Fourier Transform (FFT) methods in the context of crystal plasticity. For this study, a viscoplasticity constitutive law is applied on both schemes. Three different kinds of unit cell s with different volume fraction of reinforced particles, surrounded by soft matrix, are instantiated to predict viscoplastic behavior of the composites. A periodic boundary conditions are imposed on both Representative Volume Elements(RVEs). In the FE analysis, the unit cells are discretized with a hexahedron grid of 64x64x64 elements and in the case of FFT 64x64x64 voxels with a single Fourier point/ voxel are used. As a result, stress and strain contours, relative sustainability and activity, stress-strain graph and average behavior of unit cell composites were compared between FE and FFT methods.

[전산4-4 | 16:00]

Numerical simulation and Experimental study on Electromagnetic field and Heat transfer in Electromagnetic Cold Crucible (EMCC): Hyun-Jae Lee, *HYUN-DO JUNG, Su-Hyun Baek, Jonghyun Seo, Byung-Moon Moon ; *Liquid Processing & Casting Technology R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Electromagnetic Cold Crucible, titanium, heat transfer, electromagnetic field

Electromagnetic Cold Crucible (EMCC) is one of the most important inductive heating method for melting materials, especially electric conductive materials. It is beneficial to get homogeneity of the molten metal due to vigorous electromagnetic stirring induced by Lorentz forces. Furthermore, magnetic pressure which makes the melts non-contact with the inner wall of water-cooled copper crucible suppress contamination of reactive metals such as rare earth metals, Ti, Ta, Zr and its alloys etc. It is highlighted that the relationship between the parameters related to configuration of cold crucible, frequency and electric power affects the stabilized non-contact working condition and total energy transfer efficiency. In a joint numerical and experimental study, designing various processing variables and parameters should be investigated to understand physical mechanism and to enhance operation aspect to efficiency of the whole system. In this study, multiphysics consisting of electromagnetic field, heat transfer and fluid dynamics have been solved by commercialized finite element method code. The governing equations represent several coupled phenomena: electromagnetic interactions between the induction coil, the crucible and the conducting metal charge within it, heat transfer and phase transformation, and turbulent fluid flow in the melt. A series of experiments designed to assist the model is also described based on the development and validation of the numerical model.

[전산4-5 | 16:15]

Transient fluid flow patterns analysis in the conventional slab continuous casting mold for the different SEN port angle: *이원혁, 이경우 ; *서울대학교 재료공정해석 및 설계 연구실.*

Keywords: water model experiment, oscillatory flow, jet angle, FFT analysis

Fluid flow patterns within a conventional slab continuous casting mold are closely linked to the port angle of the submerged entry nozzle (SEN). The fluid flow is asymmetric below a certain port angle, with specific oscillation frequencies near the port outlet, jet stream oscillation and repeated formation and dissipation of a vortex within the mold. However such oscillation phenomena are absent above a certain port angle, whereupon the flow pattern becomes symmetric, and both the jet stream oscillation and vortex formation can no longer be observed. Such phenomena have been verified by both numerical simulation and water model experimentation, and it has been confirmed that there are two separate regions with differing flow patterns depending on SEN port angle. Additionally, the jet angle is defined and through analysis of its change over time along with velocity change, a close relationship between the two is shown quantitatively. The present study presents a method to provide a clearer understanding of the complex flow patterns within the mold and to attain a steady flow pattern.

철강 I
Room 컨벤션홀 III, 4월 26일

[철강1-1 | 09:30]
Microstructure and mechanical properties of Nb-bearing medium Mn steel for warm stamping: *남재훈, 한정호[1], 강석현, 이영국 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.*
Keywords: Medium Mn steel; Hot stamping; Warm stamping; Martensitic transformation; Niobium; Precipitation hardening

Hot stamping 공정이란 복잡한 성형 및 고강도가 동시에 요구되는 부품을 제작하는 공정으로, 고강도강을 성형이 용이한 오스테나이트 단상 온도에서 프레스 성형 이후, 금형 내에서 급냉하여 마르텐사이트 조직을 얻어 고강도(1.5GPa 이상)를 얻는 공정이다. Hot stamping용 강재인 22MnB5를 이용한 hot stamping 공정에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔다. 그러나 이러한 hot stamping 공정은 여러 문제점들을 보이고 있다. 고온의 성형온도로 인해 열 에너지 소비가 크며, 산화가 일어나 추가적인 표면처리가 요구된다. 또한 프레스 금형 표면이 가열 및 냉각이 반복되어 열피로 때문에 금형의 수명이 줄어든다. 마지막으로 성형 이후 상온 강도는 1.5 GPa로 높으나 총 연신율이 10% 미만으로 매우 낮아, 충격 흡수를 제대로 하지 못한다. 따라서 충격 흡수에너지를 증가시키기 위해 국부적으로 tempering 공정이 추가되어 생산성 저하 및 가격 상승원인이 된다. 최근 망간을 약 3~10.wt.% 함유한 중망간강은 높은 망간 함량으로 낮은 A_1 및 A_3 온도를 보이며 열간압연 후 비교적 느린 냉각속도에서도 페라이트 변태가 억제되어 경한 마르텐사이트 단상 조직을 얻을 수 있다. 기존의 중망간강 연구에서는, 중망간강을 차체용 강판으로 적용 하기 위하여, 최적의 기계적 성질을 나타내는 미세조직 제어법에 대하여 주로 진행되어 왔다. 하지만 중망간강을 hot stamping용 소재로 이용하게 된다면, 성형 온도를 낮출 수 있고 (warm stamping), 공냉과 같은 서냉으로도 마르텐사이트를 얻어 고강도를 얻을 수 있어, 기존 hot stamping 공정의 단점을 보완할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는, warm stamping용 중망간 합금을 설계하고, 이의 미세조직 및 물성을 평가하고자 한다.

[철강1-2 | 09:45]
TWIP강의 고온 기계적 특성 및 미세구조 분석: *이병주, 오호균, 홍순익 ; *충남대학교 공대 금속공학과 에너지기능재료실험실.*
Keywords: twin twip deformation twin

TWIP강은 상온에서도 오스테나이트 형상의 조직을 이루고 있는 고합금계으써 높은 강도와 우수한 성형성을 가지고 있다. TWIP강은 Mn의 함량을 높임으로써, 오스테나이트 안정화 및 고온 가공성의 향상을 갖추고 있는 고합계이다. 이러한 TWIP강은 높은 강도와 우수한 성형성 때문에 차세대 합금계로 연구가 진행이 되고 있다. 본 연구에서는 Mn 17%의 고망간 TWIP강의 고온 기계적 특성시험을 통하여 온도에 따른 기계적 특성과 미세구조 변화를 연구하였다. 본 연구결과 TWIP 강의 변형에 미치는 deformation twin의 기여량은 온도가 증가할수록 감소하였으며 500ºC 이상에서 deformation twin은 관찰되지 않았다. 또한 중간온도 영역에서의 연성감소 현상은 동적변형시효에 의한 것으로 분석된다

[철강1-3 | 10:00]
Fabrication of bimodal-grained microstructure in Fe-7Mn-0.05C steel: *Seok-Hyeon Kang, Jeongho Han[1], Seung-Joon Lee[2], Young-Kook Lee ; *Yonsei University.[1]Chungnam National University.[2]Osaka University.[3]Hanyang University.[4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*
Keywords: Bimodal-grained, Microstructure, Medium Mn steel, Lüders band, Mechanical properties

최근 10 wt.% Mn 및 0.3 wt.% C 보다 낮은 함량을 갖는 중Mn강은 합리적인 재료비와 우수한 기계적 특성으로 인해 주목을 받고 있다. 일반적으로 중Mn강은 열간 압연 후 α'-마르텐사이트 조직을 보이고, 냉간 압연 후 이상 열처리를 통해서 구상 α-페라이트와 잔류 g-오스테나이트(γR)의 이상조직을 나타낸다. 두 상의 결정립 크기는 약 300 nm에서 1 μm로 초세립이며, γR의 부피 분율(VγR)은 약 0.2에서 0.4까지이다. 냉간 압연 후 이상 열처리한 중Mn강은 변형 중에 γR에서 TRIP(Transformation-induced plasticity) 현상 때문에, 800 MPa 이상의 강도와 40 %에 도달하는 연성을 갖는다. 중Mn강의 기계적 성질을 향상시키기 위한 대부분 이전 연구는 이상열처리 온도와 시간, 가열 속도, 냉각 속도를 바꾸면서 VγR을 높이는 방향으로 진행되었다. 한편, 최근에는 중Mn강의 기계적 성질을 향상시키기 위해 합금 원소(e.g. Al, Si)의 첨가를 통한 bimodal-grained 미세조직을 구현하는 연구가 진행되었다. 그러나 중Mn강에 Al 또는 Si을 첨가하면 재료 비용의 증가, 노즐 막힘 및 몰드 플럭스의 특성 변화와 같은 문제가 발생하여 연속 주조가 어려워진다. 따라서, 본 연구의 목적은 중Mn강에서 합금 원소를 첨가하지 않고 thermo-mechanical 공정을 통해서 bimodal-grained 미세조직을 개발하고, 미세조직과 인장 특성 사이의 관계를 체계적으로 분석하는 것이다.

[철강1-4 | 10:15]
아연도금 TWIP강판의 액체금속취화 (LME)에 미치는 가열속도의 효과: *김도엽, 강지현, 김성준 ; *포항공과대학교 철강대학원 (GIFT).*
Keywords: Liquid Metal Embrittlement, High Mn TWIP steel, Fe-Zn intermetallic compounds

고망간TWining Induced Plasticity (TWIP) 강은 우수한 강도 및 연신율로 차세대 자동차 강판으로 주목 받는 강재이다. 자동차용 강재로 사용되기 위해서는 기계적 성질뿐만 아니라 내식성을 위한 아연 도금과 차체 조립을 위한 저항 접용접성이 확보되어야 하는데 아연 도금된 TWIP 강판의 경우, 저항 점용접시에, 액체금속취화 (Liquid Metal Embrittlement: LME)에 의한 균열이 용접

부와 그 주변에 발생하여 용접 및 피로 강도에 악영향을 준다. 이러한 액체금속취화에는 다양한 인자들이 영향을 미치는데 본 연구에서는 가열속도의 변화에 따른 아연 도금층의 상변태와 그에 다른 융융 아연 취화의 변화를 고온인장 시험을 이용하여 분석하였다. 4 - 100ºC s^{-1} 범위의 다양한 가열속도로 시험편을 600, 700, 800ºC까지 가열한 후 고온인장을 진행하였으며, 도금층의 상들을 XRD와 SEM-EDS를 이용하여 분석하였다. 가열속도 및 변형 온도에 따라 도금층이 여러 가지 Fe-Zn 합금상들로 변태하였으며, 그에 따른 녹는점의 변화로 융융 아연에 노출되는 정도에 차이가 생김으로써 액체금속취화 정도의 차이를 관찰할 수 있었다.

[철강1-5 | 10:30]

Simulation of precipitation kinetics and precipitation strengthening of k-carbide in low density steel: *이재은, 박시욱, 김황선, 박성준[1], Phaniraj Madakashira, 한흥남 ; *서울대학교 [1]재료연구소*

Keywords: Low density steel, k-carbide, numerical simulation, precipitation hardening

철강소재의 강도 증가를 위한 연구 개발이 오랫동안 진행되어 왔지만, 강도가 증가할수록 강성 및 충격 특성이 저하되어, 강재와 부품의 두께 감소를 통한 경량화는 점차 한계에 이르고 있다. 이에 대응하여 Fe 원자보다 원자량이 작은 치환형 원소인 Al 등을 첨가하여 밀도를 낮춘 경량철강 소재가 제안되었다. 경량철강 소재 중 오스테나이트계 경량철강은 우수한 기계적 물성과 밀도 감소 효과를 보인다. 이 강재를 적정한 온도 및 시간에서 시효처리 하였을 때, k-carbide와 같은 석출상이 형성되는데, 이 때 강도가 크게 향상되는 데에 반해 충격특성이 급격히 저하되는 것을 확인하였다. 그러므로 k-carbide 석출 거동을 예측하여 경량철강 소재의 기계적 물성 변화를 분석하는 것이 매우 중요하다. 하지만 k-carbide의 크기가 나노 단위이므로 투과전자현미경 등을 사용하여 확인해야 하므로 분석 상의 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 상용 석출 계산 프로그램을 사용하여 시효처리 시 나타나는 k-carbide 석출물의 생성 거동을 분석하였다. 이 때 열역학 데이터베이스와 kinetic 데이터베이스를 기반으로 하여 석출물의 핵생성 모델, Nearest-neighbor broken-bond 모델, 평균장 이론 등을 바탕으로 석출 계산을 진행하였다. 또한, 예측한 데이터를 검증하기 위하여 투과전자현미경의 암시야상을 바탕으로 특정 시효열처리 시간의 석출물 크기 및 비율을 확인하여 계산한 데이터와 비교하였다. 마지막으로 석출물의 양과 크기를 통해 석출 경화 거동을 항복 강도와 연관 지어 예측하였다. 석출 경화 거동은 크게 전단(shearing) 거동, 우회(bypassing) 거동으로 나뉘며, 주 석출 경화 거동은 두 가지 거동 중 필요로 하는 응력 변화량이 작은 거동에 의해 지배된다. 특정 열처리 시 석출물의 반지름을 확인해 보았을 때, 1000분까지의 시효 열처리 시 전단 거동이 주 석출 경화 거동임을 확인하였다.

[철강2-1 | 10:55] 강연

고강도-고연성 강재 개발을 위한 새로운 접근: Double Bainitic TRIP: 김경원, *이창훈, 김경일[1], 강전연, 이태호, 조경목[2], 오규환[1] ; *재료연구소(KIMS). [1]서울대학교 [2]부산대학교*

Keywords: TRIP, Retained austenite, Morphology, Tensile properties, Semi in-situ EBSD

자동차용 철강소재에서 강도와 연신율을 동시에 향상시키기 위해 많은 연구가 진행되었고, 대표적으로 Dual Phase(DP) 강, Transformation Induced Plasticity(TRIP) 강 등이 개발되었다. 앞으로 1000 MPa 이상의 고강도화 추세에서는 연신율이 보다 유리한 TRIP강의 적용이 확대될 것으로 예상된다. 그 동안의 TRIP강 개발 연구는 매트릭스상 및 잔류 오스테나이트 분율 최적화를 통해 기계적 특성을 개선하고자 하였다. 하지만, 본 연구에서는 TRIP강의 새로운 제조공정 설계를 통해 잔류 오스테나이트의 형상을 제어하고, 이로 인한 강도와 연신율의 향상 가능성을 살펴보고자 하였다.

[철강2-2 | 11:20]

취성 균열 정지특성이 우수한 조선용 고강도 EH47BCA 강재 개발: *황성두, 조영주, 조승재, 서용찬 ; *현대제철 기술연구소*

Keywords: 극후강판, ESSO, Kca, 취성 균열 정지특성, BCA

최근 조선산업에서는 수송효율을 향상시키기 위하여 선박의 전용선화 및 대형화가 이루어지고 있다. 이에 따라 컨테이너선의 대형화도 급속하게 이루어져, 2010년 이후에는 20,000TEU급 이상의 초대형 컨테이너선이 건조되고 있다. 컨테이너선의 대형화에 따라 적용되는 강재의 강도와 두께도 증가하게 되었지만, 선체의 무게증가와 수송연비가 증가하게 되어 초대형 컨테이너선의 경우 이러한 점을 극복하기 위하여, 고강도 저온인성 강재의 사용이 요구되고 있다. 기존의 초대형 컨테이너 선박의 경우 규격에서 요구하는 고강도 및 고인성을 만족하는 EH40/47-TM 강재를 Hatch Coaming부나 Upper Deck에 적용을 하였지만, IACS 규정의 개정에 따라 YP36 grade 이상의 강재에 대하여 50t 초과강재의 경우 취성 균열 정지(Brittle Crack Arrest)의 특성을 만족하는 강재를 2014년부터 계약된 호선에 필수적으로 적용을 하고 있다. 이에 따라 15년 이후의 대형 컨테이너 선박에서는 실제로 BCA 보증강재를 사용하고 있다. 현대제철에서는 15년 기존의 발표를 통해 EH40BCA 강재를 100T까지 개발 및 인증을 완료하여, 국내 조선사에 공급을 성공적으로 진행하였다. 또한 대형시험에 대한 비용 및 시간을 줄이기 위하여 DWT(Drop Weight Test)를 이용한 대체 시험법 또한 각 선급으로 승인을 받아 실제 EH40BCA 강재 양산시 적용해 오고 있다. 이번 본문에서는 초대형 컨테이너 선박의 Hatch Coaming부에 사용되는 고강도 고인성 강재인 EH47BCA 강재에 대한 현대제철의 개발결과에 대하여 논의하고자 한다.

[철강2-3 | 11:35]

Effect of Substructure on Crack Propagation of the Bainite/Martensite Mixed Structure in Low Carbon Steel: *Jae Young Cho, Inshik Suh ; *POSCO Technical Research Laboratories.*

Keywords: Bainite/martenstie structure, Cleavage crack, Bain boundary, EBSD

In this study, EBSD analysis was carried out in order to investigate the effect of substructure on crack propagation of the bainite/

martenstite mixed structure in low carbon steel. The secondary crack beneath fracture surface of Charpy impact tested specimen devigated at Bain boundary (θ>45°)and the crack plane was almost parallel to {100} plane. It is concluded that the effective unit for toughness property evaluation of the bainite/martensite mixed steel is the size of Bain area.

[철강2-4 | 11:50]

The study on the correlation of large scale and small scale test for BCA steel: *jo seung jae, Hwang sung doo, Cho young joo, Seo young chan, Joo hwung gun ; *Hyundai steel RnD center plate research team.*

Keywords: ESSO, CAT, NRL, BCA steel

Currently, britle crack arrestability is highly important in heavy gauge steel plate using Hatch coaming and upper deck of large container ship more than 14,000 TEU. Large scale test such as ESSO or CAT test is widely used for evaluating the BCA properties. But the test cost and period is remarkably high and long additionally, a large scale test facility possessing more than 300 ton loading capacity is required to performed these test. Therefore, the study on the correlation between small scale and large scale is urgently needed to manufacture and ensure to evaluate BCA steel. In this study, we simplified evaluation method for BCA properties using small scale test (such as NRL drop weight test) and proved Weigner equaiton widely used formula of the relationship between NRL and CAT of EH40 grade steel.

[철강2-5 | 12:05]

Anisotropic mechanical behavior of hot rolled Ti-Nb microalloyed low carbon HSLA steel: *Hyuntaek Na, Sungil Kim, Seokjong Seo, Inshik Suh ; *POSCO Technical Research Laboratories.*

Keywords: HSLA steel, thermomechanical rolling, TiC, NbC, delamination

It is generally known that high strength low alloyed (HSLA) steel is manufactured by thermomechanical rolling (TM rolling) associated with fine precipitates such as TiC, NbC in order to obtain high strength and good ductility. However, the TM rolling imposed on HSLA steel leads to generation of delamination, perpendicular to main crack (or parallel to sheet surface), during uniaxial tensile test. However, it was not clarified which factor was responsible for that unique anisotropic mechanical behavior in HSLA steel during elongation. In the present study, we aim to clarify effects of crystallographic texture, microstructure, and segregation of chemical components on the unique anisotropic mechanical behavior of Ti-Nb microalloyed low carbon HSLA steel.

[철강2-6 | 12:20]

Effects of microstructures and pipe forming strain on Bauschinger effect of API X70 and X80 linepipe steels: *김대웅, 이석규, 손석수, 김기석[1], 김완근[2], 이성학 ; *포항공과대학교 신소재공학과. [1]포스코 철강솔루션마케팅실. [2]포스코 POSCOA 팀.*

Keywords: API, Bauschiner effect, Interrupted EBSD, Mobile dislocation density

Linepipe steels have been used for the long-range transportation like crude oil or natural gas. In the condition, these require high strength to endure the high-pressure. Widely used API X70 or X80 grade linepipe steel sheets are fabricated in a coil form, leveled, and then formed to be pipe. Because mechanical properties of pipe are measured after flattening of pipe to sheet due to curvature, pipes are undergone repeated tension and compression strain. During the deformation, the yield strength of pipe decrease because of Bauschinger effect. In this experiment, API X70 and X80 grade linepipe steel sheet are fabricated on different cooling start and coiling temperature. To evaluate Bauschinger effect specimens underwent different pre-strain and compressed after then. According to this pre-strain, yield drop is fitted as a function having saturation section. To confirm which microstructure affects Bauschiner effect critically, interrupted V-point bending EBSD technique is used. As a result, polygonal ferrite(PF) shows high mobile dislocation density than granular bainite(GB).

[철강3-1 | 13:30]

Correlation of Microstructural Factors and Strain-Aging Properties of Stain-Based API Linepipe Steels: *SangIn Lee, Hwan-Gyo Jung[1], Chang-Sun Lee[1], Byoungchul Hwang ; *Seoul national university of science and technology. [1]POSCO Technical Research Laboratories.*

Keywords: API linepipe steels, stain-aging, strain-based design, microstructural factors, deformability

Structural steels with higher strength and higher toughness have been increasingly required to establish stable and safe constructions of large buildings, industrial facilities, bridges, and ships. In particular, the recently developed American Petroleum Institute (API) linepipe steels need to have excellent deformability as well as high strength and toughness to improve the fracture resistance against sudden deformation and fractures caused by heavy storms, earthquakes, and seismic sea waves. After new design methodology so-called strain-based design (SBD) was introduced in pipeline steels, many studies are currently underway. In order to install the pipeline at the severe region, the use of SBD linepipe steels with high deformability will be perhaps most important. However, SBD-API linpipe steels very difficult to predict tensile properties after strain aging because they have complex microstructures dependent on chemical composition and processing conditions. Accordingly, the objective of the present study is to investigate the correlation between microstructural factors and strain-aging properties of strain-based API linepipe steels

[철강3-2 | 13:45]

The effects of heat treatment on the micro-structure and precipitates in hot-rolled low carbon steels: *김주은, 설재복[1], 박찬경 ; *포항공과대학교 [1]나노융합기술원(NINT).*

Keywords: low carbon steel, nano-precipitates, heat treatment, STEM, APT

오늘날 자동차 산업에서는 연비 향상, 안전성 향상 등이 이슈가 되어 그 해결책을 찾는 연구가 활발히 진행되고 있다. 자동차 강판으로 사용하기 위한 재료의 경우 우수한 강도가 중요한 조건이며, 이를 만족시키기 위한 냉연 TRIP강, DP강 등에 대한 연구가 활발했었으나, 성형성이 부족해 자동차 강판으로서 최적화된 재료로 보기가 어려웠다. 최근, 강도와 성형성을 동시에 향상시키는 강재가 개발되고 있으며, 본 연구에서 사용된 재료의 경우, 페라이트 기반의 결정립 미세화와 나노 석출물 생성 등을 통해 재료의 강도와 성형성을 동시에 향상시킬 수 있게 되었다. 특히, Ti, Mo, V 합금원소를 첨가해 수-수십 나노사이즈의 석출물을 형성시켜 재료 강도 향상 효과를 얻었다. 이러한 석출물들이 열처리 과정을 거치면 재료의 강도 측면에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구를 진행하였다. 페라이트 매트릭스를 유지할 수 있는 온도에서 열처리를 하였으며, 열처리 후 기계적 성질과 미세구조와의 상관관계를 확인하기 위해 결정립 크기 및 모양, 나노 석출물 변화 양상 등을 EBSD, STEM, APT를 이용하여 분석을 진행하였다.

[철강3-3 | 14:00]

SA508 Gr.4N Ni-Cr-Mo계 저합금강 모델합금의 이상영역 열처리가 불순물 편석에 미치는 영향: *이초롱, 김민철[1], 이봉상[1] ; *한국과학기술연합대학원대학교 [1]한국원자력연구원.*

Keywords: SA508 Ni-Cr-Mo계 저합금강, 이상영역 열처리, 템퍼취화, 천이온도

SA508 Gr.4N Ni-Cr-Mo계 저합금강은 현재 상용원전에 적용되고 있는 SA508 Gr.3 Mn-Mo-Ni계 저합금강보다 강도와 인성이 우수한 소재로써, 원자로압력용기에 적용하기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 원자로압력용기는 약 300°C의 온도에서 40년 이상 사용되어지는 1차측 주요부품으로, 원전의 안전성을 확보하기 위해서는 장기가동 시 발생할 수 있는 취화특성에 대한 검증이 필요하다. 원자로압력용기의 대표적인 취화 기구인 중성자 조사취화와 더불어 300°C의 온도에서 장기간 사용시 발생할 수 있는 열적 취화현상에 대한 검증도 반드시 수반되어야 한다. 본 연구에서는 SA508 Gr.4N Ni-Cr-Mo계 저합금강의 템퍼취화 저항성에 미치는 이상영역 열처리 효과를 평가하고자 하였다. ASME 규격 내의 조성범위를 갖는 기준 모델합금과 함께, 템퍼 취화 거동을 보다 확실하게 비교하기 위하여 규격보다 불순물인 P의 함량을 약 10배 증가시킨 모델합금을 이용하여 이상영역 열처리 적용 유·무에 따른 취화특성의 변화를 평가하였다. 충격시험 결과 이상영역 열처리를 적용한 경우, 취화열처리 후 천이온도 변화량(△T41J,T68J)이 적게 나타났다. 또한 SEM과 EBSD 분석을 통해 이상영역 열처리 적용에 따른 미세조직 변화를 관찰하고, 자세한 불순물 편석 거동을 알아보기 위하여 picric 포화 수용액에 습윤제를 넣은 용액을 이용하여 편석 위치를 선택적으로 에칭하여 관찰하였다. 이러한 결과를 바탕으로 SA508 Gr.4N Ni-Cr-Mo계 저합금강의 이상영역 열처리 적용에 따라 미세조직의 변화 및 그에 따른 불순물 편석 거동의 변화를 고찰하였다.

[철강3-4 | 14:15]

보론강의 기계적 특성에 미치는 2단 열처리의 영향: *김안나, 임항준, 심우정[1] ; *한국산업기술대학교 [1](주)새한산업.*

Keywords: Boron steel, Hot-staming, Heat treatment, Local softening

최근 자동차 산업에서의 경량화 추세로 고강도강의 사용이 점차 증가되고 있다. 고강도강은 성형이 어렵고 가공 후 변형 회복 현상이 발생하는 등의 문제점이 존재하여, 이를 해결하고자 핫스탬핑 공법이 개발되었다. 핫스탬핑 공법은 보론강을 900°C 이상의 고온으로 가열하여 오스테나이트 조직을 형성시킨 후, 금형을 이용한 성형 및 상온까지의 급냉을 통하여 마르텐사이트 조직으로의 상변태로 1500 MPa 이상의 고강도를 얻는 방법이다. 핫스탬핑 공법을 적용한 보론강의 경우, 인장 강도 및 경도는 높지만 연신율은 5% 수준으로 매우 낮은 값을 가지므로 외부 충격 시 취성 파괴가 발생한다. 이러한 취성 파괴의 발생을 방지하고자, 보론강이 적용되는 자동차 부품에서 외부의 충격을 받는 영역을 국부적으로 연화시키는 열처리에 대한 연구가 진행되고 있다. 현재 연구되고 있는 1단 연화 열처리는 보론강의 마르텐사이트 분율 감소와 결정립계에 탄화물 석출로 연신율이 증가되는 반면, 인장강도 및 경도가 현저히 저하되는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 보론강의 2단 연화 열처리를 통하여 인장강도, 경도 감소의 최소화 및 취성 파괴 방지를 위해 연신율을 증가시키고자 하였다. 실험은 핫스탬핑 공법으로 제작된 시편을 고주파 유도 코일을 이용하여 1단 열처리 (600°C, 10초) 후, 2단 열처리 (400~600°C)를 진행하였다. 실험 결과, 2단 열처리 430~550°C 영역에서의 경도는 기존 1단 열처리와 비교했을 때 약 9% 증가했다. 또한 2단 열처리에 따른 경화상 석출 등의 미세조직 변화를 비교하고자 SEM 관찰, EDS 성분 분석을 진행하였다.

[철강3-5 | 14:30]

9Cr-2W강의 시효에 영향을 미치는 보론 및 질소 첨가 효과에 대한 미세조직학적 고찰: *정은희, 김영도, 김성호[1] ; *한양대학교 [1]한국원자력연구원.*

Keywords: 9Cr, 9Cr-2W, 열처리, MX, $M_{23}C_6$.

소듐냉각고속로는 액체 소듐을 냉각재로 이용하며 고속중성자를 사용하여 핵분열을 일으키는 원자로로 현재 경수로의 뒤를 잇는 차세대 원자로로 개발되고 있는 원자로이다. 대한민국은 우라늄 자원을 재활용하고 현안으로 대두되고 있는 사용 후 핵연료 양을 감축하기 위하여 차세대 순환형 핵연료 기술을 개발하고 있으며 이의 일환으로 2028년까지 SFR 실증로를 건설할 계획으로 추진하고 있고 이에 관련 핵심기술을 개발하고 있다. 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor Fast Reactor) 핵연료 피복관은 핵연료와 원자로의 건전성을 결정하는 핵심부품으로 원자로 가동온도 조건에서 우수한 열적 크리프 성능을 요구하고 있다. 기존의 Gr.92강을 기준 합금으로하여 미량원소를 첨가하여 크리프 성능을 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 특히 보론과 질소의 함량을 조절한 합

금의 경우, 우수한 크리프 특성을 확인하였다. 이러한 보론과 질소의 첨가에 따른 크리프 특성 향상의 원인에 대해서는 고온에서 미세조직 안정화에 의한 것으로 보고하고 있는데, 본 연구에서는 시효처리를 통하여 이러한 미세조직 안정성을 보다 정량적으로 평가하고, 시효 시간에 따른 미세조직 변화 및 기계적 특성 변화를 체계적으로 평가하고자 하였다. 질소 함량이 높은 신피복관 합금의 경우, 최종 열처리 후에 나노사이즈의 MX형 석출물들이 다량 석출하고 있었으며, 보론 함량이 높은 신피복관 합금의 경우 $M_{23}C_6$ 석출물의 성장 속도가 감소하는 것을 확인하였다. 이는 $M_{23}C_6$ 석출물에 분포하고 있는 보론에 의한 것으로 판단되었다. 이와 같이 질소 또는 보론을 첨가하여 석출물의 안정성을 높임으로써 신피복관 합금의 크리프 특성을 향상시킨 것으로 판단된다. 또한 보론 첨가합금에서는 시효 이후 강도 및 경도 값의 감소를 지연시키는 것으로 평가되었다.

[철강3-6 | 14:45]

Al-Ni 도금이 적용된 보론강 도금층의 상동정: *윤중길, 이재형[1], 곽승윤[1], 강정윤[1]; *부산대학교융합학부하이브리드소재응용전공. [1]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Coating, Hot-dipping, Aluminized steel, Fe-Al-Ni intermetallics, AHSS

최근 자동차 산업에서의 승객안전과 편의를 위해 차체의 강성을 높이려고 한다. 하지만 이는 차체 무게가 증가되는 현상을 동반하게 되고, 이러한 현상은 연비 향상을 위해 차체를 경량화 추세와 반대되는 경향이다. 그래서 차체의 경량화와 강성을 모두 얻기 위해서 첨단 고강도강 (Advanced High Strength Steel, AHSS)의 적용이 가속화 되고 있다. 이러한 AHSS는 고강도로 인한 낮은 연신율 때문에 가공 및 성형 시 Spring Back 현상이 발생된다. 그래서 복잡한 형상의 가공이 어려운 단점이 있다. 또한 고강도의 소재로 인하여 금형재의 소모가 매우 커서 경제적인 문제도 존재한다. 이러한 가공과 성형에서의 문제를 해결하기 위하여 열처리 전 AHSS소재를 고온에서 성형하고 동시에 빠른 냉각을 실시함으로써 고강도와 성형성을 함께 얻는 핫 스탬핑(Hot Stamping Process) 공법이 개발되었다. 이러한 핫 스탬핑 공법은 AHSS강재의 A3온도 이상의 고온으로 가열이 필요하기 때문에 강재 표면의 탈탄을 방지하기 위하여 도금층이 필수적으로 요구되고 있으며, 현재 Al-Si 용융 도금을 실시하고 있다. 한편 Al-Si도금된 보론강의 레이저 용접 시에 이전 연구에 의하면 도금층이 용융부에 혼입되어 핫 스탬핑 열처리 과정 중 용접부의 기계적 성질을 감소시키는 페라이트로 변태되어 용접부의 기계적 성질을 감소시킨다고 보고하고 있다. 그래서 본 연구에서는 도금층의 성분변화를 통해서 도금층의 혼입이 일어나도 페라이트가 생기지 않는 스마트 도금층에 대한 연구중에서 Al-Ni계 도금 도가니에 도금한 핫스템핑용 보론강재의 도금층 및 반응층에 생성된 상에 대한 상동정을 연구하고자 한다. 이때 도금층의 상동정을 위해 광학 현미경과 주사전자 현미경, EBSD을 이용하였으며, 조성분포 분석을 위해 EPMA및 EDS를 사용하였다.

[AW-5 | 15:15] 기술상 수상기념강연

Molten Mold Flux Technology for Continuous Casting of Steel: *Ki-Hyeon Moon, Min-Seok Park, Shin Yoo, Joong-Kil Park, Jung-Wook Cho[1]; *POSCO. [1]GIFT.*

It is well known that the fundamental function of mold flux is lubrication between solidified shell and copper plate to prevent shell sticking to mold plate. However, for producing higher quality of steel, mold flux should have more functions such as absorption of Al_2O_3 inclusions floated from the molten steel and heat transfer control to the mold plate. Using the heat originated from molten steel in the mold for melting solid mold flux is a brilliant idea, but the temperature at the meniscus is unavoidably dropped. Temperature drop at the meniscus is believed to form long meniscus hooks and Al_2O_3 inclusions including Ar gas bubbles can be entrapped at the front of the meniscus hooks. These entrapped things could consequently generate sliver defects on the final product of the ULC (Ultra Low Carbon) steel. The AHSS (Advanced High Strength Steel) is strongly demanded for vehicle lighting in order to improve energy saving, environment preservation and passenger safety. The TWIP (TWin Induced Plasticity) steel which contains light metals such as high Mn and high Al is regarded as one of the most promising steel grades since it shows both ultra high elongation and tensile strength. However, continuous casting using the conventional solid mold flux would be very hard caused by Al_2O_3 accumulation in the mold slag layer during casting. This affects melting behavior of the mold slag so that generates severe surface cracks for the continuously cast slabs. In order to improve the surface quality of continuously cast slabs, especially ULC steel and TWIP steel, the molten mold flux has been tested using the pilot continuous caster of POSCO. A furnace combined with a delivery system was fabricated for melting and feeding the mold flux into the casting mold. Various tests have been carried out to verify the performance of the molten mold flux technology. Heat flux from the molten steel to the cupper plate of the casting mold was measured and analyzed to compare with that of conventional solid mold flux. In addition, oscillation marks with meniscus hooks which influence the surface quality of cast slabs were investigated. This paper summarized the concept of the molten mold flux technology and discussed the test results using the pilot caster for ULC steel and TWIP steel.

[AW-6 | 15:40] 기술상 수상기념강연

자동차용 초고강도강의 개발 및 향후과제: *김성주 ; *현대제철 연구개발본부.*

지구환경문제와 안전장비의 증가에 대응하여 차체의 경량화를 위한 초고강도강의 적용은 지속적으로 증가하고 있다. 특히 최근에 생산되는 신차의 경우 590 MPa급 이상 초고강도강(AHSS, Advanced High Strength Steel)의 적용 비율이 50% 이상을 상회하고 있고, 추가 경량화를 위한 자동차 산업분야의 노력은 지속적으로 진행되고 있다. 고강도강의 개발은 1970년대에 590 MPa급 이하의 고성형 고강도강(고용경화강)과 HSLA(High Strength Low Alloyed Steel)강(HSS, High Strength Steel), 1980 ~ 1990년대에 DP(Dual Phase)강, TRIP(Transformation Induced Plasticity)강과 같은 변태조직강(AHSS)과, 2000년대에 TWIP(Twin Induce

Plasticity)강으로 대표되는 고망간 첨가강과 고온 가공 및 열처리로 초고강도를 확보는 핫스탬핑강, 그리고 현재 부품별 요구특성에 최적화된 제 3세대 AHSS로 이어지고 있다. 자동차용 강판의 개발과 전면 적용은 약간의 시차를 두고 있는데, 그 예로 1990년 초반에 집중으로 개발된 AHSS는 2010년 이후에 급속히 적용량이 늘어났고, 적용량이 늘어나면서 부품별 특성에 맞는 재질개선에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 현재는 추가적인 경량화를 위해서 980 MPa급 이상 초고강도강의 연성 및 굽힘특성 등을 개선한 새로운 강판개발에 대한 연구가 집중적으로 진행되고 있는데, 이는 2세대 초고강도강의 낮은 생산성 및 고비용 구조를 개선하고, 부품별 가공특성에 최적화된 초고강도강을 개발하기 위해서이다. 열연 공정에서의 최적 온도제어를 통한 다상 변태조직강의 개발, 냉연에서의 극한 열처리조건을 적용한 새로운 변태조직강 개발, 최적의 합금설계를 통해서 취성을 개선한 초고강도 핫스탬강 등을 개발하고 있다. 이러한 강종개발은 최적의 성능을 달성하기 위한 미세조직의 확보에 초점이 맞추어 졌고, 이들 달성하기 위한 새로운 개념의 열처리 조건 도출에 연구가 활발하게 진행되고 있어, 이에 대한 논의와 향후 연구방향에 대해서 고찰하고자 한다.

[철강4-1 | 16:05] 강연

멀티 강화기구 기반 초고강도 벌크 나노철강소재: *김형섭, 김정기, 설재복[1]; *Pohang University of Science and Technology (POSTECH). [1]National Institute of Nanomaterials Technology (NINT).*

고 강도 철강재료는 자동차, 항공, 선박 등의 민간에서 사용되는 운송수단의 경량화에 기여할 수 있으며, 철강 콘크리트 구조를 가지고 있는 대부분의 고층 건축물의 내구성 향상을 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 구조재료의 신뢰성과 안정성, 그리고 극한의 성능을 요구하는 국방 소재에서의 수요가 있기에 연구중요도가 매우 높다. 기존 목표하는 고강도 및 연성에 도달하기 위해 적용한 단일 강화기구 이론(전위 / 결정립도 / 상변태 / 석출 / 고용강화)에 의한 고강도 소재 개발은 한계점에 도달했다. 이에 본 발표에서는 나노 소재 제조공정을 기반으로 하여, 다양한 강화기구를 순차적 / 비순차적으로 발현해 단일 강화기구에 의한 고강도 철강소재 한계를 극복한 나노 철강소재를 보고하고자 한다.

[철강4-2 | 16:30]

The effect of the misfit dislocation on the in-plane shear resistance of the ferrite/cementite interface: *김재민, 강건욱[1], 유승화 ; *한국과학기술원. [1] 연세대학교.*

Keywords: pearlitic steel, ferrite/cementite interface, misfit dislocation, dislocation core-width, in-plane shear resistance

펄라이트 강 (pearlitic steel)이 나타내는 기계적 물성에 대한 이해를 높이기 위해 펄라이트강을 구성하는 페라이트/세멘타이트 계면 (ferrite/cementite interface, FCI)을 이용한 평면 전단 변형 거동 (in-plane shear deformation behavior)을 원자 단위 해석을 통해 연구하였다. 펄라이트 강 내부에 존재하는 Isaichev, near Bagaryatsky 및 near Pitsch-Petch 방위 관계 (orientation relationship)를 가지는 각각의 FCI에 하중제어기법 (force control)을 이용한 평면 전단 변형을 부여 하였다. 초기 FCI에 존재하는 계면 전위 (misfit dislocation)의 특성을 분석하기 위해서 xAIFB (extended atomically informed Frank-Bilby) 분석을 수행하여 계면 전위의 버거스 벡터 (Burgers vector), 코어 크기 (dislocation core-width), 전위 방향 (line orientation) 그리고 전위 거리 (line spacing)를 정량화 하였다. 각 전단 응력 상태에 따른 계면의 변형 거동을 분석하기 위하여 계면에 위치하는 원자의 변위 (displacement) 및 상대 변위 (relative displacement)를 계산하였다. 원자 단위 해석을 통해 도출된 변위, 상대 변위, 응력-변형율 선도 및 평면 전단 강도 맵 (in-plane shear resistance map)를 통해 계면 전위의 버거스 벡터 및 코어 크기가 계면의 평면 전단 변형 거동을 제어하는 핵심 요인인 것을 확인할 수 있었다.

[철강4-3 | 16:45]

TP347H, Super304H 오스테나이트계 내열강에서 $M_{23}C_6$ 입계 석출물 거동이 불순물의 입계 편석에 미치는 영향: *홍창완, 허윤욱, 허남회, 김성준 ; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: TP347H & Super304H Heat resistant austenitic steel, intergranular cracking, precipitation kinetics, impurity 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. 이 용접 열영향부에서의 수명 차이는 결정립계 석출물인 $M_{23}C_6$ carbide 석출과 이로 인한 불순물의 입계 편석 거동에 의해 발생된다고 판단되는 바, $M_{23}C_6$의 석출 거동과 입계 편석 거동을 연관지어 살펴볼 필요가 있다. 본 연구에서는 두 강종에 대하여 750도에서 stress rupture 시험을 진행하면서, 같은 시간 (50, 100, 500, 1300 시간)에서 rupture 시험을 중단하여 $M_{23}C_6$의 석출 거동 (Size, number density, morphology)과 불순물 (S, P)의 입계 편석 거동을 관찰하였다. 이를 통해 TP347H과 Super304H 두 강종의 조성 차이에 따라 $M_{23}C_6$의 서로 다른 석출 거동을 비교 분석하고 그에 따라 두 강종에서의 입계 편석 거동 차이를 이해하여, 최종적으로는 TP347H 강에서 발생되는 용접부 조기 균열의 원인을 규명하고자 하였다. $M_{23}C_6$를 분석한 결과, Super304H강에 비해 TP347H강에서 상대적으로 조대한 크기로 성장함을 확인할 수 있었고, 결정립계 석출물의 크기와 밀도에 따라 두 강의 불순물 (S, P) 입계 편석 정도가 달라짐을 확인하였다.

[철강4-4 | 17:00]

저탄소강의 고온 스케일 성장 거동의 in-situ 방사광 XRD 연구: *장창환, 신광수, 강성, 이창희, 주만길, 강영환, 성환구[1]; *RIST. [1]POSCO 포항기술연구소*

Keywords: Steel, in-situ synchrotron XRD, iron oxide, Si

철강의 열처리 시 표면의 고온 스케일의 성장 거동을 관찰하기 위해 in-situ 방사광 XRD 기술을 개발하였다. Si 함량에 따른 저

탄소강의 열처리 과정에 스케일의 성장 거동을 실시간으로 분석하였다. Si 함량이 0.01 wt%인 저탄소강은 900~950°C 열처리 시에 블리스터 스케일 형상을 보이며 hematite, magnetite, wüstite가 생성되는 것이 관찰되었고, Si 함량이 0.50 wt%인 저탄소강은 열처리 과정에서 스케일이 박리가 되고 hematite, magnetite가 생성되는 것이 관찰되었다. In-situ 실험 후 시료들의 단면부 스케일층 구조를 SEM을 이용해 분석하였다.

[철강4-5 | 17:15]

고온 인장에 의한 22MnB5아연 도금 강판의 미세 균열 분석: *강지현, 김도엽, 김동휘, 김성준 ; *포항공과대학교 철강대학원*

Keywords: 아연 도금, 미세 균열, 22MnB5, 고온 인장

본 연구팀은 2016년 추계학회에서 아연 도금된 22MnB5강판을 500-900°C에서 열처리 할 때 일어나는 도금층과 기지간 계면 반응을 발표하였다. XRD 및 SEM-EDS를 이용하여 아연과 철의 상호 확산에 따라 형성된 다양한 금속간 화합물의 조직 및 조성을 규명하였고, 도금층-기지 계면에서 아연 농도가 높은 페라이트상이 성장하여 아연 농도가 상대적으로 낮은 모재와 구분됨을 관찰하였다. 현 연구는 이전 연구의 연장선 상에서 열처리 이후 고온 인장 시 Fe-Zn반응이 판재의 미세 균열 형성에 끼치는 영향을 살펴보았다. 모든 온도에서 액체 금속 취화가 나타나지 않음에도 불구하고 특정 온도 범위에서 도금층과 기지간 계면에서 미세 균열이 관찰 되었다. 이러한 미세 균열 발생을 Fe-Zn반응에 의해 생성된 새로운 상들의 분포와 연관 지어 분석하였다.

[철강4-6 | 17:30]

HPF(Hot Press Forming)강의 열처리 후 물성에 미치는 공정인자 영향: *김성우, 오진근, 조열래, 서인식 ; *포스코 기술연구원*

Keywords: HPF(Hot Press Forming), Hot stamping, Toughness, Bendability

자동차 산업에서 있어서 전세계적으로 엄격해지고 있는 환경 규제와 안전성 규제에 대응하기 위해서 차체 경량화와 초고강도강을 적용하고자 하는 노력은 점차 가속화 되고 있다. 그 중 HPF(Hot Press Forming) 공정은 강재를 900°C 이상으로 가열한 후 금형 내에서 성형과 냉각을 통하여 차체 부품을 제조하는 공정으로 다양한 부품을 인장강도 1.5 GPa급 이상의 강도로 손쉽게 제조할 수 있어 차체 경량화 및 고강도화를 위하여 적용 범위가 빠르게 확대 되고 있다. 이런 HPF강재의 열처리 후 물성은 기본적으로 강재의 성분 뿐만 아니라, HPF 공정조건인 가열 온도, 가열 시간, 이송 시간, 냉각 속도 등에 따라 달라지게 된다. 또한, HPF 공정을 적용한 차체 부품이 점차 증가함에 따라 높은 강도와 마르텐사이트 조직 특성에 기인한 부품의 충돌특성에 대한 우려 또한 조금씩 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 HPF강재의 열처리 후 인장 특성 뿐만 아니라, 차체 부품의 충돌 특성과 관련하여 굽힘특성 및 충격특성에 미치는 여러가지 영향 인자들에 대하여 분석하였다.

2017년 첨단융합분석기술 심포지엄
Room 601, 4월 26일

[첨단1-1 | 10:00] 초청강연

첨단 재료연구를 위한 중성자과학연구시설 현황 및 미래 비전: *성백석 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 중성자과학, 중성자산란장치, 산업응용, 중성자회절, 잔류응력

중성자가 재료내의 원자핵과 반응하여 나타내는 산란, 회절 및 투과 특성을 이용하여 재료의 결정구조, 결함, 미세구조 등을 분석하는 중성자산란 장치는 X-선, 전자빔 등 다른 방사선에 비해 투과력이 높아 재료를 파괴하지 않고 내부 분석이 가능하다.국내에서는 중성자를 생산하는 연구시설은 한국원자력연구원이 보유한 하나로가 유일하다. 하나로홀과 냉중성자실험동에 설치된 상호 보완적인 다양한 장치들(중성자소각산란장치, 중성자회절장치, 잔류응력장치, 중성자영상장치 등)을 이용하여, 다양한 산업분야의 기술에 적용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 발표에서는 하나로의 첨단 중성자산란 장치들을 활용한 이용 현황과 첨단 산업적 활용 기술 개발에 대해서 논의하고자 한다.

[첨단1-2 | 10:20] 초청강연

방사광을 이용한 첨단소재 연구 및 산업적 활용: *김재영, 성백석 ; *포항 방사광가속기*

[첨단2-1 | 11:00] 초청강연

실시간 관찰 실험에 활용될 수 있는 주사전자현미경의 주사신호를 외부에서 조정할 수 있는 간단한 연결 방법의 소개 주사전자현미경과 연결하여 실시간 관찰 실험에 활용하기 위한 주사신호를 외부에서 조정할 수 있는 간단한 연결 방법의 소개: *김영운, 신미향[1], 김성일[1]; *서울대학교 공대 재료공학부.[1]서울대학교.*

Keywords: 실시간관찰, 전자현미경, AVR, 미세조직, 주사신호

실시간 관찰 전자현미경 기법을 활용하면 특정 부위에서 미세조직과 물리적 특성의 연관성을 연속적으로 확인할 수 있어서 분석에서 광범위하게 활용이 되고 있다. 본 발표에서는 간단한 AVR 보드를 활용하여 주사전자현미경의 주사 신호를 외부에서 조절할 수 있도록 만드는 과정과 국소부위에서 습득된 신호가한 화소가 되도록 구성하여 습득된 이미지가 2차원적으로 표현될 수 있는 기법을 소개하고자 한다. 구성된 보드와 습득된 신호의 연동 예를 이차전자와 후방전자로 구성한 2차원적 이미지를 보여주고 추가적인 활용 가능성에 대하여토의해 보고자 한다.

[첨단2-2 | 11:30] 초청강연

Visualization of polarization, screening charges and ionic transport using atomic force microscopy: *Seungbum Hong ; *KAIST.*

Keywords: Polarization, Screening Charges, Ionic Transport, AFM

With the invention of scanning tunneling microscopy (STM) and atomic force microscopy (AFM), researchers started to see atomic structure and manipulate atoms and molecules using nanoscale metallic or silicon tips in both vacuum and ambient conditions. As AFM can detect tiny displacement of the cantilever (< 10 pm) in contact or proximity with the materials surface, any physical parameters coupled with strain could be used to image relevant order parameters (for example, polarization, magnetization, and ionic concentration). Furthermore, conducting AFM opened up local current measurement in conjunction with external stimuli such as heat and photons, which could be used to detect photovoltaic effect at the nanoscale. As imaging consists of positioning, encoding and decoding of measured data and transducing one form of energy into another, any breakthrough in imaging technology can lead to a new design in information storage devices, imaging sensors or energy storage and harvesting devices. Consequently, the inventors of SPM have been deeply involved in innovative probe-based data storage devices (e.g., IBM's millipede project), where multiple nanoscale tips read and write data on the thin film surface in microelectromechanical system (MEMS). The dominant trends of advanced materials characterization using SPM can be characterized by high-resolution, high-speed multi-modal, multi-scale, multi-frequency (band excitation) and resonance enhanced and tracking modes. The keys to success include improvement of spatial and temporal resolution as well as invention of new functional imaging such as scanning resistive probe microscopy with a field effect transistor embedded in the tip or charge gradient microscopy where the electric current induced by the mechanical stimulus can be mapped at high speed. Here in my talk, I will present our recent thrusts on visualization of polarization, screening charges and ionic transport using piezoresponse force microscopy (PFM), CGM and electrochemical strain microscopy (ESM).

[첨단2-3 | 12:00] 초청강연

Advanced TEM applied to electromagnetic field study in materials science: *Hyun Soon Park ; *Department of Materials Science and Engineering INHA University.*

Keywords: Advanced TEM, Electromagnetic field analysis, Metals and Alloys, Functional Materials, Magnetic Materials

Observing and characterizing the magnetic microstructures on a nanometer scale are of vital importance for understanding material property and its application to engineering. Among the repertoire of so-called "magnetic imaging" methods, imaging

techniques in advanced transmission electron microscope (TEM) are Lorentz microscopy and electron holography, which can be implemented in a standard TEM. These techniques have been widely utilized to image magnetic microstructures and the magnetization process in situ. In the Fresnel (out-of-focus) method of Lorentz microscopy, domain walls (DWs), vortices and skyrmions (nanoscale spin vortex) are imaged, and these place a lower limit of tens of nanometers on the requirement for spatial resolution. The Fresnel method has been used to capture DWs nucleation/motion and the dynamics of vortices and skyrmions, spanning from the millisecond to the nanosecond regime. Electron holography, using the wave nature of electrons, provides opportunities for directly detecting and visualizing, in real space, the phase shifts φ of electron waves due to electromagnetic fields. In this talk, with in situ spatial and/or temporal resolutions, I introduce recent studies on various materials using Lorentz microscopy and/or electron holography. Firstly, the magnetic DWs nucleation and reversal in ferromagnetic thin films have been directly observed using four-dimensional (4D) Lorentz electron microscopy[1]. Secondly, Advances and applications of electron holography to the study of electromagnetic fields in various functional materials are presented[2,3]. [1] H. S. Park et al., Nano Lett. 10, 3796 (2010) [2] H. S. Park et al., Nature Nanotech. 9, 337 (2014)[3] D. Shindo, T. Tanigaki, H. S. Park, Adv. Mater. DOI: 10.1002/adma.201602216 (2016)

[첨단3-1 | 13:40] 조청강연

중성자 회절법을 이용한 CoCrFeMnNi 합금의 고온 변형거동 연구: *우완측, E-Wen Huang[1] ; *한국원자력연구원. [1]National Chiao Tung University.*

Keywords: 고엔트로피강, 중성자회절, 크립, 고온변형, TEM

고엔트로피 강 중 CoCrFeMnNi 합금의 고온 변형 거동을 고찰하였다. 고온 크립현상을 모사하기 위해 527도와 727도에서 6.7 × 10^{-6} s^{-1} 변형율로 인장하면서 중성자 회절법으로 fcc 구조의 4가지 (hkl) 격자면간 거리 (d)를 측정 하였다. 결정된 면간거리(d)로 격자 변형 (d/do-1)을 계산하고 이를 마크로 응력에 따라 나타내어 보면 두 온도에서 서로 매우 다른 변형 거동을 보인다. 즉, 527도에서는 마크로 변형에 따라 격자 변형이 지속적으로 증가함에 반하여 727도에서는 증가되지 않고 평형 상태를 보인다. 이는 두 온도에서 크립 거동이 매우 다른 것을 의미하여, 이 현상을 기본적인 크립 메커니즘으로 해석해 볼? 전위 미끄러짐 (527도)과 확산 지배 전위 크립 (727도)이 각각 지배적인 것으로 판단된다. 본 발표에서는 첨단 분석법에서 사용된 중성자 회절 측정법, 고온 변형 거동의 계산 및 의미, 그리고 입자내 전위의 TEM 관찰 등에 관련한 내용을 발표한다.

[첨단3-2 | 14:10] 조청강연

새로운 재료과학과 중성자 회절/소각산란: *김영석, 김성수, 송용만 ; *한국원자력연구원.*

Keywords:

인류문명의 발달은 재료과학의 발달과 궤를 같이 할 정도로, 재료과학이 인류에 미치는 영향은 지대하다. 신.구 석기문명, 청동기 및 철기 문명 및 20세기의 반도체 문명 등의 문명사를 볼 때, 인류가 혁신적으로 재료를 개발할 때 마다 인류문명이 수직 상승했다는 것을 보여준다. 따라서 미래의 21세기 문명 역시 재료과학에 근거한 장수명, 고기능성, 친환경, 고효율의 첨단재료 개발에 달려있다. 현재의 재료과학은 1930/40년대에 구축한 것으로, 그 당시 분석기술이 지금처럼 정교하지 못했던 것을 감안하면, 현재 재료과학은 결정립 크기, 자기구역의 크기, 결정립계 또는 상 경계 그리고 전위와 같은 거시적 미세조직 인자가 재료의 모든 성질을 지배한다는 가설에 입각하여 구축된 것이다. 다시 말하면, 현재 재료과학은 원자배열의 변화가 재료의 모든 성질에 미치는 영향을 전혀 고려하지 않고 있으며, 이로 인하여 대부분의 재료현상 (1912년 Titanic호가 깨진 이유, 무연납에서의 Sn whisker 성장, 수소취성, 응력부식균열, 압력용기강의 연성-취성 천이온도 증가, 조사 취화 및 팽윤, 고온 크립 및 산화, 피로, 박막 및 나노 재료의 성능 제어 등등) 및 재료물성 (순수 금속의 강도가 낮은 이유/열전도도가 높은 이유, 상변태 구동력, 재결정, 입자성장, 불연속 석출, 시효경화, vacancy 및 void 형성 기구, 마르텐사이트, 입계sliding, 소결, 열팽창, 항복강도, serrated flow, DSA) 등을 이해하지 못하고 있다. 우리는 재료의 모든 물성은 원자배열의 변화와 유관하며, 이러한관점에서 새로운 재료과학의 정립이 필요하다는 생각이다. 원자배열의 변화는 엔트로피의 증가 및 감소를 수반하기에 상변태를 의미하지만, 재료내부에서 지속적으로 일어나고 있는 이러한 원자배열 변화를 감시하거나 정량적으로 측정하는 것이 기술적으로 어려운 실정이다. 중성자 회절 및 소각산란은 재료내부에서 미시적으로 일어나고 있는 원자배열 변화로 인한 상변태를 거시적으로 측정할 수 있는 유일한 방법이기에, 새로운 재료과학 확립에 절대적으로 필요한 분석장치이다. 아울러 이들 측정 기술의 고도화도 필요하다. 본 발표에서는 중성자 회절/소각산란, TEM 및 atom probe tomography로 관측한 원자배열의 변화 및 이러한 상변태가 재료물성에 미치는 영향에 대하여 우리의 연구결과를 중심으로 소개한다.

[첨단3-3 | 14:40] 조청강연

In-situ 고온중성자소각산란 측정 및 분석법: *신은주 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 중성자소각산란, 나노석출물, 고온, 하나로

중성자소각산란(Small angle neutron scattering: SANS)법은 중성자를 이용하여 재료 내 나노 크기의 불균일성을 측정하는 방법으로써, 금속재료의 경우 수 ~ 수백 나노 크기의 게제물, 석출물, 기공, 결함 등의 정량분석이 가능하다. 금속재료 연구분야에 있어서 초기 중성자소각산란은 압력용기강 등에서 방사선 조사에 따른 기공, 결함 등을 정량분석하는데 응용되기 시작하였으며, 이후 다양한 합금에서 제조 공정에 따른 석출물 등 나노 입자, 결함의 정량분석에 활용되어왔다. 최근에는 산화물 분산강화강(ODS 강) 등 나노 크기 산화물을 분산시킨 강종에서 나노 입자의 정량분석에 활발히 활용되고 있으며, 수소 저장이 관심분야가 되면서 금속 내 수소 트랩을 분석하고자 하는 연구 등에도 이용되고 있다. 본 발표에서는 하나로의 중성자소각산란장치의 측정 및 분석법을 간단히

소개하고, 금속재료에 대한 응용 연구 예로써 다양한 합금에서의 나노 입자 정량분석 연구 결과를 소개하고자 한다. 또한, 고온시료 환경장치를 이용한 in-situ 고온중성자소각산란 측정에 대해서도 소개하고자 한다.

첨단4-1 | 15:10] 초청강연

Effects of microstructural behavior on stress-relaxation properties of Inconel X-750 helical springs: 하정원, 성백석[1], 우완측[1], 정희원[2], 최윤석[3], *강남현[3]; *KOS.[1] 한국원자력연구원.[2] 재료연구소.[3] 부산대학교.*

Keywords: X-ray diffraction; neutron scattering; nickel-based superalloys; grain boundaries; stress relaxation

Inconel X-750 specimens were manufactured into helical springs by drawing and coiling followed by aging. They were subsequently subjected to stress-relaxation tests. Stress relaxation is the important property of springs that are compressed at elevated temperatures. To understand stress relaxation, this study investigated the effect of the drawing ratio (DR) on the γ' size and volume fraction, grain size, carbide volume fraction, and dislocation density. Small angle neutron scattering measured the size and volume fraction of γ' phase and X-ray diffraction analyzed the dislocation density in the springs as a function of the DR. The smallest DR specimen (DR0) had a longer free length than the larger DR specimens (DR17 and DR42) after the stress-relaxation test was completed at 500 °C for 300 h. However, the size and volume fraction of γ', along with the dislocation density, had no influence on the stress relaxation of the Inconel X-750 springs. The decreased grain size (d) due to an increase in the DR was the main factor in the increase in the stress relaxation of the springs. The decrease in grain size displayed a non-linear relationship with the increase in stress relaxation. The stress-relaxation behaviour relationship was d^{-3}. Grain boundaries were determined to play a role in dislocation sink via transmission electron microscopy (TEM) observations. Grain boundary diffusion accommodated by slip was responsible for the stress-relaxation properties of the spring at an elevated temperature (500 °C).

[첨단4-2 | 15:40] 초청강연

Three-dimensional microstructure modeling using statistical synthetic structure and its thermo-mechanical finite element analysis: *김형섭, 박형근, 정재면 ; *POSTECH.*

Keywords: Synthetic structure, Statistical parameter, Finite element method, Three-dimensional microstructure, Thermomechanical properties

The mechanical and thermal properties of a particulate composite are generally dependent on its microstructure. In the present work, statistical synthetic structures are built to represent three-dimensional microstructure of SiC particle-reinforced Al composites. The statistical parameters are referred to the previous literature and our experimental data. Thermo-mechanical finite element analysis is performed to predict the Young's modulus and thermal expansion coefficient, which are in good agreement with the experimental results. Furthermore, the irregular distribution of stress and strain from statistical synthetic models provides better qualitative description compared to other artificially synthesized models, such as unit cell models. Considering the accuracy, flexibility, and cost of the statistical synthetic model, we confirm that this model has high potential as an efficient modeling scheme for a wide range of materials.

[첨단4-3 | 16:10] 초청강연

Neutron Diffraction Measurement of Residual Stress in 3D Printing Functionally-Graded Material: *Dong-Kyu Kim, Wanchuck Wool, Soo Yeol Lee[1]; *KAERI.[1]Chungnam National University.*

Keywords: Neutron diffraction, Functionally-graded material (FGM), Residual stress, 3D printing, Direct energy deposition (DED)

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. The materials can be designed for specific function and applications. Additive manufacturing (AM), so called 3D printing, is an innovative processing technology which facilitates net-shape fabrication of the FGM parts with complex three-dimensional shape. Synthesis of FGM by AM using powder blends with variable composition is of great interest for the diverse purposes since it can alleviate the abrupt material discontinuity and the steep gradient of the physical properties across the interfaces of the structural components. In the present study, we characterized the residual stresses in the FGM produced by AM using neutron diffraction. Five FGM specimens were processed by direct energy deposition (DED) using SUS316L and P21 powder blends with various compositions depending on the number of blend layers and laser scanning method in DED. SUS316L and P21 are known to have austenite (face-centered cubic, FCC) and ferrite (body-centered cubic, BCC) steel, respectively. Their corresponding coefficients of thermal expansion (CTEs) are approximately 15.9×10^{-6}/°C and 12.0 -6/°C. FGM samples are expected to relax the residual stresses because CTE is supposed to vary in a quasi-continuous fashion.

나노소재
Room 602, 4월 26일

[나노1-1 | 09:30]
Luminescence properties of Ce-doped hexagonal boron nitride nanoparticles synthesis: *jaeyong jung, yangdo kim[1], yongkuk kim ; *Korea Institute of Materials Science (KIMS). [1]Pusan National University.*
Keywords: Hexagonal Boron nitride, Nanocrystal, Synthesis, Photoluminescence, Cerium

Hexagonal boron nitride (h-BN) and cubic boron nitride (c-BN) are known as the representative crystal structures of BN. Since, h-BN has chemically and thermally stable and has been widely used as an electrical insulation and heat-resistant material for several decades. Besides, it can be used as an ultraviolet lasing material since h-BN is a wide bandgap (4.4~6.0eV) material. In this study, we have synthesized h-BN nanocrystals by pyrolysis of cost effective precursors, melamine borate adduct (MBA) at 1200°C. h-BN nanoparticles with (d_{002}) peak of X-ray diffraction pattern were successfully synthesized in this procedure, but no luminescence was detected with wavelength at above 300nm. Although, adding on Ce nitrate while preparation of MBA resulted in highly UV-emitting h-BN nanoparticles. Particularly, intensive UV-emission was detected by excitation with UV light (λ=308 nm). The UV-emission intensity is significantly enhanced with increasing concentration of Ce^{3+}. Concretely, 1mol% Ce-doped h-BN sample shows the brightest UV emission at 392nm, which was ascribed to be the transition from the lowest crystal field components of the 5d level to the 4f ground states of the Ce^{3+} ion.

[나노1-2 | 09:45]
Doping Effect on Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone: *Ran Yoo, Wooyoung Lee ; *Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.*
Keywords: Gas Sensor, ZnO, Nanoparticles

The sensing behaviors as a function of temperature and gas concentration in M-doped ZnO nanoparticles (M=Al, Co, Cu) have been investigated for the detection of VOCs (Volatile Organic Compounds), in particular, acetone (CH_3COCH_3). The ZnO nanoparticles were doped with Al, Co, Cu ions as mixing with a solution containing metal precursors, and dispersed on interdigitated Pt electrodes using an α-terpineol paste. The sensing properties of the M-doped ZnO nanoparticles were measured via real-time monitoring of electrical resistance change upon exposure of acetone in air. The responses (R_a-R_g/R_g) (R_a: R in air; R_g: R in acetone) of the Al-doped ZnO nanoparticles were measured to be 56.1 in 10 ppm acetone (450 °C). Also, the response time was found to be 11 s. The excellent sensing properties in the Al-doped ZnO nanoparticles are attributed to the higher surface area to volume ratio and high degree of crystallinity and high conductivity. We demonstrate that the acetone sensors based on Al-doped ZnO nanoparticles show outstanding sensing properties in terms of response, sensitivity, and response time in comparison with a previous study.

[나노1-3 | 10:00]
Ionic liquid-simplified preparation of highly dispersed Ag nanoparticles decorated on CeO_2 and their enhanced photocatalytic ability : *DUNG DAO VAN, Dung Van Dao, Thuy D.T Nguyen, Hyeon-Yong Song, In-Hwan Lee[1], Yeon-Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University. [1]Korea University.*
Keywords: Ag nanoparticles, CeO_2 semiconductor, ionic liquid, stabilization, energy conversion.

As stabilizing agents, $[BMIM]BF_4$ ionic liquids (ILs) have been successfully employed to simplify preparation of Ag NPs decorated on CeO_2 supports via hydrothermal synthesis, and the stabilization mechanism of Ag NPs by a small portion of ILs was also proposed. As a promising photocatalyst, the obtained IL-stabilized Ag-CeO_2 showed great improvement of energy conversion efficiency of visible light through photocatalysis compared with pure CeO_2 and IL-free synthesized Ag-CeO_2. It was attributable to the small sizes and high deposition densities of IL-stabilized Ag NPs loading on the surfaces of CeO_2. This increases in the interfacial areas between IL-stabilized Ag NPs and CeO_2 supports, which were wholly believed to help charge transfer and better the optical and photocatalytic activity thereof because of the strong localized surface plasmon resonance effects of Ag nanoparticles. Further, the IL-stabilized Ag-CeO_2 nanocomposites showed good stability and reusability during the photocatalytic performances as well. We believe that the ILs are of great advantage to pave a new pathway to the synthesis and its property control of NPs coated on metal oxide nanostructures for use in the practical applications hereafter.

[나노1-4 | 10:15]
Pd@ZnO core-shell nanoparticles as a high sensitive gas sensor: its study on the effect of calcination temperature on the oxidation behavior and gas sensing performance: *Sanjit Manohar Majhi, Gautam Kumar Naik, Ting-Ting Liang, Dhanaji P. Bhopate, Jin-Nyeong Jo, Song Ho-Geun[1], Yeon-Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research*

Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University. [1]*Ogam Technology.*
Keywords: Gas sensor, Palladium, ZnO, core-shell, Nanoparticles, response

In recent days, noble metal nanoparticles (NPs) are being widely used for the improvement of gas sensing performance of metal oxide based semiconductor (MOS) gas sensors owing to their catalytic properties. One of the effective strategies is to synthesize metal-semiconductor core-shell structure for gas sensing application. The core-shell architecture effectively protects the metal core from aggregation and any morphological change during sintering. Palladium (Pd) is an important catalyst used in various applications such as alcohol oxidation reaction, CO oxidation, including gas sensing such as ethanol, formaldehyde and H_2. Zinc oxide (ZnO) with a band gap of 3.37 eV, high excitation binding energy of 60 mV, high mobility of conduction electron (200 cm^2/ (V s)), has exhibited promising role in many potential applications including gas sensors. However, it is known that Pd metal can be easily oxidized to PdO. Therefore, in this work we want to investigate the oxidation behavior of Pd metal core in Pd@ZnO core-shell NPs. With this aim, here in, we synthesized Pd@ZnO core-shell NPs by a simple method. Transmission electron microscopy images revealed that the overall size of Pd@ZnO core-shell NPs is 70-120 nm. Xray-diffraction pattern revealed that the oxidation of Pd metal core was started from 300°C. The spherical shape and size are maintained after the PdO@ZnO core-shell NPs was calcined at air atmosphere 500°C for 2 h. The maximum response of PdO_{Air}@ZnO core-shell NPs to 100 ppm of acetaldehyde at 350°C was 76, as compared to pure ZnO NPs (Rs=18). The above enhanced sensing performance may be attributed due to the formation of PdO (p-type) and ZnO (n-type) junction, which increases the depletion layer to a great extent. However, it would be interesting to study on only metal Pd NP effect on gas sensing performance of Pd@ZnO. Therefore, to retain the metallic Pd phase, the as synthesized Pd@ZnO core-shell NPs was again calcined at 500°C-2 h in argon atmospheric condition. The XRD measurement will be characterized then to investigate the oxidation behavior of Pd. After that, the gas sensing properties of Pd_{Arg}@ZnO core-shell NPs will be studied at a lower testing temperature that is below 300°C testing temperature. The gas sensing properties and its mechanism will be studied and proposed further. Hence, the specific aim of this work is to study the oxidation behavior of Pd@ZnO core-shell NPs calcined in air and argon atmosphere, and to investigate their gas sensing performances and mechanism.

[나노1-5 | 10:30]

Synthesis of Au@TiO_2 hollow core-shell / g-C_3N_4 composites for photocatalytic H_2 evolution: *Gautam Kumar Naik, Sanjit Manohar Majhi, Yeon Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.*

Keywords: Au@TiO_2 hollow core-shell, H_2 evolution, g-C_3N_4, Heterojunction, photocatalysis

Photocatalytic hydrogen (H_2) production from water splitting has been proven to be the most promising, but challenging strategy for solving the global energy and environmental problems. Production of hydrogen by photocatalysis water splitting on the surface of metal oxide photocatalyst has been regarded as the most economical and environmental friendly process. From last four decades TiO_2 is considered as one of the most promising candidates for this purpose. However its high band gap energy (3.2 eV) restricts its activity in limited portion of whole solar spectrum. So researches have been made to overcome this limitation by shape modification, composite formation with other suitable semiconductor and noble metals. Out of various structures of TiO_2 based photocatalyst, core-shell, hollow core-shell, nano-rods and nano-belts structures possess highest efficiency. In our earlier works we have prepared Au@TiO_2 core-shell and Au@TiO_2 core-shell / g-C_3N_4 (graphitic carbon nitride) composites and studied their catalytic activity towards hydrogen evolution under visible light irradiation.We have found that, the formation of a heterojunction between TiO_2 and g-C_3N_4 plays an important role for the enhanced activity of the samples. The catalytic activity of Au@TiO_2 / gC_3N_4 can further may increase by increasing the surface area of the composites by changing the shapes and structures. High surface area due to hollow TiO_2, SPR due to Au NPs and the unique band coupling between Au@TiO_2 hollow core-shell and g-$C_3N_{4\ are}$ the key factors for the catalytic activity of the prepared samples under visible light irradiation In this present work, Au@TiO_2 hollow core-shell NPs have been successfully coupled with g-C_3N_4 sheet by a two steps microwave assisted hydrothermal and sol-gel route. The microstructures and morphologies of as prepared photocatalysts were characterized by transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and UV-visible diffuse reflectance spectroscopy (DRS) spectra etc. The photocatalytic H_2 evolution properties of Au@TiO_2 hollow core-shell/g-C_3N_4 hybrid composites have compared with that of bare Au@TiO_2 core-shell NPs, Au@TiO_2 hollow core-shell, hollow TiO_2 commercial TiO_2 (Degussa P25) and bare g-C_3N_4 sheet, respectively.

[나노1-6 | 10:45]

One-step physical method to fabricate Gr/Ag coreshell nanomaterials: *Sunwoo Kim, Jung-woo Lee, Tae-Yoo Kim, Jeong-kab Park, Jong-hwan Park, Seok-hun Kim, Se-hee Choi, Ho-jun Choi, Su-jeong Suh ; *Department of School of AMSE(SKKU).*

Keywords: Carbon and graphite, Metal nanoparticle, Dispersion property, Electric explosion.

The electrical explosion of wire in liquids (EEWL) is a one-step physical method to fabricate nanomaterials. It is simple, efficient, and low in cost for producing many nanomaterials. EEWL has advantages, such as high-purity surfactant-free nontoxic nanoparticle production in contrast to chemical techniques, oxidation prevention using dense media, and easy production of spherical nanoparticles. The greatest advantages are simple evaporation and condensation, short production times, and the possibility of mass production. We

produced graphene/silver core-shell nanoparticles by EEWL. A capacitance of 10 μF, wire length of 12 mm, liquid volume of 300 mL, and variable liquid types were used in our experiment. In this study, we examined the effects of the liquid medium and investigated the dispersion stability of re-dispersed nanoparticles synthesized in various liquid types. 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. The graphene on the surfaces of the nanoparticles contained functional groups such as hydroxyl, carbonyl, carboxyl, carboxylic acid, aldehyde, and alkoxy were analyzed through FT-IR analysis. Size distributions and zeta potentials were analyzed using dynamic light scattering.

[나노1-7 | 11:00]

Adsorption, kinetics, and equilibrium studies on removal of congo red from aqueous solution using core-shell iron nanoparticles: *SeHo Kim, PyuckPa Choi ; *한국과학기술원 신소재공학과.*

Keywords: Iron nanoparticles, Congo Red, Dye adsorption

Iron nanoparticles of bcc and amorphous structures were synthesized by borohydride reduction method at ambient conditions. The collected nanoparticles were tested with respect to congo red dye removal by varying the parameters such as dye concentration, time, and temperature. The intraparticle diffusion models, i.e. Weber and Morris model and Dumwald-Wagner, were discussed. Equilibrium adsorption data of amorphous iron nanoparticles showed the highest congo red adsorption capacity of 1735 mg g^{-1} reported so far. The adsorption kinetic followed the pseudo-second order equation for both samples and showed high initial adsorption rates. The diffusion studies indicated that there are two stages in diffusion process: film diffusion followed by intraparticle diffusion. Congo red adsorption process of iron nanoparticles was to be spontaneous and endothermic process from thermodynamic test. Magnetization and desorption analysis were carried out for recovery and regeneration of iron adsorbent. Throughout all possible studies for overall dye treatment process, our studies show that congo red adsorption on iron is well suitable for dye adsorption application.

[나노2-1 | 11:25]

단일 개체 일차원 나노소재의 기계적 특성 연구: *박지은, 유다영, 박성규, 이다정, 이동윤 ; *부산대학교.*

Keywords: ZnO nanorods, TiO_2 nanotubes, nanoindentation, modulus

나노와이어, 나노튜브, 나노로드 등과 같은 일차원 나노소재는 재료가 가지는 특이한 전기적, 광학적 성질 때문에 압전소자, 광학 센서, 태양전지 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 일차원 나노소재를 소자에 응용하기 위해서는 기계적 특성에 대한 평가가 선행되어야 하지만, 일차원 나노구조의 경우 높은 표면에너지로 인한 응집, 합성 시 기판 위에 밀집된 구조로 자라는 점 등의 물리적인 한계 때문에 단일 개체의 물리적 특성을 측정하는 데에는 어려움이 있다. 여러 전처리 과정을 거쳐서 단일 개체의 나노소재를 분리하더라도 기계적 특성의 측정에는 고가의 장비 이용은 피할 수 없었다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 압입시험을 통하여 분산, 식각과 같은 전처리 없이 일차원 나노재료의 특성을 평가할 수 있는 방법을 제시하였다. 실험에 사용된 일차원 나노구조는 ZnO 나노로드로 GaN 기판에서 다른 밀도로 성장시켰다. 성기게 성장시킨 나노로드 시료와 빽빽하게 성장시킨 나노로드시료를 각각 나노인덴터로 압입시험한 후 그 데이터를 Euler model에 적용시켜 탄성계수를 구하였다. 그 결과 측정된 단일재료의 탄성계수와 다수의 나노로드로부터 얻은 탄성계수가 오차범위 내에서 일치한다는 것을 확인하였고, 이 방법을 Ti 기판에서 성장시킨 TiO_2 나노튜브의 물성을 구하는 데에도 적용하였다. 이러한 방식으로 계산된 ZnO 나노로드와 TiO_2 나노튜브의 탄성계수는 각각 약 190 GPa과 27 GPa로 기존에 발표된 물성치와 유사한 값을 보였다. 이는 본 연구에서 사용한 측정방식이 다양한 형태의 일차원 나노소재의 탄성계수를 얻는데 응용될 수 있고, 전처리 없이 밀집된 형태내의 단일 일차원 나노소재의 특성을 파악할 수 있다는 점을 시사한다.

[나노2-2 | 11:40]

디알로잉을 통한 다성분계 나노 다공성 구조 복합체 제조: *공경호, 현재익, 김우철, 김강철, 김원태[1], 김도향 ; *연세대학교. [1]청주대학교.*

Keywords: dealloying, nanoporous, selective leaching, SEM, TEM

디알로잉을 통한 나노포러스 재료는 높은 비 표면적을 가짐에 따라 촉매/광촉매, 에너지 변환 및 저장 장치, 각종 센서 및 바이오 센서등 많은 분야에 적용하기 위한 노력이 있었다. 특히 나노스케일의 높은 전기 전도도를 갖는 리가먼트 사이즈를 조절 가능함에 따라 연료전지, 태양전지, 슈퍼캐패시터 및 리튬이온 배터리 등의 에너지 저장 장치 분야에서 큰 효율 향상이 기대되고 있다. 최근에는 에너지 분야에서 효율 향상을 위해 나노포러스 금속/금속 복합재의 형태를 만들기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 귀금속 나노포러스 구조에 금속산화물이 공존하는 형태를 만든 연구가 보고되었다. 그러나 금속 기반의 복합재 형태의 나노포러스 구조가 형성되는 메카니즘은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았으며, 가격적인 측면에서 경제적인 귀금속이 아닌 Ni, Fe, Co, Ti 등 천이 금속에서 나노포러스 구조를 만들기 위한 연구 또한 요구 된다. 본 연구에서는 Al-Co-Ni-Y의 비정질 합금을 리본 형태로 제조하여 전구체로 사용 하였다. SEM 및 TEM을 통하여 미세구조를 분석하였으며, XRD 및 XPS를 통하여 구조 분석을 하였다. Dealloying 과정을 전기화학적 분석을 통해 고찰하고 자 하였다. 실험은 4M NaOH 용액을 사용하였으며, Co-Ni-Y로 이루어진 다성분계 나노 다공성 구조 복합체를 성공적으로 제조하였다.

[나노2-3 | 11:55]

Mg-Cu(Ag)-Y 비정질 합금의 탈 성분 부식법을 이용한 Cu-Ag 이원계 나노 다공성 구조체 형성: *현재익, 공경호, 김우철, 김강철, 김

원태[1], 김도향 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학과 나노구조재료연구실.[1]청주대학교 이공대학 레이저광정보공학과.*
Keywords: dealloying, metallic glass, galvanic corrosion, TEM

탈 성분 부식법(dealloying)은 Au, Ag, Pt, Cu 등 비활성 금속의 나노 다공성 구조를 용이하게 얻을 수 있다는 점에서 많은 관심을 받고 있다. 전구체 합금에서 상대적으로 낮은 비활성을 갖는 원소(less-noble element)를 화학적인 방법으로 탈 성분화 시켜 비활성 원소(noble element)이 자기 재배열(self-rearrangement) 과정을 통하여 연속적인 나노 다공성 구조를 형성한다. 균일한 형태의 나노 다공성 구조를 얻기 위하여 화학적으로 균일한 구조를 갖는 비정질 합금을 전구체로 사용한다. 다른 비활성 금속보다 상대적으로 경제적인 나노 다공성 Cu에 대한 연구와 소량의 귀금속 첨가에 따른 미세조직 변화에 대한 연구는 많이 진행되어 왔지만, 첨가원소의 침지시간에 따른 거동에 대한 연구와 2원계 나노 다공성 고용체 형성에 대한 연구는 보고된 바가 거의 없다. 본 연구에서는 비정질 형성능이 좋은 Mg-Cu-Y계 비정질 합금을 전구체로 사용하였다. 전구체 합금에서 Cu를 Ag로 치환시켜 침지시간에 따른 Ag의 거동을 XRD, SEM, TEM 분석을 통해 관찰하였고, 침지시간 조절을 통해 리거먼트(ligament)를 형성하는 결정립 크기를 감소시켜 나노 다공성 고용체를 형성하였다. Mg-Cu-Y계 비정질 합금을 melt-spinning을 통해 리본 형태의 전구체를 사용하였고, 침지 용액은 0.1M 황산과 1.0M 황산을 사용하였다. 침지 과정은 수소기포의 발생이 멈출 때 까지 진행되었으며, 모든 실험은 상온에서 진행되었다.

[나노2-4 | 12:10]

Ag계 비정질의 탈성분부식 속도 조절에 따른 나노다공성 구조체 형성 매커니즘 조사: *김우철, 나민영, 현재익, 공경호, 김원태[1], 김도향 ; *연세대학교 신소재공학과 나노구조재료연구실.[1]청주대학교 레이저광정보공학과.*
Keywords: 비정질, 탈성분부식, nanoporous silver

나노다공성 금속재료는 촉매, 분자센서, 연료전지, 슈퍼캐패시터 등 다양한 기능재료로서 활용가능하여 최근 많은 연구자들의 관심을 받아오고 있다. 나노다공성 금속재료를 제조하는 하나의 방법으로 탈성분 부식은 기존 템플레이트를 이용하는 방법에 비해 간편하며, 다공성 재료의 특성에 영향을 미치는 기공과 구조체의 scale을 쉽게 조절할 수 있다는 장점이 있다. 다양한 다공성 금속 재료 중 다공성 은(Ag)은 Au, Pt, Pd와 같은 다른 noble metal에 비해 가격경쟁력이 우수하며, 특히 Cu와 같은 전이금속을 포함한 nanoscale silver는 산소환원반응의 촉매로서 현재 상용되는 백금의 대체물질로서 사용가능하다는 연구가 제시되어 왔다. 하지만 일반적으로 탈성분부식 과정을 이용하여 제조된 다공성은(Ag)은 다른 noble metal에 비해 상대적으로 높은 확산계수로 인해 100~500 nm scale의 조대한 구조체를 형성한다는 단점을 가지고 있다. 탈성분 부식 과정은 active 원소의 용출반응과 noble 원소의 표면확산에 의한 응집반응이며, 따라서 이 두 반응의 적절한 조절을 통해 다공성 구조체의 scale 변화가 가능하다. 즉, 미세한 나노다공성 구조체의 형성을 위해서는 noble 원소의 확산속도를 늦추거나 빠른 용출반응을 통해 확산이 되는 시간을 제한시켜야 한다. 대부분의 많은 연구에서는 확산계수가 낮은 다른 noble metal를 소량 첨가하여 확산속도를 제한하는 연구를 진행해 왔다. 따라서 본 연구에서는 Ag계 비정질 합금에서 active 원소의 빠른 용출반응을 유도하여 미세한 나노다공성 구조체를 형성시키는 것을 목표로 하였으며, 그 과정에서 나타나는 나노다공성 구조체의 형성 매커니즘을 분석하였다. XRD, SEM, TEM을 이용하여 탈성분 부식 과정 전후의 구조변화 및 미세구조적 특징을 조사하였으며 XPS를 이용하여 표면분석을 진행하였다.

[나노2-5 | 12:25]

극저온 밀링으로 제조된 Al-MoO_3 나노 테르밋 분말에서 입도와 조성의 영향: *오민석, 안병민, 정상현[1] ; *아주대학교 [1]국방과학연구소.*
Keywords: Cryomilling, High energy density material, Al-MoO_3 powder, Nano thermite, Nano lamellar structure

알루미늄과 금속산화물이 접한 상황에서, 일정 이상의 에너지가 공급될 때 강력한 환원력을 가진 알루미늄으로 인해 금속산화물이 환원되는 반응을 테르밋 반응이라고 한다. 이 반응은 추가적인 산소 공급 없이도 많은 에너지를 방출하기 때문에 용접재, 발사체 연료를 비롯한 다양한 분야에서 응용이 되고 있다. 실제 테르밋 재료에서 반응이 일어날 때, 알루미늄과 산화물의 표면에서 일어나는 두 물질의 불균일 확산속도가 두 물질이 화합하는 반응에 비해 현저히 느려 전체 테르밋 반응속도를 결정하는 인자가 된다. 이러한 느린 불균일 확산 속도는 연소 반응의 속도를 감소시키고, 반응 시작 온도를 높이며 발열량을 낮추는 원인이 되며, 심한 경우 발화가 되지 않는 현상도 일으키게 된다. 따라서 안정적인 발화 성능을 확보하기 위해서는, 금속과 산화물의 접촉 표면적을 늘려 불균일 확산 시간을 단축시켜야 한다. 본 연구에서는, 극저온 밀링 공정을 이용하여 나노 테르밋 복합재료 분말을 제조하였다. 그 결과 초기 투입 시 수~수십 ㎛ 입도를 가졌던 MoO_3 분말이 수백 nm 이하의 MoO_3 입자로 분쇄되어 조밀하게 Al 기지 내에 분산되었고, Al과 MoO_3간의 접촉 표면적을 넓혔다. MoO_3분말의 입도와 투입 조성 변화에 따른 차이를 미세구조와 열물성을 분석하여 확인하였다.

[나노2-6 | 12:40]

Interlayer gap opening of graphene–polyaniline nanocomposite by nanoparticle intercalation for supercapacitor applications: Sungjin Im, *Young Joon Hong ; *Sejong University.*
Keywords: electrochemical supercapacitor, reduced graphene oxide, polyaniline, nanocomposite supercapacitor, nanoparticle intercalation.

For energy storage technologies, electrochemical hybrid supercapacitors have attracted much attention due to their high power and energy density and long cycle life. Polyaniline (PANi)-grafted reduced graphene oxide (rGO) is considered as a highly promising material for supercapacitor electrode applications, because of high specific surface area of rGO and high pseudocapacitive charge capability of PANi. We studied the fabrication and enhanced supercapacitive characteristics of reduced graphene oxide–polyaniline nanofibers (rGO–PANi NFs) composite electrode. For the enhanced supercapacitor performances, insulator silver chloride nanoparticles

(AgCl NPs) were intercalated into the interlayer gap of rGO. The AgCl NP intercalation (i) exfoliated rGO layers and (ii) prevented rGO-self-agglomeration that makes it difficult to utilize the high surface-to-volume ratio of ideal mono- (or few-) atomic-thick rGO layers. As a result of the NP insertion, (iii) the specific capacitance was improved in accordance with the enlarged specific surface area of rGO. Furthermore, (iv) the well-developed rGO edges, which were opened by the AgCl intercalation, possibly enabled formation of more bonds between PANi and rGO by selective grafting of PANi to the rGO edges. Hence, the bonds of –(PANi–rGO–PANi)– substantially reduced the total electrical resistance. Consequently, the electrostatic double layer capacitive (EDLC) and electrochemical pseudo-capacitive (PC) performances were simultaneously enhanced by the enlarged specific surface area of rGO and reduced internal resistance through rGO–PANi–rGO linkages, respectively. Cyclic voltammetric and electrochemical impedance spectroscopic measurements are discussed to demonstrate that the NP intercalation improved both specific capacitance and ion diffusion efficiency via opening the rGO interlayer gap. A galvanostatic charge–discharge tests were used to study the effect of AgCl NP intercalation on the reduced internal electrical resistance.

나노소재 심포지엄: Nano Chromic Materials
Room 602, 4월 26일

[나노S1-1 | 13:30] 초청강연
Organic-inorganic hybride electrochromic device: *아칠성, 김태엽, 조성목, 류호준; *한국전자통신연구원.*
Keywords: Electrochromic, Transparency Change, Optical Shutter, Bistability

전기변색이란 변색 물질이 전기화학적으로 산화 또는 환원 상태로 바뀔 때, 변색물질이 가역적으로 착색되거나 탈색되는 현상을 말한다. 물질의 종류에 따라서 전자를 받아 환원 반응이 일어나 착색이 되는 비올레진과 텅스텐 산화물과 같은 환원변색 물질이 있고, 전자를 잃어서 산화 반응이 일어나 착색이 되는 페노티아진, 니켈산화물 및 트리아릴아민과 같은 산화변색 물질이 있다. 전기변색 소자는 환원변색 물질과 산환변색 물질의 적절한 조합으로 다양한 색상을 만들어 낼 수 있다. 특히 흑색 전기변색 기술은 가시광 전파장에서 고르게 투과도 가변이 가능하기 때문에 많은 관심의 대상이 되고 있다. 전기변색 소자는 낮은 구동 전압 (3 V<)과 쌍안정성이 있으며, 전기를 인가하여 능동적으로 빛의 투과도를 제어할 수 있으며, 전원이 꺼진 상태에서 투명 상태를 유지할 수 있는 특성이 있다. 전기변색 소자는 스마트 광셔터, 건축용 스마트 윈도우, 자동차용 전기변색 미러, 반사형 디스플레이등과 같이 다양한 산업 분야에서 응용이 가능하다. 전기변색 소자는 최근의 기술이 아니며, 아주 오래 전부터 전 세계적으로 꾸준히 연구되어 왔다. 그러나 연구가 오랜 된 것에 비하면, 기술 수준을 높여서 판매되고 있는 상용화 제품은 그리 많지 않다. Gentex사의 자동차용 전기변색 후방 미러, chromogenics사의 crash helmets, 그리고 sage glass사의 스마트 윈도우 정도가 이에 해당된다. 그렇다 하더라도, 전기변색 기술은 다양한 응용 가능성이 있기 때문에 여전히 세계적으로 활발하게 많은 연구가 진행되고 있다. 유리(glass)에 혼재된 나노 결정 전기변색 물질을 이용하여 가시광선 혹은 적외선 영역의 투과도를 선택적으로 조절할 수 있는 스마트 윈도우 기술, 다양한 형태의 유기 고분자를 이용하여 선택적으로 가시광선 영역의 투과도를 조절하는 sunglass 기술, 그리고 cyan, magenta, yellow의 3색을 적층으로 쌓아서 구현되는 반사형 디스플레이 전기변색 기술이 개발되고 있다. 또한, 전극에 Ag 이온의 가역적 deposition/redeposition에 의해 투과와 미러 기능을 하는 미러 기술, 전기변색 혼재 고분자를 이용하여 롤투롤 공정으로 제조되는 정보표시 소자, 그리고 카메라의 광 투과량을 조절할 수 있는 전기변색 iris등이 개발되고 있다. 이러한 다양한 분야에서의 응용 연구에 더불어, 본 그룹에서는 유기-무기 하이브리드 흑색 전기변색 소자를 개발하였으며, 이에 바탕을 둔 다양한 형태의 소자들이 제작되었고, 특성/성능 평가가 이루어졌다.

[나노S1-2 | 13:55] 초청강연
Long-Term Cycle Stability of Electrochromic Poly(3-hexylthiophene) Films: *나윤채, 김태호, 구자승[1]; *한국기술교육대학교, [1] 한국원자력연구원.*
Keywords: Electrochromism, Cycle Stability, Poly(3-hexylthiophene)

Electrochromic (EC) phenomena refers to a reversible optical change of a specific material during the electrochemical reactions. Since the EC properties of tungsten oxides were reported by S. K. Deb in 1969, EC devices have been extensively studied because they exhibit a high color contrast and low power consumption. Among EC materials, electrochemically active conjugated polymers have received much attention due to their high switching speed or multiple coloration. However, the cycle stability of these materials under electrochemical conditions has been a challenging issue to develop the next generation of EC devices. One effective method to stabilize them is incorporating graphene derivatives in the polymer matrix, thereby creating strong interaction between graphene derivatives and polymer. However, previous studies are limited to specific polymers and bulk-blended systems, such as mixing the polymer with graphene derivatives. In this study, we developed a polymer-graphene derivative complex with the chemical assistance of a surfactant (octadecylamine, ODA). Graphene oxide (GO) was introduced as a protective layer on the electrochromic poly (3-hexyl thiophene) (P3HT) films by the Langmuir-Schaefer method. The deposition of the GO-ODA protective layer with high coverage was confirmed by atomic force microscopy and high-resolution X-ray reflectivity. The strong interactions between GO-ODA and P3HT were examined with UV-Vis spectrophotometry and X-ray photoelectron spectroscopy. Electrochemical and electrochromic investigations revealed that the GO-ODA layer greatly improved the long-term cyclability of the P3HT film. These findings imply that the GO-ODA complex can significantly stabilize the EC cycling, due to its strong interaction with the P3HT film.

[나노S1-3 | 14:20] 초청강연
Electrostatic Force-Assisted Dispensing Printed Electrochromic Gels: *Se Hyun Kim ; *Yeungnam University.*
Keywords: Electrochromic, Gels, Electrostatic, Printed

Electrochromic devices (ECDs), which can alter optical properties according to the applied voltage, are an attractive class of displays for printed electronics due to low-voltage operation, simple device configuration, and easy fabrication process on flexible substrates. In this study, Sub-1V, printed, ion gel-based electrochromic devices are successfully fabricated. While conventional dispensing printing provides irregularly printed electrochromic (EC) gels, we improve adhesion between the printed gel and substrate by applying external voltage, which is called electrostatic force-assisted dispensing printing. As a result, we obtain well-defined printed EC gels on substrates such as indium tin oxide (ITO)-coated glasses. We fabricate a gel-based EC device (ECD) by simply sandwiching the printed EC gel

between two transparent electrodes. The resulting ECD requires low coloration voltage (~0.6 V), and exhibits high coloration efficiency (η) of 161 cm^2/Candlargetransmittancecontrast(~82%)betweenthebleachedandcoloredstateat−0.7V.Also,byutilizingelectrostaticforce-assisteddispensingprinting,directlypatternedECDsaredemonstrated.

[나노S1-4 | 14:45] 조청강연

Printable and Re-writable Full Structural Color: *Cheolmin Park, Han Sol Kang, Tae Hyun Park, Min Joo Ki; *Yonsei University.*

Keywords: Block Copolymer, Structural Color, Re-writable

Structural Colors (SCs) of photonic crystals (PCs) arise from selective constructive interference of incident light. Self-assembled colloidal and block copolymer (BCP) materials have been extensively studied with regards their potential use as large area, low power reflective mode displays and stimuli-sensitive sensors. A rewritable full color SC display with fast writing speed and high resolution still remains a challenge. Here, we demonstrate an ink-jet printable and re-writable BCP SC display that can be quickly written and erased over 50 times with resolution nearly equivalent to that obtained with a commercial office ink jet printer. Moreover, our writing process employs an easily modified printer for position and concentration controlled deposition of a single, colorless, water base ink containing a reversible cross-linking agent, ammonium persulfate (APS). Deposition of the ink onto a self-assembled BCP PC film comprised of a 1D stack of alternating layers enables differential swelling of the written BCP film and produces a full color SC display of characters and images. Furthermore, the information can be readily erased and the system reset by application of hydrogen bromide. Subsequently new information can be re-written, resulting in a chemically rewritable BCP SC display.

[나노S1-5 | 15:30] 조청강연

Pb-free perovskite materials for optoelectronic device applications: *Myungkwan Song; *Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Perovskite, Lead free solar cell, Bismuth

Lead-containing halide perovskite solar cells have attracted much attention recently because of their high-efficiency and low-cost. Despite its superior properties, the toxicity of lead and the instability of this lead-based perovskite under ambient air could be obstacles for future commercialization. Therefore, a key scientific challenge is to replace the lead in the perovskite crystal with a less toxic and a more stable. Beyond the Sn element, bismuth is chemically similar but more environmentally friendly. Furthermore, bismuth based perovskite materials have high optical absorption, and better chemical stability under ambient atmosphere than the lead based perovskite, which are suitable for solar cell application. The bismuth perovskite materials have been reported on structural and optical properties of this material, but the results on solar cell performance were so far rather poor. Here, we will present on the synthesis, optical properties and high-efficiency with Pb-free perovskite solar cells.

[나노S1-6 | 15:55] 조청강연

Electrochromic device for the reversible electrodeposition system: *김태엽, 아칠성, 조성목, 류호준, 김주연; *한국전자통신연구원.*

Keywords: Reversible Electrodeposition, Electrochromic, Transparency Change, Optical Shutter

전기변색 소자는 크게 전기변색 물질과 전해질로 구성된다. 여기선 변색 물질은 전기 화학적으로 산화 또는 환원 상태로 바뀔 때, 변색 물질이 가역적으로 착색되거나 탈색되는 현상을 말한다. 이러한 전기변색 소자는 환원변색 물질과 산환변색 물질의 적절한 조합으로 다양한 색상을 만들어 낼 수 있다. 본 발표에서는 전기변색 기술 중 다른 하나인 가역 전기 증착 기술을 소개하려 한다. 가역 증착 기술은 반사 상태와 투과 상태의 조절이 가능하며 또한 응용성에 따라 흡수 상태, 즉 흑색 상태의 조절도 가능하다. 따라서 한 소자 안에서 3가지 상태 변화가 가능한 소자이다. 가역 증착 기술은 전기변색 소자 기술의 장점을 그대로 가지고 있어 높은 내구성과 뛰어난 광학적 특성을 가지고 있으며 또한 제작이 용이하다. 그러므로 가역 전기증착 기술은 스마트 광셔터, 건축용 스마트 윈도우, 자동차용 선루프, 가정용 전자기기 등과 같이 다양한 산업 분야에서 응용이 가능하다. 이러한 다양한 광학적 특성과 응용성에도 불구하고 기술의 확장성이 낮은 이유 중에 하나는 소자 크기의 제약 때문이다. 본 그룹에서는 가역 전기 증착 기술의 광학적, 전기 화학적 특성에 대하여 연구하였으며 또한 10 × 10 cm^2 크기의 비교적 큰 가역 전기증착 소자를 개발하였다.

[나노S1-7 | 16:20] 조청강연

디스플레이 응용을 위한 Cd-Free나노입자 합성 및 응용: *이종수; 대구경북과학기술원(DGIST).

Keywords: Nanocrystals, Surface Engineering, QLED

21세기 들어서면서 IT(정보기술),BT(생명공학기술), NT(나노기술), ET(신에너지, 환경기술)등이 신산업혁명을 이끌어갈 핵심 기술들로 부각되면서 각 기술들에 대한 투자 및 연구개발로 눈부신 발전을 이루고 있다. 그 가운데 IT기술로 대표되는 디스플레이 기술은 삼성전자와 삼성디스플레이, 엘지전자 같은 국내 대기업을 필두로 전 세계 시장을 주도하고 있으며 최근에는 UHD급 해상도를 가지는 디스플레이를 내놓고 있다. UHD급 해상도의 디스플레이로는 OLED(Organic Light Emitting Diode)와 QD-LCD(Quantum Dot Liquid Crystal Display) 기술이 대표적이며 QD-LCD의 경우 NT 및 IT의 융합기술로 양자점(Quantum dot)이라는 수 나노미터(주로 2 nm~10 nm)의 반도체 결정이 가지는 특별한 양자역학적 광학 특성을 기존 LCD 기술에 접목하여 디스플레이의 색재현율을 기존에 비해 50% 정도 더 끌어올림으로써 차세대 디스플레이로 각광받는 OLED 기술과 경쟁하고 있다. 본 발표에서는 QD-LCD의 필수 소재기술인 양자점에 대한 소개와 문제점 및 향후 기술 발전 방향에 관한여 보고하고자 한다.

[나노S1-8 | 16:45] 초청강연

양자점 합성 및 복합화 응용 기술: *김영국; 재료연구소.

Keywords: Quantum dot, composite particles, photoluminescence, energy transfer

양자점은 수 나노미터 영역의 크기 범위를 가지는 반도체 나노입자로 전자의 공간적 분포가 나노입자 내부로 제한되어 외부광 여기에 의해 고효율 발광이 가능하고, 불연속적인 전자 준위로 인해 좁은 발광 선폭을 가지게 된다. 양자점은 용액 공정이 가능하고, 벌크 무기 반도체나 유기 반도체에 비하여 우수한 전기적, 광학적 특성을 보유하고 있어서 최근에는 태양전지나 LED, 디스플레이 분야 위주로 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 디스플레이의 경우 일부 상용화 제품도 출시되고 있다. 양자점의 응용확대를 위해 높은 발광효율을 가지며, 발광선폭이 좁은 양자점 합성을 위한 많은 노력이 이루어지고 있으며, 특히 인체 유해성이 적은 InP계 양자점 합성에 관한 연구가 활발하다. 더불어 양자점의 소자 응용을 위해서는 충분한 내구성 확보가 요구되나, 넓은 표면적을 가지는 나노입자의 특성상 열, 수분, 빛 등 외부 환경에 대해 취약하다. 따라서 양자점의 안정적 응용을 위한 복합화 기술의 필요성이 증대되고 있다. 본 발표에서는 고특성 양자점 합성을 위한 다양한 시도들에 대해 소개하고, 양자점의 안정성 확보를 위한 여러가지 복합화 기술에 대해 논의하고자 한다.

상변태
Room 603, 4월 26일

[상변태1-1 | 09:30]
Effect of size on the intermittent deformation behavior of metallic glass particles: *So Yeon Kim, Jinwoo Kim, Koji S. Nakayama[1], Karin A. Dahmen[2], Eun Soo Park ; *Seoul National University. [1]Tohoku University. [2]University of Illinois at Urbana-Champaign.*

Keywords: Metallic glass, Nanoparticle, Size effect, Intermittent flow, Statistical analysis

Despite the outstanding mechanical properties of metallic glass (MG), its structural application is highly limited due to brittle fracture behavior. To understand fundamental deformation behavior of MG, several studies on the small-sized MG have been conducted, but there still exist controversies over the size dependency of mechanical responses. To exclude extrinsic factors such as ion irradiated or tapered surfaces, we fabricated small sized MG particles through gas atomization with careful viscosity control. MG particles went through several deformation stages of different stress conditions and we investigated the size dependency of mechanical properties from the their responses at each stages. Especially, the spherical geometry of particles resulted in long-lasting elastic-plastic deformation stage with intermittent flows and fruitful informations are derived through the statistical analysis on these flows. The results could provide effective guidelines for evaluating nanomechanical properties and understanding the fundamentals of MG deformation.

[상변태1-2 | 09:45]
이성분계 니텔-전이금속 비정질 합금의 기계적 거동 및 구조 분석: *안혜상, 오현석, 류채우, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Ni-TM metallic glass, Atomic structure, thermal property, pop-in event, statistical analysis

무질서한 원자 구조를 가지는 비정질 합금은 동일 합금계의 결정질 합금에 비해 강도, 탄성한계, 내마모성의 관점에서 우수한 기계적 특성을 가지는 반면, 결정화 온도 이하로 제한된 열적 안정성을 갖는다는 단점이 있다. 다양한 비정질 형성 합금계 중에서 Ni계 비정질 합금은 상대적으로 우수한 열적 안정성 및 기계적 성질로 인하여 구조재료로서의 응용하기 위한 많은 연구가 진행되어왔다. 본 연구에서는 Ni 과 다양한 전이금속(Zr, Ti, Nb, Ta)으로 이루어진 이성분계 합금을 제조하고 합금 구성원소에 따른 특성변화와 구조 변화와의 상관관계를 분석하였다. 독특하게도, Ni-전이금속의 이성분계 합금은 전이금속의 종류에 무관하게 유사한 특정 조성비에서 비정질 구조를 형성하는 것이 가능함을 확인하였으며, 동일 조성비에서도 전이금속의 종류에 의존하여 열적, 기계적 특성이 변화하는 것을 확인하였다. 전이금속원소의 특성으로부터 기인하는 Ni계 비정질 합금의 특성 차이를 심층적으로 분석하고자 전이금속의 종류에 따른 합금 구성 원소간 결합 특성을 EXAFS를 통해 고찰하였다. 이와 더불어 nanoindentation을 통한 비정질 합금의 pop-in events의 통계적 분석과 DSC를 통한 열적 특성 분석으로부터, 탄성계수로 대변되는 합금 내 결합 특성과 열적, 기계적 물성과의 상관관계를 고찰하였다. 이러한 연구는 비정질 구성원소 제어를 통해 비정질 구조를 제어함으로써 비정질 특성을 조절하는 상관관계를 이해하는 시금석을 제공하여 줄 것으로 사료된다.

[상변태1-3 | 10:00]
Investigation on Gd-based metallic glass alloys for magnetic refrigerant development: *Yeabin Moon, Sunghwan Hong, Haejin Park, Youngseok Kim, Younghoon Lee, Yunjung Hwang, Yeonbeom Jeong, Kibuem Kim* ; *Sejong University department of Nanotechnology and Advanced materials Engineering.*

Keywords: Metallic glasses, Gd-based metallic glasses, Glass-forming ability, Magnetocaloric effect

Conventional gas compression refrigeration is in need of alternative technology, because many problems of environmental and energy efficient. In order to overcome these drawbacks, the magnetic refrigeration based on the magnetocaloric effect (MCE) has become a promising alternative for gas compression refrigeration. The MCE is a magneto-thermodynamic phenomenon in which the temperature changes as the material is exposed to changing magnetic fields. The heavy rare earth (RE) metals and RE-based alloys, such as Gd, Gd-Si-Ge, Dy-Al, La-Fe-Si and so on, have shown giant MCE. Among these alloy, Gd-based alloys have a wide range of applications, because of Gd possesses the highest magnetic moment as well as highest effective exchange coupling around room temperature. However, the polycrystalline Gd metal or Gd-based alloys with MCE undergo repetitive thermal expansion by temperature change, which induce catastrophic failure of the materials by the thermal strain on the grains and the stress accumulation at the grain boundaries during operation. Thus, it is necessary to develop a nano-crystalline magnetic refrigerant. Metallic glasses with a characteristic of metastable phase can easily form the homogeneous nano-crystalline structure. Therefore, it is possible to develop nano-crystalline MCE alloys with excellent properties by using Gd-based metallic glass alloys with giant MCE. In this study, we have selected Gd-based glass forming alloy system with MCE and attempt to extend the glass forming range on the alloy system by addition of alloying element. The alloying elements were selected based on the empirical rule, and the glass-forming range of present alloys system were investigated by systemic structural and thermal analyses. In addition, we also investigated the crystallization behavior of metallic glass alloys. The phase identification of the metallic glasses and the nano-crystallized alloys was ascertained by X-ray diffraction (XRD) using Cu Kα radiation. And thermal properties and crystallization behavior of metallic glasses were carried out using a differential scanning calorimeter (DSC)

at the continuous heating rate of 0.333 K/s.

[상변태1-4 | 10:15]

TRIP 거동을 나타내는 FeMnCoCrAl 경량 하이엔트로피 합금 개발: *윤국노, 오현석, 이제인, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소*

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 낮은 SFE를 가지는 복합구조 FeMnCoCr 4원계 합금을 중심으로 경량 원소인 저밀도의 Al (2.7 g/cm^3) 을 첨가함에 따라 강도 및 연신 등의 기계적 물성 및 변형기구 제어에 관해 체계적으로 고찰하고자 한다. 본 연구를 통해 개발된 하이엔트로피 합금은 고강도 특성은 유지하면서도 연신을 획기적으로 향상시킬 수 있는 TRIP 특성을 보임과 동시에 경량화를 달성하여, 차세대 고비강도 구조용 소재로 적용 될 수 있을 것으로 사료된다.

[상변태1-5 | 10:30]

열 성형을 위한 우수한 열적 특성을 가지는 Zr계 신합금 개발: *김경준, 류욱하, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소*

Keywords: Zr-Cu binary alloy, minor addition, Low glass transition temperature, supercooled liquid region, Thermo-plastic formability

임계 냉각 속도 이상 급냉 응고를 통해 형성된 비정질 합금은 기존 상용 금속 소재들이 가지는 장주기 반복 원자 배열인 결정성과는 차별되는 무질서한 원자 배열 구조 때문에 이론 강도에 가까운 높은 비강도와 넓은 탄성 한계를 보인다. 뿐만 아니라 과냉각 액체 영역이라는 독특한 특성 온도 구간에서 점성 유동 초소성 거동을 나타내며, 나노 단위의 초미세 형상의 제조가 가능할 만큼 우수한 성형성을 가진다. 이러한 우수한 기계적 특성과 열성형성에 착안하여 최근 IT 산업 등에서 주목 받는 일체형 금속 외장재 연구에 비정질 합금이 기존 상용합금의 대체재로 기대를 모으고 있다. 본 연구에서는 폴리머 열성형 공정온도에서 열성형 공정이 가능한 Zr-TM 계 비정질 신합금을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 Zr-Cu 이성분계 합금에서 낮은 유리 천이 온도를 가지는 Zr-rich 조성을 기반으로, Zr의 함량이 높아지면서 유리 천이 온도가 350°C 이하로 감소하면서도 50 K 이상 과냉각 액체 영역을 가지는 신합금 조성을 개발하였다. 또한, Zr-rich Zr-Cu 이성분계 합금에 Co, Ni 등 이종 전이원소나 Al, Be 등의 원소를 추가로 소량 첨가함에 따라 더 낮은 유리 천이 온도를 가지는 신합금을 개발하였다. 이러한 연구는 우수한 성형성으로 다양한 산업적 응용을 가지는 폴리머의 성형가능 온도까지 낮아진 금속 비정질 신합금을 개발함을 통해 열성형능이 획기적으로 개선된 금속신소재를 개발하는 기회를 제공하고, 금속 비정질 합금의 상용화를 위해 중요한 공정능 개선에 시금석을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[상변태1-6 | 10:45]

Thermophysical Properties of Tungsten Niobium Alloy Near 3000K: *Chang-Hwan Yoo, Shraddha P.Ganorkar[1], Yun-Hee Leeb[1], Yong Chan Cho[1], Geun Woo Lee[2] ; *Kyung Hee University. [1]Korea Research Institute Standards and Science. [2]Korea Research Institute Standards and Science / University of S.*

Keywords: Electrostatic Levitation, W-Nb alloys, Thermophysical Properties, Fusion Reactor, High Temperature

Tungsten (W) is known as a potential candidate for the core material of diverter plate at the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) [1], yet faces a number of weaknesses such as low ductility and low oxygen resistance etc [2]. to overcome from these weakness, W-based alloys may be able to be used as alternative materials if we can have the information of thermophysical and mechanical properties at high temperature over 3000 K. Here, we provide thermophysical properties at high temperature using electrostatic levitation (ESL).

[상변태1-7 | 11:00]

Influence of minor elements on microstructure and mechanical properties of Ti-Cr-X alloys: *YunJung Hwang, Young Seok Kim, Hae Jin Park, Jeong Tae Kim, JUMAEV ELYORJON, Younghoon Lee, Yeonbeom Jeong, Yeabin Moon, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim ; *Sejong University.*

Keywords: solid solution hardening, β-Ti alloy, high strength alloy

Commercial pure titanium (c.p. Ti) is attractive material in many field due to their light weight, high corrosion resistance, biocompatibility and favorable mechanical properties. However, for materials to be used in many field it is essential to complement their high melting temperature and mechanical properties. To improve these problem, the development of titanium alloys which exhibit solid solution hardening and better ductility than c.p. Ti has been conducted. One of these alloys is Ti-Cr binary alloys which have wide solid solution region. The Ti-Cr binary alloys have reasonable strength due to solid solution hardening and ω phase strengthening effect. Moreover, these alloys exhibit high elongation because of having lots of slip bands during the deformation. In this study, we researched to development of Ti-Cr-X alloys with high strength by adding minor element to Ti-Cr binary alloys. It is investigated the mechanical properties and microstructure evolution, e.g. volume fraction, constituent phases and phase refinement, according to the addition of

minor element in the Ti-Cr binary alloys. The Ti-Cr-X alloys was prepared by arc melting under Ar atmosphere. From these alloys, rods with 3mm diameter and 50mm length were made by suction casting. The microstructure of the samples was analyzed by scanning electron microscopy (SEM). X-ray diffraction (XRD) was performed for structural characterization. Mechanical property of these alloy was examined by compression test at room temperature.

[상변태2-1 | 11:25]

Thermodynamic and Kinetic Aspects of CuZr Bulk Metallic Glass: *Shraddha P. Ganorkar, Chang-Hwan Yoo[1], Yong Chan Cho, Yun-Hee Lee, Soo-Heyong Lee, Geun Woo Lee[2]; *Korea Research Institute Standards and Science. [1]Kyung Hee University. [2]Korea Research Institute Standards and Science / University of S.*

Keywords: Electrostatic Levitation, CuZr, Thermophysical Properties, GFA, Interfacial Free Energy

Phase formation is one of the most important and oldest topics in Nature. However, glass formation, even simple binary Cu-Zr system, is still under ambiguity; as well as empirical rules [1] of metallic glass formation do not work, glass forming ability (GFA) of Cu-Zr has been correlated to a number of factors like confusion principle, mixing enthalpy and related various transition temperatures [2-3]. Recently we have shown that GFA of $Cu_{64}Zr_{36}$ is significantly affected by crystal-liquid interfacial free energy [3]. Here, we explore wide composition range of Cu-Zr alloys to study the GFA by measuring time-temperature-transformation (TTT) diagram using electrostatic levitation, which has not been studied well. Moreover, we study other thermophysical properties like undercoolability, density and viscosity. Using those thermophysical properties, we can fit TTT diagram and thus estimate crystal-liquid interfacial free energy which shows correlation with GFA. Our results will be useful to understand the driving mechanism of better GFA as a function of Zr concentration. Reference: [1] A. Inoue, Acta Mat. 48, 279-306, (2000). [2] D. Wang, et al. Appl. Phys. Lett. 84, 4029–4031 (2004).[3] D. H. Kang et al. Scientific Reports, 4:5176, (2014).

[상변태2-2 | 11:40]

Interfacial Fee Energy and Medium-Range Order of Ti-Zr-Ni-Ag quasicrystal forming liquid: *이근우, 조용찬, 이병찬[1]; *한국표준과학연구원. [1]경희대학교.*

Keywords: liquid metals, quasicrystals, supercooling, short and medium range order, electrostatic levitation

결정-액체 계면에너지는 액체와 고체의 단거리 질서의 유사성과 매우 밀접한 관계가 있음이 알려져 왔다. 이는 결정 핵생성의 에너지 장벽에 계면에너지와 단거리질서가 영향을 주는 것임을 의미하며, 과냉각 정도와 유리화를 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 준결정을 형성하는 $Ti_{37}Zr_{42}Ni_{21}$ liquid 의 단거리 및 중거리 질서를 변화시킬수 있도록 소량의Ag를 첨가하여 과냉각 실험을 실시하였다. 과냉각은 정전기부양장치를 이용했으며, Ag의 첨가로 Ti-Zr-Ni 액체의 과냉각이 감소함을 관찰하였다. 이것은 Ag의 첨가로 액체와 결정의 구조적 유사성이 증가한 것으로 해석할 수 있으며, 분자동력학으로 Ag 가 Zr과 결합하여 중거리 질서를 만들기 때문임을 알 수 있었다. 이 결과는 소량의 원소의 첨가로 액체의 중거리 또는 장거리 질서를 결정과 유사하게 만들 수 있다면, 과냉각 정도가 매우 적을 것임을 예상하는 것으로써, 금속액체의 단거리 질서가 정이십면체 구조(Icosahedron) 이어서 금속액체는 깊은 과냉각을 한다는 Frank 가설을 역으로 증명하는 것이다.

[상변태2-3 | 11:55]

CANDU 피더관 재료에서 고온 변형 거동에 미치는 단범위 규칙화의 영향: *김성수, 임상엽, 김영석 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 연강, 항복점, serration, 열분석, 단범위규칙

냉각 속도를 변화시킨 연강에 대하여 6.6×10^{-6}/s의 변형 속도로 상온에서 503ºC까지 고온 인장 변형 거동을 조사하였다. 항복점은 노냉 (furnaced cool, FC)에서만 나타나고, 수냉 (water quench, WQ)에서는 나타나지 않았다. Serration은 전위의 이동과 탄소의 확산 때문에 나타난다고 보고되어 있으나, serration은 FC와 WQ에서 각각 55-300ºC와 55-121ºC에서 나타나므로 고용 탄소가 더 높은 재료에서 serration의 발생 범위가 더 좁다. 즉, 탄소의 확산과 전위의 이동 방해에 의하여 serration이 나타나는 것이라면 WQ에서 더 뚜렷해야 하지만, 실험 결과는 FC에서 더 뚜렷하게 나타난다는 것이다. 이 재료에 대한 시차열분석(differential scanning calorimeter, DSC) 결과 350ºC 이하에서 발열 반응이 나타나고 이에 대한 활성화 에너지는 73 kJ/mol로 나타났다. 이 실험 결과를 바탕으로 판단하면 적어도 serration의 형성은 철과 탄소 사이에 형성되는 발열 반응에 의한 것이 더 타당하다. 이 발열 반응은 탄소와 철 사이에 형성되는 단범위 규칙화 (short range ordering, SRO) 과정에 의한 것으로 판단된다. WQ는 급냉 처리되어 상대적으로 불규칙한 상태인 반면, FC는 상대적으로 느리게 냉각되는 과정에서 더 규칙화된 상태라는 것을 감안하면 항복점의 유무나 serration의 패턴 변화를 적절히 설명할 수 있다.

[상변태2-4 | 12:10]

Effect of annealing temperature on phase transformation of micron-sized MnAlC: *Jihoon Park, Hui-Dong Qian, Ping-Zhan Si, Chul-Jin Choi* ; *Powder & Ceramic Division Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: MnAlC, Phase, magnetics, magnetic properties

We have performed low energy ball milling for 48 hours on as-synthesized ε-phase MnAlC powder smaller than 100 mm down to micron-sized powder smaller than 5 mm. The ball milled MnAlC particle is platelet-like shaped and exhibit mostly ε-phase with minor secondary phases. The powder is then heat treated for phase transformation from ε-phase to τ-phase at temperatures ranging from 400 to

500 °C for 5 minutes to find out phase transformation temperature by X-ray diffraction patterns and characterize the corresponding magnetic properties, such as saturation and remanent magnetizations (σ_s and σ_r) and intrinsic coercivity (H_{ci}). It was found that the phase transformation begins to occur at 410 °C, and the highest portion of τ-phase was obtained when the sample was heat treated at 450 °C. The broad peaks of as-ball milled powder is more sharpened as the heat-treatment temperature is higher, therefore, the strained lattice is relaxed. The highest σ_s of 32 emu/g is measured for the sample heat-treated at 450 °C, but the highest H_{ci} of 4335 Oe is observed when heat-treated at 500 °C. This is because the highest portion of τ-phase is formed when heat-treated at 450 °C, and it is decomposed to secondary phases which act as pinning points of magnetic domains resulting in increased H_{ci}.

[상변태2-5 | 12:25]

Precipitation and Ripening of Al-Li Alloys: in-situ TEM Observation and Phase-Field Approach: *Jiwon Park, Sung-Dae Kim, Chang-Seok Oh, Reza Darvishi Kamachali[1], Christian Schwarze[1], Ingo Steinbach[1] ; *Korea Institue of Materials Science.* [1]*ICAMS Ruhr University Bochum.*

Keywords: Al-Li alloy, in-situ TEM, Phase-Field Model, Precipitation, Ripening

Al_3Li precipitation during heat treatment is known to be the important strengthening mechanism of Al-Li alloys. Effect of internal stress induced by fine-dispersed, coherent precipitates on the growth and inverse-ripening of precipitates has been extensively studied as well as concentration gradient. In this study, a phase-field approach of the effect of stress-concentration coupling on the precipitation ripening is proposed and validated through in-situ heating TEM observation. Al-8at%Li alloy was prepared by vacuum induction melting followed by heat treatment and hot/cold rolling. Fully solution treated TEM specimen is heated up to 473 K and held for 13 hours to observe formation, growth, and inverse-growth of Al_3Li precipitate. Pre-formed Al_3Li phase -ordered Al_3Li domain- exists in as-quenched sample, but its size is much smaller than reported before. Extensive amount of dislocations is generated during annealing process which implies that lattice misfit is relaxed by dislocations. Li segregation in the early stage of the heating is first observed in this work.

격자구조결함 상변태 심포지엄
Room 603, 4월 26일

[격자1-1 | 13:30] 초청강연
탄소강 연주시 상변태(α ↔ γ)와 표면 입계균열 발생기구: *허남회, 장지훈, 임창희 ; *포항공대 철강대학원.*
Keywords:
탄소강 연주시 주편 표면에서 고질적으로 발생하는 입계균열 기구에 대한 다양한 이론이 제시되어 왔으나, 그 발생기구는 아직도 명확히 밝혀지지 않았다. 일반적으로, 고온에서의 입계취화 구간은 3 구역으로 나뉘어진다. 각 구역별 취화 원인으로서, 가장 고온에서의 제 1취화 영역은 주로 액상필름, 제 2취화영역은 저융점 화합물 (Cu_2S, FeS), 그리고 가장 낮은 온도대의 제 3취화 영역은 필름 형태의 페라이트에 의한 것으로 여겨져 왔으며, 고합금화 할수록 이러한 입계취화 경향은 급격히 증가한다. 본 연구에서는 연주시 발생하는 주편표면 입계균열 기구를 페라이트↔오스테나이트 변태의 상관성 속에서 이해하고, 기존 고온에서의 입계취화 영역별 취화기구를 이론적으로 유도된 Hall-Petch 관계식들(항복, 벽개, 입계파괴) 위에서 재해석된다.

[격자1-2 | 14:00] 초청강연
수소 및 지연 취성파괴(delayed brittle cracking)의 물리적 이해: *허남회 ; *포항공대 철강대학원.*
Keywords:
탄소강의 고합금화가 진행될수록 구조재 사용시 발생하는 수소 및 지연 취성파괴가 큰 문제로 대두되고 있다. 수소 취성파괴는 근본적인 개념을 바탕으로 할 때, 벽개파괴를 나타내어야 한다. 그러나, 파괴 모드는 일반적으로 벽개파괴와 입계파괴로 대별되며, 이러한 취성파괴 모드를 지배하는 인자가 무엇인지, 현재까지 수소 취성을 설명하기 위한 여러 가지 이론에서 조차, 그 메커니즘을 명확히 설명하지 못하고 있다. 지연파괴 역시 주로 수소취성과 연관지어 설명하는 경우가 많으나, 이 역시 하나의 이론으로 설명하기 어렵다. 본 연구에서는 수소 취화의 근본적인 의미를 물리적으로 이해하고, 수소 및 지연파괴와의 상관성을, 이론적으로 유도된 Hall-Petch 관계식들(항복, 벽개, 입계파괴)을 바탕으로 이해된다.

[격자1-3 | 14:30] 초청강연
Phase-field modeling of transformation with interphase boundary segregation: *Seong Gyoon KIM, Byeong-Joo Lee[1], Jae Sang Lee[1] ; *Kunsan National University. [1]Pohang University of Science and Technology.*
Keywords: Phase transformation, interface, segregation, phase field model
Interactions between a migrating interface and the alloying elements can give rise to significant effects on the phase transformation kinetics and the resultant microstructures of alloys. Deep understanding of the interactions on both aspects of the kinetics and thermodynamics is indispensable to predicting and controlling the microstructures and properties of the alloys. We present phase-field models (PFMs) for the migrating interface with solute segregation in diffusional phase transformation, by employing a boundary phase between two bulk phases. Two different approaches are developed, based on the equal diffusion potential condition and the equal composition condition, respectively. It is shown that two different approaches yield almost the same behaviors in the free energy dissipation (or solute drag) during the transformation process. However, the model based on the equal composition condition suffers from the anomalous boundary energy for stoichiometric phases. We show that in both approaches, the basic thermodynamic condition of the positive free energy dissipation during the solute redistribution process within the boundary region is satisfied. For the application of the PFM to the mesoscale simulation, we should adopt a very thick boundary width to enhance the computational efficiency. In this situation, the thick boundary width brings about a highly exaggerated solute trapping effect in the boundary region. By introducing an anti-trapping term in the diffusion equation, we can suppress the anomalous solute trapping effect even with a very thick boundary width. However, the PFMs coupled with the anti-trapping term in the diffusion equation violates the condition of the positive free energy dissipation in solute redistribution process. We show that the condition of the positive free energy dissipation can be recovered, if another additional term (cross term) is introduced in the phase-field equation and if Onsager's reciprocal relation is satisfied. Finally we discuss the application of the present models for the austenite/ferrite transformation in steel alloys, focused on the role of the solute segregation in the austenite/ferrite boundary region.

[격자2-1 | 15:15] 초청강연
TiZrNiCu 비정질 합금의 산화거동: 나민영, 김도향, *김원태[1] ; *연세대학교 [1]청주대학교.*
Keywords: TiZrNiCu, 비정질, 산화
비정질 합금의 경우 과냉각 액체영역에서 나타나는 점성유동을 이용하는 열소성가공(thermo plastic forming)법으로 micro- 또는 nano- scale 의 미세구조 패턴을 제조할 수 있다. 열소성가공의 경우 비정질을 과냉각액상영역으로 급속가열한 후 pressure 를 가하여 표면 pattern이 형성된다. 따라서 열소성가공 공정의 최적화를 위해서는 비정질의 가열시 산화층의 두께변화, 산화층의 미세조직 및 표면에서 조성변화 등 산화거동을 이해하여야 한다. 본 연구에서는 초탄성을 나타내는 B_2 상으로 결정화가 일어나는 $(TiZr)_{50}(NiCu)_{50}$ 비정질 합금의 가열시 일어나는 산화거동 및 표면 산화층의 미세조직을 DSC, SEM, TEM, TGA 및 XPS 분석을

이용하여 조사하였다. 본 발표에서는 비정질영역, 과냉각액상영역 및 결정상 영역에서의 산화거동에 미치는 합금 조성의 영향에 대해서 발표할 것이다.

[격자2-2 | 15:45] 초청강연

스테인리스강의 변형유기 마르텐사이트 상변태: *김영석, 김성수 ; *한국원자력연구원.*

Keywords:

스테인리스강은 상온 및 저온에서 변형시 마르텐사이트가 생성된다는 것은 잘 알려져 있으나, 이러한 변형유기 마르텐사이트 변태가 왜 생성되는지는 명확하게 알려져 있지 않다. FCC 기지상에 부피가 큰 BCC 마르텐사이트 생성은 부피 차이로 인한 응력장 때문에 응력유기 마르텐사이트 상변태가 억제될 것으로 예측됨에도 불구하고, 변형유기 마르텐사이트 변태가 매우 쉽게 일어난다. 따라서 상변화로 야기된 응력장이 상변태에 미치는 영향은 크지 않다는 것을 보여준다. 본 연구에서는 304/316 스테인리스강을 대상으로 수소 첨가 유무 및 인장 변형속도를 2×10^{-6}/s~1×10^{-2}/s 변화시킴에 따른 변형유기 마르텐사이트 상변태 거동을 조사하였다. 수소가 없는 304 스테인리스강에서는 변형속도가 느리면 변형유기 마르텐사이트 변태가 촉진되었다. 그러나 수소가 첨가된 스테인리스강에서는 변형속도가 느리면 변형유기 마르텐사이트 변태가 억제되었다. 이처럼 수소유무 및 변형속도에 따른 변형유기 마르텐사이트 변태 거동은 316 스테인리스강에서도 동일하게 나타났다. 본 연구는 중성자 회절, 중성자 소각산란 및 atom probe tomography 결과 분석을 통하여, 변형유기 변태로 생성되는 마르텐사이트는 DO_3 $(Fe,Cr)_3Ni$ 규칙상이 인장변형으로 BCC 불규칙상으로 변태된 상이라는 것을 처음으로 규명하였다.

[격자2-3 | 16:15] 초청강연

인장속도변화에 의한 SRO현상과 변형유기 상변태 및 역변태 제어: *설재복, 김정기[1], 나선형[1], 박찬경[1], 김형섭[1] ; *포항공과대학교 나노융합기술원. [1]포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: Short-range ordering, strain rate, High-Mn TRIP steel, Shor-range clustering

Dynamic strain aging (DSA) in engineering metallic alloys triggers a degradation of the relevant properties of these material. Atomic-scale understanding of DSA is essential for achieving strong and ductile high-Mn martensitic-austenitic transformation induced plasticity (TRIP) steels. Using multiple-scale analytical techniques, we report the influence of carbon addition and strain rates on the mechanical properties and associated deformation-induced phase transformation of these steels. Specific attention is also placed on the origin of DSA at the atomic scale. We found that controlling these parameters (carbon and strain rate) could be used to manipulate the room temperature reverse transformation from martensite to austenite, plastic instability, short-range ordering (SRO), TRIP effect, and strain hardening of these steels. Thus, we suggest that SRO caused by short-range clustering (SRC) has a drastic effect on the DSA, and that an increase in the carbon concentration of SRC is compelling evidence for DSA suppression with respect to high-strain-rate deformation, thereby achieving strong and ductile steels.

[격자2-4 | 16:45] 초청강연

Dislocation assisted phase transformation: *허윤욱 ; *포항공대 철강대학원.*

Keywords: 전위의 움직임, 상변태, 석출상, 투과전자현미경

결정질 재료에서의 전위의 움직임은 기계적 특성 혹은 전기적 특성과 연관되어 있어서 많은 연구자들에 의해서 오랜 기간 연구되어 왔다. 이와는 다른 관점에서 잘 정렬된 전위의 움직임은 때로는 격자구조의 변화를 가져올 수 있어서 상변태를 유발하기도 한다. 한 상에서 다른 상으로의 상변태 과정에서는 대부분 격자구조의 변화와 조성의 변화를 수반하고 있어서, 전위의 움직임은 때로는 상변태 과정에 중요한 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 전위의 움직임인 glide와 climb이 격자구조 변화에 주는 영향에 대해서 알아보고, 실제 실험적으로 관찰된 철강재료 내부의 미세 석출상의 상변태 과정 중 일어나는 전위의 움직임을 확인 함으로서 상변태에 미치는 전위의 움직임의 역할에 대해서 생각해 보고자 한다.

[격자2-5 | 17:15] 초청강연

Self-twinning in isothermal decomposition: *이태호, 하헌영, 장재훈, 강전연, 문준오, 이창훈, 박준영, 박성준 ; *한국 기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Self-twinning; decomposition; precipitation; partial dislocation; TEM

Twinning은 면심입방(fcc, face-centered cubic) 결정구조를 갖는 재료의 물성 향상에 효과적임이 알려진 후 twinning 형성 및 활용에 대한 많은 연구가 진행되었고, 특히, 철강재료 분야에서는 소성변형 시 발생하는 deformation twinning을 강재의 효과적인 강화기구로 적극 활용한 TWIP(Twinning-Induced Plasticity) 강재가 개발되어 활발한 연구가 진행 중이다. Fcc 격자에서 관찰되는 twinning 형성기구에 대해서는 완전전위의 분해반응 종류에 따른 1) Pole mechanism, 2) Three-layer twin mechanism, 3) Stair-rod cross-slip mechanism이 보고되었고, 대부분 소성변형 시 외부에서 인가된 응력/변형 조건 하에서 발생한 부분 전위 이동/상호작용에 의한 twinning 형성에 대한 연구가 주를 이룬다. 하지만, 아직까지 외부 응력없이 생성된 자발적 twinning (self-twinning) 현상에 대해서는 보고된 바가 없다. 만약, 고상 반응 과정 중 self-twinning이 형성될 수 있다면, 재료의 damage tolerance 성능을 향상시켜 재료의 고기능화/장수명화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 오스테나이트계 강재의 고온 시효 시 관찰된 석출상 주변에 self-twinning이 관찰됨을 확인하였다. TEM을 이용한 미세조직 분석 결과, 석출상 성장 시 석출상/모재 계면에 국부적인 응력집중이 발생하고, 응력 완화 과정에서 형성된 interface dislocation으로부터 self-twinning이 시작됨을 확인하였다. 다양한

dynamical two-beam 조건 하에서 TEM을 이용한 전위분석 결과, 세 성분을 갖는 부분전위가 확인되었고, 전위구조 분석을 통해 self-twinning 형성 기구는 interfacial dislocation의 분해에 의해 형성된 Shockley partial dislocation의 thermally-activated cross-slip임을 확인하였다.

비철금속
Room 604, 4월 26일

[비철1-1 | 10:00]
Elctrorefining Mechanism of CuZr alloy in Ba_2ZrF_8-LiF electrolyte: *이성훈, 최정훈, 이종현 ; *충남대학교*
Keywords: Zr metal, Ba_2ZrF_8-LiF electrolyte, electrorefining

지르코늄 피복관을 생산하는 공정에서 표면의 연마처리를 위해 산세처리를 진행한다. 산세 처리를 위해 사용하는 산 용액은 연간 수 톤에 이르며. 이 산세 용액에 포함되어 있는 용액도 적지 않다. 산세 용액 내 포함되어 있는 Zr의 재활용을 위한 연구가 진행되었고, 연구의 결과로 Ba_2ZrF_8 석출 물을 제조하였다. 제조한 석축물인 Ba_2ZrF_8은 Zr회수 물로 사용을 가능한 원료로 이용이 가능성이 있다. 본 연구에서는 제조된 석출 물을 Zr전해 정련을 위한 전해질로 활용해 실험을 진행하였다. 하지만 Ba_2ZrF_8의 melting point는 1200C정도로 매우 높은 문제점이 있으며 이 점을 해결하기 위해 LiF을 혼합해 사용하여 melting test를 진행하였다. 실험결과를 바탕으로 공정온도를 설정하였다. 전기화학적 특성을 평가하기 위하여 순환전류법(Cyclic Voltammetry)과 정전압 실험을 진행하였다. 이 후, 전해정련공정을 진행하여 회수 물을 획득하였으며 회수 물 내의 산소를 제어하기 위해 진공증류를 진행하여 산소와 불순물 제거를 진행하였다. 회수 된 Zr metal의 불순물을 평가하기 위하여 SEM과 XRD분석을 진행하여 원자로급 Zr의 회수 가능성을 평가하였다.

[비철1-2 | 10:15]
용융염에서 고체 산화물 멤브레인(SOM)을 이용한 Indium Tin Oxide 전해 환원: *권숙철, 이종현 ; *충남대학교*
Keywords: SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), Molten salts, Electroreduction

Indium Tin Oxide(ITO)는 Light Emitting Diode(LED)에 쓰이는 투명 전극이나 Liquid Crystal Display(LCD)의 재료로 널리 쓰이고 있다. 그러나 공정 후 폐 ITO가 부산물로 생성되며 이를 재활용하기 위해 습식 재처리기술이 활용되고 있다. 습식법의 경우, 다량의 산이 요구되며 공정시간이 길다는 단점이 있다. 따라서, 폐 ITO를 건식공정으로 재활용이 가능하다면 경제적, 환경적인 문제를 해결 할 수 있을 것이라고 기대된다. 이에 본 연구에서는, SOM(Solid Oxide Membrane) 양극을 이용하여 폐 ITO에서 InSn 금속을 직접 환원하는 연구를 진행하였다. 전기화학적 분석은 CV(Cyclic Voltammetry), CP(Chronopotentiometry)법을 이용하였다. 그 결과, SOM 양극을 이용하여 InSn 금속을 직접 환원하였다.

[비철1-3 | 10:30]
불화물계 용융염 전해제련을 통해 회수 된 지르코늄 전착물의 잔존 산소 농도 및 특성 분석: *최정훈, 이영준, 네르시안 하이크, 이종현 ; *충남대학교*

지르코늄 핵연료 피복관 제조 시 표면에 생성되는 이물질 및 산화피막을 제거하기 위해 질산과 불산 혼합용액이 사용되며, 산세 용액 내 지르코늄 이온이 포화 상태에 이르면 산세 효율이 감소하여 폐 산세 용액은 전량 폐기된다. 수십 톤에 달하는 폐 산세 용액을 재활용하기 위해 BaF_2 침전제를 이용하여 폐 산세 용액 내 지르코늄을 침전물 Ba_2ZrF_8로서 침전하는 연구가 진행 바 있다. 본 연구에서는 폐 산세 용액에서 생성된 침전물 Ba_2ZrF_8로부터 국가 지정 전략 물자로서 중요하고 희귀 금속인 지르코늄을 회수하기 위해, 전해 제련 공정에 의한 회수 가능성과 지르코늄 전착물의 잔존 산소 농도 및 특성 분석에 대한 연구가 실시되었다. 전해질로부터 전착된 지르코늄 내 잔존 염은 진공 증류에 의해 제거되었으며, ONH 분석기를 통해 Zr 전착물 내 잔존 산소 농도를 분석하였다. 또한, 진공 아크로를 사용하여 잔존 염이 제거 된 Zr을 잉곳으로 제조하였다.

[비철1-4 | 10:45]
마그네슘 열환원의 중간 반응식 및 최대 환원율: *김장원, 권의혁, 한정환 ; *인하대학교 금속공학과 재료공정연구실*
Keywords: magnesium, Dolomite, Silicon, Pidgeon process, condensation

마그네슘 생산은 세계시장 88.5%가 Pidgeon process를 이용하여 생산되어지고 있다. 하지만 이공정은 여러가지 단점을 가지며, 우선적으로 많은 공장부지가 필요하고 단속적인 조업방식에 전 공정이 수동으로 이루어져 많은 노동력이 필요로 한다. 또한 구조방식에서 열 및 물질전달이 비효율적으로 평가되며 대량 생산에 부적합하다. 이러한 난점을 극복하기 위해 magnetherm process와 MTMP(Mintek Thermal Magnesium process)등의 액상으로 마그네슘을 얻는 공법들이 개발되었으나 arc를 이용한 공법으로 설비비용이 고가이며 비교적 마그네슘 순도가 낮다.따라서 비교적 고순도의 마그네슘 생산이 가능한 Pidgeon process를 적용, 기존 응축구조를 변경하여 노동력을 감소 시키며, 최대 환원율을 얻을 수 있도록 ferrosilicon이 아닌 저가 97%의 silicon을 이용하여 열환원을 실시하였다. 본 연구는 마그네슘 제련 공정의 품질 및 생산성을 향상 시킬 수 있는 방안을 모색하고자 한다. 마그네슘 열환원 공정을 축소실험 장치를 제작하여 마그네슘 크라운 생산과 동시에 중간반응식을 알아보았으며 상용화 열역학 프로그램인 factsage를 이용하여 반응식을 비교하였다. 전처리로 장입된 브리켓을 500~800°C 구간에서 1시간동안 감압 열처리를 실시 하였으며 감압 온도에 따른 마그네슘 환원율에 미치는 영향을 검토하였다. 최종 열환원 공정온도는 1200°C에서 약 10 Pa로 실시되었으며 공정시간에 따른 환원량과 응축량을 확인하였다.

[비철1-5 | 11:00]

어븀(Er) 용해 염산의 온도와 pH에 따른 금속 어븀의 전해회수 가능성 연구: 김동현, 장지훈, *김선정 ; *울산대학교 첨단소재공학부.*
Keywords: erbium, rare earth element, hydrochloric acid, electrowinning

희토류 원소의 대부분은 중국에서 다량의 산성 물질을 사용하여 채취해낸다. 채취하는 과정 중에 발생하는 폐수는 산성 수용액 기반의 다량의 중금속 및 희토류 금속을 포함하고 있다. 중금속에 비해 희토류 금속의 회수는 이론적으로 불가능 하다고 알려져 있으며 연구에 접근이 어려운 것이 현실이다. 본 연구에서 목표로 하는 금속인 어븀(Er)은 지각에 산화물 및 염화물로 존재하고 있으며 어븀 원석의 대다수는 중국에 매장되어있다. 어븀은 현재 원자로의 제어봉 및 피부 미용 목적의 레이저 제작, 광섬유 제작에 사용되어 이들의 성질을 향상시키는 역할을 한다. 이러한 어븀의 대다수는 중국에서 수입하고 있으며 어븀의 매장량이 작아 대부분을 수입에 의존하는 우리나라와 같은 나라는 비교적 접근이 쉬운 공정상 발생하는 폐수에서 희토류 금속을 회수하는 것이 필수 불가결의 문제이며 습식기술은 건식기술에 비해 경제적이며 다량을 회수할 수 있으므로 더욱 효과적이다. 본 연구에서는 어븀이 용해된 염산 기반의 모사 폐수용액을 이용하여 3전극 셀을 구성하여 금속 어븀의 전해회수를 시도하였다. 작업전극으로 티타늄 기판, 상대전극으로는 백금 메쉬, 기준전극으로는 Ag/AgCl 전극을 사용하였다. 어븀은 표준조건에서 -2.32 V의 매우 낮은 환원전위를 가지고 있으므로 환원전위에 영향을 끼칠 수 있는 착화제를 주입하고 수용액의 온도와 pH를 조절하여 어븀의 전해회수를 시도하였다.

[비철1-6 | 11:15]

Electrorefining of In metal from In-Sn containing eutectic molten halide systems: *Basit ali, Sang-Hoon Choi, Jae-Jin Sim, Won Ju, Jae-Hong Lim, Kyoung-Tae Park ; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Chloride salts, ionic liquids, Molten salts, Electrorefining, Electrowinning

Indium (In) is very rare element and is obtained as a byproduct of zinc metal refining. It is an essential element for the fabrication of transparent conductive oxide (TCO) materials. But, its recycling rate is only less than 1%. This provokes the need to recycle In from its end products. Out of other recycling methods, molten salts based electrorefining holds promising future because it provides high conductivity and purity. In and tin (Sn) are well suited for molten salt electrolysis because of their low melting point. In this paper, reduction processes on molybdenum electrode at 500°C in molten LiCl–KCl eutectic (55.7-44.3 mol %) containing varying amount of $InCl_3$ was studied by Cyclic Voltammetry (CV) and Chronopotentiometry (CP). In-Sn alloy was used as raw material. Thermodynamic calculations showed poor stability of $InCl_3$ with metal based crucibles. So, Al_2O_3 crucible was utilized for further experiments. Concentration of $InCl_3$ was changed from 1 wt% to 3 wt% and it was found that the reduction of indium ions take place by a two-step electrochemical reaction: In^{3+}/In^{+} and In^{+}/In^{o} at the potentials of 0.78 and 0.24 V versus Ag/AgCl. Number of transferred electrons and diffusion coefficient of In^{+3} ion species in molten salt with varying $InCl_3$ content was estimated with the help of CV measurements. However, at 500°C, $InCl_3$ shows chemical reactivity with Sn metal according to the following reaction: $InCl_3 + 1.5Sn \rightarrow 1.5SnCl_2 + In$. This problem was overcome by shifting the molten chloride system to molten fluoride system (LiF-KF-InF_3) as fluoride based salts shows high chemical stability with metals. As a result of electrorefining, In-Sn alloy was recycled into pure In with low levels of impurities.

[비철1-7 | 11:30]

폐 희토류 영구자석에서 액상추출법을 활용하여 선택적 희토류(Nd, Dy) 추출을 위한 추출 거동 평가: *남선우[1,2], 김용수[1], 조주영[1], 이종환[1], 김대겸[1], 김도향[2], 김택수[1] ; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 연세대학교 나노구조 재료연구실.*
Keywords: rare earth elements, liquid metal extraction , bismuth, Eco-friendly process, pyrometallurgical process

최근 융복합 및 청정에너지 산업 등의 발달로, 하이브리드 및 전기 자동차와 같은 친환경 자동차 및 풍력발전 산업 등이 신규 산업으로 떠오르고 있으며 그 수요는 가파르게 증가할 것으로 예상 된다. 또한 현재 우리나라의 경우 제품기술 및 IT산업 강국으로 Nd-Fe-B 자석의 지속적인 수요확대가 전망되지만, 소재산업이 전무한 상태이고, 희토류 자석의 원료인 REE(Nd, Dy)은 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서, 희토류 원소의 안정된 확보를 위해서는 중국 이외의 자원 탐사개발과 함께 국내에서의 희토류 원소 리사이클 기술의 개발은 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재, 국내 희토류 자원의 수급 및 중요성 때문에 REE-Fe-B 영구자석에 대한 재자원화 관련 연구들은 일부 보고 된 바 있으나, 주로 자석 스크랩로부터 농축된 대상물을 수용액에 용해하여 희토류 원소를 추출하고 분리하는 기술들로, 재활용 산업에 적용하기 위해서는 폐수 처리와 폐기물 처리와 같은 환경적 문제를 해결해야만 한다. 따라서 환경적 오염을 최소화하기 위해 최근에는 건식 추출법인 액상금속(Mg, Zn, Ag, Pb)을 이용한 희토류 추출 공정이 연구가 이루어지고 있다. 특히 Mg를 이용한 금속 희토류 추출 연구가 활발히 이루어지고 있으며 Mg은 융점이 650°C로 Fe, B과는 어떠한 화합물을 생성하지 않아 희토류를 추출하기에 최적으로 여겨지고 있다. 하지만 Mg은 희토자석에서 Nd와같은 경희토류의 추출은 비교적 쉽게 이루어지고 있지만 Dy와 같은 중희토류의 추출은 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 최근 Mg보다 저융점 금속인 Bismuth(Bi)을 활용하여 액상금속추출법에 대한 연구가 이루어지고 있다. Bi는 Fe, B와 반응하지 않으면 Nd, Dy을 추출할 수 있는 액상금속 추출법을 활용하였다. Bi는 융점(271°C)이 낮고 Bi-Nd이원계 상태도에서 265°C부터 반응이 일어나 화합물을 생성하고 Bi-Dy상태도에서도 eutectic(269°C)반응이 일어나기 때문에 Mg보다 에너지 효율 측면에서 유리하다. 따라서 본 연구에서는 Bi를 활용하여 온도변화와 시간에 따른 희토류 추출 거동에 대한 연구를 수행하였다.

[비철1-8 | 11:45]

소듐냉각고속로 금속연료심 스크랩 재활용 제조 및 금속연료심 특성 평가: *하성준, 김기환[1], 고영모[1], 박정용[1], 홍순익 ; *충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [1] 한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발부.*

Keywords: Sodium-cooled fast reactor, Metal fuel slug, U-10Zr, U-10Zr-RE

원자력 발전의 지속성을 유지를 위하여 진행중인 4세대 원자로 후보 중 실현가능성이 높은 원자로인 소듐냉각고속로(Sodium cooled fast reactor, SFR)의 기술 개발은 매우 중요하다. 소듐냉각고속로에 사용되는 연료는 경수로에서 사용된 사용 후 핵연료를 재활용하기 때문에 핵연료인 우라늄 이용률 증가와 고준위 폐기물을 감소시킬 수 있다. 원자로 기술 개발에 있어서 핵 연료심 제조 기술이 가장 중요하다. 현재 금속연료심의 제조성은 건전하지만 연료심 회수율이 약 60%으로 잔탕(Heel)이 약 40%정도 남게 되고, 1차 재 용해를 하면 연료심 회수율이 80%이상으로 증가하게 된다. 본 연구에서는 SFR 금속 연료심 주조 후 잔탕(Heel)을 재활용하여 금속연료심을 제조 하였고, 주사 전자현미경을 사용하여 미세조직상과 석출물의 분포를 분석하였고, 제조된 금속연료심을 유도결합 플라즈마 원자방출분광기를 통해 정성정량 분석을 하였다.

[비철2-1 | 13:30]

Cold Crucible 및 가스 분무에 의한 Ti 분말의 제조: *이상현, 남선우, 심재진, 최원정, 조혜미, 이미혜, 온지선, 박경태, 서석준, 이빈, 임경묵, 김범성, 김택수 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Ti, Ti Powder, Gas-Nozzle, Mlet Nozzle, Cold Crucible

최근에는 산업기술의 발달로 인한 화석연료 사용량 증가와 환경의 대한 규제 및 인식 변화로 친환경적인 기술이 요구되어 지고 있는 실정이다. 그중에 Ti은 경량소재의 하나로 Fe보다는 가볍고 Al보다는 강한 강도의 특성을 및 다양한 구조기능성을 가지고 있어 산업적으로 사용량은 꾸준히 증가되고 국내에서도 항공우주, 발전소, 석유화학, 해양구조물, 방위산업 등 시스템산업과 함께 생활에 밀접한 스포츠용품, 장식용구, 의료기구 등 다양한 분야에 있어서 티타늄을 활용 및 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한, 소재 가공기술도 함께 발전되고 있으며 특히 Ti을 이용한 금속 3D 프린팅 기술은 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 용해를 구현하였고 가스분무법으로 불순물 함유가 없는 Ti 분말을 제조하였다. 분말제조는 가스분사노즐 타입 및 용탕노즐 크기(Φ7, Φ6, Φ5)를 변화하여 분말을 제조하였고, 제조된 Ti 분말은 FE-SEM을 통해 형상 및 미세구조를 관찰하였다

[비철2-2 | 13:45]

비철금속 사전가열을 위한 산업용 고효율 고온초전도 직류유도가열로 개발: *최종호, 조상호, 박민원[1] ; *수퍼코일(주). [1]창원대학교 전기공학과.*

Keywords: 압출, 단조, 유도가열, 초전도 자석, 사전가열

국내 유도가열 설비산업은 경쟁력 있는 공정기술을 토대로 국내 산업발전과 경제발전에 밑거름이 되어 왔다. 하지만, 현재, 국내유도가열 설비산업은 대용량 저효율 시스템, 국내외 경기침체에 따른 기업의 설비투자 위축 등 금속 가열설비산업의 기술력이 장기 고착화 되어왔고 난항을 겪고 있다. 이에 기업간 과도한 가격경쟁 탈피, 우수 인력수급을 도모하고 내부적으로는 자체적 기술 개발 및 연구가 필수적으로 요구된다. 유도가열이란 전자기 유도현상을 이용하여 금속체를 가열하는 것을 의미한다. 금속체에 직접 에너지를 전달하여 보다 높은 효율로 단시간 가열할 수 있는 장점이 있다. 또한, 유도가열은 에너지절약뿐만 아니라 친환경적으로 공정 자동화에 유리하며 생산성 향상, 품질 고급화를 지양하고 있다. 산업용 가열로는 사용하는 가열방식에 따라 크게 분위기로, 아크로, 유도가열로(교류로, 직류로)로 크게 3 가지로 나뉜다. 분위기로는 발열체를 직접 가열하여 아르곤, 이산화탄소, 질소 등의 가스로 채워진 가열로 내부 전체의 온도를 높인다. 가열하고자 하는 금속 뿐 아니라 주변온도도 높은 온도를 유지해야 하므로 시스템 효율이 20~30%로 아주 낮다. 유도가열로는 전원공급 방식에 따라 교류 유도가열 방식과 직류 유도가열 방식, 두 가지로 구분할 수 있다. 교류 유도가열 방식은 현재 산업체에서 제품에 적용되어 상용화 된 기술로, 상용 주파수 50 ~ 60 Hz 전원을 사용하는 대용량 전기로나 1 kHz 이상의 전원을 사용하는 고주파 유도가열장치에 주로 사용된다. 그러나, 이는 시변자장을 발생시키는 구리코일에 인가된 전원전류에 의한 저항손실의 발생 때문에 시스템 전체 에너지 효율이 50 ~ 60% 밖에 되지 않는다. 또한, 계통에 연결된 대용량의 인덕턴스로 인한 역률저하로 전력품질향상을 위한 무효전력 보상장치가 반드시 필요하다. 이처럼, 낮은 에너지 효율로 인한 전력손실과 계통의 전력품질 저하라는 두 가지의 큰 단점을 가지고 있다. 이에, 본 연구팀은 기존 유도가열에서 잔존하는 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 직류 유도가열 방식으로 시스템 효율 80% 이상인 고효율 300 kW급 고온초전도 직류유도가열시스템을 개발하고자 한다. 제안된 직류 유도가열 방식은 교류 유도가열방식에서 가장 큰 에너지 손실을 차지하는 구리코일의 저항손을 전기저항이 '0'인 초전도 코일로 대체하여 코일의 열손실 없이, 유도가열장치의 전체 시스템 효율을 최대 90%이상까지 향상시킬 수 있는 획기적인 장점을 가지고 있다. 또한 초전도 코일의 운전은 계통과 분리된 직류전원장치에 연결하여 별도로 운전되므로 계통의 전력품질에 전혀 영향을 주지 않는다. 게다가, 가열하고자 하는 금속에 전달되는 에너지는 코일에서 발생되는 자기장의 제곱에 비례하여 전달되고 이는 제품 가열시간을 획기적으로 단축시켜 제품의 생산성을 더욱 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이에 초전도 자석을 설계하고, 제작하여 그 성능테스트를 통한 개발가능성을 검증하였다. 본 연구를 통해 산업용 초전도 직류유도가열로를 개발하여 1차 금속 산업의 에너지 효율 향상 및 범국가적 에너지 절감에 크게 기여하고자 한다.

[비철2-3 | 14:00]

반복 열피로에 따른 단결정 초내열합금의 2차 반응 층 성장거동: *정중은, 김인수, 최백규, 도정현, 정인용, 조창용 ; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: SRZ (Secondary reaction zone), Superalloy, Single crystalline, Recrystallization, Cyclic thermal fatigue

2세대 상용 단결정 초내열합금 (CMSX-4)에 상용 본드 코팅 분말을 이용하여 VPS (vacuum plasma spray) 코팅을 실시한 후, 반복 열피로에 따른 2차 반응 층 (secondary reaction zone)의 성장 거동에 대해 알아보았다. 2차 반응 층은 초내열합금과 MCrAlY 본드 코팅 (bond coating) 사이의 계면에서 나타나는 재결정 조직으로, 코팅 공정에 따른 초내열합금 표면의 변형, 초내열

합금과 본드 코팅 사이의 구성 원소 농도 차이에 따른 확산 등에 기인하는 것으로 알려져 있다. 선진 연구기관에 따르면 이러한 재결정 층은 부분적인 결정립 미세화로 인한 유효 단면적의 감소, 2차 반응 층 내부의 TCP (topologically close-packed) 상 형성으로 단결정 초내열합금의 고온 기계적 특성을 크게 감소시키는 것으로 보고되고 있다. 그러나 국내에서는 2차 반응 층의 생성 원인, 성장 기구, 기계적 특성에 미치는 영향 등 기초 연구조차 부족한 실정인데, 차세대 고효율 발전을 위해 보다 높은 온도 수용성을 갖는 3세대 이상의 단결정합금을 사용하기 위해서는 이에 대한 기초 연구가 필요한 시점이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 발전용 가스터빈을 기준으로 설정한 반복 열피로 사이클에 따라 2차 반응 층의 생성 거동과 성장 거동에 대해 알아보았다. NiCoCrAlY, CoNiCrAlY의 2가지 본드 코팅 시편을 1000°C, 1100°C에서 각각 12000EOH (equivalent operating hour, 571사이클) 까지 반복 열피로 시험을 수행하였고, 반복 열피로 사이클에 따른 2차 반응 층의 성장 거동을 파악하였다. NiCoCrAlY/모재에서 생성된 2차 반응 층은 열피로 사이클이 증가함에 따라 조대한 γ+γ`층, γ+γ`+TCP층으로 분리되었고, 이후 조대한 γ+γ`층이 2차 반응 층 전체로 확장되었으며 TCP상은 2차 반응 층 바깥쪽 모재로 이동하는 경향을 나타내었다. 반면 CoNiCrAlY/모재의 경우, 반복 열피로 초기에는 Co-rich γ층, γ+γ`+TCP층으로 분리되었으며, 이후 Co-rich γ층이 2차 반응 층 전체로 확장되는 경향을 보였다. 본드 코팅/모재에서 2차 반응 층의 형성은 초기에는 migrating boundary를 따라 이동하는 Al의 빠른 확산에 기인하는 것으로 보이며, 이후 Co, Cr, Ni 등의 확산에 따라 γ+γ`층의 조대화가 진행되는 것으로 확인되었다. 또, 각 본드 코팅에 따른 2차 반응 층을 구성하는 상의 차이는 본드 코팅 초기 조성에 원인이 있으며, CoNiCrAlY 본드 코팅에서 2차 반응 층으로 유입된 다량의 Co가 2차 반응 층 내에서 γ상과 β-NiAl 상을 안정화시켜, 점차 Co-rich γ층을 2차 반응 층 전체로 확장시키는 것으로 판단된다.

[비철2-4 | 14:15]

니켈기 초내열합금의 미세조직에 미치는 주조공정변수의 영향: 송영석, *구지호, 김영대, 배현나, 석진익 ; *두산중공업㈜*

Keywords: Ni-based superalloy, Inconel 792, Investment casting, Withdrawal rate

니켈기 초내열합금은 상온에서 약 700도까지 온도가 증가할수록 기계적 성질이 증가하는 역온도의존성을 가지고 있기 때문에 가스터빈 엔진 블레이드와 같은 고온부품으로 널리 사용된다. 본 연구에서는 대형 발전용 가스터빈 블레이드용 소재인 Inconel 792 합금을 진공 정밀주조로에서 제작하여 공정변수에 따른 미세조직의 변화를 고찰하였다. 주조시험편은 진공 정밀주조로에서 직경 약 15 mm, 길이 200 mm의 봉상형태로 제작되었다. 각 공정조건 별 미세조직은 광학현미경 및 전자현미경을 이용하여 분석하였고, 이 결과를 바탕으로 주조공정변수와 미세조직의 상관관계에 대해 고찰하였다. Inconel 792 주조재의 미세조직 분석 결과, 수지상 간격, 공정상 크기, MC탄화물의 크기는 용탕온도와 인출속도가 증가할수록 미세해지는 경향을 보였다. 결과적으로 니켈기 초내열합금의 주조조직은 주조공정시 용탕온도 및 인출속도에 가장 큰 영향을 받는 것으로 확인되었다. 본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20131010010170C)

[비철2-5 | 14:30]

주석-니켈 합금 다공성 양극재의 전해도금 형성 및 성능평가 연구: 연건흠, *김선정 ; *울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Sn-Ni alloy, anode, electrodeposition, metal foam, charge-discharge test

많은 수의 휴대용 전자기기가 실생활에 사용되고, 이에 따라 휴대용 전자기기의 성능 증가에 대한 요구가 많아지고 있는데, 특히 더 작으면서 작동시간은 긴 배터리에 대한 필요성이 증가하고있다. 이에 따라 배터리의 비용량 증가와 더 안정적인 충·방전 성능을 나타내는 배터리에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 현재 전통적으로 쓰이고 있는 탄소 양극재에 비해 주석 양극재는 더 높은 비용량을 가지지만, 주석 양극재의 반복적인 충·방전 과정 중 발생하는 탈 리튬화 반응에 의해 큰 부피 변화가 생기고, 이것에 의한 파괴나 에너지 용량의 감소가 일어나는 단점을 가지고 있다. 니켈 양극재는 이러한 충·방전 과정에서 균열발생에 대한 저항성이 뛰어나다. 따라서 이 연구에서는 3차원 개방 셀 구조의 폴리우레탄 템플릿을 이용해 다공체 구조 주석-니켈 합금 집전체를 전기화학적으로 형성하여, 높은 비용량을 가지고 충·방전 과정에서의 파괴나 에너지 용량의 감소가 적은 리튬 이온 배터리의 새로운 양극재를 만드는 것에 대해 연구하였다.

[비철2-6 | 14:45]

Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride using North Korean Magnesite: *강정신[1,2], 백의현[1], 박형규[1], 이진영[1,2]; *[1] 한국지질자원연구원. [2] UST.*

Keywords: 마그네사이트, 염화마그네슘

마그네사이트는 대표적 마그네슘 함유 광물로써 전 세계 부존량의 약 18 %가 북한에 매장되어 있어, 향후 높은 이용가치가 기대된다. 본 연구에서는 북한산 마그네사이트로부터 무수염화마그네슘 제조를 위해 마그네사이트의 용해, 고순도 염화마그네슘 수용액 제조, 탈수반응에 의한 무수염화마그네슘 제조에 대한 기초 실험을 실시하였다. 마그네사이트 용해실험 결과, 75 μm 이하의 마그네사이트를 343 K의 3 M 염산 수용액에 2시간 용해시킬 경우 마그네슘, 철, 칼슘, 알루미늄, 및 이산화규소의 용해율이 각각 94.4 %, 81.6 %, 89.5 %, 10.4 %를 나타내었으며, 미용해 잔사는 이산화규소, 활석, 사녹니석이 주를 이루었다. 용해액 내 존재하는 주요 불순물을 침전법으로 제거하기 위해 수산화암모늄 수용액, 첨가제로 과산화수소 수용액을 사용하였다. 용액 내 철 농도는 pH가 4 이상, 알루미늄 농도는 pH가 5-6 이상, 인 농도는 pH가 2이상에서 1 ppm 미만으로 감소하였으며, 이산화규소 농도는 pH가 7일 때 1.6 ppm까지 감소하였다. 용해액 내 불순물은 $Fe(OH)_3$, AlOOH, 및 $CaHPO_4$로 제거되었다. 고순도 염화마그네슘 수용액에 염화암모늄을 사용하여 double salt 생성 후 응축 및 탈수실험을 실시하였다. 373 K에서 응축시킨 결과 $NH_4Cl•MgCl_2•6H_2O$가 얻어졌으며 이를 이용한 TG/DSC 분석결과 air 또는 Ar 분위기의 400 K, 453 K, 574 K에서 각각 $NH_4Cl•MgCl_2•2H_2O$, $NH_4Cl•MgCl_2$, MgC_{l2}가 생성됨을 알 수 있었다. 이에 따라 Ar 분위기에서 $NH_4Cl•MgCl_2•6H_2O$를 이용한 탈수실험 결과, 594 K에서 순도 99.3 %

의 무수염화마그네슘 분말을 얻을 수 있었으며 반응관 저온부에 염화암모늄이 응축되어 double salt 형성을 위한 재활용이 가능함을 증명하였다.

[비철3-1 | 15:15]

Cu-Ti합금에서 일반 및 불연속 석출물이 전기적, 기계적 특성에 미치는 영향: *조민아, 한승전[1], 안지혁[1], 정해창[1], 임성환[2], 손영국, 김광호 ; *부산대학교. [1]재료연구소. [2]강원대학교.*

Keywords: Cu-Ti alloy, Discontinuous precipitation, High conductivity, High strength

Cu-Ti합금은 시효 시 일반 석출(Continuous precipitation, CP)외에 불연속 석출물(Discontinuous precipitation, DP)도 생성되는 합금이다. 본 연구에서는 위 석출물들이 Cu-Ti합금의 기계적, 전기적 특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. Cu-4Ti합금을 VAR(vacuum arc remelting)로 주조하였고, 850ºC에서 24시간 동안 균질화 처리한 후, 단면적 감소율 50 %까지 냉간 압연을 진행하였다. 그리고 900ºC에서 1시간 동안 용체화 처리한 후, 500ºC에서 시효처리를 하였다. 광학 현미경(OM)을 통하여 열처리 시간에 따른 미세조직의 변화를 관찰한 결과, 4시간 시효 시 불연속 석출물이 거의 생성되지 않았으나(CP), 32시간동안 시효 시 시편전체에 불연속 석출물(DP)이 생성됨을 확인할 수 있었다. CP 및 DP시편의 경도를 측정한 결과, DP시편의 경도는 202 Hv로, CP시편(298 HV)보다 낮은 기계적 특성을 보였으나, DP시편의 전기전도도는 22.2 %IACS로 CP시편보다 1.7배 우수한 전기적특성을 보였다. 전기적 특성이 우수한 DP시편을 단면적 감소율 90%까지 상온가공 한 결과, 인장강도 1170 MPa, 전도도 22.8 %IACS의 고강도, 고전도도 물성을 얻을 수 있었다.

[비철3-2 | 15:30]

A Novel Method to Fabricate Reinforced Ti Composites by Infiltration of Al (Mg) into Porous Titanium: *Sumin Kim, Gyeungho Kim[1], Wooyoung Lee[1], Hyun-Sook Lee, Wonyoung Jeung ; *Yonsei University. [1]Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Infiltration, Powder injection molding, Ti composite

Titanium and titanium-based alloys are widely used for various applications in the aerospace and automotive industries, because of their high strength, good corrosion resistance, and low density (4.5 g/cm^3). However, the widespread use of Ti alloys is limited by their high cost compared to competing materials. This has led to numerous investigations of potentially lower-cost processes. The conventional ingot metallurgy (IM) method to fabricate Ti and Ti-based alloys suffers from high prices compared to steel and aluminum. On the other hand, powder metallurgy (PM) processes offer reductions in cost and lead time in manufacturing Ti alloys, and the resultant Ti alloys have advantages such as good mechanical properties, near-net shape, and near theoretical density. For the fabrication of parts with intricate shapes, the metal powder injection molding (MIM) process has been employed to circumvent the poor formability of Ti-based alloys. In this study, we present a new method to fabricate reinforced Ti composites by the MIM process with a molten metal infiltration. Molten Al or Al-Mg was infiltrated into the porous Ti prepared by MIM. The resultant Ti-based composites showed a wide range of mechanical properties depending on the sintering temperature, post-heat treatment, infiltration material, and infiltration time. The effects of various processing parameters on the mechanical properties were analyzed by identifying the constituent phases and their distribution under different processing conditions. This study suggests a simple and effective route to fabricate complex shaped Ti-based parts having relatively good mechanical properties.

[비철3-3 | 15:45]

고강도 고전도 Cu-Fe합금 Strip Casting 공정기술 개발: *박우진, 박언병, 박재신, 오윤석, 권기혁 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Cu-Fe합금, Strip Casting

Cu는 시장규모가 가장 큰 비철금속으로 우수한 열/전기전도도, 용접성 등의 장점이 있으나, 고강도와 고전도를 겸비하기 어려워 고강도를 요구하는 분야에는 고가의 인청동을 사용하고 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 알려져 있다. 하지만 Cu-Fe합금은 상대원소에 대한 낮은 고용도와 넓은 응고구간으로 응고속도가 낮은 일반 주조공정으로는 제품화가 곤란하여, 이에 대한 해결방안 확보가 필요하다. 본 연구에서는 응고속도가 높은 Strip Casting 공정을 적용하여 Cu-Fe합금을 제조하고, 고강도 고전도 구현을 위해 합금설계를 통한 Fe입자 미세화 및 냉간압연/후속 열처리 공정을 최적화 하고자 하였다. 또한 건전한 판재 제조를 위한 공정조건 도출을 위해 열/유동/응고해석 및 노즐설계를 실시하였고, 이를 통해 10μm 이하의 Fe입자가 균일하게 분포하는 Cu-Fe합금 판재를 제조할 수 있었다.

[비철3-4 | 16:00]

Study on the Microstructure Refinements with EM/MHD Process in High-Strength Casting Aluminum Alloys: *mykola slazhniev, Kyung Hyun Kim, Se Won Kim, Won Jae Kim, Hyun Suk Sim ; *Dong San Tech. Co.*

Keywords: High-strength aluminum alloys, micro alloying, microstructure, electromagnetic stirring, MHD-processing, grain size

The issue of the improving high-strength aluminum alloy system Al-Zn-Mg development, as a main constructive material for automobile/airplane industry have a big economical and scientific interest in the modern material sciences and machinery. On today the main researching issue directed at first on the decreasing the main alloying elements (Zn, Mg, Mn, Cu in range 5~15% wt.) at the maintaining of the high level of the strength characteristics (450 MPa~600 MPa, >3% elongation), and at second on creation special

case casting of super-high-strength aluminum alloys for the wide applying industry production of the car, plane and others details by the casting methods. As well, for case casting application 7XXX series alloys are so very important creation the special precasting processing, likes contactless, of these alloys for providing fine dispersed non-dendrite microstructure in state, likes for the low pressure casting to the chill mold, at prevention of the casting defects, as a hot-cracks, porosity or etc. These achievable due to application basic two stages contactless multifunctional MHD/EM processing in liquid (preparation) and semisolid (at solidification) states. On second – especially for the casting high-strength aluminum alloys Al-Zn-Mg system – are applying involving Ni and Fe elements, instead Cu, for improving castability and structure formation at the chill-mold casting. In presented researching, as one, are presented the efficiency of the Complex magneto-hydro-dynamical processing of wrought and casting Al-Zn-Mg-Cu(Zr) alloys at 663~668°C, that to allowed traditional dendrites shape transformed to the one bodies no uniform grains without distributed branches. Processing at the specific temperature 623~625°C, properly for semisolid state are shown the non-dendrite microstructure state with most compact grains range 80~200mm in 3~5 times smaller than initial alloy. The real processing effect to provide no less than 460~490MPa tensile strength in the casting state, On second the result of the complex MHD processing of the Al-Zn-Mg-Ni casting high-strength alloys are shown the likes castability at the chill mold casting at the no less than 460 MPa tensile strength.

[비철3-5 | 16:15]

Investigation correlation between transition energy and color difference of Cu-X color metal alloy: *Jeong Yeonbeom, Park Haejin, Kim Youngseok, Lee Younghoon, Moon Yeabin, Hwang Yunjung, Hong Sunghwan, Lee Hoodam[1], Kim Kibuem* ; *Sejong University. [1]Hyundai motors group advanced materials research team.*

Keywords: Metals and alloys, interband transition, color metal, Cu alloys, Optical properties

Until now, the color of solid materials is limited to dielectrics, colourimetric sensors, nitrogen coating materials and some novel metal. In case of metal, it is hard to expect another color of metal without gold, silver and copper. They have been used as coloring materials since ancient times because of the change in color of the alloy as the additive elements are added. In the case of gold, from the 14k, 18k and 24k to the rose gold color in recent years, there has been a widespread use of color metals based on gold. In addition, it is used as a dental material and recent research on gold base amorphous has attracted much interest as well. However, while it has beautiful color and good mechanical properties, it is being applied at very limited field in small quantities with very expensive electronics or watch of luxury cars. Unlike gold and silver, copper is abundant resources and has been used to focus on mechanical properties and application, such as bronze and brass, rather than being used as precious metals. Copper was easily oxidized compared to gold, which never changes color, and therefore its value as a precious metal was not recognized, so it was not used as a coloring materials. Recently, however, the demand for copper as a coloring material is increasing. As people's attention has shifted from plastic to real metal textures, there has been a growing interest in the optical properties of copper in the interior of luxury automobiles and some parts of electronics. Copper is colored due to the interband transition in the d-band. Also, in common with gold alloys the color and transition energy of alloys is changed depend on the kind and component of the added elements. In this study, the influences of additive elements on the transition energy and color difference of Cu-X alloy were studied. The elements are divided into three groups which are transition metal zinc, post-transition metal gallium and metalloid silicon. Changes in the transition energy and the color difference of the alloys were analyzed when the elements with the broad solubility in copper were added at the same content of 1,3at%. The transition energy and difference of color are obtained by reflectivity spectrum which is measured by photospectrometer. Measured reflectivity is transformed into tristimulus XYZ value and retransformed to CIE L*a*b* value. The CIE L*a*b* color space is used to determine the color difference of the material, and furthermore, it is expressed as a chromaticity diagram to determine in which direction the color of the alloy moves. Ultimately, the study aim to find the correlation between color change and transition energy in the color coordinate system.

[비철3-6 | 16:30]

TEM analysis of transformed phases from rare earth magnet by molten magnesium.: *yongsu kim, Dae-Kyeom Kim, Sun-Woo Nam[1], Jong-Hwan Lee[1], Bum-Sung Kim[1], Seok-Jun Seo[1], Kyoung-Tae Park[1], Bin Lee[1], Teak-Soo Kim[1] ; *University of Science and Technology. [1]Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Neodymium, Dysprosium, Magnesium, RE-rich, Recycling rare earth magnet, ReMat process.

Rare earth elements (REEs) containing magnets (Nd, Dy based) are the backbone of many industrial applications such as windmill generator, hard-disk drives (HDDs), electric vehicles, biomedical applications etc. However, supplies of Nd and Dy (REEs) has been restricted by area preponderance and environmental problems. Therefore, recycling them from used rare earth magnets and other products is necessary to ensure sufficient supply for industrial use. An environmentally-friendly process is utilized with molten Mg as an extracting agent to recover REEs (Nd, Dy) from rare earth magnets. Commercial rare earth magnets consist of Nd2Fe14B main phase and RE-rich phase which is commonly known as main source to be able to extract REEs (Nd, Dy). In this study, (Nd,Dy)-Fe-B magnet and pure Mg was utilized and a diffusion couple was made to illustrate the phase transformation from (Nd,Dy)-Fe-B magnet to solidified Mg. During heat-treatment, molten Mg infiltrates into (Nd,Dy)-Fe-B magnet and begins to extract REEs (Nd, Dy) from Nd2Fe14B main phase and RE-rich phase (Nd-rich, (NdDy)Ox). The investigated phase transformation was (Nd2Fe14B → α-Fe / Nd-rich → Extinct / (NdDy)Ox → DyOx → Extinct) due to continuous extraction of REEs (Nd, Dy) by molten Mg. In order to explain the

sequence of phase transformation and the crystal structure of the transformed phases in detail, the characterization was done by FE-SEM, EDS, TEM and XRD analysis. The investigation done will be helpful to establish the extraction sequence of Nd and Dy using molten Mg.

[비철3-7 | 16:45]

탄화텅스텐(WC) 확산방지막에 구리 나노박막의 직접 전해도금 거동의 EIS 해석 연구: 윤홍민, 김수현[1], *김선정 ; *울산대학교 첨단소재공학부.* [1] *영남대학교 신소재공학부.*

Keywords: seedless electrodeposition, copper interconnect, tungsten carbide diffusion barrier, electrochemical impedance spectroscopy

반도체 기술은 무어의 법칙에 따라 성장해왔으며 기기 내부는 고집적화, 소형화로 초점이 맞춰지면서 내부 결함, 공공을 줄이는 연구가 이루어지고 있다. 본 연구의 목적은 반도체 소자의 내부 배선을 위해 트렌치(trench)나 비아(via) 구조 내에 직접 전해도금법을 이용해 구리를 결함 없이 균일하게 채우는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 우선 탄화텅스텐(WC) 확산방지막 상에 구리 나노박막의 직접 전해도금 성장을 제어하고자 하며, 실제 구리 박막 형성 거동을 전기화학 분석법을 이용해 설명하고자 한다. 전해액 중 구리의 착화제로서 IDA(iminodiacetic acid)를 사용하였으며, pH 7 조건에서 구리 환원전위를 변화시키며 실험을 진행하였다. 그러나 정전위 증착 실험을 통해서는 전류 흐름을 방해하는 저항만 알 수 있을 뿐 전극의 계면에서 발생하는 복합 저항을 설명할 수 없으므로 전기화학 임피던스 분광법(EIS; electrochemical impedance spectroscopy)을 통해 복합 저항을 설명하고자 하였다. 또한 전류 효율 및 구리의 증착 거동을 정전위 적용 조건과 전기화학 임피던스 분광법 조건의 비교 연구를 통해 해석하였다. 마지막으로 최적 조건에서 원자층 증착 탄화텅스텐 확산방지막이 도포된 50 nm 이하 선폭의 트렌치 패턴을 갖는 실리콘 웨이퍼 시편에 구리를 증착시키는 실험을 진행하여 정전위에 따른 실제 구리 채움 거동과 EIS 해석의 상관관계를 설명하고자 한다.

재료분석
Room 605, 4월 26일

[분석1-1 | 09:30]
고강도 석출강화강의 Delamination에 미치는 원자단위의 결정립계 편석 거동 연구: *한종찬[1], 김주은[1], 설재복[2], 서석종[3], 박찬경[1,2]; *[1] 포항공과대학교 [2] 나노융합기술원 [3] 포스코 광양강재연구그룹.*
Keywords: Delamination; Grain boundary segregation; Atom Probe Tomography; Crack-linked GBs; Crack-interrupted GBs

Delamination은 충격실험과 인장실험 중 판재 두께 중심부에 발생하는 splitting crack으로, 향후 고강도 석출강화강에서 해결해야 할 중요한 문제로 자리잡고 있다. 판재 냉각과정에서 발생하는 결정립계 내 P 편석은 결정립계의 취성 거동을 야기시킬 수 있다. 반대로 결정립계 내 C 편석이 되는 경우 결정립계의 응집 강도를 향상시킬 수 있다. 일반적으로 원자단위의 결정립계 편석 거동과 Delamination과의 직접적인 관계를 해석하기에는 어렵다. 그러나 본 연구는 원자 단위의 삼차원 조성분석을 수행할 수 있는 Atom Probe Tomography (APT)를 Delamination과 관련된 결정립계에 적용하여, C와 P의 결정립계 편석 거동과 Delamination의 직접적인 상관관계를 알아내고자 한다. 본 연구에서는 냉각과정을 변화시켜 인장강도는 같으나 Delamination 거동이 다른 두 강판에 대한 분석을 시행한다. 하나는 연속냉각 강판으로 Delamination이 많이 일어나고, 다른 하나는 제어냉각 강판으로 Delamination이 적게 일어난다. 여기에 APT 분석을 Delamination과 관련된 특정 결정립계에 대해서 분석을 수행하였다. 연속냉각 강판의 경우 판재 두께 중심부의 Delamination crack과 연장되는 결정립계에서 (Crack-rinked GBs), 제어냉각 강판의 경우 Delamination 현상을 자제시키는 blunting crack 끝단의 결정립계에서 (Crack-interrupted GBs) APT 샘플링을 수행한 후 분석을 수행하였다. 그 결과, Crack-interrupted GBs에 비해 Crack-linked GBs에서 보다 낮은 C와 높은 P함량을 보이는, C와 P의 경쟁적인 편석 현상이 관측된다. 따라서 본 연구는 결정립계 편석 거동에 기인하여, Crack-linked GBs에 C 함량이 낮음에 따른 응집 강도 저하 및 P 함량의 증가에 따른 취성 특성 증가에 따라 연속냉각 강판에서 Delamination 현상이 보다 더 많이 일어나는 원인을 파악하였다. 또한 냉각 제어를 통한 C와 P의 경쟁적인 편석 양상을 변화시킴으르써, Delamination 현상을 효율적으로 조절할 수 있음을 확인하였다.

[분석1-2 | 09:45]
순차적 박리법을 이용한 Ni기 초내열합금의 3차원 미세조직 분석: *강주희, 김수현, 서성문, 오창석 ; *재료연구소.*
Keywords: 3 dimensional, microstructure, Ni superalloy, FIB, RoboMet-3D

소재 디지털화 정보는 통합전산재료공학(Integrated Computational Materials Engineering, ICME)의 전산모사기술, 혁신적 실험방법과 더불어 신연구방법론을 구성하는 3대 요소로, 3차원 미세조직 정보는 2차원 미세조직 분석이 갖는 구조적 한계를 극복하고 미세조직 구성요소에 기반한 전산모사기술 향상을 위해 필수적인 소재정보학적 구성요소이다. 다성분계 다상 구조용 금속소재의 기계적 성질과 성능은 메조스케일(100~0.1micron)에서의 미세조직학적 인자의 상호작용에 의해 결정되며, 엄밀한 소재성능 및 열화거동 분석을 위해서는 화학적 불균일성과 결정학적 배향성의 정량 분석이 필수적이다. 본 연구에서는 Ni기 초내열합금인 CMSX-4합금의 3차원 미세조직을 고온시효처리 시간에 따른 정량적 변화를 관찰하였다. 일방향응고한 CMSX-4합금 주조재를 1050도에서 각각 0, 1000, 2000, 5000시간 열처리하였다. 초기 조직은 감마상 기지에 감마프라임상이 입방형태로 석출되며, 그물구조를 가지는 감마상의 두께는 약 50~80 nm이다. 1000시간 열처리재에서는 각 상의 조대화가 이루어지고 감마상의 두께는 약 300~500 nm이며, 2000시간 이상 열처리재에서는 형상 역전(topological inversion) 현상이 일어나면서 그물구조가 깨지게 된다. 초기조직과 1000시간 열처리재는 FIB에서 FSD(ForeScatter Detector)의 Z contrast를 이용하여 감마상과 감마프라임상을 구별하여 순차적 박리법을 통해 3차원 미세조직을 얻었으며, 결정립이 조대화된 2000시간과 5000시간 열처리재는 광학현미경 분석 기반의 RoboMet-3D를 이용하여 3차원 미세조직을 얻었다.

[분석1-3 | 10:00]
원자침 단층 분석법과 전자현미경 분석을 활용한 고강도 7075 알루미늄 합금의 T4 및 T6 열처리에 따른 미세조직 거동 분석: 공소현, 이지영[1], *김윤준 ; *인하대학교 신소재공학과 [1]KIST 특성분석센터.*
Keywords: Al 7075, Stress Corrosion Cracking, Precipitation, Atom-Probe Tomography

알루미늄 합금은 철강재료와 비교했을 때 저비중, 고비강도이며, 가공성과 내식성이 우수하고, 저온에서도 기계적 성질이 저하되지 않아 자동차용 소재로 많이 사용되고 있다. 알루미늄합금을 사용하는 자동차의 주요부품 중 하나가 범퍼 백 빔으로 강도가 비교적 높아야 하기 때문에 6000계 혹은 7000계 알루미늄 합금을 사용하여야 한다. 그러나 성형할 때 발생된 잔류응력이 응력부식균열을 일으켜 수명단축, 파손 등 품질저하의 원인이 될 수 있다. 특히 상용하는 7000계 알루미늄 합금이 응력부식균열이 우수하지 않다는 것으로 알려져 있다. 지금까지의 연구 결과에 의하면 7000계 알루미늄 합금에 Cu를 첨가하거나 과시효 처리를 할수록 응력부식균열 저항성이 뛰어난 것으로 알려져있다. 그러나 Cu의 함량이 1%이상 증가하게되면 용접성이 급격히 저하되는 문제점이 있으나 Cu의 함량이 1% 미만일 경우 응력부식균열에 저항성이 떨어지는 것으로 알려져있다. 따라서 본 연구에서는 현재 양산되고 있는 7000계열 알루미늄 합금 중 최고의 강도를 지닌 Al 7075 합금의 자연시효 (T4)와 인공시효 (T6) 후의 미세조직을 비교하여 석출물의 분포, 석출물 크기, 석출물 조성, 결정립 크기 등을 SEM (scanning electron microscopy), TEM (Transmission electron microscopy), APT (Atom Probe Tomography) 분석기기를 사용하여 분석하고, 궁극적으로 응력부식균열에 어떠한 영향을 끼치는지 조사하고자 한다.

[분석1-4 | 10:15]

Post-necking behavior of Pure Titanium Sheet based on 2D Full-Field Measurement Method: *nguyen van thuong, Young Suk Kim ; *Kyungpook National University.*

Keywords: digital image correlation (DIC), full-field measurement, post-necking, flow curve, titanium, Kim-Tuan hardening

The behavior of sheet metals or post-necking behavior incorporating with failure prediction is a currently attractive topic of sheet metal forming. This paper presents a novel method for studying the post-necking behavior and anisotropic properties of the pure titanium sheet of hexagonal close-packed (HCP) structure based on the Kim-Tuan hardening model and the digital image correlation (DIC) method. Those data were converted into an effective stress-strain curve denoting the flow curve at large strain of the re-received material. To confirm the accuracy of these calculation, the hydraulic bulge test was performed for the studied material. It is concluded that the flow curve obtained from this novel method matches well with the stress-strain data achieved from the bulge test.

[분석1-5 | 10:30]

화력발전소 신재생에너지 활용에 따른 보일러튜브의 염소성분 부식 특성 연구: *박석균, 안덕영, 최석천 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: 고온부식, 혼소, 염소부식, 슈퍼히터, 바이오매스

최근 국내화력발전소에서는 신재생에너지의무할당제(Renewable Portfolio Standard; RPS)의 의무 이행에 따라 바이오매스를 포함한 신재생에너지의 적용이 대두되고 있다. 화력발전소의 전통연료인 석탄에는 다량의 미네랄 성분(Si, Na, K, Ca, Mn, Mg 등)이 함유되어 있으며, 칼륨(K), 나트륨(Na)과 같은 미네랄은 바이오매스에 포함된 염소(Cl)성분 결합하여 염화나트륨(NaCl), 염화칼륨(KCl) 형태로 존재하게 된다. 이 염화물이 보일러 튜브 표면에 파울링, 슬래깅 형태로 점착된 후 연소가스와 튜브표면이 반응하여 부식을 유발하게 된다. 이러한 부식을 연구하기 위해 실험실 규모의 장치에서 화력발전설비에서 슈퍼히터로 활용되는 T91을 활용하여 연소조건 내에서의 염화칼륨과의 부식을 연구하였다. T91은 10mm x 10mm의 사이즈로 절단하여 실험을 진행하였다. 연소 조건 내의 시편은 KCl과 반응하여 부식 반응을 일으킨다. 이를 Chemical cleaning을 활용하여 질량의 변화량을 측정하고 SEM/EDS를 활용해 산화층을 분석하여 슈퍼히터의 부식성에 대해 분석하였다. 본 연구는 발전 설비를 활용함에 있어 고은 부식문제를 예측하고 예방하기 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

[분석2-1 | 10:55]

전도성 광촉매 콘크리트의 부식촉진실험을 통한 염해 내구성 비교평가: *배근국 ; *부산광역시 해운대구청 경제진흥과.*

Keywords:

본 연구에서는 일반적인 콘크리트 배합조건에서 활성탄소와 이산화티타늄 광촉매를 첨가하여 전도성 광촉매 콘크리트를 제조하였다. 광촉매 콘크리트는 2009년 이후로 대기오염물질을 제거하기 위한 환경정화작용에 사용되어 왔다.(Hong et al. 2013) 이러한 광촉매 콘크리트에 활성탄소를 첨가할 경우 전도성 콘크리트 성질을 가질 수 있기 때문에 광촉매로 인한 전자와 정공의 효과가 콘크리트 내부에 작용하게 된다. 이러한 영향으로 콘크리트 내부로 침투하는 염소이온을 억제할 수 있으며 콘크리트 내부의 철근부식을 억제할 수 있다. 광촉매로 인한 전자(e^-)와 정공(e^+)이 염소이온의 침투를 억제하는 이유는 다음과 같다. 이산화티타늄 광촉매(TiO_2)가 빛을 받아 전자와 정공으로 분해될 때 전도대에서는 전자(e^-)와 염소이온(Cl^-)의 반발력이 작용하게 되며 가전자대에서는 정공(e+)과 염소이온(Cl^-)의 산화반응이 일어나기 때문이다.(Robert et al. 2001) 전도성 광촉매 콘크리트의 염해 내구성을 비교평가하기 위해서 EG&G Model 273A Potentiostat / Galvanostat 장비를 사용하여 시간 대 전류법(Chronoamperometry)에 의한 전기화학적 부식촉진실험을 통하여 도출된 실험결과들을 Cottrell equation에 적용하여 염소이온 확산계수를 측정하였다.(Cottrell 1903)

[분석2-2 | 11:10]

Ni기 초내열합금 용접부 미세조직에 미치는 열처리의 영향: *박해지, 심덕남, 김정길 ; *두산중공업㈜ 기술연구소.*

Keywords:

Ni기 초내열합금은 고온 환경에서도 항복, 인장 강도 및 크립과 같은 기계적 물성 및 내식성이 우수하여 가스터빈 등과 같은 고온용 부품 제작에 널리 사용되는 소재이다. Ni 기 초합금은 고용강화형 합금과 석출강화형 합금으로 분류되는데, 고용강화형 합금은 Cr, Mo과 같은 원소를 첨가하여 고온물성을 향상 시킨 합금으로 용접성은 양호하다. 한편 석출강화형 합금은 Ti, Al 및 Nb와 같은 원소를 첨가하여 γ'(Ni_3Al(Til)) 또는 γ''(Ni_3Nb)을 기지내에 석출시킨 합금으로, 고용강화형 합금에 비해 대응 온도가 높고 물성이 우수하지만, 다양한 합금원소를 함유함으로써 용접성은 상대적으로 열위하다고 알려져 있다. Ni기 초내열합금은 700ºC 이상 고온에 노출 시, 용접부 입내에 유해한 TCP (Topologically close packed)상 석출하거나, 입계 석출물이 증가하고, 강화상이 조대화 되는 등 열간 노출에 의해 미세조직 변화로 인해 용접부 고온 물성이 저하된다고 알려져 있다. 고온 환경에서 장시간 노출시에도 우수한 기계적 특성을 유지하기 위해서는 미세조직 안전성 검토가 매우 중요하다. 본 연구에서는 석출강화형 초내열합금 용접소재의 장기간 열간 노출에 따른 미세조직 안전성 검토를 위해, Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) 후 표준열처리를 수행하여 열간 노출에 따른 입내, 입계석출물, 강화상 변화를 비교 관찰하였다. 감사의 글 : 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가 관리원의 산업핵심 기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. (2015-10052860)

[분석2-3 | 11:25]

A Correlative Approach for Identifying Complex Phases by EBSD and TEM: *나선형, 설재복[1], 박찬경 ; *포스텍(포항공과대학교). [1] 나노융합기술원(NINT).*

Keywords: EBSD, TEM

금속재료의 물성과 그 특징을 이해하기위해서는 물질을 구성하고 있는 각 상(phase)의 정확한 이해와 분석이 필수적이다. 그러나 여러 상들이 응집되어 있는 복합상(complex phase)의 경우 각 상을 구분하고 그 위치와 분율을 정확히 측정해내는 것은 쉽지 않다. 상분석법에는 여러가지 방법이 존재하며 대표적으로 X-ray diffraction, optical microscopy (OM), scanning electron microscope (SEM), electron backscattering diffraction (EBSD) 등이 존재한다. X-ray diffraction을 사용할 경우 비교적 광범위한 영역에서의 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있다는 장점이 있으나 특정 영역의 데이터를 얻는 데에는 부적합하다. 샘플을 에칭 시킨 후 OM을 통해 표면을 관찰하여 구분하는 방법도 있으나 비교적 손쉬운 방법인데 비해 해상도에 한계가 존재한다. 따라서 과거 많은 연구들은 EBSD를 포함한 SEM 장비를 활용하여 세부적인 조직들을 구분해 왔으며 TRIP 강과 같이 매우 복잡한 상이라 할지라도 FCC와 BCC같은 결정구조 차이를 손쉽게 측정해 낼 수 있었다. 그러나 EBSD의 경우에도 격자 구조가 거의 같은 상들, 예를 들어 ferrite, martensite, bainite등은 구분이 매우 어렵다. 이번 연구에서는 Image quality (IQ)를 활용하여 FCC상들을 구분하고자 하였다. IQ는 diffraction pattern의 퀄리티를 측정하여 수치화한 값으로 격자가 완벽하게 유지되어 있을수록 높은 값을 나타내게 된다. 일반적으로 탄성 변형이나 전위 등이 존재하게 되면 격자가 조금씩 뒤틀리게 되고 이는 IQ 값을 떨어뜨리는 요인이 된다. 격자의 뒤틀림 정도로 봤을 때 ferrite, martensite, bainite는 각각 서로 다른 값을 가지고 있으므로 이를 이용하여 각상을 구분하는 것이 가능하게 된다. 하지만 이 역시도 실제 분석에서는 쉽지 않은데 martensite와 bainite의 경우 IQ값이 서로 매우 근접해 있기 때문이다. 따라서 본연구에서는 martensite와 bainite를 효과적으로 구분해 내기 위해 TEM을 동시 활용하여 martensite와 bainite의 IQ 값을 구분 지었으며 자세한 방법은 발표를 통해 소개할 예정이다.

[분석2-4 | 11:40]

Micromechanics for investigating deformation behaviour of metallic materials: *Tea-Sung Jun ; *Department of Mechanical Engineering, Incheon University.*

Keywords: micromechanical testing, EBSD, X-ray, deformation, metallic materials

The behaviour and performance of complex metallic materials are acknowledged to be multi-scale in nature and to rely on the details of the three-dimensional morphology, chemistry and crystallography at the meso-scale level and on macro-scale level geometry, boundary and loading conditions. As those materials (e.g., advanced high strength steel, dual phase Ti alloys) often contain multi-phase and complicated microstructure, it is difficult to fully characterise a material's deformation behaviour with conventional macro-scale testing. Micromechanical testing methodology has therefore been applied to achieve a rich understanding of the fundamental behaviour of materials on the level of the individual microstructural constituents, and potentially to strengthen our understanding of materials by relating macro- and micro-scale behaviour. In this talk, I will present various micromechanical testing methodologies utilising in-situ micropillar compression with further high resolution techniques such as in-situ X-ray or (high angular resolution) EBSD.

지르코늄 핵연료 피복관 개발 현황 심포지엄

Room 605, 4월 26일

[지르코늄1-1 | 13:30]

사고저항성 강화(ATF) 핵연료 피복관 기술: *김현길, 김일현, 정양일, 박동준, 박정환, 최병권, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Accident Tolerant Fuel, Surface modification, Zr cladding

2011년에 발생한 후쿠시마 사고는 원자력발전발전의 사고안전성에 대한 기준을 크게 변화시킨 계기가 되었다. 사고 이전에 연구는 정상운전 상태에서 경제성을 극대화하는 방향으로 핵연료에 대한 연구가 진행되어 왔지만, 후쿠시마 사고 이후에는 정상상태뿐만 아니라 사고환경에서도 핵연료의 건전성이 유지되어 사고의 여파를 크게 감소시키는 사고저항성강화(ATF, accident tolerance fuel) 핵연료 피복관에 대한 연구개발이 원전가동국에서 진행되고 있다. 원자력발전소의 핵연료 집합체를 구성하는 피복관, 지지격자 및 안내관 등의 부품은 내산화성, 기계적강도 및 중성자 경제성이 우수한 지르코늄 합금 소재로 사용되고 있다. 그러나 지르코늄 합금은 정상적인 발전소 운전환경에서는 매우 우수한 성능을 가지고 있지만 사고 환경에서는 고온 산화저항성이 크게 감소되었고, 이러한 고온 산화저항성의 감소로 인하여 부식반응물인 수소가 다량 발생되어 수소폭발이 일어나게 된 것이다. 또한 지르코늄 합금은 사고조건에서 고온강도가 감소됨에 따라 변형 및 파열에 의해 내부 방사성 물질이 외부로 누출되는 문제도 야기하게 된다. 따라서 지르코늄 합금을 사고조건의 고온상태에서도 산화저항성과 변형저항성을 향상시키는 것이 원자력발전소의 사고시 안전성을 향상시키는 방안으로 제시되고 있다. 원자력발전소의 사고 상황에서 사고 안전성을 향상시키기 위해 원전 선진국 및 우리나라에서는 여러 가지 신개념의 피복관 소재 개발이 착수되어 진행되고 있다. 미국은 정부주도로 산업계, 연구계, 학계가 연합하여 장기적으로는 SiC/SiC_f 소재 피복관이 단기적으로는 Zr-Mo 피복관, Zr surface coating 피복관 및 피복관용 FeCrAl 합금을 개발하고 있다. 프랑스에서는 산업계를 중심으로 Zr surface coating과 SiC/SiC_f 피복관 개념을 도출한 후 피복관으로 개발하기 위한 연구를 진행하고 있다. 우리나라에서도 한국원자력연구원을 주축으로 단기적으로는 Zr surface coating 기술을 개발하고 있고 장기적으로는 Zr-SiC 하이브리드 피복관과 SiC/SiC_f 피복관 개발을 수행하고 있다. 본 발표에서는 이와 같이 국내외에서 수행중인 사고저항성 강화 핵연료 피복관 소재의 개발현황을 소개하고 각 개념의 장단점을 분석하였고, 또한 국내에서 현재 개발 중인 Zr 합금 표면처리 기술 개발과 관련하여 진행된 연구개발 내용을 소개하고자 한다.

[지르코늄1-2 | 13:50]

CrAl 레이저 코팅된 지르코늄 합금의 미세조직 및 산화특성: *김정민, 하태형, 김일현[1], 김현길[1] ; *한밭대학교, [1] 한국원자력연구원.*

Keywords: Zircaloy, CrAl, Oxidation, Plasma spray, Laser coating

핵연료 피복관용 Zr합금의 고온 내산화성을 향상시키기 위해 플라즈마 용사 및 레이저 코팅 공정을 이용하여 내산화성 금속코팅을 표면에 형성하는 연구개발이 진행되어 왔다. 플라즈마 용사의 경우 경제성과 생산성 측면에서는 장점을 가지고 있으나 기지와의 접합성이 부족하고 코팅 층에 기공 등 결함이 다수 존재하는 문제가 있으며, 이를 개선하기 위해 레이저 공정을 후처리로 사용하거나 아니면 용사 전처리 없이 바로 레이저 코팅하는 연구가 최근 들어 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 플라즈마 용사 전처리 후 레이저 표면처리 또는 레이저 코팅공정을 이용하여 내산화성이 우수한 CrAl 코팅층을 Zircaloy-4 합금표면에 형성한 후 미세조직의 변화 및 산화특성을 조사하였다. 레이저 코팅을 이용하여 CrAl층을 Zr합금 표면에 바로 형성한 시편의 경우 공정 중 코팅재료와 Zr기지간 상당한 혼합이 발생하였으며, 형성된 코팅층은 급속한 응고조건에서 나타나는 미세조직을 보였다. 하지만 코팅시편을 1100°C의 온도에서 유지하면 기존 응고 미세조직 내 여러 상들 사이에 활발한 상호확산이 일어나서 약 2시간 후에는 사실상 평형상태도 미세조직에 도달하였다. 또한, 예상한 바와 같이, CrAl 코팅은 Zr의 내산화성을 현저하게 개선하는 것이 확인되었다. 한편, 플라즈마 용사로 전처리 코팅을 한 후 레이저 표면처리한 시편의 경우에도 비교적 건전한 CrAl 코팅층이 형성된 것으로 관찰되었으며, 고온 가열 전/후의 미세조직 변화를 심층적으로 조사하였다.

[지르코늄1-3 | 14:10]

경수로 핵연료 피복관 적용을 위한 FeCrAl 합금 및 공정 개발 현황: *박동준, 김현길, 정양일, 박정환, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Fuel cladding, Cold spray, FeCrAl alloy, Accident tolerant fuel

현재 원자력연구원에서는 원전 사고 상황에서도 획기적인 안전성 향상을 담보할 수 있는 신개념 핵연료 피복관을 개발하고 있다. 관련하여 다양한 후보소재가 제안 되었고 각 후보 소재에 관한 제조 공정 연구도 활발하게 진행 되었다. 본 연구에서는 유력 후보소재 중 하나인 FeCrAl 합금을 이용한 사고저항성 피복관 개발과정 중 얻어진 주요 연구 결과들과 개발 현황을 전반적으로 살펴보고자 한다. FeCrAl은 기존 Zr계 합금에 비하여 정상상태 운전 조건에서 확연히 낮은 부식량을 보였고 사고 상황을 모사한 고온 수증기 분위기에서도 훨씬 우수한 내산화 특성을 나타내었다. FeCrAl 합금을 기존 Zr계 합금 피복관 표면에 코팅하기 위하여 저온분사 공정을 사용하였으며 Zr과 FeCrAl 합금간의 고온 반응을 막기 위하여 Mo 층을 FeCrAl 코팅층과 Zr 모재사이에 형성 하였다. 그 결과 고온산화 분위기에서도 두 층간 공정반응을 없이 매우 우수한 고온산화 저항 특성을 나타내는 다층 구조의 사고저항성 피복관 개념을 도출할 수 있었다. 관련하여 부식 및 고온산화 조건에서 FeCrAl 합금표면에 생성되는 산화막의 성분 및 미세구조 분석을 수행 하였고, 저온 분사로 생성된 코팅층의 미세구조 및 특성을 다양한 분석장비로 관찰하여 부식기구 및 층간 결합기구를 밝혀내었다.

[지르코늄1-4 | 14:30]

혁신형 지르코늄 신합금 개발현황 및 Tube shell 제조: *이충용, 정태식, 김윤호, 목용균, 유종성 ; *한전원자력연료.*

Keywords: Zirconium alloy, Fuel cladding tube, Manufacturing process, Tube shell

혁신형 지르코늄 신합금은 고연소도 장주기 운전 및 부하추종운전 기술이 요구되는 혁신형 원전용 합금으로서 현재 개발 중에 있다. 혁신형 지르코늄 신합금은 기존합금의 내식성 및 기계적 특성을 공유하면서 내피로강도, 사고안전성 및 부품제조성 등의 요구조건까지 수용하는 합금으로 현재는 튜브/지지격자판 시제품 제조 단계를 수행하고 있다. 또한, 개발된 신합금의 향후 국내 제조 가능성 평가를 위한 Tube shell 제조공정 및 계획에 대하여 소개하고자 한다.

[지르코늄1-5 | 14:50]

다중 금속층 복합 구조(MMLC)를 가지는 경수로 핵연료 피복관 개발: 문준호, 김선규, 김지현[1], Michael Short[2], *반치범 ; *부산대학교. [1]울산과학기술원. [2]Massachusetts Institute of Technology.*

Keywords: Fuel cladding, Accident-tolerant, Multi-metallic layered composite(MMLC), CRUD, High-temperature oxidation test

현재 경수로에서 사용 중인 지르코늄 합금은 원전 가동 환경에서는 우수한 성능을 나타내지만 후쿠시마 원전 사고와 같은 냉각재 상실 사고 발생 시 급격한 산화반응이 발생한다. 이러한 산화반응으로 인해 발생한 수소가 내부에 쌓이면, 수소 폭발이 발생할 우려가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 지르코늄 합금의 표면 코팅, Mo 합금, FeCrAl 합금, SiC 등의 피복재를 연구 중에 있다. 그리고 원전 정상 운전 중 핵연료 피복관 표면에 크러드가 흡착되는데, 크러드는 피복관의 열전달 능력을 저하시키고 축방향 출력 편차를 발생시켜 원전의 가동 효율을 저하시키는 원인이 된다. 크러드의 원인 물질을 근본적으로 제거하기는 어려우나, 핵연료 피복관 표면에 특정 코팅층을 만들어 주면 크러드 흡착을 감소시킬 수 있다. 해외 기관인 MIT에서는 이중 금속층 핵연료 피복관을 개발하였으며, 액체 금속 환경에서 장기 부식 시험을 진행한 바 있다. 본 연구에서는 MIT에서 개발한 피복관 기술을 바탕으로 국제 공동 연구를 통하여 경수로 환경에서 사고저항성 및 크러드 흡착 저항성이 향상된 다중 금속층 복합 구조를 가지는 핵연료 피복관을 개발하고자 한다. 피복관의 내부는 낮은 중성자흡수단면적을 가지는 지르코늄 합금을 사용하고, 원전 1차수에 노출되는 외부는 부식저항성이 뛰어나고 수소 발생이 적은 Fe-Cr-Si 합금을 사용한다. 그리고 두 층 사이에 Cr-Mo, Ti 등의 확산 방지층을 만들어 Zr-Fe 게재물 생성을 방지하고자 하며, Fe-Cr-Si 합금의 표면에 ZrN 등의 코팅층을 형성하여 크러드 흡착 저항성을 향상시키고자 한다. 다중 금속층 복합 구조 핵연료 피복관 개발에 대한 전반적인 국제 공동 연구 진행 상황을 소개하고자 한다.

[지르코늄1-6 | 15:30]

지르코늄 피복관의 산화물분산강화(ODS) 표면처리 기술: *정양일, 김선한, 김일현, 김현길, 박동준, 박정환, 최병권, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Fuel cladding, ODS, Laser beam scanning, Zr alloy

기존 지르코늄 피복관의 기계적 강도를 증가시키기 위하여, 산화물분산강화(ODS) 기법을 적용하여 사고저항성 피복관을 개발하고 있다. ODS 처리는 레이저 열원을 이용하였으며, 지르코늄 모재에 산화물(Y_2O_3) 입자를 분산시켜 지르코늄 소재의 고온 강도를 향상시킬 수 있었다. 판재형 Zircaloy-4 시편의 상온 인장강도는 레이저 ODS 처리됨에 따라 기존 약 510 MPa에서 651~695 MPa로 크게 증가하였다. 반면 연신율은 급격히 감소하였다. ODS 처리층이 취성을 갖기 때문에 강도증가에 효과는 있으나 연신율의 감소는 피할 수 없었다. 그러나 인장시험의 온도가 380°C로 높아진 경우에는 강도의 증가가 현저하였고 연신율의 감소폭도 적었다. 고온에서는 ODS 처리층의 취성이 열적효과에 의해 완화된 것으로 판단되었다. 튜브형 Zircaloy-4 링 인장 시편의 경우에도 판재형 시편과 유사한 거동이 관찰되었다. 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 증가하였으나, 급격한 하중감소를 동반하며 시편의 파단이 발생하였다. ODS 처리 효과는 고온(380°C, 500°C)에서 더욱 두드러졌다. ODS 처리한 시편은 인장강도가 약 20% 증가하였으며. 상온 인장거동에서 보이던 급격한 하중 감소에 의한 연신율의 저하가 나타나지 않았다.

[지르코늄2-1 | 15:50]

가동원전 일차 수화학 환경에서 용존수소 농도 변화에 따른 지르코늄 합금의 부식 거동 평가: *김태호, 최경준, 유승창, 김지현 ; *울산과학기술원.*

Keywords: Zirconium alloy, Dissolved hydrogen concentration, In situ Raman spectroscopy, Corrosion

가동 원전의 일차 계통의 재료 건전성 확보 및 부식 완화를 위하여 최근 여러 원전 선진국에서는 일차 수화학 조건을 변화시키고 있다. 특히, 용존 수소 농도를 변화시켜 니켈계 합금의 일차수 응력부식균열을 완화시키는 기술에 대한 연구가 그동안 선행되어 왔다. 하지만, 이러한 일차 수화학 환경에서 용존 수소 농도의 변화가 지르코늄 합금의 부식 거동에 미치는 영향에 대한 연구는 상대적으로 미흡하다. 이러한 이유에 따라, 일차 수화학 환경 내 용존 수소 농도의 변화에 따른 지르코늄 합금의 부식 거동을 평가하기 위하여 본 연구에서는 실시간 라만 분광법을 활용하여 360°C 가동 원전 일차 계통수 환경에서 지르코늄/산화막 계면에서의 지르코늄 산화막의 상변화를 서로 다른 용존 수소 농도 조건인 30 cc/kg과 50 cc/kg 조건에서 확인하였다. 또한, 투과전자현미경을 활용하여 서로 다른 용존 수소 농도 조건에서 최대 100일간 노출된 지르코늄 합금 시편에 대한 분석을 수행하였다. 본 연구를 통해 용존 수소 농도가 지르코늄 핵연료 피복관의 부식 거동에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다.

[지르코늄2-2 | 16:10]

사고저항성 핵연료 피복관 개발을 위한 금속 코팅막의 고온산화특성 평가: *박정환, 김의중, 김현길, 정양일, 박동준, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Accident tolerant fuel cladding, Arc ion plating, Nuclear, High-temperature corrosion

지르코늄 합금은 정상 운전 조건에서 우수한 내산화성과 기계적 특성을 가지기 때문에 경수로에서 핵연료를 외부로부터 보호하는

핵연료 피복관 재료로 사용되고 있다. 핵연료 피복관 개발은 고연소도 및 장주기 운전 등 원자력 발전 비용을 줄이기 위한 경제성에 초점을 맞추어 연구 개발이 진행되어 왔다. 그러나 Zr 합금은 고온 산화 시 동반하는 발열 반응과 고온 수증기 하에서 산화가 활발히 진행되어 수소를 발생시키며 고온에서의 낮은 기계적 강도와 수소 취성 파괴와 같은 문제로 인하여 안전에 대한 문제를 가지고 있다. 특히 2011년 후쿠시마 원전에서 수소폭발이 발생한 이후 핵연료 피복관의 고온 내산화성을 향상시켜 사고 시 안정성을 확보하고자 하는 연구가 주목 받기 시작했으며, 활발히 진행되었다. 한국원자력연구원에서도 사고 상황 및 정상 운전조건에서도 우수한 내산화성을 가지는 사고 저항성 강화 핵연료 피복관에 대한 연구를 진행하였다. 개발 초기 핵연료 피복관 표면 코팅을 위한 아크 이온 플레이팅 코팅 기술을 개발하고 내산화성이 우수한 크롬을 핵연료 피복관 표면을 코팅함으로써 사고 저항을 향상시키고자 하였다. 순수 크롬 금속 코팅막은 사고 조건에서 우수한 밀착력과 내산화성으로 핵연료 피복관을 보호하는 것을 확인하였다. 그러나 순수 크롬은 정상 운전조건에서의 용해문제 및 고온 산화 시 결정립계를 따라 내부로 침투하는 산소이온 문제 등 사고 저항성 강화 피복관 보호를 위한 내산화막 후보로서 몇 가지 문제점을 나타내었다. 이에 본 연구에서는 핵연료 피복관 보호를 위한 크롬 금속 코팅막의 문제점을 해결하기 위해 알루미늄 함량에 따른 크롬 합금 코팅막을 아크 이온 플레이팅 기술을 이용해 제조하고 이에 대한 고온 내산화 및 정상부식 특성을 연구함으로써 순수 크롬 코팅막이 가지고 있는 문제점을 해결하고자 하였다.

[지르코늄2-3 | 16:30]

사고저항성이 우수한 피복관 개발을 위한 레이저 코팅기술: 김일현[1,2], 김현길[1], 최병권[1], 양재호[1], 구양현[1], 김선진[2], 임윤수[3] ; *[1] 한국원자력연구원. [2] 한양대학교. [3] 한밭대학교.*

Keywords: Laser Coating, Fuel cladding, FeCrAl, Cr

후쿠시마 사고이전에는 핵연료 피복관 개발은 정상운전 상태의 경제성 향상을 위해 연구가 진행 되었지만 사고이후 정상상태뿐만 아니라 사고환경에서도 핵연료 피복관 및 핵연료의 건전성이 유지되어야 한다. 사고환경에서 고온산화 및 고온변형에 우수한 산화저항성을 가지는 핵연료(accident tolerant fuel; ATF)라고 정의하고 원전선진국에서는 사고저항성 강화 피복관을 개발을 수행중에 있다. 기존 상용 지르코늄피복관은 사고시 용융이나 누출을 재료한계 때문에 막을수 없지만 상용피복관 소재 대비 사고저항성이 우수한 피복관을 적용할 경우 사고시 고온 산화 및 변형에 의한 핵연료 누출을 지연 시킬수 있어 사고안전여유도 즉 대처시간을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 사고저항성 피복관 개념 중에 하나인 고온산화 저항성을 향상시키기 위해 레이저를 이용하여 코팅 기술을 연구하였다. 레이저를 이용하여 코팅할 경우 지르코늄 모제와 코팅 소재간 계면이 혼합된 층을 형성 할수 있기 때문에 접착성질이 향상 시킬 수 있다. FeCrAl(APMT) 파우더를 사용하여 레이저로 직접 코팅을 할 경우 950°C 이상으로 온도가 상승하게 되면 Zr과 Fe의 상호 확산에 의해 코팅 물질 조성이 바뀌고, Zr 피복관 모재에 Zr-Fe계 금속간 화합물이 형성되는 문제점이 있다. 이와 같은 문제를 해결하고자 지르코늄 피복관에 아크 이온플레이팅 방법을 이용하여 Cr을 중간 확산 방지층을 코팅한 후에 레이저 이용하여 FeCrAl(APMT) 합금을 코팅하였다. 확산 방지층으로 Cr코팅한 결과 Zr과 Fe의 상호 확산을 억제하여 950°C 이상의 고온에서도 내산화저항성이 향상 되었다.

[지르코늄2-4 | 16:45]

ODS 표면처리 지르코늄 합금의 기계적 특성평가: *김선한, 정양일, 김현길, 양재호, 구양현, 임윤수[1] ; *한국원자력연구원. [1] 한밭대학교.*

Keywords: Fuel cladding, Oxide dispersion strengthening, Zr alloy

산화물 분산 강화(ODS)란 산화물 입자를 금속 모재에 분산시켜 소재의 강도를 높이는 기술이다. 기존의 ODS 소재는 합금의 용융 단계에서부터 산화물 입자가 혼합된 원료를 사용하며, HIP, 압출 등의 공정을 통해서 제조된다. 현재 원자력연구원에서는 기존의 공정이 아닌 레이저를 이용하여 지르코늄 모재의 표면에 산화물 입자를 분산시켜 기존의 모재가 갖고 있는 특성을 유지하면서 강도를 향상 시킬 수 있는 ODS 표면처리 기술을 개발하고 있다. 본 실험에서는 ODS 표면처리한 지르코늄 합금을 피로시험, 인장시험 등을 통하여 기계적 특성을 평가하고자 하였다. 표면처리를 위한 산화물에는 Y_2O_3 분말이 사용되었으며 코팅막의 두께는 7~20 μm, ODS 처리층은 50~210 μm의 두께로 형성되었다. 피로시험은 각각 400 MPa, 500 MPa에서 실험을 진행하였고, 인장시험의 경우 상온 및 고온에서 실험을 진행하여 비교하였다. 실험 후 시편의 파단면을 OM과 SEM를 통하여 관찰하였다. 실험 결과 피로시험의 경우 표면처리한 지르코늄 합금이 기존 지르코늄 합금 대비 약 1.5 배의 강도향상이 확인되었으며, 인장강도 시험결과 상온 시험에서는 표면처리합금의 강도가 크게 상승하였으나 연신율 또한 급격히 감소하는 모습을 보였다. 하지만 고온 시험에서는 강도는 크게 증가한 반면 연신율 감소 폭은 작은 것을 확인하였다. 결과적으로 ODS 표면처리를 통하여 기계적 강도를 향상시킨 지르코늄 합금이 사고저항성 피복관 소재로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

[지르코늄2-5 | 17:00]

건식저장시 수소농도에 따른 내압 크립거동: *김의중, 홍종대, 국동학, 김현길, 정양일, 박동준, 박정환, 김일현, 김선한 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Creep, Dry storage, Spent fuel cladding

사용후핵연료 건식저장은 사용후핵연료의 최종적 처리가 아닌 중간저장의 성격을 가지고 있기 때문에 영구적인 사용후핵연료 처리 방식이 상용화되기 전까지는 습식저장 또는 건식저장 방식을 통하여 보관해야 한다. 따라서 저장공간의 확보가 용이하고 비용이 저렴한 건식저장 방식이 세계적으로 진행되고 있는 추세이다. 건식저장 조건에서는 decay heat으로 인한 고온과 가동중 흡수된 수소로 인해 크립, 수소화물 재배열, 지연수소화 균열 등 다양한 열화기구가 존재하는데, 이에 대한 이해 및 대처는 사용후핵연료의 건전성에 큰 영향을 미친다. 그 중 대표적인 열화기구로써 높은 온도 및 연료봉 내/외의 압력차로 인한 응력으로 인해 크립이 고려되고 있다. 또한, 지르코늄 합금 피복관은 흡수된 수소량에 따라 물성이 크게 달라진다. 따라서 본 실험에서는 건식저장중 예상되는 다양한 사용후핵연료 열화기구중 크립에 대해 실험을 진행하였으며 지르코늄 피복관이 수소 농도에 따른 크립거동에 대해 실험을 실시하였다.

[지르코늄2-6 | 17:15]

FeCrAl 합금의 기계적 강도 향상을 위한 산화물분산강화 표면처리: *오홍렬, 박동준, 정양일, 박정환, 김일현, 양재호, 김현길 ; *한국원자력연구원*
Keywords: Fuel cladding, FeCrAl alloy, Oxide Dispersion Strengthening

후쿠시마 원전사고 이후 사고상황에서의 핵연료 안전성 강화를 위한 연구에 대한 관심이 크게 증가하였다. 기존의 지르코늄계 합금은 정상 상태에서의 낮은 중성자 흡수 단면적과 우수한 부식저항성을 갖고 있어 핵연료 피복관으로 널리 사용되어 왔으나 고온에서는 내산화성 및 기계적 특성이 저하 되는 것으로 알려져 있다. 후쿠시마 사고에서도 고온산화 부산물인 수소가 다량으로 발생되어 폭발의 원인이 되기도 하였다. 따라서 기존의 지르코늄계 합금 피복관을 대체할 수 있는 다양한 후보소재들이 제안되었다. 유력한 대안 소재 중 하나인 FeCrAl 합금은 고온 내산화 특성이 매우 우수하고 원자로 정상상태 운전 조건에서의 부식 특성 또한 기존 지르코늄계 합금에 비하여 우수한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 FeCrAl 합금의 기계적 특성을 더욱 향상시키기 위하여 레이저를 이용한 산화물 분산강화 표면처리를 수행 하였고 산화물 분산이 FeCrAl 합금의 기계적 특성 및 미세구조 변화에 끼치는 영향을 확인하였다. 분산 산화물로서는 Y_2O_3와 CeO_2가 사용되었고, 최적 분산을 위한 레이저 출력 조건이 도출 되었다. 기계적 특성 평가를 통하여 분산된 산화물에 의한 효과를 확인할 수 있었고 광학현미경, 주사전자현미경, 투과전자현미경 등을 이용한 미세구조 분석을 수행하여 산화물 분산 관련 강화 기구를 밝혀내었다.

제9회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄
Room 606, 4월 26일

[소재1-1 | 10:30]

Manufacturing of Cermet in the Fe-Al/TiC Composites and Mechanical Property: Yong-In Kim, Se-Hyun Ko[1], Sung-Churl Choi ; *Hanyang University. [1]Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: Mechanical Alloying, In-situ Process, Cermet, Hot press

Titanium carbide is characterized by high hardness and resistance to oxidation and abrasion, while iron aluminide is ductile and exhibits high strength and excellent oxidation resistance, including at high temperatures. Titanium carbide-iron aluminide (TiC-Fe_3Al) cermet can thus be expected to possess mechanical properties suitable for a cutting tool and wear-resistance material. In the present study, TiC-Fe_3Al-based cermet was produced by an in-situ process using powdered Ti, C, Fe, and Al as the raw materials. Mechanical milling was used to accelerate the in-situ reaction between the raw powders. The effects of the TiC volume fraction on the microstructures and mechanical properties of the milled powder and sintered cermet were examined. Consequently, mechanical milling and hot-press sintering were used for the in-situ production of TiC-Fe_3Al cermet, and the microstructure and mechanical properties of the material were examined with respect to the TiC volume fraction and milling time. After 48 h of milling, the mechanically alloyed powder crystallized in the form of a biphasic material composed of TiC and Fe_3Al. The milled powder was hot pressed at 1250°C and 50 MPa for 30 min to obtain sintered samples, which also contained only TiC and Fe_3Al. The hard TiC phase particles were observed to measure 100–300 nm, with the overall particle size decreasing with increasing TiC volume fraction. In addition, the hardness of each sintered cermet sample linearly increased with increasing TiC volume fraction, with the hardness reaching as high as 1813 Hv for 90 vol% TiC. The bending strength was determined to be 1800 and 1780 MPa for TiC volume fractions of 50 and 70 vol%, respectively, and abruptly decreasing to 580 MPa for 90 vol% TiC.

[소재1-2 | 10:45]

Accelerated degradation of a Ag-Cu-Ti alloy in liquid sodium via selective dissolution of silver: *허회준, 박윤철[1], 강정윤, 정기영[1] ; *부산대학교 재료공학과. [1]포항산업과학연구원 에너지소재연구그룹.*

Keywords: Ag-Cu-Ti filler metal, Liquid Metal Corrosion, Brazing, Reduction and oxidation kinetics, Electron Microscopy

Ag-Cu-Ti alloys are widely used in active metal brazing (AMB) to bond between heterogeneous metal-ceramic joints. This is mainly because brazed joints with the alloys show acceptable bonding strength and good oxidation resistance at high temperatures of 400~600°C through a simple but low cost bonding process. Previous studies showed that the alloy formed slowly growing protective Cu- and/or Ti- oxide layers. However, when the brazing alloys are applied to applications associated with molten sodium (Na) environments, such as cooling pipe joints in nuclear power plants and heterogeneous joints of sodium beta-alumina batteries, the joints show poor bonding performance resulting in failure in less than 100 hours at 350°C.In order to elucidate the phenomena different from a general expectation, disk shaped coupon specimens made of 430 stainless steel and α-Al_2O_3 were prepared and the heterogeneous specimens were brazed with a Ag-35.2Cu-5.4Ti alloy. The bonded assemblies were exposed to molten sodium at 350°C. Their degradation behaviors were characterized via (1) cross-sectional observation through optical microscopy (OM), secondary electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and field-emission electron probe micro analyzer (FE-EPMA), and (2) kinetics analysis. As the exposure proceeds, it was characterized that Ag in the Ag-Cu-Ti alloy continuously dissolves into the Na melt at the alloy-Na interface leaving the unreacted Cu and Ti to be a porous structure. The kinetics of the Na penetration depth into the alloy is governed by the linear rate law. In this presentation, a novel degradation mode to explain the results will be proposed and discussed.

[소재1-3 | 11:00]

음향방출신호 모니터링을 통한 리튬이차전지의 손상 분류: *이승미, 변재원 ; *서울과학기술대학교 신소재 공학과.*

Keywords: Lithium-ion battery, Acoustic Emission(AE), Cracking, Degradation, AE-signal classification,

리튬이온전지의 응용분야가 넓어짐에 따라 고용량, 급속충전 등의 성능이 요구되고 있으며, 이러한 성능을 만족시키기 위해 다양한 전극활물질 개발 연구가 이루어지고 있다. 리튬이온전지는 충/방전 과정에서 SEI layer 형성 및 전극활물질의 crack 등의 손상이 동시다발적으로 발생되며, 손상은 전극활물질 종류마다 다르기 때문에 실시간으로 손상의 종류를 분류할 수 있는 모니터링 분석법이 필요하다. 본 연구에서는 음향방출(Acoustic emission, AE) 기법을 이용하여 활물질 종류가 다른 상용전지($LiMnO_2$/Li-Al, $LiCoO_2$:NCM/graphite, LiCoO2/graphite)를 이용하여 충/방전 과정에서 발생되는 미세조직 변화와 AE 신호의 특징을 분석하였다. 미세조직 관찰결과, $LiMnO_2$ 와 $LiCoO_2$ 활물질에서 crack이 발생하였고, $LiCoO_2$와 NCM이 혼합된 활물질에서는 crack이 발생하지 않았다. Graphite와 Li-Al의 음극활물질에서는 SEI layer가 모두 형성되었다. 활물질에서 crack이 발생될 때 에너지가 크고 지속시간이 긴 AE 신호, SEI layer 형성될 때는 0 가까운 작은 에너지와 지속시간이 짧은 AE 신호가 계측되었다.

[소재1-4 | 11:15]
은 나노 와이어 투명전도성 필름의 기계적, 열적 스트레스에 의한 고장 분석: *김혜영, 김현수, 정규태[1], 김한종[2], 우원석[2], 변재원 ; *서울과학기술대학교 신소재공학과. [1]코스모신소재(주). [2](주)오르비텍.*
Keywords: Ag nanowire, Transparent and flexible electrodes, Bending fatigue, Thermal stress.

투명전극은 우수한 광투과성과 전기전도성을 가지는 기능성 박막전극으로서 태양전지, 디스플레이, 터치스크린패널 등의 전극 기판으로 사용된다. 현재 산화 인듐 주석(ITO, Indium Tin Oxide) 투명전극 물질로 널리 사용되고 있으나, 높은 제조단가, 고온 공정, 낮은 유연성, 플라스틱 기판과의 열팽창계수 차이 등의 문제로 인하여 차세대 유연전자소자로의 적용에 한계가 있다. 따라서 유연전자소자용 투명전극을 위해서는 보다 저가격, 대면적의 대량생산이 가능하며 유연성이 뛰어난 새로운 투명전극의 개발이 필요하다. 이에 따라 은 나노 와이어(Ag Nanowire, AgNW)를 활용한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 웨어러블 환경 등의 극한 굴곡환경에서 사용 시 기계적 피로 현상에 의한 필름의 저항 변화와 고온 조건에서의 산화 발생 등 신뢰성 저하 문제가 나타나고 있다. 따라서 본 연구에서는 AgNW 필름의 기계적, 열적 고장 메커니즘을 분석 하였으며, AgNW 구조 변화가 전기저항 및 투광도에 미치는 영향을 분석하였다.

[소재1-5 | 11:30]
SCM420의 비정상열처리 조건에 따른 기계적 물성 변화: *조다희, 김기환, 김재우, 박중철, 정성욱, 조점석, 진현호 ; *포항산업과학연구원.*
Keywords: SCM420 열처리 고장 기계적물성

최종 제품 생산을 위해서는 단조, 절삭, 냉간인발 등의 가공과 노말라이징, 퀜칭, 템퍼링 등의 열처리를 반드시 거치게 된다. 이때 최종 제품의 품질 기준은 통상 경도, 기계적 강도 등으로 평가하게 되며, 이는 최종 템퍼링 온도로 결정되게 된다. 이때 앞선 노말라이징, 퀜칭 효과는 거의 무시된 채 템퍼링 온도만으로 조절된 기계적 물성값은 재질적인 차이를 가져오게 되어 제품의 주요 고장원인으로 작용하게 된다. 특히, 다량의 제품을 한 번에 쌓아서 열처리하는 경우 실제 제품의 열처리 온도는 ±100ºC까지 날 수 있다. 이러한 조건을 비정상열처리 조건으로 칭하고, 비정상열처리가 되었을 경우, 기계적 물성이 얼마나 변할 수 있는지를 52종의 열처리 조건에 대해 시험하였다. SCM420을 이용한 시험 결과 비정상열처리 조건의 경우, 경도, 인장, 충격 등의 모든 기계적 물성에서 차이를 보였다. 기준값은 독일 규격인 DIN17200에서 규정하는 기준 열처리 조건에 따른 기계적 물성값으로 정하였다.

[소재1-6 | 11:45]
Running Wheel 파손 원인 분석: *양원존, 유위도 ; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: Failure Analysis, Running Wheel, Intergranular Brittle Fracture, Tensile-Residual Stress

본 연구는 제조 중 파손된 Running Wheel의 파손특징 조사와 사용 소재에 대한 평가 등을 토대로 파손 원인을 정확히 분석하고 향후 재발 방지를 위한 대책을 마련하기 위하여 수행되었다. Running Wheel은 단조 후 노말라이징, 황삭, Quenching/Tempering, 외경고주파 등 다양한 공정이 적용되어 제조되며 외경고주파 후 연마 중 균열이 발생하였다. 사용 소재는 KS SCM440 이며 원인분석을 위하여 파단면 관찰 및 소재의 화학성분 분석/기계적 특성평가/미세조직 분석을 평가하였다. 파단부는 균열길이가 거의 동일한 것으로 나타났고 이는 고주파 경화부위와 일치하였다. 파단면 관찰결과 파손은 전형적인 입계 취성 파괴(Intergranular Brittle Fracture)형태를 보였고 강제파단면은 벽개 파괴(Cleavage Fracture)양상을 보였다. 고주파 열처리 진행방향 경화 부위 결과 경화 패턴이 일정하지 않고 1차 예열부위가 높은 온도로 인해 높은 경도값을 보이고 있고 2차 본가열 경화부위 역시 매우 불균일하게 형성되어 있었다. 이는 높은 인장잔류응력의 형성 가능성을 높이고 이러한 인장 잔류응력은 균열야기가 용이한 것으로 알려져 있다.

[소재2-1 | 13:30] 초청강연
항공기재료의 발전과 개발현황: *김광배 ; *한국항공대학교 항공재료공학과.*
Keywords: 항공기재료,고등훈련기,항공기구조재

항공기재료의 발전과 개발현황을 발표하고 155 mm 자주포개발국산화 성공사례,고등훈련기(T-50)개발과 수출차세대항공기개발(수소항공기,극초음속항공기개발)을 강연한다. 항공기재료의 1903년도 라이트형제가 최초 유인비행에서 최근까지의 항공기구조재료의 변천사를 강연하고 고등훈련기(T-50)개발과정 과 수출전망을 강연한다.

[소재2-2 | 14:00]
Microstructural Investigation of Nano-Grained 2205 Duplex Stainless Steel by Focused Ion Beam and Transmission Kikuchi Diffraction: *ABBASI MAJID, PARK IHHO, AYER RAGHAVAN, RO YUNJO ; *SK Innovation.*
Keywords: Transmission Kikuchi Diffraction; Focused Ion Beam; Duplex Stainless Steel; Nano Grains

Transmission Kikuchi Diffraction (TKD) on electron-transparent samples in SEM is a recent development that offers higher spatial resolution than conventional techniques such as Electron Backscattered Diffraction (EBSD). Higher spatial resolution enables quantitative investigation of ultra-fine and nano-grains [1-3]. Herein, TKD on Focused Ion Beam (FIB) slices is employed to resolve the nano-grains in 2205 duplex stainless steel that experienced severe plastic deformation. Results will be presented and discussed.

[소재2-3 | 14:15]
정유공장 Air Fan Cooler Fan Blade Arm 파손해석: *노윤조, 박이호, 김재웅[1] ; *SK이노베이션. [1]SK에너지.*

Keywords: Fatigue, AA6061, Air Fan Blade

정유공장 Air Fan Balde Cooler에 사용되던 AA6061 Peak Aged Fan Blade Arm 파손 발생 원인 분석을 SEM, EBSD, TEM을 이용하여 수행하였다. 완전 파손된 파면과 미세균열 부의 파면을 분석한 결과 피로균열이 개시된 위치에서 파면은 전형적인 Facet형상, 피로 전파속도가 높은 지역에서는 다양한 형태의 Striation, 최종 파단면에서는 Micro-void Dimple 형상이 관찰 되어 Blade Arm의 파손원인은 피로균열이 개시되어 전파되다가 최종적으로 Rupture 된 것으로 확인 되었다. 피로균열은 주로 응력 집중도가 높은 나사산에서 생성된 것으로 확인 되었으나, 명확한 피로개시 원인으로 보고 되는 조대한 Inclusion, 제조 Defects, 부식에 의한 Pitting과의 관련성은 매우 낮았다. 이에 본 발표에서는 균열의 개시 원인으로 문헌에서 보고되는 Localized Slip Deformation 에 의한 피로 균열 개시 메커니즘에 대해 논의 하고자 한다.

[소재2-4 | 14:30]

Heater Tube Support(50Cr-50Ni)의 파손 분석: *박이호, 노윤조, Raghavan Ayer, 지영수[1], 김재웅[1] ; *SK이노베이션. [1]SK에너지.*

Keywords: Tube Support, 50-Cr-50Ni, Alpha-Cr 석출

본 연구에서는 정유공장 Heater Tube Support(50Cr-50Ni-Nb)의 파손 사례에 대해 소개하고자 한다. 50Cr-50Ni-Nb alloy는 HH, HK 재질과 비교하여 높은 Cr, Ni함량으로 인해 Fuel Ash Corrosion에 대한 저항성이 높은 것으로 알려져 있으며 Nb첨가로 고온강도를 확보하여 비교적 고온 공정의 튜브 Support 또는 Hanger로 주로 사용되고 있다. 본 연구에서는 800도 환경에서 10년 정도 사용 후 파손된 50Cr-50Ni-Nb Support Pipe의 미세조직 분석을 통해 고온 시효에 의한 재질 미세조직 변화를 관찰하였다. Support Pipe는 구조상 길이방향으로 노출온도 구배가 존재하였으며 특정 온도에서 파손이 발생함을 알 수 있었다. 미세조직적으로 볼 때, 파손 부위에서 Nano-size의 rod type alpha-Cr상이 고밀도로 석출되었으며 Austenite 기지조직에서는 alpha-Cr상 석출과 관련하여 Long range Ordering 현상이 관찰되었다. 자세한 분석 내용 및 파손 Mechanism에 대해서는 발표를 통해 논의하고자 한다.

[소재2-5 | 14:45]

체결 부품에서 관찰되는 주요 손상 사례와 영향 인자: *김정한, 이유환[1] ; *국립한밭대학교 신소재공학과. [1]태양금속공업 기술연구소 소재연구실.*

Keywords: 체결부품, 손상사례, 자동차

자동차 및 수송 기계의 눈부신 발전과 함께 체결 부품으로써의 볼트는 매우 다양한 분야에 적용되고 있다. 이는 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 있다. 하지만 볼트의 체결은 매우 과학적이며, 통계적인 방법에 의하여 적절하게 체결(tightening or clamping)되어야 하나, 실제 해당 분야 대한 전문가가 비교적 많지 않으며, 체결 또는 볼트 제조와 관련된 분야에 종사하는 기술자조차도 체결 기술에 대하여 깊이 알지 못하고 있는 것 역시 현실이다. 기계적인 결함 또는 부적합 체결 조건 및 체결 기술자의 실수 등 많은 경우 체결 중 손상(또는 파손)이 발생하거나, 체결 후 실제 사용 환경에서 손상이 발생하는 문제점도 자주 보고되고 있다. 하지만 이에 대한 지식과 기술적 이해의 부족 때문에, 그 원인과 방지 대책 수립에 있어 많은 기술자들이 어려움을 가지고 있다. 본 발표에서는 볼트에 작용하는 외력의 종류와 형태를 이해하고, 손상된 볼트에서 관찰되는 파면의 형태와 외력의 상관관계를 살펴보고자 한다. 많은 손상의 사례를 다루며 실 사용에 있어 손상 해석, 원인 규명 및 방지 대책 수립에 대하여 논의 하였다.

[소재3-1 | 15:15]

배관플랜지 연결부의 볼트 체결 길이에 따른 구조건전성평가: 김만원, 신인환, 부명환, *박상규, 이경수 ; *한국수력원자력㈜.*

Keywords: 볼트, 볼트체결, 플랜지연결부,허용응력

정상 설계된 배관플랜지 연결부에 대하여 현장 체결시 발생할 수 있는 체결길이 차이에 따른 배관플랜지 연결부의 구조적건선성을 평가하였다. 직영이 다른 3종의 유니파이 표준나사로 체결된 플랜지 연결부의 볼트 체결길이를 정상 체결길이 대비 16%~100% 까지 변화시켜가며 3차원 및 2차원 유한요소해석을 수행하였다. 정상운전하중 및 사고하중을 가정하여 볼트에 걸리는 최대응력을 계산한 후 허용응력과 비교할 수 있도록 체결길이 및 볼트 종류에 따른 허용응력곡선을 제시하였다. 볼트 체결력만 고려하는 경우에 비하여 운전하중을 같이 고려하는 경우 허용응력 대비 최대응력의 여유도가 감소하였으며, 사고조건에서 볼트가 50% 이상 체결된 경우 건전성이 확보되는 것으로 나타났다.

[소재3-2 | 15:30]

FCG시험을 이용한 비상디젤발전기 커넥팅로드의 건전성 평가: 신인환, 부명환, *박상규, 이경수 ; *한국수력원자력㈜.*

Keywords: 건전성평가, 커넥팅로드, 손상분석

비상디젤발전기는 원자력발전소 전원이 공급되지 않는 상황이 발생하였을때, 관련기기에 비상전원을 공급하는 필수설비로 발전소 안전성을 유지하기 위하여 설비 및 부품의 건전성을 유지하는 것은 중요한 현안이다. 특히, 비상디젤발전기의 구동축인 커넥팅로드의 경우, 구동시 반복되는 충격하중에 의하여 피로손상이 발생할 수 있으며 이에 대한 피로수명 평가가 중요시되고 있다. 본 논문에서는 비상디젤발전기 커넥팅로드의 결함 및 기기건전성을 평가하였으며 이를 위하여 조직분석, 기계적물성 시험을 수행하고 가상균열을 삽입한 피로균열진전(Factigue Crack Grawth) 시험을 통해 커넥팅로드의 피로수명을 예측하여 전 운전기간 동안의 건전성을 평가하였다.

[소재3-3 | 15:45]

보일러용 탄소강관의 용접부 손상원인 분석: *박기덕, 이승호, 함종오 ; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: SA210 Tube, Weld metal, Crevice corrosion, Lack of penetration , Leakage failure

ASME SA210 소재가 적용된 보일러용 탄소강관에서 시운전 과정 중 파공이 발생하여 보일러 가동이 중지되었다. 파손은 주로 용접금속에서 발생했으며, 산발적으로 완전히 파공된 특징이 있었다. 튜브 외부는 flow gas의 영향을 받으며, 내부는 보일러수가 순환되는 구조이다. 튜브의 손상 원인을 파악하고자 OM, SEM-EDS, XRD 장비를 사용하여 미세조직 및 부식생성물 분석을 실시하였다. 또한 내•외부 환경 분석을 실시하여 손상 발생과의 관련성을 조사하였다. 미세조직 관찰 결과 손상은 내경부에서 시작하여 외경부로 전파되는 양상이 관찰되었으며 손상부위에서 용입불량 결함이 확인되었다. 또한 용입깊이가 가장 작은 부위에서 가장 심각한 파손 형태를 보였다. 따라서 용입불량에 의해 생성된 모재와 용접금속의 틈에서 틈새부식(Crevice corrosion) 발생하여 손상된 것으로 추정된다.

[소재3-4 | 16:00]

침식(Erosion)에 의한 연료가스배관용강관(SPPG)의 파손 분석: *<u>함종오</u>, 박기덕, 조병일 ; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: Carbon steel pipes for fuel gas piping, Landfill gas, Condensate water, Hydrogen sulfide, Erosion

매립지에서 발생되는 매립지가스(LFG, Landfill Gas)을 공급하는 강관이 매립 설치 후 약 12개월 지난 후 손상이 발생하여 이에 대한 분석을 수행하였다. 강관의 화학성분 분석 결과는 KS D 3631(연료가스 배관용 탄소강관) SPPG 강종의 합금성분에 적합하였다. 거시적으로 시료를 관찰한 결과 정상시료의 강관 두께는 5.56 mm이었으나, 손상된 강관의 경우 각각의 위치에 따라 4.41 mm, 2.62 mm로 나타났으며, 가장 많이 손상된 부분의 경우는 0.057 mm로 나타났다. 미세조직 분석결과 시료 모두 matrix는 ferrite 조직이 형성되어 있으며, 강관의 바깥면은 PE층 접합 시 가열로 인하여 결정립이 flow현상이 나타났으며, 안쪽면은 공식이 진행되어 결정립이 떨어져 나간 형태가 나타났다. 경도시험 결과 정상시료은 120 HV0.5 내외로 나타났으며, 손상된 시료의 경우 20 HV0.3 정도 높게 나타났다. 강관 내부의 부식생성물 및 고상화된 검은색 이물질을 SEM/EDX 분석한 결과 부식생성물은 S 원소함량이 4~5 % 정도 나타났으며, 검은색 이물질은 부식생성물 보다 2배이상 높게 나타났다. 따라서 강관의 손상원인은 매립지가스가 H_2S을 포함하는 응축수로 변화여 H_2S 의한 손상이 시작되었으며, 이로 인하여 응축수에 황화광물(FeS)이 다량으로 포함되어 매립지가스 이동 시 90° 굽은 구간에 침식(Erosion)dl 일어나 강관의 감육을 통하여 손상이 이루어진 것으로 판단된다.

[소재3-5 | 16:15]

직류전위차법을 이용한 피로균열전파 특성평가: *<u>이건하</u>, 양원존, 현용택 ; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Fatigue crack propagation, Direct current potential drop, Stress intensity factor, Directional properties

본 연구는 항공용 소재・부품 분야에서 요구되는 물성인 피로균열전파(Fatigue crack propagation)에 대한 특성을 평가하기 위하여 수행되었다. 항공용 소재 적용을 위해서는 소재기술뿐만 아니라 품질 인증이 필수적으로 요구되고 있으므로 이에 따른 소재 성능 시험이 필요성이 대두되고 있다. 항공기 구조용 소재의 핵심 물성 중 하나인 피로특성을 규명하기 위해 직류전위차법(Direct current potential drop method)을 이용한 피로균열전파의 시험평가 인프라 및 요소기술 개발을 필요로 하고 있다. 직류전위차법이란 표면균열 측정에 유효한 수단으로서, 기준시편과 실험시편에 전류를 가한 후 피로시험기를 통해 실험시편에 하중을 주어 표면에 균열이 생김에 따라 발생한 전압차이를 균열 길이로 환산하여 균열길이 측정의 오차를 크게 줄일 수 있는 시험법이다. 직류전위차법을 이용하여 Al2519, Al7075, Ti-6Al-4V, 열처리된 Ti합금에 대한 피로균열전파 시험을 수행하여 da/dN, 응력확대계수(Stress intensity factor), material parameters와 같은 피로균열전파 특성에 미치는 영향을 살펴보았으며, 특히 열처리된 Ti의 경우 L-T, T-L와 같이 방향성(directional properties)에 따른 피로균열전파 특성을 비교하였다.

[소재3-6 | 16:30]

원전 소구경배관 용접부 건전성 평가 및 정비 기술 개발: *<u>이상훈</u>, 오창영 ; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: small bore piping, weld, failure, vibration fatigue

소켓용접부 파손 사례는 지속적으로 보고되고 있다. 국외 연구기관에서는 소켓용접부 건전성 평가 기술 및 정비 기술에 대한 개발이 진행 중이며 파손원인 분석, 평가 그리고 대응방법에 대한 다양한 연구가 수행되고 있다. 국내에서도 소켓용접 파손 사례는 보고되고 있으나, 소켓용접부 파손에 대한 실증시험 및 평가 그리고 파손대응기술에 대해 체계적인 연구개발과제가 수행되지는 않았다. 최근 국내에서 소켓용접부 파손평가 및 대응기술에 대한 체계적인 연구과제가 진행되고 있으며, 이 결과 소구경배관 파손 예측 및 대응에 대한 국내 기술이 구축될 예정이다.

복합재료
Room 607, 4월 26일

[복합1-1 | 10:00]
3차원 그래핀 강화 Cu 복합재료 합성: *곽새롬, 최병상 ; *조선대학교 첨단소재공학과.*
Keywords: 3D Graphene, Cu powder, Cu composite, CVD

첨가물이 없이 순도가 약 99.5%인 Cu 분말만을 압축 성형하여 원형의 판상 성형체(지름 15 mm × 두께 1 mm)를 만들고, CVD에서 성형체 시편의 Cu 입자들 사이에 그래핀을 형성하는 매우 간단한 방법과 공정을 이용하여 3차원(3 Dimensional, 3D) 그래핀으로 강화된 Cu 복합재료를 합성할 수 있었다. 이때 Cu 분말의 성형 압력, 그래핀 합성에 사용하는 탄소의 공급원, CVD 후 냉각 속도 등에 따라 합성 된 3D 그래핀의 변화를 광학 현미경 및 전자현미경 조직 사진과 XRD 분석을 통해 확인할 수 있었다. 그 결과 약 4톤의 압력에서 Cu 분말 성형 시, 에탄올보다 CH_4 가스 사용 시, 급냉하지 않고 서냉 시에 Cu 분말 성형체에서 3D 그래핀의 합성이 개선된 것을 볼 수 있었으며, 또한 Cu 분말의 입도 및 형상에 따라서도 3D 그래핀의 합성 시에 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 3D 그래핀 강화 Cu 복합재료의 제조 방법 및 공정을 소개하고, 이에 대한 부품소재 분야에서의 응용 가능성을 제시 하고자 한다.

[복합1-2 | 10:15]
In-situ Al-Si/SiCp 복합분말이 첨가된 Alumix231 금속복합재료의 3차원 대표체적요소 모델 개발 및 탄소성 변형거동 해석: *김병주, 조의제, 박용호[1] ; *부산대학교 공과대학 재료공학과.[1]부산대학교 공과대학 재료공학부.*
Keywords: Metal matrix composites, Finite element analysis, Representative volume element, In-situ powder, Elastoplastic deformation

산업이 요구하는 재료를 선정하고 설계하기 위해서는 재료의 변형거동에 대한 이해와 고찰이 필요하다. 금속기지 복합재료는 필요 특성을 충족하는 맞춤형 설계가 가능하므로 내부 미세구조의 변형거동을 분석할 수 있는 방안이 요구된다. 이런 방안의 하나로 유한요소해석법과 같은 수치해석법은 실제실험에 비해 모델의 변화가 용이하고 실험횟수의 제한도 적어 효과적인 변형거동분석이 가능한 장점이 있다. 현재까지 복합재료의 변형거동해석은 단일 봉상 혹은 구상의 강화제가 첨가된 단순구조의 대표체적요소 모델 위주로 연구가 진행되고 있다. 그러나 in-situ 복합분말처럼 다중상의 강화제가 첨가된 불규칙한 미세조직의 경우 대표체적요소 모델 개발이 미흡하여 실제 재료특성에 미치는 영향이 큼에도 불구하고 변형거동 규명에 어려움이 있다. 따라서 새로운 대표체적모델의 개발 및 이를 통한 변형거동 분석이 요구된다. 본 연구에서는 새로운 모델링 기법을 통해 Alumix231 합금에 in-situ Al-Si/SiCp 복합분말을 첨가한 금속복합재료의 대표체적요소 모델개발과 크기를 제안하고, 유한요소해석법을 통해 탄소성변형거동을 파악하고자 한다. Alumix231 합금에 in-situ Al-Si/SiCp 복합분말이 첨가된 소결체의 미세조직 분석 결과를 기초로 random sequence absorption (RSA) 알고리즘을 설계하여 3차원 대표체적요소 모델을 구성하였다. 모델 크기 및 SiC 입자의 형상에 따른 수치해석결과를 비교하여 최적의 모델을 개발하였다. 대표체적요소 모델의 크기가 증가함에 따라 계산된 특성이 수렴했고 SiCp의 형상에 따른 변형거동의 차이를 분석하였다. 이후 최적 모델에서 도출된 변형거동을 실험결과와 비교하여 오차의 여부와 그 발생원인을 고찰하였다. 본 연구를 통해 개발된 모델은 in-situ복합분말이 첨가된 금속기지 복합재료의 개발에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

[복합1-3 | 10:30]
Creep Properties of Squeeze Infiltrated Hybrid Alborex + CNT/AS52 Magnesium Matrix Composites: *박상현, 조대현, 박익민 ; *부산대학교 공대 재료공학부 신소재실험실.*
Keywords: Magnesium, Carbon nanotube, Metal matix composites, Squeeze infiltration, Creep

자동차의 연비향상과 배기가스에 따른 환경오염을 해소하기 위해 차량 경량화의 다양한 노력이 시도되고 있다. 자동차 중량의 15%가 엔진부품이고 그 중 약 15%가 실린더 블록의 중량으로 실린더 블록의 경량화를 위한 노력이 꾸준히 진행되어 왔다. 실린더 블록의 재료는 주철에서 Al, Al에서 Mg으로 경량화의 추세에 있다. 독일의 Audi사는 과공정 Al-Si 합금의 일체화(monolitic) cylinder block을 개발하여 적용하고 있으며, 일본의 Toyota사는 Al 금속 복합재료를 cylinder block bore에 적용한 실린더 블록을 개발했다. 최근 BMW사에서 AJ62 내열 Mg합금의 실린더 블록 몸체와 hyper eutectic Al-Si 실린더 보어를 고압 다이캐스팅으로 접합한 크랭크 케이스를 개발하여 엔진의 경량화 및 고출력화를 달성하여 적용하고 있다. 실린더 보어의 경우 내열 및 내마모 특성이 요구되어 주철 라이너, 과공정 Al-Si 라이너 등이 적용되고 있으나 차량 경량화 및 엔진 열효율 향상을 위해서는 라이너를 몸체와 일체화한 Mg 금속복합재료 실린더 블록이 개발되는 것이 가장 좋다. 본 연구에서는 실린더 보어 부분을 복합재료 화하여 일체화된 Mg 실린더 블록의 제조를 위한 기초 연구를 목표로 서로 다른 형상의 CNT/Alborex 강화재를 동시에 첨가한 하이브리드 예비성형체를 제조하였다. 그리고 AS52 Mg 합금을 기지로 near-net-shape 제조가 가능하고 대량생산에 용이한 용탕가압침투 공정을 적용하여 Alborex + CNT/AS52 Mg 복합재료를 제조하였다. 용탕가압침투 공정은 기지금속과 강화재 사이의 젖음성을 향상하기 위해 예비성형체와 몰드를 Ar 가스 분위기에서 450°C로 예열하였다. 기지금속인 AS52 Mg 합금은 SF_6+CO_2 분위기에 750°C 온도로 유지해 녹인 후 금형 내에 중력에 의해 주입하고 plunger의 가압력을 70MPa, 속도는 40mm/sec로 7초간 가압 유지하였다. 제조한 하이브리드 Alborex + CNT/ AS52 Mg 복합재료의 미세조직은 FE-SEM, HR-TEM, XRD로 관찰하였고 상온 및 고온(150°C) 인장 시험과 150~200°C, 50~70MPa 조건으로 크리프 시험을 행하여 기계적 및 크리프 특성을 평가하였다.

[복합1-4 | 10:45]

나노 탄소의 형상이 구리/나노-탄소 복합재료의 결정립 성장에 미치는 영향: *장하늘, 장혜정[1], 최현주 ; *국민대학교 신소재공학과. [1]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: Copper, Nano-carbon, Composites, Grain growth, and TEM

구리는 높은 전성과 연성, 우수한 기계적, 전기적, 열적 특성으로 인해 산업 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있다. 특히, 결정립을 나노 크기로 미세화 한 나노 결정립 구리는 높은 강도와 우수한 연성으로 인해 최근 많은 주목을 받고 있다. 그러나 이러한 나노 결정립은 넓은 결정립계의 분율로 인해 고온에서 불안정하고 쉽게 조대화 될 수 있다는 한계가 있다. 결정립계면에 용질 원자를 편석시켜 결정립 성장을 억제하는 연구가 많이 진행되어 왔지만, 이러한 합금 원소들은 전기전도도와 열전도도를 동시에 저하시키는 문제가 있다. 한편, 풀러렌 (C_{60}-fullerenes), 탄소나노튜브 (Carbon nanotubes, CNTs), 그래핀 (graphene) 등 나노 탄소 재료들은 우수한 기계적, 전기적 · 화학적 특성으로 인해 다양한 금속 기지 복합재료의 강화재료로 각광받고 있으며, 동시에 나노 결정립 구리의 구조적 안정성을 향상시킬 수 있으리라 기대된다. 또한, 나노 탄소의 형태는 금속 기지 복합재료의 기계적 특성 및 열적 안정성에 큰 영향을 미치게 된다. 최근에는 나노 탄소의 형태가 변함에 따라 복합재료의 경도 및 연신율이 크게 달라짐이 보고된바 있다. 하지만 고온에서 나노 탄소의 형상에 따른 금속 기지 복합재료의 미세구조 변화에 대한 메커니즘은 여전히 규명되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 앞선 문제점 해결을 위해, 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 | 11:10]

Cu/Al/Cu 클래드에서 Ni-interlayer가 계면 안정성에 미치는 영향: *김형진, 송재숙, 홍순익 ; *충남대학교신소재공학과.*

Keywords: 클래드, Ni interlayer, Cu/Al/Cu

Cu/Al/Cu 클래드는 Cu의 전기 및 열전도도가 우수하고 고강도의 장점과 Al의 구리대비 60%라는 양호한 전기전도도 와 양호한 내식성 그리고 Cu 대비 가벼운 장점을 이용하여 서로의 단점을 보완한 복합재료이다. 하지만 Cu 와 Al의 경우 고온에서 열처리 시 금속간 화합물이 형성되어 기계적, 전기적 특성을 저하시키는 현상이 발생한다. 본 연구에서는 기계적 및 전기적 특성을 저하 시키는 금속간 화합물의 형성을 억제하기 위해 Cu와는 완전고용이 되며 Al와는 Cu대비 현저하게 낮은 확산속도의 특성을 가진 Ni을 interlayer를 사용하여 접합 후 계면반응 특성과 기계적 특성을 연구하였다. Cu/Al/Cu 클래드 제조는 Ni을 코팅한 Cu 와 Al을 냉간 압연하여 제조 하였으며, 제조 후, 클래드를 다양한 온도 조건에서 열처리 하여 Cu와 Al의 계면 그리고 Al와 Ni의 계면에서의 반응상 분석과 이에 따른 기계적 거동, 그리고 계면파괴 거동을 분석하였다.

[복합2-2 | 11:25]

Preliminary study on electroless Ni-coated Al_2O_3 composites: *Sukyung Lee, Jin Soo Kang[1], Hyeji Park, Amy Wat[2], Yung-Eun Sung[1], Robert O. Ritchie[2], Heeman Choe ; *Kookmin University. [1]Seoul National University. [2]University of California. Berkeley.*

Keywords: Electroless Ni plating, alumina powder, platelets

In this study, Ni-coated Al_2O_3 composites were synthesized using an electroless plating method. The morphology and microstructure of electroless Ni coating was examined by varying major processing parameters, such as etching process, plating times, reduction time and plating solution concentration. Etching of the Al_2O_3 platelets appears to be a key factor to form a uniform Ni layer coating on the Al_2O_3 platelets. The thickness of the resultant Ni coating layer was approximately 100 nm. The best result with more uniform and round particles of Ni coating was achieved with a double-plating process and a 6 h reduction time. Spark plasma sintering was applied to produce Ni-coated Al_2O_3 composites. The powders and composite samples were analyzed using scanning electron microscopy, energy dispersion spectrometry, atomic force microscopy, and X-ray diffraction techniques

[복합2-3 | 11:40]

방향성 동결 건조법을 이용한 패턴 다공성 은 나노선 + 셀룰로오스 파이버 3D 전도체: *김태건, 김종범, 한승민, 현승민[1] ; *한국과학기술원(KAIST). [1]한국기계연구원(KIMM).*

Keywords: 은 나노선, 셀룰로오스 파이버, 3D 전도체, 다공성, 동결 건조

은 나노선 전극은 네트워크 구조를 가지는 공극도가 매우 높은 전도성 구조체로, 가해진 stress를 빈공간의 변형으로 해소할 수 있으므로 반복 굽힘 실험을 진행했을 때 같은 재료를 사용한 은 박막과 비교해서 면저항의 상승률이 현저히 낮아 가해진 stress에 높은 reliability를 보임이 기존 논문에 보고된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 은 나노선 네트워크 구조를 적용해 높은 전기전도도와 기계적 신뢰도를 갖는 3D 전도성 구조체를 제작하고자 하였다. 은 나노선만으로 3D 구조체를 제작하게 될 경우 구조의 free standing을 위해 매우 많은 양의 은 나노선이 필요해 공극도가 낮아지므로 구조로부터 얻을 수 있는 장점이 제한된다. 따라서 이를 해결하기 위해 은 나노선 네트워크 형성에 방해되지 않으면서 구조체 지지가 가능한 dimension을 가진 셀룰로오스 파이버를 구조체에 함께 사용하였다. 이렇게 증류수에 분산된 은 나노선과 셀룰로오스 파이버 용액에 방향성 조절된 얼음결정을 template로 하는 동결건조법을 적용한 결과 본 연구에서는 pore 방향이 조절된 은 나노선+ 셀룰로오스 파이버 3D 다공성 구조 전도체를 제작하는데 성공하였다. 제작된 3D 전도체는 pore가 방향성을 띠고 있으므로 같은 방향에서 더 높은 stress를 견딜 수 있는 구조로 이뤄져 있어 동결방향을 조절함으로써 anisotropic한 기계적 특성을 확보할 수 있음을 확인하였다. 또한 셀룰로오스 wall에 embedded 된 은 나노선은 셀룰로오스 용액만으로 제작된 3D 구조체에 비해 pore의 방향성에 따른 기계적 특성의 차이가 두드러지는 것으로 보아

강도강화 효과가 발생함을 확인하였다. 은 나노선 + 셀룰로오스 파이버 3D 구조체의 전기적 특성의 경우 pore 방향에 의해 electrical path에 차이가 발생하므로 방향에 따라 전기전도도가 약 3~4배 정도의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 6 mg/mL 이상의 농도의 은 나노선이 사용된 3D 전도체에서는 각 면에서 100 Ohm/sq. 이하의 면저항이 측정되었고 전기회로에 구조체를 사용하여 LED 전구가 구동됨을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 은 나노선과 셀룰로오스 파이버를 이용해 높은 표면적을 가진 다공성 3D 전도체를 제작하는데 성공하였으며 pore 방향 조절을 통해 기계적, 전기적 특성의 조절이 가능한 구조체를 제시하였다.

[복합2-4 | 11:55]

전산 모사를 이용한 3층 Cu/Al/Cu 클래드재의 열처리 온도에 따른 인장거동 해석: *김용근, 홍순익 ; *충남대학교 나노소재공학과.*

Keywords: Clad, FEM, Cu, Al, Mechanical property

Cu와 Al은 공업적으로 중요한 비철금속 재료로서 우수한 전기전도도 및 내식성, 그리고 표면의 미려함 등의 중요한 특성을 가지고 있어, 전기전자 공업, 자동차산업, 항공·우주산업 및 건축 분야 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 특히, Cu 및 Al 합금은 높은 전기 전도도 및 열전도도로 인해 전선, 전차선, 통신선, 그리고 열 교환 장치 등의 각종 전기소재 및 부품 등으로 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 특성을 지닌 Cu와 Al을 압연 접합하여 클래드 판재를 제작하였으며, 압연한 판재를 사용하여 200ºC에서 500ºC까지 다양한 온도 구간에서 열처리 한 후, 인장 실험을 진행하였으며, 또한 전산 모사 기법을 이용하여 실험 중 응력 및 변형의 거동을 비교 분석하였다. 각 온도에서 열처리한 Cu와 Al 각 소재의 인장 실험 결과를 통해 얻게 된 응력-변형률 곡선을 이용하여 클래드재의 인장 해석에 적용하여 변형 거동을 예측 하였으며, 전산모사에서는 예측이 어려운 Cu와 Al층의 간섭에 의한 거동을 보완하기 위해 interactive homogeneity 개념을 적용하여 클래드의 실제 거동과 유사한 예측치를 얻을 수 있었다.

[복합2-5 | 12:10]

레이저를 이용한 AZ31 마그네슘합금과 CFRP간 이종접합 기술: *김정한, Barton Arkhurst, 이목영[1] ; *국립한밭대학교 신소재공학과. [1] 포항산업과학연구원 소재이용연구그룹.*

Keywords: Joining, Laser, CFRP, AZ31

CFRP(Carbon fiber reinforced polymer)는 같은 부피 철에 비해 무게가 4분의 1밖에 되지 않아 연비 개선에 효과가 탁월하고 인장강도는 철보다 10배나 높아 안전성 확보에 유리하다. 현재 CFRP는 BMW에서 적극적으로 채택되고 있으며 전기차와 최고급 차종인 7시리즈에 집중 사용되고 있다. CFRP를 자동차 산업에 보다 활발히 응용하기 위해서는 금속과의 접합기술 개발이 필요이다. 현재까지는 모든 접합이 접착제 또는 기계적인 joining으로 이루어지고 있으나 생산성과 환경문제의 약점이 있어 새로운 접합기술의 개발이 요망된다. 본 연구에서는 레이저 용접 기술을 활용한 차세대 CFRP-금속 용접기술을 개발하였다. 레이저 용접기술은 공정시간이 짧고 자동화가 용이하며 금속부의 낮은 열영향을 주는 특징이 있다. 또한, 대면적 접합이 가능하고 별도의 접착제나 체결부품이 필요하지 않다는 장점이 있다. CFRP와 접합될 이종 금속소재는 향후 전기자동차 등에서 활발하게 이용될 것으로 예상되는 AZ31-Mg합금을 대상으로 하였다.

철강 국제표준 전략 심포지엄
Room 607, 4월 26일

[표준1-1 | 13:30] 초청강연

국제표준화 선도기반 구축을 통한 철강산업 국제 경쟁력 향상 전략: *이래규 ; *한국철강협회.*

한국철강협회는 표준개발협력기관, 단체표준인증기관 및 품목별품질관리단체를 함께 운영하면서 KS(국가표준)를 비롯한 국가표준 제개정 및 사후관리 등에 내실을 다져왔고, '16년도 부터 국가표준기술력향상사업을 통해 TC17국제표준화 간사기관을 활성화 하고 주요 품목별 기반구축을 위한 전문가 양성 프로젝트 등을 추진 중에 있다. 본 발표에서는 한국철강협회를 중심으로 한국건설생활환경시험연구원 및 고려대학교가 함께 참여하여 수행 중인 국제표준화 선도기반 구축을 통한 철강산업 국제 경쟁력 향상 사업에 대한 소개와 함께, 철근, 프리스트레싱용 강선재 등 주요건설자재와 관련된 ISO개정 추진 현황을 보고한다.

[표준1-2 | 13:50] 초청강연

콘크리트구조기준의 ISO 인증에 따른 해외 건설현장의 KS 표준 적용: *이재훈[1,2] ; *[1] 영남대학교 건설시스템공학과, [2] 한국콘크리트학회.*

철근콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트를 설계할 때 적용하는 콘크리트구조기준은 2007년도 판과 2012년도 판이 ISO 인증을 받고 등재되어 국제적으로 통용될 수 있는 설계기준이 되었다. 본 발표에서는 콘크리트구조기준의 ISO 인증 과정과 의의를 소개하고, 참조표준으로 인용된 52개의 KS 표준이 국제적으로 통용될 수 있는 근거를 설명한다.

[표준1-3 | 14:20] 초청강연

극저온용 고Mn강의 특성과 KS 및 ASTM 표준 등록: 이순기, 하유미, 김성규, *서인식 ; *포스코 기술연구원.*

극저온용 고Mn강은 오스테나이트 안정화 원소인 Mn과 C을 첨가하여 액체 질소 온도인 -196도에서 오스테나이트 상태를 유지하는 강재이며 물성과 용접성 등을 고려하여 개발되었다. 우수한 극저온 인성 때문에 LNG와 같은 극저온 액화 개스의 저장용기에 사용할 수 있는데 이를 위해서는 KS와 ASTM 등의 재료표준에 극저온 재료로 등록하는 것이 필요하였으며 KS에는 등록을 완료하였고 ASTM은 등록이 결정되었다. 본 발표에서는 극저온용 고Mn강의 특성과 KS와 ASTM 표준 등록의 과정 및 주요 이슈에 대해서 논의하고자 한다.

[표준1-4 | 14:50] 초청강연

극저온 고망간 판재 제품의 신규 ASTM 표준 개발: *황태진 ; *한국기계전자전기시험연구원(KTC).*

ASTM은 한국제품이 미국수출시에 필요한 미국 국가 표준이라는 인식이 일부 퍼져 있으나, ASTM international은 WTO/TBT principle 요구조건을 만족하는 국제표준의 하나이다. 국내철강업계에서는 스테인리스 제품의 ASTM 표준화를 시작하여 수개제품이 ASTM에 표준에 등재되었으며, 최근에는 극저온 고망간 판재 제품표준의 신규 ASTM 표준개발이 추진되었으며, 최종승인이 예정되어 있다. 철강산업 특성상, 무역에서 ASTM 표준의 활용성과 시장지배력은 막강하며, 국제표준에 대한 인식이 제고되어, 향 후 대기업 위주의 철강업체와 관련 중견 중소업체에 좀 더 많은 표준화 성공사례들이 전파되어 경제적 효과를 서로 공유할 수 있어야 할 것으로 판단된다. 본 발표에서는 최근 추진되고 있는 극저온 고망간 판재 제품표준의 신규 ASTM 표준개발 내용을 소개한다.

[표준1-5 | 15:20] 초청강연

조선분야 표준화 현황 및 추진방향: *신일섭 ; *한국조선해양기자재연구원(KOMERI).*

우리나라는 전통 선박 시장에서는 우위를 차지해 왔으나, 최근에는 미국, 유럽, 일본 등 조선 선진국을 중심으로 지구온난화 및 환경오염을 방지하기 위해 다양한 규제 및 이에 대응한 새로운 기술개발이 활발히 추진하고 있다. 특히 국제해사기구(IMO)와 국제표준화기구(ISO)의 연계가 강화되고 표준의 중요성이 부각되면서, 미국, 유럽 등에서 추진 중인 선박재활용 시스템, 에너지 효율 향상 및 배출가스저감 기술에 대한 국제표준 대응 미흡 시 국내 조선산업의 시장경쟁력 약화 및 시장퇴출 우려가 높아지고 있다. 우리나라 조선산업은 국제적으로 기술력 및 생산력 부분에 있어서는 인정을 받고 있으나, 국제표준화에 대해서는 그간 인식 및 참여의지 부족으로 미국, 유럽 등에 끌려 다녀온 것이 현실이다. 그러나 2008년부터 국제표준화기구에 신규 작업을(NWIP : new work item proposal) 다수 제안하는 등 표준화 작업에 적극 참여하면서 국제표준 기술 주도권 확보를 활발히 추진하고 있어, 표준 선점을 통한 국제경쟁력 제고 기대를 높이고 있다. 현재 논의되고 있는 선박 운항 효율 향상 기술 관련 표준화를 중심으로 조선분야 표준화 현황 및 추진방향에 대하여 정리해보고자 한다.

[표준1-6 | 15:50] 초청강연

ISO/TC 107 (금속 및 무기질 코팅) 국제 표준화 활동 현황: *변응선 ; *재료연구소.*

ISO/TC 107은 금속 및 무기질 코팅에 관한 국제 표준을 담당하며 (Secretariat은 산업통상자원부의 국가기술표준원) 용사코팅, 진공코팅, 이온코팅, 전해도금, 용융코팅 등에 의해 제조된 금속 및 세라믹 코팅층의 특성분석과 시험검사방법, 전처리 공정에 대한 표준화를 담당하고 있다. ISO/TC 107의 총 출판된 규격 수는 141종으로 각 분과 별 최근의 표준화 활동을 요약하여 소개하고자 한다.

[표준1-7 | 16:20] 초청강연

철강제품의 국가표준 선진화: *심광수 ; *국가기술표준원*

철강제품의 사용 비중을 보면 철강산업의 위상을 나타내며 자동차의 20%, 조선업의 25%, 건설업의 40%를 철강재가 맡고 있다. 또한 철강산업은 그 자체로도 주력 수출산업이며 전?후방 제조업에 대한 생산유발계수가 큰 주력산업으로 중추적 역할을 하고 있으나, 국가표준(KS)은 일본 JIS를 모방한 수준에서 일부 R&D 신제품이 반영되어 발전되어 왔으나, 건설용 철강재의 경우 해외표준(ASTM, EN, GB 등) 보다 낮아 국내외 신인도가 하락되고, 수입 철강재의 대부분은 JIS로 수입되어 KS의 활용이 미흡함으로 KS 규격을 국제규격이상으로 개선하여 기술력 향상 및 국내외 경쟁력을 확보하여 철강 선진국으로 나아갈 것이다.

열전재료
Room 301, 4월 27일

[열전1-1 | 09:10]
Computational Thermoelectric Properties and Materials: *Min-Wook Oh [1]; [1] *Hanbat National University.*

In this tutorial, we deal with computational simulations of thermoelectric properties, such as electrical conductivity, Seebeck coefficient, and thermal conductivity. With increasing computing power and development of several efficient simulation codes for electronic structure and transport properties calculations, we can evaluate all thermoelectric properties within the first-principles calculations with relaxation time approximation. This tutorial presents the basic principles of the electrical and thermal transport equations and how evaluates the properties from the first-principles calculation. Even though there is still unsolved parameter such as the relaxation time, the effectiveness of the computational simulations on the transport properties will give much help for experimental researchers to find novel thermoelectric materials.

[열전1-2 | 09:55]
Introduction to electron transport in thermoelectrics: *Joo-Hyoung Lee[1]; [1] *GIST.*

The performance of thermoelectric (TE) materials at temperature T is described by the TE _gure of merit ZT = S2_T=_, where S, _ and _ are the Seebeck coe_cient, electrical conductivity and thermal conductivity, respectively. Here, _ is the sum of electronic (_e) and phononic (_p) contributions. From this de_nition of ZT, it is clear that the TE performance is closely related to the transport properties of charge carriers (S, _ and _e) and it is thus important to grasp a _rm understanding of them to develop high-performance TE materials. In this introductory talk, it is aimed to present some basics of charge transport by employing Boltzmann transport equation. After reviewing the theoretical framework, we will go over how this formalism is incorporated into electronic structure calculations based on density functional theory.

[열전1-3 | 10:40]
Bi_2Te_3계, GeTe계, Mg_2Si계 열전소재의 미세구조 특징: *이호성[1], 장정인[2], 김봉서[2], 박수동[2]; [1] *경북대학교.* [2] *한국전기연구원.*

열전소재는 열을 전기에너지로 직접 변환시킬 수 있는 소재이며, 열전 물성은 무차원 성능지수 $ZT=S^2sT/k$로 평가된다. 여기서 S는 제벡 계수, s는 전기전도도, k는 열전도도, T는 절대온도이다. S^2s은 파워 팩터이다. 성능지수를 높이기 위해서는 파워 팩터를 증가시키고, 열전도도를 낮추면 된다. 열전도도는 캐리어 열전도도와 포논 열전도도로 나눌 수 있다. 파워 팩터와 캐리어 열전도도는 커플링이 되어 있기 때문에 열전도도를 낮추기 위해서는 포논 열전도도를 감소시켜야 한다. 포논 열전도도는 소재의 미세구조 특징, 즉 결정립의 크기와 전위, 쌍정 등과 같은 결함, 메타구조에 매우 큰 영향을 받는다. 따라서 많은 열전소재의 미세구조가 투과전자현미경을 이용해 연구되고 있다. 그러나 상온용 열전소재인 Bi_2Te_3계는 결정구조가 복잡하고 조성에 따라 부정합 변조구조가 관찰되어 미세구조 해석에 어려움을 겪고 있다. 또한 GeTe계 열전소재는 고온상인 입방정과 저온상인 삼방정 사이의 변태와 헤링본 구조에 의해 미세구조 해석이 쉽지 않다. 따라서 본 발표에서는 Bi_2Te_3계, GeTe계, Mg_2Si계의 미세구조 특징에 대해 논의하고 향후 격자 열전도도 감소와 성능지수 향상을 위한 연구 전략을 제시해 보고자 한다.

[열전1-4 | 11:30] Invited Lecture
Skutterudite-based thermoelectric technology for integration into a proposed eMMRTG for space power applications: *T. Caillat[1], I. Chi[1], S. Firdosy[1], C. –K. Huang[1], K. Smith[1], K. Yu[1], J. Ni[1], J. Paik[1], P. Gogna[1], S. Pinkowski[1], J.- P. Fleurial[1], T. Holgate[2], J. Ma[2], R. Bennett[2], S. Keyser[2]; [1] *Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology.* [2] *Teledyne Energy Systems, Inc.*

The overall objective of the Skutterudite Technology Maturation (STM) project at NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) is to advance JPL-developed skutterudite (SKD) technology to a point where it can be considered for use in a proposed enhanced Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator (eMMRTG). The goal is to be prepared for potential flight unit development readiness by end of FY2018. Conversion efficiency values on the order of 9% have been demonstrated for SKD-based un-segmented couples when operating at a hot junction of 600C and a cold junction of 200C. This represents ~ a 25% improvement over the conversion efficiency of PbTe/TAGS MMRTG couples at beginning-of-life (BOL). The STM project entered its fourth year at the beginning of FY2017. JPL and Teledyne Energy Systems Inc. (TESI) have collaborated to complete the initial technical technology transfer to TESI. Manufacturing capabilities for SKD TE materials have been established at TESI. TESI has also established the manufacturing capabilities for couples and module thermal insulation. First iteration SKD couples have been fabricated and tested at TESI. Key findings from this initial phase of technology maturation project will be summarized. TESI and JPL are currently developing a second iteration of couples and module thermal insulation, incorporating lessons learned from the development and testing of the first iteration of couples and insulation. Progress to date on the development of this second iteration of couples will be presented and discussed. The eMMRTG life performance prediction approach and development status will also be presented. Potential waste heat recovery terrestrial

applications for skutterudite materials will also be briefly discussed.

[열전2-1 | 13:00] Invited Lecture

Development of high performance thermoelectric materials using detailed information about electronic structure and local atomic arrangements: *Tsunehiro Takeuchi ; *Toyota Technological Institute.*

By quantitatively analyzing thermoelectric properties of a variety of solid materials, we constructed an effective guiding principle to develop high performance thermoelectric materials. [1] The principle consists of conditions for electronic structure and local atomic arrangements, with which power factor and lattice thermal conductivity are improved, respectively. We selected potential thermoelectric materials using the principle with employing first principles calculations and considering the local atomic arrangements, and experimentally confirmed their good performance by making samples and accurately measuring the thermoelectric properties. We succeeded in developing Mn-Si based compounds [2], In-S based compounds [3], and Fe-V-Sb based compounds [4], all of which possess a large value of dimensionless figure of merit. In the case of Mn-Si based compounds, which is the most typical example, we found that the value of *ZT* exceeds 1.2 when the grain size is reduced less than a few hundred nm most likely with the help of energy selective scattering effect.

[열전2-2 | 13:30] Invited Lecture

High thermoelectric figure of merit of n-type Bi-Te-Se alloys at low temperatures: *Dong Hwan Kim[1], Ju Young Baek[1], Inji Hwang[1], Cham Kim[1], Duck Ki Yoon[2], Hoyoung Kim[1] ; [1]*DGIST.* [2]*Jeongkwan Co.*

Bi_2Te_3 and its solid solution alloys are the best commercial thermoelectric materials with the highest figure of merit(ZT). Recently, a significant ZT value improvement has been achieved by nano-engineering approaches. ZT improvement is the result of decreasing lattice thermal conductivity due to the phonon scattering by boundaries and structural defects. However, these results are limited to p-type Bi-Te based materials. In this study, we report the high thermoelectric figure of merit in n-type Bi-Te alloys at low temperatures. Bi-Te alloys with high ZT values were prepared by hot-pressing method and its carrier concentration and anisotropic properties were optimized by controlling of antisite defects and crystalline alignment. A maximum ZT value of 0.97 was obtained at 0°C.

Acknowledgement: This work was supported by the Materials/Components Technology Development Program of the Ministry of Trade, Industry & Energy of KOREA(10049544).

[열전2-3 | 13:55] Invited Lecture

High performance shape engineerable thermoelectric materials: *Jae Sung Son[1], Seungki Jo[1], Fredrick Kim[1], Da Hwi Gu[1] ; [1]*UNIST.*

Keywords: Thermoelectric materials, ZT, Painting, 3D printing, sintering aid, shape engineering

Output power of thermoelectric generators depends on device engineering minimizing heat loss as well as inherent material properties. However, the device engineering has been largely neglected due to the limited flat or angular shape of devices. Considering that the surface of most heat sources where these planar devices are attached is curved, a considerable amount of heat loss is inevitable. To address this issue, here, we present the shape-engineerable thermoelectric painting and 3D printing, geometrically compatible to surfaces of any shape. We prepared Bi_2Te_3-based inorganic inks using the molecular Sb_2Te_3chalcogenidometalate as a sintering aid for thermoelectric particles, with *ZT* values of 0.5~0.7 for n-type and 1.0~1.2 for p-type materials that compete the bulk values. Devices directly brush-painted onto curved surfaces produced the high output power of 4.0 $mW cm^{-2}$ under the temperature difference of 50 °C. Also, the shapes of 3D blocks printed by dispensing process were controllably varied to cube, circle, and half ring. Half-ring shaped thermoelectric 3D blocks were used to fabricate the cylindrical power generating module with three n-type and p-type pairs, which exhibited mW-level power under the temperature difference of 30~40 °C. These approaches paves the way to designing materials and devices that can be easily transferred to other applications.

[열전3-1 | 14:25]

Formation of antisite defects obtained by high energy ball milling for N-type $Bi_2(Te,Se)_3$: *오민욱, 손지희[1], 김봉서[1], 박수동[1], 이희웅[1]; *한밭대학교. [1]한국전기연구원.*

Keywords: thermoelectric materials, ball milling, Bi2Te3, antisite defects

Defects such as vacancies, interstitials, and antisites are obviously responsible for carrier concentrations. On the other words, the optimization of carrier concentrations is essential to obtain improvement of thermoelectric performance. So the optimization of defects concentration is required. Antisites defects are well known as major defects for n-type $Bi_2(Te,Se)_3$ compounds. In this study, we fabricated the sintered samples with powders obtained from high energy ball milling. From the investigation of theoretical and experimental analyses, the formation of antisite defects was confirmed. To optimize defects concentration, the ball milling time was varied. We found that ball milling time is a key parameter to control the antisite defects, compared with the other fabrication parameters such balls' size, fraction of different ball's size, the ratio between balls and powder, and so on.

[열전3-2 | 14:40]

Unusually off-stoichiometric n-type Bi_2Te_3-based materials with the high power factor and thermoelectric figure of merit: Kunsu Park[1,2], Joonil Cha[1,2], *Hyungseok Lee[1,2], Taeghwan Hyeon[1,2] In Chung*[1,2] ; *[1] Institute for Basic Science (IBS). [2] Seoul National University.*

Keywords: Thermoelectrics, Bi_2Te_3, doped semiconductor, nanostructure, power factor

Thermoelectric materials are a promising renewable energy sources that generate electrical energy from the temperature gradient. While most of the recent advances in the enhancement of the thermoelectric figure of merit (*ZT*) resulted from a decrease in lattice thermal conductivity representatively by nanostructuring, there have been very few attempts to enhance electrical transport properties, namely, power factor. In this presentation, we introduce the markedly enhanced power factor and a ZT of n-type Bi_2Te_3-based materials. We designed a nanochemical synthetic method to stabilize bulk Bi_2Te_3 that goes beyond phase equilibrium, i.e., phase-pure n-type $K_{0.06}Bi_2Te_{3.18}$. Synthesized nanotubes are readily converted to bulk phases by sintering under high pressure and temperature. Incorporated potassium and tellurium in Bi_2Te_3 far exceeds their known solubility limit, giving rise to simultaneous increase in the electrical conductivity and the Seebeck coefficient along with decrease in the thermal conductivity. Our new synthetic approach can be widely applied to synthesize new materials with novel physical and chemical properties.

[열전3-3 | 14:55]

Simultaneous Improvement in Electrical and Thermal Properties of Interface-engineered BiSbTe Nanostructured Thermoelectric Materials: *Seungki Jo[1], Sung Hoon Park[1], Ji Eun Lee[2], Jae Sung Son[1] ; *[1]Ulsan National Institute of Science and Technology. [2]Korea Electrotechnology Research Institute (KERI).*

Over the past decade, nanostructuring has become the core of thermoelectric (TE) material research because it creates numerous internal interfaces that provide an effective way to tune the thermal and/or electrical properties of TE materials. Herein, we propose a new strategy for interface engineering of nanostructured TE materials by introducing chemically synthesized Te_n^{2-} polyanions into BiSbTe particle interfaces, from which BiSbTe nanostructured materials with homogeneously-distributed Te interfacial layers were prepared in thin films and sintered pellets. These Te layers formed contact potential well at the BiSbTe-Te junction to realize energy dependent carrier scattering and scattered phonons effectively, thus resulting in simultaneous improvement in the electrical and thermal properties to increase TE efficiency. The findings of current study can open a new chemical approach for interface-engineered TE materials.

[열전3-4 | 15:10]

Enhanced thermoeoectric figure-of-merit in Bi-Sb-Te nanocomposites with dispersed ZrO_2 nano particles: *Peyala Dharmaiah[1], Babu Madavali[1], Soon-Jik Hong[1] ; *[1]Kongju National University.*

Keywords: Thermoelectric materials; Electrical properties; Thermal conductivity; Energy filtering.

In this research, p-type BiSbTe/ZrO_2 nanocomposite (NC) powders were fabricated by high-energy ball milling. Different weight percentages of ZrO_2 (2, 4, and 6) nanoparticles (NPs) were incorporated into the bulk (BiSbTe) matrix by consolidation of as-synthesized nanocomposite (NC) powder by spark plasma sintering (SPS). The phase and existence of ZrO_2 nano-inclusions was confirmed by x-ray diffraction and TEM-SAED analysis. The Seebeck coefficient of the BiSbTe/ZrO_2 NCs was significantly improved (~36%) for 4wt% added NCs by decrease in carrier concentration and energy filtering effect, whereas the thermal conductivity was much reduced via strong scattering of carriers/phonons. As a result, a high thermoelectric figure-of-merit was obtained for BiSbTe into which 2 wt% ZrO_2 was dispersed, which was approximately 20% greater than that of the undispersed sample. The hardness of the nanocomposites was significantly improved (~ 27%) due to grain-boundary hardening and a dispersion strengthening mechanism.

[열전3-5 | 15:25]

Thickness effects on the thermoelectric properties of bismuth telluride films: *신해선, 이후정[1], 한승우 ; *한국기계연구원(KIMM). [1] 성균관대학교.*

Keywords: thermoelectric, n-type, bismuth telluride, evaporation, thickness

As electronic device continues to shrink in size, the heat has always been issue. The heat generated in dense microelectronic device which is called hot spot with high temperature could cause system and device level failure. The most effect method to dissipate hot spot is a micro thermoelectric cooling system. A micro thermoelectric module (TEM) is also known as an energy harvesting microsystem to generate charge from waste heat such as human body temperature. In this study, I select n-type bismuth telluride which is high performance on near-room temperature application and study on thickness effects on the thermoelectric properties. We fabricated n-type bismuth telluride in different thickness via effusion co-cell evaporation on SiO_2/Si substrate with 250 ^oC. The microstructure was analyzed by X-ray diffraction, Transmission Electron Microscopy and Field-emission Scanning Electron Microscopy. The composition is detected by Energy-dispersive X-ray spectroscopy. Also we use Hall Effect measurement system for electrical properties and IP Frauhofer measurement system for Seebeck coefficient. We found that electrical resistivity changed with thickness increase and the Seebeck coefficient slightly affects by thickness. Hoojeong Lee: hlee@skku.edu Seungwoo Han: swhan@kimm.re.kr.

[열전4-1 | 15:45] Invited Lecture

Design and preparation of high-performance thermoelectric materials with defect structures: *Kyu Hyoung Lee[1], Sung Wng Kim[2] ; [1]*Kangwon National University.* [2]*Sungkyunkwan University.*

Recently, the performance of thermoelectric materials has been significantly improved through the non-equilibrium processing technologies for defect engineering. Herein we report the atomic and nano-scale defects engineering technology with three differentiated concepts for high performance thermoelectric materials; (1) defects assembly (combination of defects with hierarchically designed characteristic sizes for full-scale phonon scattering), (2) defects control (manipulation of compositions, dimensions, and densities of defects), and (3) boundary engineering (generation of coherent or semicoherent interfaces). In the present study, we summarizes material design approaches for the formation of multi-dimensional and multi-scale defect structures to manipulate both the electronic and thermal transport properties, and our recent progresses on the synthesis of conventional thermoelectric materials with defect structures are provided.

[열전4-2 | 16:00]

Thermoelectric Transport Properties of Higher Manganese Silicide (HMS) via Rapid Solidification Process: *이휘종, 김관식, 이규형[1], 이우영 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.* [1]*강원대학교 공과대학.*

Keywords: Thermoelectric; Higher manganese silicide; rapid solidification; spark plasma sintering

We herein report the thermoelectric transport properties of Higher manganese silicides (HMS, $MnSi_{\gamma}$, γ~1.75) polycrystalline bulks prepared by a melt spinning (MS) process combined with a spark plasma sintering (SPS) technique (MS-SPS). Nano-scale grain structure (100 – 500 nm) were generated due to an ultrahigh cooling rate of MS process, and the characteristic features of MS ribbons of HMS could be controlled by tuning of cooling rate. We expect that the cooling rate of MS and the conditions of SPS effect on the microstructure and thermoelectric performance of HMS, simultaneously. We investigated the effect of microstructure on the electronic and thermal transport properties to elucidate the feasibility of nanostructuring approaches for high performance HMS.

[열전4-3 | 16:15]

Enhancing Thermoelectric Properties of p-Type PbTe by Alloying ZnTe: Kyunghan Ahn[2], *Sejin Byun[1,2], Hocheol Shin[1], In Chung[1,2] ; [1] *Institute for Basic Science (IBS).* [2]*Seoul National University.*

Keywords: Thermoelectric, PbTe, ZnTe, renewable energy, waste heat, alloying

We study the alloying effect of ZnTe on the PbTe system to enhance thermoelectric performance. We analyze structural, microscopic, and spectroscopic data as well as electrical and thermal transport behavior along with ab initio theoretical calculations for $Pb_{0.985}Na_{0.015}Te$–x% ZnTe (x = 0, 1, 2, 4). We found that the lattice thermal conductivity of p-type $Pb_{0.985}Na_{0.015}Te$ decreases upon 2% ZnTe alloying because such a degree of alloying exceeds solubility limit of ZnTe in PbTe matrix and results in the precipitation of the microscale structures to scatter heat-carrying phonons. As a result, the spark plasma-sintered $Pb_{0.985}Na_{0.015}Te$–2% ZnTe sample exhibits a thermoelectric figure of merit of 1.73 at 700K, which is attributed from the reduced lattice thermal conductivity of ~0.69 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ in comparison with $Pb_{0.985}Na_{0.015}Te$.

[열전4-4 | 16:30]

Enhancement of Thermoelectric Performance in the Vicinity of Breakdown of Topological Crystalline Insulator by PbSe alloying in $(Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te)_{1-x}(PbSe)_x$: *Dianta Ginting, Chan-Chieh Lin, Ga Reoung Kim, Jae Hyun Yun[1], Jong-Soo Rhyee[1]; *경희대학교.* [1]*경희대학교 국제캠퍼스.*

Keywords: thermoelectric, TCI, TCIs, High power factor, High ZT

$Pb_{1-x}Sn_xTe$ has been investigated as topological crystalline insulator materials (TCIs) which is driven by crystal symmetry. The $Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te$ is in the vicinity of topological quantum phase transition regime from non-trivial to trivial band inversions.[1] Basically, the TCI is not good for thermoelectric materials application because its vanishingly small band gap gives low Seebeck coefficient.[2] On the other hand, the even number of massless Dirac bands in TCI may preserve high electrical conductivity. Here, we show that the thermoelectric properties of $Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te$ is optimized to have a high thermoelectric performance by increasing the Seebeck coefficient from the increase of band gap by alloying PbSe in $Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te$. The $(Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te)_{1-x}(PbSe)_x$ modulation also has an effect of electronic band structure modification by decreasing the energy bands separation between its heavy Σ- and light hole L-bands. Thus, the solid solution of PbSe in $Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te$ results in the band converge and gives rise to the suppression of the bipolar conduction. The band convergence by PbSe alloying leads to significantly increase of Seebeck coefficient, which attributes to the remarkable enhancement in power factor (32.219 $\mu Wcm^{-2}K^{-1}$). An extraordinarily high power factor gives enhancement of thermoelectric figure of merit (ZT) value of 1.9 at 800 K in high quality ingot of $(Pb_{0.5}Sn_{0.5}Te)_{0.95}(PbSe)_{0.05}$.

[열전5-1 | 16:50]

P형 $(R_{1-z}R'_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 합성 및 열전특성: *신동길, 김일호*; *한국교통대학교.*

Keywords: Thermoelectric, Skutterudite, Partial double filling, Charge compensation

스커테루다이트(skutterudite)계 화합물은 천이금속의 치환을 통한 운반자 농도 및 이동도의 제어와 공극 충진에 의한 충진 원소의 독립적인 격자 진동에 의해 격자 열전도도를 효과적으로 감소시킬 수 있기 때문에 중·고온 대역에서 우수한 열전 성능을 갖는 열전 발전용 재료이다. 이번 연구에서는 P형 $(R_{1-z}R'_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ (R 또는 R' : Pr, Nd, Yb, z = 0.25, 0.75, y = 0.8, x = 0, 1.0) 스커테루다이트의 이중 충진과 전하보상에 따른 미세구조, 이동특성 및 열전특성에 대해 조사하였다. 진공 밀폐용해와 열처리를 통해 스커테루다이트 상으로 변태되었고, 열간 압축성형을 통해 건전한 소결체를 얻었다. 스커테루다이트 상과 함께 미량의 $FeSb_2$ 이차상이 형성되었으나, Fe에 대한 Co의 전하보상을 통해 이차상 형성을 억제할 수 있었다. 온도가 증가함에 따라 제벡계수가 증가하고, 전기전도도가 감소하는 축퇴반도체 특성을 보였다. 홀계수와 제벡계수는 양의 값을 가졌고, 이는 주 운반자가 정공인 P형 전도특성을 보였다. Co를 전하보상한 시편의 경우 전하보상에 의해 전자를 공급받기 때문에 전하보상하지 않은 시편보다 낮은 운반자 농도를 보였고, 이에 따라 제벡계수는 증가하고, 전기전도도와 열전도도는 감소하였다. 결과적으로 부분적으로 이중 충진한 시편들은 전하보상을 하지 않을 경우 불안정한 상으로 인해 열전특성이 저하되었고, 전하보상에 의한 상 안정화를 통해 열전특성을 개선시킬 수 있었다. 723 K에서 $(Nd_{0.75}Yb_{0.25})_{0.8}Fe_3CoSb_{12}$가 ZT = 0.83, $(Pr_{0.75}Nd_{0.25})_{0.8}Fe_3CoSb_{12}$가 ZT = 0.84 및 $(Pr_{0.75}Yb_{0.25})_{0.8}Fe_3CoSb_{12}$가 ZT = 0.85의 최대 성능지수를 보였다.

[열전5-2 | 17:05]

결정방향 제어소재를 이용한 Bi-Te계 열전소자의 특성: *김종태[1], 백주영[1], 김참[1], 윤덕기[2], 김태흥[3], 김호영[1], 김동환[1] ; [1]*대구경북과학기술원.* [2]*㈜정관디스플레이.* [3]*㈜정관.*

Bi-Te계 열전소재는 c축 결정방향을 따라 존재하는 van-der-waals 결합으로 인하여 a 와 b 축 방향의 전기전도도와 열전도도가 c축 방향에 비하여 크며 전기전도도, 열전도도 및 Seebeck계수의 함수로 산정되는 성능지수 또한 크기 때문에 결정구조를 효과적으로 제어함으로서 열전성능을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 결정방향을 인위적으로 제어한 n/p형 Bi-Te계 열전소재를 제조하였으며, 127-pair의 상용 열전소자를 제조하여 전기저항 분석 및 온도차에 따른 출력량 측정을 실시하였다. DGIST에서 연구중인 열전소자의 전기저항 측정법을 이용한 소재/전극간 접촉저항 분석법 및 열전소자의 출력측정 방법에 대하여 발표하고 열전소자 분석의 표준화 방안에 대하여 논의하고자 한다. (본 연구는 산업통상자원부 (MOTIE)와 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20152020001210))

[열전5-3 | 17:20]

Boltzmann transport calculation of thermoelectric properties in $Ag_2Se_{1-x}Te_x$ (x = 0.0 and 0.5): *윤재현, 이민호, 김재녕[1], 심지훈[1], 이종수[2]; *경희대학교국제캠퍼스.* [1]*postech.* [2]*경희대학교 국제캠퍼스.*

Keywords: Boltzmann transport, thermoelectricity, Density functional theory

We calculated the thermoelectric properties of the Ag-based chalcogenides Ag_2Se and $Ag_2Se_{0.5}Te_{0.5}$ (AST) at room temperature using the Boltzmann transport equations within the density functional theory. We confirmed that the power factor $S^2\sigma$ and electronic figure-of-merit ZT_e of the $Ag_2Se_{0.5}Te_{0.5}$ compound can be enhanced by hole doping as compared with Ag_2Se due to enhancement of the Seebeck coefficient and electrical conductivity. The localized electrons introduced by Te doping give rise to heavy valence bands and a small band gap near the Fermi energy. We also investigated the thermoelectric properties of the compounds in terms of the two-band model within the assumption of arbitrary isotropic band dispersions. We suggest that the hole doping in the AST compound can produce a good candidate for p-type thermoelectric material by controlling the effective mass of valence band and small band gap opening. Using large atomic size elements for chemical potential tuning and isostructural substitution in Ag_2Se related chalcogenides can be a good route to increase the thermoelectric performance.

[열전5-4 | 17:45]

Effect of Load on Generation Performance of Thermoelectric Devices: *Si Jin Kim[1], Seungwoo Han[1] ; [1]*Korea Institute of Machinery and Materials.*

Keywords: Flexible Thermoelectric, Thermoelectric generation, Effect of load, Generation performance, Evaluation system

The actual influence of a contact resistance, either electrical or thermal, on the efficiency of a segmented thermoelectric generator is not known in detail. Experimentally, the contact resistance is known to reduce the efficiency of a segmented module. For the case of a thermal contact resistance, the resistance will lower the temperature span across the individual segments of the leg [1]. When the load is added to the thermoelectric devices, thermal or electrical resistance at interfaces will be reduced.

In this study, we evaluated the effect of load on generation performance of thermoelectric devices (TEG). We used copper heater block to heating and measure of the hot side temperature (T_h) of TEG. The size of the TEG and the heater block were the same size of 65x65(mm). We used water cooling system to the spread heat of cold side of TEG. An evaluation system is composed of vacuum chamber, power supply, temperature controller, digital variable resistance and digital multi-meter. The load was measured by load cell. We got the measurement data such as voltage, current and temperature of hot side and cold side of TEG by labview program. As a result, we got the I-V curve, R-P curve and load-P_{max} curve. Additionally, we evaluated the effect of load on generation performance of bulk and flexible thermoelectric devices. We compared to effect of load on two kinds of devices.

References [1] Bjørk, R., The Universal Influence of Contact Resistance on the Efficiency of a Thermoelectric Generator Journal of Elec Materi (2015) 44: 2869.

New-Horizon 심포지엄: 2-D Materials Symposium

Room 302, 4월 27일

[2D 1-1 | 09:00] Plenary Lecture

New, and new routes to, Carbon Materials: *Rodney S. Ruoff ; *UNIST/IBS.*

I offer a personal perspective of several types of new carbons and related materials that appear to me to be “on the horizon”. These include sp^3-rich carbon materials, diamond possibly made by new approaches, ‘diamane’, and ‘negative curvature carbons’. Our conversion of large area polycrystalline metal foils to large area single crystal metal foils allows us to pursue one strategy to attempt to achieve diamane, as well as large area single crystal graphene and h-BN.

[2D 1-2 | 09:25]

Bright visible light emission from suspended graphene structures: *Yun Daniel Park ; *Department of Physics & Astronomy, Seoul National University.*

Keywords: Graphene, thermoelastic properties, luminescence

We present bright visible-light emission from electrically biased suspended graphene structures. As a gapless material, graphene is thought to be not efficient to be applied as bright and broadband light-emitters. Nevertheless, graphene and related two-dimensional material systems are promising as atomically thin, flexible, and transparent basis for optoelectronics applications. Graphene, with superior mechanical strength and high-temperature stability, may enable efficient thermal light emission. Thus far, electrically biased graphene on SiO_2 substrates have been found to be highly inefficient and in the mid-infrared range. By suspending the graphene, we find significant efficiency gains as well as increase in operational temperatures, due to minimizing heat dissipative paths. Thus, hot electrons (~2800 K) become spatially localized under modest electric fields with a three order of magnitude increase in thermal radiation efficiency. We also find that depending on the distance between the suspended graphene and the substrate interference effects can be utilized to tune the emission spectrum enabling bright visible emission. We will also demonstrate the scalability of this technique by realizing arrays of graphene-based bright-visible emitters.

[2D 1-3 | 09:50]

Graphene and Its Hybrid Structures for Wearable Electronics: *박장웅 ; *울산과학기술원(UNIST), 신소재공학부.*

Keywords: Transparent Electrode, wearable electronics, graphene, sensors

Recently, wearable electronics detecting the physiological change for the diagnosis of disease have attracted extensive interests globally. Among them, contact lens is one of the most attractive candidate for the continuous and wireless health monitoring. To realize these personal see-through, devices all device components are required to be transparent and stretchable in order to be integrated into the multiplexed sensor system including wearable soft contact lenses. However, the transparent and stretchable sensors integrated on the biomaterials are not yet been realized. In this talk, we presented an unconventional approach to form transparent, flexible and sensitive multiplexed sensors for diagnosing diabetes and glaucoma based on hybrid nanostructures using one-dimensional metal nanowires and two-dimensional graphene. Additionally, the entirely integrated sensors on the contact lens are designed to be R (resistance) L (inductance) C (capacitance) structure operating via radio frequency for wireless and real-time sensing. In this respect, power sources, associated circuitry, and interconnect electrodes are not required in this system. We further present real-time *in-vivo* glucose monitoring in rabbit and *ex-vivo* intraocular pressure sensing in bovine eyeballs wirelessly for applications in wearable electronics. The advance of these electronics using hybrid structures provides a route towards future electronics.

[2D 1-4 | 10:15]

Transition metal dichalcogenides for optoelectronic devices: *김수영, Quyet Van Le, Thang Phan Nguyen ;*중앙대학교.*

Keywords: transition metal dichalcogenide, photovoltaic cells, organic light emitting diodes

Recently, MoS2 and WS2 have attracted increasing attention because of their great potential as semiconductors of electronic devices such as field-effect transistors, organic photovoltaics, memory, logic, and energy storage devices. The oxidation state of the Mo and W atoms is +4 and that of the S atom is -2, meaning that MoS2 and WS2 are terminated with S atoms on the upper and lower side. The lone-pair electrons on the surfaces and the absence of dangling bonds in MoS2 and WS2 layers enhance the stability against reactions with other chemical species. Two dimensional materials including graphene and transition metal dichalcogenides were prepared by chemical vapor deposition method or sonication process. This talk will show that two dimensional materials could be used as charge transport layers in organic light emitting diodes, organic photovoltaic cells, perovskite solar cells, and as catalyst and electrode for hydrogen evolution reaction. Furthermore, nanosheet and nanodot forms of MoS2 and WS2 attract much attention. Therefore, a comparison of the characteristics of transition metal dichalcogenides nanosheets and nanodots will be discussed for their applications.

Acknowledgement: This research was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant provided by the Korean

government (MSIP) (No. 2014R1A2A1A11051098, 2015K1A3A1A59073839).

[AW-3 | 11:00] 2017 LS Academic Award Talk

Electrical Contacts to Atomically Thin Semiconductors: Coplanar Contacts vs. Top Contacts: *Moon-Ho Jo[1,2,*], Ji Ho Sung[1,2], Hoseok Heo[1,2], Saerom Si[1,2], Seung-Young Seo[1,2] ; [1]*Institute for Basic Science (IBS).* [2]*Pohang University of Science and Technology (POSTECH).*

Keywords: Two-Dimensional Materials, Transition-metal Dichalcogenides, Heterostructures, Metal-Semiconductor Contacts

We have fabricated coplanar field-effect transistors (FETs), where atomically thin semiconductors and metals are integrated within the single atomic-plane by polymorphic heteroepitaxy. To build this new device architecture, we utilized a concept of the crystal and electronic polymorphism in a certain class of two-dimensional (2D) transition-metal dichalcogenides (TMDCs); for the first time we have achieved coplanar heteroepitaxy of distinct metallic (1T') and semiconducting (2H) atomic layer crystals by a sequential chemical vapor deposition. It was verified that these coplanar metal-semiconductor contacts are atomically coherent, showing the lowest contact barrier height ever-reported, which immediately contributed to the substantial outperformance of the coplanar FETs over conventional top-contact 2D TMDC FETs. Synthetic integration of atomically-thin 2D electronic polymorphs in this work may establish a new design rule of the true 2D semiconductor circuitry, built with only one atomic layer.

[2D 2-1 | 11:25]

Van der Waals heterostructure field effect transistors based on two-dimensional crystals: *유영준 ; *한국전자통신연구원(ETRI).*

Keywords: two-dimensional crystals, transition metal dichalcogenides, graphene, hexagonal boron nitride, van de Waals heterostructures, field effect transistors

The next generation electronics need to not only be smaller but also be more flexible. To meet such demands, van der Waals (vdW) heterostructures using two dimensional (2D) atomic crystals such as graphene, hexagonal boron nitride (h-BN) and transition metal dichalcogenides (TMDCs) have been attracted intensely. For high performance of vdW heterostructures device, ultraclean interface between stacked 2D atomic crystals should be guaranteed. In this talk, I will present the fabrication of vdW field effect transistors (FETs) by 2D atomic crystals transfer methods and characterization of the vdW FETs toward performance enhancement and its gas sensing application by employing TMDCs channel, h-BN insulating layer and graphene electrodes. Furthermore, surface engineering of 2D atomic crystals FETs by straightforward process for deposition of epitaxially self-assembled alkane layers leading to remarkable enhancement in the performance will also be introduced.

[2D 2-2 | 11:50]

Non-Oxidized Graphene Flake Synthesis from Graphite Intercalation Compound and Its Applications: *전석우, 김정모, 김진, 이진호 ; *카이스트 신소재공학과.*

Keywords: Graphene Flake, GIC, Composites, Gas Barrier, Transparent Electrode

그래핀 플레이크 제작은 높은 산업적 응용 가능성으로 인해 많은 연구들이 진행되어 왔으며 특히 허머스 방법을 근간으로 하는 산화 그래핀 플레이크 제조에 그 연구가 집중되어 있다. 비교적 간단한 방법으로 자연흑연으로부터 많은 양의 산화그래핀 플레이크가 제작될 수 있지만 여전히 박리와 환원 과정 중 발생하는 다량의 폐액과 물성저하는 큰 문제로 지적되고 있다. 이에 비하여 층간 삽입을 기반으로 하는 비산화 그래핀 플레이크는 본질적으로 층간 반데르발스 결합을 낮추어 그래핀의 산화를 최소화한 상태에서 층간 박리를 수행하는 방식으로 제조된 그래핀 플레이크 물성을 높이는 물성향상에 초점을 맞춘 접근 방법이라 할 수 있다. 상대적으로 적은 연구가 수행되었지만 향후 i) 수율향상을 위한 안정정 층간삽입제 개발, ii) 박리후 층간삽입제 제거, iii) 박리후 재적층을 저하시킬 분산제의 개발 연구가 활발히 진행된다면 산화그래핀 제조의 단점을 극복하는 대안으로 높은 가능성을 가지고 있다. 본 발표에서는 현재 그룹에서 진행되고 있는 비산화 그래핀 플레이크 제작에서 이 세가지 핵심이슈에 대한 진행상황과 그 응용을 정리해 보고한다.

[2D 3-1 | 13:30] Keynote

Low-Temperature Growth of Two-Dimensional Layered Materials Toward Phase-Engineered hybrid Films: *Yu-Lun Chueh ; *National Tsing Hua University.*

Keywords: Two-Dimensional Layered Materials, Graphene, Transition Metal Dichalcogenides, Chemical vapor deposition, Laser irradiation assisted-selenization, Gas sensors, Photodetector, water splitting

Novel condensed matter systems can be understood as new compositions of elements or old materials in new forms. According to the definition, various new condensed matter systems have been developed or are under development in the recent years. 2D layered materials, including graphene, transition metal dichalcogenides (TMDs) allow the scaling down to atomically thin thicknesses and possess unique physical properties under dimensionality confinement. Chemical vapor deposition (CVD) process is the most popular approach for all kind of 2D materials due to its high yield and quality. Nevertheless, the need for high temperature and the relatively long process time within each cycle hinders for commercial development in terms of production cost. However, the transfer procedure has become one of the major limitations of the overall performance. In the first part of my talk, I will present several approaches,

including ultra-fast microwave heating, plasma selective reaction, controlled segregation process by laser irradiation and metal vapers-assisted growth processes developed in my lab these years to directly grow graphene with controllable thicknesses on arbitrary substrates without any extra transfer process. In the 2nd part of my talk, I will also introduce the development of various methods, including laser irradiation assisted-selenization (LIAS) process, fast microwave annealing and plasms enhance selenization processes on different two-dimensional transition metal dichalcogenides materials in my lab. The detailed formation mechanisms, microstructures and physical performances as well as its applications in gas sensors, photodetector and water splitting behaviors based on these two 2D materials were reported and investigated.

[2D 3-2 | 13:55]

2-dimensional materials for chemical sensors and water splitting electrodes: *Ho Won Jang ; *Seoul National University.*

Internet of things (IoT) is the network of physical objects or "things" embedded with electronics, software, and connectivity to enable it to achieve greater value and service by exchanging data with the manufacturer, operator and/or other connected devices. One of the key technologies of the IoT is sensors. Gas sensors that convert chemical information ranging from the concentration of a specific target component to total composition analysis into analytically useful signals have been widely used in broad fields. In order to fulfill needs for IoT, low power consumption, low cost, miniaturized size, and easiness to be integrated with electronic circuits along with high sensing performance are essential for gas sensors. We will introduce research efforts of our group to utilize 2-dimensaional (2D) materials for high performance chemoresistive gas sensors. Solar water splitting is the third generation of solar energy utilizing technology for future energy problem. In recent years, much endeavor has been dedicated to enhancing solar water splitting efficiency. For further improvement, we need to deeply reflect the perspective of charge generation and transport in photoelectrodes and charge transfer at interfaces between the electrodes and water. One of the most appropriate strategies to develop efficient and stable water splitting photoelectrodes is the utilization of transparent thin film as the surface protection layer, which prevents photocorrosion of semiconductor photoelectrodes such as Si, and the catalyst. We are going to show highly efficient and stable photocathodes using 2D transition metal disulfides on p-type Si substrate.

[2D 3-3 | 14:20]

Ultrafast optical spectroscopy of valley states in transition metal dichalcogenide monolayers: *김종환 ; *포항공과대학교*

Keywords: Valley electronic states, 2D materials, van der Waals heterostructures, transition metal dichalcogenides

The valley degree of freedom in two-dimensional (2D) crystals recently emerged as a novel information carrier in addition to spin and charge. The intrinsic valley lifetime in 2D transition metal dichalcoginides (TMD) is expected to be remarkably long due to the unique spin-valley locking behavior, where the inter-valley scattering of electron requires simultaneously a large momentum transfer to the opposite valley and a flip of the electron spin. The experimentally observed valley lifetime in 2D TMDs, however, has been limited to tens of nanoseconds so far. Here we report efficient generation of microsecond-long lived valley polarization in WSe2/MoS2 heterostructures by exploiting the ultrafast charge transfer processes in the heterostructure that efficiently creates resident holes in the WSe2 layer. These valley-polarized holes exhibit near unity valley polarization and ultralong valley lifetime: we observe a valley-polarized hole population lifetime of over 1 us, and a valley depolarization lifetime (i.e. inter-valley scattering lifetime) over 40 us at 10 Kelvin. The near-perfect generation of valley-polarized holes in TMD heterostructures with ultralong valley lifetime, orders of magnitude longer than previous results, opens up new opportunities for novel valleytronics and spintronics applications.

[2D 3-4 | 14:45]

Observation of Anisotropic Exciton Quantum Beats in Atomically Thin ReS_2: 심상완, 이도언, 김태영, *최현용 ; *연세대학교*

Keywords: Quantum beat, Exciton, Ultrafast spectroscopy, Transition metal dichalcogenides

엑시톤은 전자와 정공이 쿨롱 힘에 의해 결합되어 형성된 준입자로 저차원 반도체 시스템 광반응의 핵심적 역할을 한다. 만약 빛에 의해 각기 다른 에너지를 갖는 엑시톤이 동시에 생성된 경우, 이들의 양자적 결맞음 중첩에 의해 시간에 따라 진동하는 광학적 변조현상이 발생한다. 이 현상은 엑시톤 양자 비트라 불리는 것으로 양자 계산 및 테라헤르츠 레이저 등 초고속 광 응용에 적합하여 20세기 후반부터 주로 III-V 족 반도체 양자 우물에서 많은 연구가 이루어졌다 [1]. 그러나 양자 비트의 더욱 효과적인 응용을 위해서는 더 높은 제어 가능성을 갖는 새로운 물질의 발견이 필요하다. 2차원 전이금속 다이칼코게나이드 (Transition metal dichalcogenides, TMDs) 물질은 높은 공간적 속박 효과 등의 조건에 의해 엑시톤 효과가 강하게 나타나는 물질로, 지난 수년간 해당 물성에 대한 수많은 연구가 이루어졌다. 특히, ReS_2와 같은 group-VII TMD는 최근 들어 각광받는 2차원 반도체로, 기존 group-VI TMD와는 달리 평면내의 비등방적 격자 구조로 인해 엑시톤의 광전이가 빛의 선형 편광의 방향에 강한 의존성을 나타낸다 [2]. 따라서 이와 같은 비등방적 엑시톤 광전이를 이용한다면 빛의 편광을 통해 양자 비트를 제어할 수 있는 새로운 가능성을 기대할 수 있다. 그러나 ReS_2를 비롯하여 현재까지 2차원 TMDs 의 엑시톤 양자 비트는 관측된 바가 없었다. 본 연구에서는 초고속 광 펌프-프로브 실험을 통해 2차원 ReS_2의 양자 비트 현상을 직접적으로 관측하였다. 시간분해로 관측된 광 투과 신호가 약 110-120 fs의 주기로 진동함을 관측하였으며, 이는 ReS_2의 가장 낮은 두 개의 주요 엑시톤 준위의 에너지 차이와 정확히 일치하였다. 또한 엑시톤 양자 비트 진폭이 빛의 편광에 따라 제어됨을 발견하였다. 빛이 두 엑시톤을 비슷한 양 만큼 생성시킬 수 있게끔 편광된 경우, 이들의 상호 결맞음 분극이 극대화되어 높은 양자 비트 진폭을 나타내었다. 그러나 특정 편광에서는 두 엑시톤이 비슷

한 양 만큼 생성되어도 양자 비트가 거의 관측되지 않았는데, 이는 엑시톤 간의 전이나 비등방적 격자 진동에 의한 위상의 빠른 어긋남에 의한 것으로 설명될 수 있다. 본 연구를 통해 TMDs에서 최초로 엑시톤 양자 비트를 관측하였으며, 특히, 빛의 편광에 따른 높은 변조 가능성을 발견할 수 있었다. 이는 ReS_2가 갖는 독특한 비등방적 격자 구조에서 기인하는 것으로 초고속 양자 정보 소자 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌: [1] J. Shah. Ultrafast spectroscopy of semiconductors and semiconductor nanostructures. *Springer* (1996) [2] S. Sim *et al.*, Nature Commun. **7**, 13569 (2016)

[2D 4-1 | 15:30]

2D Materials for Wearable Sensor: *안종현 ; *연세대학교.*

Keywords: Graphene, MoS_2, Touch Sensor, Wearable electronics

With the emergence of flexible and wearable devices, an effort has been made to integrate devices with various functions in smart clothing and human body for providing enhanced convenience for the users. However, it is difficult to accomplish such electronics with conventional rigid electronic materials. 2D materials such as graphene and MoS_2, the thinnest elastic material, has superb electronic properties that make it a promising host for device applications and it has a good mechanical property, offering a great opportunity to flexible and wearable electronics that should maintain a stable operation under a high strain. In this talk, I will introduce the research results of my group on fabrication methods of 2D materials and various wearable electronic applications including a touch panel and a tactile sensor.

[2D 4-2 | 15:55]

Acoustic phonon generations from atomically-thin MoS2 layers resolved by transient second harmonic generation microscopy: 김현민 ; *대구경북과학기술원, 동반진단정밀의료융합연구실.*

Keywords: Transient second harmonic generation microscopy, 2D materials, Excitonic resonance, Acoustic phonon, Chirality

그래핀을 중심으로 했던 이차원 물질의 개발이 최근에 전이금속칼코겐나이저 (transition metal dichalcogenides, TMD) 성분의 재료 개발로 그 연구 역량이 점차로 확산되고 있는 추세이다. 그래핀과 대비가 되는 안정된 양자효과를 지닌 밴드갭의 존재는 특별히 그것에 상응하는 광자나 전장과 어울려서 엑시톤 공명을 야기하고 이때 일어나는 다양한 증폭 현상은 TMD 물질을 LED, solar cell, photodetector로의 응용에 매력적인 요소로 작용하고 있다. 본 발표에서 대표적인 자연계 존재 TMD 물질인 이차원 MoS_2 물질을 이용하여 최근에 새로이 다시 각광받고 있는 pump-probe 기술인 순간 이차원 조화파 발생 현미경을 통해서 층과 키랄구조의 연동성에 의한 엑시톤과 포논의 동역학에 대해 논의해 보고자 한다.

[2D 4-3 | 16:20]

Reliable Triboelectric and Piezoelectric Properties in 2D Materials: *Sang-Woo Kim *; Sungkyunkwan University (SKKU).*

Keywords: 2D Materials, Triboelectric, Piezoelectric, Charge Localization, Strain

I will address that the change in the triboelectrification-induced pseudocapacitance between the water droplet and monolayer graphene on polytetrafluoroethylene (PTFE) results in large power output of about 1.9 μW, which is about 100 times larger than that presented in previous research. During the graphene transfer process, a very strong negative triboelectric potential is generated on the surface of the PTFE. Positive and negative charge accumulation respectively occurs on the bottom and the top surfaces of graphene due to the triboelectric potential, and the negative charges that accumulate on the top surface of graphene are driven forward by the moving droplet, charging and discharging at the front and rear of the droplet. As the second issue, we show that WSe_2 bilayers fabricated via turbostratic stacking have reliable piezoelectric properties that cannot be obtained from a mechanically exfoliated WSe_2 bilayer with Bernal stacking. Turbostratic stacking refers to the transfer of each chemical vapor deposition (CVD)-grown WSe_2 monolayer to allow for an increase in degrees of freedom in the bilayer symmetry, leading to non-centrosymmetry in the bilayers. In contrast, CVD-grown WSe_2 bilayers exhibit very weak piezoelectricity because of the energetics and crystallographic orientation. The flexible piezoelectric WSe_2 bilayers exhibit a prominent mechanical durability of up to 0.95% of strain as well as reliable energy harvesting performance, which is adequate to drive a small liquid crystal display without external energy sources, in contrast to monolayer WSe_2 for which the device performance becomes degraded above a strain of 0.63%.

[2D 5-1 | 16:55]

Heteroepitaxial Integrated Growth of 2-D Transition Metal Dichalcogenides(Contributed): *Hoseok Heo *; POSTECH/IBS.*

[2D 5-2 | 17:10]

Large Scale Flexible Hybrid CMOS Inverter based on Si Nanomembrane and Molybdenum disulfide: *Tanmoy Das, Xiang Chen, Houk Jang, Il-Kwon Oh, Hyungjun Kim, Jong-Hyun Ahn *; Yonsei University.*

Two dimensional semiconducting transition metal dichalcogenides (TMDs) materials, such as molybdenum disulfide (MoS_2), with its outstanding electrical, optical, and mechanical properties have gained enormous research interest for next generation electronic device application due to its finite and sizable bandgap [1,2]. Several approaches have already been

taken to fabricate 2D complementary logic circuits. But most of the previous studies on 2D semiconductor based complementary logic circuits used mechanical exfoliation due to the difficulties related with uniformity and surface defects during the synthesis by CVD growth and have mostly implemented by complex electron beam lithography or chemical doping demonstrating the performance of a single device. In this study, we introduce a large scale c-Si nanomembrane (NM)-MoS_2 heterogeneous hybrid complementary (h-CMOS) inverter by combining p-channel Si NM and n-channel MoS_2 TFTs to investigate the feasibility of MoS_2 devices compatibility with conventional Si electronics. In particular, we combined single crystal Si NM have produced by reducing the thickness compatible to that of 2D materials through top-down technology and CVD grown MoS_2 film in large scale. We fabricated Si NM as a p-type channel TFTs and MoS_2 as n-channel TFTs, as constituent transistors both well-exhibiting high on state current with moderate subthreshold slope and high transconductance over a large area. As a result, performance of our heterogeneous hybrid CMOS inverters exhibited stable device behaviors with a maximum voltage gain of ~16, high total noise margin and sub-nano watt power consumption in switching. Furthermore, we have fabricated large area flexible inverter onto plastic substrates to evaluate mechanical property. The inverters on flexible substrates display steady operation, paving a realistic path for the fabrication flexible CMOS circuits in 2D electronics with the combination of large-area CVD MoS_2 and ultrathin c-Si NM.

집합조직 심포지엄
Room 601, 4월 27일

[집합1-1 | 09:00]
400계 스테인리스 강에서 오렌지필 발생에 미치는 집합조직의 영향: *이계만, 오규진[1], 허무영[1] ; *포스코 STS연구그룹. [1]고려대학교 신소재공학부.*
Keywords: Orange peel, Surface roughness, Texture, Ferritic Stainless Steel

조대한 결정립 크기를 가지는 금속재료의 소성변형 시 표면에 orange peel이라고 불리는 표면요철이 종종 발생한다. Orange peel 은 표면에 존재하는 주변 결정립들간의 방위차이 때문에 발생한다. 본 연구에서는 orange peel 형성에 미치는 집합조직의 영향을 연구하기 위하여 동일한 미세조직을 가지며 집합조직이 다른 두 페라이트계 스테인리스 강 초기 시료를 제조하였다. 이 초기시료 중 하나는 무질서한 집합조직을 가지고, 다른 하나는 {111}//ND 집합조직이 강하게 발달하였다. 이러한 초기시료들의 미세조직과 집합조직을 Electron backscattered diffraction (EBSD)를 이용하여 측정하였고, 인장 변형한 후 표면 조도를 측정하였다. 집합조직이 orange peel 형성에 미치는 영향을 결정립의 Lankford parameter 분포의 관점에서 고찰하였다.

[집합1-2 | 09:20]
Effect of accumulative roll bonding evolution of microstructure in high carbon-added stainless steel: *NABEEL JAHANZEB, Ki-Seong Park, Dong-ik kim[1], Jin-Yoo Suh[1], Jae-Hyeok Shim[1], Shi-Hoon Choi ; *Sunchon National University. [1]Korea Institute of Science and Technology.*
Keywords: ARB, Vicker Hardness, Microstructure, Grain Size, EBSD.

Accumulative roll bonding (ARB) process has been developed to produce ultra-fine grain structure and to enhance mechanical properties by severe plastic deformation (SPD). In the current study, two types of high carbon added stainless steel were used for ARB process. Surface of as-received hot rolled sheets was brushed by Cu wires. The brushed sheets were stacked together. Bonding by spot welding was performed at the edges of sheets after sheets were heated in the furnace before every ARB cycle at two different temperatures (800°C, 850°C). The thickness of two sheets was reduced by 50% at each ARB cycle. Then was sheets were cut into two halves of its length and were stacked together. 4 ARB cycles were performed on both types of the sheets. Microstructure characterization was performed by optical microscope and electron back-scattered diffraction (EBSD) techniques for the determination of phase and grain size analysis in transverse direction (TD). In order to capture the correlation between microstructure and hardness, micro-hardness test was conducted in TD section at three different positions (Surface, Quarter and Center) through the thickness direction.

[집합1-3 | 09:40]
2.0, 3.2 wt% Si 무방향성 전기강판에서 Si 함량이 집합조직 발달에 미치는 영향 연구: *오규진, 허무영, 이헌주[1], 김재성[1] ; *고려대학교 신소재공학부. [1]포스코 기술연구원 강재2 연구그룹.*
Keywords: non-oriented electrical steel, Si contents, texture, precipitates

2.0, 3.2 wt% Si 무방향성 전기강판에서 Si 함량이 집합조직 발달에 미치는 영향을 분석하였다. Si함량이 다른 두 시편은 냉간압연 / 재결정 / 결정립 성장 시편에서 서로 다른 집합조직이 발달하였다. Electron backscattered diffraction (EBSD)을 이용하여 미세조직과 집합조직을 측정하였고, carbon extraction replica 시편을 제조하여 Transmission electron microscopy (TEM)으로 석출물을 관찰하였다. Si함량에 따른 열연소둔재에서의 석출물 형성차이를 통해 집합조직 발달 차이를 분석하였다.

[집합1-4 | 10:00]
Zn-Al-Mg 합금 용융도금 강판에서 도금층의 크랙 발생 기구: *박용범, 김인경 ; *순천대학교.*
Keywords: Crack, Hot-dip, Orientation, Texture, Zn-Al-Mg alloy coating.

Zn-Al-Mg 합금을 용융도금한 EDDQ 강판의 굽힘변형 전과 후, 도금층에서 크랙이 발생한 결정학적 면의 방위를 EBSD를 이용하여 조사하였다. 합금상의 종류에 따라 크랙이 발생하는 면들에서 우선방위를 갖는 경향이 통계적으로 나타났다. 이 결과를 설명하기 위해, 용융도금 후 응고/냉각과정에서 기판와 도금층의 열팽창계수의 차이 때문에 도금층의 상들 사이에 발생하는 응력과 각 상들의 Young's modulus 이방성의 영향이 결합하여 도금층의 초정 Zn상과 공정 Zn 합금상에서 크랙들이 지배적으로 발생한다는 기구를 제안하였다.

[집합1-5 | 10:20]
Effect of grain boundary characteristics on microcrack propagation in Cu metal films on a flexible PI substrate during cyclic-bend testing: *Atanu Bag, Ki-Seong Park, Shi-Hoon Choi ; *Sunchon National University.*
Keywords: FCCL, Bending test, EBSD, Grain boundaries, Microcrack

Cyclic-bend testing of a flexible copper clad laminate (FCCL) was conducted to investigate microcrack propagation in electroplated Cu metal films on a flexible polyimide (PI) substrate. During the cyclic-bend testing process, a zigzag pattern of microcracks was

developed perpendicular to the loading direction. Electron backscattered diffraction (EBSD) was used to perform the crystallographic orientation mappings of un-deformed (i.e. as-received) and deformed Cu metal films on the surface planes following different bending cycles. EBSD analysis revealed an intergranular type of propagation that was predominant during the cyclic-bend testing. Most of the microcracks were propagated along the high angle grain boundaries (HAGBs) instead of the twin boundaries (TBs). EBSD analysis also revealed that microcracks tended to propagate into the HAGBs of neighboring grains with a high Schmid factor (SF).

[집합2-1 | 10:40]

구리 도금층의 비등방적 에칭특성에 대한 연구: *김상혁, 박채민, 문성재[1], 이효종 ; *동아대학교 공과대학 금속공학과. [1]삼성전기 중앙연구소.*

Keywords: 구리, 결정립성장, 에칭, facet, EBSD

반도체 금속 배선 및 PCB 기판의 전기회로에 사용되는 구리도금박막은 다양한 전자기기의 소형화 요구에 부응하기 위해 경박, 미세화가 되고 있다. 이로 인해 구리 배선의 두께 및 선폭이 이미 결정립 크기와 유사한 크기로 감소하고 있으며, 도금 후 불필요한 부분을 제거하는 에칭공정에서도 구리박막의 미세 결정립에 영향을 받고 있는 상황이다. 결정립 미세구조와 관련된 에칭특성에 대해 보다 체계적인 연구가 필요하다고 판단되어, 결정립 미세구조를 특정화할 수 있도록 Si 기판상에 1 μm 두께로 얇은 구리 전착층을 형성하고, 부분 재결정 후에 질산 및 황산 용액에 대해 에칭을 실시하여 결정립 방향에 대한 에칭특성을 비교 분석하였다. 질산의 경우 에칭속도가 (100)이 빠른 것으로 나타나며, (110) 및 (111)은 상대적으로 에칭속도가 느린 것으로 나타났다. 또한 결정립의 크기에 대해서도 재결정이 일어나지 않은 도금 직후의 nanosize의 결정립 영역에서 에칭속도가 제일 빠른 것으로 나타났다. 이를 토대로 다양한 박막조건, 에칭조건에 대한 구리박막의 에칭특성을 평가한 결과를 논의하고자 한다.

[집합2-2 | 11:00]

무질서 방위분포에서 Misorientation 분포의 수치해석: *오규환, 한흥남, 서동우[1], 강전연[2], 이근호 ; *서울대학교 공대 재료공학부. [1]포항공대 철강대학원. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Random Misorientation

무질서 방위분포를 가진 결정체에 존재하는 결정립계의misorientation은 무질서한 분포를 가지게 된다. 이러한 분포함수는 결정구조의 대칭성에 따라 값이 결정되게 되며 해석적으로 구하는 것이 가능하다. Bravis격자에 대해서 그 결정 구조가 가지는 대칭텐서(Symmetry Tensor)로 부터 Misorientation 분포함수 형태가이미 이론적으로 알려져 있다. 열이나 가공 또는 성장에 의해서 결정 방위가 변화할 때 두 방위사이에는 방위관계 (Orientation Relation)가 존재하게 되고 이러한 방위관계는 Bravis격자에서의 대칭텐서와 다르다. 예를 들면 철강의 상변태의 기본이 되는 오스테나이트가 페라이트로 변태할 경우의 방위관계는 존재하는 것이 잘 알려져 있다. 최근에는 EBSD측정이 고속화 되면서 상당히 많은 수의 결정립에서의 상변태에 따른 방위관계를 얻는 것이 가능해 졌다. 이 방위관계를 기준으로 결정 방위의 변화를 판단하게 된다. 이때 측정된 방위관계들이 알려진 방위관계와 잘 일치하는 지를 판단하고자 할 때 역시 무질서한 분포를 갖는 경우에 대해서 같이 비교해야만 측정된 방위관계가 알려진 방위관계와의 일치성을 판단할 수 있게 된다. 이번 연구에서는 우선 Bravis격자에서의 Random Misorientation 분포 함수를 수치해석적으로 구하여 해석적으로 구한 해와 비교하였다. 계산에서 Euler 공간의 분할 정도, 부피분율의 적용여부, 단위셀의 분포함수 등을 변수로 하여 Cubic결정에서 최적 조건을 도출하였다. 이러한 조건으로 철강 상변태의 대표적인 방위관계인 KS 관계에서의 Random Misorientation을 수치해석적으로 계산하여 이전 결과와 비교하였다. 참고로 프로그래밍은MatLab에서 수행하였으며 기본적인 코드는 Fortran으로 코딩된 집합조직해석 프로그램REDS의 루틴을 MatLab으로 변환하여 수행하였다. 향후 REDS-MatLab의 개발에 대한 방향도 이번 연구에서 제시하고자 한다.

[집합2-3 | 11:20]

The study of GBCD and GBED for electroplated Cu thin films using a three-dimensional EBSD reconstruction data: *김민지, 이석빈 ; *울산과학기술원(UNIST).*

Keywords: 3d EBSD; GBCD; GBED; thin film; texture;

In this study, we investigated the grain boundary characterize distribution (GBCD) and grain boundary energy distribution (GBED) for electroplated Cu thin films using a three-dimensional EBSD reconstruction data. We annealed as-deposited Cu thin films for two types of free-standing and attached on SiO_2 substrate at 400°C for 1h. Using a FIB-OIM (3D EBSD), we observed the difference of texture evolution. According to the texture evolution from obtained EBSD data, we reconstructed the microstructure of annealed Cu thin films and investigated the relationships between the grain boundary population and energy for two types of annealed Cu thin films.

[집합2-4 | 11:40]

Al합금 재결정 시 P {110} 방위의 형성에 관한 해석: *정재면, 윤재익, 이동녕[1], 김형섭 ; *포항공과대학교. [1]서울대학교.*

Keywords: Crystal plasticity; Recrystallization; Finite element method

석출경화가 되는 Al합금의 경우 냉간압연 후 재결정 시 강한 P {110} 방위조직이 형성될 수 있다. 이 현상에 대해 가장 널리 알려진 원인으로는 입자상의 Zener 피닝기구와 석출로 인한 다른 방위의 성장동력 억제가 있으나, P-방위 자체가 형성되는 기구에 대한 이론적 고찰이 부족하다. 본 연구에서는 유한요소해석과 결정소성모델을 통해 변형 집합조직과 슬립 활성도를 계산한 다음 변형에너지 방출 최대화이론을 활용하여 입자상이 존재하는 Al합금이 압연 후 재결정 시 P-방위를 어떤식으로 형성시킬 수 있는지를 수치적으로 관찰하였다. 유한요소해석과 결정소성모델을 통해 압연 시 입자상 주위로 P-방위가 형성된다는 것을 확인하였고, 에너지

방출 최대화이론을 통해 변형 시 형성된 P-방위가 재결정 중에도 안정적으로 성장할 수 있다는 것을 확인하였다.

[집합3-1 | 13:40]

Formability of magnesium alloys AZ31 and ZE10 at warm temperature: predictions and enhancement based on crystal plasticity ; *정영웅, Dirk Steglich[1] ; *Changwon National University.* [1]*Helmholtz-Zentrum Geesthacht.*

Keywords: Crystal plasticity, texture, forming limits, magnesium

Magnesium alloys have become an attractive option for automakers due to its high specific stiffness in comparison with conventional steel alloys. Yet, owing to intrinsically strong anisotropy, magnesium alloys often exhibit the poor formability in the room temperature regime. The poor formability can be partly overcome by increasing the forming temperature, which leads to activation of additional deformation mechanisms. Nevertheless, the mechanical anisotropy is persistent in warm temperature, which is closely related with the presence of strong crystallographic texture and its evolution with respect to plastic deformation. Consequently, to predict the formability of magnesium alloys, the constitutive model is required to account for the crystallographic texture and its evolution under forming operations. A viscoplastic self-consistent (VPSC) crystal plasticity model was employed to study the formability of AZ31 and ZE10 magnesium alloys at 200 °C. The model parameters were identified through an iterative procedure, in which the uniaxial flow stress-strain curves obtained at various strain rates and directions are considered. The crystal plasticity model was incorporated with the Marciniak-Kuczyński approach to predict the forming limits. The computational speed was improved by allowing multi-threaded calculations based on Python script. A good agreement of the model predictions with the experimental data obtained by Nakajima tests was achieved. In addition, the effect of the initial crystallographic texture on the formability was investigated by using several virtual crystallographic textures. The results show that the optimal choice of crystallographic texture leads to a significant enhancement in forming limit strains.

[집합3-2 | 14:00]

In-situ EBSD analysis and crystal plasticity FE simulations in a CP titanium: *Joo-Hee Kang, Ji Hoon Kim[1], Chan Hee Park, Jong Woo Won, Chang-Seok Oh ; *Korea Institute of Materials Science.* [1]*Pusan National University.*

Keywords: Titanium, in-situ EBSD, Crystal plasticity FE simulations, Deformation

The alpha titanium alloys exhibit unique anisotropic mechanical behavior due to the activation of multiple slip systems and twinning. Therefore the quantitative analysis of microstructure and texture is needed for understanding of deformation mechanism. In this study, the effect of initial texture and tensile direction on the deformation behavior in CP titanium was analyzed and predicted using in-situ EBSD analysis and crystal plasticity simulations. The non-deformed microstructure and orientation obtained by EBSD were used to develop crystal plasticity finite element model. The EBSD results were obtained during the tensile deformation in the direction of RD and TD. They were compared with the calculated ones by crystal plasticity finite element simulations. Prismatic slip system was dominant, whilst other slip systems and twinning were operating. The tensile twins were activated in the grains with basal plane parallel to tensile direction.

[집합3-3 | 14:20]

3차원 미세조직에 기반한 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동에 미치는 결정학적 방위의 영향

: *김은영, 김성일[1], 김수현[2], 최시훈 ; *순천대학교 대학원 인쇄전자공학과.* [1]*POSCO 기술연구소 박판연구그룹.* [2]*한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Dual Phase Steel, 3D Microstructure, Damage Initiation, Finite Element Analysis (FEA), Crystallographic Orientation

본 연구에서는 페라이트 기지 내 10% 부피 분율의 마르텐사이트로 구성된 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동을 분석하였다. 디지털 이미지 상관기법(digital image correlation, DIC)을 일축인장 시험에 적용하여, 열연 590DP강 소재 균일 연신 및 네킹 구간에서 변형률을 각각 결정하였다. 다양한 변형률 단계 및 파괴 인장 시험편의 중심부에서 시편을 채취한 후, 열연 590DP강에 발생하는 균열 생성 위치와 전파 양상을 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)으로 분석하였다. 일축인장 시 열연 590DP 내 균열 발생은 마르텐사이트 공간 분포 및 형상과 매우 밀접한 연관이 있기 때문에 구성상 내 균열 발생 및 전파를 이론적으로 정확하게 예측하기 위해서는 시편 두께방향으로 미세조직의 정보가 반드시 필요하다. 따라서 RoboMet.3D을 이용하여 순차적 박리(serial sectioning)법으로 일정한 간격에서 2차원 미세조직을 측정하였다. 이미지 처리(image processing) 소프트웨어를 이용하여 두께방향으로 측정한 2차원 미세조직을 3차원으로 재구성 및 각 구성상을 분리하여 최종적으로 3차원 열연 590DP강 미세조직을 얻었다. 실험과 동일한 일축인장 시편을 사용한 거시적 유한요소해석으로부터 열연 590DP강의 일축인장 시 일축인장 시편의 중심부에 발생하는 변형과 응력 이력을 추출하였으며, 이를 3차원 미세조직을 고려한 미시적 유한요소해석의 경계조건으로 사용하였다. 열연 590DP강의 구성상 내 균열 발생 및 파괴에 미치는 결정학적 방위 영향을 조사하기 위해 각 구성상에 결정방위를 랜덤하게 맵핑하였다. 3차원 미세조직 및 결정학적 방위에 기초한 열연 590DP강 일축인장 유한요소해석을 수행하고 이를 실험적인 결과와 비교함으로써, 미시적 관점에서 열연 590DP강의 구성상 내 발생하는 균열 생성 및 파괴 거동을 유발하는 주요 원인 인자와 결정방위 고려 유무에 따라 구성상 내 발생하는 소성 불균일성 및 균열생성의 차이를 이해할 수 있었다.

[집합3-4 | 14:40]

Calculation of Limiting Drawing Ratio and Plastic Strain Ratio from Textures of Cubic Metal Sheets: *Dong Nyung Lee ;

Seoul National University.
Keywords: Texture

Deep drawability is closely related to the plastic strain ratio, or the R value, which is defined as the ratio of true plastic strains in the width and thickness directions under tension. For planar isotropic sheets a higher R value implies higher resistance to thinning in the thickness direction, resulting in a higher limiting drawing ratio. For planar anisotropic sheets, the R value varies with the tensile direction. The variatian of R value with tensile direction is associated with earing behaviour in deep drawing. Earing occurs along the directions of higher R values. Lee [1984] proposed Limiting drawing ratio (LDR) as a function of average plastic strain ratio. The LRD- relations were in very good agreement with the experimental results. It is well known that the sheet anisotropy is closely related to the sheet texture. Hosford and Backofen [1964] and Bunge [1982] for the prediction of the R values and yield stress as a function of sheet texture based on finding the combination of slip systems that minimizes the work per unit volume required to produce a given strain. Vieth and Whiteley [1964] and Fukuda [1964] proposed simple methods for the prediction of R values in relation to sheet texture. Vieth and Whiteley and Fukuda assumed that the sheet was made up of texture components having ideal crystallographic orientations; that the texture components contributed independently to the overall deformation of the sheet; and that the effectiveness with which a particular texture component contributes to the R value was determined by the volume fraction of that texture component and by the relative favorability of the orientation of the slip systems operating in the various texture components present. However, the choice of operating slip systems and their contributions to the R value calculation were different. Their calculated results for the R value generally ranged from zero to infinity. Perovic and Karsstojkovic [1980] used the Vieth-Whiteley-Fukuda equation for the R value calculation, but they took at least two active slip systems with different slip planes for which the values of the Schmid factor were greatest. Lee and Oh[1985] advanced a modified form of the Vieth-Whiteley-Fukuda equation so that all the slip systems can contribute to the deformation in proportion to their Schmid factors, and the R value can be unity for random orientation, which is reasonable. The Vieth-Whiteley-Fukuda equation gives rise to infinity for random orientation.

[집합4-1 | 15:15]

An analysis of elastic field distribution in a three-dimensional digital polycrystal under thermal loading: *MYEONGJIN LEE, Sukbin Lee ; *Ulsan National Institute of Science and Technology(UNIST).*
Keywords: Finite element simulation / Elastic field distribution

In this study, we investigated the elastic response to a thermal loading of a three-dimensional polycrystalline microstructure, where inhomogeneity of the elastic fields distribution results from both the anisotropy of thermal expansion coefficient and from the curvature of grain boundaries. Firstly, three-dimensional tetrahedral mesh elements were generated on a digital polycrystal obtained from isotropic grain growth simulation via Monte Carlo Potts model. Secondly, hexagonal close packed (HCP) thermal expansion coefficient tensor was assigned to individual grains. Finally, a thermal elastic finite element simulation on the meshed polycrystal was conducted in order to study the spatial distributions of mechanical fields inside the polycrystal. In addition, the effect of grain boundary curvatures on the elastic field distribution was analyzed using the rare event analysis by examining the tails of the cumulative probability functions.

[집합4-2 | 15:35]

Kinetics and morphology evolution of two-phase microstructures generated via two-dimensional diffusion-controlled Monte Carlo model: *Gaeun Son, Sukbin Lee ; *울산과학기술원(UNIST).*
Keywords: Monte Carlo simulation; Coarsening; Kinetics; Morphology evolution

We investigated kinetic behavior and morphology evolution of two-phase microstructures during coarsening via the two-dimensional diffusion-controlled Monte Carlo method. Specifically, the ratio of the surface diffusion rate to bulk diffusion rate was controlled and the resultant microstructures and evolution kinetics were investigated. When the surface diffusion is dominant, the model is supposed to mimic the evolution of ligaments during the coarsening of porous metal system, behaving away from the well-known Kawasaki dynamics. To verify this new model, we calculated a couple of microstructural parameters during coarsening in order to define the regime of steady state. Then, for the regime of each simulation instance, we measured the microstructural length parameter in order to extract the variation of growth kinetic exponent as a function of the diffusion rate ratio and system temperature. We found that while Kawasaki dynamics predicts growth exponent of 4, surface-diffusion-dominant case shows larger values than 4, close to 5.

[집합4-3 | 15:55]

신개념 강가공법인 다축대각 단조공정 시 구조재료의 집합조직 발달거동에 관한 연구: *정효태, 권상철, 김순태, 최시훈[1], 김민성[1], 이성[2], 양성호[2], 이성호[2]; *강릉원주대학교 신소재금속공학과. [1]순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]국방과학연구소.*
Keywords: Severe Plastic Deformation, Texture Evolution, XRD, Forging

본 연구에서는 다축대각 단조공정(multi-axial diagonal forging, MADF) 시 공정 단계별 구조재료 내 변형 및 미시집합조직 발달거동을 실험적으로 분석하였다. MADF는 현재 알려진 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 재료의 손실 및 형상

변화가 없고 시편 전체에 상대적으로 균일한 변형률이 발생할 수 있는 신개념 가공공정이다. MADF는 업셋단조(upset forging) 및 쐐기단조(wedge forging)를 포함하여 총 13단계로 구성되어 있다. 일반적인 다축단조와 유사하게 3축(X,Y,Z) 방향으로 단조공정을 수행한 후, 기존 연구 및 기술에서 구현하지 못한 방식으로 쐐기형 단조금형을 이용하여 대각선 방향으로 단조를 수행하였다. 구조재료의 미세조직 및 집합조직 발달을 조사하기 위해 X선 회절(X-ray diffraction, XRD)을 이용하여 다축대각 단조공정 중 구조재료 내부에 발달하는 거시적 집합조직의 변화 거동을 단계별로 분석하였다. 본 연구에서 제안한 신개념 강가공법인 MADF를 이용하여 구조재료의 미세조직 및 집합조직을 제어할 수 있으며, 결과적으로 구조재료의 특성을 향상시킬 수 있는 계기를 마련하였다.

[집합4-4 | 16:15]

다축대각 단조공정 시 구조재료의 변형거동 및 집합조직 불균일성 예측에 관한 연구: *최시훈, 김민성, 정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 이성[2], 양성호[2], 이성호[2]; *순천대학교 대학원 인쇄전자공학과.* [1]*국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과.* [2]*국방과학연구소.*

Keywords: Severe Plastic Deformation, Forging, Texture Evolution, FEM, VPSC

본 연구에서는 다축대각 단조공정(multi-axial diagonal forging, MADF) 시 공정 단계별 구조재료의 변형 및 미시집합조직 발달 거동을 이론적으로 예측하고자 하였다. MADF는 현재 알려진 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 시편 전체에 균일한 변형률이 발생할 수 있는 신개념 가공공정이다. 전체 공정은 13pass 이며, 업셋단조(upset forging)와 쐐기단조(wedge forging)로 구분할 수 있다. 일반적인 다축단조와 유사하게 3축(X,Y,Z) 방향으로 단조를 수행한 후, 쐐기형 단조금형을 이용하여 대각선 방향으로 회전하여 진행하였다. X선 회절(X-ray diffraction, XRD)을 이용하여 다축대각 단조공정 전 구조재료의 거시적 집합조직을 측정하였다. MADF 시 각 공정 단계별 구조재료 내 발생하는 변형 및 응력분포의 불균일성을 이론적으로 예측하기 위하여 DEFORM3D 상용 유한요소 프로그램을 사용하여 해석을 수행하였다. 유한요소해석으로부터 추출된 각 공정 단계별 구조재료의 변형이력을 다결정소성모델(visco-plastic self-consistent, VPSC)의 초기 데이터로 부여하여 변형집합조직 발달을 이론적으로 예측하였다. 본 연구를 통하여 MADF 시 각 공정 단계별 구조재료의 집합조직의 발달 거동을 이론적으로 이해할 수 있었다.

[집합4-5 | 16:35]

Effect of Grain boundary structures on the hot corrosion behavior of Ni base superalloys: *DONG-IK KIM, Byung-Kyu Kim, K. Deepak[1], V. Subramanya Sarma[1], Brian Gleeson[2]; *Korea Institute of Science and Technology.* [1]*Indian Institute of Technology Madras.* [2]*University of Pittsburgh.*

Keywords: hot corrosion, Ni base super alloy, grain boundary

The effect of grain boundary characteristics on the hot corrosion behavior of Inconel 617 and Ni-Co-Cr-Al-Y alloys was investigated. Same materials with different grain boundary structure (different grain boundary length and grain boundary characteristics) with various salt deposits were exposed to air at 1000 to 1100C. It was revealed that the random high angle grain boundaries are weak to the Sulphur attack. A depletion of Cr and formation of Mo and Co containing sulfide was observed along these random grain boundaries. But the grain boundaries of low energy special boundaries showed significant resistance to those sulfur attack. The random grain boundary connectivity was quantitatively evaluated by the special boundary fraction at the grain boundary triple junctions. It was revealed that the high special boundary fraction (disconnection of random grain boundary network) can reduce overall depth of sulfur penetration effectively. This study implies the possibility of grain boundary structure control for the hot corrosion resistance improvement in polycrystalline Ni base super alloys.

[집합4-6 | 16:55]

The effect of initial texture on deformation and failure behaviours in E-form and AZ31 Mg alloys under mini-V-bending test: *Jaiveer Singh, Min-Seong Kim, Shi-Hoon Choi; *Sunchon National University.*

Keywords: Mg alloys, V-bending test, Failure, Formability, Deformation twins

Deformation and failure behaviors of E-form fine grain (EFG), E-form coarse grain (ECG) and AZ31 magnesium (Mg) alloys sheets were investigated using a mini-V-bending test. These rolled sheets of Mg alloys with different initial textures and grain sizes were studied to reveal the role of strain heterogeneities through thickness direction and crack initiation on the bended surface at different punch strokes. The evolution of the microstructure and microtexture of the deformed E-form and AZ31 Mg alloys were analyzed via an electron back-scattered diffraction (EBSD) technique. Finite element analysis (FEA) was used to capture the heterogeneous distribution of longitudinal-strain components through the thickness direction under mini-V-bending at different punch strokes. EBSD analysis revealed that compression and double twins along with shear localization by dislocation slip were the main deformation mechanisms in the tension zone while tensile twins were a main deformation mechanism in the compression zone in E-form and AZ31 Mg alloys during mini-V-bending. The networks of compression and double twins in the tension zone were closely related to the crack initiation and propagation during mini-V-bending at room temperature. A resolved shear stress (RSS) criterion which is based on the Schmid tensor, was also used to analyze the activation of twin variants in rolled E-form and AZ31 Mg alloys. The E-form Mg alloys with a weaker texture show better formability or deformation behaviors during mini-V-bending compared to AZ31 alloy with a stronger texture.

[집합4-7 | 17:15]

냉간 금형용 특수강 분말 및 적층조형체의 미세집합조직(microtexture) 분석: *강전연, 김호영[1], 윤재철, 양상선, 유지훈, 김용진 ; *재료*

연구소(KIMS). [1]*주식회사 센트랄.*

Keywords: cold-work tool steel, powder metallurgy, additive manufacturing, microtexture, carbide

합금원소의 함량이 대체로 높은 냉간 금형용 공구강은 주괴(ingot)의 응고 단계에서부터 발생하는 편석에 기인하여 조성, 미세조직 및 물성의 균질화에 어려움이 따른다. 분말야금법을 활용한 제품은 균일한 조성의 미세 분말로부터 우수한 균질성을 얻을 뿐 아니라, 결정립과 탄화물의 미세화에 기인한 기계적 특성 향상의 효과 역시 기대할 수 있다. 또한 전통적인 주괴야금법에서는 제조가 힘든, 매우 고합금의 제품을 만들 수 있다는 장점을 가진다. 본 연구에서는 후방산란전자회절(electron backscatter diffraction, EBSD)의 활용을 중심으로, 고성능 냉간 금형강의 미세 분말과 그를 이용한 적층조형체의 미세조직을 분석하였다. 해당 분말은 직경 2 μm 내외의 등방형 결정립을 가지며, 오스테나이트의 저온 변태 조직과 잔류 오스테나이트를 함유하였다. 또한 입계에는 100 nm 수준의 미세한 MC 및 M_2C 탄화물이 연속적으로 분포하였다. 고출력 레이저를 활용해 제작한 입방형의 적층조형체 역시 분말 상태와 유사한 수준의 결정립 크기와 상구성을 가졌으며, 응고 방향에 따른 결정립의 형상 및 결정방위의 배향성이 나타났다.

제10회 계장화 압입시험 및 미소강도 심포지엄
Room 602, 4월 27일

[계장화1-1 | 09:00]

인덴테이션을 활용한 핵융합로용 텅스텐 소재의 파괴 거동 평가: *Yeonju Oh, Keunho Lee[1], Hyunmin Sung, Nojun Kwak, Heung Nam Han ; *Seoul National University. [1]Agency for Defense Development.*

Keywords: Plasma facing materials(PFMs), Tungsten, Fracture behavior, Nanoindentation, Electron backscatter diffraction

Tungsten has been considered as the most promising candidate for plasma-facing materials(PFMs) in a next generation fusion reactor. However, tungsten is well known to increase in brittleness with recrystallization. Thus, it is extremely important to establish the cause of degradation in mechanical properties for developing tungsten as a PFM. In this presentation, the fracture behavior of tungsten materials for PFMs was investigated depending on process conditions using micro- and nano- scale indentation combined with microstructural observation. After micro-indentation, cracks along grain boundaries were observed in recrystallized specimens, while only highly deformed regions were visible at the indented area in initially deformed specimens. In order to clarify this distinction, the maximum shear stress underneath the nano-indenter was analyzed for each specimen. It was identified that the maximum shear stress of recrystallized tungsten was higher than the theoretical fracture shear stress of grain boundary, whereas that of initially deformed tungsten was lower than the theoretical fracture shear stress of grain boundary. In addition, initially deformed tungsten was observed to contain much more sub-grain boundaries indicating some amount of deformation based on a comparative microstructure analysis of kernel average misorientation (KAM) obtained from electron backscatter diffraction (EBSD). This study proves that the pre-existing deformation could increase ductility of tungsten by improving the capacity of plastic deformation before crack initiates at grain boundaries.

[계장화1-2 | 09:15]

구형 나노압입 시의 압입크기효과를 고려한 크립변형 분석: *김우진, 이정아, 최인철[1], 장재일 ; *한양대학교 신소재공학부. [1]Karlsruhe Institute of Technology.*

Keywords: nanoindentation, creep, indentation size effect

나노스케일에서의 크립거동을 분석하기 위한 방법으로 나노압입시험을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노압입시험 시 경도 값에 영향을 주는 압입크기효과(Indentation size effect)가 나타나는데, 구형 압입의 경우 압입자 반경크기에 의존하여 경도 값이 달라진다. 따라서 구형압입을 통해 보다 신뢰성 있는 크립물성을 얻기 위해서는 압입크기효과가 고려되어야 하지만, 이에 대해 평가/분석한 연구는 아직 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 구형 압입자의 반경 크기효과를 고려해 상온 크립거동을 체계적으로 분석하고자 하였다. 인듐을 포함하여 상온에서 크립변형 가능성이 있는 다양한 재료들에 대해 여러 가지 반경의 구형 압입자를 이용한 크립시험을 수행하였고, 얻어진 결과를 삼각뿔 압입자를 이용한 크립시험과 비교하고 압입자 반경에 따른 크립 변형율 및 변형율 속도 등의 변화를 통하여 고찰하고자 하였다.

[계장화1-3 | 09:30]

수치해석적 역추적 기법을 활용하여 추출한 Ti/Al 층격압분체의 압축 거동에 대한 고찰: *김우열, 문지현, 정혁재, 박이주[1], 김문수[2], 황운봉[2], 김형섭 ; *포항공과대학교 신소재공학과. [1]국방과학연구소 4기술연구본부. [2]포항공과대학교 기계공학과.*

Keywords: Shock Compaction, Nanoindentation, Inverse-FEM

가스건 체계를 이용한 분말재의 충격압분공정은 샤르피 충격시험 (Charpy impact test)나 스플릿 홉킨스 압력봉 (Split Hopkins Pressure Bar) 등 일반적으로 알려져 있는 '동적 영역' 이상의 변형속도인 '충격 영역'의 속도로 재료를 압축하기 때문에, 재료의 초고속 변형거동을 분석하는 데 매우 유용한 공정이다. 그러나 분말재에 따라 요구하는 충격압에 도달하지 못하는 경우 분말재가 충격파로 인해 충분한 결합을 형성하지 못하는 경우와, 특히 분말재와 이를 둘러싼 충격시험용 구조체에서 다르게 거동하는 충격파의 복합적인 상호작용으로 인해 충격압분체 내부에는 다수의 내부 균열이 존재하게 되어 기계적 물성 측정에 있어 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 충격압분체의 기계적 물성인 압축 거동을 충격압분체의 건전성과 관계없이 평가하고자 수치해석적 역추적 기법을 도입하였다. 먼저 Ti/Al 복합분말재를 대상으로 충격압분공정을 통해 벌크재로 제조한 뒤, 충격파 입사면에 대한 나노압입 결과를 토대로 수치해석적 역추적 기법을 활용하여 기계적 물성을 추출하고 그 결과의 신뢰성 등에 대해 문헌조사를 토대로 한 평가를 실시하였다.

[계장화1-4 | 09:45]

나노인덴테이션과 유한요소법을 이용한 비틀림 변형 재료의 기계적 물성 취득: *문지현[1], 정혁재[1], 백승미[1], 정재면[1], 김형섭[1,2] ; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2] 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.*

Keywords: 구배구조, 비틀림 공정, 나노인덴테이션, 유한요소법

금속재료의 구배구조는 초미세결정립 재료의 낮은 연성을 회복시키는 해결책이다. 초미세결정립 재료는 많은 양의 소성 변형량을 가하는 강소성 가공법을 통해 제조된다. 현재 강소성 가공법으로는 등 통로각 압축 공정, 고압 비틀림 공정, 반복 접착 압연 공정

등이 개발되어 있다. 비틀림 강소성 가공법의 경우 재료에 구배구조 및 초미세/나노결정립을 형성시키는 장점이 있다. 본 연구에서는 비틀림 공정으로 가공한 구리의 기계적 물성을 인장 시험 및 계장화 나노압입시험을 통해 평가하였다. 나노인덴테이션과 유한요소법을 결합한 기법은 국부 지역에서의 응력-변형률 곡선을 추출하는데 효과적이다. 유한요소법을 활용하여 구배구조의 기계적 물성을 국부적으로 평가하였으며, 이를 인장 시험 결과와 비교하여 고찰하였다.

[계장화1-5 | 10:00]

반복하중 인가에 따른 나노결정립 니켈 필라의 변형거동에 관한 연구: *<u>이정아</u>, 석무영, Brandon B. Seo[1], Ting Y. Tsui[1], 장재일 ; *한양대학교 신소재공학부. [1]Department of Mechanical Engineering University of Waterloo.*

Keywords: nanocrystalline nickel, micro-compression test, cyclic loading

최근 필라를 이용한 마이크로 압축시험을 통해 나노결정립 금속의 나노스케일 역학거동을 평가/분석하려는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존의 단결정 필라와 달리 샘플 크기 감소에 따른 연화현상이 주로 나타나는 것으로 알려져 있다. 그러나 대부분의 연구들이 강도 및 크기효과 평가에 국한되어 있어, 상대적으로 복잡한 이력의 하중 하에서 나타나는 역학거동을 이해하기에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 탄성영역에서의 반복하중 인가가 나노결정립 필라의 역학거동에 미치는 영향을 체계적으로 평가하고자 하였다. 전기도금법을 이용하여 나노결정립 니켈 필라를 제작하였고, 제작된 필라에 대해 반복하중 횟수를 10, 20, 100 및 200 회로 각각 다르게 인가하였다. 다음으로 반복하중을 가한 필라와 가하지 않은 필라에 대해 압축시험을 수행하여, 사이클 횟수에 따른 항복강도와 유동응력 변화를 살펴보았다. 반복하중에 따른 필라 형태 변화 및 파괴가 전혀 관찰되지 않았음에도 불구하고 역학 특성의 변화가 발생하였음을 확인하였고, 그 변형메커니즘을 미세조직 변화를 통해 분석하였다.

[계장화2-1 | 10:25] 초청강연

미세구조를 고려한 연속체 역학 기반 전산모사 연구: *<u>조훈희</u>, 한흥남[1], David C. Dunand[2] ; *국립한밭대학교. [1]서울대학교. [2]Northwestern University.*

Keywords: 연속체 역학 기반 전산모사, 미세구조, ICME

컴퓨터 성능의 향상과 새로운 알고리즘의 지속적인 발달은 과학 기술 분야, 특히 재료 연구 분야에 있어서 전산모사 기법의 위상을 크게 바꾸고 있다. 단순히 실험을 대체하는 역할에서 벗어나, 다양한 조건에서의 실험 결과를 해석하고, 현상을 지배하는 자연법칙을 규명함으로써 새로운 실험에 대한 방향을 제시하고, 결과적으로 소재 개발 연구의 효율과 경쟁력을 높이는 역할을 하고 있다. 특히, 재료의 미세구조 스케일에서부터 소재 특성이 발현되는 스케일까지 재료의 미세구조와 물성을 연계하여 해석할 수 있는 연속체 역학 기반 전산모사 기법의 개발은 매우 중요하다고 볼 수 있으며, 이러한 기술은 새로운 소재 개발에 있어서 혁신적인 변화를 가져올 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 재료의 미세구조를 고려하여 정밀한 재료 거동의 해석에 활용한 연속체 역학 기반 전산모사 연구에 대해 소개하고, 나아가 실제 미세구조 기반 해석 모델에 관한 연구를 기술하고자 한다.

[계장화2-2 | 10:50] 초청강연

압입시험을 통한 그래핀의 인장 강도 측정에 대하여: *<u>유승화</u>, 손동우[1], 이상륜, 한지훈[2] ; *한국과학기술원 기계공학과. [1]한국해양대학교 기계공학과. [2]국방과학연구소.*

Keywords: graphene, indentation, crack growth stabiilty, tensile strength

그래핀의 인장 강도는 단축 인장 시험을 통한 측정이 매우 어렵기 때문에, 일반적으로 구형 압입 (spherical indentation) 시험을 통해 측정되어 왔다. 그러나, 응력이 시편에 고르게 분포하는 단축 인장 시험과 달리 구형 압입 시의 응력은 국소적으로 집중되어 있기 때문에, 압입 시험의 파괴힘을 통해 그래핀의 인장강도를 직접적으로 유추할 수 있는지 여부에 대한 고려가 필요하다. 본 연구에서는 분자동역학 및 파괴역학 이론을 이용하여 단결정 그래핀과 결정립계 혹은 나노스케일 균열을 가진 그래핀의 압입 시험을 통한 파괴 강도 추정의 타당성에 대해 탐색하였다. 결함이 전혀 없는 단결정의 경우 구형 압입 시험으로 양축 인장 (biaxial strain) 시의 강도를 추정할 수 있지만, 결정립계 혹은 나노스케일 균열이 존재하는 그래핀은 압입 시험의 파괴힘으로부터 인장 강도를 추정하기 어렵다는 결론을 얻었다. 이는 단축 인장과 구형 압입 시험에서 균열의 성장 안정성 (crack growth stability)이 다르기 때문으로 설명되고, 구형 압입 대신 원기둥형 압입(cylindrical indentaion)을 이용하면 단축인장과 유사한 응력분포와 결과를 얻을 수 있음을 보였다. 본 연구는 압입 시험을 통한 그래핀 인장 강도 추정의 타당성에 대한 연구이지만, 그래핀과 유사한 다른 2차원 물질에도 같은결론을 적용할 수 있으며 압입을 통한 인장 강도 측정의 새로운 표준을 만드는데 기여할 수 있으리라 사료된다.

[계장화2-3 | 11:15] 초청강연

계장화 압입시험의 새기술: 충격인성, 박막접착력 평가: *<u>권동일</u> ; *서울대학교*

Keywords: Instrumented indentation test, Standards, Mechanical properties, Forensic engineering

계장화 압입시험법은 소재에 미소의 힘과 변형을 가하여 기계적 물성을 평가하는 시험법으로, 시험법이 간단하고 비파괴적이며, 미세조직의 결정립과 같은 극미세 특성평가에서부터 원재료에 대한 거시적 평가까지 멀티스케일 평가가 가능하여 국부특성 및 미세소자의 특성을 평가하는데 보편적으로 활용되고 있다. 계장화 압입시험법은 기본적으로 소재의 경도, 탄성계수 결정에 활용되지만, 시험결과로 얻어지는 하중-변위 곡선을 분석/연구하여 인장물성, 잔류응력, 파괴특성까지 다양한 기계적 물성과 상태를 평가하는 기술이 개발되었다. 최근에는 그 물성을 충격인성, 박막접착력 등으로 확장하여, 압입시험 평가 기술의 영역을 넓혀가고 있으며, 본 발표에서는 새로운 두 물성의 평가기술에 대해 소개한다. 원자력 발전설비의 경우, 중성자 취화 등에 의하여 재료의 파괴가 일어날 수 있어 샤르피 충격시험법을 활용하여 파괴특성을 예측한다. 샤르피 충격시험법은 표준화된 시험으로 간단하고 쉬우나, 일정 크기 이상의 시

편 가공을 요구하기 때문에 가동환경에서의 평가가 불가능하다. 이에 압입시험법을 동적변형상황까지 확장시킨 '압입충격시험법'을 활용하여 기존의 한계를 극복하고자 하였다. 샤르피 에너지 평가를 위해 압입충격파괴 상황에서의 흡수에너지를 측정하여 샤르피 에너지를 연결하는 압입충격 에너지모델을 제안하였다. 박막과 기판 사이의 계면 접착력은 대부분의 박막시스템에서 성능과 신뢰성을 결정하는 최우선의 요소이다. 기존의 pull-off test, peel test, scratch test 등의 평가 방법은 박막과 기판의 탄/소성 변형에너지가 결과값에 크게 작용되어 정확한 계면 접착력만을 획득하기 어려우며, 박막 및 기판의 파괴과 계면에서 보다 빠르게 일어나는 경우에는 그 결과를 얻기 어려웠다. 이러한 한계점을 극복하고자 압입시험을 이용하여 접착력을 평가하는 새로운 모델을 제시하였다. 박막시스템에서 박막을 충분한 압입깊이로 압입할 경우, 박막과 기판의 탄소성 변형에 대한 저항성 뿐만 아니라 계면에 의한 추가적인 일의 양이 포함되어져 있는 결과값을 얻게 된다. 복합경도와 압입자 하부의 소성역 해석을 통해 interface constraint parameter를 정의하고, 이를 통해 계면접착력을 수식적으로 유도하였다.

[계장화3-1 | 13:30]

Evaluation of Biaxial Residual Stress using Modified Berkovich Indenter in Nano Scale: *최성기, 김종형, 이준상, XU HUIWEN, 권동일 ; *서울대학교.*

Keywords: Instrumented indentation test, Residual stress, Modified Berkovich indenter

잔류응력은 매크로 스케일의 구조물에서부터 나노 스케일의 전자부품에 이르기까지 발생할 수 있는 심각한 파손이나 파괴의 주요 원인이다. 특히 최근에 들어서는 박막 증착 공정과정에서 발생하는 표면 잔류응력이 전자 부품 및 제품의 신뢰성 저하에 큰 영향을 미치고 있다. 잔류응력을 평가하기 위한 시험은 Saw cutting, X-ray diffraction, Hole drilling, curvature method와 같은 방법들이 있다. 그러나 이 시험법들은 파괴적인 방법이거나 소재에 대한 제약을 가지고 있으며, 국부적인 물성평가가 어려운 한계점이 존재한다. 이러한 시험법들과 달리 계장화 압입시험은 비파괴적인 측정법이며, 국부적인 물성을 정량적으로 평가하는 것이 가능한 장점이 있어 최근까지 많은 연구가 진행되어 오고있다. 압입시험을 활용한 잔류응력 평가기법은 매크로 스케일에서는 주로 Vickers 압입자를 활용한 잔류응력 크기 평가 및 Knoop 압입자를 활용한 잔류응력 방향성 평가에 대한 연구가 진행된바 있다. 그러나 나노스케일에서는 주로 Berkovich 압입자를 활용하여 잔류응력 크기 평가에 대한 연구가 진행되고 있지만, 방향성 평가와 관련된 연구는 거의 없다. 본 연구에서는 나노스케일에서의 2축 잔류응력을 평가하기 위해 나노인덴테이션 장비를 활용하였고, 나노스케일에서 방향성 평가가 가능한 새로운 비등방 압입자를 제작하여 2축 잔류응력의 응력비를 평가하고자 하였다. 최종적으로 새롭게 제작된 비등방 압입자의 활용이 적합하다는 것을 확인하였으며, 나노인덴테이션 장비를 활용해 평가된 2축 잔류응력의 응력비가 스트레인 게이지를 활용해 측정된 2축 잔류응력의 응력비와 일치하는 경향을 나타내었으며, 이를 통해 나노스케일에서의 2축 잔류응력에 대한 평가가 가능함을 검증하였다.

[계장화3-2 | 13:45]

동적 압입시험법을 응용한 디스플레이용 랜덤패턴 제조: 이재령, 문승환, 제태진, *전은채 ; *한국기계연구원.*

Keywords: 압입가공, 랜덤패턴, 광특성, 디스플레이

모바일 제품용 디스플레이의 두께가 극도로 얇아짐에 따라 후면 발광기구(Backlight unit, BLU)와 패널 간의 간격이 극도로 감소하였다. 이로 인해 광원에서 나온 빛을 확산시키거나 집광하기 위해 사용되는 광학필름 표면에 존재하는 수십 마이크로미터 크기의 구조물이 패널 상에 보여 사용자가 인식하는 문제가 발생하고 있다. 구조물의 크기가 사람의 눈이 구분하기 힘든 크기임에도 불구하고 시인되는 이유는 구조물의 형상이 선모양이고, 구조물의 간격이 일정하기 때문이다. 이를 개선하기 위해 선모양의 구조물을 수십 마이크로미터 크기의 원형으로 변경하고 원형의 구조체를 간격이 일정하지 않게, 즉 랜덤하게 분포하게 하는 방법이 사용되어야 한다. 그러나 대량생산체제에서는 상품의 성능이 일정하여야 하는데, 랜덤하게 분포된 패턴을 사용하면 제품에 따라 성능(광균일도, 최대휘도 등)이 일정하지 않을 수 있다. 따라서 최종적인 해결책은 원형의 구조물이 랜덤하게 분포하되 광특성이 일정하게 유지되도록 규칙성을 가져야 한다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 설계 규칙(design rule)을 세우고 이를 만족하는 랜덤패턴들의 좌표를 계산할 수 있는 프로그램을 제작하였다. 계산된 좌표들은 동적 압입시험법을 응용한 압입가공공정을 통해 금형 상에 가공되었고, 필름복제공정을 통해 광학필름 형태로 제작되었다. 제작된 랜덤패턴 필름들은 설계 규칙에 따라 서로 다른 광특성을 나타내었으며, 동일한 설계 규칙 하에서는 유사한 광특성을 나타내었다. 또한 실제 디스플레이에서 시험한 결과 패턴 구조물이 시인되지 않음을 확인하였다.

[계장화3-3 | 14:00]

계장화압입시험기를 활용한 재료열화 경향분석: 정선미, 신인환, *박상규 ; *한국수력원자력㈜.*

Keywords: 계장화압입시험, 열취화, 오스테나이트 스테인레스강

원자력발전소의 가동년수가 증가함에 따라 기기 및 설비의 효과적인 열화관리 중요성이 더욱 강조되고 있다. 특히, 원전의 안전성 및 경제성을 고려하여 설치상태에서 기기 및 설비의 열화 및 손상여부를 확인하고 수명을 예측하기 위해 많은 노력이 이루어지고 있으며, 대표적으로 설치상태에서 재료의 기계적 물성확인이 가능한 계장화압입시험법이 활용되고 있다.본 논문에서는 발전소 기기 및 설비의 설치상태에서 물성변화를 확인하기 위하여 원자력재료에서 발생가능한 열화기구 중 열취화로 인한 재료열화 경향을 계장화압입시험기를 이용하여 분석하였다. 열취화 발생 가능성이 있는 오스테나이트 스테인레스강에 대하여 실험로에서 열화온도 및 열화시간을 변화시켜 열취화 시킨 후 계장화압입시험기를 이용하여 강도 및 파괴인성의 변화추이를 분석하였다. 본시험으로 비파괴적으로 재료의 기계적 물성치 변화추이 분석 가능성을 검토하였으며 보다 신뢰성 있는 데이터가 수집된다면 기기의 건전성 확보에 기여할 수 있을것으로 판단된다.

[계장화3-4 | 14:15]

Measurement of local dislocation densities in cold-rolled Alloy 690: *안태영, 황성식, 최민재, 김성우 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Alloy 690, TEM, Strain, Dislocation

Ni합금중 하나인 Alloy 600은 우수한 내부식성을 가지고 있기 때문에 높은 온도와 압력의 수화학 환경에서 운전되는 원자력발전소를 구성하는 구조재료로 널리 사용되어왔다. 하지만, Alloy 600을 사용하고 있는 다수의 원자력발전소에서 열화현상이 보고됨에 따라 Cr의 함량을 ~ 30%까지 증가 시켜 보다 우수한 내부식성을 가지는 Alloy 690재료로 대체되고 있다. 현재 가동되고 있는 원자력발전소에서는 Alloy 690 재료에서의 열화현상은 아직 발견되고 있지 않지만, 냉간가공된 Alloy 690에서 PWSCC (primary Water Stress Corrosion Cracking) 현상이 실험실 단위의 실험에서 일어난다고 보고되고 있다. 냉간가공된 Alloy 690재료의 PWSCC의 원인을 규명하기 위해 많은 연구들이 EBSD (Electron backscattered diffraction)를 이용하여 냉간가공에 따른 국부 strain의 변화를 측정하는 방법으로 수행되어 왔다. 국내 원전에서 사용하고 있는 Alloy 690재료는 입내 탄화물을 많이 포함하고 있어서 냉간가공에 따라 변화하는 탄화물 주변의 국부 strain의 분석 또한 필요하다. 하지만, EBSD가 가지는 공간 분해능 및 측정상의 한계로 인해 보다 정밀한 분석이 요구되고 있다. 본 연구에서는 냉간가공에 따라 비정상적으로 증가하는 균열속도 (Crack growth rate, CGR)의 원인을 공간 분해능이 우수한 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscopy)을 이용하여 국부 전위밀도를 직접 측정 하여 이해하고자 하였다. 입내 탄화물의 구조는 $M_{23}C_6$로 관찰이 되었고 냉간가공을 진행함에 따라 입내 탄화물의 주변에서 전위밀도가 크게 증가하는 것을 확인함에 따라 입내탄화물과 높은 균열전파속도가 밀접한 연관이 있음을 확인하였다. 냉간가공에 따른 국부 전위밀도의 분석과 더불어 균열의 전파 형태 또한 함께 본 발표에서 논의하고자 한다.

[계장화3-5 | 14:30]

탄성변형 구간의 응력상호작용을 고려한 새로운 잔류응력 평가기법: *이윤희, 김용재, 김용일, 이근우 ; *한국표준과학연구원.*

Keywords: Indentation strain, Residual stress, Elastic stress interaction, Nanoindentation

나노압입시험을 통한 잔류응력 분석기술은 2000년대 초반부터 활발히 연구되어 왔다. 특히 잔류응력 유무에 따른 압입하중-변위곡선의 형상 변화를 정량적으로 해석하기 위한 이론적인 모델링들이 여럿 개발되었다. 이러한 기반 및 실증연구들에 바탕하여 박막이나 용접부와 같은 국소부위의 잔류응력 평가는 표준화단계에 진입해 있다. 그러나 압입시험의 경우 응력의 부호에 따라 압입경도값의 비대칭적인 거동이 보고된 것과 마찬가지로 압입을 통한 잔류응력 평가값에 있어서도 비대칭적인 양상이 보고된 바 있다. 보다 구체적으로 잔류응력의 부호에 따른 압입하중-변위곡선의 비대칭적인 천이거동을 고려하지 않을 경우 압축 잔류응력을 과대 평가하는 사례들이 나타났다. 본 연구에서는 압흔 변형률의 정밀측정에 기반하여 새로운 잔류응력 평가모델을 제시하였고, 이를 통해 평가된 잔류응력값이 부호에 상관없이 정량적인 값을 나타냄을 확인할 수 있었다. 이러한 탄성 변형률 기반의 잔류응력 평가모델은 종래의 압입하중-변위곡선 천이에 대한 분석모델과 상보적으로 활용되어 보다 정밀한 잔류응력값의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

[계장화3-6 | 14:45]

FIB-induced dislocations in Al submicron pillars: Annihilation by thermal annealing and effects on deformation behavior: *Subin Lee, Jiwon Jeong, Seung Min Han[1], Sang Ho Oh[2] ; *IBS Center for Integrated Nanostructure Physics. [1]KAIST. [2]Sungkyunkwan University.*

Keywords: In-situ TEM, Micropillar, Aluminium, Annealing, Dislocations

In-situ transmission electron microscopy (TEM) annealing of submicron Al pillars (~300–450 nm in diameter) fabricated by focused ion beam (FIB) shows that the dislocation loops formed by the high energy Ga^+ ion beam impact near the material surface can be removed by annealing at around half of the melting point (T_m). Quantitative analysis of real-time TEM data reveals that the dislocation loops first show a ripening behavior at around $0.4T_m$, i.e. larger loops coarsen at the expense of smaller ones. Subsequently, the ripened loops start to shrink and are eventually annihilated at ~$0.5T_m$ by the diffusion of thermally activated vacancies. Microcompression tests on the as-fabricated and annealed pillars suggest that the FIB-induced defects, particularly dislocation loops, distinctively affect the deformation behavior of submicron Al pillars; while the yield and flow stresses appear unaffected by the annealing, strain bursts are larger and more frequent in the annealed pillars compared to those of as-fabricated samples. In-situ TEM compression revealed that the initial plastic deformation and subsequent plastic flow of Al pillars are significantly altered by the presence of FIB-induced dislocation loops, as they actively respond to the applied stress. We observe that the initial dislocation activity in most FIB-prepared pillars was the glide of FIB-induced dislocation loops. With further straining, the dislocation loops escaped the pillar, leaving slip steps at the pillar surface and/or dislocation debris within the pillar volume via the interaction with other mobile dislocations. The subsequent dislocation slip is mostly localized at these locations, thereby forming large slip steps. Contrarily, in the case of annealed pillars, the deformation was rather homogeneous with the formation of multiple fine slip steps. The present direct TEM observations contribute to the understanding of the nature of FIB-induced defects and reveal their distinct roles in the deformation behaviors of submicron pillars.

[계장화4-1 | 15:10] 조청강연

Integration of materials' size effects into mechanical responses of hollow ceramic nano-architectures: *Dongchan Jang, Yeeun Na, Dahye Shin, Kisun Kim, Seokwoo Jeon ; *Korea Advanced Institute of Science and Technology.*

Creating lightweight, mechanically-robust materials has been a long engineering pursuit and synthesis of porous cellular structures has often been used as an effective strategy to reduce the densities of materials. In order to minimize the sacrifice of strength while

introducing pores to reduce masses, many researchers have focused mainly on design of the optimal cell topology through which the applied load can be distributed most efficiently, and development of fabrication techniques to materialize such designed structures, but in almost all cases, the mechanical properties of base solids were assumed to be invariant. However, recent study looking into mechanical behavior of nanomaterials revealed that mechanical properties of hard materials, such as yield strength of metals or fracture strength of brittle ceramics, begin with depending on the extrinsic size as their dimensions decrease below sub-micron scales, offering a new possibility to integrate this materials' size effect into the geometric design of porous cellular materials to maximize their mechanical performance. In this study, we fabricated ceramic nano-architectures composed of nano-sized hollow tubes using proximity field optical 3D nano-patterning technique followed by atomic layer deposition (ALD) and experimentally demonstrated that yield strengths of those materials increase by a few orders of magnitude compared with conventional porous materials. Furthermore, we obtained the power law exponent of 1.1 between relative densities and yield strengths, which has been only attainable in structurally more robust, ideal stretching-dominated structures, such as Kagomes or octet trusses.

[계장학4-2 | 15:35]

금속-그래핀 적층 구조의 강도강화 효과 및 대면적화 방법: *김상민, 김원식, 김재현[1], 한승민 ; *한국과학기술원(KAIST). [1]한국기계연구원(KIMM).*

Keywords: Graphene, Multilayer, 강도강화, Electroplating Cu

In recent years, metal/graphene multilayered composite with mono-atomic layer graphene synthesized by CVD method has been suggested for maximizing the strength of a material. It has been reported that graphene restricts the movement of dislocation in the metal layer, resulting in higher strength and mechanical properties of the metal. However, more work is needed for maximizing the metal/graphene multilayered composites' strength and developing large scale production method. This research can be applied for materials requiring high-strength and ultra-light weight such as vehicle and aerospace components. In this research, different from previously used wet transfer method of graphene, dry transfer method, which can be applied to large scale producible roll-to-roll transfer, is developed and potential for large scale production of metal/graphene nanolayered composites by electrodeposition from sputtering deposition method is studied. Metal/graphene nanolayered composite's improved mechanical properties depending on the thickness of the metal layer are also been measured and analyzed through nano-pillar compression tests. The composite's strength increased as the metal layer thickness decreased, which was far higher than the known bulk strength of that metal. This can be explained by the fact that mono-atomic graphene efficiently prevents movement of destructive dislocation across the metal/graphene interfaces. Through this research, high strength metal/graphene nanolayered composite's mechanical properties is analyzed and the method for large scale production is proposed.

[계장학4-3 | 15:50] 초청강연

Bio-inspired dry adhesives and applications: *Moonkyu Kwak ; *Kyungpook National University.*

Keywords: Dry adhesives, continuous fabrication, molding, biomimetics, micro structures

Dry adhesive mechanisms in nature can be categorized into two parts as active adhesive and passive adhesive by performance characteristic. The active adhesive is found in movable living organisms, such as a fly, a beetle, a spider, or a gecko lizard, and this type of adhesive has a spatulate tip on top of fine structure. Due to the tip shape, active adhesive shows shear dominant adhesion. With an active adhesive, most of insects and animals can make any directions of adhesion by combining the multi directions of shear adhesions and then these living things can hunt the feed or run away from the natural enemy freely. On the other hand, non-movable living things, such as vine plants, mussel, or starfish, need to have a passive adhesive system which includes mushroom shaped tip for stable adhesion because they do not have an ability to handle adhesions. Except the robotics field, passive adhesive system has advantages to apply to daily applicants because this type of adhesive has a shear and normal adhesion at the same time. In this presentation, continuous fabrication methods for passive type dry adhesives and their performances will be introduced. Also, property changes of fabricated dry adhesives by various materials and structure geometries will be presented.

[계장학5-1 | 17:00]

in-situ synchrotron XRD 와 ASTAR 를 이용한 구리 박막의 기계적 거동 메커니즘 규명: *이소연, 심철휘[1], 안재평[1], 주영창, 최인석[2]; *서울대학교. [1]한국과학기술연구원. [2]한국과학기술연구운.*

Keywords: 구리 박막, in-situ synchrotron XRD, ASTAR, 기계적거동, 인장거동

유연소자의 개발이 활발하게 진행됨에 따라 소자의 신뢰성에 큰 영향을 미치는 유연기판 위 전극 및 배선의 기계적 거동 연구의 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해선 박막에 걸리는 응력 변화와 응력에 따른 재료의 미세구조 변화에 대한 이해가 필수적이다. 하지만 측정 장비의 분해능보다 박막 두께가 훨씬 얇아지고 있을뿐더러 박막이 기판과 함께 변형하기 때문에 따라 유연소자 위 금속 박막의 물성을 이해하기 위해선 우수한 분해능으로 박막의 특성만을 측정할 수 있는 새로운 측정 장비 및 방법의 도입이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 박막이 증착된 기판의 응력값에서 기판의 응력값을 뺀 값을 박막의 응력값으로 사용한 기존의 방법과는 달리 in-situ synchrotron XRD 를 이용해 인장 변형에 따른 구리 박막의 격자 변형률을 측정하였으며 이를 기반으로 박막에 걸리는 인장 응력 값을 직접적으로 측정하였다. 또한 박막에 걸린 응력이 미세구조에 주는 영향을 확인하기 위해 수 nm의 분해능을 가지는 ASTAR를 이용하여 인장 변형률에 따른 박막의 미세구조 변화를 관찰하였다. 이를 통해 우리는 초기에 응력이 증가함에 따라

결정립의 성장이 일어나고, 이후 결정립 미세화가 일어남에 따라 박막에 걸린 응력이 해소되는 것을 확인할 수 있었다.

[계장화5-2 | 17:15]

고인장연신율을 가지는 고밀도 나노쌍정 나노포러스 금의 제조: *곽은지, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 나노포러스 금, 나노쌍정, 고인장연신율, 실시간 인장시험, 스퍼터링

나노포러스 금(Nanoporous gold)은 나노스케일의 기공이 open-cell 구조로 형성된 포러스 재료로, 낮은 밀도와 높은 비표면적으로 센서, 촉매, 액추에이터, 전극 재료 등 다양한 분야에서 활용가능성이 높은 재료로 관심이 증대되고 있다. 그러나 포러스 구조로 인한 인장 취성 거동으로 인하여 상용화에 제약이 되고 있어, 나노포러스 금의 인장강도를 정확히 측정하고, 인장 강도와 연성을 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 최근의 연구에 따르면, 금속 박막에 높은 밀도의 쌍정계(twin boundary)를 형성한 나노트윈 구조를 형성하였을 때, 취성거동을 보이는 나노결정립 구조 재료에 비하여 높은 강도와 연성을 나타내는 것이 보고되었으며, 나노필라 컴프레션에서도 동일하게 강도와 연성이 증가된 것을 관찰하였다. 본 연구에서는 스퍼터링 기법을 이용하여 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 평가하고, 구조에 따른 변형 메커니즘을 규명한다.

[계장화5-3 | 17:30]

나노결정립 하이엔트로피합금의 고온 나노압입 특성 분석: *이동현, 최인철[1], 조아개, 가와사키 메구미, 장재일 ; *한양대학교 신소재공학부.*

[1]*Karlsruhe Institute of Technology.*

Keywords: high-entropy alloy, nanocrystalline, elevated temperature, nanoindentation

하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)의 우수한 기계적 특성을 더욱 향상시키는 방안으로 나노결정립화가 제안되고 있다. 최근, 이러한 나노결정립 HEA가 나타내는 변형거동을 이해하기 위하여 변형율 속도 민감도(strain-rate sensitivity, SRS)와 활성화 부피(activation volume)를 분석하는 연구가 진행된 바 있지만, 이러한 인자들이 나타내는 온도 의존성을 평가하여 활성화 에너지(activation energy)를 제공한 연구는 매우 제한적이다. 따라서, 본 연구에서는 나노결정립 HEA에 대해 나노압입시험을 다양한 온도에서 수행하였다. 이로부터 HEA의 경도와 SRS에 미치는 온도 영향을 체계적으로 분석하였으며, 이 때 얻어진 결과를 온도에 따른 활성화 부피, 활성화 에너지, 미세조직 변화를 통해 고찰하고자 하였다.

[계장화5-4 | 17:45]

유연 페로브스카이트 발광소자의 기계적 신뢰성 분석: *김시훈, 이상윤, 남윤석, 송명훈, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 페로브스카이트, 플렉시블, 발광소자, 인장, 기계적 물성

페로브스카이트 LED는 최근 연구가 활발하게 진행되어 효율이 급속도로 향상되고 있으며, 기존 LED에 비해 제조 공정이 간단하고 생산 단가가 낮다는 장점이 있어 다양한 전자기기에 페로브스카이트 LED를 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구 추세와 더불어 최근 수요가 증가하고 있는 플렉시블 디바이스에 페로브스카이트를 적용시키기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. LED는 다양한 구성요소들이 박막 형태로 적층된 멀티 레이어 형태로 제작되기 때문에 구성 재료의 소자 내 위치 및 고유의 물성에 따라 굽힘 변형시 응력의 분포 및 변형률이 다르게 분포하기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다. 소자 내 특정 구성요소가 소성변형을 할 경우 계면 분리 및 결함이 발생하여 소자의 효율을 저하 시키므로 구성 재료들이 탄성 변형 영역 내에서 구동하여 소자의 내구성을 저하시키지 않는 임계 굽힘 곡률의 분석이 필요하다. 본 발표에서는 구성요소 고유의 기계적 물성에기반한 페로브스카이트 LED 굽힘 특성을 분석하고자 한다. 구성 재료와 동일한 공정으로 제작된 박막형태의 구성 재료에 홀 인덴테이션을 진행하여 파단 강도 및 탄성계수를 측정하여 탄성한계를 구하였다. 구성 요소중 가장 약한 재료로 특정된, 페로브스카이트의 정확한 인장 물성을 측정하기 위하여 in-SEM 인장 시험을 진행 하였다. 홀 인덴테이션과 인장시험을 통하여 얻은 기계적 물성들을 기반으로 FEM simulation을 진행하여 임계 굽힘 곡률을 분석하였다.

제26회 생체재료 심포지엄
Room 603, 4월 27일

[생체1-1 | 09:00]
Crystallization and microstructure evolution of lithium disilicate glass-ceramics: *김다미, 김형준[1], 유상임 ; *서울대학교 공대 재료공학부.* [1] *한국세라믹기술원 이천분원.*
Keywords: Glass-ceramics, Crystallization, Microstructure, High-temperature XRD,

Material for dental crown has to be designed in consideration of mechanical properties and aesthetics such as translucency. In the past two decades, the lithium disilicate (LS2) glass-ceramics has been applied to anterior tooth due to its good mechanical strength. To obtain appropriate properties, the additives are indispensable to control nucleation and crystal growth rate as well as sequence of phase transformation. In case of LS2 crystallization, LS2 and the metastable phase lithium metasilicate (LS) nucleate simultaneously and the LS hampers the growth of LS2 crystal in early stage. At a higher temperature, the additional silica phase cristobalite or quartz appear and then the solid state reaction between LS and silica phase promotes extensive development of LS2. However, this sequence of crystallization changes with the additives. Despite of much effort, the effect of additives on crystallization sequence has not been clearly figured out. In this work, we investigated the effect of additive ratio in crystallization behavior of SiO_2-Li_2O-P_2O_5-K_2O-ZnO multicomponent system. The in situ high-temperature XRD (HT-XRD) was carried out to analyze the crystallization sequence in the temperature range of 460~900 ºC with interval 20~25 ºC. The differential scanning calorimetry (DSC) was conducted and compared to the results of room temperature XRD, HT-XRD and FE-SEM images. The P_2O_5, which is representative as nucleation agent, increased the number of nuclei and decreased the size of crystal. The addition of P_2O_5 enhanced the formation of LS in early stage that led to development of LS2 after solid state reaction between LS and cristobalite at higher temperature. However, as ZnO/K_2O ratio increased, the crystallization of LS was hindered so that the LS2 crystalized in early stage and the cristobalite promoted. Because of preclusion of LS, the LS2 could nucleated more, therefore, the size of LS2 crystal became smaller.

[생체1-2 | 09:15]
제어된 집합조직을 지니는 에칭된 초미세 결정립 타이타늄의 전조골세포 반응: *백승미, 신명환, 문종언, 정호상[1], 이세암, 황운봉, 염종택[1], 한세광, 김형섭 ; *포항공과대학교.* [1] *재료연구소.*
Keywords: High-pressure torsion, Ultrafine-grain titanium, Crystallographic orientation, Wettability, Pre-osteoblast

금속 생체재료의 기계적 물성을 향상시키기 위한 초미세 결정립 타이타늄과 더불어 생체적합성 향상을 위한 다양한 표면 개질 방법은 의료 산업 분야에서 많은 주목을 받아왔다. 표면 개질 방법 중에서도 에칭은 표면 거칠기를 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 표면 불순물을 제거하고 잔사가 남지 않으면서도 분사처리와 병용하여 이용할 수 있기 때문에 가장 기본적인 금속 생체재료의 표면 개질 방법으로 알려져 있다. 재료의 집합조직이 표면의 화학적 성질에 영향을 줄 수 있음에도 불구하고, 표면 에칭 시에 금속 생체재료의 집합조직이 세포에 미치는 영향에 대해서는 아직 잘 논의되지 않았다. 본 연구에서는 타이타늄의 집합조직과 결정립 크기가 표면 에칭 후에 재료의 표면 거칠기, 젖음성, 생체적합성에 미치는 영향에 대해서 조사하였다. 표면 특성과 세포 반응을 집합조직과 결정립 크기에 따라 알아보기 위해 초기 조건을 지닌 조대 결정립, 고압 비틀림 공정을 통해 얻은 초미세 결정립, 고압 비틀림 공정에 열처리를 하여 얻은 미세 결정립 타이타늄을 이용하였다. 에칭 처리 이후 각 시편의 생체적합성 평가를 위해 전조골세포를 이용하여 세포 증착 및 증식 평가를 진행하였고, 집합조직으로 유발된 거칠기 차이가 세포 반응에 미치는 영향에 대해서 고찰하였다.

[생체1-3 | 09:30]
Microstructure and superelastic behavior of rapidly solidified Ti–Zr–Nb-Sn shape memory alloys: *LI SHUANGLEI, Ju-wan Park, Sang-chul Kim, Dong-jo Kim, Yeon-wook Kim[1], Tae-hyun Nam ; *Gyeongsang National University.* [1] *Keimyung University.*
Keywords: Ti-based shape memory alloys, biomaterials, rapidly solidification, superelasticity

Ti-18Zr-12.5Nb-2Sn (at.%) alloy fibers were fabricated by melt overflow process. XRD measurement shows that the as-spun alloy fibers are composed of β phase and a small amount of ?" martensite. Fine-grained β microstructure is observed by scanning electron microscopy (SEM). Tensile tests show that as-spun alloy fibers exhibit superelastic behavior in temperature ranges between 208 K and 318 K. A large recovery strain of 4.5% for 5% pre-strain was observed at room temperature. The as-spun alloy fiber is shown to exhibit a combination of excellent superelasticity and high tensile strength when compared with conventional solution treated alloy bulk. The effect of cyclic deformation on superelasticity was also investigated. Stable superelstic behavior and a narrow stress hysteresis of 35 MPa were observed in the as-spun alloy fibers at room temperature.

[생체1-4 | 09:45]
3D 프린트 방식을 적용한 PLA/Ti 기반의 scaffold 제조 연구: 이진아, 최수지, 현승균[1], *정현도 ; *한국생산기술연구원 주조공정그룹.* [1] *인하대학교.*
Keywords: Scaffolds, polymer-metal composites, 3D printing process, biomaterial, bone tissue engineering

합성고분자인 PLA (Poly lactic acid)는 생체분해 성능이 뛰어나고, 생체흡수성을 갖고 있어 생체재료로서 많이 사용되고 있는 고분자 중 하나이다. 또한 PLA의 뛰어난 열적 안정성 ?문에 3D 프린팅용 소재로도 각광받고 있고 이를 바이오 분야에도 적용하려고 한다. 하지만 PLA의 경우 깨지기 쉽고, 분해속도의 제어가 어려우며, 연조직과의 접합성 및 생체활성도가 낮기 때문에 단일 소재를 사용할 경우 응용 범위가 제한적이게 되고, 다양한 용도로 사용되기 위해 적절한 개선을 통한 물성 조절이 필요하다. 이를 해결하기 위해 최근 고분자-무기물 복합체로 제조하여 기계적 물성, 생체분해성과 생체활성도 등을 조절하려는 노력이 골조직 공학에서 많이 이루어지고 있다. 특히 무기물 중, 금속은 다른 재료에 비해 높은 강도와 인성을 갖고 있고, 그 중 타이타늄은 대표적인 생체용 금속으로써, 무게 대비 기계적 특징이 뛰어나고, 내식성과 생체적합성을 지니고 있어 생체재료로 많이 사용되고 있다. 본 실험에서는 PLA 고분자 기지 내 타이타늄 분말을 복합화하여 3D 프린팅하였고 기계적 특성, 생체특성, 열적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 우선 타이타늄 분말을 합성고분자인 PLA 0-20vol% 만큼의 분율로 혼합하여 필라멘트화 한 후, FFF(fused filament fabrication)방식의 3D 프린트를 통해 기공을 갖는 scaffold 구조를 제작하였다. 3D 프린팅 방식에 의해 출력된 scaffold의 기공구조 등을 SEM을 통해 관찰하였고, 기계적 물성 및 생체 특성을 평가하였다.

[생체2-1 | 10:10] 조정강연

금속/세라믹 생체복합재료의 제조 및 생체특성: *KEE DO WOO ; *전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: 생체재료, 분말야금, 복합재료

생체재료중 금속기 생체재료는 주로 Ti, Co기 합금이 사용되어 왔다. 특히 정형재료로서는 Ti-6Al-4V합금을 생체세라믹(hydroxyapatite: HA)으로 코팅하여 사용되어 왔다. 그러나 사용 중에 코팅 층이 벗겨지면 합금 중 V이 생체액 중에 노출되어 이온으로 빠져나와 장기에 축적되어 장기를 손상시킨다는 보고가 있으며, Al은 알츠하이므병을 일으킨다는 보고도 있다. 또한 Ti-6Al-4V 합금은 탄성계수가 뼈보다 매우 높아 사용 중 주변의 뼈가 손상되는 stress shield effect현상 (응력차폐효과)을 일으키기도 한다. 따라서 본 연구는 Al과 V이 함유하지 않은 Ti합금 중 탄성계수가 낮은 Ti-Nb합금을 기본으로 하여 제조하고, 이 합금의 코팅특성을 개선하고자 생체세라믹을 함유한 금속/세라믹 생체 복합재료를 제조하였다.

[생체2-2 | 10:40] 조정강연

의료기기 임상시험의 이해: *신동익 ; *서울아산병원.*

국내산업의 발달과 더불어 의료기기의 국산화도 꾸준히 증가하고 있다. 의료기기의 개발에 있어 가장 어려움을 겪는 부분은 임상시험과 인증이다. 국내에서 의료기기의 임상시험은 의약품 임상시험의 10% 정도를 차지하고 있으며 정부의 의료기기 산업 지원정책에 따라 점차 증가하는 추세이다. 의료기기의 임상시험은 대부분 의약품 임상시험에 준하여 치러지고 있으나 의료기기가 갖는 특수성으로 인하여 고려해야할 요소가 존재한다. 본 논제에서는 의료기기의 임상시험이 갖는 특수성을 이해하고 이를 어떻게 풀어나가야 할 지를 살펴본다. 의료기기 임상시험의 계획에 있어 고려해야할 요소를 검토하고 승인절차와 관련 법령을 알아본다. 임상시험의 준비와 수행절차, 관련서류와 주요활동을 검토하고 의료기기 임상시험을 성공하기 위한 전략을 어떻게 수립할 지 고찰해 보았다.

[생체3-1 | 11:20]

Pulsed laser surface modification for heat treatment and nano-texturing on metal surface: *Hojeong Jeon ; *Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: Pulsed Laser, Surface Modification, Nano texturing, Biometal

The laser surface modification has been reported for its functional applications for improving tribological performance, wear resistance, hardness, and corrosion property. In most of these applications, continuous wave lasers and pulsed lasers were used for surface melting, cladding, alloying. Since flexibility in processing, refinement of microstructure and controlling the surface properties, technology utilizing lasers has been used in a number of fields. Especially, femtosecond laser has great benefits compared with other lasers because its pulsed width is much shorter than characteristic time of thermal diffusion, which leads to diminish heat affected zone. Moreover, laser surface engineering has been highlighted as an effective tool for micro/nano structuring of materials in the bio application field. In this study, we applied femtosecond and nanosecond pulsed laser to treat biometals, such as Mg, Mg alloy, and NiTi alloy, by heating to improve corrosion properties and functionalize their surface controlling cell response as implantable biomedical devices.

[생체3-2 | 11:35]

An Animal Model for 3D Printed Customized Bone grafts: A Pilot Study in a Rabbit Calvarial Defect Model: *Kang-sik Lee, Kang-Gon Lee, Yu-Jung Kang, Jong-Hyun Hwang, Gwang-Hyun Yang, Hyun-Jeong Kim, Se-Hwan Lee[1], Young-Sam Cho[1], Bu-Kyu Lee ; *Asan Medical Center.* [1]*Wonkwang university.*

Keywords: 3D printing, customized bone graft, fitting ability, critical sized defect, PCL scaffold

Although bone graft materials are been applied for regeneration of large bone defect, there is a limitation that it is difficult to accurately apply to complex bone defect sites. Recently, active research is proceeding to compensate for the disadvantages of conventional bone graft materials by manufacturing a customized bone graft using a 3D printer. However, previous simple bone defect models have limitations in evaluating the benefits of customized bone grafts such as fitting ability. To overcome these test limitations, in this study, a new animal model and experimental protocol were designed with a complex bone defect in rabbit calvarium and a new

criteria was suggested to evaluate the characteristics of 3D printed customized bone graft. In order to confirm the critical size of a new complex bone defect, 8 – letter shape was created in the calvairium of rabbit using 4.6mm and 6mm bur and bone regenerative rate was observed after 16 weeks. Using a confirmed critical size, we implanted 3D printed poly-caprolactone (PCL) graft and analyzed bone volume, custom-fitting ability from computed tomograhpy (CT) and micro-computed tomography (m-CT) CT showed better bone formation rate in bone grafting group (4.8mm^3 at 1 week, 32.6mm^3 at 16 weeks) than in non-grafting group (4.4mm^3 at 1 week, 24.1mm^3 at 16 weeks) and 3D-printed PCL graft was evaluated to have nomal custom-fitting ability by the newly proposed scoring method. This study suggest a new animal model with complex 8-shped bone defect to evaluate the patient - customized bone graft and analysis method for custom-fitting ability.

[생체3-3 | 11:50]

Texturing on fibrous materials using femtosecond laser ablation: *전인동, 정용우, 김유찬, 석현광, 전호정 ; *한국과학기술연구원 생체재료연구단.*

Keywords: Electrospun fiber, Femtosecond laser, biomaterials, tissue engineering, micropatterning

Femtosecond laser has a very short pulse duration that allows to probe delicate small structures without destroying them and make material modifications on the micron scale with minimal or precisely controllable heat effects. Linear grooves and circular pits were fabricated on electrospun meshed poly-L-lactide(PLLA) by femtosecond laser patterning process. As parametric variables, pulse energy and beam spot size were varied to determine the effects on the groove and crater size. Femtosecond laser was seen to be an effective means for flexibly structuring the surface of electrospun PLLA fibrous materials. As a result, the width of the groove was adjustable to 7~73 μm and the diameter of the pit was in the range of 25~54 μm. We demonstrate that micropatterning by laser ablation can be utilized to generate high-resolution microgrooves on various fibrous materials, thereby providing fundamental platforms for tissue engineering.

[생체3-4 | 12:05]

Microstructure and Corrosion Behavior of Biodegradable Mg-4Z-0.5Ca Alloy: *조대현, 박상현, 박익민 ; *부산대학교.*

Keywords: Biomaterial, Mg Alloy, Grain Refinement, Corrosion behavior

The present study aimed to design the new biodegradable magnesium alloy. Therefore, the Mg-4Zn-0.5Ca-X alloy (x= 0.6 Si, 0.6Mn and 1Sn) alloys were fabricated by gravity casting method. The results of tensile properties show that the yield strength, ultimate tensile strength and elongation of Mg-4Zn-0.5Ca alloy increased significantly with the addition of 0.6 wt% Mn. This is considered the grain refinement effect due to addition of Mn. However addition of 0.6 wt% Si decreased yield strength, ultimate tensile strength and elongation. The bio-corrosion behavior of Mg-4Zn-0.5Ca-X alloys were investigated using immersion tests and potentiodynamic polarization test in Hank's solution. Immersion test showed that corrosion rate of Mg-4Zn-0.5Ca-0.6Mn alloy was the lowest rate and addition of 1.0 wt% Sn accelerated corrosion rate due to micro-galvanic effect in α-Mg/CaMgSn phases interface. And corrosion potential (Ecorr) of Mg-4Zn-0.5Ca-0.6Mn alloy was the most noble among Mg-4Zn-0.5Ca-X alloys. The effect of Mn addition on grain refinement of a biodegradable as-cast Mg alloy, Mg-4Zn-0.5Ca-xMn (x = 0, 0.4, or 0.8 wt%), was investigated by analyzing its solidification behavior and microstructure. The solidification cooling curves and results of differential scanning calorimetry analysis revealed that the degree of supercooling of the as-cast alloy increased with the addition of Mn. The accumulation of solute elements (Zn and Ca) in the final solidification zone after the addition of Mn was analyzed quantitatively using a field-emission electron probe microanalyzer and scanning electron microscopy combined with energy-dispersive X-ray spectroscopy. The grain sizes of the Mg-4Zn-0.5Ca, Mg-4Zne0.5Ca-0.4Mn, and Mge4Zne0.5Cae0.8Mn alloys, determined from their electron backscatter diffraction grain maps, were 124, 72, and 46 mm, respectively. These results indicate that adding Mn to the alloy Mg-4Zn-0.5Ca causes gradual grain refinement, which is related to undercooling. The corrosion properties of biodegradable Mg–4Zn–0.5Ca–xMn alloys (x = 0, 0.4, 0.8 wt.%) in Hank's solution were investigated. According to the electrochemical measurements, the corrosion resistance of the alloys was effectively improved by Mn addition. In addition, the analysis of corroded surface with high resolution transmission electron microscopy (HR-TEM) and time of flight secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS) revealed that the depth of the corrosion product was decreased by Mn addition. It was observed that the microstructural changes had little effect on corrosion properties and Mn oxide film acts as a helpful barrier against chloride ions penetration.

금속역사
Room 603, 4월 27일

[역사1-1 | 13:30]
금동아미타삼존불상의 제작 기술: *박학수 ; *국립중앙박물관.*
Keywords: Buddhist statue, bronze, gold leaf, textile, ancient

국립중앙박물관이 소장하고 있는 금동아미타삼존불상(3점)의 금속학적 조사를 통해 그 제작 기술을 규명하고자 하였다. 이를 위하여 삼존불의 성분과 미세조직, 도금층과 직물의 형상 등을 조사, 분석하였으며, 이를 토대로 삼존불 사이의 연관성을 검토할 수 있는 자료를 제공하고자 하였다. 세 불상의 성분은 바탕금속이 Cu-Sn-Pb 삼원계 청동 합금으로 세 불상이 큰 차이가 존재하지 않았다. 또한 금속에 존재하는 비금속 개재물의 성분이 세 불상 모두 동일한 양상을 보여서 같은 계통의 원료를 사용하여 제작한 것을 알 수 있었다. 그러나 보수 부위는 이와는 다른 계통을 사용하였다. 도금층은 금박과 옻칠을 이용한 칠박도금이었으며, 금박을 여러 번 겹쳐서 만들었다. 그리고 아래층의 도금층이 사라지거나 들뜨게 되어 한 차례 개금을 한 상태로, 도금층의 형상은 동일하다. 그러나 도금에 사용된 금박의 성분은 좌불과 입상의 아래, 위층이 서로 다르다. 바닥판을 덮고 있는 직물은 평직으로 모두 마 섬유로 판단되는데, 직물로 좌불과 입상의 직접적인 연관성을 찾기는 어렵다.

[역사1-2 | 13:45]
보물 제337호 청양 장곡사 금동약사여래좌상의 과학적 분석을 통한 제작기법연구: *배고운, 이상옥, 정광용[1] ; *한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과.[1] 한국전통문화대학교 문화재보존과학과.*
Keywords: 고려시대, 불상, 제작기법, 성분분석, 산지추정

본 연구에서는 보물 제337호 청양 장곡사 금동약사여래좌상을 대상으로 표면관찰, 성분분석 및 원료산지추정 등의 다각적인 과학적 분석을 실시하여 고려시대 금동불상 제작에 사용된 재료학적 특징을 확인하고 응용된 제작기술체계를 규명하고자 하였다. P-XRF(DELTA, Olympus Innov-X System)를 이용하여 불상의 개금층과 안료층의 비파괴 성분분석결과 개금층 대부분에서는 구리, 주석, 납, 금이 주성분으로 검출되었으며, 조성비는 각 분석위치의 개금 두께 등에 따라 다르게 나타나는 것으로 판단된다. 나발의 경우 지르코늄이 검출되어 산화지르코늄인 유사다이아몬드인 것을 알 수 있으며, 일부분을 제외한 분석결과에서 아연이 검출된 것으로 보아 불상의 개금 시 아연이 사용된 것으로 추정된다. 불상의 얼굴에 사용된 안료층 성분분석결과 눈동자에서는 수은이 검출되어 진사가 사용된 것으로 추정되고, 입술 부위에서는 크롬이 상대적으로 높게 검출되어 크롬레드를 사용하였을 가능성이 있다. 불상에서 수습된 극미량의 시료를 대상으로 금속현미경관찰을 통해 미세조직 관찰을 실시하였으며, 유도결합플라즈마분광분석(ICP), 주사전자현미경-에너지분산형분광분석법(SEM-EDS)을 이용한 구성성분의 화학적 조성과 합금비율을 확인하였다. 미세조직 관찰결과 α상 기지에 부분적으로 공석상(α+δ)이 관찰되었으며, 두드림이나 열처리로 인한 조직의 변형이 일어나지 않은 것으로 볼 때 주조 이후에 별도의 공정은 이루어지지 않은 것으로 추정된다. 주성분 분석결과 구리(Cu) 68.8%, 납(Pb) 17.1% 주석(Sn) 10.4%의 삼원합금으로 확인되었으며, 선행연구결과와 비교하였을 때 납의 함량이 높은 중대형 불상의 주성분 조성비와 유사한 것을 확인하였다. 이는 납을 첨가함으로서 경도와 인장강도는 하락하지만 연신율과 절삭성을 높이고 유동성을 증가시키는 역할을 한다. 따라서 납의 함량이 높은 것은 주조시 형틀의 미세한 부분까지 쇳물을 채우게 하기 위함과 기공를 없애고 매끈한 표면을 완성하기 위한 것으로 추정된다. 개재물 성분분석결과 황(S)이 22~25%로 높은 함량을 나타내며, 철(Fe)도 7%로 검출되었다. 이를 통해 불상 제작에 사용된 원광석으로 황동석(CuFeS2) 혹은 반동석(Cu5FeS4)이 사용된 것으로 추정된다. 또한 흑색 개재물에서 검출되는 납(Pb)은 편석으로 납 편석물이 첨가된 것으로 추정되며, 구리(Cu) 또는 주석(Sn)과의 고용도가 낮은 것으로 확인되었다. 이어 열이온화질량분석기(TIMS)를 이용한 납동위원소비 데이터를 한반도 납동위원소 분포도(Korean Peninsula Lead Isotope Database, KOPLID, 2010~2012)에 대입하여 나타낸 결과 207Pb/204Pb vs 206Pb/204Pb, 208Pb/204Pb vs 206Pb/204Pb 그래프에서 Zone 3에 도시되었다. Zone 3은 전라도와 충청도 지역에 해당하는 영남육괴 및 옥천변성대 지역을 말하며, 장곡사의 지리적 위치가 해당 영역에 속하는 것으로 보아 인근 지역에 위치한 광산에서 채취한 원료를 사용하여 제작하였을 가능성이 높은 것으로 추정된다.

[역사1-3 | 14:00]
수중 매장 동합금유물의 혐기성 부식 특성: *김규빈, 정광용[1] ; *국립해양문화재연구소.[1] 한국전통문화대학교 보존과학연구소.*
Keywords: 혐기성, 황산염 환원 박테리아, 탈아연, 황화동, 납화합물

수중 매장 동합금유물은 혐기성 환경에 놓일 때 회흑색 계열의 피막과 다양한 종류의 부식화합물이 표면에 형성되어 있으며, 소지금속의 강도 또한 매우 저하되어 있다. 이러한 부식이 발생되는 원인은 혐기성 환경에만 서식하는 황산염 환원 박테리아의 영향으로 추정되었다. 따라서 서산 비경도 출수 상평통보를 대상으로 혐기성 수중 매장환경에서 형성되는 부식화합물 성분을 규명하고, 이러한 부식화합물들이 형성되는 원인을 밝혀 실제 부식실험에도 적용해 보았다. 서산 비경도 출수 상평통보를 대상으로 미세조직 관찰, 원소 mapping, 층위별 주성분 분석, 부식화합물 동정을 실시하였다. 그 결과 표면의 고착물은 침상형·육면체형·팔면체형의 부식화합물 종류가 육안상으로 확인되며, EDS 분석을 통해 Pb, Cu, S 등의 원소를 검출하였다. 원소 mapping을 통해 고착물 부위엔 Cu-S로 이루어진 뚜렷한 층이 확인되며, 고착물과 소지금속 간의 이격이 형성됨을 확인하였다. EDS로 층위별 주성분을 분석한 결과 Cu-S층의 원소 비율로 미루어 Cu:S=2:1의 몰비를 추정하고, Zn의 대부분이 제거됨을 확인하였다. XRD로 동정된 부식화합물의 결정구조는 고착물은 $PbCO_3$, 소지금속은 대부분 $Cu_{1.96}S$이다. 따라서 수중 매장된 동합금유물의 혐기성 부식 특성은 탈아연, 황화동, 납화합

물 세 가지로 요약할 수 있다. 탈아연 과정에서 재석출된 Cu가 황산염 환원 박테리아가 환원시킨 황 이온과 결합하여 황화동(Cu_2S)을 형성하였으며, 출수 이후 육상의 공기가 유물의 납 편석과 접촉하여 $PbCO_3$를 형성하였다. 혐기성 부식실험의 경우 부식시간이 짧았고 전자공여체의 투여량이 부족하여 부식이 충분히 되지 않았다는 한계가 있다. 그러므로 위 사항들을 보완한 추가 실험의 진행이 필요하며, 혐기성 부식과정에서 형성된 chalcocite (Cu_2S)의 부식인자 차단 여부도 실험을 통해 알아볼 필요가 있다.

[역사2-1 | 14:25]

양양 철광석을 이용한 제련 실험 및 제철 부산물의 과학적 분석: *정재웅, 한정욱[1], 조남철 ; *공주대학교 문화재보존과학과. [1]정강원.*

Keywords: 전통제철, 양양 철광석, 조재제, 제련로, 철 회수율

국내의 제철유적과 고문헌 조사를 기반으로 제련로를 설계하고, 전통 제철 방법에 현대적 기술을 일부 응용한 재현실험을 수행하였다. 재현실험을 통해 철광석에서 일정량의 철괴(鐵塊, Iron ingot)를 생산할 수 있는 프로세스를 기록하여 정량화하고, 제철 부산물을 과학적으로 분석하였다. 제련로는 고대 제철유적 발굴보고서와 고문헌 및 민화자료를 토대로 높이 1 m 이상, 내경 30 cm, 노벽 두께 30~40 cm, 송풍구 지름 5 cm의 원통형으로 제작하였다. 제련공정은 강원도 양양지역의 철광석(㈜대한광물) 및 조재제(CaO) 혼합물과 소나무 목탄을 원료로 하여 10~15분 당 1회씩 총 60여 회를 장입하였고, 슬래그는 1~2시간 당 1회씩 배출하였다. 위와 같은 방법으로 송풍구 위치, 철광석과 조재제 함유량(철광석 100%, 7:3, 9:1 비율)을 달리하여 총 3회에 걸쳐 제련실험을 수행하였으며 제련 과정 중 송풍량, 원료 투입량 및 투입횟수, 노내온도 등을 기록하였다. 또한, 재현실험 후 생산된 슬래그 및 철괴를 수습하여 금속현미경과 SEM으로 미세조직을 관찰하고 EDS로 특정 미세조직의 성분을 분석하였으며, 슬래그와 투입원료의 XRD 분석결과를 비교하였다. 분석결과 세 차례의 실험에서 생성된 슬래그는 유출 순서에 따른 경향 차이가 없었으며 슬래그의 주요 화합물은 Fayalite와 Magnetite로 분석되었고, 슬래그의 미세조직은 회색 장주상의 Fayalite 바탕 위에 견상의 Wüstite가 확인되었다. 또한, 양양 철광석의 함철량은 55.87 wt%였으며 원료의 혼합비율에 따라 함철량이 줄어드나, 세 차례의 실험에서 15% 내·외의 일정한 양의 철을 회수할 수 있었다. 본 연구는 한국연구재단 '전통문화연구개발사업(과제번호 : 2015M3C1B5075669)'의 지원을 받아 수행하였습니다.

[역사2-2 | 14:40]

인제 부평리 유적 출토 슬래그의 재료학적 특성: *배채린, 조남철, 차재동[1] ; *공주대학교 문화재보존과학과. [1](재)국강고고학연구소.*

Keywords: 슬래그, 주조유적, 인회석

인제 부평지구 하천환경 정비사업 4-2지구에서 출토된 제철 부산물 중 슬래그 5점에 대해 분석하고 제철관련 정보를 파악하였다. 분석시료는 3호노에서 수습된 슬래그 1점, 폐기장에서 수습된 슬래그 4점이다. 주성분은 WD-XRF로 분석하였으며 미세조직을 관찰하기 위해 금속현미경과 SEM을 이용하였고 미세조직의 화학조성은 SEM-EDS로 분석하였다. 슬래그 내에 함유된 TiO_2와 V_2O_5의 존재여부와 양에 따라 원료를 판단할 수 있는데, 분석결과 인제 부평지구 출토 슬래그의 경우 TiO_2가 1% 미만이었으며 V_2O_5는 검출되지 않은 것으로 보아 철광석을 이용하여 생산하였을 가능성이 높다. 3호노에서 수습된 슬래그는 높은 FeO함량과 함께 P_2O_5가 검출되었고, 폐기장에서 수습된 슬래그 중 일부는 인회석의 성분인 인화철이 검출되었다. 전반적으로 P의 함량이 높게 검출되는 것은 조재제로서 인회석을 다량 첨가하여 나타난 현상으로 보인다. 모든 시료가 비교적 높은 조재량을 보이므로 철과 슬래그의 분리가 원활하게 이루어지고 철의 회수율이 높으며 생산성이 뛰어나 주조관련 제철유적과 연관이 있을 것으로 보여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. *본 연구는 한국연구재단 '보호연구지원사업(과제번호 2016R1D1A2B03936071)'의 지원으로 수행하였습니다.

[역사2-3 | 14:55]

일제강점기 광양지역 항일의병의 철 생산 프로세스 분석: *김민재, 정광용[1] ; *국립나주문화재연구소. [1]한국전통문화대학교 보존과학과.*

Keywords: 제철, 철재, 야철로, 항일의병

19세기 후반, 일본제국주의에 의한 침략으로 인해 국권이 침탈됨에 따라 이에 반발한 민초는 전국 각지에서 항일의병활동을 전개하였다. 의병활동이 가장 활발했던 시기는 1907년~1911년으로, 이 시기에 의병활동에 참여한 의병 수는 약 14만 명에 이르며, 1908년~1909년 당시 의병활동에 참여한 의병 수(25→47.2%)와 일제군경과의 교전횟수(24.7→60%)를 통해 전라도 지역이 전국에서 가장 왕성한 의병활동이 진행되었음을 알 수 있다. 본 연구의 대상인 생쇠골 야철로는 전남 광양시 백운산 억불봉 일원에 위치해 있으며, 1908년 8월 일제에 대항하고자 백운산에서 거병했던 황병학 의병장(黃炳學, 1876~1931)이 무기를 만들기 위해 야철로를 세운 것으로 밝혀진바 있다. 1999년 순천대학교박물관 조사단의 광양지역 호국항쟁유적지 조사 중에 야철로의 위치가 최초로 확인된 이래, 문헌기록을 바탕으로 20세기 초 이 일대에서 활동하던 황병학 의병장과 산포수, 의병들을 중심으로 공정이 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 이에 현지조사를 실시하고, 야철로와 노 주변에서 노벽 및 철재시료들을 수습하였다. 선별된 시료는 화학조성과 미세조직 분석을 통해 20세기 초 광양지역에서 활동한 항일의병을 중심으로 수행된 근대시기의 철 생산 기술체계를 파악하고자 하였다. 화학조성 분석결과, 광양 생쇠골 야철로에서 수습된 시료들의 전철량은 대체적으로 38~50% 정도로, 고대 제철에서 확인되는 철의 회수율과 비슷한 것을 알 수 있었다. 철광석 시료들의 함철량은 49~61% 정도로 고품위 광을 사용했던 것으로 보인다. 보통 옛 제철에서 흔히 확인되는 조재량의 범위는 17~40%인데, 광양 생쇠골 야철로 철재들 중 유리질 철재를 제외한 제련재의 조재량은 38~50% 정도로 높게 나타났지만, 조재량의 주성분 중 CaO의 양이 0.73~4.62%에 불과해 의도적으로 석회물질을 넣어 가열한 것이 아닌 노 축조에 사용된 점토가 영향이 미친 것으로 추정된다. 노벽과 노바닥 시료들의 염기도는 0.03~0.05로 산출되어 내화재의 염기성 성분들의 수치가 모두 산성 성분들의 수치에 비해 현저히 낮은 것을 알 수 있었다. 주성분 분석결과와 EDS분석결과에서 CaO의 함량보다 Al_2O_3의 함량이 더 높게 나타남에 따라 FAS상태도에 제련재의 주성분 함량을 대입하여 용융최저 온도를 산출하였다. 산출결과 용융최저온도는 1100~1450°C로 나타났으며, 화합물 분석결과 Cristobalite, Hercynite, Mullite와 같은 고온지시 광물이 검

출되어 최저 1100°C이상의 온도에서 조업이 이루어진 것을 추정해볼 수 있었다. 시료들의 미세조직은 주로 Magnetite, Fayalite, Wüstite가 관찰됨에 따라 제철공정과 관련된 조직임을 확인할 수 있었다. 일부 환원된 철은 저온환원법으로 생산된 다공질의 괴련철로 보이며, 철광석시료의 경우 조직 내 다수의 크랙이 관찰되어 철광석을 파쇄해 단면적을 높이고 불순물을 효과적으로 제거하기 위한 배소공정이 이루어진 것으로 보인다. 광양 생쇠골 야철로는 당시 일제강점기라는 사회적 배경으로 인해 열악한 환경 속에서 대량생산체계를 갖추지 못하고 자급자족을 위한 소규모 작업이 단기간에 이루어진 것으로 보인다. 현지답사를 통한 조업환경조사와 과학적 분석결과를 토대로 본 유적에서 저온환원법를 바탕으로 한 제철공정이 수행된 것으로 추정해 볼 수 있었지만, 주변에 철기제작에 관련되는 시설이나 부산물이 확인되지 않아 추가적인 조사를 통해 철기 생산체계에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

여성세션
Room 603, 4월 27일

[여성1-1 | 15:30-15:40]
WISET **소개 및 여성위 활동**: 임혜인 ; *숙명여자대학교/여성발전특별분과위원장.*

[여성1-2 | 15:40-17:40]
성별특성인식 이해 기반 리더십: 장병휘 ; *한국능률협회.*
Keywords: Gender, 성별특성, 조직문화
조직문화 관점에서 여성들이 처하게 되는 건강하지 않은 상황들
한국기업의 개선이 시급한 부분들
조직 내에서의 여성에 대한 인식 수준
여성들이 이야기한 성별 특성
여성과학기술인연구개발인력 현황과 추이
리더십에 있어서 여성들의 강점과 활용

마그네슘 심포지엄
Room 604, 4월 27일

[마그네슘1-1 | 09:00] 초청강연

High Performance Non-flammable Magnesium Alloys for Wrought Applications: Overcoming Fundamental Limitations: *Young Min Kim, Bong Sun You ; *KIMS.*

As magnesium alloys have the lowest density among structural metals, they have been always considered as the primary candidate for weight reduction in the fields of automobile, aerospace, electronics industry, etc. However, the poor resistance against ignition and corrosion and considerable high cost compared to competitive metals such as steels and aluminum alloys make believe magnesium is an unsafe, unreliable and expensive metal. Many efforts have been made especially into the development of new alloys and processes to control of a fundamental nature of magnesium. Recently new non-flammable magnesium alloys with high reliability and safety and excellent performance have been developed at the Korea Institute of Materials Science, Republic of Korea, and they are considered to be applied to the body and interior parts of city trains and high-speed trains as well as automotive components and electronic devices. They don't have to contain a harmful Be element for preventing the oxidation of magnesium and can be produced through environmental-friendly processes without the use of SF6 gas. It has been confirmed that in combination with calcium, the selective addition of only small amount (approximately 0.2wt.%) of rare earth with relatively high solubility limit in ?-Mg matrix led to significant increase in ignition temperature and corrosion resistance. Recently, mass production of ingots of the non-flammable magnesium alloys becomes possible. In addition, the development of new classes of non-flammable wrought magnesium alloys with high workability and superior mechanical properties is in progress. They can be successfully produced by the high speed extrusion process and the twin-roll strip casting and subsequent rolling process. High strength non-flammable magnesium alloys with strength more than 400 MPa for the application of aircraft cabin can be also produced by the extrusion process under the conditions of low temperature and low extrusion speed.

[마그네슘1-2 | 09:25] 초청강연

고열전도도 주조용 마그네슘 합금 개발: *외현규, 오건영, 김영균, 윤영옥, 김세광 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Magnesium alloys, High thermal conductivity, Castability, Mg-Zn alloy system, Mg-Al alloy system

최근 전기 자동차의 발전으로 파워트레인이 점점 전기화가 됨에 따라 전기구동시스템의 수요도 점점 증가하고 있으며, 차량용 전기구동시스템의 소형화, 고출력화, 고효율화가 지속적으로 요구되고 있기 때문에 전기구동시스템을 열적인 측면에서 보다 안정적으로 운용하기 위해서는 효과적인 고열전도도 소재 개발이 필요로 하고 있다. 현재 열전도도가 우수한 알루미늄 합금이 사용되고 있으나, 고효율 연비를 위한 자동차 부품의 경량화가 요구됨에 따라 가벼우면서도 열전도도가 우수한 마그네슘 합금을 개발할 필요성이 증가하고 있다. 가장 널리 사용되고 있는 주조용 마그네슘 합금은 AZ91로서 우수한 주조성 및 기계적 특성을 보이고 있으나, 열전도도가 약 60 W/m·K 이하로 알루미늄 다이캐스팅 합금인 ALDC12(A383)의 열전도도 (100 W/m·K 이하)보다 낮다. 따라서 본 연구에서는 고열전도도 주조용 마그네슘 합금을 개발하고자 하였으며, 이를 위해 Mg-Zn계 합금과 Mg-Al계 합금에 대해서 연구를 진행하였다. 개발된 합금들은 ALDC12 합금과 동등 수준 이상의 열전도도를 가짐을 확인하였으며, 각 합금계에서 첨가원소의 영향에 대해서 고찰하였다. 본 연구의 결과는 향후 고열전도도를 필요로 하는 마그네슘 부품 개발에 유용하게 적용될 수 있다.

[마그네슘1-3 | 09:50] 초청강연

마그네슘 합금의 주조 결정립 미세화 기술 및 실용화 연구: *배준호, 김영민, 김하식, 유봉선 ; *재료연구소.*

구조재료 가운데 가장 가벼운 마그네슘합금은 다양한 부품으로 수송기기 및 각종 디지털 기기에서 꾸준히 사용되어 왔다. 최근 수송 기기에 대한 강화된 환경규제와 연비 향상에 대한 소비자의 인식변화에 의해 더욱 관심이 높아지고 있으며 내연기관에서 전기차로 동력시스템의 페러다임이 바뀌고 있는 미래자동차에서도 효율과 성능에 유리한 차체 경량화의 중요한 이슈로 주목받고 있다. 수십 년간 많은 연구를 통해 마그네슘합금의 특성이 개선되면서 점차 사용량이 증가되었지만 보다 적극적으로 적용 분야를 넓히기 위해서는 높은 강도와 인성 및 내식성과 접합성 등 현장의 다양한 요구 특성을 만족할 수 있는 합금 개발과 제조기술의 향상이 필요하다. 강도와 인성을 동시에 향상시킬 수 있는 결정립 미세화 기술은 압연, 압출, 단조 등 고효율 가공기술의 발달을 통해 마그네슘 가공재의 특성을 크게 향상시켰으며 다양한 분야로 적용범위를 확장시켰다. 하지만 아직까지 마그네슘합금 부품의 상당부분을 차지하는 주조재에서는 고압 다이캐스팅 주조 기술을 제외하면 결정립 미세화기술을 활용하는 경우는 극히 드물며, 특히 AZ91 및 AM50, AM60 등으로 제한된 주조 합금들을 광폭적으로 활용할 수 있는 다양한 주조 기술에 대한 고효율 결정립 미세화기술의 부재가 주조재의 시장 확대에 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 마그네슘합금의 주조 결정립 미세화 기술은 기계적 특성뿐만 아니라 주조과정에서 자주 발생하는 열간균열을 효과적으로 억제할 수 있고 이차상 및 용질 원소를 균일하게 하여 후속 열처리 시간을 단축하고 중간재의 가공성을 향상시키는 등 소재 특성과 공정에 대해 다양한 장점을 가진다. 때문에 응고 속도를 변화시키는 방법 외에 다양한 주조 공정에 적용이 가능한 결정립 미세화 기술에 대해 오랫동안 북미와 유럽 선진국을 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 하지만 지금까지 알려진 많은 결정립 미세화 기술 가운데 Zr 첨가법을 제외한 대부분은 실험실 수준에서 사용되고 있으며 실제 산업 현장에 적용이 가능한 결정립 미세화제 및 미세화 기술은 아직 제한적이다. 본 발표에서는 마그네슘합금 주조재의 대표적인 결정립 미세

화 기술과 이러한 기술들을 저비용 고효율로 산업현장에 적용하기 위한 다양한 실용화 연구에 대해 고찰하였다.

[마그네슘1-4 | 10:15]

고강도 AZ91계 신합금 개발: *박우진, 추동균, 박재신, 김혜정, 오윤석, 권기혁 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Magnesium, AZ91, Mechanical property, Heat treatment, Precipitation

AZ91 합금은 우수한 주조성과 상온강도, 연신율을 나타내어 자동차용 내,외장 부품 및 IT 기기의 케이스 등에 가장 널리 사용되는 합금이다. 이 합금은 열처리가 가능한 합금으로써 주조 중 생성되는 공정(eutectic)상을 용체화 처리 및 시효 처리를 통해 공정상의 분포를 변화시켜 기계적 물성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나, 기존 AZ91 합금의 경우 특성 한계로 인해 수요시장 확대가 제한적이며, 마그네슘 합금의 시장확대를 위해서는 고강도 AZ91 합금과 같은 고품위 마그네슘 신합금 개발이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 고강도 AZ91 합금 개발을 위해 AZ91 합금에 다양한 합금원소를 첨가하고 합금량 및 열처리 조건에 따른 물성 평가를 통해 최적의 합금조성 및 공정조건을 도출하였다. 이를 위해 AZ91 신합금의 합금조성에 따른 상온 압축강도를 측정하여 첨가 함금량을 최적화하고, 다양한 용체화 처리 및 시효경화 처리 조건에 따른 상온 경도 및 인장물성을 측정하였다. 또한, 미세조직 관찰을 통해 개발된 고강도 AZ91 신합금의 강화기구를 규명하고자 하였다.

[마그네슘2-1 | 10:40] 초청강연

마그네슘합금 용접기술 동향: *이목영, 이경황 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Mg alloy, Welding, Dissimilar, Weld performance

디젤 게이트 여파로 인하여 차량경량화에 대한 관심이 고조되고 있는데, 포스코에서 마그네슘합금 광폭판재의 생산 기반이 갖춰지면서 자동차 부품적용이 활발히 진행되고 있다. 2014년 SM7의 Luggage retainer 및 2015년에는 Porsche 911의 Roof에 마그네슘 합금 판재를 적용하였다. 마그네슘합금 판재를 자동차 부품에 적용하기 위해서는 부품조립용접기술이 요구되는데, 마그네슘합금은 증발온도가 낮고, 산화가 쉬우며, 응고균열을 형성하여 용접이 까다로운 소재이다. 본 연구에서는 마그네슘합금에 대한 용접기술의 최근 현황에 대하여 알아보았다. 대상 소재는 일반적으로 사용되는 AZ31 및 E-form 등 신합금이며, 주요 용접공정은 레이저, spot, TIG, MIG 및 FSW 등이다. 또한 알루미늄, 철강 등의 이종접합에 대해서도 간략히 소개한다.

[마그네슘2-2 | 11:05] 초청강연

Gd첨가에 의한 마그네슘 압출재의 미세조직 및 집합조직 변화: *박성혁 ; *경북대학교.*

Keywords: Magnesium alloy; Gd addition; Texture; Precipitation; Tensile properties.

The microstructure and mechanical properties of extruded Mg-xGd binary alloys (x=1, 5, 10, and 15 wt.%) were investigated, and it was found that the grain size, precipitate, texture, and tensile properties of the extruded alloys vary significantly with the Gd content. The size of the recrystallized grains gradually increases with the addition of up to 10 wt.% Gd, but then rapidly decreases in the Mg-15Gd alloy due to the formation of numerous fine Mg5Gd precipitates and their grain boundary pinning effect. With an increase in Gd content, the texture peak orientation is dramatically changed from the to direction, resulting in an extraordinary rare-earth texture with basal poles parallel to the extrusion direction in Mg-15Gd alloy. The tensile strength gradually increases with Gd addition up to 10 wt.% through solid solution strengthening, and then significantly rises with 15 wt.% addition due to the refined grains and abundant precipitates.

[마그네슘2-3 | 11:30] 초청강연

국내 마그네슘 부품제조 및 재활용 업계의 현황: *문병기, 강민철[1], 예대희[1]; *재료연구소(KIMS). [1] 한국마그네슘기술연구조합.*

Keywords: 국내 마그네슘 부품제조 및 재활용 업계의 현황

마그네슘합금은 1990년대 말에 국내 자동차 부품을 시발점으로 하여 양산 부품에 대한 적용이 시작되었으며, 2000년대 들어 자동차 부품뿐 아니라 휴대전화 케이스, 노트북 케이스 등 각종 휴대전자기기의 케이스에 활발하게 사용되었다. 2010년대에 들어서서는 스마트폰 시장이 급격히 확대되면서 스마트폰 브라켓등 전자제품 용도에 대한 사용이 급격히 증가하여 2013년도 기준 2만 3천여 톤의 마그네슘합금이 전자제품에 사용되는 등 최대의 호황기를 구가하였다. 그러나 이후 스마트폰 제조공장의 해외 이전 및 알루미늄 케이스의 사용 증가로 인하여 전자제품에 대한 마그네슘합금의 적용 량은 급격히 감소하는 추세이다. 본 발표에서는 이러한 마그네슘 시장의 변화와 이로 인한 국내 부품 제조 및 재활용 업계의 현황을 조사하여 이를 통한 향후 시장의 전망과 대응 방안을 모색하고자 한다.

[마그네슘2-4 | 11:55]

AZ91D 합금의 기계적 특성 및 파괴거동에 미치는 β-상의 영향: *유기태, 김재연, 변재원 ; *서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: β-상, 불연속 석출물, 연속 석출물, 기계적 특성, 파괴거동

대표적인 상용 마그네슘 합금인 AZ91 마그네슘 합금의 미세구조는 α-Mg 상과 Mg17Al12 조성의 β-상으로 구성되어 있다. AZ91 합금에 시효 열처리를 적용함에 따라 β-상은 불연속 석출물 (discontinuous precipitation)과 연속 석출물 (continuous precipitation)의 두 가지 형태로 석출되며, 그 분율 및 분포는 기계적 특성에 영향을 미치게 된다. 이러한 β-상의 석출 거동과 강화 메커니즘에 대한 많은 연구가 진행 되었음에도, β-상의 정량 미세구조 인자가 기계적 특성 및 파괴거동에 미치는 영향에 대한 이해는 보다 명확한 고찰이 필요 할 것으로 보인다. 이에 따라 본 연구에서는 다양한 조건에서 시효 열처리된 AZ91D 마그네슘 합금에

서 석출된 불연속, 연속 석출물의 분율, 크기 등의 정량화된 미세구조 인자와 기계적 특성 및 파괴특성 사이에 상관관계를 고찰하였다. 시효 시편은 418ºC 에서 24 시간 동안 용체화 처리를 실시한 후, 100-350ºC 의 온도조건과 1–48 시간의 시간조건에서 제조되었다. SEM으로 관찰된 불연속 석출물과 연속 석출물은 각각 면적분율 (%)과 단위 면적당 수(N/mm^2)및 크기의 관점으로 정량화를 하였다. 기계적 특성을 분석하기 위해 미소경도 및 인장실험을 실시하였으며, 인장 시험된 시편의 파단면을 SEM으로 관찰하여 파괴거동을 분석하였다.

[마그네슘2-5 | 12:10]

Fabrication and characterization of AE42 magnesium alloy foam: *홍기철, 박혜지, 최혜림, Kristian mathis[1], 최희만 ; *국민대학교 신소재공학부. [1]Department of Physics of Materials, Charles University.*

Keywords: magnesium alloy, porous material, biodegradable, compressive test

A three-dimensional porous magnesium scaffold with directional pores, fabricated by freeze-casting process, was prepared for use in biomedical applications. Morphological and mechanical characterization of porous magnesium scaffolds with varied porosity was carried out. The microstructure of the porous magnesium scaffolds was characterized by optical and scanning electron microscopy. For mechanical characterization, compressive and acoustic emission tests were performed.

[마그네슘3-1 | 13:30] 초청강연

Mg 소성변형 특성에 미치는 합금원소 영향에 대한 새로운 시각: *이병주 ; *포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: Mg, 슬립, 상온연성, 상온성형성, 분자동력학

상온 연성과 성형성의 향상은 Mg 합금의 산업적 응용성을 넓히기 위한 주요 요인 중의 하나이나, 아직 상온 성형성을 지배하는 주 메커니즘이 알려지지 않은 상태이다. Y 등 희토류 원소를 첨가할 경우 상온 연성과 성형성이 개선되었다는 보고가 있지만, 현상에 대한 지배기구가 알려지지 않음으로해서, 전략 원소인 희토류를 대체하는 상용원소를 찾는데 어려움을 겪고 있다. 본 강연에서는, 분자동력학 시뮬레이션을 통해, Y 첨가로 상온 연성이 개선되는 이유를 제시한다. 또한, 연성이나 성형성 향상과는 거리가 먼 합금원소인 Al과 이들을 향상시킨다고 보고된 Y이, Mg 소성변형 거동에 어떤 공통의 효과를 보일 수 있고 어떻게 다른 영향을 미쳐왔는지를 설명한다. 아울러 모든 합금 원소들이 Mg 상온 연성을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 이를 활용하기 위해서는 어떤 요인이 중요한 것인지를, 시뮬레이션 결과 분석을 통해 제시하고 실험적으로 증명해 보일 것이다.

[마그네슘3-2 | 13:55] 초청강연

Erichsen 시험 시 AZ31 및 E-form Mg합금의 변형 및 파괴거동에 관한 연구: *최시훈, Jaiveer singh, 김민성 ; *순천대학교 대학원 인쇄전자공학과.*

Keywords: Mg alloys, Erichsen test, Fracture, Deformation twins, CPFEM

Deformation and fracture behaviors of AZ31 and E-form magnesium (Mg) alloys sheets were investigated during Erichsen test. Formability of AZ31 and E-form Mg alloys was discussed in terms of Erichsen index (IE) and tests were conducted at room temperature (RT) using conventional Erichsen tester. The role of difference in initial textures and grain sizes in AZ31 and E-form Mg alloys sheets was investigated to understand the deformation and fracture mechanisms in Mg alloys during Erichsen test. The evolution of the microstructure and microtexture of the deformed Mg alloys was analyzed via an electron back-scattered diffraction (EBSD) technique. Crystal plasticity FEM (CPFEM) was used to predict the crack initiation sites in Mg alloys during Erichen test. EBSD analysis revealed that deformation twins along with shear localization by dislocation slip were the main deformation mechanisms during Erichsen test. The effects that deformation twinning had on the crack initiation and propagation sites in AZ31 and E-form Mg alloys were also analyzed. A resolved shear stress (RSS) criterion, which is based on the Schmid tensor, was used to analyze the activation of twin variants in rolled AZ31 and E-form Mg alloys. E-form Mg alloys with a weaker texture show higher IE compared to AZ31 alloy with a stronger basal texture.

[마그네슘3-3 | 14:20]

Effect of Alloying Element on Deformation Behavior of Binary Magnesium Alloys: *Ji Hyun Hwang, Byeong-Chan Suh[1], Jae H. Kim, B.J. Lee, Jaimyun Jung, H.S. Kim, Nack J. Kim ; *Pohang University of Science and Engineering. [1]National Institute for Materials Science.*

Keywords: Mg alloys; Alloying effect; Deformation behavior

As the lightest of structural alloys, Mg alloys offer significant potential for weight reduction, but have yet to see significant application in automobiles, particularly in sheet form. One of the major drawbacks preventing such application is their poor formability at room temperature, originating from their strong basal texture and limited number of slip systems. Therefore, numerous studies have been conducted to improve the formability of Mg alloys by alloy modification and weakening/randomizing the texture. Although the effect of alloying elements on the modification of texture is relatively well understood, the intrinsic effect of alloying elements on deformation behavior of Mg alloys is not clearly understood yet. The present work is aimed at having a better understanding of the effect of alloying elements on deformation behavior of Mg alloys. Among various elements utilized in Mg alloys, four representative alloying elements have been chosen; Al and Zn that are most commonly used alloying elements in Mg

alloys, Sn that is known to increase ductility and promote significant precipitation hardening in Mg alloys, and Y that represents rare earth elements used in numerous Mg alloys. The binary alloys containing these elements have been cast and subjected to various thermomechanical treatment to have the similar grain size. Their deformation behavior has been analyzed by in-situ tensile test with EBSD, and the result has been compared with the VPSC simulation analysis to identify the role of each alloying element in the deformation behavior.

[마그네슘3-4 | 14:35]

원자단위 전산모사를 통한 Mg-Zn 합금의 slip 및 grain boundary segregation 거동 해석: *장효선, 김경민, 정승필, 이병주 ; *포항공과대학교 신소재공학과*

Keywords: Magnesium alloys, Zinc, Slip, Grain boundary segregation, Molecular dynamics

Zn은 AZ31, ZX31 등의 상용 Mg 합금에 첨가되는 대표적인 원소로, 단독으로 사용되었을 때의 연구는 주로 생체재료로서의 활용에 치중되어 구조재료로서의 상온 성형성 특성에 대한 연구는 상대적으로 덜 수행되었다. 그러나 차세대 경량 구조용 재료로 주목받는 Mg합금의 상온 성형성 특성을 좀 더 정확히 분석하기 위해서는 Zn 단독 첨가시의 상온 성형성 특성에 대한 연구가 수행되어야 한다. Zn 첨가 시 Mg 합금의 상온 성형성에 대한 실험 결과를 살펴보면, Zn가 소량 첨가되어 solid solution을 형성하는 경우 상온에서 pure Mg 대비 연성 및 강도는 향상되나 강화된 basal texture으로 인하여 상온 성형성이 감소한다는 현상이 보고된 바 있다. 위 현상의 mechanism 규명을 위해 실험을 통한 조성 별 Basal, Prismatic slip 및 Tension twin의 critical resolved shear stress(CRSS) 조사 및 제1원리를 통한 Zn 의 segregation 거동 해석 등 다양한 연구가 수행되었다. 그러나 이런 노력에도 불구하고 위 현상을 설명할 수 있는 근본 mechanism이 나오지 않은 상태이다. 본 연구에서는 그 새로운 연구 접근 방법으로서 원자단위 (분자동력학, Monte Carlo) 시뮬레이션을 제시한다. 합금 원소가 모재 내에서 작동하는 메커니즘은 근원적으로 원자 scale에서 설명할 수 있기 때문에, 원자간 potential에 기초한 시뮬레이션 연구는 Zn가 Mg합금의 상온 연성 향상 및 성형성 약화에 끼치는 영향에 대한 근원적인 메커니즘에 대한 분석 방법으로 적절하다. 따라서 원자단위 시뮬레이션을 사용하여 slip system별 dislocation simulation을 통해 Zn 첨가량에 따른 basal, prismatic, pyramidal slip의 CRSS 변화를 계산하여 Zn solute의 상온 연성 향상 mechanism을 제안하고자 한다. 또한, Mg의 grain boundary 및 twin boundary에서의 Zn solute의 segregation 거동 해석을 통하여 Zn 첨가 시 Basal texture 강화로 인한 상온 성형성 약화현상의 근본 mechanism을 제안하고자 한다.

[마그네슘3-5 | 14:50]

Study on the electric current-induced dissolution in magnesium alloy during plastic deformation: *Hye-Jin Jeong, Moon-Jo Kim[1], Ju-Won Park, Chang Dong Yim[2], Jae Joong Kim[3], Oh Duck Kwon[3], Phaniraj P. Madakashira, Heung Nam Han ; *Seoul National University. [1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Korea Institute of Materials Science (KIMS). [3]POSCO.*

Keywords: AZ91 magnesium alloy, $Mg_{17}Al_{12}$, Dissolution, Electroplasticity

Recently, an important issue in automotive industry has been to improve fuel efficiency. Using of lightweight materials such as magnesium and aluminum alloys is one way to satisfy this requirement. Among them, AZ91 (Mg-9Al-1Zn) is one of the most popular magnesium alloys because it has excellent properties such as low density, high specific strength, and high corrosion resistance, etc. However, it is known that there are a lot of $Mg_{17}Al_{12}$ phases in as-extruded AZ91 magnesium alloy, resulting in low formability by cracking of brittle $Mg_{17}Al_{12}$ phases during plastic deformation. Electrically-assisted forming is an emerging technique to overcome them, in which the mechanical property of a metal can be improved by applying electric current during deformation. It is known that applying electric current through a metal can generally enhance plastic deformation (often called 'electroplasticity') by reducing flow stress and increasing ductility. However, the underlying material mechanism associated with electroplasticity remains unclear. Only a few studies have focused on the microstructural observation in regards to the combined electrical and mechanical loading to figure out the mechanism of electroplasticity. In the present study, the effect of electric current on the mechanical behavior of AZ91 magnesium alloy was investigated in a microstructural perspective. The tensile test was carried out under periodically pulsed electric current. In order to identify the thermal effect due to the joule heating, the temperature of specimen was measured by infra-red thermal imaging camera during puled tensile test. A comparative analysis of microstructure between non-pulsed tension and pulsed tension was conducted using scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS), and electron backscatter diffraction (EBSD). Based on these results, the electric current- induced dissolution effect during plastic deformation was then discussed.

[마그네슘4-1 | 15:15] 초청강연

Microgalvanic Corrosion 억제를 통한 내발화성 마그네슘 합금의 내식성 향상: 백수민, *박성수, 하헌영[1], 임창동[1], 유봉선[1] ; *울산과학기술원. [1]재료연구소.*

Keywords:

Recently, it has been shown that Ca- and Y-containing Mg alloys exhibit much better ignition resistance than conventional Mg alloys in the molten state, allowing the potential for the development of new Mg alloys which do not require the use of environmentally-undesirable SF6 gas. Thus far, however, there are few reports on the corrosion properties of such ignition-resistant Mg alloys, although their corrosion resistance should be necessarily verified prior to industrial applications. In the present study, the microstructure and corrosion properties of extruded AZ61-Ca-Y alloys will be investigated with a particular emphasis on the effect of alloying elements on

microgalvanic corrosion.

[마그네슘4-2 | 15:40] 초청강연

Surface Treatments of Magnesium Alloys: *문성모, Nguyen Van Phoung, Basit Raza Fazal[1], 김예진 ; *재료연구소(KIMS). [1]UST.*

Keywords: surface treatment, chemical conversion coating, anodic oxide, electrodeposition

In this presentation, three different surface treatments of Mg alloys are briefly presented: (i) chemical conversion coating, (ii) plasma electrolytic oxidation coating, (iii) electrodeposition. Chemical conversion coatings together with electro-paint (E-paint) were tested in view of the effect of the type of conversion coatings : phosphate type, cerium oxide type, and fluoride type. Plasma electrolytic oxidation (PEO) coatings are prepared on AZ31 Mg alloy with different electrolyte compositions and different forms of applied anodic current. Sealing treatments of the PEO coatings were conducted to improve their corrosion resistances, and the sealed PEO films showed excellent corrosion resistance without corrosion for 1000 salt spray test. PEO films were formed only when oxide forming anions, such as PO_4^{3-}, SiO_3^{2-}, F^-, CO_3^{2-} and AlO_2^-, are present together with OH^- ions in the solution. OH^- ions appeared to affect not only oxide forming but also dielectric breakdown of anodic oxide films. Electrodeposition of copper on AZ31 and AZ91 Mg alloys were successfully in copper pyrophosphate bath by introducing activation and zincating treatments.

[마그네슘4-3 | 16:05]

Ca과 Y 복합 첨가가 AZ91 마그네슘합금 다이캐스팅재의 부식거동에 미치는 영향: *Sang Kyu Woo, Carsten Blawert[1], Sang Bong Yi[1], Chang Dong Yim[2], Young Min Kim[2], Bong Sun You[2], Nico Scharnagl[1], Kiryl Yasakau[3]; *UST. [1]HZG. [2]UST/KIMS. [3]CICECO.*

Keywords: Corrosion behavior, AZ91D, Calcium, Yttrium, Micro-galvanic

마그네슘합금은 차세대 경량 구조용 재료로서 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고, 상대적으로 높은 산소와의 반응성으로 인해 주조 과정에서의 발화 위험성 및 사용 중 부식에 의한 손상 가능성이 높아 실제 사용 분야에서의 제한이 있어 왔다. 최근 연구결과에 따르면, 상용 AZ91 마그네슘합금에 Ca과 Y을 복합 첨가함으로써 마그네슘합금의 발화저항성을 크게 향상시키고 동시에 충분한 기계적 특성을 확보할 수 있어 마그네슘합금의 적용분야 확대에 대한 기대가 높아지고 있다. 또한 Ca과 Y을 복합 첨가한 마그네슘합금의 경우에는 기존의 상용합금에 비해서 매우 우수한 내식성을 나타내는 것으로 알려져 있어 마그네슘합금의 또 하나의 장애물로 여겨졌던 부식 문제 또한 해결할 수 있을 것으로 기대를 받고 있다. 본 연구에서는 침지시험 및 염수분무시험을 통해 상용 AZ91D 합금 및 Ca과 Y을 복합 첨가한 AZ91D 합금 다이캐스팅재의 내식성을 평가하고 내식성의 차이가 발생하는 원인을 규명하기 위해 미세조직 분석 및 다양한 전기화학적 분석을 수행하였다. Ca과 Y을 복합 첨가한 AZ91D 합금의 경우 Ca과 Y의 첨가에 의해 Fe와 같은 불순물의 악영향이 감소되어 내식성이 향상된다. 또한, Ca과 Y이 포함된 이차상의 형성으로 인해 이차상과 기지간의 부식 전위의 차이가 감소함에 따라 미세 갈바닉 부식이 억제됨으로써 내식성이 향상된다.

[마그네슘4-4 | 16:20]

Electrochemical Behavior of Sn-containing ZK60 Magnesium Alloys for Biodegradable Implants: *아마드, 이광민 ; *전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Magnesium, Biodegradable Implants, EIS, Hydrogen Evolution, Potentiodynamic

Many researchers demonstrated the feasibility of ZK60 as a good candidate for biodegradable implants. However, the rapid degradation rate in the early stage lower the mechanical properties of the alloy. Many researchers demonstrated the Sn-induced passivated layer formed on the surface of Mg-based alloys which could control the anodic reaction and inhibit hydrogen gas evolution. In this research, corrosion behavior of as-cast ZK60 and ZK60-xSn (x = 1, 3, 5) alloys were investigated, and the passivated surface of the both alloys were examined. The corrosion of the ZK60-based alloys investigated through a potentiodynamic polarization test, electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and a hydrogen evolution measurement test. Potentiodynamic polarization tests confirmed that anodic current density was slightly suppressed in ZK60-1Sn alloy. Time-based monitoring on potentiodynamic polarization tests revealed that the passive layer slowly formed on the surface of ZK60 alloy. While on ZK60-5Sn alloy, the passivated layer identified at 15 minutes following the immersion of the alloy. The EIS spectra of ZK60 and ZK60-xSn alloys shows a capacitive loop in the high frequency region, a capacitive loop in the medium frequency region and an inductive loop in the low frequency region, suggesting the contribution of three time constants. The change in Rct and CPE1 measured as a function of immersion time reveals that ZK60-5Sn alloy offers a higher corrosion resistance than ZK60 alloy. Immersion test in a Tas-SBF solution revealed that the corrosion rate of the ZK60 alloy was significantly faster than those of ZK60-5Sn alloy. Hydrogen gas generated from the test demonstrates a clear graph where the addition of Sn to the alloy was significant in the formation of a strong and solid passivated layer on the surface of the alloy. The results of this study suggest that the addition of Sn into ZK60 alloy significantly improve its corrosion resistance.

New-Horizon 심포지엄: 극한환경재료 심포지엄
Room 605, 4월 27일

[환경1-1 | 09:00] 초청강연

Liquid-liquid transition in Ti: *이병찬, 이근우[1] ; *경희대학교. [1]한국표준과학연구원.*

Keywords: Liquid Ti, first principles calculations, transition, local order

We present the liquid-liquid transition in Ti at high temperature from first principles calculations. The local order is examined from the ambient pressure to over 80 GPa, and increasing pressure induces the change in the local order maintaining the liquid phase. The liquid-liquid transition has been reported in various materials systems with a negative melting slope or the V-shape in the melting curve, and in particular, associated with sp-bands or f-bands. We report the transition in a transition metal with d-bands, where the melting slope remains positive. The origin of the transition is explained with the s-d transition in the valence-electron configuration due to pressure. The results are explained with the viscosity of liquid Ti. A further study may help better understand the details on the local order and generalize the trend in other transition metals across the periodic table.

[환경1-2 | 09:25]

Tensile Flow Behaviors of Alloy 625 at Different Strain rate at High Temperature: *Seul Bi Lee, Hanjong Kim, Hi-Won Jeong[1], Seonghun Park, Yoon Suk Choi ; *Pusan National University. [1]Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Tensile test; Serration; Alloy 625; Electron Microscopy; Microstructure

Alloy 625 has been among the most successful nickel-base superalloy for a long time engineering applications due to its high temperature strength, corrosion resistance in variety of environments, excellent fabricability and weldability. Alloy 625 has been used for a variety of components in extreme environments such as aerospace, aeronautic, chemical, and nuclear industries. To ensure a reliability of the Alloy 625 exposed to the extreme surrounding conditions, hot deformation behavior is need to be investigated. In present study, a tensile deformation behavior of Alloy 625 was investigated at different strain rates (6.7×10^{-6} s^{-1}, 4.7×10^{-5} s^{-1} and 6.7×10^{-4} s^{-1}) at 1,000K. Tensile flow curves exhibited rapid work hardening followed by work softening at different strain rates. Such flow curves also showed different types of serrated flow patterns, depending on the strain rate. An electron microscopy including the electron backscattered diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM) was used to understand the microstructure-related deformation mechanisms. The results indicated that different deformation mechanisms are responsible for work hardening and softening, and the details will be discussed, based upon those experimental evidences.

[환경1-3 | 09:40]

비대칭 압연된 80Cu20W의 미세조직과 집합조직 및 기계적 특성 분석: 권상철, 김순태, 이성[1], 박정효[1], *정효태 ; *강릉원주대학교 신소재금속공학과. [1]국방과학연구소.*

Keywords: CuW, Asymmetrical rolling, Microstructure, Texture, Mechanical properties

WCu 합금은 우수한 전기전도도를 가지면서도 내아크 특성을 가짐으로 인해 극한 재료로써 최고의 후보 재료중 하나이다. 특히 모터용 전지접점, 고전압스위치, electromagnetic launch (EML) 시스템과 같은 극한 영역에서의 재료 후보군으로 각광을 받아오고 있는 재료이다. 극한 영역에서 필요에 따라 저밀도의 CuW에서 고밀도의 WCu 합금 범위가 모두 사용되는 재료이나, 용융점의 심한 차이와 상호용해도가 거의 없는 재료 특성상 먼저 W skeleton을 제조한 후 Cu를 함침하는 방법에 의해 제조되어져 왔으나, nano W coated W-Cu 복합분말 제조 공정이 개발된 후 기존에 가지던 거의 전 조성범위에서의 정확한 조성 제어, 미세하면서도 균질한 미세조직, 소결에 의해 완전치밀화가 가능한 재료로 개발되었다. 사출성형공정을 이용한 근사정형 부품을 제작할 수 있으며, divert용과 같은 경사기능 WCu합금도 제작 가능한 것으로 보고되고 있다. 넓은 범위에서 다양한 조성의 WCu 합금 재료 제조 능력의 확대에도 불구하고 필요에 따라서는 넓은 판재와 같은 재료를 위해서는 압연과 같은 후공정 연구가 필요하다고 판단된다. 본 연구에서는 nano W coated W-Cu 복합분말을 이용하여 제조된 80Cu20W 합금에 압연에 대한 연구 결과를 최초로 분석하였으며, 등주속이형 압연기를 사용하여 압연 후 미세조직, 집합조직의 발달 및 기계적특성을 해석하였다.95%까지 압연된 시편은 인장강도 565 MPa, 연신율 9.5%이였고 재결정 열처리 후에는 인장강도 385 MPa, 연신율 28%이였다.

[환경1-4 | 09:55]

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 복잡한 원자 단위 환경으로 인한 고용강화 효과 규명: *오현석, 김상준, 박은수, Duancheng Ma[1], Gerard Leyson[1], Fritz Kormann[1], Dierk Raabe[1]; *서울대학교신소재공동연구소. [1]Max Planck Institute for steel research.*

Keywords: 하이엔트로피 합금, 격자비틀림, 고용강화, EXAFS, DFT

3주기의 후 전이원소로 구성된 오스테나이트 합금은 우수한 기계적 특성, 내식성, 및 경제성을 가져 스테인리스강, 망간강, 니켈기 초합금 등 다양한 금속 구조재료로 활용되어 왔다. 최근에는 Cr, Mn, Fe, Co, Ni 로 구성된 하이엔트로피 합금이 단일상임에도 불구하고 상온 및 저온에서 기존의 합금들을 뛰어 넘는 우수한 인성으로 인해 철강, 초합금을 이을 차세대 상용 합금으로 주목 받고 있다. 이러한 하이엔트로피 합금의 우수한 기계적 특성은 다양한 원소들로 인해 유발되는 격자 비틀림 효과(lattice distortion)와 그

에 따른 고용강화(solid solution strengthening) 효과에 기인한 것으로 예측되고 있다. 한편, 하이엔트로피 합금에는 주원소가 없기 때문에 모든 원소가 용질원소로서 간주될 수 있고, 기지 고용체에는 많은 양의 용질원소가 고용된 것으로 이해할 수 있다. 따라서 주원소를 가정하는 기존의 이론으로 고용강화 효과를 설명하기 어렵고, 이를 규명하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 하이엔트로피 합금의 고용강화 효과를 규명하기 위해, 대표적인 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 원자 단위 구조를 Extended X-ray Absorption Spectroscopy (EXAFS)로 측정하고, 이를 Density Function Theory (DFT)와 비교하였다. 이를 통해 하이엔트로피 합금의 고용강화 효과가 기존의 이론들에서 제안하였던 원자 간 크기 차이뿐 아니라, 각 원소 주변의 복잡한 환경에서 유발된 원자 크기의 fluctuation에 의존하는 것을 규명하였다. 이는 하이엔트로피 합금의 복잡한 원자 단위 환경이 느린 확산 효과뿐 아니라 고용강화 효과에도 기여함을 의미한다.

[환경1-5 | 10:10] 초청강연

충격 하의 단결정 FCC 알루미늄 거동 모사를 위한 원자 상호간 포텐셜 모델 검증 및 휴고니엇 관계 도출: 최지민, 유상혁, 박정수[1], 송순호, *강건욱 ; *연세대학교 [1]국방과학연구소.*

Keywords: Molecular dynamics, Aluminium, Shock loading, Hugoniot relation, EAM interatomic potential model

탄두의 금속케이스를 대체할 다기능 에너지 물질을 설계하기 위해 분자동역학을 이용하여 충격하 알루미늄의 물리적 특성 연구를 수행하였다. 알루미늄의 원자간 상호작용을 기술하기 위해서, 다섯 가지의 서로 다른 EAM 포텐셜 모델 – ZM (R.R. Zope, Y. Mishin), WKG (J. M. Winey, Alison Kubota and Y. M. Gupta), FWYD (Qin-Na Fan, Chong-Yu Wang, Tao Yu, Jun-Ping Du), EA (F. Ercolessi, J. B. Adam), BVG (D. K. Belashchenko, A. V. Vorotyagin, B. R. Gelchinsky) - 을 사용하였다. 포텐셜 모델 검증을 위해서 단결정 FCC 구조의 알루미늄에서 온도에 따라 atomic volume, 등온 체적탄성계수, 열팽창 계수, 정적 비열, Grüneisen 상수 등을 계산하였다. EA, BVG 포텐셜의 경우 100K~300K구간에서 체적 탄성 계수가 증가하는 경향성을 보여 Grüneisen 상수 계산 결과에 신뢰도가 떨어진다. ZM 포텐셜에서는 Grüneisen 상수 계산 결과가 실험값과 다소 차이가 있었다. WKG과 FWYD 포텐셜이 Grüneisen 상수 실험값과 가장 유사한 결과를 보여, 신뢰성이 확보된다고 할 만하다. 이 두가지 포텐셜만 이용하여 충돌 속도를 바꿔가며 대용량 충격 원자 시뮬레이션을 수행하였다. 압력- 부피 휴고니엇 관계와 입자 속도와 충격 속도 관계 등을 추출하고 그 결과를 실험과 비교함으로써 충격 원자 시뮬레이션의 타당성을 보였다.

[환경2-1 | 10:45] 초청강연

Study on Glassy Water using High Pressure Technique: *김채운 ; *울산과학기술원.*

Water has more than two glassy states, including low-density amorphous (LDA) and high-density amorphous (HDA) ice. We studied phase behavior of HDA ice by X-ray diffraction. The HDA ice was induced by rapidly cryocooling water (either in bulk state or in confined state such as in protein crystals) from room temperature to 77K under hydrostatic pressure (200 MPa). The X-ray diffraction study of HDA ice confined in the high-pressure cryocooled protein crystals revealed that it converts to low-density amorphous (LDA) ice upon warming (from 80 to 160K at 0.1 MPa), while showing the characteristics of a first order phase transition. Furthermore, we discovered that protein molecules in the high-pressure cryocooled protein crystals execute dynamical fluctuations during the water phase transition, suggesting a liquid or mobile state of water between HDA and LDA ice. Our findings support theories suggesting that LDA and HDA ice are thermodynamically distinct and they are continuously connected to two different liquid states of water.

[환경2-2 | 11:05]

Dynamic diamond anvil cell을 이용한 동적압축률에 따른 얼음결정의 성장 거동 연구: *김용재, 이윤희, 이수형, 이근우 ; *한국표준과학연구원.*

Keywords: Diamond anvil cell, water, high-pressure, crystal growth

결정이 성장하는 속도와 형상은 응고를 야기하는 구동력의 크기에 영향을 받는다. 지금까지 과냉의 정도가 결정 성장거동에 미치는 영향에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔으나, 온도제어 실험은 액상내의 온도구배를 피할 수 없고 냉각시간을 정밀히 제어할 수 없다는 한계점을 지니고 있다. 이에 반하여, 압력을 인가하여 결정을 성장시킬 경우, 액상에 정수압을 균일하고 빠르게 인가할 수 있기 때문에, 균일한 과냉각 구현과 다양한 결정성장 및 준안정상을 관측할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 본 연구에서는 piezoactuator가 결합된 diamond anvil cell (즉, dynamic diamond anvil cell, dDAC)을 이용하여 압축속도를 10^{-4}~10^{0} /s의 넓은 범위에서 제어하면서, 물의 고압상 중 하나인 ice VI의 결정이 성장하는 거동을 초고속카메라를 이용하여 관측하였다. 결정성장 거동은 압축속도에 의존하였으며, 느린 압축속도에서는 {101} 면으로 이루어진 팔면체 결정이 3차원으로 성장하였고, 빠른 압축속도에서는 {110} 면으로 이루어진 판상 결정이 2차원으로 성장하는 결정성장의 전이가 발생하였다. 실험적/이론적 결정성장속도를 비교함으로써 이러한 전이가 발생하는 임계압축속도를 구하였으며, 이에 대한 메커니즘을 규명하고자 시간분해 라만 분광을 통하여 결정이 성장하는 중 물과 ice VI 결정의 구조변화를 분석하였다.

[환경2-3 | 11:35]

Understanding Metallic Glass Formation using in situ X-ray scattering With Electrostatic Levitation Device: *Shraddha P. Ganorkar, Yoo Chang-Hwan[1], Yong Chan Cho, Yun-Hee Lee, Chae Woo Ryu[2], Eun Soo Park[2], Kenneth F. Kelton[3], Geun Woo Lee[4]; *Korea Research Institute Standards and Science. [1]Kyung Hee University. [2]Seoul National University. [3]Washington University USA. [4]Korea Research Institute Standards and Science / University of Science and Technology.*

Keywords: Electrostatic Levitation, Zr-Al-Co, Thermophysical Properties, Bulk Metallic Glass, Undercoolability

Zr-Al-Co alloys are known to be the best glass former with large critical size [1]. Replacing Co with Ni or Fe shows poor glass formation, although Fe, Co and Ni have the similar atomic sizes. This raise a question, that is, what makes Co to be the best glass former than Fe and Ni? In this paper we have studies the chemical effect on BMG formation with systematic investigation of thermodynamic and kinetic properties of three alloys $Zr_{55}Al_{19}X_{26}$ (X=Fe, Co, Ni) by electrostatic levitation (ESL). We will show undercoolability, density, and time-temperature-transformation (TTT) diagram and in-situ X-ray diffraction of supercooled liquid using Beam ESL. Those measurements will reveal the origin of glass formation on $Zr_{55}Al_{19}Co_{26}$. Reference: [1] S. Mukherjee et al. Phy. Rew. Lett. 94 245501 (2005)

[환경2-4 | 11:50] 초청강연

Microstructural stability of high entropy alloy under extreme conditions: Hyun Seok Oh, Jin Yeon Kim, *Eun Soo Park, Hye Jung Chang[1], Koichi Tsuchiya[2], Cem Tasan[3], Dierk Raabe[4]; *Seoul National University. [1]Korea Institute of Science and Technology. [2]National Institute for Materials Science. [3]Massachussetts Institute of Technology. [4]Max-Planck Institut für Eisenforschung GmbH.*

Keywords: High entropy alloy, Extreme environment, Irradiation, High pressure torsion, Microstructural stability

Recently, high entropy alloys (HEAs) have received lots of attention as a candidate material for extreme environments due to their superior properties. Irradiation (=high energy particle) causes various defects in materials, which can lead to understanding of initial resistance to defect formation in materials. And high pressure torsion (HPT), a type of severe plastic deformation experiment inducing severe plastic shear deformation to the materials, is a useful method to evaluate overall stability and safety of metallic materials in extreme environments. In the present study, we report the microstructural stability of HEAs under extreme conditions, which are electron-beam/ion irradiation as well as HPT. HEAs exhibit higher resistance to irradiation damage as well as better phase stability under HPT due to sluggish diffusion of constituent elements by severe lattice distortion. Indeed, this result would offer a guideline to design a new type of structural materials for next generation reactors under harsher environments.

[환경3-1 | 13:00] 초청강연

Status of Materials Science under Extreme Conditions in KRISS: *이근우 ; *한국표준과학연구원/University of Science and Technology.*

Keywords: 극한 환경 물성 연구, 초고온, 초고압, Electrostatic Levitation, diamond anvil cell

인류는 지속 가능한 성장을 이루기 위해 극한환경으로 활동영역을 끊임없이 확장하고 있다. 새로운 생존환경과 자원 확보를 위한 우주 및 행성 탐사, 재난 예측 및 방지를 위한 지구 연구, 청정한 무한 에너지원 확보를 위한 초고온의 핵융합로 건설 등은 극한 환경을 구현하고 이용하고자 하는 인류의 노력이 그 예다. 이러한 극한 환경에서의 활동과 활용을 위해서는 극한 환경의 구현, 제어, 측정, 그리고 극한 환경에서 활용될 수 있는 신소재 개발 등 다양한 방면의 과학적 활동이 동시다발적으로 이루어져야 한다. 특히 극한 환경에서의 활동의 안전과 예측을 위해서는 실험실 단위에서 극한 환경의 구현이 선행되어야 한다. 이러한 이유로 한국표준과학연구원 (KRISS)에서는 초고온 및 초고압의 극한 환경을 구현, 제어, 측정하는 기술을 개발하고, 극한 환경에서의 소재 물성에 관한 연구를 진행하고 있다. 본 발표에서는 KRISS에서 진행하고 있는 Diamond anvil cell 을 이용한 Giga Pascal 이상의 초고압 연구, levitation 기술을 이용한 초고온 연구와 극한 환경에서 일어나는 물질의 거동을 측정하는 초고속 시간분해 연구에 대해 개략적으로 소개한다.

[환경3-2 | 13:25] 초청강연

Challenges of handling, processing, and studying liquid and supercooled materials at extreme temperatures with electrostatic levitation: *Paul-François Paradis, Takehiko Ishikawa[1]; *National Optics Institute (Canada). [1]Japan Aerospace Exploration Agency (Japan).*

Keywords: Supercooled liquids, Extreme temperatures, Electrostatic levitation, Microgravity

To allow studies in materials science under the microgravity environment offered by the International Space Station, JAXA carried out fundamental ground-based research and development of electrostatic levitators over the years. Scientific objectives included the physical and structural property measurements of liquid materials above as well as under their melting points, the understanding of metastable phase formation, vitrification, and the synthesis of novel materials. Although the original electrostatic levitator designed by Rhim et al. allowed the handling, processing, and study of most metals with melting points below 2500 K, several issues appeared, in addition to the risk of contamination, when metals such as Os, Re, and W were processed. Maintaining samples of liquid and deeply supercooled melts under levitation stable enough to enable materials science was indeed a formidable challenge due to the high vapor pressures, the elevated melting temperatures, and the enormous laser power involved. The processed samples were prone to severe differential evaporation and photon pressure effects that lead to position instability such that no valuable data could be obtained. This presentation will describe the procedures and the innovations that made possible successful levitation and study of refractory metals at extreme temperatures (>3000 K), namely sample handling, electrode design (shape and material), levitation initiation, multi-beam heating geometry, and UV imaging. Typical results will also be presented, putting emphasis on the measured thermophysical properties (density, surface tension, and viscosity) of refractory materials measured in their liquid and supercooled phases, exemplified by

tungsten, the highest melting temperature for metals (and second only to carbon in the periodic table), rhenium and osmium.

[환경3-3 | 13:50] 초청강연

가스부양법으로 제조한 준안정 $(Ba,Ca)(Ti,Zr)_2O_5$의 미세구조와 광학특성: *조원승, 이규호, 이계혁, 이치훈, Shinichi Yoda[1] ; *인하대학교. [1]Kumamoto University.*

Keywords: 가스부양법, 고굴절률, 미세구조, 준안정상, 광학특성

무접촉 부양 공정은 용기없이 부유된 용융체를 응고시키는 방법으로, 용기벽으로부터의 불균일 핵생성을 억제한다. 그 결과 깊이 과냉된 용융체는 통상적인 유리 제조공정에 비해 유리상으로 쉽게 전이한다. 고굴절률을 갖는 신소재 개발은 큰 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 $BaTi_2O_5$ 기반 고굴절률 유리를 개발하고자 한다. 이전 연구에서는 무색투명한 $Ba(TiZr)_2O_5$유리를 가스부양법을 활용하여 성공적으로 제조하였다. 고굴절률과 낮은 색수차를 갖는 새로운 광학재료를 개발하기 위하여 $(Ba,Ca)(Ti,Zr)_2O_5$를 제조하였다. 다양한 조성의 샘플을 가스부양로 내에서 산소가스를 이용하여 띄우고 CO_2레이저로 용융시켰다. 부유된 융체는 CO_2레이저를 차단함으로써 실온으로 급속히 냉각하였고 응고되었다. 이와 같은 방법으로 얻어진 무색 투명한 $(Ba,Ca)(Ti,Zr)_2O_5$유리에 대하여 미세구조와 광학특성 그리고 유전율을 조사하였다.

[환경3-4 | 14:15]

Study of structural and chemical order in Zr_2M(M=Cu, Co, Pd) binary liquids using neutron scattering experiments at Spallation Neutron Source: *조용찬, 유창환[1], Shraddha P. Ganorkar[2], 이근우 ; *한국표준과학연구원. [1]경희대학교. [2]KRISS.*

Keywords: Electrostatic Levitation, Spallation neutron scattering, Thermophysical Properties, Metallic Glass, Neutron scattering

Recently, as one of key issues for understanding the nucleation and growth of crystalline phase, short-range order (SRO) of metallic liquids have been extensively studied to understand crystallization and glass formation by experimentally as well as simulations. In particular, an icosahedral short-range order (ISRO) has been considered as local structure unit which is responsible for the stability of deeply supercooled metallic liquids and the formation of metallic glasses. Up to now, it has been argued that there are two competing factors for determining the dominant icosahedral structure [1,2]; one is the maximizing packing density due to atomic size difference and the other is the minimizing the free energy due to electronic interactions. However, a satisfactory understanding of the SRO in metallic liquids is still elusive. In this presentation, the pair distribution functions (PDF) analysis and thermodynamic measurements were carried out on the short-range order in undercooled Zr-based metallic liquids Zr_2M (M=Co, Cu, Pd). Neutron scattering experiments on the liquid phase are performed on the Spallation Neutron Source (SNS) at Oak Ridge National Laboratory. The nanoscale ordered materials diffractometer (NOMAD) combines large detector coverage with a high incident neutron flux to determine more reliable PDF of the liquids as well as crystals. The results revealed that the local atomic structure of liquid are strongly related with the atomic size and electronic interactions. The deeper understanding of the atomic size and chemical effects can provide further insight into supercooled liquid and glass formation.

[환경4-1 | 14:40] 초청강연

High-pressure chemistry in the pores and layers: *이용재 ; *연세대학교. Keywords:* High Pressure, natural zeolite natrolite, zeolitic nanopore, synchrotron beamline

Pressure-induced hydration and accompanying volume expansion, first discovered in a natural zeolite natrolite ($Na_{16}Al_{16}Si_{24}O_{80}x16H_2O$) in 2002 [1], has now been established to be a systematic property of this class of small-pore zeolite. Depending on the type of extra framework cations (Li, Ag, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Pb, Cd), the degree of volume expansion and its onset pressure are controlled by up to 21% and in the pressure range of 0.4 – 3.0 GPa, respectively. One of the novel structural phenomena discovered in the systematic high-pressure investigations is the overturn of the zeolitic nanopores concomitant with the reversion of the cation-water distribution within. Such a unique high-pressure chemistry occurring in low-to-intermediate pressure range is now being extended to design novel means in guest exchange and storage in nanopores, channels and layers and to include MOFs (Metal-Organic Framework materials) and clays [2]. In this talk, I will introduce our past and current efforts in high pressure research and its deployment at synchrotron beamlines in Korea (PAL) and USA (SSRL) and share future plans on extreme condition sciences using advanced light facilities.

1. Lee et. al., JACS (2002) 124, 5466; Lee et. al., Nature (2002) 420, 485; Seoung et. al., Chemistry A European Journal (2013) 19, 10876; Seoung et. al., Chemistry of Materials (2016) 28, 5336.2. Lee et. al., Angewandte Chemie Int. Ed. (2012) 51, 4848; Seoung et. al., Nature Chemistry (2014) 6, 835; Im et. al, ES＆T (2015) 49, 513; Im et. al., Chemistry of Materials (2016) 28, 5336; Im et. al., JACS (2016) 138, 11477

[환경4-2 | 15:05] 초청강연

First Experimental Evidence of body-centered cubic structure of $Ti_{.9}Al_{.06}V_{.04}$ (Ti64) at high pressures using a Diamond Anvil Cell ; *신현채, Simon MacLeod[1], William J. Evans, Kenneth S. Visbeck ; *Lawrence Livermore National Laboratory (USA). [1]AWE Aldermaston (UK).*

Keywords: Body-centered cubic Ti64, Diamond anvil cell, high resolution angle-dispersive X-ray diffraction, Phase diagram, DFT

calculation

We definitively identified a body-centered cubic (bcc) structure of $Ti_{.9}Al_{.06}V_{.04}$ (Ti64) at ~ 115 GPa from volume compression of w-Ti64 without thermal quenching using a diamond anvil cell (DAC). This is the first experimental determination based on high resolution angle-dispersive x-ray diffraction (ADX) utilizing the 3rd generation synchrotron x-ray at High Pressure-Collaborative Access Team (HP-CAT), Advanced Photon Source (APS) among Ti and Ti alloys under pressure. The bcc b-Ti64 is determined to be stable to the maximum pressure of 221 GPa from this study. The stability field of a-Ti64 greatly is increased in P-T space compared to that of a-Ti as shown on a combined phase diagram. A DFT calculation implies atomic-level local ordering to stabilize high pressure phases. No g nor d phase is shown in Ti64 to 221 GPa. HP-CAT is supported by CIW, CDAC, UNLV, and LLNL through funding from DOE-NNSA, DOE-BES, and NSF. The APS is supported by DOE-BES under Contract No. DE-AC02-06CH11357. This work was performed under the auspices of the US Department of Energy by Lawrence Livermore National Laboratory in part under Contract No. W-7405-Eng-48 and in part under Contract No. DE-AC52-07NA27344.

[환경4-3 | 15:30] 조청강연

Discrete Element Method for Crack Propagation under High Pressure and Strain Rate and Potential Applications: 성유진, 손권중[1], 김시조[2], 김학준[3], *박성진 ; *포항공과대학교. [1]홍익대학교. [2]안동대학교. [3]국방과학연구소.*

Keywords: Discrete Element Method; Crack Propagation; Penetration

Reliable numerical simulations are required to analyze deformation and fracture behaviors during penetration and to optimize design of bomb due to high-cost or impossible experiments under high pressure and temperature. For example, it is important to predict survivability of bombs with delay fuse for optimization of them. In this study, three-dimensional discrete element method (DEM) has been developed to simulate the penetration of a deformable projectile on a concrete target. DEM has been verified with several experimental results such as spalling test, Tayler impact test, and normal penetration test. These results show that DEM has advantages to consider both continuum and discontinuum. Furtherly, potential applications of DEM are introduced such as sintering, crack propagation of alloy, and so on.

[환경4-4 | 15:55] 조청강연

동질이상 고분자 물질에 대한 고압 브릴루앙 산란 연구: *고영호, 김광주 ; *국방과학연구소.*

Keywords: Polymorphism, Diamond anvil cell, Brillouin light scattering, Polymer

고분자 물질들 중 일상생활에서 가장 널리 사용되는 고분자 물질들 중 하나인 poly (-ethylene terephtalate-) (PET)는 동일한 원소들로 합성되었지만, 상이한 구조를 갖는 동질이상 (polymorphism)인 비정질 (amorphous)과 반결정질 (semi-crystalline) 상 (phase)을 갖는다. 이들 물질에 압력을 인가하면서 다른 구조에서 기인하는 물리적, 기계적 특성의 차이를 브릴루앙 산란 방법을 이용하여 정량적으로 연구하였다. *본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 연구 지원에 의한 것 임을 밝힙니다.

[환경5-1 | 16:30] 조청강연

High Density Hydrogen Storage in TiZrNi Quasicrytals and Perspectives under High Pressure: *김재용 ; *한양대학교.*

Keywords: High Pressure, Hydrogen Storage, Quasicrystals, TiZrNi

Although Ti-based quasicrystals are known to uptake a large amount of hydrogen exceeding the density of liquid hydrogen, their reasons for the absorbing mechanism including the diffusion and exact locations of foreign atoms are not clearly understood because of their structural and chemical complexity. Structural complexity includes an inherent relatively short-range atomic ordering and a 5-fold symmetry which is forbidden in the concept of solid state physics. The maximum value of hydrogen loading capacity in Ti53Zr27Ni20 quasicrystals by using a gas-phase loading was near 2.0 wt.%. Theoretical calculation and modeling of their approximant phases predict that a significant amount of interstitial sites are still available for hosting hydrogen. To realize the prediction, we squeezed TiZrN quasicrystal samples using a diamond anvil cell up to 28 GPa under hydrogen environment and estimated the hydrogen loading amount by analyzing the peak shifts in XRD after hydrogenation. Quasicrystal phase sustained to the applied pressure with uniform shift of the main peaks suggesting that hydrogen atoms diffuse into the interstitials homogeneously without phase transformation. The maximum value of hydrogen loading at 28 GPa was near 4 wt.% with a completely reversible process. The results of hydrogen loading values at high pressures for TiZrNi alloys exhibiting different phases depending on cooling rates will be discussed. Effects of hydrogen on structural stability, electrical conductivity and magnetization values will also be presented with the introduction of a newly established high pressure research center at Hanyang University.

[환경5-2 | 16:55] 조청강연

Structural studies of materials at high pressure: *Lin Wang ; *HPSTAR (China).*

Keywords: Structural studies, Phase transformation, Pressure-induced amorphization, Pressure-induced decomposition

Pressure, as a conventional thermodynamics parameter can tune lattice parameters and phase of condensed matters by changing the interatomic distance directly and consequently resulting in the variation of physical and chemical properties. Phase transformation and compressional behavior of condensed matters are fundamental questions and of great interests. In this presentation, a unique structural

carbon material, ordered amorphous carbon cluster created under high pressure will be discussed. Pressure-induced amorphization of nano sized Y_2O_3 will also be presented. The pressure induced decomposition of PH_3 is going to be shown as well if the time permits.

[환경5-3 | 17:20] 조청강연

Molecular Geometry and Its Application to Material Science: Youngsong Cho, Joonghyun Ryu, Mokwon Lee, Jehyun Cha, *Deok-Soo Kim ; *한양대 학교.*

Keywords: Molecular geometry, MG operating system, computation, Voronoi diagram

The geometry of atomic arrangement underpins the structural understanding in many fields. However, a general framework of mathematical/computational theory for the geometry of atomic arrangement does not exist. Here we present "Molecular Geometry (MG)" as such a theoretical framework and "MG Operating System (MGOS)" which consists of callable functions based on the Voronoi diagram of spherical atoms that implements the MG theory. MG facilitates simpler modeling of molecular structure problem in geometry-centric principle and the MGOS functions can be conveniently embedded in application programs for the efficient and accurate solution of geometric queries involving atomic arrangements. MG, accompanied by MGOS, will allow researchers to focus more on their primary research issues by freeing them from the time-consuming and error-prone tasks of developing and implementing highly sophisticated and complex geometry algorithms for molecular structure studies. The impact of math libraries of general purpose high-level programming languages to science and engineering is an appropriate metaphor of that of MGOS, which is currently, freely available at Voronoi Diagram Research Center, to the worlds consisting of spherical entities including atomic arrangements. In this talk, the application of MG/MGOS to material science will be particularly discussed in-depth.

[환경5-4 | 17:45] 조청강연

In-situ high pressure and temperature investigation on iron oxides at deep Earth's interior conditions: *Wenge Yang ; *HPSTAR (China).*

Keywords: DFT calculation, iron oxides, core-mantle boundary, oxygen cycling

Based on the DFT calculation, there is a rich phase diagram of iron oxides at deep Earth's interior pressure and temperature conditions. With the advanced synchrotron techniques, we applied the in situ high pressure and temperature on the various combination of iron and oxygen to explore the possible new iron oxides. As the traditional aspect of the iron content changes to more and more iron rich oxides following Fe3O4->Fe2O3->FeO->pure Fe, the newly discovered FeO2 phase provides a new experimental evidence of oxygen rich phase is possible to be stored at mass amount at near core-mantle boundary. As this oxygen rich phase is stable in a certain pressure range, this new finding uncover a new oxygen cycling route and could be the origin of great oxidation event happened about 2.6 billion years ago. Further discussion on the other possible metal oxides under high pressure and temperature will be discussed.

도시광석 재자원화 심포지엄
Room 606, 4월 27일

[도시1-1 | 09:10]
도시광산 재자원화 기술 개발의 현재와 미래: *신호정, 김령주, 백춘열, 강홍윤; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Recycling, Urban mining, R&D, Technology, Trend

2000년대 후반 급등하는 금속자원 가격에 대응하기 위한 대안으로 도시광산 산업 육성이 부각되었다. 하지만 2012년을 정점으로 금속 가격이 하락하기 시작하면서 도시광산 업계는 매출 하락이라는 경영적 문제점에 직면하였다. 이러한 문제점을 타개하기 위하여 도시광산 업계와 정부는 다양한 폐금속 자원의 재자원화 기술개발을 추진하였고 실질적으로 2000년대 후반 대비 많은 기술적 발전이라는 성과를 거두었다. 하지만 최근 대두되고 있는 4차 산업혁명과 온실가스 감축 등의 국제적 이슈에 도시광산 산업이 지속적으로 대응해야 한다는 새로운 과제가 부여 되었다. 따라서 본고에서는 도시광산 산업에서 현재까지의 기술개발 동향을 살펴보고 향후 지속적인 성장을 위한 과제와 방안을 도출해 보고자 한다.

[도시1-2 | 09:40]
폐전기전자기기의 인쇄회로기판으로부터 유용금속의 회수기술 현황: *정진기, 김민석, 김병수, 박현식, 이재천 ; *한국지질자원연구원.*
Keywords: WEEE, Printed Circuit Boards(PCBs), valuable metals, recovery process

폐PC, 폐휴대폰, 폐프린터, 폐복사기, 폐LCD 모니터 등과 같은 폐전기·전자제품(Waste Electric & Electronic Equipment, WEEE)의 발생량이 해마다 급증하고 있다. WEEE의 인쇄회로기판(Printed Circuit Boards(PCBs))에는 금, 은, 백금, 팔라듐 등의 귀금속을 비롯하여 각종 유용금속들이 함유되어 있기 때문에 자원빈국으로서 금속원료소재의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라로서는 이 폐기물이 매우 귀중한 2차 자원이다. 선진 기업들에서 폐전자제품의 기판을 고온에서 용융하여 귀금속을 비롯한 유용금속을 회수하는 상용 플랜트를 가동하고 있으나 최근 들어 기계적 전처리 기술과 습식회수기술을 조합한 환경친화형 재활용기술의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 여기서는 폐인쇄회로기판에 함유된 유가금속을 회수하기 위한 공정들을 비교하고 검토하였다.

[도시1-3 | 10:10]
면처리공정 폐수의 재자원화 적용 사례 연구 (니켈 및 구리 중심으로) Case Study of Reclamation from waste water of metal finishing process (Nickel and Copper case): *김진호, 강용호, 이상호, 신기웅, 김광규 ; *인천화학㈜.*
Keywords: Nickel, Copper, Reclamation, Metal finishing process, Recycle, Recovery, Waste water
표면 처리 공정 폐수로부터 유가 금속을 회수하여 재자원화한 실제 사례를 니켈 및 구리 중심으로 이야기 하고자 함.(이하생략)

[도시2-1 | 11:00]
소다배소에 의한 탈질 폐촉매 재활용 연구; *이진영[1], 최인혁[1,2], 강정신[1], 강희남[1] ; *[1] 한국지질자원연구원. [2] 과학기술연합대학원대학교.*
Keywords: DeNOx catalyst, SCR catalyst, recycle, Tungsten, Titanium

미세먼지 발생의 원인이 되는 질소산화물(NOx) 제거용 탈질 촉매(SCR 촉매)는 사용후 매립되는데, 소다배소법 등에 의한 탈질 폐촉매로부터 유가금속 회수 공정을 개발하였다.(이하생략)

[도시2-2 | 11:30]
Introduction of hematite process on improving Zn recovery and CO_2 reduction in zinc refinery: *강진구, 이호조, 문남일, 김택훈 ; *영풍 기술연구소.*
Keywords: Hematite, zinc, CO_2, reduction, recovery

아연제련산업에 있어 배소과정에서 발생되는 아연철 화합물로 인해 기존의 Conv. process 제련공정에서는 약 80~85%의 아연 만이 습식공정에서 회수된다. 국내 아연제련사에서는 습식 침출후 발생되는 잔사로부터 아연의 추가 회수 및 기타 유가금속의 회수를 위하여 이를 Top Submerged Lance (TSL) process를 활용하여 처리하고 있다. TSL 기술의 경우 경제성 및 환경적으로 우수한 특.장점을 가지고 있으나 유가금속의 산화/환원을 위해 환원제로 무연탄을 사용함에 따라 아연제련에서의 CO_2 발생량 역시 증가되고 있는 실정이다. 기존의 Conv. process에서의 낮은 아연회수율을 높일 수 있고 또한 다량의 Fe가 포함된 잔사로부터 불순물의 제어 및 원료용 Fe_2O_3를 직접 회수할 수 있는 Hematite 공법에 대해서 소개한다.

[도시2-3 | 12:00]
제련슬래그로부터 선택적 금속침출 및 재자원화 연구: *김은영, H.Liesbeth[1], S.Jeroen[1], B.Kris[1], F.Kukurugya[1] ; *연안환리기술연구소. [1]VITO.*
Keywords: lead slag, stainless steel slag, leaching, roasting, mechanical activation

광석이나 금속스크랩의 건식제련공정중 맥석이나 불순물은 용제와 결합하여 슬래그로 배출된다. 특히 철강슬래그나 비철제련 슬래그 등은 유해금속을 포함하여 순환자원으로 재활용되기 어려워 매립 처분되거나 도로 노반재 등 낮은 기술수준으로 재활용 되고 있다. 본 연구에서는 제강슬래그($CaO·MgO·SiO_2$)와 이차 납제련 슬래그($FeS-FeO-Fe_2SiO_4$)로부터 선택적인 금속회수와 잔사의 재활용에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다. 제강슬래그 내 포함된 Cr(<2 wt%)과 납제련 슬래그로부터 Pb, Zn, Ni, 그리고 Cu를 선택적으

로 회수하기 위해 물리화학적 침출(mechanical activation), (알칼리)배소-수침출, 가압침출(microwave assisted or autoclave leaching), 킬레이트화합물 형성 등 다양한 기술을 적용하였다. 실험결과를 바탕으로 선택적 금속침출-금속회수-잔사의 재활용의 (near)-zero-waste 공정을 제안하였다.

감성소재 ▪ 부품 심포지엄
Room 606, 4월 27일

[감성1-1 | 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. 전자산업만 해도 감성소재·부품시장은 2011년 1,486억 달러에서 올해 1조 달러 이상으로 늘어날 전망이다. 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.

[감성1-2 | 14:30] 초청강연

컬러금속 및 투명 도전 금속 박막의 제조: *한승전, 윤정흠 ; *재료연구소.*

Keywords: 컬러 금속, 투과도, 금속 박막, 전도성 금속박막, 고 도전성

금속의 색상은 외장 디자인에 다채로운 감성을 제공함에 있어서 필수적인 요소이다. 그런데, 수요자가 만족하는 색상을 도색 및 코팅없이 구현하는 것은 매우 어려운 일이라고 할 수 있다. 붉은색 계통을 띄는 구리합금은 적색에서 노랑색까지 다양한 색상구현이 가능하지만 붉은색 기반에서 다른 감성을 지닌 색상을 구현하기 매우 어려운 점이 있다. 기본적으로 수요자뿐만 아니라 금속제품의 외장을 담당하는 디자이너가 제시하는 색상을 만족시키기 위해서는 다양한 합금 설계방안이 필요하다. 또한 제품을 경제적으로 생산하기 위해서는 저가 그리고 인체에 유해하지 않는 원소를 첨가하는 것이 바람직하다. 인체에 무해하고 저렴한 일반 황동을 이용하여 다양한 색상을 합금화로 구현하였으며, 이에 대한 방법론을 소개하고자 한다. 또한 동합금은 다른 합금 대비 고 전기전도도를 가지기 때문에, 동합금을 박막화하여 투명전도막을 제조할 수 있다면 투명전도막 제조에 있어서 또 하나의 후보가 될 수 있다. 구리계 합금을 스퍼터링하여 도전성 투명박막을 제조하였고, 투명 도전박막으로써의 구리계 합금박막의 가능성을 소개하고자 한다.

[감성1-3 | 15:00] 초청강연

인공지능과 인간: *정두석 ; *한국과학기술연구원.*

Keywords: 인공지능, 신경모사 컴퓨팅, 학습, 자유의지

인공지능은 다양한 학습 방법론을 통하여 비생물학적 개체가 입력데이터(training set)를 학습하고 새로운 입력데이터가 주어진 경우 학습내용을 근거로 스스로 추론 및 판단을 할 수 있는 기능을 의미한다. 인공지능의 역사는 반세기 이상을 거슬러 올라가며 기계학습 (machine learning) 연구분야의 주요 연구목표이다. 최근 인공지능의 비약적인 발전은 deep learning으로 명명된 deep neural network (DNN)의 변수 최적화 알고리즘의 개발 및 빅데이터의 중요성 부각에 근거하고 있다. 알파고로 대변되는 소프트웨어 인공지능은 클라우드 기반 중앙 집중형 인공지능기술이다. 실제로 Google, Facebook, Microsoft, IBM 등 굴지의 IT기업의 전략은 자체 서버에 구현된 소프트웨어 인공지능을 클라우드 서비스를 이용하여 전세계 소비자들에게 제공한다. 이와 반대로 소비자들에게 개별 인공지능 플랫폼을 제공하는 분산형 인공지능 역시 최근 IT분야의 화두다. 개인 휴대용 분산형 인공지능 보급의 전제조건은 하드웨어 기반 인공지능의 개발이다. 하드웨어 인공지능은 소위 뉴로모픽 시스템으로 불리는 인지학습형 컴퓨터를 이용해 구현할 수 있으며 뉴로모픽 시스템은 현재 컴퓨팅 패러다임을 지배하고 있는 폰노이만 시스템 구조와 매우 상이하며 우리 두뇌와 유사한 구조를 취한다. 우리의 두뇌는 spiking neural network (SNN)으로 구성되어 있으며 DNN과 달리 매우 동역학적 시스템이다. 기존 디지털 컴퓨터의 결정론적 연산과 달리 우리 뇌는 베이즈 추론에 근거한 확률론적 연산을 수행하며 뉴로모픽 시스템의 궁극적인 목표는 우리 뇌와 유사한 초저전력 확률론적 연산에 근거한 인지학습기능의 구현이다. 본 발표에서는 알파고를 비롯한 DNN기반 소프트웨어 인공지능의 발전역사 및 동작원리, 하드웨어 인공지능 (뉴로모픽 시스템)의 동작원리 및 소프트웨어 인공지능과의 차이점, 그리고 인공지능과 인간의 인지기능을 비교한다.

[감성1-4 | 15:50] 초청강연

전통염색 의류소재 '갈천'의 글로벌 제품화를 위한 색채 및 패션 이미지의 감성과학적 분석: *이은주 ; *제주대학교.*

Keywords: 갈천, 색채, 패션감성이미지, 전통염색 의류소재, 글로벌 제품

감성과학의 목표는 인간의 주관적 감성을 분석 대상의 물리적·객관적 성질을 이용하여 정량화하여 설명하는 데에 있다. 감성과학에서 의류소재는 1990년대 한국 감성공학의 출발에서부터 감성과학의 주된 대상으로 연구되어 왔으며 의류소재 및 부품의 오감의 정량화와 감성 지향 의류소재의 개발에 노력해왔다. 본 발표의 주제는 의류소재의 감성과학적 접근 사례로서, 제주의 풋감으로 염색하는 대표적인 전통염색 소재인 갈천의 글로벌 제품화에 도움을 주고자 갈천의 색채와 패션 이미지에 대한 비교문화적 고찰을 소개하는 데에 있다. 주요 연구 결과로서 갈천 색채에 대한 한국인과 미국인의 감성 차이는 CIE L* 값과 C* 값이 영향을 미치는 양국인의 감성 어휘의 종류와 역치에서 나타났다. 또한 갈천에 대한 전반적인 선호도에도 양국 간의 차이가 나타나서 한국인과 미국인의 선호 감성을 각각 정량적으로 설명할 수 있는 예측 모델을 수립하여 제안하였다. 갈천의 패션 이미지로서 '클래식'과 '에스닉'은 양국인에게 모두 가장 높게 평가되는 감성이었으나, 미국인에게 더 강하게 느껴지는 것으로 해석되었다. 갈천에 대한 사전지식과 문화적 배경이 있는 한국인은 전형적인 색채의 갈천에 대해서는 미국인과 달리 '액티브'한 감성을 긍정적으로 느끼며, 미국인은 밝고 옅은 색채의 갈천에 대하여 '로맨틱'과 '엘레강스'의 이미지를 강하게 인지하였다. 주관적인 선호도와 패션 이미지와의 관계에서 한국인은 갈천의 '에스닉'한 이미지를 선호하지 않은 반면에 미국인은 갈천의 '에스닉' 이미지를 강하게 선호하였다. 갈천의 패션 이미지는 앞에서 논의한 색채감성 어휘의 인지 강도와 유의한 관계를 보였는데, 특히 '엘레강스'는 색채 감성인 '밝은', '따뜻한', '부드러운'에 의하여 결정됨을 알 수 있었으며, 갈천의 패션 이미지는 색채의 감성 어휘와 물리적 성질을 통합적으로 활용한 예측모델로 설명되었다. 이상의 연구 결과는 전통염색 소재인 갈천의 국제 시장 진출을 위하여 미국 소비자의 감성을 예측할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[감성1-5 | 16:20] 초청강연

마이크로볼로미터 응용을 위한 저온 열리 공정을 통한 니켈 망간 스핀넬 박막 제조: *조정호 ; *한국세라믹기술원.*

Keywords: microbolometer, IR detection, Thermistor, Spinel

Since the acute epidemics such as SARS (2003), Influenza A (2009), Ebola (2014), MERS (2015), and ZIKA virus (2016) have spread throughout the world, the infrared imaging cameras have been widely used to prevent these viruses early. Recently, there is a growing interest in infrared thermal detectors, which are classified into thermopile, pyroelectric and microbolometer according to the operating principle. Among them, extensive studies on microbolometer have been conducted by optimization of microelectromechanical systems (MEMS) technology. The temperature sensing materials in microbolometer require low resistivity (low 1/f noise) and high temperature coefficient of resistance (TCR) for high sensitivity of infrared sensors. Also, they should have a low annealing temperature ($\leq$ 450°C) to prevent the damage in readout integrated circuits (ROIC) and to maintain the compatibility with complementary metal-oxide semiconductor (CMOS). The nickel manganite of spinel structure was found to be promising candidate for sensing materials in microbolometer. It has been reported that copper doping reduces the resistivity of the nickel manganite films to < 1.0 kΩ·cm without remarkable degradation of TCR values (> -2%/K), thus resulting in films suitable for microbolometer applications. In this study, the copper-nickel manganite thin films were prepared by the metal-organic decomposition to develop new thermal imaging materials annealed at low temperature for uncooled microbolometer applications. The effects of structural characteristics on the electrical properties of the annealed films were investigated. A single phase of cubic spinel structure was confirmed for the annealed films. The annealed films showed the typical negative temperature coefficient (NTC) thermistor characteristics. With increasing copper content, the resistivity of the annealed films decreased due to the improved microstructure and the carrier hopping. The TCR of the annealed films also decreased with an increase of copper content. The annealing temperature of copper-nickel manganite films was effectively reduced to 380 °C without degradation of the electrical properties.

[감성1-6 | 17:10] 초청강연

국내 주물 회사의 감성 리빙제품 개발현황: *서갑성 ; *대한특수금속(주).*

Keywords: 주물, 금속, 리빙제품, 코팅기술

대한특수금속(주)는 1973년 6월에 설립된, 40년 이상의 업력을 가진 주철소재전문제조회사로서 뿌리산업으로는 가장 선도적으로 전공정 ERP, MES. QMS, CRM System을 구축 운용, CAD. CAM .CAE Program확보로 서비스 제공, 응고유동해석과 Stress분석 Simulation Program 운영, 최적 용탕관리용 열분석전용 솔루션 ATAS & PQ-DIT의 Program(Novacast) 등과 같이 World-Class수준의 Smart Foundry를 구축 운용 중에 있으며 지난 1994년부터 세계제일의 주조기술지도컨설팅회사(International Meehanite Co. UK)와 협약체결로 새로운 기술과 Know-how를 축적하여 세계적 수준의 글로벌 중견주철소재전문기업으로 거듭나기 위해서 끊임없이 혁신을 추고하여 왔다. 특히 지난 2008년 금융위기 이후로 "거래선의 글로벌화" 기치를 내걸고 모험과 도전정신으로 수출시장 확대에 적극적인 노력의 결과로 신일본제철소, Caterpillar Inc.(USA), Gardner denver(USA), Metaldyne(USA)사 GE Power & Water(USA) Rolls_royce계열사인 독일 MTU사 등 세계적인 다국적 기업에 수출할 수 있어 우량수출전문기업으로 변신을 꾀하고 있다. 이와 같은 끊임없는 혁신에도 불구하고 2011년 이후부터 저성장경기 및 국제 유가하락의 영향으로 기존사업으로는 국내외시장에서의 치열한 경쟁력으로 존폐위기를 직감하여 기존 사업의 지속적인 수출시장 확대와 더불어 새로운 신시장 개척이 절실한 시기임을 깨닫고 리스크 예방차원에서 기존업과 연관한 새로운 제품구상에 올인 하였으며 무엇보다 세계시장을 상대로 하는 감성제품개발에 몰두하였다. 그 결과 주철 쿡웨어 제품을 2016년 출시하여 국내 홈쇼핑을 통한 보급형 제품을 판매하여 브렌드 홍보는 물론 품

질, 성능, 선호도 등에 대한 제품검증 기회를 마련하여 2017년부터 온라인, 국제가전쇼 참가 및 민간네트워크 구성 등으로 수출시장 진출을 위해서 프리미엄, 슈퍼프리미엄 등과 같은 제품들을 활발하게 준비하고 있으며 코팅기술에서도 기존 경쟁사 제품과 같은 코팅은 물론 톡특한 코팅기술을 개발 상품화를 준비하고 있다. 이와 같이 기존 B2B사업과 연관에서 새로운 감성품질을 요구되는 B2C사업의 완성품을 개발하여 국내는 물론 수출에서 경기불황과 개도국의 추격에 대응할 수 있는 명품 감성제품을 상품화하는데 성공하였으며 이를 기회로 세계 제일의 명품제품이 될 수 있도록 전념을 다할 것이며 명실상부한 튼튼한 우수 중견기업으로 자리매김 하고 있다.

제3회 High Entropy Alloy 심포지엄
Room 607, 4월 27일

[고엔1-1 | 09:00] 초청강연

Understanding physical metallurgy of FCC high-entropy alloys through an atomistic simulation: *이병주, 최원미 ; *포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: High Entropy Alloys, Atomistic Simulation, Thermodynamic Calculation, Physical Metallurgy

High-entropy alloys (HEAs), particularly the CoCrFeMnNi HEAs show an excellent balance between strength and ductility, corrosion resistance and thermal stability. Although the HEAs are attracting a great amount of academic interest as structural materials, exact mechanisms for the properties are not known yet, inhibiting wider industrial applications of the HEAs even with the good combination of engineering properties. In the present talk, we will report some results of thermodynamic calculation and atomistic simulations based on the Second Nearest-Neighbor Modified Embedded-Atom Method (2NN MEAM) formalism, to understand the mechanisms that govern the physical metallurgy of fcc HEAs: sluggish diffusion, corrosion resistance, solid-solution effect, low temperature deformation, etc.).

[고엔1-2 | 09:20]

면심입방 고엔트로피 합금의 변형 거동 재현 및 예측을 위한 구성 모델링: *장민지, 안동현[1], 문종언, 배재웅, 임다미, Jien-Wei Yeh[2], Yuri Estrin[3], 김형섭 ; *포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단. [1]한국원자력연구원. [2]National Tsing Hua University. [3]Monash University / NUST MISIS.*

Keywords: high-entropy alloys, plastic deformation, dislocation glide, deformation twinning

최근, 고엔트로피 합금의 특이한 조성적, 구조적 특성 및 뛰어난 기계적, 화학적 성질로 인해 재료공학 분야에서 많은 주목을 받고 있다. 이 중 면심입방 구조를 갖는 고엔트로피 합금은 상온에서보다 저온에서 강도와 연신율이 모두 높아지는 우수한 기계적 성질을 보여주고 있어 극한환경용 소재로서의 적용 가능성이 높아 보인다. 따라서, 이 연구에서는 전위활주 및 변형쌍정 기구를 기반으로 한 구성 모델을 제안하였다. 이 모델에서 전체 전위밀도가 가장 중요한 내부 변수이며, 소성변형 중 전위밀도의 변화를 기술하는 방정식은 쌍정의 부피분율에 의해 결정된다. 이 모델의 유효성을 실험적으로 검증하기 위해 CrMnFeCoNi 합금의 압축시험 및 미세조직 특성을 분석하였으며 이를 모델을 통해 예측한 값과 비교하였다.

[고엔1-3 | 09:35]

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 중간온도 구역에서의 크리프 거동: *강유빈, 이갑호[1], 홍순익[1] ; *충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [1]충남대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: creep, CrMnFeCoNi high entropy alloys, cavity, activation energy

CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금은 낮은 확산속도와 격자 뒤틀림에 의한 전위의 이동속도 저하로 좋은 내크립특성이 예측된다. 본 연구에서는 550~650 ºC 온도 구간, 30~100 MPa 응력구간에서 CrMnFeCoNi하이엔트로피 합금의 크리프 거동을 조사하였다. CrMnFeCoNi하이엔트로피 합금은 1차 크리프 영역에서 시간에 따라 크립속도가 감소하는 normal-type의 거동이 나타나지 않고 크립속도가 일정하거나 점차 증가하는 invert-type 거동이 관찰되었다. 크립응력지수는 3-4로 관찰되었으며, 크립 활성화에너지는 높게 관찰되었다. 파단면에 가까운 부분에서는 시편 내부에 공공의 증가에 의한 cavity 형성이 증가하는 것으로 관찰 되었다. 본 연구에서는 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 크리프 특성과 파괴특성에 대하여 보고하고자 한다.

[고엔1-4 | 09:50]

Microstructure and Mechanical Properties of High-Entropy Alloy $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ Processed by High-Pressure Torsion at 77 K and 300 K: *문종언, Yuanshen Qi[1], Elena Tabachnikova[2], Yuri Estrin[1], 주수현[3], 김형섭 ; *포스텍(포항공과대학교). [1]Monash university. [2]B. Verkin Institute. [3]Tohoku university.*

Keywords: 고엔트로피 합금, 고압 비틀림 공정, X-ray diffraction, Transmission electron microscopy (TEM)

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. 최근 HEA의 강소성 공정(severe plastic deformation, SPD)을 통한 기계적 물성을 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있지만 극저온 영역에서의 강소성 공정은 아직 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 낮은 적층결함에너지를 가지는 $Co_{20}Cr_{26}Fe_{20}Mn_{20}Ni_{14}$ HEA의 극저온 고압 비틀림(high-pressure torsion, HPT) 공정 후의 softening과 grain coarsening 현상을 분석하였다. 극저온 HPT 후, 상온에서의 'natural ageing'에 따른 기계적 성질을 평가하였으며, X-ray diffraction (XRD) analysis를 통해 극저온 HPT 후의 phase를 분석하였다. 또한, transmission electron microscopy (TEM)을 통해 극저온 HPT 후의 phase 분석, 미세조직 변화를 관찰하였다.

[고엔1-5 | 10:05]

새롭게 개발된 Non-equiatomic CoCrFeMnNi 합금의 기계적 물성에 관한 연구: *최민구, 박노근, 신윤지 ; *영남대학교 공과대학 신소재공학부.*

최근 많은 관심을 받고 있는 고엔트로피합금(High Entropy Alloy: HEA)은 일반적으로 원소의 종류가 약 5종 이상이며, 그 함량이 동일하거나 비슷한 비율을 갖는 것으로 정의된다. Cantor 합금으로 알려진 CoCrFeMnNi가 가장 대표적인 예가 될 수 있다. 단일 상을 가지면서 고엔트로피를 유지하기 위해 평균 최외각전자의 수, 원자간 결합 거리의 평균적 차이, 평균 혼합 엔탈피, 평균 혼합 엔트로피 등의 고엔트로피합금을 얻기 위한 여러 가지 관점이 제시되고 있다. 한편 Nature, Acta Materialia 등에는 기존의 일반적인 정의의 틀을 깬 non-equiatomic 성분계를 가지면서 High의 범위를 벗어나 Medium 수준의 엔트로피합금에서 우수한 물성이 일부 보고되고 있다. 본 연구에서는 Cantor 합금과 동일한 평균 최외각전자의 수를 갖게 하면서 성분 조합의 변화를 시켜 평균 혼합 엔탈피 및 엔트로피의 변화에 따른 새로운 합금을 제시한다. 격자상수의 변화, 안정상의 종류, 기계적 물성 등의 결과를 공유하며, 동시에 산업계에 이바지할 수 있는 새롭게 개발된 합금의 기계적 물성을 평가하고 향후 개발 방향을 제시한다.

[고엔2-1 | 10:30]

In-situ TEM 인장/압축 및 고분해능 STEM을 통한 FeCrCoMnNi 고엔트로피합금 변형거동 연구: *이수빈, Gerhard Dehm[1], 오상호[2]; *IBS 나노구조물리연구단. [1]Max Planck Institute for Iron Research. [2]성균관대학교 에너지과학과.*

Keywords: in-situ TEM, 고엔트로피합금, STEM, Dislocations

고엔트로피 합금은 5개 원소가 동일한 비율로 구성되어 있음에도 불구하고 상 안정성이 높은 반면 상온 및 저온에서의 기계적 물성이 우수하여 과학적인 호기심 뿐만 아니라 공학적인 응용을 위해 최근들어 활발히 연구되고 있다. 그 결과 다양한 조성, 열처리 과정을 통해 향상된 물성이 꾸준히 보고되고 있지만 그 원인에 대한 근본적인 연구는 아직 부족한 상황이다. 본 연구에서는 FCC 단상 단결정을 모델시스템으로 설정, 실시간 투과전자현미경 변형실험을 통해 FeCrCoMnNi 고엔트로피 합금 내부에서의 전위 움직임을 직접 관찰하여 우수한 기계적 물성의 원인을 밝히고자 하였다. 뿐만 아니라 고분해능 STEM 이미지 분석을 통하여 전위 및 결함에서의 strain 분포, local elemental distribution 등을 분석 하였다. 우선 FIB 제작된 나노필러를 이용한 압축 변형 실험의 결과 1 GPa에 이르는 높은 yield stress를 보였다. 하지만 크기에 따른 강도의 증가폭은 일반적인 FCC 금속재료에 비해 상대적으로 낮았으며, 이를 통해 외부 크기에 따른 강화효과가 아닌 재료 내부의 intrinsic한 강화효과가 강하게 작용한다는 것을 밝혀내었다. 나아가 인장 실험을 통해 전위의 생성 및 움직임을 관찰하였고, 적은 변형량에도 10^{15} m^{-2}이상의 많은 전위가 형성되었다. 하지만 전위들의 상호 작용 및 sessile dislocation의 형성은 거의 관찰되지 않았으며 cross-slip이 활발히 일어나는 것이 확인되었다. 본 연구는 미세구조 및 결함 구조와 변형거동의 상관관계를 밝힘으로써 앞으로 고엔트로피 합금 설계에 있어 중요한 단서를 제공할 것으로 기대된다.

[고엔2-2 | 10:45]

VCrMnFeCoNi 고엔트로피 합금의 상온 변형 쌍정을 이용한 극저온 기계적 강도 향상: *조용희, 정승문[1], 최원미, 손석수, 김형섭, 이병주, 김낙준, 이성학 ; *포항공과대학교. [1]한국원자력연구원.*

Keywords: 쌍정, 냉간압연, 임계응력, 극저온 물성

Cantor(CrMnFeCoNi) 합금의 우수한 극저온 인장 특성은 일반적으로 변형 쌍정에 의해 발생하지만, 이러한 쌍정이 일어나기 위한 임계 응력이 값이 높기 때문에 상온에서는 발생하기 어렵습니다. 우리는 효과적으로 상온에서 변형쌍정을 생성하고 그것을 극저온 인장 특성을 향상시키는 데 이용하였습니다. 쌍정생성과 관련한 임계 응력에 대한 결정립 크기 효과를 고려하여 열간 압연에 의한 결정립 미세화 없이, 주조재의 1100도 6시간 균질화 처리 후, 75%의 냉간 압연에 의해 상온에서 쌍정을 형성 하였습니다. 변형 쌍정은 전위보다 열적 안정도가 높다고 알려져 있습니다. 따라서 우리는 부분 재결정 열처리에 의해 냉간압연시의 미재결정 영역의 변형쌍정을 최대한으로 유지하고 냉간압연시 발생한 높은 전위의 밀도를 낮추었습니다. 강도의 향상, 특히 약 1 GPa의 항복 강도 달성에 상온 변형 쌍정은 중요한 역할을 합니다. FCC 구조의 특성상 상대적으로 낮은 항복 강도를 획기적으로 개선 하였습니다. 46%연신율 및 1.3 Gpa의 인장 강도는 재결정 및 미 재결정 영역의 추가 변형 쌍정의 형성으로 기인합니다. 우리의 결과는 연성에 해로운 영향을 미치기 때문에 기존 합금에서 일반적으로 피해야하는 미 재결정 영역의 존재가 초 고강도 HEA 설계에서 효과적인 강도 향상 아이디어가 될 수 있음을 보여줍니다

[고엔2-3 | 11:00]

CoCrFeMnNi 고엔트로피 5원계 합금에서 각 원소의 Cu로의 치환에 의한 미세조직 변화: *오승민, 홍순익, 송재숙 ; *충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.*

Keywords: High entropy alloy, CrFeCoNiCu, CrMnCoNiCu, CrMnFeNiCu, CrMnFeNiCu

고엔트로피 합금은 5원계 이상의 다원소 합금계로서, 고합금계임에도 불구하고 혼합엔트로피가 높아 금속간 화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 단상조직을 이루는 합금이다. 우수한 내열특성 및 기계적 성질을 갖는 고엔트로피합금은 기존 상용합금들을 대체할 차세대 합금계로 최근 활발한 연구가 진행이 되고 있다. 본 연구에서는 Cantor alloy라고 불리는 CrMnFeCoNi 합금계에서 한 개씩 각 원소들을 Cu로 치환한 MnFeCoNiCu, CrFeCoNiCu, CrMnCoNiCu, CrMnFeNiCu, CrMnFeNiCu계의 고엔트로피 합금을 Arc melting으로 주조하여, 주조조직과 가공조직의 변화를 관찰하였다.

[고엔2-4 | 11:15]

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 탄소 첨가에 따른 기계적 특성 및 미세구조 변환: *고준영, 홍순익 ; *충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.*

Keywords: CoCrFeMnNi, High entropy alloys, carbon addition

5원계 이상의 합금원소에서 침입형원자를 첨가하는 경우 엔트로피 항상 효과뿐만 아니라 제한된 용해도에 따른 석출상 형성으로 기계적 특성의 향상을 기대할 수 있다. 본연구에서는 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금에 탄소를 첨가하여 미세구조와 기계적 특성의 변화를 관찰하였다. 본 연구에서는 탄소첨가의 효과를 확인하기 위해 탄소 무첨가 CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금과 탄소가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 wt.% 첨가된 하이엔트로피 합금을 아크용해로 주조하여 각각 탄소함량에 따른 주조조직, 균질화한 조직, 가공조직, 소둔조직을 관찰하여 미세구조를 비교하였다. 탄소를 첨가한 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금에서는 주조 후에 dendrite arm 사이에 탄소화합물이나 작은 입자들이 형성되고, 이로 인하여 균질화처리 후에도 결정립의 성장이 방해되어 늘어진 결정립이 관찰되었다. 또한 인장실험 후 탄소 첨가에 따른 기계적 특성의 변화를 분석하였다.

[고엔2-5 | 11:30]

Hydrogen embrittlement resistance of CoCrFeMnNi high-entropy alloys: *김대환, 원종우[1], 나영상[1], 이종수 ; *포항공과대학교 철강대학원, [1]재료연구소.*

Keywords: High-entropy alloys, hydrogen embrittlement, tensile property, fracture

고엔트로피합금(high-entropy alloys)는 동일한 비율의 5개 이상의 원소로 구성된 합금을 일컬으며, 고강도 및 고연성을 비롯한 다양한 특성을 나타내어 주목받고 있다. CoCrFeMnNi 합금은 고엔트로피합금 중 하나로 나노쌍정 형성을 통해 변형온도가 낮아질 수록 뛰어난 물성을 나타낸다. 이러한 특성을 바탕으로 가스 터빈, 로켓 부품, LNG 탱크 등에 적용될 것으로 각광받고 있으며 이에 따라 재료 내부에 수소가 침투되어 야기되는 물성저하가 불가피하다. 하지만 아직까지는 CoCrFeMnNi 합금을 비롯한 고엔트로피합금의 수소취성 특성에 관한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 CoCrFeMnNi 합금의 상온에서의 수소 침투에 의한 물성 열화 및 변형 거동 분석 및 대표적인 fcc계 합금인 TWIP 강과 STS 304 스테인리스강의 수소취성 특성과의 비교를 진행하였다. 각 합금 별 변형 특성인 변형 쌍정 및 변형 유기 마르텐사이트가 수소 취성 거동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 전기화학적 방법을 통하여 수소를 재료 내부에 주입한 뒤 $5x10^{-4}$ 의 변형 속도로 저변형률시험(slow strain rate test)를 진행하였다. 전류를 다양하게 하여 수소 주입량을 달리 하여 수소 함량에 따른 파괴 강도 변화 역시 분석하였으며 SEM(scanning electron microscope)를 이용하여 파괴 기구를 규명하였다.

[고엔3-1 | 13:40] 초청강연

내열 하이엔트로피 합금의 개발 현황과 연구 방향: *류호진, 강병철, 이준호, 홍순형 ; *KAIST.*

Keywords: 하이엔트로피 합금, 분말야금 공정, 기계적 특성, 내열특성

하이엔트로피 합금(high entropy alloy)은 5개 이상의 금속 원소가 거의 동일한 몰비율(molar ratio)로 구성되어, 높은 배열 엔트로피, 원소 크기 차이, 격자 뒤틀림 효과에 의해 전위의 이동이 어려워 기존 합금들에 비해 강도, 인성, 경도 등의 기계적 특성이 우수한 신소재로 주목 받고 있다. 특히, 하이엔트로피 합금은 기존의 내열소재인 Ni 초내열합금보다 우수한 고온 강도를 갖는 것으로 보고되어 차세대 내열소재로 유망하다. 현재까지 보고된 내열 하이엔트로피 합금은 아크용해법(Arc melting)으로 제조되고 있다. 비교적 간단한 공정으로서, 짧은 시간 내에 합금 제조가 가능하다는 장점이 있다. 하지만, 하이엔트로피 합금을 구성하는 원소들이 편석되어 균일한 혼합이 어려운 단점이 있으며, 냉각 속도 차이에 의해 합금 내외부의 미세조직이 균일하지 못하다. 이를 해결하기 위해서, 본 연구에서는 분말야금 공정을 이용한 하이엔트로피 합금의 제조 공정 및 특성 연구가 수행되었다. 분말야금 공정을 이용하면, 균일한 미세조직 및 결정립 미세화에 의해 기계적 특성을 극대화 할 수 있는 장점이 있다. 분말야금 공정으로 제조된 내열 하이엔트로피 합금은 우수한 상온, 고온 강도를 나타내어 가스터빈, 자동차 엔진, 열교환기 등의 고온 부품으로 응용 가능할 것으로 기대된다.

[고엔3-2 | 14:00]

Microstructure and mechanical properties of AlCoCrNi High entropy alloy: *JUMAEV ELYORJON, PARK HAE JIN, KIM YOUNG SEOK, HONG SUNG HWAN, KIM KI BUEM* ; *세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: Mechanical properties; Microstructure; High entropy alloy

AlCoCrNi alloy is fabricated using near equiatomic ratio for Al, Co, Cr and Ni content to develop the high entropy alloy system. High-entropy alloys are usually defined as the kind of alloys with at least five principle components, each component has the equiatomic ratio or near equiatomic ratio, and the high entropy alloys can have very high mixing of entropy, forming simple solid solution rather than many complex intermediate phases. The purpose of this study is to investigate the mechanical properties and microstructure of AlCoCrNi high entropy alloy system. The AlCoCrNi alloy was produced using arc melting and analysed using by scanning electron microscopy, X-ray diffraction, Field emission-microscpoy, transmission microscope and universal test machine respectively. The alloy shows that there is pronounced microstructure such as distinguishable dendrite and interdendritic. The result showed that based centred cubic (BCC) crystal structure phase is observed in the AlCoCrNi alloy. A compression test has been measured with as-cast and annealing ingots at the room-temperature. The crystal structure, microstructure, microhardness and mechanical properties of AlCoCrNi alloy system discussed by high entropy alloys concept.

[고엔3-3 | 14:15]

AlCoCrFeNi 하이엔트로피 합금의 상변태 거동 및 미세조직에 따른 기계적 특성: *이준서, 임가람, 나영상, 이승훈[1] ; *한국기계연구원 부*

설 재료연구소. [1]*경북대학교 신소재공학과.*
Keywords: High entropy alloy, Phase stability, Micro structure, Thermal annealing

하이엔트로피 합금은 5개 이상의 합금 원소가 동일한 성분비로 첨가되어 원소들의 특성이 혼합된 새로운 특성을 나타내기도 한다. 일반적으로 하이엔트로피 합금은 고용체를 형성함으로써 비강도, 내식성 등이 우수하며 고온에서도 우수한 기계적 특성을 나타낸다. 최근 새로운 합금 시스템을 개발하려는 연구와 함께 개발된 합금의 상안정성 및 미세구조변화에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히, BCC 결정구조를 갖는 AlCoCrFeNi 하이엔트로피 합금은 우수한 기계적 특성이 나타난다고 보고되었다. 본 연구에서는AlCoCrFeNi 하이엔트로피 합금의 상변화에 따른 미세조직과 기계적 특성의 상관관계를 조사하였고, 이것을 바탕으로 새로운 합금 시스템의 개발에 접목시키고자 하였다.

[고엔3-4 | 14:30]

Microstructures and nanoindentation behaviors of heat-treated AlCoCrFeNi high entropy alloy: *Gokul Muthupandi, Karam Lim[1], Young Sang Na[1], Yoon Suk Choi ; *Pusan National University.* [1]*Korea Institute of Materials Science.*
Keywords: Nanoindentation, Deformation mechanics, HEA

The microstructural features and their respective deformation behavior were investigated. Nanoindentation was used to study the mechanical behavior. FE-SEM and TEM helped to identify the microstructural features and the deformation structures under the indentation. The topology of the indentation was studied using AFM. Pile-up and sink-in features were obtained through indentation at the grain boundary precipitates and matrix respectively. Further isotropic continuum finite element model was used to study the relation between hardness and modulus for sink-in and pile-up. In this study, the correlation between the indentation topology, microstructural properties and the mechanical properties are discussed.

[고엔4-1 | 15:15]

고엔트로피합금 잉고트 및 판재의 pilot-scale 제조 및 분석: *나영상, 임가람, 이광석, 원종우, 이준서, 박상협 ; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: 고엔트로피합금, CoCrFeMnNi, AlCoCrFeMn, high entropy alloy, 하이엔트로피합금

2004년에 고엔트로피합금 개념과 합금이 최초로 보고된 후 전세계적으로 고엔트로피합금에 대한 관심과 연구는 폭발적으로 증가하고 있다. 이는 심각한 격자 왜곡이나 느린 원자 확산과 같이 효과들로 인해 고엔트로피합금으로부터 독특하고 우수한 물성을 얻을 수 있을 것이라는 기대에 기인한다 하겠다. 실제로 대표적인 고엔트로피합금인 CoCrFeMnNi 합금의 경우 극저온에서 강도와 연성이 동시에 향상되는 독특한 특성이 보고된 바 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 연구된 고엔트로피합금의 경우 주로 실험실 수준의 소규모 합금 제조를 통해 물성 연구가 진행되어 왔으며 파일롯 규모의 합금 제조 등에 대한 연구는 거의 이루어지지 못하였다. 본 연구에서는 기존에 보고된 고엔트로피합금 중 각각 FCC계열과 BCC계열을 대표하는 CoCrFeMnNi 및 AlCoCrFeNi 합금에 대해 10 kg급 규모의 잉고트를 제조하고 응고 과정에서의 합금의 phase evolution 등에 미치는 잉고트 크기 효과 등을 관찰하고자 한다. 또한 이들 잉고트를 이용한 후속 제조 공정 등에 대해서도 고찰하고, 제조 공정에 따른 합금의 기계적 물성 변화 등을 관찰하고자 한다.

[고엔4-2 | 15:30]

Weldability of CoCrFeMnNi high entropy alloy using friction stir and laser welding: *조민구, 김한진[1], 강민정, Phaniraj Madakashira, 김동익[1], 박은수, 서진유[1], 한흥남 ; *서울대학교 재료공학부.* [1]*한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*
Keywords: High-entropy alloy, Friction stir welding, Laser welding, Mechanical properties, Microstructure

고엔트로피 합금 중에서 가장 많이 알려진 CoCrFeMnNi 합금은 Co, Cr, Fe, Mn, Ni이 주요원소로 equi-atomic percent의 비율로 구성된 단일 고용체 합금으로 기계적 물성이 우수하여 구조용 소재로 기대 되어진다. 하지만 새로운 합금이 구조용 소재로 적용되기 위해서는 용접성이 필수적으로 요구되어진다. 본 연구에서는 진공유도용해 및 열연과정을 통해 CoCrFeMnNi 합금 판재를 제작하고 고상용접인 마찰교반용접과 용융용접인 레이저용접 방법을 적용하여 합금의 용접성을 확인해보고자 하였다. 인장시험, 경도시험, X-선 회절, 주사전자현미경, 투과전자현미경 등을 이용하여 용접된 판재의 기계적 물성 평가 및 미세조직 관찰을 하였다. 각기 다른 방법으로 용접된 시편의 응력-변형률 곡선을 통해 기계적 물성이 모재에 비하여 크게 열화되지 않음을 확인하였다. 레이저 용접의 경우 용융금속 부위에서 조성이 불균질한 주조조직이 관찰되었으며, 산화망간/황화망간 등의 개재물이 형성되어 모재에 비해 상대적으로 낮은 연신율을 보였다. 주조조직에서의 상대적으로 큰 조성 불균질 경향은 결정구조에는 영향을 미치지 못 하였고 다른 상이나 금속간화합물 또한 관찰되지 않았다. 마찰교반용접의 경우 교반부에서 동적재결정이 일어나 결정립 크기가 기본재료 대비 14배 작아졌으며 가공경화가 수반되어 경도값이 크게 증가하였다.

[고엔4-3 | 15:45]

High-pressure torsion**과 열처리를 통한 초미세립 CoCrCuFeNi 결정립계의 기계적 물성 연구**: 최민구, *박노근[1], Xiang Li[2], Nobuhiro Tsuji[2] ; *영남대학교 공과대학 신소재공학과.* [1]*영남대학교 공과대학 신소재공학부.* [2]*Kyoto University.*
Keywords: High-entropy alloy, CoCrCuFeNi, High-pressure torsion, nano-precipitation, mechanical property

다양한 종류의 고 엔트로피 합금 중에서 주로 FCC 계의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 대표적인 합금으로는 CoCrFeMnNi 계로 Cantor 박사에 의해 처음 발견되었으며, 단상을 가진 보기 힘든 계로 알려져 있다. 최근 Cantor 이외의 FCC 계에 대한 연구가 일부 이루어지고 있다. 한 예로 CoCrCuFeNi 계로 두 종류의 FCC 상을 갖는 구조로 알려져 있다. 즉, 구리를 제외한 나머지 4종

류의 원소간의 원소들이 이루는 지역과 이들의 결정립계에 구리 농도가 높은 지역으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 CoCrCuFeNi 계에 대하여 High-pressure torsion 방법을 이용하여 변형량 증가에 따른 두 상간의 혼합과 열처리에 따른 두 상간의 분리 현상을 이용하였다. 충분한 양의 소성 변형을 가하여 초미세립 구조를 가지면서 구리가 다른 합금원소들과 잘 섞여 들어갔음을 확인하였다. 특정 열처리를 통하여 소성가공 시편의 인장강도(1430 MPa)보다 더 높은 인장강도(1800 MPa)를 얻을 수 있었다. 강화 기구 분석을 위해 3차원 원자 탐침 기술을 활용하여 분석을 실시하였다. 약 5 nm 수준의 구리 석출물의 형성에 기인한 것으로 나타났다. 열처리 조건에 따른 석출 거동 및 결정립 성장에 대한 토의를 갖는다.

[고엔4-4 | 16:00]

CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 미세조직 변화에 따른 변형거동 및 성형성 연구: *배재웅, 문종언, 장민지, 임다미, 서민홍[1], 김대용[2], 김형섭 ; *포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단. [1]POSCO. [2] 한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: High entropy alloy, Formability, Texture, Microstructure characterization

고엔트로피합금(high entropy alloy, HEA)은 동일한 수준의 농도로 원소들을 혼합하여 고용체(solid solution)를 형성하는 다원소 합금계로서, 면심입방구조를 갖는 고엔트로피합금은 극저온에서 강도와 연신율이 동시에 상승하는 우수한 기계적 성질을 나타낸다. 최근 고엔트로피합금에 대한 연구가 활발히 수행되고 있으나, 현재까지 새로운 합금 조성 설계와 특성 분석 등에 치중되어 향후 산업 부분에 적용하기 위해 필수적인 성형성에 관한 연구는 부족한 실정이며 성형성 평가 간의 변형 거동, 미세조직적 특성에 대한 이해가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 열간 압연 또는 냉간 압연 후 적절한 열처리를 통해 미세 조직을 제어함과 동시에 집합조직을 제어하고, 이에 따른 디프드로잉 거동 및 이축 신장 변형 거동에 대해 분석하였다.

[고엔5-1 | 16:25]

분말야금 공정을 이용한 하이엔트로피 합금 제조 및 물성 연구: *이준호, 강병철, 류호진, 홍순형 ; *한국과학기술원(카이스트).*

Keywords: 하이엔트로피 합금, 기계적 특성, 분말야금

하이엔트로피 합금(high entropy alloy)은 5개 이상의 원소가 거의 동일한 몰비율로 고용체(solid solution)를 이루고 있는 합금을 의미하며, Gibbs free energy(Φ) ratio 1 이상, 원소간 크기 차이 비율(δ) 6.6 이하 일 때 고용체 단상을 형성할 수 있다. 크기가 다른 여러 원소가 혼합되어 있기 때문에 격자 변형이 크며 전위의 이동이 어렵다고 알려져 있어, 기존 금속 소재보다 뛰어난 기계적 물성이 보고되고 있다. 특히, 하이엔트로피 합금은 Ni기 초내열합금에 비해 우수한 고온 강도를 갖는 것으로 보고되고 있어, 차세대 내열 구조소재로서 유망한 후보로 각광받고 있으며, 활발히 연구되고 있다. 문헌상에 보고된 내열 하이엔트로피 합금은 아크용해법으로 제조되고 있다. 내열 하이엔트로피 합금의 조성은 주로 고용점 원소로 구성되어 있기 때문에, 원소간 혼합을 위해 고온의 아크용해법이 이용되고 있으며, 비교적 짧고 간단한 공정으로 하이엔트로피 합금 제조가 가능하다. 하지만, 불충분한 확산에 의해 원소 간의 균일한 혼합이 어려운 단점이 있으며, 냉각 속도 차이에 의해 합금 내외부의 미세조직이 균일하지 못하다. 반면에 분말야금 공정을 이용하면, 균일한 조성 분포를 달성할 수 있으며, 미세조직이 균일하고 공정 온도를 낮출 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 Al, Cr 및 내열합금 원소를 포함하는 조성을 설계하여 하이엔트로피 합금 분말을 제조하고, 방전플라즈마 소결법을 이용하여 하이엔트로피 합금을 제조하였다. $Al_{0.11}$CrWVMo 및 $Al_{0.1}$CrNbVTa 조성을 설계하였는데, Al 및 Cr은 고온, 산화 조건에서 Oxide scale을 형성하여 내산화 특성에 기여할 수 있고, 내열합금 원소는 고온 강도를 향상시킬 수 있다. 또한, 설계된 두 가지 조성은 Gibbs free energy ratio가 유사하지만, 원소간 크기 차이 비율이 다르기 때문에, 하이엔트로피 합금의 원소간 크기 차이 비율과 기계적 특성 간의 관계를 파악할 수 있다. 하이엔트로피 합금 분말을 소결한 결과, BCC 단상을 형성하는 하이엔트로피 합금이 제조되었으며, 분말야금법으로 제조된 하이엔트로피 합금의 내열 구조 소재 응용을 위한 기계적 특성 평가를 수행하였다.

[고엔5-2 | 16:40]

고에너지 밀링으로 제조된 AlCoCrFeNi 고엔트로피 합금의 첨가원소(Cu, Mn, Ti)에 따른 미세조직 변화 연구: *오민철, 이한성, 안병민 ; *아주대학교 에너지시스템학과.*

Keywords: High entropy alloy(HEA), Al-Co-Cr-Fe-Ni system, High energy milling(HEM), Spark plasma sintering(SPS), Alloying element

고엔트로피 합금(high entropy alloy, HEA)은 5가지 이상의 원소를 동등한 원자 비율로 혼합한 합금이다. HEA는 각 원소 간의 복잡한 상호작용에 의해 높은 혼합 엔트로피로 인하여, 중간상이나 금속 간 화합물이 형성하지 않고, 단일 혹은 2상의 고용체를 형성한다. 기존에 연구되던 일반적인 금속 합금과는 달리, 높은 기계적 물성 및 우수한 전자기적 특성을 가지고 있어서 현재 새로운 합금 소재 개발 패러다임으로 다양한 연구가 진행 되고 있다.본 연구에서는 AlCoCrFeNi 5성분계 HEA를 기본 조성으로 선정하여 기계적 합금화 방법 중 하나인 고에너지 밀링(high energy milling)으로 HEA를 제조 하였다. 또한 합금 조성에 따른 HEA의 미세조직의 변화를 확인하기 위하여 AlCoCrFeNi에 Cu, Mn, Ti 중 하나를 선택적으로 첨가하여 6원계 HEA를 제조하였다. 합금 조성에 따른 HEA 분말의 결정 구조 변화를 XRD로 분석하였으며, 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)을 이용하여 HEA 분말을 치밀화 한 후 SEM-EDS와 경도를 분석하여 HEA의 상 분율에 따른 미세조직과 기계적 물성의 상관 관계에 대하여 세부적으로 연구하였다.

[고엔5-3 | 16:55]

고에너지 밀링 및 방전 플라즈마 소결로 제조된 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금의 밀링 시간에 따른 합금화 거동 연구: *이한성, 오민철, 안병민 ; *아주대학교.*

Keywords: High entropy alloy, High energy milling, Spark plasma sintering, Mechanical alloying, AlCoCrFeNiTi

고엔트로피 합금은 5계 이상의 주요 원소가 비슷한 비율로 첨가되는 반면, 각각의 원소와 상이한 특성을 가지는 새로운 개념의 합금이다. 또한 첨가 원소에 따라 매우 높은 기계적 물성을 가지는 재료로서, 항공우주 산업과 같은 극한의 기계적 물성을 요구하는 산업 분야에서 관심이 집중되어 관련 연구가 증가하는 추세이다. 현재 고엔트로피 합금은 일반적으로 아크 용탕 주조를 이용하여 제조되는데, 주조의 경우 수축 결함이나 수지상 구조, 편석 등이 발생할 가능성이 있어서 다회 용융 및 응고과정을 수반하므로 고엔트로피 합금 개발에 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 최근 고엔트로피 합금을 분말야금 공정으로 제조하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 고엔트로피 합금 분말을 제조한 연구들이 발표되고 있다. 하지만 분말야금 공정을 통한 고엔트로피 합금의 제조에는 합금 원소 간의 기계적 합금화를 위한 밀링이 수반되며, 밀링 시간에 따른 합금화 거동에 대한 연구는 크게 진행된 바가 없다. 이에 본 연구는 고에너지 밀링 및 방전 플라즈마 소결로 제조된 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금의 밀링 시간에 따른 분말 및 소결체의 합금화 거동에 관한 연구이다. 고에너지 밀링 시간은 0, 5, 10, 15, 30, 45시간으로 선정하였다. 밀링에 따른 상의 변화를 관찰하기 위하여 X선 회절분석을 하였으며, 방전 플라즈마 소결을 이용하여 고엔트로피 합금을 치밀화한 후 전계주사전자현미경 분석 및 경도 측정을 이용하여 미세구조와 기계적 물성의 상관관계를 확인하였다.

[고엔5-4 | 17:10]

충격 압분을 통해 제조된 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금 분말의 소결 및 특성 평가: *임다미, 김우열, 배재웅, 문종언, 장민지, 홍순직[1], 김형섭[2]; *포항공과대학교 신소재공학과. [1]공주대학교 신소재공학부. [2]포항공과대학교 신소재공학과 / 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.*

Keywords: High-entropy alloy, Shock wave compaction, Sintering

최근 금속공학분야에서 활발한 연구가 시작되고 있는 고엔트로피합금(High-entropy alloy, HEA)은 5가지 이상의 원소들이 균일 원자비로 구성되어 단상 고용체를 형성하는 합금이다. 분말야금법은 주조에 비해 낮은 온도에서 작업이 가능하며, 제품 생산 시 생산 수율 손실을 줄이고 비용을 감소시킬 수 있어 많은 장점이 기대되나, 고엔트로피합금의 소결 시, 느린 확산(Sluggish diffusion), 격자의 일그러짐(Lattice distorsion) 등의 특징으로 더 높은 온도, 긴 시간이 요구되는 문제점이 있다. 또한 성형밀도가 높을수록 소결이 잘 되는데, 고엔트로피합금은 80% 이상의 성형밀도를 얻기 힘들기 때문에 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 기계적합금화로 제조된 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금 분말의 높은 성형 밀도를 얻기 위해 충격압분(Shock compaction)을 실시하였으며, 93%의 높은 성형밀도를 얻었다. 이에 성형체 밀도의 영향에 따른 소결체의 미세조직 및 물성을 분석하기 위해 정적압분한 성형체를 소결한 뒤, 비교, 분석하였다.

[수소1-1 | 08:30]

오스테나이트계 강재의 수소주입 후 변형미세조직에 대한 TEM 관찰: *김한진, 조민경[1], 김긍호[1], 서진유[1], Phaniraj Madakashira[2], 이준호 ; *고려대학교 [1]한국과학기술연구원. [2]서울대학교.*

Keywords: Hydrogen, Hydrogen embrittlement, Austenitic stainless steels, Transmission electron microscopy

오스테나이트계 철강재가 수소를 흡수하면 적층결함에너지의 감소 및 이에 의한 Slip planarity의 증가 등에 의해 변형거동의 차이가 발생하는 것으로 알려져 있다. 본 연구를 통해 이러한 변형거동의 차이로 인해 나타나는 미세조직의 차이를 확인하고자 하였다. 이를 위해 수소취성저항성이 비교적 잘 알려진 316L 소재와 아직 수소취성 특성이 잘 알려지지 않은 고질소강의 오스테나이트계 철강재를 선정하여, 수소를 포함하지 않는 시편과 가스상 수소주입 후의 시편을 모두 10% 변형시킨 후 이들의 미세조직을 투과전자현미경으로 관찰하였다. 316L 소재의 경우에는 전위의 발달, 그리고 고질소강의 경우에는 변형유기마르텐사이트 변태의 관점에서 수소의 역할을 비교하였다.

[수소1-2 | 08:45]

저탄소강 용접부의 음극전위 인가에 따른 수소취성거동에 대한 미세조직의 영향: *박한지, 강남현 ; *부산대학교 재료공학부.*

Keywords: FCAW, offshore steel, SSRT, Hydrogen Embrittlement, ICHAZ

해양구조물용 강재는 가혹한 설치환경, 특히 부식의 위험이 큰 염수분위기로 인해 음극방식법이 요구된다. 따라서 일반 강재의 방식을 위한 적절한 희생양극의 선택 및 최적음극방식전위에 대하여 많은 연구가 이루어져왔다. 그러나 용접부는 모재 대비 약간의 조성차이, 불순물 등의 다양한 요소로 인하여 모재보다 양극으로 작용하기 때문에 부식에 취약한 특성을 보이게 된다. 따라서 용접부의 경우 모재와는 다른 최적음극방식전위가 요구될 것이다. 이로 인해 잘못 인가된 음극전위는 구조물의 충분한 방식을 유지하지 못하거나, 구조물 계면에서의 과도한 수소발생으로 수소취성을 야기할 수도 있다. 구조물과 용액 계면에서 염수의 전기분해로 발생한 수소원자가 일부 강재 내부로 흡수되고, 재료 내부에서 수소는 수소유기응력균열 혹은 수소지연파괴를 야기시킨다. 이는 특히 용접금속, 열영향부에서 경화된 조직등으로 인해 민감하게 작용한다. 따라서 염수환경 전기분해에 의한 용접부의 수소취성에 대한 이해가 필요하다. 용접금속 혹은 열영향부 각각의 수소유기응력균열 민감도에 대한 연구는 비교적 활발히 보고되고 있다. 그러나 실제 모재와 열영향부, 용접금속을 모두 포함하는 용접시편 그 자체에서 어느 부위, 어떤 인자가 HISC에 가장 critical 하게 작용하는지 등에 대한 보고는 아직 미비하다. 따라서 이번 연구에서는 용접조직이 수소유기응력균열에 미치는 영향과 가장 민감하게 작용하는 수소의 trap site가 무엇인지를 조사하였다. 저탄소강 모재에 대해 FCA용접을 수행하여 두가지 입열량의 시편을 얻었다. 용접부 위치별 수소취성 거동을 살펴보고자 순환 In-situ cell을 제작하여 인공해수 내에서 시편에 음극전위를 인가하여 수소를 주입하며 slow strain rate test를 수행하였다. 수소주입에 따른 파단위치 변화, 파면해석, crack propagation 거동을 용접조직을 통하여 분석하였다.

[수소1-3 | 09:00]

Effect of hydrogen on microstructure and damping capacity of Fe-17wt.%Mn: *박지숙, 유상현, 권혁준, 홍진성, 김한진[1], 서진유[2], 이영국 ; *연세대학교 [1]고려대학교 [2]한국과학기술원.*

Keywords: hydrogen, damping capacity, microstructure

자동차, 가전제품 공사장 등에서 발생되는 소음 및 진동공해는 인간과 동물에게 난청과 수면장애, 판단력 저하 등의 많은 문제를 야기시키며, 이에 따라 소음 및 진동 공해에 대한 규제가 강화되는 추세이다. 따라서, 제품의 고부가가치화를 위해 재료의 강도 및 인성 뿐만 아니라, 진동 감쇠능을 갖춘 철강재료에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이러한 요구에 따라, 높은 강도(~791 MPa)와 연신율(~25%)을 가지는 Fe-17 wt.%Mn 합금이 최근 여러 산업에서 양산이 시도되고 있다. 그러나, 기존 철계 합금과 마찬가지로 공정과정 중 또는 제품 사용 중 발생하는 산화 및 부식 과정에서 수소 취성이 발생할 수 있다. 현재까지 방진합금에서 수소취성에 대한 연구가 진행된 바 없으며, 재료 내에 수소가 확산될 경우 생기는 미세조직 및 기계적 성질의 변화에 대해 알려진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 Fe-17 wt.%Mn 합금을 고압수소 분위기에서 저온 열처리 한 후, 미세조직 및 기계적 성질을 체계적으로 분석하여 수소가 진동감쇠능에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

[수소1-4 | 09:15]

오스테나이트강의 수소취성에 미치는 결정립 크기의 영향: *노한섭, 강지현, 김성준 ; *포항공대철강대학원.*

Keywords: Hydrogen embrittlement, Austenitic steel, Grain size, Dislocation density

친환경 에너지원으로 가장 주목을 받고 있는 수소의 폭넓은 활용을 위해서는 수소 인프라 구축이 필수적이다. 이를 위한 고압수소 환경 내 적용 가능한 재료로는 오스테나이트강이 주로 활용된다. 하지만, 낮은 수소 확산계수에도 불구하고 오스테나이트강은 변형기구에 따라 서로 다른 수소취성 거동을 보인다. 본 연구에서는 서로 다른 변형기구를 가진 오스테나이트계 고망간 TWIP강과 고질소 STS강을 대상으로 결정립 크기를 달리하여 변형 모드에 차이가 발생하도록 함으로서 이들이 수소취성에 미치는 영향을 조사하였다. 전기화학적 수소차징 후 인장실험한 결과, 고망간 TWIP강은 결정립 크기에 따른 수소취성 차이가 잘 나타나는 반면, 고질소 STS강의 경우 결정립 크기와 상관없이 수소취성이 잘 나타나지 않았다. 이를 규명하고자 Rietveld method을 활용해 XRD 패턴을 분석

하여 각각의 경우에 대한 전위밀도를 계산하였다. 분석 결과, 결정립 크기 및 수소차징 유무에 따라 전위밀도차가 발생하고, 고망간 TWIP강이 고질소 STS강에 비해 변형 중 전위밀도가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 변형기구에 따른 전위밀도차이가 서로 다른 수소취성을 나타나게 하는 원인으로 생각되며, 전위밀도가 높은 고망간 TWIP강이 고질소 STS강에 비해 높은 수소취성을 보인 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 변형기구에 따른 전위밀도 차이가 오스테나이트강의 수소취성 특성을 결정짓는 요인으로 작용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

[수소1-5 | 09:30] 조청강연

바나듐탄화물이 수소취성에 미치는 영향: *이종수, 권영진, 서현주, 이준모[1]; *포항공과대학교 철강대학원. [1]포스코 기술연구원.*

Keywords: 템퍼드 마르텐사이트 강, 수소취성, 탄화물

현재 다양한 산업 분야에서 제품의 경량화와 안전성을 동시에 확보하기 위해서 고강도 철강 재료에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 템퍼드 마르텐사이트 강재 경우 간단한 열처리를 통해 1 GPa 이상의 높은 인장 강도를 획득 할 수 있기 때문에 대표적인 고강도 강재로 널리 사용되고 있다. 하지만 템퍼드 마르텐사이트 강의 경우 강도가 증가할 수록 수소 취성에 대한 저항성이 급격히 하락하게 되는데 이는 재료가 고강도화 될수록 증가하는 조직 내 결함들이 확산성 수소의 트랩 사이트로 작용하기 때문이다. 지금까지 템퍼드 마르텐사이트 강의 수소 취성 저항성을 향상 시키기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔는데 대표적인 방법으로 기지 내 탄화물을 석출 시켜 수소 확산을 억제시키는 방법이다. 하지만 기존의 연구는 탄화물의 종류에 따른 수소 취성 현상을 연구하는 사례가 많았으며 탄화물의 형태나 양에 따른 수소 취성 현상을 연구하는 사례는 찾아보기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 탄화물 생성 원소인 바나듐의 함량을 변화시켜 탄화물의 형태 및 양에 따른 수소 취성 거동 변화를 관찰하였다. 바나듐 탄화물이 석출된 강재의 경우 탄화물이 석출되지 않은 강재보다 우수한 수소 취성 저항성을 나타내었는데 이는 바나듐 탄화물이 수소의 트랩 사이트로 작용함으로써 기재 내 수소 확산을 효율적으로 억제시켰기 때문이다. 하지만 바나듐의 함량이 0.5 wt.% 이상으로 증가하게 되면 오히려 수소 취성 저항성이 하락하는 경향을 보여 주었다. 이는 바나듐 함량이 높은 경우 열처리 과정 중 미고용된 바나듐이 조대한 형태의 탄화물을 생성시켜 균열 생성 시점으로 작용하였기 때문으로 밝혀졌다. 따라서 템퍼드 마르텐사이트 강의 수소 취성 저항성을 효과적으로 향상시키기 위해서는 미고용 탄화물을 최소화 함과 동시에 기지에 미세한 탄화물을 균일하게 석출시키는 것이 중요하다.

[수소1-6 | 10:00] 조청강연

수소취성에 대한 이해와 연구 동향: *이준모, 이상윤, 김관호, 배철민 ; *㈜포스코.*

Keywords: 수소취성, 고강도강, 연구 동향, 수소지연파괴

수소취성은 수소에 의해 재료의 물성이 열화되는 현상으로, 1875년 처음 그 현상이 보고된 이후 아직까지 이에 대한 메커니즘과 해결방안이 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 특히 근래 철강 고강도화에 가장 큰 걸림돌로 수소취성이 더 주목 받으면서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 수소취성은 수소 원자 검출의 어려움, 철강 내의 매우 낮은 용해도 등의 이유로 여전히 이해가 쉽지 않은 분야이며, 국내에서는 수소취성에 대한 연구가 본격적으로 이루어진 시기가 얼마 되지 않았기 때문에 이에 대한 자료가 많이 부족한 실정이다. 수소취성을 본질적으로 알아가기 위해서는 수소의 유입 루트, 미세조직 변화에 따른 수소 거동, 재료에 응력이 부가될 때 수소의 이동 등 다양한 관점에서의 이해가 필요하며, 그 만큼 많은 양의 실험과 여러 연구자들의 협업이 필요하다. 따라서 본 발표에서는 이러한 수소취성에 대한 다양한 논의를 함께 하기 위해 다양한 관점에서의 수소취성 거동 해석 및 최근 연구 동향에 대해서 다루고자 하였다.

[수소2-1 | 10:40] 조청강연

수소 충전소용 금속소재 선정: *백운봉, 남승훈, 백승욱, 박종서 ; *한국표준과학연구원.*

전 세계적으로 대기환경 개선을 위해 더욱 강화된 자동차 배기가스 기준을 적용하기에 이르고 있다. 배출가스 저감, 기술 고도화 및 기술 파급 효과 등을 고려, 각국이 수송용 연료전지(연료전지자동차) 개발에 집중하고 있으며 수소연료전지자동차(이하 '수소차')는 긴 주행거리, 편리한 충전 및 기존 전력 부하에 부담이 없다는 점에서 현재 내연기관차를 대체할 친환경차로 평가받고 있다. 수소를 연료로 하는 수소차는 기존 내연기관 자동차에 비해 온실가스 배출이 거의 없다. 또한 현재 많은 개발이 진행되어 있는 전기자동차와 비교하면 충전시간이 매우 짧고, 1회 충전 시 500 km 이상의 장거리 주행이 가능한 장점이 있다. 국내 수소 자동차 상용화의 최대 장애요인은 수소 충전소 인프라 부족으로 압축기 등 필수 부품을 수입에 의존하여 건설비용이 약 30~50억원 소요(CNG의 1.5배)되어 이는 LPG 등 타 충전소보다 과도하여 사업자의 투자유도 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 수소 충전소용 재료로 사용하기위한 금속재료의 선정 기준 등을 검토하고 향후 대응책을 고려해 보았다.

[수소2-2 | 11:10] 조청강연

수소사용재질 열화 및 균열현상: *최병학, 장현수, 이범규, 김성준[1], 김우식[2], 백운봉[3], 남승훈[3]; *강릉원주대학교 신소재금속공학과. [1]강릉원주대학교 산업정보경영학과. [2]한국가스공사. [3]한국표준과학연구원.*

Keywords: 수소취성,탈아연부식,재질평가

수소차징이 아닌 건식의 수소가압분위기에서도 수소취성균열이 유발될 수 있음이 보고되고 있다. X70강재질이나 SS316L 재질의 수소가압 인장시험에서 시험편 표면에 심각한 HIC 발생과 취성파단이 실험적으로 입증된 상황이다. 수소를 청정에너지로 사용하자고 하는 현상황에서 이러한 수소소의 재질 열화 및 취성균열 효과는 수소사용상 문제를 야기시킬 수 있다. 본 연구에서는 기존 도시가스배관으로 사용되고 있는 4종(Cu,SS304,강관,도금강관) 재질과 수소 사용부품 재질(SS304, 황동)에 대해, 순수 수소가압분위기에서

재질이 당하는 열화 및 취성균열 형상을 검토하였다. Cu배관과 SS304 배관은 수소에 의해 변형유기상변태, 탈아연부식, SCC 등 가속화되며 재질열화를 당하는 것으로 분석되었다. 연구를 통해 수소에너지 사용에 대한 재질 건전성 평가가 수행되었고 안전한 수소사용재질 추천을 꾀하였다.

[수소2-3 | 11:40] 조청강연

오스테나이트 합금의 수소취성과 단범위규칙: *김영석, 김성수 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 수소취성, 오스테나이트 스테인리스강, 니켈합금, 단범위규칙, 격자수축

최근 우리는 니켈합금의 응력부식균열은 일종의 수소취성 현상이며, 수소가 니켈합금의 단범위규칙을 가속화시켜, 즉 수소유기 원자규칙화로, 입계응력부식균열이 일어난다는 것을 제시하였다. 아울러 스테인리스강의 상온 수소취성은 수소가 마르텐사이트 형성을 억제하여 일어난 연성감소 때문이며, 수소에 의한 마르텐사이트 형성 억제와 수소 유기 원자규칙화와 연계하여 상온 인장변형 시 형성되는 응력유기 마르텐사이트는 $(Fe,Cr)_3Ni$의 불규칙상임을 처음으로 제시하였다. 본 연구의 목적은 단범위규칙 형성이 오스테나이트 합금의 수소취성 민감도에 미치는 영향 조사를 통하여, 우리가 제시한 수소유기 원자규칙화 가설 관련 및 이로 인한 수소취성 저항성 감소 관련 실험적 증거를 제시하는 것이다. 이를 위하여, 불규칙 및 단범위규칙 구조를 갖는 두 종류 Ni_3Fe 합금을 제조한 후, 이들 시편을 대상으로, 수소를 실시간으로 장입하면서 상온 인장시험을 수행하였다. 단범위규칙의 Ni_3Fe 시편은 불규칙 시편에 비하여 실시간으로 장입된 수소 때문에 격자감소를 보였으며, 높은 수소취성 민감도를 보였다. 결론적으로, 본 연구는 수소는 금속의 원자규칙화 반응을 가속화시키며, 이러한 수소유기 원자규칙화가 불규칙 합금보다는 단범위규칙 합금에서 수소유기 원자규칙화가 빠르게 일어나 단범위규칙 합금이 수소취성에 매우 취약하게 만드는 것임을 보여준다. 본 연구결과로 예민화 처리된 304/316 스테인리스 및 열적처리된 Alloy 600/690 합금이 용체화처리된 것에 비하여 높은 수소취성을 보이는 현상이 이해된다.

[수소2-4 | 12:10] 조청강연

수소환경용 오스테나이트계 스테인리스강: *김성준, 강지현, 노한섭, 김광민[1]; *포항공대 철강대학원. [1]포스코 기술연구원.*

Keywords: 수소취성, 오스테나이트, 스테인리스강, Ni equivalent

수소 연료전지 자동차를 비롯한 수소 에너지 시대의 도래와 더불어 고압 수소환경 내에서 안전하게 사용할 수 있는 고강도 합금에 대한 합금설계, 기계적 특성평가, 수소취화 기구 등에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 현재까지 적용되고 있는 내수소환경용 소재로는 12 wt% Ni을 함유한 오스테나이트 스테인리스강(STS 316계)이 가장 많이 채택되고 있으나 항복강도 200~250 MPa, 인장강도 400~450 MPa에 머물러 보다 높은 압력의 수소환경 내에서 사용하기 위해서는 상당히 두꺼운 두께를 지닌 부품으로 제작되어야 하고, 이로 인한 가격 상승 및 무게 증가 등이 한계로 지적되고 있다. 특히 수소 연료전지 자동차의 주행거리 증가 필요성에 따라 수소 충전 압력이 35 MPa에서 70 MPa로 상향되어 고강도 내수소환경용 소재 개발에 대한 필요성이 한층 높아지고 있다. 본 발표에서는 내수소환경용 오스테나이트계 스테인리스강 개발 시 고려되어야 하는 여러 가지 인자들에 대한 소개와 함께 현재 선진국들을 중심으로 개발되고 있는 신합금 설계, 기계적 특성, 수소취성에 미치는 합금원소 및 금속학적 인자 등에 대해 소개하고자 한다.

[수소2-5 | 12:40] 조청강연

Electrochemical hydrogen permeation and diffusion behavior, and subsequent hydrogen assisted cracking failure of high-strength ferritic steel used for sour service applications: *Sung Jin Kim ; *Sunchon National University.*

Keywords: Hydrogen permeation, Hydrogen diffusion, Steel, Sour environment

The hydrogen assisted cracking (HAC) failure occurring in the ferritic steels used in the petrochemical industry has been one of the major technical issues for development of high-strength steels such as API grade linepipe or pressure vessel steel. The atomic hydrogens which are cathodically reduced from hydrogen cation dissociated from H_2S gas are readily adsorbed on the steel surface and diffused into the steel matrix. The hydrogen atoms introduced in the steel are reversibly or irreversibly trapped at various metallurgical defects in the steel, resulting in the HAC problem. As the cracking failure is closely associated with the hydrogen uptake and transport in the steels, it is essential to examine the exact physical and chemical nature of hydrogen diffusion behavior in the steels. In this presentation, a brief overview is given of the electrochemical hydrogen permeation method and its modification technique to accommodate the externally applied load. Besides, for the fundamental understanding of hydrogen diffusion behavior under the loading condition, numerous theoretical models describing the hydrogen diffusion and trapping phenomena in the steels are reviewed. From the curve-fitting to the permeation curve with the diffusion equation, various hydrogen diffusion parameters under applied loading condition are presented.

[수소2-6 | 13:10]

CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 수소취성 특성 평가: *서진유, Yakai Zhao[1], 김한진, Phaniraj Madakashira[2], 장재일[1]; *한국과학기술연구원. [1]한양대학교. [2]서울대학교.*

Keywords: 수소, 수소취성, 하이엔트로피 합금

하이엔트로피 합금은 최근에 구조용 소재 연구분야에서 주목받고 있는 신합금 소재이며 특히 저온 기계적 물성이 우수한 것으로 알려져 있다. 본 연구를 통해 아직 수소취성 데이터가 보고되지 않은 CoCrFeMnNi 5원계 하이엔트로피 합금의 수소취성 특성을 평가하였다. 기상 수소 주입방법을 통해 수소를 주입하였으며 하이엔트로피 합금이 비슷한 성질을 갖는 오스테나이트계 철강소재보다

더 많은 양의 수소를 흡수하는 것을 확인하였다. 또한 전기화학적인 방법으로도 수소를 주입하여 하이엔트로피 합금의 기계적 물성에 미치는 수소의 영향을 확인하였다.

철강II
Room 302, 4월 28일

[AW-2 | 08:30] POSCO젊은철강상 수상 기념 강연

Smart Survival of Steel (S3) in the Fourth Industrial Revolution: 손일 ; *연세대학교*

Keywords: Forth industrial revolution; Steel; Big data analysis; Steel on demand

Artificial intelligence, machine learning, big data analysis, hyperconnectivity, convergence; these are some of the keywords that have been closely associated with the forth industrial revolution. The manufacturing industry including steel has had difficulty in identifying the role that the forth revolution would play and it has resulted in slower adaptation of advanced technology and widespread implementation, which in contrast could drastically change the steel market and eventually provide the Korean steel industry with a competitive edge. As the first recipient of the POSCO Young Steel Award, this presentation attempts to identify the role that the forth industrial revolution could play in the steel industry and provide insights to the change and direct input consumers would have in the steel manufacturing process. By identifying technology and suggesting routes for greater efficiency for planning, manufacturing, research, and marketing, steelmakers can limit the amount of redundant work providing greater flexibility and time to concentrate on providing creating solutions for more complex problems.

[철강5-1 | 08:55]

고로 괴상대에서 함철장입물의 환원분화거동 연구: *전지원, 서인국, 손상한, 왕민규 ; *㈜포스코*

Keywords: 소결광, 정립광, 펠렛, 고로, 환원분화

고로 괴상대에서는 노정으로부터 장입된 코크스와 함철장입물들이 층상구조를 이루고 쌓여 있으며, 상승하는 반응가스와 만나 가열 및 일부 환원되면서 연화융착대에 이르게 된다. 환원과정 중에 발생되는 함철장입물의 분화는 고로 상부 통기성에 영향을 주게되어 고로 조업에 큰 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 고로에서 사용되는 주요 함철장입물인 소결광, 정립광, 펠렛에 대하여 고로 괴상대에서의 환원분화거동에 대해 검토하였다. 각 함철장입물의 물리화학적 특성에 따른 환원분화 거동 차이를 확인하였으며 미세조직 분석 등을 통해 그 원인에 대한 고찰을 실시하였다. 특히, 세계적인 철광석의 저급화가 진행됨에 따라 최근 사용량이 급격히 늘어난 갈철광계 정립광의 환원분화특성에 대해서도 검토를 진행하였다.

[철강5-2 | 09:10]

고로 장입 특성 변화에 따른 가스 분포 해석: *권재홍, 한정환 ; *인하대학교 신소재공학과*

Keywords: blast furnace, burden distribution, modeling, numerical analysis

국제 기후 변화 협약인 COP 21 이후 세계적으로 CO2 감축이 주요 관심사로 주목 받고 있다. 그 중, 제철 산업은 대한민국 제조업 CO2 배출량의 37%으로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 따라서, 고로에 사용되는 코크스 및 PCI를 대체하여 수소 가스의 함량을 증가 시키는 연구를 진행하고 있다. 수소 함량 증가에 따른 코크스 장입량의 감소로 인해 장입물 분포 특성의 변화가 발생하고, 노내 가스 흐름이 변화하게 된다. 노내 가스 흐름의 분포가 변화하게 되면 산화철의 환원거동에 영향을 주어 최종 고로 운전에 영향을 미친다. 본 연구에서는 장입물 원료 분포 및 특성에 따른 가스 흐름에 대해 해석을 진행했다. 장입물 분포는 낙하, 적층, 강하 모델로 구성되어 있으며, 비주얼 베이직 기반의 스프레드 시트를 사용하여 계산했다. 노내 가스 흐름 분포는 상용 해석 프로그램인 ANSYS FLUENT를 사용하여 해석을 진행했다.

[철강5-3 | 09:25]

저산화 철원의 소결 공정에서의 산화 반응 특성: *손상한, 전지원[1] ; *㈜포스코 기술연구원.* [1]*(주)포스코 기술연구원.*

Keywords: 소결, 자철광, 부산물, 산화반응, 저산화철원

소결 공정은 배합 원료내 탄재와 공기의 연소에 의해 발생되는 열에 의해 철광석을 괴상화시키는 공정으로 공정내 산소 분압이 매우 높지만, 소결 배합 원료내 탄재와 산소의 연소에 의해 국부적으로는 철광석이 FeO까지 환원이 가능한 산소 분압까지 낮아지는 특징이 있다. 최근 소결 공정에서 산화 발열에 의해 열량 공급이 가능한 자철광 또는 제철소 발생 부산물과 같은 저산화 철원에 대해 철광석 자원의 저급화 및 CO2 발생량 저감의 관점에서 소결 사용에 대해 관심이 높으며, 소결 공정에서 저산화 철원을 효율적으로 사용하기 위해서는 공정내 저산화 철원의 산화 반응 특성 파악이 중요하다. 본 연구에서는 소결 공정 모사 조건하에서 자철광 및 부산물의 산화 거동에 미치는 산소분압 및 온도의 영향을 평가하였으며 이러한 결과로부터 저산화 철원에 따른 소결 과정에서의 산화반응 및 소결 반응 특성을 검토하였으며 이에 대한 결과를 보고하고자 한다.

[철강5-4 | 09:40]

A Study of pore control of FeO Using $FeCl_2$ and its Reduction Behavior: *신상균, 민동준 ; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: FeO, $FeCl_2$, Reduction, Morphology, Porosity

철광석 중 기공율과 분포는 환원 속도 및 고온 물성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 광석 내 기공을 인위적으로 변화시켜 환원 속도를 제어하는 연구는 거의 이루어 진 바 없다. 본 연구에서는 $FeCl_2$의 승화 특성을 이용하여 FeO 내 기공율

과 분포를 정량적으로 제어하여 환원속도를 제어해 보고자 하였다. 기공이 환원 거동에 미치는 영향은 TGA 기법에 의한 환원속도 평가 기반으로, XRD, SEM, BET 등을 동시에 측정하여 평형상, Morphology, 기공율 등의 상관성을 정량화 하였다. FeO와 일정 농도로 혼합된 $FeCl_2$는 승온 과정에서 99.8% 이상이 제거 되었음을 확인하였으며, FeO 내 기공율은 $FeCl_2$ 첨가량에 따라 변화함을 확인하였다. 환원 속도는 초기에는 $FeCl_2$ 첨가량에 반비례하여 환원 속도는 감소하는 경향을 보이나, 환원 중반 이후 환원 속도는 $FeCl_2$ 첨가량에 비례하여 증가하는 경향을 얻었다. FeO 내 인위적으로 변화시킨 기공은 환원 전 폐색 기공으로 환원속도를 저하시키나 환원이 진행됨에 따라 기공이 개방됨으로써 환원 속도는 증가하는 경향을 나타낸다. 이에 따라 $FeCl_2$ 이용 FeO 내 기공율과 분포를 인위적으로 변화시킬 수 있었으며 이에 따른 환원 속도 제어 가능성을 확인하였다.

[철강5-5 | 09:55]

폐촉매 용융환원 공정에서의 탈황에 관한 열역학적 연구: *김도형, 장정목, 도경효, 박종진 ; *한양대학교*

Keywords: spent catalyst, sulfur, interaction parameter, sulfide capacity

원유 정제 공정 중 발생하는 탈황 폐촉매는 Ni, Mo, V 등 유가금속과 함께 10% 이상의 고농도 황을 함유하고 있다. 이들 유가금속은 고온 용융환원 공정에서 합금철 형태로 회수할 수 있고, 합금철 내 불순물인 황은 슬래그에 의해 제거되어야 한다. 또한 폐촉매의 용융환원 공정에서는 유가금속의 신속한 환원 뿐 만 아니라 슬래그의 재활용 측면에서 다양한 슬래그 조성이 검토되고 있다. 본 연구에서는 Ni, Mo, V을 함유하고 있는 합금철의 탄소 용해도, 용철 및 슬래그 내 황의 열역학적 거동을 조사하여 용융환원 공정에서의 효율적인 탈황공정을 개발하고 폐촉매의 사전 탈황배소 공정을 생략하고자 하였다. 본 연구에서는 합금철 용탕 내 V, Ni, Mo 농도에 따른 탄소 용해도와 탄소 포화 조건에서의 황에 미치는 이들 원소의 영향을 측정하였고, CaO-Al2O3-SiO2계 슬래그의 1600ºC 액상 영역에서의 다양한 조성 범위에서의 탈황능에 대한 연구를 수행하였다.

[철강5-6 | 10:10]

Effect of Composition on MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Poiint in High Alumina bearing Slag System: *윤철민, 민동준 ; *연세대학교*

Keywords: Self-lining, $MgAl_2O_4$ Spinel, Spinel Dissolution, MgO Solubility, Liquid-Solid interface

최근 제강공정 중 슬래그 내 Al_2O_3 농도 증가에 따라 내화재와 슬래그 계면에 spinel 계 화합물이 형성되는 self-lining 현상이 다수 보고된 바 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 슬래그의 조성과 염기도의 특성을 연구하기 위해 수직 관상로 내에서 $CaO-Al_2O_3$-X-MgO (X = SiO_2, FeO, B_2O_3)계 슬래그의 MgO 용해도를 측정하고 MgO, $MgAl_2O_4$ spinel 두 상의 열역학적 안정성에 미치는 조성의 영향성을 평가하였다. 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, FeO, B_2O_3 조성이 증가함에 따라 양상포화점에서의 MgO 용해도가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 첨가되는 성분에 따라 양상포화점에서 $MgAl_2O_4$ spinel을 형성하는 alumina ion의 안정적인 결합구조 변화와 함께 열역학적 특성이 동시에 변화하므로, MgO의 활동도 계수 또한 영향을 받아 MgO 용해도에 영향을 미친다.

[철강6-1 | 10:25]

Enhancement of magnetite reduction by iron carbide formation: *Hyun-Soo Kim, Minyoung Cho, Sang-Ho Yi ; *POSCO.*

Keywords: magnetite; carbide; reduction; sulfur

When magnetite iron ores are reduced by hydrogen gas, Fe film is easily formed and prevents the reducing gas from coming into contact with iron oxide. Instead of hydrogen gas, $CO+H_2$ containing gas can be more favor to enhance of the iron ore reduction because carburization gas can induce iron carbide formation on Fe layer. However, it is meta-stable compound and thus easily decomposed to graphite. It is found that suppression of the graphitization by addition of H_2S gas induces the open structure of the magnetite concentrates to aid its reduction

[철강6-2 | 10:40] 강연

제강 공정에서 슬래그의 고온물리화학적 성질 및 모델링 연구의 응용: *박주현 ; *한양대학교*

Keywords: Clean steel, Physicochemical property, Structure, Slag, ReSMI model

최근 초고청정강 생산과 동시에 생산 비용 절감에 대한 요구가 극한에 달하는 상황에서 슬래그의 고온물리화학적 특성에 대한 이해는 매우 중요하다. 각종 불순원소의 정련능, 슬래그를 구성하는 성분들의 활동도, 상평형 등의 열역학적 특성과 더불어 슬래그의 점성으로 대표되는 고온물성은 용강품질과 조업의 효율성을 결정하는 매우 중요한 인자이다. 동시에 슬래그와의 반응에 의한 내화재 침식거동, 용강-슬래그 반응에 의한 비금속 개재물 생성거동 등은 고청정강 제조를 위해 2차정련 래들 뿐 아니라 연속주조 턴디쉬와 몰드에서 반드시 제어되어야 하는 핵심인자라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 고청정강 제조를 위한 슬래그의 탈황능, 탈황및 탈산속도, 점성, 그리고 이들 물리화학적 특성과 슬래그의 구조적 관계를 고찰하며, 나아가 용강 중 비금속 개재물의 생성거동을 예측하기 위한 열역학 소프트웨어 기반의 프로세스 모델링에 (Refractory-Slag-Metal-Inclusion, ReSMI, multiphase modeling) 관한 최신의 연구를 소개하고자 한다.

[철강6-3 | 11:05]

The Effect of Cation Species on the Sulfide Capacity in CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2 Slags: *최준성, 민동준 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Sulfide Capacity, Charge Compensation, Iron Redox Equilibria, Cation Substitution, Aluminosilicate Slags

CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2 슬래그의 탈황 특성에 미치는 Al_2O_3의 전하 보상 효과에 관한 연구를 수행하였다. 탈황능에 미치는 전하 보상 효과의 영향을 확인할 목적으로 양이온 농도 (MO, M=Ca, Fe) 와 음이온 (Al_2O_3/SiO_2) 분율을 변화시켰다. 실험 후 급냉된 비정질 시료는 Raman Spectroscopy 분석 이후 PeakFit^{TM}4.0을 이용하여 deconvolution 함으로써 Fe-O-Si 분율의 정량 분석을 진행하였다.Charge Balancing Join : $(X_{ca}^{2+}+X_{Fe}^{2+})/(X_{Fe}^{3++}+2\ X_{Al}^{3+})=1$ 측정 결과, 탈황능은 염기도의 지표인 MO 활동도에 따라 직선적 관계를 나타내었다. 양이온 과잉 영역의 경우 ($M^{2+}/Al^{3+}>1.0$), Al^{3+} 및 Fe^{3+} 전하 보상에 필요한 M^{2+}보다 과잉 양이온에 의한 S^{2-} 안정화로 인하여 염기도와 탈황능이 정비례 관계에 있는 것으로 확인되었으나, 양이온 결핍 영역의 경우 (M^{2+}/Al^{3+2+}이 전하 보상에 요구되는 결핍으로 인하여 정전기적 불안정성에 기인한 슬래그 중 S^{2-} 활동도 계수가 증가하기 때문으로 판단된다. 또한, 양이온(M^{2+})의 종류에 의해 전하 보상 효과에 미치는 영향을 판단한 결과, S^{2-}이온의 안정성을 결정하는 영역이 변화하는 것을 확인하였다. Fe^{3+}이온의 Al^{3+} 안정화로 인해 양이온 결핍 영역이 변화하고, 양이온 치환 효과에 영향을 미치는 것으로 평가되었다.

[철강6-4 | 11:20]

Desulfurization of High C liquid iron by CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO Slag Under Electric Current: *Dong-Hyun Kim,WookKim[1], Youn-Bae Kang ; *GraduateInstitute of Ferrous Technology. POSTECH. [1]Technical Research Laboratories. POSCO.*

Keywords: Desulfurization, Electricity application mode, Reaction temperature, Slag basicity

In order to explore possibility of electricity application to ironmaking and steelmaking process, desulfurization of liquid iron was tested under applied electricity. Previous investigation showed that applying electric current could desulfurize liquid iron, but efficiency was low [Ward and Salmon, JISI (1963) 393], probably due to the use of low basicity slag. In the present study, high basicity slag of CaO – SiO_2 – Al_2O_3 – MgO was used in order to improve efficiency. Desulfurization of liquid iron was experimentally investigated under various conditions: electricity application mode, reaction temperature, and slag basicity. Electricity was applied after normal desulfurization reaction reached the equilibrium. Extent of desulfurization was evaluated by analyzing S content in liquid iron during the reaction. It was found that applying electricity could enhance the desulfurization by 1) lowering minimum S content obtained, 2) increasing desulfurization rate. It was found that electricity efficiency was higher than that of the study by Ward and Salmon. Contrary to the general knowledge that desulfurization is favorable at higher temperature, effect of the electricity application is not favorable at higher temperature, due to intrinsic property of liquid slag.

[철강6-5 | 11:35]

A study on the relationship between sulfide capacity and degree of polymerization in CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO slags: *이성희, 민동준 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: 슬래그, 탈황능, Raman spectroscopy

본 연구는 슬래그의 구조와 탈황능 간의 연관성을 도출하기 위하여 슬래그의 열역학적탈황능의 평가와 Raman spectroscopy에 의한 구조 분석을 병행하였다. 슬래그의 탈황능과 NBO/T는 슬래그의 염기도에 정성적인 비례 관계를 나타내었으며, Wollastonite와 Mellilite 간의 공정 조성에서 국부적인 최대 값을 나타내는 것을 확인 하였다. Raman spectroscopy에 의한 구조 분석 결과와 열역학적 stability 평가를 동시에 수행하여 공정 조성에서의 국부적인 탈황능 및 NBO/T는 공정 조성에서 일어나는 Aluminate와 Silicate의 혼합에 의한 슬래그 구조의 해리에서 기인된다는 것을 확인하였다. 이와 같은 음이온 구조간 혼합에 의한 슬래그의 해리는 탈황능 뿐만 아니라 슬래그의 점성과 CaO의 활동도 등 슬래그의 다른 여러 물리화학적 물성의 극대 치가 공정 조성에서 나타나게 하는 원인이 된 것으로 평가되었다. 이와 같은 결과로부터 슬래그의 해리도와 열역학적 특성인 탈황능 및 활동도 물리적 특성인 점성 간의 상관 관계를 구조적 관점에서 정량적으로 해석하였다.

[철강7-1 | 11:50]

Evolution of Non-Metllic Inclusions in the Stainless Steelmaking process: *김완이 ; *포스코 기술연구원.*

Keywords: Non-metallic inclusions, Stainless steelmaking, Slag, Basicity, Ca treatment

The evolution of the non-metallic inclusions in the stainless steelmaking process is described. The effects of Ca treatment, the slag basicity, the refractory of the ladle and the composition of raw materials on the non-metallic inclusions were analyzed using the thermo-chemical program (FactSage) and the SEM analysis of non-metallic inclusions at each process (AOD – LT(VOD) – CC). The control of the non-metallic inclusions in the process will be introduced to produce the slab which has better surface quality.

[철강7-2 | 12:05]

Thermodynamic of Nitrogen solubility in multi-component alloy steels: *Jung-Mock Jang, Min-Kyu Paek[1], Do-Hyeong Kim, Kyung-Hyo Do, Jong-Jin Pak ; *Hanyang University. [1]McGill University.*

Keywords: Fe-Mn-Al-Si-C melt, Nitrogen, TWIP steel, Wagner's formalism

Recently, the nitrogen control in high Al and high Mn containing steels is very important because AlN inclusions can be easily formed

at high aluminum concentration. AlN is considered as a detrimental phase for the hot ductility of the steels. In order to control the nitrogen solubility in these steel grade, the effect of alloying elements on nitrogen solubility in high Al-Mn alloyed steels should be accurately known. In high alloy steels, it was found that the second-order effect of alloy element on N in liquid iron was required for the accurate prediction of the N solubility. Also, the second-order cross-product effect on N in liquid iron significantly can affect the accuracy of N solubility in multi-component alloy systems. Therefore, in the present study, the nitrogen solubility in Fe-Mn at 1773-1873 K and Fe-Si binary melts at 1823-1873 K was measured over the wide concentration range in order to precisely determine the first- and second-order effects of alloying elements on N in liquid iron. The simultaneous effects of two different alloying elements on N in liquid iron were also determined by measuring the N solubility in Fe-Mn-Si, Fe-Al-Si, Fe-Mn-C and Fe-Si-C ternary melts. The validity of the interaction parameters determined in the present study was confirmed by measuring the N solubility for a typical TWIP steel composition of Fe-Mn-Al-Si-C melts at 1723-1873 K.

[철강7-3 | 12:20]

Numerical and experimental study of turbulent flow in a real-scale model of continuous casting mold: *조현진, 한상우, 강윤배[1]; *포스코 기술연구원. [1]POSTECH 철강대학원.*

Keywords: Continuous casting, mold, water model, numerical simulation, mold flux entrainment

The flow phenomena of liquid steel under the various kinds of casting conditions in a mold of a continuous casting process were investigated in order to find a precise numerical model for CFD simulations and to establish the criteria of mold flux entrainment caused by unstable meniscus flow. To evaluate the flow pattern and stability of meniscus, the high consistent numerical model based on the two-equation turbulence model was found by the combination of numerical schemes. The water model experiment installed by a real scale of mold was employed to visualize the flow in order to validate the numerical calculation results. Also, the conditions of vortex generation were established by the real scale water model experiments. Furthermore, the guidelines of casting conditions for the prevention from mold flux entrainment was suggested by using modified Froude number.

[철강7-4 | 12:35]

턴디쉬 내 용강 재산화에 미치는 왕겨의 영향: *김태성, 정용석[1], Lauri Holappa[2], 박주현 ; *한양대학교. [1]한국산업기술대학교. [2]Aalto University.*

Keywords: Tundish, Rice husk ash, Reoxidation, Refractory corrosion, Inclusion

연속주조 턴디쉬에서 용강 표면에 도포되어 있는 왕겨는 일반적으로 고상층, 소결층, 용융슬래그 층으로 구성되어 있다. 용융슬래그와 소결층 사이에 복잡한 반응들로 인해 용강의 재산화가 일어남에도 불구하고 지금까지 이에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 턴디쉬 내 왕겨가 용강의 재산화와 내화재 침식에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. 연속주조 턴디쉬 조업 조건을 묘사하기 위해 왕겨와 래들슬래그 비를 변경하여 실험을 진행하였다. 왕겨/슬래그 비가 증가할수록 용강의 재산화도는 증가하며, 왕겨에서 용융슬래그로 SiO2가 용해되어 슬래그 중 SiO2 활동도가 증가하게 되면 용강으로 [Si]과 [O]의 pick-up 현상이 증가함을 확인하였다. 왕겨/슬래그 비의 증가로 인해 슬래그의 개재물 흡수능 감소와 함께 용강 중 산소함량이 증가하며, 결과적으로 용강 내에서는 alumina 개재물 형성이 촉진된다. 또한, MgO 내화재로부터 슬래그로의 MgO 용출로 인해 슬래그측에서 용강으로의 Mg 유입이 증가함으로써 alumina 개재물이 spinel 개재물로 변화됨을 관찰하였다. 일반적인 슬래그-내화재 계면반응과는 달리, 왕겨가 지속적으로 슬래그로 용해되는 동적 환경에서 MgO 내화재와 슬래그 계면에 spinel과 같은 안정한 반응생성물이 형성되지 않기 때문에 MgO는 지속적으로 슬래그로 용출된다. 따라서 본 연구결과로부터 턴디쉬 내 왕겨 사용량이 많을수록 alumina 개재물이 증가되는 용강의 재산화 현상뿐만 아니라 내화재 용출도 가속화됨을 확인하였다.

[철강7-5 | 12:50]

Interfacial Reaction between Ultra Low Carbon Steel and CO Gas Generated from Submerged Entry Nozzle: *Joo-Hyeok Lee, Sung-Kwang Kim[1], Myoung-Hoon Kang[2], Youn-Bae Kang; *Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH. [1]Gwangyang Works. POSCO. [2]Technical Research Laboratories. POSCO.*

Keywords: SEN, clogging, interfacial reaction, oxidation, contiuous casting

Ultra Low Carbon (ULC) steel is one of major products for automotive steel sheets. In order to secure formability and physical properties of the sheets, Ti is added in during RH secondary refining process. It is well known that the Ti causes serious clogging phenomena in Submerged Entry Nozzle (SEN), more than that compared to Ti-free ULC steel. The origin of the clogging is not clear yet. Several investigators insisted that interfacial reaction between the SEN and Ti-bearing ULC steel can be trigger of the clogging phenomenon. In the present study, both thermodynamic consideration and experimental validation were carried out focusing on chemical reaction between liquid steel and nozzle refractory. In particular, the reaction was thought to occur between CO gas generated from the nozzle refractory and the liquid steel. A series of thermodynamic calculations were carried out in order to predict phase diagram and chemical reactions relevant to the present system. In order to verify thermodynamic calculations, a series of experiments for the interfacial reactions between CO gas and steel was conducted employing semi-levitation methods. Surface and cross section of the steel were analyzed using Scanning Electron Microscopy (SEM) with Energy Dispersive Spectrometry (EDS). The experimental results showed good agreement with thermodynamic calculations in types of products on the interface. These showed that products of Ti-bearing ULC steels consist of Ti-containing liquid oxides and solid alumina layers which are different from that of Ti-free ULC

steels. Formation of these liquid oxides might be one of major causes of nozzle clogging by positioning interface between the SEN and the molten steel.

[철강7-6 | 13:05]

철강슬래그 활용 고부가화 무기섬유 제조기술 개발: *정은진 ; *(재)포항산업과학연구원.*

Keywords: 슬래그, 무기섬유, 재활용, 자원순환

연간 철강슬래그는 1,600만톤의 고로슬래그와 770만톤의 제강슬래그가 발생되고 있으며, 합금철 및 비철금속인 FeMn, FeNi, Cu 등을 제조하는데에도 약 400만톤 이상의 슬래그가 국내에서 발생되고 있다. 국내에서는 슬래그를 시멘트 원료, 토목 건축용 골재, 도로용 노반재, 규산질 비료 등 경제성이 낮은 저부가가치 제품으로 전량 활용되고 있는 실정이나 국외에서는 슬래그의 고부가화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 자원순환법 및 폐기물관리법이 시행예정임에 따라 슬래그내 재활용이 가능한 유효자원을 회수하는 연구가 활발히 진행됨에 따라 본 연구에서는 슬래그의 고부가화 방안의 일환으로 무기섬유의 제조가능성에 관하여 평가하고자 하였다. 기존에 현무암섬유를 이용하여 제조하는 바잘트섬유는 일반적으로 인장강도가 높고 고온 단열성 및 내식성을 가져 자동차 경량부품 및 건축, 항공 선박 등에 적용이 가능하지만 국한된 지역에서만 광석을 이용할 수 있고 유리섬유 대비 고가라는 한계가 있다. 이에 대응하기 위해 산업부산물인 슬래그를 이용하여 현무암섬유를 대체할 수 있는 가능성을 확인하고 한정된 현무암섬유 조성의 단점을 보완할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

철강III
Room 컨벤션III, 4월 28일

[철강8-1 | 08:30]
MCFC 분리판용 스테인리스강의 내식성과 전기전도도에 미치는 합금원소의 영향: *김광민, 김종희 ; *㈜포스코 기술연구소 스테인레스연구그룹.*
Keywords: Stainless steel, MCFC, Bipolar plate, Corrosion, Conductivity

Bipolar plate and current collector are an important stainless steel components of the molten carbonate fuel cell (MCFC) because they supplies the pathway of the electron flow between each unit cell. However these stainless steel components are prone to corrosion in the hot corrosion environment and corrosion products forming on the surface increase the ohmic resistance. In addition, hot corrosion reduces mechanical strength of current collector, accelerates electrolyte loss, and finally leads to degradation in cell performance. Therefore corrosion of stainless steel components is one of the main problems in MCFC system. To solve these problems, various methods have been studied, such as addition of alloy elements, coatings on the surface and replacement to higher grade materials. Corrosion resistance of stainless steels is evaluated by potentiodynamic polarization test and weight loss measurement. Electrical conductivity of specimens is measured in molten carbonate at 650 ºC. Results from electrochemical test shows that high Cr content causes the formation of dense and thin oxide layer, therefore, improves the corrosion resistance. However high Cr content gives rise to inner oxide penetration. Mn enrichment occurs in the oxide layer and may lead to an increase in electrical conductivity. In addition, minor elements such as Si, Nb and N may contribute to the improvement of corrosion resistance and electrical conductivity.

[철강8-2 | 08:45]
Mn 함량 증가에 따른 $Fe_{balance}$-23wt%Cr 스테인리스강의 공식저항성 변화 연구: *하헌영, 장민호[1], 이창근[2], 이태호 ; *재료연구소. [1]한양대학교. [2]부산대학교.*
Keywords: Stainless steel, Mn, pitting corrosion, passive film

합금원소 Mn은 경제적이며 오스테나이트 상안정화 기능을 가지므로, 기존 상용화된 오스테나이트 스테인리스강에서 고가의 Ni을 대체하는 용도로 주로 사용된다. 이에 따라 경제성을 향상시키기 위한 목적으로 개발되는 새로운 스테인리스강에는 Mn이 5-20 wt%까지 사용되기도 한다. 스테인리스강에서 Mn은 Mn-oxide 또는 Mn-sulfide를 쉽게 형성하며, 이들 비금속 개재물은 공식발생처로 작용하여 결과적으로 모재의 공식저항성이 감소되는 것으로 알려져 있다. 그러나 고용상태의 Mn이 스테인리스강의 공식저항성에 미치는 영향에 대해서는 체계적으로 연구되지 않은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 비금속 개재물의 영향을 배제할 수 있는$Fe_{balance}$-23Cr-xMn (x=0, 3, 6, 8 wt%) 합금 4 종을 제조하였고, 이를 이용하여 고용상태의 Mn이 모재의 공식저항성에 미치는 영향을 연구하고 그 원인을 분석하였다. 시험 결과, 고용상태의 Mn은 $Fe_{balance}$-23 wt%Cr기지 합금의 공식저항성을 감소시켰다. 이 결과는, Mn 함량 증가에 따른 부동태 피막의 보호성 감소(결함 농도 상승) 및 공식 성장 가속화(공식 내부 모재 용해 속도 증가)에 기인한 결과로 판단된다.

[철강8-3 | 09:00]
결정립계 정합성 조절을 통한 Fe-Mn-C TWIP강의 수소 취성 저항성 향상: *권영진, 서현주, 이종수 ; *포항공과대학교 철강대학원.*
Keywords: twinning induced plasticity steel, coincidence site lattice (CSL), Hydrogen embrittlement (HE)

Twinning-induced plasticity (TWIP) 강은 오스테나이트 안정화 원소인 망간의 함량이 15 wt.% 이상인 고망간 강으로써, 상온에서 오스테나이트 단상 구조를 보이게 된다. TWIP강의 경우, 소성 변형 중 발생하는 쌍정에 의한 동적 결정립 미세화로 높은 강도와 연신율을 보이게 된다. 하지만 재료 내부에 수소가 침투하게 되면 이러한 우수한 기계적 물성이 급격하게 하락하게 되는데. 이를 수소 취성 이라 한다. 수소 취성에 의한 파단의 경우, 파괴 기구가 기존의 딤플 (dimple) 파괴에서 결정립계 파괴로 변화하게 되는데, 이는 수소 침투 시 결정립계가 균열 생성 지점으로 작용하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 수소 취성에 취약한 결정립계의 정합성을 조절하여 고망간 TWIP강의 수소 취성 저항성을 향상 시키고자 하였다. Fe-17Mn-0.8C (weigh %) 의 TWIP강에 대하여 결정립계 정합성을 조절하기 위하여 10%와 15%의 냉간 변형을 가한 후 800ºC에서 15분간 열처리를 수행하였다. 초기 강재와 열가공 처리를 가한 강재의 결정립계 정합성 (coincidence site lattice, CSL)을 electron backscatter diffraction (EBSD) 분석 기술을 이용하여 정량적으로 분석하였다. 수소 취성 저항성을 평가하기 위해 각 시편에 전기 화학적 방법으로 수소를 주입하였고 일축인장 시험을 통하여 수소 침투량에 따른 강도와 연신율의 변화를 측정하였다. 파괴 기구 변화를 전자현미경을 이용하여 관찰하여 결정립계 특성 변화가 수소 취성 거동에 미치는 영향에 대하여 규명하였다.

[철강8-4 | 09:15]
Improved mechanical properties of a medium Mn TRIP-TWIP steel by austenizing temperature control: *Jeongho Han, Aniruddha Dutta[1], Dirk Ponge[1], Dierk Raabe[1], Jae-Hoon Nam[2], Sang-In Lee[3], Byoungchul Hwang[3] ; *Chungnam National University. [1]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH. [2]Yonsei University. [3]Seoul National University of Science and Technology.*
Keywords: Medium Mn steel, TRIP, TWIP, Martensite, Advanced-high strengh steels

In present work, we designed a new medium Mn TRIP-TWIP steel and prepared the steel with two different sizes of initial α′

martensite by the austenizing at different temperature before intercritical annealing. After that, both steels are intercritically annealed at same condition. Using the specimens, we systematically investigated the relationship between the size of initial α′ martensite morphology and the mechanical properties after intercritical annealing to suggest a novel pathway to the microstructural design of medium Mn TRIP-TWIP steels for improving their mechanical properties which takes initial α′ martensite morphology into account.

[철강8-5 | 09:30]

Effect of B2 Morphology on the Mechanical Properties of Dispersion Strengthened Lightweight Steels: *남충호, Alireza Zargaran, 김상헌, 김한수, 김낙준 ; *Graduate Institute of Ferrous Technology POSTECH Pohang South Korea.*

Keywords: B2 phase, Morphology, Lightweight steel, Hole expansion ratio, Bendability

There has been growing interest in development of lightweight steels with a high strength and reduced density for automotive applications. Recently, a new type of lightweight steels has been developed possessing much higher strength and work hardening rate than conventional lightweight steels. Excellent properties of these lightweight steels mainly comes from a presence of B2 particles, which are dispersed in three morphologies in austenite matrix; fine particles formed along austenite grain boundaries and within austenite matrix, and band type particles elongated along rolling direction. It is expected that these B2 particles with different morphologies would have different effect on mechanical properties of dispersion strengthened lightweight steels, which is the main objective of the present study. In the present study, two steels with nominal compositions of Fe-10Al-15Mn-0.8C-5Ni and Fe-8Al-17Mn-1C-5Ni (in wt.%) were subjected to microstructural analyses and mechanical testing including tensile tests as well as hole expansion ratio and bendability tests.

[철강8-6 | 09:45]

Epsilon-마르텐사이트 변태 시작 온도에 대한 제일원리 모델링: *장재훈, 하헌영, 서동우[1], 이태호 ; *한국기계연구원부설 재료연구소. [1]포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: FCC, HCP, 마르텐사이트, 제일원리

고 망간강의 변태기구와 관련하여, 냉각 중 면심입방구조의 오스테나이트로 부터 조밀육방구조의 ε-마르텐사이트로 변태가 일어나는 변태 시작 온도를 정확히 예측하는 것은 합금설계 시 중요하게 고려되는 요소이다. α'-마텐사이트의 경우에는 다양한 실험 측정치와 열역학적 방법으로부터 변태 시작 온도를 예측하는 모델이 제안되어 활용되고 있으나, ε-마르텐사이트 의 경우에는 성분 범위나 정확도의 측면에서 열역학적 데이터의 한계로 인하여 적용에 어려움이 있다. 본 연구에서는 기존 문헌에 보고된 322개의 다양한 조성에 대한 측정 ε-마르텐사이트 변태 시작 온도와 제일원리 계산에 따른 면심입방구조와 육방조밀구조의 안정도를 비교하였다. 제일원리 계산에 있어 조성 및 자성의 불규칙 배열을 모사하기 위한 coherent potential approximation(CPA) 방법을 적용하여 합금성분의 영향을 모사하였다. 0K 에서 안정적인 반강자성 상태의 오스테나이트와 disordered local moment(DLM) 모델에 따른 상자성 상태의 ε-마르텐사이트 안정도를 비교함으로써, 결정 구조 안정도와 ε-마르텐사이트 변태 시작 온도 사이에 밀접한 관계가 있음을 확인하였다. 그 외 치환형 원소들의 효과를 비교해 봄으로써, ε-마르텐사이트 변태 시작 온도에 미치는 원소 효과는 자유전자밀도에 따른 결정구조 안정도에 의한 효과에 의해 주로 결정됨을 알 수 있었다.

[철강9-1 | 10:10]

Gadolinium 첨가에 따른 Duplex Stainless Steel의 저온 충격특성에 관한 연구: 이상욱, *정현도, 정승록, 김영직[1], 문병문 ; *한국생산기술연구원 주조공정그룹. [1]성균관대학교.*

Keywords: Rare earth metal, Impact energy, Duplex stainless steel, As cast, Microstructure

지구 온난화를 효과적으로 통제하고 온실 가스를 줄이기 위한 능동적인 연구가 전 세계적으로 수행되었다. 최근, 액화 천연 가스의 극저온 저장 또는 운송 용도로 오스테나이트 high Mn 강의 연구가 활발하게 진행되고 있다. Mn은 오스테나이트 안정화 원소로 경제성을 이유로 Ni의 함량을 줄이며 오스테나이에 고망간 첨가시 stacking fault energy (SFE)에 따라 변하는 변형 메커니즘을 이용하여 고강도 및 인성의 증가가 일어난다. 또한 Ni-Based Invar alloys도 Large scale plants 와 Inderstrial에 사용되어진다. 희토류 금속 또한 스테인레스 스틸에 첨가 시 Inclusion에 형태 및 미세구조의 형태에 영향을 미치며, 연성 및 인성을 높이는 작용을 할 수 있다. Ce는 금속내에 여러 원소들과 복합산화물로 존재하며 Inclusion은 핵형성에 영향을 미친다고 알려져 있다. 다양한 희토류 금속은 산소와의 반응성이 매우 크며 산소와 결합할 때 구형으로 형태를 이루는 성질과 보다 미세화하는 특성이 있기 때문에 MnS와 MnO 형태의 Inclusion의 형성보다 기계적 특성이 우수하다. 또한 듀플렉스 스테인레스 스틸은 오스테나이트와 페라이트의 성질을 동시에 지닌 합금으로 오스테나이트 조직내 페라이트가 아일랜드형태로 나타나며, 오스테나이트 합금과 페라이트 합금에 비해 small size grain boundary로 내식성과 기계적 특성이 기존의 오스테나이트 스테인레스와 비교하여 우수한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 오스테나이트와 페라이트의 성질을 동시에 지닌 듀플렉스 스테인레스 스틸에 희토류 원소인 가돌리늄 (Gadolinium, Gd)을 첨가하여 특성 평가를 하였다. Gd를 첨가하였을 때 비중이 낮은 Gd-oxide가 생성되어 합금 내 산소의 함량은 Gd를 첨가하지 않은 합금과 비교하여 감소한 결과를 얻을 수 있었으며, FE-SEM을 이용하여 Inclusion 형태를 비교하였을 때 Gd를 첨가하였을 때의 Inclusion은 원형에 가까운 형태를 유지하였으며, 이미지 분석 프로그램을 통해 Inclusion의 평균 크기를 분석한 결과 Gd를 첨가하였을 때 Inclusion의 크기가 감소하였고, Inclusion의 평균 면적은 Gd를 첨가하였을 때 감소하였다. 각각의 Inclusion의 크기 및 면적의 변화에 따른 충격에너지 값의 영향을 알아보기 위해 –196°C~200°C까지 충격에너지를 측정하였고 Gd를 첨가 하였을 때 동일한 조건에서 충격에너지는 증가하는 경향을 보이며, -100°C부터 0°C까지는 취성파괴를 보이며 0°C이후 취성파괴로 인한 특성과

연성파괴로 인한 특성이 동시에 관찰이 되었으며 50°C이후로는 연성파괴의 특성을 나타내었다.

[철강9-2 | 10:25]

니켈기 초내열 합금의 시효경화 처리에 따른 감마프라임상의 석출 거동: *오준협, 윤지현, 조대영, 김홍규[1], 박종수[2], 윤존도 ; *경남대학교. [1]국방과학기술연구소. [2]재료연구소.*

Keywords: Phase transformation temperature, Precipitated phase, Phase analysis

γ`상(Ni3Al)의 석출강화형 니켈기 초내열 합금에 대한 시효처리 과정의 γ`상 생성과 성장 거동을 통해 시효처리 온도를 결정하였다. 니켈기 초내열 합금의 시차주사열량분석을 통해 고용한계선 온도를 1131°C 로 결정하고 650, 760, 870, 980°C 의 온도조건과 1, 4, 8, 24, 48시간을 변수로 시효처리하여 석출거동을 분석하였다. 시효처리 시간의 증가에 따라 γ`상의 부피분율이 증가하였으며 24시간 후 이론적 부피분율인 0.4에 도달하였다. 온도에 따른 변화를 통해 γ`상의 성장에 대한 활성화에너지를 계산하였으며 261kJ/mol 로 나타났으며 Ni, Al, Ti의 원소 확산이 지배하는 것으로 나타났다. 실험을 통해 가장 높은 경도를 나타낸 조건은 760°C 24시간 열처리한 시편 이였다. 각각의 온도 변화에 따른 시간별 경도와 변화 경향성 그래프를 통해 근사함수를 산정하였으며 이를 통해 시효처리의 가장 적절한 조건으로는 727°C에서 24시간으로 결정하였다.

[철강9-3 | 10:40]

Gd 첨가에 따른 Duplex Stainless Steels의 미세조직 및 기계적 특성 비교: 정승록, *정현도, 이상욱, 김영직[1], 문병문 ; *한국생산기술연구원 주조공정그룹. [1]성균과대학교.*

Keywords: Duplex Stainless Steel, Gd, σ phase, hot rolling, heat treatment

핵연료 에너지를 이용한 원자력 발전소의 설비는 전 세계적으로 구축되어있고 활용되고 있으며, 사용 후 핵연료의 안전한 처리 방법은 현재까지 지속적으로 연구되어왔다. 사용 후 핵연료에서 발생하는 중성자에너지의 차폐 소재로는 Boron을 이용한 Boride stainless과 Ni-alloy 등이 ASTM에 등재되어 사용 중에 있다. 하지만 Boron의 경우 첨가량이 증가함에 따라 열간가공성의 저하가 나타나며, Ni-Alloy 또한 기계적 특성이 낮으며 Stainless Steel과 비교하여 경제성이 낮은 단점이 있다. 최근 기계적 강도가 Boride stainless steel 보다 우수하며 Ni-Alloy 보다 경제성이 우수한 Duplex Stainless Steel (DSS)을 베이스에 중성자 흡수 재료인 가돌리늄 (Gadolinium, Gd)를 첨가한 합금에 관한 기초적인 연구들이 진행되고 있다. 그러나 Gd의 함량에 따른 미세구조, 기계적 물성, 내부식성 등 사용 후 핵연료 보관 소재로 사용되기 위한 여러 가지 물성 등에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있다, 본 연구에서는 진공용해 (VIM)장비를 이용하여 Duplex Stainless Steels에 Gd를 0.5 wt%, 0.7 wt%를 첨가한 후 물성 평가를 하였다. Spectro 와 Gas analysis, ICP를 이용하여 원소분석을 하였으며 열처리 전, 후의 시편을 이용하여 X-ray diffraction으로 이차 상을 확인하였다. Fe-SEM 분석을 통해 Gd의 분포 특성 및 금속간 화합물의 형성, 그리고 Ferrite와 Austenite의 구조를 분석하였다. 또한 Gd의 첨가로 인한 열간 가공성을 살펴보기 위해 다양한 온도에서 공시재를 열간 압연하였다. 열간압연 후 냉각과정에서 발생할 수 있는 취약한 금속간상(σ phase, χ phase)을 제거하기 위해 1050°C에서 용체화 열처리를 하고 기계적 특성의 변화를 살펴보기 위해 인장강도, 항복강도, 연신율 및 충격테스트를 하여 Alloys의 비교를 하였다.

[철강9-4 | 10:55]

Fe-15Cr-15Mn-4Ni 오스테나이트계 스테인리스강에서 C와 N 첨가에 따른 석출 거동과 기계적 특성 변화: *김경식, 강지현, 김성준 ; *포항공과대학교 철강대학원 (GIFT).*

Keywords: austenitic stainless steel, precipitation, carbide, nitride

오스테나이트계 스테인리스강은 우수한 내부식성과 가공성, 그리고 인성으로 가장 수요가 높은 스테인리스 강종이다. 오스트나이트계 스테인리스강에서 중요한 원소 중 하나인 니켈은 고가일 뿐 아니라 가격 변동이 매우 불안정하여 니켈을 탄소와 질소, 그리고 가격이 저렴한 망간으로 대체하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 Fe-15Cr-15Mn-4Ni 강에 침입형 원소로 탄소와 질소를 첨가하여 석출물이 형성되는 거동을 파악하고 또 이에 따라 기계적 특성이 어떻게 변화하는지를 이해하기 위하여 수행되었다. 탄소와 질소를 각각 0.3 wt.% 정도까지 고용할 수 있는 Fe-15Cr-15Mn-4Ni을 기본 조성으로 하여 0.2 wt.% C, 0.2 wt.% N, 그리고 0.2 wt.% C + 0.2 wt.% N를 함유한 4종의 합금을 제조하고, 600-1000°C에서 10분부터 240시간까지 열처리를 진행하였다. 열처리 결과 생성된 석출물을 SEM과 TEM으로 관찰하여 시간-온도-석출물 도표를 완성하였다. 이 도표를 기준으로 800°C에서 열처리한 시편들의 기계적, 물리적 성질을 비교하여 침입형 원소와 석출물 종류의 차이에 따른 특성 변화를 분석하였다. 탄소가 고용된 시편에서는 $M_{23}C_6$가 형성되었고 질소 고용 시편의 경우 Cr_2N을 관찰할 수 있었으며 Cr_2N보다 $M_{23}C_6$의 영향이 기계적 특성에 두드러짐을 확인하였다.

[철강9-5 | 11:10]

N과 C를 복합 활용한 Ni-free 스테인리스강의 공식부식저항성에 미치는 Nb의 영향: *이창근, 하헌영[1], 이태호[1], 조경목 ; *부산대학교. [1]재료연구소.*

Keywords: High interstitial alloy, Niobium, Pitting corrosion resistance, Passive film, Niobium carbide

FeCrNi 기지의 상용 오스테나이트 스테인리스강은 기계적 특성과 내식성의 조합이 우수하므로 다양한 스테인리스강 사용처에 널리 적용되고 있다. 그러나, Ni의 함량이 높으므로(8-12 wt%) 가격안정성 향상을 위한 대체재의 연구개발이 활발히 진행되었다. 상용 FeCrNi 계 합금의 대체재 중 하나로, 오스테나이트 안정화 원소인 망간, 질소 및 탄소를 첨가한 탄질소 복합첨가강이 주목받고 있다. N과 C는 스테인리스강의 강도를 증가시키면서도 연성의 감소를 억제하는 효과가 있으며 고용상태의 N과 C는 공식저항성 또한

향상시킴이 보고된 바 있다. 그러나 침입형 원소의 함량이 증가하면([N+C] > 0.4 wt%), $Cr_{23}C_6$ 또는 Cr_2N 등의 탄질화물 형성이 보다 용이해지는 위험이 있다. 이를 방지하기 위해서는 균질화 열처리 온도를 상승시켜야 하는데, 높은 열처리 온도는 결정립의 성장을 초래하여 기계적 물성의 저하를 가져온다. 따라서 본 연구에서는 결정립 성장과 탄질화물 형성을 억제하기 위하여 강력한 탄질화물 형성 원소인 Nb 를 활용하여 그 효과를 확인하고자 한다. 그러나 Nb 첨가시 NbC의 형성에 따른 조직의 불균질성의 증가로 인해 부식특성이 변화될 수 있다. 그러므로 탄질소강의 Nb 첨가로 인한 부식특성의 변화에 대한 연구 또한 필요하다. 이를 위하여, 본 연구에서는 $Fe_{balance}$18Cr10Mn0.3N0.3CxNb (x=0-0.5 wt%) 합금을 제조하였고, 이에 대해 미세조직을 분석하고 공식저항성을 평가하였으며, Nb에 의한 제조 합금의 공식저항성 변화를 해석하기 위해 부동태 피막의 특성을 조사하고 공식발생처를 규명하였다. 모든 합금은 균질화 열처리 후 미세조직을 관찰하였고 공식부식저항성은 염화물 수용액 중에서 분극시험을 통해 분석하였다. 부동태 피막의 두께 및 화학 구조는 XPS를 이용하여 분석하였고 부동태피막의 점결함농도는 Mott-Schottky 분석을 활용하여 조사하였다. 이에 더하여, 염화물 수용액에서의 부식 시험 후 공식발생처를 조사하였다. 시험 결과를 종합하여, Ni-free 탄질소 복합 첨가강에서 0.5 wt%까지의 Nb의 첨가가 공식저항성에 미치는 영향을 논의하였다.

[철강10-1 | 11:35]

입도 편석 제어를 위한 호퍼 장입 해석: *김강민, 한정환 ; *인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.*

Keywords: size segregation, charging, DEM, Numerical analysis

제철공정에서는 제철원료로서 여러 가지 입자원료를 다량으로 사용한다. 이 원료들은 대부분 혼합되어 사용되고, 크기나 밀도 등의 물리적 성질이 다른 입자들은 어떤 흐름을 가질 때 편석 상태에 놓이게 된다. 일반적인 혼합 과정에서는 이러한 편석 현상을 억제하여 균일한 혼합 상태를 이루는 것이 바람직하지만 이와는 반대로 철광석의 소결 공정의 경우에는 원료의 장입 과정에서 특정 방향으로의 입도 편석을 유발해야하는 경우도 있다. 따라서 이러한 입자원료를 다루는 과정에서 발생하는 편석 현상을 제어할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하지만 대규모 공정에서 분체의 특성을 파악하는 것은 매우 어렵고 제한적이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 한 가지 방법으로써 개별요소법(Discrete element method, DEM)을 이용하여 호퍼 장입 시뮬레이션을 진행하였으며 호퍼 내 분체 유동을 가시화하고 분석하였다. 또한 호퍼에서 불출되는 원료가 장입될 때 경사판이 편석 현상에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

[철강10-2 | 11:50]

용융환원제철법에서 환원로 환원율 저하시 용융로 직접환원 최소화 조건: *심양섭, 정성모 ; *포항공대철강대학원.*

용선 생산을 위한 고로 공정은 열교환 효율과 생산성이 우수하다. 하지만 Coking과 소결이라는 연원료 전처리 공정이 필요하고, 사용 가능한 연원료가 제한적이다. 이에 반해 용융 환원법은 용융과 환원을 분리하여 노내에서 연원료가 받는 하중을 줄임으로써 저품위의 연원료를 그대로 사용하는 것이 가능하다. 하지만 환원로에서 환원율 상승시 광석이나 Pellet의 환원 분화가 증가하고, 환원율 증대를 위해서 분위기 온도 증대시 광석의 부착성 증가로 가동율을 유지하기 어렵다. 따라서 용융로가 어느 정도 환원을 분담하는 것이 현실적인 해결책이 되고 있다. 용융로가 어느 정도까지 환원을 분담할 수 있는지는 조업 여건에 따라 다를 것이다. 하지만, 용융로에서의 환원이 증가하면, 어느 시점부터는 직접환원이 증가하게 될 것이다. 여기서 직접환원은 Boudouard 반응과 결합된 간접환원도 포함한다. 고로에서는 열풍을 사용하고, Coke의 CSR이 우수하여 직접환원이 연료비 절감에 기여한다. 하지만 용융로에서는 직접환원이 증가할 경우, 용선온도 저하, Char의 분화로 연료비의 상승, 생산성 저하로 이어진다. 따라서 용융로에서 간접환원으로 광석의 환원을 마무리 짓는 것이 중요하다. 그렇다면 간접환원으로 발생된 CO2의 Boudouard 반응을 방지하려면 어떻게 해야 할까? 용융로에 장입되는 반환원광은 고온 상태로 장입되는 반면, 석탄은 상온 상태로 장입된다. 그렇기 때문에, 용융로 상부에서는 반환원광의 환원이 진행되더라도, 발생된 CO2와 석탄이 반응하기는 어렵다. 하지만 석탄의 온도가 충분히 승온된 후에도 반환원광의 환원이 여전히 진행중이라면, 발생된 CO2와 석탄이 반응하며, 열을 빼앗고, 석탄을 취약하게 만들 것이다. 따라서 석탄과 CO2의 반응 가능성은 반환원광의 환원이 얼마나 빠르게 진행되는지, 석탄의 승온 속도, CO2 반응성은 어떻게 되는지에 달려 있다. 본 논문에서는 이렇게 용융로 Char bed 에서의 Boudouard 반응에 영향을 미치는 인자들에 대하여 조사해 보고, Boudouard 반응을 최소화하기 위한 방안을 고민해 보았다. 우선, 석탄의 승온에는 무시할 수 없는 시간이 소요됨을 확인하였으나, 승온시간을 더 지연시키는 것은 바람직하지 않다고 판단되었다. 반면, 반환원광의 환원속도는 온도에 크게 좌우됨이 확인되어, 반환원광의 환원속도를 증대시키는 방법을 주로 찾아 보았다. 그 결과, 환원 가스 중 수소 함량을 늘려야 하며, 반환원광의 입도를 줄이는 것이 도움이 됨을 알 수 있었고, 기본적으로 반환원광이 가급적 장입과정에서 온도 저하가 없는 것이 중요하였다. 또한, 괴부원료도 입도를 줄이는 것이 소성온도를 낮출 수 있음을 확인하였다.

[철강10-3 | 12:05]

송풍 조건 변화에 따른 고로내 연소대 거동 해석: *이지아, 한정환 ; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: blast furnace, raceway zone, tuyere, raceway size, pulverized coal

고로 조업 시 풍구로 취입되는 고온의 가스 및 미분탄은 송풍 조건에 따라 노내 효율을 변화시킨다. 고온의 가스가 취입되면서 일으키는 송풍압에 의하여 풍구 선단에 위치한 코크스 입자가 선회하며 형성된 연소대는 제선 공정에서 중요한 기능을 담당하고 있다. 다량의 코크스를 연소시킴으로써 광석 용융에 필요한 열을 발생시키고, 환원에 필요한 환원가스를 발생시키며, 노내에 충진 된 장입물을 강하시키는 역할을 한다. 연소대에서 순조롭게 반응이 이뤄지지 않으면 노황이 불안정하기 때문에 연소대 크기, 온도 및 가스 조성과 같은 특성 파악이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 송풍 및 미분탄 취입에 따라 연소대에 어떠한 거동의 변화가 일어나는지 예측 및 해석을 진행하였다. 가스 반응 속도식, 에너지 보존식 및 화학반응식에 기초하여 1차원 해석으로 풍구 선단으로부터

거리에 따른 가스 조성과 가스 및 코크스 온도를 조사하였다.

[철강10-4 | 12:20]

A Fundamental Study on the Selevtive Reduction of Ni in $NiFe_2O_4$: *라기호, 이상훈, 민동준 ; *연세대학교.*

Keywords: Selective Reduction, Nickel Ferrite, Ferronickel, Nickel

Limonite 중 Ni 회수율은 $NiFe_2O_4$의 선택적 환원 영역의 최적화에 기인하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 $NiFe_2O_4$ 중 Ni^{2+}와 $Fe^{(2+,3+)}$의 환원 포텐셜 차이를 이용하여 Ni의 선택적 환원을 위한 열역학적 영역을 도출하였으며, 해당 영역에서 Ni의 선택적 환원에 미치는 산소 분압 및 온도의 영향성을 정량적으로 평가하였다. $NiFe_2O_4$는 NiO와 Fe_2O_3를 물리적으로 혼합한 후 air 분위기의 1200°C에서 24시간 유지, 소성을 통해 합성하였으며, $NiFe_2O_4$의 환원 거동을 TGA 및 XRD를 이용하여 분석하였다. $NiFe_2O_4$의 환원 실험 결과 Fe-Ni이 형성됨을 확인하였으며, 환원 후 Fe-Ni의 조성 비 및 Ni의 회수율은 산소 분압 및 온도에 영향을 받는 것으로 평가되었다. 이러한 결과를 토대로 $NiFe_2O_4$의 환원 메커니즘을 아래와 같이 제시하였다$3NiFe_2O_4+4(1+x)CO=3Fe_xNi+(2-x)Fe_3O_4+4(1+x)CO_2$ 선택 환원에 의한 금속 Ni의 농도를 결정하는 Fe-Ni의 조성에 대한 산소 분압 및 온도의 영향성을 확인하기 위하여, 환원 후 샘플 내의 Fe-Ni을 습식 침출을 통해 분리하였으며, ICP 분석을 통해 침출액 중 Fe와 Ni의 조성비를 확인하였으며, 이를 토대로 Ni의 농도를 평가하였다. 이러한 결과를 통하여 $NiFe_2O_4$ 중 Ni의 선택적 환원을 통한 품위 향상을 위한 열역학적 조건을 제안하였다.

[철강10-5 | 12:35]

MgO-C 내화재 부식에 미치는 전기로 slag 조성의 영향: *유준수, 이규용[1], 정용석 ; *한국산업기술대학교 신소재공학과. [1]한국산업기술대학교 지식융합학부.*

Keywords: FRT(Finger Rotating Test), MgO-C, Refractory, Degradation

최근 세계적으로 신 기후체제에 대비하여 온실가스 감축 방안을 모색하고 있으며 우리나라 또한 2030년 배출 전망치 대비 37%의 온실가스를 감축 해야 한다. 이에 따라 철강산업은 기존 고로에 투입되던 저급 scrap을 전기로의 주 원료인 고급 scrap으로 대체함으로써 CO_2의 배출을 감축 할 수 있다. 전기로는 scrap을 원료로 조업을 수행하나 최근 원료공급의 안정성을 위해 대체 원료 사용에 대한 산업적 요구가 증가하고 있다. 그러나 기존 전기로에 DRI 장입시 조업 온도 및 slag 조성 등의 변화가 수반되어 내화재 부식 현상의 문제가 된다. 한편, MgO-C은 전기로에 사용되는 대표적 내화재이기 때문에 DRI 장입시 조업 조건 변화에 대한 부식 특성을 이해할 필요가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 Slag 조성(염기도, FeO 농도 등) 및 온도에 따른 내화재의 부식 특성에 대해 이해하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 FRT(Finger Rotating Test) 실험을 진행하였으며 유동환경을 조성하기 위해 150 rpm을 주었고, 기존 전기로 slag에 대한 MgO-C과 변화한 slag 조성에 대한 MgO-C을 부식 특성을 평가 하였다.

[철강10-6 | 12:50]

슬래그 혼입 저감 및 윤활 특성 향상을 위한 SiC 첨가 몰드플럭스 개발: *정영찬,신승호[1],조중욱[1]; *포항공대 신소재공학과 대학원. [1]Postech GIFT Casting Technology Lab.*

Keywords: mold flux, shear thinning, degree of polymerization, contact angle

강의 연속주조 공정에서 사용되는 몰드플럭스는 용강의 재산화 방지, 윤활작용 및 열전달 제어 등의 역할을 한다. 이 중 몰드프럭스의 윤활작용은 주편의 표면 품질 측면에 있어서 매우 중요하다. 윤활작용이 제대로 기능하기 위해서 주형 벽면에서의 몰드플럭스 점도는 낮을수록 바람직하지만, 용강 탕면에서는 슬래그 혼입의 문제로 인해 점도가 높을수록 바람직하다. 이와 같은 모순점은 몰드플럭스가 전단박화 특성을 갖도록 함으로써 해결이 가능해진다. 유체가 전단박화 특성을 가지려면 먼저 비 뉴턴유체가 되어야 한다. 우리 그룹은 몰드플럭스를 전단박화 특성을 갖는 비 뉴턴유체로 만들기 위해 액상에서의 구조 변화를 야기시켜 이를 연구해왔다. 일반적으로 degree of polymerization(DOP)이 클수록 전단박화 특성이 크게 나타나는 것으로 확인되는데, 이를 위해 기존의 몰드플럭스에 SiC를 첨가하여 결합팔이 4개인 탄소가 결합팔이 2개인 산소를 치환하도록 설계하였다. SiC 첨가 몰드플럭스가 실제 전단박화 특성을 보이는지 확인하기 위해 회전식 고온 점도계를 통해 전단속도 변화에 따르는 점도 변화를 측정하였다. SiC의 구조 분석을 위해서 Raman과 XPS 분석을 진행하였는데, Raman을 통해 Q_3/Q_2 비율을 통한 DOP 분석을 진행하였으며, XPS를 통해 C 및 non-bridging oxygen 분석을 통해 SiC가 구조에 잘 참여하였는지를 확인 해 보았다. 더 나아가서 슬래그 혼입 및 주형 벽면에서의 윤활 거동에 대한 면밀한 분석을 위해 접촉각 측정도 진행하였는데, 이를 통해 몰드플럭스와 강 사이의 계면 특성을 파악하여 실제 공정에서 더 나은 효과를 보일지에 대한 고찰을 해 보았다.

[철강10-7 | 13:05]

Direct inoculation for grain refinement of solidification structure: *Seong-Beum Kim, Soo-Yeon Lee, Jung-WookCho ; *Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH.*

Keywords: direct inoculation, refinement, solidification

As grain refinement leads the substantial improvement of mechanical properties of as-cast and further rolled materials by reduction of segregation during solidification. Therefore, many studies have been reported on grain refinement of as-cast structure by formation of inclusions based on so-called Oxide Metallurgy. But there are also some limitations in Oxide Metallurgy in terms of process controlling: Steel making process should be overloaded by increase of overheat in steel melt, the applicable steel grades are limited, and there exists a high possibility of nozzle clogging. In order to solve these problems, in this work, inoculant alloys were directly inoculated in steel

melts in lab scale. It should be underlined that any different kinds of inclusions could be used as the candidate of inoculants by direct inoculation method. By mechanically alloying steel powders with inoculants which have lower disregistry (lattice misfit parameter) with each other, inoculant alloys were prepared. Then, in order to remove moisture and holes inside, heat treatment and rolling processes were followed. The experiment was carried out by using 1kg-scale solidification simulator. Then, solidified as-cast steels were analyzed by using various analyzing devices in order to make sure the grain refinement effect. It was observed by SEM-EDS that various kinds of inclusions were made. Also, the effectiveness of inoculants was confirmed by OM and EBSD.

알루미늄 심포지엄
Room 601, 4월 28일

[알루미늄1-1 | 08:30]
자동차 차체용 Al-Zn-Mg-Cu합금판재 소부경화특성: *김형욱, 고동현[1], 이윤수, 김민석, 김수현 ; *재료연구소, [1] 한온시스템(주).*
Keywords:

Al-Zn-Mg-Cu계 알루미늄합금은 비강도가 우수하지만 높은 소재가격으로 인하여 주로 항공기 기체용 소재로서 활용되고 있으며 일부 자동차의 범퍼 등에 제한적으로 활용되고 있다. 최근 자동차 차체의 경량화 요구가 더욱 증가함에 따라 고강도 알루미늄인 7075 등의 Al-Zn-Mg-Cu계 합금판재를 차체에 적용하려는 연구가 시도되고 있으며 판재의 제조가격을 낮추기 위한 저비용 판재의 제조방법이 연구되고 있다. 본 연구에서는 저비용공정인 박판주조 및 압연공정으로 두께 1 mm인 Al-Zn-Mg-Cu 합금판재를 제조하였으며 이를 열처리하여 인장강도 400 MPa 이상, 연신율 20% 이상 강도와 연신율이 우수한 고강도 알루미늄합금판재를 얻을 수 있었다. 또한 제조된 합금판재의 자연시효특성 및 시효경화 거동을 평가하여 차체성형 후 소부경화 처리 시 항복강도를 극대화 할 수 있는 판재의 열처리 방법을 개발하였다. 이번 발표에서는 7075알루미늄 합금을 기준으로 하여 소부경화 처리 시 항복강도를 극대화 하기 위한 예비시효처리 방법 및 그 특성에 대하여 논의하고자 한다.

[알루미늄1-2 | 08:45]
7xxx계 알루미늄 합금의 소성가공성 및 열처리 특성 연구: *김세훈, 신재혁, 김진평, 최재영, 성시영, 한범석 ; *자동차부품연구원.*
Keywords: A7xxx Alloy, Alloy Design, Plasticity, 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 있다. 본 연구에서는 기존 자동차용 알루미늄 합금의 경량화 한계를 극복하기 위해 소재의 고항복강도화를 통해 경량화 효과를 높이고자 A7075 소재와 동등 이상의 기계적 특성을 가지면서도 압출성이 우수한 7xxx계 알루미늄 합금 소재를 설계하고 그 열처리 특성을 평가하였다. 이를 통해 항복강도 500 MPa, 인장강도 550 MPa 이상의 특성을 가지면서 압출 및 단조 등의 소성가공성 또한 우수한 합금을 개발하였다.

[알루미늄1-3 | 09:00]
Al-Zn-Mg 합금의 경도 및 열전도도에 미치는 합금원소 Ni의 영향: *염호종, 임항준 ; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*
Keywords: Heat sink, Thermal conductivity, Al_3Ni

전기전자제품들의 고출력화 추세에 따라 조명에 사용되는 방열부품(heat sink)의 중요성이 증대되고 있다. 특히, p-n접합 반도체 발광방식의 LED조명의 경우 전기에너지가 p-n접합부에서 빛에너지로 변환될 때, 전력소모의 70%가 열로서 방출되고 있다. 이 때, 발생되는 열에너지를 충분히 방출하지 못하면 접합온도가 상승하고, 열적 스트레스가 증가하여 제품의 광출력 및 사용수명을 저하시키기 때문에 열전도도가 높은 재료로서 방열부품을 사용해야 한다. 대표적인 LED조명용 방열부품소재로는 다이캐스팅용 알루미늄 합금 ALDC12가 있다. 이 합금은 9.6~12 wt%의 높은 Si의 함량으로 주조성이 확보되지만, 열전도도가 95~100 W/m·K로 고출력에는 적합하지 않다. 이에 대해 열전도도를 감소시키는 Si의 함량을 최소화시키면서 일정 수준의 주조성을 유지함과 동시에 강도와 열전도도를 향상시키는 주조용 알루미늄 합금개발의 필요성이 요구된다. 방열소재용 알루미늄 주조합금에 관한 연구로서 Al-Zn-Mg-Fe 합금의 주조성 및 열전도도에 미치는 Zn 및 Mg 첨가의 영향에 대하여 조사된 바 있지만, Ni 첨가에 대한 연구결과는 거의 없다. Ni은 Al 내 고용도가 0.05 wt%로 매우 낮고, 전기비저항 증가 효과가 작기 때문에 열전도도 감소를 최소화하고, 조직 내 Al_3Ni를 형성시켜 강도 증가를 기대할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 Ni의 함량에 따른 Al-Zn-Mg 합금의 경도 및 열전도도에 미치는 영향을 알아보고자 했다. 실험은 Al 내 합금원소의 고용도 및 전기비저항을 고려하여 Al-Zn-Mg 합금설계를 하였고, Ni은 각각 0.5, 1.0, 2.0 wt%씩 첨가하여 시편을 제작했다. 열전도도는 측정이 용이한 전기전도도를 측정하여 환산하였다. 실험결과, Ni이 첨가된 시편은 첨가되지 않은 경우보다 경도가 높게 측정되었고, 열전도도는 190~210W/m·K로 나타났다.

[알루미늄1-4 | 09:15]
유한요소해석법을 이용한 Al-Zn-Mg 신합금의 성형한계 평가: *장봉준, 노정훈, 황병복, 김목순 ; *인하대학교.*
Keywords: Al-Zn-Mg alloy, Compressive test, Finite element analysis, Forming limit diagram

자원 고갈 및 환경규제 강화에 대한 이슈가 부각됨에 따라 환경보존 및 에너지 절감을 위한 자동차 경량화에 대한 요구가 증대되면서 경량이고 기계적 성질이 우수한 고기능 알루미늄 합금을 자동차의 구조용 재료로 적용하고자 하는 시도가 증가하고 있다. 특히, 비강도가 우수한 Al-Zn-Mg계 알루미늄 합금은 자동차 범퍼빔과 같은 구조재료로써 그 적용사례가 증가하고 있다. 그러나 이 합금은 강도 특성은 우수하나 성형성에 한계가 있기 때문에, 최적의 소성가공조건을 도출하기 위해서는 합금의 성형한계 및 파괴거동을 파악하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 새롭게 합금설계한 Al-Zn-Mg계 알루미늄 합금에 대하여 유한요소해석법(FEM)을 이용하여 다양한 온도 및 변형속도 영역에서 시편의 축대칭에서의 변형거동을 모사하였다. FEM에 사용된 유동응력은 압축시험 결과를 이용하여 도출한 구성방정식을 사용하였으며, 열팽창계수, 열전도도 및 Poisson's ratio와 같은 물성데이터는 JMatPro simulation 데이터를 사용하였다. 이와 같이 하여 얻어진 FEM 모사결과와 실제 압축시험 결과를 비교하여 합금의 성형한계 및 파괴거동을 고찰하였다.

[알루미늄1-5 | 09:30]

고온 비틀림 시험을 통한 개량 AA7175 합금의 고온변형거동특성: *이세연, 이지운, 손현우, 현승균, 김경택[1], 김세광[1], 윤영옥[1], 최호준[1]; *인하대학교공대신소재공학부재료구조제어연구실. [1] 한국생산기술연구원.*

Keywords: Processing map, AA7175, Ca, Torsion test, hot deformation behavior

알루미늄 합금 중 매우 높은 기계적 강도를 보유한 AA7175는 열처리형 합금으로 주로 항공기용 부품으로 사용되는 소재이다. 본 연구에서는 기존에 있던 열간 압출한 상용 제품과 내산화성을 향상시키기 위해 Ca을 첨가하여 개량한 AA7175의 고온 변형특성을 비교하고, 고온에서의 성형 조건을 최적화 하고자 고온 비틀림 시험을 수행하였다. 실험을 통해 얻은 데이터로 유동곡선과 활성화 에너지를 구하고, 두 재료의 차이를 비교하였다. 최적의 가공효율 구간을 찾기 위해 공정지도를 제작하였고, 구간별로 조직을 관찰하여 조건별로 고온에서의 재료의 특성을 분석하였다.

[알루미늄1-6 | 09:45]

알루미늄 금속기지 복합소재의 시효석출 거동: *정재길, 안태영[1], 어광준 ; *재료연구소. [1] 한국원자력연구원.*

Keywords: aluminum composite; precipitation; Guinier-Preston zone; transmission electron microscopy

The aging behavior of Al-6Mg-9Si-10Cu-10Zn-3Ni natural composite alloy was investigated during aging at 120°C through hardness and electrical resistivity measurements, compression testing, differential scanning calorimetry, and transmission electron microscopy. Spherical GP zones (Zn clusters) are formed first and then subsequently transformed into ellipsoidal GP zones. During transformation of the ellipsoidal GP zones to hcp Zn, GPI zones (Cu clusters) are additionally formed. Then, GPI zones are transformed into the θ" phases. Both the Zn cluster and Zn precipitate contain large quantities of Cu atoms, while the θ" phase does not have any Zn atoms. Based on these insights into the structural and chemical compositional evolution of complex precipitates, the strengthening mechanism has been established.

[알루미늄2-1 | 10:10]

고강도 알루미늄합금의 기계적 성질과 에너지흡수능 간의 상관관계: *김수현, 이윤수, 차준현, 임차용 ; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 알루미늄합금, 에너지흡수능, 기계적 성질, 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 부재 및 가드레일, 방탄판 등 충격흡수능을 필요로 하는 부품에 사용할 수 있다. 소재의 충격흡수능은 소재의 소성변형에 의한 에너지흡수능에 의해서 결정되며, 알루미늄합금의 경우 합금 종류에 따른 에너지흡수능 변화에 대한 조사가 필요하다. 본 연구에서는 비강도가 우수한 5000계, 6000계, 7000계 합금의 기계적 성질과 에너지흡수능을 평가하였다. 튜브 형태의 시편에 대하여 압축시험을 실시하여 힘-변위 곡선을 얻은 후 각 합금 시편의 에너지흡수능을 평가하였다. 시편의 형상 및 변형 모드에 따른 에너지흡수 거동을 조사하고 소재의 강도 및 연신율과의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

[알루미늄2-2 | 10:25]

Al-Mg-S계 합금에서 Mg 첨가와 자연시효 시간이 이단시효 거동에 미치는 영향: *임지우, 김재황, 홍성길[1]; *한국생산기술연구원. [1] 전남대학교.*

Keywords: Al-Mg-Si alloys, Age-hardening, Two-step aging, Mg addition, Nanocluster

Al-Mg-Si계 합금은 내식성, 성형성 및 비강도가 우수하여 자동차 판넬에 많이 쓰이고 있다. 용체화 처리된 판재들은 알루미늄 회사에서 자동차 회사로의 수송되며, 상온 노출이 불가피하다. 이 후, 프레스 및 도장공정 (170°C, 20min)이 진행된다. 도장 처리 시, 상온에 노출되지 않은 판재 대비 상용 공정 적용 판재의 경우 강도가 저하하는 현상이 발생되며, 이러한 현상을 negative effect of two-step aging 이라 부른다. 이러한 원인은 상온에서 형성된 나노클러스터 때문이다. 본 연구에서는 Mg 첨가와 자연시효 시간이 나노클러스터 형성 및 이단시효 거동에 미치는 영향을 밝히고자 한다.

[알루미늄2-3 | 10:40]

전자기 주조법으로 제조된 과공정 Al-15Si계 합금의 고온 압축시험에 의한 소성가공성 평가: *이태희, 김목순, 박준표[1]; *인하대학교. [1] 포항산업과학연구원.*

Keywords: Al-Si alloy, Electromagnetic Casting & Stirring(EMC/S), Microstructure, EBSD, TEM

과공정 Al-Si계 합금은 밀도 및 열팽창계수가 낮고, 내마모성이 우수하여 차량용 엔진의 구조재료로 주목 받고 있다. 기존 연속주조법(Direct Casting, DC)으로 과공정 Al-Si계 합금을 제조할 경우, 응고 과정 중 빌렛의 불충분한 응고제어로 인해 표면 결함, crack 및 편석 등이 발생할 수 있기 때문에, 후속 소성가공 공정 이후에도 제품 내부에 잔존하여 기계적 특성 저하의 요인으로 작용한다. 이를 개선하기 위하여 전자기장을 인가하는 전자기 주조법(Electromagnetic Casting & Stirring, EMC/S)을 적용하면 용탕 내부의 교반으로 수지상 조직의 성장을 억제하고 조직의 등축정 조직 분율을 증가시킴으로써 빌렛의 품질을 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 과공정 Al-Si계 합금은 높은 변형저항으로 인해 소성가공이 쉽지 않기 때문에, 최적의 소성가공 공정 확립을 위해 미세조직 및 기계적 특성에 대한 이해가 수반되어야 한다. 본 연구에서는 전자기 주조법으로 제조된 과공정 Al-15Si계 합금의 고온 소성변형거동에 대해 조사하여 최적의 소성가공 조건을 도출하고자 하였다. 고온에서의 소성가공성을 평가하기 위해 다양한 온도영역(300°C~500°C)과 변형속도영역(1.0×10^{-3}/s ~1.0×10^{0}/s)에서 압축시험을 실시하였으며, 압축시험 결과를 이용하여 진응력-진변형률 곡선을 구하였다. 이를 바탕으로 동적재료모델(Dynamic Materials Model)과 소성불안정인자를 적용하여 Processing map을

작성하였다. 압축시험재에 대해 EBSD 및 TEM 분석을 통한 미세조직 관찰을 진행하였으며, 이를 통해 소성변형거동을 조사하였다.
(본 연구는 민군기술협력사업으로 지원 받았음)

[알루미늄2-4 | 10:55]

분무성형법으로 제조된 과공정 Al-17Si계 합금의 변형기구영역도 작성 및 변형 조직 관찰: *이지운, 김목순 ; *인하대학교*
Keywords: Al-Si alloy, Spray-forming, Compressive test, Deformation mechanism map

자동차 엔진용 피스톤은 주로 중력주조법으로 제조되고 있으나, 주조법으로 피스톤을 제조할 경우 내부에 가스에 의한 기공이 발생할 수 있고, 냉각속도가 불균일할 때 잔류응력에 의한 뒤틀림 현상이 발생할 수 있다. 이에 비해 단조공정을 적용하면 주조시 발생하는 이러한 문제점을 극복할 수 있으며, 조직을 미세화하고 균질화하여 우수한 기계적 성질을 얻을 수는 장점이 있다. 이에 따라 최근에는 급속응고법(Rapidly solidification)의 일종인 분무성형법(Spray-forming)을 이용한 알루미늄 단조 피스톤의 제조 가능성이 대두되고 있다. 단조 시 온도 및 변형속도 등의 공정변수들을 적절히 조절함으로써 조직 제어가 가능하며, 이를 위해 고온 변형 거동을 예측하고 미세조직을 조사할 필요가 있다. 알루미늄 합금의 고온 변형에서는 확산과 전위의 운동에 의한 소성 변형뿐만 아니라, 입계미끄럼도 소성변형에 기여하는 경우가 있는 것으로 알려져 있다. 여러 변형기구가 복합적으로 존재하므로, 가장 지배적인 변형기구를 예측하기 위해 응력, 온도 및 결정립 크기를 고려한 변형기구영역도(Deformation mechanism map)가 활용된다. 본 연구에서는 분무성형법(Spray-forming)으로 제조된 과공정 Al-17Si계 합금에 대하여, 300~500°C의 온도 영역에서 $1.0x10^{-3}$~$1.0x10^{0}$/s의 변형속도 조건으로 압축 시험을 실시하였으며, 압축 시험을 통하여 얻어진 진응력-진변형률 선도를 토대로 응력지수를 구하였다. 이 값을 결정립 크기를 고려한 변형기구영역도에 적용하여 주된 변형기구를 예측하였고, SEM, TEM 및 EBSD 등을 사용하여 변형조직을 상세히 조사하였다.

[알루미늄2-5 | 11:10]

Deformation dynamics of metallic glass composite depending on thes structural instability: *김완, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소*
Keywords: Al-based metallic glass, mechanical properties, shear band deformation, nano-indentation

Al계 비정질합금은 1.0GPa 수준의 높은 강도를 가져 경량구조재로서 활용가능성이 높은 합금계이다. 특히 수 나노 이하의 크기를 가지는 Al계 결정상이 in-situ로 석출되어 있는 nano crystal type과 완전한 비정질 기지를 가지는 glass type으로 구분 할 수 있으며, 첨가하는 TM, RE 용질원소의 종류 및 분율 제어를 통해 비정질 기지의 설계가 가능하다. 이 중 nano crystal type의 경우, 비정질 기지에 균일하게 석출된 연질의 Al nanocrystal이 열처리로 성장하게 되면 용질원소의 불균일화로 인해 최대 1.5 GPa 까지 경도가 향상되는 특이한 기계적 거동을 보이므로, 연질의 Al nanocrystal의 석출에 따른 강도 및 소성변형 특성에 대한 체계적인 분석이 요구 된다. 따라서 본 연구에서는 melt-spinning process로 급속냉각하여 제조한 $Al_{90-x}Ni_{10}MM_x$ (x=2, 4, 6) 삼원계 비정질 합금시스템을 이용하여 조성에 따른 Al nanocrystal의 석출 거동 및 열처리 조건에 따른 softening 및 hardening 효과에 대해 체계적으로 고찰하고자 한다. 결과로서, 압입시험을 통해 Al nanocrystal의 미세구조에 따른 강도 변화 및 shear band 형성과 같은 기계적 특성 변화를 규명하여, 우수한 기계적 특성을 갖는 Al계 비정질 기지 복합재 개발을 위한 최적 공정기준을 확립하고자 하였다. 구체적으로, 나노압입시험을 이용한 shear band busting의 통계적 분석을 통해 Al nanocrystal과 비정질 기지가 shear band 형성 및 소성변형에 미치는 영향에 대해 고찰 하였고, 상온 creep test를 통해서 분석가능한 mechanically-induced relaxation 및 stress-strain sensitivity의 측정을 통해 합금의 구조에 따른 소성변형거동을 보다 체계적으로 논하였다. 본 연구를 통하여 차세대 경량구조재료로 활용가능한 Al계 비정질 기지 복합재 개발을 위한 맞춤형 공정제어 가이드라인을 제시하고자 한다.

[알루미늄2-6 | 11:25]

고강도 고열전도성 Al-Ni 다이캐스팅 합금 개발: *장재철, 신광선 ; *서울대학교 재료공학부*
Keywords: Aluminum, High Pressure Die-casting (HPDC), Thermal Conductivity, Cast Alloy, Mechanical Property

알루미늄은 우수한 비강도와 열전도성을 가지고 있어 수송기기 부품 제조에 널리 사용되고 있다. 최근에는 알루미늄의 사용범위가 고강도 고기능 부품으로 점차 확대되고 있으므로 우수한 기계적 특성과 높은 열전도성을 동시에 갖는 합금의 개발이 요구된다. 알루미늄합금은 열처리를 통해 강도를 증가시키는 것이 일반적이나, 다이캐스팅과 같은 주조재의 경우에는 제품 내부에 잔존하는 기공에 의한 결함 발생 및 추가적인 비용의 문제로 열처리를 수행하는 것이 바람직하지 않다. 따라서 종래의 고강도 고열전도성 알루미늄합금은 대체로 Al-Si 합금에 Mg, Cu 등의 미량원소를 첨가한 ADC 계열 합금이 사용되었다. 하지만 ADC 계열 합금의 기계적 특성과 열전도성은 차세대 제품 적용에 한계가 있으므로 이를 만족할 수 있는 새로운 합금 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 Al-Ni 합금에 미량원소 X를 첨가한 Al-Ni-X 합금을 고압 다이캐스팅(HPDC) 공정을 이용하여 제조하고 기계적 특성과 열전도성을 평가하였다. 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 첨가원소의 분율이 증가함에 따라 감소하는 것이 일반적이나, 첨가원소의 종류, 조합, 비율에 의해 열전도성의 제어가 가능함을 결정상 분석과 미세조직 관찰 및 열확산도 분석을 통해 확인하였다.

[알루미늄2-7 | 11:40]

개량 5052 알루미늄 합금의 고온변형 특성 평가: *손광태, 이지운, 현승균, 윤영옥[1], 김세광[1] ; *인하대학교 신소재공학부. [1]생산기술연구원.*
Keywords: Al-Mg 합금, 고온 비틀림 시험, 변형열, 공정지도, 활성화 에너지

최근 이루어진 연구에 따르면, Al-Mg 합금 제조 공정에 일반 마그네슘 대신에 CaO가 첨가된 마그네슘을 첨가하면 최종제품의 결함이 억제되는 효과가 있다. Al-Mg 합금은 비열처리형 알루미늄의 한 종류로써 가공성, 용접성, 해수분위기에서의 내식성이 우수하기 때문에 차량 및 선박용 구조재료로 쓰이고 있다. 5052 알루미늄 합금은 가장 일반적인 Al-Mg 합금 중 하나로써 양호한 가공성 및 용접성을 가지며 성형이 용이하기 때문에 선박, 차량, 건축용, 열교환기 재료 등으로 사용되는 재료이다. 본 연구에서는 개량 5052 알루미늄 합금의 가공 조건에 따른 변형 특성을 공정 지도와 활성화에너지 지도를 통해서 분석하였다. 공정 지도 및 활성화에너지 지도를 얻기 위한 유동 곡선 데이터는 고온 비틀림 시험을 통하여 도출하였으며, 고온 온도범위(300°C-500°C)의 다양한 변형속도($10s^{-1}$, $5s^{-1}$, $1s^{-1}$, $0.5s^{-1}$, $0.1s^{-1}$)에서 고온 비틀림 시험을 실시하였다. 고온변형 특성 평가를 위한 공정 지도 및 활성화에너지 지도 작성은 변형률 1에서 이루어졌으며, 광학현미경 및 EBSD 분석을 통하여 데이터 해석을 실시하였다.

융합재료
Room 602, 4월 28일

[융합1-1 | 08:30]
Improved Water Splitting Performance in $BiVO_4$-WO_3 Heterostructure Photoanode Grown by Pulsed Laser Deposition ; *Sang Yun Jeong, Taemin Ludvic Kim[1], Do Hyun Kim[2], Hye-Min Shin, Jaesun Song, Myung-Han Yoon, Chung Wung Bark[2], Ho Won Jang[1], Sanghan Lee ; *School of Materials Science and Engineering GIST. [1]Department of Materials Science and Engineering Seoul National University. [2]Department of Electrical Engineering Gachon University.*
Keywords: bismuth vanadate, tungsten oxide, oxide photoanode, pulsed laser deposition, water splitting solar cell

Energy harvest from solar light has been attracted attention since the Sun gives unlimited energy sources. Photoelectrochemical (PEC) cell is one of the techniques for the utilization of the solar radiation and has unique features that the light energy can be directly converted to chemical fuels. Among various photoelectrode materials in PEC cell, bismuth vanadate ($BiVO_4$) is intensively investigated as photoanode because of its low bandgap energy of 2.4 eV for visible light hydrogen generation. Recently, we reported on excellent water splitting performance of high quality $BiVO_4$ thin film grown by pulsed laser deposition (PLD)[1]. Further enhancement of device performance can be obtained by formation of heterojunction with other materials such as tungsten oxide (WO_3) which has ability to suppress the carrier recombination in $BiVO_4$ layer during operation. To realize the strategy, PLD will be one of the powerful methodologies because the heterostructure films can be easily fabricated by means of using multiple targets of $BiVO_4$ and WO_3. In this research, we have fabricated high quality $BiVO_4$ and WO_3 polycrystalline thin films as photoanodes by PLD. The grown $BiVO_4$ have photocatalytically active phase of scheelite-monoclinic structure and show visible light absorption which were confirmed by X-ray diffraction (XRD) and UV-vis spectroscopy, respectively. The performance of the $BiVO_4$–WO_3 heterostructure grown on glass substrate covered with F-doped tin oxide (FTO) exceeds 3.0 mA/cm^2 at 1.23 V versus the potential of the reversible hydrogen electrode (V_{RHE}) under AM 1.5G illumination, which is the highest value so far[1] in previously reported single layer of $BiVO_4$ films grown by physical vapor deposition methods. The enhancement mechanisms of our heterostructure film will be discussed in the presentation.References[1] Jeong, S. Y., Choi, K. S., Shin, H.-M., Kim, T. L., Song, J., Yoon, S., Jang, H. W., Yoon, M.-H., Jeon, C., Lee, J., Lee, S. Enhanced Photocatalytic Performance Depending on Morphology of Bismuth Vanadate Thin Films Synthesized by Pulsed Laser Deposition. ACS Appl. Mater. Interfaces 2017, 9, 505-512.

[융합1-2 | 08:45]
Molecular interactions at defect sites in graphene-based glucose sensors: *Sun Sang Kwon, Su Han Kim, Jae Hyeok Shin, Won Jun Chang, Won Il Park ; Division of Materials Science & Engineering, Hanyang University.
Keywords: graphene, graphene mesh, enzymatic sensor, defect, molecular interaction

Graphene has been considered as a promising sensing material, but its sensing mechanism is still controversial. In this work, we have studied the role of defects in graphene-based biological sensors by introducing engineered edge defects in graphene channels and compared with normal graphene to investigate the effect of edge defects for sensing characteristics. We analyzed systematically the multiple cyclic characteristics and Raman spectroscopy of the sensors, especially for the sensors based on bare, glucose oxidase (enzyme) immobilized, and linker- glucose oxidase immobilized graphene and graphene meshes. With this approach, we found that the strong chemisorption to the defective sites in graphene cause a severe irreversible response to glucose, but this irreversible response was greatly diminished with glucose oxidase immobilization. On the other hand, after immobilization with only glucose oxidase, the graphene mesh sensor exhibits highest sensitivity with reliable multiple cycle operation.

[융합1-3 | 09:00]
Phytic acid doped polyaniline nanostructures for absorption of aqueous copper(II) ions: *Hyeong Jin Kim, Young Joon Hong* ; *Sejong University.*
Keywords: Polyaniline, Doping, Phytic acid, polymeric nanofiber, Cu^{2+} ion adsorption

Scavenging aqueous metal has been of note in respects of wastewater purification and mineral mining. Nanostructure adsorbents are ideal for high-efficiency metal adsorption, and high density surface ionic functional groups are further needed to strongly attract aqueous metal using the nanostructure adsorbents. Here we report on radical polymerization synthesis of phytic acid doped polyaniline nanofibers (Ph-PAni NFs) and adsorption of aqueous Cu^{2+}. In order to pose a higher negative charge, the dopant of phytic acidic molecules with phosphoric acid functional groups was employed. The Cu^{2+} adsorption capability of Ph-PAni NFs was markedly increased after the doping, presumably due to high ionic attraction feature of phosphoric acid group in phytic acid. The adsorption ability of Ph-PAni NFs is discussed in terms of Langmuir and Freundlich adsorption models. We further investigated the pH-dependent adsorption capability of Ph-PAni NFs and found much higher Cu^{2+} adsorption ability under high pH conditions owing to spontaneous deprotonation by the basic solution. X-ray photoemission confirmed the adsorption of Cu^{2+} on Ph-PAni NFs, and Fourier transform

infrared spectroscopic analysis showed that the polyaniline nanostructure was quite stable regardless of doping. Our approach to enhance the adsorption capability using dopant substitution could be readily applied to many other polymeric nanostructures for metal removal and mining.

[융합1-4 | 09:15]

Enhanced sensitivity of luminescent oxygen and pH sensor with Cd-free Quantum dot light emitting diode: *이소연, 박진우 ; *연세대학교 공과대학 신소재공학부 금속시스템공학전공 계면및접합시스템연구실.*

Keywords: luminescent sensor, quantum dot light emitting diode, sensitivity, wavelength, signal to noise ratio

본 연구에서는 광학적 발광산소센서의 민감도를 증가시키기 위해 센싱필름과 이에 빛을 주는 광원의 파장을 조절하여 시그널/노이즈 비율을 크게 향상시키는 방법을 개발하였다. 특히, 친환경 양자 점 발광 다이오드를 광원으로 사용하여, 필름의 흡수파장을 최대로 이용하고 방출파장에는 영향을 주지 않도록 파장을 조절 하여 산소와 산도에 대한 높은 민감도를 얻을 수 있었다. 산소 농도와 산도는 인체에서 발생하는 여러 대사를 바탕으로 인체의 상태를 진단 할 수 있는 중요한 지표이기 때문에, 인체에 적용하여 동시에 산소/산도를 측정할 수 있는 웨어러블 센서의 연구 개발이 최근에 지속되고 있다. 현재 가장 범용 웨어러블 산소센서인 oxymetry는 피부를 통과한 빛을 이용해 경동맥의 혈류 속도를 측정하고 이로부터 간접적으로 산소 농도를 계산하기 때문에 정확한 부위의 산소 농도를 알기가 어렵다. 이에 반해, 광학적 발광 센서는 산소분자와 직접적으로 반응하는 형광염료의 소광을 이용한 센서로서, 산소와 즉각 반응이 가능하고, 재현성과 정확성이 뛰어나다. 따라서, 산소뿐만 아니라 산도나 온도 같은 지표들도 한번에 측정 할 수 있는 웨어러블 센서로서, 상처를 치유하는 동시에 모니터링도 함께 할 수 있는 플랫폼으로 주목 받고 있다. 하지만, 이 광학 센서의 경우 광원의 빛과 센싱필름에서 발광하는 빛이 모두 포토다이오드로 감지되기 때문에 산소농도나 산도에 의한 빛의 변화 이외의 노이즈가 발생하여, 산소/산도의 감지능력이 떨어진다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 센싱필름의 방출 빛과 광원의 빛을 분리할 수 있도록, 광원의 피크 파장과 반측 폭을 조절하여 시그널/노이즈 비율을 상승시켰다. 기존의 광학적 발광 센서 연구에서 노이즈를 제거하기 위해 사용되는 장파장 필터는 소형화나 유연화가 어려워 웨어러블 센서로의 적용가능성을 좁혔다. 이를 해결하기 위해, 유기 발광 다이오드의 구성 물질을 변경하여 반측 폭을 조절하거나 자외선 영역으로 피크 파장을 바꾸는 경우, 공정이 제한적이고 에너지가 큰 자외선 영역의 빛으로 인해 필름의 질이 떨어지게 된다. 본 연구에서는 보다 높은 시그널/노이즈 비율을 얻기 위해, 용매 유발 상분리 공정을 이용해 만든 다공성 센싱필름을 사용하였다. 광원의 피크파장과 반측 폭이 조절된 세 개의 양자 점 발광 다이오드와 기존의 폴리머 유기 발광 다이오드를 각각 비교하여, 피크파장과 반측 폭의 민감도에 대한 영향을 분석하였다. 특히, 장 파장 필터가 없는 시스템에서 폴리머 유기발광 다이오드로는 민감도가 70% 이상 감소하였지만, 시그널/노이즈 비율이 가장 높았던 양자 점 발광다이오드로는 5% 이내로 감소하여, 피크파장과 반측 폭의 조절이 용이한 양자 점 발광 다이오드 기반 광학적 발광 센서의 가능성을 확인 할 수 있었다.

[융합1-5 | 09:30]

분자 도핑을 이용한 이황화 텅스텐의 구조적/전기적 특성 제어 연구: *지상수, 손명우, 손기철, 장한별, 함문호 ; *광주과학기술원.*

Keywords: transition metal dichalcogenide, tungsten disulfide, field-effect transistor, molecular doping, property modulation

반도체 특성을 띠는 2차원 전이금속칼코젠 화합물(transition metal dichalcogenide, TMDC)은 두께에 따라 밴드갭(band gap)이 변화되고 전하이동도가 비교적 우수하여, 차세대 전자소자 및 광소자의 핵심 소재로 각광받고 있다. 그러나 소자 제작 시 금속 전극과 2차원 반도체 소재 간 접촉 저항이 높아 소자 성능을 제한하는 문제점이 있다. 따라서 실제 전자소자에 응용하기 위해서는 2차원 TMDC 소재의 특성 조절 연구를 통해 이러한 문제를 해결할 필요가 있다. 본 연구에서는 하이드라진(hydrazine) 분자 도핑(doping)을 이용하여 이황화 텅스텐(WS_2)의 구조적/전기적 특성 조절 연구를 수행하였다. 하이드라진 처리 후, WS_2의 전하이동도 및 전류 점멸비가 증가하였으며 광전류 또한 증가하였다. 이는 하이드라진 처리에 의해 표면 전하 농도와 황(sulfur) 공공(vacancy)의 농도가 증가하여 WS_2의 n-형 도핑효과가 커진 것으로 생각된다. 이로 인해 기존에 보고된 다른 분자 도핑을 이용한 경우보다 더 우수한 도핑 안정성을 나타내었다.

표면처리
Room 602, 4월 28일

[표면1-1 | 10:00]
Study on microstructure and mechanical properties of nanostructured nitride coating layer by reactive DC sputtering: *Young Seok Kim, Hae jin Park, Young Hoon Lee, Jumaev Elyorjon, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim* ; *Sejong University.*
Keywords: Sputtering, TEM, Nano-indenter, nitride coating

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 cutting tool for hard-to-machine materials, 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 et al. The main feature of novel HEAs reveals thermodynamically stable, high strength, corrosion resistance and wear resistance by four characteristic features called high entropy, sluggish diffusion, several-lattice distortion and cocktail effect. It can be possible to significantly extend the field of application such as cutting tool for difficult-to-machine materials in extreme conditions. Base on this understanding, surface coatings using HEAs more recently have been developed considerable interest due to their useful properties such as high hardness and phase transformation stability of high temperature. In present study, the nanocomposite coating layers with high hardness on WC substrate are investigated using high entropy alloy target made a powder metallurgy. Among the many surface coating methods, reactive magnetron sputtering is considered to be a proper process because of homogeneity of microstructure, improvement of productivity and simplicity of independent control for several critical deposition parameters. The N_2 is applied to reactive gas to make nitride system with transition metals which is much harder than only alloy systems. The acceleration voltage from 100W to 300W is controlled by direct current power with various deposition times. The coating layers are systemically investigated by structural identification (XRD), evaluation of microstructure (FE-SEM, TEM) and mechanical properties (Nano-indenter).

[표면1-2 | 10:15]
ZnMgAl 고내식 합금 도금의 기계적, 열적 특성과 내식 거동: *손일령, 김태철, 유윤하[1], 배규열[1], 김종상 ; *포스코 기술연구원. [1]포스코 철강솔루션마케팅실.*
Keywords: Zn-Mg-Al, 고내식 합금도금, 기계적 파손, 내열, 내부식

아연(Zn)기지에 Mg,Al등 원소를 첨가한 고내식 합금도금은 우수한 내식특성 이외에 도금층 특유의 강건함으로 기존의 전기아연도금(EG) 이나 용융아연도금(GA, GI)를 대체할 수 있는 자원 저감용 도금기술로 최근 많은 각광을 받고 있다. 이 합금도금은 $MgZn_2$상, Zn(Al)상등 경질과 연질의 복합상(相)으로 구성되어 있어 기계적 응력에 대한 파괴 거동이 기존 아연도금과 상이하며, 고온 환경이나 용접등의 열적 변화를 수반하는 공정에 있어서의 반응도 고유한 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 상기 고내식 합금도금의 조직적 특성과 미소 경도를 측정하였으며, 인장과 굽힘등 가공에 따른 도금층의 파괴 특성을 관찰하였다. 또한 고온에 장기간 노출되었을 때의 소지철과의 합금화 거동과 이에 따른 내부식 특성을 관찰하였다. 고내식 합금도금은 기계적 변형에 대하여 도금층의 탈락이 적었으며 고온 환경하에서 소지철과의 합금화가 억제되어 특유의 고내식 특성을 유지하였다. 이러한 기계적, 화학적 특성 거동에 대한 이해는 고내식 합금 도금 강판을 자동차 차체 및 부품을 비롯한 많은 산업 제품군 적용에 활용할 수 있는 기초를 마련한다.

[표면1-3 | 10:30]
Cu 소재 부품의 내마모성 향상을 위한 Ni 도금의 Kirkendall Void 발생 및 박리 현상 연구: *박순홍, Young Ho Sohn[1], Young Joo Park[1] ; *포항산업과학연구원(RIST). [1]University of Central Florida.*
Keywords:

구리 소재의 부품은 다양한 산업에서 고온 열전달용 부품 소재로 사용되므로 고온에서의 물리적, 기계적 특성이 요구된다. 고온에서 마찰 마모 또는 반복적인 열충격에 대하여 내구성을 확보하기 위하여 구리 소재 부품 표면에 니켈계, 코발트계 소재의 도금, 용사, 접합 등의 다양한 코팅등의 연구가 많이 수행되었다. 하지만 고온의 환경에서 장시간 사용시 구리와 니켈 코팅층의 계면에서 원자 확산속도의 차이에 의하여 기공의 발생 및 코팅층 박리가 발생한다. 즉 구리 소재 부품의 표면의 내구성 확보를 위하여 형성한 니켈계 코팅층은 계면에서의 원자 확산 속도 차이에 의하여 Kirkendall Void가 형성되고 Void의 결합 및 전파에 의하여 코팅층의 박리 현상으로 전파된다. 본 연구에서는 구리와 니켈 사이의 Kirdendall Void의 형성 및 확산 현상을 확인하기 위하여 구리 소재의 표면에 니켈 전해 습식 도금을 1 mm 두께로 하고 장시간 고온의 환경에 노출후 계면에서 일어나는 현상을 관찰하였다. 고온의 환경은 400도에서 800도 사이의 고온 분위기에 장입 후 유지하는 방식을 사용하였으며 구리 및 니켈 코팅층 계면을 관찰하여 기공의 형성 및 확산 등을 관찰하였다. 구리와 니켈 사이에서 발생하는 확산으로 인하여 Kirkendall Void의 발생을 확인하기 위하여 Optical Microscopy 및 성분 분석을 통하여 미세 원소의 이동과 기공의 발생등을 확인하였으며 SEM, TEM 분석을 통하여 계면에서 발생하는 미세 구조의 변화를 연구하였다.

[포면1-4 | 10:45]

Tribological Properties of Advanced HVOF-sprayed WC-Co Coatings at Elevated Temperature: *Majid Jafari, Jong-Chan Han, Jae-Bok Seol[1], Chan-Gyung Park[1] ; *POSTECH (MSE). [1]POSTECH (MSE)/POSTECH (NINT).*

Keywords: WC-Co coating, HVOF, Microstructure, High temperature sliding friction and wear

Advanced WC-Co coatings with low degree of decomposition were deposited from electroless Nickel-plated micro/nanostructured feedstock powders using high velocity oxygen fuel (HVOF) spraying. Dry sliding friction and wear behavior of the resultant coatings, referred to as Ni/mc-WC and Ni/nc-WC, were investigated by using sintered alumina (Al_2O_3) as the mating material at 700°C. For the purpose of comparison, similar experiments were carried out on conventional micro- and nanostructured WC-Co coatings, denoted as mc-WC and nc-WC, respectively. The worn scars were examined by field emission scanning electron microscopy (FESEM) equipped with energy dispersive spectroscopy (EDS). The wear resistance of Ni/mc- and Ni/nc-WC coatings was found to be 46% and 72% greater than that of mc- and nc-WC coatings, respectively. Moreover, Ni/mc- and Ni/nc-WC coatings exhibited a significantly lower friction coefficient with negligible fluctuations as compared to mc- and nc-WC. The microscopic analyses of mc- and nc-WC worn surface revealed the presence of plastically deformed and discontinuous tribofilms, made up of a mixture of MWO_4/WO_3 (M = Co) and Al_2O_3, severe cracking and delamination especially at the interface of tribofilm and the underlying surface. In contrast, examination of Ni/mc- and Ni/nc-WC coatings substantiated that the tribofilm formed at high temperature is composed mostly of MWO_4 oxide layer (M = Co, Ni), and is denser and more adhesive to the underlying surfaces. Moreover, this tribofilm covers a large area of the coatings surface and, thus, provides a more surface protection against wear.

[포면1-5 | 11:00]

Arc spray 공정으로 제작한 탄소강 코팅층의 탄소량 변화와 산화량 변화가 코팅층의 내마모 특성에 미치는 영향: *이재원, 김재익, 이창희 ; *한양대학교 신소재공학부.*

Keywords: twin wire arc spray, wear resistance, hardness, oxides

자동차의 알루미늄 엔진블록의 실린더 보어에는 부족한 내마모성을 보완하기 위한 주철 라이너가 삽입된다. 하지만 주철과 알루미늄의 열팽창 계수 차이로 인한 보어의 변형과 라이너의 무거운 무게로 인하여 엔진의 연비가 증가하는 문제가 발생하였다. 따라서 주철 라이너를 제거하고 실린더 보어에 열용사(Thermal spray) 공정을 이용한 코팅층을 형성함으로써 주철 라이너를 대체하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 열용사 공정 중 Twin wire arc spray 공정은 저렴한 공정 단가와 높은 적층 효율로 인하여 알루미늄 엔진블록 실린더 보어의 코팅에 실제로 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 twin wire arc spray 공정으로 현성된 탄소강 코팅층의 탄소 함량과 분사 가스 종류 변화에 따른 산화량 변화가 코팅층의 마모 특성에 미치는 영향을 파악하고 가장 우수한 내마모 특성을 갖는 조건을 도출하고자 하였다. 실험 결과 코팅층 내 탄소 함량과 산화물 양이 많은 코팅의 내마모 특성이 높은 것으로 나타났다. 탄소 함량 증가에 따른 경도 증가와 코팅 산화물(FeO)이 고상 윤활제 특성을 갖는 것이 내마모 특성 향상의 원인으로 판단된다.

[포면1-6 | 11:15]

PC/ABS 소재 상에 플라즈마 코팅 공정을 이용한 Al2O3 세라믹 코팅 시, Al 본드코트의 역할: *권한솔, 이창희 ; *한양대학교 신소재공학부.*

Keywords: Polymer; Ceramic Coating; Microstructure; Scanning Electron Microscopy (SEM); Atmospheric Plasma Spray (APS)

고분자 소재는 우수한 가공성, 저렴한 비용, 높은 재활용성 등의 장점들로 인하여 현재 항공, 자동차, 산업 부품, 운송, 에너지 등 다양한 산업 분야에서 폭넓게 사용되고 있다. 최근에는 환경 규제 심화에 따라서 전세계적으로 차체 경량화 요구가 증가함에 따라 자동차 및 항공 분야의 저온 환경에서 사용되는 금속 소재 부품을 보다 가벼운 고분자 소재로 대체하려는 시도가 이루어지고 있으며, 기존의 고분자 소재보다 다소 향상된 기계적, 열적 특성을 지닌 엔지니어링 플라스틱의 개발은 이러한 흐름을 더욱 가속하고 있다. 이러한 고분자 소재는 열약한 침식 및 열적 특성으로 인하여 실제 가동 환경에서는 오랜 수명을 보장할 수 없는 한계점 있으므로, 고분자 소재 표면에 금속 혹은 세라믹 코팅을 적용하여 제품의 수명을 증대시키고자 하는 연구가 이루어져왔다. 다양한 코팅 기술 중, 플라즈마 코팅 공정은 빠르게 후막을 육성하는 표면처리 방식으로서 세라믹 소재를 코팅 대상물로서 사용할 수 있고, 코팅 대상물의 온도를 상대적으로 낮게 유지할 수 있다는 장점으로 인하여 고분자 소재의 코팅 방식으로 사용하고자 하는 다양한 연구가 이루어져왔다. 하지만 고분자 재료 자체가 가지고 있는 취약한 열적 특성으로 인하여 높은 열원을 이용하여 코팅 소재를 용융시켜 코팅층을 육성하는 플라즈마 코팅 공정을 사용할 시, 변형 혹은 코팅층 박리 등의 열적인 손상이 발생하게 된다. 본 연구에서는 고분자 소재 상에 보호 코팅 소재로서 약 2054°C의 녹는점을 갖는 Al_2O_3 세라믹 코팅층의 적층을 위하여 보다 낮은 660°C의 녹는점을 갖는 Al 금속 코팅을 본드코트로서 우선적으로 적층하였다. 분말과 코팅의 미세구조 관찰을 위하여 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM)을 이용하였고, 상분석을 위해 x-ray diffraction(XRD)을 사용하였다. 코팅층과 모재 사이의 접합강도 측정을 위해 stud pull-off adhesion strength test 방식을 이용하였다. 실험 결과, Al 본드코트를 우선적으로 적층함으로서 높은 녹는점을 갖는 Al_2O_3 탑코트를 열적 특성이 취약한 고분자 소재 상에 성공적으로 적층할 수 있었다. Al 본드코트는 플라즈마 코팅 공정 시, 코팅 소재와의 높은 열적인 차이로 인한 고분자 표면의 열적 손상을 방지해주는 완충층의 역할을 수행할 수 있으며, 육성된 Al_2O_3 코팅층은 일반적인 플라즈마 코팅층의 특성을 나타냈다.

[포면2-1 | 11:40]

나노구조 팔라듐 가스센서의 수소검지 특성: *노희준, *노희준[1], 김현종, 박진성[1], 이호년 ; *한국생산기술연구원. [1]한양대학교*

Keywords: Hydrogen, Palladium, Resistance

현재 사용되고 있는 화석연료는 매장량이 한정적이고, 환경오염의 원인이 되고 있어 이를 대체할 수 있는 수소가 대체 에너지로 각광 받고 있다. 수소는 가연 범위가 넓고 (4-75 %) 최소 발화 에너지가 낮아 (0.017 mJ) 위험하기 때문에 촉매반응, 열전도율, 저항, 일함수, 광학특성 등을 활용한 다양한 방식의 수소센서에 대한 연구가 활발히 연구가 진행되고 있다. 특히 팔라듐 박막을 이용한 저항방식수소센서의 경우 가격이 저렴하고 제조하기 쉬운 장점이 있어, 센서 감도를 극대화 할 수 있는 다양한 방식의 제조방법이 개발되고 있다. 본 연구에서는 반응 면적을 최대화하여 감도 및 수소의 흡수·방출 속도를 극대화 할 수 있는 팔라듐 나노입자를 사용하여 수소센서의 특성을 평가하였다. 공정 압력을 변수로 물리 기상 증착법을 이용하여 밀도가 다른 다공성 박막을 제조하여 수소 농도에 따른 센서의 검지 특성을 관찰하였다. 또한 SEM 분석을 통해 증착된 Pd의 다공성 나노 구조를 확인하였고, TEM 분석을 통해 입자간의 접합을 확인하였다. 일반적으로 수소가 팔라듐 박막 내에 흡수될 경우 저항이 증가하는 특성을 보이나, 본 연구에서는 부피 변화로 인한 scattering과 입자간 접촉의 두 가지 mechanism에 의해 저항이 증감하는 것을 확인하였다.

[표면2-2 | 11:55]

알루미늄 합금의 방열성능 향상을 위한 Nano-porous Anodizing과 이의 봉공처리: 손경식, Junghoon Lee[1], Chang-Hwan Choi[1], 정원섭[2], *김동현 ; *한국세라믹기술원.* [1]*Stevens Institute of Technology.* [2]*부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Nano-porous, Anodizing, Sealing, Heat dissipation, Aluminum alloys

알루미늄 합금의 방열성능 향상을 위하여 다양한 알루미늄 양극산화층을 구현하고 그것의 봉공처리 방법에 대해서 연구 하였다. 다양한 조건에서 Nano-porous한 양극산화와 봉공처리를 실시하였으며, steady-state 방법을 응용한 장치를 셋업하여 방열 특성에 대해서 평가하였다. 결과적으로, 알루미늄 양극산화를 하였을 경우 기존의 알루미늄 합금보다 방열 성능이 향상되었으며, 특히 봉공처리를 하였을 때 더 상승하는 효과를 얻었다. 알루미늄 양극산화를 옥살산 전해질에서 실시하였을 경우, 황산 전해질에서 실시하였을 때 보다 더 높은 값을 얻을 수 있었으며, 이 때 표면의 겉보기 색상이 짙은 것을 확인하였다. Nano-porous한 양극산화층에 NiF2 또는 black sealing 라는 특수 처리를 하였을 경우에 방사율과 heat flux는 더욱 더 상승하였고, 이 때 방사율은 200°C에서 최고 0.906의 값을 가졌다. 이와 유사하게, 냉각성능을 평가를 통하여 방열 특성을 확인하였으며, 최종적으로 black sealing 처리를 하였을 경우 약 36.4%의 에너지 절감 효과를 얻었다.

[표면2-3 | 12:10]

Transparent Hydrophobic Coating on Flexible Substrate using Nanocomposites with Carbon Nanotubes and SiO_2 Nanoparticles: *Wenhui Yao, Kwang-Jin Bae[1], Young-Rae Cho ; *Material engineering.* [1]*Pusan National University.*

Keywords: Transparency, Hydrophobicity, Roughness, Carbon nanotube, SiO_2 nanoparticle

Transparent hydrophobic coatings have recently received plenty of attention in various fields, such as solar cells, display technologies, and optical devices [1]. During the past two decades, hydrophobic coatings based on low-energy surface and roughness have been widely studied. However, the study on the transparency of hydrophobic coatings was few. This paper describes an approach to prepare transparent hydrophobic coatings with a network-like structure. The coatings were produced by spraying nanocomposites composed of fluorinated multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) and fluorinated SiO_2 nanoparticles. The effect of the concentration of MWCNT and SiO_2 nanoparticles were studied in detail. The results show that coatings fabricated with MWCNT cannot be transparent and superhydrophobic at the same time. With increase of the concentration of MWCNT, the hydrophobicity increases and the transparency decreases. Based on the optimum concentration, the addition of SiO_2 nanoparticles can improve the hydrophobicity and transparency of coatings further. The fabricated coatings require no additional surface treatments, exhibiting superhydrophobicity with water contact angle of 156° and transparency of 90%. The network-like structure played a very important role in the transparent and hydrophobic properties. The method employed can be applicable for a variety of applications such as self-cleaning and antifouling. Finally, the mechanism explaining the transparent hydrophobic coatings was discussed in detail.

[표면2-4 | 12:25]

금속연료 용해도가니 재사용을 위한 다양한 세라믹 코팅재료의 적용: *홍기원, 김기환[1], 고영모[1], 박정용[1], 홍순익[1] ; *충남대학교 신소재공학과.* [1]*한국원자력연구원.*

Keywords: 플라즈마 스프레이 코팅, 희토류 원소, 초고온세라믹, 소듐냉각고속로(SFR), dipping test

소듐냉각고속로는 소듐을 냉각재로 사용하는 제 4세대 원전이며 고속중성자를 이용하여 전력을 생산한다. 또한, 소듐냉각고속로는 천연우라늄의 0.7%에 해당하는 U-235를 사용하는 경수로와는 달리, 천연우라늄의 99.3%에 해당하는 U-238을 사용하며 사용 후 핵연료를 파이로 프로세싱을 거쳐 재사용 할 수 있어 고준위방사성폐기물양의 감소와 우라늄이용률을 높여 비용절감 측면에서도 큰 효과가 있는 차세대 원전이다. 현재, 소듐냉각고속로에 사용될 핵연료 후보재료 중 유력한 것이 바로 금속핵연료이며, 이 금속핵연료를 용해하여 연료심으로 만들 때 흑연도가니가 사용된다. 하지만, 기존의 흑연도가니는 금속핵연료와 반응하여 연료심의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라, 1회성 사용에 그쳐 막대한 방사성폐기물을 생성한다. 따라서, 적절한 방호능력을 제공하는 코팅층의 개발이 반드시 필요하며, 이미 2011년부터 2013년까지 이루어진 한미공동연구과제를 통해 유망한 코팅재료가 선정되었다. 본 연구에서는 흑연봉 위에 선정된 세라믹 재료를 플라즈마 스프레이 코팅방법으로 코팅한 후, 용해된 우라늄-지르코늄-희토류합금에 10분간 침적하는실험을 1회, 2회 실시하여 코팅층의 특성 및 성능을 평가하였다.

[포면2-5 | 12:40]

Al1050 합금의 플라즈마 전해산화 피막 형성 거동에 미치는 전해질 조성 및 인가전류밀도의 영향: *김주석[1,2], 문성모[1], 오명훈[2] ; *[1]재료연구소 전기화학연구실. [2]금오공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: Al1050 alloy, Plasma Electroytic Oxidation, Sodium silicate, Sodium hydroxide

본 연구에서는 정전류 조건에서 알루미늄 합금의 PEO(Plasma Electrolytic Oxidation) 피막 형성 거동에 대한 전해질 조성 및 전류밀도의 영향에 대하여 아크 발생 양상, 전압-시간 곡선 및 형성된 표면피막의 관찰을 통하여 체계적으로 연구하였다. 전해질의 조성은 0.01~0.05 M NaOH, 및 0.5 M NaOH + 1M Na_2SiO_3 이었으며, 전류밀도는 20~80 mA/cm^2 으로 조절되었다. 0.02 M NaOH 이하의 용액에서는 양극전압이 480 V 이상으로 상승되고 동시에 아크가 발생되었으며, 아크 발생 전압은 NaOH 농도가 높을수록 낮아지는 경향을 나타내었다. 한편 0.02 M NaOH 이상의 농도에서는 200 V 이하의 양극전압을 나타내었고 육안으로는 아크발생이 관찰되지 않았다. 한편 아크가 발생되지 않은 고농도의 0.5 M NaOH에서도 1 M Na_2SiO_3를 첨가하면 합금 표면에서 아크가 발생되었다. 0.01 M NaOH 용액에서는 수많은 수의 미세한 아크가 시편 표면 전체에서 균일하게 발생된 반면, 0.5 M NaOH + 1M Na_2SiO_3 용액에서는 3 mm 이상의 큰 아크가 1~3 개만 표면에서 관찰되었다. 매우 큰 아크는 시편의 가장자리에서 처음 발생하여 가장자리를 타고 진행하다가 가장자리에서 PEO 피막이 모두 형성된 후에는 내부 쪽으로 이동하였으며, 아크의 진행 속도는 인가전류밀도가 높을수록 빨라지는 경향을 보였다. 매우 큰 아크가 이동하는 동안 아크의 이동궤적을 따라 형성된 PEO 피막은 약 30 μm 이상의 두께를 나타내었다.

[포면2-6 | 12:55]

Optimization of coating layer with various layer combination by Physical Vapor Deposition: *Younghoon lee, Charles Han, Young Seok Kim, Hae Jin Park, Sung Hwan Hong, Jeong Tae Kim, Young Koon Park[1], Ki Buem Kim* ; *Sejong University. [1]YG-1 CO. LTD.*

Keywords: Nitride, Sputtering, Microstructure, Nano-indentation, Hard coating

Recently, coating materials and technologies of tools are desired in many areas such as aerospace, automobile industries because it can be increased mechanical properties, abrasion resistance and tool life prominently. To be satisfied with these characterizations, nitride coating layer has been widely studied in recent years because of high hardness and good wear resistance. These properties are exhibited by the densification of coating layer as the formation of nitride. Among the nitride coatings, titanium nitride films has been widely used in many industrial areas due to their high mechanical properties and good abrasion resistance. In addition, Ti-based bulk metallic glass alloy which has higher hardness and elastic modulus than commercial alloys generally has been developed. To make the coating layer which has superior hardness and elastic modulus, it is necessary that elements which can form nitride easily selected as the composition of Ti-based metallic glass alloy. In this study, Ti-based bulk metallic glass alloy was selected by the coating materials which has high possibility of nitride formation. To deposit the coating layer, reactive magnetron sputtering and arc ion plating system was used in this experiment. Ti-based alloy target, $AlCr^{I}$ and $AlCr^{II}$ target were used to make the coating layer. Target materials were deposited on the surface of tungsten carbide (WC) used as commercial alloy. To understanding the microstructure and mechanical properties, applied power and combination of coating layer were controlled. FE-SEM and TEM analysis were conducted for microstructure of cross-section coating layer. Also, X-ray diffraction (XRD) and Nano-indentation test were carried out for analysis of phase identification and mechanical properties.

소성가공
Room 603, 4월 28일

[소성1-1 | 08:30]
극한 환경의 소성 가공이 재료의 미세조직에 미치는 영향: *안동현, 김형섭[1]; *한국원자력연구원. [1]포항공과대학교.*
Keywords: 동적 변형, 극저온 변형, 소성 가공, 미세조직 진화, 기계적 강도

미세조직은 강도, 인성, 크리프 등 재료의 기계적 거동을 결정하는 중요한 인자로 많은 재료 분야의 연구에서 특성을 결정하는 조절 변수로 고려되고 있다. 일반적이지 않은 환경에서 사용되는 원자력 재료 역시 조사 시 거동에 미세조직이 영향을 준다고 알려져 있다. 예로, 중수로 압력관 재료에서는 전위, 결정립 크기 및 형태, 집합 조직 등이 수명 및 효율에 영향을 주는 확관과 연신 같은 조사 유기 변형 특성을 결정한다고 알려져 있다. 이런 미세조직의 효과를 정량화하기 위해서는 다양한 미세조직을 가지는 동일한 재료를 제작할 필요성이 있으며, 근래에는 소성 가공을 통해 이를 실현하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 일반적인 소성 범위에서 벗어난 저온 및 고속의 극한 환경 하 소성 가공을 고려하였고, 방법론을 적용하기 위해 먼저 잘 알려진 재료인 구리를 사용하여 재료의 미세조직의 변화를 살펴보았고, 이를 바탕으로 환경 변수에 따른 미세조직의 진화 거동 및 얻어지는 미세조직적 특성을 확립하고자 하였다. 얻어진 결과를 바탕으로 미세조직 인자가 재료 거동에 미치는 영향을 정량화할 수 있는 좀 더 체계적인 기반을 구축할 수 있을 것이라 기대된다.

[소성1-2 | 08:45]
상온 가공형 박판 마그네슘 합금의 상온 성형 거동 분석: *김세종, 이영선, 이진우, 이창준[1], 구자명[1], 이용원[1], 김대용 ; *재료연구소. [1]삼성전자.*
Keywords: 마그네슘, 성형성, 상온,

상온 가공형 마그네슘 합금은 마그네슘이 가지는 낮은 밀도와 높은 비강도 특성과 더불어 기존 상용 마그네슘 합금 대비 상온에서 상대적으로 높은 성형성을 가지고 있어 노트북과 같은 IT제품으로 적용이 확대되고 있다. 이에 상온 가공형 마그네슘 합금의 상온 기계적 물성 및 성형 한계에 대한 정보와 이를 바탕으로 성형 거동 모사에 대한 필요성이 증가되고 있다. 본 연구에서는 0.5 mm 두께의 LZ91합금과 E-form 소재에 대한 상온 인장 및 압축 물성을 평가하고 다양한 모드에서 성형한계를 평가하였다. 또한 상온에서 실 부품 형상으로 성형하여 두 소재의 성형성을 평가하였다. 이를 바탕으로 두 소재에 대한 성형 거동 모사를 위한 구성 방정식을 획득하고 실험과 검증하였다.

[소성1-3 | 09:00]
3점 굽힘 시험을 통한 TWIP강의 인장-압축 변형 거동 관찰: *박형근, 이학현, 김형섭 ; *포항공과대학교.*
Keywords: 3점 굽힘 시험, 인장-압축 대칭성, 디지털 이미지 상관, 유한요소법, TWIP강

TWIP (Twinning-Induced Plasticity) 강은 소성 변형 과정에서 많은 양의 변형 쌍정이 생겨나기 때문에 높은 가공 경화 용량과 함께 우수한 강도와 연성을 가진다. TWIP강의 가공 경화는 미끄럼-쌍정의 상호 작용에 영향을 크게 받는데, 이들은 결정립의 방위에 따라 다르게 작동한다. 본 연구에서는 미끄럼-쌍정의 방향성이 TWIP강의 거시적인 변형 거동에도 영향을 미치는 지 확인해보기 위해, Fe-15Mn-1.2Al-0.6C TWIP강을 이용해 3점 굽힘 시험에서의 인장-압축 변형 거동을 관찰했다. 디지털 이미지 상관 (Digital image correlation) 기법을 사용해 굽힘 도중의 소성 변형율 분포를 관찰했고, 이 실험 결과와 비교하기 위해 유한요소법이 사용되었다. 변형 후의 미세조직 차이를 보기 위해 변형된 시편의 인장-압축 영역에서 변형율이 같은 지점을 찾아 EBSD (Electron backscatter diffraction)를 분석했다.

[소성1-4 | 09:15]
원통형 시편의 등통로각압축 공정: *이학현[1], 정기채[2],이재근[3],박홍래[4], 김형섭[1,5]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3](주) 풍산. [4]방산기술지원센터. [5]포항공과대학교 고엔트로피합금센터.*
Keywords: Equal channel angular pressing; Finite element method; Severe plastic deformation; Geometrical effect;

강소성가공법의 대표적인 공정인 등통로각압축(Equal channel angular pressing, ECAP) 공정은 공정 전후 시편의 단면적 형상이 유지되는 독특한 특징으로 인해 강소성가공법 중 벌크 초미세립 금속재료의 산업화 및 실용화에 대한 큰 가능성을 가진다. 또한 ECAP 공정은 채널각, 모서리각, 공정 경로, Back-pressure 크기 등 다양한 공정변수에 따라 재료에 야기되는 변형량 크기 및 분포 조절이 가능하다. 이와 같은 특징으로 인해 현재 등통로각압축 공정에서의 공정변수에 따른 기계적 특성에 대해 많은 연구가 진행되어왔으나, 서로 다른 시편형상(원통형, 육면체형)에서의 공정변수에 따른 기계적 특성 분석은 많아 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 유한요소해석법을 통해, ECAP 공정에 주로 사용되는 원통형, 육면체형 시편 중 원통형 시편에서 발생하는 ECAP 공정에서의 특이점에 대해 고찰하고자 한다. 특히, 원통형 시편의 경우 1 pass 이후에 시편에 야기된 불균일 변형으로 인해 공정경로에 따라 ECAP 공정 중 재료의 내부회전이 발생하는 것을 확인하였고, 또한 시편의 두께방향으로의 변형이 없어 plane strain condition 을 만족하는 기존의 육면체형 시편과 달리, 원통형 시편에서는 전단변형과 함께 두께방향으로의 추가적인 압축변형에 의해 높은 평균 소성변형률을 보임을 확인하였다.

타이타늄 심포지엄
Room 603, 4월 28일

[AW-7 | 09:40] 기술상 수상기념 강연

고기능성 타이타늄 합금 및 접합 기술 개발: *홍재근 ; *재료연구소.*

타이타늄은 고비강도, 내식성 및 생체적합성 등의 우수한 특성으로 항공우주, 에너지플랜트, 바이오헬스, 국방 산업 등 다양한 응용분야에서 적용되고 있다. 그러나, 타이타늄합금의 뛰어난 특성에도 불구하고 높은 소재단가로 인해 경쟁소재 대비 가격 경쟁력이 낮은게 현실이다. 이러한 가격 상승의 주된 이유는 철강소재 대비 수십배에 달하는 소재 생산시 요구되는 에너지와 타이타늄합금의 난성형성 특성 때문이다. 따라서 저비용 원소재를 제조하기 위한 저원가 연속 제련 신기술, 생산비용 저감을 위한 고성형성 신합금 개발 및 성형공정 최적화 등을 통하여 고특성 타이타늄의 저비용 제조기술에 대한 연구가 지속적으로 요구되고 있다. 특히, 우리나라의 미래주력산업에서 요구되는 융복합/고기능성 신소재로서의 수요가 증대되고 있다. 본 발표에서는 재료연구소에서 수행한 저비용 타이타늄합금과 고기능성 타이타늄합금의 개발 및 실용화 사례에 대해 소개하고자 한다. 성능은 동등 이상이면서 소재단가는 저가인 타이타늄 신합금과 상용 타이타늄의 초미세립화를 통한 특성 극대화 연구를 통해 저비용 타이타늄합금을 개발하였다. 또한, 전자상태 계산에 의해 고강도 초탄성 타이타늄합금을 개발 하였다. 마지막으로 4차 산업혁명과 같은 산업변화에 따라 요구되고 있는 타이타늄 합금의 3D 프린팅/이종접합 연구개발 결과에 대해 다루고자 한다.

[타이타늄1-1 | 10:05] 초청강연

Reduced H-doped TiO_{2-X} showing highly efficient sun light-driven H_2 generation: Apurba Sinhamahapatra, *Jong-Sung Yu ; *DGIST.*

Keywords: Reduced TiO_2, Photocatalyst, Water splitting, Visibe light absorption

High efficiency with stable performance and utilization of visible light is a key challenge to sunlight-induced photochemical generation of H_2, the cleanest energy carrier, using particulate photocatalyst system. Recently, black TiO_{2-x} materials were achieved by creating oxygen vacancies and/or defects at the surface using different methods. Fascinatingly, they exhibited an extended absorption in VIS and IR instead of only UV light with a band gap decreases from 3.2 (anatase) to ~1 eV. However, despite the dramatic enhancement of optical absorption of black TiO_{2-x} material, it fails to show expected visible light-assisted water splitting efficiency [1,2]. Therefore, reduced or black TiO_2 materials with optimized properties would be highly desired for efficient visible light photocatalysis. In this presentation, we report H-doped reduced reduced of TiO_{2-x} nanoparticles prepared by a controlled reduction via the simultaneous presence of two active reducing species, [Mg] and [H] in confined microenvironment at TiO_2 surface for excellent photocatalytic H_2 production from methanol-water system [3.4]. It exhibits outstanding activity (31.4 $mmolg^{-1}h^{-1}$) and excellent stability after Pt deposition for photochemical H_2 generation from methanol-water in simulated sunlight. The excellent photoactivity of H:TiO_{2-x} is attributed to the oxygen vacancies and H doping at TiO_2 surface generated by [Mg] and [H]. The photocatalyst is working in the wavelength < 700 nm and exhibits reasonable visible-light activity with a quantum yield of 17.8, 7.62 and 3.72% at 400, 420 and 454 nm, respectively along with the exceptionally high turnover number (238680) with respect to Pt. This outstanding activity can be correlated with the extended absorption in visible light, perfect band position, presence of an appropriate amount of Ti^{3+} and oxygen vacancy, and slower charge recombination. References X. Chen, L. Liu, P. Y. Yu, and S. S. Mao, Science, 2011, 331, 746-750X. Chen, L. Liu, F. Huang, Chem. Soc. Rev., 2015. 44. 1861-19885.A. Sinhamahapatra, J. P. Jeon, and J.-S. Yu, Energy Environ. Sci., 2015, 8, 3539-3444.A. Sinhamahapatra, J. P. Jeon, J. Kang, B. Han and J.-S. Yu, Sci. Repts., 2016, 6, 27218.

[타이타늄1-2 | 10:35]

타이타늄 신합금 개발 동향 및 전망: *염종택, 박찬희, 이상원, 김성웅, 홍재근 ; *한국 기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 타이타늄, 신합금, 생체의료, 수송기기, 에너지플랜트, 생활용품

타이타늄은 특유의 내식성, 비강도, 생체적합성 등의 특징으로 인해 많은 분야에서 널리 사용되고 있으며, 특히 항공우주, 국방, 수송기기, 에너지플랜트, 생체의료, 생활용품분야의 적용으로 많은 관심이 모이고 있다. 최근, 국내에서 국가전략프로젝트 경량소재, 13대 산업엔진프로젝트 타이타늄, 신성장 7대 유망산업 융복합 소재, 경북 타이타늄 규제 프리존 등 정부주도하에 타이타늄 생태계 육성을 위한 노력과 함께 각 지자체에서도 타이타늄 산업의 활성화를 통한 지역경제 혁신을 도모하고자 노력하고 있다. 이와 함께 연구기관에서도 미래산업에 유용하게 활용될 수 있는 타이타늄계 신합금 개발 및 응용분야 개척에 박차를 가하고 있으며, 타이타늄 소재에 관심을 가지는 국내 기업이 점차 증가하고 있다. 본 발표에서는 각 산업분야에 맞춘 타이타늄 신합금 개발 동향에 대해 고찰하고, 미래산업에 활용될 수 있는 타이타늄 신합금 적용분야를 개척해 나갈 수 있는 전략에 대해 다루고자 한다.

[타이타늄1-3 | 10:55]

Development of Cu-rich Ti-based shape memory alloy for high efficiency elasto-caloric effect: *류욱하, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Shape memory alloy, Elasto caloric effect, Coefficient of performance, Martensitic transformation

마르텐사이트 변태가 가능한 형상 기억 합금이나 초탄성 합금은 상변태 시 발생하는 큰 변형률과 온도 범위에 따라 조절 가능한 형상 기억능으로 인하여 임플란트, 액츄에이터 등 다양한 기능성 소재로 활용되고 있다. 최근 주목 받는 탄성 칼로리 효과(elasto-caloric effect, eCE)는 열교환기 등에 적용되는 기술로, 초탄성 합금에 응력을 인가할 경우에는 마르텐사이트 상변태에 의해 잠열이 방출되며 응력을 제거할 경우에는 마르텐사이트 역변태에 의하여 잠열이 흡수되는 현상을 통해 기계적 에너지를 열에너지로 전환하여 활용할 수 있다. 탄성 칼로리 효과는 상용화된 vapor compression 외 다른 열교환 시스템에 비해 기타 에너지를 열 에너지로 전환 시 그 이론적인 효율이 가장 높은 것으로 알려져 있어 상용화 가능성이 주목 받고 있다. 본 연구에서는 Si원소의 도핑 효과를 통해 TiCuNiSiSn 5원계 형상기억합금을 새로이 개발하여 기존에 알려진 형상기억합금시스템에 비하여 비약적으로 향상된 탄성 칼로리 효율(coefficient of performance, COP)을 달성하였다. 합금의 효율은 상변태 시 발생하는 열량과 상변태 시 소모되는 기계적 에너지량의 비에 따라서 결정되는데, TiCuNiSiSn 합금내 Cu함량을 증가시킬 경우 상변태 이력이 감소하면서 소모되는 기계적 에너지량이 크게 감소함을 규명하였다. 이러한 합금 설계 방안은 향후 다양한 시스템의 형상기억합금의 조성 조절을 통한 특성 최적화에 있어 유용한 가이드라인으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서는 탄성 칼로리 실험 조건에 따른 COP를 측정하고 높은 COP 달성을 위한 최적 실험조건을 제시하여, 냉장고 등 가전 및 기타 제품의 열교환 시스템 설계 시 최적의 에너지 소비효율 증가에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

[타이타늄1-4 | 11:15]

Local deformation mechanisms of dual-phase titanium alloys: *Tea-Sung Jun ; *Department of Mechanical Engineering, Incheon University.*

Keywords: titanium alloy, deformation, strain rate sensitivity, phase interaction, small-scale testing

Demands for using dual-phase Ti alloys have progressively increased in many industries, particularly for elevated temperature applications such as gas turbine and aerostructures. Unlike α-Ti single crystal, deformation mechanism of dual-phase α/β Ti alloys is still unclear. In addition to highly localised deformation and elastic/plastic anisotropy inherent to hcp Ti, complexities arise due to the difference and interaction between α and β phases [1-2]. Small-scale experiments on a localised, confined area are therefore required to improve the fundamental mechanism on the level of the individual constituents. In recent years, researchers [3] have developed an innovative methodology for studying micro-mechanical behaviour of materials by adopting experiments on small-scale architectures often fabricated by focused ion beam, with a nanoindenter as a means of applying force. In this talk, I will present a local deformation behaviour and strain rate sensitivity of Ti-6Al-2Sn-4Zr-xMo (x=2 and 6). Analysis of deformation mechanisms influenced by α/β morphology and crystallographic orientation, the role of Schmid's law in slip activity is also discussed. [1] K.S. Chan, C.C. Wojcik, D.A. Koss, Metallurgical Transactions A 12(11) (1981) 1899-1907 [2] S. Suri, G.B. Viswanathan, T. Neeraj, D.-H. Hou, M.J. Mills, Acta Materialia 47(3) (1999) 1019-1034 [3] M.D. Uchic, D.M. Dimiduk, J.N. Florando, W.D. Nix, Science 305(5686) (2004) 986-989

[타이타늄2-1 | 11:45]

일메나이트광의 유동염화 반응을 통한 FeO_x의 선택적 분리 및 $TiCl_4$ 제조: *이미선, 김진영, 정은진 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: ilmenite, fluidization, chlorination, iron chloride, titanium tetrachloride

Ti 금속재료는 우수한 물리화학적 특성 때문에 해양산업, 수송기기, 화학 플랜트 산업 등 고부가가치 영역에서 다양하게 활용되고 있으며, 이는 titanium tetrachloride($TiCl_4$)의 금속 Mg(Kroll 법)이나 Na(Hunter 법)의 환원반응을 통해 제조된다. 현재 이 $TiCl_4$는 고순도 TiO_2가 함유된 고가의 루타일광을 이용하여 제조하고 있으며 국내에서는 전량 수입에 의존하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 루타일광보다 매장량이 많고 저원가인 일메나이트광의 유동염화 반응을 통해 FeO_x을 선택적으로 분리하고 $TiCl_4$를 제조하고자 하였다. 유동층 반응기에서 일메나이트 광은 cokes 제어 하에 특정 조건에서 유동염화 반응을 통해 TiO_2만을 잔류시키고 FeO_x을 iron chloride의 형태로 선택적 분리가 가능하였으며, 이후 단계 반응을 통해 $TiCl_4$를 얻을 수 있었다. 유동염화 반응을 통해 제조된 iron chloride와 $TiCl_4$는 XRF, XRD, SEM, ICP-OES를 통해 분석하여 특성평가를 수행하였으며 일메나이트광의 iron chloride 및 $TiCl_4$의 선택분리 및 반응제어에 대해 고찰 할 수 있었다.

[타이타늄2-2 | 12:05]

고온 로스팅 공정이 일메나이트 및 그 염화 반응에 미치는 영향: *김진영, 이미선, 정은진 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: roasting, ilmenite, chlorination, fluidization, titanium tetrachloride

$TiCl_4$(Titanium tetrachloride) 소재는 kroll process등을 통한 금속 티타늄 제조 공정의 중간원료로써 널리 사용되어 왔으며 현재 92~95%의 TiO_2를 함유하는 고순도 루타일 광의 염화 반응을 이용한 상용화 공정에 의해 제조되고 있다. 하지만 티타늄 소재 시장은 일부 국가에 의해 독점적으로 형성되어 있는 상태이며 산업경쟁력 확보를 위해서는 관련 기술의 연구개발이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 55~60%의 TiO_2를 함유하는 저순도 일메나이트 광을 사용한 티타늄 제조기술 개발의 일환으로 고온 로스팅 공정이 일메나이트에 미치는 영향 및 로스팅된 일메나이트를 사용한 유동염화공정 시 나타나는 변화를 비교 분석하였다. 일메나이트 로스팅은 쿼츠 유동화 반응기 내에서 1000°C를 유지한 채로 air를 투입하여 진행하였으며, 로스팅 시간을 실험변수로 설정하였다. 또한, 로스팅된 일메나이트의 공정시간 및 온도를 제어하여 염소가스와의 반응을 통해 유동화 반응을 실시하였다. 로스팅된 일메나이트 및 염화반응 생성물의 상 분석은 XRD 및 XRF를 사용하여 진행하였으며, 로스팅에 따른 일메나이트 광의 염화반응 거동을 평가할 수 있었다.

[티이타늄2-3 | 12:25]

Ti-39Nb-6Zr+X 합금의 바이오메디컬 특성에 대한 연구: *이동근, 황유진, 최영신, 김영은[1], 황윤호[2], 이성태[2], 조현욱[1] ; *순천대학교 신소재공학과. [1]순천대학교 생물학과. [2]순천대학교 약학과.*

Keywords: Ti-39Nb-6Zr, TNZ40 beta alloy, bio-compatibility, in-vitro, in-vivo

TNZ40합금으로 알려진 Ti-39Nb-6Zr 베타 타이타늄합금은 생체의료용 금속 중에서 인체 뼈와의 탄성계수 차이가 가장 작은 타이타늄합금 중 하나로 알려져 있다. 이 합금은 인체에 무해한 원소들만으로 구성된 소재로서, 치과용 및 정형외과용 임플란트 소재로서 다양하게 사용될 수 있어 제품개발에 적용되고 있다. 본 연구에서는 Ti-39Nb-6Zr합금에 X원소를 첨가함으로써 기계적 물성 변화와 생체적합성에 미치는 영향 등에 대해 비교평가하였다. 바이오메디컬 특성을 비교분석하고자 in-vitro 실험, in-vivo 실험 등을 비롯하여 기본적인 물성평가 및 용출특성 등의 실험을 수행하였다. TNZ40+X합금과 TNZ40합금에 대해 마우스 식립시험, 그 외 조직괴사, 출혈 등의 조직반응과 기계적 특성을 평가하고, 향상 제어기술 등을 연구한 결과 TNZ40+X 합금의 바이오메디컬 특성은 매우 우수하다는 결론을 얻을 수 있었다.

[티이타늄2-4 | 12:45]

마찰용접을 이용한 TiAl합금과 SCM440간 접합의 접합계면에 미치는 삽입금속의 영향: *박종문, 김기영, 소민석[1], 김경균[2], 오명훈[1] ; *금오공과대학교 신소재공학과. [1]A.F.W(주). [2]금오공과대학교 신소재공학부.*

Keywords: Friction welding, Insert metal, welding interface, Intermetallic compound, TiAl alloy

자동차 터보차저용 터빈휠을 제조를 위해 TiAl합금과 구조용강의 접합에 관한 많은 연구가 수행되고 있다. TiAl합금과 구조용강을 접합시키기 위한 다양한 기술들 중에서 마찰용접은 공정시간 및 비용적인 면에서 가장 유력한 접합기술이다. 하지만, 이종간의 접합에 의한 금속간화합물의 생성으로 취약한 접합계면의 생성과 마찰용접 공정중에서 접합계면의 산화스케일을 제거하기 위해 수행되는 업셋단계를 거치면서 미세한 균열이 발생되어 접합강도의 하락을 야기시킨다. 본 연구에서는 이러한 금속간화합물층과 미세한균열의 생성을 개선하기 위해서 Al, Cu, Ni을 삽입금속으로 선정하여 마찰용접에 따른 TiAl alloy와 SCM440간의 접합계면에 미치는 삽입금속의 영향을 분석하였다. 서보모터방식 마찰용접기를 이용하여 마찰속력과 마찰거리를 변수로 하여 실험을 수행하였다. 그 결과 마찰용접 공정변수와 삽입금속의 종류에 따라 TiAl alloy와 SCM440의 접합계면에서의 금속간화합물층의 두께와 구성하고 있는 화합물의 종류 그리고 미세균열의 분포의 차이가 관찰되었다. Al을 사용한 경우에는 금속간화합물층과 미세균열이 관찰되지 않았으며, Cu을 사용한 경우에는 1~2 μm 크기의 금속간화합물층과 외각에서 미세균열이 관찰 되었다. 하지만, Ni을 사용한 경우에는 금속간화합물층이 100~150 μm 크기로 넓게 나타났으며, 외각에서부터 중심까지 미세균열이 넓게 분포되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 금속간화합물층의 크기와 미세균열의 분포는 접합강도의 중요한 요인으로 작용하기 때문에 2가지 요인을 조절하여 우수한 접합강도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[티이타늄2-5 | 13:05]

Ti-Nb-Zr+X 베타 타이타늄합금의 열처리에 따른 기계적 특성변화: *박양균, 황유진, 이용태[1], 이동근 ; *순천대학교. [1]경남대학교.*

Keywords: Ti-Nb-Zr, β titanium, Tensile strength, Bio-material, Heat treatment

금속소재가 생체재료용 소재로써 가져야 할 충족요건은 생체적합성, 골유착성, 높은 강도, 낮은 탄성계수, 부식저항성, 가공성 등이 있다. 특히 타이타늄은 이전에 생체재료로 사용되었던 STS, Co-Cr 합금강에 비하여 높은 비강도와 우수한 내식성을 가지고 있기 때문에 생체재료용 소재로 각광받고 있다. 또한 생체재료용 소재로써 중요한 요인은 탄성계수와 강도 그리고 가공성이다. 현재 응력차폐현상을 줄이기 위해 뼈와 유사한 탄성계수를 가진 소재를 개발진행중에 있으며, 베타 타이타늄합금으로 제조되고 있다. 베타 타이타늄합금은 낮은 탄성계수를 가질 뿐만 아니라 알파 타이타늄에 비해 가공성 또한 우수하다. 본 연구에서는 저탄성 베타 타이타늄합금(Ti-Nb-Zr+X)의 기계적 특성을 향상시키기 위한 열처리조건을 찾기 위해 열처리를 수행하였고, 이를 미세조직 및 기계적 특성의 변화를 평가하였다. 또한 베타 타이타늄합금내에 미량 첨가된 알파안정화 원소인 X 원소의 영향을 확인하고, Ti-Nb-Zr 합금과 비교분석하고자 하였다.

전자재료
Room 604, 4월 28일

[전자1-1 | 08:30]
Stretchable active-matrix light emitting diode display driven by single crystal silicon transistors using roll transfer technique: *Minwoo Choi, Jong-Hyun Ahn ; *School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University.*
Keywords: stretchable display, active-matrix, single crystal Si, Roll transfer

Nowadays, flexible and stretchable displays have been proposed as a next generation display and its various emerging applications have been growing very rapidly ranging from wearable display to biomedical and robotics optoelectronic device systems. Thus, construction of the flexible and stretchable displays based on organic materials has been pioneered owing to their excellent intrinsic mechanical properties. However, drawbacks of organic materials such as poor electrical properties and reliability have limited their applications. In addition, the requirement of special encapsulation layers is the key challenge to overcome vulnerability from an environment like moisture and oxygen. Here, an active matrix-type stretchable display was realized by overlay-aligned transfer of inorganic light-emitting diode (LED) and single crystal Si thin film transistor (TFT) with roll processes. The roll-based transfer enables integration of heterogeneous thin film devices on a rubber substrate with preserving excellent electrical and optical properties of those devices, comparable to their bulk properties. Back-plane TFTs transferred from the silicon on insulator (SOI) wafer to plastic/rubber substrates show mobility of 750 cm^2/Vs and on/off current ratios exceeding 10^6. Transfer-printed ultrathin AlInGaP inorganic LED arrays were well integrated with single crystal silicon TFT backplane for the active matrix circuitry. The active-matrix LED arrays exhibited the excellent mechanical reliability in bending states and even high stretching level by use of polymeric encapsulated serpentine metal line structures. Moreover, the numerical analyses have been performed on this structure for demonstrating the strain distribution in each pixel in the stretching test. The proposed technology for stretchable AM LED display benefits from conventional semiconductor process of high performance and stretchable rubber platform, and the underly mechanics principle is supported by numerical simulations and the corresponding experimental validations. This approach suggests the feasibility to realize the high-speed/ resolution flexible and stretchable display for future display industry.

[전자1-2 | 08:45]
In situ observation and 3D atomic-scale quantification of conductive filament in resistive switching devices: *채병규, 설재복[1], 송정환, 백경준, 곽창민, 오상호[2], 황현상, 박찬경 ; *포항공과대학교신소재공학과. [1]NINT. [2]성균관대학교.*
Keywords: ReRAM, 전도성 필라멘트, insitu TEM, APT

Flash memory 를 대체할 차세대 메모리 소자로, resistive switching random access memory (ReRAM)이 큰 주목을 받고 있다. 금속-산화물-금속의 구조로 이루어진 이 소자는 스위칭 시, 나노스케일의 전도성 필라멘트의 성장에 의해 저항 스위칭 특성을 보이게 된다. 이에 대한 연구로 transmission electron microscopy (TEM) 내에서 전기적 특성과 미세구조 변화를 함께 관찰하는 in situ TEM electrical probing 방법이 사용되어 왔지만, 이러한 방법은 표면에서 2차원적인 신호를 수집하는 TEM의 한계로 인하여 조성 분석에 대한 연구는 이루어지지 못하고 있다. 본 연구에서는 in situ TEM electrical probing과 atom probe tomography (APT)를 함께 이용하여 memory switching 특성과 threshold switching 특성이 한 소자 내에서 공존하는Ag/amorphous TiO_2/Pt 구조의 저항 스위칭 소자에서의 전도성 필라멘트에 대한 연구를 진행하였다. 그 방법으로 in situ TEM electrical probing을 통해 성장시킨 전도성 필라멘트를 APT를 이용하여 분석하였다. APT를 이용한 전도성 필라멘트의 분석 결과, 전도성 필라멘트는 Ag가 도핑된 결정상의 형태로 존재하고, 소자 표면을 통해 성장하였음을 확인할 수 있었다. 또한 소자 표면을 통해 성장한 전도성 필라멘트 외에 소자 내에서 성장한 atomic scale의 multiple 필라멘트에 대한 조성 및 형상을 확인할 수 있었다. 마지막으로 compliance current의 크기에 따라 구분되는 memory switching과 threshold switching에서 성장한 각각의 전도성 필라멘트의 형상과 크기가 다른 것을 통해, 저항 스위칭 특성은 전도성 필라멘트의 형상과 크기에 의해 결정된다는 것을 확인하였다.

[전자1-3 | 09:00]
산화 방지 구리 나노 잉크를 이용한 저가형 유연 기판 잉크젯 프린팅 패턴의 광소결 및 굽힘 특성평가: *손연호, 강민규, 이선영+ ; *한양대학교재료공학과.*
Keywords: 구리 나노 잉크, 산화방지, 종이 기판, Rre sintering, Bending

최근 반도체 및 디스플레이 산업의 발전과 더불어서, 미래 산업으로써 유연전자 시장이 각광받고 있다. 특히, 플렉서블 반도체 및 디스플레이와 관련한 소자에 대한 많은 연구가 진행 중이다. 이러한 플렉서블 전자소자는 궁극적으로 자유로이 굽히거나 휠 수 있는 rollable, foldable 전자소자로의 발전가능성을 가지고 있으며, 웨어러블 전자소자 및 디바이스가 출현하였고 지속적으로 발전중이다. 현재 개발중인 유연소자용 패턴은 주로 은과 같은 Noble한 금속 나노 잉크나 페이스트를 사용한다. 하지만, 이러한 금속 잉크나 페이스트를 사용할 경우, 원재료의 비용이 비싸 패턴 제작시 제조 단가가 상승하게 된다. 이러한 문제점을 극복하고자 저가의 재료인 구리를 이용하여 본 연구실에서 개발된 바 있는 산화 방지 구리 나노 잉크를 이용하고자 한다. 또한 현재는 주로 열소결 공정이 이용되지만, 이는 유연기판에 패턴을 형성하였을 때 전기적인 특성 및 내구성이 좋지 않은 단점이 있다. 이러한 점을 해결하고자, 본

연구에서는 상온 대기압 조건에서 빠르게 소결이 가능한 방법인 광소결 방법을 이용하여, 저가형 유연 소자 제작에 이용될 소결관 패턴의 전기적 특성 및 내구성을 향상시키고자 하였다. 본 연구에서 코팅에 이용한 구리 나노 입자는 Polyol method로 100 nm 급으로 합성하였다. 이후, 선행연구에서 개발된 건식 코팅 방법을 이용하여 Alkanethiol 계열 물질중 하나인, 1-Octanethiol을 표면이 산화되지 않은 구리에 10 nm급으로 코팅하였다. 이후, 저가형 소자에 응용될 수 있는 시중에서 판매되는 종이기판위에 잉크젯 프린팅 방식으로 1 mm 이하의 선폭을 가지는 패턴을 형성하였다. 형성된 패턴은 Hot plate에서 10분간 건조 후, 광소결을 진행하였다. 광소결시, 잔여 유기물의 제거 및 기판과 패턴의 Adhesion과 전기전도성의 향상을 위하여 Two step으로 진행하였다. 종이기판 위에 형성된 1 × 1 cm^2 크기의 패턴을 Pre-sintering 포함 두단계의 소결 스텝으로 각각 램프에서 방출되는 에너지인 6 J/mm 으로 소결한 결과, 비저항값은 6.4 × 10^{-7} Ω·m가 나옴을 확인하였다. 해당 패턴의 종이기판 위에서의 내구성을 평가하기 위하여 일정한 Radius of curvature로 1000번 굽힘시험을 하여, 저항변화의 특성을 살펴보았다. 또한, 형성된 패턴을 SEM으로 미세구조를 분석하여 종이기판 위에 형성된 구리 패턴의 형상을 확인하였다. 그러므로, 본 연구에서는 산화방지 구리나노 잉크를 이용하여 저가형 유연 기판인 종이기판 위에 우수한 전기전도성 및 내구성을 가진 패턴을 성공적으로 형성하였다. 이러한 패턴을 이용하여 저가형 유연 소자 제작에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

[전자1-4 | 09:15]

잉크젯 프린팅 된 구리기반 유연 소자의 특성향상을 위한 다중 광소결에 대한 연구: *강민규, 손연호, 이선영† ; *한양대학교 재료공학과.*

Keywords: 잉크젯 프린팅, 예비소결, 광소결, 1-Octanethiol, 유연기판

최근 반도체 공정 중 가장 많이 사용되는 포토리소그래피 공정을 대체하기 위한 연구로 잉크젯 프린팅에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 잉크 재료로는 은이 가장 보편화 되어있지만, 가격이 높다는 단점을 갖고 있기 때문에, 가격대비 높은 전기적 효율을 갖고 있는 구리를 통해 경제적인 단점을 개선하고자한다. 구리는 산화에 취약하다는 단점 때문에 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하고자 Polyol method로 합성된 100 nm급 구리 나노 입자 표면에 Alkanethiol(CH_2)$_n$ SH 계열 중 하나인 1-Octanethiol의 코팅을 진행하여 구리 표면의 유기박막을 형성하여 산화 방지 효과를 얻고자 하였다. 이러한 유기박막은 10 nm급 두께로 자기조립 박막(Self-assembled monolayer)을 형성한 것으로 산화방지 특성을 갖고 있다. 이러한 코팅된 구리를 Solvent인 1-Octanol에 30wt%로 섞어 전도성 잉크를 제조하고, 유연 기판인 50 μm 두께의 PI(Polyimide) 표면에 소수성 특성을 증진시키기 위해 Ar gas 플라즈마 처리를 진행 후 프린팅을 진행 하였다. 기판 위의 패턴 형성으로는 1×1 cm^2의 정사각형 패턴에 1.5 μm 두께로 제작하였다. 이러한 패턴을 소자 구동이 가능한 배선재료로 제작하기 위해 최근 저온 및 고속 소결의 기능으로 각광받는 기술인 광소결을 이용하여, 전력, 시간, 펄스를 달리하여 패터닝 된 구리 입자를 소결시켜 기공이 없는 치밀한 구조를 얻고자 하였다. 본 연구에서는 분말의 바인더를 제거하는 기술로 알려진 예비소결을 통해 1-Octanethiol 코팅 막을 제거하고, 예비 소결의 조건을 최적화시켰다. 예비소결만 진행한 패턴은 비저항 값이 측정이 되지 않기 때문에 메인 소결과 함께 다중으로 진행하여 구리 입자간의 치밀도를 높이고, 메인 소결만 진행한 패턴과 비교하였다. 그 결과 각 비저항 값은 메인소결 2.65×10^{-7}Ω·m, 예비소결과 함께 진행한 메인소결은 0.84×10^{-7}Ω·m 으로 확연한 차이를 보였다. 이에 따라 위의 조건들로 소결된 샘플들을 FT-IR 및 EDS 분석을 하여 소결 전, 후의 1-Octanethiol peak을 확인하였고, SEM, XRD, 4Point probe 비저항 값을 장기간 측정하여 미시간에 따른 구리의 산화도를 비교 분석하였다. 또한 100 μm 두께의 미세 패턴에 따른 Bending test를 4,000번 이상 진행하여 Bending의 횟수 증가에 따른 비저항 값의 변화를 비교 측정하였다. 그러므로 본 연구에서는 광소결의 예비소결 및 메인소결을 통해 구리 잉크젯 패턴의 전기적인 특성을 개선하였다.

[전자1-5 | 09:30]

Wearable Three dimensional capacitive touch sensor using graphene: *Minpyo Kang, Jong-Hyun Ahn ; *Yonsei University.*

Keywords: Graphen, Wearable, stretchable, Touch screen, 3D sensor

Devices with unusual formats, such as wearable electronics and bendable displays, have advanced rapidly in recent years and serve various functions. These devices need wearable or stretchable touch sensors to offer users a convenient input system. The development of flexible, transparent electrode materials is essential for producing a touch sensor for wearable or stretchable devices because indium tin oxide (ITO) that is generally used for flat devices is fragile and rigid, posing a challenge for researchers. There are many candidates such as graphene, metal meshes and silver nanowires which have great electrical properties. But among those candidates, graphenes combines flexibility with conductivity and transparency, making it an obvious choice for research into flexible electronic devices. In this study, we present a wearable and stretchable mutual capacitance touch sensor based on graphene electrodes that is capable of multi-touch sensing as well as 3D sensing in a highly deformed state. In addition to a position-sensing capability through contact, a three-dimensional (3D)-sensing capability for the recognition of 3D shapes as well as the distance of approaching objects before contact occurs is of increasing interest both in wearable electronic applications and in the robotics field. The resulting graphene-based 3D touch sensor can be directly mounted onto deformable human body parts, including the forearms and palms, and it exhibits significant stretchability (~15%) and good sensing capability in contact as well as non-contact modes (22 dB SNR at 7 cm distance).

[전자2-1 | 09:55]

Ab initio High-throughput Screening for Novel p-type Oxide Semiconductors: *임강훈, 윤용, 이미소, 한승우 ; *서울대학교.*

Keywords: p-type. transparent semioconducting oxide, first-principles calculation, high-throughput screening

Transparent semiconducting oxides (TSOs) attract great interest in a variety of applications such as transparent displays, transparent

electronic devices, solar cell, sensors, etc. While unipolar devices such as oxide thin-film transistor are already commercialized in industry using n-type TSO, no practical p-type oxide has been found that is comparable to the n-type oxides. SnO and Cu_2O are well known as p-type, but their band gaps are not large enough to guarantee visible-light transmittance and conductivities are also not comparable to commercialized n-type TSO such as indium tin oxide (ITO). After H. Hosono[1] discovered delafossite $CuAlO_2$ as p-type TSO in 1997, lots of experimental studies are conducted to utilize Cu-bearing oxides. However, it has failed to obtain simultaneously transparent and highly-conductive materials due to the low intrinsic carrier concentration of delafossites. Recently, as high-throughput screening using density functional theory (DFT) calculation became practicable, several studies screened large number of oxide structures from ICSD to find new p-type TSO using band gap and effective mass as major descriptors.[2,3] Though many new candidate materials are suggested, no materials are validated by experiment to date. We found that they commonly did not considered defect chemistry in screening procedures though it is directly related to the carrier concentration. In this work, we conduct high-throughput calculation to screen new p-type oxide using formation energy of hydrogen interstitial as the first descriptor. After screening p-type oxides by the first descriptor, we select best candidates considering band gap and effective mass obtained from our previous high-throughput study[4]. For the screened candidates such as CuLiO, $SnSO_4$ and La_2O_2Te, we conduct full intrinsic defect calculations to validate their p-type characteristic. We expect our new method can discover more promising p-type oxides in continuing study.

[1] Kawazoe, H. et al. Nature 389, 939–942 (1997). [2] Hautier, G. et al. Nat. Comm. 4, 2292 (2013). [3] Sarmadian, N. et al. Sci. Rep. 6, 20446 (2016). [4] Yim, K. et al. NPG Asia Mater. 7, e190 (2015).

[전자2-2 | 10:10]

Synthesis of $SrZn_xFe_{(2-x)}Fe_{16}O_{27}$ ($0.0 \leq x \leq 2.0$) in $PO_2 = 10^{-3}$ atm and their static and dynamic magnetic properties: *유재형, 유상임 ; *서울대학교.*

Keywords: W-type hexaferrite, Zn^{2+} substitution, microwave absrober

Strontium W-type hexaferrite ($SrFe_{18}O_{27}$, SrW) is a ferromagnetic material possessing high saturation magnetization (M_s) about 80 emu/g and high anisotropy field (H_a) about 19 kOe [1]. Due to its cost effectiveness and suitable magnetic properties, W-type hexaferrite has attracted attention for permanent magnet application and microwave application especially for microwave absorber in the large frequency range of 8–40 GHz [2,3]. In this report, we tried to prepare Zn-substituted SrW bulk samples with the compositions of $SrZn_xFe_{(2-x)}Fe_{16}O_{27}$ ($SrZn_xFe_{(2-x)}W$) where x value was $0.0 \leq x \leq 2.0$ for the first time in a reduced oxygen atmosphere, and identify the effect of Zn^{2+} substitution on their magnetic properties. Furthermore, static and dynamic magnetic properties of $SrZn_xFe_{(2-x)}W$ with varying x were investigated. For these purposes, the samples with different x values were annealed at the temperature region of 1125–1350 ° C for 2 h in the PO_2 of 10^{-3} atm. As a result, single phase of $SrZn_xFe_{(2-x)}W$ could be obtained for x values of 0.0, 0.5, and 1.0. It was found that cell volumes of the samples increased with increasing x until x = 1.25 due to the larger ionic radius of Zn^{2+} than Fe^{2+}, and then remained constant with further increased x, implying that the solubility limit of Zn^{2+} to SrW exists between x = 1.0 and 1.25. Static and dynamic magnetic property measurements revealed that anisotropy field value of the samples decreased with increasing x from 0.0 to 1.0, and decreased from x = 1.0 to 2.0. In the contrast, saturation magnetization value increased with increasing x value. And also, It was found that real permeability value increased and ferromagnetic resonance frequency decreased with increasing x value which is attributable to increase in saturation magnetization and decrease in anisotropy field. Detailed properties of $SrZn_xFe_{(2-x)}W$ will be presented for a discussion. [1] J. Smit, H. Wijn, Ferrites, Philips Technical Library, Eindhoven, 1959. [2] U. Ozgur, Y. Alivov, H. Morkoc, Microwave ferrites, part 1: fundamental properties, J. Mater. Sci Mater. El. 20 (2009) 789e834. [3] V.G. Harris, Modern microwave ferrites, IEEE Trans. Magn. 48 (2012)

[전자2-3 | 10:25]

Effects of Silica Filler Loading on the Deformation of the Solder Joint of 3D Stacked Chips: *Wagno Alves Braganca, Kwang-Seong Choi[1], Yong-Sung Eom[1], Jihye Son[1], Keon-Soo Jang[1], Seok Hwan Moon[1], Hyun-Cheol Bae[1] ; *과학기술연합대학원대학교. [1]Electronics and Telecommunications Research Institute.*

Keywords: TSV NCP Silica Filler

Over the past years Mobile Applications, Internet of Things (IoT) and Autonomous Cars have been driving the Electronic Packaging Technology into achieving smaller and faster devices with high density of interconnects and low power consumption. One of the candidate technologies which meet these requirements is 3D Packaging Technology with the Through Silicon Via (TSV). However, the Coefficient of Thermal Expansion (CTE) mismatch between stacked chips and substrate may degrade the packaging reliability and lead to early failure. The reliability of the stacked silicon chips can be improved by controlling the CTE of Non-Conductive Paste (NCP) through the addition of Silica Fillers. This research aims to investigate the effects of different silica filler in the NCP on the deformation of solder joint of 3D stacked chips. The test vehicle designed for this research consists of a 3×3 mm 6-tier stacked silicon chip with the copper-filled TSVs. The TSV's diameter, length and pitch are 18 μm, 76 μm and 100 μm respectively. The solder bumps are made of eutectic SnAg with 50μm diameter, average 20μm height and 100μm pitch. 4 types of NCP with different Silica loading (0 wt%, 20 wt%, 30 wt% and 40 wt%) are developed and characterized in terms of the viscosity, CTE, Tg, modulus and curing behavior. Electrical Resistance Measurements and Moiré Interferometer Analysis are performed in order to evaluate the impact of Silica content in NCP on

the electrical connection between the 6-tiers and the thermally induced deformation, respectively.

[전자2-4 | 10:40]

Fabrication of the Boron Nanoparticles Converter Thin Film for Neutron Detector by Sedimentation Process: *박민호, 문명국[1], 임창휘[2], 안동환 ; *국민대학교.[1] 한국원자력연구소.[2] 선박해양플랜트연구소.*

Keywords: Boron film, PVP binder, Sedimentation, Neutron detector, MCNP6

전 세계적으로 중성자 검출 시스템은 ^{3}He로 채워진 방식으로 가장 많이 사용되고 있었으나, 최근 ^{3}He가스공급부족으로 고체 붕소 박막 증착 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 우리는 침전에 의한 새로운 붕소나노입자박막공정을 개발하였으며, 대면적중성자검출기를 제작함에 있어서 기존의 여러 진공 증착법보다 낮은 공정비용과 투입재료 대비 높은 수율을 가지는 장점이 있다. 이 논문에서 우리는 이 공정이 밀집된 붕소나노입자박막을 5 μm의 두께로 제작할 수 있다는 것을 입증하였으며, 또한 몬테카를 시뮬레이션을 통해 최적의 박막 두께를 계산함으로써 제작된 붕소박막이 높은 효율을 가진다는 것을 입증하였다. 그리고 최적의 중성자변환 효율을 위해서 바인더로 사용되는 고분자의 혼합비를 최소화 하는데 성공하였다. 광학식표면분석기로 붕소박막의 표면 거칠기와 두께 편차를 측정하여 평균두께 대비 5%이내 오차 있음을 확인하여 충분히 균일함을 확인했다. 중성자를 시편(^{Nat}B)에 조사하여 1.23%의 중성자 변환 효율 갖는 결과를 얻을 수 있었다. 기존의 상용화된 붕소필름(^{10}B이 풍부한) 만들어진 박막의 성능(2.7%)에 근접할만한 결과나 나왔다.

용접 및 접합
Room 604, 4월 28일

[용접1-1 | 11:10]
Expectation of hot cracking sensitivity for stainless steels welds using CFD simulation: *조대원, 천은준, 서정, 조정호[1]; *한국기계연구원(KIMM). [1]충북대학교 기계공학부.*
Keywords: 고온균열,냉각속도, GTAW, CFD, 온도 이력, 용융풀 거동

고온균열의 민감도는 보편적으로 Varestraint Test법을 통해 평가되어 왔으며 이는 용접부 표면이 응고되는 과정에서 용접표면에서의 냉각속도와 상당히 밀접한 공정이다. 기존에 열전도 해석이나 열전대를 이용한 실험은 물리적인 현상을 고려하는데 한계가 있으며 정확성과 정밀도가 크지 않다. 본 연구에서는 용접부 표면의 온도분포에 큰 영향을 미치는 표면장력, 아크 모델(아크 입열, EMF, 아크 압력), 중력 등을 고려한 GTAW에 대한 CFD 해석을 SUS316강을 대상으로 수행하여 비교적 정확한 용융풀 거동, 용융지 형상 및 온도이력을 추출하였다. 해석에 적용한 용접속도는 각각 10 cm/min, 30 cm/min으로 실험에서 추출한 온도이력과 해석결과의 비교를 통해 해석 모델이 적합함을 확인하였으며, 본 연구를 통해 용융풀 거동에 따른 온도이력 및 고온균열의 양상을 정밀하게 분석하였다. 또한 50 cm/min, 80 cm/min 용접속도에 대한 해석을 수행하여 보다 고속에서의 고온균열 양상을 예측하여 그 경향성을 분석하였다.

[용접1-2 | 11:25]
Zr-base 삽입금속으로 브레이징한 CP-Ti 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 유지시간의 영향: *허회준, 엄인섭[1], 강정윤 ; *부산대학교 재료공학부. [1]동화엔텍 환경기술연구소.*
Keywords: CP-Ti, Brazing, Zr base filler metal , Microsturcture, Mechanical Property

열교환기 소재로써 타이타늄은 내 해수 부식성, 비중 대비 높도 강도, 높은 성형성을 가지기 때문에 선박용 열교환기 소재로써 주목을 받고 있다. 선박에 사용하기 위해서 내 진동 특성과 열효율전달을 높이기 위해서는 브레이징 공법이 적용되어야 한다. 타이타늄 접합을 위한 삽입금속으로는 Ti base가 주로 연구되어 왔으며, 유지시간과 온도에 따라 접합부 미세조직과 기계적 성질이 달라진다고 나와있다. Zr base 삽입금속의 경우 융점이 Ti base에 비해 낮기 때문에 타이타늄 모재의 결정립 조대화 방지 및 타이타늄 상변태 접합 가능의 장점이 있다. Zr base 삽입금속을 사용하여 접합부 미세조직과 기계적 성질에 관한 연구는 수행되었지만 이에 저융점 원소의 확산 및 접합부 형성 원리에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않았다. 본 연구의 목적은 Zr base 삽입금속을 브레이징한 CP-Ti 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 유지시간의 영향을 검토하였다. 0.8 mm 두께의 CP-Ti(Gr.1) Plate를 비정질 Zr base(0.05 mm, 융점 783~815ºC) 삽입금속으로 접합하였다. 브레이징 실험은 진공 소결로에 장입한 후 5×10^{-5} torr의 고진공 분위기에서 810~840ºC까지 분당 10ºC로 가열하였으며, 0분, 10분, 30분, 60분 동안 유지한 뒤 노냉 하였다. 접합부 미세조직을 관찰하기 위하여 접합된 시편을 접합면에서 수직방향으로 절단하고, 마운팅 하여 접합부까지 마이크로 폴리싱(1 um)을 실시하였다. 인장 시험편의 형상은 ASME QB를 토대로 하였다. 상분석 및 성분분석은 광학현미경 (Optical Microscope), 주사식 전자현미경 (Scanning Electron Microscope), 전자현미분석기(Electron Probe Micro Analyzer)로 행하였다.

[용접1-3 | 11:40]
전자기펄스 공정으로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합부 미세조직 변화: *송준우, 박진주[1], 박은광[1], 이동주[1], 이민구[1], 홍순직 ; *공주대학교 신소재공학부. [1]한국원자력연구원.*
Keywords: 페라이트-마르텐사이트강, 전자기펄스 접합, 접합부

최근 소듐냉각고속로와 고온가스로 등 제4세대 미래 원자력시스템 및 핵 융합로를 위한 고온 구조소재용 금속재료의 필요성이 대두되고 있다. 미래 원자력시스템에서는 중성자 조사환경이 열악하므로 조사손상 저항성을 갖는 구조용 금속재료가 필요하며, 그 중 페라이트-마르텐사이트강 (FM강)은 우수한 조사특성으로 인하여 특히, 소듐냉각고속로의 핵연료 피복관 후보재료로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 고상접합법인 전자기펄스 접합은 캐패시터 내부에 충전된 전기 에너지를 매우 짧은 시간내에 방전함으로써 생성되는 전자기력을 이용하여 두 금속을 고속으로 충돌시켜 접합시키는 공정으로 접합부에 열 영향부가 없으며 이종 금속간의 접합이 용이한 장점이 있다. 본 연구에서는 전자기펄스 공정을 이용하여 제조된 FM강 접합부의 미세조직 및 기계적 특성 변화를 알아보고자 하였으며, 이를 위해 12Cr1MoVW 조성을 갖는 FM강 HT9 튜브와 엔드-플러그를 이용하였다. 최적의 용접 조건을 도출하기 위하여 플러그 디자인을 변화시켜 튜브형태의 접합시편을 제조하였으며, 헬륨 누설시험을 통해 접합 계면의 건전성을 확인하였다. 또한, 주사전자현미경과 투과전자현미경을 이용하여 미세조직 관찰 및 접합 메커니즘을 규명하고자 하였다.

[용접1-4 | 11:55]
AA2219-AA2195 이종합금 마찰교반접합의 기계적 물성에 영향을 미치는 접합변수의 영향: *노국일, 유준태[1], 윤종훈[1], 이호성[1]; *과학기술연합대학원대학교 항공우주시스템공학전공. [1]한국항공우주연구원 발사체구조팀.*
Keywords: Friction Stir Welding, AA2219, AA2195, Precipitate, Mechanical property

마찰교반접합은 비소모성 툴이 회전하며 발생하는 마찰열을 이용해 두 판재를 물리적으로 접합하는 고상접합기술이다. 용가재나 보호가스, 리벳 등이 불필요하며 접합부의 물성이 우수하여 접합부의 경량화가 가능하다는 장점이 있다. 마찰교반접합은 1995년

NASA의 우주왕복선 외부연료탱크의 접합에 처음 적용된 이래 항공기와 발사체의 접합에 적용이 확대되고 있다. 본 연구에서는 열처리를 통해 좋은 강도를 얻을 수 있고, 극저온 환경에서의 물성이 뛰어난 AA2219 합금과 리튬을 함유하여 비강성과 비강도를 증가시킨 AA2195 합금을 이종 마찰교반접합하였다. 이송속도와 회전속도, 회전방향을 접합변수로 하여, 접합변수의 변화에 따른 미세구조 및 기계적 물성의 변화를 분석하였다. 광학현미경을 이용하여 접합변수에 따른 교반부의 결정립 크기를 관찰하였으며, 인장시험과 경도시험을 통해 기계적 물성을 측정하였다. 본 연구를 통해 최적의 접합부 물성을 나타내는 공정변수를 구하였으며, 그 조건은 AA2219 합금이 후퇴측에 위치할 때 600 rpm, 180-240 mm/min 조건이었다.

[용접 1-5 | 12:10]

980 MPa급 Dual Phase Steel의 용접열영향부 미세조직 및 기계적 특성 평가: *박기태, 배규열[1], 서석종[2], 정홍철[1], 이창희 ; *한양대학교 신소재공학과.* [1]*포스코 접합연구그룹.* [2]*포스코 강재연구그룹.*

Keywords: Dual phase steel, Microstructure, Welding, Heat affected zone

최근 차량 경량화 및 안전성능 강화를 위한 샤시 및 프레임 부품의 AHSS (Advanced high strength steel)의 수요가 점차 증가하고 있다. 특히 Ferrite와 Martensite로 구성된 Dual Phase Steel (DP강)은 유사 강도 수준의 TRIP (Transformation-induced plasticity steel), MS (Martensitic steel), IF (Interstitial-free) 등의 다른 AHSS에 비해 가공성 및 용접성이 우수하여 차체에의 적용이 확대되는 추세이며, 현재 590MPa급 또는 780MPa급 DP강이 사용되고 있다. 하지만 강재의 강도 상승에 따라 용접부에서의 피로 강도 및 용접 열영향부 연화 (HAZ softening)에 따른 충돌 강성 (crash/crush worthiness)에 대한 고찰 및 개선 연구가 필요하다. 특히 모재의 Martensite 분율이 상대적으로 높은 980MPa급의 DP강은 용접 열영향부 중에서 특히 SCHAZ의 경도가 모재보다 낮아지는 연화 현상이 발생하여 이에 대한 평가 및 고찰이 필요하다. 따라서 980DP 용접 열영향부의 미세조직 및 기계적 평가가 요구되고 있으며 이를 토대로 한 최적 용접 열사이클 도출이 필요하나 아직까지 980MPa급 DP강 열영향부에 대해서 체계적으로 분석한 내용이 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 PO 980DP steel 용접 열영향부의 입열량 및 위치에 따른 열사이클을 재현하여 용접 열영향부의 기계적 특성 변화에 대해 분석하고 이에 대해 미세조직적인 관점에서 고찰하였다.

에너지재료
Room 605, 4월 28일

[에너지1-1 | 08:30]
Na-$NiCl_2$ 전지의 전기화학 특성 및 성능에 미치는 양극재 금속분말 첨가의 영향: *최준환[1], 안철우[1], 김만기[1,2], 한병동[1], 홍인철[3], 김우성[3], 문고영[3], 이희수[2]; *[1] 재료연구소. [2] 부산대학교 재료공학부 [3] 포스코에너지.*
Keywords: Na-$NiCl_2$ 전지, Energy Storage System, Ni 분말, Fe 분말, 충방전

최근 들어 smart grid 및 전력 품질 안정화를 위한 에너지 저장장치(ESS, Energy Storage System)용 이차전지 기술 개발이 활발히 진행되고 있는데 그 중에서도 장주기 중대형 용량에 적합한 Na-base 전지에 대한 관심이 커지고 있다. Na는 매우 풍부한 자원으로 Li에 비해 가격 경쟁력이 우수해 중대형 이차전지의 상용화에 유리한 면을 갖고 있으며 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-$NiCl_2$ (Sodium nickel chloride battery) 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-$NiCl_2$는Na-S 전지에 비해 훨씬 더 안전한 양극 소재(Ni 분말, NaCl, $NaAlCl_4$ 등)로 구성되어 있고, 높은 셀 전압과 이론 용량 및 넓은 범위의 구동온도 등 ESS용 이차전지로서의 장점들이 많다. 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 Fe 등의 양극용 금속 분말 첨가가 Na/$NiCl_2$ 전지의 전기화학적 성능 및 특성에 미치는 영향에 대해 논하고자 한다. 특히 금속 분말 첨가가 양극 내 전자전도에 미치는 영향 및 전지의 싸이클 특성에 미치는 영향에 대해 조사하였고, 이를 통해 양극부에 Fe 분말을 첨가함에 따라 금속 입자간 연결성과 전지의 싸이클 특성을 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

[에너지1-2 | 08:45]
배터리 유연성 향상을 위한 파괴 메커니즘 규명 및 오리가미 배터리 개발: *김명호, 현승민, 김정환[1], 남승훈, 장봉균, 윤재국 ; *한국기계연구원 나노역학연구실. [1] 한국기계연구원 나노공정연구실.*
Keywords: 리튬이차전지, 유연 배터리, 파괴메커니즘, 굽힘/인장 시험, 오리가미 배터리

현재 웨어러블 전자 디바이스 산업이 발달하면서 유연성 및 신축성 기능을 가진 전자 소자에 대한 관심이 높아지고 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 휴대용 스마트기기 분야에서 빠른 속도로 기술이 발전하고 있고 그에 따라 배터리 또한 웨어러블 기기에 적합하게 적용될 수 있는 유연성 및 신축성에 대한 기능이 요구되고 있다. 이전까지 배터리는 경량화, 슬림화, 고용량화의 방향에 맞춰 발전해 왔다면 앞으로는 유연성 및 신축성 향상이라는 새로운 방향으로 배터리 기술의 필요성이 대두되고 있다. 배터리는 구조적 안정성이 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 구부러지고 늘어나는 배터리를 실제 구현하는 것은 매우 어렵다. 현재 많은 연구가 진행되고 있으나 배터리의 변형에 따른 전기 화학적 파괴 메커니즘에 대한 이해가 아직 부족하고 이를 해결 하기위한 방법의 한계가 명확한 실정이다. 따라서 본 연구는 배터리의 화학적 파괴 메커니즘을 보다 정확하게 분석하기 위해 온도 조절이 가능한 밀폐형 배터리 인장/굽힘 변형 시험 장치를 설계 제작하였으며, 배터리 소재 및 Full cell 에 대한 시험을 수행 하였다. 배터리를 구성하는 양, 음극 소재 및 집전체의 저항 변화를 관찰하고, Full cell 에서의 Open circuit voltage 의 안정성 시험 및 인장 굽힘의 반복으로 인한 배터리의 용량 변화를 관찰 하였다. 또한 내부 소재의 변형 형태를 SEM으로 관찰 분석하여 배터리 성능의 저하의 원인을 파악하고 취약 부분을 개선하기 위한 시도를 하였다. 반복적인 굽힘, 인장 시험을 통해 변형으로 인한 배터리 내부 구성요소의 파괴 뿐만 아니라 구성 요소 간 배열의 어긋남, 전해질의 쏠림, 간격의 벌어짐으로 인해 내부 저항의 급격하게 증가하는 것을 확인 하였다. 이러한 데이터를 토대로 일정 모양의 단위 배터리를 제작하고 다 축으로 구부리거나 신축 시킬 수 있는 배터리 배열 및 단위 배터리 간의 상호 연결을 통해 연결부만 접혔다 펼쳐지는 Origami 방식의 배터리를 고안하였고 인장/굽힘 변형 시험장치를 통해 기존 배터리와의 파괴 메커니즘 및 전기화학적 변화를 비교 하여 개선된 결과를 도출하였다. 이러한 파괴 메커니즘 분석을 통해 성능 저하의 원인을 규명하고 구조적 개선을 통한 배터리의 유연성 및 신축성 향상은 향 후 유연/신축 배터리의 개발 및 성능향상에 관한 연구에 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

[에너지1-3 | 09:00]
Hydrogen Storage Properties of Ti/Mg/Ti/Pd Multilayer Thin Film: *Hwaebong Jung, Wooyoung Lee[1]; *Department of Materials Science and Engineering. Yonsei University. [1]Department of Materials Science and Engineering. Yonsei Universi.*
Keywords: Hydrogne storage, Mg, Multilayer

Sustainable and clean energy sources are mandatory elements. Hydrogen is one of the most interesting sources, due to its advantages such as being renewable, abundant, and clean. However, hydrogen energy source have some trouble to commercialize. Hydrogen can explosion when it is concentrated over 4 % in the air and highly flammable. Thus, storing hydrogen in a safe and efficient way is very important. Magnesium (Mg) is considered the promising candidate material due to its benefits of high volumetric (~110 kgH_2/m^3)/ gravimetric (7.6 wt. %, MgH_2) hydrogen storage capacity, low cost, accessibility, and reversibility. However Mg-based materials have tough operating condition (such as extreme temperature and pressure). In this work, we report the microstructural and hydrogen storage

properties of the multilayered(Pd/Ti/Mg/Ti) film fabricated using an ultra-high vacuum DC magnetron sputtering system. Intercalated Ti layer between Mg and Pd layers prevent the formation of the Mg-Pd intermetallic compounds. And optimized structure of the Pd/Ti/Mg/Ti multilayer is set by controlling the thickness of each layers. The superior hydrogen uptake of the Pd/Ti/Mg/Ti multilayer was 6.42 wt.% at 150°C at Pd(10 nm)/Ti(40 nm)/Mg(360 nm)/Ti(40 nm) multilayer film. And confirm the absorption/desorption behavior is stably cycled up to 10 cycles.

[에너지1-4 | 09:15]

부피 팽창을 최소화한 높은 방전 용량 유지율을 나타내는 리튬 이차전지용 음극소재로써의 탄소나노튜브-실리콘 복합체에 대한 연구: *<u>심형철</u>, 김일환[1], 우창수, 현승민 ; *한국기계연구원(KIMM). [1]성균관대학교*

Keywords: 실리콘, 탄소나노튜브 에어로겔, 리튬이온 이차전지, 음극재, 동결건조

실리콘은 기존 흑연 대비 높은 비용량으로 인해 주목 받고 있는 리튬 이온 이차전지용 음극 소재이다. 그러나 실리콘과 리튬 합금시에 발생하는 최대 약 300% 이상의 부피 팽창 및 수축은 집전체와의 분리 및 전극 물질간의 파괴를 발생시키므로 전지 수명 특성에 좋지 않은 영향을 준다. 본 연구에서는 탄소나노튜브를 집전체로 사용하되 동결 건조법을 이용하여 나노튜브 간 기공을 최대한 에어로겔 구조물을 실리콘이 증착될 수 있는 구조체로 사용하였다. 즉, 다공성 탄소나노튜브 에어로겔에 스퍼터를 이용하여 실리콘을 증착함으로써 실리콘이 탄소나노튜브 에어로겔 표면의 형상을 따라 형성되게끔 하였다. 이러한 탄소나노튜브 실리콘 복합체는 실리콘 자체가 수십 나노미터 정도의 두께로 매우 얇게 탄소나노튜브 주변에 증착되어 있고, 또한 복합 구조체들끼리 간격을 두고 떨어져 있기 때문에 리튬과 합금화 시 부피 팽창이 적을 뿐만 아니라 부피 팽창이 있더라도 이를 고려한 여유 공간이 마련되어 있어 구조물이 쉽게 파괴되지 않는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 탄소나노튜브-실리콘 복합체는 리튬 이온 이차전지 음극 소재로 적용 시, 약 1,000회의 충/방전 사이클 동안 70% 이상의 높은 방전용량 유지율을 보여주었다. 또한 탄소나노튜브 에어로겔의 우수한 전기전도도 및 높은 비면적은 실리콘의 낮은 전기 전도도를 보상하여 율특성 향상에 기여했을 뿐만 아니라 리튬 이온의 확산 특성을 좋게 하여 전기화학적 성능을 전체적으로 상승시켰다. 이러한 탄소나노튜브-실리콘 복합체는 제조 공정이 간단하고 대면적화하기 용이할 뿐만 아니라 기존 흑연소재 대비 부피 팽창율도 적으며 (10% 이내) 리튬 코발트 산화물과 풀셀 제조 및 평가 시 기존 소재 대비 오히려 에너지 밀도를 높일 수 있는 결과를 얻을 수 있었기 때문에 리튬 이온 이차전지용 차세대 음극소재로 많은 잠재성을 지니고 있다고 할 수 있다.

[에너지1-5 | 09:30]

고용량 고신뢰성 자가치유-실리콘 음극 복합체: *<u>김동혁</u>, 현승민, 한승민[1] ; *한국기계연구원(KIMM). [1]한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: Silicon, Self-healing, Composite, High Capacity

최근 스마트폰을 대체할 차세대 스마트 기기로써 웨어러블 전자기기가 주목을 받고 있어 관련 소자 및 소재에 대한 연구가 전 세계적으로 활발하게 이루어지고 있다. 웨어러블 전자기기는 특성상 일상에 노출되어 있어 일상 환경에서도 구조적 안정성 및 신뢰성이 확보되어야 한다. 또한 웨어러블 전자기기에 사용되는 에너지 저장 시스템은 무게나 차지하는 면적에 대한 제약이 많아 고용량 전극재료를 사용해 기존 전극재료에 비해 높은 단위부피당 및 단위 무게당 용량을 가진 전극소자를 개발이 필요하다. 다양한 신뢰성 향상을 위한 전략 후보군 중 나노구조를 사용하여 음극재료가 팽창할 수 있는 공간을 확보하거나 비정질 Si를 사용하는 방법이 주로 진행되어 왔다. 하지만 반복적 충·방전은 결국 음극재료의 분쇄 및 박리로 이어져 신뢰성 저하로 이어지는 경향이 꾸준히 보고되었다. 따라서 내구성 및 신뢰성을 향상시키고자 최근 결함을 자체적으로 치유하는 자가 치유 재료를 에너지 저자 시스템 소자 개발에 적용하는 연구가 주목 받고 있다. 자가 치유 재료 중 각광 받는 재료는 수소 결합 또는 분자간의 약한 결합들을 이용해 변형 후 끊어진 결합들이 재생성 되는 유기재료다. 분자 간 일시적으로 형성되는 약한 결합들을 이용하여 결합들이 쉽게 재생성 되며 결합이 깨지기 전 물성을 대부분 회복한다. 본 연구에서는 높은 areal capacity와 수명을 가진 자가치유-Si 음극 복합체를 제작하였다.

[에너지1-6 | 09:45]

리튬이차전지용 탄소복합 Si-SiO_x-Al_2O_3 소재의 합성 및 전기화학적 특성: *<u>김경배</u>, 김재헌 ; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: carbon coating, pyrolysis, silicon dioxide, silicon suboxide, Lithium ion battery

고용량 물질로서 가장 대표적인 실리콘은 이론용량 3580 mAh g^{-1} ($Li_{15}Si_4$)으로 탄소계 음극물질을 대신할 수 있는 소재로서 그 가능성이 높다. 그러나 순수 실리콘의 경우, 충·방전 동안 리튬-실리콘의 합금화 반응에 의해 큰 부피팽창 및 수축이 동반되고 이에 따라 전극물질 내의 기계적 단락이 야기되어 수명특성 저하의 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 나노화 공정, 탄소의 복합화, 실리콘 기반의 활물질이 분산되어 있는 실리콘산화물 복합체로의 응용 등 다양한 합성 방법들이 적용되어 실리콘 기반 음극물질의 성능 향상에 큰 기여를 하였지만 대부분의 방법이 매우 비싼 공정비용과 특별한 합성 조건을 만족해야 하는 단점이 있다. 따라서 단순한 공정을 이용하여 소재 합성이 가능하고 상대적으로 높은 용량을 유지하며 수명특성이 좋은 실리콘산화물계 음극소재에 대한 관심이 집중되고 있다. 본 연구에서는 볼밀링 공정을 통해 다양한 조건에서 알루미늄 금속 분말로 실리콘산화물을 환원시켜 고용량의 실리콘 기반 실리콘산화물-알루미늄산화물의 복합체를 합성하였다. 또한 최적의 조건으로 합성된 복합체에 나프탈렌을 이용한 열처리 공정을 적용하여 결정구조의 안정화와 탄소복합화를 동시에 수행하여 탄소코팅이 된 Si-SiO_x-Al_2O_3 최종물질을 합성하였다. 그 결과 Si-SiO_x-Al_2O_3 복합체의 경우 순수 실리콘산화물 보다 크게 향상된 75%의 초기효율을 나타내었다. 또한 결정 구조의 안정화와 탄소 복합화를 통해 300 사이클 이상에서 96.2% 용량 유지가 가능함을 확인할 수 있었다.

[에너지1-7 | 10:00]

Strain-driven Chemical Stabilization of Perovskite O_2-electrode Surfaces in Solid Oxide Electrochemical Cells: *Bonjae Koo, Hyunguk Kwon[1], YeonJu Kim, Han Gil Seo, Jeong Woo Han[1], WooChul Jung ; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). [1]University of Seoul (UOS).*

Keywords: Perovskite O_2-electrode, Surface segregation, Phase separation, Thin film, Strain

Strontium (Sr) segregation near the surface of perovskite-oxide has been widely observed and broadly studied. Especially, surface Sr segregation has been suggested as a key reason behind the chemical instability of perovskite oxide surfaces and the corresponding performance degradation for solid oxide electrochemical cell electrodes. Nevertheless, the underlying mechanism for this phenomenon is not completely understood. We observed that external strain through lattice mismatch can control degree of Sr-excess at the surface of $SrTi_{0.5}Fe_{0.5}O_3$ thin films, a model mixed conducting perovskite O_2-electrode, and thus significantly enhance the electrode performance. Combined theoretical and experimental analyses reveal that the Sr-O bond weakened by the compressive environment around Sr cation in a perovskite lattice is a key origin of the Sr segregation. Based on these findings, we successfully demonstrate that when a large-sized isovalent dopant is added, the Sr segregation can be remarkably alleviated, improving the chemical stability of perovskite O_2-electrodes.

[에너지2-1 | 10:25]

Breathable Carbon-Free Electrode: Black TiO_2 with Hierarchically-Ordered Porous Structure for Stable Li-O_2 Battery: *Seunghoon Nam, Joonhyeon Kang[1], Seungmin Hyun, Chang-Su Woo, Chunjoong Kim[2], Yongjoon Park[3], Byungwoo Park[1] ; *Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). [1]Seoul National University. [2]Chungnam National University. [3]Kyonggi University.*

Keywords: Black TiO_2, Empty Voids, Stability, Rapid Transport, Li-O_2 Battery

We introduce oxygen-deficient black TiO_2 with hierarchically-ordered porous structure fabricated by a simple hydrogen reduction as a carbon- and binder-free cathode for Li-air batteries. With the high electrical conductivity derived from oxygen vacancies or Ti^{3+} ions, this unique electrode has large surface area with the micron-sized empty voids for the effective accommodation of Li_2O_2 toroid and for the rapid transport of reaction molecules without the electrode being clogged. In highly ordered architecture, toroidal Li_2O_2 particles are guided to form with a regular size and separation, which induces the most of Li_2O_2 external surface to be directly exposed to the electrolyte. Therefore, large Li_2O_2 toroids (~300 nm) grown from solution can be effectively charged by incorporating a soluble catalyst, resulting in a very small polarization (~0.37 V). Furthermore, disordered nanoshell in black TiO_2 is suggested to protect the oxygen-deficient crystalline core, by which oxidation of Ti^{3+} is kinetically impeded during battery operation, leading to the enhanced electrode stability even in a highly-oxidizing environment under high voltage (~4 V).

[에너지2-2 | 10:40]

Rational Design of Heterostructure Photocatalyst with High Activity: *Heechae Choi, Sovann Khan[1], Kwang-Ryeol Lee[1], Seungchul Kim[1], So-Hye Cho[1] ; *Virtual Lab Inc. [1]KIST.*

Keywords: DFT, Photocatalyst, ZnS, Heterostructure

ZnS is an excellent photocatalytic material having a strong reduction power (-1.04 V to NHE). However, the severe electron-hole recombination of ZnS in its direct band gap implies that there are many chances to improve its photocatalytic activities via materials engineering by accelerating electron-hole separation. Using density functional theory (DFT) calculations, we found that ZnS photocatalyst has large band offset and strong tendency of electron-hole transfers with nickel sulfide phases (NiS,Ni_9S_8), which are thermodynamically immiscible with ZnS. Our experiments also demonstrated that ZnS-Ni_xS_y phases are separated and exhibit excellent photocatalysis in heterojunctions. In this study, we demonstrate that the immiscibility of ZnS and Ni_xS_y phases and large band offsets make the ZnS-Ni_xS_y composite as an ideal heterostructure photocatalyst which can be synthesized via one-step processes and possess strong electron-hole separation capability.

[에너지2-3 | 10:55]

LiCl 방사성 염폐기물 처리를 위한 U-SAP 고화체의 열처리 분위기 및 냉각속도에 따른 특성 변화 분석연구: *이기락, 박환서, 최정훈, 한승엽, 이태교, 조인학 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 파이로프로세싱, 방사성 폐기물, 염폐기물, 고화체, U-SAP

국내의 사용후 핵연료 처리 문제를 해결하기 위한 방안으로 사용후 핵연료 재활용기술인 파이로프로세싱(pyroprocessing)은 지속적으로 연구되어 왔다. 파이로프로세싱 공정은 핸연료내의 핵분열 생성물을 분리하고 U 및 TRU (Transuranic)를 회수하여 재사용함으로써 처분공간 및 사후 관리기간을 획기적으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 파이로프로세싱의 전기화학공정에서 발생되는 금속염화물계 (LiCl, LiCl-KCl) 방사성 폐기물은 높은 휘발특성과 기존 붕규산계 유리와의 낮은 호환성으로 인하여 고화처리가 쉽지 않은 폐기물로 분류되어 2차 폐기물을 발생시킬 수 있는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국원자력연구원에서는 SAP (Si-Al-P)이라는 물질을 개발하여 탈염화 공정을 통한 금속염화물 폐기물의 고화공정을 제안하였다. 이후 transition metal을 활용하여 금속염화물과 SAP의 반응성을 증가시켰으며 이후, 유리매질인 B를 함유한 U-SAP (SiO_2-Al_2O_3-P_2O_5-Fe_2O_3-B_2O_3 composite)을 개발하여 금속염화물을 추가 매질의 투입 없이 U-SAP을 활용한 일련의 금속염화물 처리공정을 개발하였다. 본 연구에서는 U-SAP고화체의 제조 공정변화에 따른 U-SAP 고화체의 물리 화학적 특성 변화를 관찰하였다. LiCl을 활용하여

모의 염폐기물을 제조하였으며, 모의 핵종으로 Cs, Ba, Sr을 선정하였다. 모의 염폐기물과 U-SAP을 기존연구에서 도출한 최적비율로 혼합 후 탈염화 반응을 수행하였으며, TGA를 통하여 99% 이상의 탈염화률을 보이는 것을 확인하였다. 이후 고온열처리를 통하여 유리화 공정을 수행하였다. 고온열처리 공정에서는 환원분위기에서 서냉조건의 고화체와 산화분위기에서의 자연냉각 분위기의 고화체를 각각 제조하였다. 제조된 고화체는 XRD 분석을 통한 결정상을 확인하였며, SEM 분석을 통하여 표면의 미세기공 및 미세균열을 관측하였다. 산화조건에서 자연냉각한 경우 전체적으로 균열 및 기공이 없는 고화체가 제조 되었으며, 나노 사이즈의 입자로 형성한 균질한 고화체 표면이 관측되었다. 또한 고화체의 화학적 내구성을 평가하기 위하여 PCT-A (Product consistency test-A, ASTM standard C 1285-02)을 수행하였다. 매질의 경우 10^{-1}~10^{-2} g m^{-2}day-1 정도의 leaching rate를 보였으며 핵종의 경우는 10-2~10-3 g m-2day-1 정도로 기존 유리고화체에 비하여 우수한 내침출도를 나타내었다. 본 연구를 통하여 단단하고 균질한 형태의 우수한 품질의 U-SAP고화체를 제조하기 위한 조건을 수립하였다.

[에너지2-4 | 11:10]

Layer-number dependence of the magnetic properties of MnBi films: *Hongjae Moon, Sumin Kim[1], Hwaebong Jung[1], Hyun-Sook Lee[1], Wooyoung Lee[1] ; *Department of Materials Science and Engineering. Yonsei University. [1]Department of Materials Science and Engineering. Yonsei Universi.*

Keywords: MnBi, magnetic thin film, multilayer deposition, hard magnetic properties,

We present the effect of multilayer deposition on the magnetic properties of MnBi thin films. The multilayered MnBi films were fabricated with alternating deposition of Bi and Mn with N (N = 2−10) layers (L), followed by in situ thermal annealing. As N increases, the evenlayered and odd-layered films show a similar layer-number-dependence of the magnetic properties, such as an increasing behavior for Hc and a concave-up behavior for Mr and (BH)max. Higher magnetic properties were obtained at 9L and 10L. According to the electron microscopy analyses, different morphologies and elemental distributions were observed at different N (e.g., smooth-surfaced MnBi film with Bi islands at 2L and uneven-surfaced MnBi film at 10L). The different distributions of microstructure and chemical components are associated with the layer-dependent magnetic properties of the MnBi films.

[에너지2-5 | 11:25]

Highly Sensitive Resistive Sensors Composed of Pd-coated Si Nanowrire Arrays for Monitoring H_2 in both Air and Oil: *Byungjin Jang, Min Hyung Kim, Wooyoung Lee ; *Materials Science and Engineering, Yonsei University.*

Keywords: Palladium, Si Nanowire Arrays, Shottky/Ohmic contact, Hydrogen gas sensor, Transformer oil

We report an advanced approach for H_2 gas sensing using both Pd-coated n- and p-type vertically aligned Si NW arrays, which are fabricated using a top-down aqueous electroless etching method. The average height of Si NWs produced by this technique was found to be 30 μm, and energy dispersive X-ray (EDX) mapping revealed that Pd particles were deposited on the top surface and side walls of the Si NWs. The newly proposed p-type Si NW arrays show extremely enhanced sensitivity (S=1,700%) by a factor of 23 compared to maximum value of 75% at 10,000 ppm H_2 in n-type Si NW arrays. The detection limit and response time are enhanced as 2ppm and 4s at 10,000 ppm H_2, respectively. The dramatically enhanced H_2 sensing properties of Pd-coated Si NW arrays are correlated with a creation of the additional current paths through volume expansion of Pd (Mode I) and a change of the major carrier concentrations in PdH_x / Si metal-semiconductor interfaces (Mode II), which was further confirmed by Hall measurements. In addition, monitoring of immersed Pd-coated Si NW arrays is conducted to detect a dissolved H_2 gas in transformer oil.

[에너지2-6 | 11:40]

셀룰로오스 나노크리스탈 유도체를 이용한 다공성 티타니아(TiO_2) 박막 제조: *유용희, 양기욱, 노형민, 이원희 ; *세종대학교 나노신소재공학과 금속재료연구실.*

Keywords: Photocatalyst, Porous titania, Cellulose Nanocrystal, Specific surface area

광촉매의 역할을 하는 티타니아(titanium dioxide, TiO_2)는 태양에너지에 의해 산화, 환원과정을 거쳐 공기와 물 등을 정화할 수 있는 물질이다. 그 중에서도 비표면적을 높임으로써 광효율을 극대화하기 위해 메조 기공을 가진 다공성 티타니아에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 추출이 쉽고 친환경적이며 가격이 저렴한 셀룰로오스 천연소재를 이용하여 다공성 티타니아 박막을 제조함으로써, 다공성 티타니아 박막을 제조할 때 필요한 지지체를 제거해야 하는 후처리 공정을 생략할 수 있도록 시도하였다. 티타니아 전구체 용량 대비 셀룰로오스 나노크리스탈(Cellulose nanocrystal, CNC)의 질량비를 설정하여 전구체 용액을 제조할 때 포함시키고, 이 용액을 ITO 기판에 스핀코팅 한 후 하소를 진행할 때 박막에 존재하는 CNC가 자연스럽게 연소되어 기공을 형성하도록 유도하였다. 티타니아 전구체 용액으로는 Titanium(IV) ethoxide(TEOT)를 사용하였으며, 이 용액 내에 포함된 CNC의 비율을 조절하는 과정을 통해 박막의 기공도, 전체 기공의 부피, 비표면적을 제어할 수 있다. 그리고 용액이 스핀코팅 된 박막의 하소 온도를 세분화하여 온도에 따른 표면 형상 및 비표면적 등이 어떻게 달라지는지 확인하였다. FE-SEM(Scanning Electron Microscopy) 분석을 통해 박막의 표면 기공 형상을 관찰하였으며, 제조된 티타니아의 하소 온도별 상 분석 및 결정화도를 알아보기 위해 XRD(X-Ray Diffractometer)을 이용하였다. 기공의 너비 및 부피, 비표면적을 수치화하기 위해 BET(Braunauer-Emmett-Teller) 분석을 실시하였다.

분말재료
Room 606, 4월 28일

[분말1-1 | 08:30]
Fabrication and characterization of powder forged Ti-6Al-4V components: *Youngmoo Kim, Young-Beom Song, Sung Ho Lee, Young-Sam Kwon[1]; *Agency for Defense Development.* [1]*Cetatech Co.*
Keywords: powder forging, Ti-6Al-4V, mechanical property, microstructure

Powder metallurgical near-net-shape fabrication processes of Ti-6Al-4V alloy have been investigated to reduce its manufacturing cost leading to wider applications. Of these techniques, powder forging might enhance the mechanical properties of the components because it involves in plastic deformation unlike other powder processing methods. However, there have been few researches on powder forging of Ti-6Al-4V components. In this study, a Ti-6Al-4V connecting rod was produced by warm forging technique. The mixed powders were compacted and then sintered under vacuum atmosphere. The process was simulated using a commercial finite software (DEFORM-2D). Subsequent forging was conducted in the alpha+beta and beta regions and the mechanical properties of the forged components were measured. The microstructures were also evaluated by XRD and EBSD techniques. Consequently, the relationship between the microstructure and the properties was analyzed.

[분말1-2 | 08:45]
연소합성을 이용한 티타늄 분말 제조에서 원료 물질(TiO_2)의 종류에 따른 특성: *최상훈, 심재진, 주원, 임재홍, 최원정, 현승균[1], 김택수, 박경태 ; *한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터.* [1]*인하대학교 신소재공학과.*
Keywords: 티타늄, 티타늄 산화물, 연소합성, 수소화-탈수소화

상업적으로 티타늄 분말 제조 공정은 티타늄 원광인 ilmenite($FeTiO_3$)나 natural rutile(TiO_2)로부터 염화 공정 및 kroll 공정을 거쳐 금속 티타늄 스폰지 및 잉곳을 제조한 후, 이를 이용해 수소화 탈 수소화 공정을 통해 분말을 제조하거나 금속 티타늄을 재 용해하여 gas atomization 법을 이용하여 티타늄 분말을 제조하고 있다. 본 연구에서는 연소합성법을 이용하여 티타늄 산화물을 직접 환원하여 티타늄 분말을 제조하였다. 원료는 염화공정 처리 전의 97%의 순도 TiO_2 와 염화공정 후 증류정제를 통해 제조할 수 있는 99 wt.% TiO_2 가 사용되었고 본 2개의 다른 시료의 연소합성 거동을 비교분석하였다. 연소합성 시 환원제로는 Mg 분말을 이용하였으며, 연소온도(T_c)는 W/Re C-type 열전대를 이용하여 측정하였다. 연소합성 후, 각각의 원료를 이용해 환원 된 티타늄 분말은 높은 산소 농도(≥ 1.0 wt. %)를 나타내었고 이에 수소화 탈수소화 공정을 이용하여 티타늄 분말의 산소 제거를 실시하였으며, 이후 각각의 분말의 성분, 조직, 순도 등 물성을 다각적으로 평가하였다.

[분말1-3 | 09:00]
도가니 종류에 따른 탄탈륨 금속 스크랩의 수소화-탈수소화 거동 변화 연구: *이지은, 이찬기, 박지환[1], 박일규[2], 윤진호 ; *고등기술연구원.* [1]*(주) 엠티아이지 기술연구소.* [2]*서울과학기술대학교 신소재공학화.*
Keywords: 탄탈륨 분말, 수소화-탈수소화, 고융점 금속

탄탈륨은 밀도 16.69 g/cm^3, 용융온도가 3,017°C인 고융점 금속으로써 연성이 우수하고 산에 대한 내식성이 아주 커서 전자산업 및 기계산업에 이용되고 있다. 또한 백금보다 저렴하지만 유사한 성질로 인해 화학기구 및 의료산업에도 널리 사용되고 있다. 고융점 금속이라는 특징으로 인해 가공이 어렵다는 단점이 있으며 현재는 가공하기 위해 진공아크용해(VAR) 및 전자빔용해(EBM)와 같이 공정을 이용하고 있다. 이와 같은 공정은 높은 설비 및 운용 단가로 인해서 많은 기업에서 이용하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 이에 대한 대안으로 고융점 금속 분말제조가 가능한 수소화-탈수소화 공정이 있으며 낮은 설비 및 운용단가 외로도 친환경적인 공정이라는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 고융점 금속인 탄탈륨의 효율적인 분말화를 위해서 도가니 종류가 수소화-탈수소화에 미치는 영향력을 살펴보았다. 온도 및 시간을 변수로 도가니 종류에 따른 연구를 실시하였다. XRD 분석을 통해서 각각의 도가니 종류에 따른 수소화 여부를 판단하였으며, FE-SEM을 이용하여 생성된 분말의 입도 및 형상을 확인하였다. 최적의 수소화 조건을 바탕으로 생성된 수소화 탄탈륨 분말을 이용하여 탈수소화 공정을 진행하였다. 각각의 분위기에 따른 탈수소화 거동을 비교하였으며, 이때 생성된 탄탈륨 분말의 산소 및 수소 농도를 바탕으로 최적조건을 설계하였다. 본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업(20165010100870)의 일환으로 수행된 연구입니다.

[분말1-4 | 09:15]
Tungsten-micropowder/Copper-nanoparticle core/shell-structured composite powder synthesized by inductively coupled thermal plasma process: *김규현, 최한신, 한철웅 ; *한국생산기술연구원.*

We here synthesized a Cu-nanoparticle-coated W-micropowder using in-situ reactive radio-frequency (RF) thermal plasma with a blended feedstock of tungsten (W) and copper oxide (CuO) micropowder. The spherical W micropowder improves the packing density and uniformity of the compacted body. On the other hand, the Cu nanoparticles coated on the W micropowder allow the spherical W powders to be compacted by rigid die compaction only at 400 MPa. Moreover, homogeneous sintering in both solid state and liquid state occurs even at low Cu contents of 5 wt.% due to the uniformly coated Cu nanoparticles. The effect of W/Cu core/shell structure on

the physical properties of sintered W-5wt.%Cu composite is investigated based on the density, resistivity, and hardness. The results show that homogeneously sintered W-5wt.%Cu composite well agree with the theoretical values calculated from the rule of mixture.

[분말2-1 | 09:40]

자전연소합성법을 이용한 탄탈륨 카바이드 분말제조에서 초기 압분체 압력에 따른 특성 평가: *심재진, 최상훈, 주원, 임재홍, 최원정, 현승균[1], 박지환[2], 김택수, 박경태 ; *한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [1] 인하대학교. [2] 엠티아이지.*

Keywords: 탄탈륨 카바이드, 탄탈륨, 초경공구, 절삭공구, 연소합성

Tantalum Carbide(이후 TaC)는 높은 융점, 전기전도도, 강도를 보유하고 있고, 상용 초경탄화물 소재 중 가장 높은 융점을 지니고 있어 WC 초경공구 소재 첨가 시 결정립 미세화 효과가 탁월한 것으로 보고되고 있다. 이로 인해 TaC는 첨가 초경소재 관련 제품 중 고품위 소재로 분류된다. TaC는 현재 국내에서 전량수입되는 전략물자로 분류되며, 관련 광물 Coltan은 아프리카 분쟁지역에서 채굴되므로 수출입이 철저하게 통제되는 원료이다. 본 연구에서는 국내에서 발생되는 Ta 금속 스크랩으로부터 재활용된 원료를 이용하여 자전연소고온합성법을 통해 TaC를 제조하였다. 자전연소합성법은 단시간 내 합성을 완료할 수 있고, 점화 후에는 추가 열원을 필요로 하지 않아 높은 공정 효율을 제공한다. 탄탈륨 원료분말은 98 %의 순도, 평균 31 μm의 입자사이즈, 불규칙하고 응집된 형상을 가진 분말을 사용하였고, 카본 원료분말은 평균 6 μm의 입자사이즈 및 판 형상을 가진 분말을 사용하였다. 연소합성을 위해 유무기 복합 점화기재를 사용하였고 초기 압분체 압력을 변수로 실험을 진행하였다. 합성 후 TaC 분말은 조직, 입도, 상, 순도 분석을 실시하였다. 초기 압분체 압력에 따라 조직의 형상 변화는 없었으나, 압분체 압력이 증가할수록 입자 사이즈는 32.99 μm에서 24.22 μm까지 감소하였다. 또한 상 분석결과 상대적으로 낮은 압력에서는 미합성된 탄탈륨과 카본 원료분말이 남아있었지만, 압분체 압력이 증가할수록 미합성된 원료분말이 남아 있지 않았다. 마지막으로 연소합성 시 최고온도가 2,200°C까지 상승하여 Ga, In, Cd, Nd과 같이 증기압이 낮은 불순물들이 휘발하여 TaC 순도가 최고 99.32% 까지 상승하였다.

[분말2-2 | 09:55]

Enhancing thermoelectric figure merit in $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$/β-Zn_4Sb_3 composites by the combinational processes: *Peyala Dharmaiah, Eun-bin Kim, Chul-hee Lee, Jin-koo Han, Kwang-yong Jeong, Soon-jik Hong ; *Kongju National University.*

Keywords: Gas atomization, Spark plasma sintering, Thermoelectric materials, Composites, Mechanical properties

Development of high efficient thermoelectric (TE) materials is one of the essential aspects for energy conversion applications due to the depletion of fossil fuels, energy crisis and global warming. Thermoelectric device efficiency requires high figure of merit, which seems difficult to achieve by conventional methods. Here, we have proposed the gas-atomization process which has very high rapid cooling rate, cost-effective and easy process control for production of high quality of TE powders. In this work, we have been used combinatorial (gas-atomization, high energy ball milling) approach for the fabrication of $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$/β-Zn_4Sb_3 composites. The composite powders were consolidated by spark plasma sintering process and their thermoelectric properties were investigated in the temperature range from 300-500 K. The phase constituents and cross-sectional microstructures were systematically analyzed by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. The existence of Zn_4Sb_3 was confirmed by electron probe micro analyzer (EPMA). The results indicate that the significant increased electrical conductivity and less reduction in Seebeck coefficient with increasing Zn_4Sb_3 content which is mainly due to the increase in carrier concentration. Benefitting from the increased power factor and reduced thermal conductivity caused by intensified phonon scattering at the interfaces, the dimensionless figure of merit ZT substantially increased for 2wt% Zn_4Sb_3/$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ sample.

[분말2-3 | 10:10]

AROS법에 의해 제조된 TiO_2-Co 복합분말의 소결 특성: *임승균, 박일송[1], 박제신[1] ; *전북대학교 대학원. [1] 전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: TiO_2 Sintering

세라믹 분말의 소결은 고온 및 소결 조제를 필요로 한다. 특히 소결체의 기계적 특성 향상을 위해 소결 조제로서 금속 바인더가 사용되는 경우가 있다. 일반적으로 금속 바인더는 세라믹 분말과 혼합하여 소결체를 제조하며 두 분말의 조성 균일성, 입자간 젖음성 등의 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 AROS(Alloying-Recomposition-Oxidation-Sintering)공정에 의하여 제조된 TiO_2-Co 복합분말의 소결거동을 조사하였다. Ti와 Co sponge를 Ar분위기에서 Arc용해하여 Ti-33at%Co 단상을 제조하였으며, 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말은 고에너지 볼밀링으로 탄소 분위기 하에서 Ti(Co)C를 제조하였으며, 산화 처리하여 TiO_2 제조 후 프레스로 가압하여 소결하였다.소결체는 굽힘 시험을 통해 기계적 특성을 조사하였으며, 조성 및 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM을 이용하여 조사하였다.

[분말2-4 | 10:25]

HEBM공정 적용 다성분계 Ti합금 분말 제조 및 특성평가: *이정한[1,2], 장준호[1], 박현국[1], 홍성길[2], 오익현[1] ; *[1] 한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2] 전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Ti-Al-Si, High energy ball milling, Mechanical alloy, Powder property, Pulsed current activated sintering method

최근 다양한 산업군에서 사용되고 있는 난삭재료는 고강성 및 경량 등의 기계적 특성이 우수한 반면 절삭 또는 가공이 어려운 소재로 분류된다. 이에 난삭재 가공의 전용 tool 소재 및 기존 공구 소재의 성능 향상 필요성이 제기되고 있다. 기존의 난삭용 절삭공구의 재료로는 초경합금이 일반적으로 가장 많이 사용되고 있었으나 초경에 의한 난삭재 절삭은 공구수명이 짧고 절삭칩의 응착

도가 많아 이에 대한 대책으로 초경모재의 표면에 Ti계 합금 소재를 코팅한 절삭공구의 사용 비중이 증가하고 있다. 특히 Ti-Al-Si 계 합금 조성은 기존의 Ti계, Ti-Al계, Ti-Si계보다 내산화성, 경도, 인성 등의 기계적인 특성이 우수하여 최근 각광을 받고 있다. 본 연구에서는 초경모재 표면에 하드코팅을 위하여 Ti-Al-Si 다성분계 합금타겟소재를 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 각 분말의 기계적 합금화 및 미세화를 수행하고 이들 합금화된 분말을 이용하여 고밀도의 소결체를 제조하고자 하였다. 기계적 합금화를 위해서 고에너지 볼밀링 공정(High energy ball milling; HEBM)을 이용하여 Ti분말에 ~$40_{at\%}$Al, ~$20_{at\%}$Si의 조성을 가진 분말을 첨가하여, 이들 원료분말을 기계적으로 합금화시켜 그 특성을 분석한 후, 최적 소결조건을 도출하여 특성이 우수한 Ti계 합금 소결체를 제조하였다. 합금화 된 분말을 볼밀링 시간(~24 h)에 따라 입도분석, 상분석, 미세조직 분석 등의 특성을 평가하였다. 또한 합금화된 분말의 입도변화에 따른 기계적인 특성을 평가한 후, 이들 분말의 소결을 위해 펄스전류활성 소결공정을 이용하여 소결체를 제조하였다. 고밀도 소결체 제조를 위하여 최적 소결 공정조건을 도출하고자 하였으며, 합금 분말의 입도에 따른 소결 공정 특성 및 최종 소결체의 특성에 대해 평가하였다.

[분말3-1 | 10:50]

통전활성소결법을 이용한 Fe-Ni 합금 소결체의 제작과 미세구조분석: *유진수, 홍성현 ; *서울대학교.*

Keywords: Fe-Ni alloy, Spark plasma sintering, Ni diffision

분말 야금은 기존 방법으로 불가능한 성분과 조직을 갖는 재료의 제조가 가능하며 에너지 절약제조과정 중 재료 손실의 최소화, 생산비 절감 등으로 자동차 및 항공기 부품 등의 기계공업에서 많이 응용 되어왔다. 그 중에서도 철 분말 소결은 분말 야금의 제품 중 97%에 상당하는 많은 부분을 차지하고 있어 국내 및 해외에서 연구가 오래 전부터 진행되어 왔지만, 10% 이상의 내외 기공에 의해 밀도와 기계적 특성이 떨어지는 단점이 있다. 철 소결체의 고밀도화를 위한 방법으로서 가압 소결 방법 중 하나인 통전 활성 소결법의 경우 고밀도의 소결체를 제작이 가능하고 낮은 온도조건에서 소결체 제조가 가능해 공정 비용을 절약 할 수 있지만 카본 몰드와 펀치의 사용으로 인한 침탄으로 Fe_3C가 형성되기 때문에 순수한 Fe 소결체를 제작하는 것이 어렵고 기계적 특성이 감소하는 단점이 있다. 본 연구에서는 통전 활성 소결 방법의 침탄 문제를 Boron nitride 파우더와 슬러리를 이용하여 완전 치밀화 된 Fe와 Fe 합금 소결체를 제작하였다. 또한, Fe-Ni 합금 소결체의 고상 소결과 통전 활성 소결의 비교를 통해 철 합금의 치밀화와 Ni의 확산 방향을 통해 전류 인가에 따른 효과를 연구하였다. 일반적인 소결법과 달리 통전 활성 소결법의 경우 완전 치밀화된 소결체 제작이 가능하였으며, 전류 인가에 따른 Ni의 고용확산 방향은 Fe grain이 아닌 grain boundary쪽으로 선택적으로 확산되어 기공을 채워주고 소결밀도가 크게 향상되는 점을 확인하였다. 최종적으로 전류 인가에 따른 grain boundary 주변에 형성된 Ni-rich 한 상의 경우 SEM, TEM 등을 활용한 미세구조 분석과 상 분석으로 통전 활성 소결법의 소결거동을 규명하고자 한다.

[분말3-2 | 11:05]

초경대체소재로서의 고경도 Fe-TiB_2나노복합재료 분말의 소결: *최우진, 김지순 ; *울산대학교 공대 첨단소재공학부 나노분말재료공정연구실.*

Keywords: Fe-TiB_2, hardmetals, spark-plasma sintering, pressureless sintering, high hardness

초경을 대체할 수 있는 높은 경도를 갖는 소재를 개발하기 위하여 Fe-TiB_2 복합재료 분말을 고에너지 볼밀링 방법으로 제조하고 상압소결과 방전플라즈마 소결로 치밀화 하여 소결성을 비교하였다. Fe와 TiB2 원료분말을 유성볼밀을 이용하여 700 rpm에서 2 h 동안 분쇄, 혼합하여 Fe-40 wt% TiB_2와 Fe-60 wt% TiB_2의 분말을 제조하였다. 상압소결은 200 MPa의 성형압으로 제조된 디스크 형태의 성형체를 고온수평관상로를 이용하여 1400°C의 소결온도에서 각각 1 h, 2 h, 3 h 동안 흐르는 아르곤 가스 분위기에서 소결하였다. 방전플라즈마소결은 흑연 몰드에 Fe-TiB_2 복합재료 분말을 장입하여, 0.1Pa의 진공 분위기에서 승온 속도 50°C/min, 소결압력 50 MPa, 소결온도 1150°C에서 10분간 유지하여 실시하였다. 상압소결체의 경우, 80~87%의 낮은 소결밀도를 나타내었으며, 방전플라즈마소결체의 경우 90% 이상의 소결밀도를 보였다. 미세조직 관찰 결과, 방전플라즈마소결체가 상압소결체에 비해 강화입자 TiB_2의 크기와 분산 균일성이 더 우수한 것을 확인하였다. 방전플라즈마소결체의 경도 측정 결과, 상용 15wt% Co 초경합금에 근접한 경도를 나타내어 초경대체소재로서의 개발 가능성을 확인 할 수 있었다.

[분말3-3 | 11:20]

Core Loss Improvement of Fe Alloy Powder by NH_4OH Etching and SiO_2 Insulation Coating: *이선우, 최성준, 유재형, 유상임 ; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: core loss, Fe powder, surface etching, SiO_2 coating, insulating coating

Soft magnetic composites (SMCs) have been used for core materials of electromagnetic applications such as inductors and converters used under alternative current (AC). Fe based alloys can be represented as excellent SMCs due to their magnetic properties such as high saturation magnetization with very low coercivity. However, core loss generation, consisting of hysteresis loss, eddy current loss and abnormal loss, is unavoidable under AC and also more serious with increasing AC frequency. Since core loss limits its applications use, the strategy for improvement of core loss is essential. In this regard, there are few ways to reduce core loss such as composition and microstructure control for hysteresis loss or insulation coating on powder for eddy current loss. In this work, etching using NH_4OH solution and SiO_2 insulation coating on the surface of Fe powder were utilized for reduction of hysteresis loss and eddy current loss, respectively. As such an effort, etching with NH_4OH solution and SiO_2 insulation coating were carried out by the sol–gel process using ultrasonication. To optimize process parameters, pH, the concentration of tetraethyl orthosilicate (TEOS), the precursor of SiO_2 coating layer, etching and coating reaction time, and ultrasonication condition were controlled. Transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) were used for microstructure and composition

analysis. Magnetic properties including permeability and core loss were measured under various AC frequency using toroidal powder core samples. Etched and SiO_2–coated powder samples showed improved core loss values due to decreased hysteresis loss and eddy current loss. Details will be presented for a discussion.

[분말3-4 | 11:35]

DED 공정변수 제어에 따른 Stainless steel 316 응고 및 산화거동 변화: *어두림, 조중욱 ; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Metal 3D printing, DED, STS 316L, High temperature oxidation

금속 3D프린팅은 소형 제품의 가공 제조방식을 대체해 나가고 있을 뿐 아니라 출력 속도와 재료의 다양성 면에서 발전을 이루어 감에 따라, 중, 대형 부품 제작에서도 기존 제조방식을 대체할 새로운 제조 방식으로 부각되고 있다. 금속 3D프린팅은 크게 DED(Direct Energy Deposition)방식과 PBF(Powder Bed Fusion)방식으로 나눌 수 있는데 생산성 측면에서 중, 대형 부품 제작에는 DED방식이 더 적합하다. 하지만 중, 대형 부품 제작, 보수 시에는 그 크기로 인해 진공챔버 내에서의 제작이 어렵다는 제한사항이 있다. 따라서 본 실험에서는 대기 중에서 316L 스테인레스스틸 분말을 소재로 DED방식을 통한 제조공정 시 DED 공정변수의 변화에 따른 응고 및 산화거동의 변화를 조사하였다. 기존 공정과는 다른 산화물 생성 거동을 관찰할 수 있었고 산화거동이 물성에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

[분말3-5 | 11:50]

In-situ Investigation of Precipitation Behavior in Alloy 690 based MA Powders: *Man Wang, Heung Nam Han[1], Young Bum Chun, Jinsung Jang ; *Korean Atomic Energy Research Institute. [1]Seoul National University.*

Keywords: Ni-based ODS; precipitation behavior; In-situ TEM;

Oxide dispersion strengthening (ODS) alloys are important candidate structural materials for advanced nuclear reactors due to their good high-temperature strength and irradiation resistance, which is ascribed to the dispersion of nano-sized particles. However, there are only limited studies about the precipitation behavior of nano-scaled particles in Ni-based alloys. In this study, the structural evolution of Alloy 690 based MA (mechanical alloying, MA) powders during heating was investigated by in-situ TEM and high temperature XRD. The added oxides were dissolved into the matrix after mechanical alloying. Nano-scaled particles of Y-Cr-O and Y-Ti-O were confirmed to precipitate in the matrix during heating, which provided a support for the dissolution-re precipitation mechanism in ODS alloys.

[분말4-1 | 12:15]

Hot-defromation 공정을 통한 NdFeB 아토마이저 분말의 c축형성 평가: *이종환, 조주영[1], 남선우[1], 김택수[1], 이우영 ; *연세대학교 신소재공학과. [1] 한국생산기술연구원.*

Keywords: Nd-Fe-B magnets, Hot deformation, Crystal orientation, Atomization process

이방성 Nd-Fe-B 영구자석은 높은 자기적 특성으로 제품의 소형화 및 경량화가 가능하다는 장점으로 인해 현재 자동차, 가전, 의료산업, 그린에너지, IT 분야 등 대부분 산업에 다양하게 활용되고 있다. 이방성 Nd-Fe-B 영구자석은 현재 크게 두 가지 방법으로 제조되고 있는데 첫 번째로 스트립캐스팅으로 잉곳을 제조하고 이를 조분쇄 및 수소 취화하여 미분쇄 한 후 이를 자장 성형함으로써 Nd2Fe14B상의 자화용이축인 c축과 일방향으로 정렬시켜 소결하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 두 번째 방법은 멜트스피닝 공법으로 리본을 제조하고 이를 분쇄 후 소결 및 고온 성형하는 방식으로, 고온 성형 시 성장축이 하중이 가해지는 축과 평행하게 성장되는 원리를 이용하여 c축과 일방향으로 정렬시키는 방법이 연구되고 있다. 한편 Nd-Fe-B 분말을 아토마이저 공법으로 제조 시 앞의 공정과 달리 분쇄 과정을 생략 할 수 있을 뿐 아니라 분말 고온성형시의 하중을 이용하여 Nd2Fe14B상의 성장축을 c축과 일방향으로 정렬시킨다면 앞의 두 제조방법에 비해 공정을 단축시킬 수 있고 이로 인한 가격 절감 효과를 얻을 수 있으므로 산업적으로 큰 효과가 있을 것이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 먼저 아토마이저로 제조된 분말을 이용하여, 온도 및 압력을 제어하여 pre-compacted 빌렛을 제작했고 각 조건 별 밀도를 측정함으로써 최적의 온도 및 압력 조건을 설정하였다. 변형률 및 변형속도를 제어할 수 있는 다이업셋 공정을 이용, 각 조건별로 빌렛을 제조했으며 이를 온도, 압력, 유지시간 등을 제어하여 고온성형했다. 이후 제조된 빌렛의 미세조직은 SEM으로 관찰하였으며 XRD를 통해 각 공정 별 주 성장축의 변화를 분석함으로써 공정 진행 및 각 실험조건에 따른 Nd2Fe14B 상 성장방향 거동을 확인하였다.

[분말4-2 | 12:30]

Magnetic properties of Nd-Fe-B bonded magnets with high energy compaction method: *Dong-won Shin, Dong-soo Kim[1], Dong-hwan kim[2], Jeong-gon Kim[3], Soon-jik Hong ; *Kongju National University. [1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. [2]STAR GROUP IND. CO. LTD. [3]Incheon National University.*

Keywords: Nd-Fe-B bonded magnets, high pressure, density, remanence, coercivity

Nd-Fe-B permanent magnets are widely used in various industrial fields due to high remanence, coercivity and maximum energy product. Generally, Nd-Fe-B magnets are manufactured using the powder metallurgy method, and classified as sintered and bonded magnets through the manufacturing process. In particular, the bonded magnets are prepared by compression or injection molded method with mixing of Nd-Fe-B powder and polymer binder. The compacted magnets are produced using high pressures, which can influence the density of the samples. Moreover, the binder content was play a crucial role to obtain high density and magnetic properties. In this study, different binder contents and pressure were applied to enhancing the magnetic properties of Nd-Fe-B

bonded magnets. The density of the compacted samples was measured by Archimedes method. The crystal structures and microstructures of Nd-Fe-B magnets were systematically characterized through X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. The magnetic properties were evaluated with various binder contents and pressure by B-H tracer. As a result, the optimized binder contents and pressure were found to be 1 wt.% and 3 GPa, respectively.

[분말4-3 | 12:45]

분말 야금법으로 제조한 Al-Zn-Mg-Cu + Al-9Si/SiCp 복합체의 조직 및 마모 특성에 미치는 열처리 영향: *유병철, 배기창[1], 정제기[1], 박용호* ; *부산대학교 재료공학과*

Keywords: Aluminium matrix composites(AMCs), Powder metallurgy, In-situ process, Heat treatment, Wear behaviour

최근 환경 규제와 연비 향상의 목적으로 수송기기 부품의 경량화에 대한 연구가 이루어지고 있다. 특히 비중이 큰 철계 부품은 비강도가 우수한 알루미늄 합금으로 대체되고 있다. 그 중 7xxx 계열 (Al-Zn-Mg-Cu) 알루미늄 합금은 높은 비강도와 내마모성으로 큰 주목을 받고 있다. 분말 야금법을 이용하여 부품을 제조할 경우 near-net shape으로 원하는 형상에 가깝게 제조하여 후 가공 공정을 줄일 수 있다. 또한 강화재가 내부에 분포된 in-situ 복합 분말을 첨가함으로써 강화재를 입내에 균일하게 분포시켜 재료의 기계적 특성과 내마모성을 향상시킬 수 있다. 이러한 알루미늄 합금은 T6 열처리를 실시하여 석출상을 제어함으로써 경도, 강도 및 내마모성을 향상 시킬 수 있다. 본 연구에서는 in-situ 복합분말이 첨가된 7xxx 계열의 알루미늄 복합재료에 열처리를 실시하여 기지 내의 GP-zone, η', η-($MgZn_2$) 상의 분포를 제어함으로써 재료의 조직, 경도 및 내마모성에 미치는 영향을 검토하였다. 실험은 Al-Zn-Mg-Cu 95 wt%와 Al-9Si/SiCp 5 wt%를 혼합하여 610ºC, 30분 조건에서 일축 가압 소결을 실시하였다. 제조된 소결체는 아르곤 분위기에서 온도와 시간을 변수로 하여 용체화 및 시효 열처리를 실시하였다. 열처리 된 소결체를 XRD 및 XPS를 통하여 상분석과 열분석을 실시하였다. 또한 SEM과 EDS를 통하여 미세조직 관찰을 실시하였다. 경도 및 마모 시험을 통하여 열처리된 소결체의 기계적 특성을 평가하였다. 이를 통하여 열처리에 의하여 석출된 상의 형상 변화 및 분포가 재료의 조직 및 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 복합재료에 용체화 처리를 실시함으로써 불균일하게 분포되어 있던 조대한 석출상을 기지 내에 고용시켰으며, 시효 처리를 실시하여 석출상을 기지 내에 고르게 석출시킬 수 있었다. 열처리를 통하여 석출상의 형상 변화 및 분포를 관찰하여 최적 열처리 조건을 확립할 수 있었다. 이를 통하여 열처리 전과 비교하여 재료의 경도 및 내마모성이 증가된 것을 확인할 수 있었다.

[분말4-4 | 13:00]

통전활성소결 (SPS) 법을 활용한 핵융합로 플라즈마 대면재용 텅스텐 기반 소결체 제조 및 기계적 특성 평가: *Nojun Kwak, Hyunmin Sung, Jonghyun Choi, Seong-hyeon Hong, Heung Nam Han ; *서울대학교*

Keywords: Plasma facing materials (PFMs), Tungsten, Spark Plasma Sintering (SPS), Mechanical properties and thermal stabilities, High heat flux (HHF) test

Plasma facing materials (PFMs) are the parts determining the stability of the structure of fusion reactor with stability of plasma. PFMs with high melting point, low tritium retention, high thermal conductivity and low sputtering and erosion rate are required. Tungsten, one of promising materials, among all metals, is a suitable candidate for the PFMs of fusion reactor due to its excellent thermophysical properties such as, the highest melting point, the lowest vapor pressure and its relative high thermal conductivity. Also, it possesses low tritium retention, low erosion rate and high thermal stability. Due to such excellent properties as PFMs, tungsten is currently accepted as divertor material of the next generation device, the International thermonuclear experimental reactor (ITER). In this research, sintering conditions to obtain high-density sintered tungsten materials with thermal stability were studied by using spark plasma sintering (SPS) method. SPS is a sintering method by applying the electric current along with a mechanical pressure simultaneously to the graphite mold containing powder materials inside. Also the SPS has been widely used as sintering method, because electric current could accelerate atomic diffusion in metallic materials, resulting in high-density sintered materials which could be obtained in remarkably a short time and at a low temperature. Additionally, improvement of mechanical properties and thermal stabilities of sintered tungsten materials by SPS were also investigated. The thermal stabilities of tungsten samples were evaluated by high heat flux (HHF) test. It was revealed that the high-density sintered tungsten samples fabricated by SPS process showed better microstructural stability than other tungsten samples under elevated temperature conditions.

재료강도
Room 607, 4월 28일

[AW-4 | 08:30] 현송공학상 수상 기념 강연
원자력에너지 시스템의 안전성 향상을 위한 재료 연구: *이봉상 ; *한국원자력연구원.*

원자력발전의 높은 경제성과 더불어 통계적 사실로 나타나는 안전성에도 불구하고, 원자폭탄 및 후쿠시마 원전사고로 연상되는 일반 국민들의 정서적 불안감과 저항감은 원자력에너지를 효과적으로 활용하는 데에 큰 걸림돌이 되고 있다. 하지만 인류의 문명이 지속적으로 발전하기 위해서 혹은 자원빈국인 우리나라의 경제성장이 유지되기 위해서는 지속가능하고 효율적인 에너지원이 반드시 필요하다. 원자력발전이 우리나라 총 전기생산량의 35% 정도를 담당하고 있는 현실에서 원자력발전소 안전성 향상 연구의 중요성은 아무리 강조해도 지나침이 없을 것이다. 과학 및 공학의 종합기술 결정체인 원자력에너지 시스템을 현실화하기 위해서는 운전환경에서 적합한 특성을 갖는 높은 신뢰도의 재료(구조재료 및 기능재료)가 뒷받침되어야 한다. 또한 방사선 및 고온고압 수환경에서 40년 이상 안정된 성능을 보증하기 위해서는 다양한 환경에서 재료의 경년열화 특성을 정확히 파악하고 예측하는 기술이 필요하다. 뿐만 아니라 재료에 손상이 발생하기 전에 미세조직이나 미세결함의 변화를 조기에 감지하여 건전성 영향인자를 사전에 제거하거나 완화하는 기술도 요구된다. 미래형 에너지시스템의 운전환경은 더 높은 온도와 고방사선을 목표로 하고 있기 때문에, 이를 실현하기 위해서는 새로운 소재의 개발이 요구된다. 이러한 소재기술은 석유화학 및 화력발전 등 유사한 에너지산업의 기존기술로부터 발전되어 갈 수 있을 것이며, 이상적인 핵융합 에너지의 이용이 가능해지기 위해서는 반드시 극복되어져야 할 기술목표이다. 재료강도 분야의 연구 및 지식의 축적은 인류가 어떠한 형태라도 지속가능한 에너지원을 활용하기 위해서는 반드시 진보되어져야 할 재료연구자의 사명이며, 산학연 협력을 통해 함께 이루어나가야 할 공동의 목표점일 것이다.

[재료강도1-1 | 08:55]
오스테나이트계 FeMnAlC 경량철강 미세조직 및 기계적 특성: *문준오, 박성준, 장재훈, 이태호, 한흥남[1] ; *재료연구소(KIMS). [1]서울대학교.*

Keywords: 경량철강, Mo, κ-carbide, 인장시험, 결정립 미세화

본 연구에서는 Fe-Mn-Al-C를 기본 조성으로 Mo을 첨가하여 제조한 오스테나이트계 경량철강에 대해 합금성분 변화에 따른 미세조직 및 물성 변화에 대해 연구하였다. 합금은 진공용해 및 열간압연을 통하여 제조되었으며, 압연 후에 용체화 처리를 통해 모재 시험편을 제작하였다. 용체화 처리 후에 각 합금의 미세조직은 주사전자현미경과 투과전자현미경을 이용하여 분석하였으며, 기계적 성질은 상온 인장시험을 통하여 평가하였다. 미세조직 관찰결과, 각 합금은 오스테나이트와 κ-carbide의 기지조직 구성되어 있었으며, Mo을 첨가함에 따라 κ-carbide의 석출이 지연되는 것으로 확인되었다. 한편, 일정 함량 이상의 Mo을 첨가하는 경우, 용체화 처리 시에 M6C, M23C6와 같은 탄화물이 형성됨으로써 오스테나이트 결정립 성장을 억제하는 것으로 확인되었다. 인장시험 결과, Mo 첨가량을 증가시킴에 따라서 초기에는 κ-carbide의 석출이 억제됨으로써 강도가 떨어지지만, 일정 Mo함량 이상에서는 M6C, M23C6 탄화물 석출 및 결정립 미세화에 따라 강도가 다시 증가하는 것으로 확인되었다.

[재료강도1-2 | 09:10]
Modified 9Cr-2W강에 첨가된 B과 N가 열처리 조건에 따른 기계적 특성 평가: *허형민, 김준환[1], 김성호[1], 김종렬 ; *한양대학교. [1]한국원자력연구원.*

Keywords: SFR fuel cladding tube, Boron, Nitrogen, ring compression test, workability

현재 소듐냉각고속로의 핵연료 피복관 소재로는 우수한 중성자조사 저항성을 갖는 고 크롬 (9-12% Cr) 페라이트/마르텐사이트 강이 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, 보론 첨가시 석출물인 $M_{23}C_6$의 조대화와 minimum creep rate를 감소시켜 크리프의 파단시간을 향상시킨다. 또한 질소 첨가시 석출경화형 원소들과 반응하여 미세하고 열적 안정성이 높은 MX를 형성하여 크리프 수명을 향상시킨다. 이러한 피복관의 크리프 성능을 개선하기 위하여 0.013 wt%의 보론을 첨가하였다. 그러나 0.005 wt% 이상의 보론 첨가 시 가공 중에 embrittle 현상이 일어난다고 보고되어 있다. 따라서 본 연구에서는 피복관의 외경 및 두께를 60% 이상 줄일 수 있는 공정인 냉간 필거링 공정과 1차 인발을 수행한 링 시편을 열처리를 수행하였다. 열처리에 따른 기계적 특성을 평가 및 냉간 공정을 모사하기 위하여 상온 링 압축시험을 수행하였다. 열처리에 따른 압축 특성을 평가하여 가공성을 평가하고 최적의 중간열처리 조건을 제시하고자 하였다.

[재료강도1-3 | 09:25]
Ce 첨가와 균질화 온도가 Mg-Sn-Al-Zn 압출재의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향: *김상훈, 김하식[1], 유봉선[1], 박성혁 ; *경북대학교. [1]재료연구소.*

Keywords: Magnesium, Cerium, Homogenization, Extrusion, Tensile properties

The effect of Ce addition and homogenization temperature on the microstructure and tensile properties of extruded Mg-7Sn-1Al-1Zn (TAZ711) alloy were investigated. It was found that Ce addition resulted in the formation of a thermally stable lath-type Ce_3Sn_5 phase and that a decrease in homogenization temperature caused and undissolved spherical Mg_2Sn particles, the number of fine Mg_2Sn

precipitates formed dynamically during extrusion decreased gradually owing to a reduction in the amount of Sn dissolved in the matrix, which, in turn, led to an increase in the size of dynamically recrystallized grains because of a weakened grain boundary pinning effect. The tensile strength of the extruded alloys decreased with increasing amount of added Ce and decreasing homogenization temperature, mainly because of the reduced number of precipitates and enlarged grain size. The yield strength and ultimate tensile strength of the alloy were inversely proportional to the area fraction of the Ce_3Sn_5 and Mg_2Sn particles present in the homogenized billets, whereas the strain-hardening ability of the alloy was directly proportional to the area fraction.

[재료강도1-4 | 09:40]

장시간 사용된 가스터빈 블레이드의 미세구조 평가 및 고온 저주기 피로거동 평가: *김진열, 윤동현, 배시연[1], 장성호[1], 김재훈 ; *충남대학교 공대 기계공학과. [1]한국전력 전력연구원.*

Keywords: Directional Singulality(일방향 조직), High temperature(고온), Low cyclefatigue(저주기 피로), Superalloy(초내열 합금), Used materials(사용 재료)

니켈기 초내열합금 GTD-111 DS 합금은 대형 가스터빈에 사용된다. 본 논문에서는 장시간 사용된 블레이드에 대해 미세조직 분석 및 저주기피로수명에 대해 연구하였다. 가스터빈 블레이드의 미세조직 분석은 주사전자현미경(SEM)을 분석하였다. 미세구조 관찰 결과 은 조대화 되었으며 $M_{23}C_6$ 탄화물 및 TCP(Topological Closed Packed)상이 형성되었다. 가스터빈 블레이드의 저주기피로시험은 airfoil과 root로 나눠서 진행하였다. 실험조건으로는 다양한 변형률 조건에서 수행하였으며 온도조건은 760°C와 870°C 이다. 저주기 피로시험 결과 airfoil의 피로수명은 root의 피로수명에 비해 높았다. Coffin-Manson 식을 통해 가스터빈 블레이드의 잔여피로수명을 예측하였다. 마지막으로 SEM을 이용하여 균열경로 및 파단면을 분석하였다.

[재료강도2-1 | 09:55]

Mechanical properties of porous tin oxide and empirical equation to predict the strength of porous materials: *낲경주, JEFF WOLFENSTINE[1], 최혜림, 박혜지, 최희만 ; *국민대학교 신소재공학부. [1]RDRL-SED-C.*

Keywords: Tin oxide; ice-templating; foam; porous ceramic; sensor

Despite the importance of tin oxide (SnO_2) in diverse functional applications, little information is available on the physical and mechanical properties of bulk or porous SnO_2. The compressive stress–strain curves of porous SnO_2 samples with porosity ranging from 48% to 73% were compared with both the Gibson–Ashby and the cellular-lattice-structure-in-square-orientation models, which generally represent the “lower” and “upper” bounds of yield strength for porous materials, respectively. As expected, the yield strength of the porous SnO_2 samples decreased with increasing porosity, and all the yield-strength values of porous SnO_2 fell between the two extreme prediction models. Finally, this study considers ‘contiguity’ as a governing parameter to predict the strength of porous materials and proposes a modified G-A model by incorporating the concept of contiguity.

[재료강도2-2 | 10:10]

나노포러스 금의 리가먼트 조대화에 대한 3차원 형상 분석: *전한솔, 김주영 ; *울산과학기술원.*

Keywords: 나노포러스 금, nanoporous gold, dealloying, 3D reconstruction

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 기계적 물성은 일반적인 open-cell 구조와 마찬가지로, 상대밀도 증가에 따라 강도가 증가하는 경향을 보이는데, 이러한 경향은 Gibson-Ashby 모델을 통해 유추할 수 있으며, 많은 선행연구들을 통해 잘 밝혀져 있다. 뿐만 아니라, 리가먼트 크기는 나노포러스 금의 기계적 성질을 결정하는 중요한 요소로 작용하며, 나노포러스 금의 열처리를 통한 리가먼트 크기 제어를 통해 기계적 물성을 설계할 수 있다. 하지만, 나노포러스 금의 복연속성 open-cell 구조 특성으로 인해 상대밀도 및 리가먼트 크기 외에도, 구조의 형태, 연결성, 비표면적 등 복합적인 요소 의한 기계적 물성 변화가 예상된다. 위와 같은 복합적인 요소들이 나노포러스 금의 기계적 물성에 미치는 영향에 대한 분석은 현재까지 미미하기 때문에, 열처리를 통한 리가먼트 크기 변화에 따른 나노포러스 구조의 변화를 분석하고, 나노포러스 구조와 기계적 물성의 상관관계에 대한 규명이 요구된다. 이러한 사안에 착안하여, 본 연구에서는 나노포러스 금의 열처리에 따른 구조 변화를 관찰하고, 이와 기계적 물성의 관계를 분석하였다. 디얼로잉(dealloying) 공정을 통해 제작된 나노포러스 금을 다양한 열처리 조건을 통해 다양한 리가먼트 크기를 가지는 나노포러스 금을 제작하였으며, 이에 대한 FIB/SEM 이중-빔 3D 복원을 진행하였다. 다양한 리가먼트 크기를 가지는 나노포러스 금의 3D 복원 자료를 이용하여, 열처리에 따른 나노포러스 금 구조의 변화를 위상학, 형상학적 측면에서 분석하였다. 나아가, 이에 대한 인장 및 압축 실험을 통해 나노포러스 금의 구조가 기계적 성질에 미치는 영향에 대해 논의하였다.

[재료강도2-3 | 10:25]

봉지 재료용 금속 박막의 수분투과 및 기계적 특성: *박선영, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 봉지재료, 금속박막, 수분 투과도, 나노인장

최근 투명하고 플렉서블한 디스플레이의 수요가 증가하게 되며 투명 유연소자에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다. 상용화 되고 있는 OLED 경우 유기물을 기반하고 있어 공기 중의 수분과 산소에 취약한 특성을 나타내기 때문에 수분과 산소로부터 소자를 보호 할 수 있는 봉지 기술이 요구된다. 현재 많이 이용되고 있는 유리 기판의 경우 투과도가 매우 낮아 봉지재료로써 신뢰성이 높지

만 플렉서블한 디바이스에 적용되는데 한계를 가지고 있다. 이에 따라 원자층 증착법(ALD)을 이용하여 유연한 유기층과 투습방지 성능이 좋은 무기층을 적층시킴으로써 유연하면서도 수분 방지에 효과적인 봉지층을 박막 형태로 증착하는 기술이 개발되었다. 하지만 공정 비용 또는 유기물과 무기물 간 이동시 발생하는 공정 시간으로 인한 수율 측면의 문제점이 있어 분자층증착법(MLD) 또는 상압기반 공정기술개발 등을 통해 양산적용을 위한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 금속박막을 이용하여 플렉서블 디바이스에 적용 가능한 최적의 봉지 구조를 제안하고 수분투과 방지 특성을 평가하기 위해 칼슘(Ca) 테스트를 이용하여 수분 투과도를 측정하였다. 또한 나노 인장시험을 통해 고강도 및 연성 뿐만 아니라 수분투과 방지 특성을 갖는 금속의 봉지층으로써 역할에 대해 토의한다.

[재료강도2-4 | 10:40]

ODS 합금분말에서 나노산화물의 거동 연구: *김가언, 노상훈[1], 강석훈, 김영도, 김태규[1]; *한국원자력연구원. [1]한양대학교.*

Keywords: ODS 합금, 나노산화물, $Y_\alpha M_\beta O_\gamma$ 결정구조

우수한 특성을 가지는 ODS 합금을 제조하기 위해서는 높은 수밀도를 가지는 나노 크기의 산화물이 분산된 미세조직으로 제조하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 기계적 합금화로 제조된 Fe-10Cr-5Y_2O_3, Fe-10Cr-1M-5Y_2O_3 합금분말을 온도 상승에 따른 미세조직 변화를 관찰하고 나노산화물의 상변태 거동을 분석하고자 하였다. 기계적 합금화 분말은 Focused Ion Beam 방법으로 가공한 다음 In-situ Transmission Electron Microscopy 장비를 활용하여 진공 분위기에서 900°C 온도까지 가열하면서 실시간 관찰하였다. 승온하는 과정에서 기지에 분산되어 있던 비화학양론적 결합상태의 산화물은 새로운 결정구조의 나노산화물로 상변화 거동이 발생되었다. 산화물 입자 일부는 기계적 합금화 공정중에 높은 에너지가 축적된 Y-rich 및 Fe-rich 성분으로 구성되어 있었으며, 기지에 분산된 산화물 일부분에 계면결함이 관찰되었다. 열처리 과정에서 Y-rich 및 Fe-rich 산화물 입자에 핵생성과 확산반응이 발생하고 공공 및 과잉 산소 등과 재결합하면서 결정화된다. 이로인해 5~50 nm 입도 크기를 가지는 $Y_\alpha M_\beta O_\gamma$ (M=주변원소) 결정구조의 새로운 산화물이 생성된다. 이러한 연구결과는 고강도 ODS 신합금을 개발하는 과정에서 제조 공정 과정을 최적화하는데 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

[재료강도2-5 | 10:55]

Combined Effect of Grain Boundary Serration and Nano-sized Precipitates to Improve Very High Temperature Creep Properties of Alloy 617: *이지원, 설재복[1], 장재훈[2], 홍현욱*; *창원대학교 신소재공학부. [1]포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [2]재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Alloy 617, Grain Boundary Serration, Creep, Nano-sized precipitates, 3D-APT

Alloy 617 합금을 제 4세대 원자로인 초고온가스로 (VHTR) 중간 열교환기에 성공적으로 적용하기 위해서는 950°C 초고온 크리프 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.

[재료강도3-1 | 11:10]

Change in Annealing Texture of Severely-Deformed 60601 Al Alloy: 양해웅, 위디안타라, 코티바하마드[1], *고영건; *영남대학교. [1]성균관대학교.*

Keywords: Al Alloy, Differential Speed Rolling, Annealing, Texture

This study investigated a change in the annealing texture of severely deformed 6061 Al alloy. For this purpose, 6061 Al alloy samples severely deformed by a differential speed rolling at a roll speed ratio of 1:4 for the lower and upper rolls, respectively, were annealed at temperatures ranging from 448 to 623 K for 1 hr. The grain orientation maps of the deformed samples revealed the high fraction of the grains with orientations belonging to rolling (Copper, S, and Brass) and shear textures (E, F, and H). At annealing temperatures above 498 K, Copper- and S-oriented grains were retained whilst Brass and shear texture components were diminished. This phenomenon was explained in the context of ReNuc recrystallization model wherein nucleation was assumed to occur between β-fiber components in conjunction with the orientation-dependent recovery.

[재료강도3-2 | 11:25]

Turbo-charger용 주강의 고온 인장 성질에 미치는 Mn과 Mo의 영향: *정승문, 조용희[1], 최원미[1], 이병주[1], 이성학[1] ; *한국원자력연구원. [1]포항공과대학교*

Keywords: Austenitic cast steel; Turbo-charger; High-temperature tensile properties; Carbides

자동차 산업에 있어서 배기가스, CO_2, Euro-X 규제와 같은 각종 환경 규제 대응이 나날이 엄격화됨에 따라, 자동차 엔진 부품의 친환경, 고연비화가 중요시 되고 있다. 터보차저는 엔진의 연료 소비 효율 향상 및 다운사이징(엔진 경량화)에 필수적인 부품으로써, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 자동차 배기계는 900°C 이상의 배기가스가 통과하기 때문에 우수한 고온 기계적 성질을 가지는 오스테나이트계 주강 소재가 주로 사용되고 있다. ASTM HK40은 높은 Ni함량을 가지는 오스테나이트계 주강으로 고온의 steam-reformer 또는 pyrolysis tube와 같은 petrochemical industries에서 주로 사용되어 왔으며 차세대 turbo-charger 소재로 연구가 진행되고 있다. 높은 함량의 Ni을 포함하고 있어 고온에서 안정적인 오스테나이트 기지조직을 유지하고 우수한 고온강도를 가지는 반면 원가가 비싸다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 Ni을 다른 Austenite stabilizer인 Mn으로 대체함으로써 새로운 조성의 주강을 제작하였으며 대체량에 따른 미세조직 변화와 고온 인장성질을 분석하였다. 또한 Ni-Mn 대체를 통해 원가를 절감한 만큼 고온 강화 원소인 Mo를 추가함으로써 더 우수한 고온강도를 가지는 새로운 조성을 개발하였다

[재료강도3-3 | 11:40]

Self-Piercing Riveting을 이용한 초고장력강판 접합부 기계적 성질 평가: *박지형 ; *진합볼호프*

Keywords: Self Piercing Rivet, Ultra High Stainless Steel, Light weight

이산화탄소의 규제와 자동차의 연비향상에 대응하기 위해 자동차 차체의 경량화를 위한 많은 연구들이 자동차 선진국가를 중심으로 양산 또는 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 향후 친환경 자동차의 경우 연비 및 환경 규제 뿐만 아니라 주행성능 향상 및 성능 안전장치를 장착되는 부품의 기능수가 증가함으로써 자동차의 무게 또한 증가되고 있다. 자동차의 중량 감소를 위해 여러 가지 방법의 경량화 기술이 적용되고 있는 추세이며, 자동차 차체중량의 30% 정도를 차지하고 있는 차체 및 새시를 경량화하기 위하여 현재 고장력강판, 알루미늄, CFRP(Carbon fiber reinforced plastics), 마그네슘등이 적용되어지고 있는 고급대형차 위주로 적용하고 있으나, 최근에는 중형, 소형 차종에 이르기까지 적용될 정도로 일반화되게 사용되는 경량화 기술이다. 자동차 차체의 중량을 혁신적으로 감소하기 위해 차체 경량화 연구가 계속 요구되는 추세이므로, 기존 차체소재인 일반 강판(Mild Steel)은 (초)고장력강판(PHS)로 대체하여 차량 충돌 시 승객 안전 확보를 위해 차체 외,내재 및 충돌부에 사용되는 고강도에 대한 요구 또한 증가되고 있는 추세이다. 자동차 외측 판재의 경우 인장강도 300 MPa급 강판이 대부분 적용되고 있으며, 앞으로는 600 MPa 수준 또는 1 GPa급(1,000MPa)이상의 초고장력강판, 즉 핫스탬핑(Hot stamping)강 적용이 점차 확대 적용될것으로 판단된다. 자동차 선진국가에서는 해마다 초고장력강판 사용 비율이 증가하는 추세로 많은 연구를 통해 평가 결과 자료를 찾아볼 수 있지만, 국내에서는 아직까지 연구가 시작 단계이므로 초고장력강판에 Self-Piercing Riveting 접합을 통해 사양별 접합 강도 평가에 대한 연구를 진행할 예정이다. 본 연구에서는 자동차 차체 경량화에 대비하여 Self-Piercing Riveting 기계적 접합 방식을 활용하여 초고장력강판을 이용한 이종소재의 접합 강도를 평가 시험 데이터를 확보하여 향후 차체 부품이외에 이종소재 접합이 필요한 설계 사양을 정의한다. 또한 초고장력강판 1470이외에 강스틸 및 알루미늄합금 이종 재료 접합 조건으로 설정하여 접합 시 리벳과 소재의 소성거동을 예측하기 위해 리벳 및 다이의 최적화 사양을 선정하고자 한다. 접합성 평가에 요구되는 주요 치수를 측정하여 접합 유무는 주요 세가지로 판단하며 리벳이 하판 소재에 벌어진 길이(Interlock) 및 리벳 헤드부와 상판 소재 접합부 높이 치수, 리벳 접합 후 하판에 남은 길이로 정하여 연구 수행한다

[재료강도3-4 | 11:55]

Influences of grain size on the room and high temperature mechanical properties of wrought nickel based superalloy: 송영석, *송전영, 구지호, 김영대, 마영화, 석진익 ; *두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.*

Keywords: Wrought nickel based superalloy, IN625, Grain size distribution, Tensile properties, Low cycle fatigue, Stress rupture

Nickel-Chromium-Molybdenum alloy (IN625, UNS designation N06625) is one of the wrought nickel based superalloys, and it has been used for power plant components. They possesses good combination of yield strength, fatigue strength, stress rupture, oxidation and corrosion resistance in high temperature and aggressive environment. Also, this alloy shows good weldability than cast nickel based superalloy. Usually, wrought nickel based superalloys were strengthened by solid solution strengthening from refractory elements such as Nb and Mo. Also, mechanical properties at room and high temperature of IN625 alloy are strongly dependent upon microstructure. However, this alloy shows bi-modal grain size distribution. It is due to δ phase precipitation. Generally, δ phase precipitation acts as barrier to grain growth during solid solution heat treatment and produces bi-modal grain size distribution. This microstructure brings about inhomogeneous mechanical properties and degradation of stress rupture property. To solve this problem, we carried out solution heat treatment at ranging from 1173 K to 1373 K followed by conventional aging heat treatment at ranging from 900 to 950 K. After heat treatment, room and high temperature tensile, isothermal low cycle fatigue, stress rupture test were performed. Results of heat treatment below/above δ phase solvus temperature, microstructures show bi-modal grain size distribution and relatively mono-modal grain size distribution with intra-/intergrain MC type carbides and annealing twin. Also, their mechanical properties such as room and high temperature tensile, low cycle fatigue, stress rupture properties were changed by grain size distribution. And more detailed test results will be examined and discussed.

[재료강도4-1 | 12:10]

주조재 FeMnAlC 경량철강의 Si 첨가 및 시효열처리에 따른 석출경화 및 변형거동의 원자적 관점에서의 고찰: *김치원, 이재현, 문준오[1], 장재훈[1], 박성준[1], 이봉호[2], 이영주[3], 홍현욱* ; *창원대학교 신소재공학부. [1]재료연구소 철강재료연구실. [2]대구경북과학기술원. [3]포항산업과학연구원.*

Keywords: Lightweight steel, 3D atom probe tomography, Shearing, Looping, APB Energy

본 연구에서는 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화를 목적으로 설계한 FeMnAlC 계 주조합금에 대한 기계적 특성 및 변형기구에 대해 고찰하고자 하였다. 대부분의 연구가 열간 압연된 단련합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 부족한 실정이므로 다양한 분야에 대한 적용성을 고려하여 주조합금에 대한 연구를 진행하였다. 무게분율 30% Mn과 1%의 C로 상온에서 austenite기지를 유지하여 고강도를 확보하고, 9%의 Al 첨가로 기존 철강 대비 약 15% 이상 경량화 하는 것이 핵심이다. 또한 용탕의 유동성 개선 및 재료의 융점 감소 효과가 있다고 알려진 Si을 약 1% 첨가하여 주조성을 개선하고자 하였다. FeMnAlC 강은 석출경화형으로, 시효 열처리 시 $L`1_2$ 구조의 규칙상 κ-carbide의 석출에 의한 경화 효과가 나타나는 것이 핵심이다. Si 첨가로 인해 열처리 초기단계에서 경화의 가속화가 나타나 기계적 특성에 영향을 미치므로, Si 첨가에 따른 기계적 특성 변화 및 이로부터 기인되는 변형거동에 대해 연구하였다. 용체화처리 시 Si첨가와 관계없이 기계적 특성 및 변형거동이 유사하며, 인장 변형 시 전위들의 planar glide 에 의한 전위밀도 증가에 의해 microband가 형성되며, 이는 소성변형에 대한 주요 변형기구라고 판단된다. 한편, 시효 열처리한 경우 인장 변형 시, 석출상 κ-carbide에 의해 전위의 활주가 제한되며, 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 C가 존재할 경우, shearing에 요구되는 에너지가 약 390mJ/m^2 더 증가함을 확인하였다. 한편, 본 연구와 달리 전위가 κ-carbide의 분포 방식에 따라 shearing이 아닌 looping 변형기구가 우선적으로 나타난다는 연구가 보고된 바 있다. 따라서 이러한 차이에 대해 이론적 배경에 기반하여 고찰하고자 하였다.

[재료강도4-2 | 12:25]

구형나노압입시험을 이용한 나노포러스 금의 시간의존 변형 거동: *강나리, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 나노압입시험, 나노포러스 금, 시간의존 변형 거동

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.

[재료강도4-3 | 12:40]

Microstructural evolution and mechanical properties of ferritic oxide dispersion strengthened steels made from Si-containing powder: *Barton Arkhurst, 김정한 ; *국립한밭대학교 신소재공학과.*

Keywords: oxide dispersion strengthened steel, nanoparticles, aggregated, equiaxed, atomization

This study presents an oxide dispersion strengthened (ODS) steel produced from a low cost 410L stainless steel powder produced via water atomization. The Ti content and milling times were varied: their influences on the microstructure were analyzed and the mechanical properties were evaluated. It was found that the ODS steels made from Si bearing 410L powder contained Y-Ti-O, Y-Ti-Si-O, Y-Si-O, and Tioxides. The addition of 0.4 wt.% Ti exhibited finer nanoparticle distribution compared with the 0.2 wt.% Ti addition. Most nanoparticles produced after 80 h of milling were aggregated nanoparticles; however, after 160 h of milling, most aggregated nanoparticles dissociated into smaller individual nanoparticles. Perfect mixing of Y and Ti was not achieved even after the longer milling time of 160 h; instead, the longer hours of milling rather resulted in Si incorporation into the Y-Ti-O rich nanoparticles and a change in the matrix morphology from an equiaxed microstructure to a tempered martensite-like microstructure. The overall microhardness of the ODS steel was better than the sintered 410L stainless steel. After 80 and 160 h, the microhardnesses were over 400 HV, which primarily resulted from the finer dispersed nanoparticles and also from the formation of martensitic phases.

[재료강도4-4 | 12:55]

유연 페로브스카이트 태양전지 구성재료의 인장특성: *안승민, 정의대, 송명훈, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 페로브스카이트 태양전지, in situ 인장시험, 유연소자, 굽힘시험, 탄성변형한계

최근 에너지 고갈과 환경에 대한 이슈로 인해 태양전지가 차세대 대체에너지로 각광받고 있다. 태양전지는 장기적으로 이용이 가능하며 무한한 에너지원으로서 현재 성장속도를 이어가면 향 후 20년 후에는 지구상의 가장 큰 에너지원이 될 것으로 예상되고 있다. 많은 태양전지 중에 페로브스카이트 구조의 유무기 복합재료를 이용한 태양전지는 2009년 약 3.8%의 변환효율의 태양전지를 처음으로 개발한 것을 시작으로 현재 약 22%의 높은 효율을 얻는 것처럼 급속도로 발전하고 있다. 페로브스카이트 태양전지는 발전단가가 저렴하고, 간단한 기술을 통해 높은효율의 소자를 제작할 수 있지만 대기상태에 노출되면 쉽게 열화되기 때문에 상용화에 대해서는 한계가 존재한다. 페로브스카이트 태양전지는 다른 태양전지와는 달리 얇게 제작이 가능하기 때문에 플렉서블/웨어러블 태양전지로의 가능성이 매우 높다. 유연 페로브스카이트 태양전지를 제작하기 위해서는 소재 자체의 내구성을 향상시키고, 그것을 상용화시키기 위해서는 기계적 신뢰성에 대한 연구가 필요하다. 유연 페로브스카이트 태양전지에 대한 최근 연구동향은 페로브스카이트 소재 자체의 안정성 및 수분/산소에 대한 내구성을 향상시키는 연구가 대부분이고, 기계적 신뢰성에 대한 연구는 진행되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 유연 페로브스카이트 태양전지에 기계적 신뢰성을 부여하기 위해서 나노역학적 측정기술을 이용하여 소자의 기계적 물성을 측정하고 그것을 기반으로 소자의 유연성을 규명하는 연구를 진행하였다. 유연기판 및 전극을 이용한 페로브스카이트 소재를 제작하고, 홀나노인덴테이션 기법을 통해 얻은 각 코팅박막층의 기계적 물성을 기반으로 각 구성소재의 탄성한계점을 측정하였고, 그 탄성한계점을 기반으로 취성파괴 경향이 가장 크고 소자의 파손을 지배하는 소재는 페로브스카이트임을 확인하였다. 앞서 구한 탄성한계를 실제 소자의 반복굽힘시험을 통해 임계 곡률반경을 측정하여 비교하였고, 페로브스카이트 박막의 일축인장시험을 Push-to-Pull 인장시험 기법으로 진행하여, 정량적인 기계적 물성 및 탄성거동에 대한 연구를 진행하고, 분석하였다.[이 연구는 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014H1C1A1073051)]

[재료강도4-5 | 13:10]

Haynes 282 초내열합금의 시효처리에 따른 미세조직과 인장 변형특성의 상관성에 관한 연구: *신경용, 공병욱[1], 강성태[1], 홍현욱* ; *창원대학교. [1]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 700 ° C/300bar 이상으로 높여 운영하고자 노력한다. 현재 초임계압(USC) 조건에서의 로터는 최대 운전온도 670ºC의 한계를 가지는 오스테나이트 합금을 사용하고 있다. 하지만 극초임계압 로터 소재는 700ºC 이상의 증기 조건에서 견뎌야 하는 소재로 현재 가스터빈에 많이 사용되는 초내열합금이 고려되고 있으며 현재까지 선정된 극초임계압 로터용 후보 소재로는 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 looping mechanism을 형성을 하였고 수냉처리된 1단 시효처리의 경우 Shearing mechanism을 형성함을 고찰하였다. 이해 반해 용체화 처리 후 공냉과 노냉 처리된 1단시효의 경우 2단시효처리보다 항복강도가 낮으며 전위거동은 2단시효처리와 동일하게 Orowan looping mechanism을 형성함을 관찰하였다. 이러한 전위거동은 임계 γ′상의 크기(11.5nm) 이하에서는 Shearing mechanism을 형성하고 임계 γ′상의 크기 이상에서는 Orowan looping mechanism을 형성하는 것을 고찰 하였다. 따라서, 임계 γ′상의 크기와 변형특성간의 상관성을 가지고 있음을 고찰하였다.

P1 : 비철금속
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P1-1]

티타늄 주조용 TiO_2 함유 도가니의 산화물에 따른 반응성 평가: *최봉재 ; *인하공업전문대학.*

Keywords: 티타늄, 주조, 도가니, 알파케이스

티타늄 소재는 제련공정 시, 원소재인 TiO_2 광물의 산소환원이 매우 까다로운 에너지 다소모성 금속이기 때문에 높은 가격과 공급 등의 문제로 시장 확대에 걸림돌이 되고 있다. 따라서, 실용화를 위해서는 가능한 최종제품에 가까운 형상 및 크기의 소형재를 제조하여, 용접 및 절삭 등의 공정을 생략함으로써 비용절감을 기할 수 있는 정형가공기술 (Net shape technology) 개발이 요구된다. 티타늄 합금의 정형가공을 위한 주조공정 중 대표적으로 적용되고 있는 정밀주조공정은 티타늄 합금소재의 최종제품 품질에 절대적으로 영향을 미치는 용융상태가 최초로 시작되는 합금 용해단계에서 도가니/용융금속 간 반응을 최소화할 수 있는 내화물 도가니 재료 개발이 선결되어야만, 고품위의 티타늄 합금 제품을 경제적으로 제조할 수 있는 기반이 다져질 수 있다. 특히, 박육부품을 주조하기 위해서는 용융금속의 유동성 향상이 필수적이기 때문에 반드시 용융금속의 과열이 요구되지만, 도가니 성분에 의한 용융금속의 오염으로 인하여 오히려 유동저항이 증가하고, 부품의 기계적 특성이 저하되는 한계가 있다.따라서, 티타늄 용융금속과 도가니의 반응으로 생성되는 TiO_2 알파케이스 화합물을 활용하여 도가니로부터 용융금속으로의 산소확산을 획기적으로 감소시켜 티타늄 용융금속의 청정화를 유도하고자 한다. 이를 위해 Al_2O_3, ZrO_2, Y_2O_3 산화물에 Ti 분말을 첨가하여 반응생성에 의한 TiO_2, Ti-(Al, Zr, Y) 금속간화합물로 구성된 도가니 소재를 활용하여 티타늄 용탕에 대한 도가니 소재의 반응안정성을 평가하였다.

[P1-2]

A Study on the Physical Chemistry of the Reduction Behavior of Manganese Oxide: *신상균, 엄창호[1], 민동준 ; *연세대학교 신소재공학과, [1]현대제철 제강기술개발팀.*

Keywords: 망간광석, 환원, 탄재내장, 환원가스, 탄화물

최근 망간은 강중의 주요 합금원소 중의 하나로 원가 경쟁력을 가지는 Mn-metal 제조를 위한 생산효율의 개선은 중요한 쟁점이다. 일반적으로, Mn-metal 생산공정의 주요반응은 고상환원반응과 용융환원반응으로 분류할 수 있다. 고상환원반응은 환원가스에 의한 간접환원반응과 탄소에 의한 직접환원반응을 포함하며, 이와 같은 망간환원 반응은 열역학 및 속도론적 관점에서 이해되어야 한다. 고상 망간산화물의 환원성 가스(CO, H2)에 의한 환원한계는 MnO임을 확인하였으며, 환원성 분위기인 CO-CO2 가스분위기에서 CaO 와 SiO2 같은 불순물이 망간산화물의 환원에 미치는 영향성을 평가하였다. CaO 와 SiO2는 광석 중에서 망간산화물과 반응하여 marokite 와 braunite의 화합물 형태로 존재 하며, 이와 같은 화합물은 환원의 구동력 중의 하나인 망간산화물의 활동도는 감소하게 되어 환원반응은 지연됨을 확인하였다. 탄소에 의한 직접환원은 탄재내장 펠렛을 이용하여 온도 및 가스종의 영향성을 평가하였다. 결과로부터 1373 K 이상의 온도에서 망간산화물로부터 manganese-carbide가 생성됨을 확인하였으며, 탄재내장 펠렛 내부에서 생성되는 CO가스 분압에 크게 의존함을 확인 하였다. 이와 같은 CO가스분압은 온도마다 manganese-carbide를 생성하는 평형 CO 분압이 존재하며, CO가스분압의 증가는 manganese-carbide의 생성반응을 저해함을 확인하였다. 용융환원반응의 중요인자인 슬래그중의 망간산화물의 열역학적인 검토를 진행하였다. CaO-SiO2-MnO 슬래그 계에서 망간산화물은 대부분 MnO로 존재하며, 염기도의 증가와 함께 MnO의 활동도계수는 증가함을 확인하였다. 또한, 슬래그 구조분석을 통하여 MnO의 활동도계수는 슬래그 구조와도 밀접한 관계가 있음을 확인하였다.

[P1-3]

타이타늄 및 합금 스크랩의 재활용 공정 기술 개발: *진연호, 양재교 ; *고등기술연구원.*

Keywords: 타이타늄, 재활용, 스크랩, Potentiodynamic Polarization

타이타늄 금속 및 타이타늄 합금은 가벼우면서도 비교적 높은 비강도, 고온에서 기계적으로 성질 및 내식성이 우수하여 각종 공업용, 스포츠용 및 일상생활용품에까지 그 사용영역이 넓어지고 있으며, 최근에는 생체적합성 및 부식 저항성 때문에 치과 재료 등에서도 각광 받고 있다. 이러한 타이타늄은 제품에서의 물리적 특성을 발현하기 위하여 내부 및 외부 불순물 제어가 중요하다. 본 연구에서는 가장 많이 사용되는 타이타늄 및 타이타늄 합금(Ti-6Al-4V)의 가공 중 발생하는 New scrap과 제품 사용 후 발생하는 Old scrap 을 재활용하기 위한 재활용 공정 기술 개발을 수행하였다. New scrap 의 경우 Bulk, Turning chips 등으로 분류하였다. New scrap 중 Bulk 샘플의 경우 표면 산화층이 얇아, 양극산화 공정을 통해 인위적으로 표면 산화층을 형성시킨 뒤 개발한 재활용 공정 적용을 통해 샘플 비교를 진행하였다. 재활용 공정에서의 세척 및 산세 등의 공정 변수를 통해 최적 표면 산화층 제거 공정 조건을 도출하였다. 산세 공정 전/후의 비교를 위해 전기화학분석법 (Potentiodynamic polarization) 과 표면 경도 측정을 통해 분석을 진행하였다.

[P1-4]

B의 첨가에 따른 알루미늄의 미세조직 및 전도도 특성 평가: *김정한, 박민경, 김철우, 조재익 ; *한국생산기술연구원 동력부품소재그룹.*

Keywords: Al-B, XRD, SEM, 상태도

알루미늄은 비강도, 가공성, 내식성 및 전도도가 우수하여 경량화 소재로서 적용범위가 매우 넓은 금속이다. 알루미늄과 다양한 원

소간의 상태도 연구는 금속공학의 기반이 되는 연구 분야로 소재개발에 기초적인 데이터를 제공한다. 알루미늄에 B를 첨가하면 Ti 및 V와 같은 전이금속을 제거하여 전도도를 높일 수 있다. 그리하여 최근 B의 첨가가 알루미늄에 미치는 영향에 대한 연구가 열역학적 해석을 통해 진행되고 있으나, 실험적 데이터가 부족하고 상태도 및 생성되는 상들의 안정성에 대한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 Al-xB (x= 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2, 5, 10 wt%) 의 상태도를 실험적으로 확인하고, B의 첨가량(0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 wt%) 및 용탕 유지시간(0, 5, 10, 20, 50, 100 min)에 따른 미세조직 및 전도도 특성을 평가하였다. OM, SEM, EDS, XRD를 통해 미세조직을 관찰하였고, 전기전도도 및 열전도도를 통해 전도도에 대한 분석을 진행하였다.

[P1-5]

난연성 마그네슘 재활용을 위한 새로운 플럭스 설계 및 연구: *정준영, 김명근, 손근용, 박원욱 ; *인제대학교 나노융합공학과.*

Keywords: Magnesium, Refining flux, Recycling, Chloride

마그네슘 합금은 일반 상용 합금 중 가장 가벼우며 비중이 높기 때문에 자동차 및 전자 부품의 핵심 부품으로 사용되어 수요가 증가하고 있습니다. 그러나 폐 마그네슘 합금 부품의 재활용 과정에 사용되는 SF6 가스는 대표적인 온실가스로 지정되어 있으므로 SF6의 사용을 줄이기 위해 난연성 마그네슘 합금을 개발하였습니다. 하지만 난연성 마그네슘 합금을 재활용에 상용 플럭스를 사용하게 되면 상용플럭스를 구성하는 염화물 중 상대적으로 높은 Gibbs free energy를 가지는 MgCl2, MgO 등에 의해 난연성 원소인 이트륨과 칼슘이 불순물과 함께 저감되어 난연성 마그네슘의 회수율이 급격히 저하된다는 문제가 있다. 본 연구는 난연성 마그네슘의 회수율을 높이기 위해 상용 플럭스를 구성하는 염화물 대신 상대적으로 낮은 Gibbs free energy를 가지는 SrCl2, LiCl, CaCl2, NaCl 등의 염화물을 이용하여 새로운 플럭스를 설계하였다. 플럭스는 열역학적 상평형 계산 프로그램인 Factsage를 이용하여 2원계 및 3원계 플럭스를 설계하였고 새로운 플럭스를 사용하였을 때의 난연성 마그네슘의 회수율을 확인하기 위한 난연화 원소의 거동을 확인하기 위해서 SEM-EDS를 이용한 미세구조분석과 OES(Optical Emission Spectrometer) 분석을 수행하였다.

[P1-6]

용융염 전기분해법을 통한 알루미늄 스칸듐 모합금 제조기술: *이병필, 장승규, 이고기, 이재영 ; *포항산업과학연구원.*

Keywords: 용융염 전기분해, 알루미늄 스칸듐 합금, 스칸듐 산화물, 알루미늄, 스칸듐 환원

스칸듐은 알루미늄 합금에 첨가 시 기계적 성질을 향상시키는 원소로 0.1% 내외의 스칸듐이 함유된 Al-Sc합금은 항공, 군수, 레저/스포츠용으로 사용되고 있다. 일반적으로 알루미늄-스칸듐 합금 제조에는 Sc 2%가 함유된 Al-Sc 모합금이 사용된다. 본 연구에서는 스칸듐 산화물(Sc_2O_3)을 원료로 용융염 전기분해(Molten sats electrolysis)법을 활용하여 Al-Sc 모합금을 제조하였다. 용융염 전기분해에는 불화물계 용융염을 사용하였으며, 음극은 용융 알루미늄, 양극은 탄소 전극봉을 사용하였다. 최종 제조된 Al-Sc 모합금의 Sc 함량은 상용 모합금인 2% 수준이상을 나타내었다.

[P1-7]

A Research on Decreased Average Pore Size of Microporous Ti Implants: *Wonhee Lee, Jeongeun Jin, Kiuk Yang, Hyungmin No, Yonghee Yoon ; *Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.*

Keywords: Titanium, Implant, Porosity, Heat treatment, Anodic oxidation

Microporous Ti implants with completely open pore structure were manufactured by the sintering of spherical Ti powders in a high vacuum furnace. To decrease average pore size of microporous Ti implants, spherical Ti powder with 25~32 um size was sintered by high vacuum furnace in 10-5 torr atmosphere from 1200 ºC during 2hours. Then the microporous implants were soaked in 500 ml of 'β-GP group (solution included 0.02 M of β-Glycerophosphate Pentahydrated and 0.2 M of Calcium Acetate)' and use anodic oxidation. And the microporous implants processed heat treatment in 300 ºC, 10hours. The porosity and average pore size of microporous Ti implants were measured with a mercury porosimeter. The surface morphology was observed by Scanning Electro Microscopy (SEM), the surface atomic composition was analyzed with X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS).

[P1-8]

A Study on Microstructure and Mechanical Properties of TNZ40 Compacts Fabricated by EDS(Electro-Discharge-Sintering): *Wonhee Lee, Seoyoung Park, Kiuk Yang, Hyungmin No, Yonghee Yoon ; *Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.*

Keywords: TNZ40, EDS(Electro-Discharge-Sintering)

Commercially cp Ti and Ti–6Al–4V alloy have been extensively used as biomedical implants in the recent decades due to their low modulus, superior biocompatibility and enhanced corrosion resistance compared to more conventional stainless steel and cobalt-based alloys. However, it was observed that vanadium and aluminum are probably toxic and can cause mutagenic cytology in addition to triggering allergic reactions. All the three constituents in the Ti–Nb–Zr alloy meet the criteria for biomaterials in terms of biocompatibility, resistance to corrosion, mechanical considerations, and ionic cytotoxicity. The addition of Nb to Ti allows stabilizes the β phase in these alloys and possess improved mechanical properties, and also results in improved wear resistance, while the addition of Zr helps in obtaining the solid solution required for achieving the hardness. In this study, in order to observe microstructure and mechanical properties of TNZ40 compacts fabricated by EDS(electro-discharge-sintering). As a condition of input energy increases, cross section analyzes how solid core form, and neck size, between particles and distribution of solid core generated TNZ40 compacts change.

[P1-9]

Ti-39Nb-6Zr 합금의 미량원소 첨가에 따른 생체환경내 부식특성 평가: *황유진, 박양균, 최영신, 이동근 ; *순천대학교 신소재공학과.*

Keywords: Titanium, Aluminum, corrosion properties, tafel plot

TNZ40 (Ti-39Nb-6Zr)합금은 타이타늄에 Nb, Zr을 합금원소로 첨가시켜 탄성계수를 골 탄성계수(10-30GPa)와 비슷하게 낮춘 소재로, 내식성이 좋아 생체 내에서 이온의 용출이 적으며, 세포독성 및 세포융착성 등의 시험에서 우수한 생체적합성을 나타내어 생체용 부품소재로 이용되기에 적합한 소재이다. 하지만 β-타이타늄인 TNZ40합금은 as-casted 소재의 강도가 500-600MPa정도로 낮은 편이어서 알루미늄을 소량 첨가함으로써 항복강도향상 및 후처리 공정기술의 프로세스윈도우를 넓히는 효과를 일으킬 수 있다. 이에, TNZ40소재에 알루미늄의 첨가에 따른 합금의 생체환경내 부식특성을 알아보고자 각기 다른 용액인 NaCl(pH7), NaF(pH 3, pH5)의 분위기 하에서 TNZ40합금과 비교하여 그 특성과 부식거동에 대해 평가·분석하고자 하였다.

[P1-10]

Mg-Al-X 다이캐스팅용 합금의 기계적 및 주조 특성에 미치는 합금원소의 영향(Effects of Alloying Elements on the Mechanical and Castable Properties of Mg-Al-X Alloys by Die-casting Process): *HoJun Park, KwangSeon Shin ; *Seoul National University.*

Keywords: Alloying Elements, Die Casting, Mechanical Properties

마그네슘 합금은 소성가공 시 성형성의 한계로 인해 대부분의 마그네슘 제품은 다이캐스팅 공정을 포함한 주조공정으로 제조되고 있다. 하지만 다이캐스팅 제품의 경우, 기공 등 결함의 영향으로 강도 향상에 제약이 있으며 주조성의 한계로 인해 박육 또는 대형 부품에 적용이 제한되어 왔다. 또한, 마그네슘의 취약한 내부식성 등으로 인해 다양한 제품으로의 적용이 어렵기 때문에 기계적 특성, 주조성, 부식특성 등을 향상 시킬 수 있는 우수한 특성을 갖는 다이캐스팅용 마그네슘 합금의 개발이 절실히 요구된다. 본 연구에서는 다양한 합금원소를 사용하여 강도, 주조성 및 부식성 등을 향상시킨 Mg-Al-X계 다이캐스팅용 합금을 개발하고자 하였다. 이를 위해 열역학 전산모사 프로그램인 Pandat을 통해 최적 대상 후보 합금계를 선정하고, 주조 전산모사 프로그램인 AnyCasting을 통해 최적 진공 다이캐스팅 공정조건을 도출하였다. 350톤 다이캐스팅 장비를 이용하여 시편을 제조하였으며 합금원소 첨가에 따른 다이캐스팅 시편의 미세조직은 광학 및 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 개발 합금의 다양한 특성 평가를 위해 인장 실험을 통한 기계적 특성을 평가하였다.

[P1-11]

마찰접합 된 Duralumin과 AA6063의 부식특성 연구: *원소리, 서보성, 김은혜[1], 하태권[2], 박광석 ; *한국생산기술연구원. [1]강원 테크노파크. [2]강릉원주대학교 신소재공학과.*

Keywords: corrosion, aluminum alloys, friction welding

최근 자동차 부품재료는 국내외 환경규제에 따른 연비향상을 위해 점차 경량화 소재로 대체되고 있다. 기존에 사용하던 철강재료의 대체재료로 비강도가 우수하고 비중이 철강재료의 1/3인 알루미늄이 자동차 경량화 소재로 각광받고 있다. 자동차 부품의 경우 복수의 소재를 사용하거나 부품의 형상에 따라 소재 간 접합공정이 필수적으로 요구된다. 하지만 알루미늄 접합 시 기존의 용융접합은 용융금속에 수소가 잔류하여 기공을 발생시키는 문제점이 있다. 반면 마찰접합은 고상접합법이므로 기공발생이 없어 알루미늄 접합에 많이 이용되고 있다. 최근 자동차 경량화를 위해 철 소재와 알루미늄 접합에 대한 부식특성은 많은 연구가 이루어 졌으나, 알루미늄 소재 간 접합에 대한 접합부의 부식특성은 많이 알려지지 않았다. 이에 본 연구에서는 자동차 경량화의 관점에서 높은 비강도를 가지는 Duralumin과 가공성이 우수한 AA6063합금을 마찰접합 하여 접합부의 부식특성을 연구하였다. 분극실험 결과 Duralumin이 AA6063 보다 더 낮은 부식전위와 높은 부식전류밀도를 나타내었다. 두 재료가 접합 된 경우 혼합전위이론(mixed potential)에 의해 부식전위는 두 재료 사이의 값을 나타냈으며, 부식전류밀도는 Duralumin의 값 쪽으로 이동하였다. 접합된 두 재료 모두 공식(pitting corrosion) 형태의 부식이 발생한 분극실험과 달리 침지시험의 경우에는 Duralumin 부분만 부식이 발생하였고 AA6063 부분에서는 공식형태의 부식이 관찰되지 않았다.

[P1-12]

Mechanical Properties of WZ21 Magnesium Alloys Produced by Twin-roll Casting: *Taehyun Yoon, Tianzhao Wang, Kwang Seon Shin ; *Seoul National University.*

Keywords: Mg-RE-Zn alloy, LPSO, Twin roll casting

The use of magnesium alloys as structural material has been attempted for last few decades thanks to their low densities which makes them one of high specific strength alloys among commercialized materials. In particular, magnesium alloys containing RE and Zn are reported to have remarkable high strength due to their unique LPSO (long period stacking ordered) structure, but high manufacturing cost is still the biggest obstacle to overcome for commercialization. Twin roll casting (TRC) is cost competitive way to produce alloy sheets and this TRC process can significantly reduce time and cost for manufacturing Mg alloy sheets. In this study, thin strips of Mg-2wt.%Y-1wt.%Zn alloy were casted by the horizontal TRC process. A 3.5 mm thick strip was produced and homogenized at 450°C for 24h to reduce centerline segregation. Then samples were hot-rolled down to 1 mm thick and further annealed at different temperatures. Microstructures of the strip before and after the rolling process were analyzed using optical microscopy and SEM. Mechanical properties were also examined by conducting tension and compression tests.

[P1-13]

지르코늄 함량에 따른 구리/지르코늄합금 와이어의 기계적, 전기적 특성 평가: *송철한, 정우철, 한덕현, 양현석 ; *고등기술연구원.*

Keywords: Cu-Zr alloy, wire harness, electrical conductivity, tensile strength

와이어 하네스는 차량내부에 있는 각종 전기전자 장치에 전원 및 전기적 신호를 제공하는 역할을 담당하는 장치이다. 이러한 와이어 하네스는 1960년대 고급차량과 현재차량에 내장된 와이어 하네스의 길이를 비교해보면 200 m 정도가 2.5 Km로 늘어났다. 와이어 하네스의 증가는 차량의 편리성과 안정성에 영향을 주었으며, 앞으로도 첨단설비 적용으로 인하여 증가 할 것으로 예상된다. 하지만 현재 와이어 하네스는 고전도성을 갖지만 모선의 질량과 기계적 강도가 떨어지는 단점이 있다. 이러한 기존 와이어 하네스의 단점을 보완하고자 강도를 높여 주는 원소를 첨가하여 기계적 강도를 향상시키면서 고전도성을 갖는 극세선 와이어를 제조하여, 경량화 및 고효율 화를 얻고자 한다. 본 연구에서는 기존 고전도성을 갖는 구리 와이어의 기계적 특성을 향상시키기 위하여, 강도를 향상시키는 지르코늄을 첨가하였다. 이렇게 첨가한 구리/지르코늄 합금은 지르코늄의 함량(0.1~1at%)에 따라 달라지는 인장강도 값과 전기전도도 값을 측정하였고, 미세조직을 관찰하여, 구리/지르코늄의 금속간 화합물을 분석하였다.

[P1-14]

보호 가스 및 용접 속도 변수에 의한 TIG 용접 후 구리 판재의 기계적 특성 및 미세조직 평가: *한덕현, 정우철, 양현석 ; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: Shied inert gas, Welding speed, copper plate, TIG welding

동관 이음쇠는 냉온수 및 가스 배관의 연결을 위해 사용되며, 브레이징 또는 솔더링 접합공정을 이용해 제작되고 있다. 그렇지만 자동화 공정을 적용하기에는 파이프 및 파이프간의 연결부 사이에서의 간격이 일정하게 유지하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 내부 직경부위의 접합부에서 겹쳐지는 부위는 넓기 때문에 많은 양의 재료의 소모를 야기하여 경제성이 떨어진다. 또한 구리는 열전도도가 뛰어난 재료로써 용접 수행시 적절치 못한 변수 설정으로 인하여 다양한 결함이 존재함에 따라 최적의 조건을 찾아 용접을 수행할 필요가 있다. 본 발표에서는 앞서 말한 문제들을 극복하기 위한 방안으로 자동화가 용이한 TIG 용접을 수행하여 겹쳐지는 부위 없이 재료의 소모를 줄이기 위한 맞대기 실험을 수행하였다. BOP(Bead On Plate) 용접 기초 실험에서 Base 조건을 확인 후 실험을 수행하였으며, TIG 용접시 사용한 변수는 용접 속도와 헬륨 및 아르곤 보호가스이며, 용접 후 판재의 용접 상태를 비교하였다. 사용한 재료는 인탈산동 판재를 이용하였으며, 기계적 특성을 확인하기 위하여 인장시험을 진행하였다.

[P1-15]

Pb, Cl 분위기에서 Alloy 690의 SCC 평가: *신정호, 김동진 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: PbSCC, Alloy 690, TEM, corrosion,

증기발생기는 2 차측에서 터빈을 구동하기 위한 증기를 발생시키는 열교환기로 1 차 계통과 2차 계통의 경계를 이루며 원자력 발전소의 중요한 부품중 하나이다. 증기발생기가 부식현상으로 인하여 손상을 당하는 경우 1 차 계통과 2차 계통으로 방사능물질이 누출되어 안정성 확보에 문제를 초래하게 된다. 증기발생기의 응력부식은 주로 세 곳에서 발생하는데, 작은 곡률 반경을 갖는 U-bend, 관과 지지판의 접촉부, 세관과 기반판사이 틈새에서의 확관 부위이다. 또 이러한 부식을 일으키는 환경은 복수기 누수로 인한 해수로부터의 Cl- 유입, 고온 고농도 알카리 용액, 수처리 물질에 포함된 황 및 보급수 계통의 동합금에서의 Pb성분이 함유된 용액 등이다. 이에 납과 염소이온을 포함하는 환경 하에서 Alloy 690의 균열 민감성을 알아보았다. 실험은 납과 염소이온을 포함한 용액을 오토클레이브 안에 채운후 Reverse U-bend 시험편을 장입하여 310ºC까지 올렸다. 이후 광학현미경(OM)을 이용하여 균열길이를 측정후 표면 산화막을 분석하기 위하여 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 관찰하였다. 실험결과 106.5 μm TGSCC가 관찰되었으며, 응력부위의 산화막 TEM분석결과 침투형 산화층이 발견되었다.

[P1-16]

5182 알루미늄 판재의 온간 성형성과 Spring back 현상 이해: *장동혁, 김우진 ; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온재료실험실.*

Keywords: Al-5182, High-Temperature Tensile Test, Spring back Test & Simulation, Processing Map

알루미늄 합금은 작은 Young's Modulus로 인해 상온 가공시 많은 탄성에너지가 저장되어 Spring Back 현상이 발생하며 상온에서연성 또한 좋지 못하여 고온 성형이 요구되는 합금이다. 이번 연구에서는 알루미늄 합금 중 자동차 판재로 사용 될 Al-5182 합금의 온간 성형성과 Spring back 현상에 대한 연구를 진행하였다. Strain rate=10^-1/s, 10^-2/s, 10^-3/s, 5x10^-4/s, Temp= 150~450ºC 조건에서 Al-5182 합금을 고온 인장 실험하였다. 실험 결과인 물성치(True Strain-True Stress curve)을 얻었고 이를 Simulation Program(SIMUFACT)에 데이터화하였다. 실제 Spring back Test를 (Temp=150~350 ºC / 등온, 비등온 실험) 진행 하였고 시뮬레이션 프로그램 (SIMUFACT)에 모델링을 하여 Spring back simulation을 진행하였다. Spring back Test 와 Simulation 결과를 비교하여 고온 인장 실험 결과로 나타난 물성 (True Strain-True Stress curve)이 적합한지 확인하였다. 또한 온도, Blank Holding Force(BHF), Punch Speed, Friction에 따른 Al-5182 합금의 Spring back 현상을 분석하였으며 그 결과 성형 온도가 가장 Spring Back 현상에 큰 영향을 주는 요인이었고 250~300ºC(등온실험)에서 Spring back 현상이 완화 되었다. 고온성형시 온도와 Strain rate에 따라 내부 조직 변화와 성형 안정성이 달라지기 때문에 고온성형 안정성 지표인 에너지 분산 효율(efficiency of dissipation)과 소성 불안정 기준(instability criteriom)을 계산하여 processing map Processing Map을 작성하여 고온 성형성을 평가하였다.

[P1-17]

Removal of Iron from Ilmenite through Selective Chlorination Using CO-Cl_2 Gas Mixture: *Lie Ling, Sung-Hun Park, Jae-Young Jung, Ho-Sang Sohn ; *Kyungpook National University.*

Keywords: ilmenite, selective chlorination, CO/Cl_2 flow ratio, removal ratio of iron

Titanium is usually extracted from rutile. However, as the resource of rutile is exhausting, the ilmenite ore could be an alternative resource by removing iron. In this study, the chlorination of ilmenite ore was carried out by $CO-Cl_2$ gas mixture. The effect of the temperature, the CO/Cl_2 ratio and the particle size of ilmenite were investigated. About 10 g of ilmenite powder were used during the experiment. The range of the particle size was 45~300 μm. The experiment was carried out at the temperatures of 700°C, 800°C, 850°C and 900°C. The chlorinated sample was analyzed by XRD, SEM and ICP. The weight of the chlorinated sample was measured and the removal ratio of iron was calculated according to the analysis results. It was found that the removal ratio of iron increased with CO/Cl_2 flow ratio and temperature. After reaction with $CO-Cl_2$ gas mixture, pores were found on the surface of ilmenite particles, which can explain the phenomenon of the removal of iron. The iron in the ilmenite ore was almost removed after the selective chlorination process. The removal ratio of iron reached an extremely high value of 98% at 900°C, when the total flow rate of gas mixture was 10 cm^3/s and the CO/Cl_2 ratio was 1.

[P1-18]

Microstructure of Al-8Zn-2.5Mg-2Cu (wt.%) alloy strip fabricated by twin roll casting: *Zang Qianhao[1,2], Yu Huashun[2], Kim Hyoung-Wook[1]; [1] *한국기계연구원 부설 재료연구소.* [2]*Shandong University.*

Keywords: aluminum alloy strip; twin roll casting; microstructure; center segregation; annealing treatment

Al-8Zn-2.5Mg-2Cu (wt. %) aluminum alloy strip with 5.5 mm thickness was fabricated by twin roll casting (TRC). The microstructure and hardness of the alloy strip were investigated by using OM, SEM, EDS and hardness tester. Fine and equiaxed grains were obtained in the as-cast alloy strip. However, the center segregation was observed in center area. The grain size and secondary dendrite arm spacing (SDAS) increased from the surface to the center of strip. The secondary phases were mainly $Al_2Mg_3Zn_3$ (T phase) and Al_2CuMg (S phase), and Al_7Cu_2Fe phase was presented in the center area. Annealing treatment (400°C- 1 h) was applied to relieve the center segregation and the inhomogeneous microstructure from the center to the surface before rolling process. The microstructure of annealed alloy strips was similar with that of as-cast strip, but some center segregation and particles in the surface area and middle area dissolved in the matrix after annealing treatment. The alloy sheet with a thickness of 1mm was obtained from the annealed strip by hot rolling and cold rolling. The annealed strip had good workability and no cracks occurred during rolling processes due to the fine cast structure.

[P1-19]

압연 공정에 의한 Nb-Ti 합금의 미세조직 변화에 관한 연구: *김용호, 유효상, 김효성[1], 황덕영[1], 손현택 ; *한국생산기술연구원. [1]KAT(주).*

Keywords: Nb-Ti alloy, rolling, microstructure, superconductor

Nb-Ti 합금은 우수한 특성으로 인해 초전도체, 생체재료 및 형상기억합금 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 초전도체는 임계 온도(T_c)에서 저항이 없어 전류를 손실 없이 흘릴 수 있고, 포화 자장에 제한을 받지 않고 공심 코일로 고자장을 발생시킨다. Nb-Ti 초전도체는 Nb_3Sn, Nb_3Al, Nb_3Ge, V_3Si, V_3Ga 등과 같은 A-15형 화합물 초전도체로 산화물계 고온 초전도체에 비해 상부임계자장(H_{c2})값이나 낮은 임계온도를 가지고 있지만 우수한 가공성 및 기계적 성질을 가지고 있어 선재 제조와 취급이 용이하며 변형에 따른 급격한 열화 현상이 없어 초전도 마그넷 코일 재료로 사용되고 있다. 본 연구에서는 Nb-Ti 원소재를 상온에서 압연 공정을 이용하여 변형량 변화에 따라 Nb-Ti 판재 제조하였고, 405°C 온도에서 열처리하여 가공량 변화에 따른 α-Ti 분율 및 미세조직 변화를 관찰하였다. 변형량 및 열처리에 따른 특성을 평가하기 위해 FESEM을 이용하여 상분율 및 미세조직 분석을 진행하였다.

[P1-20]

단면적 감소에 따른 초전도 Mg+2B 분말/Nb/Cu 소재의 분말 충진도 및 미세조직 변화 연구: 박상용, 현승균, 정하국[1], *이종범[1]; *인하대학교 신소재공학과. [1]한국생산기술연구원 뿌리산업연구소.*

Keywords: MgB_2, Hydrostatic extrusion, Powder densification, Microstructure

제 2종 초전도체인 MgB2는 LTS(Low Temperature Superconductor, Tc≤20K)보다 높은 임계온도 (Tc=39K)를 가지고 있어 값비싼 액체헬륨을 사용하지 않고 액체수소 혹은 극저온냉동기로 냉각하여 높은 자기장에서 우수한 $J_c(H)$와 H_{c2}을 가지며, HTS(High Temperature Superconductor)보다 원소재의 가격이 저렴하고 상대적으로 낮은 이방성으로 인해 장선재를 만드는 과정에서 집합조직을 형성시키지 않는다. 또, MgB_2는 초전도체 중에서도 낮은 밀도(2.6 g/cm^3)를 가지고 있어 공간활용 분야에 적합하여 MRI장비에 적용할 수 있다. 초전도선재에 사용되는 MgB_2는 in-situ (Mg+2B) 혹은 ex-situ (MgB_2) 분말을 PIT(Powder In tube)공법에 적용하여 선재를 제조한다. PIT에 사용되는 Sheath 금속은 MgB_2-core와 반응하지 않고, 기계적 가공에도 core의 형태를 유지할 수 있는 적절한 경도와 연성을 갖춰야 한다. 이에 적합한 금속으로 Fe, Ni, Ag, Cu 등이 있으며 Cu는 우수한 열적 특성을 가지고 있어 quenching과정에서 빠른 열 교환이 가능하지만, Mg와 반응하여 core와 sheath 계면에 금속간 화합물을 형성시킨다. 이를 방지하기 위해서 Core와 sheath사이에 Nb, Ta, Ti 등의 확산방지층을 사용한다. Mg-B_2의 충진도에 따라 임계 전류 밀도에 영향을 준다. 정수압 압출 공정은 높은 압력하에서 압출되기 때문에 core의 밀도를 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 in-situ MgB2를 사용하여 Mg+2B/Nb ba/ Cu 빌렛을 제조하고, 정수압 압출 공정으로 압출재를 제조한 뒤 압출재의 단면적을 감소시키기 위해서 스웨징, 공형압연, 인발 공정을 적용하였으며, 단면적 감소에 따른 core 밀도와 barrier와 sheath의 미세조직 변화 등을 관찰 분석하였다.

[P1-21]

RS공법에 따른 Ag-Ni Alloy Overlay Clad Strip의 Brazing 공법 개선: *이효원, 박재성, 박주현 ; *희성금속㈜*

Keywords: Ag-Ni Alloy, Overlay Clad, Cold Rolling, RS(Ring Slitting)

전기 개폐기용 핵심부품인 Ag-Ni Alloy Overlay Clad Strip은 전기 개폐기 부품의 소형화, 지능화, 고기능화 등에 따른 전기개폐기 핵심부품의 집적화, 경박단소화가 급격히 발달에 따라 미래산업에서 꼭 필요한 정밀성 및 고기술을 요구한다. 따라서, 전기 개폐기용 Ag-Ni Alloy Overlay Clad Strip에 대한 연구개발이 요구되고 있으며, 특히 고부가가치를 위한 품질특성의 표준화 및 생산성 향상을 위한 최적 제조공정 라인구축이 필요한 실정이다. 기존 Ag-Ni Alloy Overlay Clad Strip은, Brazing 시 측면 삼투압 현상으로 Brazing이 안 되는 경우가 발생 하고 있다. 또한 Brazing 후 절단을 할 경우 Strip재가 뒤틀리는 현상이 발생한다. 이에 본 연구는 RS(Ring Slitting)법을 이용하여 Ag-Ni Alloy Strip의 Brazing 접합 불량 발생 제어와 절단 시 발생하는 뒤틀림 현상을 제어 하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래드 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행하였다.

[P1-22]

Hot Press 진공 소결을 이용한 Ag-M 접점 소재 개발: *구유성 ; *희성금속㈜*

Keywords: 접점, 소결

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. 분말 진공 소결을 이용하여 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.

[P1-23]

DC Plasma를 이용한 건식 Ag-M 분말 제조를 이용한 Ag-M 합금 접점 소재 개발: *권오집, 박주현 ; *희성금속㈜*

Keywords: 접점, Ag-Ni, Contact, Electrical, 스위치

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 금속 입자를 미세 분포시켜, 전기전도도 및 강도의 향상에 목적을 두었으며, 실제 접점 소자로 구동의 평가를 진행 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.

[P1-24]

Solid Oxide Membrane (SOM) Process를 위한 Fluoride계 용융염의 열역학적 특성 평가: 이유민, 양재교[1], 민동준[2], *박주현 ; *한양대학교. [1]고등기술연구원. [2]연세대학교.*

Keywords: Solid Oxide Membrane (SOM) Process, Magnesium extraction, Ceria, Molten Salt, MgO solubility

Solid Oxide Membrane (SOM) Process는 산화물로부터 금속을 직접적으로 생산하는 제련법으로 마그네슘 제련에 널리 쓰이고 있다. 기존의 마그네슘 제련 기술인 Pidgeon Process나 Electrolysis Process와 비교하여 에너지 저감과 친환경적 기술의 관점에서 장점을 가진다. 현재까지 개발된 마그네슘 제련을 위한 SOM Process는 1200-1300°C의 온도에서 적용 가능한 YSZ membrane을 사용한다. 하지만, 최근 YSZ보다 낮은 온도에서 더욱 우수한 이온전도도를 갖는 Ceria계 membrane을 이용한 제련법이 개발되고 있다. 1000°C 이하의 비교적 저온에서 SOM process를 구현하기 위해서는 융점이 낮으면서 Mg의 원료인 MgO의 용해도가 높은 용융염이 동시에 설계되어야 함에도 불구하고 이에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다. 따라서, 본 연구에서는 ceria계 membrane을 이용한 SOM Process가 가능하도록, 융점이 낮고, MgO 용해도가 높은 새로운 용융염 시스템을 설계하였다. 용융염 조성을 열역학

적 소프트웨어인 FactSage7.0과 DSC를 통해 고찰해본 결과, LiF와 NaF가 MgF_2-CaF_2에 첨가됨으로써 용융염의 융점을 1000°C 이하로 낮출 수 있음을 확인하였다. 또한, 용융염 내의 MgO 용해도를 실험적으로 확인하고, 실시간 용해 거동을 고온공초점레이저 주사현미경(CSLM)을 이용하여 관찰하였다.

[P1-25]

박판주조법으로 제조한 Al-0.6wt%Mg-1.2wt%Si 합금의 인장특성 및 소부경화 특성: *주기철[1,2], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1], 김양도[2]; *[1] 재료연구소 [2] 부산대학교.*

Keywords: Twin-roll casting, Aging, Paint baking, Precipitation, Mechanical properties

자동차의 연비향상 및 이산화탄소 배출 저감을 위하여 자동차 차체 경량화가 필수적이며 기존 철강 판재를 알루미늄 판재로 대체하기 위한 연구가 많이 수행되어 왔다. 자동차 차체용 6xxx계 알루미늄 합금 판재는 도장 소부경화처리 시 우수한 시효경화특성으로 인해, 강도 및 내덴트성(Dent resistance)을 필요로 하는 자동차 외판에 주로 사용된다. 현재 6xxx계 알루미늄 합금판재를 차체에 적용할 경우 기존 철강 차체보다 비용이 증가하므로, 판재 가격을 낮추기 위해 주조와 동시에 압연공정을 거치는 박판주조법을 이용하여 판재를 제조하는 방법이 연구되고 있다. 그러나 박판주조법으로 제조된 6xxx계 알루미늄 합금 판재의 기계적 특성 및 시효처리 특성에 대하여 보고된 바는 적다. 본 연구에서는 기존 6xxx 상용판재와 같은 조성인 Al-0.6 wt%Mg-1.2 wt%Si 합금을 박판주조 하여 두께 5 mm인 판재를 제조하였으며 두께 1 mm인 판재를 얻기 위해 열처리 및 냉간압연 하였다. 최종열처리를 통하여 인장강도 277 MPa, 항복강도 146 MPa 및 연신율 32% 이상인 소재를 제조할 수 있었으며, 제조된 판재에 대하여 소부경화처리 시 항복강도 증가를 위하여 시효경화거동을 평가하였다. 적절한 예비시효처리 시 소부경화처리 후 항복강도가 250 MPa 이상인 우수한 소부경화특성을 보이는 판재의 제조가 가능하였다.

[P1-26]

Al-Mg 합금 용탕에서의 Ca의 용융, 분배 및 선택적 산화 거동: 윤영옥, *하성호, 김봉환, 임현규, 김세광 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Mg alloy, Ca, Selective oxidation

Mg은 대부분의 Al 합금에 첨가원소로서 사용되며, Mg 첨가량의 증가는 강도 및 내식성의 상승뿐만 아니라, 소재의 경량화에도 기여한다. 반면에 Mg의 강한 산소친화력 때문에 용해공정 중에 Mg계의 산화물을 발생시켜 5 wt% 이상의 첨가는 제한적이다. Mg과 같은 알칼리 토 금속의 하나로 Ca의 첨가는 용탕중 Mg의 산화를 해결할 수 있다. Al에 비해 표면활성이 강한 두 원소는 산화분위기에서 우선적으로 산화되어 산화층을 형성한다. 그러므로, Mg과 Ca 그리고 이들을 포함한 상들의 분포는 산화거동에 영향을 미친다. Ca은 순금속의 pellet 형태로 첨가될 수 있고, Ca을 포함한 모합금으로도 사용될 수 있다. 전자는 순Ca의 용융에 따라, 후자는 모합금내의 고용체 및 혼합상의 분해에 의해 Ca 분배거동을 나타낼 것이다. 따라서, 이들이 용탕중 Ca의 선택적 산화거동에 영향을 미칠 수 있으며, 이는 용탕 유동의 변화로까지 이어질 수 있다. 본 연구에서는 5 wt% 이상의 Mg이 첨가된 Al 합금 용탕에 상기의 두 종류의 Ca 첨가물을 사용하였을 때의 산화거동을 조사하는 것을 목표로 하였다.

[P1-27]

2종 이상의 알칼리 토금속 원소가 첨가된 Al 합금의 표면산화: *하성호, 윤영옥, 김봉환, 임현규, 김세광 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Mg alloy, Ca, Be, Oxidation

Al 합금에 있어서 Mg은 주요한 첨가원소로서 활용되며, 이의 증가는 강도 및 내식성을 상승시키고, 소재의 중량을 감소시킬 수 있다. 그러나, 알칼리 토 금속의 특성상 산소와의 강한 친화력 때문에 용해공정 중에 Mg계의 산화물을 발생시켜 5 wt% 이상의 첨가는 제한적이고, 5 wt% 이하의 첨가범위에 있어서도 Mg의 산화는 피할 수 없다. 이를 방지하기 위해 일반적으로 Be이 첨가되어 왔으며, Ca 또한 Mg의 내산화성을 향상시킬 수 있는 대표적인 원소로 알려져 왔다. Mg과 같은 알칼리 토 금속임에도 이들 원소가 내산화성을 향상시키는 이유로는 Mg과 마찬가지로 높은 산소친화력에 의해 Mg과 함께 표면에 집중되어 치밀한 산화막을 구성하기 때문으로 보고되고 있다. 하지만, 오로지 표면활성에 의해서 내산화거동을 이해하는 것은 한계적이다. 본 연구에서는 5wt%이상의 Mg을 포함한 Al-Mg 합금에 내산화를 위해 Ca 혹은 Be이 첨가되었을 경우에 대한 산화거동을 조사하는 것을 목표로 하였다. 산화막 형성 거동을 예측하기 위해 열역학 계산 소프트웨어인 FactSage를 이용하여 상기의 원소들이 혼합된 조건에 대한 산소분압 상태도를 작성하였고, 산화실험 및 표면관찰을 통해 이에 대한 검증을 수행하였다.

[P1-28]

Coupled reaction model을 이용한 동 제련 슬래그 - 용융 황화물(매트) 간의 속도론적 해석: *신승환, 김선중[1]; *조선대학교대학원 첨단소재공학과 [1]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Copper smelting slag, Cu removal, matte, kinetics, coupled reaction

동 제련 슬래그는 2 wt.% 미만의 Cu 산화물이 혼재되어 있고 철 자원인 FexO 가 30~50% 이상 함유하고 있다. 동 정광의 부족으로 동 품위가 매년 감소하고 있고 동 제련 공정에서 발생하는 슬래그의 발생량은 매년 증가하고 있다. 동 제련 슬래그의 탄소를 이용한 환원 공정을 통해 FexO를 Fe로 손쉽게 환원할 수 있으나, 슬래그 내 함유된 Cu 산화물이 동시에 환원되어 환원된 Fe 내에 Cu가 함유된다. 철강 제품 중 Cu는 열간 가공성을 저해시키는 유해원소이며, 현 철강 제련공정에서는 제거가 어려운 원소이다. 본 연구에서는 기존에 알려진 열역학 데이터와 Double film theory를 이용하여 다원계 슬래그와 FeS 계 매트 간의 Coupled reaction model을 구축하였다. 다원계 슬래그 내 산화물의 활동도 계수(activity coefficient)는 Regular solution을 이용해 계산하였고, FeS 계 매트에서의 FeS 및 Cu2S의 activity coefficient는 기존의 알려진 데이터를 사용하였다. 기존에 보고된 실험데이

터를 바탕으로 FeS의 투입량에 따른 슬래그 내 구리 함유량을 반응모델과 비교하여 검증하였다. 반응 모델을 이용하여, 동 제련 슬래그에서 Cu 함유량을 낮추기 위해 필요한 슬래그 염기도 및 온도에 대한 영향을 알아보았다.

[P1-29]

고강도 Al-Zn-Mg 합금의 성형이력에 따른 시효거동의 변화와 미세조직 및 기계적 특성 평가: *양승윤, 김봉환[1], 하성호[1], 윤영옥[1], 김세광[1], 김영직 ; *성균관대학교, [1] 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구본부.*

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloy, Al2Ca, Hot Rolling, MgZn2

현대 산업의 중요한 화두로서 지구온난화 등의 환경문제는 여전히 중요한 숙제로 남아있다. 이에 따라 전세계적으로 수송기기 분야에서는 연비 향상과 배기가스 감축을 목표로 기술개발을 추진해 왔다. 이를 해결하기 위한 하나의 수단으로 자동차 제조사에서는 차체의 무게를 줄이는 것이 논의되어 왔다. 이러한 이유로 알루미늄, 마그네슘, 타이타늄과 같은 경량 금속들이 운송 수단의 구조재료로 주목을 받아왔다. 최근 알루미늄 전신재 중에서, 항공기의 구조재료로 널리 사용되어 오던 7000계열 알루미늄 합금이 자동차 부품에 대해서도 적용한 예가 증가하고 있으며, Hot stamping과 같은 다양한 가공 기술에 대해서도 연구가 이루어지고 있다. 7000계열 알루미늄 합금은 Zn과 Mg을 주요 합금원소로 하는 석출강화형 열처리 합금이다. 그러므로 7000계열 합금의 최종적인 특성은 압연, 압출, 단조와 같은 소성가공 후 이루어지는 열처리에 의해 결정이 된다. 그러나 석출물의 석출 거동은 외부적인 열처리 환경뿐만 아니라 전위 밀도와 같은 내부적인 변형 상태의 의해서도 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 이러한 점에 주목하여 소성가공이 Al-5.8Zn-1.6Mg 합금의 열처리 후 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 연구를 진행하였다.

[P1-30]

Enhancement of mechanical properties of Cu – Mn – X shunt alloys by second phase dispersion strengthening with positive heat of mixing: *Seong Jun Kwon, Yeon Beom Jeong, Young Seok Kim, Hae Jin Park, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim* ; *Sejong University.*

Keywords: Shunt resistor, Cu – Mn alloy, Mechanical property, Dispersion strengthening

Shunt resistors are low resistance precision resistors used to measure electrical currents by the voltage drop across the resistance created by the currents. These devices are core components of energy measuring devices and sensors as part of Smart Grid and electric vehicle industries. Depending on miniaturization of electronic equipment, the demand of compact shunt resistors with good mechanical properties is increasing. Cu-Mn alloys have been researched for shunt resistor material because copper has high electrical conductivity and manganese effectively decreases temperature coefficient of resistance in copper alloy system. Increase of manganese component serves improvement of mechanical property by solid solution hardening; however, it also causes negative influence on electrical conductivity of copper, moreover, it doesn't meet enough hardness. Enhancing mechanical property with sustaining electrical property, adding immiscible elements for dispersion strengthening which forms high strength separate phases, for example Cu-Fe, has been of increasing interest in recent years. In this study, we researched improvement of mechanical properties of Cu-Mn alloy with adding minor elements (X = 1, 3,5wt %) which has positive heat of mixing with copper. The samples were prepared by induction casting. The microstructure and phase analysis were examined by using Scanning electron microscope (SEM) and X-ray Diffraction (XRD). Mechanical properties were measured by Universal Testing Machine (UTM) and Nano Indenter. From these results, we researched the influence of different composition and addition of minor elements on changes of microstructure and mechanical properties of Cu-Mn alloys for shunt resistor material.

[P1-31]

Investigation color difference of Cu-x alloys with the various composition: *Siyeon Choi, Yeonbeom Jeong, Haejin Park, Younghoon Lee, Youngseok Kim, Sunghwan Hong, Jeongtae Kim, Kibuem Kim* ; *Sejong University.*

Keywords: Color metal, Alloy design, L*a*b* color space, optical properties, Cu alloy

Color of a solid material is usually encountered among dielectrics, semiconductors and insulators but not for metals with the exception of gold, silver and copper. Until now, the color materials have been manufactured by covering organic solvent and using anodizing process. These processes have problems as additional process, for example, the color of inside and outside are different when material surface peel off. Recently, the color metals that used alloy design get a lot of attention to solve this problem. In many alloys, Cu-based alloy get a lot of attention, because copper used on the accessory parts of luxury automobiles and electronic products. For these reasons, study of the Cu-X alloy is needed to possess suitable mechanical properties and color, in particular it must have beautiful color. In this study, color change of Cu-X alloy was investigated at each composition. To express color change objectively, CIE L*a*b* value and color space that widely used in industry was used. Also, the color technically was represented and the color difference was checked according to composition by using color reflectance value per wavelength. The crystal structure and phase was determined by X-ray diffraction (XRD). The microstructure of the sample was observed by scanning electron microscopy (SEM). The color of the alloy was determined by spectrometer. The color difference was expressed by the CIE L*a*b* color coordinate system. Based on these results, the influence of the composition on color change of Cu-X alloy was discussed.

[P1-32]

동 함유 슬러지로부터 고순도 구리 회수를 위한 전해공정 기술 개발: *성현진, 이기웅, 서영명 ; *성일하이메탈(주).*

Keywords: 동함유 슬러지, 구리, 전해정련, 전해채취

본 기술개발은 저품위 동 함유 슬러지(Cu 함량 20% 미만)내 유가금속 회수를 위해 슬러지 농축기술, 환경친화형 환원 용해기술과 고속전해정련기술을 연계하여 고순도 다품종 금속(Cu, Au, Ag 등)의 회수 및 이를 소재화하기 위한 상용화에 목적이 있다. 대상소재는 동 함유 슬러지, PCB에칭 및 도금시 발생하는 폐액 처리 중 중금속 제거 공정에서 발생하는 슬러지로써 수분이 50-70% 함유하고, Cu의 함량은 20% 미만이다. 종류는 PCB 에칭슬러지, 도금 슬러지(PCB, 전자부품, 자동차 및 일반 도금 슬러지)등 이 있다. 본 기술은 저품위 동 슬러지의 고농축/벌크화공정, 대기오염 저감형 고온 환원 용융/정련 시스템 설계/제작 및 재자원화 공정, 전해정련 공정과 귀금속 침출 공정 등의 공정 연계 및 이를 통합한 다품종 금속소재 상용화 기술개발이 핵심 내용이다.

[P1-33]

선택염화에 의한 네오디뮴 자석 스크랩으로부터 희토류 회수: *이소영, 박성훈, 윤세영, 손호상 ; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: PVC, Pyrolysis, Chlorination, NdFeB magnet, HCl

네오디뮴 자석 생산 공정에서 발생하는 자석 스크랩에는 Nd, Dy등 고가의 희유원소가 함유되어 있다. 본 연구에서는 PVC가 열분해 될 때 발생하는 HCl 가스에 의한 선택염화법을 통해 자석 스크랩 중 희토류 원소를 회수하고자 하였으며, 실험 온도 및 PVC 첨가량의 영향을 검토하였다. 실험은 네오디뮴 자석 스크랩 4 g과 PVC 4 g을 혼합하여 펠렛을 제조한 후 로드셀에 장입하고, 상온에서 1000°C까지 1°C/min 의 속도로 승온하여 온도 상승에 따른 무게 변화를 관찰하였다. 위와 동일한 pellet을 이용하여 무게 변화가 일어난 온도 범위에서 100°C마다 1 시간동안 등온 실험을 수행하였다. 또한 자석 스크랩에 대한 PVC의 비율을 다르게 하여 600°C에서 한 시간 동안 등온실험을 수행하였다. 이후 XRD 분석을 통해 실험 후 생성물의 상을 확인하였고, 도가니 내에 남아있는 시료를 수침출하고 여과한 이후 ICP를 이용하여 Fe, Nd, Dy의 농도를 분석하였다. 원시료 ICP 분석 결과, 네오디뮴 자석 스크랩에는 Fe 60.7 wt.%, Nd 17.9 wt.%, Dy 5.0 wt% 가 포함되어 있었다. 승온실험 결과, 300°C와 430°C에서 급격한 무게 감소를 확인하였으며, 이는 각각 HCl 생성과 polyene 구조의 방향족 탄화수소 화합물 형성에 기인한 것으로 사료된다. 또한, $Nd_2Fe_{14}B$가 염화되어 NdOCl 또는 $FeCl_2 \cdot 4H_2O$으로 상변화되었음을 확인하였다. 수침출 이후 잔사를 분석한 결과, 염화물 없이 Fe만 존재하였다. 등온실험 결과, 300°C 에서는 Fe와 Nd, Dy 모두 회수율이 낮았고, 600°C에서 가장 높은 회수율을 나타내었다. 스크랩 대비 PVC 첨가 비율을 다르게 하였을 때, PVC 비율을 40%로 하여 혼합한 경우에는 모든 원소에 대한 회수율이 낮았고, PVC 첨가 비율이 증가할수록 Nd와 Dy의 회수율도 증가하였다.

[P1-34]

첨가원소 및 열처리 조건에 따른 Co계 초합금의 미세구조 변화: *임혜지, 최벽파 ; *한국과학기술원.*

Keywords: Superalloy, Cobalt, microstructure, alloying element

초합금(superalloy)은 초내열성, 고온강도, 크립 저항, 내산화성, 내식성 등 고온에서 우수한 특성을 지닌 금속재료로서 항공기 및 발전소 가스터빈용 합금으로 대량 생산되고 있으며 지난 50년간 에너지 생산기술의 핵심 금속재료로 활발한 연구가 진행되고 있다. 초합금의 우수한 특성은 특수미세구조에 의해 얻는데, 고성능 단결정 초합금의 경우에는 미세구조가 $L1_2$ 결정구조를 갖는 입방형 형태의 gamma' 석출물과 fcc 결정구조를 갖는 gamma 기지상으로 구성되어 있다. gamma/gamma' 미세구조를 갖는 초합금은 가스터빈의 가장 핵심적인 부품인 터빈블레이드 제조에 이용되고 있다. 터빈블레이드는 고온 (1000°C 이상) 고압 상태와 거친 화학적 부식 환경에서 장시간 기계적 손상 없이 작동해야한다. 고온에서 우수한 초합금의 기계적 특성은 gamma'상의 석출에 의존한다. Ni계 및 Fe계 초합금에 관한 연구는 지난 수십년 간 꾸준히 진행되고 있는 반면, Co계 합금에 대한 연구는 최근 수년간 급속히 증가하고 있다. 약 10년 전 일본에서 Co-Al-W계 합금에서도 Ni계 초합금과 유사한 gamma/gamma' 미세구조를 발견하였다. 그 이후 Co계 합금은 Ni계 함금의 잠재적인 대체재료로 많은 각광을 받고 있다. 현재 주로 연구된 Co-Al-W합금은 실제로 고온재료로 응용되기는 어려운데, Co-Al-W합금의 가장 큰 문제점은 gamma'상의 낮은 안정성과 높은 W함량에 의한 높은 합금밀도이다 (약 10 g/cm^3). 따라서 Co-Al-W합금은 실제로 가스터빈 제조에 응용되기가 어렵다. 본 연구에서는 Co-Ti 합금을 바탕으로 ternary 원소를 첨가하여 아크멜팅기로 합금을 주조하였다. Ternary 원소의 종류 및 함량 조절 및 열처리 조건을 조절하였을때 g/g' 미세구조 (상분율, 석출물 형태, gamma/gamma' 격자상수) 및 특성 변화를 주사전자현미경(SEM)과 투과전자현미경(TEM) 등을 통하여 분석하였다.

[P1-35]

흡음,제진용 알루미늄 발포금속의 제조및 응용: *허보영, N.S. Reddy ; *경상대학교 공대 재료공학부 금속공학전공.*

Keywords: 발포금속, 흡음성, 내열성, 제진성

발포금속은 알루미늄에 수은을 증발시키는 방법으로 발포 알루미늄을 제조하기 시작하여. 균질한 기공의 조절, 연속 주조 방식과 원가절감, 그리고 제조기술의 진보를 통하여 다양한 분야에 적용되고 있다. 그러나 실용화를 위해서는 요구특성을 만족하고 동시에 가격 경쟁력을 가진 제조기술의 보유 및 개발과 독특한 특성을 활용한 새로운 적용 분야의 개척이 필요하다고 본다. 일부 자동차 생산 업체를 중심으로 발포금속을 적용하기시작하였으며, 완제품 생산은 실내장식용 복합패널로서 Batch식, Pot식이 일부 생산 되어 발포패널을 주로 생산하고 있다. 발포금속의 기능성 개발을위해, 이들이 가지고 있는 우수한 특성 때문에 군수용으로부터 민수·산업용까지 전분야에 적용이 가능한 소재이므로 수요처를 확장하고 있으므로 제품의 균질성, 안정성과 기능성 개발 향상을 위해 복합화 sandwitch 화 하기위하여 steel, 라미네이드, 수지 등을 접합하여 내열성 흡음성, 제진성을 향상시켰다

[P1-36]

타이타늄 2원계 합금 분말의 상이한 탈산 거동 및 소결 특성: *임노운, 오정민, 손인진, 임재원 ; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: 타이타늄, 산소 저감, 소결, 금속간화합물, 전율고용체

타이타늄은 고융점 금속으로 고강도, 고내식성 등의 우수한 성질을 가졌으며 첨단 산업 분야에서 사용되는 신소재이다. 그러나 산업에서 활용될 시의 문제점은 원재료의 높은 제조 비용과 가공 중 산소 오염으로 인한 기계적 물성의 변화가 존재한다는 점이다. 타이타늄 및 타이타늄 합금은 산소함량이 적을수록 제품의 고부가가치화를 달성하기 때문에 타이타늄 및 타이타늄 합금 분말의 산소를 저감하기 위한 연구가 진행되어 왔으며 완제품 제조 시 생산 비용을 낮추기 위한 방법 중 하나로 분말 야금법을 활용하여 제품의 가격 경쟁력을 확보하고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 본 발표에서는 타이타늄 2원계 합금 Ti-Ni 합금(금속간화합물) 분말과 Ti-V 합금(전율고용체) 분말의 상이한 탈산 거동 및 저산소 타이타늄 2원계 합금 분말을 활용한 소결체 제조에 있어서 특성 변화를 조사하였다.

[P1-37]

Ti계 벌크 비정질 합금의 레이저 용접 적용 가능성 연구: *전현준, 윤창근, 주정환, 이호진 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: bulk metallic glass; welding; crystallization

비정질 합금은 급냉으로 인해 제조 가능한 크기가 제한되어 있어 크기를 증가시키고자 판형 Ti계 벌크 비정질 합금의 맞대기 레이저 용접을 실시하였다. 용접 후 1.6 mm 가량의 용접폭이 형성되었고 용접폭의 가장자리에 크기가 2 um 이내의 구형 결정상으로 구성된 HAZ가 0.3 mm의 폭으로 존재하였으며 용접부의 중심은 비정질상을 유지하고 있었다. 결정상은 주로 Ti, Zr, Ni의 산화물로 관찰되었고, 발열피크는 결정화로 인해 다소 감소하였다. 경도는 용접부에서 증가하였고, 압축강도는 기존의 1850MPa에서 1673 MPa로 감소하였다. 파단면을 관찰한 결과 결정상 주변에서 다중전단띠가 형성되어 있는 것을 통해 강도의 감소원인이 결정상이 아닌 용접부에 존재하는 기공에 의한 것으로 예측되므로 레이저 용접 과정에서 기공 제어 기술이 필요하다고 판단된다.

[P1-38]

Effect of pulsing magnetic fields process in Al-Zn-Mg alloy: *mykola slazhniev, Kyung Hyun Kim, Se Won Kim, Won Jae Kim, Hyun Suk Sim ; *Dong San Tech. Co.*

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. These conditions are comprised in the creation of the required conditions of the solid melt skin formation at the water-cooled crystallizer walls, at that to provide high intensity cooling of the solidifying billet, included removing heat from the melt volume in the full relationships with the billet pulling speed at the continuous casting process. On second, depend from the billet size from the 2” up to 10” the formation the equiaxed by the all cross section of the billet microstructure are so very important problem, for what the most famous scientists and institutions in the all world are fighting during last 50 years after developing continuous casting method. 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 in the mush zone, where are melt take the semi-solid state. As known especially the transition artificial melt flowing along solidification from are provide managing of the dendrites and grains growing during solidification. At the creation construction of the electromagnetic stirrer for the continuous casting processes are important to hug as possible all around side surface of billet into crystallizer. As well, usually the design EMS, powering by the 3-phases electrical current have three, 6, 9 poles, located around in horizontal plane. However, the applying contactless melt stirring so much important the electric current shape and mode, that in result are predict mode and direction intermixing. Scientific researches take placing into creation of the pulse mode impact to the melt into continuous casting crystallizers be the changing in time magnetic field intensity, with different frequency, amplitude and shapes of pulses. As a main mean for creation pulse magnetic field, by the facilities of the electromagnetic fields in 3-phases electric current circuit, developed design and tested, that there are concluded in the amplitude modulation of the magnetic AC field with variating modulation frequency, intensity, shape and developing the power supply unit for performing suggested modes in the real industrial conditions.

[P1-39]

밴드-간 에너지 변화에 따른 Cu-X 유색 합금의 색 변화 상관성 분석: *정연법, 박혜진, 김영석, 이영훈, 황윤중, 문예빈, 홍성환, 이후담[1], 김기범* ; *세종대학교 공과대학 나노신소재공학과. [1]현대자동차 그룹 중앙연구소 신소재연구팀.*

Keywords: Metals and alloys, interband transition, color metal, Cu alloys, Optical properties

현재 고체 재료에서 색에 대한 연구는 일반적으로 유전체와 반도체 재료에 국한되어 있었고, 금속 재료에 있어서 금, 은, 구리를 제외한 원소에서 유색을 기대하기 힘들었다. 현재 사용되고 있는 유색 재료들은 유기 염료를 이용해 재료에 직접 도료 하거나 양극산화법을 이용해 산화 피막의 두께를 조절하여 산화막에 색을 입히는 방법을 널리 이용하고 있다. 그러나, 이러한 공정을 이용하여

만든 유색 재료들의 경우 환경오염 문제와 색을 표현하기 위해서 반드시 추가 공정을 필요로 하는 시간/경제적 문제, 재료 표면에 흠집이 난 경우 재료의 원색이 그대로 드러나는 외관적 문제 등이 문제점으로 떠오르고 있다. 유색 재료의 이러한 문제점들을 보완하기 위한 방법으로, 최근에는 합금 설계를 통한 유색 금속 제조 방법이 많은 관심을 받고 있다. 그 중 구리(銅)계 유색 합금의 경우, 첨가원소의 종류와 함량에 따라 각기 다른 색상과 물성을 나타내어 많은 주목을 받고 있다. 본 연구는, 구리와 넓은 고용도를 갖는 미소 원소를 3 그룹으로 나누어 각각 첨가하여 전이에너지 변화와 색변화의 연관성을 찾는 것을 목표로 한다. 또한, 색상 변화에 대한 객관적인 표현 방법으로 산업계에서 가장 널리 사용되고 있는 L*a*b* 색 공간을 이용하였고, 색상을 겉보기 색이 아닌 파장 값을 이용해 표현하여 보다 공학적으로 색상 표현하고 더불어 합금 원소의 조성에 따른 색 차에 관하여 확인 할 것이다. 미세조직의 분석은 주사 전자 현미경을 이용하여 분석하였고, 결정 구조의 확인과 상 분석은 x선 회절기를 이용하여 분석하였다. 합금 조성에 따른 색 차와 스펙트럼, 분석 결과인 색의 표현은 분광 광도계를 이용하여 L*a*b* 색공간으로 표현하였다.

[P1-40]

Cu-Ag 합금의 가공률 변화에 따른 특성 변화: *이지민, 김선기, 주진호[1], 조훈 ; *한국생산기술연구원. [1]성균관대학교.*

Keywords: Cu-Ag alloy, working ratio, precipitation hardening, electrical conductivity, mechanical properties

Cu-Ag 합금은 석출경화형 합금으로 시효열처리가 진행될 경우 우수한 강도와 높은 전기전도도를 동시에 얻을 수 있어 고강도-고전도도 특성을 동시에 구현하기 위한 소재 방안으로 많은 관심의 대상이 되고 있으나 고가의 귀금속인 Ag의 특성상 상용소재로 적용되기에는 어려움이 있었다. 또한 합금 소재의 개발만으로 고강도-고전도도를 구현하기에는 Ag의 함량이 3% 이상, 극단적인 경우 24% 이상의 Ag를 첨가한 연구결과가 보고되고 있어 Ag의 함량을 저감하면서도 고강도 고전도도를 구현할 수 있는 합금 설계 및 제조 공정의 개발이 필요한 가운데 있다. 이에 본 연구에서는 Ag의 함량을 3wt.% 이하로 억제하면서도 700 MPa 이상의 강도 및 90%IACS 이상의 전기전도도를 확보하기 위한 방안으로 합금 조성 설계 및 가공 공정 설계를 동시에 진행하여 가공 공정 및 가공도에 따른 강도와 전기전도도의 변화를 비교 검토하고자 하였다. 이를 위한 실험방안으로 4N급 순동에 4N급 Ag를 진공 용해주조한 후 용체화 열처리 및 시효열처리 공정을 적용하였다. 이 후 가공률을 변화하여 냉간 소성 가공을 진행하였고 각각의 가공률에 따른 특성을 비교 평가하였다. 이러한 결과들을 바탕으로 Ag의 첨가량이 억제된 Cu-Ag 합금에서 가공률의 변화가 강도-전기전도도의 상관관계에 미치는 영향을 비교 고찰하였다.

[P1-41]

A5xxx계 합금에서 용접부 강도향상에 미치는 첨가 합금원소의 영향: *김선기, 이지민, 김동철, 김영직[1], 조훈 ; *한국생산기술연구원. [1]성균관대학교 신소재공학과.*

Keywords: A5183, alloy element effect, welding properties, grain refinement, Mg addition

A5xxx계 알루미늄 합금은 비열처리형 합금으로 고용강화 및 가공경화특성으로 인해 강도가 향상되며 낮은 연성-취성천이온도(DBTT)로 인해 극저온에서의 특성이 우수하기 때문에 수송기계등과 같은 경량부품과 함께 저온 저장장치와 같은 특수 분야에의 적용이 점차 확대되고 있다. 이중 A5xxx 합금의 용접소재로 A5183 용접봉이 사용되고 있으며 최근 들어 수송효율 향상 및 경량화를 통한 연비향상 등의 환경 기술적 요구에 발맞추어 A5183을 사용한 용접부의 강도를 더욱 향상시키려는 연구가 수행되고 있다. 일반적으로 A5xxx합금의 강도는 Mg의 함량에 가장 크게 제어되는 특징이 있는데 Mg의 첨가량이 증가할수록 강도가 증가하는 것으로 보고되고 있으나 5wt.% 이상의 Mg이 첨가될 경우 용탕 및 주조과정에서 Mg의 급격한 산화 및 발화 특성으로 인해 주조성이 감소하고 생성 산화물에 의한 용탕 품질 및 제품의 품질이 감소하는 단점이 있다. 또한 용접공정 이후 용접부에서의 냉각속도 편차에 따른 결정립 크기의 불균일 및 결정립 성장으로 인해 강도의 향상이 제한되는 단점이 있어 이를 개선하기 위한 방안이 요구되고 있다.본 연구에서는 A5xxx계 합금 소재 용접부의 강도를 증가시키기 위한 방안으로 용접봉 소재에 첨가되는 Mg의 첨가량을 제어하여 용접부에서의 강도를 향상시키고자 하였으며, 이를 위해 용탕 내 Mg 산화 및 발화를 억제하기 위해 내산화성이 향상된 Mg ingot를 첨가하여 합금 시편을 제조하였다. 또한 Ti의 첨가 방안 및 용접부에서의 거동을 검토하기 위해 Ti가 첨가된 모합금을 변화하여 실험하였으며, 제조된 시험편에 대해 특성 평가를 진행하였다. 이후 대전류 아크 용접을 통한 용접 실험을 진행하였으며, 용접부에서의 결정립 크기 및 용접부 강도를 측정하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 Mg 첨가량 증가 및 Ti 함량 제어에 따른 결정립 미세화 효과가 A5xxx계 합금의 용접 특성에 미치는 영향을 검토하였다.

[P1-42]

석출경화형 A6XXX합금의 소재 특성에 미치는 용탕 내 초음파 인가 공정의 영향: *김선기, 이지민, 김영직[1], 조훈 ; *한국생산기술연구원. [1]성균관대학교 신소재공학과.*

Keywords: A6xxx alloy, Ultrasonic treatment, Grain refinement, Degassing effect, Mechanical properties

Al-Si-Mg계 합금은 석출경화를 통해 기계적 특성을 향상시키는 열처리형 합금소재로 압출 및 압연등의 가공 공정을 적용하여 산업 분야에 응용되고 있다. 그러나 합금 주조과정에서 발생한 가스 기공이 잔존하고 있을 경우 합금 주조 이후의 소성 변형 과정에서 blistering과 같은 소재 결함을 유발할 수 있으며, 주형 내 냉각속도의 차이에 따른 불균일한 결정립 분포는 소성 가공 특성을 저하시키는 원인이 되는 것으로 보고되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 탈가스제를 사용한 용탕 탈가스와 화학적 또는 물리적 방법을 사용한 결정립 미세화 방안이 각각 적용되고 있으나, 제조공정 및 사용 시 유독물질의 발생에 따른 환경오염문제가 필연적으로 발생하며, 높은 장치비용 및 공정 제어의 어려움 때문에 그 공정 적용이 제한적으로 이루어지고 있다. 이러한 문제점들을 극복하기 위한 방안으로 용탕 내에 sonotrode를 침지, 초음파를 일정 시간동안 직접 인가함으로써 결정립 미세화 및 탈가스를 동시에 진행하는 친환경 공정이 연구되고 있으나 현재까지는 주조용 Al-Si 합금의 미세화 방안에 대해 연구가 진행된 것이 대부분이며 본

연구기관에서도 Al-Si 합금 및 비열처리형 전신재 A5xxx 합금계에 대해서는 일부 진행하였으나 석출경화형 A6xxx 합금에 대해서는 해당 연구 결과는 미미한 상황이다. 이에 본 연구에서는 A6xxx 합금 용탕에 일정 조건으로 초음파를 인가하여 용탕 내 가스농도 감소 및 주조시의 결정립 미세화 효과를 동시에 구현하는 복합 공정을 설계하였으며, 초음파 인가시 용탕온도, 인가시간, 인가출력등의 주요 공정 변수를 변화하여 용탕 내 가스농도 저감 및 결정립 미세화 효과 동시 행상을 위한 용탕 내 초음파 인가 공정 효과를 최적화 하고자 하였다. 이를 위해 A6xxx계 합금 중 기계적 특성이 우수한 A6082 합금을 대상으로 용탕 내 초음파를 인가 후, 인가 조건별 합금 빌렛을 제조하였다. 이 후 조직특성, 열처리특성 및 기계적 특성 평가등을 통해 용탕 내 초음파의 직접 인가 방안 적용에 따른 특성 변화를 고찰하였다.

[P1-43]

Electroreduction of zirconium oxide by using liquid copper cathode in molten salt: *BUNGUK YOO, YOUNGJUN LEE, SEONGHUN LEE, JEONGHUN CHOI, JONGHYEON LEE ; *Chungnam National University.*

Keywords: Zirconium, Electroreduction, Cu-Zr alloy, Molten salt

The molten salt electrolysis process is known as more simple and environmentally benign compared to Kroll process for active metal winning because it doesn't need toxic chlorine gas and conversion step. Although zirconium oxide is hard to reduce by using electrolysis for the level of nuclear grade because of residual oxygen, liquid cathode electrolysis can facilitate the reduction and prevent post oxidation by forming alloy phases with cathode material. Copper is a good candidate for cathode material due to its physico-chemical properties for succeeding separation step. Therefore, copper-zirconium alloy was prepared for a feedstock of electrorefining to recover pure zirconium

[P1-44]

Al-Si계 합금의 유동성과 열처리 특성에 미치는 Mg 첨가의 영향: *김태준, 김서영[1], 이세동[1], 백아름[1], 김대환[2], 임수근[3] ; *경상대학교 공과대학 대학원 재료공정융합공학과. [1]경상대학교 공과대학 나노·신소재공학부 금속재료공학과. [2]경상대학교 항공기기술연구소. [3]경상대학교 나노·신소재공학부 금속재료공학과.*

Keywords: Al-Si계 합금, 유동성, T6, 열처리, Mg 첨가

본 연구에서는 Mg 첨가가 T6 특성 및 Al-Si계 합금의 유동성에 미치는 영향을 조사 하였다. Al-Si 합금에서 Mg 첨가에 의해 형성된 Mg_2Si는 연신율, 파괴 인성과 같은 기계적 성질을 감소시키는 것으로 알려져있다. 한편, Al-Si 합금에서의 Mg 첨가는 응고시 공융 Si 및 1차 Al의 형성에 긍정적인 영향을 미친다. Mg 첨가와 동시에 Mg_2Si 형성을 제어하는 것이 가능하다면, 공융 Si와 1차 Al의 정제로 기계적 성질을 증가시킬 것이다. 이 효과를 분석하기 위해 Mg 함유량이있는 주조 된 A356 합금의 유동성 및 인장 특성을 측정하고 그 미세 구조를 관찰 하였다. 또한 Mg 함량이있는 주조 된 A356 합금의 T6 특성을 조사하기 위해 고용 열처리 및 시효 열처리 후에 Mg 첨가에 따른 A356의 인장 특성을 측정 하였다. A356 합금에 Mg를 첨가하면 입자 크기가 감소하고 Mg 첨가량이 증가하여 공정 Si가 정제된다. 기계적 성질을 향상시킬 수있다. 고용체 열처리는 공융 Si의 구형 화에 영향을 미친다. 이 연구에서 공융 Si는 Mg 함량으로 정련되었지만 고용 시간은 Mg 첨가시 2시간에서 6시간으로 증가하였고 숙성 시간도 4시간에서 8시간으로 증가되었다. 공정 Si는 열처리 중에 정제되었지만 Mg_2Si는 여전히 chinese character 형성을 유지했다. Mg 첨가로 형성된 Mg_2Si의 chinese character는 응력 집중으로 합금의 신도를 감소 시키는데 영향을 미쳤다. A356 합금의 유동성은 1 wt. %가 될 때까지 Mg 첨가에 따라 증가하였고, 그 후 유동성은 감소 하였다.

[P1-45]

전자기장을 이용한 선외기용 알루미늄 프로펠러 부품의 부위별 미세조직 특성: *김대환, 김태준[1], 김세원[2], 박상기[2], 임수근[3] ; *경상대학교 항공기부품기술연구소. [1]경상대학교 재료공정융합공학과. [2](주)동산테크. [3]경상대학교 나노신소재공학부.*

Keywords: 전자기장, MDH process, 프로펠러, 선외기, AC7A알루미늄 합금

국민소득의 증가와 레저문화를 즐기려는 인구가 증가함에 따라 레저보트 산업 및 관련 부품 시장 또한 성장하고 있다. 하지만, 이러한 레저산업의 발전과 레저선박의 수요의 증가에도 국내 관련 레저산업은 소규모로 이루어지고 있으며, 대부분의 선외기 관련부품의 경우 미국, 일본, 대만 등에서 수입에 의존하고 있다. 국내의 일부 업체에서 프로펠러를 OEM방식으로 생산하고 있으나, 수입품에 비해 주물의 품질이 떨어진다는 인식 때문에 제품에 대해 수요자에게 신뢰성이 떨어지며, 시장 점유율이 미미한 실정이다. 이 때문에 주조결함을 최소화 하고 신뢰성 및 이를 평가하기 위한 기술이 우선적으로 필요하다. 이에 전자기장을 이용한 프로펠러 주조법은 자동으로 용탕처리 및 급송함에 따라 주조품에 유입될 수 있는 가스 및 개재물을 기존의 중력주조에 비해 탁월하게 처리할 수 있어 건전한 주조품을 얻을 수 있는 장점을 지닌다. 이에 따라 본 연구에서는 전자기장을 이용하여 AC7A 알루미늄 프로펠러를 제조하고 제조한 프로펠러에 대해 금속학적 특성 평가를 수행하였으며, 이를 상용의 프로펠러 제품과 그 특성을 비교/평가하였다.

[P1-46]

Effect of ultrasonic frequency on degassing efficiency of A356 Al alloys: *Jin-Ju Choi, Jae-kyo Yang, Young-Jig Kim[1] ; *Institute for Advaned Engineering. [1]Sungkyunkwan University.*

Keywords: Aluminum alloys, Hydrogen, Ultrasonic degassing, Cavity

Aluminum castings cannot avoid pore problems because hydrogen solubility of the melts decrease drastically just below the melting temperature. These pores in castings are detrimental to the corrosion resistance and mechanical properties, thus, degassing process that

eliminate hydrogen must be needed. Generally, in case of aluminum alloys, degassing processes such as GBF(Gas Bubbling Filtration), vacuum degassing, addition of chloride(C2Cl6) are used. But above methods generate substantial oxide layer and have problems for the environmental and economical use. Hence, based on previous research, we developed ultrasonic melt treatment which can process both grain refinement and degassing simultaneously. Degassing mechanisms of ultrasonic treatment can be explained by diffusion of hydrogen into the cavities which produced by vibrations of piezoelectric materials. Also, occurrence of cavities are closely related to the ultrasonic intensity which proportional to the square of frequency and amplitude. Thus, in this research, ultrasonic treatment were processed into the 350cS Si oil and A356 aluminum alloys to evaluate the effect of frequency and amplitude on occurrence of cavities and degassing efficiency respectively. To investigate the effect of frequency, it was varied 15, 20, 25 kHz while fixing the amplitude and to evaluate effect of amplitude, ultrasound was induced with varying amplitude at each frequency. After ultrasonic treatment, compared the hydrogen concentrations of each conditions by reduced pressure test and Archimedes' principle. Finally, contemplate the effect of frequency, amplitude and intensity on ultrasonic degassing efficiency.

P2 : 나노소재
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P2-1]

Correlation of the reflectance and pore morphology of Anodic Aluminum Oxide (AAO): *신형원, 박태훈[1], 박수진[1], 이효수[1], 정승부 ; *성균관대학교.* [1] *한국생산기술연구원.*

Keywords: Anodic Aluminum Oxide(AAO), Nano-pore, Reflectance, Pore morphology, Color material

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 was make the AAO by pore size to implement a natural color and texture instead of a simple and artificial color through anodization. We measured the reflectance according to incident wavelength and analyzed the color of the AAO by pore size. Additionally, we have studied the mechanism that the relationship between the reflectance and pore of AAO by analysis of the microstructure and surface properties.

[P2-2]

마이크로리액터의 전구체 유속에 따른 InP 양자점의 특성: *서한욱, 전은주, 현승균[1], 김범성 ; *한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터.* [1] *인하대학교 재료공정공학부.*

Keywords: Microreactor, InP, Temperature, Quantum Dots, Flow rate

Characteristics of InP quantum dots according to precursor flow rate of microreactor.마이크로리액터의 전구체 유속에 따른 InP 양자점의 특성양자 구속 효과를 가진 반도체 나노입자(양자점)는 크기에 따라 불연속적인 에너지 밴드갭을 갖는다. 가시광선, 적외선, 자외선 영역까지 발광파장 조절이 가능한 특징을 활용하여 의학, 광학, 전자소자 분야에 활발한 연구가 진행되고 있다. 양자점 합성법중 하나인 용기법은 양자점을 합성하는 일반적 방법으로 실험방법이 간편하다. 그러나 균일하고 대량의 양자점 합성이 어렵다. 양자점 합성장치인 마이크로리액터를 사용하면 양자점 크기를 실시간으로 조절이 가능하며, 연속합성이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 마이크로리액터를 사용하여 InP 합성을 수행하였다. 합성온도는 140ºC 에서 300ºC 반응기의 유속은 0.1 ml/min 에서 1.0 ml/ min 까지 조절하여 InP 합성 조건을 최적화 하였다. Uv-vis 와 PL을 사용하여 광학적 특성을 측정하였고, XRD 분석을 통해 InP 합성을 확인 하였다. 실험결과 합성온도가 클수록 InP의 흡수파장은 장파장으로 이동하였고 크기가 커지는 경향을 보였다. 유속이 빠를수록 흡수파장은 단파장으로 이동하였고 크기는 작아지는 경향을 보였다. 결론적으로 마이크로리액터를 사용하여 가시광선 영역을 흡수하는 InP의 합성에 성공 하였으며, 크기가 균일한 InP 연속생산이 가능함을 증명하였다.

[P2-3]

Rapid Assembly of Pristine Large Area Graphene Films: *김인호, 김상욱 ; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: Graphene Film Nanomaterial

At liquid surface, we can synthesize large area transparent film of assembled pristine graphene platelets in two-Minutes. By using evaporation-driven Rayleigh-Taylor instability, 2-3 layer pristine graphene platelets which are temporarily solvated with N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) are assembled at the dilute aqueous suspension surface and driven together with Marangoni forces.At their edges, physical binding works and the platelets are fixed. Typically, 8-cm-diameter circular graphene films are grown in two minutes. After graphene films formed, the films can be transferred onto various substrates with flat or textured topologies. This interfacial assembly method can be used in other nanomaterials, including 0D fullerene and 1D carbon nanotubes, which have limited solution suitability problems.

[P2-4]

Thermodynamic Approach of Quaternary ZnCdSSe Quantum Dots with Composition Gradient Interface: *Da-Woon Jeong, Eun Ju Jeon, Bin Lee, Kyoung-Mook Lim, Tae-Yeon Seong[1], Bum Sung Kim ; *Korea Institute of Industrial Technology.* [1]*Korea University.*

Keywords: Quantum Dots, ZnCdSSe, Thermodynamic, Gradient interface

Quantum dots (QDs) have attracted significant attention because of their unique size dependent properties, including a high absorption coefficient and widely tunable emission. Many efforts have been made to increase the efficiency of QDs by using a core/shell structure. This study was synthesized using the One-pot Synthesis and adjusting the precursor concentration to prepared CdSe/ZnS1-xSex QDs. For the synthesis of QDs, the Zn-Cd Precursor (zinc acetate (99.99%, Sigma-Aldrich), Cadmium oxide (99.99%, Sigma-Aldrich)) solution was maintained at 310 °C under continuous stirring in a 500 mL three-neck flask. The S-Se precursor (sulfur powder (99.98%, Sigma-Aldrich), selenium powder (99.99%, Sigma-Aldrich)) solution was then rapidly injected into the reaction flask. Subsequently the formed QDs were annealed at 300 °C for various reaction time under continuous stirring. Finally, we confirmed that the chemical composition gradient inside a single quantum dot and the composite behavior of the quantum dots changes with the precursor concentration ratio using results of the thermodynamics simulation, XRD, Cs-corrected STEM, UV-vis and PL.

[P2-5]

The Multimodal Luminescence Property of ZnSe:Eu/ZnS (Core/Shell) Quantum Dots by Core Precursor Solvent: *Ji Young Park, Han Wook Seo, Yong-Ho Choa[1], Bin Lee, Bum Sung Kim ; *Korea Institute of Industrial Technology.* [1]*Hanyang University.*

Keywords: Quantum Dots, Eu, Core/Shell, Multimodal, solvent

A color-tunable emitter comprising ZnSe:Eu/ZnS (Core/Shell) quantum dots (QDs) was simply synthesized by a heating up method, addition of an Eu precursor by changing TBP [$(CH_3(CH_2)_7)_3P$] and TOP [$(CH_3(CH_2)_3]_3P$] solvent of Se precursor. Precursor conversion was found to be limiting the overall rate of QDs formation. This finding not only resulted in several size tuning strategies but also indicated that a controlled synthesis of nanocrystals will only be possible if the precursor conversion is slow or fast as compared to the nucleation and growth of the nanocrystals proper. The expected optical characteristic and structure of the Core/Shell QDs was verified by UV-vis, PL, XRD and TEM. Core/Shell QDs size was formed TOPSe smaller than TBPSe. Also, broad spectrum was attributed to the $^4F_6{}^5D_1 \rightarrow {}^4F_7$ transition when the Eu^{2+} emission was decreased from 450 to 550 nm and Eu^{3+} shows characteristic red emission peaks to the electronic transition of $^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ (j=0, 1, 2, 3 and 4).

[P2-6]

Effect of calcination temperature on the structural, morphological and optical properties of flower like -Fe_2O_3 nanostructure: *TSEDENBAL BULGAN, Bon Heun Koo* ; *Changwon National University.*

Keywords: FE-SEM, XRD, UV, spectroscopy, flower nanostructures

Currently, 3D nanostructures have attracted much attention because of their unique properties and potential applications in catalysis, electronics, photonics, drug delivery, medical diagnostics, sensors and magnetic materials. In this work, we report a facile route for the preparation of flower like iron oxide nanostructures and investigated their optical properties. The sample was prepared by using one – pot polyol method followed by different temperatures calcination. The present samples were characterized by X-Ray diffraction (XRD) analysis and the morphology was examined by field emission electron microscopy (FE-SEM). The FE-SEM image showed that -Fe_2O_3 nanostructures were of 3D flower like shape and approximately 700 nm in diameter. Using UV-visible spectrum, the optical band-gap energy was estimated. UV-visible measurement reflects excellent tuning in the band-gap energy, which can be utilized efficiently in various application.

[P2-7]

Emissive Graphene Quantum Dots For Blue Light Emitting Diodes: *송성호, 전석우[1] ; *공주대학교 신소재공학부.* [1]*한국과학기술원 신소재공학과.*

Keywords: Graphene quantum dots, Light emitting diode, Graphite intercalation compounds, Luminescence mechanisms

The emergence of fluorescent graphene quantum dots (GQDs) promises a new class of optical material with useful properties of tunable luminescence, superior photostability, low toxicity, and chemical resistance. Here we demonstrate a novel approach by Graphite intercalation compounds (GICs) to produce high quality GQDs with high quantum yields.. Furthermore, the carrier dynamics in fluorescence of GQDs are in-depth investigated in order to shed light on the mysterious origins of their fluorescence. To make the best of these GQDs with the high QYs, we directly employed the first GQD light-emitting diodes (GQD-LEDs) with electroluminescence that exceeds 1,000 cd/m^2. The GQDs of new types will allow control of the fundamental properties of materials through intrinsic/extrinsic effects, which will further allow new devices to be developed with extraordinary properties and functions for numerous applications.

[P2-8]

The change of mechanical property of polymer aerogels relying on 2-EHA and 2-EHMA: Kyu-Yeon Lee, *Wooje Han,

Hyung-Ho Park* ; *Yonsei University.*
Keywords: high internal phase emulsion, polymer aerogel, flexible, radical condensation

The flexibility of mesoporous silica aerogels is very useful in industrial applications due to its lightweight and insulation properties. However, silica aerogels are easily destructed because of its low mechanical strength, especially when it experiences external force or mechanical stress. To overcome this issue, porous polymer aerogels have been prepared. These porous polymer aerogels are based on high internal phase emulsion (HIPE) which has 74-99% of volume fraction. Polymerizing the successive phase of a high internal phase emulsion is a key step to manufacture porous polymer aerogels. 2-ethylhexyl methacrylate (2-EHMA), 2-ethylhexyl acrylate (2-EHA) or 2-EHA/2-EHMA mixtures are used to preapre polymer aerogels with different mechanical properties by radical condensation.

Acknowledgement: This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2015R1D1A1A02062229)

[P2-9]

Synthesis of Barium Strontium Titanate nanoparticles via modified liquid-solid-solution process: *Wooje Han, Hyung-Ho Park* ; *Yonsei University.*

Keywords: Barium strontium titanate, nanoparticles, perovskite, sol-gel, high-k.

$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ (barium strontium titanate) is perovskite material with high dielectric constant about 100-2000. $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ has reaching applications in the electronics industry for transducers, actuators, and high-k dielectrics as a strong dielectric material. $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ nanoparticles are available for multiple purposes such as nanocapacitors and ferroelectric memory devices to replace $SrTiO_3$ and $BaTiO_3$. On the other hand, the Curie temperature could be controlled by adjusting barium-strontium ratio. The size difference of barium atom and strontium atom could undergo the Curie temperature. In this study, $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ nanoparticles were synthesized via modified liquid-solid-solution process. Using this solution process, the alteration of Ba-Sr ratio affects the particle size and surface conditions. Fourier transform-infrared spectroscopy was employed to confirm the capping agent and $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ nanoparticles in the precipitate and final product. Any phase has been obtained to show the picks of diffractive surface, which were confirmed using X-ray diffraction spectrum. Scanning electron microscopy and particles size analyzer were used to observe the microstructure and size distribution of the nanoparticles.

Acknowledgement: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. 2015R1A2A1A15054541)

[P2-10]

fcc polycrystalline nanowire의 인장 실험을 이용한 fcc 금속 twinning의 size effect 분석: *김성훈, 김홍규, 고민준, 안재평[1], 이재철 ; *고려대학교 신소재공학과.* [1]*한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: FCC, Polycrystal, Nanowire, Deformation twin, size effect

Twin은 금속의 강도와 소성량을 동시에 증가시킬 수 있는 주요 소성변형 기구로, 금속 재료의 기계적 특성 향상을 위해서는 twin에 대한 심도 깊은 이해가 필요하다. 일반적으로SFE, size, orientation 등의 인자를 조절하면 twinning이 유도된다고 알려져 있는데, 합금 원소로 SFE를 조절하여 twinning을 유도한 예는TWIP강이 대표적이다. 하지만, 벌크 재료에서는 여러 인자들이 복합적으로 작용하기 때문에, 그 특성을 제대로 이해하기 어렵다. 이에 여러 연구자들은 인자들을 개별 제어 할 수 있는 나노 영역에서 Au, Cu, Pd, Al 등의 나노선 및 나노 결정들을 이용하여 twinning 현상에 대한 인자들의 영향을 이해하려 노력하고 있다. 이에 본 연구팀은 여러 인자들 중에서 size effect에 대해 전산 모사를 이용한 선행 연구를 진행하였고, 결정의 size가 작아 짐에 따라 단순하게 slip to twin transition point가 존재하는 것이 아니라 좀 더 다양한 orientation에서 twinning이 발생할 수 있음을 예측할 수 있었다. 이를 다양한 size의 결정립을 갖는 Poly nanowire를 이용하여 twinning 현상에서의 size effect에 대해 검증하고자 한다.

[P2-11]

2D Block-copolymer arrangement conversion to diverse 3D structures with chemically modified graphene layer: *Jang Hwan Kim, Ju Young Kim[1], Sang Ouk Kim ; *KAIST.* [1]*ETRI.*

Keywords: Block-copolymer, Chemically modified graphene, lithography, nanopattern

In Block-copolymer(BCP) lithography, we can successfully demonstrated laterally ordered sub 10 nm scale diverse patterns. But BCP lithography has been limitedly exploited 2D structures and 3D morphologies are urgent requirement for the next generation 3D architectures.With crumpling of chemically modified graphene(CMG) layer, 3D self-assembled nanopatterns have been assured. on flexible substrate, CMG has many merits including surface energy control, thermal and chemical stability, atom-scale flatness which are important for nano-patterning. Crumpled CMG made by lateral contraction of commercial polymer film allow 2D self-assembled blockcopolymer nanopatterns to be transformed into multiple 3D morphologies. Areal pattern density can be increased by directional manipulation of strain and it can be universally used to applications; sensors, photonics, energy harvesting, etc. Metal catalyst particles and simple elimination of hydrogen bubbles density can be improved. Moreover, high catalytic effect and fine reliability have succeeded. our approach can be combined with other self-assembly system, such as DNA and colloids for a broad range of pattern

length scales.

[P2-12]

Enhanced thermal conductivity and thermal stability of nanofluids contaning functionalized boron nitride nanosheets: *Dongju Lee, Jin-Ju Park, Gyoung-Ja Lee, Min-Ku Lee ; *Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI).*

Keywords: Boron nitride, Nanofluids, Thermal conductivity, Thermal stability

Developing a thermally stable nanofluid that can maintain good thermo-conductive and flow performance at moderate or elevated temperatures for prolonged periods of time is a great challenge in heat transfer applications. Here, we report a thermally stable ethylene glycol (EG)-based nanofluid using covalent functionalized BNNSs prepared without surfactants. The thermo-conductive and fluid stability characteristics of the proposed BNNS fluids were demonstrated and compared with those obtained from nanofluids with graphene oxide (GO), which is the most frequently studied 2D filler material. In place of a surfactant, hydroxyl functional groups covalently bound to the BNNS surface provided excellent compatibility and stable dispersion of the particles within EG at temperatures up to 90°C. Owing to the percolation effect of the 2D sheets, the thermal conductivity of the EG base fluid was significantly enhanced by 80% at 5 vol% of BNNS, superior to that of the GO fluid. Moreover, the BNNS fluids exhibited excellent long-term stability at 90°C for 5 days without loss of their high thermal conductivity, low viscosity and electrical insulating property, whereas the GO fluids underwent thermal degradation with irreversible particle aggregation and increasing viscosity due to the selective chemical reduction of the GO. These results provide potential benefits for use as various thermal management fluids, not to mention heat transfer fluids requiring electrically insulating properties.

[P2-13]

Preparation and Characterization of Transparent Alumina Films by Novel Room Temperature Cerami Coating Method: *Park Jong-hwan, Seok-Hun Kim, Tae-Yoo Kim, Jung-Kab Park, Jung-Woo Lee, Sun-Woo Kim, Se-Hee Shin, Ho-Jun Choi, Dong-Soo Park[1], Chan Park[2], Kyung-Sub Lee, Su-Jeong Suh ; *Sungkyunkwan University.* [1]*Korea Institute of Materials Science.* [2]*Pukyong National University.*

Keywords: transparent, film

Granule Spray in Vacuum (GSV) is a novel ceramic coating method. Dense ceramic layer is deposited on various substrates (metal, polymer, ceramic) at room temperature in vacuum. Four raw powders of alpha alumina which have different mean particle sizes were selected for investigating relationship between the mean particle size and transmittance of alpha alumina films. Commercially available alpha alumina powders were used. A mean particle size was measured by a particle size analyser. Mean particle size of four alpha alumina powders were 0.8 μm, 0.84 μm, 1.77 μm, 4.44 μm, respectively. Phases of alumina films were determined alpha by selective area diffraction. Transmittances of alumina films were measured through UV visible spectrometer. Thicknesses of alumina films made by GSV using four kinds of granules which different mean particle size were controlled to be approximately 1 μm. The alumina film thickness was measured by an alpha step. As particle size of alumina raw powder increased, the transmittance of the alumina film decreased. The microstructures and cross-sections of alumina films were observed by transmission electron microscope. Alumina films have nanoscale microstructure and their grain size were mostly 5-10 nm.

[P2-14]

투명전극 제작을 위한 CVD 대면적 그래핀 합성 및 특성 분석: *김석훈, 박종환, 신세희, 박정갑, 김선우, 김태유, 이정우, 조영래, 최호준, 송영일, 서수정 ; *성균관대학교 신소재공학부.*

Keywords: 그래핀, CVD, 투과도, 면저항

최근 전자기기의 고성능화에 따라 차세대 디바이스로 투명 유연전극의 개발이 주목을 받고 있다. 이러한 기기들은 투명하고, 전극의 단선 위험 없이 휘어짐이 가능해야 하며, 또한 신호 전달에 방해가 없도록 전도도 또한 우수해야 한다. 최근에 2D 물질에 대한 활발한 연구로 이러한 분야에 적용 가능한 신소재로 그래핀이 주목을 받고 있다. 하지만 그래핀은 아직 양산화하기에 수율이 낮은 문제점이 있으며, 그중에서도 대면적의 그래핀을 제작하는데 해결해야 할 과제가 남아있다. 본 연구는 이러한 기기에 적용 및 개발에 응용이 가능하도록 대면적의 그래핀을 합성하는 방법을 목표로 하였다. 그래핀은 CVD 합성방법으로 구리박에 형성이 되며, 열박리 필름에 부착된 후 구리 에칭공정을 통해 열전사 방법으로 기판에 옮기는 것이 가능하다. 본 공정을 통하여 PET 기판에 형성한 그래핀의 투과도를 측정하였으며, Raman 분광법을 통해 그래핀의 물성을 확인하였다. 또한 그래핀의 전기적 특성을 확인하기 위하여 4-point probe를 통해 면저항을 측정하였다.

[P2-15]

상온과립분사로 제작한 투명 알루미나 필름의 특성평가: *Park Jong-hwan, Seok-Hun Kim, Tae-Yoo Kim, Sun-Woo Kim, Jung-Woo Lee, Se-Hee Shin, Ho-Jun Choi, Jung-Kab Park, Dong-Soo Park[1], Chan Park[2], Kyung-Sub Lee, Su-Jeong Suh ; *Sungkyunkwan University.* [1]*Korea Institute of Materials Science.* [2]*Pukyong National University.*

Keywords: transparent alumina film, transparent, film

Transparent ceramic coating are important for products such as optical lenses, Organic Light Emitting Devices(OLED). There are

fabrication methods of transparent alumina film such as electrophoretic deposition, electron beam deposition. However, their mechanical properties are not suitable for some applications. Granule Spray in Vacuum(GSV) is a novel ceramic coating method. Dense ceramic layer is deposited on which have different mean particle sizes were selected for investigating relationship between the mean particle size and transmittance of alpha alumina films. A mean particle size was measured by a particle siz analyzer. Mean particle size of four alpha alumina powders were 0.8 um, 0.84 um, 1.77 um, 4.44 um, respectively. Dense alumina films were successfully deposited on slide glass by GSV. XRD, UV-vis, alpha step, SEM, TEM were measured.

[P2-16]

Study on Formation of Multi layer Graphene Coated Metal Particles: *이정우, 김선우, 박종환, 김석훈, 신세희, 최호준, 박정호, 김태유, 박정갑, 송영일, 서수정 ; *성균관대학교 금속공학과 자성재료연구실.*

Keywords: Nano particle, Graphene, Wire explosion process

We report a simple approach for the production of copper nanoparticles by a wire explosion process that creates different structures in deionized (DI) water versus isopropyl alcohol (IPA) liquid media. In DI water, copper nanoparticles (CNs) are formed, while multi-layer graphene-synthesized copper nanoparticles (MGCNs) with a high degree of graphitization are formed in the IPA liquid media. The nanoparticles have an average diameter ranging from 10 nm to 300 nm and a quasi-spherical morphology. The morphologies and sizes of nanoparticles formed via this method were characterized by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), field-emission scattering electron microscopy (FESEM), and analysis of dynamic light scattering (DLS). The microstructures and chemical bonding of the nanoparticles were studied by X-ray diffraction (XRD), Raman spectra measurement, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). This results show an easily reproducible way to synthesize metal-core nanoparticles with multi-layer graphene shells based onto the liquid media used during synthesis. These materials can be used in the field of energy storage and as additives in the near future.

[P2-17]

Study on synthesis of $Ag@SiO_2$ core-shell nanoparticles and its deposition behavior on FTO glass by electrophoretic deposition (EPD) method: *MD JAMIR AHEMAD, Ganpurev Adilbish, Yeon-Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.*

Keywords: Coreshell, electrophoretic deposition (EPD), Silver-Silica coreshell ($Ag@SiO_2$) nanoparticles, deposition behavior.

Core-shell nanoparticles are gradually attracting more focus now a days, since they have the ability to increase the functionality, stability, dispersibility and controlled release of the core. So for this it's very important to synthesize uniform and stable core-shell and also understands its growth mechanism. The purpose of coating silica on the core metallic nanoparticle is to reduce bulk conductivity, increase the suspension stability of the metal colloids and protect the core from oxidation reactions. Silica coating also influence the position and intensity of colloidal metal surface plasmon absorbance bands. Silver are attractive for optoelectronics, photovoltaics, and sensing, because of a high plasmonic efficiency and superior electromagnetic enhancement in the visible range. Semiconductor materials have been widely studied due to the advantages obtained by the enhancement of their optical and catalytic properties as the materials are modified through deposition of core-shell nanoparticles on their surface. EPD technique recently acquires escalating interest in both academia and industrial sector not only due to a wide range of narrative applications in the processing of advanced ceramic materials and coatings, but also due to the cost effectiveness and high versatility of usage with different materials. The purpose of this study is to understand the kinetics of formation of silica core-shell during growth by the modified Stöber method of $Ag@SiO_2$ core–shell NPs and the effect of pH, voltage and deposition time to the deposition behavior of $Ag@SiO_2$ nanoparticles during electrophoretic deposition (EPD) technique on fluorine doped tin oxide (FTO) substrate. $Ag@SiO_2$ core–shell nanoparticles (NPs) were synthesized by chemical reduction followed by the modified Stöber method at room temperature. The study of growth of silica core shell was characterized by taking UV-Vis spectra and TEM analysis at each 24 hr interval of time. Both UV-Vis. spectra and TEM analysis showed that it took 72 hr for complete formation of silica shell on Ag core surface. The $Ag@SiO_2$ core–shell was stable up to 2months. TEM analysis showed the formation Ag@SiO2 core–shell NPs (60–70 nm) was composed of 20–25 nm Ag NPs core and SiO_2 shell thickness was from 30-35nm. The $Ag@SiO_2$ suspensions were prepared in ethanol solvent in 1:4 ratio. The EPD was carried out at different voltages (1-50V), pH (2-5) as well as deposition times (1-30 min). Depositions were made under mild conditions (e.g. room temperature, atmospheric pressure, organic and pH supporting electrolyte). The deposited $Ag@SiO_2$ on the FTO glass were then been analyzed by using Field Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX). After EPD there was no change in particle size of primary $Ag@SiO_2$ core shell nanoparticles which was confirmed by TEM analysis.

[P2-18]

Precise synthesis of palladium nanoparticles through the control of sodium citrate and ascorbic acid concentration: *tingting liang, Dhanaji Pandit Bhopate, Sanjit Manohar Majhi, Yeon-Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, College of Engineering, Chonbuk National University.*

Keywords: Pd nanoparticles, sodium citrate, ascorbic acid

The noble metal nanoparticles (NPs) are of wide interest not only because of their large surface areas but also because of their specific functions and potential applications, which are different from those of the bulk metal solids. Among these noble metal NPs, palladium (Pd) NPs has been used as catalysts for the important alkylation, dehydrogenation, selective oxidation such as reactions of compounds for the conversion of hydrocarbons and improvement of gas sensing properties. It is known that the structure and morphology of noble metal NPs affect the catalytic performance. Hence optimization of shape, size and morphology of Pd NPs would be interesting for any kind application and is of great challenge. In this work, we present a facile and effective chemical synthesis method for the controllable synthesis of Pd NPs, in various sizes and shapes. Pd NPs were prepared successfully by only adding ascorbic acid acting as accelerator for the reduction of Pd (II) in aqueous medium without any extra reducing agents at room temperature. Pd NPs of hexahedral, tetrahedral and spherical shapes with well-controlled size in the range from 4nm to 110 nm were prepared by using ascorbic acid as reductant and trisodium citrate as a capping agent. Furthermore, the dimensions of the resultant Pd NPs show good monodispersities through the addition of different amounts of reducing agent and protective surfactant. The particle formation was monitored by UV–Vis spectroscopy and the microstructure of Pd NPs was analyzed by TEM. The main factors like capping agent and reducing agent that control the shapes and sizes of Pd NPs have been presented to explain their growth and formation mechanisms in a control process. We also studied the effect of ascorbic acid and find it is interesting when ascorbic acid added into surfactant protected solution. We found that it can also reduce metallic ions without extra reducing agents at room temperature. Besides, the particle size decreases with increasing ascorbic acid concentration.

[P2-19]

Synthesis of Pd@SnO_2 core-shell nanoparticles and their application for sensitive and selective gas sensors: *Dhanaji Pandit Bhopate, Sanjit Manohar Majhi, Ting-ting Liang, Jo Jin-Nyeong, Song Ho-Geun[1], Yeon-Tae Yu ; *Division of Advanced Materials Engineering and Research Centre for Advanced Materials Development, Chonbuk National University. [1]Ogam Technology.*
Keywords: Pd@SnO_2, core-shell nanoparticles, gas sensing, TEM and XRD

Tin oxide, SnO_2, a post-transition metal oxide (MOS) and n-type semiconductor with relatively a wide band gap (3.62 eV), is recognized as a noticeable sensing material due to its chemical stability, its high electron mobility, and the variation of donor density. Typically, optimal working temperature of SnO_2 based gas sensors is above 400◦C. Therefore, research on SnO_2 gas sensors have focused on lowering the working temperatures, as well as improving the response and the selectivity. Recently, noble metal nanoparticles (NPs) have been used to improve the sensing properties of gas sensor. One of the novel strategies to use noble metal NPs in MOS gas sensor is to design core-shell NPs. In the core-shell structure, the core is isolated from the shell and prevents from the aggregation retaining the catalytic properties of metal core. Pd is an important catalyst used in various applications such as photocatalysis, alcohol oxidation reaction, CO oxidation, and gas sensing. Therefore, in this work, Pd@SnO_2 was prepared by a microwave-assisted method. From the Transmission Electron Microscopy (TEM) reveals that spherical-shaped Pd@SnO_2 CSNPs were formed by 20-25 nm Pd nanoparticle core in the center and by 50 – 55 nm smooth SnO_2 shell outside. The gas sensing characteristics for 100 ppm H_2, 1000 ppm CO, and 250 ppm CH_4, were also investigated. The gas responses and responding kinetics were closely dependent upon the sensor temperature. From X-ray diffraction (XRD) patterns study of prepared materials Pd@SnO_2 CSNPs after heat treatment at 500°C shows PdO diffraction peaks. Hence, the purpose of this work is to study on the oxidation behavior of Pd in Pd@SnO_2 core-shell nanoparticles (CSNPs) and its gas sensing properties. The highest gas response for the sensitization originated in electronic interaction between Pd (actually PdO) and SnO_2, as follows. Therefore, the understanding of the influence of the oxidized phase of Pd on the gas sensing behavior of SnO_2 is important to the development of Pd@SnO_2 sensors of high performance. From this study, reveals PdO nanoparticles not only modify the electronic structure of the SnO_2 shell in terms of the formation of P-N junction but also substantially participate in the gas sensing reaction, thereby improving the gas sensing performance of the sensor. Further study will be carried out by investing Pd@SnO_2 at different calcination to know the oxidation behavior of Pd in Pd@SnO_2.

[P2-20]

Performance enhancement of MEA prepared by pulsed EPD process by using carbon sheet substrate with hydrophobic microporous layer: *Adilbish Ganpurev, Jin-Nyeong Jo, Yeon-Tae Yu ; *Chonbuk National University.*
Keywords: Pulsed electrophoresis deposition, Carbon sheet, Pt/C electrode, Pt utilization, low Pt loading

Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) is an electrochemical device for the direct conversion of chemical energy of a fuel into electrical work. The membrane electrode assembly (MEA) is the core component of PEMFC, that consists of anode and cathode catalyst layers (CLs), anode and cathode gas diffusion layers (GDLs) and a polymer electrolyte membrane. One of the challenges facing PEMFC commercialization is to improve the utilization of platinum (Pt) within the CLs, which should ultimately reduce the Pt loading in the electrodes. Theoretically, all Pt in the CL should be active for hydrogen oxidation and oxygen reduction reactions. Specifically, the fuel and oxidant must react at the interfacial region between the polymer electrolyte (e.g., Nafion membrane) 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. Therefore, GDL not only serves as a physical backing layer for the Pt catalyst, but it also facilitates access of reactant gases to the three-phase boundary and avoid flooding

problem in the electrode. Recently, a new approach to prepare MEA with ultra-thin Pt CLs at the polymer electrolyte membrane/electrode interface based on pulsed electrophoresis deposition (pulsed EPD) was reported in our previous work. Along with carbon papers, carbon cloths have also been widely used materials for GDLs in PEMFCs. However, carbon papers are thin, quite hard and brittle, with low compressibility, so care must be taken when handling them in order to not break corners or otherwise damage the GDL. The carbon cloth based GDLs are the most flexible and are generally quite mechanically robust, which makes them much easier to handle. In this study, we have applied pulsed EPD to prepare the MEA with flexible carbon cloth substrate with hydrophobic microporous layer (MPL), in order to reduce total Pt loading and improve overall MEA performance. To prepare the Pt/C electrode using pulsed EPD, a carbon cloth with MPL (W1S1005, CeTech) was used as the working electrode, and Pt colloidal solution was applied as a plating bath. Electrochemical experiments were conducted on Potentiostat/Galvanostat (Gamry instruments Reference 3000 Potentiostat/Galvanostat/ZRA) in three-electrode cell. In each experimental case, pH level of Pt colloidal solution, pulse current density, cycle time and duty cycle were held constant at 2, 30 mA/cm^2, 1 s and 25%, respectively. The electrophoresis deposition time used in this study varied from 5 min to 10 min. The MEAs were formed by sandwiching either the Nafion®115 membrane or Nafion®212 membrane between the anode and cathode and hot-pressing them at 115°C for 1 min under 60 kg/cm^2 of pressure. The prepared MEAs were characterized by FESEM, EDX and ICP measurements, in order to verify the deposition of Pt nanoparticles at the membrane/electrode interface and determine the total Pt loading. Also, the electrochemical performances of the prepared MEAs were determined in a single 5 cm^2 PEM fuel cell (SMART-II, WonATech) under H_2/O_2 and H_2/air environments, respectively, at 80°C and 1.5 atm backpressure. As reference, a MEA was fabricated using the conventional Pt/C electrodes (40 wt%, E-TEK, 0.3 mg_{Pt}/cm^2) on both the anode and cathode sides.

[P2-21]

TEM nano-beam diffraction을 통한 Pd@Au core-shell 나노입자의 격자 변형률 분석: *<u>김진수</u>, 김인호[1], 유태경[1], 이재철, 안재평[2]; *고려대학교 [1]경희대학교 [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: nano-beam diffraction, nanoparticle, core-shell, lattice strain, Pd, Au

재료가 나노화되면 표면 격자 변화 및 재료의 특성 변화가 나타난다는 것은 많은 연구로 잘 알려져 있다. 이 덕분에core-shell 나노입자를 합성하여 shell 의 strain을 조절하여 화학적, 광학적 특성을 변화시키는 결과들이 다수 보고되었다. 최근 촉매 분야에서도 Pt, Pd, Ni 등의 원소를 core-shell 구조화 또는 alloying을 통해 격자 변형을 일으키고, 이에 따른 촉매 활성의 변화를 관찰하는 많은 결과가 보고되고있다. 하지만 나노입자의 strain을 측정하여 특성 변화를 분석하기 위해 대부분X-ray diffraction을 활용하게 되는데, 이는 bulk 단위의 분석이기 때문에 나노영역의 strain 측정에 있어서는 부적합하다. 특히 촉매 특성에 중요한 표면의 strain을 구분해서 측정하기는 매우 어렵다. 이에 본 연구팀은TEM의 nano-beam diffraction을 이용하여 1 nm^2의 영역에 대한 diffraction pattern을 얻고, 나노입자 내부 위치별 diffraction pattern을 비교하여 각 방향에 대한 strain map을 얻었다. 이를 통해 Pd@Au core-shell 나노입자의 표면 Au 격자의 변형을 관찰하고 Au의 촉매 활성 원인에 대하여 이야기 하고자 한다.

[P2-22]

탄소나노튜브를 이용한 신축성 전도체 개발 및 응용: *<u>하현철</u>, 현승민[1], 정수환 ; *경북대학교 공과대학 [1]한국기계연구원.*

Keywords: CNT, 신축성, 히터

최근 웨어러블 디바이스(wearable device)에 대한 관심이 크게 증가하면서 신축/유연한 소자를 개발하기 위한 다양한 연구가 많은 연구진들에 의해서 활발하게 이뤄지고 있다. 이러한 연구중에 가장 각광받고 있는 방법은 도전성 재료와 신축/유연한 모재를 이용하여 복합화하는 것이다. 이를 통하여 신축성 모재가 가지지 못하는 전도성을 도전성 재료가 부여하여 신축/유연한 전도성 소재를 제작할 수 있기 때문이다. 도전성 재료들 중에서 뛰어난 전기적/물리적 성질과 열적/화학적 안정성을 가지는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)가 주요한 도전성 재료로 주목 받고 있다. 이러한 연구 중에 대표적인 사례로서 CNT와 신축성 폴리머가 혼합된 복합체를 제작하고, 이를 이용하여 에너지 저장장치, 센서, 전도체 등을 개발하는 경우를 언급할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 연구의 연장선에서 CNT와 신축/유연한 소재인 polydimethyl siloxane(PDMS)으로 기계적 변형에도 전기적 성능이 유지되는 복합체를 제작하였다. CNT/PDMS 신축성 복합체는 인장 변형률이 70% 이상의 뛰어난 신축성을 보여주었으며, 인장 시 전기저항의 변화율이 80% 이하의 결과를 보여 기존의 연구결과 대비 인장시에도 높은 신뢰성을 가지는 전도성 복합체를 제작했음을 판단할 수 있었다. 최종적으로 본 연구에서는 상기의 복합체를 이용하여 신축성 발열체(heater)로서 응용하는 연구를 진행하였다. 본 연구에서 개발한 신축성 CNT/PDMS 복합체를 기반으로 한 발열체는 70%의 변형률에서도 소재 온도의 변화율이 30%를 넘지 않았다. 따라서 본 연구에서 제작된 CNT/PDMS 복합체는 우수한 전기적/열적 성능을 바탕으로 헬스케어(health care) 분야와 관련된 웨어러블 기기에 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

[P2-23]

VO_2 나노잉크를 활용한 열변색 스마트윈도우 박막에 대한 연구: *<u>윤지원</u>[1,2], 김광석[1], 이석재[2], 김대업[1]; *[1]한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹. [2]전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Thermochromism, Smart window, Vanadium dioxide, Nanoink, Solution process

전세계적인 환경규제로 에너지 절감의 필요성이 증대됨에 따라 가시광선 투과율은 유지하고 열선인 적외선 투과율 제어를 통해 실내온도 유지에 소비되는 에너지를 절감할 수 있는 스마트윈도우 연구가 활발히 진행되고 있다. 열변색 스마트윈도우의 대표적 소재

인 Vanadium dioxide(VO_2)는 상대적으로 낮은 68°C의 상전이온도와 적외선 투과 제어가 가능한 장점이 있으나, 다양한 VO_x 상이 존재하여 안정적인 상제어 기술을 요한다. 기존의 VO_2 박막형성은 진공증착 공정인 sputtering이나 evaporation으로 하였으나, 공정 시 분위기제어 및 미세한 산소분압이 요구되며 균일하게 증착가능한 면적의 한계가 있어 낮은 수율과 고가의 공정비용이 상용화의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 문제 해결을 위해, 본 연구에서는 VO_2 나노잉크로 유리기판을 코팅하여 저비용의 열변색 스마트윈도우 박막을 제조하고자 하였다. VO_2 나노분말을 용매에 분산제 및 바인더와 혼합하여 VO_2 잉크를 제조하였다. 잉크내 VO_2 함량은 30~60wt.%로 변화하였으며 유리 표면에 적정량의 잉크를 스핀코팅한 후 어닐링하여 박막을 제조하였다. 박막은 XRD로 VO_2 결정상 유지여부를 분석하였으며, UV-VIS spectrometer를 활용하여 온도 및 파장에 따른 투과율 측정으로 열변색 특성을 분석하였다. 실험결과, 박막은 VO_2 결정상이 유지되었고 VO_2 함량이 증가할수록 가시광선 투과율은 감소하였으나 열변색 특성은 향상되었다. 가시광선 투과율과 infrared modulation이 각각 최대 61.2%, 41.3%를 보였다.

[P2-24]

선형 패턴기판과 박막 비젖음을 이용한 Au-Co쌍구조 나노입자의 1차원 정렬: *이선규, 오용준[1], 배남호[2] ; *한밭대학교 응용소재공학과.* [1] *한밭대학교 신소재공학과.* [2] *나노종합기술원.*

Keywords: Dewetting, Self Assembly

본 연구에서는 선형요철 패터닝된 Si 기판에 비 혼합(immiscible)의 Au-Co 합금박막을 증착 한 후, 상 분리 및 입자분리현상을 관찰하고, 1차원 정렬된 입자를 제조하는 기법을 연구하였다. 선형요철기판은 (001) Si기판에 전자빔 리소그래피기법으로 제조하였다. 제조된 기판에 Pulsed Laser Deposition(PLD)을 이용하여 15 nm 두께의 Au-Co합금박막을 증착하였다. 비 젖음을 유도하기 위해 PLD를 이용한 레이저어닐링을 수행하였고, 표면의 산화방지를 위해 Ar+4%H 의 환원성 가스 분위기에서 진행하였다. 제조된 나노입자는 급속열처리로를 이용하여 600°C에서 후속 어닐링을 실시하였다. 나노입자는 선형패턴에 따라 1차원 정렬된 모습을 보였고, 30~40 nm의 구형 입자크기와 50~60 nm의 rod 형태입자를 확인 하였다. 레이저 어닐링 직후 나노입자는 전율 고용된 상태에 있었으나, 후속 어닐링 처리 후 Co와 Au가 반 구체 형태 또는 rod형태로 접합된 구조로 발전한 것을 확인 하였다. 금속 박막의 비 젖음을 통한 나노입자 제조는 태양전지의 효율을 높이고, 와이어 성장을 위한 촉매, 고밀도 자기기록 매체 재료에 활용될 것을 기대한다.

[P2-25]

Exfoliation of Tungsten Sulfide Flakes via In-Situ Oxidative Intercalation Method and Bandgap Modulation for Optoelectronics Devices Application: *Azam Ashraful, Jungmo Kim, Dae-Chul Kim, Sung Ho Song, Seokwoo Jeon ; *KAIST. Department of Materials Science and Engineering.*

Keywords: Tungsten Sulfide Flakes, Intercalation, Exfoliation, Bandgap Modulation, PL mapping

The increasing need for the development of high-performance flexible electronics and optoelectronics has driven the researchers to seek for two-dimensional semiconductor material. Tungsten sulfide is a two-dimensional semiconductor layered-material with a direct bandgap of 1.9 eV [1]. However, through modification of its bandgap the light absorption range can be extended to lower visible wavelengths, which is more desirable for potential applications in the catalyst, photonics, and optoelectronics. Here we demonstrate an approach of simultaneous exfoliation and bandgap widening of tungsten sulfide flakes via oxidative-intercalation using potassium sodium tartrate tetrahydrate salt. Thermal in-situ oxidative intercalation replaces the sulfur atom by the oxygen atom and widens the bandgap from 1.9 eV to 2.5 eV. The bandgap widening of tungsten sulfide flake is confirmed by, UV-Vis spectroscopy and PL mapping image. Moreover, PL mapping image also confirms numerous emission spots due to the oxidation of tungsten sulfide and bandgap widening of tungsten sulfide. This bandgap change of tungsten sulfide flakes can be further widened up to 3.1 eV by complete oxidation of tungsten sulfide into tungsten oxide. Previously no report has been published about, tungsten oxide flakes production using liquid exfoliation method. However, using our method, two-dimensional tungsten oxide flakes can be synthesized. Furthermore, this bandgap change is reversible. We can modulate the bandgap from 3.1eV to 1.9eV by sulfurization of the flakes. The results demonstrate the promising possibility of using the tungsten sulfide flakes in the wide range of applications such as a photodetector, solar cell, LED, smart windows, and many others flexible electronics and optoelectronics devices application in future.

[P2-26]

Alloyed 2D van der Waals atomic-layer heterojunctions: *Cho Yong Joon, Yong Hun Kim[1], Byung Jin Cho[1], Min Ji Kang, Myung Gwan Hahm ; *Inha University.* [1]*Department of Advanced Functional Thin Films, Chungbuk National University.*

Keywords: 2D WSe_2 field-effect transistor; hot-carrier-induced degradation; interface trap density; Junction interface; Schottky barrier lowering

Two-dimensional (2D) atomic layer building blocks such as MoS_2, WS_2, and WSe_2 have been considered as excellent 2D semiconductors due to their finite bandgaps and diverse interesting electronic properties. However, one of the factors to limit practical applications is in presence of a large Schottky barrier since most TMD-based devices are Schottky barrier type transistors connected to S/D metal electrodes. Furthermore, the device instability originating from the imperfection on contact formation between the 2D TMDCs channel and electrodes must be addressed. In this work, we first demonstrated the alloyed 2D van der Waals heterojunctions introducing the interfacial transition region between semiconducting WSe_2 atomic layer channels and metallic $NbSe_2$ electrode. As a

result, such a $WxNb_{1-x}Se_2$ interfacial alloy layer dramatically lowers the Schottky barrier height of the junction compared to conventional Pd metal contact. Also, the alloyed 2D metal-semiconductor van der Waals heterojunction could significantly improve the performance of the corresponding WSe_2-based field-effect transistor devices and electrical junction durability. Thus, this formation of such alloyed 2D heterojunctions could be the most important factor in controlling the electronic properties of 2D junctions and designing 2D heterojunction-based novel device architectures

[P2-27]

무기주형 입자코어 적용 나노중공 실리카 광학 특성 연구: *노경재, 이지선, 유승용, 이영철, 이성의 ; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: 코어,쉘, 중공실리카, 액상법

최근 나노입자를 제조하는 기술이 많이 다뤄지고 있으며, 다양한 분야에서 나노입자를 활용하기 위한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노입자의 제조 자체를 넘어 형상제어를 통해 입자의 구조를 튜브, 로드, 와이어 및 중공 구 등으로 제조하는 연구가 이루어지고 있다. 중공 입자는 다공성 또는 비 다공성 껍질로 둘러싸이고 속이 비어있는 구조로, 높은 기하학적 면적과 투과율, 낮은 밀도 등 성질로 인해 바이오, 광학, 약학, 센서, 촉매 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 특히, 무기 소재의 중공 실리카는 나노입자의 장점과 더불어 높은 기계적, 열적, 화학적 안정성을 지니고 있다. 최근 들어 중공형태의 특성을 살려 디스플레이의 기판위에 코팅함으로 인해 굴절률을 조절하는 목적으로도 연구가 활발히 진행이 되고 있는 추세이다. 이에 따라 본 연구에서는 소듐실리케이트와 소듐알루미네이트, 암모늄설페이트으로부터 무기주형 입자(Inorganic template)를 제조하였다. 무기주형 입자 제조 시 반응물질인 소듐실리케이트와 소듐알루미네이트 등 전구체의 농도를 조절하여 65~70 nm의 크기의 무기주형 입자를 제조하였다. 제조한 무기주형 입자 코어로 사용하였으며, 소듐실리케이트를 실리카 전구체로 채택하여 실리카 쉘을 형성하였다. 실리카 쉘 형성 시 반응온도와 전구체의 농도 변화에 따른 입자 형성을 조사하였다. 전구체의 농도가 증가할수록 쉘의 두께가 증가하지만, 특정임계값을 초과하면, 실리카 쉘의 두께가 두꺼워지지 않고, 실리카 쉘 표면에 표면돌기를 형성하였다.

[P2-28]

실리콘 나노선기반 복합구조 형성 및 금속 촉매에 의한 가스 센서 특성 향상: *김현우, 권용중, 최명식, 방재훈 ; *한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: 실리콘 나노선, 산화물 반도체, 금속 파티클, 가스 센싱

최근 나노소재 분야에서는 다양한 물질의 나노선 합성에 대한 많은 연구들이 진행되어왔다. 그 중에서 현재 반도체 전자소자에 가장 널리 이용되고 있는 실리콘을 이용한 나노선 합성은 경제적, 기술적으로 효율적일 것으로 예측되고 이에 대한 실험이 진행되고 있다. 본 연구에서는 실리콘 나노선을 제작하였으며, 이후 실리콘 나노선 표면에 산화물 반도체 물질 및 금속 파티클 형성을 통하여 실리콘 나노선의 가스 센싱 감도를 증가시켰다. 실리콘의 가스 센싱 능력은 나노선 표면에 형성된 산화물 반도체에 의해 1차적으로 증가하였으며, 이후 금속 파티클 형성에 의해 2차적으로 증가하였다. 본 연구에서는 이에 대한 매커니즘으로 실리콘 나노선 표면에 형성된 산화물 반도체와 금속 파티클에 의한 복합구조를 제시하였다.

[P2-29]

Cu-Ag core-shell nanowires with enhanced oxidation stability for transparent electrodes : *정슬기, 이창수, 추초롱, 이혁모 ; *한국과학기술원.*

Keywords: Cu nanowires, Cu-Ag core-shell, transparent electrode, flexible application

In this work, we synthesized uniform Cu-Ag core-shell nanowires using a facile two-step process consisting of oleylamine-based reduction and galvanic displacement methods. The core-shell structure of these nanowires was confirmed through characterization using transmittance electron microscopy, energy-dispersive spectroscopy, and x-ray diffraction. Furthermore, we investigated the oxidation stability of the Cu-Ag core-shell nanowires in detail. X-ray photoelectron spectroscopy analysis confirmed that the Cu-Ag core-shell nanowire have considerably higher oxidation stability compared to the Cu nanowires. Finally, we fabricated transparent conductive film using the nanowires. The transmittances and electrical resistivity were compared using UV-vis spectroscopy and four-point prove. The Cu-Ag core-shell nanowires showed the acceptable optoelectronic properties and the higher oxidation stability compared to the Cu nanowires.

[P2-30]

MW-CBD 방법을 이용하여 성장시킨 Fe_2O_3 박막의 광전기화학적 특성 변화: *최하영, 류혁현 ; *인제대학교 나노융합공학과.*

Keywords: Fe_2O_3, Photoelectrochemical(PEC) cell, precursor concentration, MW-CBD, Thin films

본 연구에서는 fluorine-doped tin oxide (FTO) 기판 위에 전기화학 증착법을 이용하여 Fe_2O_3 버퍼막을 증착 시킨 후, microwave chemical bath deposition (MW-CBD) 공정법을 이용하여 다양한 전구체 농도 조건 아래에서 Fe_2O_3 박막을 성장시켰다. 전구체 농도에 따라 변화하는 Fe_2O_3 박막의 형태학적, 광학적, 구조적, 전기적 그리고 광전기화학적 특성 변화를 연구하였으며, 각 특성들 간의 상호관계를 체계적으로 분석하였다. 연구 결과 다양한 전구체 농도에 따른 Fe_2O_3 박막의 두께, 성장률, 거칠기, 표면적, (110), (104) XRD 피크 세기, flat band potential, donor density는 광전류 밀도값의 경향과 일치하는 것을 발견하였다. 이를 통해, 형태학적, 구조적, 전기적 특성과 광전기화학적 특성은 매우 밀접한 관계를 가지는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 모든 특성이 우수한 전구체 농도 0.1 M 샘플에서 가장 높은 광전류 밀도값 0.31 mA/cm² (at 0.5 V vs. SCE) 을 얻을 수 있었으며, 90.3% 라는 높은 수준의 광안정성을 가지는 것을 확인하였다. 형태학적 특성 분석을 위하여 field emission scanning electron

microscopy (FE-SEM)와, atomic force microscopy(AFM)를 이용하였고, 광학적 특성 분석을 위하여 UV-visible spectroscopy (UV-vis.)를, 구조적 특성과 전기적 특성 분석을 위하여 각각 X-ray diffraction (XRD) 와 electrochemical impedance spectroscope (EIS)를 이용하였으며, three-electrode potentiostat 을 이용하여 광전기화학적 특성을 측정할 수 있었다.

[P2-31]

Wave-Tunable nano- and micro material assembly: *Hyeohn Kim, Taehoon Kim, Dohun Kim[1], Wooyoung Shim ; *Yonsei University.* [1]*Seoul national university.*

Keywords: Sound wave, nanomaterials, bottom-up assembly, coffee ring effect, capillary wave

Cymatics, proposed by Hans Jenny in 1967, is the study of the wave mechanics and visualization of sounds through vibrational phenomena of plate surface. The resultant patterns made by displacement node/antinode of the waves show highly symmetric images depending on the geometry of the plate and the driving frequency. Famous example is the Chladni patterns in which the powders or particles move due to the vibration and accumulate progressively in nodal points of the applied wave, and thus lead to spatially periodic arrangement. In this study, we are motivated by potential of this cymatics to introduce a new approach to the micro- and nanomaterial assembly that has been a long-standing goal in the field of nanoscience and nanoengineering in general. In this work, we utilize the combination of silicon substrate as a vibrating surface and materials with different length scales from micrometer to nanometer and different geometry from particles to nanowires. Analogous to the definition of crystallographic ‘lattice’, symmetric and periodic points comprised of accumulated building blocks can be seen as ‘lattice equivalent’, resulting from material assembly. By virtue of the tailorability of the system, we deliberately control the pattern size and dimensionality and understand the wave mechanics as well. This approach is technologically unique in that (i) it is a method that enables the construction of three-dimensional nanomaterial assembly, which has never before been observed in the field of cymatics and (ii) a massively parallel method that creates arrays over macroscale areas where the total patterned area is only limited by the size of the plate surface.

[P2-32]

Synthesis of Co nanotubes by nanoporous template-assisted electrodeposition via the incorporation of vanadyl ions: *전유상, 김수효, 박범철, 남다연, 김영근 ; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: Co nanotube, Electrodepostion, Vanadyl ion attachment, Microstructure analysis, Magnetic properties

1차원의 자성 나노재료들은 그들의 형태적 이방적인 특성으로 인해서 전자기 소자, 생체분자 센서등에 활용될 수 있을 것으로 큰 기대를 모으고 있다. 일례로 Ni 나노선 어레이의 경우에는 심근경색용 진단플랫폼이 제작 되었다.[1] 그런데 나노튜브의 경우에는 외부 영역 뿐 아니라 내부표면을 가지고 있기 때문에 나노선 보다 더 넓은 비표면적, 더 민감한 신호를 얻는데 유리함을 가지고 있다. 그러나 나노튜브를 합성하는 방법은 기존 나노선 합성 방법 대비 다른 전착시스템을 도입해야 하는 불합리함을 가지고 있었다.[2-4] 본 연구에서는 아직까지 보고가 된바 없는 바나딜 이온(VO^{2+})을 양극산화알류미늄(AAO) 벽면에 부착시키는 방법으로 새로운 나노튜브 합성 메커니즘을 밝히려 한다. VO^{2+} 이온은 AAO 벽면에 부착되려는 선호를 가지고 있는 것으로 보고가 되어 왔다.[5] 이러한 성질을 이용하기 위해 기존의 Co 나노선 전착시스템에 바나딜황산염(Vanadyl Sulfate hydrate)와 pH 조절을 위한 소량의 강산을 첨가한 전구체 용액을 제작하였다. 이러한 전구체 용액에 일정한 전류를 인가하였고 AAO 벽면의 VO^{2+} 이온쪽으로 Co 이온이 이어서 달라붙게 되면서 나노선이 아닌 나노튜브가 합성이 되었다. 합성된 나노튜브를 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM), X선 회절장치(XRD),X선 광전자 분광법(XPS) 등으로 구조 분석하였으며, 진동시료자력계(VSM) 을 이용한여 자기적 특성을 확인하였다. 그림1은 나노튜브의 형태는 내부 반지름 길이 약 80 nm 정도를 가지고 있는 것으로 확인되었으며 성분분석 결과 바나듐 이온이 모체 내부에 소량 존재 하였다. 그림2를 통해 자화용이축은 나노튜브의 강한 형태이방성에너지로 인해 나노튜브 축에 평행한 방향으로 되어있으며, 나노선과 다른 형태 특성에 의해 볼텍스 스핀상태가 약하게 보임을 확인하였다.[1] J.-S. Park et al., Nature Nanotechnol. 4, 259 (2009).[2] M. P. Proenca et al., Nanoscale Res. Lett. 7, 280 (2012)[3] C. J. Brumlik et al., J. Mater. Res. 9, 1174 (1994)[4] L. M. Graham et al., Chem. Commun. 50, 527 (2014).[5] Y. Wang et al., J. Phys. Chem. B 109, 3085 (2005).

[P2-33]

개선된 화학 용액 증착법으로 성장시킨 Fe:CuO 광전극 특성 변화 연구: *오재진, 류혁현 ; *인제대학교나노융합공학과.*

Keywords: photoelectrochemical cell, modified chemical bath deposition, cupric oxide, Fe doping concentration

광전기화학전지 셀은 태양광을 이용하여 수소를 얻을 수 있는 방법으로, 높은 효율을 가지는 광전극을 얻기 위한 연구들이 많이 진행되고 있다. 광전극 물질 중 산화구리(Ⅱ)는 좁은 에너지 밴드갭과 적절한 밴드 위치 때문에 높은 효율을 가진다고 알려져 있다. 본 연구에서는 fluorine-doped tin oxide (FTO) 기판 위에 스핀코팅을 이용하여 산화구리(Ⅱ) 버퍼막을 증착 시킨 후, Fe 도핑 농도를 변화시키며 산화구리(Ⅱ) 나노구조체를 화학 용액 증착법으로 성장시켰다. 성장시킨 산화구리(Ⅱ) 나노구조체의 형태학적, 구조적, 광학적, 전기적, 광전기화학적 특성을 각각 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), X-ray diffraction (XRD), UV-visible spectroscopy, electrochemical impedance spectroscope (EIS) 그리고 potentiostat/galvanostat 장비를 이용하여 측정하였다. 측정 결과 Fe도핑 농도에 따라 각각의 특성들이 변화하는 것을 관찰할 수 있었다. 특히, 도핑농도 2 at%에서 가장 낮은 XRD (002) peak full width at half maximum (FWHM) 과 dislocation density 를 가지는 것을 알 수 있었으며 가장 높은 flat band potential (V_{fb})과 acceptor density (N_A)를 얻을 수 있었다. 이러한 특성들이 광전기화학 특성에 영향을 주어 도핑농도 2

at%에서 가장 높은 광전류 밀도값 -1.44 mA/cm^2 (at 0.5 V vs. SCE)을 얻을 수 있었다.

[P2-34]

CuO 나노구조체의 광안정성 개선 연구: *이수호, 오성진, 류혁현, 황창훈[1], 윤존도[1] ; *인제대학교 나노융합공학과. [1]경남대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: CuO, Nanostructure, Photocurrent density, Photo-stability, Annealing temperature

화학 용액 증착법을 이용하여 CuO 버퍼층이 증착된 fluorine doped tin oxide(FTO)기판 위에 CuO 구조체를 성장시켰다. 후속 열처리 온도에 따른 특성 변화를 관찰하기 위하여 다양한 열처리 온도에서 열처리 공정을 진행하였으며, 그에 따른 형태학적, 구조적, 광학적, 전기적 그리고 광전기화학적 특성 변화를 관찰하였다. 형태학적 특성은 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), 구조적 특성은 X-ray diffraction (XRD), 광학적 특성은 UV-visible spectroscopy (UV-vis.), 전기적 특성은 electrochemical impedance spectroscope (EIS), 광전기화학적 특성은 three-electrode potentiostat을 사용하여 측정하였다. 본 연구를 통해 열처리 온도가 변화함에 따라 CuO 나노구조체의 형태와 광학적 에너지 밴드갭이 변화하는 것을 볼 수 있었으며 열처리 온도에 따라 변화한 flat band potential, acceptor density 및 결정성 특성들이 광전류 밀도와 광안정성에 많은 영향을 미치는 것을 관찰하였다. 결과적으로 열처리 온도 600도에서 광전류밀도 1.13 mA/cm^2 (at 0.5 V vs. SCE)의 값을 얻을 수 있었고, 안정성 측정 결과 약 90%의 높은 안정성을 확보할 수 있었다.

[P2-35]

Fe_2O_3 나노 구조체의 광전기화학적 특성 연구: *홍예진, 류혁현 ; *인제대학교 나노공학부.*

Keywords: Modified chemical bath deposition, Spin coating method, Fe_2O_3, Photoelectrochemical property

스핀코팅 방법을 이용하여 fluorine doped tin oxide(FTO)기판 위에 Fe_2O_3 버퍼층을 증착시킨 후, 개선된 화학 용액 증착법을 이용하여 Fe_2O_3 나노 구조체를 성장시켰다. 개선된 화학 용액 증착법의 성장 시간, 기판 온도, 전구체 농도를 변화시켜 실험을 진행하였고, 그에 따른 형태학적, 구조적, 광학적, 전기적 그리고 광전기화학적 특성들을 관찰하였다. 형태학적 특성을 위하여 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), 구조적 특성을 위하여 X-ray diffraction (XRD), 광학적 특성을 위하여 UV-visible spectroscopy (UV-vis), 전기적 특성을 위하여 electrochemical impedance spectroscopy (EIS) 그리고 광전기화학적 특성을 위하여 1 sun 조건에서 three-electrode potentiostat을 사용하여 측정하였다. 연구 결과, 개선된 화학 용액 증착법의 성장 시간, 기판 온도, 전구체 농도에 따라 형태학적, 구조적, 광학적, 전기적 특성이 변화하는 것을 관찰 할 수 있었으며, 이러한 특성 변화는 광전기화학적 특성에 많은 영향을끼친다는 것을 확인할 수 있었다.

[P2-36]

산화구리 (II) 버퍼층 증착 횟수에 따른 산화구리 (II) 나노구조체의 광전기화학적 특성 변화연구: *전승환, 류혁현 ; *인제대학교 나노공학부.*

Keywords: cupric oxide, buffer layer, photoelectrochemical (PEC), modified-chemical bath deposition (M-CBD),

본 연구에서는 fluorine-doped tin oxide (FTO) 기판 위에 스핀 코팅법으로 산화구리(II) 버퍼층을 증착하고 화학 용액 증착법을 이용하여 산화구리(II) 나노구조체를 성장 시켰다. field emission scanning-electron microscopy (FE-SEM), X-ray diffraction (XRD), UV-visible spectroscopy (UV-vis), electrochemical impedance spectroscopy (EIS) 및 three-electrode potentiostat를 사용하여 형태학적, 구조적, 광학적, 전기적 그리고 광 전기 화학적 특성 변화를 연구하였다. 산화구리(II) 버퍼층의 증착 횟수에 따라 산화구리(II) 나노구조체의 결정성, 결정립 크기, 표면적, 광학적 에너지 밴드갭, 억셉터 밀도 그리고 플랫 밴드 전위의 변화를 관찰할 수 있었으며, 이러한 변화가 광 전기 화학적 특성에 많은 영향을 주었다는 것을 확인하였다. 결과적으로 버퍼층의 증착 횟수 3회 조건에서 가장 높은 광 전류 밀도 값 (2.22 mA/cm^2 at -0.55V vs. SCE)을 확인 할 수 있었다.

P3 : 상변태
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P3-1]
Atomic Migration and Mechanical Stress Induced Hybrid Phase Transition in Single Crystal $Ge_2Sb_2Te_5$ Nanowire: *Deok-Jin Jeon, Jun-Young Lee, Jae-Hyun Han, Jong-Souk Yeo ; *연세대학교.*
Keywords: $Ge_2Sb_2Te_5$, Mechanical Stress, Atomic Migration, Phase Change Memory

Here, a heating electrode applied $Ge_2Sb_2Te_5$ (GST) nanowire (NW) phase change memory (PCM) cell is investigated, also atomic migration and mechanical stress induced hybrid phase transition are observed.[1] We have applied W-rich WN as heating electrodes on a bottom-up grown $Ge_2Sb_2Te_5$ nanowire. The phase transition from a single crystalline phase of a hexagonal close-packed structure to an amorphous phase is analyzed using a cross-sectional scanning transmission electron microscopy (STEM/TEM). The GST NW device shows a reliable switching performance with the reset/set resistance ratio of above 10^3 and small reset power consumption. The cross-sectional sample of reset-stop GST NW is prepared using focused ion beam (FIB). In the reset-stop GST NW, crystalline phase is transformed not only at the center region of the NW, but also under the contact heating electrode. The phase transition at the center is associated with the atomic migration along the NW axis via induced electric pulse while the phase transition under the electrodes may come from the mechanical stress with volumetric changes. STEM-EDS analysis indicates that atomic migration appears only at the core part of the amorphous region. All the results are analyzed with the numerical simulation using COMSOL Multiphysics. These results extend our understanding further on the phase-change mechanism in the single crystal phase-change materials such as nanowire PCM devices. This research was supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the “ICT Consilience Creative Program” (IITP-R0346-16-1008) supervised by the IITP (Institute for Information & Communications Technology Promotion) and also under the “Mid-career Researcher Program” (NRF-2016R1A2B2014612) supervised by the NRF (National Research Foundation). References 1. Lee, J. Y., Kim, J. H., Jeon, D. J., Han, J., & Yeo, J. S. (2016). Nano Letters, 16(10), 6078-6085. 2. S. W. Nam, H. S. Chung, Y. C. Lo, L. Qi, J. Li, Y. Lu, A. T. C. Johnson, Y. W. Jung, P. Nukala and R. Agarwal, Science, 336, 1561-1566, (2012). 3. T. Y. Yang, I. M. Park, B. J. Kim and Y. C. Joo, Appl. Phys. Lett., 95, (2009). 4. V. Kolobov, M. Krbal, P. Fons, J. Tominaga and T. Uruga, Nat. Chem., 3, 311-316, (2011).

[P3-2]
Crystallization and phase transformation behavior of TiCu-based bulk metallic glass composite with B2 particles: *Young Seok Kim, Hae jin Park, Jumaev Elyorjon, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim* ; *Sejong University.*
Keywords: amorphous materials; nanostructures; crystallization; phase transformation; microstructure

The crystallization behavior of $Ti_{45}Cu_{40}Ni_{7.5}Zr_4Sn_{2.5}Si_1$ bulk metallic glass composite (BMGc) is investigated. The alloy rod with diameter of 2mm prepared by arc suction casting consists of metastable B2-TiCu phases and the amorphous matrix. Thermal properties of the alloy are investigated by Differential Scanning Calorimetry (DSC). The glass transition temperature (T_g), first crystallization temperature (T_{x1}), and second crystallization temperature (T_{x2}) are revealed at 678 K, 718 K and 783 K, respectively. In order to understand the detailed crystallization behavior of the present alloy, the annealing process is performed between T_{x1} and T_{x2}. For the annealing to 783 K with heating rate of 0.33 K/s, partial nano-crystallization is occurred in the amorphous matrix, while the metastable B2-TiCu phase is not transformed. As isothermal annealed at 783 K for 60 min, two exothermic peaks of the DSC curve are clearly disappeared and the amorphous matrix is transformed to nano-crystalline through whole alloys. However, the metastable B2-TiCu phase is not transformed into tetragonal γ-TiCu phase in Ti-Cu phase diagram, it is confirmed that the strain field with direction is formed into the B2 phase.

[P3-3]
X70강의 변형유기상변태: *장현수, 최병학, 윤진영, 김형래, 윤주성, 이승영, 김우식[1] ; *강릉원주대학교 신소재금속공학과. [1]한국가스공사.*
Keywords: X70,변형유기상변태

최근 수소연료전지 자동차 및 수소에너지 타운 개발이 시행되면서 수소를 배관재질로 X70이 고려되고 있다. 이것은 1기압 미만의 저압수소 배관의 경우 A106과 같은 저강도 펄라이트계 탄소강 사용이 가능하지만, 수소압력이 20기압을 초과하는 경우 일반 저강도 강종으로는 배관 두께가 두꺼워져서 장거리 배관 시공에 문제가 있기 때문이다. 따라서 고압수소 배관사용 재질로 X70 강종을 고려한 수소취성효과를 검증할 필요가 있다. 본 연구에서는 베이나이트 미세조직의 X70에 대한 수소취성균열 전파양상을 고찰하였다. 펄라이트 탄소강의 경우 입계탄화물 경계를 따르는 HIC 전파가 보고되고 있지만, X70강과 같은 베이나이트 또는 템퍼드 마르텐사이트 조직의 HIC 전파양상 연구는 더욱 드물다. 본 연구에서 수소가압분위기에서 수소취성을 겪은 X70 재질에 대하여 광학현미경, SEM, TEM 및 경도분석을 통하여 고압수소 사용을 가정한 재질취화 및 등급저하 현상을 검토하였다. 이를 통하여 수소사용 시 HIC 전파가 억제되고 건전한 사용이 확보된 X70 미세조직 구성을 고찰하고자 하였다.

[P3-4]

Cu-Zn의 변형유기상변태: *장현수, 최병학, 김형래, 윤진영, 권병호, 백광용, 이범규, 윤주성 ; *강릉원주대학교 신소재금속공학과.*

Keywords: 변형유기상변태,재질취성

Cu-Zn 합금 (황동, Brass)은 내부식성 및 딥드로잉 특성이 우수하여 탄약통 (catridge) 또는 각종 페스너류 및 부품 재질로 사용된다. 딥드로잉 특성을 개선시킨 α 단상 미세조직의 Cu-Zn 합금은 β상 변태곡선 경계선에서 α상으로 치우친 65%Cu-35%Zn 성분이 공업적으로 유용한데, 이것은 원소재 비용절감을 위하여 금속가격이 비교적 낮은 Zn을 최대한 함유시키기 위함이다. 그런데 이 합금에 포함된 35%Zn 성분은 상태도에서 β상 변태 경계에 놓여 있기 때문에, 단일 α상으로부터 β상 마르텐사이트 관련의 상변태로 인한 취성이 우려된다. 일부 논문에서는 63%Cu-37%Zn 합금성분에서 β' 마르텐사이트 변태가 이루어진다고 보고되고 있다 이는 형상기억합금에서 발생되는 9R/18R 격자구조의 쌍정유사 (twin-like) 상변태로 알려져 있는데, 이와 같은 상변태가 재질의 취성과 관련되는 지에 대해서는 밝혀진 바가 없다. 본 연구에서는 65%Cu-35%Zn 합금에서 유발될 수 있는 β상 상변태를 고찰하였다. β상변태 경계에 놓인 이 합금은 단일 α상 미세조직 구조를 기본으로 하여 연전성 및 딥드로잉 특성이 요구되는 부품으로 사용되는 재질이다. 그런데 합금조성에 있어서 안정된 α상 형성이 어려울 것으로 보이며 극심한 변형이나 저온 냉각시 β상 관련의 마르텐사이트 변태가 일어날 것으로 예상된다. Cu-Zn 합금의 상변태는 주로 투과전자현미경으로 분석하였으며, 이러한 비정상적인 상변태로부터 유발되는 재질의 취성효과를 고찰하였다. 이를 통해 Cu-Zn 합금의 공업적 사용 안정성이 확보될 수 있는 합금조성과 취성억제를 위한 미세조직 구조 건전성 기초연구에 활용될 것이 기대된다.

[P3-5]

SS420의 미세조직 및 입계예민화 균열: *장현수, 최병학, 고승희, 강효인, 윤주성, 박찬성[1], 김진표[1], 박남규[1] ; *강릉원주대학교 신소재금속공학과. [1]국립과학수사연구원.*

Keywords: 입계예민화,변형유기상변태,스테인레스

S420의 입계부식 현상은 여러 논문에 보고되어 있다. 입계부식은 공통적으로 입계탄화물 석출에 기인하는 것으로 밝혀진다. 그런데 SS420의 입계부식을 일으키는 입계탄화물이 가공과 열처리 어느 공정에서 발생되는지에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않다. 즉 (0.15~0.4)% C와 (12~14)% Cr 성분을 함유하는 SS420 재질에서 담금질 온도 가열 후 공냉조건에서 입계부식을 야기할만한 입계탄화물 형성은 논리적으로 타당하지 않은 면이 있다. 이는 Cr 탄화물 석출온도 범위가 600ºC~900ºC인데 공냉의 비교적 빠른 냉각조건이 입계탄화물 석출에 충분한 시간을 공급하는 것인가에 대한 의문이다.본 연구에서는 이와 같은 SS420J2의 입계부식 현상을 고찰하였다. 입계부식은 다른 논문들의 보고와 마찬가지로 입계탄화물에 의한 전형적인 입계예민화 (grain boundary sensitization)으로 보여지는데, 이러한 입계탄화물이 어느 제조공정 (제강 → 가공/성형 → 열처리)에서 유발되는지 확인해야 한다. 이를 위해서 입계탄화물의 상분석이 이루어져야 한다. 본 연구에서는 사용 후 표면부식 문제가 발생된 SS420 부품과 이것의 모사된 열처리에서 채취된 시료들에 대한 미세조직 (광학, SEM/EDS, TEM) 및 경도측정을 통해, 입계탄화물의 상분석과 석출기구를 확인하고자 하였다. 본 논문의 연구결과는 SS420 부품의 입계부식 방지를 위한 열처리 공정의 개선으로 제시될 수 있다.

[P3-6]

SS205의 미세조직 및 입계예민화 균열: *장현수, 최병학, 강효인, 고승희, 윤주성, 이승영, 고태연 ; *강릉원주대학교 신소재금속공학과.*

Keywords: 입계예민화, 변형유기상변태, 스테인레스

오스테나이트계 스테인레스강의 일종인 200계열(SS200)은 오스테나이트 안정화 원소로써 Ni대신에 Mn 및 N 을 첨가시켜 개발된 합금이다. 즉 SS200계는 값비싸고 전략물질인 Ni을 대체하는 것이 합금개발의 목적인데, SS304(18Cr-8Ni)에 비하여 SS205의 경우 "16Cr-2Ni-15Mn-0.3N" 성분으로 구성된다. SS200계는 SS304에 비하여 강도가 30% 크고 고연성 재질특성을 지니고 있어서 1990년대까지 합금개발이 시도된 상황이다. 그러나 SS200계의 큰 단점으로 대두된 것은 딥드로잉 후 냉간균열(Cold Crack) 관련의 지연균열(Delayed Crack)에 대한 것이다. 냉간균열발생의 구체적인 원인은 아직 밝혀져 있지 않지만, 대체로 ①오스테나이트의 변형유기상변태 (')및 ②입내 또는 입계석출물 효과 등으로 고려할 수 있다. 이외에도 SS200계는 SS304에 비하여 Cr및 Ni 함향이 낮아서 피트/균열 부식에 취약한 재질로 평가된다. SS205 "16Cr-2Ni-15Mn-0.3N-0.15C"성분의 오스테나이트계 스테인레스강이다.열간단조한 부품이 입계취성파단 당하였는데, 이것은 사용의 문제라기 보다는 재질 또는 제조공정 문제 가능성이 크다. 본 연구에서는 이러한 SS205 입계취성에 대해 고찰하였다. 그 원인으로 대두되는 변형유기변태와 입내/입계 석출 현상에 대해서 미세조직으로 분석하고자 하였다. 특히 투과전자현미경을 이용한 상변태와 석출물 분석으로 SS205 입계예민화 균열의 원인을 고찰하였다.

[P3-7]

액상 금속 탈성분 공정을 통한 다공성 Co-Cr 합금의 제조: *윤국노, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Metallic foam, Self-organizing porous material, Bio-materials, LMD process

Co-Cr 합금은 높은 강도, 내마모 특성 및 우수한 탄성계수 등의 기계적 물성을 보임과 동시에 다른 금속 재료 대비 높은 생체적합성으로 인해, 구조용 소재로뿐만 아니라 임플란트 등의 의료용 금속 재료로도 널리 사용되고 있다. 특히 Co-Cr 합금이 그 표면 및 내부에 기공을 포함하는 경우 생체 적합성이 급격히 상승하는 것으로 보고되어 있으며, 이 때문에 Co-Cr 합금이 다공성 구조에 관한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 Co-Cr 합금 다공체를 제작하기 위하여 액상 금속 탈성분 공정(Liquid metal dealloying, LMD)을 이용하였다. LMD는 화학적인 용액 대신 금속 용탕을 재료와 반응시키는 방식으로, 모합금 내 각 원소와 금속 용탕 간 혼합 엔탈피 차이가 큰 조합을 통해 특정 구성원소와 용탕의 선택적 결합을 유도하여 특정한 성분만 모합금으로부터 용해시켜, 남아 있는 원소가 자발적으로 재배열 되어 다공체를 형성하게 하는 공정이다. 본 연구에서는 Co 및 Cr과 고

용체를 이루는 Ni을 Co-Cr과 함께 합금화 하여 모합금을 제조하고, 이를 Ni과 음의 혼합열을 가지는 Mg 및 Ca 등의 용탕에서 반응시켜 Co-Cr 및 Mg/Ca 간의 복합 구조 합금을 구성하였다. 특히 잔류하는 Mg 및 Ca을 유독한 산이 아닌 물과 반응 시킴으로써, 산과의 반응으로 인한 유독성 부산물의 형성을 최소화 하였으며, 시간 및 온도 등의 공정 변수를 체계적으로 변화시켜가며 그 구조 및 특성의 변화를 고찰하였다. 본 연구를 통하여 기존 화학적 탈성분 부식으로는 제조가 불가능하였던 새로운 형태의 Co-Cr 다공체를 제조하고 그 특성을 최적화 할 수 있는 제어 기술에 관한 시금석을 제공하고자 한다.

[P3-8]

Deformation behavior transition in small-sized metallic glasses upon varying experimental conditions: *So Yeon Kim, Jinwoo Kim, Andrew M. Minor[1], Koji S. Nakayama[2], Eun Soo Park ; *Seoul National University.* [1]*Lawrence Berkeley National Laboratory.* [2]*Tohoku University.*

Keywords: Metallic glass, Nanoparticle, In-situ compression test, Deformation behavior, Experimental condition

Since metallic glass (MG) deforms through a single mechanism, the deformation map is established based on various deformation modes exhibited under different external conditions. Recently, researches on the nanomechanical properties of MG reported an abnormal phenomenon such as deformation mode transition from strong-yet-brittle to a stronger-and-ductile state suggesting “size” as another external variable that tunes the mechanical response of MG. To investigate the variation in intrinsic mechanical responses free from extrinsic factors such as surface ion damage, we prepared MG nanoparticles by FIB-less method. The transition of deformation behavior in small-sized MG has been investigated by in-situ compression test under various experimental conditions and comprehensive analysis on the physical property is provided on the basis of the stress-strain relation. These results could lead us to an in-depth insights on the nucleation and propagation of shear bands thereby allowing wider application of MG.

[P3-9]

실리콘 나이트라이드와 티타늄의 확산거동 및 계면반응고찰: *최광수, 박준식, 이종원+; *국립한밭대학교 신소재공학부.*

Keywords: 실리콘 나이트라이드, 티타늄, 확산거동

실리콘 나이트라이드는 세라믹 구조재 뿐 아니라 패키징 등에도 다양한 용도로 사용되고 있다. 세라믹과 금속의 접합체를 제조함에 있어, 확산거동을 속도론적으로 이해하고 이를 이용하여 중간상을 조절함으로써 금속/세라믹의 접합 등 다양한 분야에 응용이 가능하다. 본 연구에서는 실리콘 나이트라이드 / 티타늄의 확산쌍을 제조하여 반응층을 분석고찰 하였다. 반응층은 실리사이드 등 다양한 중간상이 생성되었으며, 이를 분석하여 확산거동을 속도론적으로 분석하였다. 미세조직과 속도론 계산을 통하여 계면의 형상을 결정하는 인자와 확산경로를 분석하여 중간상을 형성하는 핵심적인 원소를 추론하고 논의하였다.

[P3-10]

Fabrication and characterization of novel Al/Al clad composite with high strength and aesthetic exterior design: Jin Man Park, Changwoo Jeon, Jae Won Sim, Sung Hwan Hong[1], *Ki Buem Kim[1] ; *Samsung Electronics.* [1]*Sejong University.*

Keywords: Roll bonding, Clad composite, Strength, Aluminum alloy, Anodization

In this study, we developed novel Al/Al cladding composite via simple roll cladding method. This novel composite sheet was composed of AA6061 as a skin layer surrounding the core and AA7075 as a central core. The common inherent properties and diverse behaviors of both AA6061 and AA7075 combine to provide unique performance advantages. This type of composite is not just structural, but also very attractive. The role of AA6061 layer is to present aesthetic exterior design by anodization whereas that of AA7075 is to support the strengths. Microstructural investigation and mechanical properties of the roll-bonded and post-roll-bonding heat treated Al/Al clad composites clearly demonstrate the well-bonded interface features of AA6061/AA7075 clad composite without delamination of layers. Therefore, it is believed that Al/Al clad composite is the ideal choice for structural metallic frame materials with an aesthetic design concept.

[P3-11]

Comparision of mechanical properties of the amorphous & crystal substances with the same chemical compositions: *김완, 박은수, K.S. Nakayama[1] ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.* [1]*WPI-AIMR.*

Keywords: Al-based metallic glass, quasicrystals mechanical properties, shear band deformation, nano-indentation

비정질 금속재료는 불규칙한 원자구조에 기인하여 높은 비강도, 탄성한계등 우수한 물성을 가지므로 이를 활용한 구조용 소재 개발 연구가 지속적으로 이루어 지고 있다. 하지만, 비정질 합금은 국부적으로 성장하는 shear band들의 급속전파로 인해 소성변화 없이 갑작스럽게 파괴가 일어난다는 단점이 있다. 이를 극복하기 위한 방안으로, 열처리를 통해 비정질 합금 기지 내부에 연질 혹은 경질의 결정상을 국부적으로 석출시키는 방안에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 Al계 합금을 이용하여 비정질 및 준결정질 원자구조에 따른 기계적특성을 비교분석 함으로써, 기계적 특성이 최적화 된 비정질 복합재 개발의 초석을 마련하고자 한다. 부연하면 열처리를 통해 비정질 기지와 동일 조성을 가진 준결정상으로 상변화할 수 있다고 보고된 Al90-xCu15Vx (x=7~19) 합금을 이용하여 비정질 또는 준결정상태에서의 기계적 특성을 인덴테이션 실험을 통해 확인하고자 한다. 구체적으로 나노압입시험을 이용한 shear band busting의 통계적 분석을 통해 disloation glide로 대변되는 준결정상의 소성변형 경향을 비정질 기지의 shear band deformation과 비교 하므로써 원자구조가 합금의 intermittent deformation에 미치는 영향에 대해 체계적으로 고찰

하였다. 본 연구를 통하여 차세대 경량구조재료로 활용가능한 Al계 비정질 기지 복합재 개발을 위한 맞춤형 공정제어 가이드라인을 제시하고자 한다.

[P3-12]

Investigation of configuration entropy effect in multi-major component metallic glasses on their property change: *Jung Soo Lee, B.S. Murty, H.S. Oh[1], W. Kim[1], E.S. Park[1], K.F. Yao[2]; *Department of Metallurgical and Materials Engineering Indian Institute of Technology Madras. [1]Research Institute of Advanced Materials Department of Materials Science and Engineering Seoul National University. [2]School of Materials Science and Engineering Tsinghua University.*

Keywords: High entropy metallic glass, Nanoindentation, Differential scanning calorimetry (DSC), Entropy effect, Compositional complexity

Metallic glasses (MGs) and high entropy alloys (HEAs) are a group of advanced engineering materials that are defined as amorphous alloys fabricated from fast quenching of its liquid phase and as multicomponent alloys containing 5 or more principal elements with atomic compositions of 5% to 35% each, respectively. Recently, high entropy-metallic glasses (HE-MGs) were developed that encompass the characteristics of both MGs and HEAs whose properties such as yield strength, thermal stability, corrosion resistance are better than those of conventional metallic glasses. In the present study, we systematically elucidate the trends of property change of metallic glasses from binary equiatomic (Cu, Zr) alloy to denary equiatomic (Cu, Ni, Be, Co, Fe, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta) alloys, since high configuration entropy and compositional complexity should have a strong influence on their properties. The structural, mechanical, and thermal properties will be carefully discussed by utilization of nanoindentation and differential scanning calorimetry techniques. Interestingly, the trends of mechanical response and thermal stability in MGs with increasing compositional complexity run counter to each other with general trends of metallic glasses. These results provide a guideline on how to design MGs with high thermal and mechanical stability, which can give us a strategy for developing novel multicomponent metallic materials.

[P3-13]

Zr과 전이금속 간 이성분 합금시스템 중 Zr-rich 조성의 비정질 형성능 및 특성 평가: *김경준, 류욱하, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소*

Keywords: Zr-rich alloys, Binary systems, Glass-forming region, Low glass transition temperature, Thermo-plastic forming alloy

Zr 원소는 Cu나 Co, Ni 같은 전이금속과 큰 원자 반경 차이 및 큰 음의 혼합열을 가지고, 넓은 조성 영역에 걸쳐 상대적으로 깊은 다수의 eutectic 조성을 가진다. 때문에, 이성분 합금시스템 내에서도 다양한 조성에서 비정질 형성이 가능한 것으로 알려져 있으며, 특히 Cu-Zr 이성분 합금시스템의 경우 굉장히 넓고 연속적인 조성 영역에서 비정질 리본 합금 형성이 가능한 것으로 보고된다. 본 연구진은 이번 연구를 통해 Zr과 전이금속 간 이성분 합금 시스템 중 Zr-rich 조성에서의 비정질 형성능 및 특성 변화를 관찰했다. 멜트 스피닝 공법을 통해 Zr과 전이금속 간 이성분 합금시스템 내에서 Zr-rich 영역의 eutectic 조성 근처 영역의 조성에 대해 리본 합금을 제작하고, X선 회절 패턴 분석(XRD)으로 비정질 형성능을 평가하고 비정질 형성 영역을 규명했다. 동시에 시차열 분석(DSC)를 통해 유리 천이온도(T_g)와 결정화 온도(T_x), 과냉 액체 영역(ΔT_x) 같은 열 특성을 평가했다. 이때, 본 연구진은 Zr 기반의 각 합금시스템에서 주 원소인 Zr 조성 증가에 따라 T_g가 감소하는 현상에 주목을 했다. 특히, 본 연구에서 규명된 비정질 형성 영역 중 Zr-rich 경계 조성의 합금은 기존에 보고된 Zr계 벌크 비정질 합금들(BMG) 대비 약 50K~100K 가량 T_g를 낮출 수 있음을 확인했다. 이러한 현상을 토대로 Zr-rich 조성 영역의 비정질 합금 개발을 특정화하여, 낮은 열 성형 온도와 넓은 공정 온도 구간을 가짐으로써 열 성형 공정에 적합한 신조성의 Zr계 비정질 합금 개발의 기반을 마련했다. 본 연구는 기존의 비정질 형성능이 높은 특정 합금계 및 조성을 고찰하는 한정된 연구에서 벗어나, 비정질 합금의 실제 산업 응용을 위한 새로운 연구 방향을 제시한다는 의의를 가진다.

[P3-14]

Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 시효처리에 따른 상변태 거동 및 형상기억특성: *박주완, Li Shuanglei, 김동조, 김성철, 남태현 ; *경상대학교*

Keywords: Ti-Ni-Cu alloy, Aging, Martensitic transformation, Shape memory effect

본 연구에서는 Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 시효처리에 따른 상변태 거동 및 형상기억특성을 조사하기 위하여 비커스경도, 시차주사열분석, X선회절시험, 인장시험을 실시하였다. 합금은 Arc melting법으로 제조하였으며, 1123 K에서 1시간동안 용체화처리 후 873 K에서 시효처리를 실시하였다. 비커스경도 측정결과 시효시간이 160분까지는 경도가 증가하였으며, 시효시간을 160분 이상 실시할 경우 경도가 감소하였다. 시차주사열분석 결과 B2→B19 상변태 거동이 나타났으며, 용체화처리재의 마르텐사이트 변태개시온도는 311.5 K이며, 시효처리를 100분과 180분동안 실시한 경우 각각 335.2 K, 339.7 K로 증가하였다. 또한, 시효시간이 증가함에 따라 오스테나이트 변태종료온도 역시 각각 322.5 K, 345.4 K, 349.3 K로 증가하였다. 상온에서 X선 회절시험결과 용체화처리재와 시효처리를 실시한 경우 모두 B19의 peak가 관찰되었다. 초탄성 회복률은 용체화처리재가 89.5 %, 시효처리에 따라 각각 89.1 %, 73.1 %를 나타내었다.

[P3-15]

(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 미세구조 및 가공성 조사: *김성철, 김동조, 이상래, 박주완, 염종택[1], 남태현 ; *경상대학교. [1]재료연구소.*

Keywords: Ti-Ni-Hf-Nb, High temperature shape memory alloy, Workability, Martensite transformation, Nb-rich ß 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, X 선회절시험, 시차주사열분석, 인장시험을 실시하였다. 미세구조 관찰결과 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 β 상을 관찰 할 수 있었다. 또 Nb함량이 4.5 at.% 보다 많은 경우 B19′ 마르텐사이트 기지, $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$, Nb-rich β 상 그리고 Hf-rich 상이 관찰되었다. Nb함량이 증가할수록 brittle한 $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$ 상의 상분율은 감소하고 ductile한 Nb-rich β 상의 상분율은 증가하였다. 상온에서 실시한 파단인장시험의 경우 합금의 파단변형률은 Nb함량이 증가함에 따라 4.0 %에서 18.2%로 증가하였고 이는 Nb-rich ß 상으로 인한 것으로 생각되어진다. 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 나타났다.

[P3-16]

Study of Surface Metal Particle Formation by Selective Phase Transition in $SrTiO_3$: *Jun Kyu Kim, Bonjae Koo, WooChul Jung ; *Korea Advanced Institute of Science and Technology(KAIST) Department of Materials Science and Engineering.*

Keywords: Perovskite oxide, 3d-transition metal, Phase transition, Dopant effect

The in-situ growth phenomenon of metal nanoparticles directly from an oxide support upon the annealing at reducing atmosphere, known as 'ex-solution', has recently been reported by many researchers in the field of high-temperature catalysis and renewable energy. It is known to be based on a phase transition due to the partial reduction of transition metals, which were present in an oxide host lattice in an oxidizing atmosphere. However, the underlying mechanism for this phenomenon is not completely understood. Therefore, it is unclear how to control the particle size and distribution from an engineering standpoint. Here, we prepared dense thin film of 3d-transition metal (Mn, Fe, Co, Ni) doped $SrTiO_3$ and observed the microstructure of the exsolved particles depending on the annealing temperature, oxygen partial pressure, and kind of dopant metal via FE-SEM and AFM. $SrTiO_3$ was selected as a model perovskite host system due to its superior phase stability in a wide range of temperature and gas atmosphere, and the thin-film samples were used for reliable and reproducible analysis. Through these experiments, a kind of surface phase diagram of doped $SrTiO_3$ was successfully drawn. Consequently, we found the close correlation between the observed results and the thermodynamic/chemical properties of each dopant element, and suggest a key descriptor governing the ex-solution phenomenon.

[P3-17]

급랭응고한 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf 합금의 상변태거동 및 초탄성효과: *김동조, 리솽레이, 박주완, 김성철, 염종택[1], 김연욱[2], 남태현 ; *경상대학교 기능재료연구실. [1]재료연구소. [2]계명대학교 급랭응고연구실.*

Keywords: TiNiHf alloys, Melt-spinning, Crystallization, Phase transformation, Superelasticity

본 연구에서는 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf (x=0, 0.8, 1.3) (at.%) 형상기억합금 리본을 melt spinning 법으로 제조하고, 제조된 합금리본의 상변태거동을 조사하기 위하여 시차주사열분석을 하였으며, 결정구조를 조사하기 위하여 X선 회절시험을 하였다. 생성되는 마르텐사이트의 미세조직을 관찰하기 위하여 주사전자현미경을 관찰하였고 합금리본의 변형거동 및 초탄성특성을 관찰하기 위하여 인장시험을 하였다. 모든 조성에서 비정질 합금리본이 제조되었으며, Ni함량이 49 at.%에서 50.3 at.%로 높아질수록 결정화온도는 536 °C에서 546°C로 높아졌으며, 결정화에 필요한 활성화 에너지는 182.7 kJ/mol 에서 167.8 kJ/mol으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 미세구조 관찰결과 Ti-49Ni-20Hf (at.%), Ti-49.5Ni-20Hf (at.%) 합금리본 에서는 열처리온도와 조성에 관계없이 B19' 마르텐사이트 기지와 (Ti,Hf)2Ni 석출물로 구성되어 있으며 Ti-50.3Ni-20Hf (at.%)의 경우 B19' 마르텐사이트기지와 (Ti,Hf)2Ni, (Ti,Hf)Ni 석출물로 구성되어 있었다. 석출물의 크기는 열처리온도가 높아짐에 따라 11 nm 부터 325 nm까지 증가하였다. 시차주사열분석 결과 열처리온도와 조성에 관계없이 B2-B19' 1단계 마르텐사이트 상변태 거동을 나타내었고 Ni함량이 낮을수록 열처리온도가 높을수록 마르텐사이트 변태개시온도(Ms)는 높아졌다. 인장시험결과 결정화열처리 한 모든 조성의 합금리본에서 부분적인 초탄성효과를 관찰할 수 있었으며, 이는 석출경화효과에 의한 슬립임계응력이 상승했기 때문이라 판단된다.

[P3-18]

Investigation of the evolution on microstructures and mechanical properties of Al-based Eutectic Alloy by liquid separation: *Park Sang Won, Hee Jin Kim, Young Seok Kim, Yun Jung Hwang, Hae Jin Park, Jeong Tae Kim, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim* ; *Department of Nanotechnology and Advanced materials Engineering. Sejong University.*

Keywords: Al alloy, Eutectic, Liquid separation, Microstructure, Mechanical properties

Eutectic alloy is very interesting part in their high strength and easy processing. However, general eutectic alloys have a drawback which is low ductility. To improve this weakness, many studies have been conducted to solve a problem of low ductility by understanding and controlling a microstructure. There are two types of microstructure control which are structural and chemical inhomogeneity. Structural inhomogeneity is a way using length-scale, volume fraction, inhomogeneous distribution of colonies and chemical way induces inhomogeneity in the microstructure due to solubility difference. Microstructural inhomogeneity contributes to improve a ductility by suppressing propagation of shear bands during the deformation. In this study, Al-based Eutectic alloy which has microstructural inhomogeneity formed by liquid separation by addition of Sn-Bi is experimented. Also, It is investigated that evolution

of microstructure and mechanical properties. Experiment was conducted for 'Induction casting' using cast iron mold under Ar atmosphere. SEM(Scanning Electron Microscopy), XRD(X-ray Diffraction), UTM(Universal Testing Machine) are used to analyze a microstructure, structure and to get mechanical properties.

[P3-19]

수소투과환경에서 Pd-Cu 수소분리막의 FCC-BCC 상변태 거동 분석: *김하영, 조민구[1], 김한진[2], 서진유[3], 김도향 ; *연세대학교 [1]서울대학교 [2]고려대학교 [3]한국과학기술연구원.*

Keywords: hydrogen permeation, hydrogen separation membrane, phase transformation

금속계 수소분리막 소재로 고려되고 있는 Pd계 합금 중에서 Pd-Cu 이원계 합금은 유망한 후보 물질 중의 하나이다. Pd-Cu 합금은 H_2S 피독에 대한 저항성이 크다고 알려져 있고, 또한 FCC 격자구조를 갖는 다른 Pd계 합금들과는 다르게 수소의 확산이 용이한 BCC 구조를 갖기 때문에 수소의 투과도가 크다. Pd-Cu 합금은 고온영역에서는 Solid Solution FCC 구조를 갖지만, 저온영역에서는 Ordering 현상에 의해 BCC 구조와 유사한 B2 상이 생성되고, 이 두 상의 수소투과도 차이로 인하여 상변태가 일어날 때 Pd-Cu 수소분리막의 수소투과도도 함께 크게 변한다. 이에 따라 본 연구에서는 Pd과 Cu의 혼합비율이 다른 두 가지 조성의 Pd-Cu 이원계 합금 수소분리막의 수소투과도를 상온과 고온 사이를 반복적으로 변화하는 온도 조건에서 측정하여 FCC-BCC 상변태 거동을 관찰하였다. FCC 상과 BCC 상은 수소투과도가 10배 이상의 차이를 나타내었으며, 승온과 냉각시의 변태온도 차이가 약 200도 정도로 측정되어 큰 히스테리시스 거동을 나타내었다. 승온 및 냉각 속도, 그리고 수소 압력의 변화에 따른 상변태 거동의 변화를 관찰하였다.

[P3-20]

고온안정성 내화금속계 비정질 합금 개발: *안혜상, 김진우, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Ta-based metallic glasses, Calphad, Thermal stability, High crystallization temperature, mechanical response

비정질 합금은 무질서한 원자 구조를 가져 동일 합금계의 결정질 합금에 비해 높은 강도, 넓은 탄성한계, 내마모성 등 우수한 기계적 특성을 가진다. 그러나 비정질 상의 결정화가 일어나는 결정화 개시 온도(T_x) 이상에서는 비정질 특유의 우수한 기계적 특성을 잃기 때문에, 비정질 합금은 고온안정성이 요구되는 응용 분야에서는 구조재료로서의 사용에 한계를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 높은 T_x를 가지는 고온 안정성 비정질 합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 W, Mo, Ta 계 등의 고융점 내화금속계 비정질 합금의 경우 1000 K 이상의 높은 결정화 온도를 가지는 동시에 고경도 세라믹 소재에 준하는 우수한 경도 특성을 나타낼 수 있다. 일반적으로 내화금속계 합금은 높은 융점으로 인해 벌크 비정질 형성이 가능할 정도의 우수한 비정질 형성능을 가지기 어려우나 Ta 계 비정질 합금의 경우 벌크 비정질 합금 형성이 가능한 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 Ta 계 합금에서 CALPHAD를 통해 얻어진 상태도를 기반으로 우수한 비정질 형성능을 가지는 조성 영역을 예측하여 새로운 고온안정성 비정질 합금을 설계하였고, 제조된 비정질 합금의 경도, 강도 등의 기계적 특성과 더불어 열적 특성을 체계적으로 분석하였다. 결과로서, 새롭게 개발된 내화금속계 비정질 합금이 기존에 보고된 상용합금계 비정질 합금에 비해 월등한 열적, 기계적 특성을 나타내는 것을 확인하였으며, 이로부터 극한환경대응 첨단 신소재로서 비정질 합금의 폭넓은 활용가능성을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[P3-21]

시효에 따른 Ni-Cr-Fe고용강화 합금의 석출물 거동분석: *임상엽 ; *한국원자력연구소 원자력재료기술개발.*

Keywords: Heating stage, SS304, TEM

Ni-Cr-Fe 고용강화 합금의 FCC안정화 및 높은 Cr함량으로 인하여 고온 안전성과 내식성이 우수해 열처리설비, 전자부품, Steam generator의 배관 및 산업계의 전반에서 다양하게 사용된다. 그러나 고온에서 운전이 장기화됨에 따라 Alloy 600와 같은 재료에서는 재료내의 미소 석출물이 발생한다. 미소석출물중 일부는 Cr계 Carbide로 입계에서 발현되어 Cr의 고갈영역 층을 형성하므로 입계취화를 유도하여 재료의 균열 및 파단을 야기한고 알려진다. 고온에서 미소석출물의 변화를 관찰하기 위하여 본 실험에서는 Alloy 600시료를 600°C에서 시효처리로 인하여 발생하는 석출물의 변태거동을 파악하고 석출물 주변의 화학적 성분변화를 관찰 하였다.

[P3-22]

Be 첨가에 따른 TZN 합금의 준결정-비정질 형성능 평가 및 기계적 특성 변화 고찰: *유근희, 류채우, 박은수, K.F. Yao[1] ; *서울대학교 재료공학부 RIAM. [1]Tsinghua University School of Materials Science and Engineering.*

Keywords: TiZrNi alloy, Be addition, Quasicrystal-Glass forming ability, Structural tuning, Mechanical response

준결정 (Quasicrystal)은 고강도와 뛰어난 내마모성, 우수한 수소저장능 등으로 coating 혹은 battery 분야 신소재로써 적용 가능성이 대두 되고 있다. 이로 인해 다양한 quasicrystal 형성 합금조성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만, quasicrystal의 형성 메커니즘에 대한 이해와 이에 따른 물성 변화에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 특히 TiZrNi 합금시스템의 경우 단순한 주조공정으로도 우수한 quasicrystal 형성능을 지녀서, 소량 원소 첨가 및 냉각 속도를 조절함에 따라 동일 조성에서 비정질, quasicrystal, polytetrahedral (결정상)이 모두 나타날 수 있는 독특한 합금 군으로 알려져 있다. 본 연구에서는 TiZrNi 합금시스템에 Be 첨가를 첨가하여 이에 따른 준결정-비정질 형성능을 평가하고자 하였다. 특히, Be 첨가 함량을 조절함과 동시에 동일 조성에서 냉각 속도를 달리하여 형성되는 상을 비정질-준결정-결정질로 체계적으로 제어함으로써 Be이 TiZrNi 합금 내에서 안정 구조를 변화시키는 양상에 대해 분석하는 한편, 이에 따른 기계적 특성 변화를 측정하여 구조 변화와 기계적 특성변화간 상관관계를 규명하고자

하였다. 본 연구를 통해 준결정과 비정질의 형성 메커니즘 및 구조의 변화에 따라 야기되는 기계적 특성 변화에 대한 이해를 바탕으로 이를 효과적으로 제어하는 방안에 관한 시금석을 마련할 수 있을 것으로 사료된다.

[P3-23]

Al-7Ni-xSi 도금된 보론강의 Si 함유량에 따른 상변화: *이재형, 곽승윤, 윤중길, 강정윤 ; *부산대학교 공대 재료공학과.*

Keywords: Coating, Hot-dipping, Aluminized steel, Fe-Al intermetallics

자동차 차체용 Al-Si 용융 도금된 보론강의 동종 및 이종강의 레이저 용접 후 핫 스탬핑 처리 시 용융부내 본드라인 (Bond line)에 Aluminum 편석부가 존재하여 핫 스탬핑 처리 시 경도가 낮은 페라이트로 상변태한다. 이와 같이 상변태한 페라이트 영역은 인장 시험 시 노치 역할을 하여 인장강도 및 충돌 안정성이 저하하는 원인으로 알려져 있다. 이를 해결하기 위한 기존의 방법은 레이저 어블레이션 공정을 이용하여 피용접부의 도금층을 제거한 후 용접 및 핫스탬핑 처리를 하는 것이다. 본 연구에서는 용접 전 도금층을 제거하는 레이저 어블레이션 공정이 없이, 용융부의 페라이트형성을 방지하기 위한 방안으로 기존 Al-Si 도금층에 오스테나이트 형성원소인 Ni을 첨가한 도금층을 개발하고자 한다. 사용한 판재는 1.2 mm 두께의 보론 강판이며, 도금 조성은 Al-7Ni에 Si 함유량을 0 wt%에서 6 wt%까지 증가시켜 실시하였다. 도금 조건은 690ºC에서 180초간 실시하였다. 도금층의 상 분석은 EDS를 이용한 성분 분석과 XRD peak분석, EBSD를 이용한 상분석을 토대로 분석하였다. 도금 후 생성된 도금층은 coating layer와 reaction layer로 구분되었다. 도금층 내부의 coating layer은 Si 함유량의 변화에 따라 구성하는 상이 달라졌고, reaction layer는 Si 함유량에 따라 구성하는 상과 상의 형태의 변화를 관찰하였다.

[P3-24]

Ti-Ni-Mo 형상기억합금 다공성 소결체 제조 및 기공률에 따른 기계적 특성 비교: *권혁준, 김연욱, 남태현[1], 장재원 ; *계명대학교 재료공학과.* [1]*경상대학교 재료공학과.*

Keywords: shape memory alloys, Ti-Ni-Mo alloys, transformation temperature

형상기억합금은 형상기억효과와 초탄성효과를 이용하여 액추에이터, 온도 센서, 의료용 재료 등 폭넓은 분야에 응용되고 있다. 최근 다공성 금속재료를 생체재료에 일부 적용하여 연구되고 있다. 다공성 금속 생체재료는 기존의 비다공성 금속재료보다 임플란트 재료로 우수한 이유가 두 가지 있다. 첫 번째로 개방된 다공성은 뼈와 임플란트 재료 사이에서 뼈세포가 성장하여 안착할 수 있으며 임플란트 재료 사이에서 뼈세포가 성장하여 안착할 수 있으며 임플란트 재료의 고정을 향상시킨다. 두 번째는 다공성에 따라서 골 흡수가 좋아지고 뼈와 임플란트 재료의 탄성계수 불일치로 응력차폐현상이 생겨 임플란트 재료가 생체재료에서 이탈하는 것을 줄여준다. Ti-Ni계 형상기억합금에 Mo를 첨가하면 합금의 부식저항성이 우수하여 생체적합성이 좋은 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 Ti-Ni-Mo 형상기억합금 fiber를 arc melt overflow법으로 제조했다. 등원자 조성의 Ti-Ni 합금에 Ni 대신 Mo를 치환할수록 상변태 온도는 감소하였고 2단 변태인 B2-R-B19' 변태를 확인할 수 있었고 소결 후의 구조 및 상변태 온도를 조사하였다. Ti-Ni-Mo 형상기억합금 fiber로 다공성 소결체를 제작하여 기공률에 따라서 압축 시에 나타나는 탄성계수 및 초탄성 특성을 조사하였다. 그 결과로 해면골의 탄성계수를 가진 다공성 소결체를 제작할 수 있엇고 생체재료로써 인체 내에서 초탄성 효과를 활용할 수 있을 것으로 나타났다.

[P3-25]

Fabrication and characterization of novel Al/Al clad composite with high strength and aesthetic exterior design: *박진만, 전창우, 심재원, 문수동, 홍성환[1], 김기범[1]; *삼성전자.* [1]*세종대학교.*

Keywords: Al alloys, Roll Cladding, Aging, Microstructure, Mechanical Properties.

In this study, we developed Al/Al cladding composite with high strength and aesthetic exterior design.

P4 : 복합재료
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P4-1]
Thermal properties of Ag-AgCNT composites by mechanical alloying process.: *Lee YeoReum, Hyo-Soo Lee, Seung-Boo Jung[1], Hyouk-Chon Kwon, Jae-Ha Kim, Jung-Hwa Lee, Sang-Woo Kim ; *Korea Institute of Industrial Technology.* [1]*Sungkyunkwan University.*

We study improvements of thermal diffusivity of Ag-AgCNT composites. In a view of thermal characteristic, It is important that CNTs are dispersed uniformly in metal matrix. However, CNT is well known materials as aggregation by themselves. In this study, we use the Tetrahydrofuran(THF) solution for dispersion of CNTs in silver matrix uniformly. The AgCNT composites that synthesized by Electroless plating are added into Ag powder as additives. The mixtures are mixed by processing of ball milling in 4hours. Finally, The Ag-AgCNT composites are completed. Its morphology was characterized using scanning electron microscopy (SEM). Also, Its complexation was confirmed by X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS). The Ag-AgCNT composites are sintered by powder metallurgy in 700ºCfor 5min under 85Mpa. Thermal diffusivity of Ag-AgCNT were characterized by Laser Flash Analysis(LFA) in through plane mode from 50ºC to 150ºC.

[P4-2]
Highly stretchable organic conductors based on elastomer/polyaniline composites: *LUAN YANGE, Gitae Namgung, Jin-Seo Noh ; *gachon university.*

Keywords: Stretchable conductors, polyaniline, nitrile-butadiene rubber, dip-coating method

Elastomer/polyaniline (PANI) composites, of which mechanical stretchability and electrical resistance could be controlled simultaneously, were fabricated using a simple dip-coating method. Stretchable, insulating nitrile-butadiene rubber (NBR) and polyurethane (PU) sponges were repetitively immersed in PANI solution, which would be a conductive component after drying. In this dip-coating method, the mechanical property and electrical resistance of elastomer/PANI composites could be tuned simply by adjusting the number of dip-coating cycles. When increased the number of dip-coating cycles, the amount of PANI absorbed into elastomeric sponges increased, leading to a resistance drop (~20-fold drop after 7 cycles of immersion). Although good mechanical properties of elastomeric sponges were gradually deteriorated with increased cycles of immersion, a NBR sponge retained a high stretchability of 250% even after 7 cycles of immersion. A NBR/PANI composite also showed a relatively small resistance change of 190% under a high strain of 210%. A lighting-emitting test, in which a NBR/PANI composite strip was employed as a segment of the test circuit, demonstrated that elastomer/PANI composites could be a practical choice for realizing stretchable conductors. * This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2016R1D1A1B03932515).

[P4-3]
직접압출 및 정수압 압출에 의해 제조된 Mg-B/Ti/Cu cladding의 미세조직 및 집합조직 변화 연구: *이종범, 정하국, 박상용[1] ; *한국생산기술연구원뿌리산업연구소.* [1]*인하대하교 신소재공학과.*

Keywords: Mg-B/Ti/Cu cladding, Direct extrusion, hydrostatic extrusion, microstructure, texture

The discovery of the superconductor MgB2 with a transition temperature near 40 K has promoted a new interest in the area of fundamental and applied research on superconducting materials. A large number of articles dealing with the physical and metallurgical properties of this compound have been published in a few months. The behavior of the physical properties of MgB2 is intermediate between that of conventional and of high Tc systems. For manufacturing an MgB2 superconductor in the solid state, by mixing Mg and B powders with a suited volume ratio, prior to compress at cold or hot condition, finally manufactured through plastic working process such as pressing or extrusion process. The specific laminated with a joining process of more than one that has been prepared of the shape of the non-metal material and the metals is utilized. In the previous method of fabrication, techniques that utilize powders, since through a plurality of unit processing steps of dispersing the materials having a large difference of their characteristics and physical mixing, the process is complicated, and leads to non-uniform dispersion of Mg and B powder. It is difficult and hard to reach a uniform ideal physical property in the coherence problems. In the present study, we exposed 3-fillament Mg-B/Ti/Cu cladding to direct extrusion and hydrostatic extrusion process. The aim of this study is to investigate the differences in microstructure and texture evolution observed in 3-fillament Mg-B/Ti/Cu cladding with extrusion processes. For mechanical properties, hardness measurement have been carried out. For microstructure observation and texture evolution of Mg-B, Ti and Cu layer, electron backscatter diffraction (EBSD) were carried out in the present study .

[P4-4]
Via Using Block Copolymer Self Assembly Au-Ag Core-Shell Nanoparticle Arrangement for Synergistic Broadband

Plasmonic Properties: *양건국 ; *한국과학기술원.*
Keywords: block copolymer, core-shell, plasmonic property

Core-shell nanostructures are useful tool because of various tunability of plasmonic properties along with the independent control of shell thickness, core size, and corresponding chemical composition, but they are difficult to complex synthetic process. In here, we offer dependable and controllable strategy to a greatly ordered uniform Au-Ag core-shell nanoparticle arrangement by using block copolymer lithography and following seeded-shell growth. Au nanoseeds are prepared by block copolymer lithography and nanoseeds are used as layers to grow Ag shells of which thickness can be controlled by reaction time. Au-Ag core-shell nanoparticle arrays show widely tunable enhancement of plasmonic resonance, outdoing homogeneous alloy nanoparticle or single-element nanoparticle arrays.

[P4-5]
Thermal management of aluminum-YAG:Ce composites for high-power laser lighting: *Jehong Park, Kwangjae Park[1], Kwonhoo Kim[1], Hansang Kwon[1] ; *Next Generation Materials Co Ltd.* [1]*Pukyong National University.*
Keywords: Aluminum, YAG:Ce, Spark Plasma Sintering (SPS), Laser lighting, Thermal management

We fabricated aluminum(Al)-YAG:Ce composites by spark plasma sintering (SPS) process and its thermal properties were investigated dependent on the Al content in insertion layer between the Al and the YAG:Ce layers. Surface temperature of the Al-YAG:Ce composites is lowest in the 75 vol.% Al insertion layer under irradiation of 4 W laser diode (LD) whereas the thermal conductivity is highest in the direct-bonded sample that has no insertion layer. The insertion layer thus plays an important role in mediating the heat transfer between the YAG:Ce and Al layers. This result shows that heat generated in the YAG:Ce can be controlled through the design of the insertion layer.

[P4-6]
다종 산업부산물 혼합 원료를 활용한 고기능 내마모 소재 생산 기술 개발: *신동윤, 윤미정[1], 박현서[2], 윤진호 ; *고등기술연구원.* [1]*동도바잘트.* [2]*포스코.*
Keywords: 슬래그, 재활용, 내마모 소재, 캐스트 바잘트, 글라스 세라믹

국내 철강 산업부산물(슬래그) 발생량은 2,200 백만톤/년 규모이며 이중 약 95% 이상이 도로용 골재, 성토용 골재 등으로 재활용되고 있다. 비철 산업부산물(슬래그 발생량은 1.4 백만톤/년 규모이며 이중 약 30% 정도만 단순 재활용되고 있으며 나머지는 대부분 매립되고 있다. 재활용처 또한 경제성이 낮은 저부가가치 제품 위주이기 때문에 고부가가치 재활용 기술 개발이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현재 원료(천연 현무암)를 전량 수입에 의존하고 있는 고기능 내마모 소재(캐스트 바잘트)에 대하여 산업부산물(슬래그) 혼합 원료로 대체하는 기술을 개발하여 고부가/친환경 재활용을 실현하고자 하였다. 이를 위해 다종 슬래그를 이용한 고기능 내마모 소재를 제조 및 물성평가하고 원료배합-주조-용융-열처리의 최적 공정 연구를 진행하였다.

[P4-7]
Improving the dispersibility of ZnO nanoparticles with silane coupling agent KH570 in alcohol solvent: *aran gu, Ran yoo, Wooyoung Lee ; *Department of Materials Science and Engineering. Yonsei University.*
Keywords: ZnO nanoparticles, surface, silane coupling agent, graft modification.

We present the improvement of the dispersibility of ZnO nanoparticles. The reaction of ZnO nanoparticles grafted with KH570 silane coupling agent was carried out in alcohol solvent. Several characterization methods were applied to analyze the results of surface modification such as Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), UV-Vis-NIR (NIR), transmission electron microscopy (TEM), and particle size analyses, zeta potential (ζ). The results of FT-IR show that the desired reaction chains are covalently bonded on the surface of ZnO nanoparticles. The NIR results reveal that a transmittance of the modified ZnO particles in EtOH is higher than that of the unmodified ZnO. The TEM images show that a dispersibility of the modified ZnO is better than of the unmodified ZnO. Zetasizer results reveal that the maximum absolute value of ζ of the modified ZnO particles in MeOH medium was 50.68 mV, which is much higher than that of the unmodified ZnO particles. Thus, the surface of nanosized ZnO, which was changed from hydrophilicity to hydrophobicity, and the dispersity of ZnO nanoparticles were improved simultaneously. Finally, the mechanism of graft modification was discussed.

[P4-8]
냉간인발 50.4Ni-Ti 합금의 초탄성 및 형상기억 특성: *장병곤, 김우진 ; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온재료실험실.*
Keywords: 형상기억합금, NiTi, 초탄성

형상기억합금이란 임의의 형상을 기억하고 있는 합금을 냉각하여 Martensite로 만든 후, 형상을 변화시키고, 가열하여 Austenite로 만들면 원래의 형상으로 복원되는 현상이다. 이에 처음 발견된 합금이 Ni-Ti이며 이에 50.4Ni-Ti에 대한 형상기억합금 특성을 측정하였다. 50.4Ni-Ti의 형상기억합금의 특성인 회복응력, 회복변형률을 가하는 온도에 따라 반복실험을 통하여 구하였고, 온도에 따라 어떠한 미세구조에 의해 특성 값들이 차이를 보이는지 실험을 통하여 알아보았다.

[P4-9]

열처리가 강소성 가공된 Ni-43.4 wt% Ti 합금의 형상기억 특성에 미치는 영향: *양준영, 임양균, 김우진[1]; *홍익대학교 공대 신소재공학과 고온재료실험실. [1]홍익대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: 열처리, 강소성 이속압연, NiTi, 형상기억효과, 초탄성효과

강소성 이속압연법으로 제조한 초미세립 NiTi 합금의 회복응력 및 회복변형률의 특성에 대하여 연구하였다. 이를 위해 두 요소에 미치는 인자와 두 요소 사이의 관계에 대해 이해하는 것에 초점을 맞췄다. 인장시험 결과에서 as-HRDSRed 합금은 가장 큰 회복응력 및 회복 변형률을 보였으며, 용체화 처리된 합금은 가장 낮은 회복 응력 및 회복 변형률을 보였다. 그리고 673 K에서 최대 1시간까지 열처리함에 따라 HRDSRed 시편은 형상기억특성이 감소하는 경향을 나타냈다. 회복변형률은 항복강도가 증가함에 따라 증가하였다. 항복강도가 증가할수록 초기 변형을 주는 동안 소성변형이 일어날 확률이 감소하였기 때문이다. 그리고 최대 회복응력 또한 항복강도가 증가함에 따라 함께 증가하였다. 항복강도가 증가할수록 시편을 가열하는 과정에서 발생하는 소성변형의 양이 감소하고 회복변형률이 증가하였기 때문이다. 반면, 잔류 회복응력은 항복강도 뿐만 아니라 냉각 시 마르텐사이트 변태온도가 낮을수록 잔류 회복응력이 증가하였다. 그리고 최대 회복응력과 잔류 회복응력은 초기 변형률이 증가함에 따라 함께 증가하였다. 그 이유는 초기변형률을 증가시?수록 회복변형률이 증가하며 이는 회복응력의 향상에 영향을 미치기 때문이다. 이 연구를 통해 강소성 이속압연을 통해 항복강도를 강화시키는 것이 회복변형률 및 회복응력을 향상시키기 위한 효율적인 방법이라는 것을 알 수 있었으며 회복변형률과 회복응력과의 상관관계에 대한 이해를 높일 수 있었다.

[P4-10]

방전플라즈마 소결공정으로 제조된 Al-SUS316L 복합재료의 소결 특성: *박광재, 박재홍[1], 김권후[2], 권한상* ; *부경대학교 신소재시스템공학과. [1](주)차세대소재연구소. [2]부경대학교 금속공학과.*

Keywords: Aluminium, Stainless steel 316L, Spark plasma sintering, Strengthening mechanism, Vickers hardness

본 실험에서는 방전 플라즈마 소결 공정을 적용하여 Aluminum(Al)-stainless steel 316L(SUS316L) 복합재료를 제조하고 특성분석을 시도하였다. 먼저 Al-20vol% SUS316L, Al-50vol% SUS316L, Al-80 vol% SUS316L의 조성의 복합분말을 볼 밀링 공정을 통해서 제조하였고 제조된 각 조성의 복합분말을 600ºC, 200 MPa, 5 min의 조건으로 소결하였다. 방전 플라즈마 소결 된 복합재료를 Fe-Al 상태도와 SEM(EDS), Mapping, XRD 등으로 분석한 결과 복합재료 내에 $Al_{13}Fe_4$, $AlFe_3$와 같은 금속간 화합물이 검출되었고, 이는 방전 플라즈마 소결 중 Al과 SUS316L 사이의 반응에 의해 생성된 것으로 판단된다. 기계적 특성 분석을 위해 비커스 경도를 측정한 결과, 본 실험에서 제조된 여러 조성의 복합재료 중 Al-50 vol% SUS316L 복합재료가 약 630 Hv의 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 복합재료의 경도 상승에 기인한 구체적인 강화 효과를 설명하기 위해 이론적 강화 기구를 본 실험에 적용하여 분석 하였다. 본 연구 결과로 알 수 있듯이, 방전플라즈마 소결 공법으로 제조된 Al-SUS316L 복합재료는 고강도, 고효율, 경량 복합소재로서 자동차, 항공, 조선, 건축 등과 같은 산업 분야에 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

[P4-11]

초미세립 Fe-Mn-Si 형상기억합금 제조 및 형상기억 특성: *김영신, 김우진[1]; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온재료실험실. [1]홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부.*

Keywords: fe shape memory alloy

[P4-12]

결정립크기가 Fe-Mn-Si합금의 형상기억특성에 미치는 영향: *최솔, 김우진 ; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온구조재료실험실.*

Keywords: Fe-based shape memory alloys, Grain size, Shape memory properties, Recovery stress, Recovery strain

형상기억 합금은 고온(Austenite상)과 저온(Martensite상)에서 결정의 배열이 현저하게 다르기 때문에 저온에서 형태에 변형을 가해도 일정한 온도 이상으로 가열하면 본래의 형태(Austenite)로 돌아오는 형상이다. 그 동안 Ni-Ti 합금, Cu-Zn 합금, Au-Cd 합금, In-Tl 합금 등 여러 형상기억합금이 연구가 되어왔다. 그러나 비싼 원자재 가격 때문에 이를 대체하기 위해 값 싼 Fe를 이용하여 Fe-based shape memory alloys에 대한 연구가 진행되고 있다. Fe-based SMAs은 Ni-Ti SMAs보다 Recovery strain은 낮지만 Residual stress가 훨씬 좋아 건축자재와 같은 여러 산업분야에서 활용될 수 있다. 본 연구는 Fe-based 형상기억합금(19.07%Mn, 4.78%Si, 8.85%Cr, 4.64%Ni, 0.011%C)의 grain size가 형상기억특성에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 다양한 annealing 온도와 시간으로 grain size를 조절하여 좋은 형상기억특성을 얻을 수 있는 조건을 찾고자 하였다.

[P4-13]

Effect of the TiO_2 nanoparticle size on the decomposition behaviors in aluminum matrix composites: *Jae Hyuck Shin, Se Hoon Kim, Jin Pyeong Kim, Si Young Sung, Beom Suck Han, Dong Hyun Bae[1]; *Korea Automotive Technology Institute. [1]Yonsei University.*

Keywords: Aluminum Matrix Composite, Titanium Dioxide, Decomposition, Kinetic

The decomposition behaviors and the effect of particle size on the kinetic rate are studied for Al-3vol.% titanium dioxide (TiO^2) composites by using three different types of TiO^2 particles (15, 50, and 300 nm). Thermal analysis shows that the reaction is stepwise with the first reaction starting before the melting temperature of Al. Since the high chemical potential of nanoparticles enhances reactivity, the TiO, Al_3Ti, and α-Al_2O_3 phases are found to be formed during the first reaction regardless of particle size. Based on

observations of microstructure, the formation mechanism of Al_3Ti and α-Al_2O_3 is understood to be solution precipitation. Non-isothermal kinetic analysis reveals that the reaction mechanism is closely related to the three-dimensional continuous nucleation and the growth limited by diffusion. Particle size is found to be having considerable effect on the kinetic rate. As the particle size decreases, the rate constant increases, while the pre-exponential factor and the activation energy decreases. A non-linear relationship between the rate constant and the reciprocal of the size is found and evaluated.

[P4-14]

정수압 압출에 의해 제조된 Al/Cu 의 형상 구조에 따른 열적 특성 변화 연구: *이종범, 박정민[1], 정하국 ; *한국생산기술연구원 뿌리산업연구소. [1]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: metallic composite, thermal property, hydrostatic extrusion, structural morphology

Metallic composites have been increasingly eliciting interest because they have material properties that are better than those of single metals. For example, Al/Cu clad materials are almost 50% lighter than pure Al. The cost of Al/Cu clad is also 30% less than pure copper. These advantages make Al/Cu clad materials suitable in the fabrication of armored cables, TV yoke coils, and in Busbar-applications. Overlay welding, explosion welding, extrusion and rolling process are used for the fabrication of Al/Cu clad. Among extrusion processes, direct extrusion and indirect extrusion methods are conventionally used for fabrication of clad materials. Hydrostatic extrusion process is a non-conventional method that uses a large die angle, and high extrusion ratio and results in uniform metal flow because the specimen does not come in contact with the container during extrusion. It is possible to use hydrostatic extrusion to produce Al/Cu clad materials at lower temperatures than conventional extrusion. While there have been reports on the fabrication of Al/Cu clad materials by hydrostatic extrusion, there are few studies on their microstructure and mechanical properties. In this study, Al/Cu clad materials have been synthesized by the hydrostatic extrusion process and the microstructure, interface composition and cellular structure have been analyzed in detail. The mechanical properties of the clad materials after annealing have also been studied and their correlation to the interfacial microstructure has been made.

[P4-15]

Micro structure and mechanical properties of amorphous particle-reinforced Al matrix composite: *김민규, 권영준, 오인택, 권훈, 조기섭 ; *국민대학교 신소재성형기술연구소.*

Keywords: Amorphous particle-reinforced aluminum composite, Interfacial bonding strength, Spark plasma sintering, Mechanical alloying, Phase fraction

알루미늄은 철에 비해 우수한 경량성을 가지기 때문에 차세대 자동차 부품소재로 주목 받고 있다. 최근 알루미늄에 금속, 세라믹, 유기화합물을 강화상으로 분산 시킨 고강도 경량 알루미늄 복합체에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 기지와 강화상 간의 큰 격자 불일치로 인한 계면결합력 저하로 기계적 성질을 향상시키는데 일정한 한계가 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화공정(Mechanical alloying) 및 고밀도, 고강도 특성을 지니는 텅스텐 비정질 금속 강화상을 활용하여 알루미늄 복합 분말을 합성하였으며, 이 후 통전가압소결(spark plasma sintering)하여 벌크 알루미늄 복합재의 기계적 성질에 미치는 결정질기지와 비정질 강화상 간의 계면 결합력 및 상분율의 영향에 대해서 고찰하였다.

[P4-16]

냉연 TWIP Clad 강판의 인장성질 및 항복점 현상 해결 방안 연구: *박재영, 강민주, 손석수, 김정수, 김형섭, 조원태[1], 이성학 ; *포스텍(포항공과대학교). [1]포스코.*

Keywords: TWIP steel, TWIP clad, Yield point phenomenon

TWIP강은 변형 중 발생하는 Twin으로 인해 물성이 매우 우수하지만, 지연파괴, LME 현상, 표면열화 등의 문제로 상용화가 지연되고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 고상간의 열간 압연을 통해 물성이 우수한 TWIP강 표면에 상대적으로 경제적인 저탄소강이나 극저탄소강을 접합시켜 TWIP Clad를 제조하고 냉간 압연을 진행하였다. Mono-ply의 TWIP강 및 LC 강에서 항복점 현상이 관찰되었고 TWIP Clad 에서도 마찬가지로 항복점 현상이 관찰되었다. 항복점 현상은 성형성과 연성에 악영향을 미치기 때문에 항복점 현상을 해결하고자 다양한 추가 열처리를 진행하였다. 결과적으로 소둔 이후 빠른 속도로 냉각하여 전위 밀도를 증가시키고, 확산계면층에 bainite 조직을 형성시킴으로써 항복점 현상을 해결할 수 있었다.

[P4-17]

질화알루미늄 필러 함량 및 폴리머 기지 변화에 따른 언더필의 열적 특성과 충진 거동 연구: *손은원[1,2], 김대업[1], 임재원[2], 김광석[1]; *[1]한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹. [2]전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Underfill, High thermal conductivity, Filling behavior, Aluminum nitride, Thermal dissipation

언더필(Underfill)은 플립칩(Flip chip)과 기판 사이에서 솔더 접합부를 보호함과 동시에 전기적, 기계적, 열적 신뢰성을 확보하기 위해 사용된다. 최근 전자기기의 고성능화 및 소형화에 따라 전자 패키지의 열 방출이 문제되고 있으며, chip에서 발생하는 열은 전자기기의 신뢰성 저하를 직접적으로 야기할 수 있다. 이를 방지하기 위해 기존의 언더필 소재 대비 높은 열전도성과 유리전이온도를 갖는 소재 개발 연구가 활발히 이루어지고 있다. 언더필 공정은 내부 공극과 충진 시간에 따라 작업성이 좌우되며, 전자기기의 수명과 제조원가 측면에서 빠른 경화 속도 및 우수한 유동성을 갖는 소재특성을 요구한다. 본 연구에서는 질화알루미늄 필러를 사용하여

필러 함량, 폴리머 기지의 다양한 배합 비율, 그리고 경화제 종류에 따라 언더필을 제조하였으며 언더필의 열적 특성과 충진 거동을 확인하기 위해 소재의 열전도도, 유리전이 온도, 경화거동, 점성 등을 측정하였다. 실험데이터를 분석한 결과, 필러 함량 증가에 따른 언더필의 열전도도는 폴리머 기지 내 필러의 연속적인 네트워크 형성에 의한 계면 열저항의 감소로 증가하였다. 언더필의 유동 특성은 폴리머 기지의 배합을 통해 점도를 조절함으로써 공정시간의 감소와 함께 공극 발생을 최소화하여 언더필의 기계적 특성을 확보할 수 있었다.

[P4-18]

Microstructures and tensile properties of TiC-SKD11 composite by varying heat treatment conditions: *박성주, 조승찬[1], 이상관[1], 황금철[2], 홍현욱*[2]; *창원대학교 [1]재료연구소 [2]대화알로이테크*

Keywords: Infiltration, Heat treatment, tensile test, Residual stress, HIP

본 연구에서는 용융가압함침공정을 사용하여 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 젖음성이 우수한 TiC 강화재를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 경도 및 내마모성을 지닌 Fe계 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. 전자현미경을 사용하여 입내 및 TiC-TiC 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. 이를 바탕으로 43% TiC의 분율을 갖는 금속복합소재를 열처리에 따라 25ºC 및 700ºC 인장 시험을 각각 실시하였다. 열처리별 효과를 비교하기 위해 As-infiltrated, Softening, Hardening 열처리한 시편들의 인장시험 결과를 비교하였고 상온에서는 Hardening, 700ºC에서는 Softening시킨 열처리재가 가장 높은 인장 강도를 나타내었다. 이는 60%를 차지하는 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 복합소재의 미세조직을 관찰하였고 As-infiltrated에 비해 M7C3 분율(9.12%→4.36%)과 TiC 분율(43%→36%)이 감소하였다. 이는 1320ºC 온도와 100bar 압력에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 유추 할 수 있다. 인장 시험 결과 HIP처리 전에 비해 25ºC(791MPa→965MPa), 700ºC(490MPa→559MPa) 인장 강도가 크게 향상되었다. 향상된 이유에 대해서는 M7C3 분율 감소, TiC 분율 감소, 기지조직 변화, TiC 계면에서의 잔류응력 변화 등을 예상할 수 있다. 이 중 HIP처리 후 TiC 계면에서의 잔류응력 변화가 발생하였는지를 확인하기 위해 X-ray 회절 측정법으로 TiC 격자상수를 비교 하였다. 그 결과, HIP처리 전에 비해 TiC 격자상수가 작아짐을 확인하였다. 이는 HIP처리에 의해 내부 잔류응력이 인장 강도 향상에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 내부 잔류응력 영향에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

[P4-19]

용융가압함침법으로 제조된 TiC-SKD11 복합재의 템퍼링 거동에 미치는 TiC 분율의 영향: *황지인, 김성훈, 서동우 ; *포항공대 철강대학원*

Keywords: 금속기지 복합소재, 2차경화, 템퍼링, 열역학, 탄화물

TiC-Fe계 금속기지 복합소재는 우수한 고온 강도, 경도, 내열성 및 내부식성이라는 TiC 강화재의 장점을 유지하면서, TiC의 단점인 취성을 보완하여 고강도/내마모성이 요구되는 환경에서 적용할 수 있는 소재로 기대되고 있다. Fe계 합금의 미세조직 및 기계적 특성은 열처리 조건에 따라 크게 달라질 수 있으나, Fe계 금속복합소재의 열처리에 대한 연구는 보고된 것이 많지 않다. 본 연구에서는 SKD11 공구강 기지에 TiC 입자를 분산시킨 복합재에 대해 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성의 변화를 SKD11 공구강과 TiC의 함량이 다른 두 복합재에 대해 비교하여 분석하였다. 연구에 사용된 복합재의 TiC 분율은 각각 약 60 vol. %, 45vol. %이며 950ºC에서 오스테나이타이징 및 공냉을 한 후 200~600ºC에서 템퍼링하였다. TiC의 분율이 약 60% 인 경우, 템퍼링 시 2차 경화 현상이 발생하지 않았으나, TiC 분율이 약 45 vol. % 인 복합재의 경우와 TiC가 없을 경우 2차 경화 현상이 관찰되었다. 이에 대한 열역학 해석 및 미세조직 분석 결과, TiC 분율에 따른 2차 경화 현상의 차이는 복합재 제조를 위한 주조공정에서 TiC 강화재의 용해-재석출 과정과 이에 따른 기지 합금 내의 탄화물 형성원소의 농도 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

[P4-20]

Mechanical and Thermal Properties of Graphite/Copper Composites: *손유한, 한태양, 한준현 ; *충남대학교 공과대학 신소재공학과*

Keywords: Electroless plating, Graphite shape, Hotpress, Heatsink

탄소 재료를 강화재로 사용한 복합재료는 최근에도 많은 연구가 되어 지고 있으며, 구리/탄소복합재료는 높은 열전도도와 낮은 열팽창계수 특성으로 인해 Heat sink의 재료로 많이 사용되고 있다. 하지만 탄소와 구리의 젖음성이 나쁨으로 인하여, 약한 계면 접합을 가지게 되며, 이는 기계적 성질을 떨어트릴 뿐만 아니라 열전달을 방해하는 장애물로 작용하여 열전도도를 떨어트리는 주요요인이 된다. 본 연구에서는 열관리 재료로 주로 사용되는 Graphite의 모양을 달리 설정(flake형태, spherical 형태)하고, Graphite의 부피 분율을 고정했을 때에 무전해 도금의 유무와 Graphite 모양에 따른 기계적, 열적 특성을 알아보았다. 실험은 표면 개질 처리, 민감화 활성화 공정 및 무전해도금법을 이용하여 Graphite에 구리 코팅을 하여 Hot pressing를 통하여 시편을 제작하였다. 가공된 시편의 Graphite와 Copper의 배열을 SEM을 통해 관찰하였으며, 기계적 특성은 압축 시험을 통해 확인, 열적 특성은 TMA, LFA 장비를 이용하여 관찰하였다.

[P4-21]

GFRP 재료를 적용한 굴절형 텔레스코픽 절연붐 강도평가 연구 ; *하만호, 강동명, 심기중, 박문호[1]; *군산대학교 [1]진우에스엠씨*

Keywords:

Insulated Boom, Telescopic Boom, Insulation Vehicle, Articulated Boom, FEM

최근 산업 및 일반 가정에서의 전력의 소비가 증가함에 따라서, 고층 빌딩의 전력 및 산업단지에 원활한 전력 수급을 위한 활선 및 유지보수 작업의 중요성이 대두 되고 있다. 고 전압 이송 송전탑 및 고층 빌딩의 경우 절연기능을 갖춘 고소 작업차의 수요가 증가하는 실정이다. 절연 고소작업차의 수요에 따라서, 국내 고소작업차 업체에서도 선진사 제품을 벤치마킹하여 개발을 진행하는 실정이다. 국내, 외 고소작업차의 사고사례와 국외의 시험규격을 바탕으로 실험기준을 확립하고자 하며, 확립된 시험법을 활용하여 시뮬레이션을 진행하여 비교평가 연구를 진행하고자 한다. 이와 같은 시험법 확립과 시험과 시뮬레이션의 비교평가를 통한 고소작업차의 실증연구는 공공재산 및 인명피해를 미연에 방지하는 중요한 연구이다. 국외의 경우, 고소 작업차의 안잔성을 평가하기 위해서, 영국 및 일본에서는 시험 규격을 제조사에서 평가항목으로 만족하도록 하고 있다. 영국의 EN 280_2013 및 일본의 JIS 9690_2013은 사람을 작업 장소에 이동하는 것을 의미하는 형식의 고소 작업 차(MEWPs)에 대한 기술상의 안전요구 사항 및 방호 수단 검정 방법에 대해 규정하며, 고소 작업차의 구조설계 계산 및 안전도 기준, 구성, 안전성 검사 및 보안 시험에 적용되며, 고소 작업차의 사용 중 발생하는 위험원을 명확하게 하여 사고에 대한 피해를 저감시키는 방법을 표시한다.1),2) 본 연구에서는 위의 시험법을 참고하여 시험법을 규격화 하고자 하였다. 고소 작업차 붐 구조물의 내구 및 성능평가를 위하여, 선형 내구 시험기를 변위제어 방법을 적용하여 준정적 하중상태의 실험을 진행 하였으며, 정적 하중에 의한 strain 값을 측정하기 위해서 strain gauge를 고정부로부터 각각 거리 150, 500, 1000, 1500 [mm] 에 부착하였으며, 상하 strain 값을 비교평가하기 위해 상부와 하부에 부착 하여 실험을 진행하였다. 또한 실험 결과의 타당성을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 이용하여 strain 값을 비교평가 및 실험 결과의 타당성을 평가하였다.
본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다. (R0004526)

[P4-22]

액상가압을 통해 제조한 Bimodal SiC(10+30 μm)/Al7075 Al 금속복합재료의 변형률 속도에 따른 압축 변형 거동: *이형수, 최진혁, 손석수, 조일국[1], 이상복[1], 이상관[1], 이성학 ; *포항공과대학교, [1]재료연구소.*

Keywords: SiC_p/Al7075 Al Metal Matrix Composite, Liquid Pressing, Split Hopkinson Pressure Bar, Compression

본 연구에서는 10 μm과 30 μm 크기의 SiC 입자를 3:1의 비율로 Al7075 Al 함금에 첨가하여 액상가압공정을 통해 약 55 vol.%의 고체적률 금속복합소재를 제조하였다. 제조된 금속복합소재는 미함침 영역 및 기공의 생성 없이 건전한 미세조직을 보였다. 또한 기지조직의 강화를 통한 복합재 전체의 물성 강화를 위해 T6 열처리(용체화 처리; 465°C, 1시간, 수냉/ 시효경화 처리; 120°C, 24시간, 공랭)를 진행하였다. 제조된 복합재는 Instron과 Split Hopkinson compressive bar 장비를 통해 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1.4×10^{3}, 2.8×10^{3} (/s)의 변형률 속도에서 압축을 실시하여 물성을 평가하였다. 변형률 속도가 증가 함에 따라 압축 강도는 900 MPa에서 1100 MPa까지 증가하는 경향을 보였으며, 압축 변형량은 10^{-1} /s 까지는 변형률 속도 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 10^{3} /s 변형률 속도 대에서는 변형률 속도 증가에 따라 변형량도 함께 증가하는 경향을 보였다. 다양한 변형률 속도에서 평가된 압축 물성값들을 이용하여 Johnson-Cook equation의 계수를 도출하였다. 이를 통해 다른 변형률 속도 및 변형량에서의 Flow stress를 평가할 수 있었다.

[P4-23]

Influence of Feedstock Powder and Fuel Type in WC-Co Coating Characteristicts on Microstructural Features and Erosion Resistance: *SOYEONG KANG, KYEONGHO BAIK ; *Chungnam National University.*

Keywords: WC-Co, HVOF spraying, powder characteristics, porosity, erosion resistance

WC-Co coatings manufactured by high velocity oxy-fuel (HVOF) spraying have superior hardness and wear resistance. In this study, HVOF-sprayed WC-12Co, WC-17Co, WC-10Co-4Cr coatings from three different feedstock powders have been evaluated in terms of microstructural features, carbide decomposition and erosion resistance. The fused-crushed and the sintered-crushed WC-12Co powders and sintered-crushed WC-17Co powder had an angular shape, a dense internal structure and a high apparent density, whereas agglomerated-sintered powders was characterized by a spherical morphology with a porous internal structure and a relatively low apparent density. These differences in powder characteristics significantly affected porosity, WC decomposition, microhadness and erosion resistance. The fused-crushed WC-12Co coating exhibited the lowest microhardness of the coating layer, the erosion wear rate increased sharply with increasing the impact angle. The agglomerated-sintered coatings had a low porosity of < 1 area% and a high microhardness of ~1350 Hv, and consequently exhibited a superior erosion wear resistance without impact angel dependence. The sintered-crushed and the agglomerated-sintered WC-10Co-4Cr coatings exhibited a superior erosion wear resistance without impact angel dependence, and agglomerated-sintered had a low erosion wear resistance by dense internal structure. For the high performances of WC-Co coating, the most demanding requirement is the feedstock powder characteristics that was determined by processing route, size distribution, shape and internal structure.

[P4-24]

Interactive thermochromic display using maze-shaped resistive pressure sensor array: *Gwangmook Kim, Sungjun Cho, Wooyoung Shim ; *Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.*

Keywords: interactive display, pressure sensor, conductive composite,

Thermochromic display device is a promising technology for future soft electronics to achieve a zero-distance to human skin. thermochromic display can be easily turned by heating and have mechanical flexibility by mixing with polymer matrix. One of the main

challenges facing thermochomic display is poor spatial resolution which is strongly limited by pre-pattenred conductive heater. Resistive pressure sensor is intrinsically variable joule heater on both heated area and power consumption by controlling current flows. Recently, microstructured resistive pressure sensors have achieved high sensitivity enabling fine resolution pressure mapping. Keeping advantage of fine sensing resolution, microstructured pressure sensor can be applied to heater of thermchromic display which has fine spatial resolution and also responsibility to external pressure like touch sensing display. Here, we present a novel interactive display device using thermchromic display coupled with microstructured resistive pressure sensor. In this study, we designed maze-shape microstructured PDMS array to make resistive pressrue sensor with high spatial sensitivity and multilayer PDMS composite made by carbon black and micro silver particles. Coupling mechanism between pressure sensor array and thermochormic display provide effecienct heat transfering path and makes arbitrary shaped actuating possible. We demonstrate 3D force touch capability and electric note that suggests potential uses for future electronics.

[P4-25]

반도성 세라믹을 이용한 입자상 물질 검지 센서: *엄재현, 이지혜, 조용준, 장지상, 서호철 ; *세종공업.*

Keywords: Sensor, Particulate Matter, Bypass type

배기가스 규제 강화에 따라 디젤 자동차의 배기가스 후처리장치 고장유무를 모니터링 하기 위해 입자상 물질 검지센서가 장착되고 있다. 본 연구에서는 반도성 세라믹 물질을 이용하여 배기가스 중의 입자상 물질을 검지할 수 있는 센서를 제작하고 특성을 분석하였다. 부도체 기판을 기반으로 하는 기존의 연결형 검지원리와 달리 반도성 기판을 적용함으로써 검지시간을 단축할 수 있었다. 이와 함께 입자상 물질의 크기를 측정할 수 있는 방법에 관하여 논의한다.

[P4-26]

Effect of oxide surface layer on the joining strength of carbon fiber reinforced plastic to AZ31 Mg alloy by hot metal pressing joining: *Barton Arkhurst, 김정한, 이목영[1]; *국립한밭대학교 신소재공학부 응용소재공학전공. [1]포항산업과학연구원 소재이용연구그룹*

Keywords: hot metal pressing, carbon fiber reinforced plastic, thermoplastic polyurethane, decomposition, bubbles

In this age of technological advancement, it has become necessary to produce engineering structures and machine component parts which sometimes requires the joining of dissimilar materials. There is no known single material which has super properties particularly high strength, high corrosion resistance, high conductivity, high toughness, light weight etc.. Therefore joining of dissimilar materials would be inevitable as different materials have different properties which require they are joined to take advantage of their combined properties. In this study, a new materials joining process coined as hot metal pressing (HMP) was developed. The feasibility, nature and mechanisms of this process on the joint formed between a carbon fiber reinforced (CFRP) plastic and an AZ31 Mg alloy was investigated. Two sets of joint specimens were prepared, one set with as-received Mg sheets and the other set was Mg alloy sheets annealed at different times. It was observed that an oxide layer formed on the surface of the Mg alloy had a great influence on the strength of joint obtained and tensile shear test results showed that a high strength joint of about 5050 N could be achieved. SEM, TEM and XPS analysis were conducted to investigate the nature of the oxide layer that was formed on the surface which enhanced the mechanical strength of the joints produced by this joining process.

P5 : 재료분석
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P5-1]
In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy: *Young Woon Byeon, Hyun Jeong Lee[1], Jae Chul Lee, Jae Pyoung Ahn[1]; *Korea University.* [1]*Korea Institute of Science and Technology (KIST).*
Keywords: electron microscopy, in situ, backscattered electron, binary alloy, phase transition

Backscattered electrons (BSE) are incident electrons reflected back from a target specimen and imaged with the scanning electron microscope (SEM). There are three distinct BSE signals exist: atomic number or Z-contrast, in which composition determines image contrast; orientation contrast; and electron channelling patterens (ECP). Z-contrast images are relatively simple to obtain so it can be used in quantifying battery anodes which is composed of binary alloys: Li-Si, Na-Sn, etc. These anode materials experience a series of phase transitions during charging and discharging. These phase transitions in many cases are accompanied by a large volume change in the electrode materials, which leads to pulverization, a major source of reducing the battery capacity. In contrast to the rich literature on the phase transition behaviors of the Li-Si battery, those of the other electrodes are much less understood due to experimental difficulties in determining the chemical composition of the phases. Here, we demonstrate a simple method of analyzing the composition of the reaction compounds of the Na-Sn battery electrodes using z-contrast elemental quantifications. This simple, fast and less-damage method offer some solutions that can be used to improve the energy efficiency of next generation batteries.

[P5-2]
Effect of Ultrasonic Shot Peening on the Microstructural Evolution and Stability of Commercially Pure Al ; *Liming Xu, Yubing Zhang, Sijia Liu, Houyu Ma, Keesam Shin; *창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.*
Keywords: Pure Al; Ultrasonic shot peening; Grain refinement; Microstructural evolution

Aluminum and its alloys are widely used in aircraft and automobile industries due to their high strength-to-weight ratio and corrosion resistance besides their other properties. However, all of these properties are closely related to their microstructure, which makes our research significant. 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. Therefore, the effect of shot peening on the microstructural evolution and stability of commercially pure aluminum is presented and discussed. In this study, the chemical composition of commercially 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. Aluminum USP-treated with different peening time (15 min, 20 min, 30 min) was investigated using analytical 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. TEM observations show the different deform layer depth and various microstructure in certain depths after different shot peening time processing. The TEM analysis of samples reveals the grain refinement process to form the ultra-fine grains.

[P5-3]
Oxidation Behavior of T91 Steel upon Long-Term Steam Test: *마후유/MA HOUYU, Si-yeon Bae[1], Keesam Shin; *창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.* [1]*Advanced Materials Group. Korea Electric Power Company.*
Keywords: T91, Oxidation, Precipitation, TEM, EBSD

T91 martensitic stainless steel is usually used for boiler system, which, for high efficiency, is mostly operated in supercritical steam environment (~566°C). Therefore, the high temperature oxidation of this steel is critical for understanding of the failure mechanism of the boiler system. Thus, the detailed characterization, i.e., evaluation and data collection, pertaining to the oxidation behavior of such heat resistant steel is a key for maintenance and lifetime extension. In addition, determination of the corrosion mechanism is a key for achievement of efficiency improvement of power generation. In this study, T91 steels was steam tested at the supercritical condition, i.e., at 600°C, 650°C and 700°C, for 10000, 15000, and 20,000 h. SEM/EDS, EBSD and TEM were used for microstructural analysis of the oxide layer, i.e., morphology, chemical composition, phase distributions and evolution. The oxide layer formed on the none-treated surface consisted of an outer layer of iron oxide (Fe_2O_3 and Fe_3O_4) and inner layer of chromium oxide ($FeCr_2O_4$ and Cr_2O_3) on the specimen. Flaking of the iron oxide scale layer was related to coarsening of Fe_3O_4 layer in the specimens. The oxidation sequences of T91 under steam environment are: 1) formation of iron oxide out layer and chromium oxide inner layer, 2) growth of Fe_3O_4 in iron oxide layer and spallation of iron oxide layer, 3) growth of iron chromium layer and re-formation of iron oxide outer layer. Cr depletion zones were present below the oxide layer in both specimens, formation of which was attributed to the formation of Cr rich layer. $Cr_{23}C_6$ in T91 was found after the steam test, which were distributed along grain boundaries. Surface grain coarsening (over 20 mm) occurred below oxide layer in T91 specimen (5.1 mm in matrix), which was attributed to the dissolution of $Cr_{23}C_6$ at the surface region. Detailed

evolution of precipitates, matrix and the oxide layer upon steam test are shown in this research.

[P5-4]

Effect of Ultrasonic Shot Peening on Microstructure and Phase Transformation of 25Cr Duplex Stainless Steel: *Sijia Liu, Houyu Ma, Liming Xu, Yubing Zhang, Keesam Shin ; *창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.*

Keywords: USP; 25Cr duplex stainless steel; Microstructure; Phase transformation; Grain refinement

Plastic deformation induces a residual compressive stress upon shot peening process, and that shows several good effects on the materials. Ultrasonic shot peening (USP) treatment plays good effect among different shot peening methods. Multiphase steel after USP treatment could improve the wear resistance and antioxidant properties well, while researches on multiphase steel is rare. In this study, the effect on the microstructure and phase transformation of 25Cr duplex stainless steel upon USP treatment (5 min, 15 min) was analyzed. After USP, the microhardness increased obviously and the grains refined to nanometers at the top regions. The deformed grains were monitored using electron backscattered diffraction (EBSD) analysis and the evolution of grains was studied upon (transmission electron microscopy) TEM.

[P5-5]

Effect of shot peening on microstructural evolution of QT500 ductile cast iron: *Yubing Zhang, Sijia Liu, Liming Xu, Houyu Ma ; *창원대학교 공대 금속재료공학과 미세구조실험실.*

Keywords: Cast iron, Ultrasonic Shot peening, Hardness, Grain refinement, EBSD

Ductile iron is specifically useful in many automotive components, where strength needs surpass than aluminum but do not necessarily require steel. Ductile iron has much more impact and fatigue resistance, due to its nodular graphite inclusions. Grain refinement is a method of strengthening materials by changing crystallite size. As we known that ultrasonic shot peening (USP) is an effective measure of grain refinement. In this study, we used FPDI (ferrite-pearlite ductile iron) to USP. The chemical composition of FPDI is C-3.75, Si-2.25, Mn-0.45 Fe>93.00. The size of specimens is length 4.5cm, width 1.2cm, than shot peening with 5min and 15min. USP treated specimen was investigated using analytical techniques: optical microscopy (OM), scanning electron microscope (SEM), energy-dispersive spectroscopy (EDS), Vickers Microhardness test, electron backscattered diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM). The results show that, surface grain size becomes smaller, Microhardness increased to 500mm in depth. At the same time see the surface layer graphite is dissolved.

[P5-6]

Shot Peening과 후열처리에 따른 미세조직 변화: *남경애, 마후유, 신기삼 ; *창원대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: Super304H, Shot Peening, Afterward heating, EBSD, TEM

스테인리스강에 인성, 연성, 내식성을 좋게 하기 위해 첨가하는 Cr(~18%), Ni(~9%), Nb(~0.5%), Cu(~3%) 등은 장기시효 시 grain boundary를 따라 생성되는 조대한 석출상으로 인해 내식성과 크리프 강도를 떨어뜨린다. 이를 보완하기 위한 소성변형에 의한 구조 결정립의 미세화는 grain size를 작게 하여 재료를 강화 시킨다. 앞선 실험에서 소성변형의 한 방법으로 선택한 shot peening을 실시했을 때 표면을 미세화 되면서 γ→α′ 전이가 발생했다. 이때 α′-martensite, 쌍정과 subgrain을 형성하게 된다. 후속 가열에 의해 미세화된 시편은 α′→γ로 역 전이가 발생하게 되는데 그 변화를 EBSD에 의해 관찰하고 후속 열처리의 온도에 따른(600ºC, 700ºC, 800ºC)변화를 관찰하면 새로운 석출물의 생성과 이에 따른 석출강화로 shot peening 이전보다 경도가 좋은 것으로 나타났다. 계속해서 나노 구조의 변화를 TEM으로 분석하였다. Shot peening후에 800ºC에서 1시간 열처리했을 때 표면으로부터 ~400μm까지의 microhardness의 변화를 관찰하였다. 표면에서 깊이의 변화에 따라 hardness가 감소하였으며 미세한 석출상이 형성되는 것이 관찰되었다. 연이은 후열처리에서는 α′→γ의 전이가 발생하는 온도를 확인하였다. grain size가 작을수록 hardness는 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. SEM과 TEM으로 이와 같은 미세한 변화를 확인하여 재료의 기계적 특성을 설명하기로 한다.

[P5-7]

방전가공 강선 와이어의 Cu/Zn 도금층 확산 열처리 조건에 따른 황동 도금층 형성에 관한 연구: *한덕현, 정우철, 송철한, 양현석 ; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: EDM Steel wire, Cu/Zn coating layer, diffusion annealing, Brass layer, Heat treatment

고강도 방전가공 와이어의 기술은 산업이 발전함에 따라 초기 모델, 몰드 및 다이에 대한 정밀 가공성의 향상으로 정확성과 가공 속도 향상에 따른 높은 생산성을 이끌어 왔다. 방전가공 와이어는 가공 속도의 증가 및 가공 면에 대한 정확성이 향상되며 발전해 왔다. 방전가공 와이어의 가공 속도 증가 및 정밀가공성은 높은 기계적 특성 및 우수한 전기 전도도를 보유함에 따라 나타나는 특성이다. 이러한 방전가공 와이어의 기계적 특성 확보를 위하여 고강도 모선(Core wire)인 강선을 이용하며, 구리/아연 도금 후 열처리를 통하여 전도도 등을 확보한다. 구리는 높은 전기 전도도를 보유하고 있으나, 철에 비하여 낮은 기계적 특성을 가지고 있으며, 용융점 및 기화점이 높아 방전가공시 정밀성이 우수하지 못한 단점이 있다. 반면 아연은 낮은 융점을 가지고 있음에 따라 방전가공 시 정밀성이 우수하며, 구리 도금층에 열처리를 통한 확산으로 황동을 형성하여 기계적 특성을 우수해지는 특성을 보유하고 있다. 그렇지만 아연은 낮은 기화점을 보유하고 있는 재료임에 따라 확산 열처리 수행시 탈아연 현상이 수반된다. 본 발표에서는 500ºC 이하의 불활성 가스 분위기 하에서 확산 열처리를 통한 도금층의 상변화를 열확산 계수를 통하여 구하여 실험 결과와 비교하였다.

구리 및 아연의 확산 속도는 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하며, 확산 시간은 감소한다. 그러나 온도가 증가함에 따라 탈아연 현상이 더 빠르게 나타났으며, 이러한 현상을 억제하며 방전가공 와이어의 구리 도금층 내부로 아연이 확산하여 황동도금층을 형성하기 위한 실험 조건을 확립 하였다.

[P5-8]

Study of Thermal Induced Reversible Devitrification in ZrPt Alloy: *김현아, 김송이, 이아영, 오혜령, 김도향[1], 이민하 ; *한국생산기술연구원 인천지역본부.* [1] *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: ZrPt, Reversible Devitrification, Vitrification

Amorphous phase can be obtained by rapid quenching process that has sufficient cooling rate to bypass nucleation of crystalline phase. Because of the thermal stability, amorphous phase during the thermal annealing is commonly devitrified to crystalline phase. However it was recently observed that amorphous phase can be formed by a solid state reaction of pure polycrystalline metals under isothermal conditions. In current study, unlike other typical metallic glassy alloys which show annealing induced devitrification, we report the annealing induced vitrification (or reversible devitrification) in amorphous ZrPt binary melt spun ribbons with effect of critical cooling rate on the formation of metastable phase. This reversible devitrification is clearly represented in a ZrPt alloy which transformed into amorphous structure from metastable nanocrystals due to the decomposition of quenched in metastable crystalline phase by the annealing process. The ZrPt alloy was synthesized by using XRD(X- ray diffraction) and DSC(differential scanning calorimetry).

[P5-9]

A study on the grain boundary serration mechanism of Ni-Cr binary model alloy: *이지원, 설재복[1], 장재훈[2], 홍현욱* ; *창원대학교 [1] 포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [2] 재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Grain Boundary Serration, Discontinuous Segregation, 3D-APT, Strain Energy, First Principle

니켈기 초내열 합금에서의 파형 입계는 크리프 시 특수한 입계의 형상으로 인하여 균열의 전파를 지연시켜 크리프 파단 속도를 늦추는 것으로 알려져 있다. 이러한 파형입계 메커니즘 규명을 위한 연구는 현재까지 진행되고 있으며, 이때까지 보고된 연구 결과에 따르면 결정립계 근처에 우선 석출되는 석출상과 결정립계의 상호작용에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 하지만 본 연구에 시행된 파형입계 형성 방법은 입계 석출물과의 상호작용이 아닌 입계의 우선적인 파형 형성 후, 입계 탄화물이 석출되는 것임을 이전 연구를 통하여 언급한 바 있다. 이에 따라 본 연구에서는 니켈기 초내열 합금의 가장 기본적인 성분계인 Ni-Cr 이원계 모델합금을 통하여 파형입계 형성 메커니즘을 규명하고자 하였다. 우선, 파형입계 형성 시 Cr 원자의 불연속적인 편석에 의하여 발생한 strain energy로부터 결정립계 파형이 촉발되는 것을 3D-APT(Atom Probe Tomography) 분석으로 확립하고자 하였다. 그 결과 입계 파형이 이루어진 결정립계에서 마치 하나의 상처럼 존재하는 Cr 원자가 큰 영역을 이루며 불연속적으로 편석 되어 있음을 확인하였다. 또한, 이 현상으로부터 발생한 critical strain energy는 제일원리를 통하여 0.6 kJ/mol임을 예측하였다. 따라서 향후 진행되는 연구에서는 파형입계 열처리 도중 발생하는 것으로 예측된 critical strain energy가 실제 미치는 영향에 대하여 다양한 분석 방법으로 규명해야 할 것이다.

[P5-10]

The effect of fabrication method on magnetic property of Fe-N based amorphous soft magnetic alloys: *오혜령, 김송이, 이아영, 김현아, 김종렬[1], 이민하 ; *한국생산기술연구원 뿌리산업연구부문.* [1] *한양대학교 재료공학과.*

Keywords: Fe-based amorphous alloy, VSM, RSP, Magnetic saturation density

Amorphous soft magnetic alloys are increasingly required in industrial fields such as electromagnetic wave shielding and Near Field Communication (NFC) because of their high magnetic saturation and low coercive force. Accordingly, studies for controlling compositions and processes affecting magnetic properties have been widely conducted. Among them, Fe-based amorphous alloys are in the spotlight as magnetic materials because they have excellent characteristics due to low cost of raw material and high content of iron such as ferromagnetic metals. In this study, the new composition of Fe-based soft alloy was developed by adding non-metallic elements, nitrogen in Fe-based amorphous alloy and investigated the soft magnetic properties of now designed alloy ribbon and rod. Fe-N based amorphous alloy ribbons and rods have been prepared by rapid solidification process method, such as suction casting and melt spinning process. By comparing two fabrication methods, we found that the preparing ribbon type of Fe(N)-based amorphous alloys are the most effective alloy fabrication method to improve soft magnetic property, which could be attributed to high magnetic saturation density.

[P5-11]

자동차 클러치용 다이아프램 스프링 강재 파손연구: *김학현, 김진원, 조다희, 박중철 ; *포항산업과학연구원 분석평가그룹.*

Keywords: Fracture, Automobile Clutch Diaphragm, Spring Steel

자동차 산업의 급속한 성장과 품질 고급화 및 신뢰성 향상 등의 요구에 대응하기 위하여, 재료특성, 내구성 및 내피로성이 우수한 자동차 클러치용 다이아프램 스프링강재의 수요가 급증하고 있으며, 이를 위해 고강도와 내구성 및 내피로성을 목적으로 하는 열처리를 실시한다. 국내에서 사용되는 다이아프램 스프링용 소재는 50CrV4강을 사용하며, 열처리 조건에 따라 표면의 경도, 인장강도 및 피로특성이 달라진다. 이러한 다이아프램 스프링은 가공방법, 열처리 조건에 따라 내구성, 내피로성 등을 만족하기 위한 기술적인

문제로 제조가 쉽지 않는 부품이다. 본 연구에서는 제조 시 자동차 다이아프램 스프링용 소재가 균열이 발생되어 파손해석을 위해 매크로, 마이크로 조직관찰, 파면조직관찰, 경도시험을 하였다. 그 결과 파면에서는 입계파괴가 관찰되었으며, 균열의 원인은 열처리 시 과열 또는 과냉에 의해 발생된 것으로 추정되었다.

[P5-12]

자동차 등속조인트 부트 체결용 밴드의 지연파괴로 인한 파손 분석: *김학현, 강영환, 조다희, 박중철 ; *포항산업과학연구원 분석평가그룹.*

Keywords: *Constant Velocity Joint(CVJ, 등속조인트), Delayed Fracture, Ear-Type Band, STS301

자동차 부품 중 등속조인트는 변속기나 액슬의 차동기어에서 바퀴로 동력을 전달하는 부품으로, 조향이나 서스펜션에 의한 회전중심의 변화에도 등속성을 유지되도록 한다. 각종 부품들이 그리스로 윤활 되어 움직이기 때문에 작동 부품을 고무 부트로 둘러싸서 기밀성을 유지한다. 고무 부트의 연결에는 프레스 가공한 판재 밴드를 사용한다. 밴드의 체결 과정은 타입에 따라 다르지만 소성변형이 크게 발생하기 때문에 연신율이 높은 스테인리스 스틸 재질을 사용한다. 현재 사용되는 밴드의 형식 중 이어(Ear) 타입으로 분류되는 고장력 밴드가 있으며 체결 방식으로는 돌출된 이어를 변형시켜 체결하는 형태로서 언밸런스나 이어 형상에 의한 간섭 문제가 있기는 하나, 높은 체결력과 내충격성, 작업공정의 단순화 및 빠른 작업 시간 등의 장점이 있다. 특히 체결 공정에서 이어를 높은 수준으로 소성 변형시키기 때문에 밴드의 강도와 파단 문제가 중요한 평가 대상이다. 본 연구에서는 이어 타입 밴드의 소재로 사용되는 STS301 강종에서 지연파괴 메카니즘을 해석하기 위해 고품의 성분분석, 경도시험, 미세조직 관찰 및 지연파괴 모사 실험을 하였다. 이를 바탕으로 자동차 등속조인트 부트 체결용 밴드의 지연파괴로 인한 파손 현상을 규명하였다.*Constant Velocity Joint(CVJ, 등속조인트)

[P5-13]

HRSG 보일러 튜브용 강재 파손연구: *윤병준 ; *포항산업과학연구원 분석평가그룹.*

Keywords: HRSG Boiler Tube Steel

복합화력발전소의 HRSG(Heat Recovery Steam Generator)는 고온, 고압분위기에서 장시간 사용되므로 고온 안정성 측면이 중요한 이슈로 부각되고 있으며, 튜브의 수명도 현저하게 감소되고 있다. 어떤 원인에 의한 설비의 손상 또는 파괴는 경제적 손실 및 인명사고로 이어질 가능성이 높으며 운전중단과 조업지장에 따른 부가적 경제적 손실을 초래한다. 본 연구에서는 정상 운전 중인 HRSG 보일러 튜브의 균열로 인한 누수가 발생하였고, 이 균열 발생에 대한 원인을 규명하기 위해 보일러 튜브 소재의 파면조직, 매크로, 마이크로 조직검사, 성분분석, 경도시험을 통해 튜브 수명에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과 Cl, P, S, Ca, Ti,등 다량의 부식생성물이 관찰되었고, 파면조직에는 피로파면이 관찰되었다. 위 분석 결과를 토대로 HRSG 보일러 튜브용 강재의 파손 원인은 반복 하중에 의한 피로균열에 기인한 것임을 밝혔다.

[P5-14]

원자침 단층 분석법을 활용한 2차원 나노소재의 구조적 분석: 황교진, 함명관, *김윤준 ; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Superconductor, Nano thin film, Atom Probe Tomography

초전도체는 저항이 없어 전류가 흘러 들어도 전력손실이 전혀 발생하지 않아, 대량의 전기를 손실없이 저장하거나 송전이 가능하다. 이를 이용하여, 에너지, 전력, 교통, 의료·과학, 환경·산업 그리고 전자·정보 등의 분야에서 활용가능하다. 이러한 초전도체 중 2차원 나노재료가 최근 각광을 받고 있다. 2차원 나노재료는 구조적으로 안정하며, 밴드 갭 그리고 실리콘과 비슷한 전자 이동도를 갖는다. 본 연구에서는 동일한 2차원 나노재료 박막을 원자층 증착법을 이용하여 초전도 특성을 발현하도록 제작하였다. 이 초전도체가 갖는 전자기적 특성을 측정하고, 박막의 구조를 원자침 단층 분석법 (Atom-Probe Tomography)와 전자현미경을 이용하여 분석하였다.

[P5-15]

자동차휠용 A356 합금의 기계적 특성에 미치는 미세조직 분석: 정동혁, 공소현, 황교진, 김상욱, 유준휘, 현승균, *김윤준 ; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: A356, Microstructure,β -Fe, Tensile Strength, SEM, TEM, Atom Probe Tomography

최근 지구온난화의 원인으로 CO_2 가스가 부각되면서, 이의 배출량을 줄이려는 움직임이 대대적으로 일어나고 있다. 이에 따라, 자동차 업계에서는 배출되는 배기가스에 의한 환경오염 및 지구온난화 억제를 위한 자동차부품 경량화가 연구되고 있다. 그 중 특히 차량 및 비행기 등의 운송기계에 주로 사용되는 주조 알루미늄 합금인 A356이 제작 및 가공의 용이함으로 인해 자동차용 휠 등으로 많이 연구되고 있다. 그런데, 상온에서 α-Al의 Fe 용질에 대한 고용도가 매우 낮기 때문에(< 0.04 wt.%) 고온에서 Al 용탕에 유입된 Fe 용질은 응고과정에서 고용되지 못하고 편석되어 Fe를 함유한 다양한 금속간 화합물을 형성한다. 이렇게 생성되는 Fe가 함유된 금속간 화합물은 Al합금의 기계적 특성에 큰 영향을 끼치는데, 그 중에서도 특히, 응고조직에서 침상형으로 관찰되는 β-Fe 상은 기계적 특성 및 주조 결함을 유발하는 것으로 평가되어왔다. 따라서, 본 연구에서는 저압주조법 (low pressure casting)으로 제작된 18인치 이상의 자동차용 휠에 사용되는 A356 합금을 열처리한 후 -Fe 와 공정 Si 등을 SEM(scanning electron microscopy), TEM(Transmission electron microscopy), APT(Atom Probe Tomography)를 이용하여 분석해 미세조직과 기계적 성질의 상관관계에 대해 조사하였다.

[P5-16]

Study of the Structure of the Emulsion by X-ray Scattering Analysis: *Minjoo Noh, Jun Bae Lee ; *COSMAX.*

Keywords: X-ray scattering, SAXS, WAXS, emulsion

Intercellular lipids perform an essential function of protecting the body from the surrounding environment and preventing the skin from transepidermal water loss. This skin barrier function is dependent on intercellular lipids; ceramide, cholesterol and free fatty acid and it is multi-lamellar structure. However, these ingredients, such as ceramide, have high crystallinity and characteristic structures. In this study, we studied the structure and phase transition behavior of emulsions which contain intercellular lipids and have layer-by-layer structure using polarized optical microscope (POM), small and wide angle X-ray scattering (SAXS, WAXS), cryo-scanning electron microscope (cryo-SEM) and differential scanning calorimetry (DSC). These studies are expected to help research emulsions that restore skin barrier function.

P6 : 피로 및 파괴
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P6-1]
Modeling of the Corrosion Fatigue Crack Growth Rate for Ni-base Alloy X-750: *Taehyun Lee, Kyung Ha Ryu, Sang Hyuk Lee, Young Joong Kim, Jae Young Yoon[1] ; *Korea Institute of Machinery and Materials. [1]Korea Atomic Energy Research Institute.*
Keywords: Probabilistic model, Nickel base Alloy X-750, Corrosion fatigue crack growth rate (FCGR), Hydrogen embrittlement, Bayesian Inference

The probabilistic safety analysis has been performed in order to enhance the safe of nuclear power plants (NPPs), because traditional deterministic approach has limitations to predict the risk of failure from behavior of cracks growth in NPPs. In this study, probabilistic modeling based on one of basic theories is introduced to establish basis for probabilistic safety assessment of passive components. For probabilistic modeling of fatigue crack growth rate (FCGR), some FCGR tests were tested either in constant load amplitude mode or constant ΔK mode by using AH heat treated alloy X-750 in low temperature with adequate cathodic polarization. The single edge notched specimen was prepared with AH heat condition which consists of a stress-equalizing anneal (885°C) for 24 hours and aging (704°C) for 20 hours. Initial FCGR model was developed by fitting into Paris' law of measured data from constant load amplitude test. Bayesian inference was employed to update unknown parameters of FCGR model by using additional information obtained from four constant ΔK tests. Here, C and m were those parameters that characterize the corrosion fatigue crack growth behavior containing large uncertainties. They were assumed to obey the truncated normal distribution. The uncertainties of parameters were successfully reduced by using the Bayesian inference method whenever the updating was performed.

[P6-2]
균질화 시간에 따른 고강도 7XXX계 알루미늄 합금의 미세조직 형성 거동: *김도희, 박지호, 박대건, 정대호, 성효경, 김상식 ; *경상대학교*
Keywords: 균질화 처리, Al, Nano-indentation, Micropillar

최근 자동차의 경량화를 통한 연비 향상을 위하여 기존에 사용되던 철강소재 대신 알루미늄을 사용하고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있다. 기존에 주로 사용되고 있던 6XXX 계 소재는 낮은 항복 강도로 인하여 경량화에 한계가 있으며 비강도가 가장 우수한 7XXX 계 합금의 경우에는 낮은 가공성으로 인하여 소성가공공정 시 높은 압력이 요구되어 복잡한 형상을 가공하기 어렵고 생산성이 낮은 단점을 가지고 있다. 전신용 알루미늄 합금의 경우 소성 가공 이전에 주조 조직의 편석을 제거하고 성형성을 향상시키기 위하여 균질화 처리를 실시한다. 이 때 균질화 온도 및 시간에 따라 그 특성은 다르게 나타나며 추후 소성 가공 및 용체화 처리 단계에도 많은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 균질화 처리 시간에 따른 합금의 미세조직과 기계적 특성 변화를 관찰하고 석출강화 및 고용 강화 기구에 대해 분석하고자 하였다. 알루미늄 시편의 균질화 시간을 4~24 시간으로 조절하여 미세조직을 제어하고 광학 및 주사전자현미경을 통해 균질화도를 분석하였다. 또한 EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) 분석을 통하여 이차상을 형태에 따라 구분하고, nanoindentation 시험으로 각 미세조직의 경도 및 탄성 계수를 측정하였다. FIB (Focused Ion Beam)를 이용해 micropillar를 제작하고 기지조직 및 이차상에 대한 미소 압축 특성을 고찰하였으며 이를 통해 미세조직학적 인자들과 기계적 특성간의 상관관계를 밝히고자 하였다.

[P6-3]
피로균열이 존재하는 회전익 항공기 주요 구조물의 수리 후 구조안전성 평가: *양성운, 이두열, 김기현, 김화수, 김민생, 신규철 ; *공군 항공기술연구소*
Keywords: 피로균열, 변형률 측정, 스트레인 게이지,

회전익 항공기의 전방 변속기 지지 마운트 구조물은 무한수명으로 설계되며, 비행 시 항공기 총 중량을 지지한다. 비행 중 발생하는 피로균열은 임계응력 미만의 응력이 주기적으로 작용하여 성장한다. 본 연구에서는 회전익 항공기의 피로균열 부위에 대해 실제 비행을 통한 변형률 측정과 유한요소 해석 결과를 비교하여 주요 구조물의 수리 후 구조안전성 평가를 검증하였다. 변형률은 스트레인 세이지로부터 취득한 값을 사용하였다. 주요 구조물에 보강재를 이용한 수리 후 균열 끝단 응력확대계수가 감소함에 따라, 피로균열 성장 지연 효과를 얻을 수 있었다.

[P6-4]
고망간강 용접부의 상온 및 극저온 피로균열전파 거동: *이관호, 박준혁, 안우진, 정대호, 성효경, 김상식 ; *경상대학교*
Keywords: fatigue crack propagation, welding, fatigue

LNG 저장 탱크 소재인 STS304L 은 우수한 극저온 특성으로 인해 널리 사용되고 있으나 고가의 Ni 을 다량 함유하고 있어 최근 경제성이 뛰어난 고망간강을 도입하고자 하는 연구가 진행되고 있다. LNG 저장 및 방출 시 저장 탱크의 부피 변화로 인한 피로 현상이 발생하며 특히 용접부의 피로균열전파 특성에 대한 연구가 더 필요한 실정이다. LNG 저장 탱크 소재는. 본 연구에서는 POSCO 개발 강종인 고망간강의 피로균열전파 거동 변화를 확인하고자 용접방향, 용접방법, 균열전파부위에 따라 시편을 준비하였고, 상온 및 –163 ºC 극저온 환경에서 피로균열전파 특성을 평가하였다. 고망간강은 피로균열전파 저항성이 ΔK_{th} 영역에서 급격히 감소

하는 경향을 나타내었고, 극저온 환경에서의 경우 상온보다 높은 ΔK_{th} 값을 가지는 것을 확인하였다. 이상의 결과를 포함한 고망간강의 피로균열전파 거동을 미세조직, 파면 분석을 통하여 고찰하였다.

[P6-5]

b-열처리된 Ti-6Al-4V 합금의 수소 발생 환경에서의 저속인장 거동: 박지호, 박대건, 김도희, *정대호, 성효경, 김상식 ; *경상대학교*

Keywords: SCC, SSRT, Ti64

항공기 설계에는 항공기 운용 환경을 고려한 극한환경에서의 다양한 손상허용 특성을 필요로 하며 항공기의 성공적인 국내개발을 위해서는 극한환경에서의 피로, 피로균열전파 및 응력부식균열(SCC) 등과 같은 손상허용 특성에 대한 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 손상허용 특성을 요구하는 항공기 부품으로 사용되는 b-열처리된 Ti-6Al-4V 합금을 대상으로 수소발생 환경에서의 SCC 거동에 대한 연구를 수행하였다. 연구에 사용된 시편은 mill-annealed 상태의 Ti-6Al-4V 합금을 이용하여 β-변태온도 이상에서 β-열처리를 거친 뒤 냉각 방법을 공랭 및 급랭으로 달리하여 냉각한 후 안정화 열처리(stabilization annealing)하는 방법으로 제작되었다. 공랭법으로 냉각된 Ti-6Al-4V부품을 상온에서 사용하는 경우, 안정화 열처리가 무의미하다는 이전 연구결과를 토대로 공랭 후 안정화 열처리를 하지 않은 시편을 함께 준비하였다. 수소발생 환경에서의 SCC 특성을 평가하기 위하여 25°C, 3.5%NaCl 수용액 내에서 시편에 cathodic potential을 인가한 후 변형률속도 1×10^{-6} /s의 저속인장시험을 통하여 평가하였다.평가 결과, 안정화 열처리를 수행할 경우 SCC 특성이 향상되었으며, 공랭보다는 급랭한 시편의 SCC 특성이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 미세조직과 시험된 시편의 파면 및 측면 균열전파부 분석을 통하여 고찰하였다.

[P6-6]

고망간강 용접부의 저온 파괴 거동: 박준혁, 이관호, 안수진, *정대호, 성효경, 김상식 ; *경상대학교*

Keywords:

LNG 탱크용 소재로 저온에서의 인장, 피로 및 파괴 특성이 우수하면서 스테인레스강에 비해 가격이 저렴한 고망간강에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 포스코에서 개발한 고망간강 용접부의 저온 파괴 거동을 연구하였다. 고망간강의 파괴인성은 용접된 후판의 모재, 용착금속부 및 열영향부에서 채취된 L-T 방향의 CT시편을 대상으로 J-integral 시험법을 이용하여 상온 및 극저온(-196°C)에서 평가되었다. 고망간강 모재 및 용착금속부의 경우, 상온 및 극저온 파괴 인성은 기존 상용강재인 STS304 및 9Ni 강 수준의 특성을 나타내었다. 반면, 열영향부의 경우, 상온에서는 고망간강 모재 및 용접부와 STS304 및 9Ni 강에 비해 월등히 우수한 파괴 특성을 나타내었으나, 극저온에서는 가장 낮은 특성을 보였다. 이러한 용접부 위치에 따른 파괴 특성의 차이를 미세조직과 시험된 시편의 파면 및 측면 균열성장 시작점에 대한 분석을 통해 고찰하고자 한다.

[P6-7]

Effects of deformation behaviors on tensile and S-N fatigue properties of high-Mn steels at room and cryogenic temperatures: 안수진, 박대건, 안우진, 정대호, *성효경, 김상식 ; *경상대학교*

Keywords: high Mn steels, tensile properties, S-N fatigue behavior, cryogenic temperature

The S-N fatigue property of austenitic high-Mn steels was investigated at room temperature (298 K) and cryogenic temperature (110 K), and the results were compared to STS304L steels. High-Mn steels have satisfactory fatigue performance at 298 and 110 K, indicating comparable resistance to fatigue in STS304L. The S-N fatigue behavior of high-Mn steel was dependent on tensile strength, the trend of which well-matched to that of other austenitic steels. The EBSD and micrographic analyses suggested that there is no notable TRIP (transformation induced plasticity) and TWIP (twinning induced plasticity) effects in high-Mn steels under fatigue loading at 298 and 110 K unlike monotonic loading condition. In this presentation, the effects on deformation behaviors on tensile and S-N fatigue properties of high-Mn steels were analyzed based on the fractographic and microscopic observations.

P7 : 전산재료과학
Room 3층 전시장, 4월 26일

[P7-1]

LED 방열 소재의 물성 및 표면적에 의한 냉각 거동 전산모사: 최정훈, *김대영[1], 심문수[1], 이종현[2]; *충남대학교 응용소재공학과. [1]충남대학교 에너지과학기술전문대학원. [2]충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: LED; 전산모사; 접촉저항; 방열판; 냉각

LED는 에너지 효율이 100%가 아니기 때문에 LED 자체에서 열이 발생한다. LED에서 발생하는 열에 의하여 LED는 기능을 상실할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 LED 후면에 방열판을 접촉시켜 LED를 냉각 시켜주어야 한다. LED 후면에 부착되는 금속 방열판의 열전도도 및 표면적에 따라서 LED의 냉각 효율이 변하게 된다. LED 방열판의 물리적 성질 및 표면적에 따라서 LED가 냉각되는 정도를 전산모사를 통하여 분석하였다. 또한, LED의 발열량에 따라서 변화하는 LED의 온도 거동을 ANSYS 17.0을 통하여 분석하였다. LED와 방열소재 간의 접촉 저항에 따라 달라지는 냉각 거동 또한 전산모사를 통하여 분석하였다.

[P7-2]

Ab-initio study on the origin of charge trap in amorphous Si_3N_{4-x}: *Gijae Kang, Kyeongpung Lee, Seungwu Han; *Seoul National University.*

Keywords: Density functional theory, Silicon nitride, charge trap memory, amorphous

As the non-volatile memory market has grown significantly, the needs to overcome the scaling limitation of the conventional floating gate device have been increased rapidly. Charge trap memory, in which amorphous silicon nitride (Si_3N_4) is utilized as the charge trapping layer, has been gaining much attention as the most promising alternatives to the floating gate. The localized mid-gap states in the amorphous Si_3N_4 assure the high scalability and the retention capability or the device, which makes the material to be a viable candidate for the memory application. It is indisputable that the performance of the charge trap device is dominated by the characteristics of the charge traps, and yet the origin of the trap states is still under debate.In this study, we carried out ab-initio calculations to reveal the origin of the trap states in nitrogen-deficient amorphous Si_3N_4 (Si_3N_{4-x}). The amorphous ensembles are generated by melt-quench protocol using density functional theory (DFT) molecular dynamics. Each structure is optimized with hybrid functional method in which the description of energetics and electronic structure is superior to conventional DFT. The trap states are analyzed and the charge injection levels are calculated using the thermodynamic formation energy of each charged trap. This study will give a useful insight into designing and optimizing the charge trap devices based on amorphous Si_3N_4.

[P7-3]

Transient 해석에 의한 금형의 열전달 해석 기법에 관한 연구: *채홍준, 공만식 ; *고등기술연구원.*

Keywords: 열처리, 진공로, 열분포해석, 공구강, 가압, 냉각

금형 및 공구강의 품질 기준인 고인성, 내피로 특성을 확보하기 위해 품질 균일화를 위한 가압 퀜칭기능과 정밀하게 온도를 제어할 수 있는 설비가 요구되고 있다. 고온에서의 온도편차는 열처리물의 품질에 매우 큰 영향을 미치는 인자로써 제품의 위치 및 장입량, 장입방법에 따라서 최소화 할 수 있고, 가압능력이 뛰어난 가스냉각 방식을 적용한 진공로는 기존 공구강에 사용되는 염욕냉각기술을 대체 할 뿐만 아니라 제품을 균일하면서도 빠르게 냉각시킬 수 있다.본 연구에서는 금형 품질의 향상과 가열공정 기술개발을 위해 공구강의 최적 열처리 공정 사이클을 도출하였으며, 공정변수 변화에 따른 단열재 내부의 특성과 공구강의 가열 및 냉각 특성을 예측하였고, 열처리물의 비교 분석을 통해 해석결과의 신뢰성을 검토하였다.

[P7-4]

Determining equilibrium shape and atomic configuration of Pt-M nanoparticles using Monte Carlo simulation: *설동혁, 김진수, 이병주 ; *포스텍(포항공과대학교).*

Keywords: Platinum catalyst, Monte Carlo, 2NN MEAM, equilibrium shape and configuration

Platinum catalysts exhibit excellent catalytic activity and play an important role in proton exchange membrane fuel cells (PEMFC), which is an electrochemical device conversing chemical energy of hydrogen to electrical energy at low temperature in fuel cell vehicle. Despite this outstanding performance, the high cost of platinum catalysts remains a problem. To reduce costs and improve catalytic activity of catalysts, people have studied platinum-based bimetallic nanoparticles as catalysts. The equilibrium shape and atomic configuration of the nanoparticles can provide useful information for making better catalysts because the electrochemical properties of platinum-based bimetallic nanoparticles depend on the surface morphology and atomic arrangement. In this work, we focus on the simulation method to predict not only atomic configuration, but also equilibrium shape of nanoparticles to predict using 2NN MEAM and Monte Carlo simulation.

[P7-5]
전류밀도 기반 발열체 구현을 통한 사파이어 단결정 성장 모사: *최승훈, 문성환[1], 김준환[1], 김형중[1], 차필령 ; *국민대학교, [1](주)사파이어 테크놀로지*
Keywords: -
사파이어 단결정 성장에 대한 전산모사

[P7-6]
저항가열을 사용한 SiC 단결정 성장 시뮬레이션: *김대환, 차필령 ; *국민대학교 재료전산모사실험실.*
Keywords: Silicon Carbide, PVD, Single Crystal, Simulation, Growth
SiC 는 사포의 주재료로 경도가 높고 내마모성이 좋다. 그뿐만 아니라 금속과 비슷하게 높은 열전도율과 높은 내열성을 갖고 있으며, 밴드 갭이 큰 반도체이기 때문에, 고온 고전압 환경에서 사용할 수 있는 재료로 주목받고 있다. 출력이 좋고 전력 손실이 적기 때문에 전기자동차나 태양광 발전 분야에 사용될 것으로 예상된다.하지만 SiC 단결정 성장은 초고온에서의 공정이기 때문에 제어가 어려워 결함요소를 해결하기 힘들다. 그러므로 대구경화를 위해선 정밀한 공정 제어를 필요로 하며, 이에 따른 프로파일을 도출하는 과정에서 상당한 시간과 비용을 필요로 한다. 이를 시뮬레이션과 병행함으로서 시간과 비용을 절약할 수 있다.본 연구는 SiC 단결정 성장에 필요한 환경에 대해 연구를 진행하였다.

[P7-7]
Understanding the role of transition phases on kinetic overpotential of Na-ion battery: A First-Principle comparative study of Sn and Sb anode ; *YONGSEOK CHOI, Jae-Chul Lee ; *Korea University.*
Keywords: Na-ion battery, anode materials, kinetic overpotential, transition phases, first-principles calculations
Although Li ion batteries are very successful for portable electronic device applications as power source, they face new challenges for large energy storage applications. Na, compared to Li, is cheap and abundant with the suitable redox potential (E0(Na+/Na)=-2.71 V) and becomes a promising candidate as alternative material for the large scale applications such as electronic vehicles. In conjunction with group IVA and VA anode materials (e.g. C, Ge, Sn, Sb, and Pb), Na ion batteries are expected to have high theoretical capacity up to 847 mAh/g ($Na_{15}Sn_4$). Despite their great promise, the present energy storage capacity of Na-ion batteries is far less than expected, which depends in large part upon voltage losses (i.e. overpotential). Of many possible contributions to the overpotential, we focused on kinetic overpotential arising from electrochemical reactions to investigate fundamental thermodynamic origin of the overpotential. Provided that kinetic overpotentials are determined by transition phases playing a role of rate limiting steps, we created potential-dependent free-energy diagrams of reaction paths using first-principles calculations. Applying the diagram to two representative systems with the different number of transition phases, Na-Sn (4-6 step) and Na-Sb (1-2 step), we found a simple way to determine rate-limiting steps in light of thermodynamics. Moreover, the comparative study showed how existing transition phases contribute to overpotentials for both charge and discharge processes, which fundamentally limit the energy storage density of Na-ion battery.

[P7-8]
Revisiting the Wenzel and Cassie-Baxter models in atomistic simulations: *김수지, 임형규, 김형준 ; *한국과학기술원(KAIST).*
Keywords: Multiscale simulation, QM/MM, Wettability, Wenzel, Cassie-Baxter
Since the early-to-middle of the twentieth centuries, Wenzel (WZ) and Cassie-Baxter (CB) models are employed to elucidate wetting phenomena at rough surfaces of various geometric fashions. However, there are theoretical limitations to describe wettability using those models in nanoscale. We study interfacial interactions in graphene-water interface by calculating dynamics of water and electronic structure of solid using multiscale simulations. Combined quantum mechanics / molecular mechanics (QM/MM) is performed to reflect the influence of contact. The thermodynamics free energies are obtained through two phase thermodynamics (2PT) analysis and the concept of work of adhesion is used to interpret the wetting. We investigate theoretically water-surface interactions through partitioning the interfacial energy into van der Waals, electrostatic potential and perturbed energy. When water fills the nano-grooves (WZ), the behavioral aspect, as opposed to what is typically seen in macroscopic phenomena, the higher the roughness, the greater the wetting. If there are air pockets instead of being filled by water (CB), the wetness converges to a certain value as roughness increases.

[P7-9]
이원계 나노입자 위의 분자 흡착 에너지 예측: DFT 및 기계학습 연구: *방기훈, 신기현, 홍두선, 강구, 이혁모 ; *한국과학기술원(카이스트).*
Keywords: 나노입자, TiO2, 촉매, DFT, 기계학습
나노입자와 지지체 간 상호작용은 나노입자 촉매에서 매우 중요한 요소이다. 이런 상호작용의 결과 중 하나로 나노입자/지지체 시스템 위 산소나 일산화탄소 같은 기체 분자의 흡착에너지가 변화한다. 흡착에너지 변화를 통해 촉매 시스템의 촉매특성 변화를 예측할 수 있으므로 흡착에너지를 예측하는 것은 촉매연구에 매우 중요하다 할 수 있다. 본 연구에서는 TiO_2 지지체 위에 이원계 나노입자를 올렸을 때의 산소와 일산화탄소 분자의 흡착에너지 변화를 DFT 방법으로 연구하였다. 약 100가지의 이원계 나노입자를 모델링하여 나노입자의 종류에 따라 나노입자-지지체 간 상호작용의 변화와 기체 분자의 흡착에너지 변화를 살펴보았다. DFT 방법으로 얻은 결과를 가지고, 기계학습을 적용하여 새로운 시스템에서의 기체 분자의 흡착에너지를 예측해보았다. 선형 회귀, 서포트 벡터 머

신, 선형 회귀 등 다양한 알고리즘을 적용해보았고, 그 결과 기체 분자의 흡착에너지를 원자번호, 전기음성도 등 간단한 정보를 가지고도 쉽게 예측할 수 있었다.

[P7-10]

제일원리계산을 통한 전이금속질화물의 산소환원반응 촉매 특성 평가: *홍두선, 권순호, 이혁모 ; *한국과학기술원.*

Keywords: 전이금속질화물, 산소환원반응, 산소분자 분해 반응, 표면합금, 제일원리계산

연료전지는 높은 에너지 효율의 친환경, 지속가능한 에너지 자원으로 주목받고 있다. Cathode에서의 느린 산소환원반응을 촉진하기 위해 백금, 백금 기반 합금 촉매가 사용되고 있으나 비싼 백금의 가격으로 인해 연료전지의 상용화에 걸림돌이 되고 있다. 또한, 연료전지 동작 환경에서의 백금의 aggregation, dissolution 현상 등으로 인한 낮은 안정성 또한 문제가 되고 있다. 이에 비 귀금속 촉매 연구의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 비 귀금속 촉매 중 높은 안정성으로 널리 알려졌을 뿐 아니라 높은 전기 전도도를 가지고 있고, 값싼 전이금속질화물의 산소환원반응 촉매 특성을 제일원리계산을 통하여 연구하였다. 산소환원반응 촉매의 descriptor로 널리 쓰이는 산소 원자 흡착에너지를 통해 전이금속질화물 중 가장 가능성 있는 후보를 선정하였다. 산소 분자 분해 반응 측면으로의 접근을 통해 이 후보를 좀 더 개선할 수 있는 실마리를 찾고, 이를 표면합금을 통해 전이금속질화물의 산소환원반응 촉매 특성을 개선할 수 있는 가능성을 보였다.

[P7-11]

The steel alloy design for enhancement of nitriding rate : A DFT study: *Ku Kang, Changsoo Lee, Sunho Kwon, Hyuck Mo Lee ; *KAIST.*

Keywords:

Ammonia(NH_3) gas nitriding of steel is a common heat treatment for improving surface hardness, mechanical properties, and wear and corrosion resistance. However, NH_3 gas nitriding is a time-consuming process. So various research groups have investigated the nitriding mechanism and pre-nitriding effect. However, since most of commercial steel contains various alloy elements, we performed the density functional theory (DFT) study for alloying effect on initial surface reaction of ammonia gas nitriding. In this work, ammonia nitriding on Fe (100) surface was theoretically studied. First, we considered the ammonia decomposition and nitrogen diffusion mechanism on the clean Fe (100) surface. And we performed the CI-NEB calculation to obtain the reaction barriers (E_b) of every step. Furthermore, for the analyzing the effect of alloying elements, such as Cr, C, Ti, and, V, which are widely known as stable nitride forming elements, the both reactions for each system were thoroughly investigated by calculating overall reaction pathway. From these analysis, we found key descriptors which determine overall reaction rates by comparing to previous experiment results. Also, for further improvement, we rationally screened the various alloying elements including previously considered ones. The candidate elements are carefully selected by classifying their effect on each step of nitriding.

[P7-12]

ALE 유한요소법을 활용한 마찰교반용접에서의 변형기구 연구: *명동준, 노우람[1], 이명규 ; *고려대학교 [1] 한국생산기술연구원.*

Keywords: 마찰교반용접, ALE, 변형기구, 마찰

본 연구는 마찰교반용접 공정 중 소재의 변형기구를 Arbitrary Lagrangian Euerian (ALE) 기반 유한요소법을 활용하여 이해하고자한다. 마찰교반용접은 고상접합법의 하나로 회전하는 용접 툴과 소재 사이에서의 마찰열, 그리고 금속의 소성변형열을 이용하여 동종 또는 이종의 금속소재에 대변형을 유도하여 접합하기 때문에 그 변형기구가 복잡하며 이를 순수한 실험에 의해 규명하는 것은 매우 어렵다. 특히, 마찰교반용접 공정에서의 온도 변화, 기계적 물성 변화, 열전달 특성은 서로 밀접하게 연관되어, 온도 및 변형율속도에 의존하는 소재의 변형기구를 이해하는 것은 최적의 마찰교반용접 공정 조건을 도출하는데 필수적이다. 본 연구에서는 유한요소법 중 Lagrangian 및 Eulerian 특성을 동시에 가지면서 금속의 소성변형을 효과적으로 모사할 수 있는 ALE 기법을 사용하여 마찰교반용접을 해석하였으며 이로부터 용접 중 소재의 온도-마찰특성-기계적 거동에서의 상호 연관성을 이해하여 최종적으로 주요 용접 인자들이 용접된 소재의 품질에 미칠 수 있는 영향을 분석하였다.

[P7-13]

A Model to simulate void growth effect of metallic material under dynamic loading: *이상일 ; *해군사관학교.*

Keywords: Gurson model, Void Growth Effect, Dynamic Ductile Fracture, Ductile porous materials

Metallic alloys are usually containing many kinds of precipitations to increase own materials properties such as yield strength. Understanding the role of precipitation in metallic materials will give us new challenges to discover characteristics of metals in microscopic perspective. As precipitation can be regarded as a cavity, Gurson(1977) suggested a micromechanical model provides yield surface, the flow rule and damage growth for porous metallic materials. Monchiet and Bonnet(2013) extended Gurson model and introduced a closed formed plasticity model with a non-dimensional parameter to encounter void size effect. However, Monchiet and Bonnet model (GMB model: Gurson-Monchiet-Bonnet Model) is still limited to use in dynamic loading simulation. Thus in this presentation, I extended GMB model by using Tangent modulus method which had suggested by Peirce et al.(1983) to make possible to use GMB model in dynamic simulation.

P8 : 철강
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P8-1]
가속기 조사방법을 활용한 원자로 철강재료의 고선량 조사경화 평가: *진형화, 임상엽, 이경근, 권준현 ; *한국원자력연구원.*
Keywords: 양성자 조사; 원자로 압력용기용 강; 조사경화

고 에너지 중성자 조사 환경은 원자로 철강재료 내부에 나노스케일의 조사결함, 버블 그리고 클러스터 및 석출상의 형성 그리고 결정립 계면에서의 편석과 같은 독특한 미세구조 변화를 발생시킨다. 대표적인 원자로 철강 구조물인 압력용기용강은 감시시험을 통하여 조사 유기 미세조직 변화로 인한 기계적 성능 변화 양상을 주기적으로 평가하고 있다. 이 연구에서는 국내 원자로 압력용기용강의 고선량 중성자 조사시 급격한 조사경화 현상의 발현 여부를 파악하고자 양성자 조사 방법을 활용하였다. 2 MeV 양성자 조사 방법으로 0.1~0.5 dpa 범위의 고선량 모사재를 생산하였으며 모사재를 대상으로 조직 분석과 기계적 물성 평가를 수행하였다. 투과전자현미경 기법과 삼차원 원자탐침 토모그래피기법으로 고선량 조사시 발생하는 나노스케일 미세조직 변화에 대한 정보를 확보하고 마이크로 경도 측정으로 조사량에 따른 조사경화량 변화를 평가하였다. 측정된 평가 결과들을 비교하여 고선량 조사시 발생하는 미세조직 변화들이 원자로 압력용기강의 조사경화 거동에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

[P8-2]
Cu-Invar 박막의 유한요소법과 동적 나노 압침법에 의한 기계적 특성 평가: *최용, 강보경 ; *단국대학교.*
Keywords: 구리 박막, 유한요소법, 동적 나노 압침법

극 미세 구리 박막의 표면 기계적 특성을 평가하고자 동적 나노 압침법과 유한요소법을 적용하였다. 극 미세 구리 박막은 DC마그네트론 스퍼터법으로 제조하였다. 박막 제조 조건은 압연된 Invar 기지, 고순도 구리 타겟(4N), Ar 분위기, 44W, 최종 압력 1×10^{-2} Torr 이었다. 구리 박막의 표면에는 약 40 [μm] 크기의 균열이 존재하였고, 스퍼터 전력량이 증가할수록 증착속도가 증가하였다. Oliver 모델을 적용한 구리 박막의 탄성하강강성도는 45 이었다. Alekhin 모델을 적용한 구리 박막의 마찰계수, 피로한계는 각각 0.130, 0.093 이었다. 괴상, 경질도포층, 연성박막의 미세경도와 나노경도의 실험적 관계식은 $Y[GPa] = 9.18\times10^{-3}X[Hv]$ 이었다. 유한요소법에 의하여 나노압침선단의 하중분포를 이차원 선형 및 비선형 해석으로 FEMLAB 3.1을 사용하여 분석하였다. 1 [mN] 의 정적하중을 가한 구리 박막은 486 [mN] 로 예측되었다. 압침선단의 하중집중정도는 표면탐침현미경으로 관찰한 압흔의 변형정도와 유사한 경향을 보였다.

[P8-3]
용액의 열역학적 상안정성의 전산모사와 3원계 Fe-Ni-Cu 합금 도금 제조 및 특성 평가: *최용, 한상선, 강보경 ; *단국대학교.*
Keywords: Fe-Ni-Cu, 전산모사, Pourbaix diagram, 전기도금

Fe-Ni-Cu 합금도금을 위하여 열역학적 상의 안전성을 전산모사로 평가하였다. 전산모사 프로그램은 C#으로 작성하였다. 전산모사된 Pourbaix diagram을 근거로 황화물 3원계 도금액을 제조하고 정착조건을 선정하였다. 전착 공정은 304 스테인레스 강판의 작용전극, Au 코팅된 Pt판의 상대전극을 이용하였고, 전극간의 거리는 10 mm 이었다. H_2SO_4를 이용한 전극의 전처리 후, 정류기(IGBT pulse rectifier, JSEC)를 사용하여 3원계 도막을 제조하였다. 정전류도금 조건은 인가전압 3.9V, 도금전류밀도 130 mA/cm², 전해액의 온도 50~55°C, pH 2.4 이었다. 기판의 면적은 20×50 mm 304 스테인레스 기지에 600초 도금하면 30 μm이하의 두께의 도막이 제조되었다. 엑스선형광분광기(XRF)을 이용한 도막의 조성은 Fe : Ni : Cu = 55 : 42 : 1 [wt.%] 이었고, 전류밀도가 낮아질수록 Ni과 Cu의 조성은 증가함을 보였다. 원자력현미경(AFM)과 주사전자현미경(SEM)을 이용한 표면 및 미세조직은 관찰결과는 구리 농도에 따라 크게 변하였다. 이는 나노 경도 및 내식성에 영향을 주었다.

[P8-4]
사용후핵연료 운송 및 저장용 Gd-이상 스테인레스 강 압연재의 집합조직과 중성자 차폐능 평가: *최용, 백열, 문병문[1], S. G. Bogdanov[2], A. N. Pirogov[2] ; *단국대학교. [1]KITECH. [2]Institute of Metal Physics of UB of RAS.*
Keywords: Gd-stainless steel, Neutron absorption, crystallographic texture

Gd-이상 스테인레스 강(DSTS)을 불활성 아크 용해 및 주조, 열간 압연 및 열처리 후 60% 냉간 압연으로 제조하였다. Gd-DSTS의 미세조직과 기계적 특성 및 중성자 흡수 거동을 분석하였다. 중성자 회절기 3기를 이용하여 중성자 흡수 실험을 수행하였다. 모든 회절기는 IVV-2M (Zarechny, Russia) 원자로에 수평하게 부착되어 있고, 실험은 slit-geometry 조건에서 수행하였다. D-2, D-3, D-4 회절기의 중성자 입사 파장 길이는 각각 l = 1.83, 2.43, 4.50 [Å] 이었고, 85, 90, 99 [%]의 효율성을 갖는 헬륨 검출기를 이용하였으며, 세 회절기에서의 입사된 빔의 크기는 모두 15×2 mm 이었다. 중성자 흡수 자료를 이용하여 Gd-DSTS 내의 Gd 함량을 계산하였다. Gd-DSTS의 페라이트와 오스테나이트 상 비는 59:41 vol.% 이었다. 페라이트 상의 (110) 극점은 선택적으로 RD에서 TD 방향으로 30°, (211) 극점은 ND와 RD 방향으로 45° 배향되어 있었다. 오스테나이트 상의 (111) 극점은 선택적으로 ND 방향으로 45°, (311) 극점은 TD와 ND 방향으로 45° 배향되어 있었다. Gd-DSTS의 평균 미세경도는 300-318 [Hv] 이었고 최대 인장 강도, 항복 강도, 연신율은 각각 752-790 [MPa], 527-609 [MPa], 27-35 [%] 이었다. 국부적인 중성자 투과율 시험으로 중성자 흡수재가 기지상에 잘 분포되어 있다는 것을 확인하였고, 1 mm 두께인 0.02-0.32 wt.% Gd-DSTS의 중성자 흡수율은

각각 12, 20, 47 [%] 이었다.

[P8-5]

Mo-free 저합금 이상 스테인레스강 열연재의 미세조직 및 인장특성에 미치는 aging 처리 영향: *신익수, 정기채, 박경태, 최점용[1]; *국립한밭대학교. [1]POSCO 기술연구원(포) STS 연구그룹.*

Keywords: 이상 STS강, 열연소둔, 열적 마르텐사이트, 인장특성, EBSD

저합금 이상 스테인레스강의 경우 소둔 조건에 따라 기계적 특성을 저하시키는 여러 가지 제 2상 석출이 일어나며, 이의 대표적인 것이 (Cr,Mo)-rich σ상이다. 본 연구에서는 σ상 석출을 억제하기 위해 Mo-free 저합금 이상 스테인레스강을 제조하고 열연소둔 조건에 따른 석출거동과 인장 특성의 상관성을 분석하였다. 600 C ~ 1000 C에서 최대 2 시간 aging 조건에서 σ상은 석출되지 않았으며, 대신 페라이트/오스테나이트 계면에 열적 마르텐사이트가 석출되었다. 이에 대한 TTT 선도를 작성한 결과 마르텐사이트 석출 nose 온도는 850 C 부근이었으며, 열적 마르텐사이트 석출은 Cr_2N 석출에 기인한다. aging 시 페라이트/오스테나이트 계면에 Cr_2N이 우선 석출되며, 이에 의해 Cr_2N 주위에 Cr 희석대가 형성된다. 이는 Cr_2N 석출물 주위 오스테나이트의 Ms 온도 상승을 야기하며, 이에 의해 aging 후 냉각 시 열적 마르텐사이트가 형성된다. 열적 마르텐사이트 분율 증가에 따라 항복강도와 연성은 감소하는 반면 잔여 오스테나이트에 TRIP현상이 일어나 가공경화능과 인장강도는 증가하였다.

[P8-6]

수소 유기 균열된 API-X-80강의 3축 제어 초음파 분석 연구: *최용, 백열, 김완근[1], 정환교[1], 이창선[1]; *단국대학교. [1]POSCO.*

Keywords: Hydrogen induced cracking, API-X80 steel, 3D Positioning ultrasonic inspection unit

API-X80강의 HIC 개시와 전파 변수에 대한 금상학적 분석을 수행하기 위하여 3축 제어 초음파 비파괴검사법을 적용하였다. 시편은 API-X80강의 압연 방향으로의 평균 입도는 1.75 ~ 1.99 mm 이었으며, 결정학적 집합조직이 존재하였다. (110) 극점은 ND의 수직방향으로, (100) 극점은 RD의 45° 방향으로, (211) 극점은 TN의 30° 방향으로 배향되어 있었다. 3축 제어 초음파 비파괴검사 장비를 이용하여 시편 표면으로부터 3 mm 깊이에 생성된 균열을 검출하였다. 3축 제어 초음파 비파괴검사 장비로 HIC 환경에 24 시간 노출되었던 시편 내부의 많은 균열들을 관찰하였다. HIC의 양은 초기 변형에 의존하였다. 4% 이상의 초기 응력으로 인하여 HIC 분위기에 64시간 노출되었던 시편 내에 HIC 생성이 촉진되었다. As-received API X-80강의 HIC 평균 전파 속도는 약 7.15 mm/min 이었다. 투과 전자 현미경으로 관찰한 나노 크기의 균열들은 $(Ti, Nb)_xC$ 석출물의 계면에서 관찰되었으나 전파되지는 않았다. Al과 Si의 조대한 개재물(> 50 mm)이 HIC 파단면에서 관찰되었기 때문에, API-X80강의 HIC의 개시와 전파는 주로 조대한 개재물과 관련된 것으로 사료된다.

[P8-7]

중성자 흡수재 및 차폐재용 Fe-Gd-B 합금의 미세조직 및 Rietveld 정량분석: *최용, 백열, 이상욱[1], 정현도[1], 문병문[1]; *단국대학교. [1]KITECH.*

Keywords: Gd-stainleess steels, Rietveld refinement, XRF

진공 용해된 Fe-(20, 45 wt.%) Gd-B 합금의 화학적 조성과 미세조직은 X-선 회절기와 주사 전자 현미경을 이용하여 분석하였다. 주조된 Fe-20 wt.% Gd 합금의 조직은 약 2 mm 두께를 갖는 수지상정 구조로 관찰되었으며, Gd 농도가 증가할수록 수지상정은 두꺼워졌다. X-선 회절도는 Fullprof 프로그램을 이용하여 정량적 상분석을 수행하였다. Fe-20 wt.% Gd의 상은 Fe_3Gd - 26.6 at.% Fe_2Gd 이었으며, Fe-45 wt.% Gd의 상은 Fe_3Gd - 13.9 at.% Fe_2Gd - 7.3 at.% Fe_9Gd - 3.9 at.% $Fe_{17}Gd_2$ 이었다. B 첨가에 따른 Rietveld 상분석 결과가 추가될 것이다.

[P8-8]

고 Al 경량강에서 Cr이 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향: *김경원, 이창훈, 박성준, 이태호 ; *한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Low-density steel, stainless steel, k-carbide, Al, Cr

스테인리스강은 우수한 수준의 내식성을 나타내는 소재로, 내식성뿐만 아니라 강도 및 가공성이 우수하여 지난 반세기 이상 산업, 군수, 발전 및 가정용 전자제품 등에 널리 사용되어 왔으며, 최근에는 강화되는 각종 규제에 대응하기 위하여 자동차와 환경설비에도 그 수요가 급증하는 추세이다. 스테인리스강의 대표적인 강종인 Fe-Cr-Ni 기반 오스테나이트계 스테인리스강의 경우, 고가의 Ni 함량을 줄이기 위해 Mn, N 등 대체 합금 원소에 의한 연구가 활발히 진행되고 있다. 뿐만 아니라 자동차, 항공기, 군수 물자의 고효율화를 위해서 경량화 연구의 needs도 점차 증가하고 있다. 본 발표에서는 고 Al 경량 스테인리스강에서 Cr의 첨가에 따른 미세조직과 기계적 특성의 변화에 대한 다양한 연구결과를 소개하고자 한다.

[P8-9]

Billet 연주 Mold tube의 corner crack 발생 메커니즘: *박태은, 김영환, 정훈제, 표영석 ; *동국제강주식회사 중앙기술연구소 제강연구팀.*

Keywords: 연속주조, Billet, Mold tube, Cr도금, Mold crack

철근재의 원료로 사용되는 Billet 반제품의 연속 주조 공정 중 초기 응고를 담당하는 Mold는 조립형과 일체형 Tube방식이 있으며, 이 중 Tube형 mold가 일반적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 최근 연속 주조시 Mold tube의 내측 코너부에 Crack이 발생되는 현상이 나타남에 따라 불균일 1차 냉각 및 응고쉘 Sticking에 의해 Break out 발생이 우려되므로 분석을 통한 매커니즘을 규명하고자 하였다. 내측 Corner부 crack이 발생된 mold의 합금조성을 SEM/EDS를 통해 분석하였으며, 정상부 (mold top부)와

Crack부(Meniscus위치)의 주변 화합물이나 조성의 변화를 SEM으로 관찰하였다. SEM 분석결과 Crack주변의 도금층 두께가 약 10~30 μm로 얇거나 깨진 형상이 관찰되었으며, 코팅이 없는 몰드 재료 방향으로 Zn이 Penetration된 Cu-Zn반응층이 나타남을 알 수 있었다. 또한, Crack내부는 50 wt%Zn, 20wt%C의 화합물이 충진되어 있는 것을 관찰할 수 있었으며, 용강중 Zn가 Cr코팅이 없는 Cu모재로 확산되어 Cu-Zn층을 만든 후, [Cu와 Cu-Zn의 열팽창 차이로 인한 Crack의 형성]과 [확산]이 반복되어 Crack의 진전이 일어난 것으로 추정된다. 정상부 (Mold Top부) SEM/EDS를 분석한 결과 Cr도금 두께는 Corner(30 μm), 평면부(100 μm)으로 약 3배의 차이가 관찰되었으며, Cr도금 균질성 비교 결과 Cr도금층의 요철부가 존재하고 Crack이 관찰되었다. 이에 따른 몰드 corner crack 형성 추정 메커니즘은 몰드 내부 Cr도금층 균질성이 낮음에 따라 Cr도금층의 Crack부 탈락 및 Cu모재의 용강성분(Zn, C)과 화학반응 발생으로 Cu모재부 크랙 발생이 증가되는 현상 때문인 것으로 판단된다.

[P8-10]

항복강도 400MPa급 이형봉강의 강도특성에 미치는 경화층의 영향: *<u>이주상</u>, 김태형, 정준호, 이성민 ; *현대제철 기술연구소*

Keywords: Reinforced Bar, Steel Deformed, Tensile Strength, Hardening Layer, Tempcore

이형봉강(철근) 생산 시 강도를 확보하기 위해 탄소, 망간, 바나듐 등 합금원소를 첨가하거나, 합금원소 첨가를 줄여 원가를 절감할 수 있도록 압연 후 표면냉각공정을 통해 강도를 확보하는 방안이 적용되고 있다. 즉, 압연 후 별도의 후처리 공정을 거치지 않는 방법보다는 제품 표면의 급속 냉각을 통해 미세조직을 제어하여 강도를 높일 수 있는 템프코어 (Tempcore)가 일반화 되어 있다. 특히 국내에서 보편적으로 사용되고 있는 SD400 (YS 400MPa)과 같은 제품이 템프코어를 사용하여 강도를 확보하고 있다. 템프코어를 적용하게 되면 제품 표면은 급냉되고 800~1,000ºC의 중심부 온도로 인해 표면에는 템퍼트 마르텐사이트(Tempered-Martensite)가 중심부에는 페라이트 - 펄라이트(Ferrite-Pearlite) 상을 형성하게 된다. 그러나 표면 - 중심 온도 구배에 따라 표면층과 중심부 사이에 미세조직이 혼재(mixed)되는 영역이 존재하게 되고 재질에 차이를 야기한다. 이에 본 연구에서는 템프코어를 적용한 SD400에서 경화층, 혼재층, 및 중심부의 미세조직을 비교하고, 각각의 분율 변화가 강도에 미치는 영향을 분석하였다.

[P8-11]

수치화 해석을 이용한 Mod.9Cr-1Mo강 GTAW 및 LBW 용접부에서 델타 페라이트 특성 연구: *<u>정남훈</u>, 강남현[1], 조경목 ; *부산대학교 공대 재료공학부 재료물성연구실.[1]부산대학교 공대 재료공학부 ECO 재료 가공 연구실.*

Keywords: Mod.9Cr-1Mo, δ-Ferrite, Heat input, Cooling rate, Finite Element Method

Mod.9Cr-1Mo강은 Ferritic/Martensitic강의 한 종류이며 탄화물 석출 원소인 V과 Nb이 첨가되어 높은 Creep 강도를 가지고 있으며 낮은 열팽창계수의 특징을 가진 내열강이다. 이러한 고온 특성 때문에 Mod.9Cr-1Mo강은 원자력 발전소 압력용기 및 보일러등에 이용되고 있다.Mod.9Cr-1Mo강의 용접법에는 GTAW, FCAW, SMAW등 주로 아크 용접법이 사용되고 있다. 하지만 용접 시 빠른 냉각 속도에 의해 용접부에 δ-Ferrite가 잔류하며 이러한 현상은 용접부 경계면에서 두드러지게 나타난다. δ-Ferrite는 크립 연성과 인성에 악영향을 미치는 것으로 보고되어진다. 잔류 δ-Ferrite가 주로 생성되는 영역인 Fusion Zone Line 부분은 매우 국소적이며, 냉각 속도를 측정에 어려움이 있다. 그러므로 용접 수치화 해석은 Fusion Zone Line의 열이력으로부터 계산된 냉각속도를 통해 δ-Ferrite에 미치는 영향을 연구하는데 있어 매우 적절하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 6mm 두께의 Mod.9Cr-1Mo강 GTAW와 LBW 용접부를 분석하고 용접 수치화 해석에 적용하여 GTAW와 LBW 용접부 경계면의 열이력을 계산하였다. 용접 시편은 서로 다른 용접 프로세스를 통하여 δ-Ferrite 분율을 달리하였다. 용접 시편을 토대로 용접 수치화 모델링 작업을 하였으며 이를 통해 냉각 속도를 유추하여 용접 시편의 델타 페라이트 분율과 냉각 속도의 관계를 규명하여 잔류 델타 페라이트 생성 거동을 설명한다.

[P8-12]

420RB 스테인리스 냉연강판 표면 Temper Color층 분석: *<u>문병록</u>, 방태양, 이명진, 강남현, 최윤석, 조경목 ; *부산대학교*

Keywords: 420RB Stainless Steel, Temper Color, Surface Enrichment, Oxide Layer, Heat Treatment

420RB 스테인리스 강 냉연강판은 면도날에 사용되는 강종으로, 최종제품 생산까지 반복된 냉간압연과 소둔 열처리 과정을 거친다. 소둔 열처리 과정 중, 열처리 조건 및 분위기 제어에 따라 표면 Temper Color층이 발생하여 표면품질이 떨어지고 생산공정 중 불량률이 증가한다. 이에 건전한 표면 품질을 확보를 위해 소둔 후 표면 Temper Color층 분석을 실시하였다. Temper Color층 분석을 위해 SEM 및 XRD 장비를 이용하였다. SEM 관찰을 통해 소둔 열처리 전/후 및 위치별 Temper Color 발생 유무를 관찰하였으며, 소둔 후 및 외건부에 1μm 두께의 Temper Color층이 발생하였음을 알 수 있었다. SEM-EDS를 통한 표면 Temper Color층 내 주요 화학성분을 분석한 결과 소둔 후 O, Cr, C, Fe, Mn 순으로 표면에 많이 농화 됨을 확인 하였다. 추가적으로 XRD 분석을 실시하여 소둔 전과 소둔 후 내건부는 Temper Color층이 존재하지 않으나 Cr이 표면에 농화됨을, 소둔 후 외건부의 Temper Color층은 Cr-rich Oxide layer임을 확인 할 수 있었다.

[P8-13]

터보차저용 고 Ni-Cr계 Austenitic Cast Steels의 Cr 함량 조절이 고온 인장 물성에 미치는 영향: *<u>유지성</u>, 조용희, 정승문[1], 최원미, 이병주, 오용준[2], 김기용[3], 장성식[3], 이성학 ; *포항공과대학교 신소재공학과.[1]한국원자력연구원.[2]한밭대학교.[3]계양정밀.*

Keywords:

자동차용 터보차저는 배기가스 온도 1050도에 달하는 고온에서도 형태 유지 및 높은 고온 물성을 지녀야 한다. 이에 따라 20 wt%의 고 Ni을 포함하는 Austenitic Cast Steel (N20강)이 대안으로 제시되고 있다. 하지만 이는 고가의 Ni을 고 함량 함유하기 때문에 가격 경쟁력 측면에서 불리하다. 따라서 일부 고가의 Ni을 상대적으로 저가의 Mn으로 대체함과 동시에 Cr 함량을 조절하여

N20 강의 고온 강도 향상을 시도하였다. 열역학 계산을 통해 평형상태의 상 분율을 예측하였고, 이는 실제 주조 과정에서의 비평형 상태로 인한 약간의 오차가 있으나 측정된 값과 잘 일치하는 경향을 보였다. 6 wt%의 Ni을 6.9 wt%의 Mn으로 대체한 N14강은 고온에서 취약한 물성을 지니는 Ferrite 상이 발견되지 않았으며, Mo 1 wt%를 추가적으로 첨가한 N14Mo1강은 N20 강과 유사한 고온 인장 강도를 지님과 동시에 약 10%의 원가절감 효과를 지닌다. 이러한 N14Mo1강을 기반으로 Cr 함량을 줄였을 때 구성 탄화물인 M_7C_3 분율이 크게 줄었음에도 고온 인장 강도가 144 MPa에서 151 MPa로 오히려 증가하는 현상이 나타났다. 이는 Ferrite 안정화 원소인 Cr 함량 감소에 따른 Austenite 기지 조직 안정화와 Mo와 같은 탄화물 구성 원소인 원소들의 고용 강화 효과로 사료된다.

[P8-14]

연속냉각 변태 곡선을 이용한 초고장력강의 상변태 모델 개발: *김정민, 심재혁[1], 이경종 ; *한양대학교 신소재공학과. [1]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: AHSS; Dilatometer; Phase transformation; JMAK;

최근에는 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, 재료의 균일한 기계적 성질을 얻기 위해서는 엄격한 공정제어가 요구된다. 따라서 austenite, ferrite와 같은 고온상뿐만 아니라 bainite, martensite와 같은 저온상에 대한 상변태 거동의 예측이 굉장히 중요하다. 가장 이상적인 상변태 예측 실험은 등온변태실험이다. 하지만 원하는 등온유지온도까지 급냉하는 것은 굉장히 어려운 작업이며, 이 때문에 incubation time을 얻기 힘들다. 따라서 현재 연속냉각변태곡선으로부터 역으로 각 상의 상변태 계수를 추출하는 방법이 제시되고 있으며, 이 방법을 사용하기 위해서는 dilatometer 실험으로부터 온도에 따른 각 상의 분율 (T – X 곡선)을 필수적으로 추출해 내야 한다. 본 연구에서는 dilatometer 실험을 통해 AHSS강에 대하여 각 상의 T – X 곡선을 추출하였으며, 이를 기반으로 CCT도를 작성하였다. 또한 CCT도를 통해 각 상의 JMAK방정식을 추출하여 상변태 모델을 작성하였다.

[P8-15]

페라이트계 스테인리스강의 응고조직 미세화와 성형성(ridging) 평가: 이문형, 김로사, 공정현[1], 박수호[1], *박주현 ; *한양대학교. [1]POSCO.*

Keywords: Ferritic stainless steel, Ridging, Grain refinement, TiN, EBSD

페라이트계 스테인리스강에서는 cold forming 또는 deep drawing 이후 Ridging 결함이 나타나는 것이 일반적이다. 이는 matrix와 colony 사이의 소성변형 이방성 차이에 기인하는 것으로 알려져 있으며, 이를 해결하기 위한 방법 중 응고조직 미세화가 가장 효과적인 것으로 보고되고 있다. 본 연구그룹을 포함한 여러 연구자들이 용강 중 TiN에 의한 결정립 미세화 효과를 보고한 바 있으며, 이를 바탕으로 16Cr강의 응고 시 결정립 미세화에 미치는 TiN의 영향을 질소의 함량에 따라 고찰하였다. 실험을 위해 magnesia 도가니를 사용하였고, 모합금을 용해한 후 Ar+N2 혼합가스를 공급함으로써 질소 함량을 제어하였다. 최종적으로 Ridging 평가를 위해 응고 후 시편을 압연 및 열처리 후 인장 시험(15% tensile elongation)을 하였다. 질소 농도가 증가함에 따라 TiN 개수는 증가하다가 특정 질소 농도에서 최대값을 가진 후 감소하였고, 이 때 응고 후 시편의 결정립 크기도 최소값을 보인 후 다시 증가하는 것을 관찰하였다. 또한 결정립 크기가 최소인 시편에서 Ridging 결함이 최소로 관측되었다. 용강 시편과 응고 후 시편의 TiN을 정량적으로 분석함으로써 결정립 미세화 mechanism을 규명하였고, 압연 후 annealing한 시편의 EBSD 분석을 통해 각 시편마다 ridging 현상의 차이를 확인하였다.

[P8-16]

Chromium Distribution Behavior in Molten Pig Iron: *Youngjun Cho, Youn-Bae Kang ; *Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH.*

Keywords: Distribution behavior, Chromium, Blast furnace, slag

In recent year, the use of low-grade raw materials (ore, cokes etc.) has been increasing in the blast furnace in order to save the cost. However, it caused the increase of the contents of tramp elements (Cr, V, Ti etc.) in the molten iron. That was the load of steelmaking operation. For this reason, it is necessary to study the distribution behavior of Cr in molten iron for cost and quality. In order to investigate the distribution ratio of Cr in the molten iron, a series of experiments were conducted. A graphite crucible with Si-containing carbon saturated iron and synthetic slag was put into the resistance furnace at a temperature of 1723 K to 1823 K in CO gas atmosphere ($P_{O2}=10^{-17}$) for a period of time. After the equilibrium was reached, melts and slag were quenched in the water, and the content of Cr was analyzed respectively by inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES). Distribution ratio of Cr was analyzed, and role of slag basicity, reaction temperature were examined. The results obtained in the present study can be used as a basic data for blending ratio of low-grade raw materials in the blast furnace.

[P8-17]

스텐레스계 이차경화형 UHS강의 수소취화 저항성에 미치는 Co 및 V첨가의 영향: *서주영, 권순우, 원윤정, 유정선, 권훈, 조기섭 ; *국민대학교 신소재공학부 신소재성형기술연구소.*

Keywords: Ultrahigh strength, High toughness, Samll punch test, Secondary hardening, Hydrogen embrittlement.

Cr^{6+}, Cd과 같은 환경유해물질에 대한 사용규제로 표면처리 없는 구조재료소재 개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 최근 미국

QuesTek사에서는 극초고강도급의 강도에도 우수한 파괴인성 뿐만 아니라 내부식 특성을 동시에 겸비할 수 있는 Ferrium S53을 성공적으로 개발한 바 있다. 그러나, 본 합금은 사용 특성상 취약한 부식 및 수소 환경에 노출됨에도 불구하고, 주로 통제된 단일환경에서의 제한된 특성 평가에 대한 연구가 주가 되고 있는 것으로 가속화된 수소취화 환경에서의 구조재료로서 안정성을 평가하기 위한 연구는 거의 진행되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이차경화형 마르텐사이트 합금인 Ferrium S53의 화학조성(0.21C-1W-2Mo-10Cr-5.5Ni-14Co-0.3V)을 기본으로 V 및 Co함량을 변화시켜 4종류 합금(10Co1V, 7Co1V, 4Co1V, and 7Co1.5V)을 제조하였으며, 70 bar로 가압된 수소환경에서의 소형 펀치 실험을 통해 스텐레스계 이차경화형 극초고강도강의 수소취화 저항성을 평가하였다.

[P8-18]

고 Mn강의 고온 산화 거동에 미치는 가열 온도의 영향: *정지연, 이석환, 손광석, 이운해[1], 서인식[1], 임창희[2], 김동규 ; *동아대학교. [1]포스코 기술연구소. [2]POSTECH 철강대학원.*

Keywords: High Mn steel, Scale formation, Internal oxidation, High temperature oxidation

고 Mn강은 TWIP 변형에 의한 고강도, 고인성 재료로 성형성이 우수하다. 또한, Mn은 Fe에 비교하여 산화경향이 크므로 제조공정 중 고온에서 산화에 의한 결함 발생 경향이 증가한다. 즉 고 Mn강의 산화거동은 TWIP 강의 생산에 중요한 요소이며, 산화거동에 영향을 미치는 다양한 인자들에 대한 조사가 부족하다. 본 연구에서는 가열 온도 및 유지 시간 등을 변화시켜, 다양한 산화조건에 따른 고 Mn강의 산화 거동을 조사하였다. 산화시험은 수평 관상로를 이용하였으며, 필요에 따라 dry air 또는 wet air 분위기를 사용하였다. 또한 SEM, EDS, EPMA 등을 이용하여 생성된 산화물의 종류, 두께, 형상 및 합금원소의 영향 등을 조사하였다. 산화 시 형성된 내부 산화층은 온도가 증가함에 따라 깊이가 증가하며, 약 1050°C부터 내부 산화층의 깊이가 급격하게 증가한다. 내부 산화층의 산화물 입자의 크기 또한 온도가 증가할수록 같이 증가하며, 산화물의 크기는 산화 분위기의 영향 보다 산화 온도의 영향에 의존하는 것을 확인하였다.

[P8-19]

SS316 양성자 조사재의 1차수 용존수소 농도에 따른 IASCC 개시민감도 특성 평가: *최민재, 황성식 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 내부구조물, 316 스테인리스강, IASCC, 균열개시민감도

원자로 내부구조물의 주재료인 type 316 스테인리스강은 장시간의 중성자 조사에 따른 조사 열화 현상의 분석 평가가 중요한 과제이다. 중성자 조사재의 기계적 특성 평가 및 부식 거동 분석을 위해서는 hot-cell 내 전용 실험 시설을 갖추고 있어야 하며, 조사재 취급이 용이하지 않은 경우에는 중성자 조사재를 대체하여 양성자 조사재를 통해 관련 연구를 수행하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 탄소함량 0.03 wt% 이하의 type 316L 스테인리스강에 대하여 각각 1, 3, 5, 10 dpa로 양성자를 조사하여 양성자 조사재를 제작한 후 이를 1차수 모사 loop을 이용하여 용존수소 농도를 달리한 환경 하에서의 SSRT (Slow Strain Rate Test) 실험을 수행하였다. SSRT 후 인상 시편의 양성자 조사 표면을 정밀 분석하여 발생된 IG crack을 정량화하였고, 양성자 조사재의 IASCC (Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking) 개시민감도를 정량적으로 평가할 수 있는 crack length per unit area 기법과 더불어 IG cracked length per unit area라는 신기법을 개발하여, 두 가지 기법의 적용을 통해 수소 농도에 따른 316 스테인리스강의 균열개시 저항성을 평가하였다.

[P8-20]

EBSD investigation of microstructure of heat-resistant cast austenitic stainless steel subjected to thermomechanical and low-cycle fatigue tests: *AHIALE KWAME GODWIN, Won-doo Choi, Yong Jun Oh, Sunghak Lee[1] ; *: Department of Advanced Materials Engineering. Hanbat National University. [1]Center for Advanced Aerospace Materials. POSTECH.*

Keywords: Heat-resistant cast austenitic stainless steel, EBSD, microstructure, TMF, misorientation angle,

The fatigue life and microstructural evolution during thermomechanical fatigue (TMF) in heat-resistant cast austenitic stainless steel were evaluated. The TMF test was conducted at a minimum temperature of 200 °C and varied maximum temperature of 800 to 950°C under out-of-phase condition. Furthermore, an isothermal low-cycle fatigue (LCF) test was conducted at 900°C. A full automated electron backscattering diffraction technique was used to characterize the microstructures. All the specimens exhibited similar fatigue lives under both TMF and LCF with exception of T_{max}=950°C specimens which displayed slightly lower fatigue lives. The stress response under TMF was marked by a significant hardening for the specimens with T_{max}=800°C, followed by those with T_{max}=900°C and T_{max}=950°C, in contrast to continuous softening in the case of the LCF specimens. Development of subgrain was observed in the microstructure of the specimens tested at all the temperature ranges and their corresponding misorientation angle increased with increasing maximum testing temperature.

[P8-21]

희토류 원소 첨가에 따른 고강도 공구강의 기계적 특성 변화 연구: *김송이, 이아영, 오혜령, 김현아, 전중환, Julia Hufenbach[1], 이민하 ; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소 융합공정소재그룹. [1]IFW Dresden.*

Keywords: Super high strength, Amorphous, high strength alloy, casting conditions

최근 자동차 산업 및 철강 업계에서는 환경규제에 따른 재료 사용의 극한화, 저비용 및 효율 극대화에 대한 요구에 따라 기존 소재에 비해 특성 및 효율 향상에 대한 요구가 높아졌다. Fe-Cr-Mo-V-C SHS(Super High Strenth)합금은 높은 기계적 특성을 나

타내는 다성분 철계 비정질 합금을 기초한 합금으로 4,000 MPa 이상, 12%수준의 높은 압축 강도 및 연신율을 나타내는 합금이다. 본 연구에서는 Fe-Cr-Mo-V-C합금에 희소금속을 첨가하여 조성 변화에 따른 기계적 특성에 대해 연구하고자 하였다. 이를 위해 Fe-Cr-Mo-V-C합금에 Ce와 Y을 첨가하여 합금 조성을 제어하였으며, 기계적 특성을 알아보고자 경도 측정 및 압축 시험을 수행하였다. 그 결과 Fe-Cr-Mo-V-C합금에 Ce을 0.03%첨가한 합금에서 가장 우수한 기계적 특성을 보였다. 한편 고강도 공구강의 특성이 미치는 희소금속의 영향에 대해 조사하고자 각 조성에 따라 주사전자현미경과 X-ray를 활용하여 미세조직 및 상분석을 수행 하였다.

[P8-22]

래들 슬래그 중 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰: 한진성, 강진규, 신재홍, *박주현 ; *한양대학교.*

Keywords: Ladle slag, Fluorspar (CaF2), Refractory corrosion, Viscosity, Penetration depth

2차정련 조업 시 고염기도 슬래그의 물성제어를 위해 형석을 투입하는 것이 일반적이다. 하지만 과잉의 형석 투입은 슬래그 융점과 점도를 감소시켜 내화재로의 슬래그 침투 현상과 내화재 탈락 현상을 가속화하는 것으로 보고되고 있다. 이에 따라 내화물의 수명이 단축되고 조업단가 상승이 야기된다. 본 연구에서는 슬래그 내 적정 형석 투입량 도출을 위해 SEM 분석과 Automatic Image Analysis(AIA) program을 활용하여 래들 슬래그 중 CaF_2 함량 변화에 따른 MgO 내화재로의 슬래그 침투 깊이를 정량적으로 측정하였다. CaO-Al_2O_3-SiO_2-CaF_2-MgO 5원계 슬래그에서 CaF_2 함량을 0-15%까지 변화하면서 슬래그-내화재 반응실험을 진행하였다. SEM 분석 결과 본 실험 조건에서는 슬래그/내화재 반응계면에서 특정한 화합물 층은 생성되지 않았으며, MgO가 슬래그로 직접 용해됨을 확인하였다. 또한 슬래그 중 CaF_2 함량이 증가할수록 단위시간 동안 슬래그의 침투 깊이가 증가하였다. 이는 슬래그 중 CaF_2 함량이 높을수록 MgO 포화농도 증가에 따른 MgO 용출 구동력이 증가하고, 이로 인해 내화재 내부의 결정립 크기가 감소하여 MgO 입자 사이의 미소간극이 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 본 연구 그룹에서는 이전의 연구에서 래들 슬래그 중 CaF_2 함량이 0-15wt%까지 증가함에 따라 슬래그의 점도가 대략 1.5P 감소됨을 보고한 바 있다. 따라서, 슬래그 중 CaF_2 함량이 높을수록 내화재측에 많은 micro-pore가 형성됨과 동시에 점도가 낮은 슬래그가 더 용이하게 내화재로 침투되는 것을 확인할 수 있었다.

[P8-23]

철 다공성 소재의 제작 및 기계적 성질 평가: *엄태경, 홍기철, 최혜림, 최희만 ; *국민대학교 신소재공학부 신소재공정및평가실험실.*

Keywords: Iron foam, Freeze-casting, porosity, compression test

저렴한 재료비, 합금 용이성 등 다양한 장점으로 인하여 현재까지 철은 구조재료 및 기능성소재료서 사용되고 있고 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 다공성 구조를 가지는 철은 표면적이 넓고 우수한 흡수성 등 다양한 장점을 가진다는 점에서 구조재료 및 기능성재료 적용에 장점이 있다. 본 연구에서는 친환경적이고 공정방식이 간단한 동결주조법을 이용하여 철 다공성 소재를 제작하였다. 또한, 여러 공정변수(용매, 동결온도, 파우더 양)를 변화시켜 다양한 기공률을 가지는 철 다공성 소재를 제작하였고, 광학 현미경과 주사현미경을 통해 미세구조를 비교 관찰하였다. 더 나아가 압축 테스트를 통해 기계적 성질 평가도 분석하였다.

[P8-24]

0.2C-0.35Si-1.05Mn 저탄소 단조강의 기계적 특성 및 미세구조 변화에 미치는 미소합금원소 첨가의 영향: *원윤정, 서주영, 유정선, 권훈, 조기섭 ; *국민대학교 신소재성형기술연구소.*

Keywords: Hot forging, Low-carbon steel, Alloying and processing design, Grain refinement, Pearlite interlamellar spacing

국내 조선 및 중공업 등 핵심 산업 플랜트용 대직경 Round Bloom 및 대형 Square Bloom의 세계 시장점유율 확대 및 가격경쟁력 확보를 위해서는 고품질 단조품 개발 및 관련 공정기술의 발전이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 저탄소 단조강(Fe-0.2C-0.35Si-1.05Mn, Ref.)을 기본으로 A_1, A_3 온도 제어 및 pearlite refinement factor, S_P를 극대화하기 위한 방안으로 미소합금원소(V, Ti, Nb)를 첨가하여 4종류(Ref., RV, RVTi, and RVNb) 합금을 제조하였다. 제조된 합금의 기계적 성질은 경도, 충격인성, 단면감소율을 평가하였으며, 관련 결과에 미치는 미세구조의 영향을 나노입자 석출 및 결정립 미세화의 관점에서 고찰하였다.

[P8-25]

물 모델을 이용한 금속입자들의 거동에 미치는 상부 유동층의 점도의 영향: *권혁인, 김선중[1] ; *조선대학교대학원 첨단소재공학과. [1]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: 메탈 에멀젼, 금속 입자, 반응성

제강 공정의 효율 향상을 위하여 슬래그-용융철 간의 반응성을 높여 제강공정 시간을 줄이기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 슬래그-용융철간의 일어나는 현상 중 하나로 메탈 에멀젼(metal emulsion)이 있으며 이 현상을 이용하여 슬래그-용융철간의 계면 면적을 높여 반응성을 높일 수 있다. 또한, 메탈 에멀젼은 gas bubbling에 의해 슬래그 내 금속 입자들(droplets)이 분산되어 있으며 이 금속입자들이 작고 많을수록 슬래그와의 반응 속도는 매우 빠르다는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 각각 10cS, 100cS, 1000cS를 가지는 Silicone oil과 물을 이용하여 Silicone oil을 슬래그 층, 물을 용융철로 가정하고 아크릴 용기를 이용하여 실험을 진행하였다. 물 모델을 통하여 Silicone oil의 점도에 따라 물 입자의 상승 속도 및 하강 속도 등에 미치는 계면 장력, 밀도 등의 물성치의 영향을 알아보았고, 슬래그 내 다양한 크기의 물 입자의 거동을 시뮬레이션 모델 계산과 비교하였다.

[P8-26]

밸브 개폐 정보 제공 기능이 적용된 기어비 조절이 가능한 Single Shaft 기어박스 개발: *김현동, 김민호[1], 이찬주[1], 서영진[2] ; *(주)*

티엠지코리아 기술부. [1]*(재) 한국화학융합시험연구원 영남본부.* [2]*금오공과대학교 기계공학과.*
Keywords: 기어박스, 감속기, 웜 기어, 헬리컬 기어, 기어비

현재, Dual Shaft 방식이 적용된 밸브 기어박스는 기어비 변경을 위하여 핸들을 교체하여야 하며, 제품에 표기된 Indicator 방향만으로 작업을 하기 때문에 정확성이 떨어진다. 특히, 작업자의 계속적인 작동으로 필요 이상의 토크가 걸릴 경우 제품 손상을 야기시킬 우려가 있다. 이에, 기존의 Dual Shaft가 가지는 단점과 문제점을 극복할 수 있는 밸브 개폐 정보 제공 기능이 적용된 기어비 조절이 가능한 Single Shaft 기어박스를 개발하고자 한다.

[P8-27]

11CrMovNbN 마르텐사이트계 내열강의 Z-phase 형성 거동: *김명연, 이영수[1], 정우상[1], 심재혁[1], 이영국 ; *연세대학교.* [1]*한국과학기술연구원.*
Keywords: 11 wt% Cr martensitic steel; Aging; Z-phase

9-12 wt% Cr 마르텐사이트계 내열강은 고온에서의 우수한 크리프 강도와 내산화성 및 낮은 열팽창 계수로 인해 석탄화력발전소의 고온, 고압부의 재료로 사용되고 있다. 그러나, 고온에서 장시간 사용시 Tetragonal 결정 구조를 지니는 Z-phase가 형성되면서 석출강화 효과를 일으키는 미세한 MX 석출물을 고갈시켜 크리프 강도를 저하시킨다고 보고되어있다. 본 연구에서는 MX 석출물 형성 원소인 Nb와 N을 증가시킨 11CrMoVNbN 마르텐사이트계 내열강에서 593ºC 에서 50,000 시간까지 등온 시효에 따른 석출물 및 미세조직의 변화에 대해 연구하였다. 초기 조직은 템퍼드 마르텐사이트를 보였고, 주 석출상은 $M_{23}C_6$(M=Fe, Cr), MX(M=V, Nb / X=C, N), M_2X(M=Cr / X=N)로 관찰되었다. XRD 및 투과전자현미경을 이용한 분석을 통해서 장시간 이후 미세한 Cr_2N 석출물에 V이 확산되어 V-rim이 형성되고, Z-phase의 핵생성을 유발하는 것으로 확인되었다.

[P8-28]

The Influence of Controlled Microstructures on High Temperature Mechanical Properties in Advanced Austenitic Stainless Steels: *박현화, 강전연[1], 하헌영[1], 이태호[1], 홍현욱* ; *창원대학교 나노신소재공학과.* [1]*재료연구소 철강재료연구실.*
Keywords: Super304H, Alumina-Forming Austenitic Stainless Steel, Heat treatment, Cold work, NbC, Creep

본 연구는 오스테나이트계 대표 내열강인 Super304H강과 산화저항성 향상을 목표로 개발된 AFA강(Alumina Forming Austenitic Stainless Steel)에 대하여 고온 기계적 특성을 향상시키고자 미세조직 설계안을 제안 및 그 고찰을 하였다. 각각 700ºC/160MPa과 780ºC/80MPa의 조건하에서 크리프 시험을 시행하였으며, 그 결과 두 강종 모두 Ni기 초내열합금에 비하여 크리프 특성이 열위 한 것을 관찰하였다. 파단 된 미세조직을 관찰한 결과 공통적으로 입계 균열이 발생하였으며, 이를 통해 입계 강화가 요구됨을 파악하였다. 따라서 입계 강화를 위한 방안으로 파형입계 (serration)를 제안, 서냉을 동반한 시효 열처리를 통하여 파형입계를 성공적으로 유도하였다. 그 결과, 파형 입계를 유도한 두 강종에 대하여 크리프 수명이 각각 Super304H강의 경우 730 hr에서 404 hr, AFA강의 경우 529 hr에서 196 hr으로 현저히 감소하는 것을 관찰하였다. AFA강의 경우 표준시편에 대해서는 입계 균열이 관찰된 반면, 파형입계를 유도한 경우 입내 조대 석출물에서의 박리(decohesion)가 발생하였다. 또한 파형입계가 유도된 Super304H강의 경우 표준시편 대비 입계 균열의 분율은 감소하는 현상은 보였으나, 크리프 수명이 감소한 것을 바탕으로 입계를 강화하여도 입내의 강화가 우선적으로 필요하다는 것을 반영한다. 따라서 이를 바탕으로 입내 미세 NbC 석출물 유도를 통한 기지강화 설계안을 제안하였다. 그 결과, 약 30 nm 크기의 다량의 미세 NbC석출물이 전위의 움직임을 효과적으로 억제하여 크리프 수명이 각각 2배, 4배 이상 향상시키는 데 성공하였다. 따라서 본 연구에서는 미세조직 설계 방안이 고온 기계적 특성에 미치는 요인을 분석 및 파악하고, 미세석출 유도 설계에 따른 수명향상 요인을 Orowan bypassing기구를 기반으로 한 석출물 강화효과로 고찰하고자 한다.

[P8-29]

High yield strength and strain hardening rate through fine ferrite and dislocation substructure formation in duplex lightweight steel: *송혜진, 유지성, 손석수, 구민서[1], 이성학 ; *포항공과대학교 신소재공학과.* [1]*POSCO 기술연구소.*
Keywords:

자동차용 강판에 적용하기 위해서 높은 강도와 연신율을 갖는 advanced steels에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 최근에 자동차용 강판은 안정성 확보를 위해 우수한 물성을 가지면서도 연비 향상을 이유로 경량화되고 있다. 특히 자동차에서 승객이 탑승하는 부분은 충돌 시 변형이 최소화 되어야 하므로 높은 항복강도를 필요로 한다. 최근에 많이 연구되고 있는 C와 Mn 함량을 낮춘 (ferrite+austenite) duplex 경량철강은 저합금 임에도 불구하고 우수한 인장강도와 연성 조합을 가지지만 낮은 항복강도를 나타낸다. 뿐만 아니라 ferrite 안정화 원소인 Al이 다량 첨가되어 불가피하게 압연 방향과 평행한 조대한 stringer ferrite band가 형성되고, 이방성을 높여 성형성에 좋지 않은 영향을 준다. 본 연구에서는 austenite 안정화 원소인 C와 Mn 함량을 높여 ferrite band 형성을 억제시키고, equiaxed grain을 갖는 austenite를 major 상으로 만들었다. 본 연구에서는 0.7~1.0 wt.% C, 13~15 wt.% Mn, 5~8 wt.% Al 조성을 갖는 경량철강에서 높은 항복강도, 인장강도와 더불어 높은 연신율을 나타내는 원인을 미세조직 및 변형기구를 분석함으로써 찾고자 하였다. 이를 통해 인장강도 및 연신율 뿐만 아니라 우수한 항복강도를 갖도록 하는 미세조직 및 변형기구를 제시하고자 한다.

[P8-30]

냉각속도에 따른 Fe-Mn-Al-C계 경량철강의 미세조직 및 기계적 물성의 변화 연구: *박준영, 문준오, 박성준, 이태호, 한흥남[1] ; *재료연구소.* [1]*서울대학교.*
Keywords: light-weight steel, cooling rate, κ-carbide, precipitation hardening

경량철강은 Al 첨가를 통해 밀도를 낮춘 강으로 현재 자동차산업과 방위산업 등의 분야에 활용하기 위해 연구 개발되고 있는 강종이다. 경량철강은 500 – 800°C에서 κ-carbide, β-Mn 등의 상이 형성되어 연성이 저하될 수 있으며, 특히 대형 소재의 열간가공 또는 열처리 후 냉각 시 냉각속도 차이에 따른 재질편차와 국부적 연성 저하 문제가 있을 수 있다. 이에 본 연구에서는 냉각속도에 따른 경량철강의 미세조직 및 기계적 특성 변화에 대해 조사하였다. 알루미늄 함량이 9~12 wt.%인 경량철강 합금들을 1050°C에서 균질화 열처리를 진행한 후 수냉/공냉/노냉으로 냉각속도를 조절하여 냉각을 진행하였다. 냉각속도가 감소할수록 경도 및 강도는 증가하였고, 충격 흡수 에너지 및 연신율은 감소하는 경향을 보였다. XRD 및 TEM을 이용하여 분석한 결과, 냉각속도가 느릴수록 κ-carbide 석출이 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 느린 냉각속도 조건에서 경도 및 강도의 증가는 κ-carbide 형성에 따른 석출강화 효과로 파악되었다. 또한 알루미늄 함량이 증가할수록 냉각속도 감소에 따른 경도 증가 정도가 높아지는 것을 확인하였다. 대형 단조재의 균질화 열처리 후 국부적 냉각속도를 유한요소해석을 통해 계산하였고, 계산 및 실험결과를 활용하여 대형 단조재 내부의 물성 분포를 예측하였다.

[P8-31]

저방사화강의 미세조직 및 고온 인장 특성에 미치는 Ta와 Ti 첨가 영향: *<u>김한규</u>, 이지원, 문준오[1], 이창훈[1], 홍현욱* ; *창원대학교 [1]재료연구소*

Keywords: RAFM steel, Ta addtion, Ti addtion, Tensile test, Microstructure

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 첨가 영향도 함께 고찰하고자 하였다. 따라서, Eurofer97강과 Eurofer97강의 MX 형성원소인 Ta를 Ti로 치환한 Ti-RAFM강에 대하여 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 열 노출(600°C/1000h) 이후에는 Ti-RAFM강의 항복 강도가 급격히 감소함을 보였다. TEM으로 분석한 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. 이러한 열위한 미세조직 안정성은 열간 노출 중 빠른 확산과 연관된다고 사료된다. 이러한 확산 문제를 해소하기 위해 크기가 크고, 방사화가 낮은 Ta를 첨가한 Ta/Ti RAFM강은 우수한 미세구조 안정성을 보였으며, 열 노출 이후 인장시험에서도 Ti-RAFM강은 약 11%의 항복 강도 감소가 발생하는 반면, Ta/Ti RAFM강은 오직 0.9% (316→313 MPa)만 감소하였다. 따라서, 본 연구를 통해 Ti 및 Ta의 단독 혹은 복합 첨가효과에 대해 미세조직 변화와 고온 인장특성 관계에 대해 정량적으로 고찰하고자 한다.

[P8-32]

Al-Mn 도금된 보론강 도금층의 상동정: *<u>곽승윤</u>, 이재형, 윤중길[1], 강정윤 ; *부산대학교 재료공학과. [1]부산대학교 융합학부 하이브리드소재 응용전공.*

Keywords: boron steel, Hot-dipping, phase analysis, Fe-Al intermetallics

최근 자동차 산업에서 차체의 고강도화가 진행됨에 따라 성형시 연성이 부족하여 원래 상태로 돌아가는 스프링백 현상이 발생하는 문제가 있다. 이러한 첨단고강도강의 성형성 문제를 해결하기 위해 보론강을 AC_3 이상의 온도로 가열하여 금형에서 성형과 동시에 급랭시켜 성형성과 고강도화를 모두 확보할 수 있는 핫 스탬핑 공정이 개발되었다. 그러나 핫스탬핑 공정은 900°C 이상의 가열공정으로 강재의 표면산화에 의한 스케일(Scale) 생성 및 표면탈탄 현상이 발생하게 되는데, 이를 해결하기 위해 Al-Si 도금을 필수적으로 실시하고 있다. 하지만 선행연구 결과에 따르면 Al-Si 용융 도금된 보론 강판을 레이저 용접 후 핫 스탬핑 시 용융부내에 연성조직인 페라이트가 다량으로 형성되고, 이 영역에서 파단이 일어나 기계적 성질이 급격히 저하되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 핫스탬핑 후 용접부의 기계적 성질을 향상시킬 수 있는 방안으로 용융부 내에 페라이트 형성을 억제하기 위하여 오스테나이트 형성 촉진 원소인 Mn을 첨가하여 Al-Mn 스마트 도금층을 적용하였고, Al-Mn 도금층이 적용된 보론강의 도금층의 상동정을 검토하고자 한다. 사용한 판재는 1.2 mm 두께의 보론 강판이며, 도가니에 도금을 실시하여 Al-Mn 도금을 실시하였고, 도금온도는 774°C에서 실시하였다. 이 때 도금층의 상동정을 하기 위하여 광학 현미경, SEM, EBSD를 사용하였고, 도금층의 조성분석을 위하여 EDS와 EPMA를 사용하여 분석을 진행하였다. 도금 후 생성된 도금층은 coating layer와 reaction layer로 구분하였고 각 영역에서의 상동정을 실시하였다.

[P8-33]

FeMnAlC 합금계 스테인리스강에 대한 Cr 첨가에 따른 기계적 특성 및 변형거동 해석: *<u>김치원</u>, 박성준[1], 이창훈[1], 김경원[1], 이영주[2], 홍현욱* ; *창원대학교 신소재공학부. [1]재료연구소 철강재료연구실. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: Lightweight Stainless Steel, dislocation, Cr addition, κ-carbide

최근 민수, 군수분야에서 저비중, 고강도 및 고내식성 재료의 개발을 통해 효율성을 증진시키고 산업적인 측면을 고려해 Ni의 첨가를 지양하는 Ni-free 경량 고강도 스테인리스강 개발에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구의 후보소재로는 Ni을 포함하지 않으면서 Mn과 C의 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 주요인자

로 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 합금효과로 인해 κ-carbide의 석출이 활성화되어 입내에 미세하게 석출될 뿐만 아니라, 입계에 조대하게 석출되어 존재한다. 또한, 오스테나이트 기지와 정합관계를 갖는 상태가 아닌 정출상으로 판단되는 조대한 κ-carbide가 관찰되었다. 소성변형이 발생 할 경우, 전위의 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. 소성변형 시 Cr이 첨가되지 않은 경우와 마찬가지로 κ-carbide의 shearing 이 발생하지만 Cr이 첨가되지 않은 경우에 비해 보다 많은 슬립계가 활성화 되는 것으로 관찰되었다. 즉, Cr 첨가에 의해 발생하는 전위의 거동은 유사하나, Cr이 첨가되지 않은 경우 보다 제한적인 슬립계에 의한 κ-carbide의 shearing과 정출상으로 판단되는 조대한 κ-carbide에서의 응력집중으로 인해 보다 이른 파단이 발생하는 반면, Cr 첨가 시 결정립은 조대화 되었으며, κ-carbide의 석출이 억제되어 입내에 오직 미세한 κ-carbide만이 석출되므로 보다 많은 슬립계의 활성화에 의한 shearing에 의해 보다 우수한 연성이 나타나는 것으로 판단된다.

[P8-34]

Austenite계 TRIP/TWIP강의 인장 성질에 미치는 Mn-segregation의 영향: *조민철, 이형수, Alireza Zargaran[1], 류주현[2], 손석수, 김낙준[1], 이성학 ; *포항공과대학교 [1]포항공과대학교 철강대학원. [2]POSCO.*

Keywords: segregation, TRIP, TWIP, Austenitic steel, partial recrystallization

In the past decades, automotive steels have been studied to develop advanced mechanical properties with deformation mechanisms such as transformation-induced plasticity (TRIP) and twinning–induced plasticity (TWIP). With these mechanisms, automotive industry could have a benefit to superior combination of strength and ductility. As a promising method to achieve an unexplored combination of ultra-high strengths about 1.5GPa and excellent ductility above 40 %, novel strengthening mechanism of Mn-segregation-induced TRIP/TWIP steel has been suggested in the present work. In general steel industry High-Mn steels include Mn-segregation in a banded shape, which often causes anisotropic mechanical properties and hinders quality of final product. However, with proper understanding of these banded Mn-segregated regions, deformation mechanisms are actively differentiated with TWIP and TRIP mechanisms by controlling the stacking fault energy in high- and low-Mn-segregated regions. These differentiated mechanisms also lead to excellent tensile properties. Here we suggest a novel method of improving tensile properties by simultaneously utilizing the banded high- and low-Mn-segregated regions with partially recrystallization. This work will give a promise for automotive applications requiring excellent strength and ductility combination.

[P8-36]

Fe-0.15C-7Mn-2Al-1Si 중망간 강에서 탄소 재분배를 이용한 기계적 성질의 향상: *김동한, 강지현, 김성준 ; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: 중망간 강, 이상영역 열처리, 탄소 재분배, 오스테나이트 안정성

4-10 wt% Mn을 포함하는 중망간 강은 인장강도와 연신율이 뛰어나 제 3세대 자동차 강판 소재로 주목받고 있다. 본 연구에서는 Fe-0.15C-7Mn-2Al-1Si 중망간 강에 760-880°C의 이상영역 온도에서 30분간 열처리를 진행한 후 수냉 또는 수냉 후 200°C 에서 20분 동안 탄소 재분배를 실시하여 탄소 재분배가 기계적 성질의 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 탄소 재분배 전과 후 시편의 인장 성질을 비교한 결과, 동일한 이상영역 온도에서 열처리 후 탄소 재분배한 시편이 탄소 재분배를 하지 않은 시편보다 높은 항복강도와 파단 연신율를 가졌다. 기계적 성질의 향상 원인을 파악하기 위해 XRD와 주사전자현미경을 사용하여 상 분율 및 미세조직을 분석하였다. 탄소 재분배 전과 후는 비슷한 상 분율을 보였으나, 오스테나이트 내 탄소의 함량은 탄소 재분배한 시편에서 높은 것으로 확인되었다. 따라서 탄소 재분배에 의해 오스테나이트의 안정성이 향상됨으로써 응력유기 마르텐사이트 변태가 지연되어 항복강도가 증가된 것으로 판단된다.

[P8-37]

저합금강 소재의 미세크랙 가공을 이용한 파괴인성 향상 기술 개발: *박민하, 김광윤, 전종배, 김병준 ; *한국생산기술연구원 동남권지역본부.*

Keywords: 파괴인성,연성파괴,미세크랙공정,극저온,체심입방구조(BCC)

혹한지나 극지 등과 같은 지역에서 사용되는 설비나 선박, 차량 등에 적용되는 부품, 또는 저온 조건에서 사용되는 설비나 부품의 경우에는 무엇보다도 저온 파괴인성이 높은 재질이 요구되고 있다. 일반적으로 저온에서 사용되는 구조물의 재료로는 면심입방구조인 (FCC) 오스테나이트계 스테인리스 강이나 니켈합금이 저온환경에서 우수한 기계적 특성을 보이기 때문에 주로 사용 되고 있으나 가격이 비싸고 가공성 및 용접성이 체심입방구조(BCC)에 비해 좋지 않은 단점이 있다. 체심입방구조 재료는 가공성 및 용접성이 우수하며 가격이 저렴하기 때문에 많은 구조물의 구조재료로 사용되고 있으나 저온영역에서는 연성취성천이 거동으로 인한 저온취화 현상이 발생하므로 안전상에 문제로 인해 저온에서 사용이 기피되고 있다. 본 연구는 저온에서 기계적 특성을 향상시키기 위하여 기존의 값이 저렴한 저합금강(BCC 재료)에 미세 크랙 가공을 이용하여 인성을 향상시키기 위한 방법을 연구하고, 인성향상 메커니즘을 규명하고자 하였다. 샤르피 충격실험 결과 미세크랙을 가공한 시험편에서 미세크랙을 가공하지 않은 표준시험편 보다 샤르피 충격특성이 저온에서 크게 향상되었다. 파면 관찰결과 저온영역에서 미세크랙을 가공한 시험편에서 연성파괴가 발생하는 것을 확인할 수 있었고, 미세크랙 팁에서 응력분산에 의해 인성향상이 발생된 것을 알수 있었다.

[P8-38]

오스테나이트 스테인리스강의 용접부 인성향상을 위한 미세크랙 가공 기술 개발: *김광윤, 박민하, 남대근, 김병준 ; *한국생산기술연구원 동남권지역본부.*

Keywords: Micro cracking process, Fracture toughness, Weld region, Austenite stainless steels

극저온기술은 에너지 산업, 전기 및 전자산업, 생물공학, 의료분야, 수송산업, 우주항공산업 등 응용범위가 매우 광범위하고, 그 기술이 획기적이기 때문에 외국에서는 오래전부터 각 연구기관들의 연구실적이 상용화되어 많은 산업분야에 활용되고 있다. 극저온용 부품은 영하 100°C 이하의 극저온 환경에서 원활히 작동하게 될 때 만족한 성능을 보장하기 위해서는 특수한 설계가 적용되어야 하며, 그 주된 핵심적인 문제는 저온환경에서 견딜 수 있는 소재의 기계적 특성에 있으며, 특히 저온 파괴인성이 높은 재질이 요구되고 있다. 일반적으로 저온에서 사용되는 구조물의 재료로는 면심입방구조인 (FCC) 오스테나이트계 스테인리스 강이나 니켈합금, 알루미늄 합금 등이 저온환경에서 우수한 기계적 특성을 보이기 때문에 주로 사용 되고 있다. 하지만 큰 구조물이나 배관 등에는 용접공정을 통해 제작되고 있으며 용접부 특성은 주조 조직 및 석출물로 인해 인성이 낮기 때문에 용접부에 대한 인성 확보가 매우 중요하다. 본 연구는 오스테나이트 스테인리스강의 용접부 인성향상을 위한 미세크랙 가공 기술을 개발하고, 파괴인성 향상 메커니즘을 규명하고자 하였다. 샤르피 충격실험결과 극저온 영역에서 용접부의 미세 크랙을 가공한 시험편의 충격흡수에너지가 표준 시험편에 비해 2배이상 증가하였다. 파단면 관찰결과 미세크랙을 가공한 시험편에서는 미세크랙 팁 부분에서 응력이 분산하고, 파괴시 미세크랙에 의해 응력조건이 평면변형에서 평면응력으로 바뀌면서 인성강화 효과를 얻었다.

[P8-39]

고강도 펄라이트 강선에서 열처리 조건이 비틀림 연성에 미치는 영향: *안강석, 박정훈, 김진호[1], 정진영[1], 남원종 ; *국민대학교 공과대학 신소재공학부. [1]고려제강 기술개발연구원.*

Keywords: 비틀림 연성, 염회치, 시멘타이트 구상화, 가공경화지수

신선가공한 펄라이트 강선에서 열처리 조건이 비틀림 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 열처리는 500°C에서 30초, 1분, 2분, 15분, 1시간으로 실시하였다. 열처리 시간이 증가함에 따라 시효연화 현상에 의해 인장강도는 연속적으로 감소한 반면 연신율은 증가하였다. 박리파괴를 제외한 정상파단에서의 염회치는 연속적으로 감소하였는데, 이는 페라이트 회복, 재결정 그리고 시멘타이트 구상화와 같은 시효연화 현상에 의한 가공경화지수의 감소로 인한것으로 보인다. 결론적으로, 가공경화지수의 변화가 비틀림 연성에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

[P8-40]

Correlation of Cyclic Stress Response and Softening Mechanisms in Reduced Activated Ferritic Martensitic Steel under High Temperature Fatigue Cycling: *Ebo A.Kizzie-Hayford, Won-Doo Choi[1], Yong-Jun Oh[2], Young-Bum Chun[2], Seung Young Cho[3] ; *Hanbat National University. [1]Center for Research Facilities Hanbat National University. [2]Department of Advanced Materials Engineering Hanbat National University. [3]Korea Atomic Energy Research Institute.*

Keywords: RAFM steel, creep-fatigue, softening rate, dislocations, strain localization

Low cycle fatigue and creep-fatigue tests were conducted at 550°C under same conditions except 450s dwell in tensile/compressive hold for the creep-fatigue. The cyclic stress response depicts 2~3 transitions in the softening rate depending on the input strain amplitude with the progress of fatigue cycling. The transitions are found to relate to different softening mechanisms operative at various phases during fatigue cycling. A linear correlation can be drawn between the transition cycles and the applied plastic strain range. Based on the cyclic stress response and microstructural observation, an onset and finishing cycles of softening, depending on the applied cyclic strain range is proposed.

P9 : 표면처리
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P9-1]
방전가공용 고강도 스틸 코어 와이어의 개발 연구: *양현석, 한덕현, 정우철 ; *고등기술연구원.*
Keywords: Electrical Discharge Machining(EDM), Steel core wire, Copper, Zinc, Diffusion annealing

금속가공기술 중 와이어 방전가공은 초경합금이나 티타늄 등의 난삭성 재질 가공에 널리 쓰이고 있으며, 산업현장에서도 그 수요가 계속 증가하고 있다. 국내에서는 방전가공기술 도입 이후 가공기의 국산화 연구 또는 난가공성 소재의 출현에 따른 와이어 방전가공기술 개발이 진행되고 있다. 하지만 와이어 방전가공 시 전극으로 사용되는 와이어에 대한 개발 사례가 거의 없으며, 최근에는 기존의 황동 전극선을 대체하여 가공속도와 정밀도를 개선하기 위한 스틸 코어 전극선의 개발 요구가 높아지고 있다. 본 발표에서는 탄소 함량이 높은 펄라이트계 와이어 표면에 황동 도금층을 형성하여 0.07 mm 직경을 갖는 스틸 코어 방전가공 극세선 개발에 대한 연구 결과를 소개한다.

[P9-2]
장식용 금도금 저감을 위한 하지도금용 Pd-Fe 합금도금층의 특성연구: *변영민, 김호영, 노영태, 윤덕현[1], 정광미[1] ; *한국건설생활환경시험연구원. [1]대도도금.*
Keywords: 표면처리, 도금, 장식용 악세서리, 합금도금, Pd-Fe 합금

장식용 제품의 디자인 및 고기능에 대한 요구가 높아짐에 따라 우수한 내식성 및 내마모성 등의 특성을 만족시키는 재료로서 금(Au), 은(Ag) 및 로듐(Rh) 등과 같은 귀금속(noble metal)이 대부분을 차지함. 하지만, 주얼리 표면의 얼룩, 변색 및 벗겨짐 등의 밀착력 저하와 내부식성에 취약한 문제점 등으로 인해 하지도금층의 영향이 중요함. 기존 장식용 도금의 하지도금은 니켈도금 또는 삼원합금을 이용하여 광택도를 향상시키고 밀착력을 높여왔으나, Ni, Co등 유해물질 규제로 인해 이를 대체할 도금층이 필요함. 따라서 본 연구에서는 Pd-Fe 합금도금을 연구하였고, 각 조건에 따른 도금층의 특성을 확인하였다.

[P9-3]
Influence of various additives including borate, Fluoride, graphite and phosphate on the two step PEO coatings formed on AZ91 alloy: *zeeshan ur rehman, Minsoo Kim, Taehwan Noh, Bon Heun Koo* ; *Changwon National University.*
Keywords: 2-step plasma electrolytic oxidation, growth mechanism, Al

Plasma electrolyte oxidation (PEO) is an innovative electrochemical process that uses high power voltage to produce ceramic coatings on the surface of light metals and alloys (Mg, Ti, Al etc). This process involve anodic oxidation of the substrate material, break down of the anodic layer, plasma generation and consequently a combine physio-chemical process caused by the high plasma temperature produces highly hard and protective coatings on the substrate materials. In the present work effect various additive were used to perform two step PEO process on AZ91 magnesium alloy. From the surface microstructure analysis phosphate and Fluoride based coating were found with greater compactness and density. However, thickness of all the coating was in small differences with each other. Respective peaks of the additives were observed in the XRD profile, However the peaks of silicate as used in the primary step were dominant. The hardness and corrosion analysis were carried out using Vickers test and potentiodynamic polarization. It was found that corrosion was having highest value ~328KΩ with hardness value equal to ~ 1203.45HV for Fluoride based secondary coatings.

[P9-4]
The growth mechanism of 2-step plasma electrolytic oxidation on Al6061 based in Zr-Al components: *TaeHwan Noh, SeongHun SHIN, MinSoo KIM, Zeeshan Ur Rehman, Bon Heun KOO* ; *Changwon National University.*
Keywords: 2-step plasma electrolytic oxidation, growth mechanism, Al, Zr

In this study two-step oxidation method was used to form coatings on Al6061 to investigate the growth mechanism and the microstructural properties of the coatings. The specimens were first oxidized in the primary electrolyte solution alkaline {Na_3PO_4 (8g/l), Na_2SiF_6 (0.5g/l)} consequently, the specimens were retreated into a different electrolyte {K_2ZrF_6 (8g/l), NaOH (2g/l), Na_2SiF_6 (0.5g/l)} for various processing time. It was found the second step electrolyte components Zr were reached to inner layers, in contrast to the primary step components which were thrusted to the outer layer. The contents of the secondary electrolyte species in the inner layers was significantly varied with processing time which suggested the change in growth properties with processing time. Furthermore, the inside growth of the secondary component confirmed the increasing trend in the downward growth of the coating layer. The corrosion and hardness properties of the coatings were significantly improved with change in growth features with increasing the processing time.

[P9-5]
구리합금 스케일 제거법 및 이종소재 압출에 의한 구리 및 구리합금의 접합 거동: 김영민, *김대영[1], 이성훈, 이종현[2] ; *충남대학교 응용소재공학과. [1]충남대학교 에너지과학기술대학원. [2]충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 이종소재, 산화스케일, 압출, 강도

이종소재 압출을 이용하여 제품을 개발하기 위해서는 특정 디자인으로 이종소재를 절단 하여야 한다. 이종소재(구리 및 구리 합금)를 절단하기 위해서는 가공단가를 고려하여 레이저절단을 하는 것이 바람직하다. 다만 레이저 절단을 하였을 경우, 이종소재 표면에 산화 스케일이 형성된다. 형성된 산화 스케일은 이종소재 압출 시에 구리와 구리합금의 결합을 방해한다. 표면에 남아있는 산화스케일은 압출 후에 제품의 품질을 저하시키게 된다. 이를 방지하기 위하여 표면에 산화 스케일을 제거 하였고 압출 후에 인장강도 시험을 통해 이종소재의 결합 거동을 분석하였다. 산화 스케일은 샌드블라스트, 전해연마 및 산세법을 이용하여 제거하였다. 스케일이 제거된 표면은 SEM과 AFM을 통해서 분석하였다.

[P9-6]

Electrodeposition of ZrO_2 nanoparticles on Aluminum and Magnesium alloy via plasma electrolytic oxidation with plasma-enhanced electrophoresis: *Jung Woo Choi, Bongyoung Yoo, Dong Hyuk Shin ; *한양대학교.*

Keywords: Al6061 Al alloy, AZ31 Mg alloy, Electrophoretic deposition, Plasma electrolytic oxidation, ZrO_2

The main aim of this study is to investigate the optimum concentration of the phosphate to electrodeposit ZrO_2 nanoparticles on Al6061 and AZ31 via plasma electrolytic oxidation (PEO), and compare with results of previous study. For this, PEO processes were carried out in the four different concentrations of phosphate electrolytes containing ZrO_2 nanoparticles at 100 mA/cm^2 for 600 s. The morphologies and element distributions of the coating layers were observed via a SEM equipped with EDS. And compositional analyses were employed to investigate types of Zr compounds by XRD and XPS. The results of analyses revealed that coating growth behavior of between aluminum and magnesium alloy was different. This is mainly attributed to the dissolution effect of aluminum during the PEO process. Therefore, the electrolyte with the addition of $K_4P_2O_7$ would provide an optimum concentration for the formation of ZrO_2 coating layer on magnesium alloy.

[P9-7]

알루미늄 양극산화 피막의 색조에 미치는 착색조건의 영향: *최인철, 손인준 ; *경북대학교 금속신소재공학과.*

Keywords: anodizing, coloring, absorbance, UV-visible

알루미늄으로 제조된 각종 제품은 물리적, 화학적 성질이 우수하지 못하여 내부식성 및 장식성을 향상시키기 위해서 양극산화법이 널리 이용되고 있다. 알루미늄 양극산화법을 적용하면 강도, 내마모성 및 내식성이 향상될 뿐만 아니라 알루미늄 표면에 규칙적으로 배열된 30 nm~100 nm 크기의 pore에 염료를 착색시켜 다양한 색상의 외관을 가지는 양극산화피막을 형성시킬 수 있다. Pore간의 간격은 수십nm~수백nm 정도이며, pore의 크기와 간격 및 깊이는 양극산화조건(양극산화 전압, 전해액의 종류와 농도 및 온도)에 의해 크게 변화된다. 또한 염료의 농도와 착색 시간에 따라서 양극산화 피막의 색조가 변화되는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 양극산화피막의 색조에 미치는 착색조건의 영향을 조사하였다. 또한 산화피막의 pore에 흡착된 염료를 정량분석하기 위해서 UV-visible을 사용하여 분석하였다. Al5052 합금을 이용하여 에칭, 양극산화, 착색처리, 봉공(sealing)처리를 실시하였다. 55°C 100 g/L NaOH 용액에서 에칭을, 25°C 10 vol.% HNO_3 용액에서 디스머트를 실시한 다음, 25°C 10 vol.% $H_2(SO_4)$ 용액에서 15V의 정전압으로 양극산화를 실시하였다. 이후, 55°C 5~8g/L의 오렌지, 블랙 착색염료를 사용하여 착색처리를, 85°C 초산니켈 수용액에서 봉공처리를 실시하였다. 착색조건으로는 양극산화 시간(5분, 10분, 15분, 20분), 착색 시간(15초, 1분, 2분, 5분) 및 착색 농도(50%, 100%, 150%)를 변화시켰으며, 흡착된 염료의 농도를 정량 분석하기 위해서 55°C 1M NaOH에 재용해하여 UV-visible로 흡광도를 측정하여 분석하였다. 양극산화 피막의 색조는 양극산화 시간이 길어질수록, 착색시간이 길어질수록, 착색농도가 진할수록 산화피막에 흡착되는 염료의 양이 증가하며 색조가 더 선명해지고 진해지는 것을 확인하였다. 또한 측정한 염료의 양과 착색조건의 상관관계를 조사하였다.

[P9-8]

마그네슘 합금의 플라즈마 전해산화공정에서 전해액 내 KF 첨가에 따른 산화막의 물성 변화: *황덕록, 이도경, 이재열[1] ; *대구가톨릭대학교. [1](주)화진.*

Keywords: 마그네슘 합금, 플라즈마 전해 산화, KF 첨가제, pH 조절, 산화막

마그네슘 합금의 표면처리 기술 중 하나인 플라즈마 전해산화는 알칼리 전해액을 사용하는 친환경적인 기술로써 마그네슘 합금의 단점인 내 부식성을 향상시켜 내구성이 요구되는 자동차 및 항공부품의 경량화 소재로의 응용 가능성을 높이는 기술이다. 이러한 플라즈마 전해산화는 전해액 내에서 절연파괴로 플라즈마가 발생하여 금속의 용해된 이온들과 전해질의 전기분해에 의한 금속이온이 마그네슘 합금 표면에서 산소와 반응하여 산화막을 형성하는데, 사용하는 전해질의 조성은 산화막의 특성에 결정적인 역할을 지닌다. 본 연구에서는 전해액 내 KF를 첨가제로 조성을 변화시키면서 마그네슘 합금의 플라즈마 전해산화 공정을 진행하였다. 또한, KOH를 pH 조절제로 적용하여 전해액의 조성을 조절하며 실험을 진행 하였다. 전해액 내 플라즈마 방전을 위해 직류 전원장치를 사용하였고 산화막의 특성을 SEM, XRD, XPS, EDX 등을 통해 표면 미세조직, 산화막 두께, 구성성분, 결정구조 등의 표면 특성을 살펴보았다. XRD 분석 결과, 마그네슘 합금 기판과 플라즈마 전해 산화막의 결정상은 Mg와 MgO를 나타내었으며, Mg는 (002)를 주결정면으로 형성되어 있고 MgO는 (200) 결정면의 회절 peak이 가장 높게 나왔다. FE-SEM으로 산화막의 단면 분석 결과로는 전해액 내 KF의 비율이 증가 할수록 산화막의 두께는 6 um에서 최대 29 um까지 증가하는 경향성을 나타내었다. 또한, FE-SEM 표면형상 관찰로 기공의 크기는 2 um 이하로 KF 비율에 상관없이거의 비슷하였으나, KF의 비율이 증가할수록 기공의 수는 다소 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. XPS와 EDX 측정으로 산화막 내 O 원소의 함량이 가장 높게 나타났으나 전해액 내 KF의 비

율이 증가 할수록 산화막 내 F원소 함량이 9.8 at% 까지 상승하는 것을 알 수 있었다.

[P9-9]

Sand Blast 전처리 공정이 마그네슘 합금의 플라즈마 전해 산화막에 미치는 영향: *이도경, 황덕록, 손영수[1], 이재열[2]; *대구가톨릭대학교 신소재화학공학과. [1]대구가톨릭대학교 의공학과. [2](주)화진.*

Keywords: 마그메슘 합금, 플라즈마 전해 산화, Sand Blast, 표면 개질, 전처리 공정

마그네슘 합금은 높은 비강도와 낮은 비중, 치수안정성 등의 우수한 특성을 가진 경금속임에도 불구하고 낮은 부식 저항성의 단점으로 인하여 실제 산업분야에 적용에 한계가 있다. 이러한 단점을 해결하기 위한 방안으로 표면처리 기술 중 하나인 플라즈마 전해산화 기술에 대한 많은 연구개발이 진행되고 있다. 플라즈마 전해산화는 알칼리 전해액을 사용하는 친환경적인 기술로써 마그네슘 합금의 단점인 내 부식성을 향상시켜 내구성이 요구되는 자동차 및 항공부품의 경량화 소재로의 응용 가능성을 높이는 기술이다. 이러한 플라즈마 전해산화는 전해액 내에서 절연파괴로 플라즈마가 발생하여 금속의 용해된 이온들과 전해질의 전기분해에 의한 금속이온이 마그네슘 합금 표면에서 산소와 반응하여 산화막을 형성하는데, 생성되는 산화막의 두께 및 표면상태 등의 물성은 처리 전의 마그네슘 합금 기판 표면의 상태에 상당히 의존한다. 본 연구에서는 마그네슘 합금 기판 표면조도에 따른 산화막의 특성에 대해 파악하기 위하여 전처리 공정으로 Sand Blast 공정을 적용하여 마그네슘 합금 기판 표면을 개질하여 플라즈마 전해 산화 공정을 진행하였다. Sand Blast 공정을 전처리로 하여 기판 표면조도를 변화시키고 그에 따른 산화막의 표면 특성 변화를 관찰하였다. 플라즈마 전해 산화 공정에 사용된 전해액은 KF, KOH, Sodium Phosphate, Sodium Silicate 혼합용액이며, 플라즈마 방전을 위해 직류 전원장치를 사용하였고 산화막의 특성을 FE-SEM, XRD, EDX 등을 통해 표면 미세조직, 산화막 두께, 구성성분, 결정구조 등의 표면 특성을 살펴보았다. Sand Blast 전처리 후 마그네슘합금 표면에 알루미나 분말의 성분인 Al과 O 원소의 함량이 늘었으며 플라즈마 전해산화 후에도 산화막 표면에 Al의 함량이 0.31 at%에서 3.88 at%로 증가함을 알 수 있었다. FE-SEM으로 산화막의 단면을 측정한 결과, 산화막의 두께는 전처리에 관계없이 거의 일정하였으나 Sand Blast 전처리를 한 마그네슘합금 시편의 표면에 생성된 산화막의 표면 형상이 균일한 분포를 가지고 펼쳐져 있는 형상을 띄었다. XRD 측정결과 Sand Blast 전처리를 하지 않은 Mg 합금 상의 산화막에는 MgO 결정상이 생성되지 않아 비정질 상태로 산화막이 성장하였으나 Sand Blast 전처리를 한 산화막 시편에서는 MgO 결정상이 형성됨을 확인할 수 있었다.

[P9-10]

습식 식각시 초음파 진동의 인가조건 변화가 황동 도금층의 에칭 특성에 미치는 영향: *정주영, 조영욱, 주재훈[1], 조영래 ; *부산대학교 재료공학부. [1]부산대학교 수송기기하이테크소재부품전공.*

Keywords: Wet etching, Ultrasonication, Surface roughness, Bonding force, Brass

섬유강화 복합재료에서 보강재인 섬유(fiber)와 모재(matrix)의 접착력(adhesion)은 섬유강화 복합재료의 성능을 결정하는 핵심요소이다. 산업의 발달과 함께 컨베이어 시스템(conveyor system)을 활용한 연속 공정의 필요성이 증가하고, 이에 따라 컨베이어 벨트(conveyor belt)의 수요도 급속하게 증가하고 있다. 컨베이어 벨트는 일종의 섬유강화 복합재료로서, 섬유상에 해당하는 강선(steel wire)과 모재에 해당하는 고무(rubber)가 사용된다. 최근 요구되는 컨베이어 벨트의 사양은 무거운 재료를 운반해도 덜 처지고, 형상의 변화가 적으며, 얇으면서도 마모에 강해서 변형이 적어야하는 추세로 가고 있다. 따라서 최근의 경우, 섬유형태의 강선과 모재인 고무사이의 접착력을 증가시키기 위하여, 황동(brass) 피복 강선을 섬유상으로 사용하기도 한다. 여기서 황동층은 도금방법으로 만들어지며, 황동층은 강선과 고무와의 사이에 접착력을 증가시키는 중간층(interlayer)으로 작용한다. 본 연구에서는 스틸코드 표면에 존재하는 얇은 황동층에 미세한 요철을 형성하기 위하여 불균일 습식 식각(wet etching) 공정을 적용하기로 하였다. 실험에 사용된 스틸코드용 강선은 지름이 0.3 mm이고, 표면에는 황동으로 피복되어 있는 것을 사용하였다. 식각액(etchant)은 염화철, 염산, 증류수 등을 혼합하여 농도를 변화시켜 제조하였다. 황동층의 거칠기를 효과적으로 증가시키기 위하여 초음파장치(ultrasonication)를 도입하여, 초음파의 유무와 초음파의 인가 방식에 따른 에칭 형상의 차이를 비교하였다. OM(optical microscopy)과 SEM(scanning electron microscopy)을 이용하여 초음파 유무 및 인가 방식의 변화에 따른 시편의 에칭 형상 변화를 관찰 분석하였다. 식각액의 농도와 디핑(dipping) 시간을 조절하여 황동층의 표면 조도를 변화시키고자 하였다. 에칭시 초음파의 인가 방법과 공정 조건 변화 및 에칭액의 농도와 에칭 시간 등의 시험조건이 황동 도금층의 에칭 모드에 미치는 영향에 대한 결과를 요약해서 발표하고자 한다. 본 연구가 성공적으로 수행되면 자동차 타이어용 스틸코드와 고무의 접착력을 증가시키는데 응용될 수 있다.

[P9-11]

Coating structure and corrosion characteristics of 6061 Al alloy via plasma electrolytic oxidation with dual incorporation of SiO_2 and ZrO_2 particles: 파티마, 프리슬라카밀, 권정현, *고영건 ; *영남대학교.*

Keywords: Coating, Plasma Electrolytic Oxidation, Corrosion, Impedance

The presentation talked about the influence of SiO_2 and ZrO_2 particles on coating structure and corrosion behavior of 6061 Al alloy coated by plasma electrolytic oxidation. A set of coatings were conducted under AC at a current density of 130 mA/cm^2 in the phosphate-based electrolyte with particles. Microstructure observations revealed that, when SiO_2 or/and ZrO_2 particles were added to the present electrolyte, both the size and fraction of the micro-pore would tend to decrease due to the incorporation of particles where SiO_2 particles were embedded in the vicinity of the micro-pores whereas ZrO2 particles would fill the micro-defects. Based on potentiodynamic polarization and impedance tests in 3.5 wt.% NaCl solution, the oxide layer with incorporations of SiO_2 and ZrO_2

particles exhibited better corrosion properties than that without particles.

[P9-12]

고탄소강에서 질화층 상분율에 따른 크롬 확산 코팅층의 특성 평가: *박경모, 김준호[1], 김기수[2], 이강식[2], 강남현 ; *부산대학교. [1]한국생산기술연구원. [2]동보체인.*

Keywords: Plasma nitriding, Chromizing, Chromium nitride, TRD

재료의 내마모성 향상을 위해서 PVD, CVD, 침탄, 질화 등의 다양한 표면 개질법이 사용되고 있다. 특히, 분말을 이용한 확산 코팅법은 재료에 고경도의 코팅층을 증착시킴으로서 재료의 재마모성을 크게 향상 시킬 수 있는 표면 개질법이다. 이 중 철강의 내식성을 증가시키기 위해 철강 표면에 크롬을 확산시키는 크로마이징이 많이 사용되고 있다. 또한 크로마이징과 질화를 둘 다 진행하여 CrN을 형성 시키는 연구도 활발히 진행되었다. 본 연구에서는, 체인 핀의 소재로 널리 쓰이고 있는 JIS-SUJ2 강에 플라즈마 질화처리를 통하여 질화층의 상(epsilon & gamma')의 분율을 조정하여 코팅층을 형성시킨 후 분말을 이용한 확산 코팅법(TRD)을 통해 형성된 CrN 코팅층의 분석을 진행하였다. 이를 통해, 질화층의 상분율이 CrN 코팅층 형성에 어떠한 영향을 미치는 가에 대하여 알아보았다. 분석 방법으로는 OM과 SEM을 통하여 형성된 코팅층의 표면 및 단면을 분석하여 두께와 형상을 평가하였고, 표면 물질 정보를 EDS 분석을 통하여 확인하였으며, XRD를 통하여 형성된 상을 확인하였다. 기계적 성질은 Micro-Vickers Hardness Test를 통하여 경도를 알 수 있었다. 마찰특성을 평가하기 위하여 Ball on disck test를 통하여 내마모 평가를 진행하였고, Scratch test를 통하여 접합력 평가를 진행하였다.

[P9-13]

펄스 플라즈마 산화 공정에서 코팅층 특성에 미치는 주파수와 듀티비의 영향: *이정형, 김용환, 김연주, 김성종[1] ; *한국생산기술 연구원 기능성부품소재그룹. [1]목포해양대학교 기관시스템공학부.*

Keywords: Al alloy, Plasma Electrolytic Oxidation, pulse, surface

플라즈마 전해 산화(plasma electrolytic oxidation, PEO) 공정은 전해액의 농도와 조성, 전기적 변수 등의 다양한 변수가 복합적으로 관여되므로, 개별 공정변수 간의 상관관계를 규명하는 것은 공정 최적화에 중요한 과제라 할 수 있다. 특히, 기존 아노다이징 공정에 비해 상대적으로 고전압을 유도하여야 하는 PEO 공정에서 전기적 변수를 효과적으로 제어하는 것은 고품위 PEO 코팅층 형성에 중요한 요소이다. PEO 공정에서 고려할 수 있는 전원 방식은 크게 직류(DC)와 교류(AC)로 구분되며, 각각의 전원방식에 단극성(unipolar pulse) 또는 양극성 펄스(bipolar pulse)를 도입할 수 있다. 펄스 DC 플라즈마 전해 공정에서는 펄스의 주파수와 듀티비 조절로 코팅층의 특성 제어가 용이해지는 반면, 일반 DC-PEO법에 비해 공정제어가 복잡해진다. 본 연구에서는 알루미늄 합금 PEO 코팅층의 특성에 미치는 펄스 변수의 영향을 규명하고자 하였으며, 펄스 PEO 공정에서 주파수와 듀티비 변화에 따른 코팅층의 표면 및 단면구조, 결정구조 변화등을 고찰하였다. Acknowledgement : This research was a part of the project titled 'Construction of eco-friendly Al ship with painting, and maintenance/repairment free', funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea."

[P9-14]

기판특성이 양극산화법에 의해 제조된 TiO_2 나노튜브층에 미치는 영향: *김민수, 권아람, 나찬웅 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Anodization, Nanotube, TiO_2, Oxide layer, Pure Ti

양극산화법에 의해 형성하는 자기 조직화된 TiO_2 나노튜브층은 넓은 비표면적과 규칙적인 구조를 가지고 있어 광촉매, 태양 전지 등 다양한 분야에서의 응용이 기대되고, 국내외 다방면에 걸쳐 연구되고 있다. 현재까지 나노튜브 층의 성장 거동에 관해서는 용액의 pH, 점도 등의 전해질의 물성이나 인가 전압 등의 양극 산화 조건의 영향에 대해 상세하게 조사되고 있다. 한편, 지금까지 양극산화에 사용되는 기판의 특성에 관해서는 많은 연구가 이루어 지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 열처리 및 냉간가공에 의해 기판 미세구조를 변화시켜 양극 산화 거동과 형성하는 나노튜브층의 형태에 대해 조사하였다. 열처리 시편은 대기 분위기 및 Ar 분위기에서 다양한 온도(500ºC, 900ºC) 및 시간(3, 12, 48시간)에 따라 열처리를 실시하였다. 냉간가공은 ARB(accumulative roll-bonding)법을 통해 2, 4, 6회 실시 하였다. 양극산화는 모두 동일한 조건에서 실시 하였으며, 생성된 나노튜브층의 표면 및 단면은 FE-SEM을 통해 관찰 하였다. 본 연구에서는 모든 시편 표면에 치밀한 TiO_2 나노 튜브 층이 형성되었다. 열처리 시편의 경우, 생성된 나노튜브층의 두께는 열처리 분위기에 관계없이 열처리 온도 및 시간이 증가 함에 따라 감소하였고, 냉간가공된 시편은 ARB 횟수가 증가함에 따라 생성되는 나노튜브층의 두께도 증가 하였다. 이러한 결과는 기판내의 결함밀도 변화와 관계가 있다. 즉, 기판내의 결함 밀도가 많은 수록 결함밀도가 많은 산화막이 형성되고, 산화막내의 다량의 결함을 통해 양극산화중 이온의 이동이 용이해져 두꺼운 산화막이 형성되는 것으로 나타났다.

[P9-15]

인산-망간 화성처리 시 pH에 따른 인산염 피막의 Morphology 및 내마모성 특성에 관한 연구: *양인영, 박종규[1], 서선교[1], 박성현[2], 이지환[3] ; *인하대학교 공대 재료공정공학과. [1]인하대학교 공대 신소재공학과. [2]삼영화학. [3]인하대학교.*

Keywords: Manganese-phosphate coating, Wear resistance, Microstructure, alkalizing agent, Tribology

인산-망간 화성처리는 인산염 화성처리의 일종으로 탄소강 표면의 화성처리를 통해 인산-망간염 화합물 형태의 피막을 형성, 내마모성과 내식성을 향상시키는 효과가 있어 높은 내마모성을 요구로 하는 자동차 Shaft, Gear, Piston 등 자동차 산업 기계부품 분야에 전반적으로 활용되고 있다. 인산-망간 화성처리액의 pH는 화성피막 형성에 주요 인자로서 인산-망간 화성처리 시 완충제, 촉진제

및 기타 첨가제에 의해서 화성처리액의 pH 변화로 인하여 피막 형성 및 반응속도에 문제가 되고 그에 따라 내마모 특성의 저하를 야기하게 된다. 따라서 피막의 최적 내마모 특성을 확보하기 위한 화성처리액 pH의 최적 조건을 도출하기 위해서는 상세하고 체계적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 인산-망간 화성처리액에 alkalizing agent(NaOH, Acetate)을 첨가하여 각 pH 조건에 따른 인산-망간 화성피막을 SEM과 EDAX으로 Morphology 특성을 확인 하였으며, XRD를 통해 피막의 상(Phase)을 분석하였다. 또한 화성처리 피막의 내마모 특성을 확인하고자 내마모 시험을 통해 화성피막의 마찰계수를 확인하여 이를 토대로 인산-망간 화성처리시 최적 pH를 도출하였다.

[P9-16]

고온 노출에 따른 플라즈마 스프레이 $Gd_2Zr_2O_7$ 코팅층의 미세조직 및 열전도도 특성 변화: *박희진, 백경호 ; *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Thermal barrier coatings, pyrochlore, A2B2O7, Thermal conductivity

가스터빈의 열효율은 터빈부에 유입되는 연소가스의 온도가 높아질수록 향상되며, 이를 위해서 초내열 합금의 적용, 냉각 시스템의 개선 등이 연구되고 있다. 최근 셰일 가스의 생산 등으로 인해 가스터빈에 의한 발전의 중요성이 점차 증가되고 있으며, 상대적으로 높아지는 연소가스의 온도에 대응하기 위해 열차폐 코팅을 적용하고 있다. 열차폐 코팅 소재로 적용하고 있는 YSZ의 고온 한계 특성으로 인해 Pyrochlore 구조를 갖는 소재들에 대한 연구가 진행되고 있으며, 이 중 $Gd_2Zr_2O_7$ 코팅층에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 $Gd_2Zr_2O_7$의 분말 제조와 플라즈마 스프레이 공정을 통한 코팅층 제조를 통하여 미세조직 및 열전도 특성을 확인하고자 하였고, 추가적으로 가스터빈의 작동 환경 범위 온도인 1000ºC ~ 1400ºC에 고온에 노출 시켰을 때 발생되는 미세조직 변화를 확인하였다. $Gd_2Zr_2O_7$은 노출 온도 증가에 따라 미세 균열은 점차 감소하였으며, 이 때의 기공도 변화는 4%에서 2%까지 감소하였으며, 상대적 경도는 증가함을 확인하였다. 열전도도 특성도 온도 증가에 따른 미세조직이 치밀해짐에 따라 코팅층의 열전도도 상대적으로 증가함을 확인하였다.

[P9-17]

와이어 커트 웨이퍼의 화학부식에 의한 강도변화: *김기훈, 김경호, 최경환[1], 조규섭[1], 김상섭 ; *인하대학교 [1]한국생산기술연구원.*

Keywords: Sapphire wafer, Subsurface damage, Chemical etching

단결정 사파이어 웨이퍼는 다이아몬드 다음의 경도를 지닌 소재로 고온에 대한 구조적 안정성, 화학적 성질에 대한 높은 저항특성, 우수한 절연계수, 내부식성과 내마모성이 우수한 소재이고, 주로 광학용 LED산업에 사용된다. 단결정 사파이어 웨이퍼 가공과정은 단결정 사파이어 잉곳을 와이어 커트를 한 뒤 표면 연마 과정인 랩핑을 하고 잔류응력 제거를 위한 열처리를 진행한다. 마지막으로 DMP(Diamond Mechanical Polishing), CMP(Chemical Mechanical Polishing)를 하게 되면 단결정 사파이어 웨이퍼 완성품이 되는데 와이어 커트 과정에서 생기는 표면 가공결함에 의해 가공수율이 낮아지는 문제점이 발생한다. 본 연구에서는 가공수율 향상을 위한 와이어 커트 상태의 웨이퍼에 표면결함을 제거하고 강도를 향상시키기 위해 웨이퍼 표면에 화학부식을 수행하였다. 화학부식제로는 B_2O_3-Na_2O이원계 부식제를 사용하였으며, 1000ºC에서 화학부식제 조성과 표면처리 시간을 변수를 두고 실험을 진행 하였다. 화학부식 정도를 평가하기 위해 불산으로 표면부식제를 제거한 후 미세조직과 강도 값을 비교 하였다. 각 표면처리 조건에 따른 웨이퍼 미세조직을 관찰하기 위해 광학현미경 및 FE-SEM분석을 실시하였으며, 강도값을 측정하기 위해 곡강도(Ring On Ring)실험을 진행하였다. 또한 표면결함 제거 정도를 측정하기 위해 레이져현미경을 이용해 표면 조도를 측정하였다.

[P9-18]

확산코팅된 Mo 및 Mo기 초내열합금의 내화염 거동: *최광수, 양원철, 김정민, 박준식+; *국립한밭대학교 신소재공학과.*

Keywords: Mo기 초내열합금, 확산코팅, 내삭마

확산코팅은 대량생산, 우수한 밀착력, 장비의존도가 낮으며, 3차원으로 코팅이 가능하여 우수한 코팅 방법 중 하나이다. 확산코팅은 표면에 내산화성이 높은 실리사이드나 알루미나이드를 코팅할 수 있음으로 표면에 내산화성이 필요한 부품에 코팅하여 부품을 바로 생산할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 내산화성이 필요한 Mo 및 Mo기 초내열합금을 제조하여 LPG/O2 가스를 이용하여 화염실험을 수행하였다. 화산코팅된 합금은 우수한 내화염 특성을 보였고, 화염노출 시간이 증가하여도 큰 외관 및 무게의 변화가 없었다. Mo의 산화거동 및 Mo기 초내열합금 (Mo+Mo3Si+Mo5SiB2)의 산화거동과 코팅된 합금의 산화거동을 비교하였고 화염삭마의 기구를 고찰하였다.

[P9-19]

YSZ 및 다층 코팅된 steel의 내삭마특성: *최광수, 김영주, 양원철, 박준식, 김민규+; *국립한밭대학교 신소재공학부.*

Keywords: steel, YSZ, 확산코팅

steel은 다양한 부품에 사용되는 부품으로서 다양한 코팅을 적용할 경우 고온에서 사용이 가능하다. 본 연구에서는 steel에 확산코팅 및 YSZ의 고온 플라즈마 코팅을 수행하여 코팅을 수행하였다. 확산코팅은 600도 이하의 온도에서 수행하였고, 표면에 Fe-Al 층을 형성시켰다. 코팅된 모재에 추가로 열분사코팅을 수행하였다. 다층코팅된 시험편은 LPG/O_2 가스토치를 사용하여 내화염 실험을 수행하였다. 코팅되지 않은 시험편과 코팅된 시험편 그리고 YSZ코팅된 시험편을 비교한 결과, YSZ코팅을 수행한 시험편의 경우 매우 우수한 내화염성을 보였다. 코팅의 기구 및 시험편의 확산 거동과 내삭마기구를 고찰하였고, 미세조직 및 외관사진을 비교 분석하였다.

[P9-20]

산질화 처리가 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈의 부식특성과 마모특성에 미치는 영향: *조영욱, 정주영, 우정호[1], 조영래 ; *부산대학교. [1]한국클래드텍(주).*

Keywords: Oxide nitro-carburizing, Clad metal, Surface treatment, Salt spray test, 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 층을 형성시키는 공정이고, 산화 처리는 산소를 함유한 분위기를 사용해서 다공질의 질화물을 산화물(Fe_3O_4) 층으로 변화시키는 공정이다. 클래드 메탈은 단일재료로는 얻을 수 없는 특성을 얻기 위해 2가지 이상의 금속을 사용해 만든 층상복합재로서 최근 고효율 열교환기와 주방용구용 소재로 많이 사용되고 있다. 본 연구에 사용된 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈은 중간에 경량금속인 Al이 샌드위치 상태로 존재해 가벼운 특징을 갖는다. 그런데 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드 메탈이 궁중요리용 프라이팬(Wok)으로 사용될 때 부식되거나 마모되는 문제가 발생하는데, 이 문제를 해결하게 위해 산질화 표면처리 기술을 적용하였다. 연질화 처리시 가스의 비율, 온도 및 시간을 공정변수로 하였으며, 온도는 550~580ºC, 시간은 40~210분까지 변화시켰다. 산질화 처리는 연질화 처리후 연속공정으로 수행하였으며, 520~550ºC의 온도에서 수증기를 주입시켜 수행하였다. 산질화 표면처리한 시편에 대해 내부식 특성과 내마모 특성의 변화를 미세조직과 연관시켜 고찰하였다. 내부식 특성은 염수분무 시험으로 하였으며, 내마모 특성은 비커스(Vickers) 경도계를 사용한 표면경도 측정을 통해 평가하였다. 표면층의 미세조직은 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다. 연질화 처리시 질화물층의 표면에 다공질의 층이 형성되었으며, 산질화 처리시 산화물 층으로 변화된 것을 X-선회절 시험을 통해 확인하였다. 산질화 표면처리로 인해 내식성이 10배 이상 향상되었으며, 표면경도는 2배 이상 증가함을 확인하였다. 본 연구의 결과는 궁중요리용 프라이팬(Wok)의 경량화와 더불어 내식성과 내마모성을 향상시키는 표면처리 기술에 적용할 예정이다.

[P9-21]

불산을 이용한 다이캐스팅용 합금의 표면처리 특성 연구: *박종문, 장호승, 권혁곤, 김재권, 김수림, 김주석, 문성모[1], 박노진[1], 오명훈[2]; *금오공과대학교 신소재공학과. [1]재료연구소 전기화학연구실. [2]금오공과대학교 신소재공학부.*

Keywords: Anodizing, De-smut, Fluoric acid, Die-casting, Aluminum alloy

아노다이징은 알루미늄과 타이타늄 등의 표면처리 공법으로 산업 전반에 많이 이용되고 있다. 아노다이징은 간단한 공정을 통해 금속표면에 치밀한 산화피막을 형성한다. 최근 스마트기기에 알루미늄 합금이 적용됨에 따라 금속질감 및 다양한 색상표면을 위해 아노다이징 공법이 많이 이용되고 있다. 또한, 생산성과 제조비용 절감을 위해 다이캐스팅 공법을 적용하여 스마트기기 외장재를 제조하려는 경향이다. 하지만, 다이캐스티용 알루미늄 합금에는 주조성 개선을 위해 규소가 첨가되어 있으며, 이러한 규소의 영향으로 아노다이징 후 양호한 산화피막이 형성되지 못하는 문제를 야기하고 있다. 본 연구에서는 규소가 첨가된 다이캐스티용 알루미늄 합금의 양호한 산화피막 형성을 위하여 디스머트와 아노다이징 용액에 불산을 첨가하여 실험을 수행하였다. 규소가 13%포함된 S33N 개발합금을 이용하여 질산에 불산(1, 3, 5, 8 wt%)을 첨가하여 디스머트 하였고, 황산에 불산(0.1, 0.3, 0.5 wt%)을 첨가하여 아노다이징을 수행하였다. 그 결과 표면에 생성된 스머트를 물리적인 방법 없이 불산이 첨가된 디스머트용액에 의해 규소의 함량이 감소하였고, 5 wt%가 첨가 되었을 때, 가장 높은 효과를 나타냈다. 아노다이징은 21ºC에서 7A/dm^{2}의 전류밀도로 30분간 수행하였다. 불산이 첨가된 황산용액을 이용한 아노다이징에서는 불산의 첨가량이 감소할수록 산화피막의 두께가 증가함을 확인 할 수 있었다. 즉, 불산의 함량을 조절함으로써 아노다이징을 통해 다이캐스팅용 알루미늄합금의 양호한 산화피막이 형성될 수 있음을 확인 할 수 있었다. This research was supported by The Leading Human Resource Training Program of Regional Neo industry through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and future Planning(NRF-2016H1D5A1910938)

[P9-22]

마르텐사이트계 석출경화형 스테인레스강 630강의 플라즈마 침질탄화처리시 시효처리가 내부식성에 미치는 영향: *이인섭 ; *동의대학교.*

Keywords: AISI 630 martensitic precipitation hardening stainless steel, α'_N layer, Corrosion resistance, low temperature plasma nitriding, aging

Various aging treatments were conducted on AISI 630 martensitic precipitation hardening stainless steel in order to optimize aging condition. Aging treatment was carried out with Ar gas in the chamber at temperature of 380°C, 400°C and 430°C and times of 2, 4 and 8 h. After obtaining the optimized aging condition, several nitrocarburizing treatments were done with and without the aging treatment. Nitrocarburizing was performed on the samples at 400V with a gas mixture of H_2, N_2 and CH_4 for 15 hrs at 4.0 Torr vacuum pressure. After treatment the behavior of the surface layers of all the aged and without aged samples were investigated by optical microscopy, X-ray diffraction, GDOES analysis, XPS depth concentration profile, and micro-hardness testing. The aging condition was optimized as 400°C temperature for 4 h. Better results were found when the samples were experimented with aging + nitrocarburizing treatment. In this combined process, the corrosion resistance improved noticeably which is confirmed by potentiodynamic polarization test and by observing the surface of the samples after corrosion test. Moreover, the surface hardness increases up to 1300 $HV_{0.05}$ approximately and α'_N layer thickness increases up to 11 μm (approximately), whereas that of without aging nitrocarburizing process were around 1265 $HV_{0.05}$ and 9 μm respectively.

[P9-23]

마르텐사이트계 석출경화형 스테인레스강 630강의 플라즈마 침질탄화처리시 시효처리가 내부식성에 미치는 영향: *이인섭 ; *동의대학교.*

Keywords: AISI 630 martensitic precipitation hardening stainless steel, α'_N layer, Corrosion resistance, low temperature plasma nitriding, aging

Various aging treatments were conducted on AISI 630 martensitic precipitation hardening stainless steel in order to optimize aging condition. Aging treatment was carried out with Ar gas in the chamber at temperature of 380°C, 400°C and 430°C and times of 2, 4 and 8 h. After obtaining the optimized aging condition, several nitrocarburizing treatments were done with and without the aging treatment. Nitrocarburizing was performed on the samples at 400V with a gas mixture of H_2, N_2 and CH_4 for 15 hrs at 4.0 Torr vacuum pressure. After treatment the behavior of the surface layers of all the aged and without aged samples were investigated by optical microscopy, X-ray diffraction, GDOES analysis, XPS depth concentration profile, and micro-hardness testing. The aging condition was optimized as 400°C temperature for 4 h. Better results were found when the samples were experimented with aging + nitrocarburizing treatment. In this combined process, the corrosion resistance improved noticeably which is confirmed by potentiodynamic polarization test and by observing the surface of the samples after corrosion test. Moreover, the surface hardness increases up to 1300 $HV_{0.05}$ approximately and α'_N layer thickness increases up to 11 μm (approximately), whereas that of without aging nitrocarburizing process were around 1265 $HV_{0.05}$ and 9 μm respectively.

[P9-24]

다이아몬드 연마를 위한 플라즈마 고온 열분사 연마판의 제조 조건 및 합금화 기구: *최광수, 양원철, 이승준[1], 박준식+ ; *국립한밭대학교 신소재공학과. [1] 챔프다이아(주).*

Keywords: 다이아몬드, 연마판, 화학반응, 열분사

다이아몬드재료는 다이아몬드는 연마가 어려우며 단결정 다이아몬드의 경우 다이아몬드의 연마 각도에 따라 연마의 정도가 일정하지 않은 특징이 있다. 이러한 다이아몬드의 연마를 위하여 화학반응을 유도하여 연마를 하고 있다. 하지만, 연마판을 제조할 경우, 매우 복잡한 공정을 통하여 연마판을 제조하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 공정을 최소화할 수 있는 방안으로 고온 플라즈마 열분사 코팅을 수행하였다. 연마판의 제조를 위하여 주철판에 알루미늄을 중간층으로 코팅하고 최외각의 코팅층에 밀링된 Fe-Cr-Ni의 혼합물을 코팅하였고, 또한 Ti분말을 코팅하였다. 코팅층과 모재의 우수한 접착력을 위하여 다양한 온도에서 열처리하여 분석하였고, 시험편의 미세조직을 평하하고, 연마판 제조의 최적화 조건을 제시하였다.

[P9-25]

STS204Cu 강의 저온 플라즈마 침탄/질화 처리 시 가스 함량에 따른 재료물성평가: *이인섭, 김호준 ; *동의대학교.*

Keywords: plasma carburizing, plasma nitriding, S-phase, corrosion resistance, hardness

STS204Cu강을 처리온도 400 ºC, Discharge Voltage 400V 및 처리시간을 15 Hr로 유지 한 후 N2함량을 10%로 고정하고 CH4 함량을 1%, 5%로 변화시켜 주입하여 플라즈마 침질탄화 처리를 진행 하였다. 처리결과 CH4 함량이 1% 일 때 경화층의 두께는 약 10 μm 형성되었고, 표면경도는 약 620 HV0.05로 형성되었다. 그리고 동전위분극 시험결과 부식전류밀도는 처리 전과 비교하여 처리 후 감소하였고, 공식전위가 매우 향상되어서 내부식특성이 증가하였다. CH4 함량이 5% 일 때는 1%보다 경화층의 두께 및 표면경도가 저하되었고 내부식특성 역시 저하되었다. 플라즈마 침질탄화 처리보다 경화층의 두께 및 내부식특성을 더 향상시키기 위해 플라즈마 침탄 + 플라즈마 질화 처리 (Two-step)를 진행 하였다. 플라즈마 침탄 처리는 처리온도 430ºC, Discharge Voltage 500 V 및 CH4 함량을 1%로 진행하였고 플라즈마 질화 처리는 처리온도 400ºC, Discharge Voltage 400V 고정하고 N2 함량을 10%, 15%, 25%로 변화시켜 주입하였고. 처리시간은 플라즈마 침탄 10 Hr + 플라즈마 질화 5 Hr로 진행하였다. Two-step 처리결과 플라즈마 침질탄화 처리 보다 경화층의 두께는 더 증가하였지만 표면경도가 미약하게 감소하였고, 동전위분극 시험결과 플라즈마 침질탄화 처리 보다 부식전류밀도가 증가하였고 공식전위가 저하되어서 내부식특성은 저하되었다. 2-step 처리 시 최적조건은 플라즈마 침탄 처리 시 처리온도 430ºC, Discharge Voltage 500 V 및 CH4 함량을 1%로 및 플라즈마 질화 처리 시 처리온도 400ºC, Discharge Voltage 400V 및N2함량 15%, 때 경화층의 두께는 약 12 μm 형성되었고, 표면경도는 약 520 HV0.05로 형성되었다. 동전위분극 시험결과 플라즈마 칠질탄화 처리 보다는 내부식특성이 저하되었지만 처리 전 보다 내부식특성은 향상되었다.

[P9-26]

STS316L의 Plasma Carburizing 처리 시 압하율에 따른 S-phase의 거동: *이인섭, 김호준 ; *동의대학교.*

Keywords: plasma carburizing, corrosion resistance, hardness

판재형태의 STS316L강 시편을 압연 (30%, 50%, 70%)처리 후 처리온도 (430ºC, 450ºC)와 CH4 함량 (1%, 5%)를 각각 변수로 하여 Plasma Carburizing 처리를 실시한 후 압하율이 S-phase 특성에 미치는 영향을 조사하였다. Plasma Carburizing 처리 후 탄소가 과포화된 경화층 (S-Phase)이 생성되었고, 처리온도와 CH4 함량에 상관없이 압하율 30%일 경우 최대의 경화층의 두께 및 표면경도를 얻었다. 그 이유는 압연에 의해 결정립이 미세해져서 입계면적이 증가하므로 탄소원자 침입이 용이해지기 때문이다. 그러나 압하율이 더 증가할수록 압연에 의해 결정립이 탄소의 침투 방향과 수직으로 길게 늘어나서 탄소원자 침입이 어려워져 경화층의 두께는 감소하였다. 경화층의 두께는 처리온도가 증가하거나 CH4 함량이 감소할수록 증가하는 경향을 보인다. 처리온도 450ºC 및 CH4 함량 1%일 경우 압하율 30%에서 얻은 최대 경화층의 두께는 약 22.7 μm (0% 압하율의 경우 약 17 μm)이다. 동전위분극 시험 결과 미처리재의 경우 압하율이 증가할수록 공식전위는 비슷하나, 부식전류밀도가 증가하여 내부식특성이 미약하게 감소하는 것

을 알 수 있다. Plasma Carburizing 처리 후 처리온도 및 CH4 함량에 관계없이 압하율이 30%일 경우 미처리재와 비교하여 부식전류밀도는 미약하게 증가하지만 공식전위가 매우 향상되어 내부식특성이 향상되였다. 그리고 압하율이 더 증가하면 내부식특성이 감소하였다. 그리고 내부식특성은 처리온도가 감소하거나 CH4 함량이 증가할수록 향상되는 경향을 보이고, CH4 함량 5% 일 때가 1% 보다 처리온도및 압하율에 상관없이 내부식특성이 더 우수하였다.

[P9-27]

자동차 전장용 전자파 차폐 Ni 도금막 특성평가: *이순재, 이정현, 정도현, 전주선[1], 정재필 ; *서울시립대학교 신소재공학과. [1](주)단양솔텍.*

Keywords: 전자파차폐, Ni 도금, 자동차전장품, 도금밀착성

도금은 크게 전해 도금과 무전해 도금으로 나눌 수 있다. 전기적 에너지를 사용하여 이온 상태의 금속을 환원시켜 석출함으로써 도금을 진행하는 전해 도금과는 달리 무전해 도금은 도금액 내의 환원제에 의해 금속 이온을 환원시켜 도금을 진행한다. 무전해 도금법은 전해 도금에 비해 전류 인가 장비가 필요하지 않아 도금 공정이 간단하고, 피도금체에 따른 인가 전류, 전압, 금속의 환원전위 등을 계산하지 않아도 되기 때문에 전문적인 지식이 없어도 도금을 할 수 있다. 하지만 무전해 도금은 도금이 진행 될수록 도금액 내 금속 이온, 환원제의 농도 등이 수시로 변화하기 때문에 도금액의 조성을 파악하여 원하는 두께의 도금층을 형성하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 무전해 도금액 내 환원제, 도금액 온도, 도금 시간을 변경하여 Ni 무전해 도금을 형성 하였고 그 특성을 평가하였다. 도금은 각각 플라스틱, RF module 유리 등 다양한 기판에 진행 하였으며, 도금 후 밀착성, 도금 두께 및 microstructure를 분석하였다. 도금 후 밀착성을 분석하기 위해 열처리 후 박리정도를 테스트를 하였고, 도금 두께 및 microstructure를 분석하기 위해 field emission scanning electron microscope (FE-SEM), energy-dispersive spectroscopy (EDS)를 사용하였다. 실험 결과, 두께 3~5μm 급의 균일한 도금층이 형성된 것을 확인하였으며, 260℃에서 3회 열처리 후 박리성 평가 결과, 결함 없는 양호한 표면을 나타내었다.

[P9-28]

Wettability of advanced high strength steels (AHSS) by molten Zn-Mg-Al droplets depending on their Si and Mn contents: *Seungwoo Shim, Keejung Kim, Gujin Chung, Joo-youl Huh, Hyun-seok Hwang[1], Yonkyun Song[1]; *Korea university. [1]POSCO.*

Keywords: advanced high-strength steels, Zn-Al-Mg alloy coating, hot-dip galvanizing, sessile drop test, wettability

Hot-dip galvanized coating is a general process to be used for the corrosion protection of advanced high-strength steels (AHSSs) for automotive applications. However, it is well known that the alloying elements Mn and Si contained in AHSSs are selectively oxidized on the steel sheet surface during intercritical annealing, leading to the degradation of wettability in the subsequent hot-dip galvanizing process. Currently, limited studies have been performed on the wettability and reactivity of Zn-Al-Mg alloys on AHSS sheets during the continuous hot-dip galvanizing process. In this study, sessile drop tests of Zn-Al-Mg alloys with various Al and Mg contents up to 2.5 wt.% Al and 3.0 wt.% Mg were performed at 460°C on AHSS sheets. To evaluate the selective oxidation and reactive wetting behavior, several AHSS sheets with various Mn/Si ratios were prepared by oxidizing at 820 °C for 60 s in a N_2 + 10% H_2 ambient. The oxide scales formed on the AHSS sheets were investigated using SEM, XRD and GDOES. The sessile drop test was performed at 460 °C in a N_2 + 10% H_2 atmosphere by measuring the contact angles of the alloy droplets for 20 s. After the contact angle measurements, the samples were cooled down to room temperature and the droplets/substrates interfaces were examined using SEM for the formation of intermetallic compounds. This presentation will discuss the wettability and reactivity of the oxide scales formed on the AHSS sheets with the molten Zn-Al-Mg alloys depending on the Al and Mg contents of the coating alloys.

P10 : 열전재료
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P10-1]

A role of meta-states in Bi-Te & Pb-Te compounds and their thermoelectric properties: *Hyun Kim, Byun Ki Ryu, Su Dong Park ; *Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ series, thermoelectric material, meta-states

As previous report, we find the similar structures such as $AgBi_2Te/Bi_2Te_3$ and Bi_4Te_3/Bi_2Te_3 in the TEM images. We think that these intrinsic meta-structures derived from stacking fault in the matrix is natural phenomenon and stable state in thermodynamic aspect. Among the meta-phases, we have synthesized the $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$ homologous series such as BiTe, Bi_2Te, Bi_4Te_3, Bi_7Te_3 by solid state reaction at low temperature and investigated how they exist in the matrix by using STPM analysis and calculated their enthalpy and Gibbs free energis. The $(Bi_2)_m(Bi_2Te_3)_n$/ $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ composites were prepared by a SPS method and their thermoelectric properties were evaluated in the temperature range from 298 K to 523 K. The detailed analysis of the thermoelectric properties will be presented.

[P10-2]

벌크형 열전소자용 N형 Bi-Te기지 열전복합재료 제조 및 특성평가: *민태식[1,2], 신기훈[1], 조영민[1], 현은지[1], 권구현[1], 김동원[1], 손인준[2], 김경태[1]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소, [2] 경북대학교 금속신소재공학부.*

Keywords: 열전소자, Bi-Te기지 열전복합재료

열전재료의 에너지 변환 효율은 그 소재의 무차원 성능지수라 불리는 ZT($ZT=\alpha^2\sigma T/\kappa_e+\kappa_l$, α :제백계수, σ :전기전도도, T :절대온도, κ_e :전자 열전도도, κ_l :격자 열전도도)로 나타낸다. 따라서 우수한 ZT값을 위해 전기적특성의 향상과 동시에 열적특성의 제어가 필요하다. 최근 독립적 변수인 격자열전도도의 큰 저감을 통해 전기적특성의 변화 대비 낮은 열전도도를 확보하는 방향으로 연구가 활발히 진행되고있다. 본 연구에서는, 먼저 N형 소재로는 strain engineering을 통한 낮은 열전도도 확보 및 우수한 전기적 특성을 동시에 확보하여 298K - 473K 영역에서 $ZT_{max} \fallingdotseq 1.0$ 나타내는 나노다이아몬드(ND)가 첨가된 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$(BTSe)를 제조 및 활용하였다. 이 소재는 ND/BTSe 계면에서 atomic defect로 인한 전하농도의 높은 상승 및 phonon scattering를 활발히 유도하는 영역의 이유라는 것을 확인하였다. P형의 소재로는 상온영역에서 열전도도 대비 높은 전기전도도를 가지는 특성으로 인해 298K - 473K 영역에서 $ZT_{max} \fallingdotseq 1.1$ 나타내는$Bi_{0.38}Sb_{1.62}Te_3$ 소재를 활용하였다. P형 및 N형 열전복합분말을 고에너지 기계적 합금화 공정을 이용하여 제조하였고, N형의 소재는 ND첨가 및 분산을 위해 추가적인 밀링공정을 진행하였다. 제조된 복합분말의 산화를 해소시키기 위해 H_2 환원처리를 진행하였고, 방전 플라즈마 소결(SPS)을 통해 치밀화하였다. 이러한 벌크소재를 바탕으로 열전소자를 제작 및 특성평가를 진행하였다.

[P10-3]

양극산화 및 전기도금법을 이용한 열전모듈 방열기판의 제작: *최이택, 손인준 ; *경북대학교 금속신소재공학과 재료화학공정연구실.*

Keywords: thermoelectric module, heat dissipation, anodizing aluminum oxide, adhesion, electroplating, electrolysis etchin

열전재료란 온도 차에 의해 기전력이 발생하거나, 반대로 기전력에 의해 열의 흡수(또는 발생)가 일어나는 재료이다. 이러한 열전모듈을 제조할 때, 방열 성능의 문제는 매우 중요하다. 열전발전의 경우, 온도차로 인해 전기에너지를 발생할 때, 온도가 높은 곳의 열을 빠르게 방출하지 못하면 기판의 손상을 가져올 수 있다. 따라서 열전모듈이 실제 발전용으로 사용되기 위해서는 방열성이 높은 기판이 적용되어야 한다. 현재 이러한 목적으로 사용되는 알루미나와 같은 세라믹 기판들은 그 방열성능이 부족하므로, 최근에는 열전도성이 높은 알루미늄을 베이스로 한 기판이 연구되어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 위에 전해에칭, 수화처리, 양극산화 및 전기동도금을 실시하여 알루미늄 소재 상에 동 전극이 형성된 기판을 제작하였다. 알루미늄 상에 양극산화처리를 통하여 절연층이 되는 산화피막을 확보하고, 백금을 스퍼터링법으로 코팅한 후, 직접 구리 전기도금을 실시하였다. 본 연구에서 제작한 알루미늄 베이스 동 전극은 밀착성이 우수하고, 양호한 절연특성을 나타내었다. 또한, 열전모듈에 적용 가능한 방열소자 기판의 제작법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[P10-4]

열압착 본딩(thermo-compression bonding)을 이용한 Bi_2Te_3계 열전모듈 제조: *윤종찬, 손인준, 박관호[1], 조상흠[1], 김경태[2]; *경북대학교 [1] 대양, [2] 재료연구소.*

Keywords: Bi_2Te_3, 열압착 본딩, 열전모듈, Sn electroplating, Ni anti-diffusion layer

Bi_2Te_3계 열전재료는 400K 이하의 비교적 저온 영역에서 높은 성능지수(Dimensionless Figure of merit, $zT(= \alpha 2\sigma T/\kappa$, α: 제백계수, σ: 전기전도도, T: 절대온도, κ: 열전도도))를 나타내는 열전재료로서, 열에너지를 전기에너지로 또는 전기에너지를 열에너지로 직접 변환하는데 가장 널리 사용되는 재료이다. 또한, 열전모듈은 수십~수백 개 이상의 n형 및 p형 열전소자를 알루미나(Al_2O_3)와 같은 세라믹 기판(substrate) 상에 형성된 동 전극 위에 전기적으로 서로 직렬로 접합시켜 제조한다. 이들 열전소자 모두는 서로 직렬로 연결되어 있기 때문에, 단 한 개의 접합 불량 개소가 모듈 전체의 열전변환성능을 좌우하게 된다. 일반적인 열전모듈의 제조방법으로는 동 전극 위에 Sn합금 분말과 플럭스(flux)의 혼합물인 솔더페이스트를 스크린 인쇄법을 사용하여 동 전극에 도포한 다음,

그 위에 열전소자를 얹고 약 520 K의 열풍을 가하여 솔더를 용융시켜 열전소자와 동 전극을 접합시킨다. 한편, 스크린 인쇄법에서는 인쇄 압력이 일정하지 않으면, 솔더페이스트 층의 두께가 균일하지 않게 되어 열전소자 접합부의 불량을 유발시킨다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 솔더페이스트를 도포하지 않고 열전소자를 직접 동 전극과 접합할 수 있는 방법을 고안하였다. 니켈 확산방지층을 형성시킨 Bi_2Te_3계 열전소자 표면에 전기도금법을 구사하여 약 50 μm의 주석도금층을 형성시켰다. 그 후, wire saw를 사용하여 3 mm×3 mm×3 mm의 크기로 절단한 주석도금된 열전소자를 동 전극에 얹고 1.1KPa의 압력을 가하면서 523 K의 핫플레이트 위에서 3분간 방치하여 직접(direct) 열압착 접합을 실시하였다. 접합부의 SEM 관찰 결과, 동 전극과 열전소자 사이의 계면에는 용융 응고된 주석층이 결함의 존재 없이 균일하게 형성된 양호한 접합부를 관찰 할 수 있었다. 따라서, 열전소자 표면에 주석도금을 실시한 후, 동 전극과 직접 열압착 본딩을 실시하여 열전모듈을 제조하는 방법은 솔더페이스트를 이용하지 않고 균일한 접합계면을 얻을 수 있는 새로운 공정으로 기대된다.

[P10-5]

Enhanced thermoelectric properties in Bi/Te core/shell heterostructure nanowires through strain and interface engineering: *김정민, 김관식, 이우영 ; *연세대학교*

Keywords: Nanowire; Bismuth; Core/Shell; Interface; Strain

Strain-engineered Bi/Te core/shell (C/S) nanowires (NWs) with various diameters were prepared by combining the on-film formation of NWs method with post-sputtering. Multiple devices were fabricated based on individual C/S NWs. The diameter-dependent electrical conductivity (σ), Seebeck coefficient (S), and thermal conductivity (κ) of the Bi/Te C/S NWs were systematically investigated. S and σ were found to increase with increasing NW diameter until they maximized at diameters exceeding 400 nm. Together with the reduction in κ, this generated a maximum thermoelectric figure of merit of 0.5 for a relatively large-diameter Bi/Te C/S NW (d=456 nm) at room temperature. These results suggest that the C/S NW structure could be used to modify the thermoelectric performance of materials, as the figure of merit was significantly greater than previously reported values for pure Bi NWs (0.07) and bulk Bi (0.05). Furthermore, the enhanced performance of very large Bi/Te C/S NWs demonstrated the possibility of designing heterostructures that can be used in thermoelectric device and module applications.

[P10-6]

Thermoelectric properties of topological crystalline insulator $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$ through breaking the crystal symmetry by Cl-doping: Lin Chan-Chieh, 김가령, Dianta Ginting, 이종수 ; *경희대학교국제캠퍼스*

Keywords: Thermoelectric, topological crystalline insulator, bipolar conduction, lattice thermal conductivity.

It was reported that Na-doping breaks the crystal symmetry in topological crystalline insulator (TCI) $Pb_{0.6}Sn_{0.4}Te$, and opens up a bulk electronic band gap, which suppresses the bipolar conduction, resulting in an increase of zT = 1 at 856 K [1]. We investigate thermoelectric properties of n-type doping effect by Cl in the homologous TCI compounds $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se_{1-x}Cl_x$ (x = 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, and 10 at.%). We find the bipolar conduction of carriers in the pristine $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$ and low Cl-doped compounds of x < 0.1% because the temperature-dependent Seebeck coefficient S(T) shows p-type at room temperature while the sign of S(T) is changed to n-type at high temperatures, resulting in a low power factor due to charge compensation between electrons and holes. On the other hand, more Cl-doping (x ≥ 0.5) increases the carrier concentration of electrons, which reduces the bipolar conduction and enhances the Seebeck coefficient up to 823 K, resulting in an increased power factor. The bipolar conduction of carriers is also observed in the temperature-dependent thermal conductivity κ(T) which increases κ(T) with increasing temperature at high temperature region for x < 0.1% compounds. The bipolar diffusion tail of κ(T) is suppressed in the compounds of high Cl-doped compounds (x > 0.1 %). We observed low lattice thermal conductivity of 0.67 and 0.34 W/m K at 823 K for x = 1.0 and 10 % doped compounds, respectively. It probably comes from the secondary phase of $PbCl_2$ via high concentration of Cl due to out of the solubility limit. By combing with the high power factor and low thermal conductivity at high temperatures, we obtain the increased zT value of 0.64 at 823 K for x = 1% sample, which is 13 times higher than those of the pristine $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Se$. This research raises the possibility of the increase of power factor in the vicinity of breakdown of TCI.

Reference[1] S. Roychowdhury, U. S. Shenoy, U. V. Waghmare, and K. Biswas, Angew. Chem. Int. Ed. 54, 15241 (2015)

[P10-7]

Enhanced thermoelectric performances at low-mid temperature ranges in Pb-doped $Bi_{0.52}Sb_{1.48}Te_3$: *Kwanlae Kim, Gwansik Kim, Kyu Hyoung Lee, Wooyoung Lee ; *Department of Materials Science and Engineering. Yonsei University.*

Keywords: thermoelectric, bismuth telluride, lead, doping, figure of merit

The thermoelectric properties of $Pb_xBi_{0.52}Sb_{1.48-x}Te_3$ were thoroughly studied to investigate the enhanced thermoelectric performances at 300 – 500K. Two interesting effects were observed from Pb-doped $Bi_{0.52}Sb_{1.48-x}Te_3$. First of all, the maximum power factor was observed from a Pb concentration of 0.125 at.% overcoming the conflicting relationship between carrier concentration and Seebeck coefficient. Secondly, the increased carrier concentration by Pb doping induced the suppression of the onset of bipolar conduction, resulting in shifting the minimum thermal conductivity toward a mid-temperature range. As a result, the dimensionless figure of merit zT was significantly enhanced by Pb doping, particularly at > 400K temperatures, and the peak zT also shifted toward a mid-

temperature range. The other thermoelectric performances of $Pb_xBi_{0.52}Sb_{1.48-x}Te_3$ at the optimized Pb concentration are also reported.

[P10-8]

Thermoelectric properties of Cu-doped n-type $(Bi_2Te_3)_{0.65}(Bi_2Se_3)_{0.35}$.: *임혜진, 김봉서, 주성재, 이지은, 민복기, 박수동, 류병기, 이희웅, 정재환 ; *한국전기연구원 열전기술연구센터.*

Keywords: Bi_2Te_3, Bi_2Se_3, Cu-doping, thermoelectric

Bi_2Te_3-based compounds show the best thermoelectric properties around 100°C. In order to increasethe maximum figure of merit of those compounds, we studied the Cu-doping effect in n-type Bi_2Te_2Secompounds. The thermoelectric performance is described as dimensionless figure of merit (ZT), $ZT=\alpha^2\sigma T/\kappa$, where α is the Seebeck coefficient, σ electrical conductivity, κ thermal conductivity and T is temperature in Kelvin. The samples were sintered at 420°C by spark plasma sintering (SPS) process. The thermoelectric properties of the samples were evaluated from measuring their Seebeck coefficient, electrical conductivity, and thermal conductivity by commercial apparatus. The maximum ZT was 0.81obtained from $Bi_2Te_{1.95}Se_{1.05}$ at 523K by Cu-doping. The ZT of $Bi_2Te_{1.95}Se_{1.05}$ at 523K was improved fromthat of Cu-free $Bi_2Te_{1.95}Se_{1.05}$ which ZT is 0.72

[P10-9]

Thermoelectric performance of n-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ - Bi_2S_3 system: *박수지, 주성재, 이지은, 김봉서, 민복기, 박수동, 류병기, 이희웅 ; *한국전기연구원.*

Keywords: Bi_2Te_3, Bi_2S_3, tetradymite, Thermoelectric properties

Bi-Te based compounds have been known as the best thermoelectric materials around room temperature. Many studies to enhance the thermoelectric properties of Bi_2Te_3-based compounds were tried, which includes addition of doping elements, the microstructural variation, and so on. The partial substitution of tellurium in n-type Bi_2Te_3 based thermoelectric materials by selenium or sulfur was used to improve the thermoelectric properties thereby raising the ZT value at temperatures higher than room temperature. Tetradymite material such as Bi_2Te_2S (-[Te-Bi-S-Bi-Te]-) is promising for application in the range of 200-300°C due to the larger band gap than Bi_2Te_3, which results in the reduction of the bipolar effects at elevated temperatures. In this research, we fabricated n-type $(Bi_2Te_3)_{1-x}(Bi_2S_3)_x$ samples by high energy ball milling and plasma activated sintering method, and analyzed thermoelectric properties.

[P10-10]

Thermoelectric properties of re-pressed Bi-Te materials: *장정인, 이지은, 주성재, 김봉서, 박수동, 류병기, 민복기, 이희웅 ; *한국전기연구원.*

Keywords:

Bi_2Te_3 is anisotropic with a layered structure composed of a quintuple atomic series in the order of Te(1)-Bi-Te(2)-Bi-Te(1) along the c-axis. Their electrical and thermal conductivities along the a-axis (in the c-plane) are approximately four and two times higher, respectively, than those along the c-axis of Bi_2Te_3. It has been well known single crystals or the highly textured samples have better the electrical properties than those of samples with the randomly oriented grains. Recently, it was introduced that the re-pressing method can be utilized in fabricating the samples with a preferred grain orientation. In this study, we investigated thermoelectric properties of p-type Bi-Te compounds fabricated by the re-pressing method. Through the XRD pattern, we investigated the orientation of all samples. And the thermoelectric properties of the each sample were investigated in the temperature range from 298K to 573K.

[P10-11]

산화물환원-플라즈마활성소결 공정에 의한 p형 $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$ 합금 제조: *신지은, 이길근, 임채선 ; *부경대학교 신소재시스템공학과.*

Keywords: Thermoelectric material, p-type, $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$

현재 상온부근에서 가장 우수한 특성을 나타내어 상업적으로 주로 이용되고 있는 열전재료는, p형으로는 Sb_2Te_3에 Bi가 고용된 $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$계, n형으로는 Bi_2Te_3에 Se이 고용된 $Bi_2Te_{1-x}Se_x$계이다. 열전재료의 에너지변환특성은 $ZT=[\alpha^2/\rho\kappa]T$ (α: Seebeck 계수, ρ: 전기 비저항, κ: 열전도도, T: 온도)로 나타내어지는 성능지수 (ZT)로 평가된다. 종래에는 성능지수를 결정하는 함수 중에서 합금의 조성변화에 따른 전기적특성의 제어가 용이한 단결정성장법으로 제조된 단결정구조의 열전재료가 주로 사용되어져왔다. 그러나 최근에 재료의 조성뿐만 아니라 재료의 미세조직을 제어함으로써 열전특성의 향상 가능성이 보고되어, 다결정구조를 가진 합금에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 다결정구조를 가지는 열전재료의 제조공정 기술로써 분말야금공정기술의 적용이 활발히 진행되고 있다. 이를 위해 분말야금공정기술의 초기원료인 열전 합금분말의 제조를 위해 기계적합금화법, 응고-밀링법, 급속응고-분쇄법, 용액석출법, 기상응축법 등이 시도되고 있다. 이들 공정기술들은 초기원료로써 고가의 순금속 혹은 합금을 이용할 뿐만 아니라, 장시간, 고에너지를 요구하여, 개발된 공정기술을 저비용으로 상용화시키는데는 어려움이 있다. 저자는 열전 합금분말 제조를 위한 새로운 공정기술로써 산화물환원 공정기술을 제안하고 있다. 이 기술은 전술한 종래의 다른 열전분말 제조기술들(기계적합금화법, 응고-밀링법, 급속응고-분쇄법)과는 달리 출발원료로서 산화물을 사용하여 저온, 단시간에 합금을 제조할 수 있는 장점이 있다. 한편 제조된 열전분말의 소결기술로는 일반적으로 가압소결기술이 활용되고 있으며, 플라즈마활성소결기술이 소결체의 미세구조 조정(나노구조~마이크로구조)에 용이한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 산화물환원공정기술과 플라즈마활성소결기술을 조합하여 $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$ 합금을 제조하고, 제조 $Sb_{2-x}Te_3Bi_x$ 합금의 열전특성을 평가하여 열전재료로의 활용 가능성을 검토하였다.본 연구는 산업통상자원부의 핵심소재원천기술개발사

업의 지원으로 수행되었음.

[P10-12]

Correction of Extrinsic Effects in the Harman Method for Characterizing Thermoelectric Materials: *Jinsang Kim, Min-Su Kang, Byeong-Kwon Ju[1], Beomjin Kwon ; *KIST. [1]Korea University.*

Keywords: Characterization, Thermoelectric Material, Harman Method

The Harman method can measure simply the figure of merit of a thermoelectric (TE) materials, measuring of AC and DC electrical potential responses. Unlike other methods, this method does not separately measure the Seebeck coefficient, thermal and electrical conductivity, but directly determines the TE figure of merit. However, the Harman method can be significantly inaccurate if the electrical and thermal extrinsic effects, such as the contact resistance and unavoidable heat exchange between the sample and its environment, become important.Here, we study the electrical and thermal extrinsic effects and propose a correction scheme for the Harman method. A finite element model simulates electrical and thermal transports during the Harman measurement, and helps to understand the underlying physics. To verify the simulations, we conduct Harman measurement for Bi-Te based alloys with the systematically varied sample geometries and electrode types. Finally, by fitting the model to experimental data, it is able to extract the intrinsic TE properties where all the extrinsic effects are eliminated. We found a method to correct the error by adjusting the small amount of heat loss as the sample geometry becomes smaller. This work shows that the Harman method can consistently and accurately evaluate the TE materials when combined with a proper correction scheme.

[P10-13]

Nano-heterostructure of $(Bi_xSb_{1-x})_2Te_3$ For High-Thermoelectric Performance: *Jinsang Kim, Kwang-Chon Kim, Sang-Soon Lim, Seung-Hyub Baek, Seong Keun Kim ; *Center for Electronic Materials. KIST.*

Keywords: Thermoelectrics, Bismuthtellurides, nano-coating, figure of merit

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 layer using conventional atomic layer deposition technique. In order to evaluate the effect of such core-shell type materials, we measure ZT of the nano-coated BST alloys over a temperature range of 300-500 K. The metal-oxide layer serves to reduce thermal conductivity without the decrease of electrical conductivity, leading to the enhancement of ZT. Thin metal-oxide 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 core-shell structure and energy band filtering effects.

[P10-14]

가스아토마이저에 의해 제조된 P-type Bi_2Te_3-Sb_2Te_3 합금분말의 Canning 압출공정 조건 변화에 따른 성형성 및 특성평가: *유효상, 김용호, 이성희[1], 이상찬[1], 손현택 ; *한국생산기술연구원. [1]목포대학교*

Keywords: Bi_2Te_3, Gas atomizer, Extrusion, Density

최근 세계적인 에너지효율향상 및 온실가스 감축 정책과 연계하여 대체에너지 소재 시장이 급속히 성장하고 있다. 그 중 열전재료는 Seebeck 효과에 의해 온도차를 전기로, Peltier 효과에 의해 전기를 온도차로 변환시킬 수 있는 에너지 변환 재료로서 환경친화형 신에너지 변환기술로 주목 받고 있으며, 특히 BiTe계 열전재료는 상온에서 가장 높은 열전성능지수를 가지고 있다. 하지만 일반적으로 열전변환소재를 제조하는 방법은 열전특성이 저하되기 쉽고, 기계적 특성의 한계를 나타내고 있으며, 문제점을 해결하기 위한 많은 연구들이 활발히 진행되고 있다. 이러한 특성을 향상시키기 위한 여러 방법 중에 고밀도화 및 미세조직 제어기술은 열적/전기적 전도특성을 제어하는 방법 중 하나로서 전기전도도를 향상시킬 수 있으며, 열전도도를 효과적으로 감소시킴으로써 열전성능지수를 크게 향상시키는 것으로 보고 되고 있다. 본 연구에서는 분말야금 공정인 가스아토마이저를 이용하여 P형 25%Bi_2Te_3–75%Sb_2Te_3 열전분말을 600ºC 및 가스압력 10bar에서 제조하였으며, 분말을 이용하여 330, 380, 430ºC에서 10:1의 압출비로 열간압출을 하여 성형체를 제조하였다. 분말과 압출재의 미세조직은 FE-SEM 및 EBSD를 통해 분석하였다. 또한 성형체의 밀도는 아르키메데스 법을 이용하여 분석하였다.

[P10-15]

Enhancement of Thermoelectric Properties at Mild-Temperature Range in Te-excess N-type $Cu_{0.01}Bi_2Te_{2.3+x}Se_{0.7}$ Compounds: *SongYi Back, HyunYong Cho, JongSoo Rhyee ; *경희대학교 국제캠퍼스*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth Tellurides, Anti-site defect, excess Tellurium

For Bi_2Te_3-based compounds, the controlling of anti-site defects, which determined by the formation energy of materials, is closely related with the enhancement of thermoelectric performance. We performed the effect of Te excess and the thermoelectric properties of n-type $Cu_{0.01}Bi_2Te_{2.3+x}Se_{0.7}$ compounds (x=0, 0.1, 0.3, 0.5, and 0.7). The excess Te in compound of $Cu_{0.01}Bi_2Te_{2.3+x}Se_{0.7}$ has an effect on

increasing carrier concentration. The excess Te compounds (x=0.1, 0.3, 0.5, and 0.7) exhibited high electrical conductivity due to the increase in carrier concentration which come from the antisite defects Te_{Bi} to generate electrons. Thus, power factor for the x=0.1 and x=0.3 compounds are increased near the wide temperature range in comparison with the pristine compound (x=0). The figure-of-merit ZT reaches 0.92 at 473K for the x=0.1 Te excess compound owing to enhanced power factor of Te excess compound. As a result, the Te-rich condition in $Cu_{0.01}Bi_2Te_{2.3+x}Se_{0.7}$ compounds, plays a important role to enhance thermoelectric properties.

[P10-16]

GeTe계 열전재료의 미세구조: 김삼영, 이상원, 조정택, 곽재익, 김재선, *이호성 ; *경북대학교 공과대학*

Keywords:

GeTe계 열전재료는 p-형 반도체로 결정구조내 많은 Ge 공공으로 인해 높은 캐리어 농도를 가지며, 고온 입방정에서 저온 삼방정으로 2차 강유전성 천이를 한다. 격자 단위포는 축간 각이 60°에서 57.71°로 각이 줄어들고, [111] 방향으로 Ge 부격자가 조금 움직이면 GeTe는 극성을 지니게 된다. GeTe의 천이는 약 700K에서 일어나지만 다른 상과의 합금이나 도핑 레벨에 따라 천이 온도는 달라진다. GeTe는 $AgSbTe_2$, $AgBiTe_2$, Sb_2Te_3 등과 합금화함으로써 고온에서 좋은 열전 특성이 얻어진다고 보고 되고 있다. GeTe에 Bi_2Te_3의 도핑 함량을 변화시킴으로써 전자의 밴드구조에 미치는 온도와 조성의 의존성에 대한 연구도 진행되었다. GeTe에 3 mol% Bi_2Te_3과 Pb 13 mol%를 합금한 계에서 매우 높은 ZT=1.9 값이 보고되었다. Bi는 GeTe 기지에 PbTe의 용해도를 높여주었으며, 그 결과 열전도도를 매우 낮게 감소시켰다. 동시에 가전자대의 축퇴를 유도하여 전자 전달을 향상 시켜 제벡계수를 증가시켰다. 그 결과 성능지수가 크게 증가하였다. 그러나 GeTe계 열전재료의 미세구조에 대한 연구는 거의 진행되지 않았다. 본 논문에서는 GeTe에 Si과 Sb를 첨가한 GeTe계 열전재료의 미세구조에 대한 연구를 진행하였으며 그 결과에 대해 논의할 것이다.

[P10-17]

$(Ce_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 스커테루다이트의 합성 및 열전특성: 차예은, *신동길, 김일호* ; *한국교통대학교*

Keywords: Thermoelectric, Skutterudite, Charge compensation, Double filling

충진형 스커테루다이트는 격자 공극에 충진된 원자의 래틀링 효과로 인해 포논 산란을 일으켜 격자 열전도도 감소를 유도할 수 있는 열전소재이다. 충진 원자는 래틀링 효과에 의한 열적 특성의 제어뿐만 아니라 스커테루다이트 격자에 전자를 공급하여 전기적 특성까지 조절할 수 있다. 스커테루다이트 공극에 충진된 원자는 호스트 원자와 느슨하게 결합되어 열적 진동에 의해 열의 이동을 방해하고, 따라서 전하 이동특성에는 적은 영향을 주면서 상당한 열전도도의 감소와 더불어 운반자 농도의 최적화를 통해 열전성능의 향상을 기대할 수 있다. 이번 연구에서는 Ce과 Pr을 부분적으로 이중 충진하고 Fe 자리에 Co로 전하 보상한 P형 $(Ce_{1-z}Pr_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ (z = 0.25~0.75, y = 0.8, x = 0~1.0) 스커테루다이트를 밀폐 용해 방법으로 합성한 후 열간 압축성형을 통해 제작하였고, 미세조직, 상 분석, 전하 이동특성 및 열전특성을 평가하였다.

[P10-18]

밀폐용해 및 열간압축 성형으로 제조된 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y:I_m$ 고용체의 열전특성: 김혁진, *정우진, 김일호* ; *한국교통대학교*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth telluride, Encapsulated melting, Hot pressing

$(Bi,Sb)_2(Te,Se)_3$계 고용체는 상온에서 우수한 열전특성을 나타내어 열전 냉각소재로 널리 이용되고 있다. Bi_2Te_3와 Sb_2Te_3는 $-Te^1-Bi(Sb)-Te^2-Bi(Sb)-Te^1-$의 적층구조를 갖고, Te^1-Te^1사이의 약한 van der Waals 결합으로 인해 c축에 수직인 기저면을 따라 벽개면이 쉽게 형성된다. 3원계 $Bi_2Te_{3-y}Se_y$ 고용체의 경우 Se이 열전특성에 미치는 영향에 대해서는 많이 연구되었지만, 4원계 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$ 고용체의 경우 Sb와 Se에 대한 효과는 보고가 많이 없다. 이번 연구에서는 밀폐용해 및 열간압축 성형으로 제조된 n형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y:I_m$ (x = 0.1~0.2, y = 0.15~0.3, m = 0.005~0.0075)에 대해 열전특성에 미치는 I의 도핑효과를 평가하였다.

[P10-19]

열간압출 공정으로 제작된 P형 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3:Cu_{0.003}$의 열전특성: *정우진, 김일호* ; *한국교통대학교*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth telluride, Encapsulated melting, Hot extrusion

Bi_2Te_3계 화합물은 상온영역에서 우수한 열전성능을 나타내어 고체 냉각소자로 이용되고 있다. Bi_2Te_3는 $-Te^1-Bi-Te^2-Bi-Te^1-$의 순서로 c축으로 적층된 능면체 구조를 가지며, Te^1-Te^1 사이의 약한 반 데르 발스 결합으로 인해 c축에 수직인 기저면을 따라 벽개면이 존재한다. Zone melting, Bridgman, Czochralski 방법과 같은 일방향 결정성장 방법은 a축을 따라 우수한 특성을 나타내지만, 시간과 에너지 소비가 크고, 벽개면을 따라 기계적 특성이 취약하다. 그러나 열간압출은 공정 동안 강한 변형으로 인해 우선 성장방향과 매우 치밀한 미립자의 미세조직으로 기계적 특성과 열전특성을 향상시키는 매우 유용한 공정이다. 또한 열간압출에 의해서 결정립 미세화 및 c축으로 편향된 열전재료를 얻을 수 있다. Bi_2Te_3계 화합물에 대한 P형 도펀트 중에서 Cu는 양성(amphoteric) 거동을 보이는 흥미로운 원소이다. Cu가 반 데르 발스 갭에 삽입(intercalation)되면 도너로 작용하고, Bi 자리에 치환(substitution)되면 억셉터로 작용한다. 본 연구에서는 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te3:Cu_{0.003}$ 고용체를 밀폐용해로 합성하고 열간압출로 성형하였다. 압출시편의 미세조직, 결정 방향성, 기계적 특성, Cu 도핑효과 및 열전특성을 평가하여, 열간압축 성형으로 제작한 시편의 특성과 비교하였다. 723 K에서 압출한 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3:Cu_{0.003}$이 373 K에서 최대 성능지수 ZT_{max} = 1.0과 평균 성능지수 ZT_{ave} = 0.98을 나타내었다.

[P10-20]

부분적으로 이중 충진된 P형 $(Nd_{1-z}Yb_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 스커테루다이트의 합성 및 열전특성: *신동길, 김일호* ; *한국교통대학교*

Keywords: Thermoelectric, Skutterudite, Partial double filling, Charge compensation

스커테루다이트(skutterudite)계 화합물은 PGEC(phonon-glass and electron-crystal) 개념에 의한 열전도도의 감소 및 높은 전하 이동특성을 갖기 때문에 중·고온 영역에서의 열전발전 응용에 있어서 우수한 열전재료이다. 스커테루다이트는 RM_4X_{12}(R : 충진원소, M : 천이원소, X : 니코젠원소) 조성식을 갖고, 공극에 충진원소의 충진을 통해 격자 진동을 유발하여 격자 열전도도의 감소를 도모할 수 있으며, 천이원소의 치환을 통해 전하 이동특성을 향상시켜 전기적 특성을 개선시킬 수 있다. 또한 두 가지 이상의 원소를 충진할 경우 더 넓은 범위의 포논 산란을 통해 격자 열전도도를 더 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 높은 성능지수를 얻을 수 있다. 이번 연구에서는 p형 $(Nd_{1-z}Yb_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ (z = 0.25~0.75, y = 0.8, x = 0.8~1.0) 스커테루다이트를 밀폐 용해와 열처리를 통해 합성하고, 열간 압축성형하여 Nd와 Yb의 이중 충진과 Co 전하보상량 변화에 따른 미세구조, 전하 이동특성 및 열전특성을 조사하였다. 스커테루다이트 상과 함께 $FeSb_2$ 상이 형성되었지만, Co 치환량 증가에 의해 $FeSb_2$ 상 형성을 억제할 수 있었다. 측정 온도 범위에서 축퇴반도체 거동과 p형 전도특성을 보였고, Nd와 Yb의 원자가 차이 때문에 충진 비율 변화에 따라 전하 이동특성이 변화하였다. 또한 Co 전하보상량이 증가함에 따라 운반자 농도가 감소하여 전기전도도가 감소하고, 제벡계수는 증가하였다. Nd와 Yb의 이중 충진을 통해 포논 산란이 개선되어 격자 열전도도가 감소하여 낮은 열전도도를 보였지만, 완전 충진한 시편과 비교하여 부분 충진에 의한 격자 열전도도 감소 효과는 크지 않았다. $(Nd_{0.75}Yb_{0.25})_{0.8}Fe_3CoSb_{12}$가 723 K에서 ZT = 0.83의 최대 성능지수를 보였다.

[P10-21]

EM-HP 공정으로 합성된 P형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_3:Cu_m$ 고용체의 열전특성: *정우진, 김일호* ; *한국교통대학교*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth telluride, Encapsulated melting, Hot pressing

Bi_2Te_3계 화합물은 상온영역에서 우수한 열전성능을 나타내어 고체 냉각소자로 이용되고 있다. Bi_2Te_3는 -Te^1-Bi-Te^2-Bi-Te^1-의 순서로 c축으로 적층된 능면체 구조를 가지며, Te^1-Te^1 사이의 약한 반 데르 발스 결합으로 인해 c축에 수직인 기저면을 따라 벽개면이 존재한다. Bi_2Te_3계 화합물에 대한 P형 도펀트 중에서 Cu는 양성(amphoteric) 거동을 보이는 흥미로운 원소이다. Cu가 반 데르 발스 갭에 삽입(intercalation)되면 도너로 작용하고, Bi 자리에 치환(substitution)되면 억셉터로 작용한다. 본 연구에서는 $Bi_{2-x}Sb_xTe_3:Cu_m$ (x = 1.5~1.7, m = 0~0.003) 고용체를 밀폐용해로 합성하고 열간압축으로 성형하였다. 모든 시편은 P형 전도성을 나타내었고, 온도가 증가함에 따라 전기전도도가 약간 감소하는 축퇴반도체의 특성을 보였다. Sb 고용량과 Cu 도핑량이 증가함에 따라 캐리어 농도의 증가로 전기전도도가 증가하였고, 제벡계수는 전기전도도와 반대 경향을 보였다. Cu를 도핑하지 않은 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$가 323 K에서 ZT_{max} = 1.14의 성능지수를 보였고, Cu가 도핑된 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3:Cu_{0.003}$이 373 K에서 ZT_{max} = 1.26의 성능지수를 보였다.

[P10-22]

Observation of the Magnetic Property of a Sol-Gel Synthesized $Y_3Fe_5O_{12}$ by a Mechanical Pressing Process: *Min-Sun Jang, Im-Jun Roh[1], Jungmin Park, Won Jun Choi[1], Seung-Hyub Baek[1], Sung Soo Park[1], Jung-Woo Yoo, Ki-Suk Lee ; *UNIST. [1]KIST.*

Keywords: Sol-gel, Yttrium iron garnet, Thermoelectric materials, Microstructure

Recently, a ferrimagnet insulator-$Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG) has been attracted much attentions since its distinguished magnetic properties which can be used to spin-thermoelectric materials. A variety of fabrication methods have been developed to fabricate YIG; typically, pulsed laser deposition, RF/DC sputtering, and spin coating are reported. However, the significant proportion of YIG manufacturing methods is an epitaxially grown YIG with a $Gd_3Ga_5O_{12}$ (GGG) substrate. But the high cost of GGG substrates has inspired attempts to replace or remove the GGG substrate, and a variety of alternatives to GGG have been introduced. Here, we fabricated YIG using the sol-gel synthesis that allows the synthesis of fine and homogeneous ceramics, as well as pure metal oxides, with high efficiency and at low temperature is a conventional method for metal oxide materials. To improve magnetic properties for spin-thermoelectric applications, we optimized the heat treatments in our sol-gel synthesis. We found that the crystallization was completed by a calcination process above 850°C and not only increased the size of the YIG particles and the densification of their microstructure but also enhanced their saturation magnetization (M_s) and dramatically reduced their coercivity (H_c) through sintering process at 1400°C. To prepare a free-standing YIG fillet sample, a mechanical pressing process was carried out between two heat treatments, a calcination and a sintering process. Surprisingly, our mechanical pressing process enhanced by almost three times without an associated reduction in H_c. From the analysis of the x-ray photoelectron spectroscopy, it has been understood that that the pressing and sintering process increases the degree of oxidation as well as the density of the microstructure. From this study, we pave the way to fabricate standalone YIG sample with high enough magnetic properties for spin caloritronic devices.

[P10-23]

Chemical synthesis and characterization of Nanocrystalline Bismuth Telluride: *Da-Hye Kim[1], Hyun-Ju Cho[2], Seungwoo Han[3], Yongseong Kim[2] ; *[1]University of Science and Technology (UST)/KIMM. [2]Kyungnam University. [3]Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM).*

Keywords:

Thermoelectric energy technology which is a source of new and renewable energy and can reduce environmental pollution is being taken center stage. Thermoelectric materials of nanostructures are known to improve the thermoelectric figure of merit (ZT) and research on nanostructure control synthesis of thermoelectric materials has been actively conducted. In this study, Bi_2Te_3 nanoparticles of 70 ~ 90 nm were synthesized by using thiolate-capped nanoparticles synthesis method to control size of Bi_2Te_3 nanoparticles. Exact stoichiometric ratio of Bi and Te is known to have a significant impact on the thermal performance. So, when the synthesis was made, thermoelectric material was produced with a precise stoichiometric ratio using by various synthesis conditions which are temperature, environment, and time. Also, in order to increase the thermoelectric performance, residual organic ligands of Bi_2Te_3 nanoparticles which made in synthesis process were removed by thermal annealing. A structural analysis was carried out on the thin film of Bi_2Te_3 nanoparticles using the SEM-EDS, XRD and XPS.

[P10-24]

Antimony telluride thin films prepared by spray coating method: *cho hanki, SeungwooHan[1] ; *Korea Institute of Machinery and Materials/Chungnam National University.* [1]*Korea Institute of Machinery and Materials.*

Keywords: Antimony Telluride, Thermoelectric thin films, Power factor, Electrical conductivity, Seebeck coefficient, Thermal conductivity

Thermoelectric materials have received recently attention due to their ability to convert energies between heat and electricity directly. The performance of thermoelectric materials is indicated by the figure of merit (ZT). It is a dimensionless quantity. Which is given by $ZT = S^2\sigma T/\kappa$, Where σ is electrical conductivity, S is seebeck coefficient, κ is thermal conductivity and T is absolute temperature. Thermoelectric thin films have been researched due to the flexibility and high performance. Flexible thermoelectric modules using body heat get attention as a power source for wearable device as wearable technology industry grows. Since flexible thermoelectric modules can also be attached to the curved surface, they can be used to obtain power efficiently from heat source having various shapes. In this paper, Sb-Te thin films were deposited by spray coating method. Sb-Te thin films were deposited on silicon and polyimide substrates. We evaluated the substrate effects of Sb-Te thermoelectric thin films. We determined crystalline structure of thermoelectric thin films through the XRD. We investigated particle size of Sb-Te thin films and composition ratio through the SEM-EDAX. Seebeck coefficient (IPM, Fraunhofer) of thermoelectric thin films is also evaluated using the generated electrical voltage by temperature difference between hot and cold sides of thermoelectric thin film. Electrical conductivity (Ecopia) is measured by hall measurement method. We can evaluate the power factor of Sb-Te thin films.

[P10-25]

Thermoelectric Applications in Vehicles : Air cooling system and waste heat recovery system: *Sae Rom Seo, Seungwoo Han ; *Korea Institute of Machinery and Materials.*

Increased concerns over vehicle fuel economy and emissions of carbon dioxide have amplified the search for new technological advances. Unfortunately, conventional air conditioning systems are impossible to apply to eco-friendly vehicles. Moreover, 40% of the fuel consumption is last as waste heat in the form of hot exhaust gases. One possible way to solve these problems is to use a thermoelectric (TE) module which can directly convert heat into electricity. The thermoelectric module is only available environmentally friendly and miniature-sized system for vehicles. The purpose of this study is to design and fabricate a thermoelectric air cooling system and waste heat recovery systems from an exhaust pipe. The thermoelectric air cooling (TEAC) system is composed of heat sinks, fans and TE modules. The optimum TE modules are chosen by analyzing maximum amount of heat absorption and temperature difference between cold side and hot side of the TE modules. To decrease height of the system, the height of heat sink and fan is 5 mm and 15 mm, respectively. The system is tested in insulating chamber and an experimental car. A thermoelectric waste heat recovery (TEWHR) system is composed of one TE module and two heat exchangers. One of the heat exchangers is Al plate to extract waste heat from exhaust pipe. The other is Cu heat sink to decrease the temperature at the other side of TE module. The TEWHR systems are installed on a heat protector, a form of exhaust heat management. The heat protector with the systems is attached to an exhaust pipe. Through the connection between TEWHR system and TEAC system, the TEWHR system can supply TEAC system with electric power.

[P10-26]

Micro thermoelectric generator using flexible substrate: *Su Hyeon Lee, Chang-Soo Woo, Seungwoo Han ; *Korea Institute of Machinery and Materials.*

Keywords: Flexible thermoelectric generator, Vertical-type device, bismuth telluride, antimony telluride, thermoelectric thin-films

Traditional battery is short lifetime and needed to be charged. So, alternative power source is needed to alternate traditional battery. Varieties of energy harvesting are solar cells, piezoelectric power generator and thermoelectric generator (TEG), etc. Among them, Heat can be converted to electricity by using TEG. It is called Seebeck effect. The TEG can generate electrical current by the temperature difference between hot and cold sides of the TEG. TEG having hard ceramic substrate is limited to use heat source of various shape. For example, the pipes of most power generating plants and human body has considerable curvature [1]. Therefore study on flexible TEG is

needed in order to use heat source of various morphology. We make micro TEGs using flexible substrates. Electrodes are made of Cu and Au by electroplating method. Thermoelectric legs are formed using bismuth telluride (N-type) and antimony telluride (P-type) thin-films by co-evaporator. The polydimethylsiloxane (PDMS) is filled between legs of flexible TEG. By applying a temperature difference both side of electrodes, power generation performance of flexible TEG is evaluated and maximum power output is obtained. [1] Je-Hyeong Bahk, Haiyu Fang, Kazuaki Yazawa and Ali Shakouri, 'Flexible thermoelectric materials and device optimization for wearable energy harvesting', J.Mater. Chem. C, 2015, 3, 10362

P11 : 열처리
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P11-1]
Fabrication of Rare-Earth Oxides Film Using High Pressure Oxygen Annealing Process: *Sunggue Heo, Hessan Khalid, Won Sik Yang, Bum Sung Kim, Taek-Soo Kim, Soong Keun Hyun[1], Seok-Jun Seo ; *Korea Institute of Industrial Technology. [1]INHA University.*

Keywords: Hydrophobic, Rare Earth Oxide, Solution Process, Thin Film, High Oxygen Annealing Process

The unique electronic configuration of rare-earth oxides coating could provide robust hydrophobic properties. The rare-earth oxides are more durable against high temperature and mechanical abrasion as compared to typical polymer based hydrophobic coatings. The hydrophobic rare-earth oxide coatings are generally prepared by vacuum process such as sputtering and atomic layer deposition (ALD). In this study, we report the fabrication of rare-earth oxides film using high pressure oxygen annealing process. Normally solution process is a simple and low cost pathway with high throughput but films fabricated by this process contain defects and impurities and therefore needs a high temperature heat treatment. We investigated the effects of pressure oxygen annealing by contact angle measurement and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and optimize the properties

[P11-2]
Ni-Cr-Mo강 열간단조 샤프트의 파손원인분석: *이영민, 김동배, 김주업, 유가영, 김봉고, 정상인[1] ; *(재)대구기계부품연구원. [1]현진소재(주).*

Keywords: Heat treatment, Hot forging, SNCM, Segregation, Failure Analysis

조선, 풍력, 화학/발전플랜트용 부품은 설비의 대형화에 따라 점점 대형화 되고 있다. 이러한 대형 부품의 경우 제조시간이 장시간 요구되며 파손 등 불량 발생시 손실도 커 세심한 주의가 필요하다.대형 단조품의 파손은 사용과정에서의 파손과 제조공정상의 결함이 있으며, 제조공정상의 결함 유형은 기공, 편석 등 원소재에 기인한 결함, 성형 및 열처리 불량에 기인한 결함 등이 있다. 특히 대형 제품의 경우 잉곳 사이즈가 크기 때문에 부위별 편석도도 높고 그에 따른 열처리 특성의 불균질성 우려도 커 보다 세심한 주의가 요구된다. 본 연구에서는 발전 플랜트용 대형샤프트를 열간단조-노말라이징-가공-침탄경화열처리 공정을 거쳐 제조하는 과정에서 내부 균열이 발견되어 그원인을 분석하고 재발 방지를 위해 파손원인분석을 실시하였다.

[P11-3]
2Cr-0.2Mo 강의 ?칭-템퍼링 시 냉각속도, 온도 및 시간에 따른 미세조직과 기계적특성의 변화: *김봉고, 김주업, 이락규, 김동배, 이영민, 이재현[1] ; *(재)대구기계부품연구원. [1]창원대학교.*

Keywords:

대형 선박용 엔진부품은 Cr-Mo 합금강을 이용하여 열간단조, 가공, 열처리 공정을 통해 제작되고 있다. 최근 고출력화, 대형화 추세에 대응하여 고강도, 고인성 특성을 확보하기 위한 합금의 개량과 열처리 기술의 개발이 진행되고 있다. 따라서 기존 소재보다 경화능을 높이는 합금의 적용이 확대되고 있다. 특히 대형 제품의 ?칭-템퍼링 열처리 시 충분한 경화능을 확보하면서도 균열에 안정한 열처리 공정의 확보가 반드시 요구된다. 본 연구에서는 대형선박용 엔진부품으로 사용되는 2Cr-0.2Mo 강을 이용하여 ?칭 시 냉각속도가 미치는 영향과 다양한 템퍼링 조건에 따른 미세조직 및 기계적특성 변화를 알아보았으며, 특히 템퍼링 공정 조건의 표준화를 위해서 Hollomom-Jeffe Parameter를 이용하여 Temper Parameter Curve를 도출하였다.

[P11-4]
오스테나이트계 스테인레스강의 가공변형율에 따른 저온진공침탄 효율 연구: *송영하, 김규식, 임재훈[1], 김준호 ; *한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [1](주)BMT.*

Keywords: 저온진공침탄, Expanded austenite, S-phase, 자연산화막, Low pressure carburizing

스테인레스강의 장점인 내식성을 유지하며 기계적 물성을 올리기 위해 개발된 expanded austenite (S-Phase)의 경우 재료의 가공변형을 고려하지 않고 expanded austenite의 생성과 그 물성에 초점을 맞춰 연구되어졌다. 하지만 일반적인 부품은 기계적 가공이 필수적으로 포함되기 때문에 가공변형 정도에 따라 변하는 공정효율과 그 이유에 대해 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 소재의 변형율에 따른 저압침탄층의 효율에 대해 연구하였으며 연구에 사용된 오스테나이트계 스테인레스강STS316L소재는 인발공정을 통해 15%, 30%, 그리고 60%로 변형을 주었다. Expanded austenite층을 생성시키기 위한 저압침탄공정은 470도에서 아세틸렌과 수소를 사용하여 수행되었으며 소재의 변형율에 따라 동일한 처리조건에서 expanded austenite층의 형성 한계와 경도변화에 대해 연구하였다. 이러한 원인을 밝히기 위하여 TEM(Transmission Electron Microscope), EBSD(Electron Backscatter Diffraction) 그리고 GD-OES(Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy)를 통해 변형율에 따른 오스테나이트계 스테인레스강의 자연산화막과 조직의 변형 그리고 침탄농도를 분석하였으며 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 활용하여 동일한 공정온도에서 생성된expanded austenite층과 비교하여 확인하고자 하였다.

[P11-5]

고온 침탄 열처리 전 Pre-Nitriding 처리가 결정립 성장 억제에 미치는 영향: *신현정, 김동배, 노정석, 박상하, 김주업, 이호성[1]; *(재) 대구기계부품연구원. [1]경북대학교.*

Keywords: 고온침탄, Pre-Nitriding, Pinning Force, 결정립 성장, 복합 열처리

열처리산업은 에너지소비량이 높은 에너지 소비형 산업으로 환경·에너지 규제에 대응역량이 취약하여 환경부하·에너지 절감을 위한 친환경·첨단화 공정 및 설비, 소재 개발이 요구되고 있다.에너지 소비를 줄이기 위해 처리온도를 높이고, 시간을 낮추는 침탄열처리를 실시하고 있나 높은 처리 온도는 결정립 조대화를 일으켜 제품의 취성과 변형을 발생시키고 있다. 이같은 단점을 극복하기 위하여 최근 침탄처리 강에 미량의 Nb, V을 첨가하여 결정립 계면에 C, N를 석출/고용시켜 발생된 Pinning Force로 결정립 성장을 억제하는 기술이 개발되었다. 본 연구에서는 위과 같은 Pinning Force를 얻기 위하여 초기 열처리 단계에서 암모니아를 투입하는 Pre-Nitriding 처리를 실시하여 금속표면에 침투된 석출/고용(C, N)물의 종류와 크기에 따라 발생된 Pinning Force가 탄소 확산과 결정립 성장 억제에 미치는 영향을 고찰하였다.

[P11-6]

기계적 성질의 개선을 위한 AlSiCu 합금의 이단계 고용화 열처리: *박상규, 김정석[1]; *조선대학교 첨단소재공학과. [1]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Al alloy, AlSiCu, spheroidizing, Solution treatment

본 연구는 자동차용 경량화를 위한 알루미늄 합금의 이단 열처리의 기계적 성질에서 영향에 대해 연구하였다. 본 연구에서 고용화 열처리는 단일단계 열처리와 이단계 고용화 열처리를 통해 기계적 성질을 개선하기위해 적용되어졌다. 열처리 온도는 첫번째 고용화 열처리 온도를 485, 495°C로 설정하고 두번째 열처리 온도는 515, 525°C로 설정하였다. AlSiCu 주조 시험편의 미세조직은 40 μm 의 이차 수지상 가지간격을 가진 전형적인 수지상정 구조를 나타내었다. 게다가 Al 기지에서는 다량의 조대한 공정 Si, 금속간 화합물 Al2Cu 상, Fe-rich 상들이 존재하였다. 이단계 고용화 열처리 합금의 기계적 성질은 as-cast 와 단일단계 고용화 열처리 시험편보다 높은 값을 나타낸다. 결과적으로 이단계 고용화 열처리는 자동차 부품의 기계적 성질을 개선하는데 응용되어질 수 있다.

감사의글: 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2008-0062283)

[P11-7]

In a study of corrosion resistant of gas oxynitriding and gas nitriding for AISI 4140 steel: *손석원, 주형준, 이원범 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: 저압질화, 산질화, 질화물층, 산질화물층, 내식성

구조용 소재로서 널리 응용되고 있는 강 소재의 표면처리는 재료의 내식성 향상을 위해 Gear, Shaft등의 분야에 적용되고 있다. 저압질화와 산질화 처리를 통해 기계구조용 합금강은 내식성이 향상 될 수 있고, 향상된 내부식성은 소재에 경쟁력을 부여할 수 있다. 소재의 내식성 향상은 부식제에 의한 표면 부식반응을 방지하는 것에 기인 할 수 있고, 이 현상은 산질화에 의해 치밀한 산화물층(Fe_3O_4)이 형성되어 부식전위를 높임으로써 이루어 질 수 있다고 보고되었다. 본 연구에서는 저압질화와 산질화 처리에 의한 질화물층과 산화물층을 형성하여 소재의 내식성을 향상시키고자 하였고, 질화물층과 산질화층이 표면에 형성되었을 때 소재에 미치는 내식성 향상을 염수분무 시험을 통하여 관찰하였다. 저압질화는 550°C에서 진행하였으며, 산질화는 저압질화 공정 후 450°C에서 진행하였다. 모재시편, 저압질화 시편, 산질화 시편을 표면경도, 단면경도, OM 조직사진을 측정하였고, 저압질화는 질화시간이 길어짐에 따라 내식성이 감소하지만 산질화를 공정을 통해 내식성이 크게 향상되는 효과를 염수분무 시험을 통해 관찰할 수 있었다. 한편, XRD, SEM을 이용한 질화물층 또는 산화물층 측정을 통하여, 질화물층, 산화물층과 내식성에 대한 관계에 대해 고찰하였다.

[P11-8]

Wedge 연속압입시험을 활용한 잔류응력 방향성 평가: *이준상, 안희준, 김종형, 최성기, 권동일 ; *서울대학교.*

Keywords: 잔류응력, 연속압입시험, Wedge, sharp indenter

실사용 구조물의 용접부 잔류응력은 구조물의 같이 구조건전성에 영향을 주는 주요한 요인중 하나이며, 이를 평가하기 위해 파괴적인 기법 이외에 현장에서 적용 가능한 비파괴적 시험법인 계장화 압입시험(IIT)이 활발히 연구되고 있다. 기존의 vickers 압입자를 이용한 x,y 방향 잔류응력 크기 합을 구하는 방식에 비등방 압입자인 knoop를 적용하여 방향별 성분으로 나눠 주는 연구가 진행되었다. 하지만 잔류응력 방향성의 평가를 위해 비등방 압입자를 활용하여 4 회의 방향별 압입이 필요하여 충분한 압입 면적의 확보가 필요하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 주응력방향 예측에 필요한 압입면적을 줄이기 위한 방안으로 wedge압입자를 도입하여 잔류응력 방향성 평가를 수행하였다.

[P11-9]

시효처리된 Haynes 282 초내열합금의 미세조직 인자와 고온 크리프 특성의 상관성: *신경용, 공병욱[1], 강성태[1], 홍현욱* ; *창원대학교 [1]두산중공업.*

Keywords: aging heat-treatment; high-temperature tensile test; creep test; deformation characteristics;

전세계적으로 CO_2 저감과 화력발전소의 발전 효율을 증가시키기 위해 국내외에서 증기터빈의 작동온도와 압력조건을 극초임계압(HSC)조건인 700°C/300bar 이상으로 높여 운영하고자 노력한다. 지금까지 로터는 최대 운전온도 670°C 의 한계를 가지는 오스테나이트 합금을 사용하고 있다. 하지만 극초임계압 로터 소재는 700°C 이상의 증기 조건에서 견뎌야 하는 소재로 현재 초내열합금이 고려되고 있는 상태이다. 지금까지 선정된 극초임계압 로터용 후보소재로는 Alloy 263, Haynes 282, Inconel 740H이며, 대표적인 Ni계 석출경화형 초내열합금이다. 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. 본 연구에서는 용체화처리 후 냉각속도와 시효처리 차이에 따른 γ′상과 입내, 입계 석출물의 형성을 미세조직 멀티스케일 분석을 하였다. 또한 상기 열처리에 따라 750°C 크리프 특성을 확인하여 미세조직 인자와의 상관성을 해석하고자 하였다. 2단 시효(상용 열처리) 처리시 γ′상 크기는 17 nm 였고 구형(spheroidal)임을 관찰하였다. 이에 반해 1135°C 용체화 처리후 냉각 속도가 느릴수록, 800°C에서 1단 시효처리시 γ′상이 11 nm에서 최대 42 nm까지 조대화됨을 관찰하였다. 750°C/350 MPa 조건에서 크리프 시험을 실시하였으며, γ′상이 초기 42 nm로 가장 큰 노냉처리된 1단 시효의 조건에서 가장 우수한 크리프 수명을 확인하였다. 반면, 수냉처리된 1단 시효의 조건에서는 크리프 수명이 가장 짧았으나, 변형속도가 가장 낮음을 관찰하였다. 한편, 통상의 2단 시효처리 대신 새롭게 제안한 1단 시효처리할 경우, 우수한 크리프 특성을 확인하였다. 1단 시효처리와 2단 시효처리 모두 입계파단이 발생하는 것을 관찰하였다. 특히, 1단 시효처리의 경우 가장 우수한 크리프 수명을 보였던 노냉의 경우 입계파단 뿐만 아니라 입내에 quasi-cleavage가 형성되었음을 고찰 하였다. 따라서, 열처리 조건에 따른 γ′상이 석출 거동과 인장 및 크리프 변형거동을 해석하여 이들간의 상관성을 도출하고자 하였다.

[P11-10]

차압주조된 A356 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 인공시효처리의 영향: *김민수, 김상원, 곽기훈[1], 김대업 ; *한국생산기술연구원, [1]명화공업 기술연구소*

Keywords: 차압주조, A356 합금, 인공시효, 기계적 성질, 미세조직

최근 자동차 연비 및 환경규제에 따라서 차체 경량화를 위한 알루미늄 합금의 활용도가 높아지고 있으며, 이러한 알루미늄 합금 기반의 경량 부품 제조를 위해서 다이캐스팅, 중력주조, 저압주조, 차압주조 등 다양한 알루미늄 주조공법이 활용되고 있다. 이중 차압주조는 주조시 용탕부와 주조금형부를 동시에 가압한 후, 용탕부 압력을 높여 금형에 용탕을 충진하는 주조공법으로서 높은 가압력에 의해 용탕/금형계면 열전달이 빠르며 수축결함이 적고, 사이클 타임이 중력주조 및 저압주조에 비해 짧기 때문에 생산성 및 품질 측면에서 가장 진보된 공법이다. 대표적인 자동차 부품용 알루미늄 합금인 A356의 경우, 주조 후 T5 (인공시효처리) 혹은 T6 (용체화처리-인공시효처리) 열처리를 통해 미세조직을 제어하여 기계적 성질을 향상시키는 것이 일반적이다. 이때, As-cast 상태의 미세조직은 주조 공법에 따라 달라질 수 있기 때문에 동일한 합금이라도 최적의 물성치를 얻기 위한 열처리 조건은 주조공정에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 차압주조를 통해 생산된 A356 합금의 최적의 시효처리 조건을 도출하고자 150~190°C 의 열처리 온도 범위 및 6~9시간의 열처리 시간 범위 내에서 인공시효처리를 수행하고, 열처리 조건에 따른 인장강도 및 연신율을 측정하였다. 또한 열처리 조건에 따른 기계적 성질의 변화를 이해하기 위해서 실험 조건별 미세조직 변화를 분석함으로써, 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 인공시효처리의 영향을 고찰하였다.

[P11-11]

수소 분위기 소결 공정을 통한 고밀도·고경도 타이타늄 소결체의 제조: 구자건, 오정민, *임재원 ; *전북대학교 신소재공학부*

Keywords: Titanium, Sintering, Hydrogen, Density

고밀도 타이타늄 소결체를 얻기 위해서는 고진공 분위기에서 소결이 이루어지는 것이 일반적인 방법이다. 하지만 고진공 분위기는 산업현장에서 대량생산 및 운용에 경제적인 어려움이 따르기 때문에 고진공 분위기를 대체하는 불활성 가스 분위기에서의 소결방법이 사용되어진다. 일반적으로 아르곤 분위기에서 진행되는 소결 공정은 시편과 산소와의 접촉이 불가피하며, 이는 고온에서 산소와의 반응으로 인해 타이타늄 소결체의 산화를 야기한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 본 연구에서는 타이타늄 분말의 소결 시 공정 분위기의 수소 투입을 통해 산소 농도 증가를 억제하여 소결 특성을 향상시키고자 하였다. 연구 결과, 타이타늄 분말의 소결 중에 아르곤과 수소의 주입 시기 조절을 통해 수소 분위기 열처리가 가능한 새로운 공정을 개발하였고, 이를 통해 얻어진 타이타늄 소결체의 밀도 및 경도의 향상을 확인할 수 있었다.

P12 : 주조 및 응고
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P12-1]
마그네슘 페스크랩을 이용한 리사이클링 공정에 적용할 수직식 주조와 경동식 주조의 주조해석을 통한 비교연구: *이석배, 오동현, 전민우, 김현식[1], 예대희[2]; *(재) 한국화학융합시험연구원. [1](주)HS고산. [2](사) 한국마그네슘기술연구조합.*
Keywords: 마그네슘, 리사이클링, 주조해석, 경동식주조, 폐스크랩

압출 공정에서 생산되는 스크랩은 원소재의 10~15 %를 차지하고 있으며, 압출유 및 기타 금속칩의 함유로 인하여 직접 사용하지 못하고 별도의 리사이클링처리를 하여야 함. 주조공정에 적용할 최적의 주조법의 도출은 다양한 시제품 제작을 통하여 가능하나, 주조해석을 통하여 시간과 비용을 절약할 수 있음. 본 연구에서는 마그네슘 폐스크랩을 이용한 리사이클링 공정에 적용할 수직식 주조법과 경동식 주조법을 상용 주조해석 프로그램인 'Anycasting'을 통하여 비교하였음. 일반적으로 와류 발생이 증가하면 산화물의 발생 및 혼입 가능성이 높아지며, 또한 기포 고립으로 인한 내부 기공이 발생할 가능성이 높아짐. 또한 중력 수축공이 깊어지면 공정의 loss가 감소하기에 상기요인을 최소화할 필요성이 있음. 주조해석 결과 경동식 주조법이 '와류 발생 측면'과 '중력 수축공 깊이'에서 수직식 주조법보다 우수함을 확인하였으며, 경동식 주조법에서도 tilting condition에 따른 최적화를 통하여 마그네슘 폐스크랩을 이용한 리사이클링 공정에 적용할 조건을 도출하였음.

[P12-2]
방향성응고와 상온 인발가공에 의한 Zn-Al 합금의 기계적특성 변화 연구: *권순철, 정해창[1], 김민수[1], 안지혁[1], 한승전[1], 이재현 ; *창원대학교. [1] 재료연구소.*
Keywords: Directional solidification, Drawing, High strength, High ductility Eutectic, Zn-Al alloy

Zn-Al 합금은 아연 상과 알루미늄 상이 Lamellar structure를 형성하는 공정합금이다. Zn-Al합금을 고주파 유도용해로로 주조하여 공정상을 생성시킨 후 Bridgeman 법으로 일방향응고 시킨 후 상온 인발가공을 하였다. 일방향 응고된 시편의 경우 일반주조 시편에 비해 가공성이 향상되었고, 추가적으로 Cu가 첨가된 시편의 경우 인발 후 강도와 연성이 동시에 향상되었다. 일방향 배열된 공정조직이 인발이 진행됨에 따라 인발방향으로 배향되었고, 공정상의 간격이 감소함에 따라 강도뿐만 아니라 연신율이 증가되는 현상이 나타났다. 일방향응고 후 상온 인발가공에 의해 Zn-Al-Cu합금의 인장강도 210 MPa, 연신율 40%가 달성되었다.

[P12-3]
연속주조 특성을 고려한 고용질 알루미늄 합금 압출 및 기계적 특성 평가: *김진평, 김세훈, 신재혁, 최재영, 성시영, 한범석, 김명균[1]; *자동차부품연구원. [1] 포항산업과학연구원.*
Keywords: 10% solute element, Alloy design, continuous casting, extrusion, aluminum wrought alloy

알루미늄 합금은 자동차, 항공기, 군수분야 등의 수송기기 뿐만 아니라 건축자재, 디스플레이, 모바일 등의 많은 수요산업을 확보하고 있다. 특히 수송기기 분야에서는 환경 및 에너지 문제가 부각이 되면서 배기가스 저감 및 연비향상을 위해 경량소재에 대한 연구가 집중되고 있으며, 최근 알루미늄 수요산업에서는 고강도, 고연성 등이 향상된 고품질, 고성능 소재가 요구되고 있다. 이러한 알루미늄 합금의 성능을 향상시키기 위해 합금설계 및 제조공정에서는 첨가되는 합금원소의 수와 양을 증가하여 기계적 특성을 높이려는 연구를 하고 있다. 그러나 원소의 농도가 증가함으로써 응고시간 지연에 따라 응고편석, 주상정 조직, 조대한 정출물, 크랙, 기포 등의 결함이 발생하여 특성발현에 한계를 나타내고 있다. 본 연구에서는 용질원소가 10% 이상 함유한 알루미늄 합금을 설계하여 연속주조 공정을 통한 빌렛을 제조하였으며, 제조된 연속주조 빌렛을 200 ton 직접 압출기를 이용하여 압출을 진행하고 압출재의 기계적 특성을 평가 하였다.

[P12-4]
고속도 공구강 DED 적층공정의 온도 및 잔류응력 분석을 위한 유한요소 시뮬레이션: *하경식, 전종배, 심도식[1], 문영훈[2], 이욱진 ; *한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [1] 한국생산기술연구원 그린가공공정그룹. [2] 부산대학교 기계공학부.*
Keywords:

금속 적층제조 공정은 분말, 와이어 등 다양한 형태의 금속재료를 용융 혹은 소결하여 층 단위로 단면을 제조하고 이를 쌓아올려 입체구조물을 제작하는 공정으로 최근 금속소재의 "Mass Customization" 생산체제에 가장 근접한 제조기술로 주목받고 있다. 다양한 금속 적층제조 공정 중 DED(Directed Energy Deposition) 공정은 파우더 및 와이어 형태의 원소재를 레이저 등의 열원을 통하여 용융하여, 이를 통해 원하는 형상을 직접 적층하여 제조하는 공정이다. 한편 DED 적층공정은 공정중 국부적 입열/용융과 이로 인한 빠른 열전달 및 급속 냉각 효과로 인해 큰 열구배가 발생하며, 높은 열응력에 의해 적층부간 박리, 균열현상이 발생하는 경향이 있기 때문에 온도 및 잔류응력의 분석이 매우 중요한 공정이다. 하지만 공정 특성상 용융 및 응고가 짧은 시간에 국부적으로 이루어 지기 때문에 온도 변화를 실험적으로 분석하는데 큰 어려움이 있으며 온도변화와 응력형성이 많은 수의 공정인자에 영향을 받기 때문에 실험적으로 모든 공정인자의 효과를 상세하게 분석하는 것은 거의 불가능하여 시뮬레이션을 통한 공정중 온도 및 응력변화 거동을 분석하는 것이 매우 필요한 실정이다. 본 연구에서는 금속 레이저 직접 적층 공정의 온도 및 잔류응력 거동을 시뮬레이션을 통해 모사하기 위한 기초 연구의 일환으로 단일패스 적층공정을 유한요소 모델링 하였다. 금속적층공정에서 공정중 적층되어

소재가 추가됨에 따라 일어나는 형상변화를 Element Birth & Death기법을 활용하여 모사하였으며, 금형강 소재에 고속도 공구강 분말이 레이저로 직접적층되는 조건을 상정하여 시뮬레이션하였다. 모델의 경계조건을 달리하여 공정중 온도분포를 계산하여 이를 통해 열응력 및 잔류응력의 분포를 비교, 분석하였다.

[P12-5]

니켈기 초내열합금 CMSX-6 단결정 주조재의 미세조직 및 기계적 성질: 송영석, 김영대, *구지호, 송전영, 석진익 ; *두산중공업㈜*

Keywords: Ni-based superalloy, CMSX-6, Investment casting, Single crystal

본 연구에서는 정밀주조로 제작된 CMSX-6 단결정 니켈기 초내열합금의 미세조직과 기계적 성질의 상관관계에 대해 고찰하였다. 단결정 주조시험편은 진공 정밀주조로에서 직경 12 mm, 길이 250 mm의 봉상형태로 제작되었다. 각 주조시험편은 Laue Back Reflection X-ray와 EBSD를 이용하여 결정립 방위를 측정하였고 미세조직은 OM, SEM, EDS을 이용하여 관찰하였다. 결정립 방위와 미세조직에 따른 기계적 성질의 변화를 관찰한 결과, 결정립 방위가 [001]방향을 기준으로 약 15도 이내인 경우 인장성질의 변화는 거의 없이 일정하였고, 미세조직의 변화에 더 큰 영향을 받는 것으로 확인되었다. 본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2013101010170C)

[P12-6]

Al-Zn-Mg계 알루미늄 합금의 빌렛 연속주조 및 균질화 특성평가: *김명균, 양현민, 김종호, 박준표 ; *포항산업과학연구원*

Keywords: 0% solute element, aluminum billet, Continuous casting, homogenization treatment

자동차 산업에서 전기자동차 및 연료전지차와 같은 전기차 기반의 친환경 자동차의 필요성이 증가하고 있으며, 이러한 환경문제뿐만 아니라 주행편의성 향상을 위하여 차량의 중량 감소를 위한 경량화 기술이 적용되고 있다. 경량화 기술의 핵심소재로 개발되고 있는 알루미늄 합금의 경우 고강도, 고연성, 고성형성 등을 향상시키기 위해 더 많은 용질 원소를 첨가하여야 한다. 하지만 많은 용질원소를 함유한 알루미늄의 경우 큰 고액공존구간을 가지며 이로 인해 용질 편석, 결함 및 Crack 등이 발생하고 건전한 조직 및 내 외부 품질에 악영향을 끼친다. 이러한 한계를 극복하기 위해 우수한 기계적 성질을 가지는 Al-Zn-Mg계 알루미늄 합금의 빌렛 연속주조시 내 외부품질이 양호한 대구경 빌렛의 최적 조건을 도출하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 합금설계 된 Al-Zn-Mg계 잉곳을 재용해 하여 직경이 200 mm인 빌렛의 연속주조를 진행하였다. 연속주조시 빌렛의 내 외부 품질을 기점으로 냉각수, 주조 속도, 인가 전자기장을 제어하여 최적조건을 도출하였으며, 용탕온도분포 및 pool depth를 측정하면서 DC 및 EMS 빌렛을 주조하였다. 주조공정에 따른 빌렛의 부위별 용질 농도분포를 측정 비교하였고 미세조직을 관찰하였다. 그리고 연주조건에 따른 빌렛의 균질화처리 특성평가를 위해 온도 및 유지시간에 따라 각 부위별 미세조직 및 원소거동을 관찰하였다.

[P12-7]

합금원소 첨가에 따른 주조용 Al-7Si-0.35Mg계 합금의 상제어 및 고온 특성 향상에 관한 연구: *김명균, 황석민 ; *포항산업과학연구원*

Keywords: A356, Eutectic Si, Sand casting, Fluidity test, Mechanical property

A356(Al-7Si-0.35Mg) 합금은 대표적인 주조용 알루미늄 합금으로 유동성 및 가공성이 용이하여 자동차, 항공기 등의 부품재 등으로 널리 활용되고 있다. 일반적으로 A356 합금은 T6 열처리 공정을 통해 상의 석출을 유도하여 기계적 특성 향상 효과를 얻을 수 있으나 주조시 공정 Si상이 조대한 침상의 형태를 갖기 때문에 선단에 응력이 집중되어 크랙이 생성되는 단점이 있다. 또한 150-200°C에 근접하는 고온에서는 강도가 급격하게 저하되는 경향이 있어 고온 분위기에 노출되는 합금으로 사용하기에도 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 사형주조 공법을 적용하면서 합금원소 첨가를 통해 공정 Si상의 개량화 및 고온 특성 향상을 시도하고자 합금설계를 진행하였으며 이를 바탕으로 합금원소 첨가에 따른 주조재 및 T6 열처리재의 미세조직 변화 및 기계적 특성 평가를 실시하였다. A356 합금의 조성을 기본으로 고온 특성 향상을 위한 합금설계를 위해 JMatPro 프로그램을 이용하여 상분율 및 이에 따른 기계적 특성 거동을 예측하였다. 주조 중 공정 Si상의 개량화를 위해 Ca, Sr을 선정하였으며 고온 특성 향상을 목적으로 Cu를 추가하였다. 주조시 전기 저항식 용해로를 이용하여 약 700°C 용탕온도에서 용해하였고 약 10분간 탈가스 처리한 뒤, 사형주조와 유사한 조건을 갖추기 위해 400°C로 예열된 Graphite 몰드에 주조하였다. 또한 합금원소 첨가가 주조성에 미치는 영향을 평가하기 위해 같은 용해조건에서 250°C로 예열된 Spiral 몰드에 주조하여 유동길이를 측정하였다. 합금원소 첨가에 따른 주조재 및 T6 열처리재의 미세조직은 광학현미경(OM)으로 관찰하였으며 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 상분석을 진행하였다. 또한 기계적 특성 평가를 위해 경도와 인장 특성 평가를 실시하였다.

[P12-8]

단결정 Ni기 초내열합금 CMSX-10의 편석 거동 및 액상유동 유무에 따른 응고조직 연구: *성창훈, 구지호[1], 주윤곤, 손명균, 권순철, 이재현 ; *창원대학교 [1]두산중공업 기술연구소*

Keywords: superally, directional solidification, single crystal, eutectic, undercooling

본 연구에서는 단결정 Ni기 초내열합금인 CMSX-10합금을 일방향 응고하여 γ수지상 사이에서 형성되는 γ/γ′상의 형성 거동을 연구하고, 편석에 따른 최종응고 조직을 분석하였다. 공정응고에서는 봉상(rod) 또는 판상(lamellar)의 형태인 이상조직이 수지상 사이에서 형성되지만 포정응고에서는 단상의 포정상이 수지상 사이에서 자라게 된다. 본 연구결과에서는 수지상 사이에서 형성된 이상조직이 망상(network-type)의 구조를 나타내었고, 조대한 γ/γ′과 미세한 γ/γ′ 조직을 포함하고 있다. 액상에서 물질 이동기구에 따른 미세조직을 조사하기 위하여 내경 5 mm와 0.8 mm 알루미나 튜브를 사용하여 동일한 응고조건에서 γ/γ′ 이상 성장을 유도하였다. 대류가 없는 조건(0.8 mm 튜브)에서 핵생성된 γ′상이 길이방향과 평행한 방향으로 확산보다는 수직한 측면방향으로 확산속도가 더 빠

르게 일어나 γ→γ′ 밴드조직으로 응고가 진행된 것으로 판단된다. 반면 대류가 주도적인 역할을 하는 조건(5 mm 튜브)에서 γ 계면에서 핵생성된 γ′상은 대류의 도움으로 성장방향으로의 확산이 원활하여 γ상과 나란히 성장할 수 있었다. 실험결과와 이론적 고찰을 바탕으로 Ni기 초내열합금인 CMSX-10에서 관찰된 γ/γ′ 이상조직은 포정 응고조직임을 확인하였다.

[P12-9]

삼성분계 무기 바인더 적용을 통한 세라믹 주형의 강도 향상: *김봉구, 조근호, 최현희, 박혜영, 김은희, 정연길 ; *국립창원대학교*

Keywords: 삼성분계 조성, 무기 바인더, 전환공정, Al 전구체, 강도

기존의 유기-무기 바인더 전환공정에서는 유기 바인더로 성형체를 제조한 후, 실리카 전구체 (TEOS)와 산화나트륨 전구체 (NaOMe)로 구성된 이성분계 혼합 전구체 용액에 함침시켜 열처리 시 형성된 유리질에 의해 강도를 증진시켰다. 이러한 유기-무기 바인더 전환공정은 기존 사형주조용 주형에 비해 강도가 현저히 증가되었으나, 여전히 대형의 주조물을 제작하는데 있어서는 자중을 견디기에 충분한 강도 값을 가지지 못하였다. 본 연구에서는 강도 향상을 위해 $Al(OH)_3$, $Al(OEt)_3$, $Al(NO_3)_3$와 같은 알루미늄(Al) 전구체를 포함하는 삼성분계 바인더 시스템을 도입하여 삼성분계 바인더 내에서 Al 전구체의 분자 구조가 강도에 미치는 영향을 고찰하였다. 유기 바인더로 성형 한 시험편은 삼성분계 바인더에 침지하여 코팅하였고, 1000°C 또는 1200°C에서 열처리 후 이성분계 바인더를 사용하여 재 코팅 및 열처리(1000°C)를 하였다. 기존 이성분계 바인더 시스템에서는 $SiNa_2O_3$만 생성되었으나, 삼성분계 바인더 시스템에서는 1000°C 및 1200°C의 온도에서 각각 $AlNaSiO_4$ (nepheline 또는 synthetic nepheline)가 생성되어 기존의 이성분계 시스템보다 강도를 향상시켰다. Al 전구체로 $Al(OEt)_3$를 적용한 경우 가장 높은 강도를 나타냈으며, 이는 $Al(OEt)_3$가 수용액에서 중성으로 유리질 형성에 문제가 없었기 때문이었다. 한편 $Al(OH)_3$와 $Al(NO_3)_3$는 각각 염기성과 산성으로 유리질의 망상 구조를 분해하여 유리질 형성을 억제하였기 때문이다. 따라서 가장 강도가 높은 주형은 TEOS/NaOMe/$Al(OEt)_3$으로 이루어진 삼성분계 바인더를 적용한 주형임을 확인하였으며, 기존의 이성분계 시스템 만을 적용한 결과보다 더 높은 강도를 발현하여 대형의 주조물 제작이 가능할 것으로 사료된다.

[P12-10]

사형주조와 정밀주조의 효율적인 융합화를 위한 이중코팅 공정: *최현희, 박혜영, 조근호, 김봉구, 김은희, 정연길 ; *국립창원대학교*

Keywords: 주형, 이중코팅, 전환공정, 강도, 무기 바인더

일반적으로 사형주조에 적용되는 주형은 레진계 유기 바인더와 실리카계 출발물질을 혼합 후 성형하여 제조되는데, 제조 공정이 간단하고 낮은 생산 비용으로 인해 주조 산업에서 널리 사용되어왔다. 하지만 사형주조용 주형의 경우 주조 중에 유기 바인더의 분해로 인해 결함이 생성되고 붕괴되거나 수축 팽창으로 인해 복잡형상 및 정밀한 치수의 주조물을 형성할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 유기-무기 바인더 전환공정이 제시되었으나, 무기 바인더 함침 공정으로는 코팅 효율이 높지 않아 기계적 특성을 발현하지 못하는 단점이 있다. 본 연구에서는 기존의 유기-무기 바인더 전환공정의 단점을 보완하기 위하여 이중코팅 공정이 강도에 미치는 영향을 고찰하였다. 이중코팅 공정에서는 서로 다른 비등점을 갖는 두 종류의 PVA(Poly vinyl alcohol)를 혼합하여 출발분말에 코팅한 후, 무기 바인더 전구체로 이중 코팅하고 열처리하여 출발분말을 제조하였다. 코팅된 출발분말은 두 종류의 PVA과 혼합하여 시험편을 제작하였으며, 250°C에서 열처리하여 낮은 분자량의 PVA를 휘발시켜 무기 바인더가 코팅될 수 있는 공간 및 표면적을 확보하였다. 무기 바인더 전구체 용액에 침지시킨 시험편은 80°C, 1h 건조하고 1000°C에서 열처리하여 유리질 형성을 유도하였다. 성형강도는 입자 사이에 잔류하는 높은 분자량을 갖는 PVA와 입자 표면에 코팅된 무기 바인더에 의해 증가되었으며, 소성강도는 1000°C 열처리 후 생성된 유리질에 의해 발현되었다. 새로운 공정, 즉 이중코팅 공정은 무기 바인더의 코팅 효율 향상을 가져와 유기-무기 바인더 전환공정에서 유리질의 생성량이 많아짐에 따라 상대적으로 높은 강도를 발현하였다.

[P12-11]

3D프린팅 기반 세라믹 코어 제조를 위한 유기·무기 바인더 전환공정 개발: *박혜영, 최현희, 조근호, 김봉구, 김은희, 정연길 ; *창원대학교 신소재공학부*

Keywords: 세라믹 코어, 3D 프린팅, 전환공정, 코팅효율, 강도

중공형 주조품 제작에 있어 주조물 내부에 공간을 형성하는데 중요한 구성품인 세라믹 코어는 정밀주조 시 고온의 용탕과 직접적으로 접촉하고 용탕의 자중을 고려하여 상대적으로 높은 강도가 요구된다. 그러나 기존 세라믹 코어 제작에서는 복잡한 공정으로 인한 낮은 생산효율, 사출 및 열처리 시의 결함 발생, 높은 제작 비용 등의 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 기존의 세라믹 코어 제작 방법을 개선하기 위하여 압출형 3D 프린팅과 유기-무기 바인더 전환공정을 결합한 새로운 공정을 제시하였다. 크기가 다른 출발분말 (Mullite/Zircon)과 분자량의 차이가 큰 두 가지의 poly vinyl alcohol (PVA) 수용액을 혼합하여 3D 프린터로 시험편을 제작하였다. 제작된 시험편은 무기 바인더가 코팅될 수 있는 공간을 확보하기 위해 저 분자량의 PVA를 250°C에서 4시간 열처리하여 제거하였으며, 규산염과 금속 알콕사이드로 구성된 무기 바인더 전구체에 침지한 후 1000°C에서 열처리를 통해 강도를 발현시켰다. 출발입자의 크기가 작아 질수록 비표면적의 증가로 압출성형이 가능한 고용분량이 감소하는 경향을 나타내었으며, 성형강도는 250°C 열처리에서 낮은 분자량 PVA가 휘발되어 낮아졌으나, 소성강도는 코팅된 무기 바인더 양이 증가됨에 따라 향상되었다. 이는 낮은 분자량 PVA를 제거하지 않고 무기 바인더를 코팅한 시험편의 강도보다 2 MPa 이상 증가된 값이다. 유기 바인더 (저 분자량)가 휘발됨에 따라 확보된 공간 및 표면적에 의해 무기 바인더의 코팅효율이 향상되어 유리질로 전환되는 무기 바인더의 양이 증가되어 나타난 결과이며, 이를 통해 우수한 강도특성을 갖는 세라믹 코어 제조가 가능함을 확인할 수 있었다.

P13 : 융합재료
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P13-1]
Human Perception of Micro-Topographic Surfaces for Haptic Applications: *Jeongun Choe[1,2], Hee-Jae Hwang[1,2], Jihye Lee[1,2], Seungmook Ji[2], Da Young Ju[1,2], Jong-Souk Yeo[1,2] ; *[1]School of Integrated Technology, Yonsei University. [2]Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University.*
Keywords: Human Tactile perception, Haptic application, Micro-topographic Surface

Recently, social interests for convergence technology such as engineering and humanities, or engineering and arts have been increased. One of the emerging technologies is an emotive device for haptic display, which is to convey tactile perception on the display panel. Katz's duplex theory [1], generally accepted to explain the mechanism for the haptic perception, describes that the coarse surfaces whose elements contain pitches larger than 100 ?m are being perceived by its spatial features, while the vibration induced by the elements affect the perception of the fine surfaces. Skedung et al. [2] showed that roughness, related to the pitch of the elements, and stickiness, related to the friction coefficients, are the two main factors defining the tactile space. In this report, we have analyzed the human perception, especially for surface roughness and stickiness, of micro-topographic surfaces with various pitches and materials. The pitches for micro-topographic surface ranges from 40 μm to 500 μm and the materials of polydimethylsiloxane (PDMS) and epoxy have been used for human perceptive experiments. The responses from participants were analyzed using 2D INDSCAL (individual differences scaling).

This research was supported by the MSIP(Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the "ICT Consilience Creative Program" (IITP-R0346-16-1008) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion) and also under the "Mid-career Researcher Program" (NRF-2016R1A2B2014612) supervised by the NRF(National Research Foundation).Reference

[1] Katz, D. (1989). The world of touch. Hillsdale, NJ: Erlbaum. (Original work published 1925)
[2] Skedung, Lisa, et al. "Feeling small: exploring the tactile perception limits." Scientific Reports 3 (2013): 2617.

[P13-2]
$BiVO_4$/ZnO Nanowire Core-Shell Heterosturcture Decorated with Gold Nanoparticles for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting: *Seungkyu Kim, Yejong Yu, Sang Yun Jeong, Yeongmin Kwon[1], Jeongmin Baik[1], Sanghan Lee ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST). [1]Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).*
Keywords: Bismuth Vanadate($BiVO_4$), Zinc Oxide(ZnO) nanowire, Au nanoparticle, photoelectrochemical cell, photoanode

Since there is an intense potential to convert solar light directly into chemical fuels, much research has been done on photoelectrochemical (PEC) cells for the generation of renewable energy. Bismuth vanadate ($BiVO_4$) material has been reported to promising material because of its low band gap of 2.4 eV, and is a light absorber to adjust photodetector. In spite of having many advantages, this material has limitations including slow charge transport, substantial recombination of electron–hole pair. Recently, $BiVO_4$ nanoparticles decorated zinc oxide (ZnO) nanowires heterojunction has been demonstrated to increase electron conductivity. In this work, we fabricated $BiVO_4$/ZnO nanowire core-shell heterostructure decorated with gold nanoparticles. The nanostructural morphology formation and plasmonic effect led to a photocurrent density of 1.83 mA/cm^2 at 1.23 V_{RHE}, which is higher three times than that of pristine $BiVO_4$ film. The enhanced performance is attributed to the charge transport ability of ZnO nanowire and the plasmonic effects of gold nanoparticles.

[P13-3]
Gate-Tunable 2D Memristor Devices Based on Monolithically-Integrated Vertical Heterojunctions: *Woong Huh, Seong-Hun Jang, Jae Yoon Lee, Hu Young Jeong[1], Gunuk Wang, Chul-Ho Lee ; *Korea University. [1]UNIST.*
Keywords: 2d semiconductors, TMDCs, Memristor, Memory

Two-dimensional (2D) materials including semiconducting transition metal dichalcogenides, semi-metallic graphene and insulting hexagonal boron nitride have attracted enormous scientific and technological interests as emerging electronic materials. In particular, the ability to build artificial heterostructures from various 2D materials allows the realization of atomically-engineered semiconductor heterostructures for novel device applications with the excellent device performance and low power consumption. Here, we will present the monolithic fabrication and electrical characterization of gate-tunable 2D memristor devices composed of WO_x/WSe_2/graphene heterostructures. The ultrathin WO_x layer that acts as a resistive memory component was monolithically formed by layer-by-layer oxidation of the few-layered WSe_2. Then, the WO_x/WSe_2 heterojunction was vertically stacked on the graphene layer, which enables to achieve the gate-tunable resistive switching behavior because of modulation of the Schottky barrier between WSe_2 and graphene. In addition to gate tunability, the vertically-integrated 2D device exhibited the bipolar resistive switching with low programming voltages

less than 1V due to its ultrathin body. Furthermore, we have investigated the device characteristics upon applying a sequence of electrical pulses, which suggests the potential of our 2D memristors for future neuromorphic systems.

[P13-4]

Wafer-Scale and Uniform Growth of Monolayer Transition Metal Dichalcogenides by Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: *Hee Seong Kang, Chul-Ho Lee ; *Korea University.*

Keywords: 2D Semiconductors, Transition Metal Dichalcogenides, MOCVD

Atomically thin transition metal dichalcogenides (TMDCs) have recently attracted tremendous scientific and technological interests as an emerging semiconductor because of their exceptional electrical and optical properties. For practical device applications, the wafer-scale and uniform growth of high-quality TMDCs is surely required. To date, thermal chemical vapor deposition (CVD) methods by sublimation of solid powder precursors have been widely utilized for the large-area growth. Although those processes produced the TMDCs layers with large grain sizes of a few hundred microns, the uniform growth of TMDCs over a wafer scale still remains unsolved. In this research, we will present the wafer-scale growth of monolayer TMDCs using metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD). The nucleation density and grain sizes of TMDC crystals could be precisely controlled by changing the growth parameters. As a result, monolayer WSe_2 and WS_2 were grown uniformly on a 2-inch SiO_2/Si wafer. We investigated the optical properties of MOCVD-grown films through photoluminescence (PL), Raman spectroscopy, and confirmed that they have high optical quality which is comparable to that of the exfoliated counterpart. Furthermore, the electrical properties of WSe_2 films measured with a field-effect transistor geometry will be discussed.

[P13-5]

Three-dimensional light-emitting crystals based on heteroepitaxially grown GaN microcrystals on nano/micro-architectured ZnO Templates: *Dong Won Yang, Dongha Yoo[1], Won Woo Lee, Jae Hyung Lee, JinTae Kim, Gyu-Chul Yi[1], Won Il Park ; *Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University. [1]Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.*

Keywords: GaN, ZnO, MOVPE, LED, 3D

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. To further develop the capability of 3D epitaxy, we demonstrate here the heteroepitaxial growth of 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 layers.

[P13-6]

Synthesis of ^{58}Ni target for production of ^{57}Co: *choi sangmu, Jin Joo Kim, Young Rang Uhm*, Kwang Jae Son ; *Korea Atomic Energy Research Institute.*

Keywords: Mössbauer Source, Electroplating, Cyclotron irradiation

The ^{58}Ni is coated on a Cu target for proton irradiation at cyclotron to produce ^{57}Co. The condition of the plating bath and the coating process are determined using the en-riched powders. An enriched isotope ^{58}Ni(ISOFLEX, 99.975 %) is prepared by vaporizing nickel powders with a laser and centrifuging the metal nickel gas. This ^{58}Ni is dissolved in acid solution for making an electroplating buffer. After the process of ^{58}Ni electroplating onto target materials, ^{58}Ni was irradiated with proton beam. The production reaction are ^{58}Ni(p,2p)^{57}Co, and ^{58}Ni(p,pn)^{57}Ni.

[P13-7]

Low temperature growth of nitrogen-doped graphene films via chemical vapor deposition: *Yunbin Jeong, Myungwoo Son, Moon-Ho Ham ; *Gwangju Institute of Science and Technology.*

Keywords: N-doped graphene, chemical vapor deposition, low temperature, pyridine

Graphene has been studied extensively as a promising material for building electronic devices due to its outstanding electronic, optical, mechanical and chemical properties. The modulation of electronic properties of graphene is of great technological importance and can be achieved by Fermi level shift by electron acceptor/donor doping. For practical applications, substitution of carbon atoms with other atoms, e.g. nitrogen, in graphene is one of the most suitable doping methods in terms of doping stability. However, this typically involves high-temperature growth or annealing processes in the presence of nitrogen sources such as ammonia since substitutional doping is related to covalent bonding. In this study, we demonstrate a two-step chemical vapor deposition technique for the production of continuous N-doped graphene films from pyridine on Cu at as low as 300 °C under ambient pressure. In this method, we added the second step growth with higher carbon concentration for facilitating lateral growth of graphene. This led to continuous N-doped

graphene films with full surface coverage and excellent quality.

[P13-8]

Evaluation of the optical characteristics and microstructures of zirconia suspension based on extrusion additive manufacturing: *강진호, 박상원 ; *전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실.*

Keywords: 3Dprinting, Suspension, Penetration depth

The objective of this study was to evaluate the optical properties and microstructures of the zirconia suspension based on extrusion additive manufacturing. The 3D printing system was a extrusion system (3DISON; ROKIT, Geumcheon-gu, Seoul, Korea) using zirconia suspension with a wavelength range of 360~370 nm. Also, the extrusion system nozzle size was 500um. The zirconia suspension was prepared by mixing 1.5 um d(50) zirconia powder with high viscosity of two to three functional acrylate systems and 1wt% photo Initiator.The zirconia suspension was 30% volume fraction. The zirconia suspension was showed maximum absorption at 395 nm UVA range. The penetration depths of zirconia suspension with maximum absorption at UVA wavelength were 30, 50 and 55 um at 1, 3 and 5sec.As a result, compared with the nozzle size of the extrusion system, the curing depth was not enough to obtain a sufficient penetration depth. However, it is showed that the extruded material can be printed because sufficient curing time can be obtained during the continuous curing time. The results of this study will require further study in the future.

P14 : 집합조직
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P14-1]
결정소성 유한요소해석을 이용한 순수 타이타늄 Grade 4의 변형기구 분석: *채준열, 강주희[1], 오창석[1], 김지훈 ; *부산대학교 공과대학 기계공학부. [1]재료연구소.*
Keywords: titanium(타이타늄), crystal plasticity(결정소성), inverse optimization(역최적화), HCP(육방밀집구조)
본 연구에서는 순수 타이타늄 Grade4의 변형기구 분석을 위해 미세조직 결정소성 유한요소 모델을 개발하고,대표부피요소가 방향별 인장 거동 등 거시적 거동을 표현하도록 역최적화를 통해서 각 슬립계의 임계분해전단응력 등 재료 상수를 결정하였다.이를 이용하여 in-site 미소 인장시험을 유한요소 해석으로 모사하고 in-situ EBSD 분석결과로 측정된 슬립 라인과 비교하여 검증하였다.

[P14-2]
2상 스테인리스강의 Nitriding 후 경도변화와 내마모특성 변화: *김인수, 이철우 ; *금오공과대학교 신소재공학부.*
Keywords: Dual phase stainless steel; Salt bath Nitriding; Hardness; Wear resistance;Texture
금속표면의 경도를 높이는 방법으로 질화(Nitriding) 방법이 이용되고 있다. 질화는 질소(Nitrogen)이 함유한 질산나트륨($NaNO_3$)과 질산칼륨(KNO_3)염욕에 의하여 질소원자가 철 또는 철합금에 침입형으로 확산시키는 방법이다. 원래 2상(Dual Phase) 스테인리스 강은 경도와 강도가 높고 내부식성이 좋다. 그러나 보다 더 높은 내모성을 향상 시키기 위하여 2상 스테인리스강에 질화 할 수 있는지 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 2상(Dual Phase) 스테인리스 강에 질산나트륨($NaNO_3$)을 이용하여 질화하였다. 2상 스테인리스 강(두께= 1.0 mm)을 질산나트륨($NaNO_3$) 염욕으로 질화하고 경도의 변화를 알아보고 내마모성의 변화를 알아보았다. 질화한 2상 스테인리스강의 질화에 의한 경도 변화와 내마모성의 변화를 질화조건에 따라 어떤 변화를 하는지 연구하고 비교하였다.

[P14-3]
Investigation of the corrosion behavior of 316L stainless steel fabricated by SPS technique: *KALE AMOL BABURAO, Atanu Bag, ByungKyu Kim[1], Dong-Ik Kim[1], Shi-Hoon Choi ; *Sunchon National University. [1]Korea Institute of Science and Technology.*
Keywords: STS 316L, SPS, Corrosion, Microstructure, EBSD
STS 316L is one of the most popular materials to produce fully dense component material. In our present study, STS 316L specimens were fabricated by spark plasma sintering (SPS) technique with different sintering conditions. The corrosion behavior of STS 316L is very important for different engineering applications. Corrosion properties of STS 316L fabricated by SPS technique was investigated in a 3 wt% NaCl solution. The SPS specimens suffer from a reduced breakdown potential and show the formation of relatively inferior passivation layer compared to the as-rolled specimen. The examination has been conducted to find the correlation between corrosion behavior and porosity in the SPS specimens. SPS specimens having relatively dense microstructure exhibits an enhanced surface passivation in chloride solution, thus show better corrosion properties. Microstructure characterisation, using EBSD technique, of the sintered specimens revealed the evidence of pitting corrosion attack at grain boundaries.

[P14-4]
강의 조질압연과 집합조직 변화: *김인수, 이철우, 이동녕[1]; *금오공과대학교 신소재공학부. [1]서울대학교 재료공학부.*
Keywords: 탄소강, 조질 압연, 집합조직
고스(Goss)집합조직은 {110}집합조직이며 이 집합조직은 연자성 특성을 나타낸다. 따라서 GOSS 집합조직을 갖는 강판은 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮고 좁은 히스테리시스 루프(hysteresis loop)를 나타내므로 변압기 코어 재료로 사용된다. GOSS 집합조직을 갖는 방향성 전기강판의 제조는 오랜 역사와 복잡한 비밀의 제조 공정을 가지고 있다. 본 연구에서는 감마 화이버 집합조직을 갖는 극저탄소강을 상온에서 조질압연하고 조질압연한 강판을 열처리하여 집합조직의 변화를 조사하였다. 열처리 조건은 750°C에서 10, 30, 60, 120 분간 열처리하여 집합조직의 변화를 XRD와 EBSD를 이용하여 집합조직을 측정하여 GOSS 집합조직의 발달 정도를 측정하였다.

[P14-5]
Simulation of deformation and fracture mechanisms in Mg alloys under a mini-V-bending test: Shi-Hoon Choi, *Min-Seong Kim, Jaiveer Singh ; *Sunchon National University.*
Keywords: Mg alloys, V-bending, Fracture, Deformation twins, CPFEM.
Deformation and fracture behaviors of E-form and AZ31 magnesium (Mg) alloys sheets were investigated during the mini-V-bending test. A resolved shear stress (RSS) criterion and microstructure based crystal plasticity finite element method (CPFEM), were used to analyze the activation of twin variants in rolled E-form and AZ31 Mg alloy sheets for tensile and compression twins which are based on the Schmid tensor and a quasi-3D finite element mesh, respectively. Finite element analysis (FEA) was also used to capture the heterogeneous distribution of longitudinal-strain components through the thickness direction under the mini-V-bending at different

punch strokes. A CPFEM, considering both crystallographic slip and deformation twinning was applied to simulate the spatial stress concentration in Mg alloys during the mini-V-bending to predict the crack initiation sites and localized shear regions. The effects that deformation twinning exerts on the crack initiation and propagation sites in E-form and AZ31 Mg alloys were analyzed. The networks of compression and double twins in the tension zone were closely related to the crack initiation and propagation during the mini-V-bending at room temperature.

[P14-6]

극저탄소강의 비대칭 압연과 집합조직 발달: *김인수, 이철우, 남수권, 이동녕[1]; *금오공과대학교 신소재공학부. [1]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: 극저탄소강, 비대칭 압연, 전단변형, 집합조직, GOSS

비대칭 압연은 전단변형에 의하여 강판의 집합조직을 조절할 수 있다. 이 때 고스(Goss)라 불리는 집합조직을 만들 수 있다. 고스(Goss)는 {110}로 표시되며 연자성 재료에서 매우 중요한 집합조직이다. 연자성 재료 중에서 변압기에 쓰이는 철심은 연자성 재료이며 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮아야 하고 좁은 히스테리시스 루프(hysteresis loop)를 나타내야 한다. 이러한 특징을 나타내는 연자성 재료는 집합조직이 고스(Goss) 집합조직, 또는 {110}로 표시된다. 본 연구에서는 새로운 방법으로 극저탄소강을 상온 비대칭 압연하였다. 극저탄소강을 상온에서 비대칭 압연할 때 판재에 전단변형을 가함으로써 GOSS, {110} 집합조직의 생성 유무를 알아보고자 한다.극저탄소강을 상온 비대칭 압연하여 얻어진 집합조직이 GOSS가 잘 발달 되었는지 XRD와 EBSD를 이용하여 집합조직을 측정하여 보았다.

[P14-7]

A diffusion-controlled Monte Carlo model for pore evolution during final stage of solid-state sintering: *Belinda Chung, Sukbin Lee; *울산과학기술원.*

Keywords: final stage sintering, Monte Carlo, diffusion

Deformation and fracture behaviors of E-form and AZ31 magnesium (Mg) alloys sheets were investigated during the mini-V-bending test. A resolved shear stress (RSS) criterion and microstructure based crystal plasticity finite element method (CPFEM), were used to analyze the activation of twin variants in rolled E-form and AZ31 Mg alloy sheets for tensile and compression twins which are based on the Schmid tensor and a quasi-3D finite element mesh, respectively. Finite element analysis (FEA) was also used to capture the heterogeneous distribution of longitudinal-strain components through the thickness direction under the mini-V-bending at different punch strokes. A CPFEM, considering both crystallographic slip and deformation twinning was applied to simulate the spatial stress concentration in Mg alloys during the mini-V-bending to predict the crack initiation sites and localized shear regions. The effects that deformation twinning exerts on the crack initiation and propagation sites in E-form and AZ31 Mg alloys were analyzed. The networks of compression and double twins in the tension zone were closely related to the crack initiation and propagation during the mini-V-bending at room temperature.

P15 : 마찰마모
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P15-1]

유한요소법을 이용한 ATV오토바이용 유기 마찰재의 열-탄성 거동 해석: *박기성, 최영환[1], 최희범[1], 김향래[1], 최시훈 ; *국립순천대학교 [1](주)프릭사 연구개발팀.*

Keywords: ATV, Organic Friction Material, Finite Element Method, Coupled Temperature-Displacement Model

기존 ATV(all-terrain vehicle) 사륜 오토바이에 사용된 유기 마찰재(organic friction material)는 제동 시 마찰로 인하여 마찰재 잔해가 발생되며, 주요 유해물질인 구리 및 구리 화합물을 포함하고 있어 심각한 수질오염 및 토양오염 문제를 야기하였다. 기존 사륜 오토바이의 마찰재를 대체 하기 위해 고열전도성(high thermal conductivity), 마찰안정성(friction stability), 소음 억제성(noise cancelling, NC)을 가지는 동시에 구리 함량 0.5wt% 이하를 만족하는 Cu-Free 유기 마찰재를 개발하였다. 제동 시 마찰에 의해 발생하는 유기 마찰재의 온도 변화(temperature variation) 및 응력 분포(stress distribution)를 예측 하기 위하여 유한요소해석(finite element analysis, FEA)을 수행하였다. 유한요소해석에 필요한 유기 마찰재 패드(pad), 디스크(disc), 백 플레이트(back plate)의 기계적 물성(mechanical property) 및 열 특성(thermal property)을 실험적으로 측정하였다. 제동 시 디스크와 유기 마찰재 패드 사이에 작용하는 마찰열(frictional heat) 및 마찰 응력(frictional stress)을 모사하기 위해 FEA에 온도-변위 복합 모델 (coupled temperature-displacement model)를 적용함으로써 유기 마찰재의 열-탄성 거동을 이론적으로 해석하였다.

[P15-2]

EPS용 헬리컬 웜기어에 적용되는 소재의 마찰마모 특성연구: *임인기, 김태준, 심명섭[1], 박찬우[1] ; *경북하이브리드부품연구원. [1](주)현대포리텍.*

Keywords: EPS, PA66, 사출, 웜휠

전기식 파워스티어링의 헬리컬 웜기어에 적용되는 웜과 웜휠의 마찰은 소음, 진동 등을 유발할 수 있을 뿐 아니라, 감속성능과 내구성능에도 영향을 미친다. 본 연구에서는 전기식 파워스티어링의 헬리컬 웜기어에 적용되는 사출공정으로 제조된 웜휠의 PA66소재와 웜의 SM45C소재에 대하여 마찰마모 특성을 조사하였다. 마모시험에는 Pin-on Disc 법을 사용하였으며 무윤활의 동일한 하중에서 0.5 m/s, 0.4 m/s, 0.3 m.s의 선속도로 수행하였다. 마모특성은 마모량, 마모율의 결과로써 비교/평가 되었다. 시험 후 마모면 분석을 통하여 마모경향을 분석하였다. 선속도의 변화에 따른 마모 특성을 평가하여 웜휠의 설계 시 마모 특성자료로 활용하려 한다.[본 연구는 산업통상자원부 지역주력산업육성기술개발사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[P15-3]

The study on correlation of vibration and wear for rubbing in rotating machinery: *박영철, 김영재[1], 류준휘[1], 이경서[1], 정병홍, 이주승, 정택균[1], 현승균[1]; *인하대학교 재료공정공학. [1]인하대학교.*

Keywords:

Labyrinth Seal은 원동기의와 같은 터보기계와 같은 회전체에 비접촉씰로서 사용된다. 그러나 회전체의 운동은 타원의 궤적을 따르기 때문에 Labyrinth Seal에서의 접촉으로 인한 손상과 회전체의 효율저하를 피하기 위해 Clearance를 줄이기 위한 노력이 이루어지고 있다.본 연구에서는 전 세계적으로 터빈용 Labyrinth Seal을 제작하는데 사용되어지는 금속 UNS C97800과 국내에서 쉽게 구할 수 있는 인청동 계열인 UNS C51000을 사용하여 부분회전마멸 실험을 진행하고자 한다. 현재 보편적으로 사용되어지는 UNS C97800 구리합금보다 탄성력이 큰 재료를 사용 할 경우 부분 회전마멸(Partial Rub)이 발생되었을 때, 샤프트의 회전 궤도가 기하학적 회전의 궤적에서 이탈 후, 복귀 현상에 대해 분석하려 한다.

[P15-4]

압출방향에 따른 Al-Cu 알루미늄 합금의 마모특성에 관한 연구: *정제기, 박용호 ; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: alloys, extrusion, wear, scanning electron microscopy (SEM), wear behavior

지난 수 년간,자동차와 항공기 산업분야에서 연료소비 절감에 대한 요구가 증가하는 경향을 보이고 있다.또한,에너지의 과소비에 의한 자원 고갈이 사회적 이슈로 부각됨에 따라,에너지 소비 관련 정책 및 규제들이 강화되고 있다.이에 수송기기 산업 분야에서는 자동차 및 항공기 부품소재를 가볍고 고강도의 재료를 개발하고 기존의 철계부품들을 대체하고 있다.그 결과로,비강도 및 내식성이 우수한 알루미늄 합금의 사용이 부품산업 분야에서 증가하는 경향을 보이고 있다.알루미늄 합금은 낮은 강도를 개선하기 위해 Cu, Mg, Mn, Si 등과 같은 합금원소를 첨가하여 열처리 및 압출과 같은 가공을 통해 기계적 특성을 향상시켜 산업체에 활용되고 있다.또한,기계적 특성 향상과 관련한 연구들이 수행되고 있다. 그 중에 대표적인 알루미늄합금인 Al-4.4Cu-1.5Mg-0.8Mn(AA2024)는 Cu를 주요 첨가원소로 한 Al-Cu계 합금으로 열처리를 통하여 강도를 향상시켜 항공기 날개부분,자동차 차체,기어 등 극한 마찰환경에 노출된 부품에 사용되고 있다.현재에는 Al-Cu계 합금의 마모에 관한 연구들은 비금속 강화재 첨가에 따른 마모특성에 관한 연구들이 주로 이루어지고 있다.그러나 압출에 따른 미세조직의 변화가 마모특성에 미치는 영향에관한 연구는 비교적 부족한상황이기에 관련 연구가 필요한 실정이다본 연구에서는 압출 된 알루미늄 합금 AA2024-T4에 대하여 압출방향에 따른 미세구조 차이를 관찰하였다. 선속도와 수직하중을 변수로 설정하여 Ball-on-disc식 마모시험을 수행하였다.마모율 분석을 통한 마모특성의 평가와 마모트랙,마멸분,마모단면 그리고 마찰온도 분석을 통한 마모거동의 변화를 관찰하였으며, 압출방향에 따른 미세구조의 차이가 마모특성 및 마모거동에 미치는 영향을 관찰하였다.

[P15-5]

VAR 공정으로 제조된 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 내마모 특성 평가: *배기창, 유병철, 정제기, 이택선, 박용호 ; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Ti-based alloy, Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe, β-Titanium alloy, Wear resistance, VAR

Titanium 합금은 고비강도, 내부식성 등의 장점으로 인해 최근 수년간 항공 산업분야에서 구조재료로 각광받고있다. 대표적인 β-Titanium계 합금중에서, Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금은 고강도의 β-Titanium 합금으로 높은 비강도 및 경화능으로 인해 항공 산업분야의 구조재료로써 주목받는 합금이며, 최근 항공기의 구조재중, landing gear부의 적용에 큰 관심을 받고있다. 그러나 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 조성제어 및 열처리 공정제어를 통한 조직 거동, 내마모 및 내산화 시험등 미연구 분야가 많이 남아있으며, 이러한 분야를 위한 연구가 절실히 요구되어지고있다. β-Titanium계 합금은 첨가원소중, 비교적 비중이 높은 β 안정화원소에 의해 항공산업분야의 구조재료로의 적용에 큰 제약을 받고있다. 그러므로, Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 경량화를 통해, 항공산업분야의 구조재료로의 적용을 위한 β-Titanium계 합금의 개발 및 적용이 요구되어지고 있는 시점에서 β 안정화 원소의 조성제어를 통한 최적의 항공기 구조재료용 β-Titanium계 합금을 개발할 수 있을것이다. 본 연구에서는 경량형 항공기 구조재료 β-Titanium계 합금 개발을 위하여, β 안정화원소의 조성제어를 통한 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금을 VAR(Vacuum Arc Remelting) 공정을 통해 제조하였으며, 제조된 합금의 열처리 후 상동정, 미세조직 관찰 및 내마모 특성 평가를 실시하였다.

[P15-6]

아크 이온 플레이팅 코팅을 적용한 핵연료 피복관 코팅층 내마멸성 평가: *이영호, 박정환, 김현길, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Accident tolerant fuel cladding, Arc ion plating, Grid-to-rod fretting, wear mechanism

후쿠시마 원전사고 이후 전세계적으로 냉각수가 상실되는 사고조건에서도 피복관의 고온 산화 및 수소폭발을 억제하기 위한 신개념 피복관 소재개발이 활발이 진행되고 있다. 사고저항성 핵연료 피복관의 개발 방향은 고온 수증기조건에서 산화반응이 억제되어 생성되는 수소량이 저감되고 정상 가동조건에서도 기존 지르코늄 피복관 대비 우수한 열적 기계적 특성을 가져야 한다. 그러나 내산화성을 가지는 코팅층이 정상 가동 중 손상이 발생할 경우 사고 시 고온 내산화성을 확보할 수 없으며 정상조건에서도 심각한 손상을 유발할 수 있다. 따라서 현재 가동 중 핵연료 피복관의 손상에서 가장 빈번히 발생하고 있는 프레팅 마멸에 대한 검증이 필요하다. 본 연구에서는 아크 이온 플레이팅(Arc Ion Plating, AIP) 코팅이 적용된 사고저항성 후보 피복관에 대하여 상용 지지격자 스프링을 이용하여 내마멸 평가를 상온 수중에서 수행하였다. 그 결과 기존 지르코늄 피복관의 마멸에 비해 우수한 특성을 가지는 것을 확인하였으나 AIP 코팅층의 표면 조도가 매우 민감한 인자임을 확인하였다. 코팅을 수행한 뒤 상용 수준의 조도로 처리된 후보 코팅 피복관의 경우 마멸량 저감이 명확히 나타났으며 지르코늄 지지격자 또한 매우 낮은 수준의 마멸량을 보였다.

[P15-7]

동합금계 싱크로나이저 링의 합금 조성에 따른 마찰특성 연구: *권혁우, 민준원, 이성해[1], 이원석[1] ; *자동차부품연구원 친환경소재연구센터. [1](주)두원공업.*

Keywords: Syncronizer ring, Cu alloy, friction

싱크로나이저 링은 황동계 합금 소재의 수동변속기 부품으로, 기어 변속 시 서로 다른 속도로 회전하는 두 기어를 동기 시키는 역할을 수행한다. 고성능의 싱크로나이저 링을 위해서는 그 역할에 따라 우수한 내열성과 내마모성과 함께 너무 높지도, 낮지도 않은 적절한 마찰계수(약 0.10~0.12)가 요구된다. 본 연구에서는 우수한 성능의 싱크로나이저 링을 위한 합금 설계를 목적으로 여러 가지 합금 조성의 영향을 파악하였다. Cu-15wt.%Zn-5wt.%Sn-0.5wt.%Al을 기본 조성으로 하여 Cu, Zn, 그리고 Sn의 양을 달리한 시험편과 Fe, Si, 그리고 graphite를 첨가한 시험편을 분말 소결 공법으로 제작하였다. 각 시험편의 마찰시험은 왕복동 마찰시험기와 회전식 마찰시험기를 이용하여 수동 변속기용 oil 윤활 조건에서 수행되었다. Fe는 특정 조성 첨가시 가장 낮은 마찰계수를 보였고, Si과 graphite는 그 첨가량 증가에 따라 마찰계수가 감소하는 경향을 뚜렷하게 나타내었다.

[P15-8]

순철(pure-iron)의 미끄럼 마멸 중 형성된 고경도 변형층 분석: *구본우, 권혁우, 김영규, 김용석*[1] ; *국민대학교 신소재공학부 재료강도 변형실험실. [1]국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: Sliding wear, Pure iron, Subsurface layer, SPD (Severe Plastic Deformation)

철강 재료의 미끄럼 마멸 중 마멸 표면 직하에는 산화층, MML (Mechanically Mixed Layer), 소성변형층 등과 같이 초기 조직과는 매우 다른 특정한 층이 형성된다. 이 층은 철강 재료의 마멸속도를 결정짓는 주요 인자이므로, 이 층의 형성 기구와 마멸 특성에 미치는 영향을 이해하는 것은 매우 중요하다. 이들 층은 미끄럼 마멸 시험조건(마멸 상대재, 하중, 미끄럼 속도 등)과 환경(분위기, 습도, 온도 등)의 영향을 받아 형성된다. 이 중 산화층은 환경(분위기, 습도, 온도 등)의 영향을 많이 받아 형성되며, 변형이 되지 않는 산화층들은 마멸 중에 쉽게 깨져나가 높은 산화 마멸속도를 나타내기도 한다. 이에 반해 마멸 조건과 상대재에 따라 달리 형성되는 MML은 낮은 마멸속도를 보인다. 본 연구에서는 미끄럼 마멸시험 중에 산화층 생성을 억제하며 시편 표면에 소성변형층을 생성시켜, 그 층을 분석하고 미끄럼마멸에 미치는 영향을 규명하였다. 미끄럼 마멸 시험 소재로는 cementite 상을 비롯한 여러 2차상의 영향을 배재하기 위해 ferrite 조직으로만 구성된 순철 (pure iron)을 사용하였으며, Ar 개스 분위기에서 미끄럼마멸 시험하여 산화물 형성을 억제하였다. 미끄럼 거리는 300 m, 적용 하중은 100 N, 미끄럼 속도는 0.1 m/s, 마멸 트랙 반경은 9 mm로 하였다. 미끄럼 마멸 시험 후 마멸면, 마멸입자 그리고 마멸 단면을 SEM, TEM 그리고 EDS로 조사하여 표면층의 형성과 마멸입자 형성 기구를 해석하였다. 시험 결과, 순철 시편 마멸 표면 직하에는 경도 800 HV0.3 ~ 1000 HV0.3의 고경도 변형 층이 약 70 μm 두께로 형성되었다. 이 층의 미세조직은 강소성가공된 SPD (Severe Plastic Deformation)조직과 유사한, 수십~수백 nm 크

기의 미세 결정립으로 이루어졌음을 TEM 관찰로 확인하였다. Ar 개스 분위기에서 순철의 마멸속도는 50.8x10-13 m3/m로 매우 낮았고, 미끄럼 마멸 중 형성된 고경도 변형층에서 균열은 관찰되었으나 급격한 파괴 거동은 나타나지 않았다.

P16 : 소성가공
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P16-1]
Microstructure Evolution and Mechanical Properties of AL-Mg-Si Alloy Fabricated by Cryogenic Differential Speed Rolling: *양해웅, 이용환, 민지훈, 주용환, 고영건 ; *영남대학교 신소재공학부.*
Keywords: Al alloy; Differential Speed Rolling; Cryogenic treatment; Electron backscattered diffraction (EBSD); Mechanical Property
This paper reports the correlation between microstructure evolution and mechanical properties of Al-Mg-Si alloy fabricated by cryogenic differential speed rolling (CDSR). The combination of cryogenic treatment with differential speed rolling (DSR) effectively increased mechanical properties without an appreciable decrease in ductility through the ultrafine grained the Al-Mg-Si alloy. For this purpose, the Al 6061 alloy has been subjected to DSR process at a cryogenic temperature of 77 K and the results were compared with that processed via DSR. Microstructural analyses using optical image (OM) and electron backscattered diffraction (EBSD) measurements showed that the samples with CDSR resulted in ultra-fine grain with improved uniformity as compared to that processed with DSR. In addition, mechanical Properties for the samples via CDSR was higher than that via DSR.

[P16-2]
Al-Cu-Mg 합금의 제조기술 확보를 위한 고온변형거동 분석: *유가영, 김동배, 전효원, 정해석[1]; *(재)대구기계부품연구원. [1](주)신도하이텍.*
Keywords: Al-Cu-Mg alloy, Gleeble test, Deformation processing map
최근 차량의 연비향상을 위한 자동차 부품 경량화의 일환으로 철강재를 대체한 비철소재의 적용시도가 점차 확대되고 있다. 가장 활발하게 적용되는 경량소재는 알루미늄 6000계 합금으로 성형이 용이하다는 장점을 가지고 있으나, 비교적 낮은 인장강도를 나타내고 있어 250 MPa 이상의 강도를 요구하는 부품에는 적용이 불가능하다는 한계성을 가지고 있다. 이러한 이유로 고강도를 요구하는 자동차 부품의 경우 비철소재로의 대체 시도가 전무한 실정이다. 반면, 고강도 합금인 알루미늄 2000계 및 7000계 합금은 성형난이도, 가격 등의 다양한 이유로 항공기부품 및 특수기계부품에만 제한적으로 적용되고 있다. 알루미늄 2000계 합금은 시효경화처리를 통해 인장강도를 450 MPa까지 구현할 수 있기 때문에 이를 이용하면 보다 폭 넓은 경량화 대체가 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해서는 소재에 대한 제조기술 확보가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 2000계 합금인 Al2014 및 Al2024 합금의 제조기술 확보를 위하여 열간성형특성을 확인하고자 하였다. 유동응력 곡선을 얻기 위하여 Gleeble test를 실시하였으며, 이를 통해 에너지분산효율(The efficiency of power dissipation) 및 소성불안정인자(Ziegler's instability criterion)을 활용한 고온변형 공정지도를 작성하여, 최적성형조건을 도출하고자 하였다.

[P16-3]
핫스탬핑 돔장출시험을 통한 보론강 성형성 평가: *권의표, 박현경[1]; *한국생산기술연구원. [1]동해금속(주).*
Keywords: 핫스탬핑, 돔장출시험, 보론강, 냉각속도, 성형성
핫스탬핑(Hot stamping)은 보론강 등의 금속 소재를 고온 가열한 상태에서 프레스 성형을 한 후 금형 내에서 급냉시키는 성형방식으로, 자동차부품 경량화 및 고강도화를 위해 적용이 점차 증가하고 있는 기술이다. 핫스탬핑시 금속판재의 성형성은 가열온도, 냉각속도, 금형온도 등의 공정변수에 의해 영향을 받으므로 이러한 공정조건이 성형성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 분석이 매우 중요하다. 본 연구에서는 핫스탬핑 돔장출시험이 가능하도록 특수 제작된 성형시험장비를 활용하여 핫스탬핑 시험을 실시하여 공정조건이 핫스탬핑된 판재의 성형성, 미세조직 및 기계적특성에 미치는 영향을 분석하였다. 핫스탬핑 중 판재의 온도 변화를 적외선 온도측정센서를 이용하여 실시간으로 측정함으로써 냉각속도를 계산하였으며, 냉각속도가 증가함에 따라 마르텐사이트 조직의 결정립 미세화가 나타나며 및 경도가 향상됨을 확인할 수 있었다.

[P16-4]
금형 냉각편차 제어를 위한 모듈 연구: *구승현, 문형진, 김대한, 윤득선[1], 임병철[1]; *(주)코링텍. [1]자동차부품연구원.*
Keywords: HPF, Heat Pipe, 냉각 모듈, 냉각 편차, Press Hardening
환경 및 안전규제에 대응하기 위해 자동차 차체 경량화 기술이 지속적으로 연구되고 있으며, 그 중에 하나인 HPF 공법은 경량화와 더불어 안정성까지 고려한 기술이다. HPF공법은 보론강을 오스테나이트 조직으로 상변태하는 900°C로 가열하여 냉각기능이 있는 금형에 장입 후 성형과 동시에 급랭시켜 마르텐사이트 조직으로의 변태를 통해 강도를 3배 이상 증가시키는 방법이다. HPF 공법의 단점은 Press Hardening 중 가장 많은 부분을 차지하는 급랭 공정 구간으로 인한 낮은 생산성이 문제점이다. 급랭 시간을 단축하기 위해 건드릴 타입을 탈피하여 쉘타입, 직분사 타입 등의 급랭 방식들이 연구되고 있으나, 내구성 및 공정 최적화에 문제점이 있어 아직까지도 건드릴 가공을 활용하여 사용하고 있다. 이러한 건드릴 방법은 직선으로만 가공할 수 있어 제품 형상의 국부적으로 돌출된 부분이 존재한다면 냉각 채널과의 거리가 멀어져 불균일한 냉각속도를 갖게 되고 유지시간이 더 필요하게 되어 생산성이 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 추가적인 냉각 장치가 필요하다. 첫 번째로 Bolt Type의 Heat Pipe 적용 모듈 장치를 개발하여 국부적으로 돌출된 부위에 쉽게 삽입함으로 냉각 효율을 확인하였다. 두 번째로 Heat Pipe 모듈의 간격, 깊이, 크기에 따른 냉각 성능을 비교하였다. 마지막으로 CAE 해석 기법으로 최적의 열전달 해석을 수행하였으며, 실제 적용하여 비교 분석 연구를 수행하였

다. 이를 통해 금형 형상에 따른 냉각편차 제어를 위한 모듈 연구를 진행하였다.

[P16-5]

HPF 공정에 적합한 CAM Unit 및 Wear Plate 소재 특성 연구: *구승현, 김대한, 문형진[1], 김지형[1], 윤득선[2], 임병철[2], 오상기[3]; *(주)코링텍. [1](주)에코노미아. [2]자동차부품연구원. [3]경기과학기술대학교.*

Keywords: HPF, CAM Unit, 고온 크리프, 마찰마모, 냉각성능 향상

전 세계적으로 자동차 환경규제 및 안정성 문제를 해결하기 위해 고장력강 차체 적용 연구가 활발히 진행 중에 있으며, HPF 공정으로 생산된 부품의 차체 적용 비율도 확대 되고 있다. HPF 부품은 900도 이상의 고온으로 가열된 보론강을 금형 안에서 성형과 동시에 급랭시켜 오스테나이트 조직을 마르텐사이트 조직으로 변태시키는 공정을 통해 제조된다. 기존 부품과 비교하여 2~3배의 강도인 1.5 GPa 이상의 강도와 20~30% 정도의 경량 효과가 있다. HPF 공정을 통해 생산된 부품은 고강도이므로 Bending, Trimming 등 추가 가공이 어렵다. 이를 해결하기 위해 급랭을 통한 마르텐사이트 조직으로 변태하기 전 CAM Unit을 통해 추가적인 성형 공정이 필요하다. 하지만 상용화된 CAM Unit은 냉간 성형용 금형에서 주로 사용되고 있어 고온의 소재를 가공하는 HPF 공정에 최적화 되어 있지 않다. 가열된 소재의 반복적인 성형으로 인한 CAM Body의 물성저하 및 열변형, Wear Plate의 윤활성능 저하 등의 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 HPF 공정에 적합한 CAM Unit의 개발이 필요하다. 첫 번째로 CAM Unit 내부에 HPF 금형과 연결된 냉각 유로를 설치하여 냉각성능 향상을 확인하였다. 두 번째로 CAM 소재인 내열강 재료의 적용 가능성을 고온 크리프 실험을 통해 확인하였다. 마지막으로 CAM Unit의 원활한 동작을 위해 마찰마모 성능이 우수한 Wear Plate를 연구하였다. 이를 통해 HPF 공정에 최적화된 CAM Unit 및 Wear Plate의 소재 연구를 진행하였다.

P17 : 생체재료
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P17-1]
Functional Implants that Spontaneously release Reactive Oxygen Species: *Jung Gayoung, Hyun-Kwang Seok, Yu-Chan Kim, Ho-Jeong Jeon, Jee-Wook Lee, Won-Hee Lee[1], Myong-Ryul OK ; *Korea Institute of Science and Technology. [1]Sejong University.*
Keywords: Bio-inert, Biodegradable, Implant, ROS

Implants are used as a representative medical device that fixes the shape of the bone until the recovery is completed. In recent years, functional implants that are capable of rapid healing are being studied, not just as a fixed function. The purpose of this study was to induce continuous self-release of reactive oxygen species (ROS) that gives functionality to implants, which will promote tissue regeneration for rapid recovery of damaged bone areas. It has been reported that ROS below in a certain amount of concentration promotes the formation of angiogenesis. For ROS to participate in such a phenomenon, continuous release is the key point for tissue regeneration. In this study, the implantation of commercially available bio-inert implant was combined with biodegradable metals, which is considered to have the most suitable biocompatibility and material characteristics, induced self-release of ROS and optimized the system so that ROS can be released consistently for a long time. When bio-inert metal and biodegradable metal having, a potential difference is grounded, relatively reactive biodegradable metal is preferentially oxidized and bio-inert metal is reduced. Thus, electrons generated in the bio-inert metal side react with the surroundings to generate hydrogen peroxide (H_2O_2) active oxygen which is one of reactive oxygen species. By controlling the corrosion rate of biodegradable metals, the release of H_2O_2 lasts for more than two weeks. In this study, in vitro and in vivo experiments were conducted in similar environment as human body, using a screw model we produced. Result, it was confirmed that ROS release in the body affects angiogenesis for a long period.

[P17-2]
Hybrid micro/nanopatterned fibrous platform using femtosecond laser ablation for regulating cardiomyoblasts behaviors: *Kyeongsoo Kim, Indong Jun, Yong Woo Chung, Hyun-Kwang Seok, Heungsoo Shin[1], Hojeong Jeon ; *Korea Institute of Science and Technology. [1]Hanyang University.*
Keywords: topography, nanofiber, femtosecond laser, cardiomyoblast

To modulate cellular structure and function, engineered substrate, especially topographies with nano- and micro-scale have been investigated. Especially organized cell alignment is essential to mimic anisotropic architecture of native tissues. Herein, we fabricated random and aligned fibrous platforms (720 ± 80 nm in diameter) and generated micro pattern using femtosecond laser ablation(10 μm in width and 5 μm in depth) to construct implantable multiscale platforms. The multi-structures on fibrous platforms with different orientations on the laser-ablated microgrooves were applied to demonstrate the influence of topographic direction and scale on cellular initial adhesive morphology, proliferation, and migration. Moreover, we confirmed that differentiation of H9c2 rat cardiac myoblast on the platform could be guided. In this study, we suggested that hierarchical fibrous platform with multiscale and orientation is required to regenerate the complex and orderly native tissue.

[P17-3]
Periodic nano-textured patterns on poly(HEMA) to control cell behaviors: *Saeromi Kim, Yongwoo Chung[1], KyeongSoo Kim[1], Indong Jun[1], Myoung-ryul Ok[1], Yu-chan Kim, Hyunkwang Seok, Hojeong Jeon ; *Biomedical Engineering, KIST-school, University of Science and Technology. [1]Center for Biomaterials, Biomedical Research Institute, Korea Institute of Science and Technology.*
Keywords: poly(HEMA), pattern, nano-textured surface, cell migration

To solve postoperative side-effects related to cell growth, i.e. posterior capsule opacification (PCO), it is crucial to regulate cell adhesion, migration and proliferation. After the cataract surgery, cell migration and proliferation on the posterior capsule of lens induce PCO. It has been known that the migration rate of cells can be regulated by patterning a surface and femtosecond laser fabrication is useful to generate periodic patterns on biomaterials. We found that a nano-textured surface was created when poly(HEMA), which is a material used to produce intraocular lens, was ablated with femtosecond laser. Therefore, regulation of cellular behaviors according to the effect of varying roughness and width of periodic nano-texutred patterns was studied to find the most effective pattern. Our results showed that cells crawled in and adhered to the patterned surface when the periodic patterns were of 10-μm width. However, cells did not stretch very well and adapt to the surface when the surface was too rough. We also found that cells do not like to crawl in to the patterned area as the pattern width increased and preferred to adhere on the non-patterned surface instead. Therefore, the underlying mechanism of regulating cellular behavior by the effect of modulating the surface roughness and pattern width will be analyzed.

[P17-4]

탄소소재 코팅을 이용한 생체용 NiTi 합금의 자화율 감소: *한태양, 한준현 ; *충남대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: 자기공명영상(MRI), 자기공명영상 왜곡, NiTi

현재 자기공명영상분석법 (Magnetic Resonance Imaging, MRI)은 심혈관계질환, 척추 및 뇌병변장애의 진단과 치료에 중추적인 역할을 하고 있다. 그러나 MRI는 자기장과 고주파를 이용하기 때문에 환자의 몸 안에 생체 금속이 이식되어 있을 경우 생체 이식 금속 및 주변에서 이미지 정보가 사라지거나 변형되어 나타나는 자기공명 (Magnetic Resonance, MR)영상 왜곡현상이 나타나게 된다. 이러한 MR이미지 왜곡현상이 나타나는 가장 큰 이유는 NiTi계 합금, Co-Cr계 합금, 스테인리스강과 같이 상자성(paramagnetism)을 띄는 생체재료와 인체 내의 생체조직의 자화율 차이가 크기 때문이다. 따라서 MR이미지 왜곡현상을 완화시키기 위해서는 생체재료의 자화율을 생체조직 수준으로 낮추어야한다. 본 연구에서는 현재 생체용 금속재료로 사용되고 있는 NiTi계 합금 표면에 반자성체인 탄소소재를 코팅함으로써 생체 금속의 자화율을 감소시켜 생체조직과의 자화율 차이를 줄임으로써 자기공명영상 왜곡을 완화시키고자 한다.

[P17-5]

Ti-Nb-Zr-X 합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 ω상의 영향: *김영수, 김재일 ; *동아대학교 공과대학.*

Keywords: SMA, SE, Ti-Nb, athermal ω, Ti-Nb-Zr

최근 Ti-Nb계 합금은 우수한 생체적합성 및 낮은 탄성계수, 탁월한 냉간가공성 및 우수한 형상기억 특성 등으로 인해 생체 재료로써 많은 관심을 받고 있다. 하지만 Ti-Nb계 합금의 형상기억특성은 Ti-Ni 합금보다 열등하다고 알려져 있다. 지난 몇 년간 Ti-Nb계 합금의 초탄성 특성을 향상시키기 위한 많은 연구들이 수행되었다. 그 결과, 변형에 대한 슬립 임계 응력 향상이 초탄성 특성을 향상시키는 방법이라고 보고되어졌다. 하지만, 이러한 합금계에서 열처리 후 퀜칭에 의한 athermal ω상의 생성은 불가피하다. athermal ω상은 합금의 취성 등을 유발하며 형상기억특성 및 초탄성 특성에 악영향을 미친다고 알려져 있다. 한편, 일부 보고에 의하면 ω상의 미세 분산에 의해 형상기억특성이 다소 향상 되는 것으로 보고되기도 한다. 따라서 본 연구에서는 첨가 원소에 따른 athermal ω상의 석출 거동을 규명하고 또한 athermal ω상의 석출거동이 합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 영향에 대해 체계적으로 조사하였다. Ti-Nb-Zr-X 합금을 Vacuum Arc Melting을 이용해 합금을 제작하여 약 98% 냉간압연 후, 방전가공기를 이용하여 판재형태의 시험 시편을 제작하였다. 모든 시편은 여러 1173 K에서 1.8 Ks동안 용체화 처리 후 퀜칭 후 여러온도에서 시효처리을 수행하였다. 합금의 형상기억효과 및 초탄성 거동을 평가하기 위해 인장시험을 수행하였다. ω상이 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 영향을 규명하기 위해 TEM을 이용하여 조직 관찰을 하였다. 또한 EBSD를 활용하여 집합조직을 관찰하였다.

[P17-6]

Evaluation of the physical properties and microstructures of zirconia suspension based on additive manufacturing technologies: *장경준, 김지현, 배창준[1], 박상원 ; *전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실. [1]재료연구소 분말/세라믹연구본부 공정혁신연구실.*

Keywords: Additive manufacturing, 3D Printing, Rapid prototyping, Dental, Zirconia

The objective of this study was to evaluate the physical properties and microstructures of 3D printed zirconia applied to the additive manufacturing system. The 3D printing system is a Digital Light Processing (Meg Printer, Megagen, Daegu, Korea) with a light intensity of 30 mW/cm^2 and a wavelength range of 375 to 425 nm UVA. The zirconia suspension was prepared by mixing 0.31 um d(50) zirconia powder with one to two functional (meth) acrylate systems. The experimental groups were divided into 48 ~ 58 vol% according to the zirconia volume fraction. The viscosity of the zirconia suspension decreased as the volume fraction increased. The maximum volume fraction achieved for the zirconia suspension produced in the present study was 58 vol%. The cure depth of the zirconia suspension decreased as the volume fraction increased. Overgrowth of the zirconia suspension due to scattering increased as the volume fraction increased. The photopolymer added to the zirconia suspension were completely removed in air atmosphere at temperatures below 600°C. The 3 point bending strength increased as the volume fraction of the zirconia suspension increased and reached the maximum value of 674.74±32.35 MPa in 58 vol%. In the X-ray diffraction analysis, no difference in crystal habit was found regardless of the volume fraction of zirconia. In the microstructure analysis, the proportion of defects increased as the volume fraction of the zirconia suspension decreased, and many cracks were observed after sintering. As a result, the zirconia can be applied to the additive manufacturing system. The sintered body of this study showed lower physical properties than dental zirconia. However, it showed higher results than the maximum occlusal force of the posterior teeth in the natural teeth.

P18 : High Entropy Alloy
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P18-1]
FCC계열 고엔트로피 합금 내 불순원소 및 비금속 개재물의 특성 평가: 최누리, 임가람[1], 나영상[1], *박주현 ; *한양대학교. [1]재료연구소 (KIMS).*
Keywords: High Entropy Alloy, Impurity, Non-metallic inclusion, Thermodynamic computation, Characterization

고엔트로피 합금은 몇 종의 원소를 주성분으로 하여 단일 고용체를 이루는 합금으로서 열적 안정성과 산화 저항성 등이 뛰어나 극저온 분위기나 고온 산화성 분위기 같은 혹독한 환경에서 유용하게 이용될 것으로 각광받고 있다. 많은 연구자들이 FCC 단일상을 이루는 CoCrFeMnNi(V) 합금계에서 조성 변화와 합금의 미세구조에 따른 강도, 파괴거동, 내식성 등의 특성평가에 주목을 하고 있다. 그러나 합금 내 불균일하게 분포되어 있는 비금속 개재물은 합금의 기계적, 화학적 특성을 저하시키는 요인이 된다. 본 연구에서는 VIM 방식으로 제작한 $Co_{10}Cr_{15}Fe_{25}Mn_{10}Ni_{30}V_{10}$ 합금 내 함유되어 있는 C, S, N, O와 같은 불순원소들의 함량을 분석하고, 이를 바탕으로 상용열역학 소프트웨어인 FactSage를 활용하여 합금 내 불순물로 인해 생성되는 개재물의 종류를 예측하였다. 동시에 SEM-EDS 분석을 통해 합금 내 존재하는 개재물의 조성 및 2D-, 3D-형상과 크기 등을 전해 추출기법을 활용하여 체계적으로 조사하였다.

[P18-2]
Combinatorial alloy design of refractory high entropy alloys: Ulanbek Auyeskahn, *Ho Jin Ryu ; *KAIST.*
Keywords: Alloy design, Arc melting, Refractory alloys, Mechanical properties

Refractory high entropy alloys are the most promising candidate for the aerospace and nuclear applications in terms of high-temperature strength and oxidation resistance. In this study we have provided a roadmap for the fabrication of refractory high entropy alloys (RHEA) by vacuum arc melting furnace and their detailed analysis systematically. $Al_xMo_yCr_zNbTiZr$ alloy was taken as the reference for our new alloys. They are designed by a combinatorial approach that has been used widely in material science in order to produce a library of the results. Our combinatorial design follows general acceptance which states that HEA have at least 5 constituent elements and vary between 5at% and 35at%. Moreover, Al and Cr have an effect on decreasing the density of an alloy significantly along with good oxidation resistance. Even though Mo is relatively expensive, it has the highest melting point among the elements that are being used. Therefore, they are chosen to be the variables, but Nb, Ti and Zr are fixed (at%) to get optimized properties. For example, Vickers hardness test revealed that all the 12 alloys in the combinatorial triangle have higher microhardnesses than the previously reported alloy (>5.8GPa). Further studies will be focused on oxidation resistance of the alloys in a static air before and after heat treatment at 1200°C for 20h.

[P18-3]
The effects of elemental interaction on microstructure and mechanical behavior of multicomponent TiZrHfNiCuX high entropy alloy system: *Hae Jin Park, Young Seok Kim, Sung Hwan Hong, Jeong Tae Kim, Ki Buem Kim ; *Sejong University.*
Keywords: High entropy alloy, microstructure, mechanical behavior

In this study, alloys with composition of equi-atomic substituted TiZrHfNiCu, TiZrHfNiCuCo, and TiZrHfNiCuFe high-entropy alloys (HEAs) were produced by suction casting method. The effects of addition elements on phase composition, microstructure and mechanical behaviors of the HEA were studied. The suction casted $Ti_{20}Zr_{20}Hf_{20}Ni_{20}Cu_{20}$ HEA exhibits single C14 Laves phase ($MgZn_2$-type) with fine homogeneous microstructure. When Co or Fe elements are added, morphologies are slightly modulated toward well-developed dendritic microstructure, phase constitutions are significantly changed from single Laves phase to mixed multi-phases as well as mechanical properties are also altered with increased plasticity and high strength. It is believed that modulated mechanical properties are mainly ascribed to the change of phase constitution and crystalline structure, together with the microstructural characteristics. This clearly reveals that the selection and addition of supplementary elements based on the formation rule for HEAs play an important role on the evolution of phase, microstructural morphology and mechanical properties of $Ti_{20}Zr_{20}Hf_{20}Ni_{20}Cu_{20}$ HEA. The characteristics of the microstructure formation in the studied alloys were discussed.

[P18-4]
용접속도에 따른 고엔트로피합금(HEA)의 용접부 특성 평가: *남현빈, 강남현, 강민정[1], 김철희[1], 김형섭[2] ; *부산대학교 재료공학과. [1]한국생산기술연구원 용접접합그룹. [2]포항공과대학교 신소재공학과.*
Keywords: High-Entropy Alloy, Laser welding, Welding speed, Full penetration, Weldability

최근 원유 및 천연가스 자원이 고갈됨에 따라 극지 에너지 자원의 활용이 요구되고 있으며, 극한 환경에서 운행되는 해양플랜트 및 선박의 극저온 장비는 고강도 및 저온 인성 특성을 만족시켜야 한다. 극저온장비에 사용되던 기존의 9% Ni 강 및 스테인리스강은 용접 시 발생하는 용접결함으로 인해 용접부의 특성이 저해되어 용접부 물성은 한계에 도달하였다. 그러므로 우수한 상온 및 저온 특성을 갖는 고엔트로피 합금(HEA) 개발의 필요성이 부각되고 있으며, 이러한 신재료의 상용화를 위해서는 용접기술 확보가 최

우선적으로 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 레이저 용접을 적용한 고엔트로피합금 용접부 특성에 미치는 용접속도의 영향을 알아보고자 한다. 레이저 용접은 출력을 3.5 kW로 고정시키고, 용접속도는 5~10 m/min으로 변화시켜 bead-on-plate(BOP) 용접을 수행하였다. 고엔트로피합금의 용접부 특성 분석 결과, 완전용입조건에서 모재보다 저하된 경도분포가 관찰되었으며, 입열량이 증가함에 따라 열영향부의 폭이 감소되는 경향을 보였다. 인장강도는 용접속도의 변화와 상관없이 유사한 경향을 보였으며, 모든 시험편에서 용접부 파단이 발생되었다. 이와 같이 완전용입 조건의 용접부이지만 미세조직 및 기계적 특성은 모재보다 열화되었다. 이는 냉간압연된 고엔트로피합금을 열처리 단계 없이 적용한 결과이며, 어닐링 열처리 이후 용접을 진행한다면 용접부 특성이 우수해 질 것으로 판단된다.

[P18-5]

기계적 합금화법에 의한 Ta-V-Nb-W-Mo 하이엔트로피 합금의 제조 및 특성: *<u>임종화</u>, 서동선, 이진규 ; *공주대학교 신소재공학과*

Keywords: High entropy alloy, Ball milling, Mechanical alloying, Sintering

하이엔트로피 합금(High entropy alloy)은 5가지 이상의 서로 다른 원소들로 구성되어 있는 단상의 과포화 고용체의 합금이며, 최근에 들어 주조법뿐만 아니라 기계적 합금화(Mechanical alloying), 분무법(Atomizing), 스퍼터링(Sputtering) 등의 다양한 방법에 의해 제조되고 있다. 하이엔트로피 합금은 높은 비강도, 내식성 및 높은 고온 강도 등 우수한 특성으로 인해 고온 내열 합금, 코팅재료 등의 측면에서 활용이 가능하므로 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 고융점 원소(Ta, Nb, Mo, W 등)로 이루어진 BCC 구조의 하이엔트로피 합금은 기존의 내열재료보다 1000ºC 이상의 고온 영역에서 특성이 우수하여 차세대 내열소재로의 활용이 기대되고 있다. 본 연구에서는 우수한 내열 특성을 가지는 하이엔트로피 합금 조성으로 알려진 Ta-V-Nb-W-Mo 합금을 기계적 합금화법에 의해 제조하고, 공정 조건이 합금의 미세조직 및 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 제조된 하이엔트로피 합금 분말을 방전 플라즈마 소결법에 의해 벌크 형태로 제조하였다. 주사전자현미경(SEM) 및 X-선 회절 분석(XRD)을 이용하여 미세조직과 상분석을 행하였고, 비커스 경도 및 압축시험을 통하여 기계적 특성을 분석하였다.

[P18-6]

새롭게 개발된 Non-equiatomic CoCrFeMnNi 합금의 미세조직에 관한 연구: *<u>Yoon Ji Shin</u>, 최민구, 박노근 ; *영남대학교 공과대학 신소재공학부*

최근 많은 관심을 받고 있는 고엔트로피합금(High Entropy Alloy: HEA)은 일반적으로 원소의 종류가 약 5종 이상이며, 그 함량이 동일하거나 비슷한 비율을 갖는 것으로 정의된다. Cantor 합금으로 알려진 CoCrFeMnNi가 가장 대표적인 예가 될 수 있다. 단일 상을 가지면서 고엔트로피를 유지하기 위해 평균 최외각전자의 수, 원자간 결합 거리의 평균적 차이, 평균 혼합 엔탈피, 평균 혼합 엔트로피 등의 고엔트로피합금을 얻기 위한 여러 가지 관점이 제시되고 있다. 한편 Nature, Acta Materialia 등에는 기존의 일반적인 정의의 틀을 깬 non-equiatomic 성분계를 가지면서 High의 범위를 벗어나 Medium 수준의 엔트로피합금에서 우수한 물성이 일부 보고되고 있다. 본 연구에서는 Cantor 합금과 동일한 평균 최외각전자의 수를 갖게 하면서 성분 조합의 변화를 시켜 평균 혼합 엔탈피 및 엔트로피의 변화에 따른 새로운 합금을 제시한다. 격자상수의 변화, 안정상의 종류, 기계적 물성 등의 결과를 공유하며, 동시에 산업계에 이바지할 수 있는 새롭게 개발된 합금의 미세조직을 평가하고 향후 개발 방향을 제시한다.

P19 : New-Horizon : 2-D Materials
Room 3층 전시장, 4월 27일

[P19-1]
Two-Dimensional Atomic-Layered Alloy Junctions for High-Performance Wearable Chemical Sensor: *Deok Min Seo, Su Ryeon Lee, Yong Hun Kim[1], Byung Jin Cho[2], Myung Gwan Hahm ; *Inha University.* [1]*Korea Institute of Materials Science.* [2]*Chungbuk National University.*
Keywords: 2D layer junctions; NbSe2; one-step CVD synthesis; wearable chemical sensors; WSe2

We first report that two-dimensional (2D) metal ($NbSe_2$)–semiconductor (WSe_2)-based flexible, wearable, and launderable gas sensors can be prepared through simple one-step chemical vapor deposition of prepatterned WO_3 and Nb_2O_5. Compared to a control device with a Au/WSe_2 junction, gas-sensing performance of the 2D $NbSe_2$/WSe_2 device was significantly enhanced, which might have resulted from the formation of a $Nb_xW_{1-x}Se_2$ transition alloy junction lowering the Schottky barrier height. This would make it easier to collect charges of channels induced by molecule adsorption, improving gas response characteristics toward chemical species including NO_2 and NH_3. 2D $NbSe_2$/WSe_2 devices on a flexible substrate provide gas-sensing properties with excellent durability under harsh bending. Furthermore, the device stitched on a T-shirt still performed well even after conventional cleaning with a laundry machine, enabling wearable and launderable chemical sensors. These results could pave a road toward futuristic gas-sensing platforms based on only 2D materials.

[P19-2]
상온 스퍼터링 및 전자빔 후처리 공정에 의한 MoS_2 박막 성장 및 TFT 소자 제조: 김봉호, 구현호, *윤영준[1] ; *한국세라믹기술원.* [1]*경상대학교.*
Keywords: 2D materials, MoS_2, sputtering, electron beam irradiation, TFT

2D 구조의 MoS_2는 두께에 따라 밴드갭이 조절 가능하며, TFT 소자로의 적용시 높은 mobility 특성을 나타내어 많은 연구가 진행 중이다. 그러나 아직까지는 정형화된 2D 구조를 형성하는 성장법이 확립되지 않아 MoS_2 기반의 소자 특성 결과는 대부분 기계적인 박리에 의해서 형성된 것으로부터 얻어진 것이 대부분이다. MoS_2를 비롯한 다양한 2D 물질의 다양한 응용을 위해서는 기존의 반도체 공정과 호환이 되면서 플렉서블 소자로의 응용을 고려하여 저온성장이 가능한 공정기술이 요구된다. 본 연구에서는 많은 연구자들이 접근하는 CVD 방식이 아닌 PVD 공정 중의 하나인 스퍼터링 공정으로 MoS_2 박막을 상온에서 형성하고, 동일 챔버 내에서 후처리의 형태로 60 mm의 직경을 갖는 소스로부터 수 kV의 에너지를 갖는 전자빔을 생성하여 조사함으로써 2D-MoS_2 구조를 갖는 박막을 제조하였다. 본 발표에서는 미세 구조 및 화학양론비를 평가할 수 있는 분석법을 적용하여 MoS_2 박막의 품질을 평가한 결과와 더불어 bottom gate 구조의 TFT 소자를 제조하여 그 전기적 특성을 평가한 결과를 함께 제시하고자 한다.

[P19-3]
Highly Transparent and Stretchable Entangled Graphene: * Jaehyun Han, Jong-Souk Yeo ; School of Integrated Technology Yonsei University.
Keywords: Transparent, Stretchable, Entangled Graphene

Transparent and stretchable electrodes have been investigated due to the increased needs for various applications such as flexible display, wearable electronics, skin-like sensors, and implantable health care systems. Conventional indium tin oxide (ITO) is too brittle to be used in stretchable electronics. Therefore, two main strategies for new structural layouts using either metals or completely new materials have been investigated for the stretchable electrodes. The approaches of extremely thin metal film, wavy structure, and 3D configuration are still limited in achieving stretchable electrodes due to their complicated fabrication process, low transparency, or low endurance. The other strategy of using new materials includes conductive polymers, 2D nanowires, CNT, and graphene. Conductive polymers have a good flexibility but their electrical and mechanical properties are not compatible for stretchable electronics. Low dimensional materials are flexible and can be stretchable due to the ultra-thin properties, but they critically depend on percolation threshold and dimensionality. Here, we show entangled graphene with high transparency over 90 % and stretchability about 100 % with good electrical performance. Entangled graphene is fabricated by conventional chemical vapor deposited graphene, which is similar to the CNT-graphene hybrid structure. The mechanical stability of entangled graphene network is analyzed using stretching and bending tester. This research was supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the “ICT Consilience Creative Program” (IITP-R0346-16-1008) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion) and also under the “Mid-career Researcher Program” (NRF-2016R1A2B2014612) supervised by the NRF(National Research Foundation).

[P19-4]
그래핀 소자의 전극 형성 방법에 따른 전기적 광학적 특성: *유태진, 이상경, 장경은, 조천흠, 김시현, 이병훈 ; *광주과학기술원.*
Keywords: graphene, metal contact, photodetector

그래핀은 2차원의 물질로 sp^2 결합의 탄소들로 구성되어 있다. 0.34 nm 의 얇은 두께 에도 2.3% 의 빛을 흡수하고, 다중 광 캐리어 효과에 의해 빛을 흡수할 때, 광 캐리어가 증폭된다. 또한 광 캐리어의 수명이 0.6ps로 매우 짧기 때문에 1.5 THz 반응속도로 빠르게 작동하는 포토디텍터 제작이 가능하다. 그래핀 자체의 Dirac-cone 밴드 구조에 의해 다양한 파장의 빛을 흡수 가능하기 때문에 광대역 응용이 가능하다. 이러한 장점들을 이용하여 그래핀을 이용한 전자소자와 광학소자에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 최근 화학기상증착방법 (CVD) 방법으로 제작된 그래핀을 이용한 연구가 활발히 진행 되는데, 전사공정시 필요한 PMMA 잔여물, 혹은 공정시 발생하는 포토레지스트 잔여물에 의해 소자의 전기적 광학적 응용시 성능 저하가 발생한다. 이를 해결하기 위해 진공 전사 방법[], 다양한 그래핀 표면 세척 방법 등 소자 성능 안정화를 위한 공정 개발이 진행되고 있다. 하지만 그래핀 소자의 성능 개선을 위해서는 공정 개발 외에도 그래핀이 잔여물에 영향을 최소화 할 수 있는 구조가 필요하다. 본 연구에서는 그래핀의 아랫 부분이 금속과 접촉되게 전사하여 공정을 최소화 하며, 금속과 접촉되는 그래핀에는 어떠한 폴리머 잔여물이 남지 않도록 하여 전기적 특성과 광학적 특성을 향상 시킬 수 있는 구조를 제안한다. 이러한 구조를 바탕으로 전기적 측정 결과 전자 이동도는 2 배 향상되었고 그래핀 채널에서의 저항은 3.5 배 절감된 실험 결과를 얻었다. 광학 측정 결과 광전류 발생량이 그래핀의 윗면이 금속과 접촉된 구조에 비해 그래핀 아랫면이 금속과 접촉된 구조에서 광전류량이 1.45 배 증가한 결과를 얻었다. 이러한 결과를 바탕으로 그래핀을 이용한 전자소자 및 광학소자의 구조를 최적화할 수 있고, 성능향상을 해서 실제 상용화된 반도체 포토디텍터 수준의 성능에 이를 것으로 기대 된다.

[P19-5]

진공 Roll-to-plate 전사 공정을 이용한 대면적 CVD graphene의 고품질 전사 상용화 기술 연구: *이상경, 황현준, 유태진, Nikam Revannath, 황진하, 이병훈 ; *광주과학기술원.*

Keywords: Vacuum, RTP, CVD graphene, Commercialization, Uniformity

Graphene, MoS_2, BN와 같은 2차원 물질들은 차세대 전자 소자의 재료로써 많은 관심과 연구의 대상으로 대두되고 있다. 많은 연구들을 통해 2차원 물질들의 차세대 전자 소자로서의 응용 가능성을 보고되고 있지만, 단위 소자 이상의 회로 또는 어플리케이션에 대한 연구는 고품질의 대면적 2차원 소재 공급 부재로 인하여 진전이 어려운 상황이다. 대표적인 2차원 물질인 graphene은 CVD 공정을 이용하여 상용화 가능한 대면적 성장 연구가 꾸준히 진행되었으며, 최근 50인치 크기의 CVD graphene이 보고 되었다. 그러나, 대면적으로 성장된 CVD graphene을 이용하여 소자를 제작하기 위해서는 원하는 기판에 전사하는 공정이 필수로 요구되지만, 전사 공정 중 graphene의 물리적 손상 발생하고, graphene과 기판간의 계면 제어가 어렵기 때문에 전사된 graphene에 대한 성능 균일도가 확보되지 못하였다. 전사 공정 상 graphene의 물리적 손상과 제작된 소자의 성능이 불 균일한 주요 원인은 graphene과 전사 기판간의 계면 불순물로 인한 것이며, 이러한 원인을 해결하기 위해 진공 중에서 계면에 남을 수 있는 불순물을 제거하고, 열 처리를 통해 graphene의 자발적인 전사가 이루어 질 수 있도록 진공 열처리 graphene 전사 공정이 개발 되었다 [1]. 또한 진공 열처리 graphene 전사 공정의 주요 전사 메커니즘을 이용하여 대면적 CVD graphene 전사가 가능하도록 하기 위해, 진공 Roll-to-plate (RTP) 전사 장비를 2년간 공동 연구하여 개발 하였다. 대면적 CVD graphene의 전사를 위해, 열박리 테이프가 공정에 이용되었으며, 열박리 테이프의 접착제 잔여물 제거를 위한 다양한 방법이 연구 되었다. 효과적인 열박리 테이프의 접착제 잔여물 제거 및 전사 균일도 확보 가능 조건을 이용하여, 60 mm × 60 mm 크기의 CVD graphene을 4 inch 90nm SiO_2/Si wafer 상에 성공적으로 전사하였다. 전사된 대면적 CVD graphene은]광학 이미지 분석상 98% 이상의 영역에 대하여 물리적 손상 없이 전사된 것을 관찰할 수 있었으며, 100 포인트 이상의 서로 다른 지점에 대한 면저항 측정 결과, 평균 700Ω/□(standard deviation 110)의 값을 얻었다. 이는 전사된 CVD graphene의 전기적 성능이 약 10% 이내의 오차 범위로 균일함을 보여 주는 결과이다. 진공 RTP 전사 공정을 이용한 대면적 2차원 물질의 고품질 전사 기술의 상용화 기술 개발로 인하여, 관련 연구와 응용 산업의 발전에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. Acknowledgments: 이 논문은 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-글로벌프론티어사업 (재)하이브리드 인터페이스기반 미래소재연구단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013M3A6B1078873)
Reference [1] S.K.Lee, et al., “Graphene transfer in vacuum yielding a high quality interface”, Carbon, 93, 2015, p.286-294.

P20 : 분말재료
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P20-1]
ODS 합금분말 첨가 및 소결 조건에 따른 밸브시트의 마모 거동에 관한 연구: *신민호, 전영수, 박종관 ; *대한소결금속㈜ 기술연구소.*
Keywords: Oxide dispersion strengthened, ODS, Valve seat, sintering

산화물 분산강화(ODS, Oxide Dispersion Strengthened) 합금은 시스템의 효율 향상과 CO_2발생 및 환경오염 방지를 위해 필수적으로 요구되는 고온재료의 수요 증가로 인해 현재 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 중심으로 연구가 활발히 진행 중에 있다. 금속기지에 열적 안정성이 우수한 미세 나노산화물 입자를 첨가함으로써 향상된 고온 기계적 특성을 지니며, 국방산업, 에너지 산업, 항공우주산업 등으로 응용분야가 확대되고 있다. 하지만, ODS 합금은 기계적 합금화(MA)를 통한 분말 제조 및 HIP, SPS, 열처리와 같은 제품 공정에서 낮은 생산성과 높은 제조가격의 문제점이 존재하여 자동차 분야로의 연구는 전무한 상태이다. 이에 본 연구에서는 ODS 합금의 문제점을 보완하여 차량 엔진 소재로의 응용확대를 위하여 상용 PM 성형공정에서 ODS 합금분말 첨가 및 소결 조건에 따른 밸브시트의 마모거동을 연구하였다.본 연구에서는 Matrix 조성은 Fe-Cr-C 조성을 갖는 alloy powder를 이용하였고, ODS 합금분말로는 10^{-4}Torr의 고진공하에서 Gas Atomization으로 제조된 Fe-Cr-W-Ti 합금분말과 기계적 합금화를 통한 Fe-Cr-W-Ti-Y_2O_3 MA분말을 각각 20wt.% 첨가하였다. 또한 소결조건은 1130±20°C에서 질소, 수소, 진공 분위기하에서 각각 소결하였으며, ODS 합금분말 첨가 및 소결 조건에 따른 마모 거동을 Cr계, Co계, Mo계 합금분말이 첨가된 상용조성과 비교 평가하였다.

[P20-2]
Selective laser melting (SLM) 공정에 대한 분말 적층밀도 평가: *신기훈[1,3], 최준필[2], 김경태[1], 김병기[3], 김은아[1], 유지훈[1] ; *[1] 재료연구소(KIMS). [2]McGill University. [3] 울산대학교 첨단소재공학부.*
Keywords: Selective laser melting, Powder layer density, Flowability, STS316L

Selective laser melting (SLM) 공정은 Powder Bed Fusion (PBF)기반의 적층 제조 (Additive manufacturing, AM)기술로, 도포된 금속 분말에 레이저 열원을 조사하여 분말의 용융 및 응고과정을 선택적으로 원하는 부품을 제조 하는 기술이다. 일반적으로 SLM공정은 생산성은 낮으나 적층시 기하학적 유연성 및 정밀도가 우수하며 주조 및 단조부품과 비교 시 더 우수한 기계적 특성을 나타내는 장점이 있다. 따라서 자동차, 국방, 항공, 의료 등 다양한 분야에 사용되고 있다.SLM공정에 사용되는 분말의 특성 중 분말크기, 입도분포, 분말의 형상, 유동도와 분말 충진율은 최종적으로 만들어지는 제품에 중요한 역할을 한다. 그러나 위의 특성들은 실제 분말이 도포되는 기판위에 입자들의 충진 상태를 설명하기에는 충분하지 않다. 이 연구에서는 SLM공정을 통한 분말 적층밀도를 새로운 방법으로 평가하고자 한다. 실험은 Ar분위기 (O2<0.3%)에서 진행하였으며 레이저 출력전압 90 W, 레이저 조사속도 800 mm/s, 레이저 빔 간격 80 μm에서 진행 하였다. 공정변수의 변화는 적층두께를 25 μm, 50 μm, 75 μm로 하였다. 그 결과 기존의 방법에 의해 측정 된 분말의 특성이 SLM에 적합한지 여부를 결정하는데 항상 적절하지 않다는 것이 나타났다.

[P20-3]
DED 기술을 이용한 CPM15V 금속분말 적층 후 미세조직 관찰: *백경윤, 심도식[1], 이기용[2], 신광용[2] ; *전남대학교 공대 기계공학과. [1] 한국해양대학교 기계공학부. [2] 한국생산기술연구원 그린가공공정그룹.*
Keywords: DED, CPM15V, Hardfacing, Microstructure, SEM

Direct Energy Deposition(DED) 기술은 고출력 레이저를 이용하여 금속분말을 국부적으로 금속표면에 적층시키는 기술로서, 현재 금형강화 (hardfacing)에 많이 활용되고 있다. 금형강화를 위해서는 모재보다 높은 내마모성과 고경도를 요구함에 따라, 최근에는 DED 기술을 이용하여 고탄소강 계열의 금속분말을 금형강화에 적용하려는 연구가 시도되고 있다. 고탄소강 중, Crucible Particle Metallurgy(CPM) 금속 분말은 바나듐 같은 고융점의 금속원소를 다량 함유하고 있어, 고경도와 고내마모성이 이미 입증되었다. 하지만, 적층성이 매우 불안정하기 때문에 적층과정 중에 모재와 적층 소재 간의 인터페이스 (interface) 부근에 다수의 크랙이 발생하는 등의 결함이 문제시되고 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 DED 기술을 이용하여 공정조건 변화와 약 200°C의 모재예열을 통하여 CPM 15V 금속분말 적층에 성공하였다. 적층 시편에 대한 미세조직(microstructure) 관찰 결과, 고출력레이저에 의한 급속용융과 응고로 인하여 모재와 경계영역에서는 페라이트 조직과 마르텐사이트 조직이 관찰되었다. 적층부에서는 준안정한상태의 오스테나이트와 마르텐사이트, 공융(eutectic) 및 다량의 탄화물을 함유하는 미세구조를 나타내었으며, 미세조직 내 탄화물은 EDS 분석결과, V-Cr 탄화물로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다.

[P20-4]
금속 레이저 적층기술을 이용한 발포 금속 제조에 관한 연구: *서자예, 신광용[1], 윤희석, 이기용[1], 심도식[2] ; *전남대학교. [1] 한국생산기술연구원. [2] 한국해양대학교.*
Keywords: Direct energy deposition, laser cladding, metal foam, porosity, Titanium hydride

Direct energy deposition(DED) 기술은 고출력 레이저 빔을 이용하여 금속 분말을 모재와 함께 용융시켜 3차원 형상으로 적층하는 기술이다. 이러한 기술은 다품종 소량 생산에 적합하며 치밀한 미세조직을 얻을 수 있는 장점이 있기 때문에 최근 산업에 널리 이용되고 있다. 또한, 발포금속은 촉매작용, 여과 및 흡수 에너지에 대한 우수한 성능으로, 공학적 재료로서 주목을 받고 있다. 특히,

티타늄 발포금속은 기계, 의료 등 여러 분야에서 사용되기 때문에 티타늄 발포금속 제조에 대한 연구 관심도가 높아지고 있다. 본 연구에서는 DED기술을 기반하여 Ti64 분말에 발포제로 많이 응용되고 있는 TiH_2를 혼합하여 발포금속 제조하는데 있어 대표적 공정변수인 트랙(track)의 간격(spacing)에 따라 발포 적층 시에 나타나는 적층 특성, 기공률, 기공사이즈, 그리고 기공 분포에 미치는 영향을 조사하였다. 실험 결과, 발포제와 track의 spacing을 이용한 발포 적층 방법은 micro scale과 macro scale의 두 종류의 기공이 동시에 생성될 수 있음을 확인하였다. Spacing의 넓이가 track의 넓이보다 좁을 때는 발포 작용으로 인한 micro scale의 기공이 형성되고, 넓을 때에는 macro scale의 기공이 형성되며, 넓이가 같을 때에는 기공이 거의 형성되지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 spacing에 따른 인접한 용융풀의 냉각 속도 차이에 기인한 것으로 분석된다.

[P20-5]

자전연소합성법을 이용한 Cu-Ni-Zn-페라이트 나노분말의 합성과 유한 요소해석: *최용, 구문선 ; *단국대학교.*

Keywords: CuNiZn-ferrite, Nano-powders, SHS method, Finite element method

Cu-Ni-Zn 페라이트는 투자율이 높고 전기 저항이 크기 때문에 전자 기기, 센서, 마이크로파 흡수체, 고주파 소자, 전자파 장해(EMI) 물질 등에서 주목을 받고 있다. CuO, NiO, ZnO, Fe 및 Fe_2O_3 초기 분말로 고온자전연소합성(Self-propagating High Temperature Synthesis)에 의하여 $Cu_xNi_yZn_{1-x-y}Fe_2O_4$의 다공질체를 제조하였다. SHS 초기조건을 선정하기 위하여 유한 요소법으로 연소반응을 해석하였다. 유한요소해석은 ANSYS17.0을 사용하였다. 초기 조건은 상온 1기압, 0.1 MPa 산소압이고 경계조건은 T_{S1}=1400 K, T_{S2}=600 K이다. 원통형 시료(dia.35 x length100[mm])에 자전연소반응이 열전달과 대류, 복사에 의해서 진행될 때 연소파의 최대연소온도는 1810 K로 평가 되었다. 연소 온도 및 전파 속도는 각각 약 1120 K 및 3.9 mm/sec 였다. 유한요소 해석을 통하여 선정된 적정 조건에서 합성된 SHS 생성물을 볼 밀링한 후, 습식 조건에서 자기적 분류를 하여 순도를 향상시켰다. 최종 나노 크기의 입자는 초음파 교반 방식으로 분류되었다. 볼 밀링 후의 페라이트 입도는 약 200 nm 미만이었다. 초음파 분리 후 50 nm 이하의 나노 크기의 입자가 얻어졌다. X-선 회절 분석에 의하여 자기 분류에 따라 스피넬 피크가 증가하는 것이 관찰되었다. SHS에 의해 제조 된 페라이트 분말의 보자력(iHc), 최대 자화(Ms) 및 잔류 자화(Mr)는 각각 12.58 [kA/m], 48.79 [A•m^2/kg]및 4.46 [A•m^2/kg]이었다.

[P20-6]

LTCC 전극 공정부산물로부터 은 회수 및 은 나노입자 제조 연구: *주소영, 안낙균, 신동윤, 윤진호 ; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: LTCC, 공정부산물, 침출, Ag, Nanoparticles

전자산업의 발전함에 따라 발생하는 산업 폐기물로부터 유가자원을 회수하는 다양한 연구가 이루어지고 있다. 유가자원에서의 은(Ag)은 귀금속으로 스퍼터 타겟, Display 소자와 각종 기판 전극 소재 등의 전자 산업분야에서 사용되고 있다. 하지만 부존자원이 전무하고 귀금속 관련 산업원료를 전량 수입에 의존하는 현재로써 전자산업 폐기물로부터 유가금속을 회수하여 산업원료로 사용하는 재활용이 시급하다. 특히 자원무기화에 대비하여 유가금속 함유량이 높은 폐 원료로부터 유가금속을 회수하는 것은 자원의 안정적 확보 차원에서 중요하다. 발생되는 전극 공정부산물에는 금, 은, 백금, 팔라듐, 로듐 등의 귀금속 및 니켈, 코발트 등 유가금속이 함유되어 있어 회수가 필수적이다. 특히, 고가의 귀금속인 은이 함유되어 있는 LTCC 전극 공정부산물로부터의 은 회수 및 산업원료 사용을 위한 은 나노입자 제조 연구가 필요하다. 본 연구는 LTCC 전극 공정부산물로부터 유가금속인 은의 효율적 회수를 위해 진행하였으며, 은 회수 시스템에 영향을 미칠 수 있는 침출액의 산농도, 침출시간, 침출온도, pulp density 등의 다양한 변수 조건을 통해 은을 선택적으로 분리·회수하는 침출조건 최적화 실험을 진행하였다. 또한, 은의 고순도화 및 실질적 소재 사용을 위해 agent를 통한 은 나노 입자 제조 연구를 진행하였다. 은 침출 및 침전실험을 통한 은 분리·회수 실험 후, ICP-MS와 XRF 분석을 통해 은 회수율 및 순도를 확인하였고, 은 나노입자 제조에는 UV-vis, XRD 그리고 FE-SEM을 통해 은 입자 및 입자크기를 확인하였다.

[P20-7]

Tantalite 정광으로부터 3N5이상급 산화물/불화물/금속제조 연구: *임재홍, 최상훈, 주원, 심재진, 바시트 알리, 박용준[1], 구본우[1], 박경태 ; *한국생산기술연구원 희소금속산업지원센터. [1] 에코리싸이클링.*

Keywords: metallothermic, K_2TaF_7, diluent, reduction metal

Ta는 융점이 높고 내식성 및 연성 등 우수한 물리적 특성으로 인해 화공, 기계, 의료분야 뿐만 아니라 군사,우주 및 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 금속은 반도체 전극소재로 활용되고 있다. 본 연구의 목적은 Tantalite 정광으로부터 산화물, 불화물, 금속분말 3종의 소재를 제조하는 것이다. Tantalite 정광은 용매추출법을 통해 순수 Ta염으로 제조하고, 용매추출 시 TBP 유기용제가 사용된다. 이후 결정화공정을 통해 각각 Ta_2O_5, K_2TaF_7화합물로 제조되었고 이중 K_2TaF_7을 원료로 하여 Na 금속열환원을 실시하고 최종적으로 Ta 금속을 제조하였다. 금속열환원 시 NaCl이 희석재로 첨가되었으며 Na 금속은 높은 반응열로 소량을 정량적 연속주입 하였다.

[P20-8]

통전활성소결법을 이용한 Ta-Cu 고상소결에 따른 접점 및 조직 특성 고찰: *주원, 최상훈, 임재홍, 박용진[1], 박준성[1], 송재영[1], 김영도[2], 김택수, 박경태 ; *한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [1] 신생금속공업(주). [2] 한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electrical contact material, Ta-Cu, SPS, Electrical conductivity

접점재료는 요구전류에 따라 필요 특성이 달라지며 관련특성은 전기전도도, 아크저항성, 융점, 산화저항성, 저열팽창성 등이 있다.

이 중 20A이상 고전류용 접점재는 보다 극심한 환경으로 재료 선정이 까다롭고 현재 상용시장은 Ag(금속)-산화물 복합재가 활용되고 있다. 금속-산화물 복합재의 가장 큰 예는 Ag-CdO, Ag-CdInO, Ag-SnO2 등이 있으며 산화물 첨가 목적은 높은 전압·전류에 의해 발생하는 아크열에 의한 융착문제와 이를 제어하기 위함이다. 또한 고전류 환경에서는 위해 W-Cu계가 활용되고 있는데W-Cu 소재는 소재간 물성차이가 크며 특히 W 첨가에 따른 기계가공성이 낮아져 단순 판재로 활용되는 단점이 있다. 본 연구에서는 Cu-Ta계를 Spark Plasma Sintering(SPS) 방식을 이용한 연구를 진행하였는데, 두 분말을 혼합한 경우 W-Cu와 마찬가지로 제 2상을 만들지 않기에 Cu가 갖는 높은 전기/열전도성과 Ta가 가지는 고온안정성 및 내아크성을 접점재료에 동시에 나타낼 수 있어 W-Cu와 유사한 특성을 가짐과 동시에 SPS를 이용한 소결성 증대로 인해 전류특성도 안정적으로 얻을 수 있다. 각각 31 μm, 35 μm의 비슷한 크기를 가진 불규칙형 Ta 분말과 응집형 Cu 분말을 사용하여 밀링기를 이용, 단순혼합방식으로 분말혼합을 진행하였다. 이후 SPS를 이용해 900ºC, 30 MPa 조건 하에서 고상소결을 진행하였다. 소결체의 경우 전기 및 열전도도 특성 및 조직적 특성을 알아보았다. 조직 분석 결과, 모든 조성에서 각 분말이 고르게 분포되었음이 관찰되었다. 또한, 조직에 대한 EDS 분석을 진행한 결과 두 상 외에 제 2상은 나타나지 않았음을 확인했다. 측정한 전기전도도 데이터의 경우 이론값과 유사한 경향을 나타내는 것을 확인하였으며 이는 분말 간 분산이 잘되어 이론값과 비슷한 데이터가 나온 것이다. 50Ta wt.%일 경우 54 IACS%의 전도도를 갖는 것으로 나타났으며, 열전도도에서도 이론값과 유사한 것이 확인이 가능하다. 열전도도의 경우 같은 조성에서 180.342 W/m·K의 값을 나타냈다.

[P20-9]

고에너지 기계적 합금화를 통한 Ni계 산화물 분산 강화 합금 분말 제조시 밀링 매체에 따른 불순물 저감 공정 연구: *한덕현, 박상환, 공만식 ; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: Mechanical alloying, Ni base ODS, milling media, Contamination reduce

산화물 분산 강화(ODS, Oxide Dispersion Strength) 합금은 열적 안정성이 뛰어난 산화물 입자를 금속기지내 균일 분포하도록 공정을 수행하여, 전위의 이동을 효과적으로 제한하는 재료의 강화 기구 중 하나이다. 따라서 산화물은 분산 강화 효과를 위해 금속 분말의 판상 제조 후 산화물이 금속 표면에 분산된 뒤 압접에 의한 물리적 합금화 과정이 지속적으로 발생해야 한다. 이러한 산화물 분산 강화 합금 분말을 제조하기 위해서는 물리적 합금화 과정이 뛰어난 고에너지 밀링 장비를 사용하고 있다. 본 발표에서는 고에너지 밀링 장비를 이용하여 산화물 분산강화 합금 제조시 밀링 매체에 따른 제조 분말의 불순물 저감을 위한 연구를 수행하였다. 실험에 사용한 분말은 고온 안정성이 뛰어난 MA6000 분말이며, 산화물은 Y_2O_3(1.1 wt.%) 첨가후 고에너지 밀링 장비에 장입하였다. 사용한 고에너지 밀링 장비는 Symoloyer(ZoZ corparation, CM-01)를 이용하였으며, 불순물 저감을 위한 다양한 밀링 매체 변수로써 실험을 수행하였다. 밀링 조건은 밀링 매체에 따른 물리적 특성 차이에 의한 운동에너지가 차이가 남에 따라, 동일 운동에너지가 인가되는 조건으로 수행하였다. 밀링 후 불순물은 XRF 및 XRD를 통하여 분석하였으며, SEM 및 PSA, XRD를 이용한 분말의 형상 및 산화물 분포를 확인하였다.

[P20-10]

3D 프린팅 타이타늄 부품의 미세조직학적 특성 및 피로특성 평가: *최영신, 박양균, 황유진, 김건희[1], 이병수[1], 이창우[1], 이동근 ; *순천대학교 신소재공학과.* [1] *한국생산기술연구원.*

Keywords: Additive Manufacturing, Electron beam melting, Ti-6Al-4V, Fatigue mechanism, Crack Initiation

3D 프린팅 기술은 정형화된 틀이 필요치 않고 복잡한 형상의 제작이 가능하며 제작자의 요구를 보다 맞춤형으로 실현시킬 수 있는 미래지향적인 부품 제작 방식이다. 금속 3D 프린팅에는 일반적으로 STS, Co-Cr 강, Ti-6Al-4V 등이 이용된다. 특히 Ti-6Al-4V를 이용한 부품은 탄성계수가 낮고 부식저항성이 좋으며 항복강도, 파괴저항성, 생체적합성 등이 뛰어나 우주항공, 생체재료와 같은 넓은 분야에서 각광받고 있다. 본 연구에서는 전자빔용해(Electron Beam Melting;EBM) 방식으로 제조한 Ti-6Al-4V 소재부품의 피로특성과 피로거동에 관해 분석하고자 하였다. 회전굽힘피로시험을 통해 EBM 방식으로 제조된 Ti-6Al-4V 소재의 기본적 피로특성을 파악하였으며 SEM을 통한 파면분석과 crack initiation 인자들을 분석하여 피로파괴 메커니즘을 확인하였다. 또한 미세조직학적 요인과 기공도가 소재의 피로특성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

[P20-11]

insulation and magnetic properties of phosphate coated iron powder: Se-Hee Shin, Tae-Yoo Kim, Seok-Hun Kim, Jong-Hwan Park, Sun-Woo Kim, Jung-Kab Park, Jung-Woo Lee, Ho-Jun Choi, Su-Jeong Suh ; *성균관대학교 신소재 공학과.*

Keywords: iron powder, insulation coating, core loss, powder metallurgy

soft magnetic composites는 기존의 laminated된 강판에 비해 3차원 구조 형상이 용이할 분 아니라 절연막의 종류, 윤활제의 함량 및 압력,열처리 등 제조공정에 따라 다양한 결과를 나타내기때문에 많은 연구가 진행중에 있다.본 연구에서는 높은 포화자속밀도를 갖는 iron powder를 이용하여 낮은 coreloss 특성을 갖게하기 위한 절연소재의 영향 및 절연코팅의 두께에 따른 영향에 대한 연구를 수행하였다.iron powder의 절연효과를 상승시키기 위하여 phosphate코팅과 oxide코팅 및 다양한 첨가물을 활용하였다.절연코팅된 소재는 1000 MPa에서 성형하였으며 400ºC 이상의 고온에서 열처리를 통해 잔류응력을 제거하였다.인산용액으로 절연 coating된 iron powder를 주사전자현미경을 통해 EDS성분분석 결과 철 분말 표면에 균일한 절연층이 형성됨을 확인하였다.insulation coating된 powder 압분시 절연량이 증가함에 따라 압분밀도가 감소하였으며, BH analyzer측정결과 절연코팅막이 증가할 수록 loss값이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

[P20-12]

플라즈마 공정에 의한 10μm 이하 3D 프린터용 Fe계 금속분말 제조기술개발: *강상운, 박희진, 백경호 ; *충남대학교 공대 신소재공학부.*

Keywords: 3D Printing, water-atomized Fe powder, Plasma, Sphericalization, densificaion

3D 프린팅 기술은 3차원 CAD로 디지털화된 입체물의 디자인을 2차원 단면으로 분할하고 이를 연속적으로 재구성하여 재료를 한 층씩 적층하여 제조하는 기술이다. 금속 3D 프린팅 기술은 분말 형태의 금속분말을 사용하여 최종 제품을 제조하므로 스크랩 등의 재료손실이 없고 유사한 디자인이나 형상변경에 대한 설계변경이 자유롭다는 장점이 있다. 또한 기존 분말야금공정으로 방법으로 제조가 불가능한 다중공 형태 제품의 생산이 가능하며, 일체형 생산에 따른 시간/비용 절감 및 조립/용접 공정 간소화를 실현할 수 있다. 금속소재를 3D Printing 기술에 적용하기 위해서는 고품질의 금속분말을 저가로 제조할 수 있는 첨단 금속분말 제조기술이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 불규힌 형상의 20 μm급 수분사 분말을 이용하여 고온의 플라즈마 제트에서의 용융단계를 거쳐 최종적으로 치밀한 구형의 금속분말을 제조하고자 하였다. 다양한 플라즈마 공정 중에서 플라즈마 가스 종류, 분말 주입양 그리고 플라즈마 아크 전류의 공정변수를 분말 구형화율과 미세분말 생성 측면을 고려하여 수행하였다. 이로부터 확보한 최적 공정조건은 Ar-H2 플라즈마에서 분말 주입양 60-90 g/min 그리고 플라즈마 아크 전류 600 A 이었다. 또한 최적 플라즈마 용융-구형화 처리 조건에 의해 제조된 316L 합금분말은 87%의 구형화율, 29 s/50 g의 분말 유동도 그리고 3.039 g/cm^{3}의 겉보기 밀도를 나타내었다. 추가적인 플라즈마 용융-구형화 처리(2회 반복)를 통하여 92%의 구형화율과 3.449 g/cm3의 겉보기 밀도를 확보하였다. 평균입도 15.4 μm의 316L 합금분말은 1회의 플라즈마 용융-구형화 처리를 통하여 95%의 높은 구형화율을 나타내었으며, 분말 크기가 평균입도 9.5 μm로 감소됨을 확인하였다.

[P20-13]

습식합성법을 이용한 10 nm급 자성유체용 Fe_3O_4 자성파우더 제작: 박종환, 김선우, *박정갑, 이정우, 김석훈, 신세희, 김태유, 최호준, 오용수, 서수정 ; *성균관대학교 신소재공학과.*

Keywords: 자성유체, Fe3O4, 계면활성제

자성유체는 자성미립자, 계면활성제, 베이스액으로 구성된다. 자성미립자(Fe3O4)는 약 10 nm 사이즈를 가지는 것으로 계면활성제에 의해 베이스용액에서 서로 반발하여 침전되지 않고 균일하게 분산되는 특징을 가진다. 그래서 이를 이용하여 스피커, 댐퍼, 진공실링으로 다양한 분야에 적용되고 있다. 자성유체는 균일한 사이즈 및 20 nm 이하의 자성파우더를 제작하는 것이 가장 중요한 공정이다. 본 실험에서는 화학적 합성법인 공침법을 이용하여 나노 사이즈를 가지는 자성파우더를 제작하였다. 먼저 FeCl2·4H2O와 FeCl3·6H2O를 DI용액에 400 rpm / 30 min의 조건으로 용해시켜 각 용액을 2 ml / 8 ml를 다시 50ºC 온도에서 900rpm / 30min 동안 배합시켰다. 그리고 침전제인 NH4OH용액을 분사시켜 Fe3O4의 자성파우더를 석출하였다.석출된 Fe3O4파우더를 DI에 세척하여 올레인산의 계면활성제를 코팅하여 필터링을 거쳐 60ºC Oven에서 24시간 동안 건조하여 파우더를 제적하였다. 제조된 파우더 사이즈를 분석하기 위하여 FE-SEM, TEM을 이용하여 분석하였고, XRD 및 VSM(Vibration Sample Magnetism)을 이용하여 파우더의 결정구조 및 자성 특성을 분석하였다. 그 결과, 약 20nm 이하의 사이즈를 가지고, 계면활성제를 코팅한 파우더가 서로 반발하여 응집되지 않는 현상을 TEM으로 확인하였다. 그리고 Fe3O4의 결정구조를 가지며, 66 emu/g의 우수한 자성특성을 가지는 자성파우더를 제작하게 되었다.

[P20-14]

고에너지 밀링 시스템을 이용한 Ni계 ODS 합금 분말의 밀링 시간에 따른 결정립 미세화 및 산화물 분산 거동에 대한 연구: *김건호, 한덕현, 공만식 ; *고등기술연구원.*

Keywords: oxide dispersion strength alloy, mechanical alloying, powder metallurgy, heat resistance, high energy milling, nano grain

ODS 합금은 고온 강도 및 내열 특성이 동시에 요구되는 전력산업, 국방산업, 자동차산업, 우주·항공산업 및 철강산업 등의 핵심부품에 사용되고 있으며, 전력, 철강 및 자동차 산업에서의 에너지효율 향상, 우주·항공 및 국방 산업에서의 속도증가 추세에 따라 고강도 및 고온에 대한 요구특성이 급격히 높아지고 있다. 높은 온도 및 creep에 대한 저항성을 높이기 위한 내열합금소재 내의 나노 산화물 분산 기술은 40년 이상 개발되고 있지만, 장시간 소요되는 기계적합금화(MA) 공정의 문제점, 나노 산화물 입자의 제어, 열처리를 통한 결정립 제어 등의 문제점과 높은 제조단가로 인해 응용분야의 확대에 제한요인이 되고 있다. 그 중 기계적 합금화 밀링 공정에서 가장 중요한 부분은 분말 소성 가공으로 인하여 나노 결정립이 생성되도록 하는 것이며, 이는 분말의 벌크화 공정인 압출공정에서 1차 재결정이 일어나는 동안 균일한 결정립을 형성하는데 중요한 역할을 한다. 본 연구개발에서는 Ni계 ODS 합금 개발을 위해 powder metallurgy 공정 중의 기계적 합금화 방법를 이용하여 합금분말의 결정립 미세화와 강화상인 산화물 분산 거동에 대한 연구를 진행하였다. 고에너지 밀링 장비는 수평형 attrition 밀링 장치인 Simoloyer CM-01(ZoZ corparation)을 사용하였고 밀링 시간에 따른 결정립 변화 및 산화물 분산 거동은 XRD 및 TEM 그리고 EDS 분석을 이용하여 분석하였다.

[P20-15]

과립화된 미세금속분말의 FEM성형해석과 소결특성 고찰: *박상하, 김진록, 김주업, 전효원, 신현정, 김민철[1], 정재옥[1] ; *(재)대구기계부품연구원. [1] 한국피아이엠.*

Keywords: Fine Powder, Powder Metallurgy, Compaction Pressure, Sintering Temperature, Dimension, MIM(metal injection molding), FEM(Finite Element Analysis)

본 연구는 기존의 MIM공법에 적용된 미세분말을 활용하여 전통 분말야금법 적용을 위한 분말 과립화 공정변수 제어로 성형밀도 향상을 위한 FEM해석을 수행하였다. 소결후 기계적물성 평가와 분말성형 부위별 응력분포, 상대(겉보기)밀도 결과를 FEM해석과 비

교분석하였다. 성형해석시 미세분말 겉보기 밀도를 고려하여 성형높이를 고정변수로 설정한 결과와 이론적 충진분말량을 고정변수로 조건을 설정하였다. 분말성형물 해석결과 이론적 평량에 근거하여 충진분말량을 고정한 샘플의 경우 성형밀도를 0.6~0.75 확보가 가능하였으며, 이는 분말성형체의 크랙이나 파손없이 최대 밀도값(7.58 g/cm3)을 갖는 소결체 제작을 할 수 있었다.

[P20-16]

PVA 폴리머(Polyvinyl alcohol) 유기물 합성법으로 제조한 Ni-Co-Mo계 나노 복합분말의 특성분석: *한영민, 정충환, 이종현[1], 장진성 ; *한국원자력연구원 원자력소재개발부.* [1] *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: PVA, Ni-Co-Mo, Composite materials, Powders, Solution synthesis

폴리머를 이용하여one step으로 금속 및 세라믹스 나노분말을 합성할 수 있는 유/무기물 합성법인PVA(Polyvinyl alcohol) 용액합성법은Penchini process를 응용한 합성법이다. 분산가교제인PVA는 금속 양이온과의 결합에서chelation 공정 없이polymerization 공정으로 양이온을 분산 하게 된다. PVA의 화학적 반응 작용인polymeric steric entrapment 공정으로, 물에 용해된PVA분자의-(OH) 가 금속 양이온을 강하게 고착시켜 줌으로써 균일한 분산이 가능하고, 다공성의 안정화된 전구체를 제조할 수 있다. 또한 낮은 온도범위에서PVA는 분해되어 합성이 가능하기 때문에 합성된 분말크기도 미세하고 좁은 입도 분포를 보인다. 기존의 Ni기 초내열ODS합금은 물리적인 합금화 방법인 기계적합금화(MA)로 분말을 제조하지만 산화물의 불균일한 분포, 편석 등 여러 단점들이 지적되어 왔다. 이러한 단점들을 보안하고자 하여 화학적 합성법인 PVA 용액합성법을 통하여 Ni기 합금분말을 제조하였다. 이전 연구를 통해 NiCo-Y의 합성이 가능한 것을 확인했던 바 있으며, Ni기 초내열합금의 주요원소인 Mo을 추가적으로 첨가하여 수용액 내에서 Ni-Co-Mo의 전구체를 제조한 후 환원분위기(Ar-4%H_2)에서 합성하여 온도에 따른 합성거동을 보았으며 제조된 분말의 미세조직을 관찰하였다. 또한, 3가 양이온인 Y을 첨가하였을 경우 Y은 환원분위기에서도 Y_2O_3로 합성되는 것을 확인하였고 Ni기 합금내에서 어떠한 분포를 갖는지를 확인하였다.

[P20-17]

펄스전류활성소결법을 이용한 Binderless-WC 소재 제조 및 기계적 특성평가: *장준호[1,2], 박현국[1], 이정한[1], 오익현[1] ; [1] *한국생산기술연구원 동력부품센터.* [2] *전북대학교 금속공학과.*

Keywords: Binderless-WC, PCAS, Mechanical property, Rapid sintering

텅스텐 카바이드는 일명 세멘티드 카바이드로 세라믹의 장점과 메탈의 장점을 가지고 있어 여러 용도로 사용되어지고 있다. 텅스텐 카바이드는 고융점, 고강도 및 내마모성이 좋아 가공용 공구, 내마모성 공구, 절삭공구, 금형등 다양한 용도로 사용되어지고 있다. 하지만 WC는 난소결성 재료로서 일반 소결방법으로는 고밀도의 소결체를 제조하기가 어려운 문제점을 가지고 있다. 최근에는 합성과 치밀화가 동시에 진행되는 새로운 소결 방법이 개발되었으며, 이 방법은 펄스전류활성소결법으로, 기존의 연소법과 열간 가압기술(Hot-press, HIP)을 결합한 방식으로 짧은 시간에 단일공정으로 치밀한 생성물을 얻을 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 원료 분말에 전류와 기계적 압력을 동시에 가하는 방법인 펄스전류활성소결법을 이용하여 단일공정으로 단시간에 Binderless-WC 소재를 제조하였으며, 특성평가도 함께 실시하였다. Binderless-WC 분말(평균입도 0.4~0.5 um, 순도 3N5)을 흑연다이에 충진하여 펄스전류활성소결장치의 실린더 내부에 장착하여 약 6 Pa의 진공분위기로 만든 후 기공이 없는 치밀한 최종 생성물을 얻기 위하여 60 MPa의 압력을 가하였다. 일정한 전류를 흑연 다이와 시편에 가하여 약 100°C/min의 승온속도로 가열하면서 디지털 광 온도계로 흑연 다이의 표면온도를 측정하였다. 이때 수축 길이 변화를 관찰하면서 치밀화가 이루어 질 때까지 전류를 가한 후 전류를 차단하였다. 마지막 단계로 상온까지 냉각한다. 상기 공정으로 제조한 Binderless-WC 소재의 상대밀도는 아르키메데스법으로 측정하였으며, 생성물의 상분석을 위해 Cukα를 사용하여 X-선 회절시험을 실시하였다. 생성물의 미세조직을 관찰하기 위하여 EDAX가 장착된 주사전자현미경(FE-SEM)으로 시편의 미세조직 관찰과 성분분석을 실시하였다. 기계적 성질을 평가하기 위하여 비커스 경도계를 이용하여 30kg의 하중으로 15초간 유지하여 압흔을 형성하여 이 압흔의 길이와 균열의 길이를 이용하여 경도와 파괴인성을 계산하였다. 각 상의 결정립 크기와 스트레인은 X-선 회절시험으로 얻은 자료로부터 Stokes and Wilson's 식을 이용하여 계산하였다.

[P20-18]

Phase structure and magnetic properties of Ni-coated graphite powder composite prepared by electrical explosion of wire in liquid: *김진형 ; *울산대학교 재료공학과.*

Keywords: Nickel-graphite composite, electrical explosion of wire (EEW), magnetic properties, nickel-coated graphite powder, nanoparticles

Recently, Ni-coated graphite composites have got a lot of attention due to its remarkable properties and applications. These products are specifically suited for the use as electrical conductive fillers for incorporation into elastomeric, in particular silicone systems. It could be used to manufacture electrically conductive end products, such as flexible gaskets, with performance specifically targeted for use in radiation shielding of electronics equipment (EMC). Ni-Coated Graphite particles can also be used to increase the lubricity of products and in situations where controlled friction properties are required, such as braking components. However, Ni-coated graphite is highly price competitive compared to other alternatives such as pure silver and silver-coated particulates, therefor a new route for the fabrication of this material is still attracted to researchers and manufacturers In this study, Ni-coated graphite powder composite was prepared via the electrical explosion of wire (EEW) method. Graphite bars and nickel wire were used as raw materials and they were exploded in ethanol media to make a suspension of Ni-graphite. The final Ni-coated graphite composite powders were collected from the suspension via a centrifuge and by drying under vacuum condition. And then, the characteristic of as-synthesized product was

investigated. X-ray diffraction (XRD) was used to identify the phase structure of the obtained composite. The morphology and structure were characterized via a field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The magnetic property of the as-product was measured by using a vibrating sample magnetometer (VSM) at room temperature.Acknowledgment This research was supported by The Leading Human Resource Training Program of Regional Neo industry through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and future Planning (grant number) (NRF-2016H1D5A1910587).

[P20-19]

Synthesis, structure and magnetic properties of Mn_3Ga_2 nanoparticles: *Huidong Qian, Ping-Zhan Si*[1], Chul-Jin Choi*, Jihoon Park, Kyung Mox Cho[2]; *Powder & Ceramic Division Korea Institute of Materials Science.* [1]*College of Materials Science and Engineering.* [2]*School of Materials Science and Engineering Pusan National Univ.*

Keywords: Mn_3Ga_2, Rare-earth free magnet

Rare earth free magnets are attracting increasing research interests in recent years with increasing cost of rare earth elements. Mn-Ga binary alloys show strong magnetism and large uniaxial magnetic anisotropy even though these alloys do not contain any noble or rare-earth elements. For Mn-Ga, system, much work has been devoted to $Mn_{3-x}Ga$ (a continuous solid solution between Mn_2Ga and Mn_3Ga) alloys, films or ribbons with tetragonal $D0_{22}$ structure because of its high magnetic anisotropy, high spin polarization, high coercivity, and high Curie temperature. In this work, Mn_3Ga_2 nanoparticles were prepared by annealing the mixture of Mn nanoparticles and Ga in a sealed quartz tube. The X-ray diffraction patters of the as-produced nanoparticles could be indexed well with single phase Mn_3Ga_2, indicating the effectiveness of the synthesis method. The coercivity, remanence and saturation magnetization of the nanoparticles are 4404.9 Oe , 25.7 emu/g, and 40 emu/g, respectively. The coercivity is larger than that of the bulk alloys.

[P20-20]

Powder Injection Molding 공정으로 제조된 STS 316 stainless steel의 미세조직 및 변형 거동에 미치는 Fe-Cr-B composite powder 분율의 영향: *주연아, 김영균, 윤태식[1], 이기안 ; *인하대학교 신소재공학과.* [1]*(주)베스너.*

Keywords: Powder Injection Molding, Stainless steel, Fe-Cr-B (M) composite, Tensile properties, Deformation mechanism

본 연구에서는 Powder Injection Molding 공정으로 제조된 STS 316의 미세조직 및 상온 기계적 특성에 미치는 Fe-Cr-B(M) composite powder 분율(30 wt.%, 50 wt.%, 70 wt.%)의 영향을 조사하였다. 30 wt.%, 50 wt.%, 70 wt.% M powder를 첨가한 PIMed 316 composite의 초기 미세조직 관찰 결과 matrix영역에서는 α-ferrite, γ-austenite가 나타났으며 강화상인 boride영역에서는 (Cr, Fe)2B가 확인되었다. 이때 M powder의 첨가에 의해 생성된 boride 분율은 각각 15.3 %, 28.0 %, 45.1 %로 나타났다. 상온 인장 시험 결과 30 wt.%, 50 wt.%, 70 wt.% M을 첨가한 PIMed STS 316 composite의 인장 강도는 각각 312.0 MPa, 353.0 MPa, 604.8 MPa로 측정되었으며 최대 인장 강도는 각각 519.8 MPa, 572.0 MPa, 604.8 MPa로 확인됐다. 이상의 결과들과 함께 상기 소재의 인장 파단면을 관찰하였으며 이를 바탕으로 boride 분율이 증가함에 따라 변화되는 변형 거동을 미세조직과 연계하여 규명하고자 하였다. 또한 본 복합 소재의 최적 특성을 나타낼 수 있는 M 분율 조성에 대해서도 고찰해보았다.

[P20-21]

2방향 압축 성형 및 분말 소결 공정으로 제조된 Tube type 다공성 STS 316L Stainless steel의 상온 압축 변형 거동: *강태호, 성기훈[1], 이기안* ; *인하대학교 공과대학 신소재공학부.* [1]*㈜아스플로.*

Keywords: Porous metal, 316L Stainless steel, Powder sintering, Mechanical property

현재 다공성 소재를 만드는 데에는 주조 및 여러 분말 공정들이 사용되고 있다. 그러나 주조 공정의 경우, 다공성 소재의 내부 기공 분포를 제어하는데는 어려움이 있는 실정이다. 2방향 압축 성형은 분말 다공성 소재의 성형 공정 중 하나로, 제조되는 다공체 부품의 형상에 구애 받지 않고 비교적 자유롭게 다양한 모양을 만들 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 연구 에서는 다양한 분말 입도를 가지는 316 L stainless steel powder를 사용하여 2방향 압축 성형 후 debinding과 sintering을 통해 지름이 30 mm이고 두께 2.5 mm, 길이 120 mm인 tube type 다공성 소재를 제조한 뒤, 미세조직 및 상온 압축 특성을 조사하였다. Micro-CT를 이용한 다공성 소재의 내부 구조 분석 및 통기성 시험 결과 기공도 약 58.6%의 개기공으로 구성되어 있는 다공성 소재임을 확인할 수 있었다. XRD를 이용한 상 분석 결과 γ-단상으로 구성되어 있었다. 압축 시험은 제조된 부품에서 tube의 길이 방향으로 상온에서 수행하였다. 압축 시험 결과 다공성 소재의 압축 강도는 36.0 Mpa로 얻어졌다. 또한 항복 강도 이후 일부 소성 영역과 가공 경화를 나타내며 최대 강도에 이른 이후 바로 파단됨을 확인할 수 있었다. 면밀한 미세조직 관찰을 위해 EBSD(electron backscatter diffraction)를 통해 제조된 소재와 압축 후 소재의 misorientation angle distribution을 비교해본 결과, LAB(low angle boundary) 분율이 변형을 수용한 부분에서 더 높게 관찰되었다. 압축 파단면 분석 결과 powder particle 사이에 형성된 neck에서 ductile 한 파단이 나타났다. 상기 결과들을 바탕으로 powder sintering 공정으로 제조된 다공성 소재의 상온 압축 변형 거동에 대해서 고찰해 보았다. [본 연구는 전략적핵심소재 기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.]

[P20-22]

AROS공정에 의해 제조된 TiO_2 분산 Ni계 합금의 소결 특성: *김창재, 윤정모[1], 박제신[1] ; *전북대학교 대학원.* [1]*전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: ODS Ni TiO_2

Ni 기반 ODS (Oxide Dispersion Strengthening)합금은 고온에서의 기계적 특성이 우수하고 크리프 저항이 크기 때문에 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 AROS (Alloying-Recomposition-Oxidation-Sintering)공정에 의하여 제조된 Ni-TiO_2 복합분말의 소결거동을 조사하였다. Ni-TiO_2 복합분말은 상온에서 기계화학적 방법으로 탄화물을 합성하여 산화 처리한 미세조직의 제어를 통하여 TiO_2분말을 제조하였다. 조성은 Ni-25at%Ti 단상을 갖도록 하였다. 분말은 진공 Arc 용해로를 사용해 만들어진 합금을 분말화 하였으며, 상온 Ar gas 분위기에서 밀링에 의해 Ti(Ni)C분말을 합성하였다. 제조된 분말은 산화 공정을 통해 Ni 및 TiO_2분말로 제조하였으며 Ar 분위기에서 소결하였다. 각 분말 및 소결체의 상분석 및 미세구조는 XRD, SEM을 이용하였으며, TiC 제조 및 산화에 따른 Ni기지에서의 TiO_2의 분산도 변화 및 특성을 조사하였다 .

[P20-23]

Gd-Si-Ge-(Mn) 합금의 자기열량 특성에 미치는 밀링시간의 영향: *서동선, 임종화, 이진규 ; *공주대학교 신소재공학과.*

Keywords: magnetocaloric effect, planetary ball mill, Gd-Si-Ge, powder

자기열량효과(MCE, magnetocaloric effect)는 자성재료에 자기장을 걸어주면 가열이 되고 자기장을 제거하면 냉각이 되는 성질이 있는데, 이것을 이용해서 저온을 생성시키는 방법을 자기냉동(magnetic refrigeration)이라고 한다. 이러한 자기 냉동 현상을 이용하여 에어컨, 냉장고 등에 적용할 수 있는 방안이 연구 중이며, 현재 환경 측면에서 문제가 되고 있는 프레온 가스 냉매를 대체할 수 있는 측면에서 자기열량효과 및 자기냉동에 적용할 수 있는 소재개발에 관한 관심이 증가되고 있다. 본 연구에서는 Gd-Si-Ge-(Mn) 모합금을 제조하기 위해 아크멜팅을 이용하였으며, 제조된 모합금을 균질화 하기 위해서 1573K에서 1시간 열처리 후 3시간 로냉하였다. 열처리한 모합금을 분말로 제조하기 위해서 planetary ball mill 공정을 이용하였으며, 밀링 시간에 따른 분말의 미세조직을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였다. XRD와 시차열분석기(DSC)를 이용하여 밀링 시간에 따른 상변화 및 상전이 거동을 확인하였으며 진동시료자력계(VSM)를 이용하여 자성특성을 측정하였다.

[P20-24]

다원계 복합 타이타늄 탄질화물 분말 합성 및 이를 활용한 나노 결정립 소결체 제조: *권한중, 문아람[1], 서창열, 김병수 ; *한국지질자원연구원 광물자원연구본부. [1]과학기술연합대학원대학교.*

Keywords: 탄질화물, 고용체, 소결, 나노 결정립

타이타늄 탄질화물은 고경도, 우수한 내마모성으로 구조적 용도(공구, 금형 등)로 활용되고 있는 물질이다. 그러나 타이타늄 탄질화물의 고경도 특성은 타이타늄 탄질화물로 구성된 소재의 내구성을 낮추는 원인이 되기도 한다. 즉, 고경도 특성을 갖는 물질은 필연적으로 파괴에 대한 저항력(파괴인성)이 낮아 고경도 특성을 갖는 타이타늄 탄질화물은 파괴인성이 낮고 쉽게 파괴가 되는 단점을 갖는 것이다. 이러한 단점을 극복하기 위해 타이타늄 탄질화물 내 타이타늄 이외의 금속 원소들을 고용시키기도 하는데 이렇게 고용된 형태의 복합 타이타늄 탄질화물은 물질 자체가 안정하게 되어 소결 과정 중 입성장이 억제가 되는 부수적인 효과도 얻을 수 있다. 본 연구에서는 여러 전이금속이 타이타늄 탄질화물 내 고용된 다원계 복합 타이타늄 탄질화물 분말을 합성하고 이 분말에 대한 소결을 통해 나노 결정립을 갖는 소결체를 상압 소결법에 의해 얻을 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

[P20-25]

분말 입자의 크기와 형상이 충격파로 인한 반응성 활성화 정도에 미치는 영향: *박정민, 김우열, 문지현, 정혁재, 박이주[1], 김형섭 ; *포항공과대학교 신소재공학과. [1]국방과학연구소.*

Keywords: Shock reaction, Gas gun system, Particle size effect, Particle shape effect, Differential scanning calorimeter (DSC)

다기능성 에너지 구조재료 (Multifunctional energetic structural materials, MESMs) 는 평소에는 안정한 상태를 유지하다가 충분한 물리적, 전기적 혹은 레이저 자극을 받게 되면 반응을 일으켜 추가적인 화학적 에너지를 방출하는 물질'로 정의된다. 이러한 반응성 특징은 재료가 고압/고속의 환경에 노출되기 쉬운 군사분야에 유용한 것으로 현재 미국 국방부를 중심으로 활발히 연구가 진행되고 있다. 다양한 종류의 복합재가 MESMs로써 고려되고 있는데, 금속간화합물을 생성하는 금속 복합재 또한 그 중의 하나로, 알루미늄/니켈, 알루미늄/타이타늄 복합재 등 다양한 종류의 금속 복합재들에 대한 충격반응결과가 연구되고 있다. 본 연구에서는 다양한 크기와 형상을 갖는 알루미늄 및 타이타늄 분말을 섞어서 복합분말재를 만든 뒤, 충격파를 가하여 각 복합재 별로 반응성이 얼마나 증가 하였는지를 DSC 분석을 통해 분석하였다. 그 후 각 복합재의 미세조직을 관찰하여 이를 토대로 분말의 형상과 크기가 충격파로 인한 반응활성화에 어떻게 복합적으로 작용하는지 고찰하고자 한다.

[P20-26]

Ceramic 모재 AlN에 Aerosol deposition 공정을 이용하여 적층시킨 Y_2O_3 ceramic 코팅층의 제조 및 적층기구: *위동열, 함기수, 김상훈[1], 이기안* ; *인하대학교 신소재공학부. [1]KSD korea.*

Keywords: Aerosol deposition process, Y_2O_3, AlN matrix, Anchoring layer, Deposition mechanism

일반적으로 Y_2O_3는 우수한 기계적 특성과 내산화, 내플라즈마 특성을 가지고 있으며 최근 반도체 산업 분야에서 사용되고 있다. 이러한 Y_2O_3는 bulk type으로 사용되기 보다는 표면(금속 or 세라믹 모재)에 코팅층의 형태로 주로 사용된다. 현재까지 코팅 방법으로는 plasma spray, HVOF와 같은 높은 열원을 이용한 코팅 공정과 PVD 공정이 사용되고 있다. 하지만 이러한 공정들은 높은 열원에 기인한 상변화 및 고온 산화와 제조시간의 증가의 문제점을 지니고 있다. 따라서 상변화 및 상분해의 가능성이 적고 빠른 적층시간을 가지는 상온 코팅 공정인 AD가 크게 주목받고 있다. 본 연구에서는 AlN ceramic substrate에 상온 코팅 공정 중 하나

인 aerosol deposition (AD) 공정을 이용하여 Y_2O_3 코팅층을 성공적으로 제조할 수 있었다. 이와 함께 AD 공정 중 Y_2O_3분말이 AlN에 적층되는 거동에 대해서도 조사하였다. AD로 제조된 코팅 소재의 미세조직을 관찰하기 위해 FE-SEM, XRD 분석을 수행하였으며, 추가적으로 적층거동을 파악하기 위해 AFM과 TEM을 사용하였다. Y_2O_3 코팅층의 두께는 약 10 μm로 측정되었다. XRD 분석 결과, 코팅층은 초기 분말과 동일한 Y_2O_3 상으로 구성되어 있었으며 상변화 및 상분해는 일어나지 않은 것으로 확인되었다. 코팅층의 단면 관찰 결과, 코팅층의 박리나 균열이 없는 dense한 코팅층임을 확인할 수 있었으며, 모재와 코팅층의 interface영역 관찰 결과 nano size로 파쇄된 Y_2O_3 분말들이 모재에 anchoring층을 형성시키며 적층되어 있는 것을 관찰하였다. AFM 분석 결과 RMS(root-mean-square) 값은 약 1.88 μm^2으로 측정되었다. 이는 초기 분말의 크기가 5 μm인 것을 고려할 때 표면이 상당히 고른 결과로 사료된다. 상기의 결과를 바탕으로 AD 공정을 이용하여 AlN에 Y_2O_3 코팅층의 제조 가능성을 확인 할 수 있었으며, 상기 소재의 응용 가능성에 대해서도 함께 고찰해보았다.

[P20-27]

Selective laser melting 공정으로 제조된 SUS 316L 합금(bulk type)의 고주기 피로 특성: *<u>함기수</u>, 위동열, 박순홍[1], 김용진[2], 유지훈[2], 이기안* ; *인하대학교 신소재공학과. [1]포항산업과학연구원. [2]KIMS.*

Keywords: Selective laser melting, SUS 316L, Heat treatment, Tensile, High cycle fatigue

본 연구에서는 금속 3d printing 공정중 powder bed type인 selective laser melting 공정을 이용하여 SUS 316L(Fe-Cr-Ni-Mo) 합금을 20 cm×5 cm×5 cm으로 bulk하게 제조하였다. 제조된 합금의 표면에서는 조대한 결함 및 crack은 관찰되지 않았다. 금속 3d printing 공정의 경우 공정의 빠른 냉각속도에 기인한 인장 잔류응력으로 그 기계적 특성의 저하가 나타난다고 알려져 있으며, 열처리는 금속 3d printing 공정에서 필수 후가공 공정으로 제시되고 있다. 또한 구조재로 사용될 3d printing 금속 소재의 기계적 특성, 그 중에서도 반복 응력하에서의 피로 특성에 대한 관심이 증가하고 있으나 현재까지 일부 결과만 제시된 바 있다. 본 연구에서는 selective laser melting 공정으로 제조된 SUS 316L 합금을 열처리를 650°C에서 2hr (잔류 응력 제거 목적) 수행하였으며, 열처리 소재의 미세조직 분석, 인장 및 고주기 피로 시험을 수행하였다. SLMed SUS 316L 합금은 laser 열원 방향으로 미세조직이 발달하였으며, 분말이 용융된 흔적인 molten pool이 관찰되었다. 열처리를 수행함에 따라 low angle boundary의 비율이 감소하고 high angle boundary의 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 인장 시험 결과 항복강도 : 433.2MPa, 인장강도 : 567.1 MPa, 연신율 : 33.5%의 특성을 보였다. 고주기 피로 시험 결과, 고주기 피로한은 350 MPa (10^7 cycle 기준)로 확인되었다. 상기의 값은 항복강도의 80% 수준으로 매우 우수한 고주기 피로 특성 결과이다. 이상의 결과들과 함께 인장 및 고주기 피로 파단면 관찰을 통해 SLMed SUS 316L 합금의 인장 및 고주기 피로 변형 거동에 대해 미세조직과 연계하여 고찰해 보았다. [본 연구는 KIMS 일반사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[P20-28]

Al-Si 압출재의 Si함량과 T6열처리가 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향: *<u>안수섭</u>, 구자명, 홍순직, 정찬욱[1], 백창현[1], 손현택[2] ; *공주대학교. [1]동양AK코리아. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Aluminum alloy, Al-Si, Extrusion, Heat treatment

최근 금속산업의 연구는 에너지 절감에 기인한 운송수단 소재의 경량화가 주요 이슈이며 그중 알루미늄 합금은 가장 대표적인 경량 소재이다. 그중에서, Al-Si 합금은 주조성 및 내마모성, 피로 강도가 우수하여 차량의 피스톤, 압출기 등 내연기관에 사용되는 소재이다. 특히, Al-Si 합금의 기계적 특성은 공정 Si 조직의 양에 영향을 받으며, Si 함량이 증가할수록 공정 Si 조직이 다량으로 형성되어 기계적 특성이 향상된다. 그러나, Al-Si 합금은 합금의 특성상 공정조성(12.6 wt.%) 이상으로 Si의 함량을 증가시키면 미세조직에 조대한 초정 Si가 형성되어 소재가 경(硬)해지고, 기계적 특성이 저하한다. 따라서 합금의 첨가 원소와 신공정 개발로 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 Al-Si 합금에 Cu, Mg, Fe를 첨가하여 합금설계를 진행하였으며, Si의 함량을 아공정(10 wt.%), 공정(12.6 wt.%), 과공정(14 wt.%)으로 변화를 주었다. 합금제조는 주조 후 17:1 압출 공정과 T6 열처리를 적용시켜 제조하였다. 제조된 합금은 XRD 분석을 이용하여 상변화를 관찰하였고, OM과 SEM을 이용하여 미세조직의 변화를 관찰하였다. 그리고, 합금의 압출과 열처리 공정에 따른 인장, 경도, 마모시험을 각각 진행하여 Si 함량 및 압출공정과 T6 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성의 변화를 분석하였다.

[P20-29]

판형 중공 실리카를 적용한 복합 광학필름의 광 특성 연구: *<u>이지선</u>, 김민정, 박채훈, 이영철, 이성의 ; *한국산업기술대학교.*

Keywords: Hollow, Hollow silica, Coreshell, Optical enhancement, Optical filler

중공 입자는 다공성 혹은 비 다공성 껍질로 둘러싸인 입자로 내부가 비어있는 특이한 구조로 인해 입자 표면과 내부가 모두 이용 가능하다는 장점과 저 밀도, 고 로딩용량을 가지는 등 매력적인 물성을 가지고 있어 약물전달시스템, 리튬이온베터리, 센서 등 다양한 분야에서 중공입자의 적용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 중공형 구조를 광학구조로 응용하여 광학분야에 적용하고자 하였다. 입사된 광이 중공 내부로 진입하게 되면 중공구조 내부에서 광 산란이 일어나기 때문에 중공 내부 또는 중공 입자 간 수 차례에 걸쳐 광 산란과 확산이 일어나게 되며 1.000293의 굉장히 낮은 굴절률을 가지는 중공 내부의 공기층으로 인해 광 확산성과 광 투과율이 높게 나타날 수 있다. 이에 따라 대표적인 저굴절률 재료인 SiO_2를 판상형 중공 입자로 형성하여 저 밀도, 높은 표면적, 우수한 광학적 성질을 가지는 판형 중공 실리카 분말을 합성하고 이를 적용한 아크릴계 코팅용액을 제조하여 film에 코팅함으로써 광 확산성과 휘도 향상효과를 동시에 부여하고 두께 및 공정 단가를 낮출 수 있는 복합 광학필름을 개발하였다. 본 연구에서는 $Mg(OH)_2$ 입자를 코어로 이용하고 소듐실리케이트와 암모늄 설페이트를 전구체로 채택하여 액상반응법으로 판

형 중공 실리카를 제조하였으며, 전구체 농도에 따른 중공 실리카의 형상과 쉘 두께 변화를 관찰하였다. 중공 실리카 코팅용액 제조에 앞서 옥틸트리에톡시 실란을 이용하여 중공 실리카 표면을 소수성으로 치환하였으며 코팅용액 제조 시, 수지는 PMMA, 희석제는 MEK를 사용하였다. SEM,TEM을 통해 중공 실리카의 형상, 쉘 두께 및 광학필름 단면을 확인하였으며, 헤이즈 투과율계, 휘도계를 이용하여 광학필름의 광 특성을 평가하였다. 판형 중공 실리카 합성결과, 전구체 농도가 0.5 M일 경우, 코어의 표면을 전체적으로 코팅하기에 부족한 양에 해당하여 깨진 형상의 중공 실리카가 합성되었으며 0.7 M 이상의 농도에서는 모든 입자가 완전한 판형 중공구조를 가졌으나 쉘 표면에 원치 않는 구형의 실리카 입자가 형성되었다. 구형 실리카 입자는 실리케이트 이온이 중공 실리카 합성 도중 생성된 NH_4OH와 탈수 축합반응을 일으켜 독립적으로 생성된 것으로 판단된다. 전구체 농도에 따른 중공 실리카 쉘 두께는 0.5 M일 때 8 nm, 0.7 M일 때 12 nm, 0.9 M 일 때 15 nm, 1.1 M일 때 18 nm로, 전구체가 증가할수록 쉘 두께가 증가하는 경향을 나타냈다. 판형 중공 실리카를 적용한 복합필름의 광 특성평가 결과. 기존 대비 10% 휘도 향상 효과가 나타났으며 동시에 빛의 균일도도 8% 증가하였다.

[P20-30]

볼 밀링 공정으로 제조된 Fe-14Cr ferritic 산화물 분산 강화(ODS) 합금 강의 고온 압축 및 크립 특성: *김영균, 박종관[1], 김휘준[2], 공만식[3], 이기안 ; *인하대학교 신소재공학과.* [1] *대한소결금속(주).* [2] *한국생산기술연구원.* [3] *고등기술연구원.*

Keywords: Ball milling, Oxide Dispersion Strengthening, High Temperature, Compression, Creep

최근 차세대 핵 연료 피복관 및 Co, Ni계 초내열 합금을 대체할 내열 소재로써 산화물 분산 강화 합금강이 주목받고 있다. 본 연구에서는 ball milling 및 분말 성형 공정으로 Fe-14Cr ferritic ODS 강을 제조하고 이 소재의 고온 압축 및 크립 변형 거동에 대해 조사하였다. 또한 추가적으로 인성, 연성 및 고온 물성 향상을 위한 어닐링 열처리의 영향을 함께 조사하였다. 초기 미세조직 관찰 결과, 열처리 전 소재의 경우 평균 0.4 μm 수준의 결정립들이 압출 방향으로 연신된 형태를 보였고 열처리 후 일부 영역에서 결정립 조대화 현상이 일어나는 것으로 관찰되었다. TEM 관찰 결과, nano cluster는 Y-Ti-O 복합 산화물로 확인되었고 열처리 후 분율이 증가하는 경향을 보였다. 상-고온 경도 측정 결과, 열처리 후 소재의 경도가 상대적으로 우수했으며 약 600ºC 이후 유사해지는 것으로 나타났다. 압축 시험 결과, 상온 항복 강도는 열처리 전 1377MPa, 열처리 후 1457MPa로 매우 훌륭한 강도 특성을 나타냈으며 ODS 강의 최대 사용 온도인 650ºC에서 현재까지 보고되고 있는 ODS steel과 비교하여 유사하거나 우수한 수준의 기계적 특성을 보였다. 이와 함께 650ºC 크립 특성을 평가한 결과, 현재까지 특성이 우수한 것으로 보고되고 있는 극저온 밀링 공정으로 제조된 소재보다 뛰어나 크립 저항성을 나타내었다. 상기 결과들과 변형 후 조직 관찰을 바탕으로 ball milling 및 분말 성형 공정으로 제조된 Fe-14Cr ODS 강의 고온 압축 및 크립 변형 거동에 대해서 알아보고 이에 열처리의 영향에 대해서도 고찰해보았다. [본 연구는 산업통상자원부 '핵심방산소재 기술개발사업'의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.]

[P20-31]

저산소 타이타늄 분말 제조를 위한 개량형 탈산 장치: *홍천일, 오정민, 임재원 ; *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Titanium, Deoxidation, Calcium, Powder

타이타늄은 경량·고강도·고내식성의 우수한 성질로 많은 산업분야에서 사용되며, 최근 3D 프린팅 기술의 발전과 함께 우수한 분말 야금의 재료로써 각광받고 있다. 그러나 타이타늄의 강한 산소 친화력 때문에 분말화에 따른 산소 농도 증가는 불가피한 실정이므로 재료의 고부가가치화를 위한 산소 저감은 필수적이다. 본 연구는 기존의 탈산장치의 문제점을 개선하여 경제적인 탈산 공정을 위한 새로운 탈산 장치를 개발 하였고, 실험을 통해 그 효과를 확인하였다. 실험은 고진공 분위기에서 고상탈산법(DOSS, DeOxidation in Solid State)에 의해 진행되었고, 이전 연구에 비해 칼슘 장입량을 50% 감소시킨 비율로 탈산처리를 진행하였음에도 산소 저감율은 동등하게 유지되었다. 실험 결과 칼슘 증기를 이용한 비접촉식 탈산 공정을 개량형 탈산 장치에 적용하여 저산소 타이타늄 분말을 제조할 수 있었다.

[P20-32]

Ga이 첨가된 Nd-Fe-B 소결자석의 1차 열처리 온도 변화에 따른 미세구조와 자기적 특성 연구: *배경호, 이성래, 김효준[1], 이민우[2], 장태석[2]; *고려대학교 공과대학 신소재공학과.* [1] *자화전자 R&D 센터.* [2] *선문대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Nd-Fe-B 소결자석, 보자력, 입계상, Ga 첨가, 열처리

Nd-Fe-B 소결자석에 비자성 Nd-rich 입계상 형성은 입자간 자기적 결합 감소와 계면 결함 감소를 통해 잔류자화의 큰 변화 없이 보자력을 증가 시킬 수 있다. Nd-rich 상의 융점을 감소 시킬 수 있는 Cu, Al, Ga과 같은 원소 첨가는 열처리 이후, Nd-rich 입계상의 연속성 및 균질도를 향상 시킨다. 그러나, Fe 함량이 높은 강자성 입계상이 여전히 소결자석 내에 형성되며, $Nd_2Fe_{14}B$ 입자간의 교환 결합으로 인해 보자력 향상을 방해한다. Ga 첨가는 Nd-rich 입계상 미세구조를 개선하기 위한 효과적인 원소로 밝혀졌으며 특정 열처리 조건에서 강자성 입계상의 형성을 억제 시킬 수 있다. 하지만, 열처리 동안 Ga에 의한 Nd-rich 입계상의 상변태 거동은 아직 잘 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 Ga이 첨가된 Nd-Fe-B 소결자석에 1차 열처리 온도 변화에 따른 자기적 특성, 미세구조 특성, 그리고 상변태 거동에 대해서 분석하였다. Ga이 0.3 wt.% 첨가된 $(Nd_{30.0}Dy_{2.0})$-$Fe_{bal.}B_{1.0}M_{2.5}$ 분말에 1070°C로 4시간 동안 소결을 진행하였다. 미세구조 변화를 위해서 1차 열처리 온도를 790~850°C로 달리 하였다. 이후, 2차, 3차 열처리는 최적의 온도에서 진행하였다. Ga 도핑자석의 보자력은 1차 열처리 온도 감소에 (850→790°C) 따라 보자력은 17.1에서 18 kOe로 증가하였지만, un-doped 자석에서는 반대로 보자력이 감소 (17→16.2 kOe) 하였다. Ga 도핑자석의 잔류자화는 1차 열처리 온도 감소로 인해 회복 되었다. 미세구조 분석 결과, 1차 열처리 온도가 감소함에 따라, un-doped 자석은 구조/화학적 결함으로 작용하는, hexagonal-Nd_2O_3상과 amorphous-$Nd_6(Fe,Cu)_{14}$상이 형성 되었다. 반면, Ga 도핑자석의 경우, Ga이 용해된 cubic-Nd_2O_3상과

tetragona-$Nd_6Fe_{13}(Cu,Ga)_1$상이 형성 되어 구조/화학적 결함을 최소화 하였다. 특히, Ga 원자가 $Nd_6(Fe,Cu)_{14}$상에 Fe와 치환되면 반강자성체 (비자성체)로 알려진 tetragona-$Nd_6Fe_{13}(Cu,Ga)_1$상이 형성 될 수 있다. 또한, Ga을 첨가함에 따라, Nd-rich상의 융점을 효과적으로 감소 시켜 Nd-rich 입계상의 연속성 및 균질도가 향상 되었다. Ga 도핑자석이 1차 열처리 온도 감소에 따른 보자력 향상에 대한 두 가지 주요 이유는 다음과 같다. 첫째, Ga이 용해된 비자성 tetragona-$Nd_6Fe_{13}(Cu,Ga)_1$ 입계상이 형성 되어 입자간 자기적 결합이 감소되었고, 둘째, 연속적이고 균질한 Ga이 용해된 cubic-Nd_2O_3 입계상 형성으로 입계 결함을 효과적으로 감소 시켰다. 이 결과, Ga 첨가자석은 1차 열처리 온도를 감소 했음에도 불구하고, un-doped 자석보다 잔류자화 감소없이 11.1% 보자력이 증가하였다. 감사의 글 본 연구는 지식경제부 지원의 기술 혁신사업 (No.10043780)과 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.NRF-2016R1D1A1B03931980)

[P20-33]

철계 비정질 합금 분말의 결정화 거동 및 연자성: *이연주, 전종규, 남승진, 장태석[1], 이민우[1], 김용진[2], 양동열[2], 최현주 ; *국민대학교 공과대학 신소재공학부.* [1]*선문대학교.* [2]*한국기계연구원 부설 재료연구소 분말/세라믹 연구 본부.*

Keywords: Fe-based amorphous powder; Crystallization; Ball-milling; Thermal treatment; Magnetic properties

전기/전자, IT, HEV/EV 산업에서 전력변환장치의 에너지 고효율화가 요구됨에 따라 기존 리본 형태의 비정질 연자성 소재의 한계인 낮은 충진율과 생산성을 극복하고 민수 및 군수에의 적용 분야로의 확대가 가능한 비정질 연자성 구형 분말 소재의 필요성이 대두되고 있다. 철계 비정질 분말은 기존 소재에 비해 보자력이 낮아 연자성 특성에 좋으나 고주파 영역대에서 와류손 (Eddy current loss)을 피할 수 없어 열적 손실이 불가피하다. 그러나 비정질 분말 내부에 미량의 나노 결정이 형성될 경우, 고주파 영역대에서 와류손을 피할 수 있을 뿐 아니라, 결정화가 비정질 소재의 자유 부피 (Free volume) 감소를 야기할 수 있기 때문에 연자성 특성을 향상시킬 수 있다. 그러나 결정립의 크기 및 분율이 일정 수준 이상으로 증가하게 되면, 보자력이 증가하고 포화 자화가 감소하게 되므로, 본 연구에서는 가스 분사법으로 제조된 철계 비정질 분말을 대상으로 10 nm 이하의 결정립 크기를 갖는 결정립을 10% 내의 분율로 지니는 비정질/나노결정질 하이브리드 분말 소재를 제조하고자 하였다. 비정질/나노결정질 하이브리드 분말을 제조하기 위하여 Planetary milling을 통한 기계적 밀링과 열처리를 통해, 기계적 밀링 시 분말 내 결함이 핵 생성 사이트로 작용하도록 하여 열처리를 수행하는 동안 수 nm 크기의 결정이 비정질 분말 내부에 균질하게 생성될 수 있도록 하였다. 비정질 분말의 결정화 거동을 관찰하기 위하여 XRD (X-ray Diffraction), DSC (Differential Scanning Calorimeter)와 TEM (Transmission Electron Microdcopy)을 통하여 진행하였다. 또한 결정화 거동에 따른 자성 특성을 VSM (Vibration Sample Magnetometer)을 이용하여 측정하였고 이를 통해 철계 비정질 분말에서 기계적 밀링과 열처리 공정에 따른 결정화 정도 및 결정립 크기에 따른 포화자화 및 보자력의 변화에 대해 고찰하였다.

[P20-34]

Properties and consolidation of nanostructured CoAl-Al_2O_3 composite: *손인진 ; *전북대학교.*

Keywords: Composite, Nanomaterial, Mechanical properties, Sintering

The purpose of this study is to produce the mechanical synthesis of nanopowders of CoAl and Al_2O_3 from Co_3O_4 and Al powders and dense nanocrystalline CoAl-Al_2O_3 composites within two minutes by using this high frequency induction heated sintering method and to evaluate their mechanical properties and biocompatibility. the nanopowders of CoAl and Al_2O_3 were synthesized from Co_3O_4 and Al powders by high energy ball milling. The nanostructured CoAl-Al_2O_3 composite from the milled powder was densificated within a short time by the high frequency induction heated sintering. The mechanical properties of the nanostructured CoAl-Al_2O_3 was higher than those of monolithic CoAl and Al_2O_3, respectively. And the composite was evaluated as excellent biocompatibility.

[P20-35]

Properties of the nanostructured AlN-graphene composites consolidated by rapid heating: *손인진, 박근오 ; *전북대학교.*

Keywords: Nano-materials; Sintering; Hardness; Fracture Toughness; Graphene

The goal of this study was to produce dense and nanostructured AlN and AlN-graphene composites in very short sintering times (°C. The effect of graphene on the microstructures and the mechanical properties (hardness and fracture toughness) of AlN-graphene composites was investigated using FE-SEM and Vickers hardness tester.

[P20-36]

Properties and rapid sintering of WC-Al composites: *손인진, 김동기 ; *전북대학교.*

Keywords: Nanomaterials, Sintering, Hardness, Fracture Toughness, Composite

The purpose of this study is to produce nanostructured WC-Al composites within three minutes using the PCAS method and to evaluate their mechanical properties. In addition, we studied the effect of novel Al on the sintering behavior and microstructure of WC-Al composites. In the case of cemented WC, Ni or Co is typically added as a binder for the formation of composite structures. However, due to the high cost of Ni or Co and the low corrosion resistance of WC-Ni and WC-Co cermets, interest has been generated in recent years in finding alternative binder phases. In this study, Al was used as a novel binder and was consolidated by the pulsed current activated sintering (PCAS) method. Highly dense WC-Al with a relative density of up to 98% was obtained within 3 min by PCAS under a pressure of 80 MPa. The addition of Al to WC can facilitate consolidation. WC-5vol.% Al has a higher hardness than

monolithic WC because of its high relative density and refinement of grain. In addition, the fracture toughness of WC increases with an increase in the addition of Al.

[P20-37]

Analysis of ball movement of grinding mechanism of a stirred ball mill and traditional ball mill by discrete element method simulation: *BOR AMGALAN, Battsetseg Jargalsaikhan, Ichinkhorloo Batchuluun, Uyanga Batjargal, Heekyu Choi, Seongsoo Kim, Ochirkhuyag Bayanjargal[1], Jehyun Lee ; *국립창원대학교. [1]National University of Mongolia.*

Keywords: Copper, Friction coefficient, Traditional ball mill, Stirred ball mill, Discrete element method

A simulation of the three dimensional motion of balls in the stirred ball mill and traditional ball mill for the research of grinding mechanism has been carried out by DEM simulation. The effects of parameters relating to the friction coefficient of ball material and operational conditions such as rotation speed and ball size were investigated. The results were analyzed in terms of velocity distribution, impact force and energy. Results show that the increasing friction coefficient flow velocity of the ball increases both the impact force and energy, but decreased flow velocity in the stirred ball mill. Whereas in case of the traditional ball mill, decreases both the impact force and energy, but increases flow velocity of the ball. Moreover, physical experiments were conducted to quantify grinding performance under the same conditions. These findings are useful to understand and optimize the ball motion and grinding behavior of the stirred ball mill and traditional ball mill.

[P20-38]

Fabrication of copper with CNTs nanocomposites by planetary ball milling: *BOR AMGALAN, Ichinkhorloo Batchuulun, Uyanga Batjargal, Battsetseg Jargalsaikhan, Heekyu Choi, Seongsoo Kim, Bayanjargal Ochirkhuyag[1], Jehyun Lee ; *국립창원대학교. [1]National University of Mongolia.*

Keywords: Metal matrix composite, Carbon Nanotube, Planetary ball mill, Sintering

Metal matrix and carbon nanotube composites (CNTs) have a great potential in advanced applications like aerospace and automotive, lower weight lead to saving energy. CNTs based composite materials have gained a great deal of attention from both scientific and industrial communities owing to the fascinating properties of CNTs. The present study investigated the successful fabrication of composite materials based on metal particles and CNTs using a planetary ball milling (PBM) technique with an optimized condition. Various important parameters of PBM have been systematically explored in order to improve the properties of the composite materials. The results were systematically analyzed using scanning electron microscopy (SEM) and field emission scanning electron microscopy (FESEM). After compacting, metal/CNT nanocomposite sintered in a vacuum tube furnace at various sintering conditions, the increased both hardness and electrical conductivity has been observed with the increase sintering temperature.

P21 : 에너지재료
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P21-1]
Ultrafast Chemical Sodiation of a Cylindrical Crystalline Sn Anode: *Young Woon Byeon, Yang Hee Kim1, Ji Yeong Lee1, Jae Pyoung Ahn1, Jae Chul Lee ; *Korea University. 1Korea Institute of Science and Technology (KIST).*
Keywords: in-situ, sodiation, tin, diffusion, size effect

The sodium-tin (Na-Sn) battery is considered a potential candidate for the anode material of large-scaled power grid system, because it shows not only a high theoretical capacity of 847 mAh/g, but also its properties of natural abundant and non-toxic. However, the previous research on this alloy electrode remains much unknown compared to the study of the lithium-silicon (Li-Si) battery. Here, therefore, we present the kinetic study of the diffusion behavior of Na-ions in Sn. One-dimensional Sn cylinder, controlled by the initial diameter (200 ~ 1800 nm) and crystal orientation ({211}), were fabricated in high vacuum (~10-5 mbar) using focused ion beam (FIB) system. The two metals of Sn cylinder and Na lump were contacted directly in the FIB to induce the spontaneous diffusion at room temperature. And the experiments were observed by scanning electron microscope (SEM) in real time. In this work, using a combined technique of the in situ sodiation experiment based on electron microscopy with the first- principles calculation, we performed a comprehensive study to elucidate how and why Na−Sn batteries is affordable to the ultrafast ionic transport.

[P21-2]
Irradiation of Laser for Effective Control of Crystal Grain Size in Methylammonium Lead Iodide Perovskite Solar Cells: *Hye Rim Hong, Taewoo Jeon1, Hyeong Min Jin, Sang Ouk Kim ; *KAIST. 1LG Display.*
Keywords: Perovskite Solar Cells, Laser, Crystal Grain Size

Outstanding efficiency of organic-inorganic hybrid halide perovskites expanded their research in the field of solar energy conversion materials. Solution process of perovskite film is usually done by using organic-inorganic hybrid crystalline structures. For the high performance solar cell production: a reliable crystallization method, flexible substrate and rapid continuous process is required. Here, we have introduced the irradiation of near-infrared laser (λ= 1064 nm) to crystallize the methylammonium lead iodide (MAPbI3) perovskite films. While maintaining film uniformity, crystalline morphology of MAPbI3 perovskite films are widely controlled with laser irradiation conditions. With fast crystallization with scan rate of 1m/min, obtained efficiencies of inverted-type perovskite solar cells on typical glass and flexible polymer substrate are 11.3% and 8% respectively.

[P21-3]
금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제하기 위한 크롬 도금기술 연구: *여승환, 김준환, 김성호 ; *한국원자력연구원.*
Keywords: 소듐냉각고속로, 피복관, 상호반응, 질화과정

소듐냉각 고속로는 현재 가동 중인 경수로 사용 후 핵연료를 연료로 사용하여 사용 후 핵연료의 양을 저감시킬 수 있는 차세대 원자로이다. 하지만 소듐냉각 고속로에 사용되는 금속핵연료와 피복관이 상호반응을 하면 공융현상을 일으켜 녹는점이 낮아져서 핵연료의 건전성이 저하되는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 electro-plating 기법을 이용해 HT9 피복관안에 크롬을 도금하여 금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제시키는 연구가 본 연구팀에서 진행되고 있다. 크롬 도금과정에서 가장 중요한 절차 중 하나는 질화 (Nitriding)과정이다. 질화과정을 통해 크롬이 부피팽창을 일으켜 도금 층에서 빈번히 발생되는 균열층을 닫히게 하고 크롬 질화물이 금속핵연료와 피복관의 상호반응을 더 효율적으로 억제시키는데 도움을 준다. 온도와 시간 등 질화과정의 여러 변수와 크롬 질화물의 두께, 균열 층이 닫히는 정도의 상관관계에 대한 연구를 수행 중에 있다. 크롬도금 질화과정의 메커니즘을 규명하고 금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제하기 위한 최적 조건을 찾는 것이 이 연구의 목적이다.

[P21-4]
리튬이차전지 음극소재용 아연-금속산화물 탄소복합소재의 합성 및 전기화학적 특성: *최혜랑, 김재헌 ; *국민대학교 신소재공학부.*
Keywords: Lithium-ion battery, anode, zinc, zinc oxide, titanium

최근 휴대전화, 하이브리드 자동차 등 이동식 기기의 발달로 인해 최근 이차전지에 대한 수요가 늘고 있다. 하지만 음극소재로 널리 사용되는 흑연은 중량당/부피당 용량이 낮은 한계를 가지고 있어 이를 대체하기 위한 대용량, 고밀도의 소재 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 아연(Zn)이 단위부피당 높은 용량을 갖는다는 점에 주목하여 고밀도의 새로운 음극소재로서의 가능성에 대해 탐색하였다. 아연은 일차전지의 주요 소재로 사용되고 있으며 자원이 풍부하여 값이 싸다는 장점을 가지고 있다. 하지만 일반적인 리튬합금계 소재들과 같이 리튬의 탈·삽입 반응이 진행됨에 따른 소재의 부피변화에 의해 구조가 붕괴되어 용량과 수명특성이 저하되는 문제가 있다. 이를 해결하고자 비교적 간단하고 대량생산이 가능한 볼밀링 공정을 통해 타이타늄(Ti) 및 탄소와의 복합화를 진행하였다. 먼저 볼밀링 공정에서 볼의 높은 기계적 에너지로 아연산화물을 환원시키는 동시에 타이타늄을 산화시켜 Zn-TiO_x 복합소재를 합성하였다. 또한 수명특성의 강화를 위해 카본을 첨가하여 이차적으로 복합화하였다. 이와 같이 합성된 Zn-TiO_x-C 복합소재의 재료 및 전기화학 특성을 여러 분석을 통하여 확인하였다.

[P21-5]

Enhancement of Lithium-Ion Batteries by a Graphene Interfacial Layer: 김선우, *이정우, 박종환, 김석훈, 신세희, 박정호, 김태유, 최호준, 박정갑, 송영일, 서수정 ; *성균관대학교 금속공학과 자성재료연구실.*

Keywords: Graphene Film, Current Collector, Lithium-Ion Battery, Power Enhancement

We achieved a method for power enhancement of heavy-duty lithium-ion batteries (LIBs) by synthesizing a graphene interfacial layer onto the anode copper current collector (ACCC). We tested fabricated coin cells, which used either 35-m-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 429 /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.

[P21-6]

고성능 리튬이차전지 음극용 비정질 SiO_2계 복합체의 전기화학적 특성 연구: *이승수, 박철민 ; *금오공과대학교 신소재공학부.*

Keywords: Li-ion batteries, Carbon-nanocomposite, Electrochemistry, Anode materials, SiO2-based anode

현재 상용화되고 있는 리튬이온 이차전지용 음극재료인 흑연계 음극의 경우 낮은 이론용량(372mAhg^{-1})과 제한적인 고율특성을 가진다는 단점에 의해 고출력을 요구하는 전자기기 및 전기자동차의 적용에 적합하지 않아 이를 해결하기 위해 많은 연구들이 진행되고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 리튬 합금계 음극재료가 많이 개발되고 있으며, 대표적으로 높은 이론용량을 가지는 IV족의 규소(4200 mAhg^{-1})와 주석(993 mAhg^{-1})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 반응메커니즘을 XRD 및 FT-IR로 확인하였고, 리튬이온 이차전지용 음극 재료로써의 활용가능성에 대하여 살펴보았다.
This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This work was also supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2016-H8601-16-1011) supervised by the IITP (Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P21-7]

나트륨 이온 이차전지용 3차원 프레임구조의 SnTe의 전기화학적 특성 연구: *박아람, 박철민 ; *금오공과대학교.*

Keywords: Na-ion batteries, Anode materials, Tin-based compounds, Tin telluride

한정된 리튬의 매장량으로 인하여 이를 대체하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 나트륨 이차전지는 풍부한 매장량을 가지고 환경에 무해하다는 장점을 가지고 있기 때문에 큰 관심을 받고 있다. 나트륨 이차전지는 리튬 이차전지에 비해 큰 부피팽창을 일으키기 때문에 사이클 특성이 저조하다. 이러한 단점을 보완하는 우수한 용량 및 사이클 특성을 가진 나트륨 이차전지용 음극활물질의 개발이 진행 중이다. 나트륨 이차전지에서도 리튬 이차전지와 유사하게 고용량 합금계 음극재료를 개발하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 나트륨 합금계 음극재료 중 Sn은 Na과 반응 시 Na3.75Sn를 형성하며 847 mAh/g의 높은 용량을 나타내어 큰 관심을 받았지만 리튬 이차전지에서 발생했던 문제와 마찬가지로 충전 및 방전이 진행됨에 따라 과도한 부피팽창이 발생하여 좋지 않은 사이클 특성을 가지는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 다양한 합성방법 또는 복합체 형성과 관련된 많은 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 Sn과 Te의 화합물인 SnTe을 제조하였고, XRD 및 EXAFS를 이용하여 제조된 SnTe과 Na의 반응메커니즘을 분석하였다. 추가적으로 탄소와의 복합체를 제조하여 전기화학 성능을 향상시켜 Na 이온 이차전지용 음극재료를 위한 가능성을 확인하였다.
AcknowledgementsThis work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This work was also supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2016-H8601-16-1011) supervised by the IITP (Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P21-8]

Layered SnSe and SnSe2 compounds for Li-ion battery anodes: *이동훈, 박철민 ; *금오공과대학교.*

Keywords: Lithium batteries, Anode materials, Tin selenide, Reaction mechanis, Layered materials

오늘날, 휴대 전화 및 노트북 등의 휴대용 기기의 발달과 전기 자동차의 발달에 따라 이차전지에 대한 수요도 늘어나고 있는 추세이다. 현재 상용화 된 이차전지에 쓰이는 음극은 주로 흑연계 음극이 쓰이고 있다. 흑연계 음극의 경우, 낮은 전위와 우수한 싸이

클 특성이 장점인 물질이나, 용량이 372 mAh/g 밖에 되지 않고, 고율 특성이 좋지 않은 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해, 흑연계 음극을 대체할 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 합금계 음극 또한 그 중 하나로써, IV족 원소인 Sn의 경우 상태도 상에서 최대 4.4개의 리튬과 반응하여 Li4.4Sn의 상을 형성하며, 993 mAh/g 의 높은 이론 용량을 가진다. 하지만 높은 이론 용량에도 불구하고, 충/방전시 큰 부피팽창으로 인해 싸이클 특성이 좋지 않다는 단점을 가지고 있고, 이러한 단점으로 인해 실질적으로 사용하기에는 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 Sn의 단점을 보완하기 위해 Se과의 화합물인 층상구조의 SnSe과 SnSe2 화합물을 제조하여 부피팽창을 억제하고 전기화학적 특성을 향상 시킬 수 있는 방법을 모색하였다. 또한, 다양한 합성 방법을 이용하여 SnSe/C 나노복합체를 제조하여 전기화학적 성능을 더욱 향상시키는 방안을 제시하였고, 여러 분석기기를 이용하여 Li의 삽입/탈리시 반응메커니즘을 세계 최초로 증명하였으며, 이를 토대로, SnSe/C 나노복합체의 Li-ion 이차전지 시스템으로써의 적용 가능성을 확인하였다.

Acknowledgements: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This work was also supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2016-H8601-16-1011) supervised by the IITP (Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P21-9]

Antimony telluride and its nanocomposite for Na-ion battery anodes: *남기훈, 박철민 ; *금오공과대학교.*

Keywords: Na-ion batteries, Anode materials, Antimony telluride, 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 이온은 리튬 이온에 비해 상대적으로 이온 반경이 크고, 확산 속도가 느리기 때문에 전극 물질내로 가역적인 삽입/탈리가 어렵고 이로 인하여 가역용량이 낮아 전지 성능이 저하되는 문제가 있다. 본 연구에서는 현재 나트륨 이차전지에서 우수한 용량을 가지는 안티몬(Sb) 과 텔루륨(Te)의 화합물인 Sb_2Te_3을 제조하여, 나트륨 이온 이차전지의 음극 소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 나트륨과의 반응 메커니즘을 조사하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 나트륨 이온 전지의 음극재료로써의 새로운 연구 방향을 제시하였다.

Acknowledgements: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This work was also supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (IITP-2016-H8601-16-1011) supervised by the IITP (Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P21-10]

Fabrication of Nano-silicon via Hydrothermal synthesis method for High Performance Lithium Ion batteries: *Myoung-Jun Kwon, Hyun-Young Park, Dae-In Lee, Sun-Jae Kim ; *Sejong University.*

Silicon anode, Hydrothermal synthesis, Lithium-ion battery

Generally, Si (silicon) materials have been synthesized from SiO_2 (silica), for example, by carbothermic reduction at above 2000°C, magnesiothermic reduction at least above 650°C, and electrochemical reduction in molten salts was satisfied more than 850°C. Herein, crystalline Si nanoparticles were synthesized via hydrothermal reduction of SiOX with metallic magnesium (Mg) and H_2O in an autoclave at 200°C. Hydrothermal reduction progresses through the formation of active H intermediates. The reaction of H_2O and Mg by the reaction equation as $H_2O + Mg = MgO + H_2$ could produce reaction the heat instantly to stimulate for the production of Si. Thus, the Si reduction through hydrothermal synthesis is advantageous in practical use because it is promoted at lower temperatures than the conventional methods. In our study, we directly fabricated Si with some amounts of amorphous SiO_X. The synthesized Si had a high initial efficiency, and it had a value similar to the theoretical capacity. Also, the amorphous SiO_X residuals, which depends on the hydrofluoric acid concentration, was retained outside of the reduced Si, and it eventually alleviated the rapid capacity fading problem. Above all results, we suggest that the process of synthesis was relatively simple, and this research would provide a new way of production of Si anode materials.

[P21-11]

Electrochemical characteristics of SiO_X by solution reaction with various surfactants added: *Hyun-Young Park, Myoung-Jun Kwon, Dae-In Lee, Sun-Jae Kim ; *Sejong University.*

Keywords: lithium ion battery, Si Manode material, silicon oxide, solution reaction, surfactant addition

Silicon anode material is noted for substitution of graphite, which has low theoretical capacity, because of growing demand for high energy storage. It has high theoretical capacity as well as low operating voltage. Owing to these advantages, it has been widely studied for the decades. However, excessive volume expension of Si anode during cycling causes drastic capacity fading, and makes difficult to commercialize. Alternatively, various silicon composites and structure models have been suggested to alleviate volume change, such as carbon coating, nanoparticle, porous structure, and so on. Especially, silicon oxide (SiO_X) attracted for high capacity without structure

broken, due to its oxide layer which acts as a buffer, and shows better cycle performance and stability than conventional Si. In this study, we investigated electrochemical property of SiOX which was fabricated with SiCl4, ethylene glycol, and surfactant. Adjusting particle size is necessary to make lithium ion path short, but existing process was hard to synthesize small particles. During process, it is expected to not only reduce the particle size, but also improve the carbon layer. In this manuscript, effects of surfactant will be discussed in detail.

[P21-12]

수계 Tape-casting 기법을 이용한 고체 산화물 연료전지용 전해질 제작: *김정현, 김미경[1], 송선웅[1] ; *국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학, [1]국립한밭대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: 고체 산화물 연료전지, YSZ, GDC, Tape-casting

고체 산화물 연료전지는 고효율, 고성능의 친환경 발전 시스템이다. 고체 산화물 연료전지의 전해질에 가장 널리 쓰이는 물질은 Yttria-stabilized Zirconia(YSZ)이다. 안정적이고 기계적 강도가 높은 장점이 있는 반면 고온의 운전 조건에서 발생하는 문제점으로 인해 작동온도를 중저온 온도영역으로 낮출 필요성이 있다. 따라서 Gadolinium doped Ceria(GDC)를 기반으로 수계 바인더 조성을 이용하여 전해질을 제작하였다. 고체 산화물 연료전지의 전해질은 고체이기 때문에 두께에 따라서 Ohmic 저항을 조절할 수 있다. 따라서 전해질을 얇게 제작할 수 있는 기술을 확보한다면 전해질에 의한 저항을 최소한으로 줄일 수 있다. Tape-casting 방법을 통해 제작된 필름은 모양을 쉽게 조절 할 수 있기 때문에 자유로운 두께 조절이 가능하다. 본 연구에서는 유해한 성분으로 구성된 유계 바인더 시스템이 아닌 친환경적인 수계 바인더 시스템을 이용한 Tape-casting방법으로 제작한 전해질의 전기화학적 특성을 분석하였다.

[P21-13]

Electrochemical Properties of Mechanochemical-Coupling Processed Si@SiO_x/rGO Composite Anode for Lithium-ion Batteries: *Hyeon-Woo Yang, Jeong-Kwon Kwak, Na-Young Kang, Sun-Jae Kim ; *Sejong University.*

Keywords: lithium ion battery, silicon anode, mechanochemical coupling process, electronic network structure

One of the critical issues to be resolved in the lithium ion batteries (LIBs) is to store and supply more energy with high stability during its lifetime. With the widespread use of electric vehicles and renewable energy storage facilities in the Si-based anodes are widely considered in LIBs because of their large theoretical capacity and low reaction potential of approximately 0.4 V Li/Li^+. However, the initially high capacity of these anodes is drastically reduced by microstructural distortions or disintegrations caused by large volume changes (about 300 times) during the intercalation/deintercalation of lithium ions. Recently, graphene with a high conductivity, large surface area, and mechanical flexibility, has been employed to improve the performance of Si-based anode materials. Based on the previous studies on the Si/graphene (or rGO) composite anodes, cyclic stability seems to be markedly improved by the employment of graphene material rather than carbon coating, but the enhancement of capacity retention was limited. In the current study, a new concept of mechanochemical coupling was introduced to establish sturdy physical bonding between Si and rGO materials, along with a simultaneous formation of SiO_x layer onto the Si particle. The mechanochemical coupling process was carried out under a controlled oxygen environment to form an oxide film layer of 3–5 nm thickness on Si particles. The morphology and microstructural changes of the samples were investigated and discussed in connection with the electrochemical performance.

[P21-14]

The effect of titanium(III) oxide (Ti_2O_3) coating on silicon oxide (SiO_x) for high performance lithium storage materials: *Na-Young Kang, Hyeon-Woo Yang, Jeong-Kwon Kwak, Sun-Jae Kim ; *Sejong University.*

Keywords: Ti_2O_3 coating, silicon oxide, Li-ion battery, anode

Silicon (Si) is considered a promising high-energy anode material for lithium-ion batteries (LIBs) because of its abundance and high theoretical capacity (4198 $mAhg^{-1}$, $Li_{22}Si_5$). But, its large volume change (around 300%) upon lithiation/delithiation can cause pulverization of Si particles, leading to the loss of electrical contact. To overcome this problem, SiO_x which keeps a high reversible capacity and prevents the huge volume change has been proposed. However, SiO_x including poor initial columbic efficiency and poor electrical conductivity still remains to be solved to improve the electrochemical performance. In this work, we suggest that a concept of Ti_2O_3 coating on SiO_x was introduced to improve the electronic conductivity and chemical stability compared to the general form of titania (TiO_2). This concept is considered as good additive candidates for imparting electrical interconnection and structural stability between the active materials. Therefore, our proposed approach can enhance the electrochemical stability of Si-based anodes and is promising for the development of high performance LIBs.

[P21-15]

Synthesis of Li-doped SiO_X anode material by sol-gel method for high initial efficient lithium ion batteries: *Jeong-Kwon Kwak, Hyeon-Woo Yang, Na-Young Kang, Sun-Jae Kim ; *Sejong University.*

Keywords: lithium ion battery, anode, silicon oxide, lithuim doping

Silicon oxide (SiO_X) was suggested as a potential alternative to silicon as an anode material. Batteries using SiO_X as a negative

electrode generally maintain a stable cycle capacity retention due mainly to its adaptable amorphous structure and also to the formation of Li_2O that may act as buffer for expansion. However, it has low initial efficiency, so various challenges have been attempted on. In this work, we conducted fabrication of SiO_X, with adding lithium sulfide (Li_2S) for better initial efficiency. This compound was fabricated by a simple sol-gel process. In this process, lithium was doped into SiO_x, the charge capacity decreased, and the discharge capacity increased. As a result, we improved the low initial efficiency of the SiO_x anode. Thus, we will discuss that doping mechanism and how to improve the initial efficiency in details.

[P21-16]

Prelithiation effects of silicon sub-oxide (SiOx) anode for high initial efficiency: *Daein Lee, Myoungjun Kwon, Hyunyoung Park, Sunjae Kim ; *Sejong University.*

Keywords: prelithiation, silicon sub-oxide, lithium ion battery, anode

In order to overcome the drawback of the SiO_x anode for lithium ion batteries, we selected a prelithiation method that could increase the initial efficiency. The prelithiation process forms a sacrificial electrode above the SiO_x electrode when lithium ions are first inserted. Due to the sacrificial electrode, lithium ions are hard to insert into the SiO_x electrode at the initial charge. When the discharge is started, the lithium ions that contained in the sacrificial electrode are discharged together with the charged lithium ions. In this study, we conducted prelithiation of SiO_x anode, and controlled resistance and time. We proposed the resistance, which applied to SiO_x with the highest initial efficiency among the various series resistance. Based on this resistance, we examined the appropriate shorting time to apply to prelithiation.Through this method, prelithiated SiO_x anode is possible to obtain the initial efficiency increasing and stable retention rate, simultaneously. We will discuss how to improve the initial efficiency and the prelithiation procedure to compatible with the commercial manufacturing method in details.

[P21-17]

수계 Tape casting을 이용한 LSGM 반전지 제작: *김정현, 송선웅, 박교리[1] ; *국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학. [1]국립한밭대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: 고체산화물연료전지, IT-SOFC, LSGM, 수계 Tape casting, 반전지

고성능 고체산화물연료전지의 구현을 위해서 전해질은 치밀해야 하며 우수한 전해질 지지체는 주로 Yttria stabilized zirconia (8YSZ)가 사용되고 있으나 8YSZ지지체는 약 1000ºC의 고온에서 작동하기 때문에 적절한 Sealing물질 선정 등의 문제점이 있어 작동 온도를 낮춰야 할 필요성이 있다. 이를 Sr과 Mg이 치환된 La-Ga계 전해질인 $La_{0.8}Sr_{0.2}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{3-\delta}$ (LSGM)지지체로 대체할 경우 500ºC~800ºC 범위의 중저온에서 작동이 용이하게 되어 고온 작동의 문제를 극복할 수 있다. LSGM은 산화 환경 및 환원 환경에서 화학적으로 안정하여 넓은 산소 농도범위에서 안정적인 특성을 갖기 때문에 중저온형 SOFC용 전해질 물질로 적합한 것으로 알려져 있다. 얇고 치밀한 LSGM전해질 지지체를 제조하기 위해 Tape casting 공정을 적용하였으며 본 실험에서는 400um 이하의 얇은 전해질을 제작하였다. 주로 Tape casting 공정에서 사용되는 유계 바인더 시스템의 문제를 보완하기 위해 수계 바인더를 이용하였으며, 반전지를 제작하여 Tape Cell과 Pellet Cell의 특성을 비교 분석하였다.

[P21-18]

파이로 공정 발생 금속 폐기물의 부피감용 및 장기 처분 안정성 향상을 위한 Zirlo-Inconel718-SS304-NM계 고화체 합금의 미세조직 및 부식 특성: *장선아, 한승엽, 박환서, 안도희 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Pyro-process, Cladding Hull, NFBC, Anode Sludge, Corrosion Resistance

KAERI에서는 사용후핵연료 재활용을 위해 용융염 내 전기화학적 분리 기술을 기반으로 하는 파이로 공정(Pyro-process)을 연구 중이다. 파이로 공정 전처리 및 전해정련 공정에서 공정폐기물로서 금속폐기물이 발생하며, 폐피복관, NFBC(Non-Fuel Bearing Components), 음극 잔류물(anode sludge) 내 NM(Noble Metal)이 포함된다. 이 중에서 Zirlo 폐피복관은 PLUS7 사용후핵연료집합체 중 핵연료를 제외한 공정폐기물 중에서 약 62 wt.% 정도의 공정 폐기물 중 가장 높은 무게비를 갖고 있으며, NFBC는 17 wt.% 정도의 무게비를 갖지만 가장 큰 부피비를 갖는다. 높은 무게 및 부피비를 갖는 공정폐기물인 금속폐기물 처리를 위해 미국 및 프랑스 등에서는 피복관 및 anode sludge을 용융 또는 압축하여 고화 처리하는 기술을 연구하고 있다. 용융법으로 제조된 금속폐기물고화체는 합금화가 가능하므로 비교적 낮은 수준의 기계적 건전성 및 내식성을 갖는 금속 폐기물 재료를 합금화하여 내식성을 높이고 장기 처분안정성을 향상시킬 수 있다. 그러나 기존 연구된 금속고화체합금은 고속로에서 발생하는 폐피복관 및 NM을 대상으로 하여 대부분의 연구가 SS계 폐피복관 재질을 기반으로 하는 합금에 집중되어 있다. 국내 연구 중인 파이로 공정은 경수로 사용후핵연료를 대상으로 하므로 Zr계 폐피복관 재질을 기반으로하는 합금에 대한 연구 개발이 필수적이다. 특히 금속고화체 합금 설계를 통해 NM를 고화체 내부에 고정화시키는 고화 매질로써 폐피복관 및 NFBC를 재활용하여 금속폐기물고화체를 제조하면 부피감용 효과뿐만 아니라 폐기물 발생량 감소 및 공정 최소화 등의 측면에서도 큰 장점을 갖는다. 본 연구에서는 국내 건식 재처리공정에 적합하면서 폐피복관과 NFBC의 부피감용 및 감량효과를 위해 파이로 공정 발생 금속폐기물을 모두 포함하여 단일 공정인 유도용융법을 통해 Zirlo-Inconel718-SS304-NM계 합금을 제조하였고, 미세조직 분석 및 부식 시험을 실시하여 고화체 장기 처분안정성을 평가하였다.

[P21-19]

파이로공정 발생 금속폐기물 장기처분을 위한 Zr-Cr-NM 고화체 합금의 부식 특성: *한승엽, 장선아, 이태교, 김나영, 박환서, 안도희 ;

한국원자력연구원.
Keywords: Pyro-process, Cladding Hull, Anode Sludge, Zirlo, Corrosion Properties

KAERI에서는 사용후핵연료 건식처리법인 파이로공정에서 발생하는 금속폐기물의 부피 및 무게 감량을 위해 고방사성 장반감기 핵종을 포함하는 anode sludge내 noble metal(Mo, Ru, Rh, Pd, Tc)의 고화매질로써 폐피복관을 재활용하는 연구를 진행하고 있다. 폐피복관만을 용융하여 고화매질로 적용하면 높은 용융 온도 및 낮은 내식성, 방사성 핵종 고정화 효과가 낮으므로 합금화를 통해 고화체 합금을 제조하는 연구가 미국을 중심으로 보고되고 있으며, 현재 SS-15Zr으로 대표되는 고화체 합금의 고정화 효과 및 내식성이 우수한 것으로 보고되고 있다. 그러나 고속로 사용후핵연료를 건식처리하는 미국과는 달리 국내의 경우 1차적으로 경수로 사용후핵연료를 건식처리하는 계획을 진행 중이며, 이에 따라 폐피복관의 재질이 Stainless Steel가 아닌 Zirlo 합금을 대상으로 한다. 기존 연구 결과에 따르면 Zr계 고화매질 합금의 기계적 건전성 및 내식성이 SS계 고화매질 합금에 비해 매우 낮은 것으로 보고되어 국내 실정에 적합한 신규 Zr계 고화매질 합금의 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 Zr에 Cr 함량을 조절한 Zr-17Cr-8NM, Zr-22Cr-8NM, Zr-27Cr-8NM 합금을 유도용융을 통해 제조하였고 전기화학적 부식시험을 실시한 결과, 기존 Zr계 합금고화체 대비 우수한 부식특성을 나타냈다. 또한 pH 4 조건에서 부식시험 후 침출용액 조성 분석 결과, 500 mV 전압 조건 이하에서 고화대상 핵종인 NM 침출이 없는 우수한 화학적 안정성을 갖는 합금고화체 조성을 확보하였다.

[P21-20]

Revealing the characteristics of the SEI layer on the Graphite anode: *Jun-Hyoung Park, Jae-Pyoung Ahn1, Jae-Chul Lee ; *Korea university. 1Korea institute of science and technology.*
Keywords: anode material, graphite, electrolyte, SEI, cryo system

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 using the current observatory systems, i.e. HR-TEM, FTIR, XPS etc. 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. An effective approach to solve this problem is the cryo system linked with the vacuum chamber. This system allows the observation of the SEI by rapidly freezing the liquid-state electrolyte, without disrupting the high-degree of vacuum. Using this system, one can observe the thickness, components, and electric properties of the SEI. In this study, we observe the growth process and confirm the properties of SEI changing along the cycles using the cryo system in the high-degree vacuum.

[P21-21]

중·저온 고체산화물 연료전지 공기극으로 사용되는 이중층 페로브스카이트 산화물의 Lanthanide 치환에 따른 전기화학 특성 평가: *김정현, 송선웅, 정기채 ; *국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학.*
Keywords: SOFC, Cathode, Layered Perovskite

고체산화물 연료전지는 고온 영역에서 운전될 경우 공기극의 크롬 피독현상, 스택의 밀봉, 분리판 금속의 산화와 같은 문제가 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 500~700ºC의 중·저온 온도 구간에서 운전하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 중·저온의 온도 범위에서 공기극의 분극 저항 증가에 따른 성능 감소가 전체 분극 저항의 50% 이상을 상회하기 때문에 새로운 공기극 물질에 대한 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 공기극으로 사용되는 AA'B_2O_5+d 구조의 이중층 페로브스카이트 산화물인 $SmBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_2O_5$+d를 기반으로 A-Site에 Sm과 Lanthanide을 치환한 이중층 페로브스카이트 산화물의 상합성, 미세구조 특성 및 전기화학 특성을 분석하였다.

[P21-22]

Electrochemical properties of electrospun PVdF-HFP based gel type polymer electrolyte for Lithium ion Battery: *IlHwan Kim, Seunghoon Nam[1], Seungmin Hyun[1], Hoo-Jeong Lee ; *Department of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan. [1]Department of Nanomechanics, Korea Institute of Machinery & Mate.*
Keywords: electrospinning, polymer membrane, gel type polymer electrolyte, Li ion battery

화석연료 고갈 및 환경적 이슈의 대안으로 효율적인 에너지 저장체의 필요성이 대두되었다. 리튬 이온 배터리로 대표되는 에너지 저장체는 고용량의 특성만큼이나 안정성에 대한 연구가 최근 일어난 사건과 더불어 더욱 강조되고 있다. 기존 체전해질의 경우 보장된 이온전도를 가지지만 안정성 및 웨어러블 배터리 개발의 제한점으로 작용하고 있다.gel type polymer 전해질은 액체 전해질 누액 및 그로인한 사고 등에 자유로우며, 또한 스트레처블 에너지 저장체 개발에 있어 주요한 소재로 다뤄지고 있다. 본 연구에서는 전기방사된 fiber 기반 polymer membrane을 통해 gel type polymer electrolyte를 구현하여 기존의 문제 및 적기화학적 특성을 분석을 진행하였다. LCO-Graphite를 전극으로 코인 타입 셀을 제작하여 전기화학 분석을 진행하였고 미세구조 분석을 실시하였다.

[P21-23]

Effect of Ag ion concentration in glass on front Ag metallization of n-type crystalline Si solar cell: *Yuanming Li, Sung-

Bin Cho, Hee-Soo Kim, Joo-Youl Huh ; *Department of Materials Science and Engineering, Korea University.*
Keywords: crystalline Si solar cell, screen-printed Ag metallization, boron emitter, Ag crystallite, Ag ion concentration

Ag paste is widely used for metallization of the phosphorous emitter in crystalline Si solar cells. However, Ag paste is known not to make reliably contacts to boron emitters. Although a small addition of Al to Ag paste could improve the contact quality on the boron emitters, it may lead to Al spikes growing deeply into the emitter surface, causing a junction shunt and thus a loss in the open-circuit voltage. It is known that the Ag ions dissolved in molten glass play an important role in the fire-through Ag contacts to emitter Si. The concentration of Ag ions in molten glass influences the reaction kinetics between the Ag paste and emitter Si. For this reason, we have examined the influence of the Ag ion concentration on the Ag crystallite formation onto the boron emitter during the contact firing process. Scanning electron microscope (SEM) analyses of the contact interfaces revealed that Ag crystallites could be formed on the boron emitter by increasing the Ag ion concentration in the molten glass. With increasing Ag ion concentration, the Ag crystallites formed on the boron emitter surface became more in number and larger in size. The present study suggested that the Ag ion concentration in molten glass play a crucial role in achieving high-quality Ag contacts to the boron emitters of n-type crystalline Si solar cells.

[P21-24]

무전해 도금 및 전해도금을 이용한 유연 에너지 저장 소자 집전체 제조: *윤재국, 남승훈, 심형철, 현승민 ; *한국기계연구원.*
Keywords: 에너지 저장, 무전해 도금, 전해도금

다양한 IT 전자 소자들이 경량화, 초소형화, 최근에는 소자의 유연성까지 대두 되면서 Flexible display, Flexible solar cell 등 다양한 Flexible electronics 제품들의 개발이 본격화 되고 있고 이를 위한 유연성이 있는 에너지 저장 소자에 대한 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 얇고 유연성 있는 에너지 저장 소자 제조에 꼭 필요한 전극 집전체 제조 연구를 수행하였다. 전극 집전체의 전도도를 향상시키고 유연성을 극대화 시키기 위해 얇은(~50um) polymer film(PolyPropylene film)에 무전해와 전해도금 방법을 이용하여 금속층(Nickel)을 증착시켰고 그 결과 금속 foil과 유사한 표면저항 값을 갖는 polymer 기반의 전도성이 우수하고 유연한 전극 집전체를 제조 할 수 있었다. 이 집전체를 이용하여 얇고 유연한 에너지저장소자인 EDLC(전기이중층 커패시터) Unit cell를 제조하였으며 우수한 전기화학적 특성을 갖는 것을 확인하였다. 따라서 위와 같이 제조된 얇고 유연한 전극 집전체는 polymer 및 증착되는 금속 종류에 따라 다양한 유연 에너지저장 소자에 적용될 수 있다.

[P21-25]

Preparation Method of Porous Titania Film(TiO_2) using Cellulose Nanocrystal: *Yonghee Yoon, Kiuk Yang, Hyungmin No, Wonhee Lee ; *Metal Material Lab. Department of Advanced Material Engineering. Sejong University.*
Keywords: Photocatalyst, Porous titania, Cellulose nanocrystal, Specific surface area

A titania(titanium dioxide, TiO_2) functioned as a photocatalyst is self-purification substance through oxidation-reduction process influenced by solar energy. Above all, to maximize the photo-activity, research of mesoporous titania that possesses high specific surface area is processed actively. In this study, we tried to use cellulose nanocrystal(CNC) natural substance which is easy to extract, eco-friendly, and rich in nature to prepare the porous titania thin film enabling skip the removing process of supporters that are required when synthesize the titania precursor. First, we established the standard of the mass ratio of CNCs compared with titania precursor. After spin-coating on the ITO glass substrate by using synthesized CNC-TiO_2 solution, we induced the CNCs to be combusted naturally to form the pores when calcined at high temperature. Titanium(IV) ethoxide(TEOT) is used as a precursor. By controlling the proportion of CNCs that are contained in this precursor, the porosity of thin films, total pore volume, and specific surface area can be handled. Furthermore, a calcination temperature of the thin film was subdivided to check the surface morphology and BET parameters at the various range. FE-SEM(Scanning Electron Microscopy) was used to observe the surface morphology of porous titania thin film. To analyze the phase transition and degree of crystallization of thin film at diverse calcination temperature, XRD(X-Ray Diffractometer) was used. Finally, pore width, pore volume, and specific surface area were analyzed using BET(Branauer-Emmett-Teller).

[P21-26]

Electrochemical Performance of Plasma-Sprayed Ni-Al-Mo Catalyst Coatings: *Hyo-Hyun Yoo, Hee-Jin Park, Kyeong-Ho Baik ; *Chungnam National University.*
Keywords: Plasma Spraying, Alkaline Water Electrolysis, Ni-Al-Mo, Catalyst

In alkaline water electrolysis for hydrogen production, considerable efforts have been focused on the minimizing ohmic drop, lowering the overpotential using a high electrocatalytic electrode during several decades. In this study, a porous Ni-Al-Mo catalyst coating manufactured by atmospheric plasma spraying has been investigated in terms of microstructural features, phase stability and electrochemical activity. Ni-Al-Mo coating layer of ~100 μm was initially deposited onto a Ni substrate by atmospheric plasma spraying and then chemically leached using a 30% KOH solution with sodium potassium tartrate tetrahydrate in order to increase the specific surface area and make coating layer suitable for alkaline water electrolysis. The microstructural features of the plasma sprayed Ni-Al-Mo coatings exhibited a characteristic layered microstructure built up individual splats, with some unmelted particles, oxide inclusion particles and inter-splat pores. Manufactured catalytic coating layer by using particles sieved upper 63um with stable 600A jet power on

coating process has been formed a relatively porous Ni-Al-Mo coating which was favored in the subsequent chemical leaching of Al element. The chemically-leached catalyst coating consisted of a primary Ni phase with Ni-Al-Mo mixed phase, and contained a highly-pronounced internal defects including pores and micro-channels, contributing to inner specific surface area upto 75 m^2/g on activated coating layer. Furthermore, prior to leaching procedure for activation, generation of new phase of Ni-Al-Mo based phase after heat treatment with reduction provide a superior electrochemical performance even though specific surface area has decreased to 25 m^2/g.

[P21-27]

Ru-Mn-Ge 허슬러 복합물 합성 및 자기 열량 효과: *송명석, 조근기, 강보연[1], 이재웅[2], 남충희[2], 조병기 ; *광주과학기술원. [1]LG전자 소재기술원. [2]한남대학교.*

Keywords: Magnetocaloric effect, Magnetic entropy change, Heusler alloy

허슬러 화합물은 일반적으로 X_2YZ의 화학식을 가진 금속 화합물이다. X, Y는 전이금속이며 Z는 전이후금속 또는 반도체로 구성되어 있으며 각각의 구성 원자들의 최외각 전자들의 개수에 따라 전기적, 자기적 성질이 결정된다. 이러한 성질로부터 거대 자기저항, 열전 재료, 초전도에 이르기까지 다양한 물성을 발현하는 재료이다. 그 중에서 자기 열량 효과는 형상 기억 성질을 가진 허슬러 화합물에서 나타나는 대표적인 현상이며 단열 상태에서 자기장의 인가 유무에 따라 자화 비자화를 거쳐 재료의 온도 변화를 수반하는 현상이다. 최근 에너지 고효율화의 일환으로 주목 받는 자기 냉각 기술은 희토류 합금에서의 비용 부담을 덜기 위해 다양한 재료들이 탐색 중에 있다. 이 중 Ru_2MnGe은 상온에서 반강자성체를 가지는 허슬러 화합물이다. 이때 Mn 자리에 Fe이 치환될 때 반강자성체에서 강자성체로 자기적인 성질이 변하게 되며, 농도에 따라 전이 온도를 조절 할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 Ru_2MnGe을 아크멜팅법을 이용하여 합성 하였다. 얻어진 화합물은 열처리를 통하여 불순물 제거를 수행하였으며 열처리 온도에 따른 생성물의 XRD 측정을 통한 구조 분석으로부터 비교, 검토하여 최적 조건을 선정하였다. 합성된 Ru_2MnGe은 Fe 치환을 체계적으로 성공하였고 MPMS를 활용하여 다양한 온도와 자기장에 따른 자기적 특성 분석을 수행하였다. 이 결과 Ru_2MnGe의 자기 열량 효과의 특징을 확인 할 수 있었다.

P22 : 재료강도
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P22-1]
Mn 및 Ti 첨가에 따른 고망간강의 기계적특성 및 마모특성 연구: *전민우, 황령경[1], 이석배, 구명섭, 오동현 ; *한국화학융합시험연구원. [1](주)동남특수강.*
Keywords: High-Mn Steels, Martensitic Transformation, Tensile Properties, Wear Properties

망간의 함량을 다량 첨가한 강의 경우 변태유기 소성현상과 쌍정유기 소성현상을 바탕으로 한 TRIP (Transformation induced Plasticity) 또는 TWIP (Twinning-Induced Plasticity)의 효과가 나타난다고 보고되고 있다. 고망간강의 이러한 변형기구를 이용하여 높은 강도와 인성 및 내마모성을 갖는 강재를 개발하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 광물의 파쇄 및 재활용 산업 파쇄기에 적용합금인 SCMNH11 고망간강 합금을 대체할 수 있는 Fe-xMn(x=11, 12, 16wt%)-2Cr-xTi(x=1.5 wt%) 합금을 설계하여 미세조직 및 기계적 물성 변화를 연구하였다. 파쇄기에 영향을 미치는 인자를 확인하고, 상기 설계합금의 변태유기 소성현상으로 Martensitic Transformation이 발생함에 따른 기계적특성 및 마모거동에 미치는 영향에 대하여 미세조직, 인장, 경도, 마모특성 분석 시험을 통하여 고찰하였다.

[P22-2]
다양한 고온용 철강 소재의 수소 취화 특성 비교: *유일, 임현석[1], 백한솔[1], 황병철[1]; *SK건설. [1]서울과학기술대학교.*
Keywords: Hydrogen embrittlement, High temperature materials, Electrochemical hydrogen charging

화석 연료의 한계성과 환경오염에 대한 대응책으로 수소의 사용 범위를 넓히려는 시도가 많이 이루어 지고 있다. 그 중에서도 수소에너지의 경우 수소연료전지와 수소스테이션 등 수소에너지를 이용하는 사례가 증가하면서 이에 따른 안전성 또한 검토되고 있다. 제철 산업에서의 수소 환원법도 그 중 하나라고 할 수 있는데, 아직 상용화가 진행되지 않았기 때문에 다양한 부분에서 많은 검증이 필요하다. 특히 수소 환원에 필요한 수소를 생산하고, 고순도로 분류하고, 운반하는데 수소는 아주 적은 양의 유출만으로도 큰 사고가 일어날 가능성이 있기에 소재의 안정성을 평가하는 시험 방법의 연구가 필요하다. 수소 환원 공정에는 400도 이상의 고온 공정이 많기 때문에 고온 강재에서의 수소에 의한 취화 현상 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 고온에서 열피로 특성과 경제성 관점에서 많이 사용되는 Cr-Mo, Cr-Mo-V 강재들과 일반 저탄소강 및 저온/고온/내부식성 등의 다양한 용도로 사용되는 STS 304와의 수소 취화 특성 비교를 통해 강재의 안정성을 평가하고자 하였다. 전기화학 수소 주입을 통해 강재별로 수소 침투량의 변화를 주고, 이들 시편을 인장 시험을 통해 기계적 특성을 통하여 안전성을 도출하고자 하였다.

[P22-3]
예비 변형된 CoCrFeMnNi 하이엔트로피 합금의 기계적 거동에 미치는 수소의 영향: *조윤, 조아개, 김우진, 서진유[1], 장재일 ; *한양대학교 신소재공학부. [1]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*
Keywords: high-entropy alloy, hydrogen, pre-strain, nanoindentation

최근 차세대 구조재료로 주목 받고 있는 하이엔트로피 합금에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이를 실제로 응용하기 위해서는 다양한 환경적 영향들에 대한 연구가 요구되며, 그 중에서 수소취성에 대한 연구는 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 하이엔트로피 합금인 CoCrFeMnNi 합금의 기계적 거동에 미치는 수소의 영향을 체계적으로 분석하였다. 우선, 합금에 예비 변형(pre-strain)을 여러 조건으로 인가함으로써 다른 미세조직을 가지는 시험편들을 제작하였으며, 이후 기상 장입법으로 수소를 도입하였다. 이에 대하여, 인장시험과 나노압입시험 및 열탈착분석(thermal desorption analyses)을 수행하였고, 얻어진 결과를 예비 변형량에 따라 고찰하였다.

[P22-4]
기계적 합금화된 분말의 연화 공정과 미세조직 변화: *강석훈, 박동용[1], 노상훈, 김태규 ; *한국원자력연구원. [1]나라 KIC.*
Keywords: 저온분사, 기계적 합금화, 산화물 분산강화강, 분말경도, 미세조직

지난 수년 동안 한국원자력연구원에서는 ODS 소재의 핵연료 피복관 제조에 역량을 기울여왔다. 소듐 고속로 (SFR)의 핵연료 피복관의 외경, 길이 및 벽 두께는 각각 7.4 mm 2500 mm 및 0.54 mm 이다. ODS의 피복관 제조 공정은 수십번에 걸친, 필거링, 인발 및 중간 열처리가 수행되어야하기 때문에 분말입계가 취약한 ODS 는 튜브제조 중에 심한 전단 변형에 따른 파단이 일어나기 쉽다. 따라서 ODS 소재의 제조 방법은 생산성 및 효율성에 따라 수정과 단순화하는 노력이 필요하다.최근에, 금속제조 및 보수용접 분야에서도 고온/저온 분사 방법을 이용하는 연구가 진행되고 있다. 저온 분사법은 충분한 운동 에너지를 가진 분말이 직접 기판을 타격하는 방법으로 공정중 산화물이 생기지 않으면서 치밀한 적층이 가능하고 자유형상을 만들어내기도 유리하다. 기계적합금화된 ODS 소재에 대해서 저온분사법을 활용하는데 있어 가장 어려운 점은 역시 기계적으로 합금된 분말이 심하게 가공 경화되어 있다는 점이다. 분말자체가 딱딱하게 강성이 있는 만큼 분사되어도 타겟에 쉽게 부착되지 않고 튕겨 나갈 가능성이 많아 일반적인 분사조건에서는 그 활용이 적합하지 않다. 분사를 하기전에 분말이 산화되지 않는 조건에서 최대한 연화를 이룰 필요가 있다. 본 연구에서는 기계적으로 합금화 된 ODS 강 분말의 제조에 저온 분사법의 적용성을 연구하였다. 저온 분사의 장

단점을 활용할 수 있는 적합한 공정조건에 대해 연구하고 분사전 분말의 연화공정과 고온에서의 물성 및 미세조직 변화에 대해 조사하였다. 저온분사법을 이용해 꽤 두꺼운 적층을 만들어 내고 이후에 추가 압연 공정을 수행하면 치밀화가 더욱 이루어진 부품소재를 만들어 낼수 있을 것으로 본다.

[P22-5]

국내가동 경수로 원자로압력용기 재료의 중성자 조사취화에 대한 통계적 분석: *이경근, 권준현, 김민철, 이봉상 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: 원자로압력용기, 조사취화, 감시시험, 통계분석, 혼합모형

원자력발전소의 수명과 건전성에 큰 영향을 주는 것은 교체가 불가능한 원자로압력용기(Reactor Pressure Vessel, RPV)이다. Fe 저합금강으로 만들어지는 RPV 재료는 가동중에 발생하는 고에너지의 중성자에 노출되어 원자 단위의 결함이 발생하고 축적되어 충격특성이 변화하는데, 이를 조사취화라고 한다. 조사취화에 대한 정보는 주기적인 감시시험을 통하여 그 정도를 측정하고, 미국 기준인 Regulatory Guide 1.99 revision 2 (RG1.99/2)에 기반하여 건전성을 평가를 하게 된다. 본 연구에서는 현재까지의 국내가동 감시시험 결과를 종합하여 조사량에 따른 조사취화 정도를 통계적으로 분석하였다. 이를 RG1.99/2와 유사한 지수함수 기반의 비선형모형(Non-linear model)과 혼합모형(Mixed-effect model)을 통하여 조사량과 조사취화간의 상호관계를 분석하였다. 분석 결과 혼합모형이 비선형모형에 비하여 감시시험 자료에 대한 적합도(goodness of fit)가 우수하였다. 각 모형에서 추정된 지수항은 혼합모형이 비선형모형에 비하여 더 컸는데, 이는 RPV 재료가 장기간 중성자 노출에 따라 조사취화 거동이 더 크게 나타날 수 있음을 의미한다. 본 통계적 분석 결과를 기존의 RG1.99/2와 비교하였을 때, 혼합모델은 조사취화 거동을 더욱 정밀하게 예측할 수 있었으며, 이는 RG1.99/2의 개량이 필요할 수 있음을 시사한다.

[P22-6]

Ti-38644 합금의 열처리 조건에 따른 기계적 특성: *이지은, 박양균, 황유진, 김종형[1], 예진중[1], 이수창[1], 이동근 ; *순천대학교. [1](주)대원강업.*

Keywords: β-titanium alloy, Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr, Solution treatment, Aging treatment

기계, 자동차, 자전거 등에서 다양하게 이용되고 있는 스프링은 강도, 연신율, 스프링 상수, 탄성계수 등의 물성이 요구되고 있다. 특히 스프링의 기본 물성은 탄성계수에 의해 결정된다. 준안정 β 타이타늄 합금인 Beta-C합금(Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr wt%)은 낮은 탄성계수와 높은 비강도를 가져 자동차용 스프링 소재로 각광받고 있다. β 타이타늄의 경우에는 적절한 온도와 시간의 조건에서 열처리를 수행하게 되면 효과적으로 물성을 향상시킬 수 있다는 특징이 있다. 본 연구에서는 Beta-C 합금의 물성을 향상시킬 수 있는 최적의 열처리 조건을 찾고자 하였다. 여러 용체화 처리 조건에서의 경도 값은 비슷해, 경도 값의 표준편차가 가장 작았던 조건을 다양한 시간과 온도의 조건으로 시효 처리하였다. 따라서 최적의 열처리 조건을 통해 미세하고 균일한 석출물을 형성함으로써 합금의 물성을 향상시킬 수 있었다.

[P22-7]

Ni/Cu/Zn 도금된 고강도 방전가공 와이어의 확산 열처리 후 기계적 특성 변화에 관한 연구: 정우철, *한덕현, 양현석 ; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: EDM high strength wire, Nickel/Copper/Zinc multi-coated wire, Diffusion annealing, Wire mechanical property

과학기술이 발달함에 따라 각종 기계의 경량화, 소형화, 고정밀화가 지속적으로 진행되고 있으며, 특히 특수정밀가공중의 하나인 와이어 컷 방전가공 기술이 발전되었다. 와이어 방전가공은 일반적인 가공방법인 절삭가공에 비해 3~7배 빠른 작업을 수행할 수 있을뿐더러 재료의 경도, 형상에 관계없이 고정밀의 가공이 가능하여 텅스텐, 티타늄합금 등 절삭가공이 어려운 대상에게 신속, 정밀한 가공성을 부여 할 수 있다. 와이어 방전가공은 전원형태, 작업조건 및 와이어소재 등 다양한 요소들에 의해 좌우되며 특히 와이어의 전기적 특성 및 방전가공기의 전기 조건을 통해 가공의 효율성을 극대화 할 수 있다. 이 방전가공용 와이어는 매우 정밀한 와이어 직경제어가 요구되며, 신선 가공 마찰력 및 도금층 확산 열처리 불량시 도금층이 박리되어 정밀한 선경과 진원도를 형성할 수 없다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 방전가공용 와이어의 개발이 진행되고 있다. 본 연구는 니켈-구리-아연이 도금된 와이어의 500ºC 이하, 불활성 가스 분위기 하에서 와이어 확산 열처리 수행 후 SEM & EDS를 통해 도금층의 상변화 분석하였으며, 인장시험을 통해 기계적 특성을 알아보았다.

[P22-8]

고성능 페라이트계 산화물분산강화 스테인리스 강의 미세조직과 인장특성: *노상훈, 김가언, 강석훈, 김태규 ; *한국원자력연구원 원자력소재개발부.*

Keywords: ferritic stainless steel, oxide dispersion strengthening, complex oxide, tensile property

산화물분산강화(Oxide dispersion strengthened, ODS) 강은 페라이트/마르텐사이트 강을 기지조직으로 하고 고온에서도 매우 안정한 수 nm 크기의 산화물을 미세하고 균일하게 분산시킨 합금으로 고온강도와 조사저항성이 우수하여 미래 원자력시스템의 핵심 구조부품 소재로 주목을 받고 있다. 이에 한국원자력연구원에서는 치밀한 마르텐사이트 조직을 가지는 고방사선 저항성 고강도 ODS 신합금 및 구조부품 제조기술을 독자적으로 개발하고 다양한 노외성능을 평가하고 있다. 한편, 화력발전, 국방 및 항공우주 산업에서는 기존 상용소재 보다 성능이 우수한 극한환경용 내열합금 적용에 대한 요구가 증대되고 있으며 이에 ODS 강을 핵심 구조부품 소재로 적용하기 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 지금까지 개발된 원자력용 고강도 ODS 강 개발 기술을 활용하여 기존 상용소재 대비 기계적 특성과 부식저항성이 향상된 고성능 ODS 강을 개발하기 위한 사전연구를 실시하였다. 고성능 ODS 강은 16~22 중량%의 Cr 함량을 가지는 페라이트계 스테인리스 강 상용분말을 사용하여 기계적 합금화, 열간가압 및 열간압

연 공정으로 제조하였다. 제조된 시편을 절단하여 결정립 조직, 석출물 분포 분석을 실시하였으며 인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하고 상용소재와 비교하였다. 고성능 페라이트계 ODS 스테인리스 강은 고밀도로 분산된 나노 산화물에 의해 500 nm 이하의 미세한 페라이트 결정립을 가지는 것을 확인하였다. 나노 산화물은 입내 또는 입계에 분포하였는데 크기와 분산밀도는 제조공정에서 첨가되는 미량합금원소의 종류에 따라 크게 변화하였으며 이는 고온인장특성에도 큰 영향을 나타내었다. 본 연구결과는 상용합금 화학조성을 기반으로 한 고성능 ODS 강 개발에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[P22-9]

Effect of Heat Treatment on Hardness and Tensile Properties of Al-Si-Mg-Cu Alloy: *BO-RA JIN, DONG-WOOG HA, GEON-WOO JEON, CHANG-YEOL JEONG ; *Dongguk University Nuclear Energy System Engineering.*

Keywords: alloys, heat treatment, hardness, tensile strength, mechanical analysis

In the automotive industry, there has been growing demand of more available alloys with the light weight and high strength. Al alloys are increasingly used to reduce weight of automobile, but studies of secure tensile strength and toughness are needed to safety. Al-Si-Mg-Cu alloys are mainly used as wrought material, but the wrought alloys can be used as a casting material due to the development of casting technology. Therefore, the studies on the influence of the heat treatment for the Al-Si-Mg-Cu casting alloys are needed. This study examined the effect of the heat treatment such as microstructure and mechanical property on Al-Si-Mg-Cu casting alloy for automobile. Microstructure according to heat treatment temperature and time was investigated by means of OM(optical microscopy), SEM(scanning electron microscopy), EDS(energy dispersive X-ray spectroscopy) and XRD(X-ray diffraction) and mechanical property of the heat treated alloy was estimated with hardness measurement and tensile test. The results showed that the solution treatment temperature and time had a significant effect on mechanical property of the alloy. With the increase in solution temperature to 555°C, hardness and tensile strength increased and volume fraction of residual phases decreased. The residual phases are dissolved into Al matrix and the alloy was strengthened by solid solution hardening. When the solution temperature further increased to 565°C and the solution treatment time increased, hardness and tensile strength decreased due to softening by growth of grains during the heat treatment. The aging was carried out at 165, 180, 200°C for 2-12 hr and the effect of aging treatment was evaluated by the same method.

[P22-10]

이종재질 접합에 따른 다중소재융합 부품의 기계적 특성: *진보라, 하동욱, 전건우, 정창열 ; *동국대학교 원자력에너지시스템공학과.*

Keywords: steel, aluminum, multi-materials, automobile, mechanical property

최근 SOL (Small Overlap) 충돌 법규가 강화되어 이를 충족하기 위한 방안으로 고장력강을 자동차 차체프레임에 적용하는 비율이 점차 증가하는 추세이며 국내에서도 이에 대한 많은 연구를 실시하고 있다. 고장력강의 사용 증가로 인한 중량 증가와 이에 따른 연비감소를 보완하기 위한 방안으로 알루미늄과 같은 경량금속의 대체 적용에 대한 연구가 진행되고 있지만, 강도 및 강성의 저하로 인하여 이에 대한 해결안이 지속적으로 요구되고 있다. 이와 같이 단일 금속만을 자동차 프레임 부품에 사용할 경우, 충돌 성능과 경량화를 동시에 만족할 수 없다는 한계가 있어 이를 해결하는 방안으로 스틸-프리폼과 경량소재-다이캐스팅을 결합하여 중량감소와 충돌 특성 향상을 만족시키고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 자동차 차체프레임 소재로 사용되는 스틸로 제작된 프리폼에 진공고압주조공법으로 알루미늄 합금을 접합시켜 스틸-알루미늄 다중소재융합 차체 부품에 대한 기계적 특성을 평가하였고, 강판 종류에 따른 부품의 인장 특성을 비교하였다. 스틸의 인장 특성은 성형과 열처리 과정에서 변화가 확인되어, 알루미늄 인성 확보를 위한 다중소재융합 부품의 열처리에는 이에 따른 스틸의 기계적 특성 변화를 고려한 조건이 요구된다고 판단된다. 스틸 프리폼의 표면 처리 조건에 따른 스틸-알루미늄 접합강도와 기계적 특성을 비교 분석한 결과, 기계적 표면처리와 화학적 표면처리를 동시에 실시한 경우 스틸-알루미늄의 접합강도가 가장 우수하고 이에 따라 굽힘강도 또한 향상되는 결과를 나타내었다.

[P22-11]

9Cr-1Mo 산화물분산강화강의 기계적 특성과 미세조직에 미치는 냉각방법의 영향: *장기남, 김규태[1], 노상훈, 강석훈, 최병권, 김가언, 김태규 ; *한국원자력연구원 소재개발부.* [1]*동국대학교*

Keywords: ODS steel, Heat treatment, Mechanical property, Microstructure, Cooling rate

산화물분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS) 강은 기지에 고온 안정성이 우수한 산화물 입자가 고르게 분포되어 있어 고온강도 및 크리프 특성이 우수한 합금이다. 이와 같은 우수한 기계적 특성 때문에 4세대 미래 원자력 시스템인 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR)의 노심소재로 개발되고 있으며 자동차용 fuel injector와 같은 다양한 분야에도 적용이 기대되고 있다. 9Cr-1Mo ODS강은 Fe기지에 수nm크기의 Y_2O_3입자가 고르게 분포되어 있어 상용9Cr-1Mo강보다 고온특성과 조사저항성이 우수하다. 하지만, 우수한 기계적 특성 때문에 가공성이 저하되는 단점이 발생한다. 이에 기계적 특성과 가공성을 최적화하기 위하여 9Cr-1Mo ODS강의 냉각방법에 따른 기계적 특성과 미세조직의 변화를 관찰하였다. 9Cr-1Mo ODS강은 기계적 합금화(Mechanical Alloying), 고온등방가압(Hot Isostatic pressing) 및 열간 압연(hot rolling) 공정을 통하여 제조하였으며 1150ºC에서 1시간 동안 Normalizing 후 4가지 냉각방법(노냉, 공냉, 유냉 및 수냉)으로 냉각하였다. 각각의 냉각방법에서 미세경도를 측정하였고 광학현미경, SEM 및 TEM을 통하여 미세조직 변화를 관찰하였다. 그 결과 냉각속도가 빠를수록 경도가 증가하였다. 노냉에서는 기지가 페라이트로 나타났으며, 공냉, 유냉 및 수냉에서는 페라이트와 마르텐사이트가 동시에 나타났다. 또한, 냉각속도가 증가할수록 탄화물($M_{23}C_6$, MX)의 개수밀도는 감소하였으나 산화물(Y-Fe-O, M_2O_3)의 개수밀도는 냉각속도에 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 이는 냉각속도가 증가할수록 탄화물 형성이 억제되고 탄화물이 기지 내 침입형으로 존재하게 되어 경도상승에 기인한 것으로

판단된다. 따라서, 이러한 냉각방법에 따른 기계적 특성과 미세조직의 변화는 고강도 ODS합금의 열처리 조건을 확립하는데 유용한 자료로 활용될 것으로 판단된다.

[P22-12]

홀나노인덴테이션 시험법을 이용한 금 박막의 기계적 물성: *김나향, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: Gold, tensile test, hole-nanoindentation, thin film, mechanical properties

금은 우수한 전기적 특성과 생체 적합성, 화학적 안정성 등으로 인해 MEMS 나 NEMS 와 같은 나노소자에 사용되고 있다. 일반적으로 박막 형태로 이용되고 있으며, 소자의 신뢰성을 위해서는 박막의 기계적 물성이 뒷받침 되어야한다. 기계적 물성을 측정하기 위해 다양한 방법이 연구되고 있지만 그 중에서 인장시험은 가장 정량적인 방법으로 이용되고 있다. 그러나 두께가 1 μm 이하인 매우 얇은 박막의 경우 시편 제작이나 시험 자체가 복잡하고 어려워 시험법에 한계가 있어 일반적으로 나노압입시험을 이용하여 기계적 물성을 측정한다. 하지만 나노단위 시편의 경우에는 기판의 영향으로 인해 압입깊이에 제한이 있어 정확한 측정이 어렵다. 원형의 홀 위에서 자유 부양 박막을 압입하여 기계적 물성을 측정하는 홀나노인덴테이션 시험법의 경우 샘플 제작이 간단하고 기판의 영향이 없어 매우 얇은 박막에 적합하나 현재는 주로 그래핀과 같은 2-D 재료에 한해 이용되고 있다. 본 연구에서는 1 μm 두께의 실리콘 다이옥사이드가 성장된 실리콘 기판에 스퍼터링(sputtering) 기법으로 증착하여 100 nm 두께의 금 박막을 형성하였고 그 후 BOE에 실리콘 다이옥사이드를 에칭시켜 금 박막의 인장시험편을 제작하였다. 인장시험과 홀나노인덴테이션 시험법을 통해 측정 방법에 따른 금 박막의 기계적 물성을 비교 분석 하였다.

[P22-13]

나노포러스 금의 파괴 인성 평가: *송은지, 김주영 ; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: nanoporous gold, fracture toughness, intergranular fracture, 3 point bending

나노포러스 구조는 나노스케일의 기공과 리가먼트로 구성된 스펀지와 같은 구조로, 높은 비표면적을 가지는 특성 때문에 촉매, 센서, 액추에이터에 많이 사용되고 있다. 그 중 나노포러스 금은 리가먼트 크기와 밀도를 쉽게 제어할 수 있어 나노포러스 연구에 많이 이용되는 재료 중 하나이다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 나노포러스 금은 인장 상황에서 쉽게 취성 파괴되는 특성을 가져 상용화에 쉽게 다가가지 못하고 있다. 특히 최근의 연구에서는 나노포러스 금이 모합금에서 유지된 결정립계를 따라서 쉽게 취성 파괴되는 것이 보고되었으며, 벌크 금속 재료에서 결정립의 종횡비를 조절하여 파단을 우회시켜 연성을 향상시킨 연구가 보고되었다. 또한, 나노포러스 금의 기공으로 대표되는 균열선단(crack tip)의 반지름이 커질 경우 응력집중이 감소하여 구조에 의한 파괴 인성이 달라지는 것이 보고되었다. 본 연구에서는 나노포러스 금의 파괴 인성에 초점을 두어, 기존에 알려진 파괴 인성의 종횡비와 균열선단 반지름의 상관관계를 이용하여 리가먼트/기공 크기와 종횡비와 같은 미세구조의 특성거리를 변형시키고, 그에 따른 파괴 인성을 비교 분석하였다.

[P22-14]

표면 텍스처링된 초박형 실리콘의 굽힘 강도: *우정현, 김시훈, 천시은[1], 이현승[1], 김인호[1], 김주영 ; *UNIST 신소재공학부. [1]KIST 전자재료센터.*

Keywords: 초박형 실리콘, 텍스처링, 굽힘강도

태양전지는 신재생에너지의 대표적인 예로 최근 들어 저비용, 고효율의 플렉서블 태양전지 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 플렉서블 태양전지의 종류 중 하나로 100 μm 이하의 두께를 갖는 초박형 실리콘을 기판으로 사용하는 태양전지가 있으며 기존의 실리콘 태양전지에 비해 두께 감소로 유연성의 증가와 단가 절감의 장점을 가지고 있다. 실리콘 기판의 경우 빛 반사도가 높아 표면 텍스처링 공정을 통해 광 흡수율과 태양전지의 효율을 증가시키지만 텍스처링 공정으로 제작되는 구조들이 표면의 결함으로 작용하여 기계적 물성을 저하시킬 수 있다. 때문에 초박형 실리콘의 표면 텍스처링이 기계적 물성에 어떠한 영향을 주는지를 정확히 파악하는 것이 초박형 실리콘 기판을 적용한 플렉서블 태양전지 상용화에 중요한 요소로 대두된다. 본 연구에서는 실리콘 웨이퍼를 KOH 용액으로 에칭하여 50 μm 두께로 만들고, 표면을 나노 반구형 구조와 마이크로 피라미드 구조로 텍스처링 하여 시험편을 제작하였다. 그리고 텍스처링 된 초박형 실리콘 웨이퍼의 굽힘 특성을 4점 굽힘 실험을 이용하여 비교 분석하였다. 굽힘 실험의 시험편은 laser scribing 공정을 통하여 표준 굽힘 시험편 규격에 따라 제조하였고 굽힘 실험을 통해 얻은 결과 값을 Weibull 분포도를 이용하여 분석하였다. 또한 FEM 시뮬레이션을 이용하여 굽힘실험을 진행하였을 때 표면 텍스쳐링에 따른 응력 집중을 비교하였다.

[P22-15]

Mo, Ti, Nb 첨가에 따른 미세조직이 고온 인장강도 및 항복비에 미치는 영향: *김준연, 문준오[1], 이창훈[1], 홍현욱* ; *창원대학교 신소재공학부. [1]재료연구소.*

Keywords: Microstructure, Fire resistance, Bainite, Precipitate, Yield ratio

현재 내진강의 경우 지진에 노출이 잦은 일본과 미국을 중심으로 개발이 진행되어 왔고 국내의 경우 또한 우수한 특성을 가진 내진강을 보유하고 있지만, 내화형강에 대한 연구개발이 전무하다. 이에 본 연구에서는 내진, 내화특성을 동시에 갖는 고성능 H형강 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 (A1), 0.1Mo-0.07Ti-0.001Nb (A2), 0.2Mo-0.1Ti-0.001Nb (A3) 에 대해 진공용해 및 열간압연을 통해 3가지 강재를 제조하였다. 미세조직을 토대로 하여 각 강재당 상/조직 분율 분석결과, 경화능 증대효과가 매우 큰 Mo의 함량이 가장 높은 강재(A1)의 베이나이트 분율이 약 90%로 가장 높게 나타났고, Ti과 Nb의 함량이 가장 높은 강재(A3)의 경우 2.5%로 가장 낮게 관찰되었다. 또한 A3강재의 경우 페라이트 결정립 내에 나노 단위의 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 A3강재의 항복강도(642MPa)와 인장강도(839MPa)모두가 베이나이트 분율이 가장 높은 A1 강재의 항복강도(507MPa)와 인장강도(644MPa)보다 높게 나타났다. 항복비 또한 A3강재가 0.77로 가장 낮았다. 그러나 고온인장시험 결과 A3강재의 상온대비 600°C 항복강도가 가장 큰 폭으로 감소(40%)하였고 연신율 또한 가장 큰 폭의 감소(30.7→22.5%)가 관찰되었다. 이와는 달리, A1강재의 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 A1강재의 베이나이트 조직은 매우 긴 시간 열 노출 후에도 안정하다는 것이 확인되었다. 따라서, 본 연구에서는 상온과 600°C 고온인장시험 전과 후의 TEM Image 분석을 통하여 A1과 A3강재의 베이나이트 조직과 미세 석출물에 의한 강화효과 및 고온 항복강도 저하 원인을 규명하고자 한다.

[P22-16]

고성능 방탄소재 ARMOX 500T의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 템퍼링 온도의 영향: *임현석, 이승용, 이상혁, 황병철 ; *서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: ARMOX 500T, bulletproof, tempering, hardness, impact toughness

1차 세계대전에서 탱크가 처음 등장한 이후 장갑차량은 중요한 전략무기로써 중요성이 대두되었고, 장갑차의 화력과 방호력을 향상시켜주는 장갑소재 또한 개발 및 연구되고 있다. 초기의 장갑소재가 단순 방탄성능 향상에 초점을 맞춘 것과 달리, 최근 들어서 다양한 위협과 환경에 대비하여 제작을 위한 용접성이나, 기동성을 위한 경량화 등의 다양한 특성이 요구되고 있다. 철 합금의 경우 값이 싸고 강도가 뛰어나며, 용접성 또한 비교적 우수하여 대부분의 장갑소재에 사용되고 있다. 하지만 이러한 철 합금 방탄소재 또한 방탄성능의 향상은 이루어졌지만 파괴인성에서 취약함을 보이기 때문에 이를 개선하기 위한 방향으로 연구가 진행되고 있다. SSAB 사의 ARMOX는 고경도와 동시에 인성을 갖춘 소재로 480-540 HBW의 경도와 32J/-40°C 의 충격에너지의 우수한 기계적 특성을 가지고 있다. 이외에도 용접성 또한 우수하여 방탄소재로써 널리 사용되는 소재 중 하나이다. 본 연구에서는 기존의 고성능 방탄소재 ARMOX 500T를 템퍼링을 통하여 미세조직을 개선하고 이러한 미세조직의 변화에 따라 기계적 특성 개선하는 방향으로 실험하였다. 이를 위해 템퍼링 온도 구간을 200~600°C 로 설정하여 다양한 열처리 온도에 따라 미세조직이 변화됨을 OM과 SEM을 통하여 관찰하고 이에 따른 인장시험 및 충격시험 등의 기계적 특성 시험을 통하여 미세조직과 기계적 특성 간의 상관관계를 이해하고자 하였다.

[P22-17]

FeMnAlC 경량철강 주조재에 대한 Si 첨가에 따른 시효경화 및 변형거동의 원자단위 효과 고찰: *김치원, 이재현, 문준오[1], 장재훈[1], 박성준[1], 이봉호[2], 이영주[3], 홍현욱* ; *창원대학교 신소재공학부. [1]재료연구소 철강재료연구실. [2]대구경북과학기술원. [3]포항산업과학연구원.*

Keywords: Lightweight steel, κ-carbide, 3D atom probe tomography, Dislocation, shearing

최근 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화로부터 기동력을 개선하기 위한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 기동성 개선에 따라 작전 수행능력이 향상되며, 유지비용 절감 및 수송이 원활해진다. 따라서 이에 적합한 경량 고강도강으로 알려진 FeMnAlC 합금계에 대한 연구가 진행 중이다. 대부분의 연구가 단련합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 충분치 못하므로 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. 용체화처리 시 Si첨가와 무관하게 기계적 특성 및 가공경화 거동이 유사하며, 인장 변형 시 전위들의 제한된 planar 활주에 의한 전위 밀도 증가에 의해 microband가 형성되며, 이는 소성변형에 대한 주요 변형기구라고 판단된다. 한편 시효 열처리한 경우 인장 변형 시 석출된 κ-carbide에 의해 austenite기지 내에서의 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 looping 변형기구가 먼저 발생된 후 shearing 변형기구의 활성화가 나타난다고 보고된 바 있다. 따라서 1% Si 첨가 유무에 따른 κ-carbide의 석출 거동과 C의 partitioning 계수를 고려한 단위구조를 비교하고, 전위 shearing 용이도를 계산하여 plasticity와 연관 지어 해석하고자 하였다.

[P22-18]

Effect of Aging Process on Yield Strength of 53MD Nickel-based Superalloy: *안은솔, 김현진, 남태훈, 박노근[1], 박인욱, 전종배 ; *한국생산기술연구원 기능성부품소재그룹. [1]영남대학교 신소재공학부.*

Keywords: 니켈기 초합금, 시효처리, 항복강도, 미세조직

니켈계 초합금은 우수한 고온강도와 내부식성을 가지므로, 발전, 우주항공 분야와 같은 고부가가치 산업에 널리 사용되고 있다. 53MD 소재는 Ni-Cr-Al계 석출경화형 초합금으로 높은 Cr 함량에 기인한 우수한 내부식성 및 열적 안정성을 가지고 있어서, 니켈

합금, 탄소강 및 스테인리스강의 용접봉 소재뿐만 아니라 내열/내부식용 소재로도 활용되고 있다. 해당 소재는 시효 열처리 조건에 따라 $Ni_3(Al,Ti)$, $M_{23}C_6$, BCC 상등의 석출이 일어나며, 해당 석출상들은 소재의 기계적 물성에 결정적인 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 53MD 소재의 시효처리 조건에 따른 미세조직 변화가 항복강도에 미치는 영향에 대해 규명하고자 한다. 인발 후 용체화 처리를 거쳐 540~850°C 구간에서 0.5~48 시간 시효처리를 진행하였으며, 열역학 및 속도론 계산을 통해 석출상의 특성에 대해 예측하였다. OM, SEM 및 TEM을 이용하여 시효처리에 따른 미세조직 변화 및 석출상 생성거동을 분석하였다. 상온 인장시험을 통해 시효처리에 따른 소재의 일축인장거동을 평가하였으며, 항복강도와 미세조직과의 상관관계에 대해 고찰하였다.

[P22-19]

승용 감성기술 적용한 사용 트럭 운전석 시트의 강도 평가 연구: *하만호, 조규춘 ; *군산대학교*

Keywords: Seat frame, FMVSS 210, Back frame, Light weight, Commercial vehicle.

근년, 자동차의 경량화는 지구환경이나 자원의 보호의 입장에서 더욱 중요해지고 있는 실정이며, 환경부하저감의 요구에 따라서 운송기기로써 주로 사용되는 상용 자동차의 경량화 또한 요구되고 있는 실정이다. 그에 따라 자동차용 부재의 고장력 강판이나 알루미늄, 마그네슘 합금을 이용한 경량화가 진행되고 있다. 본 연구에서는 비교적 감성 및 편의사항이 결여된 상용자동차의 시트에 승용차의 감성 및 편의성 기술을 적용한 경량형 시트프레임 개발과 강도 평가 연구를 진행하였다. 자동차의 시트는 운전자과 직접적인 접촉이 이루어지는 부품으로서 승차감, 편의성을 평가할 수 있는 중요 부품인 동시에 운전자의 안전을 직접적으로 지킬 수 있는 자동차 부품으로서 충분한 강도가 요구 된다. 따라서, 경량화에 따른 강도의 저하를 최소한으로 하기 위하여 제품의 모델에 따른 수직강도, 백 프레임 강도, FMVSS 법규를 기초로 강도평가 시험 및 해석을 진행하였다. 각각의 시험 및 해석을 진행한 결과, 쿠션 프레임 및 백프레임에 과도한 변형은 발생되지 않아 탑승자의 안전을 보장할 수 있는 충분한 강도를 평가 할 수 있었다. 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다. (R0004530)

P23 : 용접 및 접합
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P23-1]
구리 TIG 용접부의 균열 발생 분석: *양현석, 한덕현, 정우철 ; *고등기술연구원.*
Keywords: Copper, Tungsten Inert Gas, Hot crack, Heat input, impurity

구리는 위생성 및 청정성이 뛰어나 가정 및 산업용 가스 배관 또는 냉 온수용 배관산업에 폭넓게 적용되고 있는 소재이다. T 형상의 구리 배관용 이음쇠를 제작하는데 있어서 하이드로포밍 성형공정에서 구리 원자재의 소모 및 중량 증가로 인해 경제성이 떨어지는 이유로 최근에는 TIG 용접공정을 도입하여 이음쇠를 제작하고 있다. 본 연구에서는 구리 배관용 이음쇠의 TIG 용접 종료 후 발생한 균열에 대해 고찰하였으며, 세부적으로는 불순물 유입여부나 균열부 파단을 통한 미세조직에 대한 분석을 실시하였다. 용융금속 내 균열부에서만 일부 산화물이 발견되었으며, 파단면 주위로 액상이 응고된 전형적인 고온균열이 발생한 것으로 추정된다. 구리는 높은 열전도도로 인해 용융금속의 응고속도가 빨라 냉각방향으로 인장이 발생하여 균열이 발생할 수 있어, 용접 중 입열량의 조절이 가장 중요하다고 판단된다.

[P23-2]
금 사용량 절감을 위한 Au-Sn합금 도금층 연구: *박재왕, 손인준 ; *경북대학교 금속소재공학과.*
Keywords: Au-Sn alloy, Sn content, Contact resistance, Thermal aging, Nickel diffusion

금 합금 도금층은 내마모성 및 내식성이 우수하고 접촉저항이 낮기 때문에, 커넥터, 인쇄회로기판 등과 같은 전자부품의 접속단자부에 널리 적용되고 있다. 각 부품들을 효과적으로 전기적 신호를 통해 연결하기 위해서는 낮은 접촉저항이 요구되며, 이러한 금합금 도금층의 접촉저항은 합금 원소의 종류 및 함량에 따라 변화된다. 현재 전자부품용 커넥터에 실시되고 있는 금 합금도금은 Au-0.3 wt%Co합금, Au-0.2 wt%Ni합금도금이 대부분 적용되고 있으며, 높은 순도(금 함유량 99.7 wt% 이상)로 인하여 금사용량을 절감하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 높은 함량을 갖는 Au-Sn합금을 제작하여 Au-Sn합금 도금층의 접촉저항을 조사하였다. 또한, 표면분석을 통하여 Au-Sn합금 도금층의 접촉저항이 변화하는 요인에 대해서도 고찰하였다. 0.2 dm^2의 순수 동 시편 위에 약 2 μm두께의 Ni도금을 실시한 후, 그 위에 Au-Sn합금 도금을 실시하여 Au-Sn합금 도금 시편을 제작하였다. Au-Sn합금 도금층은 전류밀도 0.5ASD, 온도 40°C에서 약 0.1 μm두께가 되도록 도금하였으며, 두께는 형광X선 도금두께측정기로 측정하였다. 금 합금 도금층내의 Sn함량은 0.1 dm^2의 순수 동 시편 위에 도금한 Au-Sn도금층을 왕수에 용해시킨 다음 유도 결합형 플라즈마 발광 분광분석기(ICP-OES)를 사용하여 분석하였다. Au-Sn합금 도금층의 접촉저항은 시편을 533 K에서 0초/90초/180초/360초로 열처리하여 5회 측정 후 그 평균값으로 하중에 따른 금 합금 도금층의 접촉저항을 측정하였고, Au-Ni합금층과 Au-Co합금층의 열처리와 하중에 따른 접촉저항 변화와 비교하였다. 또한, 도금층 내의 열처리에 따른 접촉저항 변화의 요인을 분석하기 위해서 X선 광전자 분광기를 이용하여 도금층 표면의 정량 분석과 화학적 결합상태를 분석하였다. Au-Sn합금층 내의 Sn함량 조사 결과 4.36 wt%Sn 합금층이 형성된 것을 알 수 있었고 기존의 Au-Ni, Au-Co 합금층과 비교해 합금함량이 크게 증가된 것을 알 수 있었다. 또한 접촉저항 측정 결과, 기존의 Au-Ni, Au-Co합금층의 접촉저항과 비교했을 때 Au-Sn합금층의 접촉저항이 더 낮은 것을 알 수 있었다. 따라서 전자부품용 접점재료에 합금함량이 높은 Au-Sn합금층의 적용을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

[P23-3]
극후판 다층 FCAW 최적 입열에 따른 미세조직과 기계적 특성 연구: *최동기, 정준모[1], 신상용[2], 조성규[3], 정택균[1], 현승균[1] ; *하이드로 헤스트. [1] 인하대학교. [2] 울산대학교. [3] 현대제철.*
Keywords: FCAW, TMCP, CO2 Welding, Multi-pass

최근 에너지 자원의 고갈로 극한지 개발에 관심이 고조되고 있다. 전세계적으로 미발견 석유 및 가스 부존량의 약 22%가 극지에 매장되어 있는 것으로 추정되어 극지 에너지 자원 개발 경쟁이 심화되고 있다. 심해저 및 극한지 환경은 -60°C 이상의 극저온 하중과 극심한 풍랑하중의 주기적 해양환경에 따른 피로하중으로 해양플랜트 구조물의 재료와 구조적 불확실성을 안고 있다. 따라서 해양플랜트 구조물의 안정성과 내구성을 확보하기 위한 고인성 고성능 용접기술은 매우 중요하며 국내외적으로 점차 발전하고 있는 추세이다. 그 중 CO_2 Shielding gas를 이용한 FCAW(Flux Cored Arc Welding)가 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 YS 460 MPa이상 100 mmT 극후판 강재를 용접함에 있어 용접 입열에 따른 열해석을 통한 최적 입열량(heat input) 조건을 확보하고자 하였다. 또한 Multi-pass 용접 HAZ부 제어를 통한 미세조직 분석으로 우수한 용접조직을 제시하였다.

[P23-4]
예열 온도에 따른 구리 TIG 용접부의 경도 특성: *양현석, 한덕현, 정우철 ; *고등기술연구원.*
Keywords: Copper, Preheating, Tungsten Innert Gas, Hardness, Shielding gas

TIG 용접은 구리를 용접하는데 많이 사용하는 공정이다. 하지만 구리는 열전도율이 높고 냉각속도가 크기 때문에 용접 후 냉각에 의한 수축과 응력집중으로 용접부 내 크랙이 발생하기 쉽다. 따라서 용접 공정과 입열량 조절, 구리 소재의 두께에 따른 예열이 요구되기도 한다. 본 연구에서는 2.4 mm 두께의 구리 판재에 대해 200°C 이하의 온도에서 예열을 실시하여 TIG 용접

을 실시하여 용접부 단면에 대한 경도 값을 비교하였다. 또한 보호가스인 아르곤과 헬륨의 비율에 따른 예열온도와의 관계를 유추하였다.

[P23-5]

가스분무법으로 제조한 Cu-Fe 분말 페이스트 필러를 활용한 Cu/STS 접합 특성에 관한 연구: *최원정, 최상훈, 심재진, 주원, 바시트 알리, 임재홍, 서석준, 김택수, 박경태 ; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Gas atomized Cu-Fe powder, Immiscible alloys, Brazing, Diffusion bonding

Cu/STS 이종접합은 electrodes, cooling tube and plate, cast mold, bearings 등 다양한 산업분야 활용되고 있다.Cu/STS 접합을 위해 아크 용접, 전자빔 용접, 브레이징 접합, 기계적 결합 등 활용되고 있으나, Cu-Fe는 잘 섞이지 않는 특성으로 용해응고 기반 일반 용접접합 시 상분리나 조대 편석이 발생되어 접합력이 약해진다. 이러한 현상 때문에 Cu, STS 각 소재 모두 필러로 활용 가능한 은(Ag)계 합금소재를 활용한 브레이징 접합이 수행되고 있으나 귀금속 소재 활용이라는 경제적 부담을 가지고 있다. 본 연구에서는 모재와 같은 소재인 Cu-Fe분말을 필러소재로 사용하여 Cu/STS 브레이징 접합을 수행하였을 때, 접합계면에 Cu(모재)-Cu(필러), Fe(모재)-Fe(필러)가 확산접합하여 접합층을 형성할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 가스분무법으로 제조된 Cu-Fe 분말을 이용하여 Cu/STS 브레이징 접합을 수행하고 그 접합 특성에 대해 고찰하였다. Cu-Fe 분말 조성은 50:50으로 하여 가스분무법으로 제조하였고 브레이징 접합용 페이스트 필러 제조를 위해 Cu-Fe 분말, 바인더 및 첨가제를 혼합하여 사용하였다. 실험용 모재는 STS304(30 mm × 30 mm × 10 mm(t))와 무산소동(20 mm × 20 mm × 10 mm(t))로 제작하였고 산화막 제거를 위해 표면 연마 후 Cu-Fe 페이스트 필러를 도포하고 진공분위기에서 브레이징 접합을 수행하였다. 최고 가열 온도는 모재의 녹는점(STS304 : 1,450°C, 무산소동 : 1,083°C)보다 낮은 온도인 800°C, 900°C, 1000°C로 하였고 유지시간은 1시간, 2시간을 주었다. 브레이징 후 접합부 조직은 수몰식 초음파 탐상 시험기(AcouLab)와 Field Emission Scanning Electron Microscopy(FE-SEM, JEOL, JSM-7100F)로 관찰하였고, 접합부의 강도는 인장시험기(Excelab)로 확인하였다.

[P23-6]

Ti/Cu 냉간압연 clad 소재에 대한 열처리 특성 연구: *박양균, 윤창석, 이지은, 김상열[1], 이상로[1], 이동근 ; *순천대학교 신소재공학과. [1](주)에이원엔지니어링.*

Keywords: Ti/Cu clad, Heat treatment, Tensile properties

합금의 경우 장단점이 존재하여 상황에 따라 해당 합금 사용이 어렵거나 비효율적인 경우가 발생한다. 따라서 각 금속이 가지는 장점만을 이용하여 제품에 적용하고자 이종간의 금속결합을 실시하게 되었고 이러한 소재를 clad라고 일컫는다. 특히, 이종금속간의 cladding을 주로 사용하고 있으며 2종뿐만 아니라 3종까지 cladding 하여 사용되는 경우도 있다. Clad는 이종금속간 결합방법이기 때문에 공정조건에 따라 접합면의 특성이 서로 상이하며, 물리적방법으로 제조되었을 때의 접합면은 상대적으로 불완전한 상태가 된다. 따라서 변형을 주거나 가공시에 접합면이 분리 될 수 있다. 본 연구에서는 냉간압연으로 cladding된 Ti/Cu clad 소재를 사용하였으며, Ti와 Cu의 접합면을 강화시키기 위해 열처리를 수행하였다. 일정온도에서 서로다른 시간동안 열처리를 수행하였고, 열처리 시간에 따른 기계적 특성과 열처리함에 따른 조직학적 변화를 비교분석하고자 하였다.

[P23-7]

고강도 용접부의 개재물 크기가 용접부 의벽개파괴에 미치는 영향: *이명진, 조경목, 강남현 ; *부산대학교.*

Keywords: Cold cracking, Incluison, Quasi-cleavage fracture, Martensite, Acicular ferrite

고강도 마르텐사이트계 용접금속에 있어서 개재물이 저온균열에 미치는 영향을 분석하기 위하여 고강도 저수소계 플럭스 코어드 아크 용접금속을 이용하여 분석을 진행하였다. 용접금속의 저온균열 민감도는 Y-groove 시험 방법을 이용하여 측정을 하였다. 용접금속의 미세조직은 대부분 마르텐사이트로 구성되었으며, 일부 침상형 페라이트와 베이나이트도 나타났다. 저온균열 파면은 대부분 입계파괴를 보여주고 있으며, 일부 의벽개 파괴도 나타났다. 입계파괴의 파면은 주로 베이나이트 및 마르텐사이트 구성되었고, 반대로 의벽개파괴의 파면은 개재물과 침상형 페라이트 미세조직과 관련이 있었다. 개재물이 저온균열에 미치는 영향은 다음과 같다. i) 개재물은 벽개파괴 의 핵생성에 기여하고, ii) 미세균열의 핵성성 및 전파에 기여한다. iii) 균열이 개재물을 만났을 때 새로운 균열이 개재물로부터 생성된다. 2 um 보다 작은 개재물의 경우 침상형 페라이트의 핵생성에 기여하여 저온균열 저항성을 증가시키는 반면 2 um 보다 큰 개재물의 경우 균열의 핵생성에 기여함으로써 저온균열 감수성을 증가시켰다.

[P23-8]

3점 굽힘시험을 이용한 무연솔더의 접합 특성: *김정아, 박유진, 오철민[1], 홍원식[1], 강남현 ; *부산대학교 재료공학과. [1]전자부품연구원 시스템로버스트 연구센터.*

Keywords: Pb-free solder, Flexible Printed Circuit Board, Bendig test, HAST, solder joint

본 연구는 전장용으로 들어가는 충격 센서 모듈 일체형 부품을 모사하여 4층 FPCB에 3종류의 무연솔더로 dummy chip을 실장한 후 굽힘시험을 이용하여 접합특성을 평가하였다. 사용한 무연솔더는 Sn-0.7Cu, Sn-3.0Ag-0.5Cu, Sn-0.3Ag-0.7Cu이다. 시편의 표면처리는 OSP 방법을 사용하였다. 무연 솔더의 가혹한 환경에서의 접합 특성을 알아보고자, HAST실험을 한 후 bending test를 진행하였다. HAST시험은 국제규격인 JESD22-A102-C를 따랐으며 조건은 121°C, 100%RH이다. 규격 시간은 0, 48, 96Hr로 진행하였으며, 72Hr를 추가로 진행하였다. HAST 시편은 알루미늄 박판에 접착하여 3점 굽힘을 진행하였다. 3점 굽힘시험은 파단이 일어날 때까지 굽힘 시험을 진행하였다. 굽힘에 따른 무연솔더의 균열과 파단 여부를 확인하기 위해 Digital Multimeter로 실시간 저항

을 측정하였다. 측정된 저항값이 초기 저항값 보다 4배 이상 증가하였을 때를 단락이 일어났다고 판단하고 진행하였다. HAST시험 결과 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더는 비교 솔더에 비해 우수한 특성을 보였고, 솔더의 접합강도가 Flexible 기판의 접합강도보다 우수해 모두 기판 delamination이 일어났다. Sn-0.3Ag-0.7Cu 솔더는 48hr까지 굽힘특성이 좋았다가 그 후 감소했으며, Sn-0.7Cu 솔더는 HAST시간에 따른 파단시간 변화는 거의 없었다. 파단면의 크랙은 Solder의 응력집중부에서 시작하여 Cu6Sn5와 솔더의 경계 그리고 산화물을 따라 크랙이 전파하는 것을 알 수 있었다. 솔더별 3점굽힘시험 결과와 산화물 분포는 광학현미경과 주사전자현미경 그리고 EPMA를 통해 미세조직과 산화물을 분석하였다.

[P23-9]

샌드위치 판넬의 접합 형식에 따른 특성 분석: *이경민, 이현철, 박시준, 송종호, 송일종[1], 이동재[1], 정찬영[1] ; *자동차부품연구원. [1](주)현대하이텍.*

Keywords: 샌드위치 판넬, 구조용 접착제, Lab shear test, 저항 점용접, 동강성 시험 해석

최근 자동차 산업은 연비 및 배출 가스 규제 강화에 대응하기 위해 소재 경량화 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 고장력강판과 비철계 소재의 적용이 증가하면서 이종 소재간 접합과 같은 경량화 기술 개발을 통해 기존 강성은 유지하면서 차체 무게를 감소시켰다. 이종 소재 접합은 클린칭, Self Piecing Rivet과 같은 기계적 접합, 용접, 구조용 접착제 등이 있고, 적용되는 제품의 특성에 따라 다양한 접합법이 사용되고 있다. 제품에 적합한 접합 형식을 선정하기 위해 유한요소해석을 통한 사전 검토를 실시함으로써 공정 개발 효율을 증대시키고 불필요한 비용 절감을 실현할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 구조용 접착제와 저항 점용접을 사용하여 SPFC 590, SGARC340, SPRC440 등 서로 다른 소재를 접합하고, 접합 형식을 단독 또는 혼용하여 적용한 뒤 Lab Shear 시험을 통해 파단 형태 및 강도에 대한 평가를 진행하였다. 또한 각 접합 형태에 대한 해석적 모사 기법을 정립하여 동강성 시험 해석에 적용하여, 접합 형식이 강성에 미치는 영향을 분석하였다.

[P23-10]

Zn-Al-Mg 계열 고온솔더의 Mg 조성에 따른 Cu 기판과의 계면반응 및 기계적 특성 연구: *백승문, 오진수, 안병선, 차현우, 권예나, 강민철, 배지환[1], 양철웅 ; *성균관대학교 신소재공학과. [1]한국과학기술연구원.*

Keywords: Pb-free solder, high temperature, Zn based solder, microstructure, mixed phase layer

최근 전자부품의 고집적화로 인해 고온에서 부터 여러 단계를 거쳐 반복적인 솔더링을 진행하는 스텝 솔더링 공정이 늘어나는 추세이고 고온 환경에서 전자부품의 사용 또한 많아지고 있다. 현재 고온 환경에 적용이 가능한 기판과 고온용 솔더에 대한 연구가 보고되고 있으나 300ºC 이상의 고온용 전자기기에 사용되는 솔더의 대한 연구는 미흡한 실정이다. 아울러 Pb가 함유된 고온 솔더는 인체 유해성과 환경 보존적인 관점에서 문제가 있기 때문에 이를 대체할 친환경적이고 경제적인 고온 솔더에 대한 연구가 절실히 필요한 상황이다. 고온용 솔더로Sn-Sb, Bi-Ag, Zn-Al, Zn-Sn 등 여러 합금계들이 제안되어 왔으나 본 연구에서는 그 중 열 및 전기적 특성이 뛰어난 Zn-Al계에 기계적, 전기적 특성은 물론 내식특성 향상을 위해 Mg을 첨가한 Zn-5wt%Al-Xwt%Mg 합금 솔더의 Mg (X = 0.5, 1, 2, 3)함류량에 따른 미세구조 및 기계적 특성간의 상관관계를 찾고자 하였다. Mg 함류량에 따른 Zn-5wt%Al-Xwt%Mg 합금솔더는 고진공을 사용하지 않고 일반적인 솔더 제조 과정의 온도보다 상대적으로 낮은 온도에서 모 합금을 이용하여 제작하였고 420ºC 열처리를 통하여 Zn-5Al-3Mg 조성 합금에서 혼합상의 계면 반응층을 형성하였다. 미세구조 및 기계적 특성간의 상관관계를 평가하기 위해서 주사전자현미경 (SEM)과 투과전자현미경 (TEM)을 활용하여 미세구조 분석과 화학 조성 분석을 진행했고, 인장 시험을 통해 Zn-5wt%Al-Xwt%Mg 합금솔더와 Cu 기판간의 기계적 물성 평가를 진행하였고 이를 비교 분석하였다. 그 결과, (0.5 wt% ~ 2 wt%) Mg 조성 범위에서는 Mg 함량이 증가함에 따라 열처리 후 기계적 특성이 증가 하였다. 그러나 Zn-5wt%Al-3wt%Mg 조성 에서는 기계적 특성이 낮아 졌는데, 이는 Zn-5wt%Al-3wt%Mg 조성에서 생성된 혼합상에 의한 것으로 판단 된다.

[P23-11]

Modified 439 페라이트계 스테인리스강의 GTA 용접부 결정립 미세화 기구에 대한 연구: *김준연, 이원배[1], 김선구[1], 조영태[2], 홍현욱* ; *창원대학교 신소재공학부. [1]포스코 철강솔루션마케팅실. [2]창원대학교 기계공학과.*

Keywords: Ferritic stainless steel, GTA welding, CET, Simulation

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 $MgAl_2O_4$를 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) 값

으로 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.

[P23-12]]

Ti/세라믹 접합용 저융점 Zr계 필러메탈의 특성: *박성우, 김태환, 김경택, 현승균[1]; *한국생산기술연구원, [1]인하대학교*

Keywords: Brazing, Filler metal, Aluminum Nitride, Wettability

Ti합금과 Al계 세라믹(Al_2O_3, AlN)의 복합소재는 저중량, 고강도의 특성이 요구되는 열교환기 부품, 터빈블레이드, 진공용 피드쓰루 등의 분야에서 사용된다. 이러한 소재들의 특성향상을 위하여 모재와 적합한 필러메탈을 이용한 접합공정이 요구된다. 기존에는 Au, Ag와 같은 다양한 귀금속 합금 필러메탈을 사용하여 Ti/세라믹 복합소재의 젖음성과 접합부에 대하여 연구되었다. 이러한 연구에 따르면 귀금속원소와 Ti반응에 의한 금속간화합물의 형성 및 모재간 열팽창계수 차이에 의한 잔류응력 발생과 같은 현상에 의해 접합부에서 파단이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제는 잔류응력의 형성을 최소화하기 위해 저융점을 지니며, Ti와 금속간화합물반응이 적게 발생하는 특성을 지닌 필러메탈의 적용을 통해 해결이 가능할 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 앞서 개발한 Zr계 저융점 필러메탈의 접합공정 적용을 위해 실험하였다. Zr계 합금필러메탈과 모재(Al_2O_3, AlN, Ti-3Al-2.5V)간의 젖음성 평가를 위하여 5×10^{-5} Torr의 진공분위기에서 온도 및 유지시간에 따라 열처리하였으며 접촉각을 측정하였다. 또한 모재와 필러메탈간의 반응물 및 원소에 따른 확산거동을 분석하였다.

[P23-13]

후열처리 공정에 따른 304 스테인리스강의 SAW 용접부 미세조직 및 기계적 특성 평가: *남태훈, 안은솔, 최은영, 김병준[1], 박인욱, 강남현[2], 전종배 ; *한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹, [1]한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹, [2]부산대학교 재료공학부*

Keywords: 304 스테인리스강, Sub-merged Arc Welding, 용접부 미세조직, 기계적 특성

국제해양기구(IMO)에서는 선박의 원유 사용에 따른 해양 오염에 대한 인식 확대로 친환경적 에너지인 LNG를 사용하는 선박의 도입을 확대 중이며, 이에 극저온에서 쓰이는 소재 및 용접배관 개발이 매우 중요한 이슈이다. 극저온용 용접배관은 극저온유체를 운송하는 구조물의 특성상 작은 균열에도 저온취성균열에 의한 파괴가 발생할 수 있으므로 용접부의 신뢰성 확보가 필수적이다. SAW(Sub-merged Arc Welding) 용접부는 공정 중 발생하는 대입열 및 냉각조건에 의한 인성저하, 조직 불균질, 잔류응력 집중 등에 의해 기계적 특성이 취약해질 수 있으므로, 후열처리를 통한 용접부 미세조직 및 기계적 물성 제어가 요구된다. 따라서 본 연구에서 304 스테인레스강의 SAW 용접부의 미세조직 및 물성 제어를 위해 후열처리 공정을 도입하고, 이를 통해 용접부 및 열영향부의 조직 변화 및 기계적 특성을 분석 하였다. 용접봉은 스테인레스 308L 소재를 사용하였고, 후열처리는 600 ~ 1250도 온도구간에서 0.5 ~ 4시간 열처리를 실시하였다. 열역학 및 속도론 계산을 통해 안정상 및 석출상에 대한 예측을 실시하였고, 미세조직 및 상분석을 통해 결정립 및 석출물 크기 변화를 분석하였다. 최종적으로 인장 시험을 통해 조건별 강도 및 연신율을 확인하고 미세조직과의 관계를 추론함으로써, 최적의 용접부 물성 확보를 위한 후열처리 공정을 도출하였다.

P24 : 전자재료
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P24-1]
Effect of W doping on the magnetic and magnetocaloric properties of $Ba_2FeMo_{1-x}W_xO_6$ double perovskite: *soeun Jeon, Imad Hussain, Bon Heun Koo* ; *Changwon National University.*
Keywords: XRD, Magnetization, Magnetic entropy, Relative cooling power

Magnetocaloric phenomenon has attracted much attention over the recent few years in the field of material science. Materials with magnetocaloric effects (MCE) hold great promise for applications as active agents in magnetic refrigeration. We report the effects of the partial substitution of W for Mo on the structural, magnetic and magnetocaloric properties of the double perovskite Ba_2FeMoO_6. Polycrystalline $Ba_2FeMo_{1-x}W_xO_6$ (x = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4) samples have been prepared by using the conventional solid state reaction method. The formation of the undesirable secondary phases were avoided by sintering the samples in reducing atmosphere, created by a gas mixture of 5% H2/95% Ar. The phase purity and microstructure of the samples have been investigated by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). XRD study shows that all the samples crystallize in a cubic structure with Fm3m space group. The variation of magnetization (M) as a function of temperature and applied magnetic field was carried out. All the samples exhibit a paramagnetic to ferromagnetic phase transition at the Curie temperature, TC. A magnetocaloric effect has been calculated in terms of isothermal magnetic entropy change and relative cooling power. A significant variation in the magnetocaloric properties of the samples was observed with the increasing W content. This investigation suggests that $Ba_2FeMo_{1-x}W_xO_6$ can be used as a potential candidate material for magnetocaloric applications.

[P24-2]
Effect of Pr doping on the structural, magnetic and magnetocaloric properties of double perovskite $Ba_{2-x}Pr_xFeMoO_6$: *Imad Hussain, SoEun Jeon, BonHeun Koo* ; *Changwon National University.*
Keywords: XRD, Magnetization, Magnetic entropy, Relative cooling power

Due to the various interesting properties and possible applications, the A-site substituted double perovskite oxides have attracted much attention in the field of material science in the recent decades. Materials with magnetocaloric effects (MCE) hold great promise for applications as active agents in magnetic refrigeration. The possible modifications in the magnetic and magnetocaloric properties of the Ba2FeMoO6 produced by the aliovalent A-site doping were investigated. Polycrystalline $Ba_{2-x}Pr_xFeMoO_6$ (x = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4) samples have been prepared by using the conventional solid state reaction method. To avoid the formation of undesirable secondary phases, the samples were synthesized in the reducing atmosphere, created by a gas mixture of 5% H2/95% Ar. The microstructure and phase purity of the samples were investigated by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). XRD study showed the formation of cubic structure with Fm3m space group in all the synthesized samples. A second order ferromagnetic phase transition in all the synthesized samples was confirmed by Arrott analysis and magnetization measurements. All the samples were observed to exhibit a paramagnetic to ferromagnetic phase transition at the Curie temperature (TC). A magnetocaloric effect has been calculated in terms of isothermal magnetic entropy change. The value of the relative cooling power (RCP) was observed to decrease slightly with the increasing Ba content. A significant variation in the magnetocaloric properties of the samples was observed with the increasing Pr content. This investigation suggests that $Ba_{2-x}Pr_xFeMoO_6$ compounds can be used as potential magnetic refrigerants for magnetocaloric applications.

[P24-3]
Effect of Halides on the Formation of Mixed Halide Film in Lead Halide Solar Cells: *압둘 커더스, Son Singh, Rahim Abdur, Daekyun Jeong, Bhabani Sankar Swain, Jaegab Lee ; *국민대학교 공과대학.*
Keywords: Lead halide, Post annealing, surface morphology, composition, power conversion efficiency

Organic-inorganic hybrid perovskite solar cell possesses excellent electronic, chemical, and optical properties that make them attractive for next generation solar cells. Lead iodide is a precursor material in the fabrication of highly efficient perovskite solar cells. Usually Lead iodide is used as a high-energy photon detector for gamma-rays and X-rays, due to its wide band gap. But Lead iodide can be used as an active semiconducting materials for solar cell with suitable structure. Here, we used Lead iodide as a semiconducting material on meso-TiO_2 coated FTO glass. But the surface coverage of Lead iodide film on meso-TiO_2 is not good enough to achieve good device characteristics. So combination of Lead chloride, Lead bromide with Lead iodide is a good way to overcome the poor surface coverage of Lead iodide. In this study, mixed lead halide films was investigated to reveal the effects of the experimental variables such as lead iodide, lead chloride and lead bromide composition, post annealing temperature, post annealing time on the growth and morphology of Lead halide films. Lead halide films were fabricated via two-step solution deposition using different

composition of PbI_2, $PbCl_2$ and $PbBr_2$ in N, N-dimethylformamide (DMF) on to meso-TiO_2 coated FTO glass. For device fabrication Spiro-OMeTAD was used as a hole transport layer (HTL). We observed that $PbBr_2$ mixed with PbI_2 shows good surface morphology with large grain Lead halide film. A device with the structure of FTO/c-TiO_2/meso-TiO_2/ Lead halide/Spiro-OMeTAD/Au using 0.5 M $PbBr_2$ mixed with 1.0 M PbI_2 solar cell shows power conversion efficiency (PCE) of 5.01 % and 4.86 % in forward scan and reverse scan respectively.

[P24-4]

Enhancement of the Hybrid Perovskite Photodetector's Performances and Stability Using Mixed Halides Precursor: *Son Singh, Rahim Abdur, Md. Abdul Kuddus Sheikh, Daekyun Jeong, Jaegab Lee ; *국민대학교 신소재공학과.*

Keywords: Lead halide, Perovskite, Photodetector, Responsivity, EQE

Methyl Ammonium Lead Halides, perovskites, are excellent new material with high carrier mobility, high photo conversion efficiency and tunable bandgap. For these reasons it has become one of the attractive light harvesting semiconducting materials recently. In addition, these materials have advantage of low temperature processing, easy to deposit, large scale processing. Furthermore, the perovskite materials are sensitive to a wide band wavelength from ultraviolet to visible range but inactive in IR region. However, the mechanism for the growth of the hybrid perovskite crystalline structure is not properly understood on the planar surfaces. In this study, we have fabricated perovskite-based photodiode consisting of ITO/CdS/perovskite/V_2O_5/Au, focusing on the conformal coating of perovskite on the planar CdS by modifying the chemistry of perovskite. The addition of $PbBr_2$ and $PbCl_2$ to PbI_2 significantly increases the nucleation rate of perovskite on CdS, leading to highly smooth surface morphology of perovskite and the resulting high performance & stability of photodetectors. We found that photodetector based on perovskite with molar ratio of 5:3:2 (PbI_2:$PbCl_2$:$PbBr_2$) showed large detectivity, high EQE (80%) and device's stability. Systematic study of the effects of the composition of lead halides on the nucleation and growth of perovskite, its morphology, the performance and stability of the photodetectors will be presented.

[P24-5]

Block copolymer Self-Assembly using Laser Writing on Graphene Light Absorbing Layer: *최진영 ; *한국과학기술원(카이스트).*

Keywords: Block copolymer, Self-Assembly, Graphene, Laser

Laser writing with high power allows for rapid, continuous, area-selective material fabrication especially in display application. Graphene, typical two-dimensional material, have remarkable physical properties that we can use the laser processing. Here we demonstrate an area-selective ultrafast nanofabrication method using low intensity infrared laser irradiation to direct the self-assembly of block copolymer film into highly ordered architectures at the scale below 12 nm. This method uses principle of block copolymers transition across the disorder-order under large thermal gradient, and we use chemically modified graphene films as the light-absorbing layers for transparent, and flexible substrate.

[P24-6]

Fe-Co-Ni 연자성 전해 도금 박막의 전자파 차폐 특성 평가: *김석훈, 박종환, 신세희, 박정갑, 김선우, 김태유, 이정우, 조영래, 최호준, 서수정 ; *성균관대학교 신소재공학부.*

Keywords: 전자파 차폐, 연자성체, 전해도금

최근 전자 제품의 소형화 및 고성능화에 따라 작동 주파수가 점차 높아지고 있으며, 인체에 노출되는 전자파의 크기 또한 커지고 있다. 이에 따라 기기에서 발생하는 전자파를 차단하는 전자파 차폐의 중요성 및 인체에 대한 고주파 전자파의 유해성이 주목받고 있으며, 더불어 전자파 차폐 재료의 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 또한 기기의 소형화에 따라 더욱 얇으면서 전자파 차폐 효율이 높은 재료의 개발 중요성 또한 증가하고 있다. 본 연구에서는, 전해 도금 방법을 이용하여 제작한 Fe-Co-Ni 3원계 합금 박막의 특성평가를 실시하였다. 전해 도금 방법은 도금액의 성분과 도금 시간, 전류 밀도에 따라서 원하는 두께의 박막을 제조할 수 있다는 장점이 있다. 또한 사용 장비가 다른 공정에 비해 단순하며 도금 조건에 따라 박막의 조성을 달리함으로써 원하는 물성을 얻을 수 있는 이점이 있다. 이러한 전해도금 방법을 이용하여 전자기파 흡수에 효율적인 연자성체 박막을 제조하였다. 본 연구는 코발트 함량에 따른 특성을 분석하고자 도금액 중 코발트 함량을 달리하여 박막을 제조하였다. 제조한 박막의 결정구조를 확인하기 위하여 XRD 분석을 실시하였으며, SEM을 통한 표면 형상 분석, 박막의 전자파 차폐특성 분석을 실시하였다. 또한 전자차 차폐에 중요한 인자인 표면 전기 전도도를 4-point probe를 통하여 확인하였다.

[P24-7]

SnS-CuS 전구체를 사용한 Cu_3SnS_4 박막 성장: *정진학, 김경민, 최광수, 배성준 ; *영남대학교전자공학과.*

Keywords: Cu_3SnS_4, FESEM, XRD, UV-Vis-NIR

Cu_3SnS_4은 적절한 광전자 특성과 지구상에서 풍부함, 무독성 구성 요소 등으로 인해 유망한 태양 전지 흡수체 층이다. (N_2+S_2) 환경에서 90분 동안 500-580°C 의 온도 범위에서 흑연 상자에서 화학적으로 성장한 SnS-CuS 전구체 박막을, 유리 기판상에 어닐링 함으로써 Cu_3SnS_4 박막을 성장하였다. 이 박막에 대해 X 선 회절 계 (XRD), 전계 방출 주사 전자 현미경 (FESEM), UV-Vis-NIR 분광 광도계 및 홀 효과를 사용하여 구조적, 미세 구조적, 원소 적, 광학적 및 전기적 특성을 연구하고 분석하였다. XRD 분석을 통해, 입방 구조의 Cu_3SnS_4 박막 형성을 확인할 수 있었고, 어닐링 온도의 따라 결정 크기가 개선됨을 확인하였다. 또한,

SEM 분석을 통해 어닐링 온도가 증가하면 필름의 입자 크기가 증가함을 확인하였다. 박막의 직접 에너지 밴드는 1.6-1.75eV 범위에 있는 것으로 밝혀졌고, p 형 전기 전도성을 나타내었다. 이러한 결과를 통해, 우리가 제작한 Cu_3SnS_4 박막이 헤테로 접합 태양전지에서 흡수체 층으로 잘 사용될 수 있음을 확인할 수 있다.

[P24-8]

Polyimid Film을 이용한 Light Emitting Diode PKG기판 제작 및 특성 평가: 박종환, 김선우, *박정갑, 이정우, 김석훈, 신세희, 김태유, 최호준, 오용수, 서수정 ; *성균관대학교 신소재공학과.*

Keywords: 폴리이미드 필름, Package, 열저항

LED 발광소자는 형광램프, 백열전구 등의 다른 광원들과 달리 약 70~80% 이상의 에너지가 열에너지로 전환된다. 이는 LED chip에서 발생한 열을 효과적으로 방출시키지 못하면 LED chip의 발광 효율 저하 및 수명을 단축시키게 된다. 그리하여 열을 효과적으로 방열시키기 위한 방법으로 열전도 특성이 우수한 방열소재가 포함된 LED PKG기판을 제작하여 열저항 분석 및 광효율 특성을 분석하고자 한다. 본 실험에서는 우수한 연성특성을 가지고 두께가 얇은 폴리이미드 필름을 사용하여 LED PKG기판을 제작하였다. 이는 열전도 특성이 우수한 35 um의 Cu foil을 고온, 가압하여 폴리이미드 필름의 양쪽으로 접착하였다. 그리고 전극 및 방열 재료의 열전도 특성이 우수한 Ag 또는 Au금속을 전해 도금하여 약 170 um의 두께를 가지는 LED PKG기판을 제작하였다. 그리고 3W급의 LED chip을 실장하고 Wire bonding하여 Dome type의 렌즈를 형성한 후, 열 저항 특성 및 100cycle의 열충격 시험(-40ºC ~ RT ~ 120ºC)을 진행하여 광효율의 변화를 분석하였다. 그 결과, 열전도 특성이 우수한 Ag전극을 갖는 LED PKG기판 자체의 열저항 특성은 약 4.2ºC/W(Au 전극: 5.6ºC/W)의 우수한 열저항 특성을 확인 하였다. 그리고 100 cycle의 열충격 테스트 후의 광속 변화량은 약 0.09%(Au 전극: 2.77%) 감소된 것으로 나타나 급격한 온도 변화의 환경에서 기계적 결함 및 재료적 결함이 없고 열저항 특성이 우수한 LED PKG기판으로 확인되었다. 그리하여 두께가 얇고 열저항 특성이 우수한 장점으로 휴대폰 및 LCD 패널등에 적용 가능하여 얇은 패널에서의 방열 문제를 손쉽게 해결할 수 있을 것이다.

[P24-9]

Properties of electroless Ni-P alloy as a diffusion barrier and seed layer in through-Si vias for all-wet Cu filling process: *Kim Tae-Yoo, Shin Se-Hee, Park Jong-Hwan, Kim Sun-Woo, Park Jeong-Kab, Lee Jeong-Woo, Kim Seok-Hun, Choi Ho-Jun, Suh Su-Jeong ; *Department of School of AMSE(SKKU).*

Keywords: electroless plating, electroless nickel, diffusion barrier, through silicon via, copper filling

Ni-based and Co-based amorphous films are alternative diffusion barrier materials for Cu interconnection in three-dimensional (3D) packaging applications. In this paper, electroless Ni alloy films deposited in through-silicon vias (TSVs) were prepared as a diffusion barrier and seed layer of Cu filling by using Sn-Pd activation pretreatment. The thermal stability of the electroless Ni alloy films subjected to rapid thermal annealing (RTA) in H_2 atmosphere was investigated. The barrier properties of the electroless Ni alloy films were evaluated over a range of temperatures using auger electron spectroscopy (AES) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) line-scan. The microstructures, crystal structures and electrical resistivity were also examined. It was found that Ni alloy films are amorphous as deposited, that the films retain amorphous or amorphous-like structures after undergoing annealing at 400 °C for 1 h, and that they are feasible for the diffusion barrier layer for 3D Cu interconnect technology.

[P24-10]

Die attachment on Cu plated alloy42 and bare Cu lead frames using Ag/Sn/Ag transient liquid phase bonding: *이태균, 박성규, 안성진 ; *금오공과대학교.*

Keywords: semiconductor, alloy, backside metal

Wafer backside metalization is one of the process to attach the die to the lead frame. This process is required to have a high quality of electronical, mechanical and thermal properties. Generally Pb alloy and Au-based solder is used to die attachment. But that are very toxic and expensive materials. Thus, it should be replaced eco-friendly and inexpensive materials. The advantages of the transient liquid phase bonding is the low bonding process temperature and the high remelting temperature. Sn-Ag alloy, one of various Sn-based alloys, is a candidate material due to low cost, superior wettablility, bonding strength, and fatigue strength. In this study, we conducted die attachment on Cu plated alloy 42, bare Cu and Ag plated bare Cu lead frame, then investigated the surface characteristics by SEM-EDS.

[P24-11]

Reduction of graphene oxide using microwave irradiation: *박성규, 이태균, 안성진 ; *금오공과대학교.*

Keywords: Graphene oxide, Semiconductor, Microwave reduction

Graphene oxide (GO) as a precursor to produce graphene-based materials have oxygen functional groups. Due to the oxygen functional groups attached to the edges and the surface of GO, it has an electrically insulating property. Several reduction methods have been developed to restore its electrical conductivity. Normally, thermal reduction and chemical reduction using agents such as hydrazine, hydroquinone and NaBH4 are used for the reduction of GO or graphene oxide. Recently, the exfoliated and reduced GO by microwave was reported. This is simple and has rapid reduction time, also it is possible to produce the exfoliated graphite. Hence, we studied the reduction of GO using microwave. The GO was prepared by modified Hummer's method and its reduction process was

conducted in a commerical microwave oven. And then, several properties of the reduced GO depending on the mircrowave irradiation time was analyzed.

[P24-12]

Emission color-tuned nonpolar $In_xGa_{1-x}N$/GaN multishell nanotube heterostructure light-emitting diode microarrays: Young Joon Hong*, *Junseok Jeong, Gyu-Chul Yi[1] ; *Sejong University. [1]Seoul National University.*

Keywords: Multishell nanotube, nonpolar m-plane, $In_xGa_{1-x}N$ MQWs, Light-emitting diodes

Integration of nanostructure lighting sources with well-defined and various emission wavelength is required for optoelectronic integrated monolithic circuitry. Representatively, GaN-based nanomaterials are promising for full-color lighting device application owing to the solid-phase solubility of the InGaN alloy. We report on the fabrication and optical properties of position-controlled GaN-based multishell nanotube heterostructure light-emitting diodes (LED) microarrays integrated on c-sapphire or Si substrates. The vertical multishell nanotube heterostructure comprises ZnO nanotube for the core template, GaN radial p-n junctions, and composition-modulated nonpolar m-plane InGaN/GaN multi-quantum wells (MQWs). By varying the indium mole fraction of the $In_xGa_{1-x}N$/GaN MQWs in the range $0.13 \leq x \leq 0.36$, the luminescent wavelength were modulated in visible spectral range of green (510 nm) to violet (390 nm). The electroluminescence (EL) emission wavelength decreased monotonically as a function of the growth temperature. The indium content in the $In_xGa_{1-x}N$/GaN MQWs was measured by energy-dispersive x-ray (EDX) spectroscopy. Monochromatic cathodoluminescence (CL) mapping and transmission electron microscopy (TEM) images displayed that m-plane InGaN MQWs with a hexagonal cylindrical geometry were successfully formed in nanotube LED. Owing to achiving heteroepitaxy of MQWs with uniform QW widths and composition on the well-ordered nanotube arrays, homogenous emission was observed from the entire area of nanotube arrays. The electroluminescence emission was observed from a turn-on 3.0 V and the emission wavelength was invarient even as the applied voltage increased due to the lack of polarization-induced internal electric field in m-plane nanotube nonpolar MQWs. The method of fabricating the multishell nanotube LED microarrays with controlled emission color han potential application in monolithic nonpolar photonic and optoelectronic devices on commonly used c-sapphire and Si substrates.

[P24-13]

Fabrication of highly sensitive capacitive prssure sensors utilizing surface roughness: *Kilsoo Lee, Jaehong Lee, Taeyoon Lee, Wooyoung Shim ; *Yonsei University.*

Keywords: capacitive prssure sensor, paper electronics, surface roughness, elastomer, touch interface

Flexible electronics has been researched for various applications. Among them, flexible pressure sensor which can translate external mechanical stimulations into electrical signals have attracted considerable interest due to its potential applications. To realize the high performance flexible pressure sensor, the microstructured pressure sensors, which are built of silicon-based materials with costly and complex conventional fabrication process, have been widely investigated. Therefore, strategies that are less expensive, less equipment-intensive are required without performance degradation. Here, we propose a new, fundamentally simple paradigm of fabricating pressure sensor that can outperform their costly counterparts manufactured via microfabrication. To do this, we exploit a simple activity from our daily lives, namely, utilizing a writing activity with a pencil and paper, which enables the construction of a fundamental capacitor. Specifically, the graphite on the paper as a flexible substrate forms an equipotential surface separated by an elastic polymer as dielectric. We showed this capacitor can be used as a flexible capacitive pressure sensor. The fabricated pressure sensor exhibited high pressure sensitivity, short relaxation time and excellent stability utilizing surface curl and random roughness between paper/graphite/elastic polymer. Unlike previous studies, all three parameters in the context of a capacitor (i.e., electrode area, electrode separation and dielectric constant) are simultaneously controlled by utilizing surface curl and roughness, which maximizes the sensing capabilities. Furthermore, as an application of the paper-based pressure sensor, we integrated into a fully functional touch-pad device as a principle demonstration. From these results, the paper-based pressure sensor, which exhibited strong potential for flexible electronics, is expected significantly helpful to improve the quality of life.

P25 : 마그네슘
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P25-1]
마찰교반공정이 AZ31 마그네슘 합금의 내식성에 미치는 영향: *김혜영, 신용호, 김재연, 백지웅[1], 김종문[1], 변재원 ; *서울과학기술대학교 신소재공학과. [1](주)오르비텍.*
Keywords: Friction Stir Processing, Magnesium, Corrosion Resistance, Acoustic Emission

경량 구조 금속재료로 사용되는 마그네슘 합금은 부식에 취약한 한계점을 가지고 있으며, 내식성을 향상시키고자 다양한 표면처리 공정이 적용되고 있다. 마찰교반공정은 고속으로 회전하는 공구를 금속표면에 삽입하여 횡으로 이동시키는 공정으로, 마찰열 및 기계적 소성변형에 의해 금속재료의 표면 미세구조를 개질하는 공정이다. 본 연구에서는 마찰교반공정 (FSP; Friction Stir Processing)을 이용하여 AZ31 마그네슘 합금의 표면을 개질 실시하여 내식성을 평가 하였다. 마찰교반공정 변수인 공구의 회전속도는 1400rpm으로 고정하였으며, 이동속도는 50-500 mm/min의 변수를 주어 공정을 실시하였다. 나사산 형태로 가공된 핀 형상의 공구는 SKD 61 재질의 합금강을 사용하였다. 표면 개질부의 미세구조는 결정립 크기, 제 2상의 관점으로 분석하였으며, 기계적 물성을 확인하기 위해 경도분석을 실시하였다. 침지 실험 및 음향신호 기반 부식 모니터링 시스템이 적용된 동전위 분극 실험을 이용하여 표면개질부의 내식성을 평가하였다. 또한 부식된 표면의 미세구조를 SEM으로 관찰하여 부식거동을 확인하였다.

[P25-2]
균질화 열처리 시간이 AZ91 마그네슘합금의 석출 거동에 미치는 영향: *이종언, 김상훈, 김예진, 박성혁 ; *경북대학교*
Keywords: Magnesium; Homogenization; Aging; Precipitation; Tensile properties.

Mg-Al계 합금은 뛰어난 주조성과 상대적으로 우수한 기계적 특성으로 인해 주조용 합금으로 널리 사용되고 있으며, 알루미늄 최대 고용한도가 12.7 wt.%로 매우 높아 석출경화용 합금으로 많이 사용되고 있다. 석출경화 효과를 최대화 시키기 위해 시효 전 균질화 열처리를 통해 β-$Mg_{17}Al_{12}$ 응고상을 고용 시킨 후 시효 열처리를 수행하게 된다. 시효 처리 동안 Mg-Al계 합금에서는 입계에서 발생하는 불연속석출과 입내에서 주로 발생하는 연속석출이 발생하며, 형성된 석출물의 특성에 따라 기계적 물성 또한 달라진다. 석출물의 형성 및 성장 속도는 고용된 알루미늄의 농도에 영향을 받기 때문에, 균질화 열처리 시간에 따라 알루미늄의 고용량과 분포가 변화게 되어 시효 처리 시 석출 거동에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 균질화 열처리 시간이 Mg-9Al-1Zn 합금의 석출 거동에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 4 시간에서 96 시간까지 410 ℃에서 균질화 열처리 한 후 시효 처리하여 석출 거동을 비교 분석하였다. 미세조직은 OM, SEM과 EDS를 통해 관찰되었고, 경도시험과 인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하였다.

[P25-3]
TEM analysis on precipitation behavior of Mg-Al-Sn-Zn(-Na) alloys: *Su mi Jo, Tae Hoon Kim1, Yohan Go, Bong Sun You2, Young Min Kim2 ; *Korea university of science and technology. 1Sungkyunkwan University. 2KIMS/Korea university of science and technology.*
Keywords: Magnesium alloy, Precipitation, $Mg_{17}Al_{12}$, Mg_2Sn, Na microalloying

Precipitation hardening is very effective way to increase its mechanical properties, especially yield strength of metallic materials. In magnesium alloys, some alloying elements such as rare earth, tin and zinc are popularly used for precipitation hardening. Although RE-containing Mg alloys show high precipitation hardening, their application is restricted to the parts of aircraft due to high cost. The effects of Sn and Zn on precipitation hardening have been also actively investigated for heat-treatable or wrought Mg alloys. Fine precipitates of Mg_2Sn and metastable Mg-Zn precipitates positively contribute to improve mechanical properties. In addition, it was reported that a dilute addition of Na could promote precipitation kinetics for Mg_2Sn and increase their number density by means of providing Sn-Na clusters. However, high Sn or Zn content is not suitable for casting Mg alloys because of its low castability. For Mg commercial casting alloys, the addition of aluminium is essential to increase the castability of Mg alloys. Unfortunately, aluminum in AZ-series alloy systems in not enough to retain the precipitation hardening because of a coarsening of (0001)α lath $Mg_{17}Al_{12}$ precipitates. Meanwhile, the precipitation behavior of Mg-Al-Sn-Zn alloy is not fully understood so far, especially focusing on the interaction between continuous precipitates $Mg_{17}Al_{12}$ and Mg_2Sn in the alloy. In addition, no investigation on the effect of Na micro-alloying on the precipitation behavior of Mg-Al-Sn-Zn alloy is carried out. In this study, therefore, the precipitation behavior of Mg-Al-Sn-Zn alloys are studied in detail in conjunction with the change in precipitation kinetics of those alloys by Na addition. According to the results, the edge-tips of $Mg_{17}Al_{12}$ with an elongated parallelogram become heterogenous nucleation sites for all Mg_2Sn precipitates due to their high interface energy. On the other hands, Na addition can improve precipitation response and play a role to finely distribute both $Mg_{17}Al_{12}$ and Mg2Sn precipitates. Sn-Na clusters not only provide nucleation sites for Mg_2Sn as reported from previous researches but also promote the precipitation of $Mg_{17}Al_{12}$ through producing an Al-cluster adjacent to Sn-Na cluster due to phase separation tendencies between Al and Na solutes. In this study, as a results, it is found that Na addition inversely change the precipitation sequence

of Mg-Al-Sn-Zn-Na alloys comparing to Mg-Al-Sn-Zn alloys without Na addition.

[P25-4]

고상 산화처리한 AZ, AZX, AZXW(SEN)계 마그네슘 합금의 부식거동: *김종일, 고요한[1], 김영민[2], 김천중, 유봉선[2]; *충남대학교 [1]과학기술연합대학원대학교 [2]재료연구소(KIMS).*

Keywords: Magnesium, Heat treatment, As-cast, Corrosion

국제적으로 환경오염에 대한 심각성이 대두되고 있고, 특히 대기오염과 온실가스 배출에 대한 규제가 엄격해지고 있다. 따라서 수송기기의 경량화가 중요하게 되었고, 배기가스 배출량을 줄이고 연비를 향상시키려는 연구가 이루어지고 있다. 마그네슘 합금은 구조재료 금속 중 가장 가벼운 금속으로서 휴대폰, 컴퓨터, 자동차, 비행기, 철도 등에 적용 되고 있다. 마그네슘합금이 수송기기에 적용되면 연비를 향상시킬 수 있고 배기가스 배출을 줄일 수 있다. 특히, AZ91, AM50은 뛰어난 기계적 물성 및 주조성을 가지고 있어, 수송기기에 많이 사용되고 있다. 그러나 마그네슘 합금의 고질적 문제인 낮은 내식성 때문에 아직은 특정분야에만 국한되어 사용되고 있다. 이에 따라 국제적으로 마그네슘 합금의 내식성 향상을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에 재료연구소에서는 AZ계 합금에 Ca과 Y을 소량을 첨가하여 내식성을 크게 향상시킨 SEN 합금을 개발하였다. 더불어 SEN, AZ계 합금을 이용한 체계적인 염수분무시험 및 침지시험을 실시하여 SEN합금이 AZ합금보다 뛰어난 내식성을 가진 결과를 소개한 바 있다. 본 실험에서는 AZ계 3종(AZ31, AZ61, AZ91), AZ+Ca계 3종(AZX310, AZX610, AZX910), SEN 합금 3종(SEN3, SEN6, SEN9)의 총 9종을 이용하여 열처리 온도 조건으로는 상온, 300ºC, 400ºC, 450ºC, 500ºC, 550ºC 총 6조건으로 1시간 동안 열처리를 진행하였다. 열처리를 통해 표면을 산화시킨 각 합금 시편을 이용하여 염수분무시험 및 침지시험을 진행함으로써 표면산화층의 형성과 부식거동에 대한 상관관계를 조사하고자 하였다. 서로 다른 열처리 조건이 내식성에 미치는 영향에 대해 분석하고 원인을 밝히기 위해 광학현미경과 주사전자현미경, EDS를 이용하여 미세조직을 관찰하였다.

[P25-5]

Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금 조성에 따른 특성 평가: *장호숭, 김재권[1], 박종문, 박노진[1], 박민수[2], 오명훈[1]; *국립금오공과대학교 신소재공학과. [1]국립금오공과대학교 신소재공학부. [2](주) 장원테크.*

Keywords: Magnesium, Thixomolding, Die-casting, Heat-sink

본 연구에서는 Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금 따른 조성별 기계적 특성 평가와 열 특성 평가를 했다. Thixomolding공정은 용융금속보다 낮은 온도에서 주입되어 응고수축 및 기공 등의 결함이 적고, 기계적 특성 향상, 금형 수명 향상, 치수정밀도 높고 산화방지 가스 미사용(고가의 SF6 및 Ar_2 gas 사용하지 않고 비용이 들지 않고 환경규제문제해결가능), 비교적 고가의 설비 및 원재료(Mg chip) 사용, 소재 사용제한(온도: 560~650ºC, AZ91D합금과 AM50합금 제한 등)의 특성을 가지고 있다. 요즘 자동차 부품 분야에서 자동차 LED 히트싱크 및 히트 스프레이더 등 방열 소재의 신뢰성 및 특성 유지를 위한 소재들이 각광받고 있다. 현재 알루미늄 소재로 주로 사용되고 있으나 경량화 및 열 특성에 대한 신기술이 떠오르고 있다. 그래서 방열 소재의 경량화로 인해 알루미늄에서 마그네슘으로 대체하는 소재로 떠오르고 있다. 마그네슘 합금은 실용금속 중 가장 높은 비강도를 갖는 금속이며, 치수안정성 및 기계 가공성 등이 우수하고 자동차 부품 및 항공기 부품 등으로 경량화 핵심소재로 다수 이용되고 있다. 본 실험에서 마그네슘 합금 AZ91D와 ZA54합금 등을 사용하며, 각 합금의 조성은 AZ91D는 Al 9 wt%, Zn 1 wt%이고, ZA54합금은 Zn 5 wt%, Al 4 wt%, ZA54-1.5Cu-1Sn합금은 기본ZA54합금에 Cu 1.5 wt%, 1 wt% 이다. AZ91D합금와 ZA54합금의 인장시험 결과로 AZ91D합금은 225.15MPa와 연신율 8.78%이고, ZA54합금의 경우 243.88MPa와 연신율 9.84%이다. ZA54합금과 AZ91D합금의 화합물분석을 실시하였을 때 Al첨가를 줄이고 Zn을 첨가한 결과로 Mg_2Al_3의 양이 감소와 관찰되지 않았고, 기계적 특성 변화와 밀접한 관련이 있을 것이라 판단했었다. 그래서 기존 ZA54합금의 기본조성에 Cu 1.5 wt%와 Sn 1 wt%을 첨가한 결과 인장강도는 250 MPa와 연신율은 10%로 ZA54합금보다 인장강도는 6.12 MPa과 연신율은 0.16%로 증가한 결과를 나타났다. 기존합금의 경우보다 Zn 첨가량에 따른 미세화 효과는 크지 않고, Cu와 Sn을 첨가한 합금에 수지상이 발달하면서 결정립 미세화 효과가 나타났다. 또한 ZA54합금을 열방사율과 열전도도 및 열효율 측정을 위해 천연흑연코팅을 실시하였다. 열방사율 측정은 0.8이상의 증가를 나타나며, 열전도도 측정은 68.2 W.m/k과 103.56 W.m/k의 결과를 얻었다. 그리고 열효율측정은 14%의 방열 증가 효과로 나타났다.

[P25-6]

이온성액체 기반의 비수계 전해질에서 마그네슘의 전해 연구: *박효진, 이철경 ; *금오공과대학교신소재공학과.*

Keywords: Magnesium, Electrometallurgy, Non-aqueous electrolyte, Electrochemical redox

자동차 산업의 트렌드가 경량화 및 친환경으로 변화하면서 가볍고 강도가 우수한 마그네슘이 각광받고 있다. 이외에도 마그네슘은 뛰어난 기계가공성, 전자파차폐 등의 특성으로 인해 수송기계 및 휴대용 부품 관련 산업에서도 수요가 증가하고 있다. 마그네슘 시장 성장에 따라 다양한 제련기술 및 재활용 기술도 개발되고 있다. 우리나라는 마그네슘 매장량이 세계 2위지만, 거의 전량을 수입에 의존하고 있어 기술력 확보가 더욱 중요할 수밖에 없다. 현재 마그네슘 제련 방법은 열환원법과 용융염전해법으로 두 공정 모두 고온에서 이루어지며, 공정 중에 환경 유해 물질 발생 및 높은 에너지와 비용이 요구되는 문제점이 있다. 비수계 전해질에서의 마그네슘 상온 전해는 기존 제련 방법보다 공정이 간단하여 에너지 절감 뿐만 아니라 공정 중에 생성되는 환경유해물질이 기존 공정보다 최소화되는 장점이 있다. 본 연구는 마그네슘 에너지절약형 친환경 전해가 가능토록 하는 비수계 전해에 대한 것으로 기본적으로 마그네슘의 용출과 상온 환원 거동에 대한 연구로 구성되어 있다. 기준전극(reference electrode)과 상대전극(counter electrode)은 백금 선(platinum wire)으로, 작업전극(working electrode)은 금 박판(gold sheet)을 사용한 3 전극 시스템을 사용하였다. 고순도 아르

곤(5 N-산소함량 1 ppm이내, 수증기 함량 3 ppm이내)을 장입한 글로브박스 내에서 마그네슘의 상온 전기화학적 산화/환원 거동은 CV(cyclic voltammetry)와 CA(chronoamperometry) 기법을 이용하여 조사하였다. 또한 마그네슘의 용출은 양극의 질량변화를 이용하였고 금속상의 환원은 음극 표면의 SEM/EDS를 통해 분석함으로써 마그네슘의 상온 친환경 전해제련 가능성을 확인하였다.

[P25-7]

마그네슘의 상온 전기제련 기초연구: *이유찬, 이철경 ; *금오공과대학교신소재공학과.*

Keywords: Magnesium, Electrochemical Redox, Room temperature, Non-aqueous solution

마그네슘은 실용금속 중 가장 가벼운 재료로 비강도, 비강성, 주조성, 진동감쇠능 등이 우수하여 경량금속으로써 각광받고 있다. 마그네슘 합금의 형태로 IT제품, 자동차, 의료 기구 등 다양한 분야에서 각광받고 있다. 마그네슘을 환원하는 방법으로 크게 산화마그네슘에 환원제를 첨가해 감압 하에 고온으로 제련하는 열 환원법과, 해수 등의 원료에서 염화마그네슘을 얻어 정제하는 전해법 두 가지로 나뉜다. 현재 사용되고 있는 두 가지 환원법들은 모두 고온의 환경을 기반으로 하기 때문에 제조 환경을 조성하기 위하여 높은 비용을 필요로 하고, 또한 마그네슘의 고순도화를 위하여 복잡한 공정을 수반함으로써 공정단가가 높아진다. 하지만 비수계 전해질을 사용하여 상온에서 전해를 한다면 기존 전해법에서 용융염을 만들기 위한 고온의 환경을 조성하고, 유지하기 위한 비용을 절감할 수 있다. 또한 에너지 소비효율을 높이고 간단한 장치들과 조작을 이용함으로 복잡한 공정을 간소화 할 수 있다는 장점이 있다.본 연구는 상온의 비수계 전해질에서 마그네슘의 환원 거동을 조사하였으며, 이를 바탕으로 하여 기존에 사용되는 고온 탄소환원과 같은 열 환원법과 용융염전해를 대체할 수 있는 상온에서의 전해제련 가능성을 확인하고자 하였다. 마그네슘의 상온전해를 위한 전해질로 THF(Tetrahydrofuran)을 사용하고, 마그네슘의 제공원으로 EtMgBr(Ethylmagnesium bromide)를 혼합하였다. 실험은 마그네슘의 산화를 방지하기 위해 고순도 Ar기체(O (g) 함량 1 ppm이내, H O(g) 함량 3 ppm이내)를 장입한 글로브박스 내에서 진행되었다. 작동전극(working electrode)과 기준전극(reference electrode)은 백금와이어를, 상대전극(counter electrode)은 백금코일을 사용하여 3원 전극을 구성하였다.

[P25-8]

Effect of impurities on grain size of Mg-Al based alloys: *nguyen ngoc ha[1], Young Min Kim[1,2], Jun Ho Bae[2], Bong Sun You[1,2] ; *[1]UST. [2]KIMS.*

Keywords: Magnesium, Grain size, Raw materials, Impurity, Grain refinement

The microstructure of two groups of Mg-Al based alloys using different raw materials (pure magnesium) which have a different level of impurities was investigated in this study. The results showed differences in the morphology as well the size distribution of grains between the alloys. Since the only distinction between two groups was different types of pure magnesium, this dissimilarity of microstructure was attributed to impurity elements in raw materials. It was interesting that alloys in the first group showed much smaller grain size comparing to commercial Mg-Al based alloys which have the same alloying components even without the addition of any refiner. Furthermore, their grain size was smaller than that of refined alloys using carbon inoculation. Especially, the small grain size was found only in alloys which contain a critical content of aluminum. This was a hint for discovering of the mechanism of grain refinement. Understanding the cause of small grain size in these alloys would promise a new approach for grain refinement of aluminum bearing magnesium alloys which has been being a great challenge of magnesium technology for few decades.

[P25-9]]

Effect of Post-aging Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Extruded Non-Flammable Magnesium Alloys: *Yohan Go[1], Su Mi Jo[1], Ha Sik Kim[2], Bong Sun You[1,2], Young Min Kim[1,2] ; *[1]Korea University of Science and Technology. [2]KIMS. Keywords:* Magnesium alloy, Extrusion, Precipitation, Flammability, Microstructure

As global efforts to reduce the emission of greenhouse gases and to increase the effectiveness of transportation encourage industries to reduce the weight of structural metals, the demand to use magnesium alloys increases more and more in various fields such as electronic devices and advanced transportation vehicles. However, most of magnesium alloys are used in the form of cast parts and many casting methods are adequate for neither the mass production nor strengthening of materials. For wider applications of magnesium alloys, wrought process is essential and in particular extrusion is one of the available methods which are superior to the casting in terms of productivity and strengthening. Another way to get better mechanical properties is age hardening. Age hardening of wrought products has been mainly used in aluminum alloys by promoting the precipitation of strengthening phases. In magnesium alloys, it seems that AZ series alloys have a potential to show good properties via ageing process because of well-known hardening $Mg_{17}Al_{12}$ phase. To examine the strengthening possibilities of wrought magnesium alloys by age hardening, AZ61 based and AZ80 based extruded non-flammable magnesium alloys containing small amount of Ca and Y elements were used in this study. As a result, it was found that an increase of both yield and tensile strengths was remarkably observed in AZ80 based alloy. On the other hand, the increase in yield strength was quite negligible in AZ61 based alloy. Some extrusion parameters were also considered in this study and when the extrusion condition becomes severer, the effect of precipitation hardening was marginal. The difference of precipitation hardening between alloys and extrusion parameters is attributed to the aluminum contents of each alloy and the degree of total deformation. Microstructure observation was conducted to show the characteristics of alloys by optical microscopy and scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy.

P26 : 알루미늄
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P26-1]
Duplex 알루미늄 합금 및 기계적 특성: *김세훈, 신재혁, 김진평, 최재영, 성시영, 한범석 ; *자동차부품연구원.*
Keywords: Alloy Design, Mechanical Property, Duplex Aluminum 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 알루미늄 합금을 Duplex 알루미늄으로 명명하여 개발하였다. Fe 함량, 용탕 유동성, 강도 및 연성이 제어 가능하도록 합금을 설계하였으며, 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. 제조된 고용질 알루미늄 합금의 경우 평균 인장강도 380 MPa 이상, 평균 연신율 35% 이상의 기계적 특성을 보였으며, 주조재 특성의 경우 인장강도 280 MPa, 항복강도 175 MPa 이상으로 평가되었고, 유동성 평가에서도 경쟁소재인 Magsimal-59 보다 우수한 것으로 나타내었다.

[P26-2]
고용질 7xxx계 알루미늄 합금의 연속주소성 향상 연구: *김세훈, 신재혁, 김진평, 최재영, 성시영, 한범석 ; *자동차부품연구원.*
Keywords: Continuous Casting, A7xxx Alloy, Alloy Design, Mechanical Property, Extrusion

최근 자동차 산업에서는 소재의 경량화, 고품질, 고성능, 친환경, 저비용 등의 특성을 요구하고 있으며, 이를 달성하기 위해 경량소재인 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 제어하였으며, 이렇게 개발된 합금을 연속주조한 후 압출하고 열처리하여 수송기기용 부품으로 적용하기 위한 기본 물성 평가를 진행하였다. 연속주조된 알루미늄 빌렛은 압출한 후 기계적 특성 평가를 진행하였으며, T6 열처리 후 평균 인장강도 550 MPa, 평균 연신율 20% 이상을 나타냈으며, 연속주조시에도 편석의 발생이나 Hot tearing 등의 문제가 발생하지 않은 것을 확인하였다.

[P26-3]
함침법(Infiltration)으로 제조된 Nano-Al_2O_3 입자분산 A6061기 복합재료의 시효 거동 및 기계적 특성: *연규호, 김목순, 이정근[1], 류관호[1]; *인하대학교, [1]동양피스톤.*
Keywords: Piston alloy, Infiltration, A6061 Based MMC(metal matrix composite), Aging, Tensile test

내연엔진의 고성능화 및 연비향상을 위한 차세대 엔진을 개발하기 위해 최근 다운사이징 피스톤 개발이 요구되고 있으며, 이에 따라 피스톤의 출력향상 및 폭발압 증대가 필수적이다. 세라믹 입자 분산강화 Al합금기 복합재료의 경우, 비강도, 비탄성률 및 내마모성이 우수하고 열팽창계수가 낮아 상기의 요구에 답할 수 있는 피스톤 재료로 주목 받고 있으며, 최근 Nano-Al_2O_3/A6061 복합재를 단조 피스톤에 적용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 동양피스톤㈜로부터 내연기관용 피스톤 소재로 개발중인 함침법(Infiltration)으로 제조된 Nano-Al_2O_3 입자분산 A6061기 복합재료를 제공 받아 시효경화곡선을 작성하였으며 시효조건에 따른 기계적 특성을 평가하였다. 용체화 처리 후 다양한 온도조건에서 시간의 경과에 따라 경도를 측정하여 시효경화곡선을 얻었으며, 기계적 성질을 조사하기 위해 1.0x10-3/s의 변형 속도로 실온에서 인장 시험을 실시하였다. 인장 시험 결과로부터 응력-변형률 선도를 구하였으며, 이를 통해 항복 강도, 인장 강도 및 연신율을 비교하였다. 또한 인장시험재의 파면을 OM과 SEM으로 관찰하여 파괴거동을 규명하고자 하였다.

[P26-4]
중력주조 시뮬레이션을 이용한 자동차 엔진부품의 불량 원인과 해결방법에 대한 사례 연구: *조성환, 권순일, 김승기 ; *동서기공.*
Keywords:

중력 주조공법은 경동식과 정치식으로 나뉘어 진다. 정치식의 경우 제품 하단에서 용탕이 주입되며 러너 방안이 필요한 공법이다. 경동식의 경우는 제품 상단으로 용탕이 주입되며 복잡한 러너 방안이 필요없이 압탕 방안만 필요한 공법이다. 주조공법은 액체 금속을 응고시켜 고체금속으로 만드는 공정으로 변형저항이 가장 적은 액체상태의 금속을 이용하기 때문에 아무리 복잡한 형상도 쉽게 제조할 수 있는 특징이 있다. 하지만 응고 과정에서 체적변화로 인해 수축공과 같은 내부결함이 발생하며 용탕의 유입 중 공기나 가스의 혼합으로 인한 기공 등의 결함의 발생한다. 본 연구에서는 경동식 중력주조 공법에서 압탕 설계에 따른 유동/응고 시뮬레이션을 진행하였고 실제 제품에 적용하여 압탕 형상이 유동과 응고에 미치는 영향과 결함 발생 원인을 규명하였다

[P26-5]

자동차 차체부품의 고진공 다이캐스팅 프로세스 시뮬레이션 사례 연구: *조성환, 권순일, 김숭기 ; *동서기공*

Keywords:

자동차 경량화에 따라 알루미늄, 마그네슘 등 경금속재료를 사용한 자동차 부품의 수요가 높아지고 있다. 최근에는 이러한 경향에 따라 고압다이캐스팅 프로세스를 이용해 자동차 구동 부품을 양산하고 있다. 고압다이캐스팅 프로세스는 성형속도가 빠르고 치수정밀도가 높아 후처리 가공이 적어 생산성이 높은 주조법이다. 하지만 높은 가스 함유량(30 – 40 cc/100g Al)으로 인해 열처리 및 용접이 불가능하며 박육주조가 불가능한 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 고진공 다이캐스팅 프로세스가 개발되었으며 자동차 차체부품 및 샤시부품으로 적용이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 자동차 차체부품의 고진공 다이캐스팅 프로세스 적용을 위한 주조방안 설계 및 시뮬레이션 사례를 연구하였다. 특히 금형 및 슬리브내 진공도를 50 - 100 mbar 범위에서 용탕의 거동 및 응고 경향, 열처리 후 응력변화를 예측하였다. 이 결과를 통해 고진공 다이캐스팅 프로세스에서 최적의 공정조건을 도출하였다.

[P26-6]

주조해석 프로그램을 이용한 고압 다이캐스팅 프로세스 불량의 원인과 해결방법 사례 연구: *조성환, 권순일, 김숭기 ; *동서기공*

Keywords:

고압 다이캐스팅은 경량소재인 Al, Mg 등의 합금으로 자동차 부품이나 전자 부품 등의 생산에 적용된 프로세스로 대량생산, 박육화, 일체화가 가능한 경제적인 주조방법이다. 고압다이캐스팅의 특징은 고속 충진(30 - 60 m/s), 짧은 충진시간(0.01 – 0.7 s), 고압력(100 – 2,000 kgf/cm^2), 금형의 높은 냉각속도(30 - 100 °C/s)로 생산성, 치수정밀도, 기계적 강도가 높으며 후가공이 적고, 얇은 두께(2.5T)의 제품 주조가 가능하다. 하지만 고압다이캐스팅 공법은 다양한 불량이 존재한다. 본 연구는 고압 다이캐스팅 시뮬레이션을 통해 프로세스와 불량과의 상호관계를 파악하고 나아가 불량에 영향을 미치는 요인을 통제하는 방안을 도출 하였다. 특히 주조방안에 따른 개재물 유입과 공기나 가스의 혼입으로 인해 발생하는 기공, 용탕의 응고로 인한 체적변화에 따른 수축공 등의 불량의 원인을 규명하였다. 시뮬레이션 결과와 실제 주조 제품과의 비교를 통해 불량 개선사례를 제시하였으며 주조 불량의 원인 규명과 해결을 통해 최적화된 주조 프로세스를 제시하였다.

[P26-8]

열간 압연 접합된 고강도 알루미늄 소재의 열처리로 인한 계면 확산층 및 미세조직 변화와 이에 따른 기계적 성질의 영향: *차준현, 김수현, 이윤수, 김형욱 ; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Clad, Diffusion, Interfacial layer, Heat treatment, Corrosion resistance

상용접합 판재의 경우 피재 부와 심재 부를 이종 및 동종소재를 이용하여 접합하며 이는 당일 소재가 가질 수 있는 취약점을 보완하고 새로운 기계적 물성을 가지기 위함이다. 대부분의 이종금속접합 판재의 경우 특정한 열처리 시 계면 부의 금속 간 화합물층을 형성하게 되고 이는 기계적 물성의 영향을 끼치게 된다. 같은 소재를 접합한 판재는 열처리 이후 각 소재의 조성 및 기공의 분율, 열팽창 계수의 차이로 인하여 확산접합을 하게 되지만 금속 간 화합물층은 발견하기 어려우며 이에 따른 기계적 특성의 변화의 유무 연구가 필요하다. 본 연구에서 사용된 합금은 내식성이 우수하다고 알려진 Al-0.5 Mg-1 Si계 합금을 피재 부로, 알루미늄 합금 중 비강도가 매우 우수한 Al-8 Zn-2 Mg-2 Cu계 합금을 심재 부로 하고 열간압연 접합하여 3층 구조로 만들었고 0.7 mm로 최종 냉간압연 한 판재를 열처리하였고 이에 따른 미세조직 및 기계적 성질의 변화를 분석하였다. 완성된 알루미늄 접합 판재를 용체화 처리 시 심재 내부의 Zn가 빠른 확산속도로 인하여 피재 전체로 확산되어 나가게 되며 심재와 피재가 각각 가지고 있던 Mg, Si는 상호 확산되어 계면 층에서 Mg_2Si 상을 형성하게 되었다. 인공시효 한 경우, 고용되었던 심재부의 $MgZn_2$가 석출되면서 기계적 강도가 향상되었으며 계면 부에서 나타난 Mg_2Si 상의 변화는 미미하였다. 심재부인 Al-Zn계의 합금은 응력부식균열이 발생한다고 알려져 있으며 이를 방지하기 위하여 압연 접합을 시행하였고 피재 부의 발생하는 Mg_2Si 상과 exceed Si가 부식 저항성을 높이는 인자로 작용한다고 알려져 있으나 이번 연구에서 용체화 처리 시 Mg, Si가 계면 부로 확산이 되고 Zn가 피재 부로 전체적으로 확산이 되어 새로운 부식 저항성을 가지는 것으로 판단된다. 이번 연구를 통하여 열처리에 따른 접합 판재의 미세조직의 변화와 기계적 물성변화와의 상호관계를 알 수 있었다.

[P26-9]

알루미늄 금속기지 자연복합재의 미세조직과 기계적특성: *김주혜, 정재길[1], 어광준, 백은지, 최윤석 ; *재료연구소(KIMS). [1]부산대학교.*

Keywords: Aluminum natural composite, Microstructure, mechanical properties

알루미늄 금속기지 자연복합재는 우수한 기계적 특성, 주조성, 낮은 밀도 등의 특성으로 인해 우주항공 및 자동차 산업 분야에 적용 가능한 구조재료로 알려져 있다. 상기 복합재의 기계적 특성은 주조과정에서 생성된 강화상의 특성에 큰 영향을 받으므로 고강도 알루미늄 복합재를 개발하기 위해서는 강화상의 종류와 분율을 제어하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 Mg, Li, Si, Cu, Zn, Ni, Sn 등의 합금원소를 포함하고, 약 3 g/cm^{3}의 밀도를 갖는 다양한 알루미늄 자연복합재를 제조하였다. 광학현미경과 주사전자현미경을 통해 각 합금에 존재하는 강화상의 종류와 분율을 조사하였고, 경도와 압축시험을 통해 합금의 기계적특성을 평가하였다. 이를 통해 합금원소 첨가에 따른 강화상의 종류와 분율 변화가 합금의 기계적특성에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

[P26-10]]

Al-12Si 피스톤 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 초음파 용탕처리의 영향: *이상화, 정재길, 이정무, 조영희, 안용식[1]; *재료연*

구소.[1]부경대학교
Keywords: Aluminum alloy, Al-Si piston alloy, Ultrasonic melt treatment, Microstructure, Mechanical properties

다성분계 Al-Si계 합금은 높은 비강도, 낮은 열팽창계수, 우수한 고온물성을 가지는 주조용 합금으로, 주로 엔진 피스톤이나 실린더와 같이 높은 온도와 압력의 작동 환경을 가지는 자동차 부품에 사용되고 있다. 본 합금의 우수한 고온특성은 합금을 구성하는 Si과 금속간화합물(δ-Al_3CuNi, α-$Al_{15}(Mn,Fe)_4Si_2$, ε-Al_3Ni, θ-Al_2Cu, M-Mg_2Si, Q-$Al_5Cu_3Mg_8Si_6$)로부터 기인된다. 최근 높은 연료효율성이 요구됨에 따라, 더 높은 온도와 압력에서 사용가능한 자동차용 Al-Si 합금이 요구되어지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 고온?고압의 극한환경에 적용 가능한 합금을 개발하기 위해 천이원소의 함량이 다른 Al-12Si 피스톤 합금을 설계하였고, 초음파 용탕처리를 실시하였다. 천이 원소의 첨가는 금속간화합물의 종류와 분율을 변화시켰다. 천이금속의 함량에 관계없이 초정 Si, 금속간화합물 및 결정립은 초음파처리에 의해 미세화되었고 그 분포가 균일해졌다. 초음파 용탕처리는 상온 및 고온 강도를 증가시켰는데, 금속간화합물의 분율이 높은 합금일수록 그 효과가 증가하였다.

P27 : 타이타늄
Room 3층 전시장, 4월 28일

[P27-1]
비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 고온 가공성 평가: *김명훈, 이지운, 손현우, 손광태, 현승균 ; *인하대학교 신소재공학과.*
Keywords: Hot torsion test, CP Titanium, Processing map, Activation energy

최근 대두하고 있는 에너지 저감의 요구와 환경문제 등으로 인해 우수한 내식성과 생체적합성, 비강도 특성을 가지는 타이타늄 및 타이타늄 합금에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이에 따라 타이타늄 부품 및 제품의 성형과 가공기술에 대한 수요도 증가하고 있다. 본 연구에서는 순수 타이타늄(CP Ti)의 고온 비틀림 실험을 통해 고온가공 특성을 평가함으로써 최적의 재료가공 조건을 도출하고자 하였다. 순수 타이타늄 주조재로 고온 비틀림 시험을 실시하였으며, 시험결과 유동응력은 온도가 감소할수록, 변형속도가 증가할수록 증가하였다. 최적의 공정조건을 결정하기 위하여 유동 곡선의 응력값을 통해 활성화에너지 지도 및 공정 지도를 도출하였으며, 광학현미경 등을 통해 미세조직을 관찰하여 실험결과를 고찰하였다.

[P27-2]
전자기 유도용해 주조법을 이용한 임플란트용 타이타늄 합금 봉재 제조 기술 연구: 최수지, *정현도, 이진아, 현승균1, 문병문 ; *한국생산기술연구원 주조공정그룹. 1인하대학교.*
Keywords: EMCC method, Ti6Al4V-ELI, implant, microstructure, heat treatment, mechanical properties

최근 생체용 재료의 연구는 고분자, 세라믹, 금속재료 등 거의 모든 재료분야에서 다양하게 연구 개발되고 있으며, 금속재료의 경우 높은 하중이나 고강도가 요구되는 치아나 관절 및 screw 등에 사용되고 있다. 금속재료 중 타이타늄 합금은 생체조직과의 친화성이 매우 우수하고 뛰어난 생체적합성과 기계적인 성질 및 내식성을 가지고 있으며, 현재 급격한 고령 사회로 접어들게 되면서 생체이식 타이타늄 임플란트의 기능적 중요성이 급속히 커지는 추세로 치과용 및 정형외과용 임플란트 등에 필요가 더해지고 있다. 하지만 국내 타이타늄 임플란트 원소재의 경우 전량 수입에 의존하고 있으며 수입품의 절삭 가공하여 제조를 하는 수준에 그치고 있다. 타이타늄 합금을 제조하는 공정은 진공아크재용해 (VAR)기술, 유도스컬용해 (ISM) 기술, 전자기 유도 용해 주조 (EMCC) 기술 등이 있다. 그 중 전자기 유도 용해 주조 (EMCC)는 열원으로 유도전류를 이용하여 연속 주조하는 방법으로 유도 코일에 흐르는 전류와 반대 방향으로 냉도가니 내 전도체 외곽으로 유도 전류가 흐르면서 전도체 내 유도 저항 열에 의해 전도체가 열을 받아 용해하는 기술이다. 이 경우 냉도가니 벽면에 로렌츠의 힘(Lorentz force)이 작용하여 용탕이 냉도가니에 접촉하지 않게 밀어주어 용탕 오염을 피할 수 있고 연속 주조가 가능하기 때문에 다른 용해법에 비해 경제적인 용해 및 주조 작업을 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 전자기 유도 용해 연속 주조법을 이용한 임플란트용 Ti-6Al-4V 합금 봉재 제조 기술에 대하여 고찰하였다. 합금 잉곳의 성분을 보다 정확하게 맞추기 위해 Ti sponge, Al wire, V sponge를 이용하여 Ti-6Al-4V pellet을 제작하였으며 이를 장입재로 사용하였다. EMCC법으로 생성한 잉곳을 봉재로 가공한 뒤 Ti-6Al-4V ELI 규격에 적합한지를 판단하기 위해 ICP 및 가스분석을 통해 성분을 살펴보았다. 또한 임플란트용에 적합한 기계적 특성을 얻기 위해 두 종류의 열처리를 여러 온도에서 진행하여 변형된 미세조직을 OM, SEM을 통해 관찰하였고 기계적 물성을 평가하였다.

[P27-3]
Effect of initial microstructure on warm deformation and annealing of Ti-4Al-4Fe-0.25Si alloy: *이용문, 원종우[1], 이상원[1], 염종택[1], 이기영[2], 이종수 ; *포항공과대학교. [1]재료연구소. [2]KPCM.*
Keywords: Titanium alloy; Thermomechanical processing; Interface boundary

Microstructure evolution of warm-rolled Ti-4Al-4Fe-0.25Si alloy having two different initial microstructures was investigated in terms of phase boundary characteristics and resultant mechanical properties. One specimen had alpha+beta lamellar structure and the other specimen had full lath martensite structure. These materials were rolled at 973 K to height reduction ratio of 75% and subsequent annealing was performed at 1103 K. Microstructure evolution during rolling and annealing was quantitatively analyzed by measuring alpha/beta fractions and grain size. More refined grain structure and more fraction of burgers orientation relationship between alpha and beta phase were examined in specimen with full lath martensite structure. In this study, the effects of interface boundary characteristics on mechanical properties were investigated in discussion.

[P27-4]
Composition-dependent crystal structure and internal friction in Cu-rich Ti-based shape memory alloys: *류욱하, 박은수 ; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: Shape memory alloy, Crystal structure, Internal friction energy, Martensite start temperature

형상기억합금(SMA, shape memory alloy) 또는 초탄성 합금(SEA, super-elastic alloy)은 마르텐사이트 상변태시 발생하는 열적, 기계적 특성을 활용하여 생체의료, 스포츠, 액츄에이터 등 다양한 방면에 적용된다. 이 때, 사용 환경에 따라 강도, 연신율 등 기계적 특성과 더불어 마르텐사이트 상변태에 관한 온도 및 응력 조건을 제어하고, 상변태 시 활용 가능한 상변태 변형률을 높이는 것

이 중요하다. 이러한 마르텐사이트 상변태를 제어하기 위해서는 모상인 오스테나이트 상으로부터 마르텐사이트상의 핵생성이 발생할 때 요구되는 구동력을 제어하여야 하는데, 합금의 internal friction이 증가하여 격자의 변형에 많은 에너지가 필요한 경우 마르텐사이트 핵생성의 구동력 또한 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 본 연구에서는 형상기억 합금의 조성에 따라 internal friction 및 Ms온도를 측정하고, 모상 및 마르텐사이트 상의 격자구조를 정량적으로 측정하여 각 인자의 상관관계를 서로 비교하였다. 본 연구에서는 40 at.% 이상의 Cu를 함유한 Ti-based 형상기억합금을 새롭게 개발하였고, 해당 다성분계 합금에서 마르텐사이트 상변태와 모상 및 마르텐사이트 상의 격자구조와의 상관관계를 보다 명확히 설명할 수 있는 구조적 인자인 tan gamma 를 제시하여 합금조성에 따른 internal friction 및 Ms온도와 합금의 결정 격자 구조의 상관관계를 규명함을 통해 마르텐사이트 상변태 매커니즘에 대하여 고찰하였다.

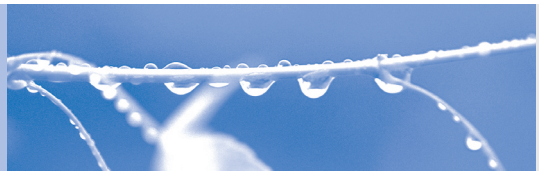
[P27-5]

10 wt% 몰리 당량의 준안정 베타 타이타늄 이원 합금(Ti-X, X=6Mn, 8Cr, 36Nb)의 부식 평가: *김신혜, 이광민 ; *전남대학교*

Keywords: titanium, corrosion, biomaterial, binary alloy, EIS

베타 타이타늄 합금은 널리 알려진 Ti-6Al-4V 합금과 비교하였을 때, 낮은 탄성 계수로 인해 금속성 생체 재료로 개발 된다. Mo는 효과적인 베타 상 안정제로 알려져 있으며, Ti-Mo계 이원 합금은 미세구조 특성, 기계적 특성 및 내식성 등 광범위한 분야에서 연구 되고 있다. Nb는 부식된 체액의 부식에 저항하는 것으로 매우 잘 알려져 있으며 훌륭한 생체 적합성을 갖는다. Mn은 일반 합금 원소와 비교하여 베타 안정화 효과 및 낮은 세포 독성 등 비용 대비 효율성이 좋아 선택 하였다. Ti-Cr계 합금은 치과용으로 널리 사용 되고 있다. 본 연구에서 합금 첨가량은 각 합금의 부식 성능을 평가하기 위해 10wt% 몰리 당량의 함수로 계산되었다. Potentiodynamic 분극 시험 및 time-based 전기 화학 임피던스 분광법 (EIS)을 사용하여 Ringer's solution의 부식 거동을 평가하였다. Potentiodynamic 분극 시험에서 얻은 부식 변수는 Ti-10Mo 합금과 크게 다르지 않음을 알 수 있었다. Mo를 다른 원소로 대체하는 것은 단순히 부식 전위를 less-noble zone으로 이동시킨다. 그러나 전체 부식 전류 밀도는 Ti-10Mo 합금에 비해 낮았다. Ti-6Mn 합금에서 관찰 된 가장 낮은 부식 전류 밀도는 7.742 nA/cm^{2}이며, 이는 Ti-10Mo의 부식 전류 밀도 값 48.81nA/cm^2 보다 8배 낮았다. 임피던스 반응은 담금 시간이 증가할수록 증가하며, 고주파 및 중파 지역에서의 프로파일에는 차이가 별로 없지만, 낮은 주파수에서는 차이가 크게 나타났다. solution-film 저항 요소는 낮은 전위에서 다른 담금 시간에 비해 낮게 유지되지만, film-substrate 저항은 시간이 지남에 따라 증가했다. 전위가 높을수록 두 저항 모두 비슷한 값을 가지며, 높은 전위에서 외부 다공성층의 보호 기능이 향상되거나 결함이 적은 구조를 나타냈다. 이 결과는 작업 전위 범위 내에서 가장 안정적인 구성으로 형성된 부동태 피막의 XPS 평가와 일치했다. OCP에서 정전 용량은 시간에 따라 증가하며, 높은 전위에서 정전 용량은 시간에 따라 일정하게 유지 되었다.

발표자 색인



ㄱ

강건욱 환경1-5
강구 P7-11
강기재 P7-2
강나리 재료강도4-2
강나영 P21-14
강남현 첨단4-1
강민규 전자1-4
강민표 전자1-5
강상운 P20-12
강석현 철강1-3
강석훈 P22-4
강소영 P4-23
강유빈 고엔1-3
강전연 집합4-7
강정신 비철2-6
강주희 집합3-2, 분석1-2
강지현 철강4-5
강진구 도시2-2
강진호 P13-8
강태훈 P20-21
강희성 P13-4
고영건 P9-11, 재료강도3-1
고영호 환경4-4
고요한 P25-9
고준영 고엔2-4
공경호 나노2-2
곽노준 분말4-4
곽문규 계장화4-3
곽새롬 복합1-1
곽승윤 P8-32
곽은지 계장화5-2
곽정권 P21-15
구본우 P15-8
구본재 에너지1-7
구승현 P16-5, P16-4
구아란 P4-7
구유성 P1-22
구지호 P12-5, 비철2-4
권동일 계장화2-3
권명준 P21-10
권성준 P1-30
권숙철 비철1-2
권순상 융합1-2
권순철 P12-2
권영진 철강8-3
권오집 P1-23
권용남 피로1-3
권의표 P16-3
권재홍 철강5-2
권한솔 표면1-6
권한중 P20-24
권혁우 P15-7
권혁인 P8-25
권혁준 P3-24
권혁천 감성1-1
김가언 재료강도2-4
김강민 철강10-1
김건홍 P20-14
김경배 에너지1-6
김경수 P17-2
김경식 철강9-4
김경원 P8-8
김경준 P3-13, 상변태1-5
김관래 P10-7
김광묵 P4-24
김광민 철강8-1
김광배 소재2-1
김광윤 P8-38
김규빈 역사1-3
김규현 분말1-4
김기범 P3-10
김기훈 P9-17
김나향 P22-12
김다미 생체1-1
김다혜 P10-23
김덕수 환경5-3
김대영 P9-5, P7-1
김대웅 철강2-6
김대환 P7-6, 고엔2-5, P1-45
김도엽 철강1-4
김도형 철강5-5
김도희 P6-2
김동규 첨단4-3
김동익 집합4-5
김동조 P3-17
김동한 P8-36
김동한 열전2-2
김동혁 에너지1-5
김동현 철강6-4, 표면2-2
김만원 소재3-1
김명균 P12-7, P12-6
김명연 P8-27
김명호 에너지1-2
김명훈 P27-1
김민규 P4-15
김민성 P14-5
김민수 P9-14, P11-10
김민재 역사2-3
김민지 집합2-3
김병주 복합1-2
김봉고 P11-3
김봉구 P12-9
김상민 계장화4-2
김상식 피로1-2
김상우 2D 4-3
김상혁 집합2-1
김상훈 재료강도1-3
김석훈 P24-6, P2-14
김선기 P1-41, P1-42
김선우 나노1-6
김선정 비철3-7, 비철2-5, 비철1-5
김선한 지르코늄2-4
김성균 격자1-3
김성수 상변태2-3
김성우 철강4-6
김성주 AW-6
김성준 수소2-4
김성진 수소2-5
김성철 P3-15
김성환 전산1-3
김성훈 P2-10
김세종 소성1-2
김세현 나노S1-3
김세호 나노1-7
김세훈 P26-2, 알루미늄1-2, P26-1
김소연 P3-8, 상변태1-1
김송이 P8-21
김수민 비철3-2
김수지 P7-8
김수영 2D 1-4
김수현 알루미늄2-1
김승규 P13-2
김승범 철강10-7
김시진 열전5-4
김시훈 계장화5-4
김신혜 P27-5
김안나 철강3-4
김영국 나노S1-8
김영균 P20-30
김영무 분말1-1
김영민 마그네슘1-1
김영석 P3-2, 표면1-1, 격자2-2, 첨단3-2, 수소2-3
김영수 P17-5
김영신 P4-11
김영운 첨단2-1
김완 알루미늄2-5, P3-11
김완이 철강7-1
김용 피로2-1
김용근 복합2-4
김용수 비철3-6
김용인 소재1-1
김용재 환경2-2
김용호 P1-19
김우열 계장화1-3
김우진 계장화1-2
김우철 나노2-4
김원태 격자2-1
김윤준 P5-14, P5-15, 분석1-3
김은영 집합3-3, 도시2-3
김의중 지르코늄2-5
김인수 P14-6, P14-4, P14-2
김인호 P2-3
김일현 지르코늄2-3
김일환 P21-22
김장원 비철1-4
김장환 P2-11
김재민 철강4-2
김재영 첨단1-2
김재용 환경5-1
김정민 P10-5
김정민 P8-14
김정민 지르코늄1-2
김정아 P23-8
김정한 소재2-5, 복합2-5, P1-4
김정현 P21-12, P21-17, P21-21
김종태 열전5-2
김종환 2D 3-3
김종일 P25-4
김주석 표면2-5
김주은 철강3-2
김주혜 P26-9
김준규 P3-16
김준연 P23-11, P22-15
김진상 P10-12, P10-13
김진수 P2-21, 전산3-6
김진열 재료강도1-4
김진영 타이타늄2-2
김진평 P12-3
김진형 P20-18
김진호 도시1-3
김창재 P20-22
김채운 환경2-1
김치원 P8-33, P22-17, 재료강도4-1
김태건 복합2-3
김태성 철강7-4
김태엽 나노S1-6
김태유 P24-9
김태준 P1-44
김태호 지르코늄2-1
김하영 P3-19
김학현 P5-11, P5-12
김한규 P8-31
김한진 수소1-1
김현 P10-1
김현길 지르코늄1-1
김현동 P8-26
김현민 2D 4-2
김현수 철강6-1
김현아 P5-8
김현우 P2-28
김형섭 첨단4-2, 철강4-1
김형욱 알루미늄1-1
김형진 융합1-3, 복합2-1
김혜영 소재1-4, P25-1

김혜온 P2-31

ㄴ

나선형 분석2-3
나영상 고엔4-1
나윤채 나노S1-2
나현택 철강2-5
남경애 P5-6
남경주 재료강도2-1
남기훈 P21-9
남선우 비철1-7
남승훈 에너지2-1
남재훈 철강1-1
남충호 철강8-5
남태훈 P23-13
남현빈 P18-4
노경재 P2-27
노국일 용접1-4
노민주 P5-16
노상훈 P22-8
노윤조 소재2-3
노태환 P9-4
노한섭 수소1-4
노희준 표면2-1

ㄷ

다오반둥 나노1-3

ㄹ

라기호 철강10-4
류욱하 타이타늄1-3, P27-4
류호진 고엔3-1, P18-2
링리에 P1-17

ㅁ

마후유/MA HOUYU P5-3
명동준 P7-12
모하마드자미르 P2-17
문기현 AW-5
문병기 마그네슘2-3
문병록 P8-12
문성모 마그네슘4-2
문예빈 상변태1-3
문종언 고엔1-4
문준오 재료강도1-1
문준호 지르코늄1-5
문지현 계장화1-4
문홍재 에너지2-4
민기득 피로4-4
민태식 P10-2

ㅂ

박경모 P9-12
박광재 P4-10
박기덕 소재3-3
박기성 P15-1
박기태 용접1-5
박노근 고엔4-3
박동준 지르코늄1-3
박동희 피로2-3
박민하 P8-37
박민호 전자2-4
박상규 P11-6
박상원 P3-18
박상하 P20-15
박상현 복합1-3
박석균 분석1-5
박선영 재료강도2-3
박성규 P24-11
박성수 마그네슘4-1
박성우 P23-12
박성주 P4-18
박성진 환경4-3
박성혁 마그네슘2-2
박수지 P10-9
박순홍 표면1-3
박아람 P21-7
박양균 P23-6, 타이타늄2-5
박영철 P15-3
박용범 집합1-4
박윤 2D 1-2
박우진 마그네슘1-4, 비철3-3
박은수 환경2-4
박이호 소재2-4
박장웅 2D 1-3
박재영 P4-16
박재왕 P23-2
박재홍 P4-5
박정갑 P20-13, P24-8
박정민 P20-25
박정환 지르코늄2-2
박종문 타이타늄2-4, P9-21
박종환 P2-15, P2-13
박주완 P3-14
박주현 철강6-2, P1-24, P8-22, P8-15, P18-1
박준영 P8-30
박준형 P21-20
박지숙 수소1-3
박지영 P2-5
박지원 상변태2-5
박지은 나노2-1
박지형 재료강도3-3
박지훈 상변태2-4
박진만 P3-25
박철민 나노S1-4
박태은 P8-9
박학수 역사1-1
박한지 수소1-2
박해지 분석2-2
박현순 첨단2-3
박현영 P21-11
박현화 P8-28
박형근 소성1-3
박혜영 P12-11
박혜진 P18-3
박호준 P1-10
박효진 P25-6
박희진 P9-16
방기훈 P7-9
배경훈 P20-32
배고운 역사1-2
배근국 분석2-1
배기창 P15-5
배재웅 고엔4-4
배준호 마그네슘1-3
배채린 역사2-2
백경윤 P20-3
백송이 P10-15
백승문 P23-10
백승미 생체1-2
백운봉 수소2-1
변세진 열전4-3
변영민 P9-2
변영운 P5-1, P21-1
변응선 표준1-6
보파테다나지판디트 P2-19

ㅅ

서갑성 감성1-6
서덕민 P19-1
서동선 P20-23
서새롬 P10-25
서인식 표준1-3
서자예 P20-4
서주영 P8-17
서진유 수소2-6
서한욱 P2-2
설동혁 P7-4
설재복 격자2-3
성백석 첨단1-1
성시화 전산4-3
성창훈 P12-8
성현진 P1-32
성효경 피로1-1, P6-7
손가은 집합4-2
손광태 알루미늄2-7
손상한 철강5-3
손석원 P11-7
손연호 전자1-3
손영균 전산4-2
손유한 P4-20
손은원 P4-17
손인진 P20-34, P20-35, P20-36
손일 AW-2
손일령 표면1-2
손재성 열전2-3
송명관 나노S1-5
송명석 P21-27
송성호 P2-7
송영하 P11-4
송은지 P22-13
송전영 재료강도3-4
송준우 용접1-3
송철한 P1-13
송혜진 P8-29
신경용 P11-9, 재료강도4-5
신기훈 P20-2
신동길 P10-17, 열전5-1, P10-20
신동원 분말4-2
신동윤 P4-6
신동익 생체2-2
신민호 P20-1
신상균 P1-2, 철강5-4
신세희 P20-11
신승환 P1-28
신윤지 P18-6
신은주 첨단3-3
신익수 P8-5
신인환 소재3-2
신일섭 표준1-5
신재혁 P4-13
신정호 P1-15
신지은 P10-11
신해선 열전-2, 열전3-5
신현정 P11-5
신현채 환경4-2
신형원 P2-1
신호정 도시1-1
심광수 표준1-7
심승우 P9-28
심양섭 철강10-2
심윤보 피로3-1
심재진 분말2-1
심형철 에너지1-4

ㅇ

아마드 마그네슘4-4
아칠성 나노S1-1
안강석 P8-39
안동현 소성1-1
안수성 P20-28
안승민 재료강도4-4
안은솔 P22-18
안종현 2D 4-1
안태영 계장화3-4
안혜상 P3-20, 상변태1-2
압둘 커더스 P24-3
양건국 P4-4
양동원 P13-5
양성운 P6-3
양승윤 P1-29
양원존 소재1-6
양인영 P9-15
양정정 P2-18
양준영 P4-9
양해웅 P16-1
양현석 P23-4, P23-1, P9-1
양현우 P21-13
어두림 분말3-4
엄재현 P4-25
엄태경 P8-23
엄태대형 전산2-6
여승환 P21-3
연규호 P26-3
염종택 타이타늄1-2
염호종 알루미늄1-3
오규진 집합1-3
오규환 집합2-2
오민석 나노2-5
오민욱 열전1-1, 열전3-1
오민철 고엔5-2
오승민 고엔2-3
오연주 계장화1-1
오용준 피로2-4
오재진 P2-33
오준협 철강9-2
오현석 환경1-4

오혜령 P5–10
오홍렬 지르코늄 2–6
왕만 분말3–5
왕회 피로5–1
우기도 생체2–1
우상규 마그네슘4–3
우완측 첨단3–1
우정현 P22–14
원상훈 피로2–2
원소리 P1–11
원윤정 P8–24
위동열 P20–26
유가영 P16–2
유경식 피로3–4
유근희 P3–22
유기태 마그네슘2–4
유란 나노1–2
유병욱 P1–43
유병철 분말4–3
유승화 계장화2–2
유영준 2D 2–1
유일 P22–2
유재형 전자2–2
유종성 타이타늄1–1
유준수 철강10–5
유지성 P8–13
유진수 분말3–1
유태진 P19–4
유창환 상변태1–6
유효상 P10–14
유효현 P21–26
윤가영 전산1–4
윤국노 상변태1–4, P3–7
윤병준 P5–13
윤영준 P19–2
윤용 전산3–2
윤용희 P21–25, 에너지2–6
윤재국 P21–24
윤재현 열전5–3
윤종찬 P10–4
윤중길 철강3–6
윤지원 P2–23
윤철민 철강5–6
윤태현 P1–12
이강식 생체3–2
이건하 소재3–5
이경근 P22–5
이경민 P23–9
이계만 집합1–1
이관호 P6–4
이광렬 전산2–1
이규현 전산2–5
이규형 열전4–1
이근우 상변태2–2, 환경3–1
이기락 에너지2–3
이길수 P24–13
이대인 P21–16
이도경 P9–9
이동근 타이타늄2–3
이동녕 집합3–4
이동주 P2–12
이동현 계장화5–3
이동훈 P21–8
이두열 피로3–2
이래균 표준1–1
이맹은 전산2–2
이명진 집합4–1,P23–7
이목영 마그네슘2–1
이미선 타이타늄2–1
이미소 전산3–1
이병주 AW–1, 고엔1–1, 철강1–2, 마그네슘3–1
이병찬 환경1–1
이병필 P1–6
이봉상 AW–4
이상경 P19–5
이상욱 철강9–1
이상인 철강3–1
이상일 P7–13
이상현 비철2–1
이상화 P26–10
이상훈 소재3–6
이석규 피로4–1
이석배 P12–1
이선규 P2–24
이선우 분말3–3
이성훈 비철1–1
이성희 철강6–5
이세연 알루미늄1–5
이소연 융합1–4, 계장화5–1
이소영 P1–33
이수경 복합2–2
이수빈 계장화3–6, 고엔2–1
이수현 P10–26
이수훈 P2–34
이순재 P9–27
이슬비 환경1–2
이승미 소재1–3
이승수 P21–6
이승용 피로5–3
이여름 P4–1
이연주 P20–33
이영민 P11–2
이영호 P15–6
이영훈 표면2–6
이용문 P27–3
이용재 환경4–1
이원혁 전산4–5
이원희 P1–7, P1–8
이유찬 P25–7
이윤희 계장화3–5
이은주 감성1–4
이인섭 P9–25, P9–26, P9–22, P9–23
이재욱 전산1–1
이재원 표면1–5
이재은 철강1–5
이재형 P3–23
이재훈 표준1–2
이정수 P3–12
이정아 계장화1–5
이정우 P2–16, P21–5
이정한 분말2–4
이정형 P9–13
이종범 P1–20, P4–14, P4–3
이종수 수소1–5
이종수 나노S1–7
이종언 P25–2
이종환 분말4–1
이주상 P8–10
이주혁 철강7–5
이주형 열전1–2
이주희 전산3–3
이준모 수소1–6
이준상 P11–8
이준서 고엔3–3
이준호 고엔5–1
이지민 P1–40
이지선 P20–29
이지아 철강10–3
이지원 재료강도2–5, P5–9
이지은 알루미늄2–4, P22–6, 분말1–3
이진아 생체1–4
이진영 도시2–1
이창근 철강9–5
이창훈 철강2–1
이충용 지르코늄1–4
이초롱 철강3–3
이태균 P24–10
이태현 P6–1
이태호 격자2–5
이태희 알루미늄2–3
이학현 소성1–4
이한성 고엔5–3
이현재 전산4–4
이형수 P4–22
이형석 열전3–1
이호성 P10–16, 열전1–3
이홍철 피로3–3
이효원 P1–21
이휘종 열전4–2
임강훈 전자2–1
임노운 P1–36
임다미 고엔5–4
임상엽 P3–21
임승균 분말2–3
임인기 P15–2
임재원 P11–11
임재홍 P20–7
임종화 P18–5
임지우 알루미늄2–2
임현규 마그네슘1–2
임현석 P22–16
임혜지 P1–34
임혜진 P10–8
임혜인 여성1–1

ㅈ

장경준 P17–6
장기남 P22–11
장동찬 계장화4–1
장동혁 P1–16
장민선 P10–22
장민지 고엔1–2
장병곤 P4–8
장병진 에너지2–5
장병휘 여성1–2
장봉중 알루미늄1–4
장선아 P21–18
장재철 알루미늄2–6
장재훈 철강8–6
장정목 철강7–2
장정인 P10–10
장준호 P20–17
장창환 철강4–4
장하늘 복합1–4
장현수 P3–3, P3–4, P3–5, P3–6
장호승 P25–5
장호원 2D 3–2
장효선 마그네슘3–4
전덕진 P3–1
전민우 P22–1
전석우 2D 2–2
전소은 P24–1
전승환 P2–36
전유상 P2–32
전은채 계장화3–2
전인동 생체3–3
전지원 철강5–1
전태성 분석2–4, 타이타늄1–4
전한솔 재료강도2–2
전현준 P1–37
전호정 생체3–1
정가영 P17–1
정남훈 P8–11
정다운 P2–4
정대호 P6–5, P6–6, 피로1–4
정두석 감성1–3
정병관 전산3–5
정상윤 융합1–1
정선미 계장화3–3
정슬기 P2–29
정승록 철강9–3
정승문 재료강도3–2
정양일 지르코늄1–6
정양진 P16–6
정연범 P1–39, 비철3–5
정영웅 집합3–1
정영찬 철강10–6
정우진 P10–21, P10–19, P10–18
정윤빈 P13–7
정은진 철강7–6
정은희 철강3–5
정재길 알루미늄1–6
정재면 집합2–4
정재용 나노1–1
정재웅 역사2–1
정제기 P15–4
정주영 P9–10
정준석 P24–12
정준영 P1–5
정중은 비철2–3
정지연 P8–18
정진기 도시1–2
정진학 P24–7
정혜수 P14–7
정혜진 마그네슘3–5
정회봉 에너지1–3
정효태 집합4–3, 환경1–3
조다희 소재1–5

조대원 용접1-1
조대현 생체3-4
조문호 AW-3
조민구 고엔4-2
조민규 전산4-1
조민아 비철3-1
조민철 피로4-2, P8-34
조성환 P26-4, P26-5, P26-6
조수미 P25-3
조승기 열전3-3
조승재 철강2-4
조영욱 P9-20
조영준 P8-16
조용준 P2-26
조용찬 환경3-4
조용희 고엔2-2
조원승 환경3-3
조윤 P22-3
조재영 철강2-3
조정호 감성1-5
조한기 P10-24
조현진 철강7-3
조훈휘 계장화2-1
주기철 P1-25
주소영 P20-6
주연아 P20-20
주원 P20-8
지상수 융합1-5
지샨 우르 레흐만 P9-3
지준호 전산1-2
진보라 P22-9, P22-10
진연호 P1-3
진형하 P8-1

ㅊ

차준현 P26-8
채병규 전자1-2
채준열 P14-1
채호병 피로5-2
채홍준 P7-3
천휘동/QIANHUIDONG P20-19
최광수 P3-9, P9-19, P9-18, P9-24
최근수 전산2-4
최동기 P23-3
최민구 고엔1-5
최민우 전자1-1
최민재 P8-19
최병학 수소2-2
최봉재 P1-1
최상무 P13-6
최상훈 분말1-2
최성기 계장화3-1
최솔 P4-12
최수지 P27-2
최승훈 P7-5
최시연 P1-31
최시훈 마그네슘3-2, 집합4-4
최영신 P20-10
최용 P8-6, P8-7, P20-5, P8-3, P8-4, P8-2
최용석 P7-7, 전산1-5
최우진 분말3-2
최원정 P23-5
최이택 P10-3
최인철 P9-7
최정우 P9-6
최정운 P13-1
최정훈 비철1-3
최종호 비철2-2
최준성 철강6-3
최준환 에너지1-1
최진영 P24-5
최진주 P1-46
최하영 P2-30
최현용 2D 3-4
최현희 P12-10
최혜랑 P21-4
최희채 전산2-3, 에너지2-2

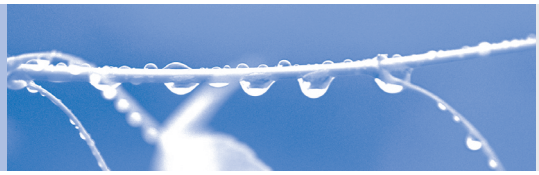
ㅎ

하경식 P12-4
하만호 P4-21, P22-19
하성준 비철1-8
하성호 P1-26, P1-27
하헌영 철강8-2
하현우 전산3-4
하현철 P2-22
한덕현 P1-14, P5-7, P22-7, P20-9
한승엽 P21-19
한승전 감성1-2
한영민 P20-16
한우제 P2-9, P2-8
한재현 P19-3
한정호 철강8-4
한종찬 분석1-1
한태양 P17-4
함기수 P20-27
함종오 소재3-4
허남회 격자1-2, 격자1-1
허보영 P1-35
허성규 P11-1
허웅 P13-3
허윤욱 격자2-4
허호석 2D 5-1
허형민 재료강도1-2
허회준 용접1-2, 소재1-2
현재익 나노2-3
홍기원 표면2-4
홍기철 마그네슘2-5
홍두선 P7-10
홍석민 피로4-3
홍승범/Daniel S. Hong 첨단2-2
홍영준 나노2-6
홍예진 P2-35
홍재근 AW-7
홍창완 철강4-3
홍천일 P20-31
홍혜림 P21-2
황덕록 P9-8
황성두 철강2-2
황유진 P1-9
황윤중 상변태1-7
황지인 P4-19
황지현 마그네슘3-3
황태진 표준1-4

A~Z

ABBASI MAJID 소재2-2
AHIALE KWAME GODWIN P8-20
Atanu Bag 집합1-5
Azam Ashraful P2-25
Barton Arkhurst 재료강도4-3, P4-26
Basit ali 비철1-6
BOR AMGALAN P20-38, P20-37
Dianta Ginting 열전4-4
Ebo A.Kizzie-Hayford P8-40
Ganpurev P2-20
Gautam Kumar Naik 나노1-5
Gokul Muthupandi 고엔3-4
Imad Hussain P24-2
JAIVEER SINGH 집합4-6
JUMAEV ELYORJON 고엔3-2
KALE AMOL BABURAO P14-3
KIM SAEROMI P17-3
LI SHUANGLEI 생체1-3
LI YUANMING P21-23
Liming Xu P5-2
Lin, Chan-Chieh P10-6
Lin Wang 환경5-2
LUAN YANGE P4-2
Majid Jafari 표면1-4
mykola slazhniev 비철3-4, P1-38
NABEEL JAHANZEB 집합1-2
nguyen ngoc ha P25-8
nguyen van thuong 분석1-4
Paul-François Paradis 환경3-2
Peyala Dharmaiah 분말2-2, 열전3-4
Rodney S. Ruoff 2D1-1
Sanjit Manohar Majhi 나노1-4
Shraddha P. Ganorkar 상변태2-1, 환경2-3
Sijia Liu P5-4
Son Singh P24-4
Tanmoy Das 2D 5-2
TSEDENBAL BULGAN P2-6
T. Caillat 열전1-4
Tsunehiro Takeuchi 열전2-1
Wagno Alves Braganca 전자2-3
Wenge Yang 환경5-4
Yao Wenhui 표면2-3
Yubing Zhang P5-5
Yu-Lun Chueh 2D 3-1
Zang Qianhao P1-18

2017년도 임시총회 학회상 수상자



1. POSCO학술상
◆ 이병주(포항공과대학교)

2. POSCO젊은철강상
◆ 손일(연세대학교)

3. LS학술상
◆ 조문호(포항공과대학교)

4. 현송공학상
◆ 이봉상(한국원자력연구원)

5. 특별공로상
◆ 신동혁(한양대학교), 홍경태(한국과학기술연구원)

6. 공로상
◆ 이재갑(국민대학교)

7. 기술상
◆ 김성주(현대제철), 문기현(POSCO 기술연구원), 홍재근(재료연구소)

8. 신진학술상
◆ 박태주(한양대학교), 신종화(한국과학기술원), 심우영(연세대학교), 함문호(광주과학기술원)

9. 신진기술상
◆ 강전연(재료연구소), 김상훈(POSCO), 김종호(포항산업과학연구원), 최우남(동국제강 중앙기술연구소)

10. 논문상

1) 제1부문 : 우수 논문

◆ 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
가스터빈용 단결정 블레이드의 열차폐 코팅특성과 최근연구동향: 리뷰 (Single Crystal Blade for a Gas Turbine Engine : A Review of the Characteristics and Recent Research Trends for Thermal Barrier Coating)
Vol. 53, No. 12, pp. 833-843
남수우(한국과학기술원)

◆ Metals and Materials International
Effect of MnO Content on the Interfacial Property of Mold Flux and Steel
Vol. 22, No. 4, pp. 700-706
Wanlin Wang(Central South University), Jingwen Li(Central South University), Lejun Zhou(Central South University), and Jian Yang(Baosteel Group Corporation)

◆ Electronic Materials Letters
Two-Dimensional Transition Metal Dichalcogenide Nanomaterials for Solar Water Splitting
Vol. 11, No. 3, pp. 323-335
Dinsefa M. Andoshe(Seoul National University), Jong-Myeong Jeon(SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS), Soo Young Kim(Chung-Ang University), and Ho Won Jang(Seoul National University)

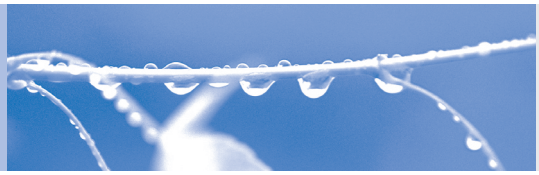
2) 제2부문: 논문 다수 인용

◆ 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
송명엽(전북대학교)

◆ Metals and Materials International
손인진(전북대학교)

◆ Electronic Materials Letters
김현우(한양대학교)

2017년도 임시총회 학회상 수상자



11. 굿리뷰어상

◆ 대한금속 · 재료학회지(Korean Journal of Metals and Materials)
이동준(재료연구소)

◆ Metals and Materials International
임창동(재료연구소)

◆ Electronic Materials Letters
박영배(안동대학교)

12. 재료조직사진상

[학술부문 - 우수]

◆ 철강의 고온 파단 시 만들어진 주상절리
성현제[1], 허남회[1], 김성준[1,*]
[1]포항공과대학교

[학술부문 - 가작]

◆ Nano Twin Domains in Ni-Ti-Hf HTSMA
김정한[1,*], 임가람[2], 염종택[2], 이학성[2], 홍재근[2], 박찬희[2], 김성웅[2], 최성우[2]
[1]한밭대학교, [2]재료연구소

◆ Martensitic Transformation of a TRIP High Entropy Alloy
오현석[1], 김상준[1], 박은수[1,*], C.Cem Tasan[2], Stefan Zaefferer[3], Dierk Raabe[3]
[1]서울대학교, [2]Massachusetts Institute of Technology, [3]Max Planck Institute for Iron Research

[학술부문 - 장려]

◆ New Method Development to Nanoparticle Sample Fabrication for Atom Probe Tomography
김세호[1,*], 최벽파[1], 박기훈[2], 이지영[2], 안재평[2]
[1]한국과학기술원, [2]한국과학기술연구원

◆ Controllable Phase-Changes and Topographies of Metal Materials by Laser-Based Texturing
전인동[1,*], 정용우[1], 장진호[2], 박지민[1], 최병찬[2], 최하늘[1], 장혜정[1], 안재평[1], 석현광[1], 김유찬[1], 전호정[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]ATI연구소

[기술부문 - 우수]

◆ Intuitive Presentation of TEM-EDS Mapping for Regional Oxide Characterization
김병규[1,2], 김동익[2,*], 이경우[1]
[1]서울대학교, [2]한국과학기술연구원

[기술부문 - 가작]

◆ Macro and Micro Structures Observation by Color Etching Technique after Laser Welding of High Strength Steel Sheet
김기혁[1,*], 김재학[1], 전성진[1], 최익석[1], 박병규[1], 김영환[1]
[1]동국제강 중앙기술연구소

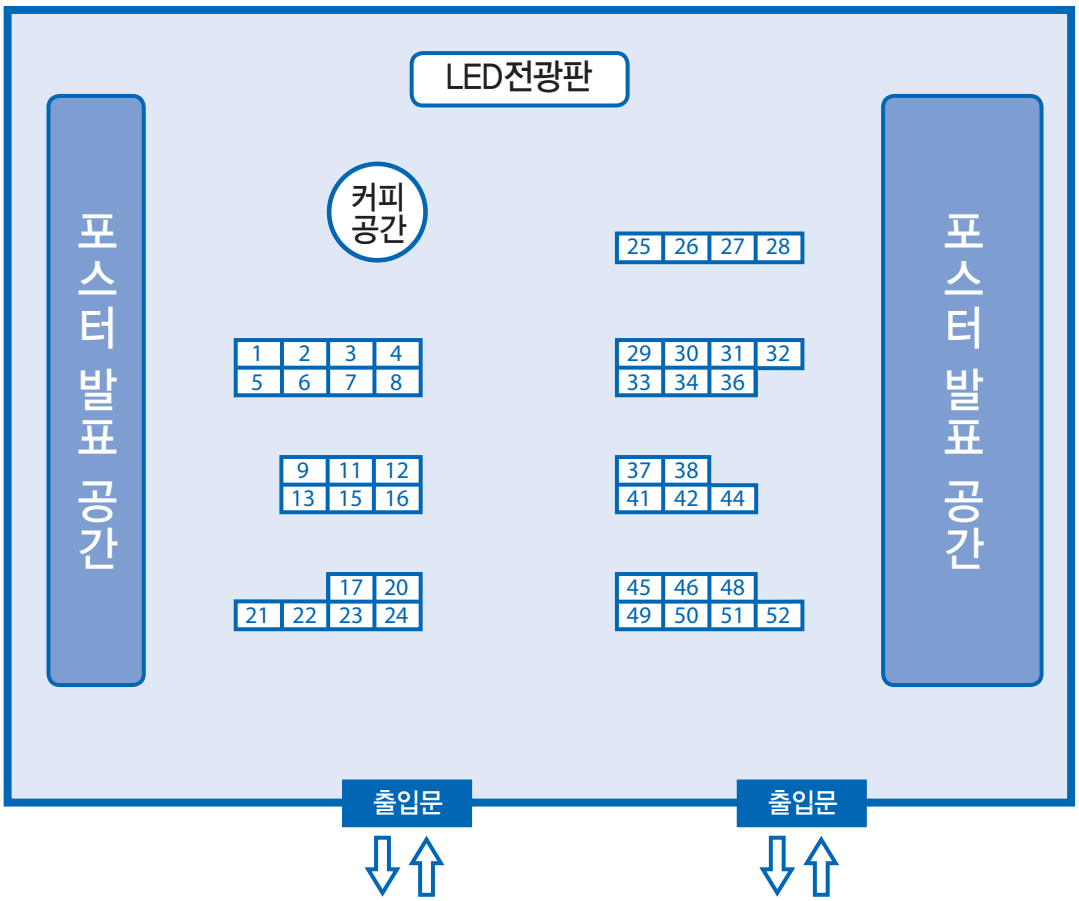
◆ WRINKLE MAZE
김학현[1,*], 이만재[1], 조다희[1], 조두환[2]
[1]포항산업과학연구원, [2]POSCO

[기술부문 - 장려]

◆ Aluminum Leaves Nano-Channel "MAZE" on Copper Foam
조현경[1,*], 남경주[2], 이수경[2], 최희만[2]
[1]Purdue University, [2]국민대학교

◆ Pearl-like MG Nanoparticle in the Coral Reef-like MG Foam
김소연[1], 김진우[1], 박은수[1,*]
[1]서울대학교

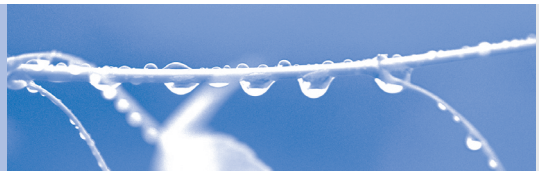
부스배치



학회 부스 참가회사

1 엠티엠 코퍼레이션㈜ / PRESI S.A
2 한국생산기술연구원 뿌리기술지원센터 [대구/고령]
3 자이스 코리아
4, 8 엠티디아이㈜ / 휴림글로벌
5 ㈜한국아이티에스
6 ㈜다함이엔씨
7 NDSL(한국과학기술정보연구원)
9 ㈜신영사이언스 (MATSUZAWA / ZEISS)
11 ㈜이레테크
12 안톤파 코리아
13 ㈜큐씨에스
15 ㈜프론틱스
16 ㈜에스피사이언스 (ATM)
17 호리바코리아㈜
20 나모텍
21 AT FRONTIER Co., Ltd.
22 한국세라믹기술원 분석인증센터
23 ㈜진우테크
24 시편전처리센터
25 ㈜헬무트피셔 코리아
26 ㈜만진교역 / STRUERS
27 ㈜버추얼랩
28 IMT i-Solution Inc.
29 ㈜애니캐스팅 소프트웨어
30 QuantumWise
31 금속소재종합솔루션센터
32 ㈜블루시스
33 ㈜키원기술 / BUEHLER
34 만진상사 / WILSON
36 태명과학㈜
37 ㈜아텍엘티에스
38 브루커코리아㈜
41 ㈜싸울베스텍
42 ㈜테스칸코리아
44 서울대 복합환경제어 멀티스케일 시험평가센터
45 JEOL KOREA
46 HYSITRON
48 에스와이사이언스(R-DEC KOREA)
49 ㈜알앤비
50 MTS Korea, Inc.
51 엠티디아이㈜ 손상허용특성평가연구소
52 ㈜제펠

경품 추첨 안내



학술대회 전시부스 18곳 이상을 순회하여, 도장(18개)을 받으셔서 응모함에 응모하시면 추첨을 통하여 아래 경품을 드립니다.

❖ 경품 추첨 일시 : 10.27(목) PM 5:00 / 10.28(금) PM 1:00

❖ 경품 추첨 장소 : 1층 부스전시장

	4월 27일 (목)	4월 28일 (금)
1등 (1명)	 삼성 노트북9 Always (NT900X5Y-KD5W, 크러쉬 화이트)	 1등 삼성 노트북9 Always (NT900X5Y-KD5S, 라이트 티탄)
2등 (2명)	 캐논 카메라 (EOS M3, 화이트)  다이슨 드라이기 (HD01, 아이언핑크)	 캐논 카메라 (EOS M3, 화이트)  다이슨 드라이기 (HD01, 화이트실버)
3등 (3명)	 벤타 에어워셔 (LW-15, 블랙)  브라운 시리즈9 전기 면도기 (9260S, 실버)  만다리나덕 백팩 (NOMAD GNT01003, 차콜)	 벤타 에어워셔 (LW-15, 블랙)  브라운 시리즈9 전기 면도기 (9260S, 실버)  만다리나덕 백팩 (NOMAD GNT01651, 블랙)
4등 (4명)	 삼성 외장하드 2TB (H3, 블루블랙)  삼성 외장하드 2TB (H3, 핑크골드)  소니 블루투스 무선 이어폰(SBH80, 블랙)  소니 블루투스 무선 이어폰(SBH80, 블랙)	 삼성 외장하드 2TB (H3, 블루블랙)  삼성 외장하드 2TB (H3, 핑크골드)  소니 블루투스 무선 이어폰(SBH80, 블랙)  소니 블루투스 무선 이어폰(SBH80, 블랙)
5등 (5명)	 신세계상품권 5만원 권	 신세계상품권 5만원 권

❖ 경품 추첨 시, 당첨자가 자리에 있는 경우에만 유효하고 자리에 없는 경우에는 재추첨 하게 됩니다.