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

2017 Fall Conference of the Korean Institute of Metals and Materials

2017년도 대한금속 · 재료학회

추계학술대회 초록집

날짜 2017년 10월 25일(수)~27일(금)

장소 대구컨벤션센터

주최 : (사)대한금속 · 재료학회

후원 : POSCO
현대제철
세아창원특수강
고려제강
대구컨벤션뷰로
한국과학기술단체총연합회

KIM 대한금속·재료학회
THE KOREAN INSTITUTE OF METALS AND MATERIALS

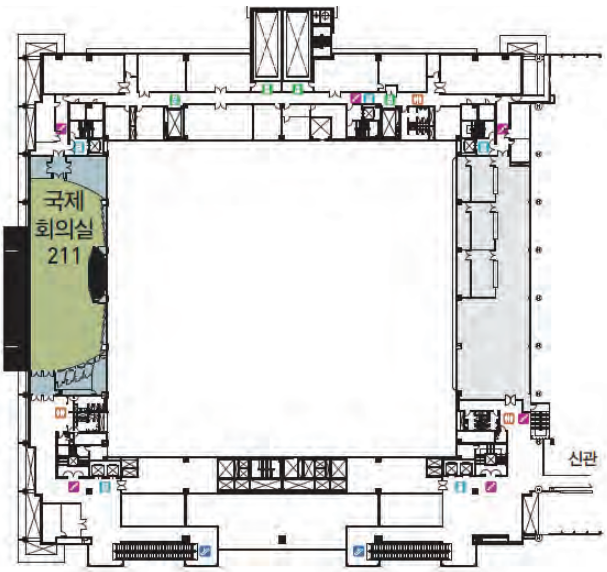
초록집 목차

+ 초대의 글 1
+ 위원장 인사 2
+ 행사 및 발표 진행 안내 3
+ 추계학술행사 행사 일정 4
+ 구두 발표일정 13
+ 포스터 발표일정 40
+ 구두 발표 65
+ 포스터 발표 194
+ 발표자 색인 321
+ 2017년도 정기총회 학회상 수상자 325
+ 부스배치 325
+ 경품 추첨 안내 328

발표장 안내도

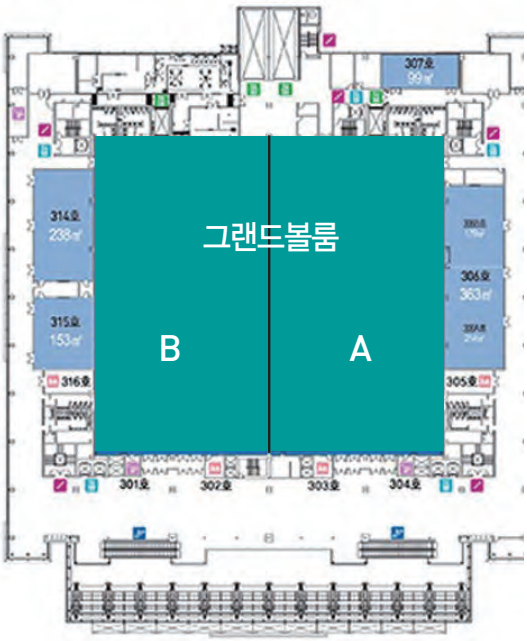
대구컨벤션센터

2F

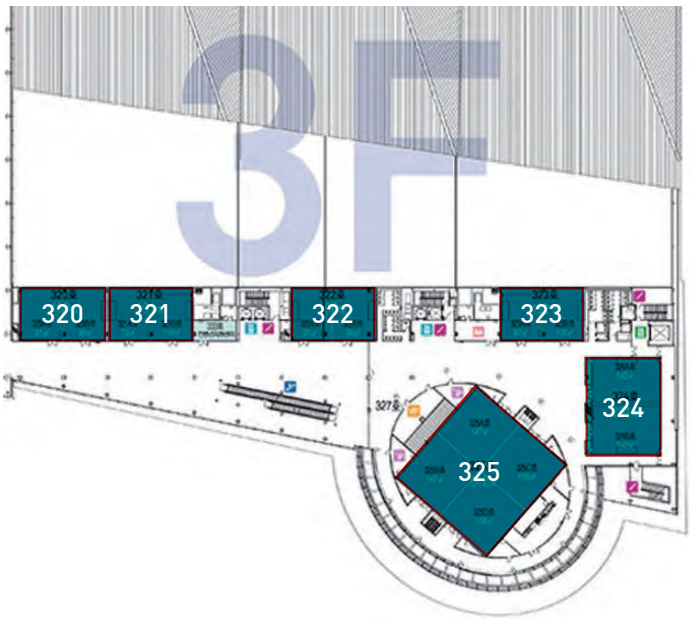


3F

그랜드볼룸 (포스터발표, 경품추첨, 총회)



320호, 321호, 322호, 323호, 324호, 325호 발표장



초대의 글

회원여러분 안녕하십니까?

2017년도 정기총회 및 추계학술대회는 지식이 풍요로워지는 가을을 맞이하여 산업의 근간이 되는 대구광역시의 대구컨벤션센터에서 개최합니다. 금속 및 재료 발전을 위해 밤낮없이 수고하시고, 연구에 매진하시는 산 · 학 · 연 등 모든 유관 분야에 종사하시는 회원님들을 추계학술교류의 장으로 초청하오니 많은 참여를 부탁드립니다.

2017년 추계학술대회에서는 그동안 금속 및 재료 각 분야 회원님들께서 열심히 연구한 약 970여 편의 수준 높은 논문이 14개의 전문분야 심포지엄과 24개의 일반 세션에서 3일간 발표될 예정입니다. 미래세대 학생들을 위해 폭넓은 배움의 장을 만들어 주고자 진행되는 Tutorial session은 나노재료의 분석기술을 주제로 TEM EDS와 EELS를 이용한 나노재료의 화학분석과 Atom Probe Tomography를 이용한 나노재료의 화학분석의 두 개의 강좌로 진행됩니다. 또한 2016년 추계 학술대회 때부터 국제화, 융합화, 다학제화, 산업체 전문가 참여 확대를 도모하고자 개설된 New Horizon 심포지엄이 Advanced Energy Materials Science를 주제로 진행되며, 철강분야 연구자들을 위한 제86회 철강기술심포지엄 및 나노소재분야 연구자들을 위한 ENGE 2017 국내학술행사도 함께 개최 됩니다. 더불어 4차 산업의 시대로의 진입을 준비하기 위하여 "제4차 산업혁명과 재료연구"를 주제로 특별 세미나가 진행 되오니 참가자분들의 많은 관심과 참석을 부탁드립니다.

이번 추계학술대회부터 금속 및 재료 발전에 기여한 50세 미만의 연구자에게 주어지는 석천학술상이 신설되었습니다. 이 상을 통해 신진 연구자들의 활동을 독려하고 금속 및 재료 분야의 연구가 더 활발해지는 계기가 되었으면 합니다.

이번 2017년도 대한금속 · 재료학회 추계학술대회에 참석하시는 회원 여러분 모두 학문적 발전을 이루시고 서로의 연구 성과들을 공유하는 뜻깊은 시간이 되길 기원합니다. 다시 한 번 추계학술대회에 참석해주신 여러분에게 감사의 말을 전하며 인사를 마치겠습니다.

2017년 9월 15일

대한금속 · 재료학회 회장 민 동 준

위원장 인사

회원 여러분, 안녕하십니까?

이번, 2017년도 대한금속재료학회 추계학술대회는 우리나라 섬유패션의 중심지 대구의 대구컨벤션센터에서 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 추계학술대회도 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 추계학술대회 조직위원장 이 창 규, 정 병 기

행사 및 발표 진행 안내

❖ 대회 기간 : 2017년 10월 25일 수요일 ~ 10월 27일 금요일, 3일간

❖ 대회 장소 : 대구 EXCO, TEL: 053-601-5000

❖ 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 10월 13일까지 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.

추계학술행사 행사 일정

10월 25일 수요일

시간	행사 일정	비고
08:30-17:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:00-12:00	구두세션 발표	각 발표장
09:00-17:00	포스터세션 발표 I	3층 그랜드볼룸B
12:00-13:00	점심시간	3층 그랜드볼룸A
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	3층 그랜드볼룸B
13:30-18:00	구두세션 발표	각 발표장

10월 26일 목요일

시간	행사 일정	비고
08:30-17:00	학술대회 행사등록	3층 등록대
09:00-12:00	구두세션 발표	각 발표장
09:00-17:00	포스터세션 발표 II	3층 그랜드볼룸B
12:00-13:00	점심시간	5층 컨벤션홀
13:30-18:00	구두세션 발표	각 발표장
13:00-13:30	포스터세션 질의 및 응답시간	3층 그랜드볼룸B
17:00-17:30	경품 추첨	3층 그랜드볼룸B
18:00-18:15	총회 강연	3층 그랜드볼룸A
18:15-20:00	총회 / 학회상 시상식 / 간친회	3층 그랜드볼룸A

10월 27일 금요일

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

발표일정

10월 25일(수) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 구두세션 진행 : 박은수, 최시훈 학술이사 /
학생구두발표 우수상 선정위원 : 남호석 위원 / 포스터 세션 진행 : 장재일 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 이상복, 황병철 위원

구분	구두 발표										포스터
	320A	320B	321A	321B	322	323	324A	324B	325A	325C	그랜드 볼룸B
09:00 ~12:00	분말재료	상변태	제13회 중성사 및 방사광 X선 심포지엄	용접 및 접합	타이타늄 심포지엄	철강 I	철강 II	제8회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄	재료강도	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄 (제10회)	Poster-I
12:00 ~13:00	점심 식사(3층 그랜드 볼룸A)										
13:30 ~15:00	분말재료	상변태	제13회 중성사 및 방사광 X선 심포지엄	마찰 마모	타이타늄 심포지엄	철강 I	철강 II	제8회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄	재료강도	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄 (제10회)	
15:00 ~15:15	Break										
15:15 ~18:00	분말재료	상변태 현상의 기계적/ 기능적 특성분야 적용	제13회 중성사 및 방사광 X선 심포지엄	마찰 마모	타이타늄 심포지엄	철강 I	철강 II	제8회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄	재료강도	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄 (제10회)	

발표일정

10월 26일(목) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 구두세션 진행 : 김형욱, 이선영, 최시훈 학술이사 /
학생구두발표 우수상 선정위원 : 이석빈, 최현주 위원 / 포스터 세션 진행 : 임재원 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 박수동, 손일 위원

구분	구두 발표										포스터
	211	320B	321A	325B	322	323	324A	324B	325A	325C	그랜드 볼룸B
9:00 ~12:00	제16회 철강 심포지엄	WISET 발표회	재료분석	전산재료 과학	New Horizon-Advanced Energy Materials Science	마그네슘 심포지엄	미래선도형 희소금속 분말제조 기술 및 응용	미래소재전략: 4차산업 혁명과 재료연구	철강 III	알루미늄 심포지엄	Poster-II
12:00 ~13:00	점심 식사 (5층 컨벤션홀)										
13:30~ 15:00	제16회 철강 심포지엄	WISET 발표회	표면처리	전산재료 과학	New Horizon-Advanced Energy Materials Science	마그네슘 심포지엄	미래선도형 희소금속 분말제조 기술 및 응용	피로 및 파괴 심포지엄 (제18회)	철강 III	알루미늄 심포지엄	
15:00 ~15:15	Break										
15:15 ~18:00	제16회 철강 심포지엄	여성세션	집합조직	전산재료 과학	New Horizon-Advanced Energy Materials Science	마그네슘 심포지엄	미래선도형 희소금속 분말제조 기술 및 응용	피로 및 파괴 심포지엄 (제18회)	철강 III	알루미늄 심포지엄	
18:00 ~18:15	총회 강연 (3층 그랜드볼룸A)										
18:15 ~20:00	총회 및 학회상 시상식 (3층 그랜드볼룸A)										

발표일정

10월 27일(금) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 정병기 학술부회장 / 구두세션 진행 : 김형욱, 임혜인 학술이사 /
학생구두발표 우수상 선정위원 : 김유찬, 임창동 위원 / 포스터 세션 진행 : 박준표 학술이사 / 우수포스터상 선정위원 : 정우상 위원

구분	구두 발표										포스터
	320A	320B	321A	321B	322	323	324A	324B	325A	325C	그랜드 볼룸B
09:00 ~13:00	에너지 재료	열전재료	나노소재	전자재료	생체재료	복합재료 심포지엄	ENGE 2017	ENGE 2017	비철금속 I	비철금속 II	Poster-III

포스터 발표 일정

10월 25일(수) 포스터 발표 (Poster - I)	10월 26일(목) 포스터 발표 (Poster - II)	10월 27일(금) 포스터 발표 (Poster - III)
P1 철강 P2 상변태 P3 재료강도 P4 소성가공 P5 주조 및 응고 P6 용접 및 접합 P7 열처리 P8 타이타늄	P9 비철금속 P10 재료분석 P11 분말재료 P12 복합재료 P13 표면처리 P14 전산재료과학 P15 피로 및 파괴 P16 집합조직 P17 마그네슘	P18 나노소재 P19 에너지재료 P20 전자재료 P21 생체재료 P22 열전재료 P23 전자재료-박막 P24 New Horizon : Advanced Energy Materials Science
진행시간 09:00~17:00 질의 및 응답 13:00~13:30	진행시간 09:00~17:00 질의 및 응답 13:00~13:30	진행시간 08:30~13:00 질의 및 응답 12:00~12:30

※ 질의 및 응답시간에 발표자는 반드시 본인 포스터보드 앞에 위치해 주세요.

총회 강연

3층 그랜드볼룸A, 10월 26일(목) 18:00-18:15

좌장 : 정병기 학술부회장

AW-1 충방전 과정에서 Na-Sn 이차전지가 나타내는 높은 저항의 구조적 해석

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

초 록

가격이 낮으면서도 높은 용량을 나타내는 Na-Sn 전지는 미래의 고용량 에너지 저장용 소재로 주목받고 있다. 그러나 Na-Sn 전지는 에너지 효율이 낮다는 단점도 있다. 본 연구에서는 Na-Sn 전지의 에너지 효율이 왜 낮은지 규명하기 위해, 고도분석 장치를 이용한 in situ 실험과 유한요소 해석과 제1원리 계산을 이용한 복합적인 연구를 시도하였다. 먼저 in situ 실험을 통해 Na-Sn 전지의 충방전 과정에서의 저항의 변화를 직접 측정한 결과 108배까지 저항이 증가함을 관찰하였다. 유한요소 해석과 제1원리 계산을 통해 이러한 저항의 증가를 일으키는 구조적 요인을 규명하였다. 고도분석법 및 제1원리 계산을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 방전 시 Sn 음극은 큰 부피팽창(400%)을 일으키며 이 결과 형성된 응력은 음극을 구성하는 Zintl ion의 구조를 변형시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 Zintl ion 구조의 변화는 전자 구조를 변형시키게 되며, 그 결과 저항을 더욱 증가시키는 역할을 하였다. 본 연구는 Na-Sn 이차전지 내 저항 증가의 원인을 밝히고, 이를 통해 에너지 효율을 향상시킬 방안을 제시하였다.

제 86회 철강기술 심포지엄
"차세대 자동차 강판 개발 동향 및 향후과제"

Room 211, 10월 26일(목) 10:00-17:10

Time	Title	Name/Affiliation
10:00~10:10	개회사	이계영 부사장(현대제철)
세션 Ⅰ. Trend of Automotive Steel & Future task		좌장 : 문만빈 상무(현대제철)
10:10~10:50	3세대강판 기술개발 동향	김익수 이사(HKMC)
10:50~11:30	AHSS development in the light of future automotive challenges	Dr. Hardy(CBMM)
11:30 ~12:10	차세대 강판 개발 동향	이규영 박사(POSCO)
12:10~13:40	중식	
세션 Ⅱ. Metallurgy of 3rd generation AHSS		좌장 : 이규영 박사(POSCO)
13:40~14:10	Medium Mn steel development in Hyundai steel	구남훈 박사(현대제철)
14:10~14:30	잔류 오스테나이트 제어를 통한 고성능 TRIP강 개발	이창훈 박사(KIMS)
14:30~14:50	X-AHSS급 전기도금1180 TWIP강 개발현황	김성규 박사(POSCO)
14:50~15:10	Processing Line용 Eco-Transflux® Induction System	Dr. Patard(Fives stein)
15:10~15:40	Coffee Break	
세션 Ⅲ. Application Engineering		좌장 : 이영국 교수(연세대)
15:40~16:10	AHSS Application and Trend in Chinese Automotive Industry	Dr. Bian Jian(CBMM)
16:10~16:30	초고강도강재의 수소취성 평가에 대한 고찰	양원석 박사(현대제철)
16:30~16:50	자동차용 도금강판 LME 점용접 연구동향	박영도 교수(동의대)
16:50~17:10	120K TRIP강을 이용한 차체부품 성형기술	송정한 박사(KITECH)

2017년 산업핵심&소재부품 타이타늄 분야 R&D과제 성과교류회

Room 315호, 10월 26일(목) 13:00~17:00

NO.	발표시간	기관명	내용
1	11:50~12:00 (505호)	회의 준비 및 참석자 안내	
2	12:00~12:10 (505호)	인사말씀	
3	12:10~13:00 (505호)	오찬	
13:00~13:10		휴식 및 장소이동 (315호)	
4	13:10~13:25 (15분)	(재)포항산업과학연구원	저원가 일메나이트광을 활용한 티클4 제조기술 개발
5	13:25~13:40 (15분)	인천화학(주)	고순도 사염화타이타늄 제조기술(Purified Titanium Tetrachloride Production Technology)
6	13:40~13:55 (15분)	경북대학교 산학협력단	Ti 입상금속 연속제조 기술개발
7	13:55~14:10 (15분)	케이씨주식회사	TiCl4의 산화에 의한 루타일 TiO_2 분말 제조기술 개발
14:10~14:20		휴식	
8	14:20~14:35 (15분)	㈜케이피씨엠	고품위 타이타늄합금 대형빌렛 제조기술개발
9	14:35~14:50 (15분)	㈜한국진공야금	Cold Hearth 기반 저비용 고청정 600mm급 Ti 합금 슬래브 제조 및 가공기술 개발
10	14:50~15:05 (15분)	대화항공산업(주)	항공용 Ti-6Al-4V 판재 및 대형 열간 성형부품 제조 기술 개발
15:05~15:20		휴식	
11	15:20~16:50	간담회	
16:50~17:00		총평 및 정리	

※ 발표시간은 사정에 따라 변동 가능함

2017년 산업핵심&소재부품 타이타늄 분야 R&D과제 성과교류회

Room 315호, 10월 26일(목) 13:00~17:00

진도점검 대상과제 목록

NO	과제번호	주관기관	총괄책임자	과제명
		참여기관		
1	10052751	(재)포항산업과학연구원	정은진	55–60% TiO_2 함량의 저원가 일메나이트광을 활용한 티클4 연속제조기술 개발
		경북대학교 산학협력단 ,부경대학교 산학협력단, 서강대학교 산학협력단, 성균관대학교 산학협력단, 연세대학교 산학협력단		
2	10052719	인천화학(주)	김진호	티클4 제조 파일롯 플랜트 건설 및 운영기술
		㈜제이오, 고등기술연구원연구조합, 인하대학교 산학협력단		
3	10063143	경북대학교 산학협력단	손호상	Ti 입상금속 연속제조 기술개발
		엠티아이지 화성공장, (재)포항산업과학연구원, 강릉원주대학교 산학협력단, 고등기술연구원연구조합		
4	10052730	케이씨주식회사	김대웅	TiCl4의 산화에 의한 루타일 TiO_2 분말 제조기술 개발
		㈜석경에이티, 코스모화학(주), 국민대학교산학협력단, 한국과학기술연구원, 한국세라믹기술원, 한양대학교산학협력단		
5	10043804	㈜케이피씨엠	이기영	고품위 티타늄합금 대형 빌렛 제조기술 개발
		포항공과대학교 산학협력단		
6	10050608	㈜한국진공야금	문승호	Cold Hearth 기반 저비용 고청정 600mm급 Ti 합금 슬래브 제조 및 가공기술 개발
		고려특수선재(주), 고등기술연구원연구조합, 전북대학교 산학협력단, 한국기계연구원부설재료연구소		
7	10067503	대화항공산업(주)	김수환	항공용 Ti–6Al–4V 판재 및 대형 열간 성형부품 제조 기술 개발
		한밭대학교산학협력단, (재)포항산업과학연구원, 한국기계연구원부설재료연구소, 경상대학교산학협력단		

WISET 여대학(원)생 공학연구팀제 결과발표대회

Room 320B호, 10월 26일(목) 9:20~15:00

1부: 일반과정(11팀)		
09:30~09:43	전자현미경과 나노인덴테이션을 활용한 철강재료의 미세조직 관찰 및 물성 분석	오연주(서울대)
09:43~09:56	산화물반도체 광전기화학적 반응을 통한 무전력 자외선 색도계 센서	윤영빈(한국항공대)
09:56~10:09	제조업 스마트화를 위한 유해가스 감지 센서 모듈 연구	김준형(한국산업기술대)
10:09~10:22	SnO_2 나노선 어레이 기반 유중 장입형 수소센서 개발	김민형(연세대)
10:22~10:35	The study of hole injection layer and emissive layer in organic light emitting diodes	배사랑(중앙대)
10:35~10:48	열처리 조건에 따른 A356 합금의 기계적 특성 변화	진보라(동국대)
10:48~11:01	자동차용 스틸코드의 표면적 향상을 위한 습식 식각법에 관한 연구	정주영(부산대)
11:01~11:14	차량 폐열 재활용을 위한 열전 소재 및 접합 소재 개발	백연진(인하대)
11:14~11:27	아두이노를 활용한 광학적 산소 센서와 실시간 식품의 신선도 측정에의 활용	이소연(연세대)
11:27~11:40	가스 분위기에 따른 탄재내장 브리켓의 환원거동 연구	이지아(인하대)
11:40~11:53	개인 맞춤형 의료 보조 장치의 금속 프린팅 기술 개발	최누리(한양대)
폐회 및 기념촬영		
2부: 심화과정(8팀)		
13:15~13:28	고엔트로피합금 기반 나노복합소재 개발	노애란(국민대)
13:28~13:41	Al doped ZnO 나노입자 기반 호기 가스센서 개발	유란(연세대)
13:41~13:54	1차원 나노섬유 복합체 기반 리튬–공기전지용 공기극 촉매 개발	이나원(숙명여대)
13:54~14:07	컬러튜닝이 가능한 스마트 파이버	이민지(한양대)
14:07~14:20	고엔트로피 합금의 제조 및 소성 변형 거동에 대한 모델링	장민지(포항공대)
14:20~14:33	비소오염물 제거를 위한 복합금속산화물 전기촉매 개발	최원정(경북대)
14:33~14:46	초고속 매체형 분쇄기 구동 메커니즘 해석을 위한 입자코팅연구	Amgalan Bor(창원대)
14:46–14:59	항공용 타이타늄 합금의 인장 및 피로 특성 연구	김도희(경상대)
폐회 및 기념촬영		

분말재료

위원장 : 이창규 (한국원자력연구원)
총무간사 : 홍순직 (공주대학교)
Room 320A, 10월 25일

좌장 : 김세훈 (자동차부품연구원)

분말1-1 | 09:00

고보자력 Nd-Fe-B 소결자석에서 Dy의 확산에 미치는 Cu/Al과 이종 분말의 혼합 효과

이민우[1], 김휘준[1], 장태석[2], 배경훈[3], 이성래[3], 김효준[4]

[1]한국생산기술연구원 뿌리산업연구소. [2]선문대학교 신소재공학과. [3]고려대학교 신소재공학과. [4]자화전자 R&D 센터.

분말1-2 | 09:15

Gas Atomization process로 제조된 희토류 영구자석 분말입도별 자석 특성평가

조주영[1], 좌용호[2], 김택수[1]

[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]한양대학교 재료화학공학과.

분말1-3 | 09:30

TiC/steel 금속복합소재의 제조 공정 및 특성 연구

이준호[1], 이원혁[2], 류호진[1], 홍순형[1]

[1]한국과학기술원. [2]㈜대화알로이테크.

분말1-4 | 09:45

LMD 공정변수 shielding gas flow rate이 산화거동과 물성에 미치는 영향

어두림[1], 장진영[2], 박순홍[2], 조중욱[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포항산업과학연구원.

분말1-5 | 10:00

Thermal Properties of Recycled Aluminium-graphite Composites Fabricated by Semi-solid Processing

Eun-Won Son[1,2], Young Choi[1], Dae Up Kim[1], Jae-Won Lim[2], Kwang-Seok Kim[1]

[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Chonbuk National University.

Break time | 10:15

좌장 : 이정구 (울산대학교)

분말2-1 | 10:25

Fe-TiB_2 복합재료 분말의 제조 방법이 방전플라즈마소결에 미치는 영향
Effect of Fabrication Method of Fe-TiB_2 Composite Powders on the Spark-Plasma Sintering

최우진[1], 배선우[1], 김지순[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부.

분말2-2 | 10:40

PCAS 공정으로 제조된 WC 소결체의 성형 거동 및 기계적 특성

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

[1]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2]전남대학교 신소재공학과.

분말2-3 | 10:55

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 TiB_2 + 316L Stainless Steel 복합 소재의 미세조직 및 고온 기계적 특성

김영균[1], Bandar AlMangour[2], 이기안[1]

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

분말2-4 | 11:10

Mechanical milling법으로 제조된 리튬이차전지용 Silicon-Carbon 복합음극소재

주신용[1], 최우정[1], 이기선[1]

[1]공주대학교 신소재공학과.

Break time | 11:25

좌장 : 채홍준 (고등기술연구원)

분말3-1 | 14:00

전기접점소재용 Cu-Ta 복합체의 액-고상 소결 방식에 따른 물성 비교

주원[1], 최상훈[1], 심재진[1], 유지원[1], 임경묵[1], 김영도[2], 박경태[1]

[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]한양대학교 신소재공학부.

분말3-2 | 14:15

BiSbTe 열전 소결체의 높이 변화에 따른 미세조직 및 특성평가

한진구[1], 이철희[1], 정광용[1], 윤석민[1], 이갑호[2], 구자명[1], 홍순직[1]

[1]공주대학교 신소재공학부. [2]충남대학교 신소재공학과.

분말3-3 | 14:30

기계적 탄화공정을 통한 산화물 분산형 Ni-TiO_2 복합분말의 SPS 소결 특성 및 기계적 성질

김창재[1], 윤정모[2], 박제신[2]

[1]전북대학교 대학원. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

분말3-4 | 14:45 – 발표취소(Cancel)

PMMA 스페이스 홀더(Space holder)를 이용한 중~저 기공률의 폐기공 다공성 스테인리스강 제조 및 압축특성에 미치는 PMMA의 영향

이택선[1], 조의제[1], 박용호[1]

[1]부산대학교 재료공학과.

Break time | 15:00

좌장 : 박경태 (한국생산기술연구원)

분말4-1 | 15:15

Wave Absorption Property Analysis of $Ni_{0.3}Zn_{0.3}Cu_{0.4}Fe_2O_4$ Nanopowder Fabricated by Sol-Gel Process

Suwon Yang[1], Jeong-gon Kim[1]

[1]Incheon National University.

분말4-2 | 15:30

급속응고법으로 제조된 Bi_2Te_3-Sb_2Te_3 합금분말의 특성 변화가 열전 특성에 미치는 효과

정광용[1], 신동원[1], 한진구[1], 조성재[1], 유현정[1], 이갑호[2], 구경완[3], 홍순직[1]
[1]공주대학교 신소재공학부. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]호서대학교 자동차 ICT학과.

분말4-3 | 15:45

기계적 질화공정을 이용한 금속바인더 Co를 포함하는 TiO_2 소결체 제조
임승균[1], 박일송[2], 박제신[2]
[1]전북대학교 일반대학원 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

분말4-4 | 16:00

Gd-Si-Ge-(Mn, Sn) 합금 분말의 미세조직 및 자기열량 특성에 미치는 밀링 시간의 영향
서동선[1], 임종화[1], 송다혜[1], 이진규[1]
[1]공주대학교 신소재공학과.

분말4-5 | 16:15

Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Connecting Rod Prepared by Powder Forging
김영무[1], 송영범[1], 이성호[1], 권영삼[2]
[1]국방과학연구소. [2]㈜쎄타텍.

상변태

위원장 : 최병학 (강릉원주대학교)
총무간사 : 정우상 (한국과학기술연구원)
Room 320B, 10월 25일

좌장 : 강전연 (재료연구소)

상변태1-1 | 09:00

Mo-Si-B 초내열 합금의 내산화성의 향상을 위한 Si 및 Al 확산의 코팅의 속도론 고찰
최광수[1], 백경호[2], 이성[3], 박준식[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.

상변태1-2 | 09:15

Electron Irradiation Effect on the Behavior of Au Nanoparticles Between Insulating and Conducting Substrate
김근수[1], 박종환[1], 김다슬[1], 장길수[1], 황농문[1]
[1]서울대학교.

상변태1-3 | 09:30

열 소성 성형을 위한 우수한 열적 특성을 가지는 Zr계 신합금 개발
김경준[1], 류욱하[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태1-4 | 09:45

액상 금속 탈성분 공정을 통한 생체적합성 다공성 Co-Cr 합금의 제조
윤국노[1], 이현[1], 김현이[1], 박은수[1], H.Kato[2]
[1]서울대학교. [2]Tohoku university.

상변태1-5 | 10:00

CrFeCoNiCu계 고엔트로피 합금의 주조조직, 가공조직 연구
오승민[1], 홍순익[1], 송재숙[2]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [2]충남대학교 나노공학연구소.

Break time | 10:15

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

상변태2-1 | 10:25

Nano-scale Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Equiatomic AlCoCrNi High-Entropy Alloy
JUMAEV ELYORJON[1], PARK HYO JIN[1], PARK HAE JIN[1], KIM YOUNG SEOK[1], KIM KI BUEM[1,*]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

상변태2-2 | 10:40

초고온 내열 Non-equiatomic 하이엔트로피 신합금 개발
김상준[1], 오현석[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태2-3 | 10:55

Tuning the Charateristics Via Manipulating Icosahedral Order and Packing Density in Ti-Zr-Ni(-Be) Metallic Glasses
유근희[1], 류채우[1], 이정수[1], 박은수[1], Jia-Lun Gu[2], Ke-Fu Yao[2]
[1]서울대학교 재료공학부. [2]Tsinghua University

상변태2-4 | 11:10

Investigation of Structure-property Relationship in Equiatomic Multicomponent Metallic Glasses
Jung Soo Lee[1], Hyun Seok Oh[1], Wan Kim[1], Jin Yeon Kim[1], Eun Soo Park[1], J.L. Gu[2], K.F. Yao[2], B.S. Murty[3]
[1]Seoul National University. [2]Tsinghua University. [3]Indian Institute of Technology Madras.

상변태2-5 | 11:25

니켈-전이금속 이원계 비정질 합금의 구조-특성간 상관관계의 이해
안혜상[1], 오현석[1], 류채우[1], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

상변태2-6 | 11:40

동적, 외적 극한환경 하에서 하이엔트로피 합금의 자발 상 안정화 고찰
오현석[1], 김진연[1], 류채우[1], 박은수[1], Koichi Tsuchiya[2], Andreas Meyer[3], Zhiming Li[4], Dierk Raabe[4]
[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]National Institute for Materials Science. [3]Deutsches Zentrum fuer Luft-und Raumfahrt. [4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

Break time | 11:55

좌장 : 정우상 (한국과학기술연구원)

상변태3-1 | 13:00

기계적 합금화 및 방전 플라즈마 소결에 의해 제조된 Ta-Nb-V-W-Ti 하이엔트로피 합금의 미세조직 및 특성
임종화[1], 이진규[1], 서동선[1], 김상준[2], 박은수[2]
[1]공주대학교 신소재공학과. [2]서울대학교 재료공학부.

상변태3-2 | 13:15

Influence of Spherical Particles and Interfacial Stress Distribution on Viscous Flow Behavior of Ti-Cu-Ni-Zr-Sn Bulk Metallic Glass Composites
Sung Hwan Hong[1], Young Seok Kim[1], Ki Buem Kim[1]
[1]Sejong University.

상변태3-3 | 13:30

FeNi계 비정질합금의 열처리 온도에 따른 미세구조연구

황지용[1], 이승훈[1]

[1]경북대학교 신소재공학부 금속신소재공학.

상변태3-4 | 13:45

열 에너지를 응용한 TEM 에서의 InAs 나노 와이어 전자빔 가공에 관한 연구

최수지[1], 김영현[2], 이승훈[1]

[1]경북대학교 공과대학. [2]한국표준과학연구원.

상변태3-5 | 14:00

Alloy 690에서 이용한 단범위 규칙화 거동에 미치는 상온 변형의 효과

김성수[1], 임상엽[1], 김주학[1], 정종엽[1], 김영석[1]

[1]한국원자력연구원.

상변태3-6 | 14:15

이상조직스테인리스강의 집합조직과 마르텐사이트 변태 및 인장 거동

강전연[1], 김호영[2], 이태호[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]주식회사 센트랄.

Break time | 14:30

상변태 현상의 기계적/기능적 특성분야 적용

위원장 : 최병학 (강릉원주대학교)
실무위원 : 정우상 (한국과학기술연구원)
Room 320B, 10월 25일

좌장 : 정우상 (한국과학기술연구원)

상변태적용1-1 | 14:40 초청강연

상변태가 입내 또는 입계취성과 균열에 미치는 영향

최병학[1], 장현수[1]

[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과.

상변태적용1-2 | 15:10 초청강연

Extended Hall-Petch Relationships for Yield, Cleavage and Intergranular Fracture Strengths of Bcc Steel and Its Deformation and Fracture Behaviors

Nam-Hoe Huh[1], Yoon-Uk Heo[2], Se Kyun Kwon[1], Sung-Joon Kim[2], Nack Joon Kim[1], Hu-chul Lee[2]

[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. [2]POSTECH.

상변태적용1-3 | 15:50 초청강연

Mn분배를 통한 상변태 거동 제어와 DP강 에서의 변형거동

허윤욱[1]

[1]포항공대 철강대학원.

상변태적용1-4 | 16:30 초청강연

재료 상변태 구동력

김영석[1], 김성수[1]

[1]한국원자력연구원.

상변태적용1-5 | 17:10 초청강연

Grain Boundary Segregation Effects on Nanofeatures and Mechanical Properties of Oxide-dispersion Strengthened Steels

Jae-Bok Seol[1], Daniel Haley[2], D.T. Hoelzer[3], Jeoung Han Kim[4]

[1]National Institute for Nanomaterials Technology, POSTECH. [2]Department of Materials, University of Oxford, UK. [3]Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA. [4]Department of Advanced Materials Engineering, Hanbat National University.

상변태적용1-6 | 17:50 초청강연

High strength Nb-bearing medium Mn steel for warm stamping

Young-Kook Lee[1]

[1]Yonsei University.

제13회 중성자 및 방사광 X선 심포지엄

위원장 : 성백석 (한국원자력연구원)
실무위원 : 우완측 (한국원자력연구원)
Room 321A, 10월 25일

좌장 : Woo Wanchuck (KAERI)

중성자1-1 | 09:00

Status and Perspective of Neutron Beam Facilities at HANARO

Baek-Seok Seong*, Ji Myung Ryu, Jong Yul Kim, J. M. Sungil Park, Sang Jin Cho and Chang Lee Lee

Neutron Science Centre, HANARO, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자1-2 | 09:20

Probabilistic Modeling for Stress Corrosion Cracking and Statistial Analysis on Modeling Uncertainty

Jae Phil Park and Chi Bum Bahn*

Pusan National University.

중성자1-3 | 09:50

Investigation of Corrosion of Zirconium alloy with Synchrotron X-ray Surface Analysis

Taeho Kim, Seunghyun Kim, Yunju Lee, and Ji Hyun Kim*

School of Mechanical, Aerospace and Nuclear Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).

Break time | 10:20

좌장 : Kim Taejoo (KAERI)

중성자2-1 | 10:30

The Planning of Compact Neutron Source Development with RFT-30 Cyclotron

Min-Goo Hur[1], Young-Bae Kong[1], Eun-Je Lee[1], Tae-Joo Kim[2], Seung-Dae Yang[1]

[1]Advanced radiation technology institute, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]HANARO Utilization Technology Development Division, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자2-2 | 11:00

A Study on Designing Analyzer Gratings for Neutron Grating Interferometers

Youngju Kim[1], Daeseung Kim[1], Jongyul Kim[2], Seung Wook Lee[1,*]
[1]School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Pusan, Republic of Korea. [2]Neutron Instrumentation Division, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자2-3 | 11:30

Use of X-ray Imaging for Phase Change Heat Transfer

Jin Man Kim[1], TaeJoo Kim[1], Dong In Yu[2], Ho Jae Kwak[3], Seungwoo Doh[4], Moo Hwan Kim[3,4]
[1]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Maritime Reactor Development Center, Korea Atomic Energy Research Institute. [3]Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology. [4]Division of Advanced Nuclear Engineering, Pohang University of Science and Technology.

Break time | 12:00

좌장 : Kim Dongkyu (KAERI)

중성자3-1 | 13:30 초청강연

In-situ Synchrotron X-ray Mapping to Examine Additive Manufacturing/3D Printing Metallic Biomimetic Pedicle Screw System

Pei-Yi Tsai[1,2], Chun-Chieh Wang[3], Nien-Ti Tsou[1], San-Yuan Chen[1], E-Wen Huang[1,3,*]
[1]National Chiao Tung University, Taiwan. [2]Industrial Technology Research Institute, Taiwan. [3]National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan.

중성자3-2 | 14:10

A Model to Predict the Relaxation of Weld Residual Stress by Cyclic Load: Experimental and Finite Element Modeling

Wenchun Jiang[1,*], Xue-fang Xie[1], Yun Luo[1], Wanchuck Woo[2]
[1]State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, College of Chemical Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao, PR China. [2]Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자3-3 | 14:40

Residual Stresses Reduction in a Low Temperature Martensite Phase Transformed Weld

H. Wang[1], W. Woo[2,*], D. K. Kim[2], V. Em[3], G.B. An[4], S.Y. Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University. [2]Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute. [3]Neutron Research Department, NRC Kurchatov Institute,1 Akademika Kurchatova pl., Moscow, Russia. [4]Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun university.

Break time | 15:00

좌장 : Shin Eunjoo (KAERI)

중성자4-1 | 15:20

A Study on the Micromechanical Deformation Behaviors in Multi-phase Materials Using Ex-situ Experiment and Crystal Plasticity Finite Element Method (CPFEM)

Shi-Hoon Choi[1,*], Eun-Young Kim[1], Dong-Kyu Kim[2], Wanchuck Woo[2], Baek-Seok Seong[2]
[1]Department of Printed Electronic Engineering, Sunchon National University. [2]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자4-2 | 15:50

Multiaxial Flow Stress Measurement Based on X-ray Diffraction and Uncertainty Estimation

Youngung Jeong
Changwon National University.

중성자4-3 | 16:20

Evaluation of Residual Stresses and Strains Using Diffraction and the Eigenstrain Reconstruction Method

Tea-Sung (Terry) Jun
Department of Mechanical Engineering, Incheon National University.

중성자4-4 | 16:50

In Situ Neutron Diffraction Study on Stress-strain Partitioning of Additive-manufactured AlSi10Mg Alloy

Dong-Kyu Kim[1], Wanchuck Woo[1], Yoon-Uk Heo[2], Shi-Hoon Choi[3]
[1]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [3]Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University.

용접 및 접합

위원장 : 박익민 (부산대학교)
총무간사 : 이영선 (재료연구소), 최윤석 (부산대학교)
Room 321B, 10월 25일

좌장 : 박영도 (동의대학교)

용접1-1 | 10:00

클래드 강관용 인코넬625 CRA liner의 PAW 용접부 건전성에 미치는 용접조건의 영향

안현준[1], 차태민[1], 김동욱[1], 김보미[2], 이유철[2]
[1](재)포항금속소재산업진흥원. [2]한국멕케이용접㈜.

용접1-2 | 10:15

A6061 판재의 TIG 용접 조건에 따른 조직변화와 피로특성

이도엽[1], 정성훈[1], 이목영[1]
[1](재)포항산업과학연구원.

용접1-3 | 10:30

Precipitation Behavior of the Sigma Phase with Variation of the Ni, Mn in the Superaustenitic Stainless Steel Weld Metal

이창민[1], 이영채[1], 이창희[1]
[1]한양대학교 신소재공학과.

용접1-4 | 10:45

Fe-Mn-Al-C 경량철강의 HAZ crack에 미치는 κ-carbide의 영향

김봉윤[1], 정성훈[1], 박성준[2], 문준오[2], 이창희[1]
[1]한양대학교 공대 신소재공학부 신소재하이브리드 프로세스연구실. [2]재료연구소.

용접1-5 | 11:00

전자기펄스 접합장치로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합 메커니즘 분석

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

[1]공주대학교 신소재공학부. [2]한국원자력연구원.

용접1-6 | 11:15

Microstructures of Low-C and Medium-C Steel Powders Additively deposited on Cast Iron Using Directed Energy Deposition (DED) Technique

Seul Bi Lee[1], Jae Hyun Yu[1], Gyeong-Yun Baek[2], Do-Sik Shim[3], Sang Hu Park[1], Yoon Suk Choi[1]

[1]Pusan National University. [2]Cheonnam National University. [3]Korea Maritime and Ocean University.

마찰마모

위원장 : 장호 (고려대학교)
총무간사 : 김성수 (만도중앙연구소), 김윤준 (인하대학교)
Room 321B, 10월 25일

좌장 : 조영래 (부산대학교)

마찰마모1-1 | 14:00

알루미늄 합금 압출재 (AA2024-T4)의 압출방향에 따른 기계적 특성 및 마모 거동 The Mechanical Properties and Wear Behavior of Extruded Aluminum alloy 2024-T4 according to Extrusion direction

박천명[1], 정제기[1], 유병철[1], 박용호[1]

[1]부산대학교 재료공학과.

마찰마모1-2 | 14:15

내마찰마모 첨가제 함량에 따른 Plastic Gear 소재의 마찰마모 특성 연구

염현식[1], 방상호[1], 김혜린[1], 이형민[1]

[1]현대첨단소재.

마찰마모1-3 | 14:30

Surface Zwitterionization of Cross-linked Polyethylene to Reduce Friction Coefficient in Aqueous Medium

서지훈[1], 임충만[1], 장호[1], 서지애[1]

[1]고려대학교.

마찰마모1-4 | 14:45

고무 입자의 크기가 브레이크용 마찰재의 마찰 및 마모 특성에 미치는 영향

장연하[1], 김도현[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

Break time | 15:00

좌장 : 이한영 (계명대학교)

마찰마모2-1 | 15:15

브레이크 마찰재의 고평부 분포와 마찰 불안정성간의 상관 관계

주병수[1], 이상목[1], 권재현[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰마모2-2 | 15:30

제동 소음 전이과정에서 접촉 고평부의 역할 분석

김진우[1], 장호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.

마찰마모2-3 | 15:45

저주파, 고주파 스퀼 발생의 연구

전제성[1], 황석훈[1], 김정훈[1], 정용진[1], 이성주[1], 김신욱[1]

[1]KB오토시스.

마찰마모2-4 | 16:00

마찰재 감쇠특성과 압축변형량이 스퀼 소음에 미치는 영향에 관한 연구

이정주[1], 조상운[1], 전태형[1], 장진성[1]

[1]상신브레이크㈜.

마찰마모2-5 | 16:15

고온다습 환경에서 마찰계수 영향성 연구

박수열[1], 변규범[1], 박홍규[1]

[1]새론오토모티브.

마찰마모2-6 | 16:30

피스톤 스커트 표면 조도에 따른 마찰마모 특성 연구

김율구[1], 신희섭[1], 이재영[1]

[1]현대자동차 연구개발본부.

마찰마모2-7 | 16:45

원자침단층촬영법을 활용한 윤활막 분석

Yoon-Jun Kim[1], Ali Erdermir[2], David Seidman[3]

[1]Inha University. [2]Argonne National Laboratory. [3]Northwestern University.

타이타늄 심포지엄

위원장 : 이종수 (포항공과대학교)
실무위원 : 염종택 (재료연구소)
Room 322, 10월 25일

좌장 : 이종수 (포항공과대학교)

타이타늄1-1 | 09:00 초청강연

한국의 타이타늄 산업 발전 과정과 미래 전망

이용태[1]

[1]경남대학교.

타이타늄1-2 | 09:25

Ti-6Al-4V합금의 온간성형기술 및 적용사례

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

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄1-3 | 09:40

마찰용접을 이용한 TiAl 합금과 SCM440의 접합에서 삽입금속의 종류와 공정 조건이 접합계면에 미치는 영향

박종문[1], 김재권[1], 김기영[1], 김경균[2], Kazuhiro ITO[3], 오명훈[1]

[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2]A.F.W㈜. [3]Joining and Welding Research Institute Osaka University.

Break time | 09:55

좌장 : 현용택 (재료연구소)

타이타늄2-1 | 10:00

Ti-6Al-4V 타이타늄 합금 초기 미세조직에 따른 열간 가공성 변화

이현석[1], 최미선[1], 정기조[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

타이타늄2-2 | 10:15

Ti-6Al-4V 합금의 팩압연 공정조건에 따른 압연성 조사

최미선[1], 이현석[1], 정기조[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

타이타늄2-3 | 10:30

기계적성질이 우수한 Transformation-induced plasticity Ti-Al-Fe-Si alloy

이상원[1], 변율[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄2-4 | 10:45

Investigation of Local Strain Rate Sensitivity in Dual-phase Titanium Alloys by Nanoindentation

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

좌장 : 강정신 (한국지질자원연구원 & UST)

타이타늄3-1 | 11:05

EBM additive manufacturing 공정으로 제조된 타이타늄합금의 동적피로파괴특성

이동근[1], 최영신[1], 황유진[1], 김건희[2], 김휘준[2], 이창우[2]
[1]순천대학교. [2]한국생산기술연구원.

타이타늄3-2 | 11:20

환원제의 상이 일메나이트 염화반응 효율에 미치는 영향에 대한 연구

김진영[1], 이미선[1], 정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

타이타늄3-3 | 11:35

염화철폐기물 및 타이타늄 스크랩을 활용한 일메나이트로부터 고품위 산화타이타늄 제조법

강정신[1], 문경혜[2], 김민석[1]
[1]한국지질자원연구원 & UST. [2]한국지질자원연구원.

타이타늄3-4 | 11:50

유동층 반응기에서 일메나이트광 염화반응의 유동 현상 관찰 및 $TiCl_4$ 제조

이미선[1], 김진영[1], 정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

좌장 : 박찬희 (재료연구소)

타이타늄4-1 | 13:30

Ti-Nb-Ta-Hf계 Gum metal의 미세조직 및 기계적 특성

오정목[1], 강주희[1], 염종택[1], 이상원[1], 강남현[2], 박찬희[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교 재료공학과.

타이타늄4-2 | 13:45

(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 미세구조 및 가공성 조사

김성철[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

타이타늄4-3 | 14:00

Ti-Al-Fe-Si 합금에서 β 상의 크기가 마르텐사이트 변태온도가 미치는 영향

변율[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 강남현[2], 이상원[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 타이타늄연구실. [2]부산대학교 재료공학과.

타이타늄4-4 | 14:15

Microstructure and Mechanical Properties of Highly Porous TiNi-based Alloys Made of Rapidly Solidified Metal Fibers

LI SHUANGLEI[1], Yeon-wook Kim[2], Tae-hyun Nam[1]
[1]Gyeongsang National University. [2]Keimyung University.

타이타늄4-5 | 14:30

Effect of Subgrain Structure on Superplasticity of Ultrafine-grained Ti-6Al-4V

김대환[1], 홍재근[2], 이종수[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]재료연구소.

Break time | 14:45

좌장 : 이동근 (국립순천대학교)

타이타늄5-1 | 14:50

Analysis of Microstructural Changes and Mechanical Properties on Heat Treatment in Ti-5Al-2.5Fe Alloys

박경령[1], 정대원[1], 박현순[2], 현용택[3]
[1]동아대학교 금속공학과. [2]인하대학교 금속공학과. [3]재료연구소 타이타늄연구실.

타이타늄5-2 | 15:05

Ti-10V-2Fe-3Al 베타 타이타늄 합금의 결정립 크기에 따른 기계적 특성 변화 (Hall-Petch 관계 및 상변태 거동)

최민구[1], Muhammad Iman Utama[2], 백응률[1], 박노근[1]
[1]영남대학교 공과대학 신소재공학부. [2]영남대학교 공과대학 첨단뿌리산업공학과.

타이타늄5-3 | 15:20

Formation of Utltra-fine Grained Microsturcuture of Commercially Pure Titanium Produced by Cryogenic Rolling at 177 K

Choi Seong-Woo[1], Yeom Jong Taek[2], Chan Hee Park[2], Lee Sang won[2], Won Jong Woo[2], Choi Yoon Suk[1], Jae Keun Hong[2]
[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Materials Science.

타이타늄5-4 | 15:35

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

Lie Ling[1], Sung-Hun Park[1], So-Yeong Lee[1], Ho-Sang Sohn[1]
[1]Kyungpook National University.

타이타늄5-5 | 15:50

The Kinetics on Selective Chlorination of Iron from Ilmenite Ore by $CO-Cl_2$ Mixtures

Sung-Hun Park[1], Lie Ling[1], So-Yeong Lee[1], Ho-Sang Sohn[1]
[1]School of Materials Science and Engineering, Kyungpook National University.

Break time | 16:05

좌장 : 오명훈 (금오공과대학교)

타이타늄6-1 | 16:10 초청강연

Unique Plastic Deformation Behavior and Fabrication by Additive manufacturing of Beta-type Ti alloys

Takayoshi Nakano[1], Koji Hagihara[1], Takuya Ishimoto[1]

[1]Osaka University.

타이타늄6-2 | 16:35

발전 플랜트의 Ti합금 적용 현황 및 전망

송영석[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원.

타이타늄6-3 | 16:45

덴탈 임플란트를 위한 타이타늄 소재의 트렌드와 연구 방향

양동준[1]

[1]㈜메가젠임플란트.

Break time | 16:55

좌장 : 염종택 (재료연구소)

타이타늄7-1 | 17:00

Titanium Alloys for Stent Application

박준규[1], In-Ho Bae[2], Ju Han Kim[2]

[1]CGbio Co. Ltd. [2]Chonnam National University Hospital.

타이타늄7-2 | 17:10

저비용 고청정 타이타늄 소재 생산을 위한 기술개발현황

최재영[1]

[1]㈜한국진공야금.

타이타늄7-3 | 17:20

타이타늄 합금 재활용

노윤경[1], 서정화[1]

[1]㈜동아특수금속.

타이타늄7-4 | 17:30

진공아크용해법을 이용한 타이타늄 잉곳 및 중간재 제조

임광혁[1], 권혁주[1], 이용범[1], 박현진[1]

[1]㈜한스코.

타이타늄7-5 | 17:40

금속 적층 가공 사업 개요 및 타이타늄 부품 적용 사례 소개

김명세[1]

[1]KAMI.

철강 I

위원장 : 최주 (POSCO)
총무간사 : 최종교 (POSCO)
Room 323, 10월 25일

좌장 : 이재상 (포항공과대학교)

철강7-1 | 09:00

DWTT 품질분포 모델링과 불량률 예측

이창선[1], 배진호[1], 류성룡[1]

[1]㈜포스코 기술연구원.

철강7-2 | 09:25

ESSO 시험에서의 2차 크랙 발생에 따른 결과 판정방법

황성두[1], 서용찬[1]

[1]현대제철 기술연구소.

철강7-3 | 09:40

1050도 대응 오스테나이트계 내열 주강의 미세조직과 고온강도에 미치는 Cr 감소 효과

유지성[1], 최원미[1], 손석수[1], 이병주[1], 오용준[2], 김기용[3], 이성학[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]계양정밀.

철강7-4 | 09:55

비열처리형 유정관의 붕괴강도에 미치는 잔류응력의 영향 연구

심현보[1], 한성경[1], 권태우[1]

[1]현대제철.

철강7-5 | 10:10

불활성 개스 분위기에서 순철의 미끄럼 마멸 중 형성되는 고경도 표면 변형층과 변형층 내에서의 균열 전파

구본우[1], 권혁우[1], 김영규[1], 김용석[1,*]

[1]국민대학교 신소재공학부 재료강도변형실험실.

철강7-6 | 10:25

열처리 강재의 재질에 미치는 제조법의 영향

조영주[1], 황성두[1], 서용찬[1]

[1]현대제철 기술연구소.

좌장 : 이석재 (전북대학교)

AW-7 | 10:40 철재상 수상기념 강연

TRIP형 Lean Duplex 스테인레스강 개발

최점용[1]

[1]POSCO 기술연구원 STS연구그룹

철강8-1 | 11:05

Deformation Twinning Mechanisms in TWIP Steel

김진경[1], 권민혁[1], Bruno C. De Cooman[1]

[1]포항공과대학교.

철강8-2 | 11:20

Investigation of Mechanical Properties of Automotive Steel After Hot Stamping Process

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

[1]Hyundai steel R&D center.

철강8-3 | 11:35

Effect of Mn-segregation on Tensile Properties of Austenitic High Strength Steel

조민철[1], 이형수[1], Alireza Zargaran[2], 류주현[3], 손석수[4], 김낙준[2], 이성학[1]

[1]포항공과대학교. [2]포항공대 철강대학원. [3]POSCO. [4]Max-Planck- Institut für Eisenforschung.

철강8-4 | 11:50

잔류 오스테나이트 변형 거동이 고려된 차세대 강재의 물성 예측

김동완[1], 한흥남[2], 박시욱[2], 서인식[1], 서석종[1]

[1]포스코 기술연구원. [2]서울대학교 재료공학부.

철강8-5 | 12:05

고탄소강의 고온산화특성에 미치는 열간압연 조건 및 냉각 속도에 관한 연구

나만호[1], 장진영[1], 장승봉[1], 이수민[1], 권태우[1], 송혁진[1], 조상구[1], 강태구[2], 김지훈[2]

[1]현대제철 연구개발본부. [2]동국산업 포항공장.

좌장 : 황병철 (서울과학기술대학교)

AW-2 | 13:30 석천학술상 수상기념강연

Prediction of Mechanical Behavior and Microstructure in Steel – Focused on Transformation induced Plasticity

Heung Nam Han[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

철강9-1 | 13:55

First Principles Study on the Embrittlement of Fe-Si Alloys

최영원[1], 구양모[1], 권세균[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강9-2 | 14:10

Influence of Interfacial Characters of V Carbide on Hydrogen Embrittlement in Iron and Steels; A Molecular Dynamics Simulation

정승필[1], 이병주[1]

[1]포항공과대학교.

철강9-3 | 14:25

Effect of Lamellar Spacing on Hydrogen Embrittlement of Pearlitic Steel

유상현[1], 이재승[2], 배철민[2], 이영국[1]

[1]연세대학교. [2]POSCO.

철강9-4 | 14:40

탄화물 형성 원소 첨가에 따른 템퍼드 마르텐사이트 조직강의 수소취성 거동 변화

서현주[1], 권영진[1], 이준모[2], 김관호[2], 배철민[2], 이종수[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포스코 기술연구원.

철강9-5 | 14:55

Zn-Al 도금이 TWIP강의 수소취성현상에 미치는 영향

권혁준[1], 이영국[1]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

Break time | 15:10

좌장 : 서동우 (포항공과대학교)

철강11-1 | 15:15

구성방정식과 공정변형 지도를 통한 AISI 4340의 고온 변형 해석

김근학[1], 정민수[2], 이석재[1]

[1]전북대학교 공대 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 열처리연구그룹.

철강11-2 | 15:30

고질소 고망간 오스테나이트 스테인리스 강의 고온인장 및 파단 분석

이병주[1]

[1]충남대학교 공대 금속공학과 에너지기능재료실험실.

철강11-3 | 15:45

Microstructure Control to Improve Creep Strength of Alumina-forming Austenitic Heat-resistant Steel by Pre-strain

장민호[1], 강전연[2], 장재훈[1], 이태호[2], 이창희[1]

[1]Hanyang university. [2]Korea institute of materials science.

철강11-4 | 16:00

BN개재물 형성을 통한 금형강 가공성 향상 고찰

이운재[1], 이석재[1]

[1]전북대학교 공대 금속공학과.

철강11-5 | 16:15

Electric Field Effect on Microstructure and Ni Diffusion of Fe Alloy Prepared by Spark Plasma Sintering

유진수[1], 김형호[1], 홍성현[1]

[1]서울대학교.

철강11-6 | 16:30

보론강의 미세조직 및 용접특성에 미치는 고주파 유도 가열을 이용한 연화 열처리의 영향

김안나[1], 임항준[1], 심우정[2]

[1]한국산업기술대학교. [2]㈜새한산업.

철강11-7 | 16:45

Study on the Electroplasticity Phenomena for TRIP-aided Steel

Hye-Jin Jeong[1], Ju-Won Park[1], Sung-Woo Jin[1], Kyeong Jae Jeong[1], Moon-Jo Kim[2], Moon-Jin Kang[2], Heung Nam Han[1]

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

철강 II

위원장 : 최주 (POSCO)
총무간사 : 최종교 (POSCO)
Room 324A, 10월 25일

좌장 : 이준호 (고려대학교)

철강1-1 | 09:00

소결 조건 하 미분광 브리켓의 소성 특성 연구

김강민[1], 배종호[1], 한정환[1]

[1]인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.

철강1-2 | 09:15

산화물계에서의 열전도도와 주요 결정 인자

김영재[1], Kazuki Morita[2]

[1]한국지질자원연구원. [2]The University of Tokyo.

철강1-3 | 09:30

Al-Ti Deoxidation Equilibria in High Cr Steel Melts

장정목[1], 김도형[1], 도경효[1], 박종진[1]

[1]한양대학교 재료공학과.

철강1-4 | 09:45

Improvement of Steel Cleanliness by Impact pad in Boat-type Tundish

Tae-In Chung[1], Sang-Woo Han[1]

[1]POSCO Technical Research Laboratories Steelmaking Research Group.

철강1-5 | 10:00

Foaming Index of the Molten Slags

박영주[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

철강1-6 | 10:15

슬래그 활용 고온필터 소재 제조기술 개발

정은진[1], 김용중[1]

[1](재)포항산업과학연구원.

좌장 : 강윤배 (포항공과대학교)

철강2-1 | 10:30

고로 출선비에 따른 연화융착대 형상변화에 대한 전산해석적 연구

이동조[1]

[1]㈜포스코.

철강2-2 | 10:45

용융산화철 대한 SiO 가스 용해 반응 속도론

오준석[1], 이준호[1]

[1]고려대학교 신소재공학과.

철강2-3 | 11:00

Electrochemical Method for Controlling Slag-metal Reaction in Molten $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ system

SANGHOON LEE[1], DONGJOON MIN[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

철강2-4 | 11:15

$MnO-BaO-SiO_2-CaF_2$ 슬래그의 점성거동에 미치는 CaF_2의 영향

김태성[1], 박주현[1]

[1]한양대학교.

철강2-5 | 11:30

X-Ray 형광 투시법 관찰을 통한 수치해석에 사용되는 액상 Fe-C 와 Fe-C-S 내 버블의 항력 계수 교정

박인범[1], 김상준[2], 강윤배[3]

[1]POSCO. [2]㈜PIBEX. [3]POSTECH GIFT.

철강2-6 | 11:45

Effect of additional Al on Nozzle Clogging for Ti-bearing Al-killed Ultra Low Carbon Steel in Continuous Casting

Joo-Hyeok Lee[1], Sung-Kwang Kim[2], Myong-Hoon Kang[3], Youn-Bae Kang[1]

[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Gwanyang works, POSCO. [3]Technical Research Laboratories, POSCO.

좌장 : 조중욱 (포항공과대학교)

철강3-1 | 13:30

소결기 폭방향 연속식 유량측정을 통한 소성 회수율 향상 기술

박종력[1], 김성완[1]

[1]포스코 기술연구원.

철강3-2 | 13:45

스테인리스강의 탈린을 위한 용강-슬래그 반응에 관한 열역학적 고찰

강진규[1], 김태성[1], 서명덕[2], 김동수[2], 박주현[1]

[1]한양대학교. [2]두산중공업.

철강3-3 | 14:00

Investigation on S Transfer between Liquid Iron and $CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO$ Slag under Electricity

Dong-Hyun Kim[1], Wook Kim[2], Youn-Bae Kang[1]

[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.

철강3-4 | 14:15

Development of Vacuum Tank Degasser Process Simulation Model

Min-Kyu Paek[1], In-Ho Jung[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.

철강3-5 | 14:30

Effect of Additives on MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Point in High Alumina-bearing Slag System

윤철민[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

철강3-6 | 14:45

Study on the Occurrence of Transverse Edge Crack of Low C Steel in Compact Endless Cast and Rolling

Kang Hyun Choi[1], Jae Ik Yoon[2], Jaimyun Jung[2], Sang Hyeon Lee[1], Sung Yeon Kim[1], Jae Sook Chung[1], Kyo Sun Park[1], Jae Sang Lee[2], Hyoung Seop Kim[2]

[1]POSCO. [2]POSTECH.

좌장 : 강영조 (동아대학교)

철강5-1 | 15:00

고로 스테이브 내화물 중 SiC 및 Si_3N_4의 알칼리 침식 거동

김주훈[1], 한정환[1], 이경욱[1]

[1]인하대학교 공대 신소재공학과.

철강5-2 | 15:15

Rietveld법을 이용한 소결광 내 결정상 분석

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

[1]고려대학교.

철강5-3 | 15:30

Fundamentals on the Formation Mechanism of Ca_2SiO_4 and CaS Layer at the Interface of Solid Lime and Molten Pig Iron

이성희[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

철강5-4 | 15:45

Hot Thermocouple(HT) 기술을 이용하여 전기로 슬래그 냉각 거동 연구

김예림[1], 유채연[1], 정용석[1]

[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

철강5-5 | 16:00

래들 슬래그 중 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰

한진성[1], 강진규[1], 신재홍[1], 박주현[1]

[1]한양대학교.

철강5-6 | 16:15 – 발표취소(Cancel)

전단박화능 향상을 위한 카본 첨가 몰드플럭스의 유변학적 고찰 및 구조 분석

정영찬[1], 신승호[2], 조중욱[3], 김선효[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 항공재료연구센터. [3]포항공과대학교 철강대학원.

좌장 : 정은진 (포항산업과학연구원)

철강6-1 | 16:30

Aluminium / Carbon 복합 환원제를 이용한 철 회수 기술 개발

유준수[1], 정용석[1]

[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

철강6-2 | 16:45

A Reduction Behavior of $FeCl_2$ Using Carbonate and Carbon at High Temperature

신상균[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

철강6-3 | 17:00

Cu 함유 다원계 슬래그와 용융 황화물간의 Cu 농도 변화에 대한 반응 속도 모델의 응용

신승환[1], 김선중[2]

[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

철강6-4 | 17:15

The Effect of Cations on the Sulfide Capacity in $CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2$ Quaternary Slags

최준성[1], 박영주[1], 이성희[1], 민동준[1]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

철강6-5 | 17:30

FCC 단일상을 갖는 FeCrMnNiCo 합금 내 비금속 개재물의 특성 평가

최누리[1], 임가람[2], 박상협[2], 나영상[2], 박주현[1]

[1]한양대학교. [2]재료연구소.

철강6-6 | 17:45

Interaction Between Si and Mn in Solid γ-Fe at 1473K

Su Jin Lee[1], Seil Lee[2], Youngjo Kang[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Dong-A University. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.

제8회 차세대발전소재 및 초내열합금 심포지엄

위원장 : 정우상 (한국과학기술연구원), 유영수 (재료연구소)
실무위원 : 심재혁 (한국과학기술연구원), 윤대원 (재료연구소)
Room 324B, 10월 25일

좌장 : 석진익 (두산중공업)

발전소재1-1 | 10:00

항공기 터빈 디스크용 Ni기 초내열 합금에 관한 전산 합금설계 기법 개발

김영광[1], 김동훈[2], 김홍규[2], 윤은유[3], 이영선[3], 이병주[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]재료연구소.

발전소재1-2 | 10:15 초청강연

IN738LC 합금의 3D 프린팅 미세조직 및 결함

서성문[1], 최중호[1], 윤재철[1], 김수현[1], 홍재근[1], 김승언[1], 박경미[1], 정희원[1], 윤대원[1], 유영수[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

AW-5 | 10:40 청웅상 수상기념강연

A Novel Microstructure Design by Multi-strengthening of High-temperature Materials

홍현욱[1], 이지원[1], 나선형[2], 설재복[2], 장재훈[3], 이태호[3]

[1]창원대. [2]포항공대. [3]재료연구소.

발전소재1-3 | 11:05

니켈기 초내열합금에서 탄화물의 생성과 기계적 특성에 미치는 W과 Mo의 영향

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

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

발전소재1-4 | 11:20 초청강연

Design of Bulk Nanocrystalline Alloys Via Nano-phase Separation Sintering

박만수[1]

[1]한국과학기술연구원(KIST).

좌장 : 홍현욱 (창원대학교)

발전소재2-1 | 13:30

본드 코팅 조성이 단결정 초내열합금의 2차 반응 층 구성 상 및 성장 거동에 미치는 영향

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

[1]재료연구소(KIMS).

발전소재2-2 | 13:45 초청강연

Oxidation Behavior of Modified Ni-base Alloys in a High Temperature Steam Environment

김성환[1], 장창희[1], 김채원[1]

[1]한국과학기술원(KAIST).

발전소재2-3 | 14:10

The role of Titanium for Ni-base Superalloys During Plastic Deformation at Intermediate Temperature

김영광[1], 김동훈[2], 김홍규[2], 윤은유[3], 이영선[3], 이병주[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]재료연구소.

발전소재2-4 | 14:25 초청강연

화력발전소 신재생에너지 활용에 따른 회분 성상 및 보일러튜브 부식 특성 연구

최석천[1]

[1]한국생산기술연구원.

발전소재2-5 | 14:50

승온 및 냉각 속도에 따른 단결정 CMSX-4 합금의 열기계적피로 특성 분석

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

[1]한국기계연구원 재료연구소 신금속재료연구부.

Break time | 15:05

좌장 : 정중은 (재료연구소)

발전소재3-1 | 15:15 초청강연

설계자와 내열강 개발(Designer and Heat Resistance Steel)

석진익[1]

[1]두산중공업㈜.

발전소재3-2 | 15:40 초청강연

고온용 하이엔트로피 합금 개발 동향 및 전망

류호진[1], 홍순형[1], 이준호[1], 강병철[1]

[1]한국과학기술원.

발전소재3-3 | 16:05

발전설비 보일러 튜브용 A691 소재의 기계적 물성변화에 따른 잔여수명예측

김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

발전소재3-4 | 16:20

강도-연신 동시 증가 가능 내화금속계 고엔트로피 합금 개발

김일환[1], 오현석[1], 박은수[1,*]

[1]서울대학교 재료공학부.

재료강도

위원장 : 공병욱 (두산중공업)
총무간사 : 홍현욱 (창원대)
Room 325A, 10월 25일

좌장 : 이석재 (전북대학교)

재료강도1-1 | 09:00

어닐링 온도에 따른 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 기계적 특성의 차이

강유빈[1], 고준영[1], 이갑호[1], 홍순익[1]

[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.

재료강도1-2 | 09:15

특이 환경에서 하이엔트로피 합금이 나타내는 소성 거동 분석

김우진[1], 이동현[1], 양광휘[1], 서진유[2], 장재일[1]

[1]한양대학교. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

재료강도1-3 | 09:30

Efffect of carbon in CoCrFeMnNi-C high entropy alloys

고준영[1], 송재숙[1], 홍순익[1]

[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.

재료강도1-4 | 09:45

AZ91D 합금의 연신율 및 파괴 특성에 미치는 Mg17Al12상 석출거동의 영향

유기태[1], 김재연[1], 변재원[*1]

[1]서울과학기술대학교.

재료강도1-5 | 10:00

핵융합로용 RAFM강에서 Ti 및 Ta 첨가에 따른 미세조직 및 열화 거동 특성 고찰(Microstructure stability and degradation behavior of RAFM steels with Ti and Ta addition)

김한규[1], 이지원[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱[1]

[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실.

재료강도1-6 | 10:15

9Cr-1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직에 미치는 열처리의 영향

장기남[1], 김규태[2], 노상훈[1], 강석훈[1], 김가언[1], 김태규[1]

[1]한국원자력연구원. [2]동국대학교.

좌장 : 한정호 (충남대학교)

재료강도2-1 | 10:30

Nano grain TWIP 강을 이용한 deformation twinning 현상의 size effect 분석

김성훈[1], 김홍규[2], 안재평[2], 이재철[1]

[1]고려대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

재료강도2-2 | 10:45

Effect of Microstructure on Fire and Seismic Resistant properties of Mo, Ti and Nb addition

김준연[1], 이창훈[2], 문준오[2], 홍현욱[1]

[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.

재료강도2-3 | 11:00

나노포러스 금의 강도에 미치는 리가먼트 크기 효과

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

[1]UNIST 신소재공학부.

재료강도2-4 | 11:15

나노트윈 구조를 가지는 고강도 나노포러스 금의 제조

곽은지[1], 전한솔[1], 송은지[1], 강나리[1], 남호석[2], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부. [2]국민대학교 신소재공학부.

재료강도2-5 | 11:30

투명 스트레처블 봉지재료용 비정질 알루미나 다층박막의 기계적 특성

우정현[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

재료강도2-6 | 11:45

유연소자용 금속 박막의 봉지 특성 및 기계적 물성 평가

박선영[1], 김주영[1]

[1]UNIST 신소재공학부.

좌장 : 김정한 (국립한밭대학교)

AW-4 | 13:30 윤동석상 수상기념강연

Nanoindentation: Fundamentals and Recent Applications

장재일[1]

[1]한양대학교 신소재공학부.

재료강도3-1 | 13:55

Al 함량 및 냉각속도 차이에 따른 Fe-Mn-Al-C계 경량철강의 미세조직 및 기계적 물성 변화

박준영[1], 박성준[1], 이재현[1], 문준오[1], 이태호[1], 정경재[2], 한흥남[2], 신종호[3]

[1]재료연구소. [2]서울대학교. [3]두산중공업.

재료강도3-2 | 14:10

Mechanical Properties and Deformation Twinning Behavior of CoCrFeMnNi High-entropy Alloy at Low and High Temperatures

김정한[1], 나영상[2], 임가람[2], 원종우[2], 김형섭[3], 김성웅[2]

[1]국립한밭대학교 신소재공학부. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소. [3]포항공과대학교 신소재공학과.

재료강도3-3 | 14:25

나노결정립 하이엔트로피합금의 나노압입 거동에 미치는 온도의 영향 분석

이동현[1], 최인철[2], 김우진[1], 장재일[1]

[1]한양대학교 신소재공학과. [2]Karlsruhe Institute of Technology.

재료강도3-4 | 14:40

내화강재의 고온인장 평가법

황성민[1]

[1]현대제철기술연구소.

재료강도3-5 | 14:55

Mo 첨가에 따른 내화강 미세조직 및 기계적 특성 변화

조효행[1], 문준오[1], 이창훈[1], 홍현욱[2], 두원철[3], 이태호[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실. [2]창원대학교 신소재공학부. [3]현대제철 전기로제품개발1팀.

Break time | 15:10

좌장 : 송영석 (두산중공업)

재료강도4-1 | 15:30

Effect of MC-type Carbide Forming Elements on Mechanical Properties of Heat-resistant Cast Austenitic Stainless Steel for Automotive Turbocharger Housing

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

[1]국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학. [2]Pohang University of Science and Technology.

재료강도4-2 | 15:45

An Investigations of Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Nimonic 263 Ni-based Superalloy

Jeon-Young Song[1], Young-Seok Song[1], Young-Dae Kim[1], Ji-Ho Gu[1], Byoung-Koo Kim[1], Jhin-ik Suk[1]

[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.

재료강도4-3 | 16:00

직조 구조를 가진 니켈 초합금에서의 고온 변형 거동 해석

조훈휘[1], Dinc Erdeniz[2], David C. Dunand[2]

[1]국립한밭대학교. [2]Northwestern University.

제10회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄

위원장 : 양원존 (재료연구소), 변재원 (서울과학기술대학교)
실무위원 : 신상용 (울산대학교)
Room 325C, 10월 25일

좌장 : 신상용 (울산대학교)

소재1-1 | 10:00

TWIP 강의 바우싱거 효과에 미치는 전변형의 영향

한종민[1], 김대웅[2], 이성학[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]

[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]포항공과대학교 항공재료연구센터.

소재1-2 | 10:15

Bi 코팅 SAC305 솔더볼을 사용한 저온 접합법과 고속변형속도에 따른 파단 특성 분석

황준호[1], 이종현[1,*]

[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

소재1-3 | 10:30

Actuator용 Ball Screw 손상 원인 분석

양원존[1], 유위도[1], 이건하[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

소재1-4 | 10:45

FEM을 이용한 피로균열전파 특성평가

이건하[1], 양원존[1], 현용택[1], 권준범[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

소재1-5 | 11:00

고 Si 전기강판의 냉간 압연 시 가장자리균열 방지를 위한 변형률속도에 따른 DBTT 측정

권준범[1], 허훈[2], 김재성[3], 양원존[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]한국과학기술원. [3]POSCO.

소재1-6 | 11:15

탄소강 소켓용접부 진동피로 손상평가 및 진동피로 평가 방법론 고찰

오창영[1], 이상훈[1], 김동우[1], 송상우[1], 김남규[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Break time | 11:30

좌장 : 양원존 (재료연구소)

소재2-1 | 13:30 초청강연

Thermal Degradation and Failure of Na Beta-alumina Batteries

정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 전성운[2], 허회준[3], 강정윤[3], 김창수[4], 장희정[5], Guosheng Li[5], Vincent L. Sprenkle[5]

[1]포항산업과학연구원(RIST). [2]대흥기업. [3]부산대학교. [4]University of Wisconsin-Milwaukee. [5]Pacific Northwest National Laboratory.

소재2-2 | 14:00

소재부품 고장분석 사례의 스마트 데이터베이스 구축을 위한 표준화 분류 기준개발

변재원[1], 김재연[1], 양원존[2], 임영목[2]

[1]서울과학기술대학교. [2]재료연구소.

소재2-3 | 14:15

동적탄성계수 및 프아송비 측정을 위한 방법 및 소재 적용사례

정대웅[1], 김희준[1], 조인식[2], 이창순[1]

[1]선문대학교. [2]㈜엠브로지아.

소재2-4 | 14:30

Seawater cooling line의 blind flange 파공 원인 분석

김대경[1], 정성욱[1], 하태필[2], 박종민[1], 한기형[1]

[1]대우조선해양 산업기술연구소. [2]대우조선해양 해양생산기술부.

소재2-5 | 14:45

Failure Analysis of Cu-Mg Alloy Wire for High Voltage Cable

박기덕[1], 이승호[1], 함종오[1]

[1]한국화학융합시험연구원.

소재2-6 | 15:00

HEX 볼트의 머리부 파단 원인 분석

함종오[1], 조병일[1], 박기덕[1], 이승호[1]

[1]한국화학융합시험연구원.

여성세션

위원장 : 임혜인 (숙명여자대학교)
총무간사 : 박진우 (연세대학교), 이선영 (한양대학교)
Room 320B, 10월 26일

좌장 : 박진우 (연세대학교), 이선영 (한양대학교)

여성1-1 | 15:30 WISET · KIM 젊은연구자상 수상자기념강연

Fe-V 합금의 고용강화 및 고용연화 현상에 대한 분자동역학적 고찰
박지혜[1]
[1]한구과학기술연구원.

여성1-2 | 15:40 WISET · KIM 젊은연구자상 수상자기념강연

Evolution of Detrimental Secondary Phases in Unstable Cu2ZnSnS4 Films during Annealing
정효림[1]
[1]전남대학교.

여성2-1 | 15:50 초청강연

지속가능한 발전을 위한 미래 소재 개발 전략
주영창[1]
[1]서울대학교 공대 재료학부.

여성2-2 | 16:50

여성 재료공학인의 경력 관리
최현주[1]
[1]국민대학교 공과대학교.

재료분석

위원장 : 김영운 (서울대학교)
총무간사 : 양철웅 (성균관대학교)
Room 321A, 10월 26일

좌장 : 김성대 (재료연구소)

재료분석1-1 | 09:00

보론이 첨가된 Modified 9Cr-2W강의 열처리에 따른 보론 편석 및 결정립계 특성 평가
허형민[1], 김준환[2], 김성호[2], 김종렬[1]
[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.

재료분석1-2 | 09:15

고속 변형된 무산소전기동의 미세조직 분석 Microstructural analysis of OFHC copper deformed at high strain rate
이성[1], 양성호[1], 이성호[1], 박경태[2], 정효태[3]
[1]국방과학연구소 4본부 4부(소재). [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]강릉원주대학교 신소재공학과.

재료분석1-3 | 09:30

니켈기 초내열합금 주조재의 기계적 성질에 미치는 미세조직의 영향
송영석[1], 구지호[1], 김영대[1], 송전영[1], 배현나[1], 석진익[1]
[1]두산중공업㈜.

재료분석1-4 | 09:45

XRF를 이용한 합금철 분석 기술
김상헌[1]
[1]현대제철연구소.

재료분석1-5 | 10:00

Characterization of Zirconium Hydrides in Zircaloy-4 Cladding with Transmission Electron Microscopy
김성대[1], 김주성[2], 윤종헌[3]
[1]재료연구소(KIMS). [2]한국원자력연구원. [3]한양대학교.

재료분석1-6 | 10:15

New Ductile Fracture Criterion for Prediction of Fracture Forming Limit Diagrams
nguyen van thuong[1]
[1]경북대학교.

재료분석1-7 | 10:30

Effect of Sample Preparation History on the Domain Structure of Relaxor-ferroelectric Material
Jongchul Jeon[1], Kyou-Hyun Kim[1,*]
[1]Korea Institute of Industrial Technology.

Break time | 10:45

표면처리

위원장 : 박익민 (부산대학교)
총무간사 : 이영선 (재료연구소), 최윤석 (부산대학교)
Room 321A, 10월 26일

좌장 : 최두호 (동의대학교)

표면1-1 | 13:30

잉크젯 프린팅 기술을 활용한 고해상도 프린트 강판 제조 및 특성 분석
이정환[1], 김진태[1], 최하나[1]
[1]포스코 기술연구원.

표면1-2 | 13:45

용융 Zn-Al-Mg 도금강판 표면 마찰특성 개선 연구
박경관[1], 임태훈[1], 임성현[1], 백두진[2], 홍기정[3], 홍문희[1]
[1]포스코강판 기술연구소. [2]포스코 광양제철소. [3]포항산업과학연구원.

표면1-3 | 14:00

비정질 탄화규소박막에서 열처리에 따른 미세구조의 변화와 기계적 물성에 미치는 영향

심용섭[1], 박종극[1], 이욱성[1], 허주열[2], 백영준[1]
[1]한국과학기술연구원 전자재료연구단. [2]고려대학교 신소재공학부.

표면1-4 | 14:15

플라즈마 스프레이 공정을 이용한 Mo계 내산화 코팅층 제조 및 고온 산화거동

강상운[1], 백경호[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학부.

Break time | 14:30

집합조직

위원장 : 정효태 (강릉원주대학교)
총무간사 : 강주희 (재료연구소)
Room 321A, 10월 26일

좌장 : 강주희 (재료연구소)

집합조직1-1 | 15:15

다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100 알루미늄의 집합조직과 미세조직

정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 신지환[2], 김시온[2], 최시훈[2], 이성[3]
[1]강릉원주대학교. [2]순천대학교. [3]국방과학연구소.

집합조직1-2 | 15:30

다축대각 단조공정 시 알루미늄 합금의 변형거동 및 집합조직 불균일성 예측에 관한 연구

최시훈[1], 신지환[1], 김시온[2], 김민성[1], 권상철[3], 김순태[3], 이성[4], 정효태[3]
[1]국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]국립 순천대학교 신소재공학과. [3]국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과. [4]국방과학연구소.

집합조직1-3 | 15:45

박판연속주조된 Al-Mg-Si 알루미늄합금의 압연 공정시 집합조직 변화 고찰

조재형[1], 이건영[1], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

집합조직1-4 | 16:00

SECM을 통한 금속의 전기화학적 Mapping 기술 소개 및 EBSD와의 응용 연구

김상혁[1], 이우진[1], 문성재[2], 임창동[3], 이효종[1]
[1]동아대학교 금속공학과. [2]삼성전기 중앙연구소. [3]재료연구소.

집합조직1-5 | 16:15

상변태를 이용하여 cube-on-face 집합 조직을 가진 무방향성 전기강판 형성에 관한 연구

권수빈[1], 김태영[1], 정용권[1], 황농문[1]
[1]서울대학교 공대 재료공학부 박막 및 미세조직실험실.

Break time | 16:30

좌장 : 정효태 (강릉원주대학교)

집합조직2-1 | 16:40

Fe-3.2wt%Si 방향성 전기강판에서 냉간압연에 따른 집합조직 발달 및 Goss 결정립 형성

박노진[1], 전성호[1]
[1]금오공과대학교.

집합조직2-2 | 16:55

Three Theories for Recrystallization Textures

이동녕[1]
[1]서울대학교 공과대학.

집합조직2-3 | 17:10

나노압입시험 시 압입자 팁 하부에서 Duplex Stainless Steel에 발생하는 미소역학적 변형 및 상변태 거동 해석

김은영[1], 이재은[2], 한흥남[2], 최시훈[1]
[1]순천대학교. [2]서울대학교.

집합조직2-4 | 17:25

고망간 경량철강에서의 β-Mn 상변태와 방위관계

박성준[1], 이근호[2], 강전연[1], 박준영[1], 문준오[1], Anthony D. Rollett[3], 한흥남[4]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]국방과학연구소. [3]Carnegie Mellon University. [4]서울대학교.

전산재료과학

위원장 : 차필령 (국민대학교)
총무간사 : 한상수 (한국과학기술연구원)
Room 325B, 10월 26일

좌장 : 권용우 (홍익대학교)

전산1-1 | 09:00

A Finite Element Analysis on Induction Heat Treatment of Automotive Drive Shaft

Siwook Park[1], Jinwook Jung[1], Si-yup Lee[1], Heung Nam Han[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering and RIAM, Seoul National University.

전산1-2 | 09:15

Phase Field Study on the Formation of Lath Martensite

Cho Min-Gyu[1], Pil-ryung Cha[1], Seung-Hyun Hong[2], Moon-Gi Bae[2], Soon-Woo Kwon[2], Min-Woo Kang[2]
[1]Kookmin University. [2]Hyundai Kia Motors Namyang Institute.

전산1-3 | 09:30

Effect of Particle Size and Coke Layer Thickness on Solid Flow and Stress Distribution in BF by 3D Discrete Element Method

DEREJE DEGEFA GELETA[1], Sugeun Kwak[1], Joonho Lee[1]
[1]고려대학교.

전산1-4 | 09:45

방열판 구조 및 열전도도에 따른 LED 냉각 효율 전산모사

이동희[1]
[1]충남대학교 공대 신소재공학부 나노재료공정연구실.

전산1-5 | 10:00

시뮬레이션을 통한 용접부 및 모재부의 부식이 배관 용접부의 응력분포에 미치는 영향 평가

김용상[1], 고상진[1], 김우철[2], 김정구[1]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.

전산1-6 | 10:15

CFD Fluent를 이용한 용접부 용접비드와 열영향부 열유동 해석

신형철[1], 이경우[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

좌장 : 최희채 (㈜버추얼랩)

전산2-1 | 10:30 강연

Computational Design of PCM Synapse Devices

권용우[1], 신민규[2], 허정화[2], 이환욱[2], 조만호[3], 송윤흡[4]
[1]홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 신소재공학전공. [2]홍익대학교 신소재공학과. [3]연세대학교 물리학과. [4]한양대학교 융합전자공학부.

전산2-2 | 10:55 강연

Atomistic Simulations of Dislocation-twin Boundary Interactions in Nanoscale Cu Pillars

Won-Seok Ko[1], Raheleh Hadian[2], Ali Nematollahi[2], Jong Bae Jeon[3], Peter Imrich[2], Gerhard Dehm[2], Jörg Neugebauer[2], Christoph Kirchlechner[2], Blazej Grabowski[2]
[1]University of Ulsan. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH. [3]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH).

전산2-3 | 11:20 강연

Interface Effects on the Oxygen Chemistry of CeO_2 Nanoparticles using Multiscale Modelling

Byung-Hyun Kim[1], Matthew J. Wolf[2], Jolla Kullgren[3], Kersti Hermansson[3], Peter Broqvist[3]
[1]Korea Institute of Energy Research. [2]University of Bath. [3]Uppsala University.

전산2-4 | 11:45

Role of Particle-matrix Coherency on Particle Pinning: A phase-field Method

장근옥[1], 권준현[1], 이창규[1]
[1]한국원자력연구원.

좌장 : 한상수 (한국과학기술연구원)

전산3-1 | 13:30 강연

유무기 하이브리드 페로브스카이트 기반 멤리스터 디바이스의 구동 원리

이동화[1], 김성훈[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과.

전산3-2 | 13:55 강연

Platform Yechnology for New Energy Materials Via First-principles Calculation

Kanghoon Yim[1], Chan-Woo Lee[1], Incheol Jeong[2], Yong Youn[3], Seungwu Han[3]
[1]Korea Institute of Energy Research. [2]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology. [3]Seoul National University.

전산3-3 | 14:20

Charge Transfer and Ion Dynamics at Amorphous-crystal interfaces, and Related Electrochemistry of TiO_2

최희채[1]
[1]㈜버추얼랩.

전산3-4 | 14:35

CeO_2/TiO_2 나노 구조체 형성에 대한 전자밀도함수이론 연구

김현유[1], 하현우[1], 유미[1]
[1]충남대학교.

전산3-5 | 14:50

CeO_2/TiO_2 나노 구조체를 이용한 Pt-CeO_2/TiO_2 촉매 디자인

Mi Yoo[1], Hyunwoo Ha[1], Siwon Lee[2], WooChul Jung[2], Hyun You Kim[1]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]KAIST 신소재공학과.

Break time | 15:05

좌장 : 김현유 (충남대학교)

전산4-1 | 15:15 강연

β $CuGaO_2$ as Strong Candidate Materials for Efficient Ferroelectric Photovoltaics

Donghun Kim[1]
[1]Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology.

전산4-2 | 15:40

Ultrafast Sodiation of Single-crystalline Sn Anodes

Yong-Seok Choi[1], Young-Woon Byeon[1,2], Jun-Hyoung Park[1], Jong-Hyun Seo[3], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology. [3]SK hynix.

전산4-3 | 15:55

Interface Engineering for a Rational Design of Poison-free Bimetallic CO Oxidation Catalysts

하현우[1], 신기현[2], Liang Zhang[2], 안혜성[1], 유미[1], 이혁모[3], Graeme Henkelman[2], 김현유[1,*]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]University of Texas at Austin. [3]KAIST 신소재공학과.

전산4-4 | 16:10

Unusual Mechanical Properties of Nano Structures Based on Minimal Surface

Jun-Hyoung Park[1], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea university.

Break time | 16:25

좌장 : 남호석 (국민대학교)

전산5-1 | 16:35 초청강연

CINEMAS: A new GUI-based tool for massive compuational materials science

이승철[1,2,*], Kapil Gupta[2], Satadeep Bhattacharjee[2]
[1]한국과학기술연구원, [2]한인도협력센터

전산5-2 | 17:00

Thermal Conductivity Calculation for Nanoporous Si/Ge Heterostructure

Soonsung So[1], Joohyoung Lee[1]

[1]Gwangju Institute of Science and Technology.

전산5-3 | 17:15

Computationally Predictable and Controllable Dopant Substitution Effect on Battery Performance of LTO: First Principle Study

조한얼[1], 이규환[2], 최희채[3]

[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]㈜버추얼랩.

전산5-4 | 17:30

Multiscale Modeling of Complex Interface

Hyungjun Kim[1], Hyung-Kyoo Lim[1]

[1]한국과학기술원(KAIST).

New-Horizon 심포지엄: Advanced Energy Materials Science

위원장 : 조문호(포항공과대학교)
부위원장 : 윤명한(광주과학기술원), 강기석(서울대학교)
실무위원 : 심우영(연세대학교)
Room 322, 10월 26일

좌장 : 강석주 (울산과학기술원)

New1-1 | 09:30

연료전지용 차세대 비백금계 촉매의 설계전략

최창혁[1]

[1]광주과학기술원(GIST).

New1-2 | 09:55

Lower Temperature Operating Sodium Beta-alumina Battery for Grid Scale Energy Storage: Development Strategies and Technical Challenges

정기영[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST).

New1-3 | 10:20

Interface Engineering for a Rational Design of Metal-oxide-based Heterogeneous Catalysts: Pt/CeO_2-TiO_2

김현유[1]

[1]충남대학교.

Break time | 10:45

좌장 : 정윤석 (울산과학기술원)

New2-1 | 11:05

Enhancing Mo:$BiVO_4$ Solar Water Splitting with Patterned Au Nanospheres by Plasmon-Induced Energy Transfer

박종혁[1]

[1]연세대학교.

New2-2 | 11:30

Selective Doping and Coating of Layered Oxide Cathode Materials for Lithium Ion Batteries

최아람[1], 김한슬[1], 임정우[1], 이규태[1,*]

[1]서울대학교.

Break time | 11:55

좌장 : 박종혁 (연세대학교)

New3-1 | 13:30

Catalyst Materials Design for Solar Energy Conversion Device

남기태*[1], 임성열[1]

[1]서울대학교.

New3-2 | 13:55

이산화탄소 감소를 통한 가역적 금속-산소 배터리 개발

강석주[1]

[1]울산과학기술원(UNIST).

New3-3 | 14:20

Sheet-Type Electrodes Prepared by Solution-Process for All-Solid-State Li-Ion Batteries

정윤석[1]

[1]울산과학기술원(UNIST).

Break time | 14:45

좌장 : 이규태 (서울대학교)

New4-1 | 15:05

Plasmonic CO_2 Conversion into Formate by Ruthenium Complex

전휘석[1], 최신영[1], 양문영[1], 남윤성*[1]

[1]한국과학기술원(KAIST).

New4-2 | 15:30

Flexible Thermoelectric Generators Using Organic Materials by Printing Process

조성윤[1]

[1]한국화학연구원(KRICT).

New4-3 | 15:55

Edge-selective Graphene Nanoplatelets as a Metal-free Counter Electrode in DSSCs

Myung Jong Ju[1], Jae Cheon Kim[2], Kicheon Yoo[2], Jong-Beom Baek[1], Jae-Joon Lee[2]*

[1]울산과학기술원. [2]동국대학교.

Break time | 16:20

좌장 : 남기태 (서울대학교)

New5-1 | 16:30

Understanding the Ordering Transition in High Voltage $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ and Its Effects on Superior Electrochemical Performance

Byoungwoo Kang[1]

[1]POSTECH.

New5-2 | 16:55

Search for High Performance Materials for Lithium Oxygen Batteries from Multi-disciplinary Approach

Kisuk Kang[1]
[1]서울대학교.

마그네슘 심포지엄

위원장 : 유봉선 (재료연구소)
총무간사 : 임창동 (재료연구소)
Room 323, 10월 26일

좌장 : 김영민 (재료연구소)

마그네슘1-1 | 09:00 초청강연

용융염전해법을 이용한 마그네사이트 광석으로부터 마그네슘 제조

박형규[1]
[1]한국지질자원연구원 DMR융합연구단.

마그네슘1-2 | 09:20 초청강연

마그네사이트 열환원 공정의 환원율 및 슬래그 조성에 미치는 공정조건의 영향

박재신[1], 한길수[1], 김종걸[1], 최국선[2], 김영민[3], 유봉선[3], 고상모[4]
[1](재)포항산업과학연구원. [2]강릉원주대학교. [3]재료연구소. [4]한국지질자원연구원.

마그네슘1-3 | 09:40

실시간 전자현미경 분석법을 이용한 마그네슘 서브마이크로 필라의 크기와 결정방위에 따른 변형 메커니즘 연구

정지원[1], Markus Alfreider[2], 이수빈[1], Daniel Kiener[2], 오상호[3]
[1]기초과학연구원. [2]University of Leoben. [3]성균관대학교.

마그네슘1-4 | 09:55

The Formation Mechanism of Long-period Stacking Order in Magnesium

김진경[1], Lei Jin[2], Stefanie Sandlöbes[3], Dierk Raabe[4]
[1]포항공과대학교. [2]Research Centre Jülich. [3]RWTH Aachen University. [4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

Break time | 10:10

좌장 : 임창동 (재료연구소)

마그네슘2-1 | 10:30 초청강연

New Continuous Thermal Reduction Process for Magnesium Production

Dong Kyun Choo[1], Jaesin Park[1], Good-sun Choi[2], Youngil Kim[1], Gilsoo Han[1]
[1]Research Institute of Industrial Science and Technology. [2]Gangrung Wonju University.

마그네슘2-2 | 10:50

원자단위 전산모사를 통한 Mg-X-Zn (X=Al, Ca) 합금의 grain boundary segregation 거동 해석

장효선[1], 김영광[1], 이병주[1]
[1]포항공과대학교.

마그네슘2-3 | 11:05

Mg ZK60 합금 단조재의 시효 시간에 따른 석출상 거동 분석

오민철[1], 안병민[1]
[1]아주대학교.

마그네슘2-4 | 11:20

CaO가 첨가된 AZ31합금의 고온변형 거동

손현우[1], 이지운[1], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과.

마그네슘2-5 | 11:35

에릭슨 시험 시 마그네슘 단결정의 쌍정 거동에 미치는 변형 이력의 영향

현철승[1], 김민성[2], 최시훈[2], 신광선[1]
[1]서울대학교. [2]순천대학교.

Break time | 11:50

좌장 : 박성혁 (경북대학교)

마그네슘3-1 | 13:30 초청강연

The Effect of Initial Texture on Deformation and Fracture Behaviors of Mg Alloys During Erichsen Test

Shi-Hoon Choi[1], Jaiveer Singh[1], Min-Seong Kim[1], JunHo Park[2], Jae Joong Kim[2]
[1]Sunchon national university. [2]POSCO.

마그네슘3-2 | 13:50

Room Ttemperature Formability and Corrosion Resistance of AZXW3100 Alloy Sheet Subjected to Cold-rolling and Annealing

Su mi Jo[1], Yohan Go[1], Jong Il Kim[2,3], Bong Sun You[1,3], Young Min Kim[1,3]
[1]Korea university of science and technology. [2]Chungnam national univerisity. [3]Korea institute of materials science.

마그네슘3-3 | 14:05

Effect of Thermal Oxidation on the Joining Strength of Carbon Fiber Reinforced Plastic to AZ31 Mg Alloy by Laser Joining Technique

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

마그네슘3-4 | 14:20

AZ80 합금 압출재의 기계적 특성에 미치는 압출 및 시험조건의 영향

우상규[1], 임창동[2], 김하식[1,2]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Break time | 14:35

좌장 : 최시훈 (순천대학교)

마그네슘4-1 | 15:15 초청강연

Improvement in Cold Formability of AZ31 Mg Alloy Sheets Processed by ECAP

Joung Sik Suh[1], José Victoria-Hernández[2], Dietmar Letzig[2], Wolfram Volk[3]
[1]Korea Institute of Materials Science. [2]Helmholtz-Zentrum Geesthacht. [3]Technische Universität München.

마그네슘4-2 | 15:35

Ex-situ기법을 이용한 mini-V-bending 시 Mg합금의 변형 및 파괴거동에 대한 연구

김민성[1], Jaiveer Singh[1], 이성음[1], 박준호[2], 김재중[2], 최시훈[1]
[1]국립 순천대학교. [2]PosMAF추진반 마그네슘판재연구과.

마그네슘4-3 | 15:50

집합 조직 제어를 통한 마그네슘합금의 상온 성형성 향상

김세종[1], 신민주[1], 이진우[1], 구자명[2], 이창준[2], 김대용[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]삼성전자 글로벌기술센터.

마그네슘4-4 | 16:05

Mg 파이프 프레임 TIG 조립 용접부 물성 및 미세조직에 관한 연구

이목영[1], 이도엽[1], 이경황[1]

[1]포항산업과학연구원.

Break time | 16:20

좌장 : 문병기 (재료연구소)

마그네슘5-1 | 16:30 초청강연

바이오 산업의 마그네슘 임플란트 적용 및 개발 현황

정화철[1], 심원현[1], 노형진[1], 한지혜로[1], 황성철[1], 김유찬[2], 석현광[2]

[1]유앤아이㈜. [2]KIST.

마그네슘5-2 | 16:50

Effect of Minor Elements on Microstructure and Corrosion Behavior of Magnesium-Aluminum Based Alloys

nguyen ngoc ha[1], Jong Il Kim[2], Jun Ho Bae[3], Young Min Kim[1,3], Bong Sun You[1,3]

[1]UST. [2]Chungnam National University. [3]KIMS.

마그네슘5-3 | 17:05

마그네슘 표면처리 연구 동향

김혜정[1], 김혜지[1]

[1]포항산업과학연구원(RIST).

미래선도형 희소금속분말 제조기술 및 응용

위원장 : 이창규 (한국원자력연구원)

실무위원 : 홍순직 (공주대학교)

Room 324A, 10월 26일

좌장 : 박경태 (한국생산기술연구원)

희소금속1-1 | 09:30 초청강연

한국희소금속산업기술 국가정책 및 동향

배정찬[1]

[1]광주테크노파크.

희소금속1-2 | 10:00

Effect of Y Addition on Microstructure and Mechanical Properties of ODS Fe-based Superalloy Plates Fabricated by Powder Hot Rolling

H.J. Kim[1,*], G.W. Noh[1,3], J.K. Park[2], Y.D. Kim[3]

[1]Liquid Processing & Casting Technology R&BD Group, KITECH. [2]R&D Center, Korea Sintered Metal Co. Ltd. [3]Department of Materials Science and Engineering, Hanyang University.

희소금속1-3 | 10:20

기계적 합금화 및 소결법을 이용한 하이엔트로피 내열 합금 개발

이진규[1,*], 임종화[1], 서동선[1]

[1]공주대학교 신소재공학부.

희소금속1-4 | 10:40

Perspectives for High-performance Rare-earth Permanent Magnets

이정구[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

Break time | 11:00

좌장 : 이진규 (공주대학교)

희소금속2-1 | 11:10

희소금속 제련 및 금속 분말 구형화 공정을 위한 용융염 활용

이종현[1,2,3], 이태혁[1,2], 이영준[2,3], Hayk H. Nersisyan[2], 유병욱[3], 권숙철[1], 최정훈[1]

[1]충남대학교 신소재공학과, [2]충남대학교 급속응고 신소재 연구소, [3]충남대학교 에너지과학기술대학원.

희소금속2-2 | 11:30

한국에서 고융점 금속 Ti, W, Ta, Nb의 이용과 산업 특성

김정곤[1] 양수원[1], 정광필[1], 김배연[1]

[1]인천대학교 신소재공학과.

희소금속2-3 | 11:50

Feasibility of Recovery of Rare Earth Elements from Red Mud by Hydrometallurgical Process

홍현선[1,*], 김수빈[1], 김미소[1], 김범성[2]

[1]성신여자대학교, [2]한국생산기술연구원.

Break time | 12:10

좌장 : 이찬기 (고등기술연구원)

희소금속3-1 | 13:30

ReMat 공정을 활용한 희토자석에서 선택적 반응을 통한 희토류 재활용

김택수[1,2]

[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]과학기술연합대학원 대학교 희소소재 및 반도체패키징학과.

희소금속3-2 | 13:50

가스아토마이져와 통전가압소결법을 이용한 대면적 BiSbTe계 열전소결체 제조 및 특성평가

홍순직[1], 이철희[1], 박상준[1]

[1]공주대학교.

희소금속3-2 | 14:10

분말야금법으로 제조된 니켈 초내열합금의 소성변형공정에 따른 미세조직 및 특성평가

윤은유[1,*], 이동준[1], 이영선[1], 배성준[1], 신민주[1], 김형섭[2], 김홍규[3], 홍성석[3], 김동훈[3]

[1]재료연구소, [2]포항공과대학교, [3]국방과학연구소.

Break time | 14:30

좌장 : 박일규 (서울과학기술대학교)

희소금속4-1 | 14:40

자전연소반응에 의한 Ti 산화물 직접환원 및 구상분말 제조기술

박경태[1,*], 최상훈[1,2], 심재진[1], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 현승균[2], 김택수[1]

[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

희소금속4-2 | 15:00

Ammonium hexafluorotitanate를 이용한 TiO_2분말 합성 연구

박경수[1,*], 박재량, 이덕희, 김대근, 이찬기

[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

희소금속4-3 | 15:20

Design Strategy for Rare-earth Elements Based Relaxor-ferroelectric Crystals

Kyou-Hyun Kim[1,*], Jongchul Jeon[1]

[1]Manufacturing Technology Office, Korea Institute for Rare Metal, Korea Institute of Industrial Technology.

Break time | 15:40

좌장 : 김규현 (한국생산기술연구원)

희소금속5-1 | 16:00

Exploring the Exchange Bias and Low Temperature Magnetic Properties of Different Oxides of Iron Nanorods

Seok-Jun Seo[1], Hessan Khalid[1,3], Sung Gue Heo[1,2], Won Sik Yang[1,2], Bum Sung Kim[1,3], Taek-Soo Kim[1,3]
[1]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH). [2]In-Ha University. [3]University of Science and Technology (UST).

희소금속5-2 | 16:20

Ta Hydride Formation for Recycling of Ta Metal Scrap

Ji-Hwan Park[1,*], Ji-Young Kang[1], Jieun-Lee[2], Jin-Ho Yoon[2], Il-Kyu Park[3]
[1]Material Technical Innovation Group (MTIG) Co., Ltd. [2]Advanced Materials & Processing Center, Institute for Advanced Engineering. [3]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology.

희소금속5-3 | 16:40

고순도 탄탈륨 분말 제조를 위한 탈수소화 거동 연구

윤진호[1], 이찬기[1], 이지은[1], 박지환[2], 박일규[3]
[1]고등기술연구원 (IAE, Institute for Advanced Engineering). [2]㈜엠티아이지 기술연구소. [3]서울과학기술대학교 신소재공학과.

미래소재전략 : 4차산업 혁명과 재료연구

Room 324B, 10월 26일

좌장 : 이재현 (창원대학교)

미래소재1-1 | 10:00 강연

제4차산업혁명과 에너지 산업 변환

안남성[1]
[1]한양대학교 (전 한국 에너지평가원장)

미래소재1-2 | 10:50 강연

제4차산업혁명과 소재

이상관 전략기획 본부장[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소

Break time | 11:40

제18회 피로 및 파괴 심포지엄

위원장 : 권용남 (재료연구소)
실무위원 : 성효경 (경상대학교)
Room 324B, 10월 26일

좌장 : 황병철 (서울과학기술대학교)

피로1-1 | 13:30

고망간강의 극저온 파괴 인성 (J_{Ic}) 평가 및 파괴 거동 분석

박준혁[1], 정대호[1], 성효경[1], 김용진[2], 김성규[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]POSCO.

피로1-2 | 13:50

Ti 합금의 고온성형조건 변화에 따른 연신율 차이 고찰

권용남[1], 김현지[2], 김민석[3], 구가은[4], 이동준[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]순천대학교. [3]경북대학교. [4]경상대학교.

피로1-3 | 14:10

Effect of Stabilization Annealing on SCC Susceptibility of β-annealed Ti-6Al-4V Alloy in 0.6 M NaCl Solution

정대호[1], 박지호[1], 안수진[1], 성효경[1], 권용남[2], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.

피로1-4 | 14:30

Environmental Fatigue Crack Propagation Behavior of β-annealed Ti-6Al-4V Alloy in NaCl Solution

안수진[1], 정대호[1], 권용남[2], 성효경[1], 김상식[1]
[1]경상대학교. [2]재료연구소.

Break time | 15:00

좌장 : 성효경 (경상대학교)

피로2-1 | 15:15

Probabilistic Crack Growth Analysis Methodology for New and Aging Aircraft Structures

Seungwoo Jin[1], Eungyeong Lee[1], Chongho Yoon[1]
[1]Korea Aerospace Industries.

피로2-2 | 15:35

고체금속취성에 의한 Brake Disk 균열결함 특성 고찰

이병현[1], 손경숙[1], 이복원[1], 신규철[1]
[1]공군 항공기술연구소.

피로2-3 | 15:55

CGI450 소재의 저 사이클 상온, 고온 피로 특성

권오현[1], 정종권[1], 김익우[1], 최권일[1]
[1]두산인프라코어㈜.

Break time | 16:15

좌장 : 이동준 (재료연구소)

피로3-1 | 16:25 초청강연

Screening Technique of Gas Hydrogen Embrittlement Behavior in Structural Steels for Energy Facility Using in-situ SP Test Method

신형섭[1], 배경오[1], 백운봉[2], 남승훈[2]
[1]안동대학교. [2]한국표준과학연구원.

피로3-2 | 16:55

유리섬유강화플라스틱에 대한 Glass Fiber 방향성에 따른 피로거동평가

김희준[1], 정대웅[1], 조인식[2], 박인규[1], 이창순[1]
[1]선문대학교. [2]㈜엠브로지아.

피로3-3 | 17:15

미세조직 변화에 따른 Al6061-T6 합금의 기계적 특성 및 지속 하중 균열 저항성 평가

김대겸[1], 남선우[2], 김성철[3], 조성민[4], 김택수[2]
[1]한국과학기술연합대학원대학교. [2]한국생산기술연구원. [3]태광후지킨. [4]한국가스안전공사.

철강 III

위원장 : 최주 (POSCO)
총무간사 : 최종교 (POSCO)
Room 325A, 10월 26일

좌장 : 정용석 (한국산업기술대학교)

철강4-1 | 10:00 강연

CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-Na_2O-K_2O-Li_2O-F계 열역학데이터 베이스 개발과 탈황 및 탈린 계산에 적용

정인호[1]

[1]서울대학교 재료공학부.

철강4-2 | 10:25

고 합금강 주편 표면크랙 발생원인 규명

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

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

철강4-3 | 10:40

응고 simulator를 활용한 고 Mn base강의 불균일 응고거동 평가

백구슬[1], 이수연[1], 강신언[2], 조경철[2], 문상운[2], 권상흠[2], 이재상[1], 허윤욱[1], 김동규[3], 조중욱[1], 임창희[1]

[1]포항공과대학교. [2]포스코. [3]동아대학교.

철강4-4 | 10:55

고Mn강의 내부산화 거동과 표면크랙의 상관성 연구

이소담[1], 강신언[2], 조경철[2], 허윤욱[1], 이재상[1], 임창희[1]

[1]포스텍 철강대학원. [2]포스코기술연구소.

좌장 : 신상용 (울산대학교)

철강10-1 | 13:30

변형 거동에 따른 오스테나이트강의 수소취성 변화

노한섭[1], 강지현[1], 김성준[1]

[1]포항공대철강대학원.

철강10-2 | 13:45

Unraveling the Effect of Cold Rolling on the Microstructures and Tensile Properties of Intercritically-annealed Medium Mn Steel

Min Tae Kim[1], Tak Min Park[1],Aniruddha Dutta[2], Dark Ponge[2], Dierk Raabe[2], Jeongho Han[1]

[1]Department of materials science and engineering, Chungnam university. [2]Department of Microstructure Physics and Alloy Design, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

철강10-3 | 14:00

온간 압연한 이상 경량 철강의 방향별 기계적 물성과 변형 거동

이용문[1], 장경현[1], 이종수[1]

[1]포항공과대학교 철강대학원.

철강10-4 | 14:15

FeMnAlC 합금 주조재의 Si 첨가에 따른 κ-carbide 석출거동 및 전위 거동 상관관계 해석

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

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

철강10-5 | 14:30

TWIP강 기반 복층강판의 성형성

김정기[1], 백승미[1], 윤재익[1], 서민홍[2], 조원태[2], 진광근[3], 이성학[1], 김형섭[1]

[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코. [3]포항공과대학교 철강대학원.

철강10-6 | 14:45

역변태 Cr-Mn계 STS의 인장 특성

신익수[1], 정기채[1], 박경태[1], 최점용[2]

[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]POSCO 기술연구원(포항) STS 연구그룹.

철강10-7 | 15:00

Cr, Mo, Nb 합금 원소의 복합 첨가를 통한 선박용 TMCP강의 내식성 향상 연구

송솔지[1], 신영웅[1], 김정구[1]

[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.

알루미늄 심포지엄

위원장 : 김형욱 (재료연구소)
총무간사 : 어광준 (재료연구소)
Room 325C, 10월 26일

좌장 : 김명균 (포항산업과학연구원)

알루미늄1-1 | 09:00

고강도 고열전도성 Al-Si-Ni계 다이캐스팅 합금의 특성

장재철[1], 신광선[1]

[1]서울대학교 재료공학부.

알루미늄1-2 | 09:15

양방향 교반 전자기 주조법으로 제조된 과공정 Al-15Si계 합금의 소성 거동

이태희[1], 김목순[1], 박준표[2]

[1]인하대학교. [2]포항산업과학연구원.

알루미늄1-3 | 09:30

과공정 Al-15wt%Si 압출재의 미세조직과 인장 및 피로 특성에 미치는 EMS(electromagnetic stirring)공정의 영향

백민석[1], 허준영[1], 김종호[2], 황종일[3], 이기안[1,*]

[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원(RIST). [3]㈜LMS.

알루미늄1-4 | 09:50

Al-TM-RE 비정질 합금에서 다중 RE 첨가에 의한 특성 최적화

김완[1], 오현석[1], 박은수[1]

[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.

알루미늄1-5 | 10:05

Al-Mg-Si 합금에서 자연시효시간과 Mg/Si 비율이 (Mg+Si=1.3wt%) 이단시효거동에 미치는 영향

임지우[1], 송민영[2], 김재황[1], 홍성길[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교.

Break time | 10:20

좌장 : 김형욱 (재료연구소)

알루미늄2-1 | 10:30 초청강연

알루미늄 Twin Roll Casting 기술 개발
박우진[1], 권기혁[1], 오윤석[1], 김명균[1], 추동균[1]
[1]포항산업과학연구원(RIST).

알루미늄2-2 | 11:00

Al-Zn-Mg계 신합금의 미세조직 및 소성변형거동
장봉중[1], 김목순[1], 김세훈[2]
[1]인하대학교. [2]자동차부품연구원.

알루미늄2-3 | 11:15

Al-Zn-Mg 및 Al-Mg-Zn계 합금 연주빌렛의 균질화 특성평가
김명균[1], 양현민[1]
[1]포항산업과학연구원.

알루미늄2-4 | 11:35

Effects of Ti Addition and Solution Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Al-Zn-Mg-Cu-Zr Extruded Alloys
이상화[1], 정재길[1], 백은지[1], 김민석[1], 김세훈[2], 이영국[3], 어광준[1]
[1]재료연구소. [2]자동차부품연구원. [3]연세대학교.

좌장 : 김수현 (재료연구소)

알루미늄3-1 | 13:30

초음파 용탕 처리 온도가 Al-7Si-2Cu-1Mg 주조 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향
김수배[1], 조영희[1], 이정무[1], 정재길[1], 이영국[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]연세대학교.

알루미늄3-2 | 13:45

Effect of Cooling Rate on Cavitation-induced Refinement of Primary Si in a Hypereutectic AlSi18Cu4Ni3Mg Alloy
정재길[1], 안태영[2], 조영희[1], 김수현[1], 이정무[1]
[1]재료연구소. [2]한국원자력연구원.

알루미늄3-3 | 14:05

초음파처리와 냉각속도 변화에 따른 Al-Si 피스톤 합금의 강도 예측과 미세조직의 변화
조민수[1], 이정무[1], 조영희[1], 정재길[1], 장재일[2]
[1]재료연구소. [2]한양대학교 신소재공학과.

알루미늄3-4 | 14:20

Strategies to Improve Mechanical Properties of Aluminum Matrix Composite Fabricated by Conventional Casting
김주혜[1], 정재길[1], 백은지[1], 최윤석[2], 어광준[1]
[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교.

알루미늄3-5 | 14:40

Electrode Degradation and Surface Cracking in the Resistance Spot Welding of Aluminium Alloy for Automotive Applications
Yeong-Do Park[1], Siva Prasad Murugan[1], Eun-Geun Jin[1], Hyun-Wook Jo[1]
[1]Dong-Eui University.

Break time | 15:00

좌장 : 김재황 (한국생산기술연구원)

알루미늄4-1 | 15:15

A1050, A3003 및 A5052 합금의 소재두께별 물성에 관한 연구
이목영[1], 이도엽[1], 정성훈[1], 박광수[1]
[1]포항산업과학연구원.

알루미늄4-2 | 15:35

Al-Mg-Si Alloys에서 Cu 첨가가 나노클러스터 형성과 이단시효 거동에 미치는 영향
송민영[1], 임지우[1], 김재황[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]전남대학교.

알루미늄4-3 | 15:55

고강도 5000계, 6000계, 7000계 알루미늄합금 판재의 방탄특성
김수현[1], 이윤수[1], 김희주[1], 정제기[2], 임차용[1], 박용호[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교 재료공학부.

알루미늄4-4 | 16:15

알루미늄-스칸듐 합금 제조를 위한 용융염 전기분해 공정 기술 개발
이고기[1], 장승규[1], 조성구[1], 이병필[1], 이재영[1]
[1]포항산업과학연구원.

알루미늄4-5 | 16:35

함침(Infiltration)법으로 제조된 Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재의 미세조직 및 소성변형거동
연규호[1], 김목순[1], 이정근[2], 류관호[2]
[1]인하대학교. [2]동양피스톤.

에너지재료

위원장 : 김동환(고려대학교)
총무간사 : 김지현(고려대학교)
Room 320A, 10월 27일

좌장 : 최희채 (㈜버추얼랩)

에너지1-1 | 09:00

Layer-number Dependence of the Microstructural and Magnetic Properties of MnBi Films
Hyun-Sook Lee[1], Hongjae Moon[1], Sumin Kim[1], Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

에너지1-2 | 09:15

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

에너지1-3 | 09:30

Flexible Energy Harvesters Based on High Piezoelectric Ceramic Nanomaterials
Kwi-Il Park[1], Changyeon Baek[2], Do Kyung Kim[2]
[1]Gyeongnam National University of Science and Technology. [2]KAIST.

에너지1-4 | 09:45

Additional Cooling Effects of Casted Strips on Magnetic Properties of Nd-Fe-B Sintered Magnets
Hwaebong Jung[1], Sumin Kim[1], Hongjae Moon[1], Hyun-Sook Lee[1], Wooyoung Lee[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

에너지1-5 | 10:00

The Effect of Iron Deficiency on the Magnetic Properties and Microstructures Change of Ca-La M-type Hexaferrites
KangHyuk Lee[1], Yan Wei[1], Sang-Im Yoo[1]
[1]Department of Material Science and Engineering, Seoul National University.

에너지1-6 | 10:15

일차원의 PAN/g-C_3N_4 중공나노섬유의 제조 및 광전기화학 특성 향상에 대한 연구
장준영[1], 강수희[1], 이선영[1,*]
[1]한양대학교.

에너지1-7 | 10:30

소듐냉각고속로 U-Zr 합금계 금속연료심의 표면 반응층 특성 평가
문승욱[1], 김기환[2], 오석진[2], 박정용[2], 홍순익[2]
[1]충남대학교 신소재공학과 응용소재. [2]한국원자력연구원 SFR핵연료개발부.

Break time | 10:45

좌장 : 박귀일 (경남과학기술대학교)

에너지2-1 | 10:55

Theory-guided Discoveries of Mass-producible and Cost-effective Heterostructure Photocatalyst
최희채[1]
[1]㈜버추얼랩.

에너지2-2 | 11:10

대면적 스마트 윈도우 구동을 위한 고체 고분자 전해질(Solid Polymer Electrolyte, SPE) 제조의 최적화
최다현[1], 이민지[1], 최인규[2], 박성익[2], 김근영[1], 추원식[2], 천두만[3], 이선영[1,*]
[1]한양대학교 재료화학공학과. [2]서울대학교 기계항공공학부. [3]울산대학교 기계공학부.

에너지2-3 | 11:25

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery: the first approach for orientational effect of sodiation
변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

에너지2-4 | 11:40

Enhanced Cycling Stability of Lithium Sulfur Batteries Using Highly Porous Sulfurized Polyacrylonitrile Composite Cathode Materials
Ying Liu[1], Jungwon Heo[1], Anupriya K. Haridas[1], Jinwoo Jeon[1], Hoi-Jin Lee[1], Ji-Seup Choi[1], Kwon-Koo Cho[1], Jou-Hyeon Ahn[1]
[1]Gyeongsang National University.

에너지2-5 | 11:55

전기화학적 에너지 저장 소자에 적용하기 위한 그래핀 음극재의 화학적 리튬 전처리 (Chemical lithiation of graphene for electrochemical energy storage devices)
장재원[1], 함문호[1]
[1]광주과학기술원 신소재공학부.

에너지2-6 | 12:10

Aluminum-Air Batteries with Shape-Reconfigurability
Sangjin Choi[1], Daehee Lee[1], Gwangmook Kim[1], Yoon Yun Lee[1], Bokyung Kim[1], Jooho Moon[1], Wooyoung Shim[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

에너지2-7 | 12:25

Enhancing Wettability of Liquid Na on Beta-alumina Solid Electrolyte for Low Temperature Sodium Beta-alumina Battery
Dana Jin[1], Keeyoung Jung[2], Yoon-ki Lee[3], Yoon-Cheol Park[2], WooYoung Shim[1]
[1]Yonsei university. [2]RIST. [3]Kyungnam university.

열전재료

위원장 : 이희웅 (한국전기연구원)
총무간사 : 박수동 (한국전기연구원)
Room 320B, 10월 27일

좌장 : 김일호 (한국교통대학교)

열전1-1 | 09:00 강연

Enhancing Thermoelectric Properties Through Controlling Heterophase and Modulating Crystal Structure

Min-Wook Oh[1], Jae Ki Lee[2], Su-Dong Park[3]

[1]Hanbat National Univeristy. [2]Leibniz Institute for Solid State and Materials Research. [3]Korea Electrotechnology Research Institute.

열전1-2 | 09:25

Study on Microstructural Evolution of Thermoelectric Properties of Co-evaporated Bismuth Telluride Films with Various Thickness

신해선[1], Seungwoo Han[1], Hoojeong Lee[2]

[1]Korea Institute of machinery & materials. [2]Sungkyunkwan University.

열전1-3 | 09:40

Enhancing Thermoelectric Transport Properties of p-type BiSbTe by Pb Doping for Low-temperature Power Generation

Kwanlae Kim[1], Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[2], Wooyoung Lee[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University. [2]Department of Nano Applied Engineering, Kangwon National University.

열전1-4 | 09:55

High Thermoelectric Performance by Nano-inclusion and Randomly Distributed Interface Potential in N-type $(PbTe_{0.93-x}Se_{0.07}Cl_x)0_{.93}(PbS)_{0.07}$ Composites

Dianta Ginting[1], Chan-Chieh Lin[1], Jong-Soo Rhyee[1]

[1]경희대학교 국제캠퍼스.

Break time | 10:10

좌장 : 한승우 (한국기계연구원)

열전2-1 | 10:20

액상-고상합성법과 방전플라즈마소결법을 이용한 Mg-Si계 열전소재의 제조방법 및 열전특성에 대한 연구

이지현[1], 김동환[2], 김종태[2], 백주영[2], 김호영[2], 배재영[1]

[1]계명대학교, [2]DGIST

열전2-2 | 10:35

Effect of Sn Nanoparticles on the Thermoelectric and Mechanical Properties of Mg_2Si

Gwansik Kim[1], Hwijong Lee[1], Jeongmin Kim[1], Jong Wook Roh[1], Byung-Wook Kim[2], Kyu Hyoung Lee[3], Wooyoung Lee[1]

[1]Yonsei University. [2]Hyundai Motor Company. [3]Kangwon National University.

열전2-3 | 10:50

Enhancement of Thermoelectric Properties of Higher Manganese Silicides (Mn15Si26)

HYUN JUN RIM[1], Hwijong Lee[1], Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[2], Wooyoung Lee[1]

[1]Yonsei University. [2]Kangwon National University.

열전2-4 | 11:05

Thermoelectric Properties of K-doped $(SnSe)_{1-x}(SnS)_x$ Fabricated by Hot Press Sintering

Lin Chan-Chieh[1], Dianta Ginting[1], Jong Soo Rhyee[1]

[1]경희대학교 국제캠퍼스.

Break time | 11:20

좌장 : 박수동 (한국전기연구원)

열전3-1 | 11:30

열원과 열전발전모듈의 접촉 조건에 따른 발전량 변화에 관한 연구

허성준[1], 노윤현[1]

[1]㈜블루시스.

열전3-2 | 11:45

Evaluation of Thermal Conductivity of Various Thin Films

Sun Hwa Park[1], Seokkyoon Hong[2], Seokwoo Jeon[2], Jae Yong Song[1]

[1]KRISS. [2]KAIST.

열전3-3 | 12:00

차온 및 분위기 조성 조건에 따른 열전재료의 성능 측정 편차에 대한 연구

허성준[1], 노윤현[1]

[1]㈜블루시스.

열전3-4 | 12:15

Performance Evaluation and Fabrication of Flexible Thermoelectric Generator Using Bulk Materials

Su Hyeon Lee[1], Da-hye Kim[1], SIJIN Kim[2], Seungwoo Han[1]

[1]한국기계연구원(KIMM). [2]TE Tech.

열전3-5 | 12:30

The Effects of Doping by Transition Metals (V, Nb, and Zr) on the Thermoelectric Performance of Perovskite-type $SrTiO_3$ Oxide.

Tamal Tahsin Khan[1], Rahidul Hasan[1], Soon-Chul Ur[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering/ ReSEM, Korea National University of Transportation

나노소재

위원장 : 김영근 (고려대학교)
총무간사 : 류호준 (한국전자통신연구원)
Room 321A, 10월 27일

좌장 : 홍성훈 (한국전자통신연구원)

나노1-1 | 09:00

확장 가능한 나노 구조체 합성 공정 및 그 응용에 관한 연구

원종호[1], 강정구[1]

[1]한국과학기술원.

나노1-2 | 09:15

극저온 밀링과 방전 플라즈마 소결을 이용한 나노결정 Ti-Fe 합금의 제조

오민석[1], 안병민[1]

[1]아주대학교.

나노1-3 | 09:30

Improvement of Sensing Properties of Ni-decorated ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone

Jun Ho Lee[1], Ran Yoo[1], Aran Gu[1], Yunji Park[1], Wooyoung Lee[1]

[1]Yonsei University.

나노1-4 | 09:45

Electrical and Thermoelectric Transport Properties of Two-dimensional RuO_2 Nanosheets

Hongjae Moon[1], Jeongmin Kim[1], Somi Yoo[1], Jong Wook Roh[1], Wooyoung Lee[1]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei Univ.

나노1-5 | 10:00

Wearable Capacitive Strain Sensors Based on Patterned Ag Nanowire Networks

김승록[1], 박진우[1]

[1]연세대학교 신소재공학과.

나노1-6 | 10:15

Pd@Au 코어-쉘 나노입자의 표면 격자변형률과 전자구조 변화 측정 및 과산화수소 촉매 활성 변화 분석

김진수[1], 김인호[2], 유태경[3], 안재평[3], 이재철[2]

[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]경희대학교.

나노1-7 | 10:30

The Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Isoprene

Yunji Park[1], Ran Yoo[1], Seungryol Park[1], Jun Ho Lee[1], Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[1]

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

나노1-8 | 10:45

Enhanced Sensing Properties of Pt decorated Al-doped ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone

aran gu[1], Ran Yoo[1], Junho Lee[1], Yunji Park[1], Wooyoung Lee[1]

[1]Yonsei University.

전자재료

위원장 : 정병기 (한국과학기술연구원)
총무간사 : 김종규 (포항공과대학교)
Room 321B, 10월 27일

좌장 : 홍연우 (한국세라믹기술원)

AW-3 | 09:00 전자 · 정보재료상 수상기념강연

Nanostructured thin films on demand

장호원[1]

[1]서울대학교 재료공학부

전자1-1 | 09:25

페로브스카이트 박막을 이용한 전해질 트렌지스터 구현

Kihyon Hong[1], 김정민[2], 임동찬[2], 이근형[3]

[1]충남대학교 공대 신소재공학부. [2]재료연구소 표면기술연구본부. [3]인하대학교 화학공학과.

전자1-2 | 09:40

Pd-coated Si Nanowire Arrays for Detection of H2 in Air and Oil

장병진[1], 김민형[1], 이우영[1]

[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

전자1-3 | 09:55

Effects of Atomic Layer Deposition of Ru on Cu / Transfer-free graphene diffusion barrier interface

Yunho Kang[1], Min-Hyun Lee[2], Sang-Hoon Lee[1], Hyun-Mi Kim[1], Soo-Hyun Kim[3], Hyeon-Jin Shin[2], Ki-Bum Kim[1]

[1]Seoul National University. [2]Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT). [3]Yeungnam University.

전자1-4 | 10:10

Pp Heterojunction of Nickel Oxide Decorated Cobalt Oxide Nanorods for Enhanced Sensitivity and Selectivity Toward Volatile Organic Compounds

Jun Min Suh[1], Young-Seok Shim[2], Woonbae Sohn[1], Taemin L. Kim[1], Ho Won Jang[1]

[1]서울대학교. [2]한국과학기술연구원.

전자1-5 | 10:25

Electron Scattering at Surfaces and Grain Boundaries in Thin Tungsten Films

최두호[1], 김대균[1]

[1]동의대학교.

Break time | 10:40

좌장 : 최두호 (동의대학교)

전자2-1 | 10:50

Grain and Grain Boundary Properties of $ZnO-Zn_2BiVO_6-Co_3O_4$ Using Dielectric Functions

Youn Woo Hong[1], You Bi Kim[1], Seo Yeong Yeo[1], Woon Ik Park[1], Ji Sun Yun[1], Young Hun Jeong[1], Jong Hoo Paik[1], Jeong Ho Cho[1]

[1]KICET.

전자2-2 | 11:05

NM1/FM/NM2 삼중층에서의 interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction

차인호[1], 김남희[2], 김용진[1], 김규원[1], 유천열[2], 김영근[1]

[1]고려대학교. [2]대구경북과학기술원.

전자2-3 | 11:20

Refinement of Gd_2O_3 or Gd_2CuO_4 Inclusion in $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Films Based on Stability Phase Diagram of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ for the Nominal Composition of Gd:Ba:Cu=1:1:2.5

INSUNG PARK[1], WON-JAE OH[1], JAE-HUN LEE[2], SEUNG-HYUN MOON[2], SANG-IM YOO[1]

[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]㈜서남.

전자2-4 | 11:35

Core Loss Improvement of Fe Metal Powder Coated with Alumina Oxide

최성준[1], 이선우[1], 유재형[1], 유상임[1]

[1]서울대학교 공대 재료공학부 신소재공동연구소.

전자2-5 | 11:50

전력반도체 칩 본딩용 은코팅 구리 페이스트의 접합특성

이창현[1], 호문길[1], 이종현*[1]

[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

전자2-6 | 12:05

Reliable and Low Temperature Die Attach Process Using Ag/Sn/Ag Sandwich Structure for High Temperature Semiconductor Devices

Jin Seok Choi[1], Sung Jin An[1]

[1]Kumoh National Institute of Technology.

생체재료

위원장 : 한준현 (충남대학교)
총무간사 : 김유찬 (한국과학기술연구원)
Room 322, 10월 27일

좌장 : 정화철 (유앤아이(주))

생체1-1 | 09:00

Graphene Oxide Coating on NiTi Alloy for Reduced MR Image Distortion

한태양[1], 한준현[1]

[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

생체1-2 | 09:15

Enhanced Corrosion Resistance of Biodegradable Magnesium Using Coenzyme

Dongkyu Koo[1,2], Minjung Park[1,3], Jimin Park[1], Youngwoon Kim[3], Hyung-Seop Han[1], HyunKwang Seok[1,2], Hojeong Jeon[1,2], Myoung-Ryul Ok[1,2], Yu-Chan Kim[1,2], Kang-Sik Lee[4]

[1]Center for Biomaterials Korea Institute of Science and Technology. [2]Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology. [3]School of Material Engineering, Seoul National University. [4]Asan medical center.

생체1-3 | 09:30

Release and Control of Reactive Oxygen Species for New Functional Implants

Jung Gayoung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Hojeong Jeon[1], Yu-Chan Kim[1], Won-Hee Lee[2], Myoung-Ryul Ok[1]

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

생체1-4 | 09:45

Advanced Biomimicking System Based on Extracellular Matrix (ECM) and Lab-on-Chip

Hae Won Hwang[1], Gayoung Jung[1], Sangwook Wu[2], Jeong-Yun Sun[3], Myoung-Ryul Ok[1]

[1]Korea Institute of Science and Technology. [2]Pukyong National University. [3]Seoul National University.

Break time | 10:00

좌장 : 전호정 (한국과학기술연구원)

생체2-1 | 10:10

두개골 결손부 및 골 접합용 생체흡수성 마그네슘 합금의 미세조직 과 in-vitro 및 in-vivo 시험을 통한 생체적합 특성

조대현[1], 박상현[1], 최윤석[1], 조경목[1], 박익민[1], 남경협[2]

[1]부산대학교 재료공학부. [2]부산대학교병원 신경외과.

생체2-2 | 10:25

Study on Recrystallization Behavior and Mechanical Properties of Biomedical Co-Cr-W-Ni (L-605) Alloy

LI CHENGLIN[1], 최성우[1], 이상원[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 안순태[2], 박지태[2]

[1]재료연구소(KIMS). [2]삼화스틸.

생체2-3 | 10:40

Synthesis and Characterization of Medium Entropy Mixed Metal Oxides (MMO) Using Pisonia Grandis R.Br. Leaf Extract Via Greener Route

Joghee Suresh[1], Sun Ig Hong[1]

[1]Chungnam National University.

생체2-4 | 10:55

Novel Ecofriendly Biosynthesis of Mixed Metal High Entropy Nano Oxides Using Cyathea Nilgiriensis Holttum Plant Extract

Joghee Suresh[1], Sun Ig Hong[1]

[1]Chungnam National University.

복합재료 심포지엄

위원장 : 이상관 (재료연구소)
실무위원 : 이상복 (재료연구소)
Room 323, 10월 27일

좌장 : 이상복 (재료연구소)

복합1-1 | 09:00 초청강연

Fabrication of CNF/Cu Nanocomposites Using Electroless Plating

한준현[1], 손유한[1]

[1]충남대학교 신소재공학과.

복합1-2 | 09:30

Squeeze infiltration 법으로 제조한 경량금속기지 하이브리드 CNT 강화 복합재료의 마모 및 크립 특성

조대현[1], 최윤석[1], 조경목[1], 박익민[1]

[1]부산대학교 재료공학부.

복합1-3 | 09:50

Nano-Al_4C_3/Al-5.5Cu 복합재의 열처리에 따른 미세구조 및 기계적 성질의 변화

김대영[1], 유성현[2], 황준연[3], 최현주[2]

[1]국민대학교 공과대학 신소재공학부 나노융합구조소재실험실. [2]국민대학교 공과대학 신소재공학부. [3]한국과학기술연구원 전북분원 복합소재기술연구소.

복합1-4 | 10:10

Mechanical and Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites

손유한[1], 한준현[1]

[1]충남대학교 공과대학 신소재공학과.

복합1-5 | 10:25

직조된 탄소섬유를 이용한 알루미늄 복합재의 기계적 및 열적 특성 연구

김경수[1], 김대영[2], 김홍건[1], 황준연[2]
[1]전주대학교 탄소융합공학과. [2]한국과학기술연구원(KIST).

복합1-6 | 10:40

Fabrication Process and Their Applications of Graphene Nanoplatelet/Epoxy Nanocomposite as Structural material Requiring High Strength

Joon hui Kim[1], Jaemin Cha[1], Sung Chan Yoo[1], Seongwoo Ryu[2], Ho Jin Ryu[3], Soon Hyung Hong[1]
[1]Dept. of Materials Science and Engineering, KAIST. [2]Dept. of Materials Science and Engineering, University of Suwon. [3]Dept. of Nuclear and Quantum Engineering, KAIST.

좌장 : 한준현 (충남대학교)

복합2-1 | 10:55 초청강연

반응 합성을 이용한 알루미늄합금기지 복합재료 제조

이정무[1], 김수현[1], 조영희[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소.

복합2-2 | 11:25

Interfacial and Mechanical Property of TiC/Mg Composites Produced by In-situ Combustion Synthesis

조일국[1], 조승찬[1], 이상관[1], 이상복[1]
[1]재료연구소(KIMS).

복합2-3 | 11:45

액상가압을 통해 제조한 SiC/Al7075 금속복합재의 SiC 입자 크기가 동적 압축 특성에 미치는 영향

최진혁[1], 이형수[1], 조민철[1], 조일국[2], 이상관[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]재료연구소.

복합2-4 | 12:05

TiC 입자강화 철강복합재료의 내산화 특성

조승찬[1], 이영환[1], 조일국[1], 홍현욱[2], 서동우[3], 이상복[1], 이상관[1]
[1]재료연구소 (KIMS). [2]창원대학교 신소재공학부. [3]포항공과대학교 철강대학원.

복합2-5 | 12:25

SiC 강화재 표면 산화가 SiC/Al 복합재의 내마모성 및 파괴인성에 미치는 영향

이태규[1], 류호진[1], 이준호[1], 조일국[2], 이상복[2], 이상관[2]
[1]한국과학기술원. [2]한국 기계연구원 부설 재료연구소.

복합2-6 | 12:40

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 미세조직 변화 및 인장파괴 특성

박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 황금철[3], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.

복합2-7 | 12:55

Finite Element Modeling of Tensile Deformation Behaviors of Iron Syntactic Foam with Hollow Glass Microspheres

Yi Je Cho[1], Wookjin Lee[2], Yong Ho Park[1]
[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH).

비철금속 I

위원장 : 이재천 (한국지질자원연구원)
총무간사 : 김병수 (한국지질자원연구원)
Room 325A, 10월 27일

좌장 : 김지웅 (한국지질자원연구원)

비철1-1 | 09:00

Fe가 첨가된 과공정 Al-Si합금 열간압출재의 미세조직 및 특성

이세동[1], 임수근[1], 김대환[2], 김태준[3]
[1]경상대학교 나노 • 신소재공학부 금속재료공학과. [2] 경상대학교 항공기부품기술연구소. [3]경상대학교 재료공정융합공학과.

비철1-2 | 09:15

반응고 AM80-xMM 마그네슘 합금의 열처리 특성

김서영[1], 김대환[2], 김덕현[1], 백아름[1], 임수근[1]
[1]경상대학교 나노 • 신소재공학부-금속재료공학전공. [2]경상대학교 항공기부품기술연구소.

비철1-3 | 09:30

Al-Si-Cu계 용가재를 사용한 저융점 알루미늄 브레이징에서 첨가제가 접합조직에 미치는 영향

이순재[1], 정도현[1], 정재필[1]
[1]서울시립대학교.

비철1-4 | 09:45

방향성 초내열합금의 화학조성 및 미세조직에 미치는 Revert ratio 영향 고찰

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

비철1-5 | 10:00

Cu-Ti합금의 기계적, 전기적 특성에 미치는 불연속 석출물과 Ni 및 Si 첨가 효과

조민아[1], 한승전[2], 안지혁[2], 임성환[3], 김광호[1], 손영국[1]
[1]부산대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소. [3]강원대학교.

비철1-6 | 10:15

Zr 피복관 산세폐액으로부터 회수된 Ba_2ZrF_8로 부터 반응성 음극을 사용한 Zr 전해제련

최정훈[1], 이영준[1], 김영민[1], Nersisyan Hayk[1], 이종현[1]
[1]충남대학교.

비철1-7 | 10:30

STS304/Al1050/STS439 clad 소재의 열처리에 따른 기계적 거동 및 금속간 화합물 분석

김용근[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 신소재공학과.

Break time | 10:45

좌장 : 박충권 (서울대학교)

비철2-1 | 10:55

분사주조법으로 제조한 과공정 Al-Si-Fe 합금 압출재의 기계적 특성

김태준[1], 김대환[2], 이세동[3], 임수근[3]
[1]경상대학교 재료공정융합공학과. [2]경상대학교 항공기부품기술연구소. [3]경상대학교 나노 • 신소재공학부 금속재료공학과.

비철2-2 | 11:10

Al-Zn-Cu 합금에서 Al 및 Zn상 간 계면에너지 제어에 의한 강도 연성 동시향상

한승전[1], 최은애[1], 허기녕[2], 안지혁[1], 이재현[2], 임성환[3]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]창원대학교. [3]강원대학교.

비철2-3 | 11:25

3D레이저 코팅기술을 이용한 사고저항성이 우수한 핵연료 피복관 개발

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

비철2-4 | 11:40

Al-Si-Cu 합금에서 기계적 진동에 따른 Cu의 함량과 SDAS의 상관관계

배성호[1], 김희수[1]
[1]조선대학교 재료공학과.

비철2-5 | 11:55

Effect of Electric Current on Bending Formability and Recrystallization Kinetics in Magnesium Alloys

Ju-Won Park[1], Hye-Jin Jeong[1], Sung-Woo Jin[1], Moon-Jo Kim[1], Jae Joong Kim[1], Heung Nam Han[1]
[1]Materials science and engineering, Seoul National University.

비철2-6 | 12:10

AA 7055의 시효 조건에 따른 기계적 성질 예측 모델링

맹한솔[1], 이석재[2]
[1]전북대학교 공과대학 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.

비철2-7 | 12:25

Cu/Al/Cu 클래드에서 Ni-interlayer의 두께에 따른 효과

김형진[1], 홍순익[1]
[1]충남대학교 신소재공학과.

비철금속 II

위원장 : 이재천 (한국지질자원연구원)
총무간사 : 김병수 (한국지질자원연구원)
Room 325C, 10월 27일

좌장 : 강정신 (한국지질자원연구원 & UST)

AW-6 | 09:00 서정상 수상기념강연

이상간 계면에너지 제어에 의한 알루미늄 및 동합금의 강도 및 연성향상

한승전[1], 최은애[1], 임성환[2], 김광호[3]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소, [2]강원대학교, [3]부산대학교

비철3-1 | 09:25

Indium Tin Oxide(ITO) 전해환원공정 최적화를 위한 In, Sn 전해환원 거동 모델링

김영민[1], 권숙철[1], 이종현[2]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [2]충남대학교.

비철3-2 | 09:40

High-temperature Oxidation Behaviour of Low-entropy Alloy to Medium- and High-entropy Alloys

Nana Kwabena Adomako[1], 김정한[1], 현용택[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

비철3-3 | 09:55

고체산화물 멤브레인을 활용한 마그네슘 제련용 불화물계 용융염 설계

이유민[1], 진연호[2], 양재교[2], 박주현[1]
[1]한양대학교. [2]고등기술연구원.

비철3-4 | 10:10

Fundamental Study of the Electrochemical Refining of Indium from In-Sn Alloy

박광원[1], 손일[1]
[1]연세대학교 신소재공학과.

비철3-5 | 10:25

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

라기호[1], 이상훈[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

비철3-6 | 10:40

Investigation of Titanium Electrorefining Process from FeTi Ingot in Molten Halide Salts

Vladislav Ri[1], 유병욱[1], Hayk Nersisyan[1], 이영준[1], 이종현[1]
[1]충남대학교.

P1 : 철강

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P1-1

지역난방시스템에서 이미다졸이 탄소강관에 미치는 영향에 대한 연구

고상진[1], 김용상[1], 김우철[2], 김정구[1]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.

P1-2

수소취성을 활용한 템퍼드 마르텐사이트 조직강의 구오스테나이트 결정립 크기 관찰 방법

김재환[1], 최명수[1], 최염호[1]
[1]POSCO 기술연구원.

P1-3

Effec of Annealing Condition on Corrosion Behavior and Precipitation of Secondary Phase on Super Duplex Stainless Steel UNS S 32750

신병현[1], 박상협[1], 박정현[1], 황명원[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실.

P1-4

중성자 차폐재용 borated stainless steel의 B 함량에 따른 미세조직 및 내공식성 변화 조사

이창근[1,3], 하헌영[1], 원치형[1,2], 장재훈[1], 이태호[1], 조경목[2]
[1]재료연구소. [2]부산대학교.

P1-5

Evaluation of Hydrogen Embrittlement Mechanisms of EG 1180 TRIP Steel

황아인[1], 서동우[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

P1-6

페라이트-오스테나이트 duplex 경량철강의 동적인장물성 및 변형 거동

박재영[1], 조민철[1], 정혁재[1], 손석수[1], 곽재현[2], 김형섭[1], 이성학[1]
[1]POSTECH. [2]POSCO.

P1-7

5㎛이하 초세립을 갖는 고내구강 제조기술

김동윤[1], 조훈성[2]
[1]세아베스틸㈜ 기술연구소. [2]전남대학교 신소재공학과.

P1-8

저합금강의 저온인성에 미치는 잔류오스테나이트의 영향

손영훈[1], 김성환[1], 김병준[1], 장재호[1], 손근용[2], 남대근[1]
[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]인제대학교.

P1-9

오스테나이트계 스테인리스강의 냉간압연 및 표면크랙 가공을 통한 강도 및 인성향상

김광윤[1], 박민하[1], 문형석[1], 김형찬[1], 권세훈[2], 김병준[1]
[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]부산대학교 재료공학과.

P1-10

해양플랜트용 460MPa 급 철강재료의 열영향부 미세조직과 샤르피 충격 특성

김종우[1], 한종민[1], 김정기[1], 서원석[1], 서용찬[2], 황성두[2], 김종철[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]
[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]현대제철 기술연구소.

P1-11

해양플랜트용 철강재료의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 합금원소의 영향

김정기[1], 김종우[1], 한종민[1], 서원석[1], 박응렬[2], 조성규[2], 주형건[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]
[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]현대제철 기술연구소.

P1-12

구성방정식을 이용한 페라이트-펄라이트 강의 항복비에 미치는 미세조직적 인자의 영향 해석

이상인[1], 홍태운[1], 유선아[1], 이준호[2], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]고려대학교 신소재공학부.

P1-13

TWinning Induced plasticity/Low-carbon(TWIP/LC) clad강의 동적인장성질

조민철[1], 강민주[2], 박재영[1], 손석수[3], 안동현[4], 김형섭[1], 최원태[5], 진광근[5], 이성학[1]
[1]포항공대 신소재공학과. [2]재료연구소(KIMS). [3]항공재료연구센터. [4]한국원자력연구소. [5]POSCO.

P1-14

Coarsening Behaviour of Cr_2B Precipitates in Borated Stainless Steel

원치형[1,2], 장재훈[1], 문준오[1], 하헌영[1], 이태호[1], 강남현[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교.

P1-15

PBF와 DED 공정으로 제조된 17-4PH합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가

윤종천[1], 이민규[1], 이윤선[1], 김우성[1], 성지현[1], 차경제[1], 연시모[1], 손용[1], 김다혜[1]
[1]한국생산기술연구원.

P1-16

압연방법에 따른 산업용 베어링강의 내질 확보 기술

전호성[1], 조훈성[2]
[1]세아베스틸㈜ 기술연구소. [2]전남대학교 신소재공학과.

P1-17

베이나이트계 고강도강의 경도와 충격인성에 미치는 탄소함량 및 열처리의 영향

이홍범[1], 송영범[2], 함진희[2], 김홍규[2], 서동우[1]
[1]포항공과대학교. [2]국방과학연구소.

P1-18

시멘타이트 석출거동에 미치는 Si 및 Co첨가 효과의 영향

유정선[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P1-19

0.2C–0.35Si–1.05Mn 저탄소 단조강의 압하율 변화가 기계적 성질 및 미세구조 변화에 미치는 영향

원윤정[1], 권순우[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P1-20

고탄소강의 고Si첨가에 따른 QT특성 및 내마모성에 미치는 영향 고찰

이운재[1], 이석재[1]
[1]전북대학교 공대 금속공학과.

P1-21

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], 홍현욱[1,*]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.

P1-22

Austenite계 경량철강의 k–carbide 형상 변화 및 전위 밀도 감소를 통한 인장성질 향상

송혜진[1], 유지성[1], 권윤익[2], 손석수[1], 구민서[3], 김낙준[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]POSCO 기술연구원.

P1-23

LNG 배관용 Mn–Steel의 인장 및 충격 특성에 미치는 Cr 첨가의 영향

김보희[1], 이석규[1], 배진호[2], 이성학[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.

P1-24

Effect of Microstructure on Brittle Crack Arrest Behavior of a Heavy–gauge Steel Plate

OHJAE LEE[1], Seok Gyu Lee[1], Bo Hee Kim[1], H.Y.Bae[2], H.C.Jeong[2], S.H.Lee[1], N.J.Kim[1]
[1]Pohang University of Science and Technology. [2]POSCO.

P1-25

Fe 도가니의 수명에 미치는 Al의 영향 Effect of Al infiltration on lifetime of Fe crucible

황명원[1], 신병현[1], 김도형[1], 박정현[1], 박상협[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P1-26

액상 Fe–S 합금의 표면장력 측정

정지석[1], 심상철[1], 이준호[1]
[1]고려대학교 신소재공학과.

P1-27

SiO_2 기판과 $CaO–SiO_2$계 슬래그 접촉특성

백승은[1], 정용석[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P1-28

MgO–C 내화재와 전기로 슬래그/용강 계면에서의 내식 특성

표기석[1], 유준수[1], 정용석[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P1-29

DRI 적용에 따른 전기로 슬래그 포밍 거동의 변화

손원영[1], 강영조[1]
[1]동아대학교 금속공학과.

P1-30

슈퍼 듀플렉스 스테인리스 스틸 UNS S 32750 의 내식성에 미치는 prestrain의 영향

박상협[1], 김도형[1], 신병현[1], 박정현[1], 황명원[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실.

P1-31

SFR용 핵연료 연료봉의 원격용접 공정 개발을 위한 용접기술 및 용접조건 평가

박상규[1], 이정원[1], 김기호[1]
[1]한국원자력연구원.

P1-32

Effect of Rare Earth Element on the Microstructure and Mechanical Properties of 14 Cr Oxide Dispersion Strengthened Steels Produced by Additive Manufacturing

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

P1-33

Mo, Ti, Nb 가 첨가된 내화강의 고온 기계적 특성 및 석출거동

최동준[1], 이상혁[2], 고윤석[1], 김동익[3], 심재혁[3], 한흥남[1], 이영수[3]
[1]서울대학교. [2]서울과학기술대학교. [3]한국과학기술연구원(KIST).

P1-34

고 Mn강의 초기 내부 산화 및 산화층 성장 거동

정지연[1], 이형록[1], 김혜주[1], 손광석[1], 이운해[2], 서인식[2], 김동규[1], 임창희[3]
[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소. [3]포항공과대학교 철강대학원(GIFT).

P1-35

저 탄소강의 고온 입계 산화와 변형 크랙과의 상관성

이형록[1], 정지연[1], 김혜주[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 김동규[1], 임창희[3]
[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소. [3]포항공과대학교 철강대학원(GIFT).

P1-36

9Cr–1W–Ta–Zr계 RAFM 강의 고온 변형 특성

김상욱[1], 이지운[1], 정택균[1], 천영범[2], 현승균[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국원자력연구원.

P1-37

Numerical Analysis for Solidification Mechanism of Hypo–peritectic Steel in Continuous Casting

조준현[1], 이경우[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P1-38

대형 Bloom에서 생성되는 조대한 탄화물의 석출 및 분해 거동

김혜주[1], 정지연[1], 이형록[1], 손광석[1], 권상흠[2], 이주동[2], 오경식[2], 김동규[1]
[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소.

P1-39

안정한 오스테나이트계 스테인리스강에서 예민화 처리가 수소취성에 미치는 영향

김경식[1], 강지현[1], 김성준[1]
[1]포항공과대학교 철강대학원.

P1-40

결정립계 정합성 조절을 통한 고망간 TWIP강의 수소 취성 저항성 향상

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

P1-41

Effect of Ti/Al Ratio on Gamma Prime Coarsening Rate with Coherent Strain of Ni Based Superalloy

정희정[1], 허주열[1], 정우상[2]
[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

P1-42

Grain Boundary Design to Improve the High Temperature Mechanical Properties of Super304H

이지원[1], 박성주[1], 이태호[2], 강전연[2], 하헌영[2], 홍현욱[1,*]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실.

P1-43

미생물 유도부식(Microbiologically Induced Corrosion)에 의한 플랜트 냉각시스템의 파손 분석

김경민[1], 김선홍[1], 김정구[1]
[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.

P1-44

Fe–Cr–Ni계 합금에 포함된 S가 고온 산화에 미치는 영향 연구

김민정[1], 이경환[2], 배근수[3], 조규철[3], 정재옥[3], 이동복[1]
[1]성균관대학교 자연과학캠퍼스. [2]신성대학교 제철산업과. [3]한국피아이엠 기술연구소.

P1-45

T91/T92 seamless 튜브재의 크리프 특성 평가

김한열[1,2], 허주열[1], 정우상[2]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

P1-46

T22강의 크리프 특성에 미치는 석출거동의 영향

추동주[1,2], 김한열[1,2], 이준호[1], 정우상[2]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.

P2 : 상변태

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P2-1

Phase Transformation Behavior of BCC Dual–phase High Entropy Alloys

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

P2-2

초내열합금 A286 시효석출 이전 상변태 및 미세조직

장현수[1], 최병학[1], 김형래[1], 고태연[1], 김태용[1], 백문기[1], 정직한[1], 김정한[2]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과. [2]한밭대학교.

P2-3

Al–Ni 합금 용융도금 시 보론강에 형성된 금속간화합물의 성장

이재형[1], 윤중길[1], 곽승윤[1], 강정윤[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부.

P2-4

Ti–Ni–Cu 합금의 상변태거동 및 형상기억특성에 영향을 미치는 시효처리 효과

박주완[1], Shuanglei Li[1], 김동조[1], 김성철[1], 김태완[1], 남태현[1]
[1]경상대학교.

P2-5

Al–7Mn 용융 도금된 보론강의 핵 생성과 성장과정

곽승윤[1], 이재형[1], 윤중길[1], 강정윤[1]
[1]부산대학교 재료공학부 접합과학실험실.

P2-6

나노스케일 비정질 금속의 변형거동에 영향을 미치는 인자들

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

P2-7

고온안정 탄탈륨계 비정질 합금 개발

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

P2-8

4원계 Medium–Entropy Alloys의 나노미세조직 및 합금성질

심상훈[1]
[1]충남대학교 공과대학 나노소재공학과.

P2-9

Carbon 및 Boron 첨가량에 따른 철계 비정질 합금의 형성능 및 특성 비교

류창훈[1], 이승훈[1]
[1]경북대학교 신소재공학부.

P2-10

Correlation Between Medium Range Order and Ductility in Zr–Cu–Co–Al BMG–forming Alloys

유근희[1], 황진우[2], 박은수[1]
[1]서울대학교 재료공학부. [2]Ohio State University.

P2-11

Ti–Ni–Mo 형상기억합금 다공성 소결체 제조 및 기공률에 따른 기계적 특성 비교

장재원[1], 김연욱[1], 남태현[2], 권혁준[1]
[1]계명대학교 재료공학과 급냉응고실험실. [2]경상대학교.

P2-12

Direct Energy Deposition법으로 제조된 M4 공구강 3차원 적층재의 미세조직 평가

남태훈[1], 하경식[1], 손종윤[1], 이욱진[1], 심도식[2], 강남현[3], 전종배[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]한국해양대학교 기계공학부. [3]부산대학교 재료공학부.

P2-13

Thermodynamic Evaluation of AlCuXCoNiTi (x=0.5, 1, 1.5) High–entropy Alloys Synthesized by Mechanical Alloying

권영준[1], 오인택[1], 권훈[1], 조기섭[1]
[1]국민대학교 신소재공학부.

P2-14

Novel STS/Al Bimetallic Composite with High Strength, Lightweight and Highly Glossy Appearance

Jin Man Park[1], Jae Won Sim[1], Changwoo Jeon[1], Kwangseok Lee[2], Sung Hwan Hong[3], Ki Buem Kim[3]
[1]Samsung Electronics. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Sejong University.

P2-15

상온에서 가역적인 거대 자기열량 효과를 보이는 Ni–Mn계 호이슬러 합금 개발

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

P2-16

Ti–Cr–X 합금에서 첨가원소 X에 따른 변형기구 및 기계적 물성의 거동

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

P2-17

미량원소 첨가에 따른 Ti65Fe35 과공정 합금의 미세구조와 기계적 특성의 변화

황윤중[1], 홍성환[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 박상원[1], 김기범[1]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

P2-18

Influence of the Atomic Ratio Between Zr and Ti Content on the Ni–Cu–Zr–Ti–Si–Sn Bulk Metallic Glasses

Hyo Jin Park[1], Ki Buem Kim[1,*], Hae Jin Park[1], Young seok Kim[1]
[1]Sejong University.

P2-19

기계적 합금화와 스파크 방전 소결을 이용한 Al0.5CoCrCuFeNi 고 엔트로피 합금 제조

장순호[1], 노애란[1], 남승진[1], 전종규[1], 최현주[1]
[1]국민대학교 신소재공학과 나노융합구조소재실험실.

P2-20

냉간압연된 STS304의 열처리에 따른 결정립 미세화 및 상변화

박민하[1], 김광윤[1], 전종배[1], 남대근[1], 손근용[2], 김병준[1]
[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]인제대학교 나노융합공학부.

P2-21

냉간압연된 NiTi계 형상기억 리본의 어닐링 온도에 따른 상변태 및 형상회복 특성

김록형[1], 정상준[1], 이명오[2], 김순덕[2], 지광구[3], 장우양[1]
[1]조선대학교. [2]유프렌드㈜. [3]한국과학기술연구원.

P2-22

Zr과 전이금속 간 이성분 합금계 중 Zr–rich 조성의 비정질 형성능 및 특성 변화 고찰

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

P2-23

탄소강 입계석출 상변태와 입계균열 현상

장현수[1], 최병학[1], 윤진영[1], 백광용[1], 이승영[1], 이상우[1], 박진수[1], 양우혁[1], 이호연[1]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과.

P2-24

Inconel 740 합금의 열팽창계수 특성 분석

김대호[1], 이상현[1], 서진유[2]
[1]한국표준과학연구원. [2]한국과학기술연구원.

P2-25

건식 적층 방식을 이용한 Cu–Sn alloy 박막의 저온 적층 최적화에 대한 연구

김근영[1], 김형섭[1], 박윤찬[1], 최다현[1], 이선영[1]
[1]한양대학교.

P2-26

비정질 Ti–(50.3–x)Ni–20Hf 합금리본의 결정화 열처리와 초탄성특성 변화

김동조[1], 김연욱[2], 남태현[1]
[1]경상대학교. [2]계명대학교.

P2-27

수소투과환경에서 Pd–40wt%Cu 수소분리막의 FCC–BCC 상변태에 미치는 냉각속도의 영향

김하영[1], 조민구[2], 김한진[2], 서진유[2], 김도향[1]
[1]연세대학교. [2]한국과학기술연구원.

P2-28

순수 타이타늄 주조제품의 기계적 성질 향상을 위한 반복 상변태 열처리

박종민[1], 김형균[2], 정재현[3], 박기범[1], 박래성[1], 하태권[1], 민석홍[1], 박형기[2]
[1]강릉원주대학교. [2]한국생산기술연구원. [3]서원.

P2-29

스테인레스강 입계석출 상변태와 입계균열 현상

장현수[1], 최병학[1], 고승희[1], 강효인[1], 최우정[1], 김시훈[1], 윤재형[1], 권병호[1], 원규연[1]
[1]강릉원주대학교 신소재금속공학과.

P2-30

Thermodynamic Modelling of ZnO–TiO_2 System

Yoongu Kang[1]
[1]Department of Materials Science and Engineering of Seoul National University.

P2-31

TiAl–6Nb–4V–1Fe–0.2B–0.3Si–0.1C 합금의 상변태 온도 연구

금동엽[1], 서동이[2], 김대진[1]
[1]안동대학교 기계공학과. [2]National Research Council Canada.

P3 : 재료강도

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P3-1

Ti/Cu 클래드 판재의 열처리에 따른 기계적 특성 연구

윤창석[1], 박양균[1], 김상열[2], 이상로[2], 이동근[1]
[1]순천대학교 신소재공학과. [2]㈜에이원엔지니어링.

P3-2

하이엔트로피 합금의 나노스케일 항복 거동에 미치는 수소의 영향

양광휘[1], 이동현[1], 김우진[1], 서진유[2], 장재일[1]
[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

P3-3

SA508 Gr.1A 및 Gr.3 저합금강의 냉각속도 변화에 따른 미세조직 및 파괴저항성(J-R) 평가

김민철[1], 민기득[1], 홍석민[1], 김종민[1], 최권재[1], 정선미[2], 김홍덕[2]
[1]한국원자력연구원. [2]한국수력원자력㈜.

P3-4

Au nanowire에서 관찰되는 twin-detwin 변형 거동 해석

김성훈[1], 서종현[2], 이재철[1], 안재평[3]
[1]고려대학교 신소재공학부. [2]SK hynix. [3]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P3-5

Al 단결정 나노선 인장실험에서 관찰된 deformation twinning 현상 해석

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

P3-6

산화물분산강화합금 분말의 예비열처리 공정이 기계적 특성에 미치는 영향

김가언[1], 노상훈[1], 장창희[2], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원. [2]한국과학기술원.

P3-7

강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성에 미치는 열처리와 접합강도 효과

진보라[1], 하동욱[1], 전건우[1], 정창열[1]
[1]동국대학교 원자력 • 에너지시스템공학과.

P3-8

Microstructure Evolution and Critical stress for Twinning in the Newly Designed MnCoNiCu High-Enropy Alloy

D. G. Kim[1], Y. H. Jo[1], W. M. Choi[1], S. S. Sohn[2], H. S. Kim[1], B. J. Lee[1], S. Lee[1]
[1]Center for High Entropy Alloys. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

P3-9

Small Punch Test를 통한 금속재료의 기계적성질 측정 표준화

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

P3-10

Al-Mg-Si 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 열처리 효과

진보라[1], 하동욱[1], 전건우[1], 이준민[2], 노시준[3], 김지훈[3], 정창열[1]
[1]동국대학교 원자력 · 에너지시스템공학과. [2]현대기아자동차연구소. [3]명화공업.

P3-11

Strengthening by Brittle Sigma-phase in Ductile VCrFeNi High Entropy Alloy

조용희[1], 최원미[1], 김동근[1], Alireza Zargaran[1], 손석수[2], 김형섭[1], 이병주[1], 이성학[1]
[1]포항공과대학교. [2]Max-Plank-institute.

P3-12

FeMnAlC 합금계 기반 스테인리스강의 Cr 첨가에 의한 석출거동 및 변형거동 해석

김치원[1], 이창훈[2], 박성준[2], 김경원[2], 이영주[3], 홍현욱[1,*]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]포항산업과학연구원.

P3-13

BCC 이원계 합금의 조성에 따른 고용강화 거동 고찰

김일환[1], 오현석[1], 박은수[1,*]
[1]서울대학교 재료공학부.

P3-14

고Cr 페라이트계 산화물 분산강화 강의 제조와 특성평가

노상훈[1], 강석훈[1], 장진성[1], 김태규[1]
[1]한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.

P3-15

S45C 합금의 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 Cr 도금층의 영향

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

P3-16

핵융합로용 RAFM강에서 Ti 및 Ta 첨가에 따른 미세조직 및 크리프 거동 특성 고찰(Microstructure stability and creep behavior of RAFM steels with Ti and Ta addition)

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

P3-17

고온압연을 이용한 계층구조 나노포러스 금의 제조

송은지[1], 곽은지[1], 김주영[1]
[1]울산과학기술원.

P3-18

과공석강의 미세조직 및 인장, 고주기 피로 특성에 미치는 accumulated strain의 영향

김규식[1], 김현진[2], 배철민[2], 이기안[1]
[1]인하대학교. [2]㈜포스코.

P3-19

소부경화강의 변형 시효 특성에 미치는 탄소 함량과 상 분율의 영향

홍태운[1], 이상인[1], 황병철[1]
[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.

P3-20

유연소자 봉지재용 금속산화막의 인장특성 및 신축성 평가

김한글[1], 김나향[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

P3-21

투명 스트레처블 봉지재료용 SiO_2 박막의 기계적 특성

김나향[1], 김한글[1], 김주영[1]
[1]UNIST 신소재공학부.

P3-22

유연 태양전지용 페로브스카이트 소재의 인장특성 평가

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

P3-23

고강도 차동 기어 개발

이규석[1], 최병호[1], 권형태[1], 이해춘[1]
[1]현대다이모스.

P4 : 가공-소성가공

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P4-1

인발가공에 따른 Al–Fe계 합금선재의 기계적 특성 및 미세조직분석

정대한[1], 정창기[1], 이성희[1]
[1]목포대학교 신소재공학과.

P4-2

Partial hardening 제품의 파괴 인성 향상 효과 분석

임옥동[1], 공영식[1], 강남수[1], 최하나[1], 변장훈[1], 강창우[1]
[1]㈜오토젠.

P4-3

분말야금법으로 제조된 니켈기 초내열 합금의 분말치밀화와 열처리 공정 조건 변화에 따른 미세조직 및 고온특성 평가

신민주[1], 윤은유[1], 이영선[1], 배성준[1], 김대근[1], 김흥규[2], 홍성석[2], 김동훈[2]
[1]재료연구소(KIMS). [2]국방과학연구소.

P4-4

알루미늄 5182 합금 통전 인장 및 FLD 성형후 기계 · 금속학적 특성 평가

김재성[1], 박기영[1], 진홍교[2], 양대호[2], 김장수[2]
[1]고등기술연구원. [2]㈜엠에스오토텍.

P4-5

유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 튜브의 압출 공정 설계

최병진[1], 강성훈[1], 오영석[1], 이호원[1]
[1]재료연구소(KIMS).

P4-6

A7075–T6 Bumper beam의 충격성능 분석

임옥동[1], 공영식[1], 강남수[1], 최하나[1], 변장훈[1], 강창우[1], 이민식[2]
[1]㈜오토젠. [2]부산대학교 산학협력단.

P4-7

동일한 압출비에서 T 형상으로 제조된 7075와 2024 압출재의 압출 상태의 미세 조직 특징 비교

이상용[1], 우영호[1], 김기한[1], 김연주[1], 박정민[1]
[1]국립안동대학교.

P4-8

Al–Mg–Zn계 알루미늄 합금의 압연 가공성 및 기계적 특성 평가

조상현[1], 오성준[1], 이성희[2]
[1]목포대학교 신소재공학과. [2]목포대학교 기계 · 신소재공학과.

P4-9

초소성성형/확산접합의 티타늄 자전거 샤프트 조인트 접합 공정 적용 연구

이상용[1], 유영훈[2]
[1]국립안동대학교. [2]㈜탈리스.

P4-10

직수냉각을 이용한 보론강의 핫스탬핑 성형 특성

권의표[1], 김대영[1], 박현경[2]
[1]한국생산기술연구원. [2]동해금속.

P4-11

열간 피어싱 및 냉간 인발 공정을 이용한 자동차 서스펜션장치용 중공 심리스 스프링강 튜브 제조 연구

홍성모[1], 한승완[1], 김완교[1]
[1]세창스틸.

P4-12

초음파나노표면개질(UNSM) 기술을 이용한 표면 압축 잔류 응력 형성 거동의 유한 요소 해석

박현욱[1], 김준형[2], 편영식[2], 아마노프 아외즈한[2], 최윤석[1]
[1]부산대학교 재료공학과. [2]선문대학교 기계공학과.

P4-13

핫스탬핑 금형 성형 온도에 따른 성형성 및 기계적 특성 평가

심우정[1], 전형준[2], 김동규[3]
[1]㈜새한산업. [2]㈜명진테크. [3]㈜디케이솔루션.

P4-14

유한요소법을 이용한 철계 자동차 부품의 온간단조 성형 해석 및 미세조직 예측

김대근[1], 이영선[1], 윤은유[1], 이상용[2], 김태구[3]
[1]한국 기계연구원 부설 재료연구소. [2]안동대학교 신소재 공학부. [3]코리아 메탈㈜.

P4-15

폐리튬이차전지로부터 물리적 전처리 후 소성 공정에 따른 물성 변화 연구

박상렬[1], 이아름[1], 변석현[1]
[1]성일하이텍㈜.

P5 : 주조 및 응고

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P5-1

탄탈륨 스크랩으로부터 고밀도 열원 용해기술을 통한 고순도 탄탈륨 Ingot 제조

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

P5-2

Ti–Al 합금 주조 시 주형재 및 주형 예열에 따른 주조성 평가

최진주[1], 정우철[1], 진연호[1], 양재교[1]
[1]고등기술연구원.

P5-3

고진공 다이캐스팅 공정 기술을 이용한 대형 상용 V-arm 부품 개발

문민석[1], 유명한[1], 송준혁[1], 노종일[1], 오제하[1], 정동철[1], 김용관[2], 김미숙[2]
[1](재)한국탄소융합기술원. [2]㈜티앤지.

P5-4

IN792Hf 일방향 초내열 합금에서 응고 속도에 따른 Eta상 형성 거동

손명균[1], 주윤곤[1], 구지호[2], 이재현[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업.

P5-5

[001] 단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 응고 속도에 따른 응고 조직 변화

권순철[1], 주윤곤[1], 신종호[2], 이재현[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업.

P5-6

Ni 베이스 단결정 초내열합금 CMSX-4의 열처리 조건에 따른 γ/γ′ 미세조직 변화

성창훈[1], 성기태[1], 임근영[1], 구지호[2], 이재현[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업㈜ 소재기술개발팀.

P5-7

소듐냉각고속로 금속연료 스크랩 재활용 주조 특성 평가

김기환[1], 하성준[2], 문승욱[2], 박정용[1], 홍순익[2]
[1]한국원자력연구원. [2]충남대학교.

P5-8

원심주조법으로 제조된 알루미늄 다이캐스팅용 슬리브의 용손 및 내마모 특성 평가

윤국태[1], 송재선[1], 허재영[1], 임형철[1], 윤일채[1], 홍성만[2]
[1]대구기계부품연구원. [2]계선이엔지.

P5-9

Influence of Electromagnetic Stirring (EMS) on the Microstructure4 and Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Alloy in Vacuum Arc Remelting (VAR) Process

이태혁[1], 유병욱[2], 최정훈[3], 이용범[4], 박현진[4], 임광혁[4], 이종현[3]
[1]충남대학교 급속응고신소재 연구소. [2]충남대학교 에너지과학기술 대학원. [3]충남대학교 공과대학 신소재공학과. [4]㈜한스코.

P5-10

아공정 Al합금의 경사기능 주조 시 주방상태 및 Zr첨가의 영향을 고찰

강문석[1], 백승학[2], 류민[2], 현승균[2]
[1]인하대학교 재료공정공학. [2]인하대학교.

P5-11

Mn 함량에 따른 A356합금의 기공 형성 거동

정병홍[1], 이지운[1], 김상욱[1], 강문석[1], 유준휘[1], 전승원[1], 정택균[1], 현승균[1]
[1]인하대학교.

P5-12

사형 주조한 Fe-20Mn-Cr-Ni 내마모 주강의 미세조직 및 기계적 특성

박성수[1], 김용래[1], 마승환[2], 김석준[3]
[1]㈜영신특수강. [2]한국건설생활환경시험연구원. [3]한국기술교육대학교.

P5-13

A356 알루미늄 합금 사형주조재 T6열처리시 공정Si상 변화거동

김명균[1], 황석민[1]
[1]포항산업과학연구원.

P5-14

소실모형주조법으로 제조한 Al-Si 및 Al-Mg계 합금의 미세조직 및 물성

이재철[1], 최진영[1], 정기채[1], 김정민[1], 최경환[2]
[1]한밭대학교. [2]한국생산기술연구원.

P6 : 가공-용접 및 접합

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P6-1

저합금강 SM490A재의 Flux-cored Arc 용접부 미세조직 및 기계적 특성 분석

안은솔[1], 남태훈[1], 김병준[2], 이우열[3], 이완복[3], 전종배[1]
[1]한국생산기술연구원 첨단표면공정그룹. [2]한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹. [3]JD엔지니어링.

P6-2

Zr계 활성삽입금속을 이용한 ZrO_2-Ti의 접합 특성

박성우[1,2], 이병훈[1,2], 김태환[1], 현승균[2], 김경택[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P6-3

고강도 극후판 다층 대입열 SAW의 Root-pass 특성 연구

최동기[1], 조성규[2], 신상용[3], 정택균[4], 현승균[4]
[1]하이드로훼스트. [2]현대제철. [3]울산대학교. [4]인하대학교.

P6-4

Ferritic/Martensitic 내열강과 Inconel 740H 이종용접부 미세조직 변화와 크리프 특성 상관성 고찰

신경용[1], 이지원[1], 김준연[1], 한정민[2], 이경운[2], 공병욱[2], 홍현욱[1,*]
[1]창원대학교. [2]두산중공업.

P6-5

TIG 맞대기 용접 시 구리 판재의 예열 온도 영향 평가

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

P6-6

Dissimilar Laser Welding between Titanium and Stainless Steel

Nana Kwabena Adomako[1], 김정한[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과.

P6-7

삽입금속을 이용한 TiAl합금과 SCM440의 접합 시 마찰시간이 IMC(Intermetalic compond)층에 미치는 영향

김재권[1], 박종문[1], 박성현[1], 김기영[1], 김경균[2], kazuhiro ITO[2], 오명훈[3]
[1]금오공과대학교신소재공학부. [2]A.F.W㈜. [3]Joining and Welding Research Institute Osaka University.

P6-8

보론강의 Al-Si coating층이 TWB-HPF 복합공정에 미치는 영향 분석

임옥동[1], 공영식[1], 강남수[1], 최하나[1], 변장훈[1], 강창우[1]
[1]㈜오토젠.

P6-9

오스테나이트계 스테인리스강의 확산접합 특성에 관한 연구

정호신[1]
[1]부경대학교 재료공학과.

P6-10

Study on the Columnar–equiaxed Transition Promotion on Gas Tungsten Arc Welds of a Modified 439 Ferritic Strainless Steel

김준연[1], 이원배[2], 김선구[2], 조영태[3], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포스코 철강솔루션 마케팅실. [3]창원대학교 기계공학과.

P6-11

용접 후 열처리가 마찰교반접합된 Cu–Be합금의 기계적 특성 및 미세조직에 미치는 영향

임영석[1], 이광진[2], 문상돈[1]
[1]전북대학교 기계설계공학과. [2]한국생산기술연구원 전북지역본부.

P6-12

공정조건에 따른 순수 타이타늄과 초미세립 타이타늄 합금의 마찰교반용접에서의 특성 분석

서예린[1], 김성욱[1], 천창근[1]
[1](재)포항산업과학연구원.

P7 : 가공-열처리

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P7-1

방전가공용 고강도 스틸코어 와이어 도금층의 열처리 조건에 따른 확산거동 연구

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

P7-2

Al–Cu–Mg 합금의 열처리 조건에 따른 시효경화 특성분석

유가영[1], 김동배[1], 정해석[2]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]㈜신도하이텍.

P7-3

A Study on the Formation of Grain Boundary Serration in Ni–Cr Binary Model Alloy

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

P7-4

인공시효 조건에서 A356 합금의 항복강도 예측 모델링

김상원[1], 이석재[1], 김대업[2], 김민수[2]
[1]전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학. [2]한국생산기술연구원 전북본부.

P7-5

Zr 함량에 따른 CuZr 합금선재의 고온 열처리 특성

양현석[1], 송철한[1], 정우철[1]
[1]고등기술연구원.

P7-6

Pre–Nitriding 처리가 고온 침탄 열처리의 결정립 성장 억제에 미치는 영향

신현정[1], 김동배[1], 노정석[1], 박상하[1]
[1](재)대구기계부품연구원.

P7-7

AISI 304 스테인리스강의 열처리에 따른 예민화도 특성연구

조진우[1], 김정석[2]
[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P7-8

Ti–62222 합금의 열처리 시 냉각속도에 따른 미세조직과 기계적 특성 평가

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

P7-9

Haynes 282 초내열합금의 열처리에 따른 기계적 특성 고찰

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

P7-10

다이캐스팅 금형강의 용손 및 열피로 특성에 미치는 표면처리의 영향

김주업[1], 노정석[1], 김동배[1], 박종훈[2], 김성원[2], 양원존[3], 이은정[3]
[1](재)대구기계부품연구원. [2]동양산업㈜. [3]재료연구소.

P7-11

다이아몬드공구용 하이브리드 복합본드의 Master Sintering Curve 개발

전동술[1], 안경준[1]
[1]한국생산기술연구원 열처리그룹.

P7-12

자동차 부품용 알루미늄합금의 고용화 열처리를 통한 기계적 특성향상 연구

박상규[1], 김정석[2]
[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P8 : 타이타늄

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일 09:00 - 17:00

P8-1

3D 프린팅 Ti–6Al–4V합금의 열처리에 따른 미세조직학적 특성 및 피로특성 평가

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

P8-2

Effect of Chemical Heterogeneity on Surface Irregularities of Beta Titanium Alloy

Muhammad Iman Utama[1], Abdul Aziz Ammar[1], Janu Ageng Nugroho[1], Eung Ryul Baek[1], Nokeun Park[1]
[1]영남대학교.

P8-3

The Development of Trimodal Microstructure Ti–6Al–4V Using Double Stage Heat Treatment Followed by Furnace Cooling

Janu Ageng Nugroho[1], Muhammad Iman Utama[1], Nokeun Park[1], Eung Ryul Baek[1]
[1]영남대학교.

P8-4

Influence of the Post Bond Heat Treatment on the Diffusion–Bonded Titanium Grade 1

Jong–Bae Hwang[1], Sun–Ig Hong[1], Injin Sah[2]
[1]Chungnam National University. [2]Korea Atomic Energy Research Institute.

P8-5

Massive Phase on Ti–6Al–4V as an Initial Lamellar Refinement by Isothermal Heat Treatment Process

Abdul Aziz Ammar[1], Muhammad Iman Utama[1], Nokeun Park[1], Eung Ryul Baek[1]
[1]영남대학교.

P8-6

coke+Cl_2에 의한 일메나이트 광석 중 Fe 제거

이소영[1], 박성훈[1], 링리에[1], 손호상[1]
[1]경북대학교.

P8-7

타이타늄 진공용해 튜브 빌렛의 미세조직과 물성의 상관관계 분석

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

P8-8

Ti–10V–2Fe–3Al 베타 타이타늄 합금의 결정립 크기에 따른 기계적 특성 변화 (Hall–Petch 관계 및 상변태 거동)

최민구[1], Muhammad Iman Utama[2], 백응률[3], 박노근[3]
[1]영남대학교 공과대학 신소재공학과. [2]영남대학교 공과대학 첨단뿌리산업공학과. [3]영남대학교 공과대학 신소재공학부.

P8-9

비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 동적 재결정 특성

김명훈[1], 이지운[1], 손광태[1], 김상욱[1], 손현우[1], 이세연[1], 정택균[1], 최호준[2], 신영철[2], 임성식[2], 현승균[1]
[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

P8-10

Beta21S 타이타늄 합금의 고온성형 거동 및 미세조직 예측

김정한[1], 박찬웅[1], Nana[1], 양승용[2]
[1]국립한밭대학교 신소재공학부. [2]한국기술교육대학교.

P8-11

Study on the Microstructure and Mechanical Properties of Ti Alloys by Compression and Rolling Process

Yong–Ho Kim[1,*], Hyo–Sang Yoo[1], Hyeon–Taek Son[1]
[1]Korea institute of industrial technology.

P9 : 비철금속

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P9-1

순수 타이타늄 적층성형 부품 표면특성 제어 연구

박기범[1], 김효규[2], 김원래[2], 박형기[2], 이병수[2], 김건희[2], 최재호[1], 김형균[2]

[1]강릉원주대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

P9-2

RTP 열처리 방식으로 제작한 고품질 산화제일구리 Cu_2O의 특성

천미연[1], 정보광[2], 정세영[2]

[1]부산대학교 단결정은행연구소. [2]부산대학교 인지메카트로닉스공학과.

P9-3

Al–Si계 합금 용탕과 SKD61 공구강의 계면반응에 의한 금속간화합물 생성 및 성장

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

[1]한국생산기술연구원.

P9-4

Microstructural Evolution, Mechanical Property and Deformation Behavior of Lightweight High Strength Mg–Li–Al–Si–Ti Alloys

Jin Man Park[1], Jae Won Sim[1], Changwoo Jeon[1], Jeong Tae Kim[2], Sung Hwan Hong[3], Ki Buem Kim[3]

[1]Samsung Electronics. [2]Austrian Academy of Science. [3]Sejong University.

P9-5

Ti–Y 합금의 결정립 미세화에 따른 부식특성

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

[1]한국생산기술연구원. [2]강릉원주대학교.

P9-6

절삭가공성이 우수한 Al 6000계 합금 및 가공성 평가법 개발

강민수[1], 김상겸[1], 박지용[1], 김현수[1]

[1]LS전선 연구소.

P9-7

낮은 탄성계수를 가진 생체적합의 implant 개발을 위한 선택적 레이저 용융을 이용한 β–type Ti–15Mo–5Zr–3Al합금의 결정학적 texture 제어

김수림[1], 양승훈[1], Takayoshi NAKANO[2], 오명훈[1]

[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]Division of Materials and Manufacturing Science Osaka University.

P9-8

일메나이트의 용융환원에 의한 철 성분 분리 거동

김동현[1], 허정호[1], 박현식[2], 박주현[1]

[1]한양대학교. [2]한국지질자원연구원.

P9-9

공용 수치해석기법에 의한 MH탱크 설계

유정현[1], 조성욱[1], 오상근[2]

[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부. [2]서울대학교 재료공학부.

P9-10

수소저장용 Nd–free 희토류 합금의 제조

유정현[1], 조성욱[1], 권한중[1]

[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P9-11

열간압출된 AA7175의 고온가공성 평가

이세연[1], 이지운[1], 손현우[1], 김상욱[1], 김명훈[1], 정택균[1], 현승균[1], 신영철[2], 김경택[2], 최호준[2]

[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.

P9-12

제조공정에 따른 AgWC 접점재료의 미세조직 및 특성

소윤지[1]

[1]희성금속㈜.

P9-13

Al2Ca가 첨가된 Al–(5.8~6.2)Zn–(2.4~2.7)Mg–(1.3~1.4)Cu 합금에서 열간 압연 후의 시효 거동 및 그에 따른 기계적 특성 분석

양승윤[1], 김봉환[1], 하성호[1] , 윤영옥[1] , 김세광[1], 김영직[2]

[1]한국생산기술연구원. [2]성균관대학교.

P9-14

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

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

[1]세종대학교 나노신소재공학과 나노구조재료연구실.

P9-15

리튬 함유 용액으로부터 리튬의 효율적 회수 방법

정우용[1], 변석현[1]

[1]성일하이텍㈜.

P9-16

Al–Mg계 합금의 강도와 연성 향상에 대한 극저온 환경의 역할 규명

김승균[1]

[1]고려대학교 나노복합재료연구실.

P9-17

Effect of Structural Shape on Thermal Properties of Al/Cu Cladding Fabricated by Hydrostatic Extrusion

이종범[1], 정하국[1]

[1]한국생산기술연구원 뿌리산업연구소.

P9-18

미소 원소 첨가에 따른 구리 합금의 전자 구조 변화 및 색 변화 상관성 고찰

정연범[1], 최시연[1], 박혜진[1], 김영석[1], 황윤중[1], 이후담[2], 김기범[1,*]

[1]세종대학교 나노신소재공학과. [2]현대자동차 의왕연구소 신소재연구팀.

P9-19

고주파유도용해에 의한 고융점 고활성 수소저장합금 제조

유정현[1], 조성욱[1]
[1]한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P9-20

소재 특성제어에 따른 Ag–Ni–Gr Alloy 의 기계/전기적 특성

임종빈[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P9-21

A Fundamental Study on the Nickel Oxide Reduction

이동수[1], 민동준[1]
[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과.

P9-22

Ag–C계 접점의 기계/전기적 특성 제어

이효원[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P9-23

TRC(strip casting) 공정으로 제조된 Al–7075 합금의 미세조직과 인장 및 피로 변형 거동

허준영[1], 백민석[1], 어광준[2], 임창동[2], 이기안[1,*]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

P9-24

폐이차전지 양극 극판으로부터 양극활물질내 Al의 물리적, 화학적 제거

김광중[1], 변석현[1]
[1]성일하이텍㈜.

P9-25

고강도 알루미늄 합금의 축압축시험을 통한 에너지흡수능 평가 및 해석

김희주[1], 김수현[1], 이윤수[1], 임차용[1], 차준현[2]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]알코닉코리아.

P9-26

제 3원소 첨가에 따른 Cu–Mn계 합금의 미세조직 및 기계적 특성 연구

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

P9-27

Mn 함량이 변화된 A356 주조합금의 미세조직 및 특성에 미치는 냉각 속도의 영향

유준휘[1], 정택균[1], 김상욱[1], 공소현[1], 현승균[1], 김윤준[1], 박병옥[2], 한건기[2], 손주희[2]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]핸즈코퍼레이션㈜.

P9-28

AlMg6 합금에서 압연 및 열처리 조건에 따른 β상 석출 거동과 내식성 평가

최권훈[1,2], 김봉환[1], 하성호[1], 윤영옥[1], 임현규[1], 김세광[1,2]
[1]한국생산기술연구원. [2]UST.

P9-29

IDC를 적용하여 개발한 스마트폰용 고강도 알루미늄합금 케이스

박노진[1], 이지호[1], 오상욱[1], 우소정[1], 박종문[1], 권혁곤[2], 이상민[2], 박민수[2], 오명훈[1]
[1]금오공과대학교. [2]㈜장원테크.

P9-30

폐 ITO로부터 희소금속 회수를 위한 고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 연구

추동균[1], 김종걸[1], 정은진[1]
[1]포항산업과학연구원.

P9-31

Effect of Ti Addition on the Microstructure and High Temperature Oxidation Property of AlCoCrFeNi High Entropy Alloy

함기수[1], 김영균[1], 나영상[2], 이기안[1,*]
[1]인하대학교. [2]재료연구소.

P9-32

항복강도 520 MPa급 알루미늄 합금의 압출성 향상 연구

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

P9-33

용융염전해정련을 이용하여 In–Sn 합금으로부터 In 추출 기술

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

P10 : 재료분석

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P10-1

가압중수로 연료채널 내 Zr–2.5Nb 압력관의 기계적 물성 및 미세조직 분석

안동현[1], 이경근[1], 류이슬[1]
[1]한국원자력연구원.

P10-2

대기 플라즈마 스프레이로 제조한 Ni계 본드코팅 특성 평가 및 산화물 생성 거동

박희진[1], 강상운[1], 백경호[1]
[1]충남대학교 신소재공학과.

P10-3

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 준정적 및 동적 압축 변형 거동

박정민[1,2], 문종언[1,2], 배재웅[1,2], 장민지[1,2], 박재영[1], 이성학[1,2], 김형섭[1,2]
[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.

P10-4

확산열처리를 통한 방전가공용 와이어의 기계적 특성변화에 관한 연구

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

P10-5

AA7021 합금의 피로 및 부식특성 평가

이병훈[1,2], 박성우[1,2], 김태환[1], 현승균[2], 김경택[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P10-6

Characterization of Microstructures and Mechanical Properties in Diffusion-bonded Hot-work Tool Steels by Centrifugal Casting

지윤범[1], 이장희[2], 박현순[3]
[1]㈜성일터빈. [2]도경기술. [3]인하대학교 공과대학 신소재공학과.

P10-7

강릉 굴산사지 출토 청동유물의 금속학적 연구

한우림[1], 김소진[1], 이은우[2]
[1]국립문화재연구소. [2]국립중원문화재연구소.

P10-8

사용후핵연료 피복관 수소화물재배열 특성 평가

김성근[1], 장정남[1], 서항석[1], 김도식[1]
[1]한국원자력연구원.

P10-9

용융염 CaF_2-MgF_2-MgO계에서 YSZ/MSZ 재질의 고온안정성 평가

권숙철[1], 김영민[1], 이태혁[2], 조수행[2], 이진영[3], 강정신[3], 이종현[4]
[1]충남대학교 응용소재공학과. [2]충남대학교 급속응고신소재공학과. [3]한국지질자원연구원. [4]충남대학교 신소재공학과.

P10-10

중성자 회절/산란을 이용한 금속재료연구

신은주[1]
[1]한국원자력연구원.

P10-11

인코넬 X-750 소재의 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화

류이슬[1], 진형하[1], 이경근[1]
[1]한국원자력연구원.

P10-12

Cu/Zr 이원계 합금선재의 기계적 및 전기적 특성 연구

송철한[1], 정우철[1], 양현석[1]
[1]고등기술연구원.

P10-13

방전가공용 와이어 개발을 위한 도금층 열처리에 따른 강선 와이어의 기계적 및 전기적 특성 평가

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

P10-14

문화재 복원용 합성수지 접착제의 온도 및 도막두께에 따른 수분투과특성 연구

남병직[1], 장성윤[2], 김상언[1], 강소영[1]
[1]국립문화재연구소 복원기술연구실. [2]국립문화재연구소 보존과학연구실.

P10-15

FC92강의 장시간 열처리에 따른 석출물의 열 안정성과 크리프 강도

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

P10-16

Vaporization Simulation for SiO_2 Preformation Using OMCTS as an Eco-friendly Material

Taekyun Lee[1], Sungjin An[1], Sangyeol Nam[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology.

P10-17

방사성 재료의 수소함량 분석을 위한 시험 장비 구축

박명철[1], 권형문[1], 서항석[1], 주준식[1], 김도식[1]
[1]한국원자력연구원.

P10-18

지르코늄 피복관의 수소화물 형성 및 분석

임상엽[1]
[1]한국원자력연구소 원자력재료기술개발부.

P10-19

Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 고온 인장 특성 평가

배기창[1], 유병철[1], 박천명[1], 박용호[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P10-20

In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy

Young Woon Byeon[1], Hong Kyu Kim[2], Hyun Jeong Lee[2], Jae Chul Lee[1], Jae Pyoung Ahn[2]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

P10-21

세라믹 원료 및 소재 적용을 위한 선탄경석의 물성분석

김형훈[1], 김은혜[1], 이원섭[1], 김현석[1], 홍종선[1], 김효성[1], 김상호[1]
[1](재)강원테크노파크.

P10-22

시멘트 제조용 Elevator Bucket 고정 볼트 파손원인 분석

김학현[1], 이만재[1], 강영환[1], 윤병준[1], 조다희[1], 박중철[1]
[1]RIST 재료물성섹션.

P10-23

자동차 링 기어 표면 얼룩 결함 원인 분석

김학현[1], 진현호[1], 오규찬[1], 김진원[1], 조다희[1], 박중철[1]
[1]RIST 재료물성섹션.

P10-24

Alloy 625계 초내열 주조합금의 냉각속도에 따른 미세조직 연구

김영주[1], 박재현[1], 이경운[2], 이기영[3]
[1]RIST. [2]두산중공업. [3]KPCM.

P10-25

A356 알루미늄 합금의 Mn 첨가에 따른미세조직과기계적 특성 변화

정동혁[1], 신원상[1], 손주희[2], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]핸즈 코퍼레이션.

P10-26

2차원 전이금속 칼코제나이드 물질의 구조 및 트라이볼로지 특성 분석

황교진[1], 김진우[2], 장호[2], 함명관[1], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]고려대학교 신소재공학과.

P10-27

고강도 7075 알루미늄 합금의 시효처리에 따른 미세조직과 응력부식균열특성 변화 분석

공소현[1], 이지영[2], 김윤준[1]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.

P10-28

Multi-wire saw 커트 사파이어 웨이퍼의 표면 특성

김경호[1], 김기훈[1], 최경환[2], 조규섭[2], 김상섭[1]

[1]인하대학교 공대 신소재공학부. [2]한국생산기술연구원.

P10-29

Super304H의 표면 강화를 위한 Shot Peening 과 후열처리에 따른 미세구조의 변화

남경애[1], 신기삼[1]

[1]창원대학교 나노신소재공학과.

P10-30

Fe계 비정질 합금의 첨가원소에 따른 내식성 특성 연구

김송이[1], 이아영[1], 김현아[1], 이민하[1]

[1]한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

P10-31

소착방지 첨가제인 실리카 흄의 특성에 따른 무기중자의 특성 평가

배민아[1], 김명환[1], 박정욱[2], 이만식[1]

[1]한국생산기술연구원. [2]㈜디알액시온.

P10-32

내열 합금의 5,000시간 미만 단기 크리프 데이터를 이용한 5,000~100,000시간 장기 크리프 수명 예측 모델링

김신찬[1], 정우상[2], 심재혁[2], 최윤석[1]

[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국과학기술연구원.

P10-33

고온용 AlN Heater 발열체(Ag-Pt) 고장메커니즘 연구

안영기[1], 정재성[1]

[1]전자부품연구원.

P11 : 분말재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P11-1

급속소결로 제조한 Fe-Cr계 산화물분산강화합금의 조직과 기계적성질에 미치는 Y_2O_3첨가의 영향

김대영[1], 우기도[1], 권의표[2]

[1]전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학. [2]한국생산기술연구원.

P11-2

Milling Mechanism Analysis of High-Speed Ball Mill by Particle Coating Study

BOR AMGALAN[1], Battsetseg Jargalsaikan[1], YuJin Kim[1], Eunbi Song[1], Seonmi Mun[1], Soyoung Im[1], Jehyun Lee[1], Heekyu Choi[1]

[1]창원대학교 신소재공학부.

P11-3

금속복합분말의 에너지수치를 이용한 소결밀도 예측 기술

전동술[1], 안경준[1]

[1]한국생산기술연구원 열처리그룹.

P11-4

Spark-Plasma Sintering of (FeB+TiH_2) Powder Mixture for Fabrication of Sintered Fe-matrix Composites with High Hardness

JI SOON KIM[1], Woo-Jin Choi[1], Xuan-Khoa Huynh[2]

[1]University of Ulsan. [2]Industrial University of Ho Chi Minh City.

P11-5

무전해 니켈 코팅 극미세 알루미늄 분말 합성 및 산화특성

권구현[1,2], 김동원[1], 김종만[2], 김경태[1]

[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]부산대학교 나노융합기술학과.

P11-6

Selective laser melting (SLM) 공정을 이용한 AlSi10Mg 조형체 제조 조건 연구

신기훈[1,2], 김경태[1], 김병기[2], 유지훈[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]울산대학교 첨단소재공학부.

P11-7

MA6000 ODS 합금 분말 생산을 위한 Ball Coating 변수에 따른 분말의 변화

한덕현[1], 박상환[1], 공만식[1]

[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P11-8

MA6000 ODS 합금에 대한 기계적 합금화 공정변수 제어에 따른 불순물 제어 연구

박상환[1], 한덕현[1], 공만식[1]

[1]고등기술연구원.

P11-9

Cu-Graphite-C_f 합금 소결체 제조 및 특성평가

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

[1]한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2]전북대학교 신소재공학부.

P11-10

레이저 중첩도 변화에 따른 STS316L 3차원 조형체의 미세조직 및 물성변화

신기훈[1,2], 김경태[1], 김병기[2], 유지훈[1]

[1]재료연구소(KIMS). [2]울산대학교 첨단소재공학부.

P11-11

가스아토마이저 공정에 의한 Al-Cr-Si계 합금 분말 제조 및 소결 특성 연구

유효상[1], 김용호[1], 오익현[1], 박현국[1], 김향연[1], 손현택[1]

[1]한국생산기술연구원.

P11-12

첨가산화물에 따른 Alloy 690 ODS 합금의 미세조직 분석

신경수[1], 천영범[1], 한창희[1], 장진성[1]

[1]한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.

P11-13

CVD를 이용한 다이아몬드 분말에 TiC 층의 형성 속도 연구

김종훈[1], 허주열[2], 변지영[1]

[1]한국과학기술연구원 물질구조제어연구센터. [2]고려대학교 신소재공학부.

P11-14

DED 공정 기반 다공성 발포 소재 제작 시 적층 트랙(track)과 레이어(layer) 간격에 따른 기공 특성 관찰

서자예[1], 이기용[2], 심도식[3]
[1]전남대학교 기계공학부. [2]한국생산기술연구원. [3]한국해양대학교 기계공학부.

P11-15

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

권오집[1], 박재성[1], 박주현[1]
[1]희성금속㈜.

P11-16

가스터빈부품 RP 제작을 위한 SLM방식 금속 3D 프린팅 공정 변수 최적화 기술 개발

신영호[1], 조현철[1], 이재웅[1], 송영석[1], 석진익[1]
[1]두산중공업.

P11-17

Manufacturing Metallic Glass Nanoparticle and Nanowire by High Pressure Gas Atomization

김완[1], 류채우[1], T. Ishikawa[2], 이근우[3], K.S. Nakayama[4], 박은수[5]
[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]Japan Aerospace Exploration Agency. [3]한국표준과학연구원 미래측정기술부 창의융합연구센터. [4]AIMR. [5]Tohoku university.

P11-18

Laser cladding 공정을 이용한 다층 클래딩 브레이징 소재의 제조 및 그 특성

주연아[1], 김영균[1], 박주현[2], 이기안[1,*]
[1]인하대학교 공과대학 신소재공학부. [2]희성금속.

P11-19

DED 기술을 이용한 고속도공구강 적층부의 후열처리조건 변화에 따른 경도와 충격인성 관찰

백경윤[1], 심도식[2], 이기용[3], 신광용[3]
[1]전남대학교 공대 기계공학과 복합재료연구실. [2]한국해양대학교 기계공학부. [3]한국생산기술연구원 그린가공공정그룹.

P11-20

초 고온 · 고압 소결된 다결정 다이아몬드 컴팩트의 미세조직 및 마모 특성에 미치는 다이아몬드 입자 크기의 영향

백민석[1], 박희섭[2], 이재일[2], 이기안[1,*]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]일진 다이아몬드㈜ 기술연구소.

P11-21

Laser cladding 공정으로 제조된 Ni–Cr–B–Si–Mo 코팅층의 미세조직 및 상 · 고온 마모 특성

강태훈[1], 이고기[2], 박순홍[2], 이기안[1,*]
[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.

P11-22

Al–Si 합금 계에서 Si 함량 및 압출 비가 기계적 특성에 미치는 효과

안수성[1], 박한언[1], 박상준[1], 정찬욱[2], 백창현[2], 손현택[3], 김용호[3], 홍순직[1], 구자명[1]
[1]공주대학교 신소재공학부. [2]동양AK코리아. [3]한국생산기술연구원.

P11-23

자전연소반응에 의한 탄탈륨 카바이드 분말제조에서 초기 압분체 압력이 미치는 영향

심재진[1], 최상훈[1,2], 주원[1,3], 유지원[1,2], 김택수[1], 박경태[1]
[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과. [3]한양대학교 신소재공학부.

P11-24

Properties and Rapid Consolidation of Nanostructured Al–TaC Composites

손인진[1], 김신호[1]
[1]전북대학교.

P11-25

탄탈륨 불화물로부터 Na 외부 연속 공급을 통한 탄탈륨 분말 제조

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

P11-26

Effect of Graphene Addition on Microstructure and Mechanical Properties of TiO_2 – graphene Composites

손인진[1], 김동기[1]
[1]전북대학교.

P11-27

연소합성법을 이용한 3D 프린팅용 Ti 분말 제조기술

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

P11-28

미분쇄 공정 조건에 따른 스트론튬 페라이트 영구자석의 자기적 특성 연구

오남지[1,2], 박승연[1], 김상섭[2], 김용완[3], 권혁민[3], 임경묵[1]
[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과. [3]우지막코리아 주식회사.

P12 : 복합재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P12-1

기능성 알루미늄 이종복합재료의 제조 및 열 특성 연구

박재홍[1], 박광재[2], 양보현[2], 김다솜[2], 김권후[3], 권한상[2]
[1]㈜차세대소재연구소. [2]부경대학교 신소재시스템공학과. [3]부경대학교 금속공학과.

P12-2

방전 플라즈마 소결 공정을 통한 Al–Ti 복합재료의 제조

양보현[1], 박광재[1], 김다솜[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상[1,*]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]차세대소재연구소. [3]부경대학교 금속공학과.

P12-3

공정 온도 제어를 통한 알루미늄–탄소나노튜브 계면의 미세조직 변화

김다솜[1], 박광재[1], 양보현[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상[1,*]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]차세대소재연구소. [3]부경대학교 금속공학과.

P12-4

Thermal Properties of Boron Nitride Nanoplatelets/epoxy Nanocomposites

Dongju Lee[1], Sung Ho Song[2]
[1]Chungbuk National University. [2]Kongju National University.

P12-5

LMD 공정을 통한 텅스텐계 내화금속과 구리 복합재의 제조

윤국노[1], 김일환[1], 박은수[1]
[1]서울대학교.

P12-6

공형압연 속도에 따른 Al/Cu clad선재의 미세조직 및 기계적 특성 변화에 관한 연구

박정민[1], 현승균[2], 이종범[2], 박상용[3], 정하국[2]
[1]인하대학교 한국생산기술연구원. [2]한국생산기술연구원. [3]인하대학교.

P12-7

방전플라즈마 소결 공정 조건에 따른 Al–SUS316L 복합재료의 소결 특성평가

박광재[1], 김다솜[1], 양보현[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상[1,*]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2]㈜차세대소재연구소. [3]부경대학교 금속공학과.

P12-8

분말 야금법을 통해 In–situ 및 순수 Al 분말이 첨가된 알루미늄 기지 복합재료의 조직 및 마모 특성에 미치는 열처리 영향

유병철[1], 배기창[1], 박용호[1]
[1]부산대학교 공대 재료공학부 첨단기능성재료연구실.

P12-9

SiC 강화상 함량에 따른 Al–SiC 복합소재의 압출재 특성 분석

김화정[1], 김희망[1], 김우정[1], 원태연[1]
[1](유)원진알미늄.

P12-10

Al–SiC 복합소재의 열처리에 따른 특성 분석

김희망[1], 김화정[1], 김우정[1], 원태연[1]
[1](유)원진알미늄.

P12-11

Microstructure Characterization of CoCrFeMnNi High Entropy Alloy Oxynitride Films Prepared by Magnetron Sputtering

Jeong–kuk Lee[1], Duc Duy Le[1], Trong Si Ngo[1], Soon–Ku Hong[1]
[1]Chungnam Natinal Univsity.

P12-12

Tensile Fracture Characteristic and Modeling of TiC–SKD11 Composite by HIP Process

박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 황금철[3], 홍현욱[1]
[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.

P12-13

정수압압출법으로 제조된 단심 in–situ PIT MgB_2/Nb/Cu 선재의 MgB_2 core 밀도 및 금속 sheath의 미세조직 변화 연구

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

P12-14

주조법에 따른 알루미늄 합금과 아연도금강판의 이종접합소재 접합계면 특성 연구

김효중[1,2], 김태형[1], 신제식[1], 현승균[2], 임경묵[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P12-15

Exchange–coupled Sr Hexaferrite/Mn–Zn Ferrite Composites for Permanent Magnet Applications

Tae Won Go[1], Kang–Hyuk Lee[1], Dami Kim[1], Jae–Hyung Yoo[1], Sang–Im Yoo[1]
[1]Seoul National University.

P12-16

The Effect of Hybrid ABOw+h–BN+CNTs Reinforcements on the Microstructure and the Wear Properties of Al–Sn Alloy Matrix Composites

Ji Hyeon Bak[1], Dae Hyun Cho[2], Ik Min Park[2], Jin Young Park[1], Sunmi Shin[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Pusan National University.

P13 : 가공-표면처리

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P13-1

난삭성 철강재의 가공특성 향상을 위한 표면처리 효과

박광수[1], 양지훈[1], 박형진[2], 이성구[3], 김정석[4]
[1]포항산업과학연구원. [2]포스코. [3]한국야금. [4]부산대학교.

P13-2

석탄가스화 복합화력 발전용 금속필터의 내부식성 특성 연구

김민정[1], Shi Yuke[1], 이동복[1]
[1]성균관대학교 자연과학캠퍼스.

P13-3

Super Austenite Stainless Steel (6Mo)의 플라즈마 질화 처리 시 CH4 함량에 따른 경화층 거동

이인섭[1], 이천호[1]
[1]동의대학교.

P13-4

Co–Cr 소재로 제작된 3D 프린팅 제품의 표면처리를 위한 플라즈마 전해연마 기술

서보성[1], 김형균[1], 박광석[1]
[1]한국생산기술연구원.

P13-5

Maraging250강의 플라즈마 침질탄화 처리시 CH4함량의 영향

이인섭[1], 김호준[1]
[1]동의대학교.

P13-6

시효와 저온 플라즈마 질화가 연속적으로 실시된 Maraging 250강의 표면 질화층의 특성

이인섭[1], 김호준[1]
[1]동의대학교.

P13-7

염화철 용액을 사용한 습식식각 조건이 황동층의 표면 형상과 표면 거칠기에 미치는 영향

정주영[1], 조영욱[1], 원종호[1], 조영래[1]
[1]부산대학교 재료공학부.

P13-8

Maraging 250강의 플라즈마 질화처리 시 질소함량 및 처리온도의 영향

이인섭[1], 이천호[1]
[1]동의대학교.

P13-9

아크 이온 플레이팅을 이용한 Cr 합금 코팅막 제조 특성 및 밀착력 분석

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

P13-10

Electro-deposited Cr Coating Layer to Prevent Fuel and Cladding Chemical Interaction in Sodium Fast Reactor (SFR)

SUNGHWAN YEO[1]
[1]한국원자력연구소.

P13-11

Wettability of Advanced High Strength Steels (AHSS) by Molten Zn-Al-Mg Droplets Depending on Their Si and Mn Contents

Seungwoo Shim[1], Gujin Chung[1], Joo-Youl Huh[1], Hyun-Seok Hwang[2], Yonkyun Song[2]
[1]Korea University. [2]POSCO.

P13-12

Enhancement of Heat Dissipation Characteristics Via Plasma Electrolytic Oxidation on Aluminum Alloy

Jung Woo Choi[1], Bongyoung Yoo[1], Dong Hyuk Shin[1]
[1]한양대학교.

P13-13

Ti-계 비정질 합금이 물리증착법으로 형성한 Al-계 하드코팅의 미세조직에 미치는 영향

이영훈[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 정연범[1], 권성준[1], 문예빈[1], 박효진[1], 박영군[2], 김기범[1,*]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2]㈜와이지-원.

P13-14

전기전자 부품 Pd-Ni도금에서 합금비율에 따른 특성 연구

변영민[1], 노영태[1], 김호영[1], 오인찬[2]
[1]한국건설생활환경시험연구원. [2]㈜티앤아이켐.

P13-15

Optimization of HVOF-Sprayed Cr3C2-NiCr Coatings Based on Influence of Feedstock Powder and Fuel Type

SOYEONG KANG[1], KYEONGHO BAIK[1]
[1]Chungnam National University.

P13-16

가스산질화 처리가 내열강의 표면조직과 물리적 화학적 특성에 미치는 영향

조영욱[1], 원종호[1], 우정호[2], 유상호[3], 조영래[1]
[1]부산대학교 재료공학부. [2]㈜한국클래드텍. [3]㈜세텍.

P13-17

알루미늄 합금의 방열성능 향상을 위한 고효율 방열도료 합성 및 코팅 기술 개발

김도형[1], 박정현[1], 박상협[1], 정원섭[1]
[1]부산대학교 재료공학과.

P14 : 전산재료과학

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P14-1

Design of Reduction Process of SnO_2 by CH_4 for Efficient Sn Recovery

하현우[1], 유미[1], 한태양[1], 손유한[1], 김상열[2], 이상로[2], 한준현[1], 김현유[1,*]
[1]충남대학교 신소재공학과. [2]에이원엔지니어링.

P14-2

전산모사를 이용한 코어쉘 나노입자의 CO 흡착에 따른 표면 vacancy 형성에 관한 연구

안혜성[1], 최혁[1], 김현유[1,*]
[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.

P14-3

2NN MEAM Pd-M (M=Al, Co, Cu, Fe, Mo, Ni, Ti) interatomic potential development for novel metal catalysts.

GaUn Jeong[1], HyeonSeok Do[1], SeulMi Park[1], ChangSeo Park[1], ByeongJoo Lee[1]
[1]POSTECH.

P14-4

Computational Design of High-Entropy Alloys: An atomistic simulation and CALPHAD study

최원미[1], 조용희[1], 손석수[1], 이성학[1], 이병주[1]
[1]포항공과대학교 신소재공학과.

P14-5

Martensitic Transformation in Polycrystals Using Phase-field Method

Kyeong-Min Kim[1], Jae Sang Lee[2], Byeong-Joo Lee[1]
[1]POSTECH. [2]GIFT.

P14-6

Unusual Mechanical Properties of Nano Structures Based on Minimal Surface

Jun-Hyoung Park[1], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea university.

P14-7

개질관 형상 및 유도코일 설계에 따른 열유동 및 반응특성

채홍준[1]
[1]고등기술연구원.

P14-8

Study of Molecular Dynamics Analysis of Atomic-level Structure Properties with Voronoi Diagram in Metallic Glasses

문상철[1], 최시연[1], 정연범[1], 김영석[1], 박혜진[1], 홍성환[1], 권성준[1], 김기범[1]
[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.

P14-10

Interpretation on the Low Round-trip Efficiency of Na-Sn Battery: theoretical and Experimental Approaches

Yong-Seok Choi[1], Young-Woon Byeon[1,2], Jae-Pyoung Ahn[1,2], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

P14-11

Effect of Si and Cl Dopants on the Superionic Conductivity of the Sulfide-based Solid Electrolyte

Yong-Seok Choi[1], Hong-Kyu Kim[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Tae-Sung Kim[1], Jae-Chul Lee[1]
[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.

P14-12

Mitsubishi 공정 중 용련로 내 전달 현상 해석 및 공정 모델 개발

임성미[1], 이경우[1]
[1]서울대학교 재료공학부.

P14-13

First Principles Computational Screening of Highly Active Pyrites Catalysts for Hydrogen Evolution Reaction through a Universal Relation with a Thermodynamic Variable

강준희[1], 황지민[1], 한병찬[1]
[1]연세대학교.

P14-14

전산모사를통한대구경사파이어 단결정의 열 및 응고 해석

최승훈[1], 문성환[2], 김준환[1], 김형중[1], 차필령[1]
[1]국민대학교. [2]주)사파이어테크놀로지.

P14-15 – 발표취소(Cancel)

결정소성 기반 유한요소해석을 이용한 니켈기 초내열합금 단결정재의 탄소성거동 모사

전준영[1]
[1]두산중공업㈜.

P14-16

Ab Initio Calculation of the Binding Energies Between Monomers and Connectors for Highly Ordered Polymer Structures

Sanghyun Park[1], Hong-Joon Lee[1], Jae-Suk Lee[1], Joo-Hyoung Lee[1]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology.

P15 : 피로 및 파괴

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P15-1

점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금의 열간 단조율에 따른 기계적 특성 평가

구가은[1], 권용남[1], 이동준[1], 김휘준[2], 문중화[3]
[1]재료연구소(KIMS). [2]한국생산기술연구원. [3]명화공업.

P15-2

장시간 운용된 니켈기 초내열 합금의 미세구조 및 저주기 피로수명 평가

허인강[1], 김진열[1], 윤동현[1], 김재훈[1], 배시연[2], 장성용[2]
[1]충남대학교 기계공학부. [2]한국전력연구원.

P15-3

전도성 탄소섬유강화 복합소재 및 그 구조 안전성 평가기술

안성연[1], 노요한[1], 김지식[1]
[1]경북대학교 나노소재공학과.

P15-4

항공용 Ti-6Al-4V 합금의 냉각 조건에 따른 인장 및 피로 거동

김도희[1], 이정민[1], 이유림[1], 송가영[1], 조혜인[1], 성효경[1]
[1]경상대학교.

P15-5

극지용 강재의 열영향부 균열 개시/전파에 미치는 Martensite-Austenite(MA)의 영향

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

P15-6

메타 휴리스틱스를 이용한 최적 3차원 프린팅 미세격자 구조의 결정학 모방연구

노요한[1], 안성연[1], 김지식[1]
[1]경북대학교 상주캠퍼스.

P15-7

파이프 조관시 바우싱거 효과에 영향을 미치는 Acicular Ferrite와 Polygonal Ferrite의 영향

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

P16 : 집합조직

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P16-1

다축대각단조(MADF) 가공한 구리의 집합조직 및 기계적 성질

권상철[1], 김순태[1], 이재근[2], 서승재[2], 박홍래[3], 정효태[1]
[1]강릉원주대학교. [2]㈜풍산 방산기술연구원. [3]방위산업기술지원센터.

P16-2

다양한 강의 비대칭 압연과 열처리 후 {110}집합조직 발달

김인수[1], 남수권[1], 이철우[1], 이동녕[2]
[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P16-3

전주도금으로 제조한 Fe-Ni 합금 메탈마스크의 열팽창성과 형상 제어

이영지[1], 김인경[1], 박용범[1]
[1]순천대학교.

P16-4

비대칭 압연과 열처리한 Copper의 소성변형비 변화

김인수[1], 이철우[1], 장종현[1], 이동녕[2]
[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.

P16-5

다축대각 단조공정 시 알루미늄 합금의 변형 및 집합조직 불균일성 분석

신지환[1], 김시온[2], 김민성[1], 권상철[3], 김순태[3], 이성[4], 정효태[3], 최시훈[1]
[1]국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]국립 순천대학교 신소재공학과. [3]국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과. [4]국방과학연구소.

P16-6

결정소성 유한요소 해석을 이용한 순수 타이타늄 변형거동 메커니즘 분석

채준열[1], 강주희[2], 박찬희[2], 원종우[2], 오창석[2], 김지훈[1]
[1]부산대학교 공대 기계공학부. [2]KIMS 재료연구소.

P17 : 마그네슘

Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일 09:00 - 17:00

P17-1

버블링 및 필터링 공정이 마그네슘합금의 주조결함 개선에 미치는 영향

김남룡[1], 임창동[1,2], 김하식[2]
[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.

P17-2

Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금 조성별 기계적특성평가

장호승[1], 박종문[1], 이상민[2], 박민수[2], 박노진[3], 오명훈[3]
[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2]㈜장원테크. [3]금오공과대학교 신소재공학부.

P17-3

압출 중 냉각처리가 AZ91 마그네슘 압출재의 고주기 피로특성에 미치는 영향

김예진[1], 김상훈[1], 이종언[1], 유봉선[2], 박성혁[1]
[1]경북대학교. [2]재료연구소.

P17-4

초기 집합조직이 AZ31 마그네슘 압연판재의 굽힘변형 특성에 미치는 영향

이종언[1], 김상훈[1], 김예진[1], 박성혁[1]
[1]경북대학교.

P17-5

임계냉각속도에 따른 Mg–Zn 비정질 합금에서의 결정화거동 연구

김현아[1], 김송이[1], 이아영[1], 이민하[1], 김도향[2]
[1]한국생산기술연구원 인천지역본부. [2]연세대학교 신소재공학과.

P18 : 나노소재

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P18-1

Pd@Au core–shell 나노입자의 표면 Au 격자 변형률 분석

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

P18-2

Synthesis of Mesoporous Copper Oxide Nanoparticle Via Inverse Micelle

양원식[1,2], 허성규[1,2], 핫산 가리드[1,3], 황해진[2], 김범성[1,3], 박경태[1], 김택수[1,3], 서석준[1]
[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과. [3]과학기술연합대학원대학교.

P18-3

Pd@Au 코어–쉘 나노입자에서의 charge transfer에 의한 전자구조 변화 분석

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

P18-4

니켈 나노입자의 연속합성

조용수[1], 이성용[1], 하태권[1], 양승민[2]
[1]강릉원주대학교. [2]한국생산기술연구원.

P18-5

Layered Antimony Telluride for Rechargeable Na–ion Battery Anodes

남기훈[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P18-6

리튬이차전지용 M–Sb 화합물의 전기화학적 특성 연구

유동근[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P18-7

Sb/MC/C Nanocomposites as Anodes for Rechargeable Na–Ion Batteries

정수민[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P18-8

Band Gap Widening of Two Dimensional MoS_2 by Oxidative Intercalation

Song SungHo[1], Dongju Lee[2], Seokwoo Jeon[3]
[1]Kongju National University. [2]Chungbuk National University. [3]KAIST.

P18-9

Viscosity Increase of Graphene Oxide Aqueous Suspension After Electrophoretic Deposition and Application

박성규[1], 안성진[1], 최진석[1], 이태균[1], 남상열[1]
[1]금오공과대학교.

P18-10

탄소나노튜브 기반 복합구조 형성 및 나노파티클에 의한 가스센싱 특성 향상

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

P18-11

나노 중공 실리카 입자의 TiO_2 코팅에 따른 광 투과율 특성변화

노기연[1], 노경재[1], 이영철[1], 이성의[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P18-12

확장 가능한 나노 구조체 합성 공정 및 그 응용에 관한 연구

원종호[1], 강정구[1]
[1]한국과학기술원.

P18-13

Template–free Electrochemical Synthesis of Copper Nanoparticles with a Controlled Size

박지혜[1,2], 박선화[1], 정수환[2], 송재용[1]
[1]한국표준과학연구원. [2]경북대학교.

P18-14

The Newly Synthesis Method and Gas Sensing Properties of Tin Dioxide Nanoparticles by Plasma–assisted Electrolysis Process

김태형[1], 이찬기[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P18-15

Bulk–direct Synthesis of Indium Tin Oxide Nanocubes by Plasma–assisted Electrolysis and Easy Control of Sn Doping Content

김태형[1], 이찬기[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P18-16

Self–Assembly of Block Copolymer on Graphene Layer by Laser Writing

Kyu Hyo Han[1], Hyeong Min Jin[1], Seung Hyun Lee[1], Keon Jae Lee[1], Sang Ouk Kim[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

P18-17

Direct Growth of Graphene on the Germanium Surface

JAEHYUN LEE[1], Ji–Yun Moon[1], Jin–A Kim[1]
[1]Ajou University.

P18-18

Nd 도핑된 ZnO 나노 입자의 합성 및 분석

서지영[1], 최수현[1], 김찬욱[1], 노규백[1], B. Poornaprakash[1], 박시현[1]
[1]영남대학교 전자공학과.

P18-19

Newly Developed Method of N–doped TiO_2 Nanoparticles Using Plasma–assisted Electrolysis and Photocatalytic Property

김태형[1], 임병용[1], 김대근[1], 이찬기[1]
[1]고등기술연구원 신소재공정센터.

P18-20

Controlled Geometric Parameter Induced Aligned Large Graphene Oxide / Polydimethylsiloxane Composite

Sung Hwan Koo[1], Kyung Eun Lee[1], Sang Ouk Kim[1]
[1]KAIST.

P18-21

Facile Polymer Grafting of Polyaniline via N–doped Sites of Carbon Nanotubes

Ho Jin Lee[1], Atta Ul Haq[2], Sang Ouk Kim[1]
[1]KAIST. [2]Nanotechnology & Integrated Bioengineering Centre (NIBEC).

P18-22

용액 공정을 이용한 구리 나노선 형상 제어 및 박막 제조 연구

김혜수[1], 지상수[1], 함문호[1]
[1]광주과학기술원 신소재공학부.

P18-23

VO_2 나노잉크 성분 최적화를 통해 제조된 열변색 박막 특성

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

P18-24

TiO_2 나노 입자의 졸겔 합성 및 수성 TiO_2 현탁액에서의 로다민 (Rhodamine) B의 광촉매 분해

정인영[1], 김경훈[1], 김선민[1], 이지민[1], 조희철[1], 홍유경[1], M. Chandra Sekhar[1], 성광수[1], 박시현[1]
[1]영남대학교 전자공학과.

P18-25

Design of OMCTS Vaporizer for the Formation of the Optical Fiber Preform

Jin Seok Choi[1], Tae Kyun Lee[1], Sung Jin An[1]
[1]Kumoh National Institute of Techonlogy.

P19 : 에너지재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P19-1

Ga 도핑된 Nd–Fe–B 소결자석에서 소결 온도 조건이 미세구조와 자기적 특성에 미치는 영향

배경훈[1], 이성래[1], 김효준[2], 이민우[3], 장태석[3]
[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]자화전자 R&D 센터. [3]선문대학교 공과대학 신소재공학과.

P19-2

Hydrogen Storage Properties of $Mg(NH_2)_2$ – LiH Reactive Hydride Composite

하태준[1], 최종관[2], 심재혁[3], 이준호[1]
[1]고려대학교. [2]서울대학교. [3]한국과학기술연구원.

P19-3

Understanding Tensile Behavior of Polymer–fullerene Bulk Heterojunction Films

Jae–Han Kim[1], Jonghyeon Noh[2], Hyesun Choi[2], Jung–Yong Lee[2], Taek–Soo Kim[2]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute. [2]KAIST.

P19-4

바이오매스 연소에 따른 T12, Super 304H 화염단 부식 특성 연구

박석균[1], 목진성[1], 최석천[1]
[1]한국생산기술연구원.

P19-5

첨가원소에 따른 Mn계 합금의 자기열량효과 변화 연구

이아영[1], 김송이[1], 김현아[1], 김영도[2], 이민하[1]
[1]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹. [2]한양대학교 신소재공학과.

P19-6

Electrochemical Performance of Co_3O_4 Octahedra Nanocomposites Loaded on Activated Carbon from Biomass–derived Starch for Supercapacitor Electrodes

Suhee Kim[1], Kang Taek Lee[2], Soon Hyung Hong[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). [2]Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST).

P19-7

액체 Zn 전극을 이용한 우라늄 회수 특성

장준혁[1], 김택진[1], 은희철[1], 김가영[1], 박성빈[1], 김시형[1], 이성재[1]
[1]한국원자력연구원 파이로기술실증연구부.

P19-8

나트륨이차전지 음극용 SnTe 나노복합체의 전기화학적 특성 및 반응메커니즘 분석

박아람[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P19-9

Isotropic Sodiation Kinetics of Na–Sn Battery: the First Approach for Orientational Effect of Sodiation

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

P19-10

리튬이온 이차전지용 비정질 실리콘산화물계 복합체의 전기화학적 특성 연구

이승수[1], 박철민[1]
[1]금오공과대학교.

P19-11

컬러 튜닝이 가능한 스마트 파이버

이민지[1], 손해솔[1], 이유진[1], 곽부영[1], 손민희[1], 이형의[2], 이선영[1]
[1]한양대학교 재료화학공학과. [2]LG 이노텍.

P19-12

안티모니-이산화티타늄 복합소재의 합성 및 전기화학적 특성

서형은[1], 김재헌[1]

[1]국민대학교 신소재공학부.

P19-13

Highly Efficient Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Solar Cells with Laser Crystallization Method

Donghun Jung[1], Taewoo Jeon[1], Sang Ouk Kim[1]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

P19-14

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.

P19-15

Solid State Asymmetric Pseudocapacitors electrodes using Reduced Graphene Oxide Aerogel including Co_3O_4 nanoparticle

Jinwoo Byun[1], Debasis Ghosh[1], Sang Ouk Kim[1]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

P19-16

산화아연 나노소재의 합성 및 전기화학적 특성

김한슬[1], 김재헌[1]

[1]국민대학교 신소재공학부.

P19-17

희토류 고함량 연료심 특성 평가

송훈[1], 박성찬[1], 김기호[1], 박정용[1]

[1]한국원자력연구원.

P19-18

$LiCl-KCl-UCl_3-RECl_3$ 시스템에서 우라늄과 희토류 핵종들의 분리에 관한 기초연구

김택진[1], 안도희[1], 은희철[1], 이성재[1]

[1]한국원자력연구원.

P19-19

Electrochemical Properties of Sn-Se Binary Compounds and Its Nanocomposite for Li-ion Batteries

이동훈[1], 박철민[1]

[1]금오공과대학교.

P19-20

염화암모늄(NH_4Cl)을 이용한 우라늄 산화물의 염소화 특성 평가

은희철[1], 김택진[1], 이슬기[1], 장준혁[1], 김가영[1], 박성빈[1], 백승우[1], 김시형[1], 이성재[1], 허진목[1]

[1]한국원자력연구원.

P19-21

용융염 CaF_2-CaCl_2계에서 Stabilized Zirconia 재료의 고온 안정성 평가

유병욱[1], 김영민[2], 권숙철[2], 조수행[3], 이종현[4]

[1]충남대학교 에너지과학기술대학원. [2]충남대학교 응용소재공학과. [3]충남대학교 급속응고신소재연구소. [4]충남대학교 신소재공학과.

P19-22

Al_2O_3 보호층을 이용한 GaN 광전극의 광전기화학적 물 분해 성능 향상

김하성[1], 김은숙[1], 방승완[1], 배효정[1], 하준석[1]

[1]전남대학교 신화학소재공학과/광전자융합기술연구소.

P20 : 전자재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P20-1

금속라인을 이용한 플렉시블 OLED밀봉

배건[1], 문철희[1]

[1]호서대학교.

P20-2

Fabrication of VO_2 Based Sensor for Temperature Measurement

ABIDOV AMIR[1], 김성진[1]

[1]금오공과대학교.

P20-3

자기냉매 개발을 위한 Gd-Co-계 비정질 합금 설계와 나노결정화에 따른 자기열량효과 비교

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

[1]세종대학교 나노신소재공학과.

P20-4

열 증착 된 구리 산화물 박막을 이용한 p- 채널 산화물 전계 효과 트랜지스터

김동우[1], 최성혁[1], 김지환[1], 윤혜민[1], 신종원[1], B. Purusottam Reddy[1], 서영석[1], 박시현[1]

[1]영남대학교 전자공학과.

P20-5

Fabrication of Transparent $NiTe_2$ Electrodes Via Magnetron Sputtering Combined with Chemical Exfoliation

Taewon Yuk[1], Jeontaik Lim[1], Gyutae Jeon[1], Changyong Lee[1], Junho Lee[1], Sukjun kim[1]

[1]KOREATECH.

P20-6

Fabrication and Sintering of Aluminum Doped LLZO Powder by Modified Sol-gel Process with High Ionic Conductivity

Sunggue Heo[1], Hessan Khalid[1], Won Sik Yang[1], Taek-Soo Kim[1], Bin Lee[1], Soong Keun Hyun[2], Seok-Jun Seo[1]

[1]Korean Institute of Industrial Technology. [2]INHA University.

P20-7

반도체 히터의 저항치 변화현상 연구

이현석[1], 정재성[1]

[1]전자부품연구원.

P20-8

플릿을 통해 형성된 그래핀 패턴의 미세구조 분석

정재훈[1], 예종필[1]

[1]인하대학교.

P20-9

Post annealing Effects on the Electrical Properties of Polysilicon Metal–semiconductor–metal Photodetectors

Kyeong–Min Kim[1], Jung–Yeul Kim[2], You–Kee Lee[2], Yong–Sun Choi[1], Joon–Pyo Park[3], Jae–Sung Lee[2], Young–Ki Lee[2]
[1]Uiduk University Department of Information & Electronics Engineering. [2]Uiduk University Division of Green Energy Engineering. [3]RIST Metallic Materials Research Group.

P20-10

Fe–Zr–B–Cu계 비정질합금의 전 · 자기적 특성에 미치는 첨가원소의 영향

노정현[1,2], 박승연[1], 황해진[2], 임경묵[1]
[1]한국생산기술연구원. [2]인하대학교.

P20-11

Graphene Oxide– Fluorine 복합소자의 감압에 따른 전기특성 변화 연구

김용우[1], 이지선[1], 김근재[1], 이성의[1]
[1]한국산업기술대학교 신소재공학과.

P21 : 생체재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P21-1

Ti–Nb–Zr–X 합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 시효처리의 영향

김영수[1], 김재일[1]
[1]동아대학교 공과대학 금속공학과.

P21-2

The Effects of Surface Modification of Magnesium Alloy Via Femtosecond Laser on Cell Attachment

길혜준[1], 김경수[1], 서영민[1], 전호정[1], 옥명렬[1], 석현광[1], 박진우[2], 김유찬[1], 이강식[3]
[1]한국과학기술연구원(KIST). [2]연세대학교 신소재공학과. [3]서울아산병원.

P21-3

Biocompatibility of the Functional Element–Contained HA Surface Formed by Plasma Electrolytic Oxidation

Ji–Min Yu[1], Han–Cheol Choe[1]
[1]Department of Dental Materials & Research Center of Nano–Interface Activation for Biomaterials, Chosun University.

P21-4

Precipitation Phenomena of Bone–like Apatite on the Ti–6Al–4V after PEO–Treatment Electrolytes Containing Bioactive Element

Sang–Gyu Lim[1], Han–Cheol Choe[1]
[1]Department of Dental Materials & Research Center of Nano–Interface Activation for Biomaterials, Chosun University.

P21-5

New Solution for Eliminating Biofilms Using Antibacterial Property Induced by Spontaneous Generating H_2O_2 on Mg Alloy

정연욱[1]
[1]한국과학기술연구원(KIST).

P21-6

발포성 space holder를 이용한 기공률 제어

김경욱[1], 박세진[1], 장진만[2], 이원식[2], 이재철[1]
[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.

P21-7

Electrochemical Behaviors of Bioactive Element Coatings on PEO–treated Ti–6Al–4V Alloy

Min Gyu Park[1], Han–Cheol Choe[1]
[1]Department of Dental Materials & Research Center of Nano–Interface Activation for Biomaterials, Chosun University.

P21-8

치과용 임플란트소재 적용을 위한 지르코늄 기 바이오재료 특성 연구

황건재[1], 김정석[2]
[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.

P22 : 열전재료

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P22-1

GeTe계 열전재료의 미세구조에 관한 투과전자현미경 연구

김현호[1], 곽재익[1], 정혜린[1], 이호성[1]
[1]경북대학교 신소재공학부

P22-2

Y_2O_3 나노입자가 분산된 BiSbTe 복합 분말 제조 및 열전 특성 평가

이철희[1], Madavali Babu[1], 박상준[1], 홍순직[1]
[1]공주대학교 신소재공학부.

P22-3

산화물환원–플라즈마활성소결공정에 의한 $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ 합금 제조 및 열전특성

신지은[1], 임채선[1], 이길근[1]
[1]부경대학교 신소재시스템공학과.

P22-4

Thermoelectric Performance of n–type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ – Bi_2S_3 System

박수지[1], 주성재[1], 이지은[1], 민복기[1], 김봉서[1], 류병기[1], 박수동[1], 이희웅[1]
[1]한국전기연구원.

P22-5

Zn 도핑에 SnTe의 미세구조 변화

조정택[1], 이상원[1], 강재창[1], 안예슬[1], 이호성[1]
[1]경북대학교 신소재공학부.

P22-6

CNT 를 활용한 인프라 소재의 열전성능 분석

문지식[1], 안다훈[1], 최경후[1]
[1]한국철도기술연구원.

P22-7

Anisotropic Thermoelectric Properties of Repressed p–type BiSbTe Materials

J.I. Jang[1], J. E. Lee[1], S. D. Park[1], B. K. Min[1], B. S. Kim[1], S. J. Joo[1], B. G. Ryu[1], H. W. Lee[1]
[1]Korea Electrotechnology Research Institute.

P22-8

열간압축으로 성형된 N형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$:I_m 고용체의 열전특성

김혁진[1], 김성윤[1], 정우진[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P22-9

The Optimization of Sb_2Te_3 Hexagonal Plate Synthesis

임혜진[1], 이지은[1], 김봉서[1], 주성재[1], 민복기[1], 박수동[1], 류병기[1], 이희웅[1]
[1]한국전기연구원 열전기술연구센터.

P22-10

$(Ce_{1-z}Nd_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 스커테루다이트의 합성 및 열전 특성

차예은[1], 곽성규[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P22-11

열간압출로 제작된 P형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_3$:Cu_m 고용체의 열전특성

정우진[1], 김일호[1]
[1]한국교통대학교.

P22-12

급랭응고법으로 제조된 Bi–Te–Se계 합금리본의 미세구조분석

김덕진[1], 김영호[1], 최영신[1], 김찬규[1], 장봉중[1], 양승호[2], 박현순[1]
[1]인하대학교. [2]희성금속㈜.

P23 : 전자재료-박막

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P23-1

ZnO buffer layer를 이용한 High quality Ag thin film 제작

정보광[1], 천미연[2], 정세영[3]
[1]부산대학교 나노과학기술대학. [2]부산대학교 단결정은행 연구소. [3]부산대학교 광메카트로닉스공학과.

P23-2

수직자기이방성을 나타내는 W/CoFeB/MgO 박막에서 W 두께와 열처리 온도에 따른 interfacial Dzyaloshinskii–Moriya interaction 변화 분석

김규원[1], 김용진[1], 차인호[1], 김태현[1], Alexander S. Samardak[2], Bappaditya Pal[2], Alexander G. Kolesnikov[2], Alexey V. Ognev[2], Alexandr V. Sadovnikov[3], Sergey A. Nikitov[3], 김영근[1]
[1]고려대학교. [2]Far Eastern Federal University. [3]Saratov State University.

P23-3

유연필름 발열체의 내구성 향상을 위한 신뢰성 평가

최철호[1], 강휘원[2]
[1]전자부품연구원. [2]파루.

P23-4

CVD로 제조된 Re코팅 층의 결정성장에 미치는 기판과 온도의 영향

이선규[1], 남동윤[2], 최현진[2], 배남호[3], 임성택[4], 오용준[2]
[1]한밭대학교 응용소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]나노종합기술원. [4]국방과학연구소

P23-5

유연전자소자용 금속 배선의 기판 두께에 따른 전기적 수명 평가

김태욱[1], 김병준[1,*]
[1]안동대학교 신소재공학부.

P23-6

기계적 변형에 따른 ITO 필름의 전기저항 변화 연구

권용욱[1], 설재근[1], 김병준[1,*]
[1]안동대학교 신소재공학부.

P23-7

유연전자 소자용 금속 박막의 열처리에 따른 기계적 전기적 신뢰성 연구

이동준[1], 김병준[1,*]
[1]안동대학교 신소재공학부.

P23-8

HVPE를 이용한 단결정 α–Ga_2O_3 에피 성장

이대장[1,2], 박준성[1,2], 노호균[1,2], 이수행[3], 문영부[3], 하준석[1,2]
[1]전남대학교 신화학소재공학과. [2]전남대학교 광전자융합기술연구소. [3]㈜유제이엘.

P24 : New Horizon : Advanced Energy Materials Science

Room 그랜드볼룸B, 10월 27일 08:30 - 13:00

P24-1

NaF–FeF_2 Nanocomposite as a New Type of Na–ion Battery Cathode Material

황인상[1,*], 정성균[1], 정은석[1], 강기석[1]
[1]서울대학교.

P24-2

Hidden Auxiliary Electrode for Safe Lithium Metal Batteries

문세환[1,*], Opapa Tamwattana[1], 박혁준[1], 윤갑인[1], 성원모[1], 이명환[1], 박규영[1], 강기석[1]
[1]서울대학교.

P24-3

Intrinsic Nano–domains in Triplite $LiFeSO_4F$ and Its Implication in Lithium Ion Diffusion

리튬 이차 전지용 triplite 양극 소재의 나노–도메인이 내부 리튬 확산에 미치는 영향에 관한 연구

박규영[1], 김해겸[1], 서동화[1], 정성균[1], 강기석[1,*]
[1]서울대학교 재료공학부.

P24-4

Trackable Galvanostatic History in Phase Separation Based Electrodes for Lithium–ion Batteries; Mosaic Sub–grouping Intercalation Model

2상 상변화 반응을 기반으로 하는 리튬 이차전지용 전지 소재의 새로운 상변화 모델에 관한 연구

박규영[1], 홍지현[1], 성원모[1], 구교진[1], 이병주[1], 강기석[1,*]
[1]서울대학교 재료공학부.

P24-5

Superior Efficiency and Power of Rechargeable Li–SO_2 Batteries Exploiting Conventional Carbonate–based Electrolytes

박혁준[1], 임희대[1], 임형규[2], 김형준[2], 강기석[1]
[1]서울대학교. [2]한국과학기술원.

P24-6

리튬 및 전이금속 화합물의 단순 혼합 복합체 형성을 통해 제작된 리튬 이차전지용 양극소재

정성균[1]*, 황인상[1], 강기석[1]
[1]서울대학교.

P24-7

Theoretical Studies on the Reversible NaIntercalation in Graphite: Interplay Among Guest Ions, Solvent, and Graphite Host

윤갑인[1], 김해겸[2], 박인철[1], 강기석[1]
[1]서울대학교. [2]Lawrence Berkeley National Lab.

P24-8

New 4V–Class Cathode Material for Na–ion Batteries with Zero–strain

윤갑인[1], 김종순[2], 이명환[1], 김형섭[3], 이성수[3], 강기석[1]
[1]서울대학교. [2]세종대학교. [3]한국원자력연구원.

P24-9

Amorphous Cobalt Phyllosilicate with Layered Crystalline Motifs as Water Oxidation Catalyst

김주성[1,*], 박인철[1,*], 정은석[1], 진경석[1], 성원모[1], 윤갑인[1], 김현아[1], 김병훈[1], 남기태[1], 강기석[1]
[1]서울대학교.

P24-10

Enhanced Stability of Coated Carbon Electrode for Li–O_2 Batteries and Its Limitations

배영준[1], 고동현[2], 이선영[2], 민요셉[2], 강기석[1]
[1]서울대학교. [2]건국대학교.

P24-11

Bi Thin Film Coating to Delineate the Wetting Behavior of Liquid Sodium on a β"–alumina for a Na–beta Alumina Battery

Dana Jin[1], Sangjin Choi[1], Wooyoung Lee[1], Il Sohn[1], Younki Lee[2], Yoon–Cheol Park[3], Keeyoung Jung[3,*] & Wooyoung Shim[1,*]
[1]Yonsei University. [2]Gyeongsang National University. [3]Research Institute of Industrial Science & Technology.

P24-12

Shape–Reconfigurable Aluminum–Air batteries with High Output Voltages

Sangjin Choi, Daehee Lee[1], Gwangmook Kim[1], Yoon Yun Lee[1], Bokyung Kim[1], Jooho Moon[1], Wooyoung Shim[1,*]
[1]Yonsei University.

P24-13

3–D Nanoporous SnSb Alloy as an Anode Material for Lithium Ion Battery

Yoon Yun Lee[1], Wooyoung Shim[1,*]
[1]Yonsei University.

P24-14

Photo–induced Interrelated Bilayer Oxide Dielectrics for Solution–processed Thin–Film Transistors

이원준[1], 박성준[1], 최준규[1], 성수진[1], 김창현[1,2], 나세권[3], 주영창[3,4], 윤명한[1,2,*]
[1]광주과학기술원(GIST). [2]광주과학기술원 신재생에너지연구소(RISE). [3]서울대학교 신소재공동연구소(RIAM). [4]서울대학교.

P24-15

Organic Microfiber–based Wearable Sweat Sensors

Youngseok Kim[1], Chi–Hyeong Kim[1], Seong–Min Kim[1], Taekyung Lim[2], Sanghyun Ju[2], Myung–Han Yoon[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST). [2]Kyonggi University.

P24-16

Photoelectrochemical Cells with Solution Based Nanostructured NiO Layer on Large–Scale Silicon Electrode

Da–Young Lee[1], Hye–Min Shin[1], Jihye Lee[1], Seyeong Lee[1], Seungtaeg Oh[2], Jeong Won Kim[3], Jihun Oh[2], Won Bae Kim[3], Myung–Han Yoon[1*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST). [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). [3]Pohang University of Science and Technology (POSTECH).

P24-17

Low–temperature Crystallization of Sol–gel Active Metal Oxide Films Via UV–assisted Combustion Reaction

Jun–Gyu Choi[1], Won–June Lee[1], Myung–Han Yoon[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-18

Optically–programmable Memory Device Based on Plasmonic Organic Field–Effect Transistor

Ji Hwan Kim[1], Chang–Hyun Kim[1], Myung–Han Yoon[1*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-19

In–situ Electrochemical Formation of Nano–structured Metal–sulfide Materials for the Next–generation Li–ion Battery

Uijin Chang[1], KwangSup Eom[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-20

The Improved Hydrogen Generation Kinetics from Hydrolysis of Chemical Hydrides Using an Electroless–deposited Co–(Ni/Fe)–P Catalysts

DongHyeon Kim[1], SeungHyun Jo[1], KwangSup Eom[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-22

Effect of Electrochemical artificial SEI Formation on the stability of Room–Temperature Sodium–Sulfur Battery

Hwonki Lee[1], KwangSup Eom[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-23

Effects of Heat–treatment Temperatures of Manganese Oxides Anode Materials on the Cell Performances for Lithium–ion Battery

Wonsang Jung[1], Haeun Lee[1], KwangSup Eom[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-24

Fabrication of centimeter scale few–lyaer WSe_2 thin film by pulsed laser deposition for field–effect transistor

Sehun Seo[1], Hojoong Choi[1], Soyoung Kim[1], Jongmin Lee[1], Sejun Yoon[1], Byoung Hun Lee[1], and Sanghan Lee[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-25

Energy Band gap Tunability and Photovoltaic Effect of Copper Nitride (Cu3N) from Differential Nitrogen Partial Pressure

Heesung Noh[1], Hyo Jin Hong[1], Hyunji An[1], Jaesun Song[1], Bong–Joong Kim[1], and Sanghan Lee[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-26

$BiVO_4$/ZnO Nanowire Heterostructure Decorated with Gold Nanoparticles for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting

Seungkyu Kim[1], Yejong Yu[1], Sang Yun Jeong[1], Mi Gyoung Lee[2], Yeong Min Kwon[3], Ho Won Jang[2], Jeong Min Baik[3], and Sanghan Lee[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST). [2]Seoul National University (SNU). [3]Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).

P24-27

Chemisorption–based Charge Transfer in Graphene for CO_2 Detection

Myungwoo Son[1], Sang–Soo Chee[1], Francis Malar Auxilia[1], Moon–Ho Ham[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

P24-28

Uniformly–dispersed Single–walled Carbon Nanotubes in Solution–processed Li–doped ZnO Thin–film Transistors

Gi–Cheol Son[1], Sang–Soo Chee[1], Myungwoo Son[1], Moon–Ho Ham[1,*]
[1]Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

P24-29

Theoretical Investigation of the Catalytic Activity of Goethite (α–FeOOH) for the Electrochemical Water Oxidation

Taehyung Lee[1], Ho Won Jang[1,*]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University.

P24-30

Nanostructured p–Si with TiO_2 Passivation Layer and Metal Catalyst for Stable and Efficient Water Splitting

Changyeon Kim[1], Ho Won Jang[1,*]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University.

총회 강연
Room 3층 그랜드볼룸A, 10월 25일

[AW-1 | 16:00]
충방전 과정에서 Na-Sn 이차전지가 나타내는 높은 저항의 구조적 해석: 최용석[1], 변영운[1], 안재평[2], *이재철[1*]; [1] 고려대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터

가격이 낮으면서도 높은 용량을 나타내는 Na–Sn 전지는 미래의 고용량 에너지 저장용 소재로 주목받고 있다. 그러나 Na–Sn 전지는 에너지 효율이 낮다는 단점도 있다. 본 연구에서는 Na–Sn 전지의 에너지 효율이 왜 낮은지 규명하기 위해, 고도분석 장치를 이용한 *in situ* 실험과 유한요소 해석과 제1원리 계산을 이용한 복합적인 연구를 시도하였다. 먼저 *in situ* 실험을 통해 Na–Sn 전지의 충방전 과정에서의 저항의 변화를 직접 측정한 결과 10^8 배까지 저항이 증가함을 관찰하였다. 유한요소 해석과 제1원리 계산을 통해 이러한 저항의 증가를 일으키는 구조적 요인을 규명하였다. 고도분석법 및 제1원리 계산을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 방전 시 Sn 음극은 큰 부피팽창(400%)을 일으키며 이 결과 형성된 응력은 음극을 구성하는 Zintl ion의 구조를 변형시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 Zintl ion 구조의 변화는 전자 구조를 변형시키게 되며, 그 결과 저항을 더욱 증가시키는 역할을 하였다. 본 연구는 Na-Sn 이차전지 내 저항 증가의 원인을 밝히고, 이를 통해 에너지 효율을 향상시킬 방안을 제시하였다.

분말재료
Room 3층 320A, 10월 25일

[분말1-1 | 09:00]
고보자력 Nd-Fe-B 소결자석에서 Dy의 확산에 미치는 Cu/Al과 이종분말의 혼합 효과: *이민우[1], 김휘준[1], 장태석[2], 배경훈[3], 이성래[3], 김효준[4]; *[1] 한국생산기술연구원 뿌리산업연구소. [2] 선문대학교 신소재공학과. [3] 고려대학교 신소재공학과. [4] 자화전자 R&D 센터.*
Keywords: Nd-Fe-B sintered magnet, Grain boundary diffusion process, Dy saving

Nd-Fe-B 소결자석은 지금까지 개발된 자석들 중 가장 높은 자기에너지를 갖는 자석으로 각종 전자제품의 경량화에 적합한 소재로 널리 이용되어 왔다. 최근 하이브리드/전기 자동차의 등장으로 이들 구동 모터에 적용하기 위해 고성능 Nd-Fe-B 소결자석이 요구되고 있지만 Tc (≈ 300 °C) 낮고, 보자력의 온도계수가 커서 고온에서 보자력의 감소가 크다는 단점 때문에 응용 분야에서 한계를 갖고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 중희토류 원소를 첨가하여 보자력이 높은 (≥ 30 kOe) 소결자석을 제조하고 있는데 첨가되는 대표적인 중희토류 원소로 Dy가 있다. Dy는 높은 이방성계수로 인해 Nd-Fe-B 소결자석에 첨가되면 기지상인 Nd2Fe14B 상의 Nd와 치환되어 (Nd, Dy)2Fe14B 상을 형성하여 보자력을 증가시켜주는 역할을 한다. 하지만 Dy와 같은 중희토류 원소는 Nd와 같은 경희토류 원소에 비해 가격이 매우 비싸고 그 매장량 또한 한계가 있어 무분별한 사용으로 인한 자원 고갈의 우려도 있다. 따라서 Dy를 효율적으로 사용하여 그 효과를 극대화 하는 것이 무엇보다 중요하다. 이에 본 연구에서는 Dy의 사용량을 저감하기 위해 Nd-Fe-B 소결자석의 미세구조 개선 및 입계면 제어를 통하여 보자력을 극대화 하고자 하였고 특히, 주상 (main phase) 및 계면상 (grain boundary)에서 Dy의 확산을 제어하고자 이종분말혼합법과 입계확산법을 적용하여 공정 조건 및 Dy의 첨가 형태에 따른 미세구조 변화와 자기적 특성 변화를 조사, 연구하였다.

[분말1-2 | 09:15]
Gas Atomization process로 제조된 희토류 영구자석 분말입도별 자석특성평가: *조주영[1], 좌용호[2], 김택수[1]; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 한양대학교 재료화학공학과.*
Keywords: Rare earth magnet, Hot deformation, Grystal orientation, Atomizer process

희토류 영구자석은 현재 개발된 영구자석 중 가장 높은 자기적 특성을 가지고 있으며 이로 인해 제품의 소형화 및 경량화가 가능하여 하이브리드 및 전기자동차, 풍력발전, 전자기기, 의료분야 등 다양한 산업에 적용되고 있다. 현재 희토류 영구자석은 크게 두 가지 방법으로 제조되는데 첫 번째는 스트립캐스팅으로 제조된 박판을 수소파쇄, 젯 밀링, 자장성형, 소결 및 열처리를 통해 자석을 제조하는 방법으로 자장성형 시 Nd2Fe14B 상을 자화용이축인 c-축으로 배열하여 이방성을 부여하는 방법이며, 두 번째는 멜트스피닝법으로 제조된 리본을 분쇄, 소결 및 고온성형 공정을 통해 자석을 제조하는 방법으로 고온변형 시 분말 토크에 의한 회전으로 Nd2Fe14B 상을 c-축 배열하여 이방성을 부여하는 방법이다. 그러나 위 방법들의 경우 공정이 다소 복잡하고, 분쇄 과정 후 미분의 넓은 표면적에 기인한 Nd-rich 상의 산화로 인해 제어가 어려운 점 등의 문제를 가지고 있다. 따라서 아토마이저를 이용하여 Nd-Fe-B 구형 분말을 제조하고, 이를 고온변형을 통해 c-축으로 배열시킨다면, 공정 단축 및 제어가 용이하여 산업적으로 큰 효과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 가스아토마이저로 제조된 Nd-Fe-B 구형분말의 분포를 PSA (Particle Size Analyzer)로 확인했으며, SEM을 통해 분말 크기에 따른 결정립 크기변화를 확인했다. 분말 크기 별 자성 특성을 확인하기 위해 SPS (Spark plasma sintering) 장비를 이용하여 가성형 후 각기 다른 변형률 속도로 고온변형 시켰으며 최종 제작된 빌렛의 미세조직 및 XRD를 이용한 orientation factor 값을 계산하여 초기 분말의 크기 및 변형률 속도에 따른 Nd2Fe14B 상의 이방화 및 자

성 특성 변화를 확인해 보았다.

[분말1-3 | 09:30]

TiC/steel 금속복합소재의 제조 공정 및 특성 연구: *이준호[1], 이원혁[2], 류호진[1], 홍순형[1]; *[1] 한국과학기술원. [2](주)대화알로이테크.*

Keywords: 금속복합소재, 탄화티타늄, 기계적 특성

탄화티타늄(TiC)은 고경도, 고탄성의 특성을 가지며, 열적, 화학적으로 안정하기 때문에 금속복합소재의 강화상으로 응용되고 있다. 특히, 다양한 금속기지 중에 steel 은 강도, 인성이 우수하고 소재단가가 저렴하며, 열처리에 의해 목적하는 물성으로 제어가 가능하다. 하지만, 경도, 내마모성에 단점이 있어 금형 소재에 적용에 제한적이다. 따라서 TiC입자 강화 steel 금속복합소재(TiC/steel)는 우수한 강도, 경도, 내마모성을 보유할 수 있기 때문에 금형 소재의 응용분야를 다양화 할 수 있다. TiC/steel 금속복합소재는 일반적으로 기존 분말 공정을 이용하는데, TiC 분말과 steel 분말의 혼합 및 소결 공정으로 구성되어 있다. TiC를 균일 분산시킬 수 있는 장점이 있고, 부피분율을 자유롭게 제어할 수 있는 장점이 있지만, 공정 과정에서 TiC와 steel 분말 사이에 불순물이 유입될 수 있는 단점이 있다. 다른 공정으로서 TiC 입자를 steel 기지 내에 소결 공정 중에 형성시킬 수 있는데, TiC 균일 분산 뿐만 아니라 강화 입자 미세화 및 높은 계면 결합을 달성할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 TiC 강화입자를 소결 공정 중에 형성시켜 in-situ TiC/steel 금속복합소재 제조를 수행하였으며, 미세조직 및 기계적 특성 평가를 통해 기존 분말 공정으로 제조된 ex-situ TiC/steel과 비교 분석분석을 수행하였다. in-situ TiC가 ex-situ TiC에 비해 상대적으로 미세하게 형성되었으며, 강도가 우수한 것으로 평가되었다. 이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(10076438)

[분말1-4 | 09:45]

LMD 공정변수 Shielding Gas Flow Rate이 산화거동과 물성에 미치는 영향: *어두림[1], 장진영[2], 박순홍[2], 조중욱[1]; *[1] 포항공과대학교 철강대학원. [2] 포항산업과학연구원.*

Keywords: Metal 3D printing, LMD, Shielding gas flow rate, Non-metallic inclusion, Mechanical property

LMD(laser metal deposition) 공정은 금속 3d 프린팅 공정 중 생산속도가 비교적 빠르고 곡면 위 조업이 가능하다는 장점으로 인해 많은 주목을 받고 있다. 하지만 레이저가 조사된 영역에 생성되는 melt pool의 온도가 순간적으로 1800도 이상의 고온까지 올라가기 때문에 대기 중 산소와의 반응으로 melt pool 내에 개재물이 생성되는 것을 피할 수 없다. 하지만 지난 연구를 통해 석출되는 개재물은 재료의 강도향상을 위하여 사용될 수 있으며 LMD 공정변수를 조절하여 개재물의 분포를 제어하는 것이 가능함을 확인하였다. 본 연구에서는 스테인레스 316 L 강종을 주조하는 LMD 공정 중 shielding gas(Ar) 의 flow rate이 재료의 산화거동 및 개재물 분포에 미치는 영향과 그에 따른 물성변화를 조사하였다. 그 결과 flow rate이 5 L/min에서 25 L/min으로 증가함에 따라 강 내부의 산소농도가 775 ppm에서 375 ppm (low laser beam intensity) 으로 혹은 1470 ppm에서 677 ppm (high laser beam intensity) 으로 감소하였다. 인장강도는 조건에 따라 최대 100 MPa의 차이를 보였으며 인장강도가 가장 높으면서 연신률도 평균이상이었던 15~20 L/min 조건이 최적조건임을 알 수 있었다. 인장강도 증가 요인을 개재물 분포와 dendrite arm spacing 미세화의 관점에서 고찰해 보았다.

[분말1-5 | 10:00]

Thermal properties of recycled aluminium-graphite composites fabricated by semi-solid processing: *Eun-Won Son[1,2], Young Choi[1], Dae Up Kim[1], Jae-Won Lim[2], Kwang-Seok Kim[1] ; *[1]Korea Institute of Industrial Technology. [2]Chonbuk National University.*

Keywords: Aluminium-graphite composites, Thermal conductiviy, Recycling, Semi-solid processing, powder metallurgy

When metal products are manufactured, substantial amounts of waste in the form of chips and discards are produced. Wastes are usually landfilled or disposed without treatment, causing many environmental damages. For recycling of aluminium (Al), additional treatments are required. Though there have been numerous attempts to recycle scraps, it is still difficult to expect the same performance as the original material. These have led to the research of recycling processes that produce final products more valuable and functionable. Graphites are added to the scraps to enhance thermal conductivity of composites. Al-graphite composites have matched the coefficient of thermal expansion between an Al matrix and additives, resulting in enhanced resistance to mechanical deformation by a rapid change in temperature. The composites are suitable for heat sink which transfers heat generated from inside high performance devices to outside. A semi-solid process is introduced in order to suppress void formation inside the Al-graphite composites. The thermal conductivity of the composites were evaluated by laser flash technique. Density of the composites was measured by Archimedes method. Effective heat transfer of composites is achieved by their dense microstructure. The thermal conductivity of the composites were improved with higher densities and graphite contents.

[분말2-1 | 10:25]

Fe-TiB_2 복합재료 분말의 제조 방법이 방전플라즈마소결에 미치는 영향: *최우진[1], 배선우[1], 김지순[1] ; *[1] 울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Fe-TiB_2 composite powders, planetary ball-milling, in situ reaction synthesis, spark-plasma sintering

Fe 분말과 TiB_2 분말의 유성볼밀링에 의한 직접 분쇄 혼합법(ex-situ 방법)과 FeB 분말과 TiH_2 분말을 유성볼밀링으로 분쇄 혼합한 후 반응합성법(in-situ 법)으로 각각 제조한 Fe-40wt% TiB_2 복합재료 분말을 방전플라즈마소결법으로 치밀화하여 소결 특성을 조사하였다. ex-situ법에서는 Fe 분말과 TiB_2 분말을 WC-Co볼과 원료분말의 중량비 10:1로 유성볼밀에 장입하고, 700 rpm에서 2h

동안 Ar 기체 분위기를 유지하여 분쇄, 혼합하였다. in situ법에서는 FeB 분말과 TiH_2 분말을 위와 같은 조건으로 밀링 후, 고온수평관상로에 장입하여 흐르는 Ar gas 분위기에서 900°C까지 5°C/min의 승온 속도로 가열하고 2h 동안 유지한 뒤 노냉하였다. 제조된 Fe-40 wt% TiB2 분말은 입도, 형상, 강화입자 분산균일성 등 분말 특성을 조사하였다. 방전프라즈마소결은 외경×내경×높이 30×10.4×30 mm의 원기둥 형태 흑연 몰드와 직경×높이 10×25mm 흑연 펀치를 사용하여, 0.1 Pa의 진공 분위기, 승온 속도 50°C/min, 소결압력 50MPa, 소결온도 1200°C로 실시하였다. 소결 과정에서 자동으로 기록, 저장되는 수축 변위 데이터로부터 수축률 곡선과 수축률 곡선을 미분한 치밀화 속도 곡선을 구하였다. 각각의 분말 소결체의 파면과 연마면을 FE-SEM으로 관찰하고, EDS와 XRD 분석 등의 결과와 함께 소결 과정의 치밀화 거동을 분석, 조사, 비교하였다.

[분말2-2 | 10:40]

PCAS 공정으로 제조된 WC 소결체의 성형 거동 및 기계적 특성: *이정한[1,2], 장준호[1], 박현국[1], 홍성길[2], 오익현[1] ; *[1] 한국생산기술연구원 동력부품소재그룹. [2] 전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Binder free WC, Pulsed current activated sintering method, Heat treatment, Hardness, Fracture toughness

텅스텐카바이드(WC: Tungsten carbide)는 타 경질재료에 비해 매우 우수한 경질특성을 갖는 소재로 다양한 산업군에서 사용되고 있다. 특히 고융점, 고강도 및 내마모성이 우수하여 내마모성 공구, 절삭공구, 가공용 공구, 금형재료 등으로 사용된다. 하지만 WC는 대표적인 난소결성 재료로 일반적인 소결방법으로는 고밀도의 소결체를 제조하기 어려운 문제점이 있다. 펄스전류활성소결법(PCAS)은 합성과 치밀화가 동시에 진행되는 새로운 소결 방법으로, 기존의 연소법과 열간 가압기술(Hot-press, HIP)을 결합한 방식으로 단일공정으로 단시간에 치밀한 생성물을 얻을 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 PCAS 공정을 이용하여 Co, Fe, Ni과 같은 소결 조제(Binder)없이 단일 공정으로 단시간에 고밀도 및 고경도 특성의 WC 소결체를 제조하였다. 또한 진공 열처리 공정을 이용하여 잔류응력을 해소하고 열처리 시간 변화에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화에 대한 연구를 진행하였다. 연구를 진행하기 위하여 순도 99.9%, 평균 입도 0.4~0.5 μm를 가지는 WC 원료분말을 사용하였으며, PCAS 공정으로 30분 이내의 단시간에 99.5% 이상의 고밀도 및 2600 Hv 이상의 고경도 특성의 WC 소결체를 제조하였다. 또한 제조된 WC 소결체로 열처리 공정을 이용하여 열처리 시간변화(1~48시간)에 따른 WC 소결체의 미세조직, 상분석 및 기계적 특성평가를 진행하였다. 열처리 시간 증가에 따라 결정립 크기는 약 3배 이상 증가하였다. 경도 및 파괴인성의 경우 초기 2661 Hv에서 2337 Hv로 다소 감소하였지만, 파괴인성의 경우 3.9 $MPa{\cdot}m^{1/2}$에서 9.8 $MPa{\cdot}m^{1/2}$로 크게 증가하였다.

[분말2-3 | 10:55]

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 TiB_2 + 316L Stainless Steel 복합 소재의 미세조직 및 고온 기계적 특성: *김영균[1], Bandar AlMangour[2], 이기안[1] ; *[1] 인하대학교 신소재공학과. [2] Harvard University.*

Keywords: Selective Laser Melting, 316L Stainless Steel, TiB_2, Composite, Microstructure, High Temperature Mechanical Property

최근 additive manufacturing 공정을 이용하여 복합 재료를 제조하려는 시도가 증가하고 있다. 본 연구에서는 selective laser melting(SLM) 공정으로 TiB_2 함량을 변화시켜 316L stainless steel을 제조하고 이에 대한 미세조직과 고온 기계적 특성을 조사하였다. 먼저 미세조직 관찰 결과, TiB_2 reinforcement가 첨가되지 않은 소재의 경우 building direction을 따라 수 십~수 백 μm 수준의 연신된 조대 결정립을 보였다. 반면, 5% TiB_2, 10% TiB_2가 첨가된 소재는 약 1~5 μm 수준의 미세한 결정립들이 관찰되며 결정립계에 B 등의 원소가 편석된 것으로 확인되었다. 상온 압축 시험 결과, 0%, 5% 그리고 10% TiB_2 소재의 항복 강도는 각각 598 MPa, 827 MPa, 980 MPa로 나타나 reinforcement의 첨가량 증가에 따라 강도가 급격히 증가하는 경향을 보였다. 또한, 10% TiB_2 소재는 800°C 압축 시험에서도 100 MPa 이상 높은 항복 강도를 나타내었다. 한편, 800°C 이상의 온도에서는 변형 중 동적 재결정 현상이 발생하여 세 소재의 항복 강도는 서로 유사한 것으로 확인되었다. 상기 결과들을 토대로 SLM 공정을 이용한 TiB_2 reinforced 316L stainless steel 제조 가능성과 함께 미세조직과 기계적 거동에 미치는 reinforcement 첨가 량의 영향에 대하여 고찰해보았다.

[분말2-4 | 11:10]

Mechanical milling법으로 제조된 리튬이차전지용 Silicon-Carbon 복합음극소재: *주신용[1], 최우정[1], 이기선[1] ; *[1] 공주대학교 신소재공학과.*

Keywords: Silicon anode, Carbon diffusion, Nanocomposite, Lithium-ion battery, Mechanical milling

리튬이차전지의 음극재료인 Graphite는 충·방전 효율이 99%이상이지만 이론적 용량이 372 $mAhg^{-1}$로 낮기 때문에 에너지 밀도를 증가시킬 필요가 있다. 이에 따라 리튬이차전지의 음극소재로 연구되고 있는 소재 중의 하나가 Silicon이며, 4,200 mAh/g의 이론용량을 가지고 있다. Silicon은 흑연의 대체 음극재료로 유망하지만 충·방전시 Silicon이 리튬이온과 결합하는 과정에서 약 300%의 부피 팽창이 발생하여 충·방전 사이클이 지남에 따라 구조가 무너져 심각한 용량 손실을 야기시키고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Si 미세화, Matrix 강화, Carbon coating 등 활발한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 Mechanical alloying으로, Silicon에 Expanded carbon 분말을 복합구조화 하고 제조된 분말에 대하여 XRD(X-ray diffraction)와 SEM(Scanning Electron Microscope)를 통해 결정구조 및 미세구조를 분석하였다. 전기화학적 특성은 Half-cell을 제조한 후 충·방전 측정을 이용하여 용량을 평가하였다. 이 연구에서는 Silicon을 Expanded Carbon에 복합구조화 하여 Silicon이 음극재료로서 갖는 단점을 극복 할 수 있도록 진행하였다.

[분말3-1 | 14:00]

전기접점소재용 Cu-Ta 복합체의 액-고상 소결 방식에 따른 물성 비교: *주원[1], 최상훈[1], 심재진[1], 유지원[1], 임경묵[1], 김영도[2], 박경태[1] ; *[1] 한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2] 한양대학교 신소재공학부.*

Keywords: Electrical contact materials, Tantalum, Copper, Electrical conductivity, Thermal conductivity

Cu-X 계열 전기접점의 경우 Cu의 낮은 단가 및 높은 전기적 특성과 X의 열물성 보완을 통하여 릴레이, 파워커넥터 등과 같은 전기재료나 에너지 시스템을 위한 스위치 등의 분야에 사용되고 있다. 과거 CdO를 통하여 열물성 제어를 하였으나, 최근 환경적 문제와 산화 문제로 인하여 SnO, InO 등의 산화물이나 W, Ni 등의 첨가제로 대체하는 추세이다. 이 중에서도 Cu-Ta 복합체의 경우 제 2상을 생성하지 않는 Cu와 Ta를 혼합함으로써 Cu의 높은 전기 및 열 전도성으로 인한 전기물성과 Ta의 낮은 열팽창계수와 용이한 가공성을 동시에 나타내 차세대 전기접점재의 가능성을 갖고 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 (10~50)Cu-Ta wt% 혼합체를 원료물질로 하여 Cu-Ta 복합체를 만들고 이에 대한 물성을 분석하였다. 원료물질인 Cu와 Ta를 혼합한 뒤, 액상-고상 소결방식을 진행하여 복합체 제조방식을 비교하였으며 이를 위해 각각 압분체 제조 후 1,300ºC 조건에서 분위기 가열을 통한 액상소결, 900 ºC 조건에서 Spark Plasma Sintering (SPS)를 이용한 고상소결을 진행하였다. 이후, 각 시편들에 대한 전기 및 열 전도도를 측정한 뒤 조직을 분석하였으며, 압연 시 나타나는 특성들에 대한 분석을 진행하였다. 조직 분석 결과 소결시편의 Ta-Cu 조직이 고루 분포되었음을 확인하였다. 또한 Cu 함량 증가에 따른 전기 및 열 전도도 증가가 나타났으며 대표적으로 50Cu wt% 조성에서 최대 54 %IACS 와 181.700 W/m·K 의 전기, 열 전도도 값을 보였다.

[분말3-2 | 14:15]

BiSbTe 열전 소결체의 높이 변화에 따른 미세조직 및 특성평가: *한진구[1], 이철희[1], 정광용[1], 윤석민[1], 이갑호[2], 구자명[1], 홍순직[1] ; [1] *공주대학교 신소재공학부.* [2] *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Gas atomization, Spark Plasma Sintering, 대용량 소결체, BiSbTe

열전발전은 열과 전기의 직접적인 상호변환이 가능하며 폐자원이 발생하지 않는 친환경적인 차세대 대체 에너지 기술로 각광받고 있다. 이러한 열전재료들 중 상온에서 성능이 가장 우수한 BiSbTe계 열전재료는 기존 Zone melting 공정 등을 이용해 소재를 제조하였지만 이러한 공정들은 긴 공정 시간, 낮은 기계적 특성으로 인해 가공 시에 대부분이 손실되는 단점을 가지고 있어 산업 적용에 한계를 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해 높은 기계적특성 및 높은 생산성, 또한 경제적으로도 장점이 있는 분말야금 공정을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 이용해 소결체들은 대부분 Hot press 공정과 Spark Plasma Sintering 공정을 통해 제조되었다. 하지만 기존 소결체는 대부분 저용량의 연구용으로만 제조되었기 때문에 제품으로 만들기 위해서는 수많은 공정 및 긴 시간의 단점이 있어 산업화 적용에 어려움이 있다. 따라서 대용량 소결체를 통해 균일한 특성 및 미세조직을 확보하여 산업화에 적용하려고 한다.이에 본 연구에서는 분말야금 공정중 하나인 Gas atomization을 이용해 p형 BiSbTe의 열전분말을 제조하였으며, 제조된 분말은 Spark Plasma Sintering 공정으로 높이 64mm의 소결체를 제조하였다. 제조된 분말과 소결체는 각각 특성 평가 및 미세조직 평가를 진행하였다. 분말은 입도분석, XRD분석, 분말형상을 통해서 평가하였고, 제조된 소결체는 높이별 균일한 미세조직과 특성을 확인하기 위해 각각 3등분으로 나누어 미세조직(파단면, EBSD), 기계적 특성(밀도, 경도)과 열전특성(Seebeck 계수, 전기전도도, 열전도도)을 측정하였으며, 측정된 열전특성을 통해 성능지수(ZT)로 나타내어 소결체의 열전성능을 평가하였다.

[분말3-3 | 14:30]

기계적 탄화공정을 통한 산화물 분산형 Ni-TiO2 복합분말의 SPS 소결 특성 및 기계적 성질: *김창재[1], 윤정모[2], 박제신[2] ; [1] *전북대학교 대학원.* [2] *전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: ODS, Ni, TiO_2

Ni 기반 ODS (Oxide Dispersion Strengthening)합금은 고온에서의 기계적 특성이 우수하기 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-TiO2 복합분말의 소결거동을 조사하였다. Ni-TiO2 복합분말은 상온에서 기계화학적 방법으로 탄화물을 합성하여 산화 처리한 미세조직의 제어를 통하여 TiO2분말을 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, 환원 공정을 통해 Ni 및 TiO2분말로 제조하였으며 Ar 분위기에서 통전가압소결(SPS)을 사용하여 소결하였다. 각 분말 및 소결체의 상분석 및 미세구조는 XRD, SEM을 이용하였으며, Ni기지에서의 TiO2의 분산도 변화 및 기계적 특성을 조사하였다.

[분말3-4 | 14:45] 발표취소(Cancel)

PMMA 스페이스 홀더(Space holder)를 이용한 중~저 기공률의 폐기공 다공성 스테인리스강 제조 및 압축특성에 미치는 PMMA의 영향: *이택선[1], 조의제[1], 박용호[1] ; [1] *부산대학교 재료공학과.*

[분말4-1 | 15:15]

Wave absorption property analysis of $Ni_{0.3}Zn_{0.3}Cu_{0.4}Fe_2O_4$ nanopowder fabricated by Sol-Gel process: *Suwon Yang[1], Jeong-gon Kim[1]; [1] *Incheon National University.*

Keywords: Sol-Gel process, Ni-Zn-Cu ferrite, nano powder, magnetic properties, reflection loss

Ni-Zn-Cu ferrite is the most commonly used as low temperature sintering ferrite. Ni-Zn-Cu ferrite has high resistivity, low eddy current loss, stability for temperature. Thus it is possible that wide range wave length application that audio and video magnetic core. In this study, nickel-zinc copper ferrite (NZCF) nanoparticles, with the chemical formula of $Ni_{0.3}Zn_{0.3}Cu_{0.4}Fe_2O_4$, were fabricated by the

sol-gel method. The effect of copper substitution on the phase formation and crystal structure of the sample was investigated by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), vibration sample magnetometer (VSM), and Network analyzer. The XRD result shows that effect of copper on crystal lattice change and calculate nano powder particle size. The VSM results show soft magnetic properties that saturation magnetization, coercive force, initial permeability. Reflection loss was calculated by Network analyzer result.

[분말4-2 | 15:30]

급속응고법으로 제조된 Bi2Te3-Sb2Te3 합금분말의 특성 변화가 열전 특성에 미치는 효과: *정광용[1], 신동원[1], 한진구[1], 조성재[1], 유현정[1], 이갑호[2], 구경완[3], 홍순직[1] ; *[1]공주대학교 신소재공학부. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]호서대학교 자동차ICT학과.*

Keywords: Gas atomization, Spark Plasma Sintering, Thermoelectric, Bi2Te3-Sb2Te3, Powder properties

차세대 친환경 에너지원으로 각광 받고 있는 열전 발전의 소재중 Bi-Te계 열전 소재는 저온에서 높은 열전 효율을 나타내고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 기존의 Zone melting 방법으로 제조된 열전 소재의 낮은 기계적 강도, 열전특성 향상의 한계, 산업체적용의 제한적 상황에 직면하여 이러한 단점을 보완하고자 분말야금법이 제시되고 있다. 그 중 분말야금법 공정 중 하나인 Gas atomization 의해 제조 된 분말은 비교적 구형의 형상을 가져 성형성이 우수하고 고순도의 분말을 얻는 이점이 있으며 대량생산이 가능하여 대용량 성형체를 얻을 수 있는 이점이 있다. Gas atomization 은 용탕의 냉각속도에 따른 분말의 입도 및 형상을 제어할 수 있는 다수의 공정 변수를 갖고 있으며, '가스 분사각', '가스의 용탕 타점거리', '가스 노즐의 수, '가스노즐 직경', '금속용탕 노즐의 직경' 등과 같은 다양한 공정변수 가 있다. 이에 본 연구 에서는 Gas atomization 의 공정변수중 상대적으로 변수제어가 용이한 금속용탕 노즐직경의 변화 (3Φ, 5Φ, 7Φ) 에 의해 제조된 Bi2Te3-Sb2Te3 분말의 특성 변화가 열전특성 에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 분말 조성 및 형태는 각각 X 선 회절 (XRD), 주사 전자 현미경 (SEM)을 사용하여 분석 하였다. 분말 특성은 분말의 평균 입자 크기, 구형 및 L / D 비를 측정하여 비교하였다. 분말 성형성에 영향을 주는 분말 유동성은 안식각, 붕괴 각, 압축성, 균일 성 및 평판 각 지수 값을 사용하여 측정 하였다. 또한 열전 특성을 측정하기 위해 분말은 통전가압소결로(Spark Plasma Sintering, SPS)를 사용하여 소결하였고, 소결체를 이용하여 제벡 계수, 열전도도 및 전기 전도도 를 각각 분석 및 측정하여 최종 ZT 값을 얻었다.

[분말4-3 | 15:45]

기계적 질화공정을 이용한 금속바인더 Co를 포함하는 TiO2 소결체 제조: *임승균[1], 박일송[2], 박제신[2] ; *[1]전북대학교 일반대학원 금속공학과. [2]전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: TiO2 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 질소 분위기 하 기계적 합성(Mechanical Milling)공정 후 선택적 산화에 의해 제조된 TiO2-Co 복합분말의 소결거동을 조사하였다. Ti와 Co sponge를 Ar분위기에서 Arc용해하여 Ti-33at%Co 단상을 제조하였으며, 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말은 고에너지 볼밀링으로 질소 분위기 하에서 Ti(Co)N을 제조하였으며, 선택적으로 산화 처리하여 TiO2 제조 후 프레스로 가압하여 소결하였다. 소결체는 굽힘 시험 등을 통해 기계적 특성을 조사하였다. XRD, SEM을 이용하여 조성 및 미세조직과 기계적 성질의 관련성을 조사하였다.

[분말4-4 | 16:00]

Gd-Si-Ge-(Mn, Sn) 합금 분말의 미세조직 및 자기열량 특성에 미치는 밀링 시간의 영향: *서동선[1], 임종화[1], 송다혜[1], 이진규[1] ; *[1]공주대학교 신소재공학과.*

Keywords: Magnetocaloric effect, Planetary ball mill, Gd-Si-Ge, VSM(Vibrating Sample Magnetometer)

자기열량효과는 자기 자유도를 가진 시스템에 외부에서 자기장을 걸어주면 가열이 되고 자기장을 제거하면 냉각이 되는 현상이다. 자기 냉각 소재의 경우 기존의 냉각 시스템과 달리 냉매를 사용하지 않으므로 환경적인 측면에서 자기열량 효과를 이용한 냉각 소재에 관한 연구에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 자기열량 효과를 이용한 자기 냉각의 경우 최대 엔트로피가 변화가 크고, 상온에서 자화가 가능한 소재를 개발하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Gd-Si-Ge-(Mn, Sn) 합금 분말의 미세구조 및 자기 특성에 미치는 밀링 시간의 영향에 대하여 고찰하였다. Gd-Si-Ge-(Mn, Sn) 모합금은 아크 멜팅을 이용하여 제조하였으며, 제조된 모합금은 1300ºC에서 1시간 균질화 처리 후 노냉하였다. 열처리한 모합금은 Planetary ball mill을 이용하여 합금 분말로 제조하였으며, 밀링 시간에 따른 합금 분말의 형상 및 미세조직을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였다. 밀링 시간에 따른 상변화 및 상전이 거동을 분석하기 위해 XRD와 시차열분석기(DSC)를 이용하였으며 진동시료자력계(VSM)을 이용하여 제조된 시편의 자기 특성을 측정하였다.

[분말4-5 | 16:15]

Mechanical properties of Ti-6Al-4V connecting rod prepared by powder forging: *김영무[1], 송영범[1], 이성호[1], 권영삼[2] ; *[1]국방과학연구소. [2](주)쎄타텍.*

Keywords: powder forging, Ti-6Al-4V, connecting rod, mechanical property, microstructure

The function of a connecting rod which connects the piston to the crankshaft for automobile engines is to convert reciprocating motion into rotating motion. It undergoes cyclic tension, compression as well as bending. Thus, the rod is

subjected to a combination of axial and bending stresses. To endure such repetitive forces, its mechanical strength, especially fatigue strength, in a high performance engine is one of the essential factors to prepare the connecting rod. Furthermore, weight saving and cost-effectiveness are also predominant considerations. Powder metallurgy, especially powder forging, is the promising fabrication technique to meet these demands because it allows more precise control of size and weight with less machining. Titanium, one of the alternative materials for the connecting rod, exhibits excellent specific strength compared to CrMo steel. Therefore, in this study, the Ti-6Al-4V connecting rod was prepared by powder forging and its mechanical properties at room and intermediate temperatures were also measured. The forging was conducted at alpha+beta and beta phases regions. The microstructures of the rods were observed and their effect on the strength was analyzed.

상변태
Room 320B, 10월 25일

[상변태1-1 | 09:00]

Mo-Si-B 초내열 합금의 내산화성의 향상을 위한 Si 및 Al 확산의 코팅의 속도론 고찰: *최광수[1], 백경호[2], 이성[3], 박준식[1*] ; *[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]충남대학교 신소재공학과. [3]국방과학연구소.*

Keywords: Mo-Si-B, High temperature, Pack cementation, SiO2, Al2O3

Mo 기지의 3상(Mo(ss), Mo3Si, Mo5SiB2) Mo-3Si-1B (wt%) 합금은 초고온에서 우수한 고온강도와 상온 연성을 가지는 것으로 알려져 있어 고온·고압의 환경에서 운행되는 터빈 블레이드에 사용되기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나, Mo 기지의 합금은 고온 내산화성이 부족하다는 단점이 있어 실제 극한의 환경에서 사용이 제한된다. 따라서, 합금의 내산화성을 향상시키기 위하여 합금 조성에 대한 연구과 표면 코팅을 통하여 시편을 산화로부터 보호하는 많은 연구가 이뤄지고 있다. 본 연구는 Pack cementation 코팅법을 통해 Si 및 Al 을 코팅하여 MoSi2, Mo3Al8 코팅층을 형성하였으며, 두 보호층의 여러 코팅 조건에 따른 보호층의 두께 변화에 초점을 맞추어 비교 분석하였다. 그리고 여러 코팅 조건과 확산 코팅 성장이론을 이용하여 임의의 온도와 시간에서의 코팅층 두께를 계산 할 수 있는 이론적 모델을 제시하였고 계산을 통해 예상한 코팅층 두께와 실제 측정을 통한 코팅층 두께의 오차를 비교 분석 하였다.

[상변태1-2 | 09:15]

Electron irradiation effect on the behavior of Au nanoparticles between insulating and conducting substrate: *김근수[1], 박종환[1], 김다슬[1], 장길수[1], 황농문[1] ; *[1]서울대학교.*

Keywords: Au nanoparticle, Charge, Real-time observation, TEM

Some novel nanostructures grown through self-assembly of nanoparticles are hard to describe the mechanism in classical approach like TLK (Terrace-Ledge-Kink) model or VLS (Vapor-Liquild-Solid) mechanism. These phenomenon are comprehended the 'non-classical crystallization' indicated that the nanostructures are made by building block of nanoparticles. In practice, real-time observation using transmission electron microscope (TEM) to confirm the mechanism in some systems observed that nanostructures can be formed in nanoparticles. However, it is unclear wheter this phenomenon is caused by electron bombardment or by other factors.We considered the charge to be the main factor of this phenomenon, and in order to clarify to this, we observed that the difference in the Au nanoparticles movement on the substrate with different conductivity.

[상변태1-3 | 09:30

열 소성 성형을 위한 우수한 열적 특성을 가지는 Zr계 신합금 개발: *김경준[1], 류욱하[1], 박은수[1] ; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Zr-rich 합금, 비정질 형성능, 유리천이온도, 열적 안정성, 열 소성 헝형

비정질 합금은 기존 상용 금속 소재들의 결정성과 차별되는 무질서한 원자 배열 구조를 가짐으로써 뛰어난 비강도와 넓은 탄성 한계를 보인다. 뿐만 아니라 과냉각 액체 영역이라는 독특한 특성 온도 구간에서 점성 유동 초소성 거동을 나타내며, 나노 단위의 초미세 형성이 가능할 만큼 차별되는 성형성을 가진다. 본 연구진은 우수한 기계적 특성과 열 소성 성형능에 착안하여, IT산업의 차세대 외장 소재를 위한 결정질 합금의 대체재로 비정질 합금을 주목했으며, 열 소성 성형 공정에 적합한 열 특성을 가지는 Zr계 비정질 신합금을 개발하고자 했다. Zr계 다성분계 비정질 합금의 경우, Ca계나 Mg계, Al계 비정질 합금에 비해 비정질 형성능과 기계적 특성이 우수하나, 유리 천이 온도가 비교적 높아, 산업 응용 측면에서 단점이 있다. 따라서 본 연구진은 낮은 유리 천이 온도를 가지는 Zr-rich 조성에 주목하여, Zr-TM (TM= Cu, Co, Ni, Fe, Ti, Al) 다성분 비정질 신합금을 개발했다. 새로 개발된 비정질 합금의 열 특성 온도 및 점도를 활용하여, 열 소성 성형능 평가 인자를 계산, 각 합금의 열 소성 성형능을 평가하고자 했다. 본 연구는 비정질 합금의 열 특성을 조절함으로써 특성 맞춤형 합금 설계에 대한 가이드라인을 제시한다.

상변태1-4 | 09:45]

액상 금속 탈성분 공정을 통한 생체적합성 다공성 Co-Cr 합금의 제조: *윤국노[1], 이현[1], 김현이[1], 박은수[1], H.Kato[2] ; *[1]서울대학교. [2]Tohoku university.*

Keywords: Metallic foam, Self-organizing porous material, Bio-materials, LMD process

Co-Cr 합금은 높은 강도 등 우수한 기계적 물성을 보여 오랜 기간 구조용 소재로 사용되어 왔다. 뿐만 아니라, 최근에는 다른 금속 소재 대비 우수한 생체 적합성을 보인다는 것이 알려지면서, 기계적 특성과 생체 적합성을 동시에 요구하는 임플란트 등의 의료용 금속 소재로의 활용이 기대 되고 있으며, 제조가 어려운 Ti 계 생체 재료의 대체 소재로 각광받고 있다. 특히 Co-Cr 합금의 표면에 기공을 형성시키는 경우, 생체 적합성이 급격히 상승하는 것으로 보고되어 있기 때문에, 다공성 Co-Cr 에 관한 연구 역시 활발히 진행되고 있다. 액상 금속 탈성분 공정(Liquid metal dealloying, LMD) 은 기존의 화학적인 탈성분 공정에서 탈피하여, 선택적 탈성분 부식이 용이한 금속 용탕과 전구체 간의 반응을 야기시켜 선택적 결합을 유도한 후 화학적인 탈성분 부식을 행하는 것으로, 기존의 화학적 공정 대비 다양한 조성의 다공체를 준비할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 독특한 원소 조합인 Co-Cr 합금 다공체의 제조를 위하여 LMD을 이용하였다. 부연하면, 먼저 Co 및 Cr과 고용체를 이루는 Ni을 Co-Cr과 함께 합금화하여 모합금을 제조하고, 이를 Ni과 음의 혼합열을 가지는 Mg 및 Ca 등의 용탕에서 반응시켜 Co-Cr 및

Mg/Ca 간의 연속 복합 구조 합금을 제조하였다. 특히 잔류하는 Mg 및 Ca을 유독한 산이 아닌 물과 반응 시킴으로써, 산과의 반응으로 인한 유독성 부산물의 형성을 최소화 하고자 하였으며, 시간 및 온도 등의 공정 변수를 체계적으로 변화시켜가며 그 구조 및 특성의 변화를 고찰하였다. 궁극적으로, 제조한 다공체의 생체 적합성을 골아세포 부착 시험을 통해 확인함으로써, 기공구조 제어에 의한 특성 최적화 방안에 관한 시금석을 제공하고자 한다.

[상변태1-5 | 10:00]

CrFeCoNiCu계 고엔트로피 합금의 주조조직, 가공조직 연구: *오승민[1], 홍순익[1], 송재숙[2] ; *[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재. [2]충남대학교 나노공학연구소.*

Keywords: High entropy alloy, CrFeCoNiCu, 고엔트로피합금

고엔트로피 합금은 5원계 이상의 다원소 합금계로서, 고합금계임에도 불구하고 혼합엔트로피가 높아 금속간 화합물이 형성되지 않고 연성이 우수한 FCC 또는 BCC 단상을 이루는 합금이다. 최근 우수한 열적 특성 및 기계적 성질을 나타내는 고엔트로피합금은 기존 상용합금들을 대체할 차세대 합금계로 활발한 연구가 진행이 되고 있다.본 연구에서는 Cantor alloy라고 불리는 CrMnFeCoNi 합금계에서 Mn 원소를 Cu로 치환한 CrFeCoNiCu계의 고엔트로피 합금을 Arc melting으로 주조하여, 주조조직과 가공조직의 변화를 관찰하였다.

[상변태2-1 | 10:25]

Nano-scale Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Equiatomic AlCoCrNi High-Entropy Alloy: *Jumaev Elyorjon[1], Park Hyo Jin[1], Park Hae Jin[1], Kim Young Seok[1], Kim Ki Buem[1*]; *[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: Mechanical properties: Microstructure: High-entropy alloy, Heat treatment

Structure, crystal structure and compression properties of quaternary AlCoCrNi high-entropy alloy were examined. The alloy was prepared by vacuum arc melting and studied in as-cast and annealed (annealing at 873 K for 24, 72 and 192 h) conditions. The XRD patterns indicated the formation of body centered cubic (BCC) crystal structure in the as-cast sample. The microstructure of as-cast sample showed dendrite and matrix areas. The fine microstructure of dendrite and matrix area of the as-cast sample was found to be basket weave morphology, respectively. Good combination of participant elements has been obtained in the separated regions of dendrite and matrix areas such as Al and Ni in dark region while Co and Cr-rich in bright region. After annealing at different maintenance times, grain growth was observed in the morphology of the matrix area and phase transformation happened in the dendrite area. Results of EDS attached on transmission electron microscopy (TEM) revealed elements combination in both areas were discussed. The alloy exhibits excellent compressive properties. However, after annealing mechanical properties of the alloy resulted in continuous strengthening in yield strength and loss of ductility.

[상변태2-2 | 10:40]

초고온 내열 Non-equiatomic 하이엔트로피 신합금 개발: *김상준[1], 오현석[1], 박은수[1] ; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: High entropy alloy, refractory alloy, high temperature materials, mechanical properties, phase stability

Ni계 초합금은 우수한 고온 강도, 산화 저항성, 크리프 특성 등을 바탕으로 고온 구조 소재로써 가장 널리 사용되고 있으나, Ni의 낮은 녹는점으로 인해 1100°C 이상의 초고온에서는 충분한 강도를 보이지 못한다는 단점이 있다. 특히 제트 엔진, 복합 화력 발전에 사용되는 내부기관인 가스터빈의 효율 상승을 위하여 더 높은 온도에서 작동 가능한 내열 소재가 요구되고 있어, Ni계 초합금의 한계를 극복하기 위해 고융점 원소로 구성된 초내열 신합금의 개발 필요성이 강조 되고 있다. 한편, Nb, Mo, Ta, W 등의 고융점 천이 원소로 이루어진 BCC 구조의 하이엔트로피 합금이 우수한 상 안정성과 Ni계 초합금 대비 뛰어난 비강도를 바탕으로 차세대 초내열 합금으로써 주목받고 있다. 하이엔트로피 합금(High entropy alloy)란 5개 이상의 원소가 서로 비슷한 원자비로 고용체를 이루고 있는 새로운 개념의 신합금으로, 높은 구성 엔트로피의 영향으로 인한 상 안정도, 과포화 고용으로 인한 격자 비틀림 등 기존의 합금은 가지지 않는 독특한 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 혼합 엔탈피, 전자가 밀도 등의 인자를 활용하여 우수한 상 안정성의 Ti-V-Nb-Ta-(Mo, W) 합금계를 개발하였으며, 합금계의 equiatomic 및 non-equiatomic 합금을 주조하였다. 제조된 합금은 넓은 조성 범위에서 단일상 BCC 구조를 가져 우수한 상 안정성을 보이는 것을 확인하였다. 또한, 기계적 특성을 제어하는 내부 인자를 바탕으로 제조된 non-equiatomic 조성의 합금에 대해 기계적 성질을 체계적으로 분석함으로써, 우수한 강도의 하이엔트로피 초고온 내열 신합금을 개발하였을 뿐만 아니라, 하이엔트로피 합금계에서 non-equiatomic 조성 합금들의 기계적 특성 제어 기술을 확보하고자 하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 향후 가스 터빈 엔진, 항공기 등의 Ni계 초합금을 대체할 수 있는 차세대 초내열 합금 개발에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

[상변태2-3 | 10:55]

Tuning the charateristics via manipulating icosahedral order and packing density in Ti-Zr-Ni(-Be) metallic glasses: *유근희[1], 류채우[1], 이정수[1], 박은수[1], Jia-Lun Gu[2], Ke-Fu Yao[2] ; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]Tsinghua University.*

Keywords: Ti-Zr-Ni alloy, bulk metallic glass, Quasicrystal, Mechanical property, Glass-forming ability, Structural tuning

Icosahedral ordering, which has forbidden five-fold symmetry, affects various characteristics of metallic glasses. Icosahedral short-range order (ISRO) is known for stabilizing supercooled liquid and main building block of amorphous solid. Moreover, icosahedral medium-range order (IMRO), the atomic model of interpenetrating icosahedra, significantly affects characteristics of metallic glass such

as glass forming ability, elastic modulus and plasticity. Many researches and simulations show relation between IMRO and characteristics in metallic glasses. However, there is little research about the relationship between microstructural variation with different degree of icosahedral ordering, packing density and mechanical responses through systemic change of composition. In the present study, we will report the variation of microstructure and mechanical responses of Ti-Zr-Ni alloys by systemically controlling Be contents. We clarify the effect of Be on glass-quasicrystal forming ability and analyze mechanical behavior by statistical analysis of serration behavior of metallic glass. Through these attempts, we can carefully figure out the role of icosahedral ordering and packing density on their properties, and finally suggest an effective strategy for enhancing both glass-forming ability (GFA) and ductility in bulk metallic glass (BMG)-forming alloys.

[상변태2-4 | 11:10]

Investigation of structure-property relationship in equiatomic multicomponent metallic glasses: *Jung Soo Lee[1], Hyun Seok Oh[1], Wan Kim[1], Jin Yeon Kim[1], Eun Soo Park[1], J.L. Gu[2], K.F. Yao[2], B.S. Murty[3] ; *[1]Seoul National University. [2]Tsinghua University. [3]Indian Institute of Technology Madras.*

Keywords: High entropy: Compositional complexity: Metallic glass: Structural modification: Nanoindentation

High entropy metallic glasses, as the name suggests, are categorized under the class of metallic glasses with excessive configuration entropy manifested as a result of their (near) equiatomic multicomponent composition. They are reported to exhibit better yield stress, thermal stability, and corrosion resistance compared to their conventional metallic glass counterparts. However, only limited information is available to elucidate the causality. In the present study, we investigate the structure-property relationship in equiatomic multicomponent metallic glasses. Specifically, in order to probe the effect of high configuration entropy and the consequential compositional complexity on their properties, the mechanical property as well as the glass-forming ability of equiatomic binary to denary metallic glasses bearing Cu and Zr like elements were systematically investigated through differential scanning calorimetry, nanoindentation, and high-energy X-ray scattering experiments. The results show that as the configuration entropy increases, the glass-forming ability decreases after reaching a maximum owing to the competition between crystallization suppression by confusion principle and viscosity reduction by Adam Gibb's theory. Indeed, the compositional complexity caused by the high entropy configuration leads to structural modification, thereby sensitively affecting the mechanical responses. These results provide us a guideline on how to tailor the characteristics of high entropy metallic glasses by controlling the configuration entropy.

[상변태2-5 | 11:25]

니켈-전이금속 이원계 비정질 합금의 구조-특성간 상관관계의 이해: *안혜상[1], 오현석[1], 류채우[1], 박은수[1] ; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Ni-TM metallic glass, Atomic structure, pop-in event, statistical analysis, EXAFS

결정질 합금과 달리 무질서한 원자 구조를 가지는 비정질 합금은 동일 합금계의 결정질 합금에 비해 강도, 탄성한계, 내마모성의 관점에서 우수한 기계적 특성을 가진다. 이러한 특성은 서로 상관관계를 가지며 이는 비정질 특유의 구조와 관련성이 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 니켈과 다양한 전이금속(Zr, Ti, Nb, Ta)으로 이루어진 이성분계 합금을 제조하고 합금 구성원소에 따른 특성 변화와 구조 변화의 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 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. 앞서 분석한 특성간 상관관계에 기인하는 전이금속의 종류에 따른 합금 구성 원소간 결합 특성을 EXAFS와 XRS를 통해 고찰하였다. 이러한 연구는 비정질 구성원소 제어를 통해 비정질 구조를 제어함으로써 비정질 특성을 조절하는 상관관계를 이해하는 시금석을 제공하여 줄 것으로 사료된다.

[상변태2-6 | 11:40]

동적, 외적 극한환경 하에서 하이엔트로피 합금의 자발 상 안정화 고찰: *오현석[1], 김진연[1], 류채우[1], 박은수[1], Koichi Tsuchiya[2], Andreas Meyer[3], Zhiming Li[4], Dierk Raabe[4] ; *[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]National Institute for Materials Science. [3]Deutsches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt. [4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: 하이엔트로피 합금, Dynamic forcing 환경, 고압비틀림공정, 과포화, 비정질화

하이엔트로피 합금은 5가지 이상의 원소를 유사한 비율로 혼합하여 제조한 합금으로, 극저온, 고온, 고압, 방사선 등 다양한 극한 환경에서 우수한 내구성을 갖는 것이 보고되어 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 이러한 하이엔트로피 합금의 우수한 특성은 구성 원소의 조성적 복잡성으로부터 유발된 큰 격자비틀림 효과 및 느린확산효과에 기인한다. 한편 하이엔트로피 합금의 조성적 복잡성은 높은 혼합 엔탈피를 갖는 원소 쌍의 확률을 증가시키고 이러한 원소 쌍의 존재는 확산이 활성화되는 극한 환경에서 편석 및 석출로 이어질 수 있어 상 안정성 측면에서 단점으로 작용할 수 있다. 본 연구에서는 AlCrFeCoNi 하이엔트로피 합금이 고압비틀림 공정 하에서 고온 안정상이 안정화되는 독특한 상변화 거동을 보임을 확인하였다. 이는 AlCrFeCoNi 하이엔트로피 합금이 온도에 따라 복잡한 상변화 특성을 가짐에도 불구하고, 외부의 강제력 하에서는 고온 안정상이 열역학적으로 안정화되는 높은 상 안정성을 갖는

것을 의미한다.

[상변태3-1 | 13:00]

기계적 합금화 및 방전 플라즈마 소결에 의해 제조된 Ta-Nb-V-W-Ti 하이엔트로피 합금의 미세조직 및 특성: *임종화[1], 이진규[1], 서동선[1], 김상준[2], 박은수[2] ; *[1]공주대학교 신소재공학과. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: High entropy alloy, Ball milling, Mechanical alloying, Sintering

하이엔트로피 합금(High entropy alloy)은 5가지 이상의 주원소를 동등한 원자비율로 혼합하여 단일상의 과포화 고용체를 형성하고 있는 합금이며, 최근에 들어 주조법뿐만 아니라 기계적 합금화(Mechanical alloying), 분무법(Atomizing), 스퍼터링(Sputtering) 등의 다양한 방법에 의해 제조되고 있으며, 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 1000°C 이상의 고온 영역에서 특성이 우수하여 차세대 내열소재로의 활용이 기대되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화 공정에 의해 Ta-Nb-V-W-Ti 고엔트로피 합금을 제조하고, 기계적 합금화 공정 조건이 합금의 미세조직 및 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 기계적 합금화법에 의해 제조된 하이엔트로피 합금 분말을 방전 플라즈마 소결법에 의해 벌크 형태로 제조하였다. X선 회절분석(XRD) 및 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 제조된 분말 및 소결체의 미세조직과 상분석을 행하였고, 비커스 경도 및 압축강도 측정을 통하여 기계적 특성을 분석하였다.

[상변태3-2 | 13:15]

Influence of spherical particles and interfacial stress distribution on viscous flow behavior of Ti-Cu-Ni-Zr-Sn bulk metallic glass composites: *Sung Hwan Hong[1], Young Seok Kim[1], Ki Buem Kim[1]; *[1]Sejong University.*

Keywords: Metallic glasses, Composites, Thermal properties, Viscosity, Stress distribution

Bulk metallic glass composites containing micro-scale B2 particles are subject to investigation with regard to the influence of B2 particles and interfacial stress and strain distribution on the viscous flow behavior at a super-cooled liquid state. An increased volume fraction of B2 particles leads to an increase of minimum viscosity and influences to the viscous flow behavior at supercooled liquid region. In high temperature deformation, the bulk metallic glass shows homogeneous deformation feature. However, the heterogeneous deformation feature is found on thermoplastically deformed bulk metallic glass composite. The strong stain accumulation and sluggish viscous flow occur around B2 particles, which are caused by the heterogeneous stress distribution linked to stress concentration and shear stress impediment around B2 particles. The sluggish viscous flow of super-cooled liquids around B2 particles during high temperature deformation induces an increase of viscosity and strongly affects the viscous flow behavior of Ti-based bulk metallic glass composites containing micro-scale spherical B2 particles.

[상변태3-3 | 13:30]

FeNi계 비정질합금의 열처리 온도에 따른 미세구조연구: *황지용[1], 이승훈[1]; *[1]경북대학교 신소재공학부 금속신소재공학.*

Keywords: FeNi계 비정질 합금

CO_2 배출과 같은 환경문제와 관련하여 전기자동차나 하이브리드 자동차의 수요가 증가할 것으로 보이며, 따라서 필수적인 부품인 영구자석의 수요 및 그 특성 개선에 대한 요구 또한 높아질 것으로 예상된다. 이에 희토류 금속을 함유하지 않고도 우수한 경자기적 특성을 지닌 $L1_0$ FeNi phase가 큰 관심을 받고 있으며, 최근 FeNi계 비정질 리본을 활용하여 제조에 성공하였다는 것이 보고되었다. 이처럼 FeNi계 비정질 합금은 $L1_0$ FeNi 영구자석 개발을 위해 촉망되는 재료이나, 대부분 Fe-Ni-B, Fe-Ni-Si-B, Fe-Ni-P-B와 같은 합금계만이 연구되었으며 그외 다원계합금의 결정거동과 자기적 특성에 대한 연구는 부족한 상황이다. 그러므로 본 연구에서는 FeNi계 비정질 리본의 열처리 온도에 따른 미세구조 및 그에 다른 자기적 특성변화를 살펴보았다.

[상변태3-4 | 13:45]

열 에너지를 응용한 TEM 에서의 InAs 나노 와이어 전자빔 가공에 관한 연구: *최수지[1], 김영헌[2], 이승훈[1]; *[1]경북대학교 공과대학. [2]한국표준과학연구원.*

Keywords: Indium arsenide (InAs), Nanowire, Thermal behavior, Transmission electron microscopy, Nanopore

투과 전자 현미경은 원자 분해능으로 물질을 조작하기 위한 강력한 도구로 알려져 있다. 특히, 전자빔 프로브를 이용하여 나노 기공을 제작하고 이를 응용하기 위한 다양한 연구가 진행되어왔다. 그러나 기공 제작 시 발생하는 전자빔 손상을 줄이며 제작 효율을 향상 시키기 위해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 열 에너지를 응용한 전자 빔 조작을 통해 InAs 나노선에 나노 기공을 가공하였고, 특정 온도조건에서의 가공을 통해 샘플의 전자빔 손상을 최소화 시켰다. 제조에 사용 된 InAs 나노 와이어의 열적 거동은 in-situ TEM 을 이용한 가열 실험에 의해 정의되었다. InAs 나노와이어의 승화거동은 낮은 전류밀도 하에서는 열적 에너지에 의존하는 반면, 높은 전류밀도 하에서는 전류밀도에 크게 의존하는 것을 확인하였다. 관찰 된 열적 거동을 바탕으로 기공 가공 조건을 정의하였으며, 전자빔 손상이 감소 된 나노 기공을 제작 할 수 있었다. 본 결과는 투과전자현미경에서의 전자빔과 열 에너지를 응용한 나노 물질의 가공 가능성을 보여준다.

[상변태3-5 | 14:00]

Alloy 690에서 이용한 단범위 규칙화 거동에 미치는 상온 변형의 효과: *김성수[1], 임상엽[1], 김주학[1], 정종엽[1], 김영석[1]; *[1]한국원자력연구원.*

Keywords: Alloy 690, differntial scanning calrorimeter (DSC), short range ordering (SRO), exothermic reaction, activation energy, Cr diffusion

Alloy 690은 Ni-30Cr-10Fe 정도의 조성을 갖는 Ni base 합금으로 증기발생기 세관이나 제어봉 구동 장치에 사용되는 재료이다. Alloy 690 등 Ni-Cr을 주요 조성으로 하는 합금들은 기본적으로 단 범위 규칙 (short range ordering, SRO) 현상을 일으킨다. 이를 확인하는 가장 확실한 방법은 열분석(differential scanning calorimeter, DSC)을 이용하는 것이다. 본 연구에서는 DSC를 이용하여 상온 변형이 SRO 거동에 미치는 효과를 체계적으로 연구하였다. Alloy 690은 용체화 처리 온도에서 수냉 처리한 후 DSC 분석하면 500-600°C에서 발열 반응이 나타난다. 이것은 급냉 처리 과정에서 규칙 결합을 이루지 못한 원자들 사이의 규칙 결합 과정에서 나타나는 것이다. 이런 현상은 규칙 합금으로 알려진 Ni2Cr이나 Alloy 600에서 나타나는 SRO 반응과 유사하다. 이 SRO 반응에 대한 활성화 에너지는 255 kJ/mole로 측정 되었으며, 이것은 결정립계를 통한 Cr의 확산 과정에 대한 값으로 판단된다. Alloy 690을 상온에서 압연하거나 인장 변형하면 SRO 반응은 100-150°C 정도까지 낮아지고 발열 양은 증가한다. 이것은 변형 과정에 규칙 결합의 수가 증가되어 SRO 온도가 낮아지기 때문이다.

[상변태3-6 | 14:15]

이상조직스테인리스강의 집합조직과 마르텐사이트 변태 및 인장 거동: *강전연[1], 김호영[2], 이태호[1]; [1]*재료연구소(KIMS).* [2]*주식회사 센트랄.*

Keywords: duplex stainless steel, texture, mechanically induced martensitic transformation, strain hardening

준안정 오스테나이트 상을 포함하는 이상조직 스테인리스강의 인장 거동과 집합조직, 결정립 크기의 관계를 고찰하였다. 가공열처리 공정의 변화를 통해 일정한 상분율(오스테나이트 : 페라이트 = 6 : 4)을 유지하면서, 평균 결정립 크기를 3-11 μm로 제어하고, 집합조직에도 차이를 준 이상조직스테인리스강 판재를 얻었다. 결정립 크기가 증가함에 따라서 인장유동응력이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 오스테나이트의 변형 중 마르텐사이트로의 변태에 기인하여 일시적인 가공경화율의 증가를 공통적으로 관찰할 수 있었다. 이러한 동적변태의 시점과 진행 정도는 결정립의 크기 보다는 오스테나이트의 집합조직에 의존하는 것을 알 수 있었다. 압연 및 재결정에 의해서 D: {4 4 11} 집합조직이 발달한 경우 집합조직이 거의 발달하지 않은 경우에 비해 마르텐사이트 변태가 보다 이른 시점에 개시되어 인장 파단 시점에는 보다 많은 마르텐사이트를 얻게 되었고, 그 결과로서, 평균 결정립 크기가 유사한 경우, 보다 높은 인장유동응력을 얻었다. 마르텐사이트변태에 대한 Wechsler-Lieberman-Read의 현상학적모델(W-L-R model)과 변형된 Taylor 형의 결정소성모델을 결합하여 결정방위에 따른 응력유기마르텐사이트변태 구동력을 계산하였고, D 방위에서의 높은 응력과 그에 기인한 구동력 증가를 확인할 수 있었다.

상변태 현상의 기계적/기능적 특성분야 적용

Room 320B, 10월 25일

[상변태적용1-1 | 14:40]

상변태가 입내 또는 입계취성과 균열에 미치는 영향: *최병학, 장현수; *강릉원주대학교 신소재금속공학과.*

Keywords: 상변태, 입계균열, 취성파단, 준안정상

상변태는 금속재질의 취성과 균열발생 요인으로 작용하여, 금속부품 성능에 매우 중요한 역할을 담당한다. 강재질에서 발생하는 취성/균열현상은 주로 마르텐사이트와 관련하는데, 이것은 고온으로부터 급냉에 의한 부피팽창에 기인한다. 또한 템퍼링 과정 중에도 취성/균열이 발생하며, 이것도 탄화물 상변태 거동에 의한 부피수축 및 팽창에 의한 응력발생에 기인한 것으로 볼 수 있다. 그런데 상변태거동이 어떻게 재질의 균열진전 및 취성파단에 영향을 미치는지에 대해서는 아직 구체적으로 고찰된 바가 없다. 즉 상변태로부터 발생된 부피변화의 내부응력이 미세조직 (마르텐사이트 래쓰, 결정입계 또는 템퍼드 마르텐사이트 등)과 연계되어 어떻게 균열과 파단으로 이어지는지에 대한 분석이 부족한 상황이다. 특히 입계균열 또는 입계파단으로 일컬어지는 상변태와 결정입계 특성에 대한 연관성 연구가 부족하여 "벽개->입계파단 현상" 및 "입계 미끄럼에 의한 초소성" 등에 대한 체계적인 고찰이 필요하다. 또한 각 현상들의 기본 요인이 되는 구성상들에 대해서는 지금까지 균질/안정화된 상 (마르텐사이트, 오스테나이트 및 탄화물 등)에 대한 분석과 고찰이 많았는데, 입계균열/파단원인 분석을 위해서는 미량 원소들의 분배 또는 Ordering과 같이 준안정적인 상의 모습에 초점을 두고 고찰을 시도해야 할 시점이다. 본 연구에서는 탄소강과 스테인레스강의 강재질에서 일어날 수 있는 상변태 관련의 균열과 더불어 준안정적인 상구성 (입실론 이하의 탄화물 및 수소영향성)은 입내 혹은 입계 균열과 파단 요인으로 작용하며, 본연구에서 이에 대해 사례를 들어 소개하고자 하였다.

[상변태적용1-2 | 15:10]

Extended Hall-Petch relationships for yield, cleavage and intergranular fracture strengths of bcc steel and its deformation and fracture behaviors: *Nam-Hoe Huh[1], Yoon-Uk Heo[2], Se Kyun Kwon[1], Sung-Joon Kim[2], Nack Joon Kim[1], Hu-chul Lee[2]; [1]*Graduate Institute of Ferrous Technology.* [2]*POSTECH.*

Keywords: Hall-Petch relationships

Extended Hall-Petch relationships for yield (σ_y), cleavage (σ_{cl}) and intergranular fracture (σ_{ig}) strengths of pure iron have been established through the direct calculation of the proportional constant (k) and the estimation of the friction stress (σ_0). The magnitude orders of k and σ_0 are generally $k_y < k_{cl} < k_{ig}$ and $\sigma_{y0} < \sigma_{c10} < \sigma_{ig0}$, respectively. Based on the Hall-Petch relationships, micro-yielding in a bcc steel occurs at the instance that the pile-up dislocations within a specific grain showing the Schmid factor of 0.5 propagate into the neighboring grain. The initial brittle crack is formed at the instance that the flow strength exceeds the brittle fracture strength. Once the brittle crack is formed, it grows catastrophically. Due to the smallest and k_y and σ_{y0}, the cleavage and the intergranular fracture occur always after micro-yielding. The {100} cleavage fracture of the steel is due to the lowest theoretical {100} cleavage strength. Due to the thermal components included in cleavage and intergranular fracture strengths, they show also the temperature and strain rate dependence observed in yield strength. The increase in susceptibility to brittle fracture with decreasing temperature and increasing strain rate is due to the increase in dislocation density which causes the high work hardening rate.

[상변태적용1-3 | 15:50]

Mn분배를 통한 상변태 거동 제어와 DP강 에서의 변형거동: *허윤욱; *포항공대 철강대학원.*

Keywords: 응력유기 마르텐사이트 변태, DP강, Mn 분배, 항복, 가공경화

철강의 오래된 연구역사를 비추어 볼 때, 균질한 조성을 가지는 기지가 다양한 온도로 가열 혹은 냉각되었을 때 일어나는 상변태 거동에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 연구되고 그 현상 또한 잘 알려져 있다. 그러나, 불균질한 초기 조성의 분포가 이어지는 열처리 과정 중에 일어 나는 상변태 거동과 최종 미세조직에 미치는 영향은 잘 연구되지 않았다. 본 연구에서는 Fe-Mn-Al-Mo-C 계 중 Mn강에서 이상영역 열처리를 통하여 불균질한 Mn 조성을 가지는 조직을 얻고, 이 후의 각기 다른 열처리 과정을 통하여 a+g 와 a′+g 로 이루어진 이상적인 이상조직(DP)강을 형성하는 과정에 대하여 알아보고자 한다. 또한, a+g 와 a′+g 로 이루어진 DP강의 일축 인장 변형 시 나타나는 항복과 가공경화거동을 이해하고자 투과전자현미경 분석을 진행 하였고, 분석결과를 바탕으로 DP강의 항복과 가공경화 거동을 전위의 집적, 전파, 그리고 응력유기 마르텐사이트 변태 측면에서 알아보고자 한다.

[상변태적용1-4 | 16:30]

재료 상변태 구동력: *김영석, 김성수; *한국원자력연구원.*

모든 재료는 냉각되면서 고온상에서 저온상으로 변태된다. 이러한 상변태는 온도와 유관한 것으로 일종의 온도 유기 상변태이다 (temperature-induced transformation). 또한 304/316 스테인리스강과 같은 일부 재료에서는 일정온도에서도 외부 응력으로 변형시, 오스테나트상-마르텐사이트 상으로 변태와 같은, 변형유기 상변태 (strain-induced transformation)를 보인다. 이러한 온도 또는 변형

유기 상변태는 모든 재료에서 일어나지만, 이들 상변태를 야기하는 구동력이 무엇인지는 명확하게 이해하지 못하고 있다. 아울러, 이들 상변태 과정 및 이로 인한 재료 물성 및 기계적 성질 변화 연구는 많이 진행되어 왔으나, 그 원인은 명확하게 밝혀져 있지 않다. 본 연구에서는 모든 재료에서 관측되는 냉각시 고온상에서 저온상으로 변태되는 온도 유기 상변태는 일종의 ordering 현상이며, 구동력은 원자간에 작용하는 인력이라는 것을 보여준다. 요약하면 금속, 세라믹 및 플라스틱 등의 모든 재료에서 일어나는 상변태는 일종의 order-disorder 상변태이다. 그럼에도 불구하고, 이들 상변태가 물성 및 기계적 특성 변화에 미치는 영향은 잘 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 상변태 시 유발되는 내부응력 및 이들이 재료의 물성 및 기계적 성질에 미치는 영향에 대하여 토의한다.

[상변태적용 1-5 | 17:10]

Grain boundary segregation effects on nanofeatures and mechanical properties of oxide-dispersion strengthened steels:

*Jae-Bok Seol[1], Daniel Haley[2], D.T. Hoelzer[3], Jeoung Han Kim[4]; [1] National Institute for Nanomaterials Technology, POSTECH. [2]Department of Materials, University of Oxford, UK. [3]Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA. [4]Department of Advanced Materials Engineering, Hanbat National University.

Keywords: Oxide dispersion strengthened steel, Grain boundary segregation, Oxide-rich precipitates

In oxide-dispersion strengthened (ODS) Fe−14 wt% Cr steels, grain boundary (GB) segregation of alloying elements is the major component governing nanoscale Y−Ti−O rich features. Here, we quantitatively studied the role of structural and chemical states of GBs on both the nanofeature formation and the associated mechanical properties in the steels subject to different hot extrusion temperatures. Two findings were revealed: first, GB misorientation angle rules not only the number density of nanofeatures but the solute GB segregation as well. Second, we found for the first time that the inter-grain particles with diameter of > 4 nm have a core-shell structure with Y−Al rich cores and Ti−O rich shells. In this presentation, we will discuss the possibility of the core-shell nano-features and thus will address the microstructure-property relations in these steels.

상변태적용 1-6 | 17:50]

High Strength Nb-bearing Medium Mn Steel for Warm Stamping: *Young-Kook Lee; Yonsei University.

Keywords: superplasticity, medium Mn steel, mechanical properties, high temperature tensile properties

Hot stamping is a technology to produce automobile parts (e.g. A,B-pillar, roof rail, bumper, etc.) that require high strength and high formability. Applications of hot stamping are expanding rapidly because of its advantages of precise dimension, high rigidity and complex geometry of the formed parts. However, the hot stamping process has the following problems: high austenitizing (~950 °C) and forming temperatures (~850 °C) result in high energy cost and surface coating for anti-oxidation. Recently, the medium Mn steel with 3-10 wt.% Mn have been actively studied due to its excellent tensile strength (< 1.2 GPa) and ductility (< 40%). In present study, we studied the Nb-bearing medium Mn steel for the warm stamping process. The low A3 temperature and martensitic transformation occurring even during slow cooling (air cooling) of medium Mn steel could solve the disadvantages of present hot stamping, and Nb precipitation produces additional hardening.

[

제13회 중성자 및 방사광 X선 심포지엄

Room 321A, 10월 25일

[중성자1-1 | 09:00]

Status and Perspective of Neutron Beam Facilities at HANARO: *Baek-Seok Seong, Ji Myung Ryu, Jong Yul Kim, J. M. Sungil Park, Sang Jin Cho, Chang Lee Lee; Neutron Science Centre, HANARO, Korea Atomic Energy Research Institute

HANARO (30MW) is one of powerful neutron sources with a liquid hydrogen cold source in the world. Now total 12 neutron beam facilities on basic science and industrial applications such as a powder diffractometer, a residual stress instrument, two neutron image facilities, three SANS, and so on, are under operational. Recently two inelastic scattering facilities (Th-TAS, C-TAS) to use dynamic study in materials and a polarized reflectometer are under commissioning. In the future, we plan to develop thermal neutron guide system with several industrial dedicated neutron beam instruments at HANARO. In this presentation, I would like to present the status and perspective of the neutron scattering facilities at HANARO and some activities on operations, maintenance and upgrades of neutron beam facilities.

[중성자1-2 | 09:20]

Probabilistic Modeling for Stress Corrosion Cracking and Statistial Analysis on Modeling Uncertainty: Jae Phil Park, *Chi Bum Bahn; Pusan National University

Keywords: Nuclear Power Plant, Stress Corrosion Cracking, Probabilistic Modeling, Uncertainty Evaluation.

Because a large time spread in most crack initiation tests makes it a daunting task to predict the initiation time of cracking, a probabilistic model, such as the Weibull distribution, has been usually employed to model it. In this case, although it might be anticipated to develop a more reliable cracking model under ideal cracking test conditions (e.g., large number of specimen, narrow censoring interval, etc.), it is not straightforward to quantitatively assess the effects of these experimental conditions on model estimation uncertainty. Therefore, we studied the effects of some key experimental conditions on estimation uncertainties of the Weibull parameters through the Monte Carlo simulations. Simulation results suggested that the estimated scale parameter would be more reliable than the estimated shape parameter from the tests. It was also shown that increasing the number of specimen would be more efficient to reduce the uncertainty of estimators than the more frequent censoring.

[중성자1-3 | 09:50]

Investigation of Corrosion of Zirconium alloy with Synchrotron X-ray Surface Analysis: Taeho Kim, Seunghyun Kim, Yunju Lee, *Ji Hyun Kim; School of Mechanical, Aerospace and Nuclear Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

Keywords: Zirconium alloy, Synchrotron X-ray, Scanning Transmission X-ray Microscopy, X-ray Reflectivity

Evaluation of integrity and corrosion mechanism of primary circuit materials is one of the main factors to secure the safety of the nuclear power plants. Especially, zirconium alloys were widely used for fuel cladding materials for pressurized water reactors, and the research on the corrosion mechanism of zirconium alloys has been under active discussion after Fukushima accident. In this study, the dissolved hydrogen concentration, one of the conditions of primary water chemistry, was changed for investigating its effect on zirconium alloy corrosion. The corrosion experiment was conducted for 100 d, and the electronic structure of zirconium oxide was analyzed with using soft X-ray, and its characteristic differs from the distance from the oxide/metal interface. Also, with using X-ray reflectivity measurement method, the sub-Angstrom atomistic structure of single crystal yttria-stabilized zirconia/liquid interface was predicted, which is influenced by the temperature of hydration.

[중성자2-1 | 10:30]

The planning of compact neutron source development with RFT-30 cyclotron: *Min-Goo Hur[1], Young-Bae Kong[1], Eun-Je Lee[1], Tae-Joo Kim[2], Seung-Dae Yang[1] ; [1]Advanced radiation technology institute, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]HANARO Utilization Technology Development Division, Korea Atomic Energy Research Institute

Keywords: Neutron Source, Proton, Cyclotron, Neutron Radiography and Target

Neutron sources vary from nuclear reactor to accelerator, also neutron utilization researches has around from fundamental physics research till the neutron radiography research. In particular, accelerator neutron sources have been actively studied with advantages such as facility safety and accessibility. In an accelerator, the generation of neutrons uses a (p, n) reaction of Be or Li so the its energy spectrum is wide and the flux is low. Therefore, in order to purpose of a neutron source for neutron radiography, it is necessary to develop a high power target capable with high energy and high currents irradiation. The KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) already have various type of accelerators such as electron accelerator, cyclotron and 100MeV proton accelerator. In particular,

30MeV cyclotron is a prototype accelerator developed in Korea for isotope research and production. Here we will describe the planning for the development of compact neutron sources using 30MeV cyclotron for neutron radiography research.

[중성자2-2 | 11:00]

A study on designing analyzer gratings for neutron grating Interferometers: Youngju Kim[1], Daeseung Kim[1], Jongyul Kim[2], *Seung Wook Lee[1]; [1]School of Mechanical Engineering, Pusan National University. [2]Neutron Instrumentation Division, Korea Atomic Energy Research Institute

Neutron grating Interferometry is a promising neutron imaging technology that has become one of the standard methods in many neutron facilities. It provides high-sensitivity phase contrast imaging and quantitative dark field imaging as well as traditional transmission imaging. It has proven to be very useful in applications such as additive manufacturing, lithium-ion batteries, fuel cells, and electrical steel, and the application area is expanding rapidly as the technology is developing rapidly. The design of the neutron interferometer can be optimized for applications. The main parameters of the neutron interferometer design are phase sensitivity, resolution, dark field contrast and autocorrelation length. One of the most difficult parts to realize the grating design is to fabricate the analyzer grating using neutron absorbing Gadolinium material. The treatment of gadolinium metal is cumbersome and many efforts have been made to avoid gadolinium metal by several groups. We present our latest developments and considerations for this issue.

[중성자2-3 | 11:30]

Use of X-ray imaging for phase change heat transfer: *Jin Man Kim[1], TaeJoo Kim[1], Dong In Yu[2], Ho Jae Kwak[3], Seungwoo Doh[4], Moo Hwan Kim[3,4] ; [1]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Maritime Reactor Development Center, Korea Atomic Energy Research Institute. [3]Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology. [4]Division of Advanced Nuclear Engineering, Pohang University of Science and Technology

Key Words: Phase change, Hydrodynamics, Mircrostructure, Nanostructure, X-ray

Phase change heat transfer is widely used in many applications due to higher efficiency than single phase heat transfer: air conditioner, refrigerator, car, and nuclear power plant. However, since the phenomenon is extremely chaotic and complicated compared with single phase heat transfer, studies on analytical methodology are constantly being carried out. In order to observe the phenomenon, high-speed optical and infrared imaging are used, but there are many restrictions to investigate the phenomenon due to the spatial and time resolution, and problems from the materials. Thus, X-ray imaging method has begun to be used for the phase change heat transfer. X-rays have different transmittance with visible light, so that a phenomenon which cannot be observed with conventional visible light can be observed. Particularly, the phase change heat transfer on the structured surface can be hardly observed by the vigorous hydrodynamics in the conventional optical equipment, but the surface can be observed even during the phase change when X-ray is used: it contributes understanding of mechanism of phase change heat transfer. If the methodology is further developed, it is expected that the safety and efficiency of the energy system will be improved and the ripple effect on the related industries will be enormous.

[중성자3-1 | 13:30]

In-situ Synchrotron X-ray Mapping to Examine Additive Manufacturing/3D Printing Metallic Biomimetic Pedicle Screw System: Pei-Yi Tsai[1,2], Chun-Chieh Wang[3], Nien-Ti Tsou[1], San-Yuan Chen[1], *E-Wen Huang[1,3]; [1]National Chiao Tung University, Taiwan. [2]Industrial Technology Research Institute, Taiwan. [3]National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan

3D printing is a new class of mechanical metallurgy, which has the potential to surpass the limitations of the current metals fabrications. Since it is a new method, most of the current understanding is based on the processing-structure-property relationship. The advantage for 3D printing is to form complicated geometry and indeed needs fundamental crystal tensors information at various manufacturing and operation conditions. Hence, we apply synchrotron X-ray diffraction and microtomography experiments to map lattice strains and microstructure of a metallic biomimetic pedicle screw system obtained from an implanted pig. The measured results of different 3D printing products are compared with the finite-element-analysis simulation. Together with diffraction-microtomography and FEM-simulation results, the dynamics of local microstructure evolution will be revealed for better Biomimetic 3D printed alloy design.

[중성자3-2 | 14:10]

A model to predict the relaxation of weld residual stress by cyclic load: Experimental and finite element modeling: *Wenchun Jiang[1], Xue-fang Xie[1], Yun Luo[1], Wanchuck Woo[2] ; [1]State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, College of Chemical Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266555, PR China. [2]Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute.

In this paper, the relaxation of weld residual stress in a 316L stainless steel weld joint under cyclic loading was researched by experimental and finite element method (FEM). Initially, the as-weld residual stresses were calculated by a sequential coupling thermo-mechanical FEM. Subsequently, a cyclic plasticity constitutive model was proposed to study the redistribution of the residual stress by the cyclic load. Significant residual stresses are released during the first few cycles. Especially, about 45-60% of the maximum residual

stresses are released during the first cycle because of the plastic deformation caused by the superposition between the as-weld residual stress and the applied load. More residual stresses are released with the increase of the stress amplitude and cyclic number. An analytical model, which considers the effects of the initial residual stress, yield stress, stress amplitude, and number of cycles, was proposed to predict the relaxation of the weld residual stress by the cyclic load. In addition, experimental measurements were also performed to validate this model. Experimental results prove that the proposed model can be used as a valid tool to predict the relaxation of residual stress by the fatigue load.

[중성자3-3 | 14:40]

Residual stresses reduction in a low temperature martensite phase transformed weld: H. Wang[1], *W. Woo[2], D. K. Kim[2], V. Em[3], G.B. An[4], S.Y. Lee[1] ; [1]Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, [2] Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute. [3] Neutron Research Department, NRC Kurchatov Institute, 1 Akademika Kurchatova pl., Moscow, Russia. [4] Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun university

Keywords: Phase transformation, Welding, Residual stress, Neutron diffraction, Contour method

Spatial variations of microstructure, chemical composition, hardness, tensile behavior, and residual stresses were examined through the thickness of a 25 mm thick weld. The weld consists of two regions where experienced martensite phase transformation at relatively low (40 ºC) temperature (LTT) and high (520 ºC) temperature (HTT) during cooling. Due to the martensitic volume expansion of about 4000 με in the LTT region, the large compressive residual stress (-510 MPa) was measured via the neutron diffraction and contour method and it was balanced with the tension of 590 MPa in the HTT region. The residual stress is correlated to the phase transformation temperature and the chemical composition of the LTT weld. Meanwhile, significant heterogeneities were found across the interface between the LTT and HTT regions in terms of the retained austenite amount up to 10.5 %, Ni-Cr chemical composition, yield strength, and microhardness distributions. Finally, the influence of the ductile retained austenite amounts on the fracture behavior is discussed.

[중성자4-1 | 15:20]

A study on the micromechanical deformation behaviors in multi-phase materials using ex-situ experiment and crystal plasticity finite element method (CPFEM): *Shi-Hoon Choi[1], Eun-Young Kim[1], Dong-Kyu Kim[2], Wanchuck Woo[2], Baek-Seok Seong[2] ; [1]Department of Printed Electronic Engineering, Sunchon National University. [2]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute.

Keywords -Structure materials, In-situ neutron diffraction, Ex-situ, CPFEM, Stress-strain relationship.

The stress-strain relationship of the individual phases in multi-phase materials was evaluated under uniaxial tension at room temperature. In order to measure the lattice strains in each phase along the loading and transverse directions under uniaxial tension, in-situ neutron diffraction was used in the present study. Crystal plasticity finite element method (CPFEM) based on representative volume elements (RVEs) was applied to determine the microscopic hardening parameters for the constituent phases in multi-phase materials during uniaxial tension by fitting the macroscopic stress and lattice strains measured by neutron diffraction. The micromechanical deformation behaviors of individual phases in multi-phase materials was investigated by using ex-situ experiment and CPFEM during plastic deformation. A CPFEM based on real microstructure was used to capture the micromechanical deformation behaviors and heterogeneity of deformation for the constituent phases in multi-phase materials. These studies were revealed that the stress-strain relationships of the constituent phases in multi-phase materials were determined successfully. The CPFEM was successfully predicted micromechanical deformation behaviors in the constituent phases at the different deformation modes.

[중성자4-2 | 15:50]

Multiaxial flow stress measurement based on X-ray diffraction and uncertainty estimation: *Youngung Jeong; Changwon National University

Plastic flow behaviors of commercial sheet metals are described on the basis of constitutive models. The accuracy of a constitutive model is often examined for some limited cases of uniaxial loading scenarios. In actual forming operations, the loading condition may significantly diverge from uniaxial loading so that experimental verification of multiaxial and non-linear loading behavior is highly demanded. In this talk, recent research activities to develop an advanced stress measurement technique using X-ray diffraction will be discussed. The new measurement technique has been successfully applied for a ferritic steel sample during large plastic deformation. Due to high elastic anisotropy and evolving crystallographic texture, fully anisotropic elastic constants were used. Moreover, an elasto-viscoplastic self-consistent crystal plasticity model was used to conduct Monte Carlo experiments in order to quantify the uncertainty pertaining to this technique.

[중성자4-3 | 16:20]

Evaluation of residual stresses and strains using Diffraction and the Eigenstrain Reconstruction Method: *Tea-Sung (Terry) Jun; Department of Mechanical Engineering, Incheon National University

Keywords: residual stress, neutron diffraction, synchrotron x-ray diffraction, eigenstrain

The study of residual stress has long been a crucial research field in science and engineering, as uncontrolled residual stresses are detrimental to the performance of products. Numerous research contributions have been devoted to the quantification of residual stress states, where these can be broadly classified into two main approaches, namely, the interpretation of experimental measurements and process modelling. However, limitations still remain in both approaches: reliable process modelling requires extensive and expensive characterisation of material properties and the use of appropriate validation procedures. Moreover, often there is an absence of reliable predictive techniques based on process modelling. On the other hand, measurements always provide a limited level of detail, due to the finite number of discrete data points that restricts the possibility of reconstructing full-filed stress distributions. In this talk, I will present a novel approach to residual stress analysis called here the Eigenstrain Reconstruction Method (ERM), which is a semi-empirical approach that combines experimental characterisation, specifically, residual elastic strain measurement by diffraction, with subsequent analysis and interpretation based on the eigenstrain theory. The combined diffraction and ERM allows an approximate reconstruction of the complete residual strain and stress state in the entire engineering component.

[중성자4-4 | 16:50]

In situ neutron diffraction study on stress-strain partitioning of additive-manufactured AlSi10Mg alloy: *Dong-Kyu Kim[1], Wanchuck Woo[1], Yoon-Uk Heo[2], Shi-Hoon Choi[3] ; [1]Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute. [2]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [3]Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University

Keywords: Additive manufacturing, AlSi10Mg, Neutron diffraction, Crystal plasticity, Micromechanics

The main objective in present study is to investigate the micromechanical elasto-plastic deformation of AlSi10Mg alloy produced by additive manufacturing (AM). The stress-strain relationship between Al and Si constituents in AlSi10Mg alloy was evaluated under uniaxial tension at room temperature. In-situ neutron diffraction was used to separately measure the (311) lattice strains of Al and Si phases as a function of macroscopic stress. Crystal plasticity finite element method (CPFEM) was utilized to determine the microscopic hardening parameters for constituent phases by fitting the macroscopic stress response and lattice strain measured by in-situ neutron diffraction. High-resolution TEM analysis provided evidence of plastic deformation by the formation of stacking faults and mechanical twins in hard Si nano particles in the Al matrix. This elucidates the highly nonlinear elastic-plastic stress-strain relationship of the Si phase, as measured by in-situ neutron diffraction.

용접 및 접합
Room 321B, 10월 25일

[용접1-1 | 10:00]
클래드 강관용 인코넬625 CRA liner의 PAW 용접부 건전성에 미치는 용접조건의 영향: *안현준[1], 차태민[1], 김동욱[1], 김보미[2], 이유철[2]; *[1](재)포항금속소재산업진흥원. [2]한국멕케이용접(주).*
Keywords: Clad pipe, CRA liner, Inconel625, Plasma Arc Welding(PAW), Soundness

2040년까지 석유, 가스, 석탄이 세계 에너지 소비의 약 80%를 차지할 전망이며, 원유를 시추하여 정제하는 정유 플랜트(Refining plant)에는 발전/석유화학 등 연료의 활용도에 따라 다양한 공정강관(Process piping)이 적용된다. 이런 공정강관은 플랜트 중요 기자재(약 20%) 중 하나로 정유 플랜트 관련 사업비에서 약 54% 이상의 비중을 차지할 만큼 중요하다. 최근 공정 강관에 적합한 내식합금(Corrosion Resistant Alloy, CRA)을 적용하지 않아 황화부식(Sulfidation corrosion)으로 공정유체 누출/화재 사고가 발생하고 있다. 따라서 높은 안전도 기반의 내식설계를 위한 공정강관에 클래드 강관(Clad pipe) 적용이 확대되고 있다. 클래드 강관 제조 방식은 크게 금속 접합(Metallurgical bonding)과 기계적 접합(Mechanical bonding) 방식으로 구분되며, 제조단가와 생산성 향상을 위한 내관(CRA liner)을 외관(Steel pipe)에 삽입하고 수압을 통해 내관을 팽창시킴으로 기계적으로 접합하는 수압팽창(Hydraulic expansion) 방식의 클래드 강관 제조 기술이 국내에서도 개발되고 있다. 본 연구에서는 수압팽창 방식의 클래드 강관용 CRA liner (인코넬625)를 제조를 위하여 기존 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding)보다 용입이 우수한 PAW(Plasma Arc Welding)를 적용하여 최적 조건 도출을 목적으로 용접조건(전류, 용접속도, 송급속도)과 공정변수(간극, 단차)의 영향을 연구하였다. 모재는 인코넬625(3.2 mm)를 사용하여 맞대기 용접(Butt Welding)을 실시하였으며, 보호/플라즈마/백킹 가스로 Ar(99.99%), 용접재료는 ERNiCrMO-3(Φ1.2 mm)를 사용하였다. 최적 용접조건 검토를 위해 전류 120~140A, 용접속도 5~7 mm/s, 송급속도 12~14 mm/s로 시험하였으며, 공정변수 검토를 위해 간극 0~1 mm, 단차 0~2 mm로 시험하였다. 조건 별 용접부 건전성 평가는 상하부 용접비드 검사를 통해 양호한 용접부와 결함부 길이를 각각 측정하였으며, 용입특성 변화는 연마 후 H2SO4(5 mL)+HNO3(3 mL)+HCl(90 mL)용액으로 부식하여 비디오 현미경으로 분석하였으며, 조건 별 강도시험을 실시하였다.

[용접1-2 | 10:15]
A6061 판재의 TIG 용접 조건에 따른 조직변화와 피로특성: *이도엽, 정성훈, 이목영; *(재)포항산업과학연구원.*
Keywords: A6061 aluminium alloy, TIG welding, Fatigue properties

최근, 세계적으로 자원 및 환경 문제의 심각성에 대한 위기의식이 높아지면서 그에 따른 규제도 점차 강화되고 있다. 따라서 철도, 항공기, 선박뿐만 아니라 차량 제조업계에서도 에너지절감 및 이산화탄소 배출량의 저감을 위해 운송기의 경량화에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 경량화의 수단으로서 차체 일부를 비강도가 높은 Al 및 Mg 등의 경량합금으로 대체하거나 새로운 CFRP 등을 이용한 복합소재를 개발하는 방안도 연구되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 합금을 이용하여, 맞대기 용접 및 겹침 용접 등이 용이한 TIG 용접에 대한 접합특성에 대해 조사하였다. 실험에는, 높은 비강도 및 내식성을 두루 갖춘 A6061 판재를 이용하였다. TIG 용접의 전원으로서, 산화막 제거에 효과적인 AC전원을 선정하였다. 용접은, 2 mm 두께의 A6061 판재를 비드 온 플레이트 방식으로 진행하였으며, 전극 직경 및 토치 각도, Ar 보호가스 유량은 각각 3 mm, 90º, 15 l/min으로 고정하였다. 변수로서 전류, 아크 길이, 용접속도를 변화시키며 TIG 용접을 실시하였다. 각 용접 조건에 따른 용착금속부 및 열영향부 등의 조직분석과 기계적 특성, 특히 피로특성에 대해 평가를 실시하였다.

[용접1-3 | 10:30]
Precipitation Behavior of the Sigma Phase with Variation of the Ni, Mn in the Superaustenitic Stainless Steel Weld Metal: *이창민, 이영채, 이창희; *한양대 신소재공학과.*
Keywords: Superaustenitic stainless steel, Weld metal, Sigma phase, Mn, corrosion property

본 연구에서는 슈퍼오스테나이트계 스테인리스강 용접부 내의 시그마상 석출 거동에 대한 Ni, Mn의 영향을 알아보고, Mn의 Ni 대체 가능성에 관하여 고찰하였다. 실험은 Base metal (23Cr-6Mo-17Ni)에서 Ni과 Mn을 각각 2, 4 wt% 씩 증가시켜 Alloy를 제작하였으며, TIG welding을 통해 용접부를 재현하였다. 또한 시그마상의 석출거동 및 각 원소의 내식성에 미치는 영향을 알아보기 위해 미세조직분석 및 potentiodynamic polarization test를 실시하였다. 실험 결과, Ni, Mn 모두에서 각 원소의 함량이 증가할수록 용접부 내 시그마상이 감소하는 경향이 나타났다. Ni이 증가할 경우, 용접부 시그마상 내의 Mo 함량이 증가하였으며, 이에 따라 시그마상 주변의 Mo depletion zone이 뚜렷하게 발생한 것을 관찰하였다. 반면에 Mn이 증가할 경우, 생성된 시그마상 내의 Mo함량이 증가하지 않았으며, Mo depletion zone이 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 또한 Ni과 Mn을 각각 증가시킨 시편에 대해 내식성 평가를 실시한 결과, Ni, Mn을 증가시킨 시편에서 거의 동일한 부식 특성이 관찰되었다.

[용접1-4 | 10:45]
Fe-Mn-Al-C 경량철강의 HAZ crack에 미치는 κ-carbide의 영향: *김봉윤[1], 정성훈[1], 박성준[2], 문준오[2], 이창희[1]; *[1]한양대학교 공대 신소재공학부 신소재하이브리드 프로세스연구실. [2]재료연구소.*
Keywords: Varestraint test, lightweight steel, κ-carbide, HAZ cracking

최근 자동차 산업에서는 연비 향상 및 배기가스 배출 감소를 위하여 경량철강에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중에서도 Fe-Mn-Al-C 합금계 경향철강은 훌륭한 기계적 특성과 낮은 밀도로 인하여 주목 받고 있지만, 높은 합금 함량으로 인하여 용접성이 문제가 될 수 있다. 따라서 이번 연구에서는 varestraint test를 실시하여 Fe-30Mn-10.5Al-0.7C(wt%)의 조성을 가지는 경량철강의 HAZ에서 발생하는 균열의 메커니즘을 분석하였다. 균열은 700~900°C peak HAZ에서 결정립계를 따라 발생하였다. 700~900°C peak HAZ에서 활발히 형성되는 κ-carbide가 균열의 주요한 원인으로 판단된다. 오스테나이트 입내에서 생성되는 κ-carbide로 인하여 결정내부가 상당히 강화되며, 이로 인하여 결정립계가 상대적으로 약화되는 현상이 나타났다. 따라서 varestraint test시 가해지는 응력에 의하여 상대적으로 약화된 700~900°C peak HAZ의 결정립계에서 균열이 발생하였다. 또한 균열에 영향을 미치는 다른 인자들(결정립 성장, 합금원소 편석 등)에 대해서도 분석을 실시하였다.

[용접1-5 | 11:00]

전자기펄스 접합장치로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합 메커니즘 분석: *송준우[1], 박진주[2], 박은광[2], 이민구[2], 홍순직[1] ; *[1]공주대학교 신소재공학부. [2]한국원자력연구원.*

Keywords: 전자기펄스 접합, 페라이트-마르텐사이트강, 접합부

최근 소듐냉각고속로와 고온가스로 등 제4세대 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 짧은시간 (~30㎲)내에 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 12Cr% FM강 HT9 튜브와 엔드 플러그를 이용하였다. 최적의 접합 조건을 도출하기 위하여 플러그 디자인을 변화시켜 튜브형태의 접합시편을 제조하였으며, 헬륨 누설시험을 통해 접합 계면의 건전성을 확인하였다. 또한, 주사전자현미경과 투과전자현미경을 이용하여 접합 메커니즘을 규명하고자 하였다.

[용접1-6 | 11:15]

Microstructures of Low-C and Medium-C Steel Powders Additively deposited on Cast Iron Using Directed Energy Deposition (DED) Techniqu: *Seul Bi Lee[1], Jae Hyun Yu[1], Gyeong-Yun Baek[2], Do-Sik Shim[3], Sang Hu Park[1], Yoon Suk Choi[1] ; *[1]Pusan National University. [2]Cheonnam National University. [3]Korea Maritime and Ocean University.*

Keywords: Direct energy deposition(DED), Carbon steel powders, Cast iron, Microstructure, Mechanical properties

It has been generally known that surface defects, such as dents, chips and shallow cracks, of cast iron are impossible to be repaired (or restored) using conventional welding techniques. In the present study, a direct energy deposition (DED) technique, which allows the localized additive deposition of fine metal powders under highly controlled laser power input, was employed to check the feasibility of repairing defective cast-iron parts. For this purpose, multi-layers of low-C steel (AISI P21) and medium-C steel (AISI H13) powders were additively deposited on cast iron using the DED technique. In order to understand the microstructure evolution during the multi-layer DED process, the layer-by-layer microstructural change and chemistry variation were investigated using an electron microscopy. An extensive effort was made on the analysis of the microstructure variation across the interface in order to clarify the deposition mechanism of laser-heated low or medium C steel powders on a (high C) cast iron substrate. The formation of defects, including micro-cracks and the porosity, during the DED process was also extensively analyzed. Thermodynamic calculations were utilized to understand the through-thickness microstructural change caused by the chemistry variation and heat cycles during the DED process. Experimental results will be discussed along with some suggestions for better controlling of interfacial microstructures and properties.

마 찰 마 모
Room 321B, 10월 25일

[마찰마모1-1 | 14:00]

알루미늄 합금 압출재 (AA2024-T4)의 압출방향에 따른 기계적 특성 및 마모 거동: *박천명, 정제기, 유병철, 박용호; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Extrusion, Extrusion Direction, AA2024-T4, Mechanical property , Wear behavior

압출 공정은 소성가공 공정의 하나로써 금속 빌렛을 노즐 형상의 금형 내로 통과시켜 강제 유동 시킴에 따라 봉, 파이프, 프로파일 형상의 제품을 연속적으로 생산하는 기술이다. 유리 윤활이 필요 없고, 고유 변형성을 가지고 있으며, 구조 조직에서 미세한 가공조직으로 신속하게 성형할 수 있는 점에서 알루미늄 합금 가공에 많이 사용되고 있다. 또한 알루미늄 압출재의 경우 알루미늄 주조재 와 달리, 압출 공정을 통해 미세 조직적으로 조대한 상의 석출을 제어할 수 있어 주조재 보다 높은 기계적 특성을 부여 할 수 있어, 많은 산업 분야에 사용되고 있으며, 최근 산업 전반에 미치고 있는 부품의 경량화 추세로 인하여 철계 부품을 대신해서 많이 사용되고 있다. 대표적인 알루미늄 합금 압출재 인 AA2024-T4(Al-4.4Cu-1.5Mg-0.8Mn)는 열처리를 통해 Al_2Cu 상과 Al_2CuMg 상 등의 석출상을 알루미늄 기지 내에 분산 시킨 합금으로써 , 현재 높은 기계적 성질이 요구되는 항공기 동체 및 부속품에 주로 사용되고 있으며. 최근에는 내 마모 특성이 요구되는 동력 전달 부품인 Sprokets이나 Worm gear 등에 사용하고자 하고 있다. 압출 방향에 따른 미세조직의 차이는 압출재의 기계적 특성을 전체적으로 불균일하게 만드는 결과를 초래함에 따라 제품의 크랙이나 박리와 같은 결함을 발생하게 하며, 이러한 결함으로 인해 부품 수명, 안정성, 내마모성 등의 문제가 발생하고 있지만 그럼에도 불구하고 압출방향에 따른 미세조직 차이에 의한 기계적 특성 및 마모 거동에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 합금 압출재 (AA2024-T4)의 압출 방향의 수직 및 수평방향 에 따른 미세조직 변화를 SEM, EDS 를 통해 관찰하였으며, 경도 및 인장 시험을 통하여 압출 방향에 따른 기계적 특성을 평가하였다. 또한 다양한 선 속도 (0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 m/s) , 수직하중 (20, 50 ,100, 150, 200N)을 실험 조건으로 하여 압출 방향에 따른 마모 특성 평가 및 마모 거동의 변화를 분석하였다.

[마찰마모1-2 | 14:15]

내마찰마모 첨가제 함량에 따른 Plastic Gear 소재의 마찰마모 특성연구: *염현식, 방상호, 김혜린, 이형민; *현대첨단소재.*

Keywords: Engineering Plastic, Plastic Gear

최근 환경규제 강화에 따른 자동차 산업의 패러다임 변화의 일환으로 플라스틱 소재의 적용 비율이 높아지고 있다. 플라스틱은 금속과 달리 성형 측면의 자유도가 높아 다양한 분야에 사용이 되고 있지만 금속에 비해 기계적 강도, 열적 안정성, 마찰마모 특성이 부족하여 이를 개선하기 위해 수많은 연구가 진행되고 있으며 이 중 자동차 분야에 사용되는 Gear는 일반적으로 높은 힘을 전달하기 위해 금속소재로만 사용되었지만 경량화 추세에 따라 Plastic Gear 소재의 적용 범위가 넓어지고 있다. 엔지니어링 플라스틱 소재는 금속에 비해 기계적 강도가 떨어지므로 Fiber를 이용하여 강도를 개선할 수 있지만 마찰마모 특성저하를 수반하게 된다. 따라서 본 과제는 Fiber 강화 엔지니어링 플라스틱에 내마찰마모 첨가제 함량에 따른 마찰마모 특성 변화 거동을 연구하였다.

[마찰마모1-3 | 14:30]

Surface zwitterionization of cross-linked polyethylene to reduce friction coefficient in aqueous medium: *서지훈, 임충만, 장호, 서지애; *고려대학교.*

Keywords: 인공관절, cross-linked polyethylene, zwitterion, 마모

본 연구의 목적은 인공관절 소재로 사용되는 Cross-linked poly ethylene (CLPE)에 높은 친수성의 zwitterion을 코팅함으로써, CLPE표면의 마찰계수 저하 및 생체 적합성을 확보하는 것이다. CLPE는 뛰어난 내구성과 합성의 용이함 등으로 인공관절소재로 널리 사용되고 있지만, 마모현상으로 발생하는 파편으로 인해 주변 뼈를 녹이는 osteolysis 현상을 일으키는 것이 큰 단점으로 보고되어 왔다. 이를 사전에 방지하기 위해 높은 친수성의 zwitterion의 일종인 2-(Methacryloyloxy)ethyl dimethyl-(3-sulfopropyl) ammonium hydroxide (MEDSAH)를 UV를 이용한 자유 라디칼 중합(Free radical polymerization)을 통해 CLPE 표면에 grafting 하였다. 미처리 CLPE와 PMEDSAH를 grafting한 CLPE의 단면 TEM 사진과 표면 XPS 데이터를 통해 PMEDSAH가 CLPE 표면에 잘 grafting 된 것을 확인할 수 있었다. Grafting 된 PMEDSAH의 두께는 UV 조사 시간, UV 조사 에너지, MEDSAH 단량체의 농도가 높아질 수록 증가되었다. 또한 접촉각 데이터는 PMEDSAH layer가 CLPE 표면에 성공적으로 친수성을 부여하였음을 보여 주었다. UV 조사 시간, UV 조사 에너지, MEDSAH 단량체의 농도가 증가할수록 친수성은 눈에 띄게 증가되고 코팅표면 역시 안정화되었음을 확인하였다. 마찰 계수 측정과 표면 3-D confocal imaging 결과를 통해 PMEDSAH grafting이 CLPE 표면에 친수성을 확실히 부여하여 표면을 보호하는데 중요한 역할을 하는 것을 확인하였다. PMEDSAH-grafted CLPE의 마찰계수는 PMEDSAH의 두께가 증가함에 따라 현저하게 감소되었고, 표면의 손상도(스크래치) 또한 감소되었음을 확인하였다.

[마찰마모1-4 | 14:45]

고무 입자의 크기가 브레이크용 마찰재의 마찰 및 마모 특성에 미치는 영향: *장연하, 김도현, 장호; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*

Keywords: 자동차 브레이크, 타이어 고무, 크기 효과, 스틱-슬립

본 연구는 마찰재의 마찰조절재로 쓰이는 타이어 고무입자크기가 브레이크 마찰재의 마찰 및 마모 특성에 미치는 영향에 대해 분

석하였다. 실험용 시편은 약 75마이크론과 450마이크론 크기의 타이어 고무 입자가 30vol%을 포함하는 단순 조성의 브레이크 마찰재를 열 성형을 통해 제작하였다. 두 시편의 기계적 물성을 비교하였을 때 작은 고무 입자를 포함한 시편이 강성(표면, 모재 및 수직)과 표면/모재 강성 비가 더 컸으며 이는 고무 입자의 크기가 작아질수록 모재와 입자간의 점착을 크게 만들기 때문이다. 각 시편의 마찰 특성을 측정하기 위해 축소형 다이나모미터를 이용하여 저속에서의 마찰 떨림을 측정하였다. 실험 결과 작은 고무 입자를 포함한 시편이 더 긴 속도 범위에서 큰 마찰 떨림(스틱-슬립)을 나타내었다. 두 시편이 조성이 동일하기 때문에(접촉면의 전단 물성이 동일) 마찰 떨림의 차이의 원인을 분석하기 위해 감압지를 이용하여 표면 압력 분포를 측정하였으며 작은 고무 입자를 포함한 시편이 스틱-슬립의 세기와 기울기에 지배적인 영향을 미치는 고압 고평부 면적이 더 크게 측정되었다. 이러한 고평부 형성 차이의 원인은 큰 고무 입자를 포함한 시편에서 생성되는 마모 분진이 2차 고평부 형성(마모 분진의 압착)을 방해하기 때문으로 사료된다. 본 연구는 마찰재 원료 중 고무 입자의 크기가 브레이크 마찰재의 마찰 및 마모 특성에 미치는 영향을 파악하기 위해 서로 다른 크기의 고무 입자를 포함한 단순 조성의 브레이크 마찰재를 제작하여 진행되었으며, 그 결과 조대한 고무 입자를 사용하였을 때 마찰 불안정성이 감소하였으며 그 원인은 표면 고평부 형성에 기인하는 것을 확인하였다. 이를 통해 브레이크 마찰재의 마찰 불안정성이 표면 고평부에 의해 크게 영향 받으며 고무입자크기조절을 통해 이를 감소시킬 수 있다는 것을 보여주었다.

[마찰마모2-1 | 15:15]

브레이크 마찰재의 고평부 분포와 마찰 불안정성간의 상관 관계: *주병수[1], 이상목[1], 권재현[1], 장호[1] ; [1]*고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*

Keywords: 자동차 브레이크, 고평부 크기 분포, 스틱-슬립, 소음

본 연구는 마찰 계면의 고평부 크기의 분포를 조절한 실험과 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 접촉면 고평부 크기 분포가 브레이크 마찰재의 마찰 불안정성에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 실험은 동일한 상용 브레이크 마찰재를 상이한 열이력을 가함으로써 유사한 고평부 면적을 가지지만 크고 적은 고평부가 형성되는 시편과 작고 많은 고평부가 형성되는 시편을 가지고 진행하였다. 저속 미끄럼 실험을 통해 크고 작은 고평부를 가지는 시편에서 더 큰 마찰 떨림이 측정되었고 두 시편 모두 속도가 증가함에 따라 마찰 떨림의 형태가 다양화되었다. 이는 각각의 고평부들의 떨림이 미끄럼 속도가 증가함에 따라 별도의 마찰 떨림으로 측정되었다는 것을 의미한다. 이를 통해 고평부 크기 분포가 각각의 고평부의 전단 강성과 파괴 강도에 의해 결정되는 브레이크 마찰재의 마찰 떨림의 세기와 주파수를 결정하는 것을 확인할 수 있었다. 실험 결과를 바탕으로 진행된 수치 해석은 고평부의 크기와 개수를 조절하여 총 면적이 동일할 때 고평부 크기의 분포에 의한 마찰 떨림의 영향을 확인하였다. 해석 결과 고평부 크기의 분포(고평부 크기의 표준편차)가 작아질수록 스틱-슬립의 세기가 커지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 속도가 증가함에 따라 마찰 떨림이 사라지는 임계 속도 역시 고평부 크기의 분포가 작아질수록 커지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구는 마찰 계면에 존재하는 고평부 크기의 분포와 마찰 불안정성 간의 상관성을 파악하기 위해 동일한 면적의 고평부를 크기 분포를 다르게 하여 실험 및 해석을 진행하였고, 그 결과 큰 고평부가 존재하거나 크기 분포가 적어질수록 크고 넓은 범위의 마찰 떨림이 발생하는 것을 확인하였다. 이를 통해 마찰면에 존재하는 고평부 면적의 분포를 조절함으로써 제동 상황에서 발생하는 소음 발생 빈도를 줄일 수 있음을 시사한다.

[마찰마모2-2 | 15:30]

제동 소음 전이과정에서 접촉 고평부의 역할 분석: *김진우, 장호; *고려대학교 신소재공학과 기능재료연구실.*

Keywords: 소음 및 진동, 접촉고평부, sideband effect

제동 시 발생하는 소음 및 진동은 기본적으로 마찰 계면에서의 마찰 떨림과 브레이크 시스템 사이의 공진에 의해 발생한다고 알려져 있으며, 마찰 떨림의 역할에 따라 다양한 소음발생 매커니즘이 발표되고 있다. 본 연구에서는 제동소음의 주파수 변화과정과 마찰계면 사이의 연관성을 분석함으로써, stick-slip에 의해 발생하는 다양한 제동소음의 주파수 변화 과정에서 마찰계면에서 발생하는 순간적인 마찰 떨림의 역할을 확인해 보았다. 제동소음의 주파수는 제동 소음에 의한 측대파(sideband)와 제동시험기의 고유진동수와 중첩되는 과정을 통해 단계적으로 증가 및 감소하며, 이 과정에서 접촉 고평부의 분포 및 물성에 의해 발생하는 마찰 떨림이 또 다른 측대파(Sideband)를 형성하여 주파수 전이과정에 영향을 끼쳤다. 다양한 상용마찰재의 소음 주파수 전이과정을 비교해봄으로써 마찰 계면에서 발생하는 마찰 떨림의 주파수와 접촉 고평부의 분포 및 기계적 물성 사이의 연관성을 확인하였으며, Run-out에 의한 순간적인 접촉 고평부의 형상(높이, 접촉면적) 변화가 클수록 마찰떨림에 의한 측대파(sideband)의 주파수가 다양해졌다. 본 연구는 제동 소음의 전이과정에서의 접촉고평부의 새로운 역할을 제시하였으며, 접촉 고평부의 형상 및 크기를 제어함으로써 제동소음을 저감시킬 수 있다는 점을 시사한다.

[마찰마모2-3 | 15:45]

저주파, 고주파 스퀼 발생의 연구: *전제성, 황석훈, 김정훈, 정용진, 이성주, 김신욱; *KB오토시스.*

Keywords: 마찰재, 스퀼노이즈, 마모, 주파수

일반적으로 샤시 다이나모에서 노이즈 시험을 진행하면, RH 대비 LH 에서 스퀼노이즈 발생의 차이가 있음을 확인 하였다. 본 논문에서는 이 현상을 이해 하고자 연구되었다. Inner Pad 와 Outer Pad 의 마모량 편차가 증가함에 따라 저주파 스퀼 노이즈 발생이 증가하였으며, 상대적으로 고주파 스퀼 노이즈 발생은 감소 하였다. 디스크 와 캘리퍼가 마찰재의 마모 발생 차이에 영향을 주는 것이 발견 되었으며, 스퀼 노이즈 발생에 영향이 있는 것을 확인하였다.

[마찰마모2-4 | 16:00]

마찰재 감쇠특성과 압축변형량이 스퀼 소음에 미치는 영향에 관한 연구: *이정주, 조상운, 전태형, 장진성; *상신브레이크(주).*

Keywords: Friction material, Compressibility, Squeal, NVH

스퀼 소음은 사람의 귀가 민감하게 반응하는 1 kHz ~ 18 kHz의 주파수에서 발생하는 대표적인 제동 소음이다. 이를 개선하고자 오랜 시간 동안 원인 분석과 개선을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 마찰재의 감쇠특성과 압축변형량이 스퀼 소음에 미치는 영향을 실험적으로 관찰하고 스퀼 소음의 개선 요소를 확인하고자 하였다. 이를 위하여, 동일 제동 시스템 상에서 마찰재 시료를 동일한 상층재에서 압축변형량은 동등 수준이나 마찰재의 모달 감쇠 특성의 차이나는 조건과 마찰재의 모달 감쇠율은 동등 수준이나 압축변형량이 차이나는 조건을 설계 및 제작하였다. 이를 통하여, 압축변형량과 모달 감쇠율의 특성이 다른 시료의 마찰계수, 스퀼 소음의 발생률, 스퀼 소음의 발생 주파수 등을 비교 분석하였으며, 소음의 개선 인자를 확인하였다. 본 연구를 통하여 마찰재의 압축변형량과 모달 감쇠율이 다른 조건이라도 동일한 상층재에서는 마찰계수와 스퀼 소음이 발생하는 평균 음압 레벨은 유사하게 나타났다. 하지만 시료 별로 스퀼 소음의 발생률은 마찰재의 압축변형량 보다는 모달 감쇠율의 영향이 높은 것으로 나타났다. 그리고 감쇠율에 따라서 스퀼 소음의 발생 주파수가 차이가 발생하였으며, 마찰재의 감쇠율이 높을수록 저주파(5kHz)이하 저압구간에서 소음 발생률이 낮아지는 경향을 확인하였다. 이에 따라 저주파 저압 구간에서 스퀼 소음이 발생할 경우 마찰재의 감쇠율을 상승시키면 소음개선에 도움이 될 것으로 예상된다.

[마찰마모2-5 | 16:15]

고온다습 환경에서 마찰계수 영향성 연구: *박수열, 변규범, 박홍규; *새론오토모티브.*

Keywords: 마찰재, 마찰계수, 고온다습

자동차용 브레이크 마찰재는 다양한 환경조건에서도 안정된 마찰계수를 유지하여 안전한 제동을 구현해야한다. 그러나 동일 마찰재를 사용하더라도 환경 조건에 따라 마찰계수 차이가 발생한다. 본 연구는 마찰재에 사용되고 있는 다양한 원료들이 고온다습 환경조건에서 마찰계수에 어느정도 기인하는지 조사하고자 한다.

[마찰마모2-6 | 16:30]

피스톤 스커트 표면 조도에 따른 마찰마모 특성 연구: *김율구, 신희섭, 이재영; *현대자동차 연구개발본부.*

Keywords: 피스톤, 스커트, 조도, 마찰, 연비

자동차 엔진의 무빙 부품은 차량의 구동 동력을 생성하는 과정에서 지속적인 마찰마모 현상을 일으키며, 이로 인해 엔진 내구성 저하 및 연비 악화 문제를 유발한다. 많은 엔진 무빙 부품들이 저마찰 코팅(DLC, 고체윤활제 함유 수지 코팅 등)을 적용하여 마찰을 줄이고 있다. 또한 윤활유 분위기에서 작동하는 엔진 부품들은 윤활 상태를 지속적으로 유지할 수 있는 기술을 도입함으로써, 마찰저감 및 표면 마모 방지를 도모할 수 있다. 부품의 표면에 주기성을 가지는 특정 형상을 형성하는 패턴 기술 (or Texturing)은 윤활유의 저장소 또는 마모 입자를 가두는 효과가 있어서 마찰저감에 매우 효과적인 기술로 알려져 있다. 그러나 현재 피스톤 스커트 부 가공에 따른 표면 형상이 마찰저감 및 스커핑 특성에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 진행이 되지 않았다. 이에 본 연구에서는 피스톤 가공과정에서 발생하는 피스톤 스커트 부의 표면 조도와 마찰특성의 상관성을 연구하였으며, 14 ~ 40%까지 마찰저감 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 표면 조도는 구동속도에 따라 민감하게 반응함을 확인함으로써 엔진 구동조건에 따른 최적 조도 조건이 필요함을 확인하였다.

[마찰마모2-7 | 16:45]

원자침단층촬영법을 활용한 윤활막 분석: *Yoon-Jun Kim[1], Ali Erdermir[2], David Seidman[3]; [1]*Inha University.* [2]*Argonne National Laboratory.* [3]*Northwestern University.*

Keywords: Atom probe tomography: Transmission electron microscopy, Tribofilm: Boron oxide: Lubricant

Correlative characterization using atom-probe tomography (APT) and transmission electron microscopy (TEM) was performed on a tribofilm formed during sliding frictional testing with a fully formulated engine oil, which also contains a boron-based additive. The boron in a tribofilm is a product of a tribochemical reaction during sliding friction of AISI 52100 steels in the presence of a commercial 5W-30 grade automotive engine oil containing boron additives. The correlative atom-probe tomographic and transmission electron microscopy characterization of the wear track of the friction tested steel surface revealing approximately 15 nm in thickness of the tribofilm. The major chemical components of this film are Ca, O, S, B, Cr and ~ 40 at% Fe, which reflects the fact that a tribochemical reaction occurred between the steel's surface oxide and the lubricant oil. Interaction of boron with Fe- or Cr-oxide exerts an enhanced lubricating effect on the metal surfaces, presumably due to its layered crystal structure, which results in a significant reduction in the coefficient of friction.

타이타늄 심포지엄
Room 322, 10월 25일

[타이타늄1-1 | 09:00]
한국의 타이타늄 산업 발전 과정과 미래 전망: *이용태; *경남대학교 나소신소재공학과.*
Keywords: 국내 타이타늄 산업 발전 역사, 현재와 미래 전망, 타이타늄 합금 고강도 및 내열화
한국은 타이타늄을 전연 생산하지 않으면서도 세계 7대 소비국으로 자리하고 있다. 우리나라에서 타이타늄에 관한 연구가 시작된 시점은 1970년대로 기록되고 있으나, 일부 출연연구소에서 스폰지를 제조하기 위한 환원연구 수준으로, 생산에 이르지 못하고 중단되었다. 그러나 철강산업에 소요되는 타이타늄의 수입이 꾸준히 증가하면서, 다양한 가공연구와 더불어 원소재를 수입하여 가공하는 산업이 발전하게 되었다. 또한 원광석을 수입하여 TiO2 분말을 생산하여 활용하는 세라믹 산업이 태동하여 국내수요에 부응하게 되었다. 1990년 대에 들어서 유학파 연구자들을 중심으로 금속 타이타늄에 관한 가공과 활용에 관한 연구가 집중되고, 원자력발전용 부품 등 다양한 산업에 필요로 하는 국내 수요량이 증가하면서, 본격적인 타이타늄 관련 연구와 산업체에서의 활용이 활성화 되었다. 국내 타이타늄 산업은 아직까지도 상부 및 하부 공정이 단절되어 있는 형태로 발전되어 와서, 산업적 연계관계가 미비하여, 보다 많은 노력이 필요한 시점이다. 본 발표에서는 그간 국내 타이타늄 관련 연구에 종사한 한 연구자의 시각으로 국내 타이타늄 산업에 관계된 발전역사와 숨은 일화 들를 회고해 보고, 현재 국내에서 진행되고 있는 다양한 연구에 관한 현실과, 향후 국내 타이타늄 산업의 미래 발전에 대하여 전망하고자 한다. 이와 더불어 세계적인 연구추이와 이에 천착하고 있는 본인의 타이타늄 합금 고강도화와 내열화에 관한 연구결과에 대해서도 발표함으로써 향후 연구의 방향을 제시하고자 한다.

[타이타늄1-2 | 09:25]
Ti-6Al-4V합금의 온간성형기술 및 적용사례: *염종택, 박찬희, 이상원, 김재호, 홍재근; *한국 기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: Ti-6Al-4V합금, 온간성형기술, 성형성, 거시적 조직, 미시적 조직
Ti-6Al-4V합금은 대표적인 알파-베타형 Ti합금으로, Ti합금이 가지는 우수한 비강도, 내식성 등과 함께 비교적 우수한 고온 성형성 및 용접성 등으로 인하여 항공우주, 국방, 에너지 및 석유화학 플랜트, 생체의료 등 다양한 분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 그러나, 이 합금의 낮은 상온 성형성으로 인하여 제품 성형시 열간성형공정의 적용은 생산비용을 상승시키는 주요한 원인으로 알려졌으며, 이러한 단점을 극복하기 위해 온간성형기술을 활용한 Ti합금의 제품 성형이 많은 제품 성형시 적용되어 왔다. 일반적으로, 온간성형은 유동응력, 성형성, 산화 스케일 발생정도, 석출상 형성 등의 관계로부터 적정 온도구간을 결정하게 되며, Ti합금에서 온간성형은 통상 700°C 이하로 거시적 조직의 변화가 미비한 구간을 의미한다. 그러나, 온간성형시 전위밀도, 미시적 조직 등이 냉간 및 열간성형과 차이가 있어, 가공 열처리 조건에 따라 최종 제품의 특성을 다르게 구현할 수 있다. 본 발표에서는 Ti-6Al-4V합금에서 열간성형과 온간성형상의 차이점을 금속학적 관점에서 고찰하고, 온간성형기술을 적용한 Ti-6Al-4V합금의 몇가지 적용사례에 대해 살펴보고자 한다.

[타이타늄1-3 | 09:40]
마찰용접을 이용한 TiAl 합금과 SCM440의 접합에서 삽입금속의 종류와 공정 조건이 접합계면에 미치는 영향: *박종문[1], 김재권[2], 김기영[1], 김경균[2], Kazuhiro ITO[3], 오명훈[1] ; *[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2]A.F.W(주). [3]Joining and Welding Research Institute Osaka University.*
Keywords: Friction Welding, TiAl alloy, Interface, Intermetallic compound, Heat input.
고상접합중에서 마찰용접은 브레이징과 비교하여 대기중에서 짧은시간에 접합이 이루어지기 때문에 산업에서 유용하게 사용되고 있다. 하지만, 이종금속간의 접합에서는 접합계면에서 발생되는 미세한 균열이나 취성을 갖는 금속간화합물의 생성으로 인하여 접합강도 하락에 영향을 미치기 때문에 다양한 금속을 적용하기 위해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 자동차 터보차저용 터빈휠에 사용되는 TiAl 합금과 Steel간의 접합에 관하여 연구하기 위해 모재로 Ti-48.5Al와 SCM440을 선정하였다. 사용된 마찰용접기는 서보모터 방식으로 이송속도와 거리를 변수이다. 미세한 균열과 금속간화합물 생성을 억제하기 위하여 삽입금속으로 BCC구조의 알루미늄(Al), 구리(Cu), 니켈(Ni)을 선정하였다. 삽입금속의 종류에따라 마찰용접시 발생되는 마찰열과 관계하고 마찰열은 접합계면에서의 원자의 확산속도와 금속간화합물의 생성에 관계를 조사하였다. 그 결과, 삽입금속의 종류에 따라 도달하는 마찰열이 차이가 나타났고 이러한 마찰열에 의하여 접합계면에서 다양한 금속간화합물 및 미세조직이 관찰되었다. 발생된 마찰열은 사용된 삽입금속의 녹는점에 따라 차이가 발생하였으며, 금속간화합물의 생성과 두께는 모재금속과 삽입금속과의 금속간화합물의 생성의 용이성과 입열량에 따라 차이가 발생하였다. 이러한 삽입금속의 종류에 따른 마찰접합은 접합계면에서의 미세조직의 차이와 관계하며 접합강도에 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있었다.

[타이타늄2-1 | 10:00]
Ti-6Al-4V 타이타늄 합금 초기 미세조직에 따른 열간 가공성 변화: *이현석, 최미선, 정기조; *포항산업과학연구원(RIST).*
Keywords: 타이타늄, Ti-6Al-4V, 열간 가공성, 동소 변태, 등축정
타이타늄은 비강도 및 내식성이 높고 넓은 온도 범위에서 우수한 기계적 특성을 가지므로, 항공우주, 자동차, 화학 및 의료 산업 등에 필수적인 소재로 널리 적용되고 있다. 특히, Ti-6Al-4V 합금은 단조 및 압연 공정 등을 통해 봉재, 판재 등 다양한 형상의

제품으로 가공이 용이하고, 강도, 연성 및 인성이 적절히 조화된 우수한 기계적 특성을 보유할 뿐만 아니라, 시효경화가 가능하고 성형성 및 용접성 등도 양호하여 전체 타이타늄 합금 수요의 50% 이상을 차지하고 있으며, 그 중 80% 이상이 항공용 소재로 사용되고 있다. Ti-6Al-4V 합금은 상온에서 알파상과 베타상이 공존하는 알파-베타계 합금으로서, 동소 변태 온도(약 990°C)를 기점으로 베타상과 알파-베타상 간의 복잡한 상변태가 발생하며, 각 상들의 분율, 크기 및 형상 등에 따라 그 기계적 특성은 크게 달라진다. 판재 및 봉재 등의 타이타늄 합금 중간 소재는 보통 주조된 잉곳을 동소 변태 온도 이상에서 1차 단조 후 그 이하의 온도에서 단조 및 압연하는 2차 가공 공정 등을 통하여 제조된다. 각 공정의 변형 및 열처리 조건에 따라 최종 제품의 재질 및 품질은 크게 달라지며, 특히 열간 가공성이 열위한 초기 미세조직 및 공정 조건이 적용될 경우 표면 균열 및 미세조직의 불균일 결함 등이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금의 초기 미세조직에 따른 열간 가공성과 최종 미세조직의 변화를 관찰하였다. VAR 방식으로 주조된 잉곳을 대상으로 단조 공정 조건을 조절하여 각각 등축과 층상 조직을 가지는 시편을 제조하였고, Gleeble 고온 변형 실험 장치를 이용하여 보통 2차 가공 공정이 이루어지는 650C~950C 온도 구간에서 그 열간 가공성을 미세조직 변화와 연계 분석하여, 미세한 등축정으로 구성된 표면 균열이 없는 Ti-6Al-4V 판재를 제조하기 위한 최적의 공정 조건을 도출하였다.

[타이타늄2-2 | 10:15]

Ti-6Al-4V 합금의 팩압연 공정조건에 따른 압연성 조사: *최미선, 이현석, 정기조; *포항산업과학연구원.*

Keywords: pack rolling, Titanium alloy foils, Ti-6Al-4V

Ti-6Al-4V합금은 높은 비강도와 우수한 내식성을 가지고 있어 항공우주용 재료로 널리 사용되고 있으며, 특히 항공기의 구조적 문제 개선과 무게 감량을 위해 sheet/foil 형태로 주로 사용된다. Ti-6Al-4V합금은 냉간가공성이 열위하여 sheet/foil재는 열간가공으로 제조하며 이때, 고온에서의 표면 산화 방지와 열간가공성 향상을 위해 cover재로 Ti-6Al-4V합금(core재)을 캡슐화한 팩압연으로 제조한다. 본 연구에서는 cover재의 종류 및 재가열 횟수에 따른 압연성을 조사하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. Core재는 4T 두께 두 장을 사용했으며, 팩의 총 두께는 16T였다. Cover재로 SS400을 사용했을 경우 2pass 압연 후 cover재의 들뜸 및 core재의 buckling이 발생했으며, S45C를 사용했을 경우 10pass 압연 후 약 1T 두께의 foil 형태의 판재를 얻을 수 있었다. 동일 cover재를 사용하였을 경우 압연 중 재가열 없이 8pass를 압연한 경우 cover재의 터짐 현상이 발생하였으며, 매 2pass 압연 후 재가열한 경우 cover재와 core재의 연신을 동일하게 유지할 수 있었다. 최종 얻어진 foil의 두께는 약 1T로 좌우 두께편차는 최고 13%였다.

[타이타늄2-3 | 10:30]

기계적성질이 우수한 Transformation-induced plasticity Ti-Al-Fe-Si alloy: *이상원, 변율, 박찬희, 홍재근, 염종택; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Transformation-induced plasticity, Titanium alloy, martensite, tensile properties

본 연구에서는 변형 중 마르텐사이트 변태가 일어나게 유도하는 (Transformation-induced plasticity, TRIP효과) 고강도, 고성형성을 보여주는 Ti-Al-Fe-Si 합금개발을 소개하고자 한다. 열처리 조건에 따라서 마르텐사이트 생성 구동력이 변화하게 되며 기계적 성질에 영향을 미치게 되며 미세조직 측면에서 그 메커니즘을 해석하고자 하였다.

타이타늄2-4 | 10:45]

Investigation of local strain rate sensitivity in dual-phase titanium alloys by nanoindentation: *Tea-Sung Jun[1] ; *[1]Department of Mechanical Engineering, Incheon National Univ.*

Keywords: titanium alloy, strain rate sensitivity, deformation, nanoindentation, dwell fatigue

Dwell fatigue has been a critical issue in aeroengine industry as it can significantly reduce fatigue lifetime. This is clearly a time sensitive deformation mode, where simple evaluation of the critical resolved shear stress for individual slip systems is insufficient and therefore rate sensitive material properties should be considered. The motivation of this study is to experimentally characterise fundamental rate sensitivity mechanisms within dwell sensitive Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo and dwell insensitive Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo. Electron backscatter diffraction (EBSD) was used to select hard and soft grain orientations within each of the alloys. Nanoindentation based tests using the continuous stiffness measurement (CSM) method were performed to examine rate sensitivity of averaged α and β phases within comparative grain orientations from both alloys, with variable strain rates (i.e. on the order of 10^{-1} to $10^{-3}s^{-1}$). Local strain rate sensitivity is determined using a power law linking equivalent flow stress and equivalent plastic strain rate. I will present an overview of strain rate sensitivity in Ti alloys and discuss how this can link to the dwell fatigue problem. These experimental results support a wider campaign to understand dwell sensitivity and complement state-of-the-art simulation studies.

[타이타늄3-1 | 11:05]

EBM additive manufacturing 공정으로 제조된 타이타늄합금의 동적피로파괴특성: *이동근[1], 최영신[1], 황유진[1], 김건희[2], 김휘준[2], 이창우[2]; *[1]순천대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: 3D printing, titanium and its alloy, additive manufacturing, EBM, dynamic fatigue

3D프린팅기술과 관련하여 국내에서도 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 순수 및 합금 타이타늄 분말의 제조설비와 공정기술에 대한 연구, 자체 개발/제조한 이들 분말을 활용한 additive manufacturing 공정기술개발과 공정 최적화 등에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있다. Additive manufacturing기술 중에서 electron beam melting (EBM)법을 이용하여 순수 타이타늄 및 타이타늄합

금 샘플을 제작하였으며, 이들의 미세조직학적 특성과 적층에 따른 조직의 특성에 대해 조사하였다. 적층공정조건에 따라 내부의 결함 및 기계적 특성이 변화하며, 이에 대한 시험결과를 기존의 타이타늄 소재와 비교하여 분석 평가하였다. 특히, 합금에 따라, 공정조건에 따라 준정적 기계적 특성뿐 만 아니라 동적 기계적 특성을 평가하고자 고주기 피로시험을 수행하였고, 그 파괴거동을 상호 비교평가하였다. wrought 소재와 비교하여 그 동적피로특성 차이를 보이고, 피로파괴 메카니즘에 영향을 미치는 인자들에 대해 조사하였다. additive manufacturing법을 이용하여 제조한 순수 타이타늄의 경우 합금소재와 달리 wrought 소재보다 더욱 우수한 동적특성을 나타내었다.

[타이타늄3-2 | 11:20]

환원제의 상이 일메나이트 염화반응 효율에 미치는 영향에 대한 연구: *김진영, 이미선, 정은진; *포항산업과학연구원.*

Keywords: reductant, ilmenite, chlorination, fluidization, titanium tetrachloride

원광석으로부터의 티타늄 추출 공정의 경우 대체로 염화반응 공정을 사용하고 있으며 이를 원활하게 진행시키기 위해 필수적인 요소 중 하나가 바로 환원제이다. 선행연구사례에서는 대부분 일산화탄소 혹은 코크스 등을 사용하고 있으며 반응의 효율성 증대를 위해 환원제의 최적조건 확립이 중요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 각각 일산화탄소 기체와 코크스를 환원제로 사용하였을 때 나타나는 일메나이트 광의 염화반응 거동에 대해 비교 분석하였다. 염화반응은 내경 1인치 규모의 쿼츠 유동화 반응기 내에서 900°C를 유지한 채로 코크스 사용 시 염소가스, 그 외에는 일산화탄소와 염소 혼합기체를 사용하여 진행하였다. 각 염화반응 생성물 및 잔여광석의 성분 분석은 XRF, ICP를 사용하여 진행하였으며, 잔여광석의 반응 전후의 미세조직 변화 관찰을 위해 SEM 분석을 실시하였다.

[타이타늄3-3 | 11:35]

염화철폐기물 및 타이타늄 스크랩을 활용한 일메나이트로부터 고품위 산화타이타늄 제조법: *강정신[1], 문경혜[2], 김민석[1] ; *[1]한국지질자원연구원 & UST. [2]한국지질자원연구원.*

Keywords: titanium ore, removal of iron, selective chlorination

현재 타이타늄 산업에서는 다량의 염화철폐기물 및 타이타늄 스크랩이 발생하고 있으나 이들의 효과적 리싸이클링은 이루어지고 있지 않다. 이와같은 배경을 바탕으로 본 연구에서는 염화철폐기물 및 타이타늄 스크랩을 활용한 친환경적 일메나이트 고품위화법을 개발하였다. 실험에 앞서 화학 포텐셜 다이어그램을 활용하여 타이타늄 스크랩과 염화철로부터 사염화타이타늄 및 철의 제조, 제조된 사염화타이타늄을 염화제로 사용한 일메나이트의 선택염화법 개발을 위한 열역학적 분석을 수행하였다. 실험 전 타이타늄 스크랩과 염화철을 흑연도가니에 넣고 가스 형태의 반응생성물이 통과할 수 있게 설계된 석영도가니에 일메나이트를 넣은 후 이들을 석영반응관에 설치하였다. 1193 – 1248 K에서 다양한 종류 및 입도의 일메나이트를 원료로 사용하여 실험한 결과, 흑연도가니에서는 철이 회수되었으며 석영도가니에서는 시료 내 철 농도가 32.9%에서 0.26%로 감소하였고 타이타늄 농도가 26.9%에서 54.9%로 증가하였으며 산화타이타늄이 얻어졌다. 이와 같은 결과로부터 타이타늄 스크랩과 염화철과의 반응에 의해 철 및 사염화타이타늄이 생성되었고 사염화타이타늄과 일메나이트의 반응에 의해 철이 염화철로써 선택적으로 제거되어 고품위 산화타이타늄이 얻어졌음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 열역학적 분석을 바탕으로 염화철폐기물 및 타이타늄 스크랩을 활용할 경우 일메나이트로부터 선택적 탈철 반응에 의해 고품위 산화타이타늄이 얻어질 수 있음을 나타내었고 이를 실험적으로 증명하였다.

[타이타늄3-4 | 11:50]

유동층 반응기에서 일메나이트광 염화반응의 유동 현상 관찰 및 $TiCl_4$ 제조: *이미선, 김진영, 정은진; *포항산업과학연구원.*

Keywords: ilmenite: fluidization: chlorination: agglomeration: 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. 본 연구에서는 루타일광보다 매장량이 많고 저원가인 일메나이트광의 유동염화 반응을 통해 $TiCl_4$를 제조하고자 하였다. 일메나이트광은 TiO_2의 함량이 55~60%로 다량의 FeO_x와 불순물 금속들이 산화물 형태로 포함되어 있다. 이를 고온에서 환원제 존재하에 유동 염화반응을 통해 $TiCl_4$를 제조하도록 하였으나 반응기 내에서 입자간 응집현상이 발생하였고, 이 현상은 유동반응의 효율을 급격히 감소시킨다. 따라서 응집현상의 원인을 파악하고 반응기 형태 및 유속을 제어하여 유동 반응 시 발생하는 응집현상을 저해함으로써 효율적으로 $TiCl_4$를 제조하는 방법을 제시하고자 한다.

[타이타늄4-1 | 13:30]

Ti-Nb-Ta-Hf계 Gum metal의 미세조직 및 기계적 특성: *오정목[1], 강주희[1], 염종택[1], 이상원[1], 강남현[2], 박찬희[1] ; *[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Gum metal, Microstructure, Mechanical property, Alloy design, Nanodomain

Gum metal의 초고강도, 초저탄성계수, 초탄성, 초소성, 탄성불변, 열팽창불변 등의 특성은 주기율표상 4족 및 5족 원소로 구성되어 있고 원자가 전자비가 4.24, 결합차수가 2.87,“d" 전자 궤도의 에너지 준위가 2.45 eV 일 때 발현되는 것으로 알려져 있다. 그러므로 원자비 조성은 Ti-24(Nb+Ta+V)-(Zr, Hf)-O로 표현 가능하고 대표적인 2가지 합금은 Ti-23Nb-2Zr-0.7Ta-O 및 Ti-12Ta-9Nb-6Zr-3V-O 이다 [T. Satio et al, Science 300 (2003) 464]. 그러나, 이와 같은 정의를 만족하는 Ti-28Zr-24V-O 합금에서는 Gum metal의 우수한 특성이 전혀 얻어지지 않았다 [R.J. Talling, Scripta Mater. 60 (2009) 1000]. 본 연구는 Gum metal의 조

성 및 특성의 다양성을 확보하기 위해 Ti-Nb-Ta-Hf계 Gum metal을 설계했고, 그 미세조직 및 기계적 특성을 기존에 알려진 Gum metal과 비교 분석했다. 그 결과 기존의 조성에 대한 정의뿐만 아니라 베타안정화 원소 당량을 동시에 고려하여 합금을 설계했을 때 Gum metal의 특성을 얻을 수 있었으며 nanodomain이 초고강도화 및 초탄성화에 기여하는 것으로 밝혀졌다.

[타이타늄4-2 | 13:45]

(35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 형상기억합금의 미세구조 및 가공성 조사: *김성철, 남태현; *경상대학교.*

Keywords: Ti-Ni-Hf-Nb, High Temperature Shape memory alloy, Workability, Martensite transformation, Nb-rich phase

본 연구에서는 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb (x=0, 1.5, 3, 4.5, 6) 합금의 미세구조와 가공성을 조사하기 위해 주사전자현미경, X 선회절시험, 시차주사열분석, 인장시험을 실시하였다. 미세구조 관찰 결과 Nb이 첨가되지 않은 합금에서는 B19' 마르텐사이트 기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$ 상이 관찰되었다. Nb이 첨가 되었을 때 Nb함량이 4.5 at.% 보다 적은 경우 B19′ 마르텐사이트 기지, $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$ 상 그리고 Nb-rich 상을 관찰 할 수 있었다. 또 Nb함량이 4.5 at.% 보다 많은 경우 B19′ 마르텐사이트 기지, $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$, Nb-rich 상 그리고 Hf-rich 상이 관찰되었다. Nb함량이 증가할수록 brittle한 $(Ti,Hf,Nb)_2Ni$ 상의 상분율은 감소하고 ductile한 Nb-rich 상의 상분율은 증가하였다. 상온에서 실시한 파단인장시험의 경우 합금의 파단변형률은 Nb함량이 증가함에 따라 4.0 %에서 18.2 %로 증가하였고 이는 Nb-rich 상으로 인한 것으로 생각된다. 용체화처리 한 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 합금은 B2→B19' 1단계 상변태 하였고 마르텐사이트 변태개시온도의 경우 Nb함량이 0 at.% 에서 6 at.%로 증가함에 따라 204.4°C에서 -61.2°C로 감소하였다. 또 용체화처리를 한 (35.5-x)Ti-49.5Ni-15Hf-xNb 합금은 A_f 이상의 온도에서 부분적인 초탄성회복이 나타났으며, 가공열처리를 한 Ti-Ni-Hf-Nb 합금의 경우 용체화처리를 한 Ti-Ni-Hf-Nb 합금보다 더욱 높은 초탄성회복이 나타났다.

[타이타늄4-3 | 14:00]

Ti-Al-Fe-Si 합금에서 β 상의 크기가 마르텐사이트 변태온도가 미치는 영향: *변율[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 강남현[2], 이상원[1] ; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 타이타늄연구실. [2]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Ti-Al-Fe-Si alloy, Martensite Start Temperature, β Grain size, Thermodynamic, constitutive equation

Ti-Al-Fe-Si 합금에서 β상의 결정립 크기에 의한 마르텐사이트 형성 온도변화를 관찰하였다. 서로 다른 조성의 합금과 열처리 온도를 이용하여 β상 결정립을 다양하게 제어하였다. β상 결정립이 클수록(>100μm) 마르텐사이트 생성이 활발하게 일어남을 확인 할 수 있었다. 본 연구에서는 다양한 조건으로부터 마르텐사이트 상 분율, 화학적 조성, β상 결정립 크기를 측정하고 이를 활용하여 마르텐 사이트 형성온도의 구성 방정식을 제시하였다.

[타이타늄4-4 | 14:15]

Microstructure and mechanical properties of highly porous TiNi-based alloys made of rapidly solidified metal fibers: *LI SHUANGLEI[1], Yeon-wook Kim[2], Tae-hyun Nam[1]; *[1]Gyeongsang National University. [2]Keimyung University.*

Keywords: Ti-based shape memory alloys, biomaterials, rapidly solidification, superelasticity.

Porous TiNi-based shape memory alloys attracted extensive interests for their potentials use as biomedical materials due to their high recovery strain and low elastic modulus. This study presents the microstructure and mechanical properties of highly porous Ti-Ni-Ag alloys in the context of biomedical applications related to bone replacement. The highly porous Ti-Ni-Ag alloys are prepared by sintering of rapidly solidified alloy fibers. Ti-Ni-Ag alloy fibers annealed at 1073K exhibited excellent superelasticity with a superelastic recovery strain of 2.2% and superelastic recover ratio of 93%. As-sintered scaffolds possess high porosity level of 80% and exhibit interconnected structure with large pores. Plateau region in stress-strain curve was observed at about 4.5 MPa. Ti-Ni-Ag scaffolds have an elastic modulus of 0.67 GPa, similar to that of spongy human bone, and exhibit good superelastic behavior with total recovery strain of 3.1% when 4% pre-strain is loaded at human body temperature. Stable superelstic behavior with complete shape recovery was observed through training in Ti-Ni-Ag scaffolds.

[타이타늄4-5 | 14:30]

Effect of subgrain structure on superplasticity of ultrafine-grained Ti-6Al-4V: *김대환[1], 홍재근[2], 이종수[1] ; *[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]재료연구소.*

Keywords: titanium alloy: ultrafine grain: superplasticity: recrystallization

Ti-6Al-4V 합금의 초기 미세조직을 수냉을 통하여 마르텐사이트로 만든 후 열간압연을 진행하여 강소성 가공 없이 초미세립 판재를 제조하였다. 이 공정을 통하여 초미세립 합금의 생산성을 진작할 수 있으며 초소성 특성 또한 향상시킬 수 있었다. 본 연구에서는 압연 후 회복열처리를 통하여 결정립 크기는 유지하되 아결정 구조를 변화시켜 이에 따른 초소성 특성 변화를 연구하였다. 열처리 후 아결정 구조와 초소성 변형 후의 미세구조를 TEM 및 EBSD를 이용하여 분석하였다. 또한 Load relaxation test 및 strain rate jump test의 결과를 토대로 열처리에 따른 grain matrix deformation 및 grain boundary sliding의 분율 변화를 구해내고 이에 따른 초소성 특성 변화를 고찰하였다.

[타이타늄5-1 | 14:50]

Analysis of microstructural changes and mechanical properties on heat treatment in Ti-5Al-2.5Fe alloys: *박경령[1], 정대원[1], 박현순[2], 현용택[3]; *[1]동아대학교 금속공학과. [2]인하대학교 금속공학과. [3]재료연구소 타이타늄 연구실.*

Keywords: Titanium alloys, Transmission electron microscopy, Strain/Stress measurements, phsae fraction

대표적인 2상 (α+β)형 타이타늄 합금인 Ti-6Al-4V 합금은 강도, 내부식성, 용접성 등 우수한 기계적 특성으로 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그러나 V은 높은 가격과 생체독성으로 인해 상업용 및 생체재료로 사용하는 데에 한계가 있다. Fe와 Mn은 타이타늄 합금에서 V과 같은 β 안정화 원소로 합금의 성형온도를 낮출 수 있으며 가격이 저렴하다는 장점이 있다. Ti-6Al-4V 합금을 대체하기 위한 Ti-Al-Fe합금에 대한 연구 및 합금원소 첨가에 따른 물성 변화에 대한 연구는 아직까지 미흡한 상황이다. 본 연구에서는 다양한 열처리 공정 (700ºC/1h, 600ºC/24hrs)을 거쳐 Ti-5Al-2.5Fe와 이 합금에 Mn을 첨가한 합금의 미세조직 변화 및 기계적 특성을 분석하였다. 700ºC에서 1시간 열처리한 합금은 압연 방향 (normal, rolling, transverse 방향)에 따라 미세조직을 분석하였으며 Mn 첨가한 합금에서 β 상의 분율이 더 높게 측정되었다. 600ºC에서 시효 처리한 합금에서 Mn 첨가한 합금은 lamellar 구조가 관찰되었지만 Ti-5Al-2.5Fe 합금에서는 구상화된 α기지와 α 결정입계에 TiFe 석출물이 관찰되었다. 이러한 미세조직 변화가 기계적 특성에 미치는 영향을 평가한 결과, Mn을 첨가함으로써 β상 분율을 증가시키고 TiFe 석출을 억제시킴으로써 기계적 특성을 향상시키는 것을 확인하였다.

[타이타늄5-2 | 15:05]

Ti-10V-2Fe-3Al 베타 타이타늄 합금의 결정립 크기에 따른 기계적 특성 변화 (Hall-Petch 관계 및 상변태 거동): *최민구[1], Muhammad Iman Utama[2], 백응률[1], 박노근[1]; *[1]영남대학교 공과대학 신소재공학부. [2]영남대학교 공과대학 첨단뿌리산업공학과.*

Keywords: Ti-10V-2Fe-3Al, beta-titanium, mechanical property, Hall-Petch relationship, Transformation induced plasticity, TRIP

우수한 기계적 특성과 내부식성을 갖는 타이타늄 합금은 생체 재료 및 우주항공 재료 등 고부가가치 산업에서 많은 각광을 받고 있다. 가장 널리 개발되어 적용 중인 Ti-6Al-4V합금과 달리, 베타 합금은 베타 안정화 원소를 넣어서 상온에서 체심입방구조를 갖는 합금으로 최근 많은 각광을 받고 있다. 본 연구에서는 베타 타이타늄 중 대표적인 Ti-10V-2Fe-3Al 합금의 결정립 크기의 변화에 따른 기계적 물성 변화에 대해 연구하였다. Hall-Petch 관계에 대한 거시적인 이해와 가공 중의 상변태 현상(Transformation induced plasticity, TRIP)에 대하여 살펴보고, 미세구조 변화와 기계적 물성과의 연관 관계를 이해하고자 하였다.

[타이타늄5-3 | 15:20]

Formation of utltra-fine grained microsturcuture of commercially pure titanium produced by cryogenic rolling at 177 K: *Choi Seong-Woo[1], Yeom Jong Taek[2], Chan Hee Park[2], Lee Sang won[2], Won Jong Woo[2], Choi Yoon Suk[1], Jae Keun Hong[2] ; *[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Materials Science.*

Keywords: Pure Titanium, UFG, Twinning

In this work, we achieved ultra-fine grained (UFG) microstructure of commercially pure titanium utilizing cryogenic unidirectional rolling at 177 K. Highly increased twinning activity caused the grain interiors to fragment significantly, making it possible to induce UFG structure without imposing severe plastic deformation (e > 4). Moreover, further increase in twinning activity by controlling initial crystallographic texture was achieved. The processed material showed an noticeably high yield strength with a reasonable elongation.

[타이타늄5-4 | 15:35]

Removal of Iron from Ilmenite through Selective Chlorination Using CO-Cl_2 Gas Mixture: *Lie Ling, Sung-Hun Park, So-Yeong Lee, Ho-Sang Sohn; *Kyungpook National University.*

Keywords: ilmenite, selective chlorination, CO/Cl_2 flow ratio, removal ratio of iron

Titanium is usually produced from rutile. However, as the amount of rutile ore is exhausted, ilmenite ore could be an alternative resource of titanium extraction. There are various kinds of methods to remove iron and produce rutile from ilmenite ore such as reduction, leaching and selective chlorination. In this study, the removal of iron from ilmenite through selective chlorination using CO-Cl_2 gas mixture was carried out. The effect of the experimental temperature, the gas flow ratio and the particle size of ilmenite were investigated. The removal ratio of iron increased linearly at the initial stage of the reaction and reached 98% after the reaction for 1 h when the flow rates of both CO and Cl_2 were 5 cm^3/s at 1173 K. After reacting with CO-Cl_2 gas mixture, pores formed on the surface of ilmenite particles, which were caused by the removal of iron. The gas mixture further diffused into the central portion of ilmenite particles through the pores. It was found that the removal ratio of iron increased with temperature and the flow ratio of CO/Cl_2, but was hardly affected by the particle size. The chlorination of titanium also occurred and was suppressed by reducing the flow ratio of CO/Cl_2.

[타이타늄5-5 | 15:50]

The Kinetics on selective chlorination of iron from ilmenite ore by CO-Cl_2 mixtures: *Sung-Hun Park, Lie Ling, So-Yeong Lee, Ho-Sang Sohn; *School of Materials Science and Engineering, Kyungpook National University.*

Keywords: Titanium, Ilmenite, Selective Chlorination, CO-Cl_2 mixtures, Kinetics

Titanium metal or high purity titanium dioxide are obtained by reduction of titanium tetrachloride which is produced by chlorination of rutile, mainly. However, as the demand for titanium and titanium product increase and the resource of rutile is diminish, ilmenite ore has become an alternative resource in the production of titanium tetrachloride by removing iron. Due to the high content of iron in ilmenite, the process of removing iron is not only necessary to obtain synthetic rutile, but also preferred because it results in increased porosity and surface area which brings the reactivity higher. In the present study, to develop an effective process of removing iron, the

selective chlorination of iron from ilmenite ore was carried out by CO-Cl_2 gas mixture. The effects of temperature, CO/Cl_2 ratio, and the particle size of ilmenite were investigated in the static bed. 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 rate of iron increased with increasing CO/Cl_2 ratio and temperature, and the removal ratio of iron reached an extremely high value of 98% in 60 min at 1173 K, when the CO/Cl_2 ratio was 1. After reaction with CO-Cl_2 gas mixture, pores were found on the surface of ilmenite particles, which seem to result from removal of iron. It is considered that the Cl_2 gas can diffuse easily into the inner part of particle through the pores during the reaction. The kinetics was investigated based on the shrinking core model and the chlorination was controlled by chemical reaction controls and the activation energy was 49.879 kJ/mol.

티이타늄6-1 | 16:10]

Unique Plastic Deformation Behavior and Fabrication by Additive manufacturing of Beta-type Ti alloys: *Takayoshi Nakano, Koji Hagihara, Takuya Ishimoto; *Osaka University.*

Keywords: Dynamic Precipitation Softening, β-titanium alloys, Metal Additive Manufacturing, Scan Strategy

β-type titanium alloy has received much attention as a bone substitute material because of its excellent functions, particularly low Young's modulus. The low elasticity often appears in the unstable β region, but the formation of precipitates such as ω-phase frequently accompanies at the region. In recent years, unique dynamic precipitation softening phenomenon was found in Ti-Nb β-type alloy single crystal (Scientific Reports, 7 (2017), srep8056) in our group. The to-and-fro motion of dislocations in the cyclic deformation induces the precipitation of a specific ω-phase variant whose c-axis is parallel to the Burgers vector of the moving dislocation, and it causes the unique softening phenomenon, which is quite different from the usual precipitation hardening behavior. Additionally, for the fabrication of the β-type Ti alloy bone substitute, not only the shape but also the microstructure can be simultaneously controlled by metal additive manufacturing of the powder bed fusion system. Especially by controlling the scan strategy, it becomes possible to control the single-crystal-like microstructure having a crystallographic texture in which the low elastic direction is aligned along a specific direction (Scripta Materialia, 132 (2017), pp. 34-38). In our presentation, we will explain the details of these recent finding.

[티이타늄6-2 | 16:35]

발전 플랜트의 Ti합금 적용 현황 및 전망: *송영석; *두산중공업㈜ 기술연구원.*

Keywords: Ti합금, TiAl합금, 발전플랜트

증기를 이용한 발전 플랜트는 매우 안정적인 발전시스템으로 21세기에도 여전히 안전하고 신뢰성 이 있다. 환경오염 및 에너지 효율극대화를 위해 발전터빈 모델의 고효율화 및 시스템 규모의 최소화와 발전용량의 확대를 추구하고 있다. 특히, 터빈의 핵심부품 가운데 출력의 약10% 이상을 담당하고 있는 저압터빈의 최종 회전날개(LSB, Last Stage Bucket)에는 지금까지 적용되던 Steel을 대신하여 비강도가 우수한Ti6Al4V과 Ti62222소재가 적용되고 있다. 또한, 운전온도가 700도를 상회하는 HSC발전소의 고압 터빈 블레이드(HPB, High Pressure Blade)는 높은 온도수용성을 가지고 있는 TiAl합금이 Ni기 초내열합금 대비 비강도가 우수하며, Ti 합금 대비 크리프 및 내산화 특성이 뛰어나다는 이유로 적용이 검토되고 있다. 하지만 이들 소재들은 현재 국내에서 생산되지 못하고 있다. 이것은 생산설비의 부족이나 기술력의 부족도 있지만 국내 산업구조에서 Ti을 적용하는 고부가가 산업의 활성화가 부진한 것이 그 이유라고 할 수 있다. 하지만, 향후 발전소의 용량확대와 고효율, 친환경시스템 등을 고려할 때 타이타늄 합금의 국내 생산 역량 확보는 매우 시급한 시점이다. 만약, 국산 타이타늄 합금이 공급된다면, 국내 원소재 제조사와 부품소재 업체의 활성화, 부품의 납기 단축 및 가격 경쟁력 확보, 발전플랜트 신규사업의 해외 수주경쟁력 제고, 플랜트 서비스사업 및 Retrofit 사업 확대 등 소재 산업의 원소재에서 최종 사용자인 발전주기기 제작사 등 전반적으로 발전플랜트 산업의 경쟁력이 확대될 수 있을 것으로 사료된다.

[티이타늄6-3 | 16:45]

덴탈 임플란트를 위한 타이타늄 소재의 트렌드와 연구 방향: *양동준; *(주)메가젠임플란트.*

Keywords: 덴탈 임플란트, 타이타늄, 트렌드

치과의료분야에서는 다양한 소재가 이용되고 있으며, 특히 임플란트에서 titanium 소재가 차지하는 비율은 매우 높다. 최근에는 어려운 술식보다는 간편하고 신속한 수술의 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라 치과용 임플란트 역시 새로운 관점에서 개발이 필요하다. 대표적으로 고강도 titanium 신소재를 이용한 압축강도 및 피로한도 성능이 개선된 임플란트이다. 현재 치과용 임플란트에 적용되는 소재는 pure titanium Grade4(CPTi Grade4)가 가장 일반적으로 사용되고 있으나 우수한 생체적합성에 비해 소구경 임플란트에서 역학적 물성이 다소 부족한 상황이다. 이를 보완하기 위해 다양한 방법이 적용되고 있으며, 대표적인 예로 Pure titanium의 cold-worked(냉간 가공)를 통한 물성향상과 zirconium, niobium과 같은 다양한 원소가 적용된 합금 소재의 개발을 통한 물성향상을 들수 있으며, TI-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb등이 있다. 또한 치과용 임플란트의 전통적인 제작방식인 선반절삭방식의 한계점을 극복하고, 금속형 3D프린터에 적용하여 환자에게 최적화된 임플란트의 제작이 가능한 3D프린터용 titanium 합금소재의 연구도 필요한 상황이다. 치과용 임플란트 적용이 가능한 수준의 titanium 소재의 상업화를 위해서는 인허가의 취득이 필수적이다. 이를 위해 생물학적 안전성 및 유효성을 확보하는 것이 중요하며, 연구단계에서 위의 사항을 고려하여 개발이 진행되어야 한다.

[티이타늄7-1 | 17:00]

Titanium alloys for stent application: *박준규[1], In-Ho Bae[2], Ju Han Kim[2] ; *[1]CGbio Co. Ltd. [2]Chonnam National University Hospital.*

Keywords: Titanium alloy, stent, corrosion resistance, self-expandable stent, medical device

The properties and characteristics of metals used for stents, such as titanium alloy, stainless steels, tantalum, cobalt-chromium alloys, and magnesium alloys. Titanium alloy is mostly used in medical implant devices due to bio-compatibility, corrosion resistance, etc. Titanium alloys are also used in applications of the self-expandable vascular stents. Self-expandable stents are used to treatment in the coronary arteries, the carotid arteries, peripheral arteries, and cerebrovascular arteries. Titanium alloy based stent were tested in order to get better mechanical features and physiological effects for application of stent. A material was searched which is resistant to mechanical and biochemical effects, works for a long time in the body. The main requirement of stent materials is bio- and hemo-compatibility. Also, the stent has strong radial force and flexibility. I will discusses the strategy for stent using titanium alloy in this session. This work was supported by Industrial Strategic Technology Development Program (10042703) funded by Ministry of Trade, Industry and Energy, Republic of Korea.

[티이타늄7-2 | 17:10]

저비용 고청정 타이타늄 소재 생산을 위한 기술개발현황: *최재영; *(주) 한국진공야금.*

Keywords: (주)한국진공야금, 타이타늄, 플라즈마용해, 스크랩

㈜한국진공야금은 2003년부터 진공용해 기반을 통해 고순도 금속 및 내열, 내식용 특수금속 소재를 생산하고 있습니다. 또한 특수용해장비인 진공유도용해로(VIM), 진공아크재용해로(VAR)등을 자체 기술력을 통해 제작하여 경쟁력을 확보하였습니다. 현재 국내 타이타늄 산업에 기여하기 위하여 스크랩 활용기술을 개발중이며, 그 결과로 플라즈마 용해를 통한 스크랩 재활용 기술을 확보해가고 있습니다. 국내 타이타늄 산업은 주로 부품가공 및 조립에 편중해 발전해 왔으며, 소재부분의 기술축적은 미비한 상황입니다. 그로인해 고가의 원소재를 대부분 수입에 의존하고 있으며, 부품가공 후 발생된 상당량의 스크랩을 저가로 해외로 유출하고 있어 자원재활용의 선순환이 이루어지지 않고 있습니다. 타이타늄 스크랩을 재활용하는 방법은 스크랩을 다시 전극봉으로 만들어서 VAR작업을 하거나, 스크랩 상태 그대로 전자빔이나 플라즈마를 이용하여 용해하는 방법이 있습니다. 이중 VAR로 용해할 경우 스크랩의 모양이 다양하여 전극봉을 만들기 어렵고, 부품가공 중 혼입될 수 있는 텅스텐 계열의 고밀도 개재물을 제거하기 어려운 단점이 있어 VAR 용해시에는 사용가능한 스크랩의 제한이 있습니다. 그에 반해 전자빔이나 플라즈마 용해시에는 수냉도가니를 이용하여 고밀도 개재물을 제거할 수 있습니다. 그리고 구조적인 특성상 전자빔용해는 순수 타이타늄에, 플라즈마는 타이타늄 합금 용해에 좀더 적합한 면을 가지고 있습니다. ㈜한국진공야금은 타이타늄 합금 스크랩 활용을 위해 현재 정부지원을 받아 플라즈마 용해법에 대한 기술을 축적하고 있으며 2~3년 내에 잉곳양산을 위한 기반을 갖추도록 노력하겠습니다. 또한 향후 고순도 순수 타이타늄 용해를 위한 전자빔 용해도 관심을 가지고 기술개발을 할 예정이며 이를 통해 국내 타이타늄 산업의 소재부분에 기여할 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

[티이타늄7-3 | 17:20]

타이타늄 합금 재활용: *노윤경[1], 서정화[1] ; *[1](주) 동아특수금속.*

Keywords: Titanium Alloy Recycling, Ti Scrap, Ti Turning, Cleaning

타이타늄 소재는 경량이면서 비강도 및 내식성이 우수한 고융점 소재로써 우주항공 산업, 석유화학 장치, 자동차 산업 등에 이용되어 왔으며, 최근에는 의료용품, 레저용품 및 악세서리 등에 그 응용분야가 점점 확대되고 있다. 그러나, 타이타늄 원료 소재는 거의 전량 수입에 의존하고 있으며 부품을 생산하는 공정 기술 또한 선진국에 비해 아직 낮은 기술 수준을 보이고 있다. 타이타늄 원료는 고가이고 절삭과 주조 등으로 타이타늄 부품을 생산하는데 도 많은 비용이 요구되기 때문에 모든 산업에 이용하기에는 한계가 있는 실정이다. 절삭이나 가공의 방법으로 부품 생산 후 발생되는 타이타늄 스크랩은 국내의 경우 전량 폐기하고 있으며 스크랩 내에 잔류하는 불순물과 유지류 등에 의해 환경오염이 발생되고 있어 폐기되는 고가의 타이타늄 스크랩을 재활용하고 환경 오염을 방지하기 위한 고부가가치의 타이타늄 부품을 생산할 수 있는 기술이 요구되는 실정이다. 동아특수금속은 이러한 타이타늄 Scrap, Turning, Solid, Sponge, Cobble, 등 전량폐기되고 있는 타이타늄을 재활용하기 위해 많은 연구를 진행 중에 있다.

[티이타늄7-4 | 17:30]

진공아크용해법을 이용한 타이타늄 잉곳 및 중간재 제조: *임광혁[1], 권혁주[1], 이용범[1], 박현진[1] ; *[1](주) 한스코.*

Keywords: 타이타늄 잉곳, 타이타늄 중간재, VAR, 타이타늄 상업생산, 타이타늄 제조공정

타이타늄은 고유한 특성(내식, 경량, 생체적합성 등)으로 산업 각 분야에 활용되고 있으며, 우리나라도 타이타늄 관련 제품의 수입과 소비가 증가하고 있다. 이에 반하여 국내 타이타늄 산업동향은 타이타늄 잉곳 및 반제품 같은 중간재는 대부분 해외에 의존하고 있다. 본 발표에서는 타이타늄 스폰지로부터 타이타늄 잉곳을 생산하는 용해기술 중 가장 보편적이고 경제적인 진공아크용해법으로 국내에서 상업적으로 생산되는 타이타늄 잉곳 제조공정과 생산된 잉곳을 이용한 중간재를 제조한 결과를 소개하고자 한다.

[티이타늄7-5 | 17:40]

금속 적층 가공 사업 개요 및 타이타늄 부품 적용 사례 소개: *김명세; *KAMI.*

-KAMI 금속 적층 사업 소개 및 연혁
-2017 KAMI Metal AM Capability
-타이타늄 소재 기반, 가스터빈, 항공우주 분야의 KAMI의 관련 경험과 시행착오, 그리고 극복
-결언 : 타이타늄 금속 적층 가공의 항공우주분야 적용

철강 I
Room 323, 10월 25일

[철강7-1 | 09:00]

DWTT 품질분포 모델링과 불량률 예측: *이창선, 배진호, 류성룡; *㈜포스코 기술연구원.*

Keywords: DWTT, 모델링, 불량률 예측, 라인파이프용강, 비정규 분포

DWTT(Drop Weight Tear Test) 실험은 라인파이프용강 등 에너지용 강재의 저온 인성을 평가하기 위한 방법이다. 원유나 가스의 고갈로 인해, 극지와 같은 저온 환경에서의 채굴 및 수송이 늘어나고 있다. 따라서 -40ºC 에서도 SA(Shear Area)가 85% 이상인 저온 인성재의 개발이 요구된다. 제조조건 변경에 의한 SA 분포 변화 및 불량률 변화를 정량화해야, 우수한 저온인성재를 개발할 수 있다. 정규 분포를 갖는 강도와 달리, DWTT SA는 대부분의 시편이 100%이며, 일부 시편만 85% 이하인 비정규분포를 가진다. 이항 분포를 이용하여 DWTT SA 분포를 모델링할 수 있으며, 그리고 불량률을 예측할 수 있다.

[철강7-2 | 09:25]

ESSO 시험에서의 2차 크랙 발생에 따른 결과 판정방법: *황성두, 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 BCA강재의 ESSO 시험 시 발생하는 2차 크랙에 대한 현상 및 2차크랙 발생 시 ESSO시험의 판정 방법에 대하여 일본규격 WES2815 및 추가적인 판정방법에 대하여 논의하고자 한다.

[철강7-3 | 09:40]

1050도 대응 오스테나이트계 내열 주강의 미세조직과 고온강도에 미치는 Cr 감소 효과: *유지성[1], 최원미[1], 손석수[1], 이병주[1], 오용준[2], 김기용[3], 이성학[1] ; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]계양정밀.*

Keywords: 터보 차저 소재, ASTM HK40강 고온강도, 탄화물 분해

최근 고성능 자동차 엔진 개발로 배기가스 온도가 1050도까지 상승하였고, 이에 따라 더욱 고온의 환경에서 활용가능한 터보차저 소재 개발이 필요하게 되었다. 이러한 배경에서 고Ni계 오스테나이트계 주강 (ASTM HK40강, 조성: 0.4C-1.2Si-1.0Mn-20Ni-25Cr (wt%)) 소재가 대안으로 제시되고 있다. 기존의 HK40강에 비해 향상된 고온강도를 확보하기 위해 Cr 함량을 감소 시킨 합금을 설계하였고, 고온에서의 탄화물 분해와 미세탄화물 형성을 통해 고온강도가 향상되는 결과를 확인하였다. 일반적으로 상온 및 고온 강도는 탄화물 분율에 비례하여 증가하나, 본 연구에서는 반대로 Cr 절감으로 탄화물 분율이 감소하였음에도 강도가 향상 되는 경향을 보였다. 이는 고온에서 M7C3 탄화물이 M23C6 탄화물로 분해되는 현상과 관련이 있으며, 이를 통해 오스테나이트 기지조직이 강화되어 탄화물과 기지 사이 경도 차이가 감소하기 때문이다. 줄어든 탄화물과 기지 사이의 경도 차이를 통해 고온강도가 향상된 것이다. Cr 함량이 감소하여 기존 HK40 합금에 비해 14%의 가격 절감 효과와 동시에 상온, 고온 물성이 더욱 우수하므로 새로운 터보차저 소재로서 제안하고자 한다.

[철강7-4 | 09:55]

비열처리형 유정관의 붕괴강도에 미치는 잔류응력의 영향 연구: *심현보, 한성경, 권태우; *현대제철.*

Keywords: 셰일가스, 비열처리, 유정관, 붕괴강도, 잔류응력

북미 비전통 자원인 셰일가스 채굴이 증가하면서 고강도 유정관의 수요가 증가하고 있다. 항복강도 80ksi급 이상의 고강도 유정관은 조관후 열처리(Quenching and Tempering)를 통하여 제조되는데, 이는 강관의 균일한 품질을 얻을 수 있는 이점이 있으나 열처리에 따른 추가 비용을 발생하게 한다. 따라서 채굴업체들은 제조원가를 낮추기 위해 소재분야에서는 저원가 고강도 유정관 제품의 니즈가 매우 커지고 있으며, 이에 따라 당사는 열처리 공정없이 열연강판에서 고강도 유정관을 제조 가능한 비열처리형 항복강도 110ksi급의 고강도 유정관을 개발하였다. 물성 구현을 위해 두 가지 방법에 주목하였으며 첫번째는 원소의 첨가를 이용해 기지조직 및 석출물 제어를 통한 열연강판의 물성의 향상, 두번째는 급속 냉각 제어를 통한 기지조직의 제어를 실시 하였다. 그 중에서도 항복강도 110ksi급 유정관은 채굴시 고심도에서 큰 압력에 버티는 붕괴강도가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 붕괴강도에 영향을 미치는 요소기술 조사 및 인자별 영향을 연구하였다.

[철강7-5 | 10:10]

불활성 개스 분위기에서 순철의 미끄럼 마멸 중 형성되는 고경도 표면 변형층과 변형층 내에서의 균열 전파: *구본우, 권혁우, 김영규, 김용석*; *국민대학교 신소재공학부 재료강도변형실험실.*

Keywords: Sliding wear, Pure iron, Subsurface layer, Environment, Cavity

철강 재료의 상, 결정구조, 집합조직 등은 강의 조성과 가공법에 따라 다양하게 변화하고, 이들은 철강의 미끄럼 마멸 특성에 많은 영향을 미친다. 철강 재료의 미끄럼 마멸 특성에 미치는 미세조직의 영향은 일반적으로 그 기계적 특성 차이를 통해 나타난다. 그러나 미끄럼 마멸 시험 중에 형성되는 마멸면 표층(subsurface layer)은 그 구성 상과 미세조직이 초기조직과 크게 달라, 초기 조직의 기계적 특성으로 미끄럼 마멸속도 변화를 해석하기 어려운 문제점이 있다. 이에 따라 표층의 형성 기구와 이들이 마멸속도에 미치는 영향을 분석하는 것이 매우 중요하다. 표층의 형성 기구에는 마멸 상대재, 시험 하중, 미끄럼 속도 등의 미끄럼 마멸 시험 조건과 습도, 온도, 그리고 gas 분위기 등의 시험 환경이 영향을 미친다. 본 연구에서는 미끄럼 마멸시험 중에 산화층 생성을 억제하며 시편 표면에 소성변형된 표층을 생성시키고, 표층과 표층 내에서의 균열 성장 거동을 분석하였다. 미끄럼 마멸 시험 소재로는 ferrite 조직으로만 구성된 순철 (pure iron)을, 상대재로 알루미나 볼(ball)을 사용하였으며, Ar 개스 분위기에서 미끄럼마멸 시험하여 산화물 형성을 억제하였다. Pin-on-disk 방식 미끄럼 마멸 시험을 미끄럼 거리 300 m, 적용 하중 100 N, 미끄럼 속도 0.1 m/s, 마멸 트랙 반경 9 mm의 조건으로 수행하였다. 미끄럼 마멸 시험 후 마멸면, 마멸입자 그리고 마멸 단면을 SEM, TEM 그리고 EDS로 조사하여 마멸면 표층의 형성과 마멸입자 형성 기구를 연구하였다. 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 크기의 미세 결정립으로 이루어졌음을 TEM 관찰로 확인하였다. Ar 개스 분위기에서 순철의 마멸속도는 50.8×10^{-13} m^3/m로 매우 낮았고, 미끄럼 마멸 중 형성된 고경도 변형층에서 균열이 관찰되었다. 마멸은 변형층 표면에서 균열이 전파하여 마멸 입자를 형성하며 진행되었는데, 변형층 균열 전파면에서 많은 공공(cavity)들이 관찰되었다.

[철강7-6 | 10:25]

열처리 강재의 재질에 미치는 제조법의 영향: 조영주, *황성두, 서용찬; *현대제철 기술연구소.*

Keywords: 열처리강, PWHT, 시효충격, 제어압연

조선 및 해양산업 고도화에 따라 고성능의 강재가 요구 되고 있으며, 특히 선박 및 해양구조물의 극한환경에 적용될 수 있는 저온인성 재질특성을 요구하고 있다. 앞서 언급된 조선 및 해양산업 고도화에 따라 구조물 제작에 있어, 높은 강도 및 두께수준을 기본적으로 요구하면서. 고변형에 대한 재질특성도 함께 요구되고 있다. 변형시효 현상이 심할수록 강판의 인성이 빠른 시간 내에 감소하고, 인성의 감소폭도 증가한다. 이럴 경우, 강판이 적용되는 부위 및 전체 구조물의 수명이 감소하고 구조물의 안전성에도 영향을 줄 수 있다. 따라서, 최근에는 변형이 가해진 강판의 수명을 증가시켜 구조물의 안전성을 높이기 위해 변형시효에 대한 저항성이 높은 강판이 요구되고 있다. 이에 더불어, 용접시공이 필수적인 해당 구조물에서 후열처리(PWHT) 에 따른 저온인성 특성 또한 요구하고 있어 해당 재질 특성을 향상시키기 어려운 실정이다. 따라서, 이번 연구에서는 조선 및 해양산업에 쓰이는 강재중 열처리 강재의 재질에 미치는 열처리 전 제조법의 영향에 대해 논의하고자 한다.

[AW-7 | 10:40] 철재상 수상기념강연

TRIP형 Lean Duplex 스테인레스강 개발: *최점용; POSCO 기술연구원 STS연구그룹

유사 체적 분율의 오스테나이트와 페라이트 상으로 구성되어 있는 Duplex 스테인레스강(STS)은 고내식, 고강도강으로 다양한 환경의 구조재로 사용되고 있으며, 최근에는 고가의 합금원소인 Ni, Mo등을 절약한 원가 저감형 Lean Duplex STS의 개발이 해외 Mill을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 그러나, 이들 Duplex STS는 유사 수준의 내식성을 보유한 Austenite계 STS 대비 가공성의 한계로, 그 용도가 제한적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 내식성의 저하를 최소화하고, 단점인 가공성을 개선하기 위하여 개발된, TRIP형 Lean Duplex STS의 합금설계, 미세조직, 기계적 특성에 대해 소개한다. Duplex STS에서 TRIP 현상을 구현하고자, 오스테나이트 및 페라이트 형성원소의 상간 분배를 활용하여, 오스테나이트 상의 안정성을 제어하는 합금설계를 하였다. 또한 합금설계 시 고가의 합금원소인 Ni, Mo를 최소화하면서, 내식성의 하락을 최대한 억제하였다. 설계된 강은 20Cr-3Mn-0.25N-1.0Ni을 기본성분계로 하며, TRIP 현상을 최대화하기 위해 Cu, Si 함량을 조절하였다. 이와 같은 TRIP형 Lean Duplex STS는 응고시 질소 고용도 차이에 의한 핀홀을 억제하고자, 연주 공정보다는 POSCO 고유의 기술인 “Strip Casting 공정”을 활용하여 생산하였다. 이렇게 개발된 Lean Duplex STS은 TRIP 현상에 의해 인장강도 1000MPa 수준, 연신율 40% 이상으로 기존 Duplex STS의 인장강도(800MPa), 연신율 (30% 이하) 대비 획기적으로 개선된 기계적 특성을 나타내었으며, 내식성은 Austenite계인 304와 유사 수준이었다. 이와 같은 Strip Casting 공정으로 상용 생산된 Lean Duplex STS는 2015년 10월 세계철강협회 “올해의 혁신상”을 수상하였다. 또 개발강의 수요개발을 위하여 ASTM (UNS # S82013) 및 KS D 3698 (강종명 329FLD)으로 규격 등록이 완료되었다. 현재는 양식기, LCD 대차등 다양한 용도로 사용 중에 있다.

[철강8-1 | 11:05]

Deformation twinning mechanisms in TWIP steel: *김진경, 권민혁, Bruno C. De Cooman; *포항공과대학교.*

Deformation twinning in coarse-grained fcc metals results from the highly coordinated glide of Shockley partial dislocations with the same Burgers vector on successive {111}-type twinning planes. The main issue of the formation mechanism of deformation twinning is how the arrangement of Shockley partials required for twinning evolves. Here, we present the deformation twinning mechanism that operates in Fe-17Mn-0.45C-1.5Al-1Si TWIP steel by means of in-situ TEM deformation tests and post-mortem TEM characterization.

The in-situ TEM observation shows the formation of a thin twin by Shockley partial dislocations generated in a grain boundary, which indicates the nucleation of deformation twins at grain boundary defect sites. The observed twinning process is similar to the deformation twinning in nano-crystalline materials through successive emission of partial dislocations from grain boundaries. In addition, a high density of Frank partial dislocations is observed inside deformations twin. These defects affect the growth of deformation twins and the work hardening of TWIP steel.

[철강8-2 | 11:20]

Investigation of mechanical properties of automotive steel after hot stamping process: *Byung-Gil Yoo, Chee Woong Song, Chun Gu Kang, Hyoung Hyup Do, Sung Yeol Heo, Sung Ju Kim; *Hyundai steel R&D center.*

Keywords: automotive steel, hot stamping, dislocation density, nanoindentation

Due to the better performance and higher fuel saving possibility, hot stamping components with full martensite have been used for ultrahigh strength steel in automotive components. However the poor ductility restricts their application on the components, such as pillar, roof side member, etc. It should be noted that multi strength in different regions for hot stamping components is significant to improve the automotive structure. In this study, various steel grades were investigated on how two types of stress states under/after the process influences microstructure, physical properties. Results are discussed in terms of relationship between dislocation and nanomechanical properties.

[철강8-3 | 11:35]

Effect of Mn-segregation on Tensile Properties of Austenitic High Strength Steel: *조민철[1], 이형수[1], Alireza Zargaran[2], 류주현[3], 손석수[4], 김낙준[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교. [2]포항공대 철강대학원. [3]POSCO. [4]Max-Planck- Institut für Eisenforschung.*

Keywords: Mn-segregation, TWIP, TRIP, Austenitic steel

Recently, many researchers have focused on austenitic microstructure to develop advanced strength and ductility combinations. The austenite microstructure has a huge potential for improving mechanical properties with deformation mechanisms such as transformation-induced plasticity (TRIP) and twinning–induced plasticity (TWIP). To obtain austenite microstructure, it is essential to contain high manganese. These high manganese steels generate Mn-segregation inevitably. Generally, these Mn-segregation causes anisotropic microstructure and deteriorate the final products quality. Here, we suggest the novel method to effectively utilize the inevitably generated Mn-segregated bands for the improvement of tensile properties by actively producing TWinning- and TRansformation-induced plasticity (TWIP and TRIP) mechanisms in high- and low-Mn-segregated bands with partially recrystallized microstructure. With this work, we will give a promising way for exceptional strength and ductility combination to automotive application.

[철강8-4 | 11:50]

잔류 오스테나이트 변형 거동이 고려된 차세대 강재의 물성 예측: *김동완[1], 한흥남[2], 박시욱[2], 서인식[1], 서석종[1]; *[1]포스코 기술연구원. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: 잔류 오스테나이트, 적층 결함 에너지, 재질 예측, 차세대 강재, 자동차용 강재

높은 연성과 강도를 확보하기 위하여 강재의 열처리가 끝난 후에도 오스테나이트가 잔류하는 차세대 자동차용 강종들이 개발되고 있으며, 이러한 잔류 오스테나이트의 변형 거동은 강재의 물성에 밀접한 영향을 미친다. 이번 연구에서는 차세대 강재에 포함된 잔류 오스테나이트가 인장 실험을 진행하는 동안 변형되는 거동을 분석하고, 이를 반영하여 강재의 변형율-강도 곡선을 분석/예측하는 연구를 진행하였다. 잔류 오스테나이트는 강재의 적층 결함 에너지에 따라 변형시 다양한 거동을 나타낸다. 그러므로, 열역학 데이터베이스를 기반으로 강재의 적층 결함 에너지를 예측하는 모델을 연구 하였고, 이를 기반으로 각 강종별 잔류 오스테나이트의 안정도와 변형 거동을 분석하였다. 또한, swift의 변형율-강도 분석식을 기반으로 하여 잔류 오스테나이트를 포함한 각 상들의 물성을 분석하고, 강종 및 상에 따른 물성 예측 연구를 진행하였다.

[철강8-5 | 12:05]

고탄소강의 고온산화특성에 미치는 열간압연 조건 및 냉각 속도에 관한 연구: *나만호[1], 장진영[1], 장승봉[1], 이수민[1], 권태우[1], 송혁진[1], 조상구[1], 강태구[2], 김지훈[2] ; *[1]현대제철 연구개발본부. [2]동국산업 포항공장.*

Keywords: High carbon steel, Bearing steel, Intergranular oxidation, Coiling temperature (CT), Edge crack

고탄소강은 가격이 저렴하고 열처리에 의한 재질 제어가 용이하다는 장점 때문에 자동차, 기계 부품 등 산업 전반에 걸쳐 사용되고 있다. 최근에는 내마모성과 같은 장수명을 요구하는 부품이 증대되고 있으며, 이를 위해 제조사별 불순물 성분 제어, 열연 탈탄층 및 내부산화 억제를 위한 다양한 연구를 진행하고 있다. 본 연구에서는 자동차 베어링 부품에 적용되는 고탄소강의 내부산화층을 제어하기 위하여 열간압연 모사시험 및 상변태 거동 해석을 통한 베이나이트와 같은 저온상 생성역 회피와 산화거동 억제를 동시에 만족하는 열간압연 조건을 도출하였다. 또한 이를 실제 생산 라인에 적용하여 내부산화에 미치는 열간압연 온도와 냉각 속도의 영향에 대해서 규명하고자 하였다.

[AW-2 | 13:30] 석천학술상 수상기념강연

Prediction of Mechanical Behavior and Microstructure in Steel – Focused on Transformation induced Plasticity: *Heung

Nam Han[1] ; [1]Department of Materials Sc1ience and Engineering, Seoul National University

Advanced high strength steels (AHSS) with complex microstructures require predictive techniques for mechanical behavior and microstructure in component design. In this presentation, we first discuss the phenomenon of transformation plasticity (TP) or transformation-induced plasticity (TRIP) in steel. In TRIP steel, the quantitative effect of transformation-induced plasticity on the enhancement of elongation is also discussed. In displacive transformation, the evolution of the crystallographic texture during deformation and phase transformation were simulated by using the combination of the crystal plasticity and transformation-induced plasticity model. As for the diffusional transformation, the transformation plasticity of steel during phase transformation under external stress was modelled on the basis of a migrating interface diffusion mechanism. A constitutive equation on the transformation plasticity was derived as a function of the transformation rate, temperature and externally applied stress. The predictions were compared with the dilatometric measurements during phase transformation of steel under various levels of uniaxial compressive stress. An implicit finite element model, which coupled hierarchically with a phase field model, was developed to analyze the deformation behavior, the kinetics and micro-structural evolution during the austenite-to-ferrite transformation of low carbon steel. In addition, the non-isotropic behavior of steels during dilatometry was reproduced successfully using the finite element simulation. Finally, we introduce a dual-scale finite element method to predict the macroscale mechanical behavior of multiphase steels. The deformation history of each element in the macro-model was used as the boundary condition for a representative volume element (RVE) at micro-scale, which was constructed by EBSD measurement. The mechanical properties of constituent phases were identified by nanoindentation test and optimization. The local strain distribution among different phases was compared with *in-situ* tensile test results and the individual properties of each phase obtained through the nanoindentation were verified. Then, the experimentally observed mechanical behavior could be explained using the proposed dual-scale finite element approach.

[철강9-1 | 13:55]

First Principles Study on the Embrittlement of Fe-Si Alloys: *최영원[1], 구양모, 권세균; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Electrical steel, Embrittlement, Ordered phases, Ab-initio calculations

High-silicon steel containing more than about 3.5 wt.% Si has excellent soft magnetic properties but is too brittle to be produced into thin sheets by a conventional hot-cold rolling process. The brittleness of high-silicon steel has usually been attributed to the formation of the B2 and $D0_3$ ordered phases. However, the underlying mechanisms of the brittleness are not yet clearly understood. In order to better understand the embrittlement of Fe-Si alloys, we investigate two ductility parameters, conventional Pugh ratio (B/G) and more recently proposed Rice parameter (γ_s/γ_{us}). We used first principles methods to obtain those parameters. γ_s/γ_{us} shows that the atomic ordering induces the embrittlement. This is consistent with the suggestions from the experimental works. On the contrary, B/G predicts that the ordered phases enhance the materials ductility. Therefore, Rice parameter seems to describe more properly the ductility change of Fe-Si alloys than the conventional parameter.

[철강9-2 | 14:10]

Influence of interfacial characters of V carbide on hydrogen embrittlement in iron and steels: A Molecular Dynamics Simulation: *정승필, 이병주; *포항공과대학교.*

Keywords: 수소취성, V carbide, 계면 성질, atomistic simulation, 수소 trap

수소는 고강도 강에서 결함에 편석 됨으로써 기계적 강도를 약화시키는 수소 취성 현상을 발생시킨다. V carbide는 precipitate hardening을 통해 철강의 강도를 향상시킬 뿐만 아니라 수소의 trapping site로 작용함으로써 수소 취성 저항성을 향상시킨다고 알려져 있다. 일부 연구들은 carbide의 크기 즉, Fe/carbide의 계면 성질에 따른 수소 편석 거동을 예측하였고, 이를 통해 Fe/carbide 계면 성질이 수소 취성에 중요한 역할을 한다는 것을 확인하였다. 하지만, 아직 Fe/V carbide 계면 성질에 따른 수소 효과를 정확히 분석한 연구가 진행된 바가 없다. 본 연구에서는 2NN MEAM potential 을 이용한 atomistic simulation을 통해 Fe/V carbide 계면 특성에 따른 수소 trap 거동을 분석하였고, 이를 통해 각 Fe/V carbide 계면 특성이 철강의 수소 취성 현상에 미치는 영향을 이해하였다.

[철강9-3 | 14:25]

Effect of lamellar spacing on hydrogen embrittlement of pearlitic steel: *유상현[1], 이재승[2], 배철민[2], 이영국[1]; *[1] 연세대학교. [2]POSCO.*

Keywords: Pearlitic steel, Hydrogen embrittlement, Lamellar spacing, Fractography

최근 선재 펄라이트 강재의 고강도화가 이루어지면서 수소취성 문제에 대한 안정성 확보가 관심 대상으로 떠오르고 있다. 일반적으로 펄라이트 강재는 다른 강종에 비하여 상대적으로 수소취성 민감도가 낮은 것으로 알려져 있으나, 1 GPa급 고강도 강재에서는 상간 계면 및 전위 등 결함의 증가로 인하여 확산성 수소가 집중될 확률이 높아지면서 수소취성이 발생할 가능성이 높아졌기 때문이다. 펄라이트 강재의 수소취성에 관한 이전 연구는 carbon content, aging treatment 등의 영향을 분석한 논문이 있는데 외부 요인에 의하여 펄라이트 강의 lamellar spacing의 변화가 발생될 수 있지만 lamellar spacing 이외의 다른 변수가 실험결과에 영향을 주었을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 공석강 한 강종으로 등온열처리 온도를 달리하여 lamellar spacing을 제어한 후 수소취성 민감도 평가를 진행하였다. 수소는 실험을 실험을 통하여 직접적으로 관찰이 불가능하기 때문에 fractography와 hydrogen trap site를 가시화함으로써 간접적으로 수소의 집중부를 확인하는 것을 통하여 lamellar spacing이 펄라이트 강의 수소취성에 미치는 영향을

분석하는 것을 연구 목표로 하였다.

철강9-4 | 14:40]

탄화물 형성 원소 첨가에 따른 템퍼드 마르텐사이트 조직강의 수소취성 거동 변화: *서현주[1], 권영진[1], 이준모[2], 김관호[2], 배철민[2], 이종수[1]; *[1]포항공과대학교 철강대학원. [2]포스코 기술연구원.*

Keywords: 템퍼드 마르텐사이트, 수소취성, 탄화물

템퍼드 마르텐사이트 조직강은 비교적 간단한 열처리를 통해 2 GPa 이상의 높은 인장 강도를 획득 할 수 있어 자동차용 스프링강으로 널리 사용되고 있다. 하지만 최근 재료의 강도가 증가할수록 수소취성에 의한 조기 파단이 큰 문제가 되고 있어 이에 대한 안전성 확보가 중요하게 대두되고 있다. 템퍼드 마르텐사이트 강의 수소취성 저항성을 향상 시키기 위해 다양한 연구가 진행 되어 왔는데 대표적으로 기지 내 탄화물을 석출시켜 재료 내의 수소 확산을 억제시키는 방법이다. 하지만 기존의 연구는 템퍼링 열처리 과정에서 석출되는 탄화물이 수소취성에 미치는 영향에 대해 집중되어 왔으며 오스테나이트 열처리 과정에서 고용되지 않은 미고용 탄화물이 수소 취성에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 템퍼링 열처리 중 탄화물 석출이 일어나지 않는 템퍼드 마르텐사이트 조직 강에서 탄화물 형성 원소인 Nb, Ti, V, Mo를 첨가시켜 오스테나이트 열처리 과정 중 미고용된 탄화물이 수소취성에 미치는 영향을 연구하였다. 탄화물 형성 원소를 첨가하지 않은 Base 강재를 기준으로 Nb를 첨가한 경우에는 수소취성 저항성이 향상되었으며 Ti를 첨가한 경우에는 수소취성 저항성이 하락하였다. 이를 해석하기 위해 투과 전자 현미경 (Transmission electron microscope) 관찰 및 열 방출 분석 (Thermal desorption analysis)을 통해 탄화물 특성 및 수소 트랩 거동을 분석 하였다.

[철강9-5 | 14:55]

Zn-Al 도금이 TWIP강의 수소취성현상에 미치는 영향: *권혁준, 이영국; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: TWIP강, Fe_2Al_5, Zn-Al 도금, 수소취성

최근 차세대 자동차 강판으로 주목받고 있는 TWIP강의 수소취성현상에 대해 많은 연구가 수행되어왔다. 그 결과 수소취성 저항성을 개선하기 위해 Al을 첨가하거나, 결정립을 미세화 시키는 방법 등이 제안되었다. 그러나 대부분의 자동차 강판들은 내식성 향상을 위해 아연도금이 적용되는데, 실제적인 TWIP강의 수소취성연구를 위해서는 도금 적용에 따른 수소취성 영향성 연구가 필요하다. 실제 산업현장에서의 아연 도금은 Al이 미량(~ 0.2 wt%) 첨가된 Zn-Al 도금이 적용되는데, Al이 첨가될 경우 Fe_2Al_5 inhibition 층으로 알려진 Fe-Al intermetallic층이 모재 TWIP 강과 아연층 사이에 수초 내 생성되어, 순수 Zn층과 Fe_2Al_5 inhibition층으로 이루어진 도금층이 만들어진다. 이 inhibition층은 Fe와 Zn의 상호확산을 지연시켜 brittle한 Fe-Zn intermetallic층들 (ζ, δ, Γ)의 생성을 억제시킨다. 또한, Fe-Al intermetallic compounds 에서 Al의 양이 증가할수록 수소확산속도가 느려진다는 연구 결과가 있지만 Zn-Al 도금시 생성되는 Fe_2Al_5 inhibition층이 모재 TWIP강의 수소취성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 실제 조업에서 널리 사용되는 Zn-0.2 wt.% Al 도금욕에서 Al-free와 Al-added TWIP 강들을 도금한 뒤, 그 TWIP 강들에서 inhibition layer의 형성과 그 inhibition layer가 수소취성에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

[철강11-1 | 15:15]

구성방정식과 공정변형 지도를 통한 AISI 4340의 고온 변형 해석: *김근학[1], 정민수[2], 이석재[1]; *[1]전북대학교 공대 금속공학과. [2]한국생산기술연구원 열처리연구 그룹.*

Keywords: 고합금 공구강, 고온 변형, 구성 방정식, 공정 변형 지도

Gleeble-3500을 사용해 저합금 고강도강인 AISI 4340강의 고온압축실험이 온도 850~1100°C, 변형률 속도 0.01~10 s^{-1}에서 진행됐다. 실험 결과에 따르면 AISI 4340의 유동응력은 온도, 변형률, 변형률 속도에 영향을 받으며, 압축 온도가 낮을수록, 변형률 속도가 빠를수록 응력은 증가하는 현상이 나타났다. 진응력-진변형률 곡선은 크게 가공경화-동적회복 구간과 동적 재결정 구간으로 나뉘어지며, 구간에 따른 구성방정식이 각각 만들어 졌다. 추가적으로 구성 방정식의 예측 정확도를 올리기 위해 Zener-Hollomon parameter를 보정했으며, 이 결과 실험값과 계산값의 사이의 R^2는 0.98381이다. 또한 변형률에 따른 공정변형지도도 제안됐다. 변형률이 증가할수록 소성 불안정지역이 변하며, 공정변형지도를 통해 최적의 공정조건을 파악할 수 있었다. 최적의 공정조건은 온도가 1100°C, 변형률 속도가 0.01 s^{-1}이고, 조직관찰 시 공공을 발견할 수 없었다. 그리고 피해야 공정조건은 전체 변형률 범위에서 소성불안정 지역이며, 온도가 850, 900°C, 변형률 속도는 1 s^{-1}이였다. 또한 조직관찰을 통해 공공의 존재를 확인할 수 있었다. 미세조직을 통해 AISI4340강의 공정변형지도의 적합성을 파악했다.

[철강11-2 | 15:30]

고질소 고망간 오스테나이트 스테인리스 강의 고온인장 및 파단 분석: *이병주; *충남대학교 공대 금속공학과 에너지기능재료실험실.*

Keywords:

자동차 산업에서 니켈감량 크롬과 탄소가 첨가된 니켈감량 오스테나이트 스테인리스강은 질소와 망간첨가로 오스테나이트을 안정화시킬 수 있으며, 크롬탄화물 석출로 고온 기계적 특성과 탁월한 내부식 특성을 지녀 엔진 부품에 널리 사용되고 있으며, 수요 또한 꾸준히 증가하고 있으나 합금원소의 불완전한 확산과 질소 고용도 차이에 의한 낮은 인성은 열간 가공성과 피로특성에 해로운 영향을 미친다. 오스테나이트 안정화 원소인 니켈 대신에 고망간 및 질소가 다량 첨가된 새로운 스테인리스강 제조 및 가공, 기계적 특성, 합금설계 방안에 대한 연구가 활발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 Ni 의 함량을 낮추고 Mn과 질소를 첨가한 Ni감량 오스테

나이트 스테인리스강에 대한 고온 기계적 특성 및 미세구조를 분석하였다.

[철강11-3 | 15:45]

Microstructure control to improve creep strength of alumina-forming austenitic heat-resistant steel by pre-strain: *장민호[1], 강전연[2], 장재훈[1], 이태호[2], 이창희[1]; *[1]Hanyang university. [2]Korea institute of materials science.*

Keywords: creep test, dislocation strengthening, precipitation hardening, alumina-forming austenitic heat-resistant (AFA) steel.

At 700 ºC and 160 MPa, the creep rupture time of W-containing alumina-forming austenitic heat-resistant (WAFA) steel increases from 1044 to 3119 h by pre-strain. Pre-strain introduces a lot of dislocation in the matrix and most of the dislocations remain to the end of creep without recovery and recrystallization. In addition, the dislocations have enabled secondary NbC and Laves phase to be uniformly distributed and refined. However, the dislocations lower grain boundary strength due to the coarsening of precipitates along grain boundaries Therefore, the increase in the creep rupture time in spite of deterioration of grain boundary strength is attributed to the dislocation strengthening and enhanced precipitation hardening within grains.

[철강11-4 | 16:00]

BN개재물 형성을 통한 금형강 가공성 향상 고찰: *이운재[1], 이석재[1] ; *[1]전북대학교 공대 금속공학과.*

Keywords: Boron, BN, Mold steel, Machinability

본 연구 주제인 BN개재물 형성을 통한 금형강 가공성 향상은 일반적인 금형강 성분에 질소와 보론을 첨가하고 그 비율을 1.9~2.5로 제한함으로써 QT열처리시 보론효과가 나타나며, 재료가 요구하는 강도와 경도를 달성하는 동시에 BN개재물을 통한 가공성 향상을 목적으로 하는 연구입니다. 평가결과, QT 후 경도 300 HB, 인장강도 900 MPa, 항복강도 800 MPa 이상을 확보하였고 보론효과를 통해 표면/중심 경도차이는 20HB이내를 확보할 수 있었습니다. 또한 100개이상/mm^2의 BN개재물 형성을 통해 가공성을 기존대비 약 18% 향상시킬 수 있었습니다.

[철강11-5 | 16:15]

Electric field effect on microstructure and Ni diffusion of Fe alloy prepared by spark plasma sintering: *유진수, 김형호, 홍성현; *서울대학교.*

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 있지만, 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 있다. 하지만 카본 몰드와 펀치의 사용으로 인한 침탄으로 Fe_3C가 형성되기 때문에 순수한 Fe 소결체를 제작하는 것이 어렵고 정확한 소결 거동은 알려진 바가 없다. 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 Fe-Ni의 확산이 억제됨에 따라 Ni-rich phase를 형성하고 기공을 채워 소결밀도가 크게 향상되는 점을 확인하였다. 최종적으로 전류 인가에 따른 grain boundary 주변에 형성된 Ni-rich한 상의 경우 SEM, TEM 등을 활용하여 $FeNi_3$, Ni로 분석 되었으며 grain에서 boundary로 이동함에 따라 Ni의 함량이 줄어듬을 확인하였다. 최종적으로 소결체의 미세구조 분석과 상 분석으로 통전 활성 소결법의 소결거동을 규명하여 고밀도의 소결체를 제작하였다.

[철강11-6 | 16:30]

보론강의 미세조직 및 용접특성에 미치는 고주파 유도 가열을 이용한 연화 열처리의 영향: *김안나[1], 임항준[1], 심우정[2]; *[1]한국산업기술대학교. [2](주)새한산업.*

Keywords: Hot-Stamping, Boron Steel, Softening Heat Treatment, Local Softening, Spot Welding

최근 자동차 산업에서는 연비 규제 및 안전 규제 강화로 인해 자동차 구조용 소재의 고강도화를 통한 경량화가 이루어지고 있다. 그러나 고강도강은 성형이 어렵고 가공 후 변형 회복 현상이 발생하는 문제가 있다. 현재는 이를 해결하고자 핫스탬핑 공법이 개발되어 적용되고 있다. 핫스탬핑 공법은 보론강을 950ºC 이상의 고온으로 가열하여 오스테나이트를 형성한 후, 금형을 이용하여 성형과 동시에 급냉시켜 마르텐사이트로 변화시켜 1.5 GPa 이상의 고강도를 얻는 방법이다. 핫스탬핑 공법은 자동차 부품 중 충격 특성이 요구되는 부품을 제조하는데에 적용되는데, 이러한 부품들은 외부 충격 시 마르텐사이트의 낮은 인성과 용접 후 형성된 열영향부로 인하여 취성 파괴가 발생한다. 이러한 취성 파괴를 방지하고자, 현재는 용접 공정 이전에 외부의 충격을 받는 영역만을 미리 국부적으로 연화시키는 열처리에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 고주파 유도 가열을 이용한 연화 열처리는 급속 가열을 통하여 열처리 공정 시간이 단축되는 장점이 있다. 하지만 고주파 유도 가열을 이용한 국부 연화 열처리 시 형성되는 모재와 열처리 영향부 사이의 천이구간에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고주파 유도 가열을 이용한 국부 연화 열처리 시 형성되는 천이구간이 미세조직 및 용접특성에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다. 실험에 사용된 시편은 핫스탬핑 공법으로 제조된 자동차 부품 중 보론강을 소재로 하는 센터필러에서 채취하였고, 연화 열처리의 온도 (570ºC, 620ºC, 680ºC)를 변수로 하여 고주파 유도 가열을 이용한 연화 열처리를 진행하였다. 연화 열처리에 따른 천이구간의 분포 및 크기를 분석하고자, 경도 측정 및 미세조직

변화를 SEM으로 관찰하였다.

[철강11-7 | 16:45]

Study on the Electroplasticity phenomena for TRIP-aided steel: *Hye-Jin Jeong[1], Ju-Won Park[1], Sung-Woo Jin[1], Kyeong Jae Jeong[1], Moon-Jo Kim[2], Moon-Jin Kang[2], Heung Nam Han[1] ; [1]*Seoul National University.* [2]*Korea Institute of Industrial Technology.*
Keywords: TRIP-aided steel, Electroplasticity, Phase transformation kinetics, Uniaxial tension

Electrically-assisted manufacturing is an emerging technique which can enhance the mechanical properties by applying high electric current to a metal during deformation. When the electric current is applied to a metal, reduced flow stress and increased ductility are observed, which is often called 'eletroplasticity'. Using this technique, it was observed in our group that various microstructural changes including dislocation annihilation, dissolution of intermetallic phase, recrystallization, aging, etc. occur in the direction of improving physical properties due to electric current itself effect (athermal effect) for aluminium, magnesium alloys, and AHSS. However, for TRIP-aided steel, it has been reported that applying electric current during deformation deteriorates the physical properties due to interference of TRIP behavior. In this study, a method of improving the formability through applying pulsed electric current was investigated. Also, the effect of electric current on the TRIP behavior under uniaxial tension was evaluated. To measure the retained austenite phase fraction, microstructure analysis was carried out using electron backscatter diffraction (EBSD), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). Furthermore, the electric current effect was discussed based on a comparative analysis between experimental and calculated value of phase transformation kinetics.

철강 Ⅱ
Room 324A, 10월 25일

[철강1-1 | 09:00]
소결 조건 하 미분광 브리켓의 소성 특성 연구: *김강민, 배종호, 한정환; *인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.*
Keywords: ultra-fine ore, iron ore briquette, sintering process, firing characteristics

제선공정에서 고로에 장입되는 철광석의 적정 입도는 일반적으로 10~30 mm가 바람직하며 10 mm 이하의 분광석은 소결법(sintering)으로, 44 μm 이하의 미분광은 펠레타이징법(pelletizing)으로 적정한 크기의 단광으로 만들어 사용된다. 특히 최근 고품위 제철 자원이 고갈됨에 따라 저품위 미분광의 유효 활용 기술 개발에 대한 필요성이 대두되고 있으며 미분광으로 제조한 성형체를 소결 원료와 함께 장입하여 소결 공정에서 발생하는 연소열을 이용해 소성 또는 부분 환원시키는 방법이 제시되어 왔다. 그러나 소결 베드는 층후에 따라 열 분포가 달라 베드 상부에서는 미소성, 하부에서는 과소성에 따른 용융 현상이 발생할 수 있기 때문에 소결 원료와 미분광 성형체의 층상 구조에 대한 설계가 필요하며 이를 위해서는 먼저 미분광 성형체의 소성 특성에 대한 조사가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 소성온도, 소성시간 및 성형체 제조 조건에 따른 소성 실험을 수행하여 소성 후 강도를 측정하고 단면 형상을 비교 분석하였다.

[철강1-2 | 09:15]
산화물계에서의 열전도도와 주요 결정 인자: *김영재[1], Kazuki Morita[2] ; *[1]한국지질자원연구원. [2]The University of Tokyo.*
Keywords: 열전도도, 세선 가열법, 1차원 Debye 온도

전기로 공정에서 슬래그의 Freeze-lining 및 연속 주조 공정에서 몰드 플럭스을 통한 냉각 과정은 슬래그 및 플럭스 산화물계의 열전도도와 밀접한 관련이 있다. 지금까지 산화물계의 열전도도는 유리질 및 용융 상태에서 각각 개별적으로 연구되어 왔으나, 실제 공정에서는 이들의 열전도도를 동시에 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 세선 가열법을 이용하여, Alkali-borate계의 열전도도를 상온의 유리질에서 고온의 용융 상태까지 측정하였다. 열전도도는 온도의 증가에 따라 함께 증가하다 특정 온도에서 최대값을 보인 후, 감소함을 확인하였다. 유리와 용융 상태에서의 포논을 통한 열전도 메카니즘의 유사성을 고찰하고, Phonon-gas model을 통하여 열전도도를 결정하는 주요 변수를 확인하였다. 또한 열전도도가 최대값을 나타내는 온도를 1차원 Debye 온도 개념을 통하여 평가하였다. 끝으로 MAS-NMR을 이용하여 보론의 배위수 변화를 확인하고, 양이온이 열전도도에 미치는 영향을 이온화 포텐셜을 통하여 평가하였다.

[철강1-3 | 09:30]
Al-Ti deoxidation equilibria in high Cr steel melts: *장정목, 김도형, 도경효, 박종진; *한양대학교 재료공학과.*
Keywords: Fettic STS, Interaction parameter, deoxidation equilibrium, Fe-Cr-Al-Ti-O melts

최근, Ni금속 가격 상승으로 인하여 오스트나이트계 스테인리스강을 대체하기 위해 개발된 고Cr 함유 페라이트계 스테인리스강은 기계적 특성 향상을 위해 탈탄공정 후 Ti을 첨가한다. 이때, Ti실수율 확보를 위해 선행 Al탈산 후 Ti을 첨가한다. Al과 Ti은 산소와 친화력이 매우 크므로 다양한 산화물이 생성될 수 있으며, 이러한 개재물들은 제강공정 및 연속주조공정에서 놀즐막힘 및 표면결함등의 문제를 야기한다. 따라서, 이와 같은 산화물의 제어가 요구되고 있다. 과거 본 연구그룹에서 고농도의 Al-O 관계를 연구하기 위하여 Modified Quasichemical Model (MQM)을 이용하였지만, 페라이트계 스테인리스강 내 Al 및 Ti 농도는 각각 0.02%와 0.1% 이하이므로 Wagner's Interaction Prameter Formalism (WIPF)을 사용하여 탈산평형을 설명하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 WIPF를 이용하여 용강 내 Al, Ti 및 Cr 이 O에 미치는 영향과 Cr함유 용강 내 Al 및 Ti 탈산 평형에 관한 실험 및 열역학적 해석을 진행하였다. 본 연구에서 측정한 WIPF의 열역학 파라미터들을 이용하여 Fe-Cr-Al-Ti-O계에서 산화물의 상안정도 예측이 가능하였으며, Fe 및 Fe-Cr 용강 내 Al 및 Ti 농도에 따른 O 농도 측정 및 평형산화물을 확인을 통하여 상안정도의 정확도를 확인하였다.

[철강1-4 | 09:45]
Improvement of Steel Cleanliness by Impact pad in Boat-type Tundish: *Tae-In Chung[1], Sang-Woo Han[1] ; *[1]POSCO Technical Research Laboratories Steelmaking Research Group.*
Keywords: Tundish, Inclusion, Continuous casting, Impact pad

The present study introduces the improvement activity for the steel-cleanliness at the tundish by the application of the impact pad at Pohang works of POSCO. In order to improve the steel cleanliness, the newly designed impact pads were studied. The mathematical simulation technique which is the commercial CFD (computational fluid dynamics) package FLUENT® was used for several types of configurations to study the residence time distribution of the molten steel, inclusion removals and dead zone of melt flow. The newly designed impact pad showed longer residence time of the molten steel, and increased removal ratio of inclusions at the tundish. Based on results of mathematical simulation, the plant trials were conducted for various steel grades. The results showed that the impact pad is very effective on reducing large inclusions even at unsteady casting condition.

[철강1-5 | 10:00]

Foaming Index of the Molten Slags: *박영주, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Slag foaming, Viscosity, Surface tension, Iron redox equilibrium, Dimensional analysis

슬래그 포밍은 고온 제련 공정 중 유효 에너지 이용률 향상과 함께 환경 개선에 관련된 기술로 주목받고 있다. 슬래그 포밍의 이점을 극대화하기 위하여 지속적인 폼 층의 형성과 함께 슬로핑 현상을 제어할 수 있도록 포밍에 대한 적절한 제어가 필수적이다. 이러한 슬래그 포밍의 제어를 위하여 물리화학적 현상에 대한 면밀한 이해가 요구되므로 이를 바탕으로 한 기초연구가 이루어져야 한다. 슬래그 포밍 현상은 Foaming Index를 통하여 정량적으로 나타낼 수 있으며, 기체의 생성 및 소멸에 대한 동적 평형 상태에서 슬래그 내의 기체 체류 시간으로서 기포의 안정성을 대표하며 이는 슬래그의 물리화학적 성질에 의해 결정된다. 따라서 본 연구에서는 슬래그 점성, 표면장력, 밀도와 Foaming index 간 관계를 다양한 슬래그 계에서의 일반화와 함께, 슬래그 중 산화철의 Redox equilibrium의 영향성을 함께 고찰하였다. 또한 이러한 실험 결과를 바탕으로 차원해석을 실시하여 슬래그 물성과 Foaming index 간 관계를 정량화 하였다.

[철강1-6 | 10:15]

슬래그 활용 고온필터 소재 제조기술 개발: *정은진, 김용중; *(재)포항산업과학연구원.*

Keywords: 슬래그, 미세먼지, 무기필터, 재활용

산업부산물인 슬래그는 현재 시멘트 원료, 토목 건축용 골재, 도로용 노반재, 규산질 비료 등 경제성이 낮은 저부가가치 제품으로 전량 활용되고 있는 실정이나 최근 자원순환법 및 폐기물관리법이 시행예정임에 따라 슬래그내 재활용이 가능한 유효자원을 회수하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 미세먼지 절감을 위한 환경규제가 강화됨에 따라 미세먼지 및 바이오 유해물질 제거를 위한 고효율 섬유 필터의 개발 및 해결이 필수적이며, 본 연구에서는 슬래그의 고부가화 방안의 일환으로 무기필터의 제조가능성에 관하여 평가하고자 하였다. 고온용 필터 소재인 PTFE, 아라미드, PPS(poly phenylene sulfide)와 같은 고가의 고분자를 슬래그 섬유(단섬유, 장섬유 타입)를 이용한 무기필터로 대체하는 방안에 대해 제안하고자 하며, 분산매의 선택적 제거에 의한 웹 제조 후 필터페이퍼를 제조하여 기존 필터를 대체할 수 있는 가능성 및 한정된 공정조건을 보완할 수 있는 방법을 확인하였다. 미세먼지의 포집, 저감기술에 슬래그 활용 방안을 검토하고 기존 고분자 필터 소재에 의해 사용온도 및 내식성에 한계가 있는 단점을 극복할 수 있는 방안에 관하여 제시하고자 한다.

[철강2-1 | 10:30]

고로 출선비에 따른 연화융착대 형상변화에 대한 전산해석적 연구: *이동조; *㈜포스코.*

Keywords: 고로, 대향류, 광석환원, 출선비, 연화융착대

고로는 여러 가지 철원과 석탄연료인 코크스를 노내에 장입하고 고로하부 풍구를 통해 공급된 고온공기에 의해 물리적, 화학적 변화를 일으킨 후 생성물을 노외로 배출시키는 형태의 복잡한 반응기이다. 고로 상부를 통해 장입된 고체 상태의 연/원료 강하와 풍구를 통해 취입된 송풍 기체의 상승이 복잡하게 상호작용하는 대향류 반응기인 고로 내부에서는 수많은 화학종들이 물리적, 화학적으로 상호 작용한다. 이렇게 복잡한 노내 현상을 파악하기 위해 지금까지 주로 이용되는 방법으로는 고로의 해체 조사, 측벽부 온도 측정, 노정 가스 분석, 노외 배출물인 용선/슬래그의 성분 분석, 풍구를 통한 노내 시료 채취 등이 있었으나 최근에는 전산해석적 접근 방법을 통해 노내 현상을 파악하고자 하는 시도가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 고로 내의 여러 현상들을 해석하기 위해 상용 코드인 STAR-CCM+를 이용하여 코크스와 철광석으로 이뤄진 층상구조를 해석할 수 있는 축-대칭 2차원 정상상태 고로 모델을 구성하였다. 먼저 고로 상부 장입(철광석/코크스) 분포를 초기 조건으로 하여 장입물 강하 거동 해석과 이에 따른 노내 장입물 분포를 예측하는 모델을 구성하였다. 이를 기본으로 하여 대향류 거동을 해석하기 위해 기체, 철광석, 코크스에 대해 각각 동일 Domain을 구성하였다. 각 Domain의 해석결과를 상호 교환함으로써 기/고체간 전달 현상을 해석하였다. 해석을 통해 도출한 결과들의 정합성을 확보하기 위해 실고로 수집 가능 데이터들과 상호 검증을 실시하였고 이로부터 장입분포와 장입속도가 노내 온도 분포와 가스 이용률에 밀접한 영향을 주는 것을 알 수 있었으며 출선비의 변화가 연화융착대 형상에 미치는 영향에 대해 해석을 수행한 결과, 출선비가 증가함에 따라 연화융착대의 위치는 Belly부에서 점차 아래쪽으로 이동하여 Bosh부에 형성되는 것으로 확인하였고 융착대 형상 또한 역-V, L, W형으로 점차 변화함을 확인하였다.

[철강2-2 | 10:45]

용융산화철 대한 SiO 가스 용해 반응 속도론: *오준석, 이준호; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: ironmaking process, liquid iron oxide, SiO gas, Si transfer

용선의 Si은 제강공정에서 추가적인 열원으로서 중요한 역할을 하지만 슬래그 부피 증가 및 탈린 반응을 저해하는 역할을 하기 때문에 Si 농도 제어는 제선공정에서 매우 중요한 조업 요소 중 하나이다. 고로 하부에서 생성되어 상승하는 SiO가스는 적하하는 용융철 및 슬래그와 반응하여 용해되는데, 용선으로의 SiO가스 용해반응을 억제 하기 위해서는 슬래그로의 SiO 가스 용해반응에 대한 이해가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 용융산화철에 대한 SiO 가스 용해 반응속도에 미치는 온도 및 염기도의 영향을 살펴보았다. 또한 실험 결과를 바탕으로 용융산화철과 SiO가스 반응의 율속 단계를 검토하였다.

[철강2-3 | 11:00]

Electrochemical Method for Controlling Slag-metal Reaction in Molten $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ system: *Sanghoon Lee, Dongjoon Min; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electrochemical, Slag-metal reaction, DC voltage, Sulfide capacity, Deoxidation

슬래그의 화학적 정련능의 한계 극복 및 제어를 위한 기초연구의 일환으로 슬래그의 전기화학적 정련반응기구에 대한 기초연구와 해석을 행하였다. 본 연구에서는 1773K, C/CO 가스 평형의 조건하에서 Cu와 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$계 슬래그의 열역학적 평형을 도달시킨 후 potentiostat을 이용하여 slag-metal 계면에 0~6V 전압을 인가하여 전기화학적 구동력이 slag-metal반응에 미치는 영향성을 평가하였다. 또한 CaO, SiO_2 그리고 Al_2O_3 포화슬래그를 사용하여 슬래그 조성의 영향성을 평가하였다. In-situ로 측정되는 전류값을 통해 전기화학 반응의 평형을 확인 하였으며 Argon 기류 중 급랭 후 C/S 및 N/O 분석을 통해 황과 산소 농도를 분석하였고 ICP와 XRF분석을 통해 실험 후 금속과 슬래그의 조성을 평가하였다. 그 결과 전기화학 반응에 의한 금속내 물질 수지 변화의 평가를 통해 전압 및 슬래그 조성이 전기화학 반응 기구의 Faradaic efficiency에 미치는 영향성을 평가하였다. 그러나 Nernst 식을 통한 이론적 계산으로부터 전기화학적 구동력에 대한 전기화학 반응은 DC polarization에 의한 IR-drop등의 원인으로 평형에 도달하지 못한 것을 확인하였다. 이에 분극 현상에 대한 추가적인 고찰을 진행하였다.

[철강2-4 | 11:15]

$MnO-BaO-SiO_2-CaF_2$ 슬래그의 점성거동에 미치는 CaF_2의 영향: *김태성, 박주현; *한양대학교.*

Keywords: Ultra low phosphorus ferromanganese alloy, $MnO-BaO-SiO_2-CaF_2$ slag, Silicothermic reduction, Viscosity, Raman spectroscopy

극저인페로망간 (ULPFeMn) 생산을 위해 최근 $BaCO_3$-계 플럭스 첨가기술이 제시되고 있으며, 이 때 탈린반응 진행과 동시에 Mn과 Si의 산화반응에 의해 자연적으로 $MnO-BaO-SiO_2$계 슬래그가 형성된다. 다량의 Mn을 함유하고 있는 $MnO-BaO-SiO_2$계 슬래그는 다시 SiMn 합금철을 생산하는 공정에서 silicothermic 반응을 통해 Mn으로 환원/회수가 가능하다. Silicothermic 반응을 통해 $MnO-BaO-SiO_2$계 슬래그로부터 MnO의 환원효율은 용융 슬래그의 점도와 밀접하게 연관되어 있으므로, 본 연구에서는 $MnO-BaO-SiO_2-CaF_2$ (BaO/SiO_2=1.0, MnO=10-40%) 슬래그의 점도 변화에 미치는 CaF_2 첨가 영향을 평가하였다. MnO 함량이 10%인 슬래그에서 CaF_2 함량의 증가는 슬래그의 점도를 급격히 감소시키는 반면, MnO 함량이 40%인 슬래그에서 CaF_2 함량의 증가가 슬래그의 점도 변화에 미치는 영향은 미미하였다. CaF_2가 슬래그의 점도에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해 Raman 분광법을 활용하여 슬래그의 구조분석을 진행하였다. MnO 함량이 40%인 슬래그에서는 이미 해리된 Q^1(NBO/Si=3), Q^2(NBO/Si=4) 단위체들이 주로 존재하고 있기 때문에 CaF_2를 슬래그에 첨가하여도 슬래그의 구조 해리에 미치는 영향은 미미하였던 반면, MnO 함량이 10%인 슬래그에서 silicate 구조는 CaF_2 첨가에 의해 급격히 해리되어 슬래그의 점도가 급격히 감소한 것으로 확인되었다.

[철강2-5 | 11:30]

X-Ray 형광 투시법 관찰을 통한 수치해석에 사용되는 액상 Fe-C 와 Fe-C-S 내 버블의 항력 계수 교정: *박인범[1], 김상준[2], 강윤배[3]; *[1]POSCO. [2](주)PIBEX. [3]POSTECH GIFT.*

Rising of Ar bubble in C-saturated liquid iron was investigated in-situ by employing a high power X-Ray fluoroscope (maximum power of 450 kV and 4.5 mA) coupled with a high speed camera. This analysis enabled to track the actual motion of rising bubble in the liquid iron. After post-processing of X-Ray images, size, shape, velocity, and trajectory of the bubble were obtained.From the initial study on liquid Fe-C, the bubbles were found to be not spherical, but ellipsoidal. Their average size could be estimated about 1.1×10^{-2} m. The bubbles wobbled during rising and arrived at their terminal velocities within 0.1 sec. The obtained terminal velocities revealed that the governing forces acting on the motion of ellipsoidal bubble were inertia and surface force. This was quite different from that of spherical bubble which was widely used in the assumption for the numerical analysis. As a result, widely applied equation for the drag coefficient ($C_D = 24(1 + 0.15Re^{0.687})/Re$) is seen to be applicable only for low Re regime, and this was also confirmed by the drag coefficient derived from the present experimental observation. Therefore, it is suggested to use the following equation for the drag coefficient $C_D = \max [24(1 + 0.15Re^{0.687})/Re, 8Eo / 3(Eo + 4)]$.The next study was done for liquid Fe-C and liquid Fe-C-S with the relaxed experimental conditions of widen gas flow rate and broaden crucible cross-section. The observed bubbles were also ellipsoidal and their size could be estimated about at least 1.2×10^{-2} m in both liquids. In particular, sulfur acted as a surfactant in liquid Fe-C causing the Marangoni stress on the bubble surface, and it significantly contributed the trajectory and shape of bubble. Consequently, the bubble in liquid Fe-C-S rose in more straightforward and had a distorted shape compared to liquid Fe-C. This affected the bubble dynamics and the retardation of terminal velocity by sulfur was observed. Therefore, it is suggested to use the following equation for the drag coefficient $C_D=\max[24(1+0.15Re^{0.687})/Re\ ,\ \min(((\sin^{-1}\sqrt{(1-(E_M)^2)} - E_M\sqrt{(1-(E_M)^2)})/(1-(E_M)^2))^{-2}\ 2Eo/(E_M^{3/2}(1-E^2)Eo+16E_M^{4/3}), 8/3)]$, where the mean bubble aspect ratio $E_M=1/(1 + 0.163Eo^{0.757})$.

[철강2-6 | 11:45]

Effect of additional Al on Nozzle Clogging for Ti-bearing Al-killed Ultra Low Carbon Steel in Continuous Casting: *Joo-Hyeok Lee[1], Sung-Kwang Kim[2], Myong-Hoon Kang[3], Youn-Bae Kang[1]; *[1]Graduate Institute of Ferrous Technology. POSTECH. [2]Gwanyang works, POSCO. [3]Technical Research Laboratories, POSCO.*

Keywords: Submerged entry nozzle, Continuous casting, Refractory, Ultra low carbon steel, Oxidation

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. In a recent study conducted by present

authors, CO gas from nozzle material containing both SiO_2 and graphite might be harmful to nozzle clogging owing to formation of Fe_tO-TiO_x-Al_2O_3 liquid oxide at the interface. The study indicated that generation of Fe_tO-TiO_x-Al_2O_3 liquid oxide was suppressed by increasing Al contents in Fe-Al-Ti samples. It was expected that additional Al injection into Ti-bearing ULC steels can be beneficial to relieve nozzle clogging phenomena. In the present work, effect of Al addition on nozzle clogging behavior in Ti-bearing ULC steels at 1833K was investigated by using rotating finger method. The electrical iron was melted in an induction furnace at 1833K, and Fe_2O_3, Al, and Ti were added in sequence to control the initial Ti concentration and alumina inclusion formation in the melt. Then, steel-refractory reaction was initiated by merging refractory specimen and periodical sampling was conducted to determine composition changes in liquid steel. After a desired reaction time, the refractory specimen was taken out from the melt, cooled down, and mounted for Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis. Concentrations of Al, Ti, and Si in the samples were obtained by ICP-OES. Dissolved carbon in liquid steel were measured by combustion analysis. As initial Al concentration in liquid steel increases, not only amount of steel attached on refractory decreased but Ti oxidation at the interface was repressed. It means that adding more Al might be effective to alleviate nozzle clogging when Ti-ULC steels casting.

[철강3-1 | | 13:30]

소결기 폭방향 연속식 유량측정을 통한 소성 회수율 향상 기술: *박종력, 김성완; *포스코 기술연구원.*

Keywords: 소결, 회수율, 생산성, 편석, 흡인유속

소결기 베드의 상층부 및 측벽부는 소결과정에서 소성온도 저하, 융액 생성량 부족 및 원료 충진밀도 저하 등에 의해 하층부보다 취약한 소결광 성상을 나타내며 회수율 저하의 요인이 된다. 특히, 소결기 대차의 측벽부는 흡인공기의 유속이 높아 소성온도가 낮고, 급격하게 냉각되므로 대차 중앙부에 비하여 강도가 매우 취약하고 반광 발생이 많아 회수율 및 생산성 저하의 주요 원인이라 할 수 있다. 본 연구에서는 소결기 장입장치중 하나인 셔틀 컨베이어 벨트의 움직임을 제어하여 소결 대차에 장입되는 원료의 폭방향 입도편석을 최적화함으로서 폭방향 유속 편차를 줄이기 위한 DEM 시뮬레이션과 폭방향 유속 편차를 실시간으로 측정하기 위한 장치 개발에 관한 것이다.DEM 시뮬레이션은 상용 프로그램인 EDEM을 활용하여 셔틀 전후진 속도, 정지시간, 댐퍼 각도 제어, 서지호퍼 관리 레벨 등을 제어인자로 하여 폭방향으로 장입된 장입물의 평균입도, 입도분포, 압손 등을 계산하였으며 최적 조건에 대한 Polot급 모사장치를 이용하여 실험실적 모사실험을 통하여 검증작업을 실시하였다.DEM 시뮬레이션과 Pilot 검증실험을 거쳐 최적 조건을 도출한 후 이를 실기 소결기에 적용한 결과 폭방향으로 장입된 원료의 입도편석 제어를 통하여 유속편차가 크게 저하되어 균일화됨을 확인할 수 있었고, 균일소성 조건 구현을 통하여 회수율 2.5%, 생산성 2.6t/m^2/d 향상이 가능함을 확인하였다.

[철강3-2 | 13:45]

스테인리스강의 탈린을 위한 용강-슬래그 반응에 관한 열역학적 고찰: *강진규[1], 김태성[1], 서명덕[2], 김동수[2], 박주현[1]; *[1]한양대학교. [2]두산중공업.*

Keywords: Dephosphorization, Slag-Metal reaction, Stailess steel, Phisical chemistry, CaO-CaF_2-Cr_2O_3-FeO-MgO-SiO_2 slag

저온취성으로부터 자유로운, 고품질 강의 생산을 위해 탈린 공정에서의 슬래그-용강 반응열역학에 대한 이해는 매우 중요하다. 특히 Cr함유 STS강의 탈린 공정은, 용강 중 P 대비 산화력이 높은 Cr에 의해 불가피하게 생성되는 Cr_2O_3에 의한 슬래그 물리화학적 특성 변화로 인해 기존 탄소강에 비해 정련이 난해한 것으로 알려져 있으며, 관련 연구 또한 상대적으로 미비한 실정이다. 이를 극복하기 위해 환원 탈린 기술이 제안되었으나, 이에 대해서는 현실적으로 많은 제약이 따르는 것으로 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 STS 전기로 공정에서 P를 산화시켜 산화물의 형태로 제거하는 산화 탈린 공정에서 생성되는 CaO-CaF_2-Cr_2O_3-FeO-MgO-SiO_2계 슬래그를 기반으로 실험을 진행하였다. 내화재로부터의 MgO 용출 및 슬래그의 점도 및 융점제어를 위한 CaF_2 첨가를 고려하였음에도 불구하고 본 실험조건에서 슬래그는 매우 융점이 높은, 다량의 고상을 포함한 슬래그가 생성되었다. 이에 따라 STS강의 탈린 슬래그의 물리화학적 특성 개선을 위한 신규 플럭스 투입 가능성과 그에 따른 탈린 거동에 관하여 열역학적으로 고찰하였다.

[철강3-3 | 14:00]

Investigation on S Transfer between Liquid Iron and CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO Slag under Electricity: *Dong-Hyun Kim[1], Wook Kim[2], Youn-Bae Kang[1]; *[1]Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. [2]Technical Research Laboratories, POSCO.*

Keywords: Desulfurization, The reversion of S, Electrochemical reaction, Electricity

It is generally known that S transfer between molten slag and liquid iron is electrochemical reaction. Previous investigations showed that applying electric current could enhance desulfurization of liquid iron. S could be reverted back to the iron when applied current was switched off, and even accelerated under reverse current. These studies focused on enhancing efficiency of the electricity driven desulfurization, but the mechanism of the electricity driven S transfer was not fully understood. In the present study, S transfer between molten slag and liquid iron under electricity was investigated under various conditions: changing direction of current, supplying CO gas, and using silver instead of iron as a bath. It was found that applying current could enhance desulfurization even after normal equilibrium. By changing direction of the electric current or supplying CO gas, the reversion of S could be accelerated than the extent without them. It was possible to interpret electrochemical reactions of S transfer and other side reactions. The reversion of S is thought to be coupled with $(M^{2+}) + 2e^- = M(g)$ where M = Ca, Mg or with $CO(g) + 2e^- = C(s) + (O^{2-})$. Ca and Mg might form gas, as their solubilities in liquid iron are very low, but their vapor pressures are high.

[철강3-4 | 14:15]

Development of Vacuum Tank Degasser Process Simulation Model: *Min-Kyu Paek, In-Ho Jung; *Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.*

Keywords: Vacuum Tank Degasser, degassing, process simulation

The main purpose of the Vacuum Tank Degasser (VTD) unit in steelmaking process is the removal of the gaseous impurities such as nitrogen, hydrogen and carbon, the rapid homogenization of steel chemistry and temperature, and the modification of non-metallic inclusions under reduced pressure and strong bottom gas bubbling. In the present study, a kinetic simulation model of the VTD process was developed based on the Effective Equilibrium Reaction Zone (EERZ) Model with the help of the FactSage macro processing code. All the chemical reactions during the process were considered for the simulation: (i) vacuum degassing for de-C, de-N and de-H, (ii) slag/metal reactions, (iii) inclusion/metal reaction with inclusion floatation, (iv) dissolution of alloy and flux (v) heat transfer and loss from liquid steel, etc. In the EERZ model, the mass transfer coefficients of steel and slag for slag/steel reaction were obtained as a function of stirring energy of the process condition, and the thermodynamic calculations at the local interfaces were carried out using the FactSage thermodynamic database. The present kinetic model can accurately predict the chemistries and temperatures of slag, metal and inclusion of the VTD plant operation with a minimum number of tunable model parameters.

[철강3-5 | 14:30]

Effect of Additives on MgO Solubility at MgO, $MgAl_2O_4$ Doubly Saturation Point in High Alumina-bearing Slag System: *윤철민, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Refractory, Self-lining, $MgAl_2O_4$ Spinel, Spinel Dissolution, MgO Solubility, Liquid-solid interface.

최근 제강공정 중 내화재와 슬래그 계면에 spinel 계 화합물이 형성되는 self-lining 현상이 내화재 수명 연장의 방법으로 주목되고 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. $MgAl_2O_4 + 5O^{2-} = MgO + 2[AlO_4]^{5-}$ 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 $[AlO_4]^{5-}$ ion의 안정적인 결합구조 변화와 함께 열역학적 특성이 동시에 변화하므로, MgO의 활동도 계수 또한 영향을 받아 MgO 용해도에 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

[철강3-6 | 14:45]

Study on the Occurrence of Transverse Edge Crack of Low C Steel in Compact Endless Cast and Rolling: *Kang Hyun Choi[1], Jae Ik Yoon[2], Jaimyun Jung[2], Sang Hyeon Lee[1], Sung Yeon Kim[1], Jae Sook Chung[1], Kyo Sun Park[1], Jae Sang Lee[2], Hyoung Seop Kim[2]; *[1]POSCO. [2]POSTECH.*

Keywords: low Carbon Steel, Continuous Casting, Hot Rolling, Sulfur Segregation, Precipitation Model

In steel production, loss of hot ductility and surface cracking problem during continuous casting (CC) process has been a serious problem in micro-alloyed steels. Recently, combined technique of CC and hot direct rolling (HDR) has been adopted to save energy and cost in steel processing. However, the processing features of this technique such as fast casting speed and lack of a reheating stage would cause surface cracking of steel slabs. The hot ductility of continuously cast micro-alloyed steels is influenced by several factors such as austenite to ferrite phase transformation, austenite grain coarsening and micro-segregation. Micro-alloying elements, such as Al, Ti, V, Nb, B, and S can be segregated into austenite grain boundary and cause the loss of hot ductility. A hot ductility loss is often related to the segregation of S to austenite grain boundaries leading to the precipitation of sulfide particles at the boundaries. These sulfide particles promote intergranular failure in austenite by void formation during grain boundary sliding. This failure mechanism has been observed in low carbon steels with low Mn/S ratios. Sulfide inclusions have been shown to be harmful in hot ductility, but the complete mechanism is not fully understood yet. The addition of Mn to steels supports solid solution strengthening, grain refinement and gets ductility by the formation of MnS. In order to design meaningful laboratory-scale hot tensile test, it is important to simulate the temperature conditions during continuous casting as similar as possible. In situ melting, As-cast condition test is needed to incorporate the total S content and get more precise results. In this study, hot ductility of low carbon steel is studied with compression test and tensile test. As-cast tensile test was also conducted to see the influence of S on hot ductility. Changes in reduction of area (RA) with isothermal holding time were investigated using a thermo-mechanical simulator. The mechanism of hot ductility loss and recovery in low carbon steel is explained to result from austenite-ferrite phase transformation and sulfide segregation. The model for MnS precipitation is established with strain-induced precipitation model. FE simulation is conducted to calculate the crack susceptibility of steel slab during continuous casting, based on MnS precipitation model.

[철강5-1 | 15:00]

고로 스테이브 내화물 중 SiC 및 Si_3N_4의 알칼리 침식 거동: *김주훈, 한정환, 이경욱; *인하대학교 공대 신소재공학과.*

Keywords: Alkali corrosion, SiC, Si_3N_4, Slag freezing

최근 용광로 수명은 효과적인 노체 냉각과 함께 내화재의 고급화에 의하여 15년 이상으로 연장되고 있는 추세지만, 고로 내화물 교체를 위해선 고로 조업을 중단해야 하는 문제점으로 인해 많은 비용 손실과 시간이 소요되어 고로 내화물 수명 연장에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 특히 고로 스테이브 부근은 장입물로 인한 마찰 및 열부하가 집중되는 부위로써, 강도와 내침식성이 좋은 SiC 및 Si_3N_4 재질을 사용하고 있으나 알칼리 및 산화 슬래그에 대한 침식은 매우 취약하기 때문에 이러한 Si 계열 내화물 수명 연장에 대한 연구는 지속적으로 진행되어 왔다. 본 연구는 고로 스테이브 내화물 수명연장을 위한 기초 연구로써, SiC 및 Si_3N_4의 알칼리 침식 모사 실험을 진행하였으며, Slag freezing 층이 갖는 알칼리 침식 저감 효과에 대해서 조사하였다.

[철강5-2 | 15:15]

Rietveld법을 이용한 소결광 내 결정상 분석: *박준우, 곽수근, Ramaraghavulu Rajavaram, 이준호; *고려대학교.*

Keywords: Rietveld analysis, Sintered ore, Calcium ferrite, SFCA

본 연구에서는 모사소결로에서 제작된 소결광을 사용하여 Rietvled법을 이용해 소결광 내 결정상 분석을 실시하였다. 소결광은 일반적인 hematite 조성으로 조립되어 1300 ºC의 온도에서 소결되었다. 소결 시편의 XRD 분석 결과 주요 광물상으로는 Fe_2O_3, Fe_3O_4, SFCA가 나타났으며, Rietvled법을 이용해 존재하는 상의 정량적인 분석을 실시하였다. 또한 제작된 소결광을 SEM-EDX 분석과, 화학분석을 실시하여 Rietvled 분석 결과와 비교하였다. 그 결과 Rietvled 분석법이 소결광 내 광물상 분석에 타당함을 확인 할 수 있었다.본 연구에서는 모사소결로에서 제작된 소결광을 사용하여 Rietvled법을 이용해 소결광 내 결정상 분석을 실시하였다. 소결광은 일반적인 hematite 조성으로 조립되어 1300ºC의 온도에서 소결되었다. 소결 시편의 XRD 분석 결과 주요 광물상으로는 Fe_2O_3, Fe_3O_4, SFCA가 나타났으며, Rietvled법을 이용해 존재하는 상의 정량적인 분석을 실시하였다. 또한 제작된 소결광을 SEM-EDX 분석과, 화학분석을 실시하여 Rietvled 분석 결과와 비교하였다. 그 결과 Rietvled 분석법이 소결광 내 광물상 분석에 타당함을 확인 할 수 있었다.

[철강5-3 | 15:30]

Fundamentals on the formation mechanism of Ca_2SiO_4 and CaS layer at the interface of solid lime and molten pig iron: *이성희, 민동준; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: 용선, 고체 CaO, 계면 반응, Ca_2SiO_4, CaS

본 연구는 용선과 고체 CaO의 계면간에 Ca_2SiO_4와 CaS layer의 생성 메커니즘을 열역학관점에서 도출하고 용선 성분이 layer 형성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 SEM-EDS를 통한 계면 분석을 진행하였다. 용선 중 실리콘과 황에 따른 반응 계면을 조사한 결과, 모두 존재하는 경우 CaS와 Ca_2SiO_4 layer가 형성되었으나, 실리콘이 존재하지 않는 경우 CaS layer만 형성되었으며, 황이 존재하지 않는 경우 CaS와 Ca_2SiO_4 layer 형성이 진행되지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 실리콘과 황의 농도에 따른 layer 형성 거동을 살펴본 결과 각 성분의 양이 증가함에 따라 layer 형성이 촉진되며 layer 내의 Ca_2SiO_4의 분율이 증가하는 것이 확인 되었다. 실험 결과들을 열역학적으로 면밀히 고찰하였으며 형성 메커니즘을 제안하였다. 용선 내 알루미늄과 망간이 layer 형성에 미치는 영향을 평가하여 산화 반응의 포텐셜과 layer 형성 사이의 관계를 도출하였다. 해당 결과를 활용하여 고체 CaO의 이용률 저하를 야기하는 Ca_2SiO_4의 형성 억제 방안에 대한 고찰을 진행하였다.

[철강5-4 | 15:45]

Hot Thermocouple(HT) 기술을 이용하여 전기로 슬래그 냉각 거동 연구: *김예림, 유채연, 정용석; *한국산업기술대학교신소재공학과.*

Keywords: Phase separation: TTT diagram: Slag: hot thermocouple: cooling

고로 슬래그가 시멘트 원료로 활발히 재활용 되고 있는 반면, 현재 발생량의 50% 가량이 성토용 골재로 매립되고 있는 제강 슬래그는 성분 중 높은 산화철(FeO) 함량으로 인하여 시멘트 혹은 건축 골재로의 재활용이 어렵다. 이 제강 슬래그에 포함되어 있는 높은 함유량의 철을 회수한다면 앞으로 중요한 자원으로 기대가된다. 일반적으로 현재 사용되는 기존 재활용 기술로는 슬래그 배출 이후 냉각 및 에이징 과정을 거치거나 아토마이징(풍쇄) 처리 시 발생하는 증기를 이용하여 회수하는 기술이 있다. 그러나 냉각 속도 제어를 통하여 슬래그 내 성분 편석을 제어한다면, 이를 통한 상분리 유도도 가능하다고 판단된다. 본 연구에는 냉각온도 및 시간에 따른 상 및 상의 분율을 측정하였고, 슬래그 조성(C/S-염기도 및 FeO)에 따른 상변화를 측정하였다. HT 실험 후 XRD분석, SEM/EDS 분석을 통해 전기로 슬래그의 TTT 다이어그램을 도출하였다.

[철강5-5 | 16:00]

래들 슬래그 중 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰: *한진성[1], 강진규[1], 신재홍[1], 박주현[1] ; *[1] 한양대학교.*

Keywords: Secondary refining, Basic slag, Viscosity, Fluorspar, Refractory corrosion

최근 고청정강의 수요증가로 인해 2차정련 조업에서 탈황, 탈산과 같은 정련효율을 극대화 하기 위해 고염기도 슬래그를 필요로 한다. 이를 위해 과량의 CaO 투입이 필연적이나, 과잉의 CaO 투입 시 슬래그 내 dicalcium silicate 상이 정출됨으로써 유효 액상 분율이 감소하고 슬래그의 겉보기 점도가 증가하여 정련능이 오히려 감소하게 된다. 이를 해결하기 위해 현장에서는 융점이 낮은 형석을 투입하여 슬래그의 물성을 확보하고 있으나, 과도한 형석 투입은 내화재로의 슬래그 침투로 인한 내화재 탈락 현상을 가속화하는 것으로 보고되고 있다. 이는 조업 단가 상승을 유발하기 때문에 형석 투입에 따른 내화재 침식에 대한 정량적인 고찰이 필요하

다. 본 연구에서는 $CaO-Al_2O_3-SiO_2-CaF_2-MgO$ 5원계 슬래그에서 CaF_2 함량을 0~15%까지 변화하면서 MgO 내화재와의 반응실험을 진행하였다. 본 실험 전 MgO-slag 평형실험을 통해 CaF_2 함량 변화에 따른 슬래그 내 MgO 포화 농도는 변화가 없음을 규명하였고, MgO 내화재와 슬래그간의 계면반응에 미치는 슬래그 물성의 영향과 이에 따른 내화재 침식평가를 진행하였다. 슬래그 중 CaF_2 함량이 증가할수록 단위시간 동안 내화재로의 슬래그 침투 깊이가 증가하였고, 내화재/슬래그 계면에서 탈락된 MgO 입자가 증가됨을 SEM을 통해 확인하였다. 이는 슬래그의 점도감소에 기인한 것으로 판단되며, 이를 바탕으로 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식 메커니즘을 제안하였다.

[철강5-6 | 16:15 - 발표취소(Cancel)]

전단박화능 향상을 위한 카본 첨가 몰드플럭스의 유변학적 고찰 및 구조 분석: *정영찬[1], 신승호[2], 조중욱[3], 김선효[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 항공재료연구센터. [3]포항공과대학교 철강대학원.*

[철강6-1 | 16:30]

Aluminium / Carbon 복합 환원제를 이용한 철 회수 기술 개발: *유준수, 정용석; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Slag, pellet, iron recovery

제강공정 시 발생하는 전기로 Slag(고FeO Slag)는 환원제를 이용하여 유가금속 회수가 가능하기에 새로운 철원으로서 가능성을 가지고 있다. 본 연구에선 전기로 Slag에서 환원되는 Fe 절대량이 아닌 Slag가 보유한 FeO량 대비 Fe가 환원 되는 환원율을 보는 것이 목적이며, 실험에는 전기로slag 및 Aluminium/Carbon 복합 Pellet 환원제를 사용, 수직 관상 유도로를 이용하여 1550°C Ar-3 pct H2 분위기에서 실험을 진행하였다. Slag 성분 변화를 관찰하기 위해 0,5,10,30,60 min 간격으로 sample을 채취하여 최종적으로 전기로 Slag(고FeO Slag)의 Fe 환원 거동 관찰 및 Fe 환원율을 도출하였다.

[철강6-2 | 16:45]

A Reduction behavior of $FeCl_2$ using carbonate and carbon at high temperature: *신상균, 민동준; *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: $FeCl_2$, Reduction, Carbonates, Chloride, Carbon.

최근 산화물계 니켈 또는 타이타늄 등의 비철 제련과정에서 부산물로 발생하는 $FeCl_2$를 Fe로 환원하는 방안의 하나로서 Na_2CO_3, Li_2CO_3, K_2CO_3와 같은 탄산 용융염 반응을 통하여 금속 Fe를 제조 공정에 관한 기초 연구를 행하였다. 수직 관상로에서 반응 후 생성물의 분석을 위하여 XRD의 분석 기법을 이용하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. $FeCl_2$의 탄산염(M_2CO_3, M: Na, Li, K)에 의한 따른 환원 반응 가능성을 열역학적으로 확인하였다. $FeCl_2$는 탄산염 이온반응에 의해 산화철 및 Chloride(MCl, M: Na, Li, K)를 생성하였으며, 생성된 산화철은 Carbon에 의하여 금속 Fe로 환원되는 것으로 파악되었다. 탄산염의 첨가 농도가 증가할수록 환원율은 증가하였으며, Li_2CO_3 경우가 가장 높은 환원율을 보였다. 이는 용융염 중 CO_3^{2-} 이온이 $FeCl_2$의 산화제로 작용함과 동시에 CO_3^{2-}이온의 분해에 따라 생성된 CO_2 가스가 탄소와 Boudouard 반응을 통하여 CO 가스를 생성하여 환원율을 높이는 것으로 판단된다.

[철강6-3 | 17:00]

Cu 함유 다원계 슬래그와 용융 황화물간의 Cu 농도 변화에 대한 반응 속도 모델의 응용: *신승환[1], 김선중[2]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Copper smelting slag, Cu removal, matte, kinetics, coupled reaction model

동 제련 공정에서 발생하는 슬래그는 Fe 산화물의 함유량이 많으나 소량의 Cu 산화물을 포함한다. 단순 환원 반응을 통해서는 Cu 함유 환원철을 얻으므로 유용 철 자원으로서의 가치가 떨어진다. 본 연구에서는 제강 공정의 반응 모델에서 사용된 Coupled Reaction Model을 응용하여 Cu 함유 다원계 슬래그와 FeS계 용융 황화물(매트) 간의 반응 모델을 구축하였고, 슬래그와 매트 간의 Cu 농도 변화에 대한 슬래그 및 황화물 조성의 영향 그리고 온도의 영향 등을 조사하였다. 반응 모델 내의 각 성분의 활동도 계수는 Regular solution model 및 기존의 열역학 데이터를 이용하였고 실험데이터를 바탕으로 반응모델의 Cu 농도 변화를 검증하였다.

[철강6-4 | 17:15]

The Effect of Cations on the Sulfide Capacity in $CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2$ Quaternary Slags: *최준성, 박영주, 이성희, 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 양이온(Ca^{2+}, Fe^{2+})효과에 관한 연구를 수행하였다. 탈황능에 미치는 양이온(Ca^{2+}, Fe^{2+})의 전하 보상 효과를 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™4.0을 이용하여 deconvolution 함으로써 Q^n unit 분율의 정량 분석을 진행하였다. Charge Balancing Join : $(Ca^{2+}+Fe^{2+})/(Fe^{3+}+2*Al^{3+}) = 1$ 탈황능은 염기도의 지표인 MO 활동도에 따라 직선적 관계를 나타내었다. 양이온 과잉 영역의 경우 ($M^{2+}/2*Al^{3+}>1.0$), Al^{3+} 및 Fe^{3+} 전하 보상에 필요한 M^{2+}보다 과잉 양이온에 의한 S^{2-} 안정화로 인하여 염기도와 탈황능이 선형적 비례 관계에 있는 것으로 확인되었으나, 양이온 결핍 영역의 경우 ($M^{2+}/2*Al^{3+2+}$이 전하 보상에 요구되는 결핍으로 인하여 정전기적 불안정성에 기인한 슬래그 중 S^{2-} 활동도 계수가 증가하기 때문으로 판단된다. 또한, 양이온(M^{2+}) 치환 효과에 따른 탈황능에 대한 영향성을 확인한 결과, 저농도의 FeO ($FeO/(FeO+CaO)^{2+}$이온보다 친화력이 강한 Fe^{2+}이온에 의해 탈황능이 선형적으로 증가하지만, 고농도의 FeO ($FeO/(FeO+CaO)>0.5$)에서는 Fe^{2+}이온의 silicate의

Q^n unit 친화력으로 인하여 탈황능이 감소하는 것을 확인하였다. 고정된 염기도에서의 탈황능은 양이온(M^{2+})의 종류에 따른 Q^n unit 친화력과 S^{2-}이온의 안정성 사이의 경쟁 관계로 인해 결정되는 것으로 평가되었다.

[철강6-5 | 17:30]

FCC 단일상을 갖는 FeCrMnNiCo 합금 내 비금속 개재물의 특성 평가: *최누리[1], 임가람[2], 박상협[2], 나영상[2], 박주현[1]; [1]*한양대학교*, [2]*재료연구소*.

Keywords: High entropy alloy, FeCrMnNiCo, Non-metallic inclusion, Computational thermodynamics, Electrolytic extraction characterization

고엔트로피합금은 몇 종의 원소를 주성분으로 하는 합금으로서 혼합엔트로피가 높아 안정적으로 단일 고용체를 이루는 것이 특징이다. 다양한 합금계 중 특히 Cantor alloy로 불리는 FeCrMnNiCo 합금은 상 안정성이 뛰어나 넓은 온도 영역에서 FCC 단일상을 이루며 특히 극저온 환경에서 우수한 강도 및 물리적 성질을 가지므로, 미세구조, 파괴 거동 등 다양한 관점에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 한편, 금속 재료 내에 필연적으로 분포하는 비금속 개재물은 합금의 기계적, 화학적 특성을 저하시키는 요인이 되므로 중요하게 고려되어야 함에도 불구하고, 아직 고엔트로피합금 내 비금속 개재물에 대한 정량적 평가는 보고된 바가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 고엔트로피합금 내 형성되는 개재물을 열역학 소프트웨어인 FactSage^{TM}7.0을 통해 예측하고, 이를 전해추출기법과 SEM-EDS를 활용해 2차원 및 3차원 형상과 함께, 화학조성, 크기분포 등을 평가함으로써 정량적으로 비교 평가하였다. 진공유도용해 공정을 통해 제조되었음에도 불구하고, 본 연구에 사용된 FeCrMnNiCo 합금에서는 MnS와 $Mn(Cr,Al)_2O_4$가 다량 발견되었으며, 제작된 합금의 파단면에서도 spinel 구조를 갖는 고융점의 $Mn(Cr,Al)_2O_4$를 확인하였다. 이를 통해 제조공정에서 발생하는 비금속 개재물이 고엔트로피합금의 기계적 성질을 저하시킬 수 있음을 확인하였다.

[철강6-6 | 17:45]

Interaction between Si and Mn in solid γ-Fe at 1473K: *Su Jin Lee[1], Seil Lee[2], Youngjo Kang[1] ; [1]*Department of Materials Science and Engineering, Dong-A University.* [2]*Technical Research Laboratories, POSCO.*

Keywords: interaction parameter, silicon, manganese, MnS precipitation, γ-Fe

Inclusions formed during solidification process and heat treatment can influence on the final product quality, depending on the precipitation behavior, composition change and distribution. For appropriate control on the inclusions and the relevant solutes, it is necessary to properly consider the thermodynamic properties of the solutes even in solid Fe. Especially, Si and Mn have been used as alloying elements in typical steel grade, i.e., deoxidizing agents in steelmaking process. Furthermore, the thermodynamic properties of Mn and Si in solid Fe are of importance in twinning-induced plasticity (TWIP) and transformation induced plasticity (TRIP) steels. However, the thermodynamic properties of the solutes in solid iron phase have not been studied in details compared to in molten steels. In this study, the interaction parameter between Si and Mn (ε_{Si}^{Mn}) was determined in solid γ-Fe at 1473K, based on the distribution equilibrium of Si between solid γ-Fe and liquid Ag. Using the determined thermodynamic property, the precipitation behavior of MnS, which is known to be useful for grain growth control or the improvement of machinability, could be predicted under various Si contents.

제8회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄
Room 324B, 10월 25일

[발전소재1-1 | 10:00]
항공기 터빈 디스크용 Ni기 초내열 합금에 관한 전산 합금설계 기법 개발: *김영광[1], 김동훈[2], 김홍규[2], 윤은유[3], 이영선[3], 이병주[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]재료연구소.*
Keywords: Alloy design, Ni-base superalloys, computational technique

Ni기 초내열 합금은 우수한 고온 기계적 특성으로 인해 수십 년 동안 항공용 엔진 재료로 사용되어 왔다. 특히, 엔진 파트 중 터빈 파트는 높은 온도와 압력 조건에서 장시간 동안 사용되어야 하기에 현재 Ni기 초내열 합금이 가장 많이 사용되고 있다. 터빈 파트 중 디스크 부분은 가장 압력을 많이 부분이기 때문에, 높은 강도이면서 동시에 장시간 사용 가능하도록 재료 설계가 요구된다. 하지만 Ni기 초내열 합금은 10종 넘는 원소를 첨가하여 만들어짐에 따라 일일이 실험을 하여 합금설계를 할 경우 시간적, 비용적 소모가 커지게 된다. 따라서 이를 최소화 하려면 전산 기법을 통해 효율적으로 합금설계 할 수 있는 방안이 요구된다. 따라서 본 연구는 항공용 터빈 디스크에 쓰이는 Ni기 초내열 합금에 관한 전산 합금설계 기법을 개발하는데 그 목적을 두고 있다. 본 연구를 통해 개발된 기법은 열역학 계산과 석출 거동 시뮬레이션을 이용해서 합금 조성과 열처리 조건을 알면, 합금의 강도, 피로 저항, 크리프 저항을 예측 할 수 있게 된다. 본 연구에서는 개발된 기법을 소개하고 이에 따라 예측 된 값이 실제 실험값과 차이가 어떠한지 비교, 분석하였다.

[발전소재1-2 | 10:15]
IN738LC 합금의 3D 프린팅 미세조직 및 결함: *서성문, 최중호, 윤재철, 김수현, 홍재근, 김승언, 박경미, 정희원, 윤대원, 유영수; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: 3D 프린팅, IN738LC, Powder Bed Fusion, 균열

IN738LC는 16 wt%의 Cr과 약 3.3 wt%의 Al 및 Ti를 함유한 합금으로 IN792, GTD-111 합금과 더불어 고온부식저항성이 우수한 대표적인 니켈계 초내열합금이다. 이 합금은 1960년대 개발되었지만 우수한 크립 특성 및 고온부식저항성 등으로 인해 현재도 F-급 발전용 가스터빈인 WH501F 모델의 1~3단 터빈 블레이드용 소재로 사용되고 있다. 한편, 전 세계적으로 이슈화 되고 있는 4차 산업 혁명과 관련하여 금속 3D 프린팅 기술은 기존 산업의 패러다임을 변화시켜 제조업 분야의 혁신을 이끌 가장 주목받는 기술로 떠오르고 있다. 보다 세부적으로 니켈계 초내열합금의 3D 프린팅 관련해서는 항공기 및 발전용 가스터빈의 터빈부 및 연소부에 사용되는 고온 핵심 부품 제조에 3D 프린팅 공정을 적용하고자 하는 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 GE는 이 분야의 선두주자로서 자사 LEAP 엔진의 연료노즐과 2020년 상업 운전을 개시할 보잉 777에 장착 예정인 GE9x 엔진의 저압터빈 블레이드(TiAl계 합금)를 3D 프린팅 공정을 통해 제조하고 있다. 아울러 독일의 Siemens는 2017년 초 자사의 소형 산업용 가스터빈인 13MW급 SGT-400 모델에 장착되는 터빈 블레이드를 3D 프린팅 공정으로 제조하여 고온에서의 하중시험까지 마침으로써 발전용 가스터빈 분야에서 3D 프린팅 공정의 적용을 위한 성공적인 돌파구를 마련했다는 평가를 받고 있다. 반면에 국내 니켈계 초내열합금 관련 3D 프린팅 기술은 최근에서야 기초적인 연구 개발이 진행되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 레이저 소스를 사용한 Powder Bed Fusion (PBF) 방식의 3D 프린팅 공정을 사용해 난용접성 석출강화형 니켈계 초내열합금인 IN738LC의 조형체를 제조하고, 레이저 스캔 속도 및 스캔 전략, 표면 재 스캔 등 3D 프린팅 공정 조건에 따른 조형체의 미세조직을 관찰/분석하였으며, 기공, 개재물, 균열 등의 결함을 정량 분석하였다. 이 같은 결과를 기반으로 3D 프린팅한 IN738LC 합금의 미세조직을 이해하고, 균열 등의 결함 제어를 위한 공정 설계 방안에 대해 고찰하고자 한다.

[AW-5 | 10:40] 청용상 수상기념강연
A novel microstructure design by multi-strengthening of high-temperature materials: *홍현욱[1], 이지원[1], 나선형[2], 설재복[2], 장재훈[3], 이태호[3]; *[1]창원대. [2]포항공대. [3]재료연구소.*
Keywords: High-temperature materials: Grain boundary serration: Creep: Microstructure: Dislocation

The suppression of grain boundary (GB) cavitation resulted from GB sliding and/or strain accumulation is a key issue in order to increase the creep properties of heat-resisting alloys at elevated temperatures. The optimal microstructure design seems to be a promising way to achieve the creep improvement. Damage-tolerant microstructure containing serrated GBs has been developed in various heat-resisting alloys by proprietary thermomechanical treatment. The serrated GBs were found to have plane normal terminated by low-index planes. The creep life was found to be 2.8 times longer by mitigation of GB cavitational damage. The 3D-atom probe tomography (APT) analysis of serrated GB in Ni-Cr model alloy indicates the discontinuous segregation of Cr atoms at GB should be essential for the onset of the GB serration. First-principles calculations predicted that the strain energy near GB due to the segregation of Cr atom would be ~0.6 kJ/mol, which could be critical strain for the onset of the serration. Moreover, the nano-sized complex precipitates with an average diameter of 5 nm formed during initial stage of creep through 5% pre-strain are responsible for the strong hardening effect by pinning the dislocations. The factors affecting creep properties are discussed in terms of intra- and intergranular strengthening.

[발전소재1-3 | 11:05]

니켈기 초내열합금에서 탄화물의 생성과 기계적 특성에 미치는 W과 Mo의 영향: *최백규, 김인수, 도정현, 정중은, 정인용, 조창용; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 초내열합금, 합금원소, 미세조직, 크리프

감마프라임이 주강화상인 니켈기 초내열합금은 주조용과 단련용 합금으로 구별되며 일반적으로 단련용 합금의 경우 감마프라임의 부피분율이 더 작다. 단련용 합금중에서도 고용강화형 합금의 경우 감마프라임의 부피분율이 매우 작거나 감마프라임이 석출되지 않기 때문에 탄화물과 같은 다른 석출상이 기계적 특성에 영향을 미칠 수 있다. 고용강화형 초내열합금의 경우 W이나 Mo 와 같은 고용강화 원소가 첨가되는데 이들 원소는 합금의 탄화물 형성에 영향을 미친다. 감마프라임의 석출을 위해서는 Al, Ti 등의 감마프라임 형성원소가 첨가되는데 이들 또한 탄화물의 석출에 영향을 준다. 본 연구에서는 이러한 합금원소들이 단련용 니켈기 초내열합금의 탄화물의 형성과 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. W, Mo 함량을 달리한 경우와 Al, Ti을 첨가한 모델합금의 조성으로 압연판재를 제작하여 미세조직 관찰과 기계적 특성평가를 수행하였다. W과 Mo 첨가로 인해 시효처리 시 입계 및 입내 탄화물의 밀도가 증가하는데 Mo 첨가가 W 첨가에 비하여 입내 탄화물의 밀도가 더 증가하였으며 W은 입계 근처에서의 불연속 석출을 촉진하였다. 석출강화 원소를 첨가하는 경우 감마프라임의 석출이 불연속 석출되는 탄화물의 성장을 억제하였다. 입내에 석출되는 미세한 탄화물은 합금의 강도를 증가시키는데 입내 탄화물의 밀도가 좀 더 높은 Mo 첨가 합금이 W 첨가 합금에 비해 강도가 높았으며 고온인장 시의 연신율은 입계에 불연속 석출의 정도에 반비례하였다. 고온 크리프의 경우 입내 탄화물의 석출로 크리프 수명이 증가하였지만 동일한 열처리 조건에서 W 첨가 합금이 Mo 첨가 합금에 비해 입내 탄화물의 밀도가 낮음에도 불구하고 더 긴 것으로 나타났다. 이는 탄화물이 전위의 이동을 방해하여 강도가 증가되는 인장실험과는 달리 크리프에서는 Mo에 비해 느린 W의 확산속도가 고온에서의 크리프 변형을 억제하기 때문인 것으로 판단된다.

[발전소재1-4 | 11:20]

Design of bulk nanocrystalline alloys via nano-phase separation sintering: *박만수; *한국과학기술연구원(KIST).*

Sintering has long been studied as a means of achieving bulk nanocrystalline materials from powder inputs. We explore an accelerated sintering mechanism (nano-phase separation sintering) that is specifically beneficial to nanocrystalline alloys that can undergo phase separation. We accelerate the consolidation of tungsten at low processing temperatures, and analyze the sintering mechanism with a thermomechanical analyzer, x-ray diffraction, and electron microscopy with, to establish the role of the second solid-state phase. We demonstrate that this approach can be used to produce bulk nanocrystalline tungsten alloys during a pressureless sintering cycle, opening the door to net shape processing of large and complex components with nanocrystalline structures. We also show how nano-phase separation sintering is generally applicable to other alloy systems.

[발전소재2-1 | 13:30]

본드 코팅 조성이 단결정 초내열합금의 2차 반응 층 구성 상 및 성장 거동에 미치는 영향: *정중은, 김인수, 최백규, 도정현, 정인용, 조창용; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Secondary Reaction Zone (SRZ), Topologically Close Packed (TCP), Bond coat, Superalloy, Vacuum Plasma Spray (VPS)

단결정 초내열합금과 본드 코팅 계면에서 발생하는 2차 반응 층 (secondary reaction zone)은 재결정 조직의 하나로, 코팅 공정에 따른 초내열합금 내의 잔류 응력, 코팅 및 모재 사이에서 구성 원소의 확산 등이 원인이 되어 나타나는 것으로 알려져 있다. 고온 크리프 특성을 극대화시키기 위해 결정립계를 모두 제거한 단결정 합금의 경우 통상적으로 결정립계 강화 원소를 포함하지 않는 경우가 많기 때문에 후처리 공정 등으로 발생된 재결정층은 응력을 거의 지지하지 못해 소재 및 부품의 유효 단면적을 감소시켜 사용 환경에서 크리프 수명을 크게 감소시키는 것으로 알려져 있다. 특히, 부품의 두께가 얇은 항공용 터빈 블레이드, 터빈 노즐 에어포일의 경우 부품의 수명에 미치는 2차 반응 층의 영향이 매우 큰 것으로 보고되고 있다. 그러나 현재까지 국내에서는 2차 반응 층의 생성 원인 등에 관한 기초 연구가 거의 진행되어 있지 않아, 향후 높은 효율의 가스터빈 엔진 개발을 위해서는 이에 대한 기초 연구가 필요한 시점이라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 VPS (Vacuum Plasma Spray) 공정으로 AMDRY 9624, AMDRY 997, AMDRY 9951 3종의 본드 코팅 분말을 2세대 상용 초내열합금인 CMSX-4에 코팅하여, 본드 코팅 조성에 따른 2차 반응 층의 구성 상 및 성장 거동에 대해 알아보았다. 각각의 본드 코팅된 시편을 확산 열처리를 이용하여 모재와 접합 후 1000°C, 1100°C에서 100사이클, 571사이클 까지 반복 열피로 시험을 수행하였다. 반복 열피로에 따른 2차 반응 층의 구성 상 변화를 알아보기 위해 SEM, SEM-EDS 분석을 수행하였고, 일부는 FIB (Focused Ion Beam) 시편 가공 후 TEM 관찰 및 분석을 수행하였다. 또한 반복 열피로에 따른 2차 반응 층의 성장 양상을 분석하였는데, 반복 열피로 초기에는 잔류 응력과 Al의 확산에 의한 cellular structure 형성이 주로 발생하며, 이후에는 Co, Cr, Ni 등의 확산으로 인한 2차 반응 층 조직의 조대화 등이 나타나는 것으로 확인되었다.

[발전소재2-2 | 13:45]

Oxidation Behavior of Modified Ni-base Alloys in a High Temperature Steam Environment: *김성환, 장창희, 김채원; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR), Ni-base alloys, Model alloys, Steam oxidation, Oxidation kinetics

For the High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR), Ni-base alloys Inconel 617 and Haynes 230 are considered as the primary candidate structural materials for their superior creep and oxidation resistance in high temperature oxidizing environments. In terms of

creep behavior, it has been reported that 617 shows a longer rupture lifetime compared to 230. However, past investigations on oxidation behaviors of 617 and 230 in various environments reported that 230 exhibits slower oxidation kinetics as compared to 617. This behavior was ascribed to formation of continuous Mn-Cr-rich spinel layer on 230, as opposed to Ti-rich oxide nodules on 617. Such behavior is thought to stem from differences in chemical composition between 230 and 617, mainly for minor elements that actively partake in oxide formation. In this study, model alloys were fabricated based on the chemical composition of Inconel 617 while Mn, Ti and Al contents were varied in order to discern their individual effects on the oxidation behavior of Ni-base alloys. The modified-617 alloys were exposed to steam environment at 900 °C for up to 1000 h. Weight change measurements and other analyses were taken over a number of time intervals for evaluation and comparison of oxidation kinetics among the alloys. The oxidation behaviors were evaluated and compared in view of the differences in chemical compositions. Additionally, mechanical testing was performed on an alloy that showed good oxidation resistance, and its mechanical properties were compared to those of 617 and 230.

[발전소재2-3 | 14:10]

The role of titanium for Ni-base superalloys during plastic deformation at intermediate temperature: *김영광[1], 김동훈[2], 김홍규[2], 윤은유[3], 이영선[3], 이병주[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]국방과학연구소. [3]재료연구소.*

Keywords: Titanium, Ni-base superalloys, Plasticity

Ni기 초내열 합금은 우수한 고온 기계적 특성으로 인해 수십 년 동안 엔진 재료로 사용되어 왔다. 본 합금은 다양한 원소들이 첨가 됨에 따라 보다 효율적인 합금 설계를 위해선 각각의 합금 원소가 어떤 기계적 특성에 보다 결정적인 영향을 미치는 지를 이해할 필요가 있다. 예를 들어 타이타늄의 경우, γ′의 양을 증가시키고, antiphase boundary (APB) energy를 증가시킴에 따라 강도와 크리프 특성을 향상시키는 데 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 강도는 γ′의 양과 APB energy 뿐 아니라 γ 상의 고용 강화 및 결정립 크기, γ′의 크기와 분포에 따라 영향을 받으며, 크리프 저항성은 γ′의 양, γ′의 크기와 분포, γ 상의 stacking fault (SF) energy, diffusivity, 결정립 크기, γ/γ′ lattice misfit 등에 영향을 받는다. 이에 따라 본 연구자는 중간온도 영역(650~850 °C) 에서 높은 강도와 크리프 저항성을 가지면서도 타이타늄의 양이 적은 Ni기 초내열 합금을 설계하고자 했다. 하지만 타이타늄의 양이 낮은 합금을 가지고 인장과 크리프 실험을 진행했을 때 재료 내 예기치 못한 결정적인 결함이 있음을 발견하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 중간온도에서 인장과 크리프 변형 시 재료 내에서 타이타늄이 결정적으로 어떠한 역할을 하는 지 논하고자 한다.

[발전소재2-4 | 14:25]

화력발전소 신재생에너지 활용에 따른 회분 성상 및 보일러튜브 부식 특성 연구: *최석천; *한국생산기술연구원.*

Keywords: power-plant, Biomass co-firing, Ash behavior, High temperature corrosion

화력발전은 국내 에너지 생산의 40%의 비중을 차지하고 있는 국내 주요 에너지 생산 설비시스템 중 하나이다. 그러나, 자원 고갈과 환경문제에 직면하여, 석탄연료는 바이오 매스(특히 Wood pallet)를 석탄과 혼용하여 발전을 하는 혼소 기술이 최근 대두되고 있다. 정부에서도 신재생에너지의무할당제(Renewable Portfolio Standard: RPS)의 의무 이행에 따라 화석연료를 대신하는 신재생에너지의 확대 적용을 권장하고 있는 실정이다. 혼소 발전의 경우, 석탄에 포함된 미네랄 성분(Si, Ca, Mn, Mg 등)과 바이오매스에 포함된 염소(Cl)성분 및 다량의 칼륨(K), 나트륨(Na)과 결합하여 염화나트륨, 염화칼륨 형태로 존재하게 된다. 석탄 연소 시 생성되는 회분의 경향과는 다른 회분의 성상이 나타난다. 또한, 염화물이 화력 발전 보일러 튜브 표면에 파울링, 슬래깅 형태 점착된 후 연소가스와 튜브표면이 반응하여 부식을 유발하게 된다. 본 연구는 바이오 혼소 시 생성되는 회분의 성상과 이에 따른 고온 부식의 영향에 대한 결과이다. 본 연구는 발전 설비를 활용함에 있어 회분 경향성 분석 및 고은 부식문제를 예측하고 예방하기 위한 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

[발전소재2-5 | 14:50]

승온 및 냉각 속도에 따른 단결정 CMSX-4 합금의 열기계적피로 특성 분석: *도정현, 최백규, 김인수, 정중은, 정인용, 조창용; *한국기계연구원 재료연구소 신금속재료연구부.*

Keywords: Thermo- mechanical fatigue, single crystal superalloy, heating and cooling rates

열기계적피로(Thermo-mechanical fatigue)는 기계적 피로와 열피로가 복합적으로 일어나는 현상으로 발전용, 항공기용 소재에서 급격한 파단을 일으킬 수 있다. 본 연구는 단결정 CMSX-4 합금의 열기계적피로특성을 온도 변화 관점에서 분석하였다. 이에 본 연구에서는 피로 cycle의 주기를 180~360초로 조절하여 승온 및 냉각 속도를 제어하였으며, 400~950 °C 온도 범위에서 Out-of-phase로 시험을 진행하였다. 피로 cycle의 주기가 길어짐에 따라 기계적 피로 변형에 가해지는 응력이 낮아졌으며, 수명은 길어졌다. Hystersis 곡선과 파면 파단면 분석을 통하여 열기계적피로 시험의 고온영역에서 승온 및 냉각 속도가 느려짐에 따라 creep 변형이 강화되어 변형과 파괴에 영향을 미침을 확인하였다.

[발전소재3-1 | 15:15]

설계자와 내열강 개발(Designer and Heat Resistance Steel): *석진익; *두산중공업(주).*

Keywords: 내열강, 설계, 데이터베이스

석탄화력 발전플랜트는 터빈과 보일러와 같은 주요 구성품으로 구성되어 있다. 특히 보일러의 경우 튜브와 파이프가 주요 부품이며, 터빈의 경우는 로타, 블레이드, 밸브, 스터드볼트 등 다양한 핵심 부품으로 구성되어 있다. 발전플랜트의 발전 역사는 주로 발전

효율의 증가에 따라 증기 온도와 압력이 증가하게 된다. 특히 석탄화력 발전 플랜트의 경우는 발전 역사가 내열강 소재와 부품의 개발과 연관이 크다. 즉 새로운 소재가 개발되고 적용되면, 증기 온도와 압력이 상승하고 따라서 발전효율도 증가하므로 연속적인 발전보다는 계단과 같이 단계적으로 발전되어 왔다. 본 발표에서는 화력발전 플랜트의 발전에 미치는 내열강의 개발을 소재엔지니어 관점이 아닌 설계자 관점에서 어떻게 볼 것인가에 대해 논해보겠다. 설계자의 관점에서는 성능이 우수한 소재 보다는 가격적인 면을 동시에 고려하여 소재를 선정하고 설계한다. 소재 엔지니어가 설계자의 관점을 고려하여 소재를 개발하면 보다 효율적으로 상용화가 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 발표에서는 설계자의 관점에서 고려되어야 하는 물성이 무엇이고 어떻게 평가하여 물성 데이터베이스를 구축해야 하는 지를 논하고자 한다. 본 강연은 동일한 물성에 대해 소재관련 엔지니어들과 설계자는 어떤 관점에서 관심을 가지는 지를 소개하고 다양한 관점을 고려하여 소재를 개발할 수 있도록 지원하기 위함이다. 예를들면 크리프 특성의 경우 소재 엔지니어는 특정 조건에서 성능이 우수한 소재 개발에 집중하지만 설계 엔지니어는 온도와 시간의 함수로 크리프 특성을 이해하고 설계에 적용한다.

[발전소재3-2 | 15:40]

고온용 하이엔트로피 합금 개발 동향 및 전망: *류호진, 홍순형, 이준호, 강병철; *한국과학기술원.*

Keywords: 하이엔트로피합금, 내열합금, 고온강도, 내산화성

하이엔트로피 합금은 5종 이상의 원소들이 주 합금원소를 이루어 형성하는 다원계 합금으로서 1개의 기본 원소를 중심으로 합금원소를 최적화하는 기존의 합금과는 합금설계 방법이 크게 다른 점이 있다. 하이엔트로피 합금의 기계적 특성에 대하여 전세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있으며, 특히 Fe, Cr, Co, Ni, Mn 등을 성분 원소로 하는 FCC 계 하이엔트로피 합금은 매우 우수한 상온 및 저온 기계적 특성을 나타내고 있다. 하지만 아직까지는 FCC계 하이엔트로피 합금의 고온 기계적 특성은 기존 초내열합금을 대체하기에는 부족하다는 결과들이 보고되고 있다. 본 강연에서는 초내열합금을 대체하기 위하여 연구 중인 고온용 하이엔트로피 합금의 개발 동향과 고온용 하이엔트로피 합금을 개발하기 위해 시도된 연구 방법론을 소개하고자 한다. 또한 현재까지 실험을 통해 선별된 하이엔트로피 합금의 내열 특성 평가 결과를 통해 고온용 하이엔트로피 합금의 개발 방향을 제시하고 향후 전망을 논의하고자 한다.

[발전소재3-3 | 16:05]

발전설비 보일러 튜브용 A691 소재의 기계적 물성변화에 따른 잔여수명예측: *김명연[1], 이영국[1], 정우상[2], 심재혁[2] ; *[1]연세대학교 공과대학 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: CRH, A691, Creep, LMP, Replica

표준석탄화력발전 시스템에서 재열기(CRH : Cold Reheater)의 소재로 1.25Cr-0.5Mo 내열강인 A691 소재가 사용되고 있다. CRH 배관은 낮은 설계 온도 및 압력(310°C, 52 MPa)을 고려하여 보일러 출력증강 사업추진의 교체 대상목록에서 제외되었다. 그러나, 격상된 운전조건에서는 CRH 배관의 설계 조건이 366°C, 61 MPa로 증가하였으며, 표준화력에서 사용된 기존 A691 소재가 변경된 설계 조건에서 20년 이상의 잔여 수명을 갖는지에 대한 DB가 확보되어야만 한다. 따라서, 본 연구에서는 A691 신재와 550°C 에서 1,000시간 동안 가속열화 된 소재의 기계적 물성을 확인하였다. LMP(Larson-Miller Parameter)법을 이용하여 잔여수명을 정량화하였고, 비파괴검사(휴대용경도계 및 표면복제법)를 활용하여 실제 화력발전소에서 사용된 재료의 물성 및 미세조직을 비교분석 하였다.

[발전소재3-4 | 16:20]

강도-연신 동시 증가 가능 내화금속계 고엔트로피 합금 개발: *김일환[1], 오현석[1], 박은수*[1] ; *[1]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Tungsten alloy, BCC solid solution, High entropy alloy, Ductility, Hardening mechanism

디버터와 같은 플라즈마 대면 소재는 핵융합로 내에서 안정적인 플라즈마 조절을 위하여 고융점, 높은 플라즈마 및 중성자 저항성, 낮은 삼중수소 함유율, 저방사화 특성, 고열전도도, 고온 고강도와 크랙 저항성 등의 복합 특성을 가져야 한다. 현재까지 상기 해당되는 요구조건을 만족하는 가장 가능성 있는 소재로 순 텅스텐이 제안되고 있으나, 텅스텐의 단점을 개선하기 위한 방향으로 타 내화금속을 첨가하여 합금화 하는 것에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 텅스텐을 바탕으로 엔트로피 제어 합금 설계법을 적용하여 다양한 내화금속원소가 첨가된 다성분계 신합금을 개발함으로써 텅스텐이 가지는 낮은 가공성 및 높은 취성으로 인한 크랙 저항성의 약화를 극복하면서도 고온 강도를 높이며 열전도도를 유지할 수 있도록 하는 신개념 플라즈마 대면 소재 설계를 개발하였다. 부연하면, 본 연구에서는 고용체 내 Ta, V, Ti, Cr을 순차적으로 합금화하였고, 제조된 텅스텐 합금의 상온, 고온 압축 특성 및 열전도도와 같은 열물성을 평가함으로써 각 합금 원소 첨가에 따른 기계적, 열적 물성 변화 경향을 조절하고자 하였다. 이를 통하여 고용강화 효과에 따른 강도 특성 변화와 원자가전자농도 (VEC)에 따른 인장률 변화 정도를 고찰하였다. 본 연구를 통하여 플라즈마 대면소재로써 적용 가능한 다성분계 텅스텐 신합금 개발을 위한 물성 데이터베이스를 구축하고, 합금화 원소 및 함량 제어에 의한 구성엔트로피 조절을 통해 텅스텐계 합금의 물성을 조절하는 보다 구체적 합금설계방안에 관한 가이드라인을 제공하고자 하였다.

재료강도
Room 325A, 10월 25일

[재료강도1-1 | 09:00]
어닐링 온도에 따른 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 기계적 특성의 차이: *강유빈[1], 고준영[1], 이갑호[1], 홍순익[1] ; *[1]충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.*
Keywords: CrMnFeCoNi high entropy alloys, strain rate sensitivity, annealing temperature, thermally activated deformation
본 연구에서는 CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금의 어닐링 처리 온도에 따른 기계적 특성의 차이에 대하여 연구하였다. CrMnFeCoNi 하이엔트로피 합금을 각각 710 ºC, 900 ºC에서 어닐링 처리 한 후 온도와 변형률속도에 따른 기계적 특성에 대한 연구를 수행하였다. 710 ºC에서 부분적으로 어닐링 된 시편의 인장강도가 900 ºC에서 어닐링 처리 후의 시편의 인장강도보다 더 높게 관찰되었으며, 강도의 온도의존성은 더 높게 관찰되었다. 본 연구에서는 강도의 온도의존성에 따른 Strain rate sensitivity을 비교하였고 이를 통해, 변형기구의 변화에 대한 연구를 수행하였다.

[재료강도1-2 | 09:15]
특이 환경에서 하이엔트로피 합금이 나타내는 소성 거동 분석: *김우진[1], 이동현[1], 양광휘[1], 서진유[2], 장재일[1]; *[1]한양대학교 [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*
Keywords: high entropy alloy, time dependent deformation, small-punch creep, indentation
하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)은 높은 강도, 연성, 내식성 등 우수한 특성을 가지고 있어 다양한 산업분야로의 적용이 기대되고 있다. 이와 같이 HEA의 실제 적용을 위해서는 다양한 환경에서의 변형 거동에 대한 연구가 필수적이다. 이에 본 연구에서는 고온, 통전, 수소 분위기와 같은 특이 환경에서CoCrFeMnNi HEA가 나타내는 마이크로/나노 스케일 소성거동을 평가하고자 하였다. 나노 압입 및 소형 펀치 크립 등의 다양한 마이크로/나노 스케일 시험을 통해 크립 거동, 변형율 속도 민감도, 활성화 부피를 평가하였고, 이를 통해 HEA의 시간/속도 의존적 소성 거동을 체계적으로 분석하였다.

[재료강도1-3 | 09:30]
Efffect of carbon in CoCrFeMnNi-C high entropy alloys: *고준영, 송재숙, 홍순익; *충남대학교 공대 신소재공학과응용소재.*
Keywords: High entropy alloy, Carbon, Strength, Carbides, Strengthening
본 연구에서는 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금에 탄소를 첨가하여 미세 구조와 기계적 특성의 변화를 관찰하였다. 탄소 첨가의 효과를 확인하기 위해 탄소가 첨가되지 않은 CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금과 탄소가 첨가된 고엔트로피 합금을 아크용해로 주조하여 각각 주조조직, 균질화한 조직, 가공조직, 소둔조직을 관찰하여 미세구조를 비교하였다. Cr7C3 및 Cr23C6 탄화물 입자는 매트릭스와 결정입계에서 분산되어 관찰되었다. 결정립 크기는 탄소가 첨가될수록 감소되는 경향을 나타내었고, 탄소가 평면 슬립을 증가시켜 트윈 분율이 증가하는 것으로 나타났다. 결정립 크기의 감소와 트윈 분율의 증가는 변형가공중 저장된 높은 냉간가공에너지로 인해 탄소를 함유한 고엔트로피 합금에서 활발한 재결정 및 트윈형성이 일어나기 때문으로 분석된다. 강화의 주요한 원인은 고용체 강화 및 나노스케일의 탄화물인것으로 분석하였다.

[재료강도1-4 | 09:45]
AZ91D 합금의 연신율 및 파괴 특성에 미치는 Mg17Al12상 석출거동의 영향: *유기태, 김재연, 변재원*; *서울과학기술대학교.*
Keywords: AZ91D, Elongation, Fracture properties, Mg17Al12, Deformation-twinning
대표적인 상용 마그네슘 합금인 AZ91의 미세구조는 α-Mg 상과 Mg17Al12 조성의 β-상으로 구성되어 있다. AZ91 합금의 시효열처리에 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 연구에도 불구하고, β-상의 정량 미세구조 인자가 연신율 및 파괴특성에 미치는 영향에 대한 이해는 부족하다. 이에 따라 본 연구에서는 다양한 조건에서 시효 열처리된 AZ91D 마그네슘 합금에서 석출된 불연속, 연속 석출물의 분율 등의 정량화된 미세구조 인자와 연신율의 상관관계를 deformation twinning 거동을 이용해 분석하였고, 이에 따른 파괴특성을 관찰하였다. 시효 시편을 여러 가지 변수에서 제조하였으며, 주사전자현미경(SEM)으로 관찰된 불연속 석출물과 연속 석출물은 각각 면적분율(%)과 단위 면적당 수(N/mm2)로 정량화하였다. 기계적 특성을 분석하기 위해 인장실험을 실시하였으며, 인장 시험된 시편의 파단면을 SEM으로 관찰하여 Cleavage facet과 Cleavage step 파단면에 따라 파괴특성을 정량 분석하였다.

[재료강도1-5 | 10:00]
핵융합로용 RAFM강에서 Ti 및 Ta 첨가에 따른 미세조직 및 열화 거동 특성 고찰: *김한규[1], 이지원[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실.*
Keywords: RAFM steel, Fusion reactor, Microstructure, Yield strength, High-temperature stability
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. 이로보아, 열위한 미세조직 안정성은 열간 노출 중 Ti의 빠른 확산과 연관된다고 사료된다. 이러한 확산 문제를 해소하기 위해 크기가 크고, 방사화가 낮은 Ta를 첨가한 Eu97+Ti RAFM강은 고온 시험에서 우수한 미세구조 안정성을 보였으며, 열 노출 이후 인장시험에서도 Ti-RAFM강은 약 11%의 항복 강도 감소가 발생하는 반면, Eu97+Ti RAFM강은 오직 0.9% (316→313 MPa)만 감소하였다. 따라서, 본 연구를 통해 Ti 및 Ta의 단독 혹은 복합 첨가효과 및 Ti 첨가량에 따른 미세조직 변화와 고온 기계적 특성 관계에 대해 정량적으로 고찰하고자 한다.

[재료강도1-6 | 10:15]

9Cr-1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직에 미치는 열처리의 영향: *장기남[1], 김규태[2], 노상훈[1], 강석훈[1], 김가언[1], 김태규[1]; *[1]한국원자력연구원. [2]동국대학교.*

Keywords: Keywordss: ODS steel, Heat treatment, Microstructure.

9Cr-1Mo 산화물분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS) 강은 F/M(Ferritic/Martensitic) 기지에 고온안정성이 뛰어난 산화물 입자가 고르게 분산되어 있어 고온강도가 높고 크리프 특성이 우수하다. ODS 강은 기계적 특성뿐만 아니라 조사저항성과 부식특성이 우수하여 원자력, 화력, 자동차 및 항공 분야의 고온 구조부품 소재로 개발되고 있다. F/M 강의 열처리 조건이 결정립 크기에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔지만 F/M ODS 강의 열처리 조건이 결정립 크기와 마르텐사이트 레스 폭에 미치는 영향에 대해서는 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 노말라이징 온도에 따른 미세조직의 변화를 알아보기 위하여 ODS 강을 950°C, 1075°C 및 1200°C에서 각각 1시간 동안 노말라이징 하였다. 이 후 각각의 시편을 780°C에서 1시간 동안 템퍼링하였다. 또한 노말라이징 이후 냉각속도가 미세조직의 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1150°C에서 1시간 동안 열처리 후 각각 노냉, 공냉, 유냉 및 수냉을 하였으며, 각각의 시편을 780°C 에서 1시간 동안 템퍼링하였다. 그 결과 노말라이징 온도가 높고 냉각속도가 빠를수록 결정립 크기와 레스 폭이 감소하였다. 결정립 크기가 감소할수록 마르텐사이트 변태 시작온도가 낮아져 마르텐사이트 레스가 미세하게 형성되는 것으로 판단된다. 결정립 크기와 레스폭이 작을수록 석출물이 작고 분산되게 석출되었으며 석출물은 주로 $M_{23}C_6$(M=Cr, Fe, Mn), MX(X=C,N)로 나타났다. 경도는 노말라이징 온도가 낮고 냉각속도가 빠를수록 높게 측정되었다. 이러한 연구결과는 고강도 ODS 합금의 열처리 조건을 확립하는데 유용한 자료로써 활용될 것으로 기대된다.

[재료강도2-1 | 10:30]

Nano grain TWIP 강을 이용한 deformation twinning 현상의 size effect 분석: *김성훈[1], 김홍규[2], 안재평[2], 이재철[1]; *[1]고려대학교 신소재공학부. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: FCC, Polycrystal, Deformation twin, size effect, TWIP

Twin은 금속의 강도와 소성량을 동시에 증가시킬 수 있는 주요 소성변형 기구로 이를 금속 재료의 기계적 특성 향상에 응용하기 위해서는 twin 형성에 작용하는 여러 인자들에 대한 이해가 필요하다. 일반적으로 twin 형성에 관여하는 주요 인자로 SFE, size, orientation 등으로 알려져 있다. 변형 조건의 간소화를 위해 단결정 재료 기반의 실험 및 전산 모사를 활용한 연구들을 통해 각각의 인자들이 twin 형성에 미치는 영향에 대해 보고되어 왔다. 하지만 이 중 size에 대한 기존 연구들은 twin-slip 소성변형 전환 임계 크기에 대해 계산적으로 예측된 결과와 실제 실험결과가 서로 상이하게 관찰되는 문제점들이 있었다. 이에 본 연구팀은 주요 인자들을 포함하여 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 실험적으로 확인하기 위해, severe deformed twip강을 열처리 조건을 다변화하여 다양한 size의 결정립을 갖는 인장 시편을 제작하여 TEM 내에서 인장 및 분석함으로써, twinning 현상에서의 size effect에 대해 검증하고자 한다.

[재료강도2-2 | 10:45]

Effect of Microstructure on Fire and Seismic Resistant properties of Mo, Ti and Nb addition: *김준연[1], 이창훈[2], 문준오[2], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소.*

Keywords: Fire resistance, Seismic resistance, Bainite, Low cycle fatigue, Tensile test

현재 내진강의 경우 지진에 노출이 잦은 일본과 미국을 중심으로 개발이 진행되어 왔고 국내의 경우 또한 우수한 특성을 가진 내진강을 보유하고 있지만 내화형강에 대한 연구개발이 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 내진, 내화특성을 동시에 갖는 고성능 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 (V1), 0.1Mo-0.07Ti-0.001Nb (V2), 0.2Mo-0.1Ti-0.001Nb (V3) 에 대해 진공용해 및 열간압연을 통해 3가지 강재를 제조하였다. 미세조직을 토대로 하여 각 강재 별 상/조직 분율 분석결과, 경화능 증대효과가 매우 큰 Mo의 함량이 가장 높은 강재(V3)의 베이나이트 분율이 약 90%로 가장 높게 나타났고, Ti과 Nb의 함량이 가장 높은 강재(V3)의 경우 2.5%로 가장 낮게 관찰되었다. 또한 A3강재의 경우 페라이트 결정립 내에 수 나노 크기의 미세한 (Ti,Mo)-rich MC 석출물이 비교

적 균일하게 형성되어 있는 것을 관찰하였다. 인장시험은 상온(24°C)과 고온(600°C)에서 시행하였다. 상온인장시험 결과 MC 석출물이 가장 많이 형성되고 베이나이트 분율이 가장 낮은 V3강재의 항복강도(642 MPa)와 인장강도(839 MPa)모두가 베이나이트 분율이 가장 높은 V1강재의 항복강도(507 MPa)와 인장강도(644 MPa)보다 높게 나타났다. 항복비 또한 V3강재가 0.77로 가장 낮게 나타났다. 그러나 고온인장시험 결과 V3강재의 상온대비 600°C 항복강도가 가장 큰 폭으로 감소(40%)하였고 연신율 또한 가장 큰 폭의 감소(30.7→22.5%)가 관찰되었다. 이와는 달리, V1강재의 경우 상온대비 600°C항복강도는 가장 작게 감소(26%)하였고, 연신율은 오히려 증가(26.7→30.3%)하였다. 이는 상온에서는 베이나이트 조직보다는 미세 석출물에 의한 강화 및 저항복비 효과가 우수하나, 600°C의 고온에서는 석출물의 강화효과는 급격히 낮아지고 베이나이트 조직에 의한 고온강도 유지가 더 유리하다는 것을 의미한다. 또한 V1강재의 베이나이트 조직은 매우 긴 시간 열노출 후에도 안정하다는 것이 확인되었다. V1강재와 V3강재에 대해 저주기 피로 시험 결과 V1강재는 주로 Cyclic Softening이 일어나고, V3강재는 Cyclic hardening이 일어나는 것을 확인하였고, 상온에서는 V1강재의 저주기 피로 특성이 V3 강재보다 우수하게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 상온과 600°C 고온인장시험 전과 후의 TEM Image 분석을 통하여 A1과 A3강재의 베이나이트 조직과 미세 석출물에 의한 강화효과 및 고온 항복강도 저하 원인을 규명하고자 한다.

[재료강도2-3 | 11:00]

나노포러스 금의 강도에 미치는 리가먼트 크기 효과: *전한솔, 강나리, 곽은지, 송은지, 김주영; *UNIST 신소재공학부*

Keywords: 나노포러스 금, 디얼로잉

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. 이와 같은 분야들에서의 적용을 위해서는 나노포러스 금의 우수한 기계적 신뢰성을 요구하기 때문에, 나노포러스 금의 기계적 물성 평가와 기계적 향상을 위한 연구들이 진행되고 있다. 나노포러스 금의 기계적 물성은 일반적인 open-cell 구조와 마찬가지로 Gibson-Ashby식을 따르게 되며, 상대밀도 증가에 따른 강도가 증가하는 경향을 보인다. 이와 더불어 나노포러스 금의 주목할 수 있는 기계적 물성은 나노포러스 금의 뼈대를 이루고 있는 리가먼트(ligament)의 크기가 작아질수록 강도가 높아지는 리가먼트 크기 효과(ligament size effect)를 보이는 것이 많은 선행 연구들을 통해 밝혀져 있다. 나노포러스 금의 기계적 물성은 nanoindentation 시험법을 통해 많은 분석이 이루어 졌지만, nanoindentation을 통해 계산된 경도값을 항복강도값으로 정확히 변환하는 것에는 어려움이 있으며, 기존의 인장 또는 압축 실험을 통해 얻어진 항복강도값과 연관 짓기 힘들다. 현재까지의 나노포러스 금의 인장, 압축 실험에 대한 분석의 양은 미미할뿐더러, 리가먼트 크기에 따른 기계적 물성을 인장 또는 압축실험에 대한 분석은 미미하다. 나노포러스 금의 기계적 물성의 통계학적이고, 재현성을 가지는 값에 대한 규명이 요구된다. 이러한 사안에 착안하여, 본 연구에서는 나노포러스 금의 열처리를 통한 다양한 리가먼트 크기를 가지는 나노포러스 금을 제작하여, 리가먼트 크기에 따른 나노포러스 금의 인장 및 압축 실험을 통한 기계적 물성을 분석하였다. 디얼로잉(dealloying) 공정을 통해 제작된 나노포러스 금을 다양한 열처리 조건을 통해 리가먼트 크기를 제어하였으며, 항복강도 값에 영향을 미칠 수 있는 시험편에 존재하는 결정립계, 결함을 최소화 하기 위해 어닐링을 통해 결정 크기를 최대화 하였으며, 미소크기를 가지는 시험편을 제작하여 모사-단결정을 가지는 시험편을 제작하였다. 이에 대한 나노포러스 금의 미소크기의 인장 및 압축 실험을 통해 나노포러스 금의 기계적 물성에 대한 분석 및 논의를 진행하였다.

[재료강도2-4 | 11:15]

나노트윈 구조를 가지는 고강도 나노포러스 금의 제조: *곽은지[1], 전한솔[1], 송은지[1], 강나리[1], 남호석[2], 김주영[1]; *[1]UNIST 신소재공학부. [2]국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: 나노포러스 금, 나노트윈 구조, 쌍정 밀도 제어, 실시간 인장 물성 평가

나노포러스 금(Nanoporous gold)은 합성방법과 미세구조 제어가 용이한 나노스케일의 open-cell 구조 재료로 센서, 촉매, 액추에이터, 전극 재료 등 다양한 분야에서 활용가능성이 높은 재료이다. 그러나 나노포러스 금의 다공성 구조는 인장 응력에서 가장 약한 리가먼트에 응력이 집중되면서 급진적인 취성파괴를 나타내어 상용화에 제약을 받고있어, 나노포러스 금의 인장강도를 정확히 측정하는 연구와 동시에 인장 강도와 연성을 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 최근의 연구에 따르면, 금속 박막에 높은 밀도의 쌍정계(twin boundary)를 형성한 나노트윈 구조를 형성하였을 때, 쌍정계로 인하여 전위의 이동이 방해되면서 취성거동을 보이는 나노결정립 구조 재료에 비하여 강도와 연성이 동시에 증가되는 현상이 보고되었다. 본 연구에서는 동시스퍼터링 기법을 이용하여 실리콘 기판 위에 나노트윈 구조의 금-은 모합금 박막을 제조하고 금-은 박막에서 은을 선택적으로 에칭하는 디얼로잉 공정을 거쳐 나노트윈 구조의 나노포러스 금을 제작하였다. 나노포러스 금의 미세구조를 TEM, SEM, EBSD 등을 이용하여 분석하였다. 또한 SEM 챔버 내에서 실시간 인장 실험를 통하여 나노트윈 나노포러스 금의 기계적 물성을 평가하여, 구조에 따른 변형 메커니즘을 DIC와 MD를 통하여 규명하였다.

[재료강도2-5 | 11:30]

투명 스트레처블 봉지재료용 비정질 알루미나 다층박막의 기계적 특성: *우정현, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

최근 유연소자 및 스트레처블 디바이스의 연구가 활발히 진행됨에 따라 소자의 절연층 및 봉지재료로 큰 각광을 받고 있는 비정질 알루미나에 관한 연구도 함께 진행되고 있다. 원자층 증착법을 이용해 증착한 비정질 알루미나는 높은 밀도와 투명도 및 박막의 높은 균일성과 대면적화 가능성이라는 장점이 있지만 높은 증착온도와 비정질 구조로 인한 인장 취성 거동으로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 비정질 알루미나의 저온 증착 및 나노 스케일에서의 기계적 성질 평가에 대한 연구가 진행되고 있다. 최근 연구에 따르면 세라믹 재료와 같은 인장 취성 거동을 갖는 재료의 두께가 감소할수록 이론 강도에 가

깝게 강도가 증가한다는 연구가 보고된 바 있으며, 이러한 재료들이 고분자 혹은 금속과 적층구조를 이루게 되면 급진적 취성 파괴가 억제되어 연신율이 증가한다는 결과가 보고된다. 따라서 본 연구에서는 원자층 증착법으로 고온 증착한 비정질 알루미나의 성능과 비슷한 성능을 갖는 저온 공정의 비정질 알루미나를 제작하고 이론 강도 값을 갖게 되는 최대 두께를 평가하고자 한다. 또한 원자층 증착법으로 증착한 산화막과 적층 구조를 이룬 비정질 알루미나의 기계적 거동을 관찰하고자 한다. 비정질 알루미나의 인장 강도는 push-to-pull 방법을 통해 측정하였고, 접속이온빔장비를 이용해 인장시편을 제작하였다. 적층 산화물의 경우 알루미나의 두께와 적층수에 변화를 주어 기계적 거동의 변화를 관찰하였다.

[재료강도2-6 | 11:45]

유연소자용 금속 박막의 봉지 특성 및 기계적 물성 평가: *박선영, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 봉지박막, 스퍼터링, 나노인장물성, 수분투과특성

플렉서블 디스플레이는 형태를 변형 시킬 수 있어 공간 활용성을 높이기 때문에 차세대 디스플레이로 각광받고 있다. 더불어 플렉서블 디스플레이에 적용 가능한 봉지 기술 개발 연구가 많이 이루어 지고 있다. 봉지막은 외부에서 유입되는 수분과 산소를 차단함으로써 수분과 산소에 취약한 소자의 산화를 방지 할 뿐만 아니라 기계적 충격으로부터 보호 하기 위한 필수적인 구조이다. 글래스를 이용한 봉지 기술 경우 수분 및 산소 차단 효과는 뛰어나지만 플렉서블 디바이스에 적용이 어려운 한계점이 있다. 이에 원자층 증착법(ALD)을 이용하여 투습방지 성능이 좋은 무기층에 유연한 유기층을 적층시킴으로써 유연하면서도 수분 방지에 효과적인 봉지 박막을 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 대면적화 및 상온 공정이 가능한 스퍼터링 기술을 이용하여 금속박막을 제조하고 칼슘(Ca) 부식 테스트를 통해 수분투과 방지 특성을 평가한다. 또한 나노 인장시험을 통해 수분투과 방지 특성뿐만 아니라 고강도 및 연성을 갖는 금속의 봉지층으로써 역할에 대해 토의한다.

[AW-4 | 13:30] 윤동석상 수상기념강연

Nanoindentation: Fundamentals and Recent Applications: *장재일; *한양대학교 신소재공학부*

Keywords: nanoindentation, mechanical properties, nanomechanics

Over the past 3 decades, nanoindentation has been used to measure the various mechanical properties of the small volume in a material at much smaller loads and size scales than conventional micro-/macro-indentations. Now, the nanoindentation technique is being considered not only as a characterizing tool but as a promising technology for better understanding of the mechanisms of small-scale mechanical/physical behavior from materials science viewpoints. In this talk, I would like to attempt to explain how this becoming-somewhat-old technique can be "still" very useful for developing new structural materials based on the examples of its applications to the structural materials processed by severe plastic deformation.

[재료강도3-1 | 13:45]

Al 함량 및 냉각속도 차이에 따른 Fe-Mn-Al-C계 경량철강의 미세조직 및 기계적 물성 변화: *박준영[1], 박성준[1], 이재현[1], 문준오[1], 이태호[1], 정경재[2], 한흥남[2], 신종호[3] ; *[1]재료연구소. [2]서울대학교. [3]두산중공업.*

Keywords: ligh-weight steel, cooling rate, κ-carbide, β-Mn

에너지 자원 고갈 및 환경오염 문제로 연비규제가 강화되면서, 차체 경량화를 위한 소재로서 경량철강 개발에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. FeMnAlC계 경량철강은 Al을 첨가하여 밀도를 낮춘 강종으로, 높은 강도와 우수한 연성을 가지는 것으로 알려져 있다. 그러나 400–950°C에서 κ-탄화물, β-Mn 등의 상이 형성되어 연성이 크게 저하될 수 있으며, 대형 소재의 경우, 열간가공 또는 열처리 후 냉각 시, 부위별 냉각속도의 차이로 재질편차 및 국부적 연성저하 문제가 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 Al 함량이 9.0–12.8 wt%인 경량철강 합금들의 냉각속도 차이에 따른 미세조직 및 기계적 물성 변화를 분석하였다. 합금들을 1050°C에서 균질화 열처리 시 수냉/공냉/로냉 방식으로 냉각속도를 조절하여 냉각하였다. 냉각속도가 느릴수록, 각 합금의 경도는 증가하고, 충격흡수에너지는 감소하는 경향을 나타내었다. XRD, EBSD 및 TEM을 이용하여 미세조직을 분석한 결과, 냉각속도가 느리고 Al 함량이 높을수록, 오스테나이트 입내 κ-탄화물 양이 증가하고, 오스테나이트 입계 및 오스테나이트/페라이트 상경계의 κ-탄화물 크기가 증가하는 것을 관찰하였다. 특히, Al 함량이 12.8 wt%인 합금의 경우, 냉각속도가 가장 느린 로냉 조건에서 오스테나이트/페라이트 상경계에 β-Mn이 형성되어 연성이 크게 저하되는 것을 확인하였다. 또한, 10 ton 규모 대형 소재의 균질화 열처리 후 냉각 공정을 모사하기 위하여, 공냉과 수냉 조건에서 부위별 냉각곡선을 유한요소해석을 통해 예측하였고, 이 결과를 기반으로 재질편차 및 취화를 최소화하기 위한 대형 소재의 냉각 공정에 대해 고찰하였다.

[재료강도3-2 | 14:00]

Mechanical Properties and Deformation Twinning Behavior of CoCrFeMnNi High-entropy Alloy at Low and High Temperatures: *김정한[1], 나영상[2], 임가람[2], 원종우[2], 김형섭[3], 김성웅[2]; *[1]국립한밭대학교 신소재공학부. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소. [3]포항공과대학교 신소재공학과.*

Tensile properties of an as-cast CoCrFeMnNi high-entropy alloy were investigated at various temperatures ranging from −160 to 1000°C. The tensile strength and ductility did not vary significantly with loading direction, despite the alloy's strongly preferred crystallographic orientation. The maximum tensile ductility and three different strain hardening stages were observed at 500°C.

Transmission electron microscopy observations demonstrated that the initiation of deformation twinning was very active even at 500 °C. A simple calculation suggests that very large grains of the as-cast structure induced a reduction in twinning stress, retarding the onset of strain localization.

[재료강도3-3 | 14:15]

나노결정립 하이엔트로피합금의 나노압입 거동에 미치는 온도의 영향 분석: *이동현[1], 최인철[2], 김우진[1], 장재일[1] ; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]Karlsruhe Institute of Technology.*

Keywords: high-entropy alloy, nanocrystalline, elevated temperature, nanoindentation

최근, 하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)의 우수한 기계적 특성을 더욱 향상시키는 방안으로 나노결정립화가 제안되고 있으며, 실제로 나노결정립 HEA가 높은 강도 및 우수한 상온 크립 특성을 나타낸다고 보고되고 있다. 하지만, 이러한 나노결정립 HEA는 높은 결정립계 분율로 인해 미세조직 및 기계적 특성이 온도에 민감하게 영향을 받을 것으로 예상되므로, 이들에 미치는 온도의 영향에 대한 이해가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 나노결정립 CoCrFeMnNi HEA에 대해 다양한 온도에서 나노압입 시험을 수행하였으며, 비교를 위해 조대 결정립 HEA에 대해서도 동일한 실험을 진행하였다. 그 결과, HEA의 변형 거동에 미치는 온도 영향이 나노결정립과 조대 결정립에서 다르게 나타나는 것이 관측되었으며, 이를 온도에 따른 활성화 부피, 활성화 에너지, 미세조직 변화를 통해 고찰하고자 하였다.

[재료강도3-4 | 14:30]

내화강재의 고온인장 평가법: *황성민; *현대제철기술연구소.*

Keywords: Fire resistant steel, mechanical properties, elevated temperature

건물이 초고층화 되면서 안전에 대한 중요성이 커지고 있고 이에 따라서 건축구조용강에서도 지진에 안전성과 화재의 안전성을 고려한 내진강재 및 내화강재를 개발하여 적용하고 있는 중이다. 내화강의 인장시험방법은 일반적인 인장시험과 달리 내화강에 지정되어 있는 특정온도에서 인장시험을 해야 하는 특징을 가진다. 이 특정 온도의 기준은 각 국가별로 약간의 차이를 가진다. 영국등 유럽지역에서는 550°C의 기준을 설정하고 있으나, 미국은 1000 °F (약 538°C) 그리고 일본은 350°C를 적용하고 있으며, 이러한 온도 기준은 대표 강재의 항복강도가 허용 응력도에 도달되는 고온의 온도이다. 본 연구에서는 고온인장시험에서 온도에 따른 강도의 특성과 속도변화와 강도변화를 비교하였다. 시험속도에 따른 고온에서 강도의 영향을 파악하기 위해서 0.00001 s^{-1} ~ 0.01 s^{-1}사이의 다양한 속도로 평가 하였으면 온도에 따른 강도 특성을 평가하기 위해 시험의 속도는 strain rate로 전구간 0.00008 s^{-1} 로 시험하였고, 그 결과 600°C에서의 0.2% 항복강도는 260 MPa이 나왔다.또한 온도별 강도변화를 보기 위해서 일정온도에서 측정하는 방법(steady state test method)과 일정하중에서 온도 변화를 주면서 강도 변화를 확인하는 방법(transient state test method)를 비교하였다.

[재료강도3-5 | 14:30]

Mo 첨가에 따른 내화강 미세조직 및 기계적 특성 변화: *조효행[1], 문준오[1], 이창훈[1], 홍현욱[2], 두원철[3], 이태호[1] ; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소 철강재료연구실. [2]창원대학교 신소재공학부. [3]현대제철 전기로제품개발 1팀.*

Keywords: Fire-resistant steel, Mo, Mechanical property at high temperature, Constant-load test, Isothermal tension test

본 연구에서는 490 MPa급 내화강을 개발하기 위하여 Mo, Ti, Nb 함량이 다른 두 종류의 강재를 진공용해 및 열간압연을 통하여 제작하였으며, 압연 후 용체화 처리 및 노말라이징 열처리를 통해 모재 시험편을 제작하였다. 모재의 미세조직을 관찰하기 위해 주사전자현미경과 투과전자현미경을 이용하였으며, 분석결과 0.1 wt%의 Mo을 첨가한 강의 경우 페라이트와 펄라이트 조직을 가지는 반면에 Mo함량이 증가할 수록 베이나이트 분율이 증가하였다. 내화특성을 평가하기 위해 실제 건물 화재 상황을 모사하여 승온속도 20 °C/min 조건하에서 constant load test를 진행하였다. constant load test는 상온 항복강도 대비 1/2의 하중을 걸어주며, 이때 상온으로부터 일정한 속도로 승온시켜 파단이 발생하는 온도를 측정하는 시험방법이다. 한편, constant load test와 함께 내화강 성능을 평가하는 기준온도인 600°C에서 유지시간에 따른 고온인장시험을 진행함으로서 Mo첨가에 따른 thermal softening 거동변화를 관찰하였다. 그 결과 Mo함량이 높을수록 constant load test시 파단이 발생하는 온도가 올라가며, 또한 고온에서 연화되는 속도가 느려지는 것을 확인하였다. 이는 Mo가 첨가되면 저온 조직인 베이나이트를 형성하는 한편, 고용된 Mo가 전위의 이동을 방해시키는 역할을 하여 전위의 회복이 느려지기 때문으로 판단된다.

[재료강도4-1 | 15:30]

Effect of MC-type carbide forming elements on mechanical properties of heat-resistant cast austenitic stainless steel for automotive turbocharger housing: *AHIALE KWAME GODWIN[1], Won-doo Choi[1], Seungmum Jung[2], Sunghak Lee[2], Yong-Jun Oh[1] ; *[1]국립한밭대학교 공대 신소재공학부 응용소재공학. [2]Pohang University of Science and Technology.*

Keywords: TMF, carbide, tensile strength, microstructure, heat-resistant cast austenitic stainless steel

Thermomechanical fatigue (TMF) and high temperature tensile properties of three groups of heat-resistant cast austenitic stainless steel containing different contents of W (W1, W2) and Mo (W1Mo1) were investigated. The TMF test was conducted at minimum and maximum temperatures of 200°C and 900°C respectively under out-of-phase condition. The tensile test was conducted at 900°C. Increasing the W content from 1 wt.% to 2 wt.% and the introduction of 1 wt.% Mo increased the M_7C_3 carbide significantly with a slight increase in MC carbide. The area fraction of the total carbide exhibited the order W1Mo1>W2>W1, similar to the high

temperature tensile test result. The stress response was marked by a significant hardening for the W1Mo1 samples, however, W1 and W2 samples exhibited initial hardening followed by prolonged saturation until failure occurred. The TMF result revealed that the fatigue resistance increased with an increased in the area fraction of total carbide, however, excessive amount of the carbide decreased the fatigue resistance. Fractography result indicated that the fatigue crack initiated, propagated, and confined in the M_7C_3 carbide phase in the all the samples.

[재료강도4-2 | 15:45]

An investigations of microstructural evolution and mechanical properties of Nimonic 263 Ni-based superalloy: *Jeon-Young Song, Young-Seok Song, Young-Dae Kim, Ji-Ho Gu, Byoung-Koo Kim, Jhin-ik Suk; Materials Technology Development Team, Doosan Heavy Industries & Construction.

Keywords: Ni-based superalloy, Microstructure, g' precipitate, Precipitate free zone, MC type carbide, Mechanical properties

Nimonic 263 alloy is a typical wrought nickel base superalloy, and it has been used for high temperature component in gas turbine engine such as combustion, chamber, casings, liners, exhaust ducting and bearing housings. It is due to their excellent room and high temperature mechanical properties derived from microstructure consisting of gamma and gamma prime, and MC type carbide located at inter-grain and intra-grain. However, this alloy shows the gamma prime precipitation free zone (PFZ) near grain boundaries because formation of MC type carbide in the vicinity of grain boundaries result in depletion of Ti element. PFZs influence the strength and plasticity of this alloy. Also, this alloy possesses numerous annealing twin boundaries. It plays an important role in strength and plasticity. Therefore, investigations of correlation between precipitate free zone and carbide, formation of twin boundaries under various heat treatment condition are very important to show reasonable mechanical property. In order to obtain various volume fraction of gamma prime precipitate, carbides, and PFZ, this alloy was subjected to three kinds of heat treatment consisting of solution heat treatment and aging heat treatment. Room and high temperature (up to 900'C) tensile tests were carried out using standard heat treated Nimonic 263 alloys. After heat treatment and tensile test, microstructure and fracture surface were estimated using SEM, FE-SEM/EPMA. The effects of gamma prime precipitate free zone, grain boundary character, carbide located at inter-, intra grain will be discussed.

[재료강도4-3 | 16:00]

직조 구조를 가진 니켈 초합금에서의 고온 변형 거동 해석: *조훈휘[1], Dinc Erdeniz[2], David C. Dunand[2] ; *[1]국립한밭대학교. [2]Northwestern University.*

Keywords: nickel alloys, 3D weaving, finite element analysis, high temperature creep, creep buckling

Micro-architectured structures are created by a multi-step process including weaving, gas-phase alloying, diffusion, and precipitation using Ni-20 wt pct Cr wires. The creep deformation behavior of the woven Ni-based superalloys is studied under uniaxial compression via finite element (FE) analysis using the architectures imaged via X-ray nano-tomography. The numerically predicted creep strain rates are compared with experimental creep strain rate data. The creep deformation behavior is examined as a function of the geometry of the woven structures: (i) number of Z-shaped wires and (ii) number of bonding of the wires via the formation of a transient-liquid phase (TLP). Fewer Z-shaped wires cause lower creep resistance of the woven structure, thus affecting its creep strain rate due to smaller volume fraction and stiffness. The number of bonding affects the creep deformation of the woven structure. The creep buckling causes much lower creep resistance of the woven structure, thus indicating that it is important to keep the wires vertical and parallel to uniaxial compression direction.

제10회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄

Room 325C, 10월 25일

[소재1-1 | 10:00]

TWIP 강의 바우싱거 효과에 미치는 전변형의 영향: *한종민[1], 김대웅[2], 이성학[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]; *[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]포항공과대학교 항공재료연구센터.*

Keywords: TWIP 강, 전변형, 바우싱거 효과, 변형 경화 효과, EBSD

자동차의 연비를 향상시키기 위해서 구조용 철강재료는 점차 고강도화되고 있으며, 다양한 합금을 활용하여 경량철강, TRIP 강(Transformation-Induced Plasticity Steel), TWIP 강(Twinning-Induced Plasticity Steel)이 전세계적으로 활발히 연구되고 있다. 이 중 TWIP 강은 강도와 연성의 조합이 우수하지만, 강판에서 코일형태로 제작되거나 다시 판재로 성형될 때 스프링백(Springback) 현상이 발생하는 문제가 있다. 이러한 스프링백 현상은 성형 시 정확한 치수의 예측이 어려워 부품성형이 정밀하게 이루어지지 않아 불량품이 만들어지는 원인이 되기도 한다. 스프링백 현상은 후방 응력(Back stress)과 관련이 있으며, 후방 응력은 전방 하중(forward loading) 시 유동응력을 감소시키지만, 역방향 하중(reverse loading)시에는 유동응력을 오히려 증가시킨다. 이러한 바우싱거 효과(Bauschinger effect)에 의한 응력차이는 TWIP 강의 쌍정 및 전위와 밀접한 연관이 있다. 게다가 TWIP 강은 변형이 가해질수록 변형 경화 효과(Strain hardening effect)도 함께 발생하기 때문에 다양한 전변형에 의한 바우싱거 효과에 대한 체계적인 연구가 더욱 요구된다. 따라서 본 연구에서는 TWIP 강을 인장 및 압축 시험을 활용하여 다양한 전변형을 가하고, 그 결과로부터 바우싱거 효과와 변형 경화 효과를 정량화하였다. 또한 EBSD(Electron BackScatter Diffraction)를 통하여 쌍정과 전위를 관찰하고 이들 미세조직과 기계적 물성의 상관관계를 규명하고자 하였다.

[소재1-2 | 10:15]

Bi 코팅 SAC305 솔더볼을 사용한 저온 접합법과 고속변형속도에 따른 파단 특성 분석: *황준호[1], 이종현*[1] ; *[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Bi-coated solder ball, surface mount technology, low-temperature reflow, high strain rate, brittle fracture

Area array 타입 패키지(package)의 솔더 범프 형성 소재로는 접합 후 기계적 물성이 양호한 무연(Pb-free) 합금인 SAC305(Sn-3Ag-0.5Cu) 조성의 솔더볼을 주로 사용하고 있다. 그러나 이 합금은 217°C의 융점을 가지므로 리플로우(reflow) 피크(peak) 온도가 250°C 정도로 높은 편이기 때문에 FR4 PCB(printed circuit board)나 내열부품을 사용하더라도 열화(degradation)로 인해 신뢰성이 감소하는 문제점이 지속적으로 제시되고 있다. 보다 낮은 온도에서 리플로우 솔더링을 실시하기 위해 융점이 138°C로 현저히 낮아 약 180°C의 피크 온도에서도 솔더링이 가능한 Sn-58Bi 합금이 대안으로 제시될 수 있으나, 이 합금은 고속 변형속도 환경에서 취성파괴가 일어나는 큰 단점이 보고되어 모바일 기기나 소형 전자제품 등에 사용되지 못하는 문제가 있다. 언급된 이러한 문제점을 개선하기 위해 기존 SAC305 솔더볼 보다는 리플로우 온도를 낮추어 솔더링할 수 있으면서도 접합부가 고 변형속도에서도 취성 파괴가 억제되는 특성의 저온 실장형 무연 솔더볼을 제안하고자 한다. 이를 위하여 SAC305 솔더볼에 Bi를 코팅하여 core-shell 구조를 가지는 Bi-coated SAC305 솔더볼을 제조하였다. Bi의 코팅은 습식 공정으로 진행되었는데, Sn-Bi 조성이 아닌 순수 Bi 조성만을 코팅하게 되므로 코팅 공정의 간편화 및 코팅층의 일정한 조성 형성이 용이하였다. 제조된 솔더볼은 피크온도 210°C로 가열하는 과정에서 그 표면에 Sn-Bi 합금층을 형성시킴으로써 일반 OSP(organic solderability preservative)/Cu 패드(pad)부에 쉽게 솔더링 접합할 수 있었다. 솔더링 과정에서 형성되는 Sn-Bi 층 성분 중 Sn은 Cu 패드와 반응하며 소모되나, 동시에 SAC 코어(core)부에서의 Sn 성분이 Sn-Bi 합금층으로 공급되는 접합 기구(mechanism)가 관찰되어 형성된 Sn-Bi 액상 합금층은 SAC 코어부의 Sn을 Cu 패드 표면으로 이동시키는 매개체의 역할을 수행하였다. 제조된 솔더 범프는 여러 가지 속도로 전단 테스트를 실시하여 그 파단 특성을 평가하였는데, 순수 Sn-58Bi 솔더볼 사용 시는 관찰된 고 변형속도 하의 취성파괴 특성이 Bi-coated SAC305 솔더볼 사용 시에는 크게 개선됨을 확인할 수 있었다.

[소재1-3 | 10:30]

Actuator용 Ball Screw 손상 원인 분석: *양원존, 유위도, 이건하; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Failure Analysis, Ball Screw, Corrosion

본 연구는 시험 가동 중 손상된 Actuator용 Ball Screw의 파손특징 조사와 사용 소재에 대한 평가 등을 토대로 손상 원인을 정확히 분석하고 향후 재발 방지를 위한 대책을 마련하기 위하여 수행되었다. 해당 Ball Screw는 시험가동(정지/구동 반복)중 손상이 발생하였고 사용 소재는 KS STS440C 스테인레스강이다. 원인분석을 위하여 손상면 관찰 및 소재의 화학성분 분석/기계적 특성평가/미세조직 분석을 평가하였으며 유한요소해석을 통한 접촉부 분석도 수행하였다. Ball Screw 표면 손상은 부식현상으로 판명되었고 특정부위에서만 발생하였다. 이러한 부식에 의산 손상은 해당품의 부동태 피막의 손상에 의한 것으로 판단되며 이는 Ball Rolling시 Ball과의 마찰에 기인한 것으로 정상적인 윤활이 이루어지지지 않아 발생한 것으로 판단된다. 일반적으로 비윤활조건의 경우 접촉하중이 매우 높게 발생한단. 결론적으로 Ball Screw의 부식에 의한 손상은 비정상적인 윤활에 의해 접촉하중이 증가하였고 이로 인해 부동태 피막이 손상되면서 발생한 것으로 판단된다.

[소재1-4 | 10:45]

FEM을 이용한 피로균열전파 특성평가: *이건하, 양원존, 현용택, 권준범; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Finite element metohd, Fatigue crack propagation, Direct current potential drop, Stress intensity factor, Paris' law

본 연구는 항공용·소재 부품 분야에서 요구되는 재료 물성인 피로균열전파(Fatigue crack propagation)에 대한 특성을 평가하기 위하여 수행되었다. 항공용 소재의 핵심 물성 중 하나인 피로특성을 규명하기 위해 직류전위차법(Direct current potential drop method)을 이용하여 피로균열전파 시험을 진행하였다. 직류전위차법을 이용하여 항공분야에서 주로 사용되는 Al2519, Al7075, Ti64 합금에 대한 실험을 수행하였다. 또한 Al2519, Al7075, Ti64 합금에 대하여 유한요소해석(Finite element method)을 이용하여 전산해석을 수행하였다. Crack length에 따른 Stress intensity factor를 비교해본 결과 실험값과 시뮬레이션값은 2%이내의 오차를 보였다. 실험 데이터에서 얻은 Paris' law의 재료상수 c, m을 이용하여 Stress intensity factor에 따른 Crack growth rate을 확인할 수 있었다.

[소재1-5 | 11:00]

고 Si 전기강판의 냉간 압연 시 가장자리균열 방지를 위한 변형률속도에 따른 DBTT 측정: *권준범[1], 허훈[2], 김재성[3], 양원존[1] ; *[1] 재료연구소(KIMS). [2] 한국과학기술원. [3]POSCO.*

Keywords: 변형률속도, DBTT, 전기강판, 냉간압연, 가장자리균열

고 Si 전기강판은 뛰어난 전자기적 특성을 가진 재료로 주로 변압기 및 모터나 발전기의 철심 (Core) 소재로 쓰이는 강판이다. 최근 에너지 절약과 환경오염에 대한 관심 증가로 인해 그 수요가 증가하고 있는데 전기강판의 철손 (Core loss)을 줄이기 위해 첨가되는 Si 함량이 증가할수록 전기강판의 취성이 증가하여 냉간압연 공정 중 압연재 가장자리 부분에 파단이 빈번하게 발행하고 이로 인해 생산성과 실수율이 떨어지게 되는 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위해 고 Si 전기강판의 냉간압연 최적 조건을 도출하여 적용해야 하는데 재료의 연성-취성 천이 온도 (Ductile-to-Brittle Transition Temperature, DBTT)의 정확한 측정 및 적용을 통해 압연재의 취성 파괴를 방지하고 냉간 압연성을 향상시킬 수 있다. 재료의 DBTT는 변형률속도의 영향을 받아 변형률속도가 증가할수록 재료의 DBTT는 증가한다고 알려져 있다. 일반적으로 재료의 DBTT를 구하는데 널리 사용되는 Charpy impact test에서는 시편이 겪는 변형률속도가 10^3 s^{-1} 이상으로 이는 실제 전기강판의 냉간압연시에 압연재가 겪는 변형률속도인 10~100 s^{-1} 보다 매우 높아 최적의 냉간압연 온도를 구하는데 적합하지 않다. 본 연구에서는 고 Si 전기강판의 냉간압연 최적 온도조건 도출을 위해 유압식 고속인장시험기를 사용하여 변형률속도 1~100 s^{-1} 구간에서 DBTT를 측정하였다. 온도에 따른 변형률속도 조건에서 응력—변형률 선도를 획득하고 파단연신율이 급격하게 줄어드는 온도 구간을 관찰하여 DBTT 를 측정하였다. 시험법을 검증하기 위해 시험 후 파단 시편의 파단면을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 관찰하여 취성 파괴와 연성 파괴의 양상을 확인하였다.

[소재1-6 | 11:15]

탄소강 소켓용접부 진동피로 손상평가 및 진동피로 평가 방법론 고찰: *오창영, 이상훈, 김동우, 송상우, 김남규; *한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 소구경배관, 소켓용접부, 원자력발전, 진동피로

원전 소켓용접부 파손에 대한 사례는 국내,외에서 지속적인 보고가 되고 있다. 소켓용접 파손은 원전의 안전성에 영향을 미치는 대형 파손사례는 아니지만, 전력의 안정적 공급에 대한 발전 운용 측면에서는 영향을 크게 미치는 부분이다. 본 연구에서는 원전에서 적용 중인 소켓용접부의 진동 피로에 대한 평가 시험에 대한 개발을 진행하였으며, 국내 소켓용접 파손사례에 대한 분석 및 탄소강 소켓용접부의 진동피로 조건을 구현해 피로수명 평가를 수행하였다. 기존 기술기준에서 제시한 피로수명 평가 결과 전반적으로 설계기준에 비해 여유도가 있는 것으로 분석되었으며, 본 실험 결과 및 현장 평가 등을 통해 평가할 수 있는 방법론에 대해 고찰하였다.

[소재2-1 | 13:30]

Thermal degradation and failure of Na beta-alumina batteries: *정기영[1], 박윤철[1], 손소리[1], 전성운[2], 허회준[3], 강정윤[3], 김창수[4], 장희정[5], Guosheng Li[5], Vincent L. Sprenkle[5]; *[1] 포항산업과학연구원(RIST). [2] 대흥기업. [3] 부산대학교. [4]University of Wisconsin-Milwaukee. [5]Pacific Northwest National Laboratory.*

Keywords: 나트륨-유황전지(Na-S), 나트륨-염화니켈전지(Na-NiCl2), 대용량 전력저장 시스템(ESS), 고온 부식

대용량 전력저장(ESS)용 이차전지로 상용화된 나트륨-유황전지(Na-S)와 나트륨-염화니켈전지(Na-$NiCl_2$)는 음극으로 액상의 나트륨(Na), 고체전해질로 베타알루미나(b"-Al_2O_3)를 공통적으로 사용하기 때문에 나트륨-베타알루미나 전지(NBB)로 통칭되는 고온구동형 이차전지이다. 이들 전지는 에너지밀도가 높고, 저가의 원재료를 사용하며, 대용량화가 용이하다는 장점과 더불어, 15년 이상의 장수명 특성으로 인해 대용량 전력저장용 이차전지로 주목 받고 있다. 이들 전지는 통상 280~350ºC에서 구동하므로 열적 공격성이 존재하는 환경에 노출되며, 이는 활물질의 열화는 물론, 활물질에 의한 금속 집전체의 전기화학적 부식에 의해 전지 성능 저하를 유발할 수 있다. 또한, 활물질에 의한 접합부 부식, 열충격 및 열응력에 의한 이종 접합부의 파손 등이 유발될 수 있으며, 이는 전지의 수명을 제한하는 주요 요인이 될 수 있다. 따라서, 이들 전지를 설계하는데 있어서, 수명을 제한하는 요인들을 최소화할 수 있는 소재 설계와 열응력에 대한 내성을 가지는 전지 형상 설계는 매우 중요하다. 본 발표에서는 나트륨-베타알루미나 전지의 수명을 결정하는 다양한 열화 및 파손 형태를 소개하고, 이를 개선 또는 방지하기 위한 연구에 대해 논의하고자 한다.

[소재2-2 | 14:00]

소재부품 고장분석 사례의 스마트 데이터베이스 구축을 위한 표준화 분류 기준개발: *변재원[1], 김재연[1], 양원존[2], 임영목[2]; *[1]서울과학기술대학교 [2]재료연구소.*

Keywords: 우발고장, 고장분석, 데이터베이스, 표준화

고온, 고하중, 부식 분위기 등 극한환경의 필드에서 사용되는 기계 부품은 설계수명까지의 장시간 사용에 의한 마모고장 외에도, 예상치 못한 원인에 의한 조기 우발고장이 자주 발생한다. 부품의 설계수명보다 짧은 시간에 발생한 우발고장은 예상치 못한 대형사고 초래할 수 있으며, 부품 제조자-사용자간 분쟁을 초래할 수 있어 정확한 고장 분석을 통한 원인 파악이 필요하다. 현재 다양한 고장분석 기관에서는 각자의 기준에 따라 고장 원인 분석을 수행하고 있으나, 이들 고장 분석 자료의 데이터베이스화 및 자료 표준화는 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이 자료들은 체계적 분류 기준 없이 건별로 개별적으로 보관되고 있어 D/B 로서의 기능을 하기가 어렵기 때문에 방대한 필드 데이터를 합리적 기준에 따라 분류하여 스마트 D/B를 구축함으로써 사용자에게 더 효율적으로 손상 관련 정보를 제공할 필요가 있다. 본 연구에서는 재료연구소 소재부품손상원인분석센터에서 수행한 파워포인트 자료 형태의 고장분석 보고서를 제공 받아, 이들을 산업용도/사용환경/재질/손상 메카니즘 등의 관점에서 체계적 분류 기준을 설정하여 데이터베이스화 하였고, 또한 향후 생산되는 고장분석 자료 표준화 수집을 위한 표준 데이터 카드를 제안하였다.

[소재2-3 | 14:15

동적탄성계수 및 프아송비 측정을 위한 방법 및 소재 적용사례: *정대웅[1], 김희준[1], 조인식[2], 이창순[1]; *[1]선문대학교 [2](주)엠브로지아.*

Keywords: 탄성계수, 전단계수, 프아송비, 임펄스 가진법

공학적 의미로서 탄성계수는 재료 설계나 구조물 역학해석 등에서 중요하게 고려된다. 이러한 탄성계수의 측정방법으로는 정적인 방법(static method)과 동적인 방법(dynamic method)으로 구분할 수 있다. 이러한 정적인 측정방법은 인장시험이나 스트레인 게이지를 통해 일정한 외력을 가한 후 이에 상응하는 변형 량을 측정하여 탄성계수를 구하는 방법인 반면, 동적인 측정방법으로는 음파 또는 기계적 진동을 통해 재료의 공명주파수를 찾거나 시편에서 발생한 반향 음을 이용하여 탄성계수를 측정하는 방법이라 정의되고 있다. 이러한 대표적인 동탄성계수 및 푸아송비 측정방법으로는 첫째, 음파를 이용하여 공명 주파수를 찾아내는 공진법(Resonance Technique), 둘째, 초음파를 재료시편에 통과시켜 그 재료시편에서 발생하는 반향 음을 이용하여 탄성계수 및 푸아송 비를 측정하는 초음파 에코 중첩법(Ultrasonic Pulse Echo Overlap) 세째, 기계적 충격을 주어 공명주파수를 찾아내는 임펄스법(Impulse Excitation Technique)이 있다. 따라서 본 논문에서는 동적탄성계수 측정방법에 대한 이론적 설명과 이중 새롭게 연구되고 있는 임펄스 법에 대한 다양한 소재 적용사례에 대하여 발표하고자 한다.

[소재2-4 | 14:30]

Seawater cooling line의 blind flange 파공 원인 분석: *김대경[1], 정성욱[1], 하태필[2], 박종민[1], 한기형[1]; *[1]대우조선해양 산업기술연구소 [2]대우조선해양 해양생산기술부.*

Keywords: corrosion, erosion, leakage, turbulent, flow,

Seawater cooling line에 배관 chemical cleaning 연결용으로 설치된 아연 도금 blind flange가 시운전 중에 파공이 되어 leakage가 발생되었다. 해당 blind flange는 화학 성분과 도금 두께가 설계 사양을 만족하고 있으나, 파공이 발생된 위치는 대형관에 연결되어 있는 T자 형태의 branch 부위로 유속과 난류에 매우 취약한 부위로 판단되었다. 파공 주변의 손상면은 해수의 예상되는 유동 방향의 파형과 일치하였으며, 도금층 손상으로 인해 base metal이 해수에 노출되어 galvanic corrosion으로 인해 손상이 가속화되었을 것으로 판단된다. 이에 본 발표에서는 자세한 분석 내용과 추가로 실시한 해당 branch 부위의 유동 해석 결과를 토대로 seawater cooling line의 blind flange 파공 발생 원인에 대하여 논의하고자 한다.

[소재2-5 | 14:45]

Failure analysis of Cu-Mg alloy wire for high voltage cable: *박기덕, 이승호, 함종오; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: Cu-Mg alloy, failure analysis, foreign material, Stress corrosion cracking

The purpose of this study is to identify the failure cause of Cu-Mg wire for high voltage cable. The failure of Cu-Mg wire occurred about 3 months after installation. Metallographic analysis, scanning electron, Microscopy, XPS, tensile test was conducted to analyze the reasons of Cu-Mg wire failure. The main reason of Cu-Mg wire is a combination of stress and corrosion environment. The foreign materials were observed on several parts of surface. Crack initiates on foreign material containing S and Cl. And from fracture surface analysis, No deformation trace was found on the fracture surface excluding the final fracture area. And brittle fracture tends to occur. In addition, crack initiation site was covered with foreign material having Cl and S. Based on the results, the cause of the failure is considered to be stress corrosion cracking caused by foreign material resulting in corrosion and tensile stress applied.

[소재2-6 | 15:00]

HEX 볼트의 머리부 파단 원인 분석: *함종오, 조병일, 박기덕, 이승호; *한국화학융합시험연구원.*

Keywords: CHQ Wire(Cold Heading Quality Wire), Hex bolt, Non-Metallic Inclusion, Cleavage fracture

엘리베이터 도어에 사용되는 십자 육각볼트(M8x25) 체결 시, 머리부위가 파단이 발생하여 이에 대한 원인분석을 수행하였다. 볼트의 화학성분 분석 결과는 JIS G 3507-2(냉간압조용 탄소강) SWCH10A강종의 합금성분에 적합하였다. 미세조직 관찰 결과 정상시료 및 불량시료 모두 기지는 Ferrite조직으로 이루어져 있으며 결정립과 결정립 사이에 펄라이트(검은색) 형성되어 있었으며, 불량시

료의 결정립 크기가 정상시료 보다 15~20 μm 크게 나타났다. 비금속개재물 측정 결과 불량시료는 Type B(Alumina)와 Type D(Globular)의 지수(i)가 2.5이상으로 정상시료에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 인장강도 측정결과 불량시료는 460 MPa로 정상시료에 비해 50 MPa 낮게 나타났으며, 경도 역시 불량시료는 173 HV0.1로 정상시료에 비해 15 HV0.1 정도 낮게 나타났다. 거시적 파면 분석 결과, 파단 시 45°방향으로 나타나는 Shear lip 존재하지 않았으며 Flat한 파단면이 나타났으며, SEM 분석 결과, 표면부위에는 결정립이 쪼개지는 벽개파괴 양상이 나타났으며 중심부위에는 줄어든 단면적이 전체 힘을 견디지 못해 순간에 파단되는 양상이 나타났다, 따라서 볼트의 파단원인은 볼트 가공 시 볼트의 모서리 부위에 미세크랙이 존재한 상태에서, 볼트 장착을 위한 토크 부여 시 비금속개재물 및 잔류응력이 이 지역에 집중되어 미세크랙이 쉽게 볼트 중심부로 전파했으며, 최종적으로 줄어든 단면적이 전체 힘을 견디지 못해 순간에 파단되는 것으로 사료된다.

여성 심포지엄
Room 320B, 10월 26일

[여성1-1 | 15:30]
Fe-V 합금의 고용강화 및 고용연화 현상에 대한 분자동역학적 고찰: *박지혜; 연세대학교.

[여성1-2 | 15:40]
Evolution of Detrimental Secondary Phases in Unstable Cu2ZnSnS4 Films during Annealing: *정효림; 전남대학교.

[여성2-1 | 15:50]
지속가능한 발전을 위한 미래 소재 개발 전략: *주영창; 서울대학교 공대 재료학부.
인류는 급속한 산업과 문명의 발전을 이루었으나, 이는 막대한 재료의 소비를 가지고 왔다. 이러한 재료 소비의 증대는 자원 고갈로 이루어지고 있으며, 재료의 소비 과정에서 발생하는 환경 문제 또한 잠재적인 위험으로 다가오고 있다. 따라서 인류의 지속적인 발전(sustainable development) -미래 후손들의 필요에 피해를 주지 않으면서 현 시대의 요구에 부응하는 발전- 을 위해서는 이에 맞는 지속 가능한 기술이 필요하며, 그 가능성을 높여주는 적절한 재료의 선택이 필요하다. 특히, 재료 혁신을 포함하는 지속 가능 기술은 생산량 규제 등과 같은 수동적인 미래 설계 방법에서 벗어나, 신규 시장 창출 및 새로운 자원의 확보와 같은 능동적인 미래 설계를 가능하게 해주므로, 지속가능한 미래를 위한 재료 개발 전략이 반드시 필요한 실정이다. 본 발표에서는 해외기업 및 주요국의 지속 가능 발전 동향을 소개하며 국내 실정에 맞는 재료 혁신을 통한 지속 성장 기술 혁신 방향을 논의 하고자 한다.

[여성2-2 | 16:50]
여성 재료공학인의 경력 관리: *최현주; 국민대학교 공과대학교.
매년 이공계 여성 학·석·박사과정 졸업자는 증가 추세이지만, 여전히 이공분야 비정규직 재직자 대비 정규직 재직자의 여성비율은 현저히 낮다. 또한, 연구과제책임자 중 여성비율 및 보직자 중 여성비율은 10% 미만으로 우리 과학기술 산업 현장에서 여성과기인에 대한 유리천장은 아직도 두텁고 높은 것으로 보인다. 본 발표에서는 발표자의 경험을 바탕으로 이공계 학생들의 진로, 경력 관리 방안에 대해 고민하고, 일과 삶의 균형을 맞출 수 있는 방법에 대해 논의하고자 한다.

재료분석

Room 321A, 10월 26일

[재료분석1-1 | 09:00]

보론이 첨가된 Modified 9Cr-2W강의 열처리에 따른 보론 편석 및 결정립계 특성 평가: *허형민[1], 김준환[2], 김성호[2], 김종렬[1]; *[1] 한양대학교. [2] 한국원자력연구원.*

Keywords: SFR, Ferritic-martensitic steel, Boron segregation, Grain boundary character, Heat treat treatment

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 고온 강도, 그리고 내압 크리프 특성 등이 요구된다. 페라이트 마르텐사이트강 중에 크리프 특성이 우수한 Gr.92의 합금조성을 기준으로 하여 우수한 크리프 특성을 갖는 핵연료 피복관을 개발하는 연구가 진행 중이다. 최근 연구결과에 따르면, 미세조직의 안정성, 석출강화, 가공경화, 고용강화는 크리프 특성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 크리프 특성을 향상시키기 위하여 미량 원소의 첨가와 함량을 조절하는 것은 매우 중요하다. 미량 원소인 보론은 $M_{23}C_6$ 탄화물의 성장을 억제하여 미세조직의 안정성을 향상시키고 minimum creep rate를 감소시켜 크리프 특성을 향상시킨다. 그러나 보론의 함량에 따라 가공에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 적정량 이상의 보론이 첨가시 결정립계에 편석에 의해 결정립계의 취성이 강할 것으로 판단 되며, 이러한 결정립계의 편석에 영향을 미치는 것은 결정립계 에너지와 열처리 온도와 시간의 의한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 필거관의 열처리에 따른 보론의 편석 및 결정립계 특성을 EBSD 및 Nano-SIMS를 이용하여 평가하였다.

[재료분석1-2 | 09:15]

고속 변형된 무산소전기동의 미세조직 분석: *이성[1], 양성호[1], 이성호[1], 박경태[2], 정효태[3]; *[1] 국방과학연구소4본부4부(소재). [2] 한밭대학교 신소재공학과. [3] 강릉원주대학교 신소재공학과.*

Keywords: shaped charge ammunition, copper liner, forging, ECAP, Equal Channel Angular Pressing, OFHC, Oxygen Free High Conductivity

구리는 높은 전기전도도 외에도 빠른 변형속도에서 우수한 연성을 나타내는 재료이다. 특히 무산소전기동(OFHC, Oxygen Free High Conductivity)은 이러한 특성으로 인하여 대장갑 무기체계의 하나인 성형장약탄 라이너 재료로 많이 사용된다. 성형작약탄은 화약의 폭발 에너지에 의해 얇은 원뿔형 금속을 고속으로 변형시킴으로써 선단부 최고 속도가 약 10 km/sec에 이르는 금속 제트(jet)가 장갑(armor)을 관통하는 탄이다. 이 때 제트화된 구리 라이너의 회수는 현존 기술로는 불가하며, 따라서 고속변형된 라이너 재료의 재료학적 거동을 이해하는 데 한계가 있다. 이에 많은 연구자들은 제트 선단부를 대신하여 제트를 뒤따르는 약 3 km/sec의 속도를 나타내는 슬러그(slug)를 회수하여 이를 분석함으로써 구리 라이너의 고속 변형 거동을 이해하고자 하고 있다. 본 연구에서는 단조, 등경각압출(ECAP, Equal Channel Angular Pressing) 등으로 구리 라이너의 미세조직을 달리하였을 때 제트 형성의 고속 변형을 이해하고자, 관통 시험 후 회수된 구리 슬러그의 미세조직을 분석한 결과를 논의하고자 한다.

[재료분석1-3 | 09:30]

니켈기 초내열합금 주조재의 기계적 성질에 미치는 미세조직의 영향: 송영석, *구지호, 김영대, 송전영, 배현나, 석진익; *두산중공업㈜.*

Keywords: Ni-based superalloy, Investment casting, Single crystal, Mechanical property

본 연구에서는 발전용 가스터빈엔진 블레이드용 단결정 니켈기 초내열합금의 기계적 성질에 영향을 미치는 주조조직의 영향에 대해 고찰하였다. 단결정 주조시험편은 진공 정밀주조로를 이용하여 직경 15 mm, 길이 250 mm의 봉상형태로 제작되었다. 정밀주조는 5E-4 mbar 이하의 진공분위기에서 용탕온도 1400~1600도, 인출속도 2~6 mm/minute 공정조건에서 수행되었다. 단결정으로 제작된 주조시험편의 결정방위는 Laue Back Reflection X-ray를 이용하여 측정하였고, As-cast 및 열처리된 시편의 미세조직은 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다. 단결정 주조봉상의 Misorientation 측정결과, 결정방위는 [001]방향을 기준으로 약 20도 이내로 배향된 것으로 확인되었다. 주조하는 동안 합금원소의 편석은 주조공정조건에 관계없이 일정한 양상을 나타내었다. 즉, Co, Cr, W과 같은 원소는 수지상 중심부로 편석 되었고, Al, Ti, Ta, Hf은 수지상 사이로 편석되어 공정상의 형성에 기여하는 경향을 보였다. 또한, 표준열처리를 적용하여 열처리 전후 미세조직 및 기계적 성질의 변화를 비교 분석 하였다. 결론적으로, 본 주조공정조건 범위에서 인장특성은 합금원소의 편석과 관련된 미세조직의 영향을 거의 받지 않았으나, 크리프 파단강도는 수지상 간격, MC 탄화물, 공정상, 수축기공, 결정립 방위 등과 같은 미세조직의 변화에 다소 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2013101010170C)

[재료분석1-4 | 09:45]

XRF를 이용한 합금철 분석 기술: *김상헌; *현대제철연구소.*

Keywords: XRF, Fusion bead, 합금철, 인증표준물질

합금철(Ferro alloy)은 철강 제련공정에서 용탕의 불순물(유황, 산소)을 제거하거나 철 이외의 성분 원소 첨가를 목적으로 사용된다. 여기서 합금은 두 종류 이상의 원소가 섞여 이루어진 금속을 말하며, 철성도 함께 가지고 있기 때문에 합금철이라고 불린다. 철강

제조 시 순금속을 사용하지 않고, 합금철을 사용하는 이유는 가격이 저렴하고, 융점이 낮아 용탕에 균일하게 분포하기 때문이다. 이런 합금철은 용강에 첨가되어 강성, 인성, 성형성 및 용접성 등을 향상시킨다. 따라서 화학 조성이 아주 중요하며, 공정 안정 및 효율성을 위하여 신속한 분석을 필요로 한다. 일반적으로 합금철의 분석방법은 습식 분석법과 ICP 분석법을 병행하여 사용하고 있다. 하지만, 이 방법은 분석절차가 다소 복잡하고 소요시간이 길며 휴먼오차 가능성이 높다는 단점이 있다. 또한 다량의 산을 사용하기 때문에 분석자의 안전 및 환경에 악영향을 끼칠 우려도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 신속하고 친환경적인 분석법 개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 위의 단점을 보완한 Fusion bead 전처리 방법과 XRF를 사용하여 합금철 분석기술을 개발하였다. 개발한 분석법의 검증은 인증표준물질을 이용하여 분석을 진행하였고, 그 결과 우수한 정확도 및 정밀도를 확인 할 수 있었다.

[재료분석1-5 | 10:00]

Characterization of zirconium hydrides in Zircaloy-4 cladding with transmission electron microscopy: *김성대[1], 김주성[2], 윤종헌[3]; *[1] 재료연구소(KIMS). [2] 한국원자력연구원. [3] 한양대학교.*

Zircaloy-4 has been of great interest as the core material for nuclear fuel cladding and fuel assembly in the pressurized water reactor (PWR) since it does not only have substantially low neutron absorption during the nuclear power generation, but also show superior mechanical properties including high corrosion resistance in the radiation environment. However, excessive hydrogen (H) is precipitated as the zirconium (Zr) hydride with the form of platelets in the Zr cladding when the H concentration exceeds the terminal solid solubility (TSS), which brings about reduction of ductility and fracture toughness, and subcritical crack growth related with delayed hydride cracking (DHC). Therefore, it is essential to characterize the Zr hydrides in terms of the morphology and orientation under the applied stress and temperature conditions. In this study, TEM investigations have been conducted to analyse hydrides including characterization of the habit planes and crystallographic relation between Zr matrix and hydrides. Also, TEM investigations have been conducted to analyse detailed crystallographic relation in which changes in the selected area electron diffraction (SAED) patterns are examined with a TEM heating holder during the sequential heating and cooling process.

[재료분석1-6 | 10:15]

New Ductile Fracture Criterion for Prediction of Fracture Forming Limit Diagrams: *nguyen van thuong; *경북대학교.*

Keywords: Ductile Fracture Criterion, Forming Limit Curves, Fracture Strain, Stress Triaxiality

This paper presents a new ductile fracture criterion for predicting the fracture forming limit of AL 6061-T6 and AL2024-T351 materials. This criterion includes three independent parameters, which involve typical fracture mechanisms – tension fracture, shear fracture and combined tension-shear fracture and is discussed through void nucleation, void growth and void coalescence. To verify the advantage of proposed fracture criterion in comparison with other well-known criterion for the task of capturing the fracture behavior of sheet metals, the curves of equivalent plastic strain to fracture for these materials are established and compared with the experiment data of AL6061-T6 and AL2024-T351. Comparative studies also show that the proposed ductile fracture criterion can accurately predict the ductile fracture in a large range of stress triaxiality.ACKNOWLEDGEMENTThis work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20155000000100) and a grant No. R0003356 (Tuning Professional Support Center in Daegu Metropolitan City) from Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE).

[재료분석1-7 | 10:30]

Effect of sample preparation history on the domain structure of relaxor-ferroelectric material: *Jongchul Jeon, Kyou-Hyun Kim*; *Korea Institute of Industrial Technology.*

Keywords: relaxor-ferroelectric, PMN-PT single crystal, nanodomain, CBED, TEM

Crystal symmetry of $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$xPbTiO_3$ (PMN-PT) is often discussed in order to reveal the origin of giant piezoelectric properties. The existence of monoclinic phases near the morphotropic phase boundary (MPB) region is believed as a key to understand polarization rotation from rhombohedral to tetragonal, resulting in the giant piezoelectric properties. The monoclinic phases are evidenced by a lot of analytical tools such as x-ray diffraction (XRD), polarized optical microscope (POM), neutron diffraction and transmission electron microscope (TEM). For the structural identification, PMN-PT sample is in general prepared by mechanical polishing, chemical etching, and argon ion milling, etc. PMN-PT, however, is a piezoelectric material which is sensitive to the external force so that the original domain structure can be damaged during the conventional sample preparation procedures. The artificially induced domain structure can mislead the mechanism of polarization rotation in PMN-PT so that the effect of sample preparation procedures on the domain structure should be considered for the structural identification. In this study, we investigate the effect of sample preparation procedures such as mechanical polishing and Ar ion milling on the domain structure of PMN-PT. The domain structure at each sample preparation procedures is investigated by using OM, XRD, and TEM. From the results, the mechanical polishing and the Ar-ion milling induce the artificial domain structure which is very similar to that of PMN-31%PT single crystal poled along [001] direction.

표면처리

Room 321A, 10월 26일

[표면1-1 | 13:30]

잉크젯 프린팅 기술을 활용한 고해상도 프린트 강판 제조 및 특성 분석: *이정환, 김진태, 최하나; *포스코 기술연구원.*

Keywords: inkjet printed steel, high resolution, inkjet, printed steel

Inkjet printing technology is one of the commonly used technologies in the printed industry field. However, there was no case applied to steel products. In this study, drop-on-demand system using piezo-elecrtric inkjet printers was applied for preparation of high resolution print steel. Inkjet printing technology is pursued as another great alternative overcoming the limit of the screen printing technology and roll printing technology. Inkjet printing technology has advantages of full color generation, workability, high corrosion resistance, design free, and weather resistance. Process variables including ink stability, jetting condition, and demand characteristics of printed steel are investigated to develop direct inkjet printing technology on the steel sheet. Using its own technology, POSCO has developed a high-resolution inkjet-printed steel by integrating inkjet printing technology with steel materials.

[표면1-2 | 13:45]

용융 Zn-Al-Mg 도금강판 표면 마찰특성 개선 연구: *박경관[1], 임태훈[1], 임성현[1], 백두진[2], 홍기정[3], 홍문희[1]; *[1]포스코강판 기술연구소. [2]포스코 광양제철소. [3]포항산업과학연구원.*

Keywords: Hot-dip galvanizing, Zn-Al-Mg alloy, Friction Coefficient, Anti-corrosion

연속식 용융도금법으로 제조된 Zn-Al-Mg 합금 도금강판은 우수한 내식성을 기반으로 건축 내외장재, 가전 부품 및 자동차용 강재로 그 사용 범위를 점차 넓혀가고 있다. 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금강판의 우수한 내식성은 Zn의 희생방식 효과에 더하여 Al, Mg 첨가에 따른 치밀한 산화물 형성에 의한 것으로, 이와 관련하여 도금층의 분극거동, 부식전위 및 부식생성물 분석에 근거하여 방식 메커니즘 규명에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나, 순수한 Zn 용융도금과 달리 Mg 첨가에 따른 문제점도 있어서 도금층 내부에 형성된 $MgZn_2$, Mg_2Zn_{11}과 같은 금속간 화합물이 Stamping, Roll Forming 등과 같은 소성변형 과정에서 미세균열을 유발하고 이로 인해 도금층의 박리, 균열 부위 부식 등의 문제점을 유발한다. 이러한 문제점은 용융 Zn-Al-Mg 합금 도금강판의 적용 확대에 있어서 커다란 장해요소로 작용하고 있으며, 이를 해결하기 위하여 Al, Mg을 수wt% 미만으로 소량 첨가하여 가공성을 개선하는 방법이 있으나 상대적으로 내식성이 저하되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 내식성과 가공성을 동시에 확보하기 위하여 용융 Zn-Mg 도금층의 Al 첨가량을 0~20wt% 범위에서 변화시키면서 도금층의 미세조직과 표면특성이 도금층 표면의 정지 마찰계수에 미치는 영향을 분석하여 Stamping, Roll Forming 등의 가공공정에서 발생할 수 있는 문제점을 거시적으로 예측할 수 있는 모델을 마련하고자 한다.

[표면1-3 | 14:00]

비정질 탄화규소박막에서 열처리에 따른 미세구조의 변화와 기계적 물성에 미치는 영향: *심용섭[1], 박종극[1], 이욱성[1], 허주열[2], 백영준[1]; *[1]한국과학기술연구원 전자재료연구단. [2]고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: Silicon Carbide, thin film, hardness, sputtering, annealing

비대칭 마그네트론 스퍼터링 방법으로 비정질 탄화규소박막(amorphous SiC : a-SiC)을 증착하고 고온진공 열처리를 통하여 기계적 물성 측정과 화학결합, 미세구조 변화를 조사하였다. Argon기체와 SiC 타겟에 직류전원을 공급하여 Silicon기판 위에 약 1 μm 두께의 a-SiC 박막을 증착하였다. 증착 후 4×10^{-2} torr 이하, 1100~1300°C 범위에서 1시간 열처리를 하였다. 기계적 물성 분석으로, Alpha-step과 XRD를 이용하여 잔류응력 측정하였고 Nano indentation으로 경도를 측정하였다. 박막의 미세구조는 TEM, 결정구조는 GIXRD(Grazing incidence X-ray diffraction)을 통하여 분석하였다. Raman spectroscopy와 EELS로 박막의 화학결합 정도를 분석하였다. 증착 직후 a-SiC 는 29 GPa의 경도를 가졌다. 열처리 온도를 1000°C에서 1100°C로 승온 시 a-SiC박막의 경도는 34 GPa 에서 38 GPa로 상승하였다. 하지만 1200°C, 1300°C 열처리 후 추가적인 경도 변화는 관측되지 않았다. a-SiC 박막의 잔류응력은 증착 직후 -3.14 GPa을 가졌지만 열처리 후 -0.5~0.5 GPa 정도로 감소하여 잔류응력은 a-SiC 박막 경도에 영향이 없다고 판단했다. 1000°C 열처리 후에도 박막은 여전히 비정질 구조를 유지하였다. TEM으로 관찰한 결과 GIXRD결과와 유사하게 1100°C이상의 온도에서 결정화가 시작되었다. a-SiC 박막은 1100°C 열처리 후 평균 5.6 nm의 3C-SiC 결정과 비정질 기질로 이루어진 미세구조를 가졌다. 1300°C 열처리 후 결정질분율은 약 2 배 상승 하였지만 추가적인 결정립성장은 관측되지 않았다. 열처리한 a-SiC 박막의 경도 증가요인은 3C-SiC 결정화 외에도 화학결합상태와도 연관이 있음을 판단했고 정밀한 화학결합상태 분석을 위하여 EELS를 측정하였다.

[표면1-4 | 14:15]

플라즈마 스프레이 공정을 이용한 Mo계 내산화 코팅층 제조 및 고온 산화거동: *강상운, 백경호; *충남대학교 공대 신소재공학부.*

Keywords: 내열합금, 열차폐 코팅, pack-cementation, plasma spray coating

Mo계 및 Nb계 초내열 합금은 2400°C 이상의 높은 용융점과 고온에서의 우수한 기계적 성질로 인하여, Ni계 합금의 적용이 어려운 1200-1500°C의 고온 영역에서의 구조용 재료로 주목받고 있다. 본 연구에서는 고온 기계적 특성이 우수한 Mo계 또는 Nb계

합금을 1100-1400°C 온도영역에서의 사용을 위하여 내산화 본드 코팅층과 단열 세라믹 코팅층으로 이루어진 열차폐 코팅층을 형성하고 이에 따른 Mo, Nb계 내산화 본드 코팅층의 고온 산화거동과 열차폐 코팅층의 열차폐 성능에 대하여 연구하였다. 내산화 본드 코팅층은 silicide, aluminide 그리고 이들의 복합소재를 선정하여 pack cementation과 플라즈마 코팅 공정으로 코팅층의 계면특성의 영향, 세라믹 단열 코팅층의 제조공정 및 세라믹 단열 코팅의 미세조직 제어, 열차폐 코팅층의 손상기구 분석하였다. 더불어 예산화 처리, 산소확산방지층을 적용하여 1100-1400°C 온도영역에서의 산화거동 및 생성된 산화층의 성장속도, 산화물의 화학적 조성 및 상 분석, 제조공정 및 조건에 따른 세라믹 코팅층의 미세조직 특성평가와 열차폐 코팅층의 내구성 향상을 위한 본드 코팅층과 세라믹 코팅층의 계면특성의 제어, 산소확산 방지층의 효과, 최적의 내산화 코팅층의 제조 가능성에 대해 분석하였다.

집합조직
Room 321A, 10월 26일

[집합조직1-1 | 15:15]

다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100 알루미늄의 집합조직과 미세조직: *정효태[1], 권상철[1], 김순태[1], 신지환[2], 김시온[2], 최시훈[2], 이성[3]; *[1] 강릉원주대학교. [2] 순천대학교. [3] 국방과학연구소.*

Keywords: AA1100, SPD, MADF, Microstructure, Texture

최근 개발된 강가공법인 사전이력초기화 다축대각단조(MADF-IPH, Multi-Axial Diagonal Forging- Initialization of Prior manufacturing History)는 기존 강가공법과 비교하여 공정중의 재료 손실이 거의 없고 가공 전후의 형상변화가 없으며 반복적으로 강가공이 가능하다는 장점이 있다. 또한 강소성 가공법임에도 불구하고 대칭 가공공정이므로, 기존의 비대칭 가공기술 및 강소성 가공기술들이 갖는 비대칭적 가공공정에서 발생하는 문제점들을 원천적으로 해결할 수 있는 장점이 있다. 이 연구에서는 면심입방정(FCC) 결정구조인 알루미늄 AA1100합금을 25 mm길이의 정육각면체로 제작한 후 MADF 공정으로 1, 2, 3, 4 cycles 가공하였다. MADF공정은 위 아래의 램이 동시에 작용하는 복동 프레스를 사용하였으며, 두께감소율 30%의 수직단조와 대각단조각 135°의 대각단조로 구성하였다. MADF 가공재는 4 cycles까지 가공하여도 결함이 발생하지 않고 건전하게 소성가공 되었으며, 1, 2, 3, 4 cycles MADF 가공재에 대하여 경도, 미세조직 및 집합조직을 분석하여 MADF 가공량에 따른 재료특성의 변화를 연구하였다. MADF 가공이 반복됨에 따라 결정립 미세화가 진행되었고 경도값은 증가하였으며, 3 cycles 이후에는 증가폭이 급격히 감소하였다.

[집합조직1-2 | 15:30]

다축대각 단조공정 시 알루미늄 합금의 변형거동 및 집합조직 불균일성 예측에 관한 연구: 최시훈[1], *신지환[1], 김시온[2], 김민성[1], 권상철[3], 김순태[3], 이성[4], 정효태[3]; *[1] 국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2] 국립 순천대학교 신소재공학과. [3] 국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과. [4] 국방과학연구소.*

Keywords: Severe Plastic Deformation, Multi-axial diagonal forging, Al alloy, Polycrystal model, Microstructure

본 연구에서는 다축대각 단조공정(multi-axial diagonal forging, MADF) 시 공정 단계별 금형의 형상에 따른 알루미늄 합금의 변형거동을 이론적으로 예측하고자 하였다. MADF는 지금까지 알려진 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 시편 전체에 균일한 변형을 부과할 수 수 있는 신개념 가공공정이다. 전체 공정은 12 패스로 구성되어 있으며, 업셋단조(upset forging)와 쐐기단조(wedge forging)로 구분할 수 있다. 업셋단조와 쐐기단조의 금형 형상에 따라 각 공정에서 알루미늄 합금의 변형률 분포가 달라진다. 유한요소해석 기술을 사용하여 최적화된 금형 형상을 도출한 후 MADF 시 각 공정별 알루미늄 합금의 변형거동 및 집합조직을 이론적으로 예측하였다. 사전이력초기화(initialization of prior history, IPH)된 알루미늄 합금의 초기 결정학적 방위를 XRD로 측정한 후 다결정 모델의 초기 데이터로 부여하여 변형집합조직 발달을 이론적으로 예측하였다. 또한 MADF-IPH된 알루미늄 합금의 초기 미세조직과 각 단계에서의 미세조직을 비교 분석하였다. 본 연구를 통하여 MADF의 각 공정시 알루미늄 합금에 발달하는 미세조직의 발달거동과 변형거동을 실험 및 이론적으로 이해할 수 있었다.

[집합조직1-3 | 15:45]

박판연속주조된 Al-Mg-Si 알루미늄합금의 압연 공정시 집합조직 변화 고찰: *조재형[1], 이건영[1], 이윤수[1], 김민석[1], 김형욱[1] ; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: 알루미늄합금, 압연공정, 집합조직, 전단변형, 결정소성유한요소

박판연속주조법으로 제작된 Al-Mg-Si 합금의 압연공정시 여러 가지 압연 공정인자에 따른 집합조직의 변화를 살펴 보았다. 초기 판재의 두께는 약 4 mm이며, 최종적으로 1 mm 두께의 판재를 상온압연을 통해서 제작하였다. 등속압연 공정에서 압하량에 따른 전단변형의 두께 방향 변화와 집합조직 변화를 실험적으로 관찰하고, 유한요소해석과 결정소성학을 이용하여 비교하였다. 이주속 압연 공정을 이용한 판재 압연의 경우, 상하롤의 속도비에 따라서 두께 방향의 전단 변형 분포가 달라지며 집합조직이 영향을 받음을 알수 있었다.

[집합조직1-4 | 16:00]

SECM을 통한 금속의 전기화학적 Mapping 기술 소개 및 EBSD와의 응용 연구: *김상혁[1], 이우진[1], 문성재[2], 임창동[3], 이효종[1]; *[1] 동아대학교 금속공학과. [2] 삼성전기 중앙연구소. [3] 재료연구소.*

Keywords: SECM, EBSD, Electrochemistry, Orientation

X선 회절현상을 이용하여 시작된 금속의 결정학적 연구는 EBSD를 통한 국부 영역에 대한 결정학적 정보 측정이 손쉽게 가능하게 되면서 재료공학자가 사용하는 보편적 기술로 자리잡고 있다. EBSD는 잘 알려진 바와 같이 SEM이 갖는 scanning 특성을 이용하여 시료 전 영역에 대한 결정학적 정보를 mapping하는 것이다. 전기화학적 분석방법도 비슷한 시기인 80년대에 수십 μm 이하의 반응면적을 갖는 UME(ultramicroelectrodes)가 개발되고 이를 이용한 전기화학적 mapping 기술이 90년대부터 꾸준히 발전하여 최근에는 submicron scale의 분해능을 갖는 SECM 장비가 상용적으로 판매되고 있다. 소위 SECM(scanning electrochemical microscopy) 장치는 이러한 UME를 이용하여 시편 국부영역의 전기화학적 환경을 변화시키고, 그 때의 시료 및 UME 전극에서 나타나는 전기화학적 반응 신호를 측정하는 것이다. 최근에는 EBSD와 연동하여 시료 표면의 결정학적 방위 측정과 동시에 SECM을 이용한 전기화학적 현상에 대한 분석결과가 보고되고 있으며, 본 연구는 지금까지 진행되어 온 SECM 관련 연구를 소개하고 본 연구실의 SECM 측정결과와 앞으로 전개될 다양한 분석 동향을 소개하고자 한다.

[집합조직1-5 | 16:15]

상변태를 이용하여 cube-on-face 집합 조직을 가진 무방향성 전기강판 형성에 관한 연구: *권수빈, 김태영, 정용권, 황농문; *서울대학교 공대 재료공학부 박막 및 미세조직실험실.*

최근에 전기 자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 이로 인해 효율이 좋은 모터에 대한 수요가 상당하다. 효율이 좋은 모터를 만드는 데 필수조건은 좋은 자기적 특성을 가진 무방향성 전기 강판이다. 이상적인 무방향성 전기 강판의 집합조직은 cube on face 집합조직이다. 이 집합조직을 만들기 위해 다양한 방법으로 많은 연구팀들이 연구를 진행해왔다. 하지만 아직까지 양산이 가능한 방법은 없다. 아직까지 알려진 cube on face 집합조직 형성 방법은 시간이 길거나 특수 분위기에서만 가능했기 때문이다. 본 연구팀은 cube on face 집합조직을 형성하기 위해 $\gamma \rightarrow \alpha$ 상변태시 (001) grain이 nucleation되고, growth 하는데 유리한 조건을 가하여 cube on face 집합조직을 형성하였다. 또한 상대적으로 어려운 2% 이상의 Si 강에서의 cube on face 집합조직 형성에 성공하였다. 이 과정에서 cube on face 집합조직의 형성에 필요한 조건들을 확인할 수 있었으며, 이를 통한 양산의 가능성도 확인할 수 있었다.

[집합조직2-1 | 16:40]

Fe-3.2wt%Si 방향성 전기강판에서 냉간압연에 따른 집합조직 발달 및 Goss 결정립 형성: *박노진, 전성호; *금오공과대학교*

Keywords: electrical materials, cold-rolling, EBSD, texture

우수한 방향성 전기강판은 정밀도가 높은 고스방위를 갖는 결정립으로 구성된 판재이며, 이를 생산하기 위하여 냉간압연과정에서의 고스방위 결정립의 제어 또한 매우 중요하다. 본 연구에서는 Fe-3.2wt%Si 방향성 전기강판에서 두께감소율은 89%로 동일하지만 1회, 10회, 36회 냉간압연한 판재에 대하여 XRD 및 EBSD 집합조직을 분석하여 고스방위 결정립의 거동을 이해하였다. 압연 후 모든 시편에서 압연횟수와 두께층과는 무관하게 강한 α-fiber texture와 비교적 약한 γ-fiber texture가 발달하였으며, 36회 압연한 시편의 표면에서는 다른 시편과 다르게 약한 α-fiber texture와 비교적 강한 η-fiber texture가 발달하였다. Goss방위 결정립은 주로 전단띠 혹은 미소띠에서 발견되며, 압연횟수가 증가함에 따라 특히 표면층에서 그 분률이 증가함을 보여주고 있다. 형성되는 Goss방위 결정립이 많을수록 정확한 Goss방위의 결정립이 형성됨을 나타내고 있으며, 후속 재결정 등의 공정을 통해 고품위의 Goss방위를 갖는 방향성 전기강판을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[집합조직2-2 | 16:55]

Three Theories for Recrystallization Textures: *이동녕; *서울대학교 공과대학.*

Keywords: The oriented nucleation theory: The oriented growth theory: The Strain-energy-release-maximization theory: nucleation: growth.

Recrystallization takes place through nucleation and growth. Nucleation during recrystallization can be defined as the formation of strain-free crystals in a deformed matrix, that are able to grow under energy release by a movement of high-angle grain boundaries. In other words, The recrystallization process basically occurs to reduce the energy stored during fabrication. The nucleus is in a thermodynamic equilibrium between energy released by the growth of the nucleus (given by the energy difference between deformed and recrystallized volume) and energy consumed by fabrication changed to oriented nuclei after recrystallization, where ND stands for sheet plane surface normal direction. The development of the recrystallization texture may be controlled through nucleation and growth, and hence the strain-energy-release. The three factors gave rise to three theories. The oriented nucleation theory, the oriented growth theory, and The strain-energy-release-maximization theory. In the oriented nucleation theory [1], the preferred activation of a special nucleus determines the final recrystallization texture, in the oriented growth theory [2], the only grains having a special relationship to the deformed matrix can preferably grow, determining the final recrystallization texture, and in the strain-energy-release-maximization theory [3], the most important driving force for recrystallization is assumed to be the stored energy due to dislocations whose arrangement is dependent on the deformation texture, which in turn gives rise to the absolute maximum principal stress direction. The maximum stress direction becomes the minimum elastic modulus direction on recrystallization. Thus, The recrystallization texture is determined such that the strain-energy-release during recrystallization can be maximized. Such condition can be satisfied at least when the direction of absolute, maximum normal-stress caused by dislocations in the deformed or fabricated material become parallel to the minimum Young's modulus direction in recrystallized grain.

[1] W.G. Burgers, P.C. Louwerse, Z. Physik. 61 (1931) 605. [2] C.S. Barrett, Trans. AIME. 137 (1940) 128. [3] D.N. Lee, Scripta Metallurgica et Materialia 32(10)(1995) 1689-1694.

[집합조직2-3 | 17:10]

나노압입시험 시 압입자 팁 하부에서 Duplex Stainless Steel에 발생하는 미소역학적 변형 및 상변태 거동 해석: *김은영[1], 이재은[2], 한흥남[2], 최시훈[1]; [1]*순천대학교*. [2]*서울대학교*.

Keywords: Duplex stainless steel, Nano-indentation, TEM, Phase transformation, Plasticity

페라이트 및 오스테나이트로 구성된 duplex stainless steel(DSS)의 미소역학적 변형 및 상변태 거동을 조사하기 위하여 나노압입시험 및 결정소성 유한요소법(crystal plasticity finite element method, CPFEM)을 이용하였다. 나노압입시험 후 압입자 팁 하부에서 DSS의 미시집합조직과 결정방위 관계 분석을 위해 투과전자현미경에 부착된 결정 맵핑(automotive mapping) 장치 및 ASTAR 소프트웨어를 사용하였다. 나노압입시험 후 압입자 팁 하부에서 DSS 내 오스테나이트에서 마르텐사이트 변태로 인한 미시집합조직 발달을 TSL-OIM 소프트웨어를 이용하여 실험적으로 분석하였다. In-situ 중성자 회절과 대표체적요소(representative volume elements, RVEs)에 기초한 CPFEM을 결합하여 일축인장 시 DSS 내 각 구성상의 microscopic hardening parameter를 결정한 후 DSS의 초기 결정방위, 결정립계 형상 및 상변태 모델을 고려한 CPFEM을 이용하여 나노압입 해석을 수행하였다. 나노압입 시 압입자 팁 하부에서 발생하는 12개의 fault band system에 축적된 전단 변형량(accumulated shear amount) 및 마르텐사이트 변태 시 24개 variant에서의 interaction energy 분포를 각각 분석하여 DSS 내 오스테나이트 결정립에서 마르텐사이트 변태를 이론적으로 이해하였다. 실제 미세조직 및 결정방위에 기초한 CPFEM 해석을 통하여 나노압입시험 시 압입자 팁 하부에서 DSS의 오스테나이트 결정립에 발생하는 상변태 거동 및 미시집합조직 발달을 고찰할 수 있었다.

[집합조직2-4 | 17:25]

고망간 경량철강에서의 β-Mn 상변태와 방위관계: *박성준[1], 이근호[2], 강전연[1], 박준영[1], 문준오[1], Anthony D. Rollett[3], 한흥남[4]; [1]*한국기계연구원 부설 재료연구소*. [2]*국방과학연구소*. [3]*Carnegie Mellon University*. [4]*서울대학교*.

Keywords: Light-weight steel, β-Mn, Phase transformation, Orientation relationship

경량철강은 Al과 같은 치환형 경량원소를 함유하여 일반 철강소재 대비 밀도가 낮은 강으로, 수송기기의 경량화를 통한 연비 향상과 온실가스 배출 저감에 기여할 수 있다. 경량철강 중에서 오스테나이트계 FeMnAlC 합금은 오스테나이트 안정화 원소인 Mn과 C를 다량 함유하며, 경량화 효과와 기계적 특성이 우수하여 많은 관심을 받고 있다. 오스테나이트계 FeMnAlC 합금은 조성과 열처리 조건에 따라 미세조직 내에 β-Mn 상이 형성될 수 있으며 이런 경우 연성이 크게 저하되는 것으로 알려져 있으나, 오스테나이트에서 β-Mn으로의 상변태 거동과 방위관계 등에 대해서는 거의 연구된 바가 없다. 본 연구에서는 Fe-30Mn-11Al-0.9C 경량철강의 열처리 중 미세조직 내에서 β-Mn의 형성 및 성장 거동을 조사하였다. β-Mn상은 주로 오스테나이트 결정립계 또는 소량 존재하는 페라이트와 오스테나이트 사이의 상경계에서 형성되어 Widmanstätten-type의 형태를 가지며 성장하는 것을 관찰하였다. β-Mn상의 성장시 낮은 C 고용도로 인해 C 원자를 오스테나이트 쪽으로 밀어내며 성장하는 현상도 확인되었다. 한편, EBSD 측정 결과에 대한 orientation relationship stereogram(ORS) 분석을 통하여 오스테나이트와 β-Mn 사이의 방위관계를 최초로 규명하고, β-Mn과 시효 열처리 중에 추가로 형성되는 D03 상 사이의 방위관계도 분석하였다. 또한 TEM 회절패턴 분석을 통하여 ORS 분석으로 규명한 방위관계가 유효함을 확인하였다.

전산재료과학
Room 325B, 10월 26일

[전산1-1 | 09:00]

A finite element analysis on induction heat treatment of automotive drive shaft: *Siwook Park, Jinwook Jung, Si-yup Lee, Heung Nam Han; *Department of Materials Science and Engineering and RIAM, Seoul National University.*

Keywords: induction heating, finite element analysis, phase transformation, tempering

A finite element model was developed to predict deformation, temperature, and phase fraction during heat treatment of automotive drive shaft. The heat generation due to the induction was treated as one of the boundary conditions for heat flux on the specimen together with the conduction heat loss during quenching. The transformation kinetics were modeled by Johnson–Mehl–Avrami–Kolmogorov(JMAK) equation for diffusional transformation, and Marburger equation for displacive transformation. The tempering process was regarded as a phase transformation from martensite to tempered martensite and adopted JMAK equation to depict the tempering behavior. The transformation plasticity was considered by the constitutive equations corresponding to each transformation mechanism and these equations were incorporated into the finite element model. Besides the transformation plasticity, an implicit procedure to calculate the thermo-elasto-plastic deformation was implemented into the model. The prediction accuracy of the phase evolution, residual stress, and dimensional change of the specimen was verified with the measured data. The effect of transformation plasticity on whole deformation behavior was described by the developed model.

[전산1-2 | 09:15]

Phase Field Study on the Formation of Lath Martensite: *Cho Min-Gyu[1], Pil-ryung Cha[1], Seung-Hyun Hong[2], Moon-Gi Bae[2], Soon-Woo Kwon[2], Min-Woo Kang[2]; *[1]Kookmin University. [2]Hyundai Kia Motors Namyang Institute.*

Keywords: Phase-field, martensite, transformation, Computer Simulation

Lath martensite is a characteristic structure in quenched steels with a low or negligible carbon content, maraging steels and interstitial free steels. The transformation of a parent austenite grain into lath martensite was characterized as a grain subdivision on different length scales. On acoarse scale, the austenite grain breaks down to several packets, each containing extended parallel blocks. Each block is further subdivided by laths, which are narrow units with a width in the sub-micrometer range. In this study, we analyze the origin of lath martensite formation by using volume-conserving multi-phase field model with micro-elasticity. Although various deformation mechanisms such as Bain, Kurdjumov–Sachs, Nishiyama-Wassermann and Pitch mechanisms have been proposed for cubic to tetragonal martensitic transformation, Only Bain deformation mechanism has been considered in previous phase field models. In this study, we consider all the formation mechanisms and reveal a plausible origin for the multi-scale nature of lath martensite.

[전산1-3 | 09:30]

Effect of Particle Size and Coke Layer Thickness on Solid Flow and Stress Distribution in BF by 3D Discrete Element Method: *DEREJE DEGEFA GELETA, Sugeun Kwak, Joonho Lee; *고려대학교.*

Keywords: blast furnace, EDEM, Discrete Element Method (DEM), Particle size, coke layer thickness

Particle size and coke layer thickness have tremendous effect in blast furnace (BF) operation. Particle size directly affects parameters like pressure drop, void fraction, gas channeling distribution, chemical reaction, heat transfer and so on. In the same manner, thin coke layer determines reduction of CO_2 emission by minimizing the amount and cost of coke to be used in BF which is the concern of iron and steel making companies. On the other hand, BF operation conditions aiming at thin coke layer may result in instability or discontinuous phenomena such as particles slip and gas channeling problems. Thus, it is very important to predict the effect of particle size and coke layer thickness in BF. In this work, the effect of particle size and coke layer thickness on solid flow and stress distribution in BF were analyzed by three-dimensional discrete element method (DEM). The analysis was carried out on EDEM commercial software. By changing the particle size and coke layer thickness, the stability of layers arrangement, velocity and stress distribution of particles were investigated. The results showed that decreasing coke layer thickness below some level caused instability due to mixing of coke and ore layers and slight increment of both average velocity and normal stress magnitudes in the cohesive zone of BF. Throughout simulation time, the average speed and normal stress were higher for smaller particles than the larger ones.

[전산1-4 | 09:45]

방열판 구조 및 열전도도에 따른 LED 냉각 효율 전산모사: *이동희; *충남대학교 공대 신소재공학부 나노재료공정연구실.*

Keywords: LED, TIM, Cooling Efficiency

LED의 구조는 Epoxy (PP 수지), Al, 방열판으로 구성된다. 이 중 LED의 효율을 결정할 때 가장 중요한 요소는 방열판과 TIM 이다. 방열판은 대부분 Al 시리즈로 제작된다. 그러나, LED의 방열 특성을 향상시키기 위해, Al 발열 재 대신에 Al / Cu를 사용

하여 방열판의의 열 전도 특성을 변화시킴으로써 LED의 효율을 향상시키는 데 중점을 두고있다. TIM이 방열 소재 (금속)와 LED 사이에 놓일 때 발생할 수 있는 열 저항을 줄이는 역할을 한다. 그러나 LED의 냉각 효율은 TIM 재료가 사용되는 방식에 따라 달라지기 때문에, 우리는 Al / Cu 변환 및 TIM 열 저항에 따라 LED의 냉각 효율을 계산했다. 전산 시뮬레이션은 LED의 출력, 방열판의 표면적 및 열전도도의 변수를 제공하여 수행되었습니다.또한, 방열판 구조에 따른 열전도도를 계산해야 되기 때문에 방열판 구조에 따른 냉각 효율을 시뮬레이션을 통해 계산을 수행하였습니다.

[전산1-5 | 10:00]

시뮬레이션을 통한 용접부 및 모재부의 부식이 배관 용접부의 응력분포에 미치는 영향 평가: *김용상[1], 고상진[1], 김우철[2], 김정구[1]; *[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.*

Keywords: 용접부, 부식, 응력분포, 시뮬레이션, 지중매설 배관

용접부의 경우 모재와의 불균일성, 결함, 부식 등과 같이 다양한 원인으로 인해서 파손이 발생하게 된다. 열배관에서 예상되는 용접부의 주요 파손은 시공 불량으로 인한 용접 균열 발생과 외부의 요인으로 인한 용접부 손상 그리고 부식 및 피로, 인장응력에 의한 환경기인균열이 일어날 수 있다. 또한, 일반적으로 용접부는 모재부에 비해서 낮은 기계, 부식 특성을 가지고 있기에 더욱 파손에 취약하다. 실제로 독일지역난방협회 (AGFW)에서 보고한 지역난방 시스템에서의 결함 수집내용 (1996년)을 보면, 한 해동안 2,903 km의 열배관에서 발생된 결함은 1,100 건 이였으며, 그중 1/4에 해당하는 결함원인이 용접시공불량 및 강관용접의 부실로 인한 파손으로 나타났다. 즉, 용접부의 파손은 지역난방시스템 열배관의 주요 결함원인이기에 용접부의 파손에 대한 분석 및 원인 파악은 전체 열배관의 결함방지를 위해서 꼭 필요한 부분이다. 용접부의 경우 용접 과정에서 발생하는 고온의 열과 급격한 냉각과정으로 인해서 내부의 조직이 불안정한 상태이며, 불순물 및 기타 요인들에 의해서 부식특성이 저하되는 특성이 많이 관찰된다. 그림 1.6과 같이 용접된 금속의 경우, 미세조직의 변화로 인해서 경도뿐만 아니라 부식전위의 변화에도 영향을 미치게 된다. 이러한 부식전위의 차이는 용접부와 모재부간의 갈바닉 부식효과를 가져오기에 배관의 부식저항성을 감소시킨다. 특히, 이러한 용접부의 부식가속화는 외부에서 작용하는 다양한 응력 (토압, 내압, 열응력 등)과 함께 작용하여 응력부식균열을 야기, 배관의 빠른 파손을 유발한다. 이러한 특성 분석을 위하여 용접부의 응력부식균열 특성에 대한 연구를 활발하게 진행하고 있지만, 이러한 연구의 경우 용접부의 실제 형상이 아닌 규격 시편을 통한 실험이기에 실제 용접부의 형상에 따른 부식변화와 이에 따른 응력변화에 대한 예측이 어려운 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 배관의 용접부의 3D 모델링을 진행한 후, 부식특성 해석과 응력분포를 해석하는 두 가지 시뮬레이션을 사용하여 용접부의 부식이 배관의 응력분포에 미치는 영향을 평가해보고자 하였다. 본 연구는 한국지역난방공사에서 지역난방시스템 용접부의 환경기인 균열특성 향상을 목적으로 시행한 “지역난방 열수송 강관의 용접부 환경기인균열 특성개선 연구 (No. 0000000014524)”의 연구결과이며, 이에 대한 모든 권리는 한국지역난방공사에 귀속됩니다.

[전산1-6 | 10:15]

CFD Fluent를 이용한 용접부 용접비드와 열영향부 열유동 해석: *신형철, 이경우; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: CFD fluent, 열유동 및 용접부 수치해석

본 연구의 대상 공정은 SMAW(Shielded Metal Arc Welding)을 이용하여 판형의 탄소강을 접합하는 것이다. 아크용접과 같은 용융용접에 경우 접합 후 접합 구조물의 안전성을 해치는 잔류응력 문제와 용접열에 의해 재료의 상과 조직이 변하는 심한 변형이 유발될 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 우선적으로 접합부의 열 유동 현상을 이해하는 것이 필요하다. 이에 본 해석의 계산과정은 상용 해석 유동 해석 프로그램인 ‘CFD Fluent’를 이용해 수행하였는데 잔류응력 해석 상용프로그램에 비해 메시의 크기가 매우 조밀하고 수가 매우 많아 훨씬 더 정밀한 열 유동 해석을 통해 용접 비드와 열 영향부의 크기를 해석할 수 있다는데 그 의의가 있다. 실제 접합부의 단면으로부터 용접 비드의 크기와 열 영향부의 크기를 측정하였고 이렇게 구한 실험결과와 수치해석 결과를 비교하여 수치해석 모델의 유효성을 검증하였다. 또한 본 공정은 두 모재 사이에 작은 틈을 두고 용접을 진행시키는 narrow gap welding 방식으로 진행되었는데 이를 수치해석 모델링에서 어떻게 적용하는 것이 더 타당한지에 대한 의견을 제시하였다.

[전산2-1 | 10:30]

Computational design of PCM synapse devices: *권용우[1], 신민규[2], 허정화[2], 이환욱[2], 조만호[3], 송윤흡[4]; *[1]홍익대학교 공대 신소재・화공시스템공학부 신소재공학전공. [2]홍익대학교 신소재공학과. [3]연세대학교 물리학과. [4]한양대학교 융합전자공학부.*

Keywords: synapse device, phase-change material, device simulation, neuromorphic computing

Brain-inspired or neuromorphic computing adopting neural network circuitry can achieve energy and space efficiency superior to current von Neumann architecture systems. A neural network system is consist of N-neurons and N^2-synapses where N is about millions. Phase-change memory (PCM) technology is known to be the most suitable for the synapse device. Multiple intermediate states between zero and one can be formed, which corresponds to long-term potentiation or depression, in other words, gradual change of synaptic strength. Moreover, the PCM has proven excellent scalability and its process is matured. More intermediate states can be obtained when a PCM synapse device has larger on/off ratio and wider transition in its switching curve. In this study, we will investigate the design rules of a PCM synapse in terms of device structure, constituent materials, and operation schemes by means of device simulation.

[전산2-2 | 10:55]

Atomistic simulations of dislocation-twin boundary interactions in nanoscale Cu pillars: *Won-Seok Ko[1], Raheleh Hadian[2],

Ali Nematollahi[2], Jong Bae Jeon[3], Peter Imrich[2], Gerhard Dehm[2], Jörg Neugebauer[2], Christoph Kirchlechner[2], Blazej Grabowski[2] ; *[1]University of Ulsan. [2]Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH. [3]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH).*
Keywords: Nanopillar, Compression, Grain boundary, Molecular dynamics simulation, Nanomechanics

Molecular dynamics simulations are performed to investigate compression of Cu nanopillars with and without a coherent twin boundary. The present simulations faithfully reproduce the various experimentally reported characteristics in the deformation of pillars by adopting a differentiated methodology for initial cell preparation. The present simulations further provide a detailed insight into the role of the coherent twin boundary on the deformation behavior by successfully bridging a gap between reported results of experimental and theoretical studies. Our work reveals that overall flow stresses as well as the yield stress are decisively driven by the availability of dislocation source which can be interpreted by the maximum length of single-arm type mobile dislocations. The observed marginal (or no) effect of the TB independent of loading orientation is discussed by comparing maximum source sizes between pillars with and without the coherent twin boundary.

[전산2-3 | 11:20]

Interface Effects on the Oxygen Chemistry of CeO_2 Nanoparticles using Multiscale Modelling: *Byung-Hyun Kim[1], Matthew J. Wolf[2], Jolla Kullgren[3], Kersti Hermansson[3], Peter Broqvist[3]; *[1]Korea Institute of Energy Research. [2]University of Bath. [3]Uppsala University.*
Keywords: cerium oxide, multiscale modelling, interfaces, oxygen chemistry, catalysts

Ceria (CeO_2, cerium oxide) is a prototypical reducible metal oxide with a broad range of technological applications, including three-way automotive catalysts, solid oxide fuel cells and chemical sensors [1]. In most cases, synthesized ceria samples often appear in the form of agglomerates of nano-crystallites [2-4], containing specific interfaces. In this work, we address the nano-interface formation and its subsequent effect on important redox processes, in particular those related to the increased oxygen storage capacity found for small ceria nanoparticles (with d<5nm) [5].To allow for a systematic investigation of a manifold of different interfaces, we here applied a multiscale simulation approach combining three different levels of theory. At first, for the construction and examination of the initial geometry of various interface structures, we used molecular dynamics simulations with a reactive force field (ReaxFF) [6]. Then, self-consistent charge density functional based tight binding (SCC-DFTB) calculations [7] were performed for geometry optimizations of the most stable interface structures. In final, we used Hubbard augmented density functional theory (DFT+U) for a detailed analysis of the chemistry of common defects at the nano-interface.[1] K. Wu, L. –D. Sun, and C. –H. Yan, Adv. Energy Mater. 6, 1600501 (2016).[2] Z. L. Wang and X. Feng, J. Phys. Chem. B 107, 13563 (2003).[3] N. Du, H. Zhang, B. Chen, X. Ma, and D. Yang, J. Phys. Chem. C 111, 12677 (2007).[4] J. Liu, L. Yan, X. Chen, S. Wang, M. Zhang, and C. Tian, J. Rare. Earth. 33, 892 (2015).[5] J. Kullgren, K. Hermansson, and P. Broqvist, J. Phys. Chem. Lett. 4, 604 (2013).[6] P. Broqvist, J. Kullgren, M. J. Wolf, A. C. T. van Duin, and K. Hermansson, J. Phys. Chem. C 119, 13598 (2015).[7] J. Kullgren, M. J. Wolf, K. Hermansson, C. Köhler, B. Aradi, T. Frauenheim, and P. Broqvist, J. Phys. Chem. C 121, 4593 (2017).

[전산2-4 | 11:45]

Role of particle-matrix coherency on particle pinning: A phase-field method: *장근옥, 권준현, 이창규; *한국원자력연구원.*
Keywords: Phase-field modeling, Particle-boundary interaction, Zener pinning

A famous 70-years old Zener theory precisely describesparticle-boundary interaction at the incoherent interface. In reality, most ofparticles present on the matrix with coherent interface, which depends on thecrystallographic orientations. We release the assumption of the incoherent interfaceto consider more realistic situation with the phase-field method. The phase-field methods have been intensively applied to simulate grain growth and particle-boundary interaction. We modified the model of grain growth with inert second-phase particlesbased on the multi-order parameter model, which enablesto control the angle between the grain boundary and the tangential plane at the particle surface. We performeda set of simulations with a single particle with a grain boundary to examine accuracy of our model. After then, we performed a set of large-scale 3D grain growth simulations with second-phase particles to analyze a role of interfacial energy inhomogeneity on microstructural evolution.

[전산3-1 | 13:30]

유무기 하이브리드 페로브스카이트 기반 멤리스터 디바이스의 구동 원리: *이동화, 김성훈; *포항공과대학교 신소재공학과.*
Keywords: DFT, Memristor, MAPbI3, hybrid perovskite, resistance switching

멤리스터는 빠른 저항변화와 낮은 에너지 소비, 저발열 그리고 고집적이 가능한 특성때문에 차세대 비휘발성 메모리 소자로써 각광받고 있다. 비록 산화물 기반의 많은 멤리스터 소자들이 연구되었지만, 아직까지 DRAM에 비해서 많이 느린 속도와 높은 소비전력은 멤리스터가 차세대 메모리로써 활용될 수 있는 기회를 제한하고 있다. 하지만, 최근에 제안된 $MAPbI_3$ 기반 멤리스터는 기존 산화물 기반 멤리스터의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 제시하였다. 특히, 낮은 구동전압과 빠른 구동속도, 그리고 높은 on/off 간의 저항변화는 유무기 하이브리드 기반 멤리스터를 차세대 저항메모리로써 활용할 수 있는 가능성을 열어주었다. 유무기 하이브리드 기반 멤리스터가 DRAM이나 플래시 메모리를 뛰어넘는 차세대 메모리로써 활용되는 것은 저항변화와 관계된 현상을 명확히 규명함으로써 가능할 것이다. 따라서, 이 연구에서는 제일원리 기반 DFT 계산을 적용하여 $MAPbI_3$ 기반 멤리스터가 보이는 저항변화의

메카니즘을 규명하였다. 우리의 연구결과는 고집적이 가능한 차세대 멤리스터 소자를 개발하는데 있어서 매우 중요한 정보로 활용될 것이다.

[전산3-2 | 13:55]

Platform technology for new energy materials via first-principles calculation: *Kanghoon Yim[1], Chan-Woo Lee[1], Incheol Jeong[2], Yong Youn[3], Seungwu Han[3]; [1]*Korea Institute of Energy Research.* [2]*Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology.* [3]*Seoul National University.*

Keywords: first-principles calculation, automation, materials informatics, high-throughput screening

As new technologies require materials with new functionalities or exceptional performances, the importance of employing a novel material is getting bigger and bigger. Unfortunately, finding a brand-new superior material is very difficult and requires massive manpower and resources. Recently, many researchers attempt to apply the informatics technology such as machine learning regression in materials screening to reduce the excessive cost and to overcome the realistic limitations of conventional trial and error method by experiment. However, the key of successive work in informatics research often depends on the quantity and quality of considered database rather than details of the technique used in the prediction model. Since property data from experiments are usually sparse or biased to favorable materials in industry, it is hard to obtain practical database for the informatics research. In that point of view, first-principles calculation is an excellent tool for generating systematic and reliable data of materials properties. However, first-principles calculation itself also requires considerable computational resources and many practical properties are hard to obtain by simple calculation. For accelerating the computational output and improving accessibility of the calculation tools, a decent automation of first-principles calculation can do a significant role. In this talk, I'll introduce A^2P^2, the automation package of Korea Institute of Energy Research aiming at providing a practical computing platform for researchers with various backgrounds. Developing the automation code is accompanied by several material design studies. For example, high-throughput screening for high-k dielectrics, dicovering new p-type transparent oxides, and extensive searching for gas adsorption in various metal organic frame (MOF) were enabled by automation of sophisticated precedures using first-principles calculation. Through these studies, I'll discuss the prospect of materials informatics via first-principles calculations.

[전산3-3 | 14:20]

Charge transfer and ion dynamics at amorphous-crystal interfaces, and related electrochemistry of TiO_2: *최희채; *(주)버추얼랩.*

Keywords: Photocatalyst, Battery, Amorphous, TiO_2

Amorphous phases of oxides are frequently observed as intermediates of crystalizations or are intentionally prepared with thermal processing for engineering purposes. The existence of amorphous phases in nanocrystal oxides is known to strongly affect the electrochemical properties of oxides. Recently, partial amorphization of TiO_2 has been reported to enormously improve various functionality, such as photocatalysis and battery performances. However, the physical origins of improved photocatalytic activity and battery performances have not been clearly found so far. This study systematically investigated the diffusivity of Li-ion and electronic structures of amorphous-crystal interfaces of TiO_2 using density functional theory (DFT) calculations and experiments.

[전산3-4 | 14:35]

CeO_2/TiO_2 나노 구조체 형성에 대한 전자밀도함수이론 연구: *김현유, 하현우, 유미; *충남대학교.*

Keywords: Density functional theory, Ceria, Titania, Interface

산화물 기반 나노 구조체는 Au, Pt등 금속 나노입자 촉매에 대한 지지체로 광범위하게 사용된다. 많은 금속 기반 촉매 시스템이 귀금속 촉매에 의존하기 때문에 금속 나노입자의 크기 컨트롤과 함께 산화물 지지체의 미세화와 특성 조절을 조합하여 귀금속 촉매의 안정성과 수명을 높이려는 연구들이 다각적으로 진행되고 있다. 본 발표에서는 TiO_2 파우더의 표면에 다양한 CeO_2 나노 구조를 형성하고 이에 대한 Density Functional Theory 기반 해석을 통해 서로 다른 구조를 가지는 산화물 계면의 형성에 대한 이론적 이해를 제공한다. CeO_2와 TiO_2의 계면 형성은 CeO_2-TiO_2의 상호작용, CeO_2-CeO_2의 결합에너지, CeO_2의 표면에너지에 의해 복합적인 영향을 받으며, TiO_2 표면과 CeO_2 표면의 구조적 유사성에도 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 다양한 복합 산화물 구조를 이용한 촉매 개발을 위한 기본 이론적 배경을 제공한다는 점에서 의의가 크다.

[전산3-5 | 15:40]

CeO_2/TiO_2 나노 구조체를 이용한 Pt-CeO_2/TiO_2 촉매 디자인: *Mi Yoo[1], Hyunwoo Ha[1], Siwon Lee[2], WooChul Jung[2], Hyun You Kim[1]; [1]*충남대학교 신소재공학과.* [2]*KAIST 신소재공학과.*

Keywords: Pt-CeO_2/TiO_2, 복합촉매, single atom, 조합연구, CO 산화반응

많은 화학반응에 대해 높은 촉매 반응성을 나타내는 Pt 촉매는 Pt나노입자의 형태로 다양한 촉매 반응에 사용되고 있다. Pt 촉매의 우수한 반응성에도 불구하고 높은 가격과 낮은 매장량으로 인한 경제적 한계 때문에 좀더 싸고 매장량이 풍부한 대체재를 찾기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 본 발표에서는 Density Functional Theory 계산과 실험의 조합을 통해 Anatase-TiO_2 파우더에 형성된 CeO_2 나노 구조체를 이용하여 Pt single atom혹은 sub-nanometer-sized Pt cluster를 안정화 시킬 수 있는 Pt-CeO_2/TiO_2 복합 촉매를 디자인하였다. Pt-CeO_2/TiO_2 촉매는 CeO_2/TiO_2가 이루는 이종 계면에 Pt가 강하게 부착된 형태를 가지고 있으며, Pt와

CeO_2/TiO_2 사이의 삼중 계면에 존재하는 산소 이온이 Pt에 흡착된 CO를 (Pt-CO*) 산화시켜 CO 산화반응을 활성화 시킨다. 다양한 Pt 함량을 가지는 Pt-CeO_2/TiO_2 촉매의 반응성과 구조-반응성 상관관계 분석을 통해 0.5 wt%의 함량을 가지는 Pt-CeO_2/CeO_2 촉매에서 Pt의 CO 산화반응에 대한 mass activity가 최대값을 가지는 것을 발견하였다. 이는 원자단위로 분산되어 CeO_2/TiO_2 계면에서 안정화된 Pt single atom 촉매의 영향으로 판단된다. 본 연구의 결과는 높은 반응성과 안정성을 가지면서 Pt사용량을 최적화할 수 있는 방법론을 새롭게 제시하고 검증하였다는 점에 그 의의가 있으며 multi-oxide 계면을 이용한 촉매 디자인의 효용성을 증명하였다는 점에서도 가치가 크다.

[전산4-1 | 15:15]

β-$CuGaO_2$ as Strong Candidate Materials for Efficient Ferroelectric Photovoltaics: *Donghun Kim; *Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology.*

Despite the potential to exceed the Schockley-Queisser theoretical limit, ferroelectric photovoltaics (FPVs) have performed inefficiently due to their extremely low photocurrents. The reported low photocurrent values are mainly attributed to poor light absorptions. Most ferroelectric materials with sufficiently large polarizations, such as $LiNbO_3$, $BaTiO_3$ (BTO), and PZT, have a very wide band-gap energy of >3.0 eV, which places their absorption onset near the ultraviolet (UV). $BiFeO_3$ is known to have a relatively smaller band gap of 2.7 eV: however, this is still far apart from the optimal band-gap range (1.1-1.5 eV) for PV applications. In this regard, in order to realize the potential of FPVs, it is highly desirable to search for a novel ferroelectric material with both strong polarization and optimal band-gap energy. In this talk, we propose a recently discovered material, namely β-$CuGaO_2$ [T. Omata et al., J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 3378] as a strong candidate material for efficient ferroelectric photovoltaics (FPVs). According to first-principles predictions exploiting hybrid density functional, β-$CuGaO_2$ is ferroelectric with a remarkably large remanent polarization of 83.80 $\mu C/cm^2$, even exceeding that of the prototypic FPV material, $BiFeO_3$. Quantitative theoretical analysis further indicates the asymmetric Ga 3-O 2 hybridization as the origin of the $Pna2_1$ ferroelectricity. In addition to the large displacive polarization, unusually small band gap (1.47 eV) and resultantly strong optical absorptions additionally differentiate β-$CuGaO_2$ from conventional ferroelectrics: this material is expected to overcome critical limitations of currently available FPVs.

[전산4-2 | 14:50]

Ultrafast Sodiation of Single-crystalline Sn Anodes: *Yong-Seok Choi[1], Young-Woon Byeon[1,2], Jun-Hyoung Park[1], Jong-Hyun Seo[3], Jae-Pyoung Ahn[2], Jae-Chul Lee[1]; *[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology. [3]SK hynix.*

Keywords: Sodium-ion battery, Sn anodes, in situ diffusion experiment, Diffusion-controlled reaction, First-principles calculations

Sodiation was performed on a Sn cylinder using in situ electron microscopy to evaluate the rate performance of the Sn anode by directly measuring the sodiation rate. We observed that the sodiation rate of the Sn anode is more than two orders of magnitude higher than the lithiation rate of a Si anode under the same conditions. This unprecedented rate displayed by the Na–Sn system is attributed to the low bond energy and the crystalline-to-amorphous transformation of the Sn at the thin interface of the Na–Sn diffusion couple. Here, using first-principles calculations, we explain how and why the Sn anode exhibits this high rate performance by resolving the diffusion process of Na ions in the Na–Sn interfacial region and the electron structure of the crystalline Sn. This work provides useful insight into the use of Sn as an attractive anode material for realizing ultrafast-charging batteries for electric vehicles and mobile devices.

[전산4-3 | 15:55]

Interface Engineering for a Rational Design of Poison-free Bimetallic CO Oxidation Catalysts: *하현우[1], 신기현[2], Liang Zhang[2], 안혜성[1], 유미[1], 이혁모[3], Graeme Henkelman[2], 김현유*[1]; *[1]충남대학교 신소재공학과. [2]University of Texas at Austin. [3]KAIST 신소재공학과.*

Keywords: DFT, CO oxidation, Pt, Cu, CO-poisoning, Bimetallic

Pt 는 Oxygen reduction reaction, Water-gas shift reaction, CO oxidation등 에너지의 생산 및 전환에 관여하는 다양한 화학반응에 대해 촉매로 사용된다. 그러나 반응물 내에 CO가 포함되는 경우 Pt와 CO의 강한 결합력 때문에 Pt 표면이 CO로 피독되는 (CO-poisoning) 현상이 나타난다. Pt가 CO에 피독되면, 표면의 O_2/OH공급 지점이 막혀 촉매 반응의 활성이 저하되고 궁극적으로 촉매 시스템이 비활성화된다. 본 발표에서는 Pt의 CO 피독 현상을 방지하기 위한 모델 촉매로서 Pt-Cu를 기준으로 삼아 Pt 촉매 표면에 Cu를 활용한 산소 공급지점을 제공하는 Pt 촉매 개선 방안을 제시하고, Density Functional Theory 계산을 통해 검증하였다. Pt 촉매 표면에 Cu island가 형성되면, Pt에 CO가 주로 흡착되고 Cu에 O_2가 주로 흡착되어 Pt의 CO 피독과 무관하게 CO 산화 반응이 Pt-Cu의 계면에서 일어날 수 있는 것을 발견하였으며, CO와 O_2의 흡착 지점이 구조적으로 분리되어 CO 산화반응에 대한 지속성을 확보할 수 있음을 확인하였다. CO와 O_2의 분리흡착이 가능한 이원계 촉매 시스템을 O와 CO의 흡착에너지를 기준으로 screening하였으며 다양한 후보 시스템에서 본 연구의 아이디어가 구현될 수 있음을 확인하였다.

[전산4-4 | 16:10]

Unusual mechanical properties of nano structures based on minimal surface: *Jun-Hyoung Park, Jae-Chul Lee; *Korea university.*

Keywords: minimal surface, nano structure, stiffness

자연계에는 다양한 크기와 형상을 지닌 나노구조들이 존재한다. 이러한 나노구조들이 기존의 재료와 다른 특이한 특성들을 이끌어

낼 수 있다는 사실이 확인되면서, 나노구조를 통한 재료의 특성변화는 기존 재료의 활용 방안에 대한 광범위한 확장을 이끌어낼 수 있는 방법으로 고려되고 있다. 특히, 나노구조를 통한 기계적 특성 변화에 대한 연구는 negative effective mass density, meta-fluid property, negative effective bulk modulus 등 기존 재료에서는 볼 수 없는 독특한 특성을 이끌어냈다. 이러한 독특한 기계적 특성들은 재료 본래의 특성에 기반하지 않고, 나노 구조의 크기와 형태에 의해서 구현된다. FEM를 활용한 나노구조의 기계적 특성 분석은 구조의 형상에 의한 특성 변화를 예측하는데 매우 효과적이다. 그러나 FEM 계산을 통한 특성 변화의 예측은 나노구조의 크기에 따른 특성 변화를 정확히 예측하지 못하는 단점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 표면에너지에 의한 영향을 고려할 수 있는 분자동역학을 통하여 다양한 형태와 크기의 나노구조를 형성하고, 각 구조들의 기계적 특성을 분석함으로써 나노구조의 형태와 크기에 따른 특성 변화를 예측하였다.

[전산5-1 | 16:35]

CINEMAS: A new GUI-based tool for massive compuational materials science: *이승철[1,2], Kapil Gupta[2], Satadeep Bhattacharjee[2] ; [1]한국과학기술연구원, [2]한인도협력센터

Keywords: simulation platform, first principles calculation, graphical user interface, mass simulation control

제일원리 전자구조해석기법은 소재물성 해석 및 설계에 광범위하게 사용되며 최근 materials genome initiative와 같이 소재 스크리닝에 필수적인 방법론으로 광범위하게 활용하고 있다. 그러나 대부분의 제일원리 계산은 텍스트를 기반으로 활용되어 초보자의 진입장벽과 전문가의 생산성을 떨어뜨리며 생산된 데이터의 재활용에 있어서도 제한이 많은 단점이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 연구진은 그래픽사용자 인터페이스를 기반으로 입력데이터 생성, 시뮬레이션 수행, 결과 분석 및 해석, 데이터 재활용 등을 통합한 CINEMAS (Comprehensively INtegrated Environment for MAterials Simulation)을 개발하였다. CINEMAS는 job scheduler인 CASCADE, 3차원가시화를 위한 Viewer, 2차원 데이터출력을 위한 Plotter, 고품질 그래픽을 위한 Draw로 구성되며 제일원리 전자구조계산을 막힘없이 수행하여 원하는 계산결과의 출력까지 진행하는 초보자/전문가용 제일원리 소프트웨어이다. 자세한 특징 및 사용법에 대한 논의를 발표시 진행할 예정이다.

[전산5-2 | 17:00]

Thermal conductivity calculation for nanoporous Si/Ge heterostructure: *Soonsung So, Joohyoung Lee; *Gwangju Institute of Science and Technology.*

Keywords: thermoelectric materials, molecular dyanmics, Green-Kubo relation

The thermoelectric (TE) energy conversion materials have drawn much attention for many years due to their environmentally benign, solid-state energy harvesting property. To build viable TE devices, the conversion efficiency of TE materials needs to be high, which is properly described by the thermoelectric figure of merit, $ZT = S^2\sigma T/\kappa$, where S, σ and κ are the Seebeck coefficient, electrical and thermal conductivity, respectively, and T is the temperature. While various excellent materials with high ZT values have been synthesized, many of them contain harmful elements such as heavy metals. In this regards, we are here focused on Si/Ge compounds because nanostructuring can effectively decrease κ by increasing phonon scattering although Si and Ge are poor TE materials in bulk due to high thermal conductivity. In this study, we perform a series of equilibrium molecular dynamics (EMD) simulations to calculate lattice thermal conductivity of Si/Ge heterostructures with containing an ordered arrangement of cylindrical pores by employing Green-Kubo relation. Computing κ of nanoporous Si/Ge compounds by varying the pore size and spacing separately, it is revealed that the thermal conductivity is significantly lowered compared to the bulk phase. The reduction in κ can be attributed to the enhanced phonon scattering, which implies that the nanostructured Si/Ge heterostructure can be advantageous for high-performance TE applications.

[전산5-3 | 17:15]

Computationally Predictable and Controllable Dopant Substitution Effect on Battery Performance of LTO: First Principle Study: *조한얼[1], 이규환[2], 최희채[3]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국과학기술연구원. [3](주)버추얼랩.*

Keywords: LTO, Energy Storage System, Density Fuctional Theory, Cation Doping

There is a growing interest in renewable energy around the world due to the rapid changes in the environment caused by the use of fossil fuel resources such as greenhouse effect. Due to the disadvantage that renewable energy sources (wind, hydropower, solar, etc.) are intermittent, the demand for large capacity energy storage space is increasing day by day. LTO($Li_4Ti_5O_{12}$), has been considered as the most suitable candidate for the anode of large capacity energy storage, has been regarded as the greatest disadvantage of very low electrical conductivity(10^{-13} S/cm). Although the electrical conductivity has improved by up to 10^{-2} S/ cm through doping, the reported improved performance and electrical conductivity of the doped LTO anode appears to be inconsistent. Therefore, it is necessary to investigate the other conditions required to improve the electric conductivity to improve the charging / discharging efficiency. This study investigated doping effects on battery charging / discharging performance in various aspects such as electrical conductivity, capacity and ionic conductivity. First, the cause of electric conductivity improvement was investigated by investigation of Mg doping with extremely improved electrical conductivity of LTO. Second, we examined the effect of cation doping, which is expected to have no effect on the electrical conductivity of LTO, to determine what other conditions should be further met to improve the LTO electrical conductivity. Third, the cause of capacity change of LTO depending on doping was investigated.

[전산5-4 | 17:30]

Multiscale modeling of complex interface: *Hyungjun Kim, Hyung-Kyoo Lim; *한국과학기술원(KAIST).*

Keywords: Multiscale simulation, solid-liquid interface, complex materials interface, catalysts

First-principles based electronic structure theory, such as density functional theory (DFT) calculation, has been employed in a variety of complex systems. Notwithstanding its wide applications and successes, the calculation often assumes the system being in vacuo due to its relatively high computational cost. To extend the applicability of first-principles calculations, it is therefore important to develop new routes to effectively include dynamic environmental effect of the solvation into electronic structure calculations. In this talk, we discuss about our recent approach of grid-based seamless coupling of classical molecular dynamics simulation (to sample the dynamical environmental effect) with planewave based DFT (to investigate the electronic structure), namely DFT in classical explicit solvent (DFT-CES). By employing mean-field approximation, the computational overhead of DFT-CES is much reduced compared with that of conventional QM/MM methods. Moreover, we coupled the fast and efficient free energy calculation method based on two-phase model (2PT) into our DFT-CES method, which enables the direct and simultaneous computation of solvation free energies as well as the electronic structure changes due to solvation effect. We further discuss how our new multiscale simulation method can be applied to investigate exotic material properties where solid-liquid interface becomes important in energy applications.

New Horizon-Advanced Energy Materials Science
Room 322, 10월 26일

[New 1-1 | 09:30]
연료전지용 차세대 비백금계 촉매의 설계전략: *최창혁; 광주과학기술원(GIST)
Keywords: non-precious metal catalysts, Fe demetallation, radical oxygen species

현재 상용화된 연료전지는 양극에서의 원활한 산소환원반응을 위하여 상당량의 백금 촉매를 사용한다. 그러나 백금으로 인한 낮은 가격경쟁력을 해결하기 위해, Fe, 질소, 탄소로 이루어진 값싼 비백금계 촉매를 개발하고자 많은 연구가 진행되었다. 이러한 노력의 결과로 촉매 활성 측면에서는 괄목할 만한 발전을 이루었으나, 고분자막 연료전지에서의 촉매 안정성 문제는 여전히 해결되지 못하고 있다. 본 연구에서는 Fe-N-C 촉매의 비활성화 기작을 밝히기 위하여 online inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), differential electrochemical mass spectroscopy (DEMS) 와 결합된 flow cell를 도입하였다. 낮은 과전압 범위 (<0.7 V_{RHE})에서 Fe particle로부터 부식은 산소환원반응에 직접적으로 부정적인 효과를 불러일으키지 않으나, 높은 과전압 범위 (>0.9 V_{RHE})에서 발생하는 탄소 지지체의 산화반응은 활성점으로 작용하는 FeN_xC_y 구조의 변형을 유도함을 알아내었다. 또한 Fe의 부식은 활성에 대한 직접적인 효과는 없으나, 고분자막 연료전지의 안정적인 운전에 부정적인 영향을 불러일으킬 수 있다는 가능성이 제시되었다. 이를 토대로 Fe particle이 존재하지 않는 촉매에 대한 합성적 및 후처리적 방법론을 제시하였다. 추가적으로, 고분자막 연료전지와 결합하여 Fe-N-C 촉매의 성능을 평가 및 분석 결과 산소 라디칼 종으로 인한 촉매 표면의 산화와 같은 더 복잡한 저해 기작이 있음을 밝혀내었다. X-ray adsorption (XAS), X-ray photoelectron (XPS), 그리고 Mössbauer spectroscopy를 통하여 산소 라디칼 종으로 인한 Fe-N-C 촉매의 저해의 원인은 활성점으로 작용하는 Fe 구조의 변형이 아니라, 탄소 지지체의 산화로 인한 활성점 Fe의 전자 밀도 결핍인 것임을 밝혀내었다. 이를 바탕으로, Fe-N-C 촉매에 대한 기초적인 이해를 통하여 고분자막 연료전지에서 고활성 및 고안정성을 가지는 비백금계 촉매의 합성전략을 소개하고자 한다.

[New 1-2 | 09:55]
Lower temperature operating sodium beta-alumina battery for grid scale energy storage: development strategies and technical challenges: *정기영 ; *포항산업과학연구원(RIST)*
Keywords: Energy Storage System (ESS), Na Beta-alumina Battery (NBB), Sodium Nickel Chloride Battery ($Na/NiCl_2$)

The sodium nickel chloride ($Na/NiCl_2$) battery is one of the most promising candidates as a large scale electrochemical energy storage device because of its long lifetime (15 years), use of cheap and abundant materials, demonstrated field operation records, and more. The battery comprises molten Na and $NiCl_2$ as negative and positive electrodes, respectively, in its charged state, separating them by a ?"-Al_2O_3 solid electrolyte (BASE). In order to facilitate fast sodium ion transport in the cathode compartment, molten $NaAlCl_4$ salt as a catholyte is infiltrated into the cathode materials powder. It typically operates at 280~300°C so as to maximize the ionic flux in the $NaAlCl_4$ and through its solid electrolyte, and to minimize the dissolution of $NiCl_2$ into the catholyte. However, this efficient battery is yet to be widely used in grid scale energy storage applications since it is still expensive and hard to dramatically reduce the cell manufacturing cost mainly due to the inevitable use of expensive sealing technologies. This presentation introduces Korea-U.S. collaborative efforts to develop a novel lower temperature operating sodium beta-alumina battery (LT-NBB) based on the $Na/NiCl_2$ chemistry. Its operation temperature is targeting at below 200°C in order to adopt inexpensive polymer sealing replacing conventional sealing technologies. This also allows us to bring a new planar cell design with a greatly reduced number of cell components. Enhanced degradation resistance of cathode materials is another important advantage of this technology. The presentation will start with stating the problems found in traditional sodium beta-alumina batteries, and our strategies to resolve the issues will be described. Challenges and recent progress in materializing prototype LT-NBB cells, and related core technologies, including cell design, highly toughened solid electrolyte, simple cell manufacturing process using polymer sealing, and electrochemical cell performance, will be discussed.

[New 1-3 | 10:20]
Interface Engineering for a Rational Design of Metal-oxide-based Heterogeneous Catalysts: Pt/CeO_2-TiO_2: *김현유[1] ; [1]충남대학교
Keywords: Density functional theory, Heterogeneous catalysis, Interface, Oxide, Pt

Interfaces of oxides and metal nanoparticles have shown extensive potential for accelerating various catalytic processes, via direct participation[1-3] or the strong metal-support interaction (SMSI).[4] To tune the catalytic activity and selectivity, rational control of interfacial structures has been a long standing goal in catalysis, in particular for powder supports used in practical catalysts. Motivated by a recent experimental study,[5] we demonstrate a "bottom-up" approach to understand the spontaneous growth of the ceria nanoarchitectures on Anatase (A)-titania powders based on density functional theory (DFT) calculations. According to our results, the delicate balance in the relative rigidity of A-TiO_2 facets, the CeO_2-CeO_2 interaction energy, surface energy of CeO_2 facets, and the TiO_2-CeO_2 interface formation energy controls the growth behavior of ceria nanoarchitectures on A-TiO_2 powders.[6] We then extend the study

to show that added Pt atoms preferentially nucleate at the TiO_2-CeO_2 interface allowing them to potentially participate in CO oxidation at the Pt/CeO_2-TiO_2 multi-phase interface. Experimental and theoretical observations confirm the strong geometric correlation between the CeO_2 architectures and the deposited Pt clusters and high performance of Pt/CeO_2-TiO_2 catalysts for CO oxidation.

[New 2-1 | 11:05]

Enhancing Mo:BiVO4 Solar Water Splitting with Patterned Au Nanospheres by Plasmon-Induced Energy Transfer: *박종혁 ; *연세대학교*

Keywords: Plasmon induced energy transfer, plasmonic coupling, gold nanosphere, pattern array, photoelectrochemical water splitting

Plasmonic metal nanostructures have been extensively studied to improve the performance of metal oxide photoanodes for photoelectrochemical (PEC) solar water splitting cells. Most of these studies have focused on the effects of those metal nanostructures on enhancing light absorption and enabling direct energy transfer via hot electrons. However, several recent studies have shown that plasmonic metal nanostructures can improve the PEC performance of metal oxide photoanodes via another mechanism known as plasmon-induced resonant energy transfer (PIRET). However, this PIRET effect has not been yet tested for the molybdenum-doped bismuth vanadium oxide (Mo:BiVO4), regarded as one of the best metal oxide photoanode candidate. Here, we constructed a hybrid Au nanosphere/Mo:BiVO4 photoanode interwoven in a hexagonal pattern to investigate the PIRET effect on the PEC performance of Mo:BiVO4. We find that the Au nanosphere array not only increases the light absorption of the photoanode as expected but also improves both its charge transport and charge transfer efficiencies via PIRET, confirmed by time-correlated single photon counting and transient absorption studies. Incorporating the Au nanosphere array increases the photocurrent density of Mo:BiVO4 at 1.23 V vs. RHE by ~ 2.2-fold (2.83 mA/cm2), comparable with most of the other hybrid Au/metal oxide photoanodes in the literature.

[New 2-2 | 11:30]

Selective Doping and Coating of Layered Oxide Cathode Materials for Lithium Ion Batteries: 최아람, 김한슬, 임정우, *이규태 ; *서울대학교*

Keywords: lithium ion battery, cathode, layered oxide, doping, coating

근래에 들어 환경 오염 등의 문제를 개선하기 위하여 전기자동차 개발에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 전기자동차의 에너지원으로써 리튬 이온 전지에 대한 연구가 폭발적으로 진행되고 있으며, 전기자동차의 주행거리를 증대하기 위하여 기존 소재의 한계를 극복하는 새로운 소재를 개발하고자 하는 노력이 진행 중이다. 예를 들어, 양극의 에너지 밀도 증가를 위해서 가역 용량이 기존 상용화된 소재 보다 큰 Li- 및 Mn-rich 산화물 (over-lithiated oxide, OLO) 을 개발하거나, 또는 상용화된 $LiCoO_2$의 가역용량을 증가시키 위하여 4.55 V (vs. Li/Li^+)의 고전압 영역까지 충방전을 진행하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 그러나 이러한 소재들의 경우 구조적 불안정성 및 전이금속 용출로 인해 고용량을 사용할 경우 안정적이지 못한 수명 특성을 보이고 있다. 따라서 본 발표에서는 이러한 고용량 소재의 전기화학적 특성을 개선하기 위하여, 새로운 i) site-selective doping 방법 및 ii) plane-selective coating 방법을 소개하며, 이를 통해 개선된 전기화학적 특성 결과에 대해 논의할 것이다.

[New 3-1 | 13:30]

Catalyst Materials Design for Solar Energy Conversion Device: *남기태, 임성열 ; *서울대학교*

Keywords: photoelectrochemical cell, photovoltaic-electrolyzer, catalyst, hydrogen, oxygen

늘어가는 환경오염 문제와 줄어드는 탄소 기반 자원 매장량으로 인해 신재생 에너지원 개발 및 활용 방안에 대한 필요성이 대두되고 있다. 탄소 자원을 대체하고 신재생 에너지의 상업화를 위한 많은 에너지원 후보군 중 현재까지 가장 많은 주목을 받아온 것 중 하나는 태양광 에너지이다. 지표면에 도달하는 태양 에너지는 대략 3.8×10^{21} kJ 으로 지구에서 필요한 총 에너지양의 대략 10,000 배에 해당할 정도로 그 양이 어마어마하다. 하지만 에너지 공급의 일시성으로 인해 태양 에너지를 에너지 수요에 대비해 저장해두는 것이 필요하다. 가장 잘 알려진 방법 중 하나는 태양 에너지를 화합 결합에 사용해 화합물로 만들어 두는 것이다.[1] 이것은 식물이 광합성을 통해 이산화탄소 기체 (CO_2)로부터 당을 만들어 자신들의 성장에 이용하는 것과 같은 원리이다.[2,3] 이처럼 광합성을 모사해 태양 에너지를 화학 에너지로 변환시키는 장치의 구성은 크게 세 가지로 나뉘어져 연구가 이뤄져 왔다.[4] 첫 번째로 태양 에너지로부터 화학 결합 생성에 사용할 수 있는 전자와 홀을 만들어 내는 광반도체를 광촉매 입자 형태로 만드는 것이다. 시스템을 구축하기 위한 공정 단가가 다른 시스템 구성에 비해 싸다는 것이 가장 큰 장점이지만 산화/환원 공간에서 발생하는 전하 불균형을 맞추기 위한 효율적인 전자 전달 매개체의 개발, 낮은 안정성 등이 아직 극복해야할 과제로 남아 있다.[5] 또한 효율적인 화학 반응 진행을 위한 경제적인 co-catalyst의 존재가 필요하다. 두 번째는 광전기화학셀 (photoelectrochemical cell, PEC)을 사용하는 것이다. 광여기된 전자, 정공으로 물 (H_2O), CO_2, 질소 (N_2) 등의 화합물을 산화/환원을 동시에 시킬 수 있는 광반도체가 필요하다. 또한 이 산화/환원 반응이 원활하게 일어나기 위한 촉매를 반도체 전극 표면에 코팅하는 것이 필요하다. 이 때 촉매는 촉매 자체의 전기화학적 활성이 좋아야 할 뿐 아니라 반도체 표면에서 흡광을 통해 만들어진 소수 운반체 (minority carrier)들을 잘 추출해낼 수 있어야 한다.[6] 또한 표면의 촉매층을 지나 광반도체층에서 충분한 흡광이 일어날 수 있도록 빛의 경로 또한 고려해야 한다.[7] 마지막으로는 태양광 전지 (solar cell) 패널과 전기 분해 시스템을 직렬로 연결한 photovoltaic (PV)-electrolyzer 시스템이 있다. 태양광 전지 패널의 높은 단가가 가장 큰 단점이었지만 최근 패널 생산 기술의 발달로 그 가격이 내려가면서 다시 주목을 받고 있다. 광촉매, 광전기화학셀과는 달리 반도체의 valence band, conduction band 위치를 고려하지 않고 촉매 전극의 활성이 가장 우선시 된다.[8] 우리는 여기서 PEC 와 PV-electrolyzer 시스템을 염두에 둔 촉매 전극의 디자인에 대해 몇가지 제시를 하고자 한다. PEC

에서는 수 원자층 수준의 촉매층을 사용해 촉매층에서의 광손실을 최소화함과 동시에 전극의 절연화 (passivation)를 방지하는 효과를 낼 수 있었다.[9] 그리고 합금 (alloy) 촉매를 사용함으로써 실리콘 광반도체로부터 수소 기체 (hydrogen) 발생을 위한 전자를 보다 효율적으로 추출하면서 동시에 촉매의 활성은 유지할 수 있었다. 여기에 더불어 촉매를 3차원적으로 패터닝함으로써 빛 투과와 촉매 활성 발휘를 위한 금속의 적정 로딩양을 달성했다. PV-electrolyzer 시스템에 적용하기 위해서 chemical bath deposition 방법을 통해 산소 기체 (oxygen) 발생을 위한 촉매 합금의 성능을 성공적으로 개선할 수 있었다. 이러한 일련의 연구들을 통해 잘 알려진 촉매 물질이라고 할지라도 반도체 전극과의 궁합이나 위치, 모양, 도핑 이온 등에 따라 태양광 에너지 변환 장치 (solar energy conversion device)에서는 그 활성이 다르게 나타날 수 있음을 보이고 보다 나은 디자인 전략을 확립하기 위한 조각들을 제시하고자 한다.

[New 3-2 | 13:55]

이산화탄소 감소를 통한 가역적 금속-산소 배터리 개발: *강석주; *울산과학기술원(UNIST)*

Keywords: Li metal batteries, Li-O2, OER/ORR, DEMS

금속-산소 배터리는 높은 이론적 용량으로 인해 최근 전기 자동차 및 Energy Storage System 에서 많은 관심을 받고 있다. 그러나 배터리 재료(양극, 음극, 전해질)의 불안정성과 함께 충, 방전 시 발생하는 부 반응으로 인해 가역적 전기화학 반응이 매우 어렵다는 문제를 지속적으로 지적받고 있는 실정이다. 부 반응 중 가장 큰 문제로 지적된 CO2발생은 탄소전극의 결함으로부터 생산되는 탄산염의 산화 분해로 이해되어왔으며, 가역적 금속-산소 배터리 구동을 위해 반드시 해결해 될 과제로 알려져 왔다. 따라서 본 발표에서는 결함이 많은 카본전극을 전기화학적으로 도핑 한 후 금속-산소 배터리의 양극으로 적용 사용하였을 시 이산화탄소 발생을 억제함과 동시에 높은 양의 산소를 발생하는 새로운 접근법을 제시 할 것이다. 또한 발표에서는 DEMS 장비를 이용한 금속-공기 소자의 가스 측정을 기본으로 가역적 전기화학 반응에 대한 가능성을 토의할 예정이다.

[New 3-3 | 14:20]

Sheet-Type Electrodes Prepared by Solution-Process for All-Solid-State Li-Ion Batteries: *정윤석; *울산과학기술원(UNIST)*

Keywords: solid electrolytes, solid-state batteries, ionic conductivities

Bulk-type all-solid-state lithium-ion batteries (ASLBs), based on composite-structured electrode and electrolyte layers, have the potential to outperform the conventional lithium-ion batteries (LIBs) in terms of safety and energy density. Owing to high ionic conductivities (max. 10^{-2} S cm^{-1}) and mechanical sinterability, sulfide-based solid electrolyte(SE) materials are considered as the key to the development of high-performance bulk-type ASLBs. While the conventional preparation of lab-scale bulk-type ASLBs is based on mixing a particulate mixture of active materials, SEs, and conductive additives in a dry condition, addition of polymeric binders would be necessary to obtain sheet-type electrodes for practical ASLBs. Thus, wet-slurry process using solvents to dissolve the polymeric binders should be applied for fabrication of the ASLB electrodes. However, it is complicated because of severe restrictions in available solvents and binders. As the sulfides show reactivity toward common polar solvents such as N-methyl-pyrrolidinone (NMP), nonpolar or less polar solvents such as toluene and xylene should be used. In turn, appropriate binders such as nitrile–butadiene rubber (NBR) and styrene–butadiene rubber (SBR), which can be dissolved into the nonpolar or less polar solvents, must be used. Moreover, in the case of the slurry for ASLBs careful engineering should be made to achieve favorable percolations in terms of not only electronic but ionic pathways by homogenizing three components of active materials, SEs, and conducting additives, which is contrasted by homogenization of only two components of active materials and conducting additives in the case of the slurry for conventional LIBs.
In this presentation, our recent results of scalable fabrication of sheet-type ASLBs by infiltrating conventional LIB electrodes with solution-processable SEs will be presented.

[Break time | 14:45]

[New 4-1 | 15:05]

Plasmonic CO_2 Conversion into Formate by Ruthenium Complex: 전휘석, 최신영, 양문영, *남윤성; 한국과학기술원(KAIST)

Keywords: CO_2 reduction, formate, photocatalysis, molecular catalyst, surface plasmon resonance

We introduce a new *cis*-ruthenium bipyridine complex as a highly formate-selective CO_2 reduction catalyst in an aqueous solution under ambient conditions through its stable immobilization onto the surface of plasmonic TiO_2/Au heterostructuree. The ruthenium complex was designed to have a bulky aromatic group to stabilize the complex and make the active site easy to be utilized. In addition, phosphonate groups can construct stable linkage between the complex and oxophilic TiO_2. The CO_2 reduction is driven under visible light illumination by surface plasmon resonance (SPR) of the TiO_2/Au nanostructure. The plasmonic hot electrons are generated according to the power of incident light, and the reaction rate also accelerated with transition from linear to super-linear dependency to the light intensity. As a result, the tested highest value of reaction rate is 1,200 h^{-1} at 360 mW·cm^{-2}. Moreover, due to the use of a molecular catalyst, high selectivity (~95 %) toward formate was achieved. Intermediates in the catalytic cycle were evaluated with their chemical potentials by First-principles calculation to interpret the results and construct a promising, alternative mechanism. This photocatalyst also exhibits remarkable durability over 50 h without loss of catalytic activity. The results represent our plasmonic CO_2 reduction method can provide renewable hydrocarbon fuels in a sustainable manner using solar energy. We also believe that our

catalytic system can be an excellent example of photochemical CO_2 conversion to produce formic acid with a molecular catalyst. This work was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2016R1A2B4013045).

[New 4-2 | 15:30]

Flexible Thermoelectric Generators Using Organic Materials by Printing Process: *조성윤 ; *한국화학연구원(KRICT)*

Keywords: organic thermoelectrics, flexible, printing

Thermoelectric energy conversion is an attractive and environmentally friendly way to recover energy from industrial waste heat or natural heat because of its potential for improving the energy efficiency. As thermoelectric materials, organic materials have unique advantages, such as cost effectiveness, low intrinsic thermal conductivity, high flexibility, and amenability to large area applications. Therefore, organic conducting polymers, which possess good electrical conductivity, have been actively researched. In addition, various carbon based materials such as CNT are also good candidates for organic thermoelectric materials. Herein, we will discuss a convenient method to fabricate flexible thermoelectric generators using various organic materials by printing process.

[New 4-3 | 15:55]

Edge-selective graphene nanoplatelets as a metal-free counter electrode in DSSCs: Myung Jong Ju[1], Jae Cheon Kim[2], Kicheon Yoo[2], Jong-Beom Baek[1], *Jae-Joon Lee[2] ; [1]*울산과학기술원,* [2]*동국대학교*

Metal-free carbon-based electrocatalysts for dye-sensitized solar cells (DSSCs) are sufficiently active in Co(II)/Co(III) electrolytes but are not satisfactory in the most commonly used iodide/triiodide (I^-/I_3^-) electrolytes. Thus, developing active and stable metal-free electrocatalysts in both electrolytes is one of the most important issues in DSSC research. Edge-selectively heteroatoms-doped graphene nanoplatelets (XGnPs, X=N, halogens, Se, Te, Sb etc.) were prepared by a simple mechanochemical driven reaction between graphite and target materials. The edge-selective doping and the preservation of the pristine graphene basal plane in the XGnPs were confirmed by various analytical techniques, including atomic-resolution transmission electron microscopy (AR-TEM) and/or time of flight secondary ion mass spectrometry (TOF-SIMS). Here we report the synthesis of edge-selective graphene nanoplatelets (XGnPs) prepared by a simple mechanochemical reaction between graphite and target materials, and their application to counter electrodes (CE) for DSSCs in both Co(II)/Co(III) and I^-/I_3^- electrolytes. Specifically, tested as the DSSC CE in both $Co(bpy)_3^{2+/3+}$ (bpy = 2,2′-bipyridine) and I^-/I_3^- electrolytes, among the XGnPs, the SeGnP-CEs exhibited outstanding electrocatalytic performance with ultimately high stability. The SeGnP-CE–based DSSCs displayed a higher photovoltaic performance than did the Pt-CE–based DSSCs in both SM315-sensitizer with $Co(bpy)_3^{2+/3+}$ and N719-sensitizer with I^-/I_3^- electrolytes. Furthermore, the I_3^- reduction mechanism, which has not been fully understood on carbon-based CE materials to date, was clarified by an electrochemical kinetics study combined with density functional theory (DFT) and nonequilibrium Green's function calculations (NEGF). These new findings may pave the way for further development of more practical Pt-free CEs, which may help to accelerate the practical applications of DSSCs.

[New 5-1 | 16:30]

Understanding the ordering transition in high voltage $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ and its effects on superior electrochemical performance: *Byoungwoo Kang[1] ; POSTECH

High energy density of a lithium ion battery (LIB) is an essential requirement for powering plug-in hybrid electric vehicles and electric vehicles. Increasing the redox potential of cathode materials is an effective way to achieve high energy density in the cell. For this purpose, high-voltage spinel $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ (LNMO) is a promising cathode material for LIBs because it has a high redox potential of ~ 4.7 V, which makes its energy density (~650 W·h/kg) 20% higher than that of conventional $LiCoO_2$. However, the electrochemical properties of LNMO spinel depend on several factors such as its structure, the quantity of Mn^{3+} ions, the particle size, and the morphology of particles. Especially, the structure of the spinel has a critical influence on its electrochemical performance. LNMO structure is dictated by the ordering of Ni and Mn at two octahedral sites, which take two forms: disordered and ordered spinel. Under typical experimental conditions, an ordering transition behavior from the disordered spinel at high temperature to ordered one at low temperature occurs. The ordering transition behavior with oxidation state of Mn strongly affects electrochemical properties such as OCV, phase transformation pathway and performance. In this presentation, I will show the effect of the ordering transition behavior on electrochemical properties and discuss how the ordering transition can occur and the suppression of the transition affects electrochemical properties by using Li doped LNMO compound.

[New 5-2 | 16:55]

Search for high performance materials for lithium oxygen batteries from multi-disciplinary approach: *Kisuk Kang[1] ; [1]서울대학교

Among several post-lithium ion battery candidates, lithium oxygen batteries have attracted tremendous attention because of their exceptionally high theoretical energy density. The absence of a transition metal and the use of abundant resources of oxygen in the electrochemical reaction further make this chemistry appealing as a promising future battery system. However, the present state of lithium oxygen batteries involves the critical limitations of low cycle life and high charging overpotential (low energy efficiency) during

cycling, arising from formation/decomposition of unwanted byproducts rather than Li_2O_2 involving reactions among electrode, electrolyte and oxygen. Inducing a reaction solely involving Li_2O_2 formation and decomposition during cycling is indispensable in taking advantage of the high energy density of the Li–O2 battery chemistry. In this talk, I will present our approach of addressing these issues from the multi-disciplinary search for novel materials .

마그네슘 심포지엄

Room 322, 10월 26일

[마그네슘1-1 | 09:00]

용융염전해법을 이용한 마그네사이트 광석으로부터 마그네슘 제조: *박형규; *한국지질자원연구원 DMR융합연구단.*

Keywords: 마그네슘, 제련, 마그네사이트, 용융염전해, 실험실규모

마그네슘 제련은 크게 용융염전해법과 열환원법 두 가지로 대별할 수 있는데, 본 연구에서는 마그네슘 금속 제련에 관하여 원료 광석인 마그네사이트로부터 무수염화마그네슘 제조를 거쳐 용융염전해법에 의한 금속 마그네슘 제조까지 실험실 규모로 전해 마그네슘을 제조하였다. 출발 원료인 마그네사이트 광석을 평균입도 100 μm의 분말로 가공하여 이를 2M 염산용액에 용해시켜 함수염화마그네슘($MgCl_2$?nH_2O)을 만들고, 이를 염화수소 분위기에서 가열 탈수하는 방법과 염화암모늄마그네슘으로 만들어서 대기중 가열 탈수하는 두 가지 방법을 사용하여 순도 99% 이상의 무수염화마그네슘을 제조하였으며, 이 무수염화마그네슘을 자체 제작한 150A급 mono-polar형 용융염 전해셀 내에서 약 750°C의 염욕에서 전해하여 순도 99.5%의 금속 마그네슘을 회수할 수 있었다.

[마그네슘1-2 | 09:20]

마그네사이트 열환원 공정의 환원율 및 슬래그 조성에 미치는 공정조건의 영향: *박재신[1], 한길수[1], 김종걸[1], 최국선[2], 김영민[3], 유봉선[3], 고상모[4]; *[1](재)포항산업과학연구원. [2]강릉원주대학교. [3]재료연구소. [4]한국지질자원연구원.*

Keywords: magnesium, magnesite, magnesia, aluminothermic, reduction

최근 수송기기 및 전자, IT 소재로의 적용을 위한 마그네슘 및 마그네슘 합금에 대한 관심이 증대되고 있어 다양한 기술 개발이 진행되고 있다. 순수 마그네슘 원소재 개발을 위한 제련법은 크게 열환원법과 전해제련법으로 나눌 수 있으나, 전 세계 마그네슘 생산량의 80% 이상이 제조단가가 싼 피젼법(Pidgeon process)이라 불리는 열환원법에 의해 생산되고 있다. 피젼법은 돌로마이트를 원료로 Fe-Si을 환원제로 사용하는 제련 기술이나 노동집약적이며 생산성이 낮아 원료 및 공정 비용이 싼 중국에서 주로 생산되고 있다. 이러한 피젼법의 단점을 극복하기 위해 다양한 마그네슘 제련 기술 개발 연구가 진행되고 있으나, 아직 기존의 피젼법을 대체할 만한 상용 기술은 개발되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 마그네사이트 원료 및 Al 환원제를 이용한 신제련 공정에 대한 연구를 진행하였다. 이를 위해 열역학 해석을 통해 마그네사이트 Al 열환원 실험을 위한 공정 조건을 도출하였으며, 소량단광을 이용하여 환원온도, 환원시간, Al 첨가량에 따른 열환원 실험을 진행하였다. 또한, 소량단광 열환원 실험 결과 및 Modified shrinking unreacted core model 식을 적용하여 속도론적 거동을 분석하였다. 소량단광 열환원 실험의 검증을 위해 2~3 kg 정도의 다량단광을 이용한 열환원 실험을 실시하였으며 마그네사이트 열환원 공정의 환원율 향상을 위해 다양한 공정 조건에서 다량단광 실험을 진행하였으며, 실험 후 열환원 슬래그 성분을 분석하였다.

[마그네슘1-3 | 09:40]

실시간 전자현미경 분석법을 이용한 마그네슘 서브마이크로 필라의 크기와 결정방위에 따른 변형 메커니즘 연구: *정지원[1], Markus Alfreider[2], 이수빈[1], Daniel Kiener[2], 오상호[3]; *[1]기초과학연구원. [2]University of Leoben. [3]성균관대학교.*

Keywords: Magnesium, Single crystal, Slip, Twin, In-situ TEM

마그네슘과 같은 조밀육방결정구조 (Hexagonal close-packed, HCP)를 가지는 금속의 경우 결정구조의 이방성으로 인해 슬립 및 변형쌍정을 포함하는 다양한 변형모드를 가지고 있다. 또한 변형모드 사이의 임계전단응력 차이로 인해 응력 인가 조건에 따라 변형거동이 크게 바뀌게 된다. 본 연구에서는 HCP금속재료에서 관찰되는 다양한 변형모드의 변형메커니즘을 근본적으로 이해하기 위해 마그네슘 단결정을 사용하여 이를 다양한 방향으로 응력을 가했을때 나타나는 변형거동을 실시간 전자현미경 분석법을 이용하여 관찰하면서 동시에 기계적 특성을 측정하였다. 실험에는 접속이온빔(Focused Ion Beam) 가공법을 이용하여 제조한 각각 0.5 μm, 1 μm, 2 μm, 4 μm의 크기 및 [0001], [2-1-12], [10-10], [2-1-10]의 서로 다른 방위를 가지는 필라들을 이용하였다. [1000] 및 [2-1-12] 방위로 제조된 필라들의 경우, 각각 pyramidal slip 및 basal slip이 주된 변형모드로 작용하였다. 크기에 따른 기계적 물성측정 결과, basal slip 의 크기지수가 pyramidal slip 보다 두배 큰 값을 나타내었으며, 이러한 차이가 나타나는 원인은 basal slip의 경우 전위의 고갈에 의한 변형 경화 (strain hardening)이 일어나는 반면 pyramidal slip의 경우 전위 밀도의 증가로 인한 변형 경화를 나타내는 변형거동의 차이에서 비롯된 것으로 확인되었다. [10-10] 및 [2-1-10] 방위로 제조된 필라들의 경우, {10-12} 쌍정이 주 변형모드로 작용하였다. 하지만 변형쌍정이 형성된 이후의 변형거동은 서로 큰 차이를 보였다. [10-10] 필라의 경우 쌍정의 전파에 의해 모든 변형량을 만들어 냈지만, [2-1-10] 필라의 경우 쌍정의 전파 및 쌍정 내부에서의 Basal slip에 의해 변형량을 만들어 내었다. 이는 쌍정의 형성에 의해 결정의 방위가 달라지면서 응력 방향이 [2-1-10]에서 [2-1-13]로 바뀌었고 이로 인해 Basal slip이 쉽게 활성화 될 수 있는 응력 조건이 되었기 때문인 것으로 확인되었다.

[마그네슘1-4 | 09:55]

The formation mechanism of long-period stacking order in magnesium: *김진경[1], Lei Jin[2], Stefanie Sandlöbes[3], Dierk Raabe[4] ; *[1]포항공과대학교. [2]Research Centre Jülich. [3]RWTH Aachen University. [4]Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Mg is the most important lightweight engineering alloy enabling future weight-reduced and fuel-saving engineering solutions. Yet, Mg is soft. Long-period stacking ordered (LPSO) structures in Mg alloys have unique crystal structures, characterized by both complex

chemical and stacking order. They are essential for strengthening of Mg alloys. The formation mechanism of these LPSO structures is still under discussion. Here we report that Y/Zn enriched Guinier-Preston (GP) zones observed in a lean Mg-Y-Zn model alloy are precursors of early stage LPSO structures. We provide evidence of a new type of phase transformation mechanism which comprises the diffusional formation of Y/Zn enriched GP zones and their subsequent shear transformation into LPSO building blocks. The mechanism constitutes a new type of coupled diffusional-displacive phase formation sequence which may also be applicable to other alloy systems.

[마그네슘2-1 | 10:30]

New Continuous Thermal Reduction Process for Magnesium Production: *Dong Kyun Choo[1], Jaesin Park[1], Good-sun Choi[2], Youngil Kim[1], Gilsoo Han[1] ; [1]*Research Institute of Industrial Science and Technology.* [2]*Gangrung Wonju University.*

Keywords: Magnesium, Reduction, Process, Thermal, Silicothermic

Magnesium is becoming increasingly important as a lightweight material for the electronics, IT, and transportation industries. With about 80% of Mg produced in China by the Pidgeon thermal reduction method, there is a growing need for more-efficient and more-competitive Mg reduction technologies to overcome current economic and technological barriers. This study introduces RIST's unique and innovative process technology for Mg reduction that increases the competitiveness of the domestic and global Mg refining industries and expands the global market for Mg.

[마그네슘2-2 | 10:50]

원자단위 전산모사를 통한 Mg-X-Zn (X=Al, Ca) 합금의 grain boundary segregation 거동 해석: *장효선, 김영광, 이병주; *포항공과대학교.*

Keywords: Mg-Al-Zn, Mg-Ca-Zn, Grain boundary segregation, Atomistic simulation

Mg은 가장 가벼운 구조용 재료로 차세대 친환경 에너지 재료로 각광받고 있다. 그러나 strong basal texture로 인하여 상온에서의 formability가 좋지 않다. 이것을 개선하기 위하여 합금 원소를 첨가한 다양한 Mg 합금이 개발되었다. AZ31과 ZX31은 이렇게 개발된 대표적인 상용 Mg 합금으로, 서로 다른 annealing texture를 가지며, 이로 인하여 formability 또한 다르다. Al과 Zn가 첨가된 AZ31의 경우 강한 basal texture를 가지며, formability가 좋지 않다. Ca와 Zn가 첨가된 ZX31의 경우 약한 basal texture를 가지며, formability가 좋은 합금이다. 이러한 차이의 원인을 규명하기 위하여 다양한 연구가 수행되었다. 특히, annealing texture가 주로 static recrystallization 과정에서 결정된다는 점에 착안하여, Al, Ca, Zn solute의 grain boundary segregation 조사를 위해 실험을 통한 grain boundary 조성 분석 및 atom probe 분석, 그리고 제1원리를 통한 twin boundary segregation energy 계산 등 다양한 연구가 수행되었다. 그러나 이런 노력에도 불구하고 위 현상을 설명할 수 있는 근본 mechanism이 나오지 않은 상태이다. 본 연구에서는 새로운 연구 접근 방법으로서 원자단위 (분자동력학, Monte Carlo) 전산모사를 제안한다. 합금 원소가 모재 내에서 작동하는 메커니즘은 근원적으로 원자 scale에서 설명할 수 있기 때문에, 원자간 potential에 기초한 전산모사 연구는 합금원소의 grain boundary segregation 현상의 근본적인 메커니즘 분석 방법으로 적절하다. 특히, 기존의 원자단위 전산모사 연구는 원자간 potential의 한계로 인하여 pure Mg에 국한하여 연구가 수행되었다. 본 연구는 자체적인 Mg-X binary, Mg-X-Zn ternary 원자간 potential 개발을 통하여 이 한계를 극복하였다. 따라서 원자단위 전산모사를 사용하여 Mg의 grain boundary에서 Al, Ca, Zn solute의 단독 및 복합 segregation 거동 해석을 통하여 합금원소에 따른 texture evolution 연구의 단초를 제공하고자 한다.

[마그네슘2-3 | 11:05]

Mg ZK60 합금 단조재의 시효 시간에 따른 석출상 거동 분석: *오민철, 안병민; *아주대학교.*

Keywords: Mg alloy, Aging treatment, Precipitation, Microstructure, Mechanical properties

마그네슘 합금은 대표적인 경량소재로서 현재 응용분야가 점점 확대되고 있다. 하지만 강도가 다른 구조용 합금보다 상대적으로 낮아서, 단조, 압출 등의 후가공 또는 시효경화 등의 열처리를 통해서 강도를 향상시키는 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 고강도 마그네슘 합금 개발을 위하여 연속주조 Mg ZK60 합금을 압출 및 단조 후 120, 150, 180 ºC에서 8시간 동안 시효처리를 하였다. 시효처리 후 기계적 물성 측정 결과 150ºC에서 열처리 하였을 때, 최대인장강도 및 항복강도가 가장 큰 폭으로 상승하였다. 실험 결과를 바탕으로 150ºC에서 8, 16, 24, 48시간 동안 시효처리한 후 시효시간에 따른 기계적 물성 변화를 관찰하였다. 또한 TEM 분석을 이용하여 시효시간에 따른 나노 크기 석출상의 거동이 기계적 물성에 미치는 영향에 대하여 세부적으로 연구하였다.

[마그네슘2-4 | 11:20]

CaO가 첨가된 AZ31합금의 고온변형 거동: *손현우, 이지운, 정택균, 현승균; *인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: CaO added Mg, hot deformation, dynamic recrystallization, processing map, DRX kinetics

마그네슘 합금은 가볍고 비강도가 높아 알루미늄 합금과 더불어 운송수단 경량화에 핵심이 되는 재료이다. 최근 마그네슘 합금으로의 CaO첨가는 기존에 이루어지던 Ca첨가와 비슷한 효과를 가지면서도 낮은 생산비용을 가지고 있어 주목받고 있다. 따라서 본 연구에서는 상용 마그네슘 합금인 AZ31합금에 CaO를 첨가한 후 고온에서의 성형성을 평가하고 조직변화를 관찰하였다. CaO첨가는 AZ31의 강도를 향상시켰고 가공효율이나 재결정거동에서 차이를 보였다. 미세조직 또한 Ca효과로 인해 미세화되는 경향이 있었고 Ca가 포함된 2차상에 의해 결정립 및 전위거동 또한 크게 영향을 받았다. 따라서 CaO첨가는 AZ31합금의 고온변형 거동에 큰 영향을 주었다라고 판단하였다.

[마그네슘2-5 | 11:35]

에릭슨 시험 시 마그네슘 단결정의 쌍정 거동에 미치는 변형 이력의 영향: *현철승[1], 김민성[2], 최시훈[2], 신광선[1]; *[1]서울대학교. [2]순천대학교.*

Keywords: Single Crystal: Erichsen Test: Crystal Plasticity: Magnesium: Twin

단순 일축 인장/압축상태와 다른 복합 응력상태에서 마그네슘 합금에 발생하는 변형 쌍정에 관한 연구 결과는 매우 미진한 실정이다. 본 연구에서는 실험실에서 직접 제조한 대구경의 순수 마그네슘 단결정으로부터 얻어진 시편을 가공하여 상온 에릭슨 시험을 수행하였다. 상온 에릭슨 시험 시 마그네슘 단결정의 쌍정 거동에 미치는 변형 이력의 영향에 대해 조사하였다. 서로 수직하는 두 단면에 대해 각각 3 영역으로 구분하여 변형된 시편에 발달하는 쌍정 거동을 EBSD 기법을 이용하여 분석하였다. 또한, CPFEM (Crystal Plasticity Finite Element Method) 전산모사를 통해 변형된 시편 전체에 걸쳐 발생한 변형 분포를 이론적으로 예측하였으며, 그 결과를 바탕으로 변형 이력에 따른 쌍정 거동의 불균일성을 고찰하였다.

[마그네슘3-1 | 13:30]

The effect of initial texture on deformation and fracture behaviors of Mg alloys during Erichsen test: *Shi-Hoon Choi[1], Jaiveer Singh[1], Min-Seong Kim[1], JunHo Park[2], Jae Joong Kim[2] ; *[1]Sunchon national university. [2]POSCO.*

Keywords: Mg alloys, Erichsen test, Fracture, Deformation twins, CPFEM

Deformation and fracture behaviors of AZ31 and E-form Mg alloys sheets were investigated during Erichsen test. Formability of Mg alloys was discussed in terms of Erichsen index (IE) and tests were conducted at room temperature using conventional Erichsen tester. The role of difference in initial textures and grain sizes in 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 and texture evolution in Mg alloys during Erichsen test. EBSD analysis revealed that deformation twins along with shear localization by dislocation slip were the main deformation mechanisms during Erichsen test. E-form Mg alloys with a weaker texture show higher IE compared to AZ31 alloy with a stronger basal texture.

[마그네슘3-2 | 13:50]

Room temperature formability and corrosion resistance of AZXW3100 alloy sheet subjected to cold-rolling and annealing: *Su mi Jo[1], Yohan Go[1], Jong Il Kim[2,3], Bong Sun You[1,3], Young Min Kim[1,3]; *[1]Korea university of science and technology. [2]Chungnam national univerisity. [3]Korea institute of materials science.*

Keywords: Magnesium, Cold-rolling, Annealing, Texture, Recrystallization

마그네슘은 금속 구조재료 중 가장 낮은 밀도를 가지고 있어 차량 연비향상을 위한 차세대 금속 구조재료로서 주목받고 있다. 그러나 상온에서의 제한된 변형기구로 인해 낮은 성형성을 나타낼 뿐만 아니라, 낮은 내식성으로 인해 실제 차량에의 적용은 현재까지도 매우 제한적이다. 따라서 이러한 마그네슘의 한계점을 극복하고 적용범위를 넓히기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 마그네슘 판재의 성형성은 적절한 공정법과 합금원소 첨가를 통해 효과적으로 향상시킬 수 있다고 보고되고 있으며, 대표적인 합금원소로는 Zn, Zr, Ca와 희토류 원소인 Ce, Nd, Y이 있다. 본 연구팀의 최근 연구결과에 따르면 AZ31합금에 Ca 또는 Y의 첨가가 마그네슘 판재의 비기저면 슬립(non-basal slip) 및 쌍정 형성을 촉진시켜 판재의 성형성 향상에 기여할 수 있음을 확인하였고, 본 연구에서는 Ca과 Y이 복합첨가된 AZ31합금(AZXW3100) 판재의 집합조직 및 재결정거동에 미치는 공정변수의 영향에 대해 살펴보았다. 본 연구를 통해 냉간압연 및 재결정 어닐링 공정은 해당 판재의 집합조직을 약화시키고 성형성을 크게 향상시키는데 매우 효과적이었으며, AZXW3100 합금 판재의 내식성은 AZ31합금에 비해 크게 향상시킴을 확인할 수 있었다. XRD 및 EBSD 분석을 통해 공정변화에 따른 집합조직의 변화를 관찰하였으며 상온 인장시험을 통해 판재의 물성을 평가하였다. 그리고 SEM 및 TEM분석을 통해 판재의 성형성 향상에 대한 미세조직의 영향을 분석하였다.

[마그네슘3-3 | 14:05]

Effect of thermal oxidation on the joining strength of carbon fiber reinforced plastic to AZ31 Mg alloy by laser joining technique: *Barton Arkhurst, 김정한; *Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National Univ.*

Keywords: AZ31 Mg alloy, carbon fiber reinforced plastic, thermoplastic polyurethane, decomposition, bubbles.

The effect of thermal oxidation of Mg alloy sheets on the strengths of Mg-CFRP lap joints made by laser assisted metal plastic (LAMP) joining technique was investigated. Both as-received and thermally oxidized Mg alloy sheets annealed at different time durations were joined to CFRP sheets at selected joining speeds by laser irradiation on the Mg side. Tensile shear strength results showed a substantial increase in the joint strength of the joints made with thermally oxidized Mg alloy sheets compared with joints made with as-received Mg alloy sheets. A porous oxide layer imputed by thermal oxidation effectively reduced the proportion of bubble formation and completely suppressed the decomposition of the CFRP near the joint interface. The porous nature of the oxide layer necessitated the flow of the CFRP on the nanometer level to further enhance the joint strength through mechanical interlocking.

[마그네슘3-4 | 14:20]

AZ80 합금 압출재의 기계적 특성에 미치는 압출 및 시험조건의 영향: *우상규[1], 임창동[2], 김하식[1,2]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Magnesium, Mechanical properties, Slow strain rate test, Stress corosion cracking, Fractography

마그네슘합금의 기계적 특성은 일반적으로 상온인장시험을 통해 평가할 수 있다. 그러나 실제 사용 환경에 따라 요구되는 특성이 달라지기 때문에 적용 범위의 확대를 위해서는 다양한 조건에서의 평가가 요구된다. 본 연구에서는 상용 AZ80 합금에 대해 압출속도, 압출온도 등의 압출조건을 다르게 적용하여 압출을 실시하고, 미세조직 분석 및 기계적 특성 평가를 실시하였다. 이를 바탕으로 건전한 압출재를 제조할 수 있는 조건을 확립하고, 제조된 시편에 대해 기계적 특성에 미치는 시험조건의 영향을 분석하였다. 시편의 기계적 특성에 미치는 변형률 속도의 영향을 비교하기 위해, 10^{-3} /s 의 일반적인 상온인장시험과 10^{-6} /s 의 저속인장시험을 실시하고 두 조건에서의 기계적 특성 및 파단면의 형상을 비교하고 분석하였다. 또한 10^{-6} /s 의 저속인장시험을 대기 중이 아닌 용액 내에서 실시하는 경우 응력부식균열 (SCC, Stress Corrosion Cracking)이 발생하는 환경을 모사할 수 있는데, 이를 통해 각 시편의 응력부식균열 거동을 평가하였다.

[마그네슘4-1 | 15:15]

Improvement in cold formability of AZ31 Mg alloy sheets processed by ECAP: *Joung Sik Suh[1], José Victoria-Hernández[2], Dietmar Letzig[2], Wolfram Volk[3]; [1]*Korea Institute of Materials Science.* [2]*Helmholtz-Zentrum Geesthacht.* [3]*Technische Universität München.*

Keywords: ECAP: Magnesium Alloy: Microstructure: Texture: Cold formability

The present study contributes to enhance cold formability of AZ31 Mg alloy sheet using the process equal channel angular pressing (ECAP). Hot-rolled AZ31 sheets were processed at 225°C with a channel angle of 110° regarding different shearing patterns. Parameter study of ECAP process leads to a fundamental understanding of interactions between microstructure and texture evolution, deformation mechanisms and mechanical properties of AZ31 sheets. Shear deformation on ECAP induces texture weakening and inclination of basal planes in the shear direction. Especially, processing on as-called route D makes basal planes tilted towards the rolling direction and transverse direction by 90° rotation in the sheet plane. Due to the increased activity of basal slip, ECAP processed sheets exhibit the decrease in yield strength and r-value and increase in uniform strain and n-value in the pressing direction. As a result, route D provides a quasi-isotropic hardening behavior at room temperature. At Nakajima tests, route D offers higher forming limits than as-rolled sample. Furthermore, the microstructure on route D exhibits a drastic reduction in the fraction of {10-12}-{10-11} double twins, which leads to premature failure of the as-rolled sample under biaxial stretching. Consequently, ECAP offers the possibility of microstructure-texture control and this enables improvement in cold formability of AZ31 sheets.

[마그네슘4-2 | 15:35]

Ex-situ기법을 이용한 mini-V-bending 시 Mg합금의 변형 및 파괴거동에 대한 연구: *김민성[1], Jaiveer Singh[1], 이성음[1], 박준호[2], 김재중[2], 최시훈[1]; [1]*국립 순천대학교.* [2]*PosMAF추진반 마그네슘판재연구과.*

Keywords: Mg alloy, V-bending, CPFEM, Twinning, Failure

본 연구에서는 mini-V-bending 시험 시 AZ31과 E-form Mg합금에 발생하는 변형 및 파괴거동을 조사하였다. Punch 이동거리에 따른 미시집합조직 및 쌍정 발달 거동을 관찰하기 위하여 ex-situ기법을 이용한 굽힘 시험 시 미시집합조직의 변화를 EBSD(electron backscattered diffraction)을 활용하여 측정,분석하였다. Mini-V-bending 시 Mg합금 표면에 발생하는 변형 및 파괴거동을 이론적으로 이해하고자 유한요소해석(finite element analysis, FEA) 및 결정소성 유한요소해석법(crystal plasticity finite element method, CPFEM)을 이용하였다. Mg합금의 이방성을 고려하기 위하여 Hill의 항복함수(1948)을 적용하였으며, FEA 해석으로부터 변형이력(strain path)을 추출하였다. 각 합금의 hardening parameter와 추출한 변형이력을 실제 초기 미세조직에 물성 및 경계조건으로 부여하여 mini-V-bending 시 나타나는 미소역학적 변형 및 쌍정 발달 거동을 예측하였다. 실험 결과와 비교,고찰함으로써 mini-V-bending 시 Mg합금의 변형거동을 예측하고 파괴 메커니즘을 규명하고자 하였다.

[마그네슘4-3 | 15:50

집합 조직 제어를 통한 마그네슘합금의 상온 성형성 향상: *김세종[1], 신민주[1], 이진우[1], 구자명[2], 이창준[2], 김대용[1]; [1]*재료연구소(KIMS).* [2]*삼성전자 글로벌기술센터.*

Keywords: magnesium, formability, twin, basal texture

마그네슘 합금의 상온 성형성을 향상 시키기 위해 쌍정을 이용하여 저면 집합 조직을 약화 시키려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 쌍정을 생성하기 위해 압연 면에 수직한 방향으로 일축 압축 응력을 가할 시 판재 두께가 얇으면 버클링이 발생하여 두꺼운 판재에만 적용 가능한 한계가 있다. 본 연구에서는 쌍정을 유발하기 위해 in-plane 압축을 가할 때 두께 방향으로 압축 힘을 동시에 가해 얇은 판재에 버클링 없이 쌍정을 발생시켰다. 압축한 시편을 열처리 하여 열처리 시 미세조직 및 집합 조직 변화를 관찰하였고, 이들에 미치는 압축 변형량의 관계를 분석하였다. 이를 통해 압축량이 증가할수록 열처리 시 재결정 및 결정립 성장 거동이 활발히 일어났으며 저면 집합 조직이 약화되어 원소재 대비 상온 성형성이 향상되는 것을 확인하였다.

[마그네슘4-4 | 16:05]

Mg 파이프 프레임 TIG 조립 용접부 물성 및 미세조직에 관한 연구: *이목영, 이도엽, 이경황; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Magnesium pipe, TIG welding, Heat treatment, Hardness, Microstructure

마그네슘은 대표적인 경량 구조용 소재이며, 배출가스 및 연비 규제가 강화됨에 따라 수송기기용 소재로 각광받고 있다. 특히, 마

그네슘은 알루미늄과 비교해서도 밀도가 30% 가량 낮으므로 무게 증가없이 강성을 크게 향상시키는 것이 가능하다. 본 연구에서는 자작자동차, 스케이트 등의 프레임제작에 사용된 마그네슘 파이프 조립용접부에 대하여 알아 보았다. Mg 프레임은 filler wire를 사용하여 TIG용접으로 제작하였으며, 파이프의 모재 상태에 따른 용접부 물성 및 미세조직을 조사하였다. 결과적으로 마그네슘을 사용하여 무게가 가볍고 강성이 우수한 수송기기용 프레임 제작이 가능하였다.

[마그네슘5-1 | 16:30]

바이오 산업의 마그네슘 임플란트 적용 및 개발 현황: *정화철[1], 심원현[1], 노형진[1], 한지혜로[1], 황성철[1], 김유찬[2], 석현광[2] ; *[1]유엔아이(주). [2]KIST.*

Keywords: 마그네슘합금

최근 마그네슘합금의 경우, 낮은 강도 및 성형성, 내식성 등의 단점을 극복하는 합금 개발, 다양한 제품 형상을 구현할 수 있는 제조공정 확립 등을 통해 자동차, 전자, 스포츠, 의료기기 산업에서 폭넓은 적용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 마그네슘은 성인 기준으로 약 400 mg의 높은 일일 섭취 허용량으로 인체에 필수 불가결한 원소 중 하나이다. 의료기기 산업에서는 마그네슘이 갖고 있는 우수한 생체적합성을 적극 활용하고 기존 산업분야에서의 단점인 낮은 내식성에 대한 고정관념을 뛰어넘어, 기존의 Ti, Stainless Steel 등 골절 치료용 임플란트와 달리 2차 수술이 필요없는 장점을 갖는 생체흡수성 마그네슘 임플란트 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 발표에서는 국내외 생체흡수성 마그네슘합금 개발 동향과 함께 전세계적으로 관련 연구를 선도하고 있는 본 사의 resometTM 합금 개발 및 품질 제어에 대해 소개하고자 한다.

[마그네슘5-2 | 16:50]

Effect of minor elements on microstructure and corrosion behavior of Magnesium-Aluminum based alloys: *nguyen ngoc ha[1], Jong Il Kim[2], Jun Ho Bae[3], Young Min Kim[1,3], Bong Sun You[1,3]; *[1]UST. [2]Chungnam National University. [3]KIMS.*

Keywords: Grain size, Raw materials, Purity, Grain refinement, Corrosion

The effect of minor amount of alloying element on microstructure and corrosion behavior of Mg-Al based alloys were investigated in this study. It was interesting that an extreme small amount of addition can cause remarkable change in grain size as well as corrosion behavior of the alloys. Well known grain refiners for Mg-Al based alloys were used as reference for this study in order to evaluate the grain refining effect. Microstructure analyses by SEM and EDS have given the hint to understand the phenomena. A deeper analysis such as TEM should be done in order to clarify the mechanism of the phenomena. This study would lead to a key rule of study on grain refinement of Mg-Al based alloys which was widely studied but still un-succeeded when apply to industrial manufacturing.

[마그네슘5-3 | 17:05]

마그네슘 표면처리 연구 동향: *김혜정, 김혜지; *포항산업과학연구원(RIST).*

마그네슘은 경량화 및 연비 절감의 이유로, 많은 연구자들의 관심을 받아왔다. 이러한 지속적인 관심에도 불구하고, 온간 성형, 부식 문제 등 다양한 공정 문제들에 의해, 제품으로서의 적극적인 응용이 어려운 것으로 알려져왔다. 이러한 가운데, 포스코는 WPM 사업을 주축으로 하여, IT, 자동차 등의 제품에 적용을 이루었다. 본 발표에서는, 적용된 마그네슘 제품들의 현 상황을 직시하고, 미래 마그네슘 소재의 제품화를 위해 개발되어야할 표면처리 이슈들을 전반적으로 살펴보고자 한다.

미래선도형 희소금속분말 제조기술 및 응용

Room 324A, 10월 26일

[희소금속1-1 | 09:30]

한국희소금속산업기술 국가정책 및 동향: *배정찬; 광주테크노파크

Keywords: Rare Metals, Korea national strategy and policy related on rare metals

우리나라 산업통상자원부에서 지정한 희소금속은 다음과 같은 정의에 의해 지정된다. 첫째 지각 내에 존재량 자체가 적거나 경제성 있는 추출이 어려운 금속자원 중 현재 산업적 수요가 있고 향후 수요 신장이 예상되는 금속원소이며 둘째, 극소수의 국가에 매장과 생산이 편재되어 있거나 특정국에서 전량을 수입해 공급에 위험성이 있는 금속원소이다. 상기 희소금속 정의에 의해 분류되는 우리나라 희소금속은 35종 56개 원소이고, 이들은 알카리/알카리토 금속, 반금속, 철계금속, 보론족. 고융점금속, 희토류금속, 백금족 금속 등을 포함한다. 모두 국가기반산업의 핵심 첨가원소이며, 나아가 4차산업혁명 연관기술과도 밀접한 관계가 있다. 본 발표에서는 2009년 11월 산업부 정책인 '희소금속산업발전 종합대책'을 되짚어 보며 현재까지 수행된 희소금속 산업발전 현황을 소개하고 희소금속 산업기술의 미래전망을 포함한다.

[희소금속1-2 | 10:00]

Effect of Y addition on microstructure and mechanical properties of ODS Fe-based superalloy plates fabricated by powder hot rolling: *H.J. Kim[1], G.W. Noh[1,3], J.K. Park[2], Y.D. Kim[3] ; [1]Liquid Processing & Casting Technology R&BD Group, KITECH. [2]R&D Center, Korea Sintered Metal Co. Ltd. [3]Department of Materials Science and Engineering, Hanyang University.

Keywords: ODS superalloy, atomization, hot rolling, spark plasma sintering, high temperature tensile strength

The oxide dispersion strengthened ferritic steels exhibit greater creep strength and high temperature tensile strength compared to that in traditional ferritic steels of similar compositions due to the addition of extremely thermally stable oxide particle dispersions within the ferritic matrix. In this study, nano-Y_2O_3 dispersion strengthened Fe-based superalloy plates were fabricated by hot rolling process of spark plasma sintered preforms after high energy ball milling of pre-alloyed atomized powders. Those powders with different Y content between 0.5 wt% and 1.3 wt% were fabricated by high pressure gas atomization technology after preparing master alloys with the nominal composition of Fe73.5-xCr20Al6Ti0.5Yx(x=0.5, 0.8, 1.1, 1.3 wt%) by vacuum plasma melting process. The SPSed preforms were consolidated at 650 ^{o}Cunder 500 MPa pressure for 10 min. after high energy ball milling of pre-alloyed powders for 6 hr. The ODS Fe-based superalloy plates were produced by sandwich hot rolling process at the rolling temperature of 650°C to a total thickness reduction of 70%, 80%, and 90%, respectively. The phase, composition and microstructure of SPSed preforms and hot-rolled plates were investigated using XRD, SEM, EDS and TEM. The results showed that the size of Y_2O_3 and grain decreased with increasing Y content and a total thickness reduction in the range of 200~500 nm grains of matrix with 20 ~50 nm particles of Y_2O_3. The results of the room and high temperature tensile tests revealed that mechanical properties of hot-rolled ODS Fe-based superalloy plate were improved in contrast with those of the SPSed preforms due to uniform dispersion of nano-sized yttria resulting from severe deformation. The optimized ultimate tensile strengths at 25°C and 650°C were 1,150 MPa and 750 MPa, respectively.

[희소금속1-3 | 10:20]

기계적 합금화 및 소결법을 이용한 하이엔트로피 내열 합금 개발: *이진규, 임종화, 서동선; 공주대학교 신소재공학부

Keywords: Mechanical alloying, High entropy alloy, High temperature, Spark plasma sintering

하이엔트로피 합금은 5가지 이상의 주원소를 동등한 원자비율로 구성되고, 단일상의 과포화 고용체를 이루고 있는 새로운 개념의 합금으로, 고온 및 저온 등의 극한 환경에 대응이 가능한 소재로 주목받고 있다. 하이엔트로피 합금은 높은 비강도, 내식성, 고온강도 등 기존 합금의 한계를 뛰어넘는 우수한 특성들로 인해 고온 내열 합금, 열차폐 코팅재료 등의 측면에서의 응용이 주목받고 있으며, 특히 고융점 희소금속으로 이루어진 내열용 하이엔트로피 합금은 고온에서의 기계적 특성이 기존의 내열 소재에 비해 우수한 것으로 보고되면서, 고온 엔진 및 내열 특성이 필요한 분야의 활용이 기대되고 있다. 고융점 희소 금속으로 이루어진 하이엔트로피 합금은 현재 아크 멜팅을 통한 주조 공정에 의해 제조되고 있으나, 고비용 및 미세조직의 불균일성 등으로 인하여 최근에는 기계적 합금화 및 소결법에 의한 하이엔트로피 합금 제조에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 발표에서는 기계적 합금화 및 소결법에 의한 하이엔트로피 합금의 개발 동향 및 현재 진행되고 있는 연구에 대해 소개하고, 향후 활용 분야 및 연구 방향 등에 대해 고찰해보고자 한다.

[희소금속1-4 | 10:40]

Perspectives for High-performance Rare-earth Permanent Magnets: *이정구; 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: heavy rare-earth, microstructure, gain refinement, reuse

최근 미세먼지와 같은 환경문제와 에너지 패러다임 변화와 함께 전기자동차 시장이 급부상하여 2020년에는 전체 자동차 시장의 10%를 점유할 것으로 예상되고, 유럽에서는 2035년 신차에서 전기자동차 비중을 100%로 하겠다고 최근 발표하였다. 따라서, 전기자동차 기술개발은 국내 자동차산업의 생존을 위해 시급하다. 전기자동차 구동과 관련된 핵심부품은 배터리와 모터이다. 배터리의 경

우 국내기술도 상당히 성숙되어 있어 국가의 충전인프라 구축과 연동되면 전기차동차 보급에는 크게 걸림돌이 되지 않을 것이다. 하지만, 구동모터의 경우 핵심소재인 영구자석소재 국산화가 시급한 실정이다. 특히, 구동모터에 사용되는 희토영구자석소재의 희토류 가격불안정과 수급문제는 향후 지속적으로 전기차 보급의 장애요인으로 작용할 것이다. 2011년 희토류 파동 이후 가격안정세를 유지하던 희토류가 최근 전기차보급과 함께 다시 가격이 불안정해지고 있기 때문에 희토영구자석소재의 국산화를 위해서는 희토류 수급불안정 문제 해결이 반드시 필요해 보인다. 이러한 시대적, 기술적 관점에서 희토영구자석소재의 미세조직 제어에 의해 고특성화 기술개발이 이러한 희토류 수급불안정 문제를 해결을 위해 가장 적절한 방법이다. 또한, 전기차동차 보급과 함께 앞으로 발생량이 증가할 폐자석에 대한 재활용기술 또한 희토영구자석소재의 안정적 공급을 위해 필요하다. 본 발표에서는 전기자동차 구동모터의 핵심소재인 희토영구자석소재의 최근 기술개발 동향과 이와 관련된 폐자석 재활용 기술에 대해서 설명하고자 한다.

[희소금속2-1 | 11:10

희소금속 제련 및 금속 분말 구형화 공정을 위한 용융염 활용: *이종현[1,2,3], 이태혁[1,2], 이영준[2,3], Hayk H. Nersisyan[2], 유병욱[3], 권숙철[1], 최정훈[1] ; [1]충남대학교 신소재공학과. [2]충남대학교 급속응고 신소재 연구소. [3]충남대학교 에너지과학기술대학원.

Keywords: Molten salt, Electrolysis, Rare metals, Refining, Spheroidizing, Powder preparation.

용융염(molten salt)이란 이온 결정으로 되어 있는 금속염을 가열하여 용융 시켜 만든 고온의 이온성 액체를 말한다. 용융염은 다양한 합금의 열처리 및 표면 개질을 위한 염욕(bath), 알칼리 금속 (Li, Mg, Na, K)과 같은 경량 금속 및 알루미늄 기반 합금 제조, Ti, Zr 등 고융점 희소금속 제조, 우라늄 제조 등의 다양한 분야에 적용되고 있으며, 최근 들어 사용 후 핵연료 (Spent fuel)의 재활용 방법으로의 연구가 진행 중이다. 이 중, 용융염을 전해질로 사용하여 목적으로 하는 금속을 제련 및 정련하는 방법을 용융염 전해 공정이라고 한다. 용융염 전해 공정은 수(H_2O) 전해질을 이용한 전해 공정에 비해 상대적으로 고온에서 공정이 이루어지고, 환원 전위 창(electochemical window)이 넓기 때문에 수 전해질을 이용해 환원이 불가능한 금속의 제련 및 정련이 가능하며 고융점 금속 산화물의 직접 제련이 가능하다. 또한, 기존의 금속 제련 공정에 비해 공정이 간단하며, 비교적 에너지 소모가 적고 CO_2 및 독성가스의 배출을 줄일 수 있어 경제적이고 친환경적인 공정으로 다양한 금속의 제련 및 정련에 적용하여 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 친환경 제련 및 재활용 기술인 용융염 전해 공정을 이용하여 부가가치가 높은 희소금속의 제련 및 재활용에 관한 연구 공정 중 지르코늄의 제련 및 정련, 고체 산화 막(Solid Oxide Membrane, SOM)을 이용한 산화 인듐 주석(Indium Tin oxide, ITO)의 제련 공정을 설명하고자 한다. 또한, 용융염 공정을 이용한 사용 후 핵연료 제련 공정과 용융염의 특성을 활용 3D 프린터에 적용 가능한 구형 금속 분말 제조 공정에 대해 소개하고자 한다.

[희소금속2-2 | 11:30]

한국에서 고융점 금속 Ti, W, Ta, Nb의 이용과 산업 특성: *김정곤, 양수원, 정광필, 김배연; 인천대학교 신소재공학과

Keywords: Rare metals, material flow, Industrial characteristics, Ti, Nb, W, Ta

물질 흐름 분석은 주요 산업에 사용되는 주요 원소를 중심으로 해당 원소를 통해 제작되는 제품의 흐름을 실체화하고 그 흐름을 분석한 것이다. 물질 흐름 분석은 미국, 영국, 독일, 일본, 중국 등 자원 사용이 많은 국가들은 중심으로 이루어져 왔고, 이를 통해 자국 내 자원의 수출입 조절, 산업 발전과 기술개발 방향 등의 근거자료로 활용되고 있다. 국내에서는 2007년부터 전문적인 물질 흐름 분석을 진행하고 있다. 국내 물질 흐름 분석은 원료 및 기초소재, 1차 가공제품, 중간제품, 최종제품, 사용 및 축적, 수집, 재자원화, 폐기 단계로 구성 되어 있다. 모든 단계는 해당 원소의 순분량을 기준으로 하며, 단계별 주요 품목에 대한 수출입량, 투입량, 발생량, 스크랩 발생량, 재자원화 비율 등을 분석한다. 본 발표는 국내에서 고융점 재료로 활발히 사용되고 있는 W, Ta, Ti, Nb에 대한 국내 물질 흐름 분석과 이를 통한 관련 산업 전반에 대한 특징을 살펴보도록 한다. 타이타늄은 국내에서 스틸, 스테인레스 스틸, 알루미늄 합금, 구리 합금 등에 첨가제로 약 55%가 사용되고, 나머지는 분말 형태로 안료, 첨가제, 코팅제, 촉매 등으로 사용되고 있다. 스크랩의 대부분은 재자원화가 이루어지고 있다. 텅스텐은 중국이 사용량의 약 89%를 공급하고 있다. 국내에서 사용되는 텅스텐의 절반 이상은 텅스텐카바이드 형태로 절삭용 공구, 초경공구 등에 사용되고 있다. 탄탈륨은 산화물, 불화물, 등의 비철금속 형태로 디지털장치, 가공기기, 열교환기, 임플란트, 광통신 등에 사용된다. 사용량의 77%가 재자원화 되고 있다. 니오븀은 브라질과 캐나다가 전세계 생산량의 약 98%를 차지하고 있다. 국내에서는 페로니오븀, 산화니오븀, 금속니오븀의 형태로 사용된다. 페로니오븀은 고강도저합금강 등의 제조에, 산화니오븀은 초내열합금 등의 제조에, 금속니오븀은 비철합금, 초전도, 고용량 캐패시터 등에 사용된다. 니오븀은 국내에서 재자원화되지 못하고 전량 폐기되고 있다.

[희소금속2-3 | 11:50]

Feasibility of recovery of rare earth elements from red mud by hydrometallurgical process: *홍현선[1], 김수빈[1], 김미소[1], 김범성[2]; [1]성신여자대학교, [2]한국생산기술연구원

Keywords: Rare earth elements, Bauxite, Waste Red mud, Valuable Material, Recycling

알루미나 또는 수산화알루미늄 제조공정 중에 발생하는 레드머드는 희토류를 포함한 유용한 자원을 함유하고 있음에도 불구하고 아직까지 재활용되지 않고 있어 환경문제를 야기하고 있다. 우리나라의 경우 현재 레드머드가 매년 약 20 만 톤 이상을 생산하고 있으며 대부분이 재활용되지 않고 있는 실정이다. 글로벌하게 보면 최근 중국의 알루미나 생산량이 증가함에 따라 전 세계에서 발생하는 레드머드의 양은 1억 톤 이상으로 꾸준히 증가하고 있다. 레드머드의 재활용 기술은 우리나라를 비롯한 많은 국가에서도 개발되고 있지만, 재활용 및 처리 기술은 여전히 레드머드의 생산증가 속도에 비해 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 레드머드와 관련된 특허, 논문, 기술보고서를 분석하였고, 국내 산출 레드머드의 물성 분석을 통해 기초 소재특성 자료를 확보하였다. 그리고 희토류 금속인 스칸듐 등 레드머드에 함유되어 있는 유용자원을 회수하기 위하여 습식야금방식으로 회수 타당성을 연구하였다. 레드머드에서

희토류를 회수하는 기술은 환경오염방지 뿐만 아니라 수요가 높고 경제적 가치가 높기 때문에 실용화 가능성이 높은 것으로 파악되었다. 이처럼 본 연구에서 도출된 레드머드의 기술은 향후 고부가가치의 실용적 연구 및 기술 개발에 기여할 것으로 판단된다.

[희소금속3-1 | 13:30]

ReMat 공정을 활용한 희토자석에서 선택적 반응을 통한 희토류 재활용: 김택수[1,2] ; [1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]과학기술연합대학원 대학교 희소소재 및 반도체패키징학과.

Keywords: ReMat 공정, 희토자석 재활용, 친환경 공정, 마그네슘, 희토류 표준화

희토류인 Nd, Dy은 높은 자기적 특성을 나타내는 희토 자석에 사용되고 있으며 전기자동차용 엔진 모터, 풍력발전용 모터, MRI, 스피커, HDD, 등의 산업 분야에 사용되고 있다. 현재 희토류는 습식공정을 통해 희토광물에서 다량의 산과 염기성 용액을 투입하여 산화물 또는 금속으로 추출하고 있다. 습식공정에서는 다량의 폐수와 방사성 원소인 토륨과 우라늄이 미량 포함되어 있어 환경오염과 인체에 유해한 것으로 알려져 있다. 또한 희토류는 90%이상을 중국이 공급하고 있고 특히 중희토류인 Dy의 경우는 중국이 거의 독점적으로 공급하고 있다. 따라서 희토류의 원활한 공급을 위해서 재활용과 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. 재활용 공정은 크게 두가지로 분리할 수 있는데 습식공정에서는 희토광물에서 희토류를 추출하는 공정과 같은 방식으로 하고 있으나 방사선 물질인 토륨과 우라늄이 발생하지는 않는다. 하지만 여전히 다량의 폐수가 환경오염의 원인으로 되고 있어 많은 제약이 따른다. 이에 최근 환경오염을 최소화 할 수 있는 건식 공정들이 개발 되고 있다. 그 중 ReMat 공정은 액상의 마그네슘과 희토자석 스크랩이 액/고 반응에 의해 희토류는 마그네슘 영역으로 확산이 일어나게 되고 이를 마그네슘-희토류 합금으로 회수하여 마그네슘과 희토류의 증기압을 이용하여 분리해 순수 마그네슘과 희토류를 회수하게 된다. 이 재활용 공정은 CO2발생량이 다른 건식공정보다 낮고 배출되는 소재를 모두 재활용하기 때문에 환경오염을 최소화 할 수 있는 공정이다 . 또한 이러한 재활용기술 개발뿐만 아니라 재활용의 중요성 및 필요성에 대해서 사람들의 인식을 높이고자 국제표준 ISO/TC298 Rare earth에서 재활용관련 국제표준 주도하고 있다.

[희소금속3-2 | 13:50]

가스아토마이져와 통전가압소결법을 이용한 대면적 BiSbTe계 열전소결체 제조 및 특성평가: *홍순직, 이철희, 박상준; 공주대학교

Keywords: BiSbTe, 열전재료, 가스아토마이져, 대용량 성형체, 통전가압소결

열전재료는 Seebeck 효과와 peltier 효과를 이용해 열과 전기에너지를 가역적으로 변환시키는 반도체 재료로 무진동, 무소음, 국부적 냉각 등의 장점이 있어 냉각 및 발전모듈로 활용되어지고 있다. 열전재료는 사용온도범위에 따라 상온계(~250°C), 중온계(250°C~550°C), 고온계(550°C~1200°C)로 나뉘어지는데, 그 중 Bi-Sb-Te계 소재는 상온에서 가장 우수한 열전성능을 갖는 재료로 알려져 있다. 그러나 우수한 열전성능에도 불구하고 기존 상용화 공정에서는 일방향 응고에 따른 긴 공정시간 및 이로 인한 편석발생으로 균일한 성능을 갖는 소재가공에 어려움이 있었다. 또한 C축면에 존재하는 Van der waals 결합으로 인해 기계적강도가 취약하여 모듈 제작 시 수율이 저하되는 단점이 있었다. 이러한 단점을 개선하기 위한 방안으로 분말야금법이 제시되어지고 있으며, 특히 결정립 감소로 인한 기계적강도 뿐만이 아니라 열전도도 감소를 통한 열전성능 향상도 가능한 것으로 기대되고 있다. Pouldel et al은 milling 공정으로 나노분말을 제조한 뒤 Hot press로 소결하여 ZT 1.4를 확보하였으며, Xie`s group에서는 Melt spin과 SPS 공정을 이용하여 제조된 BiSbTe소결체에서 ZT 1.5의 우수한 열전성능을 보였음이 각각 보고되어지고 있다. 그러나 기존에 연구되었던 분말야금공정은 열전성능이 우수한 것에 반해 생산성이 낮고 높은 공정비용으로 인해 상용화가 어렵기 때문에 이를 대체할 수 있는 분말야금공정의 개발이 요구되어진다. 가스아토마이져 공정은 분말의 대량생산에 적합한 공정으로 분당 수 kg의 분말제조가 가능하여 기존 분말야금공정과 비교하여 상용화 가능성이 높고, 구형의 형상을 갖는 분말의 특성상 유동성을 향상시켜 분말의 성형성도 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 가스아토마이져 공정을 이용해 BiSbTe계 열전분말을 대량으로 제조하였으며, 제조된 열전분말은 통전가압소결공정으로 50 Φ × 6 mm의 크기를 갖는 대면적 열전 성형체를 제조하였다. 소결위치에 따른 미세조직을 SEM 및 EBSD 분석을 통해 관찰하였으며, 소결공정 시 발생하는 온도구배로 인해 소결체 가장자리로 갈수록 결정립이 미세해지는 경향을 나타내었다. 기계적 강도는 비커스 경도 및 압축강도테스트로 평가하였으며, 결정립 미세화의 영향으로 인해 소결체 중심부에서 가장자리로 갈수록 증가하였다. 열전특성의 경우 가장자리로 감에 따라 전기전도도가 감소하였지만, 제벡계수 증가 및 열전도도 감소로 인해 전 소결체 위치에서 ZT 값이 1.1로 균일한 물성을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

[희소금속3-3 | 14:10]

분말야금법으로 제조된 니켈 초내열합금의 소성변형공정에 따른 미세조직 및 특성평가: *윤은유[1], 이동준[1], 이영선[1], 배성준[1], 신민주[1], 김형섭[2], 김홍규[3], 홍성석[3], 김동훈[3] ; [1]재료연구소. [2]포항공과대학교. [3]국방과학연구소

Keywords: Ni-based superalloy powder, plastic deformation process, microstructure, tensile test, High pressure torsion

니켈 초내열합금은 고온강도 및 내식성과 내마모성이 매우 우수하여 주로 항공기, 선박 및 발전용 가스터빈엔진의 부품에 적용된다. 합금의 성능 향상을 위해 결정립 크기를 미세하게 제어하는 것이 필요하며, 조직학적인 측면에서 분말야금공정으로 제조되는 니켈기 분말 초내열합금은 결정립 미세화뿐만 아니라 편석의 억제, 강화상의 미세석출 등 기존 합금의 한계를 극복 할 수 있는 장점을 갖는다. 분말야금법으로 제조된 니켈기 초내열합금은 일반적으로 열간정수압 (Hot isostatic pressing, HIP) 성형공정과 고온 형단조를 거치는 복합 성형법으로 부품을 제조한다. 하지만, HIP 성형에 의해 최종 제품을 제조할 경우 전입자경계구조(prior particle boundary, PPB)가 분말 입계에 형성될 수 있으며, 이는 크리프나 피로에서 균열의 생성 및 성장 통로가 되어 기계적 특성을 저하시키는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 HIP 성형 후 전입자경계구조의 제거 및 분산 가능하며, 균열 없이 성형 가능한 공정이 필요하며, 이러한 측면에서 고압에 의한 균열방지와 지속적인 전단소성변형을 재료에 부가할 수 있는 강소성 공정이 활용 가능하다 본 연구에서는 전입자경계구조 제거 및 결정립 미세화를 통한 기계적 특성 향상을 위하여 강소성 공정 중 가장 효율적으로 변형율을 부

가할 수 있는 고압비틀림 공정을 이용하였다. 고압비틀림 공정에 따른 미세조직 분석과 인장시험 및 미세조직 분석을 통하여 고압비틀림 공정의 효과를 분석하였다.

[희소금속4-1 | 14:40]

자전연소반응에 의한 Ti 산화물 직접환원 및 구상분말 제조기술: *박경태[1], 최상훈[1,2], 심재진[1], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 현승균[2], 김택수[1] ; [1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.

Keywords: 타이타늄, 자전연소합성법, 수소화-탈수소화, 구상화처리, 3D 프린팅 소재

타이타늄은 고 비강도 및 고 내식성의 특성을 지니고 있어 자동차, 항공우주, 및 생체의료 분야 3D 프린팅 등 다양한 산업 분야에 사용되고 있으며, 특히 최근 3D 프린팅 산업이 증대함에 따라 3D 프린팅 원료로 사용되는 구상 Ti 분말 제조에 관한 연구도 활발히 이루어 지고 있다. 상업적으로 티타늄 분말 제조 공정은 Ti 산화물로부터 염화 공정 및 kroll 공정을 거쳐 금속 티타늄 스폰지 및 잉곳을 제조한 후, 수소화-탈수소화 공정을 통해 분말을 제조하거나 금속 티타늄을 재 용해하여 gas atomization 법을 이용하여 Ti 분말을 제조하고 있다. 이 공정은 고순도 Ti 회수가 가능하며, 대량 생산이 가능한 장점을 지니고 있지만 염소가스의 사용으로 환경문제를 야기시킬 뿐 아니라 다단의 공정을 거쳐야 하는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 산화물 직접 환원이 가능하고 Ti 분말 형태로 직접 제조가 가능한 자전연소합성법을 이용하여 Ti 분말을 제조하였다. 원료 물질로는 TiO_2가 사용되었고 환원제로는 Mg을 활용하였다. W/Re C-type 열전대를 이용하여 연소온도(Tc)를 측정하였으며 연소속도를 계산하여 Mg 함량에 따른 연소온도 및 연소속도를 비교하였다. Mg 몰 비에 따라 각각 1709°C, 1372.2°C, 1164°C의 연소온도가 측정 되었으며, 몰 비가 증가 할수록 연소속도는 점점 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 Ti 분말 내 격자간 불순물로 존재하는 잔존 산소 제거를 위하여 가스 환원 공정을 추가 실시하였으며, 이를 원료로 하여 Ti 분말 구상화를 위한 플라즈마 처리를 수행하였다. 각 공정에서의 Ti 분말 특성 비교를 위하여 분말의 산소, 질소, 탄소 함량, 형상, 입도, 순도 및 상 분석 등 물성을 다각적으로 평가하였다.

[희소금속4-2 | 15:00]

Ammonium hexafluorotitanate를 이용한 TiO_2분말 합성 연구: *박경수, 박재량, 이덕희, 김대근, 이찬기; 고등기술연구원 신소재공정센터

TiO_2는 산화력이 크고 인체에 무해하며 가시광선과 근자외선 영역에서 높은 투과율 및 굴절률을 가지는 화학적으로 매우 안정한 물질로써 안료, 광촉매, 자외선차단제 등의 산업 분야에 널리 사용되고 있을 뿐만 아니라 학문적인 측면에서도 활발하게 연구가 진행되고 있는 금속산화물이다. 일반적으로 TiO_2는 황산법 및 염소법 공정을 통해 상용 분말이 제조되고 있다. 우선, 황산법은 대량생산에는 유리하나 가혹한 분쇄 공정 및 고농도 황산의 사용으로 인해 많은 공정이 요구되며 그 과정에서 불순물의 혼입으로 최종 제품의 품질이 저하되는 문제가 있다. 염소법은 비교적 고순도 rutile TiO_2의 제조 및 제품의 품질이 우수하다는 장점이 있지만 rutile sand와 같은 원료 공급이 한정적이고 반응 중 발생하는 부식성 가스(HCl 및 Cl_2)로 인해 독성과 안정성이 문제된다. 따라서, 본 연구에서는 ammonium hexafluorotitanate (AHFT, (NH4)2TiF6)라는 새로운 원료를 이용하여 TiO_2분말을 합성하는 공정을 소개하고자 한다. 실험 결과를 바탕으로 간단한 공정을 통해 anatase 및 rutile 상의 TiO_2를 제조할 수 있음에 대한 가능성을 확인하였으며 스케일업을 통한 상용 분말 생산을 기대할 수 있다.

[희소금속4-3 | 15:20]

Design strategy for rare-earth elements based relaxor-ferroelectric crystals: *Kyou-Hyun Kim[1], Jongchul Jeon[1] ; [1]Manufacturing Technology Office, Korea Institute for Rare Metal, Korea Institute of Industrial Technology.

Keywords: relaxor-ferroelectric crystals, PMN-xPT single crystal, quantitative CBED study

Rare-earth elements based relaxor-ferroelectric crystals, such as (1-x)Pb(Mg1/3Nb2/3)O3-xPbTiO3(PMN-xPT), have the potential to transform technologies of medical imagings, actuation, and sensors, due to their extraordinary high piezoelectric effect. It has been suggested that polarization rotation driven by external electric fields is responsible for the large piezoelectric response. Polarization rotation is accompanied by a change in crystal symmetry and/or orientation. However, the nature of symmetry in PMN-xPT and other relaxor-ferroelectric crystals, despite extensive study by x-ray and neutron diffraction, is still controversial. Extensive studies have suggested the crystal symmetry varies on the nanoscopic scale and understanding the nature of local symmetry and its variations is thus critical to correlate the structure with polarization properties. In this study, the symmetry of PMN-xPT single crystal is investigated for the volume dependence and spatial dependence of symmetry fluctuations by using convergent beam electron diffraction (CBED). Fluctuations in symmetry were determined by using different electron beam probe sizes ranging from ~2 to 25 nm. The amount of symmetry recorded in CBED patterns were measured using a newly developed algorithm for symmetry quantification. From the quantitative CBED study, the symmetry of PMN-31%PT was foundto increase linearly as the average volume increased, and the local symmetry fluctuated from one location to another at the nanoscale. Measurements indicate that the averaged symmetry is spatially fluctuated in local volumes of few tens nm3. Spatial fluctuations indicate variations in ionic displacements and the concomitant existence of spatially varying polarization directions. Based on the details of structural information, this study provides the design strategy for new relaxor-ferroelectric crystals with less Pb comparing to the conventional Pb-based relaxor-ferroelectric crystals.

[희소금속5-1 | 16:00]

Exploring the exchange bias and low temperature magnetic properties of different oxides of iron nanorods: *Seok-Jun Seo[1], Hessan Khalid[1,3], Sung Gue Heo[1,2], Won Sik Yang[1,2], Bum Sung Kim[1,3], Taek-Soo Kim[1,3]; [1]Korea Institute of Industrial

Technology (KITECH). [2]In-Ha University. [3]University of Science and Technology (UST)
Keywords: Akaganeite, nanorods, synthesis, forced hydrolysis, exchange bias

Akaganeite (β –FeO(OH)) finds its technological importance as catalytic materials, sorbents, gas sensors, ion exchanger and biomedical applications. Akaganeite with its antiferromagnetic behavior is known to show exchange bias at low temperature. In this study surface morphology of the akaganeite nanorods were tailored in order to achieve exchange bias effect close to room temperature i.e250K. Akaganeite nanorods were synthesized via forced hydrolysis, HCl was added in the aqueous solution of FeCl3 and heated at 98 oC for 24 hrs. Different amount of NH4OH was added in the solution which acts as a surface modifying agent. Exchange bias effect of different sample with varying amount of NH4OH was analyzed by VSM and parameter were optimized in order to achieve exchange bias near to room temperature. This increase in exchange bias was correlated with surface roughness and these argument were well supported using TEM, AFM and SEM. Akaganeite nanorods with near room temperature exchange bias properties may find its application in read/write head of HDD, MRAM and magnetic sensors.

[희소금속5-2 | 16:20]

Ta hydride formation for recycling of Ta metal scrap: *Ji-Hwan Park[1], Ji-Young Kang[1], Jieun-Lee[2], Jin-Ho Yoon[2], Il-Kyu Park[3] ; [1]Material Technical Innovation Group (MTIG) Co., Ltd.. [2]Advanced Materials & Processing Center, Institute for Advanced Engineering. [3]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology.
Keywords: Tantalum, Hydride-dehydride, metal powder, eco-friendly, Recycling

Tantalum (Ta), a refractory metal, has been regarded as a fascinating material for electronic, thermal and structural applications due to its excellent properties, such as low temperature coefficient of resistance, stable specific resistance, large density of electrical charges, high density (16.65 g/cm^3), high melting temperature of 2,996^{o}C, and strong corrosion resistance. Because of their remarkable performances, high purity Ta powder materials are demanded in many applications, including capacitors, surface acoustic wave filters, dental implants, and heat exchangers. Even though its applications are becoming widened, the production of Ta is limited due to its rarity associated with production only in the conflict regions. Therefore, recycling the Ta from the scraps and wastes becoming an important part in the production of pure Ta, for instant, around 15~30% of the total global Ta supply in 2000 and 2001 were from the recycled Ta. A hydride-dehydride (HDH) process has been recognized and well established for the production of titanium as well as zirconium and vanadium materials. This method possesses low price and easily applicable for the mass production. This process necessarily comprises the formation of brittle metal hydrides that can be easily crushed, milled, and screened to produce fine metal powders. In this study, we investigated the temperature-dependent Ta-hydride formation process by hydrating the Ta scrap in hydrogen atmosphere and studied theoretically based on a thermodynamic calculation.

[희소금속5-3 | 16:40]

고순도 탄탈륨 분말 제조를 위한 탈수소화 거동 연구: *윤진호[1], 이찬기[1], 이지은[1], 박지환[2], 박일규[3] ; [1]고등기술연구원 (IAE, Institute for Advanced Engineering). [2](주)엠티아이지 기술연구소. [3]서울과학기술대학교 신소재공학과.
Keywords: Tantalum, Tantalum hydride, Ta powders, Hydride-dehydride conversion

탄탈륨은 높은 전하량, 낮은 저항온도계수, 안정된 비저항 및 우수한 내부식성을 지니고 있어서 소형 콘덴서의 재료와 항공기, 제트엔진 부품, 의료용 소재 등에서 널리 사용되고 있으며 최근에는 반도체 공정에서 이용되는 박막을 제조하기 위한 타겟 재료로서의 사용이 급증하고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 폐자원의 반출을 방지하고 선순환 구조를 구축하기 위해서, 수소화/탈수소화 공정을 이용한 탄탈륨 금속 스크랩으로부터 탄탈륨 금속 분말을 제조하고자 한다. 탄탈륨 분말은 고순도를 필요로 하는 전자 재료 산업에서 많이 사용되므로 고순도 탄탈륨 분말을 제조하고자 한다. 금속 불순물의 경우, 전처리 공정 및 용융 공정을 통해서 제거가 가능하나, H/O의 경우 반도체 공정 시 제품의 품질을 좌우 하므로 탈수소화 공정에서 제거가 되어야 할 불순물이다. H/O와 같은 불순물을 제거하고 고순도 탄탈륨 분말 제조를 위한 탈수소화 공정의 최적조건을 설립하고자 한다. 탈수소화 온도 및 분위기, 시간에 따른 탄탈륨 분말 제조 연구를 진행하였으며, XRD 분석을 통해 생성된 탄탈륨 분말의 상을 확인하였다. 또한 H/O 분석을 통해 조건에 따른 불순물 농도를 측정하였으며, 이를 바탕으로 최적조건을 설계하였다. (본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업(20165010100870)의 일환으로 수행된 연구입니다.)

미래소재 전략 : 제 4차 산업혁명과 재료연구

Room 324B, 10월 26일

[미래소재1-1 | 10:00]

제4차산업혁명과 에너지 산업 변환: *안남성; *한양대학교 (전 한국 에너지평가원장)*

Keywords: 인공지능, 빅데이타, CPS, 재생에너지, 분산형 에너지 시스템

디지털 기술의 발달을 계기로 제 4차 산업혁명이 시작되면서 사회 경제 모든 시스템이 커다란 전환을 가져 오고 있다. 2016년 다보스 포럼에서 클라우스 슈밥 교수가 제 4차 산업 혁명의 도래를 선포한 이후 많은 국가들은 제 4차 산업 혁명이 가져올 미래에 대해 준비를 하고 있다. 이러한 제 4차 산업 혁명은 원래 독일의 제조업 강화 10년 계획에서 제시된 스마트 공장 에서 출발한 개념으로 슈밥 교수에 따르면 제 4차 산업 혁명은 CPS 즉 Cyber System, Physical system의 융합을 통해 생산성을 극도로 향상시켜 사회 경제의 변화를 리드하는 시대를 의미한다. 제 4차 산업혁명 시대의 핵심 기술은 인공지능, 빅데이타, 3D Printing기술로 대표되는 디지털 혁명을 이끄는 기술들이다. 이러한 디지털 기술들이 에너지 산업과 융합이 되면 지금과는 다른 형태의 에너지 산업으로 전환이 이루어질 수 있다. 즉 석탄이나 원자력과 같은 공급자 중심의 대형 발전 시스템에서 재생에너지나 배터리 그리고 전기자동차로 구성된 소비자 중심의 마이크로 그리드 시대로의 전환이 가능하게 된다. 제 4치 산업 혁명 시대에는 데이터의 활용을 통해 가치를 극대화하는 플랫폼 기술들이 기반이 된 새로운 에너지 시스템 즉 분산형 에너지 시스템이 더욱 중요해질 것이다. 이미 2016년부터 새로운 대형 발전소 건설보다 분산형 전원을 기반으로 하는 분산형 에너지 시스템의 도입이 더 많아지고 있고 이러한 추세는 더욱 가속 될 것이다. 에너지 정책측면에서는 공급중심의 에너지 정책에서 수요중심의 에너지 정책으로 전환이 불가피하게 되고 이제는 수요가 부족한 새로운 시대를 맞게 되어 지금과는 매우 다른 에너지 시스템이 도입될 것이다. 이처럼 분산형 에너지 시스템 도입이 늘어나면 이를 제어하기 위한 더욱 정교한 제어 기술들이 필요하게 되고 이러한 제어를 인공지능이나 빅데이터 분석 기술 같은 디지털 기술들이 수행하게 되어 전형적인 데이터 기반 CSP 시스템 구축이 될 것이다.

[미래소재1-2 | 10:50]

제4차산업혁명과 소재: *이상관; *한국기계연구원 부설 재료연구소*

Keywords: 인공지능, 사물 인터넷, 초연결사회, 초지능 기술, 스마트 소재, 바이오 소재, 안전소재

4차 산업혁명을 동인하는 과학기술개발은 혁신을 통해 사회적 가치를 증진시키고 초연결 사회, 건강한 사회, 지속가능한 사회, 안전한 사회로 대별되는 미래사회 요구에 대응하는 방향으로 추진되고 있다. 미래사회에서 제기되는 기술적 난제들은 초연결·초지능 기술에 기반한 융복합 기술의 발전을 통해 해결이 가능하며 이를 뒷받침하는 소재기술의 개발이 필수적으로 요구된다. 4차 산업혁명을 주도하는 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 센서 등 초연결 사회를 구현하기 위해서는 지능형 스마트 소재의 개발이 필요하며, 고령화, 저출산 등 초고령 사회로의 진입, 난치병 극복 등 건강한 사회를 구현하기 위해서는 맞춤형 웰니스 바이오 소재의 개발이 요구된다. 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 온실가스 배출 감축 이행, 기후변화 등 지속가능한 자연과 사회를 구현하기 위해서는 환경변화 대응소재의 개발이 요구되며, 자연재해 및 인공재난, 전염병, 테러 발생 등의 위험으로부터 안전한 사회를 구현하기 위해서는 안전소재의 개발이 필요하다.

제18회 피로 및 파괴 심포지엄

Room 324B, 10월 26일

[피로1-1 | 13:30]

고망간강의 극저온 파괴 인성 (J_{Ic}) 평가 및 파괴 거동 분석: 박준혁[1], 정대호[1], *성효경[1], 김용진[2], 김성규[2], 김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]POSCO.*

Keywords: High Mn steels, Fracture toughness, J-integral, Cryogenic temperature

최근 산업계 전반에서 극저온용 소재로 기존에 주로 사용되던 STS 304L 이나 9Ni steel 을 대체하며 더욱 경제성이 우수한 고망간강을 사용하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 현재까지 고망간강의 변형 거동에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만 고망간강의 인성과 관련하여서는 샤르피 충격인성에 대한 연구들이 진행되었을 뿐 파괴 인성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 일반적으로 극저온이 되면 인성이 상온에 비해 낮게 나타나는데 고망간강의 경우 온도가 낮아짐에 따라 적층결함에너지도 함께 낮아지므로 변형 및 파괴 거동에 대한 연구가 더욱 필요하다고 볼 수 있다. 파괴 인성 시험에서 취성 파괴에 기인한 K_{Ic} 를 측정할 수 있는데 고망간강의 경우 파괴 개시점에서의 극심한 소성 변형으로 인하여 K_{Ic} 를 측정하는 시험 방법이 적절하지 않게 된다. 따라서 본 연구에서는 J-integral 방법을 활용하여 상온에서 극저온까지 각 온도에 따른 J_{Ic} 를 측정하였고 그 결과를 STS 304L 과 비교하였다. 미세조직적으로는 Electron backscatter diffraction (EBSD) 분석을 통하여 균열 선단의 쌍정 변형 및 마르텐사이트 상변태를 관찰하였으며 극저온에서의 고망간강 파괴거동을 고찰하고자 하였다.

[피로1-2 | 13:50]

Ti 합금의 고온성형조건 변화에 따른 연신율 차이 고찰: *권용남[1], 김현지[2], 김민석[3], 구가은[4], 이동준[1]; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]순천대학교. [3]경북대학교. [4]경상대학교.*

Keywords: Ti 합금, 고온 성형, 연신율

Ti판재는 상온 성형성이 부족하여 주로 고온성형을 통해 부품을 제조하는 경우가 일반적이다. Ti 합금의 고온성형시 산화 및 수소 취화 등이 발생할 수 있기 때문에 성형 후 건전성을 확인하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 Ti합금 판재의 고온성형 조건에 따른 물성 변화를 조사하고 원인을 고찰하였다. 특히, 고온성형 후 연신율의 저하가 발생하는 조건을 확인한 후 해당 조건에서 인장 및 고주기 피로시험을 실시하였다. 이상의 분석을 통해 성형품의 건전한 물성을 얻을 수 있는 고온성형 공정조건을 최적화하였다.

[피로1-3 | 14:10]

Effect of stabilization annealing on SCC susceptibility of ß-annealed Ti-6Al-4V alloy in 0.6 M NaCl solution: *정대호[1], 박지호[1], 안수진[1], 성효경[1], 권용남[2], 김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]재료연구소.*

Keywords: slow strain rate test, SCC, Ti-6Al-4V, ß-annealing

The effect of stabilization annealing on the stress corrosion cracking (SCC) susceptibility of ß-annealed Ti-6Al-4V (Ti64) alloy was examined in an aqueous 0.6 M NaCl solution under various applied potentials of +0.1, -0.05 and -0.1 V vs E_{corr}, respectively, at a strain rate of 10^{-6} s^{-1}. The stabilization annealing substantially improved the resistance to SCC of b-annealed Ti64 alloy in 0.6 M NaCl solution under cathodic applied potentials, while the effect was marginal under an anodic applied potential. It was also noted that the areal fraction between ductile and brittle fracture of ß-annealed Ti64 specimens, which were slow strain rate tested in 0.6 M NaCl solution, varied with stabilization annealing and applied potentials. The effect of stabilization annealing on the SCC behavior of ß-annealed Ti64 alloy in SCC-causing environment was discussed based on the micrographic and fractographic observation.

[피로1-4 | 14:30]

Environmental fatigue crack propagation behavior of ß-annealed Ti-6Al-4V alloy in NaCl solution: 안수진[1], 정대호[1], 권용남[2], 성효경[1], *김상식[1]; *[1]경상대학교. [2]재료연구소.*

Keywords: Fatigue crack propagation: Ti-6Al-4V: Hydrogen: Microstructure: ß-annealing

The fatigue crack propagation (FCP) behavior of ß-annealed Ti-6Al-4V (Ti64) alloy was examined at two different R ratios of 0.1 and 0.7 in air and 3.5% NaCl solution under anodic and cathodic applied potentials. ß-annealed Ti64 alloy was sensitive to environmental FCP under both anodic and cathodic applied potentials, which was more significant at high R ratio. The da/dN vs ΔK curves of ß-annealed Ti64 alloy was similar regardless of applied potential, suggesting that hydrogen was responsible for the environmental FCP in NaCl solution. The crack deflection and branching became significantly reduced in NaCl solution, as compared to that in air. It was hypothesized that two different tendencies, including crystallographic cleavage crack growth mechanism and microstructure-sensitive crack growth mechanism, competed with each other, determining the environmental FCP behavior of ß-annealed Ti64 alloy.

[피로2-1 | 15:15]

Probabilistic Crack Growth Analysis Methodology for New and Aging Aircraft Structures: *Seungwoo Jin, Eungyeong Lee, Chongho Yoon; *Korea Aerospace Industries.*

Keywords: Deterministic Damage Tolerance Principle, Reliability, Probabilistic Crack Growth Analysis, Structural Risk Analysis,

Maintenance Program

Most aircraft structures are designed by deterministic damage tolerance principle which requires that any crack can be detected by routine inspection before it results in a dangerous reduction of the static strength (for inspectable structure) or an initial crack shall not grow to a critical size during the service life (for non-inspectable structure). An initial crack size is determined from the estimates of the largest amount of undetected damage that could be present in a structure. Analyses determine how rapidly a crack of this size would grow to failure under an anticipated loading. Inspection intervals are then established so that the structure will be inspected twice before a crack of this size would grow to failure. While this deterministic approach is judged to be conservative and successful, it does not provide a specific safety (reliability) level of current design and the uncertainties in aircraft usage, material properties and initial crack size are covered by empirical safety factor of two. On the other hand, probabilistic crack growth analysis, i.e., structural risk analysis, as mandated per MIL-STD-1530C, can take account of inherent scatter of the input variables in their distribution function, give specific reliability level of design and insight in amount and cause of scatter, reveal dangerous combinations of model parameters causing so-called outliers, give directions to improve design while maintaining safety, remove over-conservatism in design, provide specific reliability level and optimize maintenance programs with the objective to optimally balance structural risk and aircraft downtime. In this paper, the probabilistic crack growth analysis methodology for new and aging aircraft structures is reviewed to demonstrate that aircraft can be operated safely and has a sufficient life. Especially, the details of generating the distribution functions of the risk analysis input variables are explained.

[피로2-2 | 15:35]

고체금속취성에 의한 Brake Disk 균열결함 특성 고찰: *이병현, 손경숙, 이복원, 신규철; *공군 항공기술연구소.*

Keywords: Metal-Induced Embrittlement, Solid-Metal-Induced Embrittlement, Steel Alloy, Intergranular Fracture

합금강으로 제작된 Brake Disk에서 고체금속유기취성(Solid-Metal-Induced Embrittlement)으로 인한 파괴결함 특성을 연구하였다. Brake Disk 운영환경 및 기술자료 분석을 통해 결함발생원인 Fault Tree를 도출하였고, 거시적 관찰을 통해 균열발생 부위 및 부식을 확인하였다. 미세균열부위 미시적 관찰을 통해 입계파단 형태 및 입계에 분포하는 Copper 성분을 확인하였다. 이를 통해 취성원소의 용융점 이하의 조건에서 발생하는 고체금속유기취성 특성을 고찰하였다.

[피로2-3 | 15:55]

CGI450 소재의 저 사이클 상온, 고온 피로 특성: *권오현, 정종권, 김익우, 최권일; *두산인프라코어㈜.*

Keywords: CGI450, Compacted graphite iron, Low Cycle Fatigue, Cylinder Block

디젤 엔진이 고 출력화 됨에 따라 엔진의 최대 연소 압력이 높아지고 있으며 연비 향상 관점에서도 실린더블록 부품의 박육경량화가 이뤄지고 있어 디젤 엔진 실린더 블록에 요구되는 강도와 강성이 높아지고 있다. 따라서 고강도와 고강성의 재료로 실린더 블록을 제작해야 되는데 기존에 사용되던 회주철은 강도와 강성이 낮기 때문에 고출력의 엔진 실린더 블록에는 회주철보다 강도와 강성이 높은 CGI 주철(Compacted graphite iron)을 사용하고 있는 추세이다. CGI 주철은 회주철과 구상흑연주철의 중간적인 성질을 나타내는 주철로 일반 회주철 보다 30 ~ 80% 높은 인장강도, 50% 높은 강성을 가지며 피로 강도는 2배에 달한다. 하지만 실린더 블록은 연소실에서 발생하는 고온에 의해서 팽창 후 수축하는 과정을 거치기 때문에 변형률-수명 관점에서의 저 사이클 피로 특성이 중요한데 CGI 주철의 저 사이클 피로 특성은 기존에 시험된 바가 없어 실린더 블록용 CGI450 소재의 저 사이클 상온, 고온 피로 특성을 평가하였고 실린더 블록용 GC250. GC300. GC350 소재의 저 사이클 상온, 고온 피로 특성과 비교하였다.

[피로3-1 | 16:25]

Screening Technique of Gas Hydrogen Embrittlement Behavior in Structural Steels for Energy Facility Using in-situ SP Test Method: *신형섭[1], 배경오[1], 백운봉[2], 남승훈[2]; *[1] 안동대학교. [2] 한국표준과학연구원.*

Keywords: gas hydrogen embrittlement, enegy materials, SP test, screening technique, low temperature

Recently, global scale efforts to reduce global warming effect and micro-dust (PM2.5) scattering are required for the transition to an environment-friend energy system from existing fossil fuel and nuclear energy ones. Various kinds of energy sources have been proposed and the research activities are very close to the industrialization stage. Especially, in the field of the applicable transportation for automotive, the hydrogen (H_2) gas which are non-polluting and environment-friend appears as one of the solution. In the case of a hydrogen fuel cell vehicle (FCV), since the use of high-pressure hydrogen gas is inevitable in order to secure the mileage of vehicle, the safety and reliability should be ensured for the storage tank, and the vehicle-mounted container. In this study, the SP test was conducted under low temperature and high pressure hydrogen gas environment in order to develop a simple screening technique for evaluating the hydrogen embrittlement behavior of the hydrogen energy materials. Especially, the hydrogen embrittlement behavior of high-Mn steels which will be considered as candidate materials for storage and transportation of the hydrogen gas was evaluated. The characteristic features such as load-displacement (SP energy) and the relative thinning of thickness (RTT) in respective energy materials were investigated by the in-situ SP test at low temperature range.

[피로3-2 | 16:55]

유리섬유강화플라스틱에 대한 Glass Fiber 방향성에 따른 피로거동평가: 김희준[1], 정대웅[1], *조인식[2], 박인규[1], 이창순[1]; *[1] 선문대학*

교. [2]*(주) 엠브로지아.*
Keywords: 유리섬휴강화플라스틱, 초음파피로시험, 피로거동

본 연구에서는 자동차 부품으로 활용되고 있는 PA66 + GF 30 (Glass Fiber 30%) 소재중 환경특성상 엔진기관 진동에 대한 저항성과 결합하는 부품에 대하여 안정적인 내구수명을 가지고 있어야한다. 하지만 지금까지 소재 제공업체의 물리적 및 기계적 특성 값의 안정적인 품질관리와 공유가 어려운 상황과 실질적으로 평가하는 기관과 시간이 현저히 부족한 상황에서 국내에서 새롭게 자체 개발한 초음파 가속피로시험법을 적용한 피로수명 평가 방법을 통해 피로해석 적용방법 방안을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 사출 성형된 PA66+GF30% 소재의 방향성 즉 (0, 45, 90)에 따른 상온 분위기에서 실험을 수행하여 방향성에 따른 피로거동을 평가 할 뿐 아니라 미세조직 및 인장시험결과를 통해 전반적인 해석평가를 수행하고자 하였다.

[피로3-3 | 17:15]

미세조직 변화에 따른 Al6061-T6 합금의 기계적 특성 및 지속 하중 균열 저항성 평가: *김대겸[1], 남선우[2], 김성철[3], 조성민[4], 김택수[2]; [1] *한국과학기술연합대학원대학교.* [2] *한국생산기술연구원.* [3] *태광후지킨.* [4] *한국가스안전공사.*
Keywords: Al6061,Al-Mg-Si,EBSD,Hydrogen,

최근 에너지 수급불안과 화석에너지의 유해 가스 배출로 인한 환경 오염 문제로 신 재생 에너지에 대한 관심이 높아지고 있으며 그 중 수소는 순수한 물만 배출하는 무공해 연료로 관심이 증가하고 있다. 수소는 다른 연료보다 큰 부피(프로판 가스의 22배)로 인해 단위 체적 당 높은 수소가스를 저장하기 위해서는 고압의 용기의 개발이 이루어지고 있다. 고압용기의 경우 4종류가 있으며 모두 금속 소재가 사용된다. 수소저장용기에 사용되는 금속소재는 수소 취성에 대한 저항이 높고, 가스 충·방전 중에 저장 용기에 발생되는 응력에도 견딜 수 있는 강도를 가지며 경량성이 우수하여야 한다. 이에 낮은 수소 확산 속도로 수소 취성 저항성이 우수하고 철계 금속에 비해 약 3배 밀도가 낮아 경량성 뛰어난 Al-Mg-Si 계열의 합금 Al 6061-T6 이 적용되고 있다. 하지만 금속 소재는 제조 공정 중 발생하는 결함 또는 사용 중 다른 부품과의 연결에 의해 균열이 발생되기 쉽고 고압의 수소 가스를 저장 하는 동안 높은 응력에 놓여 있어 균열이 발생되어도 지속적인 하중에 대한 저항성이 높아야 한다. 이에 본 연구에서는 Al 6061-T6 합금의 압출에 의한 미세조직 변화에 따라 기계적 특성 및 지속 하중 균열 저항 미치는 영향을 평가하였다. Al6061-T6합금의 grain size와 결정 방향을 EBSD를 통해 분석을 실시하였으며, 지속 하중 균열 저항 평가를 위해 피로예비균열이 나있는 CT시편을 30일 동안 80ºC에서 일정 하중 상태를 유지하여 시험하였다. 일정 하중 상태 시험을 마친 CT 시험편의 지속하중에 의해 발생된 균열로 관찰을 위해 FE-SEM 분석을 실시하여 grain size에 따른 균열 진전을 평가하였다.

철강Ⅲ
Room 325A, 10월 26일

[철강4-1 | 10:00]
$CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-Na_2O-K_2O-Li_2O-F$계 열역학데이터 베이스 개발과 탈황 및 탈린 계산에 적용: *정인호; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: 정련플럭스, 탈황, 탈린, 상태도, FactSage database
The oxy-fluoride flux of the $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-Na_2O-K_2O-Li_2O-F$ system is important for the steelmaking refining process, continuous casting mold flux, welding power, cement process, etc. However, the thermodynamic properties and phase diagrams of the oxyfluoride have not been well studied. In this study, new thermodynamic model and database for the oxy-fluoride system will be presented. In particular, the applications of the database to the de-S and de-P of molten steels will be presented.

[철강4-2 | 10:25]
고 합금강 주편 표면크랙 발생원인 규명: *민준홍[1], 권상흠[2], 문상운[2], 조경철[2], 장지훈[1], 이소담[1], 김동규[3], 허윤욱[1], 이재상[1], 허남회[1], 임창희[1]; *[1]포항공대 철강대학원(GIFT). [2]포스코. [3]동아대학교.*
Keywords: 고합금강, 표면크랙, 표면결함, 고온연성, 연주
철강 제조과정 중에 발생되는 각종 표면결함은 제품의 품질과 실수율을 하락시켜 경제적 손실을 일으키는 주요 요인 중 하나이다. 따라서, 표면결함의 명확한 원인을 규명하고, 제어하는 것은 매우 중요한 이슈이며, 이를 제어하기 위한 방법을 모색하기 위해 다양한 연구가 수행되어 왔다. 특히 최근 후판제품의 고강도 확보를 위해 1.9%Mn, Cu, Ni, Nb 등의 합금원소가 다량 첨가된 강재가 지속 증가되는 추세이며, 주편을 제조함에 있어 기존 강재와는 다른 양상의 표면크랙이 관찰되고 있다. 본 연구에서는 이러한 표면결함을 고합금 강재의 고온연성 특성과 연관지어 해석하고, 그 원인을 규명하고자 한다. 연주기 내에서 각 온도에 따른 주편의 연성거동을 모사하기 위해 1,400 °C까지 가열/유지시킨 후, 연주기와 유사한 냉각조건으로 400~1,100°C 범위의 각 온도까지 냉각 후 인장시험을 진행하였다. SEM, EDS, EBSD, AES 분석을 통해 표면크랙 발생 메커니즘을 해석 하였고, 이를 바탕으로 유사한 고합금강 주편 제조시 표면결함 억제 방안을 제시하고자 한다.

[철강4-3 | 10:40]
응고 simulator를 활용한 고 Mn base강의 불균일 응고거동 평가: *백구슬[1], 이수연[1], 강신언[2], 조경철[2], 문상운[2], 권상흠[2], 이재상[1], 허윤욱[1], 김동규[3], 조중욱[1], 임창희[1]; *[1]포항공과대학교. [2]포스코. [3]동아대학교.*
Keywords: 초기 응고 거동, 고Mnbase 합금, 불균일응고, 주편 결함
강재의 연속 주조 시 면세로크랙과 같은 주요 주편결함은 mold 내 초기 응고거동과 밀접한 관련이 있음이 널리 알려져 있다. 특히 초기 응고 단계에서 응고쉘이 불균일하게 성장할 경우 응고 및 상변화로 인한 strain이 수지상 사이의 취약 부위에 집중되어 crack의 발생을 가속화 하게 된다. 본 연구에서는 18% Mn base 합금강과 탄소강을 대상으로 1kg 규모의 응고 simulator를 이용하여 응고특성을 비교 검토하였다. 응고 simulator 주조 시 tilt speed, 시편 무게 등 제반의 응고 조건은 동일 하게 유지하였으며, Local Heat Flux Density(LHFD), 시편 표면 Profile, 미세조직 등에 주목하여 강종별 초기 응고 거동을 분석하였다. LHFD는 Mn base강에서 약 1.1 MW/m^2로서 탄소강에서는 약 0.6 MW/m^2 대비 2배 가까이 높았으며, Profile로 분석한 표면의 Air gap의 경우 Mn base강에서는 약 140 um로서 저 탄소강에서의 약 1000 um에 비하여 1/7 가량 작게 나타났다. 이상의 결과를 바탕으로 고 Mn강보다 탄소강에서 응고 불균일 문제가 더 심하게 일어나고 있음을 확인하였고, 그 원인을 FactSage를 활용한 열역학 계산과 미세조직 상세분석을 통해 고찰하였다.

[철강4-4 | 10:55]
고Mn강의 내부산화 거동과 표면크랙의 상관성 연구: *이소담[1], 강신언[2], 조경철[2], 허윤욱[1], 이재상[1], 임창희[1]; *[1]포스텍 철강대학원. [2]포스코기술연구소.*
Keywords: 고Mn강, 표면결함, 표면크랙, 표면산화
철강의 생산과정 중 발생하는 표면결함은 제품의 품질과 실수율을 떨어뜨려 경제적 손실을 일으키는 주요 요인 중 하나이다. 따라서 표면결함의 원인을 규명하고, 제어하는 것은 철강 생산성 측면에서 매우 중요한 이슈이며, 이를 제어하는 방법을 모색하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 고 Mn강에서 발생하는 표면결함의 원인을 규명하고자 산화온도에 따른 결정입계와 입내에서의 내부산화 거동을 조사하였다. 실험에 사용된 합금은 17Mn Base의 고 Mn강이며, 주조된 Slab을 절단 후 표면연마 한 뒤, 950~1300ºC에서 대기분위기로 고온산화 하였다. 산화 된 시편의 단면을 EBSD, SEM, TEM 분석을 통해 결정입계와 입내에서의 내부산화 거동을 해석하였다. 또한, 내부산화 거동이 표면결함에 미치는 영향을 확인하고자 산화된 시편을 고온에서 인장하여 산화층의 균열과 크랙 생성거동을 조사하였다. 정량적인 표면 크랙 거동 평가를 위해 표면 크랙 평가지수를 제안하고, 이를 기반으로 내부산화 거동과 표면크랙 생성의 상관성을 논하고자 한다.

[철강10-1 | 13:30]
변형 거동에 따른 오스테나이트강의 수소취성 변화: *노한섭, 강지현, 김성준; *포항공대철강대학원.*

Keywords: Hydrogen embrittlement, Austenitic steel, Deformation mechanism

친환경 에너지원으로 주목을 받고 있는 수소 에너지의 활용을 위해 내수소용 강재 개발이 진행되고 있다. 고압의 수소 환경 내 적용 가능한 재료로 수소 확산계수가 낮은 오스테나이트강이 주로 활용되고 있으나, 강종에 따라 수소취성 경향에 차이를 보이고 있다. 본 연구에서는 오스테나이트 상안정성이 높은 고망간 TWIP강과 고질소 STS강을 대상으로 변형 거동의 차이가 수소취성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 전기화학적 수소장입 후 인장실험을 통해 TWIP강이 STS강에 비해 수소취성에 더 취약한 것을 확인하였다. 이를 규명하고자 변형 중 전위의 거동을 관찰하였고, 파단 후 전위밀도를 XRD peak broadening 분석을 통해 계산하였다. 그 결과, TWIP강은 STS강에 비해 쌍정이 먼저 발달하고, STS강은 planar slip 거동과 함께 쌍정의 생성이 다소 지연됨을 확인할 수 있었다. 또한, 결정립 크기에 따라 TWIP강은 쌍정의 생성 차이가 큰 반면, STS강은 차이가 나타나지 않았다. 전위밀도 계산을 통해서 쌍정의 발달이 전위밀도 증가와 관련 있으며, 수소취성과도 비례함을 확인하였다. 일반적으로 전위밀도의 증가는 계면 및 결함부의 국부 응력을 증가시켜 계면을 따라 취성 파단을 촉진시킨다. 따라서, TWIP강과 STS강이 같은 오스테나이트강임에도 불구하고 서로 다른 수소취성 경향성을 보인 것은 변형 거동의 차이에 따른 것으로 판단되며, 이를 통해 변형 거동 차이가 오스테나이트강들의 수소취성 민감도 차이를 만드는 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다.

[철강10-2 | 13:45]

Unraveling the effect of cold rolling on the microstructures and tensile properties of intercritically-annealed medium Mn steel: *Min Tae Kim[1], Tak Min Park[1], Aniruddha Dutta[2], Dark Ponge[2], Dierk Raabe[2], Jeongho Han[1]; [1]*Department of materials science and engineering, Chungnam university.* [2]*Department of Microstructure Physics and Alloy Design, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.*

Keywords: medium Mn steel, cold rolled steels, intercritical annealing, transformation-induced plasticity (TRIP), twinning-induced plasticity (TWIP)

With an increasing demand for cost efficient advanced high-strength steels in modern industry, medium Mn steels have received significant attention since both their reasonable materials cost and excellent mechanical properties. Medium Mn steels are defined as the steel with Mn concentration ranging from ~3 wt% to ~12 wt%, C concentration less than ~0.3 wt% and small amount of additional alloying elements [1]. The steels generally exhibit an α′ martensite microstructure after hot rolling and cold rolling and a dual phase microstructure of α ferrite or martensite and retained γ austenite (γ_R) with ultrafine grain size after intercritical annealing. The excellent mechanical properties of the steel are caused by the active transformation-induced plasticity (TRIP) effect from a large volume fraction of γ_R (3 wt.%) shows not only TRIP phenomenon but also twinning-induced plasticity (TWIP) effect during plastic deformation, resulting in improved mechanical properties [2-5]. Previous studies of medium Mn steel combining TRIP-TWIP effect have focused on the alloy design and TRIP-TWIP mechanism of suggested steel during plastic deformation [2-5]. Intercritically annealed Fe-10Mn-0.3C-3Al-2Si (wt%) steel shows both high strength (1100 MPa) and ductility (65%) because TWIP occurs first in the γ_R with SFE of 25 mJ/m^2 at the low strains and intersection of mechanical twins act as nucleation site for strain-induced α′ martensite at the higher strains [2, 3]. Lee et al. [4] reported that Fe-10Mn-0.26C-6.3Al (wt%) steel has γ_R with both coarse (~25 μm) and fine (~7 μm) grain sizes after intercritical annealing at 800 °C for 10 min, and TRIP occurs first in the coarse γ_R at low stain level and TWIP occurs in the fine γ_R at high strain level, resulting in high strength of 786 MPa and ductility of 47%. However, there are few studies regarding the thermo-mechanical process of medium Mn TRIP-TWIP steel. For example, medium Mn steels could be produced by not only hot rolling plus annealing but also cold rolling plus annealing process due to relative low C concentration even they normally show martensitic phase at the as-hot-rolled state: in general, martensitic steels which have medium or high C steel are generally produced by hot rolling plus annealing process because they are too strong to be cold-rolled by solute hardening of high C concentration. The present authors [6] partly reported about the difference between hot-rolled plus annealed steel and cold-rolled plus annealed steel showed different microstructural morphology and this difference affected the different yielding behavior (continuous or discontinuous). Therefore, in the present study, we systematically investigate the role of cold rolling on the relation between microstructure and tensile properties. The medium Mn TRIP-TWIP steel with compositions of Fe-8Mn-0.2C-3Al (wt%) was newly designed and cold-rolled with different reduction (0 – 60%) after hot rolling. The rolled steels were intercritically-annealed at 720 °C for 30 min. The microstructural evolutions according to different cold rolling reduction (e.g. phase fraction, grain size and morphology) were elucidated using electron microscopy and X-ray diffraction analysis, and the relation between microstructure and tensile properties was discovered. References[1] Y.-K. Lee, J. Han, Current opinion in medium manganese steel, Mate. Sci. Technol. 31(7) (2015) 843-856.[2] S. Lee, B.C. De Cooman, Tensile behavior of intercritically annealed 10 pct Mn Multi-phase Steel, etall. Mater. Trans. A 45(2) (2014) 709-716.[3] S. Lee, B.C. De Cooman, Effect of the intercritical annealing temperature on the mechanical properties of 10 Pct Mn multi-phase steel, Metall. Mater. Trans. A 45(11) (2014) 5009-5016.[4] C.-Y. Lee, J. Jeong, J. Han, S.-J. Lee, S. Lee, Y.-K. Lee, Coupled strengthening in a medium manganese lightweight steel with an inhomogeneously grained structure of austenite, Acta Mater. 84(0) (2015) 1-8.[5] S.S. Sohn, K. Choi, J.-H. Kwak, N.J. Kim, S. Lee, Novel ferrite–austenite duplex lightweight steel with 77% ductility by transformation induced plasticity and twinning induced plasticity mechanisms, Acta Mater. 78(0) (2014) 181-189.[6] J. Han, S.-J. Lee, J.-G. Jung, Y.-K. Lee, The effects of the initial martensite microstructure on the microstructure and tensile properties of intercritically annealed Fe–9Mn–0.05 C steel, Acta Mater. 78 (2014) 369-377.

[철강10-3 | 14:00]

온간 압연한 이상 경량 철강의 방향별 기계적 물성과 변형 거동: *이용문, 장경현, 이종수; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: 경량 철강, 온간 압연, 집합조직, 상변태

운송 수단의 연비를 향상시키는 방안 중 하나로 알루미늄을 다량 첨가한 Fe-Mn-Al-C 계열의 경량 철강 개발이 주목받고 있다. 알루미늄은 철강의 밀도를 효율적으로 감소시키지만 페라이트/오스테나이트 이상 경량 철강에서 알루미늄의 함량이 많아질수록 조대화되는 페라이트 밴드 구조와 탄화물 석출로 인해 재료의 이방성이 심화되며 성형성을 하락시킨다. 본 연구에서는 이상 경량 철강의 냉간 성형성 및 기계적 물성을 향상시키기 위해 500도에서 700도의 온간 영역에서 압연 및 열처리를 하여 미세조직 및 집합조직의 변화를 관찰하였다. Electron Backscatter diffraction (EBSD) 및 Texture X-ray diffraction (XRD)를 이용해 페라이트의 집합조직을 분석하였으며 Transmission electron microscopy (TEM)을 이용하여 변형 온도별 변형 거동을 관찰하였다. 온간 압연을 통해 이상 경량 철강의 이방성이 완화되었고 또한 냉간 압연재에 비해 우수한 강도와 연성을 보여주었다.

[철강10-4 | 14:15]

FeMnAlC 합금 주조재의 Si 첨가에 따른 κ-carbide 석출거동 및 전위거동 상관관계 해석: *김치원[1], 이재현[1], 문준오[2], 장재훈[2], 박성준[2], 이봉호[3], 홍현욱*[1] ; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.*

Keywords: Lightweight steel, 3D atom probe tomography, Shearing, 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 단조 처리된 합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 부족한 실정이므로 다양하고 복잡한 분야에 대한 적용성을 고려하여 주조합금에 대해 연구하였다. 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 합금강은 석출경화형으로, 시효 열처리 시 L`1_2 구조의 규칙상 κ-carbide의 석출에 의한 경화 효과가 핵심이다. Si 첨가로 인해 열처리 초기단계에서 경화의 가속화가 나타나 기계적 특성에 영향을 미치므로, 기계적 특성의 변화와 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 국부적으로 나타나며, 이는 shearing 변형기구에 기인한다고 판단된다. Si이 첨가된 경우 초기의 κ-carbide 석출거동이 가속화 되었으며, 이후 Si이 첨가되지 않은 경우와 유사한 경향을 보인다. 3D-Atom Probe Tomography를 통한 원자적 관점에서의 관찰 결과, 시효 열처리 시 Si은 austenite 기지와 κ-carbide 사이의 계면 부근에 집중되고, C는 κ-carbide 내부에 partitioning 되었다. Si첨가로부터 시효 열처리 시 κ-carbide에 C의 partitioning 계수가 2.3에서 5.3으로 증가되어 κ-carbide의 격자상수가 증가하고, 이로부터 coherency strain field가 증가하게 된다. 또한, κ-carbide 내부의 C농도 증가는 shearing 발생 시 unfavorable Al-C bonding과 Anti-Phase-Boundary(APB) Energy의 증가를 초래하여 전위가 κ-carbide를 shearing하는 slip activity가 현격하게 저하한다. 제일원리 계산결과, κ-carbide내에 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.

[철강10-5 | 14:30]

TWIP강 기반 복층강판의 성형성: *김정기[1], 백승미[1], 윤재익[1], 서민홍[2], 조원태[2], 진광근[3], 이성학[1], 김형섭[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코. [3]포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: 성형성, TWIP강, 복층강판, 혼합비법칙,

TWIP강 기반 복층강판의 성형성과 인장 특성 사이의 관계를 정량적으로 비교하였다. 소재의 인장특성은 모재의 적층비에 따른 혼합비 법칙을 따르게 되며, 계면이 건전한 상태에서 TWIP강 복층강판의 컵 성형성은 인장 특성과 선형적인 관계를 보이게 된다. 이는 복층 강판의 성형성 역시 단일재료와 동일하게 예측할 수 있다는 사실을 보여준다. 또한, TWIP강 소성변형 도중 나타나는 세레이션이 억제되어 기존의 TWIP강보다 우수한 늘어남 성형성을 보인다. 따라서, TWIP강 기반 복층강판은 기존 단일재료가 가지고 있는 문제점을 해결하면서도 모재의 적층비에 따른 성형성 및 기계적 특성이 가능하다.

[철강10-6 | 14:45]

역변태 Cr-Mn계 STS의 인장 특성: *신익수[1], 정기채[1], 박경태[1], 최점용[2] ; *[1]국립한밭대학교 신소재공학과. [2]POSCO 기술연구원(포항) STS 연구그룹.*

Keywords: 스테인레스강, 역변태, 초미세립, 변태유기소성, 미세조직

냉간압연 시 변태유기소성에 의해 martensite 조직을 갖는 Cr-Mn계 STS를 700 - 1000C 온도에서 5분간 역변태 시켜 역변태 온도에 따른 미세조직 변화와 상온 인장 특성을 조사하였다. 700 - 800C 에서는 부분적 역변태가 일어나 미변태 martensite와 초미세 austenite가 혼합되어 있었으며, 800 - 900C의 경우 대부분의 martensite가 변태하여 초미세 austenite 미세조직을 나타내었다. 반면 900C 이상의 온도에서는 역변태 austenite 결정립 성장에 의해 조대립이 형성되었다. martensite유무에 관계없이 초미세립재의 경우에는 변형 초기에 약 10% 전후의 의사 완전소성이 일어난 후 변태유기소성에 의해 가공경화가 일어났다. 반면 조대립재의 경우 변형 초기부터 변태유기소성이 일어났다. 초미세립재의 경우 항복강도 700 MPa, 인장강도 1300 MPa 그리고 35% 이상의 연신율을

나타내었다. 이와 같은 역변태 Cr-Mn계 STS의 강화 거동을 역변태에 따른 미세조직 변화와 연관 지어 분석하였다.

[철강10-7 | 15:00]

Cr, Mo, Nb 합금 원소의 복합 첨가를 통한 선박용 TMCP강의 내식성 향상 연구: *송솔지, 신영웅, 김정구; *성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.*

Keywords: Alloys, Corrosion, Seawater, Electrochemistry, Electron probe micro-analysis

워터 밸러스트 탱크 (Water ballast tank, WBT)는 화물 적재 유무에 따른 선박 균형을 유지하기 위한 설비로 해수의 유입 및 유출이 이루어져 선박 운영 중에 다양한 부식 환경이 조성된다. 태양열에 의해 온도가 60ºC까지 상승하고, 고농도의 산소가 유지되며 고농도의 염분이 농축되므로 선체 구조물 중 가장 가혹한 부식환경이 조성된다. 내식성 향상을 위하여 음극방식법과 도장방식법이 동시에 적용되고 있지만 해수가 유출될 경우 음극방식이 유지되지 않고, 도장재의 수명이 선박의 설계 수명보다 짧아 보수 도장으로 안정성을 유지해야 하므로 선박의 효율적인 운영이 제약된다. 따라서 합금 원소 첨가를 통한 내식성 향상 연구가 진행되어왔으며, 대표적인 합금 원소로는 Cr과 Mo 등이 있다. 합금 원소 Cr은 $(Cr_xFe_{1-x})OOH$ 형태의 보호성 피막 형성을 통한 산소 확산 억제를 통해 내식성을 향상시킨다. 또한 Mo는 산화물 층에 흡착된 MoO_4^{2-}의 양이온 선택적 흡착 반응을 통해 내식성을 향상시킨다. 이러한 다양한 합금 원소 단일 첨가를 통한 내식성 향상 연구는 지속적으로 진행되어왔으나, 복합 첨가를 통한 내식성 향상 효과에 대한 연구는 미미한 실정이다. 본 연구에서는 60 ºC 인공 해수 환경에서 전기화학적 방법과 표면 분석을 통하여 합금 원소 Cr, Mo, Nb의 복합 첨가에 따른 부식 특성을 평가하고 부식기구를 규명하고자 한다.

알루미늄 심포지엄
Room 325C, 10월 26일

[알루미늄1-1 | 09:00]

고강도 고열전도성 Al-Si-Ni계 다이캐스팅 합금의 특성: *장재철, 신광선; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Aluminum, High Pressure Die-casting (HPDC), Thermal Conductivity, Cast Alloy, Mechanical Property

알루미늄은 우수한 비강도를 가지고 있어 수송기기 부품 제조에 널리 사용되고 있다. 최근에는 알루미늄의 사용범위가 고강도 고기능 부품으로 점차 확대되고 있어 우수한 기계적 특성과 높은 열전도성을 동시에 갖는 합금의 개발이 요구된다. 종래의 상용 알루미늄합금은 대체로 Al-Si 합금에 Mg, Cu 등의 미량원소를 첨가한 ADC 계열 합금이 널리 사용되고 있으나, 인장강도 250~300 MPa, 열전도도 80~100W*$m^{-1}K^{-1}$ 수준으로 차세대 자동차와 가전제품의 방열소재로 사용하기에 어려움이 있다. 또한 고 Si 알루미늄합금의 경우 침상 또는 판상의 Si 정출상의 형상에 의해 연신율이 1~3% 수준으로 매우 낮고 미세기공이 생성되므로 이를 개선할 수 있는 합금의 개발이 요구되는 실정이다. 본 연구에서는 Si 분율을 제한한 Al-Si계 합금에 Ni과 미량원소 X를 첨가한 Al-Si-Ni-(X) 합금을 고압 다이캐스팅 공정을 이용하여 제조하고 기계적 특성과 열전도성을 평가하였다. 합금의 기계적 특성과 열전도성은 용질원자의 고용도 및 금속간 화합물의 분율에 의해 차이를 나타냄을 알 수 있었다.

[알루미늄1-2 | 09:15]

양방향 교반 전자기 주조법으로 제조된 과공정 Al-15S계 합금의 소성거동: *이태희[1], 김목순[1], 박준표[2]; *[1]인하대학교. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: Al-Si alloy, Electromagnetic Casting & Stirring(EMC/S), Microstructure, OM, TEM

기존의 DC 주조법으로 과공정 Al-Si계 합금 빌렛을 제조할 경우, 응고 과정 중 불충분한 응고제어로 인해 조대한 수지상 조직, 편석 등이 발생하여 기계적 특성이 저하될 수 있음이 알려져 있다. 이에 비해 전자기장을 인가하는 전자기 주조법(Electromagnetic Casting & Stirring, EMC/S)을 적용하면 용탕 내부의 교반으로 수지상 조직의 성장을 억제하고 등축정 조직 분율을 증가시킴으로써 빌렛의 품질을 향상시킬 수 있다. 하지만 단방향 교반 전자기 주조법 적용시에는 빌렛의 외각부에 초정 Si의 편석이 발생할 수 있으므로, 전자기 교반 방향을 바꿔주는 양방향 교반 전자기 주조법을 적용하는 것이 바람직할 수 있다. 본 연구에서는 과공정 Al-Si계 단방향 교반 주조재와 양방향 교반 전자기 주조재를 RIST로부터 제공받아 각 수령재의 미세조직을 비교하였다. 또한, 소성변형거동을 조사하기 위하여 다양한 온도영역(300°C ~ 500°C)과 변형속도영역(1.0×10^{-3}/s ~1.0×10^{0}/s)에서 고온 압축시험을 행하였으며, 압축시험재에 대해 OM 및 TEM을 이용하여 미세조직을 관찰하였다. (본 연구는 민군기술협력사업으로 지원 받았음)

[알루미늄1-3 | 09:30]

과공정 Al-15wt%Si 압출재의 미세조직과 인장 및 피로 특성에 미치는 EMS(electromagnetic stirring)공정의 영향: *백민석[1], 허준영[1], 김종호[2], 황종일[3], 이기안[1*]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원(RIST). [3](주)LMS.*

Keywords: Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, EMS processing, Tensile, High cycle fatigue, Hot extrusion

최근 마모 환경 하에서 사용되는 자동차 부품(엔진블락, 캠샤프트 등)의 경량화를 위해 Al-Si 합금에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 과공정 Al-Si 합금의 인장, 마모, 피로 특성 연구들이 활발히 진행 중이다. 하지만 과공정 Al-Si 합금의 경우 대부분 주조재에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 압출재에 대한 기계적 특성 및 거동 해석 연구는 부족한 실정이다. 과공정 Al-Si 합금의 기계적 특성에서는 일반적으로 초정 Si 크기가 상당히 중요하다고 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 미세조직 제어를 위하여 주조 중에 EMS(electromagnetic stirring) 공정을 도입하였으며, 추가 공정을 통해 제조된 Al-15wt%Si 압출재에서 나타나는 미세조직 변화 및 기계적 특성에 미치는 EMS 공정의 영향을 규명하고자 하였다. 제조된 소재들의 XRD 및 EPMA 상 분석 결과, EMS 공정 전 후 두 소재 모두에서 Al 기지에 Si, Al_2Cu, $Al_6(Mn,Fe)$, Mg_2Si 상들이 분석되었다. 초기 미세조직에서 primary Si 크기는 DC 소재가 45~65 μm 수준이며, EMS 소재는 40~65 μm 수준으로 얻어졌다. EMS 공정을 수행함에 따라 초정 Si 의 크기는 소폭 감소하였고 초정 Si 의 형상이 상대적으로 구형을 띄는 것을 알 수 있었다. 이 외에 EMS 도입에 따라 공정(eutectic) Si 의 크기가 3.78 μm 에서 3.1 μm로 감소하였고 공정 Si 분율이 증가하였으며 결정립의 크기도 16.42 μm 에서 13.88 μm로 감소하였다. 기계적 특성을 알아보기 위해 상온에서 인장 및 고주기 피로 실험들을 수행하였다. EMS 공정 이후 항복 강도는 370.5 MPa 에서 388.0 MPa로, 인장강도는 412.4 MPa 에서 426.0 MPa 으로 증가하였고 연신율은 3.1~3.2% 수준으로 유사하게 나타났다. DC 소재의 경우 120 MPa의 피로한을, EMS 소재는 125 MPa 의 피로한을 보였으며 큰 차이를 나타내지 않았다. 상기 소재들의 인장 및 피로 특성 고찰을 위해 파단면을 관찰/분석하였으며, 변형 거동에 미치는 EMS 공정의 영향에 대해서도 고찰해보았다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[알루미늄1-4 | 09:50]

Al-TM-RE 비정질 합금에서 다중 RE 첨가에 의한 특성 최적화: *김완, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Keywords: Al-based metallic glass, supercooled liquid region, viscosity, nano indentation

Al(Aluminum)이 80 at%이상 첨가된 Al-TM(transition metal)-RE(rare earth metal)계 삼원계 비정질 합금은 동일 화학적 조성을 가진 결정질 합금과 비교해 2배 이상의 강도 및 경도를 가지지만 그와 동시에 유사한 modulus 및 stiffness를 가지는 독특한 기계적 특성을 가진디고 알려져 있다. 하지만 높은 분율의 Al 첨가로 인해 쉽게 결정화가 발생하여 수 mm 이상의 bulk 스케일로

제조하기 어렵고, 과냉각액체영역은 20K 수준으로 매우 좁아 thermo-plastic forming (TPF)을 통한 정밀 성형에 한계를 가지므로 구조재료로서 활용하기에 제한적이다. 본 연구에서는 이러한 Al계 비정질 합금의 열적특성을 향상 시키기 위하여 topological atomic structure를 변형시켜 물성변화를 일으키는것으로 알려진 RE 원소를 등가원소비로 다성분계 첨가해 넓은 과냉각액체영역 가져 TPF 공정에 적합한 Al계 비정질 신합금 조성을 개발하고자 하였다. 그 결과, 등가원소비로 첨가해주는 용질원소의 개수에 따라 증가한 원자간 결합력 차이 및 비정질 기지의 불균일성으로 인해 과냉각액체영역이 넓어지는 것을 확인하였다. 이와 더불어 이러한 다성분계 용질원소 첨가가 비정질 형성능, 과냉각 액상의 점도 변화 및 기계적 물성 변화에 어떻게 영향을 미치는지에 관해 체계적으로 규명하고자 비정질 형성 평가 인자, Thermo-mechanical analyser를 통한 점성 및 fragility 평가 및 나노인덴테이션을 통한 소성변형의 정량적 평가를 진행하였다. 본 연구를 통해 넓은 과냉각액체영역을 가져 열적으로 안정함과 동시에 구조적 불균일성에 의해 소성변형능이 증가한 Al계 비정질 신합금 개발을 위한 최적 합금 설계 기준을 제시하고자 한다.

[알루미늄1-5 | 10:05]

Al-Mg-Si 합금에서 자연시효시간과 Mg/Si 비율이 (Mg+Si=1.3wt%) 이단시효거동에 미치는 영향: *임지우[1], 송민영[2], 김재황[1], 홍성길[1]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *전남대학교.*

Keywords: Al-Mg-Si alloys, Nanocluster, Aging, Natural aging, Two-step aging

Al-Mg-Si계 합금은 우수한 내식성, 성형성, 비강도 특성으로 인해 자동차 외부 판재에 널리 쓰이고 있다. 판재는 용체화 처리 후 자동차공장으로의 수송과정에서 상온에 불가피하게 노출이 되며 이는 도장처리공정에서 상온에 노출되지 않은 판재에 비해 강도가 저하되는 negative effect of two-step aging이 발생한다. 이러한 원인은 상온에서 형성된 Nanocluster 때문이다. 본 연구에서는 자연시효가 진행됨에 따라 Nanocluster의 형성으로 인한 경도 증가를 확인하였다. 또한 동일한 자연시효 시간에서 화학조성에 따라 달라지는 기계적 특성을 확인할 수 있었다. 자연시효시 Mg/Si 비율 차이에 따른 Clustering의 변화로 인한 다양한 이단시효 거동을 확인 하였다.

[알루미늄2-1 | 10:30]

알루미늄 Twin Roll Casting 기술 개발: *박우진, 권기혁, 오윤석, 김명균, 추동균; *포항산업과학연구원(RIST).*

Keywords: Aluminum sheet, Aluminium coil, Twin Roll Casting, Strip Casting

글로벌 환경규제 강화에 따라 유럽 및 북미 완성차업계를 중심으로 경량 고강도 알루미늄 합금 판재 사용을 본격화하고 있다. 하지만 지금까지 생산된 알루미늄 판재의 대부분이 음료수 캔, 주방용 호일 등에 주로 사용되고 있으므로 낮은 인장강도 및 비강도를 나타내고 있는 형편이다. 자동차 경량화를 위해 사용될 알루미늄 판재는 인장강도를 비롯한 비강도의 향상이 필수적이라 할 수 있으며, 알루미늄 판재의 강도 향상을 위해서는 고용강화 및 석출경화용 합금원소를 다량 첨가하여야 하므로 정편석이나 역편석 제어에 적합한 급속응고 공정의 적용이 반드시 필요하다. 이러한 분위기에 따라 최근에는 Twin Roll Casting을 이용한 고강도 알루미늄 판재 생산기술 개발 연구가 전세계적으로 활발히 전개되고 있으므로 본 연구원에서도 폭 2,000 mm의 마그네슘 Twin Roll Casting 생산 기술 개발 경험을 바탕으로 알루미늄 판재 제조 연구를 시도하였으며, 이에 대한 결과를 개괄적으로 소개하고자 한다.

[알루미늄2-2 | 11:00]

Al-Zn-Mg계 신합금의 미세조직 및 소성변형거동: *장봉중[1], 김목순[1], 김세훈[2]; [1] *인하대학교.* [2] *자동차부품연구원.*

Keywords: Al-Zn-Mg alloy, Compressive test, Processing map, EBSD analysis

자원 고갈 및 환경규제 강화에 대한 이슈가 부각됨에 따라 환경보존 및 에너지 절감을 위해 수송기기의 경량화에 대한 요구가 증대되면서 경량이고 기계적 성질이 우수한 고기능 알루미늄 합금을 자동차의 구조용 재료로 적용하고자 하는 시도가 증가하고 있다. 특히, 자동차 범퍼빔의 경우 알루미늄 압출재를 주로 사용하는데, 종래에는 비교적 소성가공이 용이한 Al-Mg-Si계 합금이 주로 적용되어 왔으나, 최근에는 보다 높은 강도를 위하여 Al-Zn-Mg계 합금을 적용하기 시작하였다. 하지만 기존의 Al-Zn-Mg계 알루미늄 상용재의 경우 강도 특성은 우수하나 높은 변형저항으로 인하여 소성가공이 어렵기 때문에 소성가공성과 고강도 특성이 겸비된 새로운 Al-Zn-Mg계 합금에 대한 개발요구가 증가하고있다. 본 연구에서는 이와 같은 배경에 따라 새롭게 합금설계된 Al-Zn-Mg계 주조재에 대하여 최적의 소성가공조건을 도출하기 위한 기초 연구를 실시하였다. 고온소성변형거동을 조사하기 위해 압축시험을 300~500°C의 온도영역에서 0.001~1/s의 변형속도로 실시하였고, 이 결과로부터 진응력-진변형률 곡선을 구하였다. 또한 동적재료모델(Dynamic Materials Model)과 유동안정 및 소성불안정기준을 적용하여 변형공정지도를 작성하였으며, 이를 각각의 시험조건에서 변형된 시편에 있어서의 OM 미세조직 및 EBSD 분석 결과와 비교하여 재료의 소성변형거동을 규명하고자 하였다.

[알루미늄2-3 | 11:15]

Al-Zn-Mg 및 Al-Mg-Zn계 합금 연주빌렛의 균질화 특성평가: *김명균, 양현민; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Al-Zn-Mg, Al-Mg-Zn alloy, high solute element, billet, continuous casting, homogenization treatment

세계 각국의 수송기기 분야에서 환경 및 에너지 문제가 이슈로 부각되면서 배기가스 저감 및 연비향상을 위한 경량소재 연구가 활발히 진행되고 있다. 알루미늄은 높은 비강도, 내식성 및 재활용측면에서 우수한 특성을 갖고 있어 경량소재의 핵심소재로 개발되고 있다. 최근 요구특성의 다양화로 인한 고강도 알루미늄 합금에 대한 개발요구로 많은 연구가 진행되고 있는데, 그중 주목받는 Al-Zn-Mg 및 Al-Mg-Zn계 합금은 많은 용질원소와 용질량으로 큰 고액공존영역을 갖게 된다. 이러한 합금은 연주시 긴 고액공존구간의 존재로 인해 응고시간을 증가시켜 편석 및 크랙 등 주조결함이 발생시킬 가능성이 크고, 이후 압출 후에도 존재하며 압출재에도 악영향을 끼친다. 또한, 고Al-Zn-Mg 및 Al-Mg-Zn계 합금 빌렛 연주시 잔존하는 미세편석 및 입계 내 많은 상들로 인해 저용

질 Al합금 대비 장시간의 균질화처리 시간이 요구된다. 이러한 문제점에 대한 고찰을 위해 본 연구에서는 연주시 전자기장교반을 채용한 경우와 미채용한 경우의 연주빌렛을 주조하고, 이들 빌렛의 균질화처리시 거동에 대한 연구를 진행하고자 한다. 우선 고강도 및 고성형성 측면에서 고려된 Al-Zn-Mg 및 Al-Mg-Zn계 2종 합금을 선정하고, 이들을 용해하고 탈가스한 후 직경 150 mm빌렛으로 연주하였다. 앞선 언급한 바와 같이 빌렛의 품질향상을 위해 전자기장 교반을 실시하고 미실시한 경우도 함께 연주하였다. 연주시 몰드 내에서 용탕온도분포 및 pool depth를 측정하여 향후 미세조직과의 연관성을 평가하였다. 빌렛의 균질화처리 온도설정을 위해선 합금설계 프로그램 및 DSC분석결과를 기반으로 설정하였으며, 유지시간에 따라 조직분석을 실시하여 특성평가하였다. 즉, 미세조직, SEM, XRD분석을 통해 빌렛내 주합금원소들의 확산거동 및 정출상의 용해과정에 대해 분석하였다 아울러 합금원소의 재분포 거동에 대한 JMatPro 9, 실험치 및 계산치를 비교하여 최소 균질화처리시간에 대한 고찰을 진행하였다.

[알루미늄2-4 | 11:35]

Effects of Ti addition and solution treatment on microstructure and mechanical properties of Al-Zn-Mg-Cu-Zr extruded alloys: *이상화[1], 정재길[1], 백은지[1], 김민석[1], 김세훈[2], 이영국[3], 어광준[1]; *[1] 재료연구소. [2] 자동차부품연구원. [3] 연세대학교.*

Keywords: Aluminum alloy, Extrusion, Microstructure, Solution treatment, Tensile properties

Al-Zn-Mg-Cu계 합금(7xxx계)은 높은 강도와 우수한 성형성으로 인해 고강도가 요구되는 수송기기용 부품에 사용되고 있다. 최근, 계속되는 수송기기용 부품의 요구를 만족시키기 위해 이전의 소재보다 더 높은 강도를 갖는 소재의 개발이 필요하다. 고강도 Al-Zn-Mg-Cu계 압출재를 얻기 위해서는 주조조직 미세화가 필수적이다. 알루미늄 합금에서 Ti 첨가는 결정립을 미세화 시킨다고 알려져 있으며, 용체화 처리를 통한 이차상의 제어가 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 고강도 합금을 얻기 위해 Ti 첨가에 따른 Al-Zn-Mg-Cu-Zr 합금을 주조하였다. 합금 제조 후 주조재의 미세조직을 관찰하였고, 주조조직이 서로 다른 빌렛을 압출비 30으로 500 °C에서 압출하였다. 압출재의 용체화 처리 시간에 따른 시효 석출물 양의 변화를 알아보고자 기지 경도와 전기 비저항을 측정하였고, 상온 인장 시험을 통해 용체화 처리 시간에 따른 석출물 양의 변화가 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

[알루미늄3-1 | 13:30]

초음파 용탕 처리 온도가 Al-7Si-2Cu-1Mg 주조 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향: *김수배[1], 조영희[1], 이정무[1], 정재길[1], 이영국[2]; *[1] 재료연구소(KIMS). [2] 연세대학교.*

Keywords: ultrasonic melt treatment, casting, strengthening, microstructure

초음파 용탕처리는 용탕 내 초음파를 인가하여 불균일 핵생성을 촉진시키거나 수지상을 파쇄하여 합금 조직의 미세화를 발현하는 방법으로, 이에 따라 합금의 기계적 특성을 향상시키는 기술로 잘 알려져 있다. 그러나 대부분의 연구는 초음파 용탕처리에 의한 미세화 현상에 초점을 맞추고 있으며, 실제적인 기계적 특성 향상에 대한 보고는 여전히 제한적이다. 최근 Puga 등[H. Puga et al., Mater. Sci. Eng. A560(2013) pp.589-595]은 Al-9Si-3Cu 합금에 대하여 초음파 용탕처리를 시켜 최대인장강도 및 연신율을 각각 220 à 390 MPa, 0.6 à 2.9% 향상시켰다고 보고하였고, 이러한 강도향상은 대개 장비 성능 개선에 따른 결정립 및 생성상의 미세화에 기인하다고 설명하였다. 실제로 응고조직에서 관찰된 150 à 40 μm 수준의 결정립 미세화는 Hall-Petch 관계식 ()에 따르면 최대 5 MPa의 항복강도가 예측되는 만큼, 초음파 용탕처리에 의한 강도 향상을 충분히 설명하지 못하는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 아공정 Al-7Si-Cu-Mg합금에 대하여 액상선 보다 약 100°C 이상 높은 온도인 700, 750, 850°C에서 각각 초음파 용탕 처리를 수행하였고, 초음파 용탕처리시킨 합금의 미세조직 및 기계적 특성과의 관계를 고찰하고자 하였다. 특히, 합금의 응고조직 (결정립크기 , SDAS(Secondary dendrite arm spacing), 금속간 화합물의 분포 및 분율 등)을 관찰하여 비교적 높은 초음파 용탕 처리온도가 합금의 미세조직 및 응고거동에 미치는 영향을 관찰하였고 초음파 처리에 의한 강도향상 기구를 규명하고자 하였다. 응고 초기 생성되는 α-Al의 결정립 및 SDAS 크기는 핵생성 및 성장이라는 응고거동에 의존하는 만큼 용탕의 온도에 영향을 받는 반면, 초음파 용탕처리킨 합금의 결정립 크기 및 SDAS는 용탕온도에 상관없이 각각 300-400 μm, 20 μm 수준으로 일정함을 알 수 있었다. 또한 초음파 용탕처리는 아공정 Al-7Si-Cu-Mg합금의 미세조직적 균질성을 향상시키는 동시에, 후기 응고 정출상인 Al_2Cu상의 분율을 감소시키는 것으로 관찰되었다. 특히, 용탕온도, 700 및 750°C에서는 초음파 용탕처리에 의한 결정립 크기 변화가 거의 없는 반면, 주조 직후 합금의 항복강도는 비처리재 대비134 MPa에서 최대 166 MPa까지 향상되었다.

[알루미늄3-2 | 13:45]

Effect of cooling rate on cavitation-induced refinement of primary Si in a hypereutectic AlSi18Cu4Ni3Mg alloy: *정재길[1], 안태영[2], 조영희[1], 김수현[1], 이정무[1]; *[1] 재료연구소. [2] 한국원자력연구원.*

Keywords: Al-Si alloy: ultrasonic melt treatment: inoculant particle: transmission electron microscopy: serial sectioning

과공정 Al-Si합금은 주조성이 좋고, 내마모성 및 강도가 우수하여 자동차 부품 등에 널리 사용되고 있는 소재이다. 본 합금의 우수한 기계적 성질은 가볍고 강도가 높은 초정 Si에 기인한다. 따라서 보다 우수한 기계적 성질을 얻기 위해서는 초정 Si의 크기를 미세화하는 것이 필요하다. 초정 Si을 미세화하는 방법으로 P를 첨가하여 용탕에서 안정한 AlP를 만들고, 초정 Si을 핵생성시키는 방법이 널리 사용되고 있다. 초음파용탕처리는 용탕에 물리적인 힘을 직접 인가하여 초정 Si을 미세화하는 방법으로 cavitation-induced dendrite fragmentation과 cavitation-induced heterogeneous nucleation이 미세화 기구로 알려져 있다. 응고의 냉각속도는 초정 Si을 핵생성시키는 inoculant particle의 핵생성 potency에 영향을 주어 초음파처리에 이한 초정 Si 미세화 거동에 영향을 줄 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 과공정 Al-Si합금 용탕을 초음파처리한 뒤 0.2~10^4 K/s의 냉각속도로 응고시켰다. 미세조직 관찰을 통해 냉각속도가 초음파처리에 의한 초정 Si의 미세화 효율에 영향을 주는 것을 확인하였다. 이에 대한 원인을 규명하기 위해 초정 Si을 핵생성시키는 inoculant particle을 주사전자현미경, 투과전자현미경, 3D 순차적박리법, pressure melt filtration 방법

등을 이용하여 정량적으로 분석하였다.

[알루미늄3-3 | 14:05]

초음파처리와 냉각속도 변화에 따른 Al-Si 피스톤 합금의 강도 예측과 미세조직의 변화: *조민수[1], 이정무[1], 조영희[1], 정재길[1], 장재일[2] ; *[1] 재료연구소. [2] 한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: Piston alloy, Ultrasonic treatment, Cooling rate, Microstructure, Prediction model, Strength

초음파 용탕처리 및 냉각속도의 변화가 Al-Si-CuMgNi 피스톤합금의 미세조직 및 고온강도에 미치는 영향을 평가하였다. 800°C의 용탕온도에서 초음파 처리한 후 스텝몰드를 이용하여 2.45-38°C/sec의 다양한 냉각속도로 주조 하였다. 초음파용탕처리는 초정상을 가장 효과적으로 미세화시키는데, 그 미세화 효율은 냉각속도가 증가할 수록 더욱 향상되었다. 미세조직적 미세화 현상과 더불어, 초음파 용탕처리는 응고중에 정출되는 이차상의 분율을 약간 감소시키는 동시에 상의 형상 (morphology) 및 조성에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 특히, 초음파 용탕처리는 미세조직의 균질성을 뚜렷이 향상시키는데, 이는 응고중의 용질의 재분배 및 후기 응고 정출상의 종류, 분율 등에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 초음파 용탕처리 유무, 냉각속도에 따른 피스톤합금의 미세조직적 현상을 체계적으로 분석함으로써, 고온강도에 영향을 미치는 주요 미세조직적 인자를 규명하고자 하였다. 미세조직과 고온강도의 상호 관계에 대한 근본적인 이해를 바탕으로 수정된 형태의 Shear lag model을 제안하였고, 이를 이용하여 다원계 피스톤합금의 고온강도를 해석 및 예측하고자 하였다.

[알루미늄3-4 | 14:20]

Strategies to improve mechanical properties of aluminum matrix composite fabricated by conventional casting: *김주혜[1], 정재길[1], 백은지[1], 최윤석[2], 어광준[1] ; *[1] 재료연구소(KIMS). [2] 부산대학교.*

Keywords: Aluminum matrix composite, Microstructure, Mechanical properties

알루미늄 기지 복합재는 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 알루미늄 기지 복합재의 기계적 특성 향상 방법에 대하여 다음과 같이 알아보고자 하였다. 첫째로 Mg, Li, Si, Cu, Zn, Ni, Sn 등의 합금원소 양을 달리하여 합금을 설계하였고, 광학현미경과 주사전자현미경을 통하여 각 합금에 존재하는 강화상의 종류와 크기, 적정한 양의 분율을 알아보았다. 둘째로 화학적인 방법(접종재의 첨가)과 물리적인 방법(초음파처리)을 사용하여 주조조직을 미세화 하고자 하였고, 경도와 압축시험을 통하여 기계적 특성의 변화를 관찰하였다. 셋째로 용체화 처리와 시효 처리를 통하여 기지조직의 변화를 관찰하고 강화방법에 대하여 알아보았다. 본 연구를 통하여 합금 설계, 주조조직 미세화, 열처리 과정에 따른 강화상의 종류와 크기, 분율의 변화가 합금의 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

[알루미늄3-5 | 14:40]

Electrode degradation and surface cracking in the resistance spot welding of aluminium alloy for automotive applications: *Yeong-Do Park, Siva Prasad Murugan, Eun-Geun Jin, Hyun-Wook Jo; *Dong-Eui University.*

Keywords: Aluminium, Resistance spot welding, Electrode degradation, Oxide layer, Surface cracking

Severe electrode degradation and surface cracking due to the excessive heat generation at the electrode/sheet interface are the major challenges during the resistance spot welding of aluminium alloys. The high electrical resistivity of the inherent aluminium oxide layer causes an excessive heat generation and localized melting at the electrode/sheet interface. As a result, the copper electrode experiences aluminium pick up, Al-Cu alloying, surface pitting and cavitation during welding. Consequently, the surface melting sources the severe electrode degradation and surface cracking. An effective remedy would be the careful design of electrode geometry, intermittent removal of CuO layer from the electrode surface and proper optimization of welding parameters in order to reduce the contact resistance at the electrode/sheet interface. This study aims at observing the electrode life and surface cracking during the resistance spot welding of AA5052 and AA6014 aluminium alloys with different electrode geometries, electrode surface conditions and welding parameters.

[알루미늄4-1 | 15:15]

고강도 5000계, 6000계, 7000계 알루미늄합금 판재의 방탄특성: *김수현[1], 이윤수[1], 김희주[1], 정제기[2], 임차용[1], 박용호[2]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소. [2] 부산대학교 재료공학부.*

Keywords: 알루미늄합금, 방탄판, 방탄특성, 기계적 성질

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. 방탄판의 경우 철강, 알루미늄합금, 세라믹, 복합소재 등 다양한 종류의 소재가 사용될 수 있는데, 알루미늄합금의 경우 경량성 및 우수한 기계적 성질로 인하여 장갑차량의 외판용으로 적용되고 있다. 본 연구에서는 비강도가 우수한 5000계 (Al-Mg), 6000계 (Al-Mg-Si), 7000계 (Al-Zn-Mg) 알루미늄합금 판재의 방탄특성을 평가하였다. 방탄시험은 MIL-STD-662F 시험법에 준하여 7.62 mm AP M2 탄환으로 실시하였으며, 25 mm 두께의 판재에 대하여 V_{50} 값을 구하였다. 합금 종류에 따른 V_{50} 및 관통 거동을 비교하였으며, 기계적 성질과의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

[알루미늄4-2 | 15:35]

Al-Mg-Si Alloys에서 Cu 첨가가 나노클러스터 형성과 이단시효 거동에 미치는 영향: *송민영[1], 임지우[1], 김재황[2]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 전남대학교.*

Keywords: Al-Mg-Si alloys, Aging, Cu addition, Nanocluster, Two-step aging

최근 환경오염 규제에 따른 Co2 배기가스 저감과 연비향상을 위해 자동차 산업에서 알루미늄합금이 널리 쓰이고 있다. 그 중 Al-Mg-Si 합금은 우수한 내식성, 성형성, 비강도, 시효경화 특성이 뛰어나 자동차 외판 쓰이고 있다. 하지만 알루미늄 판재가 자동차 제조업체로 수송되는 과정에서 상온에 노출이 됨에 따라 노출되지 않은 판재 대비 강도가 저하하는 현상이 발생한다. 이러한 현상을 negative effective of two-step aging이라 한다. 이러한 현상을 억제시키기 위하여 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Cu가 첨가됨에 따른 나노클러스터 형성과 이단 시효거동에 미치는 영향을 연구하였다. 자연시효 초기 시 Cu첨가에 따른 열분석을 실시한 결과 주 강화상인 "의 형성이 촉진됨을 확인하였다.

[알루미늄4-3 | 15:55]

A1050, A3003 및 A5052 합금의 소재두께별 물성에 관한 연구: *이목영, 이도엽, 정성훈, 박광수; *포항산업과학연구원.*

Keywords: Aluminum alloy, Thickness, Tensile properties, Hardness, Microstructure

알루미늄은 대표적인 경량 구조용 소재이며, 배출가스 및 연비 규제가 강화됨에 따라 수송기기용 소재로 각광받고 있다. 특히, 알루미늄은 성형, 용접, 표면처리 등 부품제조를 위한 이용기술이 확보되어 자동차에 널리 사용되고 있으며, 향후 적용비율이 가장 크게 증가할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 현재 국내에서 일반적으로 사용되는 A1050, A3003 및 A5052 합금의 소재두께별 물성에 관하여 알아보았다.

[알루미늄4-4 | 16:15]

알루미늄-스칸듐 합금 제조를 위한 용융염 전기분해 공정 기술 개발: *이고기, 장승규, 조성구, 이병필, 이재영; *포항산업과학연구원.*

Keywords: 알루미늄-스칸듐 합금, 용융염 전기분해, 전류효율, 미세조직

저품위 니켈 광석으로부터 니켈 제련공정 중에 발생하는 부산물로부터 스칸듐을 회수하여, 침출 및 용매추출 공정과 같은 정제공정을 거쳐 스칸듐 산화물을 제조한다. 제조된 스칸듐 산화물을 알루미늄-스칸듐 합금 제조를 위한 원료로 사용하였다.알루미늄-스칸듐 합금 제조를 위하여 공정온도 950~1,050°C 범위에서 용융 알루미늄을 음극으로, 탄소봉을 양극으로 그리고 CaF2-LiF-NaF의 혼합염을 사용하였다. 다양한 공정조건에서 스칸듐 함량 2 wt% 이상의 알루미늄-스칸듐 합금을 안정적으로 제조하였으며, 제조된 알루미늄-스칸듐 합금의 미세조직 분석을 통하여 석출물 형태의 Al_3Sc상을 확인하였다. 본 발표에서는 용융염 전기분해 공정을 이용한 알루미늄-스칸듐 합금 제조기술에 대해 설명하고자 하며, 이로부터 스칸듐을 활용한 고부가가치 알루미늄 합금 시장 확대를 기대한다.

[알루미늄4-5 | 16:35]

함침(Infiltration)법으로 제조된 Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재의 미세조직 및 소성변형거동: *연규호[1], 김목순[1], 이정근[2], 류관호[2]; *[1] 인하대학교. [2] 동양피스톤.*

Keywords: Nano sized Al_2O_3, A6061 based MMC(metal matrix composite), Compressive test, Plastic deformation

내연엔진의 고성능화 및 연비향상을 위해 피스톤의 출력향상 및 폭발압 증대가 필수적이며, 이에 대응하여 고기능 경량 피스톤 개발이 요구되고 있다. 세라믹 분산 강화 Al 합금기 복합재료는 비강도, 비탄성률 및 내마모성이 우수하고, 열팽창계수가 낮아 상기 요구를 만족 시킬 수 있는 차세대 경량 피스톤 소재로 주목받고 있다. 본 연구에서는 동양피스톤㈜로부터 함침(Infiltration)법으로 제조된 Nano-Al_2O_3 입자분산 알루미늄 6061 합금기 복합재를 제공 받아 피스톤 소재로 적용하기 위한 기초연구를 실시하였다. OM, SEM 및 TEM을 이용하여 미세조직을 관찰하였으며, EDS 및 XRD 분석을 통해 상 분석을 실시하였다. 300~500°C, 1.0×10^{-3} ~1.0×10^{0}/s의 변형조건에서 압축시험을 실시하여 유동응력곡선을 구하였으며, 극대 응력을 기반으로 고온구성방정식을 도출하였다. 재료의 열간 성형성 및 미세조직 변화사이의 관계를 연계시킨 동적재료모델(Dynamic Materials Model)을 적용하여 변형공정지도를 작성하였고, 이를 압축 시험재의 미세조직과 비교하여 소성변형거동을 고찰하였다.

에너지재료
Room 320A, 10월 27일

[에너지1-1 | 09:00]

Layer-number dependence of the microstructural and magnetic properties of MnBi films: *Hyun-Sook Lee[1], Hongjae Moon[1], Sumin Kim[1], Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.*

Keywords: MnBi, magnetic thin film, multilayer deposition, hard magnetic properties

We have investigated the effect of number of layers on the microstructural and magnetic properties of MnBi films. The magnetic properties of the even- and odd-layered MnBi films showed a similar layer-number-dependence regardless of the element present at the top layer. As N is increased, H_c increased but M_r and $(BH)_{max}$ showed a concave-up shape with the minimum values at 4 L and 5 L, respectively. According to the results of the electron microscopy analyses, the MnBi films show changes in the microstructure and elemental distribution with an increase in the number of deposition layers (e.g., smooth-surfaced MnBi film with Bi islands at 2 L and uneven-surfaced MnBi film at 10 L). We found that the changes strongly affect the variation in the magnetic properties and the number of deposition layers is important for obtaining higher magnetic properties. Large amounts of unreacted Bi and Mn are observed in the 4 L and 5 L MnBi films, resulting in the lowest M_r. The 9 L and 10 L MnBi films showed higher magnetic properties. The higher H_c can be explained by the prevented nucleation of the reversed domain because of the isolated MnBi islands. The higher M_r can be explained by the high volume fraction of LTP-MnBi with less unreacted Bi and Mn.

[에너지1-2 | 09:15]

Coercivity Enhancement of Sintered Nd-Fe-B Magnets by Grain Boundary Diffusion Process using the TbH: *Sumin Kim[1], Donghwan Kim[2], Wooyoung Lee[1]; [1]*Yonsei University.* [2]*Sunglim Group.*

Keywords: Permanent Magnet, Rare Earth Magnet, Nd-Fe-B, Grain Boundary Diffusion, Tb

Hybrid electric vehicles (HEVs) and electric vehicles (EVs) frequently have interior permanent magnet-type motors where the permanent magnets are embedded inside the rotor. Nd-Fe-B based sintered magnets have been widely applied in traction motors of HEVs and EVs because of their excellent magnetic properties under typical motor operating conditions. But the intrinsic coercivity of commercial magnets is still insufficient to satisfy the demands for EVs and HEVs. Partial substitution of heavy rare earth (HRE) elements like Dy and Tb for Nd is proved an efficient method to significantly increase the coercivity of magnets by enhancing magneto-crystalline anisotropy. However, the remanence and the energy product reduced inevitably due to the antiferromagnetic coupling between the HRE atoms and Fe atoms. Furthermore, the abundance of HRE in the earth's crust is limited, so an available method for enhancing coercivity with none or slight HRE elements introduction is desired. Grain boundary diffusion process (GBDP) is developed as an effective method to enhance the coercivity without sacrificing the remanence of sintered Nd–Fe–B magnets. In this process, HRE elements powders in different forms (such as oxides, fluorides or pure metals) are used for coating the magnets and during the post-sintering annealing treatment, HRE elements diffuse into the magnet through the grain boundaries and then into the outer region of the $Nd_2Fe_{14}B$ grains, resulting in a core–shell microstructure. In this study, using dipping method, we systematically investigated the magnetic and microstructural properties of the TbF-coated sintered Nd-Fe-B magnets. Also, we attempted to elucidate the mechanism of Tb diffusion and Hcj enhancement according to heat treatment conditions.

[에너지1-3 | 09:30]

Flexible energy harvesters based on high piezoelectric ceramic nanomaterials: *Kwi-Il Park[1], Changyeon Baek[2], Do Kyung Kim[2]; [1]*Gyeongnam National University of Science and Technology.* [2]*KAIST.*

Keywords: Energy harvester, Piezoelectric, Nanogenerator

Energy harvesters which can convert electrical energy from vibrational and mechanical energy sources are very promising tools to realize the sustainable energy generation in isolated, inaccessible or indoor environments and even in human body condition. To harvest electrical energy from ambient mechanical energies created by natural sources or from human movements, piezoelectric energy harvesting devices called a nanogenerator (NG) have been proposed and developed by many researchers. Among piezoelectric materials, perovskite-structured ceramic materials have drawn considerable attention due to their excellent inherent ferroelectric and piezoelectric characteristics. Herein, we will describe high-performance and flexible energy harvesting devices fabricated using various fabrication processes with perovskite-structured piezo-ceramic nanomaterials such as $BaTiO_3$ nanowires, nanoparticles, and nanotubes.

[에너지1-4 | 09:45]

Additional cooling effects of casted strips on magnetic properties of Nd-Fe-B sintered magnets: *Hwaebong Jung[1], Sumin Kim[1], Hongjae Moon[1], Hyun-Sook Lee[1], Wooyoung Lee[1]; [1]*연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Nd-Fe-B sintered magnet, strip casting, additional cooling, magnetic properties

Nd-Fe-B sintered magnets, developed by Sagawa et al. at 1984, are widely used because of their outstanding magnetic performance. The one of issue on the Nd-Fe-B sintered magnets is how to improve coercivity of the magnets effectively without using too much heavy rare earths so that the magnets can be used in HEV and EV. In general, magnetic properties of Nd-Fe-B sintered magnet depend on its microstructures, which are predetermined by processing steps such as strip casting, hydrogen treatment, jet milling, compaction, sintering, and post sintering. In order to improve the hard magnetic properties, each processing step is important and should be controlled carefully. Among these methods, the strip casting (SC) technique offers many advantages such as sparing rare-earth resources, homogenizing the lamellar structures, and suppressing the formation of a-Fe dendrites. It has been found that the microstructure of the Nd-Fe-B starting alloy plays an important role in determining the magnetic properties of the sintered Nd-Fe-B magnets. In this work, we investigated the additional (secondary) cooling effect of casted strips on the magnetic properties of Nd-Fe-B sintered magnets. The Nd-Fe-B sintered magnets were fabricated with the casted strips prepared without and with additional cooling. Additional cooling was achieved by blowing Ar gas at various pressures (0.1, 0.3, and 0.6 MPa) on the free-side surface of the strips during the strip-casting process. The higher magnetic properties of H_c, B_r, and $(BH)_{max}$ of the final Nd-Fe-B sintered magnets were obtained for 0.1 MPa rather than for 0.0 MPa. The best microstructure of the columnar grains in the casted strips was produced with the aid of a lower pressure of gas on the free-side surface. It was found that additional gas cooling has a positive effect on the magnetic properties of the Nd-Fe-B sintered magnets.

[에너지1-5 | 10:00]

The effect of iron deficiency on the magnetic properties and microstructures change of Ca-La M-type hexaferrites: *KangHyuk Lee[1], Yan Wei[1], Sang-Im Yoo[1]; [1]*Department of Material Science and Engineering Seoul National University Korea.*

Keywords: Ca-La ferrite, Hexaferrite, magnetic property, iron deficiency

Recently, $Ca_{1-x}La_xFe_{12}O_{19}$ (Ca-La M-type) hexaferrites have been reported to possess higher crystalline anisotropy compared with $SrFe_{12}O_{19}$ (Sr M-type) hexaferrite without reducing its saturation magnetization (Ms), resulting in higher coercivity (Hc). While iron deficiency is known to be helpful for the grain growth and the structure formation of NiZn spinel ferrites, the effect of iron deficiency in Ca-La M-type hexaferrites has never been reported yet. In this study, therefore, we tried to investigate the effect of iron deficiency on the magnetic properties of $Ca_{1-x}La_xFe_{12-y}O_{19-\delta}$ hexaferrites prepared by solid state reaction. As-calcined powder were pressed into pellets and sintered at 1275~1325°C for 4 h in air. The samples were characterized by X-ray diffraction (XRD), vibrating sample magnetometer (VSM), and scanning electron microscope (SEM). Powder XRD analyses revealed that $Ca_{0.5}La_{0.5}Fe_{12-y}O_{19-\delta}$ ($0.75 \leq y \leq 2.15$) ferrites calcined at 1250~1300°C for 12 h in air were composed of single phase without the second phases. With increasing the iron deficiency, y, the lattice parameters a, c and unite cell volumes were decreased first up to y=10.25 and then increased again. The highest Ms value of 77.5 emu/g was obtainable from the sample of $Ca_{0.5}La_{0.5}Fe_{11.25}O_{19-\delta}$ sintered at 1300°C for 4 h in air. Detailed microstructures and magnetic properties of Ca-La M-type hexagonal ferrites will be presented for a discussion

[에너지1-6 | 10:15]

일차원의 PAN/g-C_3N_4 중공나노섬유의 제조 및 광전기화학 특성 향상에 대한 연구: *장준영[1], 강수희[1], 이선영*[1]; [1] *한양대학교*

Keywords: 중공구조, g-C_3N_4, 나노섬유, 전기방사법, 광전기화학

오늘날 인류가 직면한 가장 큰 문제점으로 지구온난화와 화석 연료의 고갈을 꼽을 수 있다. 이를 해결하기 위해 온난화의 원인이 되는 이산화탄소를 배출하지 않고 무한한 에너지원인 태양 에너지를 이용하려는 노력이 세계적으로 이뤄지고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 자연계의 광합성 메커니즘을 모방한 인공광합성이 각광받으며, TiO_2, ZnO, SnO_2, CdTe, CdS가 그 촉매로써 사용되고 있다. 그러나 금속 촉매들은 공정 가격이 비싸고, 넓은 밴드갭으로 인해 자외선 영역만 흡수하기 때문에 넓은 흡수스펙트럼이 가능한 촉매가 요구되고 있다. 이러한 대체 촉매제 중에서 비금속 유기반도체 물질인 g-C_3N_4은 열적, 화학적 안정성이 뛰어나고 2.6 eV의 좁은 band gap 에너지를 가지며, 가시광선 영역에 반응을 하기 때문에 적합한 인공광합성 촉매로 각광받고 있다. 그러나 bulk 형태의 g-C_3N_4은 표면적이 다른 물질에 비해 작고, 전자-정공쌍의 재결합이 빠르다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 전자-정공의 재결합률을 낮추기 위해 전도성을 가지는 탄소나노섬유의 전구체인 polyacrylonitrile(PAN)을 일차원 구조로 제작하고 이를 g-C_3N_4 이종접합구조로 제작하였다. 태양에너지로부터 생성된 전자의 이동이 수월하도록 전기방사법을 이용하여 일차원 구조를 지니는PAN 나노섬유를 제작하였다. 제작된 PAN 나노섬유를 균일하게 코팅하기 위해 g-C_3N_4의 전구체 중 하나인 urea 용액에 담지하였고, 오븐에서 용액이 증발할 때까지 건조시키고 분말형태로 얻었다. 이 후에 Ar 분위기에서 580°C, 2시간 동안 환원로를 이용해 소결하고, 최종적으로 일차원 PAN/g-C_3N_4 중공나노섬유를 얻어낼 수 있었다. 구조분석을 위해 SEM과 TEM을 이용하여 속이 빈 PAN@g-C_3N_4 나노섬유를 지니는 것을 관찰할 수 있었다. 물리적 특성 분석을 위해 FT-IR 분석과 XPS 분석을 실시하였고, 이를 통해 g-C_3N_4에 해당하는 특정 피크들을 확인 하였다. 추가적으로, BET분석을 통해 비표면적을 확인하고자 하였으며, 확인 결과 기존 PAN 나노섬유 대비 일차원 PAN@g-C_3N_4 중공나노섬유가 약 7배 이상의 증가된 표면적을 가지고 있음을 확인하였다. 또한, 전기화학적 특성을 측정하기 하기 위해, PEC, EIS, 그리고 배터리 성능 테스트를 하였다. 이러한 분석을 바탕으로 태양전지, 광촉매, 수소연료전지 또는 리튬 이온배터리 등에 응용이 가능할 것으로 예상된다.

[에너지1-7 | 10:30]

소듐냉각고속로 U-Zr 합금계 금속연료심의 표면 반응층 특성 평가: *문승욱[1], 김기환[2], 오석진[3], 박정용[3], 홍순익[3]; [1] *충남대학교 신소재공학*

과 응용소재. [2] *한국원자력 연구원 SFR핵연료개발부.* [3] *한국원자력연구원 SFR핵연료개발부.*
Keywords: Sodium-cooled fast reactor, Metal fuel slug, U-10Zr, Contaminations of Heel

원자력 발전의 지속성을 유지하기 위하여 진행중인 4세대 원자로 후보 중 실현가능성이 높은 원자로인 소듐냉각고속로(Sodium cooled Fast Reactor, SFR)의 기술 개발은 매우 중요하다. 소듐냉각고속로에 사용되는 핵연료는 경수로에서 사용된 사용 후 핵연료를 재활용하기 때문에 핵연료인 우라늄 이용률 증가와 고준위 폐기물을 감소시킬 수 있다. 현재, 소듐냉각고속로에 사용될 핵연료 후보재료 중 유력한 것이 바로 금속핵연료이며, 이 금속연료는 흑연도가니에서 용해후 Φ5-L400 mm의 석영(SiO_2) 주형에서 사출주조하여 제조한다. 고 반응성 원소인 희토류(RE) 원소를 함유하는 U-Zr 합금계 금속연료는 석영(SiO_2) 주형과 심한 반응성을 가져서, 금속연료심 외주부에 상당한 두께의 표면 반응층을 형성한다. 금속연료심의 표면 반응층은 원자로에서 핵연료 성능에도 악영향을 미치고 금속연료 재활용 주조시에는 불순물로 금속연료심에 혼입되므로, 그 특성을 평가하여 표면 불순물 형성을 방지하는 것이 필요하다.본 연구에서는 사출주조법에 의해 제조된 U-10wt%Zr-Xwt%RE(X: 0, 5, 10) 금속연료심의 표면 반응층의 금속조직학적 특성을 먼저 평가하였다. RE 함량별, 부위별 금속연료심 외주부 표면 반응층의 특성을 SEM, EDX 및 XRD 등을 사용하여 조사하여, 반응상 형상, 두께, 성분 및 조성, 상종류 등을 분석하여, 특성을 조사하였다. 그 결과, 금속연료심의 RE 함량이 증가함에 따라서 표면 반응층의 두께는 증가하였으며, U-10wt%Zr-10wt.%RE 연료심에서는 약 10~30 μm의 표면 반응층을 형성하였다. 금속연료심 표면 반응층은 금속연료와 석영(SiO_2) 주형과의 반응에 기인하여, Si 원소가 금속연료에 침투하여 RE 원소와 반응하여 형성된 석출물로 주로 형성되어 있었다.

[에너지2-1 | 10:55]

Theory-guided discoveries of mass-producible and cost-effective heterostructure photocatalyst: *최희채[1]; [1] *(주)버추얼랩.*
Keywords: DFT, Photocatalyst, Heterostructure, Cost-effective

Photocatalytic water splitting materials are receiving tremendous research efforts, due to growing interests in the renewable energy resources. However, most of photocatalytic materials have low carrier mobilities, which greatly limits the solar energy conversion efficiency. To overcome the low conversion efficiency problem, heterostructured semiconductor nanostructures are suggested since the proper band alignments effectively separates the photoexcited electron-hole pairs and can elongate the lifetimes. However, it is generally costly to form heterostructured nanomaterials, compared to homogeneous materials, due to the complexities of syntheses and the difficulties in choosing materials to be in combinations. In this work, we suggest how theoretical approaches using density functional theory (DFT) calculations and thermodynamic modelings can find and suggest one-step synthesizable and strong photocatalytic materials in heterojunction. Our theoretically suggesting materials have been successfully demonstrated to have excellent solar energy conversion efficiency.

[에너지2-2 | 11:10]

대면적 스마트 윈도우 구동을 위한 고체 고분자 전해질(Solid Polymer Electrolyte, SPE) 제조의 최적화: *최다현[1], 이민지[1], 최인규[2], 박성익[2], 김근영[1], 추원식[2], 천두만[3], 이선영*[1]; [1] *한양대학교 재료화학공학과.* [2] *서울대학교 기계항공공학부.* [3] *울산대학교 기계공학부.*
Keywords: Electrochromic device, Solid Polymer Electrolyte, UV-curing, large area

전기변색 외부 전압의 가역적인 인가를 통해 전해질 이온과 변색 박막의 산화/환원 반응에 의해 색을 변화할 수 있는 원리를 말하며, 최근 에너지 절감을 위한 스마트 윈도우로써 크게 주목을 받고 있다. 전기변색 소자를 구동하기 위해 일반적으로 이온 전도도가 우수한 액체 전해질을 이용하나, 대면적 스마트 윈도우로써 적용 시에는 전해질 누수, 액체 용매의 증기압력으로 인한 소자의 내구성 감소 등과 같은 치명적인 문제점들이 발생된다. 최근에는 전해질의 안정성 문제를 해결하고, 우수한 전기변색 특성을 나타내기 위하여 고상의 고체 고분자 전해질(Solid Polymer Electrolyte, SPE)에 대한 연구가 진행되고 있으며, 그 중에서도 UV light을 이용한 경화방법이 대두되고 있다. UV 경화방법은 짧은 시간 내에 hardening이 가능하며, 경화 후 상온에서의 우수한 이온 전도도 및 투과도를 가질 수 있다는 장점이 있다. 그러나 UV 경화 전/후의 큰 부피 변화로 인해 brittle한 고체 고분자 전해질은 깨지기 쉬워, 대면적 스마트 윈도우에는 제한적으로 적용되어왔다. 따라서 본 연구에서는 가공성이 떨어지는 UV 경화 전해질에 대하여 UV 경화제와 함께 다양한 고분자를 블렌딩함으로써 탄성 정도를 높이고자 한다. 개발된 우수한 성능의 고체 고분자 전해질은 투과도, 이온 전도도, 부피 변화 정도와 같은 요소들은 고려하여, 최종적으로 20×20 cm^2 크기의 대면적 소자로의 적용을 시도 하고자 한다. 이에 대한 전기변색 특성에 대한 분석으로 UV-VIS spectroscopy를 통한 광학적 특성평가와 함께 Potentiostat을 이용한 전기화학 분석을 진행하고자 한다.

[에너지2-3 | 11:25]

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery: the first approach for orientational effect of sodiation: 변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]; [1] *고려대학교 신소재공학과.* [2] *한국과학기술연구원 특성분석센터.*
Keywords: Na-ion battery, tin anode, phase transition, isotropic properties

주석(Sn) 금속은 소듐(Na) 이온을 저장하여 고밀도의 에너지 저장(이론적으로 최대 847 mAh/g)이 가능한 재료이다. 그런데 이 합금계 전극들은 충/방전 시 이온 저장에 따라 매우 큰 dimensional change(약 500%)가 발생한다. 이는 전극 재료 표면에서 인장강도 이상의 응력을 발생시켜 전극 재료의 fracture 및 pulverization을 야기하며, 또한 growth of unstable SEI로 이어져 reduce of cycle life의 주된 원인으로 작용한다. 오늘날 분석 기술의 발달에 따라 Sn 나노 재료에서의 Na 확산 및 상전이 거동에 대해 많은 연구가 진행되고 있지만, 아직 구조적 인자(모양, 크기, 결정배향 등)에 관한 정보는 매우 부족한 상태이다. 본 연구에서는 서

로 다른 결정 방위를 가진 나노 크기의 Sn 필러의 Na 확산 거동에 대하여 multi-scale(FIB, TEM, Ab initio MD)의 분석을 수행하였으며, 이를 통해 Na-Sn 확산 동역학의 구조적 인자를 단결정 레벨에서 규명하고자 하였다. Sodiation 동안, 원 모양의 단면적을 가진 <100>, <101>, <211>의 Sn 필러는 Na과의 합금을 형성한 결과 모두 확산 및 부피 팽창에 대해 등방성의 거동을 보였다. 이것은 BCT(체심정방정계) 구조의 Sn에서 이방성을 보일 것이라는 초기의 예측과는 대비되는 결과이다. 제1원리 분자동역학 기반의 Na 및 Sn 원자의 움직임 모사는 Sn결정이 Na 확산 이전부터 빠르게 비정질화 된다는 것을 밝혀, 실험 결과를 뒷받침하였다. 우리는 Sn음극의 부피팽창 거동에 대한 새로운 시각을 제시함으로써, 새로운 음극 설계에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

[에너지2-4 | 11:40]

Enhanced Cycling Stability of Lithium Sulfur Batteries Using Highly Porous Sulfurized Polyacrylonitrile Composite Cathode Materials: *Ying Liu[1], Jungwon Heo[1], Anupriya K. Haridas[1], Jinwoo Jeon[1], Hoi-Jin Lee[1], Ji-Seup Choi[1], Kwon-Koo Cho[1], Jou-Hyeon Ahn[1]; [1]*Gyeongsang National University.*

Keywords: Sulfurized polyacrylonitrile: Highly porous structure: Lithium sulfur battery

Lithium sulfur (Li-S) battery, one of promising candidates for the next generation power source, possesses a high theoretical capacity of 1675 mAh g^{-1} and a high energy density of 2600 Wh kg^{-1}. Besides, the abundance of sulfur in nature and its environmental friendliness also become the worthy advantages. However, the issues that arise from the insulating nature of sulfur, dissolved lithium polysulfide intermediates, and the volume expansion of electrodes during the lithiation process can lead to low utilization of the active material, severe capacity fading, and safety hazards. To overcome these limitations, various sulfur composites based on physical and chemical interactions have been reported. Sulfurized polyacrylonitrile (SPAN) composite that possess high sulfur utilization, enhanced Coloumbic efficiency and excellent cycling stability has attracted much attention as cathode material for Li-S batteries. In the present study, modified SPAN composites were synthesized with superior physical structures in order to improve the electrochemical performances via two strategies. A mesoporous SPAN composite, synthesized by altering the physical structure of SPAN from non-porous to ordered mesoporous structure, could effectively improve the wettability, accessibility, and absorption of electrolyte, facilitating rapid ion transfer. Also in order to improve the mass loading of S in the overall electrode, a freestanding porous SPAN fiber, suitable for high energy density, flexible Li-S batteries was synthesized. The modified SPAN composites with excellent physical structure (highly porous structure) could facilitate stable cycling performances, especially at high-Crate. Therefore, modified SPAN composites can be considered as a promising cathode active material for advanced Li-S batteries.

[에너지2-5 | 11:55]

전기화학적 에너지 저장 소자에 적용하기 위한 그래핀 음극재의 화학적 리튬 전처리(Chemical lithiation of graphene for electrochemical energy storage devices): *장재원[1], 함문호[1]; [1]*광주과학기술원 신소재공학부.*

Keywords: graphene, anode, chemical lithiation, energy storage

에너지 저장 소자의 충방전 과정에서 음극에서 발생하는 비가역 반응을 줄이기 위하여 음극에 리튬을 전처리하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 산화 그래핀, 리튬 금속, 유기 첨가제를 유기 용매 상에 혼합하고 반응시켜 간단하게 그래핀을 화학적으로 리튬 전처리하는 방법을 연구하였다. 리튬 금속은 electron transporter 역할을 하는 유기 첨가제와 반응하여 용액 내에서 쉽게 이온화 될 수 있으며, 이 리튬 이온은 환원제로써 작용하여 산화 그래핀을 환원시킴과 동시에 리튬화된 그래핀을 형성하였다. XRD, XPS, Raman 등을 이용하여 물성을 분석한 결과, 그래핀이 리튬화되었음을 확인할 수 있었다. 리튬을 reference/counter 전극으로 이용한 반쪽 전지를 제작해 개방전압을 측정했을 때 일반적인 산화 그래핀 또는 환원된 산화 그래핀 전극은 3 V(vs. Li/Li+)에 가까운 전압을 보인 반면, 화학적으로 리튬이 전처리된 그래핀 전극의 개방전압은 0 V(vs. Li/Li+)에 가까웠다. 이는 그래핀이 리튬화되었음을 보여주는 결과라 할 수 있다. 화학적으로 리튬이 전처리된 그래핀 음극의 전기화학적 특성을 평가한 결과, 그래핀보다 우수한 용량 및 사이클 안정성을 보임을 확인하였다.

[에너지2-6 | 12:10]

Aluminum-Air Batteries with Shape-Reconfigurability: *Sangjin Choi[1], Daehee Lee[1], Gwangmook Kim[1], Yoon Yun Lee[1], Bokyung Kim[1], Jooho Moon[1], Wooyoung Shim[1]; [1]*연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: aluminum-air batteries, shape-reconfigurable materials, deformable batteries

The battery shape is critical limiting factor affecting foreseeable energy storage applications. In particular, deformable metal–air battery systems could offer a low cost, low flammability, and high capacity, but the fabrication of such metal–air batteries remains challenging. Here, we show that a shape-reconfigurable materials approach, in which the deformable components composed of micro- and nanoscale composites are assembled, is suitable for constructing polymorphic metal–air batteries. We adopt an aluminum–air battery cell as an ideal platform, which involves three-electron transfer during charging reactions: as a result, it provides a specific capacity that rivals that of a single-electron lithium-ion battery. This cell is a great platform to test a shape-reconfigurable design because of easier handling, greater safety, and lower reactivity. This architecture is simple and scalable and also addresses the fundamental limitations of aluminum–air batteries by allowing the use of deformable packing designs to increase the performance output. Further, this approach is technologically unique in that it a method that enables the realization of a 3D shape change, which has never been observed for aluminum–air batteries. This significant deformability results in a specific capacity of 128 mA·h/g per cell: calculated from

the total mass of anode (496 mA·h/g per cell: based on the mass of consumed aluminum), and a high output voltage (10.3 V) with 16 unit battery cells connected in series. The resulting battery can endure significant geometrical distortion such as three-dimensional stretching and twisting while the electrochemical performance is preserved. This work represents an advancement in deformable aluminum–air batteries using the shape-reconfigurable materials concept, thus establishing a paradigm for shape-reconfigurable batteries with exceptional mechanical functionalities.

[에너지2-7 | 12:25]

Enhancing Wettability of Liquid Na on Beta-alumina Solid Electrolyte for Low Temperature Sodium Beta-alumina Battery:

*Dana Jin[1], Keeyoung Jung[2], Yoon-ki Lee[3], Yoon-Cheol Park[2], WooYoung Shim[1]; [1]*Yonsei University.* [2]*RIST.* [3]*Kyungnam University.*

Keywords: Sodium Beta-alumina Battery, liquid metal, wetting, bismuth metal coating

As the importance of renewable energy grows, Sodium/β”-alumina (BASE) cell has been recognized as one of the most effective energy storage device because of its high specific energy, high efficiency of charge/discharge and long cycle life. For better operation of Sodium-BASE cell, poor wettability, which is caused by moisture and impurity in the BASE such as calcium, of electrolyte on liquid sodium anode should be enhanced. However, the formation of the oxide film, which is related to moisture absorbed on the BASE surface, impedes sodium dissolution, thereby hindering an accurate determination of wetting behavior. In this study, the sessile drop technique under controlled moisture and O_2 environment is used as a type of an artificial Sodium-BASE cell system to study the issue of water interface formed onto the BASE. To separate water interface, BASE surface need to be coated by metal that can form an alloy with sodium and therefore completely isolate its surface in a way that emulate the sealed and complete real cell. Bi is chosen as protect layer and sodium alloy with Bi is impervious to water yet does not interfere with sodium conductivity. By the enhanced wettability, the Sodium-BASE batteries can be operated at lower temperature with solving the safety issues and to use low cost polymeric seals.

열전재료
Room 320B, 10월 27일

[열전1-1 | 09:00]

Enhancing thermoelectric properties through controlling heterophase and modulating crystal structure: *Min-Wook Oh[1], Jae Ki Lee[2], Su-Dong Park[3]; [1]*Hanbat National Univeristy.* [2]*Leibniz Institute for Solid State and Materials Research.* [3]*Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: $AgSbTe_2$, heterophase, thermoelectric

Thermoelectric materials have been attracted much interest due to their ability to convert waste heat into electricity through the Seebeck effect, as well as solid state cooling for small devices and sophisticate temperature control through the Peltier effect. The energy conversion efficiency is related with the transport properties which are defined as the dimensionless figure of merit, zT. There are a lot of strategy to improve zT, including nano structuring, hierarchic microstructure, controlling defect such as dense dislocations, and band convergence. In this presentation, we report on the enhanced thermoelectric properties through controlling heterophase and modulating crystal structure. The heterophase which can be precipitates with nano- or micro-scale size show a key role in reducing thermal conductivity and controlling electrical transport properties. Effect of the heterophase in the Ce-doped $AgSbTe_2$ ($AgSb_{1-x}Ce_xTe_2$) compounds will be presented. As Ce contents increased, the amount of the heterophase of Ag_2Te in $AgSbTe_2$ was gradually reduced and the crystallite size was also decreased. The electrical resistivity and Seebeck coefficient were dramatically changed with Ce doping. The lattice thermal conductivity was also reduced, which was mainly due to the existence of a nanostructured Ag_2Te heterophase. As a result, the greatly enhanced dimensionless figure of merit, ZT of 1.5 at 673 K, was achieved. These unprecedented results were achievable with controlling the heterophase of Ag_2Te with Ce doping. These findings also highlight the importance of the heterophase which can control both electrical and thermal properties, in which the doping elements is directly control the heterophase. In addition, the modulation of crystal structure through external, internal, and chemical pressure can change the band structure and phonon dispersion, resulting in enhancement of the thermoelectric properties.

[열전1-2 | 09:25]

Study on microstructural evolution of thermoelectric properties of co-evaporated bismuth telluride films with various thickness: *신해선[1], Seungwoo Han[1], Hoojeong Lee[2]; [1]*Korea Institute of Machinery & Materials.* [2]*Sungkyunkwan University.*

Keywords: thermoelectric, n-type, bismuth telluride, evaporation, thickness

Thermoelectric materials, with their unique ability to convert thermal energy directly into electrical energy, have been studied for potential applications such as power generation and cooling devices. Bismuth-telluride (Bi-Te) based alloys have been a key material owing to their high performance on near-room temperature application. In particular, recent advances in improving thermoelectric properties are focused on nanostructured bismuth telluride material. Few studies have observed the properties on micro thick size of films. In this study, we examined n-type bismuth aspects microstructural evolution of various thickness and their effects on electrical and thermoelectric properties. We fabricated n-type bismuth telluride effusion co-cell evaporation on SiO_2/Si substrate with 250°C. We characterized the microstructure of the films using X-ray diffraction (XRD), Field-emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM). 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 due to film microstructure during grain growth. The Seebeck coefficient slightly affects by thickness.

[열전1-3 | 09:40]

Enhancing thermoelectric transport properties of p-type BiSbTe by Pb doping for low-temperature power generation: *Kwanlae Kim[1], Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[2], Wooyoung Lee[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.* [2]*Department of Nano Applied Engineering, Kangwon National University.*

Keywords: thermoelectric, bismuth telluride, enhanced zT, SPS, Pb

This work systematically investigated the doping effect of Pb in p-type BiSbTe alloys on the thermoelectric transport properties and thermoelectric conversion efficiency using a range of Pb concentrations varied at ~0.06 at% intervals. The resultant zT as a function of temperature showed that the peak zT shifted toward higher temperatures with increasing Pb content, indicating that the temperature of the peak zT of BiSbTe could be precisely controlled in a low-temperature range by adjusting the Pb concentration. In addition, the peak zT of BiSbTe (zT = 1.14 at 400 K) was enhanced by the Pb doping as a result of simultaneous improvements in the carrier transport and phonon scattering. This synergetic effect originated from the enhanced power factor and phonon scattering intensified by point defects via the formation of (a Pb substituting into a Sb site). We also provide interactive plots showing the relationship between zT_{avg} and the efficiency of thermoelectric power generation, enabling systematic material design for low-temperature power generation applications.

[열전1-4 | 09:55]

High Thermoelectric Performance by Nano-inclusion and Randomly Distributed Interface Potential in N-type $(PbTe_{0.93-x}Se_{0.07}Cl_x)_{0.93}(PbS)_{0.07}$ Composites: *Dianta Ginting[1], Chan-Chieh Lin[1], Jong-Soo Rhyee[1]; [1]*경희대학교 국제캠퍼스*

Keywords: thermoelectric, band bending effect, nano-inclusion

In a composite of two dissimilar or homologous semiconductors with different energy band gaps or metal/semiconductor composites, we expect a band bending effect at the interfaces. The band bending effect by different Fermi levels of two compounds can selectively scatter carriers due to energy-dependent scattering time, resulting in the enhancement of Seebeck coefficient. In addition, the nano-inclusion in a matrix effectively scatters phonons. Here, we demonstrate the effect of electron and phonon scattering by nano-inclusion in n-type $(PbTe_{0.93-x}Se_{0.07}Cl_x)_{0.93}(PbS)_{0.07}$ (x = 0.0005, 0.01, 0.1 and 0.2) composites, thereby the nano-inclusion in a matrix increases the Seebeck coefficient as well as reduces lattice thermal conductivity in $(PbTe_{0.93-x}Se_{0.07}Cl_x)_{0.93}(PbS)_{0.07}$. The chlorine doping increases Fermi level to the bottom of conduction band giving rise to increase of electron concentration. Simultaneous emergence of high Seebeck coefficient and low thermal conductivity gives the exceptional ZT value of 1.52 at 700 K for small chloride doping (x = 0.0005), which is very high value in n-type thermoelectric materials. The randomly distributed interface potential, induced by Fermi level tuning, with nano-inclusion is a new criterion to analyze thermoelectric properties[1] (1) Ginting, D.: Lin, C.-C.: Yun, J. H.: Yu, B.-K.: Kim, S.-J.: Rhyee, J.-S. Journal of Materials Chemistry A 2017.

[열전2-1 | 10:20]

액상-고상합성법과 방전플라즈마소결법을 이용한 Mg-Si계 열전소재의 제조방법 및 열전특성에 대한 연구: *이지현[1], 김동환[2], 김종태[2], 백주영[2], 김호영[2], 배재영[1]; [1]*계명대학교*, [2]*DGIST*

Mg_2Si는 중온 영역에서 높은 열전성능지수를 나타내는 대표적인 열전소재로서, 무독성이며 밀도가 낮고 구성원소들의 가격이 저렴한 장점이 있다. 본 연구에서는 Mg_2Si의 전기적 특성을 향상시키기 위하여 Bi와 Sb를 n타입 도핑 원소로 사용하여 제조방법 및 열전성능에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. Mg-Si계 열전소재의 합성방법은 2 step으로 진행하였으며 액상-고상반응법으로 단상의 Mg_2Si를 합성하였고, 방전플라즈마소결법(SPS)을 이용하여 Bi와 Sb 원소를 도핑하였다. Mg_2Si의 원료소재 제조시 Si 입자크기에 따른 열전특성의 변화를 조사하였으며, 합성된 소결체의 결정구조 및 열전특성은 X-ray diffraction, Scanning Electron Microscope, ZEM-3(Advanced Rico.)와 LFA457(Netsch)을 이용하여 분석하였다. 액상-고상합성법은 기존 용융법에 비하여 낮은 온도에서 Mg-Si계 열전소재의 합성이 가능하며, SPS는 융점이 낮은 이종원소의 도핑에 유용한 방법임을 확인하였다. 본 연구는 과학기술정보통신부에서 지원하는 DGIST 기관고유사업에 의해 수행되었습니다.(17-ET-02)

[열전2-2 | 10:35]

Effect of Sn nanoparticles on the thermoelectric and mechanical properties of Mg_2Si: *Gwansik Kim[1], Hwijong Lee[1], Jeongmin Kim[1], Jong Wook Roh[1], Byung-Wook Kim[2], Kyu Hyoung Lee[3], Wooyoung Lee[1]; [1]*Yonsei University.* [2]*Hyundai Motor Company.* [3]*Kangwon National University.*

Keywords: Nanoinclusion: Thermoelectric: Mg_2Si: Nanometal decoration: Fracture toughness

We herein report the effects of metal nanoinclusions (Cu, Al, and Sn) embedded at grain boundaries on the thermoelectric transport and mechanical properties of Mg_2Si-based compounds. Hybrid powders of microscale Al and Bi co-doped Mg_2Si ($Mg_{1.96}Al_{0.04}Si_{0.97}Bi_{0.03}$) and nanoscale metal particles were synthesized by a nanometal decoration technique and their nanocomposites were fabricated by a spark plasma sintering process. In compacted polycrystalline bulks, homogeneous dispersion of metal nanoparticles (~150 nm) was readily achieved at grain boundaries. The thermoelectric performance of the nanocomposites deteriorated mainly because of the reduced mobility owing to intensified electron scattering at the phase boundaries between the Mg_2Si matrix and metal nanoinclusions, while the fracture toughness (~1.10 $MPa{\cdot}m^{1/2}$, 35% improvement) was significantly enhanced on introducing Al nanoparticles. We also obtained the enhanced fracture toughness up to 51%, and ZT value decreased by 44% due to the trade-off relation between thermoelectric properties and fracture toughness in Sn nanoparticles embedded nanocomposites. By controlling the amount of Sn nanoparticles, the optimized ZT (0.66 at 873 K) and fracture toughness (~1.10 $MPa{\cdot}m^{1/2}$) are realized at 0.84 vol.% Sn.

[열전2-3 | 10:50]

Enhancement of Thermoelectric Properties of Higher Manganese Silicides ($Mn_{15}Si_{26}$): *Hyun Jun Rim[1], Hwijong Lee[1], Gwansik Kim[1], Kyu Hyoung Lee[2], Wooyoung Lee[1]; [1]*Yonsei University.* [2]*Kangwon National University.*

Keywords: Higher manganese silicides: Ge doping: thermoelectric properties: nanostructuring

Polycrystalline bulks of Si-content tuned Ge-doped higher manganese silicides (HMSs) were fabricated to elucidate the effects of Si content on the phase formation behavior and thermoelectric properties by solid state reaction and spark plasma sintering (SPS). The phase formation and electronic transport characteristics of HMSs were significantly dependent on Si content. Improved power factor was obtained at higher Si contents because of an enhanced Seebeck coefficient due to the increase in density of states effective mass, maintaining electrical conductivity. Furthermore, the lattice thermal conductivity was reduced through Si-content tuning, which suppressed the formation of secondary phases. Thus, a maximum ZT of 0.61 at 823 K was obtained in $MnSi_{1.77}Ge_{0.027}$. We also discuss the thermoelectric properties of HMSs fabricated by melt spinning and SPS.

[열전2-4 | 11:05]

Thermoelectric properties of K-doped $(SnSe)_{1-x}(SnS)_x$ fabricated by hot press sintering: Lin Chan-Chieh[1], *Dianta Ginting[1], Jong Soo Rhyee[1]; [1] *경희대학교 국제캠퍼스.*

Keywords: SnSe, thermal conductivity, point defects, high zT

Recently, we reported an extremely low thermal conductivity of 0.11 W/mK and very high thermoelectric zT of 1.67 at 823 K for $Ag_{0.01}Sn_{0.99}Sn_{0.85}Se_{0.15}$ compound, which is the state-of-the-art value for polycrystalline SnSe compound [1]. The extremely low thermal conductivity mainly comes from the Se-rich precipitates and grain boundaries. The thermoelectric performance of the compound is limited by low solubility of Ag in SnSe, implying that further enhancement of thermoelectric performance is expected for the increase of chemical potential. In this work, we substitute potassium as a doping element instead of Ag, which possesses higher solubility in SnSe. The K doping generates holes effectively without reducing the carrier mobility. Here, we prepared $K_xSn_{1-x}Se$ (x = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.5, and 2.0%) and $K_ySn_{1-y}Se_{0.87}S_{0.15}$ (y = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, and 0.7%) by melting and hot press sintering. We find the lamellar structure by Se-rich precipitates and grain boundaries as in the case of previous reported Ag-doped SnSe-SnS, which is confirmed by scanning electron microscope (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Transmission electron microscopy (TEM) analysis also identifies the nano-scale point defects by SnS alloying. The precipitations and point defects cause strong phonon scattering, resulting in significant reduction of the lattice thermal conductivity. Therefore, $K_xSn_{1-x}Se$ compounds show low thermal conductivity of 0.35 W/mK and high zT value of 1.11 at 823 K for $K_{0.001}Sn_{0.999}Se$ sample. It makes a promising material for thermoelectric applications with the use of environmentally friendly and cheap elements of Sn, Se, and S. Reference [1] Lin et al., Chem. Mater. 29, 5344 (2017)

[열전3-1 | 11:30]

열원과 열전발전모듈의 접촉 조건에 따른 발전량 변화에 관한 연구: *허성준[1], 노윤현[1]; [1] *(주)블루시스.*

Keywords: 열전발전모듈, 발전량, 접촉조건, 가압력, 최적화

열전발전모듈의 발전량을 최대화하기 위하여 열원으로부터의 열에너지가 열전발전모듈의 표면에 잘 전달되도록 접촉면의 표면거칠기 관리와 열전달물질(TIM) 선정 및 적절한 가압력 설정이 필수적이다. 본 연구에서는 열전발전모듈 성능 평가 장비를 이용하여 열공급 블록의 표면 거칠기, 열전달물질의 종류, 가압력의 크기에 따른 열전발전모듈의 발전량을 비교 평가하여 각 요소별 발전 성능에 끼치는 영향성을 분석하고 이를 기반으로 각 소자별 발전량 최적화를 위한 접촉 조건 설정에 대한 연구 결과를 제시한다.

[열전3-2 | 11:45]

Evaluation of thermal conductivity of various thin films: *Sun Hwa Park[1], Seokkyoon Hong[2], Seokwoo Jeon[2], Jae Yong Song[1]; [1]*KRISS.* [2]*KAIST.*

Keywords: thermal conductivity, thermal diffusivity, thin film, thermoreflectance

Thin film materials are commonly used for modern devices such as electronics, thermal insulation system , and thermoelectric applications. The thermal properties of thin films have received a great deal of attention, in order to improve the thermal management and to design the effective device structure. In particular, the cross-plane thermal conductivity, which is necessary for the thermal management, is difficult to measure. Primary method of monitoring and analyzing the cross-plane thermal conductivity is time-domain thermoreflectance (TDTR), of which the fundamental concept has been demonstrated by Koh and Cahill. The TDTR is composed of pump and probe optical techniques and has strong advantages such as contactless sample preparation, non-destructive analysis and high spatial resolution. This methodology measures thermal diffusivity and requires several material properties for the purpose of evaluating thermal conductivity of materials. In this study, we introduce the concept of TDTR method and how to analyze the cross-plane thermal conductivity of various thin film materials such as amorphous SiO_2, polymeric polyimide and bismuth antimony telluride films. We will present the variations of their thermal conductivities depending on the temperature in the range of 250-450 K and discuss the thermal properties related to the thickness and the crystal orientation.

[열전3-3 | 12:00]

차온 및 분위기 조성 조건에 따른 열전재료의 성능 측정 편차에 대한 연구: *허성준[1], 노윤현[1]; [1] *(주)블루시스.*

Keywords: 열전재료, 제벡계수, 성능 측정, 차온, 분위기 환경

열전재료의 주요 성능 지표인 제벡계수 측정을 위해서는 시편의 양단에 온도차를 구현하고 이에 따른 기전력을 측정하여 제벡계수를 산출한다. 이때 측정 분위기 안정성을 위하여 진공 또는 가스 분위기에서 측정을 진행하게 된다. 본 연구에서는 제벡계수 측정 시 분위기 조성을 위한 가스 내부 압력에 따른 영향성과 차온의 크기에 따른 측정 결과의 편차 및 고온 및 저온 분위기에서의 적정한 측정 조건을 실험을 통하여 분석하였다. 고온에서의 영향성을 분석하기 위하여 Constantan을 대상으로 실험하였고 저온에서의 영향성을 구분하여 분석하기 위하여 미국 NIST에서 제공하는 SRM3451 샘플을 대상으로 실험을 수행하였다.

[열전3-4 | 12:15]

Performance evaluation and fabrication of flexible thermoelectric generator using bulk materials: *Su Hyeon Lee[1], Da-hye Kim[1], Sijin Kim[2], Seungwoo Han[1]; [1] *한국기계연구원(KIMM).* [2]*TE Tech.*

Keywords: Flexible thermoelectric generator, Vertical-type device, bismuth telluride, antimony telluride, polyimide substrate, bulk

materials

Energy harvesting is a technology that collecting external energy sources such as solar, vibration, heat and wind etc. are changed into electric energy. The various types of energy harvesting are solar cells, piezoelectric power generator and thermoelectric generator (TEG), etc. 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. Especially, it is not suitable for use in wearable devices. Therefore study on flexible TEG is needed in order to use heat source of various morphologies. Legs thickness of TEG need to having at least 30 μm to improve temperature difference between hot and cold side of TEG. We make flexible TEGs using polyimide substrates and bulk materials. The Size of legs is 1.4 mm × 1.4 mm and thickness is 1.15 mm. Thermoelectric legs are formed using bismuth telluride (N-type) and antimony telluride (P-type) of bulk thermoelectric material by KRYOTHERM Co,. Electrodes are made of Cu and Au by electroplating method. By applying a temperature difference both side of electrodes, power generation performance on flexible TEGs with different fill is evaluated and maximum power output is obtained.

[열전3-5 | 12:30]

The Effects of Doping by Transition Metals (V, Nb, and Zr) on the Thermoelectric Performance of Perovskite-type $SrTiO_3$ Oxide: Tamal Tahsin Khan[1], Rahidul Hasan[1], *Soon-Chul Ur[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering/ReSEM, Korea National University of Transportation*

Keywords: Thermoelectric properties, power factor, thermal conductivity, perovskite oxide, doping.

The process of converting ambient waste energy into electrical energy is termed as energy harvesting. Among different energy harvesting, thermoelectric harvesters attract worldwide interest, particularly at intermediate to the high-temperature regime. In terms of composition selection, perovskite oxides offer wide diversities because of their replaceable A-site and B-site cations, and their oxygen anion that can be partially replaced by suitable elements. In this study, the effects of doping with the different doping level of some transition metal elements (V, Nb, and Zr) on the thermoelectric performance in the perovskite-type $SrTiO_3$ oxide was investigated. The absolute value of the Seebeck coefficient and electrical conductivity, hence the power factor were considerably enhanced by V, Nb, and Zr-doping with decreasing thermal conductivity. The highest dimensionless figure of merit, ZT was obtained for Nb-doping in the B-site substitution in the perovskite-type $SrTiO_3$ oxide materials.

나노소재
Room 321A, 10월 27일

[나노1-1 | 09:00]

확장 가능한 나노 구조체 합성 공정 및 그 응용에 관한 연구: *원종호[1], 강정구[1]; [1] *한국과학기술원.*

Keywords: 나노 구조체, 에너지 디바이스, 확장 가능한 공정, 에너지 밀도, 출력 밀도

새로운 특성을 가지는 나노 물질은 전통적 재료 분야의 한계를 극복하기 위한 열쇠로 여겨져 왔으며, 각종 나노 물질을 적용해 여러 응용 시스템이 가지고 있던 기존의 문제를 해결 하고자 하는 시도가 이루어져 왔다. 특히 에너지 전환 및 저장을 목표로 하는 미래 에너지 디바이스 연구 분야에서 그 성과가 돋보여왔고, 이는 나노 물질이 발현하는 혁신적 물성에 기인한 바 크다. 그러나 나노 물질은 그 뛰어난 물성에도 불구하고 대부분의 실생활에서는 아직까지 적용되지 못하고 있으며, 물론 이를 이용한 에너지 디바이스도 아직까지 현실 세계에서 그 성능을 발휘하지 못하고 있다. 이는 매우 작은 크기의 나노 물질의 제조 및 합성에 있어 상당한 어려움을 겪기 때문이며, 이로 인해 발생하는 공정 및 가격의 문제는 나노 물질이 기존의 문제를 해결하는데 중대한 걸림돌이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 확장 가능한 나노 구조체의 새로운 합성 방법을 개발하며, 개발된 특별한 합성 방법을 통해 실제로 나노 구조체를 대량 생산하고자 한다. 또한 대량 합성된 나노 구조체를 에너지 디바이스 분야에 적용하여 기존에 달성하지 못했던 에너지 전환 및 저장 성능을 새롭게 달성하는데 그 목표를 두고 있다.

[나노1-2 | 09:15]

극저온 밀링과 방전 플라즈마 소결을 이용한 나노결정 Ti-Fe 합금의 제조: *오민석[1], 안병민[1]; [1] *아주대학교.*

Keywords: Cryomilling, Ti-Alloy, Powder metallurgy, Nanocrystalline, Phase transformation

본 연구에서는 Ti 분말과 Fe 분말을 혼합하여 액체질소 분위기에서 8시간 동안 극저온 밀링(cryomilling)을 하여 나노결정 합금 분말을 제조한 후 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering)을 수행하여 Ti-Fe 합금 벌크재를 제조하였다. 공정 과정 중 일어난 합금상 및 미세구조의 변화를 x-ray diffraction(XRD), scanning electron microscopy(SEM), and transmission electron microscopy (TEM) 등을 통해 분석하였다. 극저온 밀링 결과 20~40 nm 정도의 결정립 크기를 가지는 나노결정 Ti-Fe 분말이 만들어졌으며, 방전 플라즈마 소결을 통해 벌크화한 후에는 내부에 α-Ti상과 β-Ti상이 층상구조를 이루고 있는 α+β합금이 형성되었음을 확인하였다.

[나노1-3 | 09:30]

Improvement of sensing properties of Ni-decorated ZnO nanoparticles for detection of acetone: *Jun Ho Lee[1], Ran Yoo[1], Aran Gu[1], Yunji Park[1], Wooyoung Lee[1]; [1] *Yonsei University.*

Keywords: acetone gas sensor, ZnO, Ni-decorated ZnO nanoparticles, sensing properties

We report the gas sensing behaviors of Ni-decorated ZnO nanoparticles, synthesized via hydrothermal method, for the detection of acetone (CH_3COCH_3). The ZnO nanoparticles were decorated by mixing with a solution containing Ni precursor. The fabricated nanoparticles were dispersed on interdigitated Pt electrodes by dropping dispersed solution. The sensing properties of Ni-decorated ZnO NPs were measured via real-time monitoring of electrical resistance change upon exposure of acetone in air. The Ni-decorated ZnO NPs exhibited the maximum response (R_a-R_g/R_g) (R_a: R in air: R_g: R in acetone) of 118.9 to 10 ppm acetone at 500°C, which is higher than that of pure ZnO NPs. The response time to acetone was found to be 17.5s and the detection limit was 0.1 ppm. The decoration of Ni on the ZnO NPs yielded additional adsorption centers by increasing surface functional groups. In this study, we demonstrated that Ni-decoration of ZnO nanoparticles significantly improved the acetone sensing properties of ZnO NPs in terms of response, and response time compared to previous researches.

[나노1-4 | 09:45]

Electrical and Thermoelectric Transport Properties of Two-dimensional RuO_2 Nanosheets: *Hongjae Moon[1], Jeongmin Kim[1], Somi Yoo[1], Jong Wook Roh[1], Wooyoung Lee[1]; [1] *Department of Materials Science and Engineering, Yonsei Univ.*

Keywords: Two-dimensional materials, RuO_2, Nanosheets, Electrical conductivity, Thermoelectric

We present the electrical and thermoelectric transport properties of two-dimensional RuO_2 nanosheets (NSs). The enhancement in electrical transport properties of exfoliated individual RuO_2 NSs was systemically investigated for their application in flexible electronics and optoelectronics. Decoration of Ag nanoparticles on the surface of the RuO_2 NSs provides donor electrons and dramatically increases the electrical conductivity of the monolayer RuO_2 NSs by up to 3700%. The n-type doping behavior was confirmed via Hall measurement analysis of the doped RuO_2 NSs. The layer number- and temperature-dependence of the conductivity were also investigated. Moreover, carrier concentration and mobility were obtained from Hall measurements, indicating that the undoped RuO_2 NSs had ambipolar transport and semi-metallic characteristics. Thermoelectric properties of pristine and Ag-doped RuO_2 NSs were also investigated. For pristine RuO_2 NSs, the sign of the Seebeck coefficient changes with temperature from 350 K to 450 K. This indicates that the dominant type of charge carrier is dependent on the temperature, and the RuO_2 NSs show ambipolar carrier transport behavior. By contrast, the sign of the Seebeck coefficient for Ag nanoparticle-doped RuO_2 NSs does not change with

temperature, indicating that the extra charge carriers from metal nanoparticles promote n-type semiconductor behavior.

[나노1-5 | 10:00]

Wearable capacitive strain sensors based on patterned Ag nanowire networks: *김승록[1], 박진우[1]; [1] *연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: wearable device, interdigitated capacitive strain sensor, silver nanowire, capillary force lithography, body motion detection

본 연구에서는 capillary force lithography(CFL) 방법을 이용하여 Ag nanowire networks(AgNWs)을 패터닝하여 interdigitated capacitive strain sensor(ICSS)를 제작하였다. CFL 방법으로 AgNW의 고유한 전기적 특성의 변화 없이 원하는 interdigitated pattern을 구현할 수 있었다. CFL을 통해 patterning된 AgNWs를 PDMS의 표면에 embedding 하였다. 전극들을 동일 평면내에 위치시킨 ICSS의 구조는 계산에 의하면 30%의 strain에서 -1.57의 GF를 가지고, plane stress condition을 가정할 수 있는 충분히 얇은 구조로 외부 압력에 영향을 받지 않을 것이라 예상되었다. 실제로 embedding된 ICSS는 30%의 strain을 가했을 때 linearity와 함께 -2.0의 GF를 보여주었다. 또한 ICSS는 15% 미만의 strain에서는 hysteresis를 보이지 않았고 10%의 strain을 반복적으로 1000회 가했을 때에도 capacitance는 변화가 거의 없었다. 더욱이 ICSS는 strain과 pressure의 crosstalk 문제가 없었다. 최종적으로 ICSS를 신체 움직임을 측정하는 데에 사용하여 손가락과 손목 근육의 움직임을 측정하였다. 반복적인 움직임에서도 안정적이고 예측 가능한 capacitance의 변화를 확인할 수 있었다.

[나노1-6 | 10:15]

Pd@Au 코어-쉘 나노입자의 표면 격자변형률과 전자구조 변화 측정 및 과산화수소 촉매 활성 변화 분석: *김진수[1], 김인호[2], 유태경[3], 안재평[3], 이재철[2]; [1] *고려대학교.* [2] *한국과학기술연구원.* [3] *경희대학교.*

Keywords: 격자 변형률, Au, Pd, 나노입자, 코어-쉘

재료가 나노화되면 표면 격자 변화 및 재료의 특성 변화가 나타난다는 것은 많은 연구로 잘 알려져 있다. 특히 격자 상수의 변화는 원자의 전자구조를 변화시킬 수 있기 때문에 표면 격자 변형률 제어를 통해 기존에 나타나지 않는 새로운 특성을 나타낼 수 있다. 이러한 특징을 활용하여 특히 촉매 분야에서는 나노입자의 고용, 코어-쉘, 산화물계열의 구조를 통해 백금계열 귀금속 원소 촉매를 대체하려는 연구들이 진행되고 있다. 10족 원소인 Pd는 수소분해 촉매로 현재 과산화수소 합성 반응에 주로 사용되고 있다. 그러나 과산화수소 선택성이 낮은 문제점으로 인해 개선이 필요하여 다른 원소와의 고용을 통해 해결하는 연구들이 진행되고 있지만, Pt와 같이 다른 원소로 대체하려는 연구는 아직 진행되고 있지 못하고 있다. 본 연구에서는 Pd@Au core-shell 구조를 통해 Pd보다 높은 과산화수소 촉매 활성 및 높은 선택성을 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 Au의 과산화수소 촉매 활성이 없음에도 불구하고 코어-쉘 구조에서 높은 촉매 활성이 나타난 원인에 대하여 표면의 격자 변형률 측면에서 분석하고자 한다.

[나노1-7 | 10:30]

The Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Isoprene: *Yunji Park[1], Ran Yoo[1], Seungryol Park[1], Jun Ho Lee[1], Hwaebong Jung[1], Wooyoung Lee[1]; [1]*Department of Materials Science and Engineering Yonsei University.*

Keywords: ZnO nanoparticles, Isoprene, biomarker, gas sensor

When a human body digests carbohydrates, an isoprene is produced in the breath as a by-product of cholesterol biosynthesis. Thus, the isoprene in the exhaled breath can be potentially used as a biomarker for obesity. In this study, we investigated the gas sensing properties of ZnO nanoparticles (NPs) for the detection of isoprene. The ZnO NPs were synthesized by a low temperature solution synthesis based on a method. TEM and X-ray diffraction characterizations reveal that the ZnO NPs were successfully fabricated. Average size of the as-synthesized ZnO NPs estimated by TEM was in the range of 3~6 nm. The sensing properties of the ZnO NPs were measured via real-time monitoring of electrical resistance change upon exposure of isoprene in air. The higher response (R_a-R_g/R_g) (R_a: R in air: R_g: R in isoprene) was found to be the maximum (R=20) at 400°C under exposure of 1 ppm isoprene.

[나노1-8 | 10:45]

Enhanced Sensing Properties of Pt decorated Al-doped ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone: *Aran Gu[1], Ran Yoo[1], Junho Lee[1], Yunji Park[1], Wooyoung Lee[1]; [1]*Yonsei University.*

Keywords: Acetone gas sensor, Al-doped ZnO, nanoparticles, Pt decoration, sensing properties

We have investigated the sensing properties of Pt decorated Al-doped ZnO nanoparticles (NPs) for the detection of VOCs (Volatile Organic Compounds), in particular, acetone (CH_3COCH_3). The ZnO NPs synthesized by a hydrothermal method were doped with Al ions by mixing with a solution containing Al dopant. A Pt layer was deposited on the Al-doped ZnO NPs while stirring nanoparticles during sputtering. The Pt decorated Al-doped ZnO NPs were dispersed on interdigitated Pt electrodes an α-terpineol paste. The sensing properties of the Pt decorated Al-doped ZnO NPs were measured via real-time monitoring of electrical resistance change upon exposure of acetone in air. The sensing response (R_a-R_g/R_g, R_a: R in air: R_g: R in acetone) of the Pt decorated Al-doped ZnO NPs was found to be the maximum (R = 421) at 450°C under exposure of 10 ppm acetone, which is much higher than that in pure Al-doped ZnO NPs (R = 56.1). These results indicate that the decorated Pt on Al-doped NPs plays a crucial role in the sensing performance, providing additional active adsorption centers and enhancing the kinetics of the surface reaction by reducing the activation energy. We found that the acetone sensing performance in Pt decorated Al-doped ZnO NPs is much higher than pure Al-doped ZnO NPs sensing properties in terms of response, sensitivity and response time.

전자재료
Room 321B, 10월 27일

[AW-3 | 09:00] 전자 · 정보재료상 수상기념강연

Nanostructured thin films on demand: *장호원[1]; [1]*서울대학교 재료공학부*

Metal oxides and 2-dimensional (2D) materials have a wide variety of applications including electronic devices, energy conversion and storage devices, and sensors. For electronic applications, electronic confinement at nanoscale dimensions remains a central means of science and technology. For energy and environmental applications, tremendous efforts have been devoted to synthesize metal oxide nanomaterials with large specific surface areas and 2D materials of high functionality. Thus, the control and tuning of the morphology and structure of metal oxides and 2D mateirals at nanoscale is of great importance for improving the performance of devices based on metal oxides. With brief review on gas sensors, water splitting, and memristors, our recent advances on chemoresistive gas sensing, photoelectrochemical water splitting, and resistive switching will be presented with future challenges and perspectives.

[전자1-1 | 09:25]

페로브스카이트 박막을 이용한 전해질 트렌지스터 구현: *Kihyon Hong[1], 김정민[2], 임동찬[2], 이근형[3]; [1]*충남대학교 공대 신소재공학부.* [2]*재료연구소 표면기술연구본부.* [3]*인하대학교 화학공학과.*

Keywords: Perovskite. electolyte gated transistors

Because hybrid organic-inorganic perovskites have both semiconductor and electrolyte properties, the materials have great potential for practical applications in energy, electronics, and display technologies. So far their semiconductor properties have been mainly investigated in the solar cells and light emitting diodes: Ion behavior in transistors and light emitting cells is relatively unknown. To probe the electrolyte properties of perovskite film, we fabricate solution processed, elecrolyte gated transistors (EGTs) using metal hallide perovskite gate insulator. The perovskite film reveals electrolyte characteristics with ionic conductivity ranged in the order of 10^{-8} S/cm. EGTs formed by the combination of ZnO (channel) and $CH_3NH_3PbI_3$ (gate insulator) exhibited typical n-type transistor behavior with low voltage operation (sub-2 V) and field-effect mobilitiy of 0.033 cm^2/Vs. In addition, the device with PEDOT:PSS channel layer showed abnormal ambipolar characteristic. Based on these electrical studies, we attribute formation of electrical double layer induced by mobile I^- anions and $CH_3NH_3^+$ cations in perovskite based EGTs.

[전자1-2 | 09:40]

Pd-coated Si Nanowire Arrays for Detection of H_2 in Air and Oil: *장병진[1], 김민형[1], 이우영[1]; [1]*연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Aqueous electroless etching, Pd, Si nanowire arrays, Shottky/Ohmic contact, and Hydrogen gas sensor, Transformer oil

We report an advanced approach for H_2 gas sensing using both n- and p-type Si nanowires (NWs) arrays, which were fabricated by aqueous electroless etching and sputtering. The as-synthesized Si NWs were vertically aligned on the substrate and Pd was coated on the top surface of Si NW arrays. At a criteria of base resistance, the resistances of the Pd-coated Si NWs upon exposure to H_2 showed different behaviors with different carrier types: higher in the n-type arrays whereas lower in the p-type arrays. The sensitivity (S = 1700% at 1% H_2) of the p-type arrays was much greater than that of the n-type arrays (S = 75%). Furthermore, the change in carrier density depending on H_2 concentration was big in the p-type arrays, while it was negligible in the n-type arrays. It was found that a Schottky barrier was formed between Pd layer and n-Si NWs ($\phi_M > \phi_{SC}$) before exposure to H_2 and an Ohmic contact ($\phi_M < \phi_{SC}$) was formed after H_2 exposure. However, the opposite results were seen between the Pd and p-Si: Ohmic contact ($\phi_M > \phi_{SC}$) before exposure to H_2 and Schottky barrier ($\phi_M < \phi_{SC}$) after exposure to H_2. Therefore, the p-type Si NW arrays have higher sensitivity to H_2 than the n-type Si NW arrays. We also discussed H_2 sensing properties of Pd-coated Si NWs in transformer oil.

[전자1-3 | 09:55]

Effects of Atomic Layer Deposition of Ru on Cu/Transfer-free graphene diffusion barrier interface: *Yunho Kang[1], Min-Hyun Lee[2], Sang-Hoon Lee[1], Hyun-Mi Kim[1], Soo-Hyun Kim[3], Hyeon-Jin Shin[2], Ki-Bum Kim[1]; [1]*Seoul National University.* [2]*Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT).* [3]*Yeungnam University.*

Keywords: Cu interconnect, diffusion barrier, agglomeration, adhesion, graphene

With continuous downscaling in feature size of integrated circuit, one of the main issues of Cu metallization is device failure induced by electromigration of Cu through the interface between Cu and diffusion barrier due to high current density. To improve electromigration lifetime at Cu and diffusion barrier interface, glue layer with high adhesion with Cu has been effective. PECVD method allows direct growth of graphene on SiO_2 which can act as Cu diffusion barrier. In this work, adhesion between Cu and PECVD graphene diffusion barrier was evaluated by wettability test (wetting angle, relative adhesion energy). Wetting angle of Cu was 118° and 112° on TCVD graphene and PECVD graphene, compared 109° on SiO_2. Atomic layer deposition (ALD) of Ru on PECVD graphene was effective post-treatment method to enhance Cu adhesion in view of decreased wetting angle from 112° to 59° after 5 ALD cycles of

Ru on graphene. Also, effect of ALD of Ru on graphene on agglomeration of Cu film was investigated. Cu agglomeration fully occurred at 300°C on PECVD graphene. Cu film was maintained after agglomeration test at 500°C on ALD of Ru on PECVD graphene according to sheet resistance and SEM analysis. We demonstrated that ALD of Ru can be effective post-treatment method to reinforce Cu with graphene diffusion barrier.

[전자1-4 | 10:10]

Pp Heterojunction of Nickel Oxide Decorated Cobalt Oxide Nanorods for Enhanced Sensitivity and Selectivity Toward Volatile Organic Compounds: *Jun Min Suh[1], Young-Seok Shim[2], Woonbae Sohn[1], Taemin L. Kim[1], Ho Won Jang[1]; [1]*서울대학교.* [2]*한국과학기술연구원.*

Keywords: Gas sensor, Cobalt oxide, Glancing angle deposition, pp junction, heterojunction

In modern residence, human activities inside buildings has become extensive and recent researches revealed that individuals spent approximately 88% of their day inside buildings. Therefore, indoor air quality has attracted great attention due to potential harmful gases which arise from building products. Since repeated exposure to harmful gases can induce various illnesses and damages to human body, highly sensitive and selective detection of harmful gases is demanded. Herein, we report a facile fabrication method of NiO-decorated Co_3O_4 nanorods using glancing angle deposition (GAD) in multiple steps. The distribution of NiO is controlled by changing thickness of Ni film. Compared to bare Co_3O_4 nanorods, NiO-decorated Co_3O_4 nanorods show enhanced responses to various gases. It is attributed to the utilization of p-p heterojunction between Co_3O_4 and NiO by forming a hole accumulation layer on NiO and a hole depletion layer on Co_3O_4. As Co_3O_4 nanorods provide major current path, hole depletion layer can contribute to enhanced sensitivity upon gas molecule adsorption. Our results demonstrate that the decoration of NiO by multiple step GAD is an effective method for enhancing gas sensing performance of p-type metal oxide nanostructures.

[전자1-5 | 10:25]

Electron scattering at surfaces and grain boundaries in thin tungsten films: *최두호[1], 김대균[1]; [1]*동의대학교.*

Keywords: tungsten: thin films: scattering, surfaces: grain boundaries

The semi-classical resistivity size effect, i.e., electron scattering at surfaces and grain boundaries, in polycrystalline tungsten (W) films is investigated. For the surface scattering, (110)-oriented epitaxial W films having thicknesses from 10 nm to 300 nm were prepared by sputter deposition onto (110) Al_2O_3 substrates at 520°C followed by ex-situ annealing in Ar-4%H_2 at 850°C. For the grain boundary scattering, two nominally 300 nm-thick films, a (110)-oriented epitaxial and a (110)-textured polycrystalline W film, were compared. The grain size for the polycrystalline film was determined to be 119 ± 7 nm using a transmission electron microscope (TEM) based orientation mapping technique. The significantly larger film thickness than the electron mean free path in W allows the surface scattering to be negligible, and the additional resistivity for the polycrystalline W film compared to the epitaxial film can be attributed to grain boundary scattering. For quantitative analyses, the Fuchs-Sondheimer (FS) surface scattering model and Mayadas-Shatzkes grain boundary scattering model were employed, with the surface specularity parameter (p) of 0.11 and grain boundary reflection coefficient (R) of 0.42. Based on these scattering parameters, W lines are predicted to exhibit lower resistivity than Cu lines at line-widths less than 15 nm.

[전자2-1 | 10:50]

Grain and Grain Boundary Properties of ZnO-Zn_2BiVO_6-Co_3O_4 Using Dielectric Functions: *Youn Woo Hong[1], You Bi Kim[1], Seo Yeong Yeo[1], Woon Ik Park[1], Ji Sun Yun[1], Young Hun Jeong[1], Jong Hoo Paik[1], Jeong Ho Cho[1]; [1]*KICET.*

Keywords: *ZnO, Varistor, Grain Boundary, Dielectric Functions, Defects*

Polycrystalline ZnO has been applied to various electrical and optical applications such as gas sensors, piezoelectric transducers, phosphors, transparent conducting films, and varistors. To control the figure of merits of these devices it is essential to understand the behavior of defects and interface states in doped ZnO, especially in ZnO varistor. All of these applications are either affected by, or depend on, defects and grain boundary properties according to various dopants (Bi, V, Pr, Co, Mn…oxides). It is known that cobalt oxide added to ZnO improves the nonlinear current-voltage characteristics, which is presumably due to the formation of the Schottky-type double barriers at the grain boundaries. Also it is found that the presence of a large Bi, V or Pr ions induces the concentration of native defects of acceptor type in the grain boundary of doped ZnO. However, it is not known about the relationship between the defects and grain boundary properties in the simple three component system ZnO-Zn_2BiVO_6-Co_3O_4 (ZZCo) revealed good nonlinear current-voltage characteristics. In this study, we investigated the effects of Co_3O_4 doping and Zn_2BiVO_6 additive in ZnO (it's a new varistor system developed by us) on the defects and grain boundary properties using dielectric functions (Z*, M*, ε*, Y*, and tanδ). It will provide information about the relationship between the formations of donor or acceptor defects at the grain or grain boundary for the double Schottky barrier. Experimentally Co-doped ZnO-Zn_2BiVO_6 sintered at 900°C in air have two kinds of defects (Zn interstitial and O vacancy) according to its doping levels, a single grain boundary (apparent activation energy Ea=0.94~1.05 eV), and a good varistor properties (nonlinear coefficient $\alpha > 66$). The origin of varistor behavior in ZZCo has been discussed in relation to grain boundary traps and defect chemistry based on the experimental results.

[전자2-2 | 11:05]

NM1/FM/NM2 삼중층에서의 interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction: *차인호[1], 김남희[2], 김용진[1], 김규원[1], 유천열[2], 김영근[1]; *[1]고려대학교. [2]대구경북과학기술원.*

Keywords: thin film, CoFeSiB, PMA, iDMI

비자성중금속/자성체 사이의 계면에서 발생하는 물리적 현상은 수직자기이방성, 스핀홀효과, 라시바효과, interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction(iDMI) 등이 있으며 이는 모두 스핀 궤도 결합에 의해 발생한다고 알려져 있다. 그중 iDMI이 비자성중금속과 자성체 사이의 계면에서 발생하는 스핀 역학을 이해하는데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 Pt/CoFeSiB/Ta 구조로 실험을 진행하였고 모든 사편은 Si 웨이퍼 위에 dc 스퍼터링 장치로 증착하였으며 초기 진동도는 5×10^{-9} Torr 수준이다. 제작된 시편은 섭씨 300도에서 6000 Oe의 자기장, 1×10^{-6} Torr의 초기진공에서 1시간 동안 열처리 하였다. CoFeSiB의 두께에 따른 자성특성을 관찰하였고 Brillouing Light Scattering(BLS)를 이용하여 iDMI 에너지를 측정하였다.

[전자2-3 | 11:20]

Refinement of Gd_2O_3 or Gd_2CuO_4 inclusion in $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ films based on stability phase diagram of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ for the nominal composition of Gd:Ba:Cu=1:1:2.5: *Insung Park[1], Won-Jae Oh[1], Jae-Hun Lee[2], Seung-Hyun Moon[2], Sang-Im Yoo[1]; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2](주)서남.*

Keywords: GdBCO, Stability phase diagram, Superconductivity, Refinement

The nominal composition of Gd : Ba : Cu = 1 : 1 : 2.5 has been employed for the fabrication of $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (GdBCO) coated conductors via the reactive co-evaporation deposition and reaction (RCE-DR) process. From the stability phase diagram of GdBCO for this composition in low oxygen pressures (PO_2) regime ranging from 1 to 150 mTorr, GdBCO phase is formed by reaction of Gd_2O_3 + $L_1 \rightarrow Gd_2CuO_4 + L_2 \rightarrow GdBCO + Gd_2CuO_4 + Cu_2O$. Though there have been many efforts to enhance the pinning properties, however, a weak pinning property has been the most serious problem for GdBCO coated conductors via RCE-DR. For this study, to improve the pinning properties, we investigated the effect of size-refined Gd_2O_3 particles which are trapped in the superconducting matrix via the process condition of maximized nucleation rate and minimized growth rate based on the stability phase diagram of GdBCO for the nominal composition of Gd : Ba : Cu = 1 : 1 : 2.5. Details will be presented for a discussion. This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20131010501800).

[전자2-4 | 11:35]

Core Loss Improvement of Fe Metal Powder Coated with Alumina Oxide: *최성준[1], 이선우[1], 유재형[1], 유상임[1]; *[1]서울대학교 공대 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Eddy current, Insulation coating, Core-shell structure

In recent years, the soft magnetic composites (SMC) have attracted great interest for the potential applications in electromagnetic circuits, induction field coils, and magnetic field shielding. It is well-known that intolerably large high-frequency AC losses of magnetic metal powder can be effectively suppressed by their surface coating with an insulator due to a reduced macroscopic eddy current loss between metal particles. For the same purpose, we have tried to fabricate a core-shell structure composed of a Fe powder core and Al_2O_3 shell by the sol-gel method. In order to evaluate the core losses of samples, the toroidal cores were fabricated by mixing Al_2O_3-coated Fe powder with a resin. The microstructural analysis of Fe powder coated with Al_2O_3 was conducted using field emission-scanning electron microscope (FE-SEM) and transmission electron microscope (TEM). The magnetic properties were characterized by performing inductance analysis and B-H curve analyzer. This work was supported by a Grant from world class 300 (0417-20160119).

[전자2-5 | 11:50]

전력반도체 칩 본딩용 은코팅 구리 페이스트의 접합특성: *이창현[1], 호문길[1], 이종현*[1]; *[1]서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Ag-coated Cu paste, chip bonding, Ag dewetting, sintering, shear strength

최근 몇 년간 하이브리드 자동차의 수요 증가와 전기자동차와 같은 차세대 차량의 개발이 더욱 가속화되고 있다. 이에 따라 배터리, 모터, 인버터/컨버터 등의 전기전자부품이 중요해지면서 파워반도체 시장은 향후 지속적으로 성장할 것으로 예상된다. 자동차에서 전력반도체는 전력을 시스템에 적절하게 배분 및 제어하거나 변환하는 역할을 하게 되는데, 전력반도체에 사용되는 칩의 구동온도는 200~250°C이므로 칩과 기판, 기판과 기판의 접합 부분에 적용되는 접합 소재는 기본적으로 이러한 온도에서 견딜 수 있는 내열성을 가지면서 공정 및 가격 경쟁력을 가져야 한다. 현재 사용중인 Pb-5Sn 솔더와 같은 접합 소재는 향후 무연(Pb-free)화 과정에서 배제될 수 밖에 없으므로 전력반도체 칩에 적합한 새로운 접합 소재 및 공정의 개발 연구가 진행되고 있는데, 대표적 예로서 transient liquid phase(TLP) 접합 공정을 이용한 금속간 화합물 접합부 형성 기술과 Ag계 페이스트를 이용한 소결 접합부 형성 기술 등을 들 수 있다. Ag 페이스트는 일반적으로 250°C 이상에서 소결되며, 사용되는 Ag 분말은 마이크로 크기나 나노 크기로 사용되는데, 나노 크기의 경우 저온 및 고속 소결이 가능한 반면 그 가격은 더욱 높아지게 된다. 본 연구에서는 고가의 Ag 페이스트를 대체하기 위한 Cu계 페이스트를 제안하고, 이를 사용한 칩 본딩 기술을 가능성을 제시하고자 한다. 사용된 Cu 입자는 서브마이크론 수준의 크기였는데, 내산화 및 소결 접합 특성을 개선시키고자 그 표면을 Ag로 코팅하였다. 즉, 표면 Ag 코팅은 200°C 수준으로 가열 시 dewetting 거동이 일어나면서 초미세 입자화되며, 이는 주변의 입자 및 패드(pad) 금속 표면과 쉽게 소결되는 특성을

나타내게 된다. 은코팅 구리(Cu@Ag) 입자를 자체 제조한 후 이를 페이스트화 하여 칩을 가열, 가압하는 공정으로 칩 본딩을 실시하였다. 마지막으로 접합된 칩의 접합강도를 측정하여 접합의 품질을 정량적으로 상대 비교하면서 접합온도, 접합압력 및 최적 용매 등과 같은 변수들을 최적화시켰다. 또한 서브마이크론급 Cu@Ag 분말의 사용량을 줄이기 위하여 입자 크기가 다른 2종의 Cu@Ag 분말을 혼합 사용한 페이스트의 접합 특성도 평가해 보았다.

[전자2-6 | 12:05]

Reliable and low temperature die attach process using Ag/Sn/Ag sandwich structure for high temperature semiconductor devices: *Jin Seok Choi[1], Sung Jin An[1]; [1]*Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: die attach process, backside metallization, solid-liquid interdiffusion bonding

Low-cost and environmentally friendly die attach process for high temperature should be developed due to the expansion in the field of high temperature applications. Pb-based and Au-based systems have used as conventional die attach materials for high temperature devices, however, these materials have environmental and cost problems. Here we show that the die attach process using the backside metal of the Ag/Sn/Ag (ASA) sandwich structure was successfully developed for mass production of silicon devices. It has low temperature bonding process (235°C), high remelting temperature (above 400°C) and very fast bonding time (20 ms). Also, it has better properties than AuGeSb and Pb-Sn backside metal, which are conventional materials for high temperature die attach process. After die bonding process, various reliability tests of the silicon device with ASA backside metal were passed.

생체재료
Room 322, 10월 27일

[생체1-1 | 09:00]

Graphene Oxide Coating on NiTi Alloy for Reduced MR Image Distortion: 한태양[1], 한준현[1]; [1]*충남대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Magnetic Resonance Imaging (MRI), MR image distortion, NiTi, Graphene Oxide

자기공명영상분석법(Magnetic Resonance Imaging, MRI)은 인체에 무해하다는 장점 때문에 심혈관계질환, 척추 및 뇌병변장애의 진단과 치료에 중추적인 역할을 하고 있다. 그러나 MRI 측정 시 환자의 몸 안에 생체 금속이 이식 되어있을 경우 그 주변에서 이미지 정보가 소실되거나 변형되어 나타나는 자기공명(Magnetic Resonance, MR) 영상 왜곡현상이 나타나게 된다. 이는 상자성체인 생체 금속 및 재료와 생체 조직간의 자화율의 차이가 크기 때문에 나타나는 현상이다. 따라서 MR 영상 왜곡현상을 줄이기 위해서는 생체 금속 및 재료의 자화율을 생체 조직의 수준까지 낮추어야 한다. 본 연구에서는 현재 생체 금속 및 재료로 널리 쓰이고 있는 NiTi계 합금 표면에 반자성체이자 생체적합성을 가지고 있는 그래핀 옥사이드를 코팅함으로써 NiTi계 합금의 자화율을 감소시켰으며 코팅의 두께와 코팅의 면을 달리하면서 MR 영상 왜곡현상이 완화되는 정도를 비교하였다.

[생체1-2 | 09:15]

Enhanced corrosion resistance of biodegradable magnesium using coenzyme: *Dongkyu Koo[1,2], Minjung Park[1,3], Jimin Park[1], Youngwoon Kim[3], Hyung-Seop Han[1], HyunKwang Seok[1,2], Hojeong Jeon[1,2], Myoung-Ryul Ok[1,2], Yu-Chan Kim[1,2], Kang-Sik Lee[4]; [1]*Center for Biomaterials Korea Institute of Science and Technology.* [2]*Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology.* [3]*School of Material Engineering Seoul National University.* [4]*Asan medical center.*

Keywords: Biodegradable, Magnesium, Corrosion, Coenzyme

Recently, there has been a tremendous increase in studies on the development of magnesium implant due to its unique biodegradable property that could reduce the burden of subsequent surgery. However, high amount of hydrogen gas generated by relatively high corrosion rate of magnesium contributes to the causes of swelling of skin and causes subsequent inflammation of soft tissue. There is still concern about the safety of the biodegradable metals, which is limited various applications. In this study, we evaluated the influence of coenzyme on corrosion behavior of magnesium. The analysis of corrosion rate was performed by using Hanks' balanced salt solution (HBSS) as a body stimulated fluid and in condition of around 37°C. With deferring the concentration of the coenzyme used in this study, corrosion rates from 0.0654 ml/cm^2 to 0.0438 ml/cm^2 were observed in immersion tests and similar results were obtained in electrochemical tests. In conclusion, results showed that hydrogen gas produced from corrosion of magnesium can be controlled.

[생체1-3 | 09:30]

Release and Control of Reactive Oxygen Species for New Functional Implants: *Jung Gayoung[1], Hyun-Kwang Seok[1], Hojeong Jeon[1], Yu-Chan Kim[1], Won-Hee Lee[2], Myoung-Ryul Ok[1]; [1]*Korea Institute of Science and Technology.* [2]*Sejong University.*

Keywords: Reactive Oxygen Species, Implant, Metal

Metallic implants have been used for bone fixation mainly owing to their excellent mechanical properties. In recent years, researches are focusing on the integration of biological functions into the conventional metallic devices while maintaining their excellent mechanical & chemical stabilities. The purpose of this study is to induce continuous self-release of reactive oxygen species (ROS) that gives functionality to metallic implants, which will promote tissue regeneration for rapid recovery of damaged bone areas. It has been reported that ROS of a certain amount of concentration promotes angiogenesis. And we need to invent a metal system that does not need a tool to spontaneously release ROS. For this purpose, biodegradable metals were combined with bio-inert implant. The potential difference of the two-different metal induces hydrogen peroxide (H_2O_2) release which is one of reactive oxygen species. It could release H_2O_2 consistently by controlling the corrosion rate of biodegradable metals and stabilization the system. In this study, a self-working ROS-releasing metallic system is introduced by incorporating a conventional bio-inert metal and a biodegradable metal. Electrochemical studies were performed to analyze the basic ROS generation properties of the system. This work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10042703) funded by the Ministry of Knowledge Economy (MKE, Korea).

[생체1-4 | 09:45]

Advanced Biomimicking System Based on Extracellular Matrix (ECM) and Lab-on-Chip: *Hae Won Hwang[1], Gayoung Jung[1], Sangwook Wu[2], Jeong-Yun Sun[3], Myoung-Ryul Ok[1]; [1]*Korea Institute of Science and Technology.* [2]*Pukyong National University.* [3]*Seoul National University.*

Keywords: Extracellular matrix, gel, lab-on-chip, hydrogen peroxide

Human body is composed of extracellular matrix (ECM) as well as cells. However, most of in-vitro studies do not deeply consider the relevant ECM fibers around the cells in that those studies are done in liquid-based cell medium and the variations of physical properties of ECM are not applied. Therefore, in this study, two major issues related to the ECM was investigated using lab-on-chip: diffusion

characteristics and physical properties in/of the human originated condensed matter (ECM gel or cell tissue). Firstly, in-vivo environment around the hydrogen peroxide (H_2O_2) releasing implant[1] is affected by diffusion of H_2O_2 molecules. Therefore, to provide the diffusion characteristics of H_2O_2 in the human-originated gel is examined by using lab-on-a-chip, which leads to optimal design of H_2O_2 releasing implants. Secondly, many parts of human body have aligned ECM structure. For this reason, in the chip, cell response toward the oriented ECM physical structure can be observed. Consequently, this study helps the better biological understandings of in-vivo cell behaviors and practical use of cell-based drugs or medical device. [1] J. Park, P. Du, Angew. Chem., Int. Ed., 2015, 54, 1453-1457

[생체2-1 | 10:10]

두개골 결손부 및 골 접합용 생체흡수성 마그네슘 합금의 미세조직과 *in-vitro* 및 *in-vivo* 시험을 통한 생체적합 특성: *조대현[1], 박상현[1], 최윤석[1], 조경목[1], 박익민[1], 남경협[2]; [1]*부산대학교 재료공학부.* [2]*부산대학교병원 신경외과.*

Keywords: 생체흡수성재료, 마그네슘 합금. in-vivo, in-vitro

본 연구는 골 결손 및 골절시 수술후 회복 경과 후 생분해되는 고정 또는 수복 임플란트 마그네슘 합금 소재를 개발을 위한 연구로마그네슘 합금의 기계적 특성 및 부식특성 개선을 위한 연구와 함께 *in-vitro* 및 *in-vivo* 독성 실험 및 생분해 특성에 대한 연구를 연구 고찰하였다. 연구의 내용은 마그네슘 기지와 합금 원소에 따른 이차상간의 갈바닉 부식에 취약한 마그네슘 합금을 가압주조를 통해 결정립 미세화 및 응고속도의 향상을 시켜 기계적 특성을 향상 시켰으며, 세포독성을 확인하기 위해 *in-vitro*에서 MC3T3-E1 시험과 pH meter를 측정 하였고 *in-vivo*에서는 SD rat의 두개골 결손 후 와 척추에 개발한 마그네슘 합금을 삽입하여 주변부 조직 검사, 분해 속도 측정, 마그네슘 합금 용출액으로 rabbit 피하의 감작 반응 검사를 실시하였다.

[생체2-2 | 10:25]

Study on recrystallization behavior and mechanical properties of biomedical Co-Cr-W-Ni (L-605) alloy: *Li Chenglin[1], 최성우[1], 이상원[1], 박찬희[1], 홍재근[1], 염종택[1], 안순태[2], 박지태[2]; [1]*재료연구소(KIMS).* [2]*삼화스틸.*

Keywords: deformation mechanism, recrystallization, annealing twin, EBSD

We have studied the recrystallization behavior and mechanical properties of the biomedical L-605 alloy. The alloy was cold rolled ~50% and then annealed at temperatures from 900°C to 1200°C for 15 min. We have found that in the present fcc material during cold deformation {111} dislocation slip is the dominant mechanism, instead of deformation twinning. Cold deformation induces orientation gradients in grain interiors and highly localized deformation mainly takes place in the vicinity of former grain boundary ({111} twin boundary included) and {111} slip band. During annealing, new recrystallized grains mainly form along the former grain boundary with highly localized stress induced by deformation. Annealing twins form either at the grain boundary triple point or former grain boundary and twin boundary or {111} slip band. Low-temperature annealing (1000°C-1100°C) results in a duplex microstructure consisting of fine grain cluster and coarse grain cluster, which also leads to a well-balanced strength-ductility. At higher temperature annealing, a significant grain growth takes place and gives rise to decreased strength and improved ductility.

[생체2-3 | 10:40]

Synthesis and characterization of medium entropy mixed metal oxides (MMO) using Pisonia grandis R.Br. leaf extract via greener route: Joghee Suresh[1], *Sun Ig Hong[1]; [1]*Chungnam National University.*

Keywords: Pisonia grandis R.Br., Mixed Oxides, Green synthesis, Characterization

In this work we synthesize mixed metal (Zn, Mg, Cu) oxide (MMO) particles via green process using Pisonia grandis R.Br. leaf extract via greener route. The synthesized particles were characterized using UV-Visible, FT-IR, XRD, SEM-EDX and elemental mapping analysis. UV-visible studies confirm the absorption of mixed oxide particles. The presence of biomolecules and metal oxides were confirmed by FTIR. GC-MS result also confirms the presence of phenolic biomolecule mome-inositol were present. Structural analysis using X-ray diffraction (XRD) revealed that mixture of hexagonal ZnO, cubic MgO and monoclinic CuO particles were formed. Morphology of mixed oxide particles observed by scanning electron microscope (SEM) suggests that most oxides particles were flower shaped. The successful synthesis of mixed zinc, magnesium and copper oxides proved the biosynthesis of the mixed oxide particles by a plant extract is an effective processing method. The fraction of MgO was found to highest because MgO is one of the most stable oxides. The fraction of various oxides may be controlled by modifying the fraction of initial Cu nitrate, Mg nitrate and Zn nitrate. This type of synthesis method extended to other different set of mixed oxide preparation.

[생체2-4 | 10:55]

Novel ecofriendly biosynthesis of mixed metal high entropy nano oxides using cyathea nilgiriensis holttum plant extract: *Joghee Suresh[1], Sun Ig Hong[1]; [1]*Chungnam National University.*

Keywords: Cyathea Nilgiriensis holttum, Mixed Oxides, biosynthesis, Characterization

In this work we synthesize ecofriendly biosynthesis of mixed metal (Fe, Ni, Cr) oxide (MMO) particles via green process using Cyathea Nilgiriensis holttum plant extract via greener route. The synthesized particles were characterized using UV-Visible, FT-IR, XRD, SEM-EDX, elemental mapping and TEM analysis. UV-visible studies confirm the absorption of mixed oxide particles. The

presence of biomolecules and metal oxides were confirmed by FTIR. Structural analysis using X-ray diffraction (XRD) revealed that mixture of oxides was formed. Morphology of mixed oxide particles observed by scanning electron microscope (SEM) suggests that most oxides particles were granules shaped. EDX analysis confirmed the presence of Fe, Ni, Cr & O were present. Elemental mapping analysis is also a valuable tool for confirmation of mixed particles. TEM images confirmed the biosynthesized mixed oxide were in nanoparticles in size. The successful synthesis of mixed iron, nickel and chromium oxides proved the biosynthesis of the mixed oxide particles by a plant extract is an effective processing method. The fraction of various oxides may be controlled by modifying the fraction of initial Fe nitrate, Ni nitrate and Cr nitrate. This type synthesis method is cost effective, ecofriendly and used in electronic applications

복합재료 심포지엄
Room 323, 10월 27일

[복합1-1 | 09:00]

Fabrication of CNF/Cu nanocomposites using electroless plating: *한준현[1], 손유한[1]; [1]*충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 복합재료, 나노카본, 탄소나노섬유, 무전해 도금, 열전도도

탄소나노섬유(CNF), 탄소나노튜브(CNT), 그라핀과 같은 나노카본의 매우 뛰어난 기계적, 전기적, 열적특성을 활용하기 위해 나노카본을 강화상으로 한 금속기지 복합재료가 그동안 많은 관심을 받아 왔다. 하지만 나노카본의 반데르발스 인력 때문에 나노카본 분말들 끼리 서로 인력이 작용하여 뭉치는 성질이 강해 금속기지복합재료가 예상되는 우수한 특성을 발휘하기 위해서는 금속기지 내 나노카본의 균일한 분산이 매우 중요하다. 지금까지의 대부분의 연구들에서는 먼저 산처리와 분산제를 이용한 분산처리를 실시하여 나노카본의 분산성을 향상시킨 후 액상의 금속에 주입하거나 고상의 분말과 혼합한 후 Hot press 혹은 SPS를 이용하여 성형하는 것이 일반적인 방법이었다. 나노카본 분말을 고온의 액상에 주입할 경우 열대류로 인해 분말의 직접적 주입이 어려우며, 주입이 되었다 하더라도 액상금속과의 비중차이로 인해 액상 내에서 부유하여 윗부분에 뭉치게 되며, 나노카본을 고상의 금속분말과 볼밀링 등으로 혼합하는 경우 나노카본 분말과 금속기지 분말과의 커다란 크기차이와 볼밀링에 의한 혼합균일도의 편차가 심해 균일혼합이 어렵다. 본 연구에서는 먼저 나노카본으로서 CNF를 분산처리 한 후 무전해도금을 이용하여 분산된 CNF 표면에 기지금속인 구리를 코팅함으로써 분산처리에 의해 얻은 CNF의 분산성을 그대로 유지하였으며 구리가 코팅된 CNF/Cu 복합분말을 Hot press를 이용하여 바로 성형함으로써 구리기지에 나노카본이 균일하게 분산된 CNF/Cu 나노복합재료를 제조하였다. 제조된 나노복합재료를 이용하여 미세조직을 관찰하였으며 열전도도와 열팽창계수의 변화를 측정하고 고찰하였다.

[복합1-2 | 09:30]

Squeeze infiltration 법으로 제조한 경량금속기지 하이브리드 CNT 강화 복합재료의 마모 및 크립 특성: *조대현[1], 최윤석[1], 조경목[1], 박익민[1]; [1]*부산대학교 재료공학부.*

Keywords: Carbon nanotube, Hybrid MMCs, Squeeze infiltration

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 복합재료화하여 일체화된 경량금속재료 실린더 블록의 제조를 위한 기초 연구 뿐만 아니라 CNT 강화 복합재료의 산업적 활용을 높이는 것을 목표로 Al 합금 기지 금속 및 Mg 합금 기지 금속으로 CNT와 함께 각각 Alborex, SiC, BN 강화재를 동시에 첨가한 하이브리드 복합재료를 제조하였다. 그리고 near-net-shape 제조가 가능하고 대량생산에 용이한 용탕가압침투 공정법으로 제조하였다. 제조한 하이브리드 CNT 강화 금속복합재료의 미세조직은 FE-SEM, HR-TEM, XRD로 관찰하였고 상온 및 고온(150°C) 인장 시험과 150~200°C, 50~70 MPa 조건으로 크리프 시험을 실시 하였고, 열팽창, 마모 시험 평가를 통해 연구 고찰을 실시 하였다.

[복합1-3 | 09:50]

Nano-Al_4C_3/Al-5.5Cu 복합재의 열처리에 따른 미세구조 및 기계적 성질의 변화: *김대영[1], 유성현[2], 황준연[3], 최현주[2]; [1]*국민대학교 공과대학 신소재공학부 나노융합구조소재실험실.* [2]*국민대학교 공과대학 신소재공학부.* [3]*한국과학기술연구원 전북분원 복합소재기술연구소.*

Keywords: Al-Cu 합금, 주조, 복합재, 기계적 성질, 석출

그래핀, 탄소나노튜브, 풀러렌과 같은 나노탄소물질은 매우 뛰어난 비강도로 인해 경량 금속 기반 복합재의 강화재로서 많은 관심을 받고 있다. 경량 금속인 알루미늄(Al)은 풍부한 매장량과 가공의 용이성, 뛰어난 내부식성으로 인해 자동차, 우주항공 등의 구조재료 분야에서 쓰일 수 있는 장점이 있지만, 강도가 낮다는 문제점을 갖고 있다. 따라서, Al의 강도를 향상시키기 위해 나노탄소물질을 분산시킨 복합재료 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 그러나, 나노탄소물질은 고온에서 Al과 반응하여 쉽게 탄화물을 형성하기 때문에 일반적인 공정 기술로 나노탄소물질이 분산된 Al 복합재를 제조하는 것은 매우 어렵다. 본 연구에서는 쉽게 상용화 할 수 있는 전통적 금속소재 제조 공정인 주조와 압연 공정을 이용하여 nano-Al_4C_3가 분산된 Al-5.5Cu 합금 기반의 복합재를 제조하였다. 먼저, Al 용탕에 탄소가 뜨는 것을 억제하기 위해 few layer graphene(FLG)이 분산된 Cu preform을 용탕에 넣어 탄소를 분산시켰다. 이 때, Cu/FLG preform은 저가의 graphite 분말과 Cu 분말을 볼-밀 공정과 열간가압을 통해 제조하였다. 주조가 진행되는 동안 Cu/FLG preform은 분해되는데, 이 때 Cu는 Al에 고용되어 Al-Cu 합금 기지를 형성하고, FLG는 Al과 반응하여 수~수십 나노미터 크기의 Al_4C_3가 형성된다. 주조 후 냉간압연을 통해 판상의 복합재를 제조하였고, 재결정과 시효를 위하여 적정 조건의 열처리를 하였다. 최종적으로 0, 0.09, 0.19 vol.%의 나노 탄소가 분산된 Al-5.5Cu 합금 기지 복합재를 제조하였고, 열처리 과정에 따른 재료의 미세구조와 복합재 내의 nano-Al_4C_3와 석출물이 기계적 성질에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 논의될 예정이다.

[복합1-4 | 10:10]

Mechanical and Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites: *손유한[1], 한준현[1]; [1]*충남대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Electroless plating, Graphite, Carbon Nano Fiber (VGCNF), Hotpress, Heatsink

최근 실생활에서 이용되는 Heat sink, Heat spreader는 전기, 전자기기부터 자동차까지 많은 분야에 이용이 되고 있다. 특히 기기에서 방출되는 열이 주변 소자에 안 좋은 영향을 미치므로, Heat sink는 열을 신속하고 빠르게 방출시켜 소자를 식히는 역할을 갖는다. 기존의 Heat sink, Heat spreader에는 구리 금속이 높은 열전도도와 재료의 낮은 가격으로 인하여 이용이 되었었다. 하지만 구리는 밀도가 높으며, 열팽창계수가 반도체나 PCB의 기판에 비해 작게는 2배에서 많게는 6배까지 차이가 발생하고 이는 기판과 Heat sink, Heat Spreader 사이의 열응력을 증가시킨다. 따라서 이 미스매치는 고출력의 전자기기의 사용이 진행이 되면 될수록 전자기기의 파괴 위험성을 증대시킨다. 최근의 전자기기의 추세를 종합해 보았을 때에, Heat sink, Heat spreader의 열전도도는 구리와 같거나 증대를 시키고, 가벼우면서도 강하며, 사용이 되는 기판과 열팽창 계수를 맞추는 것이 궁극적인 목표라고 할 수 있다. 주로 Heat sink, Heat Spreader의 복합재료에 이용이 되는 소재로는 금속인 구리나 알루미늄 기반의 금속에 탄소 소재의 강화상으로 이루어져 있다. 탄소 소재의 강화상으로는 Graphite, Graphene, Carbon nano tube, Carbon nano fiber를 첨가하여 복합체를 만드는 연구는 활발히 진행되고 있다. 최근 연구 동향은 나노스케일을 이용하여 기계적 강도를 향상시키는 연구들은 많이 진행되고 있지만, 아직까지는 나노 스케일 단위의 강화상이 뭉침으로 인하여 컨트롤하기가 어렵기 때문에 나노 스케일의 강화상(vol%)를 늘리는 것이 제한적이며, 나노 스케일의 강화상이 분산이 되었을 때, 그 계면들이 열전도도를 방해하는 역할을 하므로 열전도도 향상에서의 효과는 미미하다. 따라서 본 연구에서는 무전해도금으로 만들어진 Graphite와 특정 Volume 퍼센트 나노 스케일의 CNF의 삼종 복합재료를 만들었을 때의 기계적 특성과 열적 특성에 대해서 논의할 예정이다. 소결 방법에는 산업에 적용이 용이한 Hotpress 방법을 이용하였다.

[복합1-5 | 10:25]

직조된 탄소섬유를 이용한 알루미늄 복합재의 기계적 및 열적 특성 연구: 김경수[1], 김대영[2], 김홍건[1], *황준연[2]; [1]*전주대학교 탄소융합공학과.* [2]*한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: 탄소섬유, 알루미늄복합재, 미세구조, 압축강도, 열팽창계수

최근 전세계적으로 에너지 절약과 환경 문제에 따른 규제 강화로 경량소재 및 탄소섬유 복합소재 개발의 필요성이 증대되고 있다. 특히 이러한 추세는 자동차 및 항공 수송 산업에서 고기능성 경량 소재의 개발을 촉진하고 있으며 현재는 높은 비강도와 인장특성 등을 가지는 탄소섬유 강화 플라스틱이 개발되어 사용되고 있다. 그러나 탄소섬유 강화 플라스틱은 압축이나 강한 충격에는 매우 취약하기 때문에, 이를 보완하기 위해 최근 플라스틱을 대신하여 금속을 사용하는 탄소섬유 강화 알루미늄 복합재가 활발히 연구되고 있다. 기존의 연구에서는 불연속적인 탄소섬유를 이용하여 금속과 함께 casting 및 liquid infiltration기술 등을 통한 복합재 제조 기술이 주로 사용되었다. 그러나 고온에서 탄소섬유의 산화 및 탄화로 인해 Al과 약한 계면결합력을 형성하게되어 복합재의 물성이 감소된다. 본 연구에서는 압분체에 DC pulse를 인가하여 발생되는 방전플라즈마를 이용하여 소결하는 spark plasma sintering(SPS) 기술을 이용하여 복합재를 제조하였다. SPS기술은 0.001 torr 이하의 고진공 분위기에서 제조되므로 산화를 방지하고 빠른 시간에 치밀한 소결체의 제조가 가능하여 결정립의 성질을 제어할 수 있어 향상된 계면결합력을 갖는 금속복합재 제조가 가능하다. 본 실험에서는 40 μm 직경의 Al powder와 직조된 탄소섬유를 적층하여 Φ30 mm 흑연 몰드에 장입하고 10분간 진공분위기에서 25 MPa의 압력으로 소결하였다. 제조된 Al/C_f 복합재는 투과전자현미경을 이용하여 미세구조를 분석하였으며 계면에 Al_4C_3가 생성되었음을 확인하였다. Al/C_f 복합재의 열팽창계수는 열팽창계수시험기(TMA)를 통해 측정하였으며 기존의 금속 합금보다 낮은 것으로 확인되었다. 압축시험에서는 압축강도가 monolithic Al보다 섬유의 횡 방향과 종 방향 따라 각각 200%, 500% 증가하였지만 복합재의 연성이 감소하였다. 이는 X-ray microscope(XRM)분석을 통해 복합재 내의 Al 함량보다 취성 재료인 탄소섬유의 함량이 비교적 높았기 때문인 것으로 생각되며 탄소섬유의 함량에 따른 기계적 물성 측정을 비교 분석하였다.

[복합1-6 | 10:40]

Fabrication process and their applications of Graphene Nanoplatelet/Epoxy Nanocomposite as Structural material Requiring High Strength: *Joon hui Kim[1], Jaemin Cha[1], Sung Chan Yoo[1], Seong woo Ryu[2], Ho Jin Ryu[3], Soon Hyung Hong[1]; [1]*Dept. of Materials Science and Engineering, KAIST.* [2]*Dept. of Materials Science and Engineering, University of Suwon.* [3]*Dept. of Nuclear and Quantum Engineering, KAIST.*

Keywords: Graphene Nanoplatelet, Mechanical properties, Polymer matrix nanocomposites, Halpin-Tsai model

After the first Graphene announcement, many journals treating with this new material were published. Unlike Graphite, Graphene showed excellent properties derived from the geometry of the 2-dimensional structure. Graphene Nanoplatelets (GNP) made from raw graphite using intercalation and thermal expansion methods could produce Graphene on an industrial level and attracted interests for macroscopic applications. The main applications of GNP are polymer matrix nanocomposite. The research of nanocomposite is attracting attention in the industrial and academic fields that started with 1990's nylon-6 matrix research. Unlike polymer composites, polymer nanocomposites show excellent properties in spite of low volume percent of reinforcing material. The major manufacturing element of the polymer nanocomposite is the dispersibility of the reinforcing material in the matrix. However, due to van der Waals force, GNP aggregate among themselves and this aggregation act as an obstacle to polymer nanocomposite applications. In order to solve the problem of aggregation and dispersion, the functionalization process was adopted. This process gave GNP a proper dispersibility in solvent and polymer matrixes. The functionalization process could be divided into two processes: Covalent

functionalization and non-covalent functionalization. In this research, we chose non-covalent functionalization since this process do not harm properties of GNP and suitable for mass production. GNP was non-covalently functionalized with the aim of preventing aggregation and improving own properties by using functional molecules. After functionalization, GNP/epoxy nanocomposite were prepared by solvent mixing. The mechanical properties of the nanocomposite showed twice strengthening effect compared to raw GNP/epoxy composites. These experimental values were compared with the theoretical Halpin-Tsai model and showed even higher value that the assumption. These results could be explained by increase of interfacial adhesion force among functionalized GNP and epoxy matrix. Our team wishes that these results could provide valuable characteristic criteria for GNP as structural materials applications requiring high strength.

[복합2-1 | 10:55]

반응 합성을 이용한 알루미늄합금기지 복합재료 제조: *이정무[1], 김수현[1], 조영희[1]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: aluminum, composites, melt, in-situ, reaction

알루미늄 합금기지 복합재료는 경량이면서 강도 및 강성이 높고 내마모성과 고온특성이 우수하기 때문에 수송기기용 구조재료로의 사용이 기대되고 있다. 금속기지 복합재료의 기계적 특성은 기지합금의 화학 조성 및 첨가되는 강화재의 종류, 크기, 형상, 부피분율, 기지/강화재의 계면 특성 등에 영향을 받는다. 액상의 기지금속에 세라믹 강화재를 외부에서 주입하여 복합재료를 제조할 경우, 세라믹 강화재와 기지금속간의 낮은 젖음성으로 인하여 세라믹 강화재를 용탕 내에 주입하기가 용이하지 않다. 또한, 기지금속/강화재에서 원치 않는 계면 반응의 발생이나 기지/강화재의 낮은 계면 결합력으로 인하여 소재의 기계적 특성이 저하되기도 한다. 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 최근에는 용탕에서 연소합성반응을 이용하여 강화상을 자발적으로 생성시키는 공정에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 용탕에서 자발적인 반응으로 생성되는 강화상은 열역학적으로 안정하고, 강화상의 계면이 깨끗하기 때문에 기지/강화상의 계면 결합력이 우수하다. 본 연구에서는 화학반응을 유도하여 액상에서 자발적으로 강화상을 생성시키는 새로운 제조공정 기술을 소개하고, 이 공정으로 제조되는 알루미늄합금기지 복합재료의 미세조직적 특성과 기계적 특성에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다.

[복합2-2 | 11:25]

Interfacial and mechanical property of TiC/Mg composites produced by in-situ combustion synthesis: *조일국[1], 조승찬[1], 이상관[1], 이상복[1]; *[1] 재료연구소(KIMS).*

Keywords: Interface: Mechanical property: TiC/Mg composite: in-situ combustion synthesis

Lightweight Mg–based composites have been produced by in-situ combustion synthesis of the Al–Ti–C reaction system. The characteristics of the in-situ composites were investigated in terms of phase evolution and interfacial stability using various analysis techniques. The structural analysis results show that full conversion of the Al–Ti–C reactants into spherical TiC reinforcements with sizes around 1μm achieved by the combustion reaction. In-situ formed TiC has less oxygen and higher Al contents at the interface: these clean interfaces with an Al layer on the reinforcements are shown to yield interfacial stability. For this reason, the in-situ composites exhibit higher theoretical densities and also good mechanical properties compared with ex-situ produced composites. The interfacial characteristics of molten Mg with the Al–Ti–C reactants and the commercial TiC+Al substrates were evaluated using an infiltration technique under an argon atmosphere. Infiltration length increased with time at temperature, yielding activation energies (Ea) for each system. The value of Ea for the Al–Ti–C system (307.31 kJ/mol) is lower than that for the other system (350.84 kJ/mol): the high Ea value indicates that the infiltration is not a simple viscosity–controlled phenomenon but involves a chemical reaction. Formation of the Al_3Ti phase was observed from the crystal structural analysis of the infiltrated area: thus, existence of reaction promoting the wetting of Mg. The phase evolution, reaction mechanism and kinetics of the Al–Ti–C reaction were studied using DSC and HT–XRD. It is confirmed that, along with the melting of Al, there is formation of Al_3Ti by reaction between Al and Ti. A detailed structural analysis indicates that, the reaction mechanism involves melting of that Al followed by formation and growth of Al_3Ti, which then contacts the graphite powder and initiates the combustion reaction. The effect of important process parameters, such as the Al content and the reactant sizes, on the microstructure of the resulting in-situ composites is discussed. Feasibility and castability of the composites were investigated by high pressure die casting the composite preforms into automotive parts and durability tests were conducted on the cast parts.

[복합2-3 | 11:45]

액상가압을 통해 제조한 SiC/Al7075 금속복합재의 SiC 입자 크기가 동적 압축 특성에 미치는 영향: *최진혁[1], 이형수[1], 조민철[1], 조일국[2], 이상관[2], 이성학[1]; *[1] 포항공과대학교 [2] 재료연구소.*

Keywords: SiC, Al7075, Split Hopkinson Pressure Bar, Dynamic Compression Test

In defense research areas, it is necessary to obtain excellent ballistic performance with lightweight. Recently, lightweight alloy composites reinforced with ceramics such as SiC or B_4C have been developed by advanced fabrication technologies such as a liquid pressing process which is a promising way of lightweight composite fabrication. In this study, Al7075 alloy composites reinforced with SiC particulates which sizes were bimodal (10 mm + 30 mm), 10 mm and 30 mm 10, i.e., bimodal SiC-Al7075, 10 mm SiC-Al7075 and 30 mm SiC-Al7075 composites, were made by a liquid pressing process. In this work, relationship between size of reinforcement and dynamic compression properties has been studied.

[복합2-4 | 12:05]

TiC 입자강화 철강복합재료의 내산화 특성: *조승찬[1], 이영환[1], 조일국[1], 홍현욱[2], 서동우[3], 이상복[1], 이상관[1]; *[1]재료연구소 (KIMS). [2]창원대학교 신소재공학부. [3]포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: TiC, Steel, Metal matrix composite, Oxidation

철강복합재료는 Fe계 합금 기지에 세라믹 강화재(TiC, TiB_2, Al_2O_3 등)를 분산시켜 금속보다 가벼우면서, 우수한 고온 강도, 경도, 내마모성, 내산화성을 가지는 소재이다. 이러한 복합재료 중에서도 특히, TiC 입자강화 철강복합재료는 기존의 철강 소재보다 가벼우면서 우수한 구조강도를 가질 뿐 아니라 내산화, 내부식성이 우수하여 우주, 항공, 군수 분야의 고온 구조용 소재로 적합하며, 높은 경도 및 내마모 특성으로 인해 내마모 부품, 툴 및 압연롤 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 기대되고 있다. 본 연구에서는 용융가압함침공정을 이용하여 철강소재 대비 약 25% 경량의 TiC 입자강화 철강복합재료를 제조하였다. 미세조직 관찰 결과 TiC 입자가 기지재 내에 균일하게 분산, 함침된 형상을 관찰할 수 있었으며, 700°C 대기 분위기에서의 산화 특성 평가를 통해 기지재 대비 우수한 내산화 특성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 상기의 결과들을 통해 TiC 입자강화 철강복합재료가 우주, 항공, 군수 및 민수 산업분야에의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

[복합2-5 | 12:25]

SiC 강화재 표면 산화가 SiC/Al 복합재의 내마모성 및 파괴인성에 미치는 영향: *이태규[1], 류호진[1], 이준호[1], 조일국[2], 이상복[2], 이상관[2]; *[1]한국과학기술원. [2]한국 기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: SiC/Al MMC, surface modification, fracture toughness, wear resistance, liquid pressing technique

자동차 산업과 항공 우주 산업의 발달로 인해 경량 소재 개발의 중요성이 대두되고 있다. 그중 알루미늄 금속기지 복합재는 높은 비강성, 탄성계수, 고온 건전성 등의 다양한 장점으로 인해 차세대 경량 소재 중 하나로 인식되고 있다. 하지만, 금속기지 복합재는 강화재의 체적 분율이 증가할수록 기지 금속과 강화재 사이의 충분한 함침이 일어나지 않아서 기공률이 증가하는 문제가 있다. 기공은 금속기지와 강화재 사이의 높은 계면 에너지에 기인하는데, 이는 궁극적으로 금속기지 복합재의 물성을 저해한다. 또한, 금속기지와 세라믹 강화재 사이의 화학 반응을 통해 나타나는 화합물 역시 복합재의 물성을 저해한다. 본 연구에서는 Al/SiC 복합재를 제조함에 있어, 금속기지와 세라믹 간 계면 에너지를 줄이고, 화학 반응을 억제하기 위해 강화재 표면을 다양한 조건에서 산화 처리하였다. 이를 통해 50 vol%의 Al/SiC 복합재의 내마모성과 충격강도가 증가하였고, 이의 메커니즘 규명을 수행하였다.

[복합2-6 | 12:40]

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 미세조직 변화 및 인장파괴 특성: *박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 황금철[3], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 복합재료연구본부. [3]대화알로이테크.*

Keywords: Microstructure, Fracture, Tensile test, Residual stress, Heat treatment

본 연구에서는 용융가압함침공정을 사용하여 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 젖음성이 우수한 TiC 강화재를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 열적 안정성 및 내마모성을 지닌 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. SEM(scanning electron microscope)을 사용하여 입내 및 TiC/TiC 입자 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/matrix 계면이 [-111]SKD11//[001]TiC, (1-12)SKD11//(220)TiC 및 [012]SKD11//[110]TiC, (200)SKD11//(-224)TiC의 방향 관계를 가지는 semi-coherent nature를 이루어 우수한 계면 강도 가질 것이라고 예측하였다. TiC-SKD11 금속복합소재의 열처리에 따른 인장 특성 및 파괴거동을 고찰하기 위해 다양한 열처리(Softening, Hardening, Hardening+Tempering at 300°C, Hardening + Tempering at 500°C)를 통해 25°C 및 700°C에서 인장시험을 진행하였다. 파괴기구 고찰을 위한 SEM 관찰 결과 열처리와 시험온도에 관계없이 TiC 입내의 {100} 벽개면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 인장강도 비교 결과 상온에서는 Hardening, 700°C에서는 Softening시킨 열처리재가 가장 높은 인장 강도를 나타내었다. 이는 기지의 미세조직이 TiC-SKD11 복합소재의 인장 강도에 크게 영향을 미치고 있음을 반영한다. 추후 기지 미세조직과 복합소재 인장강도의 상관관계에 대한 정량적 고찰이 필요하다. 또한 HIP(Hot isostatic Pressing)처리한 복합소재와 HIP공정과 동일한 온도조건에서 추가 열처리한 복합소재의 미세조직을 관찰하였고 HIP처리 전에 비해 M7C3 분율이 감소(9.12% → 4.36% → 0.54%)하였다. 이는 고온 고압에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 판단된다. 인장강도 또한 HIP처리 전에 비해 25°C(791 MPa → 965 MPa), 700°C(490 MPa → 559 MPa) 인장 강도가 크게 향상함을 확인하였다. 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 측정으로 TiC 격자상수를 비교 하였다. HIP처리 전에 비해 TiC 격자상수가 작아짐을 확인함으로서 격자상수의 변화와 인장강도 간에 상관관계가 있을 수 있음을 확인하였다. 이는 HIP처리에 의해 내부 잔류응력이 인장 강도 향상에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 내부 잔류응력 영향에 대한 고찰이 필요하다고 판단하여 잔류응력 분석에 대한 차후 실험이 필요하다고 판단된다.

[복합2-7 | 12:55]

Finite element modeling of tensile deformation behaviors of iron syntactic foam with hollow glass microspheres: *Yi Je Cho[1], Wookjin Lee[2], Yong Ho Park[1]; *[1]Pusan National University. [2]Korea Institute of Industrial Technology (KITECH).*

Keywords: iron syntactic foam: glass microsphere: representative volume element: finite element method: tensile deformation:

Metal matrix syntactic foams are a new class of materials that combine the properties of particles-reinforced metal matrix composites and metal foams for load-bearing applications. For developing new metal syntactic foams, many researches have been conducted to

estimate the mechanical properties based on microstructure-property relationships. The representative volume element (RVE) model, which is one of the numerical techniques, has been successfully used for modeling of the syntactic foams because this assumes that all constituents are contained with significant enough quantities in the model to accurately represent the material behaviors. However, the RVE models were only used so far to describe the behaviors of polymer matrix syntactic foams. For polymer syntactic foams, the elastic modulus and fracture strength of the ceramics and glasses, composing microspheres, are mostly higher than those of the polymers. The case of the metal syntactic foams with those microspheres is opposite to the polymer's owing to higher elastic modulus and the elongation of the metal. These differences between polymer and metal syntactic foams can cause the differences in the mechanical properties and deformation mechanisms. None of the reported RVE models considers the plastic deformation of the metal syntactic foams as well as the fracture of the microspheres. An in-depth analysis of these behaviors is vital since they play a key role in the deformation of the metal syntactic foams. The aim of the present study was to develop a RVE model to represent the elastoplastic tensile behaviors of the iron syntactic foams with the glass microspheres. Models with different sizes were generated for numerical analysis, and validated by a statistical method and by a comparison between numerical, theoretical and experimental results. Using the models, the deformation mechanism with the fracture behaviors of the glass microspheres was investigated.

비철금속I
Room 325A, 10월 27일

[비철1-1 | 09:00]

Fe가 첨가된 과공정 Al-Si합금 열간압출재의 미세조직 및 특성: *이세동[1], 임수근[1], 김대환[2], 김태준[3]; *[1]경상대학교 나노·신소재공학부 금속재료공학과. [2]경상대학교 항공기부품기술연구소. [3]경상대학교 재료공정융합공학과.*

Keywords: Hypereutectic Al-Si alloys, extrusion, T6 heat treatment, microstructure

현재 전반적으로 사용되고있는 베인펌프는 프레스기, 차량용 파워스티어링 등에 사용되는 대표적인 유압펌프이다. 베인펌프의 로터에 장착되어 있는 베인은 실린더와 접촉하며 회전운동을 함으로써 높은 마모성과 열특성이 요구되는 부품으로, 시장에서는 베인의 소재로써 철계소재가 주를 이루고있다. 따라서 본 연구에서는 산업 전반에서의 소재 및 부품의 경량화 추세 및 주조 공정에서의 열에너지 저감 효과를 고려하여 베인소재에 적합한 내마모성과 열특성이 우수한 경량소재에 관한 연구를 진행하였다. Al-Si합금은 알루미늄 합금중 내마모성과 열특성이 매우 우수하며 주조성또한 뛰어난 합금으로 알려져 있으며, 특히 과공정 Al-Si합금은 피스톤블록, 차량용 브레이크 슈 등에 사용되어 높은 내마모성을 요구하는 곳에 사용되고 있다. 그러나 과공정 Al-Si합금에서의 초정Si상은 응고중 조대하게 성장함으로써 고온에서의 인성을 저하시킴으로, 본 연구에서는 Fe를 첨가하여 열적으로 안정한 β상(Al_5FeSi)의 정출을 통해 고온특성의 향상을 도모하였다. 그러나 β상 또한 Fe의 첨가량이 1-5 wt% Fe로 증가함에 따라 판상의 모양을 가지며 조대하게 성장함으로 본 연구에서는 압출비를 달리하여 열간압출을 진행하고, 이후 T6열처리를 통하여 각 압출재의 초정Si 및 β상의 파쇄효과 및 미세조직 대하여 연구하였다.

[비철1-2 | 09:15]

반응고 AM80-xMM 마그네슘 합금의 열처리 특성: *김서영[1], 김대환[2], 김덕현[1], 백아름[1], 임수근[1]; *[1]경상대학교 나노·신소재공학부-금속재료공학전공. [2]경상대학교 항공기부품기술연구소.*

Keywords: AM80, Mgnesium alloy heat treatment, Semi-solid casting

Mg-Al계 합금에서 $Mg_{17}Al_{12}$ 상은 온도가 증가함에 따라 기계적 특성이 급격히 저하되는 특성을 가지고 있다. 이러한 문제점에 대한 해결 방안을 제시하고자 $Mg_{17}Al_{12}$ 상의 형성을 억제하기 위해 Misch Metal을 0, 1, 3, 5 wt% 첨가하여 AM80 합금의 시효거동을 경도와 미세조직의 변화 등을 통하여 조사하였다. Misch Metal은 마그네슘 합금의 고온 특성을 비교적 저렴한 비용으로 향상시키기 위하여 널리 사용되고 있다. 이 실험에서는 Ce 68 wt%, La 32 wt%의 Misch Metal을 사용하였다. 상온에서 Misch Metal의 첨가로 인한 경도 향상은 없는 것으로 나타났으며, 열처리 시에는 Misch Metal이 첨가된 경우 그렇지 않은 경우보다 열처리 효율이 떨어지는 것을 확인하였다. 승온 인장시험을 통해서는 Misch Metal이 첨가된 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 승온시 강도가 저하되는 정도가 적음을 확인하였으며, 광학현미경과 전자현미경을 이용하여 Misch Metal의 첨가량에 따른 $Mg_{17}Al_{12}$ 상과 Misch Metal을 첨가한 경우 석출되는 상의 양상을 관찰하였다.

[비철1-3 | 09:30]

Al-Si-Cu계 용가재를 사용한 저융점 알루미늄 브레이징에서 첨가제가 접합조직에 미치는 영향: *이순재[1], 정도현[1], 정재필[1]; *[1]서울시립대학교.*

Keywords: filler metal, aluminum, brazing, DTA

알루미늄 합금은 제품의 소재원가 절감과 경량화가 가능하다는 장점 때문에 자동차, 열교환기 등의 제품에 널리 쓰인다. 특히 고강도의 알루미늄 5000, 6000 계열의 합금의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 하지만 이들 알루미늄 합금의 융점은 592°C로 기존 브레이징 공정 온도인 600~630°C 보다 낮기 때문에 브레이징 공정 시 모재의 손상이 발생할 수 있다. 따라서 고강도의 알루미늄 재료의 사용을 위해서는 브레이징 공정 온도를 낮출 수 있는 저융점의 brazing filler metal이 필요하다. Al-Si-Cu 합금은 공정 조성에서 524~540°C의 낮은 융점을 지니므로 에너지 절감을 위한 저융점 브레이징 기술을 위한 소재로 적합한 합금이다. 하지만, Al-Si-Cu 합금은 기지 내 높은 취성의 조대한 $CuAl_2$ intermetallic compound(IMC)와 Si 상을 지니게 된다. 이들 상의 조대화는 crack 발생의 원인이 되기 쉬워 브레이징 부 신뢰성 저하라는 문제점을 가져온다. 따라서 본 연구에서는 Al-Si-Cu 합금에서의 미세구조 개선을 위해 석출상 분산 효과가 있는 세라믹 분말을 seed material로 사용하였고, 합금의 개량 처리를 위해 Na 화합물과 Sr 등을 이용하여 합금을 주조 하였다. 이후 주사전자 현미경 이용하여 각 성분들의 미세구조 개선효과를 비교하였으며, EDS를 이용하여 합금의 조성 균일도를 분석하였다. 또한, 결정학적 특성 분석을 위하여 XRD를 사용하였으며, DTA를 이용하여 융점을 측정하였다.

[비철1-4 | 09:45]

방향성 초내열합금의 화학조성 및 미세조직에 미치는 Revert ratio 영향 고찰: *배현나[1], 송영석[1], 구지호[1], 김영대[1], 석진익[1]; *[1]두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀.*

Keywords: Superalloy, Investment casting, Directional solidification, Revert, Thermodynamics

주조용 니켈기 초내열합금은 뛰어난 고온강도, 내식성, 피로저항, 크리프 특성을 가지며 고온, 고압의 극한 공정 환경에 적합한 소재로서 발전용 가스터빈의 블레이드, 베인 제작에 적용되고 관련된 다양한 연구 및 개발이 진행되고 있다. 하지만, 다른 금속 소재에 비해 가격이 비싸고 변동 폭이 크다는 점은 산업적 측면에서 초내열합금 소재 상용화의 제한사항으로 지적된다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하며 원가 절감 및 생산성 향상 방안으로서 Revert 활용을 제시하였고 그 효용성을 살펴보았다. Revert 영향을

확인하기 위하여 초내열합금 모합금과 Revert 주조품의 비율을 다르게 혼합하여 1500°C의 진공조건에서 용해한 후 세라믹 쉘몰드를 이용하여 방향성 응고를 수행하였다. 제작된 정밀주조시편의 화학성분과 미세조직은 ICP-OES와 SEM-EDS를 사용하여 분석하였고, 열역학적 검토를 통해 조성 변화에 대한 원인을 고찰하였다. 결과적으로, 코발트, 텅스텐, 탄탈륨 등의 초내열합금 주요 원소 조성과 미세조직에서는 Revert ratio의 변화에도 불구하고 의미있는 차이를 찾을 수 없었다. 그러나, 크롬과 하프늄의 함량은 각각 12.4 wt%에서 12.1 wt%로, 0.82 wt%에서 0.62 wt%로 감소하면서 Revert ratio가 증가함에 따라 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, Revert 100% 주조시편은 하프늄 함량이 소재 허용 한계치를 벗어나면서 방향성 응고 초내열합금 적용에 적합하지 않음을 확인하였다.

[비철1-5 | 10:00]

Cu-Ti합금의 기계적, 전기적 특성에 미치는 불연속 석출물과 Ni 및 Si 첨가 효과: *조민아[1], 한승전[2], 안지혁[2], 임성환[3], 김광호[1], 손영국[1]; [1] *부산대학교* [2] *한국기계연구원 부설 재료연구소* [3] *강원대학교*

Keywords: Cu-Ti alloy, Discontinuous precipitation, Inclusions, High conductivity, High strength

동합금은 다른 금속 대비 우수한 전도도를 가지므로 전기 전자제품의 전도성 소재로 널리 사용된다. 현재에 이르러 전기 전자제품이 소형화, 경량화 되면서 그 백업소재로 사용되는 동합금 또한 고강도, 고전도도를 달성해야 한다. 일반적으로 금속은 강도를 증가시키면 전도도가 감소하는데, 이는 강도와 전도도가 상반관계(trade-off relation)를 갖기 때문이다. 따라서 동합금의 고강도화는 전도도의 감소를 필연적으로 야기한다. Cu-Ti합금은 Cu 기지 내에 Ti이 석출되는 석출경화형 합금으로, 순동 및 다른 석출경화형 동합금에 비해 매우 우수한 강도 및 굽힘가공성을 가지나, 주조 시 불균일 핵생성에 의한 개재물 생성으로 기존 동합금에 비해 제조가 어렵고, 시효처리 후 Cu 기지 내 잔류 Ti에 의해 전도도가 낮은 단점을 가지고 있다. 따라서 고강도 고전도도 Cu-Ti합금을 개발하기 위해서는 주조시 생기는 개재물의 억제와 Cu 기지에 고용되어있는 Ti의 효과적인 배출이 수반되어야 한다. 본 연구는 4 wt.% Ti이 첨가된 동합금에 Ni 또는 Si을 첨가하여 개재물과 석출상을 제어하고자 하였으며, Ni, Si 첨가로 인한 Cu-Ti합금의 미세조직 변화와 이에 따른 기계적, 전기적 특성 변화에 대하여 알아보았다. 미세조직 관찰 결과 Cu-Ti 합금에 Ni 또는 Si이 첨가될 때 결정립계에 생성된 개재물의 크기 및 개수가 감소하는 것으로 확인되었다. 그리고 모든 시편에서 6시간 시효 후 구형의 일반 석출물(continuous precipitation, CP)이 생성되었으나, 24시간 시효 후에는 시편 전역에 lamellar 구조의 불연속 석출물(discontinuous precipitation, DP)이 생성됨을 확인하였다. 시효 후, DP시편은 CP시편보다 낮은 강도를 가지나, 장시간 시효처리로 인해 잔류 Ti양이 적어 더 우수한 전도도를 보였다. 90% 인발 후 DP시편은 CP시편과 유사한 강도를 보였는데, 투과 전자현미경 관찰 결과 이는 Cu 기지 내 불연속 석출물의 일방향 정렬에 의한 추가 강화효과에 의한 것으로 확인되었다. 특히 Cu-Ti합금의 DP시편에 Ni이 첨가될 경우 인발 시 강화효과가 더욱 커지고, 전도도 또한 상승하는 것으로 나타나, 90% 인발 후 1219 MPa/31%IACS의 고강도, 고전도도 물성을 나타냈다.

[비철1-6 | 10:15]

Zr 피복관 산세폐액으로부터 회수된 Ba_2ZrF_8로 부터 반응성 음극을 사용한 Zr 전해제련: *최정훈[1], 이영준[1], 김영민[1], Nersisyan Hayk[1], 이종현[1]; [1] *충남대학교*

Keywords: 전해제련, 지르코늄, 반응성 음극, Cu-Zr 금속간 화합물

지르코늄 핵연료 피복관 제조 시 표면에 생성되는 이물질 및 산화피막을 제거하기 위해 질산과 불산 혼합용액이 사용되며, 산세용액 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. 또한, 전해 제련 및 정련 시 반응성 음극을 사용하여 Zr 회수 효율 증가에 대한 연구도 진행되고 있다. 본 연구에서는 폐 산세 용액에서 생성된 침전물 Ba_2ZrF_8로부터 지르코늄을 회수하기 위해 반응성 양극을 사용한 Zr 전해 제련 대한 연구가 실시되었다. 전해 제련 후 전착된 지르코늄 표면에 잔존하는 염은 진공 증류에 의해 제거되었으며, 진공 아크로를 사용하여 잔존 염이 제거 된 Zr을 잉곳으로 제조하였다. 또한, 반응성 음극에 형성된 Cu-Zr 금속간 화합물 층 형성 거동을 SEM/EDS 및 TEM을 통해 분석하였다.

[비철1-7 | 10:30]

STS304/Al1050/STS439 clad 소재의 열처리에 따른 기계적 거동 및 금속간 화합물 분석: *김용근[1], 홍순익[1]; [1] *충남대학교 신소재공학과*

Keywords: Heat treatment, STS, Al, Tensile property,

400계 ferrite계 스테인리스강은 가격경쟁력과 우수한 기계적 특성에도 불구하고 내식성과 가공성이 austenite계 스테인리스 강보다 떨어져, 부식 환경에서의 사용이 제한적이다. STS304는 대표적인 austenite계 스테인리스 강으로 내식성과 가공성이 우수하여 산업 전반에 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 STS439의 특성 개선을 위하여, STS304와 STS439 판재 사이에 Al을 삽입하여 압연 접합 후, 열처리 온도에 따른 기계적 거동 및 금속간 화합물에 대한 분석을 수행하였다. 접합된 소재는 450°C와 550°C에서 12시간, 24시간으로 나누어 열처리를 진행하였으며, 다양한 열처리를 거친 소재의 인장 및 굽힘 실험을 통하여 기계적 거동을 분석하였다. 인장 실험 결과 450°C에서 열처리한 시편들은 단일 소재의 거동과 유사한 경향을 보였으며, 약 370 MPa의 최대 인장 강도와 30% 이상의 연신율을 나타낸다. 하지만, 550°C에서 열처리한 시편들은 접합 소재에서 흔히 보이는 계단식 파괴 거동을 나타냈으며, 최대 인장 강도는 450°C에서 열처리한 시편과 크게 다르지 않지만, 연신율 25%, 50%, 65% 등의 구간에서 계단식 파괴가 진행되었고, 이와 같은 현상은 굽힘 실험에서도 동일하게 발생하였다. 450°C와 550°C에서 열처리한 시편의 차이를 분석하기 위해 금속간 화합물에 대한 분석을 진행하였으며, XRD와 EDS 분석 등을 통해 450°C에서 열처리한 시편에서는 생성되지 않은 다양한 금속간 화합물이 550°C에서 생성됨을 알 수 있었다.

[비철2-1 | 10:55]

분사주조법으로 제조한 과공정 Al-Si-Fe 합금 압출재의 기계적 특성: *김태준[1], 김대환[2], 이세동[3], 임수근[3]; *[1]경상대학교 재료공정융합공학과. [2]경상대학교 항공기부품기술연구소. [3]경상대학교 나노·신소재공학부 금속재료공학과.*

Al-Si 과공정 합금은 전형적인 고강도 경량주조 재료로써 구조재료 및 수송기기의 부품 재료로써 많이 사용되고 있다. Al합금내 Si의 높은 부피분율은 기계적 특성을 향상시키는 것으로 알려져있다. 그 외에도 Si상을 미세화는 경도 및 인장강도 향상을 기대 할 수 있다. 그러나 Al-Si 과공정 합금은 응고과정 중 초정 및 공정 Si의 조대화와 편석의 발생으로 인장강도, 경도, 가공성 저하의 우려가 있다. 조대하게 정출되는 초정 및 공정 Si의 형상을 제어하기 위하여 분사주조를 이용한 급속응고법을 통하여 합금을 제조하였다. 그리고 Al-Si합금에 Fe를 첨가하여 열적으로 안정적인 금속간화합물을 정출시켜 경도 향상을 시켰다. 분사주조로 제작된 Al-Si-Fe flake를 압축하여 압출 예비성형체를 제작하였고 압출을 통하여 봉상의 압출제를 제작하였다. 제작된 압출재의 경도 측정 및 미세조직을 측정하였다.

[비철2-2 | 11:10]

Al-Zn-Cu 합금에서 Al 및 Zn상 간 계면에너지 제어에 의한 강도 연성 동시 향상: 한승전[1], 최은애[1], *허기녕[2], 안지혁[1], 이재현[2], 임성환[3]; *[1]한국기계연구원 부설 재료연구소. [2]창원대학교. [3]강원대학교.*

Keywords: Al-Zn alloy, Interface energy, Cast alloy , Discontinuous precipitation

알루미늄 합금은 다른 금속 대비 우수한 비강도를 가지므로 자동차, 선박 등의 연비 향상을 위한 경량 구조재료로 널리 사용된다. 현재에 이르러 수송기기용 부품소재가 소형화 그리고 고강도화가 요구되면서 알루미늄 합금 역시 예외가 될 수 없다. 그런데 일반적으로 금속은 강도를 증가시키면 연성 및 인성이 감소하게 되는데, 이는 연성과 인성은 강도와 상반관계(trade-off relation)를 갖기 때문이다. 따라서 알루미늄 합금의 고강도화는 연성 및 인성의 감소를 필연적으로 야기한다. 특히 알루미늄 합금 주조재(cast alloy)는 다양한 용도로 사용되고, 가격적인 면에서 장점을 가지고 있다. 그러나 가공용 합금(wrought alloy)과는 다르게 첨가 원소량이 크기 때문에, 강화상 이외에도 개재물 등의 생성이 야기되어 강도와 연성의 동시향상은 기대하기 힘들다. 고강도 고연성 주조용 알루미늄합금을 개발하기 위해서는 미세한 강화상의 고른 분산과 함께 결정립에 생성되는 대형 개재물 억제가 수반되어야 한다. 본 연구는 35 그리고 45 wt% Zn이 첨가된 알루미늄 합금에 Cu를 첨가하고, 응고속도를 달리하여 석출상 및 개재물을 제어하고자 하였으며, Cu 첨가로 인한 Al-Zn 합금의 미세조직 변화와 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 알아보았다. 미세조직 관찰 결과, Al-Zn 합금에 Cu가 첨가될 경우, 결정립계에 불균일 핵성성에 의한 개재물이 불연속석출물로 변화되고 이는 연성의 증가에 기여하는 것으로 나타났다. 또한 Cu의 첨가는 Al 기지 보다는 Zn 석출상내에 고용이 되는 것을 TEM 상에서 확인하였고, 이는 Al/Zn 계면에너지를 감소시키는 것이 양자역학 계산결과로 나타났다. Al-Zn 합금에 Cu 첨가는 주조후 응고속도에 관계없이 Al-Zn 합금에 비해 석출되는 Zn상의 크기 감소를 유도하여 강도를 크게 향상시켰다. 또한 Al-Zn-Cu 합금 주조 시 응고속도를 감소시킬 경우 불연속석출물이 더욱 조장되고, 결정립계의 불균일 석출된 개재물의 양이 감소하면서 강도와 연성이 함께 향상됨을 관찰하였다. 사형몰드를 이용하여 제조된 Al-33Zn-2Cu 합금은 429 MPa의 인장강도와 9.7%의 연신율을 나타내었다.

[비철2-3 | 11:25]

3D레이저 코팅기술을 이용한 사고저항성이 우수한 핵연료 피복관 개발: *김일현[1], 김현길[1], 최병권[1], 양재호[1], 김선진[2], 임윤수[3]; *[1]한국원자력연구원 핵연료안전연구부. [2]한양대학교. [3]한밭대학교.*

Keywords: Fuel cladding, Laser coating, FeCrAl, ATF, Oxidation

2011년 후쿠시마 사고이전의 핵연료 피복관 개발은 정상운전 상태의 경제성 향상을 위해 연구가 진행 되었지만 후쿠시마 사고이후에는 정상상태 뿐만 아니라 사고상황에서도 핵연료 피복관 및 핵연료의 안전성이 확보되어야 한다. 사고상황에서 고온산화 및 고온변형에 우수한 성능을 가지는 핵연료(accident tolerant fuel: ATF)라고 정의하고 원전선진국에서는 사고저항성 강화 피복관 개발을 수행중에 있다. 현제 상용중에 있는 핵연료 피복관은 중대사고시 용융이나 핵연료 누출을 재료 한계 때문에 막을 수 없지만 사고저항성이 우수한 피복관을 적용할 경우 사고시 고온산화 및 변형에 의한 핵연료 누출을 지연 시킬 수 있어 사고안전여유도와 대처할 수 있는 시간을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 사고상황에서도 고온산화 저항성 및 고온강도를 향상시키기 위해 레이저를 이용한 코팅 기술은 연구하였다. 레이저를 이용하여 코팅소재를 코팅할 경우 지르코늄 모재와 코팅 소재간 계면에 혼합된 층을 형성할수 있기 때문에 접착성질이 크게 향상 시킬수 있다. FeCrAl(ATMP) 소재를 모제에 직접 코팅할 경우 950°C 이상으로 온도가 상승하게 되면 Zr과 Fe의 상호확산에 의해 코팅 물질 조성이 바뀌고 핵연료 피복관 모재에 Zr-Fe계 금속간 화합물이 형성되어 취화되는 문제점이 있다. 코팅소재와 모재와에 상호확산의 문제를 해결하고자 지르코늄 피복관에 아크 이온플레이팅 방법을 이용하여 Cr을 상호확산을 막기 위해 코팅한 후에 레이저를 이용하여 FeCrAl(APMT) 합금을 코팅하였다. 레이저를 이용하여 코팅한 결과 코팅층과 모재 간에 접착성질이 향상되었고 고온산화 저항성이 우수한 것을 확인하였다.

[비철2-4 | 11:40]

Al-Si-Cu 합금에서 기계적 진동에 따른 Cu의 함량과 SDAS의 상관관계: *배성호[1], 김희수[1]; *[1]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Gravity casting, Cooling curve, SDAS, Al-Si-Cu alloy

본 연구에서는 Al-Cu-Si합금에서 기계적 전동이 제2차수지상간격(Secondary dendrite arm spacing, SDAS)에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. Al 합금 중 Si의 함량을 8 wt%로 고정시키고 Cu함량을 0, 1, 2, 3 wt%를 변화시켜 3원계 Al-Si-Cu 합금을 제조하였다. 또한 Al-Si-Cu합금의 냉각속도의 차이를 측정하기 위해 계단형 금형으로 4단계로 설계하였고, 주조 시 각 층에서 합금의 냉각곡선을 측정하였다. 주조 후에는 각 층에서 시편을 채취하여 연마 후 SDAS(λ_2)를 측정하고, 냉각곡선으로부터 얻어진 냉각

속도(R)와의 관계식($\lambda_2 = AR^{-1/3}$)을 정립하였다. 이 식에서 A는 냉각속도와 SDAS의 관계를 나타내는 비례상수로, A의 증감에 따른 합금 내부의 미세조직의 분포도와 기계적 특성에 영향을 끼친다. 본 연구에서는 Cu의 함량이 다른 각각의 합금에 대하여 A를 측정하였다. 그 결과, 기계적 진동이 가해지지 않았을 때, SDAS에 대한 냉각속도의 비례상수(A)값은 Cu의 함량에 따라 감소하였다. 기계적 진동을 가하였을 때, A의 값은 Cu의 함량의 관계없이 균일하고 기계적 진동이 없는 경우보다 높았다.

[비철2-5 | 11:55]

Effect of electric current on bending formability and recrystallization kinetics in magnesium alloys: *Ju-Won Park[1], Hye-Jin Jeong[1], Sung-Woo Jin[1], Moon-Jo Kim[2], Jae Joong Kim[1], Heung Nam Han[1]; [1]*Materials Science and Engineering, Seoul National University.*

Keywords: magnesium alloys, Electroplasticity, Electropulsing treatment, recrystallization, bending test

It is known that applying electric current to a metal during deformation can enhance the mechanical properties (often called ‘electroplasticity’). In addition, Microstructural changes can be accelerated by applied electric current. Various probabilities on the electric current effect such as thermal effects due to Joule heating, electron wind effect and electrostatic field have been suggested. Recently, the authors had obviously demonstrated that the electric current enhances the atomic diffusion in metals and this may accelerate the microstructure change. In this research, the effect of electric current on the bending formability of AZ31 and AZX311 magnesium alloys, a bending test was conducted by applying pulsed electric current with high current density. An electropulsing treatment on recrystallization kinetics for AZ31 magnesium alloy was also investigated. To confirm the effect of electric current, microstructural changes by applying electric current were observed using electron backscatter diffraction (EBSD) and X-ray diffraction (XRD). Mechanical properties according to microstructure evolution was also evaluated by Vickers hardness test. Finally, the effect of electric current on bending formability and recrystallization kinetics of magnesium alloys was discussed with a distinct effect from joule heating.

[비철2-6 | 12:10]

AA 7055의 시효 조건에 따른 기계적 성질 예측 모델링: *맹한솔[1], 이석재[2] ; [1]*전북대학교 공과대학 금속공학과.* [2]*전북대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: AA7055, 시효 처리, 석출 강화, 기계적 성질, 예측 모델

알루미늄 합금은 1920년 이래로 항공기 프레임 재료로써 가볍고, 좋은 내구성, 손상에 내성이 있는 성질을 만족해 오고 있다. 지구 환경 문제가 대두됨에 따라 세계 여러 각 국에서의 연비 규제로 인한 경량화는 선택이 아닌 필수적인 요소가 되었기에 알루미늄 합금의 사용은 점차 확대되고 있는 추세이다. 항공기 산업뿐만 아니라 자동차, 방산 분야에서도 필수적으로 요구되는 높은 강도와 낮은 밀도 즉, 고비강도(high specific strength)의 장점으로 대별되는 알루미늄 합금 중 고강도 알루미늄 합금은 7050, 7055, 7075, 7150, 7475 등은 항공기용 소재를 포함하여 많은 분야에서 사용되고 있다. 그러나 순수한 알루미늄은 너무 연하여 항공기나 자동차에 필요한 높은 강도를 갖지 못하므로, 기지 내에 미세한 석출상을 석출시키기 위해 열처리를 가하여 목표하고자 하는 강도에 도달해오고 있다. 7XXX계열 알루미늄 합금 중 7075의 경우 1940년도 후반부터 항공기 동체와 상부 날개 부분에 사용되어 왔고, 시간이 지남에 따라 더 높은 강도를 갖는 7178, 7150, 7449 등이 발달되었다. 7055는 1991년 개발된 알루미늄 합금으로, 다른 7XXX계열 알루미늄 합금에 비해 연구가 비교적 덜 된 상태이다. 또한 석출경화형 알루미늄 합금인 2XXX, 6XXX, 7XXX계의 지금까지 많은 연구들이 시효 처리시 생성되는 석출상 자체에 대한 분석이나 석출상과 기계적 성질에 대한 정성적인 관계 분석에 치중되어있고, 시효 처리시 관찰되는 석출상의 거동과 석출상이 기계적 특성에 미치는 영향에 대한 정량적인 연구가 매우 제한적인 실정이다. 따라서 본 연구에서는 7055 알루미늄 합금에서 실험과 열역학 모델을 이용한 시효 석출상을 정량적으로 분석하고 기계적 특성에 영향을 미치는 효과를 연구하여, 석출 거동과 기계적 특성의 상호 관계 예측을 위한 구성 모델을 제시하고자 한다.

[비철2-7 | 12:25]

Cu/Al/Cu 클래드에서 Ni-interlayer의 두께에 따른 효과: *김형진[1], 홍순익[1]; [1]*충남대학교신소재공학과.*

Keywords: 클래드냉간압연, Cu/Al/CuNi, 전해도금접합강도

Cu는 Ag 다음으로 열과 전기의 전도율이 높고 고강도 특성을 이용하여 산업적으로 많이 쓰이는 비철금속이며, Al은 순동의 60%라는 양호한 전기전도도와 내식성, Cu에 비해 가벼운 특성을 갖고 있어 산업적으로 많이 쓰이는 비철금속 중 하나이다. 최근 Cu와 Al의 서로의 장점을 가지면서 단점을 보완하기 위한 Cu/Al/Cu 클래드의 제조 및 산업화에 대한 연구가 많이 수행되고 있다. 본 연구에서는 클래드의 접합강도의 향상, 기계적 및 전기적 특성을 저하 시키는 금속간 화합물의 형성을 억제하기 위해 Cu와는 완전 고용이 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 Cu와 Al을 냉간 압연하여 제조하였으며, 제조 후, Ni 두께 및 열처리에 따른 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

비철금속Ⅱ
Room 325C, 10월 27일

[AW-6 | 09:00] 서정상 수상기념강연

이상간 계면에너지 제어에 의한 알루미늄 및 동합금의 강도 및 연성향상: *한승전[1], 최은애[1], 임성환[2], 김광호[3]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소, [2] 강원대학교, [3] 부산대학교*

Keywords: Trade off property, Discontinuous Precipitation, Cu-Ni-Si, Alumina dispersion, Al-Zn alloy, High strength, High ductility,

동 및 알루미늄 합금은 가공경화, 석출경화 등의 강화기구를 복합적으로 작용하여 강화된다. 일반적인 석출강화형 합금은, 석출상의 크기, 형태 그리고 분포에 의해 기계적 성질이 결정되며, 강도의 향상을 위해서는 최적의 미세조직이 형성되도록 조성 및 공정조건의 제어가 필요하다. 그런데, 거의 모든 합금에서 강도의 상승은 연성 또는 전도도의 감소를 야기한다. 그 이유로써, 연성 또는 전도도는 강도의 상반특성이기 때문이다. 많은 금속 연구자들은 강도와 그 상반특성인 연성 및 전도도를 동시에 향상시키고자 노력해왔다. 본 연구는 동 및 알루미늄 합금에서 강도와 연성, 강도와 전도도를 동시에 향상시키기 위하여, 일반적으로 기계적 성질에 저해가 된다고 알려진 불연속 석출(discontinuous precipitation)물이 기지상과 안정한 계면을 가진다는 것에 착안하여, 불연속 석출물의 계면에너지를 합금설계로 감소시키고, 생성된 라멜라 구조의 불연속 석출물을 상온가공을 통하여, 동 및 알루미늄 기지상에서 가공방향으로 배열하고 연신하였다. 그 결과, 일반적인 가공경화에 의한 강도 상승효과 보다 큰 강도의 향상이 있었으며, 상온가공 후, 일반 석출 즉 연속 석출(continuous precipitation)물이 생성된 합금에 비해서 높거나 높은 강도와 연성을 나타내었다. 이는 현재까지 불연속석출물의 생성은 기계적 성질을 감소시키는 메커니즘으로 알려져 왔지만, 이를 나노규모의 복합재료를 제조하는 데 응용할 수 있다는 것을 밝혀냈다.

석출강화형 동합금의 경우, 강도증가 효과는 크지만 석출상을 이루는 원소의 기지내 잔류고용 때문에 전도도의 감소가 필연적이다. 따라서, 알루미나 등의 분산상을 내부 산화법에 의해 동 기지내에 생성시켜 강도와 전도도를 동시에 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 내부 산화 법에 의해 생성된 알루미나 분산강화 동합금은 생성된 알루미나의 크기가 크고 균질한 분포를 이루기 어렵기 때문에 높은 강도 상승은 힘들다고 여겨져 왔다. 그런데, 내부 산화를 위한 기지합금의 조성을 제어하여, 내부 산화시 생성되는 알루미나상의 구조변화를 일으키고, 구리 기지와 변형된 알루미나의 계면에너지를 감소시켰다. 그 결과, 동 기지내 알루미나의 크기 및 분포를 변화시켜 고강도 및 고전기전도도가 동시에 달성된 알루미나 분산동합금을 제조하였다.

[비철3-1 | 09:25]

Indium Tin Oxide(ITO) 전해환원공정 최적화를 위한 In, Sn 전해환원거동 모델링: *김영민[1], 권숙철[1], 이종현[2]; *[1] 충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재, [2] 충남대학교.*

Keywords: COMSOL Multiphysics, Solid Oxide Membrane(SOM), Electroreduction, Indium Tin Oxide(ITO)

전기, 전자 및 IT 산업이 발전함에 따라 디스플레이 산업이 더불어 발전하고 있는 추세로, 디스플레이 산업의 필수 소재인 In 금속의 수요가 꾸준하게 증가하고 있다. In 금속은 매장량이 매우 한정되어 전세계 수요량의 60% 이상이 폐 ITO(Indium Tin Oxide)의 재활용을 통해 수급되고 있으며, 습식 재처리 기술이 상용화되어 있다. 습식법의 경우 다량의 산이 필요하며 공정 시간이 길기 때문에, SOM(Solid Oxide Membrane) 양극을 이용한 건식 제련 공정을 이용하면, 온실가스 배출 및 폐기물 처리 비용을 절감할 수 있을 것이다. 이에 본 논문에서는, ITO 전해제련 공정 변수 최적화를 위하여 상용 유한요서해석 코드인 COMSOL Multiphysics V5.3, Electrodeposition module을 이용하여 용융염으로부터 In, Sn 금속의 전착거동 및 전기화학적 특성을 예측하였고, 이를 실험실 규모 전해제련장치를 이용한 CP(Chronopotentiometry)법을 이용하여 검증하였다.

[비철3-2 | 09:40]

High-temperature oxidation behaviour of low-entropy alloy to medium- and high-entropy Alloys: *Nana Kwabena Adomako[1], 김정한[1], 현용택[2]; *[1] 국립한밭대학교 신소재공학과, [2] 한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: High-entropy alloys: Oxidation: Thermogravimetric analyses: Diffusion

The high-temperature oxidation behaviour of CoCrNi, CoCrNiMn, and CoCrNiMnFe equi-molar alloys was investigated. All three alloys have a single-phase face-centred cubic (fcc) structure. Thermogravimetric analyses (TGA) were conducted at temperatures ranging from 800 to 1000°C for 24 h in dry air. The kinetic curves of the oxidation were measured by TGA, and the microstructure and chemical element distribution in different regions of the specimens were analysed. The oxidation kinetics of the three alloys followed the two-stage parabolic rate law, with rate constants generally increasing with increasing temperature. CoCrNi displayed the highest resistance to oxidation, followed by CoCrNiMnFe and CoCrNiMn exhibiting the least resistance to oxidation. The addition of Mn to CoCrNi increased the oxidation rate. The oxidation resistance of CoCrNiMn was enhanced to an extent by the addition of Fe. Cr had high diffusivity in Fe, and the formation of Cr_2O_3 was responsible for the reduction of the oxidation rates. The calculated activation energies of CoCrNiMn and CoCrNiMnFe from 800-900°C were 107 kJ/mol and 137 kJ/mol, respectively, values that were comparable to that of Mn diffusion in Mn oxides. The diffusion of Mn through the oxides at 800-900°C is considered to be the rate-limiting process. The intense diffusion of Cr at 1000°C contributed to the formation of $CrMn_{1.5}O_4$ spinel with Mn in the outer layer of CoCrNiMn and Cr_2O_3 in the outer layer of CoCrNiMn.

[비철3-3 | 09:55]

고체산화물 멤브레인을 활용한 마그네슘 제련용 불화물계 용융염 설계: *이유민[1], 진연호[2], 양재교[2], 박주현[1]; [1] *한양대학교*. [2] *고등기술연구원*.

Keywords: Solid oxide membrane, Molten salt, Magnesium extraction, MgF2-CaF2-LiF, MgF2-CaF2-NaF

고체산화물 멤브레인과(Solid Oxide Membrane, SOM) 용융염을 활용한 전기화학적 금속제련 공정은 기존 건식제련 공정에 비해 에너지 효율이 높고 친환경적인 장점을 가지므로, 최근 Mg, Zr, Ti 등 고부가 희소금속 제련 공정으로 주목받고 있다. 특히 Mg 제련의 경우, 기존 SOM Process에서는 MgF_2-CaF_2 eutectic flux와 yittria-stabilized zirconia(YSZ) 멤브레인을 사용하여 1200-1300°C의 온도에서 환원조업이 이루어지고 있다. 그러나 최근 YSZ 보다 저온에서도 우수한 이온전도도를 갖는 ceria계 멤브레인이 개발되면서 1000°C 이하의 비교적 저온에서 SOM process를 구현하기 위한 새로운 flux 설계가 요구되고 있음에도 불구하고 융점 1000°C 이하의 저융점 flux에 대한 연구는 보고된 바 없다. 따라서, 본 연구에서는 1000°C 이하의 저온에서 SOM process를 구현할 수 있는 새로운 용융염을 설계하고자 하였다. 실험에 앞서 용융염의 융점과 조성간의 관계를 열역학 소프트웨어인 FactSage™7.0을 이용하여 확인하였고, DSC 실험을 통해 MgF_2-CaF_2 flux에 LiF, NaF 첨가 시 용융염의 융점이 1000°C 이하로 감소함을 확인하였다. 또한, melt quenching 실험을 통해, 새롭게 설계된 용융염 내 MgO의 용해도를 측정하고, 이에 관한 열역학적 고찰을 실시하였다.

[비철3-4 | 10:10]

Fundamental Study of the Electrochemical Refining of Indium from In-Sn Alloy: *박광원[1], 손일[1]; [1] *연세대학교 신소재공학과*.

Keywords: Electrochemical refining, Redundant ITO recycling, Molten salt electrolysis, High temperature electrolysis, Cyclic voltammetry, Chronopotentiometry

Indium tin oxide (ITO) is a material prepared by dissolving SnO_2 in In_2O_3. In the visible light region the optical characteristics are excellent, in the infrared region, the reflection characteristics are excellent and relatively low electric resistance. Due to these characteristic, recently ITO is mainly used as a transparent conductive coating material. However, indium is a rare metal whose reserves are estimated to be about 16,000 tons. In addition, over 70% of the reserves are concentrated in China, monopoly of resources is also a problem. Therefore, the process of recycling indium in wasted ITO targets is very important for the next generation transparent electrode industry. At present, the recycling of the majority of redundant ITO targets accomplished through a hydrometallurgy process by using variety of acids. Hydrometallurgy process for redundant ITO targets, however, have problems of high process operating costs and low indium recovery due to complex and long processes. In order to overcome these problems, fundamental studies of high temperature electrochemical refining was performed to understand the mechanism and possibility to recycle indium. Thermodynamic calculations are performed by HSC chemistry 8.0. Fluoride based melts are used for molten salts electrolysis. Cyclic voltammetry (CV) is conducted to understand the electrochemical and diffusion behavior of indium ions in melts. Indium recycling performed in chronopotentiometry (CP). Recovered indium phases were identified by XRD (X-Ray Diffraction). The morphology and chemical composition of deposits were further analyzed by SEM-EDS (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy).

[비철3-5 | 10:25]

A Fundamental Study on the Selective Reduction of Ni in $NiFe_2O_4$: *라기호[1], 이상훈[1], 민동준[1]; [1] *연세대학교 공과대학 신소재공학과*.

Keywords: Selective Reduction, Nickel Ferrite (Trevorite), Ferronickel, Nickel

Limonite로부터 추출되는 금속 Ni의 품위 향상 여부는 $NiFe_2O_4$의 환원의 최적화에 기인하는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 $NiFe_2O_4$ 중 Ni^{2+}와 $Fe^{(2+,\ 3+)}$의 환원 포텐셜 차이에 의한 Ni의 선택적 환원 영역을 열역학적으로 도출하였으며, 해당 영역에서의 Ni의 선택적 환원에 미치는 산소 분압 및 온도의 영향성을 평가하였다. 본 실험에서 사용되는 $NiFe_2O_4$는 NiO와 Fe_2O_3 powder를 물리적으로 혼합한 후 air 분위기의 1200°C에서 24시간 유지, 소성을 통해 합성하였으며, $NiFe_2O_4$의 환원 거동을 TGA 및 XRD를 이용하여 분석하였다. $NiFe_2O_4$ 중 Ni의 선택적 환원 실험을 수행한 결과, 실험 조건 내에서 Fe-Ni이 형성됨을 확인하였으며, bromine-methanol leaching solution 추출 기법과, ICP-OES 분석을 통해서 침출액 중 Fe와 Ni의 품위 및 회수율을 확인하였으며, 이를 통하여 Fe-Ni 중 Ni의 품위 및 회수율에 미치는 산소 분압 및 온도의 영향성을 평가하였다. 이 결과를 토대로 limonite 중 Ni 품위 향상을 위한 선택적 환원의 열역학적 조건을 제안하였다.

[비철3-6 | 10:40]

Investigation of titanium electrorefining process from FeTi ingot in molten halide salts: *Vladislav Ri[1], 유병욱[1], Hayk Nersisyan[1], 이영준[1], 이종현[1]; [1] *충남대학교*.

Keywords: Electrorefining process, Titanium, Ferrotitanium alloy, molten salts.

A FeTi powder, previously received by SHS process, was smelted and then used as an anode material for separation of Ti from FeTi. In this study, electrorefining of Ti from FeTi was investigated at various solvent concentration in the electrolyte and temperature ranges from 600C to 700C. FeTi ingot was used as an anode and stainless steel as a cathode in eutectic LiF-KF melt with 1-10% addition of K_2TiF_6. On the FeTi anode oxidation of Ti occurred at more negative potential than that of Fe. This fact allows selective dissolution of Ti from FeTi ingot and following Ti reduction and formation of Ti deposit on the cathode. The electrorefining process was studied by cyclic voltammetry, anodic polarization measurement and chronopotentiometry methods. SEM and EDX analyzes were used to investigate deposition properties and composition.

P1 : 철강
Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P1-1]

지역난방시스템에서 이미다졸이 탄소강관에 미치는 영향에 대한 연구: 고상진[1], 김용상[1], 김우철[2], 김정구[1]; *[1]성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실. [2]지역난방공사 중앙연구원 기술효율연구팀.*

Keywords: Carbon steel, District heating system, Inhibitor, Potentiodynamic polarization test, FT-IR

부식성 환경에 노출된 금속 재료의 부식은 금속이 사용되는 모든 분야에서 여러 사고와 큰 경제적 손실을 초래하고 있다. 여러 산업분야에서는 이러한 부식에 의한 문제점을 개선하기 위해 유기도장, 부식 억제제 (corrosion inhibitor), 음극방식 그리고 내식성 합금사용 등의 방법을 적용하고 있다. 특히, 지역난방시스템과 같이 유체를 운반하는 배관이 사용되는 경우, 방대한 설비의 부식을 방지하는 가장 경제적인 방법으로써 부식 억제제를 적용하고 있다. 하지만 많은 종류의 부식 억제제는 생분해성이 낮아 환경적으로 많은 문제를 야기하고 있기 때문에, 최근 친환경적인 부식 억제제에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 상황이다. 특히, 생분해성 특성이 우수한 'green' 부식 억제제로 알려진imidazole 에 대하여 많은 연구가 진행 중에 있다. Imidazole은 anodic 부식 억제제로서 금속의 anode site에 화학흡착하여 소수성 막을 형성해 부식을 억제하는 역할을 한다. Imidazole은 석유화학산업에서 산성환경의 배관에 부식 억제제로써 사용되고 있기 때문에 산성환경에서 Imidazole의 부식 억제제 거동에 대한 연구는 많이 진행되고 있으나 지역난방시스템의 열배관 같은 pH 10 정도의 염기 환경에서의 거동에 대한 연구는 미미한 실정이다. 또한 특정 환경에서의 imidazole의 전기화학적 거동은 연구가 되고 있으나 금속의 표면에서 imidazole이 흡착되는 대상이 금속인지 금속산화물인지에 대한 문제와 어떤 구조와 결합으로 흡착하여 부식을 억제하는 역할을 하는지에 대한 연구는 부족한 상황이다. 이러한 연구는 imidazole이 부식억제제로서 금속에 미치는 영향을 이해하는 근거가 될 수 있다. 때문에 금속과 억제제 사이의 화학흡착으로 인한 상호작용을 나타내는 금속과 imidazole 분자 사이의 bond에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 pH10 환경에서 imidazole의 억제제로서의 거동을 동전위 분극시험, 전기화학적 임피던스 분광법 그리고 FT-IR 분석을 통하여 부식 억제제-금속간의 관계를 규명하였다. 본 연구는 한국지역난방공사에서 지역난방시스템 용접부의 환경기인 균열특성 향상을 목적으로 시행한 "지역난방 열수송 강관의 용접부 환경기인균열 특성개선 연구 (No. 0000000014524)"의 연구결과이며, 이에 대한 모든 권리는 한국지역난방공사에 귀속됩니다.

[P1-2]

수소취성을 활용한 템퍼드 마르텐사이트 조직강의 구오스테나이트 결정립 크기 관찰 방법: 김재환, 최명수, 최염호; *POSCO 기술연구원.*

템퍼드 마르텐사이트 (TM) 조직강은 강도와 인성 조합이 우수하여 화스너, 스프링, 베어링 등의 고강도 자동차용 부품으로 활용되고 있다. 이러한 TM조직강의 인성 개선을 위해서 고전적으로 구오스테나이트 결정립 크기 (AGS) 를 미세화 하는 연구가 진행되었다. 최근 산업적으로 AGS 미세화를 위해서 유도가열 열처리 (IHT) 를 활용하여 템퍼드 마르텐사이트 조직강을 제조하게 되는데, 이러한 IHT 는 가열 및 냉각이 1분 이내에 이뤄져서 AGS 미세화 뿐만 아니라 입계편석을 유발하는 원소들을 억제하는 효과가 있다. 반면, 이러한 IHT 방법으로 제조된 TM 조직강은 통상적으로 연마와 입계 선택부식으로 관찰하는 방법으로 AGS를 관찰하기 어려운 점이 있는데, 그 이유는 입계편석이 적고 고강도화에 따른 합금첨가로 소재의 부식성이 열위하게 되어 입계 선택부식이 어려워 졌기 때문이다. 본 연구에서는 AGS 관찰을 위해서 수소를 활용한 입계취성 원리를 이용하고자 하였다. ISO 16573 의 전기화학적 수소주입 방법을 활용하여 수소를 주입하여 소재내 강제로 수소취성을 유발시켜 입계파단된 시편의 AGS 를 관찰하였으며, 그 결과 입계부식법으로 AGS가 관찰되지 않던 IHT 제조 스프링 제품의 AGS도 관찰할 수 있었다.

[P1-3]

Effec of annealing condition on corrosion behavior and precipitation of secondary phase on super duplex stainless steel UNS S 32750: 신병현, 박상협, 박정현, 황명원, 정원섭; *부산대학교공대재료공학부 나노전기화학연구실.*

Keywords: Super duplex stainless steel, secondary phase, corrosion behavior, annealing condition

Super duplex stainless steel(SDSS)은 austenite와 ferrite로 구성된 dual phase stainless steel이기 때문에 우수한 내식성과 높은 강도를 가졌다. 이러한 SDSS의 특징은 해양 플랜트 등의 고압과 고부식 환경에서 사용이 가능하도록 하지만SDSS는 열에 민감하다. SDSS는 375°C와 975°C에서 secondary phase을 석출시키기 때문에 고온에서 사용은 secondary phase를 석출 시키고 내식성을 감소시킨다. Secondary phase의 석출은 austenite의 성장으로 시작된다. Austenite에서 Cr과 Mo의 고용도는 ferrite보다 20% 이상 낮기 때문에 austenite의 성장은 ferrite에서 Cr과 Mo의 함량을 증가시킨다. ferrite에서 과도한 Cr과 Mo의 증가는 austenite의 grain boundary 에서 Cr과 Mo를 과포화 시키고 Sigma를 석출 시킨다. Sigma가 석출되면 ferrite에서 과포화된 Cr과 Mo를 고용하기 때문에 ferrite에서 Chi를 석출시킨다. 석출된 Sigma는 높은 내식성을 가지지만 Sigma에 의해 석출된 Chi는 낮은 내식성을 가진다. 기존의 문헌은 특정 온도에서 열처리후 secondary phase의 마모 특성 및 내식성을 분석하였다. J. O. Nillson은 SDSS의 corrosion properties을 분석하였다. C. J. Park은 rare earth metal이 corrosion에 미치는 영향을 분석하였다. H. Tan은 solution annealing으로 corrosion을 분석하였다. 하지만 SDSS에서 secondary phase가 corrosion behavior에 미치는 영향에 대한 연구는 전무하였다. 그래서 본 연구는 고온에서 secondary phase가 석출되는 조건을 제어하고 secondary phase가 corrosion behavior에 미치는 영향을 분석하였다. Secondary phase의 석출은 975°C에서 in당 30 분을 열처리 후 과포호된 2차 상을 확인하였고 annealing time은 975°C에서 분 단위로 수행후 secondary phase의 분율을 image analysis로 측정하였다. Corrosion behavior

은 potentiodynamic polarization curve로 분석하였다. 하지만 corrosion behavior에 미치는 2차 상의 영향은 potentiostatic polarization curve로 확인하였다. Potentiostatic polarization curve는 critical pitting temperature와 electrochemical impedance spectroscopy로 분석하였다.

[P1-4]

중성자 차폐재용 borated stainless steel의 B 함량에 따른 미세조직 및 내공식성 변화 조사: *이창근[1,2], 하헌영[1], 원치형[1,2], 장재훈[2], 이태호[1], 조경목[2]; [1]*재료연구소* [2]*부산대학교*

Keywords: boron, borated stainless steel, Cr_2B, pitting potential

최근 국내외 사용후 핵연료의 발생 및 누적보관량이 증가하고 있고, 고밀도 저장시절 확충 요구 및 안전기준이 강화됨에 따라, 저장 시설용 구조재료의 고기능화가 요구되고 있다. 사용후 핵연료 저장용 거치대 및 수송기기용 소재 중 하나로, 중성자 흡수능을 가지는 합금원소 B를 활용한 borated stainless steel (BSS)이 사용되고 있다. 중성자 차폐용 BSS에 요구되는 여러 특성 중 내공식성은 습식 장조 내 저장용 거치대로서의 BSS 활용을 위해서 반드시 확보되어야 할 특성이다. 그러나, 국내 BSS 관련 연구는 주로 강도 및 압연성 등 기계적 특성 개선에 관련한 연구에 집중되었고 BSS의 내공식성에 관한 체계적인 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 ASTM A887-89에 제시된 합금($Fe_{balance}$18Cr12Ni1.5Mn 기지 합금)을 대상으로 B 함량(0.2-1.8 wt%)에 따른 미세조직 및 내공식성 변화를 조사하였다. 합금의 미세조직을 optical microscopy 와 scanning electron microscopy (SEM)으로 분석하였고 모재 및 석출상의 화학적 조성을 energy dispersion spectroscopy (EDS)와 electron probe micro analysis (EPMA)을 이용하여 분석하였다. 다음으로, 내공식성 조사를 동전위 분극시험법을 적용하여 NaCl 용액에서 수행하였고, 공식발생처를 SEM 및 surface profiler을 이용하여 관찰하였다. 미세조직 분석 결과, 모든 합금은 오스테나이트 기지에 석출상이 형성되어 있었고 B의 함량이 증가할수록 모재의 결정립 크기가 소폭 감소하였다. 석출상은 Cr_2B로 확인되었으며, B 함량이 증가할수록 Cr_2B의 부피분율은 증가하였다. 내공식성 분석 결과, B 함량이 증가할수록 공식전위는 감소하였으며, 이는 공식발생처를 제공하는 Cr_2B의 부피분율이 증가하고 모재 내 Cr 농도가 저감하기 때문으로 판단된다. 또한, B 함량에 따른 미세조직과 내공식성의 관계를 심도 있게 해석하기 위해 부동태 피막의 물리-화학적 특성과 전자적 특성을 분석하였다.

[P1-5]

Evaluation of hydrogen embrittlement mechanisms of EG 1180 TRIP steel: 황아인, 서동우; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: Hydrogen embrittlement, TRIP steel

In order to secure both fuel efficiency and passenger stability, the ultrahigh strength of automotive steel is expected to continue to grow in the future. In order to increase the strength of steel, it is necessary to add a large amount of alloying elements compared to conventional alloys. In order to solve this problem, electro-galvanizing technology is actively applied. However, in the case of electro galvanized high strength steel, concern about hydrogen delay fracture problem is being introduced from automobile companies. Therefore, in order to increase the application of electro galvanized ultra-high strength steel sheet, it is necessary to conduct preliminary research on quantitative evaluation, mechanism analysis and improvement plan of hydrogen delay fracture risk. In order to clarify the hydrogen delayed fracture mechanism of EG UHSS, diffused hydrogen quantification in steel using TDA, assessment of hydrogen delay fracture risk using SSRT, and identification of hydrogen delay fracture mechanism by hydrogen microprinting technique were analyzed.

[P1-6]

페라이트-오스테나이트 duplex 경량철강의 동적인장물성 및 변형 거동: 박재영[1], 조민철[1], 정혁재[1], 손석수[1], 곽재현[2], 김형섭[1], 이성학[1]; [1]*POSTECH.* [2]*POSCO.*

Keywords: Duplex lightweight steel, dynamic tensile properties, Transformation induced plasticity (TRIP), Twinning induced plasticity (TWIP)

연비 절감과 탑승자의 안전을 위해 차량용 강판의 경량화와 함께 고강도화가 점점 이슈화 되고 있다. 특히 austenite를 포함한 강종은 TWIP, TRIP과 같은 austenite의 변형기구로 인해 우수한 기계적 성질을 갖게 된다. 경량철강에 대한 많은 연구들이 진행되었지만, 주로 준정적 변형속도에 대한 연구가 주요하다. 자동차용 강판이 실제로 적용되는 환경은 변형율 속도가 매우 빠르기 때문에, 이러한 변형율 속도에서의 경량철강의 인장특성과 함께 변형거동에 대한 연구가 필요하다. 특히, TRIP, TWIP과 같은 면형기구는 변형율 속도에도 크게 영향을 받아 기계적성질에 크게 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 split Hopkinson bar를 이용하여 고속인장실험을 실시하고, 인장성질과 변형거동을 준정적 인장과 비교하여 분석하고자 하였다.

[P1-7]

5 μm 이하 초세립을 갖는 고내구강 제조기술: 김동윤[1], 조훈성[2]; [1]*세아베스틸㈜ 기술연구소.* [2]*전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 초세립, 고주파열처리

자동차 부품 중 허브베어링, 등속조인트의 드라이브 샤프트, 외륜 등 구동계 부품은 부품 특성상 일반적으로 고강도와 고인성이 요구되며, 통상 중탄소 합금강을 고주파 열처리를 통해 표면을 경화하여 높은 내마모성을 가지면서 내부는 인성을 가지도록 제조한다. 하지만, 고주파 열처리 시 높은 가열온도와 사용되는 재질의 한계성으로 인해 표면의 오스테나이트 결정입도는 15~30 μm의 결정입도를 나타내어 피로강도가 떨어진다. 또한 변속기용강으로 사용되는 저탄소 합금강은 단조와 가공을 통해 형상을 만든 후 표면에 내마모성을 부여하기 위해 침탄열처리를 실시하는데 침탄열처리는 고주파 열처리에 비해 상당히 긴 열처리 시간이 소요된다. 기

Poster Session I

존 기술은 저탄소강을 침탄열처리를 통해 변속기용 부품을 만들고, 새시용 허브 베어링, 등속조인트 부품은 1,000°C 이상의 온도로 고주파열처리를 실시하여 부품을 만들고 있다. 본 연구에서 개발된 고주파용 초세립강은 기존강에 비해 Si 성분을 높이고 입계 미세화를 위해Mo, V, Al을 첨가하였으며, 기지조직을 베이나이트화 시키기 위해 B를 첨가하였다. 또한 등속조인트용 강은 기존강에 비해 고주파열처리후 표면경도를 높이기 위해 C, Si 성분을 높이고 Mo, V, B을 첨가하였다. 변속기용 비교강과는 C의 함유량이 차이가 있고, 고가의 Mo 성분을 줄이고, 통상의 침탄용강의 입도미세화 원소인 Nb을 삭제하였다. 이런한 조직적 변화를 통해 개발강은 변속기용강중 고강도강인 기존의 SCM920HVSI 대비 비틀림강도가 25% 향상되었고, 허브 베어링용 전동피로수명에서 SAE1055M의 1.02백만회 대비 8.14백만회로 우수한 피로수명을 나타내었다. 이는Mo 석출물의 입계에서의 피닝효과로 고주파열처리 후 5 μm 이하의 결정입도를 가짐으로서, 양산강의 오스테나이트 결정입도는 통상 15~30 μm의 결정입도를 가지는 양산강에 비해 우수한 내피로수명을 나타낼 수 있었다. 본 연구를 통해 오스테나이트 결정입도가 5 μm 이하를 갖는 초세립을 개발하여, 고내구성이 요구되는 자동차용 변속기용 샤프트, 새시용 허브베어링, 등속조인트의 드라이브 샤프트 부품에 적용하여 피로강도를 획기적으로 개선하여 강도를 향상시키고 침탄열처리를 고주파 열처리로 대체함으로서 자동차부품 제조시 경량화 및 원가절감을 이룰 수 있는 강을 개발하였다.

[P1-8]

저합금강의 저온인성에 미치는 잔류오스테나이트의 영향: 손영훈[1], 김성환[1], 김병준[1], 장재호[1], 손근용[2], 남대근[1]; *[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]인제대학교.*

Keywords: Low Alloy Steels, Intercritical Heat Treatment, Retained Austenite, Toughness, DBTT(Ductile – Brittle Transition Temperature)

국내 노후 원전 해체 산업에 대한 필요성이 고조됨에 따라, 사용 후 핵연료 수송 및 저장 용기로 경제성이 우수한 저합금강이 주목받고 있고, 이에 관한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 이때 사용되는 저합금강은 중성자와 캐스크 격자원자 간의 반응으로 인한 취성화 현상을 극복할 수 있는 높은 충격특성과 낮은 천이온도(DBTT)를 확보하는 것이 필수적이다. 이러한 특성들을 만족하기 위해서는 캐스크 제작 초기에 해당 특성을 만족시킬 수 있는 소재 선택과 이후 적절한 공정 적용이 필요하다. 본 연구에서는 기존 산업에서 널리 적용되는 열처리 공정인 Quenching-Tempering 사이에 이상영역 열처리(Intercritical Heat Treatment, IHT)를 적용하고, 이로 인한 잔류오스테나이트 형성에 따른 저합금강의 저온인성에 미치는 영향을 분석하였다. 잔류오스테나이트 안정화 원소인 C, Mn, Ni 분포 및 Morphology 분석을 위한 TEM 분석을 진행하였고, 유효결정립 측정을 통한 결정립 미세화 정도를 측정하기 위한 EBSD 분석이 시행되었다. XRD 분석 결과, 두 번의 IHT를 통해 약 3% 정도의 잔류오스테나이트를 확인하였으며, 기존 QT 공정에 비해 두 번의 IHT를 적용한 공정의 저온인성 특성이 향상된 것을 확인하였다.

[P1-9]

오스테나이트계 스테인리스강의 냉간압연 및 표면크랙 가공을 통한 강도 및 인성향상: 김광윤[1], 박민하[1], 문형석[1], 김형찬[1], 권세훈[2], 김병준[1]; *[1]한국생산기술연구원 동남권지역본부. [2]부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Fracture toughness, Cold work, Surface cracking process, Austenite stainless steel, Strength

산업기술의 발달은 그 응용에 사용되는 재료의 성질에 있어서도 큰 변혁을 요구하고 있으며, 그 중에서도 고강도 및 고인성을 요구하고 있다. 특히 극저온 환경에서는 저온취성에 의한 재료의 특성이 크게 저하되기 때문에 극저온환경에서 사용되기 위해서는 우수한 저온 특성의 재질이 요구되고 있다. 일반적으로 면심입방구조인 (FCC) 오스테나이트계 스테인리스 강은 저온환경에서 우수한 기계적 특성을 보이기 때문에 주로 사용 되고 있지만, 항복강도가 낮아 고강도를 요구하는 분야에 사용하기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 오스테나이트계 스테인리스강의 강도를 향상시키기 위하여 냉간압연 공정을 실시하고, 냉간압연으로 인해 낮아진 저온충격특성을 향상시키기 위하여 표면 미세크랙 가공 기술을 개발하였다. 충격특성 결과, 표면 미세크랙 가공 기술은 냉간압연된 오스테나이트계 스테인리스강의 표면에 의도적으로 미세크랙을 가공하여 파괴시 응력분산을 극대화 하여 강도 및 저온충격특성을 동시에 향상 시킬 수 있었다. 또한 충격시험편의 파면 관찰을 통해 미세크랙 팁 부분에서 응력이 분산하는 것을 관찰하였고, 극저온 환경에서 연성파괴의 비율이 증가하는 것을 확인함으로써 인성향상 효과 메커니즘을 규명하였다.

[P1-10]

해양플랜트용 460 MPa 급 철강재료의 열영향부 미세조직과 샤르피 충격 특성: 김종우[1], 한종민[1], 김정기[1], 서원석[1], 서용찬[2], 황성두[2], 김종철[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]; *[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]현대제철 기술연구소.*

Keywords: 해양플랜트용 철강재료, 열영향부, 미세조직, 샤르피 충격 특성

육상 및 근해의 천연 자원이 점차 고갈됨에 따라 해양플랜트는 극지방이나 심해저에서의 유전개발에 그 수요가 증가되고 있다. 이에 따라 극지방 및 심해저에서 사용되는 해양플랜트용 철강재료는 높은 항복강도와 우수한 저온 인성 등의 기계적 특성이 요구되고 있다. 이러한 해양플랜트용 철강재료는 용접 과정을 거치며 모재의 미세조직과는 다른 미세조직을 갖는 열영향부가 형성되어 물성이 변하게 된다. 열영향부에서 급열과 급냉의 과정으로 마르텐사이트나 MA(Martensite-Austenite constituents)와 같은 경질상이 증가하기도 하며, 결정립 성장에 따른 미세조직의 조대화와 상변태로 인하여 상 분율의 변화가 발생된다. 이는 결국 열영향부의 인성을 저하시켜 극지방 및 심해저에서 사용 시 취화의 원인으로 작용할 수 있으며, 연성-취성 천이온도의 증가로 저온환경에서의 취성파괴를 일으키는 문제도 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 해양플랜트용 460MPa급 철강재료에 용접모사를 통해 열영향부를 제조하고, 이들의 미세조직을 분석하였다. 또 저온에서 샤르피 충격시험을 진행하여 충격인성을 측정하고, 파면을 분석하여 파괴기구를 규명하였다. 그 결과로부터 미세조직과 샤르피 충격 특성과의 상관관계를 조사하였다. 본 연구는 한국산업기술평가관리원의 '극한환경용 ICE

내충돌, 고인성 해양플랜트 강재 및 적용 기술 개발'의 과제지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. (과제번호 : G01201701010377)

[P1-11]

해양플랜트용 철강재료의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 합금원소의 영향: 김정기[1], 김종우[1], 한종민[1], 서원석[1], 박응렬[2], 조성규[2], 주형건[2], 권용재[1], 이정구[1], 신상용[1]; *[1]울산대학교 첨단소재공학부. [2]현대제철 기술연구소.*

Keywords: 해양플랜트용 철강재료, 미세조직, 기계적 특성, 합금원소

근해의 석유 및 천연가스 자원이 점차 고갈됨에 따라 심해저와 극지방에서의 자원 개발에 대한 관심이 최근 증가하고 있다. 이러한 산업적인 수요에 맞추어 해양구조물용 철강재료는 두께와 물성이 더욱 향상되어야 한다. 고강도 고인성의 해양플랜트용 철강재료는 용접의 과정을 거치면서 모재와는 다른 열영향부가 생겨나고 물성이 바뀌게 된다. 가령, 용착 금속에서 다층 용접 시 발생하는 재가열부에서는 결정립 조대화와 함께 결정립계 페라이트의 분율이 증가하기도 하며, 급열과 급랭의 과정으로 마르텐사이트나 MA(Martensite-Austenite constituents)와 같은 경질상이 증가하기도 한다. 이는 결국 인성을 저하시켜 심해 및 극지방 사용 시 취화의 원인으로 작용할 수 있다. 그리고 연성-취성 천이온도의 증가로 저온환경에서의 취성파괴를 일으키는 문제도 발생할 수 있다. 따라서, 해양구조물용 철강재료의 열영향부가 우수한 저온 인성을 갖도록 미세조직을 제어하는 연구는 전세계적으로 꾸준히 진행되고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 합금원소를 달리한 해양플랜트용 철강재료를 제조하여 모재와 용접모사 시 입열량을 변화시켜 열영향부를 제조하고, 이들의 미세조직을 분석하였다. 또한 모재에 대해 인장 및 샤르피 충격 시험을 실시하여 기계적 특성을 측정하였다. 그 결과로부터 각 합금원소에 대한 미세조직과 기계적 특성 간의 상관관계를 조사하였다. 본 연구는 한국산업기술평가관리원의 '극한환경용 ICE 내충돌, 고인성 해양플랜트 강재 및 적용 기술 개발' 과제지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. (과제번호 : G01201701010377)

[P1-12]

구성방정식을 이용한 페라이트-펄라이트 강의 항복비에 미치는 미세조직적 인자의 영향 해석: 이상인[1], 홍태운[1], 유선아[1], 이준호[2], 황병철[1]; *[1]서울과학기술대학교 신소재공학과. [2]고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: yield ratio, microstructural factor, ferrite-pearlite steel, constitutive equation

최근 건축물의 내진 설계 의무화에 따라 내진용 고강도 철강 소재 개발 및 생산 기술의 안전성을 확보하기 위해 우수한 항복비(yield ratio)를 갖는 철강 소재에 대한 연구가 증가하고 있다. 항복비는 항복 강도를 인장 강도로 나눈 값으로, 이는 소성이 시작되는 초기 항복부터 네킹(necking)이 일어나기 전까지의 균일 연신율에 해당되는 변형율 구간에서 재료가 가지는 가공경화율과 밀접한 관계가 있다. 페라이트-펄라이트 조직을 갖는 저탄소강은 구조물 및 건축물 등에 사용되는 대표적인 철강 소재로서 최근 이슈화 되고 있는 내진 설계에 대응하기 위해 항복비에 미치는 미세조직적 인자에 대한 연구가 매우 중요하다. 실제로 페라이트-펄라이트 조직에서는 페라이트 결정립 크기, 페라이트/펄라이트 부피 분율, 펄라이트 층상간격, 및 시멘타이트 두께 등의 다양한 미세조직적 인자들이 존재하며, 합금 원소 및 열처리 조건에 의해 상호의존적으로 변하기 때문에 항복비에 미치는 각 인자들의 독립적인 영향을 이해하기 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 합금 원소, 오스테나이트화 온도, 등온 변태 온도의 조절을 통해 다양한 페라이트-펄라이트 조직을 갖는 저탄소강 시편을 제조한 후 미세조직을 정량적으로 분석하고 변형거동을 묘사하는 구성방정식을 활용하여 항복비에 미치는 미세조직적 인자의 영향을 체계적으로 분석하였다.

[P1-13]

TWinning Induced plasticity/Low-carbon(TWIP/LC) clad**강의 동적인장성질**: 조민철[1], 강민주[2], 박재영[1], 손석수[3], 안동현[4], 김형섭[1], 최원태[5], 진광근[5], 이성학[1]; *[1]포항공대 신소재공학과. [2]재료연구소(KIMS). [3]항공재료연구센터. [4]한국원자력연구소. [5]POSCO.*

Keywords: TWIP steel, Low-carbon steel, TWIP/LC clad, Dynamic tensile test

TWinning Induced Plasticity(TWIP)강은 우수한 인장성질을 갖지만 나쁜 표면특성, 지연파괴, Liquid Metal Embrittlement (LME) 등의 문제점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해, 열간압연을 통해 TWIP강을 중심으로 Low-carbon(LC)강을 접합한 TWIP/LC clad강을 제조하였고 Hopkinson tensile bar를 이용하여 동적인장 성질을 평가하였다. 제조된 TWIP/LC clad강 모두 TWIP/LC 계면에 void와 pore없이 잘 접합되었다. 동적인장 시험결과 준정적 인장결과와 비교해 높은 강도와 연신율을 보였으며, 이는 동적인장 중 더 많은 deformation twin이 형성되었기 때문이다. 또한 이는 rule of mixture로 계산된 결과보다 훨씬 더 높은 값을 갖고 이는 계면에서 상당히 많은 stress와 strain을 수용하기 때문으로 보인다. TWIP/LC clad강은 TWIP강의 volume fraction을 조절함으로써 다양하고 우수한 동적 인장 성질을 확보할 수 있고 이는 자동차의 구조용강으로서 사용가능성이 크다.

[P1-14]

Coarsening behaviour of Cr_2B precipitates in borated stainless steel: 원치형[1,2], 장재훈[1], 문준오[1], 하헌영[1], 이태호[1], 강남현[2]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]부산대학교.*

Keywords: Borated Stainless Steel, Cr_2B, coarsening, Multi-component diffusion simulation

원자력 발전에서 만들어지는 사용 후 핵연료는 많은 양의 열중성자가 발생된다. 이러한 열중성자가 외부로 유출되는 것을 막고 안전하게 보관하기 위해 중성자 차폐를 위한 구조재의 개발이 필요하다. 중성자 흡수능이 우수한 붕소(B)를 오스테나이트계 스테인리스강에 첨가하여 고효율의 차폐 성능을 확보할 수 있으나, 다량B 첨가강의 경우 열간가공성, 냉간가공성 및 인성 등이 저하되는 문제점으로 B 첨가에 한계가 있다. 이러한 물성 저하는 B 첨가에 따라 만들어지는 Cr_2B 상의 양과 미세구조에 밀접한 관련이 있어,

열처리에 따른 석출물 거동에 대한 이해가 필수적이다. 본 연구에서는 B 함유강에 대한 열처리 및 조직 관찰을 통해 형상 변화 및 물성 변화를 관찰하였다. 이와 더불어 다원계 확산 전산 모사를 이용하여 온도 및 열처리 시간에 따른 석출물 조대화를 모사하였으며, 그에 기반하여 조대화에 미치는 주요 합금 원소들의 영향을 분석하였다.

[P1-15]

PBF와 DED 공정으로 제조된 17-4PH합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가: 윤종천, 이민규, 이윤선, 김우성, 성지현, 차경제, 연시모, 손용, 김다혜; *한국생산기술연구원.*

Keywords: 3D Printing, 17-4PH, PBF, DED

4차 산업혁명의 핵심 기술로 3D 프린팅 기술이 이슈화됨에 따라 기존 제조공정을 대체하는 금속 3D 프린팅 기술에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 금속 3D 프린팅 기술에는 PBF(Powder Bed Fusion)와 DED(Directed Energy Deposition) 공정이 대표적이다. PBF의 경우 플랫폼 위에 미립의 금속 분말을 얇게 도포한 뒤 선택적으로 레이저 또는 전자빔 등을 조사하여 용융시켜 적층하는 방식이며, DED의 경우 모재의 적층할 위치에 고에너지의 레이저를 조사하여 국부적 용융풀(melt pool)을 형성시킨 뒤 용융풀에 금속 분말을 공급하여 적층하는 방식이다. 적층 방식에 따라 적층된 소재의 미세조직, 기계적 특성 등이 달라지지만 아직 이에 대한 연구는 부족한 상황이다. 본 연구에서는 PBF와 DED방식으로 제조된 17-4PH 합금의 물성 차이에 대해 고찰하고자 한다. 본 연구에 사용된 금속 소재는 17-4PH 합금으로 시효열처리에 의해 Cu가 석출되는 석출강화형 합금이 사용되었다. PBF와 DED방식으로 각각 시편을 제작하였고, 상분석(XRD), 미세조직 관찰(FE-SEM) 및 EDS 분석을 진행하였으며, 각각의 시편에 대해 비커스 경도계 및 인장 시험기를 이용하여 기계적 특성평가를 진행하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 PBF와 DED 방식으로 적층된 두 시편의 미세조적, 기계적 특성을 비교 평가하였다.

[P1-16]

압연방법에 따른 산업용 베어링강의 내질 확보 기술: 전호성[1], 조훈성[2]; *[1]세아베스틸(주) 기술연구소. [2]전남대학교 신소재공학과.*

Keywords: 압연, 베어링강, 내질개선

자동차 및 회전하는 기계의 축을 일정한 위치에 고정시키고 축에 걸리는 하중을 지지하는 베어링은 기계에 안정적인 능력을 발휘하기 위해 높은 기계적 성질 및 물리/화학적 성질이 요구되는 소재 중 하나이다. 일반적으로 베어링강은 높은 경도, 항복 강도, 인성, 그리고 내마모성 등이 요구되는데, 특히 회전 접촉에 의한 피로 저항 강도나 피로수명이 매우 중요한 요소이다. 피로수명에 영향을 미치는 인자 중에 중심부 편석, 탄화물 편석, 내부 결함 유무 등이 주요 평가 항목이며, 이에 대한 평가 기준 및 요구치 수준이 용도 및 특성에 따라 명확하게 제시되어 있다. 베어링강은 자동차용 베어링강과 산업, 기계용 베어링강으로 나뉠수가 있는데, 자동차용 베어링강의 경우는 일반적으로 STB2강종이 많이 사용되며, 제품의 크기는 Φ110 이하가 대부분이다. 하지만 산업용 베어링강은 Φ20~350까지 다양한 크기가 사용되며, 제품의 단련비 특성이나 편석, 내부 품질등의 이유로 90% 이상의 제품이 ingot소재의 단조 공정을 통해 생산하고 있다. Ingot-단조 공정으로 생산 시 생산성 및 수율 저하, 원가 상승이 발생하기 때문에 본 연구에서는 산업용 베어링강을 BLOOM 연주 공정을 통해 생산할 수 있는 방법을 개발하였으며, 소성변형 공정인 대형 압연의 가열 및 압연 방법에 따른 베어링강 내부의 탄화물 편석과 결함 크기 감소 효과를 관찰하였다. BLOOM 연주 공정에서 주속 및 경압하 최적화 조업으로 BLOOM소재의 내질 건전성을 확보하였으며, 대형압연 가열 공정에서의 가열 온도와 시간에 따른 탄화물 편석 저감능에 대한 평가, 그리고 제품 내질 확보를 위한 강압하압연, 저속압연, 냉각 압연 등의 방법으로 실험이 진행되었다. 개선 공정의 적용으로 일반 공정 대비 중심부 편석도가 40% 향상되었고, 중심부 결함 크기도 30% 개선하는 효과를 나타내었다. 본 연구를 통해서 블룸 연주- 대형압연 공정으로도 Ingot-단조 수준의 탄화물 편석과, 내부 품질 수준을 만족하는 결과를 보여 주었으며, ingot소재가 아닌 연속 주조 공정을 통해 생산한 소재가 산업용 베어링강에 사용될 시 원가 저감에 큰 효과를 줄 수 있을 것이라고 판단되어진다.

[P1-17]

베이나이트계 고강도강의 경도와 충격인성에 미치는 탄소함량 및 열처리의 영향: 이홍범[1], 송영범[2], 함진희[2], 김홍규[2], 서동우[1]; *[1]포항공과대학교. [2]국방과학연구소.*

1.5 wt.%수준의 높은 Si 함량 및 1.0 wt.% 수준의 C 함량을 바탕으로 저온에서 오스템퍼링을 통해 얻어지는 베이나이트계 강재는 2.0Gpa 수준의 초고강도 및 10% 이상의 높은 연신율 그리고 600Hv 수준의 우수한 경도값을 갖는다고 보고되고 있으나 5J 수준의 낮은 상온충격인성은 초고경도 베이나이트 강재의 산업적 응용을 위해 반드시 개선되어야 할 과제로 대두되어 왔다.이 연구에서는 Si을 함유한 초고경도 베이나이트 강재의 상온충격인성을 개선할 수 있는 방안을 탐색하고자 하였다. 200~300oC 구간에서의 저온 오스템퍼링이 가능한 0.6 wt.% 수준까지 탄소함량을 저감한 합금계에서는 경도값의 큰 손실 없이, 상온충격인성을 10J 수준으로 개선할 수 있었다. 이는 기존합금 대비 탄소함량 저감을 통해, 소성 유기 변태에 의해 취성을 나타내는, 조대한 잔류오스테나이트의 형상과 분율을 감소시킨 결과라고 판단된다. 탄소함량을 0.4~0.5 wt.% 수준으로 저감한 합금계에서는 항온열처리 온도와 미세조직 제어에 의해 경도 600Hv 수준을 유지하면서 추가적인 충격인성의 개선이 가능함을 확인하였다.

[P1-18]

시멘타이트 석출거동에 미치는 Si 및 Co첨가 효과의 영향: 유정선, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: secondary hardening, cementite precipitation, Johnson-Mehl-Avrami kinetic model, alloying effects

이차경화형 마르텐사이트 합금은 시효 시 석출하는 이차경화형 합금탄화물에 의해 우수한 강도비 인성을 겸비하기 때문에 첨단구조재료용 합금소재로 폭넓게 활용되고 있다. 일반적으로 이차경화현상에 앞서 석출되는 준안정 시멘타이트는 시효초기 기지 내 대부

분의 탄소를 소모하기 때문에 이후 석출하는 이차경화 합금탄화물의 석출거동을 제한하는 주된 요인이 될 수 있다. 그럼에도 불구하고 이차경화형 마르텐사이트강에 대한 대부분의 연구는 주로 이차경화 합금탄화물의 형성에 직접적인 영향을 미치는 Mo, W, Cr과 같은 탄화물형성원소에 대한 연구가 주가되어왔다. 이에 본 연구에서는 기계적 합금화 및 방전 플라즈마 소결(SPS)를 활용하여 제조된 3원계 합금(Fe-0.3C-(0.2~2))Si & Fe-0.3C-(5~15)Co)을 이용하여 비록 이차경화 합금탄화물의 형성에는 직접적인 영향을 미치지는 않으나 기지내 고용되어 합금의 기계적성질뿐만 아니라 시멘타이트 석출거동에 큰 영향을 미칠 수 있는 Co 및 Si첨가 효과를 TEM 및 DSC-JMA kinetic model을 활용하여 분석하였다.

[P1-19]

0.2C-0.35Si-1.05Mn 저탄소 단조강의 압하율 변화가 기계적 성질 및 미세구조 변화에 미치는 영향: 원윤정, 권순우, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: hot forging, low-carbon steel, thermomechanical processing, alloying effects

고품질 단조품 개발을 위해서는 강재내 합금원소 효과뿐만 아니라 고온 열간가공/단조시 발생할 수 있는 재료의 미세조직 변화에 대한 체계적인 이해가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 저탄소 단조강인 Fe-0.2C-0.35Si-1.05Mn을 기본 합금조성으로 미소합금첨가원소인 V을 0.05 wt.% 첨가하여 2종류 합금(Ref. & RV)을 진공유도용해 하였으며, 관련 합금에 대한 Gleeble 단조모사 시험을 통해 압하율 변화(15, 50, 75%)가 최종 미세구조 변화 및 기계적성질에 미치는 영향을 비커스경도, SEM, TEM 등을 활용하여 분석하였다.

[P1-20]

고탄소강의 고Si첨가에 따른 QT특성 및 내마모성에 미치는 영향 고찰: 이윤재, 이석재; *전북대학교 공대 금속공학과.*

Keywords: high Si, Cementite, Temper softening resistance, Wear resistance, Toughness

내마모성이 요구되는 고탄소강의 Grinding ball용 강재에 고Si 첨가에 따른 템퍼링시 시멘타이트 형성 지연에 따른 QT특성 및 내마모성에 미치는 영향을 고찰하였다. 고Si첨가시 최표면부의 경도에 기여하여 소폭의 경도 상승효과가 있으며 시멘타이트 형성 지연에 따라 템퍼연화저항성을 가져 300도까지의 템퍼링시 연화가 되지 않는 것을 확인하였다. 이에 따라 충격인성 및 내마모성이 향상되는 결과를 얻을 수 있었다.

[P1-21]

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], 홍현욱[1]*; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실. [3]대구경북과학기술원.*

Keywords: Lightweight steel, κ-carbide, 3D atom probe tomography, Dislocation, shearing

최근 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화로부터 기동력 개선을 위한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 기동성 개선에 따라 작전 수행능력이 향상되고, 유지비용이 절감되며 수송이 원활해진다. 따라서 이에 적합한 소재로, 경량 고강도강으로 알려진 FeMnAlC 합금계에 대한 연구가 진행 중이다. 대부분의 연구가 단조 처리된 합금에 대해 집중되어 있으며, 주조합금에 대한 연구가 충분치 못하므로 보다 다양한 분야에 대한 적용을 위한 주조합금에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구는 고강도를 확보하기 위해 무게분율 30% Mn 과 1% C로 상온에서 완전한 austenite기지를 유지시키고, 경량원소 Al 9%를 첨가하여 기존 철강 대비 약 15% 경량화 하는 것이 핵심이다. 또한 주조 시 용탕의 유동성을 개선하고 재료의 융점을 감소하는 효과가 있다고 알려진 Si을 1% 첨가하여 주조성을 개선하고자 하였다. FeMnAlC 강은 석출경화형으로, Si 이 첨가됨에 따라 시효열처리 시 κ-carbide 의 석출 거동이 초기단계에서 가속화 되어 기계적 특성에 영향을 주는 것으로 나타나므로, 본 연구에서는 Si 첨가에 따른 석출거동의 차이 및 기계적 특성 변화, 이로부터 기인되는 변형거동에 대해 고찰하였다. 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.

[P1-22]

Austenite계 경량철강의 k-carbide 형상 변화 및 전위 밀도 감소를 통한 인장성질 향상: 송혜진[1], 유지성[1], 권윤익[2], 손석수[1], 구민서[3], 김낙준[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포항공과대학교 철강대학원. [3]POSCO 기술연구원.*

최근 자동차용 강판은 강화되고 있는 연비 규제에 대응하기 위해서 경량화되고 있고, 무엇보다도 안정성이 확보되어야 하므로 우수한 물성이 요구되고 있다. 경량화를 위해 높은 함량의 Al을 첨가하면 합금 조성에 따라서 열연 후 brittle phase인 k-carbide가 존재하고 이들은 냉연을 불가능하게 하거나 냉연 시 edge crack을 유발시킨다. 본 연구에서는 경량화를 위해서 6~8 wt.% Al을 첨가하였고, 높은 함량의 Al을 첨가하였을 때 나타나는 stringer ferrite band 생성을 억제시키고, equiaxed grain을 갖는 austenite를 major 상으로 만들기 위해 austenite 안정화 원소를 0.7~0.8 wt.% C, 15~23 wt.% Mn을 첨가하였다. 합금 조성에 따라 열연 후

존재하는 k-carbide 분율이 달라지고, 열처리 후 k-carbide 분율 및 형상이 달라지면서 인장성질이 향상된다. 뿐만 아니라 열처리 후 austenite 내 전위 밀도가 감소하면서 가공경화능이 향상된다. 이러한 인장성질 향상은 다량의 k-carbide로 인해 냉연이 불가능했던 경량철강의 냉연이 가능하도록 해준다.

[P1-23]

LNG 배관용 Mn-Steel의 인장 및 충격 특성에 미치는 Cr 첨가의 영향: 김보희[1], 이석규[1], 배진호[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.*

Keywords: Mn-Steel, Cr, Tensile Property, Impact Property

천연 가스에 대한 수요가 점차 증대됨에 따라 북미 Shale 가스 산업이 활성화되고 있으며 극저온 충격특성이 우수한 LNG 배관용 소재에 대한 수요가 증가하고 있다. Mn-Steel의 경우 현재 LNG 배관용 소재로 이용되는 STS 304L 보다 저렴한 이점을 가져 연구가 활발히 진행되고 있다. Mn-Steel은 합금원소를 첨가하여 Stacking Fault Energy(SFE)를 조절하여 다양한 변형기구를 얻을 수 있으며, 특히 TWIP을 이용하여 Deformation Twin을 통한 높은 강도와 인성을 확보하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Mn-Steel에 Cr첨가를 통하여 SFE와 Austenite Stability의 변화를 살펴보고자 하였고 이에 따라 강도와 인성이 어떻게 달라지는지 관찰하고자 하였다. Cr은 SFE를 TWIP 영역에 포함되도록 하는 내에서 조절하여 소량 첨가하였고, Cr 첨가강과 미첨가강의 기계적 성질과 충격 특성을 비교 분석하여 Cr 첨가가 Mn-Steel의 인장 및 충격 특성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

[P1-24]

Effect of Microstructure on Brittle Crack Arrest Behavior of a Heavy-gauge Steel Plate: OHJAE LEE[1], Seok Gyu Lee[1], Bo Hee Kim[1], H.Y.Bae[2], H.C.Jeong[2], S.H.Lee[1], N.J.Kim[1]; *[1]Pohang University of Science and Technology. [2]POSCO.*

Keywords: Brittle crack arrest, EBSD, Mechanical properties, Microstructure, Heavy-gauge steel

In recent years, the size of container ships has become quite large, up to 20,000 TEU (twenty feet equivalent unit), which places more stringent requirements for mechanical properties of steel plates than ever before. Steel plate are becoming thicker and higher in strength. On the other hand, fracture toughness of steel plate decreases with increases in its thickness and strength, which may increase the probability of unstable catastrophic fracture of container ships. Therefore, several studies have been conducted on the crack arrestability of steels and as a result, new guidelines have been developed for the heavy-gauge steels used in building container ships. One of them is K_{ca} (brittle crack arrest toughness), which should be higher than 6,000N/mm$^{1.5}$ at -10°C. However, as the thickness of steel plate increases, the microstructure would become inhomogeneous through its thickness direction. Therefore, the main objective of the present study is to understand how the through-thickness microstructural inhomogeneity, if any, affects the brittle crack arrest behavior of heavy-gauge steel plates. The results show that the crack arrest occurs with a unique W shape (split-nail shape) in 95 mm thick plate, otherwise U shape (thumbnail shape) in less thick plate. The microstructural analyses show that the microstructure is somewhat inhomogeneous through the thickness with lower strength at the mid-thickness position (1/2t) than that at other positions such as 1/4t. Toughness was also measured at various positions and the relationship between microstructure and mechanical properties will be evaluated to understand the origin of a unique W shaped crack arrest morphology found in 95 mm thick heavy-gauge steel plate.

[P1-25]

Fe 도가니의 수명에 미치는 Al의 영향Effect of Al infiltration on lifetime of Fe crucible: 황명원, 신병현, 김도형, 박정현, 박상협, 정원섭; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Iron crucible, Fe-Al Alloy, Hot Dip Aluminizing, Al infilation mechanism

Fe 도가니는 저렴한 가격과 접근성으로 많은 주조 산업 현장에서 사용된다. Fe 도가니를 Mg 또는 Zn 용탕에 사용할 경우, 기대 수명에 준하는 수명을 가진다. 하지만 Al 용탕에 Fe 도가니를 사용할 경우, 도가니 수명이 기대 수명의 1/10으로 감소된다. Fe 도가니의 수명 감소 원인은 Fe에 대한 Al의 높은 solubility로 인해, Al 용탕이 Fe 도가니 표면을 침식하는 것으로 분석된다. Al 침투 시, 불순물로 작용하는 Fe가 용탕에 고용되어 제품의 기계적 성질을 저하시키는 문제가 발생할 수 있다. Fe에 미치는 Al의 효과에 대한 연구는 다각도로 이루어졌다. Fe에서 Al을 제거하기 위해 주조부터 표면 처리까지 다양한 연구가 수행되었다. 그러나 Fe 도가니에 대한 연구는 그 수요가 낮아 잘 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 Fe 도가니에 미치는 Al 고용의 영향을 분석하였다. Fe 도가니에 미치는 Al 침투의 영향을 분석하기 위해 Fe 도가니에 Al 용탕을 주입하고 한계 수명까지 사용하였다. 사용 후, 파손된 도가니의 조직을 Field Emission Scanning Electron Microscope로 조직을 분석하였다. 분석한 조직에서 Fe와 Al의 성분은 Energy-dispersive X-ray spectroscopy로 분석하였다. 분석한 성분을 시각적으로 확인하기 위해 Mapping을 수행하였고, 그에 대한 고찰을 수행하였다.

[P1-26]

액상 Fe-S 합금의 표면장력 측정: 정지석, 심상철, 이준호; *고려대학교 신소재공학과.*

Keywords: Fe-S alloys, surface tension, constrained drop method

본 연구에서는 constrained drop method를 이용하여 1550~1600°C사이에서 Fe-S 합금의 표면장력을 측정하였다. 산소의 영향을 제외하기 위해서 측정은 Ar-H2 혼합가스의 환원 분위기에서 수행하였으며, 시료의 O 및 S의 농도는 N/O 분석기와 C/S 분석기를 통해 확인 하였다. 고정된 온도에서의 S 농도 증가에 따라 표면장력 값은 감소하였다. 또한, S농도가 낮은 범위에서는 온도가 증가

할수록 표면장력이 감소하는 것으로 나타났으며, S농도가 높은 범위에서는 온도가 증가할수록 표면장력이 증가하는 경향성을 보였다.

[P1-27]

SiO_2 기판과 CaO-SiO2계 슬래그 접촉특성: 백승은, 정용석; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: SiO_2, CaO-SiO_2 slags, saturated slag, non-saturated slag, wetting, spreading

현재 철강 제조 공정에서 출탕구의 내화재로 SiO2를 사용하는 사례가 있다. SiO2는 다른 내화재에 비하여 용융점이 낮기 때문에 고로에서보다 낮은 온도로 용선과 슬래그가 흐르는 출탕구의 내화재로 사용되기 적합하다. SiO2를 내화재로 사용한 출탕구의 표면과 접촉하는 슬래그와의 반응에 대한 체계적인 연구는 이루어지지 않았다. SiO2는 1743K(1470°C)에서 1978K(1705°C)까지 온도범위에서 안정한 등축정계 β-cristobalite상을 형성하게 되며, 일반적인 철강 제조 공정에서 CaO-SiO2계 슬래그가 주로 형성 된다. 따라서 Dispensed Drop Technique(DDT)을 통하여 안정한 β-cristobalite상을 형성하는 온도 범위 내의 1550°C에서 β-cristobalite를 기판으로 하여 용융 된 CaO-SiO2계 포화슬래그 또는 비포화 슬래그와 접촉 시 젖음성, 퍼짐현상을 연구하였다.

[P1-28]

MgO-C 내화재와 전기로 슬래그/용강 계면에서의 내식 특성: 표기석, 유준수, 정용석; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Refractory, MgO-C, Slag

내화재의 침식은 슬래그의 용해에 의하여 주로 발생되나, 용강과 슬래그사이의 계면에서도 침식이 가속되는 연구들이 보고 되고 있다. 본 연구에서는 전기로 내화재로 주로 사용되고 있는 MgO-C 의 용강과 슬래그 계면에서의 침식 거동을 살펴보고자 한다. 침식거동을 알아보기 위하여 FRT(Finger Rotating Test)실험을 진행하였다. 온도는 1550°C로 하였고, 시간에 따른 침식 거동과 RPM에 따른 침식 특성을 평가를 진행하였다. 또한 FACTSAGE를 통하여 침식반응 기구를 해석하였다.

[P1-29]

DRI 적용에 따른 전기로 슬래그 포밍 거동의 변화: 손원영, 강영조; *동아대학교 금속공학과.*

Keywords: Electric Arc Furnace, DRI, slag, foaming index, physical properties

최근 CO_2 발생량 저감을 위한 신기후체제 도래로 선진국을 중심으로 전기로 기반 제강법이 확대되고 있으며, 스크랩의 공급 부족에 대비하고 전기로 철원을 다변화하기 위하여 DRI 및 HBI가 대체 철원으로서 주목받고 있다. DRI 등 대체 철원을 사용할 경우 전기로 조업에 여러 가지 변화가 예상되며 그 중 슬래그 포밍은 내화물 보호뿐만 아니라 전기로 효율향상 및 전력저감에 효과적이기 때문에 위해 슬래그 포밍의 적절한 제어가 매우 중요하다. 본 연구에서는 CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO-MnO-FeO_x계의 모사 전기로 슬래그와 실조업 전기로 슬래그에 대하여 DRI를 사용하였을 경우 각 슬래그 조성 변화를 예측하고 슬래그 foam height를 직접 측정하여 포밍 거동을 비교하였다. 실험으로부터 얻어진 포밍 인덱스 측정치와 슬래그의 물성을 이용한 예측치를 비교하고 보다 적절한 예측식을 도출하기 위하여 차원 해석을 실시하였다. 마지막으로, 기존의 접촉식 측정법의 한계를 개선하고자 거리 센서를 이용한 슬래그 foam height의 비접촉식 측정방법을 검토하였다.

[P1-30]

슈퍼 듀플렉스 스테인리스 스틸 UNS S 32750 의 내식성에 미치는 prestrain의 영향: 박상협, 김도형, 신병현, 박정현, 황명원, 정원섭; *부산대학교 공대 재료공학부 나노전기화학연구실.*

Keywords: Super Duplex Stainless Steel, Pre-strain, Critical Pitting Temperature, pitting corrosion

슈퍼 듀플렉스 스테인리스 스틸은 Austenite 상 과 Ferrite 상이 공존하므로 높은 내식성과 좋은 기계적 강도를 가지는 것이 특징이다. 이러한 특성들을 가지기 때문에 해양 플랜트, 해양 담수화 시설, 석유 화학 시설 등 내식성과 기계적 강도를 요구하는 가혹한 환경에서 많이 사용 되고 있으며 활용 빈도 또한 증가하고 있는 추세이다. 해양 플랜트, 해양 담수화 시설의 내벽에 사용되는 판재의 경우 형상가공이 필요하며 형상이 변형될 시 pre-strain이 가해지며 가해진 pre-strain의 정도에 따라서 상의 변화와 내식성의 감소가 일어날 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 0% 에서 최대 변형률인 30% 사이의 pre-strain 을 단계 별로 가해주고 pre-strain이 상변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상변화 거동을 관찰하며 동전위 분극 실험을 통한 내식성의 변화와 임계 공식온도 측정을 통해 공식온도 변화를 살펴 봄으로써 pre-strain에 따른 내식성의 변화를 알아보고자 한다.

[P1-31]

SFR용 핵연료 연료봉의 원격용접 공정 개발을 위한 용접기술 및 용접조건 평가: 박상규, 이정원, 김기호; *한국원자력연구원.*

Keywords: SFR, 연료봉, 용접, 레이저 용접

현재 원자력발전은 안전성과 함께 가동 후 발생하는 폐기물의 문제가 원자력에너지의 확대를 제한하는 원인이 되고 있다. 따라서 기존 경수로보다 경제성과 안전성이 향상된 제 4세대 원자로 개발을 위한 국제 국제적인 연구가 추진되고 있다. 우리나라도 경수로에 비해 우라늄(U) 이용률을 60배 정도 높이고 핵확산저항성이 우수하며 경제성과 안전성이 향상된 소듐냉각고속로(SFR)에 대한 연구가 진행되고 있다. SFR의 핵연료 연료봉의 경우 사람의 접근이 불가능한 핫셀 환경에서 제작이 진행되기 때문에, 핫셀 바깥에서 원격으로 연료봉 제작이 진행되어야 한다. 이러한 연료봉 제작 공정 중 원격용접의 경우 연료심이 장전된 핵연료피복관의 끝단을 봉단 마개로 조립한 뒤 용접하는 공정으로, 기존의 연료봉 용접 방식인 GTAW 용접방식을 사용할 경우 잦은 부품교체로 인한 원격성이 떨어지는 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 GTAW공정을 대체할 연료봉 원격용접 기술의 후보군을 조사하고, 최종 기술에 대한 원격성 검토 및 용접조건에 대한 평가를 수행하였다. 원격용접 기술 후보군으로는 저항용접, 마찰용접, 파이버 레이

저 용접, 디스크 레이저 용접등이 검토되었으며, 각각의 용접 기술을 비교한 결과 파이버 레이저 용접이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 이러한 파이버 레이저 용접기술에 대한 조건을 확보하기 위해, 연료봉 후보 소재인 HT9에 대하여 용접 속도 및 출력을 변화시켜 용접을 수행하고 각각에 대한 용접부 미세조직을 평가하여 적합한 용접조건을 도출하였다.

[P1-32]

Effect of Rare Earth Element on the Microstructure and Mechanical Properties of 14 Cr Oxide Dispersion Strengthened Steels Produced by Additive Manufacturing: Barton Arkhurst; *Department of Materials Science and Engineering, Hanbat Univ.*

Keywords: additive manufacturing, oxide dispersion strengthened steel, direct laser deposition, nanoparticle, laser deposition.

Oxide dispersion strengthened (ODS) steels are usually produced by the conventional powder metallurgy route. Powder metallurgy production of ODS steels are very expensive and the process itself is associated with difficulties. Additive manufacturing (AM) techniques have provided another practical means for the fabrication of ODS steels. During the AM process, object creation is achievable by adding layer-upon-layer of various materials. In this work, the effect of Te on the microstructure and mechanical properties of 14 Cr ODS steels was investigated. Two sets of ODS steels were made; one with Te and the other without Te. It was found out that Te refines grains and also promote the segregation of grain boundaries. Electron backscattering diffraction (EBSD) analyses was conducted to give a detailed microstructural characterization. Tensile strength tests of the two ODS steels were conducted and evaluated.

[P1-33]

Mo, Ti, Nb 가 첨가된 내화강의 고온 기계적 특성 및 석출거동: 최동준[1], 이상혁[2], 고윤석[1], 김동익[3], 심재혁[3], 한흥남[1], 이영수[3] ; *[1]서울대학교 [2]서울과학기술대학교 [3]한국과학기술연구원(KIST).*

Keywords: Fire resistant steel, Transient state tensile test, Microstructure, Bainite, Precipitate

최근 국내외적으로 지진, 폭설, 화재 등의 자연적, 인위적 재난이 빈번하게 일어나고 있어 이를 대비한 건축 구조물의 안전성 확보가 우선적으로 요구되고 있다. 본 연구에서는 내화 및 내진특성을 동시에 만족하는 건축 구조용 H형강 개발을 위해 합금설계 된 세가지 강종(V1 - Mo : 0.31 wt%, Ti : 0.03 wt%, Nb : 0.021 wt% V2 – Mo : 0.11 wt%, Ti : 0.069 wt%, Nb : 0.001 wt% V3 – Mo : 0.21 wt%, Ti : 0.13 wt%, Nb : 0.001 wt%) 의 상온 및 고온에서의 기계적 특성을 비교 분석하였다. 특히 내화 특성에 초점을 맞추어 실재 화재 환경과 유사한 분위기에서 강재의 거동을 관찰하기 위해 일정 하중조건에서 승온 시 변형을 측정하는 transient state tensile test를 수행하였다. 실험결과 Mo 함량이 높은 V1의 경우 상온 대비 고온 강도가 상대적으로 높게 나타났으며 이는 Mo에 의한 베이나이트 조직의 증가와 고용 강화에 의한 효과로 해석된다. 강도에 영향을 미치는 추가적 요인으로 Ti 및 Nb 첨가에 따른 MX 석출물의 형성을 고려하였다. X-선 회절시험 결과 MX 석출물의 양은 Ti 첨가량에 비례하여 증가하는 것으로 나타났으나 강도 변화는 이에 비례하지 않아 합금 원소 중 Mo의 역할이 가장 중요함을 알 수 있었다. 그리고 실재 화재 상황을 모사한 transient state tensile test의 결과로부터 변형률의 승온 속도 의존성을 온도에 따른 항복 강도 변화와 연관지어 해석하였다.

[P1-34]

고 Mn강의 초기 내부 산화 및 산화층 성장 거동: 정지연[1], 이형록[1], 김혜주[1], 손광석[1], 이운해[2], 서인식[2], 김동규[1], 임창희[3]; *[1]동아대학교 [2]포스코 기술연구소 [3]포항공과대학교 철강대학원(GIFT).*

Keywords: High Mn steel, Internal oxidation, High temperature oxidation, Oxide growth

고 Mn 강은 TWIP 변형에 의한 고강도, 고인성의 특징을 가지는 반면, 강 산화성 원소인 Mn을 다량 함유하고 있어 제조 공정 시 고온에서 발생하는 산화로 인한 결함 발생이 문제가 되고 있다. 특히, 고 Mn강에서의 내부 산화 거동은 고 Mn강 생산에 있어 중요한 요소임에도 불구하고, 충분한 분석이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고 Mn강의 내부 산화층 초기 형성 단계 및 성장 거동에 대하여 조사하였다. 산화 실험은 각각 800, 1150, 1200°C에서 동일한 양의 dry air를 공급하며 실시하였으며, 내부 산화층의 초기 상태 및 성장 과정을 관찰하기 위하여 다양한 고온 유지 시간을 부여하여 실험을 시행하였다. 각 실험 조건에 따른 내부 산화층의 형상 및 구조적인 특징을 분석하였으며, 내부 산화층의 깊이를 정량화 하였다. 고 Mn강의 내부 산화층은 고온에서 약 60초 이상 유지한 시편에서부터 관찰되며, 내부 산화층의 깊이는 고온 유지 시간이 30분 이상일 때부터 급격히 증가한다. 또한 800°C에서 산화된 시편의 경우 가늘고 긴 형상의 fayalite가 표면에 수직한 방향으로 형성되지만, 1150°C 산화 시편에서 fayalite는 수직 형태보다 구형을 나타내었다.

[P1-35]

저 탄소강의 고온 입계 산화와 변형 크랙과의 상관성: 이형록[1], 정지연[1], 김혜주[1], 손광석[1], 권상흠[2], 김성연[2], 김동규[1], 임창희[3]; *[1]동아대학교 [2]포스코 기술연구소 [3]포항공과대학교 철강대학원(GIFT).*

Keywords: continuous casting, hot ductility, oxidation, grain boundary penetration

Cu 함유강의 경우 연속 주조 공정 중 고온에서의 Fe의 우선 산화에 의해 Cu 농축상이 발생한다. 이러한 Cu 농축상은 연속 주조 시 주편에 결함을 일으키는 주요 인자로 널리 알려져 있다. 하지만 Cu 농축상이 관찰되지 않는 경우에도 균열이 관찰되며 이에 대한 원인 규명이 필요하다. 한편, 연속 주조는 고온의 산화 분위기를 수반하며, 이 때 다량의 표면 산화가 발생한다. 특히, 내부 산화가 일어날 경우 입계 산화가 발생하며 이러한 입계 산화가 열간 연성에 영향을 주는 지에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 연

구에서는 산화 분위기에서 발생되는 산화층이 열간 연성과 어떠한 상관성이 있는지에 대하여 조사하였다. 실험에 사용된 시험편은 실제 연주 주편에서 채취하였으며, 산화 분위기를 형성하기 위해 dry air를 사용하였다. 또한 산화 온도에 따른 열간 연성을 비교하기 위해 다양한 온도에서 산화를 행한 후 고온인장시험을 실시하였다. 그리고 생성된 산화층의 형상, 두께, roughness 등을 관찰하여 측정한 RA값과 비교 분석 하였다.

[P1-36]

9Cr-1W-Ta-Zr계 RAFM 강의 고온 변형 특성: 김상욱[1], 이지운[1], 정택균[1], 천영범[2], 현승균[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국원자력연구원.*

Keywords: RAFM steel, hot deformation, torsion test, flow behaviors, dynamic recrystallization

최근 세계적으로 탈원자력발전 추세로 인해, 원자력발전보다 안전하며 친환경적인 핵융합발전이 대체 에너지원으로 각광받고 있다. 이에 따라 핵융합발전에 대한 전반적인 연구가 활발히 진행 중인 가운데, RAFM (Reduced Activation Ferritic-Martensitic) 강은 중성자 조사환경에서의 우수한 치수안정성, 저방사 특성, 우수한 고온 크리프 저항성으로 인해 핵융합로의 구조 재료로 적용이 크게 기대되고 있다. RAFM 강의 핵융합로의 구조재료로 적용을 위해서는 열간 압연 및 압출 등의 열간 가공이 필수적이며, 이에 따라 RAFM 강의 고온 변형 특성에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Zr이 첨가로 인해 크리프 저항성이 향상된 9Cr-1W-Ta-Zr계 RAFM 강의 고온 변형 특성에 대해 연구하였다. 고온 비틀림 시험을 통해 9Cr-1W-Ta-Zr계 RAFM 강의 유동 응력 변화를 관찰하였고, 고온 구성방정식을 구축하여 변형 조건에 따른 재료의 유동 응력을 고찰하였다. 또한, 가공경화율 분석을 통해 동적재결정이 시작되는 임계조건을 도출하였다.

[P1-37]

Numerical Analysis for Solidification Mechanism of Hypo-peritectic Steel in Continuous Casting: 조준현, 이경우; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Hypo peritectic steel, Continuous casting, Solidification

The behavior of solidification of steel in continuous casting affects quality of slab. Hypo peritectic steel has high possibility of surface crack susceptibility especially because of shell shrinkage by thermal contraction and phase transformation. Hypo peritectic steel passes peritectic reaction ($L+\delta\rightarrow\gamma$) and peritectic transformation ($L\rightarrow\gamma$ and $\delta\rightarrow\gamma$). But the experimental studies showed various transformation rate, undercooling and transformation mechanisms. So, a model of peritectic transformation is necessary to understand complex transformation behavior. This model consists of transport phenomena, thermodynamic analysis and empirical equations. The results show the mechanism of crack generation using phase fraction according to temperature and strain rate during phase transformation.

[P1-38]

대형 Bloom에서 생성되는 조대한 탄화물의 석출 및 분해 거동: 김혜주[1], 정지연[1], 이형록[1], 손광석[1], 권상흠[2], 이주동[2], 오경식[2], 김동규[1]; *[1]동아대학교. [2]포스코 기술연구소.*

Keywords: Large bloom, precipitation and inclusion, reheat, dissolution

단조용 원 소재로 사용되는 bloom 중, 두께가 700 mm 이상인 대형 bloom에 대한 연구는 매우 적다. 대형 bloom의 경우 표면과 중심부의 냉각속도 차이가 크며, 석출물 및 개재물의 생성 거동이 통상적으로 생산되는 규격의 bloom과 비교하였을 때 다소 차이가 있다. 특히, 석출물 및 개재물의 크기에서 확연한 차이를 발견할 수 있다. 표면에서 중심부까지의 냉각속도는 점차 감소하기 때문에, 표면에서 중심부로 갈수록 점차 조대한 석출물 및 개재물이 관찰된다. 하지만 냉각 중 지나치게 조대한 석출물 및 개재물이 생성될 경우, 강재의 기계적 물성 값이 나빠지는 문제점을 나타낸다. 또한 열간가공을 위한 재가열시 이들 석출물의 분해 및 조대화 거동은 후속공정의 수행시 결함 발생의 원인이 되기도 한다. 본 실험에서는 대형 bloom에서 표면부와 중심부 시험편을 각각 채취하여 1150°C에서 다양한 시간 동안 유지 후 수냉하였다. 시험편의 재가열 전, 후 비교를 하기 위하여 SEM, EDS, TEM 등의 장비를 이용하여 석출물의 형상, 크기, 종류 등을 분석하였다. 주방상태의 시험편에서는 Al oxide, MnS 그리고 Ti 및 V을 소량 함유한 Nb carbide가 주로 관찰되었다.

[P1-39]

안정한 오스테나이트계 스테인리스강에서 예민화 처리가 수소취성에 미치는 영향: 김경식, 강지현, 김성준; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: 오스테나이트계 스테인리스강, 예민화, 수소취성

수소가 새로운 친환경 에너지원으로 주목 받음에 따라 수소 환경용 강재에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 오스테나이트계 스테인리스강은 수소의 용해도가 높고 확산이 느려 수소취성 저항성이 강한 대표적인 강재로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 안정한 오스테나이트계 스테인리스강에서 열처리를 통해 석출물이 생성되었을 때 수소취성에 대한 저항도가 어떻게 변하는지를 알아보기 위하여 수행되었다. 0.1 wt.%의 탄소가 고용된 20Cr-11Ni-5Mn-2Mo-0.5Si-0.3N 스테인리스강에서 800°C의 온도로 여러 시간 동안 열처리하여 결정립계에 탄화물을 다른 분율로 생성시킨 시편을 90 °C의 온도에서 전기 화학적 방법으로 수소를 주입하였고 그 직후에 인장실험을 진행하여 기계적 특성의 변화를 측정하였다. 결과적으로 안정한 스테인리스강에서 더 많은 석출물이 생성되어 입계가 예민화되면 수소취성이 더 크게 나타남을 발견하였다. 이에 대한 원인을 규명하기 위하여 변형 후의 미세구조와 수소의 위치를 관찰하였고 예민화 처리와 수소취성의 관계를 분석하였다.

[P1-40]

결정립계 정합성 조절을 통한 고망간 TWIP강의 수소 취성 저항성 향상: 권영진, 서현주, 이종수; *포항공과대학교 철강대학원.*

Keywords: twinning induced plasticity (TWIP) 강, coincidence site lattice (CSL), 수소 취성

Mn 함량이 15 wt. % 이상인 고망간 Twinning-induced plasticity (TWIP) 강은 변형 중 생성되는 쌍정에 의한 동적인 결정립 미세화로 높은 강도와 연신율의 조합을 보여준다. 하지만 고강도 TWIP강의 경우 강재의 제조 공정 및 사용 환경에서 침투하는 수소 원자에 의한 물성 열화가 큰 문제가 되고 있다. 재료 내부로 침투한 수소 원자는 입계로 편석되게 되고 변형 중 결정립계의 파단을 발생시키게 된다. 본 연구에서는 이러한 TWIP강의 수소 취성 저항성을 향상시키기 위해 결정립계 정합성 조절 기술을 이용하여 입계 파단을 효과적으로 예방 하고자 하였다. 결정립계 정합성 조절을 위해 Base 조직에 15% 이내의 변형을 부여한 후 다양한 온도에서 후열처리를 수행하였다. Electron backscatter diffraction (EBSD)을 이용하여 공정 조건 따른 결정립계 정합성의 변화를 분석하였다. 수소 취성 저항성을 비교하기 위해 전기화학적 방법으로 재료 내에 수소를 침투 시켰고 저 변형율 인장 시험 (slow strain rate test, SSRT)을 통해 수소 침투 전 후의 파단 강도 변화를 측정하였다. 파괴 기구 및 수소 침투 거동은 전자 현미경 및 열 방출 분석 (thermal desorption analysis, TDA) 을 통해 분석하였다.

[P1-41]

Effect of Ti/Al Ratio on Gamma Prime Coarsening Rate with Coherent Strain of Ni Based Superalloy: 정희정[1], 허주열[1], 정우상[2]; *[1]고려대학교 공과대학 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Ni base superalloy; gamma prime; Ti/Al ratio

Ni based superalloy offers excellent resistance to corrosion and high temperature, and as such can be used under an A-USC environment, which has extremely high temperatures and high pressure. Ti and Al are gamma prime forming elements which is major precipitate with $L1_2$ ordered structure. As the Ti/Al ratio has increases, the coherence strain between the matrix and the gamma prime precipitate and the coarsening rate of the gamma prime increase. Therefore, it is necessary to measure the degree of partitioning of alloy elements in each of the matrix and precipitate and to discuss the effect of each element on the misfit of the two phases. To investigate this, WA1 and WA2 alloys with different chemical compositions, i. e. Ti/Al ratio, were aged up to 10,000 hours at 700 and 800°C and were observed the change of gamma prime coarsening behavior. The results of the SEM, TEM and the small angle scattering indicate that gamma prime coarsening activation energy and misfit which is determined from composition of gamma prime phase depend on Ti/Al ratio.

[P1-42]

Grain Boundary Design to Improve the High Temperature Mechanical Properties of Super304H: 이지원[1], 박성주[1], 이태호[2], 강전연[2], 하헌영[2], 홍현욱[1]*; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Super304H, Heat treatment, Serration, Prestrain, Creep

최근 이산화탄소 배출 등의 환경 문제와 열적 효율의 증대가 요구되는 가운데, 고효율 저공해 발전설비의 필요성이 대두되고 있다. 특히 USC (Ultra Super Critical)급 보일러의 경우 700°C이상의 고온과 24 MPa 이상의 수증기에 노출되어 높은 고온강도 및 산화저항성이 요구된다. 기존의 오스테나이트계 내열강의 경우, 요구조건 보다 낮은 고온 강도와 산화 저항성으로 소재 선정에 부적합하다. 이로 인해 고온 특성이 우수한 Ni기 초내열합금의 사용이 고려되고 있으나, 고가의 소재이므로 대형 부품 사용시에는 부적합 하므로 오스테나이트계 내열강의 개선이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 산화특성을 방해하는 것으로 알려진 Mn을 기존 0.8 wt.%에서 0.5 wt.%로 줄인 Fe-18Cr-9Ni-3Cu-0.5Mn-0.5Nb-0.1C의 Mn 저감 Super304H를 이용하여 고온특성을 향상시키고자 한다. 선행 연구에 의하면 Super304H강을 700°C/80MPa 조건에서 크리프 실험 결과 입계에 석출된 $M_{23}C_6$가 조대한 σ상으로 변태하면서 석출물이 존재하지 않는 결정립계가 나타나게 되어 결정립계 migration에 의하여 균열이 발생하게 되고, 조대한 σ상 계면에서도 균열이 발생하게 된다. 따라서 Super304H강의 고온 특성을 향상시키기 위하여 σ상의 제어와 결정립계의 강화가 요구된다. 한편 결정립계 강화의 한 방법으로써 파형입계는 입계 균열의 진전을 막아줄 뿐만 아니라, 파형입계 유도 열처리로 인해 입계가 원자밀도가 높은 저지수면으로 안정화되어 그 위에 석출하는 석출물인 $M_{23}C_6$ 역시 저에너지 계면을 갖는다면, 조대화를 지연시킬 수 있고 또한 σ상으로 변태하는 것을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 입계강화를 위하여 열처리를 통해 파형입계를 유도하고, 고온 기계적 특성에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. 이전 연구를 통하여 Super304H강에 파형입계를 성공적으로 유도할 수 있었다. 하지만 기계적 특성은 standard 시편 대비 열위하게 나타났으며, 이것은 입계에 탄화물이 다량 석출하여 탄소와 크롬원자의 입내 고용강화효과 및 산화저항성이 저하되고, 미세 탄화물 추가 석출 구동력이 떨어지기 때문인 것으로 예측된다. 이에 따라 입계탄화물의 석출을 지양하는 modified 열처리 방안을 재설계 및 입내 미세탄화물 석출을 유도하는 prestrain을 적용하여 크리프 특성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

[P1-43]

미생물 유도부식(Microbiologically Induced Corrosion)에 의한 플랜트 냉각시스템의 파손 분석: 김경민, 김선홍, 김정구; *성균관대학교 공대 신소재공학과 전기화학응용연구실.*

Keywords: Failure analysis, Open re-circulating system, Microbiologically induced corrosion, Carbon steel, Tap water

개방형 재순환 시스템은 냉각탑 및 열교환기를 통해 열을 방출함으로써 냉각수를 재사용하는 시스템으로 수자원을 절약할 수 있어, 대규모 플랜트와 같은 냉방부하가 큰 건축물의 냉방시스템으로 적용되고 있다. 파손 발생 부위는 플랜트 냉각 시스템의 탄소강(SPPS 380) 배관으로, 인산염 계열의 부식억제제를 적용한 시수를 냉각수로 사용하여 배관의 부식을 억제하도록 설계되었다. 시료 파손 부위

를 관찰한 결과 용접부(용가재)를 관통하는 형태의 넓은 핀홀이 나타났으며, 파손 부위의 표면조도가 타 부위와 비교해 크게 나타났다. 이는 일반적인 국부부식과 유동가속부식에 의한 핀홀의 형태와 상이하며, 냉각수 수질분석 결과와도 일치하지 않는다. 부식발생 형상을 중심으로 분석한 결과, 본 배관의 파손은 미생물 유도부식 사례와 유사한 결과를 나타냈다. 또한, 미생물 유도부식이 발생하기 용이한 냉각수 환경(pH 4~9, 10~50°C)과, 미생물의 유입이 용이한 개방형 재순환 시스템의 구조 및 미생물 흡착 부위에 부식이 집중되는 미생물 유도부식의 특징으로 판단할 때, 미생물 유도부식이 핀홀 발생의 원인으로 작용하였을 가능성이 높을 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구는 개방형 재순환 냉각시스템의 탄소강 배관에서 발생한 파손 사례의 원인분석을 위해 시스템 내 서식 미생물 분석과 전기화학적 방법을 통한 냉각수 환경에서 미생물 존재에 따른 탄소강의 미생물 유도부식 특성을 확인하고자 한다.

[P1-44]

Fe-Cr-Ni계 합금에 포함된 S가 고온 산화에 미치는 영향 연구: 김민정[1], 이경환[2], 배근수[3], 조규철[3], 정재옥[3], 이동복[1]; *[1]성균관대학교 자연과학캠퍼스 [2]신성대학교 제철산업과. [3]한국피아이엠 기술연구소.*

Keywords: Keywords: Keywords: Keywords: 원심주조, Fe-34.4Cr-14.5Ni-2.5Mo-0.4W-0.4Mn-0.5Si wt.% 합금, 산화

원심주조는 300~3,000RPM으로 고속 회전하는 금형에 금속 용탕을 주입하여 원심력에 의해 치밀한 조직을 얻는 동시에 비중 차에 의한 불순물의 분리를 통해 우수한 특성의 주물을 제조하는 방법으로 주형의 회전축에 따라 수평형과 수직형으로 분류되며, 전통적인 방식은 Tube 형태의 제품을 제조하는 수평형 원심주조 공법으로, 이를 이용하여 Fe-34.4Cr-14.5Ni-2.5Mo-0.4W-0.4Mn-0.5Si wt.% 합금에 0.007, 0.35 wt.%의 상이한 함량의 S을 첨가한 시편을 제작하여 900oC의 온도에서 50, 100, 200, 350시간 동안 box furnace를 이용하여 대기 중에서 부식시켜 S 함량 변화에 따른 고온 산화 부식거동을 살펴보았다. 그 결과 전체적으로 산화막이 시편 표면을 덮고 있었으나, 저 S 시편보다 고 S 시편에서 박리가 더 많이 발생하였으며, S은 산화막/모재 계면에 편석되어 산화막의 접착력을 크게 저하시켰다. 함량이 높은 Cr과 산소친화력이 높은 Mn이 우선적으로 산화되어 산화막은 Cr2O3와 약간의 Cr2MnO4로 구성되고, 산화막/모재 계면에는 SiO2가 미약하게 편석되고, 직하의 모재에는 Mn, 특히 Cr의 고갈이 일어나며, 모재 쪽에는 SiO2가 개재물이 산재되어 있었다.

감사의 글: 이 논문은 '2017년 차세대 선도기술개발사업'의 재원으로 '대구테크노파크'의 지원을 받아 수행되었음.

[P1-45]

T91/T92 seamless 튜브재의 크리프 특성 평가: 김한열[1,2], 허주열[1], 정우상[2]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터*

Keywords: Heat resistance steel, T91, T92, creep, High Cr steel

9~12%Cr 마르텐사이트 내열강은 크리프 강도가 우수하여 내열재료로 사용되고 있다. 하지만 사용온도가 600°C 이상 온도에서 장시간 노출 될 경우 마르텐사이트가 불안정해지고 금속간 화합물인 Laves phase가 생성된다. 또한 입계에 존재하는 $M_{23}C6$ 나 입내에 존재하는 MX 석출물이 조대화되어 크리프 강도가 감소하게 된다. 크리프 강도를 향상시키기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 이 중 대표적인 소재가 T91/T92이다. 이 소재들을 내열재료로 사용하기 위해서는 사용온도에서 10만시간 기준 100 MPa 이상의 크리프 강도가 요구된다. 본 연구에서는 T91/T92 seamless 튜브재의 크리프 특성 평가 및 미세조직 변화에 대한 연구를 수행하였다. 550~650°C의 온도와 다양한 응력 조건에서 크리프 시험을 수행하였으며, T91의 경우 9 조건의 시험, T92의 경우 8 조건의 시험이 파단이 완료되었다. 또한, 크리프 진행 시간에 따른 조직 변화를 보기 위해 SEM, XRD, TEM을 이용하여 크리프 파단재의 미세조직을 분석하였다. 또한, 응력이 조직에 미치는 영향을 파악하기 위하여 게이지부와 그립부의 미세조직을 비교 분석하였다. LMP (Larson-miller parameter) 법을 이용하여 크리프 수명을 예측하였으며, 그 결과 T91, T92의 600°C에서의 10만 시간 환산 크리프 강도는 각각 79.0, 117.2 MPa로 T92가 T91에 비하여 67% 높은 크리프 강도를 나타냈다.

[P1-46]

T22강의 크리프 특성에 미치는 석출거동의 영향: 추동주[1,2], 김한열[1,2], 이준호[1], 정우상[2]; *[1]고려대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터.*

Keywords: Creep, Precipitate, T22

화력 발전소는 장시간 사용되도록 설계되기 때문에 높은 크리프 강도를 갖는 내열소재의 사용이 필요하다. 표준 화력 발전소의 핵심 소재 중 T22강은 높은 크리프 강도를 갖고 있지는 않지만, 발전소의 부품의 50%가 1~2%Cr강이 사용되어지고 있다. 본 연구에서는 온도 500~650°C, 응력 30~300 MPa 조건하에서 T22 seamless강의 크리프 시험을 실시하고 크리프 파단재의 석출물 미세조직 변화를 조사하였다. 석출물의 크기와 종류 및 분포를 SEM과 TEM을 사용하여 분석하였고, 잔사추출법을 통해 석출물을 추출한 후 XRD로 상분석을 수행하였다. 또한 Mat-calc.를 이용하여 이론값과 실험값을 비교분석 하였다.T22강의 미세조직은 펄라이트와 페라이트영역으로 형성되며 생성되는 주요 석출물은 M_3C $M_{23}C_6$ M_7C_3 M_2C M_6C이다. 낮은 온도영역인 500-550°C에서는 초기에 M_3C가 펄라이트 영역에 분절된 라멜라 형태로 존재하고 $M_{23}C_6$는 결정립계 주변에 형성되었다. 크리프 파단시간이 증가함에 따라서 M_3C의 분율은 감소하고 $M_{23}C_6$의 크기와 분율이 증가하였다. 550°C에선 장시간 크리프 시험시 M_2C 석출물이 추가로 형성되었다. 높은 온도영역인 600-650°C에서는 장시간 크리프 시험시 M_3C가 소멸되는 대신 $M_{23}C_6$와 M_7C_3 석출물이 형성되었다. 특히 650°C에선 M_7C_3가 모두 소멸되고 안정상인 M_6C 석출물이 형성되었다. 낮은 온도조건에선 크리프 시험시 미세하게 형성된 M_3C나 M_7C_3 석출물이 전위의 이동을 방해하여 크리프 변형속도가 감소하였다. 하지만 높은 온도조건에서는 석출물이 조대화 되고 석출물이 소멸되어 전위의 이동이 수월하게 되어 크리프 특성이 감소하였다.

P2 : 상변태
Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P2-1]

Phase transformation behavior of BCC Dual-phase High Entropy Alloys: 이준서[1], 임가람[1], 나영상[1], 이승훈[2]; [1] *한국기계연구원 부설 재료연구소.* [2] *경북대학교 금속신소재공학과.*

Keywords: high entropy alloy, phase transformation, dual phase, BCC structure, B2 phase

HEA 는 2004 년 대만의 Yeh 교수와 영국의 Cantor 교수 등에 의해 본격적으로 연구되기 시작하면서 FCC 와 BCC 단일 결정구조를 갖는 합금계가 발명되었다. BCC 결정구조를 갖는 대표적인 HEA 로 AlCoCrFeNi, VNbMoTaW 등의 합금계가 있으며, FCC 구조를 갖는 합금으로 CoCrFeMnNi 등의 합금계가 있다. 특히 FCC 구조를 갖는 CoCrFeMnNi HEA 는 일반적인 FCC 금속처럼 가공이 되며 극저온에서 우수한 기계적 성질을 나타낸다고 보고됨으로써 연구가 활발히 진행되고 있으며, BCC 구조인 AlCoCrFeNi 합금은 취성이 강한 성질 때문에 연구가 이루어지지 않고 있다. 하지만 일반적으로 BCC 금속은 결정학적인 관점에서 FCC 금속에 비해 강도가 높다. 더불어 열적 안정성이 우수한 HEA 의 특성상 고온에서 FCC 구조보다 BCC 구조가 우수한 강도를 나타내기 때문에 고온특성 향상에 유리할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 고온 구조재료로써 기대되는 AlCoCrFeNi HEA 의 상변화 거동 분석을 통해 상 안정성을 고찰하였으며, BCC 계열 HEA 의 향후 연구방향에 대해 언급하고자 한다.

[P2-2]

초내열합금 A286 시효석출 이전 상변태 및 미세조직: 장현수[1], 최병학[1], 김형래[1], 고태연[1], 김태용[1], 백문기[1], 정직한[1], 김정한[2]; [1] *강릉원주대학교 신소재금속공학과.* [2] *한밭대학교.*

Keywords: 석출강화, 시효석출, A286

A286 합금의 내열성은 시효에 의한 석출상 강화효과에 의한 것으로 밝혀져 있다. 재질 내열특성에 관련된 미세조직의 석출은 강화상인 γ'-Ni3Al 석출인데, 이것은 10 nm 이하의 크기로 미세하게 석출되면서 기지인 오스테나이트상과 정합관계를 유지한 것이다. 이러한 γ' 석출은 930°C 용체화처리 후 720°C~730°C 시효처리 때 10 nm 이하의 크기로 석출되는 것으로 알려져 있으며, 650°C 의 2차 시효에 의해 γ' 석출크기가 수 nm 증가하며 안정화되는 것으로 알려져 있다. 그런데 A286 합금의 개발 후 오래된 사용기간과 표준화된 열처리 공정에 비해서, 실제 재질 미세조직의 시효석출 형태는 정량화되어 있지 않다. 본 연구에서는 A286 합금의 시효경화에 영향을 주는 γ' 석출에 대해 분석하고자 하였다. 특히 합금의 최대 경도 재질이 갖는 미세조직상의 석출형태를 TEM 분석을 통하여 규명하고자 하였다. 앞에서 언급된 바와 같이 A286 강화상인 γ' 석출에 대해서는 아직 잘 밝혀진 바가 없다. 이것은 A286에 대한 석출현상을 다른 초내열합금들에서 쉽게 유도되는 실체가 분명한 석출상으로써 규칙격자 γ'/γ''에 대응시켜 관찰하려 했던 잘못에 기인될 수 있다. 즉 HADIIF와 같이 개선된 TEM 기능이 적용된 석출 이전 상태가 입증된다면, A286의 γ' 석출기구가 규명되고 이를 통해 A286 합금 기계적 특성 개선을 꾀하는 새로운 방향의 열처리 방안이 강구될 것으로 보여 진다.

[P2-3]

Al-Ni 합금 용융도금 시 보론강에 형성된 금속간화합물의 성장: 이재형, 윤중길, 곽승윤, 강정윤; *부산대학교 공대 재료공학부.*

Keywords: Hot-dipping; Intermetallic; Diffusion; Phase transformation

자동차 차체용 Al-Si 용융 도금된 보론강의 동종 및 이종강의 레이저 용접 후 핫 스탬핑 처리 시 용융부내 본드라인 (Bond line)에 Al 편석부가 존재하여 핫 스탬핑 처리 시 경도가 낮은 페라이트로 상변태한다. 이와 같이 상변태한 페라이트 영역은 인장시험 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 페라이트 형성원소인 Si을 제외하고 오스테아니트 형성원소인 Ni을 첨가하여 도금을 실시하였다. 사용한 판재는 1.2 mm 두께의 보론 강판이며, Al-7Ni (wt.%)용융합금에 690°C에서 10-120초간 실시하였다. OM과 SEM의 미세조직 사진을 이용하여 도금 시간에 따른 금속간화합물의 성장과정을 관찰하였다. EPMA를 이용하여 각 도금시간에 따른 원소의 분포의 변화를 관찰하였고, EBSD phase map과 IPF를 이용하여 금속간화합물의 상동정과 결정방위를 관찰하였다. 실험결과를 토대로 Thermo-Calc. software를 통해 계산된 2원계 상태도를 이용하여 모재 내 금속간화합물의 성장과정을 나타내었다. 도금시간 10초 조건에서 보론강 위로 산화층이 형성되었다. 이후 산화층 사이에 Al9FeNi (T), Fe2Al5 (η) 그리고 Fe3AlC (κ)상이 형성되었다. 도금시간이 증가함에 따라 T상을 통해 Al, Fe가 상호확산이 일어나 T상의 두께의 변화는 크게 변하지 않았고, 입계의 성장이 나타났다. η상은 [001]방향으로 columnar 형태로 성장하였고, 모재와 η상 경계에 κ상이 나타났다. 도금시간이 증가함에 따라 금속간화합물은 모재의 표면과 깊이방향으로 성장하여 이웃한 금속간화합물과 합쳐져 하나의 도금층이 형성되었다.

[P2-4]

Ti-Ni-Cu 합금의 상변태거동 및 형상기억특성에 영향을 미치는 시효처리 효과: 박주완, Shuanglei Li, 김동조, 김성철, 김태완, 남태현; *경상대학교.*

Keywords: Ti-Ni-Cu alloys, Martensitic transformation, Shape memory effect, Aging effect

본 연구에서는 Ti-Ni-Cu 합금의 시효처리에 따른 상변태거동 및 형상기억특성을 조사하기 위하여 비커스경도, 시차주사열분석, X 선회절시험, 인장시험을 실시하였다. 합금은 Arc melting법으로 제조하였으며, 1123 K에서 1시간동안 용체화처리 후 873 K에서 시효처리를 실시하였다. 비커스경도 측정결과 Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 경우 시효시간 7시간까지는 경도가 증가하였으며, 시효시간을 7시간 이상 실시할 경우 경도가 감소하였다. Ti-41Ni-10Cu 합금의 경우 12시간까지 경도가 증가하였으며, 이후 경도가 감소하였다. 시차주사열분석 결과 두 조성 모두 B2→B19 상변태거동이 나타났으며, 용체화처리재의 마르텐사이트 변태개시온도는 Ti-40.5Ni-10Cu 합금에서 298 K, Ti-41Ni-10Cu 합금의 경우 267 K이며, 오스테나이트 변태종료온도는 각각 308 K, 276 K 이다. 시효시간이 증가함에 따라 변태온도가 증가하며, Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 마르텐사이트 변태개시온도는 326 K, Ti-41Ni-10Cu 합금은 325 K까지 증가하였다. 또한 시효시간에 따라 1단계 - 2단계 - 1단계 순으로 상변태가 일어난다. Ti-40.5Ni-10Cu 합금은 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.

[P2-5]

Al-7Mn 용융 도금된 보론강의 핵 생성과 성장과정: 곽승윤, 이재형, 윤중길, 강정윤; *부산대학교 재료공학부 접합과학실험실.*

Keywords: Hot Dipping, Al-Fe IMC, Phase Transformation

최근 자동차 산업에서 차체의 고강도화가 진행됨에 따라 성형 공정 시 연성이 부족하여 원래 상태로 돌아가는 스프링백 현상이 발생하는 문제가 있다. 이러한 첨단고강도강의 성형성 문제를 해결하기 위해 핫 스탬핑 공정이 개발되었지만, 핫스탬핑 공정은 900°C 이상의 가열공정으로 강재의 표면산화에 의한 스케일(Scale) 생성 및 표면탈탄 현상이 발생하게 되는 문제점을 가진다. 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, 상용되고 있는 보론강에 Al-7Mn 도금층의 용융 도금 후 도금층의 핵 생성과 성장 과정을 검토하였다. 본 연구에서 사용한 판재는 1.2 mm 두께의 보론 강판이며, 도가니에 모합금을 용융시킨 후 Al-7Mn 용융 도금을 실시하였고, 도금온도는 774oC에서 실시하였다. 이 때 도금층의 상동정을 하기 위하여 광학 현미경을 사용하여 SEM, EBSD를 사용하였고, 도금층의 조성분석을 위하여 EDS와 EPMA를 사용하여 분석을 진행하였다. 도금 후 생성된 각 상의 메커니즘 분석을 위해 Thermo-CalcTM을 사용하여 상태도를 분석하였다. 도금층은 coating layer와 reaction layer로 구분하였고 각 영역에서의 상동정을 실시하였고 시간에 따라 도금층의 형성 과정을 분석하였다. 도금 시작 30초 후 보론강 표면의 산화층이 깨어지고, 그 틈 사이로 액상이 침투하여 반응층이 형성되었다. 이 때 액상 쪽의 반응층 내에 Al6Mn, Al11Mn4, θ (FeAl3), η (Fe2Al5) 상으로 구성되고, 모재 쪽 반응층으로는 η (Fe2Al5) 상과 얇은 띠 형태의 κ (Fe3AlC) 상이 형성되었다. 이 후, 도금 시작 80초 후 보론강 표면 전체에 도금이 완료되었고, 시간이 지남에 따라 η (Fe2Al5) 상의 두께가 증가하였다.

[P2-6]

나노스케일 비정질 금속의 변형거동에 영향을 미치는 인자들: 김지영[1], 김소연[1], 김진우[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology.*

Keywords: Nanoscale metallic glass, Deformation behavior, Deforamation map of nanoscale metallic glass, Homogeneous deformation, Intrinsic property

비정질 금속은 높은 항복 강도, 높은 탄성 한계와 상대적으로 낮은 탄성 계수를 갖는다는 장점이 있음에도 불구하고, 응력 하에서 국부적 영역에 변형이 집중되는 불균일 변형거동으로 인한 파괴 특성으로 인해 구조재료로의 활용에 한계를 갖고 있다. 하지만, 비정질 금속은 벌크 시편의 경우 불균일 소성변형이 일어나는 조건임에도 임계 크기 이하의 나노스케일 시편에서는 균일 소성변형이 일어나는 크기에 따른 소성변형모드 전이가 일어난다는 특징을 나타낸다. 최근 이러한 나노스케일 비정질 합금의 변형기구변화에 관한 근본적인 메커니즘을 이해하고자 나노스케일 변형기구 영역도를 활용한 재료의 기계적 성질과 나노스케일에서의 변형거동 변화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 비정질 합금의 intrinsic 특성에 따른 나노스케일 비정질 금속의 변형거동 변화를 나노스케일 변형기구 영역도를 그려 체계적으로 고찰하고자 하였다. 이에 더하여 주사전자현미경에서 실시간 압축 실험을 통해 나노스케일 비정질 금속의 변형 거동을 관찰하여 변형거동에 영향을 미치는 인자들 변화에 따른 실제 변형특성 변화를 비교 평가하고자 하였다. 본 연구를 통해 나노스케일 변형기구 영역도를 결정하는 인자들과 나노스케일 비정질 금속의 균일 소성변형 거동 사이의 상관관계를 정밀 분석함을 통해, 비정질 금속의 상온 균일변형을 확대 적용하여 (온도)-(응력) 인가를 통한 비정질 성형 뿐 아니라 국부영역 변형모드 전이에 의해 벌크 시편까지도 연신을 부여하는 방안에 관한 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[P2-7]

고온안정 탄탈륨계 비정질 합금 개발: 안혜상[1], 김진우[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소. [2]Massachusetts Institute of Technology.*

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 활용이 어려운 사용에 한계를 가지고 있다. 이러한 단점을 극

복하기 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 T_x를 가지는 동시에 고경도 세라믹 소재에 준하는 우수한 경도 특성과 월등히 낮은 탄성계수를 나타낼 수 있다. 일반적으로 내화금속계 합금은 높은 융점으로 인해 벌크 비정질 형성이 가능할 정도의 우수한 비정질 형성능을 가지기 어려우나, 최근들어 Ta 계 비정질 합금의 경우 벌크 비정질 합금 형성이 가능한 것이 보고되었다. 이러한 사실에 기초하여 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.

[P2-8]

4원계 Medium-Entropy Alloys의 나노미세조직 및 합금성질: 심상훈; *충남대학교 공과대학 나노소재공학과.*

Keywords: 고엔트로피합금,자유에너지, 고용체

고 엔트로피합금이란 금속간화합물 형성에 의한 자유에너지 감소에 의한 화합물 형성보다는 여러 원소의 혼합에 의한 configuration 엔트로피의 증가가 커서 전체자유에너지를 감소시켜 다성분 원소들 간의 금속간화합물이나 제 2상을 형성하기 보다는 여러 원소가 혼합된 고용체가 형성되는 합금을 뜻한다.본 연구에서는 Cantor 합금계(CoCrFeMnNi)에서 Cr원소를 제외한 MnFeCoNi합금계의 미세조직 및 기계적 특성에 대해 연구하였다. Cr을 제외할 때 다른 원소를 제외할 때 보다 강도감소가 더 큰 것을 관측할 수 있었다. 그렇기 때문에 TEM을 통한 미세조직, 결정립, UTM을 통한 온도에 따른 기계적 성질 변화, strain jump test 등 실험을 통해 다음과 같은 원인을 찾고 추가적인 실험을 진행했습니다.

[P2-9]

Carbon 및 Boron 첨가량에 따른 철계 비정질 합금의 형성능 및 특성 비교: 류창훈, 이승훈; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: 철계 비정질 합금, 열적 특성, 비정질 형성능, 상 분석

비정질은 우수한 기계적 특성, 내부식성 및 우수한 연자기적 특성을 지니는 재료이다. 특히, 철계 비정질의 경우에는 타 원소 기반 비정질 보다 값이 저렴하여 산업적으로 큰 의미를 가진다. 하지만 대부분의 상용 철계 비정질 합금이 외국에서 개발된 합금이라는 점, 상대적으로 값 비싼 원소인 Boron이 다량 첨가되어 있다는 점, 그리고 Fe의 함량이 늘어날수록 비정질 형성능이 떨어져 Bulk 형태로 사용이 어려운 점 등이 문제점으로 대두되고 있다.이에 본 연구에서는 상대적으로 값 비싼 원소인 Boron을 Carbon로 대체하였을 때, 철계 비정질의 열적, 구조적 특성 및 비정질 형성능이 어떻게 변화하는지에 대하여 알아보고자 하였다.

[P2-10]

Correlation between medium range order and ductility in Zr-Cu-Co-Al BMG-forming alloys: 유근희[1], 황진우[2], 박은수[1]; *[1]서울대학교 재료공학부. [2]Ohio State University.*

Keywords: Nanoindentation, Mechanical property, Bulk metallic glass, Structural tuning, Medium range order

Long range translational periodicity를 가지며 규칙적인 결정구조를 가지고 있는 결정질과 달리 용융된 금속에서 고속으로 급냉하여 제조한 비정질의 경우 이러한 주기성을 가지지 못하고 무질서한 원자배열을 가지게 된다. 하지만 이러한 기본적으로 무질서한 원자배열을 가지는 비정질은 nano scale에서는 local ordering을 가지는 것으로 알려져 있으며 ordering의 scale에 따라 short range order와 medium range order로 구분될 수 있다. 이러한 local ordering이 전체적인 비정질의 물성에 어떠한 영향을 끼치는지에 대하여 많은 연구와 시뮬레이션이 진행되고 있으나 실험적으로 MRO와 비정질의 특성의 상관관계를 보여주는 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 Zr-Cu-Co-Al system에서 Cu와 Co 조성의 분율을 체계적으로 제어함으로써 nanoscale에서 형성되는 MRO와 비정질의 구조를 분석하는 한편, 이에 따른 기계적 특성을 측정하여 비정질에서의 구조와 기계적 특성간의 보다 근원적인 상관관계를 규명하고자 하였다. 본 연구를 통해 조성 제어를 통한 비정질의 원자단위 구조의 변화와 이에 따라 야기되는 기계적 특성에 대한 이해를 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

[P2-11]

Ti-Ni-Mo 형상기억합금 다공성 소결체 제조 및 기공률에 따른 기계적 특성 비교: 장재원[1], 김연욱[1], 남태현[2], 권혁준[1]; *계명대학교 재료공학과 급냉응고실험실. [2]경상대학교.*

Keywords: 상변태, 비철금속, 재료분석

형상기억합금은 형상기억효과와 초탄성효과를 이용하여 액추에이터, 온도 센서, 의료용 재료 등 폭넓은 분야에 응용되고 있다. 최근 다공성 금속재료를 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 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-Ni합금에 Ni 대신 Mo 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 조사하

였다. 그 결과로 해면골의 탄성계수를 가진 다공성 소결체를 제작할 수 있었고 생체재료로써 인체 내에서 초탄성 효과를 활용할 수 있을 것으로 나타났다.

[P2-12]

Direct Energy Deposition법으로 제조된 M4 공구강 3차원 적층재의 미세조직 평가: 남태훈[1], 하경식[1], 손종윤[1], 이욱진[1], 심도식[2], 강남현[3], 전종배[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]한국해양대학교 기계공학부. [3]부산대학교 재료공학부.*

Keywords: 금속 3D 프린팅, Direct Energy Deposition, M4 공구강, 상변태

DED(Direct energy deposition) 방식의 3차원 금속 프린팅은 레이저로 용융된 금속 분말을 기판에 직접 분사하는 방식으로 3차원 적층을 구현하는 기법이다. 적층속도가 비교적 빠르며, 기판의 형상을 고려하여 적층이 가능하므로, 중대형 부품의 직접제조 및 금형의 부분적인 보수에 유리한 방식이다. 현재까지 DED 기법에 대한 공정연구가 일부 진행되고 있으나, 적층재의 조직학적 분석, 상변태 거동 등에 대한 체계적인 이해가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 DED(Direct Energy Deposition) 기법으로 제조된 3차원 M4 적층재의 미세조직과 상변태에 대한 연구를 수행하였다. 광학현미경, FE-SEM, EBSD 등을 활용하여 적층재의 결정립도, 구성상, 조직형상 등을 분석하였다. 그리고 Dilatometer를 활용하여 냉각속도에 따른 상변태 거동을 분석함으로써, 실제 적층공정시에 발생하는 상변태 거동에 대해 토의하였다.

[P2-13]

Thermodynamic evaluation of $AlCu_xCoNiTi$ (x=0.5, 1, 1.5) high-entropy alloys synthesized by mechanical alloying: 권영준, 오인택, 권훈, 조기섭; *국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: high-entropy alloys, mechanical alloying, solid-solution, amorphous, formation enthalpy

고엔트로피 합금(High-entropy alloy, HEA)은 최소 5원계 이상의 다원계로서, 높은 혼합엔트로피 특성에 기인하여 금속간화합물의 형성 없이 단일 고용상으로 구성된 새로운 패러다임을 제시한 합금이다. 지금까지 단일 상을 갖는 고엔트로피 합금설계를 위해 평균 혼합엔탈피, 평균 혼합 엔트로피, 최외각 전자밀도 등 다양한 설계인자에 대한 연구가 진행되어 왔으나, 아직까지 관련 이론에 대한 체계적인 이해는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 기계적 합금화 공정을 통해 합성된 AlCu0.5CoNiTi, AlCuCoNiTi, AlCu1.5CoNiTi 다원계 합금분말을 이용하여 Cu함량에 따른 미세구조적 변화를 XRD, DSC, TEM 등을 활용하여 분석하였으며, 관련 합금내 형성될 수 있는 준안정/안정 고용상, 비정질상, 금속간화합물에 대한 열역학적 평가를 통해 고엔트로피 합금의 설계 방안에 대해 고찰하였다.

[P2-14]

Novel STS/Al Bimetallic Composite with High Strength, Lightweight and Highly Glossy Appearance: Jin Man Park[1], Jae Won Sim[1], Changwoo Jeon[1], Kwangseok Lee[2], Sung Hwan Hong[3], Ki Buem Kim[3]; *[1]Samsung Electronics. [2]Korea Institute of Materials Science. [3]Sejong University.*

Keywords: Bimetallic composite, Roll bonding, Microstructure, Mechanical property

In this study, we developed novel STS/Al bimetallic composite via roll cladding method. This novel bimetallic composite was composed of STS316L as a skin layer surrounding the core and AA6061 as a central core. The inherent properties and diverse behaviors of both STS316L and AA6061 combine to provide unique performance advantages. This type of composite is not just structural, but also very attractive. The role of STS316L layer is to present glossy appearance with high corrosion resistance whereas that of AA6061 is to support the strengths via precipitation strengthening. Microstructural investigation and mechanical properties of the roll-bonded STS/Al bimetallic composite demonstrates the well-bonded interface features without delamination of layers.

[P2-15]

상온에서 가역적인 거대 자기열량 효과를 보이는 Ni-Mn계 호이슬러 합금 개발: 김상준, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Heusler alloy, magnetocaloric effect, field-induced reverse martensitic transition, reversible magnetocaloric cycle

냉매를 이용한 기존의 냉각 기술을 대체할 상온 자기 냉각 기술이 미래의 친환경 고효율 냉각 기술로서 최근 각광받고 있다. 자기 냉각이란 물질에 자기장을 인가할 경우 온도 변화를 일으키는 자기열량 효과를 이용해 온도 차이를 유발하는 기술로, 고효율의 자기 냉각기 개발을 위해서는 작은 자기장 변화로 큰 온도변화를 보이는 자기 냉각 물질 개발이 필수적이다. Gd와 $Gd_5Si_2Ge_2$에서 거대 자기열 효과가 발견된 이래로 많은 자기열 물질이 개발되었으며, Ni-Mn-Z(Z=Ga, In, Sn) 호이슬러 합금도 이러한 자기열 물질 후보군 중 하나로 연구되어 왔다. 호이슬러 합금은 자기장을 인가했을 때 온도가 감소하는 역자기열 효과를 보이는데, 마텐사이트 상변화 온도 근처에서 자기장을 인가하면 마텐사이트 역변태가 일어나면서 상변화에 필요한 에너지를 흡수해 온도가 감소한다. 잠열에 기인한 큰 온도 변화 때문에 호이슬러 합금는 우수한 자기냉각 물질로 주목 받고 있으나, 마텐사이트 상변화의 비가역적 특성 때문에 자기장 싸이클을 연속적으로 인가할 경우 가역적인 열자기 효과를 보이지 못 한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 마텐사이트 변태의 가역성을 제어하는 인자를 바탕으로 마텐사이트 변태의 구동력을 최소화한 Ni-TM-Co-Mn-Sn (TM = Ti, V, Cr) 호이슬러 합금을 개발하였다. 개발된 합금은 TM의 함량에 따라 마텐사이트 변태 온도가 제어 가능하여 상온에서 자기장에 의한 마텐사이트 변태가 나타날 수 있게 튜닝할 수 있다는 장점이 있으며, 상온에서 마텐사이트 변태를 보이는 호이슬러 합금의 경우 우수한 자기열 효과 및 냉각 용량을 가지는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 우수한 자기열 특성을 가지는 호이슬러 합금을 개발하였을

뿐만 아니라, 지속가능한 열자기 싸이클을 보이는 호이슬러 합금의 설계법을 제시함으로써 향후 자기 냉각기에 적용 가능한 자기열 물질 개발의 시금석을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

[P2-16]

Ti-Cr-X 합금에서 첨가원소 X에 따른 변형기구 및 기계적 물성의 거동: 박상원, 황윤중, 김영석, 홍성환, 박혜진, 문상철, 권성준, 최시연, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: Ti 합금, Ti-Cr-X, 기계적 물성, Bo-Md diagram, 상변태, 쌍정.

Ti-계 합금은 경량화, 고강도, 그리고 높은 내식성 등의 우수한 물성으로 가장 전망 있고 각광받고 있는 소재이다. 이러한 Ti-계 합금들 중에서, Ti-Cr 이원계 합금은 높은 고용도로 인한 고용 강화 효과를 통해 우수한 강도를 가지고 있다. 또한, 변형이 진행되는 동안 많은 양의 슬립 밴드가 형성되어 높은 연신율을 나타낸다. 이와 더불어, Ti-Cr 이원계 합금에서 Cr은 β-Ti 상을 안정화 시키는 원소로 알려져 있으며, Cr의 함량이 낮은 (<5 at.%) Ti-Cr 이원계 합금은 β-Ti 상을 완전히 안정화 시키기 어려워 불안정한 β-Ti 상이 형성되며 동시에 ω-Ti 상이 형성된다. 이러한 ω-Ti 상은 Ti-Cr 이원계 합금 내에서 강화상으로 작용하기 때문에 높은 강도를 보이지만 연신율의 감소도 함께 초래한다. 본 연구에서는 낮은 함량의 Cr (<5 at.%)을 갖는 Ti-Cr 이원계 합금의 제한적인 소성능을 개선하기 위해서 미량의 원소 X를 첨가하였다. 이를 통해, 변형이 일어나는 동안 나타나는 상변태 및 쌍정과 같은 변형기구와 기계적 물성의 변화를 확인하였다. 합금의 조성은 Bo-Md (Bonding order-Mean d-orbital energy) diagram을 고려하여 설계하였다. 또한, 합금의 상 분석과 미세구조는 각각 X-선 회절분석과 주사 전자 현미경을 통해 분석하였고 기계적 물성을 측정하기 위해서 만능 시험기를 이용해 상온에서의 압축시험을 진행하였다.

[P2-17]

미량원소 첨가에 따른 Ti65Fe35 과공정 합금의 미세구조와 기계적 특성의 변화: 황윤중, 홍성환, 김영석, 박혜진, 문상철, 박상원, 김기범 ;*세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: microstructural heterogeneity, hypereutectic alloy, β-Ti alloy, mechanical property

공정 합금은 두 개의 고상이 층상조직으로 이루어져 있어 변형이 일어나는 동안에 많은 양의 전위를 효과적으로 방해한다. 이로 인하여, 조대한 결정립 재료에 비하여 높은 강도 값을 가지는 장점이 있다. 하지만, 공정 합금은 상온에서 매우 제한적인 소성능을 보이기 때문에, 구조재료로서 산업분야에 적용하는데 어려움을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서, 마이크로 크기의 수지상을 가지는 공정 합금에 대한 연구가 이루어져 왔다. 이러한 조직을 갖는 합금의 변형 거동은 수지상에서 형성되는 전위와 수지상과 층상 조직의 계면에서 형성되는 전단 밴드의 상호작용으로 인해 응력의 집중을 방해하는 것이다. 이와 더불어, 서로 다른 층상조직을 형성 시켜 양극화 공정 조직을 이루고, 이를 통해 미세구조적 불균일도를 유도하여 공정 합금의 소성능을 증가시키는 연구가 이루어져 왔다. 이러한 합금의 변형 거동은 재료가 변형하는 동안 서로 다른 층상 조직의 계면에서 전단 밴드의 핵 생성 자리를 유도하여 계면에서의 회전 거동을 일으키는 것이다. 이로 인해, 전단 밴드의 전파를 효과적으로 억제하여 소성능이 증가하였다. 본 연구에서는, Ti-Fe 과공정 조성에 저융점 원소인 Bi-In의 공정 조성을 미량 첨가하여, Ti-Fe계 과공정 합금의 미세구조와 기계적 특성의 변화를 조사하였다. $Ti_{65}Fe_{35}$ 과공정 조성을 선택하여 수지상을 형성시키려 하였고, $Bi_{53}In_{47}$ 공정 조성을 첨가하여 양극화 공정조직을 형성시키려 하였다. 결과적으로, 수지상을 갖는 양극화 공정 조직을 형성하여 Ti-Fe계 과공정 합금의 소성능을 증가시키려 하였다. 합금의 제조는 Arc 용해법과 흡입 주조법을 이용하여 직경 3mm, 높이 50mm의 봉상 시편으로 제조하였다. 합금의 상 분석과 미세구조는 각각 X-선 회절분석 (XRD, D/MAX-2500/PC) 과 주사전자 현미경 (SEM : JEOL JSM-6390)을 이용하였다. 제조된 합금의 기계적 물성 평가는 만능시험기 (UTM : Universal Testing Machine)를 이용하여 상온 압축 시험을 시행하였다.

[P2-18]

Influence of the atomic ratio between Zr and Ti content on the Ni-Cu-Zr-Ti-Si-Sn bulk metallic glasses: Hyo Jin Park, Ki Buem Kim*, Hae Jin Park, Young seok Kim; *Sejong University.*

Keywords: Bulk metallic glass, Ni-base alloy, Glass forming ability, Amorphous alloy

Bulk metallic glasses (BMGs) have taken notice as one of the most promising new materials for structural and functional applications, due to their unique combination of chemical and mechanical properties. For the BMGs, the Ni-based BMGs exhibit much stronger than other BMGs. However, the Ni-based BMGs have been limited for using industrials due to their low glass forming ability (GFA). In order to overcome this drawback, researchers have attempted to improve GFA of Ni-based BMGs through alloy designs. Ni-Zr-Ti-Si-Sn-Cu BMGs were designed from Ni-Zr-Ti ternary system. In the Ni-Zr-Ti alloy system, the addition of minor elements, such as Si and Sn, enhanced the GFA of Ni-based BMGs by 3mm. Moreover, the addition of Cu content also led to improve the GFA of Ni-based BMGs. For alloy designs, recently, the GFA of BMGs was improved by controlling the atomic ratio of including alloy elements without adding any other elements. In this work, we study that the ratio control of Zr to Ti on GFA of $NiCu(Zr_xTi_y)SiSn$ (x+y=36, ratio of x to y is 3:1, 2:1, 5:4, 1:1, 4:5, 1:2, 1:3) alloy system was investigated to explore the possibility for improving of the GFA and improve mechanical properties. The samples were prepared by the injection casting. Their microstructure and phase were investigated using Scanning Electron Microscope (SEM), X-ray Diffraction (XRD) and Transmission Electron Microscopy (TEM). The thermal and mechanical properties were analyzed by Differential Scanning Calorimeter (DSC) and Universal Testing Machine (UTM), respectively.

[P2-19]

기계적 합금화와 스파크 방전 소결을 이용한 Al0.5CoCrCuFeNi 고 엔트로피 합금 제조: 장순호, 노애란, 남승진, 전종규, 최현주 ;*국민대학교 신소재공학과 나노융합구조소재실험실.*

Keywords: 고 엔트로피 합금, 기계적 합금화, 스파크 방전 소결

고 엔트로피 합금(High entropy alloys, HEAs)은 기존의 합금보다 우수한 강도, 내식성, 내산화성 등 다양한 강점을 지니고 있어 연구 주제로 많은 관심을 불러일으켰다. 특히, $Al_{0.5}CoCuCrFeNi$ 고 엔트로피 합금은 높은 비강도를 가진다는 보고가 있으며, 이를 이용하여 이동수단의 부품소재로서의 활용이 가능하고, 기존 철강재료가 차지했던 다양한 분야의 구조재료로서의 응용이 기대된다. 가장 보편적인 방법인 주조공법을 이용해 고 엔트로피 합금을 제작할 경우에는 미세구조적 불균질과 의도치 않은 화합물의 형성으로 인해 기계적 성질이 크게 개선된 고품질의 합금을 제조하는 데에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 주조재에 비해 균질한 미세구조와 우수한 기계적 성질을 가진 고 엔트로피 합금을 얻고자 기계적 합금화(Mechanical alloying, MA)와 스파크 방전 소결(spark plasma sintering, SPS)를 이용해 $Al_{0.5}CoCuCrFeNi$ 고 엔트로피 합금을 제조하였다. 그 결과 스파크 방전 소결을 하기 전의 분말은 기계적 합금화 시간이 증가함에도 고 엔트로피 합금의 형성된 양이 느리게 증가하는 반면, 스파크 방전 소결을 하였을 때의 벌크는 FCC 형태의 고 엔트로피 합금이 급격하게 형성되었다는 결과를 얻었다. 본 연구에서는 이러한 결과를 이용하여, 기계적 합금화 시간과 스파크 방전 소결 조건에 따른 고 엔트로피 합금의 형성 거동과 추가적으로 기계적 성질에 대하여 고찰할 예정이다.

[P2-20]

냉간압연된 STS304의 열처리에 따른 결정립 미세화 및 상변화: 박민하[1], 김광윤[1], 전종배[1], 남대근[1], 손근용[2], 김병준[1] ; *[1]한국생산기술연구원동남권지역본부. [2]인제대학교 나노융합공학부.*

Keywords: Austenitic stainless steel, Recrystallization, Cold working, Grain refinement,Phase change

오스테나이트계 스테인리스강은 우수한 내식성, 가공성, 기계적 특성으로 인해 저온재료, 항공우주재료, 자동차, 건설 및 전자장비와 같은 다양한 산업분야에 널리 적용 되고 있다. 그러나 일반적인 오스테나이트 스테인리스강의 항복강도는 상대적으로 낮아 고강도를 요구하는 환경에서 사용하는데 한계가 있다. 냉간 가공의 경우, 오스테나이트계 스테인리스강은마르텐사이트로 변태되어 강도가 증가한다. 하지만, 냉간 가공의 단점으로는 인성이 감소하고 냉간가공 후 원하지 않는 재료의 이방성이 발생한다. 냉간 가공에 의해 강화된 오스테나이트계 스테인리스강의 적절한 열처리는 이방성을 줄이고 기계적 특성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는, 인성과 강도를 향상시키기 위해 냉간가공된 오스테나이트계 스테인리스강의 열처리에 의한 결정립 미세화의 효과 및 상변화를 관찰하였다. 냉간가공 공정 후, 오스테나이트는 마르텐사이트 변태로 인해 강도와 경도는 증가하였지만 연성과 인성은 감소하였다. 열처리 공정 후, 냉간가공된 스테인리스강의 인성과 강도는 결정립 미세화 및 상변화로 인해 향상 되었고 잔류오스테나이트의 재결정과 마르텐사이트에서 오스테나이트로 역변태 된 것을 확인 할수 있었다.

[P2-21]

냉간압연된 NiTi계 형상기억 리본의 어닐링 온도에 따른 상변태 및 형상회복 특성: 김록형[1], 정상준[1], 이명오[2], 김순덕[2], 지광구[3], 장우양[1] ; *[1]조선대학교. [2]유프렌드(주). [3]한국과학기술연구원.*

Keywords: NiTi계, 형상기억합금, 냉간압연, 상변태, 미세조직

선재 형상의 형상기억합금(SMA; Shape Memory Alloy)은 리본 형상에 비해 가열속도가 크지 않아 응답속도가 늦고 또한 SMA 섬유/금속 또는 SMA섬유/고분자 등의 지능형 복합재료(Smart composite)소자로 사용되기에는 계면의 접착력이 크지 않아 응용에 제한을 받는다. 따라서 이러한 응답속도 및 계면접착력 등과 같은 문제점을 해결하기 위해서는 선재에 비해 비표면적이 큰 리본 형상의 SMA 소자의 제조가 필요하다. SMA 리본을 제조하기 위한 대표적인 방법으로는 Melt spinning법이 있으나 변태온도에 민감하게 영향을 미치는 화학 조성이 쉽게 변하고 치수의 균일성을 확보하기가 어려우며 상업적 대량생산에는 적합하지 않은 공정이다. 한편, 연성평면케이블(FFC; Flexible flat cable)소선용 Cu 리본 제조에 이용되고 있는 인발-압연법은 인발된 선재를 압연하기 때문에 합금 조성의 변화나 치수의 불균일도를 줄일 수 있으며 연속 대량생산이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 금속간화합물로서 일반금속재료의 변형기구와는 다른 응력-변형률 거동(twin-detwin 또는 의탄성)을 보이고 또한 가공 후 어닐링 조건에 따라 상변태 거동이 다르게 나타나는 NiTi계 SMA 리본의 압연가공후 열처리 조건에 따른 제 특성들이 규명하기 위하여 NiTi계 SMA 선재를 여러 압하율에서 냉간압연하여 압연한 후 어닐링 온도에 따른 상변태 거동, 미세조직 및 형상회복률 등에 대하여 연구하였다.

[P2-22]

Zr과 이금속 간 이성분 합금계 중 Zr-rich 조성의 비정질 형성능 및 특성 변화 고찰: 김경준, 류욱하, 박은수; *서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소.*

Keywords: Zr-rich 합금, 이성분 합금계, 비정질 형성 영역, 낮은 유리 천이 온도, 열 소성 성형 합금

Zr 원소는 Cu나 Co, Ni 같은 전이금속과 큰 원자 반경 차이 및 큰 음의 혼합열을 가져, 비정질 형성을 위한 경험적인 법칙에 부합하는 관계에 있으며, 넓은 조성 영역에 걸쳐 다수의 깊은 공정 조성을 형성한다. 때문에, 이성분 합금시스템 내에서도 다양한 조성에서 비정질 형성이 가능한 것으로 알려져 있으며, 조성에 따른 그 특성 변화에 대해 보고 되어 있다. 본 연구진은 이번 연구를 통해 Zr과 전이금속 간 이성분 합금 시스템 중 Zr-rich 조성에서의 비정질 형성능 및 특성 변화에 대해 체계적으로 고찰했다. 멜트 스피닝 공법을 통해 Zr과 전이금속 간 이성분 합금시스템 내에서 Zr-rich 영역의 eutectic 조성 근처의 조성에 대해 리본 합금을 제작했으며, X선 회절 패턴 분석(XRD)으로 비정질 상 형성을 확인하고 비정질 형성 영역을 규명했다. 동시에 시차 열 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 독특한 현상에 주목을 했다. 특히, 이러한 조성에 따른 열 특성 온도 변화가 탄성 계수 등 다른 물리적 성질과 밀접한 관계를 가짐을 확인하고, 조성에 따라 T_g가 변화하는 현상이 가지는 물리적 의미에 대해 고찰했다. 또한, Zr-rich 조성 영역의 낮은 유리 천이온도 특성을 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.

[P2-23]

탄소강 입계석출 상변태와 입계균열 현상: 장현수, 최병학, 윤진영, 백광용, 이승영, 이상우, 박진수, 양우혁, 이호연; *강릉원주대학교 신소재금속공학과.*

Keywords: 입계균열, 입계석출, 템퍼링 취성

탄소강에서 템퍼링 과정은 취성 및 균열유발을 촉진시킬 수 있다. 이것은 템퍼링에 의한 탄화물 석출 양상과 관련하는데, 스테인레스강과 같이 구체적인 입계 탄화물과 같은 명확한 상변태 현상을 동반하지 않는다. 템퍼드 마르텐사이트의 탄화물 구성은 200°C 구간의 입실론 탄화물과 400°C~500°C 구간의 시멘타이트 석출로 대표된다. 이러한 탄화물 거동이 청열 또는 적열취성과 직접적인 관련이 있는 것으로 추정되는데, 아직 명확한 취성균열에 대한 고찰은 부족한 실정이다. 특히 12Cr 이상의 고크롬강에 해당하는 SS400 계열에 발생하는 템퍼링 구간의 475°C에서 취성은 극히 심각한 재질문제에도 불구하고 극복이 어려운 한계점이 있다. 이는 템퍼링 구간에서의 탄화물 거동에 대한 구체적이 고찰이 부족하기 때문이다. 본 연구에서는 템퍼링 취성에 대한 탄화물 거동을 고찰하고 이러한 템퍼링 탄화물 상변태가 유발하는 템퍼링 취성 사례를 소개하고자 한다. 탄소강 재질의 용접부 취성균열 (템퍼링 온도 지역), 템퍼링에 의한 충격치 저하 사례, 열처리에 의한 균열발생 사례 및 이와 유사한 수소취성 균열 사례를 소개하고 이것들에 대한 상변태 관련의 균열 발생기구를 분석하고자 하였다.

[P2-24]

Inconel 740 합금의 열팽창계수 특성 분석: 김대호[1], 이상현[1], 서진유[2]; *[1] 한국표준과학연구원. [2] 한국과학기술연구원.*

Keywords: Inconel 740, Thermal expansion coefficient, Push-rod dilatometer, Transition temperature

Inconle 740 은 고온에서 사용가능한 Ni-Cr-Co 합금재료로서 니켈합금의 대표적인 재료라 할 수 있다. 우수한 소재 특성으로 인해 플랜트, 항공우주, 터빈 등 다양한 분야에서 응용이 가능하며 Inconel 740 의 재료특성과 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Inconel 740 의 기본성분을 중심으로 하고 타이타늄, 알루미늄의 조성변화를 달리한 소재들의 열팽창계수(Thermal expansion coefficient) 특성을 분석하였다. Inconel 740 계열 시료는 Ti 함량을 기존함량 1.8 wt%에서 0 wt% ~ 3.6 wt%, Al은 0.9 wt%에서 0 wt% ~ 1.8 wt%로 조정하였다. 열팽창계수는 push-rod 타입 방법의 상용장치인 Dilatometer(NETZCH, DIL 402C, Germany)를 사용하였다. 열팽창계수는 300도~900도 범위에서 측정하였으며, 그 결과 열팽창계수는 일정한 가진 후 550도 부근에서 1차 transition 거동을 보이며, 730도 부근에서 2차 transition 거동을 보였다. Incoenl 740 시편의 미세조직을 관찰하였고, 열팽창계수 특성을 분석하였다.

[P2-25]

건식 적층 방식을 이용한 Cu-Sn alloy 박막의 저온 적층 최적화에 대한 연구: 김근영, 김형섭, 박윤찬, 최다현, 이선영*; *한양대학교.*

Keywords: Cu Sn alloy, alloy thin film, dry deposition

Cu-Sn합금은 액상 소결 재료로서 상대적으로 낮은 비 저항과 높은 기계적 강도, 연성, 내마모성, 열전도성을 가지고 있다. 일반적으로 Cu-Sn 합금을 박막 형태로 제조하는 방법은 소결 공정, 졸-겔을 이용한 화학적인 방법 등이 있다. 소결 공정의 경우 적층 전 분말 형태에서 합금화를 진행하는 선행 공정이 필요하다. 소결 조건은 400°C 이상의 고온이나 5시간 이상의 시간이 요구된다. 또한 적층의 후 공정이 진행되어야 한다. 졸-겔 공정을 이용하는 경우, 박막 제조 과정에서 화학 반응이 수반되고, 공정에서 사용되는 화학물질이 인체와 환경에 유해하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 물리적인 방식으로 박막형성과 동시에 합금화가 가능한 새로운 공정을 제시하고자 한다. 적층 장비는 건식 적층 방식의 일종인 나노 입자 적층 시스템 (NPDS)로 나노, 마이크로 크기의 금속, 세라믹 입자를 상온에서 가속시켜 적층 시키는 공정이다. 압축 공기를 운반기체로 이용하여 노즐을 통해 초음속으로 가속시키게 된다. 위 공정의 경우 타 공정에 비해 저온, 저압 분위기에서 사용할 수 있고 운반기체로 air를 사용하므로 에너지 측면에서 효율적이다. 또한 재료의 조성과 박막의 두께를 제어할 수 있다. 앞선 NPDS 공정을 이용하여 실리콘 기판 위에 조성에 따른Cu-Sn 혼합분말을 적층 시, 기판의 가열을 통해 Cu-Sn alloy 박막을 가능하게 하였다. FE-SEM, EPMA 분석을 통해 각 조성의 미세구조를 파악하고, XRD 분석을 통해 Cu_3Sn, Cu_6Sn_5 조성을 관찰하여 분말 적층 방법으로 제작된 박막의 합금화를 확인하였다. 또한 XRF 분석을 통해 이론-실제조성에 따른Cu 손실 량을 파악하였으며, 4 point probe 분석을 통해 10^{-7} Ωm 급의 비 저항 값을 가지는 우수한 전기적 특성을 가지는 것을 확인하였다. 결론적으로 나노 입자 적층 시스템으로 제작된 Cu-Sn박막의 확산 기구에 따른 합금 조성을 분석하고 혼합 비율에 따른 적층 효율에 관한 메커니즘을 고찰하고자 한다.

[P2-26]

비정질 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf 합금리본의 결정화 열처리와 초탄성특성 변화: 김동조[1], 김연욱[2], 남태현[1]; *[1] 경상대학교. [2] 계명대학교.*

Keywords: TiNiHf alloys, Melt-spinning, Crystallization, Phase transformation, Superelasticity

본 연구에서는 Ti-(50.3-x)Ni-20Hf (x=0, 0.8, 1.3) (at.%) 합금리본을 melt spinning 법으로 제조하고, 제조된 합금리본의 상변태 거동을 조사하기 위하여 시차주사열분석을 하였으며, 결정구조를 조사하기 위하여 X선 회절시험을 하였다. 생성되는 마르텐사이트의 미세조직을 관찰하기 위하여 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 809 K 에서 819 K 로 높아졌으며, 결정화에 필요한 활성화 에너지는 182.7 kJ/mol 에서 167.8 kJ/mol으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 미세구조 관찰결과 Ti-49Ni-20Hf, Ti-49.5Ni-20Hf 합금리본에서는 어닐링온도와 조성에 관계없이 B19' 마르텐사이트기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$ 석출물로 구성되어 있으며 Ti-50.3Ni-20Hf 합금리본에서는 경우 B19' 마르텐사이트기지와 $(Ti,Hf)_2Ni$, (Ti,Hf)Ni 석출물로 구성되어 있었다. 석출물의 크기는 어닐링온도가 높아짐에 따라 11 nm에서 325 nm로 증가하였다. 시차주사열분석 결과 어닐링온도와 조성에 관계없이 B2-B19' 1단계 마르텐사이트 상변태 거동을 나타내었고 Ni함량이 낮을수록 열처리온도가 높을수록 마르텐사이트 변태개시온도(Ms)는 높아졌다. 1273 K 에서 어닐링 한 Ti-49.5Ni-20Hf, Ti-50.3Ni-20Hf 합금리본의 경우 초탄성회복율은 각각 90.9%, 92.5%로 측정되었다.

[P2-27]

수소투과환경에서 Pd-40wt%Cu 수소분리막의 FCC-BCC 상변태에 미치는 냉각속도의 영향: 김하영[1], 조민구[2], 김한진[2], 서진유[2], 김도향[1]
;[1] *연세대학교.* [2] *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. Pd-Cu의 수소 투과도를 상온과 고온 사이를 반복적으로 변화하는 온도 조건에서 측정하여 상변태 거동을 관찰하였다. 이때 FCC 상과 BCC 상은 수소투과도가 10배 이상의 차이를 나타내었으며, 승온과 냉각시 변태온도의 차이가 약 200도 정도로 측정되어 큰 히스테리시스 거동을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 냉각시 일정 온도에서 온도를 유지하여 FCC에서 BCC로의 상변태 속도를 관찰하였다. 상변태가 완료되는 데 수십시간이 걸렸다. 또한 상변태 구간에서 승온시 높고 일정한 수소 투과도를 보인것과 달리, 상변태가 완료된 분리막의 실제 수소 투과도는 더 낮았다. 이에 따라 높은 수소 투과도를 유지하기 위해서는 변태온도구간 이하의 온도에서 수소 투과를 하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

[P2-28]

순수 타이타늄 주조제품의 기계적 성질 향상을 위한 반복 상변태 열처리: 박종민[1], 김형균[2], 정재현[3], 박기범[1], 박래성[1], 하태권[1], 민석홍[1], 박형기[2]
;[1] *강릉원주대학교.* [2] *한국생산기술연구원.* [3] *서원.*

Keywords: 주조, 반복열처리, 상변태, 순수 티타늄, 기계적 성질

주조로 제품을 제작하는 기술은 현재 산업분야에 널리 적용되고 있는 방법 중 하나이다. 주조의 특성상 원하는 형상의 제작이 다른 공정에 비해 쉽게 이루어지는데, 이를 이용해 복잡한 형태의 제품의 제작도 가능하고, 이음매 없는 형상을 제조할 수 있는 장점이 있다. 하지만 다른 제조기술들에 비해 기계적 성질이 좋지 않고, 순 Ti의 경우 재료 물성을 제어하기 위한 방법이 제한되는 단점이 있다. 금속을 강화하기 위해선 강화기구를 사용해야 하는데 합금원소를 포함하지 않아 고용강화, 석출경화 등의 방법은 적용이 불가능하고, 완제품 형상을 가진 주조품을 압출,단조 등으로 가공 또한 할 수 없어, 본 연구에서는 반복 열처리를 이용하여 결정립 크기를 제어해 기계적 성질을 향상시키는 것을 목표로 실험을 진행하였다. 시편은 순 Ti (Grade 2)로 아크용해로를 활용하여 제조하였고, Ar가스 분위기의 로를 이용해 반복열처리를 실행하였다. EBSD를 활용해 미세조직 및 결정립 크기를 측정하고, 만능시험기를 이용해 인장시험을 진행하였다. Hall-Patch 식에 관련하여 결정립 크기를 이용해 재료 물성을 분석하였고, 항복강도가 약 40% 향상하고 인장강도가 약 28% 개선됨을 확인하였다. 순 Ti의 반복열처리를 활용한 제품의 결정립 크기 변화와 재료물성을 고려한 열처리 법을 도출하였다.

[P2-29]

스테인레스강 입계석출 상변태와 입계균열 현상: 장현수, 최병학, 고승희, 강효인, 최우정, 김시훈, 윤재형, 권병호, 원규연
;*강릉원주대학교 신소재금속공학과.*

Keywords: 입계예민화, 스테인레스강, 입계균열

스테인레스강에서 입계석출은 입계예민화의 균열을 유발한다. 여기에서 입계석출은 일반적으로 σ상과 M23C6 타입 탄화물과 이와 관련한 다양한 타입의 탄화물인데, 이것들은 궁극적으로 입계예민화에 의한 입계균열을 유발하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 SS304, SS205 및 SS420 등 및 다양한 스테인레스 강종에서 발생하는 입내 및 입계석출과 입계예민화 균열을 소개하고, 이에 대한 원인기구를 규명하고자 하였다. 여기에서 입계예민화 현상은 입계탄화물 석출구간인 고온범위에서 입계균열로 발생하기도 하지만, 입계예민화로 인한 부식분위기 우선 부식현상도 관찰된다. 본 연구를 통해 입계 탄화물 타입의 상변태 현상규명과 이것이 균열에 미치는 영향성을 파악하고, 입계균열 억제방안을 제시하고자 하였다.

[P2-30]

Thermodynamic Modelling of ZnO-TiO_2 System: Yoongu Kang; *Department of Materials Science and Engineering of Seoul National University.*

Keywords: Thermodynamic, FactSage, Phase diagram, ZnO, TiO_2

Thermodynamic assessment of the ZnO-TiO_2 system has not been performed until now, due to the insufficient and inconsistent experimental data. However, this system is nowadays rising as great importance as low-temperature co-fired ceramic for various applications in materials engineering thanks to its microwave-dielectrics and photo-catalytic properties. The present study will present a thermodynamic database of the ZnO-TiO_2 system based on the critical evaluation and optimization of the existing phase diagram and thermodynamic property data. The newly developed database can be accessed by the FactSage software to calculate phase diagram and thermodynamic properties of any phase in the binary system.

[P2-31]

TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-0.3Si-0.1C 합금의 상변태 온도 연구: 금동엽[1], 서동이[2], 김대진[1]; *[1]안동대학교 기계공학과. [2]National Research Council Canada.*

Keywords: Water Quenching, Transformation Temperature

TiAl 합금은 고온(700~800°C)에서 비강도, 비강성과 같은 기계적 성질이 우수하여 가스터빈 블레이드, 자동차 과급기 터빈 블레이드 등에 적용가능한 고온 소재로 알려져 있다. 특히 회전과 같은 특정 하중 하에 지속적으로 노출되는 블레이드의 경우 크리프 강도가 매우 중요하다. 열처리를 통해 얻을 수 있는 TiAl 합금의 대표적인 미세조직으로는 D(Duplex), NG(Near Gamma), NL(Near Lamellar), FL(Fully Lamellar)가 있다. 이 중에서 크리프 강도가 우수한 것으로 알려진 완전 층상 구조(Fully Lamellar Structure)를 얻기 위해서는 적절한 열처리가 수반되어야 한다. 완전 층상 구조는 단계 냉각 고용화 열처리(Step Cooled Solution Heat Treatment)를 통해 얻을 수 있다. 단계 냉각 고용화 열처리는 As-cast 상태의 합금을 T_α 온도 이상으로 가열한 후 T_α 온도까지 노냉을 하다가 T_α 온도 이후 바로 공냉을 하는 열처리이다. 본 연구에서는 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 분석을 통해 TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-3Si-0.1C 합금의 T_α (1290°C) 및 상변태 온도를 확인하고 고온(1100~1450°C)에서의 50°C 간격으로 Water Quenching 후 XRD(X-Ray Diffraction) 분석 및 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 상을 분석하였다. Water Quenching 한 미세조직 중 1100~1250°C 에서 결정립계에서 β 상이 분산되어 있고 1250°C 에서 Si-rich를 확인하였다. 그리고 1100~1150 °C에서 $\alpha_2+\beta+\gamma$, 1200~1250 °C에서 $\alpha+\beta+\gamma$, 1300~1400 °C에서 $\alpha+\beta$, 1450 °C에서 β 로 확인되었다. 따라서 TiAl-6Nb-4V-1Fe-0.2B-3Si-0.1C 합금의 상변태 경로는 $\alpha_2+\beta+\gamma \rightarrow \alpha+\beta+\gamma \rightarrow \alpha+\beta \rightarrow \beta$ 로 추정하였다.

P3 : 재료강도

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P3-1]

Ti/Cu 클래드 판재의 열처리에 따른 기계적 특성 연구: 윤창석[1], 박양균[1], 김상열[2], 이상로[2], 이동근[1]; *[1]순천대학교 신소재공학과. [2](주)에이원엔지니어링.*

Keywords: Ti/Cu clad, Heat treatment

클래드 판재는 둘 또는 그 이상의 금속의 계면에서 접합된 전형적인 일종의 복합재료이다. 클래드재의 이점은 서로 다른 금속의 우수한 특성들의 조합을 통하여 선택적, 복합적으로 우수한 물성을 확보할 수 있다는 점이다. 타이타늄은 우수한 내식성과 고비강도를 나타내며, 구리는 높은 열, 전기 전도도를 나타낸다. 이러한 장점들의 결합으로 Ti/Cu 클래드는 심각한 부식 환경하에서 높은 전도도를 요구하는 곳에서 선택적으로 사용될 수 있는, 부가가치가 매우 높은 복합판재라고 할 수 있다. 클래드는 압출, 압연, 폭발압접 등을 통하여 제조되는데 이러한 방법들 중에서 압연을 통한 공정은 낮은 비용과 좋은 생산성으로 유용한 공정이다. 본 연구에서는 냉간압연공정을 통하여 제조된 Ti/Cu 클래드 판재를 이용하여 미세조직학적 특징과 상온 기계적 특성을 평가하였다. 또한, Ti/Cu 경계면을 강화하기 위하여 다양한 열처리 공정을 수행하였으며, 열처리 온도와 시간에 따른 계면에서의 미세조직 변화, 상변태 및 기계적 특성을 비교평가하였다.

[P3-2]

하이엔트로피 합금의 나노스케일 항복 거동에 미치는 수소의 영향: 양광휘[1], 이동현[1], 김우진[1], 서진유[2], 장재일[1]; *[1]한양대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.*

Keywords: high-entropy alloy, hydrogen, yielding behaviorrrrr, nanoindentation

하이엔트로피 합금(high-entropy alloy, 이하 HEA)은 차세대 구조재료로 주목 받고 있으며 최근 들어 이에 관한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 대표적인 HEA인 CoCrFeMnNi 합금은 결정학적으로 안정한 면심 입방 구조를 보이며 우수한 기계적 특성으로 인해 원자력발전, 우주항공 등 다양한 분야에서 응용될 것으로 기대하고 있다. HEA가 실제 응용에 이르기 까지는 다양한 환경적 영향에 대한 선행연구들이 필요한데 이중 수소 영향에 대한 연구는 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 CoCrFeMnNi 합금에 대하여 기상 장입법으로 수소를 도입한 후, 구형 나노압입시험과 열탈착분석(thermal desorption analyses)을 수행하여 항복 거동에 미치는 수소의 영향을 체계적으로 분석하고자 하였다. 이 때 얻어진 결과를 장입된 수소양과 전단 항복 응력(shear yielding stress)의 분포 및 활성화 부피의 변화를 고려하여 분석하였다.

[P3-3]

SA508 Gr.1A 및 Gr.3 저합금강의 냉각속도 변화에 따른 미세조직 및 파괴저항성(J-R) 평가: 김민철[1], 민기득[1], 홍석민[1], 김종민[1], 최권재[1], 정선미[2], 김홍덕[2]; *[1] 한국원자력연구원. [2] 한국수력원자력(주).*

Keywords: 파단전 누설, SA508, 주증기 배관, 파괴저항성

한국 표준원전의 1차 계통 고에너지 배관에는 파단전 누설개념(Leak Before Break: LBB)이 적용되고 있으며, 최근에는 2차 계통 주증기 배관에까지 확대하기 위한 노력이 진행되고 있다. 배관이 파단에 이르기 전에 발생하는 누설을 감지함으로써 배관에 발생된 균열을 미리 발견할 수 있고, 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 양단순간파단과 같은 극단적인 상황을 방지할 수 있는 LBB 적용으로 각종 지지 구조물을 최소화 할 수 있고, 가동중 검사(ISI)에 작업자의 피폭을 최소화 할 수 있게 된다. 충분한 파단전 누설 안전여유도 확보를 위해서는 배관재료의 인장특성 및 파괴인성이 매우 중요하다. 현재 표준원전의 주증기 배관에는 SA106 Gr.C 소재가 사용되고 있으나, LBB 여유도 확보를 위해 표준원전 RCS 배관에 적용되고 있는 SA508 Gr.1A 소재의 적용이 고려되고 있다. SA508 Gr.1A 소재는 SA106 Gr.C 소재보다 강도와 인성이 우수한 소재이나, 충분한 LBB 여유도 확보를 위해서는 강도와 파괴저항성 개선을 위한 추가적인 노력이 필요하다. 본 연구에서는 SA508 Gr.1A 및 Gr.3 저합금강의 인장특성 및 파괴저항성에 미치는 열처리 공정의 영향을 평가하였다. 저합금강 소재는 오스테나이트화 열처리 이후 냉각속도에 따라 미세조직이 크게 변화하며, 그에 따라 재료의 강도와 파괴저항성도 변화하게 된다. 냉각속도 효과를 확인하기 위해 표준원전 RCS 배관에 적용된 SA508 Gr.1A 저합금강 소재와 압력용기에 적용된 SA508 Gr.3 Cl.1 및 Cl.2 저합금강 소재를 이용하여 냉각속도를 변화시켜 열처리를 수행하였다. 열처리된 소재는 미세조직 분석과 상온과 주증기 배관 가동온도인 286°C에서의 인장특성 및 J-R 특성을 평가하였다. 이러한 평가결과를 바탕으로 SA508 저합금강 소재의 강도와 파괴저항성을 향상을 위한 최적 열처리 공정 설계방안을 확보하고자 하였다.

[P3-4]

Au nanowire에서 관찰되는 twin-detwin 변형 거동 해석: 김성훈[1], 서종현[2], 이재철[1], 안재평[3]; *[1] 고려대학교 신소재공학부. [2] SK hynix. [3] 한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: FCC, Nanowire, Deformation twin, detwin

많은 슬립계를 갖는 fcc 금속은 벌크 상태에서는 대부분 슬립에 의해서 변형이 일어나지만, 재료가 나노화가 됨에 따라 낮은 전위밀도 등의 나노 효과에 의해 쌍정 변형이 일어나게 된다. 이 때문에 낮은 SFE를 갖는 Au, Cu등의 fcc 금속의 나노재료 들에서 변형 쌍정의 생성이 다수 보고되었다. 쌍정의 형성은 강도와 소성량의 향상에 영향을 미친다고 알려져 있는데, 특히 나노선에서 생성된 쌍정은 나노선의 높은 결정성 및 큰 종횡비 때문에 생성된 쌍정이 나노선을 따라 성장하면서 수십 %의 높은 소성변형량을 유발하는 독특한 소성변형 거동이다. 이 같은 변형 쌍정은 슬립과는 다르게 소성 변형된 부분이 가역적으로 회복될 수 있기 때문에 높은 강도와 더불어 기계적 에너지 저장이라는 측면에서 응용 가능성을 가지고 있다. 이 때문에 twin과 더불어 detwin현상 및 그 반복적인 변형거동을 실험적으로 관찰한 결과들도 보고되었지만 현상에 대한 보고가 주를 이루었다. 이에 본 연구팀은 쌍정의 twin-detwin 현상을 실험적으로 관찰하기 위해 TEM 내에서 Au 나노선의 인장실험을 수행하였고, 쌍정생성 이후에 인장용 MEMS DEVICE의 복원력(압축 응력)에 의해 detwin이 발생하는 현상을 관찰할 수 있었다. 이 때 측정된 displacement – load 곡선을 통해 detwin 과정을 에너지적으로 접근하여 해석하고자 한다.

[P3-5]

Al 단결정 나노선 인장실험에서 관찰된 deformation twinning 현상 해석: 김성훈[1], 김홍규[2], 안재평[2], 이재철[1]; *[1] 고려대학교 신소재공학부. [2] 한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: FCC, single crystal, Nanowire, Deformation twin, zigzag

fcc 금속은 많은 슬립계를 갖기 때문에 벌크재료에서는 대부분 슬립에 의해서 변형이 일어나지만, 재료가 나노화가 됨에 따라 낮은 전위밀도 등의 나노 효과에 의해 낮은 SFE를 갖는Au, Cu 등의 금속들에서 쌍정에 의한 소성변형이 보고되었다. 일반적으로 SFE가 높은 금속은 쌍정 생성이 어렵다는 기존의 관점대로 Au, Cu 와는 다르게 Al에서는 쌍정이 잘 발견되지 않았지만, 극저온과 높은 변형률, 극한 변형등과 같은 극적인 조건에서 2003년 처음 Al 내에서의 쌍정이 발견된 이후 국소 부위에서의 3~4층의 atomic level의 쌍정이 몇차례 보고되었다. 하지만 이러한 연구들은 대부분 발생 이후 쌍정의 생성 여부만 관찰 할 수 있었고, 다른 fcc에서의 쌍정변형이 높은 소성을 동반하는 독특한 변형을 보였기 때문에, Al의 경우에도 쌍정에 대한 보다 면밀한 연구가 필요하다. 기존에 연구된 나노결정립은 소성변형과정에 많은 변수를 포함하고 있어, 쌍정형성 메커니즘에 관해 명확하게 이해하기 어렵다. 나노선은 높은 결정성과 낮은 결함밀도, 결정방위의 선택적 사용이 가능하다는 큰 장점 때문에 소성변형에 관여하는 여러 변수들을 제어할 수 있어 높은 SFE를 갖는 물질의 소성변형을 탐구하는데 적합한 재료이다. 따라서 본 연구에서는 앞서 Al 나노선을 인장하여 기존의 Al에서 발생한 쌍정과는 다르게 약 5~10 nm 폭을 갖는 쌍정 쌍을 관찰하는데 성공하였다. 하지만 Al에서 생성된 쌍정은 기존의 다른 fcc 와는 다르게 제한된 폭과, 지그재그 형태의 쌍정을 형성하였다. 이에 Al에서 생성된 지그 재그 형태의 쌍정이 생성되는 원리를 전산모사를 통해 탐구하였다

[P3-6]

산화물분산강화합금 분말의 예비열처리 공정이 기계적 특성에 미치는 영향: 김가언[1], 노상훈[1], 장창희[2], 김태규[1]; *[1] 한국원자력연구원. [2] 한국과학기술원.*

Keywords: ODS 합금, 예비열처리, 냉간압연

우수한 기계적 특성을 가지는 산화물분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS) 합금을 제조하기 위해서는 기지 내 산화물이 미세하게 분산되고 비교적 균일한 결정립을 가지는 미세조직으로 제조하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 기계적 합금화(Mechanically Alloying) 공정으로 제조된 합금 분말을 780ºC 온도에서 1 시간 동안 열처리 한 후 열간등방가압(Hot Isostactic Pressing, HIP)하여 합금으로 제조한 다음 열간 및 냉간압연하여 시편으로 제조되었다. HIP 공정으로 제조된 합금의 미세조직은 EBSD, TEM 장비를 활용하여 관찰하고 기계적 특성을 평가하여 기존 방식의 공정으로 제조된 합금과 예비열처리 공정을 추가하여 제조한 합금을 비교 분석하였다. 미세조직을 비교하여 보면 합금 분말을 예비열처리 하는 경우 결정립 크기가 증가하는 반면, 결정립 크기의 편차가 감소하는 것으로 분석되었다. 인장시험 측정결과에서도 예비열처리 후 합금으로 제조된 시편의 특성이 우수한 것으로 확인되었다. 이와 함께, 합금을 열간압연 한 후 각기 다른 조건으로 냉간압연 (0%, 5%, 10% 및 15%) 가공하여 시편으로 제작한 다음 기계적 특성 평가를 실시하였다. 예비열처리 공정 후 합금으로 제조된 시편을 냉간가공 10% 하는 경우의 기계적 특성이 가장 우수한 것으로 분석되었다. 이와 같은 연구결과는 미세조직을 제어하여 고성능 특성을 가지는 ODS 합금을 개발하기 위한 연구 자료로 활용 될 것이 기대된다.

[P3-7]

강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성에 미치는 열처리와 접합강도 효과: 진보라, 하동욱, 전건우, 정창열; *동국대학교 원자력·에너지시스템공학과.*

Keywords: steel, aluminum, multi-materials, automobile, mechanical property

최근 강화된 자동차 충돌 법규 및 연비 규제를 동시에 만족하기 위해 이종재질을 융합한 차량용 하이브리드 부품 소재 개발에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이에 강판-프리폼 (preform)과 알루미늄경량소재-다이캐스팅을 결합하여 중량 감소와 충돌 특성 향상을 만족시키고자 하는 연구가 많이 진행되고 있지만, 이종 재질의 접합강도와 열처리 조건에 따른 강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성에 대한 연구는 부족한 현실이다. 본 연구에서는 자동차 차체프레임 소재로 사용되는 강판 프리폼에 진공고압주조공법으로 알루미늄 합금을 접합시킨 강-알루미늄 다중소재융합 부품에 대하여 열처리 조건과 강 프리폼의 표면처리 조건에 따른 기계적 특성을 비교 분석하였다. 또한, 구조용 접착제를 이용하여 강-알루미늄 다중소재의 접합강도를 변화시키고 이에 따른 기계적 특성을 비교 평가하였다. 다중소재융합 부품의 특성 평가 결과, 성형 공정과 소부 열처리 과정에서 강의 인장 특성 변화가 관찰되었고 알루미늄 소재의 인성 확보를 위한 열처리가 필수적임을 확인하였으며, 강의 소부경화와 알루미늄의 인성 확보를 동시에 만족시키는 최적 열처리 조건 확립이 필수적임을 확인할 수 있었다. 또한 구조용 접착제를 이용한 다중 소재의 접합강도 변화에 따른 특성 결과에서, 접합강도가 증가할수록 기계적 특성이 향상되는 결과를 나타내었고, 강과 알루미늄의 위치 배열에 따라 다른 기계적 거동을 보임을 확인할 수 있었다.

[P3-8]

Microstructure Evolution and Critical stress for Twinning in the Newly Designed MnCoNiCu High-Enropy Alloy: D. G. Kim[1], Y. H. Jo[1], W. M. Choi[1], S. S. Sohn[2], H. S. Kim[1], B. J. Lee[1], S. Lee[1]

[1]*Center for High Entropy Alloys.* [2]*Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Keywords: High entropy alloy; Grain size; Critical Stress; Dynamic tensile test; Computational thermodynamic approach

An equi-atomic Single fcc-phase CrMnFeCoNi High entropy alloy (HEA) exhibits much higher tensile properties at cryogenic temperature than at room temperature due to fcc properties and plenty of twinning at cryogenic temperature. A new FCC-based HEA is designed through computational thermodynamic calculations that generate twinning during cryogenic deformation. Quasi-static and dynamic tensile tests were performed at room and cryogenic temperatures with different grain sizes to improve understanding of deformation twins responsible for cryogenic deformation. Decreasing the grain size during quasi-static tensile improves tensile strength, but increases critical stress to form twins and makes it difficult to form deformation twins during plastic deformation. Tensile strength in dynamic tensile test is increases by more than 350 MPa at room and cryogenic temperatures compared to quasi-static. Thus, Case of a quasi-static tensile tested specimens with almost no twinning, They can forces to easily overcome critical stress to form twins and form a large number of twins through dynamic tensile test applying high tensile stress during deformation.

[P3-9]

Small Punch Test를 통한 금속재료의 기계적성질 측정 표준화: 홍석민, 민기득[1], 김종민[1], 김민철[1], 이봉상[1]; *한국원자력연구원.*

Keywords: Small punch test, bulge test, miniature testing technique, standardization, metallic materials

통상 구조물의 건전성은 인장, 충격, 파괴인성과 같은 대형 시편을 통해서 측정된 구조재료의 기계적 성질을 통해서 평가된다. 하지만 대형이 아닌 오직 매우 작은 크기의 시편만을 확보할 수 있을 때 구조물의 건전성을 평가하기는 어렵다. 이를 해결하기 위해서 Miniature testing 기술을 통한 구조재료의 특성평가 방법이 중요해지고 신뢰성 확보를 위한 많은 노력이 수행되고 있다. Small Punch (SP) test 방법은 miniature testing 방법 중 하나로 초기에는 원자력의 적용을 위해서 개발되었지만 항공, 해양, polymer와 같은 완전히 다른 산업과 분야로도 많이 확산되어 쓰이고 있다. 그럼에도 불구하고 SP test를 금속재료에 적용하기 위한 표준화는 아직 이뤄지지 않았다. 유럽 CWA (CEN(European Committee for Standardization) workshop agreement)에서는 “small punch test method for metallic materials” 작성을 통해 표준화를 준비하였고 현재 ASTM work item WK47341로 개발 중에 있다. 최근 ECISS (European Committee for Iron and Steel Standardization)에서 금속재료에 대한 SP test 방법을 유럽표준으로 확립하기 위해 technical committee 101 (“Test methods for steels”)내에 새로운 working group 1 (WG1)을 구성했다. 이 표준화에는

SP creep testing 뿐만 아니라 SP test를 통한 tensile, fracture toughness 결정에 대한 것도 다루고 있다. 이를 위해 많은 유럽의 기관들이 참여 중이고 국제 round-robin test를 통해 표준화 작업의 신뢰도를 높이기 위해 연구를 수행 중에 있다. 한국원자력연구원에서도 국제 round-robin test에 참여하여 SP 테스트를 수행 중에 있다. 이번 연구에서는 SP 실험을 통한 표준화 연구동향뿐만 아니라 원자력연구원에서 현재 진행중인 SP test 연구상황에 대해 리뷰 하였다.

[P3-10]

Al-Mg-Si 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 열처리 효과: 진보라[1], 하동욱[1], 전건우[1], 이준민[2], 노시준[3], 김지훈[3], 정창열[1] ;[1]*동국대학교 원자력·에너지시스템공학과.* [2]*현대기아자동차연구소.* [3]*명화공업.*

Keywords: Al-Mg-Si alloy, heat treatment, hardness, tensile strength, automobile

최근 강화되는 자동차 배기가스 및 연비규제를 만족하기 위하여 알루미늄 합금을 대체 적용하는 비율이 증가하는 추세이지만, 현재 사용되는 자동차용 강에 비해 강도가 낮다는 한계가 있다. 이를 개선하기 위하여 기계적 특성이 우수한 전신재 합금을 이용하여 주조 부품을 제조하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있으나, 알루미늄 합금의 주요 강화 방법인 열처리에 따른 전신재 합금 주조 부품의 기계적 특성 변화에 대한 연구는 매우 부족한 현실이다. 이에 본 연구에서는 Al-Mg-Si 전신재 합금으로 제작된 자동차용 주조 부품을 이용하여 열처리 조건에 따른 주조품의 미세조직 변화 및 기계적 특성을 평가하였다. 열처리 조건에 따른 잔류상 및 석출상의 거동과 그 성분을 파악하기 위하여 광학현미경, 전자주사현미경, EDS 및 XRD를 이용하여 분석하였고, 열처리 온도 및 시간에 따른 기계적 특성의 변화를 파악하기 위하여 경도 측정 및 인장 시험을 실시하였다. 용체화 온도는 535~565°C까지 10°C 간격으로 변화를 주었고 용체화 시간은 5시간 및 8시간을 유지하였으며 이후 급냉하였다. 용체화 조건별 미세조직의 분석 결과, Al-Mg-Si 합금은 잔류상과 기지조직으로 구성되며 주된 잔류상은 Mg2Si와 Al5FeSi임을 확인할 수 있었다. 또한, 용체화 온도 및 시간이 증가함에 따라 잔류상의 부피분율은 감소하고 반대로 결정립의 크기는 증가하는 결과를 나타내며, 555°C까지는 잔류상 감소에 따른 고용강화 효과가 우세하여 경도와 인장강도가 증가하는 결과를 나타내었으나 565°C에서는 급격한 결정립 성장에 따른 연화효과로 경도와 인장강도가 감소하는 결과를 보였다. 용체화 이후 시효 조건은 165~200°C 온도 범위에서 0.5~17 시간의 시간 변화를 주었으며, 각 시효조건에 따른 미세조직 및 기계적 특성 분석 결과를 토대로 최적의 기계적 특성을 나타내는 열처리 조건을 도출하고자 하였다.

[P3-11]

Strengthening by brittle sigma-phase in ductile VCrFeNi high entropy alloy: 조용희[1], 최원미[1], 김동근[1], Alireza Zargaran[1], 손석수[2], 김형섭[1], 이병주[1], 이성학[1]; [1]*포항공과대학교.* [2]*Max-Plank-institute.*

Keywords: high entropy alloy, sigma phase, thermodynamic calculation, taylor lattice

Fcc single-phase equi-atomic Fe-Ni-Cr-Co-Mn high entropy alloy (HEA) shows excellent cryogenic-temperature tensile properties because of abundant twinning, but further improvement by this twinning mechanism along with low yield strength has been limited. Here we effectively exploit strengthening effects of a hard and brittle intermetallic sigma (σ) phase in a non-equi-atomic four-component 20V15Cr20Fe45Ni (at.%) HEA designed by a computational thermodynamic approach. The σ phase has beneficial effects on both strengthening and strain hardening as well as grain refinement due to grain-boundary pinning. Thanks to utilization of σ phases finely formed in the fcc matrix, the newly developed HEA shows ultra-high yield and tensile strengths of 790~930 GPa and 1330~1490 GPa, respectively, together with persistent ductility up to 57%, which are superior to existing HEAs . Our results demonstrate how the σ formation, which is avoided in typical HEAs because of ductility deterioration, would be a novel idea in ultra-high-strength HEA design.

[P3-12]

FeMnAlC 합금계 기반 스테인리스강의 Cr 첨가에 의한 석출거동 및 변형거동 해석: 김치원[1], 이창훈[2], 박성준[2], 김경원[2], 이영주[3], 홍현욱*[1] ;[1]*창원대학교 신소재공학부.* [2]*재료연구소 철강재료연구실.* [3]*포항산업과학연구원.*

Keywords: Lightweight Stainless Steel, dislocation, Cr addition, κ-carbide

최근 민수, 군수분야에서 저비중, 고강도 및 고내식성 재료의 개발을 통해 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 주요인자로 작용한다. 또한 Cr의 첨가를 통해 내식성 향상을 유도하였다. 따라서 본 연구에서는 Cr 첨가에 따른 κ-carbide 의 석출거동 변화 및 소성변형 시 나타나는 변형기구에 대한 분석을 주제로 하였다. Cr이 첨가되지 않은 경우 Al과 C의 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 입

Poster Session I

내에 미세하게 석출되었다. 인장 하중에 의한 소성변형 시 Cr이 첨가되지 않은 경우는 기제내의 규칙화된 κ-carbide의 존재로 인해 전위의 shearing제한적인 슬립 시스템에서 발생한다. 뿐만 아니라, 정출상 κ-carbide 내에서도 고밀도 전위의 planar glide가 나타난다. 이러한 고밀도 전위가 이른 파단의 주요 원인으로 판단된다. Cr이 첨가된 경우 규칙화된 κ-carbide의 미세화가 나타나며 이로 인해 전위의 shearing은 보다 많은 슬립계의 활성화에 의해 발생한다. 따라서, Cr의 첨가가 야금학적으로 미치는 영향에 대해 보다 면밀히 비교하고자 Cr 첨가 전후를 거시 및 미시적으로 분석하여 고찰하였다.

[P3-13]

BCC 이원계 합금의 조성에 따른 고용강화 거동 고찰: 김일환[1], 오현석[1], 박은수*[1]; *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Refractory alloy, Complete solid solution, Atomic size misfit parameter, Solid solution hardening, Valence electron concentration

기존 고온 구조용 소재로 주로 사용되는 합금인 니켈계 혹은 코발트계 초합금은 1000°C 이상의 고온에서 급격한 연화가 일어난다는 한계를 나타낸다. 이러한 문제점은 초합금의 주 원소인 Ni, Co의 녹는점이 1500°C 내외이기 때문에 발생하는 것으로, 이를 대체할 초고온 구조용 소재에 대한 연구가 필요하나 하나의 대안으로 제시되고 있는 세라믹계열 내열소재는 취성이 매우 크기 때문에 큰 부하가 걸리는 구조용 소재로 활용하는데는 제약이 따른다. 이에 반해, 녹는점이 2000°C 이상인 내화금속원소들은 기계적 특성이 급격히 감소하는 온도가 기존 초합금보다 높게 형성되며 세라믹보다 연성이 높기 때문에 고온에서 안정하여 초고온 구조용 소재로 사용하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 일례로 최근 Senkov는 다섯 가지 이상의 원소들을 5~35%의 동일한 비율로 합금화 시켜 고용체를 형성하는 고엔트로피 합금 설계 컨셉을 이용하여 내화금속원소계 고엔트로피 합금을 제조하였고 실제 고온 압축시험을 통하여 고온 기계적 성질이 초합금보다 더 높은 온도범위까지도 향상됨을 확인하였다. 하지만 아직까지 합금 구성원소의 농도 변화가 실제 강화 거동에 미치는 영향에 관한 체계적인 고찰은 미비한 실정이다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 완전 고용체를 형성하는 내화금속 이원계 합금에서 용질 함량 변화에 따른 기계적 특성 변화를 고용강화적 측면에서 고찰하고자 하였다. 이를 위해 다양한 내화금속계 이원 합금에서 조성 변화에 따른 마이크로 비커스 경도 변화를 체계적으로 측정하여 간단하면서도 신뢰성 있는 조성-기계적 물성간 특성 변화 양상에 관한 예측을 가능케 하고자 하였다. 본 연구를 통해 내화금속계 BCC 이원 합금에서 고용강화 효과를 제어하는 인자에 대한 보다 명확한 이해를 통해, 내화금속계 BCC 고엔트로피 합금 고용체에서 조성변화에 따른 고용강화효과에 의한 기계적 특성 향상에 관한 연구의 시금석을 제공하고자 한다.

[P3-14]

고Cr 페라이트계 산화물 분산강화 강의 제조와 특성평가: 노상훈, 강석훈, 장진성, 김태규; *한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.*

Keywords: heat-resistant steel, ferritic stainless steel, oxide dispersion strengthening

산화물 분산강화(Oxide dispersion strengthened, ODS) 강은 페라이트/마르텐사이트 강을 기지조직으로 하고 고온에서도 매우 안정한 수 nm 크기의 산화물을 미세하고 균일하게 분산시킨 합금으로 기계적 특성과 내조사성이 매우 우수하여 미래 원자력시스템의 핵심 구조부품 소재로 주목을 받고 있다. 한편, 화력발전, 국방 및 항공우주 산업에서는 기존 상용소재 보다 성능이 우수한 극한환경용 내열합금에 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 고온강도와 내산화성이 향상된 고성능 ODS 강을 개발하기 위한 사전연구를 실시하였다. 고성능 ODS 강은 16~22 중량%의 높은 Cr 함량을 가지는 페라이트계 스테인리스 강 상용분말을 사용하여 기계적 합금화, 열간가압 및 열간압연 공정으로 제조하였다. 제조된 시편을 절단하여 결정립 조직, 석출물 분포 분석을 실시하였으며 인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하고 상용소재와 비교하였다. 고성능 페라이트계 ODS 강은 고밀도로 분산된 나노 산화물에 의해 500 nm 이하의 미세한 페라이트 결정립을 가지는 것을 확인하였다. 나노 산화물은 입내 또는 입계에 분포하였는데 크기와 분산밀도는 제조공정에서 미량으로 첨가되는 Ti, Zr 또는 Hf과 같은 합금원소 종류에 따라 크게 변화하였으며 고온인장특성에도 큰 영향을 나타내었다. 본 연구결과는 극한환경용 핵심 구조부품에 적용이 가능한 고성능 ODS 강 개발에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[P3-15]

S45C 합금의 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 Cr 도금층의 영향: 함기수[1], 강연지[1], 김형준[2], 윤상훈[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: S45C, Cr plating, Microstructure, Tensile, High cycle fatigue

경질 Cr 도금은 철강 표면에 경한 Cr 도금층을 적층시켜 철강의 단점인 부식, 마모 특성을 보완할 수 있는 공정으로 다양한 철강 소재 및 부품에 사용되고 있다. 본 연구에서는 모재인 S45C 합금(비교재)과 Cr 도금된 S45C 합금(Cr 도금재)의 인장 및 고주기 피로 특성을 조사, 비교하였다. 먼저 S45C 합금을 ASTM E8, E466 규격의 시편으로 가공하였으며, 시편 가공 후 Cr 도금을 실시하였다. 도금 소재 잔류 응력을 조사해보고자 위치별 indentation (Helmut Fisher Co. HM-500)을 이용하여 분석하였다. 인장시험은 strain rate 10^{-3}/s로 설정하였다. 고주기 피로시험은 stress ratio : 0.1, 10^7cycles 를 피로한으로 설정 후 수행하였다. S45C 합금은 α-Fe 기지와 펄라이트 조직으로 구성되어 있었으며, 적층된 Cr 도금층의 두께는 약 13.1 μm으로 측정되었다. Cr 도금층은 모재와 박리가 나타나지 않았으나, 도금층 내에 초기 균열들이 존재하고 있었다. 인장 시험 결과, S45C 합금은 항복강도 : 780.0 MPa, 인장강도 : 923.9 MPa, 연신율 : 7.5%로 측정되었다. Cr 도금된 S45C 합금은 항복강도 : 762.0 MPa, 인장강도 : 889.6 MPa, 연신율 : 2% 를 나타내어, Cr 도금을 수행함에 따라 인장 특성이 저하되는 것으로 확인되었다. 고주기 피로 시험의 경우도 S45C 합금의 피로한은 600 MPa, 도금 소재는 500 MPa로 나타나 Cr 도금소재의 피로 특성이 낮아졌다. 상기 결과들과 함께 인장

및 피로 파단면 관찰을 수행하고 S45C 합금과 Cr 도금소재의 인장 및 고주기 피로 변형 기구를 미세조직과 연계하여 고찰해 보았다. [본 연구는 산업통상자원부의 경질Cr 대체 용사코팅 기술개발 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[P3-16]

핵융합로용 RAFM강에서 Ti 및 Ta 첨가에 따른 미세조직 및 크리프 거동 특성 고찰: 김한규[1], 이지원[1], 문준오[2], 이창훈[2], 홍현욱[1]; [1] *창원대학교 신소재공학부.* [2] *재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: RAFM steel, Fusion reactor, Microstructure, Creep properties, High-temperature stability

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 기계적 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-RAFM강 (336→273 MPa)이 Eurofer97강 (304→284 MPa) 대비 더 급격한 항복 강도 감소를 보였다. 이는 Ti-RAFM강이 Eurofer97강 보다 열화속도가 빠르다는 것을 의미한다. 빠른 열화의 원인은 기지의 빠른 회복과 석출물의 조대화 등 미세조직 안정성이 열위하기 때문이다. 이로보아, 열위한 미세조직 안정성은 열간 노출 중 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. 이 결과로부터 Ta/Ti RAFM강이 가장 우수한 고온 기계적 특성을 보일 것으로 예상되었다. 크리프 시험 (550°C/200 MPa) 결과, Ta/Ti RAFM강의 경우 기존 Eurofer97강과 유사한 크리프 특성을 보였지만, MX의 미세한 석출을 위한 Ti의 첨가량이 증가할수록 빠른 확산 속도로 인해 미세조직 안정성이 열위되어 오히려 크리프 수명이 감소하는 것을 확인하였다.

[P3-17]

고온압연을 이용한 계층구조 나노포러스 금의 제조: 송은지[1], 곽은지[1], 김주영[1]; [1] *울산과학기술원.*

Keywords: 나노포러스 금, 4점 굽힘 시험, 파괴 인성, 계층 구조, 압연

나노포러스(Nanoporous) 구조는 나노스케일의 리가먼트와 기공이 연속적으로 이어져 있는 스펀지와 같은 구조재료로, 높은 비표면적을 가지는 특성 때문에 촉매나 센서, 액추에이터에 많이 사용되고 있다. 그 중 나노포러스 금(Nanoporous gold)은 간단한 열 및 산처리를 통해 리가먼트 크기와 밀도를 쉽게 제어할 수 있어 나노포러스 연구에 많이 이용되는 재료 중 하나이다. 하지만 강한 연성을 가지는 벌크 스케일의 금과 달리 나노포러스 금은 인장 상황에서 가지는 취성 파괴 특성으로 인해 상용화에 어려움이 있어 기계적 특성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 연구에서는 나노포러스 금의 기공 표면에서 일어나는 응력 집중에 의해 균열이 발생하고, 발생된 균열이 금-은 모합금 상태에서 형성된 결정립계를 따라 급작스럽게 성장하여 취성 파괴가 일어나며, 이를 이용하여 금-은 모합금 상태의 미세구조를 제어하여 그에 따른 기계적 특성에 대한 연구가 보고되고 있다. 본 연구에서는 냉간압연과 열간압연을 이용하여 나노결정립과 계층구조를 가지는 금-은 모합금을 만든 후 선택적 에칭으로 은을 제거하여 금-은 모합금의 미세구조를 유지한 나노포러스 금을 제작하고 파괴 인성을 비교 분석하였다. 이를 통해 취성 파괴를 유도하는 기공과 결정립계에 따른 기계적 특성의 상관관계를 분석하고, 미세구조를 제어함으로써 향상된 취성 파괴 특성을 얻고자 한다.

[P3-18]

과공석강의 미세조직 및 인장, 고주기 피로 특성에 미치는 accumulated strain의 영향: 김규식[1], 김현진[2], 배철민[2], 이기안[1]; [1] *인하대학교.* [2] *(주)포스코.*

Keywords: 과공석강, Warm Caliber rolling, 상온 인장, 고주기 피로

강소성 공정을 통한 결정립 미세화는 금속 소재의 인성과 강도를 동시에 향상시킬 수 있는 방법으로 알려져 있다. 그 중 caliber rolling은 연속적인 공정으로 대량생산이 가능한 강소성 공정으로 알려져 있어 주목을 받고 있으며 특히 고탄소강(공석강, 과공석강 등) 소재에 적용하여 초고강도 소재를 제조하기 위한 연구가 시도되고 있다. 그러나 현재까지도 caliber rolling 공정으로 고탄소강에 accumulated strain에 따른 미세조직 변화에 대한 해석이 부족한 실정이며 인장 특성 및 피로 파괴 거동에 대한 연구는 미미한 실정이다. 본 연구에서는 1 wt.% C 조성의 과공석강을 이용하여 warm caliber rolling 공정을 수행하였으며 accumulated strain에 따른 미세조직의 변화, 인장 및 피로 파괴 거동을 해석하였다. Accumulated strain에 따른 과공석강의 미세조직 변화는 주사전자현미경, EBSD, XRD를 이용하여 관찰하였다. 인장 시험은 INSTRON 8501을 이용하여 cross head speed 10-3 s-1 조건으로 수행하였다. 고주기 피로 특성은 고주기 피로 응력비(stress ratio)는 0.1, 20Hz 조건으로 최대 응력을 제어하여 수행하였으며 초기 과공석강과 최대 변형 조건의 과공석강을 비교하였다. Caliber rolling을 수행함에 따라서 초석 시멘타이트(cementite)와 펄라이트(pearlite)로 구성되어 있던 조직은 변형 방향에 따라서 재배열되는 과정을 지나 sub-micron 크기의 구형 시멘타이트와 페라이트(ferrite)로 형태가 변화되는 결과를 나타내었다. 상온 인장 강도는 초기 375 MPa (YS), 850 MPa (UTS), 16.8% 연신율을 나타내었으나 caliber rolling strain이 증가함에 따라서 최대 1381 MPa (YS), 1604 MPa (UTS), 5.4%의 연신율을 나타내었다. 고주기 피로한은 400 MPa (초기 과공석), 850 MPa (최대 변형 조건)로 2배 이상 향상되었다. Caliber rolling에 따른 과공석강의 accumulated strain에 따른 기계적 특성 및 피로 특성을 미세조직과 연계하여 고찰하였다.

[P3-19]

소부경화강의 변형 시효 특성에 미치는 탄소 함량과 상 분율의 영향: 홍태운, 이상인, 황병철; *서울과학기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: bake hardening steel, strain aging properties, carbon contents, phase fraction

소부경화강(bake hardening steel)은 성형 후 도장 시 항복강도가 높아지도록 설계한 강재로 일반 철강 소재에 비해 내덴트성(dent resistance)이 우수하기 때문에 Hood, Door outer 등과 같은 자동차용 부품에 많이 사용되고 있다. 시효 특성을 활용하는 소부경화강은 장거리 운송시 성형 전에 시효에 의해 표면 주름이 발생하여 성형 불량을 야기하기 때문에 성형 전 시효를 억제하고 성형 및 도장 후 우수한 소부경화 특성을 요구하고 있으며, 최근 자동차의 경량화와 안정성을 개선하기 위해 자동차 부품에 사용되는 강재의 강도를 높이기 위해 DP강(dual phase steel) 및 TRIP강(transformation induced plasticity steel)과 같은 고강도 강의 소부경화 특성에 대한 연구가 진행되고 있다. 소부경화강에서 발생하는 시효 및 소부경화 특성은 변형 시효(strain aging) 현상으로 설명될 수 있으며, 이는 일반적으로 탄소, 질소와 같은 침입형 원소들과 전위들간의 상호작용에 의한 것으로 알려져 있다. 이러한 미세조직적 인자들의 경우 탄소 함량과 상 분율에 의해 크게 변화되기 때문에 변형 시효에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 탄소 함량 및 열처리 공정에 따라 다른 미세조직 분율을 갖는 소부경화강을 제조한 후 미세조직을 정량적으로 측정하고 인장 실험을 실시하여 탄소 함량 및 전위 거동 관점에서 변형 시효 특성을 고찰하고자 하였다.

[P3-20]

유연소자 봉지재용 금속산화막의 인장특성 및 신축성 평가: 김한글, 김나향, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 봉지재료, 수분투습도, 이산화규소, 항복강도, 신축성

최근 유연소자에 대해서 연구를 활발해 지면서, 유연소자를 위한 봉지재료의 필요성도 같이 대두되고 있다. 봉지재료는 소자를 외부환경으로 보호하며, 전기적으로 절연 시켜주는 역할을 한다. 특히, 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode)와 같이 유연성은 좋으나 수분에 매우 취약한 소자에서는 소자의 봉지공정이 필수적이다. 다양한 봉지재료 중 얇지만 투명하고 수분투습도가 매우 낮은 봉지재료에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 중에 금속산화막은 얇고 투명하지만 밀도가 높아 수분투습도가 낮아 차세대 봉지재료로 많이 연구되고 있다. 특히, 실리콘 단결정 웨이퍼에 열적 산화를 시켜서 성장시킨 이산화규소(Silicon dioxide) 경우, 다른 산화막에 비해, 밀도가 매우 높고, 공동(pin hole)과 결함(defect)가 거의 없어서, 얇은 두께에서 낮은 굽힘 저항성(flexural rigidity)과 매우 낮은 수분투습도를 가진다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 열적 산화된 이산화규소는 단일막으로 얻기 어려워 일축인장시험에 어려움이 있고, 매우 낮은 파괴변형점과 신축성을 가지는 특성 때문에 상용화에 쉽게 다가가지 못하고 있다. 따라서 최근 연구에서는 항복변형점이 낮은 박막의 신축성을 향상시키기 위해서, 물결모양기판 위에 박막을 증착시켜 신축성을 향상시키고, 기판의 물결의 특징(파장, 진폭)과 박막의 항복변형점에 따른 신축성의 상관관계가 보고되었다. 따라서 본 연구에서는, 열적으로 성장시킨 이산화규소 단일막의 일축인장시험에 초점을 두어, 단일막의 항복강도와 항복변형점을 파악하고 물결모양기판에 적용하여 진폭/파장 같은 물결 모양구조를 변형시키고, 그에 따른 신축성 변형에 대해서 분석하였다.

[P3-21]

투명 스트레처블 봉지재료용 SiO_2 박막의 기계적 특성: 김나향, 김한글, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: Thermally grown SiO_2, In-SEM tensile test, Stretchable, Elastic limit, Encapsulation

실리콘 다이옥사이드 박막은 높은 전기저항과 초저수분투과 특성으로 인해 절연체 및 봉지재료로서 소자에 사용되고 있다. 최근 스트레처블 유기 소자에 대한 수요가 늘어나면서 연구가 활발히 진행되고 있지만 스트레처블 SiO_2 박막에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 본 연구에서는 스트레처블 SiO_2 박막을 제작하기 위해 널리 쓰이는 방법인 주름구조를 이용하였고 이를 위한 기초단계로 두께 1 μm 이하인 SiO_2 박막의 기계적 물성을 평가하고 두께에 따른 영향을 분석하였다. 이는 주름구조일 때 박막의 최고연신율이 기본 SiO_2 박막의 탄성한계일 때의 연신율보다 낮아야하기 때문이다. SiO_2 박막은 플라즈마 화학기상증착법, 열증착법, 스퍼터링 기법 열산화법 등을 이용하여 성장시킬 수 있는데, 그 중 다른 증착법에 비해 균일성이 좋고 밀도가 높으며 결함이 적은 열산화법으로 성장한 SiO_2를 이용하여 향상된 탄성한계를 기대하였다. 기계적 물성은 가장 정량적인 기계적 물성을 측정 할 수 있는 인장시험을 통해 평가 되었다. 박막의 두께가 매우 얇아 이온조사법을 이용하여 패터닝을 한 후 Push to Pull 장치에 부착하여 인장시편을 제작하였다. 그리고 피코인덴터를 이용한 in-SEM 인장시험을 진행하여 SiO_2 박막의 인장거동을 정확히 관찰하였다.

[P3-22]

유연 태양전지용 페로브스카이트 소재의 인장특성 평가: 안승민, 정의대, 송명훈, 김주영; *UNIST 신소재공학부.*

Keywords: 페로브스카이트, 태양전지, 기계적 신뢰성, 인장시험, 탄성한계

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. 따

라서 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.

[P3-23]

고강도 차동 기어 개발: 이규석, 최병호, 권형태, 이해춘; *현대다이모스.*

Keywords: 차동기어, Differential Gear, 액슬, 고강도, 특수강

차동기어(Differential Gear)란 양쪽 바퀴의 회전수 변화를 가능케하여 울퉁 불퉁한 도로 및 선회 시 원활한 구동을 하도록 하는 기어로써 고강도, 고인성, 내마모성 등의 특성이 요구된다. 특히 자동차 업계 개발 추세인 경량화에 맞춰 차동기어 역시 소형화, 고강도 등의 특성들이 요구된다. 최적화 설계와 더불어 재료 측면에서 소재와 열처리 등의 개발을 통해 강도개선 개발 사례를 공유하고자 한다.

P4 : 가공-소성가공

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P4-1]

인발가공에 따른 Al-Fe계 합금선재의 기계적 특성 및 미세조직분석: 정대한, 정창기, 이성희; *목포대학교 신소재공학과.*

Keywords: Al합금, 인발가공, 선재

최근 수송기기의 첨단화로 인하여 전력공급에 소요되는 전선의 양이 크게 증가함에 따라 고중량 및 고가인 Cu전선의 대체재료 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 Al은 Cu 다음으로 전기전도도가 높으며 성형성이 좋고 가벼운 장점이 있으므로 Cu의 대체재료로 크게 각광받고 있다. 본 연구에서는 자동차 전선용 Al-Fe계 합금 개발을 목표로 새롭게 Al-Fe계 합금을 설계하여 인발가공한 Al선재의 기계적 특성 및 미세조직분석을 실시하였다. 새롭게 설계한 Al 합금의 조성은 Fe 0.2~0.5 wt%, Cu 0.1~0.3 wt%, B 0.01~0.2 wt%, Si 0.08~0.15 wt%, Mg 0.01~0.2 wt%이며, 인발공정은 냉간에서 진행하였으며, 총 단면감소율 약 97%로 최종 직경 2 mm까지 반복공정으로 실시하였다. 그 후 인발 가공된 Al합금을 열처리하여 기계적 특성 및 미세조직을 분석하였다.

[P4-2]

Partial hardening 제품의 파괴 인성 향상 효과 분석: 임옥동, 공영식, 강남수, 최하나, 변장훈, 강창우; *(주)오토젠.*

Keywords: Partial hardening, Hot Press Forming, toughness, Crash test

최근 자동차의 연비 규제와 충돌 안전 규제가 강화되면서, 고강도 경량화 차체 부품 제조 기술이 개발되고 있다. 이 중 1.5 GPa 초고장력강 부품 양산 기법인 Hot Press Forming 공법(이하 HPF)이 널리 활용되고 있다. 그러나 HPF 부품은 파괴 시 취성 거동을 보이고 있으므로, 제품 적용에 한계에 직면한 상황이다. 따라서 HPF 제품의 취성을 극복하고, 파괴 인성을 향상시키기 위하여 다양한 기법이 연구되고 있다. 제품 제조 공정 전 후에, 국소부위에 열처리를 수행하여 이종 강도 특성을 갖는 부분 연화 HPF 제품이 등장하고 있다. 그러나 그간의 부분 연화 HPF 제품은 공정 수가 추가되어 원가 경쟁력에 불리하다는 단점이 있었다. ㈜오토젠은 이러한 상황을 개선하고자, Partial hardening 기법을 연구하였다. Partial hardening이란 금형 내에서 성형과 동시에 급랭을 수행할 시, 부위 별로 열처리 속도를 조절하여 이종 강도 HPF 부품을 제조하는 공법이다. Partial hardening 기법을 개발하기 위하여 열처리 조건을 최적화하고 3차원 형상의 Sample 금형을 제조하여 연구를 수행하였다. Sample 금형의 한쪽 측면은 Cartridge heater를 삽입하여 가열하며, 동시에 금형의 나머지 부분은 냉각채널을 구성하고 급랭하여 제품을 제조하였다. 서냉 열처리 조건은 통계 해석 프로그램인 Minitab을 통하여 Process window를 확보하여 최적 조건을 구하였으며, 이를 토대로 조건 별 Partial hardening 제품을 제조하고, 부위 별 물성과 미세조직을 분석하여 이종 강도 분포를 확인하였다. 또한, 중요 차체 부품 평가 기준인 내충격성 평가를 위하여 1축 정하중 굽힘 평가와 동하중 충돌 평가를 수행하였다, 이를 토대로 기존 HPF 제품 대비 Partial hardening 제품의 통한 인성 증가 효과를 평가하였다.

[P4-3]

분말야금법으로 제조된 니켈기 초내열 합금의 분말치밀화와 열처리 공정 조건 변화에 따른 미세조직 및 고온특성 평가: 신민주[1], 윤은유[1], 이영선[1], 배성준[1], 김대근[1], 김흥규[2], 홍성석[2], 김동훈[2]; *[1]재료연구소(KIMS). [2]국방과학연구소.*

Keywords: ni-base superalloy, solvus temperature, hot isostatic pressing, cooling rate, microstructure

니켈기 초내열 합금은 높은 강도와 내식성, 내산화성 등이 우수하여 고온에서 고응력의 특성을 필요로 하는 항공기 엔진의 터빈 등의 특수한 환경에서 활용되고 있다. 항공기 엔진은 효율을 높이기 위하여 터빈 내부의 온도를 고온화 하는 것이 필수 조건이며, 이러한 조건에서 견딜 수 있는 소재의 개발이 요구된다. 기존의 니켈기 초내열 합금은 정밀주조 방법으로 제조하였으나, 특정 온도 이상에서는 결정입계의 강도가 감소하여 입계 미끄러짐이 발생한다. 이를 보완하기 위해 본 연구의 니켈기 초내열 합금은 고온에서도 고강도의 특성을 보이는 분말야금법으로 제조되어 주조재보다 내부 응력이 작고 안정적인 특성을 가진다. 분말야금법은 구조적으

로 결정립 미세화에 용이하고, 합금 조성이 개발에 유동적이며 균일한 조성과 상분포, 탄소화합물 감소의 장점을 가진다. 개발합금 조성의 니켈기 초내열 합금의 분말은 열간정수압성형을 통해 치밀화 후 고온특성에 영향을 주는 강화상 γ'의 크기 및 분포 조절을 위해 용체화 열처리, 시효처리를 한다. 본 연구에서는 개발된 니켈기 초내열 합금의 고온특성이 고강도를 유지하면서 연성을 높일 수 있는 최적의 공정 조건을 찾기 위해 용체화 온도, 냉각속도, 그리고 열간정수압성형 온도를 다르게 하여 소재의 고온인장, Creep, 저주기피로특성과 미세조직을 분석하였다

[P4-4]

알루미늄 5182 합금 통전 인장 및 FLD 성형후 기계?금속학적 특성 평가: 김재성[1], 박기영[1], 진홍교[2], 양대호[2], 김장수[2]; *[1]고등기술연구원. [2](주) 엠에스오토텍.*

Keywords: Elctroplasticity, Aluminium alloy, Grain size, EBSD

자동차 산업은 최근 친환경화 및 경량화 요구에 따라 차체를 포함한 모든 부품에서 알루미늄 및 마그네슘 등의 경량소재로 대체하는 연구가 활발히 진행되고 있다. BMW, AUDI, 해외 업체의 경우 알루미늄 합금 부품을 사용한 다양한 차량이 지속적으로 제작 판매되고 있다. 알루미늄 및 마그네슘 합금 소재는 상온에서 성형성이 낮다는 단점을 가지고 있지만 200~300°C 범위에서 인장강도의 감소와 함께 높은 연성을 나타내는 성질이 있어 주로 온간 성형을 이용하여 부품을 제작하고 있다. 하지만 온간 성형을 실시할 경우 금형과 소재간의 윤활을 어렵게하며, 금형과 소재 사이의 점착 혹은 고온에서의 금형 강도 저하로 인한 금형의 수명 감소 등과 같은 문제점을 야기할 수 있다. 최근 온간성형을 대체하기 위해 알루미늄 합금 성형 중 전류를 인가하는 EAM 방법을 적용한 연구들이 국내에 진행되고 있으며, 본 연구에서는 알루미늄 5182 합금을 사용한 차체 도어 성형을 위한 기초 연구로 통전 인장 및 FLD 성형 후 나타나는 기계?금속학적 특성을 평가하였다. 기계적 평가는 전류 인가 후 강도와 연신율 및 경도를 확인하였으며, 금속학적 평가는 XRD 분석을 통한 전위밀도 변화와 EBSD 분석을 통해 그레인 크기 변화를 비표 평가하였다.

[P4-5]

유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 튜브의 압출 공정 설계: 최병진, 강성훈, 오영석, 이호원; *재료연구소(KIMS).*

Keywords: Extrusion, Finite Element Analysis, Seamless, Titanium, Tube

플랜트 시장에 주로 쓰이는 타이타늄 용접관은 용접부 응력부식균열(stress corrosion cracking)의 발생으로 인해 내식성이 급격히 저하되는 단점이 있다. 이러한 문제점으로 인해 확관, 압출 및 인발 등의 새로운 공정을 적용한 심리스 타이타늄 튜브 제작에 대한 관심이 증대되고 있다. 본 연구에서는 유한요소해석을 통해 심리스 타이타늄 튜브의 압출 공정을 분석하여 다이, 맨드렐 등의 기계 부품 및 공정 변수를 설계 하였다. 해석에 사용된 유동응력은 고온압축 실험을 실시하여 획득하였고, 해석을 통하여 하중, 최종제품 치수, 온도의 변화를 공정 변수인 초기 빌렛 size, 맨드렐 형상, 램 속도에 따라 분석하였다. 또한, 압출 공정 중 제품 생산의 경제적 효율성에 직접적으로 영향을 미치는 금형의 수명 분석을 위하여 금형탄성해석을 수행하였다. 해석의 결과로 금형에 가해지는 응력을 분석하여 금형 수명을 극대화하기 위한 압출 공정에서의 최적의 조건을 도출 하였다.

[P4-6]

A7075-T6 Bumper beam의 충격성능 분석: 임옥동[1], 공영식[1], 강남수[1], 최하나[1], 변장훈[1], 강창우[1], 이민식[2]; *[1](주)오토젠. [2]부산대학교 산학협력단.*

Keywords: Bumper beam, Aluminum, A7075, Crash test simulation

세계 주요 자동차 시장 국가들이 연비 규제를 큰 폭으로 강화시키고 있으므로, 이를 대처하기 위한 다양한 연비개선 연구가 진행되고 있다. 이 중 차체 경량화 기술은 내연기관차량과 전기차량의 양쪽 모두에 적용할 수 있으므로, 자동차 업계에서 활발한 연구가 진행되는 분야이다. 차체 경량화 기술에서는 현재 500 MPa급의 고강도 알루미늄 소재 부품 기술이 활발히 진행 중이다. 그러나, 500 MPa급의 고강도 달성을 위해 사용하여야하는 7000계 알루미늄은 높은 소재원가와 성형성 저하 문제로 인하여, 자동차 산업에 적용되기 위해서는 시급히 관련 연구가 진행되어야 하는 상황이다. 이를 개선하기 위하여 ㈜ 오토젠은 고강도 알루미늄 도입이 우선적으로 적용되는 부품인 Bumper Beam에 대하여 연구를 진행하였다. Aluminum 부품의 성형해석을 수행하여 제품의 양산성을 확보하였으며, 제품 모델링을 통한 충돌 해석을 수행하여 제품의 내충격 특성을 관찰하였다. 충돌해석은 Bumper Beam 단일 부품에 대하여, 적용 소재별 상대비교가 가능한 기준을 수립하였여 진행하였다. 이후 Bumper Beam의 적용 소재를 500 MPa급의 고강도강과 1.5 GPa급의 초고강도강으로 상대비교 분석하여, 알루미늄 소재 부품의 특성과 차체 경량화소재로써의 가능성을 평가하였다.

[P4-7]

동일한 압출비에서 T 형상으로 제조된 7075와 2024 압출재의 압출 상태의 미세 조직 특징 비교: 이상용, 우영호, 김기한, 김연주, 박정민; *국립안동대학교.*

Keywords: 7075, 2024, 직접압출, 재료유동, 조직 분석

자동차 부품 분야에서의 고강도 알루미늄 적용 요구가 증가하고 있는 가운데 고강도 알루미늄 압출재의 적용 시도도 증가하고 있다. 자동차 부품에서 요구되는 다양한 형상과 특성에 따라 적절한 고강도 알루미늄 합금의 적용과 적절한 압출공정 조건의 적용이 필수적이며, 나아가서는 체계적인 공정 조건의 관리가 필요하다. 그러나 압출 공정의 특성 때문에 실제 성형이 이루어지는 순간 또는 위치에서 재료의 재료유동의 특성은 알기가 어려운 것이 현실이다. 이러한 점은 산업 현장에서 재현성이 있으면서 품질의 제어가 가능한 공정 관리를 어렵게 한다. 성형이 이루어지는 순간의 재료 유동은 대부분 압출재의 조직으로 직접 영향을 미친다. 따라서 압출 상태의 거시적, 미시적 조직의 형태는 역으로 압출 순간의 조건을 예측하거나 해석하는데 매우 중요하다. 본 연구에서는 압출재

의 거시적/미시적 조직의 형태를 분석하였다. 대표적인 고강도 알루미늄인 7075와 2024 알루미늄 합금에 대해서 동일한 T 형상의 금형을 이용하여 동일한 압출비 (38:1)로 직접압출에 의해 제조된 압출상태의 거시적 및 미시적 조직을 같은 부위에서 조사하였다. 조직 분석은 OM, SEM 및 EBSD 를 통해 이루어 졌다.

[P4-8]

Al-Mg-Zn계 알루미늄 합금의 압연 가공성 및 기계적 특성 평가: 조상현[1], 오성준[1], 이성희[2]; *[1]목포대학교 신소재공학과. [2]목포대학교 기계·신소재공학과.*

Keywords: 알루미늄 합금, 압연, 미세조직, 기계적 특성, 어닐링 특성

자동차 경량화를 위한 대체소재로 Al 합금이 많은 주목을 받고 있다. 그러나 자동차용 Al 합금은 주조재와 전신재로 구분되어 있으며, 이 경우 조성의 차이로 인해 용접 및 재활용의 어려움이 실용화에 큰 장애물로 작용하고 있다. 따라서 동일 조성으로 주조재와 전신재를 제조한다면 자동차 부품용 소재로 그 적용범위가 크게 확대되리라 기대된다.본 연구에서는 주조 및 전신 겸용 Al 소재 개발을 목표로 Al-Mg-Zn계 합금을 설계하여 기계적 특성 및 압연 가공성 평가를 실시하였다. 실험을 위하여 잉곳 상태에서 두께 4 mm, 폭 30 mm, 길이 100 mm의 판상으로 절취한 후, 450°C에서 3시간 동안 균질화 처리하여 출발재료로 사용하였다. 압연은 직경 210 mm인 2단 압연기를 사용하여 시편 두께를 0.2 mm씩 줄여나가며 최종두께가 1 mm(총 압하율 : 75%)가 될 때까지 상온에서 다패스로 진행하여 냉간압연가공성을 평가하였고 200°C~500°C범위에서 1 h동안 어닐링을 실시하여 어닐링에 따른 미세조직 및 기계적 특성을 평가하였다.

[P4-9]

초소성성형 /확산접합의 티타늄 자전거 샤프트 조인트 접합 공정 적용 연구: 이상용[1], 유영훈[2]; *[1]국립안동대학교. [2](주)탈리스.*

Keywords: MTB 자전거, Ti-3Al-2.5V, 샤프트 접합, 초소성성형, 확산접합

레져/스포츠 산업의 발전과 함께 경량이며 고성능을 필요로 하는 MTB 자전거를 위한 티타늄 합금의 적용은 필수적이다. MTB 자전거의 경우 고온 물성이 불필요하기 때문에 Ti-6Al-4V 대신 Ti-3Al-2.5V을 적용하여도 요구 특성에는 문제가 없다. 자전거 구조체의 핵심은 메인 샤프트의 제조이다. 메인 샤프트는 다양한 디자인의 접합점을 줄일수 있지만 기본적으로는 여러 축의 연결이 필요한 조인트 형태의 접합부가 발생한다. 이 접합 부위가 용접을 통해 제조될 경우 엄격한 공정 및 품질 관리가 안될 경우 운전중 파괴에 이를 수 있는 치명적 부위가 된다. 경제적이면서도 용접부 취약성을 해결하는 대안으로 초소성성형/확산접합 공정 적용이 시도되었다. 본 연구에서는 Ti-3Al-2.5V 합금으로 된 두 개 이상의 튜브를 초소성하이드로포밍 및 확산접합으로 접합하는 연구를 시도하였다. 하나의 메인 샤프트 제조를 위해 다양한 조건의 접합부가 발생되며 이러한 접합부의 특징을 분석하고 초소성공정/ 확산접합 공정과의 연관성을 분석하였다.

[P4-10]

직수냉각을 이용한 보론강의 핫스탬핑 성형 특성: 권의표[1], 김대영[1], 박현경[2]; *[1]한국생산기술연구원. [2]동해금속.*

Keywords: Hot stamping, Direct water quenching, Boron steel

핫스탬핑(Hot stamping)은 보론강 소재를 고온으로 가열한 상태에서 성형함과 동시에 금형 내에서 판재를 급냉 시킴으로서 1.5 GPa 이상 초고강도 부품 성형 제작이 가능한 일종의 가공열처리 공정 기술이다. 현재 핫스탬핑 공정시 일반적으로 다이냉각 방식이 많이 사용되고 있으나, 다이냉각 방식은 냉각속도가 느리고, 금형에서 유지시간이 길어 핫스탬핑 부품의 생산성이 낮다는 문제가 있어 냉각속도를 향상시킬 필요가 있다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위해 금형 표면에 냉각수를 분사하고 금형 표면과 패널 사이에 냉각수를 흐르게 하여 보론강 소재를 직접 냉각시키는 직수냉각(direct water quenching) 기술이 개발되었다. 본 연구에서는 직수분사가 가능하도록 설계/제작된 직수냉각금형을 이용하여 직수냉각 핫스탬핑 성형시험을 실시하였고, 시험조건에 따른 판재의 냉각성능과 미세조직 및 기계적 특성을 분석하였다. 다이냉각과 직수냉각된 보론강 판재에 대한 미세조직 비교를 위해 후방산란전자회절(EBSD) 분석을 진행하였고, 경도 및 인장강도 측정을 통해 기계적 특성을 비교하였다.

[P4-11]

열간 피어싱 및 냉간 인발 공정을 이용한 자동차 서스펜션장치용 중공 심리스 스프링강 튜브 제조 연구: 홍성모, 한승완, 김완교; *세창스틸.*

Keywords: 코일 스프링, 심리스 튜브, 열간 피어싱, 인발, 표면흠

최근 온실가스 배출 억제를 위한 자동차 환경규제 및 연비규제가 점차 중요시되면서, 차량 연비향상을 위한 부품소재의 경량화는 선택이 아닌 필수요소가 되었다. 차량 경량화 대상 부품소재로는, 샤프트류, 스테빌라이저바 및 코일 스프링등이 있으며, 기존에는 주로 중실(solid)의 봉재가 이용되어 왔으나, 최근에는 이를 중공(hollow) 형태의 튜브로 대체적용하려는 연구가 활발히 진행중이다. 자동차 코일 스프링은 주행 시 노면에서의 충격과 진동을 흡수하여 차량의 주행 안전성을 높이는 역할로서, 우수한 내구성과 엄격한 품질이 요구되는데, 아직까지 국내외에 중공형태의 스프링강을 실차 적용한 사례는 전무하다. 본 연구에서는 향후 중공 스프링강 상용화를 위한 기초연구로서, 열간 피어싱 기술을 적용하여 스프링강 환봉을 중공 심리스 튜브로 제조하였고, 그 후 냉간 인발공정을 통해 설계치수로 제조되었다. 피어싱 공정조건에 따른 열간소재의 치수 및 내측 표면흠을 정량적으로 분석하였고, 인발공정에서의 구부성형, 열처리 온도, 탈탄, 조직 및 경도분석을 통해 최종적으로 실차적용 가능성을 검토하였다.

[P4-12]

초음파나노표면개질(UNSM) 기술을 이용한 표면 압축 잔류 응력 형성 거동의 유한 요소 해석: 박현욱[1], 김준형[2], 편영식[2], 아마노프 아

외즈한[2], 최윤석[1]; [1]*부산대학교 재료공학과.* [2]*선문대학교 기계공학과.*
Keywords: UNSM(Ultrasonic Nano-Crystalline Surface Modification), Residual stress, Severe Plastic Deformation(SPD), Finite Element Method(FEM)

초음파나노표면개질(Ultrasonic Nano-Crystalline Surface Modification, UNSM)은 20 kHz의 진동으로 생성된 에너지를 이용하여 하중을 미세 Tip에 부가하여, 재료의 표면에 강소성 현상을 발생시키는 일종의 "표면미세냉간단조" 기술이다. UNSM 기술을 이용하여 금속 표면에 국부적인 강한 소성 변형을 부가할 경우, 표면 결정립의 초미세화로 인한 표면 경화와 동시에 압축 잔류 응력을 표면부에 인가하여 재료의 내응력부식성, 피로수명 향상을 도모할 수 있다. 현재 UNSM의 효과를 이용하여 정밀기계부품, 각 종 베어링, 원자로 부품 등의 수명 향상을 위한 많은 연구가 행해지고 있다. 본 연구에서는 이러한 UNSM 공정 시 표면부의 압축 잔류 응력 형성 거동을 유한요소해석법(FEM)을 이용하여 해석하였다. 특히, 소재의 국부적인 고변형율 소성 거동을 모사하기 위해 Johnson-Cook 모델을 이용하였으며, 기존에 제안된 FEM 기법을 실제 UNSM 공정에 맞게 개선하고 실제 실험 데이터와 비교 분석 하였다.

[P4-13]

핫스탬핑 금형 성형 온도에 따른 성형성 및 기계적 특성 평가: 심우정[1], 전형준[2], 김동규[3]; [1]*(주)새한산업.* [2]*(주)명진테크.* [3]*(주)디케이솔루션.*
Keywords: Hot-Stamping Process, Hot-Stamping Die, Die Quenching

최근 자동차 산업에서는 환경규제 및 안전규제 강화로 인해 초고강도 강의 적용이 급증하고 있다. 이에 따라 고온에서 가공하여 성형성 및 강도를 확보하고 경량화를 동시에 만족할 수 있는 장점을 가진 핫스탬핑 공정 적용 제품 사용이 증가되고 있는 추세이다. 핫스탬핑 공정에서 금형을 통한 냉각 과정시 금형 온도에 의한 냉각이 최종 제품의 강도를 좌우하게 된다. 하지만 핫스탬핑 공정을 연속으로 적용하게 되면 금형내의 냉각채널로 냉각을 시도하여도 금형의 온도가 상승하게 된다. 또한 금형의 온도를 다르게 하여 이종강도를 가지는 제품을 만드는 방법으로 사용하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 핫스탬핑 금형 온도가 제품에 미치는 영향을 파악하기 위해 핫스탬핑 금형의 온도를 변화시키며 HAT 형상 제품의 성형성 및 기계적 특성, 미세조직을 확인하였다.

[P4-14]

유한요소법을 이용한 철계 자동차 부품의 온간단조 성형 해석 및 미세조직 예측: 김대근[1], 이영선[1], 윤은유[1], 이상용[2], 김태구[3]; [1]*한국 기계연구원 부설 재료연구소.* [2]*안동대학교 신소재 공학부 교수.* [3]*코리아 메탈㈜.*
Keywords: warm forging, hot forging, finite element method, carbon steel, grain size

열간 단조의 경우 단조 시 낮은 성형 하중과 높은 유동성으로 자동차 부품의 성형에 주로 쓰인다. 하지만 낮은 치수 정밀도와 미세조직 제어에 한계가 있어 개선을 위하여 추가적 열처리가 필요하다. 반면에 냉간 단조는 비교적 높은 기계적 성질과 치수정밀도를 가지지만, 성형 하중이 높고, 그로 인한 금형 수명에 한계를 가진다. 그러므로, 열간 단조의 낮은 성형 하중과 높은 유동성, 냉간 단조의 치수 정밀도를 절충 가능한 온간 단조를 자동차 부품 성형에 적용하고자 한다. 본 연구에서는 현재 열간 단조를 적용하여 성형하는 자동차 구동 부품인 Pulley에 온간 단조를 적용하기 위해 유한 요소 해석을 통하여 열간, 온간 단조 성형 공정을 비교 분석하였으며, 단조 온도의 감소에 따라 증가하는 성형 하중을 감소시키기 위하여 기존에 비해 성형 하중을 감소시킬 수 있는 개선된 온간 단조 공정을 유한요소법을 통하여 그 효과를 예측 및 분석하였다. 또한, 성형 시 열간 단조 대비 온간 단조의 온도 차이에 따른 결정립 크기와 상분율을 예측하고 결과를 비교 분석하였다.

[P4-15]

폐리튬이차전지로부터 물리적 전처리 후 소성 공정에 따른 물성 변화 연구: 박상렬, 이아름, 변석현; *성일하이텍(주).*
Keywords: Lithium ion battery, physical treatment process, calcination process, physical property

A Study on the change of physical properties for scrapped lithium secondary battery from calcination process after physical treatment process 리튬이온배터리(이하 LIB)는 소형 개인용 장치부터 중대형 장치까지 적용범위가 확대되어 이를 사용하는 수요 또한 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 사용 증가와 동시에 폐LIB의 발생량도 증가하고 있어 폐기물 처리에 따른 환경적 문제와 규제, 처리비용 등의 문제점이 발생하고 이를 해결하기 위한 유가금속의 회수 기술과 회수한 유가금속을 재사용할 수 있도록 자원화하는 방법에 대한 관심과 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 폐LIB내 유가금속을 회수하고 소재화하는 방법으로는 폐LIB와 제조공정에서 발생하는 부산물을 물리적 전처리, 유기물 제거를 위한 소성, 그리고 습식 및 건식법을 사용하여 유가금속을 분리, 회수하는 공정이 있다. 위 공정 중에서 소성 공정의 원료, 조성에 따른 유기물 제거의 최적온도를 정립하고 소성 온도에 따른 양극 활물질 내 유가금속의 손실과 물성변화 여부를 확인하기 위해서 소성 전, 후의 변화를 다각적으로 확인하고자 한다. 본 실험에서는 LIB 제조공정 중 발생되는 스크랩과 폐LIB를 활물질의 조성(LCO, NCM)에 따라 구분하였고 각각의 원료를 물리적으로 전처리하여 분리한 활물질 분말을 사용하였다. 그리고 500ºC, 600ºC, 700ºC로 온도조건을 변화시켜 소성하였으며, 소성 전, 후 무게 및 금속의 함량, 성분변화를 ICP와 XRD분석을 통해 비교하였다.

P5 : 주조 및 응고

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P5-1]

탄탈륨 스크랩으로부터 고밀도 열원 용해기술을 통한 고순도 탄탈륨 Ingot 제조: 유지원[1,2], 최상훈[1,2], 심재진[1], 주원[1], 임재홍[1,2], 이현규[1,2], 현승균[3], 박경태[1]; *[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electron beam melting, Tantalum scrap, Recycling, Preprocessing, High purity

Tantalum은 흔히 Coltan 이라 불리는 Columbite 와 Tantalite 등의 광물에 함유되어 있는 희소금속이다. 이러한 Tantalum은 강도 및 전성, 연성이 뛰어나고 내산화성 및 내식성이 우수하여 전자 부품, 초합금(Superalloy), 의료 및 화학 장치 등 산업 전반에 활용되고 있다. 따라서, 그 수요는 갈수록 증가하고 있으나 전세계적으로 매장량이 적은 탓에 Tantalum의 가격은 고가에 속한다. 한편 사용완료 후에 발생되는 폐 스크랩의 재활용 기술은 국내에 전무함에 따라 제품 제조시 필요한 Tantalum은 현재 전량 수입에 의존하고 있다. 이에 본 연구에서는 폐 Ta 스크랩으로부터 고밀도 열원 용해기술을 통해 고순도 탄탈륨 Ingot을 제조하고자 하였다. 고융점인 Tantalum 금속을 용해하기 위해 Electron beam melting (E-beam)을 선정하였고, 재활용 원료로는 반도체 공정에서 쓰이는 노광램프 내의 폐 Ta-spring으로 선정하였다. E-beam 용해 시 스크랩에서 발생하는 Fume gas는 Chamber 내의 진공도를 감소시켜 원활한 용해 진행을 방해하는 주요 요인이 되므로 폐 스크랩의 전처리 공정을 개발하여 불순물을 최소화하였다. 또한 폐 스크랩의 Compact화를 진행함으로써 용해할 sample의 부피를 감소시켰으며 Chamber 내부의 진공도를 10^{-4} torr로 조절하였다. 제조된 Ingot은 기초 물성 등을 다각도로 평가하였고, 그 중 순도분석결과 4N(99.99%)이상의 고순도 탄탈륨 Ingot을 제조하였다.

[P5-2]

Ti-Al 합금 주조 시 주형재 및 주형 예열에 따른 주조성 평가: 최진주, 정우철, 진연호, 양재교; *고등기술연구원.*

Keywords: Titanium-Aluminum alloy, Alpha case, Fluidity, Preheating

Ti-Al 합금은 비강도가 높고 우수한 내산화 특성으로 인해 극한의 강도와 내식성이 요구되는 외장재나 구조용제 부품에 각광받고 있는 소재이다. 그러나 고온의 용융 상태에서 낮은 유동성으로 인해 주조 시 net shape를 만족하기 어려우며, 산소나 주형재와의 반응성이 높은 문제점을 가지고 있다. 특히 주형과의 반응으로 생성되는 'alpha-case'의 경우 주조품 표면의 경한 산화물 층으로서 가공을 어렵게 하며 크랙의 발생 및 전파 기구로 작용할 수 있기 때문에 Ti-Al 합금의 상용화를 위해선 최적의 주형재 선정과 유동성 확보가 필수적이다.이에 본 연구에서는 Ti-Al 합금 주조 시 세라믹 주형의 예열을 통해 용탕 유동성을 확보 하고자 하였으며, 이에 따른 주조품 표면의 alpha case 생성 거동을 관찰하였다. 이를 위해 spiral 형상의 ZrSiO4, Y2O3, Al2O3 각각의 주형을 500°C 이하로 예열 한 후 진공 분위기에서 주조하였다. 이후 주형 예열 온도에 따른 유동도 및 주조 결함을 관찰하였으며, 최종적으로 표면 경도와 조직 분석을 통해 예열이 주조성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

[P5-3]

고진공 다이캐스팅 공정 기술을 이용한 대형 상용 V-arm 부품 개발: 문민석[1], 유명한[1], 송준혁[1], 노종일[1], 오제하[1], 정동철[1], 김용관[2], 김미숙[2]; *[1](재) 한국탄소융합기술원. [2](주) 티엔지.*

Keywords: 대형 상용차 부품, V-arm, 고진공 시스템, 다이캐스팅, 알루미늄 합금

지구 온난화에 대한 관심이 높아지고 있고, 기후 변화에 따른 기상 이변이 확대되고 있음. 이에 기초하여 각국에서는 다양한 에너지 절감 및 온난화 억제 정책들을 수용하고 개선하고 있음. 특히. 운송수단에 대한 환경기준 강화 및 친환경 에너지 제품의 사용 권장 등을 전 세계적으로 공동으로 노력하고 있음. 볼보, 스카니아, MAN, 벤츠 등의 세계 유명 대형 상용차 메이커에서는 대형 상용차량의 고급화 및 경량화 요구에 따라 V arm 관련 제품을 자체 브렌드 차량의 특성에 맞추어서 개발하였고, 이를 실제 적용하고 있음. V arm은 대형 트럭, 버스의 Trunnion 방식의 Tandem suspension에서 차축의 좌우 방향에 대한 흔들림을 제어하는 Stabilizer의 기능을 갖추고 주행 중 보다 안정적인 차량의 거동 자세를 확보할 수 있도록 하는 데 장착 하는 것으로, 차량주행 중 노면으로부터 전달되는 진동을 제어하여 운전성능(조종안전성) 향상과 안락한 승차감을 제공하는 현가장치의 중요 부품임.기존의 V arm은 엔드(FCD450, 주물)과 엔드를 상호 연결해 주는 로드(STKM13C, 탄소강관), 제품의 내구성능에 중요한 역할을 하는 고무부시(Rubber Bush), 부시의 고정을 위한 스냅링(Snap Ring)으로 구성되어있고, 엔드와 로드를 열간 프레스 고정, CO_2용접 및 마찰용접이 결합하고 있으며 현제품의 재질은 국내외 모두 철계 고중량 재질을 사용하고 있음.본 제품을 고진공 다이캐스팅 기술을 이용하여 제품 경량화는 물론 대형 구조부품에 대한 성형 기술 개발 및 고진공 구현을 위한 진공 시스템 설계 및 제품 설계와 응고 유동해석 등의 다양한 해석을 접목한 금형 설계와 이 결과를 토대로 금형 설계 및 진공 확보를 위한 sealing 기술 개발과 시제품 제작 구현을 통한 고진공 다이캐스팅 공정 기술을 개발하였고, 이를 통하여 향후 대형 차량용 부품의 구조용 부품에 대한 다양한 경량화의 접근이 가능할 것으로 예상됨.

[P5-4]

IN792Hf 일방향 초내열 합금에서 응고 속도에 따른 Eta상 형성 거동: 손명균[1], 주윤곤[1], 구지호[2], 이재현[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업.*

Keywords: 초내열합금, 일방향 응고, Eta상

가스터빈 블레이드 및 베인소재로 널리 사용되는 Ni기 초내열합금 IN792는 중간온도(600°C~800°C)에서 연성을 개선시키기 위해 Hf 합금원소를 첨가하여 IN792Hf으로 개량되었다. 그러나 IN792Hf 합금은 응고 중에 형성되기도 하며 고온에서 사용중에 응력, 온도 시간 등의 인자에 따라 침상형태로 고온에서 조직 안정성과 기계적 성질을 저하시킬 수 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 IN792Hf 합금에서 응고 중 Eta상 형성거동을 분석하기 위하여 일정한 온도구배(G)에서 응고속도(V)를 1~200 μm/s로 일방향응고 시켰다. 응고속도가 빨라 짐에 따라 수지상 사이에서 Eta상이 형성되었다. 응고속도에 따라 Eta상의 크기, 분율 등 형성거동을 고찰

Poster Session I

하였다.

[P5-5]

[001] 단결정 초내열 합금 CMSX-4에서 응고 속도에 따른 응고 조직 변화: 권순철[1], 주윤곤[1], 신종호[2], 이재현[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업.*

Keywords: superalloy, directional solidification, single crystal, solidification rate, seed

본 연구에서는 가스 터빈용 블레이드 니켈기 단결정 초내열합금인 CMSX-4를 개량형 Bridgman type의 일방향 응고 실험 장비를 이용하여 응고 속도와 미세조직의 상관관계에 대해 고찰하였다. [001] 방향으로 성장한 단결정 SEED를 이용하여 동일한 결정립 방위와 온도 구배에서 응고 속도 25~160 μm/s로 수행하여 미세조직 변화를 관찰하였다. 미세조직을 OM, SEM-EDS로 분석한 결과, 응고 공정 변수의 영향을 직접적으로 받는 1차 및 2차 수지상 간격은 응고 속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 수지상 사이에 형성되는 γ/γ‘ Eutectic 또한 크기가 감소함을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 응고 속도를 다양하게 함으로써 1차 및 2차 수지상 간격과 γ/γ‘ Eutectic의 크기를 조절할 수 있었고, 이에 따른 미세조직학적 인자를 제시하고자 한다.

[P5-6]

Ni 베이스 단결정 초내열합금 CMSX-4의 열처리 조건에 따른 γ/γ′ 미세조직 변화: 성창훈[1], 성기태[1], 임근영[1], 구지호[2], 이재현[1] ;*[1]창원대학교 신소재공학부. [2]두산중공업㈜ 소재기술개발팀.*

Keywords: 응고, 초내열합금, 공정

Ni기 초내열합금은 항공 및 발전용 가스터빈의 주요 부품에 적용되며 고온에서 우수한 크리프, 피로 특성을 가진다. 특히 단결정 초내열 합금CMSX-4는 결정립계가 존재하지 않아 강화상인 γ'의 분율이 높아 고온에서 기계적 특성이 우수한 것으로 알려져 있다. 고온, 고압의 가스터빈 운전 조건에서 초내열합금이 장시간 노출될 경우 γ'의 형상과 크기 등 미세조직의 열화가 발생되기 때문에 재생열처리가 필요하다. 재생열처리 과정에서 용체화처리가 수반되는데, 합금의 응고과정 중에 발생 되는 편석 때문에 정확한 용체화 온도 구간 설정이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구에서는 CMSX-4 단결정합금을 진공열처리로를 이용하여 1296°C에서 시간 변화에 따라 용체화처리 하였을 때 γ/γ' 공정 영역의 형상, 크기, 분율의 변화, 미세기공의 분율 편석거동 등을 분석 하였다.

[P5-7]

소듐냉각고속로 금속연료 스크랩 재활용 주조 특성 평가: 김기환[1], 하성준[2], 문승욱[2], 박정용[1], 홍순익[2]; *[1]한국원자력연구원. [2]충남대학교.*

Keywords: Sodium-cooled fast reactor, Metal fuel, Metal fuel, U-10Zr, U-10Zr-RE

소듐냉각고속로 금속연료 스크랩 재활용은 고준위 폐기물 감소 뿐 만 아니라 우라늄자원 활용, 수율 및 경제성 관점에 있어서도 매우 중요한 연구이다. 본 연구에서는 U-10wt.%Zr 금속연료심과 U-10wt.%Zr-RE 금속연료심 제조과정에서 발생되는 금속연료 스크랩의 표면 불순물층을 처리한 다음 재용해하여 금속연료심을 제조하였다. 스크랩 재활용 주조 결과, 재활용U-10wt.%Zr 및 U-10wt.%Zr-RE 금속연료심을 건전하게 제조하고, 그 특성 평가를 하여 금속연료심 제조 스크랩 재활용 타당성을 조사하였다. 재활용 U-10wt.%Zr 금속연료심은 금속연료심 제조성 및 불순물 함량 또한 건전하게 금속연료심 품질사양에 적합하게 제조된 것으로 나타났다. 재활용 U-10wt.%Zr-RE 금속연료심인 경우에서도 금속연료심 제조 건전성과 불순물에 대한 품질사양 또한 건전하게 제조 하여 불순물원소 함량도 2,000 ppm 이하로 조절 가능하였다. 결론적으로, 재활용 U-10wt.%Zr, U-10wt.%Zr-RE 금속연료심을 건전하게 제조하였으며, 금속연료심의 제조 수율을 획기적으로 증가시켜 고가의 핵연료물질 이용을 최대화하고 방사성 폐기물을 최소화할 수 있는 금속연료심 제조스크랩 재활용 주조 건전성을 확인하였다.

[P5-8]

원심주조법으로 제조된 알루미늄 다이캐스팅용 슬리브의 용손 및 내마모 특성 평가: 윤국태[1], 송재선[1], 허재영[1], 임형철[1], 윤일채[1], 홍성만[2] ;*[1]대구기계부품연구원. [2]계선이엔지.*

Keywords: Die Casting Sleeve, Centrifugal Casting, Melt-out, Wear, Hot Work Die Steel

열간금형강은 일반적으로 대형 잉고트를 단조공정에 의해 최종 사각 Plate 또는 Bar 형태의 원소재로 제조하여 사용처에 제공되고, 다이캐스팅, 단조, 압출, 플라스틱 성형용 금형 등 사용 용도에 맞게 가공하여 쓰여지고 있다. 이러한 열간금형강은 고온, 고압의 가혹한 환경에 노출됨에 따라 고온 강도와 인성, 변형저항성 등이 요구되며, 특히 다이캐스팅용 금형강의 경우 열충격에 의한 heat checking과 용탕과의 반응에 의한 용손 현상이 주요한 손상원인으로 알려져 있다. 본 연구에서는 STD61 열간금형강을 내외가공(gundrill, deep hole drilling)에 의해 튜브형태로 제작하여 사용하고 있는 다이캐스팅용 슬리브를 원심주조법으로 대체하여 합금설계한 소재를 주강형태로 제작함으로써 가공공정 최소화로 경제성을 확보하고자 하였으며, 내용손성 및 내마모 등 주요 손상원인에 대한 평가를 실시하였다. 또한 슬리브 내구수명확보를 위해 이온질화 및 가스침류질화, 그리고 용사코팅을 적용하여 실효성을 평가하였다. As-cast 상태의 원심주조 튜브재의 경도 분포 시험결과 내-외측부 모두 약 55 HRC 정도로 고른 경도를 나타내었으며, 내외경부 미세조직은 주조 응고조직인 수지상 형태로 냉각속도가 빠른 외경부는 내경부에 비해 미세하고 내측으로 갈수록 점진적으로 조대한 조직이 관찰되었다. Q/T처리 후 경도는 약 44 HRC, 이온질화 및 가스침류질화처리 후 표면경도는 950 HV0.05 이상, Ni계 자용성 합금에 WC-Co 혼합 분말을 이용한 용사코팅층 경도는 1040 HV0.05으로 확인되었다. 500도 고온마모시험결과 용사코팅 적용재의 내마모성이 가장 우수하였으며, 680도로 유지된 ALDC 8 알루미늄 용탕에 시험재를 43시간 침지한 용손시험에서 상용 STD61 소재대비 원심주조재와 가스침류질화처리 적용재의 Fe-Al 반응도가 낮았으며 특히, 이온질화와 용사코팅을 실시한 경우 2배 이상 내용손성이 우수하게 나타났다.

*본 연구는 중소기업기술개발지원사업(기술혁신개발)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. S2307936).

[P5-9]

Influence of electromagnetic stirring (EMS) on the microstructure4 and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy in vacuum arc remelting (VAR) process: 이태혁[1], 유병욱[2], 최정훈[3], 이용범[4], 박현진[4], 임광혁[4], 이종현[3]
[1]충남대학교 급속응고신소재 연구소. [2]충남대학교 에너지과학기술 대학원. [3]충남대학교 공과대학 신소재공학과. [4]주) 한스코.
Keywords: Ti-6Al-4V, electromagnetic stirring, vacuum arc remelting, microstructure, tensile property

We experimentally investigate the influence of the electromagentic stirring on the macrostructure, microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy in vacuum arc remelting process. EMS can create an upward electromagnetic force and generate longitudinal loop convection, which enables the better mixing of the upper part with the lower part of the liquid alloy. The results showe that applying EMS can enlarge the region of equiaxed grain, decrease the secondary dendrite arm spacing. Also, the values of the ultimate tensile strength, yield strength, and the elongation of Ti-6Al-4V alloys are also increased whilst EMS is applied.

[P5-10]

아공정 Al합금의 경사기능 주조 시 주방상태 및 Zr첨가의 영향을 고찰: 강문석[1], 백승학[2], 류민[2], 현승균[2]; *[1]인하대학교 재료공정공학. [2]인하대학교.*
Keywords: 경사기능판, A356, Zr첨가, 응고속도, 수지상 변화

Al--Si계 아공정 합금인 A356 합금은 주조법에 사용되는 대표적인 합금으로 용접성, 내마모성, 내식성, 유동성, 온도 안정성 등이 우수하여 브레이크 캘리퍼나 로어 암, 어퍼 암 등에 광범위하게 적용되고 있다. 기계적 성질과 열안정성을 향상시키기 위해 미세화 처리제가 사용되고 있다. 그 중에서도 Zr은 주조 시 미세조직 내에 형성되는 Al3Zr 입자가 응고 시 합금의 미세화에 영향을 준다. 경사기능 주조 시 반응고 공정 중에 용탕이 흐르면서 구형성의 초정을 핵생성 인자로 고상과의 상호 영향을 통하여 구상 핵성장하게 되며 초정 상들이 구형으로 군포되어 공정 Si상이 보다 치밀하게 형성된다. 본 연구에서는 경사기능 주조법을 이용하여 제조한 A356 합금의 최적 경사각도와 용탕의 유동거리를 도출하고자 한다. 또한 Zr첨가량에 따라 금형 응고 후 실험 조건 별 응고속도, 수지상의 변화를 관찰하여 a-Al상의 미세조직에 미치는 영향 및 기계적 특성을 고찰하였다.

[P5-11]

Mn 함량에 따른 A356합금의 기공 형성 거동: 정병훈[1], 이지운[1], 김상욱[1], 강문석[1], 유준휘[1], 전승원[1], 정택균[1], 현승균[1]; *[1]인하대학교.*
Keywords: A356 alloy, casting, pore, porosity, pore diameter

최근 들어 A356 합금은 우수한 주조성 및 비강도 특성으로 인하여 항공우주 및 자동차 산업을 비롯한 수송기계 분야에서의 경량화 추세로 인해 적용 분야가 꾸준히 증가하고 있다. A356 합금의 주조 공정상 불가피하게 생성되는 기공은 기계적 특성을 저하시키는 요인으로 작용한다. 기존에 합금원소 첨가에 따른 A356 미세조직 제어에 관한 연구가 많이 진행되었지만, 기공 형성 거동에 미치는 연구는 부족한 실정이다. 이에 따라 합금원소 첨가를 통한 A356의 기공 형성 거동을 파악하는 것이 연구의 목적이다. 본 연구에서는 수소 분위기에서 A356 시편을 제조하였으며 합금원소로 Mn을 첨가하였다. Mn 함량에 따른 기공률 및 평균 기공 직경을 측정하였으며 Mn 함량에 따른 기공 형성 거동에 대해 고찰하였다.

[P5-12]

사형 주조한 Fe-20Mn-Cr-Ni 내마모 주강의 미세조직 및 기계적 특성: 박성수[1], 김용래[1], 마승환[2], 김석준[3]; *[1](주) 영신특수강. [2]한국건설생활환경시험연구원. [3]한국기술교육대학교.*
Keywords: High Mn Steel, Sand Casting, Abrasion, Crusher, Hammer

최근 환경 문제에 대한 관심이 증대되고 있는 상황에서 폐기물 소각로에 사용되는 파쇄기는 소각로의 소각시간 단축으로 소각효율 증대에 큰 역할을 하며, 폐기물의 종류 및 크기에 따라 사용되는 형상이나 성능이 다르게 요구된다. 이러한 파쇄기의 주 부품인 Hammer 부품은 국내 원천 기술이 없는 상황에서 해외 선진 기업의 제품을 수입하여 사용하거나, 국내에서 주강품에 Mn 용접 한 후, 가공한 소재를 사용하여 가격 경쟁력이 떨어지며, 빈번한 교체로 인하여 유지보수에 큰 어려움을 겪고 있는 상황이다. 기존 파쇄기의 성능 향상을 위하여 Hammer 재질에 대한 연구 및 수입품을 대체할 수 있는 국산화 제품 개발에 박차를 가하고 있으며, 최적화된 주조 및 열처리 공정을 통해 기존에 많이 사용한 일본 고망간 재질 규격(JIS G 5131)보다 향상된 고망간 주강품을 개발하여 근본적인 결함의 제거와 사용주기 연장을 목표로 하고자 한다.본 연구에서는 기존 파쇄용 부품에 사용되는 SCMnH11 또는 SCMnH21 소재에 Mn 함량을 20 wt.%까지 높이고, Ni 및 Cr을 함유하여 내구성이 강화된 제품을 고주파 전기 용해로를 이용해 제작하였으며, 사형 주조를 통해 제작된 시편을 1050°C에서 퀜칭을 수행하였다. 기존 재질들과 비교하기 위하여 경도, 인장 및 내마모 시험을 통한 물성 평가를 실시하였으며, Mn 함량 증가와 Ni 및 Cr 추가에 따른 미세조직 및 석출물 변화를 관찰하기 위해 광학현미경, 주사전자현미경(SEM), 에너지분산형 X-선측정기(EDS)를 이용하여 분석을 수행하였다.

[P5-13]

A356 알루미늄 합금 사형주조재 T6열처리시 공정Si상 변화거동: 김명균, 황석민; *포항산업과학연구원.*
Keywords: A356, Eutectic Si, Sand casting, Solution treatment, Mechanical property

주조용 합금으로 널리 사용되는 A356(Al-7Si-0.35Mg)합금의 경우 공정 Si상 개량화를 위한 합금원소로 Sr이 주로 사용되고 있으며 이는 연신율 개선에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 최근 알루미늄 주물의 고부가가치화 및 고객요구에 대응하는 대형 알

루미늄 주물에 대한 수요가 증가하고 있는 현실에서, 대형주물의 주조시 고려해야 할 낮은 응고속도와 용탕유지에 따른 Sr 손실 등에 대한 논의는 거의 연구가 진행되지 않았다. 이에 본 연구에서는 A356합금에 Sr 개량화 조건에 따른 주조재의 응고조직, 열처리 및 특성간의 상관관계에 주목하였다. 이를 위해 Sr 첨가량에 따른 A356합금 주조조직과 열처리시 공정 Si상 및 α-Al상의 변화거동을 기계적 특성평가와 연계하여 고찰하고자 한다. 본 실험에서는 저항식 용해로로 A356합금을 용해하고 소정의 Sr을 첨가, Ar탈가스처리한 뒤, 사형주조와 유사조건인 400°C 예열된 graphite 몰드에 주조하였다. 한편, Sr 첨가량은 A356합금에 일반적으로 첨가되는 함량보다 낮은 40, 60, 80 ppm 첨가하였다. 주조된 시편의 용체화처리는 540°C에서 최대 7시간까지 유지하고 수냉하였다. 이후, 열처리재의 공정 Si상 및 α-Al 변화거동은 광학현미경, 주사전자현미경(SEM) 및 Image analyzer를 이용하여 관찰 및 평가하였다. 또한, T4 및 T6 열처리재의 인장실험으로 열처리 특성에 따른 물성과 조직과의 상관관계를 고찰한다.

[P5-14]

소실모형주조법으로 제조한 Al-Si 및 Al-Mg계 합금의 미세조직 및 물성: 이재철[1], 최진영[1], 정기채[1], 김정민[1], 최경환[2]; *[1] 한밭대학교. [2] 한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Si, Al-Mg, lost foam casting, microstructure, mechanical property

최근 들어 자동차 산업을 중심으로 많은 관심을 받고 있는 소실모형주조는 기존의 다른 주조공정들에 비해 내부에 빈 공간을 갖는 복잡한 형상의 제품에 적합하고 주형용 모래의 재활용이 용이하다는 것 등 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 국내외적으로 소실모형주조에 대한 연구는 아직 많이 부족한 상태인데, 특히 주철에 비해 알루미늄합금에 적용한 연구결과는 많지 않다. 본 연구에서는 대표적인 주조용 알루미늄합금인 Al-Si과 Al-Mg계를 선정하여 소실모형주조로 박판형 시편을 제조하여 화학조성과 공정변수의 변화에 따른 미세조직, 기계적 성질, 주형 충전성 등의 차이를 조사하였다. 미세조직과 기계적 성질의 경우 주조시편의 두께 및 주입온도의 변화에 따른 냉각속도의 영향을 크게 받는 것으로 나타났으며, Al-Mg계 합금의 인장성질이 상대적으로 더 우수한 것으로 조사되었다. 한편, 소실모형주조에서의 주형 충전성은 모형의 열분해 현상으로 인해 비교적 낮은 것으로 알려져 있는데, 화학조성, 모형의 밀도, 주입온도 등과 밀접하게 연관된 것으로 관찰되었다. 또한, 소실모형주조의 경우 하이브리드 주조부품을 제조하는데도 적합한 방법이므로 Cu preform과 Al-Si 및 Al-Mg합금의 주조접합에 대한 기초실험을 수행하였으며, Cu/Al합금 계면특성을 조사하였다.

P6 : 가공-용접 및 접합

Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P6-1]

저합금강 SM490A재의 Flux-cored Arc 용접부 미세조직 및 기계적 특성 분석: 안은솔[1], 남태훈[1], 김병준[2], 이우열[3], 이완복[3], 전종배[1]; *[1] 한국생산기술연구원 첨단표면공정그룹. [2] 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹. [3] JD 엔지니어링.*

Keywords: SM490A, Flux-cored Arc Welding, Microstructure, Mechanical Properties

SM490A 소재는 건축, 다리, 선박 분야의 구조물에 사용하는 저합금계 압연강재로서, 특히 용접성이 우수하여 일반철구조물 용도로 널리 이용되고 있다. 이러한 구조물의 제작 시 다양한 용접공법이 적용되며, 구조물의 안정성과 내구성을 확보하기 위해서는 용접 접합부의 물성을 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 CO_2 보호가스를 이용한 FCAW (Flux-cored Arc Welding) 공법으로 맞대기 용접을 적용한 용접부의 건전성을 평가하였다. 용접부의 물성을 평가하기 위해 인장시험과 충격시험을 진행하였으며, 광학현미경 및 주사전자현미경을 활용하여 용접부와 열영향부의 미세조직을 관찰하여 구성상을 분석하였다. 인장 및 충격시험 후 파면의 미세조직을 관찰하여 파괴거동에 대해 고찰하였다.

[P6-2]

Zr계 활성삽입금속을 이용한 ZrO_2-Ti의 접합 특성: 박성우[1,2], 이병훈[1,2], 김태환[1], 현승균[2], 김경택[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 인하대학교.*

Keywords: Zirconia, Titanium, Active Metal Brazing, Filler metal

산업분야에서 소재의 사용 환경이 가혹해짐에 따라 세라믹이 지니는 우수한 특성을 금속재료에 응용하기 위해 세라믹-금속 복합소재 및 접합공정에 대한 연구가 이루어졌다. 특히 ZrO_2의 경우 우수한 경도 및 내마모도, 내식성과 낮은 열전도성을 나타내기 때문에, Ti계 합금과 접합하여 내열재료나 디젤엔진 부품 및 생체재료 등에 적용되고 있다. 하지만 금속 간의 접합과는 달리 삽입금속을 이용한 세라믹-금속 이종소재 간의 접합 시에는 세라믹 표면의 활성화가 필수적이다. 일반적으로 이를 PVD-Metallizing공정을 통해 해결하고 있으나, 공정시간 및 비용이 크다는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 접합공정의 단순화를 위해 세라믹 표면활성이 가능한 원소를 첨가한 Zr 합금계 삽입금속을 이용하여 ZrO_2와 Ti의 접합특성에 대한 연구를 진행하였다.

[P6-3]

고강도 극후판 다층 대입열 SAW의 Root-pass 특성 연구: 최동기[1], 조성규[2], 신상용[3], 정택균[4], 현승균[4]; *[1] 하이드로훼스트. [2] 현대제철. [3] 울산대학교. [4] 인하대학교.*

Keywords: SAW, Root-pass, Multi-pass, TMCP

심해저 극한지의 에너지 개발에 대한 관심이 고조되고 있어 극지 에너지 자원 개발의 경쟁이 지속되고 있다. 영하 60°C 이하의 극저온 하중과 극심한 풍랑과 파랑에 의한 주기적 피로하중이 가중되어 해양플랜트 환경 재료와 구조물에 악영향을 미치고 있다. 따라서 구조물의 안전성과 내구성 확보를 위한 고강도 극후판의 고인성을 위한 용접기술이 절실히 요구된다. 본 연구에서는 TMCP공

정으로 제조된 항복강도 460 MPa 이상의 두께 100 mmT 고강도 강재를 대입열 용접인 SAW(Submerged Arc Welding)로 Multi-pass 용접함에 있어 Root face에 따른 초층용접(Root-pass) 특성을 관찰하였다. 용접 입열에 따른 열해석과 Root-pass 최적 Heat input을 확보하고 용접 Bead의 미세조직 관찰을 통한 HAZ부 조직 제어로 우수한 용접 특성을 제시하였다.

[P6-4]

Ferritic/Martensitic 내열강과 Inconel 740H 이종용접부 미세조직 변화와 크리프 특성 상관성 고찰: 신경용[1], 이지원[1], 김준연[1], 한정민[2], 이경운[2], 공병욱[2], 홍현욱*[1]; *[1]창원대학교. [2]두산중공업.*

Keywords: Dissimilar welding; Type IV crack; Fusion line; Weld Metal; P92 steel;

화력 발전소의 CO_2 저감과 발전효율을 향상시키기 위해서는 증기터빈의 작동 온도와 압력조건을 높이는 것이며, 따라서 보일러에 사용되는 증기관의 재료는 기존재료에 비해 더 우수한 고온강도, 경도, 내산화성 및 용접성 등 고온 물성이 요구된다. 지금까지 사용된 재료는 Fe계 ferritic/martensitic P92 강으로는 최대 670°C 운전온도의 한계를 가지고 있다. 특히 P92강은 화력발전소의 배관과 튜브에 사용되고 있으나, 곡률부의 균열로 인해 파열사고가 빈번히 발생되고 있다. 이로 인해, 고온 응력이 우수한 Ni계 석출경화형 Inconel 740H 초내열합금을 응력과 열이 집중되는 일부 구간에 사용을 시도하고 있다. 이를 위해서는 Inconel 740H와 기존재료인 P92강이 이종용접 되어야 하고, 이들의 용접조건별 야금학적 재질변화 및 고온 크리프 특성 등이 체계적으로 연구가 선행되어야 한다. 기존 문헌들을 살펴보면, Inconel 740H에 대한 동종 및 이종 용접부에 대한 세밀한 미세조직 해석 및 고온 크리프 특성 등에 대한 연구를 찾아 보기기가 힘들다. 따라서, 본 연구에서는 Inconel 740H와 기존 철계합금 즉 P92강의 이종용접성과 미세조직, 나아가 고온 크리프 특성에 대한 고찰을 하고자 한다. 각각의 이종용접부 취약부분인 열 영향부의 파괴거동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 미세조직 멀티스케일 분석을 통한 상안정성, 고온변형, 파단기구, 크리프 수명 고찰 및 파괴 기구에 미치는 미세조직 변화를 해석하였다. 그 결과 온도에 따른 크리프 실험 후 600°C에서 용융선에서 균열이 발생하였고 이에 반해 650°C, 700°C에서는 Type IV 균열이 발생하였음을 고찰하였다. 크리프 파단 후, 후방산란전자회절(EBSD)의 KAM 기법을 이용하여 온도에 따른 FGHAZ의 결정방위차(misorientation)을 비교하였다. 600°C에 비하여 700°C에서 FGHAZ의 결정방위차가 매우 큰 것을 확인하였다. 또한 투과전자현미경 (TEM)을 이용하여 용융선의 전위거동을 분석하였다. 이는 700°C 대비 600°C에서 더 큰 전위밀도가 형성되었음을 고찰하였다. 따라서 600°C의 경우 용융선에서 높은 전위밀도에 의한 용융선 균열이 발생한 dislocation creep을 형성하였고 이에 반하여 Type IV 균열이 발생한 700°C에서는 FGHAZ에서의 결정립계 슬립에 의한 diffusion creep이 형성함을 고찰하였다.

[P6-5]

TIG 맞대기 용접 시 구리 판재의 예열 온도 영향 평가: 최진주, 정우철, 한덕현, 양현석; *고등기술연구원.*

Keywords: Copper plate, Tungsten Inert Gas, Butt welding, Preheating

동관 이음쇠는 누수를 막고 배관과 피팅을 연결하는 제품으로서 동관 성형 후 brazing이나 soldering 공정을 통해 주로 제작되고 있다. 그러나 이러한 접합 공정들의 경우 관과 관 이음쇠의 겹침부의 틈새를 일정하게 유지하는 것이 어려울 뿐만 아니라 용착 두께 조절이 어렵고 내부 접합부의 겹침이 크기 때문에 경제성이 떨어지는 단점이 존재한다. 이에 TIG 용접 공정을 적용하여 이음쇠를 제작하는 연구가 활발히 진행되고 있으나 응고수축과 응력집중으로 인한 용접부 내 크랙 문제로 맞대기 용접을 수행하는데 어려움이 존재하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 맞대기 용접 시 구리 판재의 예열을 통해 냉각속도를 조절함으로서 크랙 생성을 최소화 하고자 하였으며, 이에 따른 용접부의 기계적 특성과 조직 변화를 관찰하였다. 이를 위해 2.2 mm 두께의 구리 판재를 200 °C 이하로 예열 한 후 TIG 맞대기 용접을 진행하였다. 용접 후 판재 예열에 따른 기공 및 크랙의 생성을 관찰하였으며, 최종적으로 경도와 인장강도 측정을 통해 예열이 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

[P6-6]

Dissimilar Laser Welding between Titanium and Stainless Steel: Nana Kwabena Adomako, 김정한; *국립한밭대학교 신소재공학과.*

Keywords: Laser welding; Titanium alloys; stainless steels; intermetallic phases; mechanical testing.

The joining of titanium with stainless steels suffers from the formation of brittle intermetallic compounds at their weld joints. These intermetallic compounds formation can be prevented by introducing an interlayer. In present study, the laser welding of titanium to stainless through various interlayers such as Ni-Co and vanadium alloy were investigated. The microstructures of the welded joints were analyzed by means of scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS) and X-ray diffraction (XRD). Mechanical properties of the joints were evaluated by micro hardness tests and tensile tests. Ni-Co exhibited poor bonding with titanium. Serious cracks were observed in the joint which eventually failed. XRD pattern of the fractured surface confirmed the presence of intermetallic phases. Vanadium exhibited good bonding with Ti due to the formation of an ideal solid solution. No significant defects (e.g., pores, macro-cracks, or micro-cracks) were observed. Interestingly, undesirable σ phase which forms between Fe and V system was not created during the laser welding process because of high cooling rates.

[P6-7]

삽입금속을 이용한 TiAl합금과 SCM440의 접합 시 마찰시간이 IMC(Intermetalic compond)층에 미치는 영향: 김재권[1], 박종문[1], 박성현[1], 김기영[1], 김경균[2], kazuhiro ITO[2], 오명훈[3]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]A.F.W(주). [3]Joining and Welding Research Institute Osaka University.*

Keywords: Friction welding, Friction time, Insert metal, IMC(Intermetalic compond)

Poster Session I

본 연구는 기존의 이종금속간의 마찰용접시 생성되는 IMC(Intermetalic compond)층으로 인한 물성 저하를 최소화 하기위해 TiAl-삽입금속(Al, Cu, Ni)-SCM440의 마찰접합 시 마찰시간이 IMC(Intermetalic compond)층에 미치는 영향을 알아봤다. 마찰 중심부와 바깥부를 나눠 관찰했을때 3가지 삽입금속 모두 마찰시간이 길어질수록 IMC(Intermetalic compond)층의 두께가 두꺼워졌고 삽입금속(Al, Cu, Ni)마다 다른 형태와 두께의 IMC(Intermetalic compond)층이 생성되는 것을 확인했다. 본 연구는 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지방대학육성사업(CK-I)의 연구 결과입니다.

[P6-8]

보론강의 Al-Si coating층이 TWB-HPF 복합공정에 미치는 영향 분석: 임옥동, 공영식, 강남수, 최하나, 변장훈, 강창우; *(주)오토젠.*

Keywords: Tailor Welded Blanks, Hot Press Forming, Al-Si Coating, Laser welding

전 세계적으로 자동차 충돌 안전 규제가 강화됨에 따라, 차체 부품에서 초고강도 Hot Press Forming (이하 HPF) 부품 적용 비율이 확대되는 추세다. 특히, 기존의 대표적인 경량화 기법인 Tailor Welded Blanks (이하 TWB)를 HPF 공정에 도입하여, 차체 부품의 고강도 경량화 특성을 극대화하고자 하는 연구가 진행 중이다. 그러나 보론강의 표면 Coating층으로 인하여, TWB 제조에 어려움을 겪고 있다. 현재 HPF에서는 주로 Al-Si Coating된 보론강을 사용하고 있으며, 강판 간의 용접시 표면 Coating층 성분이 용접부의 심층부로 침투한다는 문제점이 발생하고 있다. 용접부 내부의 Al, Si계 취약 조직은 용접부 주변부보다 강도가 약하여, 용접부 전체의 강도와 건전성에 문제를 야기하고 있다. ㈜ 오토젠은 이러한 현상을 개선하고자, 보론강의 Coating층 국부 제거 방법을 연구하였다. 연구는 기계적 방식과 화학적 방식으로 강판 용접부의 Coating층을 제거하고, 제거 전후의 TWB 용접 결과를 분석하는 형태로 진행하였다. 기계적 방식 연구는 소재의 용접부의 일부 Coating층 제거할 수있는 장치를 제작하였으며, 화학적 방식 연구는 전기전해 방식으로 Coating층을 제거하였다. 이후 강판의 Coating층 제거 수준에 따른 TWB의 용접부 미세조직 및 물성 변화를 분석하였다. 이를 통하여 Al-Si Coating이 된 보론강의 TWB-HPF 복합 공정의 가능성을 확보하고, HPF 소재 대비 특성 변화를 평가하였다.

[P6-9]

오스테나이트계 스테인리스강의 확산접합 특성에 관한 연구: 정호신; *부경대학교 재료공학과.*

Keywords: 오스테나이트계 스테인리스강, 확산 접합,가압력, 확산 브레이징

오스테나이트계 스테인리스강의 확산접합 특성을 조사하기 위하여 진공 분위기에서 가압력과 접합시간 및 시료의 표면 상태를 변화시켜 접합하였다. 또한 가압하지않고 확산접합과 동일한 효과를 얻기 위한 연구로 Fe-B 삽입재를 사용하여 확산브레이징하여 접합 후 확산처리하여 확산처리 조건에 따른 접합부의 강도의 변화를 조사하였다. 실험결과 확산접합과 Fe-B 삽입재를 사용하여 접합한 경우의 물성 차이는 크지 않았고 이에 따라 가압에 의한 변형이 문제되는 경우에는 삽입재를 사용하여 접합하는 것이 확산접합에 대한 좋은 대체 방법이 될 수 있음을 알 수 있었다.

[P6-10]

Study on the columnar-equiaxed transition promotion on Gas Tungsten Arc Welds of a modified 439 ferritic strainless steel: 김준연[1], 이원배[2], 김선구[2], 조영태[3], 홍현욱[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포스코 철강솔루션 마케팅실. [3]창원대학교 기계공학과.*

Keywords: Ferritic stainless steel, GTAW, CET, Simulation

우수한 성형성과 내부식성을 갖는 439 페라이트계 스테인리스강은 자동차 배기파이프로 널리 사용되고 있다. 용융 용접을 하는 경우, 방향으로 응고((L→δ-ferrite) 되는 조대한 이방성 구조의 주상정 결정립이 형성된다. 용접 중심부에는 합금원소에 의해 편석이 심한 영역이 존재한다. 판재 성형 후 용접을 실시하고, 용접된 파이프를 상온에서 확관 또는 곡관을 하게 되는 자동차 배기파이프와 같은 부품들은 조대화된 용접부에서 균열이 발생할 수 있다. 이러한 이유로 최근 POSCO에서 cast slab의 등축정율을 증가시켜 성형성을 향상시킨 modified 439강을 개발하였다. 기존의 439강과 modified 439강의 미세조직을 비교한 결과, 기존 439강 대비 용접부 중심의 등축정 크기는 25%이상 미세화 되었고, 등축정 분율 또한 크게 증가함을 관찰하였다. 전자현미경을 이용하여 modified 439강의 등축정 중심부에 산화 개재물이 존재하는 것을 관찰하였고, 이 산화 개재물은 기존 439강에서는 관찰하기 힘든 TiN이 MgAl2O4를 둘러싼 구조임을 확인하였다. 또한 TiN과 spinel 구조를 갖는 MgAl2O4는 [-112] TiN//[-112]spinel, (110)TiN//(110)spinel의 방향관계를 이루고, TiN과 ferrite가 이루는 방향관계는 [011]TiN//[-111]ferrite, (01-1)TiN//(01-1)ferrite 임을 새롭게 관찰하였다. 이러한 방향관계는 산화개재물이 등축정의 heterogeneous nucleation site로 작용하는 것을 의미하며, 등축정과의 misfit을 최소로 하는 구조로 판단된다. 또한, 다양한 용접 조건으로부터 얻어진 데이터를 바탕으로 초기 변수값을 선정한 후, GTA용접 용융풀 해석을 실시하였다. 용융풀 해석으로 얻어진 thermal gradiant (G)와 growth rate (V) 값으로 439강의 단위부피당 heterogeneous nucleant 수를 예측하였다. 그 결과, 기존 439강 대비 modified 439강의 heterogeneous nucleation site가 약 40% 많은 것을 확인하였고, 이 결과는 실험 데이터와 유사한 결과이다. 또한 439강과 modified 439강을 용접하는 과정에 liquid Tin에 급냉 시킴으로써 nucleation site로 작용하는 개재물을 분석하고자 하였다. 따라서, 본 연구에서는 modified 439강의 용접부 등축정율 향상 원인을 규명하고, 용융풀 해석과 급냉 실험을 통해 그 결과를 증명하고자 한다.

[P6-11]

용접 후 열처리가 마찰교반접합된 Cu-Be합금의 기계적 특성 및 미세조직에 미치는 영향: 임영석[1], 이광진[2], 문상돈[1]; *[1]전북대학교 기계설계공학과. [2]한국생산기술연구원 전북지역본부.*

Keywords: Friction Stir Welding, Cu-Be Alloy, Mechanical Property, Microstructure

1991년 영국의 TWI에 의해 제안된 마찰 교반(Friction Stir) 원리를 이용하여 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 등의 경금속을 비롯하여 철강소재로 대표되는 고 융점 금속재료의 고상 접합이 성공적으로 상용화되었다. 최근에는 이 원리를 이용하여 금속재료의 국부 영역에 대한 선택적 표면개질을 목적으로 마찰교반표면처리(Friction Stir Surface Processing)에 관한 연구가 진행되고 있다. 저자의 연구실은 탄소소재의 분산에 의해 기계적 특성이 향상된 합금 판재 및 제조공정 기술, 경질 분말의 분산에 의해 내마모 특성이 향상된 기능성 부품 및 제조공정 기술에 대하여 연구하고 있다. 높은 열전도도로 인해 고품질의 제품을 생산할 수 있는 사출금형용 동합금의 경우, 시효경화 합금이기 때문에, 마찰교반접합공정 후에는 고온에 의해 시효 석출물이 재고용되어 오히려 경도 및 강도가 떨어지는 특징을 보이고 있다. 따라서, 본 실험에서는 마찰교반접합 후, 시효 열처리 하였을 때, 기계적 성질 및 미세조직을 분석하기 위하여 실험을 진행하였다. 마찰교반 툴(Tool)은 초경재료인 WC를 사용하여 마찰교반 공정을 수행하였다. 공정은 700-60 [RPM-Traveling speed(mm/min)]으로 실시하였다. 육안으로 봤을 때 결함은 발견되지 않았다. 시공된 영역에 대하여 인장시험, 경도시험, 충격시험을 통해 기계적 성질을 평가하였으며, OM, SEM,TEM을 통해 미세조직을 분석하였다.

[P6-12]

공정조건에 따른 순수 타이타늄과 초미세립 타이타늄 합금의 마찰교반용접에서의 특성 분석: 서예린, 김성욱, 천창근; *(재)포항산업과학연구원.*

Keywords: 마찰교반용접, 타이타늄, 초미세립 합금, 결정립 크기

타이타늄과 그 합금에서의 마찰교반용접(FSW) 기술은 재료의 특성을 제어하기 위해 꾸준히 연구되고 있다. 마찰교반용접에서의 주요 공정조건은 툴의 회전 속도, 이송속도, 용입 깊이 등으로 나뉘며, 이는 재료에 작용되는 마찰특성 및 재료의 온도 분포에 영향을 미쳐, 연신율, 인장강도, 항복강도 등 기계적 물성까지 변화시킨다. 본 연구에서는 3 mm 이하 판재의 순수 타이타늄, Ti-6Al-4V 합금 타이타늄, 그리고 1.5 μm 이하 결정립 크기를 가지는 초미세립 타이타늄의 마찰교반용접을 수행하였고, 재료별 미세조직 형상 차이를 확인 하였다. 순수 타이타늄의 경우, 재료의 stir zone(SZ), thermomechanically affected zone(TMAZ), heat affected zone(HAZ) 간 조직 차이를 명확하게 확인 할 수 있었다. 반면, Ti-6Al-4V 합금의 경우, TMAZ에서부터 급격한 결정립 크기의 변화가 발생하였다. 공정별 재료의 경향성을 분석하기 위해서 순수 타이타늄을 대상으로 실험을 수행하였다. 회전 속도의 경우 150-250 rpm, 이송속도의 경우는 80-160 mm/min 범위에서 진행되었으며, 이송속도가 감소할수록, 박판 내 HAZ 영역이 증가하는 것을 확인하였다. 이는 시간당 유입되는 열량이 증가함으로써 발생되는 현상이다. SZ내 결정립 크기의 경우, 툴의 회전 속도뿐만 아니라 용입 깊이에 영향을 받아 이 인자를 제어하는 것이 재료의 물성을 제어하는 데 필수적으로 보인다. 순수 타이타늄은 마찰교반용접 후 SZ내 결정립 크기가 20 μm에서 5-6 μm내로 감소하며, 인장강도의 감소가 발생하였다. 초미세립 합금의 경우는 SZ내 결정립 크기가 약 0.7 μm 으로써, 인장강도 및 연신율 측정 시에도 모재-용접부간 유사한 물성치를 가지는 것을 확인하였다.

P7 : 가공-열처리
Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P7-1]

방전가공용 고강도 스틸코어 와이어 도금층의 열처리 조건에 따른 확산거동 연구: 양현석, 한덕현, 정우철, 최진주; *고등기술연구원.*

Keywords: Electrical Discharge Machining(EDM), High strength steel core wire, Cu/Zn coating, Diffusion annealing

고강도 스틸코어 방전가공 와이어는 고강도 금형이나 산업용 부품의 정밀가공을 위해 개발이 시도되고 있으며, 기존 황동선 대비 가공속도 및 정밀도, 품질을 향상시킬 수 있다. 스틸코어 방전가공와이어는 C 함량이 높은 고강도 스틸을 심선으로 사용하고, 표면에는 전기전도도 및 가공성 향상을 위해 Cu나 Zn, 또는 Cu/Zn층을 도금하게 된다. 도금된 선재는 확산열처리 및 신선가공을 통해 최종적으로 50 μm 내외의 직경을 갖는 방전가공용 선재로 제조한다. 본 연구에서는 고강도 스틸선재 위에 도금된 Cu와 Zn층의 확산거동 에 대해 열처리를 실시하여 Cu와 Zn의 확산거동을 파악하고자 하였다. 이를 위해 열처리 온도 및 시간에 따른 Cu/Zn 확산 정도를 SEM으로 관찰하였으며, 확산완료 여부는 EDS 성분분석을 통해 확인하였다. 그 결과 열처리 시간이 증가함에 따라 상대적으로 Zn의 급격한 확산이 발생하며, 확산층 내 Cu와 Zn의 조성이 역전되는 열처리 조건에서는 100% 확산이 완료되는 것을 확인하였다.

[P7-2]

Al-Cu-Mg 합금의 열처리 조건에 따른 시효경화 특성분석: 유가영[1], 김동배[1], 정해석[2]; *[1](재)대구기계부품연구원. [2](주) 신도하이텍.*

Keywords: Al-Cu-Mg alloy, Al 2014, Al alloy Aging, Al alloy heat treatment

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 최근 합금개량 및 시효열처리, 가공경화를 통한 Al 합금의 고강도화 기술 개발이 시도되고 있다. Al 6000계 합금보다 더욱 높은 강도를 가지는 Al 2000계 및 7000계 합금은 성형난이도, 가격 등의 다양한 이유로 항공기부품 및 특수기계부품에만 제한적으로 적용되고 있다. 알루미늄 2000계 합금은 시효경화처리를 통해 인장강도를 450MPa까지 구현할 수 있기 때문에 이를 이용하면 보다 폭 넓은 경량화 대체가 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해서는 이 소재에 대한 시효특성 데이터베이스 확보가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 2000계 대표 합금인 Al2014 합금의 시효 경화열처리 조건에 따른 특성변화를 확인하고자 하였다. 이를 위하여 시효 온도 및 시간을 다르게 설정하여 열처리를 실시하고, 기계적특성 및 미세조직 관찰을 통하여 특성 변화를 관찰하였으며, 이를 통해 적절한 시효 조건을 도출하고자 하였다.

[P7-3]

A Study on the Formation of Grain Boundary Serration in Ni-Cr Binary Model Alloy: 이지원[1], 김한규[1], 설재복[2], 장재훈[3], 홍현욱*[1]; *[1]창원대학교 신소재공학부. [2]포항공과대학교 나노융합기술원 나노소재 측정분석실. [3]재료연구소 철강재료연구실.*

Keywords: Ni-Cr alloy, Heat treatment, GB Serration, 3D-APT, 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, 이러한 현상으로부터 발생한 critical strain energy는 제일원리를 통하여 0.6 kJ/mol임을 예측하였다. 그리고 특정 부분에서 파형입계에 수직인 방향으로 결정립계를 관찰한 결과, 아주 미세한 파형들로 이루어진 결정립계를 관찰할 수 있었으며 이것은 파형입계 형성의 초기 상태라고 판단된다. 따라서 향후 진행되는 연구에서는 파형입계 형성 메커니즘에 대한 더욱 심도 깊은 분석과 파형입계 열처리 도중 발생하는 것으로 예측된 critical strain energy가 실제 발생에 미치는 영향에 대하여 다양한 방법으로 규명되어야 할 것이다.

[P7-4]

인공시효 조건에서 A356 합금의 항복강도 예측 모델링: 김상원[1], 이석재[1], 김대업[2], 김민수[2]; *[1]전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학. [2]한국생산기술연구원 전북본부.*

Keywords: Aluminium alloy, Aging, Yield strength, Modeling

자동차의 연비향상 및 환경규제에 대응하기 위하여 경량소재 적용을 통한 차체 경량화가 꾸준히 시도되고 있으며, 대표적인 자동차용 경량재료인 알루미늄 합금은 자동차 도어패널을 비롯하여 너클, 로워암 등 구동계 부품에도 폭넓게 적용되고 있다. 자동차 부

품용 알루미늄 합금 중 널리 활용되는 Al-Si-Mg계 합금 (A356) 의 경우, 제품에 요구되는 기계적 물성을 얻기 위해서 합금 내 미세 석출물 (Mg_2Si) 을 생성시키는 열처리를 수행하고 있다. 이러한 석출강화를 활용하여 원하는 기계적 물성을 얻기 위한 최적의 열처리 조건은 일반적으로 다양한 열처리 온도 및 시간 조건에서 얻어진 실험데이터를 기반으로 도출된다. 본 연구에서는 인공시효 조건에서 A356 합금의 항복강도를 모델링한 후, 계산을 통해 최적의 인공시효 조건을 도출하였다. 우선 A356 합금 내 공정 Si상과 Mg_2Si상의 석출 거동을 수학적으로 모델링하고, 계산된 미세조직 정보를 바탕으로 항복강도를 예측하였다. 모델 파라미터 도출을 위해 A356 합금의 160~200도, 6~9시간 열처리 조건에서 얻어진 실험데이터를 활용하였으며, 계산 결과와 실험데이터 비교를 통해 계산 정확도를 검증하였다.

[P7-5]

Zr 함량에 따른 CuZr 합금선재의 고온 열처리 특성: 양현석, 송철한, 정우철; *고등기술연구원.*

Keywords: Cu-Zr alloy wire, Heat treatment, Tensile strength, Strain, Electrical conductivity

Cu 합금은 용도에 따라 합금원소를 달리하여 산업 및 실생활에 널리 쓰이고 있는 금속이다. 특히 미량의 Zr이 첨가된 CuZr 합금은 기존 Cu 대비 높은 인장강도 및 전기전도도 특성을 갖는다. 이러한 이유로 모터코일이나 각종 필터, 소형 전자부품 등에 일부 적용되고 있으며, Zr 함량에 따른 응용연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Zr함량에 따른 신선 가공된 CuZr 합금선재에 대해 열처리를 실시하여 온도에 따른 인장강도 및 연신, 전기전도도 특성을 비교하고자 하였다. Zr 함량과 인장강도는 비례하나 전기전도도는 반비례함을 확인할 수 있었으며, 열처리 온도가 증가할수록 인장강도는 감소하고 연신율 및 전기전도도는 증가하였다. 이는 Zr 함량에 따른 CuZr합금 개재물과 관련이 있으며, 신선가공 및 열처리 전후 개재물의 거동에 대한 연구를 추가로 진행할 예정이다.

[P7-6]

Pre-Nitriding 처리가 고온 침탄 열처리의 결정립 성장 억제에 미치는 영향: 신현정, 김동배, 노정석, 박상하; *(재)대구기계부품연구원.*

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.

[P7-7]

AISI 304 스테인리스강의 열처리에 따른 예민화도 특성연구: 조진우[1], 김정석[2]; *[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: DL-EPR, Corrosion, Sensitization, Austenitic stainless steel, Solution treatment

고온 구조용 소재로 널리 사용되는 AISI 304 스테인리스 강은 가공공정이나 사용중 주된 고용원소인 크롬의 고갈로 인해 내식성이 현저히 감소되어 입계 부식으로 이어질 수 있다. 본 연구는 오스테나이트기 AISI 304 강에대해 용체화처리 후 예민화 처리를 하여 열처리에 따른 부식특성을 면밀히 조사하고자 하였다. 이를 위해서 열처리는 1000ºC에서 6시간 용체화 처리 후 예민화 처리는 670ºC 최대 20시간 까지 전기로에서 수행 하였다. 예민화된 시험편의 입계 부식 저항성은 DL-EPR 시험에 의해 평가 하였다. 부식시험 전후 시편의 표면 미세조직을 광학현미경과 주사전자현미경으로 관찰 하였고, 페라이트 스코프를 통하여 기지내 페라이트의 변화를 관찰한 결과 시효시간에 따라 페라이트 분율이 증가한 결과를 나타내었다. 이에 대해 X-선 회절 분석을 통해 ?-??의 회절피크가 증가 된 것을 확인 할 수 있었다. 예민화도를 나타내는 전류밀도비 (Ir/Ia)는 시효처리 시간에 따라서 급속히 증가하다가 수냉 시편은 5시간, 로냉은 10시간이후에서 예민화도의 변화는 미약했다. 이러한 예민화도의 변화를 크롬 석출물 및 예민화 유기마르텐사이트의 미세조직적 영향에 관해 고찰 하였다. 본 연구는 (Grant No. C0483068) 2017년 한국 중소기업청 산학연협력 단체가 지원한 사업입니다.

[P7-8]

Ti-62222 합금의 열처리 시 냉각속도에 따른 미세조직과 기계적 특성 평가: 김영대, 송영석, 구지호, 마영화, 송전영, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구소.*

Keywords: Ti-62222 titanium alloy, Heat treatment, Microstructure, fatigue property, secondary alpha

복합화력의 효율 향상을 위한 기존 고압터빈부의 온도와 압력을 향상시키는 방법과 함께 저압터빈부의 LSB 크기 증가를 통한 효율향상을 위한 연구가 수행되고 있다. 실제 증기터빈의 전 출력의 10%를 LSB에서 담당하고 있으며, LSB대형화로 인한 무게증가와 이로 인한 원심력증가에 대응하기 위해 기존 Fe계 LSB에서 경량화를 위한 타이타늄 LSB 개발을 위한 연구가 진행되고 있다. 타이타늄 합금의 경우 기존 Fe계 LSB대비 높은 비강도와 내식성으로 인해 대형 LSB 상용화를 위한 대체소재로 연구가 진행되고 있다. 타이타늄 합금의 경우 열처리 방법에 따라 fully lamellae structure와 bi-modal 형태의 미세조직으로 조절 할 수 있으며, 발전분야의 bucket의 경우 피로 및 크리프 특성 등을 만족시키기 위해 bi-modal형태의 미세조직으로 제어하고 있다. 본 연구에서는 Ti-

Poster Session I

6Al-2Cr-2Mo-2Zr-2Sn 티타늄 단조합금의 bi-modal structure 조직을 얻기 위한 Fine grain process 열처리 수행 시 냉각속도에 따른 secondary alpha의 조직 변화와 기계적 특성에 대한 상관관계에 대해 고찰하였으며, 냉각 속도에 따른 미세조직 변화를 관찰하기 위해 OM, SEM, TEM 등을 이용하여 열처리 단계별 조직변화를 관찰하였다. 이들 결과로부터 열처리 온도 및 시간에 따른 초정 alpha상의 분율 및 크기뿐만 아니라 beta matrix 내 secondary alpha의 두께에 따른 연신율 및 피로균열 특성에 미치는 영향을 TEM 분석을 통해 관찰하였다.

[P7-9]

Haynes 282 초내열합금의 열처리에 따른 기계적 특성 고찰: 신경용[1], 박성주[1], 공병욱[2], 강성태[2], 홍현욱*[1]; *[1]창원대학교. [2]두산중공업.*

Keywords: HSC(극초임계압), Haynes282, aging heat-treatment, deformation characteristics, dislocation

현재 화력발전소는 초임계압(USC) 조건에서의 로터는 오스테나이트 합금을 사용하고 있으나 최대 운전온도가 670ºC 라는 한계를 지니고 있다. 최근 화력발전소의 발전 효율을 증가시키기 위해 증기의 온도를 높이는 것이 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다. 따라서 증기온도와 압력을 극초임계압 (HSC)조건인 700ºC/300bar 이상으로 높여 운영하고자 노력한다. 극초임계압 로터 소재는 700ºC 이상의 증기조건에서 견뎌야 하는 소재로 현재 가스터빈에 많이 사용되는 초내열합금이 고려되고 있으며 현재까지 선정된 극초임계압 로터용 후보소재로는 Ni계 석출경화형 초내열합금이 고려되고 있다. 이 중 Haynes282는 $L1_2$ 규칙격자를 가지는 γ'상에 의해 강화되는 합금으로 뛰어난 크리프 강도, 열적 안정성, 낮은 열팽창률, 높은 산화저항성의 특징을 지니고 있다. 이때 용체화처리 후 냉각속도와 시효처리 차이에 따라 γ'상과 입내, 입계 석출물의 형성에 영향을 미친다. 따라서, 본 연구에서는 냉각속도와 시효처리 조건 따른 Haynes 282의 미세조직 변화 및 이에 따른 750ºC 고온인장 특성을 확인하고, 이들 간의 상관성을 고찰하고자 하였다. 2단 시효(상용 열처리) 처리시 γ'상 크기는 17nm 였고 구형(spheroidal)임을 관찰하였다. 이에 반해 1135ºC 용체화 처리 후 냉각 속도가 느릴수록, 800ºC에서 1단 시효 처리시 γ'상 크기는 11nm에서 최대 42nm까지 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. 이는 TEM분석을 통하여 전위거동이 2중시효의 경우 Orowan bypassing mechanism의 형성을 확인하였고 이에 반해 가장 큰 항복강도를 가지는 수냉처리된 1단 시효처리의 경우 Shearing mechanism이 형성됨을 고찰하였다. 이해 반해 용체화 처리 후 공냉과 노냉 처리된 1단시효의 경우 2단시효처리보다 항복강도가 낮으며 전위거동은 2단시효처리와 동일하게 Orowan bypassing mechanism을 형성함을 관찰하였다. 이러한 전위거동은 임계 γ'상의 크기(11.5nm) 이하에서는 Shearing mechanism을 형성하고 임계 γ'상의 크기 이상에서는 Orowan bypassing mechanism을 형성하는 것을 고찰 하였다. 따라서, 임계 γ'상의 크기와 변형특성간의 상관성을 가지고 있음을 고찰하였다.

[P7-10]

다이캐스팅 금형강의 용손 및 열피로 특성에 미치는 표면처리의 영향: 김주업[1], 노정석[1], 김동배[1], 박종훈[2], 김성원[2], 양원존[3], 이은정[3]; *[1](재)대구기계부품연구원. [2]동양산업(주). [3]재료연구소.*

Keywords: die casting, thermal fatigue, heat check, melt out

자동차 산업계에서 탄소 배출량을 줄이기 위한 효율적인 방안의 하나로 차체 중량을 줄이기 위한 경량소재의 부품이 증가하는 추세이다. 이에 따라 대량 부품 생산이 가능한 알루미늄 다이캐스팅 공법을 활용한 자동차 부품 생산량도 증가하고 있다. 알루미늄 다이캐스팅 제품의 경우 고기능과 정밀도를 유지 할 수 있는 금형을 통하여 단시간 내에 대량 생산이 가능하나 알루미늄 다이캐스팅의 양산에서 해결하여야 할 과제 중의 하나가 금형의 수명연장방안이다. 다이캐스팅 금형강은 제품을 반복 제조하는 과정에서 급격한 가열, 냉각에 의한 열피로 현상으로 표면에 히트체크가 발생되며 이로 인한 열응력 집중에 의해 균열이 진전된다. 또한 알루미늄 용탕과 금형강 성분간의 화학적 반응에 의해 표면이 탈락되는 용손현상이 발생함으로서 금형 수명을 저감하는 주된 원인으로 알려져 있다. 열피로 특성, 용손특성 및 히트체크에 대한 저항성 향상을 위해서 내열성이 좋은 재질 변경, 열처리 공정에서의 조직 미세화 및 내열성 재료의 코팅 등의 많은 연구 결과들이 보고되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 다이캐스팅 재료인 STD61 시편과 가스질화, 침류질화 및 카본코팅 등의 표면처리 한 시편을 대상으로 열피로시험 및 용손시험을 통한 비교 분석하여 표면처리가 금형 수명에 미치는 영향을 조사하였다.

[P7-11]

다이아몬드공구용 하이브리드 복합본드의 Master Sintering Curve 개발: 전동술, 안경준; *한국생산기술연구원 열처리그룹.*

Keywords: Master Sintering Curve, Activation Energy, Hybrid bond, Diamond tools

연마용 레진 다이아몬드공구의 수명향상을 위하여 최근 레진과 금속분말이 혼합된 하이브리드 복합본드를 사용한 다이아몬드공구의 사용량이 크게 증가하고 있다. 본 연구의 목적은 Hot pressing 공정에서 기존 온도와 시간의 열처리 제어가 아닌 온도함수의 시간에 대한 적분값인 열에너지 수치에 의존한다는 Master Sintering Curve(MSC) 개념을 하이브리드 복합본드에 적용하였으며, MSC를 다른 압력영역으로 확대한 Pressure-Assisted Master Sintering Surface(PMSS) 개발하여 하이브리드 복합본드가 Hot pressing 중 받은 열에너지 수치에 따라서 소결밀도가 정확하게 예측 가능함을 확인하였다.

[P7-12]

자동차 부품용 알루미늄합금의 고용화 열처리를 통한 기계적 특성향상 연구: 박상규[1], 김정석[2]; *[1]조선대학교 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Al alloy, AlSiCu, Spheroidization, Solution treatment

본 연구는 자동차용 고강도 알루미늄 합금의 기계적 특성(인장강도, 연신율)을 개선하기 위한 이단계 고용화 열처리의 영향에 대해 연구되었다. 본 연구에서 고용화 열처리는 first-step과 second-step 용체화 처리를 통해 기계적 특성을 개선하기 위해 적용 되어졌다. 열처리 온도는 first-step은 485, 495°C로 설정하고 second-step은 515, 525°C로 설정하였다. 알루미늄 기지에서는 조대한 eutectic Si, Al_2Cu 금속간 화합물과 Fe-rich 상(α-$Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$, β-Al_5FeSi)들이 존재하였다. 용체화 처리 후에 second-step 용체화 처리된 합금의 기계적 특성은 as-cast와 first-step 용체화 처리 시험편 보다 전체적으로 높은 값을 나타냈다. 결과적으로 이단계 고용화 열처리는 기계적 특성이 개선되어 자동차 분야에서 널리 사용되어지는 것이 가능하다. 이 논문은 미래창조과학부와 한국연구재단의 방사선기술개발사업으로 연구 지원한(NRF-2013M2A2A9043274)의 결과물입니다.

P8 : 타이타늄
Room 그랜드 볼룸B, 10월 25일

[P8-1]

3D 프린팅 Ti-6Al-4V합금의 열처리에 따른 미세조직학적 특성 및 피로특성 평가: 최영신[1], 박양균[1], 황유진[1], 김건희[2], 이병수[2], 이창우[2], 이동근[1]; [1]*순천대학교.* [2]*한국생산기술연구원.*

Keywords: 3D Printing, Additive Manufacturing, Electron beam melting, Ti-6Al-4V, Heat treatment, Fatigue properties

3D 프린팅 방식은 4차 산업혁명에서 빼놓을 수 없는 중요한 산업분야 중 하나이다. 타이타늄은 비강도와 내식성이 높으나 가공이 어려운 소재로써 적층가공(Additive manufacturing; AM) 방식을 활용할 때 고효율을 낼 수 있다. 분말을 활용한 AM 시편은 필연적으로 내부 결함에 의한 피로강도 저하를 수반하고, 이에 고주기 피로강도 향상을 위해서는 추가적인 공정이 요구되고 있다. 추가적인 후처리 공정으로는 열간 정수압 성형 (Hot isostatic press; HIP), 열처리 등이 있으며 HIP에 의한 피로강도 향상에 대한 선행 연구는 꾸준히 진행되고 있으며, 연구 발표되고 있다. Additive manufacturing기술 중에서 Electron beam melting (EBM) 방식으로 적층된 타이타늄 소재에 대한 후처리 연구는 아직 충분치 않은 실정이다. 본 연구에서는 개발제조한 타이타늄 합금분말을 이용하여 EBM 방식으로 적층한 Ti-6Al-4V 시편에 다양한 열처리공정조건을 적용하여 미세조직을 제어하고자 하였으며, 이에 따른 동적 피로특성에 미치는 영향을 확인하였다. 또한 동적피로파괴거동을 열처리-미세조직의 상관관계 분석을 통해 평가분석하였다.

[P8-2]

Effect of Chemical Heterogeneity on Surface Irregularities of Beta Titanium Alloy: Muhammad Iman Utama, Abdul Aziz Ammar, Janu Ageng Nugroho, Eung Ryul Baek, Nokeun Park; *영남대학교.*

Keywords: Titanium alloys; Phase transformation; Secondary alpha phase; EBSD; 하단도 측정

The origin of different characteristics and properties of Ti-10V-2Fe-3Al beta titanium alloy with surface height irregularities that occurred during machining. The height differences were observed in two different regions labeled as “soft region” and “hard region”. The results showed a higher Fe and a lower Al content in the hard region, which resulted in higher β-phase stability to resist primary alpha (αp)-phase precipitation caused by failure of the solution treatment process. In contrast, the soft region contained a higher volume fraction of αp phase and a lower volume fraction of the matrix, which consisted of a combination of β and secondary alpha (αs) phases. Therefore, the lack of solution treatment Generated two regions having different abilities to resist wear during the machining process, resulting in surface height irregularities.

[P8-3]

The development of trimodal microstructure Ti-6Al-4V using double stage heat treatment followed by furnace cooling: Janu Ageng Nugroho[1], Muhammad Iman Utama[1], Nokeun Park[1], Eung Ryul Baek[1]; *영남대학교.*

Keywords: Heat treatment; Ti6Al4V; Globular; Lamellar; Trimodal

We have studied about the development of trimodal microstructure of Ti-6Al-4V which has good properties compared to lamellar and widmanstätten microstructure. The trimodal microstructure containing lamellar, globular, and precipitate α with different volume fraction of each other. Processed by double heat treatment materials, first solute heat treatment near β transus and continued by aging treatment on 550 º C for 8 hours. All of the heat treatment process followed by furnace cooling. Microstructure examined by OM, SEM, EDS, XRD, and Hardness Vickers. Furthermore, the fraction of lamellar, globular, and precipitate α in the edge, middle and center of materials correlated with time of heat treatment. Trimodal microstructure with the more homogeneous and smaller grain sizes of globular α achieved good properties. However, Increasing of hardness materials in line with decrease of grain size and volume fraction of lamellar microstructure.These results showed more optimized of development material Ti-6Al-4V for wide area production.

[P8-4]

Influence of the Post Bond Heat Treatment on the Diffusion-Bonded Titanium Grade 1: Jong-Bae Hwang[1], Sun-Ig Hong[1], Injin Sah[2]; [1]*Chungnam National University.* [2]*Korea Atomic Energy Research Institute.*

Keywords: diffusion bonding, titanium grade 1, heat treatment, tensile test

Printed circuit heat exchanger (PCHE), which is a type of compact heat exchangers, is considered to replace conventional shell and tube heat exchangers used as condensers in power plants. PCHE is manufactured through the photo-chemical etching for the formation of the designed micro-channels on the metal plates, and then the diffusion bonding of those plates. Titanium grade 1 having a good resistance for pitting corrosion was joined under the uniaxial pressure of 5 MPa at 850 ºC for 1 hour. The post bond heat treatments were carried out in α and β phase region. The ductility of as-bonded specimens was decreased less than half of the base metal. The post bond heat treatment over β-transus followed by the furnace cooling transformed the microstructure of as-bonded specimen from the equiaxed structure to the lamellar structure. Additionally, the voids presented at interface were eliminated by the additional grain boundary and volume diffusion, which in turn moves the location of failure to the base metal. Further microscopic analyses characterizing the

temperature and cooling rates effects on the bond quality will be addressed.

[P8-5]

Massive phase on Ti-6Al-4V as an initial lamellar refinement by isothermal heat treatment process: Abdul Aziz Ammar, Muhammad Iman Utama, Nokeun Park, Eung Ryul Baek; *영남대학교.*

Keywords: Ti-6Al-4V, Massive phase, Isothermal heat treatment, Microstructure, Fine lamellar α + β

The formation of massive phase on Ti-6Al-4V as an initial refinement of a lamellar structure by isothermal heat treatment has been identified. The massive phase formation region of Ti-6Al-4V is between 893°C and 800°C, which is between critical temperature (T_0) and martensitic transformation Start Temperature (M_s). The heat treatment process on this study involved solution treatment at 1050°C (β transus region) for 30 minutes followed by fast cooling with isothermal holding at 850°C for different holding time and subsequent water quenching. The massive phase on that distinguishes by a large blocky massive area in low magnification microstructure, has a fine lamellar structure in high magnification with scanning electron microscope. These lamellar structure divine by the presence and absence of vanadium dots in matrix α phase. Longer holding time at the massive region will form these structure into fine lamellar α + β structure which will have competitive mechanical properties with other isothermal processes at a different temperature.

[P8-6]

coke+Cl_2에 의한 일메나이트 광석 중 Fe 제거: 이소영, 박성훈, 링리에, 손호상; *경북대학교.*

Keywords: Ilmenite, Reduction, Coke, Selective Chlorination

백색 안료로 사용되는 TiO2나 금속 타이타늄을 생산하기 위한 타이타늄 광석으로 천연 루타일이나 일메나이트가 주로 사용되는데 루타일은 TiO2의 함량은 높으나 매장량이 적어 상대적으로 철이 많이 포함된 일메나이트의 고순도화 공정을 거쳐 사용하고 있다. 본 연구에서는 일메나이트로부터 고순도 TiO2를 제조하기 위한 방법으로 코크스와 Cl_2 가스를 이용하여 일메나이트 중 Fe를 선택적으로 염화시켜 제거하였으며, 철의 제거율에 대한 온도, 시간, 코크스/일메나이트 비의 영향에 대해 검토하였다. 실험은 일메나이트 10 g과 코크스를 목적 비율에 따라 혼합하여 수평 관상로에 장입하고 Ar가스 분위기에서 승온하여 목적 온도에 도달하였을 때 Cl2 가스를 취입하였다. 반응 후 다시 Ar가스 분위기에서 냉각하였으며, 반응 후 무게를 측정하고 희석한 HCl 용액에 침출하여 잔여 염화물을 제거하였다. 건조시킨 이후 중액분리를 통해 코크스를 분리하여 다시 무게를 측정하였다. 반응 후 무게감소를 통해 염화반응을 확인할 수 있었으며, 저온부에 응축된 노란색 혹은 붉은색의 응축물로 휘발 물질의 상을 확인할 수 있었다.

[P8-7]

타이타늄 진공용해 튜브 빌렛의 미세조직과 물성의 상관관계 분석: 박양균, 윤창석, 황유진, 이동근; *순천대학교 신소재공학과.*

Keywords: titanium, high vacuum casting, mirostructure-properties relation

타이타늄 소재는 높은 비강도와 우수한 내식성으로 인해 에너지, 발전분야, 해수담수화 분야 등에 널리 사용되고 있다. 특히, 해수담수화 및 에너지 발전분야에서 경량화 및 품질향상을 위해 타이타늄 튜브를 사용되고 있으나, 대부분 저렴한 타이타늄 용접관을 사용하고 있어 용접부가 응력부식균열이 발생함에 따라 내식성 및 물성이 저하되는 현상이 발생한다. 따라서 심리스튜브가 고가임에도 불구하고 꾸준히 수요가 증가하는 추세이다. 따라서 진공용해주조를 통한 마더튜브 형태의 빌렛을 바로 제조하고 압출 등의 공정을 통해 심리스 튜브를 제조할 수 있는 공정을 개발하여 가격경쟁력과 성능향상을 확보할 필요가 있다. 본 발표는 이러한 공정의 초기 단계인 고진공 용해 및 주조를 통해 마더튜브형 빌렛을 제조하고 그 위치별 조직 및 기계적 특성에 대해 평가 분석하여, 진공용해 공정에 대한 안정화와 요구물성의 확보를 위한 사전연구결과를 제시하고자 한다.

[P8-8]

Ti-10V-2Fe-3Al 베타 타이타늄 합금의 결정립 크기에 따른 기계적 특성 변화 (Hall-Petch 관계 및 상변태 거동): 최민구[1], Muhammad Iman Utama[2], 백응률[3], 박노근[3]; *[1]영남대학교 공과대학 신소재공학과. [2]영남대학교 공과대학 첨단뿌리산업공학과. [3]영남대학교 공과대학 신소재공학부.*

Keywords: Ti-10V-2Fe-3Al, beta-titanium, mechanical property, Hall-Petch relationship, Transformation induced plasticity, TRIP

우수한 기계적 특성과 내부식성을 갖는 타이타늄 합금은 생체 재료 및 우주항공 재료 등 고부가가치 산업에서 많은 각광을 받고 있다. 가장 널리 개발되어 적용 중인 Ti-6Al-4V합금과 달리, 베타 합금은 베타 안정화 원소를 넣어서 상온에서 체심입방구조를 갖는 합금으로 최근 많은 각광을 받고 있다. 본 연구에서는 베타 타이타늄 중 대표적인 합금의 결정립 크기의 변화에 따른 기계적 물성 변화에 대해 연구하였다. Hall-Petch 관계에 대한 거시적인 이해와 가공 중의 상변태 현상(Transformation induced plasticity, TRIP)에 대하여 살펴보고, 미세구조 변화와 기계적 물성과의 연관 관계를 이해하고자 하였다.

[P8-9]

비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 동적 재결정 특성: 김명훈[1], 이지운[1], 손광태[1], 김상욱[1], 손현우[1], 이세연[1], 정택균[1], 최호준[2], 신영철[2], 임성식[2], 현승균[1]; *[1]인하대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Hot torsion test, CP Titanium, Kinetics, Dynamic recrystallization

타이타늄 및 그 합금은 우수한 내식성과 생체 접합성, 비강도 특성을 가지고 있으며, 그 중 순수타이타늄(CP Titanium)은 타이타늄 합금보다 가공이 쉽고 불활성이며 자연 친화적인 특성으로 인하여 해수 담수화 플랜트, 열교환기, 생체재료 등의 소재로 사용되고 있다. 순

수 타이타늄은 고온에서 내식성이 떨어지지만 동적 연화기구의 활성화로 인해 우수한 가공특성을 보일 수 있으며 본 연구에서는 고온 비틀림 실험을 통해 순수 타이타늄의 고온 변형 시 발생하는 동적 재결정에 의한 미세조직의 변화를 평가하고자 하였다. 순수 타이타늄 주조재를 1073- 1273K의 온도와 0.1 – 10/s의 변형속도 범위에서 고온 비틀림 시험을 실시함으로써 변형조건과 동적 재결정립 크기 간의 관계식을 도출하였으며, 1073K 0.1/s의 조건에서 변형률과 동적 재결정 분율 사이의 관계식을 나타내었다.

[P8-10]

Beta21S 타이타늄 합금의 고온성형 거동 및 미세조직 예측: 김정한[1], 박찬웅[1], Nana[1], 양승용[2]; *[1] 국립한밭대학교 신소재공학부. [2] 한국기술교육대학교.*

Keywords: Beta21S, DMM, Microstructure, Recrystallization

High temperature deformation behavior and microstructure evolution of Beta 21S titanium alloy during compressive process was studied with the combined approaches of dynamic materials model and computational simulation model. From experimental analysis, it can be found that the change of microstructure of beta 21S alloy from cast to wrought process has a close relation to the recrystallization and grain growth of the beta phase. A microstructure prediction model was established by considering the recrystallization and grain size of beta phase with process variables and then implemented into the user material subroutine of the commercial package FEM code. The volume fraction and grain size during compressive test were simulated by Cellular Automation calcluation. The simulation results will be compared with the experimental observation.

[P8-11]

Study on the microstructure and mechanical properties of Ti alloys by compression and rolling process: Yong-Ho Kim*[1], Hyo-Sang Yoo, Hyeon-Taek Son; *Korea institute of industrial technology.*

Keywords: Titanium, compression, rolling, texture, microstructure

Titanium alloy is attractive materials for medical industrials to low density, high specific strength, excellent corrosion resistance and biocompatibility. However, the poor plastic formability due to hexagonal close-packed structure limits the applications of Ti alloys. Therefore, study of plastic deformation behavior need to apply in many industrials. In the present study, the effect of microstructure and mechanical properties as well as the workability of initial Ti specimens are studied by compression test at room temperature and strain rate of 10^{-3}/s, 10^{-2}/s and 10^{-1}/s. We investigated the effect of rolling process the on the texture and formability of Ti alloys. The specimens were processed by rolling at 500°C and reduction of 20, 40 and 60 %. Mechanical properties of the rolled specimens were evaluated by tensile at room temperature and the results were correlated with development of the texture and microstructure.

P9 : 비철금속
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P9-1]

순수 타이타늄 적층성형 부품 표면특성 제어 연구: 박기범[1], 김효규[2], 김원래[2], 박형기[2], 이병수[2], 김건희[2], 최재호[1], 김형균[2]: *[1]강릉원주대학교 신소재공학과. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Additive manufacturing, Selective laser melting, Pure Ti, Residual Stress, Surface treatment

금속 적층성형 기술은 금속분말 및 와이어 원소재를, 전자빔 혹은 레이저 등의 열원으로 선택적인 부분만 급속용해 및 냉각하여 제조한다. 금속 적층성형(Additve manufacturing, 3D printing) 기술은 제조품의 형상자유도가 높고, 형상 외에 미세조직까지 제어하며 부품을 제조할 수 있기 때문에 높은 관심을 받고 있다. 원소재의 공급 및 열원에 따라 공정방식이 나뉘며 그 중 powder bed fusion 방식을 많이 활용하고 있다. 금속분말을 활용하는 PBF 방식은 표면부가 응고될 때 주변의 잔류분말이 고착되어 거친 표면이 형성된다. 의료 및 진공산업 등에서는 높은 표면적 형성에 유리하기 때문에 바로 활용이 가능하나, 일반적인 제품으로 활용하기 위해서는 표면거칠기 개선을 위한 후처리가 동반된다. 또한, Selective laser melting(SLM)의 경우 Electron beam melting(EBM)과 다르게 예열과정이 없기 때문에 급냉에 의해 형성된 표면부 인장잔류응력이 변형을 유발하게 된다. 이와 같은 표면특성 문제를 개선하기 위해, SLM 및 EBM방식으로 순수 타이타늄 시편을 적층 후 기계적, 전기/화학적 처리방법을 활용하여 표면특성 제어 연구를 수행하였다. 순수 타이타늄 적층성형 시편에 대하여 각각 블라스팅, 전해연마, 전자빔 연마를 조건별로 적용하여, 표면 형상 및 조도, 기계적 특성 등에 미치는 영향을 평가하였다. 각각의 표면처리 공정 조건별로 적층성형 시편의 표면특성에 부여되는 효과를 비교 평가하고, 산업계 부품들이 요구하는 성능을 더욱 극대화할 수 있는 순수 타이타늄 적층성형 부품의 표면특성 제어 가능성을 제시하였다.

[P9-2]

RTP 열처리 방식으로 제작한 고품질 산화제일구리 Cu_2O의 특성: 천미연[1], 정보광[2], 정세영[2]: *[1]부산대학교 단결정은행연구소. [2]부산대학교 인지메카트로닉스공학과.*

Keywords: 산화제일구리, 구리박막, RTP

산화제일구리는 붉은 색을 띄는 구리의 산화물로 박막의 형태에서 p-type 특성을 갖는 것으로 알려져 주목을 받아오고 있어나 고품질의 산화박막은 보고된 바가 없다. 본 연구진은 구리 박막을 대면적으로 단결정으로 성장 시키는 기술을 확보하고 있으며 MBE나 ALD가 아닌 일반 sputter system을 일부 변형하여 이를 구현하고 있다. 고품질의 구리 박막은 고속 열처리 방식 (Rapid Therml Process, RTP) 으로 엄격히 제어된 조건하에서 고품질의 산화박막으로 변형될 수가 있으며 그 조건에 따라 산화제일구리, 산화제이구리로 분류된다. 본 연구에서는 이렇게 제작된 산화제일구리 박막의 결정학적 구조와 전기적 특성을 XRD, AFM, SEM, van der Pauw 측정을 통하여 조사하였다. 실험한 박막의 두께는 15 nm에서 300 nm 의 범위이며 저온 (150~ 300ºC), 대기분위기에서의 열처리 경우 표면 수 십 나노미터만 산화되는 반면 고온 (600~ 1000ºC), 아르곤 대기압 하에서 열처리 한 경우 구리 박막 전체가 산화제일구리로 변화하였다. 얻어진 산화제일구리 박막은 모두 p-type 특성을 보였다.

[P9-3]

Al-Si계 합금 용탕과 SKD61 공구강의 계면반응에 의한 금속간화합물 생성 및 성장: 하성호, 윤영옥, 김봉환, 임현규, 김세광: *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Si system, intermetallic compounds, SKD61, erosion, die soldering

소착은 알루미늄 합금의 다이캐스팅 공정에 있어서의 대표적인 결함 중 하나로, 알루미늄 용탕과 금형 사이에 발생하는 상호반응으로 인해 계면에 금속간화합물이 형성되는 현상에 기인한 것으로 설명될 수 있다. 이 금속간화합물은 주로 Al-Fe 2원계에 해당되며, 유동성향상을 위해 실리콘이 첨가된 경우에는 이에 더해 소착층에서 Al-Fe-Si 3원계 금속간화합물이 형성된다. 이와 같은 금속간화합물의 생성은 제품표면의 품질을 떨어뜨리고, 금형의 침식에 의해 치수 정밀도가 감소될 뿐 아니라 금형 수명 또한 단축된다. 알루미늄 합금 용탕과 공구강의 소착반응에 의해 생성되는 금속간화합물은 조건에 따라 그의 종류와 형태가 다양하다. 본 연구에서는 금형강으로 많이 사용되고 있는 STD61을 이용하여 Si 함량 변화 및 조건에 따른 금속간화합물층의 생성거동을 조사하고자 하였다. 금형강은 침지실험에 사용하기 위해 가로와 세로 30 mm, 두께 10 mm로 가공하였다. 다른 Si 함량을 첨가하여 제조된 알루미늄 합금은 흑연도가니에 담아 전기로에서 용융 후 각기 다른 온도로 유지하였다. 용탕 온도가 안정화된 후 준비된 STD61을 용탕 내에 유지시간별로 침지하여 알루미늄 용탕과 반응시켰으며, 후에 공랭시켰다. 제작된 소착 금형강은 수직 절단하여 SEM으로 소착층을 관찰하였고 EDS 분석을 통해 각 소착층의 조성을 분석하였다.

[P9-4]

Microstructural Evolution, Mechanical Property and Deformation Behavior of Lightweight High Strength Mg-Li-Al-Si-Ti Alloys: Jin Man Park[1], Jae Won Sim[1], Changwoo Jeon[1], Jeong Tae Kim[2], Sung Hwan Hong[3], Ki Buem Kim[3]: *[1]Samsung Electronics. [2]Austrian Academy of Science. [3]Sejong University.*

Keywords: Mg-Li alloy, Micro-alloying, Mechanical property, Deformation behavior

Poster Session II

In this study, we developed new Mg-Li alloys with better strong and lightweight performances. Micro-alloying of Ti and Al-Si to Mg-Li alloy leads to phase/microstructural evolutions including precipitation, refining and morphology change and thus improves mechanical properties. These alloys exhibit strength values twice as much of the Mg-Li alloy and still maintain the lightweight performance. As a result, these alloys are not as strong as steel, but it is so much lighter that its specific strength is actually much higher. These finding provides guidance for development of novel Mg alloy with high specific strength and good formability. This has real potential for replacing steel or other materials in some structural applications i.e., the automobile and consumer electronics industries.

[P9-5]

Ti-Y 합금의 결정립 미세화에 따른 부식특성: 원소리[1], 서보성[1], 김효규[1], 조강운[2], 하태권[2], 박광석[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2]강릉원주대학교.*

Keywords: corrosion, Titanium alloy, grain refinement, grain boundary segregation

티타늄(Ti) 소재는 우수한 비강도와 내식성 특성으로 인해 항공기와 화학 플랜트 등 여러 산업분야에서 사용되고 있다. 이 중 해수에서 사용되는 판형 열교환기의 경우, 연신율 문제로 인해 순수 Ti 소재가 사용되고 있는데, 열 효율 증대를 위해서는 강도 개선이 요구되고 있다. 판형 열교환기의 상반된 요구 특성(고강도 vs 고연신율)을 만족시키기 위해 결정립 미세화 방법을 사용하였고, 이를 위한 방법으로 이트륨(Y)을 첨가하여 입계편석을 통한 결정립 성장을 억제하였다. 하지만, 결정립 미세화에 따른 결정입계 증가는 Ti 소재의 내부식성 성능을 저하시킬 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 이트륨 첨가에 따른 결정립 크기 감소가 Ti 소재의 부식특성에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 이트륨 첨가에 따라 결정립 크기가 50%(Y 0.1 wt% 첨가)와 80%(Y 3 wt% 첨가) 정도 감소한 시편을 사용하였고, 분극 실험 결과, 순수 Ti 대비 결정립 미세화에 따라 부식전위가 낮아져 부식에 민감해짐을 알 수 있었다. 3.5% NaCl 수용액에서 10일 동안 침지실험 한 결과 순수 Ti 소재에서는 부식이 발생하지 않은 반면, 0.1wt% Y 합금에서는 3일에 부식이 발생되기 시작하였다. 부식은 주로 석출물 주위에서 발생하였고 이에 따라 Y 함량이 높아 석출물 수가 많고 크기가 큰 3 wt% Y 합금에서 부식이 잘 발생하였다.

[P9-6]

절삭가공성이 우수한 Al 6000계 합금 및 가공성 평가법 개발: 강민수, 김상겸, 박지용, 김현수; *LS전선 연구소.*

Keywords: 알루미늄 합금, 고가공성, 6000계

일반적으로 6000계 알루미늄 합금은 우수한 절삭성, 가공성 등의 장점으로 산업계 전반적으로 사용 빈도가 증가하는 추세이다. 특히, 산업계에서 필요로 하는 알루미늄 합금 특성으로 더 높은 비강도를 목표로 하는 경우가 일반적인 상황이 된 만큼 금속의 가공에 대한 기술적 문제는 예전에 비해 어려워 지고 있다. 그 이유는 가공이 되어야 하는 소재의 강도 및 강성이 높아짐에 따라 사용 가능한 공구의 물리적 특성의 개선이 어렵고, 이에 따른 최적 가공 공정 조건을 수립하는 것이 어렵기 때문이다. 특히 금속의 가공 중 발생하는 칩이 적당한 길이에서 끊어지지 않고 이어지게 되면 공구에 말리거나 제품에 스크래치를 발생시키기 때문에 해결해야 할 가장 큰 문제로 인지되고 있다. 그러므로 가공 중 발생하는 칩의 형성 메커니즘을 이해하고 효과적으로 칩의 길이를 제어할 수 있는 방안을 마련하는 것이 가공성을 개선하는데 있어 무엇보다 중요하다. 본 연구에서는 최적의 합금 조성을 가지는 고가공성 6000계 알루미늄 합금을 제작하였다. 또한, 말림 Chip 중량 비법의 새로운 평가법을 도입하여 실제 사용 환경에 맞는 가공성의 지표를 새롭게 확립하여 보다 정확한 합금의 가공성을 평가할 수 있는 방법을 고안하였다.

[P9-7]

낮은 탄성계수를 가진 생체적합의 implant 개발을 위한 선택적 레이저 용융을 이용한 β-type Ti-15Mo-5Zr-3Al합금의 결정학적 texture 제어: 김수림[1], 양승훈[1], Takayoshi NAKANO[2], 오명훈[1]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]Division of Materials and Manufacturing Science Osaka University.*

Keywords: β-Ti alloy, young's moduls, scanning strategy, building direction, melt pool

최근 β-Ti 합금은 가장 매력적인 생체학적 implant 재료 중 하나로 손꼽히고 있다. 하지만 보통의 합금들은 탄성률이 높아 응력 차폐현상을 일으킬 수 있다. 그렇기 때문에 본 연구는 탄성률을 줄이기 위해서 두가지 유형의 스캐닝 전략을 통하여 ,방향의 우선배향을 가지는 고유한 질감을 얻기 위해 진행되었다. 얻어진 물질은 68.7Gpa의 낮은 탄성계수를 나타내며, 잠재적으로 응력 차폐를 억제할 수 있는 임플란트의 개발을 가능하게 할 것이다.본 연구는 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지방대학 육성사업(CK-I)의 연구 결과입니다.

[P9-8]

일메나이트의 용융환원에 의한 철 성분 분리 거동: 김동현[1], 허정호[1], 박현식[2], 박주현[1]; *[1]한양대학교. [2]한국지질자원연구원.*

Keywords: Ilmenite, Smelting reduction, TiO2-slag, Thermodynamic computation, $FeO-TiO_2-Ti_2O_3$ phase diagram

천연 루타일(rutile)은 매장량에 한계가 있기 때문에, 매장량이 풍부한 일메나이트(ilmenite) 광석이 중요한 Ti 원료로서 각광받고 있다. 그러나 일메나이트는 루타일에 비해 TiO_2 순도가 낮으므로, Ti 실수율을 확보하기 위해서는 ilmenite smelting process를 통해 슬래그 내 TiO_2를 농축시킬 필요가 있다. 이 공정에서 TiO_2-rich 슬래그를 효율적으로 생성시키기 위해서는 철 성분의 화학적 분리가 매우 중요함에도 불구하고, 일메나이트 내 철 성분의 화학적 분리에 대한 물리화학적 고찰은 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 열역학 소프트웨어 FactSage^{TM}7.0을 이용한 열역학 계산과 고주파 유도로를 이용한 용융환원 실험을 통하여 고온, 환원성 분위기에서 일메나이트로부터 철 분리 거동에 관한 연구를 진행하였다. FactSage^{TM}7.0를 이용하여 $FeO-TiO_2-Ti_2O_3$ 상태도를 계산하고, 이로부터 슬래그 내 MgO와 Al_2O_3의 용해도를 평가하여 실험 조건을 설정하였다. 이 결과를 바탕으로 본 연구에서는 세라믹

도가니 사용이 어려운 것으로 판단, 탄소 도가니를 사용하여 1550-1650°C 범위에서 60분간 일어나는 경시변화를 관찰하기 위해 일정 시간 간격으로 슬래그 시료를 채취하였으며, 슬래그의 조성과 상 변화를 살펴보기 위해 XRF와 XRD 분석을 각각 실시하였다. 반응 온도가 높아짐에 따라 도가니에서 환원철로 용출되는 탄소의 양이 증가하였으며, 1600°C 이상에서는 슬래그 상이 불균질하게 분리됨을 확인하였다. XRD 분석 결과, 일부 슬래그는 $Mg_{0.75}Ti_{2.25}O_5$ 상으로 나타난 반면, FeO, Fe_2TiO_5, $FeTiO_3$ 등의 상이 다양하게 관찰되기도 하였다. XRF 분석 결과, 슬래그 내 Total Fe 함량은 실험 초기에 빠르게 감소하는 경향을 보였으며, 온도 의존성은 크지 않음을 확인하였다.

[P9-9]

공용 수치해석기법에 의한 MH탱크 설계: 유정현[1], 조성욱[1], 오상근[2]; [1] *한국지질자원연구원 광물자원연구본부.* [2] *서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Hydrogen Storage Alloy(수소저장합금), Numerical Model(수치해석기법), MH tank(수소저장합금 용기)

공용 수치해석기법 확립을 위하여 BCC계 수소저장합금 1kg이 장입된 MH탱크를 제작하였으며, 탱크에서 측정된 수소 흡방출 속도, 유량, 온도 등의 데이터를 활용하여 열-반응 통합 모델 algorithm을 구축하였다. 구축한 알고리즘을 활용하여 다양한 작동 환경에서의 MH탱크 온도 변화 및 효율을 예측하였으며, 알고리즘 검증을 위하여 다시 내부구조가 다른 5kg급 MH탱크를 제작하고, 실측 및 계산 결과를 비교분석 하였다. 즉, 열-반응 모델을 바탕으로 개발된 복합알고리즘은 MH 탱크의 수소 방출량이 제한되는 실제 사용 조건에서 MH 탱크 사용 시간을 예측하는 것이 가능함을 확인하였다.

[P9-10]

수소저장용 Nd-free 희토류 합금의 제조: 유정현, 조성욱, 권한중; *한국지질자원연구원 광물자원연구본부.*

Keywords: Rare-Earth Material(희토류 소재), Hydrogen Storage Alloy(수소저장합금), Vacuum Induction Melting(진공유도용해), Atomic Radius Factor(원자반경인자)

저비용 희토류 합금을 제조하기 위하여 고가의 Nd 원소를 포함하지 않는 희토류계 수소저장합금을 설계 및 제조하였다. 상용 합금과 동등한 수소저장특성을 보이도록 구성 원소 중 Nd와 Co의 비를 감소시킴과 동시에 Ce, Ni과 Mn의 비를 증가시킨 조성의 합금을 설계하였다. 제조된 합금의 수소저장용량, 평탄압, 반복수명 등의 수소저장특성을 평가하여 상용 합금과 특성이 동등함을 확인하였다. 즉, 본 연구의 저비용 (La,Ce,Pr)(Ni,Co,Mn,Al)5 합금은 수소저장특성 평가 결과 수소저장용량과 평탄압은 상용 (La,Ce,Nd,Pr)(Ni,Co,Mn,Al)5 합금과 유사하게 나타났으며, 1000회 수소 흡방출 반복 후에도 초기 수소저장용량의 90% 이상을 유지하였다. 한편, VIM에 의하여 저비용 합금을 3 kg/batch 규모로 제조하였으며, 이를 이용한 MH 탱크를 제작하였다. 제작된 MH 탱크는 연료전지가 부착된 수소활용시스템을 이용하여 활용성을 평가하였다.

[P9-11]

열간압출된 AA7175의 고온가공성 평가: 이세연[1], 이지운[1], 손현우[1], 김상욱[1], 김명훈[1], 정택균[1], 현승균[1], 신영철[2], 김경택[2], 최호준[2]; [1] *인하대학교.* [2] *한국생산기술연구원.*

Keywords: 고온 비틀림시험, AA7175, 공정지도, 고온변형

AA7175는 Al-Zn-Mg-Cu로 구성된 석출 강화형 알루미늄 합금으로 주로 항공기 부품에 사용되고 있다. 하지만 난 성형재로서 고온 공정에서 낮은 연신율을 보이며, 열간 단조 시 결함이 생기는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 압출재 AA7175를 고온 비틀림 시험을 통해 유동곡선, 구성방정식, 공정지도를 이용하여 최적의 공정 조건을 찾는 것에 목적을 두고 있다. 비틀림 시험 조건은 623, 673, 723, 773K에서 변형속도 0.05, 0.5, $5s^{-1}$로 각각 실험을 진행하였다. 유동곡선 결과 623K, $0.05s^{-1}$에서 가장 높은 파단 변형률을 보였으며, 773K, $5s^{-1}$에서 가장 낮은 변형률을 보였다. 773K 조건에서는 모든 변형속도에서 파단 변형률이 급격히 하락하여 가공에 한계가 있음을 알 수 있었다. 공정지도를 통해 소성 불안정 영역과 에너지 분산효율을 가시적으로 나타냈으며, 소성 불안정 영역은 온도가 낮을수록, 변형속도가 높을수록 나타났으며, 변형률 0.5, 1, 1.4에서 최대 에너지 분산효율은 773K, $0.05s^{-1}$에서 가장 높게 나왔다.

[P9-12]

제조공정에 따른 AgWC 접점재료의 미세조직 및 특성: 소윤지[1]; [1] *희성금속(주).*

Keywords: AgWC, Contact material, infiltration

전기접점재료는 차단기 및 개폐기, 전기기구, 자동차 스위치, Relay 등에서 회로의 개폐 또는 접촉을 물리적으로 행하여 개폐 시 발생하는 아크를 최종적으로 담당하는 접촉소자로써, 현재 대표적으로는 소·중 전류 영역에서 A계 및 Ag-산화물계, 대 전류용으로 AgW계가 주로 사용되고 있다. 그 중에서 분말야금법을 기반으로 하는 AgWC계 합금은 AgWC 내부에 Ag를 용침시켜 제조되는 재료로 우수한 열전도성, 내아크성 및 내용착성을 겸비하고 있어, 수백 A이상의 대 전류 차단과 높은 빈도의 개폐, 연속적으로 아크를 발생하는 전기 개폐기 부품에 사용되고 있다. 특히 고부가가치를 위한 생산성 향상 및 고품질 제품을 생산하기 위해 표준화 된 공정조건 및 합금제조 등 연구개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 AgWC계 제조공정에 따른 미세조직 변화를 관찰하기 위해 SEM을 이용하여 단면의 미세조직을 관찰하였다. 또한, 전기전도도 측정장비를 이용하여 전기적 특성(IACS%)과 비커스 경도계를 사용하여 기계적 특성을 평가하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P9-13]

Al2Ca가 첨가된 Al-(5.8~6.2)Zn-(2.4~2.7)Mg-(1.3~1.4)Cu 합금에서 열간 압연 후의 시효 거동 및 그에 따른 기계적 특성 분석:
양승윤[1], 김봉환[1], 하성호[1], 윤영옥[1], 김세광[1], 김영직[2]; [1] *한국생산기술연구원*, [2] *성균관대학교*
Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloy, Al2Ca, Hot Rolling, Recrystalization

알루미늄 합금 중 Al-Zn-Mg를 기반으로 하는 7000계 합금은 석출강화형 열처리 합금으로 가장 강도가 높은 전신재용 알루미늄 합금으로 평가되고 있다. 이러한 Al-Zn-Mg계열 합금에 Cu가 첨가될 경우, 더욱 우수한 기계적 특성을 기대할 수 있어 고강도가 요구되는 구조 재료에 많이 사용되고 있다. 7000계 합금의 주요 합금원소 중 Mg 성분의 경우 강한 산화반응으로 인해 주조과정에서 어려움이 있다고 알려져 있다. 그러나 최근 연구에 따르면, 주조과정에서 Pure Mg 대신 Mg+Al2Ca 복합합금을 이용한다면 기존의 Mg의 산화성을 효과적으로 억제 할 수 있다고 보고되었다. 따라서 본 연구에서는 이를 적용하여 주조했을 시 나타나는 합금의 최종 미세 조직 및 최종 기계적 특성에 대해 분석하였다. 합금은 대기 분위기에서 중력 주조하였고, 그 다음 30 mm×70 mm ×12 t로 가공하여 압연용 시편을 제작하였다. 시편은 균질화 열처리를 한 다음 열간압연을 진행하였고, T6와 T7X 조질과 같은 다양한 시효 처리를 한 후 기계적 특성을 분석하였다. 또한 TEM 분석을 통해 시효 거동에 따른 미세조직을 분석해보았다. 그리고 EPMA분석을 통해 합금원소의 분포를 분석해 보았다.

[P9-14]

$Cu_{100-x}(AlNi)_x$ 합금의 기계적 물성과 색 변화 연관성 연구: 최시연, 정연범, 문상철, 박혜진, 김영석, 홍성환, 박상원, 권성준, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과 나노구조재료연구실.*
Keywords: 유색 금속, 합금 설계, CIE L*a*b* 색 공간, 금속간 화합물

최근 사용되고 있는 유색 금속의 경우, 상당수가 양극 산화법이나 유기 염료를 도료하는 등 직접적인 표면 제어를 이용하여 색을 구현하고 있다. 그러나 직접적인 표면 제어를 통해 색을 구현할 경우, 표면이 취약하여 부분적으로 얼룩이 생성되거나 특정 부분에 색이 응집되는 등의 문제가 발생하고 이는 색의 내구성을 저하시키는 단점으로 이어진다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 합금 설계법을 이용하여 합금 자체의 원색을 구현하고자 하는 연구가 주목 받고 있다. 대표적인 유색 합금으로 주목 받고 있는, 구리 합금계에서는 합금화를 통한 전이 에너지 조절을 통해 색상을 제어하고 있다. 전이 에너지 조절을 통한 색 제어의 경우, 고용체를 필요로 하여 고용한계점이 발생한다. 이로 인해 조성이 제한되어 물성 향상과 색의 제어 가능 범위가 한정되는 단점이 있다. 최근에는 이를 극복하기 위한 방법으로 색상 제어 폭과 기계적 물성을 향상 시키기 위한 방법으로 합금 설계를 통해 석출물을 제어하는 방법이 논의 중에 있다. 선행 연구 결과에 따르면, 특정 금속간 화합물의 경우 형성된 pseudogap의 에너지가 가시 광선 영역에 해당하여, 고유의 색상을 갖고 있다고 보고되었다. 합금 설계를 통해 금속간 화합물의 석출을 제어할 경우, 색상 제어가 용이하고 기계적 물성 역시 향상 될 것으로 판단 된다. 본 연구에서는 청색 색상을 갖는 금속간 화합물 AlNi의 석출 제어를 통해 폭 넓은 색상 제어와 기계적 물성을 향상 시키는 것을 목표로 한다. 색의 변화를 용이하게 측정하기 위해 적색의 구리 기지 위에 청색을 갖는 AlNi상의 분율 제어를 이용하였고, 이에 따른 합금의 색상 변화와 이에 따른 기계적 물성의 변화를 분석하고자 하였다. 조성에 따른 합금의 색 차이를 나타내기 위해 CIE L*a*b* 색 공간을 이용해 표현하고자 한다. 결정구조 분석 및 상 분율, 미세조직 변화는 X선 회절 분석기와 주사 전자 현미경을 통하여 분석을 실시하였고, 합금의 기계적 물성은 비커스 경도계를 이용해 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 본 연구는 AlNi 금속간 화합물의 석출 제어에 따른 상 분율 변화와 이 때 기계적 물성과 색 변화, 그리고 이 둘의 연관성을 확인하고자 한다.

[P9-15]

리튬 함유 용액으로부터 리튬의 효율적 회수 방법: 정우용, 변석현; *성일하이텍(주).*
Keywords: Lithium, Lithium phosphate

최근 휴대폰, 노트북 및 전기자동차 산업의 급속한 발전으로 인해 이동형 에너지원에 대한 국제적인 수요가 점자 증가하고 있다. 특히 에너지원으로서 리튬 이차전지의 활용이 크게 증가하고 있으며, 리튬 이차전지의 수요에 따라 핵심원료인 리튬의 소모량도 급증하고 있다. 리튬은 매우 고가의 금속으로, 전세계 수요량에 비해 국내에서 생산되는 양은 매우 적으며, 대부분 해외에서 수입하여 사용하고 있다. 리튬의 재활용은 주로 리튬 금속이 들어간 합금에 국한되어 있으며, 최근 들어 리튬 함유 용액으로부터 리튬 회수 기술에 대해 특허가 많이 출원되고 있으나, 아직 상용화에 미치지 못하였다. 리튬 함유 용액에서 리튬을 회수하는 기술로는 증발결정화 또는 용매추출 등이 있다. 증발결정화 공정은 가열로 인해 많은 에너지 비용이 발생하며, 용매추출 공정은 추출제의 비용으로 인한 가공비의 상승으로 두 공정 모두 경제성이 낮은 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 리튬 함유 용액에 인 함유물질을 첨가, 인산리튬을 회수함으로서, 경제적이고 친환경적이며 높은 효율로 리튬을 회수하는 방법을 연구하였다. 구체적으로 리튬 함유 용액 중 리튬은 1.5~6.0 g/L 이며, 인 함유물질 첨가 후 염기성 용액을 투입 pH 10.5~11.5 조절, 이 용액을 70~90 ºC로 30 분 유지 시 침전물(인산리튬)이 생성되었다. 생성된 침전물 여과 후 여액 내 남은 리튬 농도를 이용, 회수율을 산출하였으며, 최대 약 95% 의 리튬 회수율을 확인하였다.

[P9-16]

Al-Mg계 합금의 강도와 연성 향상에 대한 극저온 환경의 역할 규명: 김승균; *고려대학교 나노복합재료연구실.*

적층결함 에너지가 높은 Al에 적층결함 에너지가 낮은 Mg를 첨가하면, 강도와 강도가 증가함과 동시에 전위구조가 변화하여 연성이 증가한다는 사실이 밝혀진 바 있다. Al-Mg 합금의 적층결함 에너지는 상온에 비하여 극저온에서 증가한다고 알려져 있기 때문에, -196ºC 에서 합금의 연성이 감소할 것이라 예상할 수 있다. 그러나, 본 연구팀은 Mg의 첨가량과 실험온도를 변화시키며 수행

한 Al-xMg (in wt. %)의 비교적인 연구를 통해 -196°C에서 Al-xMg 합금의 강도와 연성이 동시에 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과를 설명하기 위해, Al-xMg 합금에서 온도가 강화기구 및 소성기구에 어떠한 영향을 주었는지에 대해 연구를 진행하였다. 온도가 각각의 기구에 미치는 영향을 고찰하기 위해 TEM을 이용한 전위구조의 관찰과 XRD를 이용한 전위밀도를 평가하였다.

[P9-17]

Effect of Structural Shape on Thermal Properties of Al/Cu Cladding Fabricated by Hydrostatic Extrusion: 이종범, 정하국; *한국생산기술연구원뿌리산업 연구소.*

Keywords: cladding, hydrostatic extrusion, thermal properties

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.

[P9-18]

미소 원소 첨가에 따른 구리 합금의 전자 구조 변화 및 색 변화 상관성 고찰: 정연범[1], 최시연[1], 박혜진[1], 김영석[1], 황윤중[1], 이후담[2], 김기범*[1]; *[1]세종대학교 나노신소재공학과. [2]현대자동차 의왕연구소 신소재연구팀.*

Keywords: 구리 합금, 전이에너지, 유색 합금, 전자 구조

우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 고체 재료 중 고유의 색상을 갖고 있는 것들은 매우 희소하다. 대표 적으로 색상을 갖고 있는 고체 재료는 산화물이나 질화 코팅, 직접적인 패터닝 간격 조절 등으로 인위적인 색상을 구현하고 있다. 금속의 경우 원색을 갖고 있는 금속 원소로는 금, 동이 있으며, 금의 경우 과거에서부터 현재에 이르기 까지 희소성과 생체 친화성에 주목받아 주로 귀금속이나 치아 재료로써 사용되고 있다. 금을 제외한 나머지 금속 소재의 경우 색을 구현하기 위해서는, 주로 아노다이징 공정을 활용하여 금속 표면에 산화 피막을 형성 시킨 후 형성 된 피막에 염료를 주입하는 방법을 이용하였다. 그러나, 이러한 공정을 이용할 경우 표면이 굉장히 취약해 지고 색 내구도 또한 감소 되며, 아노다이징이 적용 되는 소재 및 조성이 제한 된다는 단점을 갖고 있다. 최근 이러한 단점을 극복하기 위해 금속 자체의 원색을 구현하고자 하는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그 중 가장 주목 받고 있는 것은 구리 합금계 인데, 구리의 경우 금과 마찬가지로 원색을 갖고 있는 유색 재료이다. 구리는 넓은 d밴드를 갖고 있고 Fermi 준위가 s,p밴드 내에 형성되어 에너지를 받게 될 경우, 밴드 내에서 전이 현상이 발생한다. 이때, 발생하는 밴드 내 전이현상이 가시광선 영역대의 에너지에 해당하여 우리가 알고 있는 구리의 색을 나타내게 된다. 구리의 경우, 금과 비교하여 산소 친화도가 높아 쉽게 산화가 되는 단점이 있지만, 최근 발전하는 부식 방지 기술과 금과 비교하여 더 낮은 전이 에너지를 갖기 때문에 합금화를 통하여 전이 에너지를 조절할 경우 더 넓은 폭의 전이 에너지를 조절 가능할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 현재 구리의 이러한 전이 에너지를 측정하여 색 변화에 대하여 논의 하는 연구가 진행 되고 있지만, 아직까지는 색의 변화를 수치적으로 논의하지 않고 있다. 본 연구에서는 구리의 광학적 특성에 주목하여 합금화를 통해 전이 에너지를 조절하고 변화 하는 전이 에너지와 구리 합금의 색 변화 사이의 상관성을 찾고자 하였다. 첨가 하는 원소는구리와 넓은 고용도를 갖으며, 합금화를 통해 단상의 고용체를 이루는 원소를 2가지 선택하여 각각 1, 3at% 만큼의 첨가를 통해 구리의 전이 에너지의 변화 및 색 변화에 대해서 분석하고자 하였다. 색을 표현하는 방법은 여러 가지가 있지만, 색의 차이를 객관적으로 나타내기 위해 색 차를 이용해 색의 차이를 수치적으로 나타내고자 하였다. 이러한 색 차를 나타내기 위해서 반사도를 수식을 활용하여 CIE L*a*b* 색 공간으로 변환하였다. 최종적으로, 구리에 첨가 원소의 종류와 함량에 따른 전이 에너지 변화와 그때의 전자 구조 변화 및 색 변화와의 상관성을 고찰하고자 한다.

[P9-19]

고주파유도용해에 의한 고융점 고활성 수소저장합금 제조: 유정현, 조성욱; *한국지질자원연구원 광물자원연구본부.*

Keywords: Hydrogen Storage Alloy(수소저장합금), Vacuum Induction Melting(진공 유도 용해), P-C isotherm curve(압력-조성 등온 곡선), XRD(X선 회절분석)

BCC계, AB_5계를 포함한 다양한 수소저장합금을 고주파 유도 용해로를 이용하여 제조하였으며, 제조된 합금의 수소저장특성을 평가하였다. 수소저장합금 계열별로 합금을 구성하는 주요 원소에 대하여 열역학 검토 및 실제 용해 실험을 하였으며 원소와 도가니간의 반응성을 확인하였다. 이를 고려하여 수소저장합금 계열별로 고주파 유도 용해에 사용하는 도가니를 차별 선정하였으며, 3 kg/batch급의 합금을 각각 제조하였다. 제조된 합금은 반복 용해 실험 및 개선을 통하여 재현성을 확보하였으며, P-C isotherm 곡선, ICP, XRD, 산소/질소 가스불순물 등의 분석을 통하여 상용 시료와 동등한 수소저장 특성을 나타냄을 확인하였다. 즉, 고주파 유도

용해에 의한 다양한 수소저장합금의 상용 가능한 제조 기술을 확립하였다.

[P9-20]

소재 특성제어에 따른 Ag-Ni-Gr Alloy의 기계/전기적 특성: 임종빈, 박재성, 박주현; *희성금속㈜.*

Keywords: Ag Alloy, 압출

전기 접점 재료는 개폐기, 차단기 등의 전기기기에서 전기회로의 개폐를 제어하는데 사용되는 통전용 접촉 재료로서, 모터 스위치, 스위치 기어, MCCB, 소형 모터 및 램프, 자동차 및 가전제품 등에 적용된다. 이러한 전기 접점 재료는 개폐기능과 관련하여 융점이 높고 전기전도도, 열전도도 및 내용착성이 우수하고 접촉저항이 낮은 것이 요구되며, 내마모성과 관련하여 경도가 높은 것이 요구된다. 이와 같은 전기 접점 재료는 재질에 따라 텅스텐계, 은-산화물계, 은-흑연계, 귀금속계 등으로 분류될 수 있다. 그 중 은-흑연계 전기 접점 재료는 흑연의 sliding/융착제어 특성으로 인해 전기전도도가 우수하여 주로 고정 접점으로 사용된다. 종래에는 상기 은-흑연계 전기 접점 재료를 제조하기 위해 원료 분말을 혼합 및 소결한 후 프레스 성형하는 방법이 적용되었다. 그러나, 프레스 성형하여 제조된 은-흑연계 전기 접점 재료는 고밀도 및 고경도를 나타내는데 한계가 있어, 기계적 강도 평가시 크랙이 발생하고, 이를 전기기기에 적용할 경우 전기기기의 통전성 및 차단특성이 저하되는 문제점이 있었다. 본 연구는 압출공법을 이용하여 Ag Alloy에 대한 특성개선 공법을 실시하여 물성을 제어하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P9-21]

A Fundamental Study on the Nickel Oxide Reduction: 이동수, 민동준; *연세대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: nickel powder, reduction mechanism, flash reduction, hydrogen reduction, thermogravimetric analysis

금속 nickel의 nano powder는 에너지와 전자소자 및 우주 항공 분야에 사용되는 고부가가치 금속소재로서, NiCl의 기상 환원 방법으로 제조되는 것으로 알려져 있다. 그러나 이와 같은 기상환원법의 경우 고온에서 nickel 분말의 응집으로 인한 크기 제어의 어려움으로 인해 분말을 활용하여 고부가가치의 nickel nano powder를 생산하는 방법이 제안되어 주목받고있다. 기존 NiO의 환원의 거동은 topochemical model을 따르는 것으로 보고되어 있는 반면 NiO의 입도가 감소하는 경우 속도론적 관점에서의 환원 거동 변화가 예상되므로, Ni 분말의 환원 메커니즘 및 분말 입도 영향성을 규명할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 입도에 따른 NiO의 환원 거동에 대한 온도 의존성 및 수소 분압의 영향성을 TGA실험을 통하여 검증하였다. 또한 grain topochemical model을 활용한 속도론적 고찰을 바탕으로 NiO분말의 환원 메커니즘을 검토하였다.

[P9-22]

Ag-C계 접점의 기계/전기적 특성 제어: 이효원, 박재성, 박주현; *희성금속㈜.*

Keywords: Ag-C, 압출, Sintering, contact

전기 접점 재료는 개폐기, 차단기 등의 전기기기에서 전기회로의 개폐를 제어하는데 사용되는 통전용 접촉 재료로서, 모터 스위치, 스위치 기어, MCCB, 소형 모터 및 램프, 자동차 및 가전제품 등에 적용된다. 이러한 전기 접점 재료는 개폐기능과 관련하여 융점이 높고 전기전도도, 열전도도 및 내용착성이 우수하고 접촉저항이 낮은 것이 요구되며, 내마모성과 관련하여 경도가 높은 것이 요구된다. 이와 같은 전기 접점 재료는 재질에 따라 텅스텐계, Ag-산화물계, Ag-C계, 귀금속계 등으로 분류될 수 있다. 그 중 Ag-C계 전기 접점 재료는 흑연의 sliding/융착제어 특성으로 인해 전기전도도가 우수하여 주로 고정 접점으로 사용된다. Ag-C계 접점은 열적특성이 우수한 탄소 분말과 전기전도도가 우수한 은 분말과 혼합하여 소결하는데 소결과정의 온도가 맞지 않으면 내부에 기공이 존재하고 결합력이 떨어지는 단점이 존재한다. Ag-C계 접점에서는 잘 분산된 탄소입자로 인해 경도 및 전기전도도등의 물성이 개선되는 효과를 기대할 수 있다. 또한, Ag-C계로 제조된 접점은 용접 및 기계적 마모에 매우 강하고 접촉 저항이 낮지만 Arcing 조건에서 높은 마모를 나타내며 기계적 강도와 경도는 낮습니다. 본 연구는 소결 및 압출공정을 이용하여 Ag-C계 접점의 기계적, 전기적 특성을 제어하였다. 본 연구는 산업통상자원부 '스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발' (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P9-23]

TRC(strip casting) 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 미세조직과 인장 및 피로 변형 거동: 허준영[1], 백민석[1], 어광준[2], 임창동[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*

Keywords: Twin roll strip casting, Al-7075, Tensile, Fatigue, Deformation behavior

본 연구에서는 Twin roll casting(TRC) 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성을 조사하였다. 이와 함께 상용 소재로 사용되고 있는 Direct chill(DC) casting 공정의 Al-7075 소재와 함께 비교 분석 하였다. TRC 공정은 용탕에서 직접 판재를 생산할 수 있는 공정으로, 기존 공정의 중간 열처리와 압연이 생략될 수 있어 경제적 장점이 있고 또한 상대적으로 높은 주조 속도를 유지할 수 있으므로 편석이 억제되고, 결정립 크기가 감소하며 주조 조직이 균일해지는 장점 또한 가질 수 있다. 상기 소재들의 XRD 및 EPMA 상 분석 결과 공통적으로 Al 기지에 $MgZn_2$, Mg_2Si, $Al_{23}CuFe_4$, Al_2Cu 상들이 나타났다. TRC-7075 소재의 미세조직 관찰 결과 둥근 grain 형상 및 균일한 size 를 갖고 있었다. DC-7075 소재는 TRC-7075 소재에 비해 grain size 가 크고 연신된 형상을 보였다. 상온 인장 시험 결과, TRC-7075 소재의 항복강도는 518.52 MPa, 최대 인장강도 578.23 MPa 그리고 연신율 6.86% 를 얻어졌다. DC-7075 소재의 항복 강도는 TRC-7075 소재에 비해 약 47 MPa, 최대 인장 강도는 19 MPa 낮으나 연신율은 1.5 배 높았다. 고주기 피로 시험은 stress ratio(R)=0.1, frequency(F)=10Hz 로 상온에서 수행하였다. TRC-7075

소재의 피로한은 310 MPa, DC-7075 소재의 피로한은 295 MPa 로 TRC 소재가 우수한 피로 특성을 보였다. 인장 및 피로 파단면을 분석하였으며 이를 바탕으로 Twin roll strip casting 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 변형 거동에 대하여 고찰해보고자 하였다. [본 과제는 금속 소재 종합 솔루션 센터 구축 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.]

[P9-24]

폐이차전지 양극 극판으로부터 양극활물질내 Al의 물리적, 화학적 제거: 김광중, 변석현; *성일하이텍(주).*

Keywords: 폐이차전지, 양극 극판, 양극활물질, Al제거

최근 급격한 성장세를 보이는 리튬이온이차전지(이하 LIB 표기)는 노트북 및 휴대폰 등 소형 및 중대형 LIB 사용량 증가에 따라 환경보호, 유효자원 재활용면에서도 폐LIB의 재활용/재사용 필요성이 높아지고 있다. 이러한 국내 현실을 감안할 때 폐전지, 공정 스크랩과 같은 폐자원으로부터 Li, Co, Ni, Mn 등을 회수하는 재활용 기술개발의 필요성이 강조되고 있다. 습식공정을 통한 유가금속을 회수하는 공정은 처리비용 및 폐수 비용이 높은 반면 양극물질 직접 회수 공정은 양극 극판으로부터 물리적, 화학적 처리를 통해 양극 활물질 분말형태로 회수하여 처리비용 및 폐수 비용을 감소시킬 수 있는 기술적 차이를 보인다. 이에 본 실험은 양극 극판 내 양극 활물질을 회수하는 물리적 전처리공정에서 발생된 양극 활물질 분말내 Al의 함량이 2~3%로 높아 LIB 양극판 제조에 사용되는 원재료로 적합하지 않아 Al을 물리적, 화학적 제거공정을 통해 원재료로서의 효용성과 Al 제거율을 확인하고자 한다. 실험조건으로 작은 입자 상태의 Al을 물리적 분리 조건을 선정하여 진행하였다. 크기별 분체 조건중 170mesh의 분체하였을 때 Al의 제거율은 약 78% 였으며, 제거되지 않은 약 21% Al은 화학적 처리 조건으로 NaOH 농도별 선정하여 실험하였고 2.5M에서 약 4% 제거되었다. 수세를 통해 잔존 Al을 제거하여 물리적, 화학적 처리를 통해 약 89%의 Al을 제거하는 효과를 볼 수 있었다.

[P9-25]

고강도 알루미늄 합금의 축압축시험을 통한 에너지흡수능 평가 및 해석: 김희주[1], 김수현[1], 이윤수[1], 임차용[1], 차준현[2]
; [1] *한국기계연구원 부설 재료연구소.* [2] *알코닉코리아.*

Keywords: 알루미늄합금, 에너지흡수능, 기계적 성질, 압축시험

알루미늄 합금은 우수한 비강도, 내식성, 재활용성 등을 가지고 있어서 수송기기용 소재로 널리 사용되고 있다. 또한 알루미늄 합금은 성형성이 우수하여 자동차 범퍼빔, 크래쉬박스 등과 같은 충돌 부재 및 가드레일, 방탄판 등 충격흡수능을 필요로 하는 부품에 사용 할 수 있다. 충격흡수능은 재료의 변형에 의하여 흡수되는 에너지이며, 이는 소재특성과 형상특성의 영향을 받게 된다. 소재의 충격흡수능은 소재의 소성변형에 의한 에너지흡수능에 의해서 결정된다. 이번 연구에서는 비강도가 우수한 5000계, 6000계, 7000계 알루미늄 합금의 에너지흡수능을 평가하고 비교하였다. 시편의 형상을 튜브형태로 가공 후 압축시험을 실시하여 힘-변위 곡선을 얻은 후 에너지흡수능을 계산하였다. 또한 기계적 성질과의 연관성을 조사하기 위하여 인장시험을 실시하였다. 압축시험 진행 중 일부 시편에서 균열이 발생하였으며, 균열이 발생한 원인을 광학현미경과 SEM-EDS 분석을 통해 확인하였다. 이로부터 알루미늄 합금의 소재특성과 충격흡수능의 상호 관계를 규명하고자 하였다.

[P9-26]

제 3원소 첨가에 따른 Cu-Mn계 합금의 미세조직 및 기계적 특성 연구: 권성준, 이영훈, 정연범, 홍성환, 문상철, 김영석, 박혜진, 최시연, 박상원, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과 나노구조재료연구실.*

Keywords: Cu – Mn-X alloy, Microstructure, Mechanical property

Cu계 합금은 내식성, 가공성이 우수하며 무엇보다 전도성이 크게 우수하여 전선, 저항기, 반도체 등 다양한 전자기기 산업 분야에서 널리 사용되고 있다. 특히, Cu-Mn 합금은 에너지 측정용 전자부품에 주로 이용된다. 최근 전자기기의 고집적화로 부품은 그 크기가 점차 소형화되고 있으며 상용화를 위해 높은 내구성을 가져야 한다. 이렇듯 Cu계 합금이 다양한 분야에 적용되기 위해서는 전자기기 재료의 전기적 특성뿐만 아니라 높은 기계적 특성이 요구된다. 최근 기계적 특성의 향상을 위해 구리에 낮은 고용도를 가지는 원소를 합금화하여 Cu 기지 내에 정출상이 형성된 미세조직을 가지는 동합금이 연구되고 있다. 이와 같이 소량의 첨가원소를 통해 제 2상을 미세하게 분산시키면 기지와 정출상 사이에 많은 계면이 발생하여 전위의 이동이 방해되면서 동합금의 강도를 향상시킬 수 있다. 제 2상에 의한 강화는 합금 원소의 종류, 첨가량 및 냉각속도 등의 변수에 의해 정출상의 종류, 크기 및 형상이 달라져 기계적 특성이 크게 달라지기 때문에 조성 선택 및 공정 최적화를 위한 많은 연구를 필요로 한다. 본 연구에서는 고강도 동합금 조성 개발을 위해 Cu-Mn 합금에 구리에 낮은 고용도를 가지는 Cr, Fe, Co 등의 합금원소를 첨가하여 고강도 정출상의 형성을 유도하였다. 또, 제 3 원소 첨가량을 달리할 때 변화하는 미세조직과 합금의 기계적 특성 간의 관계를 이해하고자 하였다. 합금의 특성 분석을 위해 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy: SEM)을 이용하여 미세조직을 분석하고 결정구조 및 상 분석을 위하여 X-선 회절 분석(X-ray diffraction: XRD)을 이용하였다. 또한, 기계적 특성 평가를 위해 만능재료시험기(Universal testing machine, UTM)을 이용한 상온 압축 시험, 마이크로 압입 시험(Micro indentation test)을 시행하였다. 이러한 결과를 바탕으로 제 3원소 첨가에 의한 Cu-Mn 합금 내 정출상 형성과 미세조직 및 기계적 특성 변화를 고찰 하였다.

[P9-27]

Mn 함량이 변화된 A356 주조합금의 미세조직 및 특성에 미치는 냉각속도의 영향: 유준회[1], 정택균[1], 김상욱[1], 공소현[1], 현승균[1], 김윤준[1], 박병옥[2], 한건기[2], 손주희[2]; [1] *인하대학교 신소재공학과.* [2] *핸즈코퍼레이션(주).*

Keywords: A356, Casting, Thickness, Microstructure, Tensile properties

A356 합금은 대표적인 알루미늄 주조용 상용합금으로서, 우수한 주조성과 더불어 중간 정도의 강도를 가지고 있어 자동차 부품,

특히 휠 제품에 널리 사용되고 있다. 최근, 자동차 휠의 트렌드는 경량화를 위하여 철계소재를 알루미늄소재로 대체함과 함께 더욱 박육화에 대한 요구로 인하여 핵심요소라 할 수 있는 Hub, Spoke 및 Flange를 더욱 얇게 하면서도 18인치에서 19인치 나아가서는 20인치로의 대형화 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해서는 합금의 개량화와 두께의 변화에 따른 냉각속도의 영향에 대한 고찰이 필요하며, 본 연구에서는 이를 위하여 초정 Si의 구상화에 효과가 있는 Mn함량을 변화시킨 A356합금을 두께가 각기 다른 Y-Block으로 주조하여 시험편을 제조하였다. 후속공정인 용체화 처리 및 시효처리는 우선적으로 기존 A356휠의 공정으로 일정하게 하여 미세조직 및 기계적 특성을 평가하였다. 시험분석 결과, Mn의 함량이 0.1%일 때 인장강도는 가장 우수하였으나 신율은 기존 A356합금에 비하여 감소하였다. 두께가 일정할 경우 Mn의 함량이 증가할 때 침상의 베타상은 감소하는 것을 확인하였으며, Mn의 함량이 일정할 경우에는 두께가 30mm인 경우에 베타상이 미량 존재하는 것을 확인하였다.

[P9-28]

AlMg6 합금에서 압연 및 열처리 조건에 따른 상 석출 거동과 내식성 평가: 최권훈[1,2], 김봉환[1], 하성호[1], 윤영옥[1], 임현규[1], 김세광[1,2]
; [1]*한국생산기술연구원*, [2]*UST*

Keywords: Mg2Al3, AlMg alloy, Corrosion, Heat treatment, Cold rolling

최근 환경문제가 계속해서 화두가 됨에 따라 자동차 산업의 경우 차체 경량화에 대한 많은 연구가 선진국을 중심으로 이루어지고 있다. 특히, 요즘 대두가 되고 있는 친환경 자동차와 같은 경우 다양한 전자제어장치 및 안전장치의 부착에 따라 차체 무게가 증가가 불가피하기 때문에, 차체의 경량화는 선택이 아닌 필수적인 요소이다. 현재 경량소재로 가장 많이 주목을 받고 있는 것이 알루미늄이다. 특히 알루미늄은 높은 비강도와 경량화 효율이 높기 때문에 철강 다음으로 차체에 많이 쓰이는 부품 중 하나이다. 비열처리형 합금인 5000계열 합금은 Mg의 첨가를 함에 따라 고용강화로 인해 강도가 증가하지만, 3% 이상 첨가 시 Mg2Al3라는 B 석출상의 형성으로 인해 가공성 부족 및 부식 환경에 있어서 많은 문제를 발생시킨다. 특히 5% 초과할 경우 압연 공정 시 edge-cracking과 같은 여러 가지 문제들이 발생하여 금속 가공의 한계를 유발한다. 이러한 이유로 마그네슘이 많이 포함한(5% 이상) 알루미늄 합금의 Mg2Al3 석출상 제어에 대한 연구가 필요한 실정이다. 그리하여 본 실험에서는 고함량 마그네슘을(6% 이상) 포함한 알루미늄 합금의 열처리 시간과 압하율을 통한 석출상의 통제를 목표로 진행하였고, 그에 따른 부식 실험을 진행함으로써 B석출상의 제어를 확인하였다. 부식실험으로는 5000계열 알루미늄 합금에서 자주 쓰이는 NAMLT(ASTM G67)와 Salt Spray(B117)실험을 실시하였다. 광학현미경, SEM 및 EDS를 이용하여 미세조직 및 성분석을 확인하였고, 상변태 거동을 확인하기 위해 XRD를 실시하였다.

[P9-29]

IDC를 적용하여 개발한 스마트폰용 고강도 알루미늄합금 케이스: 박노진[1], 이지호[1], 오상욱[1], 우소정[1], 박종문[1], 권혁곤[2], 이상민[2], 박민수[2], 오명훈[1]
; [1]*금오공과대학교*, [2]*㈜장원테크*

Keywords: 알루미늄합금, 다이캐스팅, 압출

스마트폰 메탈케이스의 수요증가로 인한 시장 확대에 발맞추어 제품의 심미성, 고강도화 및 생산성 향상 등 기술개발에 주력하고 있다. 높은 양산성을 위해서는 다이캐스팅법이 사용되고 있으며, 우수한 기계적 특성과 성형성 확보를 위하여 가공용 합금을 이용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 고강도 알루미늄합금 압출재를 외장재로 사용하고 내부 브래킷용으로 다이캐스팅재를 이용한 IDC(Insert Diecasting)를 적용하여 스마트폰을 위한 알루미늄합금 케이스를 개발하였다. 합금조성을 설계한 후 압출 및 다이캐스팅을 수행하여 합금의 미세조직, 경도 및 인장 특성 등의 기계적 특성을 평가하였다. 다이캐스팅용으로 Al-8.96%Si-2.77%Cu-11.16%Zn 합금을 선택하였으며, 압출용으로는 Cu를 첨가하지 않은 합금을 IDC(Insert Diecasting) 적용을 위하여 사용하였다. Al-0.20%Si-0.82%Mg-6.77%Zn 합금은 332.3MPa의 인장강도와 25.7%의 연신율, Al-8.58%Zn-1.60%Mg 합금은 414.5 MPa의 인장강도와 9.1%의 연신율을 나타내었다. 알루미늄합금 다이캐스팅의 연속공정인 IDC를 적용한 시제품을 제작하여 두께 0.33 mm의 얇은 부분까지 다이캐스팅이 가능한 결과를 얻었다. 내부기공률을 측정하기 위해 CT X-ray를 이용하여 압출소재와 다이캐스팅의 접합부를 측정한 결과 접합부와 다이캐스팅재에 기공이 거의 없는 것으로 판단되었으며, 스마트폰에 사용할 새로운 알루미늄합금을 확보하였다. *이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(NRF-2016H1D5A1910938)

[P9-30]

폐 ITO로부터 희소금속 회수를 위한 고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 연구: 추동규, 김종걸, 정은진;*포항산업과학연구원*.

Keywords: Electrolytic refining, SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), Rare metal

인듐주석산화물(Indium Tin Oxide, ITO)은 디스플레이 산업의 발전과 더불어 그 수요가 급격하게 증가하고 있다. 디스플레이 산업에 사용되는 ITO 타겟의 경우, 폐기되는 ITO가 증가하고 있기 때문에 이에 대한 유용자원 회수기술 개발에 대한 요구가 증가할 것으로 사료된다. ITO는 일반적으로 복잡하고 고가인 습식 제련 공정이나, 흑연양극 전해제련시스템을 사용하여 유용자원을 회수하고 있다. 하지만 이러한 처리공정은 공해를 야기하는 환경오염물질이나, 전해 양극에서의 이산화탄소 및 탄소오염이 발생되는 단점을 가지고 있다. 따라서 소모성흑연양극이 아닌 SOM(Solid Oxide Membrane) 양극을 이용하여 유용금속을 회수하는 기술을 개발하고자 하였다. SOM(Solid Oxide Membrane) 제련공정은 이온 전도성 고체 전해질 멤브레인을 이용한 직접 전해 공정으로 온실가스의 배출이 적고, 고순도 금속 제조가 가능하여 희소금속 제련의 생산 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 ITO 환원용 SOM 전극에 사용에 따른 내구성 평가 및 설계인자를 도출하여 장비를 설계, 제작하고자 하였다.

[P9-31]

Effect of Ti Addition on the Microstructure and High Temperature Oxidation Property of AlCoCrFeNi High Entropy Alloy: 함기수[1], 김영균[1], 나영상[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 [2]재료연구소.*

Keywords: High entropy alloy, AlCoCrFeNi, Ti addition, Microstructure, High temperature oxidation

최근 high entropy alloy에 대한 관심이 높아지고 있으며 새로운 고온 소재로서의 응용 가능성이 검토되고 있다. 본 연구에서는 AlCoCrFeNi high entropy alloy의 고온 산화 특성에 미치는 Ti 첨가(1 at.%)의 영향에 대하여 조사하였다. 본 연구에서 사용된 소재는 vacuum suction casting 공정으로 제조되었다. 미세조직 관찰 결과 AlCoCrFeNi 합금은 Al-Ni dendrite와 Cr-Fe interdendrite 조직으로 구성되어 있었으며, Co와 Ti는 합금 내부에 미세하고 고르게 분포하고 있는 것으로 관찰되었다. 고온 산화 시험은 1100°C에서 24 hrs, 대기 분위기에서 수행하였다. Ti 미첨가 합금의 oxidation weight gain은 0.75 mg/cm^{2}으로 측정되었으며, Ti이 첨가된 합금은 0.17 mg/cm^{2}으로 Ti이 첨가됨에 따라 매우 우수한 내산화 특성을 보였다. 두 합금 모두 산화 표면에는 Cr_2O_3와 Al_2O_3 산화물이 관찰되었으며, Ti이 첨가된 HEA 합금은 추가적으로 Ti oxide가 존재하고 있는 것으로 확인되었다. 미세조직과 연계한 부위별 산화물 분석을 통해 AlCoCrFeNi high entropy alloy의 고온 산화 기구와 우수한 내산화 특성 원인에 대하여 고찰해 보았다.

[P9-32]

항복강도 520 MPa급 알루미늄 합금의 압출성 향상 연구: 김세훈, 신재혁, 김진평, 최재영, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원.*

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu Alloy, Yield Strength, Alloy Design, Extrudability

최근 항공기, 자동차, 철도 등의 수송기기 경량화를 실현하기 위해 고항복강도 경량소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 대표적인 고강도 알루미늄 소재인 7xxx계 합금이 경우 소성가공성과 성형성이 떨어지므로 인한 제조단가 상승 및 소재 자체의 응력부식균열에 취약한 문제로 매우 제한적으로 적용되고 있다. 본 연구에서는 기존 자동차용 알루미늄 합금의 경량화 한계를 극복하기 위해 소재의 고항복강도화를 통해 경량화 효과를 높이고자 520 MPa 이상의 항복강도를 압출성이 우수한 7xxx계 알루미늄 합금 소재를 설계하고 파괴인성 및 응력부식균열 특성 등의 소재 특성평가를 진행하였다.

[P9-33]

용융염전해정련을 이용하여 In-Sn 합금으로부터 In 추출 기술: 이현규[1], 최상훈[1], 심재진[1], 주원[1], 임재홍[1], 유지원[1], 현승균[2], 박경태[1]; *[1]한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2]인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: Electrorefining, Indium, Tin, Molten salt, LiF-KF, ITO, Indium-Tin-Oxide

최근 전자산업이 더욱 발전함에 따라 투명전극으로 널리 사용되는 Indium-Tin-Oxide(ITO)의 생산량이 늘어나면서 이의 주요 구성성분인 Indium(In)의 수요도 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 In은 아연 등 다른 금속 정광에 소량 포함 되어 있어 제련 공정에서 부산물로서 얻어지며, 재활용률이 1% 미만으로 낮아 In을 주 원소로 사용하는 최종 제품 재활용 기술이 요구 되어 지고 있다. 현재 ITO 재활용 상용 공정은 습식제련 및 전해정련을 이용하고 있어 공정비용이 높고 복잡하며 산과 같은 오염물질을 대량으로 사용하기 때문에 환경적 문제를 야기 시키고 있다. 이에 본 연구에서는 In을 제조함에 있어 ITO 제련 후 생성 되는 In-Sn 금속으로부터 용융염 전해정련을 통해 In을 회수하는 연구를 실시하였다. In의 정련을 위한 Cell 구성은 전해질로 사용 된 LiF-KF(49:51 mol %) 7 wt% InF_3 용융염에 In-Sn 합금은 양극재로서 액체금속 형태로 사용하였으며, 전기화학 및 열역학적 안정성을 고려하여 참조전극으로 Ni wire Anode로써 W rod, Cathode는 Mo plate를 선택하여 설치하였다. 전해질로 사용 된 용융염의 공융점을 고려하여 공정 온도는 700°C로 설정하였으며, 전해질 내 다양한 InF_3 함량에 따른(1~7wt%) In이온의 환원에서 전이된 전자수와 확산계수를 Cyclic Voltammetric Analysis(CV)를 통해 측정하였다. 환원 전위는 Chrono Potentiometric Analysis(CP)를 사용하여 전류밀도를 인가함으로써 제어 하였고 전해 정련 시, In 금속은 음극 표면에 석출 되었다가 액상의 형태로 포집된다. 이 후 회수된 In 금속은 진공증류공정을 통해 불순물 제거를 실시하였으며, In 금속의 특성평가를 위하여 성분, 조직, 순도 등 다양한 물성 평가를 실시하였다.

P10 : 재료분석
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P10-1]

가압중수로 연료채널 내 Zr-2.5Nb 압력관의 기계적 물성 및 미세조직 분석: 안동현, 이경근, 류이슬; *한국원자력연구원.*

Keywords: 중수로 압력관, Zr-2.5Nb, 기계적 물성, 미세조직

가압중수로의 압력관은 핵연료가 위치하고 있는 연료채널의 주요 부품 중 하나이다. 가동 중 압력관은 약 310°C의 온도에서 연소 중인 핵연료에서 나오는 수많은 중성자에 의한 조사뿐만 아니라 가압된 냉각수에 의해 약 10 MPa 의 내부 압력을 받는 환경에 놓여 있다. 이런 가혹한 운전 환경은 압력관의 지속적인 변형 및 미세조직 적 변화를 가져오며 이로 인해 원자로 안전 및 효율의 문제를 발생시킬 수 있다. 대표적인 문제로는 압력관의 지름이 늘어나는 확관 변형 문제가 있다. 확관이 발생하면 냉각수의 흐름에 문제가 생겨 발전의 효율이 떨어지고, 더 나아가 설계 한계에 다가가면 심각한 안전의 문제가 될 수 있다. 효율과 안전의 측면에서 압력관의 변형을 예측하고 개선하는 것은 매우 중요하며, 이를 위해서는 가동 중 압력관 변형에 대한 포괄적인 이해가 선행되어야 한다. 이런 가동 중 압력관의 변형은 원자로 가동 전 재료 특성에 크게 영향을 받는다고 알려져 있다. 본 연구에서는 이런 사용 전 압력관에 대한 인장, 경도와 같은 기계적 물성 및 미세조직 분석을 실시하여 사용 전 압력관의 특성을 정리하였고, 사용 중 변형 거동 예측의 기반을 마련하였다.

[P10-2]

대기 플라즈마 스프레이로 제조한 Ni계 본드코팅 특성 평가 및 산화물 생성 거동: 박희진, 강상운, 백경호; *충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: Thermal barrier coatings, 단열 코팅, 본드코팅, Thermal GrownOxide

열차폐코팅에서 본드 코팅층은 모재의 산화를 방지하고, 세라믹 코팅층과 모재 사이에 위치하여 접착력을 부여하는 기능을 하고 있다. 본드 코팅층은 산화 분위기에 지속적으로 노출되면 금속 성분에 따라 산화층을 형성하며, 형성된 산화층은 본드 코팅층의 산화 및 모재의 산소 이동을 차단하는 역할을 하지만, 열팽창계수 등의 불일치로 인해서 코팅층의 박리를 일으킴으로 생성 및 성장 매커니즘을 이해하는 것이 중요하다. 본드 코팅층의 소재는 모재의 조성에 따라 달라지며, 본 실험에서는 Ni기 초합금 재료 중에서 하나인 Inconel 617을 모재로 하여 NiCrAlY, NiAl, NiAl2.2를 소재로 하는 본드 코팅층을 대기 플라즈마 스프레이 공정으로 제조하였다. 대기 플라즈마 스프레이 공정은 대기 분위기에서 진행되기 때문에 코팅층 내부에 다량의 산화물을 형성하며, 분말의 크기 및 조성에 따라 형성되는 산화물의 양이 달라짐을 확인하였다. 이렇게 제조한 본드 코팅층에 YSZ 세라믹 코팅층을 제조하여, 1~200 hr 동안 1000°C 산화로에서 열처리를 수행하였다. 고온 산화 실험에서 200hr 까지의 열처리 결과 코팅층의 박리는 발생되지 않았으며, 단면 분석 결과 본드 코팅층고 세라믹 코팅층 사이에 Al2O3 조성을 갖는 산화층을 형성함을 확인하였다. Al2O3 코팅층은 시간이 지남에 따라 지속적으로 성장하였으며, 본드 코팅층의 Al 함량에 따라 생성된 산화층의 두께가 점차 증가하는 것으로 나타났다.

[P10-3]

CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 준정적 및 동적 압축 변형 거동: 박정민[1,2], 문종언[1,2], 배재웅[1,2], 장민지[1,2], 박재영[1], 이성학[1,2], 김형섭[1,2]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과 [2]포항공과대학교 고엔트로피합금연구단.*

Keywords: High-entropy alloy (HEA), Dynamic deformation, Split-Hopkinson pressure bar (SHPB), Deformation twinning, Adiabatic shear band

본 연구에서는 진공 유도 용해 (Vacuum induction melting)를 통해 제조 된 단상의 FCC 구조를 갖는 CoCrFeMnNi 고엔트로피합금에 대한 준정적 및 동적 압축 시험을 시행하여 변형률 속도에 따른 미세조직 및 기계적 성질 변화에 대해 탐구하였다. 실험 결과, 해당 합금은 준정적 및 동적 압축 변형 하에서 높은 변형률속도민감도 (Strain rate sensitivity)를 나타내었다. 이 때, 변형률 속도민감도는 동적 압축에서의 값 (m ~ 0.25-31)이 준정적 압축에서의 값 (m ~ 0.028)보다 10배 큰 것을 확인할 수 있는데, 이것은 동적 변형 시 전위 이동에서의 포논 드래그 (Phonon drag) 효과에 의한 점성 (Viscous) 증가에 기인한다. EBSD 관측 결과, 준정적 및 동적 압축 시편 모두 다량의 변형쌍정들이 관측되었으며, 특히 동적 압축 시편의 경우 변형 국부화에 의한 단열 전단띠 (Adiabatic shear band)가 관측되었다. 따라서, CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 동적 변형 거동은 변형쌍정으로 인한 가공경화 효과와 변형 중 발생하는 온도 증가에 기인하는 열적 연화 (Thermal softening) 와의 경합 과정으로 설명 가능하다. 이러한, 동적 압축 유동 응력 커브는 단열 온도 증가가 포함된 존슨-쿡 모델 (Modified Johnson-Cook model)과 좋은 정합성을 보여준다.

[P10-4]

확산열처리를 통한 방전가공용 와이어의 기계적 특성변화에 관한 연구: 정우철, 한덕현, 최진주, 양현석; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: Electrical discharge machining, High strength wire, Copper/Zinc/Nickel multi-coated wire

과학기술이 발달함에 따라 금형, 전자, 원자력공업 등 여러 분야에서 난삭성 재료의 사용이 증가하고 있으며, 반도체, 항공우주 산업의 발달로 인해 고기능의 정밀가공에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 고정밀도의 가공 및 재료의 경도와 형상에 제한 없이 가공할 수 있는 와이어 컷 방전가공 기술이 발전하였으며 초정밀 산업 분야에서 핵심기술로 자리매김하고 있다. 방전가공은 여러 가지

요소들에 의해 좌우된다고 알려져 있으며, 특히 방전가공에 쓰이는 와이어와 방전가공기의 조건이 잘 결합되어야 가공의 성능을 극대화 할 수 있다. 현재 우리나라에서는 축적된 기술과 연구를 통해 고정밀의 기계를 생산하고 있으나, 방전가공용 와이어에 대한 연구는 심도 있는 연구가 행하여지지 않았다. 본 연구에서는 구리, 아연, 니켈이 도금된 와이어의 확산열처리 후 기계적 특성변화를 알아보았다. 이를 위해 먼저 열처리 시간 변수를 이용하여 확산열처리를 수행하였다. 열처리 후 와이어의 도금층은 SEM/EDS 으로 확산 정도 및 조성을 분석하였으며, 이후 와이어의 기계적 특성은 인장강도 및 Nano Indentation을 통해 확인하였다.

[P10-5]

AA7021 합금의 피로 및 부식특성 평가: 이병훈[1,2], 박성우[1,2], 김태환[1], 현승균[2], 김경택[1]; [1] *한국생산기술연구원.* [2] *인하대학교.*

Keywords: Aluminium alloy, AA7021, Heat treatment, Fatigue test, Corrosion test

AA7xxx계 합금은 대표적인 열처리형 알루미늄 합금으로 구조재료로 사용되는 알루미늄 합금 중 가장 우수한 강도를 지닌다. 대표적인 합금은 고강도특성이 크게 요구되는 경우 사용하는 AA7075이며, 압출가공성, 용접성 및 내식성 등의 특성이 필요한 경우 Cu를 함유하지 않는 AA7N01합금을 사용한다. 이러한 AA7xxx계 합금의 우수한 특성은 항공기용 구조재, 자동차 부품 및 휴대용 전자기기 등에 적용된다. 특히 AA7021합금은 고온 성형성의 향상을 목적으로 설계한 합금으로 첨가원소를 제어하여 압출 시 동적 재결정 정도를 제어하는 것이 가능하다. 그러나 본 합금은 상대적으로 수요가 적기 때문에 특성평가 관련자료 및 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 합금의 적용분야를 고려하여 AA7021합금 압출재의 열처리 조건에 따른 피로 및 부식특성에 대해 평가하였다.

[P10-6]

Characterization of Microstructures and Mechanical Properties in Diffusion-bonded Hot-work Tool Steels by Centrifugal Casting: 지윤범[1], 이장희[2], 박현순[3]; [1] *(주)성일터빈.* [2] *도경기술.* [3] *인하대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Diffusion bonding, Interface, Microstructures, Mechanical property, Characterization

We characterized the microstructures and mechanical properties of diffusion-bonded hot-work tool steels at dual-wall sleeves by centrifugal casting. These characterization techniques provide us with an idea to develop the dual-wall sleeves(inner wall: DIN1.2888, external wall: SCM420H) by centrifugal casting. To understand optimum conditions for manufacturing dual-wall sleeves, we performed preliminary experiments on diffusion bonding properties between molten DIN1.2888 and solid SCM420H can. Changes in elements(Co, W, Fe) and hardness across the regions of DIN1.2888/Diffusion layer/SCM420H have been investigated. We controlled three parameters to influence the diffusion length, i.e., Δt(time gap between molten DIN1.2888 and SCM420H injection: SCM420H maintain temperature), revolutions per minute(rpm), heat treatment(Q/T). Furthermore, a methodology to evaluate the bonding strength of diffusion layer and the diffusion length depending on Δt and the rpm will be presented.

[P10-7]

강릉 굴산사지 출토 청동유물의 금속학적 연구: 한우림[1], 김소진[1], 이은우[2]; [1] *국립문화재연구소.* [2] *국립중원문화재연구소.*

Keywords: 강릉 굴산사지, 청동 유물, 금속학적 연구, 청동 제작기법

강릉 굴산사(사적 제448호)는 통일신라 선종 9산 중 굴산문(?山門)의 본산으로 강릉 단오제의 주신인 통효대사(通曉大師) 범일(梵日)이 창건한 것으로 알려진 영동지역의 중심사찰이다[1]. 창건기록은 삼국유사(三國遺事)와 조당집(祖堂集)에서 확인 할 수 있으며, 창건시기에 차이가 있으나 적어도 851년 이전에는 굴산사가 창건되었음을 추정되고 있다. 국립중원문화재연구소에서 2010년부터 총 3차례에 걸쳐 발굴조사를 진행했으며, 기와와 도자기, 토기, 금속류가 다량 출토되었다. 금속류의 경우 총 161점이 출토되었으며, 철제유물은 130점, 청동제 유물은 31점이 확인되었다. 본 연구에서는 강릉 굴산사지에서 출토된 청동제 유물 5점(924_청동다리, 927_정병마개, 941_청동숟가락, 947_미상청동제품, 949_미상청동제품)에 대한 미세조직과 성분분석을 실시했다. 미세조직 관찰결과 청동숟가락을 제외한 유물 4점에서는 α상만 관찰되거나 α상과 α+δ상이 혼합된 수지상 조직이 관찰되어 주조기법으로 서냉하여 제작했을 것으로 추정된다. 청동숟가락의 경우 마르텐사이트가 관찰되는 것으로 보아 제작 시 급냉하였을 것으로 판단되며, α상 내에는 재결정 조직인 쌍정이 확인되는 것으로 보아 추가 열처리 작업을 했을 것으로 확인된다. 성분분석 결과 청동숟가락과 947_미상청동제품은 납(Pb) 함량이 1% 이내로 존재하므로 납(Pb)을 의도적으로 첨가하지 않았을 것으로 추정된다. 924_청동다리, 927_정병마개, 949_미상청동제품은 납(Pb)이 1% 이상 검출되어 구리(Cu)-주석(Sn)-납(Pb)의 3원계 합금으로 판단된다. 일부 유물의 비금속개재물에서는 미량의 비소(As), 규소(Si), 염소(Cl), 철(Fe), 은(Ag)이 검출되었는데, 이는 청동 제련 시 원광석 내에 포함되었거나, 제작과정에서 불순물로써 들어간 것으로 추정된다. 따라서 강릉굴산사지 출토 청동기의 조직분석을 통해 제작기법을 알 수 있고, 주성분 분석을 통해 청동기의 합금비를 추정할 수 있었다. 향후 미량원소 분석을 통해 타 유적지와의 상관성에 대해 연구할 수 있을 것으로 판단된다.

[1]국립중원문화재연구소, 2015, 『강릉 굴산사지(사적 제448호) 발굴조사 보고서Ⅰ』, 문화재청

[P10-8]

사용후핵연료 피복관 수소화물재배열 특성 평가: 김성근, 장정남, 서항석, 김도식; *한국원자력연구원.*

Keywords: hydride reorientation, spent fuel integrity, dry storage

사용후핵연료의 습식저장은 국내 원전 저장조 용량의 한계가 있어 이에 대한 대안으로 건식저장방식이 가장 유력하게 고려되고 있다. 사용후핵연료 건식저장 중 피복관의 건전성에 영향을 주는 주요 열화기구인 수소화물재배열은 건식저장조건에서 피복관의 반경방

향으로 수소화물이 석출되는 현상으로 피복관이 취화되어 기계적 물성에 영향을 준다. 따라서 건식저장 중 사용후핵연료 건전성 유지를 위하여 수소화물재배열에 따른 피복관의 재료적 변형 및 기계적 거동 평가가 필수적이며 본 연구에서는 사용후핵연료 피복관을 대상으로 수소화물재배열 시험을 수행하였다. 본 시험은 튜브형 피복관 시편을 시험온도까지 가열한 후 일정 압력으로 아르곤 가스를 주입하여 시편에 원주응력을 가한 뒤 일정 속도로 냉각하여 수행한다. 수소화물재배열 시험기는 가열부, 가압부, 제어부로 구성되며 사용후핵연료 피복관에서 나오는 방사선을 차폐하기 위한 차폐설비가 장착되어 있다. 시험시편은 내부 소결체가 완전히 제거 된 피복관에 시험 중 압력누설을 방지하기 위하여 일정 위치의 외부 산화막층을 제거 한 후 양단에 고압 피팅을 체결하여 완성된다. 이를 바탕으로 건식저장 조건에서의 온도, 원주응력을 기준으로 사용후핵연료 피복관 수소화물재배열 시험을 수행하였고 광학현미경을 사용하여 시편의 조직형태를 관찰 하였으며 본 조건에서 수소화물재배열 현상이 발생함을 확인할 수 있었다.

[P10-9]

용융염 CaF_2-MgF_2-MgO계에서 YSZ/MSZ 재질의 고온안정성 평가: 권숙철[1], 김영민[1], 이태혁[2], 조수행[2], 이진영[3], 강정신[3], 이종현[4]; *[1]충남대학교 응용소재공학과. [2]충남대학교 금속응고신소재공학과. [3]한국지질자원연구원. [4]충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: High-temperature stability, solid oxide membrane(SOM), YSZ/MSZ material

SOM 제련공정은 이온 전도성 고체 전해질 membrane을 이용한 직접 전해 공정으로 온실가스의 배출이 적고, 고순도 금속 제조가 가능하여 희소금속 제련 및 재활용의 생산비용을 절감할 수 있는 차세대 혁신 금속 직접 환원/제련공정 기술이다. SOM 제련공정은 고온 용융염계에서 운전되는 공정임으로 양극에 적용되는 단위공정장치 구조재료의 건전성 평가가 요구된다. 본 연구에서는 관련 장치의 구조재료, yttria stabilized zirconia (YSZ), magnesia stabilized zirconia (MSZ) 재질의 건전성 평가를 위해 고온 CaF_2-MgF_2-MgO계에서 고온 건전성시험을 수행하였으며, 운전조건은 1200°C, CaF_2-MgF_2-MgO계에서 24, 72, 120, 168시간, 그리고 CaF_2-MgF_2계에서 MgO 농도 1, 2.5, 5, 10 wt.% 별로 168시간이다. 고찰한 결과; YSZ 경우: 반응초기(24시간)에 시편 표면은 약간의 YF_3 피크를 포함한 m-ZrO_2 피크를 나타내었다. MSZ 경우: m-ZrO_2로 변형되는 volume fraction은 72%(72시간)을 보였으며, 168시간에서 MgO 농도가 2.5 wt.%에서는 m-ZrO_2로 변형되는 volume fraction은 60%, 10 wt.%에서는 49%를 나타내었다. MSZ는 YSZ보다 우수한 고온 안정성을 보였으며, MgO 농도가 10 wt.%일 때 다른 농도보다 우수한 고온 안정성 효과를 보였다.

[P10-10]

중성자 회절/산란을 이용한 금속재료연구: 신은주; *한국원자력연구원.*

Keywords: 중성자회절, 중성자산란, 하나로, 금속재료분석

중성자는 원자로 또는 가속기 등에서 무거운 원소가 분열될때 생성되는 입자로써 전하를 갖지 않는 특성때문에 X-선, 방사광, 전자선 등과 다른 특성을 나타낸다. X-선, 방사광, 전자선 등이 물질에 쪼여졌을 때 원자 표면의 전자와 상호작용하는 것과는 달리 중성자는 물질 내의 원자핵과 반응하여 산란되며, 이러한 특성 덕분에 중성자를 이용한 금속재료 분석에서는 X-선 등을 이용했을 경우와는 다른 정보를 얻을 수 있다. 금속재료 연구에 있어서 중성자의 장점은 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있으며, 그 중 하나는 중성자의 뛰어난 투과력이다. 일반적으로 열중성자의 경우 알루미늄은 약 7 cm까지, 철은 약 1 cm까지 투과할 수 있다. 이러한 강한 투과력은 관찰하고자 하는 금속재료를 가공(파괴)하지 않고 결정구조와 나노 크기 결함 등을 관찰할 수 있게 해준다. 두 번째 장점은 넓은 측정 면적(또는 체적)이다. 측정 장치에 따라 다르지만 대체로 중성자빔 이용장치는 수 mm ~ 수 cm 크기의 빔을 이용한다. 시료 전반에 걸쳐 미세조직이 균일하지 않은 재료나 또는 다상 조직의 재료일 경우(특히 마이너 상의 양이 매우 적은 경우) 한번에 넓은 면적(또는 체적)에 대해 측정이 가능하므로 시료 전반에 걸친 통계적인 결과를 얻을 수 있다. 세 번째 장점은 수소 같은 가벼운 원소 또는 보론 같은 특정 원소를 측정할 수 있다는 점이다. 금속재료의 많은 부분을 차지하고 있는 철강 재료의 경우 X-선이나 전자선을 이용하는 측정 장치에서는 대부분 철의 강한 산란강도 때문에 수소, 탄소, 질소, 알루미늄 등의 가벼운 원소에 대한 정보는 얻기 어렵다. 반면에 중성자의 산란강도는 각 원소에 따라 특정 값을 갖고 있기 때문에 중성자빔을 이용하면 철과 함께 다른 가벼운 원소들의 정보도 얻을 수 있다. 현재 하나로에는 다양한 중성자 회절 및 산란장치가 운영중이며, 다양한 분야의 금속재료 연구에 활용되고 있다. 본 발표에서는 이들 중성자 회절 및 산란장치들과 이를 이용한 분석결과를 소개하고자 한다.

[P10-11]

인코넬 X-750 소재의 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화: 류이슬, 진형하, 이경근; *한국원자력연구원.*

Keywords: X-750, heat treatment, TEM, Indentation

Inconel X-750 (Ni- 14~17Cr- 5~9Fe- 2.5Ti- 1.2Nb)은 고강도 및 크립 저항성 특성으로 경수로 및 중수로 부품 소재로 사용되고 있다. 특히 노심 부품으로 사용되는 경우 운전 중 약 300도 온도 및 고 에너지 중성자 조사 환경에 노출되어 소재의 조직 변화와 물성 변화에 대한 정밀한 평가 및 예측이 요구된다. 본 연구에서는 X-750 소재를 대상으로 열처리 시간변화에 따른 기지 내부의 석출상 (r')에 대한 정밀 분석을 수행하고 기계적 물성 평가와 비교하였다. TEM을 활용하여 열처리 시간에 따른 석출상의 정량 분석 결과를 생산하고 경도 및 인장 실험으로 평가된 경화 변화량과 비교함으써 석출상의 경화 기여도를 산출하고자 하였다. 또한 열처리 시험을 통한 석출상의 disordering와 dissolution을 위한 공정을 고찰하고자 하였다.

[P10-12]

Cu/Zr 이원계 합금선재의 기계적 및 전기적 특성 연구: 송철한, 정우철, 양현석; *고등기술연구원.*

Keywords: Cu-Zr alloy, wire harness, electrical conductivity, tensile strength

기존의 Cu는 Ag 다음으로 전도성이 높은 반면, 연하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 다양한 금속을 첨가하여 합금을 만들어 강도나 내식성 등을 높여 사용하고 있다. 그 중에서도 Zr을 첨가한 Cu/Zr합금은 Cu에 가까운 전도성을 갖으면서, 최대 약 3배의 강도를 가지고 있다. 이러한 Cu/Zr합금울 이용하여 다양한 제품개발이 시도되고 있으며, 일부는 선재로 제조되어 케이블, 열선, 필터 등에 적용을 하고 있다. 본 연구에서는 우수한 기계적 특성을 갖으면서 고전도성을 갖을 수 있는 Cu/Zr 합금 선재를 이용하여, Zr함량에 따른 기계적, 전기적 특성의 변화를 관찰하였다. 특히 열처리 온도에 따른 기계적, 전기적 특성을 비교하였으며, 기계적 특성의 감소폭이 적고 고유 전도성을 유지하기 위한 열처리 조건을 도출하고자 하였다. 열처리에 따른 기계적 및 전기적 특성에 영향을 미치는 인자는 Cu/Zr 합금 내 개재물의 분산과 관련이 있으며, 이는 열처리 온도를 통하여 개재물의 분산을 제어할 수 있다.

[P10-13]

방전가공용 와이어 개발을 위한 도금층 열처리에 따른 강선 와이어의 기계적 및 전기적 특성 평가: 한덕현, 정우철, 최진주, 양현석; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: EDM wire, Steel core wire, Diffusion annealing, Brass coating layer

방전가공은 비접촉식 가공 공정으로 방전현상을 이용하여 산업용 부품의 정밀가공을 위해 널리 사용되고 있다. 최근 전자산업의 발달에 따라 반도체 리드 프레임, 초경합금 등 미세한 크기의 다이스 및 복잡한 형상의 몰드, 고강도 부품의 가공수요가 늘어나고 있으며, 이를 위한 고강도 방전가공용 와이어의 개발이 요구되고 있다. 일반적인 방전가공용 황동선은 높은 전기전도도를 보유하고 있으나, 강도가 높지 않아 고강도 부품 가공시 문제가 발생하고 있다. 그러나 일반적인 강선의 경우 황동선에 비하여 전기전도도가 낮으며, 황동선에 포함되어 있는 아연 성분의 부재로 배출성과 치수 정확도가 낮다. 따라서 고강도 방전가공 와이어를 제조시 강선 와이어의 구리 및 아연 도금후 확산열처리를 이용하여 높은 전기 전도도 및 치수정밀도를 확보가능한 기술개발이 필요하다. 본 연구에서는 고강도 방전가공 와이어 제조 시 확산열처리의 최적조건을 도출하고자 하였다. 따라서 와이어 제조 공정에서 구리 및 아연 도금층 조성에 따른 확산열처리 와이어의 기계적, 전기적 특성을 파악하기 위해, 온도 및 시간에 따른 열처리를 실시하였으며, 열처리 조건에 따른 구리, 아연 도금층 조성이 변화함을 SEM-EDS로 확인하였다. 또한 확산도금층 조성에 따른 전기전도도 및 인장강도를 측정하여 이를 비교하였다.

[P10-14]

문화재 복원용 합성수지 접착제의 온도 및 도막두께에 따른 수분투과특성 연구: 남병직[1], 장성윤[2], 김상언[1], 강소영[1]; *[1]국립문화재연구소 복원기술연구실. [2]국립문화재연구소 보존과학연구실.*

Keywords: Epoxy, Cellulose, Water Vapor Transmission Rate, Temperature Stress, Accelerated Degradation Test

도자기·토기의 접착복원을 위해 다양한 종류의 합성수지가 사용되고 있지만, 그 중 활용빈도가 높은 것은 첨가제 혼합으로 물성개선이 용이한 에폭시계 수지와 가역성과 현장적용성이 우수한 셀룰로오스계 수지 등이다. 합성수지 접착제를 사용한 접착복원 과정 중 접착제와 피착재의 젖음성이 불충분할 경우 그 계면을 따라 수분이 침투할 수 있으며, 대상 피착재가 도자기·토기와 같은 다공성 시스템인 경우 Pore Network (기공 형태, 기공률, 기공 크기)이 수분 이동에 관여하여 접착성능에 중요인자로 작용할 수 있다. 이에 본 실험에서는 국내·외에서 도자기·토기 접착복원제로 주로 사용되는 에폭시계 Araldite® rapid와 셀룰로오스계 Cemedine C를 대상으로 온도 및 도막두께에 따른 수분투과특성을 연구하였고, 이를 통해 대상 문화재의 열화특성 및 보존처리기법과 수장환경 제어의 기초자료로 활용하고자 한다. 본 실험은 KS A 5608에 준해 온도에 의한 3수준 시험(40, 50, 60°C)으로 설계하였다. 시편채취 주기는 JIS C 5003에 따라 0, 240, 504, 1,008, 2,016, 4,320, 8,640, 12,624시간으로 설정하였고, 실험 중 내부습도는 항온항습 챔버(TH-I, JEIOTECH, KOREA)를 이용해 상대습도 50%로 제어하였다. 수분투과도는 ASTM F-1249에 준해 실험하였다. 시편은 자동코팅기(QRACM-501, QURO, KOREA)와 공압식 시편절단기(QRAPSC-501, QURO, KOREA)를 이용해 50×50×1 mm 내·외의 크기로 제작하였고, 디지털 두께측정기(MICROMETER IP54, MITUTOYO, JAPAN)로 평균도막두께를 조사하였다. 수분투과도는 투습도시험기(PERMATRAN-W 3/33, MA, MOCON, U.S.A.)로 분석하였고, 접착제 필름도막의 잔류기포 등을 상호 고려하여 최소분석면적(1 cm^2)을 채택하여 검출한계를 향상시켰다. 실험시간과 수분투과도의 상관관계 분석결과, Araldite® rapid와 Cemedine C의 최적회귀모형(거듭제곱 모델)의 경우 수분투과도는 모든 온도조건(40, 50, 60°C)에서 12,624시간까지 증가하였고, 온도증가에 따라 경향성은 둔화되었다. 수분투과도(Cemedine C/Araldite® rapid)의 상대적 비율은 평균 9.5로, Araldite® rapid의 수분안정성은 우수하였고, Cemedine C의 수분안정성은 상대적으로 취약하였다. 도막두께와 수분투과도의 상관관계 분석결과, Araldite® rapid와 Cemedine C의 최적회귀모형(로그 모델)의 경우 수분투과도는 모든 온도조건(40, 50, 60°C)에서 도막두께의 증가에 따라 감소하였다. 일반적으로 고분자 필름의 투과도는 고분자의 밀도, 분자량, 결정도, 연신도, 가교도, 가소제의 종류와 량, 온·습도, 필름의 제조방법, 첨가제의 종류와 량, 필름의 두께 등에 의해 영향을 받는다. 선행연구에서 고분자는 열 등의 외부에너지에 의해 열화가 진행되면 사슬절단 또는 가교반응이 발생하는 것으로 보고된다. 향후 대상 재료의 열적특성 및 화학구조특성, 그 외 수분투과도의 신뢰성향상을 위한 분석기법의 개발이 필요하며, Cemedine C와 같이 온·습도 변화에 민감한 접착복원제의 경우 물성변화를 최소화할 수 있는 보존환경 제어가 중요할 것으로 판단된다. 본 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산융복합연구(R&D) 사업의 일환으로 수행되었습니다.

[P10-15]

FC92강의 장시간 열처리에 따른 석출물의 열 안정성과 크리프 강도: 정은희[1], 김준환[2], 김성호[2], 김영도[1]; *[1]한양대학교. [2]한국원자력연구원.*

Keywords: 9Cr microstructure, SIMS

국내에서 원자력 발전을 시작한지 30년에 다다르고 있으며 원자력 발전을 이용해서 국내 전력의 약 40%가 생산되고 있다. 또한 미국, 일본, 유럽 등의 원자력 선진국에서는 원자력 기술을 보다 향상시키고 세계 각국이 필요로 하는 전력공급을 충족시키기 위한 차세대 원전기술 개발하고 있다. 즉, 새로운 개념의 원자로 - 제4세대(Gen IV) 원자로 - 를 개발하기 위한 국제협력 프로그램을 수행하고 있다. 제 4세대 원자로는 기존의 상용 원자로에 비해 경제성과 기술성의 향상을 목표로 하고 있을 뿐만 아니라 전력생산 후 생성된 폐기물의 양을 상당히 감소시키는 것을 기본으로 하고 있다. 경제성, 안정성, 핵비확산성, 폐기물 방출량 등의 관점에서 많은 탁월한 이점을 갖고 있기 때문에 제4세대 원전 중에서 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR)가 많은 주목을 받고 있다. 소듐냉각고속로의 핵연료 피복관은 고온에서 장시간 고속중성자 환경에 노출되어 핵분열 생성기체에 의한 조사크리프와 조사팽윤이 발생하므로, 핵연료 피복관 소재로는 우수한 열전도성과 낮은 열팽창계수 및 우수한 조사팽윤 저항성을 갖는 9~12 wt% Cr 페라이트/마르텐사이트 강(FM 강, Ferritic/Martensitic steel)을 고려하고 있다. 그러나 FM 강은 오스테나이트계 스테인레스강에 비해 크리프 강도가 낮으므로 이를 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다. 고성능 피복관 개발을 위해 출원된 국내외 특허와 물성자료를 분석하여 36종의 피복재 합금군을 제조하고 성능평가 시험을 수행하여 기준합금(Gr.92) 보다 성능이 매우 우수한 2종을 피복관으로 만들었다. 특히 보론을 첨가한 합금과 탄소함량을 낮춘 합금이 높은 항복강도와 인장강도를 보였다. 또한 탄소량과 보론량이 적절히 첨가된 합금이 650°C에서 정상상태 크리프 변형 속도가 가장 낮아 우수한 크리프 특성을 보였다. FM 강이 고온에서 장시간 우수한 크리프 특성을 유지하기 위해서는 미세조직 안정성이 중요하다. 미세조직 변화를 TEM, Nano-Indentation 및 Nano-SIMS(Nano-Secondary Ion Mass Spectrometry)로 관찰함으로써 미량원소 첨가에 따른 신피복관 합금의 크리프 특성의 향상을 규명하고자 하였다.

[P10-16]

Vaporization Simulation for SiO_2 Preformation using OMCTS as an Eco-friendly Material: Taekyun Lee, Sungjin An, Sangyeol Nam; *Kumoh National Institute of Technology.*

Keywords: SiO2, SiCl4, OMCTS, Eco-friendly, Comsol

The SiO2 is earth abundant materials and promising candidate for optical fibers due to its outstanding optical properties. The SiO2 based optical fibers have been used for various scientific fields such a cable industry over the world. Until now, octamethylcyclotetrasilxan(OMCTS) has been mostly made by using SiCl4 for SiO2 based optical fibers. However, as SiCl4 has caused significant environmental problems, new clean manufacturing processes have been currently attracted. Former SiO2 production via SiCl4 combustion has accompanied a chlorine(153 ton), waste water(≥ 730 ton) and CO2 evolution(360 ton). Among starting materials for production of SiO2 based optical fibers, the OMCTS is a new promising candidate for clean production of SiO2 based optical fibers. In order to develop efficient manufacturing processes of optimized optical fibers, simulation techniques have been sufficiently required because simulation techniques have served predictions of the expected result except for unexpected things. That is, cost for development of manufacturing processes can be decreased. In this study, we have demonstrated fluid dynamic simulation of advanced manufacturing processes to optimize vaporization condition of OMCTS. The vaporization conditions of OMCTS in processes of host materials for clad have been thoroughly studied by using COMSOL software. The vaporization of OMCTS to be SiO2 was simulated in the aluminum alloy reactor under optimized condition that customized initial temperature of OMCTS and reactor. The resulting of fluid dynamic simulation using COMSOL software shows that optimized temperatures and vaporization conditions of OMCTS were successfully simulated. Concurrently, these fluid dynamic simulations have been applied for commercial manufacturing processes of SiO2 based optical fibers in the company as an our partner.

[P10-17]

방사성 재료의 수소함량 분석을 위한 시험 장비 구축: 박명철, 권형문, 서항석, 주준식, 김도식; *한국원자력연구원.*

Keywords: Spent Fuel Cladding, Hydrogen Pick-up, Hydrogen Analysis, IR detector, Quadupole Mass Spectrometer

경수로핵연료 피복관은 고온, 고압의 물 분위기에서 산화되며, 그 때 생성되는 수소의 일부를 흡수한다. 핵연료의 연소도가 증가함에 따라 피복관에 형성되는 산화막의 두께가 증가하며 그와 동시에 흡수되는 수소 함량도 증가하게 된다. 이러한 수소 흡수는 피복관에 취화를 일으켜 기계적 특성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 핵연료 성능 및 건전성 평가 측면에서 사용후핵연료 피복관 내 수소함량 분석이 요구된다. 수소분석 기술은 국내·외 다양한 분야에서 널리 사용되고 있으나, 방사성 물질인 사용후핵연료 피복관에 대한 분석은 취급성 문제로 제약이 있는 실정이다. 본 시설에서는 방사선작업구역 내 수소분석 장비를 구축하여 조사후시험 분야에 활용하고자 하였다. 수소분석을 위해 hot extraction 방식으로 방출된 수소를 IR detector로 측정하는 수소분석기를 구축하였으며, 그와 함께 사중극자질량분석기(Quadupole Mass Spectrometer, QMS)를 이용하는 열탈착분광기(Thermal Desorption Spectrometer, TDS) 분석을 병행하여 추후 다양한 분석에 활용하고자 하였다. 본 발표에서는 방사성 시료 취급에 앞서 사전 준비 과정 및 예비시험을 통해 도출된 결과를 기술하였다.

[P10-18]

지르코늄 피복관의 하이드라이드 형성 분석: 임상엽; *한국원자력연구소 원자력재료기술개발.*

원자력 재료에서 중성자 흡수율과 고온안정성을 고려하여 지르코늄 기반의 알로이를 이용하여 핵연료 피복관을 형성한다. 지르코늄 피복관은 재료의 강도 및 특성에 의하여 핵연료를 보호하는 1차 방어막으로 작용하므로 원자로에서 더없이 중요하다. 그러나 지르코늄과 압력수의 반응을 통하여 수소가 형성되고 지르코늄에 친입하게되고 용해도이상으로 녹아든 수소는 지르코늄 수화물을 형성하게

된다. 수화물은 원주방향으로 처음 석출 후 원주에서 수직한 방향으로 재배열되어 피복관의 파괴인성을 감소하는 중요한 변수가 된다. 따라서 본실험에서는 수소장입 시료에서 생성되는 수화물의 형상 및 구조를 분석하고 경도를 측정하여 수화물을 분석하고자 한다.

[P10-19]

Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금의 고온 인장 특성 평가: 배기찬, 유병철, 박천명, 박용호; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: Ti-based alloy, Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe, β-Titanium alloy, High temperature, tensile property

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 합금을 열처리 후 상동정과 미세조직 관찰 및 고온 인장 특성 평가를 실시하였다.

[P10-20]

In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy: Young Woon Byeon[1], Hong Kyu Kim[2], Hyun Jeong Lee[2], Jae Chul Lee[1], Jae Pyoung Ahn[2]; *[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.*

Keywords: electron microscopy, in situ, backscattered electron, binary alloy, phase transition

Backscattered electrons (BSE) are incident electrons reflected 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 channeling patterns (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.

[P10-21]

세라믹 원료 및 소재 적용을 위한 선탄경석의 물성분석: 김형훈, 김은혜, 이원섭, 김현석, 홍종선, 김효성, 김상호; *(재)강원테크노파크.*

Keywords: 선탄경석, 세라믹원료, 세라믹소재, 물성평가

국내의 대표적인 1차 산업인 석탄 산업은 정부의 석탄산업 육성정책으로 인해 현대적 기술과 설비를 도입하여 연간 30 만톤 이상의 석탄을 생산하며 경제 활성화의 주춧돌이었으나 국민소득의 증가와 석탄산업합리화 정책에 의해 그 수요가 급격히 하락하고 있다. 그러나 채굴 및 선탄 공정 후 발생되는 광업부산물인 석탄 폐석(이후 경석)은 폐자원으로 인식되어 활용을 위한 기술개발이나 노력을 기울이지 않아 현재 약 2억톤 가량이 적치되어 이로 인해 지반침하, 수질오염 등의 환경오염을 유발하고 있다. 광물자원의 부산물인 경석은 산화알루미늄 실리케이트($Al_2O_3 \cdot SiO_2$)가 주성분으로 현재 고내구성의 다공성 소재로 전환하거나 친환경 방화소재 및 건축소재(단열재, 보온재, 펄프대체제)등으로 활용할 수 있으나 실험실 수준의 기초, 응용 연구만 진행되어 상용화에는 이르지 못하였다. 따라서 본 연구진에서는 경석의 기본물성 확보를 목표로 실험을 진행하였다. 현재 가행중인 광산 내에 적치되고 있는 경석을 간격을 조절하여 시료를 채취하였으며, 이 시료를 대상으로 성분분석 및 열량 측정을 우선 시행하여, 이 가운데 고열량 시료와 저열량 시료의 형태를 FE-SEM으로 관찰하였다. 이후, XRD, TG-DSC 측정을 통하여 구조적 특성, 열적 특성 분석과 전함량분석을 통한 선탄경석의 암석화학적 특성을 고찰하여 세라믹원료 및 소재로 활용하기 위한 물성분석을 하였다.

[P10-22]

시멘트 제조용 Elevator Bucket 고정 볼트 파손원인 분석: 김학현, 이만재, 강영환, 윤병준, 조다희, 박중철; *RIST 재료물성섹션.*

Keywords:
Failure, Fatigue Fracture, Brittle Fracture, Fatigue striation, Bucket Bolt

본 연구는 시멘트 제조 및 운반에 사용되는 Elevator Bucket 고정용 볼트의 파손원인을 조사하기 위하여 수행한 고장분석 연구이다. 파손된 볼트의 갯수는 총 5,000개중 약 100여개가 파손되었다. 고정용 볼트의 소재는 저탄소강인 SM15C이다. 그러나 고정용 볼트에 대한 품질기준은 마련되어 있지 않아 고품과 신품에 대한 비교분석을 통해 향후 품질기준 마련과 차이점을 알아보기 위해 연구가 진행되었다. 또한 고품의 파면관찰을 통해 피로가 주 고장모드임을 확인하였다.

[P10-23]

자동차 링 기어 표면 얼룩 결함 원인 분석: 김학현, 진현호, 오규찬, 김진원, 조다희, 박중철; *RIST 재료물성섹션.*

Keywords: Ring gear, Smear

본 연구는 차량의 동력전달에 사용되는 링기어가 제조 완료 후 야적 중 링기어 표면에 발생한 얼룩의 원인을 규명하기 위한 것이다. 이 얼룩은 적녹(rust)으로 분석되었다. 링기어용 소재는 저합금강인 SCM440H이며, 제조공정은 소재→용접→열처리(Normalizing)→확장→가공(치형)→고주파열처리→세척→템퍼링→방청→야적→출하로 이루어진다. 이 적녹은 전체 공정 중에서 문제발생 가능성이 있는 몇 개의 공정에서는 퀜칭수(오일첨가), 세척수, 방청유가 사용되며, 이 유체내에 부식을 유발할 수 있는 성분이 있는지를 분석하였다. 그 결과 퀜칭수와 세척수에서 염소 성분이 분석되었고, 수질관리를 통한 공정개선안을 도출하였다.

[P10-24]

Alloy 625계 초내열 주조합금의 냉각속도에 따른 미세조직 연구: 김영주[1], 박재현[1], 이경운[2], 이기영[3]; *[1]RIST. [2]두산중공업. [3]KPCM.*

Keywords: Alloy 625, Superalloy Casting, Microstructure, TEM

최근 화력발전소의 발전효율향상 및 대기환경개선을 위해, 기존 USC(Ultra Super Critical) 발전환경에서 HSC(Hyper Super Critical)발전과 같은 차세대 화력발전연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 상용화된 기존 USC발전환경에서의 고압터빈의 온도는 600°C~650°C이지만 HSC발전환경은 고압터빈의 온도가 700°C 이상으로 종래 사용되던 오스테나이트계 내열강의 사용은 불가능하여, 니켈기 초내열합금의 사용이 필수적이다. HSC 고압터빈용 케이싱(casing)의 경우 대형 주조품 으로서 적용 가능한 다양한 합금들이 연구되고 있으며 Alloy 625는 그 후보소재중 하나이다. 본 연구에서는 Alloy 625계 케이싱용 합금을 제작하였고, 케이싱용 Alloy 625계 합금의 위치에 따른 미세조직과 물성을 광학현미경, 주사전자현미경 그리고 투과전자현미경을 이용하여 분석하였다.

[P10-25]

A356 알루미늄 합금의 Mn 첨가에 따른미세조직과기계적 특성 변화: 정동혁[1], 신원상[1], 손주희[2], 김윤준[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]핸즈 코퍼레이션.*

Keywords: A356, Fe intermetallic compound, Chemical modification, Tensile test, APT

합금의 주조 공정 동안에 Fe 원소가 첨가되는 것은 불가피하다. 첨가된 Fe 원소는 고온에선 합금 내에 고용되어 있지만, 상온이 되면 낮은 용해도로 인해 금속간화합물로 나타나게 된다. 이 때 합금 내의 Fe원소로 나타나는 금속간 화합물은 침상의 형태를 가지기 때문에, 합금의 기계적 특성에 영향을 끼치게 된다. 이를 해결하기 위해 사용되는 가장 대표적인 방법 중 하나로 화학적 개질화가 있으며, 사용되는 원소로는 Mn, Sr 등이 있다. Al합금 내에 Mn원소가 첨가되면 Fe 금속간화합물의 결정구조가 침상의 Im3 구조에서 구형의 Pm3 구조로 변화하여 합금의 특성에 영향을 준다고 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 침상에서 구상으로의 구조변화와 Mn의 첨가량 사이의 상관관계를 조사하기 위해, Y 블록 형태의 금형을 준비하고 각각 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 wt%의 Mn 함량을 가진 A356합금을 주조했다. 각각의 A356합금은 인장시험을 통해 인장강도 및 항복강도, 연신율을 측정했으며, 그 결과 Mn 함량이 증가함에 따라 인장강도와 항복강도는 증가하나 연신율은 떨어지는 경향이 관찰되었다. 더 Mn 함량 변화에 따른 미세조직의 변화와 기계적 특성의 변화에 대한 보다 세밀한 상관관계 규명을 위해 광학현미경(OM), 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM), 원자탐침단층촬영법(APT)을 활용하여 분석을 수행하였다.

[P10-26]

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

Keywords: Superconductor, Transition Metal Dichalcogenide, Tribology, Atom Probe Tomography, Atomic Force Microscope

초전도체는 물질의 임계온도 아래에서 저항이 급격하게 감소하여 전력 손실 없이 전류가 흐르는 물질이다. 이를 이용하면 에너지, 전력, 교통, 의료·과학, 환경·산업 그리고 전자·정보 등의 분야에서 활용이 가능하다. 이러한 초전도체 중 2차원 전이금속 칼코제나이드 (Transition Metal Dichalcogenide, TMDs)가 최근 각광을 받고 있으며, $NbSe_2$ 물질이 대표적이다. TMD는 구조적으로 안정하며, 밴드 갭 그리고 실리콘과 비슷한 전자 이동도를 갖는다. 또한 나노 크기이므로 나노전자기계 시스템(Nanoelectromechanical System, NEMS)에서 사용되며, NEMS에서는 기존의 마이크로 이상의 시스템과는 다른 트라이볼로지 (Tribology) 특성을 보인다. 본 연구에서는 동일한 TMD구조를 갖는 $NbSe_2$와 WSe_2 박막을 원자층 증착법 (Atomic layer deposition)을 이용하여 초전도 특성을 발현하도록 제작하여 TMD 박막의 구조 및 트라이볼로지 특성을 원자침 단층 분석법(Atom-Probe Tomography), 전자 현미경과 원자 힘 현미경(Atomic Force Microscope)을 이용하여 분석하였다.

[P10-27]

고강도 7075 알루미늄 합금의 시효처리에 따른 미세조직과 응력부식균열특성 변화 분석: 공소현[1], 이지영[2], 김윤준[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: Al 7075, Stress Corrosion Cracking, Precipitation, Atom-Probe Tomography

최근 지구온난화의 원인으로 대두되고 있는 CO2 가스 배출량을 줄이려는 연구가 활발히 진행되고 있다. CO2 배출량이 많은 수송기기에서 배기가스에 의한 환경오염 및 지구온난화 억제를 위해 수송기기 부품을 경량화 하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 알루미늄 합금은 승용차에서 동력전달계, 서스펜션계, 샤시 등에서 폭넓게 사용되고 있으며 현재 하중의 부담이 적은 부품인 철에서 알루미늄합금으로 대체되고 있다. 그러나 성형할 때 발생된 잔류응력이 응력부식균열을 일으키거나 자동차 부품에 노면 제설제등의

부식환경에 노출될 수 있어 수명 단축, 내 충격력 저하 및 파손등 직접적인 품질저하의 원인이 될 수 있다. 지금까지 연구에 의하면 상용하는 7xxx계 알루미늄 합금이 응력부식균열이 우수하지 않으며 7xxx계 알루미늄 합금에 Cu를 첨거하거나 과시효 처리를 할수록 응력부식균열 저항성이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 양산되고 있는 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, 이 합금의 응력부식균열 특성을 평가하고자 저속인장시험법을 이용하여 궁극적으로 응력부식균열에 어떠한 영향을 끼치는지 조사하고자 한다.

[P10-28]

Multi-wire saw 커트 사파이어 웨이퍼의 표면 특성: 김경호[1], 김기훈[1], 최경환[2], 조규섭[2], 김상섭[1]; *[1]인하대학교 공대 신소재공학부. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Sapphire wafer, processing defect, subsurface damage, diamond wire saw

사파이어란 알루미나(Al2O3)가 약 2050°C 이상에서 단결정으로 성장된 결정체이다. 저온과 고온에서의 안정성, 우수한 열전달 특성, 뛰어난 광학특성 및 다이아몬드 다음으로 높은 경도의 특성이 있어 주로 광학용 LED산업에 사용된다. 이러한 단결정 사파이어의 가공 과정은 단결정 사파이어를 성장 시킨 잉곳을 diamond wire saw로 커트 한 뒤 표면 연마 과정인 Lapping 및 잔류응력 제거를 위한 열처리를 진행한다. 마지막으로 DMP(Diamond Mechanical Polishing), CMP(Chemical Mechanical Polishing)를 하게 되면 단결정 사파이어 웨이퍼의 완성품이 된다. 이러한 공정 중 diamond wire saw 커트 과정에서 생기는 표면 가공결함은 다음 공정 진행시 웨이퍼 표면에서 응력집중을 발생시키기 때문에 강도 값이 현저히 떨어지게 되고, 이에 따라 가공수율이 낮아지며 생산 단가가 상승하는 문제점이 발생한다. 본 연구에서는 multi wire saw 커트 과정 중 발생하는 as-cut 웨이퍼의 표면 결함 정도를 평가하기 위하여 표면 특성을 분석하고자 하였다. 분석 방법으로는 레이저 현미경을 이용한 표면 조도 측정, 두께 편차, 광학현미경을 이용한 표면 요철 면적율 측정, 휨 정도를 분석하였고, 이러한 특성들과 곡강도(Ring On Ring) 값과의 상관관계를 규명하고자 하였다.

[P10-29]

Super304H의 표면 강화를 위한 Shot Peening 과 후열처리에 따른 미세구조의 변화: 남경애, 신기삼; *창원대학교 나노신소재공학과.*

Keywords: Super304H, Shot Peening, Grain Refinement, EBSD, TEM

금속재료의 숏 피닝 처리시 결정립의 미세화가 일어날 수 있으며, 이러한 나노결정화에 따라 기계적 물성의 개선과 파괴수명이 연장될 수 있다. 나노 결정화 시 깊이 별 차이가 있는 압축 응력과 gradient structure가 구성되며, 미세조직 또한 전위밀도의 증가, 쌍정 및 석출상의 형성 등 다양한 변화를 보이며, 보통 경도, 강도, 내식, 내마모 특성 등이 전반적으로 향상된다. 본 연구에서는 오스테나이트계 스테인레스강을 5, 10, 15분간 숏 피닝 처리 후, 각각의 시편을 600, 700, 800C에서 1시간씩 유지하고, 담금질한 후, 공정조건의 최적화와 단계별 미세조직의 제어, 고온 노출시 미세조직 거동 등의 관찰을 위한 경도 변화와 EBSD, TEM 등을 이용한 미세조직 분석을 행하였다. 숏 피닝 처리에 따라 경도가 표면층에서 최고값을 나타내고 내부로 갈수록 감소하여 기지 값에 도달 하였다. 미세조직적으로 기지값의 10μm의 결정립은 50nm크기로 나노화 되었으며, 나노크기의 탄화물 나노 석출상도 형성되었다. 또한 각각의 깊이에 따른 EBSD, TEM 관찰에서 grain refinement를 확인할 수 있고, 후열처리 시 재결정이 일어나고, 석출상이 나타나는 데 이것에 의한 석출강화 효과가 열처리에 의한 grain size의 증가보다 경도에 미치는 영향이 더 커서 경도는 증가한다. 위와 같은 실험 결과를 분석한 결과 숏 피닝이 표면 강화에 효과 있음을 알 수 있다.

[P10-30]

Fe계 비정질 합금의 첨가원소에 따른 내식성 특성 연구: 김송이, 이아영, 김현아, 이민하; *한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.*

Keywords: Fe based amorphous alloy, corrosion, alloy design

Fe계 합금은 성형성, 용접성이 우수하고 내식성이 우수하여 발전설비의 배관, 열교환기, 보일러 등 다양한 산업에 전반적으로 활용되고 있다. 그러나 장시간 고온(300~800°C)에 노출되면 제 2상의 생성으로 내식성이 취약하고 기계적 특성이 저하되는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 비정질 합금을 활용하면 제2상의 형성억제 및 내식성 향상효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 새로운 조성의 Fe계 비정질 합금을 제조 하였으며, 제조된 합금조성에서 첨가원소에 따른 내식성 연구를 수행하였다. Fe-Cr-Mo-B-C합금에서 각각 Mn, Si및 V, Si및 Ti합금원소를 첨가하여 Arc melting 및 melt spnning을 활용하여 시편을 제조 하였으며, 비정질 구조 및 열적 특성을 확인하고자 X-ray 및 DTA분석을 수행 하였으다. 또한 제조된 합금의 내식성을 조사하고자 염화수소 분위기에서 시간에 따른 내식성 변화를 조사하고 미세조직을 관찰 하였다.

[P10-31]

소착방지 첨가제인 실리카 흄의 특성에 따른 무기중자의 특성 평가: 배민아[1], 김명환[1], 박정욱[2], 이만식[1]; *[1]한국생산기술연구원. [2](주)디알액시온.*

Keywords:

주조 산업은 자동차 부품, 산업기계, 공작 기계 등 관련 산업분야에 기초 소재를 공급하는 기본 산업으로 중소 기업적 특성이 강하고, 오랜 경험과 훈련으로 축적 된 기술과 기능이 있어서 가능한 산업임에도 불구하고 현장에서는 전형적인 3D(Dirty, Difficult, Dangerous)산업과 공해 산업으로 인식되어 왔다. 이에 주조 산업의 친환경화를 위해 주조용 무기바인더 개발이 진행되고 있다. 무기바인더는 저온에서 경화가 가능하며 유해물질을 수반하지 않기 때문에 페놀, 요소 수지가 사용되는 유기바인더에 비해 친환경적이다.

주조 산업에서 사용하는 무기바인더는 물유리($xSiO_2$-yNa_2O)를 기반으로 한 액상으로 이루어져 있다. 액상의 무기바인더는 모래의 내열도 및 무기바인더의 결합력이 용탕의 온도와 압력을 이겨내지 못하면 모래가 주물 표면에 용착되어 소착이 발생한다. 이는 주물품 표면의 품위를 저하시키고 절삭가공을 불가능하게 한다. 따라서 무기중자를 제조 할 시 실리카 흄을 첨가하여 무기 중자의 강도를 증가시켜 작업성과 물리적 성질을 향상시킨다. 본 연구에서는 액상의 무기바인더에 서로 다른 물리적 특성을 가진 실리카 흄을 첨가하였을 때 무기중자의 물리 화학적 특성을 검토하였다. 또한 Al-Si7Mg 합금을 이용한 저압 주조를 통해 주조품 표면의 소착여부를 확인하여 제품 적용 가능성을 검토하였다.

[P10-32]

내열 합금의 5,000시간 미만 단기 크리프 데이터를 이용한 5,000~100,000시간 장기 크리프 수명 예측 모델링: 김신찬[1], 정우상[2], 심재혁[2], 최윤석[1]; *[1]부산대학교 재료공학과. [2]한국과학기술연구원.*

Keywords: Creep-resistant steel, Creep, Creep life, Modelling

발전용 내열 합금의 크리프 특성 평가 및 분석을 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에, 다양한 종류의 크리프 수명 예측 모델들이 제안되고 활용되어져 왔다. 1950년대에 개발된 Larson-Miller Parameter와 같은 Time-Temperature Parameter(TTP) 모델들은 활용이 용이하지만 모델 자체가 가지는 물리적 기반이 약하고 예측능이 떨어지며, power law 크리프 모델의 경우에도 현상론적인 모델링에 기반을 두고 있다. 최근에는 이러한 기존의 크리프 모델들의 주요 파라미터들의 온도 및 응력 의존성을 개선하여 단기 크리프 데이터를 이용한 장기 크리프 수명 예측에 활용하는 크리프 모델링 접근법이 행해지고 있다. 본 연구에서는 주요 발전용 내열 합금인 P91 및 P92에 대해 5,000시간 이하의 단시간 크리프 데이터를 이용하여 5,000~100,000시간의 장시간 크리프 수명 예측능을 주요 매크로 크리프 모델별로 비교 분석하였다.

[P10-33]

고온용 AlN Heater 발열체(Ag-Pt) 고장메커니즘 연구: 안영기, 정재성; *전자부품연구원.*

Keywords: AlN Heater, 후막공정, Ag-Pt, 신뢰성

반도체 소자가 점차 소형화, 복잡화, 그리고 대량생산에 따른 수익률 창출을 요구함으로써, 반도체 제조 공정에서도 수율을 높이기 위한 제조공정 기술이 발달하고 있다. 최근 반도체 제조공정인 증착 및 식각공정의 경우 차세대 세라믹 히터의 기판으로써 AlN 소재를 적용하고자 연구가 진행되고 있다.AlN소재는 높은 열전도성을 가지며, 전기전도성도 매우 낮기 때문에 승온 및 냉각 과정을 요구하는 증착 및 식각공정에서 높은 효율을 기대하며, 반도체 분야외에도 다양한 장비부품에 적용되고자 연구가 진행중이다. 하지만, AlN소재가 높은 열전도성을 가지고 있는 장점에도 불구하고, AlN소재에 직접 발열을 시키기 위한 전기전동성 매체에 대한 연구는 잘 적용되기 않고 있다. 일반적으로 반도체 제조공정에 사용되는 히터의 경우 소형화 반도체 개발을 위한 나노급 공정기술을 위하여 후막공정(Ex.Screen Printing)이 사용되며, 전기전도성 매체로써, Ag, Au, Ag-Pt, Ag-Pd등의 재료가 사용되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 AlN Heater에 적용가능한 전기전도성 매체 중 하나인 Ag-Pt를 대상으로 AlN Heater의 효율을 높여줄 수있는 대상인지 확인하기 위해 재료분석을 진행하고자 한다.

P11 : 분말재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P11-1]

급속소결로 제조한 Fe-Cr계 산화물분산강화합금의 조직과 기계적성질에 미치는 Y_2O_3첨가의 영향: 김대영[1], 우기도[1], 권의표[2] ;[1]*전북대학교 공대 신소재공학부 금속시스템공학.* [2]*한국생산기술연구원.*

Keywords: ODS, SPS, High Energy Ball Mill

세계적인 인구증가와 산업발달로 인해 2030년까지 세계 에너지 소비량은 2007년 대비 50% 이상 증가할 것으로 예측되고 있다. 이러한 추세는 신재생 에너지 개발과 더불어 새로운 원자력에너지 수요를 촉발 시키고 있다. 이러한 차세대 원자력시스템은 가동온도가 기존 원자로에 비해 매우 높고 중성자 조사량도 최고 200 dpa로 훨씬 더 높다. 따라서, 이러한 가혹한 환경에서 장시간 사용할 수 있는 내조사손상 재료의 개발이 시급하다. 대표적인 차세대 내조사손상 구조용 재료로는 저방사화 FM강(RAFM: Reduced Activation Ferritic/Martensitic Steel), 고온 강도와 열화에 대한 안정성이 좋은 바나늄(V) 합금, SiC 복합재료, 그리고, 차세대 산화물분산강화 (Advanced ODS)합금이 있다. 이 중 차세대 산화물분산 강화 합금은 내부에 나노 크기(3~5 nm)의 산화물 입자를 1023/m^3 수준의 높은 개수 밀도(number density)로 포함하고 있어 650°C 이상의 고온에서도 크리프 특성이 뛰어나고 중성자 조사로 인한 헬륨버블 취성에 강해 크게 주목받고 있다. 그중에서도, 2000년대 이후 미국, 일본, 유럽 등을 중심으로 4세대 원자로(Generation IV)와 미래형 핵융합로 구조재료로서 부식, 중성자 조사 및 고온 Creep에 우수한 성질을 갖는 Fe계 ODS합금이 각광을 받게 되면서 상용화를 목표로 소재 개발연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Fe-Cr계 산화물분산강화합금에 Y2O3양을 0~10% 변화시켜 첨가하고 High enery ball mill의 시간을 0(Mix),24 h, 48 h, 60 h으로 다르게하여 분말을 제조한뒤, SPS(Spark Plasma Sintering)로 시편을 제조하고 밀링 시간과 Y2O3첨가량에 따른 조직 및 상변화와 기계적성질의 변화를 조사하였다. 그결과, 분말의 밀링시간이 길어지고 Y2O3의 첨가량이 많아질수록 조직이 미세해지고 경도 및 상대밀도 값이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

[P11-2]

Milling Mechanism Analysis of High-Speed Ball Mill by Particle Coating Study: BOR AMGALAN, Battsetseg Jargalsaikan, YuJin Kim, Eunbi Song, Seonmi Mun, Soyoung Im, Jehyun Lee, Heekyu Choi; *창원대학교 신소재공학부.*

Keywords: Copper, Carbon Nanotube, Surface Coating, Traditional ball mill, Stirred ball mill

The fabrication carbon nanotubes (CNTs) coatings on the copper (Cu) particles were used to analysis the ball mill mechanism. Experimental dry coating of guest particles on the surface of host particles is performed by mechanical forces in two kinds of ball milling machine. Coating experiments were carried out by the traditional ball mill (TBM) and stirred ball mill (SBM) with various experimental conditions. We explored the effect of the experimental conditions, such as different ball material, rotation speed and grinding duration on the surface characterization and particle morphology. And we used three kinds of ball materials such as zirconia, alumina and stainless steel ball. The results were systematically analyzed using scanning electron microscopy (SEM), field emission scanning electron microscopy (FESEM). The CNTs coating on the surface of a metal particle was well coated at low rotation speed and long milling time in TBM. In case of the SBM, CNT coatings were obtained after short milling time (12 h) at a low rotation speed (50 rpm).

[P11-3]

금속복합분말의 에너지수치를 이용한 소결밀도 예측 기술: 전동술, 안경준; *한국생산기술연구원 열처리그룹.*

Keywords: Master Sintering Curve, Actication Energy, Sintering, Hot pressing

소결 제품의 소결밀도가 소결 시 제품에 가해지는 누적 열에너지수치에 의존한다는 Master Sintering Curve의 개념을 이용하여 제품이 받는 누적 열에너지수치를 계산하여 소결밀도를 예측하는 기술이 본 연구의 목적이다. 금속분말이 혼합된 복합분말을 hot pressing 소결모델링 실험을 통하여 Master Sintering Curve(MSC)를 개발하고, MSC를 다른 압력 영역으로 확장하여 Pressure-Assisted Master Sintering Surface(PMSS) 개발하였다. 최종적으로 PMSS를 이용하여 제품이 받는 누적 열에너지 수치로 소결밀도를 예측하고, 예측된 소결밀도와 실제 측정된 소결밀도를 비교하여 소결밀도 예측 정확도를 평가하였다.

[P11-4]

Spark-Plasma Sintering of ($FeB+TiH_2$) Powder Mixture for Fabrication of Sintered Fe-matrix Composites with High Hardness: JI SOON KIM[1], Woo-Jin Choi[1], Xuan-Khoa Huynh[2]; [1]*University of Ulsan.* [2]*Industrial University of Ho Chi Minh City.*

Keywords: Fe-TiB_2 composite, spark-plasma sintering, mechanical activation, high hardness

Adding refractory particles to the Fe matrix as dispersoid improves mechanical properties of the matrix and increases wear property. Among various ceramic particulates, TiB_2 is considered to be one of the best reinforcements for steel matrix. In this study TiB_2-reinforced iron matrix composite (Fe-TiB_2) bulks were in-situ fabricated from titanium hydride (TiH_2) and iron boride (FeB) powders by

the mechanical activation and spark-plasma sintering technique. The powder mixture of (FeB+ TiH_2) was prepared with use of a planetary ball-mill and then sintered by spark-plasma sintering (SPS), varying the sintering variables such as sintering temperature and time. The result showed that the sintered body with nearly full density has nanoscale TiB_2 particulates in the Fe-matrix and the hardness equivalent to a conventional WC-20Co hardmetals.

[P11-5]

무전해 니켈 코팅 극미세 알루미늄 분말 합성 및 산화특성: 권구현[1,2], 김동원[1], 김종만[2], 김경태[1]; *[1] 한국기계연구원 부설 재료연구소. [2] 부산대학교 나노융합기술학과*

Keywords: Aluminium, Nickel , Electroless coating, Powder, Energetics

알루미늄 분말은 산화 반응시 높은 에너지를 발생하는 특징을 보유하고 있어 열과 빛 등으로 순간적으로 많은 에너지를 요구하는 에너제틱(Energetic) 재료로서 로켓 추진제 첨가제 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 알루미늄 분말의 크기가 미세화 될수록 에너제틱 분말로서의 물성은 급격하게 증가한다. 그러나, 알루미늄 분말 표면에 존재하는 치밀하고 단단한 산화막으로 인하여 에너제틱 물성의 완전한 구현이 어렵다. 크기가 미세한 알루미늄 분말의 표면 산화막이 제거될 경우 취급 안전성이 급격하게 떨어져 산화막을 대체할 표면 코팅 소재가 요구된다. 산화막을 대체할 금속으로 니켈을 사용하는 이유는 니켈과 알루미늄 사이에 자전연소합성(Self Propagation High Temperature Synthesis, SHS)을 통하여 발열반응을 발생시켜, 더 낮은 온도에서 알루미늄의 산화반응을 유도할 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 5 um 알루미늄 입자의 산화막을 제거함과 동시에 니켈을 무전해 코팅할 수 있는 공정을 개발하였다. 니켈 코팅된 알루미늄 입자는 SEM 및 XRD를 통해 그 형상과 코팅 상태를 확인하였고, TEM 및 EDS을 통해 Ni 코팅층의 두께는 약 200 nm로 균질하게 되었음을 확인하였다. 또한 TGA/DSC 등 열분석을 통한 산화거동을 살펴보면 약 800°C 이상 산화반응에서 반응엔탈피 값의 비교를 통해 니켈도금의 우수성을 확인하였다. 온도가 상승함에 따라 니켈 표면이 먼저 산화되고, 알루미늄의 녹는점인 약 660°C 이후부터 엔탈피 차이에 의해 내부에서 니켈과 알루미늄이 반응하여 알루미늄-니켈 합금이 생성되면서 추가적인 열이 발생하는 것을 XRD를 통해 확인하였다. 따라서 본 연구에서 사용한 니켈 코팅 기술은 에너제틱 분야에서 사용되는 미세 알루미늄 분말의 성능을 향상시키는 기초기술로 사용될 것으로 기대된다.

[P11-6]

Selective laser melting (SLM) 공정을 이용한 AlSi10Mg 조형체 제조 조건 연구: 신기훈[1], 김경태[2], 김병기[3], 유지훈[2]; *[1] 재료연구소(KIMS)/울산대학교 첨단소재공학부. [2] 재료연구소(KIMS). [3] 울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Selective laser melting, AlSi10Mg, Microstructure, Mechanical properties

Selective laser melting (SLM)은 Powder Bed Fusion (PBF)기반의 적층 제조 (Additive manufacturing, AM)기술로, 도포된 금속 분말에 레이저 열원을 조사하여 분말의 용융 및 응고과정을 통해 선택적으로 원하는 부품을 제조 하는 기술이다. 일반적으로 SLM공정은 적층시 기하학적 유연성 및 정밀도가 우수하며 주조 및 단조부품과 비교하여 우수한 기계적 특성을 나타내는 장점이 있어 자동차, 국방, 항공, 의료 등 다양한 분야에 사용이 검토되고 있다. SLM공정으로 제조된 조형체의 특성은 초기 분말에서 부터 레이저 조사방식, 레이저 파워, 레이저 속도, 레이저 빔 중첩도 등 공정변수에 많은 영향을 받으므로 분말 소재별 최적의 공정조건을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 현재 다양한 활용이 예상되는 AlSi10Mg 조형체를 SLM공정으로 제조하였고, 레이저 빔 중첩도 변화, 레이저 파워 변화 및 열처리 조건의 변화에 따른 조형체의 미세구조 및 기계적 특성 평가를 통해 공정의 최적화 조건을 찾는 연구를 수행하였다. 연구에 사용된 AlSi10Mg 분말(D50=29 μm)은 가스 분무법으로 제조 되었으며 제조된 분말은 유동도가 없어 전처리과정을 통해 유동도를 확보 하였다. 공정변수의 변화는 레이저 빔 중첩도 (10~70%), 레이저 파워(180 W~270 W)의 변화에 따라 SLM공정을 진행하였다. 조형체의 미세구조는 FE-SEM, OM으로 분석하였으며 기계적 특성은 비커스경도 및 인장시험을 통해 분석하였다. 분석한 데이터를 비교 분석하여 공정변수의 최적화 조건을 확립하였다.그 결과 Al-Si계 분말은 반사율이 높아 레이저 에너지를 분말에 조사하기 힘들어 비교적 높은 레이저 파워가 필요하였으며 이에 대한 최적화 연구를 수행하였다. 연구 결과는 향후 Al-Si계 분말을 이용한 3D프린팅 소재개발에 참고할 수 있는 데이터로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[P11-7]

MA6000 ODS 합금 분말 생산을 위한 Ball Coating 변수에 따른 분말의 변화: 한덕현, 박상환, 공만식; *고등기술연구원 신소재공정센터.*

Keywords: ODS, Ball coating, High energy milling, low contamination

산화물 분산 강화(ODS, Oxide Dispersion Strength) 합금은 산화물을 금속 기지내 균일 분산하여 전위의 이동을 효과적으로 제한하는 재료의 강화 기구 중 하나이다. 이러한 산화물 분산 강화 합금 분말은 기계적 합금화 과정인 압접 및 파쇄의 소성 가공이 반복적으로 수행되어 제조 된다. 또한 지속 적인 소성 가공에 의한 소각 결정립 생성 이후 고각 결정립 생성에 의한 결정립 미세화 효과가 발생함에 따라 또 다른 금속 강화기구로 작용한다. 일반적인 밀링장비는 기계적 합금화 및 결정립 미세화 과정 발생하는데 장시간 소모됨에 따라 생산성 및 오염물 관리가 확보되기 어려운 실정이다. 본 연구는 고에너지 밀링 장비를 이용한 Ni계 합금 분말의 불순물 저감을 위한 밀링 매체의 코팅 공정에 관한 발표이다. 밀링 매체의 코팅은 Planetary milling 장비를 이용하여 진행하였으며, 900, 1050, 1200 rpm을 이용하여 각 rpm에 따른 밀링 매체의 코팅층의 변화를 확인하였다. 이후 코팅된 밀링 매체를 이용한 ODS 합금화 공정을 진행하여 생산된 분말의 불순물을 저감 시키는 결과를 도출하였다.

[P11-8]

MA6000 ODS 합금에 대한 기계적 합금화 공정변수 제어에 따른 불순물 제어 연구: 박상환, 한덕현, 공만식; *고등기술연구원.*

Keywords: oxide dispersion strengthened alloy, mechanical alloying, secondary recrystallization

기계적 합금화(Mechanical Alloying, MA) 공정은 고에너지 볼밀(Ball Mill)에 의해 분말이 계속적인 냉간압접, 파쇄 그리고 재압접 과정을 겪으면서 금속학적인 미세구조의 변화를 발생시키는 분말야금기술이다. 볼밀 내에 가해지는 기계적인 에너지(Mechanical Energy)는 분말입자에 변형을 가하여 전위(Dislocation) 등 결함을 발생시켜 추가적인 확산경로(Diffusion Paths)를 제공하며 결정립의 미세화를 통해 결과적으로 빠른 확산이 발생하여 합금반응을 용이하게 한다. 하지만 이러한 기계적 합금화 공정 중 볼과 PCA로부터 철과 탄소 등과 같은 불순물 혼입이 불가피하다. 탄소의 경우 재료의 기계적 특성에 치명적인 악영향을 미치며, Fe의 경우 2차 재결정을 억제한다. 따라서 기계적 합금화 공정시 발생하는 불순물의 혼입량은 Ni계 ODS합금의 우수한 고온 물성에 영향을 미치는 중요인자이다. 본 연구에서는 기계적 합금화 공정 시, 발생하는 탄소 및 철 불순물을 제어하기 위해서 1. Planetary 및 Attrition 밀링 장치를 이용하여 기계적합금화 공정 변수를 제어하였으며, 2.MA6000 합금분말 및 단분말에 사용에 따른 불순물 제어 실험을 실시하였다.

[P11-9]

Cu-Graphite-C_f 합금 소결체 제조 및 특성평가: 장준호[1], 박현국[1], 이정한[1], 오익현[1], 임재원[2]; [1] *한국생산기술연구원 동력부품소재그룹.* [2] *전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Spark Plasma Sintering, Metal-hybrid, Cu-Graphite-Cf, electroless plating

최근 열에 취약한 특성을 갖는 반도체 관련 기술이 급속하게 발전하여 고집적/고출력화하면서 반도체 및 전자부품의 성능을 향상시키고 신뢰성을 확보하기 위한 방열기능 향상에 대한 중요도가 증가하고 있다. 방열소재에 적용되는 소재로 금속재료, 세라믹재료, 탄소복합재료 등이 사용되고 있지만 반도체 제품의 경량화 및 간소화의 중요도가 높아짐에 따라 경량 및 고열전도도를 지니는 소재 개발이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 경량화, 저열팽창계수, 고열전도도 방열소재의 개발을 위한 소재개발을 위하여 화학반응법을 이용하여 흑연 분말에 Cu 코팅을 진행한 후 C_f를 분산시켜 합금 분말을 제조하였다.먼저 분말 제조를 위해 흑연 분말을 활성화처리 후 황산구리수용액에 투입하였으며, 치환 반응을 위해 Zn 분말과 같이 교반시킨 후 Cu와 Zn이 치환된 수용액을 거름종이에 걸렀다. 이 후 80°C의 온도에서 약 24시간 건조하여 Cu코팅된 흑연 분말을 제조하였다. 제조된 분말에 C_f를 분산시켜 합금 분말을 제조 후 분말을 이용하여 펄스 통전 소결을 진행하였다. 먼저 소결체 제조를 위해 그라파이트 몰드에 펀치를 장입한 후 Cu 코팅된 흑연 분말을 충진하여 펄스 통전 소결 장치에 장입하였으며, 고밀도의 타겟 제조를 위해 6 Pa의 진공 상태에서 60 MPa의 기계적 일축 압력을 가하였다. 소결온도는 800°C까지 온도 변화하여 K-type 열전대를 이용하여 온도 측정하여 실험을 진행하였다. 제조된 소결체의 밀도는 Archimedes 법을 이용하여 타겟 밀도를 분석하였으며, FE-SEM을 이용하여 소결체의 조성비 및 미세조직을 분석하였으며, XRD를 이용하여 상분석을 하였다.

[P11-10]

레이저 중첩도 변화에 따른 STS316L 3차원 조형체의 미세조직 및 물성변화: 신기훈[1,2], 김경태[1], 김병기[2], 유지훈[1]; [1] *재료연구소(KIMS).* [2] *울산대학교 첨단소재공학부.*

Keywords: Selective laser melting, STS316L, Microstructure, Hardness

Selective laser melting (SLM)공정은 Additive manufacturing (AM)기술 중 하나로 금속분말을 기판에 도포한 뒤 레이저를 조사하여 분말을 용융 및 응고를 통해 적층하는 제조 기술이다. SLM공정은 적층과정에서 정밀도와 유연성이 매우 우수하며 급속응고가 일어남에 따라 기계적 특성이 높게 나타난다. 공정에 사용된 STS316L 분말은 3D프린팅 분야에서 활발하게 연구되는 소재이며 산업적으로 널리 이용되고 있다. SLM공정은 레이저 속도, 레이저빔 중첩도, 레이저 조사방식 등 공정변수의 영향을 받으며 각각의 최적의 조건을 찾는 것이 관건이다. 본 연구에서는 SLM공정으로 STS316L 조형체를 제작 하였으며, 사용된 원료분말은 가스분무법(Gas atomization)으로 제조된 STS316L 분말을 사용하였다. SLM공정변수는 레이저 빔 중첩도 (10%, 30%, 50%, 70%)의 변화를 통해 제작되는 3D조형체의 특성변화를 살펴보았다. 제작된 조형체의 미세조직은 OM, SEM으로 분석하였으며 기계적 특성은 비커스 경도를 평가하였다. 그 결과, 레이저빔 중첩이 10%에서 70%까지 증가할수록 balling현상 및 satellite의 발생이 감소하는 현상을 확인하였다. 또한 레이저빔 중첩이 낮을 때 용융 영역 사이에서 기공이 나타나면서 밀도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 기계적 특성은 레이저빔 중첩도가 30%일 때 가장 우수한 경도값을 나타내었다. 그 결과 SLM공정을 통해 레이저빔 중첩도에 따른 최적의 조건을 찾았으며 레이저 빔 중첩도가 중요한 공정변수로 고려되야 함을 알 수 있었으며 향후 3D프린팅 소재개발에 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

[P11-11]

가스아토마이저 공정에 의한 Al-Cr-Si계 합금 분말 제조 및 소결 특성 연구: 유효상, 김용호, 오익현, 박현국, 김향연, 손현택; *한국생산기술연구원.*

Keywords: Al-Cr-Si, Gas atomizer, Powder, Sintering

최근 자동차, 항공, 조선, 해양 플랜트 등 다양한 분야에서 고강도 경량화 소재에 대한 요구가 증가하고 있다. 그 중 난삭재는 내열성, 내식성 및 내마모성의 우수한 티타늄과 인코넬 등과 같은 신소재부터 탄소강과 비교하여 높은 가공경화 속도와 내마모성 등의 특징을 가진 고망간강 소재까지 다양하게 분류된다. 난삭소재 가공 시에는 대체로 절삭온도, 절삭저항 및 표면조도가 크고 공구마모가 빠르며 절삭칩이 공구 날에 융착하는 현상이 발생하며, 이러한 난삭재는 소재에 따라 가공 시의 급격한 소성변형, 절삭공구의 급격한 마모 및 공구와의 화학반응 등 다양한 특성을 고려해야 한다. 대책으로 초경모재의 표면에 소재를 코팅한 절삭공구의 사용 비중이 증가하고 있다. 특히 Al-Cr-Si계 합금 조성은 기존의 재료보다 내산화성, 경도, 인성 등의 기계적인 특성이 우수하여 최근 각

광을 받고 있다. 본 연구에서는 가스아토마이저 공정을 이용하여 Al-Cr-Si계 분말을 제조하였으며, 제조된 분말을 이용하여 600, 800, 900, 1000°C에서 소결체를 제조하였다. 분말과 소결체는 FE-SEM, EDS 및 XRD를 통해 상 분석 및 미세조직 분석을 수행하였으며, 소결체의 밀도는 아르키메데스 법을 이용하여 분석하였다.

[P11-12]

첨가산화물에 따른 Alloy 690 ODS 합금의 미세조직 분석: 신경수, 천영범, 한창희, 장진성; *한국원자력연구원 원자력재료연구부 신소재개발실.*

Keywords: Alloy 690, ODS

차세대 원자력시스템은 효율을 향상시키기 위해 현재 사용되고 있는 상용 원자로보다 더 가혹한 조건에서 운전되도록 설계되며, 이러한 극한환경 운전조건에 적용 가능한 우수한 성능을 가진 소재개발이 필요하다. 차세대 원자로 중 하나인 초고온가스로는 운전온도가 900도 이상의 고온으로 여타 원자로의 원전온도보다 훨씬 더 높은 온도 영역에서 가동된다. 초고온가스로 중간 열교환기는 운전온도에서 수십 년동안 안정적으로 사용하기 위해서는 우수한 크립 저항성과 부식 저항성이 요구된다. 후보재료로서 Ni기 초합금이 주목을 받고 있으나, 오랜 시간동안 사용하기 위해서는 보다 우수한 고온크립강도를 갖는 소재개발이 필요하다. 고온강도를 향상시키기 위해 기존 연구에서는 산화물분산강화 (Oxide dispersion strengthen, ODS)를 이용한 연구가 진행 되고 있다. ODS 합금에 분산물로 사용되는 산화물의 종류는 다양하지만, 그 중에서 Y_2O_3 분산재가 합금 내에 존재하는 Ti과 결합하여 3-5 nm의 크기를 지닌 Y_2TiO_5나 $Y_2Ti_2O_7$ 입자 혹은 나노클러스터를 생성시켜 재료의 강도를 증가시킨 연구결과가 있었다. 또한 고온에서 재석출된 산화물이 결정립 성장을 억제시켜 강도를 향상시키는 연구도 있었다. 따라서, 본 연구에서는 Alloy 690 ODS합금의 미세조직에 미치는 첨가 산화물 영향에 대해 연구하였다. Alloy 690 합금분말에 0.6 wt%의 산화물 (Y_2O_3, CeO_2 및 La_2O_3) 및 Ti을 혼합하여 기계적합금화와 고온등압성형 공정으로 시편을 제조하였다. 고온등압성형을 통하여 준비된 Alloy 690 ODS 합금시편의 결정립과 기지 내에 재석출되는 나노 분산산화물의 크기, 형상 및 조성을 SEM, EDS 및 TEM을 이용하여 첨가 산화물에 따른 미세조직의 변화를 분석하였다.

[P11-13]

CVD를 이용한 다이아몬드 분말에 TiC 층의 형성 속도 연구: 김종훈[1], 허주열[2], 변지영[1;] *[1]한국과학기술연구원 물질구조제어연구센터. [2]고려대학교 신소재공학부.*

Keywords: Diamond, Titanium carbide, Coating, Tool

다이아몬드는 높은 경도와 열전도도를 가지고 있어 절단, 연마, 소잉, 롤링, 드릴링 등의 기계가공 공정의 소재로 널리 사용되고 있다. 공구에 사용되는 다이아몬드 분말은 그 자체로 이용되기 보다는 다이아몬드 분말을 고정시키는 금속 매트릭스의 결합으로 이루어져있다. 다이아몬드 공구에서는 다이아몬드 분말과 금속 매트릭스 간의 계면 접합력이 중요하다. 하지만 다이아몬드 분말과 매트릭스 간의 결합은 세라믹과 금속의 결합이므로 그 결합력이 강하지 못하고 다이아몬드가 매트릭스에서 분리되어 나가는 풀아웃 현상이 일어나게 된다. 또한 다이아몬드 분말은 탄소의 준안정상이기 때문에 고온 환경에서 쉽게 흑연화 되는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제점에 대한 연구가 진행되어왔고 다이아몬드 분말 표면에 카바이드 층이 형성되었을 때 다이아몬드의 흑연화 방지 뿐만 아니라 다이아몬드 분말과 매트릭스 간의 유지력도 증가한다는 것이 여러 연구를 통해 알려졌다. 다이아몬드 표면에 카바이드 층을 형성하는 방법에는 금속 매트릭스에 Ti, Ta, Mo 등을 첨가하여 소결과정에서 다이아몬드 분말 표면에 카바이드 층을 형성시키는 방법과 다이아몬드 분말에 직접 카바이드 층을 형성시킨 후 매트릭스와 소결시키는 방법이 있다. 다이아몬드 분말에 직접 카바이드 층을 형성시키는 경우에는 PVD, CVD, molten salt 방법이 사용되어 진다. 다이아몬드 분말 표면에 형성되는 카바이드 층에는 주로 Ti가 사용된다고 알려져 있는데 실험방법, 환경에 따라 형성되는 TiC층의 두께가 다르고, 성장속도도 다르므로 TiC 성장거동에 관한 연구가 지속적으로 필요하다. 본 연구에서는 Ti 분말과 할라이드 분말 혼합체를 이용하여 다이아몬드 분말 표면에 TiC층을 형성시키는 연구를 수행하였다. 다이아몬드 분말과 Ti 분말, NH4Cl 분말을 혼합하고 이를 아르곤 분위기에서 반응시켰다. 반응온도는 750 ~ 950°C 범위였으며, 반응시간은 0~4 시간 범위였다. 반응 후 체질을 이용하여 TiC 층이 형성된 다이아몬드 분말을 잔류 Ti 분말로부터 분리하였다. 무게 증가량을 구해 상기 온도범위에서의 Ti 증착 속도를 구하고 그로부터 활성화에너지를 구하였다. TiC로 피복된 다이아몬드 분말의 XRD, SEM, TEM분석 결과를 포스터에서 상세하게 설명할 예정이다.

[P11-14]

DED 공정 기반 다공성 발포 소재 제작 시 적층 트랙(track)과 레이어(layer) 간격에 따른 기공 특성 관찰: 서자예[1], 이기용[2], 심도식[3]; *[1]전남대학교 기계공학부. [2]한국생산기술연구원. [3]한국해양대학교 기계공학부.*

Keywords: Direct energy deposition (DED), Porous metal, Titanium alloy, Compression test

다공질 금속(porous metal)은 우수한 경량성을 비롯해 높은 흡음/차음 특성과 우수한 충격 에너지 흡수능, 그리고 전자기 차폐 기능을 가지고 있어 공학적 재료로서 주목을 받고 있다. 특히, 티타늄을 이용한 다공질 금속은 기계, 의료 등 여러 분야에서 사용되기 때문에 티타늄을 이용한 다공질 금속 제조에 대한 연구 관심도가 높아지고 있다. 다공성 소재를 제작하는데 있어 기존의 대량 생산 형태의 발포 금속 제조 방법이 아닌, 본 연구에서는 적층 제조 기술(additive manufacturing) 중의 하나인 direct energy deposition (DED) 공정을 다공성 소재 제작에 활용해 보고자 한다. DED 기술은 고출력 레이저 빔을 이용하여 금속 분말을 모재 표면에 용융시켜 3차원 형상으로 적층하는 기술로써, 다품종 소량 생산에 적합하며 우수한 기계적 성질을 얻을 수 있는 장점이 있기 때문에 최근 산업에 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 DED기술을 기반으로 Ti6Al4V 분말과 발포제를 혼합하여 다공질 금속을 제조하는데 있어 공정 변수인 적층 트랙(track) 간격(spacing)과 적층 레이어 높이 차에 따라 다공성 발포 소재에 나타나는 기공의 특성을 조사하였다. 이를 위해 Ti6Al4V 기판에 Ti6Al4V분말과 TiH_2 발포제를 혼합하여 적층하였으며, 적층된 시편에 대하여 컴퓨터 단층촬영

(CT)을 통해 내부 기공의 분포와 기공 사이즈 및 기공률(porosity)을 분석하였다. 그 결과, 트랙 간격에 따라 기공의 크기와 기공율이 달라지는 것을 확인하였으며, 제작된 시편에 대한 압축 시험(compression test)을 통해 DED 기술로 적층-발포된 다공성 소재가 우수한 에너지 흡수능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

[P11-15]

DC Plasma를 이용한 건식 Ag-M 분말 제조를 이용한 Ag-M 합금 접점 소재 개발: 권오집, 박재성, 박주현; *희성금속㈜.*

Keywords: 접점, Ag-based, AgCdO, 분말재료

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.

[P11-16]

가스터빈부품 RP 제작을 위한 SLM방식 금속 3D 프린팅 공정 변수 최적화 기술 개발: 신영호, 조현철, 이재웅, 송영석, 석진익 ; *두산중공업.*

Keywords: 금속3D프린팅, SLM, RP

금속 3D 프린팅은 우주/항공 분야를 선두로 하여 고부가가치 부품을 중심으로 최근 급속하게 산업에 확산되고 있다. 두산중공업은 발전 부품 제작을 위해 금속 3D 프린팅 기술을 연구하고 있으며, 우선적으로 발전용 가스터빈부품 RP 제작을 위해 SLM방식 금속 3D프린팅 기술을 개발 중이다.SLM방식 3D 프린팅은 Powder Bed Fusion 방식의 한 가지로 수십 μm로 도포된 금속분말 층을 Laser 열원을 활용 선택적 용융하여 부품을 제조하는 방식으로 제작품의 형상 및 물성 확보를 위해서는 공정변수를 최적화가 필수적으로 요구된다. SLM 방식 3D 프린팅의 공정변수는 수십여가지에 달하지만, 대표적인 공정변수로는 Layer Thickness, Laser Power, Scan Speed, Hatching Distance 등을 꼽을 수 있다.본 연구에서는 Stainless Steel 316L 금속분말을 활용하여 시편제작 및 평가를 통해 공정변수 최적화 기술개발을 진행하였다. 이를 통해 제작품 품질 확보를 위한 Process Window를 도출하였으며 도출된 최적공정변수를 통해 일부 가스터빈부품의 RP 제작을 수행하였다.

[P11-17]

Manufacturing Metallic Glass Nanoparticle and Nanowire by High Pressure Gas Atomization: 김완[1], 류채우[1], T. Ishikawa[2], 이근우[3], K.S. Nakayama[4], 박은수[5]; *[1]서울대학교 신소재공동연구소. [2]Japan Aerospace Exploration Agency. [3]한국표준과학연구원 미래측정기술부 창의융합연구센터. [4]AIMR. [5]Tohoku university.*

Keywords: metallic glass, nano particle, nano wire, gas atomization

최근 나노소자 제조 기술의 발전에 따라 나노금속분말을 이용한 3D 프린팅, 나노선을 이용한 전극 및 소자개발 등에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 나노 스케일의 구형(particle) 또는 선형(wire) 구조체 제조와 관련된 원천기술 개발 및 특허화 또한 적극적으로 이루어지고 있다. 따라서 나노소자 제조에 있어 기술적 우위를 점유하기 위해서는 기존에 시도하지 않았던 새로운 소재를 이용한 나노구조체 개발이 필수적이다. 이러한 요구에 대한 결과중 하나로 최근 비정질 합금을 이용한 다양한 나노구조체 제조법이 제시되었다. 비정질 합금은 구성원소들이 불규칙한 원자배열을 가져 상대적으로 우수한 기계적 특성을 나타낼 뿐 아니라, 결정립계와 같은 표면 결함이 없는 나노구조체의 제조가 가능하므로, 결정질 금속 또는 고분자 소재를 대체하여 활용하기 적합하다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 고압 아르곤을 이용한 gas atomization 장치를 이용하여 비정질 합금 제조시 온도 및 압력에 따른 나노분말 및 와이어의 크기 및 분포를 체계적으로 조절하는 방법을 제시하고자 한다. 효과적인 비정질 합금 제조를 위해 비정질 형성능이 우수한 ZrCu계 벌크비정질 합금 형성 조성을 이용하여 실험을 진행하였으며, 고온에서 용융상태의 합금이 가지는 점도 및 밀도 변화를 Eectro-static levitation 을 통하여 직접 측정함으로서 atomization 공정시 온도에 따른 용융합금의 특성변화가 실제 나노구조체의 형상 및 크기분포에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 체계적으로 고찰하였다. 특히, 결정상에 비해 액상의 점성이 높은 비정질 합금의 방적화 또는 구형화 경향을 평가하기 위해 오네소지 수(ohnesorge number)를 계산하여 공정조건에 대한 정량적 기준을 제시하였다. 본 연구를 통해 비정질 형성 고온액상의 점성거동 및 그에 따른 나노구조체 제조공정 조건변화를 체계적으로 고찰함으로서, 향후 다양한 조성의 비정질 합금 나노구조체 제조법에 대한 새로운 가이드라인을 제시 할 수 있을 것으로 기대된다.

[P11-18]

Laser cladding 공정을 이용한 다층 클래딩 브레이징 소재의 제조 및 그 특성: 주연아[1], 김영균[1], 박주현[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 공과대학 신소재공학부. [2]희성금속.*

Keywords: Cu-15Ag-5P(BCuP-5), Laser Cladding, Switching Device, Multi Layer Cladding Materials, Microstructure, Stud Pull Test

전기접점소재란 전기 회로의 개폐 및 접촉을 기계적으로 행하는 소자로써 자동차, 통신기기, 전기전자 등의 분야에서 사용되는 핵심 부품 중 하나이다. 본 연구에서는 laser cladding (LC) 공정을 이용하여 Ag-M(O)/Cu/BCuP-5 구조 중 Cu 모재 위에 BCuP-5 소재를 적층, 제조 시도하였다. 또한 LC 공정으로 제조된 브레이징 소재의 물성을 평가하였다. 초기 분말 및 LC 코팅층의 미세조직 관찰 결과 Cu, Ag 및 Cu-Ag-Cu_3P상이 확인되었다. LC 코팅층(BCuP-5)의 경도 측정 결과 평균 183.2 Hv로 나타나 일반적으로 사용되는 brazed BCuP-5의 경도 값과 비교하였을 때 약 2.6배 높은 것을 알 수 있다. 또한 pull-off strength를 측정한 결과 341.6 kg/cm^2 이상으로 매우 높은 접합 강도를 나타내었다. 상기 결과들을 바탕으로 laser cladding 공정을 통해 건전한 Cu/BCuP-5계 접점소재 제조 가능성을 확인할 수 있었다. [본 연구는 산업핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[P11-19]

DED 기술을 이용한 고속도공구강 적층부의 후열처리조건 변화에 따른 경도와 충격인성 관찰: 백경윤[1], 심도식[2], 이기용[3], 신광용[3]; *[1]전남대학교 공대 기계공학과 복합재료연구실. [2]한국해양대학교 기계공학부. [3]한국생산기술연구원 그린가공공정그룹.*

Keywords: DED, Heat-treatment, P/M High speed steel, Hardness, Toughness

최근 direct energy deposition(DED) 기술을 이용하여 고속도공구강 분말을 금속표면에 국부적으로 적층시키는 표면 강화(hardfacing)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고속도공구강과 같은 고경도 분말을 적층하게 될 경우에 금속 표면의 경도는 향상되지만 취성을 가지게 되며, 또한 고출력레이저를 이용하여 반복적인 열이 가해지기 때문에 내부에 잔류응력이 발생하게 되어 높은 내구성을 기대하기 어렵다. 본 연구에서는 고속도 공구강 적층을 통한 높은 표면 경도와 함께 인성을 향상시키기 위한 목적으로 적층 후 열처리를 실시하였으며, 이에 따른 적층부의 경도와 충격인성의 변화를 관찰하였다. 실험을 위해 SKD11 모재에 고속도공구강 AISI M4 분말을 적층하였으며, 후열처리조건으로는 산업적으로 공구강의 인성을 향상시키기 위해 사용되는 퀜칭과 템퍼링 방식을 조합하여 전체 4가지 조건(1050°C 가열 후 공냉 그리고 1050°C 가열 후 노냉, 1050°C 가열 공냉 후 550°C 템퍼링, 1050°C 가열 노냉 후 550°C 템퍼링)으로 후열처리를 수행하였다. 후열처리 조건에 따른 경도와 충격 인성을 관찰한 결과, 1050°C 가열 후 공냉한 시편의 경도가 가장 높게 나타났으며, 550°C 템퍼링 처리 후에는 경도가 저하되었다. 반면, 템퍼링에 의해 충격 인성이 향상되는 효과를 나타내었다. 1050°C 가열 후 노냉한 시편은 가장 우수한 인성을 나타내었으나 경도가 많이 저하되었으며, 템퍼링에 의한 경도와 인성은 큰 변화를 나타내지 않았다. 본 실험을 통하여 오스테나이징 후 냉각 방식과 템퍼링 처리에 따른 특성 변화를 관찰하였으며, 실제 금속 표면 강화에 적용하는데 있어 적정 경도를 유지하면서 인성을 향상시키는 방안으로 템퍼링 처리가 효과적임을 확인하였다.

[P11-20]

초 고온·고압 소결된 다결정 다이아몬드 컴팩트의 미세조직 및 마모 특성에 미치는 다이아몬드 입자 크기의 영향: 백민석[1], 박희섭[2], 이재일[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]일진 다이아몬드(주) 기술연구소.*

Keywords: polycrystalline diamond, high temperature high pressure sintering, wear, microstructure, diamond particle size

Polycrystalline diamond compact (PDC) is a two-stage sintered body manufactured using a diamond powders placed on WC-Co hard material and then applying the high Pressure high temperature (HPHT) sintering process. This study investigated the microstructure and wear properties of the PDC according to diamond particle size. Three different sizes (12–22 μm, 10–20 μm, and 8–16 μm) of initial diamond powders were used to manufacture PDCs with the HPHT sintering process. Some Co and WC were observed along the boundaries between diamond particles of the three manufactured PDCs. The diamond layer formed using small diamond particles showed finer and more even Co area distribution along diamond particles. VTL equipment was used to implement a granite cutting wear test. The result confirmed that a small initial diamond particle size leads to greater wear resistance properties. Observation of the PDC wear surface confirmed that PDC with larger diamond particles was more prone to be weak along the boundaries between diamond particles, and there were instances where the diamond particles were displaced as a whole. In the case of a smaller diamond particle size, abrasive wear where diamond particles were gradually worn away occurred.

[본 연구는 산업통상자원부의 글로벌전문기술개발사업(World Class 300)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.]

[P11-21]

Laser cladding 공정으로 제조된 Ni-Cr-B-Si-Mo 코팅층의 미세조직 및 상 ·고온 마모 특성: 강태훈[1], 이고기[2], 박순홍[2], 이기안*[1]; *[1]인하대학교 신소재공학과. [2]포항산업과학연구원.*

Keywords: Laser Cladding, Ni-Cr-B-Si-Mo Alloy, Submerged Arc Welding, Coating, Wear test

본 연구에서는 laser cladding 공정으로 Ni-Cr-B-Si-Mo 코팅층을 제조 한 뒤, 상온 및 고온 마모 특성에 대하여 조사하고, open arc로 제조된 4xx 계열 stainless steel 코팅층과 물성을 비교하였다. Laser cladding Ni-Cr-B-Si-Mo 코팅층은 약 5.5 mm의 두께를 가지고 건전하게 제조 되었으며, 미세조직 관찰결과 γ-Ni, CrB, $Mo_{24}Cr_7C_{19}$ 세 개의 상이 관찰되었다. Open arc 코팅층의 경우 두께는 약 4 mm로 제조되었으며 α′-martensite 조직만이 검출되었다. 두 소재의 기공도를 측정한 결과 각각 2.75%, 0.25%로 나타났다. 상온 경도는 두 소재가 776.2, 521.8로 laser cladding 코팅층의 경도가 우수하게 나타났으며, 상온 마모 시험 결과 weight

loss는 laser cladding과 open arc 코팅층에서 각각 약 0.02g과 1.4g으로 laser cladding 소재의 상온 마모 특성이 우수하게 나타났다. 고온 마모 시험 결과 weight loss는 open arc 소재가 근소한 차이로 낮게 나타났으나, worn out area는 laser cladding 소재가 55.47 mm^2, open arc 소재는 75.58 mm^2로 우수한 것을 확인하였다. 상기 결과들과 마모면 관찰을 통하여 laser cladding로 제조된 Ni-Cr-B-Si-Mo 코팅층과 open arc 코팅층의 마모 거동에 대해서도 고찰해 보았다.
[본 연구는 POSCO의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.]

[P11-22]

Al-Si 합금 계에서 Si 함량 및 압출 비가 기계적 특성에 미치는 효과: 안수성[1], 박한언[1], 박상준[1], 정찬욱[2], 백창현[2], 손현택[3], 김용호[3], 홍순직[1], 구자명[1]; *[1] 공주대학교 신소재공학부. [2] 동양AK코리아. [3] 한국생산기술연구원.*
Keywords: aluminum silicon alloy, extrusion, micro structure, mechanical properties

Al-Si 합금은 대표적인 주조용 합금으로 Al 기지에 Si가 분산되어 높은 강도, 내열성, 내마모성 등 우수한 기계적 성질을 가질 뿐만 아니라 공정 Si의 영향으로 용탕의 유동성이 좋아 주조가 쉬우며, 열팽창 계수와 응고균열 발생이 적다는 장점이 있다. 선행 연구된 Al-Si 합금 연구결과에 따르면, Al-Si 합금의 경우에는 Si 입자의 구상화 및 미세화에 의해 기계적 특성이 증가한다고 보고되고 있다. 이에 따라 최근 연구는 Al-Si 합금의 Si 입자의 미세화 연구가 주요 이슈이다. 그중에서 압출 공정은 타 공정보다 생산성이 높아 경제적이며, 제작하고자 하는 형상의 제약이 적다. 또한, 재료에 압축 및 전단응력만 가해져 소성변형이 일어나기 때문에 Al-Si 합금의 경우에는 압출 비에 따라 초정 Si 분쇄가 가능하다. 본 연구에서는 Al-Si 합금의 기계적 특성을 향상하기 위해서, Al-Si 합금에 Cu, Mg 및 Fe를 첨가한 합금을 설계하였으며, Si 함량의 차이에 따라 변화하는 합금의 특성을 비교분석 하기 위해 Si를 10, 12.6, 14 wt.%로 함량을 변화시켜 첨가하였다. 각각의 합금들은 압출 공정과 T6 열처리를 적용하여, Si 함량 및 압출 비 차이, 그리고 T6 열처리 유무에 따른 미세조직 및 기계적 특성의 변화를 분석하였다. 제조된 합금은 XRD를 통해 상 분석을 하였고, OM과 SEM을 이용하여 미세조직의 변화를 관찰하였다. 그리고 인장시험을 각각 시행하여 Si 함량 및 압출 비 변화에 따른 기계적 특성을 비교 분석하였다.

[P11-23]

자전연소반응에 의한 탄탈륨 카바이드 분말제조에서 초기 압분체 압력이 미치는 영향: 심재진[1], 최상훈[1,2], 주원[1,3], 유지원[1,2], 김택수[1], 박경태[1]; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과. [3] 한양대학교 신소재공학부.*
Keywords: Tantalum carbide, Self-propagating high-temperature synthesis, Cemented carbide, Tantalum, Carbon

탄탈륨 카바이드(이후 TaC)는 고온경도가 우수하고, 높은 강도를 보유하고 있으며, 상용 초경탄화물 소재 중 가장 높은 융점을 지니고 있다. 또한 TaC는 첨가제로 사용시 결정립 미세화 효과 및 침식 작용을 방지하는 역할을 하여 초경합금 (WC-Co계) 산업에 주로 사용되고 있다. TaC는 현재 국내에서 전량수입되는 전략물자로 분류되며, 관련 광물 Coltan-tantalite는 아프리카 분쟁지역에서 채굴되므로 수출입이 철저하게 통제되는 원료이다. 본 연구에서는 국내 발생 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. 초기 압분체 압력을 변수로 실험을 진행하였고, 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 10.80 μm까지 감소하였다. 또한 상 분석결과 상대적으로 낮은 압력에서는 미합성된 탄탈륨과 카본 원료분말이 남아있었지만, 압분체 압력이 증가할수록 미합성된 탄탈륨 분말만 남아있었다. 마지막으로 연소합성 시 최고온도가 2,200 ºC까지 상승하여 Ga, Mn, In, Ba, 과 같이 증기압이 낮은 불순물들이 휘발하여 TaC 순도가 최고 99.32% 까지 상승하였다.

[P11-24]

Properties and Rapid Consolidation of Nanostructured Al-TaC Composites: 손인진, 김신호; *전북대학교.*
Keywords: Rapid sintering; Composite; Nanomaterial; Mechanical properties; Al-TaC

The significance of Al matrix composites reinforced with metal carbide having low density and very high hardness increases in order to reduce CO_2 emissions and improve the efficiency of energy in automobile and transportation industries. Nanopowders of Ta and Al_4C_3 were fabricated by high energy ball milling. Highly dense nanostructured 4Al-3TaC composite was consolidated by high-frequency induction heated sintering within one min from the mechanically activated powders under the 80MPa pressure. The microstructure, sintering behavior and mechanical properties (hardness and fracture toughness) were evaluated using FE-SEM and Vickers hardness tester. The average grain sizes of Al and TaC prepared by rapid sintering were 45 and 41 nm, respectively. The average hardness and fracture toughness values obtained from mechanically activated powders were 850 kg/mm^2 and 7.8 $MPa{\cdot}m^{1/2}$, respectively. The fracture toughness of the 4Al-3TaC composite is higher than that of monolithic TaC because Al and TaC in the composite may deter the propagation of cracks.

[P11-25]

탄탈륨 불화물로부터 Na 외부 연속 공급을 통한 탄탈륨 분말 제조: 임재홍[1], 최상훈[1], 심재진[1], 주원[1], 이현규[1], 유지원[1], 현승균[2], 박경태[1]; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: metallothermic reaction, K_2TaF_7, NaCl diluent, Na reductant, tantalum

탄탈륨은 융점이 높고 내식성 및 연성 등 우수한 물리적 특성으로 인해 화공, 기계, 의료분야 뿐만 아니라 군사, 우주 등 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있는 소재이다. 특히, 탄탈륨은 모든 금속 중 가장 안정한 양극산화피막을 형성시킬 수 있는 유전 특성으로 인해 현재 고체전해질 콘덴서의 양극소재로 널리 이용되고 있으며 고순도 금속은 반도체 전극소재로 활용되고 있다. 기존의 탄탈륨 제조 공정은 원료물질, 환원제, 희석제를 모두 반응용기에 장입함으로서 반응속도와 반응온도를 제어 할 수 없어 분말 입자 사이즈 및 형상이 불규칙하게 제조 되는 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 환원제인 Na을 외부 공급 장치를 통해 정량적으로 연속 공급하여 반응 온도 및 속도를 제어하며 탄탈륨 분말 제조를 실시하였다. 원료 물질은 K_2TaF_7을 사용하였으며, 희석제는 NaCl을 선택하였다. 공정 온도는 900ºC이며 실험에 사용된 원료물질과 환원제는 화학양론에 따라 각각 첨가하였고, 희석제는 원료물질과 같은 중량으로 장입 하였다. 환원제 Na의 외부 공급 속도는 8.6 g/min으로 하여 총 20분간 일정하게 첨가 하였으며, 장입 완료 후 900ºC에서 4시간 동안 유지 하였다. 냉각 후 반응용기 내 탄탈륨 분말 및 반응 부산물들을 회수하여 수세 공정을 실시하였으며, 이를 진공 분위기에서 건조 하였다. 최종적으로 제조 된 탄탈륨 분말 특성 평가를 위하여 분말의 산소함량, 형상, 입도, 순도 및 상분석 등 물성평가를 다각적으로 실시하였다.

[P11-26]

Effect of Graphene Addition on Microstructure and Mechanical Properties of TiO_2 – Graphene Composites: 손인진, 김동기 ; *전북대학교.*

Keywords: Nanomaterials; Sintering; Fracture toughness; Composite; Hardness

Despite of many attractive properties of TiO_2, the drawback of TiO_2 ceramic is low fracture toughness for widely industrial application. The method to improve the fracture toughness and hardness has been reported by addition of reinforcing phase to fabricate a nanostructured composite. In this regard, graphene has been evaluated as an ideal second phase in ceramics. Nearly full density of nanostructured TiO_2-graphene composite was achieved within one min using pulsed current activated sintering. The effect of graphene on microstructure, fracture toughness and hardness of TiO_2-graphene composite was evaluated using Vickers hardness tester and field emission scanning electron microscopy. The nanostructured TiO_2-x vol.% (x= 0, 1, 3, and 5) graphene with nearly full density was sintered within one min by pulsed current activated heating. The grain size of TiO_2 in the TiO_2-x vol.% (x= 0, 1, 3, and 5) graphene composite was greatly reduced with increase in addition of graphene because of deterring grain growth. Both hardness and fracture toughness of TiO_2-graphene composites simultaneously increased in the addition of graphene due to refinement of TiO_2 microstructure and blocking crack propagation by graphene. From this work, the graphene can be confirmed an effective reinforcing phase for improving fracture toughness and hardness of TiO_2 composites.

[P11-27]

연소합성법을 이용한 3D 프린팅용 Ti 분말 제조기술: 최상훈[1], 심재진[1], 임재홍[1], 이현규[1], 현승균[2], 김택수[1], 박경태[1]; *[1] 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과.*

Keywords: 3D Printing raw materials, Ti powder, SHS, Gas reduction, Spheroidization

최근 꾸준히 발전하고 있는 3D 프린팅 시장의 영향으로 그 원료로 사용되는 Ti 분말 제조에관한 연구도 연소합성법은 반응 초기에 필요한 에너지 이상의 에너지를 외부에서 가해 준 후 추가 열원의 공급 없이 반응을 일으킬 때 생성되는 연소파를 이용하여 연소반응이 진행되며, 동시에 이미 연소파가 지나간 부분은 잉여의 반응열이 소결작용을 하게 되어 압분체 전체를 원하는 화합물로 얻을 수 있는 반응이다. 이는 연소파를 활용함으로써 환경적 피해를 줄이면서 고속 합성이 가능하여 경제성을 극대화할 수 있는 금속, 세라믹 제조 기술이다. 티타늄 분말을 제조하는 기존 공정에서는 티타늄 광석 즉, 산화물로부터 염소화 과정을 거쳐 티타늄 스폰지를 제조한 뒤 분말 제조를 위하여 가스 분무법이나 수소화-탈수소화 등 다단의 공정을 거쳐 티타늄 분말을 생산해 낸다. 하지만 연소합성의 경우 산화물로부터 분말의 형태로 직접 환원이 저가의 Ti 분말 제조가 가능하며, 환경적으로 유해한 염소화 공정을 거치지 않는 장점을 지니고 있다. 이에 본 연구에서는 연소합성법을 이용하여 티타늄 분말을 제조하였다. 원료물질은 TiO_2를 사용하였으며, 환원제로는 Mg을 활용하였다. 연소합성공정 중 반응 부산물로 생성된 MgO와 Mg 등을 제거하기 위하여 산세 조건을 확립하였고 티타늄 분말 내 격자간 불순물로 존재하는 유기 불순물 제거를 위하여 수소 분위기에서 열처리를 추가 실시하였으며, 이를 원료로 하여 플라즈마 처리를 통해 구상화 공정을 실시하였다. 이 후 각 공정의 Ti 분말 특성 평가를 위하여 성분, 조직, 입도, 순도 등 다각적인 물성평가를 실시하였다.

[P11-28]

미분쇄 공정 조건에 따른 스트론튬 페라이트 영구자석의 자기적 특성 연구: 오남지[1,2], 박승연[1], 김상섭[2], 김용완[3], 권혁민[3], 임경묵[1] ; *[1] 한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과. [3] 우지막코리아 주식회사.*

Keywords: Sr ferrite, permanent magnet, magnetoplumbite structure, Ball-milling method, Standard ceramic process

최근 석유에너지 대체로 인한 하이브리드 자동차(HEV), 전기 자동차(EV)의 수요가 증가되어 이들의 구동 모터 및 각종 운용편의 장치의 핵심 소재인 희토류 영구자석과 산화물 영구자석의 생산량 또한 증가되고 있다. 마그네토 플럼바이트 구조인 스트론튬 페라이트 영구자석(SrFe12O19)은 산화물 영구자석으로 구조 내의 스트론튬(Sr)과 철(Fe)을 란탄계 희토류와 전이금속으로 각각 치환하면 전체 자기 모멘트(total magnetic moment)가 증가되어 잔류자속밀도를 향상시킬 수 있고 이를 통하여 구동 모터의 출력이 개선된다. 스트론튬 페라이트 영구자석은 일반적으로 혼합, 하소, 조분쇄, 미분쇄, 성형, 소결 공정을 거쳐 제조된다. 이 중 미분쇄 공정은 성형

전 분말 최종 입도를 결정하고 소결 후 영구자석의 밀도와 자기적 특성에 중요한 영향을 미치기 때문에 스트론튬 페라이트 영구자석의 경량화 및 고 특성화에 있어서 미분쇄 공정을 제어하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 스트론튬 페라이트 영구자석 제조 공정 중 미분쇄 공정 조건이 영구자석의 물리적, 자기적 특성에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 주 원료 분말인 Iron oxide, Strontium carbonate와 Lanthanum oxide, cobalt oxide를 첨가하여 혼합하고 1200°C에서 한 시간 동안 하소하여 마그네토 플럼바이트 구조를 형성하였다. 하소 분말을 Ball-milling 방법을 통해 3 μm급의 입도를 갖도록 조분쇄 하였고, SiO2 등 첨가제를 미량 첨가한 후에 분쇄 시간을 변화시켜 미분쇄 공정을 제어하였다. 성형 전에 미분쇄 된 슬러리의 입도를 분석하였고, 분석 후 자장 중 성형을 하고 1200°C에서 한 시간 동안 소결하였다. 제조된 소결체의 미세조직을 전계방사주사전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 분석하였으며, B-H tracer를 이용하여 미분쇄 공정 조건에 따른 영구자석의 자기적 특성을 연구하였다.

P12 : 복합재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P12-1]

기능성 알루미늄 이종복합재료의 제조 및 열 특성 연구: 박재홍[1], 박광재[2], 양보현[2], 김다솜[2], 김권후[3], 권한상[2]; [1]*(주)차세대소재연구소.* [2]*부경대학교 신소재시스템공학과.* [3]*부경대학교 금속공학과.*

Keywords: 알루미늄, 이종복합소재, 스파크플라즈마소결, 레이저다이오드, 열전도도

최근 차세대조명으로서 고출력 청색 레이저다이오드(laser diode, LD) 기반의 백색조명이 많은 관심을 받고 있다. 일반적인 백색조명은 청색 발광다이오드(light emitting diode, LED)와 청색을 흡수하여 황색 발광하는 세라믹 형광체의 조합으로 구현된다. 고출력의 청색 LD와 조합하여 백색광을 구현할 경우, 형광체 표면에 입사되는 LD의 높은 에너지 밀도로 인하여 형광체의 열화 발생 및 발광특성이 저하되고 결국 안정적인 백색광 구현이 어렵게 된다. 따라서, 고출력 청색 LD와 조합하여 안정적인 백색광을 구현하기 위해서는 형광체의 열적 내구성이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 열전도 특성이 우수한 알루미늄을 형광체와 접합하여 이종복합재료를 제조하고 그 열 특성에 대해 조사하였다. 이종복합재료를 제조하는 방법으로 분말프로세스 기반의 스파크플라즈마소결(spark plasma sintering, SPS)법을 이용하였고, 레이저플레시분석(laser flash analysis, LFA)법을 통해 제조된 이종복합재료의 열전도도를 측정한 결과 수치적으로 39.6 $W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$를 보였고 일반적인 형광체 열전도도 (1.5 $W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$) 보다 약26배 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과로 인해 4W 청색 LD와 조합 시 고휘도의 안정적인 백색광을 구현 할 수 있었다.

[P12-2]

방전 플라즈마 소결 공정을 통한 Al-Ti 복합재료의 제조: 양보현[1], 박광재[1], 김다솜[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상*[1]; [1]*부경대학교 신소재시스템공학과.* [2]*차세대소재연구소.* [3]*부경대학교 금속공학과.*

Keywords: aluminum, titanium, composite, spark plasma sintering

본 실험에서는 Aluminum(Al)-Titanium(Ti) 복합재료를 방전 플라즈마 소결 공정으로 제조하고 특성 분석을 실시하였다. 먼저 볼 밀링 공정을 통해 Al-20vol%Ti, Al-50vol%Ti, Al-80vol%Ti 조성으로 복합 분말을 제조하였고, 세가지 조성으로 제조된 분말을 입도분석기, 주사전자현미경 등으로 분말의 형태와 입도분포 등을 관찰하였다. 볼 밀링된 각 조성의 혼합 분말을 600°C, 200 MPa, 5 min의 조건으로 방전 플라즈마 소결하여 복합재료를 제작 하였고, 소결된 복합재료의 미세구조와 구성 상을 관찰하기 위해서 X선 회절장비와 전자현미경을 이용하여 분석 하였다. 조성과 무관하게 방전플라즈마 소결체에서는 Al_3Ti, Al_5Ti_2, $Al_{11}Ti_5$ 등의 금속간 화합물이 생성됨을 확인하였다. 특히 금속간 화합물의 형성 거동을 분석하기 위해 TGA를 이용하여 각 조성의 혼합분말과 소결체의 열분석을 실시하였다. 또한, 제조된 복합재료의 기계적 특성 평가를 위하여 비커스 경도를 측정한 결과, Ti이 가장 많이 첨가된 Al-80vol%Ti의 복합 재료가 약 262Hv의 경도로 가장 높음을 알 수 있었고, 이는 Al과 Ti의 비커스 경도인 29HV, 185Hv보다 매우 높은 것을 알 수 있었다. 이상의 결과부터 알 수 있듯이 방전 플라즈마 소결 공정은 Al-Ti 복합재료의 제조에 유용한 공법으로 적용이 가능 할 것으로 생각되며 기존의 Al합금 또는 Ti합금 재료보다 성능이 우수한 고강도, 경량 소재로서 다양한 산업군의 공업용 재료로 적용이 가능 할 것으로 판단된다.

[P12-3]

공정 온도 제어를 통한 알루미늄-탄소나노튜브 계면의 미세조직 변화: 김다솜[1], 박광재[1], 양보현[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상*[1]; [1]*부경대학교 신소재시스템공학과.* [2]*차세대소재연구소.* [3]*부경대학교 금속공학과.*

Keywords: Aluminum; Carbon nanotue; Interface phase; Spark Plasma Sintering; Heat treatment

본 연구에서는 공정 온도에 따른 알루미늄-탄소나노튜브 미세조직 변화를 관찰하였다. 먼저, 방전 플라즈마 소결을 통해 알루미늄-탄소나노튜브 소결체를 제조하고, 제조된 소결체를 알루미늄 융점 을 전후로 열처리하였다. 소결체와 열처리 된 소결체의 미세 조직은 광학 현미경, 주사 현미경, 투과 전자 현미경으로 관찰되었다. 소결체의 미세조직에서는 비정질 알루미늄 산화물이 관찰되었 고, 이 상은 알루미늄 융점 이하의 열처리 온도에서는 비정질이 결정질 알루미늄 산화물로 변화 함을 알 수 있었다. 또한, 일부 결함이 있는 탄소나노튜브와 알루미늄은 반응하여 알루미늄 탄화 물이 생성되었고, 이렇게 생성된 탄화물은 열처리 온도에 따라 다양한 크기 분포를 나타내었다. 본 연구결과로부터 알 수 있듯이, 공정 온도의 제어를 통해서 알루미늄-탄소나노튜브의 계면상을 제어할 수 있었고, 이렇게 제어된 계면은 최종 제조된 알루미늄-탄소나노튜브 벌크 복합 재료 특 성에 중요한 영향을 줄 것으로 예상된다.

[P12-4]

Thermal properties of boron nitride nanoplatelets/epoxy nanocomposites: Dongju Lee[1], Sung Ho Song[2]; [1]*Chungbuk National University.* [2]*Kongju National University.*

Keywords: Boron Nitride Nanoplatelet, Epoxy, Nanocomposite, Thermal Property

Two-dimensional hexagonal boron nitride (h-BN) has excellent and useful mechanical and thermal properties, and can be used as a novel filler to enhance the thermal conductivity of polymer composites. We prepared exfoliated h-BN nanoplatelets (BNNPs) with hydroxyl functional groups using a hydroxide-assisted ball milling process, and demonstrated the enhanced thermal conductivity of its epoxy nanocomposites. The prepared BNNPs are highly soluble and retain their in-plane structure. The dielectric constant, and dielectric

loss of the nanocomposites increases with the addition of BNNPs. Notably, the thermal conductivity of the epoxy nanocomposites with 10% mass fraction of BNNP was 0.57 W/m·K, which is 2.85 times higher than that of neat epoxy. This enhanced performance is ascribed to the high quality and dispersion of the BNNPs and their strong interfacial bonding with the epoxy matrix, produced by the hydroxyl functional groups on the BNNPs. The overall results suggest that the BNNP/epoxy nanocomposite have strong potential for application as electronic packaging materials.

[P12-5]

LMD 공정을 통한 텅스텐계 내화금속과 구리 복합재의 제조: 윤국노, 김일환, 박은수;*서울대학교.*

Keywords: LMD process, Self-organizing microstructure, Composite, High thermal conductivity, Plasma-facing material

핵융합로가 가동될 때 발생하는 플라즈마 입자는, 핵융합로 내벽과 충돌하여 불순물을 형성하기 때문에, 순도 저하 등을 야기하여 효율을 감소시키는 주요 원인이 된다. 따라서, 이와 같은 문제를 피하고자 최근에는 특수하게 제작된 대면소재를 사용하고 있으며, 이때, 노심 내부를 보호하는 장치로써 디버터(Divertor)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편, 이러한 디버터가 고온에서 안정적으로 작동하기 위해서는 우수한 냉각 특성이 반드시 필요하며, 이를 위해 구리계 합금 수냉관과 접합하여 사용하게 된다. 하지만, 텅스텐계 내열합금으로 구성된 디버터 소재의 경우에는 구리계 수냉관과의 접합성이 매우 낮기 때문에 내열합금-구리 간의 복합재를 활용하는 방안이 연구되고 있다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 내화금속과 구리간의 복합재의 효과적 제조를 위하여 액상 금속 탈성분 공정(Liquid metal dealloying, LMD)을 이용하였다. 이를 위해 특별한 열역학적 관계에 있는 내화금속원소 전구체와 구리 액상 금속간의 반응을 유도하고, 확산에 의한 위치 교환 공정을 진행함으로써, 내화금속원소와 구리의 Co-continuous복합재화를 유도하였다. 부연하면, 본 연구에서는 고열전도도를 갖는 구리와 양의 혼합열을 가지는 텅스텐계 내화 금속과 음의 혼합열을 가지는 합금 원소를 동시에 합금화여 전구체를 제조하고, 이들을 구리 용탕과 반응시켜 W계 내화금속-Cu 간의 복합 구조 합금을 구성하였다. 또한 제조된 복합재의 기계적, 열적 특성 변화를 조건에 따라 체계적으로 분석하였다. 본 연구를 통해 복합재의 구조에 따른 기계적 특성, 열전달 특성 등의 변화를 체계적으로 이해함으로써 신개념 핵융합 대면소재 개발을 위한 시금석을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

[P12-6]

공형압연 속도에 따른 Al/Cu clad선재의 미세조직 및 기계적 특성 변화에 관한 연구: 박정민[1], 현승균[2], 이종범[2], 박상용[3], 정하국[2]; *[1]인하대학교 한국생산기술연구원. [2]한국생산기술연구원. [3]인하대학교.*

Keywords: Groove rolling, Al/Cu clad wire, Microstructure & Texture, Mechanical property

비철금속 중 Al은 비중이 매우 작아 경량 금속에 속하며, Cu는 전기 및 전도성이 우수한 대표적인 금속이다. 이 두 가지 소재의 장점을 복합시켜 배전(분전) 부품인 bus bar에 사용되는 80Al/20Cu clad 소재의 경우, Cu 단일소재 대비 45%의 경량화 및 60% 정도의 가격 절감 효과를 얻을 수 있으며, clad 제작 시 Al/Cu 소재 분율과 제조 조건을 조절함에 따라 전기 및 기계적 특성을 적절히 조절할 수 있다. Al/Cu clad소재는 주로 겹침 용접, 폭발 용접, 압출, 압연 공정 등으로 제조되고 있으며, 공형압연은 상온에서 성형이 가능하고, 특히, 결정립 미세화 효과가 여타 공정에 비해 매우 뛰어나다. 공형 압연으로 제조된 Al/Cu clad 소재의 기계적, 미세 조직적 변화에 대해서는 연구가 많이 보고되고 있으나, 압연 속도의 변화에 따른 미세조직, 집합조직, 기계적 특성 변화에 대한 연구는 거의 보고가 없는 상황이다. 압연 속도(변형 속도)는 제어하기 쉬운 공정 변수로 제품의 생산성과 특성에 매우 밀접한 관련이 있는 중요한 인자이다. 따라서, 본 연구에서는 공형 압연 속도를 변화시키면서, 다양한 조건에서 80Al/20Cu clad 시편을 제조하였으며, Al 및 Cu의 상대 변형 거동을 관찰하였으며, 미세조직 및 집합조직과의 상관 관계를 연구하였다. 압연 속도가 증가함에 따라 Cu의 (101)면 집합조직이 강하게 발달하는 것을 확인 할 수 있었으며, 이때, 결정립의 크기는 증가되지만 경도 값은 거의 변화가 없는 것을 관찰하였다.

[P12-7]

방전플라즈마 소결 공정 조건에 따른 Al-SUS316L 복합재료의 소결 특성평가: 박광재[1], 김다솜[1], 양보현[1], 박재홍[2], 김권후[3], 권한상[1]*; *[1]부경대학교 신소재시스템공학과. [2](주)차세대소재연구소. [3]부경대학교 금속공학과.*

Keywords: Aluminum, Stainless steel 316L, Spark plasma sintering, Thermal analysis, Vickers haredness

본 연구에서는 볼 밀링과 방전 플라즈마 소결 공정을 적용하여 Alumimum(Al)-stainless steel 316L(SUS316L) 복합재료를 제조하고 특성분석을 시도하였다. 먼저 Al-50vol% SUS316L 조성의 복합분말을 볼 밀링 공정을 통해서 제조하였고 온도, 압력, 유지시간 3가지 변수를 다양하게 변화시켜 복합분말을 소결하였다. 앞선 연구결과에 따르면, 방전플라즈마 소결 된 복합재료를 SEM(EDS), EPMA, XRD 등으로 분석한 결과 복합재료 내에 $Al_{13}Fe_4$, $AlFe_3$와 같은 금속간 화합물이 검출 되었고, 이는 방전 플라즈마 소결 중 Al과 SUS316L 사이의 반응에 의해 생성된 것으로 판단된다. 또한 검출된 금속간 화합물들의 생성 가능성을 Fe-Al 상태도를 통해 제시하였다. 다양한 소결 조건에 따른 복합재료 내에 생성된 금속간 화합물의 영향을 분석하기 위해 열 분석을 실시하였고, 기계적 특성 분석을 위해 비커스 경도를 측정하였다. 본 연구 결과를 통해 알 수 있듯이, 방전 플라즈마 소결 공법으로 제조된 Al-SUS316L 복합재료는 고강도-경량 복합소재로서 자동차, 항공, 조선, 건축 등과 같은 다양한 산업분야에 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

[P12-8]

분말 야금법을 통해 In-situ 및 순수 Al 분말이 첨가된 알루미늄 기지 복합재료의 조직 및 마모 특성에 미치는 열처리 영향: 유병철, 배기창, 박용호;*부산대학교 공대 재료공학부 첨단기능성재료연구실.*

Keywords: Aluminium matrix composites(AMCs), Powder metallurgy, In-situ process, Heat treatment, Wear property

최근 환경 규제와 연비 향상의 목적으로 수송기기 부품의 경량화에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 알루미늄 합금은 낮은 비중 및 높은 성형성으로 철계 부품을 대체하기에 적합하며, 세라믹 강화재를 첨가하여 내마모성을 향상시킨 알루미늄 기지 복합재료에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 하지만 알루미늄과 세라믹 강화재 간의 낮은 젖음성으로 입계에서 강화재가 응집되어 기계적 특성을 저하시키는 문제점이 있다. 금속 분말을 제조하는 방법 중 하나인 가스분사법을 이용하여 용융된 금속 속에 강화재를 분산시킨 후 함께 가스 분사하여 강화재가 내부에 포함된 분말을 제조할 수 있다. 이러한 분말을 In-situ 분말이라고 하며, In-situ 분말을 강화재로 사용하여 알루미늄 기지 복합재료를 제조하면 소결 중 강화재의 이동을 제어할 수 있어 입계 응집을 예방할 수 있다. Al-Zn-Mg-Cu 합금 분말은 다른 계열의 알루미늄 합금 분말보다 비강도가 우수하여 알루미늄 기지 복합재료에 많이 사용되고 있으며, 순수 Al 분말을 함께 첨가함으로써 압축성과 소결성을 향상시킬 수 있다. 이에 Al-Zn-Mg-Cu 합금 분말에 순수 Al 분말과 In-situ 분말을 첨가한 알루미늄 기지 복합재료의 제조 및 기계적 특성 평가에 대한 연구가 이루어져 왔다. 하지만 소결 이후 Al-Zn-Mg-Cu 분말과 순수 Al 분말 사이의 미세조직 및 기계적 특성 차이로 인하여 조직 사이의 특성 차이를 야기하고 이는 내마모성을 저하시키는 요인이 되었다. 본 연구에서는 미세조직 사이의 특성 차이로 인한 내마모성 저하 문제를 해결하기위해 열처리를 실시하였으며, 열처리가 In-situ와 순수 Al 분말을 포함한 Al-Zn-Mg-Cu 기지 복합재료에 미치는 영향을 분석하였다. 실험은 5 wt%의 In-situ 분말을 혼합하여 610°C, 30분 조건에서 일축 가압 소결을 실시하였다. 제조된 소결체는 아르곤 분위기에서 510°C에서 1시간 열처리하여 수냉하였다. 이후 140°C, 24시간 시효 처리를 하였다. 제조된 시험편의 상 분석 및 조직 관찰, 경도 및 마모 실험을 실시하였다. 실험결과 열처리를 통하여 미세조직 간 특성 차이를 줄일 수 있었으며, 또한 용체화 및 시효 처리된 복합재료에서 향상된 경도 및 내마모성을 얻을 수 있었다.

[P12-9]

SiC 강화상 함량에 따른 Al-SiC 복합소재의 압출재 특성 분석: 김화정, 김희망, 김우정, 원태연; *(유)원진알미늄.*

Keywords: 경량소재, 복합소재, 유성밀, 소결, 압출

지구 온난화에 따른 환경 문제에 대한 인식은 폐자원의 재활용에 대한 관심을 불러 일으켰으며, 이에 따라 폐기물의 자원화를 위한 처리기술의 개발 및 보급을 통하여 폐자원의 재활용을 위한 정책과 기술 및 세금 제도 등을 도입하는 계기가 되었다.최근 Al 2차 가공 시 발생하는 부산물인 Al 절삭칩의 재활용 분야도 같은 맥락에서 큰 주목을 받고 있으나, 폐 Al 캔과 더불어 저부가가치인 주조 공정의 저가형 탈산제로 주로 활용되고 있는 실정이며, 재용해 단계의 Al은 슬래그(Slag) 발생으로 인하여 그 회수율이 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 Al 절삭칩과 폐 실리콘 슬러지에서 정제한 SiC 재활용 분말의 혼합, 분쇄 및 알루미늄 기지 내 SiC 입자의 분산을 위하여 유성밀(High-Energy Ball Mill)을 이용하였다. Al 기지 내에 SiC가 분산 된 복합분말 제조를 위한 실험을 수행하였으며, SiC의 함량을 달리하여 복합분말을 제조 후 고온(550°C 이상) 및 진공(1×10-2torr)상태에서 가압하여 탈가스와 소결을 동시에 수행하는 공정으로 압축 성형 빌렛을 제조한 후, 제조 된 빌렛을 3인치 600ton 압출장비를 사용하여 압출재로 제작하였다. 제조된 Al-SiC 복합 압출재는 FE-SEM을 이용하여 내부 SiC 분산도를 관찰하고 MTS(만능시험기)를 이용하여 인장강도 및 항복강도를 측정하였다.

[P12-10]

Al-SiC 복합소재의 열처리에 따른 특성 분석: 김희망, 김화정, 김우정, 원태연; *(유)원진알미늄.*

Keywords: Al-SiC, 복합소재, VHP, 소결, 시효처리

최근 세계 경제성장의 페러다임은 'Green Growth'로 에너지 절약과 자원 수급을 동시에 달성할 수 있는 정책 및 지원 기반을 다지고 있으며, 국내에서도 탄소배출권 거래 제도를 시행하여 온실가스 저감을 위해 노력하고 있다. 미래형 자동차는 에너지 절약을 위하여 경량화 소재가 적용되어 제작될 것이며, 이에 따라 고강도의 경량화 소재에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 그중에서도 금속, 세라믹, 화학소재 등의 융?복합을 통한 복합소재의 개발이 각광을 받고 있다. 특히, 경량 금속소재의 경우 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 타이타늄(Ti) 등 고기능성 고부가가치 비철 금속 소재의 수요가 매년 증가하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 미세한 크기의 알루미늄 2차 가공 부산물과 폐실리콘 슬러지에서 정제한 SiC 재활용 분말을 유성밀을 이용하여 SiC 첨가량을 3~12 wt%로 달리한 Al-SiC 복합분말을 제조한 후, VHP (Vacuum Hot Press)를 이용하여 고온의 진공상태에서 가압하여 소결시킨 Al-SiC 복합빌렛을 제조하였다. 제조된 Al-SiC 복합빌렛은 3인치 600톤 압출기를 이용하여 판형으로 압출 후, 용체화 처리를 수행하였으며, 열처리 특성을 분석하기 위하여 215°C에서 1h, 2h, 6h, 12h로 시간을 달리하여 시효처리 후, Fe-SEM 및 TEM을 이용하여 조직 분석을 수행하였다. 또한, 기계적 특성 분석을 위하여 Micro Vickers를 이용하여 경도를 측정하였다.

[P12-11]

Microstructure Characterization of CoCrFeMnNi High Entropy Alloy Oxynitride Films Prepared by Magnetron Sputtering: Jeong-kuk Lee, Duc Duy Le, Trong Si Ngo, Soon-Ku Hong; *Chungnam Natinal Univsity.*

Keywords: high entropy alloy, microstructure, oxide, nitride, oxynitride

Microstructural properties of as-grown and annealed CoCrFeMnNi high entropy alloy (HEA) oxynitride thin films were investigated. The CoCrFeMnNi HEA oxynitride thin film was grown by magnetron sputtering method using nitrogen and oxygen gases, and further annealed 800°C for 5 hours in air flow under the vacuum. The as-grown film showed nanocrystalline microstructure with amorphous

between the nanocrystals but fully recrystallized and significant grain growth happened by annealing. The as-grown film was homogeneous and uniform, while a Ni-rich region was observed on top of the film in the annealed sample. The crystalline phase in the as-grown CoCrFeMnNi HEA oxynitride thin film was FCC structure with the lattice constant of 0.4242 nm, while the crystalline phase in the annealed CoCrFeMnNi HEA oxynitride thin film was the Fe_3O_4 spinel structure with the lattice constant of 0.8326nm. There was no additional phase and the annealed CoCrFeMnNi HEA oxynitride thin film showed homogeneous single phase structure over the whole layer.

[P12-12]

Tensile fRacture Characteristic and Modeling of TiC-SKD11 Composite by HIP Process: 박성주[1], 조승찬[2], 이상관[2], 김대하[3], 황금철[3], 홍현욱[1]; *[1] 창원대학교 신소재공학부. [2] 재료연구소 복합재료연구본부. [3] 대화알로이테크.*

Keywords: Fracture, composite, Tensile test, Redisual stress, HIP

본 연구에서는 용융가압함침공정을 사용하여 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 우수한 복합소재 강화재로 알려진 TiC를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 경도 및 내마모성을 지닌 Fe계 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. 주사전자현미경을 사용하여 입내 및 TiC-TiC 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/SKD11 계면이 [-111]SKD11//[001]TiC, (1-12)SKD11//(220)TiC 및 [012]SKD11//[110]TiC, (200)SKD11//(-224)TiC의 방향 관계를 가지는 semi-coherent nature를 이루어 우수한 계면 강도 가질 것이라고 예측하였다. 이를 바탕으로 40% TiC 분율을 가지는 금속복합소재를 25°C 및 700°C에서 인장시험을 실시하였다. 실험 결과 TiC 입내의 {100} 벽개면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 또한 복합소재의 특성 향상 가능성을 판단하기 위해 용융가압함침 조건으로 제작된 TiC-SKD11 금속복합소재에 대해 HIP(Hot Isostatic Pressing)공정을 적용시켜 보았다. 그 결과 25°C 및 700°C에서 각각 128 MPa(791 MPa→919 MPa), 25 MPa(490 MPa→515 MPa)로 인장강도가 크게 향상되었다. 그리고 HIP처리된 복합소재에 HIP와 같은 온도조건의 열처리를 추가한 결과 인장강도는 각각 174 MPa(791 MPa→965 MPa), 69 MPa(490 MPa→559 MPa)로 크게 상승하였다. 향상된 이유에 대해서는 M7C3 분율 감소, TiC 분율 감소, 기지조직 변화, TiC 계면에서의 잔류응력 변화 등을 고려하였다. 주사전자현미경을 통한 미세조직 비교 결과 M7C3 분율이 8.58%감소(9.12%→4.36%→0.54%)하였으며 이는 고온 고압에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 유추하였다. 또한 HIP처리 후 TiC/SKD11 계면에서의 잔류응력 변화의 정도를 측정하기 위해 X-ray 회절 실험을 통해 TiC 격자상수를 비교하였다. 그 결과, HIP처리 전에 비해 TiC 격자가 작아짐을 확인하였다. 이를 통해 격자상수의 감소에 따라 인장강도 값이 증가함을 알 수 있으며 내부 잔류응력 영향에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

[P12-13]

정수압압출법으로 제조된 단심 in-situ PIT MgB_2/Nb/Cu 선재의 MgB_2 core 밀도 및 금속 sheath의 미세조직 변화 연구: 박상용[1,2], 현승균[2], 박정민[2], 이종범[1], 정하국[2]; *[1] 인하대학교. [2] 한국생산기술연구원.*

Keywords: MgB_2, Hydrostatic extrusion, Densification, Microstructure behavior

높은 임계온도(Tc=39 K)를 갖는 MgB_2는 NMR/MRI와 같은 분석/의료기기의 마그넷에 적합한 초전도 소재이며, in-situ 혹은 ex-situ Powder-In-Tube(PIT)법으로 길이가 긴 선재로 제조할 수 있어 초전도 코일이나 케이블 제작에 용이하다. PIT법으로 만들어진 in-situ MgB_2는 주로 drawing 혹은 continuous tube forming filling(CTFF)공정으로 선재가 제조되고 있으며, 열처리 후 50% 이하의 낮은 core 밀도는 초전도 특성을 저하시키는 주요 문제점으로 지적되고 있다. 1 mm 이하의 가는 선재로 가공되기 전의 PIT 공정에서 Mg/B 혼합분말이 낮은 압력으로 선경이 작은 튜브 안으로 충진되기 때문에 최종적으로 밀도가 높은 MgB_2선재를 얻는 데에는 한계가 있다. MgB_2 core 부의 밀도를 향상시키기 위한 방법으로는 in-situ PIT MgB_2 선재에 별도의 외부 압력을 인가하는 방법과 압연, 스웨징, 인발 등 2가지 이상의 공정 혼합으로 밀도를 향상시키는 연구가 보고되고 있지만, PIT제조과정에서 in-situ MgB_2 분말의 충진률에 따른 MgB_2 core/metal sheath 계면 및 집합조직 거동에 관한 종합적 연구 사례는 아직까지 보고되지 않고 있다. 본 실험에서는 다양한 충진 밀도를 갖는 빌렛을 제조하여 정수압 압출공정으로 1차 선재를 제조하고, 기존의 선재 가공기술인 drawing공정을 적용하여 in-situ PIT 선재를 제조하였다. 다양한 가공 조건에서 제조된 선재에서 MgB_2 core부의 밀도변화, MgB_2/metal sheath 계면 및 집합조직 변화 거동을 연구하였으며, 특정한 실험 조건에서 core부의 밀도가 높고, 균일한 계면상태를 갖는 선재를 제조할 수 있는 높은 가능성을 확인하였다.

[P12-14]

주조법에 따른 알루미늄 합금과 아연도금강판의 이종접합소재 접합계면 특성 연구: 김효중[1,2], 김태형[1], 신제식[1], 현승균[2], 임경묵[1]; *[1] 한국생산기술연구원. [2] 인하대학교.*

Keywords: Cast-bonding, Aluminum, Galvanized Steel, Bonding Interface, Composite Materials

최근 자동차 산업분야는 탑승자의 안전 및 연비향상에 중점을 두고 있으며, 강화되는 충돌 시험과 연비 규제기준 등을 충족하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 기존의 차량 충돌 시험에서는 스틸 차체로 대응 가능하였으나 강화된 충돌 시험에서는 그 한계가 드러나며, 이에 대응하기 위하여 고강도강을 대폭 적용할 경우 중량의 증가를 초래한다. 반면, 연비 규제 대응을 위한 경량화 소재의 대폭 적용은 안전성 및 생산성의 저하를 불러온다. 이러한 배경아래, 다중 소재 융합 차체 프레임의 필요성이 대두되었으며 일부 선진사를 필두로 알루미늄과 스틸을 결합한 소재를 차체에 적용하려는 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 가장 우수한 경제성 및 생산성을 지니는 주조접합법이 공정에 적용될 수 있도록, 이종접합소재에서 중요한 접합계면을 관찰 및 분석하여 접합 메커니즘 및

특성을 알아보고자 하였다. 실험에서의 알루미늄-아연도금강판 주조접합은 강판 소재에 용융아연도금강판을 사용하였으며, 알루미늄은 Al-Si계 주조용 합금을 사용하여 중력주조 및 고압 다이캐스팅을 진행하였다. 각각의 금형에 아연도금강판을 인서트로 삽입 후, 용융 상태의 알루미늄을 주입하여 이종소재 주조접합 시편을 만들었으며 접합계면의 특성을 살펴보기 위하여 미세조직 관찰 및 EDS-point, Mapping 분석을 진행하였다. 또한, 접합면에 대한 시험을 진행하여 각각의 계면접합강도를 평가하였다. 중력주조 및 고압 다이캐스팅을 통한 주조접합 시편 둘 모두 계면에서 금속간화합물(Intermetallic Compound)이 형성된 모습을 관찰할 수 있었으며 모양 및 두께에서 차이를 보였다. 금속간화합물 형상은 알루미늄 용탕 온도 유지시간 및 사출 속도에 의하여 결정되었으며 이렇게 형성된 금속간화합물은 계면접합강도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

[P12-15]

Exchange-coupled Sr Hexaferrite/Mn-Zn Ferrite Composites for Permanent Magnet Applications: Tae Won Go[1], Kang-Hyuk Lee, Dami Kim, Jae-Hyung Yoo, Sang-Im Yoo; *Seoul National University.*

Keywords: Exchange-coupled magnet, magnetic composite, strontium ferrite, manganese zinc ferrite

Exchange coupled hard/soft magnet has brought interest mostly in powder and layered film applications since the first theoretical proposal in 1991 by Kneller and Hawig [ref]. However, its effect in bulk permanent magnets has never been reported. In this study, the exchange-coupling magnetic behavior in bulk hard/soft magnetic composites was investigated. Strontium hexaferrite/Manganese zinc ferrite were chosen as the hard/soft magnetic materials for cost-effectiveness, which were synthesized via conventional solid-state reaction. Raw materials were SrCO3, Fe2O3 for strontium hexaferrite, and Mn2O3, ZnO, Fe2O3 for manganese zinc ferrite. They were ball-milled and uniaxially pressed into precursor pellets. The strontium hexaferrite precursor was calcined at 1150°C for 12 h in air, and manganese zinc ferrite at 1200°C for 8 h in air. The calcined pellets were crushed and sintered at 1250°C for 2 h in air. The samples were characterized by X-ray diffraction (XRD), vibrating sample magnetometer (VSM), and scanning electron microscope (SEM). Detailed results will be presented for a discussion. [ref] IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 27, NO. 4, JULY 1991

[P12-16]

The effect of hybrid ABOw+h-BN+CNTs reinforcements on the microstructure and the wear properties of Al-Sn alloy matrix composites: Ji Hyeon Bak[1], Dae Hyun Cho[2], Ik Min Park[2], Jin Young Park[1], Sunmi Shin[1]; [1]*Korea Institute of Industrial Technology.* [2]*Pusan National University.*

Keywords: hybrid composites, hexagonal boron nitride, carbon nanotubes, texture, wear

Al-Sn alloys are widely used as engine bearing materials in the automotive industry owing to their pronounced wear resistance. Recently, Al alloy metal matrix composites (MMCs) have been developed for further improvements in friction and wear properties of the materials. In the present study, the hybrid 20 vol% aluminum borate whisker ($Al_{18}B_4O_{33}$, ABOw) + x vol% hexagonal boron nitride (h-BN) + y vol% carbon nanotubes (CNTs) / Al-Sn MMCs (x=0 and 5, y=0 and 5) were fabricated by squeeze infiltration. The wear properties of the hybrid MMCs were evaluated by ball-on-disk tester. The effects of the individual reinforcements of ABOw, h-BN and CNTs, and hybrid ABOw+h-BN+CNTs reinforcements on the microstructure and the wear properties of the Al-5 wt% Sn MMCs were investigated. The overall hybrid MMCs showed a uniform distribution of the reinforcements. The wear properties of Al-5Sn alloy were considerably improved by the addition of ABOw. The wear resistance of ABOw+h-BN/Al-Sn and ABOw+CNTs/Al-Sn MMCs was significantly enhanced compared to that of ABOw/Al-Sn MMC due to self-lubricant effect of h-BN and CNTs. The CNTs were more effective reinforcement in wear resistance than h-BN because delamination wear was hindered. The wear rate of ABOw + h-BN + CNTs/Al-Sn MMC decreased by 1/20 compared to that of ABOw/Al-Sn MMC. The influence of the reinforcement addition on the microstructure and texture of Al-Sn MMCs were discussed in detail.

P13 : 가공-표면처리
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P13-1]
난삭성 철강재의 가공특성 향상을 위한 표면처리 효과: 박광수[1], 양지훈[1], 박형진[2], 이성구[3], 김정석[4]; *[1]포항산업과학연구원. [2]포스코. [3]한국야금. [4]부산대학교.*
Keywords: 난삭성, 가공툴, 절삭가공, 표면처리, 장수명
기존의 철강산업에서 고부가가치 철강재 개발로인해 신규강재의 적용성이 높아지고 있다. 이는 스마트재료로 전환됨에 따라 고장력, 고강성의 신규 철강 산업수요가 높아지고 있다. 이러한 철강재들을 적용하면 경량화율을 높일 수 있고, 구조 안정성에도 큰 효과가 있다. 신규 고강도 강재의 개발로 인해 산업에 적용을 위해서는 가공성이 좋아야 하는데 강성이 올라감에 따라 특히 절삭가공성은 크게 떨어지고 있다. 기존의 절삭가공툴로 가공시 툴 수명저하에 따른 공정비용의 증가가 발생되고 있고 이를 해결하기 위해 툴 업체에서는 장수명 신규 툴 개발을 진행중에 있다. 본 논문에서는 기존의 툴 소재에 소재 재질 변경 및 다양한 표면처리 효과를 통해 절삭가공성을 향상시키고 툴 수명을 향상 시킬 수 있는 경질 표면처리 효과에 대해 기술 하였다.

[P13-2]
석탄가스화 복합화력 발전용 금속필터의 내부식성 특성 연구: 김민정, Shi Yuke, 이동복; *성균관대학교 자연과학캠퍼스.*
Keywords: 석탄가스화 복합 화력발전 (Integrated Gasification Combined Cycle; IGCC), H2S, corrosion
석탄가스화 복합 화력발전 (Integrated Gasification Combined Cycle; IGCC) 기술은 저급 연료인 석탄을 직접 연소하여 고온/고압에서 가스화 시켜 합성가스를 추출한 뒤, 이를 연료로 터빈을 돌려 전력을 생산하는 것으로, 먼지와 질소산화물(NOx)·황산화물(SOx) 등 다량의 대기오염 물질을 배출하는 석탄을 청정에너지로 바꿀 수 있다. 이는 기존의 석탄 연소 방식에 비해 발전효율이 42%로 2~4%정도 더 높으며, 환경 오염물 배출이 SOx=2 ppm 이하, NOx=60 ppm 이하, particulate= 5 mg/m^3 이하, CO_2 발생량=15~30%로 크게 낮지만, 일반 발전과 다르게 반응 시 생성되는 합성가스(syngas)가 CO, H2, CH4, CO2, H2O, H2S 등으로 매우 복잡하며, 석탄 연소 시 환원분위기에서 생기는 H2S가 소재와 반응하여 표면에 치명적인 황화합물을 생성시키고, 수소를 방출하여 산화 반응과 비교했을 때 10~100배 정도의 빠른 부식속도가 나타난다. 현재 석탄가스화 복합화력 발전 설비 내에 사용 중인 집진필터는 내부식성이 강한 세라믹 소재이지만, 세라믹필터는 역세정을 하는 과정에서 기계적, 열적 충격을 받아 파손될 수 있고 압력손실이 커 장시간 안정적인 연속운전 측면에서 불확실성이 존재한다. 따라서 이를 대체할 수 있는 내부식성이 우수한 금속필터를 개발하기 위해 SUS316L로 이루어진 5겹 압착/소결 금속필터에 세라믹코팅을 실시하여 고온 황화부식특성을 살펴보았다.
감사의 글: 본 연구는 2016년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1A2B1013169) 입니다.

[P13-3]
Super Austenite Stainless Steel (6Mo)의 플라즈마 질화 처리 시 CH4함량에 따른 경화층 거동: 이인섭, 이천호; *동의대학교.*
Keywords: Super Austenite Stainless Steel, Plasma Nitriding, Corrosion Resistance, Hardness
몰리브덴 함량이 6% 이상이 첨가된 슈퍼 오스테나이트강 (6Mo)시편을 처리온도 400 ºC 및 처리시간 15 Hr을 고정하고 N2 함량 (10%, 15%, 25%) 및 을 변화 시켜 플라즈마 질화 처리를 진행하였다. 플라즈마 질화 처리결과 N2 함량이 증가할수록 경화층의 두께 및 표면경도는 증가하였으나 내식성은 감소하였다. N2 함량 25% 일 때 경화층의 두께는 약 7.7 μm 생성되었고 표면경도는 약 640 Hv0.05로 처리 전과 비교하여 약 2.9배 증가하였다 (처리 전 경도 220 HV0.05). 그러나 동전위분극 시험결과 처리 전과 비교하여 부식전압, 부식전류밀도는 거의 변화가 없으나 공식전위가 저하되어 내부식특성이 저하되었다. 따라서 처리온도 400ºC 및 처리시간 15 Hr 및 N2 함량 10%로 고정하고 경화층의 두께 및 표면경도를 향상시키기 위해 CH4 (1%, 2%, 3%, 5%)를 추가하여 플라즈마 침질탄화 처리를 진행하였다. 플라즈마 침질탄화 처리결과 처리 전 및 플라즈마 질화와 비교하여 경화층의 두께 및 표면경도는 향상되었지만 동전위분극 시험결과 처리 전 및 부식전압 및 부식전류밀도는 거의 변화가 없으나 공식전위가 저하되어 내부식특성이 저하되었다. 플라즈마 침질탄화 처리 시 경화층의 두께는 CH4 함량 2% 까지 증가하며 더 이상 추가하여도 거의 변화가 없었다. 경화층의 두께는 약 12.7 μm 생성되었고 표면경도는 약 1220 Hv0.05로 처리 전과 비교하여 약 5.54배 증가하였다.

[P13-4]
Co-Cr 소재로 제작된 3D 프린팅 제품의 표면처리를 위한 플라즈마 전해연마 기술: 서보성, 김형균, 박광석; *한국생산기술연구원.*
Keywords: Co-Cr, Surface treatment, Roughness, Plasma electrolytic polishing
금속기반 3D 프린팅 공정에 사용되는 금속 소재 중, 순수 Ti 및 Ti 합금과 Co-Cr 합금은 생체적합성으로 인해 의료용 부품으로 많이 사용되고 있다. 특히, Co-Cr 합금은 생체적합성과 함께 Ti 소재 대비 상대적으로 우수한 기계적 강도로 인해 치아 및 인공 고관절 부품에 주로 적용되고 있다. 인공 고관절의 라이너(Liner)와 헤더(Head) 같은 부품은 서로 접촉되어 움직이기 때문에 우수한 마모특성을 위해 경면의 표면상태가 요구되고 있다. 경면을 만들기 위한 방법으로 주로 전해연마가 사용되고 있지만, 원하는 수준의

조도와 치수 변화를 최소화하는데 어려움이 있다. 반면 플라즈마 전해연마(Plasma Electrolytic Polishing) 방법은 전해연마보다 낮은 조도값과 함께 치수 안정성이 우수하기 때문에차세대 연마기술로 관심을 받고 있다. 이에 본 연구에서는 3D 프린팅으로 제작된 Co-Cr 부품 표면의 연마 방법으로 플라즈마 전해연마의 적용 가능성을 알아보고자 한다. 플라즈마 전해연마는 일정 수준 이하의 조도에서 경면을 얻는 최종 연마 공정에 적합하기 때문에 초기 조도값에 따른 플라즈마 전해연마 효과에 대해 조사하였다. 초기 조도값은 3D 프린팅된 제품에 샌드 블라스팅 공정을 통해 조절하였다.

[P13-5]

Maraging250강의 플라즈마 침질탄화 처리시 CH4함량의 영향: 이인섭, 김호준; *동의대학교*

Keywords: Maraging 250 Steel, Hardness, Plasma Nitrocarburizing

Maraging250을 온도 450°C, 질소 함량 25%, 및 처리시간을 15Hr 유지하고, CH4 함량 (1%, 3%, 5%)로 변수를 주어 저온 플라즈마 침질탄화을 실시하였다. 처리 후 Picric Acid로 화학에칭 후 광학 현미경을 이용하여 경화층을 측정하고, 비커스경도기로 경도를 측정하였다. 그리고 동전위분극 시험을 통해 공식전위 및 부식전류밀도와 부식전압을 조사하였다. CH4 함량이 1%일 때 경화층의 두께는 약 110 μm이며 표면경도는 약 1040 Hv0.05으로 처리 전 보다 약 3배 증가했다.(처리 전 표면경도 332 Hv0.05) 동전위분극 시험결과 Nitriding 처리와 비교하여 CH4이 첨가되면 내식성이 저하되는 것을 알 수 있고, CH4 함량이 많아질수록 내식성이 더욱 저하되었다. 그리고 CH4이 증가할수록 경화층의 두께도 감소하였다. 이는 CH4이 N2가 시편 내부로 확산되는 것을 방해하기 때문으로 사료되어진다.

[P13-6]

시효와 저온 플라즈마 질화가 연속적으로 실시된 Maraging 250강의 표면 질화층의 특성: 이인섭, 김호준; *동의대학교*

Keywords: Maraging 250 Steel, Plasma Nitriding, Aging

Maraging 250강의 저온 플라즈마 질화 처리 시 Aging효과를 알아보기 위해서 먼저 최적의 Aging 처리조건을 찾기 위해서 처리시간 3Hr을 유지하고, 처리온도 450, 480, 510°C로 변화시켜 실시하였다. 처리결과 480°C Aging 처리 시 표면경도는 약 650 Hv0.05로 처리 전 보다 약 2배 증가하였다 (처리 전 경도 332 Hv0.05). 그리고 동전위분극 시험결과 처리 전과 다른 두 조건의 처리온도와 비교하여 내부식특성이 개선되었다. 따라서 처리온도 480°C에서 Aging처리를 3Hr동안 실시한 후, 플라즈마질화 처리온도를 430 및 450°C로 낮추고 질소 함량을 25% 및 처리시간 15Hr으로 고정하고 Aging시효처리와 플라즈마 질화를 연속적으로 진행하였다. 처리 결과 450°C일 때 경화층은 약 99 μm이며 표면경도는 약 1034 Hv0.05 처리 전 보다 약 3배 증가하였다. 동전위분극 시험결과 처리 전 보다 내식 특성이 향상되었으나 Aging을 실시하지 않고 Nitriding실시한 시편과 비교하면 내부식특성이 저하되었다. 다음으로 Aging시효 처리된 시편에다 질소 함량 25%를 유지하고, 처리온도(430, 450)°C로 변수를 주어 실험을 실시하였다. 처리 결과 450°C일 때, 경화층의 두께는 108 μm이며 표면경도는 약 1040Hv0.05로 처리 전 보다 약 1.6배 증가하였다 (처리 전 Aging시 650 Hv0.05). 동전위분극 시험결과 처리전보다 내식특성이 향상되었으나 Aging을 실시하지 않고 Nitriding처리된 시편(표면 경도 약 1034 Hv0.05 경화층의 두께 102 μm)과 비교하면 내부식특성이 저하되었다. 따라서 Maraging 250강의 Plasma Nitriding 처리 시 Aging의 효과가 거의 없다는 것을 알 수 있었다.

[P13-7]

염화철 용액을 사용한 습식식각 조건이 황동층의 표면 형상과 표면 거칠기에 미치는 영향: 정주영, 조영욱, 원종호, 조영래; *부산대학교 재료공학부*

Keywords: Wet etching, Surface morphology, Surface roughness, Bonding force, Brass

섬유강화 복합재료에서 보강재인 섬유(fiber)와 모재(matrix)의 접착력(adhesion)은 섬유강화 복합재료의 성능을 결정하는 핵심요소이다. 자동차 타이어나 컨베이어 벨트 등에 사용되는 복합재료로 섬유상에 해당하는 강선(steel wire)과 모재에 해당하는 고무(rubber)가 사용된다. 타이어 보강재로서 황동이 피복된 스틸코드(steel cord)가 사용되며, 황동층은 도금방법으로 만들어진다. 황동층은 강선과 고무 사이의 접착력을 증가시키는 중간층(interlayer)으로 작용한다. 스틸코드의 황동층에 표면처리를 통하여 모재인 고무와의 접착력을 향상시키는 연구가 수행되면, 자동차 타이어의 안정성과 내구성을 향상시킬 수 있다. 습식식각 표면처리를 통하여 스틸코드용 황동층의 거칠기가 증가하면, 스틸코드 황동층과 고무와의 접착면적이 증대되므로 섬유와 모재간의 접착력이 향상된 복합재료를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 자동차 타이어에 주로 사용되는 강선인 스틸코드의 황동층에 불균일 습식식각(wet etching) 공정을 적용하여 표면의 형상(morphology)과 거칠기(roughness)에 변화를 주어 표면적을 향상시키는 것을 목적으로 하였다. 실험에 사용된 스틸코드는 지름이 약 0.3 mm인 filament형으로, 표면에는 황동이 Cu 62~66 wt%, Zn 38~34 wt%의 조성을 가지며, 약 0.2~0.25 μm의 도금 두께를 가지는 것을 사용하였다. 습식 식각용액(etchant)은 염화철(Ⅲ)(FeCl)과 염산(HCl), 증류수(deionized water)를 혼합하여 농도를 변화시켜 제조하였다. 황동층의 거칠기를 효과적으로 향상시키기 위하여 초음파 조건하에서 습식식각을 수행하였으며, 초음파의 유무에 따른 습식식각 후의 표면 형상의 차이를 비교해보았다. SEM(scanning electron microscopy)을 이용하여 습식식각 후의 표면 형상을 관찰, 분석하였으며, AFM(atomic force microscopy)을 이용하여 습식식각 후 표면의 거칠기 변화를 분석하였다. 초음파의 유무와 습식 식각용액의 농도 및 식각 시간의 변화 등의 시험 조건이 황동 도금층의 표면 형상과 표면 거칠기에 미치는 영향에 대한 결과를 요약해서 발표하고자 한다. 본 연구가 성공적으로 수행되면, 자동차 타이어용 스틸코드와 고무의 접착력을 증가시키는데 응용될 수 있다.

[P13-8]

Maraging 250강의 플라즈마 질화처리 시 질소함량 및 처리온도의 영향: 이인섭, 이천호; *동의대학교.*

Keywords: Maraging 250 Steel, Plasma Nitriding, Hardness

Maraging(250)강에 처리온도 450ºC, 처리시간을 15Hr 유지하고 질소 함량 (10%, 15%, 25%, 35%)로 변수를 두어 저온 플라즈마 질화를 실시하였다. 최적 질소 함량을 결정한 후 최적의 처리온도를 구하기 위하여 430, 450, 480°C로 각각 실험을 실시하였다. 질화 처리 후 Picric Acid으로 화학에칭 후 조직사진을 관찰하여 경화층 거동을 확인하고 비커스경도기로 경도를 측정하였다. 또한 동전위분극 시험을 통하여 부식전류밀도와 부식전압 및 공식전위를 알아보았다. 질소 함량 25%일 때 경화층의 두께는 약 102 μm 이며 표면경도는 약 1030 Hv0.05로 처리 전 보다 약 3배 증가하였다.(처리전 경도 약 332 Hv0.05) 동전위 분극 시험결과 미처리재와 비교하여, 질소 함량 35%를 제외하고 모든 시편에서 부식전류밀도와 부식전압 및 공식전위가 향상되었다. 질소 함량 25%일 때 부식전류밀도 와 부식전압 및 공식전위가 가장 향상됐으므로 처리온도조건을 알아보기 위해 처리시간 처리온도 430, 450, 480°C를 변수로 두고 실험을 진행하였다. 실험 결과 온도가 증가할수록 경도 및 경화층의 두께가 향상되는 것을 알 수 있었다. 처리온도 450ºC에서 최고의 내식성을 보여주었다.

[P13-9]

아크 이온 플레이팅을 이용한 Cr 합금 코팅막 제조 특성 및 밀착력 분석: 박정환, 김일현, 김현길, 정양일, 박동준, 최병권, 양재호 ; *한국원자력연구원.*

Keywords: Accident tolerant fuel cladding, Arc ion plating, Bias voltage, High-temperature corrosion

지르코늄 합금은 정상 운전 조건에서 우수한 내산화성과 기계적 특성을 가지기 때문에 경수로에서 핵연료를 외부로부터 보호하는 핵연료 피복관 재료로 사용되고 있다. 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 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력발전분야에서는 가동원전의 안정성을 향상시키기 위한 연구가 시작되었다. 특히 핵연료를 보호하는 피복관의 고온 내산화성을 향상시켜 사고상황에서의 피복관 산화에 의한 수소 및 열 발생을 억제하고자 하는 연구가 활발히 진행되었다. 특히 모재인 지르코늄 피복관표면을 고온내산화성이 우수한 물질을 코팅함으로써 핵연료 피복관의 사고안정성을 향상시키고자하는 연구가 크게 주목 받고있다. 이에 본 연구에서는 아크 이온 플레이팅법을 이용하여 내산화성이 우수한 Cr 및 Cr 합금 코팅막을 지르코늄 피복관 표면에 제조하고자 증착 조건에 따른 코팅막의 제조 특성을 비교하고 증착조건에 따른 고온 산화 특성과 밀착력을 분석하고자 하였다.

[P13-10]

Electro-deposited Cr Coating Layer to Prevent Fuel and Cladding Chemical Interaction in Sodium Fast Reactor (SFR): SUNGHWAN YEO; *한국원자력연구소.*

Keywords: U-ZR metallic fuel, metallic cladding, chemical interaction, Sodium Fast Reactor, Cr coating

U-Zr metallic fuel and martensitic steel cladding are utilized in Sodium-cooled Fast Reactor (SFR) which is one of advanced nuclear reactors. SFR has an advantage to recycle radioactive waste such as plutonium and actinide by including them in fuel. The cladding temperature is increased up to 650oC during the normal operation of SFR. In that high temperature, unfortunately, martensitic steel reacts metallic fuel to form eutectic compounds reducing the fuel integrity. To prevent fuel cladding chemical interaction, the application of diffusion barrier between fuel and cladding has been preposed. Chromium was selected as one of the potential barrier materials and electroplating was reconized as easy and cost-effective coating method. This study describes the status of the Cr electroplating technology, the effective parameters, and resultant microstructures. Moreover, heat treatments of Cr coated cladding at 650oC were performed to investigate the influence of heating on the microstructure of coating layer.

[P13-11]

Wettability of Advanced High Strength Steels (AHSS) by Molten Zn-Al-Mg Droplets Depending on their Si and Mn Contents: Seungwoo Shim[1], Gujin Chung[1], Joo-Youl Huh[1], Hyun-Seok Hwang[2], Yonkyun Song[2]; [1]*Korea University.* [2]*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 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 with various Zn-Al-Mg alloys, Zn-0.2 wt.% Al, Zn-1.5 wt.% Al-1.5 wt.% Mg and Zn-2.5 wt.% Al-3.0 wt.% Mg were carried out on AHSS sheets at 460°C in a N_2 + 10% H_2 atmosphere. 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. After the measurement of the contact angle of a sessile droplet for 20 s, the sample was cooled down to room temperature and the droplet/substrates interface was 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.

[P13-12]

Enhancement of Heat Dissipation Characteristics Via Plasma Electrolytic Oxidation on Aluminum alloy: Jung Woo Choi, Bongyoung Yoo, Dong Hyuk Shin; *한양대학교.*

Keywords: Al6061; Boron nitride nanotube; Plasma electrolytic oxidation; Heat dissipation; Fourier transform infrared spectrometer

This study investigated how to enhance heat dissipation characteristics on Al6061 alloy by using plasma electrolytic oxidation (PEO) process. For this purpose, a train of anodic currents were applied to KOH-based electrolytes with either carbon nanotube (CNT), or various weight percent of boron nitride nanotube (BNNT) at a current density of 100 mA/cm^2. The morphologies of the oxide layers were observed by scanning electron microscopy and compositional analyses were carried out with energy dispersive X-ray spectroscopy. The surface roughness of the PEO-treated samples was examined by means of a non-contact optical 3D surface measurement equipment. Also Fourier transform infrared spectrometer was conducted to measure the thermal emissivity of samples. As a result, heat dissipation properties of oxide layer with boron nitride nanotubes was enhanced than with carbon nanotubes.

[P13-13]

Ti-계 비정질 합금이 물리증착법으로 형성한 Al-계 하드코팅의 미세조직에 미치는 영향: 이영훈[1], 김영석[1], 박혜진[1], 문상철[1], 정연범[1], 권성준[1], 문예빈[1], 박효진[1], 박영군[2], 김기범*[1]; *[1]세종대학교 공대 나노신소재공학부. [2](주)와이지-원.*

Keywords: Nitride, Arc Ion Plating, Cross-section microstructure, Nano-indentation, hard coating

최근 우주항공, 자동차, 의료기기, IT 등 첨단산업을 중심으로 인코넬, 티타늄과 같은 초경량 고경도 난삭재의 비중이 급격히 증가함에 따라, 난삭재의 고효율, 고능률 가공기술 개발이 진행되고 있다. 이러한 목적에 의해 개발되는 기술 중, 하드 코팅 기술은 공구의 수명을 현저히 향상시킬 수 있다는 점이 주목을 받으며, 현재까지 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적인 하드코팅으로 알려진 AlN계, TiN계 코팅의 경우, 높은 기계적 물성과 우수한 내마모성으로 인해 현재 상용화가 이루어져있으며 또한 많은 연구가 진행되어왔다. 이러한 질화물 코팅의 우수한 물성은 질화물 형성에 의한 코팅층의 고밀도화에 의해 나타난다고 알려져 있다. 이외에도, 일반 합금보다 경도 및 탄성률이 높은 비정질, 나노결정질, 하이엔트로피 합금의 코팅에 대한 연구도 전세계적으로 진행되고 있으며, 그 중에서도 Ti계 비정질 합금은 질화물이 잘 형성되는 원소인 Ti의 함량이 많기 때문에 이에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 질화물 형성 가능성이 높은 원소들로 구성된 Ti계 비정질 합금을 증착 물질로 선정하였다. 코팅층 증착을 위해 아크 이온 플레이팅 장비를 이용하였으며, 증착 물질로는 TiCuNi-Zr, AlCr^{I}, AlCr^{II} 타겟을 사용하였으며, 기판으로는 상용 합금인 텅스텐카바이드(WC)를 선택하였다. 기계적 물성의 최적화를 위해 인가전력 및 구조설계를 변수로 하였으며, 최적화된 코팅층에서 Ti계 비정질 합금이 Al계 하드코팅에 미치는 영향을 분석하기 위해 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM), 투과 전자현미경(TEM) 분석을 실시하였다. 또한 상 분석을 위해 X선 회절분석(XRD)을 실시하였으며, 기계적 물성 평가를 위해 나노압입시험(Nano-indentation test)을 진행하였다. “This work was supported by the Technological Innovation R&D Program (S2343384) funded by the Small and Medium Business Administration (SMBA, Korea)"

[P13-14]

전기전자 부품 Pd-Ni도금에서 합금비율에 따른 특성 연구: 변영민[1], 노영태[1], 김호영[1], 오인찬[2]; *[1]한국건설생활환경시험연구원. [2](주)티앤아이켐.*

Keywords: Pd-Ni coating, Morphology, connector, surface treatment, alloy coating

Cu 및 Cu 합금소재의 커넥터와 같은 전기접점용 도금부품은 전기전도도와 내식성, 내산화성 등의 성능이 요구되므로 접점재료 부품의 최종 도금으로 전기적 성능이 우수한 경질 Au도금액이 많이 사용되고 있다. 그러나 최근 국제적으로 Au 가격이 지속적으로 상승하고 있어 Au의 사용량을 줄이고 금을 대신하여 커넥터 재료에 요구되는 물성을 갖는 새로운 도금층을 개발하고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 대체 도금 중 하나인 Pd 및 Pd 합금 도금은 표면에 산화피막이 거의 생기지 않고 경도와 납땜성이 우수하므로 전자산업에서 중요한 위치를 차지하는 접점재료나 lead frame 도금재료 등 고부가가치 산업에 주로 적용되고 있다. Pd 재료 자체는 다량의 수소를 포함하는 성질로 인하여 도금 시 전극 근처에서 형성되는 수소가 전착 층 내로 상당량이 유입 되어 도금층의 연성이나 전기적 성질을 크게 약화시키게 된다. 따라서 수소과전압을 증대시켜 공석 수소량을 감소시킬 수 있는 합금성분을 첨가하고자 하는 노력이 경주되고 있으며, 최근에는 순수 Pd 보다는 Pd합금도금이 더 유용하게 사용되고 있다. Pd-Ni 합금도금은 Au보다 더 광택이 나는 외관과 경도와 연성이 높고 수소취화율이 낮을 뿐만 아니라 저다공성 및 내마모성 등이 향상된다.그러나 Pd-Ni 합금도금은 전류밀도 및 pH, 도금욕의 온도, 도금액내의 금속성분의 양에 따라 합금비가 변동하며, Pd의 석출이 진행되면서 석출효율이 떨어지거나 합금비가 변동하는 경우가 많다. 따라서 Pd와 Ni의 석출비율을 일정하게 유지하는 것이다. 이에 본 연구에서는 접촉단자에서 요구되는 내마모성과 경도, 표면저항 및 내식성 등을 만족하는 Pd-Ni 최적의 합금비를 찾고 그 합금비율을 유지시키는 작업조건을 확립하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 Pd-Ni합금도금에서 도금액 중의 주성분의 농도, pH, 전착온도, 전류밀도 등의 제 인자가 합금 도금층의 Ni의 공석에 미치는 영향을 분석하여 Pd-Ni 합금비를 정량적으로 제어할 수 있는 조건을 확립하고자 하였다.

[P13-15]

Optimization of HVOF-Sprayed Cr3C2-NiCr Coatings Based on Influence of Feedstock Powder and Fuel Type: SOYEONG KANG, KYEONGHO BAIK; *Chungnam National University.*

Keywords: Cr3C2-NiCr, HVOF, powder characteristics, Microhardness

Cermet coatings manufactured by high velocity oxy-fuel (HVOF) spraying have superior hardness, high mechanical strength, and wear resistance. WC-based coatings are usually harder and more resistant than Cr3C2-based coating due to the higher hardness of the WC particles embedded in the binder phase, but their operation temperature is limited to less than 450°C. Cr3C2-NiCr coatings are ntilized in corrosive and moderate wear environment at temperature up to 800°C. In this study, HVOF-sprayed Cr3C2-NiCr coatings from two different feedstock powders have been evaluated in terms of microstructural features, carbide decomposition. The agglomerated-sintered Cr3C2-NiCr powders had a spherical morphology with a porous internal structure, whereas chemically-clad Cr3C2-NiCr powders was characterized by an irregular shape and relatively low apparent density. Cr3C2-NiCr coatings had a low porosity of < 1 area%, and the agglomerated-sintered Cr3C2-NiCr coatings exhibited a high microhardness of ~1100 Hv. However the chemically-clad Cr3C2-NiCr coating exhibited the lowest microhardness of the coating layer.Comparatively, JP5000-HVOF coating layer using liquid fuel exhibited low hardness in the same composition and the same powder material. For the high performances of Cr3C2-NiCr coating, the most demanding requirement is the feedstock powder characteristics that was determined by processing route, size distribution, shape and internal structure.

[P13-16]

가스산질화 처리가 내열강의 표면조직과 물리적 화학적 특성에 미치는 영향: 조영욱[1], 원종호[1], 우정호[2], 유상호[3], 조영래[1]
; [1]*부산대학교 재료공학부.* [2]*(주) 한국클래드텍.* [3]*(주) 세텍.*

Keywords: Oxi-nitrocarburizing, Nitrocarburizing, Mild steel, Nanohardness, Anti-corrosion

강재의 표면처리 공정은 강재의 표면 특성을 개선하는 방법의 하나로, 자동차 산업을 비롯한 금속 부품소재 산업에서 널리 활용되고 있다. 산질화 표면처리는 연질화 처리후 이어서 산화 처리하는 표면처리 방법이다. 연질화 처리는 질소와 탄소를 동시에 함유한 가스분위기에서 표면 열처리해서 강재의 표면에 다공질을 갖는 질화물 층을 형성시키는 공정이고, 산화 처리는 산소를 함유한 분위기를 사용해서 다공질의 질화물을 산화물(Fe3O4) 층으로 변환시키는 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 존재하기 때문에 가벼운 특징을 갖는다. 그런데 Fe/Al/Fe계 3ply 클래드메탈이 궁중요리용 프라이팬(Wok) 등으로 사용될 때 부식되거나 마모되는 문제가 발생하는데, 이 문제를 해결하게 위해 산질화 표면처리 기술을 적용하였다. 연질화 처리시 공정시간을 변수로 하였으며, 온도는 560°C, 시간은 50분, 100분으로 변화시켰다. 산질화 처리는 연질화 처리후 연속공정으로 수행하였으며, 550°C의 온도에서 수증기를 주입시켜 수행하였다. 산질화 표면처리한 시편에 대해 내부식 특성과 내마모 특성의 변화를 미세조직과 연관시켜 고찰하였다. 내부식 특성은 염수분부 시험으로 하였으며, 내마모 특성은 비커스입자를 장착한 나노인덴테이션을 이용하여 표면경도 측정을 통해 평가하였다. 표면층의 미세조직은 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다. 연질화 처리시 질화물층의 표면에 다공질의 층이 형성되었으며, 산질화 처리시 다공질의 질화물층이 산화물층으로 변환된 것을 X-선회절 시험을 통해 확인하였다. EBSD 및 EPMA 사용하여 산화물층 및 화합물층의 상분석과 성분분석을 하였다. 산질화 표면처리로 인해 내식성이 10배 이상 향상되었으며, 표면경도는 2배 이상 증가함을 확인하였다. 본 연구의 결과는 궁중요리용 프라이팬(Wok)의 경량화와 함께 내식성과 내마모성을 동시에 향상시키는 표면열처리 기술에 적용 할 예정이다.

[P13-17]

알루미늄 합금의 방열성능 향상을 위한 고효율 방열도료 합성 및 코팅기술 개발: 김도형, 박정현, 박상협, 정원섭; *부산대학교 재료공학과.*

Keywords: radiant heat, ceramic coatings, emissivity, thermal resistance

효과적인 방열기술은 특히 전자 부품소재의 신뢰성과 내구성 확보를 위해 반드시 요구되는 핵심 기술이다. 기존의 연구에서는 부품소재의 표면 방열부의 형상변화 또는 방열부의 고전도성 소재 적용 등에 의한 연구를 주로 진행하였다. 본 연구에서는 방열효율 및 방열성능 향상을 위해서 표면 방열부에 세라믹화합물을 코팅하여 복사열전달을 이용한 방열기술을 확보하고자 하였다. 높은 방사율과 비교적 열전도도가 우수한 세라믹 물질을 혼합하여 도료를 제작 및 코팅을 실시한 결과 방열판 등의 부품소재로 활용되는 알루미늄 합금에 비하여 표면온도 100~150°C 범위에서 15% 이상의 방열성능이 향상 됨을 확인하였다. 본 연구에 적용된 방열도료의 경우 적용파장 3~20 μm, 350°C의 고온에서도 방사율 0.93으로 높게 측정이 되었으며, 세라믹화합물의 배합 또는 합성방법에 따라 코팅층이 가지는 높은 열저항을 개선하여 방열성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

P14 : 전산재료과학
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P14-1]

Design of Reduction Process of SnO_2 by CH_4 for Efficient Sn Recovery: 하현우[1], 유미[1], 한태양[1], 손유한[1], 김상열[2], 이상로[2], 한준현[1], 김현유*[1]; *[1]충남대학교 신소재공학과. [2]에이원엔지니어링.*

Keywords: SnO_2, DFT, sysgas, reduction, Sn

SnO_2를 포함한 산업 폐기물에서 Sn을 효율적으로 회수하기 위해, CH_4를 이용한 환원회수 방법을 디자인하였다. Density Functional Theory와 열역학 예산을 이용하여 CH_4와 SnO_2의 원자단위 상호작용과 온도와 CH_4공급량에 따르는 Sn 회수 거동을 분석하였다. CH_4는 SnO_2위에 흡착하여 먼저 물을 생성하며, 이후 CH_4의 탄소가 CO_2를 생산한다. 그 결과 SnO_2가 SnO로 먼저 환원되고 Sn로 최종 환원되는 2단계 환원 과정을 거쳐 Sn이 회수 되며, Sn 회수가 완료되는 온도는 CH_4의 공급량에 따라 감소한다. CH_4의 공급량이 늘어나면 물과 CO_2가 CO와 H_2의 syngas로 전환되는 기상 반응이 일어나며, 약 섭씨 1000도 이상에서는 대부분의 기체상 생성물이 CO와 H_2로 전환된다. 실험실 단위의 검증을 통해 CH_4를 이용한 SnO_2 환원회수의 가능성을 검증하였고, 약 99.34%의 높은 순도를 가지는 Sn이 회수 된 것을 확인하였다.

[P14-2]

전산모사를 이용한 코어쉘 나노입자의 CO 흡착에 따른 표면 vacancy 형성에 관한 연구: 안혜성, 최혁, 김현유*; *충남대학교 공대 신소재공학과 응용소재.*

Keywords: Bimetallic nanoparticle, Au-Pd, CO adsorption, Vacancy

Au-Pd로 구성된 bimetallic 나노입자는 CO 산화 촉매 반응이 뛰어나다고 알려져 있다. 촉매 반응 과정에서 내부의 Pd 원자가 표면으로 나와 CO와 반응하며 촉매 반응이 끝난 후 다시 내부로 들어가는데 이 과정의 상세한 메커니즘은 아직 밝혀지지 않았다. 본 연구에서는 bimetallic 나노입자가 촉매 분위기에 노출될 때 반응 과정에서 나타나는 Pd와 Au가 원자 교환의 상세한 메커니즘을 확인하였다. Pd와 Au로 구성된 bimetallic 구조를 만들어 DFT를 이용한 계산 연구를 수행하였으며 실제 제작이 가능한 나노 파티클의 구조를 만들어 CO 분위기에서 구조 변화를 관찰하였다. Pd보다 표면에너지가 작은 Au가 표면에 있는 것이 열역학적으로 안정한 구조를 이루지만, CO 분위기에서는 꼭지점 주변에서 Pd와 CO의 강한 상호작용으로 Au와 Pd의 원자 교환이 일어난다. 이로 인해 나타나는 현상으로 Au-Pd 나노입자가 촉매 환경에서 vacancy가 생길 수 있다는 것을 알았으며, 실제 촉매 환경에서 본 연구 결과가 가능한지 확인하기 위하여 CO partial pressure와 온도 변화에 따라서 원자교환이 가능한지 micro-kinetic modeling 을 이용해 확인하였다.

[P14-3]

2NN MEAM Pd-M (M=Al, Co, Cu, Fe, Mo, Ni, Ti) Interatomic Potential Development for Novel Metal Catalysts: GaUn Jeong, HyeonSeok Do, SeulMi Park, ChangSeo Park, ByeongJoo Lee; *POSTECH.*

Keywords: 2NN MEAM, novel metal catalysts, molecular dynamics

Demand for novel metal catalysts is increasing in many areas such as Proton exchange membrane Fuel Cell (PEMFC) or CO2 conversion systems. Because of the high price and low reserves of novel metals, various alloy catalysts have been studied. Interatomic potentials for Pd binary systems have been developed on the basis of the second nearest-neighbor modified embedded-atom method (2NN MEAM) formalism. The potentials reproduce various materials properties of alloys (structural, thermodynamics and mechanical) in reasonable agreements with relevant experimental data and first-principles calculations. With 2NN MEAM interatomic potential, we can calculate equilibrium shapes and configurations using Monte Carlo simulation and thermal stability using Molecular Dynamics on the nanoparticles.

[P14-4]

Computational Design of High-Entropy Alloys: An Atomistic Simulation and CALPHAD Study: 최원미, 조용희, 손석수, 이성학, 이병주; *포항공과대학교 신소재공학과.*

Keywords: high-entropy alloy (HEA), 2NN MEAM atomistic simulation, CRSS

Although high-entropy alloys (HEAs) are attracting an interest, the effect of individual elements on mechanical properties are mostly not investigated, which limits wider industrial applications. We investigate the effect of individual elements on solid solution hardening for the CoCrFeMnNi HEA, based on an atomistic simulation technique. The alloying effect on the critical resolved shear stress (CRSS) is well predicted by the atomistic simulation. used for a design of non-equiatomic fcc HEAs with improved strength, and experimentally verified. The applicability of the present atomistic approach combined with a thermodynamic calculation technique to a computational design of advanced HEAs is demonstrated.

[P14-5]

Martensitic Transformation in Polycrystals Using Phase-field Method: Kyeong-Min Kim[1], Jae Sang Lee[2], Byeong-Joo Lee[1] ; [1]*POSTECH.* [2]*GIFT.*

Keywords: phase-field, martensite, polycrystal

Martensitic transformation in steel is important phenomenon, because distribution and morphology of the martensite phase play a role in characterizing mechanical properties of steel. The morphology of martensite changes depending on transformation temperature, chemical composition, and structural defects such as dislocation, grain boundary, precipitation, etc. In particular, grain boundaries in polycrystals can act as heterogeneous nucleation sites. However, it has been still challenging to study the martensitic transformation kinetics and morphology experimentally due to its rapid transformation rate and complexity of transformation behavior, so numerical simulations have been performed. In this study, a phase-field model integrated with inhomogeneous elasticity model for martensitic transformation in polycrystal was investigated. Previous studies have mainly focused on martensitic transformation in a single grain, so effects of grain boundary have been excluded. Fcc to bcc martensitic transformation described by a Bain strain has been simulated in 2D and 3D polycrystal. It was studied how grain boundary affected the martensitic transformation, and the effects of grain boundary were also examined depending on its curvature.

[P14-6]

Unusual Mechanical Properties of Nano Structures Based on Minimal Surface: Jun-Hyoung Park, Jae-Chul Lee; *Korea university.*

Keywords: minimal surface, nano structure, stiffness

자연계에는 다양한 크기와 형상을 지닌 나노구조들이 존재한다. 이러한 나노구조들이 기존의 재료와 다른 특이한 특성들을 이끌어 낼 수 있다는 사실이 확인되면서, 나노구조를 통한 재료의 특성변화는 기존 재료의 활용 방안에 대한 광범위한 확장을 이끌어낼 수 있는 방법으로 고려되고 있다. 특히, 나노구조를 통한 기계적 특성 변화에 대한 연구는 negative effective mass density, meta-fluid property, negative effective bulk modulus 등 기존 재료에서는 볼 수 없는 독특한 특성을 이끌어냈다. 이러한 독특한 기계적 특성들은 재료 본래의 특성에 기반하지 않고, 나노 구조의 크기와 형태에 의해서 구현된다. FEM를 활용한 나노구조의 기계적 특성 분석은 구조의 형상에 의한 특성 변화를 예측하는데 매우 효과적이다. 그러나 FEM 계산을 통한 특성 변화의 예측은 나노구조의 크기에 따른 특성 변화를 정확히 예측하지 못하는 단점이 존재한다.따라서 본 연구에서는 표면에너지에 의한 영향을 고려할 수 있는 분자동역학을 통하여 다양한 형태와 크기의 나노구조를 형성하고, 각 구조들의 기계적 특성을 분석함으로써 나노구조의 형태와 크기에 따른 특성 변화를 예측하였다.

[P14-7]

개질관 형상 및 유도코일 설계에 따른 열유동 및 반응특성: 채홍준; *고등기술연구원.*

Keywords: Heat Transfer, Reformer Tube, Induction heating, Reaction Characteristics, Electromagnetic Field Analysis

차세대 청정 에너지원으로 각광받고 있는 수소는 물의 전기분해 및 탄화수소의 개질로 생산될 수 있으며, 현재는 기술 및 경제성 문제로 일반적으로 탄화수소의 개질을 통해 생산되고 있다. 현재 상업화 되고 있는 니켈촉매 개질기는 튜브형으로 촉매, 개질용 튜브와 이를 가열할 수 있는 버너로 구성되어 있으며, 담지체로 사용되는 기존의 Al_2O_3 펠렛 소재는 기하학적 표면적이 500 m^2/m^3로 다공성 구조를 띄고 있기 때문에, 개질 반응으로 전달되지 못한 열이 많이 발생하는 문제를 안고 있으며, 이러한 문제 해결을 위해 튜브형 개질기의 고효율을 위한 열교환 면적이 큰 개질기와 열회수 장치를 통한 에너지 교환에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 본 연구는 개질용 튜브 외부에 고주파 유도가열공법을 도입하여, 개질관의 열효율 증가와 이를 통한 고효율 니켈촉매 기질 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해, 개질관 형상별 전자기 및 열해석을 수행함은 물론, 가열 주파수 변화에 따른 온도특성을 예측함으로써, 열효율 증가에 유리한 최적의 개질관 형상 및 코일형상을 도출하였다.

[P14-8]

Study of Molecular Dynamics Analysis of Atomic-level Structure Properties with Voronoi Diagram in Metallic Glasses: 문상철, 최시연, 정연범, 김영석, 박혜진, 홍성환, 권성준, 김기범; *세종대학교 공대 나노신소재공학부.*

Keywords: Molecular dynamics, Voronoi diagram, Structural analysis, Metallic glasses

Metallic glasses suggests external properties compared with crystal structure, however the basic properties of metallic glasses structure and transition of structure during glass transition doesn't have been completely understood yet. Molecular dynamics can simulate the properties and structure at microscopic level. In order to analyze the amorphous material using molecular dynamics, it is necessary to understand the amorphous system. In current studies, we have reproduced experiments and simulations on the fabrication process of amorphous materials such as melting and quenching procedure. The structural changes of glass transition temperature and melting point for different cooling conditions were studied at kauzmann temperature. The partial radial distribution function (PRDF) and Voronoi Diagram Analysis are used for the final amorphous phase at different cooling rates. Furthermore the effects of cooling rate and kauzmann temperature on the formation of amorphous structures are discussed.

[P14-10]

Interpretation on the Low Round-trip Efficiency of Na-Sn Battery: Theoretical and Experimental Approaches: Yong-Seok

Choi[1], Young-Woon Byeon[1,2], Jae-Pyoung Ahn[1,2], Jae-Chul Lee[1]; *1Korea University. 2Korea Institute of Science and Technology.*
Keywords: Na-Sn battery, Phase transition, Charge transport, In situ diffusion experiments, First-principles calculations

Modern batteries require various properties such as high capacity, high power, long cycle life. In addition to these properties, the round-trip energy efficiency is another important property of future batteries. This is particularly the case for the Na-Sn system because the system undergoes complex/multiple electrochemical reactions that come with the multiple phase transition behaviors and associated charge transport. These phase transition and charge transport always require extra energy during charging/discharging, which lowers the round-trip energy efficiency of Na-Sn battery. Therefore, in order to interpret the energy efficiency of a battery, it is necessary to understand how the phase transition and charge transport affect the amount of the energy loss. In batteries, the amount of the energy loss associated with the electrochemical reactions are represented by the gap between the charge and discharge voltages and is termed "overpotential". Depending on which phenomenon that the overpotential arises from, the overpotential can be classified into two types; the kinetic overpotential that stems from the phase transition behavior and the ohmic overpotential related to the difficulty of the charge transport in the intermediate phases. Here, based on this concepts, we performed a comprehensive study to elucidate why Na−Sn batteries exhibit a low energy efficiency. This study addresses three issues and is organized as follows: 1) The intermediate phases that form during discharge of Na−Sn battery were identified by means of the in situ sodiation experiments and first-principles calculations. 2) We also evaluated the effect of the intermediate phases on the value of the kinetic overpotential and electric resistivity. 3) By comparing the calculated results with those obtained from the desodiation experiments performed using in situ electron microscopy, we finally revealed that both the kinetic overpotential and electric resistivity play key roles in the high overpotential of Na−Sn battery.

[P14-11]

Effect of Si and Cl Dopants on the Superionic Conductivity of the Sulfide-based Solid Electrolyte: Yong-Seok Choi[1], Hong-Kyu Kim[2], Jae-Pyoung Ahn[2], Tae-Sung Kim[1], Jae-Chul Lee[1]; *[1]Korea University. [2]Korea Institute of Science and Technology.*
Keywords: Sulfide-based solid electrolyte, Si- and Cl-doping, Diffusion channel, Static electric potential, First-principles calculations

Lack of understanding on the high ionic conductivity of the solid electrolytes (SEs) has been one of the major hurdles for developing all-solid-state batteries for future electric vehicles. This is particularly the case for the recently discovered sulfide-based SEs like $Li_{10}GeP_2S_{12}$ and $Li_{9.54}Si_{1.74}P_{1.44}S_{11.7}Cl_{0.3}$ that exhibit an unprecedented rate of the ionic conductivity close to or even higher than those of liquid electrolyte counterparts. Despite recently reported experimental and simulation works, mechanisms underlying the ionic transport rate observed from these SEs are still poorly understood. Here, we showed that, in addition to topological structure, the polarizability and bond characteristics arising from the addition of dopant materials to SEs play a key role in determining the ionic conductivity. Our study also highlights the effects of the electric potential on the topological and electronic structure of SEs and offers some design criteria that can be used to develop high-rate performance SEs.

[P14-12]

Mitsubishi **공정 중 용련로 내 전달 현상 해석 및 공정 모델 개발**: 임성미, 이경우; *서울대학교 재료공학부.*
Keywords: Mitsubishi process, Smelting furnace, Computational Fluid dynamics, ANSYS Fluent, Modeling.

동 제련 공법 중의 하나인 미쯔비시(Mitsubishi) 공법 중 용련로(smelting furnace) 에 대한 수치 모델을 개발하고 있다. 용련로는 내부의 격렬한 반응과 고온의 조업 조건으로 인해 실험적인 접근이 매우 어렵다. 따라서 수치 해석 모델을 개발하여 내부의 전달 현상과 반응, 미세 입자의 움직임 등을 해석하고 공정 조건의 최적화 및 설비의 개선에 대한 기초 자료로 사용하는 것이 목적이다. 본 연구에서는 용련로 내부를 재현하기 위해 ANSYS Fluent 17 로 VOF(Volume Of Fluid), DPM(Discrete Phase Model)을 사용하여 모델을 만들었다. 현재 미쓰비시의 용련로의 경우 랜스를 통해 광석 및 가스가 교차적으로 투입하는 조업 방식을 사용한다. 하지만 이는 불규칙적인 투입으로 인한 국부적 특이 현상을 초래할 가능성이 있을 것으로 예상한다. 이를 수치 해석적으로 확인하고자 현재 투입되는 조건을 실제적으로 반영한 'Cyclic feeding system model'을 만들었다. 반복되는 현상을 하나의 표준치로 해석하기 위해 실제 각 랜스별로 feeding 총량 및 feeding 시간 등을 분석하고 반복되는 하나의 사이클로 데이터를 정리한다. 그 결과 교차 투입시, 특정 시간 동안 많은 양의 광석이 로 내부로 투입된다. 이때 melt 내 생기는 유동은 평소보다 강해지며 이는 투입되는 물질에 의해 생긴 모멘텀의 영향으로 해석한다. 이를 전체 사이클에 대해 평균적으로 계산해 본 결과 전체 melt의 속도가 92 mm/s임을 알 수 있다. Feeding system의 영향을 비교 하고자 교차적인 투입 대신 지속적으로 물질이 투입되는 continuous feeding model을 만들었다. 하나의 랜스로 들어가는 광석은 4.8 kg/s이며 1시간에 들어가는 광석의 총량은 cyclic feeding과 동일하다. 평균적으로 전체 melt 영역에서의 속도를 계산해본 결과 84 mm/s로서, cyclic feeding일 때보다 낮은 유체 속도를 갖는다. 하지만 로 내부는 일정 이상의 유동을 갖고 있을 때 반응 후 생성물이 로 내부에 고르고 분포할 수 있다. continuous feeding의 경우 cyclic feeding에 비해 상대적으로 낮은 멜트 속도를 갖고 있기 때문에 cyclic feeding와 비슷한 속도를 갖는 랜스의 높이를 도출하였다. 다른 조건은 continuous feeding과 전부 동일하되, 기존 랜스 높이 1.5 m에서 멜트 속도를 높이기 위해 그 높이 조건을 변경하며 계산 하였다. 그 결과 랜스 높이가 1.3m일 때 cyclic feeding과 비슷한 멜트 속도를 갖는다. 이는 교차 투입의 국부적 특이 현상을 줄이면서 비슷한 유동성 및 반응성을 유지할 수 있는 조건이다. 본 모델을 통해 계산한 결과는 직접적으로 실험할 수 없는 극한의 환경의 로 내부에서 조건에 따른 결과를 예측하는데에 의의가 있으며 실제 환경을 최대한 반영하고자 개발 진행 중이다. 앞으로 완성된 모델은 용련로 공정을 위한 최적의 조건을 제시 할 수 있는 수단이 될 것으로 기대한다.

[P14-13]

First Principles Computational Screening of Highly Active Pyrites Catalysts for Hydrogen Evolution Reaction through a Universal Relation with a Thermodynamic Variable: 강준희, 황지민, 한병찬; *연세대학교.*

Keywords: First Principles, Hydrogen Evolution Reaction, Pyrite, Electrocatalyst

Hydrogen gas has been regarded as a promising fuel for securing energy and environmental sustainability of our society. Accordingly, efficient and large scale production of hydrogen is central issue due to high activation barrier unless costly transition metal catalysts are used. Here, we screen optimum catalysts toward hydrogen evolution among cheap pyrites using first principles density functional theory calculations and rigorous thermodynamic approach. A key thermodynamic state variable accurately describes the catalytic activity, of which mechanism is unveiled by a universal linear correlation between kinetic exchange current density in hydrogen evolution reaction and thermodynamic adsorption energy of hydrogen atom over various pyrites. Based on the results we propose a design principle for substantial tuning the catalytic performance.

[P14-14]

전산모사를통한대구경사파이어 단결정의 열 및 응고 해석: 최승훈[1], 문성환[2], 김준환[1], 김형중[1], 차필령[1]; *[1]국민대학교. [2]주)사파이어테크놀로지.*

Keywords: Sapphire, Computer simulation, Heat transfer, VHGF processing, Single crystal

LED 시장의 성장과 수요의 증가로 핵심소재인 사파이어 단 결정의 성장 기술 개발이 중요하게 되었다. 사파이어 단결정의 생산 공법으로는 Kyropolus, Czochralski, HAM, VHGF (Vertical Horizontal Gradient Freezing)등이 있다. 현재 VHGF법의 경우 단결정의 수율 및 품질에 있어서 매우 좋은 장점을 가지고 있다. 하지만 대구경화로 인하 여 사파이어 단결정의 성장 시 다결정화, 잉곳 시드의 미형성, 성장속도 불균형 등 성장로 설계 시 여러 문제가 발생하였다. 저항가열로 이루어지는 성장로 내에 온도 분포를 정확히 구현하기 위하여 자체 개발한 전류 밀도를 적용하는 코드를 개발하였다. 이 코드를 적용하여 성장로 및 여러 공정 변수에 따라 발생하는 단결정 성장 시에 정확한 열전달 및 응고 시뮬레이션에 대해 연구하였다.

[P14-15] 발표취소(Cancel)

결정소성 기반 유한요소해석을 이용한 니켈기 초내열합금 단결정재의 탄소성거동 모사: 전준영; *두산중공업㈜.*

Keywords: Nickel-based superalloys, Single crystal, Anisotropy, Crystal plasticity, Finite element analysis

니켈기 초내열합금(Nickel-based superalloys)은 우수한 강도 및 내열특성으로 인해 발전용 구조물, 항공기 제트엔진 등의 소재로 이용되고 있다. 특히 단결정재(Single crystal)나 일방향응고재(Directionally solidified)는 결정립계가 없거나 한 방향으로만 존재하기 때문에 다결정재(Poly crystal)에 비해 크리프 저항성 등이 더욱 우수한 것으로 알려져 있다. 이러한 니켈기 초내열합금 단결정재는 전위 이동에 따른 특정한 방향으로의 슬립변형 특성 때문에, 결정격자의 배향에 따른 이방성(Anisotropy)이 두드러지는 것이 특징이다. 본 논문에서는 니켈기 초내열합금 단결정재의 이방성 특성을 고려한 구조물의 변형 및 응력 예측의 일환으로 결정소성론(Crystal plasticity)기반 구성모델을 유한요소 해석에 적용하여 결정격자 배향에 따른 탄소성 변형 거동을 모의/분석하였다

[P14-16]

Ab Initio Calculation of the Binding Energies Between Monomers and Connectors for Highly Ordered Polymer Structures: Sanghyun Park, Hong-Joon Lee, Jae-Suk Lee, Joo-Hyoung Lee; *Gwangju Institute of Science and Technology.*

Keywords: density functional theory, crystalline polymer, binding energy

Due to the complex and expensive synthesis process, existing synthesis methods of crystalline polymers diminish the advantages of polymer. A recently proposed polymerization approach based on two-monomer-connected precursor (TMCP) is, however, a promising alternative to overcome such drawbacks [1]. TMCP is a precursor formed by linking two monomer units with a connector, a possible dopant. In addition to simplicity during synthesis process, TMCP-based polymer has almost 35 times higher electrical conductivity than a monomer-based polymer [1]. While pyrrole (Py) and 4,4'-biphenyldisulfonic acid (BPDSA) were employed in experiment, in this study we carry out ab initio calculations to explore further possibility for various TMCP-based crystalline polymers. Calculating the binding energies between Py and various connectors including ethanedicarboxylic acid (EDCA), ethanediphosphoric acid (EDPA), ethanedisulforic acid (EDSA), and ethylene glycol (EG) with density functional theory (DFT), it is demonstrated that EG is the most strongly bound with Py with the binding energy of 1.2 eV whereas EDPA does not form any binding. These results will surely provide a useful information in designing efficient TMCP for highly ordered polymer structures.[1] Lee, H.-J. et al. Close-packed polymer crystals from two-monomer-connected precursors. Nat. Commun. 7, 12803 (2016)

P15 : 피로 및 파괴
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P15-1]
점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금의 열간 단조율에 따른 기계적 특성 평가: 구가은[1], 권용남[1], 이동준[1], 김휘준[2], 문중화[3] ; *[1]재료연구소(KIMS). [2]한국생산기술연구원. [3]명화공업.*
Keywords: Al-Mg-Si Alloy, Tailored Additive Casting, Hot forging, Forging ratio, Mechanical properties
본 연구에서는 점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금 잉곳을 제조한 후 열간 단조를 실시하여 단조율에 따른 기계적 특성 변화를 조사하였다. 합금성분의 변화에 따른 영향을 평가하기 위하여 3가지 다른 조성의 합금을 점진응고법으로 주조하였으며 각 주조 잉곳은 한번의 단조를 통해 부위별로 단조율을 10, 15, 20, 30% 로 변화시킬 수 있는 금형을 이용하여 열간 단조를 실시하였다. 열간 단조를 실시한 후 3가지 조성의 합금은 미세조직 관찰 및 경도측정을 통하여 최적 열처리 조건을 선정하여 T6 열처리를 실시하였다. 열처리된 시편은 인장시험, 피로시험을 실시하여 단조율 변화에 따른 인장 및 고주기 피로 특성을 평가하였다. Al-Mg-Si 주조 잉곳은 단조율이 증가할 수록 인장 특성은 향상 되었고, 단조율 20~30%에서 최대 380MPa의 인장강도, 12% 이상의 연신율을 나타내었다. 각 합금의 인장 및 피로 특성의 차이는 조성 변화에 따른 금속간 화합물 분포의 차이와 주조시 발생한 결함의 영향인 것으로 확인하였다.

[P15-2]
장시간 운용된 니켈기 초내열 합금의 미세구조 및 저주기 피로수명 평가: 허인강[1], 김진열[1], 윤동현[1], 김재훈[1], 배시연[2], 장성용[2] ; *[1]충남대학교 기계공학부. [2]한국전력연구원.*
Keywords: Nickel-base Superalloy, Low Cycle Fatigue, Gas Turbine Blade, Microstructural Degradation, SEM
니켈기 초내열합금 GTD-111 DS 합금은 대형 가스터빈에 사용된다. 본 논문에서는 GTD-111 DS합금의 모재와 장시간 운용된 GTD-111 DS 합금에 대해 미세조직 분석 및 저주기피로수명에 대해 연구하였다. 미세조직은 주사전자현미경(SEM)을 분석하였다. 미세구조 관찰 결과 조대화 되었으며, M23C6 탄화물 및 TCP(Topological Closed Packed)상이 형성되었다. 저주기 피로시험의 조건은 1.4%, 1.6%, 1.8%, 2.0% 변형률과 760°C와 870°C의 온도이다. 저주기 피로수명은 Coffin-Manson Method와 에너지법을 통해 예측하였다. 마지막으로 SEM을 이용하여 균열경로 및 파단면을 분석하였다.

[P15-3]
전도성 탄소섬유강화 복합소재 및 그 구조 안전성 평가기술: 안성연, 노요한, 김지식; *경북대학교 나노소재공학과.*
Keywords: 복합재료, 피로, 파괴, CFRP, 압광
탄소섬유 프리 프래그를 적층한 CFRP는 경량화 분야에서 가장 조명 받고 있는 소재로, 고강도와 경량성을 특징으로 자동차, 항공, 레저와 방산에 걸쳐 모든 산업에 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 복잡다단한 CFRP 복합재료 취성 균열의 검출 및 파괴 활동성 예측과 그 학문적 정립을 위해 압광 페인트 가시화 기술을 이용한 표준화된 실시간 시각적 구조 안전성 평가기법을 확립하고자 하였다. 실험적으로는 Carbon fiber, CNT 와 압광분말 및 수지를 적층하여 두께 3 mm로 시편을 제작하였다. 기계적 특성을 평가하기 위해 인장시험을 실시하였으며, 복합소재의 전파균열 첨단 응력장 가시화를 확인하기 위해 초고속 카메라를 사용하였다. 이를 통해 얻어진 소재에서의 크랙 역학적 거동 데이터를 수집 평가하고, 이를 해석적 접근방법에 의해 새롭게 도출된 CFRP 복합소재의 일반 지배 구성방정식을 적용함으로써 크랙 발생으로 인한 내구성 저하 방지와 함께 실시간 구조 안정성 확보를 가능케 하였다.

[P15-4]
항공용 Ti-6Al-4V 합금의 냉각 조건에 따른 인장 및 피로 거동: 김도희, 이정민, 이유림, 송가영, 조혜인, 성효경; *경상대학교.*
Keywords: Ti-6Al-4V, cooling condition, tensile properties, fatigue properties
항공용 소재의 경량화 추세에 따라 복합재의 사용이 증대되면서 비강도가 높고 기계적 특성이 우수한 타이타늄 합금의 활용도 또한 높아지고 있다. 이 중 항공용 소재로서 가장 널리 사용되는 Ti-6Al-4V 합금은 열처리 및 냉각 조건에 따라 등축정, 층상구조, 침상형 마르텐사이트 등과 같이 다양한 미세조직제어가 가능하다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금을 열처리 한 후 노냉, 공랭, 수냉 등으로 냉각 속도를 다양하게 조절하여 시편을 제조하였고 광학 및 주사전자 현미경을 통하여 미세조직을 분석하였다. Electron backscatter diffraction (EBSD) 분석을 통하여 colony 간의 방위관계 및 α 및 β 상의 분율을 측정하였고, 각 시편에서 인장 시험 및 S-N 피로 시험을 실시하여 인장 강도와 피로 특성간의 상관관계를 분석하였다. 이를 통해 항공용 Ti-6Al-4V 합금의 미세조직학적 인자들이 인장 및 피로 특성과 같은 기계적 특성에 미치는 영향을 밝히고자 하였다.

[P15-5]
극지용 강재의 열영향부 균열 개시/전파에 미치는 Martensite-Austenite(MA)의 영향: 이석규[1], 손석수[1], 김보희[1], 김우겸[2], 엄경근[2], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 기술연구원.*

Keywords: 열영향부, 균열 개시, 균열 전파, MA

최근 증가하는 심해자원과 극지자원의 개발로 인해 저온에서도 우수한 파괴인성을 갖는 고강도강의 연구가 많이 진행되고 있다. 강도가 우수하고 용접성도 좋은 HSLA 강이 많이 개발되고 있는데, 이러한 HSLA 강을 용접했을 때 형성되는 열영향부에서 CTOD 파괴인성이 저하된다는 결과들이 많이 보고 되어왔다. 본 연구에서는 용접 부 열영향부에서 파괴인성에 영향을 끼치는 요인 중 하나인 Martensite-Austenite(MA)에 대하여 살펴보고자 하였다. 여러 HAZ 중 Inter-critically heated HAZ (ICHAZ) 에서 MA가 많이 형성되며 파괴인성이 저하되는 것을 확인하였고 이를 분석하기 위해 Thermal-cycle system simulation test를 통해 열 모사한 시편을 사용하였다. 우수한 파괴인성을 얻기 위해 열영향부의 파괴 개시/전파를 결정 짓는 요소를 확인할 필요가 있다. 본 연구에서는 이를 알아보기 위해 열영향부에서 관찰되는 MA 에서 어떻게 파괴인성에 영향을 크게 주는지 살펴보고, 파괴거동이 어떤 식으로 일어나는지 균열의 시작과 전파 과정에 대해 분석하고자 한다.

[P15-6]

메타 휴리스틱스를 이용한 최적 3차원 프린팅 미세격자 구조의 결정학 모방연구: 노요한, 안성연, 김지식; *경북대학교 상주캠퍼스.*

Keywords: 미세격자구조, NSGA-III, 3D 프린팅, 구조재료

미세격자 구조재는 다양한 분야에서의 구조물 적용 가능성이 심대하여 건물, 교량, 및 자동차 선박 등으로부터 로켓, 우주선 및 일반항공기 구조물에 이르기 까지 거의 모든 구조소재로의 적용이 가능하므로 그 파급효과는 NASA 가 예측한 바, 우주항공 분야의 게임 체인져 기술로 선정될 정도이다. 이외에도 열, 진동, 및 충격 흡수재와 같은 구조 및 기능성재료의 혼합 기능재로서 뿐만 아니라, 배터리 전극 및 촉매 등의 기능성 응용을 포함하는 공학 전반에 걸친 다양한 응용이 기대되고 있다. 특히, 국내 민수 부분에의 적용가능성이 가장 높은 곳은 무엇보다도 자동차용 경량 수송소재 및 그 부품 분야일 것이다. 이는 최근 전기자동차 주행 거리가 전기 자동차 확대에의 걸림돌로 지적되어온 만큼, 자동차 무게 감소를 통한 주행거리 확장을 가능케 함으로써 전기 자동차 시장 선점에도 적용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다중목적 유전알고리즘 기반의 메타 휴리스틱스 최적화 전략을 이용하여 결정학 기반의 최적화된 미세격자 구조를 제시하고자 한다.

[P15-7]

파이프 조관시 바우싱거 효과에 영향을 미치는 Acicular Ferrite와 Polygonal Ferrite의 영향: 김대웅[1], 손석수[1], 김기석[2], 김완근[3], 이성학[1]; *[1]포항공과대학교 신소재공학과. [2]포스코 철강솔루션마케팅실. [3]포스코 POSCOA 팀.*

Keywords: Linepipe, HSLA, 저주기 피로, 바우싱거 효과, EBSD

파이프용 철강은 원유와 천연가스를 운송하기 위하여 사용되고 있고 이러한 환경에서는 높은 압력을 견디기 위하여 높은 강도가 필요하게 된다. 철강사에서 제조된 판재는 코일 상태에서 펴진 후 파이프로 만들게 된다. 이 과정에서 판재는 인장과 압축의 반복적인 변형을 받게 되고 처음보다 낮은 인장 물성을 가지게 된다. 이와 같은 변형으로 인한 물성 저하를 바우싱거 효과라고 한다. 이 실험에서는 냉각 개시 온도에 따라서 Accicular Ferrite와 Polygonal Ferrite의 분율을 조절하였고 Pre-strain에 따라서 Yield Strength의 변화를 정량화하여 바우싱거 효과를 비교하였다. 바우싱거 효과를 미세조직학적 영향으로 더 깊게 분석하기 위하여 Interrupted-V point bending EBSD 방법을 사용하였고, Grain Boundary와 Mobile Dislocation Density의 변화를 통하여 Accicular Ferrite가 Polygonal Ferrite보다 바우싱거 효과가 더 크다는 것을 밝혔다.

P16 : 집합조직
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P16-1]

다축대각단조(MADF) 가공한 구리의 집합조직 및 기계적 성질: 권상철[1], 김순태[1], 이재근[2], 서승재[2], 박홍래[3], 정효태[1]; *[1]강릉원주대학교. [2]㈜풍산 방산기술연구원. [3]방위산업기술지원센터.*

Keywords: OFC, MADF, Microstructure, Texture, Mechanical properties

최근에 개발된 강소성 가공법인 사전이력 초기화 다축대각단조(MADF-IPH, Multi-Axial Diagonal Forging - Initialization of Prior manufacturing History, 이하 MADF) 가공법은 기존의 강가공법들과 비교하여 공정중 재료의 손실이 거의 없고 가공전후의 형상변화가 없으므로 원론적으로 무한반복 가공이 가능하다. 또한 강소성 가공법임에도 불구하고 대칭가공공정이므로, 기존의 강소성 가공기술들이 갖는 비대칭적 가공공정에서 발생하는 문제점들을 원천적으로 해결할 수 있는 장점이 있다. 이 연구에서는 면심입방정(FCC) 결정구조인 무산소동을 90 mm길이의 정육각면체로 제작한 후 MADF 공정으로 1, 2 cycles 가공하였다. MADF공정은 두께 감소율 30%의 수직단조와 대각단조각 135°의 대각단조로 구성하였다.MADF 가공재는 2 cycles까지 가공하여도 결함 발생하지 않고 건전하게 소성가공 되었다. 1, 2 cycles MADF 가공재에 대하여 경도, 미세조직 및 집합조직을 분석하여 MADF 가공량에 따른 재료특성의 변화를 연구하였다. MADF 가공이 반복됨에 따라 결정립 미세화가 진행되어, 2 cycles 가공된 구리소재의 결정립의 크기는 약 2 μm, 비커스경도 130 HV, 인장강도 384 MPa 이었으며, 연신율은 40%였다.

[P16-2]

다양한 강의 비대칭 압연과 열처리 후 {110}집합조직 발달: 김인수[1], 남수권[1], 이철우[1], 이동녕[2]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: 비대칭 압연, 열처리, {110}<001>집합조직, 방향성 전기강판

강판에서 {110}집합조직은 연자성 특성을 나타내므로 매우 중요한 집합조직이다. 그 이유는 변압기 코어 재료로 사용되는 방향성 전기강판에서 {110}집합조직은 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮아지고 좁은 히스테리시스 루프(hysteresis loop)를 나타내기 때문이다. {110}집합조직이 방향성 전기강판에서 필수적인 집합조직이고 그 제조 방법은 1935년도에 G.P. GOSS이 제안하였다. 현재까지 상용화되고 보편적인 {110}집합조직 제조 방법은 매우 복잡한 제조과정을 거칠 뿐 만 아직도 정확한 제조공정이 알려지지 않고 각 제조회사의 비밀로 유지하고 있다. 본 연구에서는 새로운 방법으로 다양한 강을 상온 및 열간 비대칭 압연하고 전단변형을 가함으로써 {110} 집합조직을 얻고, 이를 여러 가지 온도와 분위기 조건에서 열처리함으로써 {110} 집합조직을 쉽게 얻는 제조방법을 연구하였다. 시편은 XRD와 EBSD를 이용하여 {110} 집합조직을 갖는지 확인하였고, 각 조건에 따른 {110} 집합조직 발달 정도를 비교하였다.

[P16-3]

전주도금으로 제조한 Fe-Ni 합금 메탈마스크의 열팽창성과 형상 제어: 이영지, 김인경, 박용범; *순천대학교.*

Keywords: Electroforming, Fe-Ni Alloy, Invar, Fine Metal Mask, Thermal expansivity

OLED 디스플레이 패널 생산공정에 사용하는 인바합금 메탈마스크 (fine metal mask:, FMM)를 형상 패턴이 된 음극판을 이용한 전주도금 방법으로 제작하였다. 전주도금 Fe-Ni 합금이 저열팽창 특성을 나타나게 하려면 열처리를 해야 하는데, 이로 인해 메탈마스크의 형상과 치수가 변화하는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 어닐링 온도와 시간 그리고 냉각속도 등 열처리 조건을 변수로 하여 메탈마스크의 형상과 치수의 변화를 조사하였다. 이 결과를 바탕으로 OLED 디스플레이 생산공정에 적용할 수 있는 전주도금 인바 메탈마스크의 제조조건을 제시한다. 이와 함께 전주도금 인바의 열처리 과정에서 형상과 치수의 제어를 가능하게 하는 원리를 해명한다.

[P16-4]

비대칭 압연과 열처리한 Copper의 소성변형비 변화: 김인수[1], 이철우[1], 장종현[1], 이동녕[2]; *[1]금오공과대학교 신소재공학부. [2]서울대학교 재료공학부.*

Keywords: Copper; 비대칭 압연; 집합조직; 소성변형비

Copper 는 전기전도성과 전연성이 좋고 디프드로잉 성형성도 매우 우수하다고 알려졌다. 여러 면에서 우수한 특성을 가지는 Copper 의 소성변형비를 더욱 향상시키기 위하여 Copper를 비대칭 압연과 다양한 분위기와 온도조건에서 열처리를 하였다. Copper 를 상하 압연롤의 속도비가 1: 1.5인 비대칭 압연기를 이용하여 비대칭 압연을 실시하였다. 비대칭 압연한 Copper 를 분위기에서 다양한 분위기와 온도에서 열처리를 하였다. 비대칭 압연과 열처리한 Copper를 비대칭 압연 전과 비대칭 압연 후 열처리한 Copper 를 XRD를 이용하여 극점도를 측정하였다. 극점도를 측정한 Copper 는 Bunge 모델을 이용하여 방위분포함수를 계산하였다. 계산한 방위분포함수는 방향에 따른 소성변형비(R), 평균소성변형비 ( ) 및 ½ΔR½을 계산하는데 이용하였다. 비대칭 압연과 비대칭 압연 후 열처리한 Copper 를 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 조직사진을 관찰하였다. Copper 를 비대칭 압연한 후 다양한 열처리 온도에서 열처리한 결과, 초기 Copper에 비하여 소성변형비가 향상되고 평균소성변형비가 낮아졌다.

[P16-5]

다축대각 단조공정 시 알루미늄 합금의 변형 및 집합조직 불균일성 분석: 신지환[1], 김시온[2], 김민성[1], 권상철[3], 김순태[3], 이성[4], 정효태[3], 최시훈[1]; *[1]국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과. [2]국립 순천대학교 신소재공학과. [3]국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과. [4]국방과학연구소.*

Keywords: Severe Plastic Deformation, Multi-axial diagonal forging, Al alloy, XRD, EBSD

본 연구에서는 다축대각 단조공정(multi-axial diagonal forging, MADF) 시 공정 단계별 금형의 형상에 따른 알루미늄 합금의 변형 및 집합조직의 불균일성을 실험적으로 분석하고자 하였다. MADF는 지금까지 알려진 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 시편 전체에 균일한 변형을 부과할 수 수 있는 신개념 가공공정이다. 전체 공정은 12 패스로 구성되어 있으며, 업셋단조(upset forging)와 쐐기단조(wedge forging)로 구분할 수 있다. OM 및 EBSD, XRD 기술을 사용하여 MADF 시 각 공정별 알루미늄 합금의 변형 및 집합조직을 실험적으로 분석하였다. 사전이력초기화(initialization of prior history, IPH)된 알루미늄 합금의 초기 결정학적 방위를 XRD로 측정하여 거시적 변형집합조직 발달을 분석하였다. 또한 MADF-IPH된 알루미늄 합금의 초기 미세조직과 각 단계에서의 미세조직을 비교 분석하였다. 본 연구를 통하여 MADF의 각 공정시 알루미늄 합금에 발달하는 미세조직의 발달거동과 변형거동을 실험적으로 이해할 수 있었다.

[P16-6]

결정소성 유한요소 해석을 이용한 순수 타이타늄 변형거동 메커니즘 분석: 채준열[1], 강주희[2], 박찬희[2], 원종우[2], 오창석[2], 김지훈[1]; *[1]부산대학교 공대 기계공학부. [2]KIMS 재료연구소.*

Keywords: 타이타늄, 역최적화, 결정소성, HCP

순수 타이타늄의 변형 거동 메커니즘을 분석하기 위해서 결정소성 유한요소 해석 기술을 사용하여 타이타늄의 미세 구조에 대한 해석을 수행하였다. 순수 타이타늄의 거동을 대표할 수 있는 Voxel 기반의 대표부피요소를 제작하고, 침입형 원소 농도가 다른 순수 타이타늄 Grade 2 와 Grade 4에 대해서 결정방위를 측정하여 입력하였다. 실험을 통해 얻은 인장과 압축 물성 등 거시적 거동을 재현할 수 있도록 결정소성 유한요소해석을 이용한 역최적화를 통해 모델 상수를 결정하였다. in-situ 미소 인장시험을 해석하고 결정립의 변형과 쌍정 등을 비교하여 변형기구를 분석하였다. 두 소재 모두 Prismatic 슬립에 의한 변형이 지배적이었으며, 임계분해전단응력은 Primastic 슬립, Basal 슬립, 인장쌍정, 그리고 Pyramidal 슬립 순으로 증가하였다. in-situ 실험에서 관찰된 인장쌍정은 결정소성 유한요소 해석에 의한 예측과 잘 일치하였다.

P17 : 마그네슘
Room 그랜드 볼룸B, 10월 26일

[P17-1]
버블링 및 필터링 공정이 마그네슘합금의 주조결함 개선에 미치는 영향: 김남룡[1], 임창동[1,2], 김하식[2]; *[1]과학기술연합대학원대학교. [2]한국기계연구원 부설 재료연구소.*
Keywords: Casting Process, Inclusion Defect, Filtering, Bubbling
AZ91 합금은 대표적인 상용 마그네슘합금으로 주조성과 상온 기계적 특성이 우수하여 마그네슘합금 중 가장 널리 사용되는 합금이다. 마그네슘합금의 다양한 장점에도 불구하고 경쟁 재료에 비해 열악한 내식성은 마그네슘합금의 적용범위 확대에 장애물로 작용하고 있으며, 이러한 단점을 극복하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 내식성에 악영향을 미치는 불순물 함량 제어에 대한 연구에 비하여 주조 과정에서 개재물의 혼입을 억제하기 위한 연구와 적용은 미미한 편이다. 본 연구에서는 주조 과정에서 개재물의 혼입을 억제하기 위한 방안을 도출하고자 하였다. AZ91 합금 용탕 내부로 고순도(99.995%) Ar 가스를 주입시켜 용탕 내에 존재하는 개재물을 용탕의 표면으로 부상하게 하는 버블링 공정을 도입하였다. 또한 SUS 필터를 이용하여 용탕 내부에 잔존하는 개재물 및 용탕 표면 층에 존재하는 개재물을 여과시키는 필터링 공정을 적용함으로써 주조 과정에서의 개재물 혼입을 억제하고자 하였다.

[P17-2]
Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금 조성별 기계적특성평가: 장호승[1], 박종문[1], 이상민[2], 박민수[2], 박노진[3], 오명훈[3]; *[1]금오공과대학교 신소재공학과. [2](주)장원테크. [3]금오공과대학교 신소재공학부.*
Keywords: Magnesium, Thixomolding Process, Mechanical Characterstic
마그네슘 합금은 실용금속 중 가장 높은 비강도를 갖는 금속이며, 치수안정성 및 기계 가공성 등이 우수하다. 그리고 경량화 요구가 활발해지면서 자동차 부품 및 항공기 부품 등으로 핵심소재로 대다수 이용되고 있다. Thixomolding 공정은 Die-casting 공법에서의 액상주조와 달리 액상과 고상이 혼재하는 슬러시(slurry) 형태로 사출이 이루어지기 때문에 미세조직의 배열이 우수하고, 기공과 변형의 발생이 적어 강도가 우수하며, 미세성형이 가능하다. 또한 다이캐스팅은 705°C 이상에서 이루어지는데 비해 틱소몰딩 공정은 560~610°C에서 반응고 주조의 형태로 성형이 이루어지기 때문에 다이캐스팅에 비하여 미세조직이 균일하고, 금형의 수명도 우수하다. 요즘 자동차 부품 분야에서 자동차 LED 히트싱크 등 방열 소재가 고신뢰성과 특성 유지를 위한 부품소재들이 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. 본 연구에서는 Thixomolding 공정을 이용한 마그네슘 합금에 따른 조성별 기계적 특성 평가를 했다. 실험에서 사용된 마그네슘 합금을 사용하였으며, 만능재료시험기와 XRD 이용하여 인장강도 및 연신율, 성분분석을 하였다. 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(No. NRF-2016H1D5A1910938)

[P17-3]
압출 중 냉각처리가 AZ91 마그네슘 압출재의 고주기 피로특성에 미치는 영향: 김예진[1], 김상훈[1], 이종언[1], 유봉선[2], 박성혁[1]; *[1]경북대학교. [2]재료연구소.*
Keywords: Magnesium alloy; Extrusion; Cooling; Cyclic loading; Fatigue strength.
The influence of artificial cooling on the high-cycle fatigue behavior of extruded AZ91 alloy is investigated via fully reversed stress-controlled fatigue tests of alloy samples indirectly extruded with and without artificial cooling using water. The application of artificial cooling leads to a decrease in the size of recrystallized grains and an increase in the amount of dynamically formed $Mg_{17}Al_{12}$ precipitates of the extruded alloy; this consequently results in an improvement in its tensile and compressive strengths. The artificially cooled sample has superior fatigue resistance to the non-cooled sample because the fatigue damage per cycle in the former is smaller than that in the latter. The dominant cyclic deformation mechanism of the non-cooled sample varies from twinning–detwinning to dislocation slip with cycling owing to the occurrence of cyclic hardening, which causes the initial asymmetric hysteresis loop to become gradually symmetric with an increase in the number of cycles. On the other hand, the artificially cooled sample has a completely symmetric hysteresis loop from the first cycle owing to the suppression of twinning in compression by the high compressive strength. In addition, the shape of the hysteresis loop, the tensile and compressive peak strains, and the total strain amplitude of the artificially cooled sample remain almost unchanged throughout the entire lifetime because the sample is cyclically stable. These different cyclic deformation behaviors of the two samples are strongly related to the difference in their dislocation densities in the as-extruded state.

[P17-4]
초기 집합조직이 AZ31 마그네슘 압연판재의 굽힘변형 특성에 미치는 영향: 이종언, 김상훈, 김예진, 박성혁; *경북대학교.*
Keywords: magnesium, three-point bending, texture, twinning, bendability
마그네슘은 낮은 밀도와 높은 비강도를 가지고 있어 수송기기 및 항공우주 분야에서의 적용범위가 점차 확대되고 있다. 또한, 우

수한 기계적 특성을 가지는 마그네슘 압연재에 대한 관심이 증대하고 있다. 하지만, 마그네슘 압연재는 기저면이 압연면과 평행한 집합조직을 가지고 있어 상온에서의 성형 시 두께 방향으로의 변형을 수용하기 어려워 낮은 성형성을 보인다. 최근 성형성 향상을 위해 마그네슘 압연재의 집합조직을 약화 또는 변화시키기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 하지만, 판재의 초기 집합조직이 굽힘 성형성에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 AZ31 마그네슘 압연 판재의 3점점 굽힘 시험을 통해 집합조직과 굽힘 특성의 상관관계를 조사하였고, 쌍정 및 미세조직 변화 분석을 통해 굽힘 변형을 수용하는 메커니즘에 대해 조사하였다. 이를 위해 OM, SEM, EBSD를 통해 미세조직과 집합조직을 관찰하였다.

[P17-5]

임계냉각속도에 따른 Mg-Zn 비정질 합금에서의 결정화거동 연구: 김현아[1], 김송이[1], 이아영[1], 이민하[1], 김도향[2]; *[1] 한국생산기술연구원인천지역본부. [2] 연세대학교 신소재공학과.*

Keywords: Mg-based alloy, Amorphous, Crystallization

마그네슘 합금은 높은 비강도, 비강성과 더불어 경량성이 우수하여 자동차 및 항공재료에 적용할 수 있는 고기능 구조용 합금으로 주목받고 있다. 그러나 마그네슘 합금은 기존 구조용 소재로 이용되는 알루미늄 합금과 비교할 때 낮은 강도와 취성, 내부식성 때문에 적용범위가 제한되어 있다. 하지만 급속응고법을 이용하여 마그네슘 비정질 합금을 제조하였을 경우 부식저항성과 더불어 강도와 연성이 증가한다. 하지만 마그네슘 비정질 합금은 낮은 용융점을 갖기 때문에 온도의 변화에 매우 민감하여 결정화 거동에 대한 연구가 함께 진행되어야 한다. 본 연구에서는 급속응고법을 이용하여 임계 냉각속도의 변화에 따른 Mg-Zn 이원계 비정질 합금의 결정상의 형성 및 상변태 거동을 연구하였다. 서로 다른 응고속도로 제조된 Mg-Zn 비정질 합금을 저온 및 상온 시효 후 DSC(Differential Scanning Calorimeter)를 이용하여 열적 거동을 분석하였고 XRD(X-Ray Diffraction)과 SEM(Scanning Electron Microscope)를 이용하여 결정구조 및 미세구조를 분석하였다. 마그네슘 합금은 높은 비강도, 비강성과 더불어 경량성이 우수하여 자동차 및 항공재료에 적용할 수 있는 고기능 구조용 합금으로 주목받고 있다. 그러나 마그네슘 합금은 기존 구조용 소재로 이용되는 알루미늄 합금과 비교할 때 낮은 강도와 취성, 내부식성 때문에 적용범위가 제한되어 있다. 하지만 급속응고법을 이용하여 마그네슘 비정질 합금을 제조하였을 경우 부식저항성과 더불어 강도와 연성이 증가한다. 하지만 마그네슘 비정질 합금은 낮은 용융점을 갖기 때문에 온도의 변화에 매우 민감하여 결정화 거동에 대한 연구가 함께 진행되어야 한다. 본 연구에서는 급속응고법을 이용하여 임계 냉각속도의 변화에 따른 Mg-Zn 이원계 비정질 합금의 결정상의 형성 및 상변태 거동을 연구하였다. 서로 다른 응고속도로 제조된 Mg-Zn 비정질 합금을 저온 및 상온 시효 후 DSC(Differential Scanning Calorimeter)를 이용하여 열적 거동을 분석하였고 XRD(X-Ray Diffraction)과 SEM(Scanning Electron Microscope)를 이용하여 결정구조 및 미세구조를 분석하였다.

P18 : 나노소재
Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P18-1]

Pd@Au core-shell 나노입자의 표면 Au 격자 변형률 분석: 김진수[1], 김인호[2], 유태경[3], 안재평[3], 이재철[2]; *[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]경희대학교.*

Keywords: 나노입자, 격자 변형률, EXAFS, nano-beam diffraction, Pd, Au

재료가 나노화되면 표면 격자 변화 및 재료의 특성 변화가 나타난다는 것은 많은 연구로 잘 알려져 있다. 이 덕분에core-shell 나노입자를 합성하여 shell의 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. 본 연구팀에서는 TEM의 nano-baem diffraction과 EXAFS radial distance 측정을 통해 코어-쉘 구조의 표면 격자 변형률 분포를 보이고자 한다.

[P18-2]

Synthesis of Mesoporous Copper Oxide Nanoparticle Via Inverse Micelle: 양원식[1,2], 허성규[1,2], 핫산 가리드[1,3], 황해진[2], 김범성[1,3], 박경태[1], 김택수[1,3], 서석준[1]; *[1]한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터. [2] 인하대학교 신소재공학과. [3] 과학기술연합대학원대학교*

Keywords: 메조포러스 CuO, Inverse micelle, Sol-gel process, hard-template

메조포러스 산화물은 2~50 nm 기공 크기, 넓은 표면적, 일정한 기공 크기 분포 등의 고유한 특성을 갖아서, 촉매, 흡착제, 에너지 저장, 센서 등의 폭넓은 분야에 이용되고 있다. 전이금속 산화물은 TiO2, ZrO2 등의 일부 원소에 대한 메조포러스 합성 연구가 수행되었지만, 축합반응의 속도가 빠르고 계면활성제와의 상호작용력이 떨어져서 메조포러스 실리카 합성에 활용되는 일반적인 sol-gel 법으로 구조를 제어하기 어렵다는 단점이 있다. 지금까지의 대부분의 연구가 메조포러스 실리카 등을 hard-template로 활용한 복잡한 공정을 요구하고 있다. 본 연구에서는 메조포러스 구조 제어의 용이성 확보와 공정의 단순화가 가능한 inverse micelle sol-gel 방법을 이용하여 메조포러스 CuO를 합성하였다. 메조구조 형성 및 기공 크기 및 비표면적 조절을 위하여 반응 pH, 계면활성제 농도, 열처리 온도 조절을 하였고, 합성된 메조포러스 CuO는 X선 회절분석, BET, SEM, TEM 이용하여 분석하였다. 최적화된 조건의 메조포러스 CuO는 기공 크기 14.5 nm, 비표면적 122.87 m^2/g를 갖음을 확인하였다.

[P18-3]

Pd@Au 코어-쉘 나노입자에서의 charge transfer에 의한 전자구조 변화 분석: 김진수[1], 김인호[2], 유태경[3], 안재평[3], 이재철[2]; *[1]고려대학교. [2]한국과학기술연구원. [3]경희대학교.*

Keywords: charge transfer, core-shell, Pd, Au, XPS, XANES

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.

[P18-4]

니켈 나노입자의 연속합성: 조용수[1], 이성용[1], 하태권[1], 양승민[2]; *[1]강릉원주대학교. [2]한국생산기술연구원.*

Keywords: Nickel, nanoparticles, nanopowder, continuous synthesis

최근 급격한 세계 시장규모증가 추세를 보이는 니켈 나노입자는 의료, 인쇄전자 등 여러 응용분야에서 활발한 연구들이 진행되어지고 있다. 본 연구에서는 의료용 체외 진단기기에 사용되는 니켈 나노 입자의 연속합성 공정을 개발하는데 목적을 두었다. 의료용 체외 진단 기기란 질병의 진단과 예후, 건강 상태 판정, 질병 치료효과 판정, 예방 등의 목적으로 인체로부터 채취된 대상물을 이용한 검사에 사용되는 의료기기로써 원하는 항원을 초상자성을 가진 나노 입자를 이용하여 분리 추출 하는 원리를 가진다. 기존 재료인 산화철은 초상자성을 가지고 있으나 높은 단가, 넓은 입도분포 등의 문제점을 가지고 있는데 본 연구에서는 이러한 산화철을 대체하여 공정비용이 낮고 입도분포가 좁은 초상자성 니켈 나노입자 합성 기술을 개발하였다. 연속식 합성 장비를 설계, 구축하고 이를 이용하여 니켈 나노입자를 합성하였고 SEM, XRD, UV로 수십 나노미터의 크기를 가지는 니켈임을 확인하였다.

[P18-5]

Layered Antimony Telluride for Rechargeable 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 이온전지는 리튬 이온에 비해 상대적으로 큰 나트륨 이온의 이온 반경으로 인하여 상용화된 흑연을 음극소재로 적용하기 어렵다. 이를 해결하기 위하여 다양한 탄소재료를 음극소재로 적용하기 위한 연구가 많이 진행되고 있지만 용량이 제한적이기 때문에 높은 이론용량을 가지는 합금계 음극에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 나트륨과 합금이 가능한 대표적인 물질로 V족계 물질인 안티몬(Sb)은 나트륨과 합금을 통하여 탄소재료보다 높은 이론용량 (660 mAh/g)을 가진다. 그러나 이러한 높은 이론용량에도 불구하고 이차전지 음극소재로 적용하게 되었을 때, 높은 부피팽창과 좋지 않은 전기화학적 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 안티몬의 문제점을 해결하기 위하여 안티몬 화합물인 Sb_2Te_3을 합성하여 나트륨 이차전지의 전극소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 나트륨과의 반응 메커니즘을 확보하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 나트륨 이온 전지의 음극재료로써의 새로운 연구 방향을 제시하였다. AcknowledgementsThis research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P18-6]

리튬이차전지용 M-Sb 화합물의 전기화학적 특성 연구: 유동근, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Lithium batteries, Anode materials, Antimony, Recombination, Reaction mechanism

현재 전 세계적으로 가장 각광 받는 에너지 저장시스템인 리튬 이온이차전지 산업은 지속적인 과학기술의 발전을 통해 생활 곳곳에 편리한 고성능의 전자기기들의 전력 원으로 사용 중이며 주로 휴대폰 등 모바일 IT 기기의 전원으로 사용되고 있을 뿐만 아니라 전기자동차 및 신재생 에너지 등의 대용량화 에너지 저장 용도로 사용이 확대되고 있는 중이며, 산업의 발전에 따라 더 높은 에너지 밀도와 높은 고율특성을 가지는 이차전지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 상용화 되고 있는 리튬이온 이차전지는 흑연계 음극으로 낮은 이론용량(372mAhg-1)과 낮은 고율특성의 문제를 가지고 있어 이를 해결하기 위해 흑연을 대체할 수 있는 고용량의 리튬 합금계 물질들이 연구가 진행되고 있는 중이다. 하지만 리튬 합금계 물질들은 흑연계 보다 높은 용량과 우수한 출력 특성을 나타내는 장점을 가지고 있지만 리튬과의 반응하는 과정에서 큰 부피팽창을 일으키고 리튬과 반응 후 구조 붕괴를 일으켜 사이클 특성이 저조하다. 본 연구에서는 이러한 수명특성의 단점을 보완하기 위해 안티몬계 화합물인 M-Sb을 합성하여 이차전지의 음극소재로 활용하였고 다양한 분석 장비를 사용하여 반응 메커니즘을 확보하였다. 또한 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 리튬 이온 이차전지용 음극재료로써의 새로운 연구 방향을 제시하였다. AcknowledgementsThis research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P18-7]

Sb/MC/C Nanocomposites as Anodes for Rechargeable Na-Ion Batteries: 정수민, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Na-ion batteries, Anode materials, Antimony, Reaction mechanism

최근 휴대전화 및 노트북과 같은 에너지 저장 시스템과 전기자동차 산업 등의 개발과 발전으로 인하여 이차전지에 대한 수요도 늘어나고 있는 추세이다. 그 중 리튬이차전지에 대한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 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 시급하다. 나트륨 이차전지의 음극에서도 합금계 음극재료가 활발히 연구가 진행되고 있다. 그 중 660 mAh/g 이라는 우수한 용량을 가지는 물질인 안티몬(Sb)이 주목받고 있지만 합금계 음극재료로 사용 시 부피팽창으로 인하여 사이클 진행에 따른 가역용량의 감소라는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 우수한 용량을 가지는 안티몬(Sb)과 전이금속(M)의 화합물(M_xSb_y)을 제조한 후, 이를 이용하여 Sb/MC/C 나노복합체를 제조하여 고용량 나트륨이온 이차전지용 음극소재로 적용하였다. Acknowledgements This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P18-8]

Band Gap Widening of Two Dimensional MoS_2 by Oxidative Intercalation: Song SungHo[1], Dongju Lee[2], Seokwoo Jeon[3]; *[1]Kongju National University. [2]Chungbuk National University. [3]KAIST.*

Keywords: Molybdenum Disulfide, Band Gap Widening, Intercalation Compounds

Band gap modulation of two-dimensional transition metal dichalcogenides is an attractive topic because of different band gap widening mechanism from three-dimensional semiconductors. Especially, the band gap widening into the visible wavelength range expands the availability of molybdenum complexes for electronics and optoelectronics. Here, we report the controllable band gap widening from 1.8 to 2.6 eV from oxidized MoS_2 sheets that are composed of quilted phases of various MoS_xO_y flakes. Remarkably, fine reversible tuning of the band gap is achieved by post-processing sulfurization of the MoS_xO_y sheets. Various chemical and structural properties examined by spectroscopic methods verified the change of structural strain, symmetry breaking, and phase transition. This result opened up a new route to expandable band gap engineering of two dimensional transition metal dichalcogenides by partial oxidation.

[P18-9]

Viscosity increase of graphene oxide aqueous suspension after Electrophoretic Deposition and application: 박성규, 안성진, 최진석, 이태균, 남상열; *금오공과대학교.*

Keywords: Nano material, graphene, graphene oxide, EPD, Viscosity

There are a variety of method like spray coating, dip coating, layer by layer(LBL), spin coating making graphene based material films. Spin coating of them is fast, easy uniform method. But, graphene based material film after spin coating is limited because its viscosity is usually low. Recently, graphene based material film manufactured after Electrophertic Deposition(EPD) was reported. Independently, we found viscosity increase of graphene oxide aqueous suspension after EPD process. It means to control thickness of films when viscosity of suspension increases Hence, we studied for viscosity increase of EPD-GO solution various EPD conditions. Viscosity increase of EPD-GO solution is helpful for fabricating the large area spin coated GO film due to the more adhesive property. It can also form flexible films that stick to three-dimensional curved surfaces and create thick graphene graphene bodies of various shapes.

[P18-10]

탄소나노튜브 기반 복합구조 형성 및 나노파티클에 의한 가스센싱 특성 향상: 김현우, 최명식, 방재훈; *한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: 탄소나노튜브, 나노파티클, 가스센싱

탄소나노튜브는 원기둥 모양의 나노구조를 지니는 탄소의 동소체이다. 그래핀이라는 탄소 원자 한 층으로 이루어진 막을 벽으로 하며 길고 속이 빈 튜브 모양으로 만들어졌기 때문에 탄소 나노튜브라 불리어지며 이러한 탄소나노튜브는 현재 반도체식 가스센서의 소재로 많은 실험이 이루어지고 있다. 탄소나노튜브는 sp^2결합으로 구성되어 있으며 이로 인해 강도가 높고 뛰어난 전기적 성능을 보인다. 이외에도 넓은 표면적을 지니고 있어 가스 흡착에 유리하다는 이점을 가지고 있다. 이번 연구에서는 이러한 탄소나노튜브에 금속 나노파티클을 첨가하여 복합구조를 형성하였고 가스 센싱 특성을 평가하였다. 나노파티클이 흡착된 탄소나노튜브의 표면에서는, 금속 촉매들의 spill-over 효과가 발생하고 이로 인해 가스 센싱 능력이 상승하게 된다.

[P18-11]

나노 중공 실리카 입자의 TiO_2 코팅에 따른 광 투과율 특성변화: 노기연, 노경재, 이영철, 이성의; *한국산업기술 대학교신소재공학과.*

Keywords: nano hollow silica, TiO_2, transmissivity, Optical Filter

현재 사용되고 있는 광학 필터는 고굴절률 박막과 저굴절률 박막을 교대로 코팅한 다층 박막으로 구성되어있다. 다층 박막의 경우 투과율을 낮추기 위해서는 두 박막층을 교대로 7층 이상 적층 해야 하므로 박막 코팅 공정상에서 불량이 발생 될 경우 복구가 힘들어 지고 두께가 두꺼워지는 단점이 있다. 본 연구에서는 나노 사이즈의 중공 실리카의 외부에 TiO_2를 코팅하여, 파장을 선택적으로 필터링 하여 투과시킬 수 있는 광학 필터 용 물질에 대하여 고찰하였다. 나노 중공 실리카는 내부가 비어있는 중공 형태의 저굴절 재료로 매질간의 상대 굴절률을 줄이고 반사계수를 줄여 광 투과율을 향상 시키는 재료로 이용되고 있으며, 이에 TiO_2를 코팅하여, 재료의 광 굴절율, 밴드갭 등을 조절하여 선택적인 파장 투과에 대한 경향을 분석하였다. 실험방법으로는 소듐실리케이트와 소듐 알루미네이트를 전구체로 사용하여 무기주형 입자를 제조한 후 이를 코어로 이용하는 코어 쉘 방식의 액상반응법을 채택하였으며, 실리카의 전구체는 소듐실리케이트를 사용하여 실리카 Shell을 제작하였다. TiO_2를 코팅하기 위해 TiO_2의 전구체로 TBOT를 채택하여 액상반응법으로 TiO_2를 코팅하였다. 입자의 형상 및 광학특성을 확인하기 위해 SEM, TEM, Photo-luminescence Excitation Wavelength, XRD, Transmissivity를 측정하여 특성을 확인하였다. SEM, TEM을 통해 TiO_2가 코팅된 중공 실리카 입자의 크기와 Mapping을 통한 입자의 특성을 확인하고, TEM을 통해 중공 실리카 입자에 TiO_2가 코팅 되었음을 확인하였다. PL Excitation Wavelength을 통해 중공 실리카 입자에서의 270nm파장과 300nm파장이 TiO_2 코팅에 따라 330 nm로 이동하는 것을 확인 할 수 있었고 Transmissvity 분석을 통하여 TiO_2가 코팅된 중공 실리카 입자의 자외선, 가시광 영역대의 투과파장대의 변화를 확인 할 수 있었다.

[P18-12]

확장 가능한 나노 구조체 합성 공정 및 그 응용에 관한 연구: 원종호, 강정구; *한국과학기술원.*

Keywords: 나노 구조체, 에너지 디바이스, 확장 가능한 공정, 에너지 밀도, 출력 밀도

새로운 특성을 가지는 나노 물질은 전통적 재료 분야의 한계를 극복하기 위한 열쇠로 여겨져 왔으며, 각종 나노 물질을 적용해 여러 응용 시스템이 가지고 있던 기존의 문제를 해결 하고자 하는 시도가 이루어져 왔다. 특히 에너지 전환 및 저장을 목표로 하는

미래 에너지 디바이스 연구 분야에서 그 성과가 돋보여왔고, 이는 나노 물질이 발현하는 혁신적 물성에 기인한 바 크다. 그러나 나노 물질은 그 뛰어난 물성에도 불구하고 대부분의 실생활에서는 아직까지 적용되지 못하고 있으며, 물론 이를 이용한 에너지 디바이스도 아직까지 현실 세계에서 그 성능을 발휘하지 못하고 있다. 이는 매우 작은 크기의 나노 물질의 제조 및 합성에 있어 상당한 어려움을 겪기 때문이며, 이로 인해 발생하는 공정 및 가격의 문제는 나노 물질이 기존의 문제를 해결하는데 중대한 걸림돌이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 확장 가능한 나노 구조체의 새로운 합성 방법을 개발하며, 개발된 특별한 합성 방법을 통해 실제로 나노 구조체를 대량 생산하고자 한다. 또한 대량 합성된 나노 구조체를 에너지 디바이스 분야에 적용하여 기존에 달성하지 못했던 에너지 전환 및 저장 성능을 새롭게 달성하는데 그 목표를 두고 있다.

[P18-13]

Template-free Electrochemical Synthesis of Copper Nanoparticles with a Controlled Size: 박지혜[1,3], 박선화[2], 정수환[3], 송재용[2]; [1] *한국표준과학연구원.* [2] *한국표준과학연구원.* [3] *경북대학교.*

Keywords: 무주형 전기 도금, 금속 나노 입자, 구리 나노 입자

금속 나노 입자는 바이오 센서, 금속잉크, 촉매 등 넓은 분야에 응용되고 있다. 특히 그 중에서도 구리 나노 입자는 다른 금속 나노 입자에 비해 전기 전도도가 높고 가격이 저렴하여 과학적 연구뿐 만 아니라 산업전반에 활용되고 있다. 본 연구 내용은 기존 액상법과 다르게 기판 위에 무주형 전기도금 방법으로 구리 나노 입자를 성장시키는 메커니즘을 규명하였고, 나노 입자 크기와 개수 밀도를 제어할 수 있는 실험 변수를 탐구하였다. 또한 본 합성 방법은 기판의 낮은 젖음성으로 인해 금속 이온이 섬상구조로 환원됨으로써 기판 위에 균일하게 분포한 나노 입자를 합성되는 장점이 있다. 그리고 구리의 산화를 막기 위하여 입자 표면을 금으로 감싼 구리-금 코어-쉘 나노 입자와 구리-금 합금 나노 입자를 합성하였다. 나노 입자의 미세 구조 및 조성 분석은 SEM, TEM, XRD, EDS를 이용하였다. 본 연구의 무주형 전기화학적 합성 방법은 쉽고 저가의 공정으로 더 넓은 분야와 다양한 재료에 적용될 것으로 기대할 수 있다.

[P18-14]

The Newly Synthesis Method and Gas Sensing Properties of Tin Dioxide Nanoparticles by Plasma-assisted Electrolysis Process: 김태형, 이찬기; *고등기술 연구원신소재공정센터.*

Keywords: Tin dioxide, nanoparticle synthesis, plasma electrolysis

Tin dioxide nanoparticle is an n-type semiconductor with a high transparency in the visible light and electrical conductivity. It can be used as a transparent conducting oxides (TCOs), optical electronic devise and gas sensors. Tin dioxide is usually synthesized by precipitation, sol-gel method. However, it is difficult to control the size distribution, uses large amount of acid and base and spends much time while stirring. To overcome these disadvantages, the plasma-assisted electrolysis (PAE) process is applied. PAE process is an advanced technique of anodizing method which has been used to synthesize thick and durable oxide layer on the metal surface that can be easily corroded. By controlling the condition of the reaction, the oxidized metal can be detached from the metal surface. If the voltage increases above the breakdown voltage (400~600 V), the metal initiates to be melt down by metal ions. Oxygen ions from the hydrolysis of solution interpenetrate into the metal while producing sparks. As a result, the metal oxide can be produced. PAE process uses small amount of electrolyte, can be reacted with same solution and has short reaction time. Thus, it can make the process more easily, reduce the environmental pollution and producing cost. After the reaction, the synthesized powder showed amorphous state due to the physically adsorbed water molecule. Therefore, the powder was calcined at 600°C for 2 hours. The calcined powder showed increased crystallinity on tin dioxide. The particles were uniformly nanosized spherical shape. The particle size could be controlled with 40.58 nm to 100.38 nm by changing conditions of reaction such as concentration of electrolyte and frequency of the voltage.

[P18-15]

Bulk-direct Synthesis of Indium Tin Oxide Nanocubes by Plasma-assisted Electrolysis and Easy Control of Sn Doping Content: 김태형, 이찬기; *고등기술 연구원신소재공정센터.*

Keywords: ITO, plasma electrolysis, nanoparticle synthesis

Various materials have been studied to be used as transparent conductive oxides (TCOs) with high optical transparency and electrical conductivity in a visible light. As many study showed, the most promising material is indium-tin oxide (ITO) that is an n-type semiconductor with a wide band gap of 3.5 eV. According to the characteristic of high optical transparency and low resistance, it has been used as a film-based devices of flat-panel displays, gas sensors, reflective films and photovoltaic cells. To fabricate ITO-nanoparticles, various method were studied such as hydrothermal, sol-gel and co-precipitation method. However, these processes need to control the sensitive conditions such as solution temperature, pH and spend much time while drying synthesized powders. To overcome these disadvantages, the plasma-assisted electrolysis (PAE) process is applied on the indium tin alloy. PAE process is an advanced technic of anodizing that produces more thick and durable oxide layer on the easy-corrosive materials such as magnesium, aluminum and zinc. By controlling a condition of the solution, nanoparticles can be produced without forming coating layer on a metal surface. The parameters of electrolyte concentration and frequency of the power supply were the main facts that affected the morphologies of the synthesized nanoparticles. The particle sizes could be controlled between 95.61 + 19.10 nm to 130.69 +28.34 nm. The synthesized nanoparticles showed the cubic structure of indium hydroxide according to the XRD analysis (JCPDS card no. 16-

0161). To transform indium tin hydroxide into indium tin oxide nanoparticles, the calcination process was added at the temperature of 500°C for 2 hours. As a result, indium tin oxide could be synthesized (JCPDS card no. 06-0417).

[P18-16]

Self-Assembly of Block Copolymer on Graphene Layer by Laser Writing: Kyu Hyo Han, Hyeong Min Jin, Seung Hyun Lee, Keon Jae Lee, Sang Ouk Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).*

Keywords: block copolymer, self-assembly, laser, graphene, photothermal effect

High-power laser processing is a useful method for rapid, continuos, area-selective for material fabrication for the display application. 2-dimensional materials, such as graphene, are under intensive development for manufacturing flexible devices due to its outstanding physical properties. Here we demonstrate an area-selective ultrafast nanofabrication method for direct self-assembly of block copolymer films into highly ordered manufacturing-relevant architectures at scale below 12nm by using low-intensity infrared or visible laser irradiation. The fundamental principle of this light-induced nanofabrication mechanism is the self-assembly of block copolymers by passing the disorder-order transition under large thermal gradients, and the chemically modified graphene films are used as a flexible light-absorbing layers for transparent and nonplanar substrates.

[P18-17]

Direct Growth of Graphene on the Germanium Surface: JAEHYUN LEE, Ji-Yun Moon, Jin-A Kim; *Ajou Univ.*

Keywords: Graphene, Germanium, Semiconductor, Chemical Vapor Deposition

Graphene, a single carbon atom thickness 2D material, has been intensively studied because of its incredible and interesting physical, chemical, and electrical properties. One of the promising application is integration with semiconductor materials to overcome physical and chemical limitation of current semiconductor technology. However, the CMOS-compatible integration of graphene in Si-based devices faces some major challenges. For example, transition metal catalysts, commonly used for CVD growth of graphene, could induce problems in device operation. For example, transition metal catalysts, commonly used for CVD growth of graphene, could induce problems in device operation. As a possible solution, the direct growth of graphene on a semiconductor substrate has been suggested. In this presentation, I will introduce our current progress of the direct growth of graphene on germanium (Ge) surface. Because of Ge's catalytic activity for the formation of graphitic carbon and the extremely low solubility of carbon in Ge even at its melting temperature, we are able to grow high quality monolayer graphene on Ge surface. In addition, I will show various low dimensional Ge-graphene core-shell nanostructures.

[1] Yang et al., "Graphene Barristor, a Triode Device with a Gate-Controlled Schottky Barrier", Science, Vol. 336, pp 1140-1143, 2012.
[2] Lee et al., "Reliability Enhancement of Germanium Nanowires Using Graphene as a Protective Layer: Aspect of Thermal Stability", ACS AMI, Vol. 6, pp 5069-5074, 2014.
[3] Lee et al., "Wafer-scale growth of single-crystal Monolayer Graphene on Reusable Hydrogen- terminated Germanium", Science, Vol. 344, pp 286-289, 2014.

[P18-18]

Nd 도핑된 ZnO 나노 입자의 합성 및 분석: 서지영, 최수현, 김찬욱, 노규백, B. Poornaprakash, 박시현; *영남대학교 전자공학과.*

Keywords: ZnO;나노 입자;스피트로닉스

본 연구는 ZnO 나노 입자의 화학적, 형태 학적, 구조적, 광학적 및 자기적 특성에 대한 Nd 도핑의 영향을 이해하는 것을 목표로 했다. Nd 도핑 된 ZnO 나노 입자를 X 선 회절 (XRD), 라만 (Raman) 및 X 선 광전자 분광법 (XPS) 연구를 통해 분석하였다. 육각형 구조가 변형되지 않은 상태로 ZnO 결정 격자로 Nd 이온의 성공적인 도핑을 확인하였다. 입자 형태는 균일 한 크기 분포를 갖는 거의 구형인 입자를 나타냈다. 이들 샘플의 밴드 갭은, 확산 반사 스펙트럼 (DRS)을 사용하여 측정결과, Nd 농도가 증가함에 따라 3.18에서 3.22 eV까지 변하는 것으로 밝혀졌다. 또한, Nd 도핑은 나노 결정 ZnO 입자의 자기적 성질을 변화 시켰는데, 300 K에서 반자성에서 강자성으로 변하였으며, Nd 농도가 증가함에 따라 이들 샘플의 자화도가 감소 되었다. 이러한 샘플의 튜닝 가능한 광학 밴드 갭 및 실온 강자성 (RTFM)을 통해 광전자 및 스핀 트로닉스에서 다양한 응용 분야를 도모할 수 있다.

[P18-19]

Newly Developed Method of N-doped TiO_2 Nanoparticles using Plasma-assisted Electrolysis and Photocatalytic Property: 김태형, 임병용, 김대근, 이찬기; *고등기술 연구원신소재공정센터.*

Keywords: N-doped TiO2, photocatalyst, plasma electrolysis

Titanium oxide is one of the most researched material due to it physical and chemical property and used in many application field such as photocatalyst, transparent conducting oxide, dye sensitized solar cell and etc. Especially in photocatalytic area, it has been extensively studied as powerful organic decomposing material. Generally, TiO_2 nanoparticles are synthesized through sol-gel, hydrothermal and precipitation methods. However, these methods need to precisely control solution pH, temperature with long reaction time and after that, washing organic compounds and drying process is essential. To overcome these disadvantages, plasma-assisted electrolysis method was adopted. This method was originally used to produce thick and durable oxide layer on the easy-corrosive metal

surface to prevent from corrosion in air ambient using small amount of electrolyte and short reaction time. However, despite the high efficiency of TiO_2, large band gap has great disadvantages to be used in sunlight because it can use only 5% of sunlight energy. To enhance the photocatalytic activity, many research have been proceeded such as anion, cation doping and co-catalyst. Among those, N doping into the TiO_2 has been extensively studied due to its similar characteristics with O_2 molecules which can be easily doped as substitutional or interstitial and especially narrowing bandgap as high as 2.6 eV. Thus, it widen the usage of sunlight of UV and visible region. By controlling experimental conditions, amorphous TiO_2 nanoparticles could be synthesized. Changing the experimental condition such as electrolyte concentration, nanoparticle size could be controlled between 16 and 28 nm with uniform size distribution. To analyze photocatalytic property depending on the structure, produced amorphous TiO_2 was transformed into anatase, rutile and mixed phase through different calcination temperature. Photocatalytic efficiency was measured by decomposing methylene blue organic dye solution with 300 W xenon lamp. The calcination condition of 500°C with anatase and rutile mixed phase showed best degradation property following the synergetic effect between two different band gap structures. We believe that this new TiO_2 nanoparticle synthesis method would contribute to the industrial field with high quality and mass production.

[P18-20]

Controlled Geometric Parameter Induced Aligned Large Graphene Oxide / Polydimethylsiloxane Composite: Sung Hwan Koo, Kyung Eun Lee, Sang Ouk Kim; *KAIST.*

Keywords: Graphene Oxide, Graphene, Composite, PDMS

Graphene is a promising material with a single layer of sp_2 atomic carbon lattice. Due to its superior mechanical, electrical, and thermal properties, graphene received lots of attention and has been considered as a promising material. To modify its various characteristics, mixing graphene within polymer matrix have been studied. Although aligned morphology of graphene flakes affects on the composite's mechanical or electrical properties, there has been less studies to control the orientation of the graphene in polymer matrix. Herein, we report the facile method to align graphene oxide flakes in polydimethylsiloxane(PDMS). Due to anisotropic shape of graphene oxide flakes, it shows a liquid crystal behavior in aqueous solution. We achieved aligned graphene oxide in PDMS by freeze-drying and penetration with its liquid crystal behavior. This method shows opportunities to align graphene oxide in various matrix and can be applicable to various applications.

[P18-21]

Facile Polymer Grafting of Polyaniline via N-doped Sites of Carbon Nanotubes: Ho Jin Lee[1], Atta Ul Haq[2], Sang Ouk Kim[1] ; [1]*KAIST.* [2]*Nanotechnology & Integrated Bioengineering Centre (NIBEC).*

Keywords: Polymer grafting, Polyaniline, Carbon nanotube

Polymer grafting from graphitic carbon materials has been pursued for several decades. Unfortunately, currently available methods mostly rely on the harsh chemical treatment of graphitic carbons which causes severe degradation of chemical structure and material properties. A straightforward growth of polyaniline chain from the nitrogen (N)-doped sites of carbon nanotubes (CNTs) is presented. N-doping sites along the CNT wall nucleate the polymerization of aniline, which generates seamless hybrids consisting of polyaniline directly grafted onto the CNT walls. The resultant materials exhibit excellent synergistic electrochemical performance, and can be employed for charge collectors of supercapacitors. This approach introduces an efficient route to hybrid systems consisting of conducting polymers directly grafted from graphitic dopant sites.

[P18-22]

용액 공정을 이용한 구리 나노선 형상 제어 및 박막 제조 연구: 김혜수, 지상수, 함문호; *광주과학기술원 신소재공학부.*

Keywords: 구리 나노선, 연성 전극, 용액 공정

연성 전극(stretchable electrodes)은 반복적인 변형에도 전기적 특성을 안정적으로 유지할 수 있기 때문에 웨어러블(wearable) 기기에 응용이 가능하다. 연성 전극으로 사용되는 소재들 중, 금속 나노선(metal nanowire)은 투과도 대비 우수한 전기적 특성을 가지고 있어 활발한 연구가 진행되고 있다. 특히 구리(Cu) 나노선은 전기전도도가 은(Ag)과 유사하고 가격경쟁력이 우수하므로 연성 전극에 응용될 수 있는 유망한 소재이다. 그러나 실제 웨어러블 기기 응용을 위해서는 구리 나노선의 낮은 종횡비(aspect ratio) 및 높은 표면 산화 문제를 해결하는 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 용액 공정을 통해 높은 종횡비(aspect ratio)를 가지는 구리 나노선을 합성하였다. 이 때 구리 전구체, 캡핑제(capping agent), 환원제의 농도 및 반응시간을 조절하여 구리 나노선의 형상 및 종횡비를 제어하였다. 최적화된 조건으로 합성된 구리 나노선은 약 1500의 높은 종횡비를 나타냈으며, 구리 나노선 박막을 제작하여 연성 전극으로 응용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

[P18-23]

VO_2 나노잉크 성분 최적화를 통해 제조된 열변색 박막 특성: 유지원[1,2], 이석재[2], 김광석[1], 김대업[1]; *한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹.* [2]*전북대학교 신소재공학부.*

Keywords: Thermochromism, Smart window, Vanadium dioxide, Nanoink, Solution process

세계적인 환경규제와 고층 건물, 온실 등 유리를 건물 외벽으로 활용하는 건축물 증가로 가시광선 투과율은 유지하고 열선인 적외

선 투과율 제어를 통해 실내온도 유지에 필요한 에너지소비를 절감할 수 있는 스마트윈도우 연구가 활발히 진행되고 있다. Vanadium dioxide(VO_2)는 68°C의 상대적으로 낮은 온도에서 결정구조 변화를 통한 적외선 투과제어가 가능하여 열변색 소재로 많이 사용된다. 다양한 VO_x 상이 존재하는 VO_2는 안정적인 상제어 기술을 요하며, 기존의 VO_2 박막형성은 CVD, sputtering 같은 진공증착 공정이나, precursor를 이용한 용액공정이 사용되었다. 이러한 공정은 분위기제어 및 미세한 산소분압이 요구되며 균일한 증착에 한계가 있어 낮은 수율과 고가의 공정비용이 상용화의 걸림돌이 되고 이다. 이러한 문제 해결을 위해, 본 연구에서는 VO_2 분말이 포함된 나노잉크 제조를 최적화하고 이를 유리에 코팅하는 방식으로 균일한 열변색 박막을 저렴하게 제조하고자 하였다. VO_2 나노분말을 용매에 분산제 및 바인더와 혼합하여 VO_2 잉크를 제조하였다. 잉크내 VO_2 함량은 1~50 wt.%, 분산제 및 바인더는 0~6 wt.%로 변화하였으며, 스핀코팅으로 유리에 적정량의 잉크를 도포하여 박막 제조 후 어닐링하였다. VO_2 잉크에 포함된 성분이 잉크 및 박막에 미치는 영향을 Turbiscan, Viscometer 및 FE-SEM 등으로 분석하였으며, 결정상 유지여부를 XRD, 그리고 UV-VIS spectrometer를 활용한 온도 및 파장에 따른 투과율 측정으로 열변색 특성을 분석하였다. 실험결과, 용매비율, VO_2, 분산제 및 바인더 함량에 따라 잉크의 성질이 변화하였으며, 박막 표면 상태는 어닐링 온도 증가에 따라 거친 형상을 보였다. 일부 박막에서 VO_2 결정상이 유지되었고 VO_2 함량이 증가할수록 가시광선 투과율은 감소하였으나 열변색 특성은 향상되었다.

[P18-24]

TiO_2 나노 입자의 졸겔 합성 및 수성 TiO_2 현탁액에서의 로다민 (Rhodamine) B의 광촉매 분해: 정인영, 김경훈, 김선민, 이지민, 조희철, 홍유경, M. Chandra Sekhar, 성광수, 박시현; *영남대학교 전자공학과.*

Keywords: TiO_2 나노입자;졸겔 방법;광촉매 분해

본 연구에서는 졸겔 방법으로 TiO_2 나노입자 (Nanoparticles; NPs)의 합성과 XRD, SEM, TEM, FTIR 및 UV-Vis spectroscopy와 같은 표준 특성화 기술을 사용한 분석을 보고한다. 광촉매 효율은 자외선 조사하에 순수한 TiO_2 NP를 사용한 Rhodamine B의 분해로 평가 한다. 졸 - 겔 방법을 사용한 TiO_2 NP 합성은 다음과 같다. 티타늄 (IV) 이소프로폭사이드, 빙초산 및 증류수에 대해 1:10:350의 몰비를 유지하였다. 또한, 용액을 70°C로 유지한 오븐에 12 시간 동안 두었다. 형성된 겔을 110 °C에서 건조시킨 후, 분말을 미세 분말로 분쇄 하였다. 형성된 TiO_2 NP의 500°C열처리는 아나타제 (anatase) TiO_2 상 조성물의 형성을 나타내었다. XRD 연구로부터, 얻어진 TiO2 NP가 아나타제 상이고 평균 결정 크기가 16 nm임을 확인 하였다. TiO_2 NP의 표면 형태는, 표면 전자 현미경 분석으로부터 입자 형태는 구형이고 30 nm 평균 입자 크기를 가지는 아나타제 TiO_2임을 알수 있었다. TEM 분석으로부터, TiO_2 나노 입자는 XRD 평가와 잘 일치하는, 14 nm의 평균 직경을 갖는 구형 형태를 갖는 것으로 밝혀졌다. TiO_2 NPs의 광 밴드 갭은 확산 반사 스펙트럼에 의해 계산되었고, 3.25 eV로 측정되었다. TiO_2 NP의 광촉매 활성은 UV 광 조사 하에서 Rhodamine B의 촉매 산화에서 평가되었다. 최적 조건 하에서, 나노 TiO_2는 Rhodamine B의 분해에 대해 더 높은 광촉매 활성을 나타냈다.

[P18-25]

Design of OMCTS Vaporizer for the Formation of the Optical Fiber Preform: Jin Seok Choi, Tae Kyun Lee, Sung Jin An ; *Kumoh National Institute of Techonlogy.*

Keywords: optical fiber, octamethylcyclotetrasiloxane, preform

There are various manufacturing processes of pure SiO_2 that is used as abrasives, chemicals, filters, glasses, metallurgy and optical industries. In an optical fiber industry, to produce SiO_2 preform, $SiCl_4$ is utilized as a raw material. However, a combustion reaction of $SiCl_4$ has caused critical environmental issues such as ozone deficiency by chlorine compounds, the greenhouse effect by carbon dioxide and corrosive gas like as hydrochloric acid. Thus, alternative source without those environmental issues is important for the future. Octamethylcyclotetrasiloxane (OMCTS or D4) as a chlorine free source is recently promising candidate for the SiO_2 preform formation. In this study, we conducted first a vaporizer design to vaporize the OMCTS. The vaporizer for the OMCTS vaporization was produced based on the results of the vaporizer design. The size of the primary particle of the SiO_2 formed by OMCTS was less than 100 nm. X-ray diffraction patterns results of the SiO_2 indicated amorphous phase.

P19 : 에너지재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P19-1]

Ga 도핑된 Nd-Fe-B 소결자석에서 소결 온도 조건이 미세구조와 자기적 특성에 미치는 영향: 배경훈[1], 이성래[1], 김효준[2], 이민우[3], 장태석[3]
; [1]*고려대학교 공과대학 신소재공학과.* [2]*자화전자 R&D 센터.* [3]*선문대학교 공과대학 신소재공학과.*

Keywords: Nd-Fe-B 소결자석, 보자력, 결정립 크기, 미세구조

Nd-Fe-B 소결자석의 결정립 크기 제어와 함께 균질하고 연속적인 Nd-rich 입계상 형성은 잔류자화 감소 없이 보자력을 향상 시킬 수 있는 가장 효과적인 방법이다. Cu, Al, Ga과 같은 Nd-rich 융점강하 원소는 연속적이고 균질한 입계상을 형성 시키는데 효과적이다. 또한, 높은 비자성성과 낮은 구조적 결함을 가지는 Cubic 구조의 Nd-rich 상의 형성을 촉진시킨다. 하지만, 융점강하 원소 첨가에 따라 Nd-rich 상의 융점이 변화되기 때문에 Nd-rich 입계상 연속성 및 미세구조의 최적화를 위해서는 소결 온도를 반드시 변화 시켜야 한다. 융점강하 원소 중에서, Ga은 Nd-rich 상의 젖음성을 효과적으로 개선시킨다. 또한, Ga이 용해됨에 따라, Nd-rich 상의 비자성성을 향상 시키기 때문에 잔류자화 감소 없이 보자력을 극대화 시킬 수 있다. 하지만, Ga 첨가 자석의 최적의 소결 온도는 아직 규명 되지 않았다. 본 연구에서는 Ga 첨가에 의한 Nd-Fe-B 소결자석의 소결온도 조건이 미세구조 및 자기적 특성에 미치는 영향을 연구하였다. Nd-Fe-B 분말에 0.3 at.% Ga을 첨가하여 소결 온도를 1000~1070ºC로 변화를 주면서 4시간 동안 소결하였다. 1000ºC에서 가소결 처리된 자석은 Nd-rich상 미세구조 개선을 위해서 1050ºC에서 5분 동안 추가 소결을 진행하였다. 이후, 열처리는 최적의 온도에서 진행하였다. 비교를 위해서, un-doped 자석도 함께 제조하였다. Un-doped 자석의 경우, 1070ºC 소결 온도가 가장 높은 보자력을 (17 kOe) 보였다. 반면, Ga 첨가 자석의 보자력은 소결 온도 감소에 (1070 → 1050ºC) 따라 잔류자화 감소없이 17.1에서 18.25 kOe로 증가하였다. 이후, 1030ºC 자석의 보자력은(17.5 kOe) 감소하였다. 1000ºC에서 가소결 처리된 자석은 가장 높은 보자력을(18.5 kOe) 얻었지만, 낮은 밀도로 인해 잔류자화가 급격하게 감소하였다. Ga 첨가 자석의 미세구조 분석결과, 소결온도가 감소함에 따라 산화물 상의 형성과 결정립 크기가 효과적으로 제어 되었다. 그 중에서, 1050ºC 자석은 Nd-rich 상에 Ga이 효과적으로 용해되어 균질한 Nd-rich 입계상 형성과 함께 결정립 크기 분포도가 개선되었다. 또한, 비자성 $Nd_6Fe_{13}Ga$상이 효과적으로 형성되어 주상간의 교환결함을 효과적으로 제어했다. 1030ºC 자석은 낮은 소결 온도로 인해 충분한 액상 소결이 되지 못하여 불균질한 Nd-rich 상의 입계상이 형성 되어 보자력 감소에 원인이 되었다. 따라서, Ga 첨가자석의 1050ºC 소결온도는 최적의 미세구조를 가지는 Nd-rich 입계상 형성과 함께 결정립 크기 제어를 위한 최적의 조건이다. 감사의 글 본 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. NRF-2016R1D1A1B03931980)과 지식경제부 지원의 기술 혁신사업(No. 10043780) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[P19-2]

Hydrogen Storage Properties of $Mg(NH_2)_2$ – LiH Reactive Hydride Composite: 하태준[1], 최종관[2], 심재혁[3], 이준호[1]; [1]*고려대학교.* [2]*서울대학교.* [3]*한국과학기술연구원.*

Keywords: ball milling, catalytic additive, hydrogen storage properties, Reactive hydride composite

수소에너지는 최근 각광받고 있는 수소연료전지 및 수소전기자동차 등의 연료로 사용되며 이 기술들의 상용화를 위해서는 충분한 양의 수소를 안전한 방법으로 저장할 수 있는 소재에 대해서 연구 및 개발이 필요하다. $Mg(NH_2)_2$ 와 LiH를 ball milling 으로 혼합하여 제조한 Reactive Hydride Composite(RHC)는 최근에 연구가 활발히 진행되는 분야이다. 약 150ºC 부터 분해되면서 수소를 방출하는 RHC는 KOH가 첨가되면 그 분해시작 온도를 100 ºC 근처까지 낮출 수 있으며 연료전지 MEA에 치명적인 NH_3를 거의 발생시키지 않는다. 본 연구에서는 볼 밀링 조건이 RHC의 탈장 성능에 미치는 영향을 고려하여 최적의 볼 밀링 조건을 제시하였다. 주요 인자 중 밀링 장비, BMT(ball milling time), BPR(Ball-to-Powder ratio)를 주요 인자로 고려하였다. X-ray diffraction analysis(XRD)을 통해 각 과정에서 탈장 전/후의 상 변화를 검토하였고, Sieverts-type volumetric apparatus의 Kinetics curve 결과를 통해 수소 저장 물질의 수소 발생 속도, 수소 발생량의 차이를 확인하였다.

[P19-3]

Understanding Tensile Behavior of Polymer-fullerene Bulk Heterojunction Films: Jae-Han Kim[1], Jonghyeon Noh[2], Hyesun Choi[2], Jung-Yong Lee[2], Taek-Soo Kim[2]; [1]*Korea Atomic Energy Research Institute.* [2]*KAIST.*

Keywords: polymer, fullerene, bulk-heterojunction, mechanical properties, fracture mechanism

Fundamental understanding of the tensile behavior of polymer-fullerene bulk heterojunction films has been of significant importance for the development of mechanically robust organic photovoltaics. Here, we report the mechanical properties and fracture mechanism of PTB7:$PC_{71}BM$ bulk heterojunction films as a function of the content ratio of fullerene and DIO additive. We find that stiffer and more brittle bulk heterojunction films are obtained with increasing the concentration of $PC_{71}BM$, and the fracture occurs along with aggregated $PC_{71}BM$ domains. The tensile strength increases with $PC_{71}BM$ content up to a maximum value and then decreases. DIO additive forms the fine nanomorphology in the films and this much increases the stiffness and strength, and reduces the ductility of the films especially with the higher concentration of $PC_{71}BM$ due to the increased interfacial surface area between $PC_{71}BM$ domains and

PTB7 polymer. The relationship between mechanical properties and nanomorphology is further investigated by a theoretical analysis along with the experimental data.

[P19-4]

바이오매스 연소에 따른 T12, Super 304H 화염단 부식 특성 연구: 박석균, 목진성, 최석천; *한국생산기술연구원.*

Keywords: High temperature corrosion, Heat-exchanger, Co-firing, Biomass, Chlorine corrosion

국내 화력발전설비에서는 신재생에너지 의무할당제를 시행으로 바이오매스를 포함한 신재생에너지의 적용이 대두되고 있다. 그러나, 바이오매스 연료 내 포함된 다량의 염소(Cl^-) 성분은 회분 내 포함된 복잡하고 다양한 미네랄 성분과 결합하여 염화물 형태로 존재한다. 염화물은 고온의 연소조건에 의해 쉽게 용융되어 액적 상태로 비산되게 된다. 비산된 염화물은 상대적으로 저온의 온도조건을 가진 열교환기 표면에 응축 후 퇴적되게 된다. 이 때, 열교환기 표면에 퇴적된 염화물, 연소가스, 그리고 열교환기의 상호작용에 의해 부식 반응이 진행된다. 부식 반응은 열교환기의 활용 온도, 재질에 따라 발현되는 부식성의 규모가 달라진다. 본 연구는 화력발전용 열교환기에 적용되는 T12, Super 304H를 활용하여 부식 실험은 진행하였다. 각 실험은 열 교환기 재질의 활용 온도를 기준으로 실험하였다. Lab-Scale 장치에 실험용으로 절단 처리된 시편을 위치시켜 실험을 진행하였다. 시편의 질량변화량을 측정하기 위해 Chemical cleaning을 활용하여 시편의 부식성을 평가하였다. 위 연구를 바탕으로 실제 화력발전설비에서 활용되는 열교환기의 부식성을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

[P19-5]

첨가원소에 따른 Mn계 합금의 자기열량효과 변화 연구: 이아영[1], 김송이[1], 김현아[1], 김영도[2], 이민하[1]; *[1]한국생산기술연구원 융합공정소재그룹. [2]한양대학교 신소재공학과.*

Keywords: Magnetocaloric effect, Magnetic entropy change, Curie temperature, Melt spinning

자기열량효과에 기초한 자기냉각 소자의 개발은 상온 부근에서 큰 자기열량효과를 나타내는 새로운 재료의 개발에 연구가 집중 되어 왔다. 현재까지 Gd5Si2Ge2, LaFe13-xSix, MnFePAs 등의 상온 부근에서 큰 자기열량효과를 가지는 합금들을 기초로 하여 자기냉각 소자에 응용하는 연구가 이루어졌으나, 고가의 희토류가 사용되어 제작 비용이 증가하거나, As 원소와 같은 인체에 유해한 성분이 포함되는 문제점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 희토류나 유해원소의 사용 없이 상온 부근에서 기존 자기열량 재료의 특성을 따라갈 수 있는 새로운 Mn계 자기열량 재료를 개발하였다. Mn계 합금의 기초가 되는 MnxPy 합금의 자기열량 특성을 분석하고, 이 합금을 사용하여 MnFeP 합금에 첨가원소 (Ge, Al, Si, Ni, Co, Zr등)를 추가하여 첨가원소에 따른 Mn계 합금의 자기열량 특성변화를 분석하였다.

[P19-6]

Electrochemical Performance of Co_3O_4 Octahedra Nanocomposites Loaded on Activated Carbon from Biomass-derived Starch for Supercapacitor Electrodes: Suhee Kim[1], Kang Taek Lee[2], Soon Hyung Hong[1]; *[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). [2]Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST).*

Keywords: starch, activated carbon, Co_3O_4 octahedra, supercapacitor

Due to increasing energy consumption and global warming, many researchers focus on developing highly efficient energy conversion and storage devices. Among them, supercapacitors have a long cycle life, high power density and high stability. As supercapacitor electrodes, carbon is used. To enhance the capacitance, carbon should have a high surface area and high ratio of mesopores to increase electrolytic access. But there are still limitations to enhance specific capacitance. That's why metal oxides are loaded on carbon. Especially, due to high capacitance of noble metal oxides such as RuO_2 and IrO_2, many groups have developed metal oxides loaded on carbon. However, because of their high cost, researchers have focused on base transition metal oxides, such as MnO_2, NiO, Co_3O_4, Fe_3O_4, etc. In this work, we fabricated Co_3O_4 octahedra nanocomposites loaded on activated carbon from biomass-derived starch by simple hydrothermal method. Especially, cobalt oxides have as high specific capacitance as that of noble metal oxides, among base transition metal oxides. Using the natural property of starch, we fabricated mesoporous carbon eco-friendly. For high specific surface area, carbon was prepared with KOH activation. The oxygen-containing groups on carbon could effectively capture cobalt ions from solutions and prevent the agglomerations of oxide nanoparticles during synthesis. As a result, a highly uniform distribution of Co_3O_4 nanoparticles was obtained on the surface of activated carbon. Composite electrodes have considerable stability and high specific capacitance. Our results suggest that Co_3O_4 nanocomposites loaded on activated carbon can be applied to diverse electrochemical applications as active materials.

[P19-7]

액체 Zn 전극을 이용한 우라늄 회수 특성: 장준혁, 김택진, 은희철, 김가영, 박성빈, 김시형, 이성재; *한국원자력연구원 파이로기술실증연구부.*

Keywords: 전해회수, 파이로프로세시, Zn, 우라늄

원자력발전에서 발생하는 사용후핵연료를 재사용하기 위하여 파이로공정에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 파이로공정은 산화물의 사용후핵연료에서 전기화학적 방법을 이용하여 금속으로 환원하고, 금속 U/TRU를 선택적으로 회수하는 공정이다. 따라서 금속 U 및 U/TRU를 회수하기 위한 전해회수공정이 파이로 공정에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 현재 전해회수공정에서는 액체 Cd전극를 사용하고 있다. 하지만 Cd이 독성이 강하여 이를 대체할 수 있는 새로운 액체전극물질을 찾기 위한 연구가 활발하

게 진행되고 있다. 특히 Zn는 Cd과 같이 녹는점 및 증발온도가 낮아 액체전극으로 충분히 사용할 수 있을 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 액체 Zn 전극에 대한 우라늄의 전기화학 회수특성 및 증류특성을 살펴보았다. UCl3, NdCl3, CeCl3가 혼합된 500°C의 LiCl-KCl 용융염에서 액체 Zn에 U, Nd, Ce을 전착하였다. 회수된 음극전착물을 사용하여 고온감압 증류방식으로 금속 U, Nd, Ce 합금을 회수하였다. 최종 생성물 분석을 통하여 액체 Zn 전극을 사용하여 금속 U 합금을 덩어리 형태로 성공적으로 회수 할 수 있음을 증명하였다. 이러한 결과는 액체 Zn 음극전극을 전해회수공정에 사용할 수 있는 높은 가능성을 보여주고 있다.

[P19-8]

나트륨이차전지 음극용 SnTe 나노복합체의 전기화학적 특성 및 반응메커니즘 분석: 박아람, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Na-ion batteries, Anode materials, Tin-based compounds, Tin telluride

최근 전기자동차, 전동킥보드 등 리튬이차전지를 이용한 다양한 기기의 개발과 사용이 증가하고 있다. 하지만 리튬의 한정된 매장량으로 인하여 이를 대체하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 나트륨 이차전지는 풍부한 매장량을 가지고 환경에 무해하다는 장점을 가지고 있기 때문에 큰 관심을 받고 있다. 하지만, 나트륨이차전지는 리튬 이차전지에 비해 가용한 원소의 종류가 한정적이고, 큰 부피팽창을 일으키기 때문에 사이클 특성이 저조하다. 이러한 단점을 하기 위한 나트륨이차전지용 음극물질의 개발이 진행 중이다. 나트륨이차전지 분야에서도 리튬이차전지와 유사하게 고용량 합금계 음극재료를 개발을 위한 연구가 진행되고 있다. 합금계 음극재료 중 Sn 1몰은 Na 3.75몰과 전기화학적으로 합금화 반응하여 반응 시 Na3.75Sn를 형성하며 847 mAh/g의 높은 용량을 나타내지만 리튬 이차전지에서 발생했던 문제와 마찬가지로 충전 및 방전이 진행됨에 따라 약 400% 정도의 과도한 부피팽창과 수축을 반복하여 기계적인 결함이 발생하여 사이클 특성이 저조하다는 단점을 가진다. 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. 또한 SnTe-C 나노복합체의 제조를 통하여 우수한 수명특성과 고율특성을 나타냈다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P19-9]

Isotropic Sodiation Kinetics of Na-Sn Battery: The First Approach for Orientational Effect of Sodiation: 변영운[1], 최용석[1], 안재평[2], 이재철[1]; [1]*고려대학교 신소재공학과.* [2]*한국과학기술연구원 특성분석센터.*

Keywords: Na-ion battery, tin anode, phase transition, isotropic properties

주석 (Sn) 금속은 소듐 (Na) 이온을 저장하여 고밀도의 에너지 저장 (이론적으로 최대 847 mAh/g)이 가능한 재료이다. 그런데 이 합금계 전극들은 충/방전 시 이온 저장에 따라 매우 큰 dimensional change (약 500%)가 발생한다. 이는 전극 재료 표면에서 인장 강도 이상의 응력을 발생시켜 전극 재료의 fracture 및 pulverization을 야기하며, 또한 growth of unstable SEI로 이어져 reduce of cycle life의 주된 원인으로 작용한다. 오늘날 분석 기술의 발달에 따라 Sn 나노 재료에서의 Na 확산 및 상전이 거동에 대해 많은 연구가 진행되고 있지만, 아직 구조적 인자 (모양, 크기, 결정배향 등)에 관한 정보는 매우 부족한 상태이다. 본 연구에서는 서로 다른 결정 방위를 가진 나노 크기의Sn 필러의 Na 확산 거동에 대하여 multi-scale (FIB, TEM, Ab initio MD)의 분석을 수행하였으며, 이를 통해 Na-Sn 확산 동역학의 구조적 인자를 단결정 레벨에서 규명하고자 하였다. Sodiation 동안, 원 모양의 단면적을 가진 , , 의 Sn 필러는 Na과의 합금을 형성한 결과 모두 확산 및 부피 팽창에 대해 등방성의 거동을 보였다. 이것은 BCT(체심정방정계) 구조의 Sn에서 이방성을 보일 것이라는 초기의 예측과는 대비되는 결과이다. 제1원리 분자동역학 기반의 Na 및 Sn 원자의 움직임 모사는 Sn결정이 Na 확산 이전부터 빠르게 비정질화 된다는 것을 밝혀, 실험 결과를 뒷받침하였다. 우리는 Sn음극의 부피팽창 거동에 대한 새로운 시각을 제시함으로써, 새로운 음극 설계에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

[P19-10]

리튬이온 이차전지용 비정질 실리콘산화물계 복합체의 전기화학적 특성 연구: 이승수, 박철민; *금오공과대학교.*

Keywords: Li-ion batteries, Carbon-nanocomposite, Electrochemistry, Anode materials, SiO_2-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. 흑연계 음극재료가 가지는 문제점을 해결하기 위해 리튬 합금계 음극재료가 많이 개발되고 있으며, 합금계 음극재료 중에서도 가장 높은 이론용량을 가지는 IV족의 규소(4200mAhg^{-1}) 및 이를 포함하는 규소산화물계의 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 규소 및 규소산화물들이 가지는 리튬과의 합금화 과정 중에 발생하는 큰 부피팽창으로 인한 수명특성의 저하 및 산화물계에서의 산소와 리튬의 합금과정의 비가역성의 결과로 나타나는 좋지 않은 초기효율 등의 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 리튬과 반응하지 않는 재료를 이용하여 부피팽창의 결과 나타나는 재료 내부의 응력을 완화시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 합금계 음극 소재에서 발생하는 부피팽창의 문제점을 해결하기 위해 SiO_2계 비정질 복합체를 제조하였다. 제조된 비정질 SiO_2계 복합체의 구조를 여러 분석기기를 활용하여 확인하였고, 리튬이온 이차전지용 고용량 음극 재료로써의 활용가능성에 대하여 살펴보았다.

Acknowledgements This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of

Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P19-11]

컬러 튜닝이 가능한 스마트 파이버: 이민지[1], 손해솔[1], 이유진[1], 곽부영[1], 손민희[1], 이형의[2], 이선영[1†]; *[1]한양대학교 재료화학공학과. [2]LG 이노텍.*

Keywords: Electrochromic Fiber, Smart Textile, Color Tuning Fiber

전기변색(Electrochromic)은 전자의 이동이 개입되며 산화, 환원 반응을 통해 일어나는 가역적인 전기화학적 반응으로 물질의 색을 바꾸는 기술이다. 필요에 따라서 원하는 색을 바꿀 수 있는 전기변색 원리가 적용된 섬유는 다양한 '스마트 텍스타일(Smart Textile)' 분야와 '웨어러블 일렉트로닉스(Wearable Electronics)' 분야에서의 가능성을 인정받고 있고, 최근 관련 산업에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다. 텍스타일 소재에서의 개발은 전극을 배치하고 구현하는 것이 까다로워서, 현재까지 딱딱한 평판 혹은 곡률이 제한된 유연소자에만 제한적으로 적용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 디자인 변형이 자유로우며 떨어뜨려도 깨지지 않고 유연한 특성으로 적용될 수 있는 컬러튜닝이 가능한 파이버를 구현하였다. 고분자 전기변색 재료는 가볍고 연성이 좋은 특성을 띄기 때문에 섬유소재에 적합한 소재일 뿐만 아니라 변색반응 속도가 빠르고 저 전압에서도 변색 효율이 좋은 장점이 있다. 저 전압으로도 구동이 가능한 발색 고분자 재료를 이용하여 직경 10 μm의 와이어 다발로 구현된 전도성 실에 전기변색 물질을 코팅하여 변색실을 제작하고, 또한 직조형태로의 적용이 가능한지 확인함으로써 컬러튜닝이 가능한 스마트 파이버를 제작하고자 하였다. 이의 특성을 평가하기 위하여 UV-Vis Spectrophotometer를 이용한 투과도 분석 및 사이클 구동을 확인하였고, Potentiostat을 이용한 전기화학적 분석(Cyclic Voltammetry(CV), Chronoamperometry, Chronocoulometry) 등을 진행하였다.

[P19-12]

안티모니-이산화티타늄 복합소재의 합성 및 전기화학적 특성: *서형은, 김재헌; *국민대학교 신소재공학부*

Keywords: 리튬이온 배터리, 안티모니

최근 전기자동차나 스마트폰과 같이 장시간 사용해야 하는 전자 기기들에 대한 수요가 증가함에 따라 고용량, 고에너지 밀도를 가지는 이차전지 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 리튬이차전지용 음극소재로 상용화되어 널리 사용되고 있는 흑연 소재의 경우 372 mAh/g의 비교적 낮은 용량을 갖기 때문에 고용량 리튬 합금계 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 대표적인 리튬 합금계 물질인 실리콘, 주석, 안티모니 등은 흑연에 비해 비교적 높은 용량을 가졌지만 충·방전 시 큰 부피 변화로 수명 특성이 좋지 않다. 따라서 부피 변화를 완화시키고 수명특성을 향상시키기 위해 다양한 나노구조의 소재들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 안티모니(Sb)가 높은 용량을 가지면서 안전하고 좋은 수명 특성을 나타낼 수 있도록 안티모니-이산화티타늄의 노른자-껍질 구조를 만들고 열처리를 통하여 이산화티타늄을 결정화시켜 전기화학적 특성을 향상시켰다. 또한, 기존 연구결과들은 노른자-껍질 구조를 만들기 위하여 여러 단계의 합성 및 에칭이 필요했지만, 본 연구에서는 단일 단계의 합성으로 노른자 껍질 구조를 간단하게 만들어 대량 생산의 가능성을 탐색하였다.

[P19-13]

Highly Efficient Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Solar Cells with Laser Crystallization Method: Donghun Jung, Taewoo Jeon, Sang Ouk Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).*

Keywords: Perovskite, Solar cell, Laser, Crystallization, Energy

Organic–inorganic hybrid perovskites attract enormous research interest for materials of next generation solar energy harvesting. Outstanding efficiency of organic-inorganic hybrid halide perovskites solar cells 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. A reliable crystallization method for perovskites, compatible with fast continuous process over large-area flexible substrates, is crucial for high performance solar cell mass production. Here, we present laser crystallization of hybrid perovskite solar cells using near-infrared (NIR) laser (λ = 1064 nm). Crystalline morphology of $CH_3NH_3PbI_3$ ($MAPbI_3$) perovskite films are widely controllable with laser irradiation condition while maintaining film uniformity and its grain size. Photothermal heating effectively assisted by interfacial photoconversion layers is critical for phase transformation without beam damage of multilayered device structures. Notably, laser crystallization attains higher device performances than conventional thermal annealing. Fast laser crystallization with manufacture level scan rate (6 mm min^{-1}) demonstrates inverted-type perovskite solar cells with 12.6 and 8.0% efficiencies on typical glass and flexible polymer substrates, respectively, without rigorous device optimization.

[P19-14]

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.*

Keywords: Li-ion battery, anode material, graphite, liquid electrolyte, SEI

During the cycle of the Li-ion battery, SEI (solid electrolyte interphase) layer is formed at the region between the electrolyte and the anode as a by-product of the reaction. The SEI is considered to be a major cause to the degradation of the performance of the Li-ion battery. In spite of the importance of analyzing the formation of the SEI, there have been only few studies on this phenomenon. This is because of the difficulties on the observation of the SEI. The SEI is comprised of the various organic/inorganic compounds, which is

difficult to analyze. Furthermore, the formation of the SEI occurs in the liquid-state electrolyte which is another challenge. Due to those difficulties in the observation of the SEI, the composition, structure, and electric properties of the SEI are still elusive. Therefore, it is necessary to develop the new method to analyze the SEI in Li-ion battery. In this study, we observe the growth process and confirm the properties of SEI changing along the cycles and C-rate in the high-degree vacuum.

[P19-15]

Solid State Asymmetric Pseudocapacitors electrodes using Reduced Graphene Oxide Aerogel including Co_3O_4 Nanoparticle:

Jinwoo Byun, Debasis Ghosh, Sang Ouk Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).*

Keywords: Capacitor, graphene oxide, rGO, Co_3O_4 Nano particle,

Modern flexible consumer electronics require efficient energy storage devices with flexible free-standing electrodes. Graphene and chemically modified graphene or heteroatom-doped graphene-based materials hold great promise for energy storage and conversion due to their large surface area, high mechanical flexibility, chemical/thermal stability, high electrical/thermal conductivity, excellent catalytic activity, and so on. We report a simple and low cost method to fabricate a graphene-based composite aerogel encapsulating metal oxide nanoparticles for high energy density, free-standing, binder-free flexible pseudocapacitive electrodes. We successfully made graphene aerogel network that carries hydrothermally synthesized Co_3O_4 nanoparticles during the room temperature interfacial gelation on the Zn foil. The resultant three-dimensional (3D) rGO-Co_3O_4 composite aerogel shows mesoporous quasi-parallel layer stack morphology with a high loading of Co_3O_4 nanoparticles, which offers numerous channels for ion transport and a 3D interconnected network for high electrical conductivity. All solid state asymmetric pseudocapacitors employing the composite aerogel electrodes have demonstrated high areal energy density of 35.92 $\mu Wh/cm^2$ and power density of 17.79 mW/cm^2 accompanied by excellent cycle life.

[P19-16]

산화아연 나노소재의 합성 및 전기화학적 특성:

*김한슬[1], 김재헌[1]; [1]*국민대학교 신소재공학부.*

Keywords: 리튬이온배터리, 산화아연

스마트폰, 노트북 컴퓨터와 같은 전자기기에서부터 전기자동차 및 대용량전력저장 산업에 이르기까지 리튬이차전지에 대한 수요는 급격히 증가하고 있다. 고용량과 고에너지밀도에 대한 수요를 충족시키기 위해서는 새로운 전극소재의 개발이 필수적이다. 음극소재의 경우, 흑연계 소재가 상업적으로 널리 사용되고 있지만, 용량을 높이기 위해서 리튬 합금계 소재에 대한 관심이 점점 커지고 있다. 최근에는 금속산화물을 리튬이차전지의 음극소재로 사용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있는데, 그 중에서 산화아연은 탄소보다 높은 이론용량과 함께 다양한 나노 구조를 용이하게 만들 수 있어 많은 주목을 받고 있다. 특히 산화아연 나노튜브 구조는 구조 내부의 빈 공동으로 인하여 충·방전시 발생하는 부피 팽창에 효과적으로 대응할 수 있어 수명특성 향상에 효과가 있을 것으로 기대된다. 하지만 기존의 산화아연 나노튜브 구조는 합성 과정이 복잡하여 음극소재로서 크게 주목받지 못하였다. 본 연구에서는 특정 분위기 하에서 산화아연 나노막대를 열처리하여 나노튜브 구조를 만들고, 동시에 구조 표면에 탄소 코팅을 하여 소재를 간단한 방법으로 합성하였고, 그 전기화학적 특성을 평가하였다.

[P19-17]

희토류 고함량 연료심 특성 평가:

송훈, 박성찬, 김기호, 박정용; *한국원자력연구원.*

Keywords: SFR, metallic fuel, rare earth, casting

재순환 TRU 고속로 금속연료는 사용후 핵연료를 파이로 프로세싱하여 얻은 핵연료물질을 핵연료원료로 재활용되며, SFR-핵연료-파이로 재순환 주기를 완성하기 위해 재순환 SFR 금속연료 제조기술을 개발하는 것이 필요하다. 재순환 핵연료물질에는 용해주조부품과 반응성이 심한 희토류 원소(RE: Nd, Ce, Pr, La)가 다량 함유되어 있기 때문에 건전한 주조성을 가지고 품질이 우수한 연료심을 제조하는 기술이 개발되어야 한다. 본 연구에서는 금속연료심 첨단제조기술을 개발하기 위해 개량사출주조법을 이용하여 고반응성 희토류의 고함량 금속연료심 평가를 수행하였다. 고함향 희토류 연료심을 제조하여 희토류 연료심의 건전성을 연구하였으며 연료심 밀도 측정 및 화학분석을 수행하였고 SEM/EDX 분석하여 연료심의 균질성과 희토류 석출물의 구성 및 분포형태를 통하여 연료심의 특성을 평가하였다.

[P19-18]

$LiCl-KCl-UCl_3-RECl_3$ 시스템에서 우라늄과 희토류 핵종들의 분리에 관한 기초연구:

김택진, 안도희, 은희철, 이성재; *한국원자력연구원.*

Keywords: 파이로프로세싱, LiCl-KCl, 우라늄, 희토류, 분리

사용후핵연료로부터 재사용이 가능한 유효자원으로 우라늄(U) 및 초우라늄(TRU) 등의 금속을 회수할 수 있는 공정인 파이로프로세싱(Pyrochemical process)에서는 우라늄과 초우라늄 및 희토류 등의 염화물을 함유한 LiCl-KCl 공융염이 발생되며, 이 공융염 내 희토류 염화물의 함량이 일정수준 이상으로 높을 경우 희토류가 불순물로 함유되어 유효자원으로 활용이 가능한 형태의 우라늄과 초우라늄을 분리/회수하는 것이 쉽지 않다. 이러한 이유에서 공융염 내 희토류 핵종과 우라늄(초우라늄 포함) 핵종들을 각각 분리할 수 있는 기술을 개발하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 $LiCl-KCl-UCl_3-NdCl_3$ 시스템에서 첨가제(K_2CO_3)를 이용하여 우라늄 염화물을 산화물 형태로 전환한 후 전기화학적 방법을 이용하여 희토류 염화물($NdCl_3$)을 금속형태로 분리하는 시험을 실시하였다. 시험에 앞서 첨가제를 이용한 우라늄 염화물의 산화물로의 전환반응에 대한 이론적 평형계산을 실시하였으며, 이 자료를 바탕으로 시험조건을 설정하여 우라늄의 염화물의 산화물로 전환 및 희토류 염화물의 금속형태로의 전착시험을 실시하였다. 시험결과

첨가제의 주입량을 반응당량까지 단계적으로 증가시킴에 따라 우라늄이 산화물로 전환되는 양이 함께 증가하는 것으로 나타났다. 이후 액체금속음극을 이용하여 희토류 염화물을 금속형태로 전착시켰으며, 희토류 금속의 전착 후 우라늄 산화물은 공융염 바닥으로 침전되었고, 침전층 위로 투명한 용융상의 공융염이 존재하는 것으로 확인되었다. CV(cyclic voltamogram)을 측정하여 우라늄 및 희토류의 환원피크가 완전히 사라졌음을 확인하였으며, 거의 대부분의 우라늄 및 희토류 등의 염화물들이 공융염에서 분리된 것으로 판단되었다. 이상의 결과들을 통해 본 연구에서 시험한 방법을 이용하여 LiCl-KCl 공융염에서 우라늄과 희토류 핵종들을 각각 분리할 수 있음과 함께 LiCl-KCl 공융염을 정제할 수 있을 것으로 사료된다.

[P19-19]

Electrochemical Properties of Sn-Se Binary Compounds and Its Nanocomposite for Li-ion Batteries: 이동훈, 박철민; *금오공과대학교*

Keywords: Lithium batteries, Anode materials, Tin selenide, reaction mechanism

최근 화석연료의 고갈과 환경오염 문제로 인해 신재생에너지에 대한 관심이 많아지고 있는 추세이다. 이에 따라 신재생에너지를 저장 할 매개체인 이차전지 또한 관심이 더욱 높아지고 있다. 에너지 저장 시스템(ESS)에서는 고용량의 이차전지를 필요로 하고 있다. 그러나 현재 이차전지에 쓰이는 음극재료는 우수한 싸이클 특성과 낮은 전위를 갖고 있는 흑연계 음극재료가 대표적으로 이용되지만, 용량이 372 mAh/g 밖에 되지 않는다. 이러한 흑연계 음극재료의 단점을 극복하기 위해 고용량 음극재료에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 중 IV족 계열의 원소는 다량의 리튬과 반응하여 고용량을 나타내어 연구의 소재로써 각광받고 있다. 그러나 이러한 IV족 계열의 원소의 경우, 리튬과 다량 반응하면서 큰 부피팽창을 동반하기 때문에 싸이클 특성이 매우 좋지 못하다. 본 연구에서는 이러한 IV족 계열의 원소 중 하나인 주석(Sn)을 이용하여 VI족 원소인 셀레늄(Se)과 이원계 화합물을 제조하여 부피팽창을 억제하고 전기화학적 특성을 향상 시킬 수 있는 방법을 모색하였다. 또한, 다양한 방법을 통해 Sn-Se 이원계 화합물과 탄소의 나노 복합체를 합성하였고, 이를 통해 특성 향상을 모색하였다. 그리고 XRD, TEM, EXAFS 등의 분석기기를 이용하여 리튬과의 반응메커니즘을 증명하였다. 이를 토대로, Sn-Se 나노 복합체의 이차전지 음극재료로써의 적용가능성을 확인하였다.

Acknowledgements: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2014R1A2A1A11053057). This research was also supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2017-2014-0-00639) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

[P19-20]

염화암모늄(NH_4Cl)을 이용한 우라늄 산화물의 염소화 특성 평가: 은희철, 김택진, 이슬기, 장준혁, 김가영, 박성빈, 백승우, 김시형, 이성재, 허진목; *한국원자력연구원.*

Keywords: 우라늄 산화물, 염화암모늄, 염소화, 파이로프로세싱

원자력발전소에서 발생되는 산화물 형태 사용후핵연료의 재활용공정으로서 세계적으로 활발히 연구되고 있는 파이로프로세싱(Pyrochemical process)은 고온의 용융염(LiCl, LiCl-KCl)을 전해질로 활용하여 전기화학적 방법으로 우라늄(U) 및 초우라늄(TRU) 금속을 회수하는 공정이다. 이 공정에서는 부산물로서 우라늄 산화물과 귀금속류(noble metal)가 주요 성분들로 구성된 혼합물이 발생되며, 우라늄 회수율을 향상시키기 위해 우라늄 산화물을 금속형태로 회수하기 용이한 염화물 형태로 전환할 수 있는 기술개발이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 염화암모늄을 이용하여 우라늄 산화물의 염소화 특성 평가시험을 수행하였다. 소프트웨어를 이용하여 우라늄 산화물 염소화반응에 대한 자유에너지(Gibb's free energy)를 산출한 후 염화암모늄의 승화온도(337 ºC)를 고려하여 운전온도범위를 결정하였으며, 우라늄 산화물의 모사물질(CeO_2)를 이용한 염소화시험을 통해 우라늄 산화물의 염소화시험을 위한 세부조건을 도출하였다. 염화암모늄을 이용한 우라늄 산화물의 염소화시험에서 우라늄 산화물은 모사물질의 염소화 온도보다 높은 온도조건에서 염화물 형태로 전환됨이 확인되었다.

[P19-21]

용융염 CaF_2-$CaCl_2$계에서 Stabilized Zirconia 재료의 고온 안정성 평가: 유병욱[1], 김영민[2], 권숙철[2], 조수행[3], 이종현[4]; [1]*충남대학교 에너지과학기술대학원.* [2]*충남대학교 응용소재공학과.* [3]*충남대학교 급속응고신소재연구소.* [4]*충남대학교 신소재공학과.*

Keywords: High-temperature stability, solid oxide membrane(SOM), stabilized zirconia

SOM 제련공정은 이온 전도성 고체 전해질 membrane을 이용한 직접 전해 공정으로 온실가스의 배출이 적고, 고순도 금속 제조가 가능하여 희소금속 제련 및 재활용의 생산비용을 절감할 수 있는 차세대 혁신 금속 직접 환원/제련공정 기술이다. SOM 제련공정은 고온 용융염계에서 운전되는 공정임으로 양극에 적용되는 단위공정장치 구조재료의 건전성 평가가 요구된다. 본 연구에서는 관련 장치에 적용될 최적 구조재료를 선정하기 위해 고온에서 열적 및 기계적 특성이 우수한 안정화된 구조재료인 calcia stabilized zirconia (CSZ), yttria stabilized zirconia (YSZ), magnesia stabilized zirconia (MSZ)의 고온 안정성 평가를 위해 CaF_2-$CaCl_2$계에서 건전성시험을 수행하였으며, 운전조건은 1300ºC, CaF_2-$CaCl_2$계에서 CaO 농도 5, 10, 20 wt.% 별로 168시간이다. 고온 건전성실험에서 고찰한 결과는 CSZ 경우: CaO 매질이 없을 때, t-ZrO2가 m-ZrO2 변형으로 인한 부피변화 때문에 무게손실률이 약 43%로, CaO 매질 농도가 5–20 wt.%일 때, 무게손실률이 약 8-12%로 나타났다. YSZ 경우: CaO 매질이 없을 때, 안정제인 Y_2O_3가 용출되어 CaF_2와 반응에 의한 CaO 생성으로 인해 표면에 $CaZrO_3$가 생성되었으며, CaO 농도가 0-20 wt.%일 때, 무게손실률은 약 6-7%로 나타났다. 또한, MSZ 경우: CaO 매질이 없을 때, YSZ와 다른 결과, 즉, m-ZrO_2로 변형이 없는 것으로 보이며, CaO 농도가 5-20 wt.%일 때, 무게손실률이 약 1-10%로 나타났다. CaO 매질이 없는 경우에는 MSZ가 보다 우수한 안정성을

보였으며, 아울러 CaO 농도가 5 wt.%일 때, 안정화된 재료 모두가 가장 낮은 무게손실률을 나타내었다.

[P19-22]

Al_2O_3 보호층을 이용한 GaN 광전극의 광전기화학적 물 분해 성능 향상: 김하성, 김은숙, 방승완, 배효정, 하준석; *전남대학교 신화학소재공학과/전남대학교 광전자융합기술연구소.*

Keywords: Photoelectrochemical water splitting, Gallium nitride, Aluminum oxide, Protection layer

수소는 연소 시 유해물질을 배출하지 않으며 에너지 효율이 높아 화석연료를 대체할 물질로 각광받고 있다. 수소를 생산하는 한 가지 방법으로 광전기화학적 (PEC) 물 분해 방법은 반영구적 물질인 물, 태양광을 이용한다는 점과 이론적 효율이 높다는 점 때문에 미래의 주요 수소 생산법으로서의 가능성이 크다. 광전기화학적 물 분해에 사용되는 반도체 광전극 중 질화갈륨 (gallium nitride; GaN)은 전해질 내에서 내화학성이 좋고, 밴드갭 에너지가 물의 산화환원준위를 포함하여 외부전압 없이 물 분해 시스템을 제작하는 게 가능한 물질이다. 그러나 반도체에 광 에너지가 조사될 때 생성된 정공은 광전극 표면을 손상시키고 이는 수소 생산 효율을 떨어뜨리게 된다. 일반적으로 물질의 화학적 안정성을 향상시키는 방법으로서 물질 표면에 산화물 층을 얇게 코팅하는 방법이 사용된다. 본 연구에서는 GaN 광전극 표면에 산화알루미늄 (Aluminum oxide; Al_2O_3)을 코팅하여 그 광전기화학적 특성을 분석하였다. Atomic layer deposition을 이용하여 Al_2O_3보호층을 얇게 코팅하고 Potentiostat (PARSTAT4000)으로 전압에 따른 광전류 변화와 신뢰성을 평가하였다. 실험 결과, Al_2O_3를 코팅한 후 GaN 광전극의 광전류값은 reference GaN 광전극보다 다소 감소하였다. 그러나 신뢰성 평가에서 Reference GaN 샘플은 시간 경과에 따라 급격한 광전류 감소가 나타난 반면, Al_2O_3가 코팅 GaN 광전극은 높은 광전류가 일정하게 지속되었다. 이로써 본 연구에서 Al_2O_3 보호층이 GaN 광전극의 PEC 물 분해 능력을 향상시킨다는 것을 확인할 수 있었다.

P20 : 전자재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P20-1]
금속라인을 이용한 플렉시블 OLED밀봉: 배건, 문철희; *호서대학교*
Keywords: OLED, 봉지, 플렉시블, 투습도, 실링
OLED(Organic Light Emitting Diode)는 자체발광, 빠른 반응속도, 박막화 등의 많은 장점을 가지고 있어 차세대 디스플레이 소자로 각광받으며 많은 연구 및 제품 개발이 이루어지고 있다. OLED에 사용되는 유기물은 수분과 산소에 노출될 경우 소자 내부로 침투하여 흑점 등의 문제점을 발생시켜 휘도 저하, 수명 단축과 같은 치명적인 문제점을 발생시키는 것으로 알려져 있다. OLED 내부로의 수분 및 산소의 투습을 막기위해 glass cap, metal cap과 같은 기술이 상용화 되어있지만 이는 플렉시블 기판에 사용되기 힘든 단점이 있다. 이에 최근 플렉시블 OLED 봉지를 위해TFE(Thin Film Encapsulation)기술이 소개되고 많은 연구가 진행되고 있지만 다층박막 형성으로 인한 복잡하고 긴 공정 과정을 구한다. 본 연구에서는 플렉시블 OLED의 봉지에 적합한 LMPA(Low Melting point alloy)라인을 이용한 봉지 기술을 소개한다. 또한 금속라인을 이용한 봉지층의 투습방지 효과를 확인하기위해 봉지층이 적용된 OLED소자의 휘도 변화를 관찰하였다.

[P20-2]
Fabrication of VO_2 Based Sensor for Temperature Measurement: ABIDOV AMIR, 김성진; *금오공과대학교*
Keywords: VO_2, sensors, temperature, Wheatstone bridge, interdigitated electrode
VO_2 based sensors were fabricated using two different architectures of metal-semiconductor-metal (MSM) on interdigitated electrode and Wheatstone bridge. The effect of architecture on temperature sensing has been investigated in this research. Crystallinity was analyzed using x-ray diffractometry (XRD). Morphology of films was analyzed using scanning electron microscopy (SEM). Thermal properties were analyzed using resistance measurement as function of temperature. Results were compared. Analyzed and discussed.

[P20-3]
자기냉매 개발을 위한 Gd-Co-계 비정질 합금 설계와 나노결정화에 따른 자기열량효과 비교: 문예빈, 홍성환, 김영석, 박혜진, 문상철, 권성준, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과*
Keywords: Metallic glasses, Magnetocaloric effect, Curie temperature, Nano-crystalline
자기열량 효과(MCE)를 이용한 자기냉동 기술은 기존의 가스 압축식 냉각 방식의 효과적인 대체 기술로써 고특성, 고냉각 효율의 경제적 우수성뿐만 아니라 무소음, 무진동, 친환경성 등 우수한 장점을 가지고 있다. 때문에 자기냉동 기술은 냉장고 등의 전자제품 뿐만 아니라 자동차 냉각기, 항암 치료를 위한 nanocarrier등 다양한 분야에서 그 잠재성이 대두되고 있다. 이러한 자기냉동기로써 사용되는 자기냉매 소재는 우수한 자기열량효과, 양호한 기계적 성질, 높은 내식성, 큰 전기저항으로 인한 낮은 에너지 손실 및, 낮은 자기 히스테리시스 등의 특성을 요구한다. 이러한 기계적 자기적 특성은 bulk-crystalline 합금보다 비정질 혹은 nano-crystalline 합금에서 용이하게 나타난다. 때문에 Gd, Dy, La등 큰 자기열량 효과를 갖는 희토류계 비정질 합금이 꾸준히 연구되어 왔다. 그 중 Gd는 희토류 금속들 중 가장 높은 자기모멘트를 가지고 있으며 상온의 퀴리온도를 갖고, 히스테리 시스 손실없이 양호한 비정질 형성 능력 (GFA) 및 상대 냉각 능력 (RCP)을 갖기 때문에 이러한 Gd계 비정질 합금 개발은 고특성 자기냉매의 개발을 가능하게 한다. 본 연구에서는 높은 자기열량효과를 갖는 Gd계 비정질 합금 개발을 위해 4f-4d exchange coupling을 갖는 Gd-Co계 합금에 Si, Ge를 첨가하여 합금의 형성능에 미치는 영향을 확인하고, 개발된 합금의 나노결정화를 통해 두 합금간의 자기특성을 비교하였다. 합금 원소는 경험법칙에 의거하여 선택되었고, 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 합금의 열적 특성 및 결정화 거동을 측정하였다. 또한 X선 회절기(XRD)를 이용하여 결정구조를 확인하였고, 직류자화특성장치(VSM)를 이용해 합금의 자기적 특성을 확인하였다.

[P20-4]
열 증착 된 구리 산화물 박막을 이용한 p- 채널 산화물 전계 효과 트랜지스터: 김동우, 최성혁, 김지환, 윤혜민, 신종원, B. Purusottam Reddy, 서영석, 박시현; *영남대학교 전자공학과*
Keywords: 구리 산화물 박막; 어닐링; 산화물 전계 효과 트랜지스터
다양한 온도에서 열 증착된 Cu 박막의 어닐링으로부터 Cu_xO 박막을 제작하였고, Cu_xO/SiO_2/n-Si 트랜지스터의 정공 운반 특성을 연구하였다. 산화물 박막의 위상 및 구조는 X 선 회절 기술을 이용하여 확인 하였고, 조성 및 형태는 각각 EDAX 및 SEM을 사용하여 연구하였다. 증착된 Cu_xO 박막의 진동 모드는 라만 연구로 분석하였다. 어닐링 온도가 400 ºC에서 700 ºC로 증가함에 따라 필름의 위상이 Cu에서 Cu_2O로 변한 다음 CuO로 변한다는 사실이 밝혀졌다. 박막의 광학 밴드 갭은 투과율 스펙트럼으로부터, 1.6-2.2 eV의 범위 인 것으로 밝혀졌다. 일반적인 리소그래피 공정을 이용하여 Cu_xO 박막 트랜지스터를 제작하고 TFT의 전기적 특성을 연구 하였다. 제작된 TFT는 10^{-4} ~ 10^{-2} $cm^2V^{-1}s^{-1}$ 범위의 홀 이동도를 갖는 p-채널 동작을 나타내었다.

[P20-5]

Fabrication of Transparent NiTe2 Electrodes Via Magnetron Sputtering Combined with Chemical Exfoliation: Taewon Yuk, Jeontaik Lim, Gyutae Jeon, Changyong Lee, Junho Lee, Sukjun kim; *KOREATECH.*
Keywords: 2D, Thin film, TMDCs, NiTe2

Transparent conductive NiTe2 electrodes have been fabricated via magnetron sputtering followed by chemical exfoliation. The freshly deposited NiTe2 thin films with thicknesses of 9 nm exhibited an electrical resistivity of 82 mΩ cm and transparency of 53%, which were further increased by chemical exfoliation up to 289 mΩ cm and 61% (70% at a wavelength of 285 nm), respectively. The thin films obtained by sputtering an intermetallic NiTe2 target were characterized by lower electrical resistivity as compared to that of the films fabricated by co-sputtering of Ni and Te targets, which could be attributed to the larger number of grains with the out-of-plane c-axis orientation.
*corresponding author : Suk Jun Kim, skim@koreatech.ac.kr

[P20-6]

Fabrication and Sintering of Aluminum Doped LLZO Powder by Modified Sol-gel Process with High Ionic Conductivity: Sunggue Heo[1], Hessan Khalid[1], Won Sik Yang[1], Taek-Soo Kim[1], Bin Lee[1], Soong Keun Hyun[2], Seok-Jun Seo[1]; [1]*Korean Institute of Industrial Technology.* [2]*INHA University.*
Keywords: $Li_7La_3Zr_2O_{12}$, Solid electrolyte, Sol-gel process, Ion conductivity

$Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolytes doped with different amounts of Al were prepared by a polymerized complex Sol-gel process. The influence of aluminum on the structure and conductivity of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ were investigated by X-ray diffraction (XRD), impedance spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), and Thermal analysis(TG/DTA). It was found that even a small amount of Al added to $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ can greatly accelerate densification during the sintering process. SEM micrographs showed the existence of a liquid phase introduced by Al additions which led to the enhanced sintering rate. The addition of Al also stabilized the higher conductivity cubic form of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ rather than the less conductive tetragonal form. The combination of these two beneficial effects of Al enabled greatly to reduce calcination time for preparation of highly conductive $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolyte. In order to increase the ion conductivity, the LLZO powders were sintered using spark plasma sintering (SPS), microwave oven, and hot press.

[P20-7]

반도체 히터의 저항치 변화현상 연구: 이현석, 정재성; *전자부품연구원.*
Keywords:

반도체의 CVD 공정은 증착 후 히트플레이트를 이용한 열처리 공정을 거치게 된다. 이때 사용되는 히트플레이트로는 높은 열전도도와 경도를 가지는 질화알루미늄(Aluminum Nitride) 기판이 많이 사용되고 있으며, 발열체로는 열선이나 다양한 도전성 물질들이 이용되고 있다. 그러나 이런 히터는 고온에서 계속 사용됨에 따라 발열체의 저항치가 점차 변하게 되는데, 이러한 현상은 일정한 온도를 유지해야 하는 열처리공정에서 문제를 야기시킨다. 본 연구에서는 저항치의 변화현상 및 변화폭을 줄이기 위한 방안에 대해 알아보고자 한다.

[P20-8]

플릿을 통해 형성된 그래핀 패턴의 미세구조 분석: 정재훈, 예종필;*인하대학교.*
Keywords: Graphene, Patterning, Photolithography, Microstructure

그래핀은 2차원 구조의 탄소 단일층이며 전기적/열적 특성이 매우 높아 전자 소자 및 열전 소자로의 응용이 모색되어 왔다. 이러한 그래핀의 우수한 물리적 특성을 폭넓게 활용하기 위해서는 그 미세구조에 대한 정밀한 제어 기술의 개발이 필요하다. 최근 Cu 기판의 미세구조와 그래핀의 미세구조 간의 상관관계에 대한 연구가 발표된 바 있으나 여전히 이를 검증할 수 있는 체계적인 연구결과가 부족하다. 본 연구에서는 리소그래피 patterning 공정과 Cu의 열처리 공정을 접목하여 다양한 grain 구조를 갖는 Cu template을 형성하고 이에 화학 기상 증착법을 활용하여 그래핀을 성장시켰다. 이와 같이 형성된 graphene 패턴의 미세구조와 Cu template의 형태 및 grain 구조 간의 상관관계를 Electron backscatter diffraction (EBSD)과 Selected area electron diffraction (SAED)를 사용해 분석하였다. 이와 같은 분석 결과, 그래핀의 결정 구조는 Cu template의 grain 구조에는 의존하지 않으나 그래핀 pattern의 edge orientation의 경우 template의 width에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

[P20-9]

Post Annealing Effects on the Electrical Properties of Polysilicon Metal-semiconductor-metal Photodetectors: Kyeong-Min Kim[1], Jung-Yeul Kim[2], You-Kee Lee[2], Yong-Sun Choi[1], Joon-Pyo Park[3], Jae-Sung Lee[2], Young-Ki Lee[2]; [1]*Uiduk University Department of Information & Electronics Engineering.* [2]*Uiduk University Division of Green Energy Engineering.* [3]*RIST Metallic Materials Research Group.*
Keywords: MSM (metal-semiconductor-metal) Photodetector, Schottky contact, Intermetallic compounds

The effects of the post annealing temperatures on the electrical and interfacial properties of metal-semiconductor-metal photodetectors (MSM-PD) device were investigated. The MSM-PD device in this work were the structure of Al(500 nm)/Ti(200 nm)/poly-Si(500 nm). Structural analyses of the MSM-PD devices were performed by employing X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy

(SEM), secondary ion mass spectroscopy (SIMS) and transmission electron microscope (TEM). Electrical characteristics of the MSM-PD were also carried out by using current-voltage (I-V) measurements. As the post annealing temperature increases, intermetallic compounds of Al_3Ti and $Ti_7Al_5Si_{12}$ were observed at the interface of the MSM-PD devices at the post annealing temperature of 350°C and 400°C, respectively, resulting in the decrease in the electrical characteristic.The effects of the post annealing temperatures on the MSM-PD devices showed the different interfacial properties.

[P20-10]

Fe-Zr-B-Cu계 비정질합금의 전·자기적 특성에 미치는 첨가원소의 영향: 노정현[1,2], 박승연[2], 황해진[2], 임경묵[2]; [1]*한국생산기술연구원.* [2]*인하대학교.*

Keywords: Amorphous alloy, Melt-spun ribbon, Electric conductivity, Permeability, Soft magnetic property

최근 무선통신 기기 및 고주파에서 사용되는 IT기기의 제품개발에 있어서 구동전류가 상승하고 소형화 됨에 따라, Power inductor용 core재료 또한 높은 투자율과 큰 포화자화를 갖는 자성재료로 대체되고 있다. 일반적으로 소형, 경량화할 수 있는 방안으로 사용주파수를 높이거나 포화자화가 큰 자성재료의 사용하는 방법이 있다. 하지만 금속소재는 낮은 전기저항 특성 때문에 와전류 효과가 커서 주파수를 높임에 따라 투자율이 급격히 하락하는 단점이 있다. 이에 따라 비교적 고주파대역에서 우수한 특성을 나타내는 비정질 및 나노결정구조 금속소재에 관한 연구가 광범위하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 그 중 하나인 Fe-Zr-B-Cu계 합금을 선정하고 합금을 구성하는 원소에 대하여 전도도 및 투자율의 상관관계를 확인하였다.본 연구에서는 Fe-Zr-B-Cu계 합금에서 합금을 구성하는 Zr, B, Cu원소가 합금내에서 어떠한 전·자기적 특성을 나타내는지 확인하였다. Zr 6~8at%, B 2~4at%, Cu 0~2at%로 조성비를 변화시켜, 조성별로 Arc melting법을 이용하여 모합금을 제조한 뒤, 급속응고냉각장치(RSP)를 이용하여 두께 30-40um의 리본형태로 비정질 연자성 합금을 제조하였다. XRD와 DSC를 이용하여 합금의 상을 확인하였으며 4-Point probe, VSM과 BH-Tracer를 이용하여 합금의 전·자기적 특성을 조성별로 비교하였다.(전기전도도, 투자율 등)

[P20-11]

Graphene Oxide- Fluorine 복합소자의 감압에 따른 전기특성 변화 연구: 김용우, 이지선, 김근재, 이성의; *한국산업기술대학교 신소재공학과.*

Keywords: Keywords: Keywords: Graphene Oxide, permittivity, piezoelectric effect element

Graphene은 육각형 격자로 정렬된 2차원 탄소 단일 층으로, 전기적, 화학적 및 기계적 특성을 지닌 유망한 나노 소재로 디스플레이, 이차전지, 자동차, 조명, 센서 등 다양한 분야에 응용되어 산업 성장을 견인할 전략적 핵심 소재로 각광 받고 있다. 한편, 최근에는 Graphene의 반데르발스특성을 활용한 압력에 따른 전기적 특성변화를 적용한, 센서분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 고유전율 고분자인 플로린과 감압에 따른 전기특성의 변화를 보이고 있는 Graphene Oxide의 복합재를 제조하여, 감압소자를 제작하고 고유전 플로린의 유전 특성과 압력을 가했을 때 전기적인 특성이 변하는 Graphene의 특성에 대하여 고찰하였다. 실험방법으로는 Graphene Oxide를 제조하기 위한 화학적 합성법 Hummer's method를 응용하여 Graphite를 H2SO4와 KMnO4에 혼합하여 산화시킨 Graphite를 Sonication을 통한 Graphite층 간의 박리를 진행하여 0.44 wt% Graphene Oxide를 용액으로 제조하였다. 한편, 고유전 Fluorine resin을 용매 Isophorone에 1:2비율로 혼합한 뒤 가열 및 Stirring하여 고유전체 페이스트을 제조하였다. 고유전체 페이스트와 Graphene Oxide를 혼합하여 Bar coating한 뒤 건조시켜 복합 소재층을 제작하였고, 전극을 형성하여, 감압소자를 제작하였다. 첨가되는 Graphene Oxide 비율을 달리 하였을 때의 유전 특성과 가해지는 압력에 따른 전기적 특성을 확인하였다.연구 결과, 복합 소자 제작 시 혼합되는 Graphene Oxide 비율에 따라 유전율이 달라졌다. 첨가되는 Graphene Oxide 비율이 높아질수록 유전율이 낮게 나왔으며, 일정량을 초과했을 시 유전율이 낮아지는 경향이 나타나지 않았다. 이 결과 Graphene Oxide 첨가량에 따라 달라지는 유전율 변화폭을 알 수 있다. 압력에 따른 전기적 특성은 물리적으로 압력을 가했을 때에 Graphene Oxide의 양에 따라 전기적 특성이 변하는 것을 확인하였다.

P21 : 생체재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P21-1]

Ti-Nb-Zr-X 합금의 형상기억특성 및 초탄성 특성에 미치는 시효처리의 영향: 김영수, 김재일; *동아대학교 공과대학 금속공학과.*
Keywords: SMA, SE, Ti-Nb, ω phase, Ti-Nb-Zr

지난 10년 동안, TI-Nb기 합금들은 Ni-free 생체 형상기억합금으로써 널리 연구되어져 왔고, 많은 합금들이 상온에서 초탄성 특성을 보인다고 보고되었다. Ti-(26~27)at.% Nb합금에서 초탄성 회복이 관찰되었으나, 탄성변형률을 포함해도 3%로 실제 Ti-Ni 합금들에 비해 아주 작은 값이다. 이러한 Ti-Nb계 합금의 초탄성 특성을 향상시키기 위해 많은 연구들이 수행되었다. 그 결과, 변형에 대한 슬립 임계 응력 향상이 초탄성 특성을 향상시키는 방법 중 하나라고 보고되어졌다. 한편, 이러한 합금계에서 열처리 후 ?칭에 의한 athermal ω상의 생성은 불가피하다. athermal ω상은 합금의 취성을 유발하며 형상기억특성 및 초탄성 특성에 악영향을 미친다고 알려져 있다. 한편, 일부 보고에 의하면 시효처리에 의해 thermal ω상을 미세 분산시켜 형상기억특성이 다소 향상 되는 것으로 보고되기도 한다. 따라서 본 연구에서는 첨가 원소 및 시효처리에 의한 thermal ω상의 석출 거동을 규명하고 또한 thermal 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 1173K에서 1.8Ks동안 용체화 처리 후 ?칭하여 여러 온도에서 시효처리를 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.

[P21-2]

The Effects of Surface Modification of Magnesium Alloy Via Femtosecond Laser on Cell Attachment: 길혜준[1], 김경수[1], 서영민[1], 전호정[1], 옥명렬[1], 석현광[1], 박진우[2], 김유찬[1], 이강식[3]; *[1] 한국과학기술연구원(KIST). [2] 연세대학교 신소재공학과. [3] 서울아산병원.*
Keywords: 표면 개질, 펨토초 레이저, 마그네슘 합금, 세포 부착

생체재료의 표면은 체내 삽입 시 세포와 직접 맞닿으므로 세포의 거동을 조절하기 위해 재료의 표면 개질은 매우 중요하다. 유리, 폴리머, Ti alloys 등 inert 재료의 표면 개질을 통해 세포의 거동을 조절한 연구는 많이 있지만 생분해성 금속에 표면 개질 후 세포의 거동을 살펴 본 연구는 많이 부족하다. 생분해성 금속 중 마그네슘은 우리 몸의 필수 구성 성분으로 biodegradable하며 non-toxic하다는 큰 장점을 가진다. 그리고 체내에서 분해되는 생분해 특성으로 implantation 후 implant를 제거하지 않아도 된다. 이러한 Mg-based alloy는 우수한 체내 적합성과 환자의 삶의 질을 높일 수 있어서 생체재료로써 많이 사용되고 있다. 따라서 마그네슘의 표면 처리를 하여 세포의 거동을 조절하는 연구는 마그네슘이 다양하게 응용되기 위해 반드시 필요하다. 본 연구에서는 표면 처리를 사용하여 세포부착능을 조절하고자 하였다. 표면 처리는 벌크 자체의 특성은 유지시키고 표면만 개질되는 장점을 가진다. 여러 표면 처리 방법 중 레이저 처리는 표면의 오염 없이 순간적인 용융 및 응고의 과정을 거쳐 표면의 특성을 바꾸는데 효과적인 방법으로써 최근 많은 관심을 받고 있다. 특히, 레이저 중 펨토초 레이저는 다른 레이저에 비해 열전달 시간이 짧으므로 열에 의한 영향을 최소화 시켜주고 표면의 거칠기만 변화시켜준다. 본 연구에서는 이러한 레이저 효과를 이용하여 생분해성 마그네슘 합금의 표면을 개질하여 거칠기에 따른 세포 부착능을 평가하였다. 이러한 결과로 향후 레이저로 표면의 거칠기를 조절하여 다양한 세포 부착능을 제어할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 KIST(2M35010, 2MR5840)의 지원으로 수행되었습니다.

[P21-3]

Biocompatibility of the Functional Element-Contained HA Surface Formed by Plasma Electrolytic Oxidation: Ji-Min Yu, Han-Cheol Choe; *Department of Dental Materials & Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials, Chosun Univ.*
Keywords: Biocompatibility, Hydroxy apatite, Plasma Electrolytic Oxidation

Ti-6Al-4V alloys are promising in the field of dental and orthopedic implants due to their excellent biocompatibility, high corrosion resistance, and excellent mechanical properties. However, Ti-6Al-4V alloys have been difficult to meet all clinical requirements and surface modifications have been performed to improve the functionality such as the biological, chemical and mechanical properties of the material. For this reason, functional surface coatings as plasma electrolytic oxidation (PEO) have been introduced. PEO is a new method of forming ceramic coatings on light metals such as titanium alloys. This electro chemical process uses a high voltage to generate spark discharge, and this occurs when the PEO voltage is higher than the dielectric breakdown voltage of the oxide film. PEO has proven to be a simple, controllable, and cost effective process. And the functional elements were added to the PEO coating to add the ions to the electrolyte to enhance bioactivity. Especially, calcium (Ca), phosphorus (P), strontium (Sr), manganese (Mn), Magnesium (Mg) and zinc (Zn), which are constituents of the body's bones, are added to the electrolyte of the ion, because they contain various crystalline minerals. In this study, it was expected that the bonding of the metal surface and the bone would be improved by doping the biodegradable hydroxyapatite (HA) coating film on the Ti alloy, and it would have a positive effect on the bioactivity, and the surface morphology analysis and the cell growth and differentiation experiment were performed after PEO treatment; 280V, 3min, and various

electrolytes. (Supported by NRF: 2015H1C1A1035241 & NRF: 17GJ1006 ; hcchoe@chosun.ac.kr)

[P21-4]

Precipitation Phenomena of Bone-like Apatite on the Ti-6Al-4V after PEO-Treatment Electrolytes Containing Bioactive Element: Sang-Gyu Lim, Han-Cheol Choe; *Department of Dental Materials & Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials, Chosun Univ.*

Keywords: Precipitation, Bone-like Apatite, Ti-6Al-4V, PEO-Treatment

Titanium and its alloys that have a good biocompatibility, corrosion resistance, and mechanical properties such as hardness and wear resistance are widely used in dental and orthopedic implant applications. They can directly connect to bone. However, they do not form a chemical bond with bone tissue.Plasma electrolytic oxidation (PEO) that combines the high voltage spark and electrochemical oxidation is a novel method to form ceramic coatings on light metals such as titanium and its alloys. This is an excellent reproducibility and economical, size and shape control of the nano-structure is relatively easy.The bioactive materials contained in the PEO-treatment were Ca, P, Si, Mn, Mg, Zn, and Sr ions. These ions play an essential role in the normal bone growth and metabolism of skeletal tissues in the human body. Also, deficiency may cause various problems such as osteoporosis.In this study, precipitation phenomena of bone-like apatite on the Ti-6Al-4V after PEO-treatment in electrolytes containing bioactive elements were researched using experimental instruments. The PEO-treatment was performed at an applied voltage of 280 for 3 min. And bone-like apatite formation was performed in SBF solution for 1, 3, 5, and 7 days. The morphologies of PEO-treated Ti-6Al-4V alloy in containing bioactive element were examined by FE-SEM, EDS, and XRD. (Supported by NRF: 2015H1C1A1035241 & NRF: 17GJ1006; hcchoe@chosun.ac.kr)

[P21-5]

New Solution for Eliminating Biofilms Using Antibacterial Property Induced by Spontaneous Generating H_2O_2 on Mg Alloy: 정연욱*[1,2], 박지민[1], 장근혁[1], 전호정[1,3], 옥명렬[1], 한형섭[1], 이관희[1], 석현광[1,3], 이준호[2], 김유찬[1,3]; [1]*Biomedical Research Institute, Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea,* [2]*Korea University, Seoul Korea,* [3]*Division of Bio-Medical Science & Technology, KISTschool*

박테리아는 금속 표면에 바이오필름을 형성하여 금속의 부식 특성에 악영향을 미친다. 따라서 금속 기반의 산업 및 환경, 의료 분야 등에서 금속의 부식 특성 향상을 위한 항 박테리아 특성은 큰 관심을 받아왔다. 이러한 관심에도 불구하고 현재까지 박테리아를 제거하는 시스템은 주로 인공 항생제나 항미생물제 등과 같은 약품 처리의 경우이다. 이러한 경우들에서는 복잡하고 비용이 많이 들며 박테리아가 약품에 대한 내성이 증가함에 따라 처리하는 약품의 양과 농도의 증가를 야기함으로써 환경 오염뿐만 아니라 주변 생물체들에게도 잠재적인 문제를 야기하고 있다. 또한 연구되었던 금속과 금속 산화물을 이용한 시스템에서도 접촉 계면의 문제로 효율적 사용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 널리 사용 가능하고, 쉬운 단계로 이루어진 항 박테리아 시스템 개발을 목적으로 한다. 인공 항생제나 항미생물제를 사용하지 않으며 주변 수중 생물체들에게 피해가 없으면서 동시에 선택적으로 박테리아만을 사멸시키는 시스템을 연구한다. 마그네슘을 희생 금속으로 이용하여 선택적 박테리아 사멸을 위하여 자발적인 H_2O_2 형성 유도를 설계하며 마그네슘을 합금화하여 부식 속도 및 전기화학적 포텐셜 값의 변화로 다양한 H_2O_2 발생량을 조절 가능하게 한다. 합금 설계 및 주조를 하였으며 만들어진 재료의 분석을 위하여 전자 현미경 (SEM)을 활용하여 미세 조직을 관찰하였으며, 부식 저항성(immersion test) 및 전기화학 실험(OCP)으로 부식 거동을 관찰하였으며, 실제 H_2O_2 형성량을 정량하고 E-coli 실험 및 Zebra-fish 실험을 통하여 최적화된 시스템 조건에 대한 연구를 진행하였다.

사사: "본 논문은 지식경제부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과입니다[10042703]"

[P21-6]

발포성 Space Holder를 이용한 기공률 제어: 김경욱[1], 박세진[1], 장진만[2], 이원식[2], 이재철[1]; [1]*고려대학교 신소재공학과.* [2]*한국생산기술연구원.*

Keywords: porous titanium; powder metallurgy; powder injection molding(PIM); expandable space holder

티타늄(Titanium, Ti)소재는 비강도가 높고 부식저항성과 생체적합성이 우수하여 인공관절, 치과용 임플란트 등과 같은 생체이식용 소재로 사용되어 왔으며 티타늄 소재를 인공뼈와 유사한 탄성계수를 가지도록 합금설계를 하거나 다공성 구조를 만드는 연구가 진행되어 왔다. 본 연구에서는 분말사출성형을 토대로 티타늄 다공체를 제조하였으며 인체의 골조직과 유사한 다공체를 제조할 수 있도록 기공률을 제어할 수 있는 방법을 고안하였다. 이 방법은 기공률과 기공크기를 제어할 수 있으며 open pore를 형성하는 것도 가능하다. 또한 이 방법(PIM)을 응용하면 치밀체 구조와 다공성 구조를 함께 가지는 복합체를 형성하는 것도 가능하다. 본 연구에서는 인체의 골조직과 유사한 다공체를 제조하기 위해 분말사출성형을 토대로 기공률을 제어할 수 있는 방법을 연구 하였다. Titanium hydride(TiH_2) 분말을 사용하여 wax-based feedstock을 제조한 후 space holder와 TiH_2 feedstock을 혼합하였다. Space holder는 구형의 expandable polystyrene (EPS)를 사용하였으며 EPS의 발포 특성을 분석하고 이 특성을 기공률 제어 변수로 삼았다. 넓이 10×30 mm 와 높이 3~6 mm인 사각 형태의 시편을 사출성형으로 시편을 제조하였으며 발포 과정을 통해 open pore를 가진 다공체 구조를 만들었다. 발포된 polystyrene을 toluene을 첨가한 혼합용액에서 추출 후 고순도 Ar 분위기에서 열탈지 하였으며 10^{-6}torr 이하 진공분위기에서 소결하여 티타늄 다공체를 제조하였다. 다공체의 기공률은 EPS 혼합 전 feedstock 으로 만든 소결체를 아르키메데스 법으로 측정한 소결 밀도와 다공체의 밀도와 부피를 이용하여 계산하였다. 측정 결과 50~70%의 기공률을 지닌 다공체를 기공률 제어를 통해 제조할 수 있었다.

[P21-7]

Electrochemical Behaviors of Bioactive Element Coatings on PEO-treated Ti-6Al-4V Alloy: Min Gyu Park, Han-Cheol Choe; *Department of Dental Materials & Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials, Chosun Univ.*

Keywords: Electrochemical Behaviors, PEO, Ti-6Al-4V Alloy

Titanium and its alloys have been used in orthopedic and dental implants due to their biocompatibility, good corrosion resistance, and elastic modulus such as bone and high mechanical strength. However, it is known that titanium is biologically inert and has a long duration of healing. For this reason, research has been conducted to improve implant bonding to bone tissue. Plasma electrolytic oxidation (PEO) has recently attracted attention. PEO is considered to be a promising technology because it can create a surface layer with good adhesion to a Ti substrate and has a low cost advantage. Recently, many researchers have focused on the addition of bioactive elements such as Calcium, Phosphorus, Magnesium, Silicon, Zinc, Manganese and Strontium. Biologically active substances are essential trace metals found in normal bones and in all tissues and are required for normal amino acid, lipid, protein and carbohydrate metabolism. It reduces bone anomalies such as bone thickness and length reduction and deformation, increases bone density, and promotes bone metabolism and growth. In this study, electrochemical behaviors of bioactive element coatings on PEO-treated Ti-6Al-4V alloy. The surface of the alloy after PEO treatment was observed by scanning electron microscope (FE-SEM), and ion detection in surface and pore was performed in energy dispersive X-ray spectrometry (EDS). Phase analysis of the coated alloy was carried out through XRD. Ion release test was carried out using potentidynamic and AC impedance method in 0.9% NaCl solution. Potentiodynamic was performed at a potential range of -1500 mV to +2000 mV with a scan rate of 1.67 mV / s. The AC impedance was set in the frequency range of 10MHz to 100kHz and the AC amplitude was set to 10mV at 5 points / decade. (Supported by NRF: 2015H1C1A1035241 & NRF: No.17GJ1006; hcchoe@chosun.ac.kr.)

[P21-8]

치과용 임플란트소재 적용을 위한 지르코늄 기 바이오재료 특성 연구: 황건재[1], 김정석[2]; *[1]조선대학교대학원 첨단소재공학과. [2]조선대학교 재료공학과.*

Keywords: Zirconium, bio-materials, dental implant, susceptibility, elastic modulus

본 연구의 목적은 인공치아에 대한 인공물(artifact)로 작용 할 수 있는 기존의 임플란트 소재를 자기민감성이 매우 낮은 소재로 대체하여 인공물로 나타나지 않게 하는데 있으며, 치과재료의 특성상 주기적인 하중을 견딜 수 있는 허용 강도값과, 인체의 뼈와 유사한 탄성계수를 가짐으로 응력차폐효과를 극복하는데 있다. 이를 위해서 Zircaloy4-x%Cu (X=0, 1, 5, 10, 15 in mass%) Zr-x%Cu, Zr-x%Si (X=0 to 10 in mass%)의 합금을 제작하여 지르코늄 기 합금의 특성을 비교 평가 하였다. 각각의 합금의 시험편을 Arc-melting 프로세스를 이용하여 제작하였다. 시험을 통하여 인체의 뼈와 근사한 탄성계수 값을 갖는 것을 확인하였으며, 상업적으로 사용되어 지고 있는 금속 생체재료와 비교 하였을 때 약 1/10수준의 낮은 자기민감성값을 갖음을 확인하였다. 이러한 값은 인체의 자연적인 뼈가 갖는 탄성계수 값과 근사한 결과로써 탄성계수 차에 의해 생기는 응력차폐 효과를 극복하는 것이 가능 할 것으로 판단되며, MRI 진단 시 자기장에 의한 자화현상을 해소하며, 인공물로 인한 상차이, 이미지 왜곡현상을 해결 할 수 있을 것으로 판단된다. 이 논문은 미래창조과학부와 한국연구재단의 방사선기술개발사업으로 연구 지원한 (NRF-2013M2A2A9043274)의 결과물입니다.

P22 : 열전재료
Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P22-1]]

GeTe계 열전재료의 미세구조에 관한 투과전자현미경 연구: 김현호, 곽재익, 정혜린, 이호성; *경북대학교 신소재공학부.*

Keywords: 열전재료, GeTe, 미세구조

열전재료는 폐열을 유용한 전기에너지로 직접 변환할 수 있으며, 주요 전력 생산과 에너지 보존에 중요한 역할을 한다. GeTe계 열전재료는 높은 ZT값과 낮은 격자 열전도도, 그리고 결정구조 내에서 Ge의 vacancy가 많기 때문에 높은 캐리어 농도를 가지고 있는 P-type 물질이다. ZT 값을 높이기 위해 적절한 도핑 재료를 첨가하는 연구가 수행 되어왔다. 도핑은 재료의 전기적 성질뿐만 아니라 미세구조에 큰 영향을 미친다. GeTe는 헤링본 구조를 나타내는데 이 구조는 고온의 입방정 상이 저온의 삼방정 상으로 변태할 때 발생하는 strain energy를 완화시키기 위해 발생된다. GeTe계 열전재료의 ZT값을 향상시키기 위해서는 TEM을 이용한 미세조직 연구가 더욱더 필요하다. 따라서 본 연구에서는 GeTe계 열전재료의 미세조직을 TEM을 이용하여 연구하였다.

[P22-2]

Y_2O_3 나노입자가 분산된 BiSbTe 복합 분말 제조 및 열전 특성 평가: 이철희, Madavali Babu, 박상준, 홍순직; *공주대학교 신소재공학부.*

Keywords: BiSbTe, Y2O3나노 분말, 고에너지 밀링, 열전재료

BiSbTe계 합금은 상온에서 가장 우수한 성능지수를 가지는 재료로, 열전 발전 뿐만이 아니라 펠티어 효과를 이용한 냉각분야에도 응용이 가능하여 향후 지속적인 수요 증가가 예상되고 있다. 그러나 기존의 BiSbTe계 합금은 C축의 Van der Waals 결합으로 인해 기계적 강도가 취약하다는 단점이 있었으며, 응용분야 확대를 위한 열전성능의 개선도 지속적으로 요구되고 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위해 분말야금법이 제시되고 있으며, 열전 특성 향상을 위한 다양한 분말야금공정들이 연구되고 있다. 그 중 제 2상의 소재를 첨가하는 열전복합분말 제조는 Energy filtering 효과로 인한 캐리어 산란을 유도하여 제벡계수 증가 및 열전도도 감소시킬 수 있고, 이에 따른 열전특성 개선이 가능하다고 보고되고 있는 공정 중 하나이다. 그러나 이 공정의 경우 첨가되는 소재와 양에 따라 열전성능이 달라지기 때문에 첨가 물질 및 복합분말제조공정을 최적화하기 위한 연구가 지속적으로 요구되고 있다.본 연구에서는 고에너지 밀링 공정을 이용해 BiSbTe합금에 Y2O3 나노 분말을 분산시켰으며, 이 때 나노분말의 양을 각각 2 wt%, 4 wt%, 6 wt%로 다르게 하여 제조하였다. 제조된 분말은 통전가압소결법을 이용해 소결하였으며, 소결체를 이용해 나노 분말 첨가량에 따른 열전, 기계적 특성을 분석하였다. 전기전도도는 나노분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였지만, 2 wt%의 Y_2O_3를 첨가한 소재에서 가장 높은 제벡계수(45%증가)와 및 낮은 열전도도 (22%감소)로 인해 ZT 1.24의 가장 우수한 열전 성능을 갖는 것을 알 수 있었다.

[P22-3]

산화물환원-플라즈마활성소결공정에 의한 $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ 합금 제조 및 열전특성: 신지은, 임채선, 이길근; *부경대학교 신소재시스템공학과.*

Keywords: Thermoelectric, $Bi_xSb_{2-x}Te_3$, Oxide Reduction, Spark Plasma Sintering

열전재료는 열에너지와 전기에너지를 고체 상태에서 상호 변환 시키는 무공해 에너지 변환재료로 발전소자 또는 냉각소자를 구성할 수 있는 재료이다. 현재 상온부근에서 가장 우수한 특성을 나타내며 상업적으로 주로 이용되고 있는 열전재료는, n형으로는 Bi_2Te_3에 Se이 고용된 $Bi_2Se_xTe_{1-x}$계, p형으로는 Sb_2Te_3에 Bi가 고용된 $Bi_xSb_{2-x}Te_3$계이다. 열전재료의 에너지변환특성은 전기적 특성, 열적 특성으로 산출되는 성능지수 $ZT=[\alpha^2/\rho\kappa]T$ (α: Seebeck 계수, ρ: 전기 비저항, κ: 열전도도, T: 온도)로 평가된다. 초기 Bi_2Te_3계 화합물은 전기적특성의 제어가 용이한 단결정성장법으로 제조된 열전재료가 주로 사용되어져왔다. 그러나 최근에 높은 열전성능을 달성하기 위해, Bi_2Te_3계 화합물은 top-down과 bottom-up 등의 나노기술을 통해 개발되었으며, 포논 산란을 통한 격자 열전도도의 감소로 성공할 수 있었다. 하지만, 이들 공정기술들은 초기원료로써 고가의 순금속 혹은 합금을 이용할 뿐만 아니라, 장시간, 고에너지를 요구하므로 개발된 공정기술을 저비용으로 상용화시키는데는 어려움이 있다. 이와 관련하여, 저자는 열전 합금분말 제조를 위한 새로운 공정기술로써 산화물 분말을 사용한 산화물환원 공정기술을 제안하고 있다. 이 기술은 종래의 다른 열전분말 제조기술들(단결정성장법, 기계적합금화법, 응고-밀링법, 급속응고-분쇄법)과는 달리 출발원료로서 산화물을 사용하여 저온, 단시간에 합금을 제조할 수 있는 장점이 있다. 또한 열전분말의 소결기술로는 소결체의 미세구조 조정(나노구조~마이크로구조)이 용이한 가압소결기술 중 플라즈마활성소결이 활용되었다. 본 연구에서는 산화물환원공정기술과 플라즈마활성소결기술을 조합하여 $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ 합금을 제조하고, 합금의 열전특성을 평가하여 열전재료로의 활용 가능성을 검토하였다.

[P22-4]

Thermoelectric Performance of n-type $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ - Bi_2S_3 System: 박수지, 주성재, 이지은, 민복기, 김봉서, 류병기, 박수동, 이희웅; *한국전기연구원.*

Keywords: Bi_2Te_3, Bi_2S_3, tetradymite, Thermoelectric properties, excess Tellurium

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 by Se have been used to improve the thermoelectric properties thereby raising the ZT value at temperatures lower than about 200 °C. Meanwhile, tetradymite materials 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 study, we fabricated n-type $(Bi_2Te_3)_{1-x}$ $(Bi_2S_3)_x$ samples by plasma activated sintering, and analyzed the thermoelectric properties. We carried out the optimization of the carrier concentration by adding excess Te in the material, and repressing the as-synthesized ingots was also tried to maximize ZT, the results of which are reported in this paper.

[P22-5]

Zn 도핑에 SnTe의 미세구조 변화: 조정택, 이상원, 강재창, 안예슬, 이호성; *경북대학교 신소재공학부*

Keywords: 열전재료, SnTe, 미세구조

열전기술은 낭비되는 열로부터 전기에너지를 생산하는 방법으로써 많은 관심을 받고 있다. 이 방법은 다른 방법들과는 달리 소음이 없고 장치가 차지하는 부피가 작아서 사용범위가 넓다는 장점이 있다. 수많은 열전재료 중 PbTe는 P-타입의 재료로써 중온에서 고온까지의 영역에서 높은 열전 효율을 보여주고 있다. 하지만 Pb가 가진 유해성 때문에 다양한 부분에 적용할 수 없는 한계가 있다. 이를 대체하기 위한 재료로서 SnTe가 연구 중에 있다. SnTe는 PbTe와 같은 NaCl 결정 구조를 가지고 있으며 전자구조도 유사하다. 하지만 순수한 SnTe는 높은 p-타입의 캐리어 농도를 가지고 있어서 ZT값이 높지 않다. 이는 캐리어 농도를 조절하거나 밴드구조를 조정함으로써 해결 가능하다. 또한 낮은 열전도도는 열전성질에 아주 큰 영향을 끼치는데 이는 재료의 미세구조와 밀접한 관련이 있다. 따라서 본 연구에서는 Zn 도핑에 따른 SnTe의 미세구조 변화에 대한 연구 결과를 보고할 것이다.

[P22-6]

CNT 를 활용한 인프라 소재의 열전성능 분석: 문지식, 안다훈, 최경호; *한국철도기술연구원.*

Keywords: CNT, 콘크리트, 열전소재, 구조건전성

현재 다양한 분야에서 재료 내부의 열전 효과를 이용한 센서를 개발하는 연구가 진행되고 있다. 하지만 구조재료의 열전효과에 관한 연구는 미비한 실정이다. 구조재료에서 열전효과를 구현하면 건물 내/외부 간 온도 차이에 의해 발생한 전기에너지를 건물의 sensor system이나 건물 외부 LED조명의 전원으로 활용할 수 있다. 현재 CNT 첨가 콘크리트의 연구는 유동성, 강도 향상 방안, 수화열 저감, 방열 특성 등에 국한되어 있으며 재료 내부 거동을 이용한 열전소재로서의 CNT 첨가 콘크리트의 잠재성이 높지만 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 실험에서는 CNT 첨가 콘크리트 열전성능 지수를 측정하기 위하여 resistivity, conductivity, Seebeck coefficient를 측정하였고, CNT 첨가 콘크리트의 열전소재로서의 가능성을 확인하고자 하였다. 실험 결과 일정 함량 이상의 CNT를 첨가하였을 때 전기전도도는 약 10^3 배 증가하였고, Seebeck Coefficient는 20% 소폭 증가하였다. 이로 인해 CNT 첨가 콘크리트의 열전성능 지수는 크게 향상되었다. 열전성능 지수의 향상은 재료 내부 나노스케일 거동의 지표라고 할 수 있으므로 구조재료용 콘크리트에 CNT를 미량 첨가해줌으로써 콘크리트 재료에서도 열전효과를 이용할 수 있다는 것을 확인하였다. 향후, CNT 첨가 콘크리트의 열전 특성을 이용하여 저전력 구동이 가능한 sensor system이나 건물 외부 LED조명에 활용할 수 있는 후속 연구가 진행될 것이다.

[P22-7]

Anisotropic Thermoelectric Properties of Repressed p-type BiSbTe Materials: J.I. Jang, J. E. Lee, S. D. Park, B. K. Min, B. S. Kim, S. J. Joo, B. G. Ryu, H. W. Lee; *Korea Electrotechnology Research Institute.*

Keywords: Thermoelectric, Bi_2Te_3, Anisotropy

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, p-type BiSbTe compounds was fabricated by three different sintering methods, SPS (Spark plasma sintering), HP (Hot pressing) and HP repress. Their orientations were examined through the XRD and SEM analysis, and the thermoelectric properties of the each sample were investigated in the temperature range from 298K to 573K.

[P22-8]

열간압축으로 성형된 N형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y$:I_m 고용체의 열전특성: 김혁진, 김성윤, 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. 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. 원소 도핑에 의해 반도체의 거동이 조절될 수 있으며, 이론상으로 7족에 속하는 Cl, Br 그리고 I 원소는 n형 Bi_2Te_3-Bi_2Se_3 화합물의 캐리어 농도를 최적화하는데 사용될 수 있다. 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 = 0.15~0.6, m = 0.0025~0.005)에 대해 열전특성에 미치는 I의 도핑효과를 평가하였다. $Bi_{1.9}Sb_{0.1}Te_{2.85}Se_{0.15}$:$I_{0.0025}$가 423 K에서 최대 성능지수 ZT_{max} = 0.84를 나타내었다.

[P22-9]

The Optimization of Sb_2Te_3 Hexagonal Plate Synthesis: 임혜진, 이지은, 김봉서, 주성재, 민복기, 박수동, 류병기, 이희웅 ; *한국전기연구원 열전기술연구센터.*

Keywords: Bi_2Te_3, Sb_2Te_3, thermoelectric properties, solvothermal synthesis

Directional growth is important for anisotropic thermoelectric materials, such as Bi_2Te_3 and Sb_2Te_3, because thermoelectric properties, including electrical and thermal conductivity, are correlated with crystal orientation. Also, the reduction of the particle size is used to improve the thermoelectric properties. For this reason, we study the optimization of the Sb_2Te_3 synthesis to orientate the hexagonal plate. The Sb_2Te_3 nanoplates were synthesized antimony chloride and potassium tellurite in diethylene glycol solvent by practical solvothermal method. The reaction was carried out in a Teflon-lined autoclave vessel at 230°C, which formed a dark suspension. The addition of polyvinyl pyrrolidone (PVP) results in varying the thickness of hexagonal plate. The influence of NaOH concentration on the morphology is studied as well.

[P22-10]

$(Ce_{1-z}Nd_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$계 스커테루다이트의 합성 및 열전 특성: 차예은, 곽성규, 김일호; *한국교통대학교.*

Keywords: Thermoelectric, Skutterudite, Charge compensation, Double filling

스커테루다이트(skutterudite) 단위 격자에 존재하는 공극(void)에 충진된 충진원소의 포논 산란에 의해 격자 열전도도를 감소시켜 열전성능을 크게 개선시킬 수 있다. 이를 충진형 스커테루다이트(filled skutterudite)라 하며, 일반적으로 RM_4X_{12} (R: 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속) 조성식이 사용된다. P형의 경우 $R_zFe_4Sb_{12}$계가 많이 사용되고, 최외각 전자가 68개로 전자가 부족하여 스커테루다이트 상이 불안정하기 때문에 상 안정화와 열전성능의 개선을 위해 공극 충진과 함께 Fe자리에 Co 또는 Ni의 전하보상이 이루어져야 한다. 공극에 두 가지 이상의 원소를 동시에 충진하는 double- 또는 multiple-filled skutterudite가 더 넓은 주파수 범위의 포논 산란을 통한 격자 열전도도 감소에 효과적인 것으로 보고되었다. 이번 연구에서는 Ce과 Nd을 부분적으로 이중 충진하고 Fe 자리에 Co로 전하 보상한 P형 $(Ce_{1-z}Nd_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$를 밀폐용해로 합성한 후 열간압축을 통해 성형하였고, 미세조직, 상, 전하 이동특성 및 열전특성을 평가하였다.

[P22-11]

열간압출로 제작된 P형 $Bi_{2-x}Sb_xTe_3$:Cu_m 고용체의 열전특성: 정우진, 김일호; *한국교통대학교.*

Keywords: Thermoelectric, Bismuth telluride, Encapsulated melting, Hot pressing, 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. Bi_2Te_3계 열전재료에서 열간압출 공정은 기계적 특성과 열전특성의 향상에 효과적이다. 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 밀폐용해(EM)로 합성하고 열간압출(HE)로 성형하여, 열간압축(HP)으로 성형한 시편의 특성과 비교 평가하였다. Sb 고용량과 Cu 도핑량이 증가함에 따라 캐리어 농도의 증가로 전기전도도가 증가하였고 제벡계수가 감소하였다. Cu를 도핑하지 않은 EM-HE $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$가 323 K에서 ZT_{max} = 1.04의 성능지수를 보였고, EM-HP $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$가 323 K에서 ZT_{max} = 1.14의 성능지수를 보였다. Cu가 도핑된 EM-HE $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$:$Cu_{0.003}$이 373 K에서 ZT_{max} = 1.05의 성능지수를 보였고, EM-HP $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$:$Cu_{0.003}$이 373 K에서 ZT_{max} = 1.26의 성능지수를 보였다.

[P22-12]

급랭응고법으로 제조된 Bi-Te-Se계 합금리본의 미세구조분석: 김덕진[1], 김영호[1], 최영신[1], 김찬규[1], 장봉중[1], 양승호[2], 박현순[1]; *[1]인하대학교 [2]희성금속(주).*

Keywords: Bi-Te-Se, RSP(Rapid Solidification Process), microstructure change, cross-section

열전소재는 열을 전기에너지로 직접 변환시킬 수 있는 소재로서 최근 주목받고 있는 에너지 하베스팅과 더불어 많은 연구가 진행되고 있다. 무차원 성능지수 $ZT=S^2st/k$로 평가되는 열전 특성, 특히 포논(phonon) 열전도도는 소재의 미세구조(결정형태, 결정립 크기 및 결함 등)와 밀접한 관련이 있다. 실제로 열전소재의 양산화를 위해서는 균일한 나노조직을 갖는 리본제작, 소결을 통해 최적 표준성능지수를 갖는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 용해->급냉응고(rapid solidification process; RSP)->소결로 이어지는 열전소재 제조공정 중에서 미세조직제어의 핵심공정인 RSP로 제작된 Bi-Te-Se계 합금리본을 연구하고자 하였다. XRD 및 SEM을 통해 리본의 결정구조 및 미세조직을 관찰하였으며 냉각속도에 따른 합금리본의 단면 미세구조변화를 FIB및 TEM에 의한 분석결과를 토대로 논의하고자 한다. (본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 56495-04))

P23 : 전자재료-박막

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P23-1]

ZnO Buffer Layer를 이용한 High Quality Ag Thin Film 제작: 정보광[1], 천미연[2], 정세영[3]; *[1]부산대학교 나노과학기술대학. [2]부산대학교 단결정은행 연구소. [3]부산대학교 광메카트로닉스공학과.*

Keywords: 박막, 은, thin film, silver, sputtering

은(Ag)는 최고의 전도성을 갖는 금속이다. 구리(1.72μΩcm) 보다 저항이 더 낮은 (1.63μΩcm) 유일한 금속이다. 그러나 이를 박막으로 활용할 때는 grain boundary에서의 전자의 산란에 표면 산란의 영향과 합쳐져 전도도의 감소와 산화 문제가 좀 더 심각하게 대두되고 가시 광선 영역의 반사도 및 plasmonics 현상의 신호가 손실된다. 본 연구에서는 이러한 은 박막을 단결정 수준에 가깝게 성장 시킴으로써 은 박막에 존재하는 많은 단점들을 보완하고자 하였다. 대면적으로 시료 제작이 가능하도록 하기 위해 MBE나 ALD 대신 Modified Sputtering system을 활용하였고 Al_2O_3 기판 위 (001) 방향성을 가진 ZnO를 성장 시켜 그 위에 Ag 박막을 성장하였다. 제작된 시료의 결정성 등은 XRD, SEM, EBSD, AFM, Sheet resistance 등의 방법을 이용하여 조사하였다. 제작 된 은 박막은 높은 수준의 (111) 면 방향성과 RMS 1~1.5 nm의 표면 거칠기를 보였으며 grain boundary 들의 급격한 감소를 확인하였다.

[P23-2]

수직자기이방성을 나타내는 W/CoFeB/MgO 박막에서 W 두께와 열처리 온도에 따른 interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction 변화 분석: 김규원[1], 김용진[1], 차인호[1], 김태현[1], Alexander S. Samardak[2], Bappaditya Pal[2], Alexander G. Kolesnikov[2], Alexey V. Ognev[2], Alexandr V. Sadovnikov[3], Sergey A. Nikitov[3], 김영근[1]; *[1]고려대학교. [2]Far Eastern Federal University. [3]Saratov State University.*

Keywords: Perpendicular magnetic anisotropy, iDMI, tungsten, MRAM

차세대 비휘발성 자성메모리(MRAM) 개발에는 스핀 전달 토크(spin transfer torque, STT) 현상을 이용할 때 보다 스핀 궤도 토크(spin-orbit torque, SOT) 현상에 의한 자화 반전을 구현할 때 고속 동작 및 저전력의 가능성이 높아 주목을 받고 있다. SOT 현상은 스핀 궤도 결합(spin orbit coupling, SOC)에 의해 일어나게 되는데 보다 뛰어난 효과를 갖는 비자성층/자성층/산화물층의 소재 및 두께 조합 실험이 활발하다. 그 중 카이랄(chiral) 형태의 자구벽 및 스커미온 등의 스핀구조는 차세대 논리(logic) 및 메모리 소자의 동작 원리로 응용 할 수 있다는 점에서 활발한 연구가 진행되고 있다.[1] 그 중에서도 계면 드잘로신스키-모리야 상호작용(interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction, iDMI) 에너지 밀도는 자성체 내부 자화구조의 동역학에 영향을 줄 수 있고 추가적인 교환 에너지를 만들 수 있다는 점에서 관심을 끌고 있다. 선행 연구를 통해 수직자기이방성을 갖는 Pt/Co/AlO_x 구조와 Pt/CoFeB/AlO_x 구조에서 자성층의 두께 변화에 따른 iDMI 에너지 밀도 크기는 반비례함이 보고되었다.[2] 본 연구에서는 수직자기이방성을 갖는 W/CoFeB/MgO에서 W의 두께와 열처리 온도를 변화에 따른 iDMI 에너지 밀도의 크기를 측정함으로써 비자성층 두께와 열처리 온도 의존성을 밝히고자 한다. 모든 시편은 Si 기판 위에 스퍼터링 장치로 4×10^{-9} Torr 수준의 초기진공도에서 증착되었다. 각 시편의 구조는 Si/SiO_2/W/$Co_{40}Fe_{40}B_{20}$/MgO 이다. 제작된 시편은 섭씨 300°C와 400°C에서 열처리하였다. 삼중층의 자성특성을 측정하기 위하여 진동시편자력계(VSM)을 사용하였고 iDMI 에너지 밀도를 측정하기 위하여 Brillouin Light Scattering (BLS), 그리고 비자성층/자성층 계면의 거칠기를 확인하기 위해 X-ray Reflectivity (XRR)을 사용하였다.

[1] J. Sampaio et al., Nat. Nanotechnol. 8, 839 (2013)
[2] J. Cho et al., Nat. Comms. 6, 7635 (2015)

[P23-3]

유연필름 발열체의 내구성 향상을 위한 신뢰성 평가: 최철호[1], 강휘원[2]; *[1]전자부품연구원. [2]파루.*

Keywords: 발열체, 유연, 필름, 내구성, 신뢰성

인쇄발열체는 자동차 핸들을 비롯하여 자동차 시트, 전기자동차의 배터리 예열 등 다양한 응용 분야에서 사용되고 있으며, 실생활에 활용되어 편리하게 이용할수 있는 제품이다.인쇄전자 기술은 유연기판을 활용하여 제품을 빠르고, 대량으로, 값싸게 제작할 수 있는 기술이다. 실버 페이스트를 이용하여 특정한 패턴의 전극을 인쇄한 후, 열처리를 통해 제작한 발열체는 열을 발생하기 위한 소비전력이 절감될 뿐 아니라, 원하는 부위에 열을 고르게 발생시키고 전자파가 생기지 않는 장점도 가진다. 유연필름을 사용하여 제작되는 발열체는 완충효과가 좋아야 하며, 반복적인 움직임에도 전극의 이탈이 발생되지 않아야 하며, 온도 및 습도에 따른 신뢰성 조건이 요구된다. 유연필름 발열체의 내구성 향상을 위한 신뢰성 평가를 연구하기 위하여 다음과 같은 방법으로 실험을 진행하였다. 인쇄전자 기술을 활용하여 다양한 유연한 필름에 발열체를 인쇄하여 소자를 제작하고, 발열체의 내구성 향상을 위한 신뢰성 평가를 진행하였다.유연한 필름으로는 PET 기판을 비롯하여 탄성에 유리한 TPU(Thermoplastic Polyurethane, 열가소성 폴리우레탄)과 TPO(Thermoplastic Polyolefin, 열가소성 폴리올레핀)을 사용하여 인쇄 특성 및 발열 특성을 비교하였다. 각 필름에 대한 인장강도와 뚫림강도를 측정하기 위하여 LLOYD LR50K+(만능시험기) 장비를 사용하여 기계적 특성을 평가하였으며, 반복적인 인장강도변화(100회 싸이클)에 따른 저항값을 비교하여 필름에 대한 전기적 특성을 비교하였다. 또한 인쇄발열체의 온도 및 습도에 따른 저항 변화를 확인하기 위한 신뢰성 평가를 진행하였다.

[P23-4]

CVD로 제조된 Re코팅 층의 결정성장에 미치는 기판과 온도의 영향: 이선규[1], 남동윤[2], 최현진[2], 배남호[3], 오용준[2]; *[1]한밭대학교 응용소재공학과. [2]한밭대학교 신소재공학과. [3]나노종합기술원.*

Keywords: Re, CVD, EBSD

로켓 추력기 노즐 부품에 주로 사용되는 Re은 고온 내 삭마 및 고온 내식성이 좋지만 높은 가격과 중량으로 인해 가볍거나 상대적

으로 저렴한 재료위에 코팅을 하여 사용하는 방법이 연구되고 있다. 본 연구에서는 원통형 Mo 및 Graphite 기판위에 CVD로 Re 코팅층을 제조한 후, 코팅 층의 접합 안정성 및 입자성장 현상을 관찰하고, 기판과 증착 온도에 따른 결정면 성장거동을 연구하였다. 전구체로는 200~300°C에서 기화하는 ReCl5를 이용 하였고 Mo 및 Graphite기판은 경면 연마 후, 초음파 세척하여 준비하였다. 전구체로부터 생성된 반응기체를 이동 시키는 캐리어Gas로 Ar을 사용 하였고, 유량은 50 sccm으로 고정하여 시행했다. Mo 및 Graphite 기판을 유도가열 장치를 이용하여 1100~1250°C의 범위로 가열하고 약 1시간동안 증착을 진행 하여 15~30 μm의 두께를 얻었다. Graphite 기판의 경우 표면과 내부에 존재하는 기공에도 증착되어 높은 접합 안정성을 보였고, Mo기판은 Cl로 인해 Mo입계를 따라 균열이 발생하여 낮은 접합 안정성을 보였다. XRD 및 EBSD를 통해 결정방위를 분석한 결과, Mo기판에 비해 Graphite 기판의 경우 (002)우선 방위 특성이 더 강하게 나타났다. 같은 Graphite에 대해서도 증착온도가 높을수록 (002)우선 방위 특성이 높았다.

[P23-5]

유연전자소자용 금속 배선의 기판 두께에 따른 전기적 수명 평가: 김태욱, 김병준*; *안동대학교 신소재공학부.*

Keywords: Flexible, Substrate thickness, Cu, Bending test, Reliability

최근 유연 디스플레이(Flexible display), 유연 태양전지(Flexible solar cell) 등 여러가지 유연한 형태의 전자기기가 활발히 연구되고 있다. 그러나 유연한 전자기기들은 사용중의 반복적인 변형으로 인해 문제가 발생하므로 아직까지 시중에서 사용하기에는 충분하지 않은 수명을 가지고 있다. 따라서 반복 기계적 변형중 유연한 전자기기의 수명 연장방법에 대해 연구가 필요한 상황이다. 특히 유연소자의 굽힘 변형 중 발생하는 응력은 기판두께가 직접적인 영향을 끼치게 되므로 여러 가지 기판을 사용하면 변형률이 달라져 그에 대한 연구가 필요하다.본 연구에서는 진공증착법을 이용하여 서로 다른 두께의 Polyimide (PI)기판 위에 1 μm두께의 Cu박막을 증착했다. 그 후 기존의 변형률 식을 이용하여 기판의 두께가 50 μm인 시편과 125 μm인 시편을 1%와 1.5%, 그리고 2%의 변형률로 굽힘 변형을 인가하였다. 그리고 기계적 변형 실험을 실시하면서 실시간으로 전기저항을 측정하여 수명을 평가하였다. 이 실험을 통하여 같은 변형률에서 기판 두께가 더 두꺼운 것의 전기저항의 변화가 더 큰 것을 확인하였으며 이것의 원인을 확인하기 위해 최종적으로 새로운 변형률 식을 이용하여 두 시편의 변형률을 비교 분석을 함으로써 유연한 전자기기의 수명을 증가 시키는 방법을 소개하고자 한다.

[P23-6]

기계적 변형에 따른 ITO 필름의 전기저항 변화 연구: 권용욱, 설재근, 김병준*; *안동대학교 신소재공학부.*

Keywords: Wearable, Flexible, ITO, Twisting

미래사회의 웨어러블 전자제품에서는 휴대성, 공간 활용성, 충격에 대한 신뢰성의 문제로 접거나 휠 수 있게 변형시킬 수 있는 플렉서블한 형태를 필요로 한다. 이러한 플렉서블 형태의 IT기기는 소비자에게 편의성을 제공할 것으로 기대되며, 이러한 차세대의 IT 기기가 개발되기 위해서는 유연성을 가진 투명전극 등 변형이 가능한 소재 개발 및 신뢰성 연구가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 웨어러블한 전자제품에 많이 쓰이고 있는 유연투명전극재료 중 Indium Tin Oxide(ITO)를 이용하여 비틀림 실험을 진행 하였다.비틀림 실험에서는 188 μm의 PET(Polyethylene Terephthalate)기판위에 ITO를 스퍼터링 한 뒤 이 필름을 길이는 20 mm, 40 mm, 80 mm 폭은 10 mm, 20 mm, 40 mm 면적은 1:4의 비율로 5×10 mm^2, 10×40 mm^2, 20×80 mm^2 나누어 준비하였다. 이후 각 시편의 기계적 변형에 따른 전기저항을 측정 하였고 이때 길이가 길고 폭이 작을수록 비틀림 변형을 잘 버티는 것으로 나타났다. 이를 통해 ITO 필름의 기계적 변형에 따른 신뢰성 향상 방법을 소개한다.

[P23-7]

유연전자 소자용 금속 박막의 열처리에 따른 기계적 전기적 신뢰성 연구: 이동준, 김병준*; *안동대학교 신소재공학부.*

Keywords: Flexible electronics, Annealing, Bending strain, Fatigue, Electrical resistance

현대 전자기기는 휴대성을 극대화하기 위하여 더 얇고, 작고, 가볍게 만들기 위해서 노력을 하고 있다. 하지만, 미래의 전자기기는 휴대성에만 치중 하지않고 Flexible phone, Flexible battery와 같은 유연성을 가진 다양한 형태의 제품으로 발전되어 사용 될 것이다. 이런 제품이 사용되기 위해서는 반복적인 기계적 변형하에서 전기적 신뢰성이 보장되어야 하며 이에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 열처리에 따른 금속 박막의 반복 기계적 변형 중 전기 저항의 변화와 전기적 신뢰성 변화를 연구하였다. 두께 125 μm의 폴리이미드를 기판으로 사용 했으며, 기판에 구리를 1 μm 두께로 진공 증착 하였다. 증착한 후 300°C 에서 한 시간 열처리 한 시편과 열처리 하지 않은 시편으로 나누어 슬라이딩 테스트(반복 변형 시험)를 하였다. 변형률을 다양하게 조정함으로써 열처리 한 시편과 열처리 하지 않은 시편에 금속박막의 전기 저항 변화을 측정하였다. 기계적 변형 전 전기저항을 살펴보면 열처리 한 시편과 열처리 하지 않은 시편의 전기 저항을 비교 했을 때, 열처리 한 시편에 박막 내부가 안정화 되고 결함이 사라져서 열처리 한 시편의 전기 저항이 더 낮았다. 반복적인 기계변형 후 전기 저항의 변화를 살펴보면, 변형률이 낮을 때는 열처리 한 시편과 열처리 하지 않은 시편 전기 저항 차이가 없었지만 변형률이 커짐에 따라 열처리한 시편의 전기 저항이 더 많이 올라갔다. 이는 열처리를 한 시편의 기계적 특성이 열화되어 더 많은 크랙이 생겼다는 것을 뜻한다. 이처럼 열처리 한 시편과 열처리 하지 않은 시편의 비교를 통해서 유연전자기기 수명을 증가시키는 방법을 알아보고자 한다.

[P23-8]

HVPE를 이용한 단결정 α-Ga_2O_3 에피 성장: 이대장[1,2], 박준성[1,2], 노호균[1,2], 이수행[3], 문영부[3], 하준석[1,2]; *[1]전남대학교 신화학소재공학과. [2]전남대학교 광전자융합기술연구소. [3](주)유제이엘.*

Keywords: Heteroepitaxy, HVPE, Ga_2O_3

Ga_2O_3는 매우 넓은 밴드갭(E_g=5.3 eV)을 가지고 있으며, 투명한 반도체 물질로서 deep UV photodetectors, gas sensors, field-effect transistors 등 다양한 device application으로 잠재력이 높은 물질이다. Ga_2O_3는 다섯 가지의 상이 존재한다:α-,β-,γ-,ε-,δ-. 이 중 α-Ga_2O_3는 준안정 상태로 존재하며, 액상 성장이 불가능하지만, HVPE 등의 기상 성장법을 이용하여 성장이 가능하다. HVPE 장비는 CVD 종류의 증착장비로서 빠른 증착율과 고순도의 결정 성장이 가능한 특징이 있어 현재 III-V 반도체 산업에서 널리 사용되고 있다. α-Ga_2O_3는 저가의 사파이어 기판을 통해 성장이 가능하며, α-Ga_2O_3와 사파이어는 동일한 corumdum structure를 가지고 있다. α-Ga_2O_3 와 사파이어의 격자 불일치는 a-와 c-축에서 각각 ~4.5% 그리고 ~3.3% 이다. 따라서 본 연구에서는 우수한 증착율을 가진 HVPE 장비를 이용하여, α-Ga_2O_3의 기상성장에 관한 연구를 진행하였으며, 기판으로는 c-plane 사파이어 기판이 사용되었다. Heteroepitaxial 성장의 경우 발생하게 되는 기판과 성장된 박막의 격자 불일치를 해결하기 위해 Mist-CVD를 이용한 완충층에 관한 연구가 진행되었으며, 완충층을 이용한 경우와 사용하지 않은 경우의 두 조건에 대한 비교 실험이 진행되었다. 또한, α-Ga_2O_3의 온도에 따른 상변이 억제 구간과 고결정 α-Ga_2O_3 박막을 얻기 위한 적정 온도 구간, 최적 VI/II ratio 설정에 관한 연구가 진행되었다. 성장된 박막은 XRD를 활용하여 결정성을 확인하였으며, SEM을 통해 박막의 성장 속도와 박막의 표면 상태를 확인하였다. 또한 광투과율 측정을 통해 흡수 파장과 투과율을 확인하였다.

P24 : New Horizon : Advanced Energy Materials Science

Room 그랜드 볼룸B, 10월 27일

[P24-1]

NaF-FeF_2 nanocomposite as a new type of Na-ion battery cathode material: 황인상, 정성균, 정은석, 강기석 ; *서울대학교*

Keywords: Na, battery, nanocompoiste, NaF, FeF_2

소듐이온전지는 기존에 상용화된 리튬이온전지와 비교하여 저렴한 가격특징을 지니고 있어서 최근 가격적 요소가 중요한 대용량 에너지저장장치 등 대용량 시스템을 적용 목표로 많은 연구가 진행되고 있다. 소듐은 넓은 면적에 고루 분포하고 있고 그 매장량이 많아 한정된 지역에만 매장되어 있고 그 양이 적은 리튬에 비해 낮은 가격을 나타낸다. 하지만 소듐이온의 산화/환원 전위는 리튬보다 0.3 V 높아 소듐금속음극을 사용하였을 때 리튬보다 낮은 전압을 나타낸다는 단점이 있다. 이로 인해 고전압, 고용량의 새로운 소듐이온전지 양극소재를 개발하는 것이 중요하다. 기존의 연구들에서는 결정구조 안에 소듐이온을 포함학 있고, 산화수 변화를 할 수 있는 전이금속이 있으며 소듐이온이 자유롭게 구조내에서 이동하며 삽입/탈리 될 수 있는 구조를 중심으로 신규양극소재 탐색이 이루어져 그 탐색 후보군이 제한적이였다. 하지만 최근 리튬이온전지 분야에서 리튬이온과 전이금속화합물이 나노단위에서 복합체(nano composite)을 형성하고 있어도 전기화학적 활성을 나타낼 수 있음을 보고하였다 (LiF-MnO, LiF-FeO and LiF-FeF^2). 이에 본 연구에서는 나노복합체 개념을 소듐이온전지 분야로 확장시키고 그 모델시스템으로 NaF-FeF_2 나노복합체에 관한 연구를 진행하였다. NaF-FeF_2 나노복합체는 볼 밀링 (high energy ball milling)을 통하여 합성되었다. X-ray diffraction 분석결과 각각의 NaF와 FeF_2 모두 약 10 nm의 사이즈를 가지고 있음을 확인하였다. NaF와 FeF_2 모두 개별로 존재할때에는 소듐이온전지 양극범위에서 활성을 나타내지 않지만, 두 화합물이 나노복합체로 존재하였을때에는 첫 충전과정 후 1.2-4.8 V *vs.* Na^+/Na범위에서 약 ~125 mAh/g의 가역용량을 발현함을 확인하였다. 이러한 가역용량의 발현은 첫 충전과정에서 NaF가 분해되고 그 결과 생성된 F이 FeF_2에 흡착되어서 표면부터 FeF_3와 유사한 구조로 변한것에 기인한 것을 F K-edge X-ray absorption spectroscopy (XAS)와 주사전자현미경으로 확인하였다. 또한 Fe K-edge XAS분석을 통하여 NaF-FeF_2 나노복합체에서 발현되는 가역용량은 Fe^{2+}/Fe^{3+} 반응에 기반한것임을 확인하였다. NaF-FeF_2 나노복합체를 통하여 소듐이온전지에 적용 가능한 새로운 작동메커니즘을 확인하였고 이는 새로운 소듐이온전지 양극소재를 탐색 및 개발하는데 큰 도움이 될것으로 생각된다.

[P24-2]

Hidden auxiliary electrode for safe lithium metal batteries: 문세환, Opapa Tamwattana, 박혁준, 윤갑인, 성원모, 이명환, 박규영, 강기석 ; *서울대학교*

Keywords: Lithium matel, Auxiliary electrode, Sensor, Dendrite, Safe battery

최근 증가된 이차전지에 대한 수요는 지속적으로 높은 에너지 밀도를 갖는 이차전지에 대한 연구 개발의 필요성을 높여왔다. 이러한 관점에서 높은 에너지 밀도 (3860 mAh/g)와 낮은 환원전위 (-3.040V vs. SHE)를 갖는 리튬 금속은 현재 사용되고 있는 흑연 (372 mAh/g) 기반의 음극 물질을 대체할 수 있는 이상적인 배터리 음극 소재로서 각광받고 있다. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고 리튬 금속의 높은 반응성과 불균일한 계면반응은 리튬 금속의 상용화를 제한시켜 왔다. 지난 수십 년간 리튬 금속을 보호하기 위한 다양한 연구가 이루어졌음에도 불구하고, 불행히도 계면 반응 불균일성에서 기인한 덴드라이트의 성장을 완벽히 억제할 수 있는 방법은 찾지 못하였다. 여기서 우리는 안전한 리튬 금속전지를 위한 새로운 방법을 제안하고자 한다. 양극과 음극 사이에 삽입된 보조전극은 양극으로 뻗어나가는 덴드라이트의 추가 성장을 억제함과 동시에 내부 단락 회로의 잠재적인 위험신호를 사전에 감지함으로써 안전한 리튬 금속 전지의 사용이 가능하게 하였다. 이 작동 원리를 바탕으로 우리는 보조 전극 설계에 관한 가이드라인을 제공하고, 보조전극이 내부 단락 위험감지 및 리튬 덴드라이트 제거제 역할을 동시에 할 수 있음을 입증하였습니다. 마지막으로 보조전극이 삽입된 파우치 타입의 전지를 통해 실제 상용화된 전지에서도 추가적인 수상 돌기 성장 없이 실시간으로 단락 위험을 효과적으로 경고 할 수 있음을 보여주었다. 우리는 이 연구가 안전한 리튬 이차 전지를 위한 새로운 관점을 제시해 줄 것으로 기대한다.

[P24-3]

리튬 이차 전지용 triplite 양극 소재의 나노-도메인이 내부 리튬 확산에 미치는 영향에 관한 연구: 박규영, 김해겸, 서동화, 정성균, 강기석* ; *서울대학교 재료공학부*

Triplite-type의 $LiFeSO_4F$는 지구상에서 풍부한 원소인 철을 기반으로 하며, 상대적으로 높은 Fe2+/3+의 산화 환원 전위(Li 대비 3.9 V)를 보이기 때문에 차세대 리튬 이온 전지의 유망한 양극 소재로서 주목을 받고 있다. 특히, 철원소를 기반으로 하면서 3.9 V 이상의 높은 산화 환원 전위를 보이는 이 물질의 특성은, 결정 구조에 따라서 새로운 고전압 양극 물질을 디자인 할 수 있는 가능성을 시사한다. 따라서 이러한 현상에 관한 원인에 관하여 지속적으로 연구가 되어왔으며, 근래에는 triplite 결정 구조 내에서 F원소 및 Fe 원소의 배열에 의해서 유례없이 높은 전위가 나오는 것으로 밝혀졌다. 이러한 장점에도 불구하고, triplite 양극 소재에서 모든 리튬 이온을 완전하게 삽입 및 탈리하는 것은 낮은 전류 속도에서 조차도 성공한 사례는 극히 드물며, 전류 속도가 높아질수록 사용 가능한 용량은 급격하게 줄어드는 현상을 보인다. 이러한 실제적인 실험 결과는 triplite 구조가 리튬 이온에 관하여 상대적으로 낮은 확산 활성화 에너지를 가지는 빠른 이온 전도체이며 모든 리튬을 삽입 및 탈리할 수 있을 것이라고 예측 한 이전 이론적 연구와는 대조적이며, 현재까지 실험과 이론의 이러한 상충되는 결과에 대해서는 이해가 되지 않고 있다. 또한, 물질의 합성 경로에 따른 전기화학적 특성이 각 보고마다 상당히 다르게 보고가 되고 있으며, 이러한 현상에 관하여 아직 이해가 되지 않고 있다. 본 연구에서는, 제일 원리 계산 및 HADDF-STEM 전자 현미경 분석을 통하여서 triplite 입자의 구조가 일반적으로는 모서리가 공유된 FeO_4F_2-octahedra로 구성된 나노 영역으로 구성되는 반면, 그들의 나도 영역(도메인)의 경계는 모서리-가장자리 공유 형태의 FeO_4F_2-octahedra를 가진다는 것을 밝혀냈다. 더 중요하게는, 이러한 국부적으로 모서리-가장자리 공유 형태를 가지는 도메인 경계는 물질의 전반적인 리튬 확산 저하에 상당히 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 이론적/실험적으로 증명을 하였다. 이 발견에서 영감을 얻어 우리는 도메인 경계에서 발생하는 국부 병목 현상을 피하기 위해 충분히 작은 크기의 triplite 를 재설계하여 높은 출력 및 에너지 밀도를 달성하며, 거의 모든 리튬이온을 구조내로 부터 추출 / 재 삽입을 성공적으로 달성하였다. 이 연구는 결정 구조 내에서 도메인 경계의 존재를 직접적으로 관찰하며 이에 관한 전기화학적 영향을 고찰한 최초의 사례로서, 배터리 전극에서 리튬 확산 계수를 결정하는데 요소에 대한 새로운 시각을 제공한다.

[P24-4]

2상 상변화 반응을 기반으로 하는 리튬 이차전지용 전지 소재의 새로운 상변화 모델에 관한 연구: 박규영, 홍지현, 성원모, 구교진, 이병주 강기석* ; *서울대학교 재료공학부*

전기 자동차를 위한 새로운 '엔진'인 리튬 이온 배터리 기술의 획기적인 발전을 위해서는 전극 반응에 대한 심층적 인 이해가 필수적이다. 최근의 연구들은 예기치 않은 전극 거동을 계속해서 보여 주었고, 원자 수준에서 입자 수준까지 전극의 작동 메커니즘에 대한보다 세련된 시각을 제공하고 더 나은 배터리 시스템을 설계하는 새로운 시각을 제시하고 있다. 최근 리튬 이온 이차 전지 또한 메모리 효과가 있어서 특정 충/방전 프로토콜을 일시적으로 전압 변화를 일으키는 것을 확인하면서 2상 반응을 기반으로 하는 전극의 경우 particle-by-particle intercalation을 기반으로 하는 상변화를 한다는 것을 확인 하였다. 또한, 수학적 모델링을 사용하여 많은 양의 입자를 포함하는 전극 메커니즘 집중적으로 연구되고 있으며, 실온에서 LiFePO4 전극의 고용체를 통한 solid-solution like intercalation은 ab-initio 계산에 의해 이론적으로 예측되었다. 이를 높은 전류 속도에서의 비평 형 위상 변환 거동 관찰을 싱크로트론 X- ray 회절 기법을 통해서 확인하였다. 또한, 직접 산화 환원 상태 분석 도구를 이용하여서 활성 입자의 비율이 전류의 인가 속도와 반응 방향에 의해 크게 결정됨을 입증하였다. 이렇게 다양한 첨단 기술로 개별 수준에서 상전이 경로를 관찰 할 수는 있지만 아직 충/방전 종료 시점의 정확한 화학 전위 분포 형태와 실제 셀의 intercalation 거동에 미치는 영향은 아직 알려지지 현재 기술의 한계 및 사례의 부족으로 인하여 잘 알려지지 않았다. 본 연구에서는, 인가된 전류 밀도의 이력이 2상 반응을 통해 작동하는 전극 물질에 기억되고, 다른 충/방전에서 전극의 일시적인 프로파일 변화를 체계적으로 발현 시킬수 있다는 것을 처음으로 관찰하였다. 이 예기치 않은 프로파일 변화는 충전 또는 방전이 끝날 때 불균일한 화학 포텐셜 분포로 인해서 발생되는 것을 증명하였으며, 이는 활성 입자의 화학적 전위 그룹이 간헐적으로 생성되는 새로운 intercalation 모델로 설명이 가능하다. 활성 입자 그룹의 형태와 크기는 이전의 충전 또는 방전의 전류 밀도에 의해 결정되며, 그 결과 후속 충/방전에서 전기 화학적 프로파일에 다른 특성이 나타나는 것이다. 우리가 제안한 새로운 intercalation 모델은 인가 된 전류 밀도의 효과를 해명함으로써 many-body particle 전극의 거동에 대한보다 포괄적 인 시각을 제공한다.

[P24-5]

Superior efficiency and power of rechargeable Li-SO_2 batteries exploiting conventional carbonate-based electrolytes: 박혁준[1], 임희대[1], 임형규[2], 김형준[2], 강기석[1] ; [1]*서울대학교*, [2]*한국과학기술원*

Keywords: secondary battery, sulfur dioxide, electrolytes. redox mediator, density functional theory calculations

급속도로 성장한 소재 기술과 이차전지 기술을 바탕으로 기존 일차 전지를 재조명하는 것은 새로운 이차전지를 설계하는 하나의 방법이 될 수 있다. 기존에 일차전지로만 취급되던 리튬-공기, 리튬-황 전지가 현재 차세대 전지로 각광 받고 있는 것이 바로 그 예시이다. 최근에는 높은 에너지 밀도와 긴 저장 수명을 제공하는 리튬-이산화황 일차전지가 높은 에너지 효율과 우수한 가역성을 나타내는 유망한 재충전 가능 전지로 작동할 수 있음이 밝혀졌다. 이에, 본 연구에서는, 초기 개발 당시 사용되었던 에테르계열 전해질이 아닌, 상용화된 탄산염 기반 전해질을 이용한 리튬-이산화황 이차전지 또한 가역적인 충전/방전 반응이 가능하다는 것을 처음으로 규명했다. 탄산염 기반의 전해질은 높은 이온 전도도와 우수한 전기 화학적 안정성 등의 장점을 바탕으로 상업용 리튬 이온 전지에 널리 사용되었지만 리튬/나트륨-산소 전지 내에서는 작동 시 발생하는 산소 라디칼과의 심각한 부작용으로 인해 사용이 불가능하다고 여겨져 왔다. 하지만, 리튬-산소 전지와는 다르게, 제일원리계산과 실험 결과에 따르면 이산화황의 전기 화학 반응은 탄산염

계 기반 전해질에서 매우 안정하다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 안정성을 바탕으로 리튬-이산화황 전지 구현 시에 고체상의 $Li_2S_2O_4$ (lithium dithionite)를 가역적으로 형성/분해하는 것을 확인했다. 탄산염 기반의 전해질을 사용한 리튬-이산화황 전지의 전기화학 특성 평가 결과, 이온 전도도와 리튬 금속과의 안정성이 훨씬 향상되어 전지의 출력 특성이 약 5배, 가역성은 약 4배 향상된다. 더 나아가, 리튬-공기 전지용 유기 액상 촉매로 최근에 개발된 dimethylphenazine (DMPZ)를 리튬-이산화황 전지에 적용하면, 0.2 V의 과전압으로 450 회 이상의 탁월한 수명 특성을 나타내고, 이는 금속-기체 기반의 전지들에 대해 보고 된 성능 중 최고 수준의 효율과 수명 특성에 해당한다. 이 연구는 최초로 금속-기체 전지 시스템 내에 상용 탄산염 기반 전해질을 적용하는데 성공했다는 점과 함께 리튬-이산화황 전지라는 새로운 유망한 이차전지 연구 분야를 개척했다는 데 큰 의의가 있다.

[P24-6]

리튬 및 전이금속 화합물의 단순 혼합 복합체 형성을 통해 제작된 리튬이차전지용 양극소재: 정성균*, 황인상, 강기석 ; *서울대학교*

Keywords: Nanocomposite, Cathode, Surface, Battery, Lithium

지구온난화, 환경오염, 화석연료의 고갈이 전 세계적인 이슈로 대두되고있는 요즈음, 효율적 에너지 사용을 위한 전력저장 시스템 기술의 중요성이 증가하고 있으며, 리튬이차전지가 현재 가장 효율적인 에너지 저장 시스템으로서 주목 받고 있다. 현재 리튬이온전지의 에너지 밀도를 결정짓는 가장 큰 인자는 양극물질의 에너지 저장 능력이다. 따라서 리튬이온전지 기술에서 에너지 저장 능력을 획기적으로 늘리기 위해서는 높은 에너지 밀도를 갖는 양극소재를 개발하는 것이 상당히 중요하다. 현존하는 이차전지 양극소재는 특정 결정구조를 갖는 소재들만이 전하 캐리어이온을 가역적으로 저장할 수 있다는 관점에서 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이러한 양극 소재들은 (1) Redox active element로서 전이금속과 (2) 전하 캐리어이온 (Li 이온)을 (3) 동일한 결정구조에 포함하고, 리튬이온이 이동 할 수 있는 (4) 열린 구조여야 하기 때문에, 소재의 제한이 많았고 현재까지 알려진 전극 소재도 다양하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 이러한 결정 구조가 아닌, 전하 캐리어 이온 화합물과 금속 화합물의 단순 복합체 형성으로 양극소재를 합성하는 새로운 디자인 컨셉을 제시하고자 한다. 전하 캐리어 이온 화합물로는 LiF 전이금속 화합물로는 MnO를 대표로 활용하여 240 mAh/g 이상의 용량을 나타내는 양극소재를 성공적으로 디자인하였다. 혼합물 형태의 나노 복합체 전극소재는 “Surface conversion”으로 불리는 반응메커니즘에 따라 에너지를 저장하게 되며, MnO 표면에서 LiF로부터 분리된 F 이온의 가역적인 반응을 통해 산화/환원 및 구조변화를 동반한다. 더 나아가 이러한 양극 소재 디자인 방법은 전하 캐리어이온 화합물과 금속화합물의 수많은 조합을 통해 다양한 전기화학적 특성을 갖는 양극소재를 개발 할 수 있는 가능성을 제시한다. 이는 기존의 전극소재 개발 프레임에서 벗어난 새로운 전극디자인 방법에 대한 새로운 시각을 제시해 줄 것으로 기대된다.

[P24-7]

Theoretical studies on the reversible Na intercalation in graphite: Interplay among guest ions, solvent, and graphite host: 윤갑인[1], 김해겸[2], 박인철[1], 강기석[1] ; *[1]서울대학교, [2]Lawrence Berkeley National Lab*

Keywords: battery, graphite, density functional theory, co-intercalation

그래파이트는 현재 가장 광범위하게 이용되고 있는 리튬 이온 배터리용 음극재이며, 향후 포타슘 이온 배터리용 음극재로도 널리 이용될 가능성이 있는 재료이다. 그러나 리튬, 포타슘과 매우 비슷한 알칼리 이온인 소듐 이온의 삽입/탈리 호스트로써의 역할은 하지 못하여, 소듐 이온 배터리 시스템의 음극재로는 사용되지 않고 있다. 소듐이 보이는 이러한 흥미로운 현상은 많은 연구자들의 주목을 받았지만 아직 그 원인에 대한 명쾌한 해답은 제시되지 않고 있다. 본 연구에서는, 알칼리 금속(리튬, 소듐, 포타슘, 루비듐, 세슘)이 삽입된 흑연층간삽입물질에 대한 체계적인 밀도범함수 이론(density functional theory) 계산 연구를 통해 소듐 이온이 흑연층간삽입물질을 형성하지 못하는 주요한 이유가 소듐과 그래핀간의 불안정한 상호작용에서 기인한다는 것이 밝혀졌다. 또한, 이러한 불안정성은 소듐 이온을 전해질 용매 분자로 감싸서 그래핀과의 직접적인 상호작용을 차단하게 되면 효과적으로 제거될 수 있고, 이를 이용하면 그래파이트에 소듐 이온이 가역적으로 삽입/탈리될 수 있다는 사실도 입증하였다. 이와 같은 발견을 기반으로, 그래파이트에 소듐이 가역적으로 삽입/탈리되기 위해서 필요한 전해질의 특정한 조건에 대한 체계적인 연구가 진행되었고, 소듐 용매화 에너지가 높고 소듐-용매 복합체의 최저준위 비점유 분자궤도(lowest unoccupied molecular orbital; LUMO)가 낮은 용매를 이용해야만 한다는 것을 밝혔다. 본 연구진은 다양한 전해질 시스템에서 이론적으로 계산된 소듐-용매 복합체의 열역학적, 화학적 안정성과 각각의 시스템의 전기화학 활성에 대한 실험적인 결과를 비교를 통해 이러한 주장을 더욱 뒷받침하였다. 본 연구에서 규명한 전해질 조건들은 이번 연구의 대상인 알칼리 금속과 흑연 시스템뿐만 아니라 삽입/탈리 호스트와 게스트 이온으로 이루어진 다른 전기화학 시스템에도 적용될 수 있을 것이며, 순수한 게스트 이온의 삽입/탈리와 이온-용매 복합체의 삽입/탈리 현상을 제어하는 일반적인 전략 수립에 도움을 줄 것으로 기대된다.

[P24-8]

New 4V-Class cathode material for Na-ion batteries with zero-strain: 윤갑인[1], 김종순[2], 이명환[1], 김형섭[3], 이성수[3], 강기석[1] ; *[1]서울대학교, [2]세종대학교, [3]한국원자력연구원*

Keywords: Na-ion batteries, cathode, density functional theory, zero-strain

자연친화적인 에너지 자원을 효과적으로 이용하기 위해, 최근 대규모 에너지 저장 장치에 대한 수요가 급증하고 있다. 현재 널리 이용되고 있는 리튬이온전지의 경우 리튬 자원의 공급이 제한적이고 가격이 높기 때문에, 리튬이온전지와 비슷한 작동 원리로 구동되면서 풍부한 자원을 이용하는 소듐이온전지가 최근 주목받고 있다. 소듐이온전지가 성공적으로 정착하기 위해서는 리튬이온전지보다 낮은 전압과 구동시 겪는 더 높은 부피 변화라는 문제점들을 극복해야 한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 연구진은 4V 급의 고전압을 나타내면서 충방전시 부피 변화가 없는 $Na_3V(PO_3)_3N$을 새로운 소듐 이온 전지용 양극재로 개발하였다. 엑스선 및 중

성자 회절(X-ray diffraction, neutron diffraction)법을 이용하여 $Na_3V(PO_3)_3N$ 물질은 삼차원으로 이루어진 통로를 가지고 있다는 것이 확인되었고, 이는 원활한 소듐 이온의 이동에 유리하다는 것이 밝혀졌다. 또한, 전기화학 분석을 통해 $Na_3V(PO_3)_3N$에서 소듐 이온의 삽입/탈리는 V^{3+}/V^{4+}의 산화환원 작용을 통해 4V 대에서 일어난다는 것을 밝혔고, 3000회의 충전/방전 사이클 후에도 초기 용량의 67%에 달하는 용량이 구현된다는 것을 확인하였다. $Na_3V(PO_3)_3N$ 물질이 4V 대의 높은 전압을 가지는 이유는 세 개의 $(PO_3)_3N$ 음이온 그룹이 VO_6 팔면체를 둘러싸면서 유도 효과(inductive effect)가 극대화되었기 때문이라는 것이 이론적으로 증명되었다. 또한, 본 연구진은 ex-situ 엑스선 회절 분석과 제일원리 계산(first-principles calculation)을 통해 우수한 사이클 안정성은 충방전시 무시할만한 수준의 부피변화(~0.24%)에 기인하는 것을 밝혔고, 이 특성은 $Na_3V(PO_3)_3N$의 고유한 중심 대칭성(centrosymmetry) 때문임을 증명하였다. 추가적으로, $Na_3V(PO_3)_3N$ 전극은 10C에 해당하는 높은 전류 밀도를 가해도 84%에 달하는 이론 용량이 구현되는 수준의 높은 율(power)특성을 나타냈다. $Na_3V(PO_3)_3N$ 입자의 크기가 5마이크로 미터 이상으로 비교적 큰 수준임에도 이러한 우수한 율특성을 보인 이유는 $Na_3V(PO_3)_3N$이 가지는 삼차원의 열린 결정 구조라는 것이 제일원리 계산을 통해 입증되었다. 우수한 율특성과 사이클 안정성, 높은 작동 전압을 통해 $Na_3V(PO_3)_3N$ 물질이 소듐이온전지용 양극재로 이용되기에 매우 좋은 가능성을 가진다는 것을 확인하였다.

[P24-9]

Amorphous Cobalt Phyllosilicate with Layered Crystalline Motifs as Water Oxidation Catalyst: 김주성*, 박인철*, 정은석, 진경석, 성원모, 윤갑인, 김현아, 김병훈, 남기태, 강기석; *서울대학교*

Keywords: 층상규산염, 전기촉매, 물 분해, 산소 발생 반응,

산소 발생 반응 촉매의 개발은 물 분해 시스템의 실제 사용을 위해 굉장히 중요하다. 비록 최근 몇 년간 효율적인 산소 발생 반응 촉매의 개발이 활발히 이루어졌지만, 여전히 우수한 가격 효율을 갖는 촉매의 개발은 충분하지 않은 상태이다. 우리는 층상의 결정성 모티프를 갖는 비정질 코발트 층상규산염을 상온에서 침전 반응을 이용하여 합성하고 새로운 산소 발생 반응을 이용하여 적용하였다. 이 촉매는 전류 밀도 10 mA cm^{-2}에서 367 mV의 과전압을 보이며 우수한 특성을 보였다. X-ray 흡수 분광법을 이용한 구조 분석을 통하여 비정질의 물질이 물 분해 반응에 굉장히 중요한 CoOOH와 비슷한 층상의 모티프를 갖는다는 것을 밝혔다. 그리고 제일원리계산을 통하여 규산염층이 물 분해 반응이 일어나는 활성 사이트의 주변 환경을 변화시켜줘서 CoOOH보다 더 낮은 과전압으로도 동일한 전류 밀도를 낼 수 있다는 것을 밝혀냈다. 이 연구를 통해 층상 규산염이 새로운 산소 발생 촉매로서 적용될 수 있다는 점과 산화 환원 반응에 참여하지 않는 구조 내의 부분이 촉매의 활성에 영향을 줄 수 있다는 점을 통해 앞으로의 새로운 촉매 디자인에 새로운 길을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

[P24-10]

Enhanced Stability of Coated Carbon Electrode for Li-O_2 Batteries and Its Limitations: 배영준[1], 고동현[2], 이선영[2], 민요셉[2], 강기석[1] ; [1]*서울대학교*, [2]*건국대학교*

Keywords: lithium-oxygen batteries, atomic layer deposition, carbon defect, stability, in situ differential electrochemical mass spectroscopy

리튬 공기 전지는 매우 높은 에너지 밀도 (~3500 Wh^{-1}) 때문에 차세대 에너지 저장 시스템으로 연구가 많이 되고 있다. 리튬 공기 전지는 양극에서 산소가 환원되어 리튬 이온과 반응하여 방전생성물인 Li_2O_2를 형성하는데 Li_2O_2는 양극 구조체 위에 쌓인다. 일반적으로 탄소 재료가 양극 구조로 많이 사용되는데 이는 탄소가 가볍고 전기 전도도가 좋으며 넓은 표면적을 가지고 있어서 방전생성물이 쌓이기에 좋은 조건을 가지고 있기 때문이다. 이러한 이유로 탄소나노튜브, 그래핀, 다공성 탄소 등 다양한 탄소 구조가 리튬 공기 전지 양극 구조로 많이 보고되었다. 하지만 최근에 리튬 공기 전지를 구동할 때 탄소 재료가 분해된다는 보고가 있었다. 사이클이 지남에 따라 탄소 재료가 방전생성물인 Li2O2와 반응하여 절연체인 Li2CO3를 생성하고 충전시 높은 전압에서는 탄소 재료 자체가 열화되기도 하는데 이에 따라 셀의 효율이 떨어지고 사이클 수명이 감소하게 된다. 탄소 재료의 이러한 문제 때문에 탄소를 포함하지 않는 양극 구조도 많이 연구되고 있지만 다른 양극 재료를 사용하게 되면 가격이 높아지고 에너지 밀도가 낮아지기 때문에 리튬 공기 전지의 장점인 높은 에너지 밀도의 의미가 없어지게 된다. 따라서 리튬 공기 전지를 구동할 때 탄소 재료의 안정화가 매우 중요한데, 탄소의 분해는 탄소 재료의 결함이 주 원인이기 때문에 이 연구에서는 탄소의 결함을 ALD 코팅으로 보호하여 탄소 재료를 안정화시켰다. 코팅 물질은 낮은 가격과 비교적 높은 전기전도도를 가진 ZnO를 사용하였다. 탄소 재료를 ^{13}C 동위원소를 사용하여 충전시 발생하는 $^{13}CO_2$의 양을 통해 탄소가 얼마나 분해되는지 측정할 수 있는데 ZnO 코팅을 한 탄소에서는 $^{13}CO_2$의 양이 크게 감소한 것을 보였고 이를 통해 ZnO 코팅이 탄소의 분해를 막는데 큰 역할을 하는 것을 알 수 있었다. 이 뿐만 아니라 전해질 분해에서 발생하는 $^{12}CO_2$의 양도 ZnO 코팅을 통해 줄일 수 있었는데 이러한 부반응 제어를 통해 사이클 수명을 100회 이상까지 향상시킬 수 있었다. 하지만 사이클이 지남에 따라 ZnO 코팅이 탄소 재료 표면에서 떨어져 나오는 것을 볼 수 있었는데 이에 따라 탄소와 전해질 분해가 증가하였고 결국엔 셀이 비활성화되는 것으로 보인다.

[P24-11]

Bi thin film coating to delineate the wetting behavior of liquid sodium on a β”-alumina for a Na-beta alumina battery: Dana Jin[1], Sangjin Choi[1], Wooyoung Lee[1], Il Sohn[1], Younki Lee[2], Yoon-Cheol Park[3], Keeyoung Jung[3*], Wooyoung Shim[1*] ; [1]*Yonsei University.* [2]*Gyeongsang National University.* [3]*Research Institute of Industrial Science & Technology*

As the importance of renewable energy grows, Sodium/β”-alumina(BASE) cell has been recognized as one of the most effective energy storage device because of its high specific energy, high efficiency of charge/discharge and long cycle life. For better operation of

Sodium-BASE cell, poor wettability, which is caused by moisture and impurity in the BASE such as calcium, of electrolyte on liquid sodium anode should be enhanced. However, the formation of the oxide film, which is related to moisture absorbed on the BASE surface, impedes sodium dissolution, thereby hindering an accurate determination of wetting behavior. In this study, the sessile drop technique under controlled moisture and O_2 environment is used as a type of an artificial Sodium-BASE cell system to study the issue of water interface formed onto the BASE. To separate water interface, BASE surface need to be coated by metal that can form an alloy with sodium and therefore completely isolate its surface in a way that emulate the sealed and complete real cell. Bi is chosen as protect layer and sodium alloy with Bi is impervious to water yet does not interfere with sodium conductivity. By the enhanced wettability, the Sodium-BASE batteries can be operated at lower temperature with solving the safety issues and to use low cost polymeric seals.

[P24-12]

Shape-Reconfigurable Aluminum?Air batteries with High Output Voltages: Sangjin Choi, Daehee Lee, Gwangmook Kim, Yoon Yun Lee, Bokyung Kim, Jooho Moon, Wooyoung Shim*; [1]*Yonsei University*

The battery shape is critical limiting factor affecting foreseeable energy storage applications. In particular, deformable metal–air battery systems could offer a low cost, low flammability, and high capacity, but the fabrication of such metal–air batteries remains challenging. Here, we show that a shape-reconfigurable materials approach, in which the deformable components composed of micro- and nanoscale composites are assembled, is suitable for constructing polymorphic metal–air batteries. We adopt an aluminum–air battery cell as an ideal platform, which involves three-electron transfer during charging reactions; as a result, it provides a specific capacity that rivals that of a single-electron lithium-ion battery. This cell is a great platform to test a shape-reconfigurable design because of easier handling, greater safety, and lower reactivity. This architecture is simple and scalable and also addresses the fundamental limitations of aluminum–air batteries by allowing the use of deformable packing designs to increase the performance output. Further, this approach is technologically unique in that it a method that enables the realization of a 3D shape change, which has never been observed for aluminum–air batteries. This significant deformability results in a specific capacity of 128 mA·h/g per cell; calculated from the total mass of anode (496 mA·h/g per cell; based on the mass of consumed aluminum), and a high output voltage (10.3 V) with 16 unit battery cells connected in series. The resulting battery can endure significant geometrical distortion such as three-dimensional stretching and twisting while the electrochemical performance is preserved. This work represents an advancement in deformable aluminum–air batteries using the shape-reconfigurable materials concept, thus establishing a paradigm for shape-reconfigurable batteries with exceptional mechanical functionalities.

[P24-13]

3-D Nanoporous SnSb Alloy as an Anode Material for Lithium Ion Battery: Yoon Yun Lee, Wooyoung Shim* ; *Yonsei University*

Lithium ion battery (LIB) with high energy and power densities are actively investigated to enhance the competitiveness and extensive development of electric vehicles (EVs) and energy storage system (ESS), and for facilitating novel portable devices. The energy density of a battery is primarily determined by the charge-discharge capacities of the electrode materials and the operating potential of the battery. Due to the low theoretical capacity of graphite (372 mA·h·g^{-1} for LiC6), the commercialized anode material for LIBs, development of alternative anode materials for LIBs is strongly required for future applications. Certain metals and metalloids that alloy with lithium is particularly promising, such as Sn and Sb which both show several times higher energy densities than that of graphite (e.g. 993 mA·h·g^{-1} for Li4.4Sn; 660 mA·h·g^{-1} for Li3Sb). The choice of the SnSb from several synergistic effects between the Sn and Sb: 1) both components of alloy distribute to its high theoretical capacity of 824 mA·h·g^{-1}; 2) alloying/dealloying of Sn and Sb occur at different potentials, which smoothens the mechanical stress.

$$SnSb + xLi^+ + xe^- \leftrightarrow Li_xSnSb \ (0 \le x \le 1.6)$$
$$Li_{1.6}SnSb + 1.4Li^+ + 1.4e^- \leftrightarrow Li_3Sb + Sn$$
$$Sn + 4.4Li^+ + 4.4e^- \leftrightarrow Li_{4.4}Sn$$

In the present work, we focused on the facile synthetic route to nanoporous SnSb as an anode material, and their excellent electrochemical lithium storage performance was studied in detail. The resulting 3-D nanoporous SnSb exhibit high specific surface area of 115 m2·g^{-1}, nanopore sizes of 4 and 22 nm, and reversible capacity of 810 mA·h·g^{-1} which is slightly lower than theoretical value with high coulombic efficiency of 99.3%.

[P24-14]

Photo-induced Interrelated Bilayer Oxide Dielectrics for Solution-processed Thin-Film Transistors: 이원준[1], 박성준[1], 최준규[1], 성수진[1], 김창현[12], 나세권[3], 주영창[34], 윤명한[12*] ; [1]*광주과학기술원(GIST),* [2]*광주과학기술원 신재생에너지연구소(RISE),* [3]*서울대학교 신소재공동연구소(RIAM),* [4]*서울대학교*

Keywords: Photoactivation, sol-gel, metal oxide, dielectric, thin film transistors

For the demonstration of low-power consuming electronic devices, the dielectric layers in the electronic devices having relatively high dielectric constant (high ~k) are highly required to make efficient dielectric polarization. In this study, we showed that the solution-based dielectric films were fabricated under very short processing time (~ 5 min) and very low processing temperature (<150°C). Theses

functional films composed of aluminum-oxide based thin layers associating with silicates have good dielectric performance of high-capacitance and relatively high dielectric constant. In addition, we performed the various analyses of the photo-related interactions during the forming the film structures on the silicon substrates. These impacts of photo-employed resources induce the structure densification of amorphous oxide formation and effective activation metal-cation bondage. At last, Indium-Gallium-Zinc-O (IGZO) oxide thin-film-transistors (TFTs) by all-solution process were successfully fabricated and well-performed under low-operation voltage.

[P24-15]

Organic Microfiber-based Wearable Sweat Sensors: Youngseok Kim[1], Chi-Hyeong Kim[1], Seong-Min Kim[1], Taekyung Lim[2], Sanghyun Ju[2], Myung-Han Yoon[1*]; [1]*Gwangju Institute of Science and Technology (GIST),* [2]*Kyonggi University*

Keyword: Microfiber, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate, sweat, ion sensor, Organic electrochemical transistor

Having the ionic concentration of human body balanced is physiologically important to make organs optimum conditions, but it could be easily collapsed in everyday life from excessive sweating and/or insufficient water-drinking. Especially, soldiers and laborers who work outdoors and do not have enough rest could be easily exposed to heat stroke, coma, and death in worst case, so recognition of dehydration by monitoring devices is important to prevent aforementioned diseases. Herein, we develop wearable organic fiber-based ion sensors, which can detect the ion concentration below 1mM to 1M concentration of sodium chloride, of which elements and sensing ranges are compatible with a human sweat. The PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)-based organic fibers could be uniformly spun by conventional wet-spinning processes, and it shows a high conductivity over 1.2 kS/cm and a mechanical elastic modulus of 2.7 GPa, due to their well-ordered molecular structures. Finally, the fiber-based ion sensors, which have an organic-electrochemical transistor structure, were successfully constructed in a single strand, and it shows high sensitivity, uniformity and reproducibility using low energy consumption below 100μWh.

[P24-16]

Photoelectrochemical Cells with Solution Based Nanostructured NiO Layer on Large-Scale Silicon Electrode: Da-Young Lee[1], Hye-Min Shin[1], Jihye Lee[1], Seyeong Lee[1], Seungtaeg Oh[2], Jeong Won Kim[3], Jihun Oh[2], Won Bae Kim[3], Myung-Han Yoon[1*]; [1]*Gwangju Institute of Science and Technology (GIST),* [2]*Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST),* [3]*Pohang University of Science and Technology (POSTECH)*

Keywords: Nickel oxide, chemical bath deposition, photoelectrochemical cell, silicon photoanode, water splitting, wafer scale

Recently, photoelectrochemical cells (PECs) have attracted significant attention as system to convert solar to chemical energy. In particular, various semiconductor materials as photoelectrodes for enhance PEC have been reported. To commercialize this system, photoelectrodes materials should be large scalable and low-cost in both bulk quantities and processes. In this work, we report the fabrication of 3D structured nickel oxide film onto large scale n-Si wafer by chemical bath deposition process for photo-water splitting. In comparison to planer NiO/n-Si photoanode, the NiO/n-Si photoanode with 3D structure show improved PEC properties. Furthermore, the electrical and structural characteristics of the 3D structured NiO/n-Si photoelectrode as well as their effects on the performance of the PEC will be discussed.

[P24-17]

Low-temperature crystallization of sol-gel active metal oxide films via UV-assisted combustion reaction: Jun-Gyu Choi, Won-June Lee, Myung-Han Yoon* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Photoannealing, combustion, crystallization, metal oxide, thin film transistors

An ammonium nitrate has been widely used in agriculture and industry as a fertilizer or fuel. We have reported a novel usage of ammonium nitrate for the purpose of reducing the temperature required for forming oxide lattice in sol-gel condensation reaction of metal oxide films, and further for the application in thin-film transistor(TFT) devices. In this study, sol-gel derived metal oxide semiconductor films were spin-coated uniformly, and the additive involved in precursor solution had a role of combustive fuel to support the decrease of activation energy under deep-ultraviolet(DUV) condition at the temperature as low as 200°C. It can be a new approach that the initiation of crystallization of metal oxide was accelerated by UV at the low temperature, resulting in the enhancement of electrical performance (μsat ~ 5cm2V-1s-1) approximately 10 times higher than conventional devices.

[P24-18]

Optically-programmable memory device based on Plasmonic Organic Field-Effect Transistor: Ji Hwan Kim, Chang-Hyun Kim, Myung-Han Yoon* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Plasmonic, metal nanoparticle, organic semiconductor, memory, thin-film transistor

In general memory devices, repetitive programming/erasing procedure can introduce degenerations which are directly related to the malfunction of data storages. In case of organic materials, such degenerations are more critical issues. Unintended charge trapping at the semiconductor/dielectric interface, change in the mechanical structure of the semiconductor molecules, and the generation of trap sites can impede the reproducible, and long-term operation of organic memory devices. Unless the fundamental cause of these degenerations

is eliminated, improving the electrical stability of organic memory devices is quite challenging. In this work, optically-programmable memory device via plasmonics is investigated. Noble metal nanoparticles (NPs) were deposited by conventional thermal evaporation on the organic field-effect transistor consisted of dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene as a semiconducting layer. The absorption characteristics of photon was enhanced, and the generated photocurrent was also improved by optical stimuli. Moreover, the noble metal NPs provide the charge trapping and retention centers to the device which is essential for memory devices. The charge trapping and retention properties were investigated and related mechanism is described. This Optically-programmable organic memory device with higher stability and reproducibility expected to be a promising candidate for future organic memory device platform.

[P24-19]

In-situ electrochemical formation of nano-structured metal-sulfide materials for the next-generation Li-ion battery: Uijin Chang, KwangSup Eom* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Electrochemical, nanostructure, metal sulfide, lithium ion battery

Because lithium-ion has fundamental advantages that are light, small, and electrochemically active, the lithium-ion battery (LIB) using lithium-ion has high energy density, long lifetime, and high voltage. Therefore, it has been being used in all sorts of portable devices. However, presently the LIB needs high capacity per volume and weight in order to use in large scaled devices and facilities such as electric vehicles (EVs) and energy storage systems (ESSs). For that reason, one of the notable materials for LIB is sulfur (S) that has five times higher theoretical capacity of 1675 $mAhg^{-1}$ as cathode. However, most of the Li-sulfur batteries have shown a fast initial capacity fading, because high-ordered polysulfides (Li_2 S_x, 8≥x≥4) which are formed as intermediate materials of the Li-sulfur batteries dissolve in the common LIB electrolytes. In this presentation, we introduce metal-sulfide material which can be used for a cathode instead of sulfur. In particular, MoSx (x≥3) has a high capacity of more than 670 mAh/g. Moreover, it can solve the problem of sulfur dissolution by directly forming low-ordered polysulfides3. The GO@MoS3 composite is prepared by a chemical synthesis, and it formed a micro-sized sheet composing of amorphous molybdenum trisulfide along GO surface. It is very notable that this material has a tendency that the capacity gradually increases over 300 percent with the initial cycling via a continuous pulverization of the amorphous micro-sheet composites into nano-sheet and crystallines leading to a decrease in lithium-ion transport length. The result is clearly confirmed by HR-TEM and XRD analyses.

[P24-20]

The improved hydrogen generation kinetics from hydrolysis of chemical hydrides using an electroless-deposited Co-(Ni/Fe)-P catalysts: DongHyeon Kim, SeungHyun Jo, KwangSup Eom* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: hydrogen, catalyst, hydrolysis, kinetics

The hydrogen is light and abundant. It can also be used as a fuel of polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC), which is the promising next-generation energy conversion system. Presently, the hydrogen is mostly produced by a steam reforming process in the industry, but the final product contains carbon oxides, which cause the environmental pollutant and accelerate degradation of the PEMFC. The hydrogen storage is also very difficult technique due to its flammability and low melting point. To solve these problems, the technique using the chemical hydrides with high energy storage density and safety has been developed. Specifically, the chemical hydrides such as sodium borohydride (NaBH4) can react with the water at room temperature and produces pure hydrogen which is called hydrolysis, and it can be stored stably in alkaline media. The key issue of this study is to increase the hydrogen generation kinetics from the hydrolysis using the engineered catalysts. Previously, the noble metal (Pt, Ru, etc.) based catalysts have been used. The noble metal-based catalysts showed the good performances, but these are so expensive and hence are difficult to be used practically. In this presentation, we will introduce the new transition metal based catalyst of Co-(Ni-Fe)-P fabricated by an electroless-deposition, which is optimized by controlling pH and bath temperature. The optimized Co-Ni-Fe-P catalyst generates the hydrogen at the rate of 4300 ml g^{-1} min^{-1} at 60°C, which is enough value to be used for on-board hydrogen production system. To observe the micro-structures and chemical compositions, and surface morphology, XRD, HR-TEM, XPS, and SEM/EDS were used.

[P24-21]

Tellurium-sulfide cathode materials for the higher capacity and stability of Lithium-chalcogen battery: Seungmin Lee, KwangSup Eom ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: capacity, lithium, chalcogen, battery, tellurium sulfide, cathode

Presently commercialized metal oxide cathodes are not appropriate for large-scale batteries such as Electric Vehicles (EVs) and Energy Storage System (ESS) due to their low gravimetric and volumetric capacity (e.g. 148 mAh g^{-1} and 550 mAh cm^{-3} for LiCoO2). Also, high cost for transition metals is another barrier to facilitate large-scale batteries. Recently, Sulfur (S) has received attention as a promising candidate for cathode materials because of its abundance in nature, low cost, and especially higher gravimetric and volumetric capacity (1675 mAh g^{-1} and 3467 mAh cm^{-3}, respectively) than conventional transition metal oxide cathodes. Despite of those attractive characteristics of S, severe capacity decay from the poor electrical conductivity (10^{-30} ~ 10^{-17} S cm^{-1}) and dissolution of S and its transition into insulating low-ordered lithium polysulfides (Li2Sx, X< 4) have been hindering a long-term use for battery. In this

presentation, we introduce a new type of chalcogenide cathode material, TeS2 with highly stable cycle life. Tellurium (Te) is also one of the chalcogen materials, but metalloid with superior electrical conductivity (~2.5 S cm^{-1}) and competitive volumetric capacity (2621 mAh cm^{-3}) compared to S. With an impregnation technique, the composite (Li-TeS2/C) composed of TeS2 and porous carbon (Ketjen 600JD) was prepared, and its electrochemical performance as a cathode material was examined. The Li-TeS2/C showed the more stable cyclability and relatively high capacity originated from Te and S, respectively. During the synthesis, TeS2 is well impregnated into porous carbon, resulting in effective electron transfer and protection of TeS2. Dissolution of Te from cathode followed by forming solid electrolyte interface (SEI) containing Te might make the electrode more stable and increase ionic conductivity of SEI, leading to high cyclability and rate-capability.

[P24-22]

Effect of Electrochemical artificial SEI Formation on the stability of Room-Temperature Sodium-Sulfur Battery: Hwonki Lee, KwangSup Eom* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Electrochemical, Sodium sulfur, battery, stability, room temperature

Lithium ion batteries are the presently predominant energy storage systems for portable electronic devices and electric vehicles (EVs). Although lithium ion batteries are suitable for small-scaled applications, they are inappropriate for large-scaled stationary energy storage called ESS in terms of cost. Therefore, new battery for ESS that is cheaper and has a higher capacity than a lithium ion battery is needed. Specifically, a room temperature sodium-sulfur battery (RT-NaS) is receiving attention due to its high theoretical capacity of 1675 mAh g^{-1}. This system also has the advantages of being cost-effective and resource-abundant. However, most of the RT-NaS batteries showed the low initial reversible capacity and fast capacity fade during cycling. It is because the intermediate product of long chain polysulfide easily dissolves into the electrolyte. During the charging/discharging process, polysulfides diffuse between the anode and the cathode through a polymer membrane, and then gradually reduce coulomb efficiency (called Shuttle Effect). Therefore, in order to improve stability of RT-NaS, it is necessary to impede a continuous dissolution of polysulfides. In this presentation, we will introduce a new method to restrain the polysulfide dissolution by artificially forming protective solid electrolyte interphase (SEI) on the surface of cathode using in-situ electrochemical method. It could simultaneously increase the initial capacity and stability of RT-NaS battery more than two times.

[P24-23]

Effects of heat-treatment temperatures of manganese oxides anode materials on the cell performances for Lithium-ion battery: Wonsang Jung, Haeun Lee, KwangSup Eom* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Lithium ion battery, heat, manganese oxide, anode

Electric vehicles (EVs) and energy storage system (ESSs) require the electrode materials with low cost and high mass-production efficiency via easy synthesis method as well as high capacity and stability. In the perspective, manganese oxides (MnOx) is one of the attractive materials because manganese is abundant, non-toxic, and has low cost. The MnOx as electrode materials for lithium ion battery (LiB) has attracted much attention. However, during LiB cycling, the crystalline MnOx is easily pulverized and covered with insulating solid electrolyte interphase (SEI), which causes a fast capacity fading. In this study, graphene oxide (GO) and manganese oxide composite (MnOx), that is GO@MnOx, is prepared with a facile and one-pot chemical synthesis method. In the synthesis, not only GO increases electrical conductivity, but also provides a template where MnOx is anchored, which alleviates pulverization of MnOx during lithiation/delithiation. The GO@MnOx was heat-treated at 0, 200, 400, and 600°C, respectively. The crystalline structure of GO@MnOx heat-treated at 0°C and 200°C was Mn_3O_4, that is, Hausmannite, and that heat-treated at 400°C was composed of Mn3O4 and MnO simultaneously, and that heat-treated at 600°C was MnO, that is, Manganosite. According to the crystalline structure, specific capacity of GO@MnOx was different. In particular, the GO@MnO heat-treated at 600oC showed the highest specific capacity of 850 mAh $g^{-1}$and the most stable cycling performance. Contrary to the GO@MnO, the GO@Mn_3O_4 showed 480 mAh g^{-1}. In addition, it is very notable that the specific capacities of all kinds of GO@MnOx increase with initial cycling between 50 and 150 cycles. The behavior is probably due to pulverization of active materials and structure change from crystalline to amorphous. The strain induced between amorphous and crystal active materials forces MnOx to be pulverized, which results in the exposure of active materials leading to a capacity increase. It seems to be partially attributed to the formation of new solid electrolyte interface (SEI). Those are clarified through X-ray diffraction (XRD), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), and High resolution Transmission electron microscopy (HR-TEM) analysis.

[P24-24]

Fabrication of centimeter scale few-lyaer WSe_2 thin film by pulsed laser deposition for field-effect transistor: Sehun Seo[a], Hojoong Choi[a], Soyoung Kim, Jongmin Lee, Sejun Yoon, Byoung Hun Lee, Sanghan Lee* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: transition metal dicalcogenide, WSe_2, pulsed laser deposition

Due to its excellent electrical, mechanical and optical properties, the six-group transition metal dicalcogenide (TMD) has attracted

attention as a promising candidate in various applications such as flexible devices, gas sensors, semiconductor channels and optical devices. Thus, it is important to directly form a uniform and high-quality few-layer TMD thin film on a desired substrate, especially a silicon-based substrate. So far, large single-layer or multi-layer n-type MoS_2 in TMD have been successfully synthesized or prepared on various substrates by chemical vapor deposition and pulsed laser deposition (PLD). However, due to the sensitivity of selenide compounds, there is still a difficulty in the large scale production of p-type TMDs, such as WSe_2, especially on Si/SiO_2 substrates. Here, we successfully fabricated a uniform few-layer WSe2 thin film on a Si/SiO_2 substrate with a centimeter scale using PLD, and artificially controlled the number of layers through the number of pulses. Raman analysis was used to determine the overall quality and uniformity of the WSe_2 thin film. The binding energy was determined using X-ray photoelectron emission. We fabricated a field effect transistor based on WSe_2 thin film through general photolithography process and analyzed basic electrical characteristics.

[P24-25]

Energy band gap tunability and photovoltaic effect of Copper nitride (Cu_3N) from differential nitrogen partial pressure: Heesung Noh, Hyo Jin Hong, Hyunji An, Jaesun Song, Bong-Joong Kim, Sanghan Lee* ; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: copper nitride, reactive sputtering, band gap engineering, photovoltaic effect

Copper nitride (Cu_3N) is promising material for solar energy application due to its proper energy band gap (E_g) with 1.2eV ~ 1.8eV and high optical absorption coefficient for solar spectrum. Cu_3N has simple anti-ReO_3 structure and empty body-centered site. Many studies have been progressed about doping other metals (Ti, Sc, Zn and Li) to enhance the semiconductor properties and optical properties. However, there are few studies about doping the nitrogen atoms to control the optical properties, because it is challenging to optimize the Cu/N ratio. Here, we control the Cu/N ratio by adjusting the nitrogen partial pressure during reactive sputtering. Thus, the E_g of the Cu_3N films change from 1.2 eV to 1.6 eV from UV-visible spectroscopy (UV-vis). From the X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), we clearly show that the highly N-doped Cu_3N has lowest E_g with 1.2eV. Additionally, we measure the photocurrent density (J) under brighten, and highly N-doped Cu_3N that has lowest E_g shows maximum J with 1.66 mA/cm^2 at 10V which is enhanced 2 times than high E_g with 1.6eV. In this result, we consider that the Cu_3N will have more attracted attention due to its tunability of E_g from doping the additional nitrogen atoms.

[P24-26]

$BiVO_4$/ZnO Nanowire Heterostructure Decorated with Gold Nanoparticles for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting: Seungkyu Kim[1], Yejong Yu[1], Sang Yun Jeong[1], Mi Gyoung Lee[2], Yeong Min Kwon[3], Ho Won Jang[2], Jeong Min Baik[3], Sanghan Lee[1*] ; [1]*Gwangju Institute of Science and Technology (GIST),* [2]*Seoul National University (SNU),* [3]*Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)*

Keywords: Bismuth vanadate (BiVO4), Zinc oxide (ZnO) nanowire, Au nanoparticle, Water Splitting, Photoanode, Plasmonic effect

To enhance charge separation and kinetics of water oxidation for $BiVO_4$ photoanode, $BiVO_4$/ZnO nanowires (NWs) heterostructure decorated with Au nanoparticles (NPs) is fabricated as suitable photoanode for photoelectrochemical (PEC) water splitting. Au/$BiVO_4$/ZnO NWs photoanode shows improved performance of photoactivity and visible light absorption due to its optimized length of NWs and loading condition of Au NPs. First, the enhancement of harvesting broad spectra resonance and charge separation is attributed to the heterostructure with ZnO NWs, which provides a direct pathway of photogenerated electrons and morphological scattering effect. In addition, the increasing kinetics of oxygen evolution and the photoactiviy is due to the localized surface plasmon resonances (LSPRs) and hot electron injection with oscillation of Au NPs. As a result, the photocurrent density of Au/$BiVO_4$/ZnO NWs photoanode achieves 2.x mA/cm^2 at the 1.23 V versus reversible hydrogen electrode, which is three times higher than prisitine $BiVO_4$ photoanode. It is demonstrated that the collaboration of heterostructure and decoration of Au NPs has synergetic effect in expanding the absorption region and increasing the photoactivity for water oxidation.

[P24-27]

Chemisorption-based charge transfer in graphene for CO_2 detection: Myungwoo Son, Sang-Soo Chee, Francis Malar Auxilia, and Moon-Ho Ham*; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: Graphene, polyethyleneimine, polyethylene glycol, carbon dioxide, gas sensors

Understanding of charge transfer between graphene and its functional materials is important for both fundamental science and potential applications including electronic devices, photonic devices and sensors. In this study, we present the charge transfer behavior between graphene and amine-rich polyethyleneimine (PEI) upon CO_2 exposure, which is significantly improved by the introduction of hygroscopic polyethylene glycol (PEG) in humid air. The graphene devices coated with PEI/PEG of a relative ratio of 1:3 exhibited the maximum sensitivities of 32% at 5,000 ppm CO_2 in air with 60% RH at room temperature. This correlation of charge transfer will facilitate the development of portable graphene-based sensors for real-time gas detection and extend applications of graphene-based electronic and photonic devices.

[P24-28]

Uniformly-dispersed single-walled carbon nanotubes in solution-processed Li-doped ZnO thin-film transistors: Gi-Cheol Son, Sang-Soo Chee, Myungwoo Son, and Moon-Ho Ham*; *Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)*

Keywords: zinc oxide, carbon nanotubes, lithium, thin-film transistors, solution process

In solution-processed metal oxide thin-film transistors (TFTs), boosting field-effect mobility is crucial to improve device performance. Until now, most of studies have been devoted to introducing indium as a mobility enhancer in metal oxide TFTs. However, it is also important to use inexpensive dopants to maximize the advantages of solution processes. In this study, we have introduced surface-functionalized single-walled carbon nanotubes (SWNTs) that improve both field-effect mobility and on/off current ratio in ZnO-based TFTs, as an alternative to the conventional incorporation of an expensive element, indium. The SWNTs were chemically functionalized with hydrophilic groups by the wet-acid treatments to stably disperse them in 2-methoxyethanol, which were incorporated to a lithium-doped ZnO semiconductor used as a matrix oxide in this study. The crucial role of surface functionalization of SWNTs is clarified with the demonstration of ZnO-based TFTs with a field-effect mobility of 28.6 cm^2/Vs and an on/off current ratio of $\sim 10^7$.

[P24-29]

Theoretical Investigation of the catalytic activity of goethite (α-FeOOH) for the Electrochemical Water Oxidation: Taehyung Lee, Ho Won Jang* ; *Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University.*

Recently, to replace the expansive noble metals in electrocatalyst, transition metals with low cost and comparable performances are chosen as substitutes. Among transition metals, iron, which is one of the most abundant metal in the earth crust, is relatively out of the attention as an electrocatalyst. Due to its earth abundance and well-organized production system, iron has the one-tenth price of nickel, and even one-fiftieth price for cobalt. Considering that the ultimate goal of the water electrocatalysis system is an integrated system with a photovoltaic cell which demands the scale-up processing, the cost competitiveness can be maximized for the commercialization. To enjoy the strong cost competitiveness of the iron, the poor catalytic property of the iron based electrocatalysts, particularly its low current density should be enhanced. According to several studies, it is known that certain phase, iron oxyhydroxide, can have much higher current density than existing iron-based electrocatalysts. Especially, goethite (α-FeOOH) is the most thermodynamically stable form among iron oxides and presented to have enhanced catalytic property by experiments. Though, there are not enough theoretical investigation on its catalytic activity. Herein, we investigate the water oxidation mechanism on the goethite electrocatalyst using first-principles calculations based on Density Functional Theory. With calculations of relative surface stabilities and adsorbate coverages, the most stable low-index surfaces of α-FeOOH will be determined. Next, with the determined α-FeOOH surfaces, we will compare the theoretical overpotentials.

[P24-30]

Nanostructured p-Si with TiO_2 passivation layer and metal catalyst for stable and efficient water splitting: Changyeon Kim, Ho Won Jang* ; *Department of Materials Science and Engineering, Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University*

Keywords: Performance, Functionality, energitic material Properties, Chemical, surface chemistry Composition & Microstructure, Chemical elements, Si

Global warming, caused by greenhouse gases, has been emerging as one of the biggest environmental issue. The raising temperature could be very harmful to us and our earth. The greenhouse gases, such as carbon dioxide, methane, nitrous oxide, is emitted through the burn of fossil fuels. Therefore, new eco-friendly energy source, can be replaceable the fossil fuels, and production of that are needed to be developed. The solar water splitting has been attractive to promising approach. Generating hydrogen from water by solar energy allows for an unlimited amount of hydrogen to be stored and used as green fuels. For efficient production of hydrogen, there are several key factors to be needed; 1 proper energy band gap to absorb sunlight, 2 larger light absorption, 3 fater charge separation to prevent recombination of electron and hole pairs, 4 stability. *p*-Si photocathode has narrow band gap (1.12 eV) to absorb the wide range of the solar spectrum. So it could generate many electron-hole pairs and so larger photocurrent could be obtained. And nanostructured *p*-Si play a role to scatter the solar light, so enhance the absorption of solar energy. However, the silicon photocathode is unstable at electrolyte and suffers from fast photocorrosion due to the position of thermodynamic redox potentials, and the solar to hydrogen conversion efficiency of bare silicon photocathode is largely suppressed. To solve this problem, desigining a surface passivation layer that can protect against chemical and photo-induced corrosion has beed studied these days. Also, some metal catalysts have been reported to be enable to enhance the efficiency of solar to hydrogen efficiency. In this study, we are going to fabricate nanostructured *p*-Si with TiO_2 passivation layer and deposit metal catalysts onto that. TiO_2 layer, also, forms type 2 heterojunction with the *p*-Si and produces a band offset, which can improve the efficiency of separation of electron-hole pairs while preventing recombination. Finally TiO_2 passivation layer would improve the statibility by preventing photocorrosion of *p*-Si. And metal catalysts would enhance the efficiency.

발표자 색인

ㄱ

강기석 New5–2
강문석 P5–10
강민수 P9–6
강병우 New5–1
강상운 표면1–4
강석주 New3–2
강소영 P13–15
강유빈 재료강도1–1
강윤구 P2–30
강윤호 전자1–3
강전연 상변태3–6
강정신 타이타늄3–3
강준희 P14–12
강진규 철강3–2
강태훈 P11–21
고상진 P1–1
고원석 전산2–2
고준영 재료강도1–3
고태원 P12–15
공소현 P10–27
곽승윤 P2–5
곽은지 재료강도2–4
구가은 P15–1
구동규 생체1–2
구본우 철강7–5
구성환 P18–20
구아란 나노1–8
구지호 재료분석1–3
권구현 P11–5
권상철 P16–1
권성준 P9–26
권수빈 집합조직1–5
권숙철 P10–9
권순철 P5–5
권영준 P2–13
권영진 P1–40
권오집 P11–15
권오현 피로2–3
권용남 피로1–2
권용우 전산2–1
권용욱 P23–6
권의표 P4–10
권준범 소재1–5
권혁준 철강9–5
금동엽 P2–31
길혜준 P21–2
김가언 P3–6
김강민 철강1–1
김경민 P1–43
김경민 P14–5
김경민 P20–9
김경식 P1–39
김경욱 P21–6
김경준 P2–22, 상변태1–3
김경호 P10–28
김관래 열전1–3
김관식 열전2–2
김광윤 P1–9
김광중 P9–24
김규식 P3–18
김규현 희소금속4–3
김근수 상변태1–2
김근영 P2–25
김근학 철강11–1
김기환 P5–7
김나향 P3–21
김남룡 P17–1
김다솜 P12–3
김대겸 피로3–3
김대경 소재2–4
김대근 P4–14
김대영 복합1–3
김대영 P11–1
김대웅 P15–7
김대호 P2–24
김대환 타이타늄4–5
김덕진 P22–12
김도형 P13–17
김도희 P15–4
김동규 중성자4–4
김동근 P3–8
김동완 철강8–4
김동윤 P1–7
김동조 P2–26
김동현 철강3–3, P24–20
김동훈 전산4–1
김명균 알루미늄2–3, P5–13
김명세 타이타늄7–5
김명연 발전소재3–3
김명훈 P8–9
김민성 마그네슘4–2
김민정 P1–44, P13–2
김민철 P3–3
김민태 철강10–2
김병현 전산2–3
김보희 P1–23
김봉윤 용접1–4
김상식 피로1–4
김상욱 P1–36
김상원 P7–4
김상준 P2–15, 상변태2–2
김상헌 재료분석1–4
김상혁 집합조직1–4
김서영 비철1–2
김성근 P10–8
김성대 재료분석1–5
김성수 상변태3–5
김성철 타이타늄4–2
김성환 발전소재2–2
김성훈 P3–5, 재료강도2–1, P3–4
김세종 마그네슘4–3
김세훈 P9–32
김송이 P10–30
김수림 P9–7
김수민 에너지1–2
김수배 알루미늄3–1
김수현 알루미늄4–3
김수희 P19–6
김승규 P24–26
김승균 P9–16
김승록 나노1–5
김신찬 P10–32
김안나 철강11–6
김영광 발전소재2–3, 발전소재1–1
김영균 분말2–3
김영대 P7–8
김영무 분말4–5
김영민 비철3–1
김영석 상변태적용1–4, P24–15
김영수 P21–1
김영재 철강1–2
김영주 P10–24
김예림 철강5–4
김예진 P17–3
김완 P11–17, 알루미늄1–4
김용근 비철1–7
김용래 P5–12
김용상 전산1–5
김용우 P20–11
김용호 P8–11
김우진 재료강도1–2
김윤준 마찰마모2–7
김율구 마찰마모2–6
김은영 집합조직2–3
김인수 P16–4, P16–2
김일현 비철2–3
김일호 P22–8, P22–10, P22–11
김일환 P3–13, 발전소재3–4
김재권 P6–7
김재성 P4–4
김재한 P19–3
김재환 P1–2
김정곤 희소금속2–2
김정기 철강10–5, P1–11
김정민 P5–14
김정한 P8–10, 재료강도3–2
김종우 P1–10
김종훈 P11–13
김주성 P24–9
김주업 P7–10
김주혜 알루미늄3–4
김주훈 철강5–1
김준연 P6–10, 재료강도2–2
김준희 복합1–6
김지순 P11–4
김지영 P2–6
김지환 P24–18
김지현 중성자1–3
김진경 마그네슘1–4, 철강8–1
김진만 중성자2–3
김진수 P18–3, P18–1, 나노1–6
김진영 타이타늄3–2
김진우 마찰마모2–2
김창연 P24–30
김창재 분말3–3
김치원 P3–12, P1–21, 철강10–4
김태욱 P23–5
김태성 철강2–4
김태준 비철2–1
김태현 P23–2
김태형 P18–14, P18–15, P18–19
김택수 희소금속3–1
김하성 P19–22
김하영 P2–27
김학현 P10–22, P10–23
김한규 P3–16, 재료강도1–5
김한글 P3–20
김한슬 P19–16
김한열 P1–45
김현아 P17–5
김현우 P18–10
김현유 전산3–4, New1–3
김형균 P9–1
김형준 전산5–4
김형진 비철2–7
김형훈 P10–21
김혜수 P18–22
김혜정 마그네슘5–3
김혜주 P1–38
김화정 P12–9
김효중 P12–14
김희망 P12–10
김희주 P9–25

ㄴ

나만호 철강8–5
남경애 P10–29
남기태 New3–1
남기훈 P18–5
남병직 P10–14
남윤성 New4–1
남태훈 P2–12

노기연 P18–11
노상훈 P3–14
노요한 P15–6
노윤경 타이타늄7–3
노정현 P20–10
노한섭 철강10–1
노희성 P24–25

ㄷ

도정현 발전소재2–5

ㄹ

라기호 비철3–5
류이슬 P10–11
류창훈 P2–9
류호진 발전소재3–2
리블라디슬라브 비철3–6
링리에 타이타늄5–4

ㅁ

맹한솔 비철2–6
문민석 P5–3
문상철 P14–8
문세환 P24–2
문승욱 에너지1–7
문예빈 P20–3
문홍재 나노1–4
민준홍 철강4–2

ㅂ

박경관 표면1–2
박경령 타이타늄5–1
박경수 희소금속4–2
박경태 희소금속4–1
박광수 P13–1
박광원 비철3–4
박광재 P12–7
박귀일 에너지1–3
박규영 P24–3, P24–4
박기덕 소재2–5
박노진 P9–29, 집합조직2–1
박만수 발전소재1–5
박명철 P10–17
박민규 P21–7
박민하 P2–20
박상규 P7–12, P1–31
박상렬 P4–15
박상용 P12–13
박상원 P2–16
박상현 P14–15
박상협 P1–30
박상환 P11–8
박석균 P19–4
박선영 재료강도2–6
박선화 열전3–2
박성규 P18–9
박성우 P6–2,P10–5
박성주 P12–12, 복합2–6
박성준 집합조직2–4
박성훈 타이타늄5–5
박수열 마찰마모2–5
박수지 P22–4
박시욱 전산1–1
박시현 P18–24, P20–4, P18–18
박아람 P19–8
박양균 P8–7
박영도 알루미늄3–5
박영주 철강1–5
박우진 알루미늄2–1
박윤지 나노1–7
박인범 철강2–5
박인성 전자2–3
박재신 마그네슘1–2
박재영 P1–6
박재홍 P12–1
박정민 P10–3, P12–6
박정환 P13–9
박종력 철강3–1
박종문 타이타늄1–3
박종민 P2–28
박종혁 New2–1
박주완 P2–4
박주원 비철2–5
박주현 비철3–3, P9–8
박준규 타이타늄7–1
박준영 재료강도3–1
박준우 철강5–2
박준형 P14–6, P19–14, 전산4–4
박지현 P12–16
박지혜 P18–13, 여성1–1
박지환 희소금속5–2
박진만 P2–14, P9–4
박천명 마찰마모1–1
박혁준 P24–5
박현순 P10–6
박현욱 P4–12
박형규 마그네슘1–1
박효진 P2–18
박희진 P10–2
반치범 중성자1–2
배건 P20–1
배경훈 P19–1
배기창 P10–19
배민아 P10–31
배성호 비철2–4
배영준 P24–10
배정찬 희소금속1–1
배현나 비철1–4
백경윤 P11–19
백구슬 철강4–3
백민규 철강3–4
백민석 P11–20, 알루미늄1–3
백승은 P1–27
변영민 P13–14
변영운 P10–20, P19–9, 에너지2–3
변율 타이타늄4–3
변재원 소재2–2
변진우 P19–15

ㅅ

서동선 분말4–4
서보성 P13–4
서석준 희소금속5–1
서성문 발전소재1–2
서세훈 P24–24
서예린 P6–12
서자예 P11–14
서종식 마그네슘4–1
서준민 전자1–4
서지훈 마찰마모1–3
서현주 철강9–4
서형은 P19–12
석진익 발전소재3–1
설재복 상변태적용1–5
성백석 중성자1–1
성창훈 P5–6
성효경 피로1–1
소순성 전산5–2
소윤지 P9–12
손기철 P24–28
손명균 P5–4
손명우 P24–27
손영훈 P1–8
손원영 P1–29
손유한 복합1–4
손은원 분말1–5
손인진 P11–24, P11–26
손현우 마그네슘2–4
송민영 알루미늄4–2
송성호 P18–8
송솔지 철강10–7
송영석 타이타늄6–2
송은지 P3–17
송전영 재료강도4–2
송준우 용접1–5
송철한 P10–12
송혜진 P1–22
송훈 P19–17
신경수 P11–12
신경용 P7–9, P6–4
신기훈 P11–6, P11–10
신민주 P4–3
신병현 P1–3
신상균 철강6–2
신승환 철강6–3
신영호 P11–16
신은주 P10–10
신익수 철강10–6
신지은 P22–3
신지환 P16–5, 집합조직1–2
신해선 열전1–2
신현정 P7–6
신형섭 피로3–1
신형철 전산1–6
심상훈 P2–8
심승우 P13–11
심용섭 표면1–3
심우정 P4–13
심재진 P11–23
심현보 철강7–4

ㅇ

안경준 P7–11, P11–3
안남성 미래소재1–1
안동현 P10–1
안성연 P15–3
안수성 P11–22
안승민 P3–22
안영기 P10–33
안은솔 P6–1
안현준 용접1–1
안혜상 상변태2–5, P2–7
안혜성 P14–2
양동준 타이타늄6–3
양보현 P12–2
양수원 분말4–1
양승윤 P9–13
양원식 P18–2
양원존 소재1–3
양현석 P7–5,P7–1
어두림 분말1–4
어순철 열전3–5
여승환 P13–10
연규호 알루미늄4–5
염종택 타이타늄1–2
염현식 마찰마모1–2
오남지 P11–28
오민석 나노1–2
오민욱 열전1–1
오민철 마그네슘2–3
오승민 상변태1–5
오정목 타이타늄4–1
오준석 철강2–2
오창영 소재1–6
오현석 상변태2–6
우상규 마그네슘3–4
우정현 재료강도2–5
원소리 P9–5
원윤정 P1–19
원종호 P18–12, 나노1–1
원치형 P1–14
유가영 P7–2
유근희 P2–10, 상변태2–3
유기태 재료강도1–4
유동근 P18–6
유미 전산3–5
유병길 철강8–2
유병욱 P19–21
유병철 P12–8
유상현 철강9–3
유정선 P1–18
유정현 P9–19, P9–9, P9–10
유준수 철강6–1
유준휘 P9–27
유지민 P21–3
유지성 철강7–3
유지원 P5–1
유진수 철강11–5
유효상 P11–11
육태원 P20–5
윤갑인 P24–7, P24–8
윤국노 P12–5, 상변태1–4
윤국태 P5–8
윤은유 희소금속3–2
윤종천 P1–15
윤지원 P18–23
윤진호 희소금속5–3
윤창석 P3–1
윤철민 철강3–5
은희철 P19–18, P19–20

이강혁 에너지1-5
이건하 소재1-4
이고기 알루미늄4-4
이규석 P3-23
이규태 New2-2
이다영 P24-16
이대장 P23-8
이도엽 용접1-2
이동근 타이타늄3-1
이동녕 집합조직2-2
이동수 P9-21
이동조 철강2-1
이동주 P12-4
이동준 P23-7
이동현 재료강도3-3, P3-2
이동화 전산3-1
이동훈 P19-19
이동희 전산1-4
이목영 마그네슘4-4, 알루미늄4-1
이미선 타이타늄3-4
이민우 분말1-1
이민지 P19-11
이병주 철강11-2
이병현 피로2-2
이상관 미래소재1-2
이상용 P4-7, P4-9
이상원 타이타늄2-3
이상인 P1-12
이상화 알루미늄2-4
이상훈 철강2-3
이석규 P15-5
이선규 P23-4
이성 재료분석1-2
이성희 철강5-3
이세동 비철1-1
이세연 P9-11
이소담 철강4-4
이소영 P8-6
이수진 철강6-6
이수현 열전3-4
이순재 비철1-3
이슬비 용접1-6
이승민 P24-21
이승수 P19-10
이승욱 중성자2-2
이승철 전산5-1
이아영 P19-5
이영국 상변태적용1-6
이영지 P16-3
이영훈 P13-13
이오재 P1-24
이용문 철강10-3
이용태 타이타늄1-1
이운재 P1-20, 철강11-4
이원준 P24-14
이윤연 P24-13
이인섭 P13-3, P13-6, P13-5, P13-8
이재준 New4-3
이재철 AW-1
이재현 P18-17
이재형 P2-3
이정구 희소금속1-4
이정국 P12-11
이정무 복합2-1
이정수 상변태2-4
이정주 마찰마모2-4
이정한 분말2-2
이정환 표면1-1
이종범 P9-17
이종언 P17-4
이종현 희소금속2-1
이주혁 철강2-6
이준서 P2-1
이준호 분말1-3, 나노1-3
이진규 희소금속1-3
이지원 P7-3, P1-42
이지현 열전2-1
이창근 P1-4
이창민 용접1-3
이창선 철강7-1
이창현 전자2-5
이철희 P22-2
이태규 복합2-5
이태균 P10-16
이태혁 P5-9
이태형 P24-29
이태희 알루미늄1-2
이택선 분말3-4(발표취소)
이현규 P9-33
이현석 P20-7, 타이타늄2-1
이현숙 에너지1-1
이형록 P1-35
이호성 P22-1, P22-5
이호진 P18-21
이홍범 P1-17
이효원 P9-22
이휘기 P24-22
임강훈 전산3-2
임광혁 타이타늄7-4
임상규 P21-4
임상엽 P10-18
임성미 P14-11
임승균 분말4-3
임영석 P6-11
임옥동 P4-2, P6-8, P4-6
임재홍 P11-25
임종빈 P9-20
임종화 상변태3-1
임지우 알루미늄1-5
임현준 열전2-3
임혜진 P22-9

ㅈ

장근옥 전산2-4
장기남 재료강도1-6
장민호 철강11-3
장병진 전자1-2
장봉중 알루미늄2-2
장순호 P2-19
장연하 마찰마모1-4
장우양 P2-21
장재원 P2-11, 에너지2-5
장재일 AW-4
장재철 알루미늄1-1
장정목 철강1-3
장정인 P22-7
장준영 에너지1-6
장준혁 P19-7
장준호 P11-9
장현수 P2-23, P2-29, P2-2
장호승 P17-2
장호원 AW-3
장효선 마그네슘2-2
전제성 마찰마모2-3
전종철 재료분석1-7
전준영 P14-14
전태성 타이타늄2-4, 중성자4-3
전한솔 재료강도2-3
전호성 P1-16
정가영 생체1-3
정가운 P14-3
정광용 분말4-2
정기영 소재2-1, New1-2
정대한 P4-1
정대호 피로1-3
정동혁 P10-25
정동훈 P19-13
정병홍 P5-11
정보광 P23-1
정성균 P24-6
정수민 P18-7
정승필 철강9-2
정연범 P9-18
정연욱 P21-5
정영웅 중성자4-2
정영찬 철강5-6
정우용 P9-15
정원상 P24-23
정윤석 New3-3
정은진 철강1-6
정은희 P10-15
정인호 철강4-1
정재길 알루미늄3-2
정재훈 P20-8
정주영 P13-7
정중은 발전소재2-1
정지석 P1-26
정지연 P1-34
정지원 마그네슘1-3
정태인 철강1-4
정혜진 철강11-7
정호신 P6-9
정화철 마그네슘5-1
정회봉 에너지1-4
정효림 여성1-2
정효태 집합조직1-1
정희정 P1-41
조대현 생체2-1, 복합1-2
조민규 전산1-2
조민수 알루미늄3-3
조민아 비철1-5
조민철 P1-13, 철강8-3
조상현 P4-8
조성윤 New4-2
조수미 마그네슘3-2
조승찬 복합2-4
조영욱 P13-16
조용수 P18-4
조용희 P3-11
조의제 복합2-7
조인식 소재2-3, 피로3-2
조일국 복합2-2
조재형 집합조직1-3
조주영 분말1-2
조준현 P1-37
조진우 P7-7
조한얼 전산5-3
조효행 재료강도3-5
조훈휘 재료강도4-3
주병수 마찰마모2-1
주신용 분말2-4
주연아 P11-18
주영창 여성2-1
주원 분말3-1
진단아 에너지2-7, P24-11
진보라 P3-7, P3-10
진승우 피로2-1

ㅊ

차인호 전자2-2
채준열 P16-6
채홍준 P14-7
천미연 P9-2
최강현 철강3-6
최경후 P22-6
최광수 상변태1-1
최권훈 P9-28
최누리 철강6-5
최다현 에너지2-2
최동기 P6-3
최동준 P1-33
최두호 전자1-5
최미선 타이타늄2-2
최민구 P8-8, 타이타늄5-2
최백규 발전소재1-4
최병진 P4-5
최병학 상변태적용1-1
최상진 에너지2-6, P24-12
최상훈 P11-27
최석천 발전소재2-4
최성우 타이타늄5-3
최성준 전자2-4
최수지 상변태3-4
최승훈 P14-13
최시연 P9-14
최시훈 마그네슘3-1, 중성자4-1
최영신 P8-1
최영원 철강9-1
최용석 P14-9, P14-10, 전산4-2
최우진 분말2-1
최원미 P14-4
최재영 타이타늄7-2
최정우 P13-12
최점용 AW-7
최정훈 비철1-6
최준규 P24-17
최준성 철강6-4
최진석 P18-25, 전자2-6
최진주 P6-5,P5-2

최진혁 복합2-3
최창혁 New1-1
최철호 P23-3
최현주 여성2-2
최희채 에너지2-1, 전산3-3
추동균 마그네슘2-1, P9-30
추동주 P1-46

ㅍ

표기석 P1-28

ㅎ

하성호 P9-3
하태준 P19-2
하현우 P14-1, 전산4-3
한규효 P18-16
한덕현 P10-4, P11-7, P10-13
한승전 AW-6
한우림 P10-7
한종민 소재1-1
한준현 복합1-1
한진구 분말3-2
한진성 철강5-5
한태양 생체1-1
한흥남 AW-2
함기수 P3-15, P9-31
함종오 소재2-6
허기녕 비철2-2
허남회 상변태적용1-2
허민구 중성자2-1
허성규 P20-6
허성준 열전3-1, 열전3-3
허윤욱 상변태적용1-3
허인강 P15-2
허준영 P9-23
허형민 재료분석1-1
현철승 마그네슘2-5
홍기현 전자1-1
홍석민 P3-9
홍성모 P4-11
홍성환 상변태3-2
홍순익 생체2-3
홍순직 희소금속3-2
홍연우 전자2-1
홍태운 P3-19
홍현선 희소금속2-3
홍현욱 발전소재1-3, AW-5
황건재 P21-8
황교진 P10-26
황명원 P1-25
황성두 철강7-2, 철강7-6
황성민 재료강도3-4
황아인 P1-5
황윤중 P2-17
황인상 P24-1
황종배 P8-4
황준연 복합1-5
황준호 소재1-2
황지용 상변태3-3
황혜원 생체1-4

A~Z

Abdul Aziz Ammar P8-5
ABIDOV AMIR P20-2
AHIALE KWAME GODWIN 재료강도4-1
Barton Arkhurst P1-32, 마그네슘3-3
BOR AMGALAN P11-2
DEREJE DEGEFA GELETA 전산1-3
Dianta Ginting 열전1-4
E-Wen Huang 중성자3-1
Janu Ageng Nugroho P8-3
Joghee Suresh 생체2-4
JUMAEV ELYORJON 상변태2-1
Kim H.j 희소금속1-2
Li Chenglin 생체2-2
LI SHUANGLEI 타이타늄4-4
Lin Chan-Chieh 열전2-4
Muhammad Iman Utama P8-2
Nana Kwabena Adomako 비철3-2, P6-6
Nguyen ngoc ha 마그네슘5-2
Nguyen van thuong 재료분석1-6
Takayoshi Nakano 타이타늄6-1
Uijin Chang P24-19
Wenchun Jiang 중성자3-2
W. Woo 중성자3-2
Ying Liu 에너지2-4

2017년도 정기총회 학회상 수상자

1. 금속 · 재료상 수상자

◆ 구자홍 회장(LS-Nikko동제련)

2. 2017년도 제11회 세아해암학술상 수상자

◆ 이재철(고려대학교)

3. 2017년도 제1회 석천학술상 수상자

◆ 한흥남(서울대학교)

4. 전자 · 정보재료상 수상자

◆ 장호원(서울대학교)

5. 윤동석상 수상자

◆ 장재일(한양대학교)

6. 청웅상 수상자

◆ 홍현욱(창원대학교)

7. 서정상 수상자

◆ 한승전(재료연구소)

8. 철재상 수상자

◆ 최점용(POSCO 기술연구원)

9. 제3회 철강 솔루션 및 아이디어 공모상 수상자

◆ **솔루션 부문**

- 최우수상 : 정용석(한국산업기술대학교)
- 우수상 : 이준호(고려대학교)

◆ **아이디어 부문**

- 최우수상 : 이상혁(서울과학기술대학교)
- 우수상 : 김용상(성균관대학교)
- 우수상 : 신재홍(한양대학교)
- 우수상 : 이문형(한양대학교)

10. 기타(SPRINGER 논문상, WISET · KIM 젊은연구자상)

◆ MMI-SPRINGER 논문상

- 김상식(경상대학교)
- 이명규(고려대학교)
- 이성학(포항공과대학교)

◆ EML-SPRINGER 논문상

- 서효진(부경대학교)
- 손인진(전북대학교)
- 송명엽(전북대학교)

◆ WISET · KIM 젊은연구자상

- 배경은(국립암센터)
- 박지혜(한국과학기술연구원)
- 정효림(전남대학교)

부스배치

학회 부스 참가회사

1,2, 13,14 엠티디아이(주)
3 (주)하이록스코리아
4 에스와이사이언스(R-DEC KOREA)
5 (주)아이브이티
6 엠티디아이(주) 손상허용특성평가연구소
7 한국인닥타썸(주)
8 BRUKER/한미산업
9 (주)신영사이언스 (ZEISS / MATSUZAWA)
10 (주)제펠
11 서울엔지니어링(주)
12 제이엘교역(Akasel & Remet)
15 나모텍
16 (주)만진교역 / STRUERS
17 (주)키원기술 / BUEHLER
18 영인과학
19 (주)큐씨에스
20 안톤파 코리아
21 자이스 코리아
22 금속소재종합솔루션센터
23 (주)솔루션랩
24 (주) 헬무트 피셔 코리아
25,37 (주)진우테크
26 (주)알앤비
27 (주)블루시스
28 (주)에스피사이언스 / ATM
29 (주)케이티엠엔지니어링
30 단결정은행(CRYSTAL BANK)
31 선트레이딩(Sun Trading Co.)
32 엠티엠 코퍼레이션(주) / PRESI S.A
33 (주)프론틱스
34 DASSAULT SYSTEMES BIOVIA
35 비전플러스(주)
36 ㈜싸울베스텍
38 한국생산기술연구원 뿌리기술지원센터 [대구/고령]
39 (주)이레테크
40 태명과학(주)
41 아이에스지 (주)
42 TA Instruments
44 (주)코셈
45 오엠에이
46 (주)새론테크놀로지
47 SJ트레이딩
48 (주)나노시스템

경품 추첨 안내

학술대회 전시부스 18곳 이상을 순회하여, 도장(18개)을 받으셔서 응모함에 응모하시면 추첨을 통하여 아래 경품을 드립니다.

❖ 경품 추첨 일시 : 10.26(목) PM 5:00 / 10.27(금) PM 1:00

❖ 경품 추첨 장소 : 3층 그랜드볼룸B

	10월 26일 (목)	10월 27일 (금)
1등 (1명)	LG 그램 (15Z970-TA50K)	LG 그램 (15Z970-TA50K)
2등 (2명)	샤오미 전동킥보드 (미지아2, 화이트) 다이슨 드라이기 (HD01, 아이언핑크)	샤오미 전동킥보드 (미지아2, 화이트) 다이슨 드라이기 (HD01, 화이트실버)
3등 (3명)	애플AirPods 삼성 SSD 카드 500GB (850 Series EVO MZ-75E500B/KR) 만다리나덕 백팩 (MD LIFESTYLE QKT0320Q, 네이비)	애플AirPods 삼성 SSD 카드 500GB (850 Series EVO MZ-75E500B/KR) 만다리나덕 백팩 (MD LIFESTYLE QKT0316Z, 블랙)
4등 (4명)	삼성 외장하드 2TB (Portable HDD SLIM) -2명- NUGU 음성인식 스피커 (NU 100) -2명-	삼성 외장하드 2TB (Portable HDD SLIM) -2명- NUGU 음성인식 스피커 (NU 100) -2명-
5등 (5명)	신세계상품권 5만원 권	신세계상품권 5만원 권

❖ 경품 추첨 시, 당첨자가 자리에 있는 경우에만 유효하고 자리에 없는 경우에는 재추첨 하게 됩니다.