

2018년도 대한금속·재료학회
추계학술대회 초록집

2018. 10. 24(수)~26(금) / 대전컨벤션센터

주최 : (사)대한금속·재료학회

후원 : 동해안권경제자유구역청

POSCO

현대제철

세아그룹

고려제강

대전마케팅공사

한국과학기술단체총연합회

2018 Fall Conference of 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	47
+ 구두 발표	70
+ 포스터 발표	233
+ 발표자 색인	352
+ 2018년도 정기총회 학회상 수상자	356
+ 부스배치	357
+ 경품 추첨 안내	358

발표장 안내도

대전컨벤션센터(DCC)

1F

등록대, 전시장(포스터장), 구두발표장(101~108)



2F

그랜드볼룸(총회장, 중식), 구두발표장(204~211)



3F

컨퍼런스홀



초대의 글

회원여러분 안녕하세요?

결실의 계절 가을을 맞이하여 2018년도 대한금속·재료학회 정기총회 및 추계학술대회를 10월 24일~26일 대전컨벤션센터에서 개최하게 되었습니다. 3일간 개최되는 금번 학술대회에 학회 회원님들은 물론, 금속·재료 유관 분야에 종사하시는 관계자 여러분의 많은 참석을 부탁드립니다.

이번 추계학술대회에서는 금속·재료 각 분야 회원님들께서 수행해 오신 약 980여 편의 훌륭한 논문이 22개 분야의 일반 세션과 14개의 전문 분야 심포지엄에서 발표될 예정입니다. 미래세대 학생들을 위해 폭넓은 배움의 장을 만들어 주고자 진행되는 Tutorial Session은 X선 회절을 이용한 재료 분석을 주제로 진행됩니다. 또한 차세대 에너지 소재를 주제로 개최되는 뉴호라이즌 심포지엄과 4차 산업혁명 시대의 핵심소재 심포지엄이 개최되어 각계 연구 개발자분들의 정보 교류를 활성화하여 국내외 금속·재료 분야의 미래 경쟁력 기반을 다지고, 학술 및 기술 연구의 융합을 도모하는 계기가 될 것입니다. 특히 금번 학술대회에서는 19TH KIM-JIM 심포지엄과 올해 첫 번째로 개최되는 KIM-CSM 심포지엄이 함께 진행 되어 대한금속·재료학회가 한·중·일 학문 교류의 장으로서의 역할을 공고히 하는 계기가 될 것입니다.

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

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

2018년 10월

대한금속·재료학회 회장 홍 경 태



위원장 인사

회원 여러분, 안녕하십니까?

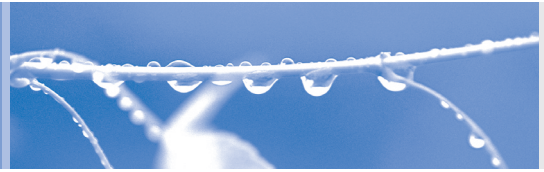
이번, 2018년도 대한금속·재료학회 추계학술대회는 한국과학기술의 요람 대전에서 개최됩니다. 이번 추계학술대회부터 그동안 학회에서 자율적으로 개설하여 진행해 오던 학회 심포지엄의 수준을 대폭 향상시키기 위해 심포지엄 기획 및 준비단계부터 조직위원회에서 함께 준비하고 기획하여 총 14개의 전문 심포지엄을 선별하여 개설하였습니다. 또한 뉴호라이즌 심포지엄을 통하여 새롭게 떠오르는 차세대 에너지 분야에 대한 연구와 우리학회의 선도적인 역할을 감당하고자 노력하였습니다.

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

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

2018 추계학술대회 조직위원장 이 창 규, 변 지 영

행사 및 발표 진행 안내



❖ **대회 기간** : 2018년 10월 24일 수요일 ~ 10월 26일 금요일, 3일간

❖ **대회 장소** : 대전 DCC, TEL: 042-250-1100

❖ **학술대회 등록비**

- 24일(수) ~ 26일(금) 중식 및 25일(목) 간담회 석식 만찬 포함 됩니다.

구분	사전등록비			현장등록비		
	회원	회원+연회비 납부	비회원	회원	회원+연회비 납부	비회원
일반	140,000	200,000	210,000	160,000	220,000	230,000
학생	90,000	130,000	140,000	110,000	150,000	160,000

※사전등록 취소 및 환불은 10월 10일까지 가능합니다.

※주차권은 제공되지 않습니다. 대중교통을 이용해 주시기 바랍니다.

구두세션 안내

❖ **구두 발표자료 준비**

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

❖ **구두 발표 시간**

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

※심포지엄의 발표시간은 심포지엄 별로 발표시간이 다르게 배정됨.

포스터세션 안내

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

학생구두발표 및 우수포스터 시상안내

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

좌장위원, 포스터 심사위원 출석확인

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

추계학술행사 행사 일정

10월 24일 수요일

시간	행사 일정	비고
08:30-18:00	학술대회 행사등록	1층 로비
09:00-18:00	구두세션 발표	각 발표장
10:00-17:00	포스터세션 발표 I	1층 전시장
10:00-18:00	전시부스 홍보 진행	1층 전시장
11:00-12:00	포스터세션 질의 및 응답시간	1층 전시장
12:00-13:00	점심시간	2층 그랜드볼룸
18:30~20:30	Tutorial Session	103호
18:30~20:00	학회상 수상자 및 역대 회장 초청 만찬	롯데시티호텔 1층 루비룸

※ 튜토리얼 세션은 별도 등록자만 참석 가능합니다.

10월 25일 목요일

시간	행사 일정	비고
08:30-18:00	학술대회 행사등록	1층 로비
09:00-18:00	구두세션 발표	각 발표장
10:00-17:00	포스터세션 발표 II	1층 전시장
09:00-18:00	전시부스 홍보 진행	1층 전시장
11:00-12:00	포스터세션 질의 및 응답시간	1층 전시장
12:00-13:00	점심시간	2층 그랜드볼룸
17:00-17:30	경품 추첨	1층 전시장
18:00-18:15	총회 강연	2층 그랜드볼룸
18:15-20:00	총회 / 학회상 시상식 / 간담회	2층 그랜드볼룸

10월 26일 금요일

시간	행사 일정	비고
08:30-15:00	학술대회 행사등록	1층 등록대
09:00-16:00	구두세션 발표	각 발표장
10:00-16:00	포스터세션 발표 III	1층 전시장
09:00-15:00	전시부스 홍보 진행	1층 전시장
11:00-12:00	포스터세션 질의 및 응답시간	1층 전시장
12:00-13:00	점심시간	2층 그랜드볼룸
15:00-15:30	경품 추첨	1층 전시장

발표일정

10월 24일(수) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 장재일 학술이사, 염종택, 남호석 위원
 학생구두발표 우수상 선정위원 : 장재일 학술이사, 염종택, 남호석 위원 / 포스터 세션 진행 : 양철웅 학술이사, 이종수, 홍순직 위원
 우수포스터상 선정위원 : 양철웅 학술이사, 이종수, 홍순직 위원 / 튜토리얼 진행 위원: 장재일 학술이사

구두발표											포스터
구분	101	102	103	104	105	106	107	108	204	컨퍼런스홀	1층 전시장
08:30 ~18:00	행사 등록										
09:00 ~12:00	열전재료	비철금속	재료강도	전산재료 과학	철강I	철강II	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄	중성자 및 방사광 X선 이용 금속 및 나노 구조재료 분석 국제 심포지엄	주조 및 응고 11:20~12:05 분말재료	IBS CMCM International Symposium	포스터 세션-1
11:00 ~12:00	포스터 세션 질의 및 응답시간										
12:00 ~13:00	점심 식사 / 2층 그랜드 볼룸										
13:00 ~14:45	열전재료	비철금속	재료강도	전산재료 과학	철강I	철강II	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄	중성자 및 방사광 X선 이용 금속 및 나노 구조재료 분석 국제 심포지엄	분말재료	IBS CMCM International Symposium	포스터 세션-1
14:45 ~15:00											
15:00 ~18:00	열전재료	비철금속	재료강도	전산재료 과학	철강I	철강II	소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄	중성자 및 방사광 X선 이용 금속 및 나노 구조재료 분석 국제 심포지엄	분말재료	IBS CMCM International Symposium	포스터 세션-1

발표일정

10월 25일(목) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 김유찬, 이선영, 이효종 위원

학생구두발표 우수상 선정위원 : 김유찬, 이선영, 이효종 위원 / 포스터 세션 진행 : 홍현욱 학술이사, 김윤준, 박주현 위원

우수포스터상 선정위원 : 홍현욱 학술이사, 김윤준, 박주현 위원

구두발표										포스터
구분	101/2	103	104	105	106	107	108	204	컨퍼런스홀	1층 전시장
08:30 ~18:00	행사 등록									
09:00 ~12:00	New Horizon 차세대 에너지 소재	KIM-CSM Symposium	철강III	생체재료	집합조직	용접 및 접합- 초고강도 및 경량소재 적용 자동차 용접 접합기술	금속역사	알루미늄	KIM-JIM Symposium	포스터 세션-2
11:00 ~12:00	포스터 세션 질의 및 응답시간									
12:00 ~13:00	점심 식사 / 2층 그랜드 볼룸									
13:00 ~14:45	New Horizon 차세대 에너지 소재	KIM-CSM Symposium	철강III	생체재료 심포지엄 -바이오센서의 동향 및 미래	4차 산업혁명 시대의 핵심소재: 리튬 제련기술의 현황과 전망	차세대 발전소재 및 초내열 합금 심포지엄	여성세션	알루미늄	KIM-JIM Symposium	포스터 세션-2
14:45 ~15:00										
15:00 ~18:00	New Horizon 차세대 에너지 소재 17:10 소재 R&D 기획 소개	KIM-CSM Symposium	철강III	생체재료 심포지엄 -바이오센서의 동향 및 미래	4차 산업혁명 시대의 핵심소재: 리튬 제련기술의 현황과 전망	차세대 발전소재 및 초내열 합금 심포지엄	타이타늄 알루미나이드 심포지엄	알루미늄	KIM-JIM Symposium	포스터 세션-2
18:00 ~18:15	총회 강연 / 2층 그랜드볼룸									
18:15 ~20:00	총회 및 학회상 시상식 / 2층 그랜드볼룸									

발표일정

10월 26일(금) 발표 일정

총 진행 : 이창규, 변지영 학술부회장 / 구두세션 진행 : 박찬진 학술이사, 김일호, 김정환 위원

학생구두발표 우수상 선정위원 : 박찬진 학술이사, 김일호, 김정환 위원 / 포스터 세션 진행 : 홍현욱 학술이사, 남호석, 임창동 위원

우수포스터상 선정위원 : 홍현욱 학술이사, 남호석, 임창동 위원

구두발표												포스터
구분	101	102	103	104	105	106	107	108	204	205	컨퍼런스홀	1층 전시장
08:30 ~16:00	행사 등록											
09:00 ~12:00	재료 미세조직 모델링 국제 심포지엄	상변태	에너지재료	타이타늄	피로 및 파괴 심포지엄	마그네슘	WISET 팀제 결과 발표대회 (일반)	용접 및 접합	고엔트로피 합금	복합재료	고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄 I	포스터 세션-3
11:00 ~12:00	포스터 세션 질의 및 응답시간											
12:00 ~13:00	점심 식사 / 2층 그랜드 볼룸											
13:00 ~16:00	재료 미세조직 모델링 국제 심포지엄	상변태	에너지재료	타이타늄	피로 및 파괴 심포지엄	마그네슘	WISET 팀제 결과 발표대회 (심화)	용접 및 접합	나노소재	고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄 II	고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄 I	포스터 세션-3

발표일정

포스터 발표 일정

10월 24일(수) 포스터 발표 (Poster - I)	10월 25일(목) 포스터 발표 (Poster - II)	10월 26일(금) 포스터 발표 (Poster - III)
P1 비철금속 P2 분말재료 P3 전산재료과학 P4 융합재료과학 P5 구조 및 응고 P6 재료강도 P7 열전재료	P8 알루미늄 P9 재료분석 P10 철강 P11 생체재료 P12 금속역사 P13 전자재료 P14 열처리 P15 용접 및 접합 -초고강도 및 경량 소재 적용 자동차 용접접합 기술 P16 집합조직 P17 표면처리 P18 타이타늄	P19 에너지재료(재생에너지) P20 복합재료 P21 마그네슘 P22 나노소재 P23 용접 및 접합 P24 상변태 P25 고엔트로피합금 P26 소성가공

총회 강연

2층 그랜드볼룸, 10월 25일(목) 18:00-18:15

좌장 : 변지영 학술부회장

AW-1 How to Make a Breakthrough in Nano-Thermoelectricity

Wooyoung Lee

Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University

In recent years, the development of nanoscience and nanotechnology has made it possible to fabricate low dimensional structures using thermoelectric materials, resulting in dramatic increase of the thermoelectric performance. Bismuth (Bi) is particularly a favorable material to study quantum transport phenomena of nanowires due to its unique characteristics, such as small carrier effective mass, low carrier concentrations, small band overlap, and large Fermi wavelength. Especially, very small effective mass of electrons and small band overlap of Bi have led to a significant theoretical prediction of high thermoelectric figure of merit ($ZT = S^2\sigma T/\kappa$) value in the low-dimensional form of Bi nanowires originating from the quantum confinement effect. However, several practical trade-offs are found when the band structure is controlled by decreasing diameter of nanowire; (1) Increased surface scattering due to finite size effect reduces the mean free path of electrons and (2) band shifting at L-point electron pockets results in an increase of effective masses due to strong coupling of carriers, which causes a decrease of Seebeck coefficient (S). (3) Moreover, metallic surface states of Bi make it hard to predict optimized band structure for improving thermoelectric efficiency. In present work, we suggest an allotrope-like Bi nanowire with the enhancement of ZT but less in the trade-offs. We have successfully developed an on-film formation of nanowires (OFFON) method, which is advantageous to grow high-quality crystalline structure-engineered nanowires, such as core/shell nanowires, block-by-block structure nanowires, and nanoparticle-embedded nanowires, showing phonon-glass, electron-crystal (PGEC) properties leading to the enhanced thermoelectric properties. OFF-ON provides a step forward in the synthesis of tunable nanowire architectures in a predictable fashion.

소재 R&D 기획 소개

Room 101호, 10월 25일(목)

좌장 : 변지영 학술 부회장

17:10 산업부 소재혁신기술 개발사업 기획 추진경과
임영목 PD(한국산업기술평가관리원)

17:30 미래산업 대응 철강 혁신생태계 육성사업
김영주 실장(한국철강협회)

The 19th KIM-JIM Symposium

Conference Hall (3F), October 25 (Thu), 09:00~17:30

Time	Session	Speaker	Affiliation	Title	Chair Person
09:00~09:10	Welcome Address	KIM & JIM Presidents			Seog-hyeon Ryu (Doosan), Yuhki Tsukada (Nagoya Univ.)
09:10~09:35	Morning Session	Hyoung Seop Kim	POSTECH	An Efficient Machine Learning Approach to Establish Virtual Structure-Property Linkages	
09:35~10:00		Yoshitaka Adachi	Nagoya Univ.	Steel Informatics	
10:00~10:25		Seungwu Han	Seoul National Univ.	Classical Neural Network Potential Learning DFT Results: A New Frontier in Material Science	
10:25~10:50		Motoki Shiga	Gifu Univ.	Statistical Machine Learning for Spectrum Image Data Analysis	
10:50~11:15		Sang Soo Han	KIST	Design of Novel Catalysts: From First-Principles to Machine-Learning	
11:15~11:40		Teruyasu Mizoguchi	Univ. of Tokyo	Machine Learning for Interface and Spectrum	
11:40~12:05		Youngsoo Yoo	KIMS	Development of Superalloy Using Artificial Neural Network	
12:05~13:00	Lunch Break (Grand Ballroom (2F))				
13:00~13:25	Afternoon Session(1)	Kee-Sun Sohn	Sejong Univ.	Deep Learning Technologies for Materials Science	Youngsoo Yoo (KIMS)
13:25~13:50		Yoichi Takagishi	Kobelco Research Institute	Machine Learning Approaches for Designing Meso-Scale Structure of Porous Materials	
13:50~14:15		Kentaro Kutsukake	RIKEN	Adaptive Mapping for Quick Material Evaluation	
14:15~14:40		Nam Hoon Goo	Hyundai-Steel	Generative Adversarial Network Model for the Generation of Microstructures Supervised by Phase Field Model	
14:40~15:00	Coffee Break				
15:00~15:25	Afternoon Session(2)	Yuhki Tsukada	Nagoya Univ.	Prediction of Martensite Microstructure in Steel by Phase-Field Simulation and Machine Learning	Yoon Suk Choi (Pusan National Univ.), Junya Inoue (Univ. of Tokyo)
15:25~15:50		Juseok Kang	POSCO	Prediction of Tensile and Charpy Impact Properties by Machine Learning	
15:50~16:15		Junya Inoue	Univ. of Tokyo	Data-Driven Approach to Predicting Microstructure and Properties of Polycrystalline Materials	
16:15~16:40		B.O.Kong	Doosan Heavy Industries	Artificial Neural Network Data Modeling for Mechanical and Physical Properties in Heat Resistance Steels	
16:40~17:05		Manabu Enoki	Univ. of Tokyo	Prediction of Fatigue Behavior in Steels by Data Driven Approach	
17:05~17:30		Seog-hyeon Ryu	Doosan Heavy Industries	AI Applications and Business Strategies in the Materials Industries	

2018 WISET 공학연구팀제 일반과정 결과발표대회

-소재 · 금속분야-

2018년 10월 26일, DCC 107호

진행 : 임혜인(숙명여자대학교)

09:30~09:40 인사말 및 심사위원 소개
09:40~11:50 일반과정 10개팀 결과발표

시 간	연 구 주 제	연구책임자
9:40-9:53	용액공정 기반 Al-doped SrTiO ₃ 고유전체 합성과 반도체 소자제작	백지예(아주대학교)
9:53-10:06	하이드로겔 비드를 이용한 휴대용 식품 부패 가스센서 제작	김수현(국민대학교)
10:06-10:19	고용량 나트륨 이온 배터리를 위한 금속 나노 입자 필러를 도입한 2-D 팽창흑연 음극재 개발	표성지(숙명여자대학교)
10:19-10:32	M(M=Al-, In-) doped ZnO Quantum Dots 기반 아세틸렌 센서 개발	박민선(연세대학교)
10:32-10:45	유한요소법을 이용한 CrMnFeCoNi 고엔트로피합금 분말의 압분 거동 해석	장민지(포항공과대학교)
10:45-10:58	광전기 화학적 물 분해에 뛰어난 사방정계 실리콘 나노와이어의 니켈 셀렌화물 나노 입자	이예론(고려대학교)
10:58-11:11	Fabrication and Characterization of a EMI (Electromagnetic Interference) Shielding Film Using Few Layers Graphene Complemented by Dip-Coating Method	김지원(고려대학교)
11:11-11:24	금속 나노박막을 이용한 형광신호증폭	Shauyenova Danagul(가천대학교)
11:24-11:37	열처리 분위기에 따른 금속 입자를 포함한 탄소 나노 섬유의 구조 제어 및 수소 발생 반응에서의 촉매 특성 연구	최민정(서울대학교)
11:37-11:50	FASnI ₃ - 페로브스카이트 태양전지에 소량의 Pb(SCN) ₂ 가 첨가제로써 미치는 영향	허도연(중앙대학교)

11:50-12:00 폐회 및 기념촬영

2018 WISET 공학연구팀제 심화과정 결과발표대회

-소재 · 금속분야-

2018년 10월 26일, DCC 107호

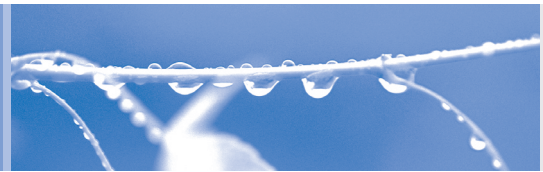
진행 : 임혜인(숙명여자대학교)

13:30~13:40 인사말 및 심사위원 소개

13:40~16:03 심화과정 11개팀 결과발표

시 간	연 구 주 제	연구책임자
13:40-13:53	Effect of Germanium Doping on a Amorphous Zinc-Tin-Oxide Thin-Film Transistor	김다미(서울대학교)
13:53-14:06	가역적 미세구조 변화를 이용한 진동 흡수 댐퍼용 강재 설계	김로사(한양대학교)
14:06-14:19	Ni 과잉 (88-x)Ti-xNi-Cu (x= 39, 40 ,41 at.%) 합금의 초탄성 특성에 미치는 시효 처리의 영향	김지현(경상대학교)
14:19-14:32	구리-다이아몬드 복합재료의 열전도도 향상을 위한 다이아몬드 표면 코팅 연구	김화정(부경대학교)
14:32-14:45	원자분포 제어를 이용한 플렉서블 하네싱 소재 개발	박혜진(세종대학교)
14:45-14:58	고상 확산 제어를 이용한 단일 고용상 형성능이 우수한 고엔트로피 합금 개발	송다혜(공주대학교)
14:58-15:11	항공용 타이타늄 합금의 손상허용특성 평가를 통한 기체 수명관리	안수진(경상대학교)
15:11-15:24	스마트 패션에 적용 가능한 금속/탄소 하이브리드 섬유 개발	이연주(국민대학교)
15:24-15:37	바닷물 속 염화마그네슘을 이용한 에너지 저장기술 개발	이재영(아주대학교)
15:37-15:50	전로내 초음속 O2 jet 분사에 의한 가스 및 연소 거동 해석 연구	이지아(인하대학교)
15:50-16:03	양파 추출물, 퀴세틴을 이용한 금속나노입자의 녹색합성법 및 촉매 활성 연구	이유정(인제대학교)

16:03~16:10 폐회 및 기념촬영



열전재료

위원장 : 박수동(한국전기연구원)
총무간사 : 김일호(한국교통대학교), 이종수(경희대학교)
Room 101, 10월 24일

좌장 : 박수동 (한국전기연구원)

열전1-1 | 10:00

Dependence of Thermoelectric Properties on Synthesis and Nanoparticle Decoration Effect in Higher Manganese Silicide

Hyun Jun Rim¹, Gwansik Kim¹, Sumin Kim¹, Wooyoung Lee^{1*}

¹Yonsei University.

열전1-2 | 10:15

Design, Optimization and Fabrication of Planar Thin-film Thermoelectric Generator

Haesun Shin^{1,2}, Han-ki Cho¹, Hoo-jeong Lee², Seung-woo Han¹

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

열전1-3 | 10:30

Thermoelectric Properties of Bi/Sn and Bi/Sb Core/Shell Nanowire Grown by On-Film Formation of Nanowires

Hongjae Moon¹, Jeongmin Kim¹, Wooyoung Lee¹

¹Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

열전1-4 | 10:45

Role of Induced-disorder and Enhancement of Thermoelectric Properties by Chemical Potential Tuning in $(\text{CuI})_y(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ Quaternary System

Hyunyoung Cho¹, Song Yi Back², Jin Hee Kim¹, Ho Seong Lee², Jong-Soo Rhyee³

¹Department of Applied Physics. ²Kyung Hee University. ³Center for Integrated Nanostructure Physics.

열전1-5 | 11:00

Enhanced Fracture Toughness of Mg_2Si -reduced Graphene oxide/Metal Nanoparticles Hybrid Nanocomposites

Gwansik Kim¹, Hyun Jun Rim¹, Byung-Wook Kim², Kyu Hyoung Lee¹, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University. ²Hyundai Motor Company.

Break Time | 11:15

좌장 : 이종수 (경희대학교)

AW-6 | 13:00

서정상 수상기념강연

The Activities of KERI on the Thermoelectric Generation technology Progress in Korea

이희웅¹, 우병철¹, 민복기¹, 김봉서¹, 박수동¹

¹한국전기연구원(KERI).

열전2-1 | 13:25

Impedance Spectroscopy Analysis on the Thermal Behaviour of a Skutterudite Thermoelectric Modules

김영선¹, Chung-Yul Yoo², Hana Yoon², Giwan Yoon¹, Sang Hyun Park²

¹KAIST. ²KIER.

열전2-2 | 13:40

Integration of Eco-friendly Thermoelectric Generator and Thermoelectric Cooler Installed in Automobile

Da-hye Kim¹, Seungwoo Han², Hanki Cho², Sijin Kim³

¹University of science & technology. ²Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). ³TETech.

열전2-3 | 13:55

Enhanced Thermoelectric Properties of Nano Structured Bi-Sb-Te/MXene Bulk Nano Composite

Kwang-Chon Kim¹, Seoung Hwan Lee², Hye Rim kim², Seung-Hyub Baek¹, Seong Keun Kim¹, Chong Min Koo², Jin-Sang Kim¹

¹Center for Electronic Materials KIST. ²Materials Architecturing Research Center KIST.

열전2-4 | 14:10

Nanotwin Engineering by Ag doping in Bismuth Telluride-Based Thermoelectric Materials

이재기¹, 류병기¹, 박수동¹

¹한국전기연구원.

열전2-5 | 14:25

Impurity-free, Mechanical Doping for the Reproducible Fabrication of the Reliable n-type Bi_2Te_3 -based Thermoelectric Alloys

SungJin Jung¹, Sang-Soon Lim¹, Seong Keun Kim¹, Hyung-Ho Park², Jin-Sang Kim¹, Seung-Hyub Baek¹

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

Break Time | 14:40

좌장 : 이우영 (연세대학교)

열전3-1 | 15:00

Template-assisted Fabrication of PEDOT:PSS/GST Nanowires Array Hybrid Composites for High Thermoelectric Performance

Jiwon Kim¹, Woon Ik Park¹, Han-Kyun Shin¹, Jae-Hong Lim¹

¹Korea Institute of Materials Science.

열전3-2 | 15:15

Electrical and Thermoelectric Transport Properties of Chemically-exfoliated RuO_2 Nanosheets

Jeongmin Kim¹, Hongjae Moon¹, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University.

열전3-3 | 15:30

Thermoelectric Transport in Holey Silicon and Rough Silicon Nanowires

임종우¹

¹서울대학교.

열전3-4 | 15:45

Characterization of Hall Factor and Evaluating Carrier Concentration

Min-Wook Oh¹

¹Hanbat National University.

열전3-5 | 16:00

Bi-Te계 고성능 유사정형 열간압출체

황정윤¹, 신동갑², 송권민², 김성웅³, 신호선⁴, 이규형¹

¹연세대학교 신소재공학과, ²이상 (주)열전도탈출루션, ³성균관대학교 에너지 과학과, ⁴한국표준과학연구원.

열전3-6 | 16:15

동시 소결법으로 형성된 Ni/Mg2Si 접합의 열적 안정성 평가

주성재¹, 박수지¹, 손지희¹, 민복기¹, 이지은¹, 김봉서¹

¹한국전기연구원.

Break Time | 16:30

좌장 : 김일호 (한국교통대학교)

열전4-1 | 16:40

중온발전용 Bi-Te 계 열전소자 제조기술에 관한 연구

김동환¹, 김종태¹, 윤덕기², 김태훈², 김호영¹

¹대구경북과학기술원, ²정관.

열전4-2 | 16:55

Skutterudite 기반 고출력 중온 열전발전 소자 개발현황

박상현¹, 김영선¹, 송진섭¹, 윤하나¹, 유충열¹

¹한국에너지기술연구원.

열전4-3 | 17:10

열전발전모듈 MPPT Converter 개발

허성준¹, 노윤현¹

¹(주)블루시스.

열전4-4 | 17:25

Reliability Evaluation on Flexible Thermoelectric Generators According to Bending Radius

Seungwoo Han¹, cho hanki¹

¹Korea Institute of Machinery and Materials.

열전4-5 | 17:40

Fabrication and Hydrogen Sensing Properties of Thermochemical Sensor based on Thermoelectric Phenomenon

Seil Kim¹, Jiwon Kim¹, Jae-Hong Lim¹, Yong-Ho Choa²

¹Korea Institute of Materials Science, ²Hanyang University.

비철금속

위원장 : 이재천(한국지질자원연구원)

총무간사 : 김병수(한국지질자원연구원), 박현식(한국지질자원연구원)

Room 102, 10월 24일

좌장 : 왕제필 (부경대학교)

비철1-1 | 10:00

- Canceled

A Fundamental Study on the Nickel Oxide Reduction

이동수¹, 민동준¹

¹연세대학교 공과대학 신소재공학과.

비철1-2 | 10:15

탄탈륨 스크랩을 활용한 고순도 탄탈륨 금속 분말 제조 연구

임재홍¹, 최상훈¹, 심재진¹, 유지원¹, 이현규¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹

¹한국생산기술연구원희소금속산업지원센터, ²인하대학교.

비철1-3 | 10:30

액상금속추출법을 활용한 중희토류(Dysprosium) 추출 Mechanism 평가

남선우¹, 박상민¹, 김도향², 김택수¹

¹한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, ²연세대학교 나노구조재료 연구실.

비철1-4 | 10:45

전해정련을 통한 Inconel - Co 모의 방사화 금속 폐기물의 체적 제어 연구

최우석¹, 이종현¹, 이영준², 유병욱³, 이성훈¹

¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 금속응고신소재연구소, ³충남대학교 에너지과학기술대학원.

비철1-5 | 11:00

Ba₂ZrF₈-LiF 전해질에서 전해정련 시 Zr 함량에 따른 CuZr 양극용해 거동

김완배¹, 이성훈¹, 유병욱¹, 이영준², 이종현³

¹충남대학교 공대 신소재공학부 나노재료공정연구실, ²금속응고신소재연구소, ³충남대학교.

비철1-6 | 11:15

SOM 양극을 이용한 ITO 전해 환원 시 ITO 입도의 영향

권숙철¹, 이종현¹

¹충남대학교 신소재공학과.

비철1-7 | 11:30

Cu 함유 다원계 슬래그와 매트 간의 반응 모델을 활용한 슬래그 내 Cu 고용도 및 거동 평가

신승환¹, 김선중²

¹조선대학교첨단소재공학과, ²조선대학교 재료공학과.

Break Time | 11:45

좌장 : 정은진 (포항산업과학연구원)

비철2-1 | 13:00

Mo-silicide 열차폐 코팅층 형성에 따른 내산화 거동 및 단열성능평가

강상운¹, 박희진¹, 백경호¹, 박준식², 이성³

¹충남대학교 공대 신소재공학과, ²한밭대학교 공대 신소재공학과, ³국방과학연구소.

비철2-2 | 13:15

Al-Mg-Si 블루 컬러합금의 금속간 화합물 분율 및 분포도에 따른 색도 및 물성 변화 연구

문상철¹, 김영석¹, 박혜진¹, 최시연¹, 권성준¹, 홍성환¹, 김기범^{*1}

¹세종대학교 공대 나노신소재공학부.

비철2-3 | 13:30

저품위 산화광으로부터 Ni 추출을 위한 신제련공정

한길수¹, 박진균¹, 이병필¹, 엄형섭¹, 김덕¹, 김용찬¹

¹포항산업과학연구원(RIST).

비철2-4 | 13:45

Cu-Co-Si계 고강도-고전도도 동합금에 관한 연구

이시담¹, 최준영¹, 곽원신¹

¹(주)풍산 소재기술연구원.

비철2-5 | 14:00

다성분계 내화금속 기지 복합재의 미세구조 및 기계적 특성 분석

김동훈¹, 양성호¹, 김영무¹, 박정호¹, 이성¹, 이성호¹, 이택우², 박형기²

¹국방과학연구소, ²한국생산기술연구원 강원지역본부.

비철2-6 | 14:15

영상가전용 STS 대체 Zn-Ni Hairline 강판 품질에 미치는 소재 영향

권문재¹, 김현태¹, 김명수¹

¹포스코 기술연구원 표면처리연구그룹.

비철2-7 | 14:30

응고 속도 제어 및 Cu 첨가에 의한 고강도 고연성 Al-Zn 주조재 합금 개발

허기영¹, 한승전², 최은애², 안지혁², 임성환³, 이재현¹

¹창원대학교, ²재료연구소, ³강원대학교.

Break Time | 14:45

좌장 : 권한중 (한국지질자원연구원)

비철3-1 | 15:00

Study on Bendability Improvement of Precipitation Hardening Type Copper Alloy by Texture Control

강덕호¹, 최영철¹, 주장호¹

¹(주)풍산 소재기술연구원.

비철3-2 | 15:15

Hot Deformation Behaviors and Microstructural Evolution of Nb-based Multiphase Alloys

Youngmoo Kim¹, Donghoon Kim¹, Sung Ho Yang¹, Junghyo Park¹, Seong Lee¹, Sung Ho Lee¹

¹Agency for Defense Development.

비철3-3 | 15:30

Cu-Ti합금의 첨가원소에 따른 기계적, 물리적 특성 연구

김준형¹, 박철민¹, 남효문¹, 문선영¹, 권태양¹

¹(주)풍산소재기술연구원.

비철3-4 | 15:45

Synthesis and Characterization of Directional Freeze-cast Ni Foams for Functional Applications

Sukyung Lee¹, Jason Tam², Weiwei Li², Hai jun Cho², Bosco Yu², Heeman Choe¹, Uwe Erb²

¹Kookmin University, ²University of Toronto.

비철3-5 | 16:00

Synthesis and Application of Nanoporous Copper(NPC) with Improved Mechanical Properties

한기갑¹, 박혜지¹, 최희만^{*1}

¹국민대학교신소재공학부.

비철3-6 | 16:15

The Effects of Alloying Elements on Microstructures and Mechanical Properties of γ/γ' -strengthened Co-Ti-based Alloys

Hyeji Im¹, Boryung Yoo¹, Jae-Bok Seol², Surendra Makineni³, Baptiste Gault³, Dierk Raabe³, Pyuck-Pa Choi¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, ²Pohang University of Science and Technology, ³Max Planck-Institut für Eisenforschung.

비철3-7 | 16:30

3층 Cu/Al/Cu 클래드재의 굽힘 가공성 분석 및 전산 모사 해석

김용근¹, 홍순익²

¹충남대학교신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과.

AW-7 | 16:45

김용진상 수상기념강연

Clinical Translation and Commercialization of Biodegradable Metals

H-S Han¹, H-C Jung², K-J Han³, S-J Yang⁴, Y-C Kim⁵, H-K Seok^{5*}

¹University of Oxford, ²U&i Corporation, ³Ajou Hospital, ⁴ChungNam National University, ⁵KIST.

재료강도

위원장 : 한홍남(서울대학교)

총무간사 : 황병철(서울과학기술대학교)

Room 103, 10월 24일

좌장 : 한승민 (한국과학기술원)

재료강도1-1 | 09:00

저온 원자층 증착법을 이용한 비정질 알루미늄 박막의 합성 및 기계적 거동 분석

우정현¹, 김시훈¹, 안승민¹, 박선영¹, 김주영¹

¹울산과학기술원.

재료강도1-2 | 09:15

비정질 이산화규소 박막의 물결 구조 적용과 신축성 향상

김한글¹, 김나향¹, 김시훈¹, 김주영¹

¹UNIST 신소재공학부.

재료강도1-3 | 09:30

3D 프린팅으로 제조된 스테인리스 강의 나노역학 거동에 미치는 수소 의 영향

양광휘¹, 박정민¹, Y. Morris Wang², 서진우³, 장재일¹

¹한양대학교 신소재공학부, ²Lawrence Livermore National Laboratory, ³한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

재료강도1-4 | 09:45

Study on the Plastic Deformation Behavior of fcc Metal Nanowire Using In Situ TEM Tensile Test

김성훈¹, 김홍규², 안재평², 이재철¹

¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

재료강도1-5 | 10:00

열산화된 SiO₂ 박막을 이용한 봉지재료의 인장 물성 분석

김나향¹, 김한글¹, 김시훈¹, 김주영¹

¹UNIST 신소재공학부.

Break Time | 10:15

좌장 : 장동찬 (한국과학기술원)

재료강도2-1 | 10:25

결정립 구조에 따른 나노포러스 금의 파괴인성 평가

송은지¹, 곽은지¹, 김주영¹

¹UNIST.

재료강도2-2 | 10:40

Selective Laser Melted Co-Cr-Mo계 합금의 제조 방향에 따른 미세 조직, 인장 특성 및 강화 기구

김규식¹, 황재원², 이기안¹

¹인하대학교, ²(주)창성.

재료강도2-3 | 10:55

나노포러스 금의 리가먼트 크기와 기계적 물성의 상관관계

전한솔¹, 곽은지¹, 송은지¹, 김주영¹

¹UNIST.

재료강도2-4 | 11:10

Haynes 282 초내열합금의 열처리 인자 변화에 따른 미세조직과 변형 기구 고찰

김진혁¹, 공병욱², 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업.

재료강도2-5 | 11:25

저방사화장에서 MX 석출물이 미세구조 및 기계적 특성에 미치는 영향 고찰

임소영¹, 김한규¹, 문준오², 이창훈², 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실.

Break Time | 11:40

좌장 : 성효경 (경성대학교)

AW-2 | 13:00

석천학술상 수상기념강연

소재 관점에서의 금속 3D 프린팅 현황 및 제언

이기안¹

¹인하대학교 신소재공학과.

재료강도3-1 | 13:25

극저온용 오스테나이트계 경량 FeMnAlC 합금의 인장 및 충격 특성

이승완¹, 이상인¹, 황병철¹

¹서울과학기술대학교.

재료강도3-2 | 13:40

TWIP 현상이 고망간강의 인장 및 피로 특성에 미치는 영향

박지호¹, 허재원², 장동찬², 박경배³, 이성학³, 김낙준³, 성효경¹

¹경성대학교, ²KAIST, ³POSTECH.

재료강도3-3 | 13:55

페라이트-펄라이트 조직간의 변형능에 미치는 미세조직 인자의 영향

홍태운¹, 이상인¹, 심재혁², 이준호³, 이명규⁴, 황병철¹

¹서울과학기술대학교, ²한국과학기술연구원, ³고려대학교, ⁴서울대학교.

재료강도3-4 | 14:10

SCM440의 비정상열처리 조건에 따른 기계적 물성 변화

조다희¹, 박종철¹, 정성욱¹, 김기환¹, 조점석¹, 진현호¹, 김재우¹

¹포항산업과학연구원.

재료강도3-5 | 14:25

Mn 및 C 함량에 따른 경량철강의 미세조직 및 기계적 특성 분석

박준영¹, 박성원², 조경목², 박성준¹, 장재훈¹, 문준오¹, 신중호³

¹재료연구소, ²부산대학교 재료공학부, ³두산중공업 소재기술개발팀.

Break Time | 14:40

좌장 : 한정호 (충남대학교)

재료강도4-1 | 15:00

Crystallographic Evolution and Cyclic Softening Behavior of Reduced Activated Ferritic-martensitic Steel Under Different Fatigue Modes

AHIALE KWAME GODWIN¹, Ebo A. Kizzie-Hayford¹, Yong-Jun Oh¹, Young-Bum Chun², Seung Young Cho³

¹국립한밭대학교 응용소재공학과, ²한국원자력연구원, ³국가핵융합연구소.

재료강도4-2 | 15:15

EBAM으로 제작한 상용 순수 티타늄 임플란트의 결함, 미세조직 및 기계적 특성에 대한 스캔 전략에 따른 영향

정석준¹, 박근태¹, 이해진¹, 김형균¹, 김건희¹, 김윤준², 이병수¹

¹한국생산기술연구원 적응성형가공그룹, ²인하대학교 신소재공학과.

재료강도4-3 | 15:30

방향성 응고조직을 갖는 Inconel 718 초합금의 크립성능에 대한연구

이해진¹, 정석준¹, 박근태¹, 김형균¹, 김건희¹, 김한규², 홍현욱², 이병수¹

¹한국생산기술연구원 적응성형가공그룹, ²창원대학교 신소재공학과.

재료강도4-4 | 15:45

Thermally Activated Dislocation Plasticity on the Body-centered cubic Chromium with High Purity

최인철¹, Christian Brandl², Ruth Schwaiger²

¹금오공과대학교 신소재공학부, ²Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

재료강도4-5 | 16:00

가동원전 안전성 기기재료의 경년열화 완화에 관한 고찰

박진석¹, 노희영¹, 정성규¹, 정선미², 박상규², 차재철², 배수환²

¹한국전력기술(주), ²한국수력원자력(주).

전산재료과학

위원장 : 차필령(국민대학교)

총무간사 : 한상수(한국과학기술연구원)

Room 104, 10월 24일

좌장 : 남호석 (국민대학교)

전산1-1 | 10:00

Wetting: Motion and Thermodynamics by Multiscale Simulation

Suji Gim¹, Hyungjun Kim¹

¹KAIST.

전산1-2 | 10:15

Phase-field 기법을 이용한 TSV 결정립 성장 시뮬레이션
조만규¹, 차필령¹
¹국민대학교.

전산1-3 | 10:30

냉각속도에 따른 단일비드의 적층방향 응력 분석
하경식^{1,2}, 김태환^{1,2}, 남태훈^{1,2}, 전종배¹, 심도식³, 문영훈², 이육진¹
¹한국생산기술연구원, ²부산대학교, ³한국해양대학교.

전산1-4 | 10:45

AI 방열판의 거칠기에 따른 공기열전달 계수 변화를 통한 LED 냉각 효율 전산모사
이동희¹, 이종현¹
¹충남대학교.

전산1-5 | 11:00

Investigating the Dependence of Effective Properties on 3D Morphology and Topology in a Porous Material
Dongmyung Jung¹, Yongwoo Kwon¹
¹Hongik University.

전산1-6 | 11:15

나노 입자의 상안정성에 미치는 압력의 영향
김한결¹, 이준호¹
¹고려대학교 신소재공학과.

Break Time | 11:30

좌장 : 권용우 (홍익대학교)

전산2-1 | 13:00 초청강연

AI 웹을 활용한 철강 및 강관 품질 설계
이창선¹, 배진호¹, 류성룡¹, 이종형¹, 노종원¹
¹(주)포스코 기술연구원.

전산2-2 | 13:25

금속 3D 프린팅의 결합 예측을 위한 전산해석 및 기계학습에의 응용
이학성¹, 김권일¹, 김은아¹, 양동열¹, 유지훈¹
¹재료연구소(KIMS), ²서울대학교.

전산2-3 | 13:40

Seawater cooling line의 pipe 파공 원인 분석
김대경¹, 정성욱¹, 하태필², 박종민¹, 한기형¹
¹대우조선해양 산업기술연구소, ²대우조선해양 해양생산기술부.

전산2-4 | 13:55

실시간 관측이 용이한 광 · 전자 융합 현미경 개발
이광훈¹, 조복래¹
¹(주)모듈싸이.

전산2-5 | 14:10

A New Elasto-viscoplastic Self-consistent Polycrystal Model
Youngun Jeong¹, Carlos Tome²
¹Changwon National University, ²Los Alamos National Lab.

Break Time | 14:25

좌장 : 한상수 (한국과학기술연구원)

전산3-1 | 14:35 초청강연

페라이트-세멘타이트 계면에서의 Mn의 편석 현상에 대한 DFT를 활용한 분석
이동화¹, 설재복²
¹포항공과대학교 신소재공학과, ²포항공과대학교 나노융합기술원.

전산3-2 | 15:00

Mixed Valence Perovskite Cs₂Au₂I₆: a Potential Material for Thin-film Pb-free Photovoltaic Cells with Ultra high-efficiency
김형준¹
¹한국과학기술원

전산3-3 | 15:15

Generation of Density-functional-based Tight-binding Parameters
Seung Mi Lee¹, Kihyuk Yang¹
¹KRISS.

전산3-4 | 15:30

클러스터 전개법 기반 이중 합금 촉매 양자역학 전산모사
경우민¹, 노승호¹, 장지훈¹, 류경환¹
¹현대자동차 미래에너지연구팀.

Break Time | 15:45

좌장 : 김현유 (충남대학교)

전산4-1 | 15:55

Catalytic CO Oxidation over Au Nanoparticles Supported on CeO₂ Nanocrystals
하현우¹, 윤신명², 안혜성¹, 최혁¹, 강은지¹, 안광진², 김현유¹
¹충남대학교 신소재공학과, ²울산과학기술대학교 에너지 및 화학공학부.

전산4-2 | 16:10

Radiofrequency-transmittable Conducting Polymer for Device-to-Device Integration
Taehoon Kim¹, Hong-Jib Yoon², Gwangmook Kim¹, Hyeohn Kim¹, Byung-wook Min², Wooyoung Shim¹
¹Yonsei University, Department of Materials Science and Engineering, ²Yonsei University, Department of Electrical and Electronic Engineering.

전산4-3 | 16:25

Computational Screening for p-type Semiconducting Oxides
Yong Youn¹, Kanghoon Yim², Miso Lee¹, Seungwu Han¹
¹Seoul National University, ²Korea Institute of Energy Research.

전산4-4 | 16:40

An Origin of Unintentional Doping of Two-dimensional Transition-Metal Dichalcogenides
강영호¹
¹한국기계연구원 부설 재료연구소.

전산4-5 | 16:55

Topological Phases in Graphene Nanoribbons and Their Applications
Yea-Lee Lee¹, Fangzhou Zhao², Ting Cao², Jisoon Ihm³, Steven G. Louie²
¹Korea Research Institute of Chemical Technology, ²University of California at Berkeley, ³Pohang University of Science and Technology.

전산4-6 | 17:10

Computational Studies on the Mixed Metal-Halide Perovskite Materials

홍기하¹

¹국립한밭대학교.

철강

위원장 : 최주(POSCO)

총무간사 : 최종교(POSCO)

실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)

Room 105, 10월 24일

좌장 : 강신곤 (포항공과대학교)

철강1-1 | 10:00

Influence of Initial Microstructures on Intercritical Annealing Behavior in a Medium Mn Steel

최용훈¹, 류주현², 이세웅², 이규영², 이병주³, 김진경¹, 이재상¹, 서동우¹

¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구원, ³포항공과대학교 신소재공학과.

철강1-2 | 10:15

고망간강에서 Cu 첨가가 기계적 물성 및 변형거동 변화에 미치는 영향

최진혁¹, 조민철¹, Alireza Zargarani², 송태진³, 김낙준², 이성학¹

¹포항공과대학교, ²포항공과대 철강대학원, ³POSCO.

철강1-3 | 10:30

The Crucial Microstructural Factors in Determining Impact Toughness of Medium Mn Steel with Triplex Phase

Min Tae Kim¹, Tak Min Park¹, Kyeong-Ho Baik¹, Won Seok Cho², Pyuck-Pa Choi², Jeongho Han¹

¹Department of Materials Science and Engineering Chungnam National University, ²Department of Materials Science and Engineering KAIST.

철강1-4 | 10:45

오스템퍼링에 따른 고탄소 나노 베이나이트강의 미세조직과 기계적 특성

이지민¹, 이상인¹, 송영범², 함진희², 김홍규², 황병철¹

¹서울과학기술대학교, ²국방과학연구소.

철강1-5 | 11:00

Microstructural Effects on Stretch-flangeability of Q&P Processed Medium Mn Steel

김지훈¹, 강신곤², 이세웅³, 이규영³, 서동우¹

¹포항공과대학 철강대학원, ²동아대학교 신소재공학부, ³포스코 기술연구원.

철강1-6 | 11:15

980MPa급 자동차용 냉연강판의 Hole Expansion Ratio (HER)에 미치는 미세조직의 영향

이건희¹, 송은지², 박봉준³, 김주영², 권용재¹, 신상용¹, 이정구¹

¹울산대학교 첨단소재공학부, ²울산과학기술원 신소재공학부, ³현대제철 R&D Center.

철강1-7 | 11:30

Deep Learning을 활용한 철강소재의 고온연성 예측모델 개발

권상훈¹, 정성석², 홍대근¹, 임창희¹

¹포항공과대 철강대학원, ²포스코.

Break Time | 11:45

좌장 : 황병철 (서울과학기술대학교)

철강3-1 | 13:00

미소합금 냉연강판의 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 열연 권취온도 효과

김종명¹, 강준구¹, 이경호¹, 허성열¹

¹현대제철 기술연구소.

철강3-2 | 13:15

V 첨가가 내진철근의 기계적 성질에 미치는 영향

김태형¹, 정준호¹, 이주상¹, 염성호¹

¹현대제철(주).

철강3-3 | 13:30

극저온 고강도강 열영향부의 CTOD 인성에 대한 Mo 첨가의 영향

김보희¹, 이석규¹, 김우경², 엄경근², 이성학¹

¹포항공과대학교 신소재공학과, ²포스코 기술연구원.

철강3-4 | 13:45

극저온 특성이 우수한 LNG Tank 외조용 안전강재 개발

정준호¹, 김태형¹, 이주상¹, 염성호¹

¹현대제철기술연구소.

철강3-5 | 14:00

B 함유 304 스테인리스강의 미세조직 제어를 통한 기계적 특성 개선

장재훈¹, 원치형¹, 하현영², 문준오¹, 이창훈¹, 이태호¹

¹한국기계연구원부설 재료연구소, ²부산대학교.

철강3-6 | 14:15

Effect of Alloy Composition on the Microstructure and Mechanical Properties of Austempered High Cr Containing Ultrahigh Strength Steels

박경배¹, 권윤익¹, 김낙준¹

¹포항공과대학교 철강대학원.

철강3-7 | 14:30

터빈하우징용 상용 오스테나이트계 내열주강에서의 Mn을 통한 Ni 대체 효과

유지성¹, 최원미¹, 이병주¹, 김기용², 김형준², 최원두³, 오용준³, 이성학¹

¹포항공과대학교 신소재공학과, ²(주)계양정밀 R&D Center, ³한밭대학교 신소재공학과.

Break Time | 14:45

좌장 : 박성준 (한국기계연구원 부설 재료연구소)

철강4-1 | 14:55

In-situ TEM Study of Plastic Deformation in a High-Mn Lightweight Steel

Sung-Dae Kim¹, Jun Young Park¹, Seong-Jun Park¹, Han-Me Yoon², Tae-Ho Lee¹

¹Korea Institute of Materials Science, ²Pusan National University.

철강4-2 | 15:10

탄소강의 베이나이트→오스테나이트 상변태가 고온 연성에 미치는 영향도 평가

민준홍¹, 권상훈¹, 문상운², 김동규³, 이재상¹, 허윤욱¹, 임창희¹

¹포항공과대철강대학원, ²포스코, ³동아대학교.

철강4-3 | 15:25

Remelting tensile test 법을 활용한 탄소강의 고온 물성 거동 평가
 김병태¹, 정지연¹, 권상훈¹, 강신언², 강명훈², 문상운², 김동규³, 허윤욱¹, 이재상¹, 임창희¹
¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구소, ³동아대학교.

철강4-4 | 15:40

Hot-rolled Coil Slumping Revisited: Relationship between Asymmetric Contraction and Creep
 Byung-Gil Yoo¹, Hyeon-Mook Jeong¹, Bong June Park¹, Hyoung Hyup Do¹, Sung Yul Huh¹, Seong Ju Kim¹
¹Hyundai steel Co.

철강4-5 | 15:55

뛰어난 크립 물성을 지닌 계층적 NiAl/Ni₂TiAl 석출상 강화 철계 합금의 개발 (Development of hierarchical NiAl/Ni₂TiAl precipitate-strengthened ferritic alloys with superior creep resistance)
 송기안¹, Christian H. Liebscher², Mark D. Asta², Michael Rawlings³, David C. Dunand³, Yanfei Gao⁴, Peter K. Liaw⁴
¹공주대학교, ²University of California, ³Northwestern University, ⁴University of Tennessee.

철강4-6 | 16:10

무방향성 전기강판의 AI 함량 변화에 따른 자성 특성 변화
 홍재완¹, 최현서², 구양모², 이세일¹, 박종태¹
¹포스코 기술연구원, ²포항공과대학교 철강대학원.

Break Time | 16:25

좌장 : 서동우 (포항공과대학교 철강대학원)

철강5-1 | 16:30

Application of Friction Stir Welding on the Medium Mn Steel
 Jeongho Han¹, Seung-Joon Lee², Hidetoshi Fujii², Yufeng Sun³, Tak Min Park¹
¹Chungnam National University, ²Osaka University, ³Zhengzhou University.

철강5-2 | 16:45

A Study on the Potential Decay Behavior of Ferritic Stainless Steels under Acidic Condition
 김영준¹
¹POSCO 기술연구소.

철강5-3 | 17:00

냉연강판의 법랑특성에 미치는 제조조건의 영향
 김재익¹
¹(주)포스코 기술연구원.

철강5-4 | 17:15

자동차용 HPF AI도금강판 온도에 따라 강도 및 표면조직에 미치는 영향
 한은수¹
¹포스코강판(주).

철강5-5 | 17:30

B 함유 304 스테인리스강의 미세조직 제어를 통한 내식성 개선 방안
 하현영¹, 장재훈¹, 이태호¹, 원지형², 이창훈¹, 문준오¹
¹재료연구소, ²부산대학교.

철강5-6 | 17:45

간편시험법을 이용한 에너지용 금속재료의 수소취화 민감도 스크리닝 기술
 신형섭¹, 배경오², 김혁민², 백운봉³, 남승훈³
¹안동대학교, ²안동대학교 대학원 기계설계공학과, ³한국표준과학연구원.

철강II

위원장 : 최주(POSCO)

총무간사 : 최종교(POSCO)

실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
 Room 106, 10월 24일

좌장 : 신상용 (울산대학교)

철강2-1 | 10:00

AI 첨가가 고 망간강의 내부 산화 거동에 미치는 영향 해석
 이동원¹, 허윤욱¹, 이재상¹, 조원태², 강명훈², 임창희¹
¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구소.

철강2-2 | 10:15

강도 별 해양구조물용 저탄소강 용접부의 미세조직학적 수소취성거동
 박한지¹, 김명현², 강남현¹
¹부산대학교 재료공학과, ²부산대학교 조선해양공학과.

철강2-3 | 10:30

KAM분석을 통한 GCR강의 공정별 변형축적에너지 거동 분석 및 재결정에 미치는 영향
 정일찬¹, 강형구¹, 김선구¹
¹(주)포스코.

철강2-4 | 10:45

IF 강의 마르텐사이트 변태와 구오스테나이트(prior austenite) 미세조직
 강전연¹, 박준영¹, 박성준¹
¹재료연구소(KIMS).

철강2-5 | 11:00

Transformation-resistant Metastability Versus Transformation-induced Plasticity in a Cost-effective and Lightweight Dual-phase Steel
 설재복¹, 박형석², 나선형³
¹포항공과대학교 나노융합기술원, ²현대모비스, ³현대제철.

철강2-6 | 11:15

Deformation Mechanisms and Twin Boundary-associated Strengthening in TWIP Steel micro-pillar
 Won Seok Choi¹, Stefanie Sandlöbes², Nataliya V. Malyar³, Christoph Kirchlechner³, Sandra Korte-Kerzel², Gerhard Dehm³, Pyuck-Pa Choi¹, Dierk Raabe³
¹Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), ²RWTH Aachen University, ³Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

철강2-7 | 11:30

Development of Martensitic Steel with Giga Strength in Thin Hot-Rolled Strip
 박경수¹, 채재용¹
¹포스코 기술연구원.

Break Time | 11:45

좌장 : 김영재 (한국지질자원연구원)

철강6-1 | 13:00

소결광의 환원분화에 미치는 Inhibitor gas의 영향
전지원¹, 손상한¹, 서민국¹
¹(주)포스코 기술연구원.

철강6-2 | 13:15

CO₂ 저감형 미분광 브리켓의 제조 및 특성 연구
배종호¹, 한정환¹
¹인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.

철강6-3 | 13:30

고로 슬래그 점성과 탈황능의 관계와 이에 미치는 FeO의 영향
이성희¹, 민동준²
¹(주)포스코 기술연구원, ²연세대학교.

철강6-4 | 13:45

전로 탈린 제어능 향상 기술 개발
송병주¹, 김종덕¹, 이창오¹, 조종오¹
¹현대제철.

철강6-5 | 14:00

Thermodynamic Approach for Dephosphorization of Carbon-Saturated Iron by Electrochemical Method
이동구¹, 이상훈¹, 민동준¹
¹연세대학교 공과대학 신소재공학과.

철강6-6 | 14:15

질소가 첨가된 특수강의 RH 탈질 거동 예측
안효중¹, 박근호¹, 장철호¹
¹현대제철 연구개발본부.

철강6-7 | 14:30

SiO₂-CaO-CaF₂계 고염기도 몰드플럭스의 결정화에 미치는 Li₂O의 영향
이재호¹, 조중욱¹
¹포항공과대학교 철강대학원.

Break Time | 14:45

좌장 : 정인호 (서울대학교)

철강7-1 | 14:55

Silo 내 Coal 연적 모델 개발
박종인¹, 김병일¹, 박준영²
¹(주)포스코, ²금오공대 기계공학부.

철강7-2 | 15:10

철광석 성형체 강도에 석탄 첨가가 미치는 영향
이경욱¹, 권재홍¹, 한정환¹
¹인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.

철강7-3 | 15:25

Characterization of Char by Fluidized Bed Carbonization
서승국¹, 이운재¹
¹포스코 기술연구원.

철강7-4 | 15:40

The Mechanism of Sulfur Removal in the CaO-SiO₂-Al₂O₃ Slag System by Electrochemical Method
이상훈¹, 민동준¹
¹연세대학교신소재공학과.

철강7-5 | 15:55

초음속 O₂ jet에 따른 전로 모사 반응로 내 단일 및 혼합 가스 거동 해석 연구
이지아¹, 한정환¹
¹인하대학교.

철강7-6 | 16:10

크랙 민감도 예측을 위한 초기 응고 거동에 대한 연구
백구슬¹, 권상훈¹, 문상운², 원영목², 임창희¹
¹포항공과대학교, ²포항기술연구소.

Break Time | 16:25

좌장 : 김선중 (조선대학교)

철강8-1 | 16:30

Thermophysical Property of High Titania Slag and Structural Study by Molecular Dynamics Simulation
김영재¹, 김민석¹, 김수경¹, 박현식¹
¹한국지질자원연구원.

철강8-2 | 16:45

Effect of Coke Particle Size on Static and Dynamic Holdup of Liquid Slag in Packed Beds
DEREJE DEGEFA GELETA¹, Joonho Lee¹
¹고려대학교.

철강8-3 | 17:00

Thermodynamic Approach on Continuous Growth of Spinel between Slag and Solid MgO, MgAl₂O₄ Spinel
윤철민¹, 민동준¹
¹연세대학교.

철강8-4 | 17:15

Effect of CaO substitution with BaO on the viscosity and structure of F-free mold fluxes
Wang Zhanjun¹, 손일¹
¹연세대학교 신소재공학과.

철강8-5 | 17:30

Effect of Tundish Slag on the Reoxidation of Molten Steel during Continuous Casting of Steel
Tae Sung Kim¹, Joo Hyun Park¹
¹hanyang University.

철강8-6 | 17:45

Strand EMS 활용한 STS 400계강 주편 등축정률 증대기술
조현진¹
¹포스코 기술연구원.

제12회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄

위원장 : 양원존(재료연구소), 변재원(서울과학기술대학교)
 실무위원 : 함종오(한국화학융합시험연구원),
 신상용(울산대학교)
 Room 107, 10월 24일

좌장 : 변재원 (서울과학기술대학교)

소재1-1 | 10:30

T/S(Torque - Shear) 볼트의 저온조작에 의한 균열 발생 원인 분석
 함종오¹, 박기덕¹, 조병일¹, 박문석¹
¹한국화학융합시험연구원.

소재1-2 | 10:55

Ag 코팅 Cu 입자를 사용한 고내열성 die-attach부의 접합 신뢰성 평가
 김성윤¹, 최은별¹, 이종현¹
¹서울과학기술대학교.

소재1-3 | 11:20

Ex-situ 와 In-situ 방식으로 제조된 TiC-Fe3Al 서멧의 미세구조 및 내
 마모 특성에 대한 연구
 김용인¹, 고세현¹
¹한국생산기술연구원.

Break Time | 11:45

좌장 : 김용인 (한국생산기술연구원)

소재2-1 | 13:30

냉각탑용 알루미늄핀의 부식 발생기구에 관한 연구
 박기덕¹, 조병일¹, 박문석¹
¹한국화학융합시험연구원.

소재2-2 | 13:55

극저온 환경 신뢰성 평가를 위한 AISI 304L 용접부 저주기 피로 성능
 평가
 오동진¹, 김남규¹, 송상우¹, 김명현^{2*}
¹재료연구소, ²부산대학교.

소재2-3 | 14:20

식물 추출 유기물의 흡착코팅에 의한 배관 부식 수명 연장
 변재원¹, 김재연¹, 민욱¹, 유현목¹, 강은비¹, 송철중¹
¹서울과학기술대학교.

Break Time | 14:45

좌장 : 오창영 (재료연구소)

소재3-1 | 15:00

레이저를 이용한 금속 소재 품질 평가 기술
 정세훈¹
¹포항산업과학연구원 (RIST).

소재3-2 | 15:25

산업용 기계 부품에 대한 손상원인분석
 이건하¹, 양원존¹, 권용남¹, 권준범¹
¹재료연구소.

소재3-3 | 15:50

Precipitate-dependent Tensile fracture mechanism of AZ91D Alloy
 유기태¹, 김재연¹, 변재원¹
¹서울과학기술대학교.

Break Time | 16:15

좌장 : 신상용 (울산대학교)

소재4-1 | 16:30

미세조직에 따른 동탄성계수 및 초고주기 피로특성 평가
 조인식¹
¹엠브로지아.

소재4-2 | 16:55

원전 소구경배관의 용접조건에 따른 진동피로 수명 영향
 오창영¹, 이준호¹, 김남규¹, 송상우¹, 이상훈¹
¹재료연구소.

소재4-3 | 17:20

마찰접합된 이중 알루미늄 합금의 부식거동
 박광석¹, 원소리¹, 서보성¹
¹한국생산기술연구원.

제14회 중성자 및 방사광 X-선 이용 금속 및 나노 구조 재료 분석 국제 심포지엄

위원장 : 성백석(한국원자력연구원)
 총무간사 : 우완측(한국원자력연구원),
 김동규(한국원자력연구원), 김태주(한국원자력연구원),
 신은주(한국원자력연구원), 한영수(한국원자력연구원)
 Room 108호, 10월 24일

좌장 : Wanchuck Woo (KAERI)

중성자1-1 | 09:00 Invited Speaker

Thermal Neutron Triple Axis Spectrometer for Materials Science at
 HANATO
 Baek Seok Seong¹
¹Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자1-2 | 09:20 Invited Speaker

Investigation of Laser Treated Steel Using Neutron Wavelength
 Dependent Imaging
 Robert Nshimirimana¹, Winfried Kockelmann², Triestino Minniti², Andrew
 Venter¹
¹Necsa, ²STFC-ISIS, Rutherford Appleton Laboratory.

중성자1-3 | 09:50 Invited Speaker

Recent Development of Material Analysis Methods and Their
 Applications at Accelerator-Driven Compact Neutron Sources
 Collaborated with a Large Facility
 Yoshiaki Kiyanagi¹
¹Graduate School of Engineering, Nagoya University.

Break Time | 10:20

좌장 : Taejoo Kim (KAERI)

중성자2-1 | 10:40 invited Speaker

Investigation on Microstructures of Additively Manufactured Inconel 718 via Bragg-Edge Imaging Technique

Gian Song¹

¹Division of Advanced Materials Engineering, Kongju National University.

중성자2-2 | 11:10 invited Speaker

Two Dimensional Mapping Observation of Constituent Phases in a Trip-Assisted Duplex Stainless Steel Using Energy Selective Neutron Imaging Method

Wanchuck Woo¹, Jongyul Kim¹, Eun-Young Kim², Shi-Hoon Choi², Daniel S. Hussey³

¹Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute.

²Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University. ³Physical Measurement Laboratory, NIST.

중성자2-3 | 11:30 invited Speaker

The Neutron Energy Selection System of 18M-SANS at HANARO

Jongyul Kim¹, Byungil Jeon¹, Baek Seok Seong¹, Eunjo Shin¹

¹Neutron Science Centre, HANARO Research & Development Department, Korea Atomic Energy Research Institute.

좌장 : Hyungsub Kim (KAERI)

중성자3-1 | 13:30 invited Speaker

Increasing the Depth of Stress Measurements by Using Magnetic Field

V.T. Em¹, W. Woo², B.S. Seong², E. Shin², P. Mikula³, V. Ryukhtin⁴, Yu. D. Kuroedov¹, E.V. Yakovenko¹, M.N. Shushunov¹

¹National Research Center "Kurchatov Institute". ²Korea Atomic Energy Research Institute. ³Nuclear Physics Institute ASCR.

중성자3-2 | 14:10 invited Speaker

Anisotropy and Micromechanical Behavior of As-Built and Heat-Treated Additive Manufactured Stainless Steel

Hobyung Chae¹, Minki Hong¹, E-Wen Huang², Wanchuck Woo³, Stefanus Harjo⁴, SooYeon Lee¹

¹Chungnam National University. ²National Chiao Tung University. ³Korea Atomic Energy Research Institute. ⁴J-PARC Center.

중성자3-3 | 14:30 invited Speaker

Three-dimensional Atomic-scale Insights Into Engineering Alloys Using Atom Probe Tomography

Pyuck-Pa Choi¹, Hyeji Im¹, Boryung Yoo¹, Mengji Yao², Michael Herbig², Surendra Makineni², Baptiste Gault², Dierk Raabe²

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, Department of Materials Science and Engineering. ²Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

Break Time | 14:50 Photo

좌장 : Baek-Seok Seong (KAERI)

중성자4-1 | 15:10 invited Speaker

Application of Neutron Diffraction to Steel Research

Tae-Ho LEE¹, Heon-Young HA¹, Joonoh MOON¹, JaeHoon JANG¹, Eunjo SHIN², Wanchuck WOO²

¹Advanced Metals Division, Korea Institute of Materials Science.

²Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute.

중성자4-2 | 15:40 invited Speaker

Investigation on the Synergetic Strengthening of Twinning-induced Plasticity + interstitial Free Hybrid Steel

Jung Gi Kim¹, Jae Wung Bae¹, Jeong Min Park¹, Wanchuck Woo², Stefanus Harjo³, Kwang-Geun Chin⁴, Sunghak Lee¹, Hyoung Seop Kim^{1,5}

¹Department of Materials Science and Engineering POSTECH. ²KAERI.

³J-PARC Center. ⁴Graduate Institute of Ferrous Technology POSTECH.

⁵Center for High Entropy Alloys POSTECH.

중성자4-3 | 16:00 invited Speaker

Characterization of Yield Point Phenomena in Strain Aged High Nitrogen Steels

Jae Suk Jeong¹, Jong-Ho Shin¹, Sung-Dae Kim²

¹Materials and Manufacturing Development Team, Doosan Heavy Industries and Construction. ²Ferrous Alloy Department, Korea Institute of Materials Science.

중성자4-4 | 16:20 invited Speaker

Phase Transformation and Deformation Behavior of Ferrous Medium-entropy Alloys at Cryogenic Temperature

Jae Wung Bae^{1,2}, Jung Gi Kim², Jeong Min Park^{1,2}, Wanchuck Woo³, Stefanus Harjo⁴, Hyoung Seop Kim^{1,2}

¹Center for High Entropy Alloys POSTECH. ²Department of Materials Science and Engineering POSTECH ³KAERI. ⁴J-PARC Center.

중성자4-5 | 16:40 invited Speaker

Neutron Diffraction for Secondary Battery and Material Science

Hyungsub Kim¹, Seongsu Lee¹

¹Neutron Science Centre, HANARO Research & Development Department, Korea Atomic Energy Research Institute.

가공-주조 및 응고

위원장 : 박익민(부산대학교)

총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교),

박영도(동의대학교)

Room 204, 10월 24일

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

주조1-1 | 09:00

Effect of Mass on Mechanical properties of Ni-Based superalloys

김영대¹, 송영석¹, 구지호¹, 석진익¹

¹두산중공업(주) 기술연구원.

주조1-2 | 09:15

가스터빈 엔진 부품 후보재의 기계적 특성 평가

구지호¹, 송영석¹, 김영대¹, 송전영¹, 배현나¹, 석진익¹

¹두산중공업(주) 기술연구원.

주조1-3 | 09:30

High Temperature Low Cycle Fatigue Properties of Cast Nickel Based Superalloy

송전영¹, 마영화¹, 구지호¹, 김영대¹, 송영석¹, 석진익¹

¹두산중공업(주) 기술연구원 소재기술개발팀.

주조1-4 | 09:45

일방향 초내열 합금 IN792hf에서 Eta상의 형성거동과 기계적 특성에 미치는 영향

손명균¹, 구지호², 서성문³, 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업(주) 기술연구소, ³재료연구소 내열재료 그룹.

Break Time | 10:00

좌장 : 한승전 (한국 기계연구원 부설 재료연구소)

주조2-1 | 10:10

진공정밀주조용 세라믹 웰몰드의 강도, 통기도 특성에 미치는 공정요인 영향 분석

배현나¹, 송영석¹, 구지호¹, 김영대¹, 석진익¹

¹두산중공업.

주조2-2 | 10:25

금속연료 주조 중 란탄족 반응 방지를 위한 공정 개발

국승우¹, 오석진¹, 정경태¹, 고영모¹, 박정용¹

¹한국원자력연구원.

주조2-3 | 10:40

결정립미세화제 첨가를 통한 공정 Mg₂Si상 개량이 Al-Si-Mg계 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향

김병주¹, 정성수¹, 황지훈², 박용호³, 이영철¹

¹한국생산기술연구원, ²LG전자 소재/생산기술원, ³부산대학교.

주조2-4 | 10:55

차압주조된 A356합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 용체화 처리의 영향

김민수¹, 김상원², 박기훈³, 이석재¹, 김대업¹

¹한국생산기술연구원 전북지역본부, ²전북대학교 금속시스템 공학과, ³명화공업(주) 기술연구소.

Break Time | 11:10

분말재료

위원장 : 이창규(한국원자력연구원)

총무간사 : 홍순직(공주대학교)

Room 204, 10월 24일

좌장 : 채홍준 (고등기술연구원)

분말1-1 | 11:20

방전 플라즈마 소결된 Ti-V-Nb-Ta-W 복합재의 준안정 상형성 거동 분석

김상준¹, 오현석¹, 임종화², 송다혜², 이진규², 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부, ²공주대학교 신소재공학부.

분말1-2 | 11:35

Ti 다성분계 합금분말의 밀링조건에 따른 소결특성 및 미세조직 분석

이정환^{1,2}, 장준호¹, 박현국¹, 홍성길², 오익현¹

¹한국생산기술연구원 EV 부품소재그룹, ²전남대학교 신소재공학과.

분말1-3 | 11:50

열산화 AROS 공정을 이용한 TiO₂-Co 복합분말의 소결거동 및 기계적 특성

고명선¹, 임승균¹, 박일송², 박재신²

¹전북대학교 일반대학원 금속공학과, ²전북대학교 공과대학 신소재공학부.

Break Time | 12:05

좌장 : 홍순직 (공주대학교 공대 신소재공학부)

분말2-1 | 13:00

초청강연

히토류 불화물을 사용한 반도체 챔버 보호코팅용 용사코팅분말 개발

이종수¹, 이종범¹

¹(주)그린리소스.

분말2-2 | 13:30

Development of Iron Nitride Compounds by Using a Mechanochemical Reaction of Fe-based Glassy Powder and Solid Nitrogen Compounds

김진영¹, 남재현¹, 이승훈¹

¹경북대학교 금속신소재공학과.

분말2-3 | 13:50

SHS를 활용한 Ti 분말 제조 시 반응 부산물로 생성 되는 Mg 및 MgO 제거 기술

최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 이현규¹, 현승균², 박경태¹

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교 신소재공학과.

분말2-4 | 14:05

적층 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 공정 조건에 따른 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계

박준혁¹, 이정섭¹, 성효경¹, 김상식¹

¹경상대학교.

분말2-5 | 14:20

결정립 크기 제어를 통한 Bi-Sb-Te계 합금의 열전특성 향상

이명원¹, 이철희¹, Peyala Dharmiah¹, 홍순직¹

¹공주대학교.

분말2-6 | 14:35

기계화학적 밀링방법을 통한 나노결정립 CeB₆ 분말 합성

하태준¹, 심재혁¹, 이준호²

¹한국과학기술연구원, ²고려대학교.

Break Time | 14:50

좌장 : 박경태 (한국생산기술연구원)

분말3-1 | 15:00

분말야금법으로 제조된 고망간강기지 나노복합소재의 기계적 특성

김대영¹, 전종규², 남승진¹, 김세훈³, 최현주¹

¹국민대학교 공과대학 신소재공학부, ²연세대학교 공과대학 신소재공학부, ³자동차부품연구원 소재공정연구센터.

분말3-2 | 15:20

복합 기공 구조를 갖는 Ni계 합금 다공성 금속의 제조

이유정¹, 이민정², 김현주¹, 김병기², 박만호³, 윤종열¹

¹한국기계연구원부설재료연구소, ²울산대학교 첨단소재공학부, ³아스플로 기술연구소.

분말3-3 | 15:40

AROS 공정에 의해 제조된 Ni-20Cr-0.5Ti-0.3Al-1.2Y2O3 ODS 합금의 미세구조 및 기계적 특성

김창재¹, 윤정모², 박제신²

¹전북대학교 공대 금속공학과, ²전북대학교 공과대학 신소재공학부.

분말3-4 | 15:55

정전 분체 코팅 공정을 이용한 SUS316L 다공체 제조

이민정¹, 이유정², 김현주¹, 김병기², 박만호³, 윤종열¹

¹한국 기계연구원 부설 재료연구소, ²울산대학교 첨단소재공학부, ³아스플로 기술연구소.

분말3-5 | 16:10

Metal Injection Molding 공정을 이용한 W-7Ni-3Fe 텅스텐 중합금의 제조 및 미세조직과 인장 변형 거동

윤성준¹, 주연아¹, 윤태식², 이기안¹

¹인하대학교 신소재공학과, ²베스너.

분말3-6 | 16:25

AROS법으로 제조된 TiO₂-Co 소결체의 HA첨가에 의한 기계적 특성 변화 및 생체적합성 평가

임승균¹, 박일송², 박제신²

¹전북대학교 일반대학원 금속공학과, ²전북대학교 공과대학 신소재공학부.

The 1st IBS CMCM International Symposium on New Carbon and 2D Materials

위원장 : Feng Ding (IBS-CMCM, UNIST), 이종훈(UNIST)
컨퍼런스홀, 10월 24일

좌장 : Zonghoon Lee (UNIST)

IBS 1-1 | 10:00

Nanocarbon Composites for Energy Storage Applications

Lijie Ci¹

¹Shandong University.

IBS 1-2 | 10:30

Growth Kinetics of Kr Nano Structures Encapsulated by Graphene

Jae-Sung Kim¹

¹SMWU.

IBS 1-3 | 11:00

Growth of Single-Crystalline (W, Mo)Te₂ Nanobelts for Future Electronic and Energy Applications

Soon-Yong Kwon¹

¹UNIST.

좌장 : Lijie Ci (Shandong University)

IBS 2-1 | 13:00

Theoretical Studies on the Catalytic Properties of Doped Carbon Materials

Ying Wang¹, Zhijian Wu¹

¹Changchun Institute of Applied Chemistry Chinese.

IBS 2-2 | 13:30

Defect-induced Structural Change in 1D and 2D Carbon

Gun-Do Lee¹

¹Seoul National University.

IBS 2-3 | 14:00

How Vacancies Stabilize The Two-Dimensional Triangular Boron Sheets?

Feng Ding^{1,2}

¹IBS-CMCM, ²UNIST.

Break Time | 14:30

좌장 : Feng Ding (IBS-CMCM, UNIST)

IBS 3-1 | 15:00

Designing Catalysts for Chirality-Selective Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes

Maoshuai He^{1,2}

¹Qingdao University, ²Shandong University of Science and Technology.

IBS 3-2 | 15:30

Synthesis of Wafer-scale 2-dimensional Metal Dhalcogenide Films

Changgu Lee¹

¹Sungkyunkwan University.

IBS 3-3 | 16:00

Tellurene - A new group VI 2D material

Moon Kim¹, W. Wu², R. Klie³, M. Chan⁴

¹University of Texas at Dallas, ²Purdue University, ³The University of Illinois Chicago, ⁴Argonne National Laboratory.

IBS 3-4 | 16:30

Atomic Scale TEM Study on Defects and Synthesis of 2D Materials

Zonghoon Lee^{1,2}

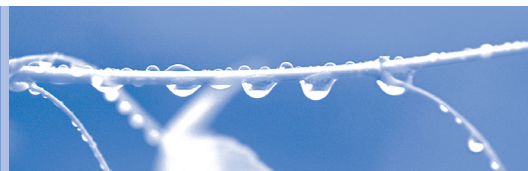
¹UNIST, ²Center for Multidimensional Carbon Materials (CMCM), Institute for Basic Science (IBS).

IBS 3-5 | 17:00

Wrap Up

ORAL SESSION II

10월 25일



NEW-HORIZON: 차세대 에너지 소재

위원장 : 이선영(한양대학교), 류호준(한국전자통신연구원),
이상한(광주과학기술원)
실무위원 : 장호원(서울대학교), 신병하(한국과학기술원)
Room 101/102, 10월 25일

NEW1-1 | 09:30 Opening address

좌장 : 류호준 (한국전자통신연구원)

NEW1-2 | 09:40 PLENARY

Organic-Inorganic Halide Perovskite: from Photovoltaics to LED
and X-ray imaging
Nam-Gyu Park¹

¹Sungkyunkwan University.

NEW1-3 | 10:20 KEYNOTE SPEAKER

The stability of solid electrolyte(SE) with Li metal, especially for
oxide-based SE

Byoungwoo Kang¹

¹POSTECH.

NEW1-4 | 10:50

Contorted Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: Promising Li Insertion
Organic Anode

Seok Ju Kang¹

¹UNIST.

NEW1-5 | 11:10

Printable Polymer Electrolyte Solution Based on Rheological
Properties and Its Electrochemical Characteristics for Lithium
Rechargeable Batteries

Young-Gi Lee¹

¹ETRI.

NEW1-6 | 11:30

Cu(In,Ga)Se₂ Photovoltaics Technology Trends and Issues;

Yong-Duck Chung^{1,2}, Woo-Jung Lee¹, Dae-Hyung Cho¹, Hye-Jung Yu¹,
Won Seok Han¹

¹ETRI, ²Korea University.

NEW1-7 | 11:50

Effect of the Crystal Chemistry of LiNi_{1/2}Mn_{3/2}O₄ Spinel on its
Electrochemical Properties

Chunjoong Kim¹

¹Chungnam National University.

Break Time | 12:10

NEW1-8 | 13:30

CuS Nanoplates for Sodium-Ion Battery Anodes

Jong Min Yuk¹

¹KAIST.

좌장 : 이상한 (광주과학기술원)

NEW2-1 | 13:50 KEYNOTE SPEAKER

Water Oxidation on Nanostructured Semiconductor Photoanode

Wonyong Choi¹

¹POSTECH.

NEW2-2 | 14:20

Electrochemical Fabrication of Gas Diffusion Electrodes for Polymer
Electrolyte Membrane Water Electrolyzer

안상현¹, 김준형¹, 김현기¹, 김주영¹, 김정환¹, 김호영¹, 김수길¹, 장종현², 최승희³

¹중앙대학교, ²한국과학기술연구원, ³한국재료연구원.

NEW2-3 | 14:40

Transition Metal Chalcogenides for Hydrogen Evolution Reaction

Soo Young Kim¹, Ho Won Jang²

¹중앙대학교, ²Seoul National University.

Break Time | 15:00

NEW2-4 | 15:20

Disordered Layer in Metal Oxides for Solar Water Splitting

Jong Hyeok Park¹

¹연세대학교.

NEW2-5 | 15:40

친환경 저비용 대면적 전용액 공정 기반 물분해 광전극

장호원¹

¹서울대학교.

NEW2-6 | 16:00

Selective and Efficient Electrocatalysts for High Performance CO₂
Reductio

Jihun Oh¹

¹KAIST.

NEW2-7 | 16:20

박막형 단결정 BiVO₄의 물분해 광전극으로서의 특성 연구

이상한¹

¹GIST.

NEW2-8 | 16:40

다층 계면 구조를 이용한 다기능 인공 광합성 시스템에 대한 연구

강수희¹, 장준영¹, 이선영¹

¹한양대학교.

The 1st KIM-CSM Symposium : Lightweight materials technol efficient transportation system

위원장 : 권용남(재료연구소)
Room 103, 10월 25일

KC1-1 | 09:45 Opening address

Chair : Hyoung-Wook Kim (KIMS),
Wenzheng Zhang (Tsinghua University)

KC1-2 | 10:00

Facets of Precipitates in Light Alloys

Wenzheng Zhang¹
¹Tsinghua University.

KC1-3 | 10:30

Development of A6061 Front Knuckle by Tailored Additive Casting Process

Hwi-Jun Kim¹, Chul Lee¹, Sung-Uk Hong¹
¹KITECH.

KC1-4 | 11:00

Study on Grain Refinement of Casting Aluminum Alloy for Automobile

Zhang Zhendong¹, Liu Chunhai¹, Lu Hongzhou², Wang Wei¹
¹CITIC Dicastal, ²CITIC Metal.

KC1-5 | 11:30

Fabrication of High Strength Aluminum Alloy Sheets by Twin Roll Casting and Rolling Process

Hyoung-Wook Kim¹, Yun-Soo Lee¹, Min-Seok Kim¹, Kwangjun Euh¹,
Cha-Yong Lim¹
¹KIMS.

Chair: Young Min Kim (KIMS),
Yongbing Li (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY)

KC2-1 | 13:30

Recent Industrial Application and Research Progress of Mg Alloys In CHINA BAOWU

S.W. Xu¹, W.N. Tang¹, Y. Xie¹
¹China Baowu Steel Group.

KC2-2 | 14:00

Recent Progress in High Performance Non-flammable Magnesium Alloys

Young Min Kim¹, Joung Sik Suh¹, Bong Sun You¹
¹KIMS.

KC2-3 | 14:30

Effect of Process Parameters on Joint Formation in Friction Self-Piercing Riveting (F-SPR) Aluminum Alloy and Magnesium Alloy

Yongbing Li¹
¹SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY.

KC2-4 | 15:00

Heterogeneous Deformation and Twinning Behavior in Mg Alloys under the mini-V-bending and Erichsen Tests

Shi-Hoon Choi¹, Min-Seong Kim¹, Seong-Eum Lee¹, Jaiveer Singh¹
¹Sunchon National University.

Chair : Jea Keun Hong (KIMS),
Gaofeng Quan (Southwest Jiaotong University)

KC3-1 | 15:30

Research on Ti Alloys and Their Applications in Transportation in China

Yong-Qing Zhao¹, Qian Li¹
¹Northwest Institute for Nonferrous Metal Research.

KC3-2 | 16:00

Strain rate sensitivity of titanium and its alloys

Tea-Sung (Terry) Jun¹
¹Incheon National University.

KC3-3 | 16:30

Tentative Research on Ti alloy Application in Bogie Component of Rolling Stocks

Gaofeng Quan¹, Zhengzhi Luo¹, Yangyang Guo¹, Houhong Pan¹
¹Southwest Jiaotong University.

KC3-4 | 17:00

Twinning-induced Texture Control of Pure Titanium

Jong Woo Won, Jea Keun Hong¹, Chong Soo Lee²
¹KIMS, ²POSTECH.

KC3-5 | 17:30

Discussion

철강III

위원장 : 최주(POSCO)
총무간사 : 최종교(POSCO)
실무위원 : 박주현(한양대학교), 황병철(서울과학기술대학교)
Room 104, 10월 25일

좌장 : 강영조 (동아대학교)

철강9-1 | 09:00

Effect of SiC Formation on the Wettability of Graphite by Molten Slag

Joonseok Oh¹, Joonho Lee¹
¹Korea university.

철강9-2 | 09:15

Dissolution Rate of Alumina into Molten Slags Containing Fe₂O and its Kinetic Modeling

Young-Joon Park¹, Yong-Min Cho¹, Woo-Yeol Cha², Youn-Bae Kang¹
¹Graduate Institute of Ferrous Technology, ²POSCO.

철강9-3 | 09:30

The Structure of CaO-Al₂O₃ Slag at Different CaO /Al₂O₃ Ratio by Raman and FTIR Spectroscopy

Ramaraghavulu Rajavarm¹, Donghwi Park¹, Joonho Lee¹
¹Korea University.

철강9-4 | 09:45

The Interfacial Reaction between ULC Al-killed Steel and FeO-CaO-Al₂O₃-MgO Slag System in Secondary Refining Process

Yong-Min Cho¹, Woo-Yeol Cha², Joo-Hyeok Lee¹, Youn-Bae Kang¹

¹Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. ²POSCO.

철강9-5 | 10:00

Investigation on the Formation Behavior of Inclusions in Si-killed Steel

Dong-Hyun Kim¹, Yong-Hwan Kim¹, Joo-Hyeok Lee¹, Jeong-Do Seo², Youn-Bae Kang¹

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

철강9-6 | 10:15

Kinetic Analysis of Oxidation Rate by Interfacial Reaction between Molten Steel and CO Gas Generated from Nozzle Material in Continuous Casting

Joo-Hyeok Lee¹, Seung-Woo Hong¹, Youn-Bae Kang¹

¹Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH.

철강9-7 | 10:30

Numerical Modeling of Inclusion Motion Behavior in AC Flash Butt Welding Process

Md Irfanul Haque Siddiqui¹, Joonho Lee¹

¹Korea University.

좌장 : 박주현 (한양대학교)

철강10-1 | 10:45

코크스 제조용 석탄으로 제조된 char의 pore 형성 및 반응성에 관한 연구

정종훈¹, 정성모¹

¹포항공과대학교 철강대학원.

철강10-2 | 11:00

탄재 내장 및 가스 환원에 의한 직접환원철의 환원거동

송성림¹, 강영조¹

¹동아대학교 신소재공학과.

철강10-3 | 11:15

Investigation of Catalyst Effect on NO_x Reduction in Iron Ore Sintering Process

Leonardo T. da Rocha¹, 정성모¹

¹포항공과대학교 철강대학원.

철강10-4 | 11:30

Electro-recovery of Metallic Fe from FeCl_x

박광원¹, 손일¹

¹연세대학교 신소재공학과.

철강10-5 | 11:45

Structure-property relationship via phase stability analysis of CaO-SiO₂-MO slags (MO: Al₂O₃, FeO, P₂O₅)

최준성¹, 민동준¹

¹연세대학교.

좌장 : 이준호 (고려대학교)

AW-5 | 13:00

청웅상 수상기념강연

Dislocation-based model for TWIP and TRIP

이태호¹, 하현영¹, 김성대¹, 장재훈¹, 문준오¹, 강전연¹, 박준영¹, 이창훈¹, 박성준¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소 금속재료연구본부.

철강11-1 | 13:25

Critical Evaluation and Thermodynamic Modeling of the FeO-Fe₂O₃-V₂O₅ System

Du Wei-Tong¹, Du Xin-Tong², Jung In-Ho³

¹Chongqing University. ²McGill University. ³Seoul National University.

철강11-2 | 13:40

Study of the Effects of Titanomagnetite Addition on the Sintering Behavior of Hematite ore.

Edson K. Chiwandika¹, 정성모¹

¹포항공과대학교 철강대학원.

철강11-3 | 13:55

- Canceled

DRI 적용에 따른 전기로 슬래그 포밍 거동의 변화

손원영¹, 강영조¹

¹동아대학교 신소재공학과.

철강11-4 | 14:10

MgO granular type에 따른 CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag에서의 용해 거동 연구

김예림¹, 정용석¹

¹한국산업기술대학교 신소재공학과.

철강11-5 | 14:25

2차 정련의 반응 모델을 활용한 Al₂O₃ 에서 MgAl₂O₄ 개재물로의 조성 변화에 대한 속도론적 해석

김정인¹, 김선중²

¹조선대학교 첨단소재공학과. ²조선대학교 재료공학과.

철강11-6 | 14:40

Metallic Particle를 활용한 CaO-Al₂O₃-CaF₂계 몰드플렉스의 열 전달 제어

현성희¹, 윤대우¹, 백지연¹, 조종욱¹

¹포항공과대학교.

철강11-7 | 14:55

Thermodynamic Study on the Interaction between Si and Mn in α-Fe

Su Jin Lee¹, Seil Lee², Youngjo Kang¹

¹Dong-A University. ²POSCO.

철강11-8 | 15:10

연속주조 몰드의 공기기동 형성에 관한 수치해석 연구

이종희¹, 박일석¹, 한상우², 조현진²

¹경북대학교 공대 기계공학부. ²포스코기술연구원.

철강11-9 | 15:25

The Molar Volume Modeling of the Fe-based Liquid Alloys

Chen Zhuo¹, Jung In-Ho²

¹Chongqing University. ²Seoul National University.

생체재료

위원장 : 한준현(충남대학교)
총무간사 : 김유찬(한국과학기술연구원)
Room 105, 10월 25일

좌장 : 이지욱 (산업통상자원전략기획단)

생체1-1 | 10:00

Bone-like Apatite Precipitation on Hydroxyapatite Coating on Ti-40Nb-xHf Alloy by PEO after Nanotube Formation

Min Gyu Park¹, Han-Cheol Choe²

¹Department of Dental Materials, School of Dentistry, Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials & College of Dentistry, Chosun University.

생체1-2 | 10:15

Comparison of Sputtered HA Coatings and PEO HA Coatings on Ti-40Ta-xNb Alloy

Sang-Gyu Lim¹, Han-Cheol Choe¹

¹Department of Dental Materials & Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials, College of Dentistry, Chosun University.

생체1-3 | 10:30

CoCrMo 합금의 Selective Laser Melting 공정 온도에 따른 열잔류응력 및 기계적 특성 변화에 대한 연구

방경배¹, 김원래¹, 박정현¹, 현승균², 김형균¹

¹한국생산기술연구원 강원지역본부, ²인하대학교 신소재공학과.

생체1-4 | 10:45

Direct Growth of Graphene on NiTi Alloy for Reduction of Magnetic Resonance Artifact

한태양¹, 한준현¹

¹충남대학교 신소재공학과.

생체1-5 | 11:00

A Stretchable Ionic Diode by Interpenetrated Polyelectrolyte Hydrogels

Hae-Ryung Lee¹, Jeong-Yun Sun¹

¹Seoul National University.

생체1-6 | 11:15

Diffusion and Degradation of H₂O₂ through the Extracellular Matrix in Lab-on-a-chip System

Hae Won Hwang¹, Youngmin Seo¹, Pil-Ryung Cha², Sangwook Wu³, Eun Shil Kim¹, Jeong-Yun Sun⁴, Myoung-Ryul Ok¹

¹Korea Institute of Science and Technology, ²Kookmin University,

³Pukyong National University, ⁴Seoul National University.

Break Time | 11:30

생체재료 심포지엄-바이오센서의 동향 및 미래

위원장 : 한준현(충남대학교)
총무간사 : 김유찬(한국과학기술연구원), 이강식(서울아산병원), 이정훈(광운대학교), 전호정(한국과학기술연구원)
Room 105, 10월 25일

좌장 : 한준현 (충남대학교)

바이오1-1 | 13:30

초청강연

Wearable and Implantable Bio-Integrated Electronics

Donghee Son¹

¹Korea Institute of Science and Technology.

바이오1-2 | 13:55

초청강연

A Bandage-like, Wearable, and Luminescent Sensor for Monitoring Transcutaneous Oxygen Pressure

Jin-Woo Park¹, Soyeon Lee¹, Chang-Jin Lim¹, Jin-Hoon Kim¹

¹Yonsei University.

바이오1-3 | 14:20

초청강연

Transient Electronics

Suk-Won HWANG¹

¹Korea University.

바이오1-4 | 14:45

초청강연

An Ultrathin and Breathable Device Platform for E-skin Electronics for Bio Compatible Health Monitoring System

Sungwon Lee¹

¹DGIST.

바이오1-5 | 15:10

초청강연

Biomolecule-Nanostructure Hybrids and Their Application in Optical Imaging and Diagnosis

Hyojin Lee¹

¹KIST.

Break Time | 15:35

좌장 : 이강식 (서울아산병원)

바이오2-1 | 15:45

초청강연

Bio-Inspired Extreme Wetting Surfaces for Single-Droplet Multiplex Biosensors

Jungmok Seo¹

¹KIST.

바이오2-2 | 16:10

초청강연

Bio-Optical Sensor in Clinical Applications

Yong Shin¹

¹Asan Institute of Life Sciences, Asan Medical Center.

바이오2-3 | 16:35

초청강연

Nanoelectronics for Biological and Chemical Sensing Applications

Jae-Hyuk Ahn¹

¹Kwangwoon University.

바이오2-4 | 17:00 초청강연

Unconventional Bio-Integrated Electronics for Conformal Electrophysiology

Ki Jun Yu¹

¹Yonsei University.

바이오2-5 | 17:25 초청강연

Modulation of Foreign Body Response to Neural Interfaces by Laser Direct Nano-Texturing

전호정

한국과학기술연구원.

집합조직

위원장 : 정효태(강릉원주대학교)

총무간사 : 이효종(동아대학교)

Room 106, 10월 25일

좌장 : 이근호 (국방과학연구소)

집합조직1-1 | 09:00 초청강연

재료의 Annealing Texture 형성에 관한 가설

김영석¹, 김성수¹

¹한국원자력연구원.

집합조직1-2 | 09:25

A Study of Microstructure and Magnetic Property Relationship in YIGs Using the EBSD Data

김민지¹, 장민선¹, 이기석¹, 이석빈¹

¹울산과학기술대학교(UNIST).

집합조직1-3 | 09:40

전주도금 인바에서 상변태 집합조직의 진화 기구

박용범¹, 김인경¹

¹순천대학교.

집합조직1-4 | 09:55

공극률이 제어된 다공체 적층체의 열처리에 따른 미세조직 및 열물성 변화

조재형¹, 염규정¹, 이건영¹, 나종주¹, 서성문¹

¹재료연구소(KIMS).

Break Time | 10:10

좌장 : 조재형 (재료연구소)

집합조직2-1 | 10:20

다축대각단조 공정 시 AA1100에 나타나는 변형 및 파괴 거동 예측에 관한 연구

김민성¹, 이성음¹, 권상철², 김순태², 이성³, 정효태², 최시훈¹

¹국립 순천대학교, ²국립 강릉원주대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소.

집합조직2-2 | 10:35

다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100과 AA6061의 미세조직 및 집합 조직 변화

김순태¹, 권상철¹, 김다빈¹, 김민성², 이성음², 이성³, 최시훈², 정효태¹

¹강릉원주대학교, ²순천대학교, ³국방과학연구소.

집합조직2-3 | 10:50

Comparison of Thermoelastic Micromechanical Responses of Polycrystalline Microstructures from the Finite Element and Fast Fourier Transforms Methods

이명진¹, 손영균¹, 이석빈¹

¹울산과학기술원(UNIST).

집합조직2-4 | 11:05

Effect of Shear Deformation During Drawing Process on Microstructures and Textures After Annealing in High Purity Copper Wires

Hyun Park¹, Sang-Hyeok Kim¹, Se-Jong Kim², Hyo-Jong Lee¹

¹Dong-A University, ²Korea Institute of Materials Science.

집합조직2-5 | 11:20

초미세립 OFHC Cu의 동적인장압출 거동 및 미세조직 변화 분석

이근호¹, 김석봉¹, 이예림¹, 우상현^{1,2}, 박이주^{1,2}, 이성¹, 이성호¹, 박경태³

¹국방과학연구소, ²과학기술연합대학원, ³한밭대학교 신소재공학과.

AW-4 | 11:35

윤동석상 수상기념강연

결정학적 방위의 공간 분포를 이용한 다결정 금속재료의 변형 및 재결정 거동의 이해

최시훈¹

¹국립 순천대학교 융합산업학과.

**4차 산업혁명 시대의 핵심소재:
리튬 제련기술의 현황과 전망**

위원장 : 이재천(한국지질자원연구원)

실무위원 : 김병수(한국지질자원연구원),

박현식(한국지질자원연구원), 한길수(포항산업과학연구원),

박광석(한국생산기술연구원), 왕제필(부경대학교),

김선중(조선대학교)

Room 106, 10월 25일

좌장 : 김수경 (한국지질자원연구원), 이재천 (한국지질자원연구원)

리튬1-1 | 13:00

초청강연

Hydrometallurgical Processing of Lithium - A Technology Update

Tam Tran¹

¹전남대학교 에너지자원공학과.

리튬 1-2 | 13:30

초청강연

해수리튬 추출 기술

정강섭¹

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

리튬 1-3 | 14:00

초청강연

Technical Trend of Lithium Extraction Process from Brine

In-Su Park¹, Taegong Ryu¹, Hye-Jin hong¹

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

리튬 1-4 | 14:30

초청강연

Separation and Purification of Lithium Using Solvent Extraction Technique

Basudev Swain¹, Chan-Gi Lee¹, Jae-chun Lee²

¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²한국지질자원연구원, 광물자원연구본부.

리튬 1-5 | 15:00 초청강연

Development of Eco-Friendly Process to Recover Lithium and Valuable Materials from Lithium-Bearing Materials

Jei-Pil Wang¹

¹부경대학교 금속공학과.

리튬1-6 | 15:30 초청강연

페리튬이차전지의 리사이클링 사업과 기술개발 현황

이강명¹, 변석현¹

¹성일하이텍㈜.

**용접 및 접합-초고강도 및 경량소재 적용
자동차 용접접합 기술**

위원장 : 박익민(부산대학교)
실무위원 : 박영도(동의대학교)
Room 107, 10월 25일

좌장 : 박영도 (동의대학교)

자동차용접1-1 | 09:00 초청강연

자동차용 고강도 강재의 아크용접기술 동향 및 개발 현황

배규열¹, 정홍철¹

¹포스코 접합연구그룹.

자동차용접1-2 | 09:25

DP980 및 AZ31합금의 CMT용접성 및 기계적 특성 평가

이도엽¹, 이목영¹, 엄상호², 최두열³, 정홍철²

¹(재)포항산업과학연구원, ²포스코 철강솔루션마케팅실 접합연구그룹, ³포스코 아메리카.

자동차용접1-3 | 09:40

레이저를 이용한 스틸과 알루미늄의 이종접합

김용¹

¹고등기술연구원.

자동차용접1-4 | 09:55

Effect of Prior Surface Treatment on the Bonding Strength of AZ31/Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Composites Fabricated by Thermal Laser Joining

김정환¹, Andrews Nsiah Ashong¹, 이연승², 이목영³, 한상배⁴

¹한밭대학교 신소재공학과, ²한밭대학교 정보통신공학과, ³포항산업기술연구원, ⁴유로비전 레이저.

자동차용접1-5 | 10:10

CFRP/Metal 이종소재에 대한 Self-Piercing Riveting 다층접합 접합성 평가

전남기^{1,2}, 정택연^{1,2}, 이세현², 감동혁³

¹한국생산기술연구원 용접접합그룹, ²한양대학교 대학원 기계공학과, ³한국생산기술연구원 용접접합그룹.

자동차용접1-6 | 10:25

차량용 박판 알루미늄 용접부의 고온균열 전파를 억제하기 위한 레이저 빔 오실레이션에 대한 연구

강민정¹, 한홍남², 정철영³, 김철희¹

¹한국생산기술연구원 용접접합그룹, ²서울대학교 재료공학부, ³대우공업(주) 기술연구소.

좌장 : 배규열 (포스코 기술연구원)

자동차용접2-1 | 10:40 초청강연

알루미늄 합금 저항 용접 특성 및 공정 최적화에 대한 연구

지창욱¹, 김재훈¹, 천주용¹

¹한국생산기술연구원 울산본부 첨단정형공정그룹.

자동차용접2-2 | 11:05

자동차 차체용 알루미늄 6XXX계열 합금의 저항 점 용접 시 다단계압에 따른 너겟경 및 용접성 비교

천주용¹, 김재훈¹, 이상준¹, 지창욱¹

¹한국생산기술연구원 울산본부.

자동차용접2-3 | 11:20

780MPa급 고 AI 합금 강재의 저항 점용접 특성과 후열처리가 용접성에 미치는 영향에 관한

황인성¹, 김영민¹, 김동철¹, 강문진¹

¹한국생산기술연구원 용접접합그룹.

자동차용접2-4 | 11:35

Transient Critical Area and Supercritical Area for Liquid Metal Embrittlement Cracking of Advanced High Strength Steels During Resistance Spot Welding

Siva Prasad Murugan¹, Yeong-Do Park²

¹Department Advanced Materials Engineering, ²Dong-Eui University.

자동차용접2-5 | 11:50

기가급 강재의 점용접부에서 LME 크랙이 고주기 피로 특성에 미치는 영향

장경현¹, 엄상호², 이종수¹

¹포항공과대학교, ²포스코.

제 9회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄

위원장 : 정우상(한국과학기술연구원), 유영수(재료연구소)

실무위원 : 심재혁(한국과학기술연구원),

서진유(한국과학기술연구원), 윤대원(재료연구소)

Room 107, 10월 25일

좌장 : 서진유 (한국과학기술연구원)

차세대1-1 | 13:00

위원장 인사말

차세대1-2 | 13:05

초청강연

Small Angle Scattering Study of Ni base Superalloys for Next Generation Coal Fired Power Plant

한영수¹, 정우상², 정희정², 양원³

¹한국원자력연구원, ²한국과학기술연구원, ³한국생산기술연구원.

차세대1-3 | 13:30

초청강연

Effect of Reactive Elements on Cyclic Oxidation of Precipitation-Hardened Ni-base Superalloys

윤대원¹, 서성문¹, 정희원¹, 유영수¹, 정인용¹

¹재료연구소.

차세대1-4 | 13:55 초청강연

보일러튜브 스테인리스강과 니켈합금 용접부의 응력완화 특성평가
이한상¹, 하인생¹, 유근봉¹
¹한국전력 전력연구원.

차세대1-4 | 14:20 초청강연

첨가제를 이용한 열교환기 소재 고온부식 저감기술
김범중¹, 정수화¹, 김영두¹, 양창원^{1,2}, 이은도^{1,2}
¹한국전력 전력연구원.

Break Time | 14:45

좌장 : 윤대원 (재료연구소)

차세대2-1 | 15:00 초청강연

Development of High Temperature Thermo-Chemical Protection/
Barrier Coating with Rare-Earth Materials Using a Suspension
Plasma Spray Coating Technology
오윤석, 류호림, 전학범, 이성민, 김성원, 한윤수, 김형태
한국세라믹기술원.

차세대2-2 | 15:25 초청강연

면심입방정 고엔트로피 합금의 고온 인장 및 크리프 물성 분석
조만구^{1,2}, 서진유, 정우상¹, 한흥남²
¹한국과학기술연구원, ²서울대학교.

차세대2-3 | 15:50 초청강연

내화금속 기반 초고온용 차세대 초내열합금 개발
박형기¹, 박광석¹, 김동훈², 이상², 이택우¹
¹한국생산기술연구원, ²국방과학연구소.

차세대2-4 | 16:15 초청강연

SLM기술로 제조된 316 스테인리스강의 일축인장 시 변형 및 파괴 거
동 분석
Amol B. Kale, Jaiveer Singh, 김은영, 최시훈
순천대학교.

차세대2-5 | 16:40 초청강연

초내열 합금의 액상확산접합부 특성 연구
안종기¹, 손명숙¹, 이동엽¹, 류시양¹, 김홍규², 김민우²
¹한화에어로스페이스, ²국방과학연구소.

금속역사

위원장 : 조남철(공주대학교)
총무간사 : 이재성(문화재보존과학센터)
Room 108, 10월 25일

좌장 : 조남철 (공주대학교)

역사1-1 | 10:00

전통 정련·단접 기술이 적용된 다층구조 소재와 응용소재를 이용한 주
방용 칼 제작 및 금속학적 특성 비교
조성모¹, 조남철¹
¹공주대학교.

역사1-2 | 10:15

청동유물에서 관찰되는 흑색 부식물의 표면특성과 생성 메커니즘 연구
박수경¹, 조남철¹
¹공주대학교.

역사1-3 | 10:30

6세기 청동 도가니 및 슬래그를 통해 본 청동기 생산 기술: 부여 관북리
유적을 중심으로
김소진¹, 한우림², 홍주현³
¹국립문화재연구소 연구기획과, ²국립문화재연구소 보존과학연구실, ³국립경
주문화재연구소.

역사1-4 | 10:45

중주 호암동, 부여 청송리 출토 청동기의 금속학적 분석
한우림¹, 김소진², 황진주¹
¹국립문화재연구소 보존과학연구실, ²국립문화재연구소 연구기획과.

역사1-5 | 11:00

미얀마 바간유적 금동장식물에 적용된 주조와 도금방법 분석
이재성¹, 유재은², Yee Yee Win³
¹국립문화재연구소 문화재보존과학센터, ²국립문화재연구소 보존과학연구실,
³Department of Archaeology, Myanmar.

여성세션

위원장 : 임혜인(숙명여자대학교)
총무간사 : 박진우(연세대학교), 이선영(한양대학교)
Room 108, 10월 25일

좌장 : 이선영 (한양대학교)

여성1-1 | 13:00 인사말

여성1-2 | 13:10 WISET · KIM 젊은연구자상 수상기념강연
Soft Magnetic Properties of Fe-based Amorphous/Nanocrystalline
Hybrid Materials
이연주¹
¹국민대학교.

여성1-3 | 13:20 WISET · KIM 젊은연구자상 수상기념강연
Design of New Face-Centered Cubic High Entropy Alloys by
Thermodynamic Calculation
최원미¹
¹포항공과대학교.

여성1-4 | 13:30 초청강연
연구자를 위한 특허의 현재와 미래 이야기
이태영¹
¹법무법인 세종.

Break Time | 14:20

타이타늄 알루미늄사이드 심포지엄

위원장 : 오명훈(금오공과대학교)
실무위원 : 김성웅(재료연구소), 박종범(천지산업),
임광혁(한스코)
Room 108, 10월 25일

좌장 : 김성웅 (재료연구소)

타이타늄심포지엄1-1 | 15:00 초청강연

γ -TiAl 합금의 최신 연구동향

오명훈¹

¹금오공과대학교 신소재공학부.

타이타늄심포지엄1-2 | 15:25 초청강연

Control of Microstructure, Mechanical Property and Superplasticity for High Nb-TiAl Alloy Sheet

Junpin Lin¹, Yongfeng Lian¹g, Guojian Hao¹

¹State Key Laboratory for Advanced Metals and Materials, University of Science and Technology Beijing.

타이타늄심포지엄1-3 | 15:50

Ti-48Al-2Cr-2Nb 금속간화합물의 미세조직, 고온 압축 및 크립 특성

이기안¹, 김영균¹, 윤성준¹, 김성웅², 홍재근²

¹인하대학교 신소재공학.과²재료연구소.

Break Time | 16:05

좌장 : 장동찬 (한국과학기술원)

타이타늄심포지엄2-1 | 16:20 초청강연

History and Future Prospects of the Development of Turbochargers for Passenger Vehicles Using Cast TiAl Alloys

T. Tetsui¹

¹Research Center for Structural Materials, National Institute for Material Science.

타이타늄심포지엄2-2 | 16:45 초청강연

Microstructure, Creep, and Joining of Powder Metallurgy (PM) Beta Gamma Alloys: Overview

Dongyi Seo¹

¹Aerospace Research Centre, National Research Council of Canada.

타이타늄심포지엄2-3 | 17:10

Numerical and Experimental Studies on Single Tracks of TiAl and Alloy 718 Processed by a Powder Bed Fusion Technique

Jae-Woong Kim¹, Seul-Bi Lee¹, Jae-Keun Hong², Myongse Kim³, Yoon Suk Choi¹

¹School of Materials Science & Engineering, Pusan National University.

²Titanium Group, Korea Institute of Materials Science. ³Auratech.

타이타늄심포지엄2-4 | 17:25

Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Electron Beam Melted Multi-Phase γ -TiAl Alloy

P. L. Narayana^{1, 2}, Cheng-Lin Li¹, Seong-Woo Choi¹, Seong-Woong Kim¹, Seung Eon Kim¹, Jong-Taek Yeom¹, Jae-Keun Hong¹, N. S. Reddy²

¹Metal Materials Division, Korea Institute of Materials Science. ²School of Materials Science and Engineering, Gyeongsang National University.

Break Time | 17:40

알루미늄

위원장 : 김목순(인하대학교)
총무간사 : 어광준(재료연구소), 김명균(포항산업과학연구원)
Room 204, 10월 25일

좌장 : 김재황 (한국생산기술연구원)

알루미늄1-1 | 09:00

Al-Mg-Si 합금에서 Step-quenching과 자연시효시간이 도장반응성에 미치는 영향

임지우¹, 송민영¹, 김인수¹, 김재황¹, 홍성길²

¹한국생산기술연구원. ²전남대학교.

알루미늄1-2 | 09:15

Al-Mg-Si(-Cu) 합금에서 예비시효 시간이 나노클러스터 형성과 시효 경화 거동에 미치는 영향

송민영¹, 임지우¹, 김인수¹, 김재황¹, 홍성길²

¹한국생산기술연구원. ²전남대학교.

알루미늄1-3 | 09:30

과공정 Al-15wt.% Si 합금의 primary Si 제어에 미치는 EMS 공정 영향과 합금의 인장, 마모, 피로 특성

백민석¹, 박태현¹, 김종호², 황종일³, 이기안¹

¹인하대학교. ²포항산업과학연구원(RIST). ³(주)LMS.

알루미늄1-4 | 09:45

교반주조법으로 제조된 cenosphere/aluminum syntactic foam의 압축특성 및 변형거동

정제기¹, 김수현², 이윤수², 김희주², 임차용², 박용호¹

¹부산대학교. ²재료연구소.

알루미늄1-5 | 10:00

Hot Compressive Deformation Behaviors and Processing Maps of Al-Mg Alloys with 5-13 wt.% Mg

Hee-Tae Jeong¹, Woo-Jin Kim¹

¹Hongik university.

Break Time | 10:15

좌장 : 김목순 (인하대학교)

알루미늄2-1 | 10:20 초청강연

자동차 열교환기용 알루미늄 클래드재 개발

어광준¹, 김형욱¹

¹한국기계연구원부설재료연구소.

알루미늄2-2 | 10:45

Multiscale Modeling of Plastic Anisotropy and Frictional Properties of an AA 3003 Alloy Sheet

봉혁중¹, 이진우¹, 이명규²

¹한국기계연구원부설 재료연구소. ²서울대학교.

알루미늄2-3 | 11:00

균질화처리 중 Al-6.5Mg-1.0Zn합금 빌렛 내 수지상과 용질원소의 확산거동 상관성 고찰

김명균¹, 양현민¹

¹포항산업과학연구원.

알루미늄2-4 | 11:15

자동차용 Al-6.5Mg-1.5Zn계 알루미늄 합금의 열간압출 특성
최국선¹, 정선일¹, 이정락¹, 김기홍¹, 정승현¹
¹신양금속공업(주).

알루미늄2-5 | 11:30

자동차 경량화 위한 Al-Mg-Si계 합금에서 나노석출물 생성 제어
김재환¹
¹한국생산기술연구원.

알루미늄2-6 | 11:45

초음파 용탕처리가 Al-7Si-Cu-Mg 합금의 미세조직과 미세편석에 미치는 영향
김수배^{1,2}, 조영희¹, 정재길¹, 이영국², 이정무¹
¹한국 기계연구원 부설 재료연구소, ²연세대학교 신소재공학과.

좌장 : 김명균 (포항산업과학연구원)

알루미늄3-1 | 13:00

Effect of Solution Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of the Extruded AA7068 Alloy
saif haider kayani¹, Jae-Gil Jung¹, Min-Seok Kim¹, Kwangjun Euh¹
¹재료연구소(KIMS).

알루미늄3-2 | 13:15

7068 알루미늄 합금 압출재의 석출 거동과 인장 특성에 대한 시효 온도의 영향
이상화¹, 정재길¹, 안태영², 김민석¹, 이영국³, 어광준¹
¹재료연구소, ²국방과학연구소, ³연세대학교.

알루미늄3-3 | 13:30

고강도 7XXX 계 알루미늄 합금의 미세 조직 및 기계적 특성에 미치는 균질화 처리 후 냉각 조건의 영향
김도희¹, 이민식¹, 허재원², 장동찬², 어광준³, 이오재⁴, 김낙준⁴, 성효경¹
¹경상대학교, ²KAIST, ³재료연구소, ⁴POSTECH.

알루미늄3-4 | 13:45

압축 시험을 통한 Al-Zn-Mg계 알루미늄 신합금의 소성변형거동 연구호¹, 김목순¹, 김세훈²
¹인하대학교, ²자동차부품연구원.

알루미늄3-5 | 14:00

고강도 알루미늄 합금의 정적·동적 축압축시험을 통한 충돌에너지흡수능 평가 및 해석
김희주¹, 김수현², 정제기², 권준범², 임차용², 최윤석¹
¹부산대학교 재료공학과, ²한국기계연구원부설재료연구소.

Break Time | 14:15

좌장 : 어광준 (재료연구소)

알루미늄4-1 | 14:25

5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량이 응력부식균열 저항성에 미치는 영향
이관호¹, 박지호¹, 김봉환², 김세광², 성효경¹
¹경상대학교, ²생산기술연구원.

알루미늄4-2 | 14:40

초음파 용탕 처리가 Al-5Ti-1B 합금의 미세조직에 미치는 영향
김수배¹, 정재길², 조영희¹, 김수현¹, 어광준¹, 이영국¹, 이정무²
¹재료연구소(KIMS), ²연세대학교.

알루미늄4-3 | 14:55

초음파 용탕처리가 다성분다상 Al-14Si-CuNiMg 합금의 생성상 및 생성상 네트워크의 연결성에 미치는 영향
조민수¹, 이정무¹, 조영희¹, 정재길¹, 장재일²
¹재료연구소(KIMS), ²한양대학교 신소재공학과.

알루미늄4-4 | 15:10

New Ductile Fracture Criterion for Aluminum Sheet: Experiments and Simulation
Quach Hung¹, Van-Thuong Nguyen², JinJae Kim¹, Young-Suk Kim³
¹Graduate School of Mechanical Engineering, ²Kyungpook National University, ³Kyungpook National University.

The 19TH KIM-JIM Symposium
Recent Advances in Artificial Intelligence and Simulations in Materials Science and Engineering

위원장 : 유석현(두산중공업)
컨퍼런스홀, 10월 25일

Chair : Seog-hyeon Ryu (Doosan), Yuhki Tsukada (Nagoya Univ.)

KJ 1-1 | 09:00

Welcome Address

KIM & JIM Presidents

KJ 1-2 | 09:10

An Efficient Machine Learning Approach to Establish Virtual Structure-Property Linkages

Jaimyun Jung¹, Jae Ik Yoon¹, Hyung Keun Park¹, Jin You Kim², *Hyoungh Seop Kim¹
¹Department of Materials Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Korea, ²Steel Products Research Group 1, Pohang Research Lab., POSCO, Korea.

KJ 1-3 | 09:35

Steel Informatics

*Yoshitaka Adachi¹, Zhi-Lei Wang¹
¹Department of Materials Design Innovation Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Japan

KJ 1-4 | 10:00

Classical Neural Network Potential Learning DFT Results: A New Frontier in Material Science

Kyuhyun Lee¹, Wonseok Jeong¹, Dongsun Yoo¹, *Seungwu Han¹
¹Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Korea.

KJ 1-5 | 10:25

Statistical Machine Learning for Spectrum Image Data Analysis

*Motoki Shiga^{1,2,3}
¹Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Gifu University, Japan, ²PRESTO, Japan Science and Technology Agency, Japan, ³The Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN, Japan.

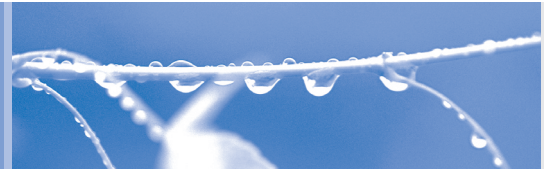
KJ 1-6 | 10:50**Design of Novel Catalysts: From First-Principles to Machine-Learning**Byung Chul Yeo¹, Myungjoon Kim¹, Donghun Kim¹, *Sang Soo Han¹¹Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Korea.**KJ 1-7 | 11:15****Machine Learning for Interface and Spectrum***Teruyasu Mizoguchi¹, Shin Kiyohara¹¹Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.**KJ 1-8 | 11:40****Development of Superalloy Using Artificial Neural Network***Youngsoo Yoo¹, Hiwon Jeong¹, Seongmoon Seo¹, Daewon Yun¹, Inyong Jung¹¹Department of High Temperature Materials, Korea Institute of Materials Science, Korea.

Chair : Youngsoo Yoo (KIMS)

KJ 2-1 | 13:00**Deep Learning Technologies for Materials Science***Kee-Sun Sohn¹¹Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Korea.**KJ 2-2 | 13:25****Machine Learning Approaches for Designing Meso-Scale Structure of Porous Materials***Yoichi Takagishi¹, Takumi Yamanaka¹, Takashi Segi¹, Tatsuya Yamaue¹¹Kobelco Research Institute Inc., Japan.**KJ 2-3 | 13:50****Adaptive Mapping for Quick Material Evaluation***Kentaro Kutsukake¹, Ryota Kikuchi², Koji Shimoyama³¹Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN, Japan. ²Fujitsu Laboratories, Japan. ³Institute of Fluid Science, Tohoku University, Japan.**KJ 2-4 | 14:15****Generative Adversarial Network Model for the Generation of Microstructures Supervised by Phase Field Model***Nam Hoon Goo¹, Sung Whan Kim¹, Kee-Sun Sohn², Hyang Jin Koh¹¹Technical Research Center, Hyundai-Steel DangJin Works, Korea.²Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Korea.**Break Time | 14:40**Chair : Yoon Suk Choi (Pusan National Univ.),
Junya Inoue (Univ. of Tokyo)**KJ 3-1 | 15:00****Prediction of Martensite Microstructure in Steel by Phase-Field Simulation and Machine Learning***Yuhki Tsukada^{1,2}, Toshiyuki Koyama¹¹Department of Materials Design Innovation Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Japan. ²JST, PRESTO, Japan.**KJ 3-2 | 15:25****Prediction of Tensile and Charpy Impact Properties by Machine Learning***Juseok Kang¹, Sungryong Ryoo¹¹Steel Products Research Group 1, Pohang Research Lab., POSCO, Korea.**KJ 3-3 | 15:50****Data-Driven Approach to Predicting Microstructure and Properties of Polycrystalline Materials***Junya Inoue^{1,2,3}, Ho Heok Kim², Akinobu Hori²¹Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo, Japan. ²Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Japan.³National Institute of Materials Science, Japan.**KJ 3-4 | 16:15****Artificial Neural Network Data Modeling for Mechanical and Physical Properties in Heat Resistance Steels***B.O.Kong¹, K.C.Kim¹, B.G.Kim¹, K.W.Lee¹, J.M.Han¹, J.I.Suk¹¹Cooperate R&D Institute, Doosan Heavy Industries & Construction Co. Ltd., Korea.**KJ 3-5 | 16:40****Prediction of Fatigue Behavior in Steels by Data Driven Approach***Manabu Enoki¹¹Department of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Japan.**KJ 3-6 | 17:05****AI Applications and Business Strategies in the Materials Industries***Seog-hyeon Ryu¹¹Doosan Heavy Industries & Construction Co. Ltd., Korea.

ORAL SESSION III

10월 26일



재료 미세조직 모델링 국제 심포지엄 Symposium on Microstructure Modeling of Materials Thermodynamics, Phase-field Modeling and Crystal Plasticity

위원장 : 차필령(국민대학교), 정효태(강릉원주대학교)
실무위원 : 강주희(재료연구소), 오창석(재료연구소)
Room 101, 10월 26일

좌장 : P-R Cha (Kookmin Univ.)

미세조직1-1 | 08:50

Stress-strain Evolution During Rapid Solidification and Self-tempering of Additive Manufactured Ni-base Superalloys Simulated by a Mesoscopic Phase-field Model

Ingo Steinbach¹, Muhammad A. Ali¹, Oleg Shchyglo¹, Carolin Koerner²
¹Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum, ²Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg.

미세조직1-2 | 09:10

Bayesian Assisted Multi-phase-field Study of Recrystallization of Aluminum Alloy

Junya Inoue¹, Akinobu Horii²
¹Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo, ²Department of Materials Engineering, The University of Tokyo.

미세조직1-3 | 09:30

A Review on Coupling Between Phase-field Model with Finite Interface Dissipation and CALPHAD Database

Lijun Zhang¹, Ingo Steinbach²
¹Central South University, ²Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum.

미세조직1-4 | 09:50

Phase Field Simulation of Microstructural Evolution in Hot-dip Galvanized Coating Layer

Seong-Gyoon Kim¹, Gu-Jin Chung², Hyun-Seok Hwang³, Sang-Heon Kim³, Joo-Youl Huh²
¹Department of Materials Science and Engineering, Kunsan University, ²Department of Materials Science and Engineering, Korea University, ³Technical Research Laboratories, POSCO.

Break Time | 10:10

좌장 : I. Steinbach (ICAMS, Ruhr-Univ. Bochum)

미세조직2-1 | 10:20

A Lattice Boltzman Scheme for Modeling Dendritic Growth and Bubble Formation with Melt Convection in Solidification of Alloys

Dongke Sun¹, Qingyu Zhang², Shuanglin Chen³, Mingfang Zhu²

¹School of Mechanical Engineering, Southeast University, ²School of Materials Science and Engineering, Southeast University, ³Computherm LLC.

미세조직2-2 | 10:40

Simulation of Rafting and Topological Inversion in Ni-base Superalloys

Johannes V. Goerler¹, Muhammad A. Ali¹, Oleg Shchyglo¹, Ingo Steinbach¹
¹Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum.

미세조직2-3 | 11:00

Quantitative 3D Analysis Accelerated by Machine Learning

Yoshitake Adachi¹, Zhilei Wang¹
¹Nagoya University.

미세조직2-4 | 11:20

Orientation Dependence of Dendritic Growth Dynamics in Directional Solidification: A Phase-field Study

Hui Xing¹, Jianyuan Wang¹, Kexin Jin¹
¹Applied Physics Department, Northwestern Polytechnical University.

좌장 : J. Inoue (Univ. Tokyo) and Y. Adachi (Nagoya Univ.)

미세조직3-1 | 13:00

Model-based Prediction of Mechanical Material Behavior Based on 3D Microstructure

Napat Vajragupta¹, Srinivas Kamath¹, Alexander Hartmaier¹
¹Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum.

미세조직3-2 | 13:20

Coupled Crystal Plasticity and Phase-field Model to Simulate Mechanical Properties of Recrystallized Metals

Kyung Moon Min¹, Woojin Jeong¹, Pil-Ryung Cha², Heung Nam Han¹, Seung-Hyun Hong³, Myoung-Gyu Lee¹
¹Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, ²School of Materials Science and Engineering, Kookmin University, ³Research and Development Division, Hyundai Motor Company.

미세조직3-3 | 13:40

Numerical and Experimental Analysis of the Surface Peening Behavior

Yoon Suk Choi¹, Hyunwuk Park¹, Junhyun Kim², Youngsik Pyun³, Amanov Auezhan³
¹School of Materials Science and Engineering, Pusan National University, ²DesignMecha Co. Ltd, ³Department of Mechanical Engineering, Sun Moon University.

미세조직3-4 | 14:00

Crystal Plasticity FE Modeling of Commercially Pure Titanium and Two-phase Titanium Alloys

Ji Hoon Kim¹, Jun Yeol Chae¹, Hyein Chung¹, Eunyoung Kim², Joo-Hee Kang², Chang-Seok Oh³

¹School of Mechanical Engineering, Pusan National University, ²Materials Evaluation and Analysis Department, Korea Institute of Materials Science, ³Materials Data Center, Korea Institute of Materials Science,

미세조직3-5 | 14:20

Mesoscale Simulation of Deformation and Fracture Behaviors of Mg Alloys during Erichsen Test

Shi-Hoon Choi¹, Min-Seong Kim¹, Jaiveer Singh¹

¹Department of Printed Electronics Engineering, Suncheon National University,

Break Time | 14:40

좌장 : L. Zhang (Central South Univ.), D. Sun (Southeast Univ.)

미세조직4-1 | 14:50

Development of New Metallic Database for Steel and Ferro-alloy Applications

In-Ho Jung¹

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

미세조직4-2 | 15:10

Combined Radiotracer and Interdiffusion Simulations and Experiments

Abrahams Katrin¹, D. Gaertner², Oleg Shchyglo¹, S.V. Divinski², Ingo Steinbach¹

¹Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum, ²Institute of Materials Physics, University of Münster,

미세조직4-3 | 15:30

Computational Approach for High-entropy Alloy Design: An Atomistic Simulation and Thermodynamic Calculation

Won-Mi Choi¹, Yong Hee Jo¹, Dong Geun Kim¹, Seok Su Sohn², Sunghak Lee¹, Byeong-Joo Lee¹

¹Department of Materials Science and Engineering, POSTECH, ²Max-Planck-Institut für Eisenforschung,

미세조직4-4 | 15:50

Formation Mechanisms of Conducting Filament in Resistive Switching Memories: A Phase-field Study

Arijit Roy¹, Pil-Ryung Cha¹

¹School of Materials Science and Engineering, Kookmin University,

미세조직4-5 | 16:10

Abnormal Ripening of Al-Li alloy: Phase-field simulation and in-situ TEM observation

Jiwon Park¹, Sung-Dae Kim¹, Su-Hyeon Kim¹, Chang-Seok Oh¹, Reza Darvishi Kamachali^{2,3}, Christian Schwarze², Ingo Steinbach²

¹Korea Institute of Materials Science, ²Max-Planck-Institut für Eisenforschung, ³Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum,

상변태

위원장 : 최병학(강릉원주대학교)

총무간사 : 정우상(한국과학기술연구원)

Room 102, 10월 26일

좌장 : 박준식 (한밭대학교)

상변태1-1 | 09:00

Zr첨가에 따른 Ti-Zr-Ni-Cu 4원 비정질 금속의 산화 거동

김용주¹, 나민영¹, 김우철¹, 김정수¹, 김영성¹, 최윤재¹, 김원태², 김도향¹

¹연세대학교, ²청주대학교,

상변태1-2 | 09:15

in-situ TEM Study on Sublimation of InAs Nanowires

최수지¹, 이정환², 빈민욱³, 권지환², 이승훈*¹, 김영현*²

¹경북대학교, ²한국표준과학연구원, ³과학기술연합대학원,

상변태1-3 | 09:30

결정립 크기 분포 (GSD)를 이용한 microalloyed 중-탄소 강의 동적 재결정 분율의 평가 방법에 관하여

박종근¹, 홍도형¹

¹한국과학기술원 신소재공학과,

상변태1-4 | 09:45

Alloy 690에서 SRO 속도론에 미치는 고용 탄소의 영향

김성수¹, 김영석¹

¹한국원자력연구원,

상변태1-5 | 10:00

EELS Plasmon energy를 이용한 Gamma 및 Delta 수소화물 (hydride) 분석

임상엽¹, 김성수¹, 이경근¹

¹한국원자력연구원 원자력재료기술개발,

Break Time | 10:15

좌장 : 박은수 (서울대학교)

상변태2-1 | 10:25

Kinetic Growth and High Temperature Environment Behavior of the Silicide Coating Layer by Chemical Vapor Coating Layer on Multiphase Mo-Si-B Alloy

최광수¹, 양원철¹, 김선진¹, 백경호², 김영무³, 박준식¹

¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소,

상변태2-2 | 10:40

- Canceled

DED (Direct Energy Deposition) 법으로 제조된 고 탄소 공구강 적층 부의 미세조직, 상변태 거동 및 기계적 성질 평가

남태훈^{1,2}, 손종훈¹, 신선미¹, 박건우¹, 최은영¹, 하경식¹, 이욱진¹, 심도식³, 강남현², 전중배*¹

¹한국생산기술연구원, ²부산대학교 재료공학부, ³한국해양대학교,

상변태2-3 | 10:55

Surface Modification of As-cast TWIP Steel with Low Carbon Steel Laser Metal Deposition

Du rim Eo¹, Sun-Hong Park², Jung-Wook Cho¹

¹POSTECH, ²RIST,

상변태2-4 | 11:10

Superelastic Properties of Highly Porous Ti-based Scaffolds

LI SHUANGLE¹, Yeon-wook Kim², Tae-hyun Nam¹

¹Gyeongsang National University, ²Keimyung University.

상변태2-5 | 11:25

(50-x)Ti-(35+x)Ni-15Cu (at.%) 합금의 상변태거동 및 기계적 특성

심지현¹, 남태현¹

¹경상대학교.

좌장 : 남태현 (경상대학교)

상변태3-1 | 13:00

적외선 급속 균일 가열을 이용한 비정질 합금박판의 Gas Pressurized Molding 공정 개발

김용학¹, 나영상¹, 임가람¹, 최윤석²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교.

상변태3-2 | 13:15

방전 플라스마 소결 온도에 따른 나노결정 Ti-Fe 합금의 합금화 거동

오민석¹, 안병민¹

¹아주대학교.

상변태3-3 | 13:30

Abnormal Tg variation in Zr-rich Zr-TM binary metallic glasses

김경준¹, 류욱하¹, 박은수¹

¹서울대학교 신소재공정연구소 재료공학부.

상변태3-4 | 13:45

Abnormal Mechanical Behavior of NiTi-based Shape Memory Nanoparticles

김지영¹, 김소연¹, 김상준¹, 류욱하², 고원석³, 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부 신소재공정연구소, ²Tohoku University, ³울산대학교 신소재공학부.

상변태3-5 | 14:00

Development of Zr-based Bulk Metallic Glass with Enhanced Plasticity Through Additive Manufacturing and Thermocycling

유근희¹, 박태규¹, 김희준², 최한신², 박은수¹

¹서울대학교, ²한국생산기술연구원.

상변태3-6 | 14:15

저온 템퍼링 공정을 통한 복합재 형상의 고엔트로피 합금 개발

김민석¹, 윤국노¹, 오현석¹, 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부.

에너지재료(재생에너지)

위원장 : 김동환(고려대학교)

총무간사 : 김지현(고려대학교)

Room 103, 10월 26일

좌장 : 박정웅 (가천대학교)

에너지1-1 | 09:00

Enhancing the Coercivity of Nd-Fe-B Sintered Magnets with Tb-diffused Microstructures by Consecutive Heat Treatment

Sumin Kim¹, Hyun-Sook Lee¹, Donghwan Kim², Jong Wook Roh³, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University, ²Star Group, ³Kyungpook National University.

에너지1-2 | 09:15

촉매 형상에 따른 SMR 반응으로부터의 수소 생산성 연구

장대환¹, 정우철¹, 김민준¹, 안지혜², 박상규², 조성종², 공만식¹

¹고등기술연구원, ²(주)에코프로.

에너지1-3 | 09:30

Flexible Single-Electrode Triboelectric Nanogenerator for Wearable Devices

유주현¹, 김승록¹, 박진우¹

¹연세대학교 공과대학 신소재공학과.

에너지1-4 | 09:45

소듐/황 전지용 플렉서블 황-폴리아크릴로니트릴 복합물 양극의 전기 화학적 특성

조재준¹, 김희훈¹, 김창현¹, 박진우¹, 차승환¹, 최선화², 김기원¹, 안주현¹, 조권구¹, 안효준¹

¹경상대학교나노신소재융합공학과, ²한국전기연구원.

에너지1-5 | 10:00

베타알루미늄 고체전해질 분리막과 황/탄소 복합물 양극을 이용한 상온형 소듐/황 배터리의 사이클 특성

여혜원¹, 김창현¹, 김희훈¹, Milan K. Sadan¹, 김익표¹, 안주현¹, 조권구¹, 김기원¹, 안효준¹

¹경상대학교 나노신소재융합공학과.

에너지1-6 | 10:15

Isotropic and Ultrafast Sodiation Behavior of Sn Crystals

변영운¹, 최용석¹, 안재평², 이재철¹

¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원.

좌장 : 여승환 (한국원자력연구소)

에너지2-1 | 10:40

Ferroelectric Materials: A Novel Pathway for Efficient Solar Cell

박정웅¹, 김상모¹, N. T. Nguyen¹, 김마로¹, 설대희², 김윤석²

¹가천대학교, ²성균관대학교.

에너지2-2 | 10:55

Electronic and Mechanistic Origins of the Superionic Conductivity of Sulfide-based Solid Electrolytes

최용석¹, 이재철¹

¹고려대학교.

에너지2-3 | 11:10

Observation of the Solid Electrolyte Interface (SEI) and Measurement of Its Electric Properties

Jun-Hyoung Park¹, Yong-Seok Choi¹, Hyung Cheoul Shim², Jae-Pyoung Ahn³, Jae-Chul Lee¹

¹Korea University, ²Korea Institute of Machinery and Materials, ³Korea Institute of Science and Technology.

에너지2-4 | 11:25

Spontaneous and Oriented Assembly of Natural Photosystems on Nitrogen-doped Carbon Nanotubes for Efficient Light Harvesting

Insu Kim¹, Jeonga Kim², Moon Young Yang¹, Hwiseok Jun², Nyeongbeen Jo¹, Gil Yong Lee², Sang Ouk Kim¹, Yoon Sung Nam²

¹Department of Materials Science and Engineering, ²KAIST.

에너지2-5 | 11:40

Aluminum-Air batteries with Ultrahigh Energy Density

Sangjin Choi¹, Wooyoung Shim²

¹Department of Material Science and Engineering, ²Yonsei University.

좌장 : 박찬진 (전남대학교)

에너지3-1 | 13:00

CeO_x/CoO_x Electrocatalyst for the Oxygen Evolution Reaction

JUNHYUK KIM¹, Charles Buddie Mullins²

¹RIST, ²University of Texas at Austin.

에너지3-2 | 13:15

Nanoscale Spatiodynamics of Lithium-ion Battery Primary

임종우¹

¹서울대학교.

에너지3-3 | 13:30

Sparked Graphene Oxide Sheet for Wetting Layer of a Na-BASE Battery

Dana Jin¹, Sori Son², Yoon-Cheol Park³, Keeyoung Jung⁴, Wooyoung Shim³

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

³Materials Research Division, ⁴RIST.

에너지3-4 | 13:45

셀룰로오스 나노크리스탈을 이용한 다공성 티타니아 박막의 습/건식 광 촉매 소재로의 응용 및 특성 향상

윤용희¹, 양기욱¹, 김소영¹, 정철환¹, 이원희¹

¹세종대학교 나노신소재공학부.

에너지3-5 | 14:00

Nb₂O₅ 나노입자 네트워크를 이용한 고성능 리튬저장물질 합성 및 전기 화학적 특성

김경배¹, 김재현¹

¹국민대학교 신소재공학부.

타이타늄

위원장 : 오명훈(금오공과대학교)

총무간사 : 염종책(재료연구소), 노윤경(동아특수금속)

Room 104, 10월 26일

좌장 : 홍재근 (재료연구소)

타이타늄1-1 | 09:00

항공용 타이타늄 소재 및 부품 기술개발 현황

염종책¹, 박찬희¹, 이상원¹, 홍재근¹

¹한국 기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄1-2 | 09:15

Ti-6Al-4V 합금 박판 제조 공정 연구

최미선¹, 이현석¹

¹포항산업과학연구원.

타이타늄1-3 | 09:30

준안정 Ti-Al-Fe 합금의 인장거동

이상원¹, 박찬희¹, 홍재근¹, 염종책¹

¹한국 기계연구원 부설 재료연구소.

타이타늄1-4 | 09:45

다단압연 공정을 통해 만들어진 초미세립 Ti-6Al-4V 합금의 저온 초소성 특성

김건형¹, 이용문¹, 최성우², 홍재근², 이종수¹

¹포항공과대학교, ²재료연구소.

타이타늄1-5 | 10:00

단일층상조직 및 혼합층상조직으로 구성된 Ti-6Al-4V 합금의 콜로니 크기에 대한 인장 및 인장파괴 특성

이장호¹, Yan Chong¹, Nobuhiro Tsuji¹

¹Kyoto University.

Break Time | 10:15

좌장 : 강정신 (한국지질자원연구원, UST)

타이타늄2-1 | 10:25

일메나이트광을 활용한 합성 루타일 제조 및 반응 메커니즘 규명에 관한 연구

김진영¹, 이미선¹, 정은진¹

¹포항산업과학연구원.

타이타늄2-2 | 10:40

일메나이트 광의 염화반응 중 분산판 종류에 따른 유동 특성 연구

이미선¹, 김진영¹, 정은진¹

¹포항산업과학연구원.

타이타늄2-3 | 10:55

TiCl₄의 MW 플라즈마 수소환원에 의한 Ti 입상금속 제조에 관한 기초 연구

이목영¹, 이경환¹, 이도엽¹

¹포항산업과학연구원.

타이타늄2-4 | 11:10

Ilmenite의 염화반응 속도에 미치는 TiO₂ 생성물층 내 기공 특성의 영향

이소영¹, 박성훈¹, 손호상¹

¹경북대학교.

타이타늄2-5 | 11:25

유도결합 플라즈마를 이용한 TiCl₄으로 부터 Ti분말의 합성에 대한 연구

박성훈¹, 이소영¹, 김영준¹, 손호상¹

¹경북대학교신소재공학부.

Break Time | 11:40

좌장 : 박찬희 (재료연구소)

타이타늄3-1 | 13:00

Study on Oxygen-rich Layer formation on Surface of Commercially Pure Titanium

이현석¹

¹포항산업과학연구원(RIST).

타이타늄3-2 | 13:15

비정질로부터 결정화 된 Ti-Ni계 합금의 기계적 특성 평가

김영성¹, 김우철¹, 김정수¹, 김용주¹, 김원태², 김도향¹

¹연세대학교, ²청주대학교.

타이타늄3-3 | 13:30

Ti-Ni-Cu Metallic glass에서 Zr 첨가에 따른 형성능, 결정화거동, 형상 기억 특성 변화

김우철¹, 김영성¹, 김용주¹, 김정수¹, 김원태², 김도향¹

¹연세대학교, ²청주대학교

타이타늄3-4 | 13:45

Electrorefining of Titanium from CuTi Alloy in Fluoride Molten Salt

리블라디슬라브¹, 유병욱², 이영준³, Hayk Nersisyan³, 이종현¹

¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 에너지과학기술대학원, ³충남대학교 급속응고신소재연구소

타이타늄3-5 | 14:00

Global and Local Strain Rate Sensitivity of Commercially Pure Titanium with Different Oxygen Contents

이민수¹, 현용택², 전태성¹

¹인천대학교, ²재료연구소

Break Time | 14:15

좌장 : 김정환(국립한밭대학교)

타이타늄4-1 | 14:25

가스터빈엔진 Bowed Rotor 현상과 압축기 Blade 손상사례

김남국¹, 손경숙¹, 양성운¹, 전병철¹, 배중우¹

¹공군 항공기술연구소

타이타늄4-2 | 14:40

타이타늄 스크랩을 활용한 저산소 타이타늄 2원계 합금 분말의 제조

김태현¹, 오정민¹, 임재원¹

¹전북대학교 신소재공학부

타이타늄4-3 | 14:55

타이타늄 클래드판재의 부식 특성 및 기계적 특성 분석

이동근¹, 박양균¹, 윤창석¹, 이상로²

¹순천대학교, ²에이원ENG

타이타늄4-4 | 15:10

수소 플라스마 아크 용해에 의한 TiAl 혼합체 스크랩의 정련 효과

이도성¹, 임재원¹, 오정민¹

¹전북대학교 신소재공학부

제20회 피로 및 파괴 심포지엄

위원장 : 권용남(재료연구소)

총무간사 : 성효경(경상대학교), 이동준(재료연구소)

Room 105, 10월 26일

좌장 : 이동준 (재료연구소)

피로1-1 | 09:00

NDI Demonstration Program for Initial Flaw Detection Capability for Damage Tolerance Analysis

Young Hwan Jang¹, Yong Nam Kwon², Yoo In Jeong¹

¹Korea Aerospace Industries, LTD., ²Korea Institute of Materials Science

피로1-2 | 09:20

Metallic Materials with Outstanding Fracture Toughness Values at Cryogenic Temperatures

박준혁¹, 이관호¹, 조용희², 손석수³, 이성학², 성효경¹, 김상식¹

¹경상대학교, ²포항공과대학교, ³Max Planck Institute for Iron Research

피로1-3 | 09:40

Ti-6Al-4V 합금의 피로 및 피로균열전파 거동

안수진¹, 박상후¹, 김수민¹, 이다은¹, 김상식¹

¹나노신소재융합공학과, 경상대학교

피로1-4 | 10:00

항공기 구조물 조립 공정을 고려한 피로수명 평가 방법 연구

이철주¹, 구가은¹, 정근완¹, 서창보¹

한국항공우주산업주식회사

Break Time | 10:20

좌장 : 성효경 (경상대학교)

피로2-1 | 10:30

피로 환경에서 크랙 생성 및 성장 속도 예측 사례

권용남¹, 이동준¹, 박태오¹

¹재료연구소 항공우주재료연구센터

피로2-2 | 10:50

FeMnAlC 경량철강 주조합금의 Si 첨가에 따른 원자단위 변형거동 고찰

홍현욱¹, 김치원¹, 이재현¹, 이봉호², 장재훈³, 문준오³, 이창훈³, 박성준³, 이영주⁴

¹창원대 신소재공학부, ²대구경북과학기술원 중앙기기센터, ³재료연구소 철강 재료연구실, ⁴포항산업과학연구원 신금속연구그룹

피로2-3 | 11:10

Microstructural Factors Related to Fracture in Lightweight Steels with Enhanced Corrosion Property

Chang-Hoon Lee¹, Kyeong-Won Kim¹, Sung-Dae Kim¹, Heon-Young Ha¹, Jae Hoon Jang¹, Joonoh Moon¹, Seong-Jun Park¹, Tae-Ho Lee¹, Young-Joo Lee²

¹Korea Institute of Materials Science, ²Research Institute of Industrial Science and Technology

피로2-4 | 11:30

가스터빈엔진 Bowed Rotor 현상과 압축기 Blade 손상사례

김남국¹, 손경숙¹, 전병철¹, 배중우¹

¹공군 항공기술연구소

Break Time | 12:00

좌장 : 장영환 (한국항공우주산업주식회사)

피로3-1 | 13:30

초청강연

Histories of Fatigue, Creep, Fracture, Cyclic Creep, and Creep-fatigue Interaction. And the Introduction of the Normalized Life Prediction Model Under Creep-fatigue Interaction Conditions

Soo Woo Nam¹

¹KAIST

피로3-2 | 14:00

항공용 금속소재의 파괴인성 거동 연구

이동준¹, 김대용¹, 권용남¹, 전현하², 장영환²

¹재료연구소, ²한국항공우주산업주식회사

피로3-3 | 14:20

Carbon-Epoxy UD Tape 피로 수명에 미치는 섬유상 배열의 영향

심성용¹, 정대호¹, 정유인¹, 윤종호¹

¹M&P팀, 한국항공우주산업주식회사.

피로3-4 | 14:40

Uncertainty Quantification in the Loading Boundary Condition of Fatigue Crack Growth Using Bayesian Network Model

Dooyoul Lee¹, Hwasoo Kim¹, Minsaeng Kim¹, Joongwoo Bae¹

¹Aero Technology Research Institute, Republic of Korea Air Force.

Break Time | 15:00

좌장 : 이두열 (공군 항공기술연구소)

피로4-1 | 15:10

초청강연

Structural Integrity Issues in Military Aircraft

Hongchul Lee¹

¹Maintenance Group, The 20th Tactical Fighter Wing, Republic of Korea Air Force.

피로4-2 | 15:40

Atmospheric Corrosion Monitoring of Aircraft Structural Alloys at Air Force Bases

Minsaeng Kim¹, Dooyoul Lee¹, Jihoon Wu¹, Sungryul Park¹, Joongwoo Bae¹

¹Aero Technology Research Institute, Republic of Korea Air Force.

피로4-3 | 16:00

비전통자원 대응 국내외 자원 플랜트 기술개발 동향

김영주¹, 우남섭¹, 한상목¹, 하지호¹

¹한국지질자원연구원 탐사시스템연구실.

피로4-4 | 16:20

항공기 조립품의 최적 기계적 체결을 위한 토크(Torque)와 초기응력(Prestress) 상관관계 연구

정유인¹

¹M&P팀, 한국항공우주산업주식회사.

마그네슘

위원장 : 유봉선(재료연구소)
총무간사 : 박성혁(경북대학교)
Room 106, 10월 26일

좌장 : 최시훈 (순천대학교)

마그네슘1-1 | 09:00

초청강연

Development Strategies of Next Generation Magnesium Alloy Sheets

Dietmar Letzig¹, Jose Victoria Hernandez¹, Jan Bohlen¹, Karl-Ulrich Kainer¹, Gerrit Kurz², Sangbong Yi¹

¹Helmholtz-Zentrum Geesthacht,

마그네슘1-2 | 09:20

초청강연

Opportunities and Challenges with Magnesium for the Lightweighting

강민철¹

¹한국마그네슘기술연구조합.

마그네슘1-3 | 09:40

초청강연

북한산 마그네사이트로부터 고순도 마그네슘 금속 제조

강정신^{1,2}, 이태혁¹, 박형규¹, 조연철¹, 이진영^{1,2}

¹한국지질자원연구원, ²과학기술연합대학원대학교.

마그네슘1-4 | 10:00

Studying the Deformation Behavior of Mg-2wt.%Zn Alloy Under Loading-unloading by in situ Neutron Diffraction and Polycrystal Plasticity Modeling

Huai Wang¹, Soo Yeol Lee¹, Michael A. Gharghour², Huamiao Wang³

¹Chungnam National University, ²Canadian Nuclear Laboratories,

³Shanghai Jiao Tong University.

마그네슘1-5 | 10:15

결정립 미세화가 Mg-Al-Zn 합금의 석출 거동에 미치는 영향

김상훈¹, 이종언¹, 김예진¹, 배준호², 박성혁¹

¹경북대학교, ²재료연구소.

Break Time | 10:30

좌장 : 임창동 (재료연구소)

마그네슘2-1 | 10:40

초청강연

Surface Treatment Technologies of Mg Alloys for Corrosion Protection

문성모¹

¹재료연구소.

마그네슘2-2 | 11:00

초청강연

전기화학 포텐셜 동기화를 이용한 AZ계 고내식 마그네슘 합금 개발

박재신¹, 추동균¹, 박우진¹, 김혜정¹, 채영욱², 김재중², 박성수³, 차필령⁴

¹포항산업과학연구원, ²포스코, ³울산과학기술원, ⁴국민대학교.

마그네슘2-3 | 11:20

AI 함량에 따른 AZXW3100, 6100, 9100계 압출재 부식거동

김종일¹, 은녹하², 김영민³, 김천중¹, 유봉선³

¹충남대학교 (CNU), ²과학기술연합대학원대학교 (UST), ³재료연구소 (KIMS).

마그네슘2-4 | 11:20

The Control of Iron Content by Alloying Elements and Its Effect on Corrosion Behaviour of Magnesium Alloys

nguyen ngoc ha¹, Jong Il Kim², Jun Ho Bae³, Young Min Kim^{1,3}, Bong Sun You^{1,3}

¹과학기술연합대학원대학교, ²충남대학교, ³재료연구소.

마그네슘2-5 | 11:50

고순도 pure Mg의 부식 거동에 미치는 가공 이력의 영향

우상규¹, 서병찬², 김남룡¹, 김하식², 임창동³

¹과학기술연합대학원대학교, ²재료연구소, ³재료연구소

Break Time | 12:05

좌장 : 김영민 (재료연구소)

마그네슘3-1 | 13:00 초청강연

The Origin of TD-split Texture Development in Mg Alloy Sheets
서병찬¹, 김재혁², 김영민¹, 김낙준²
¹재료연구소, ²포스텍.

마그네슘3-2 | 13:20 초청강연

Hot Compressive Behaviors and Processing Maps of the Cast and Extruded Mg-Zn-Y Alloys with Different Amounts of Icosahedral Phases
곽태양¹, 김우진¹
¹홍익대학교.

마그네슘3-3 | 13:40 초청강연

An Investigation of Detwinning Behavior in E-form Mg Alloy Deformed by In-plane Compression Using In-situ Tensile Test
최시훈¹, 강주희², Jaiveer Singh¹, 김민성¹
¹순천대학교, ²재료연구소.

마그네슘3-4 | 14:00

{10-12} twinning을 이용한 AZ31 압연판재의 굽힘성 향상
이종연¹, 김예진¹, 김상훈¹, 박성혁¹
¹경북대학교.

마그네슘3-5 | 14:15

불균일한 결정립 크기가 마그네슘 압연 판재의 쌍정 거동과 어닐링 거동에 미치는 영향
김예진¹, 이종연¹, 김상훈¹, 박성혁¹
¹경북대학교.

마그네슘3-6 | 14:30

Effect of Secondary Phase Particles on the Tensile Behavior of Mg-Zn-Ca alloy
백승미¹, 박형근¹, 윤재익¹, 정재면¹, 문지현¹, 이석규¹, 김재혁², 이성학¹, 김낙준², 김형섭¹
¹포항공과대학교, ²포항공과대학교 철강대학원.

마그네슘3-7 | 14:45

Sn 첨가가 Mg-Al-Zn 압출재의 기계적 특성 및 항복 이방성에 미치는 영향
배상우¹, 김상훈¹, 이종연¹, 박성혁¹
¹경북대학교.

Break Time | 15:00

좌장 : 박성혁 (경북대학교)

마그네슘4-1 | 15:10 초청강연

Magnesium Joining Technology for Multi-Material application in Lightweight Vehicle
이목영¹, 이도엽¹, 김홍주¹
¹포항산업과학연구원.

마그네슘4-2 | 15:30 초청강연

고내식 난연 마그네슘 합금의 수송기기 적용
서종식¹, 김영민¹, 김하식¹, 유봉선¹
¹재료연구소.

마그네슘4-3 | 15:50 초청강연

The Effect of Sn and Ca Addition on Mechanical Properties and Ignition Behaviour of Magnesium Alloys Subjected to Direct Extrusion Process
김영민^{1,2}, 고요한², 최재옥³, 서종식¹, 유봉선^{1,2}
¹재료연구소, ²과학기술연합대학원대학교, ³경북대학교.

마그네슘4-4 | 16:10

{10-12} Twinning Mechanisms in Magnesium Studied by In-situ Transmission Electron Microscopy
Jinkyung Kim¹, Jiwon Jeong¹, Sang Ho Oh¹
¹Sungkyunkwan University.

마그네슘4-5 | 16:25

Study of the Mechanical Properties and Formability of Binary Mg-xCa/RE alloys
채영욱¹, 박준호¹, 민윤기¹, 김재중¹, Jaiveer Singh², 김민성², 이성음², 최시훈²
¹(주)POSCO, ²국립순천대학교.

가공-용접 및 접합

위원장 : 박익민(부산대학교)
총무간사 : 이영선(재료연구소), 최윤석(부산대학교), 박영도(동의대학교)
Room 108, 10월 26일

좌장 : 박영도 (동의대학교)

용접1-1 | 09:00 초청강연

극저온용 고엔트로피합금의 용접기술 및 용접부 특성
남현빈¹, 박상원¹, 이정훈¹, 강남현¹, 조경목¹, 나영상², 김형섭³
¹부산대학교, ²한국기계연구원 부설 재료연구소, ³POSTECH.

용접1-2 | 09:25

GMAW 용접시 용접이더 표면 코팅 재료 변화에 따른 아크 특성 변화에 관한 연구
김재성¹, 이보영²
¹고등기술연구원, ²한국항공대학교.

용접1-3 | 09:40

Effect of Ti on the Toughness of Newly Developed Fire and Seismic Resistant Steel
RAMACHANDRAN DILEEP CHANDRAN¹, Siva Prasad Murugan¹, Jun Oh Moon², Chang Hoon Lee², Seung Jin Jung³, Sang Hoon Jeong³, Yeong-Do Park^{*1}
¹Dong-Eui University, ²KIMS, ³Chosun Welding.

용접1-4 | 09:55

TIG 용접용 텅스텐 전극봉 평가 방법에 대한 연구
이희근¹, 이성형², 강정윤²
¹대우조선해양 산업기술연구소, ²부산대학교 재료공학부.

용접1-5 | 10:10

조선 해양 선급 강재용 Shop primer 용접성 시험
정성욱¹, 김대경¹, 현정훈¹, 박종민¹, 한기형¹
¹대우조선해양.

좌장 : 강남현 (부산대학교)

용접2-1 | 10:35 초청강연

Prediction of Mechanical Responses of Friction Stir Welded Aluminum Alloy 6063 through Experimental Measurement of Welding Heat-input

Yutaka S. Sato¹, Tianbo Zhao¹, Hiromichi T. Fujii¹, Hiroyuki Kokawa¹, Kazuhiro Ito²,

¹Department of Materials Processing Tohoku University, ²Joining and Welding Research Institute Osaka University.

용접2-2 | 11:00

초미세립 타이타늄 박판의 마찰교반용접 특성

김성욱¹, 임성록¹, 천창근¹

¹포항산업과학연구원(RIST).

용접2-3 | 11:15

Mechanical Properties and Microstructural Evolution During Post Weld Heat Treatment of Friction Stir Welded Beryllium-copper Alloy Joints

Kwang-jin Lee¹, Young-bin Lim¹

¹Korea Institute of Industrial Technology.

용접2-4 | 11:30

Dealloying of a Ag-Cu-Ti brazing alloy in liquid sodium (Na)

허희준¹, 박윤철², 강정윤¹, 정기영²

¹부산대학교, ²포항산업과학연구원 (RIST).

용접2-5 | 11:45

Ni foam-SS304 간 이중 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 접합 온도 및 시간의 영향

허희준¹, 정현임¹, 김경찬², 김대연², 문찬희², 정기영³, 강정윤¹

¹부산대학교 재료공학부, ²부산대학교 기계공학과, ³포항산업과학연구원 (RIST).

좌장 : 박영도 (동의대학교)

용접3-1 | 13:00

Dissimilar Additive Manufacturing of 17-4PH Stainless Steel on Ti-6Al-4V Using Vanadium Interlayer

나나¹, Jeoung Han Kim^{*1}, Sanghoon Noh², Chang-Seok Oh³

¹국립한밭대학교, ²Nuclear Materials Division, ³Korea Atomic Energy Research Institute.

용접3-2 | 13:15

PBF (Powder bed fusion) 공정으로 제조된 Alloy 718 과 TiAl 합금 Single track의 3D 표면 형상 분석

이슬비¹, 김재웅¹, 홍재근², 최윤석¹

¹부산대학교 재료공학부, ²재료연구소 타이타늄연구실.

용접3-3 | 13:30

Zr-Ti계 삽입재의 조성제어에 따른 Ti/SUS 접합부의 미세조직 및 기계적 특성

박진수¹, 이진규¹

¹공주대학교 신소재공학부.

용접3-4 | 13:45

Parametric Analysis of Melt Pool Dimensions for 3D Printed Metal Lines in Selective Laser Melting Process with Pulse Width Modulation

Seungmuk Ji¹, Young-Shik Yun¹, Jiwhan Kim¹, Deok-Jin Jeon¹, Suk-Won Jin², Sung-Woo Bae², Jong-Souk Yeo¹

¹Yonsei University, ²Sentrol Co. LTD.

고엔트로피합금

위원장 : 김형섭(포항공과대학교)

총무간사 : 박노근(영남대학교)

Room 204, 10월 26일

좌장 : 설재복 (포항공과대학교)

고엔1-1 | 09:00

자동차용 고내열 하이엔트로피 합금 개발

민병호¹, 이태규¹, 최경식¹, 김기범²

¹현대자동차 신소재연구팀, ²세종대학교.

고엔1-2 | 09:15

분말 공정으로 제조된 AlCoCrFeNi 기반 고엔트로피 합금의 첨가원소 (Cu, Mg, Mn, Ti, Zn)에 따른 합금화 및 상분리 거동

오민철¹, 이한성¹, 안병민¹

¹아주대학교.

고엔1-3 | 09:30

Al_{0.5}CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금 지지 나노 복합재의 개발 및 카본나노튜브 함량에 따른 기계적 거동 분석

남승진¹, 김재현², 신민철², 양인규², 오윤석², 안민기², 황준연³, 최현주¹

¹국민대학교 신소재공학부, ²서울과학영재고등학교, ³한국과학기술연구원 복합소재기술연구소.

고엔1-4 | 09:45

A Study on Microstructure and Magnetic Properties of AlFeCoCrMn High Entropy Alloys Combined with DFT Calculation

Chanwon Jung¹, Ku Kang¹, Amalraj Marshal², Konda Gokuldoss Pradeep², Jae-Bok Seol³, Hyuck Mo Lee¹, Pyuck-Pa Choi¹

¹KAIST, ²RWTH Aachen, ³NINT.

좌장 : 박노근 (영남대학교)

고엔2-1 | 10:00

Coarse grained CrMnFeCoNi 고 엔트로피 합금의 고주기 피로 및 인장 변형 거동

김영균¹, 함기수¹, 김형섭², 이기만¹

¹인하대학교 신소재공학과, ²포항공과대학교 신소재공학과.

고엔2-2 | 10:15

이온 조사 하에서 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금 내 석출물의 안정성 관찰

김진연¹, 김준곤², Sung-il Baek³, Dieter Isheim³, David N. Seidman³, 장혜정², 박은수¹

¹서울대학교 신소재공동연구소, ²한국과학기술연구원 특성분석센터, ³Center for Atom-Probe Tomography (NUCAPT), Northwestern University.

고엔2-3 | 10:30

FCC 하이엔트로피 합금의 변형 기구 제어

예정원¹, 윤국노¹, 김상준¹, 오현석¹, 박은수¹

¹서울대학교.

고엔2-4 | 10:45

고압력 비틀림 공정을 가한 석출경화형 고엔트로피합금의 시간의존적 변형 거동

박정민¹, 이동현¹, 양광휘¹, Zhaoping Lu², 서진유³, 장재일¹

¹한양대학교 신소재공학부, ²University of Science and Technology Beijing,

³한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

고엔2-5 | 11:00

고엔트로피합금의 수소 확산 계수 측정 및 확산 거동 분석

이정훈¹, 박철호¹, 조경목¹, 강남현¹

¹부산대학교 공대 재료공학과.

나노소재

위원장 : 류호준(한국전자통신연구원)

총무간사 : 신병하(한국과학기술원)

Room 204, 10월 26일

좌장 : 오지훈 (한국과학기술원)

AW-3 | 13:00

전자재료정보상 수상기념강연

Recent Progresses in Multi-value Logic Technology

Byoung Hun Lee¹

¹GIST.

나노1-1 | 13:25

Plasmonic Nano-color Formation of Al₂O₃-Au Thin Film on Stainless Steel Substrate

Md. Abdur Rahman¹, Sivagnanam Muthaiab K. Vivek¹, Kwang Deok Choi¹, In Uk Baek¹, Sang Hoon Kim¹, Seung Yong Lee¹, So Hye Cho¹, Ji Young Byun¹, Yun Hee Kim¹

¹Korea Institute of Science and Technology (KIST).

나노1-2 | 13:40

- Canceled

Doping Effect on the Sensing Properties of ZnO Nanoparticles for Detection of Acetone as a Biomarker

Ran Yoo¹, Yunji Park², Hyun-Sook Lee³, Wooyoung Lee¹

¹Department of Materials and Engineering, ²Yonsei University, ³Korea,

나노1-3 | 13:55

Bio-inspired Synthesis of Gold Nanodendrites Using Catechol-grafted Polymer Templates

Kyeong Rak Kim¹, Yoon Sung Nam²

¹KAIST, ²KAIST / KAIST Institute for nanocentury.

나노1-4 | 14:10

Enhanced Isoprene Sensing Properties of ZnO Nanoparticles

Yunji Park¹, Ran Yoo¹, Seungryol Park¹, Jun Ho Lee¹, Hwaebong Jung¹, Hyun-Sook Lee¹, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University.

나노1-5 | 14:25

Real-time Detection of 2-CEES by Al-doped ZnO Quantum dot Sensor Coupled with a Packed Column for Gas Chromatography

Jun Ho Lee¹, Hwaebong Jung¹, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University.

나노1-6 | 14:40

Development of Highly Selective Breath Acetone Analyzer Based on ZnO Quantum Dots Integrated with Miniaturized Gas Chromatographic Column

Hwaebong Jung¹, Wonhee Cho², Ran Yoo¹, Hyun-sook Lee¹, Yong-Sahm Choe³, Justin Y. Jeon², Wooyoung Lee¹

¹연세대학교 신소재공학과, ²연세대학교 스포츠응용산업학과, ³(주)아이센랩.

Break Time | 14:55

좌장 : 정우철 (한국과학기술원)

나노2-1 | 15:05

Tunable Photocurrents Based on Single-walled Carbon Nanotube-silicon Junctions for Optical Sensors

Young Lae Kim¹

¹Gangneung-Wonju National University.

나노2-2 | 15:20

Laser-Micro-Drilled Edge Enhancement of Graphene for Micro-Supercapacitors with Ultrahigh Capacitance and Energy Density

유정준¹, 변세기², 이찬우¹, 유충열¹, 유진³

¹한국에너지기술연구원, ²한국표준과학연구원, ³KAIST.

나노2-3 | 15:35

Enhanced Hydrogen Sensing Properties of Pd-coated SnO₂ Nanorod Arrays in Air and Transformer Oil

Min Hyung Kim¹, Byungjin Jang¹, Wooyoung Lee¹

¹Yonsei University.

나노2-4 | 15:50

3D Atomistic Tomography of W-based Alloyed 2D Transition Metal Dichalcogenides

Juyeon Seo¹, Kyo-Jin Hwang¹, Yoon-Jun Kim¹, Myung Gwan Hahm¹

¹Inha University.

나노2-5 | 16:05

상분리 하이엔트로피 합금에서 전기화학적 부식을 통한 나노다공성 하이엔트로피 합금 제조

공경호¹, 현재익¹, 김원태², 김도향¹

¹연세대학교, ²청주대학교.

복합재료

위원장 : 이상관(재료연구소)

총무간사 : 이상복(재료연구소)

Room 205, 10월 26일

좌장 : 최현주 (국민대학교)

복합1-1 | 09:00

In-situ TEM Mechanical Testing of a Natural Nanocomposite Showing Negative Poisson's Ratio

Jin-Kyung Kim¹, Jinsol Seo¹, Jiwon Jeong¹, Jeehun Jeong¹, Zhen Wang¹, Sang Ho Oh¹
¹Sungkyunkwan University.

복합1-2 | 09:15

STS304/Al1050/STS439 clad 소재의 열처리에 의한 영향 분석 및 전산 모사 해석

김용근¹, 홍순익²

¹충남대학교신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과.

복합1-3 | 09:30

티탄산칼륨 whisker의 형상 및 크기에 따른 마찰재에서의 특성 연구

박수열¹, 변규범¹, 박홍규¹

¹새론오토모티브.

복합1-4 | 09:45

단면적 감소에 따른 in-situ MgB₂초전도 선재의 Core 밀도 및 barrier(Ti)/sheath(Cu)의 미세조직 거동

박상용¹, 현승균¹, 황덕영², 이종범³, 정하국³

¹인하대학교, ²KAT, ³한국생산기술연구원.

복합1-5 | 10:00

Effect of Nickel-coated Hollow Glass Microspheres on Microstructure and Mechanical Properties of Iron Matrix Syntactic Foams

조익제¹, 박용호¹

¹부산대학교.

복합1-6 | 10:15

저온분사와 볼 밀링 공정을 이용한 Al-MoO₃ 코팅층 제작 및 반응성 향상

이승태¹, 김재익¹, 이창희¹

¹한양대학교 신소재공학과.

좌장 : 이상복 (재료연구소)

복합2-1 | 10:30

Mechanical and Thermal Properties of Nanocarbon-reinforced Aluminum Matrix Composites at Elevated Temperatures

신세은¹, 배동현²

¹순천대학교신소재공학과, ²연세대학교 신소재공학과.

복합2-2 | 10:45

용탕교반 공정으로 제조된 B4C/Al6061복합재료의 강화재 체적율에 따른 기계적 특성 및 열중성자 흡수능 분석

이동현¹, 박현재¹, 조일국¹, 조승찬¹, 이상관¹, 이상복¹, 김양도²

¹재료연구소(KIMS), ²부산대학교.

복합2-3 | 11:00

용융가압침침법으로 제조된 TiC 입자 강화 Stainless Steel 복합재료의 내산화 특성

이영환¹, 고성민¹, 박현재¹, 조승찬¹, 조일국¹, 이상관¹, 김양도², 이상복¹

¹재료연구소 복합재료연구본부, ²부산대학교 재료공학과.

복합2-4 | 11:15

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 인장파괴 특성 및 강화기여 고찰

박성주¹, 조승찬², 이상관², 김대하³, 홍현욱³

¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 복합재료연구본부, ³대화알로이테크.

복합2-5 | 11:30

3차원 그래핀으로 강화된 Cu 나노 용 · 복합재료 합성과 응용

최병상¹

¹조선대학교 금속재료공학과.

복합2-6 | 11:45

Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites

손유한¹, 한준현¹

¹충남대학교 신소재공학과.

복합2-7 | 12:00

Invar-Cu 복합재료를 통한 저열팽창/고열전도 소재 개발

정홍락¹, 정선우¹, 이재연¹, 윤국노¹, 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부.

제 1회 고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄 I

위원장: 이준호 교수(고려대학교)

실무위원: 이경우 교수(서울대학교),

손일 교수(연세대학교), 박주현 교수(한양대학교),

한준현 교수(충남대학교), 이동근 교수(순천대학교)

컨퍼런스홀, 10월 26일

좌장 : 박주현 (한양대학교)

고부가1-1 | 08:00

초청 강연

고부가 철강 금속소재 전문인력 양성사업 수도권 거점센터

이준호^{1,2}

¹고려대학교 신소재공학부, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 수도권 거점센터.

고부가1-2 | 08:20

함 ZnO 소결광에서 염기도 및 Al₂O₃ 농도에 따른 Zn의 거동 평가

박준우¹, 박수근¹, 이준호¹

¹고려대학교 신소재공학과.

고부가1-3 | 08:30

제선 공정 중 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 액상 슬래그 형성에 미치는 CaO 미세구조의 영향

곽수근¹, 이준호¹

¹고려대학교 신소재공학과.

고부가1-4 | 08:40

함 수소 가스 취입 및 장입물 조성 변화에 따른 슬래그 재화 경로 및 점성 평가

김지원¹, 민동준¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가1-5 | 08:50

망간 산화물의 전해제련을 위한 용융 산화물 전해질 개발

김중석¹, 이경우¹

¹서울대학교 신소재공학부.

고부가1-6 | 09:00

고온 건식법을 활용한 폐 리튬이온 배터리로부터의 유기금속 재활용

권오성¹, 손일¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가1-7 | 09:10

제강 공정 중 V 수율 향상을 위한 V의 열역학적 특성 조사 - Pt-V 합금에서 V의 활동도 평가

박동휘¹, 정지석¹, 심상철¹, 이준호¹

¹고려대학교 신소재공학과, ²고려대학교 공학기술연구소.

고부가1-8 | 09:20

래들 슬래그 중 CaF₂ 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰

한진성¹, 박주현¹

¹한양대학교 재료화학공학과.

고부가1-9 | 09:30

합금원소가 고Cr STS강의 질소 용해도 및 흡질 속도에 미치는 영향 - Cr과 Al의 농도가 질소용해도에 동시에 미치는 영향

손해술¹, 도경호¹, 김진우¹, 박정수¹, 빅종진¹

¹한양대학교 재료화학공학과.

고부가1-10 | 09:40

연속주조 공정에서 아포정강의 상변화 거동 분석

조준현¹, 이경우¹

¹서울대학교 신소재공학부.

고부가1-11 | 09:50

고알루미늄 및 고타이탄 강의 연속 주조를 위한 CaO-Al₂O₃ 계 몰드 플럭스의 결정화 거동에 관한 연구 - 알칼리 금속 산화물의 영향

김기범¹, 손일¹

¹연세대학교 신소재공학과.

좌장 : 이명규 (서울대학교)

고부가2-1 | 10:00~

T91 seamless 튜브재의 크리프 특성 및 미세조직 변화

김한열^{1,2}, 허주열¹, 정우상²

¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원.

고부가2-2 | 10:10

분자동역학을 활용한 응력하에서 입계이동 시 발생하는 영구변형에 관한 연구

성시문¹, 한홍남¹, 장재훈²

¹서울대학교 재료공학부, ²재료연구소(KIMS).

고부가2-2 | 10:20

용접부 열전달 해석을 통한 영역별 미세조직 분석

송지호¹, 이경우¹, 오창성²

¹서울대학교 재료공학부, ²재료연구소(KIMS).

고부가2-3 | 10:30

Fe-Mn-Al 강의 초소성 변형 메커니즘과 가공경화 분석

강석현¹, 이영국¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가2-4 | 10:40

탄소가 첨가된 TWIP강의 인장 곡선에서 나타나는 serration에 대한 동적 변형 시효의 기구

오선근¹, 이영국¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가2-5 | 10:50

Fe-17Mn강에서 초기 오스테나이트 결정립 크기가 $\gamma \rightarrow \epsilon$ 마르텐사이트 변태에 미치는 영향

최선민¹, 이영국¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가2-6 | 11:00

고망간 TWIP강의 결정립계 부근에서 발생하는 기계적 쌍정 메커니즘

홍진성¹, 이영국¹, 강신근², 정재길³

¹연세대학교 신소재공학과, ²동아대학교 신소재공학과, ³재료연구소.

고부가2-7 | 11:10

Johnson-Mehl-Avrami 동역학 모델을 기초로 한 medium Mn TRIP steel 점용접부의 저온 열처리 효과 규명

김광중¹, 박기태¹, 이창희¹, 엄상호², 정홍철²

¹한양대학교 신소재공학과, ²POSCO.

고부가2-8 | 11:20

저온변태용접재료의 조성에 따른 열 수축 및 변태팽창 거동분석

김두현¹, 이영재¹, 이재희², 이창희¹

¹한양대학교 신소재공학과, ²현대중공업.

고부가2-9 | 11:30

Fe-Mn-Si 기반 합금의 변형 미세조직 분석

김로사, 배철준, 김종렬

한양대학교 재료화학공학과.

Break Time | 11:40

운영 위원회 회의 | 12:00~13:00

좌장 : 임용빈 (고려대학교)

고부가3-1 | 13:30

Al-Zn-Si-Mg계 도금강판의 계면합금상 형성에 미치는 Mg의 영향

고승희¹, 허주열¹, 이석규², 박일정²

¹고려대학교 신소재공학부, ²POSCO.

고부가3-2 | 13:40~

하이엔트로피합금의 수소에 의한 적층결함에너지 변화에 대한 고찰

김한진^{1,2}, 이준호¹, 서진우²

¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원.

고부가3-3 | 13:50

SECM을 이용한 Mg-Al Diffusion Couple의 갈바닉 부식 거동 분석

김민경¹, 정인호¹, Janine Mauzeroll²

¹서울대학교 재료공학부, ²McGill University.

고부가3-4 | 14:00

고Cr 400계의 열연 중 스케일의 변형거동 해석 및 평가

김승록¹, 박진우¹

¹연세대학교 신소재공학과.

고부가3-5 | 14:10

인장강도와 수소취성 저항성 사이의 이례적인 비례관계

유상현¹, 이영국¹, 이석진¹, 이재승², 배철민²

¹연세대학교 신소재공학과, ²POSCO.

고부가3-6 | 14:20

Vacuum Kinetic Spray (VKS)를 이용한 플라즈마 내식성 코팅층의 형성과 평가

김연주¹, 권한¹, 이창희¹

¹한양대학교 신소재공학과.

고부가3-7 | 14:30

Modified 740H 니켈계 초내열합금의 설계

추동주^{1,2}, 이준호¹, 정우상²

¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원.

고부가3-8 | 14:40

Fe-Mn-Si 중망간강의 새로운 저온 초소성 중망간강 개발

최석원, 이영국

연세대학교 신소재공학과.

고부가3-9 | 14:50

웨어러블 바이오센서 제작을 위한 은 나노선 기반 접착성 투명전극 개발

김진훈, 박진우

연세대학교 신소재공학과.

고부가3-10 | 15:00

웨어러블 광센서 통합이 가능한 하이 플렉서블 유기포토다이드 개발

임창진, 박진우

연세대학교 신소재공학과.

Break Time | 15:10

철강/금속 산업체 취업 연계 설명회 | 15:20~16:20

제 1회 고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄II

위원장: 이준호 교수(고려대학교)

실무위원: 이경우 교수(서울대학교), 손일 교수(연세대학교),

박주현 교수(한양대학교), 한준현 교수(충남대학교),

이동근 교수(순천대학교)

Room 205호, 10월 26일

좌장 : 이동근 (순천대학교)

고부가4-1 | 13:00

초청 강연

고부가 금속소재 전문인력 양성사업 충청권 거점센터의 역할

한준현^{1,2}

¹충남대학교 신소재공학과, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 충청권 거점센터.

고부가4-2 | 13:20

고질소 고망간 오스테나이트 21-4N 벨브강의 동적 재결정 거동 및 고온 기계적 특성

이병주¹, 홍순익¹

¹충남대학교 신소재공학과.

고부가4-3 | 13:30

Investigation on the Medium Mn TRIP-TWIP Steel Containing Nanosized Intermetallic Precipitate

박탁민¹, 김민태¹, 백경호¹, 한정호¹

¹충남대학교 신소재공학과.

고부가4-4 | 13:40

내열 21-4N 엔진벨브강의 인장변형 특성 및 유효변형율을 적용한 고온 신뢰성 향상

심상훈¹, 홍순익¹, 송재숙¹

¹충남대학교 신소재공학과.

고부가4-5 | 13:50

Formability Evaluation of Hot Rolled 6061 Aluminum Alloy

정무섭¹, 한준현¹

¹충남대학교 신소재공학과.

고부가4-6 | 14:00

학생 발표

알루미늄 전해 도금을 통한 마그네슘 내식성 향상 및 표면 분석 연구

임규석¹, 이종현¹, 유병욱²

¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 에너지과학기술대학원.

좌장 : 한준현 (충남대학교)

고부가5-1 | 14:10

초청 강연

고부가가치 경량비철금속 소재산업과 전문인력양성사업에 대해

이동근^{1,2}

¹순천대학교 신소재공학과, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 호남권 거점센터.

고부가5-2 | 14:30

타이타늄 3D 프린팅 부품의 후처리 공정에 따른 기계적 특성 평가

최영진¹, 장지훈¹, 이용재¹, 김희준², 이창우², 이동근¹

¹순천대학교 신소재공학과, ²한국생산기술연구원.

고부가5-3 | 14:40

냉간압연된 Ti/Cu 클래드판재의 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향

윤창석¹, 박양균¹, 조평석¹, 이동근¹

¹순천대학교 신소재공학과.

고부가5-4 | 14:50

고강도 강재의 고온산화 거동 및 내식성에 미치는 Cu/Ni 첨가 효과

류승민¹, 박진성¹, 황은혜¹, 김성진¹

¹순천대학교 신소재공학과.

고부가5-2 | 15:00

자동차용 초고강도강의 부식반응에 기인한 수소원자의 발생과 투과 메커니즘

황은혜¹, 박진성¹, 류승민¹, 성환구², 김성진¹

¹순천대학교 신소재공학과, ²POSCO 기술연구원.

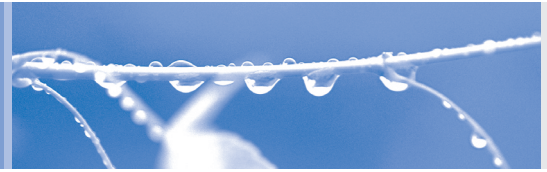
고부가5-2 | 15:10

열처리 조건이 자동차용 초고강도강의 부식유기 수소취성에 미치는 효과

박진성¹, 황은혜¹, 류승민¹, 성환구², 김성진¹

¹순천대학교 신소재공학과, ²POSCO 기술연구원.

POSTER SESSIONS I 10월 24일



P1 : 비철금속

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P1-1

친환경 고체 산화물 멤브레인(SOM) 장기 내구성 고찰
조성구¹, 김종걸¹, 최미선¹, 추동균¹

¹포항산업과학연구원.

P1-2

폐 ITO를 활용한 고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 연구

김종걸¹, 조성구¹, 정은진¹, 추동균¹

¹포항산업과학연구원(RIST).

P1-3

불용성 양극을 활용한 전류 밀도 변화에 따른 아연 전해화수의 전류효율 연구

김동현¹, 김선정¹

¹울산대학교 첨단소재공학부.

P1-4

주석-니켈 합금 다공성 집전체의 단일 전해도금 형성 및 전극 성능 연구

연건홍¹, 김선정¹

¹울산대학교 첨단소재공학부.

P1-5

3D레이저 프린팅을 이용한 핵연료 피복관 표면처리 기술개발

김일현¹, 김현길¹, 최병권¹, 이영호¹, 정양일¹, 박동준¹, 박정환¹, 양재호¹, 김선진²

¹한국원자력연구원 핵연료안전연구부, ²한양대학교.

P1-6

Ti-Mo 합금의 집합조직과 기계적 특성에 미치는 합금원소의 영향

김효규¹, 임용덕¹, 김경훈¹

¹한국생산기술연구원.

P1-7

AgWC계 전기접점의 dopant 첨가에 따른 미세조직 및 전기/기계적 특성

소윤지¹, 박재성¹, 박주현¹

¹희성금속㈜.

P1-8

용매금속 추출법을 이용한 희토류 영구자석 재활용 효율에 미치는 용매 금속 함량의 영향

박상민^{1,2}, 남선우¹, 현승균², 김택수^{1,3}

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교, ³과학기술연합대학원대학교.

P1-9

자력 선별, 옥살산 농도 및 염산 농도에 따른 저품위 티탄철석의 품위 변화 연구

윤홍민¹, 김선정¹

¹울산대학교 첨단소재공학부.

P1-10

니켈 제련 중간물로부터 유기금속 회수를 위한 염산기반 용매추출 공정 기술 개발

이고기¹, 제남진¹, 한길수¹, 박진균¹, 김 덕¹

¹포항산업과학연구원.

P1-11

Cu-Ti 합금의 특성 변화에 미치는 가공열처리 공정의 영향

김선기¹, 조대연¹, 정진아¹, 김기태¹, 현승균², 김영직³, 조훈¹

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교, ³성균관대학교.

P1-12

고강도 Al-Mg 용접소재 개발

김선기¹, 조대연¹, 이근효¹, 이상현¹, 윤영옥¹, 김동철¹, 김영직², 조훈¹

¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교 신소재공학과.

P1-13

Microstructural Changes and Elemental Partitioning Behaviors of Co-based Superalloys with Alloying Elements

Boryung Yoo¹, Hyeji Im¹, Jae-Bok Seol², Pyuck-Pa Choi¹

¹KAIST, ²NINT.

P1-14

환형 금속연료심 제조를 위한 압출금형 설계 및 압출결과에 대한 미세 조직학적 고찰

박상규¹, 김기호¹

¹한국원자력연구원.

P1-15

특수 연마장치를 통한 Zr 기지의 비정질 수술용 나이프의 첨예성과 치핑 개선

양원철¹, 최광수¹, 김선진¹, 정지현¹, 이승준², 임가림³, 나영석³, 박준식¹

¹한밭대학교 신소재공학과, ²㈜챔프다이아, ³재료연구소.

P1-16

파이로 전해제련공정의 STS Mesh를 사용한 Cd/Salt 분리 특성

장준혁¹, 김택진², 김가영¹, 윤달성¹, 이성재¹

¹한국원자력연구원 핵연료주기기술연구소, ²한국원자력연구원 방사성폐기물 통합관리센터.

P1-17

비이송식 플라즈마에 의한 Ag-(C) 및 Ag-Ni-(C) 분말의 제조방법 및 이를 이용한 전기접점 소재의 제조방법

권오집¹, 박재성¹, 박주현¹

¹희성금속㈜.

P1-18

황동합금의 첨가원소에 따른 특성변화 연구

전보민¹, 정원석¹, 박원신¹, 조병래¹

¹㈜풍산 기술연구원.

P1-19

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 Inconel 738LC 합금의 미세 조직 및 고온 내산화 특성

김재환¹, 김규식¹, 김명세², 이기안¹

¹인하대학교, ²아우라테크.

P1-20

Ti based bcc 합금에서의 구성 원소 치환에 의한 수소저장특성 변화

유정현¹, 조성욱¹

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P1-21

Ag-C계 접점의 조직 미세화를 통한 기계/전기적 특성 확보

이효원¹, 박재성¹, 박주현¹

¹희성금속(주).

P1-22

공형압연공정에 의한 Al/Cu 클래드의 기계적 및 미세조직적 특성 변화 연구

이종범¹, 정하국¹

¹한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소.

P1-23

플라즈마 스프레이를 통해 제조된 Al₂O₃ 코팅층의 분말입도별 특성

박상미¹, 정병홍¹, 황우식¹, 정택균¹, 현승균¹

¹인하대학교 ²베텔원(주)

P1-24

희유금속 용융염 전해에서의 열평형에 관한 연구

유정현¹, 조성욱¹

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부.

P1-25

2017년 국내 희유금속 원재료 교역구조 분석

이화석¹

¹한국지질자원연구원.

P1-26

탄탈륨 스크랩 활용 EBM 및 인발 공정을 통한 직경 500 μ m 고순도 탄탈륨 wire 제조

유지원¹, 최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 이현규¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹, 유지원², 최상훈², 임재홍², 이현규², 서경덕²

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교.

P1-27

In-Sn 조금속으로부터 불화물계 공용염 기반 전해전류를 이용한 In 회수 기술

이현규¹, 최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 유지원¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹

¹한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터, ²인하대학교.

P1-28

IDC를 적용하여 개발한 스마트폰용 고강도 마그네슘합금

이지호¹, 고수복¹, 이상민², 오명훈¹, 박노진¹

¹금오공과대학교, ²㈜장원테크.

P1-29

Al-Cu 주조접합시편의 열처리 조건에 따른 기계적 특성 및 미세구조 관찰

김용원¹, 김유미¹, 김영찬¹, 강창석¹, 홍성길², 최세원¹

¹한국생산기술연구원, ²전남대학교 신소재공학과.

P1-30

AgC계 Alloy의 공정제어를 통한 기계/전기적 특성 개선

임종빈¹, 박주현¹, 박재성¹

¹희성금속(주).

P1-31

Ni MHP로부터 Ni, Co 회수 기술개발

이병필¹, 제남진¹, 김병원¹, 한길수¹

¹포항산업과학연구원.

P1-32

시효 조건에 따른 Al-xMg합금(x=6.0, 8.0)의 기계적 및 부식 특성

최권훈¹, 하성호², 윤영옥², 김봉환², 김세광¹

¹과학기술연합대학원대학교, ²한국생산기술연구원.

P2 : 분말재료

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P2-1

열전소재 열간압연 판재 제조 및 특성평가

김영균¹, 장대환¹, 공만식¹

¹고등기술연구원신소재공정센터.

P2-2

단순 혼합된 Cu-Al₂O₃ 복합분말의 레이저 소결공정에 의한 고밀도화, 미세구조분석 및 기계적 특성

김진현¹, 김진형¹, 이동완¹, 유승민¹

¹울산대학교.

P2-3

WC-Co 분말 특성 제어에 따른 3D 프린팅 후 소재의 물성 변화에 관한 연구

이진우¹, 하국현¹, 구혜영¹, 장경민¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소.

P2-4

저순도 Ta 분말 고부가가치화를 위한 연소합성 TaC 분말 제조기술

심재진¹, 최상훈¹, 임재홍¹, 유지원¹, 이현규¹, 서경덕¹, 박경태¹

¹한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터.

P2-5

CeO₂ 첨가에 따른 Ta-Cu 액상 소결 복합재의 물리적 특성 및 조직 특성 고찰

서경덕^{1,2}, 최상훈^{1,2}, 임재홍^{1,2}, 유지원^{1,2}, 이현규^{1,2}, 심재진¹, 현승균², 박경태¹

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교

P2-6

전기방전소결(Electro-Discharge-Sintering)을 이용한 Ti-Mg 분말의 임플란트 소재 제조 연구

김소영¹, 윤용희¹, 양기욱¹, 정철환¹, 이원희¹

¹세종대학교.

P2-7

고에너지 밀링 장치를 이용한 Ni계 ODS 합금 분말 제조시 PCA 함량 및 볼 종류에 따른 불순물 평가

한덕현¹, 박상환¹, 김영균¹, 공만식¹

¹고등기술연구원.

P2-8

B4C + Al 합금 분말의 기계적 합금화 공정 중 밀링 효율 증가를 위한 PCA 첨가량에 따라 제조된 분말의 압출 후 기계적 특성 평가

한덕현¹, 김건홍¹, 김민성², 김재성¹

¹고등기술연구원, ²아주대학교.

P2-9

화학반응법 적용 메탈하이브리드 Ag-Graphite 분말 제조 및 특성평가

장준호¹, 박현국¹, 이정환¹, 임재원¹, 오익현¹

¹한국생산기술연구원 EV부품소재그룹, ²전북대학교 신소재공학부.

P2-10

Al-Si계 합금분말의 제조 및 Reflectance 변화에 따른 적층 가공 (Additive Manufacturing) 특성 평가

채홍준¹, 김영균¹, 최광묵¹, 김명세², 김홍물³

¹고등기술연구원, ²주케이에이엠아이, ³주하나에이엠티.

P2-11

Influence of Carbon Content on Austenite Stability and Strain Induced Transformation of Nano Sized Grained FeNiC Alloy by Spark Plasma Sintering

seungjin Oh¹, In-Jin Shon¹, Seok-Jae Lee¹

¹Chonbuk National University.

P2-12

Investigation of PVDF Coating and Reactivity of Fine Aluminum Powders

권구현¹, 김동원¹, 김중만², 김경태¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교 나노융합기술학과.

P2-13

A Synthesis and Thermal Oxidation Properties of Teflon coated Fine-Aluminum Powders

권구현¹, 김동원¹, 김중만², 김경태¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교 나노융합기술학과.

P2-14

SLM(Selective Laser Melting) 방식으로 제조한 H13강의 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계

안우진¹, 이정섭¹, 이민식¹, 박찬구¹, 장규빈¹, 최중호², 정임두², 성효경¹

¹경상대학교, ²재료연구소.

P2-15

Evaluation of Ni-Fe Based Alloys in Carburizing for High Frequency Reforming System

Sungue Heo¹, Won Sik Yang¹, Soong Ju Oh², Seok-Jun Seo¹

¹Korean Institute of Industrial Technology(KITECH), ²Korea University.

P2-16

가스 분무법으로 제조한 방열판용 Al6061합금의 열전도도 및 기계적 특성 평가

유현정¹, 서주희¹, 안수성¹, 권오석², 홍순직¹

¹공주대학교 신소재공학과, ²인덱스솔루션.

P2-17

- Canceled

기계적밀링 및 탄화공정으로 제조된 리튬이차전지용 초미세 Silicon-Metal(Fe,Cr)/Carbon계 음극소재 분말의 전기화학적 특성

최우정¹, MADDIPATLA REDDYPRAKASH¹, 조영웅¹, 이기선¹

¹공주대학교 신소재공학과.

P2-18

Different Consolidation Techniques to Improve Thermoelectric Properties of BiTeSe Alloy

Pathan Sharief¹, Kwang-Yong Jeong¹, Hyeong-Jeong You¹, Su-Seong Ahn¹, Peyala Dharmiah¹, Soon-Jik Hong¹

¹Kongju National University.

P2-19

급속응고법으로 제조된 고엔트로피합금 분말 특성에 관한 연구

정광웅¹, 홍순직¹, 안수성¹, Cheenepalli Nagarjuna¹

¹공주대학교.

P2-20

가스분무된 NdFeB 분말 Nd₂Fe₁₄B 상 소성변형에 미치는 공정변수의 영향

조주영¹, 좌용호², 김택수¹

¹한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, ²한양대학교 재료화학공학과.

P2-21

스페이스 홀더법으로 제조한 다공성 스테인리스 강의 소결시간에 따른 미세조직 및 압축특성 평가

이택선¹, 조의제¹, 박용호¹

¹부산대학교 재료공학과.

P2-22

SUS316L 분말 형상 및 Selective Laser Melting 공정조건에 따른 미세구조 및 기계적 특성 연구

박정현¹, 김원래¹, 방경배¹, 권오형¹, 이기안², 김형균¹

¹한국생산기술연구원 강원지역본부, ²인하대학교 신소재공학과.

P2-23

기계적합금화 및 방전 플라즈마 소결을 통해 제조된Ta-Nb-V-W-Ti 하이엔트로피 합금의 미세조직 및 특성

송다혜¹, 김상준², 이진규¹ 박은수²

¹공주대학교 공대 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부.

P2-24

DED와 PBF 공정으로 제조된 Alloy 718의 미세조직과 기계적 특성

차현진¹, 설문정¹, 김규태¹

¹동국대학교.

P2-25

Rapid Consolidation of Al₂O₃-BN Composites and Their Mechanical Properties

손인진¹, 조우진¹

¹전북대학교.

P2-26

그래핀 첨가 (W,Ti)C-그래핀 복합재료의 기계적 성질에 미치는 영향

손인진¹, 김성은¹

¹전북대학교.

P3 : 전산재료과학

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P3-1

Alloy Design Strategy to Accelerate Nitriding of Fe Alloy: A DFT and Micro-Kinetics Analysis

Ku Kang¹, Changsoo Lee¹, Soonho Kwon¹, Hyuck Mo Lee¹
¹KAIST.

P3-2

Heat Flow and Ingot Deformation Analysis of Large Diameter Sapphire Single Crystals

최승훈¹, 차필령^{1*}, 문성환², 김준환², 김형중²
¹국민대학교, ²STC.

P3-3

Simulation of Large-Scale GeTe using Neural Network Interatomic Potential

Dongheon Lee¹, Seungwu Han¹
¹Seoul National University.

P3-4

SIMPLE-NN: An Efficient Package for Generating and Running Neural Network Potentials

Kyuhyun Lee¹, Dongsun Yoo¹, Wonseok Jeong¹, Seungwu Han¹
¹Seoul National University.

P3-5

First-Principles Study on Negative-U Character of K Centers in Amorphous Si₃N_{4-x}

Gijae Kang¹, Dongheon Lee¹, Kyeongpung Lee¹, Seungwu Han¹
¹Seoul National University.

P3-6

Thermodynamic Modeling of Mo-C-N System

강윤구¹, 백민규¹, 정인호¹
¹서울대학교 공대 재료공학부.

P3-7

금속 직접 적층 AISI SUS316L 시험편의 기판 휨현상 분석 및 잔류응력 예측

김태환^{1,2}, 하경식^{1,2}, 전종배¹, 심도식³, 이욱진¹, 조영래²
¹한국생산기술연구원, ²부산대학교, ³한국해양대학교.

P3-8

고주파 유도가열 개질 반응기 내 촉매 충전에 따른 유동특성 및 열/물질 전달 특성평가

채홍준¹
¹고등기술연구원.

P3-9

효율적 리튬이차전지 양극소재 개발을 위한 Li-[Co,Mn]-O 4원계에 대한 2NNMEAM+Qeq 포텐셜 개발 및 응용

지준호¹, 이병주¹
¹포항공과대학교 신소재공학과.

P4 : 융합재료과학

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P4-1

Lithographically Defined 3D Periodic Nanostructures for Ideal Diffuse Reflectors

Junyong Park¹, Jinseong Ahn¹
¹Kumoh National Institute of Technology.

P4-2

Pyramidal Metal-Dielectric Hybrid-Structure Geometry with an Asymmetric TiO₂ Layer for Broadband Light Absorption and Photocatalytic Applications

Hee Jun Kim¹, Jeong Min Baik¹
¹울산과학기술대학교(UNIST).

P4-3

Graphene Oxide Support Added Mn-Ce/TiO₂ Selective Catalytic Reduction Catalyst for NOx Removal at Low Temperature

예보라^{1,2}, 김홍대¹, 백정민²
¹한국생산기술연구원, ²울산과학기술원

P4-4

3D Printed Noise-Cancelling Triboelectric Nanogenerator

Jin Pyo Lee¹, Byeong Uk Ye¹, Kyeong Nam Kim¹, Jae Won Lee¹, Won Jun Choi², Jeong Min Baik¹
¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), ²Korea Institute of Science and Technology (KIST).

P4-5

Electron Exchange Process Control between Silver Nanoparticles and Metal-Oxides for Highly Selective Gas Detection

YeongMin Kwon¹, Yeongjin Lim¹, Jeong Min Baik¹
¹Ulsan National Institute of Science and Technology.

P4-6

Robust Nanogenerators Based on Graft Copolymers via Control of Dielectrics Properties for Remarkable Output Power Enhancement

Jae Won Lee¹, Jeong Min Baik¹
¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST).

P4-7

반도성체 기반 저항형 입자상 물질 센서에 관한 연구

엄재현¹, 조용준¹, 장지상¹, 서호철¹
¹세종공업(주).

P4-8

Rapid Alloy Screening of Co- and Ti-based Alloy Using Metal 3D Printing Method

Gwanghyo Choi¹, Jaewook Han¹, Hye-Ji Im¹, Won Seok Choi¹, Pyuck-Pa Choi¹
¹Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

P4-9

A Fully Coupled Diffusional-Mechanical Finite Element Modeling for an Anode System consisting of Tin Oxide on a Copper Substrate

Kyeong Jae Jeong¹, Hoon-Hwe Cho², Heung Nam Han¹
¹Seoul National University, ²Hanbat National University.

P5 : 구조 및 응고

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P5-1

조직제어 합금기술을 이용한 Cu-Cr 접점소재

김혜성¹, 김민규¹, 이찬수¹

¹부산대학교.

P5-2

DED 공정으로 제조된 금형강과 순 알루미늄과의 소착성 평가

김영찬¹, 김유미¹, 김용원¹, 최세원¹, 강창석¹, 신광웅¹, 이기웅¹

¹한국생산기술연구원.

P5-3

폐기물 파쇄용 22Mn-Cr-Ni계 고망간 주강의 Cr 함량에 따른 기계적 특성

박성수¹, 김용래¹, 마승환², 김석준³

¹(주)신특수강, ²한국건설생활환경시험연구원, ³한국기술교육대학교.

P5-4

전류에 의한 용탕 내부 유동과 온도 구배가 Pure Al 결정립 미세화 특성에 미치는 영향

최지석^{1,2}, 이강래¹, 라문우¹, 김동웅¹, 현승균², 최경환¹, 김문조¹

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교.

P5-5

EBM공정에서 Focus Offset 차이에 따른 미세조직 분석

임소영¹, 김한규¹, 이병수², 이혜진², 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²생산과학기술연구원 강원지부.

P5-6

사출주조 금속연료심 공정변수에 따른 영향 평가

송훈¹, 김기호¹, 박정용¹

¹한국원자력연구원 SFR 핵연료개발부.

P5-7

공학규모 금속연료심 원격제조장치를 이용한 모의 원격사출 금속연료심 제조시험

송훈¹, 김기호¹, 박정용¹

¹한국원자력연구원 SFR 핵연료개발부.

P5-8

IN792hf 초내열합금에서 응고속도에 따른 응고조직 및 Eta상 형성거동

손명균¹, 구지호², 박명일³, 정영환³, 김찬미¹, 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업(주) 기술연구소, ³(주)성일터빈.

P5-9

진공 다이캐스팅법을 이용한 HEV용 구동모터 하우징의 개발

서원석¹, 박주열², 고원석¹, 김용현², 권용재¹

¹울산대학교, ²동남정밀(주).

P5-10

존 멜팅법을 이용한 게르마늄의 고순도 공정에 관한 연구

전영준¹, 김경호¹, 최경환², 김상섭¹, 조규섭²

¹인하대학교 신소재공학부, ²한국생산기술연구원.

P5-11

CMSX-10초내열 합금에서 응고 조직 형성 거동에서 대류의 영향에 따른 미세조직 변화

성창훈¹, 구지호², 이현정¹, 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업(주)소재기술개발팀.

P5-12

Inconel 713C 초내열합금에서 결정립 크기에 따른 기계적 특성

성기태¹, 권순철¹, 윤병관², 권석환², 홍현욱¹, 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²한국로스트웍스 기술연구소.

P5-13

10Cr1Mo강에서 일방향 응고 속도에 따른 초정상 형성 거동

임근영¹, 권순철¹, 성기태¹, 신중호², 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업 기술연구소.

P5-14

[001] Seed를 이용한 단결정 초내열합금에서 응고 속도 및 결정립 방위와 기계적 특성의 상관관계

권순철¹, 이현우¹, 주윤곤¹, 신중호², 윤병관³, 권석환³, 이재현¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업 기술연구소, ³한국로스트웍스 기술연구소.

P5-15

오스테퍼링 처리한 구상흑연주철의 감속기어 개발에 관한 연구

조용재¹, 최창영¹, 정유현¹, 김건호¹, 윤종천¹, 이재욱¹, 김다혜¹

¹한국생산기술연구원.

P5-16

알루미늄 함량에 따른 오스테퍼링 열처리 조건 확립

김동혁¹, 최시근¹, 김종형¹, 김양곤¹

¹한국생산기술연구원 대경권지역본부.

P6 : 재료강도

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P6-1

반복적인 인장-압축 과정에서 관찰되는 Au 나노선의 소성변형거동 관찰

김성훈¹, 서종현², 이재철¹, 안재평³

¹고려대학교 신소재공학부, ²SK hynix R&D division, ³한국과학기술연구원 특성분석센터.

P6-2

단결정 니켈기 초내열합금의 고온 저주기 피로 거동

허인강¹, 김상덕¹, 김재훈¹, 장성호², 배시연²

¹충남대학교, ²전력연구원.

P6-3

일차수응력부식균열 균열성장 시험방법 개선

이종훈¹

¹한수원중앙연구원.

P6-4

Alloy 600/182 재료의 원전 일차수 응력부식균열 균열성장 특성 조사

이종훈¹

¹한수원중앙연구원.

P6-5

적층 가공 공법에 따른 기계적 물성 변화

윤종천¹, 이윤선¹, 차경제¹, 조용재¹, 최용진¹, 황선광¹, 김다혜¹

¹한국생산기술연구원.

P6-6

크리프 시험 중 347H/P91 이중용접부의 P91-HAZ에 발달하는 미세 조직 및 기계적 물성의 변화에 관한 연구

서위걸¹, 이한상², 유근봉², 서진유³, 최시훈¹

¹순천대학교 대학원 인쇄전자공학과, ²한국전력공사 청정발전연구소 발전시스템그룹, ³한국과학기술원 고온에너지 재료연구센터.

P6-7

고압수소 분위기 노출에 따른 오스테나이트계 스테인레스강의 저온물성 연구

오동현¹, 전민우¹, 이창현¹

¹(재)한국화학융합시험연구원.

P6-8

금속 3D 프린터 적층 금형의 분할 접합 피로특성

홍석관¹, 김성규¹, 김영근¹

¹한국생산기술연구원.

P6-9

내진·내화 건축구조용 페라이트/베이나이트계 강재의 Mo, Ti, Nb 등 합금원소 함량에 따른 미세조직과 기계적 특성의 변화

박성주¹, 김준연¹, 이창훈², 문준오², 홍현욱¹

¹창원대학교, ²재료연구소.

P6-10

경량철강을 기반으로한 스테인리스강 개발을 위한 Cr 첨가 효과 및 변형 거동 해석

김치원¹, 박성주¹, 박성준², 이창훈², 김경원², 이영주³, 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실, ³포항산업과학연구원.

P6-11

유연 페로브스카이트 태양전지의 역학물성 향상

안승민¹, 우정현¹, 정의대¹, 송영호¹, 김주영¹

¹UNIST 신소재공학부.

P6-12

열처리와 접합강도에 따른 강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성

하동욱¹, 전진우¹, 송태웅¹, 임연수², 김동진², 정창열¹

¹동국대학교 원자력·에너지시스템공학과, ²한국원자력연구원 원자력재료연구부.

P6-13

Ti-39Nb-6Zr+Si 합금의 열처리에 의한 기계적 특성의 변화 분석

장지훈¹, 최영신¹, 윤창석¹, 이등근¹

¹순천대학교 신소재공학과.

P6-14

Microstructural Analysis of Friction Stir Butt Welded Joint of Dissimilar Aluminium and Steel Alloys

ANAMAN YAW SAM¹, HONG SUNG-TAE², DAS HRISHIKESH², CHO HOON-HWE¹

¹Hanbat National University, ²University of Ulsan.

P6-15

전자빔 적층방식으로 제작한 Inconel 718 초합금의 고온 기계적 성능과 미세조직에 미치는 빌드 방향 의존성

박근태¹, 이해진¹, 정석준¹, 하태권², 김형균¹, 김건희¹, 이병수¹

¹한국생산기술연구원 적층성형가공그룹, ²강릉원주대학교 신소재공학과.

P6-16

초고강도 합금강의 이중 마찰교반접합부에서의 미세조직 특성 연구

이지우¹, Mounarik Mondal², Hrishikesh Das², 홍성태², 조훈휘¹

¹한밭대학교 신소재공학과, ²울산대학교 기계공학부.

P6-17

플렉서블 봉지 재료용 금속 박막 합성 및 물성 평가

박선영¹, 황경석¹, 김주영¹

¹UNIST 신소재공학부.

P6-18

솔젤 공정으로 제작한 이산화규소 박막의 고연신 특성 분석

김시훈¹, 김한글¹, 김나향¹, 김주영¹

¹울산과학기술원 신소재공학부.

P6-19

무전해도금을 이용한 나노포러스 금의 형상 제어 및 기계적 특성 평가

곽은지¹, 송은지¹, 김주영¹

¹UNIST 신소재공학부.

P6-20

투명교정장치의 구강 내 사용환경 모사를 통한 강도특성 변화 연구

전한술¹, 공영민², 김주영¹, 전은재²

¹UNIST 신소재공학부, ²울산대학교 치단소재공학부.

P7 : 열전재료

Room 1층 전시장, 10월 24일 10:00 - 17:00

P7-1

중저온용 온도 대역에 적용가능 한 접합 소재 및 접합 기술 개발

김종태¹, 김동환¹, 윤덕기², 김태훈², 김호영¹

¹대구경북과학기술원, ²㈜정관.

P7-2

Enhancement of Thermoelectric Properties by Lattice Softening and Energy Band Gap Control in Te-deficient InTe_{1-x}

SongYi Back¹, Hyunyong Cho¹, Young-Kwang Kim², Seokyeong Byeon², Hyungyu Jin², Jong-Soo Rhyee¹

¹Kyung Hee University, ²Pohang University of Science and Technology.

P7-3

이중 도핑된 테트라헤드라이트 Cu₁₁Co_{1-x}Zn_xSb₄S₁₃의 고상합성 및 열전특성

이교은¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-4

도핑원소 첨가에 따른 GeTe계 열전화합물의 미세조직 변화

김현호¹, 객재익¹, 김현지¹, 정혜린¹, 이호성¹

¹경북대학교.

P7-5

Thermoelectric Properties of Bi-Te Nanoplates

장정인¹, 이지은¹, 박수동¹, 민복기¹, 주성재¹, 김봉서¹, 류병기¹, 이희웅¹

¹한국전기연구원.

P7-6

고망간 실리사이드 $\text{MnSi}_{1.74-1.75}\cdot\text{Ge}_m$ 의 고상 합성 및 열전 특성

이인재¹, 박솔빈¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-7

열전발전에 적용하기 위한 Bi_2Te_3 계 열전소재의 열 안정성

손시영¹, 정병홍¹, 연병훈², 이태희², 현승균¹

¹인하대학교, ²희성금속(주).

P7-8

$\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{VSb}$ Half-Heusler System for Energy Harvesting Synthesized via Mechanical Alloying Process

Rahidul Hasan¹, Ashiquzzaman Shawon¹, 김일호¹, 어순철¹

¹한국교통대학교.

P7-9

$(\text{La}_{1-z}\text{Nd}_z)_x\text{Fe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ 스커테루다이트의 합성과 열전 특성

차예은¹, 이창봉¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-10

MA-HP 공정으로 합성된 P형 $\text{Cu}_{12-x}\text{Zn}_x\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ 의 열전 특성

곽성규¹, 이고은¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-11

$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ 테트라헤드라이트의 열전 특성에 미치는 에이징 효과

피지희¹, 이고은¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-12

고상 합성된 $\text{Cu}_{12-x}\text{Co}_x\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ 테트라헤드라이트의 열전 특성

김성윤¹, 이고은¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-13

$(\text{La}_{1-z}\text{Ce}_z)_{0.8}\text{Fe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ 계 부분 이중 충전 스커테루다이트의 합성 및 열전 특성

최덕영¹, 차예은¹, 김일호¹

¹한국교통대학교.

P7-14

Development of Metallization Layers for Enhancing Reliability of Skutterudite-Based Thermoelectric Generators

Jinseop Song¹, Yeongseon Kim¹, Chung-Yul Yoo¹, Hana Yoon², Byung Jin Cho¹, Sang Hyun Park²

¹KIER, ²KAIST.

P7-15

탄소나노소재 첨가 N형 Bi-Te계 복합재료의 합성 및 열전특성

이기승¹, 조영민¹, 권구현¹, 김경태¹, 김병기²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²울산대학교 첨단소재공학부.

P7-16

고온가압 소결로 제조된 Bi-Te계 열전재료의 Cu 첨가에 따른 미세구조 분석

김영우¹, 오수연¹, 장혜원¹, 안정현¹, 신가윤¹, 최수정¹, 양승호², 박현순¹

¹인하대학교, ²희성금속.

P7-17

Effects of Gd Oxides Dispersions on The Microstructure and Thermoelectric Properties of P-Type $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ Nanocomposites

Geun-hyung Lee¹, May Likha Lwin¹, Dong-won Shin¹, Kyung-yeol Jung¹, Soon-jik Hong¹

¹Kongju National University.

P7-18

PbTe계 열전재료의 브레이징 접합 계면 해석

정혜린¹, 맹은지², 박관호², 조상훈², 이호성¹

¹경북대학교, ²㈜대양.

P7-19

산화물 환원공정에 의해 제조된 Cu_2Se 합금분말의 열전특성 (Thermoelectric Properties of Cu_2Se Compound Powder Synthesized by an Oxide-Reduction Process)

신지은¹, 임영수¹, 이길근¹

¹부경대학교 신소재시스템공학과.

P7-20

금속계 평판형 열전모듈기반의 폐열회수 시스템 및 측정평가기술 개발

전현구¹, 오병성¹, 신희선², 김용규²

¹충남대학교, ²한국표준과학연구원.

P7-21

MnTe계 열전재료의 미세구조에 관한 연구

김현지¹, 김현호¹, 정혜린¹, 이호성¹

¹경북대학교 공대 금속신소재공학과.

P7-22

산화물 환원공정에 의해 합성된 Bi-Te-Se계 열전재료의 밀링시간에 따른 특성변화 연구

박민수¹, 장경린¹, 구혜영¹, 하국현¹, 박용호²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교 재료공학과.

P7-23

Structure Nano-Engineering for High Thermoelectric Performance: $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ /Oxide Core-Shell

Sang-Soon Lim^{1,2}, Kwang-Chon Kim¹, Hyung-Ho Park², Seung-Hyub Baek¹, Seong Keun Kim¹, Jin-Sang Kim¹

¹Korea Institute of Science and Technology, ²Yonsei University.

P7-24

Enhanced Thermoelectric Properties by Effective Decoupling of Electrical, Thermal Properties and Seebeck Coefficient Through the Addition of Rare Earth Sesquioxides In P-Type BiSbTe Alloys

Babu Madavali¹, Dong-won Shin¹, Dong-soo Kim², Hyeon-jeong You¹, May Likha Lwin¹, Soon-jik Hong¹

¹Kongju National University, ²Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources.

P7-25

Sb_2Te_3 과 PEDOT:PSS 나노파이버를 이용한 유/무기 복합열전소재 합성 및 평가

김혜영¹, 신한균¹, 김지원¹, 임재홍¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소.

POSTER SESSIONS II 10월 25일



P8 : 알루미늄

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P8-1

비틀림 시험을 이용한 Al-Mg 합금의 냉간 가공시 평가
조창희¹, 손현우¹, 이지운¹, 이경서¹, 김명훈¹, 김상욱¹, 정택균¹, 현승균¹
¹인하대학교.

P8-2

6000계(Al-Mg-Si계) 알루미늄 합금의 Cu 함량 및 용해공정변수에 따른 용탕 청정도 평가
장호성¹, 최유진², 윤필환¹, 강호정¹, 이규훈¹, 박진영¹, 김익수¹, 박성혁³, 신선미¹
¹한국생산기술연구원, ²울산대학교, ³경북대학교.

P8-3

Twin-roll Strip Casting 공정으로 제조된 고강도 Al 7075 합금의 마모 거동
백민석¹, 김경욱², 여광준³, 임창동³, 이기안¹
¹인하대학교, ²국립 안동대학교, ³재료연구소(KIMS).

P8-4

Microstructure and Sustained Load Cracking of Al Alloy for Hydrogen Storage Vessel
Dae-Kyeom Kim¹, Sung-Chul Kim², Sung-Min Cho³, Taek-Soo Kim⁴
¹Korea Institute of Industrial Technology, ²TK-FUJIKIN R&D Center, ³Institute of Gas Safety R&D, ⁴Korea Gas Safety Corporation.

P8-5

CaO가 첨가된 Al7021 합금의 소성가공성 평가
이경서¹, 이지운¹, 김상욱¹, 손현우¹, 김명훈¹, 정택균¹, 현승균¹
¹인하대학교.

P8-6

고강도 7xxx계열 알루미늄 신합금의 시효 거동 및 기계적 특성
양승현¹, 김목순¹, 김세훈²
¹인하대학교, ²자동차부품연구원.

P8-7

7000계 알루미늄 합금을 적용한 차량용 서스펜션 암 특성연구
박다은¹, 임성곤¹
¹(주)센트랄.

P8-8

희토류 첨가에 따른 알루미늄 Al-Zn-Mg-Cu 합금의 미세구조 및 기계적 특성 변화 연구
원성재¹, 김대겸¹, 김택수¹, 김규현¹
¹한국생산기술연구원.

P8-9

자동차 엔진 부품용 Al-Si-Mg-(Cu) 주조 합금의 기계적 및 열적 특성에 합금 원소가 미치는 영향
최세원¹, 김유미¹, 김영찬¹
¹한국생산기술연구원.

P8-10

FeMn 전율고용체가 고강도 알루미늄 합금의 기계적 특성에 미치는 영향
김세훈¹, 김민상¹, 신재혁¹, 김진평¹, 성시영¹, 한범석¹
¹자동차부품연구원.

P8-11

Wear Properties and Wear Behavior of AA7075-T6 and AA2024-T4 Rods Immersed in Acid Solution.
Cheon Myeong Park¹, Ki-Chang Bae¹, Yi Je Cho¹, Taek Sun Lee¹, Young-Jun Kang¹, Yong-Ho Park¹
¹Pusan National University.

P8-12

Al₂Ca가 첨가된 Al-4.5Mg 합금에서 열간 압연 조건에 따른 미세 조직의 형성과 냉간 압연 방향에 따른 기계적 특성의 변화
이다빈¹, 김봉환², 하성호², 윤영옥², 김세광², 현승균¹
¹인하대학교, ²한국생산기술연구원.

P8-13

Al-Si 합금에서 Si 함량이 Si 석출 온도에 미치는 영향
김유미¹, 최세원¹, 김영찬¹, 강창석¹, 홍성길², 김용원²
¹한국생산기술연구원, ²전남대학교.

P8-14

희토류 첨가에 따른 알루미늄 Al-Cu-Mg-Ag 합금의 미세구조 및 기계적 특성 변화 연구
김대겸¹, 원성재¹, 김택수¹, 김규현¹
¹한국생산기술연구원.

P8-15

Rare Earth 첨가에 따른 Aluminum 합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가
유효상¹, 김용호¹, 이성희², 손현택¹
¹한국생산기술연구원, ²목포대학교.

P8-16

A356합금 내 Sr첨가에 따른 열처리 특성평가 고찰
김명균¹
¹포항산업과학연구원.

P8-17

Al-RE 합금의 Mg 및 Ca 원소 함량 첨가에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화
김용호¹, 유효상¹, 손현택¹
¹한국생산기술연구원.

P8-18

자동차용 알루미늄 6016 합금의 코일 Dimension을 고려한 Pre-Aging 조건 최적화

김성녕¹, 강현¹, 허용강¹, 박호준¹, 유성현¹, 구남훈¹
¹현대제철.

P8-19

온도에 따른 알루미늄 판재의 전단가공거동 분석

강현¹, 김성녕¹, 허용강¹, 박호준¹, 구남훈¹
¹현대제철.

P8-20

고강도 Al-Si-Mg계 합금의 Zn첨가량에 따른 특성변화

함수빈¹, 김병주¹, 황지훈², 김동규³, 이영철¹
¹한국생산기술연구원, ²LG전자 소재/생산기술원, ³동아대학교.

P8-21

다이캐스팅용 알루미늄 합금 방열 특성 향상에 관한 연구

임병용¹, 김대근¹, 강유빈¹, 이찬기¹, 김한구², 김성우², 박광훈³
¹고등기술연구원, ²네텍(주), ³이지캐스트.

P8-22

A7075 판재형 합금 차체 부품의 충격특성 관찰

임옥동¹, 강남수¹, 공영식¹, 변장훈¹, 권휘란¹
¹(주)오토젠.

P9 : 재료분석

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P9-1

In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy

변영운¹, 김홍규², 이현정², 안재평², 이재철¹
¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

P9-2

Cu-Zr 합금 선재의 신선가공 중 파괴 원인 분석

양현석¹, 정우철¹
¹고등기술연구원.

P9-3

Effects of Building Orientation and Heat Treatment on Local Mechanical Properties of Direct Metal Laser Sintered 15-5PH Stainless Steel

JeongRim Lee¹, Min-Su Lee¹, Hobyung Chae², Soo Yeol Lee², Tea-Sung Jun¹
¹Incheon National University, ²Chungnam National University.

P9-4

용융염을 이용한 이산화탄소 포집기술 개발

김성욱¹, 전민구¹, 이상권¹, 박우신¹, 허동현¹
¹한국원자력연구원.

P9-5

통합된 광·전자 융합 현미경 개발

이광훈¹, 조복래¹
¹(주)모돌싸이.

P9-6

자동차 볼트용 Cr-Mo강의 신선 가공에 미치는 미세조직의 영향

김학현¹, 진현호¹, 김원선¹, 김진원¹, 박중철¹
¹포항산업과학연구원 분석평가그룹.

P9-7

에칭조건에 따른 TRIP강의 잔류오스테나이트 분율 측정

김학현¹, 오규찬¹, 강영환¹, 이만재¹, 조다희¹
¹포항산업과학연구원 분석평가센터.

P9-8

Sn, Cr 합금원소 첨가 및 열처리 조건에 따른 FCD600 구상흑연주철의 미세조직 및 기계적 특성 변화 분석

정동혁¹, 백승학², 김윤준¹
¹인하대학교 신소재공학과, ²벽진(주).

P9-9

시효열처리온도에 따른 A356합금 Nanocluster의 APT(Atom Probe Tomography) 분석

신원상¹, 김윤준¹
¹인하대학교 신소재공학과 금속재료물성연구실.

P9-10

2차원 전이금속 칼코제나이드 물질의 조성 및 트라이볼로지 특성 분석 (Composition and Tribological Properties of the Two-Dimensional Transition Metal Dichalcogenide Materials)

황교진¹, 김진우², 장호², 함명관¹, 김윤준¹
¹인하대학교 신소재공학과, ²고려대학교 신소재공학과.

P9-11

적층성형 코발트 계 합금의 건전성 및 미세조직 변화

신민하¹, 김도향², 장진성¹, 권준현¹
¹한국원자력연구원 신소재개발부, ²연세대학교 신소재공학과.

P9-12

Effect of Thermal Aging and Reversion Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Property of Austenitic Stainless Steel Weld

Ho Jung Lee¹
¹Central Research Institute.

P9-13

(Sr, Ba)ZrO₃의 LiCl 용융염 내 안정성 평가

김성욱¹, 전민구¹, 이상권¹, 강현우¹, 최은영¹
¹한국원자력연구원.

P9-14

구름전축 베어링향 전동체에 관한 피로수명 평가 연구

강희재¹, 강수환²
¹일진베어링, ²일진글로벌.

P9-15

베이킹 처리 시간에 따른 고장력 볼트의 수소 취성 거동

황재찬¹, 최병호¹, 권형태¹, 이해준¹
¹현대다이모스.

P10 : 철강

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P10-1

충격이방특성이 향상된 에어백 Inflator Tube용 소재 개발

김동윤¹, 조훈성²

¹세아베스틸(주) 기술연구소, ²전남대학교.

P10-2

Brittle Crack Propagation/Arrest 거동에 영향을 주는 인자 연구

이석규¹, 이오재², 배홍열³, 정홍철³, 이성학¹, 김낙준²

¹포항공과대학교 신소재공학과, ²포항공과대학교 철강대학원, ³포스코 기술연구원.

P10-3

Effect of Residual Stress on Stress Corrosion Cracking Susceptibility of 304L Stainless Steel Tubes in Nuclear Power Plants

Ho Jung Lee¹

¹Central Research Institute.

P10-4

Cu, Ni 첨가강의 산화분위기에 따른 고온연성 거동

김경아¹, 김혜주¹, 이형록¹, 김성연², 권상홍³, 허윤욱³, 임창희³, 김동규¹

¹동아대학교, ²포스코 기술연구소, ³포항공과대학교 철강대학원(GIFT).

P10-5

고강도 HPF강의 Bending 특성에 MnS가 미치는 영향 분석

김세림¹, 조민철¹, 김성우², 오진근², 이성학¹

¹포항공과대학교, ²POSCO.

P10-6

Influence of Manganese on the Mechanical properties and Microstructure of Oxide Dispersion Strengthened Steels Made from Water Atomized Ferritic-Powder

앤드류¹, Jeoung Han Kim^{*2}, Taesung Park², Sanghoon Noh³

¹국립한밭대학교 신소재공학부 응용소재공학전공, ²국립한밭대학교, ³Nuclear Materials Division.

P10-7

해양플랜트용 철강의 미세조직과 기계적특성에 미치는 냉각종료온도의 영향

이훈¹, 이현욱¹, 김종철², 조성규², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹

¹울산대학교 첨단소재공학부, ²현대제철 기술연구소.

P10-8

SiC/Al7075 금속복합소재의 준정적 및 동적 압축 성질에 미치는 강화재 Bimodal 효과

조민철¹, 최진혁¹, 이형수¹, 조일국², 이상관², 이성학¹

¹포항공과대학교, ²재료연구소.

P10-9

후판 가속냉각 설비(MULPIC)의 자체 제어 Model의 개발

송승호¹, 임환석², 심호섭¹

¹동국제강 중앙기술연구소, ²동국제강 당진공장.

P10-10

압력용기용 강재의 미세조직과 경도에 미치는 냉각속도와 냉각종료온도의 영향

조누리¹, 이현욱¹, 윤동현², 김규태², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹

¹울산대학교 공과대학, ²현대제철 R&D Center.

P10-11

열간 금형 공구강의 내 연화 저항성에 미치는 W첨가의 영향

유정선¹, 권훈¹, 조기섭¹

¹국민대학교 신소재공학부.

P10-12

Graphite와 슬래그 혼합 Pellet의 입도크기에 따른 FeO 함유 Slag 중 철 회수율 연구

유재연¹, 이주훈¹, 유준수¹, 정용석¹

¹한국산업기술대학교 신소재공학과.

P10-13

압력용기강의 탄소당량과 냉각조건에 따른 미세조직 형성 기구

이현욱¹, 조누리¹, 김민수², 강의구², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹

¹울산대학교 공대 첨단소재공학부, ²현대제철 R&D Center.

P10-14

MgO-C 내화재 C%함량에 따른 용강 및 용강/슬래그 계면에서의 내식 특성

이주훈¹, 정용석¹

¹한국산업기술대학교.

P10-15

Hydrogen Embrittlement of Tempered Martensitic Steel at Low Temperature

조장웅¹, 서현주¹, 이종수¹

¹POSTECH(포항공과대학교).

P10-16

전기로 에너지 저장을 위한 데이터 기반 슬래그 포밍 최적화 연구

엄형식¹, 김영환¹, 이재각², 황해진², 김정국², 양현석²

¹동국제강(주) 중앙기술연구소, ²연세대학교.

P10-17

Direct Quenching (DQ) 공정으로 제조된 초 고강도 강의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 냉각 속도의 영향

백민석¹, 박태현¹, 함진희², 박태원², 이기안¹

¹인하대학교, ²국방과학연구소.

P10-18

고상 α-Fe중 Si와 Al간의 상호작용

장준익¹, 강영조¹

¹동아대학교 신소재공학과.

P10-19

FeMnAlC 합금계 경량철강 주조재의 시효 열처리 및 Si 첨가에 따른 κ-carbide 석출 및 변형 거동의 원자단위적 고찰

김치원¹, 박성주¹, Matieu Terner¹, 이재현¹, 문준오², 장재훈², 박성준², 이봉호³, 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실, ³대구경북과학기술원.

P10-20

Bloom 연속주조시 주조 속도와 2차 냉각수 수량 변화에 따른 주편 온도 및 품질 변화

정훈제¹, 박태은¹

¹동국제강 중앙기술연구소.

P10-21

고강도 HPF 강을 활용한 고강도 고연신 Clad 강 개발

박재영¹, 송승우¹, 조민철², 박경배³, 손석수⁴, 정혁재², 송태진⁵, 김형섭², 김낙준³, 이성학²

¹한국표준과학연구원, ²포항공과대학교, ³포항공과대학교 철강대학원, ⁴막스플랑크 연구소, ⁵포스코.

P10-22

10Cr-1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 예비 열처리의 영향

전성호¹, 홍순익², 노상훈¹, 장진성¹, 김태규¹

¹한국원자력연구원 신소재개발실, ²충남대학교 신소재공학과.

P10-23

The Dissolution Behavior of Lime in CaO-Al₂O₃-SiO₂ Slag

Yong Jung Lee¹, Youn-Bae Kang²

¹Graduate Institute of Ferrous Technology, ²POSTECH.

P10-24

열간 비소질강의 열처리 조건에 따른 미세구조 및 기계적 특성 변화 연구

강형규¹, 김호영¹, 임성곤¹

¹(주)센트랄.

P10-25

Study on Vanadium Precipitation Behavior and Recrystallization Kinetics in High Manganese TWIP Steels

Woojin Cho¹, Byeongseok Jeong¹, Jaeun Lee¹, Hwangsun Kim¹, Wontae Cho¹, Heung Nam Han¹

¹Seoul National University.

P10-26

Effect of Intercritical Annealing Temperature on Microstructure and Tensile Properties in Fe-9Mn-3Al-1.5(Cu/Ni)-0.2C Medium-Mn Steels with Austenite-Ferrite Structure

이상인¹, 이승완¹, 황병철¹

¹서울과학기술대학교.

P10-27

유동 상태의 물 모델 및 시뮬레이션 모델을 이용한 Droplet의 하강 거동에 미치는 Droplet의 크기의 영향

권혁인¹, 김선중²

¹조선대학교대학원 첨단소재공학과, ²조선대학교 재료공학과.

P10-28

물 모델을 활용한 실리콘 오일 내 Droplet의 상승 속도에 미치는 점도 및 물방울 크기의 영향

조유담¹, 김선중¹

¹조선대학교 재료공학과.

P10-29

9Cr-1W계 페라이트/마르텐사이트 저방사강의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 Ta, Ti 복합 첨가의 영향

김병환¹, 이창훈¹, 문준오¹, 장재훈¹, 김성대¹, 박성준¹, 이태호¹, 조경목²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교.

P10-30

발전소재 1.25Cr-0.5Mo 강에서 등온 열화에 따른 M₂C 형성 거동 분석

김명연¹, 이영국¹, 심재혁²

¹연세대학교, ²한국과학기술연구원.

P10-31

자동차 강판용 IF(interstitial-free)강의 인(phosphorus) 입계편석 영향에 대한 연구 리뷰

신상훈¹, 강춘구¹, 이경호¹, 허성열¹

¹현대제철 기술연구소.

P11 : 생체재료

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P11-1

적층성형기술을 활용한 하악골 결손부 대체형 구강악안면고정용판 동물실험

함민지¹, 김형균¹, 정경환¹, 김원래¹, 김건희¹, 김민근²

¹한국생산기술연구원, ²강릉원주대학교 치과대학 구강악안면외과.

P11-2

The Effect of Microstructure on Corrosion Rate of Mg-Zn Alloy as a Biodegradable Material

Guangzhe Li¹, Myung-Ryul Ok², Ho-Jeong Jeon², Yu-Chan Kim², Hyun-Kwang Seok²

¹한국과학기술연합대학원대학교, ²KIST.

P11-3

Compressed Circumstance Engineering Technique for Dedifferentiation Inhibition of Nasal Septum Chondrocytes

서영민¹, 엄승훈¹, 전호정¹

¹한국과학기술연구원.

P11-4

Single Apatite Coating Process of Titanium Surface Using Nano-second Laser

엄승훈¹

¹한국과학기술연구원.

P12 : 금속역사

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P12-1

서천 종전지구 주종유구 출토 청동슬래그의 금속학적 연구

장원진¹, 조남철¹, 차재동²

¹공주대학교 문화재보존학과, ²국강고고학연구소.

P13 : 전자재료

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P13-1

[Sb₂Te₃-GeTe]₈로 구성된 Superlattice의 증착온도, 열처리 방법에 따른 XRD 분석

전승원¹, 김수란¹, 정용석¹

¹한국산업기술대학교 신소재공학과.

P13-2

Non-Oxide High-k Materials Screening Through Automated Ab Initio Calculations

Miso Lee¹, Yong Youn¹, Kanghoon Yim², Seungwu Han¹

¹Seoul National University, ²Korea Institute of Energy Research.

P14 : 열처리

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P14-1

열처리에 따른 인코넬 718의 미세조직 및 기계적 물성에 미치는 영향

김형래¹, 윤창근¹, 주정환¹, 이호진¹, 전현준¹

¹한국원자력연구원.

P14-2

열처리 온도에 따른 Cu-2.5%Zr 합금의 미세조직 특성

양현석¹, 한덕현¹, 정우철¹, 최진주¹

¹고등기술연구원.

P14-3

AISI 52100 강의 탄화물 미세화 열처리에 관한 연구

윤영섭¹, 권용철¹

¹한국건설생활환경시험연구원.

P14-4

Q&P 열처리 공정 조건에 따른 Cr-Mo강의 미세조직 및 기계적 특성 변화

서오덕¹, 남대근¹, 장재호¹, 박원욱², 김성환¹

¹한국생산기술연구원 울산지역본부, ²인제대학교 에너지융합학과.

P14-5

The Effect of Heat Treatment on Intergranular Carbide Precipitation Behavior and Its Effect on Mechanical Properties of Alloy 690 Steam Generator Tube

이태혁¹, 서호영², 이동환³, 이종현³

¹한국지질자원연구원, ²한국기초과학지원연구원, ³충남대학교 신소재공학과.

P14-6

2단 시효처리에 따른 A356 합금의 기계적 특성 평가

유준휘¹, 김상욱¹, 정택균¹, 현승균¹, 김윤준¹

¹인하대학교 공과대학 신소재공학부.

P14-7

나노결정 Fe-Si-B(-Ca)계 합금의 미세조직과 연자성특성 연구

정준영¹, 임현아², 손근용², 박원욱²

¹인제대학교나노융합공학부, ²인제대학교 BNIT융합대학 나노융합공학부.

P14-8

플라즈마 질화처리된 S45C 의 시간과 온도에 따른 기계적 성질의 거동에 관한 연구

박성중¹, 안경준¹, 전동술¹

¹한국생산기술연구원.

P14-9

SLM 방식으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화

김관일¹, 오민석¹, 김유환², 안병민¹

¹아주대학교, ²Z3DFAB.

P14-10

Morphological Evolution during The Templated Solid-State Dewetting of Fe(100) Films

Dongchul Lee¹, Jaehun Jeong¹, Seungheon Han¹, Kyeonggon Choi¹, Jongpil Ye¹

¹Department of Materials Science and Engineering, Inha University.

P15 : 용접 및 접합-초고강도 및 경량 소재 적용 자동차 용접접합 기술

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P15-1

레이저 용접조건이 알루미늄 합금의 경도와 미세조직에 미치는 영향

심우정¹, 전형준², 박성진¹, 김동화¹

¹㈜새한산업, ²㈜명진테크.

P15-2

다단통전을 이용한 핫스탬핑강 볼트 프로젝션 용접부 특성 비교

김재훈¹, 천주용¹, 이상준¹, 지창욱¹

¹한국생산기술연구원 울산지역본부.

P15-3

A New Approach to Joining Multi-Materials by Hybrid Joining for Automotive Applications

Hyun-Ju Choi¹, Won-Kyung Kang¹

¹Korea Automotive Technology Institute.

P15-4

Quantitative Evaluation of LME Crack Characteristics in Resistance Spot Welds of UHSS Steels

한승창¹, 이민수¹, 엄상호², 최두열², 정홍철², 전태성¹

¹인천대학교, ²포스코.

P15-5

Effect of Process Peak Temperature on Mechanical Properties and Microstructure of Friction Stir Welded Ti-6Al-4V Alloy Joints

Young-bin Lim¹, Kwang-jin Lee¹

¹Korea Institute of Industrial Technology.

P15-6

알루미늄 판재의 저항 용접의 전극 재질에 따른 용접특성 비교

이상준¹, 김재훈¹, 천주용¹, 지창욱¹

¹한국생산기술연구원 울산지역본부.

P16 : 집합조직

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P16-1

알루미늄 판재의 열간 비대칭 압연과 R- value

김인수¹, 보보무로드¹, 이철우¹

¹금오공과대학교 신소재공학부.

P16-2

2상 타이타늄 합금의 삼차원 미세구조 재건

정혜인¹, 채준열¹, 김은영², 강주희², 오창석², 김지훈¹

¹부산대학교 기계공학부, ²재료연구소.

P16-3

결정 소성 유한요소 모델을 사용한 Zr-2.5wt%Nb 압력관 재료의 기계적 거동에 집합조직이 미치는 영향 분석

안동현¹, 이경근¹

¹한국원자력연구원.

P16-4

은도금층의 소성가공 및 열처리를 통한 결정학적 미세조직 관찰

김상혁¹, 이우진¹, 홍성박², 박현³, 홍성규³, 이효종¹

¹동아대학교 금속공학과, ²부곡스텐레스㈜, ³리녹스㈜.

P16-5

강판에서 비대칭압연을 통한 Goss Texture 증가

이철우¹, 이동녕², 김인수¹

¹금오공과대학교 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부.

P16-6

저탄소강의 비대칭압연과 집합조직의 변화

이철우¹, 이동녕², 김인수¹

¹금오공과대학교 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부.

P17 : 표면처리

Room 1층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P17-1

The study of Tech Arc Coating in TiO₂ of Titanium alloy

유재인¹, 하동현¹, 고훈², 윤재곤², 유재용², 김진희²

¹DHU 비철금속 표면처리센터, ²테크트랜스 기업부설연구소.

P17-2

양극산화를 이용한 Mg-Ca 합금 표면 산화막 형성 및 이에 따른 부식 저항성 향상 연구

정철환¹, 윤용희¹, 양기욱¹, 김소영¹, 이원희¹

¹세종대학교.

P17-3

방열도료를 활용한 배전시스템의 에너지 효율 향상

박상환¹, 김민준¹, 최진주¹, 공만식¹

¹고등기술연구원.

P17-4

금형 표면 윤활성 향상을 위한 복합도금 연구

변영민¹, 김호영¹, 서선교², 윤진두³, 나상조³

¹한국건설생활환경시험연구원, ²유림티앤씨(주), ³동진금속.

P17-5

HT9 피복관과 금속 핵연료의 상호반응을 억제하기 위한 피복관 내면 Cr 도금층의 미세구조 연구

여승환¹, 김준환¹

¹한국원자력연구원.

P17-6

고용점 금속의 레이저 유도 화학기상증착 코팅기술

남동윤¹, 최현진¹, 계인석¹, 이지영¹, 오용준¹

¹국립한밭대학교 신소재공학과.

P17-7

마그네슘합금 플라즈마 전해 산화피막의 초발수성 구현을 위한 비등수 처리

주재훈¹, 김동현², 김권후¹, 이정훈¹

¹부경대학교 금속공학과, ²한국세라믹기술원 분석인증센터.

P17-8

비등수를 이용한 전기아연 도금층의 초발수성 구현

정해창¹, 김왕렬², 강민주¹, 이정훈¹

¹부경대학교 금속공학과, ²한국생산기술연구원 동남지역본부.

P17-9

HVOF 용사 코팅 공정으로 제조된 Ni-W-Cr-Si-B 코팅층의 Flame 표면 개질 열처리를 이용한 미세조직 및 물성 제어

위동열¹, 함기수¹, 박순홍², 이기안^{1*}

¹인하대학교 신소재공학과, ²포항산업과학연구원.

P17-10

보락스 및 알루미늄을 혼합한 단결정 사파이어 웨이퍼의 화학 에칭 공정에 관한 연구

김경호¹, 전영준¹, 최경환², 김상섭¹, 조규섭²

¹인하대학교 신소재공학부, ²한국생산기술연구원.

P17-11

반응성 마그네트론 스퍼터링 공정을 이용한 MoSi합금 코팅의 미세조직 및 기계적 특성 평가

임기성¹, 김영석¹, 박혜진¹, 문상철¹, Jumaev Elyorjon¹, 박제형¹, 정연범¹, 장두혁¹, 김민정¹, 김기범^{1*}

¹세종대학교 나노신소재공학과.

P17-12

마그네트론 스퍼터의 전류제어가 PVD코팅 특성에 미치는 영향

신현정¹, 김동배¹, 이영민¹, 김주업¹, 김성철², 이충규², 김남수²

¹(재)대구기계부품연구원, ²미래써모텍.

P17-13

AL6061-T6 표면처리 종류에 따른 부식영향성 평가

우지훈¹, 이두열¹, 김민생¹

¹공군 항공기술연구소.

P17-14

스퍼터법으로 증착한 Cr박막의 두께 변화에 따른 표면거칠기와 물리적 특성 연구

강영준¹, 조영욱¹, 백주환¹, 조영래¹

¹부산대학교 재료공학과.

P17-15

Study on Laser Cladding of CoNiCrAlY Bond Coat on Co-Ti-W Alloy

JaeWook Han¹, Pyuck-Pa Choi¹, Won Seok Choi¹

¹KAIST.

P17-16

내해수강 기반 조선해양용 Maintenance-Free 발라스트 해수배관 기술 개발

박종원¹, 박광수¹, 김흥주¹

¹포항산업과학연구원.

P17-17

대기 플라즈마 용사로 제조된 Al₂O₃-YSZ 멀티레이어 코팅층의 열적 특성 평가

정병홍¹, 손시영¹, 황우식², 정택균³, 현승균³

¹인하대학교 재료공정공학, ²베델원(주), ³인하대학교.

P17-18

사고저항성 피복관 개발을 위한 코팅 소재 고온산화 저항성평가

최병권¹, 김일현¹, 박정환¹, 박동준¹, 정양일¹, 이영호¹, 김현길¹, 양재호¹

¹한국원자력연구원.

P18 : 타이타늄

Room 1 층 전시장, 10월 25일 10:00 - 17:00

P18-1

Correlation between Residual Stress and Fatigue Properties of Ti-6Al-4V Alloy Fabricated by EBM Additive Manufacturing

YOUNG SIN CHOI¹, Sang-Yeob Lim², Dong-Geun Lee¹

¹Sunchon National University, ²Korea Atomic Energy Research Institute.

P18-2

Local Deformation Behaviour Of Commercially Pure Titanium

이민수¹, 전종배², 최은영², 현용택³, 전태성¹

¹인천대학교, ²한국생산기술연구원, ³재료연구소.

P18-3

타이타늄 재활용 공정 기술 개발

진연호¹, 양재교¹

¹고등기술연구원.

P18-4

미세구조 배열이 조절된 Ti-Ni합금의 변형거동

문정태¹, Izaz Ur Rehman¹, 남태현¹

¹경상대학교.

P18-5

생체용 Ti-Zr-Nb-Sn 합금의 형상기억특성에 미치는 O 첨가의 효과

박정빈¹, 마봉건², 김재일³

¹동아대학교 금속공학과, ²현테크, ³동아대학교 신소재공학과.

P18-6

순환열처리 조건에 따른 상용 Ti-48Al-2Cr-2Nb 합금의 미세조직 평가

최진주¹, 박상환¹, 공만식¹

¹고등기술연구원.

P18-7

제조 방법에 따른 금속 3D프린팅용 Ti 비정질 와이어의 제조 및 특성 조사

김승이¹, 이아영¹, 이창우¹, 이만하¹

¹한국생산기술 연구원.

P18-8

Ti-Cr-Mn합금의 첨가원소 및 열처리 조건에 의한 미세조직과 기계적 물성 관찰

박상원¹, 홍성환¹, 김영석¹, 박혜진¹, 문상철¹, 권성준¹, 최시연¹, 김기범², 박찬희², 염종택²

¹세종대학교 나노신소재 공학과, ²재료연구소.

P18-9

Dv-Xα 분자궤도법을 이용한 고강도 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금 설계 및 특성 평가

배기창¹, 박천명¹, 박용호¹

¹부산대학교 재료공학과.

P18-10

순수 타이타늄 기반 산화물분산강화 합금의 미세조직 및 기계적 특성

박태성¹, 김정환¹

¹국립한밭대학교 신소재공학부.

P18-11

Effects of Strain Rate On Macro- And Micro-Scopic Mechanical Responses in Ti-6Al-4V

MinKi Ji¹, Youn-Taek Hyun², Tea-Sun Jun¹

¹Incheon National University, ²Korea Institute of Materials Science.

P18-12

저온 소둔 공정을 이용한 초미세립 Ti-6Al-4V 판재의 기계적 물성 향상

김건형¹, 이용문¹, 최성우², 홍재근², 이종수¹

¹포항공과대학교, ²재료연구소.

P18-13

마찰 교반 용접한 타이타늄 용접부의 미세조직 및 기계적 성질 변화

이용재¹, 최안드레¹, 신세은¹, 이동근¹

¹순천대학교 신소재공학과.

P18-14

Cl₂ + CO 혼합가스에 의한 합성루타일의 염화반응 속도에 대한 연구

홍성민¹, 박성훈¹, 이소영¹, 김영준¹, 손호상¹

¹경북대학교 신소재공학부.

P18-15

TiNi 합금에서 전압과 시간과 합금기판의 조성에 따른 양극산화 거동

최수영¹, 김민수², 남태현¹

¹경상대학교, ²한국생산기술연구원.

P18-16

수소 분위기에서 $TiCl_4$ 의 마그네슘-열환원법에 의한 Ti HDH 분말제조
김영준¹, 박성훈¹, 이소영¹, 홍성민¹, 손호상¹
¹경북대학교.

P18-17

비틀림 시험을 이용한 Ti-15-3합금의 고온 가공성 평가
김명훈¹, 손현우¹, 이지운¹, 김상욱¹, 이경서¹, 정택균¹, 현승균¹
¹인하대학교.

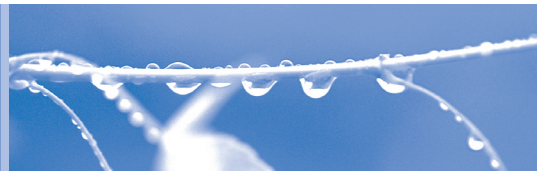
P18-18

The Influence of Heat Treatment Atmosphere on the Globularization
of α -phase in Ti-6Al-4V Alloy.
NUR ARIEF MEYVIAWAN¹, EUNG RYUL BAEK¹
¹영남대학교.

P18-19

Ti-(51-x)Ni-xCu ($x = 8, 10, 12$ at.%) 합금의 초탄성특성에 미치는
시효처리의 영향
김지현¹, 남태현¹
¹경상대학교.

POSTER SESSIONS III 10월 26일



P19 : 에너지재료(재생에너지)

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P19-1

Lattice Strain and Phase Transition Induced by Li Migration in Cyclic NCM111 ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$)

변영운¹, 김준동², 김홍규², 윤순리², 이재철¹, 안재평²

¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

P19-2

Hybrid Nanostructures of Natural Photosystems and Nitrogen-doped Carbon Nanotubes for Efficient Light Harvesting

Nyeongbeen Jo¹, Insu Kim¹, Yoon Sung Nam¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P19-3

Si-Ti-Al 삼원계 상태도를 이용한 리튬이차전지 음극 활물질의 설계와 전기화학적 특성 분석

김주한¹, 심재현², 성재욱³, 현승균¹

¹인하대학교, ²동신대학교, ³로지엠바이오.

P19-4

Comparison of Hot-Deformation Behavior between Nd-Fe-B HDDR and MQU-F Powder During Hot-Deformation

Jae Gyeong Yoo¹, Hee Ryoung Cha¹, Youn Kyoung Baek¹, Young Kuk Kim⁴, Dong Yun Lee¹, Hae Woong Kwon¹, Jung Goo Lee¹

¹Powder & Ceramics Division, Korea Institute of Materials Science.

P19-5

Effect of The Carbon Content of $\text{Mn}_{50}\text{Al}_{50-x}\text{C}_x$ on Its Magnetic Properties and Phase Stability

Sumin Kim¹, Hyun-Sook Lee¹, Wooyoung Lee¹

¹Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

P19-6

Electronic Structures and Structural Stability of Diffusion Channels: Insights into The Enhanced Ionic Conductivity of Si- and Cl-doped Solid Electrolytes

최용석¹, 이재철¹

¹고려대학교.

P19-7

Molybdenum Sulfide/N-doped CNT Forest Electrochemical Catalysts for Hydrogen Generation

Gang San Lee¹, DongJun Li², Sangouk Kim¹

¹MSE, ²Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P19-8

Phase Transition Behaviors and Formation of Electrically Resistive Phases at The Anode: Major Factors Determining The Energy Efficiency of Li-Ion Batteries

최용석¹, 이재철¹

¹고려대학교.

P19-9

Direct Measurement of Electric Resistivity of Solid Electrolyte Interface Using 4-Point-Probe Technique

Jun-Hyoung Park¹, Yong-Seok Choi¹, Hyung Cheoul Shim², Jae-Pyoung Ahn³, Jae-Chul Lee¹

¹Korea University, ²Korea Institute of Machinery and Materials, ³Korea Institute of Science and Technology.

P19-10

Mn계 천이금속 기반 자기열량 합금에서 Mn/Fe 비율에 따른 자기열량 특성의 변화에 대한 연구

이아영¹, 김송이¹, 김영도², 이민하¹

¹한국생산기술연구원, ²한양대학교 신소재공학과.

P19-11

Fabrication of Anisotropic Bulk Magnet from HDDR Powder

Ga Yeong Kim¹, Hee Ryoung Cha¹, Youn Kyoung Baek¹, Young Kuk Kim¹, Yang Do Kim², Hae Woong Kwon³, Jung Goo Lee¹

¹Korea Institute of Materials Science (KIMS), ²Pusan National University, ³Pukyong National University.

P19-12

Immobilization of Polyoxometalates on Au-TiO₂ Photoanode with Al₂O₃ Thin Layer for Sustainable Plasmonic Water Oxidation

Shinyoung Choi¹, Insu Kim¹, Yoon Sung Nam¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

P19-13

Enhanced Solar Cell Efficiency with Low-Cost Upgraded Metallurgical-Grade Silicon

이덕현¹

¹한국생산기술연구원.

P19-14

폴리피롤을 이용한 비효소식 전기화학적 락테이트 감지 센서

최영민¹, 임하나², 박영민², 박진성¹, 김현종²

¹한양대학교, ²한국생산기술연구원.

P19-15

Boosted Output Performance of Sliding-mode Triboelectric Nanogenerator through Zero Potential Layer

양우정¹

¹울산과학기술원.

P19-16

Property Improvement of Porous Titania Thin Film Using Cellulose Nanocrystal Applied at Wet/Dry Photocatalyst Materials
Yonghee Yoon¹, Giuk Yang¹, Soyoung Kim¹, Choelhwan Jeong¹, Wonhee Lee¹

¹Sejong University.

P19-17

Proof ring 방법을 이용한 고압 수소 사용 적합성 평가 방법 연구
오동현¹, 임경민¹, 이창현¹

¹(재)한국화학융합시험연구원.

P19-18

Facile Synthesis of Nanoporous Si/C as a Highly Stable and Efficient Anode Material for Li-ion Batteries

민찬우¹, Duc Tung Ngo², 박찬진¹

¹전남대학교, ²삼성디스플레이(베트남).

P19-19

리튬이차전지용 다공성 SiO_x 음극소재의 합성 및 전기화학적 특성 분석
김한솔¹, 김재현¹

¹국민대학교 신소재공학부.

P19-20

희토류 첨가에 따른 PZT 박막의 도메인구조 및 압전특성 변화
전종철¹, 오승주², 김규현¹

¹한국생산기술연구원, ²고려대학교 신소재공학부.

P19-21

Effects of Vanadium Nitride/Carbon Nanofiber Composite as a Protective Layer for Cathode on the Stability of Li-S Batteries

김한별¹, 박찬진¹

¹전남대학교.

P19-22

비정질 실리카를 기반으로 하는 고성능의 리튬 이차전지용 음극소재의 전기화학적 특성 연구

이승수¹, 장연호¹, 박철민¹

¹금오공과대학교.

P19-23

Highly Reversible Li- and Na-Ion Storage Characteristics of Antimony Telluride-Based Nanocomposite Anodes

남기훈¹, 김도현¹, 박철민¹

¹금오공과대학교.

P19-24

Layered Germanium Phosphide-Based Anodes for High-Performance Lithium- and Sodium-Ion Batteries

남기훈¹, 김태현¹, 유동근¹, 박철민¹

¹금오공과대학교.

P20 : 복합재료

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P20-1

액상가압 성형공정을 이용한 고체적률 TiB₂세라믹 입자강화 Al1050 금속복합재 제조 및 분석

고성민¹, 박현재¹, 이영환¹, 신상민¹, 이동현¹, 조일국¹, 조승찬¹, 이상관¹, 김양도², 이상복¹

¹재료연구소 복합재료연구본부, ²부산대학교 재료공학과.

P20-2

Effect of CaF₂ Addition on The Crystallinity of Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles

Jaeyong Jung¹, Yang-Do Kim², Byung-Gawn Song¹, Young-Kuk Kim¹

¹Korea Institute of Materials Science, ²Pusan National University.

P20-3

다이캐스팅법에 의한 주철-알루미늄 이종소재의 계면접합특성에 미치는 탈흑연 깊이의 영향

양지바름^{1,2}, 김태형¹, 신제식¹, 김동웅¹, 김윤준²

¹한국생산기술연구원, ²인하대학교 신소재공학부.

P20-4

하이브리드 복합재 GLARE와 CFRP의 기계적 특성과 충격 저항성 연구(Study on Mechanical Properties and Impact Resistance of GLARE(Glass-Fiber-Reinforced-Aluminum) and CFRP(Carbon-Fiber-Reinforce-Plastic))

양성운¹, 이두열¹, 김기현¹, 김민생¹

¹공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).

P20-5

전자파 차폐용 알루미늄/탄소 섬유 복합 소재 개발

김정준¹, 이연주¹, 최현주¹

¹국민대학교 신소재공학과.

P20-6

무전해 도금을 통한 탄소섬유 구리코팅의 부피분율에 따른 열팽창계수와 기계적 특성

이준영¹, 손유한¹, 한준현¹

¹충남대학교 신소재공학과.

P20-7

HIP처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재 인장파괴 특성 및 모델링

박성주¹, 조승찬², 이상관², 김대하³, 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 복합재료연구본부, ³대화알로이테크.

P20-8

구리-다이아몬드 복합재료의 열전도도 향상을 위한 다이아몬드 표면 코팅 연구

김화정¹, 최희락², 정해용², 안용식²

¹부경대학교 LED공학협동과정, ²부경대학교 재료공학과.

P20-9

Annealing 열처리를 통한 Ni-25%Al 압분체의 연소합성 반응열제어

모남규¹, 이한영², 조용재¹, 이상곤¹, 정명식¹, 최창영¹, 정유현¹, 김건호¹

¹한국생산기술연구원, ²계명대학교.

P20-10

탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 제품 제조용 금형 설계를 위한 탄소 섬유 드레이핑 및 수지 유동해석

최광목¹, 채홍준¹

¹고등기술연구원 신소재공정센터.

P20-11

Cu-clad Al 복합소재에서 Al함금 조성에 따른 계면 거동 및 기계적/전기적 특성 변화에 관한 연구

박정민^{1,2}, 현승균¹, 이종범², 박상용², 정하국²

¹인하대학교, ²한국생산기술연구원.

P21 : 마그네슘

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P21-1

압연 전 석출에 의한 마그네슘 판재의 기계적 특성 강화

오승현¹, 김정균², 김용주¹, 김원태³, 김도향¹

¹연세대학교, ²LG전자, ³청주대학교.

P21-2

Effect of Sn Addition on the Age Hardening Behaviour of Extruded AZXW9100 Alloys

Yohan Go¹, Jae Ok Choi², Joung Sik Suh³, Bong Sun You^{1,3}, Young Min Kim^{1,3}

¹UST, ²Kyungpook National University, ³KIMS.

P21-3

Mechanical and Biocorrosive Properties of Magnesium-Aluminium Alloy Scaffold for Biomedical Applications

홍기철¹, 박혜지¹, 김윤성², Michal Knapke³, Kristian Mathis³, Akiko Yamamoto⁴, 최희만¹

¹국민대학교, ²미시간대학교, ³찰스대학교, ⁴NIMS.

P21-4

Icosahedral Phase Reinforced Mg-Zn-Y-Zr 합금의 저온에서의 초소성 거동에 대한 연구

이태진¹, 김우진¹

¹홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온구조재료실험실.

P21-5

Ca 및 Y첨가에 따른 AZ61 주조재, 가공재 부식거동

김종일¹, 은녹하², 김영민³, 김천중¹, 유봉선³

¹충남대학교 (CNU), ²과학기술연합대학원대학교 (UST), ³재료연구소 (KIMS).

P21-6

Effect of Annealing on Mechanical Properties and Microstructural Evolution of Multi-Pass Caliber-Rolled AZ31 Mg Alloy

공태인¹, 광병제¹, 이태경¹

¹부산대학교 공대 기계공학부.

P21-7

온간 압연 한 Mg-Ca 이원계 합금의 집합조직 발달 및 상온 성형성에 미치는 Ca의 영향

이성음¹, Jaiveer Singh¹, 김민성¹, 채영욱², 최시훈¹

¹순천대학교, ²POSCO Mg 연구 산업단.

P21-8

On the Relationship between Deformation Twinning and Mechanical Properties in Pure Magnesium at Room Temperature

Gukin Han¹, Hyung-Ki Park², Hyo Kyu Kim², Tea-Sung Jun¹

¹Incheon National University, ²Korea Institute of Industrial Technology.

P21-9

초기 집합조직이 AZ31 마그네슘합금 압연재의 정적 재결정 거동에 미치는 영향

이상원¹, 김상훈¹, 박성혁¹

¹경북대학교.

P21-10

Mg-Bi 이원계 마그네슘 압출재의 미세조직 및 기계적 특성

고종빈¹, 김상훈¹, 이종언¹, 박성혁¹

¹경북대학교.

P21-11

X-ray Line Profile Analysis on Texture Development of CaO-added AZ31 Alloy

Hyeon Woo Son¹, Ji Woon Lee¹, Taek Kyun Jung¹, Soong Keun Hyun¹

¹Department of Materials Science and Engineering, Inha University.

P22 : 나노소재

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P22-1

Interface-Confined High Crystalline Growth of Semiconducting Polymers at Graphene Fibers for High-Performance Wearable Supercapacitors

HASSAN ALI SALMAN¹, Suchithra Padmajan Sasikala¹, Sang Ouk Kim¹

¹KAIST.

P22-2

폴리올공정으로 합성한 FeCo의 자성특성과 입자크기 효과

박종환¹, 박찬², 서수정¹

¹성균관대학교, ²부경대학교.

P22-3

CaFe₂O₄/TiO₂ NPs Impregnated Polyethylene Composite Media for Hydroponics

김동윤¹, Hyun Kim¹, Beelyong Yang¹

¹Kumoh National Institute of Technology.

P22-4

Block Copolymer Self-Assembly on Graphene Light-Absorbing Layer by Laser Induced Photo-Thermal Effect

Geon Gug Yang¹, Hyeong Min Jin¹, Sang Ouk Kim¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology.

P22-5

Rapid Assembly of Electrochemically Exfoliated Graphene Film for Transparent and Flexible Optoelectronics

Yunho Kang¹, Jongwon Shim², Taeyeon Yun¹, Sang Ouk Kim¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, ²Dongduk Women's University.

P22-6**Analysis of Effect of Surfactant on The Catalytic Performance of Platinum Nanoparticles by Atom Probe Tomography**Kyuseon Jang¹, Chanwon Jung¹, Seho Kim¹¹Korea Advanced Institute of Science and Technology.**P22-7****Recent Progress of Morphology Controlled Synthesis in Gold Nanoparticles**박희정¹¹한국기초과학지원연구원.**P22-8****고에너지 불밀 장비로 제조된 Boron Nitride Nanosheets 형성 거동 및 응용 연구**송준우¹, 박진주², 이민구², 이경자², 홍순직¹¹공주대학교 신소재공학과, ²한국원자력연구원.**P22-9****전기도금법을 이용한 Co-W 합금 나노선 합성과 조성에 따른 미세구조 및 자기적 특성 분석**유은민¹, 전유상¹, 문준환¹, 김영근¹¹고려대학교 신소재공학과.**P22-10****Co@Co-Pi/Au 바코드 나노선의 합성 및 미세구조 분석**문준환¹, 전유상¹, 유은민¹, 김영근¹¹고려대학교 신소재공학과.**P22-11****Plasmonic Au Nanohole Array as a Platform for Surface Plasmon Polariton-enhanced Fluorescence**Joong Bum Lee¹, Yeon Sik Jung¹, Yoon Sung Nam¹¹Korea Advanced Institute of Science and Technology.**P22-12****DNA-functionalized Quantum Dot and Its Thermal Stability for FRET-based DNA Detection**Jae Chul Park¹, Hyebin Na¹, Yoon Sung Nam¹¹KAIST.**P22-13****Fabrication of Janus Graphene Having Different Properties on Both Sides**Taekyun Lee¹, Jinseok Choi¹, Jongseong Ryu¹, Sung Jin An¹¹Kumoh National Institute of Technology.**P22-14****Synthesis and Characteristics of MoS₂/Carbon Composite Powders using Electrical Explosion of Wire in the Liquid**김진천¹, Dac-Phuc Chu¹, Minh-Thuyet Nguyen¹¹울산대학교.**P22-15****Band Gap Tuning of Two Dimensional MoS₂ by Oxidative Intercalation**송성호¹, 전석우²¹공주대학교 신소재공학부, ²한국과학기술원 신소재공학과.**P22-16****표면 플라즈몬에 의한 라만 산란 신호 증폭을 위한 나노구조체 설계**유다영¹, 송혜린², 김규정², 이동윤³¹부산대학교 나노융합기술학과, ²부산대학교 인지메카트로닉스공학과, ³부산대학교 광메카트로닉스공학과.**P22-17****Conductivity Enhancement of Graphene/Silver Nanowires Without Reduction of Optical Transmittance**Ji-Myon Lee¹¹Sunchon National University.**P22-18****가스 센싱 특성 향상을 위한 브랜치와 금속 나노입자의 형성**김현우¹, 최명식¹, 방재훈¹, 엄완식¹, 나한길¹, 진창현²¹한양대학교 신소재공학과, ²한양대학교 산업과학연구소.**P22-19****TiO₂ Nanotubes/Optical Fibers for Trace Contaminant Control System of Spacecraft**김동윤¹, Hyun Kim¹, Beelyong Yang¹¹Kumoh National Institute of Technology.**P22-20****CVD Graphene Oxidation via Photolithography and Solution-Based Oxidation**Jinseok Choi¹, Sung Jin An¹¹Kumoh National Institute of Technology.**P22-21****부활제 농도에 따른 상향변환 나노형광체의 발광특성 조사**김미선¹, 장호성¹¹한국과학기술연구원.**P22-22****Cu₂O Nanorod/g-C₃N₄/FTO Glass for CO₂ to CH₃OH Conversion**김동윤¹, Hyun Kim¹, Beelyong Yang¹¹Kumoh National Institute of Technology.**P22-23****Single-Step Growth of Aligned ZnO Nanorods and Their Application for the Detection of Residual Detergents**EunBin Jo¹, Gitae Namgung¹, Chulkyoon Mok¹, Jin-Seo Noh¹¹Gachon University.**P22-24****액상 내 금 나노 입자의 성장 실시간 관찰 및 형상에 따른 구조 분석**강인형¹, 빈민욱², 김문덕¹, 김영현²¹충남대학교 물리학과, ²한국표준과학연구원 나노구조측정센터.**P22-25****Viscosity Variation of Graphene Oxide Suspension After Electrophoretic Deposition**JongSeong Ryu¹, JinSeok Choi¹, Teakyun Lee¹, Sung Jin An¹¹Kumoh National Institute of Technology.

P22-26

Controlling Intrinsic Defects in Aqueous Synthesis of CdSe Quantum Dots

Hyebin Na¹, Jae Chul Park¹, Yoon Sung Nam¹

¹KAIST,

P22-27

Alignment Control of Large Graphene Oxide Composites Through Liquid Crystallinity

Jin Goo Kim¹, Kyung Eun Lee¹, Sang Ouk Kim¹

¹KAIST,

P22-28

Fabrication and Characterization of a EMI (ElectroMagnetic Interference) Shielding Film Using Few Layers Graphene Complemented by Dip-Coating Method.

Ji-weon Kim¹, Yongkyung Lee¹, Jiwon Park¹, Yu-rim Choi², Seo-yeon Han², Hyo-bin Lee³, Jin-hyung Lee³, Mi Hye OH⁴, Chang-Soo Han⁵

¹Korea University, ²Changmun Girl's High School, ³Hanyang University

⁴Korea Automotive Technology Institute, ⁵School of Mechanical Engineering.

P23 : 용접 및 접합

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P23-1

하이브리드 용접 후의 담금질-뜨임 열처리에 의한 기계적 물성 및 미세 조직 변화

최병진¹, 유광재¹, 강성훈¹, 오영석¹, 구본민², 이재현³, 이호원¹

¹재료연구소, ²한국프랜지공업, ³성우하이텍.

P23-2

경량 CCB 제작을 위한 알루미늄 다이캐스팅합금의 용접성 평가

김용¹, 이동민²

¹고등기술연구원, ²세원정공.

P23-3

439 페라이트계 스테인리스강의 GTA 용접부에서 산화개재물 제어를 통한 CET 촉진에 대한 연구

김진혁¹, 조영태², 오용희², 이원배³, 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²창원대학교 기계공학과, ³포스코 철강솔루션마케팅실.

P23-4

마찰접합된 SUS 430F 합금의 미세조직과 기계적 특성 평가

김경우¹, 김영규¹, 송국현¹

¹조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과.

P23-5

온도제어 가능 고주파 유도가열 브레이징 기술 적용 냉매 분배기 동배관의 접합 공정 개발

김건홍¹, 한덕현¹, 김용², 고임현³

¹고등기술연구원 신소재공정센터, ²고등기술연구원 로봇생산기술센터, ³삼원동관㈜.

P23-6

극한환경용 고인성 해양플랜트 강재 FCAW 다층용접 미세조직 및 특성

최동기¹, 엄민혁¹, 조영우¹, 조성규², 정택균³, 현승균³

¹하이드로웨스트, ²현대제철, ³인하대학교.

P23-7

Powder Bed Fusion 방식으로 제조된 TiAl과 Alloy 718의 서브스케일 모델링

김재웅¹, 이슬비¹, 홍재근², 최윤석¹

¹부산대학교 재료공학부, ²재료연구소 타이타늄연구실.

P23-8

Refill-FSSW기술을 적용한 AA3004-O 알루미늄합금 판재 접합부의 기계적 특성

서원석¹, 박수완², 조재동², 서종덕², 신상용¹, 이정구¹, 권용재¹

¹울산대학교, ²신영.

P23-9

DED 공정에 의한 Fe-Ni계 이종소재 경사적층부의 미세조직 특성

임성록¹, 김성욱¹, 천창근¹

¹포항산업과학연구원 금속소재연구그룹.

P23-10

Sn-Ag-Cu계 솔더를 이용한 로터스형 다공성 동 의 접합

김상욱¹, 이지운¹, 정택균¹, 현승균¹

¹인하대학교.

P23-11

Fe계 P92강과 Ni기 초내열합금의 이종용접부 크리프 특성과 파괴 메커니즘 상관성 고찰

김진혁¹, 이지원¹, 한정민², 이경운², 공병욱², 홍현욱¹

¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업.

P23-12

이종 전자기 펄스 접합부의 부식 특성 연구

윤병현¹

¹충남대학교.

P23-13

9%니켈강 용접부 기계 물성 평가

김재웅¹, 김인주¹, 김지선¹

¹한국생산기술연구원.

P23-14

극저온강재(9% 니켈 강재)의 레이저 용접특성 분석

김인주¹, 김재웅¹, 김지선¹

¹한국생산기술연구원.

P23-15

Gas Tungsten Arc Welding을 이용한 고망간강 용접부의 미세조직 및 물성평가

박건우¹, 남태훈¹, 김병준¹, 안용식², 전종배³

¹한국생산기술연구원 동남지역본부, ²부경대학교.

P23-16**Effect of Prior Surface Treatment on The Bonding Strength of AZ31/Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Composites Fabricated by Thermal Laser Joining**앤드류¹, Jeoung Han Kim¹, Mok Young Lee²¹국립한밭대학교 신소재공학부 응용소재공학전공, ²Research Institute of Industrial Science and Technology.**P23-17****경량 Al 5052 알루미늄합금의 마찰교반 점용접 특성 연구**김흥주¹, 박종원¹, 박광수¹, 이목영¹¹포항산업과학연구원(RIST).**P23-18****알루미늄 합금의 확산접합에 관한 연구**정호신¹, 심한림¹¹부경대학교 재료공학과.**P23-19****초경-고합금강 접합부의 강도에 관한 연구**정호신¹¹부경대학교 재료공학과.**P23-20****전자기필스 접합장치로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합부 생성 메커니즘 연구**송준우¹, 박진주², 이민구², 홍순직³¹공주대학교 신소재공학부, ²한국원자력연구원 신소재개발실, ³공주대학교 신소재개발실.**P24 : 상변태**

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P24-1**유기재료 (Cu-22Sn)의 고온변형 특성과 프로세싱 맵:**양준영¹, 김우진¹¹홍익대학교 공대 신소재 · 화공시스템공학부 고온재료실험실.**P24-2****Development of Fe-rich Soft Magnetic Metallic Glass Matrix Composite Utilizing Nucleation Seed**김경준¹, 박은수¹¹서울대학교 신소재공동연구소 재료공학부.**P24-3****Investigation on Mechanical, Deformation and Fracture Behaviors of Bulk Metallic Glass Composites Reinforced by Spherical B2 Particles**Jeh Hyung Park¹, Jeong Tae Kim², Ki Buem Kim¹, Sung Hwan Hong¹¹Sejong University, ²Erich Schmid Institute of Materials Science.**P24-4****Cr-Mn-Fe-Co-Ni 고엔트로피 합금계의 마르텐사이트 변태 특성 제어**정홍락¹, 김상준¹, 오현식¹, 박은수¹¹서울대학교 재료공학부.**P24-5****Effect of Intrinsic Factors on Inhomogeneous to Homogeneous Transition in Metallic Glasses**김지영¹, 김소연¹, 김진우², 박은수¹¹서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소, ²Massachusetts Institute of Technology.**P24-6****Abnormal Mechanical Response of HPTed Ti-Zr-Ni Quasicrystal**유근희¹, 이재인², K. Tsuchiya², 박은수¹¹서울대학교, ²National Institute for Materials Science.**P24-7****Development of New Color Materialization in Metallic Materials Based on the Volume Fraction of Coloring Intermetallic Compound**Jeong Yeonbeom¹, Kim Jeong Tae², Lee Hoo Dam³, Hong Sung Hwan¹, Choi Si Yeon¹, Park Hae Jin¹, Kim Young Seok¹, Mun Sang Chul¹, Lim Ki Seong¹, Ki Buem Kim^{*1}¹Sejong University, ²Erich Schmid Institute of Materials Science.³Hyundai Motors Company.**P24-8****Ti-Ni-Fe 형상기억합금의 R상변태 거동에 미치는 Fe첨가의 효과**김진웅¹, 김재일², 마봉건³¹동아대학교 금속공학과, ²동아대학교 신소재공학과, ³주)현대테크.**P24-9****Isothermal Oxidation Tests of B Modified Si Pack Cementation Coating on Mo-Based Mo-Si-B Alloy at 1400 °C Atmosphere**김선진¹, 최광수¹, 백경호², 김영무³, 박준식¹¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소.**P24-10****Comparison of Oxidation Behaviors and Resistances of Si/Al and Si Pack Cementation Coating on Mo-3Si-1B**김선진¹, 최광수¹, 정지현¹, 백경호², 김영무³, 박준식¹¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소.**P24-11****Development of UAlx-Al Dispersion Targets for Mo-99 Production**박성찬¹, Ki Nam Kim¹, Hwa Young Song¹, Sunghwan Kim¹, Kyu Hong Lee¹, Yong Jin Jeong¹, Jong Man Park¹¹Korea Atomic Energy Research Institute.**P24-12****Cu_{100-x}(AlNi)_x 합금에서 청색 AlNi 석출 제어에 따른 기계적 물성 및 색 변화 상관성 고찰**최시연¹, 정연범¹, 문상철¹, 박혜진¹, 김영석¹, 강결찬¹, 김태경¹, 김기범^{*1}¹세종대학교 나노신소재공학과.**P24-13****Ti-Zr계 형상기억합금 분말 제조와 소결체의 기계적특성**장재원¹, 김연욱¹, 손진혁¹, 김연지¹¹계명대학교.**P24-14****Growth Kinetic and Oxidation Behavior of Coating Layer of Si Pack Cementation Coated on Nb-Si Based Alloy**양원철¹, 최광수¹, 백경호², 김영무³, 박준식¹¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소.

P25 : 고엔트로피합금

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P25-1

Effect of The Addition of N_2 on The Structural and Mechanical Properties of TiZrHfNiCuCo High Entropy Alloy Films

Young Seok Kim¹, Hae Jin Park¹, Sang Chul Mun¹, Ki Seong Lim¹, Sung Hwan Hong¹, Gian Song², Ku Buem Kim^{*1}

¹Sejong University, ²Kongju National Univertisy.

P25-2

전자 조사 하에서 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금 내 결함의 동역학에 대한 연구

김진연¹, 유승조², 장혜정³, 박은수¹

¹서울대학교 신소재공통연구소, ²한국기초과학지원연구원 바이오융합분석본부, ³한국과학기술연구원 특성분석센터.

P25-3

고엔트로피합금과 철계 중엔트로피합금 그리고 철계 저엔트로피 합금의 성분 변화에 따른 Hall-Petch관계 및 항복강도/고용강화 원인 규명

Ondicho Ibrahim Onsomu¹, Maya Putri Agustianingrum¹, 이승준², 박노근¹

¹영남대학교공과대학신소재공학부, ²Joining and Welding Research Institute.

P25-4

높은 성형성을 위한 BCC-Dual Phase 고엔트로피 합금 연구

권현준¹, 임가람², 원종우², 이광석², 나영상², 이승훈¹

¹경북대학교, ²한국기계연구원 부설 재료연구소.

P25-5

Effects of TWinning-Induced Plasticity (TWIP) on Fracture Toughness of VCrFeCoNi Medium-Entropy Alloy

양준하¹, 조용희¹, 김동근¹, 이관호², 성효경², 김형섭¹, 이병주¹, 이성학¹

¹포항공과대학교 신소재공학과, ²경상대학교.

P25-6

분말 공정으로 제조된 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금의 밀링 시간에 따른 기계적 물성 변화

이한성¹, 오민철¹, 안병민¹

¹아주대학교.

P25-7

Cr-Mn-Fe-Co-Ni 합금계의 성형 한계도 작도

예정원¹, 윤국노¹, 김상준¹, 오현석¹, 박은수¹

¹서울대학교.

P25-8

CoCrFeMnNi계 고엔트로피 합금의 적층결합에너지 변화에 따른 상온 및 고온 인장거동

조만구¹, 서진유², 정우상², 한홍남¹

¹서울대학교, ²한국과학기술연구원.

P25-9

Processing of Non-Equiatomic Lightweight AlZnCuFeSi High Entropy Alloy by Powder Metallurgy

ASHUTOSH SHARMA¹, Minseok Oh¹, Kwanil Kim¹, Byungmin Ahn¹

¹Ajou University.

P25-10

경량 TWIP 고엔트로피 합금 개발

김민석¹, 윤국노¹, 오현석¹, 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부.

P25-11

선변형이 고 엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)의 고주기 피로 거동에 미치는 영향

이경태¹, 원종우¹, 강민주², 임가람¹, 최윤석³, 나영상¹

¹한국 기계연구원 부설 재료연구소, ²존스 홉킨스 대학교, ³부산대학교.

P25-12

우수한 강도를 가지는 Non-Equiatomic 조성의 하이엔트로피 초고온 내열 신합금 개발

김상준¹, 김일환¹, 오현석¹, 박은수¹

¹서울대학교 재료공학부.

P25-13

Chemical Evolution-Induced Strengthening on AlCoCrNi Dual-Phase High-Entropy Alloy with High Specific Strength

JUMA EV ELYORJON¹, HONG SUNG HWAN¹, PARK HAE JIN¹, KIM YOUNG SEOK¹, PARK JEHYUNG¹, MUN SANG CHUL¹, KIM KI BUEM^{*1}

¹세종대학교 공대 나노신소재공학부.

P25-14

AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 Nano Separation에서 유래된 Cr-Co Based 합금 개발 및 기계적 특성 분석

박제형¹, Jumaev Elyorjon¹, 김영석¹, 박혜진¹, 문상철¹, 홍성환¹, 임기성¹, 박상원¹, 김태경¹, 강결찬¹, 김기범^{*1}

¹세종대학교 나노신소재공학과.

P26 : 소성가공

Room 1층 전시장, 10월 26일 10:00 - 16:00

P26-1

Ti-Ni계 비정질 합금의 과냉각 액체 영역에서 Thermo Plastic Forming

최윤재¹, 김용주¹, 김원태², 김도향¹

¹연세대학교, ²청주대학교.

P26-2

Fe-Si 합금에 대한 SLM (Selective Laser Melting) 적층성형 공정연구

장호성¹, 전종배¹, 남태훈¹, 하경식¹, 이욱진¹, 박성혁², 신선미¹

¹한국생산기술연구원, ²경북대학교.

P26-3

제어냉각을 통한 비조질강의 항복비 특성 및 OTR socket 제조 공정

배성준¹, 윤은유¹, 김기환¹, 이영선¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소.

P26-4

7075 빌렛의 압출 가열 온도에서의 열처리에 따른 미세조직 분석

이상웅¹, 우영호¹

¹국립안동대학교.

P26-5

Processing Map 프로그램을 이용한 알루미늄 합금의 동적 재결정 거동 규명

엄민혁¹, 최동기¹, 조영우¹, 정택균², 현승균²

¹(주)하이드로웨스트 기술연구소, ²인하대학교.

P26-6

열간 사각컵 드로잉공정 조건에 따른 알루미늄합금의 미세조직 및 기계적 특성

박현태¹, 권의표¹, 문민석²

¹한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹, ²탄소융합기술원.

P26-7

금속 소재 가공시 가공 스크랩 분리 방안 연구

박광수¹, 박종원¹, 김흥주¹, 박형진²

¹포항산업과학연구원, ²포스코.

P26-8

열간 성형을 이용한 항공기용 Ti-6Al-4V 부품 제작 기술 개발

유원규¹, 김성욱¹, 김경환¹, 권용남², 김대용², 박현일², 김수환^{*1}

¹대화항공산업(주), ²재료연구소.

P26-9

SM55C 베어링강의 Si함량 및 냉각 속도에 따른 기계적 물성 변화 연구

박상준¹, 김진호¹, 권오철¹

¹(주)일진글로벌.

P26-10

탄소성분 편차와 전조 가공성의 상관관계 분석

서정동¹, 심규오¹, 반상현¹

¹현대위아(주).

P26-11

회처리 설비용 Bonnet Yoke 일체형 Auto Knife Gate Valve의 Blade 두께 및 압력변화에 따른 응력 분포 해석

전재혁¹, 권정재², 서영진³, 김민호¹, 김정웅¹, 박유진²

¹(재)한국화학융합시험연구원, ²토탈엔지니어링(주), ³금오공과대학교.

P26-12

철계 자동차 구동부품의 유한요소법을 이용한 온간단조 공정 해석 및 미세조직 예측과 단조 공정 후 제어냉각에 따른 효과 분석

김기환¹, 배성준¹, 이영선¹, 김태구², 이상용³, 윤은유¹

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²코리아메탈, ³국립안동대학교.

중 회 강 연

Room 2층 그랜드볼룸, 10월 25일

[AW-1 | 18:00]

How to Make a Breakthrough in Nano-thermoelectricity: Wooyoung Lee; *Yonsei University*.

In recent years, the development of nanoscience and nanotechnology has made it possible to fabricate low dimensional structures using thermoelectric materials, resulting in dramatic increase of the thermoelectric performance. Bismuth (Bi) is particularly a favorable material to study quantum transport phenomena of nanowires due to its unique characteristics, such as small carrier effective mass, low carrier concentrations, small band overlap, and large Fermi wavelength. Especially, very small effective mass of electrons and small band overlap of Bi have led to a significant theoretical prediction of high thermoelectric figure of merit ($ZT = S^2\sigma T/\kappa$) value in the low-dimensional form of Bi nanowires originating from the quantum confinement effect. However, several practical trade-offs are found when the band structure is controlled by decreasing diameter of nanowire; (1) Increased surface scattering due to finite size effect reduces the mean free path of electrons and (2) band shifting at L-point electron pockets results in an increase of effective masses due to strong coupling of carriers, which causes a decrease of Seebeck coefficient (S). (3) Moreover, metallic surface states of Bi make it hard to predict optimized band structure for improving thermoelectric efficiency. In present work, we suggest an allotrope-like Bi nanowire with the enhancement of ZT but less in the trade-offs. We have successfully developed an on-film formation of nanowires (OFFON) method, which is advantageous to grow high-quality crystalline structure-engineered nanowires, such as core/shell nanowires, block-by-block structure nanowires, and nanoparticle-embedded nanowires, showing phonon-glass, electron-crystal (PGEC) properties leading to the enhanced thermoelectric properties. OFF-ON provides a step forward in the synthesis of tunable nanowire architectures in a predictable fashion.

열 전 재 료

Room 101, 10월 24일

[열전1-1 | 10:00]

Dependence of thermoelectric properties on synthesis and nanoparticle decoration effect in higher manganese silicide : Hyun Jun Rim, Gwansik Kim, Sumin Kim, Wooyoung Lee*; *Yonsei University*.

Keywords: Thermoelectric, HMS, Nanoparticle, Synthesis, Optimization

Thermoelectric (TE) devices have long been relegated to use in the mainstream application due to the inherently low figure of merit, ZT, and lack of mechanical strength. However, TE devices have utmost importance in addressing current global energy issues as they are capable of directly and reversibly converting heat to electrical energy by utilizing a temperature difference. This consequently led to active consideration of higher manganese silicide (HMS) as it is non-toxic, abundant, durable and has relatively high zT, which are favorable for a TE material. In this vein, we thoroughly analyzed and modulated widely known critical parameters of both synthesis and sintering processes, and some probable issues such as the weight of powder annealed. Speaking of the synthesis process, we specifically focused on Solid State Reaction (SSR) and Arc-Melting (AM), in which we manipulated temperature, time and weight of powder. Likewise, in the sintering process, we modulated temperature and time for Spark Plasma Sintering (SPS) and Hot Pressing (HP) methods. Furthermore, nanoparticles were mechanically attached on to the surface of HMS compound for a potential to enhance phonon scattering effect.

[열전1-2 | 10:15]

Design, Optimization and Fabrication of Planar Thin-Film Thermoelectric Generator: Haesun Shin^{1,2}, Han-ki Cho¹, Hoojeong Lee², Seung-woo Han¹ ; ¹*Korea Institute of machinery & materials*. ²*Sungkyunkwan University*.

Keywords: planar, thin film, thermoelectric generation, Comsol® Multiphysics

Thermal energy such as waste heat is easily available from industrial plants, human activities, natural system and all organism. The viable technology for storage of waste heat is thermoelectric generation (TEG) because these can transform heat into electric power using the Seebeck-effect. Thin-film thermoelectric generator (TEG) not only with high intrinsic ZT value due to nanostructure of film but also contributes to a high density and efficiency for waste heat recovery. In addition, the planar thin-film thermoelectric device allows a simplified fabrication procedure since all connected materials are in the same plane and bonding process is needless. The design and optimization is investigated by using the Comsol® Multiphysics which is a general-purpose software platform for modeling and simulating physics-based problems. With Comsol Multiphysics, we obtain the optimal length of TE legs and dimensions of pattern.

According to the optimized planar thin-film TE device, we fabricate high-performance TEG. An array of thin film TE legs is synthesized via effusion co-cell vacuum thermal evaporation method. We choose Sb_2Te_3 and Bi_2Te_3 for p-type and n-type legs, respectively. The thin film TE legs show special columnar grains grown perpendicular to the substrate. The composition and microstructure of the film are studied by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectrum (EDX). Last time, we deposit 400 nm Au electrode to build up one circuit. To obtain thermoelectric generation performance, we build equivalent circuit with a variable load resistor and the temperature different is set to 50 °C. The current-voltage, current-power and resistance-power curves explained power generation performance. It shows maximum power when load resistance approaching internal resistance of the TEG.

[열전1-3 | 10:30]

Thermoelectric Properties of Bi/Sn and Bi/Sb Core/Shell Nanowire Grown by On-Film Formation of Nanowires: Hongjae Moon¹, Jeongmin Kim¹, Wooyoung Lee¹; ¹Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

Keywords: One-dimensional materials, Bismuth, Nanowires, Thermoelectric, Heterostructure

During the last twenty years, much attention has been given to low-dimensional nanostructures since Hicks and Dresselhaus first theoretically predicted the enhancement of the thermoelectric efficiency due to the quantum size effect (QSE). In particular, single-crystalline Bi nanowire (NW) has been considered as a promising thermoelectric material because of its unusual intrinsic properties such as small band overlap, small effective mass, and long Fermi wavelength. These properties cause the semimetal-to-semiconductor transition to occur easily ($d < 50$ nm), compared to conventional metals. However, despite intensive experimental studies on Bi nanowire, the enhancement of thermoelectric figure of merit (ZT) has not yet been demonstrated experimentally using reduction of diameter. Particularly, the reported Seebeck coefficients in Bi nanowires was smaller than those of bulk Bi, which could be attributed to negative effects of diameter reduction, such as decrease in mean free path, increase of effective mass, and surface states. In the present work, we report the experimentally measured thermoelectric power factor of core/shell nanowires based on bismuth. We have successfully grown the Bi-Sn Core/shell nanowire by improved on-film formation of nanowires (OFFON) method. Bi nanowires are grown on the Si substrate by the stress-induced method, and then Sn is sputtered on the Bi nanowires. TEM image shows core/shell structures were successfully synthesized. We have fabricated thermoelectric nanowire devices to measure the thermopower of the nanowire using plasma etching technique to achieve electrical ohmic contact. Further description of the thermoelectric properties of core/shell nanowires will be discussed in detail.

[열전1-4 | 10:45]

Role of Induced-Disorder and Enhancement of Thermoelectric Properties by Chemical Potential Tuning in $(\text{CuI})_y(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ Quaternary System: Hyunyoung Cho¹, Song Yi Back², Jin Hee Kim¹, Ho Seong Lee², Jong-Soo Rhyee³; ¹Department of Applied Physics, ²Kyung Hee University, ³Center for Integrated Nanostructure Physics.

Keywords: Carrier localization, variable range hopping, thermoelectric properties, induced disorder

Bi_2Te_3 -based compounds have long been studied as thermoelectric materials for room temperature cooling and waste heat recovery applications. Recent investigation showed that the quaternary compounds of Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3 - Bi_2S_3 composite can be used to mid-temperature power generation under 500 °C. Here, we investigated thermoelectric properties of $(\text{CuI})_y(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ ($x = 0.05, 0.2$ / $y = 0.0, 0.003$) compounds. From the x-ray diffraction and transmission electron microscopy, we confirmed lattice disorder in $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ ($x = 0.2$) compound by multiple elements substitutions. The disorder carrier scattering induces the localized nature of electrical resistivity confirmed by the variable range hopping at low temperature. The temperature-dependent Seebeck coefficient of $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ shows carrier type change from p- to n-type behavior at the intermediate temperature range (525 K for $x = 0.05$ and 360 K for $x = 0.2$). Strong carrier localization increases electrical resistivity, resulting in the degradation of power factor and thermoelectric performance. When we increase chemical potential to the conduction band minimum by CuI co-doping on the $(\text{CuI})_{0.003}(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.95-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$ ($x = 0.05, 0.2$) compounds, the carriers are delocalized and showed n-type behavior in Seebeck coefficient. The temperature-dependent thermal conductivity presents the suppression of bipolar conduction behavior. The simultaneous effect on the carrier optimization by chemical potential tuning and lattice disorder causes a high value of ZT 0.85 at 523K for CuI-doped $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0.75}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{0.2}(\text{Bi}_2\text{S}_3)_{0.05}$, which is about 9 times enhancement of thermoelectric figure-of-merit than those of undoped ones.

[열전1-5 | 11:00]

Enhanced Fracture Toughness of Mg_2Si -Reduced Graphene Oxide/Metal Nanoparticles Hybrid Nanocomposites: Gwansik Kim¹, Hyun Jun Rim¹, Byung-Wook Kim², Kyu Hyoung Lee¹, Wooyoung Lee¹; ¹Yonsei University, ²Hyundai Motor Company.

Keywords: Thermoelectric, Mg_2Si , Fracture toughness, trade-off relationship

In the present study, we prepared the bulk nanocomposites of the $\text{Mg}_{1.96}\text{Al}_{0.04}\text{Si}_{0.97}\text{Bi}_{0.03}$ with few layer rGO and metal nanoparticles by using the ultrasonic-based wet chemical pulverizing-mixing process and nanometal decoration technique. Although the TE properties (ZT ~0.5 @ 873K) were reduced mainly due to the decreased power factor by the intensified carrier scattering, the K_{1c} was greatly

increased ($\sim 2.18 \text{ MPa m}^{1/2}$). By introducing the nano-phases, three direct mechanisms (deflection of crack propagation, crack bridging and sheet pull-out) were activated, and crack deflection mechanism were more strengthening by introducing the metal nanoparticles. It means that the introduction of the nano-phases is the effective approach for the enhancement of mechanical reliability of the ceramic based materials.

[AW-6 | 13:00] 서정상 수상기념강연

The Activities of KERI on the Thermoelectric Generation technology Progress in Korea: 이희윤, 우병철, 민복기, 김봉서, 박수동; 한국전기연구원(KERI)

Thermoelectric generation technology(TEG) is a technology that can produce electricity by making only temperature difference across the semiconductor device. With no considering the efficiency and economy, we can get electricity by using all the heat on the planet, such as high temperature heat, natural heat from the sun and cryogenic temperature such as LNG. The KERI has been conducting research on TEG technology since 1995 and leading the history of domestic thermoelectric technology for more than 30 years. During the first 10 years of research, we focused on the feasibility of practical application of TEG power system and conducted research to obtain high power output at low temperature. In 1998, we developed the 1 kW TEG system using boiler heat for the first time in the world. Continuously, the 10kW TEG system using incinerator heat and the 5 kW system using real power plant arrangement were developed till 2008 and we confirmed the feasibility of TEG power technology. The progress of thermoelectric materials in Korea substantially began in 2008 with the "Nano-based thermoelectric material development" project. Through this project, research on thermoelectric materials in Korea has been on track, and since then, many research achievements have been obtained from the universities and the research institutes. The KERI has been continuing its research on the thermoelectric materials such as Bi-Te, Pb-Te, Zn-Sb, Ag-Sb-Te, Co base and silicide materials. We also have expanded our research range to the thermoelectric cooling technology and the standardization of characteristic measurement in recent years.

[열전2-1 | 13:25]

Impedance Spectroscopy Analysis on the Thermal Behaviour of a Skutterudite Thermoelectric Modules: 김영선¹, Chung-Yul Yoo², Hana Yoon², Giwan Yoon¹, Sang Hyun Park²; ¹KAIST. ²KIER.

Keywords: Thermoelectric, Skutterudite, Impedance spectroscopy

Skutterudite (SKD) is a one of the promising thermoelectric materials in intermediate temperature (300°C ~ 600°C) for its high thermoelectric properties and mechanical robustness. High power density ($> 2 \text{ W/cm}^2$) and efficiency ($\sim 12\%$) of SKD thermoelectric modules was reported by many research groups [1, 2]. In order to make practical application with this modules, the thermal behaviour of thermoelectric module should be analyzed in detail. However, general thermal aging and cycling test system for thermoelectric modules gives only data of power output and resistance changes. The impedance spectroscopy analysis which could obtain thermoelectric properties of thermoelectric module was suggested by Min group [3]. The more detailed analysis to know what happened inside of the modules can be achieved by impedance spectroscopy analysis. In this work, the thermal cyclic performance of SKD thermoelectric modules will be investigated by impedance spectroscopy. Two kinds of metallized SKD thermoelectric modules will be fabricated and thermal cyclic test will be conducted at 550°C. the power output will be measured by general measurement system. In order to detailed analysis, the Seebeck coefficient, electrical and thermal conductivity, and figure of merit of thermoelectric modules will be measured and investigated by impedance spectroscopy depending on the thermal cycling.

[열전2-2 | 13:40]

Integration of Eco-Friendly Thermoelectric Generator and Thermoelectric Cooler Installed in Automobile: Da-hye Kim¹, Seungwoo Han², Hanki Cho², Sijin Kim³; ¹University of science & technology. ²Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM). ³TETech.

Keywords: thermoelectric generator, thermoelectric cooler, automobile, integration

Currently, in order to overcome the energy problem, researches on thermoelectric technology, which is a technology of conversion between thermal energy and electric energy, are conducting. That is, thermoelectric technology doesn't affect the natural environment and is a technology that can be applied to power generation and cooling systems. A thermoelectric power generation system can be used to produce power where there is a temperature difference, and a thermoelectric cooling system applicable to small-sized devices can be developed. In this study, thermoelectric cooler and thermoelectric generator were applied to automobile. A thermoelectric generator was developed to be mounted on an automobile exhaust pipe in order to utilize waste heat of automobiles. To evaluate the performance of the thermoelectric generator performance, the thermoelectric generator was installed on a heat source simulating an automobile exhaust pipe. We have also developed a thermoelectric cooler that can be installed on a ceiling of a car's rear-seat to efficiently cool the interior of the car. The thermoelectric cooler was evaluated by measuring the time taken to cool the inside of the insulated chamber manufactured based on the average face size of adult from 45°C to 26°C. In order to operate the thermoelectric cooler using the thermoelectric generator connected to the exhaust pipe, an integrated system was developed using a storage device connecting the

devices of the thermoelectric cooler and the thermoelectric generator. The storage device is charged with the power generated by the thermoelectric generator and is converted into a voltage applicable to the fan and the thermoelectric device of the thermoelectric cooler to apply the current. At this time, the power generated through the thermoelectric generator and the operation of the thermoelectric cooler were examined to evaluate the integrated system.

[열전2-3 | 13:55]

Enhanced Thermoelectric Properties of Nano Structured Bi-Sb-Te/MXene Bulk Nano Composite: Kwang-Chon Kim¹, Seoung Hwan Lee², Hye Rim kim², Seung-Hyub Baek¹, Seong Keun Kim¹, Chong Min Koo², Jin-Sang Kim¹; ¹Center for Electronic Materials KIST, ²Materials Architecturing Research Center KIST.

Keywords: Thermoelectric, Nano composites, Bi-Te, Mxene

Recently, thermoelectric materials combined with nanotechnology exhibits the possibility of greatly enhancing the thermoelectric performance based on nanoscale phenomena such as grain boundary decoration and phonon scattering at interfaces. MXenes are 2D materials exfoliated from ternary carbide and nitride ceramics. Metallic conductivity and good mechanical properties make MXenes a good candidate for use in thermoelectric composites. In this study, we develop novel Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te₃/MXene composites made of BST powders coated with nanoscale MXene layers via spark plasma sintering. In bulk Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te₃/MXene composites, grain boundaries are engineered with decorated MXene layers. The composite exhibits the maximum ZT value of 1.43 at 345K, when measured over the temperature range of 300-500 K. In the composite, MXene layers serve to reduce thermal conductivity without the decrease of electrical conductivity, leading to the enhancement of ZT. Thin MXene layers are expected to scatter short-wavelength phonons while allowing the electrical transport without the loss of electrical conductivity. The detailed thermal and electrical properties of the Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te₃/MXene composites will be discussed with respect to the enhanced thermoelectric performance.

[열전2-4 | 14:10]

Nanotwin Engineering by Ag doping in Bismuth Telluride-Based Thermoelectric Materials: 이재기, 류병기, 박수동; 한국전기연구원.

Keywords: thermoelectric, Bi-Sb-Te, Ag, twin boundary, nonstoichiometric

The Bi-Sb-Te (BST) system is known as the best p-type TE materials near room temperature. Its thermoelectric performance has been improved by controlling the nano- and microstructures, including interface control. Especially, a twin boundary generating by Ag doping is a kind of special coherent grain boundary and is considered as one of candidates with the greatest potential since phonons are effectively scattered while the scattering of conducting electrons is minimized. In this respect, the occupation of Ag in the Bi₂Te₃ unit cell and the effect of Ag and twin on the thermoelectric properties have not been clearly demonstrated and are subjects of debate. From first principles calculations, we confirmed that Ag position could be changed on the non-stoichiometric BST with Ag doping. We aimed to control the nanotwin that originated from the occupation of Ag.

[열전2-5 | 14:25]

Impurity-Free, Mechanical Doping for the Reproducible Fabrication of the Reliable n-type Bi₂Te₃-Based Thermoelectric Alloys: SungJin Jung¹, Sang-Soon Lim¹, Seong Keun Kim¹, Hyung-Ho Park², Jin-Sang Kim¹, Seung-Hyub Baek¹; ¹Korea Institute of Science and Technology, ²Yonsei University.

Keywords: Thermoelectric, Bi-Te, texturing, extrusion

Precise control of carrier density is essential to synthesize high-performance thermoelectric materials. Doping by impurities is often frustrated in n-type Bi₂Te₃ alloys by incomplete activation, bipolar doping, the formation of secondary phases, and prevailing intrinsic point defects such as vacancies. This weakens the reproducibility of synthesis processes and reduces the long-term reliability of material's performance, hence aging. Here, we explore an impurity-free doping technique to synthesize n-type bismuth tellurium selenides, combining a cold deformation and a hot extrusion. The cold deformation enables controlling the electron density in the range of $\sim 10^{19}/\text{cm}^3$ via the formation of intrinsic point defects, and the hot extrusion allows texturing the microstructure to enhance the electrical conductivity, hence a large power factor of $> 5 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-2}$. We confirm that our process is very reproducible, and the properties of the samples are stable without aging even after thermal stresses. Using this method, we can decouple the relationship between bandgap, carrier density, and composition to improve the high-temperature thermoelectric property. Moreover, we demonstrate the fabrication of high-performance thermoelectric materials from low-graded, raw materials by modifying the degree of the mechanical deformation to reach an optimum carrier density. Our work provides a promising approach to synthesizing n-type thermoelectric materials in the reproducible and adaptable way.

[열전3-1 | 15:00]

Template-Assisted Fabrication of PEDOT:PSS/GST Nanowires Array Hybrid Composites for High Thermoelectric performance: Jiwon Kim, Woon Ik Park, Han-Kyun Shin, Jae-Hong Lim; Korea Institute of Materials Science.

Keywords: Template-assisted fabrication, hybrid composites, PEDOT:PSS, Ge₂Sb₂Te₅ (GST) nanowire arrays, nanoimprinting, thermoelectrics, energy filtering effect

Organic-inorganic hybrid thermoelectric materials have attention because of enhancing thermoelectric performance by utilizing the low thermal conductivity of organic thermoelectric materials and the high Seebeck coefficient of inorganic thermoelectric materials. Moreover, the interfacial effects including the energy filtering effect and interfacial interactions to align the polymer chains for a favorable hopping mechanism have known to influence the thermoelectric performance of the hybrid composites. Herein, we report on the template-assisted fabrication of PEDOT:PSS/Ge₂Sb₂Te₅ (GST) nanowires hybrid composites for improvement in electrical conductivity and Seebeck coefficient. The GST nanowires array fabricated by a solvent-assisted nanotransfer printing technique was participated as a template to align the PEDOT:PSS. Significantly enhanced thermoelectric performance of PEDOT:PSS/GST nanowires hybrid composites compared to their individual counterparts is because of energy filtering effect at the GST nanowire/PEDOT:PSS interfaces. The alignment effect of PEDOT:PSS chains on the electrical conductivity was elucidated by measurement in parallel and perpendicular to the GST nanowires. The details will be presented in the session.

[열전3-2 | 15:15]

Electrical and Thermoelectric Transport Properties of Chemically-exfoliated RuO₂ Nanosheets: Jeongmin Kim, Hongjae Moon, Wooyoung Lee; *Yonsei University*.

Keywords: Two-dimensional materials, RuO₂, Nanosheets

We investigated the electrical and thermoelectric transport properties of monolayer and bilayer RuO₂ nanosheets, and compared pristine and Ag-doped RuO₂ nanosheets in terms of their thermoelectric properties. RuO₂ monolayer and bilayer nanosheets exfoliated from layered alkali metal ruthenates are transferred to Si substrates for device fabrication, and the temperature dependence of their conductivity and Seebeck changes with temperature from 350-450 K. The electrical conductivity and the absolute value of the Seebeck coefficient of the RuO₂ nanosheets were enhanced by doping them with Ag metal nanoparticles using Ag acetate solution. Two key findings came out of our thermoelectric property analysis, those being the ambipolar carrier transport properties of RuO₂ nanosheets and the n-type semiconducting behavior of Ag nanoparticle-doped RuO₂ nanosheets. These results show the potential of RuO₂ nanosheets for use in nanostructured thermoelectric materials.

[열전3-3 | 15:30]

Thermoelectric Transport in Holey Silicon and Rough Silicon Nanowires: 임종우; *서울대학교*

Keywords: nanowire, holeysilicon, thermoelectrics, phonon transport

Silicon is the most abundant and widely used semiconductor, with a large industrial infrastructure. The overall thermoelectric performance of bulk silicon, however, is very poor due to the high thermal conductivity. Nanostructured single-crystalline silicon, such as rough nanowires and holey silicon (HS), however, has been demonstrated to show efficient thermoelectric performances because phonon transport is greatly suppressed without significantly altering electrical conductivity. As opposed to electrons that contribute to conduction only near the Fermi surface, a large spectrum of phonon wavelengths (1 nm ~ 1 μm) contributes to the thermal conductivity. Thus, by controlling the dimension and morphology of silicon nanostructures, phonon transport can be engineered. In this talk, I will present our systematic approaches to reveal the transport of electrons and phonons in silicon nanostructures to improve future designs of thermoelectrics as well as nanoelectronics and phononics.

[열전3-4 | 15:45]

Characterization of Hall Factor and Evaluating Carrier Concentration: Min-Wook Oh; *Hanbat National University*.

Keywords: Thermoelectric, Hall factor, carrier concentration

It is well known that the value of the Seebeck coefficient is directly related with carrier concentration so that the Pisarenko relation between these two properties is frequently plotted to evaluate the value of carrier effective mass. In addition, the relation is used to justify energy filtering effect partly, in which the plot obtained from a single value of the effective mass is compared with the experimental values. The core assumption of the Pisarenko relation is that the effective mass is constant and the carriers have single parabolic bands. Moreover, the carrier concentration is evaluated from the Hall effect measurement. The equation frequently used in evaluating carrier concentration from the Hall coefficient is also based on the single parabolic bands. However, many thermoelectric materials have quite complicated electronic structures and show deviation from the simple parabolic bands. In this study, the electronic structure of the several thermoelectric materials, including Bi₂Te₃, Sb₂Te₃, PbTe, Mg₂Si, CoSb₃, SnSe and Mg₂Si, were obtained from the first-principles calculations and then thermoelectric transport properties were evaluated within the Boltzmann transport equations. The conduction band and valence band edges of most materials showed complex electronic structure and their dispersions were deviated from the simple parabolic band schemes. The Hall factor was also achieved, which was used in evaluating carrier concentration with the experimentally reported Hall coefficient. The newly estimated carrier concentration showed much deviation from the reported values and dependency on the Fermi level. The Pisarenko relation was newly plotted with the revised carrier concentration. We believe that the Hall factor from the electronic structure should be utilized in estimating carrier concentration, from which the feature such as the energy filtering can be more precisely justified. We reported also the simple analytical function between the Hall factor and the Seebeck coefficient for each thermoelectric material, hoping that the revised Hall factor is simply evaluated from the measured Seebeck

coefficient.

[열전3-5 | 16:00]

Bi-Te계 고성능 유사정형 열간압출체: 황정윤¹, 신동길², 송권민², 김성웅³, 신호선⁴, 이규형¹; ¹연세대학교 신소재공학과, ²이상(주) 열전도탈 솔루션, ³성균관대학교 에너지과학과, ⁴한국표준과학연구원.

Keywords: 열전소재, Bi-Te계, 수율, 열간압출, 일방향응고

Bi-Te계 열전소재는 상온부근에서 높은 열전기변환 효율을 나타내어 열전냉각 및 저온열전발전에 응용되고 있는 상용소재이다. 현재 Bi-Te계 상용열전소재를 제조하는 공정은 일방향응고 공정이 많이 활용되고 있으나, 성능증대 한계에 직면하고 있으며 열전모듈 제작을 위한 열전소자 가공 시 수율이 41%로 소재 비용이 높은 심각한 문제가 있다. 본 연구에서는 열간압출 공정을 이용하여 1회의 절단 및 기능층 코팅 공정으로 바로 열전소자 제조가 가능한 유사정형 열간압출 기술을 개발하였다. 열간압출 원료 소재 개발 및 열간압출 공정 최적화로 상용소재 대비 높은 성능을 나타내는 소재를 개발하였으며, 소자화 수율을 기존 41%에서 86%로 획기적으로 증대하였다. 본 기술은 상용 Bi-Te계 열전소재의 성능을 증대함은 물론 상용모듈에 바로 적용이 가능한 실효성이 매우 큰 기술이다.

[열전3-6 | 16:15]

동시 소결법으로 형성된 Ni/Mg₂Si 접합의 열적 안정성 평가: 주성재, 박수지, 손지희, 민복기, 이지은, 김봉서; 한국전기연구원.

Keywords: Mg₂Si, Ni, 확산방지층, 접합, 안정성

Mg₂Si는 지구상에 풍부한 원소들로 구성되어 저가이며 대량생산성과 친환경성을 갖춘 유망한 중온 열전소재이다. 중온 열전모듈의 실용화를 위해서는 열전소재의 특성 고도화에 못지 않게 안정적인 금속전극/열전소재의 접합기술 확보가 매우 중요하며, 낮은 접촉저항과 더불어 계면의 높은 열적 안정성이 요구된다. Mg₂Si에 적합한 오믹접합 및 확산방지층 겸용 소재로는 Ni이 일반적으로 거론되고 있으며, 열팽창계수(~13.3 ppm/°C)가 Mg₂Si (~16.5 ppm/°C)와 비슷하다는 점이 큰 장점 중의 하나이다. 이에 본 연구에서는 접합금속 및 확산방지층으로서 Ni층을 Mg₂Si위에 형성하여 계면의 구조와 접촉저항을 분석하였으며, thermal aging test 및 thermal cycling test를 통해 Ni/Mg₂Si 계면의 열적 안정성을 평가하였다. Ni층은 hot press (HP)를 이용하여 800°C에서 Mg₂Si와의 동시 소결을 통해 약 300 μm의 두께로 형성되었으며, Mg₂Si에는 도핑을 위해 0.05 mol%의 Bi를 첨가하였다. 동시 소결 후의 SEM 분석에서는 Ni/Mg₂Si 계면에 두께 약 50 μm 전후의 반응층이 확인되었고, X-ray diffraction (XRD)과 energy-dispersive spectrometry (EDS) 등으로 분석한 결과 MgNi₂ 등의 Mg-Ni 금속간 화합물, Ni₃Si와 NiSi 등의 Ni silicide, 그리고 Mg₃Bi₂ 등으로 다중층 구조를 이루고 있었다. 상기 계면반응층은 400~550°C에서 100시간동안 thermal aging test를 실시하였을 때 두께 증가 없이 안정한 상태를 유지하였다. 또한, thermal cycling test(중온/실온 각 30분씩, 100 cycle)를 통해 반복적으로 열충격을 인가하였을 때 450°C/실온 cycling test에서는 안정적인 계면을 유지한 반면 500 °C/실온을 왕복했을 경우에는 Ni과 Ni silicide의 계면에 thermal stress로 인해 발생한 것으로 보이는 crack이 발생하였다. 이것은 Mg₂Si에 Ni을 확산방지층으로 사용할 경우 접합기술의 관점에서 450°C까지는 Ni/Mg₂Si 접합의 신뢰성이 확인되었음을 의미한다. 한편, potential-Seebeck microprobe (PSM) 분석장치로 측정된 Ni/Mg₂Si 계면의 접촉저항은 동시 소결 직후 10~80 μΩcm² 범위의 분포를 보였으며, thermal cycling test 후에는 ~10 μΩcm² 로 수렴되어 매우 양호하였다.

[열전4-1 | 16:40]

중온발전용 Bi-Te 계 열전소자 제조기술에 관한 연구: 김동환¹, 김종태¹, 윤덕기², 김태훈², 김호영¹; ¹대구경북과학기술원, ²정관.

Keywords: 열전기술, 열전발전소자, Bi-Te, 접합기술

현재 상용화된 Bi-Te계 열전소자는 열전소재와 전극의 접합소재로서 Sn-Sb, Sn-Ag-Cu 등 Sn계를 solder를 가장 많이 사용하고 있다. 2007년 일본 KELK에서 Pb계 solder를 이용하여 250°C에서 사용한 열전발전용 소자를 발표하였으나, RoHS기준에 만족하지 못하기 때문에 상용화에 걸림돌이 되고 있다. 본 연구에서는 Pb-free계 접합소재를 이용한 Bi-Te계 열전소자 제조기술에 관하여 연구하였으며, 300°C 이하의 온도에서 안정적으로 구동할 수 있는 6chip의 Bi-Te계 시작품을 제조하였다. 또한 Sn-Sb계 solder를 이용한 동일크기의 소자를 제작하여 발전성능 및 냉각성능을 비교 평가하였다. 본 연구는 DGIST R&D 프로그램과 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (18-ET-02, No. 20152020001210)

[열전4-2 | 16:55]

Skutterudite 기반 고효율 중온 열전발전 소자 개발현황: 박상현, 김영선¹, 송진섭¹, 윤하나¹, 유충열¹; ¹한국에너지기술연구원.

중고온용 열전소재의 개발이 활발히 진행되면서 이를 활용한 고효율 열전소자 개발이 다양하게 시도되고 있다. 소각로 및 제철산업은 물론 다양한 고온 배폐열 사이트에 적용 가능성이 제안되고 있으며 개발된 소자의 출력, 열변환 효율 성능이 중고온 열전발전의 실용화 시점을 결정할 것으로 예상되고 있다. 본 발표에서는 skutterudite 열전소재 기반으로 개발된 열전소자의 현황을 중심으로 소개한다. 특히 소자의 출력 특성을 높이기 위한 소자 구조적인 고려와 고온환경에서 장기 신뢰성을 확보할 수 있는 기술적 요소들을 소개한다. 국내 관련 산업체에서 제안하는 다양한 중고온 열전발전 시스템을 소개하고 실용화까지 필요한 기술적 요소를 발표한다.

[열전4-3 | 17:10]

열전발전모듈 MPPT Converter 개발: 허성준, 노윤현; (주)블루시스

Keywords: 열전발전모듈, MPPT, 최대출력점, Voc, 에너지변환효율

폐열을 회수하여 전기에너지로 변환하는 열전발전모듈은 열원과 냉각부의 온도차이에 따라 발전량이 달라지며, 제철소, 소각로, 열처리로, 자동차 등 발전기가 탑재된 폐열원의 온도 변화에 따라 최대 출력 발전 포인트도 변하게 된다. 폐열로부터 회수된 전기에너지를 배터리로 충전하거나 직접 사용 시 열전발전 시스템이 최대한의 전력을 생산하기 위해서는 폐열의 온도 변화 조건에 따른 최대 출력점을 연속적으로 추종하는 MPPT 컨버터가 필수적이다. MPPT 컨버터는 Voc를 기준으로 현재 온도 상태에서의 최대 출력 Point를 예측하고 이에 따른 부하를 조절하여 최대 발전 포인트를 추종하는 알고리즘과 제어 회로가 적용되어 있다. 또한 배터리 충전을 위하여 배터리 전압 상태를 확인한 후 충전 가능한 전압으로 조정하는 전압 컨버터 기능도 포함되어 있다. 본 연구에서는 이러한 MPPT의 기본 요구사항이 반영된 열전발전모듈용 MPPT 컨버터의 구성 및 최대 출력점 추종 성능 및 에너지 변환효율 등의 주요 성능을 실험을 통하여 검증한 결과를 소개한다

[열전4-4 | 17:25]

Reliability Evaluation on Flexible Thermoelectric Generators According to Bending Radius: Seungwoo Han¹, Cho hanki¹,
; ¹Korea Institute of Machinery and Materials.

Keywords: Bending stress, Repeated bending test machine, Flexible thermoelectric generator, Linear laser, Resistance, LCR meter

Thermoelectric generator (TEG) can directly convert the electricity into heat without other mechanism. Flexible thermoelectric generator (FTEG) can obtain energy from various heat sources having curved surfaces. This advantage enables application to wearable devices that used human as a heat source. This advantage make it applicable to wearable devices that use humans as heat sources. However, when FTEG is attached to the curved surface, bending stress is increased to the FTEG. When the resistance of the FTEG increases, the power output of that decreases, resulting in performance degradation. Consequently, investigation into stress occurrence in the FTEG becomes essential [1]. In this paper, we manufactured a repeated bending test equipment. The FTEG were installed on the jig of the actuator. A linear laser (Gocator 2300, CIMTEC) was used for measuring the radius of curvature of the FTEG. The resistance of the FTEG was measured by using a LCR meter (LCR 5200, GW Instek). We monitored the change of internal resistance after bending with various bending radius. So we predicted the lifetime of the FTEG. In this result, we evaluate the variation of ZT (Figure of merit), output power and resistance of TEG during cycling.

[열전4-5 | 17:40]

Fabrication and Hydrogen Sensing Properties of Thermochemical Sensor based on Thermoelectric Phenomenon: Seil Kim¹, Jiwon Kim¹, Jae-Hong Lim¹, Yong-Ho Choa² ; ¹Korea Institute of Materials Science. ²Hanyang University.

Keywords: Thermoelectrics, Thermochemical hydrogen sensor, Pt catalyst, Room temperature

Hydrogen energy technologies are likely to become a major source of economic growth in the coming decade as a means to reduce the worldwide use of fossil fuel. Hydrogen is environmentally friendly and does not produce carbon emissions, but has a wide range of explosive concentrations, requiring great attention to ensure safety and security. Accordingly, the development of hydrogen gas sensors with high sensitivity, rapid response, long-term stability, and high throughput is a critical issue in energy technology. There are many different hydrogen sensors including semiconductor, electrochemical, optical, and thermoelectric (TE) types. Among them, thermoelectric hydrogen gas sensors exhibit low power consumption, high sensitivity, fast response time, and room-temperature operability. This type of sensor includes platinum (Pt) or palladium (Pd) as a catalyst to detect hydrogen gas. Many kinds of TE hydrogen sensors have used Pt-based catalysts in the forms of powders, pastes, or thick films as combustor materials. When integrated on the TE film, these catalysts convert hydrogen and oxygen gases into water with accompanying release of exothermic heat; this produces a temperature gradient across the TE film, and the TE material converts this gradient into a voltage signal. In this study, the hydrogen sensing properties of various TCH hydrogen sensors with optimizing Pt-based catalysts were systemically studied with various reliability tests at room temperature.

비철금속

Room 102, 10월 24일

[비철1-1 | 10:00] Canceled

A Fundamental Study on the Nickel Oxide Reduction: 이동수, 민동준; 연세대학교 공과대학 신소재공학과.

[비철1-2 | 10:15]

탄탈륨 스크랩을 활용한 고순도 탄탈륨 금속 분말 제조 연구: 임재훈¹, 최상훈¹, 심재진¹, 유지원¹, 이현규¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹;

¹ 한국생산기술연구원 희소금속산업지원센터, ² 인하대학교

Keywords: Metallothermic reaction, K₂TaF₇, NaCl diluent, Na reductant, Tantalum

탄탈륨은 높은 용점, 높은 강도, 연성과 같은 우수한 기계적 특성 및 우수한 항산화 기능뿐만 아니라 내열성 좋은 특성 때문에 화학 및 산업 분야, 전기 전자 재료, 고강도 재료 및 생물 재료에서의 탄탈 사용에 대한 요구가 증가하고 있다. 하지만 탄탈륨은 소수의 선진국 업체들이 시장을 독점하고 있어 국내 탄탈륨 산업에서 원자재 전량을 해외수입에 의존하고 있을 뿐만 아니라 탄탈륨 제조 기술 및 재활용 기술이 거의 공개되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 탄탈륨 스크랩을 활용하여 중간 화합물인 K₂TaF₇ 제조하고, 최종적으로 Na를 환원제로 사용한 금속 열 환원법에 의해 탄탈륨 금속 분말을 제조하였다. 탄탈륨 분말 제조를 위해 사용된 탄탈륨 스크랩은 전자산업에 많이 사용되는 노광레프트로부터 스프링 형태로 회수되었다. 이러한 탄탈륨 스프링을 불산을 사용하여 용해시키고 KF를 활용한 결정화공정을 통해 K₂TaF₇ 화합물로 제조하였다. 이 후 제조된 K₂TaF₇을 원료로 하여 Na를 이용하여 금속열환원을 실시해 최종적으로 탄탈륨 금속을 제조하였다. 원료물질과 환원제인 Na는 화학양론에 따라 1: 5의 몰 비로 각각 첨가하였고 NaCl이 희석제로 추가 투입 되었으며 Na 금속의 투입 방법은 소량을 외부 공급기를 통해 실시간 온도 확인을 하며 주입하였다. 반응 후 반응기 내 탄탈륨 분말 및 반응 부산물들을 회수하여 수세 공정을 실시하였고, 제조된 탄탈륨 순도 향상과 수세 과정 중 생성된 K₂TaO₃F₆와 같은 산화물을 제거하기 위해 산세 처리를 진행 하였다. 산세 처리 후 ICP-OES 와 N/O 분석기를 통해 불순물과 산소의 함량을 측정하였으며, 형상, 입도, 상분석등 다양한 물성평가를 통해 최종적으로 제조된 탄탈륨 분말의 특성 평가를 실시하였다.

[비철1-3 | 10:30]

액상금속추출법을 활용한 중희토류(Dysprosium) 추출 Mechanism 평가: 남선우¹, 박상민¹, 김도향², 김택수¹; ¹ 한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, ² 연세대학교 나노구조재료연구실

Keywords: Pyro-metallurgy process, Liquid metal extraction, Dysprosium, Eco-friendly process,

최근 친환경 및 자원 이슈가 급부상하면서 국내에서는 하이브리드 및 전기 자동차와 같은 친환경 자동차 및 풍력발전등이 신규 산업으로 떠오르고 있으며 그 수요는 가파르게 증가할 것으로 예상된다. 또한 현재 우리나라의 경우 제품기술 및 IT산업 강국으로 핵심 소재중 하나인 희토류영구자석의 지속적인 수요확대가 전망되지만, 희토자원 확보 및 이와 관련된 기술의 부족으로 REE (Nd, Dy) 및 희토영구자석은 전량 수입에 의존하고 있다 따라서, 국내에서는 희토류 원소의 안정된 확보와 공급을 위해 사용 후 폐기되는 제품에 포함되어 있는 희토류 리사이클 기술의 개발은 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재, 국내 희토류 자원의 수급 및 중요성 때문에 희토영구자석에 대한 재 자원화 관련 연구들은 일부 보고된 바 있으나, 주로 자석 스크랩로부터 농축된 대상물을 수용액에 용해하여 희토류 원소를 추출하고 분리하는 기술들로, 재활용 산업에 적용하기 위해서는 폐수 처리와 폐기물 처리와 같은 환경적 문제를 해결해야만 한다. 따라서 환경적 오염을 최소화하는 건식 희토류 추출 공정 연구가 이루어지고 있다. 그 중 액상금속추출법은 Mg를 이용하여 희토류를 선택적으로 추출하고 자석내 잔류물인 Fe, B를 분리한후 Mg를 재사용하기 때문에 부산물이 생기지 않는 친환경 공정으로 희토자석에서 경희토류인 Nd의 추출율은 99%이상으로 이에 대한 연구는 몇몇그룹에서 연구가 이루어져 있지만 자석내 함께 존재하는 Dy 경우 추출에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 본연구에서는 Mg를 이용하여 온도와 시간에 따른 자석내 Dy 추출 거동 및 상분석을 통한 Dy 추출 메커니즘을 확인하였다.

[비철1-4 | 10:45]

전해정련을 통한 Inconel - Co 모의 방사화 금속 폐기물의 체적 제염 연구: 최우석¹, 이종현¹, 이영준², 유병욱³, 이성훈¹; ¹ 충남대학교 신소재공학과, ² 충남대학교 금속응고신소재연구소, ³ 충남대학교 에너지과학기술대학원

Keywords: 전해정련, 전해제염, 제염계수, Inconel, Co

일본 후쿠시마 원전 사고 이후, 원자력시설 해체에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라, 설계 수명이 종료된 원전의 수가 전 세계적으로 증가하는 추세이므로, 현재 원전해체 및 제염기술의 확보가 필요한 시점이다. 국내에서는 고리 1호기를 시작으로 2030년까지 8기의 원전의 설계 수명이 종료될 예정이다. 현재 국내에서는 원전 해체 및 제염에 요구되는 기술을 활발히 연구 중이며, 원전 해체 핵심 기반기술 중 27개를 확보하였지만, 고리 1호기 해체 시 발생하는 방대한 금속 폐기물의 제염 기술의 개발은 아직 미미하다. 본 연구에서는 모의 방사화 금속 폐기물 대상으로 Inconel - 1, 5, 10 wt.% Co 합금 금속을 사용하여 전해질에 따른 제염 가능성 평가를 실시하였다. 전기화학적 분석으로 순환전류-전압 기법을 통해 Ni이온의 산화환원 거동을 확인하였으며, 정전류 기법을 사용하여 Inconel - Co 합금 양극의 산화, 음극의 환원 거동 및 전해질의 특성을 분석하였다. 전해정련을 통해 생성된 환원 생성물의 Co 제염계수 (DF) 를 ICP를 통해 분석하였다.

[비철1-5 | 11:00]

Ba₂ZrF₈-LiF 전해질에서 전해정련 시 Zr 함량에 따른 CuZr 양극용해 거동: 김완배¹, 이성훈¹, 유병욱¹, 이영준², 이종현³; ¹충남대학교 공대 신소재공학부 나노재료공정연구실, ²금속응고신소재연구소, ³충남대학교

Keywords: Zr recovery; Ba₂ZrF₈; Hf-free electrolyte

Zr 피복관을 생산하는 공정 중 표면에 묻은 이물질과 산화피막을 제거하기 위해 산세 용액을 사용한다. 공정의 결과로 수 톤의 폐 산세용액이 발생하며, 여기에는 Hf-free Zr 소스가 다량 포함되어 있다. 이전 연구는 Hf-free Zr 소스를 전해질로 활용 가능성을 평가하였으며, 이를 토대로 전해 정련 진행을 위한 전해질의 설계를 하였다. 본 연구에서는 Ba₂ZrF₈-LiF 전해질을 활용하여 전해 환원을 통해 생성한 CuZr 양극으로부터 Zr을 회수가 가능성 평가 및 기존의 전해정련의 거동과는 다르게 낮은 목적 금속의 양극을 사용 시 용해거동을 파악하는 것이다. 사용 된 양극은 10, 20, 35 wt% Zr이 포함 된 CuZr 양극을 사용하였다. 전기화학적 특성 분석 및 전해정련 수행을 위해 C.V 실험(Cyclic voltammetry), 정전류실험(chronopotentiometry, C.P.)을 실시하였다. 전해 정련 이후 SEM/EDS 분석을 통하여 시간 및 목적금속 농도에 따른 Zr 용출 깊이를 분석하였고, CFX 전산모사 계산과 실험의 비교를 진행하였다.

[비철1-6 | 11:15]

SOM 양극을 이용한 ITO 전해 환원 시 ITO 입도의 영향: 권수철¹, 이종현¹; ¹충남대학교 신소재공학과

Keywords: SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), YSZ(Yttria stabilized zirconia), Molten salts, Electroreduction

Indium Tin Oxide (ITO)는 LED (Light Emitting Diode)의 투명 전극 또는 LCD (Liquid Crystal Display)의 소재에 널리 사용되고 있다. 그러나 공정 후 폐 ITO가 생성되고 습식 재활용 기술이 사용되며 습식 재활용 기술의 경우 많은 양의 산이 필요하고 처리 시간이 길다. 이에 따라, 폐 ITO가 건식 공정, 특히, 전해 환원 공정에 의해 재활용 될 수 있다면 경제적 및 환경적 문제를 해결할 것으로 기대된다. 그러나 흑연을 양극으로 사용하는 전해 환원 공정 시 CO 또는 CO₂ 가스와 같은 온실 가스가 생성되며 탄소 분진에 의한 전해 효율 감소가 나타난다. 본 연구에서는 이전의 음극 재료를 대체하기 위해 SOM (Solid Oxide Membrane) 양극을 사용하였다. SOM 공정은 고체 산화물 산소 이온 전도 막, 즉 반응 매체로서 고온 용융 염을 갖는 이트리아 안정화 지르코니아 (YSZ)를 사용하는 직접 전해 환원 공정이다. 대체 가능성을 확인하기 위해 산업계에서 많이 사용되는 폐 ITO를 음극으로 사용하였다. 전기 화학적 분석은 CV (Cyclic Voltammetry)를 통해 폐 ITO 및 불활성 상대 전극을 사용하였다. 그 결과, InSn 금속은 SOM을 이용한 전해 환원 공정에 의해 회수되었다.

[비철1-7 | 11:30]

Cu 함유 다원계 슬래그와 매트 간의 반응 모델을 활용한 슬래그 내 Cu 고용도 및 거동 평가: 신승환¹, 김선중²; ¹조선대학교첨단소재공학과, ²조선대학교 재료공학과

Keywords: Copper smelting slag, Cu removal, matte, Cu solubility, Cu₂O activity coefficient, Kinetic

동 제련 공정에서 발생하는 슬래그 내 부산물은 1 mass% 내외로 Cu 를 포함한다. 본 연구 그룹은 제강 공정의 반응 모델에서 사용된 Coupled Reaction Model을 응용하여 Cu 함유 다원계 슬래그와 FeS계 용융 황화물(매트) 간의 반응 모델을 구축하였다. 본 연구에서는 Al₂O₃ 함유 슬래그 조성에서 Cu의 활동도 계수를 평형 실험을 통해 얻었고, 슬래그 조성에 대한 실험식을 도출하였다. 모델의 신뢰성 확보를 위해 매트 및 슬래그 간의 반응 실험을 통해 얻어진 결과와 반응 모델의 계산 결과를 비교하였다. 또한, 매트 조성 및 온도의 변화에 따른 다원계 슬래그 내 Cu 고용도를 개발된 모델 계산 결과와 기존의 결과와 비교하였다. 검증된 모델을 바탕으로 스케일업을 통해 슬래그 조성 변화에 따른 슬래그 내 Cu 거동을 조사하였다.

[비철2-1 | 13:00]

Mo-silicide 열차폐 코팅층 형성에 따른 내산화 거동 및 단일성능평가: 김상운¹, 박희진¹, 백경호¹, 박준식², 이성³; ¹충남대학교 공대 신소재공학과, ²한밭대학교 공대 신소재공학과, ³국방과학연구소

Keywords: Thermal barrier coating, Pack cementation, Plasma spray, MoSiB alloy

Mo계 내열 합금은 2400°C 이상의 높은 용융점과 고온에서의 우수한 기계적 성질로 인하여, 로켓 부스터, 항공 엔진 블레이드 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 하지만 Mo계 합금은 고온의 온도영역에서 MoO₃의 같은 휘발성 산화물의 형성으로 인하여 낮은 내산화성을 나타내어 이에 대한 방안이 필요하다. Mo계 Silicide의 금속간 화합물인 MoSi₂는 높은 Si의 함량으로 인하여 Mo₃Si, Mo₅SiB₂ 비하여 우수한 내산화성과 고온의 산화분위기에서 금속표면에 치밀한 SiO₂ 산화보호층을 형성시켜 효과적으로 Mo계 합금의 산화를 방지할 수 있다. 본 연구에서는 Mo계 합금의 고온 내산화성 및 단일특성을 향상시키기 위하여 Mo계 내열 합금의 표면에 내산화성이 우수한 silicide계 내산화 본드 코팅층과 열전도도가 낮은 지르코니아 계열의 단일 세라믹 코팅층을 제조하여 열차폐 코팅의 다층구조화에 대한 연구를 진행하였다. 또한 Mo계 본드코팅층과 단일 세라믹 코팅층을 형성하기 위한 플라즈마 스프레이 코팅 공정에 따른 코팅층의 미세조직학적 특성과 1400°C의 고온 온도영역에서의 산화층의 성장속도, 생성된 산화물의 화학적 조성과 등은 노출에 따른 본드 코팅층과 세라믹 코팅층의 열차폐 성능 및 손상 평가를 진행하였다.

[비철2-2 | 13:15]

Al-Mg-Si 블루 컬러합금의 금속간 화합물 분율 및 분포도에 따른 색도 및 물성 변화 연구: 문상철¹, 김영석¹, 박혜진¹, 최시연¹, 권성준¹, 홍성환¹, 김기범^{*1}; ¹세종대학교 공대 나노신소재공학부

Keywords: 컬러 금속간 화합물, CIE L*a*b*, 청색합금, Pseudogap

현재 금속 외장소재로써 가장 널리 사용되고 있는 방법은 Al-계 단상합금의 표면에 아노다이징을 공법을 이용한 표면 처리 공정

을 통하여 색상을 추가하여 사용하고 있다. 아노다이징 공정을 이용한 Al-계 합금은 우수한 색 재현성이 요구되는 부품에 주로 적용되고 있는데, 이러한 아노다이징 공정은 우수한 색 재현성에도 불구하고 표면 마모 및 색 번짐 현상에 취약하여 다양한 분야에 적용이 어려운 단점이 있다. 이러한 표면 마모에서 오는 색 손실과 기계적 특성을 개선하기 위하여 본 연구에서는 Pseudo-gap을 통해 자체적으로 색상을 지니는 Mg_2Si 금속간 화합물을 첨가한 Al-계 합금을 개발하고자 하였다. 상 제어 합금설계 기술을 이용하여 무채색의 Al-기지상 내에서 블루 컬러를 띄는 금속간화합물의 선택적 석출/응축을 통해 합금 자체의 고유 색상을 갖고 우수한 색 내구성 및 경량/고강도 특성을 동시에 나타내는 Al-계 컬러합금 개발에 대한 연구를 수행하고자 하였다. Al-계 블루 컬러합금의 경우 자체 제작한 판형 몰드로 유도 주조를 이용하여 판상의 시편을 제작하였다. 제작된 시편에 대해 상 분석과 미세조직 분석을 위하여 X선 회절분석기와 주사전자현미경을 이용하였다. 합금의 기계적 특성을 분석하기 위해 상온 압축시험 및 경도 시험을 실시하였다. 또한 조성의 변화를 통한 합금의 색도 변화를 확인하기 위하여, Spectrometer를 이용하여 $L^*a^*b^*$ 색도 측정을 수행하였다. 이러한 조성의 변화가 기계적 물성 및 색도에 어떠한 영향을 미치는지를 고찰하고, 최적의 색상 및 기계적 물성을 나타내는 Al-계 블루 컬러 합금을 제작하고자 하였다.

[비철2-3 | 13:30]

저품위 산화광으로부터 Ni 추출을 위한 신제련공정: 한길수, 박진균, 이병필, 엄형섭, 김덕, 김용찬; 포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: 니켈, 제련, 리모나이트, PosNEP, 상온상압침출

니켈은 황화광 또는 산화광으로부터 추출이 되고 있으며 니켈과 코발트는 광석 내에 함께 존재한다. 황화광과 고품위 산화광인 사프로라이트(saprolite)는 주로 건식법을 이용하여 니켈을 추출하고 있지만 이 광석들은 지속적으로 고갈되고 있어 저품위 산화광인 리모나이트(limonite)를 이용한 니켈 추출 방법에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이에 RIST와 POSCO는 리모나이트로부터 니켈을 추출하는 새로운 습식제련공정을 개발하였다. 이 PosNEP(POSCO New Extraction Process)은 다음과 같이 다섯 단계로 이루어져 있다. 1) 수소를 이용한 광석 환원단계, 2) 상압 상온에서의 산침출 단계, 3) 산화철 분말을 이용한 세멘테이션(cementation) 단계, 4) 고순도 니켈/코발트 화합물을 제조하는 단계, 그리고 5) 부산물로서 철산화물을 제조하는 단계. 이 공정의 특징은 산침출 단계에서 생성되는 수소와 산화철 제조 단계의 열가수분해 반응 중 발생하는 염산을 재사용할 수 있다는 것이다. 즉 수소는 환원단계에 염산은 산침출단계에 부재료로 사용될 수 있어 원가적 측면에서 PosNEP을 효율적으로 운영할 수 있다. PosNEP의 성능은 파이롯 시험을 통해 경제적으로 기술적으로 실용적일 수 있다는 것이 증명되었다.

[비철2-4 | 13:45]

Cu-Co-Si계 고강도-고전도도 동합금에 관한 연구: 이시단, 최준영, 박원신; (주) 풍산 소재기술연구원.

Keywords: Copper alloys, Cu-Co-Si, Co_2Si , High electrical conductivity

최근 모바일 및 EV에 사용되는 동합금은 고강도, 고전도도, 고방열성, 가공성 등 다양한 특징의 구현을 요구하고 있다. 커넥터를 따라 흐르는 전류가 증가하고, 대전류 통전시 발열에 의한 에너지로스 및 소재의 신뢰성 저하 문제를 억제하기 위해서는 보다 높은 전도성이 요구된다. Cu-Co-Si계 합금은 기존에 사용되는 Cu-Ni-Si계 합금보다 더욱 우수한 전기전도도 특성을 갖는 합금으로, 해외에서는 Cu-Co-Si계 합금이 양산되고 있으나 국내에는 수입을 통해서만 해당 소재가 사용되고 있다. 본 연구에서는 Cu-Co-Si계 합금에 미량 원소를 첨가함으로써 양산 제조 가능한 Cu-Co-Si계 합금을 개발하였다. 최소한의 코발트를 첨가하면서 강도 및 전기전도도를 향상시킬 수 있는 조성을 목표로 하였으며 이단 석출 공정을 통해 석출물 크기 분율을 제어함으로써 강도 확보와 동시에 전기전도도를 향상시켰다. 제조된 시편을 FE-SEM을 이용하여 미세조직을 관찰한 결과 Cu 기지 내에 수~수십 nm 크기의 Co_2Si 석출물이 고르게 분산된 것을 확인하였으며, 인장강도 600 MPa 이상, 전기전도도 60%IACS 이상의 고강도-고전도도 동합금을 제조하였다.

[비철2-5 | 14:00]

다성분계 내화금속 기지 복합재의 미세구조 및 기계적 특성 분석: 김동훈¹, 양성호¹, 김영무¹, 박정효¹, 이성¹, 이성호¹, 이택우², 박형기²; ¹국방과학연구소, ²한국생산기술연구원 강원지역본부.

Keywords: Refractory alloy, Metal-silicide in-situ composite, Microstructure, Mechanical properties

항공 및 발전용 가스터빈 엔진의 열효율 향상을 위해서는 높은 온도의 가동환경에 요구되며, 이는 소재의 내구온도에 의해 결정된다. 기존 가스터빈 엔진 소재로 널리 사용되는 Ni기 초내열합금의 경우 일방향 응고, 열차폐 코팅 및 냉각률 가공 기술 등 다양한 제조공정 기술 개발을 통해 내구온도 향상을 이루어 왔으나, 모재의 낮은 용점으로 인해 내구온도 향상의 한계에 다다른 상황이다. 내화금속은 높은 용점 및 고온에서의 우수한 기계적 특성으로 인해 Ni기 초내열합금을 대체할 수 있는 후보재료 중 하나로 각광받고 있으며, 최근에는 내화금속 기반 고엔트로피 합금이 활발히 연구되고 있다. 하지만 내화금속 기반 합금의 경우 높은 밀도로 인해 경량화 및 비강도 측면에서 적합하지 않은 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 낮은 밀도 및 단일 고용체를 형성하는 다성분계 기지상 조성을 탐색하였으며, 고온 강도 향상을 위해 추가되는 규화물 강화상의 분율을 제어하였다. 이렇게 제조된 내화금속 기지 복합재의 미세구조를 분석하였으며, 고온(1200°C) 기계적 특성을 평가하였다.

[비철2-6 | 14:15]

영상가전용 STS 대체 Zn-Ni Hairline 강판 품질에 미치는 소재 영향: 권문재, 김현태, 김명수; 포스코 기술연구원 표면처리연구그룹.

Keywords: Zn-Ni alloy, Electrodeposition, Hairline pattern, Corrosion resistance

OLED TV 등 영상가전 제품의 경우 표면이 미려하고 금속 질감을 구현할 수 있는 Stainless Steel (STS)이 주로 적용되어 왔다. 그러나, 최근 가전업계의 원가절감 정책 강화에 따라 고가의 STS를 대체할 수 있는 GI, Zn-Ni 등의 탄소강 기반 도금재를 기반으

로 한 Hairline Pattern 강판이 대안으로 대두되고 있다. 그리고, Hairline 가공된 영상가전용 Zn-Ni 도금강판의 적용처가 기존 Case Top 위주에서 최근 Rear Cover로 확대되면서 CPL (Coil Polishing Line) 공정 후 미려한 표면외관 확보의 중요성이 증대된 것은 물론, 성형 난이도 증가에 따른 프레스 가공성 또한 중요시되고 있는 실정이다. Zn-Ni 합금 전기도금강판은 도금층 내 미량의 Ni 첨가로 Pure Zn 대비 전기화학적 안정성 및 내식성이 현저히 향상됨과 동시에, 도금층 경도가 대폭 증가하게 된다. 이를 통해, Hairline 가공시 기존 低 도금층 경도 도금재 대비 높은 연마 효율을 확보할 수 있으며, Hairline 가공 후 초기 도금량 대비 약 50%가 잔존하는 조건 하에서도 부식인자에 대한 높은 저항성을 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 타 경쟁 도금강판 대비 Zn-Ni 도금강판의 특성을 도금층 내 Ni 함량 변화 영향도를 중심으로 기술하였다. 또한, 강판 Hairline 가공 후 표면품질 및 내식성에 영향을 미치는 소재 특성 즉, 도금층 경도, 표면 조도 등에 대해 고찰하였다.

[비철2-7 | 14:30]

응고 속도 제어 및 Cu 첨가에 의한 고강도 고연성 Al-Zn 주조재 합금 개발: 허기녕¹, 한승전², 최은애², 안지혁², 임성환³, 이재현¹;
¹ 창원대학교 ²Kims 재료연구소 ³강원대학교

Keywords: 주조재, 알루미늄 합금, 연속석출물, 불연속석출물, 응고속도

알루미늄 주조재 합금은 가공재 합금에 비해 복잡한 형상을 쉽게 구현 가능하며, 공정 단가 낮은 큰 장점이 있다. 또한 합금설계, 주조 방법, 응고 속도 등의 여러 가지 조건에 따라 기지내에 만들어지는 석출물의 형태나 크기를 제어 할 수 있으며 이로 인해 재료의 강도 및 연성 등의 제어가 가능하다. 따라서 고연성 고강도의 주조재를 만들기 위해서는 가장 적절한 공정 및 합금설계를 통해 기지내에 석출물을 작고 고르게 분포 시켜야 하며, 주조 시 만들어지는 개재물은 최소화하여야 한다. 본 연구에서는 최적의 Al-Zn-Cu 주조재 합금을 설계 하고자 제일 원리 계산을 바탕으로 한 합금설계를 진행한 결과 Al-35Zn 합금에 Cu 0.8~3 wt%를 첨가하였으며 또한 응고속도 차이에 의한 영향을 알아보기 위해서 사형몰드, 금형몰드에서 응고속도를 달리하여 주조하였다. 이 후 미세조직은 S.E.M.(Scanning Electron Microscope) 및 T.E.M. (Transmission Electron Microscope)으로 석출물의 형태 및 분포를 관찰 할 수 있었다. 그 결과 Al-35Zn 합금에 특정 양의 Cu 첨가 효과는 강도 증가 및 연신율이 증가시키는 효과를 보였으며 이는 입계에 생성 되는 불연속석출물의 석출구동력을 증가 시키는 동시에 Al기지와 Zn 석출물 간 계면에 안정성을 주어 작고 고른 석출물들이 생성 된 것을 확인 하였다, 또한 사형몰드에서 주조 시 느린 응고속도는 불연속석출물이 성장하기 위한 충분한 시간을 주어 보다 많은 양의 불연속석출물을 생성 시켜 개재물 제거에 큰 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 결과적으로 인장강도 약 350MPa, 연신율 13%를 가지는 고강도 고연성 Al-Zn-Cu 합금을 개발 할 수 있었다.

[비철3-1 | 15:00]

Study on bendability improvement of precipitation hardening type copper alloy by texture control: 강덕호, 최영철, 주창호; (주)풍산 소재기술연구원

Keywords: Cu alloy, 굽힘가공성, 집합조직, Cube texture, EBSD

최근 전기전자 부품용 커넥터는 내부 공간 절약을 위해 고밀도로 실장 하기 때문에 소형화와 형상이 복잡해지고 있다. 이 커넥터용 재료는 높은 강도와 전기전도도를 지녀야 하며 한정된 공간에 수납하기에 적합한 아주 얇은 박판이면서 우수한 굽힘 가공성까지 겸비하기를 요구한다. 동합금의 강화 수단으로 고용강화, 석출강화, 가공강화 및 결정립 미세화 등이 사용되어지며, 이들을 조합하여 강도는 높일 수 있으나 강도와 굽힘 가공성 사이에는 일반적으로 trade off 관계가 있으므로, 강도 증가에 수반하여 굽힘 가공성은 저하 된다. 차량용이나 스마트폰용 커넥터에 대하여 소형화 및 박육화가 급속히 진행되고 있으며, 이로 인해 커넥터용 재료로서 높은 강도와 우수한 굽힘 가공성을 겸비한 동합금 개발이 절실히 요구되고 있다. 금속재료의 강화기구 관련한 많은 연구가 보고되고 있으나 굽힘 가공성에 관한 계통적 연구는 의외로 적다. 굽힘 가공성과 연관이 있다고 보고 된 다양한 인자들 중 재료의 소성이방성과 성형성은 제조공정 중에 형성되는 집합조직 특히, Cube texture가 굽힘성 향상에 큰 기여를 한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 석출열처리, 압연, 재결정 공정을 조합하여 굽힘 가공성 향상에 기여하는 Cube texture를 형성 시킬 수 있는 제조 공정을 연구하였고, 또한 EBSD, XRD를 이용해 결정립들의 압연 수직 방향(ND) 배향성을 분석하여 굽힘 가공성에 미치는 영향을 정성적으로 분석하였다. 이를 통해 강도와 굽힘 가공성을 동시에 확보할 수 있는 동합금 판재 제조 최적 공정 조건을 도출하였다.

[비철3-2 | 15:15]

Hot Deformation Behaviors and Microstructural Evolution of Nb-Based Multiphase Alloys: Youngmoo Kim, Donghoon Kim, Sung Ho Yang, Junghyo Park, Seong Lee, Sung Ho Lee; Agency for Defense Development

Keywords: Nb-based multiphase alloys, hot deformation behaviors, microstructures

Niobium-based multiphase alloys have been developed to increase the thrust to weight ratio by raising the operating temperature of the engine compared to nickel-based alloys applied in current hot section components of gas turbines. The Nb-based in-situ composites, containing the Nb solid solution, silicides, and Laves phases, can exhibit outstanding specific mechanical properties, excellent oxidation and creep resistance simultaneously to control the alloy compositions. Therefore, we already introduced the new alloy compositions of the solid solution containing Nb, Mo, Ti, V to enhance the mechanical properties of the composites. Generally, vacuum arc melting has been used to fabricate the Nb-based alloys; however, their inherent heterogeneous microstructures such as micro-sized pores and cracks might deteriorate the mechanical properties of the alloys. To eliminate such undesired structures, therefore, the as-cast components should be modified by plastic flow such as hot forging and extrusion. However, as the multiphase alloys exhibit poor workability at elevated temperature, the processing conditions should be controlled strictly. Therefore, in this study, the hot deformation behaviors of

the Nb-based in situ composites were investigated and their microstructural changes were also analyzed to establish the hot working condition. The hot compression tests of the composites were conducted under various processing conditions. Moreover, the influence of the conditions into the microstructures was also studied. Through these works, we could optimize the hot working conditions of the composites

[비철3-3 | 15:30]

Cu-Ti합금의 첨가원소에 따른 기계적, 물리적 특성 연구: 김준형, 박철민, 남효문, 문선영, 권태양; (주) 풍산소재기술연구원.
Keywords: Cu-Ti alloy, High strength, Good bending workability, Vacuum induction melting

Cu-Ti계 동합금은 스피노달 분해형 합금으로 용체화처리에 의해 용질원자인 Ti를 과포화고용체로 형성시킨 후 시효처리를 실시하면 스피노달 분해에 의해 구리 기지내에 Ti농도의 주기적 변동인 변조구조가 발달하여 강도가 향상되는 합금이다. 구리 기지내에 티타늄은 구리와 금속간화합물을 형성하여 결정립계나 입자내에 제 2상으로 석출된다. 그러나, 제 2상 석출물중 높은 강도를 얻는데 기여하는 것은 200 nm 이하의 미세한 석출물로 200nm이상의 조대한 석출물은 강도향상에 기여하지 못할 뿐만 아니라 재료의 굽힘가공성을 저하시키는 원인이 된다. 이에 본 연구에서는 Cu-Ti합금의 미량 원소 첨가 및 제조방법에 따른 기계적, 물리적 특성을 고찰하였다. VIM(Vacuum induction melting)을 이용하여 제작된 Cu-Ti, Cu-Ti-X합금을 열간압연 및 냉간압연, 용체화처리, 시효처리를 통해 시편을 제조하였다. 제조된 시편을 FE-SEM, FE-TEM을 이용하여 미세조직을 관찰한 결과 미량원소를 첨가한 합금에서 구리 기지내에 200 nm 이하의 Cu-Ti-X 석출물이 균일하게 분산되어 있는 것을 확인하였으며, 인장강도 1020 MPa, 굽힘가공성 R/t 180° <1.5로 강도와 굽힘가공성 모두 우수한 합금을 제조하였다.

[비철3-4 | 15:45]

Synthesis and Characterization of Directional Freeze-Cast Ni Foams for Functional Applications: Sukyung Lee¹, Jason Tam², Weiwei Li², Hai jun Cho², Bosco Yu², Heeman Choe¹, Uwe Erb²; ¹Kookmin University, ²University of Toronto.

Keywords: Nickel, metal foam, porous, electrical conductivity, grain boundary

Metallic foams show great potential as functional materials, due to their large surface area, low density, good gas permeability, and high strength-to-weight ratio. Owing to the inherent properties of Ni, including high electrical conductivity, catalytic activity, and corrosion resistance, Ni foams are excellent candidate materials in energy applications such as electrodes for batteries and dye sensitized solar cells, as well as current collectors in solid oxide fuel cells. In this study, we fabricated Ni foams with controlled structure and porosity through a simple and scalable directional freeze-casting technique. NiO slurry containing NiO powder, polymer binder and surfactant were directionally frozen to obtain a porous green body, followed by sublimation and sintering in 5% H₂/Ar atmosphere to achieve a porous Ni foam. Multiscale structural characterization techniques, including X-ray computed tomography (XCT), scanning electron microscopy (SEM), and electron backscattered diffraction (EBSD) were employed to study the structure of the Ni foams from the scale of several micrometers to a few millimeters. The structural characterization results show that the porosity of the Ni foams can be tuned by varying the concentration of NiO powder in the slurry during freeze casting. Furthermore, we observed uniform porosity across the thickness of the Ni foams. To demonstrate the applicability of the freeze-cast Ni foam for functional applications, electrical conductivity was measured by four-point probe technique. We found that the effective electrical conductivity of the freeze-cast Ni foam is substantially higher than commercially available Ni foam, owing to higher fraction of Σ3 twin boundaries present in the freeze-cast Ni foam.

[비철3-5 | 16:00]

Synthesis and Application of Nanoporous Copper(NPC) with Improved Mechanical Properties: 한기갑, 박혜지, 최희만*; 국민대학교신소재공학부.

Keywords: Nano foam, Nano-Micro foam, Dealloying, Nano copper foam

나노 구리폼(NPC)는 특수한 구조를 가짐으로써 넓은 표면적, 저밀도, 충격흡수성 등 다양한 이점을 가지고 있습니다. 따라서 다양한 응용분야에 사용될 것입니다. 하지만, 최근 개발되어온 나노 구리폼은 대체적으로 낮은 기계적 성질 때문에 제한을 받고 있습니다. 이러한 원인은 기존의 선행연구들이 파우더 기반의 공정이기 때문입니다. 따라서 구리 기반의 공정을 통해 향상된 기계적 성질을 가지는 Cu 폼을 제작할 수 있고 응용분야를 확장시킬 수 있습니다. 또한, Al-Cu합금상을 이용하여 나노 크기의 기공뿐만 아니라 나노 크기의 기공과 마이크로 크기의 기공이 공존하는 미세구조를 제작하였습니다. 이러한 특별한 구조로 인해 리튬이온 이차전지의 음극으로 사용될 때 우수한 결과를 가질 수 있습니다. 본 연구에서는 이러한 미세구조와 셀테스트의 결과를 분석하였고 이를 위해서, XRD, SEM, EDS 등 다양한 장비를 사용하였습니다.

[비철3-6 | 16:15]

The effects of alloying elements on microstructures and mechanical properties of γ/γ' -strengthened Co-Ti-based alloys: Hyeji Im¹, Boryung Yoo¹, Jae-Bok Seol², Surendra Makineni³, Baptiste Gault³, Dierk Raabe³, Pyuck-Pa Choi¹; ¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, ²Pohang University of Science and Technology, ³Max Planck-Institut für Eisenforschung.

Keywords: Co-based superalloy, Atom probe tomography, Mechanical properties

Co-based superalloy has received much attention as a promising alternative to Ni-based superalloy in gas turbine application with an

improved oxidation and creep resistance. Especially, Ti-added Co alloy was reported to form thermodynamically stable γ' -(Co₃Ti) with a wider compositional range and lower alloy density compared to Co-Al-W system. However, Co-Ti alloys exhibit a low γ' volume fraction of about 20% and γ' precipitates are prone to coarsen when exposed to high temperatures due to a γ/γ' lattice misfit ranging from 0.75 to 1.36%. We investigated the effect of alloying elements on γ/γ' microstructure and lattice misfit to optimize the microstructure for high temperature applications. Furthermore, we characterized the mechanical properties of designed Co-Ti-based superalloys.

[비철3-7 | 16:30]

3층 Cu/Al/Cu 클래드재의 굽힘 가공성 분석 및 전산 모사 해석: 김용근, 홍순익; *충남대학교 신소재공학과*

Keywords: Cu, Al, Clad, FEM, Bending test

Cu와 Al은 가장 널리 사용되는 비철금속 재료로서 우수한 전기전도도 및 내식성, 그리고 표면의 미려함 등의 중요한 특성을 지니고 있어, 자동차·항공·우주 산업 및 건축 분야 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 특히, Cu와 Al 합금은 높은 전기 전도도 및 열 전도도로 인해 전선, 통신선, 그리고 열 교환 장치 등의 각종 전기 소재 및 부품 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 특성을 지닌 Cu와 Al을 압연 접합하여 1.5t와 2.0t의 클래드 판재를 제작하였으며, 압연한 판재를 사용하여 V-bending 실험을 진행하였다. 0.5, 1.0, 1.5, 2.0도의 r값을 갖는 금형을 이용하여 Cu와 Al의 접합 부위에 대한 건전성 및 클래드재의 두께 변화 등을 관찰하였으며, 열처리 효과가 굽힘성 및 굽힘거동에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 탄소성 조건의 전산 모사를 통해 V-bending 실험이 진행되는 동안 발생하는 클래드 내부의 응력 거동 분석 및 실제 실험과의 비교를 통해 최적의 굽힘가공 조건을 찾고자 하였다.

[AW-7 | 16:45] 김용진상 수상기념강연

Clinical Translation and Commercialization of Biodegradable Metals: H-S Han¹, H-C Jung², K-J Han³, S-J Yang⁴, Y-C Kim⁵, H-K Seok^{5*}; ¹University of Oxford. ²U&i Corporation. ³Ajou Hospital. ⁴ChungNam National University. ⁵KIST

The concept of bone replacement has been dominant in the development of metallic implants and the biodegradable metals with the potential to stimulate bone formation have recently captured the attention of scientists. Among these metals, magnesium alloy is an attractive biodegradable material with unique set of properties. The corrosion of magnesium is accompanied by hydrogen evolution and a local increase in pH, which impose constraints on many potential biomedical applications. We have overcome these limitations and created a road map to the next generation of metallic biodegradable implant materials with the addition of completely biocompatible elements. Along with the addition of Ca, which is a biocompatible element that plays major in bone formation and remodeling, excellent material properties were achieved through the special mechanical extrusion machine. The state of the art method to synchronize the corrosion potentials of two constituent phases (Mg + Mg₂Ca) with the selective doping of Zn into Mg₂Ca was developed to control the corrosion rate. Animal studies confirmed the large reduction in hydrogen evolution and revealed good tissue compatibility with increased bone deposition around the newly developed Mg alloy implants. Newly developed set of K-RESOMET implants have the mechanical strength, ability to stimulate bone growth and controlled slow degradation rate to be considered as an ideal candidate for biodegradable implant applications. With all the extensive in vivo experience using developed magnesium alloy material over the past 5 years, we were able to receive an approval from Korea Food and Drug Administration (KFDA) for the first human clinical trial of orthopedic biodegradable metallic implant devices in Korea. Working closely with hospitals, we have performed several hundreds of cases of small bone fixation screws in the past two years and have received approval for sale in Korea.

재료강도

Room 103, 10월 24일

[재료강도 1-1 | 09:00]

저온 원자층 증착법을 이용한 비정질 알루미늄 박막의 합성 및 기계적 거동 분석: 오정현, 김시훈, 안승민, 박선영, 김주영; 울산과학기술원.

Keywords: 원자층 증착법, 비정질 알루미늄

원자층 증착법을 이용해 증착한 비정질 알루미늄은 높은 밀도와 투과도를 장점으로 갖는 재료로, 소자의 절연층 및 봉지재료로 각광을 받고 있다. 하지만 원자층 증착법의 높은 증착 온도로 디바이스 적용에 어려움을 겪고 있으며 비정질 재료 특성상 인장 취성 거동으로 인해 유연 소자 및 스트레처블 디바이스 적용에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점 개선을 위해 비정질 알루미늄의 저온 증착 및 나노 스케일에서의 정확한 기계적 물성 평가에 대한 연구가 진행되고 있다. 최근 연구에 따르면 알루미늄과 같은 취성 거동을 갖는 세라믹 재료의 두께가 감소할수록 이론 강도에 가깝게 강도가 증가한다는 연구결과가 보고된 바 있으며, 연신을 또한 증가할 것이라는 가능성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 저온에서 원자층 증착법으로 고밀도의 비정질 알루미늄을 증착하기 위해 증착 방법을 개선하고, 비정질 알루미늄 박막의 기계적 물성을 측정하였다. 두께에 따른 강도 값과 정확한 탄성한계를 분석하기 위해 50, 100, 200 nm의 두께로 증착하였고, 인장실험을 통해 물성을 분석하였다. 인장 시험편은 접착이온빔장비를 이용해 제작하였으며, push-to-pull 방법으로 인장실험을 진행하였다.

[재료강도 1-2 | 09:15]

비정질 이산화규소 박막의 물결 구조 적용과 신축성 향상: 김한글, 김나향, 김시훈, 김주영; UNIST 신소재공학부.

Keywords: 신축성, 일축인장시험, 이산화규소, 물결구조, 봉지재료

봉지재료는 소자를 외부환경으로 보호하며, 전기적으로 절연 시켜주는 역할을 한다. 최근 많이 연구되고 있는 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode)는 유연성은 좋으나 수분에 매우 취약하기 때문에 두꺼운 유리나 에폭시(Epoxy)를 사용하여 수분을 차단하고 있다. 하지만 유연소자에 유기발광다이오드를 적용하기 위해서 얇지만 투명하고 두꺼운 유리처럼 수분투습도가 매우 낮은 봉지재료가 필요하다. 그 중 비정질 박막들은 투명하고 밀도가 높고 또한 수분 확산 경로가 될 수 있는 결정립계(grain boundary)가 없어 매우 얇은 두께에서도 수분투습도가 낮아 차세대 봉지재료로 연구되고 있다. 특히, 실리콘 단결정 웨이퍼에 열적 산화를 시켜서 성장시킨 이산화규소(thermally grown silicon dioxide) 박막의 경우, 다른 비정질 박막보다 밀도가 매우 높고, 공동(pin hole)과 결함(defect)이 거의 없어 얇은 두께에서 매우 낮은 수분투습도를 가진다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 열적 산화된 이산화규소는 매우 낮은 탄성한계, 파단연신율을 가지는 특성 때문에 유연소자 적용에 어려움을 가지고 있다. 본 연구에서는, 실리콘 기판을 물결모양으로 식각하고 산화시켜 물결모양의 비정질 이산화규소 박막을 제작하였다. 또한, 물결구조의 비정질 이산화규소 박막과 평평한 비정질 이산화규소 박막의 일축인장시험을 통해서, 단일막의 탄성계수와 탄성한계와 물결구조 박막의 신축성과의 상관관계를 분석하였다.

[재료강도 1-3 | 09:30]

3D 프린팅으로 제조된 스테인리스 강의 나노역학 거동에 미치는 수소의 영향: 양광희¹, 박정민¹, Y. Morris Wang², 서진우³, 장재일¹;

¹한양대학교 신소재공학부, ²Lawrence Livermore National Laboratory, ³한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.

Keywords: additive manufacturing, austenitic stainless steel, hydrogen, nanoindentation

3D 프린팅(Additive Manufacturing)기술은 제조산업의 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술로 주목받고 있으며, 최근 들어 3D 프린팅을 이용한 금속제조도 활발히 진행되고 있다. 특히 3D 프린팅을 통해 제조된 일부 금속은 전위 밀도, 결정립계 분율 등의 미세조직이 일반 금속과 다르고, 이로 인해 특이한 물성을 보이는 경우들이 보고되고 있다. 3D 프린팅으로 제조된 금속이 실제 응용되기까지는 다양한 환경의 영향에 대한 연구가 선행되어야 하는데, 이 중 수소의 영향도 중요한 주제 중 하나이다. 본 연구에서는 3D 프린팅 방법으로 제조된 오스테나이트 스테인리스 강에 대하여 기상 장입법과 전기화학적 장입법을 이용하여 수소를 도입한 후, 나노역학 거동에 미치는 수소의 영향을 체계적으로 평가하였고, 상용강에 대한 실험 결과와 비교, 분석하였다. *본 연구는 2018년도 과학기술부와 ICT의 재원으로 한국연구재단 (NRF)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No.2015R1A5A1037627 and No.2017R1A2B4012255)입니다.

[재료강도 1-4 | 09:45]

Study on the Plastic Deformation Behavior of fcc Metal Nanowire Using In Situ TEM Tensile Test: 김성훈¹, 김홍규²,

안재평², 이재철¹; ¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

Keywords: FCC, single crystal, Nanowire, Deformation twin, deformation mode

fcc 금속은 많은 슬립계를 갖기 때문에 벌크 재료에서는 내부의 잔존하는 많은 전위들의 슬립에 의해서 소성 변형이 일어난다. 하지만, 재료가 나노화 되면 내부 전위가 쉽게 표면 및 계면으로 빠져나가 내부의 전위가 급격하게 감소되기 때문에 소성변형모드가 표면 및 계면에서의 전위 생성으로 전환되어 쌍정 형성이 가능해진다. 이 때문에 쌍정 형성에 유리한 낮은 SFE를 갖는 Au, Cu 등의 금속들에서는 쌍정 변형이 다수 보고되었지만, 높은 SFE를 갖는 Al에서는 쌍정이 잘 발견되지 않았다. 하지만, Al의 경우에도 극저온과 높은 변형률, ECAP공정등과 같은 극한 변형 조건에서 쌍정이 발견된 이후 (2003, Chen et al.) 3~4 층 수준의

micro 쌍정이 몇차례 보고되었다. 기존에 보고된 fcc 나노선의 쌍정 변형은 높은 소성 변형량 및 가역적인 변형이라는 독특한 소성 거동을 보였지만, Al에 대한 이 결과들은 쌍정의 생성만 관찰했다는 한계점을 갖고 있기 때문에 생성된 쌍정에 대한 보다 면밀한 연구가 필요하다. 기존에 연구된 나노결정립 기반 쌍정 연구들은 소성변형과정에 많은 변수를 포함하고 있기 때문에 소성변형에 관여하는 여러 변수들을 제어 가능하며 소성 거동의 해석이 용이한 인장 실험등이 가능한 나노선이 높은 SFE를 갖는 물질의 소성변형을 탐구하는데 적합한 재료이다. 따라서 본 연구에서는 Al 나노선을 인장하여 약 5~10 nm 두께로 성장한 쌍정 쌍을 관찰하는데 성공하였다. Al 나노선에 생성된 쌍정의 거동을 실시간 인장 실험 및 전산모사를 통해 해석하였다.

[재료강도1-5 | 10:00]

열산화된 SiO₂ 박막을 이용한 봉지재료의 인장 물성 분석: 김나훤, 김한글, 김시훈, 김주영; UNIST 신소재공학부

Keywords: SiO₂, 인장 물성, 연신율, 주름구조, 봉지재료

스트레처를 기기에 대한 관심이 높아지면서 수분과 산소에 취약한 스트레처블 유기소자에 사용될 봉지재료에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 공기 중의 수분의 차단하기 위해서는 현재 사용되고 있는 봉지재료인 유리처럼 밀도가 높고 결합이 거의 없는 재료를 적용해야 한다. 이러한 관점에서 열산화법으로 성장시킨 SiO₂는 스퍼터링 기법이나 화학기상증착법, 열증착법으로 증착한 다른 SiO₂에 비해 매우 낮은 투습도를 보일 것으로 예측된다. 하지만 다른 세라믹 재료와 같이 SiO₂는 취성거동을 보이기 때문에 플렉서블 소자에 적용하는 데 큰 어려움이 따른다. 본 연구에서는 열산화법을 이용하여 결합이 거의 없는 SiO₂ 박막을 성장시켰고 SiO₂ 박막의 연신율을 증가시키기 위해 박막의 잔류응력을 이용하여 주름구조를 가지는 SiO₂ 박막을 제작하였다. 이 때 1 μm 이하의 두께를 가지는 SiO₂ 박막의 기계적 물성을 측정하여 박막의 기계적 물성과 주름구조의 형상간의 상관관계에 대해 분석하였고 이를 통해 결합 없이 안정된 주름구조를 가지는 최적의 두께를 찾고자 하였다. SiO₂ 박막의 기계적 물성은 가장 정량적인 기계적 물성을 측정할 수 있는 인장시험을 통해 평가되었다. 박막의 두께가 매우 얇아서 Push-to-pull 장치에 전사된 SiO₂ 박막을 이온조사기법을 이용하여 패터닝하는 방법으로 샘플을 제작하였다. 그리고 인장시험결과와 정확도를 높이기 위하여 피코인텐터를 이용하였으며 in-SEM 인장시험을 수행하였다.

[재료강도2-1 | 10:25]

결정립 구조에 따른 나노포러스 금의 파괴인성 평가: 송은지, 박은지, 김주영; UNIST 신소재공학부

Keywords: 나노포러스 금, 파괴인성, 열간 압연, 계층구조

나노포러스(Nanoporous) 구조는 나노스케일의 리가먼트와 기공이 연속적으로 연결된 스펀지와 같은 구조로, 높은 비표면적과 낮은 밀도를 가진다. 이러한 이점으로 촉매나 센서, 액추에이터에 적용되고 있으며, 그 중 나노포러스 금은 간단한 화학반응과 열처리만으로 구조 제어가 용이하여 많이 사용되고 있다. 하지만 일반적으로 연성이 높은 벌크스케일의 금과 달리 나노포러스 금은 구조적인 특성으로 인하여 낮은 강도와 연성을 가진다. 기존 연구에 따르면 나노크기의 기공이 결합과 같은 응력집중부로 작용하여 초기 균열을 발생시킨다. 이 때 형성된 균열은 결합이 약한 입계를 통해 급진적으로 성장하여 나노포러스 금의 취성 파괴를 일으킨다. 이러한 구조적인 요인으로 나노포러스 금의 기계적 특성을 향상시키기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 열간압연을 이용하여 계층 결정립 구조를 가지는 금-은 모합금을 만든 후, 은을 제거하는 선택적 에칭으로 계층결정립 구조의 나노포러스 금을 제조하였다. 결정립구조에 따른 파괴 역학을 분석하고자 파괴인성을 측정하였고, 동시에 균열의 성장과정을 관찰하였다. 또한, 선택적 에칭 조건을 통해 리가먼트 사이즈를 제어하여 미세구조에 따른 결정립구조의 상대적인 영향을 분석하고자 한다.

[재료강도2-2 | 10:40]

Selective Laser Melted Co-Cr-Mo계 합금의 제조 방향에 따른 미세조직, 인장 특성 및 강화 기구: 김규식¹, 황재원², 이기안¹; ¹인하대학교 ²(주)창성

Keywords: Selective laser melting, Co-Cr-Mo alloy, Microstructure, Mechanical property, Anisotropy

Co-Cr-Mo계 합금은 의족과 같은 대형 임플란트 생체재료로 적용되는 대표적인 소재로 기계적특성이 중요하게 고려되어야 한다. 최근 SLM (selective laser melting) 공정을 이용하여 개인의 형태에 맞는 임플란트 부품으로 적용 시도되고 있으며 제조 방향에 따라 이방성이 나타난다는 연구 결과들이 일부 보고된 바 있다. 본 연구에서는 수직 및 수평 방향으로 제조된 SLMed Co-Cr-Mo 합금의 미세조직, 인장 특성 및 강화 기구를 조사하였다. 초기 미세조직 관찰 결과, γ(FCC) + ε (HCP) 상으로 구성되어 있었으나 제조 방향에 따라서 columnar structure가 상이한 방향으로 배열되어 있음을 확인 할 수 있었다. 인장시험은 Instron 8501 장비를 이용하여 초기 변형률 속도 1×10⁻³ /s 조건으로 수행하였다. 수평 방향으로 제조된 Co-Cr-Mo 소재는 879 MPa (YS), 1173 MPa (UTS), 3.5% (EL)을 나타냈으며 수직방향으로 제조된 경우, 597 MPa (YS), 1088 MPa, 12.6% (EL)로 측정되었다. 이러한 기계적 특성 차이는 제조 방향에 따라 다르게 나타나는 columnar structure에 의한 것으로 해석이 가능하였다. 이와 함께 본 연구에서는 변형 미세 조직 분석, 인장 파단면 관찰을 통하여 제조 방향에 따른 파괴 거동을 고찰하였다.

[재료강도2-3 | 10:55]

나노포러스 금의 리가먼트 크기와 기계적 물성의 상관관계: 전한솔, 박은지, 송은지, 김주영; UNIST

Keywords: 나노포러스 금, 디얼로잉, 크기효과

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, 액추에이터 등의 다양한 분야에서 각광받고 있는 재료이다. 나노포러스 금의 상용화를 위한 기계적 물성 평가와 신뢰성 향상에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 나노포러스 금의 기

계적 물성은 일반적인 open-cell 구조와 마찬가지로 Gibson-Ashby식에 부합하여 상대밀도에 따른 기계적 물성 의존성을 보인다. 이와 더불어 나노스케일(nano-scale)에서의 크기 효과(size effect)와 마찬가지로, 나노포러스 금의 뼈대를 이루고 있는 리가먼트(ligament)의 크기가 작아질수록 강도가 증가하는 리가먼트 크기 효과(ligament size effect)를 나타낸다는 점에서 연구의 가치를 보이고 있다. 나노포러스 금의 기계적 물성은 nanoindentation 시험법을 통해 많은 분석이 이루어 졌지만, nanoindentation을 통해 계산된 경도 값을 항복강도 값으로 정확히 변환하는 것에는 한계가 있으며, 기존 인장 또는 압축 실험을 통해 얻어진 항복강도 값과의 관계를 구하는 것 역시 어려움이 있다. 나노포러스 금의 순수한 항복강도 측정에 관한 실험이 몇몇 진행되어 왔지만 재현성과 통계성을 띄기에는 부족하고, 리가먼트 크기 효과에 관한 객관적이며 심도있는 분석은 미미하다. 이러한 사안에 착안하여, 본 연구에서는 열처리를 통한 다양한 리가먼트 크기를 가지는 나노포러스 금 시편을 제작하였고, 인장 실험을 통한 기계적 물성을 측정하여 리가먼트 크기가 나노포러스 금의 강도에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 디얼로잉(dealloying) 공정을 통해 제작된 나노포러스 금을 다양한 열처리 조건을 통해 리가먼트 크기를 제어하였으며, 순수한 나노포러스 금의 항복강도 측정을 위해 외부인자로 작용할 수 있는 결정립계, 결함을 최소화하기 위해 어닐링을 통해 결정 크기를 최대화 하였으며, 미소크기를 가지는 시험편을 제작하여 모사-단결정을 가지는 시험편을 제작하였다. 전자주사현미경(SEM)에서의 실시간(in-situ) 인장실험을 통해 나노포러스 금의 기계적 물성을 측정하였고, 본 실험에서의 인장 특성과 리가먼트 크기 효과에 대한 분석 및 논의를 진행하였다.

[재료강도2-4 | 11:10]

Haynes 282 초내열합금의 열처리 인자 변화에 따른 미세조직과 변형기구 고찰: 김진혁¹, 공병욱², 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업

Keywords: 극초임계압, Haynes282, aging heat-treatment, deformation characteristics, dislocation

최근 화력발전소의 발전 효율의 증가 및 이산화탄소 배출 저감을 위해 증기온도와 압력을 극초임계압 (HSC)조건인 700°C/300bar 이상으로 높여 운영하고자 많은 연구가 진행되고 있다.. 극초임계압 로터 소재는 700°C 이상의 증기 조건에서 견뎌야 하는 소재로 로터용 후보소재로는 Ni계 석출경화형 초내열합금이 고려되고 있다. 그 중 Haynes282는 뛰어난 크리프 강도, 열적 안정성, 낮은 열팽창률, 높은 산화저항성의 특징을 지니고 있다. 또한 이 합금은 L1₂ 규칙격자를 가지는 γ' 상이 주 강화상으로 작용한다. 이때 용체화처리 후 냉각속도와 시효처리 차이에 따라 γ' 상과 입내, 입계 석출물의 형성에 영향을 미친다. 따라서, 본 연구에서는 시효처리 조건에 따라 Haynes 282의 미세조직 변화 및 이에 따른 750°C 고온인장 특성을 확인하고, 이들 간의 상관성을 고찰하였다. 2단시효(상용열처리)와 용체화 직후 다른 냉각속도에 따른 1단시효(modified)의 효과를 비교하였다. 각 조건마다 γ' 의 평균 크기가 다르게 관찰되었고, 750°C 고온인장 특성 또한 다르게 나타났다. TEM을 통해 전위와 γ' 사이의 거동을 확인하여, 각 열처리 조건마다 두드러지게 나타나는 변형거동을 확인 하였다. 더불어, 각 변형거동에 맞는 이론강도를 계산하여 실제 관찰된 변형거동과 비교하여, 각 조건에 나타나는 변형거동을 확인하였다.

[재료강도2-5 | 11:25]

저방사화강에서 MX 석출물이 미세구조 및 기계적 특성에 미치는 영향 고찰: 임소열¹, 김한규¹, 문준오², 이창훈², 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실

Keywords: Blanket, RAFM steel, Creep, Low cycle fatigue

최근 핵융합로 블랭킷(Blanket) 후보 소재로 대표적인 저방사화(Reduced Activation Ferritic Martensitic, RAFM)강인 Eurofer97강이 가장 사용 가능성이 높은 후보소재 거론되고 있다. 본 연구에서는 Eurofer97강의 미세조직 안정성 및 고온 기계적 특성에 영향을 미치는 미세한 MX의 석출물의 양을 증가시키고자 Ta를 Ti로 치환한 Ti-RAFM강에 대하여 고온 특성을 비교 분석하여 고찰했다. 고온인장시험 결과, 초기에는 (Ti,W)C의 형성으로 석출강화 된 Ti-RAFM강은 336 MPa의 강도를 보였으나, 열 노출(600°C/1000h) 후에는 급격히 감소하여 273 MPa로 측정되었다. 반면 기존 Eurofer97강은 초기에 304 MPa의 강도를 보였으나 열 노출 후에는 284 MPa의 강도를 보였다. 또한 기존 Eurofer97강에서는 lath의 폭 증가량이 23 nm로 적었으나 Ti-RAFM강에서는 lath의 폭이 169 nm로 크게 증가되는 것으로 보아 Ti-RAFM강의 열화속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 열간 노출 중 Ti의 빠른 확산 속도와 관련이 있다고 사료되어 크기가 크고 방사화가 낮은 Ta를 동시 첨가하기로 결정했고 그 결과 Ta/Ti RAFM강은 고온 인장시험 및 크리프 시험에서 우수한 미세조직 안정성을 보였다. 열 노출 후의 고온인장시험에서 Ti-RAFM강은 약 11%의 항복 강도가 감소했지만, Ta/Ti RAFM강은 약 0.9%의 감소만 관찰되었다. 이에 Ta/Ti RAFM을 적정 강재로 선정하였고 Ti의 첨가 효과를 확인하기 위해 Ta/High Ti RAFM강과 Ta/Low Ti RAFM강에 대해 비교 분석하여 고찰했다. 마찬가지로 고온인장시험 결과, Ta/High Ti RAFM강은 기존 Eurofer97강과 유사한 결과를 나타내었으나 Ta/Low Ti RAFM강의 경우에는 기존 Eurofer97강 보다 우수한 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 550°C/200MPa 조건에서 크리프 시험을 한 결과, Ta/Low Ti RAFM강이 1823시간으로 기존 Eurofer97강의 592시간 대비 약 3배 이상 크리프 수명이 향상된 것을 확인하였다. 따라서, Ta/Low Ti RAFM강을 적정 강재로 선정하게 되었고 550°C/2.4×10⁻³s⁻¹조건에서 Total strain amplitude를 각각 0.4%, 0.8%, 1.2%로 하여 저주기 피로 시험을 실시하여 기존 Eurofer97강과 비교 분석했다. 그 결과 각각의 Total strain amplitude에 대해서 Eurofer97강은 3504, 1375, 502 cycles의 피로수명을 보이며, Ta/Low Ti RAFM강은 2883, 720, 374 cycles의 피로수명을 보였다.

[AW-2 | 13:00] 석천학술상 수상기념강연

소재 관점에서의 금속 3D 프린팅 현황 및 제언: 이기안

Keywords: 3D printing, Additive manufacturing, Metal, Microstructure, Mechanical property, Deformation behavior

최근 3D 프린팅 산업에서 금속 3D 프린팅 공정 개발과 관련하여 괄목할만한 성과들이 이루어져 왔다. 이를 바탕으로 항공, 의료

등 부품 산업에서의 새로운 비즈니스 모델들이 제시되고 있다. 그러나 상대적으로 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 부품에서 미세 조직과 연계한 특성 향상과 관련하여서는 그 중요성에도 불구하고 충분한 결과가 제시되지 못하고 있고 이에 최근 이 분야에 대한 연구가 증가하고 있다. 본 발표에서는 금속 소재 관점에서 3D 프린팅 분야에 대해서, 발표자가 수행해 온 powder bed fusion, direct energy deposition 3D 프린팅 공정들로 제조된 Ni계 합금, Ti 계 합금, steel 계 합금, Co 계 합금, 복합 소재 등의 미세조직, 기계적 물성, 후 처리 효과 결과들을 제시하고, 향후 금속 3D 프린팅 산업의 성공을 위한 해결해야할 문제 및 방안들을 이야기하고자 한다.

[재료강도3-1 | 13:25]

극저온용 오스테나이트계 경량 FeMnAlC 합금의 인장 및 충격 특성: 이승완, 이상인, 황병철; *서울과학기술대학교*

Keywords: lightweight, high-manganese, tensile properties, impact properties, ductile-brittle transition, cryogenic

오스테나이트계 고망간강은 기존에 사용되고 있는 합금 소재에 비해 가격 경쟁력이 높으며, 우수한 저온 강도 및 인성을 가지고 있어 극저온용 재료로 널리 사용되고 있다. 최근에는 수송기기 전반에 사용되는 소재 부품의 경량화가 크게 요구되면서 알루미늄 (Al)을 첨가한 경량 FeMnAlC계 합금 개발에 대한 요구가 증가하고 있다. 오스테나이트계 고망간강 합금의 기계적 물성은 구성 상과 적층결함에너지(stacking fault energy)에 따른 변형기구에 따라 크게 영향을 받는데, 이러한 구성 상과 적층결함에너지는 합금 원소와 온도에 크게 영향을 받는다. 일정량 이상의 C 첨가는 결정립계 편석 또는 κ -carbide를 형성으로 인해 입계 파괴가 야기됨으로써 저온 인성에 나쁜 영향을 미친다. 또한 경량화 원소인 Al을 과다 첨가할 시 낮은 밀도를 가지는 합금을 개발할 수 있지만, 상태도에서 페라이트 영역을 증가시켜 δ -ferrite를 형성시켜 우수한 강도와 인성을 갖는 오스테나이트 단상 조직을 가지는데 제한이 된다. 이와 같이 오스테나이트계 고망간강에서 Al과 C의 합금 원소 첨가는 오스테나이트 상 안정도를 변화시켜 다양한 변형 기구에 따라 극저온 물성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 적절한 합금 원소의 첨가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Al과 C 함량이 다른 4 종류의 FeMnAlC계 합금을 제조하고, 인장 시험과 온도별 충격 시험을 통해 합금 원소에 따른 인장과 충격 특성에 대해 고찰하였다.

[재료강도3-2 | 13:40]

TWIP 현상이 고망간강의 인장 및 피로 특성에 미치는 영향: 박지호¹, 허재원², 장동찬², 박경배³, 이성학³, 김낙준³, 성효경¹; ¹경상대학교 ²KAIST ³POSTECH

Keywords: high-Mn steel, twinning induced plasticity, tensile properties, fatigue properties

지금까지 고망간강의 TWIP (Twinning induced plasticity) 거동에 대하여 많은 연구들이 진행되었으며, 잘 알려진 바와 같이 dynamic Hall-Petch effect, back stress effect, composite effect 등과 같은 변형 이론들이 체계적으로 정립되었다. 하지만 고망간강의 고주기 피로 특성에 있어서는 불과 10여 편의 논문이 발표되었고, 저주기 피로 시험과 달리 고주기 피로 시험에서는 twin이 관찰되지 않는다는 결과들이 제시되었다. 그러나 이러한 변형 거동에 대해 인장 시험과 비교하여 피로 변형 거동이 어떻게 달라지는지, 국부적 소성 변형 영역에서 twin이 생성될 수 있는지에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 interrupted tensile test를 실시하고 EBSD (electron backscatter diffraction) 분석을 통하여 변형량 증가에 따른 TWIP 거동을 고찰하였다. 또한 고주기 피로 시험을 실시하여 cycle 수 증가에 따른 변형 거동을 분석하고 방위 관계에 따라 인장 시험 결과와 비교 분석하였으며, 이를 통해 고망간강의 인장 및 피로 특성에 있어서 TWIP 현상이 미치는 영향에 대해서 고찰하고자 하였다.

[재료강도3-3 | 13:55]

페라이트-펄라이트 조직강의 변형능에 미치는 미세조직 인자의 영향: 홍태운¹, 이상인¹, 심재혁², 이준호³, 이명규⁴, 황병철¹; ¹서울과학기술대학교 ²한국과학기술연구원 ³고려대학교 ⁴서울대학교

Keywords: ferrite-pearlite, microstructural factor, deformability, steel

페라이트-펄라이트 조직강은 페라이트와 펄라이트 조직으로 이루어진 강재로 과거부터 지금까지 구조재, 선재 및 기계 부품 등의 다양한 분야에서 사용되고 있다. 최근 동토 지대, 심해저 및 지진과 같은 가혹한 환경에서의 강재 사용이 증가함에 따라 고변형능 (high deformability) 특성이 요구되고 있다. 페라이트-펄라이트 조직강의 경우 다른 조직강들에 비해 비교적 우수한 변형능 특성을 가지고 있으며, 이러한 변형능은 일반적으로 강재의 항복비, 균일 연신율 및 가공경화지수 등으로 평가된다. 일반적으로 페라이트-펄라이트 조직강의 기계적 특성은 페라이트 결정립 크기, 펄라이트 분율, 층상간격 및 시멘타이트 두께 등의 다양한 미세조직 인자들에 의존한다. 그러나 이러한 미세조직 인자들과 기계적 특성은 오스테나이트화, 등온 변태 및 냉각 속도 등의 열처리 조건과 합금원소 함량에 따라 달라지기 때문에 이들 미세조직 인자와 기계적 특성의 상관관계를 이해하는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 합금원소 함량 및 다양한 열처리 조건에 의해 변화하는 미세조직을 정량적으로 측정하고, 인장 특성을 평가한 후 페라이트-펄라이트 조직강의 변형능에 미치는 미세조직 인자의 영향을 체계적으로 고찰하였다.

[재료강도3-4 | 14:10]

SCM440의 비정상열처리 조건에 따른 기계적 물성 변화: 조다희, 박중철, 정성욱, 김기환, 조점식, 진현호, 김재우; *포항산업과학연구원*

Keywords: SCM440, Heat treatment, Failure analysis, Mechanical property

최종 제품 생산을 위해서는 단조, 절삭, 공간인발 등의 가공과 노말라이징, 퀴칭, 템퍼링 등의 열처리를 반드시 거치게 된다. 이때 최종 제품의 품질 기준은 통상 경도, 기계적 강도 등으로 평가하게 되며, 이는 최종 템퍼링 온도로 결정되게 된다. 이때 앞선 노말라이징, 퀴칭 효과는 거의 무시된 채 템퍼링 온도만으로 조절된 기계적 물성값은 재질적인 차이를 가져오게 되어 제품의 주요

고장원인으로 작용하게 된다. 특히, 다량의 제품을 한 번에 쌓아서 열처리하는 경우 실제 제품의 열처리 온도는 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ 까지 날 수 있다. 이러한 조건을 비정상열처리 조건으로 칭하고, 비정상열처리가 되었을 경우, 기계적 물성이 얼마나 변할 수 있는지를 67종의 열처리 조건에 대해 시험하였다. SCM440을 이용한 시험 결과 비정상열처리 조건의 경우, 경도, 인장, 충격 등의 모든 기계적 물성에서 차이를 보였다. 기준값은 독일 규격인 DIN17200에서 규정하는 기준 열처리 조건에 따른 기계적 물성값으로 정하였다.

[재료강도3-5 | 14:25]

Mn 및 C 함량에 따른 경량철강의 미세조직 및 기계적 특성 분석: 박준열¹, 박성원², 조경목², 박성준¹, 장재훈¹, 문준오¹, 신종호³; ¹재료연구소 ²부산대학교 재료공학부 ³두산중공업 소재기술개발팀

Keywords: light-weight steel, κ -carbide, aging, precipitation, microstructure

환경 오염 및 에너지 부족 문제에 대응하기 위해 자동차 및 발전플랜트 분야에서는 밀도를 낮춘 경량철강을 이용하여 에너지 효율을 증가시키는 방안에 많은 관심을 가지고 있다. 경량철강의 Al 첨가를 통해 밀도를 낮춘 강으로, 낮은 밀도에도 높은 강도와 우수한 연성을 보이는 강종으로 알려져 있다. 경량철강을 $500\text{--}800^{\circ}\text{C}$ 에서 열처리할 시, κ -탄화물이 오스테나이트 입내와 입계에 형성되면서 강도를 상승시키지만, 연성을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 특히, 입계에 형성되는 조대한 κ -탄화물은 연성을 급격하게 저하시켜, 취성파괴를 유도하는 것으로 보고되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 시효 열처리 시, Mn과 C 함량이 경량철강 내 κ -탄화물 석출에 미치는 영향과 그에 따른 기계적 특성 및 미세조직의 변화에 대해 조사하였다. 동일한 Al과 C 함량을 가진 30, 20 wt.% Mn 함량의 경량철강 합금들과 동일한 Al, Mn 함량을 가진 1.1, 0.8, 0.4 wt.% C 함량의 경량철강 합금들을 1050°C 에서 균질화 열처리 후 수냉을 진행하였고, 이후 각 합금들을 550°C 에서 100분, 1000분간 시효열처리를 수행하였다. 모든 합금에서 시효 시간이 증가함에 따라 경도가 상승하였고, 연성은 감소하는 경향을 보였다. 특히, Mn 함량이 낮을수록, C 함량이 증가할수록 시효에 따른 강화가 잘 나타나는 것으로 확인되며, 이는 κ -탄화물 석출강화 정도에 차이로 인한 것으로 사료된다. 각 합금에 대한 미세조직은 OM, XRD, SEM 그리고 TEM으로 분석을 수행하였고, 미세조직 분석 결과를 중심으로 Mn과 C 함량 차이가 κ -탄화물 석출 및 기계적 특성 변화에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

[재료강도4-1 | 15:00]

Crystallographic evolution and cyclic softening behavior of reduced activated ferritic-martensitic steel under different fatigue modes: Ahiale Kwame Godwin¹, Ebo A. Kizzie-Hayford¹, Yong-Jun Oh¹, Young-Bum Chun², Seung Young Cho³; ¹국립한밭대학교 응용소재공학과 ²한국원자력연구원 ³국가핵융합연구소

Keywords: martensitic steel, fatigue, crystallographic evolution, cyclic softening, EBSD

Crystallographic evolution and cyclic softening behavior during low cycle fatigue (LCF) and creep-fatigue (CF) with tensile (TH) and compressive (CH) holds of reduced activated ferritic-martensitic steel at 823 K were investigated using an electron backscatter diffraction (EBSD) method. All the samples exhibited similar cyclic softening behavior under both LCF and CF, however, the peak stress level for the TH sample was significantly lower compared to CH and LCF samples. The microstructural observation showed that the coarsening of martensitic laths was heterogeneous for TH and LCF samples, whereas for the CH sample the coarsening was uniform. The effective and internal stresses calculated at half fatigue life using Cottrell's method were found to be the competing mechanisms for cyclic softening.

[재료강도4-2 | 15:15]

EBAM으로 제작한 상용 순수 티타늄 임플란트의 결함, 미세조직 및 기계적 특성에 대한 스캔 전략에 따른 영향: 정석준¹, 박근태¹, 이해진¹, 김형균¹, 김건희¹, 김윤준², 이병수¹; ¹한국생산기술연구원 적층성형가공그룹 ²인하대학교 신소재공학과

Keywords: 적층가공, 전자빔적층가공, 상용 순수 티타늄, 스캔 전략, 생체재료

티타늄은 가볍고 내식성, 생체적합성이 뛰어나며 탄성 계수가 매우 낮기 때문에 생체재료로 널리 사용되고 있다. 그러나 상대적으로 낮은 인성으로 인해 외부 충격에 쉽게 파단이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 외부 충격에 대응하기 위해 다양한 고 인성 Ti 합금들이 연구되었다. 하지만 대부분 독성을 가지고 있는 Al, V, Sn 등의 합금원소를 포함하고 있다. 따라서 독성원소를 완전히 배제한 상용 순수 티타늄 (Commercially pure titanium, CP-Ti)의 고강도화 연구가 필요하다. 최근 EBAM은 고온에서 장시간 제작하기 때문에 수nm 크기의 석출 상 형성을 유도하는 새로운 제조 방법이다. 그러나 스캔 전략에 대한 미세조직 및 기계적 특성에 대한 연구가 미진하며 특히 CP-Ti 소재를 대상으로 적층가공에 대한 연구가 전무한 실정이다. 본 연구에서는 CP-Ti 임플란트를 제조를 위해 EBAM을 이용하였으며 스캔 전략에 대한 영향을 알아보기 위해 line scan과 spot scan으로 제작하였다. 내부 결함분석을 위해 SEM관찰 및 micro-CT측정을 수행하였으며 미세조직 관찰을 위해 EBSD, EPMA 및 APT를 이용하였다. 또한 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 상온에서 압축 강도를 측정하였다. CP-Ti 임플란트의 내부에는 평균 $50000\text{ }\mu\text{m}^3$ 의 기공이 잔존하고 있으며 임플란트의 교차지점에서 $200\text{ }\mu\text{m}$ 크기 이상의 키홀이 관찰되었다. Fe는 침상 형태로 나타났으며 APT로 분석한 결과, 전체적으로 그물 형태를 띄고 있으며 두께는 10 nm 이하이다. 교차지점에서는 잔류 용융 열로 인한 조대화 현상이 일어났으며 빌드 방향과 평행한 부분은 line scan이 이전의 layer의 영향을 받아 상대적으로 조대화가 일어났다. line scan은 같은 기공율을 가지는 이전 연구에 비해 약 450 MPa로 월등히 강도가 좋았다.

[재료강도4-3 | 15:30]

방향성 응고조직을 갖는 Inconel 718 초합금의 크립성능에 대한 연구: 이해진¹, 정석준¹, 박근태¹, 김형균¹, 김건희¹, 김한규², 홍현욱², 이

병수¹; ¹한국생산기술연구원 적층성형가공그룹, ²창원대학교 신소재공학과

Keywords: 적층가공, 전자빔용해, Inconel 718, 크립

Inconel 718 초합금은 우수한 고온 강도 및 피로 특성 때문에 발전용 부품에 널리 사용되고 있다. 그러나 발전수요의 증가에 따른 가혹한 작동 환경(온도, 압력)으로 인해 고온 내구성이 우수한 소재 및 부품으로 요구하고 있다. 최근 전자빔 적층가공 (Electron Beam Additive Manufacturing, EBAM) 기술을 활용하여 방향성 응고조직 유도를 통한 고온 내구성을 확보하는 연구결과들이 보고되고 있다. 본 연구는 EBAM을 이용하여 방향성 응고조직을 갖는 Inconel 718 소재의 고온 크립특성을 연구하였다. 방향성 응고조직 구현을 위해 EBAM의 Focus offset을 제어하였으며 크립시험은 650°C에서 700 MPa 하중에서 진행하였다. 또한 상용 Wrought 소재를 시효 열처리하여 상대비교 하였다. 방향성 응고조직은 적층방향과 평행하게 폭이 500 μm 의 Columnar grain들이 형성되어있으며 대부분 [001] 집합조직을 갖고 있다. 또한 입계에 Laves 상과 MC 상들이 존재하고 있으며 입내에서는 수nm 크기의 γ'' , γ' 석출상들이 존재하고 있다. 특히 γ'' 상은 적층방향과 수직하게 γ' 상은 수평하게 발달되어 있으며 APT 분석결과 $\gamma'/\gamma''/\gamma'$ Sandwich 구조로 형성되어 있다. 고온 크립성능은 Wrought 재에 비해 3배 이상 증가하였으며 이는 기지내 존재하는 $\gamma'/\gamma''/\gamma'$ Sandwich 구조 및 방향성 응고조직에 기인한다.

[재료강도4-4 | 15:45]

Thermally activated dislocation plasticity on the body-centered cubic chromium with high purity: 최인철¹, Christian Brandl², Ruth Schwaiger²; ¹금오공과대학교 신소재공학부, ²Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

Keywords: Thermally activated dislocation plasticity, Kink-pair nucleation model, Body-centered cubic chromium, High-temperature nanoindentation,

According to Seeger's theory, the thermally-activated dislocation plasticity of body-centered cubic (bcc) metals is described by kink-pair nucleation controlled mechanism, which is divided into the elastic-interaction regime, the line-tension regime and the athermal regime and makes it possible to define operated slip systems. In this work, we have modified the kink-pair nucleation models for the high-temperature (HT) nanoindentation method. HT nanoindentation experiments were utilized to characterize the deformation behavior of high-purity bcc chromium (Cr) from room temperature to 698 K. The observed hardness, strain-rate sensitivity and apparent activation volume are compared with modified kink-pair nucleation model. By comparing the results with Cr including impurities, in addition, the influence of impurities on the plasticity of Cr was discussed in the context of screw dislocation mobility governed by thermally-activated kink-pair nucleation, kink-drift or dislocation-impurity interaction.

[재료강도4-5 | 16:00]

가동원전 안전성 기기재료의 경년열화 완화에 관한 고찰: 박진석¹, 노희영¹, 정성규¹, 정선미², 박상규², 차재철², 배수환²; ¹한국전력기술(주), ²한국수력원자력(주).

Keywords: Materials Aging, Aging management program, Aging degradation mitigation, Aging effects, Integrity

가동 원전의 안전성 향상을 위하여 미국 NRC의 최신 기술기준을 반영한 통합 경년열화관리 프로그램 구축이 완료 단계에 있으며, 기존 고리 2호기부터 현재 건설중인 신한울 1,2호기를 포함한 모든 원전에 적용되어 운영될 예정이다. 원전 설비의 경년열화관리 프로그램은 크게 상태감시, 성능감시, 예방 및 완화의 네 가지 유형으로 구분된다. 이 중 완화와 관련하여 원전에서 수행되고 있는 대표적인 경년열화 관리 활동은 수질관리이다. 최근에는 이러한 경년열화 완화 활동의 범위가 기존의 화학적 분석활동 뿐만 아니라 운영, 정비, 교체를 포함한 보다 포괄적인 개념으로 확장하는 추세이다. 실제로 장수명 운전을 승인받은 해외 원전에서는 다양한 경년열화 완화 방법을 안전성 평가에 적용하고 있다. 이러한 측면에서, 본 논문에서는 국내 가동원전 기기 재료로 사용되는 탄소강, 저합금강, 스테인리스강의 경년열화를 완화하기 위해 수질관리 이외에도 연료유관리, 윤활유 분석, 니켈합금 용접부 관리, 볼트 건전성 관리, 원자로용기 스티드 관리, 봉산부식 검사 등 상태감시 유형의 관리프로그램에서도 완화조치가 이행될 수 있도록 이행방법을 구체화하였다. 이의 일환으로 압력용기, 배관 등에서 발생하는 재료손실, 인성저하, 균열발생 등의 열화영향을 효과적으로 관리할 수 있도록 완화조치를 경년열화관리 프로그램의 구성요소로 명문화하였다. 원전의 안전 운영을 위해서는 압력유지 기능을 수행하는 기기 재료의 건전성 확보가 무엇보다 중요하기 때문에 열화손상에 대한 능동적 대처 및 완화방안의 이행으로 설비의 안전성을 극대화할 필요가 있다.

전산재료과학

Room 104, 10월 24일

[전산1-1 | 10:00]

Wetting: Motion and Thermodynamics by Multiscale Simulation: Suji Gim, Hyungjun Kim; KAIST

Keywords: wetting, multiscale simulation, DFT-CES, metal surface, water dynamics

It has been challenging to investigate wetting property of ideal solid surfaces due to experimental hindrances such as organic contaminants, oxide film formations, surface reconstructions, defects, etc. In order to overcome these experimental limitations and describe the interfacial phenomena theoretically, we performed multiscale simulation using density functional theory in classical explicit solvents method (DFT-CES). The interaction energy between pure metals in a platinum group: Pd(111), Ag(111), Pt(111), Au(111), and a single water molecule was calculated by density functional theory using van der Waals (vdW) correction scheme to describe the long-range nonlocal correlation. Moreover, we partitioned the water binding energy into vdW, electrostatic interaction and surface polarization energy to properly simulate the interfacial interaction during molecular dynamics simulation. With the help of DFT-CES, we simulated the interfacial phenomena reflecting the polarizable electronic structure of the metal surface and the dynamics of the water at the interface. As a result, we could derive the corresponding wetting degree from the pure metal surface to the reliable order without any dependence on the experiment. In addition, we analyzed the water structure and its diffusivity on the metal surface, and the hydrogen bond network was also visualized to understand the interfacial phenomena.

[전산1-2 | 10:15]

Phase-field 기법을 이용한 TSV 결정립 성장 시뮬레이션: 조민균, 차필령; 국민대학교

Keywords: Phase field model, TSV, thermal stress, grain growth

TSV(Through Silicon Via)는 반도체의 상단 칩과 하단 칩 사이에 미세한 구멍(Via)을 뚫어 전극으로 연결하는 패키징 기술로 기존의 와이어를 이용하여 연결하던 방법보다 신호전달 속도, 소비전력, 집적도 등에서 좋은 성능을 가진다. 대부분의 TSV 물질은 Cu를 사용하고 있으며 전기도금법을 이용하여 내부에 증착한 뒤 열처리 공정이 이루어진다. 이 과정에서 Cu가 Si에 비해 열팽창 계수가 6배 정도 큰 관계로 결정립 성장 뿐만 아니라 열응력에 의한 크랙, 박리, 공동 형성과 같은 소자 성능에 치명적인 영향을 주는 결함이 발생한다. 이러한 이유로 소자의 성능을 최적화 하기 위해 다양한 공정조건에 따른 결정립 성장과 열응력 발달 거동을 예측하는 것이 중요하다. 이 현상을 동시에 예측 가능한 시뮬레이션 모델은 Phase-field model(PFM)이 유일하며, 본 연구에서는 이를 이용하여 다양한 공정조건에 따른 결정립 성장과 열응력 발달을 모사하였다.

[전산1-3 | 10:30]

냉각속도에 따른 단일비드의 적층방향 응력 분석: 하경식^{1,2}, 김태환^{1,2}, 남태훈^{1,2}, 전종배¹, 심도식³, 문영훈², 이옥진¹; ¹한국생산기술연구원

²부산대학교 ³한국해양대학교

Keywords: Direct Energy Deposition, 금속3D프린팅, 잔류응력, 유한요소해석, FEM

본 연구에서는 금속직접적층공정 (Direct Energy Deposition, DED)으로 형성되는 단일 비드에서 냉각속도에 따라 비드 방향으로 부가되는 잔류응력의 크기를 냉각속도에 따른 고/액 계면의 움직임을 고려하여 이론적으로 고찰하였다. 각기 다른 냉각속도로 단일비드가 적층되는 과정을 유한요소해석모델로 구현하였으며, 냉각시 고/액 계면의 형성 거동을 element birth and death 기법을 통해 모사하였다. 이를 통해 비드방향으로 부가되는 잔류응력의 크기에 미치는 냉각속도의 영향에 대해 알아보고자 하였다. 각기 다른 냉각속도를 가지는 단일비드 유한요소 모델은 단계적으로 응고가 진행됨에 따라 먼저 식은 고상 부분의 열수축에 의해 고/액 계면을 고상쪽으로 당기는 효과가 발생함을 확인하였고, 이로 인해 모델의 응고되지 않은 액상 부분이 고상쪽으로 밀려오는 것을 확인할 수 있었다. 이는 실제 단일비드 적층공정에서 고/액 계면으로 액상이 비드 방향으로 끌려오는 것을 의미한다고 생각되며 특히 온도구배가 클 경우, 즉 냉각속도가 빠를 경우 고/액 계면으로 더욱 많은 액상이 밀려옴으로 인해 비드방향 잔류응력이 낮아지는 것을 확인하였으며 이를 수치해석적으로 모사할 수 있었다.

[전산1-4 | 10:45]

AI 방열판의 거칠기에 따른 공기열전달 계수 변화를 통한 LED 냉각 효율 전산모사: 이동희, 이종현; 충남대학교

Keywords: 거칠기, 공기 열전달 계수, 열전도도, 방열판, LED 냉각효율

LED의 구조는 Epoxy(PP수지), Al, 방열판으로 구성 되어 있다. 이 LED의 효율을 결정할 때 가장 중요한 요소로는 방열판과 TIM이다. 방열판은 현재 Al 시리즈로 제작된다. 하지만 이 방열판과 LED 사이에 Al/Cu인 복합소재를 사용하여 열전도도 특성을 변화시킴으로써 LED의 효율을 향상 시키는데 중점을 두고 있다. 거칠기에 따른 LED의 방열 효율이 얼마나 증대되는가를 알기 위해 40 mm*40 mm*0.2T 알루미늄 plate에 사포, 샌드블라스트를 이용하여 거칠기를 주어 우선 실험을 진행하였다. 또한, 거칠기를 통해 공기 열전달 계수를 증가 되었을 때, 방열효율이 얼마나 증대되는가를 보기위해 시뮬레이션으로 계산을 수행하였다.

[전산1-5 | 11:00]

Investigating the Dependence of Effective Properties on 3D Morphology and Topology in a Porous Material: Dongmyung Jung, Yongwoo Kwon; *Hongik University*.

Keywords: porous material, effective property, finite element simulation, morphology, topology

Properties of a porous material greatly depend upon its pore structure as well as its porosity. In other words, its properties can be changed to many folds by changing the pore structure even at the same porosity. Revealing the structure-property relationship for porous materials should be beneficial for designing a porous structure. In this work, finite element simulations of several types of porous structures were performed to estimate effective thermal and mechanical properties. The porous structures were quantified in terms of morphology, the local shape of the interface, and topology, the global complexity of the structure. Then, the relations between the effective properties and the structural parameters were investigated.

[전산1-6 | 11:15]

나노 입자의 상안정성에 미치는 압력의 영향: 김한결, 이준호; *고려대학교 신소재공학과*.

Keywords: CALPHAD, Nano Phase Diagram, Phase Diagram under pressure, Excess volume

Lee 등은 임의의 A-B 2원계 합금에 대해 액체와 고체의 상호작용계수에 따른 벌크 상태도와 나노 상태도를 비교하였다. 본 연구에서는 상압을 포함한 가압조건에서 나노 입자의 상태도에 미치는 상호작용계수의 영향을 조사하였다. 열역학적으로 자유에너지에 미치는 압력의 영향은 부피로부터 얻을 수 있다. 따라서, 액체와 고체의 상호작용계수가 일정한 조건에서 압력과 과잉부피에 따른 나노 상태도를 조사하였다. 각 조건에서 압력이 증가함에 따라 순수한 물질 A, B 나노입자의 용점이 증가하는 경향을 보였고, 과잉부피가 양의 값을 가질수록 압력이 증가함에 따라 Invariant reaction 온도가 증가하는 경향을 보였다.

[전산2-1 | 13:00] 초청강연

AI 웹을 활용한 철강 및 강관 품질 설계: 이창선, 배진호, 류성룡, 이중형, 노종원; *POSCO 기술연구원*.

Keywords: AI 웹 강관 품질설계

AI 기계학습 기술의 발전에 의해 양산 데이터를 활용한 품질 예측 모델의 정확도는 높아지고 있다. 선형회귀, 로지스틱회귀, 다항 로지스틱 회귀, 랜덤포리스트, 신경망 등의 다양한 학습 알고리즘에 의해 다양한 품질 예측 모델이 개발된다. 항복강도, 인장강도, 연신율 등의 정규분포 품질 예측이 가능하고, UT, 표면결함, 후크 크랙 등 합부 품질의 예측도 가능하다. 그리고, 사파 충격에너지, DWTT 등과 같은 불균일 품질의 예측도 가능하다. 다만, 아직까지는 기계학습 지식을 보유한 사람들 위주로 모델이 활용되고 있다. 기계학습 지식 미보유자를 위한 쉬운 interface 개발이 미진하기 때문이다. 근래 R, 파이썬 등 오픈 소스의 발전이 획기적으로 이루어져, 웹 프로그램 개발이 쉬워졌다. 사용자 입장에서는 마우스 클릭에 의해 다양한 infographics를 빠르게 생성할 수 있기 때문에, 품질 설계를 효율적으로 신뢰성을 갖고 할 수 있다. 아마존의 개인비서 알렉스 사용자가 AI 지식이 없어도 AI 지식을 활용하듯이, AI 지식이 없는 사람도 AI 지식을 활용하여 품질 설계를 할 수 있게 된 것이다. R, 파이썬 등은 AI 모델 개발도 가능하고, AI 지식 미보유자를 위한 웹 개발도 가능하다. R을 이용하여 후판과 열연, 그리고 강관의 다양한 품질을 예측하기 위한 모델을 개발하고, 또한 AI 웹을 개발하였다. 강관사는 AI 웹을 이용하여 품질 설계, 분석, 관리가 가능하다. 철강 소재의 품질은 조관에 의해 변화한다. 조관 후 강관의 품질을 예측하는 것은 철강사 입장에서 중요하다. 강관의 품질은 철강 소재 제조 조건과 조관 조건에 의해 결정된다. 소재 제조 조건은 성분, 연주 조건, 가열/압연/냉각 조건 등이다. 조관 조건은 t/D, 확률 등이다. 소재 제조 조건과 조관 조건 데이터를 이용하여 강관의 품질을 예측하는 모델이 개발되었다. 4차 산업혁명의 중요한 키워드 중에 공유, 융합 등이 들어 있다. AI 웹 기반 강관 품질 설계를 통해 철강사와 강관사의 경쟁력을 높이기 위해서는 소재 제조조건 데이터와 조관 조건 데이터의 공유가 필요하다. AI 지식은 전공 지식과 융합되어야 한다. 컴퓨터가 AI 기계학습을 통해 만든 정보는 웹 인터페이스를 통해 전공 지식 보유자에게 시각적으로 제공되어야 한다. 전공 지식, AI 지식, 웹 프로그램 지식 등이 융합되어야 AI 웹을 활용한 철강 및 강관 품질 설계가 가능해진다.

[전산2-2 | 13:25]

금속 3D 프린팅의 결함 예측을 위한 전산해석 및 기계학습에의 응용: 이학성¹, 김권일², 김은아¹, 양동열¹, 유지훈¹; ¹재료연구소(KIMS), ²서울대학교

Keywords: metal 3D Printing, defects, machine learning, smart machine

금속 3D 프린팅은 차세대 제조 기술로 주목받고 있는 기술로, 최근 특허 만료에 따른 다양한 업체에서 새로운 기술이 접목된 신규 장비가 도입되고 있다. 기존 공정 대비 가격과 제작 속도 면에서 부족한 부분이 있지만, 정밀 레이저 및 공정 제어 기술의 발달로 단순히 Prototype를 제작하는 것을 뛰어 넘어 산업 전반에 큰 영향을 줄 것으로 기대되고 있다. 그러나, 이러한 금속 3D 프린팅 기술은 기존 가공 공정 대비 부족한 데이터 베이스와 다양한 공정 변수로 인해서 신뢰성 있는 제품을 제작하는 것에 어려움이 있다. 특히, 분말 조형 중에 생기는 기공은 피로, Fatigue와 같은 동적 기계 물성의 저하를 야기하여 항공, 의료 등 주요한 산업분야에서 활용하기 위해서는 분석과 예측이 반드시 필요하다. 본 발표에서는 이러한 금속 3D 프린팅 내의 결함을 x-ray tomography로 3차원 분석하고, 전산유체역학을 이용한 예측 방법 및 이를 기계학습을 통해서 작업 진행여부를 판단할 수 있는 스마트 3D 프린팅에 대한 개념을 살펴보고자 한다.

[전산2-3 | 13:40]

Seawater cooling line의 pipe 파공 원인 분석: 김대경¹, 정성욱¹, 하태필², 박종민¹, 한기형¹; ¹대우조선해양 산업기술연구소, ²대우조선

해양 해양생산기술부.

Keywords: Seawater, Pipe, Corrosion, Erosion, Leakage

Seawater cooling line에 Sea chest와 MGPS(Marine Growth Prevention System) 사이 pipe와 fitting류 보호용으로 설치된 아연 도금 pipe가 인도 이후 2년 내 파공되어 leakage가 발생되었다. 해당 pipe는 화학 성분, 모재 및 도금 코팅 두께가 설계 사양을 만족하고 있으나, 파공이 발생된 위치는 대형관에 연결되어 있는 T자 형태의 branch 부위로 유속과 난류에 매우 취약한 부위로 판단되었다. 제작 상의 설치 및 실 운항 상의 손상 발생 가능 여부 확인은 한계가 있기 때문에 배관의 손상된 양상을 바탕으로 원인 분석을 진행하였고, 손상 주요 인자로 추정되는 배관 내부 유동에 대해 해석을 실시하여 원인분석 결과에 대한 신뢰성을 높이고자 하였다. 이에 본 발표에서는 자세한 분석 내용과 추가로 실시한 해당 branch 부위의 유동 해석 결과를 토대로 Seawater cooling line의 pipe 파공 발생 원인에 대하여 논의하고자 한다.

[전산2-4 | 13:55]

실시간 관측이 용이한 광-전자 융합 현미경 개발: 이광훈, 조복래; (주)모듈싸이.

Keywords: 광전자 융합 현미경, CLEM, 주사전자현미경, 형광 현미경

광학현미경은 색상 정보를 얻을 수 있지만 마이크로미터(μm) 미만의 해상도를 제공하지 않는다. 또한 전자현미경은 나노미터(nm)의 고해상도 정보를 알 수 있지만 이미지가 흑백이라는 단점이 있다. 이처럼 현미경의 소스를 빛에서 전자로 바꾼 결과 고분해능에 도달했지만 가장 중요한 시각정보인 색상을 잃게 되었다. 그래서 최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 광학 현미경과 전자현미경을 결합해 넓은 분해능 스펙트럼을 갖는 광학-전자 융합현미경(Correlative Light and Electron Microscope, CLEM)이 개발 되고 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 시료의 표면정보 뿐만 아니라 색깔에서 기인한 정보를 획득할 수 있다는 것은 엄청난 파급효과를 불러 일으킨다. 기존에는 광학현미경과 전자현미경의 이미지를 획득하기 위해 시료를 옮겨가며 관찰했다. 하지만 이 경우 시간과 공간적인 효율이 좋지 못하고, 시료를 옮기는 과정에서 시료가 손상될 수도 있다. 하지만 본 연구팀이 개발한 현미경은 진공내부에 광학현미경과 전자현미경이 운용되어 시료를 옮길 필요가 없기 때문에 시료손상과 관찰 소요시간을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 양자점(quantum dot), LED 등의 결합 검사를 위해서 마이크로미터(μm)이하의 분해능이 요구되지만 광학현미경의 분해능으로는 미세결합을 관찰하기 어렵다. 빛과 전자빔은 상보적인 정보를 제공하므로 가시광선으로 시료를 관찰하고 의심되는 영역을 전자를 이용해 확대하여 검사하는 융합현미경의 개발이 요구되고 있다.본 연구에서는 광학현미경과 전자현미경을 하나의 시스템으로 통합하여 실시간으로 이미지 획득이 가능한 광-전자 융합현미경을 소개한다. 전자현미경의 광학계 내부에 광학현미경의 광경로가 위치하도록하여 동축정렬을 이루도록 하였다. 이를 통해 진공챔버 내부에서 별도의 시료이동 없이 형광이미지와 고배율의 전자현미경의 이미지를 획득할 수 있게 되었다. 이것은 향후 넓은 분해능 스펙트럼이 요구되는 검사 및 분석에서 다양한 어플리케이션의 파생을 기대한다.

[전산2-5 | 14:10]

A new elasto-viscoplastic self-consistent polycrystal model: Youngung Jeong¹, Carlos Tome²; ¹Changwon National University. ²Los Alamos National Lab.

Keywords: Crystal plasticity, VPSC, EVPSC, Effective Medium

Viscoplastic self-consistent (VPSC) polycrystal modelling framework using the effective medium has been widely used to describe the anisotropic behavior of polycrystalline metals by accounting for micro-mechanical features such as, but not limited to, grain-neighbor interaction, crystal structure, slip, and twinning [1]. Recently, the modelling framework has been extended to study the dislocation density evolution under complex loading scenarios and its effect on the strain-hardening behaviors [2,3]. In doing so, we have noticed that the model should account for elasticity to more accurately describe the behavior of multiphase alloys under complex loading scenarios [4,5]. Although there are existing elasto-plastic and elasto-viscoplastic self-consistent models [6,7], the computational time is prohibitively long particularly for problems involving large plastic deformation. This is particularly true when considering applications of the polycrystalline models for forming simulations where elasticity is an important aspect. In this presentation, we describe a new elasto-viscoplastic self-consistent model developed by modifying the VPSC scheme of Lebensohn and Tomé [1]. The new elasto-viscoplastic formulation is briefly discussed, and several applications are presented. It is demonstrated that the model leads to improved computational efficiency in comparison with other elasto-plasticity crystal plasticity models.

[전산3-1 | 14:35] 초청강연

페라이트-세멘타이트 계면에서의 Mn의 편석 현상에 대한 DFT를 활용한 분석: 이동화¹, 설재복²; ¹포항공과대학교 신소재공학과. ²포항공과대학교 나노융합기술원.

Keywords: 페라이트/세멘타이트 계면, Mn 편석, DFT, DFE

페라이트/세멘타이트 계면에서 망간 (Mn) 결함의 편석 현상을 이해하기 위해서 DFT 계산을 진행하였다. 우리의 계산결과는 계면에서 Mn의 결함 형성 에너지 (DFE)가 벌크 페라이트나 벌크 세멘타이트보다 훨씬 낮아서 Mn 결함이 계면에서 많이 관찰될 것으로 예측하였다. 또한, 페라이트에서 보다는 세멘타이트에서 Mn 결함이 더 잘 관찰되는 현상에 대해서도 설명할 수 있었다. 결론적으로, 우리의 DFT 연구결과는 Mn 치환 결함이 계면과 세멘타이트 측에서는 잘 나타나지만 페라이트에서는 관찰되지 않는 이유에 대해 DFT 계산을 통해 성공적으로 설명할 수 있었다.

[전산3-2 | 15:00]

Mixed valence perovskite $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$: a potential material for thin-film Pb-free photovoltaic cells with ultra high-efficiency:

김형준; 한국과학기술원(KAIST).

Keywords: halide perovskite, photovoltaic, materials design, intermediate band, optical simulations

Due to unprecedented improvements in photoelectric conversion efficiency, halide perovskite solar cells are considered one of the most promising next-generation photovoltaic technologies. However, two inherent limitations are known for widely used organic-inorganic hybrid perovskite solar cells: low material stability presumably due to the presence of organic components, and high toxicity due to the presence of lead. This has led many researchers to find a stable and harmless alternative. However, to date, lead-free inorganic perovskite materials, which have been investigated computationally and/or experimentally so far, often have at least one of the problems of low photo conversion efficiency, poorer stability, and difficulty of synthesis. As an alternative, we suggest an old-but-novel inorganic perovskite of $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$, which was previously experimentally synthesized but not applied to photovoltaic cells. Interestingly, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$ exhibits mixed valent properties yielding two different oxidation states of Au centers (I and III). Due to this exotic character, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$ behaves like a so-called double perovskite, while it is a single perovskite in terms of elemental composition. The main advantage of $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$ as the solar cell material is emphasized by the optimum bandgap size of c.a. 1.3eV close to the Shockley-Queisser value, and by the direct bandgap characteristic which allows highly efficient absorption of light even at very thin film thicknesses. Using a state-of-the-art multiscale simulation connecting from the quantum-mechanical level of simulation to the large-scale of electromagnetic wave simulation, it is further shown that the advantageous photophysical property of $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$ can be maintained even in polycrystalline form, and can be successfully transferred to device level with very high photoelectric conversion efficiency.

[전산3-3 | 15:15]

Generation of density-functional-based tight-binding parameters: Seung Mi Lee, Kihyuk Yang; KRISS.

Keywords: DFTB, parameterization, compound semiconductors, approximated quantum mechanical calculations

We have generated the material parameters of several compound semiconductors in order to use in density-functional-based tight-binding (DFTB) method. This methodology has been known as a successful approximation of the quantum mechanical calculations. Not only atomistic structure, the DFTB reasonably explained the electronic structures as well, for surfaces and nanostructures of semiconductors. The bottle neck of the wide usage of this method has been the limited number of materials parameters. In this presentation, we will show the proto-type parameters of several group III-V and II-VI semiconductors. The comparative benchmark calculations by DFTB and density functional theory(DFT) methods will show the validity of our results. (* This research was supported by Nano Material Technology Development Program through the NRF of Korea funded by the MEST (2016M3A7B4025406).)

[전산3-4 | 15:30]

클러스터 전개법 기반 이종 합금 촉매 양자역학 전산모사: 경우민, 노승효, 장지훈, 류경한; 현대자동차 미래에너지연구팀.

Keywords: Cluster Expansion Method, DFT, Monte Carlo Simulation, Catalyst Design

제일원리 계산으로 알려진 ab initio계산은 양자역학 정보를 이용해, 물질의 안정화된 상태 및 전자 구조를 예측하는 방법론이다. 따라서, 설계하고자 하는 물질의 실험 정보가 없어도 안정화된 구조와 특성을 예측할 수 있기 때문에, 신물질 설계를 위한 필수적인 방법론으로 활용되고 있다. 그러나, 계산 모델의 원자 개수에 따라 계산 시간이 급격하게 증가하기 때문에, 일반적으로 원자수 100 개 이상의 모델에 대한 계산은 현실적으로 불가능하다. 즉, 단일 원소 물질과 달리 이종 이상의 원소가 결합된 물질의 경우 조성비 등에 따라 무한한 자유도가 나타나기 때문에, 양자역학 계산만으로는 결과를 도출할 수 없다. 또한, 제일원리계산은 절대온도 OK에서 수행되는 특성으로 인해, 실제적 응용에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 양자역학과 통계역학을 유기적으로 결합한 클러스터 전개법과 몬테카를로 시뮬레이션의 연계 방법론으로, 광범위한 구조를 샘플링하고 최적 구조와 특성을 도출하는 연구가 활발하게 수행되고 있다. 클러스터 전개법은 시스템의 전체 에너지를 구성 원소의 결합으로 구성된 다양한 클러스터의 급수 전개로 나타낸 후, 에너지를 가장 잘 예측하도록 각 클러스터의 계수, ECI (Effective Cluster Interaction) 를 결정하여 수식화 하는 방법이다. 따라서, 구성된 수식을 이용하면 임의의 조성에 대한 시스템의 에너지를 간단하게 계산할 수 있으며, 이를 몬테카를로 시뮬레이션에 결합하여 수행하면, 광범위한 원자 분포에 대한 샘플링으로 최적 구조와 온도에 따른 물질의 상(Phase)을 예측할 수 있다. 이를 위해서는 시스템을 구성하는 클러스터를 효과적으로 생성해야 하며, 생성된 클러스터에 대한 에너지를 정확하게 예측할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 클러스터 전개법 오픈소스코드인 ATAT (Alloy Theoretic Automated Toolkit) 를 이용하여 PtM 이종합금 촉매에 대한 클러스터를 구성하였으며, 양자역학 계산 패키지인 CASTEP으로 에너지를 계산하여 클러스터 전개법을 수행하였다. 이를 통해, PtFe 및 PtMn 이종 합금 촉매 소재의 온도와 조성에 따른 최적 구조와 성능을 예측하였으며, 물질의 상태도를 구성하였다.

[전산4-1 | 15:55]

Catalytic CO Oxidation over Au Nanoparticles Supported on CeO_2 Nanocrystals: 하현우¹, 윤신명², 안혜성¹, 최혁¹, 강은지¹, 안광진², 김현유¹; ¹충남대학교 신소재공학부, ²울산과학기술대학교 에너지 및 화학공학부.

Keywords: Au, CeO_2 , CO Oxidation, DFT, Catalyst

금 나노입자 (Gold nanoparticles, Au NPs) 촉매는 저온에서의 CO 산화반응에서 우수한 촉매 성능으로 인해 많은 주목을 받고 있다. Au NPs 촉매의 CO 산화반응에 대한 촉매 성능은 산화물 지지체의 크기와 형태의 조절을 통해 물리 화학적 특성을 제어함

으로써 더욱 최적화 될 수 있다. 본 연구에서는 CeO_2 산화물 지지체의 표면 구조와 Au NPs의 상호작용을 통해 나타나는 CO 산화반응을 실험적 분석 및 이론적 해석의 조합 접근을 통하여 분석했다. 실험적인 촉매 반응의 분석을 위해 산화물의 구조가 제어된 CeO_2 Cube 및 CeO_2 Octahedra 지지체 위에 Au NPs (평균 $d = 3 \text{ nm}$)이 합성된 촉매 시스템을 사용하였고, 계산적인 촉매 반응의 분석을 위해서는 밀도범함수이론 (DFT) 계산을 통해 Au/ $\text{CeO}_2(100)$ 및 Au/ $\text{CeO}_2(111)$ 로 모델링된 촉매 시스템을 사용하였다. DFT 계산 결과 실제 반응 환경처럼 표면이 CO로 포화된 Au/ CeO_2 촉매에서의 CO 산화반응은 Au/ $\text{CeO}_2(100)$ 촉매의 경우 O-C-O 유형의 반응 중간체가 Au- $\text{CeO}_2(100)$ 계면에서 자발적으로 형성되어 Mars-van Krevelen 메커니즘을 통해 CO 산화반응을 촉진 할 수 있음을 보여 주었다. 반면에 Au- $\text{CeO}_2(111)$ 계면에서는 O-C-O 형성에 필요한 추가적인 활성화 에너지가 필요하기 때문에 반응이 느리게 일어나는 것이 확인 되었다. 위의 결과를 실험을 통해 확인해 본 결과 Au/ CeO_2 Cube의 Turnover frequency (TOF)는 Au/ CeO_2 Octahedra의 약 4배임을 확인 할 수 있었고, 이를 통해 실제 반응 환경에서도 계산 결과를 통해 보여진 바와 같이 산화물 지지체에 따라 촉매 반응이 달라짐을 확인 할 수 있었다. 본 연구는 DFT 계산과 실험 분석을 이용한 조합 연구를 통해 CeO_2 의 형태와 CO/ O_2 의 비율에 따라 CeO_2 산화물 지지체와 Au NPs로 이루어진 촉매의 촉매 반응 메커니즘과 촉매 반응성의 차이를 산화물 지지체와 Au NPs 계면에서 일어나는 촉매 반응에 초점을 맞추어 규명하고자 하였다.

[전산4-2 | 16:10]

Radiofrequency-transmittable Conducting Polymer for Device-to-Device Integration: Taehoon Kim¹, Hong-Jib Yoon², Gwangmook Kim¹, Hyeohn Kim¹, Byung-wook Min², Wooyoung Shim¹; ¹Yonsei University. Department of Materials Science and Engineering. ²Yonsei University. Department of Electrical and Electronic Engineering.

Keywords: device-to-device communication, conducting polymer, device integration, capacitive pressure sensor

In general, most metals are opaque throughout the visible spectrum. This incompatibility between optical transparency and electrical conductivity is well-defined fundamental material properties, but this is often not easy to enhance both simultaneously. Opacity due to electrical conductivity is more pronounced in the lower frequency range. This fundamental incompatibility create a barrier for the realization of enhanced user-interface and device integration. We present a design strategy for preparing megahertz-range transparent conductor and a concept towards 'device-to-device integration' enabled by electromagnetic wave transmittance. The approach to the properties of conductors is verified using a conducting polymer, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS), whose microstructure is effectively controlled by solution process. Megahertz wave-transparent electrodes (nanometer-scale) maintain the conductivity, which can be used as electrode in capacitive pressure sensors, and is further integrated with the touch-controlled display (centimeter-scale) as a demonstration of the concept of device-to-device communication.

[전산4-3 | 16:25]

Computational screening for p-type semiconducting oxides: Yong Youn¹, Kanghoon Yim², Miso Lee¹, Seungwu Han¹; ¹Seoul National University. ²Korea Institute of Energy Research.

Keywords: p-type oxides, high-throughput screening, density functional theory

High performance p-type semiconducting oxides are required to realize high efficient transparent electronic devices. However, known p-type oxides still have limitations to use for consumer electronic devices despite tremendous effort to discover them. Recently, high-throughput screening studies with the density-functional-theory calculations are performed to search novel p-type candidates. [1,2] However, none of suggested materials was verified in experiment, which shows the necessity for a better theoretical predictor. In this study, we propose a highly reliable descriptor for p-type dopability that uses the formation energy of hydrogen interstitial defect. The predictive power of hydrogen descriptor is validated by that the hydrogen descriptor can clearly classify well known p-type and n-type oxides. Using the hydrogen descriptor, we screen most binary oxides and selected pool of ternary compounds that covers Sn^{2+} - and Cu^{1+} -bearing oxides as well as oxychalcogenides. As a result, we suggest $\text{La}_2\text{O}_2\text{Te}$ and CuLiO as promising p-type oxides, which are validated through the full intrinsic defect calculations. [3] Additionally, we identify more simplified descriptors that correlate to the hydrogen descriptor. Using these simplified descriptors, we screen most oxide compounds (~17,000 oxides) in Aflow database [4]. Finally, we propose a new class of p-type candidates including Na_2PtO_2 and $\text{La}_2(\text{SiO}_4)\text{Se}$. References [1] Hautier, G. et al. Nat. Comm. 4, 2292 (2013) [2] Sarmadian, N. et al. Sci. Rep. 6, 20446 (2016) [3] Yim, K. et al. npj Comput. Mater. 4, 17 (2018) [4] http://aflowlib.org

[전산4-4 | 16:40]

An origin of unintentional doping of two-dimensional transition-metal dichalcogenides: 강영호, 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: First-principles, Transition metal dichalcogenides, Oxide, Interface, Doping

We account for the origin of unintentional doping in two-dimensional transition-metal dichalcogenides (TMDs), which has been consistently reported by experiment, but which still remains elusive. Our explanation is based on the charge transfer between TMDs and the supporting thermal oxide, mainly SiO_2 , in which hydrogen impurities with a negative-U property pin the Fermi level of the SiO_2 as well as adjacent TMD layers. Using first-principles calculations, we predict the pinning point of the Fermi level from the charge transition level of the hydrogen in the SiO_2 , $\epsilon(+/-)$, and align it with respect to the band-edge positions of monolayer TMDs. The Fermi levels of TMDs estimated by $\epsilon(+/-)$ successfully explain the doping polarity (n- or p-type) and relative carrier concentrations of thin TMD films. By enlightening about the microscopic origin of unintentional doping in TMDs, the present work will contribute to precise

control of TMD-based electronic devices.

[전산4-5 | 16:55]

Topological phases in graphene nanoribbons and their applications: Yea-Lee Lee¹, Fangzhou Zhao², Ting Cao², Jisoon Ihm³, Steven G. Louie²; ¹Korea Research Institute of Chemical Technology. ²University of California at Berkeley. ³Pohang University of Science and Technology.

Keywords: Topological phase, Berry phases, Graphene nanoribbon, Heterojunction

The topological phases in semiconducting graphene nanoribbons (GNRs) have recently been shown to possess distinct topological phases, characterized by Z_2 invariant. Cove-edged and chevron GNRs are chemically diverse, quasi-one-dimensional carbon nanostructures whose structure configurations can be rationally controlled by bottom-up synthesis from various precursor molecules. We derive the values of the topological invariant in various types of cove-edged and chevron GNRs depending on their edge, width, and termination structure. We study the topological junction states emerging at the GNR heterojunction formed by two topologically inequivalent GNR segments. In a finite GNR segment where the two termination ends belong to, respectively, trivial and nontrivial topological phases, topological end states develop at the nontrivial end. Our work extends the topological classification of GNR systems beyond the previously demonstrated armchair GNRs, and provide new designs of novel GNR heterojunctions as well as future GNR-based nanoelectronic devices.

[전산4-6 | 17:10]

Computational Studies on the Mixed Metal-Halide Perovskite Materials: 홍기하; 국립한밭대학교

Keywords: halide perovskite, density functional theory, stability

Metal-halide perovskites (MHPs) are one of the promising candidates for next-generation photovoltaic materials. The certified efficiency of MHPs have already exceeded over 23 % despite the first report on MHP solar cells appeared in 2009 by Miyasaka group. Big huddles for MHP solar cells are to enhance the long-time stability and to develop Pb-free MHPs. Compositional mixing is broadly adopted for these purposes. We applied site-order occupancy (SOD) method, generalized quasi-chemical approximation (GQCA) to reveal the thermodynamic features of mixed MHPs. For low symmetrical phases, cluster expansion (CE) is adopted because the number of calculation sets of SOD cannot be manageable. We present how to stabilize the MHPs by compositional mixing and computational screening for Pb-free MHP materials.

철강 Room 105, 10월 24일

[철강1-1 | 10:00]

Influence of initial microstructures on intercritical annealing behavior in a medium Mn steel: 최용훈¹, 류주현², 이세웅², 이규영², 이병주³, 김진경¹, 이재상¹, 서동우¹; ¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구원, ³포항공과대학교 신소재공학과.
Keywords: medium Mn TRIP steels, austenite, reverse transformation, annealing, diffusion

최근 중방간 TRIP 강은 기존 TRIP 강 대비 우수한 기계적 성질로 주목을 받고 있으나 우수한 강도-연성 조합에도 불구하고 열 위한 stretch-flangeability 특성은 개선이 필요한 부분으로 알려지고 있다. 기존에 보고된 바에 의하면 lath 형상의 오스테나이트를 확보하는 것이 TRIP 강의 stretch-flangeability 특성을 향상시킬 수 있으며, 소둔 전 초기 미세 조직이 잔류 오스테나이트의 형상에 매우 큰 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 이에 본 연구에서 Fe-0.14C-7Mn-1Si (wt. %) 조성을 가지는 중방간 TRIP 강에서 초기 조직이 이상영역 소둔 거동에 미치는 영향을 분석하였다. 냉간 압연 시편과 820도 및 900도에서 오스테나이트화 열처리를 통해 얻어진 2종의 마르텐사이트 시편을 초기미세조직으로 하는 3종의 시편을 제조하였다. 오스테나이트화 열처리 온도의 차이는 마르텐사이트 초기 조직 내 Mn의 분포에 영향을 미치며, 최종 조직의 오스테나이트 분율 및 형상에 영향을 미칠 수 있다. 이상영역 소둔 미세조직을 분석한 결과, 초기 마르텐사이트 조직 내 Mn 분포가 균일한 900도 오스테나이트화 열처리 조건이 lath 형상의 오스테나이트를 확보하는데 유리하였다. 또한 초기 조직 내 불균일한 Mn 분포는 이상영역 소둔 중 역변태 거동에도 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 이는 역변태 초기 Mn이 농화된 영역에서 C 확산에 의해 오스테나이트가 매우 빠른 속도로 성장하지만, 이후 Mn 확산에 의한 성장은 지연되기 때문이다.

[철강1-2 | 10:15]

고망간강에서 Cu 첨가가 기계적 물성 및 변형거동 변화에 미치는 영향: 최진혁¹, 조민철¹, Alireza Zargaran², 송태진³, 김낙준², 이성학¹; ¹포항공과대학교, ²포항공과대 철강대학원, ³POSCO.

Keywords: Austenitic high-Mn steel, Transformation-Induced Plasticity (TRIP), TWInng-Induced Plasticity (TWIP)

Ultra-high-strength steels have been widely applied to structural reinforcement components in automotive industries to protect passengers in the case of vehicle crashes. For example, cold-rolled steel sheets have been widely used for automotive parts, such as pillars, side-sill outers, and bumper beams. Austenitic high-Mn steels have been considered as desirable ultra-high-strength steels for taking advantages of strengthening mechanisms of TRAnsformation- and TWInning-Induced Plasticity (TRIP and TWIP). In this research, 1~2 wt.% Cu was added in the austenitic high Mn steel. As the addition of Cu contents, stacking fault energy(SEF) increased and there were the changes of mechanical properties and deformation behaviors. These changes have been studied.

[철강1-3 | 10:30]

The crucial microstructural factors in determining impact toughness of medium Mn steel with triplex phase: Min Tae Kim¹, Tak Min Park¹, Kyeong-Ho Baik¹, Won Seok Choi², Pyuck-Pa Choi², Jeongho Han¹; ¹Department of Materials Science and Engineering Chungnam National University, ²Department of Materials Science and Engineering KAIST.

Keywords: Charpy impact test: Crack propagation: Phase stability: Medium Mn steel with triplex phase

We discover the essential microstructural factors in determining impact toughness of medium Mn steel with triplex phase which has been extensively studied in recent, to derive the novel pathway for the microstructural design to achieve the improved toughness. The concentrations of the steel were Fe-8Mn-0.2C-3Al-1.3Si (wt.%). The microstructure was changed by the different hot rolling temperature from 1000°C to 1200°C before intercritical annealing. The as-hot-rolled steel had dual phases of δ ferrite with coarse grain size and elongated structure along the rolling direction and packet shaped α' martensite. The annealed steel showed the triplex phase microstructure of δ ferrite with coarse grain size and elongated structure along the rolling direction and nanolaminate α martensite plus γ_R retained austenite with ultrafine size. The volume fraction of γ_R calculated by XRD analysis was almost identical regardless of hot rolling temperature. The phase stability of γ_R decreased with increasing hot rolling temperature, due to coarsening grain size and reduction in chemical concentrations of Mn and C. The steel rolled at the lower temperature exhibited the improved impact toughness. Among the phases, the δ ferrite were the crucial factor in determining toughness because when the steels were fractured, deep parallel crack initiated and propagated along the δ interface decorated by Mn, and hence the steels with a higher fraction of δ exhibited the lower impact toughness. Besides, with increasing hot rolling temperature, the decrease in phase stability of γ_R and the increase in the size of prior γ grain were also the other microstructural factors in determining the impact toughness. We observed the fractographs using field-emission scanning electron microscope equipped with electron backscattered diffractometer to study the crucial microstructural factors in improved impact toughness of the steels.

[철강1-4 | 10:45]

오스테퍼링에 따른 고탄소 나노 베이나이트강의 미세조직과 기계적 특성: 이지민¹, 이상인¹, 송영범², 함진희², 김홍규², 황병철¹; ¹서울과학

기술대학교² 국방과학연구소

Keywords: high carbon, nanostructured bainite, retained austenite, mechanical properties, austempering

1980년대에 고강도 및 고인성을 지닌 탄화물이 없는 베이나이트(carbide-free bainite, CFB)가 개발됨에 따라 CFB 강은 자동차, 베어링, 기어, 철도 산업 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 나노 베이나이트강은 실리콘 및 알루미늄 과 같은 탄화물 형성 억제 원소에 의해 베이나이트계 페라이트 판과 잔류 오스테나이트로 구성되며, 탄소 함량과 오스테퍼링 조건에 따라 미세조직이 크게 영향을 받는다. 오스테나이트 안정화 원소인 탄소의 함량이 증가하면, M_s (martensite start) 온도가 낮아져서 더 낮은 온도에서 오스테퍼링을 통해 더 미세한 베이나이트 조직을 얻을 수 있다. 하지만 탄소 함량을 증가하는 방법은 간단히 미세한 베이나이트 조직을 얻고 강도가 개선되지만, 연성 및 인성이 감소하게 된다는 단점이 있어 탄소 함량 증가에 제한이 있다. 한편 나노 베이나이트강의 기계적 특성은 베이나이트 분율, 두께 및 잔류 오스테나이트 안정도에 크게 영향을 받는데, 그 중 잔류 오스테나이트는 래스(lath) 형태와 블록(blocky) 형태로 나뉘어 각각 강도와 인성에 영향을 준다고 보고되고 있다. 이와 같이 나노 베이나이트강에서 잔류 오스테나이트의 형상과 분율 제어는 인성 개선에 큰 영향을 줄 수 있다. 그러나 아직까지 나노 베이나이트강의 잔류 오스테나이트에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고탄소강에 대하여 오스테퍼링 조건에 따른 베이나이트 미세조직 변화를 관찰하고, 경도, 충격 시험을 실시하여 기계적 특성을 비교한 후 미세조직과의 상관관계를 고찰하였다.

[철강1-5 | 11:00]

Microstructural effects on stretch-flangeability of Q&P processed medium Mn steel: 김지훈¹, 강신곤², 이세웅³, 이규영³, 서동우¹; ¹포항공과대학 철강대학원, ²동아대학교 신소재공학부, ³포스코 기술연구원

Keywords: Q&P steel, Medium Mn steel, Stretch-flangeability

Q&P (Quenching & Partitioning) 강은 quenching 과정에서 형성되는 마르텐사이트와 partitioning 과정에서 탄소 분배를 통해 안정화된 오스테나이트를 구성상으로 가짐으로써 우수한 항복강도와 연신율을 보이는 advanced high strength steel (AHSS) 이다. 미세구조가 Q&P 강의 인장물성에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 이러한 강재를 실제 적용하기 위해서는 인장물성과 더불어 stretch-flangeability 등과 같은 성형성에 대한 연구도 수반되어야 한다. 0.22C - 3.8Mn - 1.5Si - 1.0Cr (wt. %)의 조성을 가지는 강재를 이용하여 잔류 오스테나이트의 분율이 stretch-flangeability에 미치는 영향을 조사하였다. 냉간압연된 판재를 850°C에서 4분 동안 오스테나이트화 열처리하였고 이후 다른 각각 다른 잔류 오스테나이트 분율을 확보하기 위하여 90°C, 110°C, 130°C, 150°C, 170°C 로 quenching 하였다. 또한, 오스테나이트의 결정립 크기가 stretch-flangeability에 미치는 영향을 조사하기 위하여 냉연판재를 각각 830°C에서 1분, 970°C에서 32분 오스테나이트화 열처리하여 4.7 mm, 15.2 mm의 입계 크기를 얻은 후 Q&P 열처리를 진행하였다. 실험 결과, 많은 양의 잔류 오스테나이트는 전단 과정 중에서 더 많은 양의 변형유기 마르텐사이트를 생성하여 stretch-flangeability를 저해하였으며, 입계 크기가 작을수록 미세한 잔류 오스테나이트의 형성으로 균열이 생성될 수 있는 계면의 면적이 증가하여 stretch-flangeability를 저해하는 것으로 나타났다.

[철강1-6 | 11:15]

980 MPa급 자동차용 냉연강판의 Hole Expansion Ratio (HER)에 미치는 미세조직의 영향: 이진희¹, 송은지², 박봉준³, 김주영², 권용재¹, 신상용¹, 이정구¹; ¹울산대학교 첨단소재공학부, ²울산과학기술원 신소재공학부, ³현대제철 R&D Center

Keywords: Stretch flangeability: Hole expansion ratio: Dual phase steel: Strain hardening: Yield ratio

최근 들어 자동차 산업에서는 차량 경량화를 위하여 980MPa 이상의 인장강도를 가지는 초고강도 강판에 대한 요구가 증가되고 있으며, 이 중에서도 Dual phase (DP) 강은 높은 강도와 우수한 성형성을 나타내어 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 DP 강판의 경우 Press forming을 위해 필요한 Stretch flangeability가 기존의 강재들과 비교하여 현저히 낮은 결과를 보여주고 있으므로 보다 폭넓은 적용을 위해서는 이에 대한 개선이 필요한 상황이다. 이러한 DP 강판의 Stretch flangeability는 홀확장시험을 통한 Hole expansion ratio (HER)를 통하여 예측할 수 있으며, 선행 연구들에 의하면 DP 강을 이루는 ferrite 상과 martensite 상과의 상간 경도차가 DP 강의 HER에 영향을 미치는 주요 인자라고 알려져 왔다. 본 연구에서는 3가지의 서로 다른 미세조직을 가지는 980MPa급 DP 강판에 대하여 각 미세조직에 따른 상간 경도차와 인장물성 간의 상관관계를 밝히고, 이 특성들이 DP 강판의 HER에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. 그 결과 여러 가지 인장물성 중에 항복비(Yield ratio)가 DP 강의 HER과 가장 큰 연관성을 나타낸다는 것을 실험적으로 알 수 있었으며 이러한 결과는 강재의 미세조직 차이에 따른 홀확장 중에 발생하는 가공경화 거동의 차이로 설명할 수 있었다. 최종적으로 각 미세조직에 따른 가공경화의 차이가 홀확장 중의 균열발생 및 균열전파 거동에 미치는 영향을 면밀히 분석하였으며 이를 바탕으로 980MPa급 DP 강판에 있어서 Stretch flangeability를 결정하는 주요한 미세조직 인자를 규명하고자 하였다.

[철강1-7 | 11:30]

Deep Learning을 활용한 철강소재의 고온연성 예측모델 개발: 권상훈¹, 정성석², 홍대근¹, 임창희¹; ¹포항공과대학 철강대학원, ²포스코

Keywords: Hot ductility, Deep learning, Slab crack

난주조성 아포정강 및 고합금강의 주편 표면 크랙문제는 계속 발생 중이며 특히 해양구조용, 조선, 압력용기용강 등의 고급 강종은 크랙에 더욱 취약한 특성을 가지고 있다. 이러한 주편크랙을 저감하기 위해 조업조건을 고려하여, 고온 연성을 측정하고 이를 바탕으로 연주기에서의 2차 냉각조건을 설정한다. 하지만 강의 성분 및 연주기의 특성을 모두 고려하여 고온연성을 측정하기는 어렵기 때문에 보다 효율적인 고온 연성 예측 방법이 필요하다. 이에 Deep learning을 활용하여 성분, 냉각속도, 변형속도 등의 조건이 반영된 고온연성 취화구간을 예측 하였고 RA(reduction of Area)로 나타나는 실험값과 잘 일치 하는 것을 확인 하였다. 또한 Ti, N

등의 미세 성분 변화에도 이론 및 현장 특성을 반영한 예측치를 보여주는 것을 확인 하였다. 이를 활용하여 고온연성 취화구간과 연주기에서의 주편이 Bending/Unbending 되는 영역이 일치하지 않도록 조업조건 설정이 가능하여, 주조 시 주편 크랙발생을 최소화할 수 있다.

[철강3-1 | 13:00]

미소합금 냉연강판의 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 열연 권취온도 효과: 김중명, 강춘구, 이경호, 허성열; 현대제철 기술연구소

Keywords: Microalloyed steel, Coiling temperature, Microstructure, Mechanical property, Cold-rolled steel sheet

자동차 부품 중 필러, 멤버 및 빔과 같이 차체의 충격을 담당하는 구조 부재에는 내충격성 향상을 위해 동일 인장강도 대비 높은 항복강도를 가지는 즉, 높은 항복비를 갖는 미소합금 냉연강판이 널리 사용되고 있다. 미소합금강은 강화기구 중 석출강화를 주 강화기구로 이용하기 때문에 강판을 제조하는 모든 공정에서 소지철의 미세조직과 더불어 석출물을 제어해야 하며, 이를 위해 다양한 열연 공정조건에 대한 연구가 있어왔다. 특히 권취온도에 따른 석출물의 형성 및 이에 따른 열연재의 기계적 성질에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 하지만 권취온도에 따라 달라진 열연재의 미세조직 및 석출물의 종류가 냉연 후 열처리 시 발생하는 재결정 거동에 미치는 영향 및 이에 따른 기계적 성질에 대한 연구는 비교적 그 연구가 적게 이루어졌다. 본 연구에서는 Nb 단독계 저탄소 미소합금강의 냉연 후 열처리 시 재결정 거동과 최종 냉연재의 기계적 성질에 미치는 열연 권취온도 효과에 대해 연구하였다. 진공용해를 통해 제조한 Nb 단독계 저탄소 미소합금강의 잉곳을 가공하여 1250°C에서 3시간 재가열 후 최종온도 900°C까지 열간 압연모사를 수행하였다. 이 후 권취온도를 달리하여 500-700°C 사이에서 권취 모사를 수행하였다. 이 후 냉연모사 및 연속소둔모사를 수행하였으며, 인장시험 및 OM, SEM, EBSD, TEM을 이용하여 소둔재의 기계적 성질 및 미세조직을 분석하였다. 이를 통해 열연 권취온도가 냉연 후 소둔재의 미세조직 및 기계적 성질에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

[철강3-2 | 13:15]

V 첨가가 내진철근의 기계적 성질에 미치는 영향: 김태형, 정준호, 이주상, 염성호; 현대제철

Keywords: 내진철근, 석출강화, V-microalloyed, 고강도철근, 입내페라이트

최근 전 세계적으로 지진의 피해가 증가하면서 건설용 강재의 내진성능에 대한 관심이 증가하고 있다. 건설용 강재 중 철근은 그 내진성능을 인장강도/항복강도(TS/YS)의 비로 나타낸다. 일반적으로 TS/YS를 1.25(유럽은 1.15) 이상을 요구하는데 그 이유는 지진 발생에 대한 소성 변형능을 증가시켜 지진으로 인한 건물의 급격한 붕괴를 방지하기 위함이다. 국내에도 KS D 3504에서 내진철근에 대해서는 TS/YS를 1.25 이상 요구하고 있다. 한편 건물의 대형화 추세로 인해 고강도 철근의 수요가 증가하는데 국내에서는 600MPa급의 내진철근까지 사용되고 있다. 이런 고강도 철근의 경우 강도 확보를 위해 합금 원소 첨가를 하는데 특히, V를 이용한 석출 강화를 고강도 철근에 널리 사용하고 있다. V를 첨가한 경우 상변태 및 냉각 과정에서 미세한 탄(질)화물을 형성하여 강도를 향상시킨다. 이에, 본 연구에서는 철근의 경우에 V 첨가가 최종 미세조직과 기계적 성질에 미치는 영향을 고찰하였다. 일반적으로 철근의 경우 압연 온도가 950°C 이상으로 고온이기 때문에 변형에너지에 의한 VN이 형성되고 이로 인해 상변태시 페라이트의 핵 생성 자리로 활용되어 최종 조직의 페라이트 분율이 증가함을 관찰하였다. 이렇게 페라이트의 초기 형상 자리로 활용되는 석출물은 최종 강도 향상에 기여하지 못하므로 석출 강화 효과를 충분히 얻을 수 없고 동시에 내진성능 또한 감소하는 경향을 보이는 것을 확인하였다. 반대로 V와 N의 함량을 조절 시, 페라이트 분율이 변화하고 내진 성능에도 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 V 첨가시 철근의 기계적 성질에 미치는 영향을 파악하고 이를 토대로 최적 함량의 합금 성분을 도출할 수 있었다.

[철강3-3 | 13:30]

극저온 고강도강 열영향부의 CTOD 인성에 대한 Mo 첨가의 영향: 김보희¹, 이석규¹, 김우겸², 엄경근², 이성학¹; ¹포항공과대학교 신소재공학과, ²포스코 기술연구원

Keywords: CTOD, 용접, 열영향부, Mo, 저온변태상

심해 및 극저 자원 개발로 인해 고강도강의 사용이 증가되며 그에 따라 저온에서 고강도강의 Crack Tip Opening Displacement (CTOD) 인성이 요구되고 있다. 하지만 해양구조용강의 특성상 용접을 거치게 되며 용접과정 중 형성되는 열영향부의 낮은 파괴인성이 문제가 되고 있다. 따라서 다양한 합금원소 조합에 따른 열영향부의 파괴인성에 대한 자료를 확보하기 위한 연구가 이루어지고 있으며 Mn, Ni, Cr, Mo 등의 합금원소 첨가를 통해 저온에서 CTOD 인성을 확보하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 Mo는 고강도강의 강도 향상을 위해 첨가하는 원소로 본 연구에서는 Mo의 첨가가 열영향부에서 AF, GB, BF, QPF 등의 다양한 미세조직의 분율에 어떤 영향을 미치는지 파악하고자 하였으며 또한 그에 따른 CTOD 인성의 변화를 관찰하고자 하였다. 열영향부 모사 시편을 통해 Mo를 저, 중, 고Mo로 나눠 첨가하였으며 다양한 분석장비를 통해 복잡한 미세조직을 구분하고 정량화하여 그 영향을 살펴보았다.

[철강3-4 | 13:45]

극저온 특성이 우수한 LNG Tank 외조용 안전강재 개발: 정준호, 김태형, 이주상, 염성호; 현대제철기술연구소

Keywords: 극저온강, 극저온인장, 노치민감지수, LNG Tank 외조

친환경적 에너지로서 천연가스의 수요 증가가 예상됨에 따라 전세계적으로 LNG 터미널 건설 프로젝트가 증가되고 있다. LNG는 청정성, 안정성, 편리성을 두루 갖춘 에너지원이지만, 대기압에서 -162°C 상태에서 액화하여 운반 및 저장되므로 LNG 저장탱크는 충분한 안정성을 발휘하도록 설계된다. 저장물인 LNG를 담아두기 위해 9%Ni강으로 구성된 내조(inner tank)와 내조에 문제로 LNG 누출시 정해진 기간동안 LNG 및 기화된 가스를 담아둘 수 있는 외조(outer tank)로 구성되어 있다. 이러한 극저온 상황을

회피하기 위한 수단으로 종래에는 PUF와 같은 불투수성 보냉재를 적용하였으나 시공의 어려움과 공기 단축이 어려우므로, 극저온 상태에서 급격한 취성파괴 방지가 가능한 건설구조용 소재 개발 요구가 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 극저온 특성이 우수한 LNG 탱크용 철근을 개발하기 위해 합금 첨가 및 미세조직 제어를 통해 저온에서 연성이 유지 될 수 있도록 하여 극저온 사용 안정성을 확보하고자 하였다. 개발재가 LNG 탱크 설계 기준에서 요구하는 극저온 특성 만족하는지 평가를 위해 극저온 인장시험을 현재 보냉재 적용시 사용되는 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 급 저온철근과 비교 평가를 수행하였다.

[철강3-5 | 14:00]

B 함유 304 스테인리스강의 미세조직 제어를 통한 기계적 특성 개선: 장재훈¹, 원치형¹, 하현영², 문준오¹, 이창훈¹, 이태호¹; ¹한국기계연구원부설 재료연구소 ²부산대학교

Keywords: Borated Stainless Steel, 인장 특성, boride

근래 전 세계적으로 원자력 발전 설비 수요가 증가하면서, 중성자 차폐 재료를 적용한 저장 및 수송 용기의 수요 또한 증가하고 있다. 중성자 흡수 구조재는 일반적으로 건식 또는 습식 환경하에서 비교적 오랜 기간 사용되기 때문에 우수한 내식성과 기계적 특성, 중성자 흡수 능력을 동시에 필요로 한다. 304 스테인리스강을 기반으로 다량의 보론 (0.2~2.25 wt%) 을 포함하는 Borated stainless steel 은 이러한 목적으로 수십년 동안 연구되어 왔다. 해당 소재 내 천연 Boron 중 약 20%를 차지하는 B¹⁰동위원소의 경우, 중성자(n⁰)와 결합하여 B¹¹ 이 되는 과정을 통해 우수한 중성자 차폐 성능을 나타내며, 보론의 첨가량이 증가할수록 우수한 차폐 소재가 된다. 그러나 중성자 차폐 성능과 달리, 보론 첨가에 따라 boride의 상분율이 증가하고 그에 따라 가공성 및 연성이 크게 저하되는 문제점이 있다. 본 연구에서는, 서로 다른 보론 양을 포함하는 세 개의 합금을 일반적인 주조-압연 공정을 통해 제조하였고, 미세구조와 기계적 특성 사이의 연관성을 boride 의 분율을 바탕으로 해석하였다. 보론의 함량이 증가할수록 (Fe,Cr)₂B 의 분율이 증가하고, 이러한 결과는 CALPHAD 기반의 열역학 계산을 통해 성공적으로 예측될 수 있었다. 1180도에서 열처리를 진행하는 동안 판상 형태의 boride 가 구상으로 변하고, 파단 기구에 있어서 주로 boride 내의 취성파괴로부터 austenite 기지의 연성 파괴로 변하는 것을 확인하였다. 또한 1.78 wt% 높은 boron 을 포함하는 강에서 기지 조직의 Cr, Ni 조성이 균일해지는 과정을 통해 강도와 연성 향상을 동시에 확보할 수 있었다.

[철강3-6 | 14:15]

Effect of alloy composition on the microstructure and mechanical properties of austempered high Cr containing ultrahigh strength steels: 박경배, 권윤익, 김낙준; 포항공과대학교 철강대학원

Keywords: ultrahigh strength steels, austempering, stress corrosion cracking resistance, high Cr

Ultrahigh strength steels are needed in many demanding applications including aircraft landing gears. For such applications, the steels should have high strength, high fracture toughness, and high stress corrosion cracking resistance. However, most of commercial alloys such as 4340, 300M, and AerMet100 generally have poor corrosion resistance and require the use of cadmium coating to prevent corrosion, which raises serious problem during maintenance. For the steels to have excellent corrosion resistance, a fairly large amount of Cr is needed in the alloy composition. However, high Cr content in the steels can cause serious problems such as degraded fracture toughness and corrosion resistance due to a possible formation of Cr containing particles along grain boundaries. In the present study, Fe-Cr-0.2C steels with other additional alloying elements have been subjected to austempering. The microstructure has been analyzed by detailed TEM studies and correlated with mechanical properties including stress corrosion cracking resistance for a selected steel.

[철강3-7 | 14:30]

터빈하우징용 상용 오스테나이트계 내열주강에서의 Mn을 통한 Ni 대체 효과: 유지철¹, 최원미¹, 이병주¹, 김기용², 김형준², 최원두³, 오용준³, 이성학¹; ¹포항공과대학교 신소재공학과, ²(주)계양정밀 R&D Center, ³한밭대학교 신소재공학과

Keywords: High-Ni austenitic cast steel: Turbine housing: Replacement of Ni by Mn: High-temperature tensile test

자동차 엔진의 고성능화에 따라 최근에는 배기가스 온도가 1050도까지 상승하여, Ni 함량을 38 wt.%의 높은 수준으로 포함하는 DIN 1.4849 소재가 터빈하우징 상용 소재로 활발히 활용되고 있다. 본 소재는 높은 Ni 함량으로 우수한 고온 특성을 지니나, Ni 이 고가의 원소이기 때문에 가격경쟁력이 낮다. 이에 상대적으로 저가의 Austenite계 안정화 원소인 Mn으로 Ni 함량의 일부를 대체하였고, 고온 인장을 통해 그 특성을 평가하였다. Ni 함량을 최대 24 wt.%까지 저감 시 고경도의 MC 탄화물의 분율이 Ni/Mn 대체에 따라 비례적으로 증가하였다. 또한 이 때문에 Dendrite cell 크기가 비례적으로 감소하여 고온인장 과정에서 균열 전파가 지연 되었다. 이러한 미세조직적 변화에 의해 Modified 된 합금의 경우 기존 상용 소재 (DIN 1.4849) 보다 800~1000도 모든 고온 온도 구간에서 더욱 우수한 인장강도를 지니게 되었다. 또한 향상된 고온 물성과 동시에 최대 23%의 우수한 가격경쟁력을 지니기 때문에 본 Modified 된 소재를 터빈하우징 소재로 제안하고자 한다.

[철강4-1 | 14:55]

In-situ TEM Study of Plastic Deformation in a High-Mn Lightweight Steel: Sung-Dae Kim¹, Jun Young Park¹, Seong-Jun Park¹, Han-Me Yoon², Tae-Ho Lee¹; ¹Korea Institute of Materials Science, ²Pusan National University.

Keywords: lightweight steel, deformation mechanism, in-situ TEM,

Aluminum-containing austenitic high-Mn steels (Fe-Mn-Al-C steels) have been widely revisited as one of the most promising subgroup of the high-Mn steels because of their attractive mechanical properties as well as low specific weight. Addition of 1 wt% Al

reduces 1.5% of specific weight, rendering the alloys to be so-called ‘lightweight steels’ and an encouraging candidate for automotive applications. Deformed microstructure of the Fe-Mn-Al-C can be characterized by the pronounced planar dislocation glide. The origin of the unique deformed structure has been controversially discussed, and the majority of researcher attributes origin of the unexpected finding to the glide plane softening effect. Many researchers agreed the validity of the “glide plane softening” effect, although, there are significant distinctions in the interpretations of the strain hardening process in the alloys. The present study aims to elucidate the deformation mechanism of the Al-added austenitic high-Mn steels by means of transmission electron microscopy (TEM). Especially, we conduct in-situ mechanical straining TEM experiments to show the dynamic evolution of the deformed microstructure including the dislocations gliding behavior. We seek to visualize the pronounced planar glide of the dislocations and the process of the mutual intersection of dislocations in the slip bands. In comparison with the previous post-mortem analysis on the deformation microstructure of the lightweight high-Mn steels, this study provides more evident clues towards understanding the high strain hardening capacity of the alloys by observing plastic deformation process in real time.

[철강4-2 | 15:10]

탄소강의 베이나이트→오스테나이트 상변태가 고온 연성에 미치는 영향도 평가: 민준호¹, 권상훈¹, 문상운², 김동규³, 이재상¹, 허윤옥¹, 임창희¹; ¹포항공대철강대학원, ²포스코, ³동아대학교

Keywords: Slab defect, Intergranular fracture, Reduction of area, Ductility, Reverse transformation

최근 후판 구조용 강재의 안전성을 확보하기 위하여 합금원소(Mn, Cu, Ni, Nb 등)를 증가시켜 보다 높은 기계적 성질을 얻고 있으나, 합금원소 증가로 인해 주변 표면 또는 표층하에서의 크랙이 지속 발생되고 있다. 주변 제조과정 중에 발생하는 각종 크랙성 결함은 제품의 품질과 실수율을 하락시켜 큰 경제적 손실을 주며 이를 방지하기 위한 효과적인 제어가 필요하다. 본 연구에서는 고온에서의 취약한 연성을 역변태(Bainite→ γ) 방법을 적용하여 제어함으로써 주변 표면크랙을 억제하고자 하였다. 역변태시 주변의 연성거동을 모사하기 위해 인장시편을 상온에서 1,300°C까지 가열 및 유지시킨 후, Bainite 조직이 관찰되는 온도까지 냉각 및 유지하고 γ 조직이 생성되는 고온 취화 온도로 재가열 한 뒤 인장시험을 진행하였다. 인장 시험결과 역변태에 의한 영향으로 Grain size가 미세화 되면서 기존의 Fracture Type이 변화(Intergranular→Ductile) 되는 모습을 관찰할 수 있었고, 추가적인 미세조직 분석(FE-SEM, EBSD, EPMA)을 통하여 고온 연성에 미치는 영향을 검증할 수 있었다.

[철강4-3 | 15:25]

Remelting tensile test 법을 활용한 탄소강의 고온 물성 거동 평가: 김병태¹, 정지연¹, 권상훈¹, 강신언², 강명훈², 문상운², 김동규³, 허윤옥¹, 이재상¹, 임창희¹; ¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구소, ³동아대학교

Keywords: remelting, solidification, hot ductility, continuous casting

연속 주조 시 발생하는 표면 크랙의 민감도를 평가하기 위한 일반적인 방법으로 hot ductility test를 사용하며, 통상의 hot ductility test의 경우 시험편의 금속 조직 균질화를 위해 고온에서 용체화 처리를 한 후 타겟 온도에서 인장을 실시한다. 하지만 이러한 reheating-tensile test (재가열 인장 시험)은 용융된 액상에서부터 응고 과정을 거치는 실제 연주 주변 생산 공정과 차이가 있으며, 응고 시에 발생하는 편석, 석출물 등의 변화가 실제 주변과 상이할 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 고온 연성 평가에 대한 정확성 및 신뢰성을 향상시키고자 실 연주 공정의 열 이력을 동일하게 모사한 remelting-tensile test (재용해 인장 시험)을 실시하여, 기존 평가 방법과의 차이점을 비교 및 분석하였다. 인장 시험 결과, remelting-tensile test와 reheating-tensile test의 RA는 전반적으로 유사한 값을 보였으나, 특정 인장 온도에서 RA 값의 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 두 조건의 차이를 규명하고자 FE-SEM, EDS, EPMA 등을 이용한 분석을 실시하였으며, 이를 통해 연속 주조 주변의 크랙 민감도 평가에 있어서의 용융 인장 시험의 적합성을 검증하였다.

[철강4-4 | 15:40]

Hot-rolled Coil Slumping Revisited: Relationship between Asymmetric Contraction and Creep: Byung-Gil Yoo, Hyeon-Mook Jeong, Bong June Park, Hyoung Hyup Do, Sung Yul Huh, Seong Ju Kim; Hyundai steel Co.

Keywords: coil slumping/collapse, Gleeble compression creep

A hot-rolled steel strip is generally stocked in the form of a hollow cylindrical coil after the hot rolling process. The hot coil having high contents of carbon and other alloying elements could show the asymmetric contraction(or slumping, collapse) after coiling under decreasing temperature (near 500-700°C). Extrinsic and intrinsic parameters have been investigated to explain this phenomenon under phase transformation kinetics, heat transfer, transformation plasticity. In this study, role of imposed strain on the high temperature time-dependent deformation behavior of AHSS with high alloying was systematically focused with Gleeble compression. The results are discussed in terms of prevailing mechanisms of elastic/plastic deformation under the asymmetric contraction.

[철강4-5 | 15:55]

뛰어난 크립 물성을 지닌 계층적 NiAl/Ni₂TiAl 석출상 강화 철계 합금의 개발: 송기안¹, Christian H. Liebscher², Mark D. Asta², Michael Rawlings³, David C. Dunand³, Yanfei Gao⁴, Peter K. Liaw⁴; ¹공주대학교, ²University of California, ³Northwestern University, ⁴University of Tennessee.

Keywords: Ferritic alloys, Precipitation, Coherency, Creep, Heusler phase

화력 발전과 같은 고온 고압의 환경에서 안정적이고 높은 에너지 효율을 나타내는 크립 저항적 재료를 개발하고자 많은 연구가 진행되어왔다. 특히, 다양한 산업적 장점을 나타내는 페라이트계 내열강의 크립 저항성을 개선하여, 900 K 이상으로 한계온도를 높이 고자 하는 연구가 진행되었지만, 부정합 석출상, 마르텐사이트상, 전위와 같은 내열강의 열적 불안정적 미세조직에 기인하여, 고온에서 제한적인 크립 저항성을 나타내는 한계를 나타내고 있다. 최근, 이러한 문제를 해결하기 위해, 나노 크기의 정합적 B2-NiAl 석출상으로 강화된 새로운 페라이트계 내열강의 개발 및 크립 변형 거동/물성에 대한 연구가 발표되고 있다. 하지만, 이 또한, 고온에서 석출상의 연화로 인해 크립 물성이 저하되는 현상을 나타내고 있다. 본 연구에서는 두가지 상으로 이루어진 계층적 B2-NiAl/L2₁-Ni₂TiAl 석출상으로 강화된 페라이트계 내열강을 개발하고 그 미세조직과 크립 물성에 대한 조사 및 상관관계에 대한 이해를 얻고자 하였다. 개발된 합금은 나노 크기의 L2₁-Ni₂TiAl 상 (Heusler phase) 기반의 석출상으로 강화되었으며, 이 석출상은 나노 크기의 B2 영역을 포함하고 있으며, 이러한 조직을 계층적 조직(Hierarchical structure)이라 명명하였다. 이 계층적 석출상으로 강화된 합금은 상용화 내열강과 B2-NiAl 석출상 강화 내열강에 비해 973K에서 뛰어난 크립 저항성을 나타내었다. 이러한 합금의 미세 조직과 크립 물성을 이해하기 위해, 주사/투과전자현미경 (SEM/TEM), 원자 탐촉자 단층 촬영술 (APT), 크립 시험, 중성자 회절 (neutron diffraction) 시험 등을 수행하였다.

[철강4-6 | 16:10]

무방향성 전기강판의 Al 함량 변화에 따른 자성 특성 변화: 홍재완¹, 최현서², 구양모², 이세일¹, 박종태¹; ¹포스코 기술연구원, ²포항공과대학교 철강대학원

Keywords: 무방향성, 전기강판, 비저항, 자성

무방향성 전기강판은 회전기 및 전동기의 철심으로 사용되는 연자성재료이다. 무방향성 전기강판의 핵심특성은 외부에서 자기장이 가해졌을때 강판 스스로 자성을 띄는 정도를 나타내는 자속밀도와, 그에 따른 에너지 손실인 철손이다. 에너지 손실과 관련된 철손은 주로 비저항 원소인 Si와 Al의 첨가를 통해 저감하는 방법이 일반적이나, Si의 경우 3.5 Wt% 이상의 함량에서는 냉간압연성의 한계로 공업적 대량생산이 불가능하다. 이러한 제약을 극복하고자 최근의 무방향성 전기강판의 연구들에서는 Al을 첨가하여 냉간압연성 및 비저항증가에 따른 철손 향상을 보고하고 있으나, 전기강판에서 Al이 미치는 자성 특성에 관한 연구들은 이뤄진 바가 없다. 이에 본 연구에서는 비저항 원소인 Fe-Al계 무방향성 전기강판에서 Al의 함량이 9.65 wt%까지 증가할때 나타나는 자성 특성 변화에 대해 알아보고자 하였다. 또한 Al의 함량에 따른 자구구조의 변화를 통해 자성 특성의 변화에 대한 원인을 알아보고자 하였다.

[철강5-1 | 16:30]

Application of Friction Stir Welding on the Medium Mn Steel: Jeongho Han¹, Seung-Joon Lee², Hidetoshi Fujii², Yufeng Sun³, Tak Min Park¹; ¹Chungnam National University, ²Osaka University, ³Zhengzhou University.

Keywords: medium Mn steel, friction stir welding, transformation-induced plasticity, twinning-induced plasticity

Here, we have studied the applicability of friction stir welding (FSW) to intercritically annealed medium Mn steel. Intercritically annealed Fe-8Mn-0.2C-3Al-1.3Si (wt.%) steel was used as the base material (BM) and exhibited a triplex phase microstructure composed of coarse δ ferrite, ultrafine α ferrite, and retained γ austenite (γ R). The prime novelty, which was discovered from our present work, is summarized below: 1. Low temperature during FSW ($< \sim 780^\circ\text{C}$) can preserve the original phase of annealed medium Mn steel (ferrite plus retained austenite) at the welded zone without brittle martensitic phase after welding, suppressing the mechanical deterioration at the welded zone. 2. FSW assists the additional reversion from martensite to austenite due to high pressure applied during the welding. 3. FSW assists the more active transformation-induced plasticity (TRIP) and twinning-induced plasticity (TWIP), refines the grain size, and raises the dislocation density, resulting in the better strength and ductility of welded steel relative to the as-annealed steel. 4. Decreased mechanical stability of retained austenite results in the more active TRIP in welded steel and the more active TWIP occurs because the flow stress reaches the critical stress for twinning earlier in the welded specimen.

[철강5-2 | 16:45]

A Study on the Potential Decay Behavior of Ferritic Stainless Steels under Acidic Condition: 김영준; POSCO 기술연구소

Keywords: stainless steel, passive film, potential decay test

Potential decay behavior of Fe-20Cr stainless steels in 1 M H₂SO₄ solution shows 2 step decay process characterizing by a short 1st plateau at about 300 mV_{SCE} and a long 2nd plateau at about -300 mV_{SCE} while pure Fe shows only 1 step decay process. In this work, changes of the passive film structure formed on the Fe-20Cr stainless steels passivated at 0.4 V_{SCE} during potential decay process was revealed by X-ray photoelectron spectroscopy and Mott-Schottky analysis. The result showed that passive film on the Fe-20Cr stainless steels was composed of Fe(III) oxide rich outer layer and Cr(III) oxide rich inner layer. Fe(III) oxide rich outer layer is dissolved during 1st plateau and Cr(III) oxide rich inner layer is dissolved during 2nd plateau. Potential goes to the open circuit potential of the bare metal when inner layer is completely dissolved.

[철강5-3 | 17:00]

냉연강판의 범랑특성에 미치는 제조조건의 영향: 김재익; (주)포스코 기술연구원

Keywords: 피쉬스케일, 수소흡장원, 밀착성,

주로 냉연강판을 활용한 소지 강판위에 유기질의 범랑층을 도포한 범랑 강판의 경우 강판의 우수한 가공성과 유기질층의 내화학적,

내오염성, 내열성 등의 장점을 활용하여 식기용, 가전용, 건축용 등을 포함한 다양한 산업군에서 고급 제품으로 널리 적용되고 있다. 법랑 제품의 대표적인 결함중 하나인 피쉬스케일 (Fishscale) 결함은 강판위의 법랑층이 고기 비늘 모양으로 탈락되는 결함으로 법랑 층 탈락시 녹 (Rust) 발생원으로 작용하여 법랑 제품의 가치를 저하시키는 요인이 되고 있다. 이와 같은 피쉬스케일 결함은 법랑 소성 공정에서 강내에 침입한 수소가 냉각과정에서 외부로 빠져 나오지 못하고 강내에 잔존함으로써 발생하는 것으로 알려져 있으므로 이를 억제하기 위해 다양한 수소 흡장원들을 활용하고 있다. 대부분의 수소흡장원들은 첨가되는 화학 성분 및 소성 분위기에 의해 크게 영향을 받지만 강의 제조 공정에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 한편 강판과 유기질층간의 밀착성도 제품의 적용성 측면에서 매우 중요한 인자이다. 법랑 유약의 제조 기술이 발달함에 따라 소지 강판이 감당해야 할 품질 특성의 요구치는 낮아져 왔지만, 최근에는 원가 절감이라는 화두와 함께 법랑 제품의 제조 공정을 단순화하고, 소성 온도를 낮추고 아울러 저가의 유약을 적용하고자 하는 활동들이 적극적으로 진행됨에 따라 소지 강판의 밀착 특성 개선에 대한 요구 및 기대감도 올라가고 있는 실정이다. 본 보고에서는 다양하게 제조된 냉연 강판을 활용하여 내피쉬스케일성, 법랑 밀착성 등을 포함하여 법랑 특성에 영향을 미치는 제조 공정의 영향에 대하여 조사한 결과를 소개하고자 하였다. 유효한 수소흡장능을 가지는 석출물 및 개재물의 분율이 증가할 수록, 그리고 조사한 압하율 범위에서 냉간 압하율의 상승은 피쉬스케일 결함 발생을 억제하는데 있어 효과적이었다. 또한 법랑 밀착성의 경우 표면재질 원소의 미량 첨가에 의해 개선되었으며, 소지강판의 표면 특성 및 유약 조건에 따라서도 상이한 경향을 나타냄을 확인하였다.

[철강5-4 | 17:15]

자동차용 HPF AI도금강판 온도에 따라 강도 및 표면조직에 미치는 영향: 한은수, 포스코강판㈜

자동차 디자인의 곡선화 경향은 재료를 선택함에 있어서 강도뿐 아니라 성형성도 주요한 요인으로 작용하게 되었다. 일반적으로 고장력강의 경우는 성형성이 떨어지기 때문에 경량화는 어려움에 직면하게 된다. 고강도 판재는 복잡한 형상의 프레스에 필요한 성형능력을 갖지 못하고 반대로 성형이 잘되는 판재는 충분한 강도를 갖지 못하기 때문에 문제가 된다. 즉 고장력강으로 부품 제조할 때 가장 큰 문제는 프레스 제조할 때 성형능력 감소이다. 성형능력 감소는 고장력강의 강도가 증가함에 따라 더욱 심화된다. 이러한 문제의 해결을 위해 성형성이 좋은 고온에서 성형하고 동시에 강도를 부여하는 공법인 HPF (Hot Press Forming) 공정이 세계적으로 각광 받고 있고, 국내에서도 2000년 초 양산되기 시작하여 많은 부품들이 생산되어 차량에 적용되고 있다. 본 연구에서는 HPF강의 용융알루미늄 도금이 된 HPF강과 Al Powder 적용 용융알루미늄 도금된 HPF, HPF강의 열처리 온도와 시간에 따라 강도 및 도금조직에 미치는 영향을 고찰하였다.

[철강5-5 | 17:30]

B 함유 304 스테인리스강의 미세조직 제어를 통한 내식성 개선 방안: 하현열¹, 장재훈¹, 이태호¹, 원치형², 이창훈¹, 문준오¹; ¹재료연구소 ²부산대학교

Keywords: boron, borated stainless steel, Cr₂B, pitting corrosion

국내 사용후 핵연료 누적보관량의 지속적 증가에 따라 사용후 핵연료 저장시설이 포화상태에 이르고 있으며, 보관시설의 안전기준 또한 강화되고 있다. 따라서 고밀도 저장시설 확충을 위하여 저장 시설용 구조재료의 안정성 향상 및 고기능화가 요구되고 있다. 사용후 핵연료 저장용 및 수송기용 소재 중 하나로, 높은 중성자 흡수능을 가지는 합금원소 B를 활용한 borated stainless steel (BSS)이 사용되고 있다. 중성자 차폐용 BSS에 요구되는 여러 특성 중 내공식성은 습식 저장조 내 저장용 구조물로서의 BSS 활용을 위해서 반드시 확보되어야 할 특성이다. 본 연구에서는 ASTM A887-89에 제시된 합금(Fe_{balance}18Cr12Ni1.5Mn) 기지 스테인리스강을 대상으로 B 함량(0.2-1.8 wt%)에 따른 미세조직 및 내공식성 변화를 조사하였고, 구상화 열처리 및 열간압연을 이용하여 미세조직을 변화시키면서 이에 수반하는 내공식성의 변화를 조사하였다. B 함량이 증가할수록 합금의 공식저항성은 감소하였으며 이는 공식발생처를 제공하는 Cr₂B의 부피분율이 증가하고 모재 내 고용 Cr 농도가 감소하기 때문으로 판단된다. 또한 구상화 열처리 및 열간압연 후 모재의 공식저항성을 평가한 결과, 공식저항성은 기지상인 오스테나이트상의 결정립크기와 기지조직의 농도변화에 민감하게 의존하는 것으로 나타났다.

[철강5-6 | 17:45]

간편시험법을 이용한 에너지용 금속재료의 수소취화 민감도 스크리닝 기술: 신형섭¹, 배경오², 김혁민², 백운봉³, 남승훈³; ¹안동대학교 ²안동대학교 대학원 기계설계공학과 ³한국표준과학연구원

Keywords: hydrogen embrittlement (수소취화), in-situ SP test, test environment (시험환경), screening technique (스크리닝 기술), sensitivity of HE (수소취화 민감도),

In this study, for evaluating the sensitivity of hydrogen embrittlement (HE) of the hydrogen energy materials such as austenitic stainless steels, an in-situ small-punch (SP) test was conducted under low temperature and high pressure hydrogen gas environment in order to develop a simple screening technique. 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 reduction of thickness (RRT) in respective energy materials were investigated by the in-situ SP tests at a low temperature range. The variation of RRT according to the test temperature was compared with the behaviors of the RRA obtained by the SSRT test under H₂ gas environment. At this time, the influence of the punch speed during in-situ SP test was also examined. This research was supported by Development of Reliability Technology of Standard Measurement for Hydrogen Convergence Station funded by Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS - 2017 - GP2017-0014)

철강 Room 106, 10월 24일

[철강2-1 | 10:00]

Al 첨가가 고 망간강의 내부 산화 거동에 미치는 영향 해석: 이동원¹, 허윤욱¹, 이재상¹, 조원태², 강명훈², 임창희¹; ¹포항공과대학교 철강대학원, ²포스코 기술연구소

Keywords: Oxidation, High Mn Steel, Al, Surface Crack

산화성 원소인 Mn을 다량 함유하는 고 Mn강은 고온 가열 시 표면부에 두터운 산화층을 형성시킨다. 특히 Al이 첨가된 고 Mn강은 보다 깊은 내부 산화층을 형성하는 경향을 보인다. 본 연구에서는 Al 첨가량에 따른 고 Mn강의 내부 산화 거동을 광학 현미경, EPMA, EBSD, TEM 등으로 조사함으로써, Al 첨가가 고 Mn강의 내부 산화 거동에 미치는 영향을 해석하였다. 그 결과 Al 화합물에 의한 산화 경로를 추론하고, 입내 산화에 대한 입계 산화의 상대적인 거동을 규명하였다.

[철강2-2 | 10:15]

강도 별 해양구조물용 저탄소강 용접부의 미세조직학적 수소취성거동: 박한지¹, 김명현², 강남현¹; ¹부산대학교 재료공학과, ²부산대학교 조선해양공학과

Keywords: FCAW, offshore steel, SSRT, Hydrogen Embrittlement

세계적으로 에너지 수요증가에 따른 해양에너지 산업의 지속적인 성장이 이루어지고 있고, 해양구조물의 특성상 작은 결함이 대형 사고로 이어질 수 있어 사용자재의 고강도화 및 용접부의 품질에 대한 요구가 높아지고 있다. 또한 가혹한 설치환경, 특히 부식의 위험이 큰 염수분위기로 인해 전기방식법의 요구가 증가하고 있는 추세이지만, 이러한 방식법은 구조물과 용액 계면에서 염수를 전기분해하여 수소원자를 발생시켜 수소취성을 야기할 수도 있다. 이는 특히 고강도강, 용접금속, 열영향부에서 경화된 조직 등으로 인해 민감하게 작용한다. 따라서 고강도강 용접부의 수소취성에 대한 이해가 필요하다. 용접금속 혹은 열영향부 각각의 수소유기응력균열 민감도에 대한 연구는 비교적 활발히 보고되고 있다. 그러나 실제 모재와 열영향부, 용접금속을 모두 포함하는 용접시편 그 자체에서 어느 부위, 어떤 인자가 수소취성에 가장 critical 하게 작용하는지 등에 대한 보고는 아직 미비하다. 따라서 이번 연구에서는 강도 별 용접부의 미세조직학적 관점으로 수소취성거동을 살펴보았다. YS 360 MPa, YS 550MPa급 저탄소강 용접시편에 수소를 주입하며 slow strain rate test (SSRT)를 수행하여 입열량에 따른 수소취성 거동을 확인하였다. FE-SEM, EBSD, TEM, TDS를 이용하여 수소주입에 따른 파단위치 변화, 파면해석, 수소 trapping 거동 등을 조사하였다. 마지막으로 수소, 응력, 미세조직학적 인자의 상호작용 측면에서 crack의 initiation과 propagation을 분석하였다.

[철강2-3 | 10:30]

KAM분석을 통한 고CR강의 공정별 변형축적에너지 거동 분석 및 재결정에 미치는 영향: 정일찬, 강형구, 김선구; ¹포스코

Keywords: 집합조직, 변형축적에너지, 성형성, 페라이트계 고CR강

페라이트계 고CR강의 가공성을 향상시키기 위해서는 소성이방성지수 (Lankford Parameter)가 높아야하며 이를 위해 냉연소둔재의 gamma-fiber 집합조직이 많이 발달해야 한다. 냉연소둔재의 gamma-fiber 집합조직 발달은 압연집합조직 및 압연시 변형축적에너지와 밀접한 연관을 갖고있는것으로 알려져왔으나 압연시 변형축적에너지 거동에 대한 정량적인 연구는 지금까지 매우 부족한 상황이다. 과거에는 변형축적에너지를 TEM 및 XRD를 통해 평가하였으며 최근에는 EBSD의 KAM (Kernal Average Misorientation) 기법을 활용한 평가가 일부 시도되고있다. 본 연구에서는 실험실에서 용해 및 열간압연된 고CR강 소재에 대해서 열연소재의 재결정 여부 및 냉간압연의 압하율에 따른 냉연 풀하드 소재의 변형축적에너지 차이를 KAM 기법을 통해 정량화 하였고 최종적으로 냉연 소둔후 재결정 집합조직 발달에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다.

[철강2-4 | 10:45]

IF 강의 마르텐사이트 변태와 구오스테나이트(prior austenite) 미세조직: 강전연, 박준영, 박성준; ¹재료연구소(KIMS).

Keywords: steel: phase transformation: martensite: prior austenite: electron backscatter diffraction

매우 낮은 경화능을 가지는 IF(interstitial free)강을 5 GPa에 이르는 높은 정수압 하에서 1200°C까지 가열 후 냉각함으로써 마르텐사이트 미세조직을 얻을 수 있었다. 잔류 오스테나이트가 전혀 없는 해당 미세조직에 대해 전자후방산란회절(electron backscatter diffraction, EBSD) 데이터를 활용한 구오스테나이트 결정립 복원을 수행하였다. 복원 작업은 가정된 초기 방위관계를 활용하여 마르텐사이트 하부구조(sub-structure) 단위로 가상의 역변태를 진행하였고, 인접한 하부구조 간에 역변태에 의한 공통되는 방위들을 모아주는 방식으로 진행하였다. 이 과정에서 산출되는 구오스테나이트 방위들과 측정된 마르텐사이트 방위들을 활용하여 초기에 입력한 방위관계를 수정하고, 수정된 방위관계를 활용해 다시 복원작업을 진행하는 과정을, 방위관계가 최적화될 때까지, 반복하였다. 이로부터 측정 영역의 98.9 % 이상에 대해 구오스테나이트 미세조직의 복원이 가능하였다. 복원된 구오스테나이트 결정립은 평균 159.6 μm 의 직경을 가졌으며, 내부에 2 개 이상의 쌍정 영역을 가지는 경우가 다수 발견되었다. 산출된 방위관계는 초기에 입력한 K-S 방위관계와는 2.26°의 차이를 가졌으며, G-T (Greninger-Troiano) 방위관계에 보다 근접하였다.

[철강2-5 | 11:00]

Transformation-resistant metastability versus transformation-induced plasticity in a cost-effective and lightweight dual-phase steel: 설재복¹, 박형석², 나선형³; ¹포항공대 나노융합기술원, ²현대모비스, ³현대제철.

Keywords: Dual-phase steel, lighteigh steel, retained austenite

We produced a highly Al-doped lightweight dual-phase (LIGHT-DP) steel. Also, by varying with intercritical annealing temperatures, we achieved considerable improvements in room temperature tensile properties including ultimate tensile strength-to-yield strength ratio, work hardening capability, and strain to fracture. This controllable treatment, for tailoring metastability-engineering of the steel microstructure, leads to a decrease in the strength ratio from 2.3 (1055 / 460 MPa) to 1.3 (880 / 660 MPa), while increasing ductility from 20 to 40 %. Further importance of developing the current LIGHT-DP steel, from a viewpoint of practical applications, is cost-effective due to the absence of expensive alloying elements and the use of lowered annealing temperature. Systematic observations of retained austenite microstructure evolution during nanoscale indentation tests show that transformation-resistant metastability of room-temperature remaining austenitic grains obtains greater plasticity than transformation-induced plasticity (TRIP) does. Besides the mechanical stability, we estimated the thermal stability of the retained austenite by performing in-situ heating TEM of austenite decomposition into kappa-carbide and ferrite.

[철강2-6 | 11:15]

Deformation mechanisms and twin boundary-associated strengthening in TWIP steel micro-pillar: Won Seok Choi¹, Stefanie Sandlöbes², Nataliya V. Malyar³, Christoph Kirchlechner³, Sandra Korte-Kerzel², Gerhard Dehm³, Pyuck-Pa Choi¹, Dierk Raabe³; ¹Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), ²RWTH Aachen University, ³Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

Keywords: Deformation twinning, Dislocation interaction, Micro-pillar compression, Transmission electron microscopy, TWIP steel

We investigate the mechanism of twin boundary-associated strengthening in Fe-Mn-C twinning-induced plasticity steel (TWIPs) by micro-pillar compression tests. Deformation twinning contributes to a high work-hardening rate through modification of the dislocation structure and a dynamic Hall-Petch effect in polycrystalline steel. Due to the well-defined compression axis and limited deformation volume of micro-pillars, micro-compression testing is a suitable method to investigate the role of dynamically introduced twin boundaries (TBs) and TB-dislocation interactions. Micro-pillars oriented preferentially for deformation twinning and dislocation glide are compressed to isolate a specific deformation mode. Detailed dislocation interactions with a coherent TB and their role on work-hardening are characterized by transmission electron microscopy. Correlative studies on orientation dependent deformation mechanisms, detailed TB-dislocation interactions, and the resulting local stress-strain responses suggest that TB-associated strengthening is primarily caused by the reduction of the mean free dislocation path in nano-twinned microstructures.

[철강2-7 | 11:30]

Development of Martensitic Steel with Giga Strength in Thin Hot-Rolled Strip: 박경수, 채재용; 포스코 기술연구원.

Keywords: Endless Hot Rolling, Transformation Strengthening, Thin Hot-rolled Steel, Giga Strength

Recently, many researchers are paying attention to high strength and light weight, which is a development trend of steel products. However, high-strength steels have a limit to lower the thickness of the hot-rolled strip. Particularly, precipitation strengthened high strength steels having alloying elements are very difficult to reduce in thickness due to the increase in hot rolling load and the problem of hot-rolled strip control. In this study, two techniques were applied to develop a thin hot-rolled steel with high strength. The first is the endless hot rolling technology. POSCO's endless hot rolling technology is continuous hot rolling by joining, unlike the conventional batch hot rolling method. This technology is able to solve the rolling problem of coil front and rear end, which is very advantageous for thin hot-rolled strip. The second is the technology that utilizes the transformation strengthening, not the traditional precipitation strengthening. When the transformation strengthening technology is used, the strength is not high in the hot rolling stage and it is possible to make thinner hot-rolled strip. I would like to introduce the development status of thin hot-rolled steel with Giga strength using the above two technologies.

[철강6-1 | 13:00]

소결광의 환원분화에 미치는 Inhibitor gas의 영향: 전지원, 손상한, 서인국; (주)포스코 기술연구원.

Keywords: 소결광, 환원분화, Inhibitor gas

고로 피상대에서는 소결광과 같은 함철장입물과 코크스가 층상구조를 이루고 쌓여 있으며, 상승하는 반응가스와 만나 가열 및 일부 환원되면서 연화 용착대에 이르게 된다. 이러한 환원과정 중에 발생하는 소결광의 분화정도는 고로 상부에서의 노내 통기성을 저해하여 고로 조업의 효율과 안정성에 큰 영향을 미치게 된다. 한편, 고로 조업에서는 미분탄의 사용량을 늘려 고가 연료인 코크스의 사용량을 줄이기 위한 노력이 지속되고 있다. 본 연구에서는 미분탄의 연소과정에서 발생하는 H₂S, SO₂, Cl₂와 같은 Inhibitor gas가 소결광의 환원분화거동에 미치는 영향에 대해 검토하였으며, 그 결과를 발표하고자 한다.

[철강6-2 | 13:15]

CO₂ 저감형 미분광 브리켓의 제조 및 특성 연구: 배종호, 한정환; 인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실.

Keywords: fine ore, briquetting process, compressive strength, CO₂ reduction

제선공정에서 고로에 장입되는 철광석의 적정 입도는 일반적으로 10~30 mm가 바람직하다. 하지만, 실제 광석은 적정 입도보다 크거나 작은 광석들이 많이 존재한다. 적정 입도보다 큰 광석의 경우 파쇄를 진행하고, 10 mm 이하의 분광석은 소결 공정(sintering process)을 통해 고로에 사용되는 크기로 변형된다. 또한, 소결 공정에서도 사용하지 못하는 극 미분광은 펠레타이징 공정(pelletizing process)으로 적정한 크기의 괴광으로 제작하여 사용될 수 있다. 최근 고품위 제철 자원이 고갈의 위험, 자원 활용, 환경 보호의 측면에서 저품위 미분광의 유효 활용 기술이 개발되고 있다. 또한 이산화탄소 배출량 저감을 위한 신 기후체제인 파리기후협약이 체결되었다. 따라서, 다양한 방법을 통해 이산화탄소 배출량을 감소시키는 연구가 진행 중에 있다. 이러한 배경에 따라 본 연구에서는 이산화탄소와 접촉 시 겔(gel)화 되는 물유리(규산나트륨, Na₂SiO₃)의 경화 반응에 의한 미분광 물유리 혼합 브리켓의 강도 변화에 대한 기초연구를 수행하였다. 본 실험에서는 Binder 함량, 경화 반응을 위한 CO₂ 조성 및 반응 시간과 같은 제조 조건을 변화시켰다. 경화 후 브리켓의 압축강도를 비교, 분석하여 고로용 장입 원료로서 활용 가능성을 고찰하였다.

[철강6-3 | 13:30]

고로 슬래그 점성과 탈황능의 관계와 이에 미치는 FeO의 영향: 이성희¹, 민동준²; ¹㈜포스코 기술연구원, ²연세대학교

Keywords: 고로, 슬래그, 점성, 탈황능, 이온 구조

본 연구는 함 FeO 고로 슬래그의 열역학적 성질과 물리적 성질의 관계를 규명하기 위하여 이온 구조적 관점에서 점성과 탈황능의 관계 평가하였다. 슬래그의 점성은 CaO/SiO₂의 증가에 따라 공정 조성에서 변곡점이 발생하는 것을 확인하였으며 FeO의 첨가에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 슬래그의 탈황능은 CaO/SiO₂의 증가에 따라 증가하며 FeO의 첨가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 슬래그의 해리도는 CaO/SiO₂의 증가에 따라 증가하며 FeO의 첨가에 따라 증가하는 경향이 확인되었다. 각 물성에 미치는 슬래그 조성의 영향성의 차이는 이온 구조가 각 물성에 미치는 영향의 차이에서 기인한 것으로 평가되었다. 또한 슬래그의 점성과 탈황능은 C/S < 1.3 범위에서 일정 기울기의 반비례 경향을 나타내는 것이 확인되었으며 이는 슬래그 이온 구조의 해리도를 매개로 함이 확인되었다. 함 FeO 슬래그의 경우 점성과 탈황능의 관계에서 비 FeO 슬래그와 동일한 기울기를 나타내는 반면 절편이 이동하는 경향이 확인되었으며 이는 철 이온의 슬래그 중의 거동과 밀접한 관계를 가지는 것으로 평가되었다.

[철강6-4 | 13:45]

전로 탈린 제어능 향상 기술 개발: 송병주, 김종덕, 이창오, 조종오; 현대제철

Keywords: Dephosphorization, BOF, Double-slag, Dephosphorization-decarburization

제강 공정에서 탈린 반응은 전로에서 가장 효율적이기 때문에 전로 조업 간 탈린 제어는 전로 공정의 주된 과제 중 하나이다. 그에 따라 전로에서의 탈린능 효율 향상을 위해 많은 연구자들이 지속적으로 연구해왔다. 저급 철광석 사용에 의해 용선 중 P 함량이 증가 할 것으로 예상되며, 고객사에서 요구하는 P 수준 하향에 따른 전로에서의 탈린 제어는 더욱 중요해지고 있다. 현대제철에서는 전로 가동 초기 조업 안정화 기간 중 생석회 원단위 저감, 슬래그 내 FeO 및 P 성분 동시 제어를 위해 취련 후 산소 농도와 슬래그 염기도를 최적화하기 위한 테스트를 진행하였다. 그리고 생석회 재화능 향상을 위한 부원료 투입량을 최적화하는 개선활동도 수행하였다. 또한 탈린능과 생산성을 동시에 확보하기 위해 전로 더블 슬래그 공정 취련 패턴 개선, 슬래그 성분 최적화 기술 개발을 진행하였다. 그 결과 생산성 향상과 원가 절감을 하면서 안정적인 탈린 조업 기준을 수립하였다. 향후 P 극한 제어강에 대한 고객사들의 수요가 증가함에 따라 탈린-탈탄 공정을 기반으로 하여 P 상한 50ppm 강종 생산 대응을 위한 기술 개발도 추진할 것이다.

[철강6-5 | 14:00]

Thermodynamic Approach for Dephosphorization of Carbon-Saturated Iron by Electrochemical Method: 이동근, 이상훈, 민동준; 연세대학교 공과대학 신소재공학과

Keywords: Dephosphorization, Electrochemical potential(V), Side reaction, Phosphate capacity

제강 공정 중 P의 제거는 슬래그의 화학적 정련 포텐셜에 의해 이루어지고 있다. 그러나 이러한 화학적 정련은 조성 상의 한계를 나타내고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 물성적·조성적 한계를 타개하기 위하여 전기화학 기법을 적용한 P 정련의 기초 연구를 수행하였다. 1573 K, C/CO 가스 평형의 조건하에서 진행하였으며, 화학적 평형에 도달한 후 Slag-Metal 계면에 전기화학적 포텐셜(V)을 인가하였다. 실험 후 채취된 샘플은 ICP-OES를 이용하여 P 분석을, XRF분석을 통해 Metal과 Slag의 조성을 평가하였다. Metal을 환원 전극과 산화 전극으로 구성할 경우, 모두 화학적 정련 행했을 때보다 우수한 결과를 나타냄을 확인하였다. 전기화학적 효과를 Nernst Eq.을 이용하여 고찰한 결과, Cathode reaction과 Anode reaction에 해당되는 기울기의 비가 3:5임을 착안하여 전기화학적 탈린의 메커니즘을 다음과 같이 규명하였다. [1] Cathode reaction: $[P] + 3e^- = P^{3-}$, [2] Anode reaction: $[P] + 4O^{2-} = PO_4^{3-} + 5e^-$. 추가적으로 Slag-Metal system에 전기화학적 포텐셜(V)을 인가함에 따라 발생할 수 있는 Side reaction에 대한 고찰과 포텐셜을 고정하였을 때, 염기도의 변화에 따른 탈린능(Phosphate capacity)에 대한 고찰을 행하였다.

[철강6-6 | 14:15]

질소가 첨가된 특수강의 RH 탈질 거동 예측: 안효준, 박근호, 장철호; 현대제철 연구개발본부

Keywords: RH, nitrogen desorption, sulfur content, kinetics, reaction site

고강도 고품질을 요구하는 자동차 변속기용 특수강은 내부 크랙을 유발하는 수소를 제거하고, 강도 향상 목적으로 질소를 첨가하는 강종이다. 수소 제거를 위해 이차정련 시 RH 공정에서 진공 처리를 하며, 이 과정에서 수소와 질소가 동시에 제거 된다. 이후 질소 제어를 위해 FeMnN-wire 사용하게 되는데, 이 때 심한 용강 비산에 의해 청정도가 열위 해진다. 따라서 용강 청정도 확보와

동시에 질소 제어를 하는 방안이 필요하다. 본 연구의 목적은 질소 첨가 강 대상으로 RH 처리 시 질소 가스를 사용할 경우, 용강 내 질소 함량을 예측하여 안정적으로 질소를 제어하는 것이다. 이를 위해 현장 Data 기반 RH 처리 시 탈질 반응 속도에 대한 예비 평가를 진행하였고, 그 결과 계면에서의 화학 반응 속도의 탈질 속도 식이 적합함을 확인하였다. 탈질 속도 식을 활용하여 계면 활성화 원소 [S] 및 합금 원소에 따른 탈질 속도의 변화를 확인하였고, 탈질 속도 상수를 계산하였다. 그 결과로부터 용강 성분 및 [S] 함량에 따른 RH 처리 후 용강 내 질소 함량을 예측할 수 있는 탈질 속도 상수 예측 식을 도출하였다.

[철강6-7 | 14:30]

SiO₂-CaO-CaF₂계 고염기도 몰드플럭스의 결정화에 미치는 Li₂O의 영향: 이재호, 조중욱; 포항공과대학교 철강대학원

Keywords: Mold flux, Crystallization, Activation energy, Raman, JMAK equation

연속 주조 공정에서 발생하는 주편 결함을 방지하기 위한 한 가지 방법은 고염기도 몰드플럭스를 사용하여 윤활능을 높이는 것이다. 하지만 윤활능을 과도하게 높이면 액상 몰드플럭스의 결정화 온도가 높아지게 되고 응고 초기 단계에서 과도한 냉각을 야기시킨다. 본 연구에서는 윤활능을 확보함과 동시에 결정화 온도를 낮추기 위한 방법으로 Li₂O의 사용을 제시하였다. SiO₂-CaO-CaF₂계 고염기도(1.7) 몰드플럭스에 2wt%의 Li₂O를 첨가하여 결정화 온도를 비교하고 등온 결정화 특성을 JMAK equation으로 파악하였다. 또한 라만 분석으로 Li₂O의 영향을 구조적으로 해석하였다. Li₂O를 2wt%첨가한 샘플(B)는 첨가하지 않은 샘플(A)보다 결정화 온도가 127도 낮았으며 등온 결정화 실험에서도 변화가 있었다. A 샘플의 아브라미 상수는 2.02였으며 이는 폭발적인 핵생성을 의미한다. 반면에 B 샘플의 아브라미 상수는 3.52로 연속적인 핵생성을 의미한다(결정상인 커스피다인은 3차원으로 성장한다). A, B 샘플의 Activation energy는 각각 -3640, -3340 KJ/mol로 음의 값을 가졌다. 음의 Activation energy를 가지는 샘플은 Anti-Arrhenius 거동을 보이며 결정화 거동이 핵생성에 의해 지배받는다는 것을 의미한다. Li₂O 첨가에 따라 Degree of polymerization(DOP)이 감소하는 것을 라만 분석을 통하여 확인하였다. 하지만 DOP가 감소하면 결정화는 가속되어야 하는데, 이에 대한 분석으로 추가적인 NMR 실험이 필요하다. 위의 실험 결과를 바탕으로 SiO₂-CaO-CaF₂계 고염기도 몰드플럭스의 결정화에 대한 Li₂O의 영향을 알아보았다.

[철강7-1 | 14:55]

Silo 내 Coal 연적 모델 개발: 박종인¹, 김병일¹, 박준영²; ¹㈜포스코 ²금오공대 기계공학부

Keywords: Silo, Coal, 연적모델

코크스용 Coal은 주로 Open yard 또는 Silo에 보관된다. Open yard의 경우 석탄유실과 환경문제를 야기하므로 Silo에 의한 Coal 보관이 증가하고 있다. 하지만 Silo의 건설비 부담으로 전량 Silo 보관이 어려운 실정이며 기존 Silo의 이용률을 높이는 노력이 진행되고 있다. Silo의 이용효율을 높이기 위해서는 Coal의 적층상태 파악을 통해 불출량에 상응하는 Coal을 입조시켜 Silo의 이용률을 유지하여야 한다. 기존 Coal 상부에 이중의 Coal이 입조될 경우, 불출 시 탄종의 확인이 어려우므로 기존 Coal을 모두 불출하고 입조하여야 하는 문제가 있다. 본 연구에서는 이중의 Coal 연적이 가능하도록 연적면의 이동과 상부 프로파일을 예측하는 모델을 개발하였다. 축소모형실험과 DEM 시뮬레이션을 통해 수식모델을 도출하였고 본 모델의 현장적용을 완료하였다.

[철강7-2 | 15:10]

철광석 성형체 강도에 석탄 첨가가 미치는 영향: 이경욱, 권재홍, 한정환; 인하대학교 신소재공학과 재료공정연구실

Keywords: Sintering, Iron ore compact, Coal addition, Compressive strength

소결 공정의 생산성과 품질 향상을 위해 소결 베드 상·하부 열 분포 불균형 해소와 통기성 개선은 중요한 요소이다. 열 분포 불균형을 해소하기 위해 소결 베드 상부에 열량을 추가하는 방법과 하부의 과잉 열량을 활용하는 방법이 있다. 특히, 하부의 과잉 열량을 활용하는 방법으로써 하부에 입도가 큰 성형체를 장입하는 방법이 연구되고 있다. 이러한 장입물 분포 제어를 통해 열 분포 및 통기성 개선이 가능하지만, 개선을 위해서는 소결 베드 하부에 장입되는 성형체가 파괴되지 않고 형태를 유지하는 것이 매우 중요하다. 따라서 성형체의 강도 개선을 위해 다양한 첨가제가 사용된다. 본 실험에서는 철강 원자재 가격상승과 폐기물 자원화 기술의 관점에서 소결 원료에 포함되는 dust, sludge, scale과 같은 제철 부산물에 포함된 탄재의 영향을 알아보기 위해 성분이 다른 석탄들을 첨가하여 실험을 진행했다. 실험에는 미분의 hematite광석에 석탄을 첨가한 성형체가 사용되었다. 고정 탄소, 휘발분, ash 성분이 서로 다른 석탄을 사용했으며, 1-5%의 범위에서 첨가되었다. 소성 실험은 1200°C에서 유지시간 1-3분동안 진행되었다. 소성 후 단면 분석을 위해 냉각 후 시편을 채취하여 마운팅을 진행했다. 각각의 성형체를 강도 측정기를 사용하여 압축강도를 측정했다. 이때, 성형체가 파괴 또는 변형이 되는 최소한의 하중을 압축 강도로 선정했다.

[철강7-3 | 15:25]

Characterization of Char by Fluidized Bed Carbonization: 서승국, 이운재; 포스코 기술연구원

Keywords: Low Rank Coal, Fluidized Bed Carbonization, Calorific Value

Lignite and Bituminous coal have a calorific value of about 4000kcal/kg. These coal account for about half of the coal reserves, but it has abundant reserves. However, it has very high moisture content and volatile matter content and low calorific value. If these coal are to be used as power generation or cokemaking, the processes such as drying and carbonization should be reformed. The moisture content of the coal is removed during the drying process, so that the calorific value of the coal is greatly improved. In order to more improve the calorific value of the dried low rank coal, the volatile matter in the coal must be removed. In the reformed coal in which volatile matter are removed, the calorific value increases with increasing the carbonization time and temperature, but the calorific value

improvement slows to some extent. Especially, in the case of ash, it is not removed by carbonization and it is concentrated in the reformed coal. So it is a major factor that inhibiting the improvement of the calorific value. Therefore, in order to improve the calorific value of coal, the content of ash should be lowered. In this study, fine coal was removed as a condition to remove fine coal containing ash with relatively high density in the fluidized bed carbonization, and fine coal was analyzed to evaluate the cause of the slowing of calorific value improvement.

[철강7-4 | 15:40]

The Mechanism of Sulfur Removal in the $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ Slag System by Electrochemical Method: 이상훈, 민동준; 연세대학교신소재공학과.

Keywords: Electrochemical refining, Cyclic voltammetry, Desulfurization, DC voltage

염기도로 대표되는 슬래그의 화학적 정련능의 한계 극복을 위한 기초연구의 일환으로 슬래그의 전기화학적 정련 거동 대한 연구가 진행되어왔다. 하지만 기존 연구들에서는 주로 전기화학적 정련에 대한 속도론적 고찰이 진행되었고 전기화학적 정련반응기구에 대한 명확한 규명은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 황의 전기화학적 정련반응기구에 대한 규명을 위해 1773 K, C/CO 가스 평형의 조건하에서 Cu와 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 계 슬래그의 열역학적 평형을 도달 시킨 후 power source meter를 통해 metal/slag계면에 -1.5~1.5 V 전압을 인가하여 전기화학적 포텐셜과 탈황능의 상관성을 조사하였다. 또한 제시한 정련반응기구에 대한 전기화학적 평가를 위해 동일한 조건에서 potentiostat을 이용한 cyclic voltammetry 기법을 수행하였다. 실험 후 Argon 기류 중 급랭 후 C/S 분석을 통해 황의 농도를 분석, ICP와 XRF분석을 통해 실험 후 금속과 슬래그의 조성을 평가하였다. Nernst equation에 의거하여 인가한 전압과 황 분배비의 상관성에 대한 고찰을 통해 slag/metal 계면에서 다음과 같은 전기화학 정련기구를 규명하였다. 환원 정련: $\text{S}+2\text{e}^-=\text{S}^{2-}$ 산화 정련: $\text{S}+4\text{O}^{2-}=\text{SO}_4^{2-}+6\text{e}^-$ 추가적으로 cyclic voltammogram 분석을 통해 제시한 전기화학 정련기구에 대한 타당성에 대해 고찰을 진행하였다.

[철강7-5 | 15:55]

초음속 O_2 jet에 따른 전로 모사 반응로 내 단일 및 혼합 가스 거동 해석 연구: 이지아, 한정환; 인하대학교

Keywords: converter, oxygen jet behavior, post combustion, numerical analysis, turbulent mixing

세계적으로 CO_2 배출량 저감을 위해 신기후체제인 파리기후 변화 협약이 체결됐다. 국내의 경우 2030년 CO_2 배출량 대비 37%의 감축을 목표로 하며, 철강업계에서는 11.1%의 감축이 필요하다. 하지만 탄소제철법 기반의 현존기술로는 저감량에 한계가 있으므로 대체 방안으로 전로 제강에서의 저감기술 또한 연구되고 있다. 그 중 하나로 고철의 사용량을 증대시켜 용선비를 감축시키는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만 전로 제강에서는 용선의 현열과 산화열을 열원으로 사용하기 때문에 용선비 감축 방안은 조업 시 열 부족 문제를 야기한다. 따라서 부족한 열을 보상해줄 수 있는 2차 연소 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 O_2 jet 거동 및 연소 반응에 의한 반응로 내 온도 분포 해석을 위해 상용 프로그램인 ANSYS FLUENT를 사용했다. 해석은 O_2 jet 단일 거동을 보기 위해 반응을 고려하지 않은 조건과 혼합 가스 거동 및 열 유동을 보기 위해 추가로 반응을 고려한 조건을 진행했다. 반응로 상부의 랜스에서 상온의 O_2 가스를 취입하고, 하부에서 1250°C의 CO 가스를 취입했다. 이 때 완전 연소하는 조건을 적용하여 O_2 가스는 150 L/min, CO 가스는 300 L/min의 유량으로 설정했다. 해석은 난류에 의한 혼합을 유속단 계로 가정하여 연소반응을 모사했다.

[철강7-6 | 16:10]

크랙 민감도 예측을 위한 초기 응고 거동에 대한 연구: 백구슬¹, 권상훈¹, 문상운², 원영목², 임창희¹; ¹포항공과대학교 ²포항기술연구소

Keywords: 크랙 민감도, 응고 불균일, Local Heat Flux Density, 먼가로크랙

연속주조 공정에서 주련의 표면크랙 발생 정도를 예측하고, 그에 대한 대응방안을 적용하는 것은 매우 중요한 일이다. 몰드에서의 열수축, 상변태 등에 의한 응고불균일과 면세로크랙은 밀접한 관계를 갖는다는 것은 널리 알려져있다. 하지만 일반적으로 응고불균일이 심한 강종은 면세로 크랙뿐만 아니라, 먼가로 크랙 발생율도 높다. 이에 본 연구에서는 응고 시뮬레이터장치를 통해 일정한 조건으로 다양한 조성의 탄소강에 대해, 응고불균일 정도를 나타내는 Local Heat Flux Density, Depression Profile 등을 측정하였다. 측정된 실험 결과를 주련의 가로크랙 정도와 비교 분석 시, 잘 일치 하는 것을 확인 하였다. 이를 통해 조업 및 설비 특성을 배제한 가로크랙에 영향을 미치는 강의 고유 물성을 확인할 수 있는 방법을 정립하였다.

[철강8-1 | 16:30]

Thermophysical property of high titania slag and structural study by molecular dynamics simulation: 김영재, 김민석, 김수경, 박현식; 한국지질자원연구원

Keywords: high titania slag; ilmenite smelting process; molecular dynamics simulation

저품질의 일메나이트 광석을 이용하여 TiO_2 안료를 제조하기 위해서 TiO_2 함량을 80% 이상으로 슬래그 중에 농축시키는 건식 제련 공정이 일반적으로 이용되고 있다. Ilmenite smelting process에서 일메나이트 광석 중의 FeO는 무연탄과의 탄소 열환원 반응을 통하여 선철로 얻어지며, 이때 슬래그는 TiO_2 농축과 함께 용점이 급격하게 상승하고 그 열물성도 변화하게 된다. 따라서 공정 중 FeO와 TiO_2 조성 변화에 따른 high titania slag의 열물성 변화를 이해하는 것은 조업 측면에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 FeO- TiO_2 2원계에서 조성 및 온도 변화에 따른 점성의 변화를 평가하고, 플릭스 첨가 효과를 살펴보고, 또한 분자 동역학 시뮬레이션을 통하여 용융 슬래그의 구조를 고찰하고, 실험적으로 측정이 어려운 고온에서의 물성을 예측하였다.

[철강8-2 | 16:45]

Effect of Coke Particle Size on Static and Dynamic Holdup of Liquid Slag in Packed Beds: Dereje Degefa Geleta, Joonho Lee; 고려대학교

Keywords: Blast furnace, liquid holdup, particle size, multiphase, VOF, backed bed

In the lower part of the blast furnace (BF), the counter flow of descending liquid slag and melt iron and ascending reducing gas takes place through a packed coke bed. The quality of the product and BF operation is highly influenced by the characteristics of slag flow and its holdup. On the other hand, the behavior of the slag is a flow-packed coke bed that does not depend on its physical properties, such as viscosity, surface tension and contact angle, but also on the packing structure of the coke bed. Therefore, enhanced liquid holdup reduces the void space between the particles, which results in pressure drop and unstable operation condition in BF. Thus, it is very important to predict the effect of particle size on liquid holdup in packed coke bed. In current work, the static and dynamic holdup of liquid slag flow in the packed coke bed was investigated at temperature of 1723°C by using 3-dimensional VOF multiphase CFD model. The computational simulation results were in good agreement with experimental results. Coke particles with three different diameters (ie 8 mm, 14 mm and 22 mm) were taken into consideration. From the experimental and simulation results, it was found that the liquid holdup increases with decrement of particle diameter.

[철강8-3 | 17:00]

Thermodynamic Approach on Continuous Growth of Spinel between Slag and Solid MgO, MgAl₂O₄ Spinel: 윤철민, 민동준; 연세대학교

Keywords: MgAl₂O₄ spinel, continuous growth, spinel solid solution, EPMA

최근, MgO-C 내화재의 장수명 방안의 일환으로 계면 spinel 고상 생성을 이용한 내화재의 보호 기술이 제안되고 있다. 계면에서 생성되는 spinel의 우수한 내 침식성 및 기계적 특성에도 불구하고, 슬래그와 내화재의 화학반응에 관한 기반 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 spinel self lining의 현상을 이해하기 위해 MgO, MgAl₂O₄ 고상 산화물과 양상 포화 조성의 슬래그의 용해 반응을 관찰하였다. 샘플을 액체질소에서 급랭한 후 XRF 및 EPMA를 이용하여, 슬래그의 평형 조성과 슬래그/고체 산화물 계면을 분석하였다. 그 결과, 슬래그 중 첨가 성분 (FeO, SiO₂)이 spinel 형성에 큰 영향을 미치는 것을 다음과 같이 확인하였다. (1) 슬래그 중 SiO₂가 증가함에 따라 spinel 형성이 억제되는 것을 확인할 수 있었으며, 10% SiO₂ 슬래그와 평형하는 MgAl₂O₄ spinel 계면에서는 needle 상의 detached spinel을 확인할 수 있었다. (2) 슬래그 중 FeO가 증가함에 따라, 산화물/슬래그 계면에서 spinel 고상이 관찰되었으며, 생성되는 spinel 고상에 Fe³⁺이온이 용해되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 생성되는 spinel의 B site의 Fe³⁺/Al³⁺ 비는 슬래그의 조성 and 동일한 조성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

[철강8-4 | 17:15]

Effect of CaO substitution with BaO on the viscosity and structure of F-free mold fluxes: Wang Zhanjun, 손일; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: BaO: Viscosity: Structure: Raman: ²⁷Al MAS-NMR: XPS

This study investigated the substitutional effect of CaO with BaO on the viscosity and structure in the CaO-BaO-SiO₂-MgO-Al₂O₃-based F-free mold fluxes. Results showed the viscosity and corresponding activation energy for viscous flow to increase as CaO is substituted with BaO, which was correlated to an increase in the degree of polymerization (DOP) of the slag structures. The increasing ratios of Q³/Q² and Al^{IV}/Al^V, and decreasing ratio of NBO/Si detected through a combination of Raman spectra and ²⁷Al magic angle spinning-nuclear magnetic resonance (²⁷Al MAS-NMR) clarified the polymerization behavior of the slags. In addition, an analysis of the various forms of oxygen anions using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) also correlated well with the structural results of the Raman, NMR and subsequently the viscous behavior of the slags.

[철강8-5 | 17:30]

Effect of Tundish Slag on the Reoxidation of Molten Steel during Continuous Casting of Steel: Tae Sung Kim, Joo Hyun Park; Hanyang University.

Keywords: Reoxidation, Steel, Tundish, Continuous casting, Rice husk ash

It is necessary to control the reoxidation of molten steel in tundish during continuous casting process to improve the cleanliness of molten steel. Rice husk ash (RHA) has been widely used as an insulation powder in tundish. The reoxidation of the steel was progressed by increasing the ratio of RHA to sum of RHA and carryover ladle slag (=R ratio). The increase of the silica activity in the slag layer promoted the self-dissociation of SiO₂ from the slag layer into the molten steel, resulted in the silicon and oxygen pick-up as the R ratio increased. Total number of reoxidation inclusions dramatically increased and the relative population of Al₂O₃-rich inclusions increased by increasing the R ratio. Because the increase of the silica activity in molten slag by addition of RHA promotes the reoxidation of molten steel, it is very important to investigate the effect of calcium aluminate (CA) flux on the reoxidation behavior of molten steel with different ratio of RHA to sum of RHA and CA flux (=R'' ratio). The oxygen and silicon pick-up by the self-dissociation of silica from slag layer to the molten steel was suppressed with decreasing R'' ratio and hence, the oxygen pick-up as well as the formation of Al₂O₃-rich inclusions decreases with decreasing R'' ratio.

[철강8-6 | 17:45]

Strand EMS 활용한 STS 400계강 주편 등축정률 증대기술: 조현진; 포스코 기술연구원

Keywords: EMS, Equiaxed crystal, STS ferrite, CET

STS 400계 강종 생산시 주편 내부의 응고조직은 크게 주상정과 등축정 조직으로 분류할 수 있으며, 이러한 응고조직의 분율에 따라 최종 가공 제품의 품질이 결정된다. 주편 내 주상정 조직의 비율이 높을수록 압연 후 코일상태에서 Ridging 형태의 줄무늬 결함이 발생하기 때문에 주편 내부에 등축정 조직의 비율을 높이는 것이 중요하다. 등축정 비율을 높이기 위해서는 연속주조 공정 중 Strand EMS에 의한 주편 내 액상 용강의 교반이 매우 중요하다. 본 연구에서는 EMS 개수, 위치 및 가동조건에 따라 주편 내부 액상 용강의 패턴을 이해하고, 최대 등축정률 형성이 가능한 EMS 인가조건을 도출하였다.

제12회 소재부품 안전 및 신뢰성 심포지엄

Room 107, 10월 25일

[소재1-1 | 10:30]

T/S(Torque – Shear) 볼트의 저온조직에 의한 균열 발생 원인 분석: 함종오, 박기덕, 조병일, 박문석; 한국화학융합시험연구원
 Keywords : T/S Bolt, CHQ Wire(Cold Heading Quality Wire), Intermetallic compound, MnS Compound, tempered martensite

H-Beam 철골구조물에 사용되는 T/S(Torque – Shear) 볼트(F13)가 체결 전/후 볼트의 몸통부 및 나사부위에서 크랙이 발생하여 이에 대한 원인분석을 위해 볼트(M30)의 원소재, 신선재, 성형품 및 열처리품(손상품:크랙발생)으로 구분하여 분석을 하였다. 비파괴 검사(MT : Magnetic Particle Testing) 결과 열처리품에서만 선형지시 나타났으며, 에칭 전 시료 단면의 크랙 유형분석 결과 중심부위에서 크랙이 발생하여 표면부위로 전파한 것과, 표면부위에서 시작하여 중심부위로 전파하는 두가지 유형이 나타났다. 미세조직 분석 결과 원소재는 Pearlite 기지에 ferrite가 고용되어 있었으며 결정립계 사이로 미지의 금속간화합물(하얀색)이 심부에 많이 나타났으며, 신선재와 성형품은 구상화열처리를 한 것으로 표면과 심부에 탄화물이 균일하게 구상화 되어 나타났다. 열처리품은 크랙 주위에 탈탄층은 관찰되지 않았으며, 조직은 tempered martensite 조직으로 표면이나 심부에 균질하게 나타났다. 비금속개재물 분석결과 원소재 심부에서는 황화물 타입의 i수가 2.5로 높게 나타났다. 경도 프로파일 측정 결과 원소재는 표면부위에서 10 mm 지점부터 경도 증가하는 현상이 나타났으며, 신선재와 성형품은 표면부와 심부의 경도 변화가 나타나지 않았으며, 열처리품은 표면부에서 2 mm 지점까지는 증가하는 경향을 보이며, 그 이후 부터는 완만한 증가 경향을 보여주고 있었다. SEM/EDX 분석한 결과 심부는 층상 조직(Lamination)을 이루고 있으며, 층상에 나타난 개재물을 SEM/EDX 분석한 결과 MnS 화합물 및 Mo-Ti-V화합물로 나타났다. 따라서 볼트의 크랙발생 원인은 퀴칭 시 부피 팽창으로 인해 금속간화합물(Fe-Mo-Cr 화합물), 비금속개재물 및 편석 등이 밀집되어 있는 구역과 경도의 차이를 보이는 표면 부위에서 2 mm 지점에서 잔류응력의 차이로 인해 크랙이 먼저 생기고 이로 인해 크랙이 진전된 것으로 사료된다.

[소재1-2 | 10:55]

Ag 코팅 Cu 입자를 사용한 고내열성 die-attach부의 접합 신뢰성 평가: 김성윤, 최은별, 이종현; 서울과학기술대학교

Keywords: Die-attach, Ag-coated Cu particle, Sinter-bonding, Bond-line reliability, Shear strength

최근 자동차 전장, 신재생 에너지 및 우주 항공 분야 등에서 사용되는 파워 모듈은 고전력 및 고주파수 하에서의 구동을 통한 효율 향상이 지속적으로 추구하고 있다. 파워 모듈 제조 시의 칩 접합 소재는 솔더보다 용점이 높아 고내열성 특성을 가지면서도 우수한 열 방출 특성에 기인한 장기 신뢰성을 가지는 소재로의 전환이 요청되고 있다. 본 연구에서는 2 μm 급의 Ag 코팅 Cu 입자와 이를 필러로 사용한 소결 접합 페이스트를 제조하고, 이를 사용한 다이 본딩에서 공정변수에 따른 die-attach부의 접합 신뢰성을 평가하였다. 대표적으로 Ag 코팅 두께에 따른 접합부의 전단강도 변화를 평가하기 위해서 Ag의 코팅량을 20(wt)%와 40%로 변화시킨 다음, 가압력은 10 MPa로 고정하고 후 접합온도 및 시간을 변화시키며 대기 중에서 소결 접합을 실시하였다. 이후 공정변수 변화에 따른 접합강도 측정 결과 Ag 코팅량 40% 시료 사용 시 220 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도가 적용된다면 단 30초간의 접합에서도 25 MPa 이상의 우수한 전단강도 값이 측정되어 지금까지 보고된 적이 없는 최고 속도 수준의 고속 본딩이 가능함을 관찰할 수 있었다.

[소재1-3 | 11:20]

Ex-situ 와 In-situ 방식으로 제조된 TiC-Fe3Al 서멧의 미세구조 및 내마모 특성에 대한 연구: 김용인, 고세현; 한국생산기술연구원

Keywords: Cermets, In-situ Process, Microstructure behavior, Wear Characteristic

난삭재용 공구 재료는 cermet 이라 명칭하는 금속과 세라믹의 복합재료를 사용하며 금속의 높은 인성과 세라믹의 높은 경도의 장점을 복합적으로 가지고 있는 재료로서 공구 및 마모재료 등으로 사용되고 있다. 이 중 WC-Co계 cermet은 일반적으로 경도가 높고 내마모성 및 내열성이 뛰어나고 높은 인성을 나타내어 많은 연구가 집중되어 왔다. 그러나 WC-Co계의 소재 자체의 가격이 비싸고 원소재를 생산하는 국가가 한정적여서 소재 수급에 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고자 WC-Co계 cermet을 대체하는 소재 개발에 관한 연구가 진행되어 왔다. 그 중 TiC는 고용점(3150 $^{\circ}\text{C}$ ~3250 $^{\circ}\text{C}$), 고경도(3200 Hv)와 고탄성율을 가지며, 약 1000 $^{\circ}\text{C}$ 까지 비교적 우수한 내산화성을 보여주기 때문에 WC의 대체 후보물질로 가능성을 입증해 왔다. 선행 연구에서는 TiC-Ni계 cermet을 제조 하였으나, 금속 간의 젖음성이 좋지 않고 제조 공정에서 TiC 입자 성장, 등의 문제점으로 인해 낮은 강도와 낮은 파괴인성으로 인해 사용에 제약을 받았다. 본 연구에서는 WC-Co 대체 TiC계 cermet을 제조하고자 금속계 물질인 Ni 대신 그 후보로 Fe-Al계 금속간 화합물을 선택하였다. Fe-Al계 금속간화합물은 비중이 낮고, 우수한 내산화성, 내식성 및 낮은 재료원가 등의 매력적인 특징을 가지고 있을 뿐만 아니라, 600~700 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서도 우수한 기계적 특성을 나타내어 고온에서의 구조재료로서 주목을 받아왔다. 또한 TiC와의 젖음성도 Fe나 Ni보다 우수한 특성을 보여준다는 것이 이미 선행 연구들을 통해 보고되어졌다. 따라서 본 연구에서는 분말야금법을 이용한 TiC-Fe-Al 계 cermet을 제조 하고자 하였다. 또한 제조 과정에서의 Ex-situ 와 In-situ 방식의 비교 고찰을 통하여, TiC 입자 성장 억제 및 높은 젖음성 확보를 위한 효율적 공정 방식에 대해 알아보하고자 하였다. 각각의 방식으로 제조된 TiC-Fe3Al 서멧은 내마모특성과 기계적 물성 분석 등을 통해 파괴원인 및 개선 방향에 대하여 고찰하고자 하였다.

[소재2-1 | 13:30]

냉각탑용 알루미늄핀의 부식 발생기구에 관한 연구: 박기덕, 조병일, 박문석; 한국화학융합시험연구원

The purpose of this study is to identify the corrosion cause of Al pin material for cooling tower. The failure of Al pin occurred about 6 month after installation. Metallographic analysis, scanning, SEM with EDS and XRD was conducted to find out the reasons of the failure. As a result of visual observation, the surface of the damaged part was covered with an unknown foreign material. Especially, the damage of the aluminum pin contacted with the copper tube was severe. Based on EDS and XRD analysis for unknown foreign material, the foreign material was identified as calcium sulfate dehydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) having a high content of Cu, O, and S. In addition, As a result of observing the change of the distilled water by introducing the foreign material into the distilled water, it was confirmed that the distilled water changed to slightly acidic and the content of SO_4^{2-} rapidly increased. As a result of cross section observation, corrosion was observed from the outside to the inside on Al pin part, and it was confirmed that the foreign material was deposited to the surface where the corrosion proceeded. It is considered that this product is damaged due to galvanic corrosion on the Al pin part where the corrosive environment is formed by the foreign material and is in contact with the copper tube.

[소재2-2 | 13:55]

극저온 환경 신뢰성 평가를 위한 AISI 304L 용접부 저주기 피로 성능 평가: 오동진¹, 김남규¹, 송상우¹, 김명현^{2,*}; ¹재료연구소 ²부산대학교

Keywords: Low cycle fatigue, AISI 304L, Fatigue life, Welded joint

최근, 환경 규제 강화로 인해 친환경 에너지 중 하나인 LNG(Liquefied Natural Gas)를 연료로 사용하는 친환경 선박에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 관점에서, LNG fuel gas tank의 구조 건전성 확보는 중요한 이슈가 되고 있으며, 설계 요건 및 신뢰성 확보를 위해 극저온 환경에서 우수한 성능을 보이는 소재 중 하나인 AISI 304L를 사용하여 LNG fuel gas tank를 제작하고 있다. 구조적 신뢰성 확보의 측면에서 AISI 304L에 피로 성능 평가는 중요한 부분을 차지하고 있으나, 실제 용접부를 고려한 피로 시험 및 저주기 피로 설계 선도에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 AISI 304L 용접부 피로 시험을 통해 저주기 물성 및 응력비, 두께 효과에 대한 영향을 고찰하였다. 또한, 극저온 환경에서의 저주기 피로 시험을 통해 LNG 화물창 및 연료 탱크 용접부 설계에 적용 가능한 신뢰도 높은 저주기 피로 설계 선도를 제시하려고 한다.

[소재2-3 | 14:20]

식물 추출 유기물의 흡착코팅에 의한 배관 부식 수명 연장: 김재연, 민욱, 유현묵, 강은비, 송철중, 변재원; 서울과학기술대학교

Keywords: corrosion inhibition, organic, absorption, steel, life

상하수도용 배관, 플랜트 파이프, 저장용기 등은 탄소강, 스테인레스강 등의 철강소재로 제조된다. 이들 부품은 장기간 사용시 부식 손상을 피할 수 없으므로, 부식수명 향상을 위해 다양한 종류의 합성 부식억제제가 사용 되어져왔다. 그러나 현재 사용중인 부식억제제는 합성 화학물질로 환경오염, 인체 안전성 등의 문제가 제기되어 왔다. 이에 비해 저가, 친환경, 무독성 등의 장점을 갖는 수용성 천연 식물 추출물의 부식 억제에 효과가 크다는 보고에 따라, 여러 종류의 식물 추출물의 부식 억제 효과에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 티트리 등 다양한 식물 추출물의 부식억제 효과와 부식 억제 메커니즘을 분석하고자 하였다. 탄소강 및 스테인레스 강에 대해 식물 추출물의 양, 온도, 부식분위기에 따른 부식억제효율을 평가하였다. 부식실험은 침지시험 방법을 사용하였다. 부식 후 표면관찰 및 라만분광법을 이용한 표면흡착층의 분석을 수행하였다. 또한 유기추출물의 표면 흡착자유에너지는 랭뮤어 등은 흡착 모델을 적용하여 계산하였다. 추출물 첨가에 따라 부식속도는 미첨가 조건 부식속도의 20% 수준으로 낮아졌으며, 음의 값을 갖는 흡착 자유에너지로부터 유기 추출물의 표면흡착이 자발적으로 이루어진 반응임을 확인하였다. 라만 분광분석 결과 금속 표면에 화학적으로 흡착된 상태(공유결합)임을 확인하였다. 공유결합으로 이루어진 유기물-금속 결합층의 부식억제를 위한 보호층으로서의 역할을 고찰하였다.

[소재3-1 | 15:00]

레이저를 이용한 금속 소재 품질 평가 기술: 정세훈; 포항산업과학연구원(RIST)

Keywords: Laser, LIBS, chemical analysis, atomic spectroscopy, multivariate analysis

철강 및 비철 등 금속 소재 산업에서 화학 조성은 품질과 매우 밀접한 관계가 있다. 따라서 소재의 화학 조성을 신속하고 정확하게 분석하는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 금속 소재의 화학 조성은 산처리 및 용융 등의 방법으로 분해 한 후 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) 등으로 분석하거나 표면을 연마 하여 Spark-OES (Spark optical emission spectrometry) 등을 이용하여 분석한다. 그러나 이들 방법들은 전처리 과정이 필요하거나 시료 상태의 제한과 공간적인 한계가 있다. 레이저를 이용한 화학 조성 방법인 LIBS (Laser Induced Breakdown Spectrometry)는 이러한 전처리 과정이나 시료 상태의 제한이 없으며, 신속하고 정확하게 분석 할 수 있는 원자 분광 분석법이다. 최근 레이저 및 분광기가 널리 보급되고, 다변량 분석 및 머신 러닝 등 데이터 처리 기술이 발달하면서 LIBS의 분석 결과의 신뢰성이 증가되고 있다. 또한 LIBS는 벌크한 화학 조성뿐만 아니라 미소 영역(보통 수백 마이크로 미터 크기)의 조성 맵핑이나 깊이 방향 원소 분포 분석도 가능하여 고장 분석에도 널리 사용될 수 있다. 본 심포지움에서는 철강 및 비철의 금속 소재 품질 평가를 위하여 사용되고 있는 LIBS의 응용 분야와 그 분석 결과를 소개하고자 한다.

[소재3-2 | 15:25]**산업용 기계 부품에 대한 손상원인분석:** 이진하, 양원준, 권용남, 권준범; *재료연구소***Keywords:** Reduction gear, Finite element method, Stress concentration, Intergranular fracture, Toughness

산업에서 축, 기어 등과 같은 기계 부품은 동력을 전달하는 장치로 매우 빈번하게 사용이 되고 있으나 재료적인 결함 혹은 구조적인 문제로 인해 갑작스런 손상이 발생하여 설비의 수명단축 뿐만 아니라 인명사고가 발생 할 우려가 있다. 본 연구는 사용 중 파손된 감속기어(Reduction gear)의 파손특징 조사와 사용 소재에 대한 평가 등을 토대로 파손 원인을 정확히 분석하고 향후 재발 방지를 위한 대책을 마련하기 위하여 수행되었다. 파손 된 감속기어의 소재는 SUS440C 이며 감속기어 부 키 홈 및 몸체 파손이 발생하였다. 또한 감속기어와 연료기어 간의 체결을 위한 볼트 부의 파손도 관찰되었다. 파손 원인분석을 위해 파단면 관찰 및 소재의 파손형상 분석/유한요소해석/미세조직 분석/기계적 특성 분석을 수행하였다. 감속기어의 파면 분석 결과 전반적으로 취성파괴가 관찰되었고 피로에 의한 파손 흔적은 확인할 수 없었다. 유한요소해석(Finite element method) 결과 감속기어의 실제 파손 부위와 동일한 부위인 키 홈 부분에서 응력집중(Stress concentration)을 확인할 수 있었다. 경도 측정 결과 HRC 값이 전체적으로 높은 값을 가지며 인성이 낮은 것을 확인하였다. 따라서 파손 방지를 위해서는 응력 집중을 감소시킬 설계 변경 및 충분한 인성 확보를 위한 열처리 변경이 요구된다.

[소재3-3 | 15:50]**Precipitate-dependent Tensile fracture mechanism of AZ91D Alloy:** 유기태¹, 김재연¹, 변재원¹; ¹서울과학기술대학교**Keywords:** AZ91D, Mg₁₇Al₁₂, Deformation twin behavior, Premature failure, Fracture mechanism

In this study, the correlation between the fracture mechanism and the quantified morphology of the CP phase was analyzed. As a result, When the coarsened CP phase precipitates against other aging condition, which increases the generation of micro cracks and causes premature failure. Also, the shape of the crack propagating along the twin boundary coincides with the shape of the cleavage step in the fractography. Therefore, the cleavage step tends to increase as the CP phase was precipitated. These results indicate that CP phase has a critical effect on fracture mechanism.

[소재4-1 | 16:30]**미세조직에 따른 동탄성계수 및 초고주기 피로특성 평가:** 조인식; *엠브로지아***Keywords:** Dynamic Young's Modulus, Poisson's ratio, Ultrasonic Fatigue Test, Reliability Specification, ultrasonic residual stress

최근 소재부품분야의 안전과 신뢰성평가에 대한 수요가 급격히 진행되고 있는 실정으로 선진 소재부품관련 우수 연구기관과 기업들은 오래전부터 자체적으로 가속화와 관련된 다양한 시험방법들을 개발하여 평가 및 해석을 활발히 진행중에 있다. 그중에서도 가장 중요하면서도 기본적인 물성으로 탄성계수, 프아송비, 잔류응력, 피로특성평가등이 있지만, 대부분 정확한 시험측정과 분석이 난해하면서도 시간적으로도 장시간이 걸린다는 단점을 가지고 있다. 이에 정확 하면서도 간편하고 빠른 시간에 결과값 도출이 가능한 기술로써 음향진동의 고유주파수를 가지고 측정할 수 있는 동탄성계수와 프아송비측정 기술과 초음파 탄성공진을 이용하여 피로시험을 할 수 있는 평가 기술이 많은 소재부품분야에서 전 세계적으로 적용되고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 다양한 미세조직에 따른 음향공진법을 이용한 동탄성계수 측정 및 초고주기 피로특성에 대한 평가뿐 아니라 기본적인 이론 및 규격화에 대한 내용을 설명하고자 한다.

[소재4-2 | 16:55]**원전 소구경배관의 용접조건에 따른 진동피로 수명 영향:** 오창영, 이준호, 김남규, 송상우, 이상훈; *재료연구소***Keywords :** 소구경배관, 소켓용접부, 진동피로

원전 소구경배관 소켓용접부 파손에 대한 사례는 국내, 외에서 지속적인 보고가 되고 있다. 소켓용접 파손은 원전의 중대 안전성에 영향을 미치는 대형 파손사례는 아니지만, 발전 운영 및 전력의 안정적 공급에 대한 부분에 있어서는 미치는 영향이 작지 않다. 본 연구에서는 원전에서 적용 중인 소켓용접부의 진동 피로에 대한 평가 실험에 대한 개발을 진행하였으며 국내 소켓용접 파손사례를 분석해 원전 소켓용접부의 진동피로에 영향을 미치는 조건에 대하여 분석 및 평가를 수행하였다. 기존 기술기준에서 제시한 피로 수명 평가 결과 전반적인 설계기준에 비해 여유도가 있는 것으로 분석되었다. 또한 진동변화 및 현장에서 적용할 수 있는 평가 방법 및 용접조건에 의한 루트부 용접성에 대해서도 고찰하였다.

[소재4-3 | 17:20]**마찰접합된 이중 알루미늄 합금의 부식거동:** 박광석, 원소리, 서보성; *한국생산기술연구원***Keywords:** corrosion, aluminum alloys, friction welding, Electrochemical impedance spectroscopy

자동차 산업에서의 경량화 이슈에 따라 기존 철강소재 대신 경량금속인 알루미늄과 마그네슘 합금에 대한 수요가 증대되고 있다. 특히 알루미늄 합금은 비중이 철강소재의 1/3 수준인 반면 우수한 기계적 특성을 가지고 있기 때문에 자동차 경량화 소재로 각광받고 있다. 이중 알루미늄 소재간 용접은 용접으로 인한 결함을 방지하기 위해 기존 용융 용접대신 마찰용접이 주로 사용되고 있다. 하지만, 마찰접합된 이중 알루미늄 합금은 갈바니 효과로 인해 부식특성이 저하될 수 있다. 이에 본 연구에서는 마찰접합된 이중 AA2017과 AA6063 접합부에 대해 갈바니 효과로 인해 어떻게 부식거동이 변하는지 확인하였다. 접합부의 부식거동은 접합부의 AA2017 부분에 의해 지배를 받고 있고, 반면 접합부의 AA6063은 양극보호 상태로 부식이 발생하지 않았다. 갈바니 효과로 인해 부식은 접합부 계면 부위에서 가장 심하게 발생하였고, 계면에서 멀어질수록 부식정도가 감소하였다. EIS 분석결과, 알루미늄 기지와 석출물간 micro-galvanic cell 형성으로 인해 접합부의 passivation은 부식 방지층으로 역할을 할 수 없게 되어 접합부는 계속 부식이 발생하는 상태로 존재하였다.

제14회 중성자 및 방사광 X-선 이용 금속 및 나노 구조 재료 분석 국제 심포지엄
Room 108, 10월 24일

[중성자]1-1 | 09:00 | invited Speaker

Thermal Neutron Triple Axis Spectrometer for Materials Science at HANARO: Baek Seok Seong; *Korea Atomic Energy Research Institute*

HANARO (30MW) is one of powerful neutron sources with a liquid hydrogen cold neutron source in the world. There are 7 neutron beam ports around reactor and 7 cold guides for the thermal and cold neutron beam researches. Especially for the material science, three small angle neutron instruments, a neutron powder diffractometer, a residual stress instrument are under operational. Recently a thermal neutron triple axis spectrometer (Th-TAS) is installed for the inelastic scattering studies at HANARO. In this presentation, I would like to introduce the Th-TAS and its utilization for material characterization.

[중성자]1-2 | 09:2 | invited Speaker

Investigation of Laser Treated Steel Using Neutron Wavelength Dependent Imaging: Robert Nshimirimana¹, Winfried Kockelmann², Triestino Minniti², Andrew Venter¹; ¹*Necsa*, ²*STFC-ISIS, Rutherford Appleton Laboratory*.

Laser treatment of metal surfaces is amongst others done to enhance aesthetic and physical properties. These include the attainment of cosmetic changes such as colouration, or improved performance such as corrosion resistance, hardness and subsequently fatigue life. Although laser treatment is valuable, the process can introduce residual stresses on the surface of the metal. One such process is laser transformation hardening (LTH). The capability of LTH was investigated using neutron wavelength dependent imaging at the Imaging and Material Science & Engineering (IMAT) facility in the UK. The investigation was conducted on a $30 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ ferrous 26NiCrMoV14-5 steel treated with an Nd:YAG laser. A $28 \times 28 \text{ mm}^2$ MCP detector area with a spatial resolution of $55 \mu\text{m}$ was used in data acquisition. A differential depth-resolved strain map calculated from (110) Bragg edge at the wavelength of $4.056 \text{ \AA}$ is presented. This talk showcase the possibility of using neutron imaging technique in analysing the strain and stress in materials.

[중성자]1-3 | 09:5 | invited Speaker

Recent Development of Material Analysis Methods and Their Applications at Accelerator-Driven Compact Neutron Sources Collaborated with a Large Facility: Yoshiaki Kiyonagi; *Graduate School of Engineering, Nagoya University*

Keywords: neutron methods, compact neutron source, energy resolved imaging, diffraction, small angle neutron scattering

Neutrons have been used as a material analysis probe for a long time by using-high power reactor sources and also high-power accelerator-driven sources. However, recently, accelerator-driven compact neutron sources (CANS) are being used for material analysis. The usefulness of the compact neutron sources has been recognized and plans of construction of CANS appears in the world. Recently, pulsed neutron imaging was developed at the CANS, which uses neutron cross section characteristics. Neutron transmission around the Bragg edge energy region corresponds to crystallographic characteristics. By analyzing the transmission, we can nondestructively obtain information on structure, texture, strain and crystallite size of metal materials (1). We can get such information over a wide spatial area about 100×100 square mm as an averaged value along the beam direction. Therefore, this method is very useful for materials having an inhomogeneous spatial distribution of the crystallographic characteristics. The method was also adopted at the large facility, J-PARC, and various experiments were performed. Change of texture, crystallite size and strain was observed during a tensile test of a steel with notches, and drastic change of the characteristics was found (2). A method to evaluate orientation of large grains in a steel plate was developed (3) and will be used for analysis of new steels. At a CANS, it was found that diffraction measurement could be performed within realistic measuring time (4). Texture measurements of a tensile test steel sample was performed, and pole figure was also measured. Quantitative analysis of austenite and ferrite components of the sample was also performed. The data were consistent with the data measured at J-PARC. Furthermore, analysis of precipitate in a metal sample was performed by using the small angle neutron scattering, and chemical composition of the precipitate was identified

[중성자]2-1 | 10:40 | invited Speaker

Investigation on Microstructures of Additively Manufactured Inconel 718 via Bragg-Edge Imaging Technique: Gian Song; *Division of Advanced Materials Engineering, Kongju National University*

Neutrons have been widely utilized to study defects, grain orientation, size, residual stress, and phase distribution using both imaging and diffraction techniques in a nondestructive manner. Recently, time-of-flight (TOF) neutron imaging has become available at facilities with high neutron flux, time resolution and advances in detector technology, such as spallation neutron source (SNS) at Oak Ridge National Laboratory (ORNL). This novel TOF imaging technique is capable of measuring crystalline plane orientation, assessing single crystal quality, quantifying Bragg edge shifts due to strain through thickness of material. The TOF neutron radiography is based on Bragg's law where the so-called Bragg edge wavelength, λ , is twice the d-spacing of a material. This technique is relatively new to

spallation sources and shows great promise in providing unique microstructure information. In this presentation, I will introduce the current capability of the Bragg-edge imaging technique at ORNL with recent interesting results on Inconel 718 samples prepared by additive manufacturing (AM) technique. Specifically, the AM Inconel 718 samples contain a strong crystallographic texture (columnar grain), and the microstructural evolution during heating was studied using in-situ Bragg-edge imaging. Moreover, quantitative analysis of the Bragg-edge spectra was carried out using a theoretical fitting, allowing the understanding of the angular distribution of the preferred grain orientation.

[중성자2-2 | 11:10] invited Speaker

Two Dimensional Mapping Observation of Constituent Phases in a Trip-Assisted Duplex Stainless Steel Using Energy Selective Neutron Imaging Method: Wanchuck Woo¹, JongyulKim¹, Eun-YoungKim², Shi-HoonChoi², Daniel S. Hussey³; ¹Neutron Science Center, Korea Atomic Energy Research Institute. ²Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University. ³Physical Measurement Laboratory, NIST.

Constituent phases, bcc/bct ferrite/martensite and fcc austenite, were investigated as a function of tensile strain in a trip-assisted duplex stainless steel. Two dimensional mapping is available in the tensile specimen using energy selective neutron imaging method. The results were compared to the electron backscatter diffraction (EBSD) and in situ neutron diffraction results. In contrast to the localized investigations of EBSD, energy selective neutron imaging can provide macroscopic spatial distributions in a volume-averaged manner over the entire specimen with a spatial resolution of about 65 μm . The results show that the martensite is concentrated on the necking region and estimates its volume fraction of 14 % at a strain of 0.2, which is comparable to the in situ neutron diffraction result.

[중성자2-3 | 11:30] invited Speaker

The Neutron Energy Selection System of 18M-SANS at HANARO: Jongyul Kim¹, Byungil Jeon¹, Baek Seok Seong¹, Eunjo Shin¹; ¹Neutron Science Centre, HANARO Research & Development Department, Korea Atomic Energy Research Institute.

We are developing the energy selective neutron imaging system at the 18m Small Angle Neutron Scattering (18M-SANS) beam line. Energy selective neutron imaging is very useful because it is possible to visualize the crystallographic phase distribution. The velocity selector for neutron selection was already installed at 18M-SANS beam line. However, the wavelength band has about resolution of $\Delta\lambda/\lambda=15\%$ which is too broad to visualize the crystallographic phase distribution. To improve neutron energy resolution, the transmission based neutron monochromator has been added at 18M-SANS beam line. The transmission based neutron monochromator was designed to have about resolution of $\Delta\lambda/\lambda=5\%$ when the neutron beam is passing through the velocity selector and transmission based neutron monochromator. The performance evaluation of the neutron energy selection system will be presented.

[중성자3-1 | 1:30] invited Speaker

Increasing the depth of stress measurements by using magnetic field: V.T. Em¹, W. Woo², B.S. Seong², E. Shin², P. Mikula³, V. Ryukhtin⁴, Yu. D. Kuroedov¹, E.V. Yakovenko¹, M.N. Shushunov¹; ¹National Research Center "Kurchatov Institute". ²Korea Atomic Energy Research Institute. ³Nuclear Physics Institute ASCR.

By now, the neutron diffraction is the only method, which enables in-depth measurement of all three components of a strain/stress tensor inside the bulk polycrystalline materials. However the maximum available penetration path length of neutrons is limited, typically to 60mm in steels. Authors earlier reported that the maximum penetration path length in steels can be considerably increased (83mm) by using neutron wavelength, corresponding to the local minimum of the neutron total cross-section near but off the Bragg edges., e.g., 2.39 $\text{\AA}$ for ferritic steels. In experiments for measuring diffraction peaks at different depth the considerable peak broadening with path length was observed in ferritic steels. Broadening in austenitic steels was negligible. The peak broadening decreases maximum path length, because it decreases peak to background ratio. Estimation showed that elimination of broadening can increase maximum available path length in ferritic steels up to 96mm.

[중성자3-2 | 2:10] invited Speaker

Anisotropy and Micromechanical Behavior of As-Built and Heat-Treated Additive Manufactured Stainless Steel: Hobyung Chae¹, MinkiHong¹, E-WenHuang², Wanchuck Woo³, Stefanus Harjo⁴, SooYeolLee¹; ¹Chungnam National University. ²National Chiao Tung University. ³Korea Atomic Energy Research Institute. ⁴J-PARC Center.

Keywords: Additive manufacturing; Stainless steel; Anisotropy; Heat treatment

Metal additive manufacture (AM) is full of promise due to advantages induced by unique fabrication technology. However, the manufacturing technology also causes detrimental factors such as anisotropy and low density on the component. To remove the harmful factors in the AM component, the control of microstructure by heat treatment should be accompanied. In this work, the AM alloy targeting 15-5 precipitation hardened stainless steel were fabricated using a powder bed fusion method, after which three different heat treatment conditions were employed: 1) Aged, 2) Solid solutionized, and 3) Solid solutionized followed by aging. The heat-treatment effects on the macro- and micro-mechanical behavior were studied using in-situ neutron diffraction from which internal strains and

diffraction intensities for several grain orientations were quantitatively determined. The obtained results were compared with those of as-built reference sample. This study presents the anisotropic characteristics in terms of microstructure and texture in the as-built AM sample, and discusses the influence of heat treatment on microstructure, anisotropy, and strain hardening behavior.

[중성자]3-3 | 2:30 invited Speaker

Three-dimensional atomic-scale insights into engineering alloys using Atom Probe Tomography: Pyuck-Pa Choi¹, Hyeji Im¹, Boryung Yoo¹, Mengji Yao², Michael Herbig², Surendra Makineni², Baptiste Gault², Dierk Raabe²; ¹*Korea Advanced Institute of Science and Technology, Department of Materials Science and Engineering.* ²*Max-Planck-Institut für Eisenforschung.*

Atom Probe Tomography (APT) is a high-resolution characterization method that enables three-dimensional atomic mapping. Therefore, APT is highly useful for characterizing nanostructured materials and for understanding their structure-property relationships. This presentation gives an introduction to the principles of the APT technique and to its most relevant data treatment methods. Furthermore, a few case studies will be provided in order to demonstrate the strength and weakness of this technique and to illustrate its application fields. The materials systems which will be presented are advanced engineering alloys, namely high-Mn light-weight steels and Co-based superalloys. These materials can undergo complex changes during synthesis and processing. Local chemical changes such as nano-precipitation, segregation to internal interfaces and elemental partitioning across phase boundaries can significantly affect the material properties. In this presentation, we will emphasize the importance of correlating APT data with other experimental techniques. Information gathered from different techniques can serve as a basis of a knowledge-based rather than empirical approach of designing advanced materials.

[중성자]4-1 | 3:10 invited Speaker

Application of neutron diffraction to steel research: Tae-Ho LEE¹, Heon-Young HA¹, Joonoh MOON¹, JaeHoon JANG¹, Eunjo SHIN², Wanchuck WOO²; ¹*Advanced Metals Division, Korea Institute of Materials Science.* ²*Neutron Science Division, Korea Atomic Energy Research Institute.*

Research activities on application of neutron diffraction to steel research in KIMS were briefly introduced. In the first part, the stacking fault energy (SFE) of austenitic stainless steels was determined using neutron diffraction. To evaluate the microstrain and stacking fault probability (SFP), the double-Voigt size-strain analysis was applied to calculate the Lorentzian and Gaussian components of integral breadths. Based on the linear extrapolation of measured microstrain against SFP, the SFEs could be evaluated and almost linear dependence of nitrogen could be established. Quantitative analysis on deformation microstructure could be attained in terms of volume fraction of constituent phases and deformation faulting (stacking and twin faults) probabilities. The changes in deformation microstructure were observed using TEM. It was found that the deformation microstructure gradually changed from strain-induced martensitic transformation to deformation twinning with increasing SFE. In the second part, inhomogeneous deformation behavior of lean DSS was examined utilizing in situ and ex situ neutron diffraction and TEM with a particular emphasis on the stress partitioning between ferrite and austenite. During in situ tensile deformation, dissimilar responses to tensile deformation were observed depending on the chemical composition. It was found that the partitioning of nitrogen into austenite played an important role in complex plastic flow behavior of DSS. In an effort to understand the deformation behavior of austenite in DSS, the SFE of austenite was also evaluated from ex situ neutron profiles, and the measured SFE was well correlated with the observed deformation microstructure of twin formation. For ferrite, a single slip system, $\{112\}\langle 111 \rangle$, was observed at the beginning of deformation. As deformation went on, another slip system was also activated and intersection of two slip systems produced the formation of dislocation jog. In the third part, the precipitation behavior of second phase, mainly Cr₂N, formed during isothermal aging was investigated with a particular emphasis on the analysis of crystal structure of Cr₂N. Based on the analyses of neutron and electron diffraction patterns, the crystal structure of Cr₂N was determined to be a trigonal structure (ordered hcp structure). Based on the Rietveld analyses, the accurate position of metal atoms was specified to be $x = 0.346(8)$, and $z = 0.244(6)$, corresponding to deviation from ideal positions. The occupancies of nitrogen atoms in four crystallographic sites were determined to be 1.00(5), 0.0, 0.74(9) and 0.12(3), respectively, which means that a partial disordering of nitrogen atoms occurred along c-axis. Referring to the partial disordering of nitrogen atoms along c-axis, the irradiation-induced disordering was elucidated and a model for order-disorder transition of Cr₂N was suggested. Combined analysis using in situ as well as ex situ neutron diffraction and TEM can provide valuable information on microstructure analysis of high-performance steels in different scale.

[중성자]4-2 | 3:40 invited Speaker

Investigation on the synergetic strengthening of twinning-induced plasticity + interstitial free hybrid steel: Jung Gi Kim¹, Jae Wung Bae¹, Jeong Min Park¹, Wanchuck Woo², Stefanus Harjo³, Kwang-Geun Chin⁴, Sunghak Lee¹, Hyoung Seop Kim^{1,5}; ¹*Department of Materials Science and Engineering POSTECH.* ²*KAERI.* ³*J-PARC Center.*

⁴*Graduate Institute of Ferrous Technology POSTECH.* ⁵*Center for High Entropy Alloys POSTECH.*

Synergetic strengthening is induced by the plastic strain incompatibility at the interface and extra-geometrically necessary dislocations (GNDs) accumulation occurs to relieve this incompatibility. Since the accumulated GNDs are related to the strength of materials,

synergetic strengthening has a potential to provide the extra-strength to heterogeneous structured (HS) materials. Although several reports represent the presence of synergetic strengthening during plastic deformation, the extra-GNDs evolution during tensile deformation is not quantitatively explained yet. In this study, the extra-GNDs evolution mechanism of the twinning-induced plasticity (TWIP)-interstitial free (IF) hybrid steel sheet was investigated by conducting in-situ neutron scattering tensile test. As a result, the strain partitioning occurs at the interface of TWIP steel-core – IF steel-sheath due to the different mechanical properties of each constituent. This strain partitioning makes strain incompatibility during plastic deformation, and extra-dislocation density occurs in the early of tensile test. After strain partitioning, the extra-dislocation density is saturated due to the saturation of GNDs accumulation at the interface. The extra-dislocation density from the strain partitioning contributes to the strength of TWIP-IF layered steel which is larger than the estimated strength by rule-of-mixtures. This finding provides how the extra-GNDs of HS materials are generated during plastic deformation and how the synergetic strengthening contributes to the mechanical property of HS materials.

[중성자]4-3 | 4:00 | invited Speaker

Characterization of yield point phenomena in strain aged high nitrogen steels: Jae Suk Jeong¹, Jong-Ho Shin¹, Sung-Dae Kim²; ¹Materials and Manufacturing Development Team, Doosan Heavy Industries and Construction. ²Ferrous Alloy Department, Korea Institute of Materials Science.

Keywords: Yield point phenomena, Upper yield strength, Suzuki effect, X-ray diffraction profile

The microstructural evolution and tensile behavior of high nitrogen steel before and after aging heat-treatment after pre-strain from 0 to 45% were investigated. With increase of pre-strain, hardness, 0.2% yield strength and ultimate tensile strength were linearly increased, on the other hand, after strain aging heat treatment of the pre-strained specimen, the yield point phenomena in the tensile behavior were stronger with increasing the pre-strain. The correlation between tensile behaviors and the microstructural evolution were enclosed by X-ray diffraction technique in addition to the microscopic analysis. In this study, it is introduced a new method for the calculation of stacking fault probability from the diffraction peak shift of ex-situ laboratory X-ray experiments. From the X-ray diffraction peak profile analysis, it was found that the dislocation density and stacking fault probability were increase with increasing applied strain. The results were quantitatively linked to the immobile dislocations due to the Suzuki effect arising from the segregation of interstitial atoms in extended dislocations and the segregation was observed with transmission electron microscope.

[중성자]4-4 | 4:20 | invited Speaker

Phase transformation and deformation behavior of ferrous medium-entropy alloys at cryogenic temperature: Jae Wung Bae^{1,2}, Jung Gi Kim², Jeong Min Park^{1,2}, Wanchuck Woo³, Stefanus Harjo⁴, Hyoung Seop Kim^{1,2}; ¹Center for High Entropy Alloys POSTECH. ²Department of Materials Science and Engineering POSTECH ³KAERI. ⁴J-PARC Center.

Recently, metastability-engineering strategy was successfully applied to the design of high-entropy alloys (HEAs). For example, the Fe50Mn50Co10Cr10 metastable HEA combines the solid solution strengthening effect inherent in HEAs and the transformation-induced plasticity effect, leading to enhanced strength and ductility compared to the previously developed equiatomic HEAs. These enhanced properties are mainly attributed to dislocation hardening and deformation-induced phase transformation. For gaining a better understanding of the deformation behavior and transformation-induced plasticity responsible for the enhanced mechanical properties, a ferrous medium entropy alloy with a nominal composition of Fe60Co15Ni15Cr10 (at%) was introduced and investigated via in-situ neutron scattering tensile testing, electron backscatter diffraction, and transmission electron microscopy analyses. This result provides micromechanical insights into the phase transformation and the resulting mechanical responses of the HEAs.

[중성자]4-5 | 4:40 | invited Speaker

Neutron diffraction for secondary battery and material science: Hyungsub Kim, Seongsu Lee; Neutron Science Centre, HANARO Research & Development Department, Korea Atomic Energy Research Institute.

Neutron diffraction techniques have been widely used to investigate the crystal structure of electrode materials for secondary batteries on the merit of the direct interaction of neutrons with the atomic nucleus, which enable us to investigate a detailed structure of electrode materials containing light elements, such as Li, Na, and O. Furthermore, a quantitative discussion on neighborhood elements in the periodic table such as Mn, Fe, Co, and Ni are comparably easy, which is difficult with an X-ray. For this reason, neutron diffraction researches on electrode materials for rechargeable batteries have been significantly increased for several years. In this presentation, we will demonstrate the neutron diffraction studies of various energy storage materials for secondary batteries which have performed from HANARO HRPD at KAERI. Also, recent neutron scattering research trends on rechargeable batteries will be briefly introduced.

가공-주조 및 용고

Room 204, 10월 24일

[주조1-1 | 09:00]

Effect of Mass on Mechanical properties of Ni-Based superalloys: 김영대, 송영석, 구지호, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원*.
Keywords: Gas turbine, Ni-based superalloy, Directional solidification, Microstructure, Mechanical property

가스터빈 가동환경인 고온, 고압분위기에서의 소재 적용을 위해 니켈기 초내열합금을 통한 소재 기술개발이 지속적으로 진행되고 있다. 가스터빈 블레이드의 형상으로 인한 Blade와 Dovetail 부의 위치별 두께의 차이가 발생하게 되고 따라서 정밀주조 시 냉각 속도에 차이가 발생하게 된다. 본 연구에서는 주조 시 두께에 따른 냉각속도 차이로 인한 기계적 특성을 비교 하기 위해 가로, 세로 150 mm, 두께 약 20 mm와 40 mm의 슬래브형태의 일방향 용고 주조재를 제작하였다. 정밀주조 공정에서 두께로 인한 용고 냉각속도 차이와 미세조직 변화를 확인하기 위해 OM, SEM, EDS를 이용하여 PDAS, 탄화물, 공정상 및 γ' 의 크기와 분율을 분석하였다. 또한, DS합금의 경우 Grain 간의 합금원소의 편석으로 인한 hot tearing 거동을 확인하기 위해 EPMA를 이용하여 Grain boundary에서의 편석 거동을 분석하고자 하였다. Slab 두께로 인한 기계적 특성에 미치는 영향을 확인하기 위해 상온 및 고온에서의 인장 시험과 stress rupture 시험을 수행하였으며, 기계적 특성평가 결과, 두께로 인한 인장성질의 변화는 거의 없이 일정하였으나, stress rupture 특성에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

[주조1-2 | 09:15]

가스터빈 엔진 부품 후보재의 기계적 특성 평가: 구지호, 송영석, 김영대, 송전영, 배현나, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원*.
Keywords: Nickel-based superalloy, Investment casting, Mechanical property, Directional solidification

니켈기 초내열합금은 고온에서 우수한 기계적 성질로 인해 대부분의 가스터빈 엔진 부품에 적용되고 있다. 특히 블레이드 및 베인 부품은 고온 강도를 주도하는 Gamma Prime 석출상이 다량으로 존재하여 성형이 어렵기 때문에 주조 정밀주조법으로 제작이 된다. 본 연구에서는 주조품의 크기에 따른 특성을 평가하기 위하여 시험편 크기를 변화시켜 주조한 후 이에 따른 기계적 특성과 미세조직 변화를 관찰하였다. 시험편은 개량된 Bridgman법이 적용된 진공 정밀주조로를 이용하여 봉상 및 판상의 2가지 형태로 제작하였다. 정밀주조는 3E-3 mbar의 진공분위기에서 용탕온도 약 1450도, 인출속도 4~6 mm/min의 공정조건에서 수행되었다. 주조 시험편은 표준 열처리 후 기계적 특성을 평가하였고, OM, SEM 등을 이용하여 미세조직을 관찰하였다. 판상 시험편은 봉상에 비해 합금 원소의 편석이 심해 주조조직의 건전성을 저하시키고 결국 고온 강도와 인성을 떨어뜨리는 결과를 초래하였다. 따라서 본 연구에서는 기계적 특성에 영향을 미치는 Size effect와 고온 특성을 향상시키는 방안에 대해 고찰하였다. 본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2013101010170C)

[주조1-3 | 09:30]

High Temperature Low Cycle Fatigue Properties of Cast Nickel Based Superalloy: 송전영, 마영화, 구지호, 김영대, 송영석, 석진익; *두산중공업㈜ 기술연구원 소재기술개발팀*.

Keywords: Cast nickel based superalloy, Low cycle fatigue, strain rate, Crystal orientation

Effects of strain rate and crystal orientation on low cycle fatigue properties of single and directionally solidified nickel based superalloy have been investigated. Low cycle fatigue tests were conducted at different temperature (3 temperatures) and different strain rate (2 strain rates), orientation (2 orientation). The results of high temperature low cycle fatigue properties will be discussed in detail.

[주조1-4 | 09:45]

일방향 초내열 합금 IN792hf에서 Eta상의 형성거동과 기계적 특성에 미치는 영향: 손명균¹, 구지호², 서성문³, 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업㈜ 기술연구소, ³재료연구소 내열재료그룹.

Keywords: Superalloy, Directional solidification, Eta phase, tensile test, Solidification rate

Ni기 초내열 합금인 IN792hf는 600°C~800°C에서 연성을 개선시키기 위해 합금원소 Hf가 첨가되어 IN792합금을 개량한 합금으로, 고온 기계적 특성과 내환경특성을 최적화한 합금이다. 가스터빈 일방향 블레이드와 베인 소재로 널리 사용되는 IN792hf 합금은 용고 중 편석에 따라 Eta상이 형성되며, 또한 고온에서 사용중 Eta상이 석출될 수 있으며 형성된 Eta상은 기계적 성질을 저하시킬 수 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 IN792hf 합금에서 일정한 온도구배(G)에서 용고속도(V)를 10~100 $\mu\text{m/s}$ 로 일방향 용고하여, 용고속도에 따라 형성되는 Eta상 형성거동을 관찰하였고, 용체화 열처리 시간에 따라 Eta상이 용체화 됨을 관찰하였다. 용고속도가 증가함에 따라 수지상 사이에서 형성된 Eta상이 미세화 되었고, 미세화 된 Eta상은 용체화 열처리 과정에서 재 용해됨을 보여주었다. 용고속도에 따른 정출 된 Eta상의 열처리 전 변화와 열처리 후 Eta상의 변화가 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

[주조2-1 | 10:10]

진공정밀주조용 세라믹 셸몰드의 강도, 통기도 특성에 미치는 공정요인 영향 분석: 배현나¹, 송영석¹, 구지호¹, 김영대¹, 석진익¹; ¹두산중공업.

Keywords: 정밀주조, 방향성 용고, 단결정, 셸몰드, 통기도

미세조직은 소재 및 부품의 기계적 특성을 좌우하는 중요한 요인으로서 기존 등방성(EQ) 미세조직 소재보다 향상된 수명과 고온

특성이 필요한 경우 방향성(DS) 또는 단결정(SX) 미세조직이 요구된다. 진공정밀주조는 소재를 고온에서 용해한 수 세라믹 재질의 셀몰드에 장입하여 분당 수mm 속도로 응고함으로써 DS 또는 SX 미세조직을 가진 시편 및 부품을 제조하는 공정이다. 셀몰드는 정밀주조공정에 있어서 반드시 필요한 부품이며 Startblock 형태에 따라 방향성과 단결정 미세조직을 결정하게 되고, 블레이드와 베인과 같이 복잡한 형상의 부품 제조 측면에서도 효율적이다. 셀몰드에 요구되는 중요한 특성으로는 용탕 응고 과정에서 내부 가스 제거를 위한 통기도와 용탕 압력을 견딜 수 있을 정도의 충분한 강도가 있다. 셀몰드는 Slurry와 Stucco 공정의 반복에 의해 적층 구조를 가지기에 원료 및 제작방법에 따라 특성 차이가 나타나고, 일반적으로 통기도와 강도 사이에는 상호 상반된 경향이 나타나기 때문에 최적화가 중요하다. 본 연구에서는 Slurry 점도, 코팅횟수, Stucco 입자 크기를 다르게 적용하여 셀몰드 시편을 제작하였고 통기도와 강도 특성에 미치는 영향을 살펴보았다. 결과적으로, Stucco 입자 크기가 셀몰드 최적화에 있어서 가장 중요한 요인임을 알 수 있었다.

[주조2-2 | 10:25]

금속연료 주조 중 란탄족 반응 방지를 위한 공정 개발: 국승우, 오석진, 정경채, 고영모, 박정용; 한국원자력연구원

Keywords: 금속연료, U-Zr, 란탄계열, 반응방지, 도가니 코팅

한국, 미국, 일본, 그리고 인도 등 세계 각지의 원자력 국가 연구기관에서는 차세대 핵연료 제조를 위한 금속연료 제조공정으로 유도용해를 활용한 U-Zr 합금 기반의 사출주조 공정 개발 연구가 진행 중이다. 이중, U-Zr 합금에 미량으로 함유되는 란탄계열 원소의 고반응성에 의하여 야기되는 도가니 및 주형과 용융물의 반응에 대한 문제의 해결에 대한 문제는 금속연료 물질의 재활용, 수율향상, 그리고 핵물질의 계량관리에 관한 이슈를 모두 야기하게 된다. 또한, U-Zr 합금과 용해성이 없는 란탄계열의 합금들의 부유는 미량에 minor actinide 원소의 부유를 유도하여 금속연료 함유물의 균질성에 영향을 주기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 U-Zr 합금과 반응하지 않는 물질을 기준으로 새로운 도가니/주형 코팅 물질의 개발과 함께 란탄족의 용해성 개선을 위한 첨가제에 대한 연구가 활발하다. 금번 학회 발표는 이중 도가니 코팅과, 공정조건을 변경하여 란탄계열과 도가니간의 반응을 개선하는 연구 결과를 수록하고자 한다. 특히, 주조공정 중 발생하게 되는 반응 메커니즘을 밝히고 이의 개선방법을 논의하였다. Sessile drop test 및 유도용해를 활용하여 시편의 반응을 확인하였고, SEM/EDS 및 XRD를 활용하여 이를 분석하였다. 개선결과 도가니 측부 및 하부의 반응을 크게 방지하였고, 이를 통한 코팅제 개발의 기초를 마련하였다. 특히, 도가니 하부 반응을 방지함으로써 금속연료 제조공정의 수율향상 및 물질 재활용에 활용할 수 있는 기반을 마련하였다.

[주조2-3 | 10:40]

결정립미세화제 첨가를 통한 공정 Mg₂Si상 개량이 Al-Si-Mg계 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향: 김병준¹, 정성수¹, 황지훈², 박용호³, 이영철¹; ¹한국생산기술연구원, ²LG 전자 소재/생산기술원, ³부산대학교

Keywords: Aluminium alloy, solidification, phase modification, eutectic Mg₂Si, mechanical properties

Al-Si-Mg계 알루미늄 주조합금에서 생성되는 Mg₂Si 금속간화합물은 높은 강도와 낮은 밀도를 보유하고 있어 고강도알루미늄 합금의 핵심 강화상으로 알려져 있다. Al-Si-Mg계 알루미늄 합금의 기계적 특성은 Mg₂Si 강화상의 형상과 크기 및 분포에 큰 영향을 받는다. 일반적으로 Mg₂Si금속간화합물은 응고과정동안 외부응력이 집중되기 쉬운 조대한 수지상정 형태로 성장되어 기계적 성질을 저하하는 문제가 발생하며, 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근까지 다양한 연구가 보고되었다. 하지만, 대부분의 연구는 초정 Mg₂Si상의 개량에 초점을 맞춰왔으며, 공정 Mg₂Si상의 개량은 오직 열처리에 의해 진행되고 있어 보다 쉬운 개량방법이 요구되고 있다. 본 연구에서는 Al-5Ti-1B 및 Al-10Sr 결정립 미세화제 첨가를 통해 응고과정 중 공정 Mg₂Si상의 결정성장 방향을 제어하여 조대한 수지상정 형태에서 미세한 polygonal 형태로 개량하였으며, 그에 따른 알루미늄 합금의 미세조직 변화와 기계적 특성을 분석하였다.

[주조2-4 | 10:55]

차압주조된 A356합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 용체화 처리의 영향: 김민수¹, 김상원², 광기훈³, 이석재², 김대업¹; ¹한국생산기술연구원 전북지역본부, ²전북대학교 금속시스템 공학과, ³명화공업(주) 기술연구소

Keywords: Aluminium alloy, solution heat treatment, mechanical property

차량의 중량 감소를 위해 엔진, 차체 및 새시 부품 등에 적용되고 있는 알루미늄 합금은 경량화 효과가 극대화되는 고급 대형차 중심으로 활용되기 시작하여 최근에는 중소형 차종에까지 적용될 정도로 자동차 부품 소재로서 널리 활용되고 있다. 이러한 알루미늄 소재의 수요 증가에 대응하여 제품 경쟁력을 확보하기 위해서는 요구되는 물성을 만족함과 동시에 공정비용을 절감할 수 있는 기술 확보가 필수적이다. 차압주조공정은 주단조 제품 수준의 우수한 기계적 성질을 확보함과 동시에 공정비용을 절감할 수 있는 공정으로서, 저압주조와 다르게 용탕 충전 중 가압이 가능하여 금형으로의 열전달 향상, 수축 및 기포 결함 억제와 가능하고, 주조 조직이 더욱 미세화되는 장점이 있다. 대표적인 자동차용 알루미늄 주조재인 A356 합금의 경우 T6 열처리 (용체화 처리 후 인공시효 처리)를 통해 최종 물성이 결정되기 때문에 A356 합금의 차압주조 적용을 위해서는 주조 조직 변화에 따른 기존 T6 열처리 조건의 실험적 검증 및 최적화가 요구된다. 본 연구에서는 차압주조된 A356 합금의 용체화 처리 조건에 따른 미세조직과 기계적 성질 변화를 실험적으로 확인하여 상기 합금에 대한 최적 용체화 처리 조건을 도출하고자 하였다. 차압주조된 A356 캐리어 제품에서 bar 형태로 시편을 가공한 후, 535~555°C의 온도에서 4~6시간동안 용체화 처리를 수행하였으며, 이후 인장시험을 통해 기계적 성질을 확인하였다. 용체화 처리 과정에서 나타나는 미세조직 변화는 광학현미경 및 전계투사전자현미경을 통해 관찰하였으며, 이를 통해 Si 상의 구상화 거동 및 Intermetallic 상의 분해거동을 분석하였다. 이렇게 확인된 미세조직 변화 및 기지상 내 성분변화로부터 용체화 처리된 A356 합금의 기계적 성질과 미세조직 간의 상관관계에 대해 고찰하였다.

분말재료 Room 204, 10월 24일

[분말1-1 | 11:20]

방전 플라즈마 소결된 Ti-V-Nb-Ta-W 복합재의 준안정 상형성 거동 분석: 김상준¹, 오현석¹, 임종화², 송다혜², 이진규², 박은수¹; ¹서울대학교 재료공학부, ²공주대학교 신소재공학부.

Keywords: High Entropy Alloy, refractory alloy, spark plasma sintering, nano-segregation, thermodynamics

우수한 상 안정성과 Ni계 초합금 대비 뛰어난 비강도를 바탕으로 Nb, Mo, Ta, W 등의 고용점 원이 원소로 이루어진 BCC 구조의 하이엔트로피 합금은 차세대 초내열 합금으로써 큰 주목받고 있다. 하지만 내열 금속 원소들로 구성되어 있는 만큼 높은 용점 으로 인해 주조를 통한 제품 제조에 어려움이 있으며 이에 대한 해결책으로 분말 야금을 활용한 고엔트로피 합금 제조에 관한 연구가 다각도로 모색되고 있다. 본 연구에서는 이러한 산업적 요구에 맞추어 기계적 합금화 (MA, mechanical alloying) 및 방전 플라즈마 소결 (SPS, Spark Plasma Sintering)을 통한 Ti-V-Nb-Ta-W 고엔트로피 합금의 소결제 제조 방안에 대해 제시하고자 한다. 부연하면 MA를 통해 제조된 소결체는 Ti-oxide 및 Nb,Ta-rich와 W-rich 조성의 BCC 상이 100 nm 수준의 결정립 크기를 가지는 복합체 형태의 미세구조를 가짐을 투과전자현미경을 통해 확인하였으며, 이는 상기 합금 조성이 안정한 BCC 단일상으로 구성될 것이라고 예측한 상평형 계산(CALPHAD)과는 상반된 결과였다. 이를 이해하기 위해 주요 내화 금속 원소 산화물의 표준 형성 에너지를 엘링감 도표에 도식하였고 그 결과 Ti원소가 oxide로 형성될 수 있음을 확인하였다. 또한, 계면 에너지 및 고용 원자의 탄성 에너지에 관한 열역학 인자를 고려 하였을때 짧은 SPS 공정시간동안 Nb,Ta-rich와 W-rich BCC 상이 준안정 상태로 분리되는 것으로 예측하였다. 이러한 연구 결과는 고엔트로피 합금이 나타내는 특이한 소결 거동에 대한 기구 및 이에 대한 정량적인 분석을 제시하며, 향후 분말 야금을 통해 고엔트로피 합금의 폭넓은 활용을 위한 제조기술을 확립하는데 기초를 다질 수 있을 것으로 사료된다.

[분말1-2 | 11:35]

Ti 다성분계 합금분말의 밀링조건에 따른 소결특성 및 미세조직 분석: 이정환^{1,32}, 장준호¹, 박현국¹, 홍성길², 오익현¹; ¹한국생산기술연구원 EV 부품소재그룹, ²전남대학교 신소재공학부.

Keywords: Pulsed current activated sintering method, Ti-Al-Si, Mechanical alloy, High energy ball milling, Microstructure

최근 산업 발전에 따라 자동차, 조선, 우주/항공 등의 산업제품에서 고기능, 고정밀, 고밀도화의 특성이 요구되고 있다. 특성이 우수하면서도 장수명인 제품들은 항공기, 로켓 엔진이나 내열합금, 경량합금 등 다양하게 적용되고 있다. 이러한 각종 재료는 그 재료 자체가 가지는 뛰어난 기계적/물리적 성질 때문에 피가공성이 크게 저하되고, 특히 양산이나 고정밀도가 요구되는 부품을 제조함에 있어서 큰 문제로 대두되는 경우가 많다. 이러한 난삭용 절삭공구의 재료로는 초경합금이 일반적으로 가장 많이 사용되고 있으나 초경에 의한 난삭재 절삭은 공구수명이 짧고 절삭칩의 응착도가 많아 이에 대한 대책으로 초경소재의 표면에 Ti계 합금 소재를 코팅한 절삭공구의 사용 비중이 증가하고 있다. 특히 Ti-Al-Si계 합금 조성은 기존의 Ti계, Ti-Al계, Ti-Si계보다 내산화성, 경도, 인성 등의 기계적인 특성이 우수하여 최근 각광받고 있다. 본 연구의 목적은 고 에너지 볼밀링 공정(High energy ball milling: HEBM)을 이용하여 Ti 분말에 ~50at%Al, ~10at%Si의 일정한 조성을 가진 금속 분말을 첨가하여, 원료분말을 기계적으로 합금화시켜 특성을 분석한 후, 펄스전류활성소결 공정(Pulsed Current Activated Sintering: PCAS)을 적용하여 물성이 우수한 Ti계 합금 타겟을 제조하는 데 있다. HEBM 공정에 의해 합금화 된 분말을 밀링 시간(5 h, 15 h, 25 h)에 따라 입도분석 및 상거동 특성을 평가하였으며, 밀링시간에 따른 Ti, Al, Si 분말의 합금화 거동 및 과포화고용체 형성에 대해 분석하였다. Ti계 합금분말에 PCAS 공정을 적용하여 단일공정으로 짧은 시간에 Ti합금 소재를 제조하였고, 이 때의 소결조건은 Ti-Al-Si 3원계의 온도에 따른 불변반응을 참고하여 소결을 진행하였다. 각 조건에 따라 제조된 소결체의 상거동은 기 합금 분말의 합금화 거동에 의해 결정되었으며, Ti_xAl_y , Ti_xSi_z , $Ti_xAl_ySi_z$ 형태로 합금상이 형성됨을 확인하였다. 특히, 특정 소결 조건에서 발생하는 $Ti_7Al_5Si_{12}/TiAl_3$ 계면에서의 적층결합에 의한 쌍정 형성 거동에 대해 미세조직학적으로 분석하였다.

[분말1-3 | 11:50]

열탄화 AROS 공정을 이용한 TiO₂-Co 복합분말의 소결거동 및 기계적 특성: 고명선¹, 임승균¹, 박일송², 박제신²; ¹전북대학교 일반대학원 금속공학부, ²전북대학교 공과대학 신소재공학부.

Keywords: TiO₂ Sintering, Co binder, Ceramic-metal composite

세라믹 소결체의 기계적 결합을 극복하기 위해 금속바인더를 첨가한 복합분말을 통하여 이러한 문제점을 해결하려 노력 해왔다. 이러한 노력의 일환으로서 본 연구그룹은 AROS 공정을 이용한 세라믹-금속간의 젖음성 향상을 통하여 고인성의 세라믹 소결체 제조에 관한 연구 결과를 보고하였다. 기존의 AROS 공정은 기계화학적 반응을 이용하여 세라믹-금속 복합분말을 제조하였다. 이 경우 실용화 측면에서 문제가 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하고자 대량생산에 용이한 열탄화(thermal carbonization)반응을 통한 AROS 공정 연구를 진행하였다. 본 연구는 Ti와 Co를 Ar분위기 하에서 Arc용해하여 Ti-33at%Co alloy를 제조하였으며, 제조된 alloy는 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 합금분말은 탄소분말과 혼합한 후 800-1000°C에서 열탄화 합성 최적화를 통하여 TiC-Co를 제조하고, 선택적으로 산화 처리를 통하여 TiO₂-Co 복합분말을 제조하였다. 제조된 분말은 12Φ몰드에서 장입하여 프레스로 가압 후 소결하였다. 제조한 TiO₂-Co 소결체는 굽힘 시험과 비커스 경도시험을 통해 굽힘 강도와 비커스 경도, 파괴 인성을 조사하

였으며, 기존 기계화학적 방법으로 제조한 TiO₂-Co 소결체의 기계적 특성 및 미세구조를 비교하였다. 기계적 특성을 XRD, SEM을 이용하여 조성 및 미세조직과 기계적 성질의 관련성을 통해 규명하고자하였다.

[분말2-1 | 13:00] 초청강연

희토류 불화물을 사용한 반도체 챔버 보호코팅용 용사코팅분말 개발: 이준수, 이종범; (주)그린리소스

Keywords: Particle, Dry etcher, Yttrium Flouride, 희토류불화물, 미세오염물질

반도체 공정의 고단화와 소형화로 챔버 내 공정 조건이 더욱 Toxic한 Gas를 쓰며 이로 인해 챔버 외벽과 부품들이 부식되고 미세오염입자의 문제에 노출됨에 따라 기존보다 내식성이 더 뛰어난 코팅 소재의 개발이 절실히 요구되고 있습니다. 기존 보호코팅분말로 주로 쓰던 산화물과 불소 가스와의 반응으로 일부 미세오염물질(Particle)이 발생하여 반도체 수율과 불량률에 상당한 문제가 제기되는 바, 희토류 불화물 용사코팅 분말을 개발하여 불소가스와의 반응을 최소화하고 미세오염물질(Particle) 줄이는데에 상당한 기여를 합니다. 본 희토류 불화물 용사코팅 분말을 반도체 챔버 보호코팅 시장에 적용하려 합니다.

[분말2-2 | 13:30]

Development of iron nitride compounds by using a mechanochemical reaction of Fe-based glassy powder and solid nitrogen compounds: 김진영, 남재현, 이승훈; 경북대학교 금속신소재공학과

Keywords: Fe-based amorphous composite powder, iron nitrides, mechanical alloying, mechanochemical reaction, magnetic property

Iron nitrides out of two plentiful cheap iron and nitrogen such as α -Fe₁₆N₂ and γ -Fe₄N are once again in the spotlight as the potential magnetic materials of the next generation for the electric vehicle industry. Extensive applications of high-performance magnets including iron nitrides, however, have not been reported since the massive production of magnetic iron nitrides has not been successfully established to date. Due to the low solubility of nitrogen in liquid iron, the production of iron nitrides through conventional steelmaking processes is difficult. Moreover, metastable iron nitrides with high magnetic moment can be formed only below 200 °C where diffusion-dependent phase transformations can be slow. This study, therefore, represented a non-equilibrium material processing route that can enhance the kinetics for the iron nitride formations at low temperatures. To enhance reaction kinetics at low temperatures, thermodynamically metastable Fe-based glassy alloy powder with a relatively open atomic packing structure was used as a starting material. Synthesized iron nitrides during a mechanical alloying of the Fe-based amorphous alloy powders and solid nitrogen compounds were systematically characterized as well as its thermal and magnetic properties, were studied to understand the mechanism of solid-state nitriding reactions.

[분말2-3 | 13:50]

SHS를 활용한 Ti 분말 제조 시 반응 부산물로 생성 되는 Mg 및 MgO 제거 기술: 최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 이현규¹, 현승균², 박경태¹; ¹한국생산기술연구원, ²인하대학교 신소재공학과

Keywords: Ti powder, SHS process, Leaching process, Mg, MgO

자전연소합성법은 연소파를 활용함으로써 환경적 피해를 줄이면서 고속 합성이 가능하여 경제성을 극대화할 수 있는 금속, 세라믹 제조 기술이다. 이러한 자전연소합성법(SHS)을 이용하여 Ti 산화물로부터 직접 환원을 통해 Ti 분말 제조를 실시하였다. 출발물질로 Ti 산화물, 환원제로 Mg 분말을 사용하였고 타이타늄(Ti), 잔여 마그네슘(Mg) 및 마그네슘 산화물(MgO)이 최종 생성물로 형성되었다. 이에 따라 Mg 및 MgO를 제거하는 공정이 요구되며, 이를 위하여 산 침출 공정이 사용되었다. 반응 부산물의 산 침출 실험을 위해 두 그룹으로 실험 조건을 나누어 수행하였다. 그룹 1은 비교적 고농도의 강산에서 단일공정으로 산 침출 공정을 수행하였으며, 그룹 2는 약산으로 1차 세정 후 최종적으로 강산을 이용하여 처리하는 2 step 공정을 이용하여 수행하였다. 실험 중 용매로 사용된 산과 반응 부산물 간의 발열반응으로 인한 용매의 온도 상승을 확인하기 위하여 K-type 열전대를 장착하였으며, 이를 실시간 모니터링을 통해 발열반응으로 인한 산 용액의 온도를 파악하였다. 산 침출 실험 후 회수된 Ti 분말을 수세처리하고 진공 오븐에서 건조 후 산소 분석, XRD, SEM, EDS 분석을 통하여 잔여 반응 부산물의 존재 여부를 확인하였으며, 이를 토대로 반응 부산물 제거를 위한 산 침출 공정의 최적 조건을 도출하였다.

[분말2-4 | 14:05]

적층 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 공정 조건에 따른 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계: 박준혁, 이정섭, 성효경, 김상식; 경상대학교

Keywords: Additive manufacturing, Selective laser melting, Ti alloys, Process parameter, Computed tomography scan

최근 Boeing 787, Airbus 350 등과 같이 항공기의 복합재 사용이 늘어나면서 Ti-6Al-4V 합금의 사용이 더욱 증대되고 있는 추세이다. 이에 따라 항공기 경량화를 위해 초기 설계 단계에서부터 3D 프린팅 공정을 활용하여 부품을 제작하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 3D 프린팅 공정에는 레이저 파워 (laser power), 스캔 속도 (scan speed), 중첩도 (overlap) 등과 같은 여러 공정 변수들이 있다. 이와 같이 적층 제조된 Ti-6Al-4V 합금을 항공기 부품용 소재로 적용하기 위해 공정 변수 최적화를 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 SLM (Selective laser melting) 공정을 활용하여 제조 조건 및 적층 높이 (building height) 를 다양화하여 총 6종류의 Ti-6Al-4V 합금을 제조하였다. 방향에 따른 시편의 미세조직을 분석하였으며 computed tomography (CT) scan 을 통하여 시편 내부 기공을 3차원적으로 측정하였다. 경도 및 인장 특성을 평가하고 EBSD (Energy backscatter diffraction) 분석을 통해 변형 거동을 고찰하고자 하였다.

[분말2-5 | 14:20]

결정립 크기 제어를 통한 Bi-Sb-Te계 합금의 열전특성 향상: 이명원, 이철희, Peyala Dharmiah, 홍순직; *공주대학교*
Keywords: Thermoelectric materials, Bi-Sb-Te, Grain size, Heat treatment, Spark plasma sintering (SPS)

이산화탄소 배출 없이 직접 열을 전기로 변환할 수 있는 열전재료인 Bi-Sb-Te계 합금은 상온 (300-500K)에서 응용되어 널리 사용된다. 그러나 열전도율(TE)의 효율은 여전히 10%미만으로 낮은 효율을 가져 넓은 범위에서 사용이 제한된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재까지 많은 연구자들은 우수한 열전성능을 나타내기 위해 연구 중이며, 주로 나노 입자 분산 및 기계적 합금(MA)와 같은 입자 미세화를 통해 열전도도(κ)를 낮추는 방향으로 진행되어지고 있다. 그러나 입자 미세화를 통한 결정립 감소는 열전도도뿐만 아니라 전기전도도도 함께 낮추어 최대 열전변환효율(ZT)을 얻을 수 없는 단점을 가지고 있습니다. 따라서 본 연구에서는 결정립 크기를 제어하여 열전변환효율(ZT)을 최적화하였다. 본 연구에서는 가스 분무법으로 제조된 P형 Bi-Sb-Te 열전분말을 사용하였고, 제조된 열전분말은 통전가압소결(Spark plasma sintering, SPS)을 사용하여 소결하였다. 소결 조건은 결정립 크기를 제어하기 위해 소결 온도 및 시간을 최적화하였다. 소결체의 상, 미세조직은 각각 X선 회절계(XRD), 주사 전자 현미경(SEM) 및 전자 후방 산란 회절(EBSD)에 의해 분석하였다.

[분말2-6 | 14:35]

기계화학적 밀링방법을 통한 나노결정립 CeB₆ 분말 합성: 하태준¹, 심재혁¹, 이준호²; ¹한국과학기술연구원, ²고려대학교
Keywords: ball milling, mechanically induced self-propagating reaction, nano crystallite, hexaboride

CaB₆, SmB₆ 와 같은 금속 육붕화물은 특이한 자기적 특성을 가지며, 특히 세륨 육붕화물(CeB₆)은 저온에서 반강자성 특성을 보인다고 알려져 있다. 최근의 연구에서 세륨 육붕화물(CeB₆) 분말은 수소저장 소재의 촉매로서의 그 가능성을 보여주었다. 붕소와 금속 육붕화물은 녹는점이 섭씨 2000 도 이상으로 매우 높기 때문에 순도가 높은 단결정과 분말을 경제적으로 제조하기 어렵다. 본 연구에서는 250 nm 이하의 결정립 크기를 갖는 세륨 육붕화물(CeB₆) 분말을 기계화학적 밀링 방법을 통하여 합성하는 것에 대한 연구를 수행하였다. 실험 시에 주요 인자로는 투입 원료 종류, 볼 밀링 시간을 고려하였다. 제조한 세륨 육붕화물(CeB₆) 분말에 대하여 레이저 입도 분석, XRD, SEM-EDS, TEM-SADP 분석을 통하여 합성한 분말의 결정립 크기와 조성, 입자들의 분포를 확인하였다.

[분말3-1 | 15:00]

분말야금법으로 제조된 고망간강기지 나노복합소재의 기계적 특성: 김대영¹, 진종규², 남승진¹, 김세훈³, 최현준¹; ¹국민대학교 공과대학 신소재공학부, ²연세대학교 공과대학 신소재공학부, ³자동차부품연구원 소재공정연구센터

Keywords: TWIP steel, Powder metallurgy, Nanocrystalline, SPS, Mechanical properties

자동차 산업에서 연비향상 및 환경규제의 이유로 자동차의 경량화가 큰 이슈가 되고 있다. 뿐만 아니라 탑승자의 안전성을 고려했을 때, 고강도-고연성의 강판은 자동차 산업에 있어서 이상적인 재료이다. 고 망간강은 소성변형 중에 매우 높은 가공경화속도를 갖기 때문에 높은 인장강도와 연성을 갖지만 상대적으로 항복강도가 낮아서 쉽게 소성변형 한다는 단점이 있다. 본 연구는 분말야금법을 이용하여 수백 나노미터 단위의 결정립을 갖으며, 오스테나이트 기지에 나노 스케일의 in-situ 금속간 화합물이 분산된 고망간 강을 제조하였다. 우선, 볼밀링 공정을 통해 고망간강 분말을 제조함과 동시에 결정립을 수십 나노미터 단위로 미세화하였다. 그 다음 방전 플라즈마 소결 (Spark Plasma Sintering, SPS) 공정을 통해 750°C에서 15 분 소결하였고, 이 때 다양한 조성의 나노 산화물이 형성될 수 있도록 하였다. 합금 조성에 따른 산화물의 종류 및 이들이 고망간강의 기계적 거동에 미치는 영향이 고찰될 예정이다.

[분말3-2 | 15:20]

복합 기공 구조를 갖는 Ni계 합금 다공성 금속의 제조: 이유정¹, 이민정², 김현주¹, 김병기², 박만호³, 윤종열¹; ¹한국기계연구원부설재료연구소, ²울산대학교 첨단소재공학부, ³아스플로 기술연구소

Keywords: Multiple-pore structure, Ni alloy, Porous metal, membrane

가스 필터는 환경, 위생분야를 포함하는 여러 공학 분야에서 요구되는 유해 물질 및 기타 미세입자의 여과에 필수적이며 금속, 세라믹, 고분자 재료 및 섬유 등을 이용하여 다양한 용도에 맞게 디자인되고 제조되고 있다. 금속 필터의 경우, 고분자나 세라믹 필터와는 달리 소재의 재활용이 가능하며 고분자 멤브레인에 비해 고온 시스템 및 고압 가스 공정에서 안정적이고, 세라믹 필터에 비해 높은 인장특성을 나타내므로 파손의 위험이 없다는 점에서 산업에서의 요구가 증가하고 있다. 특히 니켈 필터의 경우, 내식성과 소결특성이 좋아 멤브레인 제조에 적합한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 고온 및 고압 필터용 소재 제조를 목적으로 Ni계 합금 분말과 Ni foam을 이용하여, 복합 기공 구조를 갖는 다공성 금속 소재를 제조하였다. 이를 위해 먼저 Ni foam위에 평균 입도 28 μm 의 Ni-Cr 분말과 평균 입도 2 μm 의 NiO 분말 및 평균 입도 1 μm Ni 분말의 슬러리를 각각 제조하여 순서대로 스크린 프린팅을 실시하였다. 복합기공구조의 상단 표면을 형성할 평균입도 1 μm Ni layer는 스크린프린팅 횟수에 변화를 주어 그에 따른 기공특성을 분석하기 위해 1, 3, 5회로 각각 프린팅하였다. 스크린 프린팅된 시편은 Ar 분위기에서 탈지과정을 거쳐 고진공에서 소결을 실시하였다. 제조된 시편은 Archimedes법과 Capillary Flow Porometer를 이용하여 기공 특성을 분석하였고, SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 미세 조직 및 두께를 관찰하였다.

[분말3-3 | 15:40]

AROS 공정에 의해 제조된 Ni-20Cr-0.5Ti-0.3Al-1.2Y2O3 ODS 합금의 미세구조 및 기계적 특성: 김창재¹, 윤정모², 박제신², ¹전북

대학교 공대 금속공학과.² 전북대학교 공과대학 신소재공학부.

Keywords: Ni계 ODS합금, Nano-particle, Mechanical properties

Ni 기반 ODS (Oxide Dispersion Strengthening) 합금은 고온에서의 기계적 특성이 우수하기 때문에 고온에서 사용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. ODS합금은 산화물을 균일하고 미세하게 분산시킴으로써 강도를 증가 시키는 방법이다. 하지만 일반적인 제조방법은 산화물의 분산성, 조성 균일성 등에 문제가 있다고 알려져 있다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위한 새로운 공정인 AROS 공정에 관한 연구를 진행하고 있다. 본 연구에서는 AROS 공정에 의해 제조된 Ni-20Cr-0.5Ti-0.3Al-1.2Y₂O₃ 복합분말 소결체의 미세구조 및 기계적 성질을 조사하였다. 먼저 Ni-Y₂O₃ 복합 분말을 기계적 수소화법을 이용하여 Ni-YH₂를 제조하고 선택산화에 의하여 Ni-Y₂O₃ 복합 분말을 제조하였다. Ni-Y₂O₃ 복합분말에 Cr, Al, Ti를 상기조성에 맞춰 첨가하였다. 제조된 Ni-20Cr-0.5Ti-0.3Al-1.2Y₂O₃ 복합분말의 소결은 Ar 분위기에서 통전가압소결장치(UPS)를 이용하였다. 각 분말 및 소결체의 상분석 및 미세구조는 XRD, SEM, TEM을 이용하였으며, 기계적 특성을 조사하였다.

[분말3-4 | 15:55]

정전 분체 코팅 공정을 이용한 SUS316L 다공체 제조: 이민정¹, 이유정², 김현주¹, 김병기², 박만호³, 윤종열¹; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²울산대학교 첨단소재공학부, ³아스플로 기술연구소

Keywords: SUS316L, 정전 분체 코팅 공정, 금속 다공체, 면밀도, PU foam

금속 다공체(Porous metal)란 금속의 내부에 많은 기공(Pore)이 존재하는 금속을 말하며, 금속 다공체의 특성은 기공의 크기, 기공의 배향성, 기공률 등에 의하여 결정되며 이에 따라 특성도 달라지므로 목적하는 용도에 대응하여 여러 제조법이 이용되고 있다. 금속 다공체 제조법 중 금속분말을 이용하는 방법에는 반응고금속의 발포법, 분말소결체의 가스팽창법, 중공금속국 소결법, 스페이스 홀더법 등이 있다. 분말 공정을 이용하여 제조된 분말 다공체는 순금속의 foam 골격에 합금 분말을 도포하고 후열처리 공정을 실시하여 제조될 수 있으며 일반적으로 스폰지 형태의 3차원 망목 구조를 가지고 있다. 이러한 제조법은 높은 재현성으로 복제 생산이 가능하다는 장점을 가지고 있으나 순금속의 foam을 기초로 하기 때문에 복잡한 공정과정을 거치며 순금속 foam의 가격이 비싸고 합금의 조성제어가 어려워 재료에 한계를 갖는다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 방법이 정전 분체 코팅 공정이다. 정전 분체 코팅 공정은 금속 분말을 스프레이 건을 통해서 시편에 분사할 때, 고전압으로 충전된 스프레이건 팁의 코로나 전극과 시편사이에 형성되는 전기장으로 금속 분말이 통과할 때 음이온이 금속 분말에 달라붙어서 전하를 띄게 되고 이때 형성되는 전기장을 따라 이동하여 시편에 코팅되는 공정이다. 정전 분체 코팅 공정의 경우 소재의 제한 없이 다양한 조성의 금속 분말이 적용가능하고 폼 형상의 template를 사용할 경우 80%이상의 기공율을 갖는 금속 다공체의 제조가 가능하다. 정전 분체 코팅 공정으로 제조된 금속 다공체의 특성은 초기 분말에서부터 template로 사용되는 폼의 종류, 탈지 및 소결 조건 등 공정변수에 많은 영향을 받으므로 분말 소재별 최적의 공정조건을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 정전 분체 코팅 공정을 이용하여 SUS316L 금속 다공체를 제조하였고, 코팅 면밀도에 따른 다공질 금속의 미세구조 및 기공특성을 통해 공정 최적화 조건을 확립하였다. 연구에 사용한 SUS316L 분말(7~9 μm)로 제조되었으며, 2.0~3.0 kg/m²의 면밀도 변화에 따라 코팅 공정을 수행하였고, 1350°C에서 2시간 소결하여 금속 다공체를 제조하였다. 제조된 금속 다공체는 Archimedes 법을 이용하여 상대밀도를 분석하였으며, SEM을 통해 금속 다공체의 미세조직과 기공특성을 분석하였으며, XRD를 이용하여 상분석을 하였다. 또한 압축 조건에서 기계적 물성을 측정하였다.

[분말3-5 | 16:10]

Metal Injection Molding 공정을 이용한 W-7Ni-3Fe 텅스텐 중합금의 제조 및 미세조직과 인장 변형 거동: 윤성준¹, 주연아¹, 윤태식², 이기안^{1*}; ¹인하대학교 신소재공학과, ²베스너

Keywords: Metal Injection Molding process, Tungsten Heavy Alloy, Microstructure, Tensile properties, Heat treatment

최근 W-7Ni-3Fe 합금의 형상을 비교적 쉽게 제어하여 적용 범위를 넓히고자 Metal Injection Molding (MIM) 공정을 통해 W-7Ni-3Fe 합금을 제조하려는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 MIM 공정을 이용하여 W-7Ni-3Fe (wt.%) tungsten heavy alloy (as-fabricated)를 제조하고 그 미세조직과 상온 기계적 특성을 조사하였다. 이와 함께 W-7Ni-3Fe 합금에 미치는 열처리의 효과를 알아보기 위해 추가적으로 진공 분위기에서 열처리를 수행한 뒤(heat-treated) 미세조직과 특성을 비교하였다. 초기 미세조직 관찰 결과 as-fabricated 소재와 heat-treated 소재 모두 W 상과 γ(Ni, Fe) 상으로 이루어진 것을 확인하였다. 비커스 경도 측정 결과 as-fabricated 소재의 경도는 363.7 Hv로, heat-treated 소재의 경도는 387.2 Hv로 나타났다. 상온 인장 특성을 조사한 결과 as-fabricated 소재와 heat-treated 소재의 항복강도는 각각 698.3 MPa, 714.0 MPa로, 최대 인장 강도는 각각 760.8 MPa, 960.0 MPa로 측정되었다. 또한 두 소재의 연신율은 각각 2.4%, 20.3%로 나타났다. 즉 MIM 공정 후 추가적으로 열처리 공정을 수행함에 따라 기계적 특성이 크게 향상되는 것을 확인하였다. 두 소재의 파단면 관찰을 통해 main crack은 as-fabricated 소재의 경우 구형의 W 상과 γ(Ni, Fe) 상 계면을 따라 진전되는 것을, heat-treated 소재의 경우 W 상 내부로 진전되는 것을 알 수 있었다. 상기 결과들을 토대로 MIM 공정을 통해 제조된 tungsten heavy alloy의 변형, 파괴 기구에 대해서 고찰해보았다.

[분말3-6 | 16:25]

AROS법으로 제조된 TiO₂-Co 소결체의 HA첨가에 의한 기계적 특성 변화 및 생체적합성 평가: 임승균¹, 박일송², 박제신²; ¹전북대학교 일반대학원 금속공학과, ²전북대학교 공과대학 신소재공학부

Keywords: Hydroxy apatite, Ceramic-metal composite, Bio-inert ceramic

Hydroxy apatite(HA, Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂)는 뼈와 비슷한 구조를 가지며, 생체 조직과 우수한 결합력을 가진다. 하지만 HA기반 세라믹 소결체는 낮은 파괴 인성(0.8-1.2Mpa√m^{1/2}) 및 기계적 특성으로 인해 생체 장입 재료로 사용이 제한되어지고 있다. 따라서

기계적 특성 개선을 위해 세라믹-금속 복합 소결체에 HA가 첨가되어지고 있다. 이전 연구에서 AROS법으로 제조된 TiO₂-Co 복합 소결체는 기존의 기계적 혼합법보다 굽힘 강도 및 파괴 인성이 개선됨을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 HA첨가에 따른 AROS 법으로 제조된 TiO₂-Co 복합 소결체의 소결 거동 및 기계적 특성의 변화에 대해 조사하고자 하였다. Ti-Co alloy 제조를 위해 Ti와 Co를 Ar분위기에서 Arc용해하여 Ti-33at%Co alloy를 제조하였으며, 분쇄하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말은 고에너지 볼밀링으로 질소 분위기 하에서 TiN-Co를 제조하였으며, 선택적으로 산화 처리하여 TiO₂-Co 복합 분말 제조 후 HA와 함께 25시간 동안 수평 밀링기로 혼합하였다. 제조된 분말은 프레스로 가압하여 성형체 제조 후 1100, 1200, 1300, 1400°C에서 소결하였다. 제조된 분말의 산화 거동 및 조성 분석은 XRD, SEM를 통해 조사하였으며, 소결체 기계적 특성은 굽힘 시험과 비커스 경도시험을 통해 굽힘 강도와 비커스 경도, 파괴 인성을 조사하였다. HA첨가 TiO₂-Co 복합 소결체는 1200°C에서 소결이 완료되었으며, 1300°C 이상에서는 밀도가 급격하게 감소하였다. 기계적 특성은 1200°C에서 가장 높게 나타났으며, 1300°C 이상에서는 급격히 감소하였다. 따라서 본연구에서는 TiO₂-Co 복합 소결체의 HA첨가에 따른 미세구조 및 기계적 특성 변화를 조사하였다.

The 1st IBS CMCM International Symposium on New Carbon and 2D Materials

Room 컨퍼런스룸, 10월 24일

[IBS 1-1 | 10:00]

Nanocarbon Composites for Energy Storage Applications: Lijie Ci; *Shandong University*

In my talk, I will introduce our recent work on energy storage nanocarbon composite materials. Several structural designs of graphene and nano silicon anode composites were prepared for high energy density lithium ion battery; We also produced double-shell of graphene and artificial solid state electrolytes, such as Li₇P₃S₁₁ (LPS), Li₄SiO₄, LiAlO₂, encapsulated commercial Si nanoparticles structure for LIB anode with excellent cycling stability and superior rate capability. A simple ball milling method was found to be a suitable method to produce nano-sized LiMn₂O₄ and nanocarbon (graphene, carbon nanotubes, or super P) composites for high performance hybrid supercapacitor application. I will also introduce our work using porous nanocarbons as Li host materials for Lithium metal battery application.

[IBS 1-2 | 10:30]

Growth Kinetics of Kr Nano Structures Encapsulated by Graphene: Jae-Sung Kim; *Sook-Myung Women's University*

Graphene can acquire salient properties by the intercalated nano structures. To functionalize the graphene as designed, understanding the growth kinetics of the nano structures is a prerequisite. In that regards, Kr atoms are selectively intercalated just below the surface graphene layer of HOPG(0001) by the incidence of low energy Kr ions. The growth kinetics of the encapsulated Kr nano structures is investigated by both scanning tunneling microscopy, molecular dynamics simulations, and the first principles calculations. The intercalation proceeds via defect sites, such as surface vacancies. At room temperature, the thermal diffusion of intercalated Kr is almost frustrated despite the low diffusion barriers, which remains as a puzzle. The growth of Kr nano structures proceeds via the transient mobility of both the intercalating Kr atoms and previously intercalated Kr atoms that are mobilized by collision with the incident Kr ions. At the elevated temperatures where thermal diffusion becomes effective, some Kr nano structures disappear, releasing pressurized Kr atoms, while others coalesce to form blisters via the delamination of the adjacent graphene. Some of the larger blisters explode to leave craters of varying depths at the surface. In contrast to growth on the substrate, the growth of each encapsulated nano structure depends significantly on extrinsic variables, such as surface vacancies and local topography around the nano structure, that affect the Kr diffusion and limit the maximal Kr pressure.

[IBS 1-3 | 11:00]

Growth of Single-Crystalline (W, Mo)Te₂ Nanobelts for Future Electronic and Energy Applications: Soon-Yong Kwon; *UNIST*
Keywords: *single-crystalline nanobelts, transition metal ditellurides, eutectic metal alloy*

Following the celebrated discovery of graphene, considerable attention has been directed towards the rich spectrum of properties offered by van der Waals crystals. However, studies have been largely limited to their two-dimensional (2D) properties, due to lack of 1D structures. Here, I report the growth of high-yield, single-crystalline 1D nanobelts composed of transition metal ditellurides at low temperatures ($T \leq 500$ °C) and in short reaction times ($t \leq 10$ min) via the use of tellurium-rich eutectic metal alloys. The synthesized semimetallic 1D products are highly pure, stoichiometric, structurally uniform, and free of defects, resulting in high electrical performances. Furthermore, complete compositional tuning of the ternary ditelluride nanobelts is achieved with suppressed phase separation, applicable to the creation of unprecedented low-D materials/devices. This approach may inspire new growth/fabrication strategies of 1D layered nanostructures, which may offer unique properties that are not available in other materials. I will also present on-going research at UNIST, especially on the future electronic and energy applications of the 1D ditellurides.

[IBS 2-1 | 13:00]

Theoretical Studies on the Catalytic Properties of Doped Carbon Materials: Ying Wang, Zhijian Wu; *Changchun Institute of Applied Chemistry Chinese*

In this presentation we'll focus on the catalytic properties of low-dimensional doped carbon catalyst materials for oxygen reduction reactions (ORR) at the cathode in full cells [1-4], Li-O₂ cell [5], Li-S cell [6], and dye-sensitized solar cells [7,8], as well as organo-catalysis[9-11]. The ORR mechanism involving electrochemical reaction pathways and the real active center are explored. The activity volcano diagrams are used to declare the best achievable ORR activity. Also, our theoretical studies well explain the experimental results. We propose that our current observations are helpful for designing inexpensive, durable, and efficient new low-dimensional carbon-based catalyst materials.

[IBS 2-2 | 13:30]

Defect-induced Structural Change in 1D and 2D Carbon: Gun-Do Lee; *Seoul National University*

The structural changes in low dimensional materials has been a long time subject of intensive investigation because the structural and electronic properties are determined by the structure. In order to study the structural changes, many state-of-art observation techniques such as aberration corrected transmission electron microscopy (AC-TEM) and scanning tunneling microscopy techniques have been developed and utilized. However, since the process of structural change is finished in a very short time, it is very difficult to clarify the process and the origin of structural changes even within the state-of-the-art microscopy methods. On the other hands, various simulation methods have been developed to study and predict the property of materials. Among those methods, the density functional theory (DFT) calculation method is widely used due to the accuracy and predictability. The tight-binding molecular dynamics (TBMD) simulation method is also attempted to study the dynamics in materials. In the cooperative research of DFT calculation, TBMD simulation method, and AC-TEM experiment, I studied successfully defects and dopants [1-6] as well as structural changes in graphene. In this talk, the recent results on the structural changes of carbon double linear chains and the defect-induced structural change in graphene will be introduced. Under the electron irradiation, the carbon double linear chains are found in the graphene constriction. In the short double linear chain, the reversible aromatic ring cyclization, so-called Bergman cyclization is observed. Our TBMD simulation is exploited to explain the structural changes in carbon double linear chain. We also found the undercoordinate atoms in graphene defects in AC-TEM. It turns out to plays an catalytic role for acceleration of defect change in graphene by using TBMD simulation and DFT calculation.

[IBS 2-3 | 14:00]

How Vacancies Stabilize The Two-Dimensional Triangular Boron Sheets?: Feng Ding^{1,2}, ¹IBS-CMCM. ²UNIST

In comparison with a carbon, boron has three electrons and thus is known an electron deficient element. As the only nonmetallic element with less than 4 covalent electrons (except H of the first row), It is impossible for boron to form a stable covalent material which satisfying the eight-electrons-rule by sharing two electrons between two atoms. To meet the eight-electrons-rule, multiple centered bonds (MCBs), in which three or more atoms (orbitals) share a pair of electrons, like to be formed in boron materials. Therefore, the triangular lattice, in which the MCBs can be easily formed among neighboring atoms, is highly preferred in boron materials. Various 2D boron sheets, namely boronphene, were theoretically designed based on a triangular lattice and were recently synthesized experimentally. It is interesting that introducing a vacancy into the triangular lattice is highly energetically preferable and there exist large number very different isomers with 10 to 15% vacancies have nearly equal formation energies as that of the ground structure, the α boron sheet. Here, for the first time, we proposed a structure based principle to analyze the distribution of various σ bonds and the number of π electrons in a 2D boron nanostructure. Such a principle can be easily implemented to analyze the bond configurations of various boronphene isomers, boron clusters and even boron fullerenes. Comparing with the calculated bond configurations of various boronene isomers validated the principle and, based on the simple regulation, we can easily count the ratio of π electrons in the boron structure to judge its stability without doing expensive electronic calculations. The general regulation provides a powerful tool for various boron nanostructure design and it can be considered as a base of developing the theory of aromaticity of boron materials.

[IBS 3-1 | 15:00]

Designing Catalysts for Chirality-Selective Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes: Maoshuai He^{1,2}, ¹Qingdao University. ²Shandong University of Science and Technology.

A major obstacle in the application of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) is their structural diversity, ending in SWNTs with diverse properties. How to precisely control the structures of SWNTs during growth is one of the most challenging tasks in carbon nanotube research field. During the nucleation and growth of SWNTs, the catalyst-tube interface plays crucial roles in regulating not only SWNT nucleation and growth thermodynamics, but also the growth kinetics, which ultimately determine SWNT chirality distribution [1]. In this contribution, we will first address the SWNT growth thermodynamics, the importance of subsurface carbon and carbon concentration inside catalyst will be highlighted [2]. It is revealed that subsurface carbon is necessary for the nucleation of carbon cap, and the carbon concentration inside catalyst determines the SWNT growth mode, i.e. tangential or perpendicular mode [3]. By carefully tune SWNT growth mode, large-diameter SWNTs which tend to collapse spontaneously [4], small-diameter SWNTs with large chiral angles [5] and SWNT intramolecular junctions with reversible diameter change [6] are achieved. Meanwhile, a general model regarding SWNT growth kinetics is proposes and verified by carefully designed experiments. On the basis of SWNT growth mechanisms, we have designed a number of monometallic and bimetallic catalysts systems for chiral-selective synthesis of SWNTs [7,8]. The catalysts are either prepared by atomic layer deposition or form solid solution, leading to the formation of uniform catalyst particles upon reduction at low reaction temperature, which ultimately catalyze the growth of mainly near-armchair SWNT species.

[IBS 3-2 | 15:30]

Synthesis of wafer-scale 2-dimensional metal chalcogenide films: Changgu Lee; *Sungkyunkwan University*

Keywords: 2-dimensional metal chalcogenides, large-area synthesis, chemical vapor deposition, gas precursor

In this talk, I will present synthesis methods of large area 2-dimensional materials. For the synthesis of large area and uniform thin films of MoS₂, we used chemical vapor deposition with a gas precursor, H₂S for sulfurization of Mo.[1] We deposited Mo metal first on

solid substrates and sulfurized the metal at high temperatures. The synthesized MoS₂ films were almost perfectly uniform over the entire area of 2 inch wafer. We also synthesized MoS₂ films with MoO₃ and H₂S for high quality films.[2] We could synthesize MoS₂ films up to 15cm with high uniformity and excellent electrical properties. In order to lower the synthesis temperature, we adopted plasma enhanced CVD method.[3] Down to 150°C, we could synthesize uniform films of MoS₂ directly on a plastic substrate (polyimide). ReS₂ could be synthesized on a flexible glass substrate at a low temperature directly due to the low evaporation temperature of the precursor. We also synthesized large area NbS₂ thin films as the transparent electrode for 2D metal chalcogenide semiconductor device. We characterized the various optical and electrical properties of the synthesized films.

[IBS 3-3 | 16:00]

Tellurene – A new group VI 2D material: Moon Kim¹, W. Wu², R. Klie³, M. Chan⁴; ¹University of Texas at Dallas. ²Purdue University. ³The University of Illinois Chicago. ⁴Argonne National Laboratory

Keywords: Tellurene, Wafer Bonding

Since the discovery of graphene [K.S. Novoselov et al., Science 306, 666 (2004)], other 2D materials such as silicene, germanene, borophene, phosphorene, and various transition metal dichalcogenides (TMDs) are of great interests due to their novel structure and tunable properties. In contrast, group VI elements such as tellurium or selenium have yet to be stabilized in purely 2D forms, which may be due to its stable covalently bonded Te atomic chains that spiral along its c-axes. A typical exfoliation technique to produce 2D monolayers would not work in this case. However, the density functional theory calculations by Zhu et al. predict that 2D atomic layers of tellurium might exist in stable 1T-like structure (α -Te), and the metastable tetragonal (β -Te) and 2H-like (γ -Te) structures [Z. Zhu et al., Phys. Rev. Lett. 119, 106101 (2017)]. Here, we report the first experimental realization of a 2D group VI tellurium chalcogen, namely tellurene. We used the substrate-free solution process to synthesize ultra-thin flakes of tellurium with controlled thickness. Tellurene flakes with a thickness smaller than 10 nm were produced through a solvent-assisted post-growth thinning process [Y. Wang et al., Nature Electronics 1, 228 (2018)]. A single atomic layer 2D tellurium was also synthesized by a wafer-bonding assisted self-assembly process, a new approach to synthesize and stabilize the low-dimensional structure. Each monolayer Te atom has four nearest neighbors within the plane with inter-atomic distances of 0.31 – 0.32 nm. Atomic-resolution chemical mapping and structural characterization via scanning transmission electron microscopy (STEM) leading to the definitive identification of single atomic layer tellurene. First-principles calculations found tellurene to be metallic, with electronic band structures containing Dirac-cone-like features and exhibiting significant asymmetric spin-orbit band splitting. The underlying electronic structure rearrangement of the monolayer is evidenced by its plasmonic resonance, as measured by electron energy-loss spectroscopy. These findings enable further research into the suitability of tellurene for device applications, such as spintronics and quantum computing. *This research was supported in part by the U.S. Department of Energy through the EERE-Sunshot BRIDGE (DE-EE0005956) and PVRD (DE-EE 0007545) programs, and the Louis Beecherl, Jr. endowment funds.

[IBS 3-4 | 16:30]

Atomic Scale TEM Study on Defects and Synthesis of 2D Materials: Zonghoon Lee^{1,2}; ¹UNIST. ²Center for Multidimensional Carbon Materials (CMCM), Institute for Basic Science (IBS)

The representative 2D materials were investigated to elucidate the different defect formation mechanisms, which are related to the elemental and structural differences of these 2D materials. The formation of a hole in the MoS₂ layer by electron beam irradiation was studied with atomic resolution TEM. S vacancies were first formed by the knocking out S atoms and then line defects were produced by the joining up the S vacancies in a line rather than forming a hole. These line defects tend to merge at a point where a hole is subsequently formed. Mo atoms tend to cluster discretely as a nano sheet along the edge of the hole due to the difference in the displacement threshold energies of Mo and S atoms under electron irradiation. In addition, a novel method for fabricating the thinnest oxide semiconductor for thin transparent and flexible electronic devices has been introduced. For the first time we have demonstrated the atom-by-atom deposition of zinc and oxygen at a preferential zigzag edge of a ZnO monolayer on graphene through in-situ observation. We experimentally showed that the thinnest ZnO monolayer has a graphene-like structure and a wide bandgap of 4.0 eV with a high optical transparency.

[IBS 3-5 | 17:00] Wrap Up

NEW-HORIZON: 차세대 에너지 소재

Room 101/102, 10월 25일

[NEW1-1 | 09:30] Opening address**[NEW1-2 | 09:40] PLENARY**Organic-Inorganic Halide Perovskite: from Photovoltaics to LED and X-ray imaging: Nam-Gyu Park; *Sungkyunkwan University*.

Since the first report on the solid-state perovskite solar cell (PSC) with power conversion efficiency (PCE) of 9.7% and 500 h-stability in 2012 by our group, researches on PSCs increase exponentially. As a result, PCE over 23% was verified, which is higher than conventional inorganic thin film solar cells, and publications reached more than 10,000 as of October 2018. It is believed that PSC is promising next-generation photovoltaics due to superb performance and very low cost. In this talk, the history of perovskite photovoltaics will be presented along with their scientific progress and perspective. For reproducible and high quality perovskite film, Lewis acid-base adduct method was developed. Grain-boundary healing method was developed via non-stoichiometric approach. Grain boundary healing process yields PCE as high as 20.4%. Method for reduction in hysteresis and improving moisture stability was developed by interfacial engineering using 2-dimensional perovskite. A universal method to eliminate hysteresis even in normal mesoscopic structure was discovered. Large-area coating technology was developed to commercialize high efficiency PSCs via perovskite single crystals (or powder) based viscous liquid approach. A stamping method was developed to produce high PCE (>20%) MAPbI₃, FAPbI₃ and other compositions. Halide perovskite is now extended to X-ray imaging, LED and resistive memory areas, which will be also discussed in this talk.

[NEW1-3 | 10:20] KEYNOTE SPEAKERThe Stability of Solid Electrolyte(SE) with Li Metal, Especially for Oxide-Based SEs: Byoungwoo Kang; *POSTECH*

The demand for lithium secondary batteries having more safety and higher energy density has been increased for meeting the strong demand of novel applications such as electric vehicles and energy storage system. In this aspect, lithium ion batteries containing typical liquid electrolytes have fundamental limitations because liquid electrolytes can act as fuels in thermal runaway behavior leading to a fire or an explosion of battery and can be decomposed at high potential (> 4.5V) leading to the restricted use of high potential cathodes. Also, liquid electrolytes cause severe safety problems with Li metal, which is the best anode material for high energy density with low potential and high capacity because Li metal in liquid electrolytes easily leads to the formation of dendrite that can produce a short-circuit between cathode and anode. Applying proper oxide-based solid electrolytes can solve these problems and thereby many efforts have been gone to studies of solid electrolytes.

[NEW1-4 | 10:50]Contorted Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: Promising Li Insertion Organic Anode: Seok Ju Kang; *UNIST*

Keywords: Contorted hexabenzocoronene, Li-ion battery, organic anode, polycyclic aromatic hydrocarbon, organic semiconductor

Enhancing the performance of carbon-based anode materials in Li-ion battery (LIB) systems is of considerable interest in terms of next-generation LIB host electrodes, because the unique reversible intercalation-de-intercalation process of such materials ultimately facilitates increases in LIB performance and longevity. This study explored the potential of a new class of carbon-based contorted hexabenzocoronene (c-HBC) as an anode material for high-performance LIB systems. The exploitation of the polymorphic crystalline nature of c-HBC resulted in successful development of a LIB anode based on a newly found crystal phase of trigonal R by solvent and subsequent thermal annealing. Our in-depth analysis based on cross-sectional transmission electron microscopy, grazing incidence X-ray diffraction, and computational investigation revealed further advantages of using contorted molecules in LIB systems. For instance, the resulting electrochemical characteristics using half-cell architecture clearly reflected single-stage Li insertion behavior associated with the large interspacing and short diffusion length of c-HBC molecule during the discharging process. In addition, the battery exhibited excellent rate capability and cycle endurance, highlighting the suitability of c-HBC as an anode material for high-performance LIBs.

[NEW1-5 | 11:10]Printable Polymer Electrolyte Solution Based on Rheological Properties and Its Electrochemical Characteristics for Lithium Rechargeable Batteries: Young-Gi Lee; *ETRI*

Keywords: Flexible Lithium Rechargeable Batteries, Polymer Electrolyte Solution, Rheological Properties, Electrochemical Characteristics, Paste

Flexible lithium rechargeable batteries have received a lot of attention together with the rapid development of bendable or even foldable electronic devices such as flexible display, e-paper, foldable/bendable cellular phone, wearable PC, and so on. Recent efforts on

unique and flexible battery designs are working towards advanced batteries that can be applied to devices and applications without limiting their form factors. Recently, several groups have demonstrated promising results in the area of flexible lithium rechargeable batteries using various types of materials and processes. Importantly, liquid electrolytes limit choices in cell design of flexible lithium rechargeable batteries due to their fluidic characteristics and the need of separators in cell assembly even though their excellent electrochemical performance and good physical contact with electrode. This situation motivates us to develop self-supporting electrolytes paste that can be prepared on the electrode surface directly via roll-to-roll screen-printing process. In this work, we have newly designed novel polymer electrolytes with unique rheological properties.

[NEW1-6 | 11:30]

Cu(In,Ga)Se₂ Photovoltaics Technology Trends and Issues: Yong-Duck Chung^{1,2}, Woo-Jung Lee¹, Dae-Hyung Cho¹, Hye-Jung Yu¹, Won Seok Han¹; ¹ ICT Materials & Components Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute. ² ICT-Advanced Device Technology, Korea University of Science and Technology

Keywords: Photovoltaics, Thin-film, Cu(In,Ga)Se₂, Flexible substrate, Buffer layer

Thin-film photovoltaics technology under commercialization can be divided into compound semiconductors, such as Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) and CdTe, amorphous silicon thin-film, dye sensitized type, and organic solar cell according to the materials. The CIGS thin-film solar cell has a band structure in which a direct photoelectric conversion is carried out, which has the highest conversion efficiency of 22.9%. In particular, when a flexible substrate is employed, it is possible to change the shape of photovoltaic modules and to realize a solar cell which is light and highly portable. When flexible photovoltaics are commercialized, it is expected that they will be able to create new added value in various industries such as IT industry, transportation including vehicles, outdoor goods, and solar power generation system integrated with buildings. In addition, solar cells could become a fundamental component of various products creating a new market and becoming a growth engine for the next industry. Therefore, CIGS technology is expected to become promising in the photovoltaics market in the future. In this report, we will review the trends of CIGS photovoltaics technology, and discuss technical issues to improve efficiency and achieve a price competitiveness.

[NEW1-7 | 11:50]

Effect of the Crystal Chemistry of LiNi_{1/2}Mn_{3/2}O₄ Spinel on its Electrochemical Properties: Chunjoong Kim; *Chungnam National University*

LiNi_{1/2}Mn_{3/2}O₄ with the spinel structure is one of the promising candidates as a high power electrode material due to its facile Li-ion diffusion and high operating voltage by the virtue of its high redox potential (~4.7V vs. Li⁺/Li⁰). This compound can crystallize into two polymorphs depending on the ordered state of Ni and Mn in the octahedral sites, disordered (Fd3m) and ordered (P4₃2). Such ordering has been controlled by temperature of synthesis at ~700°C. Segregation of a rock-salt phase that is richer in Ni than Mn with respect to the spinel also generates Mn³⁺ defects. Although many previous studies reported that ordering and Mn³⁺ contents significantly affect the electrochemical properties, these two parameters always appear angled with each other, so that their specific role has not completely been uncovered. By a systematically controlled synthetic route, samples with different ordered states, amount of Mn³⁺, and compositions were obtained while their particle sizes were kept virtually constant. We used this series of samples to try to ascertain their separate role on electrochemical properties. LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ spinel samples were synthesized by a coprecipitation method. Using a controlled procedure of post-synthesis annealing at lower temperatures and O₂ partial pressures, a series of samples were prepared with the goal of decoupling the crystal chemical parameters, i.e., structure and composition. The resulting samples were tested in Li half cells using constant current with different cut-off voltage and rate capability experiments to study the effect of Ni/Mn ordering and Mn³⁺ content. In-situ and ex-situ high resolution XRD were also measured to provide in-depth observation for the origin of the different phase transformation behavior with ordering. The results of these studies will be discussed.

[NEW1-8 | 13:30]

CuS Nanoplates for Sodium-Ion Battery Anodes: Jong Min Yuk; *KAIST*

Keywords: Sodium-Ion Battery Anodes, Copper Sulfide, In-Situ Transmission Electron Microscopy

Due to the price increase in lithium-ion battery as lithium's depletion, sodium-ion battery has received much attention as an alternative. However, sodium-ion battery suffers from suitable anodes because of large atomic size of sodium. For the sodium-ion battery anodes, here, we introduce copper sulfide (CuS) nanoplates with high electrical conductivity and theoretical capacity. We demonstrate that CuS anodes exhibit close-to-theoretical capacity (~560 mAh/g), which is 1.5 times higher than lithium-ion capacity for graphite, and 90% of the capacity retains for 250 charge-discharge cycles (Nature Commun., 9, 922 (2018)). Remarkably, the capacity is sharply dropped at the initial cycles, but gradually recovered with continuous cycles. In-situ transmission electron microscopy reveals that CuS undergoes non-equilibrium sodiation phases formed by crystallographic tuning and stable grain boundaries and solid-electrolyte interface layers are formed during cycles.

[NEW2-1 | 13:50] KEYNOTE SPEAKERWater Oxidation on Nanostructured Semiconductor Photoanode: Wonyong Choi; POSTECH*Keywords:* Water splitting, Photoelectrochemical cell, Solar energy conversion, Artificial photosynthesis

Solar fuel generation such as molecular hydrogen (H₂) has received growing attentions as a renewable energy source. Significant efforts have been focused on photo(electro)catalytic (PEC) water oxidation to reduce overpotential for oxygen evolution since it is a bottleneck in the overall process of solar fuel production. However, most oxide semiconductors suffer from short hole-diffusion length, rapid charge recombination, and inefficient charge separation and transfer. To overcome such shortcomings, problem-specific strategies including doping, passivation, and coupling with oxygen evolution reaction (OER) catalysts need to be adopted. In this talk, various approaches related with interfacial engineering and surface modification of WO₃, TiO₂, and Fe₂O₃ will be introduced and discussed for PEC water oxidation applications. The specific examples include alumina passivation layer on WO₃, TiO₂ nanotube coupled with tantalum oxynitride, thin niobium oxide layer coated Fe₂O₃, hydrogenated Fe₂O₃ nanorods coated with TiO₂ passivation layer, and Fe₂O₃ decorated SnO₂ nanohelix structures. Each modification method has a different effect on the charge transfer mechanism and PEC activity, which will be discussed in detail.

[NEW2-2 | 14:20]Electrochemical Fabrication of Gas Diffusion Electrodes for Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolyzer: 안상현¹, 김준형¹, 김현기¹, 김주영¹, 김정환¹, 김호영¹, 김수길¹, 장종현², 최승희³; ¹중앙대학교 ²한국과학기술연구원 ³한국재료연구원*Keywords:* Water Electrolysis, Polymer Electrolyte Membrane, Gas Diffusion Electrode, Electrodeposition, Transition Metal-Based Catalysts

온실 가스 감축을 위한 노력 중 하나로 수소를 미래의 대체 에너지원으로 활용하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 친환경적이고 효율적인 수소 확보 방안으로써 고분자 전해질 막 전기분해는 고순도의 수소를 빠르게 생산하는 유망한 방법이다. 하지만 수소 발생 반응이 일어나는 환원극의 경우, 높은 활성을 나타내는 귀금속 촉매가 주로 산성 전해질 내에서 사용되고 있으나, 심각한 비용 문제로 인해 그 상용화를 제한하고 있다. 본 연구에서는 전해도금법을 이용하여 기체 확산층 위에 다양한 금속 합금 및 화합물을 직접 제조함으로써 간단한 공정을 통해 기체 확산 전극을 제작하였다. 촉매의 형태, 조성 및 로딩 양은 도금 전위, 시간 및 도금액 조성과 같은 전착 조건을 변화시킴으로써 제어되었다. 수소 발생 반응의 고유 활성은 촉매 조성에 따라 변형된 촉매의 전자 구조에 의해 크게 영향을 받고, 제어된 촉매의 나노 구조에 의해 결정되는 전기 화학적 표면적이 촉매 성능에 중요한 요소임을 확인하였다. 전기 화학적으로 제작된 환원극 용 기체 확산 전극을 사용하여, 고분자 전해질 막 전기분해 장치의 높은 성능을 확보하였다.

[NEW2-3 | 14:40]Transition Metal Chalcogenides for Hydrogen Evolution Reaction: Soo Young Kim¹, Ho Won Jang²; ¹중앙대학교 ²Seoul National University.

Two-dimensional transition metal dichalcogenides (2D-TMDs), such as MoS₂ and WS₂ nanosheets (MeS₂-NS), are reported as efficient catalysts for hydrogen evolution reaction (HER), which can potentially replace the expensive platinum catalyst. We demonstrate a facile and efficient method for the synthesis of a metal-doped WS₂ nanoflower (NF) catalyst. We also report its application for the electrocatalytic HER. The flower-like WS₂ particles were produced by a hydrothermal reaction and the WS₂ was doped with metal chlorides such as AuCl₃, AgCl, PtCl₂, and PdCl₂, followed by reduction with sodium borohydride to form metal-doped WS₂ NFs. The Pd-doped WS₂ NF catalyst showed a high HER performance, having a Tafel slope of 54 mV/dec and an overpotential of -175 mV at -10 mA cm⁻². The improvement is attributed to the energy band alignment near the H⁺/H₂ reduction potential and the large surface area of the WS₂ NFs. In order to remove a heavy metal, 1T phase MeS₂ (1T-MeS₂) NS are synthesized by lithium-intercalation exfoliation method, subsequently being modified by amorphous MoS_x and WS_x (MeS_x@MeS₂-NS) through a solvothermal method. Interestingly, MeS_x@MeS₂-NS significantly improves the HER performance compared with bare MeS₂-NS as catalysts. Among these, MoS_x@MoS₂ is observed to be the best combination for HER, with an onset potential and Tafel slope of 114 mV and 45.1 mV decade⁻¹, respectively. The enhancement in the HER device using MeS_x@MeS₂-NS as the catalyst originates from vertically grown MeS_x, which provides additional active sulfur sites for the reaction, while inhibiting the restacking of MeS₂-NS. Furthermore, MoS_x@MoS₂-NS shows stable catalytic properties for HER after the 1000 cyclic test, without any observable changes. Thus, this study presents a facile method for the synthesis of 2D-TMD catalyst for HER towards large-scale and long-term stability for practical application.

Acknowledgement: This work was supported by NRF grants (2017K1A3A1A67014432, 2017M3D1A1039379, 2018M3A9H1023141, and 2018R1A4A1022647).

[NEW2-4 | 15:20]Disordered Layer in Metal Oxides for Solar Water Splitting: Jong Hyeok Park; 연세대학교*Keywords:* Water splitting, metal oxide, photoelectrochemical cells

The development of new types of energy generation devices is promoted by increasing public awareness that the Earth's oil reserves could run out during this century. As the energy needs of the planet are likely to double within the next 50 years, the stage is set for a

major energy shortage, unless renewable energy can cover the substantial deficit left by fossil fuels. Photoelectrochemical (PEC) solar water splitting has become a central research theme for more than four decades, still, their efficiencies remain low. Despite extensive efforts devoted to modifying photoelectrodes through various bandgap and catalysis engineering, the efficient methodologies for charge transfer at electrode/electrolyte interface remain underdeveloped. In this seminar, I will introduce various unique methods to increase light harvesting efficiency to generate hydrogen from solar light by applying disordered engineering to metal oxide materials. Especially, high efficiency TiO_2 , WO_3 , and BiVO_4 photoanodes with the modification and charge transfer across the electrode/electrolyte interface will be presented.

[NEW2-5 | 15:40]

친환경 저비용 대면적 전용액 공정 기반 물분해 광전극: 장호원; 서울대학교

Keywords : water splitting, anodization, electrodeposition, hydrothermal, heterojunction, photoelectrodes

Hydrogen appears as a next-generation clean energy source to replace fossil fuels. One of the most promising ways to produce hydrogen is solar water splitting via photoelectrodes. Here we introduce high-performance photoanodes based on vertically ordered hematite nanotubes synthesized by anodization, BiVO_4 -based type II heterojunctions synthesized by electrodeposition and metal organic deposition, and anion-doped TiO_2 nanorods synthesized by hydrothermal method. We emphasized that the solution processes are promising for producing large-scale cost-effective 1-dimensional metal oxide nanostructures of high surface-to-volume ratios and crystallinity.

[NEW2-6 | 16:00]

Selective and Efficient Electrocatalysts for High Performance CO_2 Reduction: Jihun Oh; KAIST

Keywords : Electrolysis, CO_2 , Artificial photosynthesis, CO, ethylene

Electrochemical CO_2 reduction reaction (CO_2RR) at metal surfaces has gained much attention since it can convert CO_2 to value-added chemical fuels and feedstocks. However, several issues must be resolved to use CO_2RR in large scale commercialization, including high overpotential, low selectivity, and low CO_2 solubility in an aqueous solution. Here, we present our recent approaches to address these challenges in CO_2RR by 1) surface modification of Au with CN and Cl anions, 2) nanostructuring Au and Cu for CO_2RR selectivity, and 3) using gas diffusion electrodes to achieve 100 mA/cm^2 of CO_2RR current density.

[NEW2-7 | 16:20]

박막형 단결정 BiVO_4 의 물분해 광전극으로서의 특성 연구: 이상환; GIST

Keywords : BiVO_4 , Photoelectrochemical (PEC) water splitting, epitaxial thin films, pulsed laser deposition, heterostructure

In photoelectrochemical (PEC) water splitting, bismuth vanadate (BiVO_4) has been considered as the most promising photoanode material among all metal oxide semiconductors due to its relatively narrow optical band gap and suitable band structure for water oxidation. Up to now, various strategies such as the doping of electron donors, adoption of co-catalyst, control of surface morphology have been tried to enhance the photocatalytic performance of BiVO_4 . Nevertheless, the solar-to-hydrogen (STH) conversion efficiency of BiVO_4 has not yet reached the level of commercialization. To make a breakthrough, it is required to study fundamental characteristics of BiVO_4 . To do that, it is necessary to demonstrate high quality epitaxial films-based photoelectrodes. In this presentation, we introduce several important experimental results about epitaxial BiVO_4 photoelectrodes. First, we report on an high-quality epitaxial $\text{BiVO}_4/\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ type-II heterojunction thin-film photoanode. The photocurrent density at 1.23 VRHE of $\text{BiVO}_4/\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ (3.13 mA/cm^2) is much greater than that of bare BiVO_4 (2.20 mA/cm^2) due to the effective charge transfer. Furthermore, we for the first time succeeded to grow BiVO_4 epitaxial thin film photoanodes with different crystallographic orientations and have found that the hole diffusion length in epitaxial BiVO_4 (010) thin films is significantly longer than that in epitaxial BiVO_4 (001) thin films. As a result, at 1.23 VRHE, the photocurrent density of epitaxial BiVO_4 (010) thin film (2.29 mA/cm^2) is much higher than that of epitaxial BiVO_4 (001) thin film (0.74 mA/cm^2) due to extended hole diffusion length. These results strongly suggest that the growth of epitaxial BiVO_4 thin films with specific crystallographic orientations has the great potential to considerably improve the charge transport efficiency of photoanodes for solar water-splitting.

[NEW2-8 | 16:40]

다층 계면 구조를 이용한 다기능 인공 광합성 시스템에 대한 연구: 강수희, 장준영, 이선영; 한양대학교

Keywords : Electrocatalysts, 1-D hollow graphitic carbon nitride (g-C $_3\text{N}_4$) nanofibers, MoS_2 , sulfur/nitrogen doped graphene, ternary structure, Li-ion battery

최근 미세먼지로 인한 환경 문제가 심각해지면서 재생 가능한 에너지 생산의 필요성이 불가역적이 되고 있다. 지속 가능한 에너지 중에서도 수소 및 이산화탄소 광환원은 중요한 대체 연료 중 하나로 간주되며, 현재까지도 많은 촉매들이 수소나 이산화탄소 광환원을 위해 계속적으로 개발되고 있다. 그러나 금속 산화물의 경우, 제조단가가 높거나 복잡한 공정이 필수일 뿐 아니라 넓은 밴드 갭 에너지로 인해 제한적으로 꼽힌다. 따라서 제조단가를 낮추고 간단한 공정으로 우수한 성능을 지닌 혁신적인 구조의 새로운 촉매의 개발이 시급하다. 본 연구에서 소개하고자 하는 graphitic-carbon nitride (g-C $_3\text{N}_4$)는 2.6 eV의 밴드 갭을 갖는 비금속 반도체로,

환경 친화적이고 높은 열적 안정성뿐만 아니라 제조의 용이함으로 최근 각광을 받고 있는 재료이다. 그러나 g-C₃N₄는 전하 캐리어의 높은 재결합률 및 벌크 물질일 경우, 낮은 표면적을 가지는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 1차원 구조의 나노 섬유를 개발하여 전자의 이동을 용이하게 하여 전자와 정공 쌍의 효과적인 분리가 일어날 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라, g-C₃N₄ 나노 섬유상에서 성장한 MoS₂는 밴드 레벨과 적절하게 맞아 전자의 이동을 가속시킬 수 있으며, 이러한 g-C₃N₄/MoS₂ 나노 구조에 sulfur, nitrogen doped graphene (SNG)을 다시 적용하여 전체 표면적을 증가시키고 밴드갭을 조절하여 전체적인 활동도를 향상시키고자 하였다. 합성된 ternary 구조는 우선적으로 수소 생산 가능성을 평가하기 위해, 전기촉매 실험을 실시하고 분석하여 효율적인 전극 촉매 물질임을 입증하였다. 뿐만 아니라, 수소 및 이산화 탄소 광환원이 가능하다는 것 또한 입증하였다. 다른 응용분야로의 활용이 가능한지 확인하기 위해 제작된 중공 나노 섬유의 충/방전 실험을 통해 배터리 성능이 일반 나노 섬유에 비해 성능이 뛰어난 것을 확인하였다. 결론적으로 본 연구를 통해 제조된 ternary 구조는 인공 광합성 뿐만 아니라 전기촉매나 배터리 재료 등 다양한 분야에 활용 될 수 있는 효율적인 촉매 물질임을 확인할 수 있었다.

The 1st KIM-CSM Symposium:
Lightweight materials technology for efficient transportation system
 Room 103, 10월 25일

[KC1-1 | 09:45] Opening address

[KC1-2 | 10:00]

Facets of Precipitates in Light Alloys: Wenzheng Zhang; *Tsinghua University*

Morphologies of precipitates in light alloys often exhibit fascinating patterns, characterized with facets of reproducible crystallographic orientations. Unlike the faceted surfaces of nature crystals, many of well-defined facets may not be parallel to any low index plane of either or both precipitate and matrix phases, especially those in Ti and Mg alloys. While the links of these facets with singularity of interfacial energy in 5D boundary geometrical phase space is not often clear for rationalizing the facets, the links can usually be elucidated with singularity of the interfacial structures in the dominant facets or the habit planes. A common feature of singular structures is periodicity and singularity of the interfacial structures. Such a singular interface can be identified with its orientation being normal to at least one D_g vector, a vector connecting diffraction spots from different the precipitate and matrix phases. The quantitative connection between singular interfacial structures and measurable vectors in diffraction patterns will be explained based on the O-lattice theory, with a free software available for a detailed calculation. A number of examples of faceted precipitates in different light alloys will be provided.

[KC1-3 | 10:30]

Development of A6061 Front Knuckle by Tailored Additive Casting Process: Hwi-Jun Kim, Chul Lee, Sung-Uk Hong; *KITECH*

Since shrinkage is unavoidable for all metal casts due to density difference between solid state and liquid state, it is required to optimize casting design such as riser, runner, and gate for sound cast during conventional static casting. To minimize energy loss and resources due to casting design and shrinkage, a new casting method (called “tailored additive casting” hereafter) has been suggested, by which the interface between solid and liquid can be progressively moved to the uppermost section through keeping a good balance between solidification rate and melt pouring rate. In this study, we fabricated A6061 front knuckle cast by tailored additive casting and investigated the variation of microstructure and mechanical properties of A6061 front knuckle cast with varying casting parameters such as pouring cycle, pouring rate, pouring time, interval time and each pouring quantity per each step during tailored additive casting process. Internal defect/porosity and microstructure of A6061 front knuckles were observed by X-ray non-destructive inspection and SEM. Mechanical properties were measured by tensile test and hardness test.

[KC1-4 | 11:00]

Study on Grain Refinement of Casting Aluminum Alloy for Automobile: Zhang Zhendong¹, Liu Chunhai¹, Lu Hongzhou², Wang Wei¹; ¹*CITIC Dicastal*. ²*CITIC Metal*

Al5TiB is the most commonly used master alloy in aluminum alloys, but in the casting aluminum alloy, the Al5TiB master alloy is easy to cause poisoning and fade, resulting in no obvious grain refinement. So, a new grain refiner is needed in casting aluminum alloy. In this paper a new AlNbB refiner used for casting aluminum alloy A356 will be studied, and the microstructure and mechanical properties of A356 alloy that is used in automobile were investigated by optical microscope, scanning electron microscope and transmission electron microscope. The results showed that the grain refinement effect of AlNbB master alloy is more obvious than that of Al5TiB master alloy, the grain size of AlNbB master alloy was 50% of that of Al5TiB master alloy which makes the casting defects decrease obviously, the microstructure was more uniform and the mechanical properties were improved.

[KC1-5 | 11:30]

Fabrication of High Strength Aluminum Alloy Sheets by Twin Roll Casting and Rolling process: Hyoung-Wook Kim, Yun-Soo Lee, Min-Seok Kim, Kwangjun Euh, Cha-Yong Lim; *KIMS*.

Light weighting of vehicle has been an important issue to improve energy efficiency and air pollution. Many aluminum parts have been developed to replace steel parts, but its strength is still not enough to satisfy automotive manufacture. [1] In addition, the cost for lightweight structures need to be minimized. Twin roll casting is one of cost effective process due to make an aluminum thin strip directly from the melt [2]. Moreover, high cooling rate during twin roll casting can improve the mechanical properties by introducing fine cast structure in several aluminum alloys. However, a conventional twin roll strip casting process has several problems like a limitation of alloy composition and inhomogeneity in microstructures and chemical compositions through the sheet thickness. Especially, it is more difficult to fabricate high strength aluminum alloys with high contents of alloying elements [3]. Al-Mg alloys have a favorable combination of strength and formability as well weldability, and therefore of interest in automotive body application. Also,

minor alloying element addition such as Mn increase strength of Al-Mg base alloys by refining grain size and precipitation of fine Al-Mn particles.[4] Particularly, Al-Zn-Mg-Cu alloy have the highest strength among aluminum alloys and has been used for airplane structural parts, the alloy sheets can be anticipated to present more lightweight vehicle structure. In order to make a high strength Al alloy sheet with reasonable cost for automobile application, several high strength aluminum alloy sheets were fabricated by twin roll casting and rolling process in this study. Newly designed ceramic nozzle system and Cu-Cr cooling rolls were used and optimum process parameters such as roll speed and melt temperature were determined [3-5]. After special warm/cold rolling and annealing treatment to control microstructure, the sheets have high strength and good formability. A possibility of the sheets for the automobile body application was discussed on the basis of the mechanical properties of the fabricated sheets. The optimum process conditions to obtain good surface quality of high strength Al-Mg strips with high content of Mg and Al-Zn-Mg-Cu alloy strip were decided.[3-6] The high cooling rates reduced the center segregation and refined the grains and dendrites. The proper annealing treatment reduced inhomogeneity of the microstructure and improved tensile properties. The Al-Mg cast strip obtained in this work showed good workability during rolling process, so that Al-Mg sheet with a thickness of 1 mm was fabricated successfully by cold rolling without any severe cracks. In annealed Al-5.5wt%Mg sheets, tensile strength and yield strength were about 300 MPa and 150 MPa respectively, and elongation was over 25%. The 7075 strip was successfully fabricated by horizontal twin roll casting, the strip have a good workability during subsequent hot rolling and cold rolling after annealing at 400°C for 1hour. The annealed 7075 sheets showed high strength of 370MPa and large elongation of over 20%. After aging at 180°C for 30 minumtes, tensile strength and yield strength of the 7075 sheets were 480MPa and 350MPa, respectively. The sheets fabricated in this paper have a superior tensile property to a commercial aluminum sheets for automobile body application, so that the developed sheets could be used for automobile lightweight structural parts. Twin roll casting and rolling process with a proper heat treatment might be one of promising way to make high strength aluminum alloy with low cost.

[KC2-1 | 13:30]

Recent Industrial Application and Research Progress of Mg Alloys In CHINA BAOWU: S.W. Xu, W.N. Tang, Y. Xie; *China Baowu Steel Group*

In this study, the recent industrial application of magnesium alloy in China Baowu was firstly introduced. From 2015 to 2017, China Baowu has developed two types of magnesium instrument panel beams for China's domestic cars and five types of magnesium alloy parts for China's high-speed rail cars, which significantly boosts the industrialization of magnesium alloys. The recent research progress of magnesium alloys in China Baowu was then introduced. Several kinds of Mg-Al-Zn-Ca alloys with the diameter up to 160 mm were extruded at the temperature range from 350°C to 420°C under the ram speeds from 0.2 to 1.0 mm s⁻¹ into different profiles with various cross sections for the applications in the automobile and high-speed rail cars. The influences of homogenization treatment before hot extrusion, the ram speed and the heating temperature during hot extrusion on the microstructure and mechanical properties of extruded products were systematically investigated by electron backscattering diffraction (EBSD) analysis, transmission electron microscopy (TEM) and tensile tests. Through the optimization of extrusion processes, one kind of extruded rod with the diameter up to 50 mm exhibits a tensile 0.2% proof stress of 320 MPa and an ultimate tensile strength of 400 MPa with a tensile elongation to failure of 8 %. Furthermore, several kinds of extruded sheets with a thickness of 1.5 mm and a width of 120 to 180 mm have been developed, which can be bent at the room temperature to 180 degree over and over again without cracking. It should be stressed that, this remarkable phenomenon hardly was achieved in the industrial products which were manufactured merely by one pass optimized extrusion process. These findings provided a new pathway for designing and developing magnesium alloy products with high formability at room temperature compared to those traditionally difficult to form at room temperature. Up to now, these extruded sheets show a tensile 0.2% proof stress up to 150 MPa and an ultimate tensile strength up to 240 MPa with a large tensile elongation to failure up to 35 %.

[KC2-2 | 14:00]

Recent Progress in High Performance Non-flammable Magnesium Alloys: Young Min Kim, Joung Sik Suh, Bong Sun You; *KIMS*
Keywords: Magnesium alloys, Non-flammability, Corrosion resistance, Extrusion

Magnesium alloys are the lightest metal construction materials, and offer great potential for improving energy efficiency of transportation vehicles. However, practical application is still very limited to this day. The reason is that not only formability at room temperature but also ignition and corrosion resistance are remarkably low. The KIMS' research team reported that the combined addition of Ca and Y is very effective in simultaneously improving the non-flammability and corrosion resistance of Mg alloys by formation of multiple oxidation protective layers on Mg grains. As a result, the ignition temperature is increased to higher than 700 °C and the corrosion behavior is significantly enhanced as compared with the AZ alloy. Moreover, no use of a mixture SF₆ and CO₂ enables environmentally friendly processes and materials when manufacturing Mg alloy. Furthermore, this feature is not limited to a specific alloy composition, but can be optimized in accordance with process and product requirements. This has enabled the FAA flammability test to meet the flammability performance requirements and to be applied to aircraft seats. In this presentation, we introduce the microstructural and mechanical characterization of high-strength non-flammable corrosion-resistant Mg alloy regarding extrusion temperature.

[KC2-3 | 14:30]

Effect of Process Parameters on Joint Formation in Friction Self-Piercing Riveting (F-SPR) Aluminum Alloy and Magnesium Alloy: Yongbing Li; *SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY*

Driven by the requirements of emission control and vehicle performance improvement, mass saving strategy has been widely adopted in the design and fabrication of vehicle body structures. High specific strength materials, including aluminum alloys and magnesium alloys are gradually applied into vehicle bodies to replace traditional steels in some structures for the purpose of reducing the weight without losing the strength [1]. The design and construction usually follows a strategy of the right material for the right application, which raised the demand of combining multi-materials in one integrated structure. Coupled with these requirements, it is necessary to develop a reliable spot joining technology for Al-Mg dissimilar materials. Friction self-piercing riveting (F-SPR) process has been proved capable of joining aluminum alloys and magnesium alloys, and has several advantages over fusion welding, solid state welding and traditional mechanical joining processes in joining dissimilar as well as low ductility materials. Because of the thermo-mechanical nature of F-SPR process, the formation of the joint is determined by riveting force and softening degree of the materials. However, it is still not clear that how exactly the riveting force and generated frictional heat jointly influence the mechanical interlock formation and inhibit cracks during F-SPR process. To address these issues, in current study, F-SPR process was applied to join 2.2 mm-thick AA6061-T6 aluminum alloy to 2.0 mm-thick AZ31B magnesium alloy. The correlation of riveting force, torque responses as well as energy input under a wide range of process parameter combinations with joint quality were investigated systematically. It was found that a relatively greater final peak force and higher energy input were favorable to produce sound joints. Based on that, a two-stage F-SPR process was proposed to better control the energy input and riveting force. It was found that the joints produced by the two-stage F-SPR process exhibited significantly improved lap-shear strength, i.e., 70% higher compared to traditional SPR joints and 30% higher compared to the joints of one-stage F-SPR process.

[KC2-4 | 15:00]

Heterogeneous Deformation and Twinning Behavior in Mg Alloys under the mini-V-bending and Erichsen Tests: Shi-Hoon Choi¹, Min-Seong Kim¹, Seong-Eum Lee¹, Jaiveer Singh¹; ¹*Sunchon National University*

The heterogeneous deformation and twinning behaviors in the thickness direction of magnesium (Mg) alloy sheets were investigated via mini-V-bending and conventional Erichsen testing at room temperature (RT). Formability of Mg alloys was discussed in terms of punch stroke (PS) and Erichsen index (IE) during mini-V-bending and Erichsen tests, respectively. Microstructure evolution in E-form and AZ31 Mg alloys was studied via ex-situ mini-V-bending tests. The microtexture heterogeneity through the thickness direction of the E-form Mg alloy sheets deformed by different PSs was discussed in terms of deformation twinning and de-twinning during Erichsen tests. The evolution of the microtexture, twin, and KAM (kernel average misorientation) was analyzed via electron back-scattered diffraction (EBSD) technique. The EBSD results revealed how twin bands (TBs) developed at different PSs in the deformed grains made a significant contribution to the localized deformation zones in both Mg alloys under the mini-V-bending process. Mesoscale simulations based on the resolved shear stress (RSS) analysis and crystal plasticity finite element method (CPFEM) simulations were used to elucidate the deformation behaviors in E-form and AZ31 Mg alloys during mini-V-bending. However, a CPFEM based on a random mapping (RM) scheme was used to simulate the heterogeneities of the strain/stress states of E-form Mg alloy sheets through the thickness direction during an Erichsen test.

[KC3-1 | 15:30]

Research on Ti Alloys and Their Applications in Transportation in China: Yong-Qing Zhao, Qian Li; *Northwest Institute for Nonferrous Metal Research*

Keywords: titanium alloy, mechanical properties, application in transportation, development trend

Titanium alloys have been widely used because of their excellent comprehensive properties. This report briefly introduces the R & D status of titanium alloys in China, including some typical titanium alloys, such as high strength Ti-alloys, high temperature Ti-alloys, low temperature Ti-alloys, damage tolerance Ti-alloys, corrosion resistant Ti-alloys, and low cost Ti-alloys. The applications of titanium alloys in transportation were paid great attentions, focusing on the use of titanium in China's C919 large passenger aircraft, bicycles, automobiles, etc.

[KC3-2 | 16:00]

Strain rate sensitivity of titanium and its alloys: Tea-Sung (Terry) Jun; *Incheon National University*

Demands for using lightweight metallic materials such as Ti metals/alloys have progressively increased in many industries. Titanium alloys are typically used as structural load bearing components in aeroengines due to their high strength-to-weight ratio, corrosion resistance and excellent mechanical properties. In service, these alloys are subjected to significant cyclic loading, with high thrust (i.e. stress) excursions during take-off, a load-hold during flight and unloading on landing. The load-hold has been shown to have a significant effect on the fatigue life performance of many dual phase titanium alloys, where a significant hold at maximum load can reduce the number of cycles to failure by an order of magnitude or more when compared with simple 'saw-tooth' load-unload fatigue

cycle. This is known as the dwell debit. Recently, it has been demonstrated that failure is dominated by local microstructure in these alloys, including the presence of a rogue grain combination. During the load-hold, stress is shed from a 'hard' grain to a neighbour 'soft' grain and local regions of very high stress form [1]. Time dependent stress amplification at local microstructural regions during this load shedding process near the interface is thought to play a prominent role in facet formation. In practice this effect is mitigated by use of dwell insensitive alloys and careful maintenance schedules but management of this phenomena costs the aerospace industry significantly (~£100m / year). The motivation of this study is to understand the dwell process and in particular to characterise fundamental mechanisms within dwell sensitive Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo and dwell insensitive Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo alloys [2]. 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}) [3]. Local strain rate sensitivity is determined using a power law linking equivalent flow stress and equivalent plastic strain rate. We also have chosen to fabricate 'simple' single colony micro-pillars (~2 μm in width and ~5 μm in height) containing different internal microstructures of pure-alpha phase and mixed alpha+beta phase of particular crystallographic orientations to trigger (near-) single slip in ~uniaxial deformation. These micro-pillars have been tested in an Alemnis displacement controlled nanoindentation system within the SEM. Tests have been performed with variable strain rates and load-relaxation tests to extract out rate sensitivities of the different slip systems and to understand the role of the alpha and beta phases and local interfaces [4]. To improve fundamental understanding on the strain rate sensitivity of titanium we further have performed macroscopic tension and compression tests with commercially pure titanium, with the aim of investigating the effect of deformation modes (i.e., slip and twinning) [5] and oxygen contents and linking the rate sensitive mechanisms between macro- and micro-scopic level. In this study, an overview of strain rate sensitivity of titanium and its alloys is presented. The experimental approaches shown here present new exciting mechanistic insight into important deformation mechanisms, as well as opening up further studies of new alloy design.

[KC3-3 | 16:30]

Tentative Research on Ti alloy Application in Bogie Component of Rolling Stocks: Gaofeng Quan, Zhengzhi Luo, Yangyang Guo, Houhong Pan; *Southwest Jiaotong University*

Light weighting is a new valuable technological progress in mobile vehicles in last decades. Track transportations are recognized recently as a strategic means of delivery for an independent organization or nation. High strength steels and Al alloys are utilized in structures manufacturing of bogie in rolling stocks are all accepted for reduction in mass. For some key components of bogie structure, steels are too heavy, although Al alloys possess insufficient strength. Ti alloy, i.e., TC4 has very high strength with moderate mass, and should produce a general light weight effect. The additive manufacturing (3D printing) method is used to fabricate a simulant axle box with Ti alloy TC4, for a type of bogie in CR400 EMU model. A simple light weight-cost assessment is made to compare different materials and different manufacturing process in view of life assessment.

[KC3-4 | 17:00]

Twinning-induced Texture Control of Pure Titanium: Jong Woo Won¹, Jea Keun Hong¹, Chong Soo Lee²; ¹KIMS. ²POSTECH

It is well known that the formation of an intense transverse split basal texture is inevitable in commercially pure titanium (CP-Ti) during conventional cold rolling (CCR) to produce a sheet [1]. Strong rolling texture generally causes deterioration in sheet formability of CP-Ti, giving rise to many limitations on its widespread use in industrial fields [2]. Although twinning has been considered as an effective method to control texture as it causes large-scale change of texture, its applicability to the CCR for CP-Ti is limited. In this study, we propose a two-step cold rolling (TCR) process that enables production of a CP-Ti sheet with weakened and dispersed texture by facilitating twinning-mediated texture control. The TCR sheet had weakened and dispersed rolling texture (Fig. 1a) compared to the CCR sheet that had a strong rolling texture in which most c-axes inclined at $\pm(25^\circ-35^\circ)$ from the ND towards the TD (Fig. 1b). The TCR sheet showed high Erichsen value than the CCR sheet (Fig. 2). This result indicates that TCR can improve sheet formability of CP-Ti. The improvement was attributed to enhanced capability of sheet thinning and reduced planar anisotropy caused by the {11-22} twin texture with its c-axis widely distributed in the rolling direction-transverse direction plane of a sheet. Acknowledgement: This work was supported by the Civil-Military Technology Cooperation Program funded by the Ministry of Trade Industry and Energy, Republic of Korea (16-CM-MA-10).

철강 III

Room 104, 10월 25일

[철강9-1 | 09:00]

Effect of SiC Formation on the Wettability of Graphite by Molten Slag: Joonseok Oh, Joonho Lee; *Korea university*.

Keywords: ironmaking process, SiC formation, SiO gas, slag hold up, wetting

The iron-making industries had been confronted with economic problem of reducing manufacturing cost and environmental problems of reducing CO₂ emission. Since the blast furnace (BF) has been used cokes as heat source and reducing agent, emission of CO₂ is inevitable in BF operation. Therefore, in order to solve these problems, it is important to ensure permeability in the lower part of BF for achieving high productivity. However, excessive slag hold up in cokes bed causes uneven temperature distribution, thereby reducing the efficiencies and causing operational problems. It is well known that slag hold up is significantly affected by the wettability of coke by molten slag and SiC improves wetting behavior of slag. However, SiC formation under BF gas condition is not fully understood. In addition, the effect of the utilization of H₂ gas as a reducing agent instead of cokes, which has been emerging as a solution to the mitigation of CO₂ emission, on wetting behavior of slag should be evaluated. Therefore, in this study, the formation rate of SiC at 1843, 1873, and 1903 K under the N₂-CO or N₂-CO-H₂ gas mixture and the effect of SiC formation on graphite substrate on wetting behavior of slag were investigated.

[철강9-2 | 09:15]

Dissolution Rate of Alumina into Molten Slags Containing Fe₂O and its Kinetic Modeling: Young-Joon Park¹, Yong-Min Cho¹, Woo-Yeol Cha², Youn-Bae Kang¹; ¹*Graduate Institute of Ferrous Technology*, ²*POSCO*.

Keywords: dissolution rate, alumina, slag, mass transfer coefficient,

In order to minimize total amount of non-metallic inclusions during steelmaking process, the inclusions should be removed into top slags before the steel is sent to caster. Therefore, optimization of the slag composition for faster dissolution of the inclusions is important. In the present study, dissolution rate of alumina into secondary refining slags composed of CaO-Al₂O₃-Fe₂O-SiO₂-MgO was experimentally investigated using crucible dissolution test at 1823 K. Effects of stirring speed, CaO/Al₂O₃, Fe₂O and temperature were investigated. The dissolution rate was analyzed by using kinetic mass transport equations. At the same C/A condition, dissolution rate increased when Fe₂O contents increased. Above a certain Fe₂O value, no significant change in dissolution rate occurred. And at a same concentration of Fe₂O, dissolution rate increased when C/A increased. Mass transfer in the slag might act as the rate determining step. In the dissolution of alumina, the viscosity associated with mass transfer was more involved than other factors. Also, from the experimental data and the kinetic analysis, dissolution mechanism is discussed by Shrinking Core Model(SCM).

[철강9-3 | 09:30]

The Structure of CaO-Al₂O₃ Slag at Different CaO /Al₂O₃ Ratio by Raman and FTIR Spectroscopy: Ramaraghavulu Rajavaram, Donghwi Park, Joonho Lee; *Korea University*.

Keywords: Al-CaO₂ O₃ slag; Raman and FTIR spectroscopy

Calcium aluminate (CA) slag are important material in geochemical and materials science where AlO₄²⁻ is only the network former. As a function of CaO/Al₂O₃ ratio, aluminum can have different environments in between CaO and Al₂O₃. The slags have prepared at different composition of CaO-Al₂O₃ (CA:44-56wt%: CA:47-53wt%: CA:50-50wt%: CA:53-47 and CA: 56-44 wt%). The X-ray diffraction analysis confirms the amorphous nature of the slags. The structural surroundings of Al in slags have analyzed by Raman and FTIR spectroscopies studies. In the Raman Spectra, two bands appear at 545 cm⁻¹ and 760 cm⁻¹ for all the CA compositions. With increasing the Al₂O₃ concentration, the intensity of the 545 cm⁻¹ band increases and the band lies at 760 cm⁻¹ intensity degrees in the Raman spectra. These spectral changes may due to the formation of coordinated Al species through the involvement of bridging oxygens.

[철강9-4 | 09:45]

The Interfacial Reaction between ULC Al-killed Steel and Fe₂O-CaO-Al₂O₃-MgO Slag System in Secondary Refining Process: Yong-Min Cho¹, Woo-Yeol Cha², Joo-Hyeok Lee¹, Youn-Bae Kang¹; ¹*Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH*, ²*POSCO*.

Keywords: Reoxidation, Fe₂O, Alumina Inclusion, ULCAK steel, Rate controlling step

Ultra low carbon aluminium killed steel is reoxidized by Fe₂O in slag during secondary refining process. The inclusion generated by the reaction can deteriorate final product quality and manufacturing process. In the present study, a set of experiment was carried out to measure composition change of molten steel for using rate equation based on mass transfer in the steel and slag. Molten steel including Al was allowed to react with MgO saturated slag based on Fe₂O-CaO-Al₂O₃-MgO at 1550°C until the two phases reach equilibrium

state. The molten steel was sampled by periodically through quartz tube sampling method. The sample was analysed by LECO and ICP-AES in order to measure composition change. It was found that the mass transfer coefficient in molten slag is the lowest value from among the calculated value by each assumed rate equations. Meanwhile, another series of experiment was carried out to visualize concentration gradient in the vicinity of reaction interface. It was verified that there was Al gradient of slag side although it was not observed that gradient of other components.

[철강9-5 | 10:00]

Investigation on the Formation Behavior of Inclusions in Si-killed Steel: Dong-Hyun Kim¹, Yong-Hwan Kim¹, Joo-Hyeok Lee¹, Jeong-Do Seo², Youn-Bae Kang¹; ¹Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH. ²Technical Research Laboratories POSCO.

Keywords: Si-killed Steel, Inclusion

It is generally known that inclusions in Si-killed steel can lower the cleanliness of the molten steel and occur defects of wire-rod products such as engine valve and tire cord. However, there is a lack of information on which types of inclusions generate and how they could be removed from the molten steel. In the present study, it was assumed that deoxidation inclusions and precipitation inclusions might be formed in sequence in Si-killed steel of wire rods and the agglomeration behavior of the inclusions were investigated in terms of the steel composition (Fe-Si-C) and the inclusion morphology. It was found that the deoxidation inclusions had spherical inclusions of various sizes less than 2 μ m in diameter. Also, the higher Si content and the lower C content in the steel, the more the deoxidation inclusions seemed to agglomerate by increasing the interfacial tension among the inclusions. On the other hand, the precipitation inclusions appeared to have a weak cohesion behavior due to sporadic scattering of irregularly shaped inclusions having small diameters under 0.5 μ m. The deoxidation inclusions showed an increase in the number of inclusions as the Si content increased, while the number of precipitation inclusions had an opposite tendency. This was because the equilibrium O concentration of the steel was lower when the Si content was low, so the amount of the precipitation inclusions was higher.

[철강9-6 | 10:15]

Kinetic Analysis of Oxidation Rate by Interfacial Reaction between Molten Steel and CO Gas Generated from Nozzle Material in Continuous Casting: Joo-Hyeok Lee, Seung-Woo Hong, Youn-Bae Kang; Graduate Institute of Ferrous Technology, POSTECH.

Keywords: Kinetic, Oxidation, Continuous casting, Refractory, Nozzle clogging

Clogging phenomenon at the submerged entry nozzle in Ti-bearing steels for automobile outer panels have been regarded as a conundrum in continuous casting. Nozzle clogging mechanism of Ti-ULC steel is not clear compared with that of Ti-free grades. It was found that clog materials of Ti-ULC casting is composed of mainly frozen steel contacting with calcium aluminate with limited amount of TiO_x was identified in the vicinity of inner wall. The CO gas generated by a carbothermic reaction of nozzle constituents (SiO₂ and graphite) might be detrimental to the nozzle clogging. In a previous study conducted by the present authors, the CO gas oxidizes the Ti-ULC steel at the interface between the steel and the nozzle, and forms Fe₂O-Al₂O₃-TiO_x liquid oxide temporarily. The Fe₂O-Al₂O₃-TiO_x liquid oxide might be act as a binder between frozen steel and refractory due to its wettable characteristics both steel and refractory. Although Fe₂O-Al₂O₃-TiO_x liquid oxide may promote frozen steel adhesion, its kinetic study on the formation of the liquid oxide have not been investigated yet. Dissolution behavior of CO gas into pure molten steel should be investigated prior to understand how fast the liquid oxide is formed. In the present study, experiment for oxidation of the molten steel by CO gas was carried out as basic research to estimate rate of interfacial reaction between nozzle and refractory. Dissolved oxygen and carbon in liquid steel were measured by LECO combustion analysis. From the obtained results, rate of oxidation by the CO gas may be faster than that of oxidation by pure oxygen. It suggests that CO gas released from nozzle refractory can oxidize liquid steel rapidly and the liquid oxide might be created instantly when the liquid steel contact with nozzle. Thereby, rapid oxidation of the steel by CO gas may facilitate frozen steel adhesion due to presence of the liquid oxide which acts as binder.

[철강9-7 | 10:30]

Numerical Modeling of Inclusion Motion Behavior in AC Flash Butt Welding Process: Md Irfanul Haque Siddiqui, Joonho Lee; Korea University.

Keywords: AC flash welding, inclusions, interfacial tension, CFD

The entrapment of inclusions in the solidified welded zone is detrimental to its mechanical properties. The squeezing rate, the initial temperature of the weld pool, and the inclusion particles affects the AC flash welding process. Additionally, the minor concentration of Sulfur induces Marangoni convection in the weld pool that governs the pushing and engulfment of the inclusion particles by the solid-liquid interface. Computational Fluid Dynamics (CFD) has been developed to investigate the behavior of an aluminum flash in a thin steel plate. The Volume of Fluid (VOF) numerical model was coupled with dynamic motion of plates, discrete phase and solidification of the melt. The simulation results show that the above parameters are significantly affected by the overall inclusions motion behavior. A high squeezing rate pushes away the inclusions from the length of the welded joint. The initial flash temperature also promotes the

exposing the samples to NO and CO gases and using a gas analyzer system (QMS) in the outlet gas, in order to evaluate the reduction amount for each sample. Besides, analyzing the effect of those materials combined with coal/coke under air atmosphere is important to simulate the sintering process, because NO_x is mostly formed from nitrogen present in carbon-source material, known as fuel- NO_x . Different ratios of catalyst material/coal and, also, different mixing procedures (layer over layer, uniform distribution and catalyst coating coal) will be tested. The expected results from these experiments will provide the best catalyst material and also, best ratio of additive/coal and mixing procedure between them.

[철강10-4 | 11:30]

Electro-recovery of Metallic Fe from FeCl_x : 박광원, 손일; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: Electrodeposition, FeCl_x by-product, Cyclic Voltammetry, Fe electrolysis, Fe recovery

FeCl_x can be obtained from by-products during pickling of steel, selective chlorination of ilmenite (FeTiO_3) to produce titanium tetrachloride, or nickel extraction of laterite ores. Traditionally, FeCl_x is can be treated through a neutralization process (with lime or NaOH) or/and spray roasting. However, the neutralization process is not efficient and environmentally unfriendly due to large amounts of chemical use. Spray roasting is advantageous for acid recycling, but significant amounts of metal loss is observed. In comparison, FeCl_x electrolysis has been considered to be more efficient and less intrusive to the environment. Therefore, fundamental studies of the FeCl_x electrolysis was performed to understand the mechanism and possibility to reclaim Fe. FeCl_2 and FeCl_3 exhibit extremely different melting temperatures, which makes it necessary to understand the effects of various types of electrolysis. In this work, cyclic voltammetry (CV) was conducted to understand the electrochemical and diffusion behavior of Fe ions in various ionic melts. Chrono potentiometry (CP) was performed to find the optimal current density for Fe extraction and the extracted phases were identified through XRD (X-Ray Diffraction). The morphology and chemical composition of deposits were further analyzed by SEM-EDS (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy)

[철강10-5 | 11:45]

Structure-property relationship via phase stability analysis of $\text{CaO-SiO}_2\text{-MO}$ slags (MO: Al_2O_3 , FeO, P_2O_5): 최준성, 민동준; 연세대학교

Keywords: Slag structure, Amphoteric oxide, Viscosity, Raman spectroscopy, Stability function

슬래그 이온 구조 정량 지표(NBO/T)를 활용한 슬래그 점성 및 점련능 물성 예측 모델 설계를 위하여, $\text{CaO-SiO}_2\text{-MO}$ 용액의 구조-물성 관계에 미치는 염기도와 양쪽성 원소 (MO: Al_2O_3 , FeO, P_2O_5)에 관한 연구를 수행하였다. 용액 구조에 미치는 조성 효과를 확인할 목적으로 MO 농도와 염기도(CaO/SiO_2)를 변화시켰다. 슬래그 구조 정량화를 위하여, 1600°C 에서 급냉된 비정질 시료는 Raman Spectroscopy 분석 이후 PeakFit™4.12을 이용하여 deconvolution 함으로써 각각 Q^n unit 분율의 정량 분석을 진행하였다. 또한, Rotating cylinder method에 의해 측정된 점성은 슬래그 구조 지표(NBO/T)와 함께 나타내었다. CaO-SiO_2 용액의 슬래그 해리도(NBO/T)는 염기도(CaO/SiO_2) 1.0을 기준으로 변곡점을 나타내었으며, wollastonite (CaSiO_3) congruent point 를 중심으로 용체의 stability와 Q^n unit 변화에 의한 것으로 판단된다. MO (Al_2O_3 , FeO, P_2O_5) 증가에 따라 변곡점이 변하며 각각 초정상 변화(anorthite, olivine, tricalciumphosphate)에 따른 dominant polymeric unit 변화에 기인하는 것으로 판단된다. ($\text{Si}^{4+}\text{-O-Si}^{4+}\text{-O-Si}^{4+}\text{-O-Si}^{4+}$) 또한 슬래그 구조적 관점에서, 고온 용체의 대표적인 물성치인 점성 및 탈황능과의 비교 평가를 진행하였다.

[AW-5 | 13:00] 청용상 수상기념강연

Dislocation-based model for TWIP and TRIP : 이태호, 하현영, 김성대, 장재훈, 문준오, 강전연, 박준영, 이창훈, 박성준; 한국기계연구원 부설 재료연구소 금속재료연구본부

변형유기 마르텐사이트 변태(SIMT, strain-induced martensitic transformation)와 변형쌍정(DT, deformation twinning)은 면심입방 구조를 갖는 금속재료의 주요 변형 모드이며, 최근 고강도-고연성 강재 개발을 위한 중요한 합금 개발 전략으로 활용되면서 많은 연구가 진행 중이다. 기존 연구 결과, 두 변형모드를 결정하는 주된 인자는 적층결함에너지(SFE, stacking fault energy)로 알려져 있고, 실험적 방법이나 이론적 계산을 통해 산출된 SFE 값이 변형기구 해석의 주된 연구방향이었다. 본 발표에서는 중성자 회절 분석을 이용한 SFE 측정 결과와, 낮은 SFE 영역에서 관찰된 SIMT (TRIP)와 높은 SFE 영역에서 발생하는 DT (TWIP)에 대한 통섭적 전위모델을 제시하고자 하였다. 1. Transformation-Induced Plasticity (TRIP). 중성자 회절 분석 결과, SIMT는 기존의 Olson-Cohen이 제안한 fcc에서 bcc로 직접 상변태가 아닌 fcc-hcp 그리고 hcp-bcc로 순차적인 상변태가 발생함을 확인하였다. (1) Fcc-to-hcp MT (martensitic transformation)는 Frank partial dislocation이 주도적 역할을 하는 pole mechanism이 우선적으로 작동함을 확인하였고, HR-TEM 및 HAADF-STEM 분석을 통해 Frank partial dislocation은 screw dislocation의 분해반응에 의해 생성됨을 확인하였다. (2) 후속되는 hcp-to-bcc MT는 $\{0001\}\langle 1010 \rangle$ shear가 도입된 후 $\{0111\}\langle 2110 \rangle$ shear에 의해 변태가 완성된다는 intersecting-shear model을 제안하였고, 두 번째 shear system은 hcp 격자간 최조밀 원자면을 연결하는 stair-rod 전위가 주도적 역할을 하는 stair-rod cross-slip 모델로 설명할 수 있음을 확인하였다. 2. Twinning- Induced Plasticity (TWIP). 변형쌍정은 중첩된 적층결함과 이를 둘러싼 부분전위로 구성됨을 TEM으로 확인하였고, 형성 기구는 Shockley partial dislocation만 구동하는 Mahajan-Chin이 제안한 three-layer twin 모델로 설명이 가능함을 확인하였다. 오스테나이트계 강재의 변형기구는 완전전위의 분해에 의해 형성된 부분전위 성분에 따라 결정되며, 본 연구 결과 얻어진 각 변형기구에 대한 전위모델은 다음과 같이 정리할 수 있다. 1) fcc-to-hcp MT: pole mechanism (Frank partial), 2) hcp-to-bcc MT: stair-rod cross-slip model (stair-rod dislocation), 3)

DT: three-layer twin model (Shockley partial).

[철강11-1 | 13:25]

Critical Evaluation and Thermodynamic Modeling of the FeO-Fe₂O₃-V₂O₃ System: Du Wei-Tong¹, Du Xin-Tong², Jung In-Ho³; ¹Chongqing University, ²McGill University, ³Seoul National University.

Keywords: Thermodynamic modeling, spinel, cation distribution, phase diagram

All phase diagrams and thermodynamic data of the FeO-Fe₂O₃-V₂O₃ system, as the main components of vanadium-bearing slag in pyrometallurgy process, were critically evaluated and thermodynamically optimized at 1 atm total pressure. The Fe₃O₄-FeV₂O₄ spinel solid solution was modeled within the framework of compound energy formalism, and the cation distribution between both tetrahedral and octahedral sites was considered to be correlated with the crystal field theory. The wüstite phase with dissolution of V₂O₃ was also described using the Bragg-Williams random mixing model. Meanwhile, the slag phase was optimized based upon the Modified Quasichemical Model. The optimized thermodynamic model parameters can be used with the Gibbs energy minimization software, FactSage, to calculate the phase diagrams and thermodynamic properties of this system in which experimental data are not available.

[철강11-2 | 13:40]

Study of the Effects of Titanomagnetite Addition on the Sintering Behavior of Hematite ore.: Edson K. Chiwandika, 정성모; 포항공대철강대학원.

Keywords: Sintering, sinter properties, titanomagnetite, element distribution.

Sintering plays a very important role in the raw material preparation in the ironmaking process. In order to cut on the production cost there is need to produce sinter using low priced raw material like titanomagnetite. These ores have some drawbacks which include complexity, source stability and lack of sintering data. Understanding the sintering behavior of these ores is critical for the effective utilization of these ores. To date, the sintering and consolidation mechanism of the V-Ti-Cr ore is not yet made clear. This study is aimed at clarifying the Ti distribution after sintering and its effects on the sintering properties. XRD analysis was used for phase identification and EPMA analysis for the elemental distribution after sintering.

[철강11-3 | 13:55] Canceled

DRI 적용에 따른 전기로 슬래그 포밍 거동의 변화: 손원영, 강영조; 동아대학교 신소재공학과.

[철강11-4 | 14:10]

MgO granular type에 따른 CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag에서의 용해 거동 연구: 김예린, 정용석; 한국산업기술대학교 신소재공학과.

Keywords: 용해, Hot Thermocouple Technique, MgO granular type, Kinetic

다양한 CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag 조성에서의 MgO granular type에 따른 용해 거동을 Single Hot Thermocouple Technique (SHTT)을 이용하여 연구하였다. 각 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 시료 파우더를 염기로(C/S) 1로 고정하고 Al₂O₃ 함량을 다양하게 변화시켜 조성에 따른 MgO 용해 거동을 관찰하였다. 또, MgO granular type에 따른 용해 거동을 관찰하기 위해 lumped MgO, single crystal MgO, castable MgO를 1550°C에서 용융시킨 slag에 투입하여 시간에 따른 용해 거동을 광학현미경을 통해 관찰하였다. 결과적으로, slag의 조성 변경을 한 경우 Al₂O₃ 함량이 증가함에 따라 MgO의 용해 속도가 감소하였고, MgO granular type에 경우 single crystal MgO의 용해 속도가 확연히 감소하였음을 확인하였다. Kinetic 연구를 통하여 다양한 slag 조성에서 MgO granular type의 용해 거동 연구가 수행되었다.

[철강11-5 | 14:25]

2차 정련의 반응 모델을 활용한 Al₂O₃ 에서 MgAl₂O₄ 개재물로의 조성 변화에 대한 속도론적 해석: 김정인¹, 김선중²; ¹조선대학교 철단소재공학과, ²조선대학교 재료공학과.

Keywords: Coupled reaction, Kinetic assessment, Ladle refining process, MgAl₂O₄ inclusion

MgAl₂O₄ 스피넬 개재물은 높은 용점과 낮은 변형률을 가져 최종 철강 제품의 품질을 저하한다고 알려져 있다. 일반적으로 MgAl₂O₄ 개재물은 Al의 탈산 생성물인 Al₂O₃ 개재물과, 슬래그의 환원 및 내화물의 용손으로 발생하는 용강 중 Mg이 반응하여 Al₂O₃ 개재물 내 Mg 농도가 증가하여 생성된다. 실 조업에서는 개재물 조성 변화와 함께 용강, 슬래그, 내화물, 비금속 개재물, 탈산제 및 합금원소 등의 여러 반응이 동시에 진행되므로 MgAl₂O₄ 개재물과 같은 비금속 개재물의 생성 거동 예측이 단순하지 않다. 따라서, 시간에 따른 용강, 슬래그 및 개재물의 조성변화 및 양적변화를 동시에 예측하는 시뮬레이션 모델이 필요하다. 본 연구에서는 Coupled Reaction 모델을 활용하여 2차 정련 간 Al₂O₃ 개재물에서 MgAl₂O₄ 개재물로의 변화를 도입하고 해석하였다. 본 모델의 신뢰성을 확보하기 위하여 210 톤의 조업 결과와 계산 결과를 비교하였다.

[철강11-6 | 14:40]

Metallic Particle을 활용한 CaO-Al₂O₃-CaF₂계 몰드플럭스의 열 전달 제어: 현성희, 윤대우, 백지연, 조중욱; 포항공과대학교

Keywords: Mold flux, Mie scattering, Thermal conductivity, Heat transfer, Absorption coefficient

연주공정에서 초기 응고 시 과도한 냉각으로 인하여 주변에 표면 결함이 자주 발생한다. 이를 방지하기 위해 용강과 주형 사이의

몰드플럭스 필름을 통한 열 전달 제어 연구가 활발히 이루어지고 있다. 몰드플럭스의 결정화도를 증가시킴으로써 주형 내 전열량을 감소시키는 것이 일반적인 열 전달 제어방법이지만, 이는 용강과 주형 사이의 윤활능을 악화시켜 슬라브 표면 결함을 야기시키는 부작용을 안고 있다. 따라서 유리질 몰드플럭스 내에 분산된 metallic particle의 Mie scattering을 통해 흡광계수를 높임으로써 윤활능 확보 및 전열량 감소의 효과를 입증시킨 선행 연구결과를 주목하였다. 하지만 metallic particle이 열전달 기구 중 하나인 복사에 미치는 영향은 입증되었으나 전도에 어떤 영향을 미치는지는 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 CaO-Al₂O₃-CaF₂계의 유리질 몰드플럭스에 FeO 및 Fe metallic particle을 각 0%, 2%, 5% 첨가함으로써 자연적으로 환원되어 particle을 생성시키는 FeO의 흡수 및 Mie scattering에 의한 흡광계수의 변화와 Fe particle 자체의 Mie scattering에 의한 흡광계수의 변화를 FT-IR 및 UV/Vis 분광기를 통해 측정 후 비교 및 고찰하였다. 또한, 몰드플럭스 필름 내 분산된 metallic particle이 미치는 열전도도의 영향을 평가하기 위하여, 열전도도 측정기 (LFA)를 이용하여 분석하고, 이를 종합하여 유리질 몰드플럭스 내 metallic particle이 용강과 주형 사이의 열 전달 제어에 어떤 영향을 미치는지 그 결과를 분석하였다. 이러한 전도와 복사에 의한 열 전달을 통틀어서 시뮬레이션 하기 위해, 실제 연속 주조 공정과 유사한 전열 모사 장치(IET)로 실제 주형 내 전열량 감소 검증 실험을 수행하고 우수한 열 제어능을 가지는 방법임을 확인하였다.

[철강11-7 | 14:55]

Thermodynamic Study on the Interaction between Si and Mn in α -Fe: Su Jin Lee¹, Seil Lee², Youngjo Kang¹; ¹Dong-A University, ²POSCO.

Keywords: interaction parameter, MnS, Si, Mn, α -Fe

In order to improve the quality of steel products, control of both solutes and inclusions in iron and steel making process have been intensively studied. Even during solidification and heat treatment, inclusions may be newly precipitated and existing inclusions also undergo significant changes in their compositions and distribution. MnS often observed in different steel grades has various influences on the final product quality. In high-Si steels, especially, MnS has significant role as an inhibitor, improving magnetic properties. Accordingly, more precise determination of MnS precipitation should be required for the superior quality of steels. Furthermore, in many typical steel grades, Si is one of the most important alloying elements, which is widely used as deoxidizing agents. For the better control and prediction of MnS, therefore, it is essential to properly understand about the interaction between Si and Mn. However, the understanding on the behaviors of solutes and inclusions during solidification and heat treatment is very limited due to the lack of the thermodynamic properties of the solutes in solid iron phase. In this study, the self-interaction parameter of Si (ϵ_{Si}^{Si}) and interaction parameter between Si and Mn (ϵ_{Si}^{Mn}) were determined in α -Fe at 1323-1473K, based on the distribution equilibrium of Si between solid Fe and liquid Ag. Using the determined thermodynamic properties, the effects of Si on the precipitation of MnS would be discussed in α -Fe.

[철강11-8 | 15:10]

연속주조 몰드의 공기기동 형성에 관한 수치해석 연구: 이준희¹, 박일석¹, 한상우², 조현진²; ¹경북대학교 공대 기계공학부, ²포스코기술연구원.

Keywords: Continuous casting mold, air core, free surface

배수 또는 급수 과정에서 공기기동이 형성되면 공기 유입에 의한 배수 유량 감소 등 부정적인 효과를 야기하며, 특히 공기기동이 철강 연속주조 몰드 내부에서 발생하면 탕면 불순물 유입에 의한 철강 품질 저하 등 문제점을 야기한다. 본 연구에서는 이러한 공기기동이 형성되는 과정을 2, 3차원 단순 원통형 배수 모형, 대향 유동 모형, 탕면 보텍스 모형을 이용하여 수치해석적으로 연구하였다. 단순 원통형 배수 모형에서 공기기동의 형성 원인은 Ekman spiral suction 흐름과 테일러 보텍스 링 적층 구조임을 알 수 있었으며, 대향 유동 모형에서는 공기기동 형성 원인이 자유표면의 보텍스와 하강유동임을 알 수 있었다. 또한 앞선 모델 연구결과를 바탕으로 연속주조 몰드 탕면에서 공기기동이 형성되는 메커니즘을 고찰하였다.

[철강11-9 | 15:25]

The Molar Volume Modeling of the Fe-based Liquid Alloys: Chen Zhuo¹, Jung In-Ho²; ¹Chongqing University, ²Seoul National University.

Keywords: Molar volume, Fe-based alloy, Thermodynamic modeling

The variation of molar volume of liquid metal with composition and temperature is a fundamental physical property required in various metallurgical fields. In particular, accurate volumetric data of liquid metal are highly desirable for the casting of high alloyed steel. However, the molar volume of high alloyed liquid steel is still scarce. In this study, the available experimental data for the molar volume of binary liquid Fe-X (X=Al, Mn, Cr, Ni, Si, Cu, Co, C and S) systems are critically evaluated with the intention of finding the correlations between the thermodynamic properties and excess molar volume. A structural molar volume model for liquid alloys is established to predict the molar volume of unary, binary and higher alloy liquid metallic solution.

생체재료

Room 105, 10월 25일

[상제 1-1 | 10:00]

Bone-like Apatite Precipitation on Hydroxyapatite Coating on Ti-40Nb-xHf Alloy by PEO After Nanotube Formation: Min Gyu Park¹, Han-Cheol Choe²; ¹ *Department of Dental Materials, School of Dentistry, Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials & College of Dentistry, Chosun University.*

Ti-6Al-4V alloys are acceptable implant materials, but recent studies have shown that the release and accumulation of Al and V ions can have a detrimental effect on the human body. Therefore, some investigators have focused on the development of Al and V free Ti alloys that contain non-toxic element such as Niobium (Nb), Tantalum (Ta), Zirconia (Zr) and Hafnium (Hf) for biomedical applications. In particular, Nb has identified as a non-toxic element that does not cause any adverse reaction in the human body. Accordingly, research has focused on β -Ti alloys, due to their increased biocompatibility and decreased elastic modulus. Since, Hf belongs to the same group as titanium in the periodic table of elements, titanium alloyed with this element will likely have good corrosion resistance and biocompatibility. Hydroxyapatite (HA) is a bioactive material with a calcium to phosphorous ratio that is similar to that of mineral bone. It has been used as a bone replacement material in restorative dental implant. In this study, first, nanotubes were formed on the Ti-40Nb-xHf alloy by a potentiometer on 1M H_3PO_4 containing 0.8 wt% NaF at room temperature on the Ti-40Nb-xHf alloy. Second, after forming the nanotubes, the initial nanotube layer was removed, and then the alloy surface was coated with hydroxyapatite (HA) using PEO. For bone formation test, samples were dipped in the SBF solution for 24 hrs. Phase transformation and morphology of surface deformation on Ti-40Nb-xHf alloys were analyzed by X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS). (This research was supported by National Research Fund of Korea (NRF:2016R1D1A1B01016542: hcchoe@chosun.ac.kr))

[상제 1-2 | 10:15]

Comparison of Sputtered HA Coatings and PEO HA Coatings on Ti-40Ta-xNb Alloy: Sang-Gyu Lim, Han-Cheol Choe; *Advanced Functional Surface & Biomaterials Lab, Department of Dental Materials & Research Center of Nano-Interface Activation for Biomaterials, College of Dentistry, Chosun University*

Keywords: Keywordss: Titanium (Ti), Tantalum (Ta), Niobium (Nb), Plasma electrolytic oxidation (PEO), Hydroxyapatite (HA) coatings

Ti-6Al-4V alloys have been extensively used as dental implants, but titanium and aluminum alloys without vanadium and aluminum are under development because they exhibit cytotoxicity and negative tissue reactions of aluminum and vanadium. To solve this problem, Ti alloys containing non-toxic elements such as Ta, Zr, Nb and Hf are being developed. In particular, Ta and Nb are among the most effective β -stabilizers of titanium. It has also been found to stabilize the modulus of elasticity. The purpose of this study is to comparison of sputtered HA coatings and PEO HA coatings on Ti-40Ta-xNb alloy. The Ti-40Ta-xNb alloy was prepared in a vacuum chamber of an arc melting furnace and annealed at 1050 °C for 1 hour in an argon-atmosphere vacuum tube, followed by quenching. The Ti-40Ta-xNb (x = 0, 3, 7, 15) alloy were coated with HA by sputtering after PEO-treatment in H_3PO_4 solution at 280 V for 3min. Ti-40Ta-xNb (x = 0, 3, 7, 15) alloy were coated with HA by PEO-treatment in a solution containing HA ions for 3 min. Surface properties were characterized by optical microscopy (OM), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and X-ray diffraction (XRD). This research was supported by National Research Fund of Korea (NRF:2016R1D1A1B01016542: hcchoe@chosun.ac.kr).

[상제 1-3 | 10:30]

CoCrMo 합금의 Selective laser melting 공정 온도에 따른 열잔류응력 및 기계적 특성 변화에 대한 연구: 방경배¹, 김원래¹, 박정현¹, 현승균², 김형균¹; ¹ *한국생산기술연구원 강원지역본부*, ² *인하대학교 신소재공학과*.

Keywords: Selective laser melting, CoCrMo Alloy, Thermal residual stress

CoCrMo (ASTM F75)합금은 강도, 내식성과 내마모 등의 특성이 우수하여 생체재료로써 쓰이고 있다. 최근에는 환자맞춤형 부품 개발과 함께 적층성형(Additive manufacturing)에 관한 연구가 활발히 진행중이다. 금속 적층성형은 소재 형상 및 공급방법에 따라 다양한 종류의 방식이 존재하고 다양한 장단점이 존재 한다. Powder bed fusion (PBF) 방식 중 하나인 selective laser melting (SLM)은 높은 정밀도를 자랑하지만, 열잔류응력에 의한 시편 변형 및 균열 발생 등의 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 과도한 써포트 설계와 함께 후열처리를 통해 열잔류응력을 해소하더라도, 써포트 제거에 따른 얇은 부위의 2차 변형을 방지하긴 어렵다. 그러므로, 열잔류응력 제어 SLM 공정 연구는 필수이다. 본 연구에서는 CoCrMo의 완전용융에너지에 따른 파워 및 주사속도 별 고밀도 SLM 공정 연구와 함께, 공정 온도 (50, 100, 150°C)에 따른 열잔류응력을 평가하였다. 밀도 측정은 광학현미경을 이용하여 각 시편의 면밀도를 측정 후, nano-CT를 이용하여 분석하였다. 고밀도 조건의 시편에 대해 열잔류응력, 미세구조, 상, 조성 및 기계적 특성을 평가하였다.

[생체 1-4 | 10:45]

Direct Growth of Graphene on NiTi Alloy for Reduction of Magnetic Resonance Artifact: 한태양, 한준현; *충남대학교 신소재공학과*.
 Keywords: CVD, Magnetic Resonance Imaging (MRI), MR image distortion, NiTi, Graphene

현재 자기공명영상 (MRI)은 심혈관계 질환과 신경계통 장애의 진단과 치료에 있어서 핵심적인 역할을 하고 있다. MRI는 비침습적이며 인체에 무해하고 환자의 자세 변화 없이 여러 각도의 영상을 촬영할 수 있다는 장점들 때문에 현재뿐만 아니라 미래에도 필수적인 진단법이 될 것이라고 기대되고 있다. 그러나 MRI는 촬영 시 촬영하고자 하는 부위에 금속 보철물이 있는 경우 금속 보철물 주변의 이미지 정보가 사라지거나 변형되는 MR 영상 왜곡 현상이 나타난다는 문제점을 가지고 있다. 또한 이미지의 해상도를 높이기 위해 자기장의 세기가 강한 MRI가 요구되기 때문에 MR 영상 왜곡의 영향은 더욱 더 커질 것이다. MR 영상 왜곡 현상이 일어나는 가장 큰 이유는 인체 내의 생체 금속과 그 주변의 생체조직과의 자기민감도 차이 때문이다. 따라서 생체 금속의 자기민감도를 생체조직의 수준까지 낮추는 것이 MR 영상 왜곡 현상을 완화시키는데 가장 중요한 점이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 현재 생체 재료로 널리 쓰이고 있는 NiTi계 합금 표면에 반자성체이자 생체적합성이 뛰어나다고 알려져 있는 그래핀을 코팅함으로써 자화율이 낮은 NiTi-Graphene composite (Gr/NiTi) 을 제작하였다. 그래핀은 CVD법을 통해 NiTi 표면에 직접 성장시켜 코팅하였으며 이는 그래핀 전사법으로 코팅한 그래핀보다 계면접합성이 더 뛰어날 것으로 예상된다. 그래핀의 성장 시간을 달리 하여 제조된 Gr/NiTi의 자화율을 측정하였으며 Pure NiTi 대비 자화율의 감소율을 비교하였다.

[생체 1-5 | 11:00]

A Stretchable Ionic Diode by Interpenetrated Polyelectrolyte Hydrogels: Hae-Ryung Lee, Jeong-Yun Sun; *Seoul National University*.

Keywords: Ionic diode, stretchable diode, ionic circuit, polyelectrolyte gel, LASER engraving

As the demand on soft and flexible devices steadily increases, ionic applications demonstrated by gel materials have been in the spotlight. Here, stretchable ionic diodes (SIDs) made by polyelectrolyte hydrogels in microscale are introduced. Polyelectrolyte hydrogels were mechanically modified by methacrylated polysaccharides, forming interpenetrating networks (IPN) with preserving ion selectivity of poly(sulfopropyl acrylate) potassium salt (PSPA) and poly([acrylamidopropyl]trimethylammonium chloride) (PDMAAPAA-Q). Then, SIDs composed of interpenetrated polyelectrolyte gels were fabricated in VHB substrates which were engraved by a laser. The SIDs showed rectifying behaviors under the maximum stretch of 3 and preserved their rectifications over hundreds of cycles. A wearable ionic circuit with LEDs which operates during finger movements was also demonstrated as a corollary of SID applications.

[생체 1-6 | 11:15]

Diffusion and Degradation of H_2O_2 through the Extracellular Matrix in Lab-on-a-chip System: Hae Won Hwang¹, Youngmin Seo¹, Pil-Ryung Cha², Sangwook Wu³, Eun Shil Kim¹, Jeong-Yun Sun⁴, Myoung-Ryul Ok¹; ¹*Korea Institute of Science and Technology*. ²*Kookmin University*. ³*Pukyong National University*. ⁴*Seoul National University*.

Keywords: diffusion, degradation, lab-on-a-chip, ECM, ROS

In our body, most of metabolites or drugs go through diffusion and sink at the same time. However, these phenomena were not deeply considered in many in-vitro studies, because in-vitro studies are usually under static and homogeneous liquid phase environment. Therefore, when applying the conditions of in-vitro studies to in-vivo, many trials and errors must be involved. However, advanced in-vitro process, which considers transport phenomena in condensed phases, could lead to effective guidelines for in-vivo and clinical tests. Therefore, in this study, diffusion coefficient of H_2O_2 in fibrin gel was calculated in lab-on-a-chip system. The sink term of H_2O_2 was also considered at the same time with diffusion of H_2O_2 . In addition, this study can be applied not only for H_2O_2 , but also for drugs, cytokines or any kind of medical studies as well. Additionally, the biological studies showed that it could have different response for the same cells or tissues as the location of generation or injection of chemicals in the body. This advanced in-vitro system would give great guidelines for in-vivo and clinical research. Furthermore, studying diffusion and sink would be helpful for understanding transport phenomena inside the body.

생체재료 심포지엄-바이오센서의 동향 및 미래

Room 105, 10월 25일

10월 25일 Oral Session

[바이오1-1 | 13:30] 초청강연

Wearable and Implantable Bio-Integrated Electronics: Donghee Son; *Korea Institute of Science and Technology*

Over years, major advances in healthcare have been made through research in the fields of nanomaterials and microelectronics technologies. However, the mechanical and geometrical constraints inherent in the standard forms of rigid electronics have imposed challenges of unique integration and therapeutic delivery in non-invasive and minimally invasive medical devices. Here, we describe two types of multifunctional electronic systems. The first type is wearable-on-the-skin systems that address the challenges via monolithic integration of nanomembranes fabricated by top-down approach, nanotubes and nanoparticles assembled by bottom-up strategies, and stretchable electronics on tissue-like polymeric substrate. The system consists of physiological sensors, non-volatile memory, logic gates, and drug-release actuators. Some quantitative analyses on the operation of each electronics, mechanics, heat-transfer, and drug-diffusion characteristic validated their system-level multi-functionalities. The second type is a bioresorbable electronic stent with drug-infused functionalized nanoparticles that takes flow sensing, temperature monitoring, data storage, wireless power/data transmission, inflammation suppression, localized drug delivery, and photothermal therapy. In vivo and ex vivo animal experiments as well as in vitro cell researches demonstrate its unrecognized potential for bioresorbable electronic implants coupled with bioinert therapeutic nanoparticles in the endovascular system. As demonstrations of these technologies, we herein highlight two representative examples of multifunctional systems in order of increasing degree of invasiveness: electronically enabled wearable patch and endovascular electronic stent that incorporate onboard physiological monitoring, data storage, and therapy under moist and mechanically rigorous conditions.

[바이오1-2 | 13:55] 초청강연

A Bandage-like, Wearable, and Luminescent Sensor for Monitoring Transcutaneous Oxygen Pressure: Jin-Woo Park, Soyeon Lee, Chang-Jin Lim, Jin-Hoon Kim; *Yonsei University*

We present a new concept for a wearable oxygen (O₂) sensor for transcutaneous O₂ pressure (tcpO₂) monitoring by combining the technologies of luminescent gas sensing and wearable devices. O₂ monitoring has been exhaustively studied given its central role in diagnosing various diseases. The ability to quantify the physiological distribution and real-time dynamics of O₂ from subcellular to the macroscopic level is required to fully understand mechanisms associated with both normal physiological and pathological conditions. Despite its profound biological and clinical importance, few effective methods exist for noninvasively quantifying O₂ in a physiological setting. The wearable sensor developed here consists of three components: a luminescent sensing film attached onto skin, an organic light-emitting diode (OLED) as a light source, and an organic photodiode (OPD) as a light detector. The green OLED was fabricated to excite the sensing film in accordance with absorption spectrum of oxygen sensitive material, 2,3,7,8,12,13,17,18-octaethyl-21H,23H-porphyrin, platinum(II), (PtOEP) changing the ratio of PL intensity (sensitivity, I₀/I₃₀) in relation to O₂ concentration. After energy excitation of luminophores by light absorption from OLED, the PL emission intensity decreases by energy transfer from PtOEP molecules to surrounding O₂ molecules which is called quenching effect. P3HT:PCBM bulk heterojunction based OPD precisely detects the red PL intensity change from the O₂ sensing film. All the components are solution-processable and integrated on a plane in a bandage-like configuration. To verify the performance, tcpO₂ variations by pressure-induced occlusion were measured in the lower arm and a thumb by the wearable sensor, and the results were comparable to those measured by a commercial instrument. Due to its noninvasive and flexible features, the wearable bandage-like O₂ sensor proposed in this study can monitor the tcpO₂ in any part of the body, even when a person is exercising or working, which is currently beyond the restrictions of existing commercially available monitoring systems. Our wearable, bandage-like O₂ sensor opens new possibilities for the continuous monitoring of not only patients during surgery and recuperation but also out-patients suffering from Raynaud disease, diabetic ulcers and similar ailments.

[바이오1-3 | 14:20] 초청강연

Transient Electronics: Suk-Won HWANG; *Korea University*

A remarkable feature of silicon-based integrated system is its capability to last forever without any functional and physical variation, in almost any practical purposes. Recent works demonstrate a new class of silicon electronics that has the opposite behavior -- it physically disappears in water or biofluids, in a controlled fashion, at prescribed times and with programmed rates. This 'transient' technology opens up completely new application opportunities for semiconductor devices in areas, such as implantable medical devices that exist for medically useful timeframes but then dissolve and disappear completely by resorption into the body. This talk summarizes recent work on 'transient' technology, ranging from fundamental chemistry of the key materials, to development of various components and systems for biosensors, to in vivo toxicity tests for biocompatibility.

[바이오1-4 | 14:45] 초청강연

An Ultrathin and Breathable Device Platform for E-skin Electronics for Bio Compatible Health Monitoring System: Sungwon Lee; *DGIST*

Electronic devices have advanced from their heavy, bulky origins to become smart, mobile appliances. Nevertheless, they remain rigid, which precludes their intimate integration into everyday life. Flexible, textile and stretchable electronics are emerging research areas and may yield mainstream technologies. Rollable and unbreakable backplanes with amorphous silicon field-effect transistors on steel substrates only 3 mm thick have been demonstrated. On polymer substrates, bending radii of 0.1 mm have been achieved in flexible electronic devices. We present a platform that makes electronics both virtually unbreakable and imperceptible. Fabricated directly on ultrathin (1 mm) polymer foils, our electronic circuits are light (3 g/m²) and ultraflexible and conform to their ambient, dynamic environment. In addition, a human skin is an excellent substrate to introduce electronic functions with minimal invasiveness. Conformable electronic devices can be integrated to skin for health-monitoring and/or machine interfaces. However, the feasibility of sensor patches or on-skin sensors for long term usage has not been proved due to gradual damage to the skins or adhesion issues. We show inflammation-free, breathable, ultrathin, lightweight, and stretchable sensors that can be directly attached on human skins for a long time (few day scales) have been successfully fabricated with a conductive nanofiber mesh structure. A one-week skin patch test has revealed that the possibility of inflammation or troubles induced by on-skin sensors can be significantly suppressed by the nanofiber-mesh electronics with breathability, stretchability, and biocompatibility. An wearable wireless system to detect touch, temperature, and pressure has been successfully demonstrated by nanofiber-mesh with extraordinary mechanical durability.

[바이오1-5 | 15:10] 초청강연

Biomolecule-Nanostructure Hybrids and Their Application in Optical Imaging and Diagnosis: Hyojin Lee; *KIST*

Since various diseases including cancer and genetic disorder are complex system, multiple biomarkers detections should be required as well as understanding mechanism of diseases. Additionally, for favorable prognosis of disease, early diagnosis should be accompanied by properly timed treatment. In this regard, sensor system has been developed to improve the sensitivity and specificity of diagnosis. However, many previous approaches were designed without considering the surrounding disease environment, which results in fail to apply in clinical system. Manipulating the biomimetic disease model platform with novel biomolecule monitoring system can provide key knowledges for diagnosis and treatment. Here, I will introduce new diagnosis tools using biomolecules-functionalized metal nanoparticles on biomimetic platforms (artificial cellular membrane, cell-cell interaction) and will discuss how the nano materials can lead us to new breakthroughs in biomedical technologies. Based on the optical and physical properties of metal nanoparticles, we developed the detection method for non-invasive diagnosis. This novel method can detect multiple target biomarkers in urinary system (non-invasive detection) and can provide the patients' information for point of care. We anticipate that the system can be applied in clinical system for favorable prognosis.

[바이오2-1 | 15:45] 초청강연

Bio-Inspired Extreme Wetting Surfaces for Single-Droplet Multiplex Biosensors: Jungmok Seo; *KIST*

Nature abounds with mysterious biological creatures and organisms that exhibit unique surface wettability, such as lotus leaves with the self-cleaning property, rice leaves and butterfly wings with directional adhesion property, the mosquito eyes with antifogging functionality, and the Namib desert beetle and spider silk with water collection ability. Here, a full-range droplet manipulation system with an extreme wetting substrate is developed for the multiplex bioassay of a single-droplet sample. To fabricate the extreme wetting substrate, adhesive and superomniphobic (SPO) nanoparticles are sequentially sprayed onto a stretchable polymer substrate and then subjected to oxygen plasma treatment to form superhydrophilic (SPI) patterned regions. The SPO-layer-coated substrate maintains its extreme liquid repellency even under high strain (100%) and repeated cyclic stretching and releasing (1000 cycles). Thus, various liquid droplets can be precisely manipulated and dispensed onto the pre-defined SPI patterns on the SPO PDMS by using the developed droplet manipulation system. This system enables a multiplex colorimetric bioassay capable of detecting multiple analytes, including glucose, uric acid, and lactate, from a single droplet of the sample. In addition, the detection of glucose concentration in a plasma droplet of diabetic mouse demonstrates the feasibility of the proposed system for efficient clinical diagnostic applications.

[바이오2-2 | 16:10] 초청강연

Bio-Optical Sensor in Clinical Applications: Yong Shin; *Asan Institute of Life Sciences, Asan Medical Center*

Rapid identification of emerging infectious pathogens is crucial for prevention of public health threaten. Although myriads of diagnostic methods based on RNA amplification have been developed in the last decades, they continue to lack speed, sensitivity, and specificity for clinical use. Here we present an isothermal solid-phase amplification/detection technique for the detection of nucleic acids that can be performed without labelling in real-time by utilizing both silicon microring-based solid-phase amplification and isothermal recombinase polymerase amplification. The bio-optical sensor assay offers a one-step nucleic acids amplification/detection example to rapid analysis (< 20 min). The detection limit of the bio-optical sensor assay was found to be 100 times more sensitive than that of real-time PCR method. We confirmed the clinical utility of the bio-optical sensor assay by detecting nucleic acids obtained from

several clinical samples. We envision that the bio-optical sensor assay will be useful and potentially adaptable for better diagnosis of emerging infectious diseases including respiratory diseases in clinical applications

[바이오2-3 | 16:35] 초청강연

Nanoelectronics for Biological and Chemical Sensing Applications: Jae-Hyuk Ahn; *Kwangju University*

Advanced sensing technologies provide a powerful tool for understanding chemical and biological processes as a first step to solving biological problems. Nanoelectronic devices enable label-free and real-time detection with high sensitivity. In this talk, I will introduce field-effect transistor (FET)-based nanosensors for biological and chemical sensor applications. The applications include disease diagnosis, analysis of biomolecular properties, and point-of-care testing. Novel methods with surface engineering and nanostructuring can enhance the limit-of-detection and sensitivity. I will also discuss the gas sensing performance of FET-based nanosensors for Electronic Nose application. Some methods for achieving high sensitivity and fast detection of target gas will be presented.

[바이오2-4 | 17:00] 초청강연

Unconventional Bio-Integrated Electronics for Conformal Electrophysiology: Ki Jun Yu; *Yonsei University*

Advanced capabilities in electrical recording are essential for the treatment of various diseases in the organs. The most advanced technologies use flexible integrated electronics; however, the penetration of biological fluids into the underlying electronics and any ensuing electrochemical reactions pose significant safety risks. Here, we show that an ultrathin, leakage-free, biocompatible dielectric layer can completely seal an underlying array of flexible electronics while allowing for electrophysiological measurements through capacitive coupling between tissue and the electronics, without the need for direct metal contact. The resulting current-leakage levels and operational lifetimes are, respectively, four orders of magnitude smaller and between two and three orders of magnitude longer than those of other flexible-electronics technologies. Systematic electrophysiological studies with normal, paced and arrhythmic conditions in Langendorff hearts highlight the capabilities of the capacitive-coupling approach. These advances provide realistic pathways towards the broad applicability of biocompatible, flexible electronic implants

[바이오2-5 | 17:25] 초청강연

Modulation of Foreign Body Response to Neural Interfaces by Laser Direct Nano-Texturing: Hojeong Jeon; *KIST*

Implanted biomaterials often fail because they elicit a foreign body response and concomitant fibrotic encapsulation. The foreign body response is a step-wise process consisting of inflammation, wound healing, and tissue fibrosis. Adverse immune reactions to implanted biomaterials are crucial challenges resulting in a reduced quality of life for patients and loss of original functions of the implanted devices. In particular, the foreign body response provides a fatal cause that prevents implantable electronic devices from being used for a long time. The local damage response of body due to implantation of devices causes the recruitment and activation of monocytes and macrophages at the materials interface. The role of macrophages in healing is being increasingly recognized in recent years due to their ability to polarize into pro-inflammatory and anti-inflammatory phenotypes. Here, we describe a laser direct nano-texturing on the implantable neural devices in order to modulate the macrophage phenotype. We applied femtosecond laser induced multiphoton laser ablation lithography to fabricate precisely defined topographical patterned surface in nanometer to micrometer length scale to be used in studies addressing fundamental issues concerning control of cell adhesion and migration. We showed that the nano-textured surfaces altered the cells' focal-adhesion size and distribution, thus affecting cell adhesion, morphology and migration. In addition, we successfully fabricated optimized periodic nano-textured patterns on polyimide film, that is widely used as a flexible substrate of the electronic devices, which can control adhesion and morphology of the immune related cells including macrophage and fibroblast.

집합조직

Room 106, 10월 25일

[집합조직 1-1 | 09:00] 초청강연

재료의 Annealing Texture 형성에 관한 가설: 김영석, 김성수; 한국원자력연구원

Keywords: annealing texture, ordering, thin film, electronic materials, heat evolution

가공된 재료 또는 박막재료를 어닐링 열처리를 하면 새로운 집합도가 생기며, 이를 annealing texture라고 한다. 그러나 annealing texture가 형성되는 기구는, 이를 설명하기 위한 수 많은 가설이 제시되어 왔음에도 불구하고, 지금까지 규명되지 않은 상태이다. 지금까지 제시된 모든 가설은 열처리 시에 외부로부터 준 열에너지가 재료의 집합도를 변화시킨다는 것을 에너지 최소화 관점에서 설명하고자 하였지만, 실제로 어떻게 열에너지가 가공이 없음에도 불구하고 집합도를 변화시키는지에 대한 자세한 설명이 없다. 냉간가공시 형성되는 집합도는 아주 높은 정도의 가공량을 주어야만 형성된다는 것을 감안하면, 열에너지를 주는 annealing 시에 집합도가 변화한다는 것은 열에너지로 인하여 재료 스스로 가공이 되면서 집합도가 변화한다는 것을 시사한다. 이러한 아이디어는 지금까지 제시해 본 적이 없는 새로운 것이다. 본 연구에서는 annealing시 외부로부터 열을 받는 재료가 어떻게 스스로 가공을 하면서 집합도를 변화시키는지에 대하여 실험자료를 토대로 토의한다.

[집합조직 1-2 | 09:25]

A Study of Microstructure and Magnetic Property Relationship in YIGs Using the EBSD Data: 김민지, 장민선, 이기석, 이석빈; 울산과학기술대학교(UNIST).

Keywords: YIG; 2d EBSD; microstructure characterization, magnetization properties:

In this study, the microstructural characterization of the annealed YIG samples at 1400 oC for different times is performed using the EBSD technique. Using the EBSD maps, information on the microstructural evolution and parameters due to annealing, including the grain size and texture, and grain boundary texture, were obtained in detail. Then, various magnetic properties, such as vibrating sample magnetometer (VSM), ferromagnetic resonance (FMR), were measured on the same samples. Based on the results, the correlation of microstructural parameters and magnetization properties was investigated. It was found out that a few magnetic properties varied as a function of average grain size of the samples while the other microstructural parameters showed the self-similarity.

[집합조직 1-3 | 09:40]

전주도금 인바에서 상변태 집합조직의 진화 기구: 박용범, 김인경; 순천대학교

Keywords: 상변태, 인바, 저열팽창성, 전주도금, 집합조직

전주도금 방법으로 제조한 Fe-Ni 합금의 열팽창계수를 야금학적 방법으로 제조한 인바의 저열팽창 수준으로 낮추기 위해서는 열처리가 필요하다. 이 열처리 과정에서 BCC 구조의 α 상이 FCC 구조의 γ 상으로 변하는 상변태가 일어난다. 이 상변태의 기구를 밝히기 위해 단일 α 상으로 구성된 Fe-33 wt % Ni 합금을 전주도금 방법으로 제조하여 열처리를 통해 어닐링 현상을 조사하였다. 나노 결정립과 주상정 결정립이 혼합된 미세조직을 갖는 전주도금 Fe-33 wt % Ni 합금을 430°C에서 어닐링 하면 나노결정립 α 상은 γ 상으로 변태하고 주상정 결정립 α 상은 BCC 구조를 유지한다. 490°C에서 어닐링 하면 단일 γ 상으로 모두 변태한 결정립들이 등축정으로 성장한다. 이러한 상변태 과정에서 $\alpha//ND \rightarrow \gamma//ND + \gamma//ND$ 집합조직의 변화가 발생한다. 이 상변태 집합조직의 진화기구를 결정학적 접근 방법을 통해 밝혔다.

[집합조직 1-4 | 09:55]

공극률이 제어된 다공체 적층체의 열처리에 따른 미세조직 및 열물성 변화: 조재형, 염규정, 이진영, 나중주, 서성문; 재료연구소(KIMS).

Keywords: 다공체, 열전달계수, 미세조직, 공극률, 적층법

다공체의 열적, 기계적 물성은 공극률과 일정한 상관관계를 가지게 된다. 공극률을 제어한 다공체를 3차원 적층법을 통해서 제작하고, 공극률의 변화에 따른 열전달 계수를 측정하였다. 일반적으로 열전달 계수는 다공체의 공극률에 반비례해서 작아지는 경향을 보인다. 3차원 적층에 의해 제작된 다공체는 적층 공정에 따른 미세조직적 특징을 가지고 있으며, 주조조직의 특징을 반영하는 결정방위를 가진다. 급속응고에 의한 잔류응력등이 존재하며, 어닐링을 통해서 미세조직을 변화시킴으로써 열전달 특성이 달라짐을 확인하였다.

[Break Time | 10:10]

[집합조직 2-1 | 10:20]

다축대각단조 공정 시 AA1100에 나타나는 변형 및 파괴 거동 예측에 관한 연구: 김민성¹, 이성음¹, 권상철², 김순태², 이성³, 정효태², 최시훈¹; ¹국립 순천대학교 ²국립 강릉원주대학교 ³신소재공학과 ³국방과학연구소

Keywords: Multi-axial diagonal forging, AA1100, Polycrystal model, Microstructure, CPFEM

새로운 강가공법(severe plastic deformation, SPD) 공정인 다축 대각 단조(multi-axial diagonal forging, MADF)는 공정 전·후

시편의 형상이 없는 상태로 재료에 변형을 부여할 수 있는 공정이다. MADF 공정은 면단조(plane forging, PF), 대각단조(diagonal forging, DF), 각각의 복귀단조 (return-plane/diagonal forging, R-PF/R-DF)로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 각 단조 공정 시 AA1100 합금에 나타나는 미소역학적 변형 거동을 실험·이론적 측면에서 고찰하였다. EBSD(electron backscatter diffraction)기법을 활용하여 PF, R-PF, DF, R-DF 공정을 수행한 AA1100 합금의 Center부 세부영역을 선정하고, 각 영역별 미세조직 및 집합조직을 측정하였다. 각 공정에 따른 영역별 변형 거동을 이해하고자 유한요소해석 기법을 사용하였으며, 실제 미세조직 및 결정방위를 고려한 2-level(macro, meso scale) 해석을 수행하여 각 공정 시 나타나는 변형·파괴 거동을 예측하였다. 본 연구를 통하여 MADF의 부분 공정인 PF, R-PF, DF, R-DF 시 AA1100의 영역별 나타나는 변형거동을 이해하고, 집합조직의 발달 및 파괴 거동을 예측할 수 있었다.

[집합조직2-2 | 10:35]

다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100과 AA6061의 미세조직 및 집합조직 변화: 김순태¹, 권상철¹, 김다빈¹, 김민성², 이성음², 이성³, 최시훈², 정효태¹; ¹강릉원주대학교 ²순천대학교 ³국방과학연구소

Keywords: AA1100, AA6061, MADF, XRD, EBSD, Texture

최근에 개발된 강소성 가공법인 사전이력 초기화 다축대각단조(MADF-IPH, Multi-Axial Diagonal Forging - Initialization of Prior manufacturing History, 이하 MADF) 가공법은 기존의 강가공법들과 비교하여 공정 중 재료의 손실이 거의 없고 가공전후의 형상변화가 없으므로 반복적으로 가공이 가능하다. MADF의 전체 공정은 12 pass를 1 cycle로 구성되어있으며, 이 연구에서는 면심입방정(FCC) 결정구조인 AA1100과 AA6061을 25 mm길이의 정육면체로 제작한 후 1, 2 cycles 가공하였다. MADF 공정은 위 아래의 램이 동시에 작용하는 복동 프레스를 사용하였으며, 두께감소를 30%의 수직단조와 대각단조각 135°의 대각단조로 구성하였다. Micro 집합조직 및 미세조직 분석을 위해 EBSD를 측정하였고, 상대적으로 넓은 영역의 평균적인 집합조직인 Macro 집합조직을 분석하고자 XRD를 이용해 극점도를 측정하였다. 본 연구에서는 극미세립 미세구조와 무질서 집합조직을 발달시키는 특징을 갖는 MADF 공정을 적용하여 가공한 AA1100과 AA6061에 대하여 미세조직과 집합조직 발달을 비교 분석하였다.

[집합조직2-3 | 10:50]

Comparison of Thermoelastic Micromechanical Responses of Polycrystalline Microstructures from the Finite Element and Fast Fourier Transforms Methods: 이명진, 손영균, 이석빈; 울산과학기술원(UNIST).

Keywords: Thermoelasticity, Finite element method, fast Fourier transform-based method, Polycrystal.

A comparison of the results from two formulations, the finite element method (FEM) and the fast Fourier transform-based (FFT) method, was carried out in terms of the prediction of elastic response under thermal loading on the digital polycrystalline materials. In order to validate both methods, the thermoelastic response of heterogeneous material, predicted by each method, is validated against the Eshelby's analytical solution of inclusion problem. Similarity and discrepancy of the elastic responses from both methods were examined. Based on the validation, the thermoelastic response of three-dimensional polycrystalline material is then predicted using both methods. Especially, the extreme values in hot spots in stress, strain and elastic energy density (EED) were spatially examined to verify the similarities and distinctiveness of both simulation methods.

[집합조직2-4 | 11:05]

Effect of Shear Deformation During Drawing Process on Microstructures and Textures After Annealing in High Purity Copper Wires: Hyun Park¹, Sang-Hyeok Kim¹, Se-Jong Kim², Hyo-Jong Lee¹; ¹Dong-A University. ²Korea Institute of Materials Science.

Keywords: high purity copper, wire drawing, annealing, microstructure, texture

To find out the origin of the inhomogeneous microstructure and texture observed in high purity copper wires drawn and annealed, two kinds of drawing process conditions: the regular condition based on a symmetric die and a condition designed intentionally to produce an inhomogeneous shear deformation using an asymmetric die were employed and their influences were investigated. The difference in intensity of σ -distributed texture between the two wires confirmed that the wire drawn under the asymmetric die condition went through higher amount of shear deformation. The extensive shear strain in the wire drawn under the asymmetric die condition gave rise to the inhomogeneous primary and secondary recrystallization behaviors. After annealing at 200 °C, grains with texture which were larger than the surrounding recrystallized grains extensively existed at one half circle of the wire drawn under the asymmetric die condition, while larger grains with were sparsely observed around the middle region of the wire drawn under the regular condition. Interestingly, the area where the larger grains with texture existed was identical to the area where a high shear strain occurred during drawing in both wires. During annealing at 400 °C grains with texture started to grow abnormally at the center of both wires as a result of secondary recrystallization. After annealing at 900 °C grains with by secondary recrystallization occupied the whole region of the wire drawn under the regular condition, on the other hand, grains by normal grain growth of the larger grains observed after annealing at 200 °C coexisted with grains by secondary recrystallization in the wire drawn under the asymmetric die condition. These results indicate that dynamic recrystallization by the shear strain during drawing plays an important role in the inhomogeneity of the microstructure and texture of wires after annealing.

[집합조직2-5 | 11:20]

초미세립 OFHC Cu의 동적인장압출 거동 및 미세조직 변화 분석: 이근호¹, 김석봉¹, 이예림¹, 우상현^{1,2}, 박이주^{1,2}, 이성¹, 이성호¹, 박경태³; ¹국방과학연구소 ²과학기술연합대학원 ³한밭대학교 신소재공학부

Keywords: Dynamic tensile extrusion, OFHC Cu, ECAP, Ultrafine grains, Microstructure

성형작약탄(Shaped charge, SC), 폭발성형관통자(Explosively Formed Penetrator, EFP) 라이너 소재로 적용되는 초미세립 OFHC Cu의 결정립 크기에 따른 동적인장압출(Dynamic tensile extrusion, DTE) 거동을 분석하였다. $\phi 100$ mm 급 ECAP 공정(16 passes, Route Bc)을 통해 $\sim 1 \mu\text{m}$ 이하의 초미세립 OFHC Cu(UFG-B)를 제조하였고, 150°C (UFG-HT1), 200°C (UFG-HT2)에서 각각 1시간 열처리하였다. 진공의 Gas gun 장비를 활용하여 약 480 m/s의 속도로 직경 7.62 mm 구형 시편을 DTE die에 통과시켰으며, 시험 후 파편들을 회수하여 파편 분리 거동, DTE 연신율(각 파편의 연신율 총합), 미세조직 및 경도 변화를 조사하였다. UFG-B의 경우 2개의 파편으로 분리되며, DTE 연신율은 278%에 불과하였으나, ECAP 후 열처리 시편인 UFG-HT1, UFG-HT2의 DTE 연신율은 각각 380%(4개), 478%(5개)로 증가하였다. Hydrodynamics 기반 전산해석 수행 결과, DTE 과정 중 단열승온효과(adiabatic heating)로 인해 시편의 온도가 부분적으로 600°C 이상 올라가고 최대 Strain rate은 $\sim 10^5$ /s에 이르는 것으로 나타났다. DTE 회수 파편의 미세조직 분석 결과, OFHC Cu의 초기 결정립 크기가 작아질수록 동적 재결정 거동이 더 많이 관찰되었다. 또한, 초기 결정립 크기에 관계없이 모든 시편에서 DTE 방향으로 + 집합조직이 강하게 발달되었다. 이러한 결정립 크기에 따른 DTE 거동의 차이를 토대로, 탄두 라이너 적용 시 metal jet 형성능을 설명하였다.

[AW-4 | 11:35] 윤동석상 수상기념강연

결정학적 방위의 공간 분포를 이용한 다결정 금속재료의 변형 및 재결정 거동의 이해: 최시훈; 국립순천대학교 융합산업학과

Keywords: Polycrystal model, EBSD, Meso-scale, Deformation, Recrystallization

알루미늄, 마그네슘 및 철 합금 등을 포함하는 금속재료는 자동차, 선박 및 항공분야뿐만 아니라 실생활에 사용되는 전자제품에 이르기까지 다양한 분야에 사용되고 있다. 성형성이 우수한 제품을 개발하기 위해서는 금속재료의 미세조직학적 특성, 변형 및 파괴 거동에 관한 정확한 이해가 필수적이다. 금속재료의 기계적 특성 및 성형성을 향상시키기 위한 목적으로 실험 및 모델링을 포함한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 본 수상자는 다결정 금속재료의 변형(deformation) 및 재결정(recrystallization) 거동을 이해하기 위한 목적으로 결정학적 방위의 공간 분포를 활용한 고유 기술을 개발해 왔다. 본 수상자는 다양한 결정구조와 미세조직을 가진 금속재료의 변형 및 파괴 거동을 이론적으로 예측하기 위한 목적으로 rate-sensitive 다결정 모델, VPSC (visco-plastic self-consistent) 다결정 모델 및 CPFEM(crystal plasticity FEM) 등의 in-house코드를 개발하여 활용하고 있다. 다결정 금속재료의 재결정 거동을 이해하기 위해서는 내부 축적에너지(stored energy)에 대한 정확한 분석이 필수적이다. 본 수상자는 X-ray 및 중성자회절을 이용한 기존 방법의 단점을 극복하기 위한 목적으로 EBSD(electron backscatter diffraction)데이터를 이용하여 냉간압연된 금속재료의 내부 축적 에너지를 효과적으로 분석할 수 있는 방법을 제안하였으며, 그 결과를 재결정 모델에 성공적으로 적용하였다. 냉간압연 후 재결정 거동을 이해하기 위한 목적으로 in-situ 어닐링 실험과 meso-scale 모사를 동시에 수행하여 핵생성 및 성장에 관한 메커니즘을 규명하고자 하였다. 한 개 이상의 구성상으로 이뤄진 복합조직강의 물성을 향상시키기 위해서는 meso-scale에서 변형 및 파괴 거동을 이해해야 할 필요가 있다. 본 수상자는 철강 재료의 미소역학적 거동을 실험 및 이론적 측면에서 이해할 수 있는 기술도 동시에 개발하였다. Meso-scale에서 미소역학적 변형 및 파괴 거동을 분석하기 위한 목적으로 ex-situ/in-situ 일축인장 실험을 수행하였다. 이와 병행하여 in-situ neutron회절과 CPFEM을 결합하여 복합조직강의 각 구성상의 물성을 평가할 수 있는 기술을 개발하였다. 이 기술을 바탕으로 meso-scale에서 미세조직에 기반한 미소역학적 변형 및 파괴 거동에 대한 이론적 모사가 가능하였다. 한편, Mg합금에 대한 변형 및 파괴 거동에 대한 실험 및 이론적 예측 기술도 개발하였다. 일축 인장, V-bending 및 Erichsen 시험 시 meso-scale에서의 변형 및 파괴 거동을 이해하기 위해 목적으로 ex-situ/in-situ 실험 및 미세조직에 기반한 모델링을 수행해 왔다.

4차 산업혁명 시대의 핵심소재: 리튬 제련기술의 현황과 전망

Room 106, 10월 25일

[리튬1-1 | 13:00] 초청강연

Hydrometallurgical Processing of Lithium – A Technology Update: Tam Tran; 전남대학교 에너지자원공학과

Keywords: Lithium carbonate, lithium hydroxide, hydrometallurgical processing

The demand of lithium carbonate and lithium hydroxide for the manufacturing of Li-ion battery has increased dramatically over the last decade. To cope with this scenario many projects around the world have been recently developed to recover Li from salar brines and ores. These days plants around the world are producing both Li carbonate and Li hydroxide for the market. Conventional technologies for processing Li from salar brines mostly found in the Andes of South America (containing 500-1500 ppm Li in a strong brine) involve solar evaporation from which chloride and sulphate salts of Na, K, Ca and Mg crystallize first and have to be removed before Li could be recovered. After solar evaporation from which stage almost half of the Li is lost via co-precipitation of various Li-Mg (or K) chloride salts the Li rich liquors (40-50 g/L Li) can then be purified to remove Ca, Mg, Fe, Al, etc before 99.5% Li_2CO_3 is precipitated by sodium carbonate. A higher purity LiOH could be produced by redissolving the Li_2CO_3 and electrolyzed in an electrochemical cell. Lately many projects in Australia have been developed to recover Li from spodumene ores. Although Li could exist in many minerals such as spodumene, lepidolite, zinnwaldite, etc. only spodumene is processed at this stage as the other materials contain F which poses difficulty in waste handling. a-spodumene concentrates are generally cracked to produce an extractable Li material. It is then further roasted in sulphuric acid to produce a calcine from which Li is extracted using water, producing a Li sulphate liquor for further purification. Recovery of 99.5% Li_2CO_3 is the same like in the salar brine process, using sodium carbonate precipitant. Sodium sulphate is produced as a by-product from this process. Research has also been conducted to develop other selective Li recovery techniques, based on solvent extraction and adsorbents. However none of these techniques have been applied on a commercial scale. This paper will give an overview of the Li processing technologies and highlights the key issues faced during production of high purity Li carbonate and Li hydroxide.

[리튬1-2 | 13:30] 초청강연

해수리튬 추출 기술: 정강섭; 한국지질자원연구원 광물자원연구본부

Keywords: 리튬, 해수, 고성능 리튬흡착제, 무동력 흡착모듈시스템, 해수리튬 추출

세계 최고 반응속도의 해수리튬 추출공정 개발과 함께 실험실에서 리튬 흡착제 100 kg을 장착한 무동력 흡착모듈 시스템을 이용하여 0.17 mg/L의 희박농도 해수리튬을 6일만에 1 kg 추출하는 시험에 성공하였다. 아울러 실험실에서 17개월에 걸친 30회 이상의 리튬 흡탈착 반복 실험결과를 보유하게 됨으로써 보다 높은 기술의 신뢰성을 확보하게 되었다. 또한, 해양에서 추출된 리튬 탈착액으로부터 고순도 탄산리튬을 제조하기 위한 에너지 저감형 신공정 파일럿 설비들을 구축하고 해저 이송관 설치까지 성공적으로 마침에 따라 해수리튬 추출에서부터 고순도 탄산리튬 제조까지 공정의 일관화를 통한 세계 최고수준의 해수리튬 추출 및 탄산리튬 제조 일체형 시스템을 성공적으로 개발하였다. 이로써, 현재 추진하고 있는 해수리튬 추출기술 고도화 연구를 통하여 기존 기술의 완성도를 더욱 높여 실용화 수준에서 실질적인 상업화 진입이 가능하도록 보다 우수한 진보기술 개발에 매진하고자 한다.

[리튬1-3 | 14:00] 초청강연

Technical Trend of Lithium Extraction Process from Brine: In-Su Park, Taegong Ryu, Hye-Jin hong; 한국지질자원연구원 광물자원연구본부

Keywords: Brine, Extraction, Lithium, Lithium Compound, Green Li Extraction

The recent surge in the electric car market has caused a lot of lithium (Li) use. The salt lakes are rich in Li resources, and account for over 80% of Li resources reserves in the world. A commercialized process involves solar evaporation to concentrate the Li up to 6-7% from brine solutions. The speed for production of Li compounds by solar evaporation is slow and affected by climate conditions. Also, this process does not protect water resources. The market projection for Li and the rapid depletion of ground resources require improved Li enrichment processing of brines. That is, there is plenty of room for improvement with regards to brine processing technologies. There are many methods used for extracting Li from salt lake brines; precipitation, calcination leaching, solvent extraction, adsorption, electrolysis, electrodialysis, and reverse osmosis, etc. How can we increase Li concentration selectively without evaporation and produce economically battery-grade Li compounds? Advanced technologies should be combined to extract Li effectively from brine. In our presentation, we will explain preliminary results for green Li extraction from low-grade brines as well as recent technical trends.

[리튬1-4 | 14:30] 초청강연

Separation and Purification of Lithium Using Solvent Extraction Technique: Basudev Swain¹, Chan-Gi Lee¹, Jae-chun Lee²;

¹고등기술연구원 신소재공정센터. ²한국지질자원연구원, 광물자원연구본부

Keywords: Lithium extraction; solvent extraction mechanism; synergism in solvent extraction

Separation and purification of lithium by dispersive and nondispersive solvent extraction methods have been reviewed over the broad spectrum of literature. The extraction of lithium using the chelating, acidic, and solvating extractants, and also mechanism involved in its extraction have been discussed. Extraction of lithium by chelating extractants like crown ethers, side chain crown ether and side chain aza-crown ether, solvation extractants like trioctylphosphine oxide (TOPO), tributyl phosphate (TBP), dibenzoylmethane (DBM), Thenoyltrifluoroacetone (TTA), LIX 51 (α -perfluoroalkanoyl-m-dodecylacetophenone) and LIX 54 (α -acetyl-m-dodecylacetophenone) their synergism with diketone have been extensively studied. A representative case for lithium recovery by crown ether comparing alkali metals like Na, K, Rb, and Cs and synergistic reaction mechanism for Li-LIX 54-Cyanex 923 is shown in the figure below. In view of limited discussion on the fundamental aspects of physicochemical properties for the solvent extraction systems in the literature, it is essential to understand its relevance and dwell upon in detail before developing an appropriate process for lithium recovery from a resource. Solvent extraction mechanism for different extractants used for lithium recovery like TOPO, DBM, TBP, and LIX has also been discussed case by case in the paper.

[리튬1-5 | 15:00] 초청강연

Development of Eco-Friendly Process to Recover Lithium and Valuable Materials from Lithium-Bearing Materials: Jei-Pil Wang; 부경대학교 금속공학과

Keywords: lithium, cobalt, nickel, manganese, lithium carbonation, carbonation

A study on the recovery of lithium, cobalt, nickel and manganese from various cathodic active materials (LCO, LNO, LMO, NMC etc.) has been investigated according to carbonation, water leaching and hydrogen reduction, respectively. Carbonation was first conducted with cathodic materials and CO₂ and H₂ gases at the temperature range of 600°C to 1100°C and their phases were transformed to be Li₂CO₃ and CoO, NiO and MnO. The lithium can be easily dissolved and concentrated in water easily since lithium carbonate (Li₂CO₃) can be soluble in water. The lithium in water was examined by ICP-OES and its content was found to be around 2,500 ppm. Lithium in water solution was recovered as a form of lithium metal and lithium carbonate through charging and discharging processes. On the other hands, CoO, NiO and MnO were in soluble in water and they are, therefore, left behind after water treatment. The CoO, NiO and MnO were reduced by hydrogen gas at 800°C and Co and Ni with over 97 wt.% purity were achieved in the long run.

[리튬1-6 | 15:30] 초청강연

페리튬이차전지의 리사이클링 사업과 기술개발 현황: 이강명, 변석현; 성일하이텍(주)

Keywords: 리튬이차전지, 재활용, 리사이클링, 리튬, 코발트, 니켈, 망간

리튬이차전지(Lithium Ion Battery, LIB)는 에너지 저장밀도, 소형화, 경량화 및 가격 경쟁력 등을 확보하여 이차 전지 시장을 급속히 대체 중이다. 용도에 따라 휴대폰, 노트북 등 모바일 IT 기기에 사용되는 소형 및 EV, HEV, ESS 등에 사용되는 중·대형으로 분류된다. 기존 소형 전지를 중심으로 꾸준한 성장을 지속해 오고 있으며, 최근 자동차 탄소세 부과 정책에 따른 탄소 배출량 감축 요구 및 신재생에너지 이용 의무 확대 등으로 중·대형 이차전지의 수요량이 급격한 성장세를 나타내고 있다. 글로벌 리튬이차전지 시장은 '15년 대비 '18년 3.1배 성장 중이며, '20년까지 약 7.2배 성장 예상된다. 소형 IT 리튬이차전지 시장은 성숙기에 진입하였으며, 중·대형 xEV 시장은 대폭 증가할 전망으로 고용량의 리튬 이차전지의 필요성이 대두되고 있으며 신재생 에너지 보급 정책에 따라 에너지저장장치(Energy Storage System)의 중요성이 부각되고 있다. 고용량 리튬이차전지의 주요 시장인 전기차 및 에너지저장 장치의 수요 증가에 따라 이에 사용되는 리튬원료는 스마트폰 대비 약 8,000배 사용되며 이에 따라 리튬 원료 가격 급등(스마트폰 1대당 약 1 g, xEV 1대당 4~8 kg 리튬 사용)하고 있다. 이차전지용 소재인 리튬, 코발트, 니켈 등의 주요 희유금속은 자원보유국의 자원 무기화 정책에 의해 국가적 차원에서 규제와 국가간의 자원 확보 경쟁 중에 있다. 자원확보를 위한 방법 중 재활용기술을 통해 친환경 전처리 기술 고도화 및 유용자원 회수/소재화 기술을 접목하여 리튬이차전지 원료가 되는 황산코발트, 황산니켈, 황산망간, 탄산리튬 등의 고부가가치 소재로 재자원화하는 자원순환 구조를 구축하고 향후 주요원료 확보가 가능할 뿐아니라 대용량 페리튬 이차전지를 재자원화 함으로써 폐기물 처리비용 해결이 가능하고, 이차전지 내 유가금속의 안정적 확보가 가능하다. 아울러, 기존 해외 의존형 소재였던 리튬 소재를 재자원화 기술을 통해 원료의 안정적 원료 공급처 확보가 가능하여 관련 전방산업의 발전에 기여할 수 있으며, 무역역조 현상도 해소가 가능하다. 국내외 리튬이차전지를 재활용하는 업체는 많으나, 대부분 특정 스크랩 원료만 처리가 가능하던지, 특정 금속만 처리가 가능한 한계가 있다. 리튬이차전지를 구성하는 4종 유가금속(Co, Ni, Mn, Li)을 회수 할 수 있는 업체는 전세계적으로 4개가 있으며, 중국에 2개, 유럽에 1개, 국내에서는 성일하이텍(주)가 유일하다. 성일하이텍(주)는 리튬이차전지 재활용 분야에 선두업체로 원료확보를 위한 해외거점 설립 및 신기술개발을 위해 노력하고 있다.

용접 및 접합-초고강도 및 경량소재 적용 자동차 용접접합 기술

Room 107, 10월 25일

[자동차용접 1-1 | 09:00] 초청강연

자동차용 고강도 강재의 아크용접기술 동향 및 개발 현황: 배규열, 정홍철; 포스코 접합연구그룹.

Keywords: AHSS, Automotive Chassis, GMAW, Weld fatigue, Low-temperature transformation

최근 자동차 산업분야에서는 지구 온난화 문제 등 환경보호에 따른 연비규제 정책으로 인해 차체 및 부품류의 경량화 기술 연구가 큰 이슈로 부상하고 있다. 이러한 기조에 따라 자동차 주행 성능에 중요한 샤시 부품류 또한 경량화를 위한 고강도 강재의 적용이 필요한 실정이다. 부품 경량화 달성을 위해서는 소재의 고강도화가 필수적이며, 반복적인 피로하중이 가해지는 환경에서 고강도 강재로 제작된 부품의 내구성능 보증이 중요한 요소라 할 수 있다. 따라서 최근 유럽, 미국, 일본 등 철강사-자동차사-대학-용접재료사가 컨소시엄 형태로 상호 협력하여 샤시부품용 고강도 강재 용접부의 피로강도 향상을 위한 연구를 집중적으로 수행해 왔다. 본 발표에서는 용접공정-용접재료-후처리-평가법 관련 최근 일본 철강사 연구동향 및 북미 Auto Steel Partnership (A/S-P)의 Chassis Projects 분야에서 진행되고 있는 연구내용과 함께 포스코의 기술개발 현황을 소개한다.

[자동차용접 1-2 | 09:25]

DP980 및 AZ31합금의 CMT용접성 및 기계적 특성 평가: 이도열¹, 이목영¹, 엄상호², 최두열³, 정홍철²; ¹(재)포항산업과학연구원. ²포스코 철강솔루션마케팅실 접합연구그룹. ³포스코 아메리카.

Keywords: DP980, AZ31, CMT용접

연비 향상 및 배기가스 규제 강화에 따라 차체 경량화는 선택이 아닌 필수사항이 되었고, 자동차 산업에서는 고강도 강재의 대체재로 알루미늄 및 마그네슘 합금, CFRP 등의 경량소재의 차체 적용에 큰 관심을 갖고 있다. 그에 따라 고강도 강과 이종소재의 접합에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 현재까지도 자동차 샤시 등에는 브레이징의 형태로 아크용접이 많이 사용되고 있는데, 이는 부품 간에서 발생할 수 있는 갭에 대한 대응이 가능하기 때문이다. 또한 고강도 강과 경량소재 간의 이종접합에서는 금속간화합물의 형성을 최소화하기 위해 저입열의 브레이징 등이 적합하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고장력강판의 일종인 DP980 강과 AZ31 마그네슘 합금의 이종접합에 대한 CMT용접성에 대해 조사하였다. 또한 용접조건에 따른 미세조직 변화 및 기계적 특성에 관해서도 평가를 진행하였고 이에 관한 연구 결과를 정리 발표하고자 한다.

[자동차용접 1-3 | 09:40]

레이저를 이용한 스틸과 알루미늄의 이종접합: 김윤; 고등기술연구원.

Keywords: Multiple laser welding, Lap joint, Dissimilar metal, Intermetallic compound, Tensile-shear strength

By reducing vehicle weight, a significant increase in fuel efficiency and consequently a reduction in CO2 emissions can be achieved. Currently a high interest in the production of hybrid weld seams between steel and aluminum exists. So in this paper work has been focused on lap joints laser welding of dissimilar metallic materials by welding steel to aluminum. Materials used one of the car body steel (DP590) and aluminum alloy (Al5052) and both of the material thickness are 1.2mm. Steel sheet is positioned on the top of the aluminum sheet with overlap length of 25mm. Also, multiple laser welding have been achieved and distance of bead is changed to investigate the influence on tensile shear strength. As the results, there exist a certain condition of penetration (about 0.3 to 0.4mm) to show a maximum tensile strength. Also, the joint strength is increased by multiple laser welding. In this case bead distance is more important factor than bead path number.

[자동차용접 1-4 | 09:55]

Effect of Prior Surface Treatment on the Bonding Strength of AZ31/Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Composites Fabricated by Thermal Laser Joining: 김정환¹, Andrews Nsiah Ashong¹, 이연승², 이목영³, 한상배⁴; ¹한밭대학교 신소재공학과. ²한밭대학교 정보통신공학과. ³포항산업기술연구원. ⁴유로비전 레이저.

Keywords: laser joining, Composite

Lap joints between AZ31 Mg alloy and Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) were produced by Laser- assisted metal and plastic direct joining (LAMP). The effect of thermal oxidation through laser annealing and HF treatment of the AZ31 Mg alloy sheets on the bonding strengths were examined. Tensile shear strength results indicated a significant difference in the bond strengths between the joints whose Mg alloy sheets were pretreated with HF and the joint prepared with as- received Mg alloy sheets. The tensile shear strengths of the joints whose Mg alloy sheets were pretreated with HF, indicated a significant increase in the joint strength as compared to the as- received.

[자동차용접 1-5 | 10:10]

CFRP/Metal 이종소재에 대한 Self-Piercing Riveting 다층접합 접합성 평가: 전남기^{1,2}, 정택언^{1,2}, 이세현², 감동혁³; ¹한국생산기술연구원 용접접합그룹. ²한양대학교 대학원 기계공학과. ³한국생산기술연구원 용접접합그룹.

기계공학과³ 한국생산기술연구원 용접접합그룹.

Keywords: CFRP, Metal, Self-Piercing Riveting, Multi-layer, Dissimilar joint

자동차의 연비 향상과 배출가스 감소를 위하여 차체 경량화가 진행되어왔다. 차체 경량화를 위하여 비철금속, 복합재 등의 소재 다변화가 이루어지고 있으나 각 소재의 난가공성 및 각 소재 간 상이한 물성으로 인해 기존 용융접합 적용이 불가능한 경우가 많은 상황이다. 따라서 다중소재의 양산 확대 적용을 위하여 신규 접합 기술 개발이 필요하다. 우수한 비강도로 각광받는 탄소섬유강화수지(CFRP)는 접착제 접합과 기계적 체결 등의 비용접법이 적용되고 있으나 양산성을 확보한 경제적 접합법 개발이 필요하다. 본 연구에서는 CFRP, 알루미늄, 강재의 3중 소재 적용에 따른 3중소재의 3겹 접합의 문제를 해결하기 위하여 SPR(Self-Piercing Rivet) 접합 실험을 진행하였다. 차량 제작에 주로 사용되는 CFRP, 590 MPa급 steel, Al5052의 소재를 사용하였으며, 각 소재의 두께와 소재 겹침 순서에 따른 인장전단하중과 파단모를 관찰하고 접합성을 평가하였다. CFRP의 두께 증가에 따라 인장하중이 증가하였으며, CFRP - 590 MPa급 steel - Al5052의 순서로 겹친 시험편에서 가장 높은 인장하중이 도출되는 것을 확인하였다.

[자동차용접 1-6 | 10:25]

차량용 박판 알루미늄 용접부의 고온균열 전파를 억제하기 위한 레이저 빔 오실레이션에 대한 연구: 김민진¹, 한홍남², 정철영³, 김철희¹; ¹ 한국생산기술연구원 용접접합그룹, ² 서울대학교 재료공학부, ³ 대우공업(주) 기술연구소

Keywords: laser welding, aluminum, hot crack susceptibility, beam oscillation, grain growth,

고강도이며 경량인 알루미늄은 차체의 무게를 감소시키어, 자동차 연료 효율 향상시킬 수 있으며 오염물질 배출을 억제하는데 기여할 수 있다. 특히 하이브리드 및 전기자동차의 보급이 확대됨에 따라 보다 많은 알루미늄을 자동차에 사용하면, 경량인 자동차는 무게고 비싼 배터리를 보다 작은 것으로 사용할 수 있기 때문에 차량의 판매가격을 낮출 수 있다. 완성차 업계에서는 기존 적용되는 철강소재를 대체하고자 상대적으로 고강성인 6천계열 합금의 적용을 고려하고 있으나, 6천계열 알루미늄 합금의 경우 제철용접을 하는 경우 고온균열에 민감하다고 알려져 있다. 균열형성을 막는 원소를 포함하고 있는 부재나 첨가제의 성분을 활용한 제어방법이 보편적으로 제안되고 있으나, 소재 및 공정법이 고정되어 있는 산업현장에서는 이러한 방법을 사용하기가 난해하다. 상기 방법외에 결정립 크기 및 성장 방향 제어를 통해 균열을 억제하는 연구결과가 보고되고 있으며, 본 연구에서는 레이저 빔 오실레이션을 활용하여 결정구조 및 결정립 성장방향을 제어하여 균열을 억제하고자 시도하였다. 싱글모드 파이버레이저를 이용하여 레이저 용접을 수행하였으며, 균열민감성을 평가하기 위하여 자기구속균열 시험편을 활용하였다. 용접변수를 바꾸어가며 레이저 용접을 수행한 결과, 인피니트 모양의 빔 패턴을 적용하여 100 Hz 주파수로 오실레이션을 한 경우에서 가장 짧은 균열길이를 확보할 수 있었다. 인피니트 모양의 빔 패턴을 적용한 경우에서 0.01 s 이내의 주기내에서도 용융풀의 길이의 변화가 크기 때문에 길이방향으로 온도구배와 응고속도가 차이가 발생하였기 때문이다. 용접선에 수직방향으로 오실레이션 하는 경우보다, 평행한 방향으로 오실레이션 하는 경우 균열억제에 유리한 것으로 판단된다.

[자동차용접 2-1 | 10:40] 초청강인

알루미늄 합금 저항 용접 특성 및 공정 최적화에 대한 연구: 지창욱, 김재훈, 천주용; 한국생산기술연구원 울산본부 첨단정형공정그룹.

Keywords: Aluminum, Resistance spot welding, Electrode, Patterning, weldability

자동차 차체의 경량화는 연비 및 운전성능의 향상을 목적으로 차체 제조사들의 활발한 연구가 진행 중이다. 하지만 충돌 안전기준의 강화로 인하여 차체 중량이 증가, 환경적 측면에서 CO2가스배출 저감, 연비 저감의 측면에서 자동차 회사들은 경량화 추진을 가속화 할 수밖에 없는 실정이다. 경량소재의 한 종류인 알루미늄 소재는 고전류, 고가압의 용접조건을 사용해야하고, 전극의 Radius가 큰 평팁 전극을 사용함에 따라 공정상 여러 가지 애로 문제들이 발생한다. 예를 들면 전극과 판재와의 용착현상이 발생함에 따른 짧은 드레싱 주기, 용접표면 및 품질 불량 등이 대표적이다. 미국 GM(General Motors)사의 경우 Ring-type 형태의 전극을 사용하여 용접품질문제를 해소하고, 일부 용접기 업체에서는 전극 표면에 스크래치를 발생시켜 드레싱 공정없이 알루미늄 용접성을 개선하고자 노력하고 있는 실정이다. 전극 팁 표면의 패터닝으로 인한 전극 표면의 높은 조도는 알루미늄의 산화층을 효과적으로 제거하여 접촉저항을 감소시켜준다. 그리고 판재사이의 계면에서 집중적으로 발열이 진행 할 수 있게 도와주어, 알루미늄 판재와 전극사이의 용착 현상을 지연시켜준다. 본 연구에서는 알루미늄 저항 용접 특성과 공정 최적화를 위한 여러 가지 측면에서의 접근 방법을 소개하고, 전극의 나노코팅 및 패터닝 형상을 통한 용접 특성을 비교·분석해보았다.

[자동차용접 2-2 | 11:05]

자동차 차체용 알루미늄 6XXX계열 합금의 저항 점 용접 시 다단가압에 따른 너겟경 및 용접성 비교: 천주용, 김재훈, 이상준, 지창욱; 한국생산기술연구원 울산본부.

Keywords: Aluminum, Resistance spot welding, Aluminum oxidelayer, Variable electrode force, Weldability

최근 자동차 산업에서 가장 주목 받고 있는 기술은 연비 향상과 배기가스 감소를 통한 친환경 자동차 개발이며 특히, 연비 향상과 관련하여 자동차 경량화가 가속화 되면서 주요 경량화 소재인 알루미늄 합금의 자동차 차체 적용률이 높아지고 있다. 하지만 저항 점 용접 적용 시 알루미늄 소재의 높은 열/전기전도도와 표면의 산화 피막(Al₂O₃)에 의해 야기되는 전극 열화와 마모는 알루미늄 판재의 점용접부 균열 및 결함을 유발하여 용접 품질을 저하시키는 주요 원인이 되고 있다. 이러한 알루미늄 표면의 산화 피막을 제어하기 위하여 윤활을 통한 소재 표면 제어, 다단가압, pre-heating, 전극표면 가공 및 코팅 등 다양한 공정개선 방안들이 제시되고 있다. 다단가압은 초고장력강판 뿐만 아니라, 알루미늄 소재의 저항용접의 용접품질 개선을 위해 효과가 있다고 보고되고 있지만, 명확한 개선 메커니즘 및 그 영향에 대한 연구 보고는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 용접전류 통전 시 기존 가압력 보다 높은 범위의 가압력을 통전 전후 적용하여 표면 산화피막을 제거하고, 용접중 가압력을 감소시켜 안정적인 용접부 너겟경을 확보,

용융부 응고 시 가압을 통한 내부 결함을 감소시키는 효과에 대한 고찰을 위해서 다단가압적용에 따른 알루미늄 6xxx계열 합금의 초기 알루미늄 산화층 제거 및 너겟 성장거동, 결함에 미치는 영향을 분석하여 알루미늄 저항 용접에서 다단가압에 대한 메커니즘과 영향에 대하여 비교·분석해보았다.

[자동차용접2-3 | 11:20]

780 MPa급 고 AI 합금 강재의 저항 점용접 특성과 후열처리가 용접성에 미치는 영향에 관한 연구: 확인성, 김영민, 김동철, 강문진; 한국생산기술연구원 용접접합그룹.

Keywords: Resistance spot welding, Lightweight steel, Post weld heat treatment, Tempered martensite, Bake hardening

차체 중량절감을 위한 노력의 일환으로 기존 철계 소재를 대신하여 AI와 같은 비철계 경량소재의 적용이 증가하고 있다. 그러나 기존 철계 소재를 모두 대체하기 어렵기 때문에 이중소재 접합부가 발생하게 되며 이로 인해 접합부의 품질을 확보하는데 어려움을 겪고 있다. 이와 관련해서 최근 AI 이 5% 이상 함유되며 비중이 기존 철강소재에 비하여 10% 이상 절감된 780 MPa급의 경량강재가 개발되었다. 본 연구에서는 780 MPa급 경량강재의 저항 점용접성을 평가하고 후열처리가 용접강도에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 실험에 사용된 소재는 두께 1.0 mm에 AI 이 5% 이상 함유된 780MPa급 경량강재이다. 용접실험은 동종과 이종의 5가지 조합으로 수행하였다. 용접 후 인장전단강도, 파단형상, 너겟사이즈를 평가하고 용접조건 변수에 따른 용접특성을 분석하였다. 그리고 후열처리의 영향을 확인하기 위하여 최대 용접강도를 갖는 용접조건의 시편을 제작하고 두 가지 후열처리 공정을 적용하여 실험을 수행하였다. 첫 번째는 후통전을 실시하여 후열처리를 수행하였으며 두 번째는 항온로를 사용하여 용접시편에 후열처리를 수행하였다. 후열처리 전 용접성 평가결과 적정용접조건 영역이 매우 좁게 나타나며 용접부 파단이 주로 발생하는 것을 확인하였다. 그리고 항온로를 사용한 후열처리 후, 용접강도가 증가하고 pull out 파단이 발생하여 용접성이 개선됨을 알 수 있었다.

[자동차용접2-4 | 11:35]

Transient Critical Area and Supercritical Area for Liquid Metal Embrittlement Cracking of Advanced High Strength Steels During Resistance Spot Welding: Siva Prasad Murugan¹, Yeong-Do Park²; ¹Department Advanced Materials Engineering, ²Dong-Eui University.

Keywords: Liquid metal embrittlement, Resistance spot welding, Advanced high strength steel, Transient critical area, Supercritical LME area.

Zinc-induced liquid metal embrittlement (LME) cracking of advanced high-strength steels was investigated during the resistance spot welding. Galvannealed complex phase and transformation induced plasticity steels were used for the study of the LME cracking phenomenon. The experimental investigation revealed the formation of numerous small cracks at the shoulder and few large cracks at the periphery of the weld surface. A critical area experiencing the favorable conditions for LME such as high temperature, tensile stress and liquid zinc exists in the gap between the dome-shaped electrode and the electrode-sheet interface. As the electrode indents into the steel sheet during welding, the contact area grows radially, and the gap moves outwards.

[자동차용접2-5 | 11:50]

기가급 강재의 점용접부에서 LME 크랙이 고주기 피로 특성에 미치는 영향: 장경현¹, 엄상호², 이종수¹; ¹포항공과대학교 ²포스코

Keywords: LME, 점용접, 고주기 피로

차체의 안전성 확보 및 경량화, Mg, Al 등과 같은 경량 소재에 대한 경쟁력 확보를 위해 초고강도강의 사용이 증대되고 있다. 자동차 강판의 경우 아연 도금을 거친 후 생산성 및 경제성 증대를 위해 점용접을 통하여 조립된다. 하지만 아연 도금 강판의 용접 시 liquid metal embrittlement (LME)에 의한 물성 열화로 조기 파단이 발생하고 있다. LME란 아연을 포함한 녹는점이 낮은 금속이 고온에서 용융되어 모재의 결정립계를 따라 침투하여 취화되는 현상을 의미한다. 따라서 차체의 안전성을 확보하기 위하여 자동차용 기가급 초고강도강의 점용접부의 강도 및 피로 수명 확보와 LME 크랙이 점용접부의 피로 특성에 미치는 영향에 대한 분석이 요구된다. 보다 정확한 분석을 위하여 LME 크랙을 표면에서 생겨나 너겟으로 침투하는 Type A, 표면에서 생겨나 Heat affected Zone(HAZ)로 침투하는 Type B, 모재 사이 HAZ에서 생겨나는 Type C 세 종류로 분류하였고, 본 연구에서는 Type B LME 크랙이 피로 특성에 미치는 영향을 연구하였다. 모재 두께 대비 10~40%의 크기의 크랙을 가지는 전단인장 및 십자인장 용접 시편을 이용하여 고주기 피로 시험을 진행하였고, 이를 크랙이 없는 미도금재의 피로수명과 비교하였다. 또한 크랙의 전파 시작 및 전파거동을 주사 전자 현미경 (scanning electron microscope)를 이용하여 분석하였다.

제 9회 차세대 발전소재 및 초내열합금 심포지엄

Room 107, 10월 25일

[차세대1-1 | 13:00] 위원장 인사말

[차세대1-2 | 13:05] 초청강연

Small Angle Scattering Study of Ni base Superalloys for Next Generation Coal Fired Power Plant: 한영수¹, 정우상², 정희정², 양원³; ¹한국원자력연구원, ²한국과학기술연구원, ³한국생산기술연구원.

Keywords: Small Angle Neutron Scattering, Small Angle X-ray Scattering, Ni Base Superalloy, Gamma Prime Phase, Coal Fired Power Plant

Small angle scattering has been a very powerful tool to study nanoscale (1-500 nm) bulk structures in various materials such as nano-porous materials, nano-magnetic materials, metal and ceramics. The effects of thermal treatment on microstructure of Ni base superalloys for future coal fired power plant were studied by SANS(Small Angle Neutron Scattering) and SAXS(Small Angle X-ray Scattering). The SANS experiments were performed by the 40 meter SANS instrument at HANARO. The SAXS experiments were performed by Rigaku NANOPIX SAXS instrument. The existing phases were identified by the electron microscope and the X-ray diffractometer. The nano sized microstructures such as gamma prime phase and carbides were quantitatively analyzed by SANS and SAXS. Based on the difference of the SANS and SAXS intensity in absolute units, the "alloy contrast variation (ACV) method were used to determine the type of nano-sized precipitates.

[차세대1-3 | 13:20] 초청강연

Effect of Reactive Elements on Cyclic Oxidation of Precipitation-Hardened Ni-base Superalloys: 윤대원, 서성문, 정희원, 유영수, 정인용; 재료연구소.

Keywords: Superalloy, Oxidation, Reactive element

Ni-base superalloys has been widely used in the electric power industry for their superior high temperature strength and oxidation resistance over other metallic materials. Precipitation-hardened Ni-base superalloys, in particular, are used in the hottest part of power plant for their excellent creep resistance and high temperature strength, which came from the precipitation of γ' and/or γ'' . To enhance the high-temperature mechanical properties of these superalloys further, more refractory elements such as Mo and W, and titanium are alloyed. However, these elements tend to deteriorate the oxidation resistance. One method that can increase the oxidation resistance without compromising the mechanical properties is alloying a small amount of reactive elements. In this study, different levels of various reactive elements (La, Y, Ce and Gd) are alloyed in a precipitation-hardened Ni-base superalloy to see the effect of these elements on the oxidation resistance. The oxidation resistance was measured by the cyclic oxidation test. Each cycle consisted of exposures at 1150 °C for 15 min and at room temperature for 5 min. The cyclic oxidation test was carried out up to 282 cycles. After the cyclic oxidation test, microstructure of the oxide scales was observed by SEM. La was the most effective element in improving the oxidation resistance. And Ce was detrimental to the oxidation resistance.

[차세대1-4 | 13:55] 초청강연

보일러튜브 스테인리스강과 니켈합금 용접부의 응력완화 특성평가: 이환상, 하인생, 유근봉; 한국전력 전력연구원.

Keywords: 응력완화균열, 변형유기석출경화, 안정화스테인리스강, 초내열합금

응력완화균열(Stress relaxation cracking) 및 재열균열(Reheat cracking)은 스테인리스강과 니켈기 합금 용접부에서 주요한 문제로 알려져 왔으나 이에 대한 명확한 이해와 균열민감성에 대한 평가방법은 확립되지 않았다. 600도급 초초임계압 발전소 보일러 내 고온부에는 스테인리스강이 광범위하게 적용되어 있으며, 700도급 극초임계압 보일러는 Inconel740H를 비롯한 니켈기 합금의 적용이 필수적이므로 향후 발전소의 안정적 운영을 위해서는 소재 및 제작사, 용접공정에 따른 응력완화균열 특성을 평가하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 스테인리스강 347H 용접부의 손상사례 분석을 바탕으로 용접부 열해석과 열물성시뮬레이터(Gleeble3800)를 활용하여 열영향부 모사를 위한 최적조건을 도출하였으며, 응력완화평가를 수행함으로 튜브 제작사별 특성을 비교하였다. 또한 니켈합금 Inconel740H 용접부에 대해서는 굽힘시험을 통하여 모재와 용접부(As-welded), 후열처리 등 조건에 따른 응력완화 시 소성변형량, 파단시간 분석을 통하여 균열발생에 대한 민감도를 정량적으로 평가하였다.

[차세대1-4 | 14:20] 초청강연

첨가제를 이용한 열교환기 소재 고온부식 저감기술: 김범중¹, 정수화¹, 김영두¹, 양창원^{1,2}, 이운도^{1,2}; ¹한국생산기술연구원, ²한국과학기술원 합대 학원대학교

Keywords: 발전소재, 염화알칼리, 고온부식, 첨가제, 열교환기, 부식저감

최근 신재생에너지 보급 확산을 위해 화력 발전소에서 바이오매스와 폐기물의 활용이 크게 늘어나면서 저급연료 적용에 따른 발전 플랜트 운전장애가 큰 이슈가 되고 있다. 특히 저급연료 회전에 포함된 염화알칼리 또는 염소에 의한 열교환기 고온부식은 수개월

안에 열교환기에 치명적인 문제를 일으켜 발전소 운영정지를 일으키는 등 가장 심각한 문제의 하나로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 연료 전처리, 내부식성 소재 사용, 설계 변경 등과 함께 첨가제를 이용한 방법이 제시되고 있으며, 다른 방법과 비교할 때 이미 운영중인 플랜트 설비에 큰 변화 없이 바로 적용할 수 있는 장점을 가진 첨가제 방식에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 50톤/일급 폐기물 소각발전 플랜트를 대상으로 첨가제 활용을 통한 고온부식 저감 가능성에 대한 실험을 수행하였다. 첨가제의 열분해 및 반응 특성을 토대로 황산암모늄을 대상 첨가제로 선정하고, NaCl을 연료에 혼합해 고염소 조건을 가지는 모사 폐기물을 연소시키는 조건에서 첨가제 투입 조건에 따른 효과를 연구하였다. 실험결과 황산암모늄은 열교환기에 부착되는 회재의 양을 크게 감소시켜 고온부식 유발 가능성을 낮출 뿐 아니라 반응과정에서 발생하는 암모니아 성분이 NOx를 효과적으로 저감할 수 있음을 확인하였다.

[차세대2-1 | 15:00] 초청강연

Development of High Temperature Thermo-Chemical Protection/Barrier Coating with Rare-Earth Materials Using a Suspension Plasma Spray Coating Technology: 오윤석, 류호림, 전학범, 이성민, 김성원, 한윤수, 김형태; 한국세라믹기술원.
Keywords: Thermo-Chemical Protection/Barrier coating, Low Thermal Conductivity, Suspension Plasma Spray, Rare-Earth material

극한 산업 환경 대응 세라믹 소재 기반 코팅기술은 기존의 금속, 고분자, 세라믹 단일소재로서 대응이 제한적인 산업소재분야에 적용 가능한 소재기술로서, 발전 및 항공엔진용 터빈, 수송기기 엔진 부품 및 반도체 제조설비에 이르기까지 가혹한 열적, 기계적, 화학적 사용환경에 노출되는 부품의 성능 및 수명 극대화를 목적으로 개발되고 있다. 특히 초고온 환경에서 사용되는 열·화학 방호/차폐성 코팅기술에 적용되는 세라믹 소재는 고온에 노출되는 금속류 혹은 세라믹복합체 부품의 보호 및 성능유지를 위한 것이므로 낮은 열전도성, 높은 내열성 및 고온에서의 화학적 안정성이 요구된다. 이러한 세라믹 소재를 열차폐 코팅으로 제조하기 위한 방법으로는 기존의 상압 플라즈마 용사기술이 상업적으로 널리 사용되고 있으나, 최근에는 용사에 사용되는 원료를 서스펜션과 같은 형태로 사용하여 보다 치밀하면서도 기공분포가 제어되어 높은 구조안정성을 구현할 수 있는 기술이 개발되고 있다. 열차폐 코팅으로서 상업적으로 널리 활용되는 소재로는 지르코니아가 있으며, 특히 6-8 wt%의 이트리아가 포함된 안정화 지르코니아의 열차폐 특성이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 또한 탄화물등 비산화물계 세라믹 소재의 1400°C 이상 초고온 환경에서의 내구성 확보를 위한 내산화성 코팅으로는 희토류계 실리케이트 등의 소재가 연구되고 있다. 본 연구에서는 1400°C 이상 혹은 그 이상의 온도 환경에서의 사용을 목표로 란타네 희토류 복합산화물 조성을 개발하여 서스펜션 플라즈마 용사법으로 열·화학 방호/차폐성 코팅을 제조하여 코팅구조 변화 및 열·화학적 특성을 고찰하였다.

[차세대2-2 | 15:25] 초청강연

면심입방정 고엔트로피 합금의 고온 인장 및 크리프 물성 분석: 조민구^{1,2}, 서진유¹, 정우상¹, 한홍남²; ¹한국과학기술연구원, ²서울대학교
Keywords: 고엔트로피 합금, 면심입방정, 고온물성, 고온크리프

하이엔트로피 합금은 다양한 원소들이 단일 격자구조를 형성하고 있기 때문에 높은 수준의 격자 스트레인이 존재할 것으로 예측되었으며, 이러한 고용강화 효과로 인해 고온에서의 크리프 변형 저항성 또한 높을 것으로 예측되었다. 다만, 현재까지의 내열특성에 관한 연구는 주로 체심입방형 하이엔트로피 합금에 집중되고 있으나, 니켈계 초합금이나 오스테나이트계 내열강과 같은 격자구조를 갖는 면심입방형 하이엔트로피 합금의 내열특성에 대한 연구는 아직 발표되지 않았다. 따라서 본 연구를 통해 대표적인 면심입방형 하이엔트로피 합금인 CrMnFeCoNi 합금과 CrFeCoNi 합금의 고온물성을 고온인장시험과 650과 700°C에서의 크리프 파단 시험을 통해 평가하였다. 니켈계 초합금 및 내열강의 크리프 데이터와의 비교를 통하여 하이엔트로피 합금의 기본 기지상의 크리프 변형 저항성에 대한 상대 평가를 하였고, 그리고 크리프 파단 후의 미세조직에 대한 분석을 통해 면심입방형 하이엔트로피 합금의 상 안정성에 대한 고찰을 하였다. 그리고, 4원계 합금이 5원계 합금에 비해 높은 크리프 수명을 갖는 것으로 나타나 이의 원인에 대한 분석 및 고찰을 수행하였다.

[차세대2-3 | 15:50] 초청강연

내화금속 기반 초고온용 차세대 초내열합금 개발: 박형기¹, 박광석¹, 김동훈², 이성², 이택호¹; ¹한국생산기술연구원, ²국방과학연구소
Keywords: Refractory materials, Nb based alloys, High entropy alloys, Powders

최근 발전 및 우주 항공 산업에서 지속적으로 대두되고 있는 에너지 및 환경 문제의 개선방향으로 엔진의 고효율 및 경량화를 위한 소재의 가용한계온도의 향상이 요구되고 있다. 기존의 Ni기 초내열합금의 경우 조성, 미세구조 제어, 코팅기술 등 다양한 연구를 통해 1940년대 이후 연간 5도 수준으로 가용한계온도가 지속적으로 향상되었으나, 소재의 녹는점 한계로 1400도 이상의 환경에서는 효율이 급감하여 사용이 어렵다. 따라서 초고온에서 사용 가능한 차세대 초내열합금에 대한 연구 및 개발이 필요하다. 차세대 초내열합금에 대한 연구 및 개발로 Ni 대비 녹는점이 높은 Nb기 초내열합금과 내화금속 기반 BCC 고엔트로피 합금의 성분계 및 제조기술 개발에 대한 기초적인 연구를 진행하고 있다. Nb기 초내열합금은 산화저항성 및 크리프 특성이 우수한 silicide와 복합재료 구조의 소재이며, BCC 고엔트로피 합금은 5개 이상의 원소가 균일한 원자 비율로 구성되어 단상을 이루는 합금으로 두 소재 모두 고온에서 우수한 기계적 물성을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 내화금속 기반 초고온용 차세대 부품으로 활용하기 위한 초내열합금의 성분계, 물성 향상 및 공정기술 개발 동향 및 향후 개발 방향에 대해서 제시하고자 한다.

[차세대2-4 | 16:15] 초청강연

SLM기술로 제조된 316 스테인리스강의 일축인장 시 변형 및 파괴 거동 분석: Amol B. Kale, Jaiveer Singh, 김은영, 최시훈; 순천대학교
Keywords: 316L stainless steel, SLM, Crystallographic orientation, Microstructure, EBSD

본 연구에서는 상용 316L 스테인리스 분말을 이용하여 선택레이저용융(selected laser melting, SLM) 기술로 제조된 벌크 시편의 일축

인장 시 변형 및 파괴 거동을 미세조직학적 관점에서 설명하고자 하였다. 최근 관련 많은 연구 결과에 의하면 SLM 기술로 제조된 시편의 미세조직 및 기계적 성질은 레이저 세기 (laser power, P) 및 스캔 속도 (scan speed, V) 등의 공정 조건에 크게 영향을 받는다고 알려져 있다. 일반적으로 알려진 식에 기초하여 평가된 등가의 Heat Input 조건에서 제조된 벌크 상태의 316L 스테인리스강의 변형 및 파괴 거동에 미치는 미세조직의 영향을 이해하고자 하였다. 등가의 Heat Input을 부여하기 위해 P와 V를 각각 200 W, 800 mm/s (SLM-I)과 300 W, 1800 mm/s (SLM-II)의 조건을 이용하여 두 종류의 벌크 SLM 시편을 제작하였다. 광학현미경을 사용하여 SLM-I과 SLM-II 시편에 대한 미세조직의 분석 결과 초기 시편은 기공의 분율을 제외하고는 큰 차이점을 구분하기 어려웠다. SLM-I과 SLM-II 시편의 일축 인장 시험은 연구실에서 자체 설계한 소형(miniature)의 일축 인장 시편을 사용하였다. 일축 인장 시험 결과에 의하면 SLM-II 시편의 연성이 SLM-I 시편보다 상대적으로 낮은 반면에 인장 강도는 약간 높은 것으로 확인되었다. 일축 인장 시 변형의 정도를 증가시켜 가면서 SLM-I 및 SLM-II 시편의 변형 및 파괴 거동을 분석하였다. 미세조직학적 관점에서 변형 및 파괴 거동을 분석하기 위하여 전계방사형 주사전자현미경 (FE-SEM) 및 전자후방산란회절 (EBSD)를 이용하였다. 일축 인장 시 시편내 불균일 변형 거동에 미치는 결정학적 방위 (crystallographic orientation), melt pool 경계 (melt pool boundaries, MPBs) 및 결정립계 (grain boundaries, GBs) 등의 미세조직학적 영향을 독립적으로 분리하여 이해하고자 하였다. Kernel average misorientation (KAM), Taylor Factor 등의 결정학적 방위와 직접적으로 관련된 값들을 활용하여 결정립 크기 수준에서 발생하는 변형의 불균일성을 이해하고자 하였다. 또한 일축 인장 시 SLM 시편의 파괴 기구를 이해하기 위해 파괴된 시편의 파면을 분석하여 고찰하였다. 이 결과를 토대로 향후에는 미소역학적 모델링 (micromechanical modeling)을 적용하여 SLM 시편에 발생하는 미소역학적 관점에서 변형 및 파괴 거동을 이론적으로 해석하고자 한다.

[차세대2-5 | 16:40] 초청강연

초내열 합금의 액상확산접합부 특성 연구: 안종기¹, 손명숙¹, 이동엽¹, 류시양¹, 김홍규², 김민우²; ¹한화에어로스페이스, ²국방과학연구소
Keywords: 니켈기 초합금, 액상확산접합, 최대인장강도, 터빈 노즐

CM247LC 및 Mar-M-247 합금은 고온에서의 우수한 강도로 Ni 기 초내열합금 중 항공용 가스터빈 부품에 널리 사용되는 소재 중 하나이다. CM247LC 및 Mar-M-247은 우수한 고온 특성으로 인해 터빈 블레이드 및 노즐에 주로 적용되며 정밀주조 공정으로 제작되고 복잡한 형상이 요구되는 경우는 접합 공정이 적용되기도 한다. 본 연구에서는 이러한 가스터빈의 핵심 부품인 터빈 블레이드 및 노즐의 CM247LC 및 Mar-M-247 합금의 액상확산접합부에 대한 특성 고온특성거동을 고찰하고자 하였다. 이에, 1,121°C에서 10분 및 240분간 확산접합을 실시하여 약 850°C 까지의 고온 강도 변화를 관찰하였다. 시험 결과, 접합 시편은 650°C에서 모재 대비 약 70%, 825°C에서 약 50~60%의 강도 수준을 나타내었다. 또한 AMS2675에 따른 금속학적 요구도 등을 평가한 결과 각 항목에 만족하는 것을 확인 하였다.

금속역사

Room 108, 10월 25일

[역사1-1 | 10:00]

전통 정련·단접 기술이 적용된 다층구조 소재와 응용소재를 이용한 주방용 칼 제작 및 금속학적 특성 비교: 조성모, 조남철; *공주대학교*
Keywords: Traditional iron making process, Multi-layered materials, Application materials, Kitchen knives, Surface texturing

전통 제련법을 토대로 사철을 이용해 괴련철 생산을 재현하고, 생산된 괴련철을 정련 및 단접기술을 이용하여 불순물 제거와 미세한 조직을 가지는 다층구조 소재로 생산하였다. 또한 사철을 이용한 다층구조 소재에 다시 각각 탄소강과 니켈탄소강을 접합시킨 후 단접하여 응용소재로 제작하였다. 최종적으로 다층구조 소재와 2종류의 응용소재를 이용해 전통기술을 이용하여 주방용 칼을 제작하였다. 본 연구에서는 3종류의 주방용 칼에 대해서 금속학적 특성을 분석하여 고인성·고강도의 구현과 표면무늬가 수려한 주방용 칼의 금속학적 특성을 비교하였다. 금속현미경과 SEM-EDS 분석결과 Ferrite와 Pearlite가 혼재되어 있는 아공석강임을 확인하였다. 또한 금속현미경을 통해서 layer가 존재함을 확인하였다. layer의 생성원인은 계속되는 단접에 의해서임을 확인하였다. 또한 계속된 단접으로 강도와 경도가 증가함을 확인할 수 있었다. 마지막으로 표면무늬는 니켈탄소강을 접합한 응용소재가 가장 뛰어났고, 단일 소재인 사철강에서 가장 희미하였다. 이로서 탄소함량의 차이가 표면무늬를 생성함에 큰 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

[역사1-2 | 10:15]

청동유물에서 관찰되는 흑색 부식물의 표면특성과 생성 메카니즘 연구: 박수경, 조남철; *공주대학교*

Keywords: Excavated Bronze Artifacts, black layer, Surface Analyzing Method

현재까지 발굴 청동유물은 미세조직 관찰과 성분분석을 통한 제작기법 규명, 납동위원소비를 이용한 산지추정 연구는 많이 이루어지고 있으나 표면분석을 통하여 유물의 부식특성을 알아보는 연구는 미흡한 실정이다. 청동 유물 중 방짜유기와 주조 유물에서는 흑색 부식층이 관찰되는 경우가 많으며, 조선시대에는 오동과 같이 인위적으로 흑색 파티나 층을 만들어 장식하였다. Tenorite(CuO), Chalcoprite(CuFeS₂), Bornite(Cu₅FeS₄) 등의 부식물이 청동 표면에 생성되면 표면이 흑색을 띄게 된다. 본 연구에서는 청동유물에 생성되어있는 흑색의 layer를 SEM-EDS와 XPS로 분석하여 생성원인과 표면특성에 대하여 알아보았다. XPS 분석결과 표면이 금색인 경우 산화 제1구리(Cuprite, Cu₂O)와 산화주석(II)(SnO), 흑색 부식물이 생성된 경우 산화구리(Tenorite, CuO)와 산화주석(II)(SnO)가 확인된다. 따라서 청동유물표면에 생성된 흑색 부식물은 산화구리(Tenorite, CuO)임을 알 수 있다. SEM-EDS 분석결과 흑색부분과 금색 부분의 구리와 주석의 함량비의 차이가 있음을 확인하였다. 표면이 흑색으로 관찰되는 경우 구리와 주석의 함량이 Cu:Sn=1:0.9 이며, 금색 부분은 구리와 주석의 함량이 Cu:Sn=1:2.8로 청동유물의 표면 색상은 구리와 주석의 함량비 차이가 흑색을 띄게 하는 요인으로 작용하였을 것으로 추정된다. 향후 흑색 부식물의 깊이변화에 따른 조성변화를 분석하여 생성 원인을 연구할 예정이다.

[역사1-3 | 10:30]

6세기 청동 도가니 및 슬래그를 통해 본 청동기 생산 기술: 부여 관북리 유적을 중심으로: 김소진¹, 한우림², 홍주현³; ¹국립문화재연구소 연구기획과, ²국립문화재연구소 보존과학연구실, ³국립경주문화재연구소

Keywords: 청동, 도가니, 슬래그, 생산, 부여 관북리 유적

부여 관북리 유적은 1978년에 백제시대 배수로로 추정되는 유구가 노출됨으로써 처음으로 알려지게 되었으며 장기적인 발굴조사를 통해 도로와 축대, 공방폐기지, 대단위 저장시설과 공간시설, 이 시설들을 폐기하면서 성토대지를 조성하여 공간을 재활동한 흔적, 대형전각건물 조성, 부소산에서 말단부로 이어지는 상수도시설의 조성, 영역 확장을 위한 저습지대의 성토와 축대를 구축한 흔적 등이 확인되었다. 특히 관북리 유적의 나 지구에서는 백제 사비기의 금속공방과 관련된 다양한 노 시설 및 철, 청동, 금, 금동, 유리 등 다양한 소재의 원료와 제품, 도가니, 철재 등이 출토되어 백제 왕실에서 부속된 금속생산이 진행되었음을 추정할 수 있다. 본 연구는 관북리 유적에서 출토된, 6세기 말~7세기 초에 생산된 것으로 추정되는 청동 도가니 및 슬래그의 분석을 통해 유적의 성격 및 청동 생산 기술을 확인하고자 하였다. 도가니는 내부에 부착된 청동 슬래그에서 Cu, Sn, Pb가 검출됨에 따라 3원계 청동의 용해에 사용된 것으로 추정된다. 또 다른 도가니 편외 내부에는 99%이상의 순도를 가진 원형의 구리가 존재하며, 미세조직에서는 Cu prill이 확인되었다. 이번 연구를 통해 분석된 청동 도가니는 제련-용해-주조-제작의 생산 과정 중 용해에 사용된 것으로 판단되며, 다양한 시료의 분석을 통해 관북리 유적의 금속 생산 기술에 대한 종합적인 연구가 진행되어야 한다.

[역사1-4 | 10:45]

충주 호암동, 부여 청송리 출토 청동기의 금속학적 분석: 한우림¹, 김소진², 황진주¹; ¹국립문화재연구소 보존과학연구실, ²국립문화재연구소 연구기획과

Keywords: bronze, bronze mirror, bronze sword, lead isotope

충청북도 충주 호암동 유적에서는 초기철기시대 분묘 3기가 확인 되었으며, 출토유물은 세형동검 7점, 다뉴세문경 1점, 동과1점, 동모 3점, 동부 1점, 동사 4점, 동착 2점 등 청동기 19점이 출토되었다(중원문화재연구원, 2017). 또한 충청남도 부여 세도면 청송리 유적에서도 초기철기 시대 유적이 확인 되었으며, 출토 유물은 세형동검 1점, 검파두식 2점, 동과 1점, 동모 4점, 다뉴세문경 1점, 간두령 1점, 동부 1점, 동사 1점, 동착 2점으로 청동기 14점이 출토되었다(국립부여문화재연구소, 2017). 본 연구에서는 충주 호

암동 유적 출토 청동기와 부여 청송리 유적 출토 청동기에 대한 미세조직과 성분 분석을 실시했다. 미세조직과 내부 금속심에 대한 성분분석은 충주 호암동 출토 다뉴세문경 1점, 동모 1점과 부여 청송리 출토 다뉴세문경 1점, 세형동검 1점에 대해서 분석해 주었다. 미세조직과 분석결과 다뉴세문경은 모두 따로 열처리를 해주지 않은 주조조직으로 α 상과 $\alpha+\delta$ 상의 공석조직이 관찰된다. 또한 고용되지 않는 납 입자는 크고 작은 검정색 원형으로 관찰된다. 동모와 세형동검은 α 상과 $\alpha+\delta$ 상이 혼합된 수지상 주조 조직이 관찰되며, 원형의 납 편석 입자는 동경에 비해 크기가 큰 형태로 관찰된다. 전자탐침미소분석기를 이용한 성분 분석결과 충주 호암동 출토 동경은 Cu: Sn: Pb = 68: 29: 6으로 검출되었으며, 부여 청송리 출토 동경은 Cu: Sn: Pb = 63: 29: 6으로 검출되었다. 청동경은 빛을 많이 반사해야하는 특성을 지녀야 하므로 백색계통의 금속 빛을 띠는 것이 유리한데, 주석 함량이 25~35%일 때 백색계통의 색을 띤다(황진주 2009). 충주 호암동 출토 동경과 부여 세도면 출토 동경의 높은 주석함량은 이를 뒷받침 해주며, 높은 주석함량 때문에 두 청동경은 모두 깨진 상태로 출토되었다. 또한 충주 호암동 출토 동모는 Cu: Sn: Pb = 78: 20: 5로 검출되었으며, 부여 청송리 출토 동검은 Cu: Sn: Pb = 72: 24: 5로 검출되었다. 청동 무구류는 물체를 찌르거나 자르는 것이 목적이므로 높은 강도와 경도가 필요하지만, 충격에도 견딜 수 있어야 한다. 그렇기 때문에 주석이 약 25%보다 적은 양이 함유되어 있는데(황진주 2009), 충주 호암동 출토 동모와 부여 청송리 출토 동검은 모두 주석이 20~24%로 함유되어 있으며, 동경에 비해 낮은 주석함량을 갖는다. 납 동위원소비를 이용한 산지추정결과 충주 호암동 출토 청동기와 부여 청송리 출토 청동기는 대부분 출토지와 인접한 충청도, 전라도, 강원도 광산의 방연석을 사용하였음을 알 수 있다. 하지만 경상도 내의 방연석을 사용하지 않았다는 점이 특이하며, 이는 함평 초포리 유적, 회순 대곡리 유적, 논산 원북리 유적, 대구 팔달동 유적, 장수 남양리 유적 등의 다른 초기철기시대 유물의 비교 분석을 한다면 보다 명확히 알 수 있을 것이라고 판단된다.

[역사1-5 | 11:00]

미얀마 바간유적 금동장식물에 적용된 주조와 도금방법 분석: 이재성¹, 유재은², Yee Yee Win³; ¹국립문화재연구소 문화재보존과학센터.

²국립문화재연구소 보존과학연구실. ³Department of Archaeology, Myanmar.

Keywords: 미얀마, 바간, 금동장식물, 금박, 아말감 도금법

미얀마의 대표적인 불교 유적지인 바간(Bagan)은 고대국가인 바간 왕조(1044~1287년)의 수도였다. 바간 왕조는 버마인에 의해 세워진 최초의 미얀마 통일 왕조로 그들의 지배하에 있던 몬(Mon)족으로부터 문학과 불교, 미술 등의 인도문화를 수용하여 새로운 문화적 발전을 이루었다. 미얀마 고대 문화의 중심지인 바간 지역에서는 우수한 문화를 보여주는 화려한 금동장식물이 출토된다. 이들 금동장식물은 형태에 따라 입체형 장식물과 장식판으로 크게 분류할 수 있다. 본 연구에서는 바간 지역에서 출토된 9점을 대상으로 미세조직과 성분 조성을 분석하였다. 입체형 장식물은 16~18세기에 종교적 용도로 만들어졌고, 금동장식판은 11~13세기에 건물이나 장식물의 외관을 꾸미기 위해 제작되었다. 입체형 장식물은 형태별로 건물과 불상 모양으로 나뉘며, 동일한 형태라도 금동과 청동으로 다르게 제작되었다. 입체형 금동장식물은 구리-아연-주석-납을 주성분으로 합금한 황동을 기본 소재로 형태를 주조하고, 표면을 1 μm 이하의 매우 얇은 금박으로 도금하였다. 도금층에는 주성분인 금 이외에 은이 10 wt% 내외로 포함되어 있으며 수은은 검출되지 않았다. 따라서 수은을 사용하는 아말감도금법이 아닌 금박을 표면에 입히는 금박도금법이 적용되었다. 평면의 형태를 가진 금동장식판은 문양의 새김방식에 따라 타출과 투조로 나뉘지만 한쪽 표면을 도금했다는 공통점을 가진다. 금동장식판의 표면은 부식으로 인해 구리산화물이 도금층 위에 생성되었으나 일부 표면에서 황금색과 적황색의 도금층이 쉽게 관찰된다. 금동장식판의 바탕금속에는 미량의 납, 비소 등 금속원소를 포함하고 있으나 순구리에 가까운 것으로 분석되었다. 바탕금속의 미세조직에 분포하는 α 상의 입계 내에 존재하는 쌍정은 열간 가공 등 단조에 의해 형태가 제작되었음을 보여 준다. 도금층에서는 금과 함께 다량의 수은이 검출되어 금과 수은을 혼합해 도금하는 아말감 도금법이 적용되었음을 알 수 있다. 또한 도금의 두께는 5 μm 내외로 불균일하고, 도금층에서는 알갱이 형태의 금 입자들이 쉽게 관찰되므로 도금에 금분(金粉)을 이용했을 가능성이 크다.

여성세션

Room 107, 10월 25일

[여성1-1 | 13:00] 인사말

[여성1-2 | 13:10] WISET · KIM 젊은연구자상 수상기념강연

Soft Magnetic Properties of Fe-based Amorphous/Nanocrystalline Hybrid Materials: 이연주; 국민대학교

본 연구에서는 기존 결정질 연자성 소재 합금에 비해 고성능/고효율의 연자성 부품에 최적의 소재로 부상하고 있는 철계 비정질 분말을 이용하였으며, 소량의 나노결정화를 통해 자성 특성을 효과적으로 향상시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 Fe-B-P-C-Nb-Hf의 철계 비정질 분말을 결정화 온도의 90% 미만 수준인 375°C 와 425°C 에서 열처리 하였고, 각각 3.14%와 7.47%의 나노결정화를 발생시켰다. 나노 결정립의 생성에 따라 보자력이 감소하고 포화자화가 증가하였으며, 375°C 에서 열처리하여 5% 미만의 나노결정화를 발생시킨 결과 더 우수한 연자성 특성을 보였다. 결론적으로 Fe-B-P-C-Nb-Hf 비정질 분말은 5% 미만의 나노 결정질을 함유할 때 보다 우수한 연자성 특성을 보이며, 이는 전력 변환 장치의 에너지 고효율화에 대한 요구가 증대되는 전기/전자, IT, HEV/EV 산업 등의 소재로 응용이 기대된다.

[여성1-3 | 13:20] WISET · KIM 젊은연구자상 수상기념강연

Design of New Face-Centered Cubic High Entropy Alloys by Thermodynamic Calculation: 최원미; 포항공과대학교

A new face-centered cubic (fcc) high entropy alloy system with non-equiatomic compositions has been designed by utilizing a CALPHAD (CALculation of PHase Diagram) - type thermodynamic calculation technique. The new alloy system is based on the representative fcc high entropy alloy, the Cantor alloy which is an equiatomic Co-Cr-Fe-Mn-Ni five-component alloy, but fully or partly replace the cobalt by vanadium and is of non-equiatomic compositions. Alloy compositions expected to have an fcc single-phase structure between 700°C and melting temperatures are proposed. All the proposed alloys are experimentally confirmed to have the fcc single-phase during materials processes (>800°C), through an X-ray diffraction analysis. It is shown that there are more chances to find fcc single-phase high entropy alloys if paying attention to non-equiatomic composition regions and that the CALPHAD thermodynamic calculation can be an efficient tool for it. An alloy design technique based on thermodynamic calculation is demonstrated and the applicability and limitation of the approach as a design tool for high entropy alloys is discussed.

[여성1-4 | 13:30] 초청강연

연구자를 위한 특허의 현재와 미래 이야기: 이태연; 법무법인 세종

Keywords: Patent, Invention, Intellectual Property, Technology Protection, Patent Application, Patent Right, Patent Litigation, R&D Agreement

다가오는 미래에는 새로운 트렌드의 기술혁신이 있을 것으로 기대되고 있어 기술혁신의 결과물인 지식재산권의 보호방안도 중요도가 높아지고 있다. 그러나 현재 지식재산을 특허로써 보호하거나 기술거래를 위한 기술계약 등 기술가치의 보호과정에서 예측 가능한 위험요소들이 간과되어 향후 분쟁으로 이어지는 경우가 발생하고 있어 이에 대한 인식 제고가 요구되고 있다. 따라서 본 발표에서는 특허분야 최근 현황, 연구결과물에서 창출된 특허의 분쟁 사례와 기술계약 사례 등을 통해 얻을 수 있는 교훈을 공유하고, 보다 바람직한 미래의 지식재산 보호 및 관리에 대해 함께 고민해 보는 기회를 제공하고자 한다.

타이타늄 알루미늄 나이드 심포지엄

Room 108, 10월 25일

[타이타늄심포지엄 1-1 | 15:00] 초청강연

 γ -TiAl 합금의 최신 연구동향: 오명훈; 금오공과대학교 신소재공학부Keywords: Intermetallic Compound, γ -TiAl, Turbocharger, Turbine Blade

이중 금속원소가 일정한 비율로 결합하여 이루어지는 금속간화합물은 구성원소간의 원자결합력이 일반 금속에 비하여 매우 강하며 또한 복잡한 결정구조를 나타내기 때문에 일반적으로는 소성변형이 어려운 취성재료로 인식된다. 그러나 재료학적인 관점에서 보면, 이러한 구성원소간의 강한 결합력은 이 재료가 나타내는 높은 강도 및 경도 값 등 우수한 기계적 성질을 갖게 하는 원인이 될 뿐만 아니라, 고온에서도 구성원소간의 결합이 안정하게 유지됨으로써 고온강도 및 크리프 특성 등의 고온특성을 향상시키는 요인으로 작용한다. 이러한 관점에서 경량원소인 Ti와 Al이 1 : 1로 결합하여 이루어지는 금속간화합물 TiAl 합금(통칭 γ -TiAl alloys)은 고온재료로서 갖추어야 할 기본적 요건인 고융점, 높은 항복강도 및 고온강도, 우수한 크리프 특성 등의 기계적 성질 이외에도 다량의 Al을 함유함에 따른 경량화, 비강도 및 내산화성 향상 등, 경량내열재료로서 구비하여야 할 특성을 고루 갖추고 있는 소재이다. 특히 최근에 엄격히 규제되고 있는 CO₂ 저감을 위한 “Eco Material”로서의 역할이 다시 급부상되면서 금속간화합물 γ -TiAl은 가혹한 환경에서 사용되는 제트엔진 재료는 물론 자동차의 터보차저 로터, 피스톤, 밸브 등의 부품용 재료로서 응용가치와 가능성을 인정받고 있으며 미국, 유럽 등 기술선진국은 물론 일본과 중국 등 아시아 국가들까지 이 재료의 실용화를 위한 치열한 개발경쟁이 벌어지고 있다. 또한 이러한 연구 노력의 결과로서 최근 들어서 미국, 일본 등에서는 시제품 제작에 성공한 사례들이 속속 보고되고 있다. 따라서 본 발표에서는 현재 진행 중인 국내 γ -TiAl의 연구 현황을 정리하고, 이를 바탕으로 참석자들과 향후 진로 방향을 모색하는 발표를 수행하고자 한다.

[타이타늄심포지엄 1-2 | 15:25] 초청강연

Control of Microstructure, Mechanical Property and Superplasticity for High Nb-TiAl Alloy Sheet: Junpin Lin, Yongfeng Liang, Guojian Hao; State Key Laboratory for Advanced Metals and Materials, University of Science and Technology Beijing.

Keywords: High Nb-TiAl alloy, Superplasticity, Microstructure, Mechanical property

High Nb-TiAl alloys have been paid more and more attentions because of high melting points, excellent oxidation resistance, high specific strengths and modulus, etc. High Nb alloying becomes the optimum method to raise the service temperature of TiAl alloy. Further potential components for aero engine exhaust nozzles and honeycomb structures are based on high Nb-TiAl sheet and foil material. Large scale high Nb-TiAl sheet was successfully fabricated by hot pack rolling direct from cast ingot. By control of rolling temperature, the typical microstructure of TiAl alloy can be obtained, such as DP, NG and NL, and the mechanical test shows that the NL microstructure with fine colony size exhibits excellent room and elevated temperature mechanical properties. The NG microstructure has outstanding superplasticity, and the elongation reaches 824% at 1050°C and high strain rate. The strengthening/toughening mechanism of the sheet materials is discussed in this work.

[타이타늄심포지엄 1-3 | 15:50]

Ti-48Al-2Cr-2Nb 금속간화합물의 미세조직, 고온 압축 및 크립 특성: 이기안¹, 김영균¹, 윤성준¹, 김성윤², 홍재근²; ¹인하대학교 신소재공학과, ²재료연구소Keywords: γ -TiAl; Ti-48Al-2Cr-2Nb; Microstructure; High temperature; Compression; Creep

Gamma-titanium aluminide (γ -TiAl)는 뛰어난 비강도와 내열 특성을 가지고 있어 현재 고온에서 사용되고 있는 Ni계 초합금의 대체 가능 소재로써 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 plasma re-melted Ti-48Al-2Cr-2Nb (at.%) 소재에 대한 미세조직, 고온 압축 및 고온 크립 특성에 대하여 조사하였다. 초기 미세조직 관찰 결과, γ (L10 structure)와 α_2 (D019 structure) 상이 lamellar structure를 가지는 것으로 확인되었다. 압축 시험 결과 항복 강도는 25, 600, 750, 900, 1050°C에서 각각 612 MPa, 527 MPa, 663 MPa, 597 MPa, 345 MPa로 측정되어 특정 온도에서 yield strength anomaly (YSA)가 나타나는 것을 알 수 있었다. γ -TiAl의 가용 온도인 750°C에서 고온 크립 시험 결과, 모든 응력 범위에서 뛰어난 크립 특성을 보였고 stress exponent (n)는 약 4 수준으로 확인되어 dislocation glide에 의해 크립 변형이 지배되는 것으로 예상되었다. 상기 결과들 및 변형 후 미세조직 관찰을 통하여 Ti-48Al-2Cr-2Nb 소재의 고온 압축 및 크립 변형 거동을 고찰해보았다.

[타이타늄심포지엄 2-1 | 16:20] 초청강연

History and Future Prospects of the Development of Turbochargers for Passenger Vehicles Using Cast TiAl Alloys: T. Tetsui; Research Center for Structural Materials, National Institute for Material Science

Keywords: Turbine wheel, Precision casting, Joining to steel shaft, Creep strength, Ceramic crucible melting

TiAl alloy was put into practical use for the first time in the world as a turbocharger for gasoline engine passenger vehicles with engine exhaust temperature of about 900°C in 1997. This speaker played a leading role in this. Important technologies for developing a turbocharger equipped with TiAl alloy were as follows. The first is the development of a cast TiAl alloy that can be used at 900°C, the

second is the precision casting technology of this alloy, and the third is the joining technology to a steel shaft. In this talk the detailed development history of these will be introduced. Also, various situations that occurred in the TiAl turbocharger that was actually introduced to the market will be introduced. Next, this talk will describe the future prospect of TiAl turbocharger. The most important thing is increase of service temperature and reduction of manufacturing cost. Therefore, this speaker developed a new TiAl alloy with improved creep strength and also developed a low cost direct joining technology to a steel shaft. In addition, the most effective way to lower the cost is to apply a more general manufacturing method instead of the current special method (Levicast) for melting and casting of turbine wheels. For this purpose, this speaker developed a TiAl alloy with good castability and also developed a general-purpose turbine wheel manufacturing method by melting in a ceramic crucible. In this talk these recent development results will be introduced.

[타이타늄심포지엄2-2 | 16:45] 초청강연

Microstructure, Creep, and Joining of Powder Metallurgy (PM) Beta Gamma Alloys: Overview: Dongyi Seo, *Aerospace Research Centre, National Research Council of Canada*

Keywords: Microstructure, beta gamma, TiAl, beta stabilizer, step-cooled solution heat treatment, fine-grained fully lamellar microstructure, creep, and brazing

Powder metallurgy (PM) beta-gamma alloys have been investigated to improve the processing capabilities over conventional gamma titanium aluminide (TiAl) alloys for hot section gas turbine applications. The state of research into a processing route and resulting mechanical properties for a beta-gamma alloys containing beta stabilizers such as Nb, Mo, and Mn is reviewed. A multi-stage hot isostatic pressing (HIP) treatment followed by step-cooled solution heat treated (SCHT) and aging conditions were optimized to produce a fine-grained fully lamellar microstructure with fine continuous lamellae and limited beta phase growth at the colony boundaries. The aging treatments were carried out to precipitate interfacial beta phase at the lamellar interfaces. Constant load creep tests were conducted to investigate the effect of microstructures on mechanical properties of the alloys at elevated temperatures. In order to develop joining processes for the beta-gamma alloys, button samples of the selected beta-gamma alloy were joined using thin foils containing Ti and Ni at various temperatures, and some of the bonded samples were heat treated after brazing. The microstructures of the bonded area were examined using scanning electron microscopy. Hardness of the joined area including the parent material was measured to assess mechanical properties. The results show that Al-, Ti-, and Ni-rich phases are formed and the characteristics of the phases strongly depend on the brazing and the heat treatment conditions. In addition, creep tests of selected joined beta-gamma alloys were conducted to evaluate their mechanical properties at elevated temperatures. The mechanical properties of the joined beta gamma alloys were compared as a function of brazing history, the heat treatment conditions, and microstructural features.

[타이타늄심포지엄2-3 | 17:10]

Numerical and Experimental Studies on Single Tracks of TiAl and Alloy 718 Processed by a Powder Bed Fusion Technique: Jae-Woong Kim¹, Seul-Bi Lee¹, Jae-Keun Hong², Myongse Kim³ and Yoon Suk Choi¹; ¹*School of Materials Science & Engineering, Pusan National University*, ²*Titanium Group, Korea Institute of Materials Science*, ³*Auratech*

Keywords: Powder Bed Fusion, Melt Pool, TiAl, Alloy 718, Simulation

Single tracks of TiAl and Alloy 718 powders were additively deposited on the substrates, made of the same materials, using powder bed fusion (PBF) technique. The geometry and microstructures of melt pools were thoroughly investigated as a function of processing parameters. Thermo-mechanically fully coupled finite element analysis (FEA) procedures were also outlined and utilized to simulate additively deposited single tracks. Experimental results were compared to the numerical results, quantitatively and qualitatively. Major discrepancies between the experimental and numerical results were discussed, based upon limitations in FEA-based additive manufacturing modeling approaches. Also, recent experimental and numerical challenges were discussed for better understanding and controlling of additive manufacturing processes.

[타이타늄심포지엄2-4 | 17:35]

Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Electron Beam Melted Multi-Phase γ -TiAl Alloy: P. L. Narayana^{1,2}, Cheng-Lin Li¹, Seong-Woo Choi¹, Seong-Woong Kim¹, Seung Eon Kim¹, Jong-Taek Yeom¹, Jae-Keun Hong¹ and N. S. Reddy²; ¹*Metal Materials Division, Korea Institute of Materials Science*. ²*School of Materials Science and Engineering, Gyeongsang National University*

Keywords: Beta phase stabilized γ -TiAl alloys, Intermetallics, additive manufacturing, heat treatment, microstructure, mechanical properties.

The γ -TiAl alloys have been used to various structural applications in aerospace, automotive industries due to their low density, high specific strength, good creep resistance and good oxidation resistance. In recent years, the advanced β stabilized multi-phase γ -TiAl alloys (generally referred as TNM alloys) have been introduced. Solidification via β phase field not only minimizes the grain size and also it reduces the chemical inhomogeneity of the γ -TiAl alloys. However, the combination of limited room temperature ductility, low thermal conductivity and strong chemical reactivity provides limited machinability of the γ -TiAl alloys. To overcome these difficulties, the powder-bed additive manufacturing (AM) techniques have been used in recent years to fabricate the various complex metallic

components with near net shape within the short lead times may contribute to increasing cost effectiveness.

In the present paper the electron beam melted (EBMed) β solidified gamma titanium alloy (TNM alloy) is investigated. Various post heat treatment cycles involve both solution and stabilization treatments have been carried out on as-EBMed alloy to optimize the final microstructure with balanced mechanical properties. The resultant microstructural features have been analyzed by means of scanning electron microscope and transmission electron microscope. The tensile properties of the as-EBMed and heat treated samples were measured at both room temperature as well as at 800°C.

알 루 미 늬 Room 204, 10월 25일

[알루미늄 1-1 | 09:00]

Al-Mg-Si 합금에서 Step-quenching과 자연시효시간이 도장반응성에 미치는 영향: 임지우¹, 송민영¹, 김인수¹, 김재황¹, 홍성길², ¹한국생산기술연구원, ²전남대학교

Keywords: Al-Mg-Si alloys, Nanocluster, Natural aging, Step-quenching, Bake hardening response

Al-Mg-Si계 합금은 우수한 성형성, 시효경화로 인해 자동차 외부판재에 널리 쓰인다. 이러한 판재는 알루미늄 생산 공장에서 용체화처리 후 자동차생산 공장으로 수송 및 적재됨에 따라 불가피하게 상온에 노출이 된다. 상온에 노출된 판재는 용체화 직후 판재에 비해 도장처리 공정(170°C, 20 min) 시, 강도가 저하되는 negative effect of two-step aging이 나타난다. 이러한 현상의 원인은 자연시효 시 형성되는 나노클러스터 때문이다. 상온에서의 나노클러스터의 형성을 억제하기 위한 방법에는 다양한 방법이 있다. 본 연구에서는 Step-quenching(100°C, 1 h)동안 형성된 나노클러스터가 도장반응성에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 용체화 처리 후 Step-quenching(100°C, 1 h)을 통해 two-step aging에 비해 우수한 도장반응성을 확인하였다. 또한 Step-quenching(100°C, 1 h) 후 상온노출 시 나노클러스터의 형성이 억제되었다. 이는 Step-quenching(100°C, 1 h) 동안 형성되는 나노클러스터 때문이며, 나노클러스터는 도장반응성과 깊은 연관이 있음을 확인했다.

[알루미늄 1-2 | 09:15]

Al-Mg-Si(-Cu) 합금에서 예비시효 시간이 나노클러스터 형성과 시효경화 거동에 미치는 영향: 송민영¹, 임지우¹, 김인수¹, 김재황¹, 홍성길², ¹한국생산기술연구원, ²전남대학교

Keywords: Al-Mg-Si(-Cu) alloys, Age-hardening, Nanocluster, Pre-aging time

알루미늄 합금 중 Al-Mg-Si계 합금은 우수한 시효경화특성으로 인하여 많은 관심을 받고 있다. 하지만 판재 공정과정 중 상온에 노출이 되면서 형성되는 나노클러스터로 인해 판재의 강도가 저하되는 현상이 일어난다. 이 현상은 상온에 노출되기 전 예비시효를 통하여 억제할 수 있고, Cu를 첨가 할 시 자연시효 초반 나노클러스터의 생성이 억제되어 강도저하 현상을 억제 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 아직 예비시효와 Cu첨가량에 관한 연구가 부족하다. 본 연구에서는 예비시효 시간과 Cu첨가량이 나노클러스터 형성과 시효경화 거동에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 예비시효 시간에 따른 Cluster(2)의 생성이 자연시효 동안 생성되는 Cluster(1)의 생성에 미치는 영향을 확인하였고, Cu첨가량이 예비시효와 자연시효 동안 생성되는 나노클러스터에 미치는 영향과 그에 따른 시효경화 거동 변화를 확인하였다.

[알루미늄 1-3 | 09:30]

과공정 Al-15wt.% Si 합금의 primary Si 제어에 미치는 EMS 공정 영향과 합금의 인장, 마모, 피로 특성: 백민석¹, 박태현¹, 김종호², 황종일³, 이기안¹, ¹인하대학교, ²포항산업과학연구원(RIST), ³(주)LMS

Keywords: Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, EMS processing, Tensile, High cycle fatigue, Hot extrusion

최근 자동차 부품으로 적용되고 있는 과공정 Al-Si 합금의 기계적 특성에 미치는 primary Si 제어에 대한 연구들이 활발히 진행 중이다. 최근 Primary Si를 제어하는 여러 기술 중 electromagnetic stirring (EMS) 공정이 주목받고 있다. 본 연구에서는 EMS 공정을 이용하여 primary Si를 제어하고자 하였으며, 그에 따른 인장, 마모, 피로 특성 변화를 조사하였다. 사용된 소재는 세가지로써 EMS 공정을 수행하지 않은 A 소재와, EMS 공정 변수가 다른 B, C 소재를 사용하였다. EMS 공정 변수로는 A(ampere) 차이(40A & 120A)와 EMS가 가해지는 방향(단방향 & 양방향)로 분류하였다. 제조된 소재들의 XRD 상 분석 및 EPMA 원소 분석결과 세 소재 모두 Al 기지에 Si, Al₂Cu, Al₆(Mn,Fe), Mg₂Si상들이 분석되었다. 초기 미세조직에서 primary Si 크기는 A 소재가 45~80 μm, B 소재가 30~40 μm 그리고 C 소재가 약 30 μm 수준으로 관찰되었다. EMS 공정을 수행함에 따라 primary Si 크기가 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 EMS가 가해지는 방향을 양방향으로 수행함으로써 primary Si는 더욱 미세해지고 고루 분포하고 있음을 알 수 있었다. 인장 시험 결과 항복강도의 경우 388 MPa(A소재), 391 MPa(B소재), 405 MPa(C소재)로 증가하는 경향을 보였다. 또한 마모 시험 및 고주기 피로 시험 결과 EMS 공정(120A, 양방향)을 수행한 C소재가 다른 소재들에 비해 우수한 특성을 나타내었다. 상기 소재들의 인장, 마모 그리고 피로 특성에 미치는 EMS 공정의 영향을 고찰하기 위해 파단면과 변형 조직을 관찰하고 그 변형 기구를 규명하고자 하였다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[알루미늄 1-4 | 09:45]

교반주조법으로 제조된 cenosphere/aluminum syntactic foam의 압축특성 및 변형거동: 정제기¹, 김수현², 이윤수², 김희주², 임차용², 박용호¹, ¹부산대학교, ²재료연구소

Keywords: Stir casting, Cenosphere, Syntactic foam, Compressive property, Deformation behavior

화력발전에서 발생하는 석탄회 중 비회 (Fly ash)는 0.3 - 1.0 mm 수준의 입도를 가지며, 재활용이 가능한 부산물이다. 이 비회 중 0.3-1.5 wt%의 cenosphere는 속이 비어있는 구형의 중공체로 존재한다. Cenosphere는 가볍고, 화학적 안정성과 압축특성이 우수하여 다공체에서 강화제로 활용될 수 있으며, cenosphere의 첨가로 밀도가 낮고, 에너지흡수능이 우수한 금속기지 syntactic foam 제조가 가능하다. 금속기지 syntactic foam은 중공체로 구성된 예비 성형체에 용융금속을 가압하여 충전시키는 함침법으로 제조할 수

있는데, 중공체의 부피분율이 증가하면 합침이 어려워 주조결합이 발생하기 쉬운 단점이 있다. 하지만, 교반주조법은 물리적 교반을 통해 합침법의 단점을 보완할 수 있으며 공정이 간단하고 중공체의 공급과 대량생산이 용이하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 교반 주조법으로 제조한 cenosphere가 첨가된 알루미늄 기지 syntactic foam의 압축특성을 평가하고 변형거동을 관찰하였다. Cenosphere의 입도, 부피분율이 미세조직과 압축 특성 및 변형거동에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

[알루미늄 1-5 | 10:00]

Hot Compressive Deformation Behaviors and Processing Maps of Al-Mg Alloys with 5-13 wt.% Mg: Hee-Tae Jeong, Woo-Jin Kim; *Hongik university*.

Keywords: Al-Mg, Hot compressive behavior, processing map, DRX

Hot compression test was conducted on Al- 13wt% Mg alloy with grain size is ~ 70 μm was at various temperatures (598, 648, and 698 K) and wide strain rates (5×10^{-4} - 10 s^{-1}). During the test, dynamic recrystallization (DRX) was occurred even at high strain rate (10 s^{-1}) and 698 K with grain size is ~ 10 μm . Power law creep was dominant at 698 K and wide strain rate range (5×10^{-4} - 10 s^{-1}). In processing maps drawn using Murty's criterion, Al- 13wt% Mg alloy had high power dissipation efficiency and small instability regime compared with lower Mg containing Al-Mg alloys.

[알루미늄 2-1 | 10:20] 초청강연

자동차 열교환기용 알루미늄 클래드재 개발: 어광준, 김형욱; *한국기계연구원부설재료연구소*

Keywords: 열교환기, 알루미늄 클래드, 브레이징, 기계적특성, 박판주조

알루미늄 클래드재는 높은 열전도도와 우수한 비강도로 인하여 자동차 열교환기의 튜브, 헤더, 서포트, 핀 등의 브레이징재로 사용되고 있다. 최근 자동차 열교환기의 소형화 및 경량화를 위하여 고강도 심재가 적용된 브레이징용 알루미늄 클래드재 개발이 진행되어 왔으며 이와 함께 가격경쟁력 확보를 위한 방안으로 저비용 공정으로 제조된 알루미늄 합금 적용이 시도되고 있다. 브레이징용 클래드재의 경우 상대적으로 내열성이 확보된 Al-Mn계 심재합금의 표면층에 브레이징재인 Al-Si계 합금 또는 희생양극재인 Al-Zn계 합금이 피재로 접합되어 있는 형태로 제작되며 심재 합금의 특성이 전체 클래드재의 기계적 성질을 좌우한다. 따라서 브레이징 시 강도 유지와 함께 브레이징재의 Si 성분에 의한 침식현상 최소화를 위한 심재합금의 설계 및 클래드재의 미세조직 제어 기술이 필수적으로 요구되고 있다. 대표적인 열교환기용 알루미늄 클래드재인 히터 튜브재와 콘덴서 핀재의 경우 각각 4xxx/3xxx/7xxx, 4xxx/3xxx/4xxx 형태의 3층 구조를 갖는다. 기존의 클래드재는 DC(Direct Chill)주조된 슬라브를 이용하여 열간에서 접합하는 방식으로 제조되어 두꺼운 원소재에서 극박의 알루미늄 클래드재까지 수 많은 압연공정이 요구되므로 공정단가가 상승하는 단점이 있다. 본 연구에서는 DC주조에 비하여 얇은 두께의 소재를 제조할 수 있는 박판주조법으로 제조된 원소재를 이용하여 냉간에서 압연접합하는 공정을 적용하여 압연공정을 단축시키고자 하였다. 클래드재의 브레이징 후 특성은 인장특성, 침식(Erosion)특성, 새그(Sag)특성 등으로 평가될 수 있으며 브레이징 시 부품의 형상 유지 및 실사용 시 제품 특성 유지를 위하여 요구되는 성질이다. 쌍롤박판주조법을 이용하여 제조된 원소재를 이용하여 상온에서 두께 압하율 50-60%로 압연접합하여 클래드재를 제조하였으며 최종 판재 두께인 0.20-0.22 mm(튜브재) 또는 0.07-0.08 mm(핀재)까지 냉간압연을 실시하였다. 튜브재의 경우 최종 두께에서 열처리하여 연성이 확보되는 H2x 조건 확보하고자 하였으며 핀재의 경우 중간열처리를 실시한 후 최종 두께까지 냉간압연하여 H1x 조건으로 제조하였다. 열처리조건, 압하율 변화 등 가공열처리 공정 조건에 따른 브레이징 후 특성 변화(인장특성, 침식비, 새그거리 등)를 미세조직 분석을 통하여 고찰하였다. 이를 통하여 기계적 특성과 브레이징성이 확보된 클래드재를 제조할 수 있었으며 실제 열교환기 부품에 적용하여 열교환기 성능 평가를 실시한 결과 상용 소재대비 동등이상의 특성을 나타내었다.

[알루미늄 2-2 | 10:45]

Multiscale Modeling of Plastic Anisotropy and Frictional Properties of an AA 3003 Alloy Sheet: 봉혁준¹, 이진우¹, 이명규²; ¹ 한국기계연구원부설 재료연구소 ² 서울대학교

Keywords: Crystal Plasticity; Friction; Multiscale Modeling, Tip Test, Yield Function

A multi-scale simulation scheme for the tip test was developed to determine the tribological characteristics during the back-extrusion process of a rolled AA 3003 alloy. A grain-scale crystal plasticity finite element (CPFE) analysis was first employed to predict the macro-mechanical properties of the AA 3003. A three-dimensional finite element model of the tip test was then followed using two different yield functions, namely, the generalized von Mises yield function and Hill 1948 yield function, with material parameters identified from the virtual CPFE predictions. The results reveal that the directionality observed during the tip test is governed by the plastic anisotropy, rather than the frictional conditions. Moreover, it is emphasized that the characterization of the plastic anisotropy is vital for the accurate determination of the frictional conditions in the tip test.

[알루미늄 2-3 | 11:00]

균질화처리 중 Al-6.5Mg-1.0Zn합금 빌렛 내 수지상과 용질원소의 확산거동 상관성 고찰: 김명균, 양현민; *포항산업과학연구원*.

Keywords: Al-Mg-Zn alloy, high solute element, homogenization treatment, dendrite arm spacing

수송기기 경량화 추세에 따라 고특성을 갖는 고용질의 Al합금 개발 연구가 진행되고 있다. 그중 다량의 Mg를 함유한 Al-Mg-Zn 합금의 경우 넓은 고액공존구간 때문에 응고시 용질 재분배로 조직 내 편석과 결함을 유발할 수 있다. 이는 주조재 뿐만 아니라 압출재의 품질에 영향을 미치므로 이를 해결하고자 균질화처리를 실시한다. 기존 연구자들의 보고에 의하면 고용질 함유 Al합금의 경

우, 균질화처리 중 주요상 재용해, 용질원소 확산 및 수지상간격간의 상호관계를 고찰하였다. 특히, 신규 설계된 합금의 적절한 균질화처리 조건설정은 압출가공 및 압출제품에 많은 영향을 미치므로 이에 대한 고찰이 필요하다. 이에 본 연구에서는 Al-6.5Mg-1.0Zn 합금을 선정하고, 이를 연속주조한 합금 빌렛에 대한 균질화처리 조건 최적화 과정에서 용질원소의 확산속도와 수지상간격과의 상관관계를 고찰하고자 한다. 이를 위해 직경 190 mm 합금 빌렛을 Direct chill casting(DC)과 전자기교반(EMS)으로 주조하고, DSC 및 합금설계 프로그램(JMatPro 10.2)으로 균질화처리 온도를 설정한 후 연주조건에 따른 각각의 빌렛을 최대 12시간까지 균질화처리 하였다. 연주된 빌렛은 절단, 마운팅 및 폴리싱 과정을 거쳐 광학현미경으로 주조조직을 관찰하고 Image Analyzer로 수지상간격(Dendrite Arm Spacing)을 측정하였다. 또한, 균질화처리 후 주요상 및 용질원소 재거동을 OM, SEM-EDS, XRD로 분석하여 수지상간격과 용질원소 확산거동 상관성을 도출하고, 합금설계 프로그램(JMatPro 10.2) 및 Homogenization kinetic equation에 기반한 균질화처리 운동방정식으로 비교 평가하였다.

[알루미늄2-4 | 11:15]

자동차용 Al-6.5Mg-1.5Zn계 알루미늄 합금의 열간압출 특성: 최국선, 정선일, 이정락, 김기홍, 정승현; 신양금속공업(주).
Keywords: hot extrusion, aluminum alloy, automotive

추후 업로드 예정

[알루미늄2-5 | 11:30]

자동차 경량화 위한 Al-Mg-Si계 합금에서 나노석출물 생성 제어: 김재환; 한국생산기술연구원

Keywords: 경량화, Al-Mg-Si 합금, 시효경화, 석출물, 나노클러스터

세계적 환경 규제, 연비 향상 및 충돌 안전 대응의 일환으로 알루미늄 합금의 고강도화를 통한 차량 경량화가 중요하다. 자동차 엔진에서 차체부품까지 알루미늄 합금의 적용 부위는 증가하고 있는 추세이다. 특히, 자동차용 외판은 Al-Mg-Si(6xxx)계 합금이 주로 사용되고 있으며, 해당 합금은 석출물 생성으로 인하여 고강도화가 가능하다. 알루미늄 합금을 적용하기 위해서는 도장 공정 전/후로 성형성과 고강도화가 동시에 만족되어야 한다. 도장 공정 (약 170도, 20분) 중에 강도 향상을 위해서는 잘 분산된 미세한 석출물 생성이 필요하다. 제한된 공정 중에 강도 극대화를 위한 석출물 생성, 더 나아가 나노클러스터 (석출물의 핵) 생성 제어는 절대적으로 중요하다. 최근, 3차원아톰프로브 및 투과전자현미경을 활용한 나노클러스터의 직접적 관찰 및 열분석, 기계적, 전기적 특성 평가 등의 간접적 분석이 활발히 이루어지고 있으며, 그 연구 동향을 소개한다.

[알루미늄2-6 | 11:45]

초음파 용탕처리가 Al-7Si-Cu-Mg 합금의 미세조직과 미세편석에 미치는 영향: 김수배^{1,2}, 조영희¹, 정재길¹, 이영국², 이정무¹; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²연세대학교 신소재공학과

Keywords: hypoeutectic Al-Si alloy; ultrasonic melt treatment; solute; microstructure; microsegregation

아공정 Al-Si 주조합금은 강도, 경도 및 우수한 주조성을 가지고 있으며, 따라서 현재 자동차 부품에 광범위하게 사용되고 있다. Cu, Mg는 합금의 강도 향상을 위하여 첨가되는 주 합금원소로서, 부분적으로 α -Al 기지에 고용되거나 비평형응고에 의한 미세편석을 일으키면서 응고중에 π -Al₈FeMg₃Si₆, Mg₂Si, Q-Al₃Mg₈Si₆Cu₂ 및 Al₂Cu 등의 이차상으로 정출되기도 한다. 본 연구에서는 아공정 Al-7Si 합금에 Cu 및 Mg를 각각 최대 4 wt.% 및 최대 1 wt.%를 첨가하였고 초음파 용탕처리가 합금의 미세조직 및 미세편석에 미치는 영향을 연구하였다. 합금의 액상선 보다 약 100°C 높은 용탕에서 초음파용탕처리 시켰고, 이때 결정립 및 수지상 등의 미세조직적 미세화와 더불어 미세조직적 균일도(homogeneity)가 증가하였다. WDS를 장착한 EPMA 분석을 이용하여 합금에서 관찰되는 Cu, Mg의 미세편석 정도를 정량적으로 평가하였고, 그 결과 초음파 용탕처리가 미세편석을 감소시키는 것을 알 수 있었다. 초음파 용탕처리시킨 합금에서 Cu, Mg의 기지내 역확산(back diffusion) 현상이 더욱 두드러지게 관찰되었으며, 응고 후반부 수지상간에 생성되는 이차상의 분율이 크게 감소하였다. 본 연구에서는 초음파 용탕처리에 의한 미세편석의 감소와 미세조직적 미세화의 상관관계를 고찰하였고, 조직의 균질도 및 미세화를 극대화 할 수 있는 합금설계의 방향을 제안하고자 한다.

[알루미늄3-1 | 13:00]

Effect of Solution Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of the Extruded AA7068 Alloy: saif haider kayani, Jae-Gil Jung, Min-Seok Kim, Kwangjun Euh; 재료연구소(KIMS).

Keywords: Solution treatment, artificial aging, grain size, re-crystallization

This investigation focuses on the effect of the solution treatment temperature on the extruded AA7068 alloy in the solution treated and aged conditions. As-cast ingots are homogenized and extruded, followed by solution treatment at different temperatures, ranging from 450-480°C. All samples are artificially aged at 120 °C for 24 hours after solution treatment. The mechanical properties and hardness increase with increasing solution treatment temperature. Microstructure analysis indicates that grain size and size of re-crystallized grains increases with an increase in solution treatment temperature. Similarly, alloy solution treated at 480 °C shows high strength and hardness after artificial aging. Heat flow curves of artificially aged samples show that θ is the main secondary phase in the alloy.

[알루미늄3-2 | 13:15]

7068 알루미늄 합금 압출재의 석출 거동과 인장 특성에 대한 시효 온도의 영향: 이상화¹, 정재길¹, 안태영², 김민석¹, 이영국³, 어광준¹; ¹재료연구소, ²국방과학연구소, ³연세대학교

Keywords: aluminum alloy; extrusion; precipitation; transmission electron microscopy(TEM); tensile properties

7068 알루미늄 합금은 높은 강도, 낮은 밀도를 가지는 전신재 합금으로 주로 높은 비강도가 요구되는 자동차, 항공 등 수송기기 용 부품에 널리 사용되고 있다. 최근 수송기기용 부품의 경량화가 요구됨에 따라 이전보다 높은 강도를 갖는 소재 개발이 필요하다. 이를 위해서 합금원소 첨가, 다양한 종류의 소성가공 및 열처리 방법이 시도되고 있다. 특히, 본 합금은 적절한 시효에 의해 생성된 석출물의 균안정상들에 의해 강화되는 것으로 알려져 있으며, 7xxx계 알루미늄 합금의 석출 거동과 기계적 특성에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 7068 알루미늄 합금 압출재의 온도에 따른 peak-aged 조건에서 생성된 석출물들과 인장 특성에 대해 연구하고자 하였다. 7068 알루미늄 합금 빌렛을 430°C에서 25:1의 압출비로 압출하였다. 압출재를 450°C에서 24 h 용체화 처리를 실시하였고, 다양한 온도(25-220°C)와 시간(0-5000 h)에서 시효하였다. 서로 다른 시효 온도가 peak-aged 조건에서 석출물과 인장 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 주사/투과 전자현미경 관찰, 기지경도 및 전기비저항 측정, 상온인장 시험을 실시하였다.

[알루미늄3-3 | 13:30]

고강도 7XXX 계 알루미늄 합금의 미세 조직 및 기계적 특성에 미치는 균질화 처리 후 냉각 조건의 영향: 김도희¹, 이민식¹, 허재원², 장동찬², 어광준³, 이오재⁴, 김낙준⁴, 성효경¹; ¹경상대학교 ²KAIST. ³재료연구소 ⁴POSTECH.

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloys, homogenization, Micro-compression test, nanoindentation

최근 환경 문제로 인해 수송기기의 이산화탄소 배출량을 줄이고자 고강도 Al-Zn-Mg-Cu 합금을 개발하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 Al-Zn-Mg-Cu 합금은 소성 가공이 어려워 균질화 조건 제어가 필수적이며, 이 때 균질화 조건은 최종 생산재의 강도와 같은 기계적 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 주조 후 균질화 처리한 시편의 냉각 조건을 조절하여 석출 강화 및 고용 강화 시편을 제작하고 각 조건별 강화기구를 고찰하고자 하였다. FE-SEM(field emission scanning electron microscopy)을 통하여 미세조직을 관찰하고, SEM-EDS(energy dispersive spectroscopy)를 활용하여 이차상을 분석하였다. 또한 기지 조직의 기계적 특성을 알아보기 위해 결정립 방위 관계에 따라 micropillar를 제작한 후 미세 압축 시험을 실시하고 nanoindentation 결과와 비교하였다. TEM (transmission electron microscopy) 분석을 통해 강화 기구에 대해 고찰하였으며, 이를 통해 균질화 후 냉각 조건에 따른 미세조직학적 인자들과 기계적 특성 간의 상관관계를 밝히고자 하였다.

[알루미늄3-4 | 13:45]

압축 시험을 통한 Al-Zn-Mg계 알루미늄 신합금의 소성변형거동: 연규호¹, 김목순¹, 김세훈²; ¹인하대학교 ²자동차부품연구원

Keywords: Al-Zn-Mg alloy, Compressive test, Processing map, Plastic deformation

최근 자동차의 연비향상 및 이산화탄소 규제에 대응하기 위하여 자동차 부품의 경량화 요구가 증대되고 있으며, Al-Zn-Mg계 합금은 알루미늄 합금 중 비강도 및 기계적 특성이 우수하여 자동차 범퍼와 같은 구조재료로써 그 적용사례가 증가하고 있다. 기존의 Al-Zn-Mg계 고강도 상용합금의 경우 기계적 성질은 우수하나 높은 변형저항으로 인하여 소성가공성에 문제가 있어 기계적 성질과 소성가공성을 동시에 확보할 수 있는 Al-Zn-Mg계 신합금 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 배경에 따라 새롭게 합금 설계된 Al-Zn-Mg계 합금에 대하여 소성변형거동에 관한 연구를 실시하였다. 300~500°C의 온도영역에서 다양한 변형속도로 압축 시험을 실시하였고, 이 결과로부터 진응력-진변형률 선도를 구하였다. 또한 소재의 열간 성형성 및 미세조직 변화를 연계시킨 동적재료모델(Dynamic Materials Model)을 적용하여 변형공정지도도를 작성하였다.

[알루미늄3-5 | 14:00]

고강도 알루미늄 합금의 정적·동적 축압축시험을 통한 충돌에너지흡수능 평가 및 해석: 김희준¹, 김수현², 정제기², 권준범², 임차용², 최윤석¹; ¹부산대학교 재료공학과. ²한국기계연구원부설재료연구소

Keywords: 알루미늄, 충돌에너지흡수능, 축압축시험, 고속충돌시험

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 충돌에너지흡수능을 필요로 하는 부품에 사용 할 수 있다. 충돌에너지흡수능은 재료의 변형에 의하여 흡수되는 에너지이며, 이는 소재특성과 형상특성의 영향을 받게 된다. 이번 연구에서는 비강도가 우수한 5000계, 6000계, 7000계 알루미늄 합금의 충돌에너지흡수능을 평가하고 비교하였다. 정적 축압축시험과 고속충돌시험을 실시하여 힘-변위 곡선을 얻은 후 에너지흡수능을 계산하였다. 기계적 성질과의 연관성을 조사하기 위하여 경도 측정과 인장시험을 실시하였다. 이로부터 알루미늄 합금의 소재·형상 특성과 충격에너지흡수능의 상호 관계를 규명하고자 하였다.

[알루미늄4-1 | 14:25]

5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량이 응력부식균열 저항성에 미치는 영향: 이관호¹, 박지호¹, 김봉환², 김세광², 성효경¹; ¹경상대학교 ²생산기술연구원

Keywords: Al-Mg alloys, stress corrosion cracking, slow strain rate test, proof ring test

선박용 소재로 주로 사용되는 5XXX계 알루미늄 합금의 강도를 향상시키기 위해 가장 일반적인 방법은 Mg 첨가량을 높이는 것이다. 이 때 소재의 Mg 함량이 증가됨에 따라 강도는 증가하지만 응력부식균열 (stress corrosion cracking, SCC) 저항성이 낮아진다는 연구 결과들이 주로 보고되고 있다. 최근 이를 개선하기 위하여 5XXX계 알루미늄 합금의 주조 공정 중에 Mg+Al₂Ca 복합 첨가를 통해 내식성을 향상시키고자 하는 연구들이 많이 진행되었다. 따라서 본 연구에서는 Mg+Al₂Ca를 복합 첨가한 5XXX계 알루미늄 합금의 Mg 함량이 강도 및 응력부식균열 저항성에 미치는 영향에 대하여 분석하고자 하였다. Mg 함량을 5~10% 사이로

조절하여 시편을 제조하였고, 광학 및 주사 전자 현미경을 통해 결정립 크기 및 이차상 조성, 분율을 정량 분석하였다. SCC 저항성을 알아보기 위하여 대기와 0.6M NaCl 수용액 분위기에서 일정 하중 조건의 proof ring test 와 변동 하중 조건의 저속인장시험(slow strain rate test, SSRT)을 실시하였다. 각 시험 후 파면 분석을 통해 Mg 함량이 시편의 SCC 파괴 거동에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다.

[알루미늄4-2 | 14:40]

초음파 용탕 처리가 Al-5Ti-1B 합금의 미세조직에 미치는 영향: 김수배¹, 정재길², 조영희¹, 김수현¹, 어광준¹, 이영국¹, 이정무²; ¹재료연구소(KIMS), ²연세대학교

Keywords: Al-5Ti-1B alloy, solidification, grain refinement, ultrasonic melt treatment

본 연구에서는 초음파 용탕 처리가 Al-5Ti-1B 합금의 미세조직에 미치는 영향을 조사하였다. 상용 Al-5Ti-1B 모합금을 유도 용해로를 사용하여 800°C에서 용해 후, 60 초간 초음파 용탕 처리를 수행하여 시험편을 제조하였다. 상용 모합금 내에는 TiB₂ 입자와 blocky한 Al₃Ti 상만이 존재하는 반면에, 800°C 에서 재용해 후 주조한 합금에서는 TiB₂ 입자와 blocky한 Al₃Ti 상이 존재함은 물론, 침상형태의 Al₃Ti 상이 생성되는 것을 확인할 수 있었다. TiB₂ 입자는 Al 결정립을 따라 agglomeration 형태로 분포하는데, 초음파 용탕 처리시 이들의 분포가 더욱 균일해지고, 그 크기가 감소하였다. 게다가, 재용해로 생성된 침상형태의 Al₃Ti상의 크기가 초음파 용탕 처리시 평균 170 μm에서 80 μm로 크게 감소하였고 그 number density가 증가하였다. 반면에, Al 결정립 크기는 초음파 용탕 처리와 관계 없이 모두 25 μm 수준으로, 결정립 미세화 효과는 나타나지 않는 대신, 초음파 용탕 처리시 결정립의 크기 분포가 보다 균일해 지는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 앞서 언급한 현상들을 초기 핵생성 관점뿐만 아니라, 결정의 성장관점과 초음파 용탕 처리에 의한 용탕 내 용질의 균질화 관점을 모두 고려하여 본 연구 결과를 해석하고자 하였다.

[알루미늄4-3 | 14:55]

초음파 용탕처리가 다성분다상 Al-14Si-CuNiMg 합금의 생성상 및 생성상 네트워크의 연결성에 미치는 영향: 조민수¹, 이정무¹, 조영희¹, 정재길¹, 장재일²; ¹재료연구소(KIMS), ²한양대학교 신소재공학과

Keywords: Aluminium alloy, Piston, Ultrasonic melt treatment, Cooling rate, Network

본 연구에서는 다성분다상 Al-14Si-CuMgNi 합금을 800 °C에서 초음파 용탕처리를 실시하였고 4~64 K/sec 범위의냉각 속도를 구현할 수 있는 스틸 스텝몰드를 사용하여 주조하였다. 완전한 액상구간에서의 초음파 용탕처리는 응고의 초기 단계에서 생성되는 초정 금속간 화합물의 크기를 현저히 감소시켰고, 냉각 속도를 증가시킬 때 이러한 미세화 효과가 더욱 두드러졌다. 영상분석을 이용하여 생성상의 크기, 분율 및 형상비에 대하여 정량분석을 실시하였고, 그 결과 초음파 용탕처리 및 냉각속도가 생성상의 미세화에 미치는 효과가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 초음파 용탕처리는 생성상의 미세화 및 미세조직적 균질화(homogeneity)를 향상시켰고, 특히 생성상의 조성, 크기, 형태 및 분포를 포함한 미세조직 전반에 영향을 미치는 것으로 관찰되었다. 한편, 빠른 냉각 속도의 효과는 미세조직적 미세화에 제한됨을 알 수 있었다. 본 연구에서는 다성분다상 합금의 생성상 및 생성상의 네트워크 구조에 대하여 2차원 및 3차원 미세조직을 분석하였고, 이를 바탕으로 생성상 네트워크의 상호 연결성에 영향을 미치는 주요 미세조직적 인자에 대하여 고찰하고자 한다.

[알루미늄4-4 | 15:10]

New Ductile Fracture Criterion for Aluminum Sheet: Experiments and Simulation: Quach Hung¹, Van-Thuong Nguyen², JinJae Kim¹, Young-Suk Kim³; ¹Graduate School of Mechanical Engineering, ²Kyungpook National University, ³Kyungpook National Un.

Keywords: AA7075, digital image correlation, voids, coalescence of void, fracture

This paper is concerned with the prediction of the onset of ductile fracture by micro-mechanism-motivated macroscopic ductile fracture criterion. The new ductile fracture criterion, which is calibrated by the equivalent plastic strain to fracture measured by the hybrid experimental-numerical method from several types of specimens manufactured from lightweight aluminum alloy sheets, The non-contact measuring method, 3D Digital Images Correlation, is also applied to the deformation during experiment processes. The fracture locus of the ductile fracture has been developed into the ABAQUS / Explicit subroutine code to simulate and predict the onset of ductile fracture for three types of specimens. Then, a FEM simulation for the cup-drawing test was performed and its results compared. The results of this study show that the proposed ductile fracture criterion can be used to predict the onset of ductile fracture in plastic deformation and metal forming of lightweight metals. Besides, the fracture surfaces are carefully examined and microscopically examined to find the underlying mechanisms of ductile fracture, especially for the mode of voids, linking shear and coalescence of void. The results of this study show that the proposed ductile fracture criterion can be used to predict the onset of ductile fracture in plastic deformation and metal forming of lightweight metals. Besides, the fracture surfaces are carefully examined and microscopically examined to find the underlying mechanisms of ductile fracture, especially for the mode of voids, linking shear and coalescence of void. The results of this study show that the proposed ductile fracture criterion can be used to predict the onset of ductile fracture in plastic deformation and metal forming of lightweight metals. Besides, the fracture surfaces are carefully examined and microscopically examined to find the underlying mechanisms of ductile fracture, especially for the mode of voids, linking shear and coalescence of void.

ACKNOWLEDGEMENT This work was supported by Tuning Professional Support Center in Daegu Metropolitan City with a grant No. R0003356 from Ministry of Trade.

The 19TH KIM-JIM Symposium : Recent Advances in Artificial Intelligence and Simulations in Materials Science and Engineering

Room 컨퍼런스룸, 10월 25일

[KJ1-1 | 09:00] Welcome Address

KIM & JIM Presidents

[KJ1-2 | 09:10]

An Efficient Machine Learning Approach to Establish Virtual Structure-Property Linkages: Jaimyun Jung¹, Jae Ik Yoon¹, Hyung Keun Park¹, Jin You Kim², Hyoung Seop Kim¹; ¹*Department of Materials Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Korea.* ²*Steel Products Research Group 1, Pohang Research Lab., POSCO, Korea.*

Keywords: Microstructure, Machine learning, Gaussian process regression, Optimization

Virtual experiments using full-field simulations with synthetic microstructure offer unique opportunities in predicting and understanding the linkage between microstructural variables and properties of a material that is not experimentally available at hand. Nevertheless, the computational cost restrains the application of full-field simulations in optimizing materials microstructures or in establishing comprehensive structure-property linkages. To address this issue, we propose the use of machine learning technique, namely Gaussian process regression, with a small number of full-field simulation results to construct structure-property linkages that are accurate over a wide range of microstructures. Furthermore, we demonstrate that with the implementation of expected improvement algorithm, microstructures that exhibit most desirable properties can be identified using even smaller number of full-field simulations.

[KJ1-3 | 09:35]

Steel Informatics: Yoshitaka Adachi, Zhi-Lei Wang; *Department of Materials Design Innovation Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Japan.*

Keywords: material informatics, artificial intelligence, machine learning, steel

This study highlights AI-driven material science in particular for steels. Two representative material genome integration systems, “MIPHA” and “rMIPHA studio” are presented, where machine learning based image processing, quantitative 2D/3D analysis, direct analysis using a variety of classifiers, inverse analysis by genetic algorithm and Bayesian optimization, parameter optimization of theoretical formula by maximum likelihood method or posterior probability MCMC method, sparse modelling to screen important descriptors, similarity evaluation among microstructural images are performed. This MIPHA family promisingly accelerates material development and leads metallurgists to be released from time-consuming work. rMIPHA studio consist of rMIPHA, theory designer, and material image editor. rMIPHA allows a user to build up a microstructure-to-property direct non-parametric model based on artificial neural network, support vector regression, and random forest with Bayesian-optimized hyper parameters. Meanwhile theory designer module optimizes a parameter of theoretical formula by maximum likelihood method or posterior probability MCMC method, so this is a parametric model builder. Screening an input parameter by AIC/BIC, lasso and dimension-reduction of input parameter by PCA, autoencoder, and self-organizing map are also implemented in Theory designer. Property-to-microstructure inverse analysis is carried out by genetic algorithm in MIPHA, while by Bayesian optimization in rMIPHA. Material image editor module is used to quantitatively evaluate the similarity among images by zero-mean normalized cross-correlation, likelihood analysis, feature extraction PCA analysis, self-organizing map, and deep learning. In the presentation, it will be emphasized that the combination among experiment, modelling, and data science is very important for both accelerating material development evolutionally and educating a next generation.

[KJ1-4 | 10:00]

Classical Neural Network Potential Learning DFT Results: A New Frontier in Material Science: Kyuhyun Lee, Wonseok Jeong, Dongsun Yoo, Seungwu Han; *Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Korea.*

By revealing atomic trajectories, classical molecular dynamics (MD) simulations have greatly advanced fundamental understanding on various physical and chemical processes at the atomistic level. In classical MD, the chemical bonds are approximated by interatomic potentials that are parameterized by fitting key properties to experimental and first-principles data. The functional form of interatomic potentials reflects the underlying bonding nature such as ionic, covalent, and metallic characters. In many materials, however, the bonding nature is rather mixed, which makes it difficult to choose a proper function type. Recently, the machine-learning (ML) potential is gaining traction as a data-driven approach to generating interatomic potentials. In contrast to traditional interatomic potentials with preset analytic functions, the ML potentials assume general and flexible mathematical structures such as neural network or Gaussian process regression and their parameters are optimized through machine learning on extensive first-principles data. While NNP is getting popular, the weakness and strength of NNP are not fully understood at this moment, mainly because of its ‘black-box’ nature. Here we

show that NNP suffers from highly inhomogeneous feature- space sampling in the training set. As a result, underrepresented atomic configurations, often critical for simulations, cause large errors even though they are included in the training set. Using the Gaussian density function (GDF) that quantifies the sparsity of training points, we propose a weighting scheme that can effectively rectify the sampling bias. Various examples confirm that the GDF weighting significantly improves reliability and transferability of NNP compared to the conventional training method, which is attributed to accurate mapping of atomic energies. By addressing a detrimental problem that is inherent in every machine-learning potential, the present work will extend the application range of the machine-learning potential.

[KJ1-5 | 10:25]

Statistical Machine Learning for Spectrum Image Data Analysis: Motoki Shiga^{1,2,3}; ¹Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Gifu University, Japan. ²PRESTO, Japan Science and Technology Agency, Japan. ³The Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN, Japan.

Keywords : Spectrum Imaging, STEM-EELS, Machine Learning, Multivariate Analysis

With the development of microscopy technologies and the first principles calculations, the size of datasets to be analyzed in materials science has been rapidly increasing. Against such a large size of datasets, informatics technologies such as machine learning and data mining have become more important. This talk introduces our recently developed machine learning methods for microscopy data analysis [1], [2]. The first data analysis method is an automatic chemical component identification from spectrum imaging (SI) data such as scanning transmission electron microscopy (STEM) with comprehensive electron energy-loss spectroscopy (EELS). This automatic analysis can be performed by a matrix factorizations approach such as Principal Component Analysis (PCA) and Nonnegative Matrix Factorization (NMF). Because of the natural assumption of NMF, in which both spectra and intensities of chemical components are non-negative, we took a NMF approach and developed a new method with several effective extensions. The second method introduced in this talk is an automatic decomposition of 3D Raman spectra mixed among different depth layers [2]. This decomposition is performed based on a least squares optimization of peak component parameters with a spectral mixture effect model. This talk also demonstrates our analysis results for real data and discusses the effectiveness of our developed methods.

[KJ1-6 | 10:50]

Design of Novel Catalysts: From First-Principles to Machine-Learning: Byung Chul Yeo, Myungjoon Kim, Donghun Kim, Sang Soo Han; Computational Science Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Korea

Keywords: Metallic catalysis, first-principles calculation, machine-learning, high-throughput screening

Electronic structures of materials such as electron densities of states (DOSs) are one of the most critical keys to determine material properties. Thus, prediction of the electronic structure using a first-principles density-functional theory (DFT) calculation has been regarded as a very useful tool for design of novel catalysts. Recently, a combination of the DFT calculation and the automation technique provides a high-throughput screening for a catalysis design. With this method, we have recently developed novel metallic catalysts for direct synthesis of hydrogen peroxide (H₂O₂), which shows a superior catalytic properties over the state of the art material, palladium (Pd). Moreover, the high-throughput screening technique is also efficient to build the DOS database, with which we can apply a machine-learning technique for design of novel catalysts. In this talk, we will also discuss the relevant recent advances. On the other hand, although the DFT calculation provides an accurate DOS for a material, the calculation is very time-consuming. Herein, we will discuss a cost-effective method to predict the DOS of multi-component alloy systems based on a machine-learning algorithm called a principal component analysis, with which the shape of DOS can be even predictable. Within this framework, we input only a crystal structure and a composition. In comparison with the DFT calculation (GGA level), our machine learning method can provide the DOS results (both of value and shape) with an accuracy of >95% and a 1,000 times faster speed than the DFT calculation. To our best knowledge, this work is the first machine learning approach to predict the complete DOS information (value and shape) of multi-component alloys. In addition, we will introduce a neural network model for predicting binding energies of adsorbates on catalyst surfaces from the DOS. And, we have been recently developed a crystal graph convolutional neural network model for description of surface structures, which provides a novel way to predict such binding energies with no first-principles calculation information.

[KJ1-7 | 11:15]

Machine Learning for Interface and Spectrum: Teruyasu Mizoguchi, Shin Kiyohara; Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.

Keywords: Interface, grain boundary, machine learning, ELNES, STEM

Machine learning (ML) is now one of the most powerful tool for the materials science. We are applying ML for interface structure searching and interpretation of spectrum. In my talk, I will present about following two topics. Interfaces are a lattice defect inside materials, and influence to the overall material properties. For instance, interfaces in polycrystalline materials, i.e., grain boundaries (GB), determine ion transportation properties and high temperature mechanical properties. The fact that interfaces have different properties from the bulk is a consequence of the fact that they have different atomic configurations from that inside the bulk. Thus, for a comprehensive understanding of the interface properties, determination of the atomic structure of the interface is crucial. However,

extensive calculations are necessary. To accelerate interface structure searching, very efficient methods based on machine learning techniques, including virtual screening and Bayesian optimization have been developed [S. Kiyohara et al., J. J. Appl. Phys. 55(2016) 045502, S. Kiyohara et al., Science Adv. 2 (2016) e1600746, H. Oda et al., J. Phys. Soc. Jpn., 86 (2017) 123601, S. Kikuchi et al., Physica B, 532 (2018) 24]. In addition to the interface structure searching, a determination of the segregation configuration at the interface was also accelerated by combining Random forest, Genetic Algorithm, and Monte Carlo Tree Search [S. Kiyohara et al., Physica B 532 (2018) 9, J. Chem. Phys., 148 (2018) 241741]. In the experimental side, the amount of data is rapidly increasing due to the instrumental development. For instance, near edge structure of electron energy loss spectrum (ELNES) can provide atomic and electronic structure information, and some thousands spectra can be readily obtained by observing the spectra using scanning transmission electron microscopy (STEM). For a dataset containing numerous spectra, individual interpretation through theoretical calculations is unrealistic because each ELNES calculation requires exclusive knowledge of both the experiment and the theoretical calculation and involves many computations. To overcome the limitations of “human-driven” spectral interpretations, we developed a new “data-driven” approach to predict and interpret spectra [S. Kiyohara et al., Sci. Rep. (2018) in press].

[KJ1-8 | 11:40]

Development of Superalloy Using Artificial Neural Network: Youngsoo Yoo, Hiwon Jeong, Seongmoon Seo, Daewon Yun, Inyong Jung; *Department of High Temperature Materials, Korea Institute of Materials Science, Korea.*

Keywords: Superalloys, Artificial Neural Network, Data Modeling, Creep, Oxidation

Superalloy utilized in hot part of gas turbine for power generation and aviation contains a lot of alloying elements that computational statistical approach is necessary in successful alloy design. Artificial neural network (ANN) can be utilized as a flexible statistical data modeling tool in Alloy Design. After considerate construction of corresponding data base, training of the data is followed to predict various properties accurately for unseen input. Accurate prediction of key properties in terms of alloy composition is crucial step in alloy design; especially the number of elements added is around ten which is the case of superalloys. Creep life of single crystal superalloys are modeled with respect to alloy composition and creep condition utilizing ANN method. When there is no previous database, large numbers of experiments are needed to construct new database. Design of experiment such as response surface method (RSM) can be an efficient method for the new database generation when the number of input is large. The possibility of new alloy design method composed of database generation by RSM followed by data modeling by neural network (NN) is investigated. With this approach new candidate Ni base superalloys with good mechanical properties and oxidation resistance is proposed.

[KJ2-1 | 13:00]

Deep Learning Technologies for Materials Science: Kee-Sun Sohn; *Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Korea.*

Keywords: Deep Learning, XRD Pattern Recognition, Alloy Design, Virtual Micrographs, DCGAN

We presented several examples exhibiting deep learning-associated materials science. Artificial intelligence (AI) based on the deep learning enabled us to replace rule- or theory-based traditional materials modeling with data-driven modeling. First of all, we established a powder XRD pattern recognition model using convolutional neural networks (CNN), trained with 150,000 XRD patterns. Secondly, we showed that a simple, crude material such as a large area CNT+PDMS composite sheet can be converted into a smart tactile sensor by training it with a deep neural network without any complicated fabrication process. Third, we established image processing tools for the microstructure analysis for various materials based on the fully convoluted network (FCN), and also generated realistic, virtual micrographs using deep convolutional and cycle consistent generative adversarial networks (DCGAN and Cycle GAN). Lastly, we employed reinforcement learning techniques along with deep nets and metaheuristics for the alloy design for metals. As a result of the above-described cases that AI has been utilized for a variety of materials research areas, AI was proven to be promising tool for future materials science.

[KJ2-2 | 13:25]

Machine Learning Approaches for Designing Meso-Scale Structure of Porous Materials: Yoichi Takagishi, Takumi Yamanaka, Takashi Segi, Tatsuya Yamaue; *Kobelco Research Institute Inc., Japan.*

Keywords: Porous materials, Electrodes, Machine learning, Bayesian optimization, FIB-SEM, Li-ion battery

Designing of mesoscale structure of porous materials, such as gas or liquid filters, flow restrictors, heat insulators, Fuel cell electrodes, Li-ion battery electrodes, have been received much attention in order to optimize their material properties including conductivity, reaction efficiency, durability, safety and cost, etc. However, trial and error approach on prototype test has a limitation because the complex dependencies of their properties on the design parameters. Here, we have proposed data-driven approach of designing and optimizing the mesoscale porous structure by using the advanced simulation method with three-dimensional virtual/actual structure and machine learning. As an example, the case of Li-ion battery positive electrode, $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ has been reported in this paper. The mathematical model is based on the electrochemistry-physics model (J. Electrochem.Soc. 1996, Vol.143, No.6, pp.1890), taken SEI (Solid Electrolyte Interface) thin film growth into account, and developed in order to calculate Li/Li^+ concentration

of the artificial 3D structure composed of packed spheres. Optimization of the electrode structure in mesoscale using Bayesian optimization, a method of machine learning was adopted in order to maximize charge/discharge reaction efficiency and durability. In addition, we have carried out optimizations of the mesoscale structure based on the actual FIB-SEM images. It was figured out that the statistical parameters of the optimized meso-scale structures, including the dispersion of active material size and location, remarkably differ depending on the objective functions for high rate charge/discharge performance or for long cycle performance.

[KJ2-3 | 13:50]

Adaptive Mapping for Quick Material Evaluation: Kentaro Kutsukake¹, Ryota Kikuchi², Koji Shimoyama³; ¹Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN, Japan. ²Fujitsu Laboratories, Japan. ³Institute of Fluid Science, Tohoku University, Japan.

Keywords: Mapping, Material evaluation, Spatial distribution, Bayesian optimization, Carrier lifetime

Spatial mapping of measured value of physical property is one of standard way to evaluate material quality. For example, carrier lifetime mapping on silicon ingot and wafer surface using microwave photoconductivity decay is used for evaluation of average and variance of their quality. Generally, in the mapping, physical property measurements are performed on points at equally spaced interval. However, in the case of equal interval measurement points, their density is constant regardless of the position, and it does not correspond to the spatial distribution of the properties. In other words, equal interval points contains points non-effective for the mapping purpose that is obtaining material quality, which leads to increase of time and cost of the measurement. In this study, we proposed adaptive mapping using data-driven approach and demonstrated its usefulness through an application for carrier lifetime mapping of mono-like silicon ingot for solar cells. In the adaptive mapping, the lifetime data obtained so far during the measurement is analyzed, and the position of the point to be measured next is determined sequentially according to a priority index. Various quantities can be taken as the priority index. For example, taking the lifetime value itself as an index, measurement is preferentially performed in a region with a large value. When gradient of the lifetime distribution is used as an index, many measurement points are allocated to a region where the lifetime value largely changes. As the results, obtained measurement point coordinates are along the lifetime distribution. In the presentation, large reduction of the number of measurement points for evaluation of average and variance of the carrier lifetime distribution will be reported.

[KJ2-4 | 14:15]

Generative Adversarial Network Model for the Generation of Microstructures Supervised by Phase Field Model: Nam Hoon Goo¹, Sung Whan Kim¹, Kee-Sun Sohn², Hyang Jin Koh¹; ¹Technical Research Center, Hyundai-Steel DangJin Works, Korea. ²Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Korea.

Keywords: Generative Adversarial Network, Microstructure, Phase field model, Neural Network

The process-microstructure-property relation is a major part of development of valuable steel alloy products. Microstructures of steel alloys have been investigated to reveal the relation of physical behaviors with the features of the microstructure. To analyze the microstructure and predict the correlated mechanical behaviors various descriptors have been defined and devised, such as grain size, size distribution, orientational texture components, volume fraction of construction and etc. The desirable microstructure for a specific physical behavior can be fabricated by complex processes of melting, plastic deformation, and heat-treatment. Each process step has multiple process parameters and the optimistic combination plays a key role to produce the optimum microstructure. However, not a feasible model to predict a microstructure from macro mechanical properties and the combination of process parameters is possible. Here we present our unique approach to generate the microstructures based on deep convolutional Generative Adversarial Network (dc-GAN). The GAN neurons are trained with data-set from phase field model. The phase field model is a variational PDE solver. It requires lot of computational time to produce a microstructure with a specific process condition. We take a set of typical micrographs through phase field calculation, then the data set of micrographs and process parameters is utilized in dc-GAN. After sufficient training procedure, the dc-GAN is able to generate a microstructure with a specified combination of process parameters without phase field calculation. The phase field calculation is used for generation of microstructure. However, if we have data set from real micrograph and related real process variables, the phase field calculation is not necessary. In addition, the pairs of mechanical property and corresponding micrograph are utilized to train dc-GAN. Finally, we can make complete prediction method for process, microstructure, and property relations.

[KJ3-1 | 15:00]

Prediction of Martensite Microstructure in Steel by Phase-Field Simulation and Machine Learning: Yuhki Tsukada^{1,2}, Toshiyuki Koyama¹; ¹Department of Materials Design Innovation Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Japan. ²JST, PRESTO, Japan

Keywords: Phase-field method, Martensitic transformation, Steel, Machine learning.

The lath martensite appears in most heat-treatable commercial steels. The size and morphology of martensite phase and dislocation density influence the mechanical properties of steels. The martensite microstructure varies depending on the alloy composition and heat treatment condition. On the other hand, various material parameters such as lattice constants and elastic constants are composition- and

temperature-dependent. This makes it difficult to understand the relationship between the martensite microstructure and material parameters. In this study, we have developed a phase-field model which considers the fcc-to-bct lattice deformation and slip deformation during the martensitic transformation (MT) in low-carbon steels [1,2]. Three-dimensional simulations of the MTs have been performed near the martensite finish temperatures in Fe-0.1~0.4mass%C alloys. The simulation results show that the MT progresses with forming the cluster composed of three tetragonal variants of the martensite phase. By analyzing simulation results, characteristics of the martensite microstructure (variant domain size, dislocation density etc.) were measured. Using total of 4092 microstructure data obtained by the simulations, a feed-forward neural network was trained in order to express the relationship between 12 material parameters and 15 characteristics of the martensite microstructure. The prediction error of the trained neural network was confirmed to be sufficiently small. It has been shown that the combination of phase-field simulations and machine learning enables fast and exhaustive prediction of martensite microstructure from material parameters.

[KJ3-2 | 15:25]

Prediction of Tensile and Charpy Impact Properties by Machine Learning: Juseok Kang, Sungryong Ryoo; *Steel Products Research Group 1, Pohang Research Lab., POSCO, Korea.*

Keywords: Strength Prediction model, Impact toughness prediction model, Machine learning, Plate Steel

Strength and toughness are the basic properties for structural steels, and traditionally metallurgists have been optimized for chemical compositions and process conditions that satisfy customer's specifications based on physical metallurgy principles. It is obvious that optimal fabrication condition can be found easily when using property prediction models with optimization algorithm, but there are several limiting factors to develop such prediction models. Firstly, the outputs of tensile test such as yield strength, tensile strength, uniform elongation and total elongation are correlated each other and thus have to be modeled at the same time. Secondly, there is no clear way to simulate the ductile to brittle transition phenomenon in BCC metals since the distribution of impact energy reveals Gaussian distribution in upper or lower shelf region but it shows skewed unimodal or bimodal distribution in transition region. Thus, we tried to find appropriate machine learning algorithm for strength and impact toughness prediction respectively then developed prediction models based on mass production data. In our presentation, we will talk about the details of algorithm used, model performances and its application cases.

[KJ3-3 | 15:50]

Data-Driven Approach to Predicting Microstructure and Properties of Polycrystalline Materials: Junya Inoue^{1,2,3}, Ho Heok Kim², and Akinobu Hori²; ¹*Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo, Japan.* ²*Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Japan*

³*National Institute of Materials Science, Japan.*

Keywords: Data-driven approach, microstructure and property prediction, structural materials

The advantage in the field of the development of structural material for Japanese industry resides in the tremendous amount of knowledge amassed during the course of the development of various advanced materials. Thus, it is extremely important to take all these knowledge into account in the microstructure and property prediction system for future structural materials. Amongst all, knowledge of uncertainty originating from many sources, such as complexity of the mechanism and inhomogeneity of the microstructure, is the particularly important. Accordingly, our group aims to develop a system which will enable us to quantify uncertainty in the prediction modules developed in the project by introducing many data-driven approach based on the database stored implicitly in the society. In the presentation, we will show some details of several result obtained using data-driven approaches.

[KJ3-4 | 16:15]

Artificial Neural Network Data Modeling for Mechanical and Physical Properties in Heat Resistance Steels: B.O.Kong¹, K.C.Kim¹, B.G.Kim¹, K.W.Lee¹, J.M.Han¹, J.I.Suk¹; ¹*Cooperate R&D Institute, Doosan Heavy Industries & Construction Co. Ltd., Korea.*

Keywords: Neural Network, Tensorflow, Bayesian Neural Network, Creep, δ -ferrite, Ac1

The alloy design of advanced heat resistance steel is very complicated because the number of parameters, which determine the final properties, are quite large. It is extremely difficult to develop a physical model for predicting various properties like creep rupture time, mechanical properties and microstructure. The effect of adding alloying element alone is not difficult to examine by simple test, however the appropriate method to investigate interactivity from simultaneous addition of various elements has not been proposed. In order to overcome this difficulty, the neural network (NN), one of various artificial intelligence technologies, is applied to investigate the interactions of alloying elements. In the present work, the Bayesian neural network and standard neural network were employed to develop a quantitative method for estimating the creep rupture life, Ac1 temperature and δ -ferrite formation as a function of steel compositions using Edward library and Tensorflow. Generative Adversarial Network (GAN) modeling and Restricted Boltzmann Machine were applied to improve model accuracy. The model was evaluated extensively to confirm that the predictions are reasonable in the context of metallurgical principles and published results including test data in the literature.

[KJ3-5 | 16:40]

Prediction of Fatigue Behavior in Steels by Data Driven Approach: Manabu Enoki; *Department of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Japan.*

Keywords: Fatigue, Simulation, Data Driven Approach, Microstructure-sensitive Modelling, Materials Integration

Many studies have been investigated to predict properties of materials using numerical calculation. Excellent results have been demonstrated when atomic structures directly contribute to the physical properties of materials. However, it is generally very difficult to predict the performances of materials which are necessary for structural materials because these macroscopic performances are induced by the complex relationship among many phenomena in different scales. Long period of time is usually needed to evaluate these performances in research and development of materials and a pace of development is limited by this time. The prediction of materials performances with some accuracy are expected very much in research and development of materials. On the other hand, many empirical rules have been also proposed to predict the performances of materials based on a certain theoretical consideration and accumulated huge experimental data of performances. In our recent projects the development of performance prediction system for welded structures was planned to contribute the research and development of materials, where forward calculation modules for prediction of macroscopic performances such as fatigue strength, creep strength, hydrogen embrittlement, brittle fracture and so on have been developed using theoretical considerations and empirical rules. Results in prediction of fatigue behavior will be presented (Mater. Sci. Eng., A, 695 (2017), pp. 165-177, J. Fatigue, 107 (2018), pp.72-82).

[KJ3-6 | 17:05]

AI Applications and Business Strategies in the Materials Industries: Seog-hyeon Ryu; *Doosan Heavy Industries & Construction Co. Ltd., Korea.*

Keywords: Artificial Intelligence, Data-driven Business, Data Securement, Process Changes, Change Management

A recent daily report has detailed how AI technology as represented by deep learning is rapidly expanding its coverage. The Korean iron and steel industries are highly interested in adopting smart factory, Big Data, and artificial intelligence (AI) as key tools for improving their efficiency and management innovation. This presentation outlines the changes in the business environments of the domestic iron and steel industries and reviews specific cases and the limitations of the AI used in areas such as materials design, process optimization, testing and inspection, quality control, and facility maintenance and operation. In addition, this discusses what preparations and activities are required to utilize AI technology as a means to improve efficiency and competitiveness in the working areas of manufacturing fields and laboratories. Data-driven business through AI requires four steps of sequential preparation and execution. The first step of finding valuable tasks for AI applications is one of the most challenging in introducing AI to businesses. When selecting AI tasks, the business areas to target are those in which the advantages of AI strengths such as classification, prediction, and generation intersect with the company's or institute's core needs rather than non-core business areas. Second, accurate and abundant data determines the outcomes of learning-based AI. The process of securing and utilizing data can often be a very tedious and tough process that requires significant time and resources such as manpower and cost. Data should be very descriptive of the process, contain information that affects the results, and consider where actions will lead. In addition, there should be no disconnection from the overall data flow in the facility and environment, sensor, communication, storage, preprocessing, or analytics during real-time data processing. Third, the process should drive AI process changes by reflecting the changing direction and approach of business values such as customer satisfaction, efficiency improvement, and cost-cutting. This is recommended for technology sectors such as data science and machine learning that play a role in supporting business value creation rather than leading AI projects. Redefining the goals, roles and responsibilities, and authority of each organization and individual to fit the changed process is important. The final step in AI application is data-driven change management. Continuous change management such as direction guidance, technology acquisition and application, performance management, human resource management, and inter-organizational conflict management is required until a virtuous AI cycle has been established. In the early stages of AI applications, top-down leadership initiated by the leader increases the likelihood of success.

재료 미세조직 모델링 국제 심포지엄

Room 101, 10월 26일

[미세조직 1-1 | 08:50]

Stress-strain Evolution During Rapid Solidification and Self-Tempering of Additive Manufactured Ni-Base Superalloys Simulated by a Mesoscopic Phase-Field Model: Ingo Steinbach¹, Muhammad A. Ali¹, Oleg Shchyglo¹, Carolin Koerner²; ¹Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum. ²Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg.

Keywords: Additive manufacturing, Phase-field Simulation, Rapid solidification

Additive manufacturing is characterized by extreme thermal gradients which also change their orientation rapidly during the process depending on the track, speed and power of the incident beam. Correspondingly, the grain structure can vary from equiaxed to columnar with varying orientations. Also large single crystalline regions can be realized with epitaxial growth of successive layers. Numerical simulation of the competitive nucleation and growth in additive manufacturing of Ni-base superalloy samples using a mesoscopic phase field model are presented. The modelling approach takes the power of the incident beam as an input parameter and simulates the grain structure evolution in a mesoscopic region of the generated structure. Most importantly, secondary precipitation of the ordered γ' phase during solidification, its dissolution during self-tempering and reprecipitation is investigated in connection to the plastic activity stemming from the lattice mismatch of the phases and high load close to the melting temperature.

[미세조직 1-2 | 09:10]

Bayesian Assisted Multi-Phase-Field Study of recrystallization of Aluminum Alloy: Junya Inoue¹, Akinobu Hori²; ¹Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo. ²Department of Materials Engineering, The University of Tokyo.

The difference in the driving force for recrystallization between various crystal orientation was evaluated in A1050 aluminum alloy by applying data assimilation method to multi-phase-field model. Recrystallization behavior of aluminum alloy is affected by the driving force which is introduced during deformation in the form of crystalline defects, namely dislocation. In this study, texture formation during recrystallization process is assumed to result from growth of sub-grains the rate of which is controlled by the misorientation dependent grain boundary energy and grain boundary mobility as well as the dislocation density. A1050 aluminum alloy sheets were cold-rolled at a reduction rate of 93% and subsequently annealed at 573K. Evolution of microstructure and texture during the recrystallization process was observed with electron back scattering diffraction. Estimation of driving force during the recrystallization process was performed using the ensemble Kalman filter by assimilating the rate of various types of texture development. The data assimilation method is demonstrated to be a powerful tool not only to simply estimate parameter but also to clarify the mechanism controlling the texture evolution.

[미세조직 1-3 | 09:30]

A Review on Coupling between Phase-Field Model with Finite Interface Dissipation and CALPHAD Database: Lijun Zhang¹, Ingo Steinbach²; ¹Central South University. ²Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum.

The coupling between the phase-field models and the reliable CALPHAD databases becomes the necessity nowadays, in order for a quantitative phase-field modeling of microstructure evolution. This review starts from the brief introduction of phase-field model with finite interface dissipation. After that, the new development in the field of CALPHAD community is stated, and CALPHAD databases for thermodynamic and different thermophysical parameters are demonstrated. Then, the current status on the coupling between the phase-field model with finite interface dissipation and different CALPHAD databases are described and demonstrated in different cases. Finally, the challenges for the coupling techniques between two methods are also presented, based on which the future research directions are pointed out.

[미세조직 1-4 | 09:50]

Phase Field Simulation of Microstructural Evolution in Hot-Dip Galvanized Coating Layer: Seong-Gyoon Kim¹, Gu-Jin Chung², Hyun-Seok Hwang³, Sang-Heon Kim³, Joo-Youl Huh²; ¹Department of Materials Science and Engineering, Kunsan University. ²Department of Materials Science and Engineering, Korea University. ³Technical Research Laboratories, POSCO

Keywords: Hot-Dip Galvanizing, Phase Field Simulation, Dendritic Solidification, Spangle Morphology, Texture

Hot-dip galvanizing (HDG) is the most widely used process commercially to manufacture thin Zn-rich coatings on steel sheets for corrosion protection. In this process, steel sheets after surface cleaning are dipped into a molten galvanizing bath for a short time (~5 s). After withdrawal from the bath, the liquid melt coated on the sheet surface is subjected to gas-jet wiping to gain an appropriate coating thickness and then to cooling at a controlled rate for solidification. Therefore, the galvanized coating typically exhibits grains with

dendritic structures, known as “spangles”. The quality of galvanized coatings is known to depend strongly on the size, morphology, and crystallographic texture of the spangles. Although extensive work was experimentally conducted on the correlation among the morphology, orientation, and corrosion resistance of spangles, few simulation studies have been reported on the microstructural evolution during solidification of galvanized coatings. Therefore, this study was aimed to gain better insight into the formation of the spangled structure of thin (10 μm) Zn-0.2 wt.% Zn coatings using three-dimensional, multi-phase field simulations. The simulations were carried out under the actual processing conditions employed in continuous HDG lines by accounting for the anisotropy of the solid-liquid interfacial energy of the hexagonal close packed Zn crystal. The results showed that the dendritic solidification of a thin liquid coating layer was significantly different from that in bulk liquids, leading to grains with different dendritic morphologies depending on their orientations. In the presentation, the simulation results will be compared with experimental observations, especially for the formation of various spangle morphologies and the development of a (0001) texture, and they will be discussed along with previously proposed models.

[미세조직2-1 | 10:20]

A Lattice Boltzman Scheme for Modeling Dendritic Growth and Bubble Formation with Melt Convection in Solidification of Alloys: Dongke Sun¹, Qingyu Zhang², Shuanglin Chen³, Mingfang Zhu²; ¹*School of Mechanical Engineering, Southeast University*. ²*School of Materials Science and Engineering, Southeast University*. ³*Computherm LLC*

The liquid-solid phase transition is commonly observed in nature and industry, which influences the morphologies, structures, properties of solidified matters and materials. A kinetic scheme based on the Bhatnagar-Gross-Krook (BGK) model is proposed to study microstructure evolution of alloys in the presence of melt convection. It extends the BGK-Boltzmann equation to model the heat transfer, melt convection and liquid-solid phase transition by implementing a general streaming-relaxation steps based on the Chapman-Enskog expansion. Three sets of distribution function are adopted to describe evolutions of the solute, flow and phase fields. The DnQd lattice vectors are used to describe advancement of solid-liquid interface, coupling with a convective-diffusion equation for solute transfer during solidification. The coupled model, with implicitly embedding the dendrite-bubble interaction, accounts for the gas precipitation and liquid-gas transition by the LB Shen-Chen scheme. It offers a simple and effective geometrical relationship between growing velocity and lattice spaces. After model validation, the liquid-solid phase transition of alloys with melt convection have been investigated numerically. The results show that the present model provides an alternative numerical approach to study solidification of alloys with relatively fast efficiency, and it would like to facilitate the understanding the features of phase transition in a high-throughput way.

[미세조직2-2 | 10:40]

Simulation of Rafting and Topological Inversion in Ni-Base Superalloys: Johannes V. Goerler, Muhammad A. Ali, Oleg Shchyglo, Ingo Steinbach; *Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum*.

Keywords: Superalloys, Creep, Phase-Field, Crystal Plasticity

Nickel-base superalloys are the material of choice for many high temperature applications due to their exceptional creep resistance at elevated temperatures. This property is strongly connected to their unique microstructure consisting of cuboidal γ' particles embedded in a γ matrix. Thus, understanding the evolution of this microstructure at elevated temperatures is paramount. A combined approach of phase-field method and phenomenological crystal plasticity is used to investigate creep deformation and its connection to the microstructure. Phase-field model and crystal plasticity model are implemented in the comprehensive OpenPhase library, a multi-phase-field, multi physics library. The phenomenological crystal plasticity model includes a hardening model, which enables the precise simulation of primary and secondary creep. A model for repulsion and coalescence of γ' precipitates has been developed, this model ensures realistic raft formation during creep. Microstructure and plastic strain evolution have been benchmarked with experiments.

[미세조직2-3 | 11:00]

Quantitative 3D Analysis Accelerated by Machine Learning: Yoshitake Adachi, Zhilei Wang; *Nagoya University*

This study highlights AI-driven material science in particular for steels. Two representative material genome integration systems, “MIPHA” and “rMIPHA studio” are presented, where machine learning based image processing, quantitative 2D/3D analysis, direct analysis using a variety of classifiers, inverse analysis by genetic algorithm and Bayesian optimization, parameter optimization of theoretical formula, sparse modelling, similarity evaluation among microstructural images are performed. This MIPHA family promisingly accelerates material development and leads metallurgists to be released from time-consuming work. rMIPHA studio consist of rMIPHA, theory designer, and material image editor. rMIPHA allows a user to build up a microstructure-to-property direct non-parametric model based on artificial neural network, support vector regression, and random forest with Bayesian-optimized hyper parameters. Meanwhile theory designer module optimizes a parameter of theoretical formula by maximum likelihood method or posterior probability MCMC method, so this is a parametric model builder. Screening an input parameter by AIC/BIC, lasso and dimension-reduction of input parameter by PCA, autoencoder, and self-organizing map are also implemented in Theory designer. Property-to-microstructure inverse analysis is carried out by genetic algorithm in MIPHA, while by Bayesian optimization in rMIPHA.

Material image editor module is used to quantitatively evaluate the similarity among images by zero-mean normalized cross-correlation, likelihood analysis, feature extraction PCA analysis, self-organizing map, and deep learning.

[미세조직2-4 | 11:20]

Orientation Dependence of Dendritic Growth Dynamics in Directional Solidification: A Phase-field Study: Hui Xing, Jianyuan Wang, Kexin Jin; *Applied Physics Department, Northwestern Polytechnical University*

Keywords: Directional Solidification, Dendritic Growth, Phase-Field Simulations

In this study, we simulated tilted growth of dendritic arrays during directional solidification of non-axially oriented crystals in a two-dimensional system by using a quantitative phase-field model. A parametric study is performed to investigate the effects of the primary spacing, the misorientation angle and the pulling velocity on the tip undercooling, the upper limit of primary spacing, and the tilted angle. Results show that the tip undercooling decreases when increasing the primary spacing or decreasing the misorientation angle. We focus on the growth direction selection in directional solidification. We extended the DGP law (Deschamps et al., Phys. Rev. E 78 (2008), 011605) through taking account into the surface tension anisotropic strength and pulling velocity. Moreover, we investigated the degenerate seaweed to tilted dendrite transition and their growth dynamics during directional solidification of a binary alloy. Morphological selection maps show that lower pulling velocity, weaker anisotropic strength and higher thermal gradient can enhance the formation of the degenerate seaweed. The transient transition from degenerate seaweed to tilted dendrite shows that dendrites are dynamically preferred over seaweed.

[미세조직3-1 | 13:00]

Model-Based Prediction of Mechanical Material Behavior Based on 3D Microstructure: Napat Vajragupta, Srinivas Kamath, Alexander Hartmaier; *Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum*

Micromechanical modeling is applied to describe plastic deformation and damage in realistic microstructures. The micromechanical method described here is based on three main constituents: (i) generation of 'synthetic' material microstructures in form of representative volume elements (RVE) (ii) implementation and application of crystal plasticity and damage models, and (iii) homogenization of the results into macroscopic constitutive rules. The approach is applied to two the micromechanical modeling of the influence of microstructure of dual-phase steel DP600 on sheet metal forming processes. The microstructure is quantitatively characterized to gain relevant statistical information of all important microstructural features such as phase volume fractions, grain size distributions and orientation distributions of each constituent. The obtained results are used to generate an RVE by a combination of particle simulation methods with radical Voronoi tessellation. Finite element simulations with a non-local crystal plasticity model are then conducted under various loading conditions to investigate the corresponding mechanical responses. Finally, the mechanical behavior of the RVE is homogenized in form of a simplified flow rule.

[미세조직3-2 | 13:20]

Coupled crystal plasticity and phase-field model to simulate mechanical properties of recrystallized metals: Kyung Moon Min¹, Woojin Jeong¹, Pil-Ryung Cha², Heung Nam Han¹, Seung-Hyun Hong³, Myoung-Gyu Lee¹ ; ¹*Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.* ²*School of Materials Science and Engineering, Kookmin University.* ³*Research and Development Division, Hyundai Motor Company.*

Keywords: Crystal Plasticity, Phase Fields, Mechanical Properties, Recrystallization

A crystal plasticity (CP) finite element model was coupled with a phase-field method (PFM) to simulate the grain size deformation under rolling and subsequent microstructure evolution during recrystallization. The predicted microstructure was used to predict the mechanical properties including anisotropic yield surface and hardening behavior. A three dimensional representative volume element (RVE) was applied to the CP simulation of plane strain compression which represents the rolling deformation, and the inhomogeneous nucleation and growth of deformed crystals were simulated by the PFM with transferred stored energy distribution from the CP model. A numerical mapping algorithm was efficiently employed to link the variables in the integration points of FE scheme and those in the PF grids of finite difference scheme. The preliminary results showed that the coupled simulation approach could predict the anisotropic properties of low carbon steel after rolling and recrystallization within reasonable accuracy compared to the experimental results.

[미세조직3-3 | 13:40]

Numerical and Experimental Analysis of the Surface Peening Behavior: Yoon Suk Choi¹, Hyunwuk Park¹, Junhyun Kim², Youngsik Pyun³, Amanov Auezhan³ ; ¹*School of Materials Science and Engineering, Pusan National University.* ²*DesignMecha Co., Ltd.* ³*Department of Mechanical Engineering, Sun Moon University*

A ultrasonic nanocrystal surface modification (UNSM) technique is a new surface peening process that induces bigger and deeper compressive residual stresses, compared to other surface peening techniques, by ultrasonically (20,000 strikes per second) and sequentially striking the surface using a half sphere (2.38 mm in diameter) shaped tip. It is called "surface micro-forging" since the ultrasonically vibrating tip hits a local sub-scale surface area with a huge compressive stress (as high as 3 to 30 GPa), which induces

severe plastic/elastic deformation in the local sub-surface, in addition to the big and deep compressive residual stress. The force transferred to the tip consists of static and dynamic forces. The present study utilized finite element method to simulate the UNSM process in order to understand the sub-scale deformation behavior and the evolution of sub-surface residual stresses during ultrasonic striking by the tip. A particular effort was made to clarify the UNSM striking mechanism by comparing the simulation results between displacement-based and force-based striking conditions. Local surface topologies and through-thickness residual stresses were measured after the single-path UNSM treatment, and compared to the simulation results. Based upon the numerical and experimental analysis, the UNSM striking mechanism was identified, and its sensitivity to the materials constitutive parameters was discussed.

[미세조직3-4 | 14:00]

Crystal Plasticity FE Modeling of Commercially Pure Titanium and Two-Phase Titanium Alloys: Ji Hoon Kim¹, Jun Yeol Chae¹, Hyein Chung¹, Eunyoung Kim², Joo-Hee Kang², Chang-Seok Oh³ ; ¹*School of Mechanical Engineering, Pusan National University.* ²*Materials Evaluation and Analysis Department, Korea Institute of Materials Science.* ³*Materials Data Center, Korea Institute of Materials Science.*

Titanium and titanium alloys have been widely used in various industries from medical implants to aerospace components because of their high specific strength and corrosion resistance. In order to exploit the advantages of titanium and titanium alloys, the relationship between the microstructure and mechanical properties should be understood. In particular, titanium and titanium alloys exhibit highly anisotropic and asymmetric behaviour at room temperature, which may not be favorable in metal forming processes. This behavior is known to be attributed to the activation of various slip and twin systems. In two-phase titanium alloys, the distribution of beta-phase complicates the analysis of deformation behavior. For the analysis of the deformation mechanism of titanium and titanium alloys, micromechanical material models were developed using the crystal plasticity finite element modeling. By comparing the in-situ micro-tensile test results and crystal plasticity finite element simulations, the deformation mechanisms of titanium and titanium alloys were analyzed.

[미세조직3-5 | 14:20]

Mesoscale simulation of deformation and fracture behaviors of Mg alloys during Erichsen test: Shi-Hoon Choi, Min-Seong Kim, Jaiveer Singh; *Department of Printed Electronics Engineering, Suncheon National University*
Keywords: Mg alloy, Erichsen test, Texture, Deformation twin, CPFEM.

Deformation and fracture behaviors of 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 RT 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. A resolved shear stress (RSS) criterion and microstructure based crystal plasticity finite element method (CPFEM) were used to theoretically predict the activation of tensile (TTW) and compression (CTW) twinning in Mg alloys under Erichsen test. RSS analysis also revealed that what types of initial texture are favorable for the activity of TTW and unfavorable for the activity of CTW during the Erichsen test. However, RSS analysis was not effective in quantitatively predicting twin development. The relative activities of six deformation modes, accumulated twin fractions, and accumulated plastic strains have been simulated via microstructure-based CPFEM. Compared with RSS analysis, CPFEM precisely explained the twin behavior that has been experimentally observed in Mg alloys.

[미세조직4-1 | 14:50]

Development of New Metallic Database for Steel and Ferro-Alloy Applications: In-Ho Jung; *Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University.*

Recently, new steel grades containing high Mn, Si and Al are continuously developed. Accurate phase diagram information is essential for the design of new steel chemistry. However, the commercially available CALPHAD type thermodynamic databases for steel are less accurate in high alloyed steel. In the present study, the new metallic database under development which can cover the phase diagram and thermodynamic properties from conventional steels to ferro-alloy systems (Fe-Si, Fe-Mn, Fe-Ni, Fe-Ti, etc.) will be introduced. In the development of new database, the solution model for liquid is completely changed from the conventional Bragg-Williams Random Mixing model to the Modified Quasichemical Model, which can give higher predictivity ability of database with less model parameters. The new thermodynamic database can accurately calculate the behavior of minor elements in liquid solution as well as solid state phase transitions in a wide range of steel and ferro-alloy systems.

[미세조직4-2 | 15:10]

Combined Radiotracer and Interdiffusion Simulations and Experiments: Abrahams Katrin¹, D. Gaertner², Oleg Shchygol¹, S.V. Divinski², Ingo Steinbach¹ ; ¹*Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum.* ²*Institute of Materials Physics, University of Münster.*

Keywords: High-Entropy Alloys, CoCrFeMnNi, Tracer Diffusion, Pair-Wise Diffusion Model, CALPHAD Databases

The diffusion kinetics in a CoCrFeMnNi high-entropy alloy is investigated by a combination of radiotracer and interdiffusion techniques applied to a pseudo-binary Cr₂₀Fe₂₀Mn₂₀Co₁₅Ni₂₅/Cr₂₀Fe₂₀Mn₂₀Co₂₅Ni₁₅ couple. As a result, composition-dependent tracer diffusion coefficients of Co, Cr, Fe and Mn are determined. Using a new generalized continuum approach for multi-component interdiffusion (Pair-wise diffusion model) and a tracer diffusion model, the both, tracer and chemical diffusion concentration profiles are simulated. It is found that the thermodynamic driving forces due to the initial concentration gradients play only a minor role in the evolution of the radiotracer diffusion profile. In contrast accurate and well-defined composition dependence of the atomic mobilities are inevitable for a correct description, not only of the radiotracer diffusion profiles, but also of the interdiffusion profiles, including up-hill diffusion.

[미세조직4-3 | 15:30]

Computational Approach for High-Entropy Alloy Design: An Atomistic Simulation and Thermodynamic Calculation: Won-Mi Choi¹, Yong Hee Jo¹, Dong Geun Kim¹, Seok Su Sohn², Sunghak Lee¹, Byeong-Joo Lee¹; ¹Department of Materials Science and Engineering, POSTECH, ²Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

Many researchers have attempted to maximize the effect of solid solution hardening in order to improve the strength of the high-entropy alloy (HEA). The addition of vanadium to the representative CoCrFeMnNi HEA is an effective way to maximize the solid solution hardening because of a relatively large atomic size of vanadium. To design high strength HEA with vanadium, the effect of individual elements on solid solution hardening should be clarified. We first investigate the effect of individual elements on solid solution hardening based on an atomistic simulation technique. The CALPHAD-type thermodynamic approach also be utilized to design fcc single-phase HEA. The applicability of the present computational approach for the advanced HEA design is demonstrated with experimental confirmation.

[미세조직4-4 | 15:50]

Formation Mechanisms of Conducting Filament in Resistive Switching Memories: A Phase-field Study: Arijit Roy, Pil-Ryung Cha; School of Materials Science and Engineering, Kookmin University.

Due to abundance of the chemical systems used as the insulating materials in the resistive switching memories, different physical mechanisms are involved in the formation of conducting filaments (CF). Depending upon the type of mobile charged species and the electrolyte/electrode interfaces, formation mechanism can be categorised as - the cation-migration-assisted electrochemical metallization or the ECM, the anion-migration-assisted valence change cells or the VCM, and decomposition of insulating layer assisted formation mechanism. Phase field modelling[1,2] is implemented to study the growth of CF in such cases. In the case of ECM, choice of boundary flux and intrinsic defect concentration are found to be crucial for the growth of CF. After investigating the role of intrinsic defects, we find that they are not sufficient in describing the growth of CF for the VCM and the decomposition-assisted formation mechanisms. Generation of new Frenkel defects are important in describing the growth of CF (charge neutrality condition restricts the choice of other defects). Bond-breaking model[3] is used to describe the defect formation rate due to applied electric field. Effects of materials parameters -- activation energy (Ea), defect formation energy (Ef), and bond-polarization factor (b) -- on the growth mechanism are investigated in this study. Due to reduced defect generation rate, at a high value of Ea and Ef, CF forming voltage (V_{form}) increases. On the other hand, increased value of b, reduces the V_{form}, as it supports the generation of new defects at a relatively low applied electric field. Comparison of numerically obtained I-V curve with experimental observations (reported in literatures) at various voltage sweep rates, facilitates the qualitative validation of our model. The results help us to better understand the formation mechanism of CF and to determine the materials as well as process parameters in developing new generation of non-volatile random access memory (RAM) i.e. resistive RAM (ReRAM).

[미세조직4-5 | 16:10]

Abnormal Ripening of Al-Li Alloy: Phase-Field Simulation And In-Situ TEM Observation: Jiwon Park¹, Sung-Dae Kim¹, Su-Hyeon Kim¹, Chang-Seok Oh¹, Reza Darvishi Kamachali^{2,3}, Christian Schwarze², Ingo Steinbach²; ¹Korea Institute of Materials Science. ²Max-Planck-Institut für Eisenforschung. ³Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation(ICAMS), Ruhr-University Bochum

Keywords: Precipitation, Phase-Field Simulation, In-Situ TEM, Ripening, Al₃Li

Precipitation of Al alloys have been extensively studied for its importance in strengthening mechanism. In Al-Li alloys, coherent Al₃Li(δ') precipitate is one of the major hardening phase. While a number of studies conducted about the formation of δ' precipitate from early 70s to late 90s, reported evolution behavior of the precipitates is still under debate. In this study, in-situ aging experiments in TEM were conducted coupled with phase-field simulations to investigate the evolution of δ' when chemo-mechanical coupling effect is considered. A concentration dependency of the elastic constants and corresponding equilibrium change will explain altered precipitate size distribution which does not follow classical Ostwald ripening theory. An Al-7.8wt%Li alloy was aged at 200 °C up to 13 hours and being observed in TEM. The initial precipitate radius was estimated as 5 nm from fourier-filtered HR images which came from the pre-

formed δ' phase. The overall size of the precipitates monotonically increased until 11 hours of aging, and then decreased. Distribution changes measured between 9 to 13 hours of aging showed continuous dissolution of the δ' precipitates and abnormal decrease in the mean radius which are not explained by the ripening theory. On the other hand, the phase-field simulation well reproduces the experimental results when the effect of chemo-mechanical coupling and Li sink are applied.

상 변 태

Room 102, 10월 26일

[상변태 1-1 | 09:00]

Zr첨가에 따른 Ti-Zr-Ni-Cu 4원 비정질 금속의 산화 거동: 김용주¹, 나민영¹, 김우철¹, 김정수¹, 김영성¹, 최윤재¹, 김원태², 김도향¹,
¹ 연세대학교, ² 청주대학교

Keywords: 비정질 합금, 과냉각액체영역, TEM, TGA, 미세조직

비정질 금속의 높은 강도는 구조재료로서 많은 가능성을 제시하였지만 낮은 연성으로 인해 많은 한계점이 온 상황이다. 따라서 요즘은 기능재료로서 비정질 금속을 사용하려는 추세이다. 특히 비정질 금속은 낮은 점도값을 갖는 과냉각액체영역에서 열가소성 성형이 가능하기 때문에 복잡한 형상을 갖는 기능재료로의 응용이 가능하다. 또한, 과냉각액체영역은 일반적인 금속합금의 녹는점보다 낮기 때문에 기업의 경제성 측면에서 큰 이점이 있다. 섬세한 비정질 금속의 열가소성 성형 공정은 수십나노미터 정도의 정밀도를 갖기도 하므로 과냉각액체영역에서의 산화거동이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 열가소성 성형 공정을 위한 비정질 금속의 산화 거동을 연구하였으며, 그 조성은 $Ti_{50-x}Zr_xNi_{35}Cu_{15}$ ($x=10, 15, 20$ at%)로 특히 Zr 첨가에 따른 영향을 확인하였다. Ti-Zr-Ni-Cu 비정질 금속 전구체는 결정화 후 초탄성 변형이 가능한 합금이다. 산화 거동은 TGA를 활용하여 비정질 리본 샘플을 상온에서 1073K까지 가열하여 확인하였고, DSC를 통해 비정질 합금의 열적 안정성 및 과냉각액체영역을 분석하였다. Zr 변화량에 따라 SCL 구간(40K)과 유리전이온도(~710K), 결정화온도(~750K)가 크게 변화하지 않았고, TGA 분석 결과 3조성의 비정질 합금 모두 과냉각액체영역에서 산화 거동의 차이가 크게 나타나지 않았다. 다만 Zr10 비정질 합금이 920K 정도에서 무게 증가량이 나타난 반면, Zr15, Zr20 비정질 합금은 820K 부근에서 무게 증가량이 뚜렷하게 나타났다. 3조성의 비정질 합금을 as-spun, SCL, 773K, 873K의 온도에 따라 4구간으로 나눠 TEM으로 미세조직을 확인하였다. 실험 결과 및 분석을 토대로 각 조성에 따른 산화 메커니즘을 확인하였다.

[상변태 1-2 | 09:15]

in-situ TEM study on sublimation of InAs nanowires: 최수지¹, 이정환², 빈민옥³, 권지환², 이승훈^{1*}, 김영현^{2*}; ¹ 경북대학교, ² 한국표준과학연구원, ³ 과학기술연합대학원

Keywords: in-situ TEM, indium arsenide (InAs), Polarity, Phase transition

승화(sublimation)에 관한 연구는 물질의 유효수명을 예측 가능하게 하고, 결정 성장을 역으로 이해하기 위한 중요한 정보를 제공한다. 지금까지의 연구는 주로 열역학적인 관점에서의 연구로, 평형 조건에서 벌크재료의 엔탈피나 엔트로피 등 보다 정확한 열역학적인 특성을 측정하기 위해 진행되어 왔다. 하지만 동역학적인 관점에서 각각의 승화 프로세스를 이해하기에는 한계가 존재하였으며, 장비의 한계로 인해 나노시스템에서의 연구는 거의 이루어지지 않았다. 최근 나노분야의 발전으로 나노물질에서의 승화에 대한 이해가 요구되었으며 그 필요성은 한층 높아졌다. 실시간 투과전자현미경(in-situ TEM) 기술의 발전은 투과전자 현미경내에서 환경을 제어 가능한 장비를 구현함으로써 물질의 상전이 현상을 실시간으로 관찰 가능 할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 실시간 투과전자 현미경을 이용하여 화합물 반도체인 인듐비소 나노선(InAs NW)이 가지는 Polarity 특성이 승화 현상에 미치는 영향을 밝혀내었다. 인듐비소 나노선을 가열하면서 실시간으로 결정학적 변화를 관찰하고, 표면 승화 단계의 직접적인 반응경로를 규명하는 연구를 진행하였다. 용점보다 낮은 온도에서의 나노선의 분해는 압력의 효과로 해석하였으며, 각 반응단계에서의 관찰되는 결정학적 면들은 문헌으로 보고된 이론적 표면에너지 값을 바탕으로 해석하였다.

[상변태 1-3 | 09:30]

결정립 크기 분포 (GSD)를 이용한 microalloyed 중-탄소 강의 동적 재결정 분율의 평가 방법에 관하여: 박중근, 홍도형; 한국과학기술원 신소재공학과

Keywords: microalloyed medium carbon steel, stainless steel, dynamic recrystallization kinetics, modeling, grain size distribution

Micro-alloyed 중탄소 강의 동적 재결정 현상을 좀더 자세히 이해하기 위해서는 동적 재결정 kinetics를 실험적으로 직접 측정하는 것이 필요하다. 그러나 stainless steel과 같이 재결정조직(즉, necklace조직)이 명확히 구분되는 특수한 경우를 제외하고는 microalloyed 중-탄소 강을 포함한 대부분의 철강 재료에 있어서 변형조직과 동적재결정 조직의 구분이 용이하지 않다. 이러한 이유에 기인하여, 통상적으로 동적재결정 분율을 측정하는 방법은 유동곡선으로부터 유동 연화를 측정하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 고온변형중에 석출이나 변형-twinning이 발생하는 경우 심각한 오류를 초래 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 동적재결정 분율을 미세조직으로부터 직접 측정할 수 있는 새로운 방법인 GSD (Grain Size Distribution)-방법을 제안하고자 한다. 본 방법에서는, 제1단계로, 일정한 변형을 속도에서 변형량 변화에 따른 전체 (재결정립과 미-재결정립 모두 포함) -결정립 분포의 변화를 측정한다. 제2단계는 Lognormal Distribution Function (LDF)으로 측정된 GSD분포 변화를 일차 모사한다. 마지막 제3단계는, 제2단계에서 얻은 LDF 모사 결과를 Area-weighted (A_w) LDF로 전환한 후, 변형량 변화에 따른 A_w -LDF곡선의 변화로부터 동적재결정 분율의 변화를 계산한다. 본 GSD-방법의 유효성을 검증하기 위하여, 본 연구에서는 모델 실험 강으로 명확한 necklace-조직을 보이는 304 stainless steel 강을 선정하였다. 고온변형 시험은 Gleeble를 이용하여 1000°C에서 변형율속도 0.1 s⁻¹로 실시하였다. 시편을 임의의 변형량으로 변형한 후 급냉하여 고온변형조직을 얻고, 이 조직으로부터 광학현미경과 EBSD를 이용하여 전체 (재결정립과 미-재결정립 모두 포함) 결정립 분포와 동적재결정 분율을 각각 측정하였다. 본 연구에서 제안하는 GSD-방법을 실험적으로 측정한 변

형을 변화에 따른 전체-결정립 분포변화 자료에 적용하여 변형을 변화에 따른 동적재결정 분율의 변화를 계산하고, 그 결과를 EBSD로 직접 측정된 동적재결정 분율과 비교 검토하였다. 그 결과 본 연구에서 제안하는 GSD-방법이 microalloyed 중-탄소강을 포함하는 철강 재료의 동적 재결정 분율을 잘 모사 할 수 있다는 사실을 보여 주었다.

[상변태1-4 | 09:45]

Alloy 690에서 SRO 속도론에 미치는 고용 탄소의 영향: 김성수, 김영석; 한국원자력연구원

Keywords: Ni-base alloy, short range ordering (SRO), DSC, activation energy, critical temperature

Alloy 690 합금은 내부식성이 우수하여 경수로 원자로의 열교환기 재료로 사용되고 있다. 이 합금의 주요 조성은 Ni-30Cr-10Fe 정도이므로 Ni-Cr 합금에서 Ni₂Cr의 기반으로 하는 단 범위 규칙 (short range order, SRO) 반응이 일어난다. 이 SRO 반응이 일어나는 온도는 고용된 원소에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있으므로 본 연구에서는 합금 내에 함유된 탄소가 완전히 용해되는 온도에서 용체화 처리하고 이 합금의 용체화 온도를 변화시켜 고용 탄소를 변화시킴으로써 SRO 속도론에 미치는 영향을 연구하였다. 용체화 처리 온도는 1100°C부터 열적 처리 온도인 716°C 까지 5개의 온도 조건에서 유지한 후 water quenching 처리하였다. 이들 합금은 시차 열분석 (differential scanning calorimeter, DSC) 분석한 결과 SRO 반응에 따른 발열 반응을 나타내었다. SRO 반응에 대한 활성화 에너지(activation energy)는 용체화 처리 온도에 따라 261- 210 kJ/mole 범위로 나타났다. SRO 반응에 대한 Q 값과 임계 온도는 고용 탄소가 감소하면 감소하였다. 용체화 처리 온도에 따라 SRO 속도론이 변화하는 사실은 고온 손상 기구의 예민성을 설명할 수 있는 단서가 될 것으로 보인다.

[상변태1-5 | 10:00]

EELS Plasmon Energy를 이용한 Gamma 및 Delta 수소화물 (hydride) 분석: 위상열, 김성수, 이경근; 한국원자력연구원 원자력 재료기술개발

Keywords: Zirconium hydride, EELS Plasmonenergy, Translated electron microscopy

중수로 원자로에서 핵연료 집합체의 건전성은 이를 둘러싸고 있는 압력관의 건전성에 의하여 확보된다. 압력관 재료는 높은 강도와 부식저항성, 낮은 중성자 흡수율의 특성을 보유하여야 하므로 지르코늄에 합금 원소인 Nb를 2.5 wt% 첨가한 Zr-2.5%Nb 합금을 사용한다. 압력관 재료는 가동 환경에서 냉각재인 중수로에 노출되어 표면 부식이 일어난다. 이 과정에서 발생한 수소는 지속적으로 지르코늄 내부로 유입되게 된다. 압력관 재료는 어느 정도의 수소 고용도를 가지지만 수소 농도가 고용도 이상이 되면 고용도 이상의 수소화물이 석출한다. 수소화물의 존재는 압력관의 인성을 저해하고, 균열의 시작점으로 작용하여 재료의 파단을 일으키는 주요 원인이 되기 때문에 압력관의 건전성 측면에서 매우 중요하다. 지르코늄 수소화물에 의한 재료의 물성 저하에 대해서는 많은 연구가 있었지만 수소화물의 석출 과정에 관한 심도 있는 연구는 별로 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 냉각 속도에 따른 지르코늄 수소화물의 결정 구조를 확인하고자 전배 방법으로 50-80ppm 수소를 장입하고 공냉과 수냉으로 다른 냉각 속도를 적용하여 다른 결정 구조의 수소화물을 형성시켰다. 이들 시편에 대하여 TEM 및 EELS Plasmon Imaging을 이용하여 수소화물의 종류와 발생을 확인하였다. 이 분석을 통하여 Zr-2.5%Nb 합금에서 형성되는 delta 및 gamma의 수소화물의 형성을 직접적으로 확인하였다.

[상변태2-1 | 10:25]

Kinetic Growth and High Temperature Environment Behavior of the Silicide Coating Layer by Chemical Vapor Coating Layer on Multiphase Mo-Si-B Alloy: 최광수¹, 양원철¹, 김선진¹, 백경호², 김영무³, 박준식¹; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소

Keywords: Pack cementation, high temperature, Mo-Si-B alloy

Mo기지의 Mo-Si-B 시스템 합금은 1500°C 이상의 온도에서 우수한 기계적 물성을 가지는 재료로 차세대 초고온재료에 많은 관심을 받고 있다. 하지만, 우수한 고온 물성과 다르게 고온의 산화 저항성이 높지 않아 표면 코팅을 통한 내산화성의 향상 연구가 반드시 병행되어야 한다. Pack cementation 코팅은 복잡한 형상을 균일하게 코팅이 가능, 코팅층의 두께 또한 자유롭게 조절 그리고 우수한 내산화성으로 많은 고온재료에 연구중이다. 본 연구에서는 Mo-3Si-1B 합금에 Si pack cementation 코팅을 성공적으로 코팅하였으며, 코팅원, 활성제의 양, 코팅 온도, 시간등 여러 코팅조건에 따른 silicide 코팅층의 두께 성장을 분석하였다. 이러한 실험을 통해 각 코팅 요소의 코팅층 성장 효과를 증명하고 코팅층의 두께를 예상할 수 있는 이론적 모델을 제시하였다. 이와 동시에, Silicide 코팅층을 선정하여 1400 °C에서 산화 테스트를 진행해 미세조직 및 상분석을 통하여 산화거동을 분석하고 silicide 코팅층의 높은 내산화성을 증명하였다.

[상변태2-2 | 10:40] Canceled

DED (Direct Energy Deposition) 법으로 제조된 고 탄소 공구강 적층부의 미세조직, 상변태 거동 및 기계적 성질 평가: 남태훈^{1,2}, 손종운¹, 신선미¹, 박건우¹, 최은영¹, 하경식¹, 이육진¹, 심도식³, 강남현², 전종배^{*1}; ¹한국생산기술연구원 ²부산대학교 재료공학부, ³한국해양대학교

[상변태2-3 | 10:55]

Surface Modification of as-cast TWIP Steel with Low Carbon Steel Laser Metal Deposition: Du rim Eo¹, Sun-Hong Park², Jung-Wook Cho¹; ¹POSTECH, ²RIST

Keywords: surface modification, TWIP, laser metal deposition, remelting, composition grade

TWIP steel is considered to be the next generation of Advanced High Strength Steels for the automotive market. In spite of high mechanical property, improvement in certain aspects such as weldability and coating adhesion is needed to be used widely. In this study, to overcome the challenge, surface modification through the laser metal deposition (LMD) upon the base TWIP steel was conducted. For the alloying material, low carbon steel (0.07C, 1.83Mn) was deposited several times. Due to substrate re-melting effect, compositional grades along the deposition direction appeared, resulting in different final microstructure layer by layer. First layer containing 9%Mn has dual phase microstructure (martensite + inter-dendritic austenite) followed by bainitic and fully ferrite layers along the deposition direction. Thermal crack occurred at HAZ area of substrate TWIP steel through the inter-dendritic region during the process and the effect of laser intensity of LMD process was investigated.

[상변태2-4 | 11:10]

Superelastic Properties of Highly Porous Ti-Based Scaffolds: LI SHUANGLEI¹, Yeon-wook Kim², Tae-hyun Nam¹; ¹Gyeongsang National University, ²Keimyung University.

Keywords: Ti-based scaffold, rapid solidification, sintering, superelasticity

Highly porous Ti-Zr-Nb-Sn scaffolds were prepared by sintering of rapidly solidified alloy fibers. Excellent superelastic behavior was observed in as-spun alloy fiber deformed at temperatures between 153 K and 298 K. The sintered scaffolds showed three-dimensional networks with good fiber-fiber bonds, whose porosity level and pore size are about 80% and larger than 150 μm , respectively. The compress yield stress and elastic modulus of scaffolds after annealed at 973 K for 1.8 ks are about 4.0 MPa and 0.3 GPa, respectively, similar to that of spongy bone. Complete recovery behavior with recovery strain of 3.5% was observed in the annealed scaffolds at room temperature.

[상변태2-5 | 11:25]

(50-x)Ti-(35+x)Ni-15Cu (at.%) 합금의 상변태거동 및 기계적 특성: 손지현, 남태현; 경상대학교

Keywords: Ti-Ni-Cu alloy, Martensitic transformation, Thermo-mechanical treatment

Ti-Ni계 합금은 실용적인 형상기억합금으로서 다양한 분야에서 넓게 활용되고 있다. Cu를 첨가하여 형상기억효과와 초탄성효과가 향상된 Ti-Ni-Cu 합금은 Cu의 농도가 15 at.% 이상일 때는 B2-B19 1단계 마르텐사이트 상변태를 하는데, 이 때 큰 변형(약 3 %)과 작은 변태이력(약 10 K)을 수반하므로 액추에이터의 재료로 사용하기에 적합하다. 제작된 Ti-35Ni-15Cu 합금의 최대 초탄성 회복률은 약 20 %로 낮은 응력에서도 소성변형되었다. 따라서 본 연구에서는 Ti-Ni-Cu 합금의 Ni 농도를 조절한 (50-x)Ti-(35+x)Ni-15Cu (x=0, 0.5, 1) (at.%) 합금의 상변태 거동 및 기계적 특성을 알아보고자 하였다. 합금은 Arc melting 법을 사용하여 용해하였으며 편석방지를 위해 6회 반복 용해하였다. 그 후 25 %의 압하율로 냉간압연하여 가공열처리를 진행하였다. 미세조직 관찰과 상 분석을 위해 SEM을 수행하였고, 상변태 거동을 조사하기 위해 DSC를 실시하였다. 또한 합금의 기계적 특성 조사를 위해 인장시험을 진행하였다.

[상변태3-1 | 13:00]

적외선 금속 균일 가열을 이용한 비정질 합금박판의 Gas Pressurized Molding 공정 개발: 김용학¹, 나영상¹, 임가람¹, 최윤석²; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교

Keywords: 비정질, 성형, amorphous, GPM, IR가열

Duwez와 동료들이 1960년대 최초의 비정질 합금을 성공적으로 제작한 이래로 비정질 재료에 대한 다양한 성형 기술이 개발되었다. 일반적으로 비정질은 과냉각 액체 영역에서 양호한 성형성을 나타내기 때문에 Gas pressure molding(GPM)방식은 금속 유리 시트에 적합한 유용한 성형 기술 중 하나이다. GPM방식은 성형 공정 중, 시편과 몰드 사이의 마찰이 거의 없으므로 성형의 정밀도를 높이는 것이 유리하고 한 번에 3차원 구조를 생성할 수 있다. 이 system의 열원으로 IR의 선택의 이유는 비정질 합금 박판을 선택적으로 가열하기 때문에 시간으로 비용을 줄이기 위해 채택하였다. 이 시스템에 의한 비정질 합금 박판의 성형성을 조사하기 위해 melt spinning 방식으로 만들어진 폭 100mm, 두께 100 μm 의 Zr계 금속 유리판을 제조하였다. 본 연구에서는 성형성에 대한 온도, 압력 및 취약성과 같은 변수의 영향에 대해 논의할 것이다.

[상변태3-2 | 13:15]

방전 플라즈마 소결 온도에 따른 나노결정 Ti-Fe 합금의 합금화 거동: 오민석, 안병민; 아주대학교

Keywords: Cryomilling, Ti-Fe alloy, Powder metallurgy, Nanocrystalline, Phase transformation, Spark plasma sintering

본 연구에서는 일반적으로 금속간화합물을 형성하는 Ti-Fe조성의 합금을 기반으로 하는 $\alpha+\beta$ Ti합금을 제조하고자 하였다. Ti와 Fe 분말을 액체질소 분위기에서 8시간 동안 극저온 밀링(cryomilling)을 하여 제조한 나노결정 Ti-Fe 합금 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)을 통해 치밀화 하였다. 다양한 SPS 소결온도 조건(800, 1000, 1200°C)에서의 합금화와 상변태 거동을 연구하기 위해 미세조직의 변화를 XRD, SEM, TEM을 통해 분석하였다. 분말 단계에서는 밀링 후에도 기계적 합금화가 완전하게 이루어지지 않아 순수 Ti와 Fe 상도 발견되었으나 SPS 공정 이후에는 합금화가 완전히 이루어졌다. Fe rich 영역에서는 극히 적은 부분에서 금속간화합물이 형성된 것을 발견할 수 있었으나 대부분 β -Ti상이 형성되었음을 확인하였다.

[상변태3-3 | 13:30]

Abnormal T_g variation in Zr-rich Zr-TM binary metallic glasses: 김경준, 류옥하, 박은수; *서울대학교 신소재공동연구소 재료공학부*.
 Keywords: Metallic glass, Zr-rich alloy, Glass-forming region, Glass transition temperature, Thermo-plastic forming ability

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. 이로 인해 이성분 합금시스템임에도 다양한 조성에서 비정질 형성이 가능한 것으로 알려져 있으며, 조성에 따른 그 특성 변화에 대해 다방면으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 Zr과 전이금속 간 이성분 합금 시스템 중 Zr-rich 조성에서의 비정질 형성능 및 특성 변화에 대해 체계적으로 고찰하고자 하였다. 이를 위해 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)을 통해 유리 천이온도(T_g)와 결정화 온도(T_x), 과냉 액체 영역(ΔT_x) 같은 열 특성을 평가했다. 특히, 본 연구에서는 Zr 기반의 각 합금시스템에서 주 원소인 Zr 조성 증가에 따라 T_g 가 감소하는 독특한 현상에 주목을 했다. 결과로서, 본 연구에서는 이러한 조성에 따른 열 특성 온도 변화가 탄성 계수 등 다른 물리적 성질과 밀접한 관계를 가짐을 확인하고, 조성에 따라 T_g 가 변화하는 현상이 가지는 물리적 의미에 대해 체계적으로 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 우수한 특정 합금계 및 조성을 고찰하는 한정된 연구에서 벗어나, 비정질 합금의 실제 산업 응용을 위한 새로운 연구 방향을 제시한다는 의의를 가진다.

[상변태3-4 | 13:45]

Abnormal mechanical behavior of NiTi-based shape memory nanoparticles: 김지영¹, 김소연¹, 김상준¹, 류옥하², 고원석³, 박은수¹; ¹서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소 ²Tohoku University. ³울산대학교 신소재공학부.

Keywords: Shape memory alloy, Phase-separation, Selective dissolution, Spherical nanoparticle, Martensitic phase transformation

일반적으로 형상기억합금(SMA, shape memory alloy)은 시편 및 결정립의 크기가 나노스케일 이하로 작아지면 마르텐사이트 상 변태 거동이 급격히 변화하는 양상을 나타낸다. 특히, 임계 크기 이하에 다다르면 형상회복 변형률이 완전히 사라질 수 있어 나노스케일에서의 변형 거동을 제어하는 방안에 대한 연구가 많은 관심을 받고 있다. 그러나 현재까지는 이러한 현상의 원인을 산화막, 갈륨 이온 데미지 등의 외재적 요인으로만 주로 해석하고 있을 뿐, 내재적인 원인의 영향을 정확히 규명하지 못하고 있다. 이는 외부적 요인을 최소화 하는 나노스케일 SMA의 적절한 제조 방안이 아직까지 마련되지 않았기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 Ni-Ti-X 합금에서 상분리 현상 및 선택적 탈부식 공정을 통한 SMA 나노 입자 제조를 통해 SMA 크기변화에 따른 응력유기 상변태 거동 변화를 체계적으로 고찰하고자 하였다. 부연하면, 본 연구에서는 주 원소 쌍이 양의 혼합열 관계를 가지는 경우 그 혼합열 크기와 합금 조성을 제어함에 따라 구형의 미세조직을 얻을 수 있는 액상 상분리 현상에 기반하여, 구형의 제 2상이 포함된 이상분리 합금을 제조한 후 기지를 선택적으로 용해하여 제거함으로써 완전한 구형의 SMA 나노 입자를 제조하였다. 이와 함께, 제조한 SMA 입자의 크기와 상변화 특성을 분석하여 나노스케일 구형 입자 형성 메커니즘을 규명하였으며, 주사전자현미경 내에서의 압축 실험을 통해 나노 스케일 SMA 입자에서의 독특한 응력 유기 마르텐사이트 상변화 특성을 분석하였다. 본 연구를 통해 용해도값 제어 상분리를 통한 SMA나노입자의 성공적 제조를 통해 제조공정의 영향을 최소화함을 통하여 신뢰성 있는 나노스케일 SMA 변형 거동의 실험적 검증을 가능하도록 하는 신 방법론을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

[상변태3-5 | 14:00]

Development of Zr-Based Bulk Metallic Glass with Enhanced Plasticity Through Additive Manufacturing and Thermocycling: 유근희¹, 박태규¹, 김휘준², 최한신², 박은수¹; ¹서울대학교 ²한국생산기술연구원.

Keywords: Bulk metallic glass, Additive manufacturing, Mechanical property, Rejuvenation, Plasticity

Even though metallic glasses show outstanding mechanical/physical properties such as high yield strength, good fracture toughness and superior wear resistance, the critical cooling rate for glass formation restricts their use in widespread application. To solve this problem, many researches have tried to overcome the limitation of their dimensions by using powder metallurgy process. However, due to bad interfacial bonding between the metallic glass powders and thermally-induced structural relaxation which can occurs the embrittlement, sintered bulk metallic glass (BMG) suffers from the lack of plasticity at room temperature. In the present study, we report how to effectively utilize additive manufacturing method and thermocycling to develop the Zr-based BMG with enhanced plasticity. First, we carefully compare the structure and mechanical behavior of various BMG specimens fabricated by different processes (suction casting, high pressure torsion, spark plasma sintering, additive manufacturing). As a result, Zr-based BMG fabricated by additive manufacturing exhibits unique mechanical response and meaningful plasticity. Furthermore, via cryogenic thermocycling, we successfully rejuvenated and enhanced the plasticity of the BMG samples. These results will be enlarged our understanding how to tune the atomic scale structure and related properties of BMGs through the process optimization. Indeed, these results give us an insightful guideline for effective process of overcoming the size limit of metallic glass with excellent mechanical properties.

[상변태3-6 | 14:15]

저온 템퍼링 공정을 통한 복합재 형상의 고엔트로피 합금 개발: 김민석, 윤국노, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부*.
 Keywords: strength-ductility trade off, high entropy alloy, nano-lamella microstructure, martensite matrix, austenite reversion

강도와 연성은 구조 소재를 평가함에 있어서 가장 중요한 기계적 성질 중의 하나이다. 하지만, 강도를 높이는 다양한 메커니즘은 대부분의 상용 합금계에 대하여 연성을 감소를 야기한다는 문제점이 있다. 이러한 경향은 ‘strength-ductility trade-off dilemma’로 널리 알려져 있으며 이를 극복하기 위한 합금 개발 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 최근 연구에 따르면 다중 주요원소가 유사한 비율로 첨가된 고엔트로피 합금(HEA)은 높은 상 안정성과 우수한 기계적 성질로 인해 ‘strength-ductility trade-off dilemma’를 극복할 수 있는 가능성이 높다고 기대된다. 이러한 사실에 기초하여, 본 연구에서는 HEA의 정밀한 미세 구조 제어를 통하여 ‘strength-ductility trade-off dilemma’ 극복하고자 하였다. 부연하면, 경질 마르텐사이트 상 매트릭스 사이에 나노 두께 오스테나이트 필름을 가진 독특한 HEA 미세 구조를 설계하였다. 이러한 미세 구조를 가지는 합금은 경질 마르텐사이트 상에 의한 높은 강도와 준안정 오스테나이트 TRIP 현상에 의한 높은 연성을 동시에 가질 것으로 예상된다. 이를 위하여, 먼저 열역학 데이터베이스 기반 시뮬레이션(CALPHAD) 방법을 통한 합금 설계로 마르텐사이트 단일상 HEA를 만들었으며 저온 템퍼링 공정을 통하여 마르텐사이트의 부분 오스테나이트화를 진행하였다. 결과적으로, 개발한 HEA는 마르텐사이트 매트릭스 사이에 준안정 오스테나이트상이 끼워진 ‘복합재 형상’을 가지는 것을 EBSD 분석으로 확인할 수 있었다. 또한, 개발한 HEA의 인장시험을 통하여 개발한 복합구조 HEA가 높은 강도와 연성을 동시에 가지는 것을 확인하였다. 본 연구에서 제시한 합금 설계 전략은 strength-ductility trade-off dilemma를 하이엔트로피 신합금의 미세 구조의 제어를 통하여 극복하는 가이드라인을 제시하고 있으며, 향후 다양한 구조 소재의 개발에 폭넓게 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

에너지재료(재생에너지)

Room 103, 10월 26일

[에너지] 1-1 | 09:00]

Enhancing the Coercivity of Nd-Fe-B Sintered Magnets with Tb-Diffused Microstructures by Consecutive Heat Treatment: Sumin Kim¹, Hyun-Sook Lee¹, Donghwan Kim², Jong Wook Roh³, Wooyoung Lee¹; ¹Yonsei University, ²Star Group, ³Kyungpook National University.

Keywords: magnetism, grain-boundary diffusion, rare earth, magnetic properties, core-shell microstructure

The realization of efficient electric vehicle motors or power generation systems for wind turbines necessitates the development of high-performance permanent magnets, which is associated with a number of challenges. Since their discovery in 1984, high-coercivity sintered Nd-Fe-B magnets have found numerous practical and industrial applications, e.g., as components of actuators, motors, and generators. However, the above applications require long-term magnet operation in high-temperature environments without any coercivity decrease, which is a non-trivial criterion. Generally, the coercivity of Nd-Fe-B magnets at room temperature can be enhanced by the partial replacement of Nd by Dy, Tb, or both; however, the high cost and scarcity of these rare earths preclude the widespread application of this method and necessitate the development of more economically viable alternatives. One of such alternatives is the reduction of heavy rare earth elements (e.g., Dy and Tb) usage and minimization of remanence and energy product loss via the utilization of the grain boundary diffusion process (GBDP, developed in 2005). However, most of the study was carried out using only small-scale magnets, and the developed methods have limitations to apply the reported method to the conventional fabrication of large-size industrial Nd-Fe-B magnets. Despite the importance of understanding the grain boundary diffusion mechanism in such large magnets, no systematic investigations have addressed this issue so far. Herein, we employ consecutive heat treatment-driven TbH diffusion to fabricate large-size Nd-Fe-B magnets exhibiting enhanced coercivity without any decrease of remanence (Br) and energy product ((BH)max). Furthermore, we systemically investigate the microstructure of Tb-diffused Nd-Fe-B magnets, revealing the relationship between Tb-diffused area and enhanced coercivity.

[에너지] 1-2 | 09:15]

촉매 형상에 따른 SMR 반응으로부터의 수소 생산성 연구: 장대환¹, 정우철¹, 김민준¹, 안지혜², 박상규², 조성종², 공만식¹; ¹고등기술연구원, ²(주) 에코프로.

Keywords: NiCrAl foam, Steam Methane Reforming, CH₄ conversion, H₂ yield, Hydrogen Production

최근 들어, 미세 먼지 저감 등 환경 분야에 따른 자동차 산업에서 수소 시장 규모가 증대하고 있다. 특히나, 선진국들의 온실가스 의무 감축 이행에 따른 수소 스테이션 및 수소 연료전지 자동차 보급에 사용량이 급증하고 있다. 수소는 탄소 배출이 없는 친환경 에너지로서, 천연가스를 통해 촉매의 흡열반응에 따른 SMR(Steam Methane Reforming) 공정으로 수소를 생산하고 있다. 본 연구에서는 열유동 해석 기반으로 기존 상용 세라믹 촉매 대비 제조한 다공성 금속 소재 기반의 촉매 형상으로부터 촉매를 평가하였다. 평가조건은 Steam/CH₄ 몰비 3:1, 반응 온도 550~850°C, 공간속도(GHSV) 10,000h⁻¹ 를 두어, 촉매 형상에 따른 CH₄ 전환율 및 H₂ 수율을 평가하였다. 또한 다공성 금속 소재인 NiCrAl foam으로부터 장시간 반응을 통한 촉매의 내구성을 비교 분석하였다.

[에너지] 1-3 | 09:30]

Flexible Single-Electrode Triboelectric Nanogenerator for Wearable Devices: 유주현, 김승록, 박진우; 연세대학교 공과대학 신소재공학과

Keywords: single-electrode triboelectric nanogenerator, polyvinylidene fluoride trifluoroethylene, polydimethylsiloxane, silver nanowire, electrospinning

최근 들어 인체에 부착되어 생체신호를 실시간으로 읽거나, 주변 환경 변화를 감지할 수 있는 웨어러블 기기의 수요가 증가하고 있으며, 이에 따라 웨어러블 장비를 구동하기 위한 동력원 또한 매우 중요해지고 있다. 웨어러블 장비의 사용자 입장에서는 유연하고 가벼운 소재를 사용하는 것이 편리한데, 현재 사용되고 있는 배터리는 단단한 소재를 사용하며, 부피를 많이 차지하고 있다는 단점이 있다. 또한 배터리의 경우, 방전되기 때문에 지속적으로 교체 혹은 충전을 해줘야 하는 불편함이 존재한다. 따라서 웨어러블 장비에 발전기를 포함시켜 배터리의 부피를 최소화, 혹은 제거하여 사용자의 편의성을 높이고 별도의 관리 없이 지속적인 사용이 가능하게 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 이에 따라, 인체의 움직임 혹은 체온 등을 통해 웨어러블 기기의 작동에 필요한 동력을 확보하는 웨어러블 발전기에 대한 연구가 많이 이뤄지고 있다. 이중, triboelectric nanogenerator(TENG)는 그 구조가 간단하며, 신체의 움직임만으로 높은 전압과 전류량을 얻을 수 있기 때문에 자가발전 웨어러블 소자의 동력원으로 가장 많이 각광을 받고 있다. 본 연구에서는, 표면적을 증가시켜 triboelectric 효과를 높이고, 구조의 최적화를 통해 기계적인 내구성도 향상시키는 방법을 연구하였다. 본 연구에서는 TENG 중에서 가장 간단한 구조인 Single-electrode triboelectric nanogenerator(SETENG)기반의 웨어러블 발전기를 제작하였다. SETENG의 구조는 간단하고 다양한 방법으로 에너지 발생이 가능하지만 효율이 다른 구조들에 비해 매우 낮은 문제가 있다. 이를 보완하고자 polyvinylidene fluoride trifluoroethylene(P(VDF-TrFE))에 silver nanowire(AgNW)를 첨가한 뒤

electrospinning을 통해 nano-fiber network를 제작하여 표면적을 넓히고 charge trapping을 높여, 매우 큰 triboelectric효과를 가지게 만들었다. 이를 통해 높은 전압 160 V(open circuit) 과 전류밀도 값 0.15 A/m²(short circuit)을 나타냈다. 하지만 SETENG의 구조상 P(VDF-TrFE) nanofiber(NF)가 표면에 직접 드러나게 되어 기계적인 특성이 취약하게 되었고, 이를 보완하고자 polydimethylsiloxane(PDMS)로 NF를 임베딩하여 기계적인 성능을 개선하였다. 이때, NF가 PDMS 내부에 깊이 임베딩 되어 SETENG의 성능이 감소하는 것을 막기 위하여 임베딩 전 Silicone oil을 도포하여 P(VDF-TrFE)를 PDMS표면에 적절히 위치시키며 임베딩 하였다. NF를 PDMS표면에 임베딩할 경우 빛이 NF에 의해 산란되는 현상을 막게 되어 550 nm 가시광선의 투과도를 0.5%에서 65%로 크게 향상시켰다. 최종적으로 electrospinning과 spin coating 공정만을 사용하여 기계적인 특성과 광학적 투과도도 높은 성능을 보이며, 발전 성능이 우수한 SETENG을 제작할 수 있었다. 최종적으로 본 연구에서 제작한 SETENG은 180 V(open circuit), 0.4 A/m²(short circuit)의 우수한 발전 성능을 보였으며 10 MΩ에서 6 W/m²의 전력 발전량을 보이는 것을 확인하여, 차세대 웨어러블 발전 소자로 이용될 수 있음을 보였다.

[에너지1-4 | 09:45]

소듐/황 전지용 플렉서블 황-폴리아크릴로니트릴 복합물 양극의 전기화학적 특성: 조재준¹, 김희훈¹, 김창현¹, 박진우¹, 차승환¹, 최선화², 김기원¹, 안주현¹, 조권구¹, 안효준¹; ¹경상대학교 나노신소재융합공학과, ²한국전기연구원

Keywords: sodium/sulfur battery; carbon/sulfur composite; SPAN; electrospinning;

1990년대 상용화된 리튬이온전지는 수요 증가로 인한 리튬 금속의 가격이 상승하는 상황에 직면하고 있다. 이에 비슷한 반응 메커니즘과 풍부한 매장량을 바탕으로 저렴한 가격을 형성하고 있는 소듐을 대체물질로서 사용한 소듐이온배터리의 연구가 많이 진행되고 있다. 그 중에서도 1672 mAh g⁻¹의 높은 이론용량, 친환경성, 풍부한 매장량 등 많은 장점을 가지고 있는 황을 양극 물질로서 사용한 소듐/황 전지가 차세대 전지로서 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 소듐/황 전지의 경우 리튬/황 전지와 마찬가지로 서클링상과 낮은 전기전도성 등의 문제점을 수반하게 된다. 이에 따라 고분자 물질인 폴리아크릴로니트릴을 황과 300°C 이상에서 결합하여 새로운 구조의 황-폴리아크릴로니트릴 복합물을 제조함으로써, 기존의 소듐/황 전지의 문제점을 해결해 줄 수 있을 뿐만 아니라 10⁻⁴ Scm⁻¹의 전기전도성으로 황보다 1026 배 높은 향상된 전기전도성을 가지게 된다. 또한 폴리아크릴로니트릴 분말을 전기방사법을 이용해 수백 나노미터 크기의 직경을 가지는 파이버로 제조하여 황-폴리아크릴로니트릴 복합물에 플렉서블한 성질을 부여할 수 있다. 본 연구에서는 황-폴리아크릴로니트릴 복합물을 사용하여 우수한 성능을 가지는 전기전도성이 향상된 플렉서블 황-폴리아크릴로니트릴 복합물의 전기화학적 특성을 평가하였다.

[에너지1-5 | 10:00]

베타-알루미나 고체전해질 분리막과 황/탄소 복합물 양극을 이용한 상온형 소듐/황 배터리의 사이클 특성: 연혜원, 김창현, 김희훈, Milan K. Sadan, 김익표, 안주현, 조권구, 김기원, 안효준; ¹경상대학교 나노신소재융합공학과

Keywords: sulfur/carbon composite; beta"-alumina; solid electrolyte; sodium/sulfur battery

연료 전지의 사용으로 인한 전 세계적인 환경 문제를 해결하기 위해 태양 및 풍력 에너지와 같은 친환경적 기술과 더불어 대규모 에너지 저장장치를 위한 기술로서 위 조건을 모두 만족하는 소듐/황 배터리가 주목받고 있다. 소듐/황 배터리의 양극 및 음극 활물질로 사용되는 소듐과 황은 풍부한 매장량과 높은 이론용량, 저렴한 가격 등 많은 장점이 있다. 마찬가지로 상온용 소듐/황 배터리는 소듐 설파이드를 최종 방전 생성물로 기반하였을 때 1230 Wh kg⁻¹의 높은 에너지 밀도를 가지지만 반응 시 생성되는 용해성의 고차원 소듐 폴리설파이드가 음극으로 이동하는 서클링상으로 인해 낮은 초기 방전 용량과 저하된 사이클 특성 등 문제를 발생시킨다. 이에 본 연구에서는 장 사이클 수명을 위해 황/탄소 복합물 양극과 베타-알루미나 고체전해질 분리막, 소듐 음극을 사용하여 전지특성을 평가하였다.

[에너지1-6 | 10:15]

Isotropic and Ultrafast Sodiation Behavior of Sn Crystals: 변영윤¹, 최용석¹, 안재평², 이재철¹; ¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원

Keywords: kinetics, sodiation, crystallographic orientation, tin anode, Na-ion battery

In situ sodiation experiments were performed on the Na-Sn system to evaluate the rate capability and cycle stability of the anode material. Experiments showed that the sodiation rate of crystalline Sn (c-Sn) is 2-3 orders of magnitude faster than the lithiation rate of c-Si with the same diameters. Furthermore, the observed rates were nearly the same regardless of the orientation of c-Sn, causing the Sn anode to swell in an isotropic manner and thus mitigating pulverization. Here, using atomic simulations and advanced analysis techniques, we elucidated the mechanistic origins responsible for the ultrafast sodiation and isotropic swelling observed from the Sn anode by clarifying the diffusion kinetics at the Na-Sn diffusion couple. It was found that both the crystalline-to-amorphous phase transformation at thin layers of c-Sn near the propagating interface and pipe diffusion through sodiation-induced dislocations are the two dominant structural features occurring during sodiation. These sodiation behaviors observed from the Na/Sn interface alleviate the rate-limiting behavior of the propagating interface, while nullifying the orientation effect of diffusion in c-Sn. This promotes the Na diffusion to c-Sn at unprecedented rates and enables isotropic swelling of c-Sn. The observed phenomena provide insight into the design of anode materials for realizing batteries with high rate performance and cycle stability.

[에너지2-1 | 10:40]

Ferroelectric Materials: A Novel Pathway for Efficient Solar Cell: 박정훈¹, 김상모¹, N. T. Nguyen¹, 김마로¹, 설대희², 김윤석²; ¹가천대학교 ²성균관대학교

Keywords: Perovskite solar cell, ferroelectric materials, bias voltage

Perovskite solar cells (PSCs), which emerged as tremendously attractive devices in thin-film photovoltaic technology to utilize renewable energy sources, have been improved with the unprecedented breakthrough in recent years. Ferroelectric materials with a vast array of intriguing electrical properties have been applied in photo-related devices: however, there was rarely that these materials appeared in solar cell device configuration. In this work, mesostructured TiO₂ combined lanthanum bismuth titanate (BLT) nanoparticles in a combination with perovskite CH₃NH₃PbI₃ light absorber is capable of maximizing the absorbed visible light. Interestingly, the robust spontaneous electrical polarization of these ferroelectrics under applying positive bias voltage promotes the desirable separation of photoexcited carriers and drives the charge transportation that contributes to high-efficiency PSCs. Application of uniform nano-sized BLT powders through high-energy ball milling process and perovskite layer fabricated by two-step solution deposition technique will pave the way for fabricating hybrid organic-inorganic perovskite solar cell with high solar energy conversion in the coming years.

[에너지2-2 | 10:55]

Electronic and Mechanistic Origins of the Superionic Conductivity of Sulfide-Based Solid Electrolytes: 최용석, 이재철; 고려대학교

Keywords: Sulfide-based solid electrolytes, ionic conductivity, first-principles calculations, diffusion channels, applied electric fields

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 Li₁₀GeP₂S₁₂ and Li_{9.54}Si_{1.74}P_{1.44}S_{11.7}Cl_{0.3} with unprecedented ionic conductivity close to or even higher than those of liquid electrolyte counterparts. Despite recently reported experimental and simulation works on their topological structures and associated ionic conductivity, mechanisms underlying the superionic transport rate observed from these SEs are still poorly understood. Here, we report the first results of the effect of the applied electric potential on the changes in the electronic structures associated with the addition of dopant materials to SEs. Atomic simulations showed a confirmation that both the Si and Cl dopants promote the polarization of the Si- and Cl-bearing ionic clusters of the SEs. This renders the ionic clusters mechanically less stable and thus opens up the diffusion pathway of Li⁺ under the application of an electric field, facilitating the fast transport of Li⁺. The present work offers some design criteria that can be used to develop high-rate performance SEs.

[에너지2-3 | 11:10]

Observation of the Solid Electrolyte Interface (SEI) and Measurement of Its Electric Properties: Jun-Hyoung Park¹, Yong-Seok Choi¹, Hyung Cheoul Shim², Jae-Pyoung Ahn³, Jae-Chul Lee¹; ¹Korea University, ²Korea Institute of Machinery and Materials, ³Korea Institute of Science and Technology.

Keywords: Li-ion battery, Solid electrolyte interface, Resistivity, 4-point-probe technique, ab-initio calculation

In recent years, SEI is considered to be one of the factors that has a major effect on the performance of LIBs such as initial capacity loss, self-discharge characteristics, cycle life, rate capability, and safety. These properties are particularly the case for fast-charging batteries. However, little is known about the role of SEI on charging and discharging of LIBs because of the lack of reliable technique for measurement of electrical properties of SEI only. Therefore, most previous researches on the electrical properties of SEI have been focused on the cyclic current-voltage test and the electro-chemical impedance spectroscopy (EIS) test using a full cell. However, Considering that the volume fraction occupied by the SEI is very small (< 0.1%), it is difficult to resolve/extract the effect of a small amount of SEI in various factors existing in the batteries using a conventional analysis method for measuring the change of characteristics of full cell. Therefore, it is necessary to develop the new method to analyze the SEI in Li-ion battery. In this study, we report first experimental results of the electrical properties of SEI measured using the state-of-the-art direct-contact measurement technique based on electron microscopy combined with micro-electrical measurements.

[에너지2-4 | 11:25]

Spontaneous and Oriented Assembly of Natural Photosystems on Nitrogen-doped Carbon Nanotubes for Efficient Light Harvesting: Insu Kim¹, Jeonga Kim², Moon Young Yang¹, Hwiseok Jun², Nyeongbeen Jo¹, Gil Yong Lee², Sang Ouk Kim¹, Yoon Sung Nam²; ¹Department of Materials Science and Engineering, ²KAIST.

Keywords: Photosystems: Nitrogen-doped carbon nanotubes: Self-assembly: catalysts: light harvester

Solar energy is the cleanest and most abundant renewable energy (> 120,000 terawatts). To utilize solar energy to readily available energy forms, solar cells and photoelectrochemical cells have been demonstrated but their application is generally limited by low quantum efficiency arising from charge recombination. The natural photosystems, a biological solar energy harvester, has recently received increasing attention since charge recombination is efficiently suppressed and quantum efficiency is almost 1 due to bridging ligands and neighboring protein subunits. Despite the advantages of natural photosystems, however, the hybrid system of photosynthetic

protein complexes with solid electrodes or substrates has been reported with low quantum efficiency because of the use of polymer binder and lack of oriented design of the hybrids for efficient electron extraction. Herein, we report a spontaneous and oriented assembly of the natural photosystems on nitrogen-doped carbon nanotubes via electrostatic hybridization. Protonated nitrogen-doped sites on carbon nanotubes facilitate spontaneous electrostatic immobilization of the negatively charged stroma side of photosystem, providing a favorable orientation for a fluent electron transfer. Owing to the linker-free direct assembly and well-oriented hybrid structures, the photosystem/carbon nanotube hybrids exhibit high quantum efficiency of 94.8 % with current density of $1.25 \pm 0.08 \text{ mA cm}^{-2}$ at 0.3 V vs. Ag/AgCl, while photosystem/cationic polymer linker (SDS)/carbon nanotube hybrids exhibit very poor quantum efficiency of 30.6 % due to the insulating polymeric linker. This work emphasizes the importance of the linker-free assembly with the well-oriented hybrid structures in improving quantum efficiency as an efficient light harvesting hybrids.

[에너지2-5 | 11:40]

Aluminum-Air BATTERIES with ULTRAHIGH ENERGY DENSITY: Sangjin Choi¹, Wooyoung Shim²; ¹Department of Material Science and Engineering. ²Yonsei University.

There is growing interest in high-performance energy storage systems to meet the strong needs for high-energy-density and high-power devices. Metal-air battery systems could offer a low cost, environmental friendliness, and outstanding energy-storage capability. In particular, aluminum-air batteries are attractive systems due to their safe and energy-dense property. However, actual performances of them are far below the theoretical performances. Here, we show aluminum-air batteries adopting a sparked graphene oxide/silver nanoparticle cathode. The spark reaction makes the graphene oxide very porous structure that can provide a wide oxygen diffusion path. Moreover, silver nitrate is co-reduced by the reaction and becomes a silver nanoparticle which acts as a catalyst for the oxygen reduction reaction. The resultant aluminum-air cell shows very remarkable electrochemical performance and enough power to turn on various devices when connected in series. This work represents an advancement in aluminum-air batteries using a facile one-step spark reaction concept, showing a practical applicability of aluminum-air batteries.

[에너지3-1 | 13:00]

CeO_x/CoO_x Electrocatalyst for the Oxygen Evolution Reaction: junhyuk kim¹, Charles Buddie Mullins²; ¹RIST. ²University of Texas at Austin.

Keywords: Electrocatalysis, Oxygen evolution reaction, Cobalt

In this study, we report a novel bi-functional electrocatalyst based on a highly dense CoO_x catalyst by introducing CeO_x. The CoO_x catalyst is fabricated by two-step electrodeposition, including Co seed formation, to obtain a very dense, layered structure, and CeO_x is also successfully deposited on the CoO_x catalyst. The CoO_x is an active catalyst showing good activity ($\eta = 0.331 \text{ V}$ at 10 mA cm^{-2}) and also stability for the OER. Higher activity is observed with the CeO_x/CoO_x electrocatalyst ($\eta = 0.313 \text{ V}$ at 10 mA cm^{-2}). From mechanistic studies conducted with synchrotron based photoemission electron spectroscopy and DFT calculations, Ce promotes a synergistic effect by perturbing the electronic structure of surface Co species (facile formation to CoOOH) on the CoO_x catalyst and optimizes the binding energy of intermediate oxygenated adsorbates.

[에너지3-2 | 13:15]

Nanoscale Spatiodynamics of Lithium-Ion Battery Primary: 원종우; 서울대학교.

Keywords: lithium ion battery, stxm, synchrotron

Electrochemistry plays a significant role in energy storage and conversion technologies, such as lithium-ion batteries, fuel cells, and microbial fuel cells. Because of porous and heterogeneous nature of the electrodes in these applications, the conventional current-voltage measurement shows certain limit in untangling complexity of electrochemical reactions (charge transfer, mass transport, chemical reactions and so on). Here in my talk, I will introduce the in-situ electrochemical platform combined with synchrotron-based X-ray spectromicroscopy which visualizes nanoscale charge transfer and electrochemical reactions of individual battery particles.[1,2] Within individual particles, spatial variations in the electrochemical reaction rate control lithium ion insertion pathway. I will also discuss how this technique is expansively applied to other electrochemical systems in my group. [1] J. Lim et al "Origin and Hysteresis of Li Compositional Spatio-Dynamics within Battery Primary Particles", Science, 2016, 353, 566-571 [2] Y. Li et al "Fluid-enhanced Surface Diffusion Controls Intraparticle Phase Transformations" Nature Materials, 2018 in press

[에너지3-3 | 13:30]

Sparked Graphene Oxide Sheet for Wetting Layer of a Na-BASE Battery: Dana Jin¹, Sori Son², Yoon-Cheol Park³, Keeyoung Jung⁴, Wooyoung Shim³; ¹Department of Materials Science and Engineering. ²Yonsei University. ³Materials Research Division. ⁴RIST.

Keywords: Sodium-beta alumina battery, Liquid metal, Wetting, Sparked graphene oxide

Wetting liquid metal on the solid electrolyte of a liquid-metal battery determines the battery's operating temperature and performance. Liquid sodium electrodes are particularly attractive because of their low cost, natural abundance, and geological distribution, but wet poorly on a solid electrolyte near its melting temperature, limiting their widespread suitability for low-temperature batteries used for

large-scale energy storage systems. Herein we develop an sparked graphene oxide sheet as wetting layer that can improve sodium wetting in sodium-beta alumina batteries that allows operation at lower temperatures. Our results suggest that 'sodiophilic' layered structure with nanoscale- and microscale gaps of sparked graphene oxide sheet effectively host liquid sodium and increase the active area of the solid electrolyte. Cells with sparked graphene oxide sheet significantly improves cell performance. These results suggest that using a wetting layer (sparked graphene oxide sheet) is a promising but simple strategy for the development of low-temperature sodium-beta alumina batteries.

[에너지3-4 | 13:45]

셀룰로오스 나노크리스탈을 이용한 다공성 티타니아 박막의 습/건식 광촉매 소재로의 응용 및 특성 향상: 윤윤희, 양기욱, 김소영, 정철환, 이원희; *세종대학교 나노신소재공학과*.

Keywords: porous titania, cellulose nanocrystal, photocatalyst, specific surface area

광촉매의 역할을 하는 티타니아(titanium dioxide, TiO_2)는 태양에너지에 의해 산화, 환원과정을 거쳐 공기와 물 등을 정화할 수 있는 친환경적 물질이다. 그 중에서도 비표면적을 높임으로써 광효율을 극대화하기 위해 메조 기공을 가진 다공성 TiO_2 에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 추출이 쉽고 가격이 저렴한 셀룰로오스 천연소재를 이용하여 다공성 TiO_2 박막을 제조함으로써, 다공성 TiO_2 박막을 제조할 때 필요한 지지체를 제거해야 하는 후처리 공정을 생략할 수 있도록 하였다. TiO_2 전구체로 사용된 TEOT(titanium(IV) ethoxide) 용량 대비 셀룰로오스 나노결정(cellulose nanocrystal, CNC)의 질량비를 설정하여 용액을 합성할 때 포함시키고, 이 용액을 ITO 기판에 스핀코팅 한 후 하소를 진행할 때 박막에 존재하는 CNC가 자연스럽게 연소되어 기공을 형성하도록 유도하였다. 전구체 용액 속에 포함된 CNC의 비율을 조절하는 과정을 통해 박막의 기공도, 전체 기공의 부피, 그리고 비표면적을 제어할 수 있다. 또한 용액이 코팅된 박막의 하소 온도를 세분화하여 하소 온도에 따른 표면 형상 및 비표면적 등이 어떻게 달라지는지 확인하였다. 추가적인 공정으로써 TiO_2 의 흡수 파장을 자외선 영역에서 가시광선 영역으로 확장시키고자 전이 금속을 도핑하였는데, 원소로는 cobalt(Co), molybdenum(Mo), niobium(Nb), tungsten(W)을 사용하였다. 도핑 원소의 종류와 첨가량을 달리하여 광촉매 활성에 어떤 변화가 있는지 관찰하였다. 완성된 다공성 TiO_2 박막의 구조 및 정성적 분석을 위해 field emission gun이 장착된 scanning electron microscopy(FE-SEM), branauer-emmett-teller(BET), X-ray diffractometer(XRD), atomic force microscopy(AFM), X-ray photoelectron spectroscopy(XPS)를 이용하였다. 그리고 광학적 성질을 규명하기 위해 UV-Vis-NIR spectroscopy와 spectrophotometer를 이용하였고, 박막의 광활성 측정을 위해 waste material의 분해능을 관찰하였다. 셀룰로오스 나노결정(CNC)을 연소시켜 만든 다공성 TiO_2 박막의 기공 형상은 원재료의 모양 그대로 유지되었으며 CNC의 비율에 따라 표면의 morphology를 제어할 수 있었다. 박막의 비표면적은 하소 온도가 350°C , TiO_2/CNC ratio가 0.5일 때 $221.6 \text{ m}^2/\text{g}$ 으로 가장 높았다. 그리고 높은 원자가를 가진 전이 금속의 도핑에 의해 광촉매 특성 및 광분해 효율이 개선되었으며, 비표면적 역시 기존의 다공성 TiO_2 에 비해 20% 가량 높은 수치를 나타내었다.

[에너지3-5 | 14:00]

Nb_2O_5 나노입자 네트워크를 이용한 고성능 리튬저장물질 합성 및 전기화학적 특성: 김경배, 김재현; *국민대학교 신소재공학부*.

Keywords: niobium oxide, nano particle, network, lithium storage

하이브리드 슈퍼커패시터(HSC: Hybrid supercapacitor)는 전기화학 에너지저장장치의 고용량 전극과 고출력 커패시터 전극 사이의 간격을 줄이기 위해 활발히 연구되고있다. 특히, 적당한 이론 용량($\sim 200 \text{ mAh g}^{-1}$)과 우수한 사이클 성능으로 인해 나이오븀산화물(Nb_2O_5)은 HSC 전극물질로 큰 관심을 끌고있다. 그러나, Nb_2O_5 의 낮은 전자전도도는 여전히 해결해야 하는 주요 문제점 중 하나이며 이를 극복 하기 위해 탄소 복합화 및 전도성 물질의 표면 코팅과 같은 추가 공정이 필수적으로 고려되어 왔다. 본 연구에서는 열용매합성법을 이용하여 수십 나노 크기의 Nb_2O_5 나노 입자 네트워크를 합성하여 Nb_2O_5 물질간 물리적으로 연속적인 연결을 성공하였다. 이들 나노 네트워크 구조의 독특한 미세구조는 전자현미경 분석을 통해 확인하였고, BET 비표면적 측정을 통해 나노 입자들이 높은 비표면적과 기공율을 유지하며 그물망 연결을 유지하는 것을 확인하였다. 전기화학 분석 결과를 통하여, Nb_2O_5 나노 입자 네트워크 전극에 추가적인 탄소 복합화 없이도 내부의 네트워크 구조를 통해 전자 및 리튬 이온의 이동이 용이하게 됨과 안정적인 수명 특성과 더불어 향상된 고출력 특성이 나타남을 확인하였다.

타이타늄 Room 104, 10월 26일

[타이타늄 1-1 | 09:00]

항공용 타이타늄 소재 및 부품 기술개발 현황: 염종택, 박찬희, 이상원, 홍재근; 한국 기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: 타이타늄, 항공, 신합금, 공정 기술

군사용 항공기뿐만 아니라 민간 항공운송 분야에서 경량소재는 필수적으로 활용되고 있으며, 특히 항공기의 무게 절감효과의 극대화를 위해 비강도가 높은 타이타늄합금의 수요가 증가하고 있다. 국내 항공산업에서 타이타늄 소재 관점에서의 주요 관심사는 항공용 타이타늄합금 소재, 부품의 내수시장 활성화와 수출국 진입이 절실한 시점으로, 항공용 타이타늄 소재, 부품 상용화 제조기술 확립과 글로벌 항공용 타이타늄합금 부품 제조사 육성이 시급한 과제라고 할 수 있다. 이를 위해서는 고품위 저비용 타이타늄합금 소재, 부품 제조기술 확보를 통한 가격 경쟁력 확보가 최우선시 되어야 한다. 본 발표에서는 항공산업용 타이타늄소재에 대한 전반적인 기술개발 동향과 함께 각 공정별 타이타늄의 기술이슈를 살펴보고, 특히 국내 항공산업에서 육성이 절실한 타이타늄 소재 부품 시장현황 및 기술개발 동향에 대해 자세히 살펴보고자 한다.

[타이타늄 1-2 | 09:15]

Ti-6Al-4V 합금 박판 제조 공정 연구: 최미선, 이현석; 포항산업과학연구원

Keywords: 팽압연, 박판, 타이타늄합금, 열간압연

타이타늄 합금은 변형저항의 온도의존성이 크고 가공 중 온도 저하에 의해 가공하중이 커지기 때문에 박판 제조가 어렵다. 타이타늄 합금을 2 mm 이하로 두께를 제어하면 판재의 활용가치가 더욱 높아지는데 일반적인 압연으로는 소재의 열손실 및 스프링백 현상 때문에 제어가 난해하다. 이러한 소재는 고온에서의 표면 산화 방지와 열간가공성 향상을 위해 1장 또는 여러 장의 판재를 코어재로 하고, 그 상하 및 사면을 커버재로 덮어 진공 용접하여 캡슐화한 팽압연으로 제조한다. 본 연구에서는 cover재의 종류, 코어재와 커버재의 두께비율, 코어재의 개수 및 압하율에 따른 코어재의 압연성을 조사하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 커버재 S45C는 SS400 보다 코어재 형태양호 영역이 넓게 나타났으며, 압연 전의 코어재의 두께와 총두께의 비율이 0.3일 때 압연 전후 커버재의 두께와 코어재의 두께 감소율은 1을 나타내어 최적의 두께비율임을 알 수 있었다. 또한, 압하율이 증가할수록 코어재의 두께는 감소하고 총두께는 증가하여 큰 압하율에서는 코어재는 압연되지만 커버재는 압연되지 않아 코어재의 형태불량을 야기할 수 있다. 코어재의 개수가 증가할수록 동일 압하율에서 코어재의 두께는 얇아졌으며, 코어재의 압연중 복열량 증가에 의한 가공성 용이에서 기인하는 것으로 판단된다.

[타이타늄 1-3 | 09:30]

준안정 Ti-Al-Fe 합금의 인장거동: 이상원, 박찬희, 홍재근, 염종택; 한국 기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: 타이타늄 합금, 마르텐사이트 변태, 준안정상, 인장거동, 고강도

The quenching temperature dependence of tensile behavior of a Ti-Fe-Al alloy showing a α' -martensite transformation was investigated. The varied quenching temperatures yielded various martensitic transformations, such as quenching-induced and stress/strain-induced, because an occurrence of the Fe partitioning changed the kinetics of martensitic transformation. In addition to the transformation, martensitic reorientations in which multiple variants changed to single variants occurred and contributed on an inelastic deformation with extra strain. The alloy exhibited an excellent combination of strength and ductility

[타이타늄 1-4 | 09:45]

다단압연 공정을 통해 만들어진 초미세립 Ti-6Al-4V 합금의 저온 초소성 특성: 김건형¹, 이용문¹, 최성우², 홍재근², 이종수¹; ¹포항공과대학교 ²재료연구소

Ti-6Al-4V 타이타늄 합금은 높은 비강도를 가지며 고온에서도 우수한 기계적 성질을 나타내어 항공산업 등에 널리 사용되고 있다. 하지만 상온에서의 성형성이 열악하여 항공산업에서는 주로 superplastic forming/diffusion bonding의 방법으로 많은 성형품을 제조하고 있다. 이에 따라 초소성 특성을 향상시키며 초소성 발현 임계 온도를 낮추고자 하는 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 온도를 단계적으로 낮추며 압연하는 다단압연 공정을 이용하여 초미세립 Ti-6Al-4V 판재를 제조한 후 초소성 특성 평가를 목적으로 하였다. 고온인장시험은 923 K에서 1123 K사이의 온도 구간 및 10^{-2} /s에서 2×10^{-4} /s의 변형률 속도 조건에서 수행하였다. 고온인장시험의 유동응력곡선 분석 및 EBSD (Electron backscatter diffraction) 장비를 이용한 초소성 변형 전후의 미세조직 분석을 바탕으로 조건별 동적 재결정, 동적 결정립 조대화 거동을 분석하였다. 본 연구에서 얻은 주요결과는 다음과 같다. (1) 다단압연에 의해 제조된 Ti-6Al-4V판재는 비교적 저온인 923K (650°C)에서 840%이라는 높은 초소성 특성을 나타내었으며 기존의 동일 합금보다 더 낮은 온도에서 초소성 성질이 발현되었다. (2) 내부 전위 밀도, 온도, 변형률 속도에 따라 동적 재결정 및 동적 결정립 조대화 현상에 차이가 있었으며 결과적으로 초소성 특성에 영향을 주는 것을 확인하였다.

[타이타늄 1-5 | 10:00]

단일층상조직 및 혼합층상조직으로 구성된 Ti-6Al-4V 합금의 콜로니 크기에 대한 인장 및 인장파괴 특성: 이장호, Yan Chong, Nobuhiro

Tsuji; Kyoto University.

Keywords: Ti-6Al-4V, Lamellar, Bi-lamellar, Colony size, Tensile fracture

두개의 상 ($\alpha+\beta$)을 가지는 Ti-6Al-4V 합금은 미세조직의 형태에 따라 다양한 기계적 특성을 나타내는 것으로 보고된다. 대표적인 미세조직의 형태로는 등축정조직 (equiaxed), 혼합조직 (bi-modal) 그리고 층상조직 (lamellar)이 있으며, 층상조직에서는 동일한 결정 방향의 층상- α 들이 각각의 콜로니 (colony)를 구성하고 있다. 콜로니는 온도 및 변형률과 같은 가공열처리 조건에 따라 다양한 크기로 조절 가능하며, 이는 기계적 특성에 영향을 준다. 혼합층상조직 (bi-lamellar)은 기존의 층상조직에 추가적인 열처리를 통하여 2차 판상- α 를 β 상 기지 내에 석출시킴으로써 얻어지는 조직이다. 혼합층상조직 또한 콜로니로 구성되어 있으며 층상조직과 마찬가지로 콜로니 크기는 기계적 특성에 영향을 준다. 본 연구에서는 단일층상조직 및 혼합층상조직의 콜로니 크기를 효과적으로 미세화하기 위한 가공열처리 방법에 대해 제시하였으며, 각각의 콜로니 크기에서의 인장특성을 비교, 분석하여, 두 미세조직의 인장특성에 미치는 콜로니 크기의 영향을 고찰하였다.

[타이타늄2-1 | 10:25]

일메나이트광을 활용한 합성 루타일 제조 및 반응 메커니즘 규명에 관한 연구: 김진영, 이미선, 정은진; 포항산업과학연구원

Keywords: Synthetic rutile, ilmenite, selective chlorination, titanium tetrachloride, reaction mechanism

타이타늄을 포함하는 저품위 광석 중 하나인 일메나이트는 고품위 루타일 광석에 비해 저렴하며 매장량이 풍부하다는 이점을 가지고 있으나 다량의 불순물을 함유하고 있어 티타늄 제조 공정의 중간재인 $TiCl_4$ 제조 시 높은 순도를 확보하는데 어려움이 있으며 이 중에서도 매우 높은 비율을 차지하는 Fe의 영향이 크게 작용한다. 이러한 광석의 물리적 특성을 해소하기 위해 일반적으로 광석 내 Fe 성분의 선택적 제거를 통해 합성 루타일을 제조하여 이후 $TiCl_4$ 제조 공정에 원료로 활용되고 있으며 관련 연구가 지속적으로 진행되고 있으나 광석 내 Fe의 효율적 제거를 위한 반응 메커니즘을 규명하는 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 합성 루타일 제조 과정에서 나타나는 염화 반응거동 확인을 위해 광석의 반응시간에 따른 기공도, 입도 변화 및 잔여 성분 등을 분석하였으며 이는 광석 내 Fe의 효율적 제거를 위한 공정조건을 도출하는데 의미가 있다. 이를 통한 반응 메커니즘 규명과 광석의 고품위화에 필요한 공정 최적화를 도출할 수 있었다

[타이타늄2-2 | 10:40]

일메나이트 광의 염화반응 중 분산판 종류에 따른 유동 특성 연구: 이미선, 김진영, 정은진; 포항산업과학연구원

Keywords: Fluidized bed reactor: Ilmenite: Chlorination: Agglomeration

유동층 반응기 (Fluidized bed reactor)는 기체와 입자 사이의 열 및 물질 전달이 우수하고 반응기 내 등은 유지가 우수하다는 장점을 가지고 있으며, 이러한 장점 때문에 유동층 반응기에서 Ti 금속이나 TiO_2 pigment의 제조원료로 사용되는 $TiCl_4$ 를 제조하기 위한 일메나이트 광의 염화반응 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 일메나이트 광 ($FeO \cdot TiO_2$)은 30-65% titanium oxide (TiO_2)와 35% 이상의 iron oxide (FeO)로 이루어진 광물로, 일반적으로 일메나이트 내 FeO는 coke 존재하에 1차 염화반응을 통해 선택적으로 제거하고 잔류하는 TiO_2 의 2차 염화반응을 통해 $TiCl_4$ 를 제조한다. 그러나 FeO의 제거 공정 중 반응기의 벽에서 비유동 현상이 관찰되었고 이 비유동 구역에서 입자들의 응집현상이 확인되었다. 화학 분석을 통해 응집된 입자의 표면에서 새로운 Fe-Ti-O 화합물인 pseudobrookite ($FeTiO_3$)을 확인하였으며, 이것은 반응 생성물인 iron chloride에 기인하였다. 본 연구에서는 반응기의 벽 부분에서 발생하는 입자의 국부적인 비유동 현상의 원인을 CPFD 시뮬레이션 (Computational Particle Fluid Dynamics)인 Barracuda를 통해 파악하였다. 그리고 비유동 현상을 해결하기 위해 노즐의 개수, 크기 및 배치 조절을 통해 분산판의 차압을 조절하였으며, 분산판 종류에 따른 입자의 유동 패턴을 시뮬레이션하여 실험결과와 비교하였다.

[타이타늄2-3 | 10:55]

$TiCl_4$ 의 MW 플라즈마 수소환원에 의한 Ti 입상금속 제조에 관한 기초연구: 이목영, 이경황, 이도엽; 포항산업과학연구원

Keywords: Titanium powder, MW plasma, $TiCl_4$, Hydrogen reduction

티타늄은 우주항공, 생체재료, 스포츠용품 등에 널리 사용되는 대표적인 고부가가치 소재이다. 그러나 티타늄 제조 공정이 복잡하고 기술적 장벽이 높기 때문에 가격이 높아 적용에 제한이 따른다. 특히, 4차산업 혁명 시대 초기 구현을 위하여 핵심적인 분야인 3D 프린팅에서는 균일한 입도와 높은 구형화가 필수적이므로 분말의 단가가 매우 높다. 티타늄 분말은 티타늄 광석을 염화시키고, 마그네슘으로 치환하는 Kroll 공정으로 제조된 Sponge 티타늄으로부터 전통적인 Atomization 혹은 수소파쇄에 의하여 제조된다. 그러나 기존의 기술은 복잡한 공정으로 인하여 가격이 높고, 입도 및 형상 등 품질이 낮은 문제점이 있다. $TiCl_4$ 를 직접환원하여 분말을 제조하면 가격 혹은 품질 측면에서 많은 장점이 있으므로 다수의 연구자에 의하여 오랜 기간 연구가 이루어지고 있다. 플라즈마 수소환원에 의한 방법은 실험실적으로 규명이 되어 실용화 가능성이 높은 것으로 전망된다. 본 연구에서는 MW 플라즈마를 이용하여 $TiCl_4$ 의 수소환원으로 분말을 제조하는 기술에 관한 것으로, 개략적인 장치 구성 및 실험결과를 소개하고자 한다.

[타이타늄2-4 | 11:10]

Ilmenite의 염화반응 속도에 미치는 TiO_2 생성물층 내 기공 특성의 영향: 이소영, 박성훈, 손호상; 경북대학교

Keywords: ilmenite, chlorination, pore size, porosity, effective diffusion coefficient

백색 안료로 사용되는 TiO_2 나 금속 타이타늄을 생산하기 위한 중간재로서 $TiCl_4$ 를 제조할 때 루타일이나 일메나이트가 주로 사용되는데, 루타일은 TiO_2 의 함량은 높으나 매장량이 적어 상대적으로 철이 많이 포함된 일메나이트를 고순도화 공정을 거쳐 사용하고 있다. 일메나이트의 고순도화 과정에서 생성되는 기공이 이후 공정의 반응성 향상에 기여하나 일메나이트 선택염화반응에서 생성되는

생성물의 기공 특성에 관한 연구는 진행되지 않았다. 본 연구에서는 고정층에서 코크스 존재 하에 일메나이트로부터 Fe의 선택적 염화법에 의해 합성 루타일을 제조하였고 BET, porosimeter, SEM 분석을 통해 반응 생성물의 기공 특성을 파악하였다. 또한 기-고반응의 속도론 모델을 적용하여 반응 속도를 조사하여 각 반응 단계에서 반응 저항을 확인하였다. Porosimeter 분석 결과 macro pore의 porosity 및 pore size는 증가하였으나, BET 분석 결과 초기에 비해 반응 후 시료의 micro pore의 surface area 및 pore size는 감소하였다. 위 결과를 shrinking core model에 적용하여 염화반응의 속도를 계산하였을 때 반응 조건에서는 모든 온도구간에서 가스경계층을 통한 물질이동의 저항은 무시할 수 있었고, 저온에서는 주로 생성물층을 통한 확산 저항, 고온에서는 화학반응 저항이 주된 저항으로 작용하였다. 이는 온도가 높아질수록 macro pore의 크기가 증가하여 확산계수가 충분히 크기 때문이다. 또한 반응 온도가 높을수록 macro pore는 커지지만 BET 측정 결과 micro pore는 감소하였고, 계산 결과 tortuosity 또한 감소하였다. 이는 고온에서의 소결 현상으로 인하여 micro pore가 닫히기 때문인 것으로 사료된다.

[타이타늄2-5 | 11:25]

유도결합 플라즈마를 이용한 $TiCl_4$ 로부터 Ti분말의 합성에 대한 연구: 박성훈, 이소영, 김영준, 손호상; 경북대학교신소재공학부
Keywords: Titanium Tetrachloride, Titanium powder, Titanium synthesis, Hydrogen, Inductively coupled plasma

현재 상용화된 금속 Ti제조 프로세스인 Kroll법은 순도 높은 스펀지 Ti이 얻어지는 점에서는 우수한 기술이지만, 공정이 복잡하고 실수율의 문제로 생산성이 낮으며 제조비용이 높아서 Ti 수요확대의 큰 장애로 되어 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 다양한 Ti 신제련법이 연구되고 있으며, 본 연구에서는 유도결합 플라즈마를 이용한 $TiCl_4$ 로부터 Ti분말의 합성에 대해 검토하였다. $TiCl_4$ (99.9%, Sigma-Aldrich)로부터 Ti분말을 생성하기 위해 5 kW급 Inductively Coupled RF(Radio Frequency) Plasma를 사용하였으며, H_2 를 반응가스로 공급하였다. $TiCl_4$ 는 캐리어가스인 Ar가스를 사용하여 공급하였으며, 플라즈마 반응기 후단에 멤브레인 필터를 설치하여 합성된 Ti분말을 포집하였다. 포집된 Ti분말은 XRD 및 SEM, TEM, EDS 등을 이용하여 분석하였다. 실험 이후 생성된 Ti분말을 분석한 결과, 비정질상으로 나타났으며, 이는 Ti분말이 높은 유속의 가스로 인해 고온의 플라즈마 반응구역을 빠르게 벗어나며 따라 급격하게 냉각된 것에 기인한 것으로 사료된다. 또한 Ti 분말의 산소함량은 높은 수치를 나타내었으며, 이는 중간 생성물인 $TiCl_3$ 계 분말이 대기 중의 노출로 인해 산화된 것으로 판단된다.

[타이타늄3-1 | 13:00]

Study on Oxygen-rich Layer Formation on Surface of Commercially Pure Titanium: 이현석; 포항산업과학연구원(RIST).
Keywords: Titanium, Oxygen-rich layer, Oxidation

타이타늄은 산소와 결합 에너지가 매우 높을 뿐만 아니라, 최대 15 weight% 이상의 많은 양을 고용 가능하다. 타이타늄 내에 고용된 산소가 증가할수록 침입형 원소의 고용 강화 효과로 인하여 강도는 증가하고 성형성은 감소하게 된다. 타이타늄을 대기 중에 가열할 경우, 표면에는 Ti-O 산화 스케일이 형성되고 그 이하에 산소 고용으로 인한 고경도 층이 발생한다. 이러한 층을 산소부화층(Oxygen-rich layer)라고 하고 경질의 특성으로 인하여 냉간 압연이나 프레스 성형 등의 후공정 중에 표면 결함의 발생 위험이 크다. 따라서, 열간 단조 및 열간 압연 등의 공정 후에는 산소부화층을 제거하기 위한 표면 연삭 또는 산세 등의 공정들을 보통 수행한다. 본 연구에서는 공업용 순타이타늄 판재 표면의 산소부화층 형성 기구와 특성들을 살펴보고, 잔존할 경우 냉간 압연 공정 발생할 수 있는 결함들에 관하여 고찰하였다.

[타이타늄3-2 | 13:15]

비정질로부터 결정화 된 Ti-Ni계 합금의 기계적 특성 평가: 김연성¹, 김우철¹, 김정수¹, 김용주¹, 김원태², 김도향¹; ¹연세대학교 ²청주대학교
Keywords: amorphous, superplasticity, glass forming ability

TiNi based alloys are well known as shape memory alloy and it shows excellent super-elasticity in specific condition depending on transformation temperature of B2 phase to martensite. Despite these characteristic, due to the difficult to process for final product, the alloys are limited for industrial use. On the other hand, metallic glasses have good thermo-plastic forming ability in the super-cooled liquid region, enabling to fabricate metallic glass parts of desired shape. Therefore, if the crystallization product from the Ti-Ni based metallic glass is only TiNi-B2 phase that shows the super-elastic property at room temperature, to improve and simplify processing of the super-elastic alloys the metallic glass precursor can be used. In this study, a part of Ti and Ni are replaced with Zr and Cu maintaining equiatomic (Ti,Zr)/(Ni,Cu) ratio to improve the glass forming ability as well as to obtain isomorphous B2 phase as the crystallization product. Among the alloys investigated, the Ti35Zr15Ni35Cu15 alloy showed high glass forming ability which enabled the successful fabrication of fully amorphous ribbon with ~ 100 μ m in thickness and ~ 10 cm in width by melt-spinning process. The amorphous ribbon was fully crystallized into single B2 phase without forming any other crystalline phase. the mechanical properties of the crystallized B2 phase shows high martensitic transformation stress about 900 MPa and superior super-elasticity with the recovery strain of ~ 6 % in tensile test

[타이타늄3-3 | 13:30]

Ti-Ni-Cu Metallic glass에서 Zr 첨가에 따른 형성능, 결정화거동, 형상기억 특성 변화: 김우철¹, 김연성¹, 김용주¹, 김정수¹, 김원태², 김도향¹; ¹연세대학교 ²청주대학교

Keywords: Ti-Ni-Cu, shape memory alloy precursor, metallic glass, crystallization kinetics

Ti-Ni 이원합금은 1:1 조성비 부근에서 가역적인 마르텐사이트 변태에 의해 초탄성 또는 형상기억 특성을 나타낸다고 보고되어 왔

다. 이러한 재료의 독특한 특성을 이용하여 TiNi 형상기억 합금을 biomedical implant나 MEMS(Micro electro mechanical system)에 적용하려는 노력들이 이어져오고 있다. TiNi 합금을 제조하는 방법으로는 일반적으로 forging, rolling, drawing과 같은 열기계적 공정을 필요로 한다. 하지만 TiNi의 경우 가공성이 떨어져 이러한 공정법을 적용할 수 있는 합금 조성이 제한적이라는 한계가 존재한다. 최근에는 이러한 공정상 한계를 극복하기 위해 새로운 공정법 즉 분말야금법, sputtering, additive manufacturing과 같은 시도가 이어져 오고 있다. 한편, 액상의 금속을 급랭시켜서 제조가 가능한 Metallic glass는 과냉각 액체영역에서 유리화에 의해 커다란 점도감소를 나타낸다. 이를 이용하여 metallic glass를 열가소변형시키면 nanoscale의 정밀한 성형이 가능하다. 따라서 Metallic glass의 열가소변형 특성을 형상기억 특성을 나타내는 합금계에 적용한다면 TiNi의 낮은 성형성을 극복하면서 동시에 형상기억특성을 나타내는 재료를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 Ti-Ni-Cu계 비정질 합금에 Zr을 첨가시에 나타나는 효과에 대해 연구하였다. 첫번째로 다양한 두께(30 μm , 100 μm , 500 μm)의 리본 및 판상시료를 제작하여 형성능에 미치는 영향을 살펴보고, 두번째로 결정화거동을 조사하여 결정화 이후에 형상기억합금으로 사용가능한지 여부를 판단하였다. 또한 결정화 이후에 초탄성특성을 나노인덴터를 통해 확인하여, 최적의 형성능 및 초탄성 특성을 동시에 만족시키는 합금을 찾아내었다.

[타이타늄3-4 | 13:45]

Electrorefining of Titanium from CuTi Alloy in Fluoride Molten Salt: 리블라디슬라브¹, 유병욱², 이영준³, Hayk Nersisyan³, 이종현¹; ¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 에너지과학기술대학원, ³충남대학교 금속응고신소재연구소

Keywords: Titanium, Electrorefining, Molten salts

There are many researchers studied electrochemical behavior of titanium ions introduced by addition of K_2TiF_6 , TiCl_x and TiF_x in chloride and fluoride electrolytes, however, there is no research about BaTiF_6 . Thus, this research contains a novel process of usage of BaTiF_6 as a solvent in fluoride molten salt at 700C. There is also a novel process of titanium ingot preparation is described, where electrorefining of titanium from CuTi alloy is one of the technological step. Electrochemical behavior of titanium ions was investigated by cyclic voltammetry and anodic polarization measurement methods. Then titanium electrorefining process was investigated by chronopotentiometry method using CuTi rod as an anode (CE) and nickel plate as a cathode (WE). Morphology of deposited titanium was studied with various current density, applied to the nickel working electrode during electrolysis. XRD, SEM and EDS analyzes were used to investigate phase composition, particle size and impurities of obtained deposits.

[타이타늄3-5 | 14:00]

Global and Local Strain Rate Sensitivity of Commercially Pure Titanium with Different Oxygen Contents: 이민수¹, 현용택², 진태성¹; ¹인천대학교, ²재료연구소

Keywords: commercially pure titanium (CP-Ti), oxygen contents, strain rate sensitivity (SRS), deformation behavior, nanoindentation

Titanium and its alloys are extensively used in various applications (e.g. aerospace) due to their high strength-to-weight ratio, corrosion resistance and excellent mechanical properties. However, understanding their deformation behaviour is rather complicated due to highly localised deformation and elastic/plastic anisotropy inherent to hcp crystal structure of Ti. Oxygen contents in titanium increase the c/a ratio and restrain activation of favorable slip inducing the strengthening (i.e. solid solution strengthening [1, 2]). Even higher oxygen contents is likely to affect not only the suppression of twinning deformation [2] but also pyramidal slip activities [3]. Recent work reveals the significant slip system dependent rate sensitivity of single α -phase in dual-phase Ti alloys [4, 5], though its fundamental mechanistic insight is still unclear. To investigate the effect of oxygen contents on strain rate sensitivity (SRS) of titanium, global and local strain rate sensitivity were investigated by constant strain rate method (CSR) through the tensile test and strain rate jump (SRJ) test using nanoindentation, respectively. To identify the effect of oxygen contents, commercially pure titanium (CP-Ti) Gr. 1 and Gr. 4 were carefully sectioned and metallographically prepared. EBSD measurement was carried out to analyse the initial texture of CP-Ti that could be a primary deformation indicator in macroscopic level. Local crystallographic orientations were characterised to perform nanoindentation test on the individual grains reflecting the crystallograph anisotropy of single α -phase of CP-Ti. The global SRS was estimated with respect to hardening, anticipated primary slip activities (i.e. basal and prismatic slip) and deformation twinning to analyse the effect of oxygen contents on rate-sensitive deformation behaviour of α -phase Ti. The local SRS behaviour was also evaluated with respect to crystal orientations and compared with the global trend. These findings contribute to understanding effect of oxygen contents on SRS of Ti and screening new microstructure design, revealing the correlation between deformation in macro- and micro level.

[타이타늄4-1 | 14:25]

가스터빈엔진 Bowed Rotor 현상과 압축기 Blade 손상사례: 김남극, 손경숙, 양성운, 전병철, 배중우; 공군 항공기술연구소

Keywords: Gas Turbine Engine, Bowed Rotor, Blade Failure, Fractography

가스터빈엔진의 고유한 특성중 하나인 ‘Bowed Rotor’현상은 엔진이 냉각되는 과정에서 엔진 내부의 온도구배가 발생하여, Rotor가 활차럼 휘는 현상을 말한다. 고속으로 작동하는 엔진에서 ‘Bowed Rotor’현상이 발생하게 되면, 엔진 압축기와 내벽 사이의 간격(Clearance)이 변화되며, 경우에 따라 심한 마찰을 일으키게된다. 이에 따른 하중과 진동, 마찰열은 압축기 Blade에 심각한 손상을 유발할 수 있으며, Blade의 손상은 비행중 사고로 이어질 수 있는 중요한 문제로 발전될 수 있다. 본 연구에서는 실제 항공기에 장착되는 가스터빈엔진을 이용하여 ‘Bowed Rotor’ 현상의 원인이 되는 열구배 현상에 대해 분석하였으며, 이러한 Bowed Rotor 현상

으로 인해 발생 가능한 Blade 손상 유형을 구분하고 파단면 및 금속조직 분석을 통해 Blade 손상 메커니즘에 대한 연구를 진행하였다.

[타이타늄4-2 | 14:40]

타이타늄 스크랩을 활용한 저산소 타이타늄 2원계 합금 분말의 제조: 김태현, 오정민, 임재원; 전북대학교 신소재공학부
 Keywords: Titanium, Binary alloy, Scraps, HDH, Deoxidation

타이타늄은 경량·고강도·고내식성의 우수한 성질로 많은 산업분야에서 사용되며, 최근 3D 프린팅 기술의 발전과 함께 우수한 분말 야금의 재료로써 각광받고 있다. 그러나 타이타늄의 강한 산소 친화력 때문에 분말화에 따른 산소 농도 증가는 불가피한 실정이므로 재료의 고부가가치화를 위한 산소 저감은 필수적이다. 따라서 본 연구는 타이타늄 스크랩을 활용하여 2원계 합금을 제조하고 수소화-탈수소화(HDH, Hydrogenation-Dehydrogenation) 및 고상탈산법(DOSS, DeOxidation in Solid State)을 통하여 저산소 타이타늄 2원계 합금을 제조하였다. 사용된 타이타늄 합금은 순 타이타늄 스크랩과 첨가 원소 Nb, Fe를 각각 73: 27 및 65: 35의 중량비로 진공 아크 용해를 실시하여 합금 잉곳을 제조하였다. 이 후 수소화-탈수소화를 통하여 합금 분말을 제조하였으며, 제조된 Ti-Nb 및 Ti-Fe 합금 분말의 산소 함량은 각각 2,995 ppm 및 4,635 ppm이었다. 이어서 고상탈산법에 의해 제조된 저산소 Ti-Nb 및 Ti-Fe 합금 분말의 산소 함량은 각각 335 ppm 및 1,250 ppm으로, 타이타늄 스크랩을 활용하여 수소화-탈수소화 및 고상탈산법을 통하여 저산소 타이타늄 2원계 합금 분말의 제조가 가능하였다.

[타이타늄4-3 | 14:55]

타이타늄 클래드판재의 부식 특성 및 기계적 특성 분석: 이동근¹, 박양균¹, 윤창석¹, 이상로²; ¹순천대학교 ²에이원ENG
 Keywords: Titanium clad, Interface, Corrosion resistance

Titanium and its alloy have excellent corrosion resistance and high temperature heat resistance, but they have week electric and thermal conductivity. Titanium is selected to suitable materials for various heat exchangers in spite of its price. In this study, Ti/Cu clad plate was fabricated by rolling process and explosive process in order to satisfy excellent corrosion resistance and high thermal conductivity. Characteristics of clad plate was dependent on manufacturing method, especially with dissimilar metal sheets. Interface and joining surface properties can affect the mechanical and chemical properties of the whole clad plate. Morphology of Ti/Cu clad interface by cold rolling was sound, but some week bonding and area defects were observed in the interface region. Ti/Cu interface by explosive welding was very strong and sound, which had complex interface path and vortex shape. It can induce to high interfacial bonding between the dissimilar metal sheets, even if there are easy formation of intermetallic compounds of Ti-Cu elements.

[타이타늄4-4 | 15:10]

수소 플라즈마 아크 용해에 의한 TiAl 혼합체 스크랩의 정련 효과: 이도선, 임재원, 오정민; 전북대학교 신소재공학부
 Keywords: TiAl, HPAM, Oxygen, Hydrogen, GDMS

본 연구에서는 Ti-40at.%Al 혼합체 스크랩을 이용하여 수소 플라즈마 아크 용해 (Hydrogen Plasma Arc Melting, HPAM)에 의한 TiAl 합금 제조 및 정련 효과를 연구하였다. 실험은 철강 탈산제용 혼합체 스크랩이 사용되었고, 진공 분위기에서 Ar + 20vol.%H₂ 혼합가스를 주입하여 상압 조건을 충족시킨 후에 HPAM을 실시하였다. 혼합체 스크랩과 제조된 TiAl 합금을 X-선 회절분석, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), 산소 분석기, Glow Discharge Mass Spectrometry (GDMS)를 이용하여 분석하였다. 연구 결과 단순 혼합체 형태의 Ti와 Al들이 용해되어 TiAl 합금이 제조되었고 γ-TiAl상만 관찰되었다. 30분 동안 정련된 잉곳의 산소 함량과 불순물의 함량은 각각 490 ppm, 49 ppm으로 혼합체 스크랩 대비 저감률은 62.6%, 65.5%였다. 정련된 TiAl 합금 내 γ-TiAl상 격자내의 산소가 이탈하여 perovskite 구조로부터 L10로 변화되고 면간거리와 격자상수가 감소되었다. HPAM 중 용융 TiAl 합금에서 증발한 아산화알루미늄은 수소에 의해 환원되어 Al 상태로 얻을 수 있었다. 결과적으로 30분 동안 HPAM 후 상용 TiAl 합금 기준에 준하는 잉곳을 제조할 수 있었다.

제20회 피로 및 파괴 심포지엄
Room 105, 10월 26일

[피로1-1 | 09:00]

NDI Demonstration Program for Initial Flaw Detection Capability for Damage Tolerance Analysis: Young Hwan Jang¹, Yong Nam Kwon², Yoo In Jeong¹; ¹Korea Aerospace Industries, LTD., ²Korea Institute of Materials Science.

Keywords: NDI Demonstration Program, Magnetic Particle Inspection, Initial Flaw

Initial flaw assumption is required for damage tolerance analysis for all fracture critical parts. NDI demonstration program is conducted to demonstrate detection capability on a specific flaw size with 90% probability of detection at a confidence level of 95%. This study covers design and fabrication of specimens with a flaw for the flaw detection capability using magnetic particle inspection method. The notch was initially machined by EDM method, and then the notch was plastically deformed by rolling or forging to make a linear flaw like fatigue crack. The length of initial flaw was controlled by proper reduction/forging ratios based on experiments and computational method. Both surfaces of all specimens to be inspected were coated with primer and topcoat to minimize the tendency of a manual inspector to "learn the specimens." The specimens with an initial flaw were successfully fabricated, and will be used for the NDI demonstration program for the initial flaw detection capability.

[피로1-2 | 09:20]

Metallic Materials with Outstanding Fracture Toughness Values at Cryogenic Temperatures: 박준혁¹, 이관호¹, 조용희², 손석수³, 이성학², 성효경¹, 김상식¹; ¹경상대학교, ²포항공과대학교, ³Max Planck Institute for Iron Research.

Keywords: fracture toughness, high-Mn steels, high entropy alloys, cryogenic temperature

Fracture toughness values of high-Mn steels, stainless steels, and high entropy alloys so-called "cryogenic materials" were determined with varying temperature. The fracture toughness results were compared to those of Charpy impact tests. Excellent J-integral fracture toughness values were measured in the all cryogenic materials at ambient and cryogenic temperatures. It was found that the trends in varying J-integral fracture toughness values of cryogenic materials with decreasing temperature were different to that of Charpy impact test results. The electron backscatter diffraction and micrographic analyses proposed that the deformation behaviors of cryogenic materials were affected by varying stacking fault energies with different temperatures. The fracture toughness results of all the cryogenic materials were discussed based on the fractographic and microscopic observations.

[피로1-3 | 09:40]

Ti-6Al-4V 합금의 피로 및 피로균열전파 거동: 안수진¹, 박상후¹, 김수민¹, 이다은¹, 김상식¹; ¹나노신소재융합공학과, 경상대학교

Keywords: Ti-6Al-4V, fatigue, fatigue crack propagation

항공우주용으로 널리 사용되는 Ti-6Al-4V(Ti64) 합금의 미세조직은 등축정 조직, 침상 조직 그리고 이 두 조직이 혼합되어 있는 혼합 조직으로 대별될 수 있으며, 이러한 조직의 차이에 따라 피로 및 피로균열전파 거동은 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. 많은 경우 Ti64 합금의 피로 및 피로균열전파 거동은 전술한 조직적 인자 외에도 다양한 인자들에 영향을 받아 복잡한 양상이 관찰된다. 실제로 여러 인자들이 피로 및 피로균열전파 거동에 미치는 영향이 명확히 밝혀져 있지 않음에도 불구하고 오래전부터 사용되어 왔던 합금이라는 이유로 이에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 밀소둔(mill-annealed) 및 베타 소둔(beta-annealed)된 Ti64 합금의 피로 및 피로균열전파 거동에 미치는 조직적 인자의 영향을 조사하였다.

[피로1-4 | 10:00]

항공기 구조물 조립 공정을 고려한 피로수명 평가 방법 연구: 이철주, 구가은, 정근완, 서창보; 한국항공우주산업주식회사

Keywords: fretting fatigue, aircraft structure, high cycle fatigue, stress concentration, crack

항공기 구조는 재료 특성을 최대한 활용하기 위해 대부분 패스너를 사용하여 조립된다. 구조물조립은 구조물에 구멍을 가공한 다음 패스너를 삽입하여 체결되며 구멍을 가공한 후에는 구멍 주변의 이물질을 제거하거나 구멍 리밍 작업을 수행하여 표면상태를 통해 가공에 따른 재료의 품질 저하를 방지한다. 또한 조립 중에 과도한 토크 하중이 부과되지 않도록 규정된 토크 하중을 적용한다. 이러한 노력에도 불구하고 조립 특성상 구멍 주위의 이물질을 제거할 수 없거나 부품간의 불규칙한 간격의 존재로 조립단계에서 패스너와 구조물에 조립 하중이 부가된 상태로 항공기는 운용된다. 다양한 종류의 패스너와 구멍의 크기와 토크 하중으로 조립된 구조물은 운용 중 반복하중에 의해 응력집중 부위에서 균열이 시작되는 것이 일반적이며, 수명해석도 응력집중부위를 취약부위로 간주하여 수행하고 있으나 이물질이나 토크 하중으로 인해 응력집중부위가 아닌 곳에서 균열이 시작되는 경우가 많다. 따라서 정확한 피로 수명을 평가하기 위해서는 항공기 조립 조건에 추가하여 시편의 제작 상태와 시편 조립에 따른 피로 수명 영향을 고려하여 시험을 수행하여야 한다. 본 연구는 시편 제작 단계에서 발생할 수 있는 시편 표면 상태와 패스너 체결 하중에 따라 피로 균열이 발생하는 위치와 균열 진전 거동을 분석하여 신뢰성 있는 프레팅 시험용 시편 제작과 시험 조건을 선정하는데 있다.

[피로2-1 | 10:30]

피로 환경에서 크랙 생성 및 성장 속도 예측 사례: 권용남, 이동준, 박태오; 재료연구소 항공우주재료연구센터.

Keywords: fatigue, crack initiation, crack growth

금속의 피로는 균열의 생성과 성장에 의해 진행된다. 일반적으로 균열의 생성은 응력의 크기에 비례하며 안전수명해석(safe life analysis)을 통해 구조물의 피로수명을 계산한다. 이에 반해 초기에 일정한 크기의 균열을 가정하는 손상허용해석(damage tolerant analysis)은 응력확대계수범위에 따른 균열의 성장속도를 기초로 피로수명을 계산한다. 일반적으로 자동차 산업 등에서는 안전수명해석을 기반으로 부품의 피로수명을 계산하며 항공기 기체의 경우는 손상허용해석에 따른 피로설계를 수행한다. 본 연구에서는 간단한 형상의 시편을 대상으로 피로균열의 생성 및 성장에 대한 해석 및 실험을 수행하여 소재의 피로특성을 기술하는 안전수명 및 손상허용설계의 연계하는 시도를 하였다. AI 시편에 기계가공 노치를 삽입한 후 피로 하중을 가하여 피로균열을 생성하였으며 이후 피로 성장속도를 측정하였다. 이상의 피로균열생성 및 성장에 대한 안전수명해석 및 피로균열성장 해석을 실시하여 실험결과와 비교를 수행하였다. 이를 통해 특정한 형상을 가지는 부품의 수명을 예측하는 시도를 수행하였다.

[피로2-2 | 10:50]

FeMnAlC 경량철강 주조합금의 Si 첨가에 따른 원자단위 변형거동 고찰: 홍현욱¹, 김치원¹, 이재현¹, 이봉호², 장재훈³, 문준오³, 이창훈³, 박성준³, 이영주⁴; ¹창원대 신소재공학부, ²대구경북과학기술원 중앙기기센터, ³재료연구소 철강재료연구실, ⁴포항산업과학연구원 신금속연구그룹.

Keywords: Lightweight Steel, 3D Atom Probe Tomography, Dislocations, Precipitation, First-Principles Calculations

The aging hardenable Fe-Mn-Al-C austenitic steels, which is being considered as Advanced High Strength Steel (AHSS) with high specific strength levels, have been reappraised because of their low density as well as excellent plasticity. Al addition of 9 to 10 weight % makes it possible for the steel to be up to 15% lighter than traditional steels. The stacking fault energy (SFE) of the lightweight steels was estimated to be as high as 80–110 mJ/m². The high stacking fault energy of the Fe-Mn-Al-C austenitic lightweight steels shifts the dominant deformation mechanism from transformation-induced plasticity (TRIP) or twinning-induced plasticity (TWIP) to dislocation gliding characterized by planar slip. Age hardening can be attained by the homogeneous and coherent precipitation of nano-sized κ -carbide with a chemical formula (Fe,Mn)₃AlC_{1-x}. Up to date, it has been merely known that the nano-sized κ -carbide is responsible for the homogeneous shear band formation accompanied by planar slip, resulting in a shear band induced plasticity (SIP). In the present study, the nano-sized κ -carbide precipitation and its interactions with dislocations during room temperature tensile testing have been investigated in a cast austenitic Fe-30Mn-9Al-0.9C-0.5Mo lightweight steel with or without 1 weight % Si addition. Atomic-scale analysis using by three dimensional atom-probe tomography confirmed that Si addition accelerates the formation kinetics of the κ -carbide, and increases remarkably the partitioning coefficient of carbon by more than 2 times. The Si addition facilitates the partitioning of carbon to κ -carbide during aging from (Fe,Mn)₃AlC_{0.38} to (Fe,Mn)₃AlC_{0.51}. Reduced plasticity was found in 1% Si-added specimen where one directional shearing of κ -carbide was prominent. Novel insights into dislocation- κ -carbide interactions are discussed in terms of atomistic shear. First-principles calculations indicated that the energy required for $a/2\langle 110 \rangle$ shearing of κ -carbide in the aged 1%-Si steel is higher (561 mJ/m²) than that in the aged Si-free steel (494 mJ/m²). Therefore, Si addition leads to a significant energy difference for shearing and results in different shear bands formation.

[피로2-3 | 11:10]

Microstructural Factors Related to Fracture in Lightweight Steels with Enhanced Corrosion Property: Chang-Hoon Lee¹, Kyeong-Won Kim¹, Sung-Dae Kim¹, Heon-Young Ha¹, Jae Hoon Jang¹, Joonoh Moon¹, Seong-Jun Park¹, Tae-Ho Lee¹, and Young-Joo Lee²; ¹Korea Institute of Materials Science, ²Research Institute of Industrial Science and Technology.

Keywords: Lightweight steels, Cr, corrosion, austenite, ferrite, κ -carbide, Cr₇C₃ carbide

Many researchers have paid attention to Fe-Mn-Al-C lightweight steels for automobile steels to improve energy efficiency. However, there are few researches on corrosion resistance of lightweight steels. Fe-Mn-Al-C lightweight steels with Cr for enhanced corrosion properties was investigated in this work. There is a drastic change in microstructures of Fe-Mn-Al-C lightweight steels with Cr contents. From 0 to 5 wt.% of Cr in Fe-20Mn-12Al-1.5C steels, the fraction of κ -carbide decreased gradually and a slight increase in the amount of austenite and decrease in ferrite occurred with increasing Cr. It results from that Cr, a strong carbide former, prevents precipitation of κ -carbides and thereby soluble C increases. At 6 ~ 8 wt.% of Cr, Cr-rich M₇C₃ carbides precipitated and the fraction of ferrite increased since Cr acts as a carbide former as well as a ferrite stabilizer. The yield strength (YS) and ultimate tensile strength (UTS) decreased and elongation increased significantly with Cr contents up to 5 wt.%. Over 6 wt.% of Cr, strengths increased, but elongation decreased drastically due to the precipitation of brittle Cr₇C₃ carbides. Fe-20Mn-12Al-1.5C lightweight steel shows the best combination of strengths and elongation at 5 wt.% of Cr. as well as the best corrosion property due to less heterogeneous microstructures with austenites and κ -carbide inside austenites and very small amount of ferrite.

[피로2-4 | 11:30]

가스터빈엔진 Bowed Rotor 현상과 압축기 Blade 손상사례: 김남극, 손경숙, 전병철, 배중우; 공군 항공기술연구소

Keywords: Gas Turbine Engine, Bowed Rotor, Blade Failure, Fractography

가스터빈엔진의 고유한 특성중 하나인 ‘Bowed Rotor’현상은 엔진이 냉각되는 과정에서 엔진 내부의 온도구배가 발생하여, Rotor가 활처럼 휘는 현상을 말한다. 고속으로 작동하는 엔진에서 ‘Bowed Rotor’현상이 발생하게 되면, 엔진 압축기와 내벽 사이의 간격(Clearance)이 변화되며, 경우에 따라 심한 마찰을 일으키게된다. 이에 따른 하중과 진동, 마찰열은 압축기 Blade에 심각한 손상을 유발할 수 있으며, Blade의 손상은 비행중 사고로 이어질 수 있는 중요한 문제로 발전될 수 있다. 본 연구에서는 실제 항공기에 장착되는 가스터빈엔진을 이용하여 ‘Bowed Rotor’ 현상의 원인이 되는 열구배 현상에 대해 분석하였으며, 이러한 Bowed Rotor 현상으로 인해 발생 가능한 Blade 손상 유형을 구분하고 파단면 및 금속조직 분석을 통해 Blade 손상 메커니즘에 대한 연구를 진행하였다.

[피로3-1 | 13:30] 초청강연

Histories of Fatigue, Creep, Fracture, Cyclic Creep, and Creep-Fatigue Interaction. And the Introduction of the Normalized Life Prediction Model Under Creep-Fatigue Interaction Conditions.: Soo Woo Nam; KAIST.

Keywords: Fatigue, Creep, Creep-Fatigue interaction, Cyclic Creep, life prediction

In early 19th century, the term “fatigue” was first introduced by the French scientist, J. V. Poncelet, by observing failure of axel of mill wheel. After this observation, it is understood that accumulation of many stress cycles leads to a crack and finally sudden failure occurs. And in 1867, Wöhler had introduced S-N curve. Later, in 1910, Manson and Coffin proposed Manson-Coffin relationship for life prediction. In 1882, the first power plant was constructed and occurred serious failure by creep. In 1910, Andrade first studied the creep phenomenon theoretically. Since then, there were many famous scientists investigated various creep phenomena to introduce the rate equation for the normalized thermally activated time dependent plastic deformation. Early 1960, cyclic creep becomes interesting phenomenon to explain the failure mode of the structural parts in power plant due to interrupted cyclic operation. Early 1970, since nuclear power plants are operated for 24 hour basis, the life of structural parts in thermoelectric power plants, which is operated during the time of peak electricity, experience damage by creep and fatigue, i.e., creep-fatigue interaction failure. In the main part of this talk, the first topic is the life prediction model by grain boundary cavity formation and growth. For this topic, experimental observations are expressed in mathematic equations for cavity formation and growth by cycle to obtain the estimated life under creep-fatigue conditions. Finally, Using the normalized life prediction equation, the damage function, suggested for the first time by Nam, is obtained to normalize the Coffin-Manson relations in many different creep-fatigue conditions. Using this normalized Coffin-Manson relationship, the life under new test conditions are easily estimated without additional experimental tests.

[피로3-2 | 14:00]

항공용 금속소재의 파괴인성 거동 연구: 이동준¹, 김대용¹, 권용남¹, 전현희², 장영환²; ¹재료연구소, ²한국항공우주산업주식회사.

Keywords: Fracture toughness, Aerospace materials, Digital image correlation

일반적으로 재료의 파괴인성 시험은 ASTM E399에 의거한 평면변형 파괴인성 시험을 바탕으로 하고 있으나, 이는 소재의 두께가 충분히 두꺼운 평면변형조건(Plane strain condition)에서의 파괴인성 값이다. 소재의 두께가 얇아질수록 평면변형조건에서 평면응력조건으로 바뀌면서 파괴인성값은 점점 증가하게 된다. 본 연구에서는 평면응력 파괴인성시험(ASTM E561)에 대한 소개와 함께, 소재의 두께와 미세조직의 차이에 따른 파괴인성을 측정하였다. 또한, 평면응력 조건에서의 파괴인성값에 영향을 미치는 인자에 대한 연구를 위하여, 균열선단에서의 미세조직의 변화를 EBSD(electron backscatterd diffraction)를 이용하여 측정하였고, 시편 표면에서 발생하는 소성변형량을 DIC(digital image correlation)기법을 활용하여 측정하였다.

[피로3-3 | 14:20]

Carbon-Epoxy UD Tape 피로 수명에 미치는 섬유상 배열의 영향: 심성윤, 정대호, 정유인, 윤종호; M&P팀, 한국항공우주산업주식회사.

Keywords: Fatigue, Composite, Carbon fiber, Carbon-epoxy

Carbon-Epoxy 복합재는 우수한 정적물성과 부식 안정성을 나타냄에도 불구하고, 동적물성은 강화상의 배열상태, 제조 설비, Curing 압력 등에 의한 편차가 발생하므로 항공 구조물 제작에 보수적으로 적용되고 있다. 본 연구에서는 동일 조건에서 제작된 시편을 이용하여 S-N 피로 수명을 평가하고 피로 수명 편차에 대한 원인을 알아보고자 하였다. S-N 피로 시험 결과, 각 시편의 피로수명은 큰 편차를 나타내었으며, 복합재의 강도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 Carbon Fiber의 분율은 유사한 반면, Carbon Fiber의 배열상태는 상이함을 확인하였다. 이러한 Carbon Fiber의 배열 상태는 복합재료의 피로 저항성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

[피로3-4 | 14:40]

Uncertainty Quantification in the Loading Boundary Condition of Fatigue Crack Growth Using Bayesian Network Model: Dooyoul Lee, Hwasoo Kim, Minsang Kim, Joongwoo Bae; Aero Technology Research Institute, Republic of Korea Air Force.

Keywords: Fatigue, Uncertainty, Calibration, Validation, 4th Industrial Revolution

The nature of fatigue crack growth is probabilistic. Among all factors, getting a loading boundary condition is the most challenging and costly. As an operator, RoKAF (Republic of Korea Air Force) has a considerable inspection and failure data. Using 4th industrial revolution technology of data analysis, inspection and failure data were analyzed to get the parameters of a loading distribution. Based on Bayesian network model, a fatigue crack growth law and inspections were merged together. Given prior loading distribution, a

forward calculation was conducted, then, a backward calculation was done to calibrate the parameters of the loading distribution. Part of the inspection data was used to validate the calibrated model. Field example of gas turbine generator will be presented.

[피로4-1 | 15:10] 초청강연

Structural Integrity Issues in Military Aircraft: Hongchul Lee; Maintenance Group, The 20th Tactical Fighter Wing, Republic of Korea Air Force.

Keywords: Aircraft Structural Integrity Program, Service Failures, Durability, Fatigue Damage,

It is the purpose of this presentation to discuss the evolution of Aircraft Structural Integrity Program (ASIP) and to identify the changes in the program that will meet these challenges in the future. The ASIP defines all of the structurally related activities on an aircraft from initial development until retirement. It provides the engineering discipline and management framework associated with establishing and maintaining structural safety in the most cost-effective manner through a set of defined inspections, repairs, modifications and retirement actions. Especially, in this presentation several service failures are discussed as milestones in the aircraft industry's approach to structural integrity. Analyses and lessons learned from them improved the aerospace community's knowledge of the problems involved in ensuring aircraft safety and durability. While the ASIP initially evolved from an initial focus on preventing catastrophic loss of aircraft and fatalities due to evolving fatigue damage in metallic structures, today the program faces new challenges because of need to maintain aircraft longer in an environment of reduced funding levels. Additionally, the emphasis has been expanded to ensure that structural performance also meets planned cost and availability targets.

[피로4-2 | 15:40]

Atmospheric Corrosion Monitoring of Aircraft Structural Alloys at Air Force Bases: Minsaeng Kim, Dooyoul Lee, Jihoon Wu, Sungryul Park, Joongwoo Bae; Aero Technology Research Institute, Republic of Korea Air Force.

Keywords: Atmospheric Corrosion, Environment Severity Index

The rate of corrosion is highly dependent on the severity of the environment. RoKAF (Republic of Korea Air Force) has recognized that the prevention and prediction of corrosion defect is the crucial factor for maintaining the structural integrity of aging aircraft. To categorize each Air Force base by its environmental severity, atmospheric corrosion monitoring was conducted using metallic coupons and relative humidity sensors. Silver was identified as a sensor for chloride deposition rate. The measurement of silver chloride deposited formed on the silver coupon makes the quantitative evaluation of chloride deposition rate possible. Aluminum, copper, and steel coupons were utilized to measure corrosion rate of aircraft structural alloys. In addition, the time of wetness was calculated from the data of temperature and relative humidity. Using a multivariate analysis technique, Air Force bases were categorized, and relationships of factors affecting atmospheric corrosion were studied.

[피로4-3 | 16:00]

비전통자원 대응 국내외 자원 플랜트 기술개발 동향: 김영주, 우남섭, 한상목, 하지호; 한국지질자원연구원 탐사시스템연구실.

Keywords: Unconventional resources, Enhanced oil recovery, Horizontal drilling, Hydraulic fracturing, Track record

비전통자원(Unconventional resources)은 지질구조와 매장형태가 특이하여 전통적인 기술을 적용하여 개발·생산하는 것이 불가능한 석유나 천연가스 자원을 총칭하는 것으로 정의할 수 있다. 전통자원(Conventional resources)과는 달리 비전통자원은 넓은 지역에 연속적인 형태로 분포되어 있어 고도의 기술을 필요로 하며 자원의 부존 위험보다는 회수율과 경제성에 관련된 위험이 더 큰 에너지 자원이다. 비전통자원은 최근 저유가와 기존의 전통자원의 고갈로 인해 대표적으로 관심을 받고 있는 셰일가스 등 기존의 석유 및 가스와 같은 전통자원의 생산 방식과는 다른 방법으로 생산되는 자원으로 중동 지역에 집중 분포되어 있는 석유와 달리 북미, 동유럽, 남미, 아시아 등 고르게 분포되어 있다. 기존 전통자원의 채굴기술의 발달로 인해 선진국인 미국을 중심으로 기술개발이 진행되어 경제성의 확보로 인해 생산량이 크게 증가하고 있다. 미국의 셰일가스는 주로 북동지역, 남서지역 등에 분포하고 있으며 현재 알려진 총 가채매장량은 862 Tcf인 세계 2위로 수평채굴, 수압파쇄 등 기술개발의 진보로 약 6개의 지역에서 주로 셰일가스 개발이 활발하게 진행되고 있다. 캐나다는 셰일가스의 매장량 기준 세계 5위로 전 세계 셰일가스 매장량의 약 8%를 차지하고 있지만 최근 미국 셰일가스 생산 증가로 가스 가격이 하락함에 따라 캐나다의 수출량과 생산량이 감소하는 추세를 보이고 있다. 유럽은 가스 소비의 30% 이상을 러시아에 의존하고 있어 셰일가스 개발 필요성이 높으나 환경 규제가 심해 유럽 내 셰일가스 개발이 쉽지 않을 것이라 예상된다. 그러나 최근 영국, 프랑스 등 비전통가스 개발에 대한 전면 금지조치를 취하고 있는 지역에서 허가 움직임을 보이고 있고 가스 수입의존도를 낮추기 위해서라도 앞으로 유럽의 셰일가스 사업은 확대될 전망이다. 셰일가스 개발에 참여하는 주요국과 비교했을 때 우리나라는 자금, 기술, 인력 등이 부족한 상황으로 일부 중소기업이 기술개발을 시도하고 있으나 기술력이 부족하고 위험(Risk)이 큰 분야로 대규모 투자가 이루어지지 못하는 실정이다. 하지만, 자원개발 분야 수익증대 및 비전통유가스의 전략적 확보를 위하여 정부는 셰일가스, 오일샌드, CBM 등 비전통유가스 개발 사업에 대한 투자를 유도하기 위하여 비전통 에너지자원 개발역량을 확충하는 기술개발 전략을 수립하여야 한다. 따라서, 우리나라는 에너지·자원개발 후발주자로 비전통자원개발 기술 중 현장실증이 필요한 탐사, 시추, 생산운영 서비스 및 시스템 등 관련 기자재를 국내 발달된 기계, 소재, IT, 제어 등의 기술과 융합하여 선진기술을 뛰어 넘는 새로운 개념의 기술을 개발한 후, 현장실증을 거쳐 해외시장에 진입하는 시도가 필요하다.

[피로4-4 | 16:20]

항공기 조립품의 최적 기계적 체결을 위한 토크(Torque)와 초기응력(Prestress) 상관관계 연구: 정유인; M&P팀, 한국항공우주산업주식회사.

Keywords: Aircraft, Bolt, Nut, Torque, Prestress, Fracture

항공기 부품의 조립/장착에 있어 볼트/너트를 활용한 기계적 체결은 오랫동안 안전성과 신뢰성을 인정받아 왔다. 기계적 체결은 조립 부위에 적용된 볼트 및 너트에 대한 토크 적용을 통해서 이루어지는데, 부적절한 토크의 적용은 항공기 운용 중 볼트/너트 체결부 풀림 현상이나 체결부의 파단을 야기할 수 있다. 본 연구에서는 다양한 항공기 적용 볼트/너트 조합에 대한 토크의 적용에 따라, 초기응력과 상관관계를 연구하여 항공기 운용 수명 간 신뢰성 있는 기계적 체결력을 보장하는 방안을 확인하고자 한다.

마그네슘

Room 106, 10월 26일

[마그네슘 1-1 | 09:00] 초청강연

Development Strategies of next generation Magnesium alloy sheets: Dietmar Letzig, Jose Victoria Hernandez, Jan Bohlen, Karl-Ulrich Kainer, Gerrit Kurz, Sangbong Yi ; *Helmholtz-Zentrum Geesthacht*

The extensive use of lightweight magnesium sheets has been hindered by low corrosion resistance, poor formability and relatively high cost. The mechanical properties of magnesium sheets are dependent on the evolved microstructure and the texture from the thermomechanical processing. A better understanding is required for outlining the needs in microstructure and texture development for tailoring the properties. A combination of new processing technologies and innovative alloys could help to alleviate from the strong textures and anisotropic behaviour in semi-finished magnesium products. Twin roll casting technology enables to produce magnesium alloy sheets with a wide property profile, in addition to its economic benefits resulting from the significantly reduced rolling steps to the final gauge and processing time. In this presentation, some selected examples will be demonstrated of which magnesium sheets with improved properties, especially high formability and high strength, can be developed via twin roll casting technology and the subsequent warm rolling process.

[마그네슘 1-2 | 09:20] 초청강연

Opportunities and Challenges with Magnesium for the Lightweighting: 강민철 ; 한국마그네슘기술연구조합

Magnesium alloys are the lightest structural metals, and have good physical and mechanical properties that make them extremely attractive for applications requiring light-weight materials. The global market for magnesium alloys has steadily expanded in the past decade, stimulated by the strong demand from the automobile and electronic industries for lightweight magnesium components. The mechanical behavior of magnesium alloys show strong anisotropic characteristics that originate from their hexagonal close packed (HCP) crystal structure. In order to meet the demand of new high performance alloys and overcome technical challenges, there has been active research at a number of universities, national research institutes and industries to develop new magnesium alloys and processing technologies in the world. This lecture outlines magnesium processing in Korea with a focus of growth in automotive and R&D. The magnesium industry in Korea has been mainly focused on the production of die-casting components to dates. However, press forming products are expected to increase soon or later because POSCO started mass production of magnesium sheets and plates via Twin-Roll Strip Casting process.

[마그네슘 1-3 | 09:40] 초청강연

북한산 마그네사이트로부터 고순도 마그네슘 금속 제조: 강정신^{1,2}, 이태혁¹, 박형규¹, 조연철¹, 이진영^{1,2}; ¹한국지질자원연구원, ²과학기술연합대학원대학교

마그네슘의 대표적 광물 자원인 마그네사이트의 경우 세계 부존량의 약 18 %가 북한에 매장되어 있어 향후 남북경제협력에 이룰 경우 높은 이용가치가 기대된다. 이에 따라 본 연구에서는 북한의 대표적 마그네사이트 광산인 단천지구 룡양광산에서 생산된 마그네사이트로부터 고순도 마그네슘 금속을 제조하기 위한 공정을 개발하였다. 마그네사이트의 염산 침출, 침전법에 의한 불순물 제거, 복염법을 이용한 무수염화마그네슘 제조 및 복염 회수 공정에 의해 고순도 무수염화마그네슘을 제조하였으며 단계별 최적 공정 조건을 도출하였다. 염화마그네슘 수용액 제조를 위해 70°C에서 3 M 염산을 사용한 마그네사이트 침출 시 마그네슘의 침출률은 약 94.4% 였다. 염화마그네슘 수용액 내 불순물 제거를 위해 상온에서 산화마그네슘 용해 시 용액 내 주요 불순물인 철, 알루미늄, 실리콘의 농도가 약 1 ppm까지 감소하였다. 고순도 염화마그네슘 수용액에 염화암모늄 용해에 의한 복염 제조 후, 100°C에서 응축시켜 NH₄Cl·MgCl₂·6H₂O를 제조하였다. 이를 320°C의 아르곤 가스 분위기에서 탈수반응 시 순도 99.3%의 무수염화마그네슘이 얻어졌으며 반응관 저온부에서 염화암모늄이 응축분리되었다. 무수염화마그네슘으로부터 마그네슘 금속 제조를 위해 용융염전해공정을 개발하였으며 최적 전해조건을 도출하였다. 670~770°C에서 3~10 kg급 용융염 전해셀을 사용한 전해실험 시 전류효율은 약 76~82% 였으며 순도 99.8%의 마그네슘 금속이 제조되었다.

[마그네슘 1-4 | 10:00]

Studying the deformation behavior of Mg-2wt.%Zn alloy under loading-unloading by in situ neutron diffraction and polycrystal plasticity modeling: Huai Wang¹, Soo Yeol Lee¹, Michael A. Gharghoury², Huamiao Wang³; ¹Chungnam National University. ²Canadian Nuclear Laboratories. ³Shanghai Jiao Tong University.

Keywords: Magnesium alloy; Deformation; Neutron diffraction; Polycrystal plasticity

In situ neutron diffraction and the elastic-viscoplastic self-consistent (EVPSC) model for polycrystal plasticity have been employed to study the deformation mechanism of a solid-solution-strengthened Mg-2wt.%Zn alloy under loading-unloading processes. The as-extruded alloy was pre-compressed along the extrusion axis and annealed to yield a modified texture, with which extension twinning is favorably activated in a majority of the grains via tension along the extrusion axis. Uniaxial tension and compression tests were then

performed parallel to the extrusion direction. The stress-strain curves revealed a clear deformation asymmetry between the two loading cases, and nonlinear behaviors were found in both tests during unloading and reloading after the alloy was deformed into a fully plastic regime. In situ neutron diffraction measurement provided the grain-level elastic lattice strain evolutions and suggested the twinning re-orientation activities through the variation of diffraction peak intensities of several grain families. The EVPSC model was calibrated, using a small number of adjustable parameters, by fitting the macroscopic stress-strain curves, from which both the grain-level and the bulk mechanical responses were quantitatively examined. The neutron diffraction and modeling results illustrate that the different mechanical behaviors of the alloy under the two loading cases are due to the varied operative activities of basal and non-basal slip and twinning. This study elucidates the grain-scale mechanism that governs the macroscopic deformation behavior in the polycrystalline Mg alloy.

[마그네슘1-5 | 10:15]

결정립 미세화가 Mg-Al-Zn 합금의 석출 거동에 미치는 영향: 김상훈¹, 이종언¹, 김예진¹, 배준호², 박성혁¹; ¹경북대학교 ²재료연구소
 Keywords: Magnesium: Grain refinement: Aging: Precipitation: Tensile properties.

This study demonstrates that the precipitation behavior of β -Mg₁₇Al₁₂ phase during aging and the resultant variation in hardness and mechanical properties of cast Mg-Al-Zn alloy are strongly dependent on initial grain size. Grain size reduction accelerates discontinuous precipitation at the early stage of aging treatment by increasing the area fraction of grain boundaries that can act as nucleation sites for discontinuous precipitates (DP), but it does not influence DP growth rate. Grain refinement also prematurely terminates continuous precipitation because the formation of a large number of DP reduces the amount of Al dissolved in the matrix, which is required for the formation of continuous precipitates (CP). This promotion of DP formation and early termination of CP formation significantly decrease the peak-aging time to one-third. The enhanced precipitation behavior also leads to an additional hardness improvement in the aged alloy, along with an increase in hardness owing to grain boundary strengthening by grain refinement. The amount of increase in hardness changes with aging time, which is determined by the variation of three variables with aging time: DP fraction difference between refined and non-refined alloys, hardness difference between DP and matrix, and matrix hardness difference between the two alloys. Grain refinement improves both tensile strength and ductility of the homogenized alloy owing to grain boundary strengthening and suppression of twinning activation, respectively. However, the loss of ductility after peak-aging treatment is greater in the refined alloy because of the larger amount of DP acting as a crack source in this alloy.

[마그네슘2-1 | 10:40] 초청강연

Surface Treatment Technologies of Mg Alloys for Corrosion Protection: 문성모¹; ¹재료연구소

Mg alloys are of great interest because of their low density and good biocompatibilities. However, their industrial applications have been limited due to their poor corrosion resistances. So, many researchers have been trying to develop new alloys with good passivity or new surface treatment methods which can provide better corrosion resistance. Surface treatment techniques of Mg alloys are classified into several different categories of chemical conversion coating, anodizing, plasma electrolytic oxide (PEO) coating, and painting. In this presentation, fundamentals and current research status of chemical conversion coating, anodizing and PEO coatings will be introduced and possibility of further improvement of corrosion resistance for Mg alloys will be discussed.

[마그네슘2-2 | 11:00] 초청강연

전기화학 포텐셜 동기화를 이용한 AZ계 고내식 마그네슘 합금 개발: 박재신¹, 추동균¹, 박우진¹, 김혜정¹, 채영욱², 김재중², 박성수³, 차필령⁴; ¹포항산업과학연구원, ²포스코, ³울산과학기술원, ⁴국민대학교

마그네슘 합금은 금속소재 중 가장 가벼우며, 비강도, 비강성, 진동 흡수능 등이 우수하여 전자 및 IT 산업뿐 아니라 수송기기용 경량 소재로서 갈수록 그 중요성이 더해지고 있다. 그러나, 마그네슘은 전기화학적으로 활성이 큰 금속으로 부식 환경에 노출될 경우 빠른 속도로 부식이 진행되는 단점이 있어 소재화 적용에 한계가 있다. 따라서, 마그네슘 합금의 적용 분야 확대를 위해 열악한 부식 환경에 적용 가능한 새로운 고내식 마그네슘 소재 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 마그네슘 기지와 이차상간의 전기화학 포텐셜 동기화를 이용하여 AZ계 마그네슘 합금의 내식성을 향상시키고자 하였다. 제일원리 기반의 전산모사 기법을 활용하여 AZ계 마그네슘 합금의 이차상들의 전기화학 포텐셜을 예측하고 이들과 마그네슘 기지와 전기화학 포텐셜 차이를 감소시킬 수 있는 합금 원소를 도출하였다. 이를 기반으로 마그네슘 신합금을 용해 및 주조하고 온간압연을 실시한 후 압연재에 대한 부식성을 평가하였다. 부식성은 압연재를 표면연마한 후 28°C, 3.5 wt.% NaCl 용액에서 20시간동안 염수침적시험(Salt immersion test)을 통해 부식속도를 측정하여 평가하였다. 그 결과 전산모사를 통해 도출된 합금원소를 첨가하였을 경우 기존 AZ31 마그네슘 합금 대비 부식속도가 4배 이상 향상된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 내식성 향상 기구를 규명하기 위해 SKPFM(Scanning Kelvin probe force microscopy)를 이용하여 마그네슘 기지와 이차상간의 전기화학 포텐셜을 측정하였고, 3D-APT(Atop prove tomography) 분석을 통해 합금원소 분포를 확인하였다.

[마그네슘2-3 | 11:20]

Al 함량에 따른 AZXW3100, 6100, 9100계 압출재 부식거동: 김종일¹, 은녹하², 김영민³, 김천중¹, 유봉선³; ¹충남대학교 (CNU), ²과학기술연합대학원대학교 (UST), ³재료연구소 (KIMS).

Keywords: As-extruded, Corrosion, Calcium, Yttrium, Al content

온실가스로 인한 대기오염의 문제가 점차 대두됨에 따라 산업에 적용되고 있는 재료의 경량화가 필수적으로 여겨지고 있다. 마그네슘은 구조용 금속중에 가장 밀도가 낮고, 비강도성이 우수하여 경량화에 가장 최적화된 소재이다. 하지만 마그네슘은 산소와의 친화성이 높아 쉽게 발화가 되는 문제점과 이중금속 접합을 하였을 때 발생하는 갈바닉 부식으로 인한 문제가 지속적으로 지적되고 있다. 최근 연구에 따르면 AZ 계 합금에 Ca와 Y를 복합 첨가 함으로써 난연성과 내식성을 향상 시킨 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 AZ 계 합금에 Ca, Y 함량을 고정 시켜 첨가하고 Al 변화에 따른 내식성 차이를 확인 하였다. 실험합금으로는 AZXW3100, AZXW6100, AZXW9100 계를 사용하였으며, 참고 합금으로는 AZ31, AZ61, AZ91을 사용하였다. 그 결과 AZ + Ca, Y 복합 첨가된 합금은 상용합금 보다 우수한 내식을 나타냈으며, AZXW6100 계가 AZXW3100, AZXW9100 계 보다 부식 속도가 낮게 나왔다. 그 이유를 Al 함량에 따른 2차상의 Volume fraction 차이를 토대로 설명하고자 하며, 앞으로 추가적인 시험을 통해 구체적으로 설명하고자 한다.

[마그네슘2-4 | 11:20]

The control of iron content by alloying elements and its effect on corrosion behaviour of magnesium alloys: *nguyen ngoe ha*¹, Jong Il Kim², Jun Ho Bae³, Young Min Kim^{1,3}, Bong Sun You^{1,3}; ¹과학기술연합대학원대학교 ²충남대학교 ³재료연구소

Keywords: Impurity, Corrosion, Magnesium alloys

In the present study, the effect of iron as an impurity of pure magnesium on the corrosion behaviour of magnesium alloys and the control of iron content in the melt were investigated. The effect of various alloying elements such as manganese, calcium and yttrium on removing iron in the melt of Mg3Al was studied. Their effect was investigated separately as well in combined addition. The best effect of these elements on removing iron from the melt was found when they were added together in a proper ratio. This study would be meaningful for the design of high-performance magnesium alloys in the future.

[마그네슘2-5 | 11:50]

고순도 pure Mg의 부식 거동에 미치는 가공 이력의 영향: *우상균*¹, 서병찬², 김남룡¹, 김하식², 임창동^{1,2}; ¹과학기술연합대학원대학교 ²재료연구소

Keywords: Magnesium, Corrosion, Heat treatment, Extrusion, Micro-galvanic

마그네슘합금의 부식 거동에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하지만, 주로 합금 원소의 첨가에 의해 변화되는 표면 피막의 특성과 이차상의 종류 및 분포의 차이에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 지금까지의 마그네슘 부식에 대한 연구는 대부분 합금 원소의 영향에 대해 중점적으로 수행되었다. 한편 pure Mg의 부식 거동은 이러한 합금 원소 첨가에 따른 영향을 받지 않기 때문에 초기 원소재의 Fe와 같은 불순물의 함량이 주요한 요인으로 작용한다고 알려져 있다. 그러나 선행 연구 결과, 불순물의 함량이 매우 낮고 동일한 고순도의 원소재임에도 불구하고 주조재, 열처리재 및 압출재에서 매우 상이한 부식 거동을 나타내는 것을 확인하였다. 고순도 pure Mg 열처리재 및 압출재의 부식 속도는 동일한 원소재의 주조재의 부식 속도보다 훨씬 더 빠르게 나타났다. 본 연구에서는 이와 같이 pure Mg의 부식 거동이 가공 이력에 따라 달라지는 원인에 대해 다각적으로 분석하였다.

[마그네슘3-1 | 13:00] 초청강연

The Origin of TD-split Texture Development in Mg Alloy Sheets: *서병찬*¹, 김재혁², 김영민¹, 김낙준²; ¹재료연구소 ²포스텍

The addition of Ca as well as rare earth (RE) element has been reported to weaken and randomize the texture of Mg alloys during thermo-mechanical treatment. Especially, Mg alloy sheets containing both Zn and Ca elements shows weak texture evolution having a split of basal poles from the normal direction (ND) towards the transverse direction (TD) (referred as 'TD-split') after annealing process, resulting in a significant improvement of formability. However, detailed mechanism responsible for such TD-split texture are not clearly understood, since it is very difficult to correlate deformed microstructure and deformed texture. In the present work, 20,000 grains having deformed texture have been constructed, and lots of recrystallization mechanisms applied to those grains. By comparing with experimentally obtained texture, the origin of TD-split texture development has been analyzed.

[마그네슘3-2 | 13:20] 초청강연

Hot Compressive Behaviors and Processing Maps of the Cast And Extruded Mg-Zn-Y Alloys with Different Amounts of Icosahedral Phases: *곽태양, 김우진; 홍익대학교*

The effect of the volume fraction of the I-phase on the hot compressive behavior and processing maps of the extruded Mg-Y-Zn alloys (ZW20 with 0.6 vol. %, ZW51 with 3.0 vol. %, and ZW133 with 8.4 vol. %) was examined, and the obtained results were compared with those of cast alloys with the same compositions. As the I-phase amount increased, a finer and more homogeneous microstructure formed during the extrusion process, indicating that the I-phase promoted dynamic recrystallization (DRX). The average grain size and fraction of DRXed grains after compressive deformation were smaller and higher, respectively, as the volume fraction of the I-phase increased. The average grain sizes, fractions of DRXed grains, and sizes of DRXed grains of the extruded alloys after compressive deformation were significantly smaller, larger and smaller, respectively, than those of the cast alloys after compressive deformation. Compared with the cast alloys, the onset of the power law breakdown (PLB) was delayed to larger Zener-Holloman parameter values in the extruded alloys, indicating that the onset of the PLB was delayed as the DRXed grain size decreased. The constitutive equations for

the extruded and cast alloys could be derived using the same activation energy for plastic flow (Q_c) and a values. The flow stress was found to be a function of grain size, which decreased with the grain size, indicating that the contribution of grain size to the total flow increase with decreasing grain size. According to the processing maps, extruded ZW51 showed the largest h values at high strain rates and smallest unstable flow regions. Compared with the cast alloys, the extruded alloys exhibited larger h values than did the cast alloys and smaller instability regions.

[마그네슘3-3 | 13:40] 초청강연

An Investigation of Detwinning behavior in E-form Mg Alloy Deformed by In-plane Compression Using In-situ Tensile

Test: 최시훈¹, 강주희², Jaiveer Singh¹, 김민성¹; ¹순천대학교, ²재료연구소

본 연구에서는 in-situ 인장 시험을 이용하여 면상 압축(in-plane compression)으로 변형된 E-form Mg합금의 detwinning 거동을 조사하였다. 면상 압축 시험기를 이용하여 E-form Mg합금 판재의 압축 거동을 이해하고자 하였으며, 압축된 시편의 중앙부에서 in-situ 인장 시험을 압축 방향과 평행하게 EDM을 이용하여 추출하였다. 인장 변형률이 증가함에 따라 변형쌍정의 변화를 실험적으로 관찰하기 위해 EBSD(electron backscatter diffraction)을 이용하여 미시집합조직을 동일한 위치에서 측정하였다. E-form Mg합금의 detwinning 거동에 미치는 쌍정 방위 및 기지 방위의 영향을 이해하고자 하였다. E-form Mg 합금의 상온 성형성에 미치는 detwinning 현상의 영향을 이해하기 위하여 결정소성 유한요소해석(crystal plasticity finite element method, CPFEM)법을 활용하였다. 일축 인장 거동의 변형이력을 실제 미세조직 해석에 필요한 경계조건으로 부여하여 detwinning 거동을 해석하고자 하였다. CPFEM 해석을 통해 in-situ 인장 시험 시 E-form Mg 합금에 관찰되는 detwinning 거동의 불균일성을 이론적으로 설명하는 것이 가능하였다.

[마그네슘3-4 | 14:00]

{10-12} twinning을 이용한 AZ31 압연판재의 굽힘성 향상: 이종언, 김예진, 김상훈, 박성혁; 경북대학교

Keywords: Magnesium: Bending: Formability: Twinning: Texture.

The texture of a rolled Mg alloy is effectively modified through the combined treatment of precompression and subsequent annealing, and a remarkable improvement of the bending formability at room temperature is achieved by the modified texture. The application of precompression induces the lattice reorientation through {10-12} twinning, and the subsequent annealing reduces the stored strain energy of the precompressed material. This consequently results in the formation of a stable grain structure with two dominant texture components. As the amount of precompression increases, the tensile strain in the outer region of bending samples is more largely accommodated by the enhanced activation of {10-12} twinning and basal slip. As a result, the bending formability at room temperature of the material gradually improves with increasing the amount of the applied precompression

[마그네슘3-5 | 14:15]

불균일한 결정립 크기가 마그네슘 압연 판재의 쌍정 거동과 어닐링 거동에 미치는 영향: 김예진, 이종언, 김상훈, 박성혁; 경북대학교

Keywords: Magnesium: Bimodal structure: Grain size: Twinning: Annealing

Many wrought Mg alloys, which are manufactured by hot forming processes, have an inhomogeneous grain structure with locally different grain sizes. In the present study, variations in twinning and annealing behaviors caused by the difference in grain size within a material were investigated by subjecting a rolled Mg alloy with a bimodal grain structure to precompression and subsequent annealing. Activation of {10-12} twinning during precompression was found to be more pronounced in the coarse-grain region (CGR) than in the fine-grain region (FGR) owing to a lower twinning stress in the former. As a result, the twin structure formed in the FGR was distinctly different from that in the CGR: the CGR had a larger twinned area, stronger twin texture, fewer twin boundaries, and weaker grain refinement effect than the FGR. During subsequent annealing, the microstructure of the FGR was greatly altered through grain growth driven by strain-induced boundary migration on account of its high internal strain energy, whereas that of the CGR remained nearly unchanged owing to its relatively lower internal strain energy. Consequently, the microstructural differences between the FGR and the CGR induced by the precompression almost disappeared by the subsequent annealing treatment, which resulted in a homogeneous microstructure.

[마그네슘3-6 | 14:30]

Effect of Secondary Phase Particles on the Tensile Behavior of Mg-Zn-Ca alloy: 백승민¹, 박형근¹, 윤재익¹, 정재면¹, 문지현¹, 이석규¹, 김재혁², 이성학¹, 김낙준², 김형섭¹; ¹포항공과대학교, ²포항공과대학교 철강대학원

Keywords: Mg-Zn-Ca alloy: Micro-digital image correlation: Tensile deformation: Finite element method: Secondary phase particle

Magnesium (Mg) is a potential candidate for next-generation biomedical application as bone implant material due to its excellent biocompatibility, biodegradability, and economic efficiency. However, pure Mg has lower strength than commercial biomaterials, resulting in poor mechanical stability. Therefore, Mg alloys containing non-toxic elements such as Calcium (Ca) and Zinc (Zn) have been investigated to improve the strength and biodegradation rate. The microstructure of Mg-Zn-Ca alloy is reported to consist of α -Mg matrix with two secondary phases, $\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ and Mg_2Ca when the Zn/Ca atomic ratio is less than 1.2. In general, the secondary phase particles ($\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ and Mg_2Ca) that formed along the grain boundaries can cause localized deformation and embrittlement, resulting

in a significant deterioration of mechanical properties. However, there is a lack of fundamental understanding to judge that the presence of the secondary phase particle of Mg-Zn-Ca alloy reduces the mechanical properties. In the present study, the effect of secondary phase particles and deformation localization on tensile behaviors of Mg-Zn-Ca alloy were investigated using micro-digital image correlation method. To isolate the effect of the secondary phase particles on tensile behavior, the fractions of the secondary phase particles were adjusted by controlling the annealing temperature. Thermodynamic calculations were performed to identify the fractions of the secondary phase particles. The finite element method was conducted to confirm the localized deformation around the secondary phase particles considering 3-dimensional microstructure. The results suggest that the total fraction of the secondary phase particles affected the localized deformation around the particles and micro-crack propagation process during a tensile test.

[마그네슘3-7 | 14:45]

Sn 첨가가 Mg-Al-Zn 압출재의 기계적 특성 및 항복 이방성에 미치는 영향: 배상우, 김상훈, 이종언, 박성혁; 경북대학교
Keywords: Magnesium alloys: Extrusion: Dynamic precipitation: Mechanical properties: Yield asymmetry

Although the effects of Sn on various mechanical properties of cast Mg-Al-Zn alloys have been studied extensively, little in-depth research has been conducted on the changes in the microstructure and mechanical properties of extruded Mg-Al-Zn alloys caused by Sn addition. The study was investigated that the effects of Sn addition on the microstructure and mechanical properties of indirectly extruded AZ62 alloys with Sn contents of 2, 4, and 8 wt% (AZT62x alloy). All of the extruded alloys exhibit a fully recrystallized grain structure with abundant fine precipitates. As Sn is added to the extruded AZ62 alloy, Mg_2Sn precipitates are newly formed in addition to the existing $Mg_{17}Al_{12}$ precipitates. With an increase in Sn content, more abundant Mg_2Sn precipitates are dynamically formed during extrusion, which results in a reduction in the size of recrystallized grains through effective inhibition of their growth via the grain boundary pinning effect. Tensile and compressive yield strengths of the extruded alloy improve gradually with an increase in Sn content. This is because of the enhancement of the grain boundary hardening and precipitate hardening effects according to Hall-Petch equation and Orowan equation, respectively. The fracture of all extruded alloys generally exhibits ductile fracture. However, the tensile ductility decreased slightly until the addition of 4 wt% Sn added, but decreased considerably with the addition of 8 wt% Sn because of the increased amount of undissolved Mg_2Sn particles acting as cracking sources in AZT628 alloy. The tension-compression yield asymmetry reduces significantly with increasing Sn content: this is because the activation stress for {10-12} twinning increases to a greater extent than does that for basal slip owing to the refined grain size and additionally formed precipitates.

[마그네슘4-1 | 15:10] 초청강연

Magnesium Joining Technology for Multi-Material Application in Lightweight Vehicle: 이목열, 이도엽, 김흥주; 포항산업과학연구원

To sell passenger vehicle in Korea two years from now, automakers should increase their average fuel efficiency to over than 24.3 km/l or reduce their greenhouse gas emissions to lower than 97g/km. In the process of adhering to such harsh regulations, various social issues such as VW gate or BMW gate occurred. Therefore, the demand for weight saving will increase from today. Multi-material is a solution of using various materials such as AHSS, aluminum, magnesium and CFRP in an optimal combination according to the requirement. For the multi-material application, dissimilar joining is indispensable, which is technically very difficult because of the galvanic corrosion issue. Magnesium has very low solubility in iron, so it is difficult to joint directly, and it produces an intermetallic compound with aluminum, resulting in very low bond strength. However, Magnesium is similar in density to polymer and relatively easy to bond. In this study, the characteristics and research trends of the welding and joining process of Magnesium Alloy and dissimilar joining technology for the Magnesium Multi-Materials were investigated.

[마그네슘4-2 | 15:30] 초청강연

고내식 난연 마그네슘 합금의 수송기기 적용: 선종식, 김영민, 김하식, 유봉선; 재료연구소

마그네슘 합금은 가장 가벼운 금속 구조재료로서 자동차, 철도, 항공기 등 수송기기의 에너지 효율 개선에 큰 가능성을 제공한다. 그러나, 상온에서의 낮은 성형성뿐만 아니라, 발화와 부식에 대한 내성이 현저히 낮아 실질적인 ‘적용’은 현재까지도 매우 제한적이다. 지난 10년간 마그네슘의 한계를 극복하고 적용범위를 넓히기 위해 새로운 합금 및 공정 개발에 많은 노력을 기울여왔다. 본 연구팀은 Ca와 Y의 복합 첨가가 마그네슘 합금의 난연성과 내식성을 동시에 향상시키는데 매우 효과적이라고 보고하였다. 또한, Ca를 단독 첨가시 기계적 물성이 급격히 저하되는 것에 비해 기존 상용 합금과 동등한 기계적 물성도 확보하였다. Ca과 Y를 기존 상용 AZ 합금에 소량 복합 첨가시 마그네슘 입자 위에 다중의 산화 보호막을 형성하여 공기와의 접촉을 제한한다. 이를 통해 기존 AZ 합금에 비해 발화 온도는 700도 이상으로 증가하였고 부식 거동 또한 상당히 개선되었다. 더불어 마그네슘 합금 제조시 SF6와 같은 불활성 기체를 사용하지 않아도 되기에 친환경적인 공정과 소재 생산이 가능하다. 더 나아가 새롭게 개발된 친환경 고내식 난연 합금은 특정 합금 조성에 국한되는 것이 아니라 공정과 제품의 요건에 맞추어 합금원소의 조성비 최적화가 가능하다. 이를 통해 FAA 가연성 시험에서 난연성 성능 요건을 충족하여 항공기 좌석에 적용이 가능하게 되었다. 본 발표에서는 친환경 고내식 난연 마그네슘 합금의 특성을 소개하고 다양한 산업 적용 예를 다루고자 한다.

[마그네슘4-3 | 15:50] 초청강연

The Effect of Sn and Ca Addition on Mechanical Properties and Ignition Behaviour of Magnesium Alloys Subjected

to Direct Extrusion Process: 김영민^{1,2}, 고요한², 최재욱³, 서종식¹, 유봉선^{1,2}; ¹재료연구소 ²과학기술연합대학원대학교 ³경북대학교

Magnesium alloys are recognized as promising materials for lightweight transportation vehicles due to the lightest density and good specific strength among structural metallic materials. Particularly in aircraft application, where safety and high strength are required, magnesium alloys must have both high ignition resistant and high absolute yield strength. We have recently reported that the addition of Ca and Y greatly improves ignition resistance and corrosion resistance of magnesium alloys. Moreover, Sn addition leads to complete dissolution of Mg₁₇Al₁₂ eutectic phase into Mg matrix and greatly improves the yield strength through the formation of fine Mg₂Sn precipitates. On the other hand, when a large amount of Sn and Ca is added, the ductility of the magnesium alloys greatly decrease by the formation of coarse Mg-Sn-Ca eutectic phase. In this study, the optimization of chemical compositions and extrusion process parameters for the application to an aircraft interior component is carried out.

[마그네슘4-4 | 16:10]

{10-12} Twinning Mechanisms in Magnesium Studied by in-situ Transmission Electron Microscopy: Jinkyung Kim, Jiwon Jeong, Sang Ho Oh; *Sungkyunkwan University*.

Keywords: Magnesium; Twinning; In-situ TEM

Magnesium (Mg) and Mg based alloys are key materials for future lightweight applications due to their low mass density. {10-12} twinning in Mg is the most important deformation mode that accommodates deformation along the $\bar{c}$ -axis of Mg crystals. However, the mechanisms of {10-12} deformation twinning in Mg are still controversial. Contrary to FCC materials in which twin nucleation and growth are controlled by well-defined partial dislocations on close-packed planes, twinning in Mg does not occur on the close-packed planes. Pure shuffle mechanisms and shear dominant mechanisms have been argued to be dominant in the process of {10-12} deformation twinning in Mg. We present atomic scale observations of {10-12} deformation twinning studied by in-situ transmission electron microscopy. Atomic-scale high-angle annular dark field (HAADF) scanning transmission electron microscopy (STEM) images show that the twin tip consists of a high density of basal/prismatic (BP) and prismatic/basal (PB) interfaces. The lateral boundaries of the {10-12} twin, which are macroscopically parallel to the {10-12} plane, migrate by the movement of disconnections. In addition, we provide an in-situ atomic scale observation of detwinning process of the {10-12} twin, which contains key information on twinning mechanisms of {10-12} twins.

[마그네슘4-5 | 16:25]

Study of the Mechanical Properties and Formability of Binary Mg-xCa/RE Alloys: 채영욱¹, 박준호¹, 민윤기¹, 김재중¹, Jaiveer Singh², 김민성², 이성음², 최시훈²; ¹(주)POSCO. ²국립순천대학교

Keywords: Mg-alloys, Mechanical properties, V-bending, Erichsen test, Formability

In this study, the mechanical properties and formability of binary Mg alloys with addition of Ca and rare earth elements (REs) viz. Y or Nd were investigated using uniaxial tensile, mini-V-bending and Erichsen tests at RT. Formability of Mg alloys was discussed in terms of punch stroke (PS) and Erichsen index (IE) during mini-V-bending and Erichsen tests, respectively. The optical microstructure investigation revealed fine and uniformly distributed Mg-Ca and Mg-RE precipitates throughout the volume of the specimens. The results also indicate that small amounts of Ca addition improved the mechanical properties, however, the high RE addition results in the grain coarsening.

가공-용접 및 접합

Room 108, 10월 26일

[용접-1-1 | 09:00] 초청강연

극저온용 고엔트로피합금의 용접기술 및 용접부 특성: 남현빈¹, 박상원¹, 이정훈¹, 강남현¹, 조경목¹, 나영상², 김형섭³; ¹부산대학교 ²한국기계연구원 부설 재료연구소 ³POSTECH

Keywords: 고엔트로피합금, 용접, 저온강도, 미세조직

최근 심각해진 지구 온난화와 과다한 에너지 소비에 의한 천연자원의 고갈을 막기 위하여 환경규제책이 강화되고 있으며, 대체 에너지 자원의 보급인 극지방 개발이 요구되고 있다. 기존 극저온용 재료인 9% Ni강과 오스테나이트계 스테인리스강은 용접 결함 제어와 저온에서 열악해지는 용접부 특성 때문에 새로운 극저온용 재료 개발이 필요하다. 이에 고엔트로피합금(HEA)은 고강도, 고인성, 내식성, 내마모성 및 극저온 특성이 우수하여 다양한 산업으로 적용이 가능하다. 최근 HEA 개발에 관련된 연구 보고는 급격히 증가하고 있지만, 아직 HEA 소재를 적용하기 위한 용접기술 연구는 제한적으로 보고되고 있다. 본 연구는 가장 활발히 연구가 진행되는 Cantor합금의 아크, 레이저 및 마찰교반용접 시 용접성, 용접부의 기계적 및 미세조직학적 성질, 그리고 용접후열처리에 대한 실험결과를 발표한다.

[용접-1-2 | 09:25]

GMAW 용접시 용접와이어 표면 코팅 재료 변화에 따른 아크 특성 변화에 관한 연구: 김재성¹, 이보영²; ¹고등기술연구원 ²한국항공대학교

Keywords: GMAW, Solid wire, Coating, Work function, Arc characteristics

GMAW 용접에 사용되는 솔리드 와이어는 대부분 표면에 화학적인 방법 등으로 구리가 도금된 와이어를 많이 국내외적으로 많이 사용하고 있다. 일반적인 도금 와이어는 이온화에너지가 낮은 알칼리계 원소들인 칼슘, 칼륨 등을 제조시부터 넣어주어 용접시 안정된 아크를 발생시킬 수 있도록 도와준다. 특히, CO₂ 100%를 보호가스로 사용할 경우 불안정한 아크에 의해 스파터가 다량 발생하고, 미려하지 않은 비드 형상을 얻기가 쉽다는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존 연구자들은 용접와이어로부터 아크를 안정화시키는 방법으로 REM(Rare Earth Metal) 원소를 첨가하거나 칼륨(K)을 와이어 제조시에 와이어 표면에 도포하여 소둔한 후 사용하기는 하였지만 송급시 팁과 내부 라이너에 의해 긁혀 나오는 문제점이 존재하였다. 이에 본 연구에서는 와이어 표면에 일함수가 낮고 전해도금이 가능한 인듐(In)을 도금하여 MAG 용접시 팁 및 라이너에 긁히는 현상을 해소하였으며 용접 중 나타나는 아크 특성과 금속이행 모드 현상을 고속촬영을 통해 분석하였으며, 용접전류/전압의 파형 측정을 통해 아크 안정성에 대한 평가를 실시하였다.

[용접-1-3 | 09:40]

Effect of Ti on the Toughness of Newly Developed Fire and Seismic Resistant Steel: Ramachandran Dileep Chandran¹, Siva Prasad Murugan¹, Jun Oh Moon², Chang Hoon Lee², Seung Jin Jung³, Sang Hoon Jeong³, Yeong-Do Park^{*1}; ¹Dong-Eui University. ²KIMS. ³Chosun Welding.

Keywords: Fire and seismic resistance steel, Heat affected zone, Charpy V-notch toughness, Coarse TiN precipitates

The Charpy V notch toughness of a newly developed fire and seismic resistant (FSR) steel was carried out by analyzing the base metal (BM) as well as the CGHAZ. The three steels with varying Ti, Mo and Nb content (steel-A: 0.03 Ti-0.26 Mo-0.018 Nb, steel-B: 0.07 Ti-0.1 Mo, steel-C: 0.14 Ti-0.17 Mo) has been investigated in this study. It has been seen that the steel-exhibited better toughness than that of the other steels, both in BM and CGHAZ. The electron microscopic fractography analysis reveals the presence of coarse TiN precipitates in the fracture initiation sites. It is confirmed that the coarse TiN precipitates are responsible for low toughness of steel-B and steel-C. Coarse TiN particles with an equivalent diameter of 1 μ m to 5 μ m were present in all the steels, including the steel-A steel. However, the steel-A exhibited a relatively lower density and area fraction of the TiN precipitates. The equilibrium solubility temperature of TiN in the steel-A was lower than the liquidus temperature in which the formation of the number of coarse TiN precipitates. The Ti/N ratio (Ti / N) was 3.42. A critical region of "log [Ti] [N]" and "stoichiometric Ti / N ratio" for the given steels were calculated, in which the TiN induced brittle fracture was not observed, the thermodynamic equations were validated with the experimental results.

[용접-1-4 | 09:55]

TIG 용접용 텅스텐 전극봉 평가 방법에 대한 연구: 이희근¹, 이성형², 강정운²; ¹대우조선해양 산업기술연구소 ²부산대학교 재료공학부

Keywords: TIG, GTAW, Tungsten electrode, Thorium, Lanthanum

Tungsten Inert Gas Welding(이하, TIG 용접)은 다른 용접 방법에 비해, 용접부 물성이 우수하고, 표면 비드가 미려하다는 장점이 있으나, 용접 속도 및 용착률이 낮다는 단점을 가지고 있다. 이런 단점을 극복하기 위해, TIG 아크의 고전류화 및 고밀도화에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나, TIG 아크가 고전류화 및 고밀도화 될수록, TIG 아크 온도가 증가한다. 이로 인해 텅스텐 전극봉의 선단부 훼손으로 인한 재작화 불량 및 용접부 내 텅스텐 혼입 결함 등이 발생하여, 텅스텐 전극봉 교체 주기가 짧아지므로, 용접 속도 증가 효과를 감소시키는 영향을 나타내고 있다. 따라서, TIG 아크의 고온화에 따른 텅스텐 전극봉의 내구성을 향

상시키는 연구가 필요하나, 이에 대한 체계적인 연구가 부족한 실정이다. 현재 텅스텐 전극봉의 아크 내구성을 향상시키기 위하여, 텅스텐 전극봉에 ThO_2 , La_2O_3 , CeO_2 , ZrO_2 등을 첨가하고 있다. 그러나, 산화물 종류 및 첨가량에 따른 아크 내구성을 평가한 연구 결과가 부족하고, 평가 방법에 대해 정립되어 있지 않다. 이에, 현재까지 연구된 TIG 용접용 텅스텐 전극봉 연구 결과를 조사하고, 텅스텐 전극봉에 대한 평가 방법에 대해 검토하였다.

[용접1-5 | 10:10]

조선 해양 선급 강재용 Shop primer 용접성 시험: 정성욱, 김대경, 현정훈, 박종민, 한기형; *대우조선해양*

Keywords: welding, steel, corrosion, evaluation, shop primer

일반적으로, 조선 해양 산업에서 사용되는 선급용 강재는 건조 기간 동안의 표면 발청을 막기 위해 입고 후 “Shop primer”로 불리우는 도료를 바르게 된다. Shop primer는 우천 또는 고온 다습과 같이 발청에 용이한 대기 환경의 필드에서 건조 기간 동안 방청 효과를 내야 한다. 따라서 세계 도처의 작업장들은 각자 지역별로 또는 야드 환경 및 건조 조건에 따라 적합한 Shop primer를 적절한 조건으로 도포하여 사용하고 있다. 메이커별로 일부 차이가 있으나 대부분 Shop primer의 주 성분은 ethyl silicate binder와 Zinc pigment 로써, 구조물의 표면에 도포된 Shop primer는 부식 조건에서의 희생양극으로써 소모되는 방식법을 따르고 있다. 한편, 구조물의 용접에 있어서 미리 도포된 shop primer를 제거한 접합부도 있으나, 일부 접합부는 shop primer가 그대로 도포되어 있는 상황에서 용접을 해야 하는 경우도 있다. 이 경우 용접부에 노출된 Shop primer는 용접부의 결합 생성을 가속시킬 수 있으므로, 적절한 Shop primer 재료를 적절한 양으로 도포하는 것은 구조물의 용접 품질 뿐 아니라 적절한 도료 사용에 의한 원자재 비용의 최적화에도 관련한 중요한 사항이다. 본 연구에서는, 최적의 용접 품질을 얻기 위한 DSME의 Shop primer 용접성 평가 시험 방법 및 결과 분석 사례를 제시하였다.

[용접2-1 | 10:35] 초청강연

Prediction of Mechanical Responses of Friction Stir Welded Aluminum Alloy 6063 through Experimental Measurement of Welding Heat-input: Yutaka S. Sato¹, Tianbo Zhao¹, Hiromichi T. Fujii¹, Hiroyuki Kokawa¹, Kazuhiro Ito², ¹Department of Materials Processing Tohoku University, ²Joining and Welding Research Institute Osaka University.

In this study, a calorimetric method was adopted to experimentally measure the heat-input during friction stir welding of aluminum alloy 6063. Effect of welding parameters on heat-input was analyzed, and an empirical equation predicting the heat-input with welding input variables was established using multiple regression analysis. At the same welding parameters, aluminum alloy 6063 showed roughly the same heat-input as aluminum alloy 1100, being much higher than that of aluminum alloy 5083. It was found that aluminum alloy with the higher thermal conductivity exhibited the higher heat-input at the same welding parameters. Mechanical properties, such as hardness profile and transverse tensile properties, of friction stir welded aluminum alloy 6063 were well correlated with the welding heat-input. The good correlation between heat-input and mechanical responses could be explained by consideration of the precipitation sequences during FSW because the mechanical properties of aluminum alloy 6063 mainly depended on the precipitate distribution, affected by the welding thermal cycles. This study showed a new route to predict these mechanical responses with the welding input variables through the estimation of heat-input using the empirical equation.

[용접2-2 | 11:00]

초미세립 타이타늄 박판의 마찰교반용접 특성: 김성욱, 임성록, 천창근; *포항산업과학연구원(RIST)*.

Keywords: UFG Ti, Friction Stir Welding, Ti Sheet, Microstructure, Mechanical properties

타이타늄은 순타이타늄 및 합금형태로 항공, 의료, 열교환 등 산업계 전반에 널리 활용되고 있다. 특히, 결정립 크기를 미세화한 초미세립 타이타늄은 성분을 변화시키지 않고 강도를 향상시킬 수 있으므로, 타이타늄의 고비강도 특성을 더욱 높힐 수 있는 장점이 있다. 이러한 초미세립 타이타늄의 부품화에는 용접 공정이 불가결하며, 기존의 용융 용접을 적용시에는 결정립 성장으로 인한 기계적 물성의 저하를 초래하게 되므로 결정립 크기를 유지하면서 용접을 구현할 수 있는 공정개발이 필요하다. 본 연구에서는 초미세립 타이타늄의 물성을 유지하기 위한 용접 방안으로 마찰교반용접 공정을 적용하였고, 양호한 용접부를 확보하기 위해 톨 회전속도 및 이송속도와 같은 주요 공정변수들의 영향을 파악하였다. 사용된 소재는 1~2 mm 두께의 CP-Ti 및 Ti-6Al-4V합금 판재이며, 마찰교반용접 결과 교반부에서는 모재와 동등한 1 μm 수준의 결정립 크기를 형성하였고, 인장시험 결과 용접부의 인장강도는 모재의 약 90%수준으로 확인되었다.

[용접2-3 | 11:15]

Mechanical Properties and Microstructural Evolution During Post Weld Heat Treatment of Friction Stir Welded Beryllium-Copper Alloy Joints: Kwang-jin Lee, Young-bin Lim ; *Korea Institute of Industrial Technology*.

Keywords: Friction stir welding, Cu-Be alloy, Mechanical properties, Microstructure, Post weld heat treatment

The solid state joining of high melting point metal materials like steel, titanium alloy, including light metal materials such as aluminum alloy, magnesium alloy..etc, was successfully commercialized using the principle of friction stir welding proposed by TWI in England in 1991. In recent years, research has been conducted on friction stir surface processing for the purpose of selective surface modification to a local area of a metal material by using this principle. The authors' laboratory is studying manufacturing process technology that improves mechanical properties by dispersion of carbon / hard powder, joint technology including dissimilar alloys

joints. In the case of a copper alloy for an injection mold capable of producing a high quality product due to a high thermal conductivity, since the age hardening alloy is used, the aged precipitates are dissolved due to high temperature during the friction stir welding, thus the hardness and strength are lowered. Therefore, in this study, experiments were carried out to analyze the mechanical properties and microstructure when aging heat treatment was performed after the friction stir welding. The process was carried out under the following conditions: [700RPM-60Traveling speed(mm/min)]. No visible defects were found by visual inspection as observed by X-ray. Grain size was extremely finer than before FSW, precipitates were also much more than before aging treatment as observed by SEM. Mechanical properties were evaluated by tensile test, hardness test, impact test, thermal conductivity test on the applied area. Microstructures were analyzed by X-ray, OM, SEM and TEM.

[용접2-4 | 11:30]

Dealloying of a Ag-Cu-Ti Brazing Alloy in Liquid Sodium (Na): 허희준¹, 박윤철², 강정윤¹, 정기영²; ¹부산대학교 ²포항산업과학연구원 (RIST).

Keywords: Liquid metal dealloying (LMD), Ag-Cu-Ti, Brazing, Corrosion, Kinetics, Bonding strength

Dealloying of Ag-35.2Cu-5.4Ti in liquid Na at 350°C was studied with emphasis on its microstructural evolution, kinetics, and degradation in bonding capability. Ag in the alloy was continuously dissolved into liquid Na, leaving behind porous a Cu-Ti-rich structure. Bonding strength of dealloyed region was determined by combining experimental and analytical approaches. Dealloying kinetics at the initial stage obeys the linear rate law since its rate-limiting step is dissolution of Ag. As dealloying proceeds, diffusion of dissolved Ag in the liquid Na becomes the rate-limiting step triggering negative deviations from the ideal linearity as can be derived from the Noyes-Whitney equation.

[용접2-5 | 11:45]

Ni foam-SS304 간 이중 접합부의 미세조직과 기계적 성질에 미치는 접합 온도 및 시간의 영향: 허희준¹, 정현임¹, 김경천², 김대연², 문찬희², 정기영³, 강정윤¹; ¹부산대학교 재료공학부, ²부산대학교 기계공학부, ³포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: Metal Foam, Brazing, Microstructure, Tensile load, Fracture

개방형(open-cell) 구조를 갖는 발포 금속(metal foam)은 낮은 밀도, 높은 비표면적 및 비강도 특성으로 인하여, 판형 열교환기(plate type heat exchanger)에 적용될 경우 높은 열전달 효율을 제공할 수 있다. 예를 들어, 니켈 발포 금속(Ni foam)을 스테인리스 스틸(SS) 재질의 판형 열교환기에 적용할 경우, 열교환 효율은 발포 금속을 사용하지 않았을 경우에 비해 약 30%까지 높아질 수 있다. 그러나, 기계적 접합 등 강건하지 않은 두 소재간의 접합법은 접합 계면에서 발생할 수 있는 열저항이 열교환기의 열전달 효율을 낮추는 원인이 될 수 있다. 따라서, 두 이종소재간의 강건한 결합(tight binding)은, 빠른 유체의 흐름에 의해 파손되지 않도록 하는 높은 접합강도와 함께, 열교환기 접합부에 요구되는 핵심적인 요구 조건중 하나라 할 수 있다. 진공 브레이징법(vacuum brazing)은 액상의 삽입금속이 상대재의 계면에 젖어 들어 화학적 결합을 유도하기 때문에, 모재의 형상을 그대로 유지하면서도 강건한 결합을 가능하게 할 것으로 기대되나, 발포금속 접합을 위한 진공 브레이징 공정에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Ni계 삽입금속을 사용하여 Ni foam과 판상 SS304 간 브레이징 접합시, 주요 공정 인자인 접합 온도와 유지 시간이 접합부의 미세조직과 파괴강도에 미치는 영향에 대한 연구결과를 보고하고자 한다.

[용접3-1 | 13:00]

Dissimilar Additive Manufacturing of 17-4PH Stainless Steel on Ti-6Al-4V Using Vanadium Interlayer: 나나¹, Jeoung Han Kim^{*1}, Sanghoon Noh², Chang-Seok Oh³; ¹국립한밭대학교 ²Nuclear Materials Division, ³Korea Atomic Energy Research Institute.

Keywords: Additive manufacturing, Bonding strength, 17-4PH, Ti-6Al-4V, Sigma phase

For the first time, additive manufacturing has successfully been used to obtain a strong joint between stainless steel and Ti-6Al-4V alloy using a single V interlayer. Introduction of vanadium interlayer, applied through solid-state joining effectively prevented the formation of brittle intermetallic phase than using liquid-state process to deposit the V interlayer. The microstructure of the joint interface and strength was dependent on the laser power and scan speed. The strength of the joint decreased with an increase in annealing time especially at 4 and 24 h, which demonstrated the presence of sigma phase.

[용접3-2 | 13:15]

PBF (Powder bed fusion) 공정으로 제조된 Alloy 718 과 TiAl 합금 Single track의 3D 표면 형상 분석: 이슬비¹, 김재웅¹, 홍재근², 최윤석¹; ¹부산대학교 재료공학부, ²재료연구소 타이타늄연구실.

Keywords: Powder bed fusion (PBF) technique, Surface topology, Process parameters, Alloy 718, TiAl

본 연구에서는 적층 제조 공정시 공정 변수와 소재 특성간 상호작용에 의해 나타나는 Alloy 718 과 TiAl 합금의 Single track 표면 형상을 분석하고자 한다. 분석을 위해서 PBF (Powder bed fusion) 공정을 이용하였으며, laser power와 speed에 따른 공정 변수에 따라 Alloy 718과 TiAl 합금의 single track을 적층하였다. 3D 표면 정보 측정을 위해서 Focus variation optical microscope 를 사용하였으며, 공정 변수에 따라 이를 정량적으로 분석하여 이해하고자 하였다. 특히, 적층성과 균열감수성 측면에서 각 소재별 표면 형상 특성을 비교 분석하여 고찰하였다.

[용접3-3 | 13:30]

Zr-Ti계 삽입재의 조성제어에 따른 Ti/SUS 접합부의 미세조직 및 기계적 특성: 박진수, 이진규; *공주대학교 신소재공학부*
Keywords: Zr-Ti based, Ti, Stainless steel, intermetallic, Brazing

Ti 및 Ti 합금은 높은 비강도, 우수한 내부식성 및 높은 내열성과 같은 우수한 기계적 특성을 보여 주며 이에 따라 해양 산업, 수송 산업, 의료 분야 산업 등의 다양한 분야에 이용되고 있으며, 사용 부품에 따라서 이중 금속 접합에 대한 필요성이 증가 하고 있다. 이중 접합의 경우 두 모재의 금속 성분 또는 삽입재의 성분과의 반응으로 인해 취약한 금속간 화합물이 접합부에 형성되어 기계적 강도에 영향을 미치기 때문에, 접합부의 미세조직을 제어하여 건전한 접합부를 얻는 것이 중요하다. 사전연구에서 Zr-Ti계 삽입재 및 중간층을 이용하여 Ti와 SUS의 이중 접합시 접합부의 미세조직 관찰 결과, Zr 함량에 따른 접합부에서의 모재의 성분과 Zr의 반응으로 인한 금속간 화합물을 생성하는 것을 확인하였으며, 이는 접합부에서의 연성 및 인성을 감소시키는 취성 파괴의 원인으로 작용하는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 Ti/SUS 이중접합시 삽입재의 Zr 함량을 감소시키고, Ti 함량을 증가시켜 Zr계 금속간 화합물의 생성을 억제하고자 하였으며, 접합부의 미세조직을 관찰하고자 하였다. 먼저 Zr-Ti계 저용점 삽입재를 리본 형태로 제조한 후 시차열분석(DSC) 및 열분석(DTA)을 이용하여 삽입재의 열적 특성을 분석하였다. 제조된 Zr-Ti계 삽입재 및 V, Cu 등의 중간층을 이용하여 Ti/SUS의 브레이징 접합을 수행하였다. 주사전자현미경(SEM) 및 전자빔 미세분석(EPMA)을 이용하여 접합부의 형성상 및 미세조직을 분석하였으며, 인장시험(Tensile test) 및 경도 시험을 이용하여 접합부의 기계적 특성을 측정하였다.

[용접3-4 | 13:45]

Parametric Analysis of Melt Pool Dimensions for 3D Printed Metal Lines in Selective Laser Melting Process with Pulse Width Modulation: Seungmuk Ji¹, Young-Shik Yun¹, Jiwhan Kim¹, Deok-Jin Jeon¹, Suk-Won Jin², Sung-Woo Bae², Jong-Souk Yeo¹; ¹*Yonsei University*, ²*Sentrol Co. LTD.*

Keywords: Laser melting, 3D printing, TiAl6V4, Pulse width modulation, Process parameters

Selective laser melting (SLM) process has been considered as one of the most promising methods for the patient specific fabrication of biomedical implants. For the bone recovery or replacement applications, the implant needs to have a specific volume ratio of porous structures to improve the cell viability and growth for osseointegration along with an adequate mechanical strength. Therefore, the needs for the ability to make precise and controlled line width are constantly increasing for the 3D printing of biomedical implants. In this regard, a process using a pulse width modulation (PWM) type laser can be an effective way to satisfy the aforementioned needs due to its ability to deliver a desired energy flux to specific area for a controlled duration. In this work, we investigate melt pool sizes of TiAl6V4 lines generated by SLM process using PWM laser to verify the correlations with laser parameters such as laser powers and scan speed. 3D numerical simulations based on finite domain method are conducted to confirm the correlations observed from the experiments. We fix the duty cycle of the PWM laser at 50 % so that average power is half of the continuous wave laser while the peak power is same for both laser types. When the average power is sufficiently high as 100 W, the width and depth of the melt pool increase with laser power or decrease with scan speed. On the contrary when the average power is low, there are large fluctuations of melt pool dimensions with respect to the laser parameters due to the irregularities in particle size and the different rates in pulse overlap varying with laser scan speed. Based on these results, the melt dynamics inside the melt pool and the related printing strategies using PWM type laser are discussed. This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the International Cooperative R & D program (N0002624_Development of metal additive manufacturing system with in-situ monitoring and powder recycling devices for biomedical applications), was also supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the “ICT Consilience Creative Program” (IITP-2017-2017-0-01015) supervised by the IITP (Institute for Information and communications Technology Promotion)

고엔트로피 합금

Room 204, 10월 26일

[고엔1-1 | 09:00]

자동차용 고내열 하이엔트로피 합금 개발: 민병호¹, 이태규¹, 최경식¹, 김기범²; ¹현대자동차 신소재연구팀, ²세종대학교

Keywords: HEA, inconel, AlFeCrNi, 정밀주조

고엔트로피 합금(high entropy alloy, HEA)은 5개 이상의 원소를 유사한 원자비로 혼합함으로써 시스템의 혼합 엔트로피를 극대화하여 제조된다. 이 때 여러 합금원소의 고용체 형성에 의한 격자뒤틀림 등에 의한 전위이동의 어려움 및 확산속도의 감소 등으로 기계적 물성뿐만 아니라 열적, 화학적 안정성을 향상시킬 수 있어 기존 소재의 한계 물성을 극복할 수 있는 차세대 소재로서 각광받고 있다. 고엔트로피 합금 중 특히 Cantor Alloy 를 통한 극저온 적용 소재와 Super Alloy 대체를 위한 초고내열 소재 분야에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 다만 아직까지 학교나 연구기관 위주로 메커니즘 규명과 같은 Academic 한 연구가 주를 이루고 있으며, 제조 공정에서도 대량 공정 적용에는 극복해야 할 문제가 많이 있다. 본 연구에서는 고엔트로피 합금의 특성을 이용하여 세계최초로 자동차용 고 내열소재를 개발하고자 하였다. 특히 터보차저 내 터빈 휠 또는 밸브 부품에 현재 사용 되고 있는 Ni 계열 super alloy (Inconel) 의 대체를 통해 고내열성 향상 및 원가절감, 밀도 저감을 목표로 개발을 수행 중이다. 내열 합금으로 주목받은 5원계 AlCoCrFeNi 합금계를 기초로 하여 고가원소 최소화, 고온물성 극대화, 밀도 저감의 목적으로 합금설계를 진행하였다. 1차 도출된 HEA 개발 조성인 AlFeNiCr97Mo3 (at.%)는 상온 ~800°C 전 온도 영역에서 Inconel 대비 경도 우위에 있음을 확인하였다. 개발재의 미세구조를 분석한 결과, BCC + B2_BCC(ordered BCC)가 혼합된 matrix 와 dendrite의 2상 구조를 확인하였다. 또한 대량 제조 공정 적용성 평가를 위해 기존 상용소재(Inconel)와 동일 공정(100kg급 진공유도용해)으로 인장시편의 시제작을 수행하였고, 그 결과 용탕 유동성은 상용재 대비 부족하나 주조성 측면에서 시편 형상구현에는 문제가 없음을 확인하였다.

[고엔1-2 | 09:15]

분말 공정으로 제조된 AlCoCrFeNi 기반 고엔트로피 합금의 첨가원소(Cu, Mg, Mn, Ti, Zn)에 따른 합금화 및 상분리 거동: 오민철, 이한성, 안병민 ; *아주대학교*

Keywords: High entropy alloy, Valence electron concentration, High energy milling, Spark plasma sintering, Alloying element

각 원소 간의 복잡한 상호작용에 의해 높은 혼합 엔트로피로 인하여 중간상이나 금속 간 화합물이 형성하지 않고 단일 혹은 2상의 고용체를 형성하는 고엔트로피 합금은 기존 상용 합금에 비해 우수한 물리적 특성을 나타낸다. 현재 합금 소재에 있어서 새로운 패러다임으로 다양한 연구가 진행 되고 있다. 특히 고엔트로피 합금의 평균 원자가전자 농도에 따라 상분율이 변하며, 기존에 발표되지 않은 다양한 상들이 형성되어서 현재 새로운 연구 주제로 각광 받고 있다. 본 연구에서는 AlCoCrFeNi 5성분계 고엔트로피 합금을 기본 조성으로 선정하여 기계적 합금화 방법 중 하나인 고에너지 밀링으로 고엔트로피 합금을 제조 하였다. 또한 첨가원소의 원자가 전자 농도에 따른 고엔트로피 합금의 미세조직의 변화를 확인하기 위하여 AlCoCrFeNi에 Cu, Mg, Mn, Ti, Zn 중 하나를 선택적으로 첨가하여 6원계 고엔트로피 합금을 제조하였다. 합금 조성에 따른 고엔트로피 합금 분말의 결정구조 및 합금화 거동을 XRD로 분석하였으며, 방전 플라즈마 소결을 이용하여 고엔트로피 합금 분말을 치밀화한 후 SEM-EDS와 EBSD 분석을 통하여 고엔트로피 합금의 평균 원자가전자 농도에 따른 합금화 및 상분리 거동에 관하여 세부적으로 연구하였다.

[고엔1-3 | 09:30]

Al_{0.5}CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금 지지 나노 복합재의 개발 및 카본나노튜브 함량에 따른 기계적 거동 분석: 남승진¹, 김재현², 신민철², 양인규², 오윤석², 안민기², 황준연³, 최현주¹; ¹국민대학교 신소재공학부, ²서울과학기술대학교, ³한국과학기술연구원 복합소재기술연구소

Keywords: High-entropy alloy; Carbon nanotube; Nanocomposite; Powder metallurgy; Mechanical behavior;

고엔트로피 합금 (high-entropy alloy, HEA)은 다양한 원자 크기를 갖는 합금 원소들의 고용에 의해 심한 격자 비틀림이 발생하고, 이로 인한 고용강화에 의해 기존 합금보다 향상된 기계적 물성 및 열적·화학적 안정성을 보여주고 있다. 더욱이, 분말야금법을 이용하여 제조된 나노결정 고엔트로피 합금의 경우, 미세조직 미세화에 의한 결정립계 강화로 인해 보다 높은 고강도의 재료를 만들 수 있다. 하지만, 나노 크기의 미세한 결정립에 의해 전위의 움직임이 제한되고, 넓어진 결정립계를 따라 크랙이 전파될 수 있기 때문에 연성과 인성이 크게 감소한다는 한계를 보여주고 있다. 또한, 격자 비틀림과 결정립계는 전자 산란을 야기할 수 있어 전기적 특성도 저하시킬 수 있다. 한편, 높은 비강도와 전기 전도도를 갖는 탄소나노튜브 (carbon nanotube, CNT) 등의 나노 강화상이 분산된 나노 복합재료에서 강화상에 의한 강도 및 전도도의 큰 향상을 기대할 수 있어 다양한 응용분야에서 적용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 본 연구에서는 분말야금법을 이용하여 CNT가 분산된 Al_{0.5}CoCrCuFeNi 고엔트로피 합금 지지 나노 복합재를 제조하였다. 합금의 원소가 되는 금속 분말을 볼 밀링 (ball-milling)하여 기계적 합금화(mechanical alloying)를 한 후에 다양한 함량의 CNT를 고엔트로피 합금 분말에 분산시켜 나노 복합재 분말을 제조하였고, 이를 방전 플라즈마 소결 (spark plasma sintering, SPS)을 이용하여 벌크 시편을 준비하였다. X선 회절법 (X-ray diffraction, XRD)를 이용하여 기계적 합금화 및 소결 후에 일어나는 상의 변화를 관찰하였으며, 복합 분말 및 소결체 내에 존재하는 CNT를 라만 분석법을 이용하여 확인하였다. 또한, 나노 복합재의 미세구조는 전자 현미경 (electron microscopy, EM)을 통해 관찰하였으며, 기계적 물성은 비커스 경도 (Vickers' hardness)와 만능 물성 시험기 (universal testing machine, UTM)을 이용하여 평가하였다. 이를 통해, CNT가 분산된 고엔트로피 합금 지지 나노 복합

재료에서 강화상의 함량에 따른 기계적 거동과 미세조직의 변화에 대해 고찰하고자 한다.

[고엔1-4 | 09:45]

A study on microstructure and magnetic properties of AlFeCoCrMn high entropy alloys combined with DFT calculation: Chanwon Jung¹, Ku Kang¹, Amalraj Marshal², Konda Gokuldoss Pradeep², Jae-Bok Seol³, Hyuck Mo Lee¹, Pyuck-Pa Choi¹; ¹KAIST, ²RWTH Aachen, ³NINT.

Keywords: High-entropy alloys, atom probe tomography, density functional theory, soft magnetic materials

In this study, we designed soft magnetic $\text{Al}_{0.1}(\text{Fe}_{1-x}\text{CoCr}_{1-x}\text{Mn})_{0.9}$ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6$, and 0.8) high entropy alloys. To understand property-structure relationships, we characterized elemental partitioning between Al-Co rich B2 and Fe-Cr-Mn rich bcc in nanometer-scale using atom probe tomography and transmission electron microscopy. Magnetic properties were measured by vibrating sample magnetometer. As a result, $\text{Al}_{0.1}(\text{Fe}_{1.6}\text{CoCr}_{0.4}\text{Mn})_{0.9}$ alloy exhibited the best soft magnetic properties (M_s : 135 emu/g and H_c : 746 A/m) among the studied alloys due to its bcc-based structure and high Fe and low Cr contents. Density functional theory calculations for every phase in each specimen indicates that magnetic moment of Mn was highly sensitive to the crystal structure and phase composition.

[고엔2-1 | 10:00]

Coarse grained CrMnFeCoNi 고 엔트로피 합금의 고주기 피로 및 인장 변형 거동: 김영균¹, 함기수¹, 김형섭², 이기안¹; ¹인하대학교 신소재공학과, ²포항공과대학교 신소재공학과.

Keywords: CrMnFeCoNi high entropy alloy; Microstructure; Tensile; High cycle fatigue; Deformation twin

High entropy alloy (HEA)는 5가지 이상의 원소가 5~35 at.%로 구성된 합금으로 뛰어난 물리 화학적 특성을 가져 종래의 구조용 소재들을 대체할 수 있는 새로운 소재로 많은 관심을 받고있다. 이러한 HEA는 현재까지 뛰어난 기계적 특성을 가지는 것으로 보고된 바 있으나 소재가 파괴되는 대부분의 원인인 피로 특성에 대한 연구 결과는 매우 부족하다. 본 연구에서는 Coarse grained $\text{Cr}_{20}\text{Mn}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Co}_{20}\text{Ni}_{20}$ HEA의 고주기 피로(high cycle fatigue) 및 인장 변형 거동에 대하여 조사하였다. 미세조직 관찰 결과 평균 결정립 크기는 245.5 μm 로 측정되었고 face centered cubic (FCC) random solid solution을 가지는 것으로 나타났다. 인장 시험 결과, 항복 강도와 인장 강도는 각각 293.1 MPa, 625.6 MPa로 확인되었으며 인장 변형 중 deformation twin evolution에 따른 work hardening rate의 변화가 확인되었다. 고주기 피로 시험 결과, 피로한(fatigue limit)은 항복 강도와 근접한 280 MPa로 확인되어 매우 우수한 고 주기 피로 특성을 가지는 것을 알 수 있었다. 또한 본 소재의 뛰어난 고 주기 피로 특성은 cyclic loading 중 형성되는 deformation twin (DT)과 관련되어 있는 것으로 확인되었다. 상기 결과들을 기반으로 $\text{Cr}_{20}\text{Mn}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Co}_{20}\text{Ni}_{20}$ coarse grained HEA의 고 주기 피로 및 인장 변형 거동을 분석했으며 변형 거동에 미치는 DTs의 역할에 대하여 고찰하였다.

[고엔2-2 | 10:15]

이온 조사 하에서 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금 내 석출물의 안정성 고찰: 김진원¹, 김준곤², Sung-il Baek³, Dieter Isheim³, David N. Seidman³, 장혜정², 박은수¹; ¹서울대학교 신소재공동연구소, ²한국과학기술연구원 특성분석센터, ³Center for Atom-Probe Tomography (NUCAPT), Northwestern University.

Keywords: 하이엔트로피 합금, 이온 조사, 3D-APT, ballistic mixing, radiation-enhanced diffusion

다중 주요 합금 원소를 유사한 비율로 합금화하여 제조하는 하이엔트로피 합금은 원자단위의 복잡한 화학적 환경을 가짐에도 단순 고용상을 형성하여, 우수한 고온 안정성 및 느린 확산 속도를 가지는 것을 특징으로 한다. 이를 통해 하이엔트로피 합금은 고온용 구조 재료로서 주목받고 있으며 최근 들어서는 원자력 재료로서 활용하려는 연구개발이 진행되고 있다. 이러한 하이엔트로피 합금의 보다 폭넓은 활용을 위해선 상 안정성에 대한 이해가 필요하며, 일반적으로 조사환경 하에서 합금의 상안정성은 주입된 이온과 타겟 재료와의 충돌에 의한 무질서화 (ballistic mixing)와 조사에 의해 형성된 결함에 의해 가속화된 확산 (radiation-enhanced diffusion)의 경쟁 관계로 결정되고, 이로 인해 석출물의 수축 혹은 성장과 같은 미세구조 변화가 유발된다. 본 연구에서는 조사환경 하에서 하이엔트로피 합금의 상안정성을 평가하기 위하여, Arc melting 과 suction casting 을 이용하여 CrFeCoNiCu 합금을 판상 시편 형태로 제조하여 투과전자현미경을 (Tecnai F20, Talos F200X @ 200 keV) 이용하여 CrFeCoNi-rich 상 내 수 나노 크기의 Cu-rich 석출물과 Cu-rich 상 내 약 30 nm 크기의 CrFeCoNi-rich 석출물이 형성됨을 관찰하였다. 특히, CrFeCoNiCu 합금을 Cu^{6+} 이온을 이용하여 13.3 MeV 로 깊이 1 μm 에서 10 dpa ($1.19 \times 10^{16} / \text{cm}^2$) 으로 상온에서 조사한 후에 3D-APT 를 이용하여 기지의 조성뿐만 아니라 석출물의 변화 양상을 체계적으로 살펴보고자 하였다. 부연하면, 3D-APT (LEAP 4000X HR in KIST & LEAP 4000X Si in NUCAPT) 를 이용하여 조사량에 따른 CrFeCoNi-rich 상 내 Cu-rich 석출물과 Cu-rich 상 내 CrFeCoNi-rich 석출물의 화학 조성, 크기와 분율을 정량화함으로써 석출물의 안정성을 평가하고자 하였다. 본 연구를 통하여 신소재인 하이엔트로피 합금의 극한환경 조건에서 상안정성을 보다 체계적으로 이해함으로써 관련 소재의 보다 폭넓은 활용을 위한 초석을 다질 수 있을 것으로 사료된다.

[고엔2-3 | 10:30]

FCC 하이엔트로피 합금의 변형 기구 제어: 예정원, 윤국노, 김상준, 오현석, 박은수; 서울대학교

Keywords: High entropy alloy, Stacking fault energy, Strain rate, Triaxiality, Deformation mechanism

최근 다양한 연구가 진행되고 있는 하이엔트로피 합금(HEA, High entropy alloy)은 다수의 주요 원소가 유사한 비율로 포함되어, 기존의 상용 합금 대비 우수한 기계적 물성 및 높은 상안정성 등 독특한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 특히, 기존 상용 합

금과 다르게 크게 뒤튼린 격자 구조를 갖는 하이엔트로피 합금의 경우 그 변형과 파괴에 있어 특별한 거동을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 하지만 아직까지 내재적/외재적 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려진 변형 기구의 맞춤형 제어 방안에 관한 체계적인 연구는 미비한 실정이다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 3d transition metal로 이루어진 FCC 하이엔트로피 합금에서 적층 결함 에너지(SFE, Stacking fault energy), 변형률, 응력 조건에 따른 변형기구 변화 양상을 체계적으로 고찰하고자 하였다. 이를 위해 열역학적 계산을 통해 적층결함에너지를 제어하여 Slip, Twin induced plasticity(TWIP), Transformation induced plasticity(TRIP) 그리고 Dual Phase와 같이 서로 다른 변형 메커니즘을 갖는 하이엔트로피 합금을 우선적으로 제조하였고, 각 조성의 변형률 (10^{-1} 에서 10^{-5}s^{-1}), 응력 조건 (uniaxial, triaxial condition)에 따른 변형기구 변화 양상을 체계적으로 고찰하고자 하였다. 결과적으로, 3d transition metal로 이루어진 Cr-Co-Fe-Ni-Mn FCC HEA에서 (SFE, 재료 변수)-(Strain rate, 변형률 변수)-(Triaxiality, 응력 변수)에 따른 변형 기구 변형도를 성공적으로 작도 할 수 있었다. 본 연구를 통하여, FCC하이엔트로피 합금의 변형기구를 내재적 변인통제, 외재적 변인통제를 통해 효과적으로 제어하는 방안에 관한 실효성 있는 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[고엔2-4 | 10:45]

고압력 비틀림 공정을 가한 석출경화형 고엔트로피합금의 시간의존적 변형 거동: 박정민¹, 이동현¹, 양광휘¹, Zhaoping Lu², 서진유³, 장재일¹; ¹한양대학교 신소재공학부, ²University of Science and Technology Beijing, ³한국과학기술연구원 고온에너지재료센터.
Keywords: high-entropy alloy, high-pressure torsion, precipitation, nanoindentation

최근 고엔트로피합금(high-entropy alloy, HEA)의 기계적 특성을 향상시키는 방안으로 나노결정립화와 석출물 형성 등이 제안되고 있다. 본 연구에서는 이 두 가지 강화기구가 조합된 HEA의 시간의존적 변형 거동을 살펴보기 위하여 $\text{Ni}_3(\text{Ti,Al})$ 석출상이 형성된 $(\text{FeCoNiCr})_{94}\text{Ti}_2\text{Al}_4$ HEA에 대하여 고압력 비틀림(high-pressure torsion, HPT) 공정을 가하여 나노결정립화를 유도하였고, HPT 공정 시 가장 큰 변형율이 가해지는 디스크의 가장자리 부위에 대해 나노압입시험을 수행하였다. 특히 HEA의 크립 거동 및 변형률 속도 민감도 등을 평가하였고, 이를 고압력 비틀림을 가하지 않은 재료의 실험 결과와 비교, 분석하였다. *본 연구는 2018년도 과학기술부와 ICT의 재원으로 한국연구재단 (NRF)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No.2015R1A5A1037627 and No.2017R1A2B4012255) 입니다.

[고엔2-5 | 11:00]

고엔트로피합금의 수소 확산 계수 측정 및 확산 거동 분석: 이정훈, 박철호, 조경목, 강남현; 부산대학교 공대 재료공학과.
Keywords: High entropy alloy, Hydrogen permeation test, Hydrogen diffusion coefficient

수소 에너지를 상업화하는 데 있어서 가장 큰 문제는 수소 스테이션과 같은 공급 시스템과 수소 저장 시스템의 부족이다. 수소를 효율적으로 저장하기 위해서는, 20K, 대기압 또는 매우 고압에서 액체 수소의 형태로 보관해야한다. 매우 극한 환경에서 수소가 저장되기 때문에 저장탱크와 운송시스템에 사용되는 재료는 훌륭한 기계적 특성과 수소취성 저항성을 가져야 한다. 최근 고엔트로피합금이 극저 환경에서 사용가능성이 높은 새로운 재료로 떠오르고 있다. 그 이유는 고엔트로피합금은 온도가 낮아지면서 소성변형시, 나노 크기의 쌍정 생성으로 인해 놀라운 기계적 성질을 지닌 것으로 알려져 있기 때문이다. 수소저장탱크 및 운송시스템의 재료로 사용하기 위해서는 재료의 수소 확산 거동과 확산계수가 규정되어야 한다. 본 연구에서는 수소 투과 시험을 이용하여 극저온에서 사용되는 STS 304와 비교하여 고엔트로피합금 중 캔터 합금의 수소의 확산 계수 및 확산 거동을 분석하였다.

[AW-3 | 13:00] 전자재료정보상 수상기념강연

Recent progresses in multi-value logic technology: Byoung Hun Lee; *GIST*

The power consumption of state-of-art semiconductor chips has become a serious concern for future IoT era, especially considering the ever increasing information processing needs. Multi-value logic technology can be applied to partially replace the binary circuit to reduce the system power consumption. The number of device and interconnect required to perform a same function with binary MOSFETs can be substantially reduced using MVL technology. The MVL technology has not been commercialized because a single device showing multiple states has not been available. Recently, several projects aiming to develop MVL devices using novel materials have been initiated and significant progresses have been reported. In this talk, the recent progress and future research direction of MVL technology will be discussed.

[나노 1-1 | 13:25]

Plasmonic nano-color formation of Al₂O₃-Au thin film on Stainless Steel Substrate: Md. Abdur Rahman, Sivagnanam Muthaiab K. Vivek, Kwang Deok Choi, In Uk Baek, Sang Hoon Kim, Seung Yong Lee, So Hye Cho, Ji Young Byun, Yun Hee Kim; *Korea Institute of Science and Technology (KIST)*.

Keywords: Plasmonic Coloring, Metal-Dielectric Composite, Color Simulation

In recent times, plasmonic color generation is receiving much attention because of its range of exciting opportunities which includes an extremely high spatial resolution, simplicity in the material's design and high durability. Here, the plasmonic color generations of Al₂O₃-Au metal-dielectric nano-composite thin films were studied where all the films were deposited on stainless substrates. Significant color change is appeared as film thickness and composition both increases from 50 nm to 100 nm and variation of Au content from 10.4 vol% to 14.0 vol%, respectively. 50nm-Au (vol:10.4%) samples shows Magenta hued Color while 100nm-Au (vol:14%) sample represents a blue-hued colored surface. Both 100nm-Au (vol:14%) sample and 150 nm-Au (vol:14%) sample show the same blue color hue but as the film thickness increases color gets less saturated. An Auger spectroscopy and a color spectrophotometer were used to analyze the noble metal contents and colors of the thin films, respectively. A simulation was performed to predict the color of the three samples by using Renormalized Maxwell Garnett (RMG) approximation where simulated data closely match to the experimental data. We expect that the appeared colors are due to a combined effect of absorption via metal nano-particles and thin film interference.

[나노 1-2 | 13:40] Canceled

Doping Effect on the sensing properties of ZnO nanoparticles for detection of acetone as a biomarker: Ran Yoo¹, Yunji Park², Hyun-Sook Lee³, Wooyoung Lee¹; ¹Department of Materials and Engineering, ²Yonsei University, ³Korea.

[나노 1-3 | 13:55]

Bio-inspired Synthesis of Gold Nanodendrites Using Catechol-grafted Polymer Templates: Kyeong Rak Kim¹, Yoon Sung Nam²; ¹KAIST, ²KAIST / KAIST Institute for nanocentury.

Keywords: Gold nanodendrites: Polymer templates: Dextran: Bio-inspired synthesis: Catechol

Structural properties such as dimension, size, and morphology of gold nanoparticles play an important role in determining their optical, photothermal and catalytic properties. Although the synthetic methods of various gold nanostructures have been extensively reported, complicated and multistep procedures are still required for the production of three-dimensional, dendritic gold nanostructures. Herein, we introduce a simple method to synthesize gold nanodendrites using catechol-grafted polymer templates through the well-controlled reduction of gold ions. To control the morphology of gold nanoparticles and the reduction kinetics of gold ions, the effect of the ratio of dimethylacetamide (DMA) to water and the functional groups catechol in order to decrease the gold ion diffusivity and metal-ligand dissociation was investigated. Dextran grafted with catechols, denoted as 'dextran-g-ct', was synthesized by conjugating catechols to the backbone of dextran with a grafting density of 5.9 mol % and serves as a template for generating dendritic gold structures by the linkage of the spherical gold nanoparticles. Gold nanodendrites were synthesized at a low concentration of dextran-g-ct, whereas spherical gold nanoparticles were synthesized at a high concentration of dextran-g-ct. The surface chemistry and structural properties of the dextran-g-ct and gold nanodendrites are investigated using nuclear magnetic resonance (¹H NMR), UV-Vis spectrophotometry, transmission electron microscopy (TEM) and 3D tomography. We expect the mussel-inspired polymer chemistry can be used as a simple one-pot method to prepare highly branched gold nanodendrites that are potentially attractive to biosensing and catalysis. This work was supported by Basic Science Research Program and Nano Material Technology Development Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2016R1A2B4013045 and NRF- 2017M3A7B4042235).

[나노1-4 | 14:10]

Enhanced Isoprene Sensing Properties of ZnO Nanoparticles: Yunji Park, Ran Yoo, Seungryol Park, Jun Ho Lee, Hwaebong Jung, Hyun-Sook Lee, Wooyoung Lee; *Yonsei University*.

Keywords: gas sensor, ZnO nanoparticles, isoprene, biomarker, metal oxide semiconductors

The sensing properties of ZnO particles have been investigated for the detection of VOCs (Volatile Organic Compounds), in particular, isoprene (C₅H₈). According to previous studies, size reduction of ZnO particles was used as one of the methods for maximizing the reactivity. Thus, we compared the reactivity of the ZnO particles, classified by average particle sizes, ~5 (so-called quantum dots (QDs)) and ~25 nm (so-called nanoparticles (NPs)), for the detection of isoprene. Evidently, from the X-ray diffraction characterizations, the ZnO particles were successfully synthesized by a wet-chemical synthesis method. According to the XPS and BET results, larger number of oxygen vacancies and specific surface area were observed in the ZnO QDs compared to the NPs. The maximum response to 1 ppm isoprene was ~42 at 350 °C for the QDs and ~5.6 at 500 °C for the NPs. The higher sensing response and lower optimal working temperature of the ZnO QDs can be attributed to the comparably active adsorption sites and enhanced kinetics of the surface reaction from the size effect. Furthermore, the sensing response of ZnO QDs to 1 ppm isoprene is superior to previously reported isoprene sensors that are based on semiconducting metal oxides.

[나노1-5 | 14:25]

Real-time detection of 2-CEES by Al-doped ZnO quantum dot sensor coupled with a packed column for gas chromatography: Jun Ho Lee, Hwaebong Jung, Wooyoung Lee; *Yonsei University*.

Keywords: gas sensor, miniaturized gas chromatography, Al-doped ZnO quantum dots, 2-CEES, mustard simulant

We developed a new portable chemical warfare agent analyzer for miniaturized gas chromatography (mini-GC), comprising a packed column and hydrothermally synthesized Al-doped ZnO quantum dots (AZO QDs). This device uses a small volume of the target gas (1 ml) without pre-concentration and can be used to detect 2-chloroethyl ethyl sulfide (2-CEES) gas, which is a mustard gas simulant, over a wide concentration range. The AZO QD (~5 nm) sensor exhibited an outstanding sensing response (R) of 5,393 in detecting 20 ppm of 2-CEES: this performance is superior to those of other previously reported 2-CEES sensors based on semiconducting metal oxides. By optimizing the length of the packed column, we successfully decreased the retention time of 2-CEES to ~150 s. More importantly, the manufactured mini-GC device can be used to selectively detect a small amount of target gas from other gases such as NH₃, NO, and CO. We demonstrated the excellent detection performance of the device for the real-time selective detection of 2-CEES.

[나노1-6 | 14:40]

Development of Highly Selective Breath Acetone Analyzer Based on ZnO Quantum Dots Integrated with Miniaturized Gas Chromatographic Column: Hwaebong Jung¹, Wonhee Cho², Ran Yoo¹, Hyun-sook Lee¹, Yong-Sahm Choe³, Justin Y. Jeon², Wooyoung Lee¹; ¹연세대학교 신소재공학과. ²연세대학교 스포츠응용산업학과. ³(주)아이센랩.

Keywords: Breath acetone, ZnO quantum dot, miniaturized gas chromatography column, real-time detection, mini sampling volume

Here, we report a development of a breath acetone analyzer based on a miniaturized gas chromatography (GC) column integrated with ZnO quantum dots (QDs), which can analyze a wide range of breath acetone concentrations, using a small volume (1 ml) of the gas without pre-concentration, in real-time, with high sensitivity and selectivity. The average size of the ZnO QDs, which were synthesized by a wet chemical method, is approximately 6 nm. This analyzer can detect acetone concentrations as low as 0.1 ppm. The response of the ZnO QDs increases with increasing acetone gas concentration and is strongly correlated with the concentration ($R^2=0.9915$). Additionally, the miniaturized GC column can effectively separate acetone gas from breath. This breath acetone analyzer was used to perform breath analysis on volunteers who were on a ketogenic diet and a normal diet. The breath acetone concentration of the volunteer on a ketogenic diet for 3 days was 1.2 ppm. After the intake of carbohydrate, the acetone concentration steadily decreased to 0.18 ppm, which was near identical to that of the volunteers on a normal diet.

[나노2-1 | 15:05]

Tunable Photocurrents Based on Single-Walled Carbon Nanotube-Silicon Junctions for Optical Sensors: Young Lae Kim; *Gangneung-Wonju National University*.

Keywords: carbon nanotubes, silicon junction, optical sensors, photocurrents

This research introduces a radically unconventional, voltage-tunable, sharply non-linear and extremely sensitive photo-response in fluidically-assembled SWNT/Si heterojunctions, with high photocurrent responsivity, high photovoltage responsivity, high electrical ON/OFF ratios and optical ON/OFF ratios. Photonics which is the scientific study and application of light has evolved to become a key technology behind many devices found in the modern home, factory and research lab. Our researches show that CNT-silicon junctions form a versatile platform for optoelectronic applications ranging from photodetection, photometry and imaging. The voltage-switchable photocurrents with high switching ratios allow one to conceive mixed optoelectronic logic elements and voltage-triggered digital optoelectronic operations and digital-to-analog conversions. The on-chip architectures are scalable and completely compatible with conventional microelectronics technologies, including the possible inclusion of waveguides and other photonic components.

[나노2-2 | 15:20]

Laser-Micro-Drilled Edge Enhancement of Graphene for Micro-Supercapacitors with Ultrahigh Capacitance and Energy Density: 유정준¹, 변세기², 이찬우¹, 유충열¹, 유진³; ¹한국에너지기술연구원, ²한국표준과학연구원, ³KAIST.

Keywords: supercapacitor, graphene, edge, laser, electric double-layer

Micro-supercapacitors are micro-scaled rechargeable energy storage devices that can support or replace batteries in ultra-small electronic devices. To prepare high-energy-density micro-supercapacitors, graphene is chosen as a highly conductive two-dimensional carbon electrode material with superior electrical performance to maximize the capacitance by creating maximum number of edge planes that can physically and chemically store considerably more charge than basal planes. To accomplish this edge enhancement, a laser drill micro-patterning method on an “in-plane” reduced graphene oxide film is employed, creating numerous graphene edge planes with remarkably high capacitance within a few minutes. The open architecture, graphene edge effect, and well-matched aqueous electrolyte afford areal and volumetric stack capacitances (40 mF/cm² and 98 F/cm³, respectively) much higher than that of any other micro-supercapacitor, and the highest areal and volumetric energy density (5.4 mWh/cm² and 13.7 mWh/cm³, respectively) reported for any micro-supercapacitor with interdigital electrodes, exceeding that of a lithium thin-film battery. An analogous 5-V series-connected micro-supercapacitor is constructed in an area of 1 x 1 cm²: hence, devices for high-voltage operation can be fabricated simply in a confined area using high-resolution laser drilling. Two-dimensional edge-enhanced-graphene micro-supercapacitors are promising candidates as micro-energy storage devices for sub-miniature electronics requiring high energy density.

[나노2-3 | 15:35]

Enhanced Hydrogen Sensing Properties of Pd-coated SnO₂ Nanorod Arrays in Air and Transformer Oil: Min Hyung Kim, Byungjin Jang, Wooyoung Lee; *Yonsei University*.

Keywords: Hydrogen sensing, SnO₂, Pd, Nanorod arrays, Transformer oil

We report enhanced sensing properties of Pd-coated SnO₂ nanorod (NR) arrays for detecting H₂ gas in air and dissolved in transformer oil. The Pd nanoparticles were coated on randomly ordered vertical SnO₂ NR arrays by the glancing angle deposition (GLAD) method, which utilizes an electron-beam evaporator and a DC magnetron sputtering system. The Pd-coated SnO₂ NR arrays exhibited high response (104 at 1 % H₂) in air. Pd-coated SnO₂ NR arrays were immersed and in mineral oil that contains various concentrations of dissolved H₂ and the electrical response was measured. We found that the Pd-coated SnO₂ NR arrays showed superior response (R = ~96), low detection limit (0.3 ppm), and fast response times (300 s). The Pd-coated SnO₂ NR arrays had a temperature coefficient of resistance (TCR) of 3.69×10⁻³ °C⁻¹ at various oil temperatures (20 – 80 °C), indicating good thermal stability at high temperatures. The sensing mechanism of the Pd-coated SnO₂ NR arrays was also demonstrated by using changes in the Schottky barrier height at the Pd/SnO₂ interface upon exposure to H₂.

[나노2-4 | 15:50]

3D Atomistic Tomography of W-based Alloyed 2D Transition Metal Dichalcogenides: Juyeon Seo, Kyo-Jin Hwang, Yoon-Jun Kim, Myung Gwan Hahm; *Inha University*.

Increased interest in two-dimensional (2-D) materials and heterostructures for use as components of electrical devices has led to the use of an atomically mixed phase between semiconducting and metallic transition metal dichalcogenides (TMDs) that exhibited enhanced interfacial characteristics. To understand the lattice structure and properties of 2-D materials on the atomic scale, diverse characterization methods such as Raman spectroscopy, high-resolution transmission electron microscopy, and X-ray photoemission spectroscopy have been applied. However, determination of the exact chemical distribution, which is a critical factor for the interfacial layer, was hindered by limitations of these typical methods. In this work, we used atom-probe tomography for the first time to analyze the three-dimensional atomic distribution and composition variation of the atomic-scale multi-layered alloy structure (W_xNb_(1-x)Se₂). Composition profiles and theoretical calculations for each atom demonstrated the reaction kinetics and stoichiometric inhomogeneity of the W_xNb_(1-x)Se₂ layer. The role of the intermediate layer was investigated by fabrication of a WSe₂-based field-effect transistor. Introduction of W_xNb_(1-x)Se₂ between metallic NbSe₂ and semiconducting WSe₂ layers resulted in improved charge transport with lowering of the contact barrier.

[나노2-5 | 16:05]

상분리 하이엔트로피 합금에서 전기화학적 부식을 통한 나노다공성 하이엔트로피 합금 제조: 공경호¹, 현재익¹, 김원태², 김도향¹; ¹연세대학교, ²청주대학교

Keywords: 하이엔트로피 합금, 선택적 부식, 나노다공성 구조, 슈퍼캐패시터

하이엔트로피 합금은 5개 이상의 합금 원소를 유사한 비율로 합금화 하므로 높은 혼합 엔트로피고온에서 안정한 고용체 형성이 용이하여 기존의 합금에서와 다른 독특한 특성을 가진다. 따라서 하이엔트로피 합금은 높은 비강도, 내식성, 그리고 높은 강도 등 우수한 특성들이 많이 보고 되어왔다. 따라서 주로 기계적 성질에 대한 연구가 되어 왔으며, 기능성 재료에 대한 연구는 보고된 바가 없다. 하이엔트로피 합금은 심한 격자 변형으로 전기화학적 활성화된 표면으로 인해 촉매, 에너지 저장장치 전극 등에 우수한 특성을 보일 것이다. 하지만 현재까지 하이엔트로피 합금에서 다공성 나노 재료에 대한 연구는 보고된 바가 거의 없다. 본 연구에서는 AlCoCrFeNi 합금계에서 상분리 현상을 이용하여 다공성 나노 구조를 제조하기 위한 연구를 진행하였다. 상분리 현상을 SEM 및 TEM으로 관찰하였으며, 선택적 부식을 통해 우수한 전기화학적 특성을 갖는 하이엔트로피 다공성 구조를 제조하였다.

복합재료 Room 205, 10월 26일

[복합1-1 | 09:00]

In-situ TEM mechanical testing of a natural nanocomposite showing negative Poisson's ratio: Jin-Kyung Kim, Jinsol Seo, Jiwon Jeong, Jeehun Jeong, Zhen Wang, Sang Ho Oh; *Sungkyunkwan University*.

Keywords: In-situ TEM; Composite; Poisson's ratio

The teeth of limpets are reported to be the strongest natural material, with tensile strength values ranging from 3 to 6.5 GPa. However, the origin of ultrahigh strength of limpet teeth is still unknown. Limpets use conveyor belt-like radula to scrape rocks and extract algae during feeding. These processes require extremely strong teeth. Limpet teeth show characteristic composite nanostructures consisting of high volume fraction of reinforcing goethite crystals and softer amorphous hydrated silica matrix. The volume fraction and morphology of goethite crystals are heterogeneous at different locations of the tooth, which leads to site-specifically heterogeneous mechanical properties. The present work reports on the relationship between microstructures and deformation mechanisms of limpet teeth, using transmission electron microscopy (TEM) and in-situ TEM deformation. At the leading part of a limpet tooth, goethite crystals are mainly aligned along the principal direction of a tooth. The goethite crystals are rod-shaped, with approximately 30 nm in diameter and 300 nm in length. The volume fraction of the goethite crystals is approximately 50 %. TEM characterization of a longitudinal section at the tip of a limpet tooth shows both normally and laterally aligned goethite crystals, with some clusters of the normally aligned crystals. In addition, transition areas at the interfaces between goethite crystals and amorphous matrix are frequently observed. Atomic scale scanning transmission electron microscopy (STEM) and electron energy loss spectroscopy (EELS) analyses show that the transition areas have different atomic structures and chemical composition from the original goethite crystals. The trailing part of a limpet tooth shows larger goethite crystals, with lower volume fraction than the leading part. To understand deformation behavior of limpet teeth, in-situ TEM deformation experiments were conducted using the samples taken from the tip of a limpet tooth. Upon tension, the sample shows both positive tensile and transverse strain, which indicates negative Poisson's ratio. The rotation of laterally-aligned goethite crystals appears to result in the observed negative Poisson's ratio. When the sample fractures, a crack propagates very fast right after its initiation. The ultrahigh strength of limpet teeth is expected to delay initiation of cracks. The present work will discuss the relationship among microstructures, deformation/fracture behavior and mechanical properties of limpet teeth. This could provide an insight into design of bioinspired engineering composite materials with superior strength and toughness.

[복합1-2 | 09:15]

STS304/Al1050/STS439 clad 소재의 열처리에 의한 영향 분석 및 전산 모사 해석: 김용근¹, 홍순익²; ¹충남대학교신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과.

Keywords: STS439, Al1050, STS304, Clad, FEM

STS439는 페라이트 강으로, 강도가 높고, 접합성이 뛰어나고, Ni(니켈)을 함유하지 않아 300계 강에 비해 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 반면에 오스테나이트 강인 STS304는 산업 전반에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 강으로, 가공성 및 내식성 등이 뛰어난 장점이 있다. 본 연구에서는 STS439와 STS304를 압연 접합 시에 경량성 및 접합용이성을 확보하기 위해 중간층으로 Al1050을 삽입하여 클래드를 제작하였으며, 압연 접합 후, 열처리 온도에 따른 기계적 거동 및 금속간 화합물에 대한 분석을 수행하였다. 접합된 소재는 550°C에서 12시간, 24시간으로 나누어 열처리를 진행하였으며, 열처리를 거친 소재의 3점 굽힘 실험을 통해 기계적 거동을 분석하였다. XRD와 EDS 분석 등을 통해 STS와 Al 사이에 다양한 금속간 화합물이 형성된 것을 알 수 있었고, 전산 모사 해석을 통해 굽힘 거동시 STS439와 Al1050 사이에서 발생하는 분리 거동 및 균열형성 거동을 분석하였다.

[복합1-3 | 09:30]

티탄산칼륨 whisker의 형상 및 크기에 따른 마찰재에서의 특성 연구: 박수열, 변규범, 박홍규; *새로운오토모티브*.

Keywords: 마찰재, 티탄산칼륨, 마찰계수

자동차용 브레이크 마찰재는 크게 마찰조정제들을 결합 시켜주는 결합재와 마찰재의 뼈대 역할을 하는 보강재, 마찰안정 및 윤활재, 충전재 등의 마찰조정제로 구성되어 있다. 티탄산칼륨은 마찰재에서 보강재 역할을 하는 무기 섬유로써 마찰계수 안정화, 내마모성 향상, 고온 융점으로 우수한 고온 마찰 특성과 마찰재의 강도를 확보하며 현재 모든 마찰재에서 사용되어지는 주요 원료이다. 현재 사용되어지는 티탄산칼륨은 종류가 무수히 많으며, 제조업체에서도 꾸준한 연구와 시험을 통해 마찰재에 사용되는 원료를 소개하고 있다. 본 연구에서는 티탄산칼륨의 형상과 입도에 따른 원료 검사를 실시하였고, 마찰재에서의 특성을 연구하였다.

[복합1-4 | 09:45]

단면적 감소에 따른 in-situ MgB₂ 초전도 선재의 Core 밀도 및 barrier(Ti)/sheath(Cu)의 미세조직 거동: 박상훈¹, 현승균¹, 황덕영², 이종범³, 정하국³; ¹인하대학교, ²KAT, ³한국생산기술연구원.

Keywords: MgB₂, Powder in tube, Densification, Microstructure behavior

Powder in tube(PIT)법은 마그네슘(Mg) + 붕소(B) 혼합분말을 금속튜브 안에 채운 후 인발 혹은 압출(압연)-인발 등의 제조공정을 통하여 1 mm 이하의 미세한 장선재 형태로 제조되며, 제조된 선재는 NMR/MRI와 같은 분석·의료기기의 전자석 제조에 사용된다. 금속튜브의 선정기준은 Mg나 B과 화학반응이 없고, 제조공정과정에서 MgB_2 분말을 보호할 수 있는 기계적 강도와 경도를 가져야 한다. 무산소동(Oxygen-Free Copper)은 우수한 전도성과 기계적 강도 및 연신 특성을 나타내지만, Mg와 반응하여 Mg_2Cu 를 형성시켜 초전도특성을 저하시키는 문제점이 있다. 이를 방지하기 위한 방법으로 혼합분말과 금속튜브 사이에 확산방지층을 위치시켜 Mg_2Cu 형성을 억제한다. 대표적인 확산방지층 소재로 Mg와 반응이 없고 우수한 연성을 가진 나이오븀(Nb)이 주로 사용된다. 하지만 낮은 경도 값을 가진 Nb는 성형과정 중 분말과 Nb barrier 계면에서 불균일 변형의 하나인 소세징현상(sausaging)의 발생과 750°C 전후의 열처리과정에서 B이 Nb 층으로 확산되어 초전도특성을 저하시킨다는 연구 결과가 보고되고 있다. 최근 Nb 보다 낮은 밀도, 높은 강도/경도 값, 혼합분말과 반응하지 않는 티타늄(Ti)을 대체소재로 적용한 연구가 진행되고 있지만, 성형과정에서 확산방지소재의 기계적 특성 변화에 따른 분말의 밀도 변화 및 계면 등 미세조직 변화에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 지름이 25 mm인 Mg+2B/Ti/Cu clad소재와 Mg+2B/Nb/Cu clad소재를 인발 기술을 적용하여 지름이 각각 0.82 mm인 와이어를 제조하였다. 변형 구간의 단면이미지로부터 구성 물질의 면적 분율 및 Mg+2B 혼합분말의 밀도 변화를 관찰하였고, HR-XRD, EBSD분석으로 Mg+2B/barrier 계면에서 반응상의 형성, 전위밀도 변화 및 MgB_2 /diffusion barrier(Nb, Ti)/Cu 계면 및 미세조직 변화를 관찰하여 두 소재의 변형 거동 특성을 비교·분석하였다.

[복합1-5 | 10:00]

Effect of Nickel-coated Hollow Glass Microspheres on Microstructure and Mechanical Properties of Iron Matrix Syntactic Foams: 조의제, 박용호 ; 부산대학교

Keywords: Metal matrix syntactic foam: Glass microsphere: Ni coating: Interface:

Iron matrix syntactic foams are one of attractive lightweight structural materials owing to inherent superior strength, ductility, and high temperature properties of iron, compared to non-ferrous metals. Hollow glass microspheres were recently considered as a filler material in the iron matrix, where mostly powder metallurgy routes were adapted to overcome glass softening at high temperature. Despite their excellent mechanical properties, one problem was a poor interface nature between the iron and glass microspheres due to insufficient bonding during sintering. The crack propagated through the interfaces and delamination of the glass microspheres occurred when subjected to deformation. Metal coating on particles is one of the methods for improving the interfacial bonding in iron matrix composites. Formation of compounds and diffusion between the matrix and coated metal remove defects on the interfaces and increase bonding strength. Nickel coated cenospheres were once applied to aluminum, zinc, lead, and magnesium matrix syntactic foams fabricated by casting. However, the purposes of the coating were focused on promoting wettability with molten metals and maintaining intact hollow spheres after fabrications. To date, roles of metal coated inclusions on reinforcing metal matrix syntactic foams produced by powder metallurgy have not been revealed. It is expected that the coating will promote interfacial reactions with the matrix and lead to increase in mechanical properties in consequence. In the present study, Ni coated glass microspheres were used as a filler in iron matrix syntactic foam to investigate the metal coating effects. The microspheres were clad by electroless plating in different Ni thickness. Then, the syntactic foams were analyzed for microstructure and compressive behaviors.

[복합1-6 | 10:15]

저온분사와 볼 밀링 공정을 이용한 Al-MoO₃ 코팅층 제작 및 반응성 향상: 이승태, 김재익, 이창희 ; 한양대학교 신소재공학과

Keywords: Kinetic spray, Arrested reactive milling, Al-MoO₃, Energetic material

에너지 물질(Energetic material)은 추진 연료, 미세용접에 다양하게 연구 및 활용되고 있다. 에너지 물질은 온도에 민감하여 고온 처리를 할 수 없기 때문에, 구조적 연속성을 가지는 거시적인 크기로 가공하기 어렵다. 저온분사 공정은 금속 소재를 녹는점 이하에서 단단한 벌크 코팅층으로 적층 및 제작할 수 있다. 이에 따라 대표적인 에너지 물질이자 테르밋 재료인 Al-MoO₃에 대한 저온분사 적층 연구를 진행하였다. 이 과정에서 Al-MoO₃의 분율 5:1과 10:1 코팅층에 대한 반응성을 비교하였으며, 볼 밀링을 적용하여 반응성을 향상시키고자 하였다. 제작된 코팅층에 대해 미세 구조 분석, 경도 및 접합강도 등의 기계적 특성 평가, 시차 주사 열량계를 이용한 반응성 분석 등을 진행하였다. 세라믹인 MoO₃가 Al 입자를 감싼 상태로 적층되면서 입자간 결합이 충분하지 않았고, 이로 인해 접합강도는 순수 Al 코팅층에 비해 매우 낮아졌다. MoO₃ 분율이 증가할수록 경도, 발열량 등이 상승하였고, 이 결과는 기존 이론적 경향과 일치한다. 밀링분말 코팅층의 경우, Al과 MoO₃의 접촉면적이 혼합분말 코팅층보다 증가하면서 반응성이 향상되었다. 결과적으로 저온분사를 이용해 Al-MoO₃ 코팅층이 성공적으로 제작되었고, 볼 밀링을 통한 반응성 향상을 확인하였다.

[복합2-1 | 10:30]

Mechanical and thermal properties of nanocarbon-reinforced aluminum matrix composites at elevated temperatures: 신세은¹, 배동현² ; ¹순천대학교신소재공학과, ²연세대학교 신소재공학과

Keywords: Metal-matrix composites (MMCs) Mechanical properties Thermal properties Powder processing

This study evaluated the mechanical and thermal properties of aluminum alloy 2024 (Al2024) matrix composites reinforced with multi-walled carbon nanotube (MWCNT) or few-layered graphene (FLG) in the temperature range of 250~430 C. The Al2024/MWCNT and Al2024/FLG composites were fabricated using powder metallurgy, and the associated microstructures were observed. At 350 C, both composites maintain high yield stress about 110 MPa, since uniform dispersion of the nano-scale reinforcements has a

strong interface, hinders the dislocation movement and eutectic phase coarsening and severe softening of the matrix. The composites also show a low thermal expansion coefficient of $\sim 18106/K$. The results are respectively over ~ 2.5 times higher strength and $\sim 20\%$ lower CTE than those of commercial Al alloy used as piston material (AlSi12CuMgNi).

[복합2-2 | 10:45]

용탕교반 공정으로 제조된 $B_4C/Al6061$ 복합재료의 강화재 체적율에 따른 기계적 특성 및 열중성자 흡수능 분석: 이동현¹, 박현재¹, 조일국¹, 조승찬¹, 이상관¹, 이상복¹, 김양도²; ¹재료연구소(KIMS), ²부산대학교

Keywords: Al matrix composite, boron carbide, hot-rolling, stir casting process, thermal neutron shielding

알루미늄 합금은 낮은 비중으로 주목을 받고 있으나, 연성이 높고 강도가 낮은 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해 SiC , B_4C , TiB_2 , Al_2O_3 와 같은 세라믹 강화재를 첨가하여 강도가 높은 금속복합재료(Metal Matrix composite, MMCs)를 개발하고 있다. 알루미늄 복합재료(Aluminum Matrix Composites, AMCs)는 철강소재 보다 비강도, 내마모성 등 우수한 특성을 가지고 있어 다양한 분야에서 연구되고 있다. 최근, 사용후핵연료 저장용기 소재로 중성자 흡수능이 우수한 B10을 다량 함유한 B_4C 가 강화된 알루미늄 복합재료에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 기존의 분말야금 공정과는 달리, 교반 주조 및 열간 압연을 하여 열중성자 흡수능을 가지는 $B_4C/Al6061$ 복합재를 제조하였다. 제조된 $B_4C/Al6061$ 복합재료의 상온 및 $200^\circ C$ 에서 인장 시험을 진행하여 기계적 물성치를 확인하였으며, SEM, EPMA분석을 통하여 미세조직 관찰 및 상분석을 하였다. 또한, 열중성자 흡수능 시험을 진행하여 B_4C 입자 함량에 따른 중성자 흡수능을 분석하였다.

[복합2-3 | 11:00]

용융가압침투법으로 제조된 TiC 입자 강화 Stainless Steel 복합재의 내산화 특성: 이영환¹, 고성민¹, 박현재¹, 조승찬¹, 조일국¹, 이상관¹, 김양도², 이상복¹; ¹재료연구소 복합재료연구본부, ²부산대학교 재료공학과

Keywords: Titanium Carbide(TiC), SUS431, 금속복합재료(MMCs), 내산화, 용융가압침투

본 연구에서는 TiC 입자 강화 TiC-SUS431 금속 복합재(Metal matrix composites, MMCs) 제조를 통하여 SUS 431 합금의 경량화 및 내산화성을 향상을 제안하였다. TiC 입자 강화 SUS431 기지 복합재는 용융가압침투공정(Liquid Pressing Infiltration, LPI)에 의해 성공적으로 제조되었다. 제조된 복합재는 TiC 입자가 SUS 431 기지 내에 균일하게 분산되어 있으며, 기공 등의 결함이 거의 없는 건전한 조직을 확인할 수 있었다. TiC-SUS431 복합재의 밀도는 $5.8 g/cm^3$ 로 기존의 SUS431 합금 대비 약 25%의 경량화가 이루어졌다. 복합재의 내산화성 평가는 $700^\circ C$ 온도의 대기환경에서 50시간 동안 등온 산화 시험을 통하여 진행하였다. 산화 시험 결과 TiC 1 μm -SUS431 복합재의 중량 증가는 TiC 3 μm -SUS431 복합재의 중량 증가에 비해 약 90% 가량 감소하여 TiC 3 μm 복합재에 비해 내산화성이 더 우수한 것을 알 수 있었다. TiC-SUS431 복합재의 산화거동은 복합재 표면에서 SUS431 기지에서의 Cr_2O_3 형성과 TiC 입자의 TiO_2 로의 상변태로 인한 부피 팽창에 기인한 것으로 판단되어진다.

[복합2-4 | 11:15]

열처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재의 인장파괴 특성 및 강화기여 고찰: 박성준¹, 조승찬², 이상관², 김대하³, 홍현욱^{1*}; ¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 복합재료연구본부, ³대화알로이테크

Keywords: Microstructure, Fracture, tensile test, Residual stress, Heat treatment

본 연구에서는 새로운 용융가압침투공정을 사용하여 만든 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 젖음성이 우수한 TiC 강화재를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 열적 안정성 및 내마모성을 지닌 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. SEM(scanning electron microscope)을 사용하여 입내 및 TiC/TiC 입자 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/matrix 계면이 $[-111]SKD11//[001]TiC$, $(1-12)SKD11//(220)TiC$ 및 $[012]SKD11//[110]TiC$, $(200)SKD11//(-224)TiC$ 의 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 $300^\circ C$, Hardening+Tempering at $500^\circ C$)를 통해 $25^\circ C$ 및 $700^\circ C$ 에서 인장시험을 진행하였다. 파괴기구 고찰을 위한 SEM 관찰 결과 열처리와 시험온도에 관계없이 TiC 입내의 $\{100\}$ 벽계면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 인장 강도 비교 결과 상온에서는 Hardening, $700^\circ C$ 에서는 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($9.12\% \rightarrow 4.36\% \rightarrow 0.54\%$)하였다. 이는 고온 고압에 노출되는 동안 TiC 계면과 기지의 반응에 의해 일부 용해가 발생한 것으로 판단된다. 인장강도 또한 HIP처리 전에 비해 $25^\circ C(791MPa \rightarrow 965MPa)$, $700^\circ C(490MPa \rightarrow 559MPa)$ 인장 강도가 크게 향상함을 확인하였다. 향상된 이유에 대해서는 M7C3 분율 감소, TiC 분율 감소, 기지조직 변화, TiC 계면에서의 잔류응력 변화 등을 예상할 수 있다. 또한 HIP처리 후 TiC 계면에서의 잔류응력 변화가 발생하였는지를 확인하기 위해 HR-X-ray 측정된 결과 그 영향은 거의 없음을 확인했다. 인장시험 파면분석 결과, HIP처리에 의해 Crack의 분포영역이 파면으로부터 점점 깊어짐을 확인하였고 이는 기지조직의 변화에 의한 인장특성 변화가 있음을 암시한다.

[복합2-5 | 11:30]

3차원 그래핀으로 강화된 Cu 나노 융·복합재료 합성과 응용: 최병삼; ¹조선대학교 금속재료공학과

Keywords: 3D Graphene, Cu nano-composite, Cu powder, CVD

순도 99.5%의 동 분말을 최종 제품의 형태로 성형하고, 이를 CVD에서 소결과 동시에 화학적인 방법으로 3차원 그래핀이 Cu의 결정립 계면에 형성되어 Cu 기지를 보강함으로써 우수한 열/전기전도도, 기계적 및 화학적 특성을 보이는 그래핀 강화 Cu 나노 융복합소재의 제조 방법과 공정을 소개하고, 우수한 특성 및 부품소재 분야에서의 다양한 응용 가능성을 보이고자 한다.

[복합2-6 | 11:45]

Thermal Properties of Graphite/CNF/Copper Composites: 손유한, 한준현; *충남대학교 신소재공학과*.

Keywords: Electroless plating, Graphite, Carbon Nano Fiber(VGCNF), TEM, Heatsink

최근 이용되고 있는 Heat sink, Heat spreader는 전자기기 기관부터 자동차까지 많은 분야에 이용이 되고 있다. 기기의 발열이 주변 소자에 좋지 않은 영향을 미치므로, Heat sink는 기본적으로 소자에서 발생하는 열을 신속하고 빠르게 방출시키는 역할을 갖는다. Heat sink, Heat spreader에서 구리 금속이 높은 열전도도와 재료의 낮은 가격으로 인하여 이용이 되었었다. 하지만 구리는 밀도가 높고, 열팽창계수가 반도체나 PCB의 기관에 비해 크게 차이가 발생하며 이는 기관과 Heat sink 사이의 열응력을 증가시킨다. 따라서 이런 부조화는 고출력의 전자기기의 사용이 진행될수록 전자기기의 파괴 위험성을 증대시킨다. 전자기기의 추세를 통해 Heat sink에 요구되어지는 열적 특성을 종합해 보았을 때, 열전도도는 구리와 같거나 증대를 시키고, 열팽창계수는 기관에 따라서 유동적으로 맞추는 것이 궁극적인 목표라고 할 수 있다. Heat sink의 복합재료는 금속인 구리나 알루미늄 기반의 금속에 탄소 소재의 강화상으로 주로 이루어져 있다. 탄소 소재의 강화상으로는 Graphite, Graphene, Carbon nano tube, Carbon nano fiber(CNF)의 다양한 강화상이 이용이 되며, 이 강화상을 첨가하여 복합재료를 만드는 연구는 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기존의 Graphite의 열팽창계수 경향과는 다른 복합재료의 z방향에서 열팽창계수가 줄어드는 Graphite를 이용하여 앞서 언급했던 열전도도와 열팽창계수의 요구사항을 충족시켰다. 또한 앞의 복합재료에 일정 CNF를 첨가시킴으로써 열전도도의 향상과 열팽창계수의 감소효과가 더 확실히 드러났다. 이 때 복합재료 내의 강화상의 Graphite와 CNF의 총 weight%는 같게 유지되었다. 탄소 강화재가 첨가되었을 때의 열적 특성을 분석함과 동시에 복합재료 내 CNF의 분포를 확인하고자 하였다. 분말 제조과정은 무전해도금 방법과 성형과정은 Hotpress를 이용하였다.

[복합2-7 | 12:00]

Invar-Cu 복합재를 통한 저열팽창/고열전도 소재 개발: 정호락, 정선우, 이재연, 윤국노, 박은수; *서울대학교 재료공학부*.

Keywords: Invar-Cu composite, thermal conductivity-thermal expansion trade-off, additional element, microstructure control

사물인터넷 환경의 구축에 따라 웨어러블, 플렉서블 소자의 개발이 주목받고 있고, 이를 달성하기 위한 핵심 요소로 전자소자의 고집적화가 대두되고 있다. 하지만 높은 밀도의 소자 집적은 효율감소와 오작동의 원인이 되는 과도한 열 발생을 피할 수 없어 이를 해결하기 위한 고성능 방열 소재의 개발이 요구된다. 특히, 나노~마이크로 스케일의 소자의 손상을 막기 위해서는 낮은 열팽창계수를 가져 기관과의 열팽창 계수 차이로 인한 응력 발생을 최소화해야만 한다. 이러한 산업적 요구를 만족하기 위해 본 연구에서는 독특한 저열팽창 특성을 가진 Fe-36Ni(이하 Invar)에 고열전도성을 가진 Cu원소가 적절히 분산된 저열팽창/고열전도 Invar-Cu 복합재 개발 방안에 대해 제시하고자 한다. 특히, 선행연구에 따르면 주조시 용해도 갭에 의해 분리가 일어나서 형성된 Invar와 Cu 복합구조내 Cu 상 기지내 Invar의 합금원소들이 고용됨에 의해 Cu의 순도가 급격히 떨어져 우수한 열전도도 특성을 유지하기 어렵다고 알려져 있기 때문에, 본 연구에서는 화학물리적 야금 방법을 이용하여 Cu의 순도를 높이고 높은 열전도도 특성을 구현하고자 하였다. 또한 미세조직의 제어가 열전도도와 열팽창 계수에 어떠한 영향을 미치는지 규명해 Invar-Cu 복합재의 조성공정 최적화를 목표로 하였다. 부연하면, Cu첨가 분율에 따른 Invar-Cu 복합재에 Cu 순도를 향상시킬 수 있는 여러 원소(Nb, Ta, Ag, Si)를 첨가한 시편 세트와 냉각 속도열처리 조건을 다르게 한 시편 세트를 제조하였다. 제조된 시편들에 대해서 열전도도와 열팽창계수를 분석하기 위해 시차열분석장치(DSC)와 Laser flash 열확산도 측정장치(LFA)를 이용한 열특성 분석 실험을 수행하였다. 본 연구를 통해 Invar-Cu 복합재의 열전도도와 열팽창계수를 효과적으로 제어하는 최적의 공정 조건을 제시하고, 기존에 쓰이던 Mo(W)-Cu 소재를 대체할 수 있는 고성능 방열 신소재 개발의 시급성을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

제 1회 고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄 I

Room 컨퍼런스룸, 10월 26일

[고부가1-1 | 08:00] 초청강연

고부가 철강 금속소재 전문인력 양성사업 수도권 거점센터: 이준호^{1,2,3}; ¹고려대학교 신소재공학부, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 수도권 거점센터, ³고려대학교 첨단소재부품개발 연구소

Keywords: Talentism, Research and Education, Hyper-Connected, Value-Added Steel

4차 산업혁명시대에서 요구되는 인재는 전문 영역의 수월성과 함께 창의력, 타분야에 대한 협업 능력이 강조된다. 특히, 모든 것이 연결되는 초연결 사회에서, 데이터 기반의 기술 진화와 이를 바탕으로 산업 경쟁력 강화를 추진하기 위해서는 여러 학교, 연구소, 기업이 유기적인 협력 관계를 맺을 필요가 있다. 국내 제조업의 대표주자인 철강산업은 미래형 인재를 양성하여 고부가 철강 금속소재의 개발을 통해 산업 경쟁력을 높이고자 하는 목표에 합심하여 전문인력 양성할 필요성에 공감하였다. 이에 2018년 한국철강협회를 중심으로 국내 유수의 대학과 철강산업계가 이러한 미래 지향적인 인재양성 센터를 구축한 것은 큰 의미를 갖는다. 본 사업에서는 전문 영역의 수월성을 확보하기 위해 철강 금속소재 전문 인증과정을 운영하며, 타분야와의 협력을 위해 Solution 특화 과정을 운영한다. 또한, 데이터 기반의 문제 해결 능력 향상을 위한 ICT 특화 과정을 운영한다. 참여 학생은 인증과정 동안 산업체 멘토가 참여하는 산학협력 프로젝트를 진행하며, 박사과정의 경우 여러 대학의 학생들이 참여하는 단기 산학협력 프로젝트에 참여하도록 한다. 본 강연에서는 고부가 금속소재 전문인력 양성사업의 목표와 운영 방안 및 수도권 거점센터의 역할에 대해 소개한다.

[고부가1-2 | 08:20]

합 ZnO 소결광에서 염기도 및 Al_2O_3 농도에 따른 Zn의 거동 평가: 박준우, 박수근, 이준호; 고려대학교 신소재공학과

Keywords: Rietveld analysis, Sintered ore, Calcium ferrite, SFCA

최근 제철 공정에서 사용되는 소결광 제조에는 다양한 합철 부산물을 활용하고 있다. 합철 부산물 중 일부 원소는 제철 공정 중 순환 농축되는 특징을 나타내는데, 그 대표적 원소로 Zn를 꼽을 수 있다. 이러한 순환 농축을 억제하기 위해서는 소결 공정에서 Zn를 휘발 제거하는 것이 가장 효과적이나, 현재까지 소결광 내에서 Zn의 거동에 대한 연구는 거의 이루어지지 못하였다. 본 연구에서는 합 ZnO 소결광에서 Zn의 거동에 미치는 알루미늄 농도 및 염기도 변화의 영향을 조사했다. 시료는 Fe_2O_3 , CaO, SiO_2 , Al_2O_3 시약과 상업용 코크스를 사용하여 시료를 펠렛 형태로 조립 후, 모사 소결로에서 산소 취입을 통해 약 1,250~1,300°C 사이의 온도로 가열하여 모사 소결광을 얻었다. 시료 중 ZnO 함량을 1, 2, 3 wt%, 알루미늄 농도를 1, 2, 3 wt%, 염기도를 2, 3, 4 로 순차적으로 변화시켰으며, 실험 후 제조된 모사 소결광을 ICP, XRD, SEM-EDX를 사용하여 분석하였다. SEM-EDX 및 XRD 분석결과, Zn이 주로 SFCA(Silico Ferrite of Calcium and Aluminum)상에 고용되었고 소량의 Franklinite($ZnO \cdot Fe_2O_3$) 상으로 존재하는 것이 확인되었다. SFCA상에 고용되거나 Franklinite로 존재하는 Zn는 활동도가 낮아 휘발 제거에 용이하지 않아 고로 내부로 순환 농축될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

[고부가1-3 | 08:30]

제철 공정 중 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ 액상 슬래그 형성에 미치는 CaO 미세구조의 영향: 박수근, 이준호; 고려대학교 신소재공학과

Keywords: lime, dissolution rate, $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ slag, slag penetration, microstructure

제철 공정 중 CaO는 Flux로써 $CaCO_3$ 등의 첨가제로 용광로에 장입된다. 최근 수소 환원 고로에서는 CaO 표면에 Ca_2SiO_4 가 생성되어 슬래그 재화성을 떨어뜨리는 것으로 조사되었다. 수소 환원 고로의 조업 안정성 확보를 위해서는 슬래그 재화 특성에 대한 이해가 필요하다. 본 연구에서는 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ 에서 CaO 미세구조가 CaO의 용해속도에 끼치는 영향에 대해 조사하였다. CaO 미세구조를 조절하기 위해 $CaCO_3$ 와 $Ca(OH)_2$ 를 원료로 미세구조가 제어된 CaO를 제조하였다. SEM, BET를 이용하여 제조된 CaO의 미세구조 특성을 조사하고, CaO 기반에서의 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$ 슬래그의 용융 침투 거동을 조사하여 반응성을 평가하였다.

[고부가1-4 | 08:40]

합 수소 가스 취입 및 장입물 조성 변화에 따른 슬래그 재화 경로 및 점성 평가: 김지원, 민동준; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: blast furnace slag; slag formation route; viscosity; slag structure

최근 제철 공정의 CO_2 삭감을 위한 수소 이용 기술을 포함한 다양한 공정 기술이 제안되고 있다. 이러한 연구가 보다 효율적으로 이루어지기 위해서는 고로 조업의 표준화 조건이 요구되며, 그에 따른 고로 공정 모사 기법을 통하여 효율적인 공정 개발의 효율성을 재고할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고로 조업의 표준화 일환으로 장입물 변화 (기존 소결광/대체 철원)에 따른 고로 부위별 슬래그 조성 및 물질 수지 모델 개발을 통하여 이론적 근거를 도출하고자 고로 내부 위치 별 슬래그 조성에 관한 재화 경로를 열역학적으로 예측하였으며, 그에 따른 물리적 특성인 점성 예측 모델도 제안하고자 한다. 슬래그 점성은 수직관상로 내에서 rotating cylinder 방법을 통해 평가되었으며, 아르곤 분위기에서 온도는 1823K에서부터 슬래그의 구조적 평형상을 파악하기 위하여 quasi-static 조건에 따랐다. 재화 경로 별 슬래그 조성을 반영하기 위하여 염기도와 FeO 함량의 변화를 주요 변수로 제어하였다. 점성 평가 후 샘플들은 spectroscopy 분석을 이용하여 구조 분석을 하였다.

[고부가1-5 | 08:50]

망간 산화물의 전해제련을 위한 용융 산화물 전해질 개발: 김중석, 이경우; 서울대학교 신소재공학부

Keywords: Manganese oxide reduction, Electrowinning, molten oxide, thermodynamic computation, slag mobility

Manganese is mainly used in aluminum and steel making industry, and its demand has been rising in recent years as steel and aluminum consumption rises. Manganese production from manganese ore is mainly processed by pyrometallurgy and hydrometallurgy, and both of them composes environmental issues such as carbon dioxide emission and sulfite solution emission from leaching. The alternative for manganese production that causes less environmental problem is electrowinning. In electrowinning, the electrolyte should have low melting temperature, good ion transportation property, good mobility, and high solubility of target metal oxide. Their decomposition potential should be higher than target metal so that it doesn't go through reduction process before target metal. Oxides that are used as electrolyte can be classified as acidic, neutral, and basic oxide. Acidic oxides generally have low melting temperature, but they act as a network former in slag, so addition of basic or neutral oxide that acts as a network modifier is necessary. We used boron oxide as acidic oxide because it has very low melting temperature, of about 800K. In the case of basic oxide, calcium oxide was chosen because it has high decomposition potential. Calcium oxide's network modifying property when meeting with boron oxide network, was study by raman study on B_2O_3 -CaO glasses. In the study, when CaO was added into B_2O_3 slag, high bonding groups broke into low bonding groups which confirms that CaO acts as a network modifier. Composition of each oxide was chosen using FactSage calculation. By drawing ternary phase diagram of B_2O_3 -CaO-MnO, we found the composition region where all oxides stay in the form of slag. Using this composition, heating experiment was done to know how much time is needed for the oxides to melt into complete liquid slag state. This melted slag was used for electrowinning. By using potentiostat we conducted CV curve experiment to find out the potential needed for reduction process. Reduction occurred at about 2.1V~2.4V so we applied 2.3V and held it for 20 hours. We studied the cathode after electrowinning as cathode is where reduction process occurs. We used SEM and EDS for analysis, and EDS analysis confirmed that cathode contained reduced manganese. While studying the CV curve, it seemed that current was lower than other experiments using other different oxides. Current is influenced by charge transfer and mass transfer. In this case, mass transfer seems to lower the current level. Our slag showed low mobility and diffusivity of the Ca ion is low in present electrolyte environment. To solve the problem, we are conducting experiments using aluminum oxide instead of calcium oxide. Also, conducting experiment in higher temperature will improve mass transfer property of the electrolyte. Adding CaF_2 is also a considerable option as CaF_2 is known to improve mass transfer property of slag.

[고부가1-6 | 09:00]

고온 건식법을 활용한 폐 리튬이온 배터리로부터의 유가금속 재활용: 권오성, 손일; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: Recycling; LIBs; Pyrometallurgy; Thermodynamics; Kinetics

Lithium cobalt oxide ($LiCoO_2$) is a widely used cathode material in mobile electronics LIBs (lithium ion batteries) such as smart phones, electric vehicles, and computers. The short life span of portable equipments have culminated in an urban mining industry utilizing waste LIBs to solve the problem of global resource exhaustion and environmental pollution. To meet the potential demand of LIBs, valuable metals like Co and Li from waste LIBs require recycling. In this study, fundamental studies on a novel approach using a high temperature pyrometallurgy process for cathode materials is introduced by incorporating the reduction reaction with carbon anode (C) comprising the LIBs. The effect of CO_2/CO ratio during reduction of $LiCoO_2$ is analyzed by applying the equilibrium CO_2/CO ratio based on indirect reduction of CoO. From the TGA (thermo-gravimetric analysis) and subsequent SEM-EDS (scanning electron microscope-energy dispersive spectroscopy) and XRD (x-ray diffraction), the main reaction mechanism of the recycling process is detailed.

[고부가1-7 | 09:10]

제강 공정 중 V 수율 향상을 위한 V의 열역학적 특성 조사 - Pt-V 합금에서 V의 활동도 평가: 박동환¹, 정지석¹, 심상철¹, 이준호¹; ¹고려대학교 신소재공학과, ²고려대학교 공학기술연구소

Keywords: 열역학, V, Pt-V 합금, 활동도

바나듐(V)은 2차 정련 중에 강에 소량 첨가되어 고강도 강의 합금 원소로 사용된다. 첨가된 V는 강 내에서 고경도의 복합탄화물을 형성하여 강의 고온강도 및 파괴강도 향상에 기여한다. 이 때 2차 정련 과정에서 투입되는 V의 슬래그와 용강 사이의 분배 평형은 V의 수율을 결정하는 데 중요한 기초 자료가 된다. 공정 효율을 향상하기 위해서는 슬래그와 용강 내에서의 V의 열역학적 특징에 대한 이해가 요구된다. 본 연구에서는 슬래그 중 바나듐의 열역학적 특징 조사를 위한 선행 연구로, Pt-V 합금 내에서 바나듐의 활동도를 측정했다. Pt 도가니 내부에 V_2O_5 산화물을 장입하고 CO/CO_2 가스 분위기에서 반응 평형을 이루었다. Pt 도가니의 EPMA 단면분석을 통해 Pt 중 V의 농도를 측정하였으며, 이로부터 V의 활동도를 구했다. 본 연구에서 얻어진 Pt-V 합금 중 V의 활동도를 활용하여 슬래그-Pt 평형을 통해 슬래그 중 V_2O_5 산화물의 활동도를 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

[고부가1-8 | 09:20]

래들 슬래그 중 CaF_2 함량에 따른 내화재 침식거동에 관한 정량적 고찰: 한진성, 박주현; 한양대학교 재료화학공학과

Keywords: Ladle Slag, Refractory corrosion, Penetration, CaF_2

2차 정련 조업 시 고염기도 슬래그의 물성제어를 위해 형석을 투입하는 것이 일반적이다. 하지만 과잉의 형석 투입은 슬래그 용점과 점도를 감소시켜 내화제로의 슬래그 침투현상과 내화재 탈락 현상을 가속화하는 것으로 보고되고 있다. 이에 따라 내화물의 수명이 단축되고 조업단가 상승이 야기된다. 본 연구에서는 슬래그 내 적정 형석 투입량 도출을 위해 SEM 분석과 Automatic Image Analysis(AIA) program 을 활용하여 래들 슬래그 중 CaF_2 함량 변화에 따른 MgO 내화제로의 슬래그 침투 깊이를 정량적으로 측정하였다. $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaF}_2\text{-MgO}$ 5원계 슬래그에서 CaF_2 함량을 0~15%까지 변화하면서 슬래그-내화재 반응실험을 진행하였다. SEM 분석 결과 본 실험 조건에서는 슬래그/내화재 반응계면에서 특정한 화합물 층은 생성되지 않았으며, MgO 가 슬래그로 직접 용해됨을 확인하였다. 또한, 슬래그 중 CaF_2 함량이 증가할수록 단위시간 동안 슬래그의 침투 깊이가 증가하였다. 이는 슬래그 중 CaF_2 함량이 높을수록 MgO 포화농도 증가에 따른 MgO 용출 구동력이 증가하고, 이로 인해 내화재 내부의 결정립 크기가 감소하여 MgO 입자사이의 미소간극이 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 본 연구 그룹에서는 이전의 연구에서 래들 슬래그 중 CaF_2 함량이 0~15%까지 증가함에 따라 슬래그의 점도가 대략 1.5 P 감소됨을 보고한 바 있다. 따라서, 슬래그 중 CaF_2 함량이 높을수록 내화재 측에 많은 micro-pore가 형성됨과 동시에 점도가 낮은 슬래그가 더 용이하게 내화재로 침투되는 것을 확인할 수 있었다.

[고부가1-9 | 09:30]

합금원소가 고Cr STS강의 질소 용해도 및 흡질 속도에 미치는 영향- Cr과 Al의 농도가 질소용해도에 동시에 미치는 영향: 손해솔, 도경효, 김진우, 박정수, 빅종진; *한양대학교 재료화학공학과*

Keywords: Stainless Steel, Nitrogen Solubility, Chromium, Aluminum, Interaction Parameter

고Cr 함유 400계 스테인리스강은 강중에 따라 질소함량이 다양하게 요구되고, 합금성분 중 Al, Ti, Nb 등 질소 친화성분이 다량 존재하기 때문에 공정 중 용강 내 질소농도와 개재물 생성의 정확한 예측 및 제어가 필요하다. 이를 위해, 용강 내 다양한 합금성분들의 상호작용과 이 성분들이 질소의 용해도에 미치는 영향에 대해 열역학적으로 정확히 이해 할 필요가 있다. 본 연구에서는 Al을 포함하는 고Cr STS의 질소 포화용해도 및 AlN 개재물 생성 임계 질소 농도를 예측, 제어하기 위해 Cr과 Al간의 상호작용, 그리고 Cr과 Al 이 질소 용해도에 동시에 미치는 영향에 대해서 고찰하였다. 질소분위기에서 Fe-Cr-Al melt에 Cr과 Al을 교대로 첨가하며 실험을 진행하였고, 가스용 용강 간 평형 하에서 샘플링을 통해 Cr과 Al의 농도에 따른 용강 내 질소용해도를 측정하였다. 샘플 내 질소 및 산소 농도는 N/O Analyzer를 사용하여 분석하였으며, Cr과 Al의 농도는 ICP-AES를 사용하여 분석하였다. 본 실험결과를 열역학적으로 해석하기 위해 Wagner's Interaction Parameter Formalism을 사용하였다. 이를 통해 Cr과 Al가 각각 질소 포화용해도에 미치는 영향인 1,2차 상호작용 계수가 본 연구그룹의 이전 실험결과와 일치함을 확인하였다. 나아가, Cr과 Al가 질소 용해도에 동시에 미치는 영향을 나타내는 2차 Cross계수를 확인하였으며 그 값을 도출하였다. 이를 통해 Cr이 Al의 용해도에 미치는 영향을 나타내는 1차, 2차 상호작용계수를 정확도 높게 결정할 수 있었다.

[고부가1-10 | 09:40]

연속주조 공정에서 아포정강의 상변화 거동 분석: 조준현, 이경우; *서울대학교 신소재공학부*

Keywords: Hypo peritectic steel, solidification, continuous casting, stress, modeling

The behavior of solidification of steel in the mold is greatly affected by carbon concentration in continuous casting process. Especially, the solidification of hypo peritectic steel (0.08 wt%C to 0.16 wt%C) is accompanied by δ / γ transformation and heat shrinkage during the initial solidification process. These deformation is known to cause of unevenness shell surface. And if stress is applied to this nonuniform surface by ferrostatic pressure or phase transformation, crack can be generated by stress concentration. So, it is necessary to understand the peritectic transformation in order to improve the casting operation. The phase transformation of hypo peritectic steel is made by two mechanisms : peritectic reaction ($L + \delta \rightarrow \gamma$) and peritectic transformation ($L \rightarrow \gamma$ and $\delta \rightarrow \gamma$). Peritectic reaction and transformations occur with less or no liquid. So, depressions and longitudinal surface crack can be generated easily during continuous casting because large internal stress is generated in solidified shell. For preventing or reducing solid surface defects, methods that reducing the solidification rate or creating a gap between mold and shell surface have been proposed. But the interpretation of the mechanism of the peritectic transformation is unclear. Many researchers have proposed models for the peritectic transformation in order to solve these surface problems. In most of the studies, the models of peritectic transformation is based on phase changes by carbon diffusion. These models were interpreted using one- or two-dimensional domain and combined with the stress model. In addition, micro analysis was performed using the phase field model. However, these studies have limitations in considering various phase change rates and high undercooling as the experimental results. In this study, we develop a model that combines thermodynamic calculation, kinetic analysis, diffusion and heat transfer calculation to overcome these limitations. As a result of the analysis using the phase change model, it can be suggested that the solidification process of hypo peritectic steel is composed of 5 steps. Using this model, the phase change rate and phase fraction of each phase are calculated according to temperature. Additionally, we model stress model using two dimensional domain. This model consider heat transfer and elastic, plastic, thermal deformation. The stress distribution inside the solidified shell is calculated using the phase fraction results at various composition and cooling condition by phase transformation model. Stress distribution according to the position and depth in the mold is calculated considering the phase change behavior and the microstructure distribution inside the mold. As a result, it is aimed to identify the operating parameters for stable operation of the hypo peritectic steel in the continuous casting process and to obtain the influence of these parameters.

[고부가1-11 | 09:50]

고알루미늄 및 고타이타늄 강의 연속 주조를 위한 CaO-Al₂O₃ 계 몰드플럭스의 결정화 거동에 관한 연구 - 알칼리 금속 산화물의 영향: 김기범, 손일; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: Continuous Casting, Mold Flux, Crystallization, High Aluminium Steel, High Titanium Steel

몰드 플럭스는 강의 연속 주조 공정에서 강과 몰드 사이의 열전달, 용강 개재물 흡수, 대기로부터 용강 보호, 강과 몰드 사이의 윤활 등 중요한 역할을 수행한다. 기존의 중탄강 및 고탄강의 연속 주조용 몰드 플럭스는 CaO-SiO₂ 계 조성을 기반으로 이루어져 있으며, 고알루미늄 및 고타이타늄을 함유하는 강의 경우 용강 중의 알루미늄 및 타이타늄이 몰드 플럭스 내에 다량 함유되어 있는 SiO₂와 반응하여 플럭스 내 Al₂O₃ 또는 TiO₂가 과도하게 증가하는 문제점이 발생한다. 이는 초기에 설계된 몰드 플럭스의 물리 화학적인 특성인 점성과 결정화 거동에 큰 변화를 가져오며 연속 주조를 통한 강의 대량 생산에 큰 문제점으로 작용하고 있다. 따라서 고알루미늄 및 고타이타늄을 함유하는 강의 연속 주조를 위해 용강과의 반응성을 최소화하고 열전달 및 윤활 기능이 저하되지 않는 CaO-Al₂O₃ 계 몰드플럭스에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Confocal Laser Scanning Microscope를 이용하여 CaO-Al₂O₃ 계 몰드 플럭스의 열전달 현상에 중요한 영향을 미치는 결정화 거동을 실시간으로 관찰하고, SEM-EDS 및 XRD를 이용하여 각 냉각 속도 및 알칼리 산화물 조성 변화에 따른 결정화 온도 및 초정상 변화에 대한 분석을 실시하였다.

[고부가2-1 | 10:00]

T91 seamless 튜브재의 크리프 특성 및 미세조직 변화: 김한열^{1,2}, 허주열¹, 정우상²; ¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원

Keywords: Heat resistance steel, High Cr steel, T91, Creep

9~12%Cr 마르텐사이트 내열강은 크리프 강도가 우수하여 내열재료로 사용되고 있다. 하지만 사용 온도가 600°C 이상 온도에서 장시간 노출 될 경우 마르텐사이트가 불안정해지고 금속간 화합물인 Laves phase가 생성된다. 또한 입계에 존재하는 M₂₃C₆ 나 입 내에 존재하는 MX 석출물이 조대화되어 크리프 강도에 안좋은 영향을 미치게 된다. 따라서 크리프 강도를 향상시키기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 이 중 대표적인 소재가 T91이다. 이 소재를 내열재료로 사용하기 위해서는 사용온도에서 10만시간 기준 80 MPa 이상의 크리프 강도가 요구된다. 본 연구에서는 T91 seamless 튜브재의 크리프 특성 평가 및 미세조직 변화를 분석했다. 550~650°C의 온도와 80~240 MPa 응력 조건에서 크리프 시험했다. 그리고 크리프 진행 시간에 따른 조직 변화를 보기 위해 SEM, XRD, TEM을 이용하여 크리프 파단재의 미세조직을 분석했다. 또한 응력이 조직에 미치는 영향을 파악하기 위하여 게이지부와 그립부의 미세조직을 비교 분석했다. LMP (Larson-miller parameter) 법을 이용하여 크리프 수명을 예측하였으며, 그 결과 T91의 600°C에서의 10만 시간 환산 크리프 강도는 88.7 MPa 로 나타났다.

[고부가2-2 | 10:10]

분자동역학을 활용한 응력하에서 입계이동 시 발생하는 영구변형에 관한 연구: 석시문¹, 한홍남¹, 장재훈²; ¹서울대학교 재료공학부, ²재료연구소(KIMS)

Keywords: MD simulation/Interface migration/Plasticity/Stress

금속 소재에서 고상 변태가 진행되는 중에는 매우 낮은 응력 상태에서도 상당한 영구변형이 발생한다고 알려져 있다. 이러한 영구 변형은 고상 변태가 발생하는 여러 가지 철강공정에서 치수정밀도 저하와 같은 예기치 못한 다양한 문제를 발생시킬 수 있다. 또한, 이 현상은 상변태뿐 만 아니라 재결정과 결정립성장 중에도 관찰된다. 따라서 무확산 변태에서 발생하는 응력장하에서의 variant selection에 의한 변태소성과는 다른 설명이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해서 Interface migration-induced plasticity라는 개념으로 응력장하에서 계면이나 입계이동시 발생하는 영구변형을 설명하고자 하였다. 먼저, 구형 결정립의 성장을 고려하여 Interface migration-induced plasticity를 정량화하는 수식을 결정립 크기와 부과응력의 함수로 유도하였다. 또한, 분자동역학 시뮬레이션을 이용하여 응력 하에서의 결정립성장 시 영구변형의 발생을 확인하였으며, 이 때 발생하는 Interface migration-induced plasticity를 앞서 구한 수식과 비교하였다.

[고부가2-3 | 10:20]

용접부 열전달 해석을 통한 영역별 미세조직 분석: 송지효¹, 이경우¹, 오창성²; ¹서울대학교 재료공학부, ²재료연구소(KIMS)

Keywords: Numerical analysis, heat transfer, weld zone, microstructure,

Microstructure and mechanical property in weld zone is very complex, and difficult to predict the different sub zones of welded joints. A 3-D numerical model was developed to study the temperature field and fluid flow distribution during welding. The welded joint can be split into some distinct zone depending on the thermal cycle. The weld zone is divided into the Fusion zone(FZ), Coarse Grained Heat Affected Zone(CGHAZ), Fine Grained HAZ(FGHAZ), Inter-critical HAZ(ICHAZ), Sub-Critical HAZ(SCHAZ) and base metal(BM). The microstructure, grain size and hardness of each zone were analyzed by applying zone obtained through numerical analysis. The CGHAZ and FGHAZ experience high peak temperatures above the Ac3 temperature, resulting in austenization of the original grains. In CGHAZ, the microstructure comprised martensite, auto-tempered martensite and coarse grain. On the other hand, in FGHAZ, grain size is much smaller than that of the CGHAZ and the microstructure consisted of Martensite, Ferrite. In ICHAZ, comprised martensite-austenite, ferrite, pearlite and grain is mixed with big and small because this zone are partially transformed. SCHAZ is undergoes tempering and no re-austenization, so microstructure of SCHAZ consists of ferrite, pearlite similar to that of the BM. In addition, in CGHAZ exhibits the highest hardness because martensite and gradually decreased hardness from CGHAZ to BM. These results are consistent with general weld zone characteristics and it has been proven that numerical analysis can be applied to

analysis of weld zone.

[고부가2-4 | 10:30]

Fe-Mn-Al 강의 초소성 변형 메커니즘과 가공경화 분석: 강석현, 이영국; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: Superplasticity, Medium Mn steel, Microstructure observation, Deformation mechanism, Strain hardening

Recently, newly superplastic Fe-Mn-Al steel, which had low alloying element contents, low material costs, and simple fabrication method, was developed. At similar times, W. Cao et al also reported the superplasticity in Fe-Mn-Al-C steel. However, in both papers, grain boundary sliding was mentioned for deformation mechanism and not analyzed in detail. In addition, there was a difference in opinion on the strain hardening during deformation. Therefore, the deformation mechanism and strain hardening in Fe-Mn-Al steel was investigated through microstructural observation at some true strains and high-temperature nanoindentation.

[고부가2-5 | 10:40]

탄소가 첨가된 TWIP강의 인장 곡선에서 나타나는 serration에 대한 동적 변형 시효의 기구: 오선근, 이영국; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: TWIP steel, High Mn steel, Dynamic strain aging, PLC band, Tensile test

C-bearing twinning-induced plasticity (TWIP) steel usually exhibits serrations in its room-temperature tensile stress vs. strain curve, which are associated with the Portevin-Le Châtelier (PLC) band, a local-deformation band. The PLC band is known to occur by dynamic strain aging (DSA). Despite there are five different types for serrations, TWIP steel mainly showed the type A serration and was usually explained by the interaction between partial dislocations and Mn-C pairs. However, There are two mechanisms in explaining the DSA phenomena. Because each type of serration has its own behavior of PLC band and DSA mechanism, we tried to reveal the transition of serration behavior and DSA mechanisms based on the two mechanisms of C atoms.

[고부가2-6 | 10:50]

Fe-17Mn강에서 초기 오스테나이트 결정립 크기가 $\gamma \rightarrow \epsilon$ 마르텐사이트 변태에 미치는 영향: 최선민, 이영국; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: $\gamma \rightarrow \epsilon$ martensitic transformation, Fe-17Mn alloy, grain size, néel temperature

The Fe-17% Mn binary alloy exhibits high damping capacity, which is proportional to the ϵ -martensite fraction. Therefore, many studies have been performed to investigate the effects of alloying elements, cold rolling, cooling rate, subzero treatment, and thermal cycling on the $\gamma \rightarrow \epsilon$ martensitic transformation. It was also examined the effect of grain size. As the γ grain size becomes smaller, ϵ volume fraction is decreased at room temperature. However, the $\gamma \rightarrow \epsilon$ martensitic transformation tendency was different according to γ grain size at subzero temperatures. Thus, we investigated that the effect of prior γ grain size on the $\gamma \rightarrow \epsilon$ martensitic transformation with variation in cooling temperatures in Fe-17Mn alloy.

[고부가2-7 | 11:00]

고망간 TWIP강의 결정립계 부근에서 발생하는 기계적 쌍정 메커니즘: 홍진성¹, 이영국¹, 강신곤², 정재길³; ¹연세대학교 신소재공학과, ²동아대학교 신소재공학과, ³재료연구소

Keywords: Twinning, Grain boundaries, Dislocations, Transmission electron microscope (TEM), Twinning-induced plasticity (TWIP) steel

The mechanism of mechanical twinning at the vicinity of grain boundaries was investigated using Fe-17.5Mn-0.58C-1.5Al (wt.%) twinning-induced plasticity steel by means of electron microscopy. When tensile strain was as low as 0.02, primary and conjugate slips occurred near grain boundaries so that the interaction between dislocations on both slip planes resulted in Lomer-Cottrell locks and Frank partial dislocations at the locations slightly away from grain boundaries. When the strain reached 0.05, mechanical twins formed near grain boundaries, and grew to the interior of grains. This experimental observation agreed well with twinning mechanism proposed by Miura, Takamura and Narita.

[고부가2-8 | 11:10]

Johnson-Mehl-Avrami 동역학 모델을 기초로 한 medium Mn TRIP steel 점용접부의 저온 열처리 효과 규명: 김광중¹, 박기태¹, 이창희¹, 엄상호², 정홍철²; ¹한양대학교 신소재공학과, ²POSCO

Keywords: Medium Mn TRIP steel, Paint-baking, low-temperature tempering kinetics, Johnson-Mehl-Avrami equation

최근 3세대 advanced high strength steel (AHSS) 중 하나인 Medium Mn TRIP steel (M-TR)은 우수한 기계적 성질을 바탕으로 연비 향상 및 충돌 안정성 확보라는 과제를 해결할 차세대 자동차용 강재로 주목받고 있다. 하지만 높은 합금 첨가량에 따른 용접부의 특성 저하는 용접이 필수적인 자동차 공정에서 큰 문제점으로 다가오고 있다. 최근 paint-baking (P.B) 공정에서 M-TR 용접부의 특성이 향상되었다는 연구 결과가 발표되었다. 이러한 용접부 특성 향상은 저온 열처리에 의한 템퍼링 효과라고 판단되나 정확한 템퍼링 mechanism은 밝혀지지 않은 실정이다. 따라서 저온 템퍼링의 mechanism을 규명하기 위해서는 동역학 모델을 통한 tempering kinetics 연구가 뒷받침되어야 한다.

본 연구에서는 P.B에 따른 M-TR 용접부의 tempering kinetics 연구를 위해 M-TR, dual phase (DP) steel 두 강종을 실험에

사용하였다. 용접부 분석을 위해 resistance spot welding (RSW)으로 M-TR과 DP steel을 이중 용접하였고 Gleeble simulator를 사용하여 용접열영향부 (HAZ)를 재현하였다. 그리고 균일한 온도에서 열처리하기 위해 Gleeble simulator로 준비된 시편들을 열처리하였다. 열처리 조건에 따른 기계적 특성 분석은 hardness test, tensile test, cross-tension (CT) test와 같은 다양한 실험을 통해 진행되었다. 그 후, Johnson-Mehl-Avrami (JMA) 동역학 모델을 이용하여 저온 템퍼링에 의한 carbon의 확산 거동을 예측하였다. SEM, TEM을 활용하여 미세조직 분석을 수행함으로써 실험 결과를 뒷받침하였다.

[고부가2-9 | 11:20]

저온변태용접재료의 조성에 따른 열 수축 및 변태팽창 거동분석: 김두현¹, 이영채¹, 이재희², 이창희¹; ¹한양대학교 신소재공학과, ²현대중공업

Keywords: Residual stress, Phase transformation, Martensite-start-temperature, Volume expansion, Dilatometry

용접은 작업의 용이성, 재료 절감 및 작업 공정 단축으로 인한 경제성 등의 장점 때문에 자동차, 선박, 및 건축 산업 등 많은 구조물 제작에 사용되고 있다. 그러나 용착금속의 냉각/수축 및 모재의 구속력으로 인해 발생하는 용접 잔류응력은 용접부에 변형을 유발하고, 이는 생산성 향상을 통한 제품의 원가 절감을 저해하는 주요 인자로 작용한다. 최근에는 오스테나이트에서 마르텐사이트로의 변태 시 수반되는 부피팽창을 이용하여 용접 중 발생하는 잔류응력과 용접부 변형을 제어하는 저온 변태 용접 재료의 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 저온 변태 용접 재료의 Cr, Ni 함량에 따른 마르텐사이트 상변태 시작 온도(Ms 온도) 변화와 냉각 시 일어나는 열 수축 및 상변태 팽창 거동을 분석하기 위해 주괴를 제작하였다. Dilatometer를 이용하여 Ms 온도, 상변태 팽창 및 오스테나이트와 마르텐사이트의 선팽창계수를 측정하였고, 실 용접부를 모사하기 위해 TIG 용접기를 사용하여 BOP(Bead On Plate) 용접을 실시하였다. Ms 온도가 낮아짐에 따라 존재할 수 있는 잔류 오스테나이트를 확인하기 위해 경도를 측정하였고 OM, SEM을 이용하여 미세조직을 분석하였다. 실험 결과, 상온에서 dilatation 값은 마르텐사이트 변태팽창이 클수록, 마르텐사이트 변태온도가 높을수록 감소함을 확인하였다. 이를 바탕으로 저온 변태 용접 재료에서 Cr, Ni 원소함량이 용접 잔류응력감소에 미치는 영향을 알아 보고자 한다.

[고부가2-10 | 11:30]

Fe-Mn-Si 기반 합금의 변형 미세조직 분석: 김로사, 배철준, 김종렬; 한양대학교 재료화학공학과

Keywords: ferrous-manganese-silicon alloy, Martensitic phase transformation, shape memory alloys, architectural seismic damper, Microstructure

Fe-Mn-Si alloys have been attracted attention as a new steel that can utilize shape memory characteristics. The shape memory property in Fe-Mn-Si alloys is expected to recover from large strain through the reversible phase transformation. In this phase transformation, face-centred cubic (fcc) austenite is a parent phase, and external deformation changes it into hexagonal (hcp) martensite called as epsilon martensite. This stress induced epsilon martensite is known to be reversed to the austenite phase by the thermal treatment or the reverse deformation. In this study, our attention is paid to the performance of Fe-Mn-Si alloys as a seismic damping material, which is also attributed to the above-mentioned shape memory characteristics. That is, the phase change can be reversed at the time of tensile / compressive deformation in a large scale and low cycle environment such as a seismic dynamic environment. The resulting epsilon martensite under compressive stress has been examined to return to the austenite phase under the tensile stress, and vice versa. In this reversible phase transformation process, it is also critical to examine the existence of micro-cracking during the cyclic deformation. In order to design an alloy steel that can be used as a seismic damping material, it is strongly required to understand a detailed mechanism of the reversible phase transformation in a particular alloy composition. However, there has not been much research on the microstructural deformation behaviors at a dislocation scale including the quantitative analysis of the phase transformation. Therefore, this study aims to analyze the deformation microstructure of reversible phase change in Fe-Mn-Si steels during cyclic deformation. In an iterative tensile-compression strain environment, the relationship between the strain behavior and the microstructure at the dislocation scale is analyzed using electron microscopy. From these analyses, it is discussed whether the Fe-Mn-Si based steel is applicable to the damping material.

[Break Time | 11:40]

[운영 위원회 회의 | 12:00~13:00]

[고부가3-1 | 13:30]

Al-Zn-Si-Mg계 도금강판의 계면합금상 형성에 미치는 Mg의 영향: 고승희¹, 허주열¹, 이석규², 박일정²; ¹고려대학교 신소재공학부, ²POSCO

Keywords: Al-Zn-Si-Mg alloy, hot-dip aluminizing, intermetallic compound, interfacial reaction

용융알루미늄도금 (hot-dip aluminizing, HDA) 강판은 Al 도금층 표면에 형성된 산화막(Al_2O_3)으로 인하여 용융아연도금 (hot-dip galvanizing, HDG) 강판 대비 평판부의 내부식성이 우수하며 아연에 비해 용점이 높아 용접 시 crack이 발생하는 liquid metal embrittlement (LME) 현상을 방지하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 용융알루미늄도금강판은 절단부의 부식을 억제하는 희생방식성이 결여되는 문제점이 존재하여 희생방식성이 우수하면서 용접 시 LME가 발생하지 않는 Al-Zn-Si-Mg계 도금 조성에 대한 연구가 진행되고 있다. Al-Zn-Si계 도금욕에 Mg를 첨가하거나 Zn 함량이 증가함에 따라 도금 밀착성이 열화되는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 Al-Zn-Si-Mg 합금도금의 계면합금상 형성과 계면 밀착성에 미치는 Zn와 Mg 영향에 대한 이해가 필요하다. 본 연

구에서는 Mg 함량에 따른 계면합금상 구조와 성장에 미치는 영향을 알아보고자 HDA simulator를 이용하여 Al-Zn-Si계 조성과 Al-Zn-Si-Mg계 조성으로 1180 TRIP (transformation-induced plasticity), EDDQ (extra deep drawing quality) 강판에 도금을 진행하였다. 도금강판의 계면합금상 형상은 SEM (scanning electron microscopy)을 이용하여 확인하였으며, 계면합금층의 상분석은 EPMA (electron probe micro analyzer)와 XRD (X-ray diffraction)를 이용하여 분석하였다.

[고부가3-2 | 13:40]

하이엔트로피합금의 수소에 의한 적층결함에너지 변화에 대한 고찰: 김한진^{1,2}, 이준호¹, 서진유²; ¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원

Keywords: Hydrogen embrittlement, stacking fault energy

High entropy alloy is a material attracting a lot of interest of the research community these days. One of the most important characteristics of the high entropy alloy is the excellent combination of elongation and strength at low temperature. Basic feature of the alloy used in this study, CrMnFeCoNi which is also known as Cantor alloy, is that five elements exist in the same atomic percent, but they have a single phase of face centered cubic with outstanding phase stability. And it has been known that the stacking fault energy of the alloy is an important factor determining the mechanical behavior, for example its enhanced elongation at low temperature. There is not yet much data on the measured stacking fault energy for various high entropy alloys, and only available data were acquired by computational materials science like first principles electronic structure calculations. In this study, the width of stacking fault was measured by using transmission electron microscopy for the Cantor alloy.

[고부가3-3 | 13:50]

SECM을 이용한 Mg-Al Diffusion Couple의 갈바닉 부식 거동 분석: 김민경¹, 정인호¹, Janine Mauzeroll²; ¹서울대학교 재료공학부, ²McGill University

Keywords: corrosion, magnesium alloys, diffusion couple, SECM, composition

마그네슘은 구조 재료로 사용되고 있는 알루미늄 합금에 비해 같은 강도를 내면서도 훨씬 가벼운 특성으로 인해 친환경 차세대 재료로 주목받고 있다. 그러나 부식 특성이 아주 나쁘기 때문에 범용적으로 사용되기에는 아직 제약이 있다. 이 때문에 마그네슘 합금의 부식 특성에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔는데, 이러한 연구들은 합금의 microstructure, 제조된 공정 조건, 부식 환경 등이 부식 특성에 미치는 영향에 대한 연구와, 갈바닉 부식이 일어나는 과정에 대한 메커니즘 및 코팅층 등을 이용한 부식 방지에 대한 연구가 주를 이루어 왔다. 그러나 실생활에서 발생하는 부식을 예방하고, 부식을 예측하기 위해 필요한 예측 모델은 이러한 부식 요소들에 대한 제한적인 고려만이 이루어져 왔기에 본 연구에서는 부식 속도에 영향을 미치는 microstructure를 통합적으로 고려한 갈바닉 부식 예측 모델을 개발하고자 한다. 이를 위해 micro-scale에서 표면 특성을 분석할 수 있는 SECM(Scanning Electrochemical Microscope)을 이용하여, microstructure를 정밀하게 제어한 Mg/Al diffusion couple에서 각 금속 종의 composition과 intermetallic phase인 Mg₂Al₃(γ), Mg₁₇Al₁₂(β) 상이 갈바닉 부식에 미치는 영향을 관찰하였다.

[고부가3-4 | 14:00]

고Cr 400계의 열연 중 스케일의 변형거동 해석 및 평가: 김승록, 박진우; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: STS 400, scale, Cr₂O₃, Gleeble test

고Cr 400계 STS를 열연하는 과정 중에 소재 표면의 스케일이 깨어지고 기지조직과 롤 표면의 직접 접촉이 발생하여 소재 일부가 롤 표면으로 이착되는 sticking이 발생하게 된다. Cr 함량이 높을수록 scale 층 두께가 얇고 400계의 경우 304 대비 scale 균열이 많아 sticking이 더 잘 발생하는 것을 확인하였다. 특히 304의 경우 scale 내의 Ni 농화 입자들이 압연 시 연신 및 윤활 특성을 개선하는 것이라 추정하였고, 이에 고Cr 400계 열연 sticking 발생에 미치는 스케일의 작용 mechanism의 이론적 이해를 수립하고자 강종별로 고온 scale 형성 후 미세구조를 분석하였고 이후 고온 기계적 특성 시험을 통하여 열연 모사를 진행하였다. 결과적으로 400계 STS는 Cr 함량이 높아질수록 dense한 Cr₂O₃를 형성하고 300계 STS의 경우에는 Cr₂O₃와 FeNi₃가 inter-lamellar 구조를 이루면서 존재하였다. Dense하게 형성된 Cr₂O₃는 brittle하기 때문에 strain을 가하게 되면 끊어지게 되고 모재인 Fe가 표면으로 드러나는데 이것이 sticking 결함의 주요 원인으로 예상된다.

[고부가3-5 | 14:10]

인장강도와 수소취성 저항성 사이의 이례적인 비례관계: 유상현¹, 이영국¹, 이석진¹, 이재승², 배철민²; ¹연세대학교 신소재공학과, ²POSCO

Keywords: Pearlite steels, Lamella, Hydrogen embrittlement, Hydrogen desorption, Silver decoration

The hydrogen embrittlement (HE) and H trap sites of electrochemically H-charged pearlitic steel specimens with various lamellar spacings (λ) were evaluated through slow strain rate tensile test and thermal desorption analysis. When λ decreases, both tensile strength and resistance to HE were unusually improved. This is because tearing, which is the initiation of H cracking, was delayed in the specimen with fine λ but broken cementite (θ) lamellae. Undeformed H-charged specimens showed a peak (peak 1) separable into two sub-peaks (peak 1-1 and peak 1-2) in their H desorption rate curves, regardless of λ . Peak 1-1 and peak 1-2 were generated by H atoms detrapped from FP/ θ interfaces and from dislocations in FP, respectively. The Ea values of H desorption for peak 1-1 and peak 1-2 were 23.2 kJ/mol, and 26.1 kJ/mol, respectively. Meanwhile, deformed H-charged specimens exhibited the second peak (peak 2) with a peak temperature (TP) of 600 K as well as peak 1 with a TP of 375 K. When tensile strain increased, peak 2 increased at the expense of peak 1. H trapping sites for peak 2 are thought to be strained FP/ θ interfaces and interfacial dislocations, but not the boundaries of

polycrystallized θ .

[고부가3-6 | 14:20]

Vacuum Kinetic Spray (VKS)을 이용한 플라즈마 내식성 코팅층의 형성과 평가: 김연주, 권한, 이창희; *한양대학교 신소재공학과*

Keywords: Plasma resistance, Vacuum kinetic spray (VKS), Microstructure, Y_2O_3 , YF_3

반도체 고집적화가 이루어짐에 따라 더욱 미세하고, 정교한 패터닝 기술이 사용되고 있다. 패터닝의 한 방법인 건식 식각의 경우 할로젠 플라즈마 가스의 고농도화가 이루어지고 있어 우수한 내식성을 가지는 재료의 필요성이 증가하고 있다. 식각 과정에서 발생하는 불순물 및 부산물은 반도체 생산 효율의 저하를 야기하기 때문에 바람직하지 않다. 재료의 내식성은 식각 속도, 표면 거칠기, 입자 탈락의 개수 등과 같은 실험 결과를 통해 평가될 수 있으며, 대표적인 내플라즈마성 재료로서 Al_2O_3 , Y_2O_3 , YF_3 등이 존재한다. VKS는 가속된 수십 나노미터 크기의 분말을 기판에 충돌시켜 치밀한 코팅층을 형성하는 방법이다. 기존의 세라믹 박막 코팅과는 다르게 고속으로 코팅이 가능하고, 상온에서 공정이 이루어진다는 장점이 있다. 보다 우수한 내플라즈마성 코팅의 조건으로서는 고밀도의 치밀한 세라믹 코팅이 유리하다는 점이 보고된 바 있고, 따라서 본 공정의 장점이 플라즈마 내식성에 유리하다고 판단된다. 본 연구에서는 식각 장비 부품의 재료로 사용되는 알루미늄, 스테인리스의 식각을 방지하기 위해 진공 상온 분사 공정을 사용하여, Y_2O_3 , YF_3 을 성막 시켜 미세구조를 관찰하고 내식성을 평가하였다. 전처리된 원료 분말을 알루미늄, 스테인리스 기판에 성막하고 surface profiler를 이용하여 두께와 거칠기를 측정하였다. 식각 전, 후 미세조직 관찰을 위해 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM)을 이용하여 코팅층의 표면과 단면을 관찰하였다. 금속 기판 및 보호 코팅층의 플라즈마 식각 평가를 위하여 ICP형의 polymer etcher를 이용하였다. 동일한 조건에서 플라즈마 내식성을 평가하기 위해 코팅층의 두께는 Y_2O_3 , YF_3 모두 약 10 μm 로 증착하고 표면 폴리싱을 통해 거칠기를 일정한 값으로 조절하였다. 미세조직 관찰결과 표면에는 가속된 입자의 충돌로 인해 소성변형 된 입자를 볼 수 있고, 단면에는 입자들 간의 bonding이 일어나 치밀한 코팅층을 형성하고 있다. 실험 결과 코팅층의 표면은 전체적으로 균일한 식각이 일어나 거칠기가 증가하였다. 또한 금속 소재인 알루미늄과 스테인리스의 경우 수 $\mu m/h$ 의 높은 식각 속도를 가지는 반면 보호 코팅층은 수십 nm/h의 낮은 식각 속도를 나타냈다. 결과적으로 Y_2O_3 , YF_3 는 유사한 내식성을 가지며 알루미늄, 스테인리스 기판 대비 우수한 내식성을 가지는 것으로 연구되었다. 금속의 표면에 내플라즈마성 세라믹 코팅층을 형성함으로써 내식성을 향상시킬 수 있었고, Y_2O_3 , YF_3 소재에 따른 큰 차이는 없는 것으로 밝혀졌다.

[고부가3-7 | 14:30]

Modified 740H 니켈계 초내열합금의 설계: 추동준^{1,2}, 이준호¹, 정우상²; ¹고려대학교 신소재공학부, ²한국과학기술연구원

Keywords: Ni-base alloy, Superalloy, gamma prime, 740H

최근 온실가스 관련 환경규제가 강화되어 화력발전소의 효율을 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 규제를 충족시키고 발전 효율을 향상시키기 위해 온도 및 증기압 증가를 위해 A-USC 급 보일러 개발이 필수적이라 할 수 있다. 기존 화력 발전소용 부품은 대부분 페라이트/오스테나이트 강이지만 고온 작동 부품에는 철계 대신 니켈계 초합금이 사용되어야만 한다. 본 연구에서는 니켈계 초내열 합금인 우수한 기계적 특성을 나타내는 INCONEL 740H를 modify 하여 Co, Cr 조성 변화에 따른 기계적 특성과 Ti/Al ratio에 따른 gamma prime 석출상의 변화, W/Mo 조성 변화에 따른 기계적 특성, B과 Zr첨가에 따른 영향에 대해 연구하고자 한다.

[고부가3-8 | 14:40]

Fe-Mn-Si 중망간강의 새로운 저온 초소성 중망간강 개발: 최석원, 이영국; *연세대학교 신소재공학과*

Keywords: melting point/ superplasticity/ grain boundary sliding/ solid solution strengthening/ strain hardening

Although the recently reported Al-based medium-Mn steel is excellent, there are many problems to be applied to practical industry for commercialization. The deformation temperature is still high and room-temperature strength is remarkably low for automotive steel sheets. In order to overcome these, a new alloy design based on Si-based medium-Mn steel. Both Mn and Si lowered the melting point of the steel and lowered the strain hardening due to the solid solution strengthening effect in the central grain, so that the grain boundary sliding actively occurred. Hence, superplasticity is obtained at a low deformation temperature. After superplastic deformation, room-temperature strength is expected to be significantly increased as well.

[고부가3-9 | 14:50]

웨어러블 바이오센서 제작을 위한 은 나노선 기반 접착성 투명전극 개발: 김진훈, 박진우; *연세대학교 신소재공학과*

Keywords: Silver nanowire/adhesive electrodes/transparent electrodes/motion sensors

제조업 현장에서 작업자의 건강관리에 대한 사람들의 관심 증가로 인해 인체 혹은 장기에 직접 부착되어 신체의 움직임, 체온, 심전도, 근전도 등의 생체 신호를 실시간으로 읽어낼 수 있는 바이오센서에 대한 관심 및 수요는 지속적으로 발생하고 있다. 이러한 센서들은 굴곡이 있으며 지속적으로 움직이는 인체의 피부 혹은 장기 표면에 부착되기 때문에, 강한 접착력을 갖고 있어야 정확한 생체신호를 감지할 수 있다. 지금까지 하이드로젤, 폴리우레탄, 실리콘 등 여러 접착성 고분자들이 바이오센서에 응용되어 왔으며, 이중 실리콘 고분자가 생체 적합성이 뛰어나며, 투명하고, 유연하며 기계적 특성을 쉽게 바꿀 수 있기 때문에 바이오 센서용 재료로 많이 사용되어 왔다. 실리콘 고분자는 전기전도도가 없기 때문에 전기 전도성을 부여하기 위해서는 금속 나노입자, 금속 나노선, 탄소나노튜브, 그래핀 등의 전도성 재료를 혼합한 복합체 형태로 제작하여야 한다. 본 연구에서는 실리콘 고분자에 소량의 비이온성 계면활성제를 첨가하여 실리콘 고분자의 기계적 강도를 크게 낮추었으며, 파괴 연신율을 크게 늘렸다. 접착력 또한 크게 향상시켰다.

또한, 은 나노선을 사용하여 전기전도도를 부여하여, 투명 전극을 형성하였다. 이렇게 실리콘 고분자의 기계적 특성이 바뀌는 요인은 계면활성제 내의 극성 작용기가 실리콘 고분자의 가교결합을 방해하기 때문이다. 또한, 계면활성제의 극성 작용기가 은 나노선과 강한 정전기적 인력을 발생시켜, 은 나노선이 실리콘 고분자에 잘 결합할 수 있게 하며, 이로 인해 투명전극의 기계적 안정성을 향상시켰다. 은 나노선을 임베딩 하여도 피부와 강한 접착력을 유지하는 것을 확인하였으며, 생체 적합성은 세포독성실험을 통해 확인하였다. 이렇게 제작한 투명전극을 바탕으로 인체의 움직임을 측정할 수 있는 모션센서를 제작하여, 손목의 움직임을 실시간으로 센싱할 수 있는 모션센서를 제작하였다.

[고부가3-10 | 15:00]

웨어러블 광센서 통합이 가능한 하이 플렉서블 유기포토다이오드 개발: 임창진, 박진우; 연세대학교 신소재공학과

Keywords: organic photodiodes, electron transport layer, polyethyleneimine ethoxylated, Cs_2CO_3

Recent advanced technologies using flexible organic photodiode(OPD) have studied in application to process analytical technology(PAT), spatial spectroscopy, image sensor and wearable biosensor instead of inorganic silicon-based photodiode(Si-PD). Compared to Si-PD, OPD has more superior mechanical properties such as thin, lightweight, conformable and bendable having comparable optical and electrical properties. Despite its potential to utilize in flexible technology, advanced research for developing ultra-flexible and remarkably precise OPD have not studied or evaluated until now. Some researchers have focused poly (3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT) and 1-(3-methoxycarbonyl) propyl-1-phenyl[6,6]C61 (PCBM)-bulk heterojunction(BHJ) based OPD due to its excellent photovoltaic characteristics. As another approach, the energy level alignment of at interfaces in optoelectronic device is the important issues for improving performance such as higher responsivity and lower dark current of OPD. In BHJ based OPD, both hole and electron injection or transport properties by work function tuning due to its own blend structure of donor and acceptor domains. In this study, we developed the solution processed OPD based on P3HT:PCBM BHJ structure with improved device performance by adding work function tuned electron transport layer(ETL). The polyethyleneimine(PEIE) and Cs_2CO_3 and Cs_2CO_3 doped PEIE(d-PEIE) were chosen as the ETL materials to be all solution-processable fabrication process. The absorption and External quantum efficiency(EQE) spectra of each device were measured at short circuit voltage. As compared to other devices, the EQE of the d-PEIE based OPD is the highest while the absorption spectra were almost similar indicating improved electrical properties. The J-V characteristics in the dark and illumination condition exhibit the responsivity was 0.2A/W and a dark current density was about 10nA/cm². And the ratio of the photocurrent to darkcurrent ratio(IL/ID) achieved above 10,000 at short circuit voltage. Analytical results have shown that d-PEIE reduce the workfunction of cathode facilitating electron injection and transport to the electrode. We fabricated the OPD-based luminescent oxygen sensor which consists of an oxygen sensing film, a light source and an OPD. With optimized device performance, d-PEIE based OPD showed the highest photocurrent and oxygen sensitivity in relation to oxygen concentration among the other ETL based devices. In addition, after 10,000 cycles tensile bending with a bending radius of 5 mm of the d-PEIE based OPD, the dark current density and the IL/ID was maintained above 90% indicating stable device bending stability.

[Break Time | 15:10]

[철강/금속 산업체 취업 연계 설명회 | 15:20~16:20]

제 1회 고부가 금속소재 연구 및 교육 심포지엄

Room 205호, 10월 26일

[고부가4-1 | 13:00] 초청강연

고부가 금속소재 전문인력 양성사업 충청권 거점센터의 역할: 한준현^{1,2}; ¹충남대학교 신소재공학과, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 충청권 거점센터

2018년 출범한 고부가 금속소재 전문인력 양성사업은 철강중심의 수도권거점센터와 철강-알루미늄 중심의 충청거점센터 그리고 철강-타이타늄-마그네슘 중심의 호남거점센터로 구성되어 있다. 그 중에서 충청거점센터는 산업의 핵심기초소재인 철강을 기반으로 경량 합금의 대명사이며 차세대 자동차용 재료를 비롯한 차세대 수송기용 재료로 주목받고 있는 알루미늄 산업을 발전시키며 이들의 융합 소재를 개발하고 산업에 적용할 수 있는 전문인력을 양성하고자 하는 목적으로 출범하였다. 우량한 기업들을 주축으로 기술개발과 산업화에 중추적인 역할을 담당하고 있는 철강산업과는 다르게 알루미늄관련 산업은 외환위기 때 국내 기업이 외국기업에 인수되거나 폐업하는 등 크게 위축되어 있었다. 하지만 몇몇 기업에서 알루미늄 산업의 꺼져가는 불씨를 되살려 재건에 힘쓴 결과 현재 괄 목할만한 성장을 이루었고 지금도 꾸준히 성장하고 있다. 본 거점센터에서는 충청지역에 적합한 철강 전문인력과 알루미늄 전문인력 의 개별 양성은 물론 융합연구를 통해 산업의 중추적인 역할을 지금도 훌륭히 수행하고 이는 철강산업과 꺼져가는 불씨를 되살려 이전의 영광을 재현하고자 하는 알루미늄 산업과의 융합을 통한 시너지 효과를 얻고자 하며 나아가 미래산업의 철강-알루미늄 하이브리드 소재의 전문인력을 길러내 4차 산업혁명시대의 밑받침이 되고자 한다.

[고부가4-2 | 13:20]

고질소 고망간 오스테나이트 21-4N 벨브강의 동적 재결정 거동 및 고온 기계적 특성: 이병주, 홍순익; *충남대학교 신소재공학과*
Keywords: 오스테나이트, 질소, 고망간, 미세구조

질소와 탄소가 0.4% 이상 첨가된 21-4N 벨브강은 질소와 망간첨가로 오스테나이트가 안정화되며, 크롬탄화물 석출로 인하여 고온 기계적 특성과 고온 크립특성이 우수하다. 이러한 내열 특성 때문에 21-4N 벨브강은 엔진 부품 및 고온 내열 부품으로 사용되고 있으며, 수요 또한 꾸준히 증가하는 추세이다. 그러나 내열특성 및 가공성 확보를 위한 다양한 합금원소의 첨가로 탄화물, 질화물, σ 상 등 다양한 제 2상의 형성으로 고온에서의 인성 저하로 열간 가공성이 악화되어 고온 부품 생산의 걸림돌로 작용한다. 본 연구에서는 니켈의 함량을 낮추고 망간과 질소를 첨가한 21-4N 스테 나이트 스테인리스 벨브강의 고온 변형거동 및 파괴특성을 조사하였다. 또한 고온 열처리가 중간온도 및 고온 열간 가공성에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였다.

[고부가4-3 | 13:30]

Investigation on the medium Mn TRIP-TWIP steel containing nanosized intermetallic precipitate: 박탁민, 김민태, 백경호, 한정호; *충남대학교 신소재공학과*

Keywords: medium Mn steel, transformation-induced plasticity, twinning-induced plasticity, intermetallic precipitate

중망간강은 5-12 wt.%의 Mn과 ≤ 0.3 wt.%의 낮은 C를 함유한 강으로써, 열간 및 냉간압연 이후 마르텐사이트 단상을 나타내나, 이상열처리 도중 활발한 오스테나이트 역변태 및 원소 재분배로 인하여, 열처리 이후 약 2 μm 미만의 미세한 결정립을 지닌 페라이트 및 잔류오스테나이트 (≤ 50 vol.%) 이상조직을 나타낸다. 소성변형 도중 다량의 잔류 오스테나이트로부터의 활발한 변태유기소성 및 미세한 결정립으로 인해 뛰어난 기계적 성질 (연신율 $\geq 25\%$, 강도 ≥ 800 MPa)을 나타낸다. 최근 AI를 함유한 중망간강은 높아진 적층결합에너지로 인해 변태유기소성 뿐만이 아닌 쌍정유기소성 또한 발현되어 더욱 뛰어난 기계적 성질을 나타낸다고 보고되었다. 본 연구에서는 변태유기소성 및 쌍정유기소성을 나타내는 AI 함유 중망간강 조성을 기반으로, 페라이트 고용 강화에 효과적인 Si와 금속간석출물 (ex. Ni(FeAl), Ni₂(FeAl)) 형성 원소인 Ni를 첨가하여, 높은 강도와 연성을 나타내는 중망간강을 설계하고자 한다. 계산열역학 시뮬레이션을 기반으로 합금 조성을 Fe-8Mn-0.2C-4Al-1Si-2.3Ni (wt.%)로 설계하였으며, 냉간압연 판재를 이용하여 이상열처리 및 시효처리 조건에 따른 미세조직 변화 (ex. 상분율, 결정립크기, 석출물 분율)와 인장 성질과의 관계를 면밀히 조사하였다.

[고부가4-4 | 13:40]

내열 21-4N 엔진벨브강의 인장변형 특성 및 유효변형율을 적용한 고온 신뢰성 향상: 심상훈, 홍순익, 송재숙; *충남대학교 신소재공학과*
Keywords: Effect strain, Effective Elongation, 21-4N Stainless Steel, Hot Deformability, Carbide, Nitride

고온 인장강도, 피로강도 및 내크립성이 우수한 내열 21-4N 엔진벨브강은 이러한 내열특성으로 인하여 고온가공성이 좋지않다. 이러한 난가공성은 고질소, 고탄소 첨가에 의해 탄화물과 질화물이 광범위하게 형성되어 전위의 이동을 방해하기 때문이다. 이러한 고온 난가공성 구간을 피하여 가공하기 위해서는 열역학적 계산에 의한 상변화 및 중간 온도 및 고온에서의 탄화물과 질화물의 안정성에 대한 정보가 필요하다. 반면, 고온인장실험의 신뢰성 확보의 어려움 때문에, 고온에서의 가공성을 측정하기 위해 압축실험을 주로 사용하였으며, 인장실험의 경우에는 연신율보다는 단면감소율로 가공성을 평가하였다. 그러나 압축시험이나 단면감소율의 경우, 인장구역에서의 연신을 측정이 불가능하여 연신에 의한 취성이나 변형을 집중에 의해 연신을 감소를 반영하지 못하여 정확한 가공성 평가가 불가능하다. 본 연구에서는 Termo-Calc software를 사용하여, 내열 21-4N 엔진벨브강의 상변화 및 중간 온도 및 고온에서의 탄화물과 질화물의 온도 변화 및 질소, 탄소 함량에 따른 안정성을 예측하였다. 또한 고온가공성 측정의 신뢰성 향상을 위하여

deformation simulator을 사용하여 인장시험 시의 effective strain개념을 도입하여 유효연신율을 측정하는 식을 제시하였다. 본 연구에서 개발한 유효연신율 개념을 사용하여 보다 정확한 고온 가공온도 구간을 제시할 수 있었다.

[고부가4-5 | 13:50]

Formability evaluation of hot rolled 6061 aluminum alloy: 정무섭, 한준현; *충남대학교 신소재공학과*

Keywords: 6061 aluminum alloy, Hot rolling, formability, tensile test

대표적으로 차량용 판재로 사용되는 알루미늄 6xxx계 합금은 Al-Mg-Si 삼원계로 이루어진 석출경화형 합금으로 입자 미세화를 위해서 소량의 Ti과 Mn이 첨가될 수 있다. 차량용 판재에 요구되는 특성은 강도, 성형성, 내식성, 용접성 등이 있는데, 알루미늄 6xxx계 합금은 기존 강판에 비교하여 성형성은 60~70%로 현저하게 낮다. 낮은 성형성으로 인하여 가공을 통하여 복잡한 형상의 제품 생산이 어렵고, 성형성을 향상 시키기 위하여 300°C정도에서 온간성형으로 제품이 만들어지기 때문에 제품의 강도가 저하되게 된다. 알루미늄 합금은 주조 후 집합조직이 강하게 발달하여 낮은 성형성을 가진다. 주조된 알루미늄 합금에 압연하여 집합조직을 발달시킴으로써 성형성을 향상시킬 수 있다. 문헌을 통하여 냉간 압연을 통하여 집합조직을 발달시킴으로써 성형성을 향상시켰다는 연구가 진행되었다. 본 프로젝트에서는 알루미늄 6xxx계 합금 집합조직을 발달시킴과 동시에 동적 재결정으로 결정립 미세화를 위해 열간압연을 실시하였다. 그리고 인장시험을 통하여 성형성을 평가하였다.

[고부가4-6 | 14:00] 학생발표

알루미늄 전해 도금을 통한 마그네슘 내식성 향상 및 표면 분석 연구: 이규석¹, 이종현¹, 유병욱²; ¹충남대학교 신소재공학과, ²충남대학교 에너지과학기술대학원

Keywords: Magnesium, Aluminum coating, Etching, Electrolytic plating, Surface analysis

마그네슘은 대표적인 경량화 소재로서 높은 비강도와 비강성을 가지는 금속이다. 이러한 우수한 기계적 성질을 활용하기 위하여 항공기 및 자동차 부품부터 핸드폰 및 노트북의 케이스 등의 재료로 널리 사용되고 있는 소재이다. 하지만 마그네슘은 내식성이 취약하여 내구성의 문제가 발생하기 쉽기 때문에, 현재 마그네슘의 내식성 향상을 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 마그네슘 모재를 전해 도금을 통하여 알루미늄 피막을 형성시켰으며 전류밀도의 변화에 따른 알루미늄 도금층의 결정립 성장거동을 관찰하는 연구를 진행하였다. 하지만 도금 시, 알루미늄 도금층과 마그네슘 모재간의 결합력이 약한 것으로 나타났으며 이를 보완하기 위하여 열처리 공정을 통해 알루미늄 도금층과 마그네슘 모재 계면의 강도를 향상시키는 연구를 진행하였다. 표면 분석의 경우 알루미늄 도금층은 NaOH 에칭을 통하여 표면조직을 쉽게 관측할 수 있었지만 마그네슘 모재의 경우 매크로 에칭 시 표면조직이 잘 나타나지 않았으며 에칭액의 종류도 한정적이었다. 이에 따라 마그네슘 모재의 조직을 관찰하기 위하여 매크로 에칭액 연구를 실시하였다.

[고부가5-1 | 14:10] 초청강연

고부가가치 경량비철금속 소재산업과 전문인력양성사업에 대해: 이동근^{1,2}; ¹순천대학교 신소재공학과, ²고부가 금속소재 전문인력 양성사업 호남권 거점센터

Keywords: Light metal, High value-added product, High professional personnel, Metal industry.

수요산업 전 분야에서 기능성, 효율성, 친환경성 등을 기반으로 하는 고부가가치화 및 소재·부품기술의 고성능화 및 자립화가 요구됨에 따라 철강을 비롯하여 타이타늄, 마그네슘 등 비철산업이 꾸준히 성장할 것으로 전망되고 있다. 금속소재·제조산업은 2012년 세계시장은 1,027조원이며, 이중 철강소재가 562조원으로 51%를 차지하고 있으며, 비철금속소재/경량금속소재 그리고 분말 및 희소금속소재 등이 그 나머지를 차지하였는데, 2018년 현재 그 비중은 비철금속과 경량금속 및 분말 소재 관련시장이 크게 확대되고 있는 추세이다. 이에 고부가가치 철강소재를 비롯하여 비철소재 및 첨단경량금속소재를 활용한 소재·부품 산업의 스마트화 및 전문화를 시급히 확보하는 것이 무엇보다 필요하며, 이를 위한 고급 전문인력양성이 매우 중요하다고 하겠다. 본 발표에서는 이와 관련해 기술적인 부분 등에 대한 자료와 산업적 현황 및 연구개발 동향 등을 바탕으로 관련 전문기술을 위한 실무적 고급인력양성사업에 대해 소개하고자 한다.

[고부가5-2 | 14:30]

타이타늄 3D 프린팅 부품의 후처리 공정에 따른 기계적 특성 평가: 최영신¹, 장지훈¹, 이용재¹, 김희준², 이창우², 이동근¹; ¹순천대학교 신소재공학과, ²한국생산기술연구원

Keywords: Electron beam additive manufacturing, Ti-6Al-4V, Hot isostatic pressing, Heat treatment, Fatigue properties

Additive manufacturing 방식 중의 하나인 electron beam additive manufacturing 방식은 금속응고에 따른 영향이 SLM에 비해 적은 편이며 고진공하에서 공정이 이루어지므로 활성이 큰 타이타늄 분말을 이용한 3D 프린팅에 적합한 적층공정 방식이다. 금속 냉각에 의한 응고가 발생하는 EBM 방식은 Ti-6Al-4V 소재에 마르텐사이트 생성을 불러일으키며 높은 기계적 특성을 지닌다. 분말을 활용한 EBM 적층공정 시편은 필연적으로 기공에 의한 피로강도 저하를 수반하고 이에 따라 후처리 공정이 필요하다. 본 연구에서는 적층된 EBM Ti-6Al-4V 시편에 후처리 공정으로 열처리 및 열간 정수압 성형 (hot isostatic pressing; HIP)을 수행하였으며 as-fabricated 시편과의 차이를 분석하였다. 3D 프린팅된 Ti-6Al-4V 시편을 베타변태온도인 996도 이상과 이하의 온도에서 다양한 후처리를 수행하였다. As-fabricated EBM Ti-6Al-4V 시편은 후처리에 따라 α' martensite 결정구조 또는 $\alpha+\beta$ duplex phases으로 변태된 미세조직을 나타냈으며, 단순한 후열처리공정에 의해 피로강도를 400MPa에서 420MPa로 특성을 향상시킬 수 있었다. 후처리 공정이 피로강도에 미치는 영향을 평가하였으며, 피로파단면을 분석하여 후처리 공정이 균열전파에 미치는 영향을 확인하였다.

[고부가5-3 | 14:40]

냉간압연된 Ti/Cu 클래드판재의 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향: 윤창석, 박양균, 조평석, 이동근; *순천대학교 신소재공학과*
Keywords: Ti/Cu clad, Post heat treatment, Cold rolling

보다 향상된 성능과 특성을 갖는 소재의 필요성이 꾸준히 증가하고 있으며, 비용 절감 및 복합특성 확보 등을 위해 단일금속만으로 그 장점을 얻기 어려운 경우에 두 가지 또는 세 가지 이상의 금속들을 융합시켜 하나의 복합소재로 만들어 사용할 수 있다. 서로 다른 금속의 우수한 특성들만 활용하여 계면접합시킨 일종의 복합재료판재를 클래드판재라고 하는데, 본 논문에서는 타이타늄의 우수한 내식성과 구리의 높은 열전도도의 조합을 통하여 Ti/Cu 클래드판재를 제조하고, 심각한 부식 환경에서 높은 전도도를 요구하는 열교환장치, 부스바 등에서 사용될 수 있는 고부가가치의 복합판재의 기계적 특성을 제어하고 향상시키기 위한 후열처리공정의 영향에 대한 연구결과를 발표하고자 한다. 압연방식의 클래드판재는 공정비용이 저렴하고 다양한 형태와 크기의 클래드 고속 생산을 위해 쉽게 자동화 할 수 있어 생산성이 뛰어나 효율적이고 경제적인 공정으로 인정받고 있다. 본 연구에서는 냉간압연공정을 통해 제조된 Ti/Cu 클래드가 기계적 결합만으로는 계면에서 취약하므로 Ti/Cu 경계면을 강화하기 위하여 열처리 공정을 수행하였으며, 열처리조건에 따른 계면에서의 미세조직 변화와 기계적 특성을 비교/평가하였다.

[고부가5-4 | 14:50]

고강도 강재의 고온산화 거동 및 내식성에 미치는 Cu/Ni 첨가 효과: 류승민, 박진성, 황은혜, 김성진; *순천대학교 신소재공학과*
Keywords: high strength steel, high temperature oxidation scale, Cu & Ni contents,

최근 자동차, 조선 및 석유화학 등의 산업체 내 적용되는 구조체의 고강도화 전략의 일환으로 Dual phase (DP), Complex phase (CP), Transformation induced plasticity (TRIP), Martensite 강 등 인장강도 1 GPa 이상의 초고강도급 철강소재가 개발 및 적용되고 있다. 그 중, Martensite 강은 AC3 이상의 고온에서 열처리 한 후, 급냉을 통해 미세조직 내 Martensite 조직을 형성시킨 초고강도급 강재이지만, 위와 같은 열처리 과정에서 필연적으로 발생하는 표면의 고온 산화 Scale은 국부부식, 응력부식균열 및 응력집중을 야기하여 강재의 수명을 단축시킬 수 있다. 본 연구는 고온 산화를 통해 표면에 형성되는 산화 Scale의 형태와 특성에 영향을 미치는 다양한 금속학적 인자 중, 소량의 Cu 및 Ni 성분 첨가효과에 대한 분석을 주목적으로 한다. 이를 위해, Scale/Steel 단면 관찰과 함께 고온 산화 Scale의 성분 분석, 전기화학적 실험 및 부식유기 수소취성에 대한 실험을 수행하고자 한다.

[고부가5-2 | 15:00]

자동차용 초고강도강의 부식반응에 기인한 수소원자의 발생과 투과 메커니즘: 황은혜¹, 박진성¹, 류승민¹, 성환구², 김성진¹; ¹순천대학교 신소재공학과, ²POSCO 기술연구원

Keywords: ultra-strong steel, corrosion, hydrogen diffusion, hydrogen embrittlement, carbon content, neutral environment.

자동차에 적용되는 소재의 두께를 감소하여 연비절감 효과를 극대화함과 동시에, 탑승객의 안전을 확보하기 위해 최근 자동차 시장에서는 강도, 인성, 내식성 등의 특성이 보증된 자동차용 초고강도 강재에 대한 수요가 증가하고 있다. 하지만 철강재료의 강도 증가는 내식성 및 수소 취화 저항성을 크게 약화시키는 것으로 알려져 있기 때문에, 우수한 물성뿐만 아니라 내식성 및 수소 취화 저항성을 향상시키기 위한 연구가 반드시 필요하다. 철강재료의 수소 취화 저항성을 평가하기 위해 전기화학적 charging 이후, 인장 실험을 통해 기계적 특성이 열위 된 정도를 분석하는 것이 일반적이다. 이 경우, 음극전류가 인가되어 강재 표면에서의 부식반응이 전적으로 배제되고, 다량의 수소원자가 재료 내부로 유입됨을 가정하여 수소 취화 민감도를 평가하게 된다. 하지만 실제 자동차용 차체가 노출되는 환경이 대부분 중성 및 Cl-이 포함된 수분으로 한정될 것임을 고려해볼 때, 보다 실제적인 이론적 접근이 선행되어야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 중성의 염화물 환경 내 초고강도급 강재 표면의 부식반응에 기인한 수소원자의 발생 및 투과 메커니즘을 규명하고자 한다. 아울러, 고강도 특성 구현에 필수적 원소인 탄소의 함량 별 부식 특성, 수소 확산 거동 및 취화 저항성 등을 분석하고자 한다.

[고부가5-2 | 15:10]

열처리 조건이 자동차용 초고강도강의 부식유기 수소취성에 미치는 효과: 박진성¹, 황은혜¹, 류승민¹, 성환구², 김성진¹; ¹순천대학교 신소재공학과, ²POSCO 기술연구원

Keywords: ultra-strong steel, corrosion, hydrogen diffusion, hydrogen embrittlement, heat treatment

전 세계적으로, 철강소재에 대한 연구는 생산비 절감과 구조적 안정성을 확보하기 위해 고강도화를 목적으로 활발히 이루어져 왔다. 그 결과, 1.5 GPa 이상의 인장강도를 갖는 초고강도급 강재가 개발되었고 현재, 다양한 산업 내에 적용되고 있다. 하지만, 철강소재의 초고강도화 개발은 내식성 및 수소취화저항성 감소라는 본질적 문제점을 수반하게 된다. 일반적으로, 초고강도화의 기술적 전략은 미세조직 내 높은 강도를 확보할 수 있는 저온변태조직의 형성에 있으나, 형성된 저온변태조직은 내부 잔류응력이 높아 표면 전기화학적 반응이 용이하고 강재 내부로 수소의 유입을 촉진시키는 결과를 초래한다. 따라서, 우수한 물성을 보장하는 초고강도급 강재는 예상 수명을 늘리기 위해, 높은 내식성 및 수소취화저항성에 대한 연구를 필요로 한다. 본 연구는 초고강도급 강재를 대상으로, 열처리 조건을 달리하여 상이한 미세조직을 형성시킨 후, 내식성 평가를 위해, 전기화학적 실험을 수행하고자 하며 중성의 염화물 환경 내 표면 부식반응에 기인한 수소원자의 유입 및 확산이 유발하는 취화거동을 분석하고자 한다. 아울러, 높은 내식성 및 수소취화저항성 확보를 위한 최적의 열처리 조건을 도출하고자 한다.

P1 : 비철 금속

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P1-1]

친환경 고체 산화물 멤브레인(SOM) 장기 내구성 고찰: 조성구, 김종걸, 최미선, 추동균; 포항산업과학연구원.

Keywords: SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), Yttrium(III) oxide

ITO로부터 In 및 Sn 회수는 일반적으로 복잡하고 고가인 습식제련이나 흑연양극 전해제련시스템을 사용하여 유용자원을 회수하고 있다. 하지만 이러한 처리공정은 공해를 야기하는 환경오염물질이나, 전해 양극에서의 이산화탄소 및 탄소오염이 발생하는 단점을 가지고 있다. 따라서 소모성 흑연양극이 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 제도가 가능하여 희소금속 제련의 생산 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 ITO 환원용 전해질 내 Y2O3 함량에 따른 SOM 내구성 실험을 진행하여 SOM 장기 내구성을 평가하였다.

[P1-2]

폐 ITO를 활용한 고체 산화물 멤브레인(SOM) 제련 연구: 김종걸, 조성구, 정은진, 추동균; 포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: Electrolytic refining, SOM(Solid Oxide Membrane), ITO(Indium Tin Oxide), Rare metal

인듐주석산화물(Indium Tin Oxide, ITO)은 디스플레이 산업의 발전과 더불어 그 수요가 급격하게 증가하고 있다. ITO는 일반적으로 흑연양극 전해제련시스템을 사용하여 유용자원을 회수하고 있다. 하지만 이 공정은 고가의 비용이 필요하며, 공해를 야기하는 이산화탄소 및 탄소오염이 발생하는 단점을 가지고 있다. 따라서 소모성흑연양극이 아닌 SOM(Solid Oxide Membrane) 양극을 이용하여 유용금속을 회수하는 기술을 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 ITO 환원용 SOM 전극 활용을 기초 실험, 전해환원 실험을 진행하였다.

[P1-3]

불용성 양극을 활용한 전류 밀도 변화에 따른 아연 전해회수의 전류효율 연구: 김동현, 김선정; 울산대학교 첨단소재공학부.

Keywords: insoluble anode, current density, electrowinning, zinc, current efficiency

아연(Zn)은 기반 금속으로서 매장량이 매우 높은 금속으로 알려져 있다. 매년 1,200만 톤의 아연이 금속의 상태로 생산되고 산업에서 가장 많이 사용되는 세 가지 금속 중 하나이다. 아연 대부분은 부식성의 개선을 위해 사용이 되고, 일부는 낮은 녹는 점의 특성으로 주물로 제작에 적극적으로 활용되고 있다. 이러한 특징의 아연은 원석상태의 아연을 황산에 용해해 금속 환원에 사용하며, 산화 전극으로는 납(Pb)-은(Ag) 합금 금속 전극이 사용되고, 환원 전극은 알루미늄(Al) 전극이 주 전극으로 사용된다. 하지만 납은 전극은 황산 저항성이 낮아 어느 정도 기간 지속 사용할 경우, 합금의 납이 용해되는 문제가 발생하며, 이 문제는 회수되는 과정에 정체를 일으킨다. 현재 적용되는 전해회수의 환경보다 더 높은 전류효율을 얻고, 원가를 절감할 수 있는 전해회수 환경조성을 위해 기존과 다른 몇 가지를 적용하였다. 산화 전극으로 사용되는 납-은 전극의 재사용률이 낮은 문제와 더불어 납의 침출에 의한 문제를 방지하기 위해 불용성 양극을 산화 전극으로 사용하고, 전류 밀도를 변화시키기에 따라 아연의 전해 환원에 가장 적절한 조건을 설정하기 위한 실험을 진행하였다. 환원 전극으로는 알루미늄 전극을 사용하였으며, 정확한 전위의 변화를 관찰하기 위해 은/염화은(Ag/AgCl) 전극을 기준전극으로 사용하였다. 대시간 전위차법 (Chronopotentiometry)을 이용하여 실질적 전해회수뿐 아니라 각 전류 밀도별 전류효율 및 전력량을 비교하여 아연의 전해 회수에 가장 적절한 전류 밀도를 설정해보았다.

[P1-4]

주석-니켈 합금 다공성 집전체의 단일 전해도금 형성 및 전극 성능 연구: 연건흠, 김선정; 울산대학교 첨단소재공학부.

Keywords: 3D open-cell structure electrode, Sn-Ni alloy anode, heat treatment, three-electrode cell type charge-discharge test

현재 2차 배터리로 가장 많이 사용되는 리튬(Li)이온 배터리의 비용량 증가와 더 안정적인 충·방전 성능에 대한 연구들이 활발히 진행됨에 따라, 전기화학 반응을 위한 넓은 표면적, 빠른 이온의 이동과 짧은 확산 거리의 장점을 가지는 3차원 개방 셀 구조의 다공성 금속 전극을 통한 효율 향상 또한 꾸준히 연구되고 있다. 탄소 양극재의 대체자 중 하나로 연구되고 있는 주석(Sn) 양극재는 높은 이론적인 비용량을 가지지만, 주석 양극재의 반복적인 충·방전 과정 중 발생하는 탈 리튬화 반응 시 일어나는 큰 부피 변화에 의한 파괴나 에너지 용량의 감소가 일어나는 단점을 가지고 있다. 니켈(Ni) 양극재는 이러한 충·방전 과정에서 일어나는 균열 발생에서 완충제 역할을 할 수 있다. 이러한 특징을 이용해 이 연구에서는 3차원 개방 셀 구조의 폴리우레탄 템플릿으로 합금 집전체를 단일 전해도금 과정을 이용해 형성하여, 높은 비용량을 가지면서 충·방전 과정에서의 파괴나 에너지 용량의 감소가 적은 새로운 주석-니켈 합금 다공성 집전체를 전기화학적으로 형성하는 것에 대해 연구하였다. 이러한 다공성 집전체는 비활성 기체 분위기의 RTP에서 열처리를 하여 폴리우레탄 다공체를 제거하여 순수한 주석-니켈 합금 다공성 집전체를 형성하였다. 열처리를 통해 형성된 주석-니켈 합금 다공체 전극을 기존의 제조과정이 복잡한 코인셀 형태의 충·방전 테스트 방식을 대신하여 비활성 기체 분위기의 글로브 박스 내에서 3전극 셀을 이용한 충·방전 테스트를 하여 전극의 성능에 대해 측정하였다.

[P1-5]

3D레이저 프린팅을 이용한 핵연료 피복관 표면처리 기술개발: 김일현¹, 김현길¹, 최병권¹, 이영호¹, 정양일¹, 박동준¹, 박정환¹, 양재호¹, 김선진²; ¹ 한국원자력연구원 핵연료안전연구부, ² 한양대학교

Keywords: 3D Laser coating, Fule cladding, FeCrAl, ATF, Oxidation

지르코늄 합금은 원자로의 정상적인 운전환경에서 내식성과 기계적 특성이 우수하고 중성자 흡수 단면적이 적어 핵연료 피복관 소재로 사용되고 있다. 하지만 일본의 후쿠시마 사고이후에는 정상상태뿐만 아니라 사고상황에서도 핵연료 피복관 및 핵연료의 안전성이 확보되어야 한다. 사고상황에 핵연료 피복관이 노출되게 되면 급격한 산화반응과 발열반응으로 내산화 저항성이 급격히 감소 된다. 이처럼 고온산화 및 고온변형에 우수한 성능을 가지는 핵연료(accident tolerant fuel; ATF)라고 정의하고 원전선진국과 국내에서 사고저항성 강화 피복관 개발을 수행중에 있다. 사고저항성이 우수한 피복관을 적용하게 되면 사고시 고온산화 및 변형에 의한 핵연료 누출을 지연시킬수 있어 사고안전여유도와 대처할수 있는 시간을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 고온산화 저항성 향상 시키기 위해 3D레이저 프린터를 이용한 코팅 기술은 연구하였다. 3D레이저 프린터를 이용하여 핵연료 피복관에 소재를 코팅할 경우 지르코늄 모재와 코팅 소재간 계면에 혼합된 층을 형성할수 있기 때문에 접착성질이 크게 향상시킬수 있다. 코팅 소재는 FeCrAl 파우더를 이용해 코팅을 수행하였으며 FeCrAl소재를 지르코늄 모재에 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 있어 코팅소재와 모재와의 상호확산의 문제를 해결하고자 지르코늄 피복관에 아크 이온플레이팅 방법을 이용하여 Cr을 상호확산을 막기 위해 코팅한 후에 레이저를 이용하여 FeCrAl(APMT) 합금을 코팅하여 이중의 코팅층을 형성 하였다. 아크 이온플레이팅 방법과 3D레이저 프린터를 이용하여 지르코늄 피복관에 코팅한 결과 고온산화 저항성이 향상되었고 모재와 코팅층 간에 접착성질도 향상 되었다.

[P1-6]

Ti-Mo 합금의 집합조직과 기계적 특성에 미치는 합금원소의 영향: 김효균, 임용덕, 김경훈; 한국생산기술연구원

Keywords: 베타상 티타늄 합금, 소성 이방성, 집합조직, 변형쌍정, 변형 유기 마르텐사이트

쌍정유기소성은 소성변형중에 발생하는 변형쌍정이 전위이동의 장애물로 작용함으로써, 상온에서 고강도와 고연신의 특성을 나타내는 기구이다. 이는 주로 고방간강에 주로 적용되어 왔으나, 최근에는 기계적 특성과 성형성을 개선하기 위한 목적으로 쌍정유기소성 효과를 보이는 베타상 티타늄 합금이 개발되고 있다. 특히 {332} 변형쌍정에 의해 고강도와 고연신을 Ti-xMo 합금(x=10-20 wt%) 이 쌍정유기소성 티타늄 합금의 후보군 재료로 연구되고 있다. 베타상 티타늄 합금의 변형모드(슬립, 변형유기마르텐사이트, 변형쌍정)는 베타상 안정화 원소인 Mo원소의 첨가량에 따라 결정되기 때문에 주로 조성에 따른 기계적 특성이 토론했다. 최근에는 강도와 연신의 개선을 위한 3원계 합금이 개발되고 있다. 우수한 성형성을 가지는 재료를 개발하기 위해서는, 큰 변형량을 수용할 수 있는 충분한 연성뿐 만 아니라 소성 이방성, 가공경화특성과 같은 재료공학요소가 필수적으로 고려되어야 한다. 이러한 변수들은 각각 초기집합조직과 소성변형기구의 작동에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있지만, 베타상 티타늄 합금에 대한 집합조직과 변형모드에 대한 체계적인 연구는 현재까지 진행되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 Ti-Mo계 합금을 제작하여 후방산란전자회절 분석법에 근간한 변형 미세조직의 형성과 인장변형 특성간의 상관관계를 분석하였으며, 기존의 성형가공용 금속재료와 기계적 물성을 비교 평가 하였다.

[P1-7]

AgWC계 전기접점의 dopant 첨가에 따른 미세조직 및 전기/기계적 특성: 소윤지, 박재성, 박주현; 희성금속(주).

Keywords: AgWC alloy, dopant, sintering

전기접점재료는 차단기 및 개폐기, 전기기구, 자동차 스위치, Relay 등에서 물리적으로 개폐하여 전기회로의 접속 및 차단에 직접 사용되는 소자로서, 현재 대표적으로 소중 전류 영역에서 Ag계 및 Ag-산화물계, 대 전류영역에서는 AgW계가 주로 사용되고 있다. 그 중 AgWC계 접점은 분말야금법을 기반으로 하여 소결 및 용침법을 이용하여 제조되고 있으며, 열전도성, 내아크성 및 내용착성이 우수한 특성이 있다. 따라서 수백 A 이상의 대 전류 차단과 높은 빈도의 개폐로 인하여 아크를 발생하는 전기 개폐기 부품에 이용되고 있으며, 고용점 및 고경도의 특성으로 차단기의 가동접점으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 AgWC계 전기접점 제조 시, 소결성을 극대화하기 위해 dopant를 첨가하여 소결성 및 물리적 특성을 개선하였으며, 분말의 사이즈, 소결 및 용침법 등의 공정 최적화를 통해 비중, 경도 및 전기전도도 등의 특성을 확보하였다. 또한, Arcing test를 통해 내마모성 및 내아크성을 확인하였으며, AgWC계 접점 사이즈에 따른 분말의 분산성 및 특성을 비교 평가하였다. 본 연구는 산업통상자원부 ‘스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발’ (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행하였다.

[P1-8]

용매금속 추출법을 이용한 희토류 영구자석 재활용 효율에 미치는 용매금속 함량의 영향: 박상민^{1,2}, 남선우¹, 현승균², 김택수^{1,3}; ¹ 한국생산기술원, ² 인하대학교, ³ 과학기술연합대학원대학교

Keywords: Recycling, Rare Earth Elements, Liquid Metal Extraction, pyrometallurgy process, Magnet,

최근 친환경 에너지 산업 수요의 증가로 인해 전기자동차, 신재생에너지 등에 필수 요소로 사용되는 희토류 영구자석의 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 희토류 영구자석의 주요 원소인 Nd, Dy 등은 현재 자원 편중성이 매우 높으며 국내에는 매장량이 거의 없는 것으로 알려져 있으므로 이를 해결하기 위해 재활용 기술 개발이 필수적이다. 희토류 영구자석의 재활용은 크게 전식 추출법과

습식 추출법으로 나눌 수 있는데 건식 추출법은 산, 추출 수지를 이용하지 않고 최종적으로 금속형태의 회토류를 얻을 수 있다는 장점으로 인해 현재 많은 연구가 수행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 건식 추출법 중 하나인 액상금속 추출법을 이용하여 액상금속의 비율에 따른 회토류 영구자석 내의 회토류 추출 거동을 확인하였다. 액상금속은 용점이 낮으며 자석 내에서 Fe, B와는 반응이 없으면 회토류 원소와 선택적으로 반응하는 용매금속인 Mg를 선택하였으며 회토자석과 Mg의 장입비를 변화에 따른 확산거동을 확인하였으며 최종적으로 회토류 추출의 최적화 비율을 제시하고자 한다.

[P1-9]

자력 선별, 옥살산 농도 및 염산 농도에 따른 저품위 티탄철석의 품위 변화 연구: 윤홍민, 김선정; 울산대학교 첨단소재공학부

Keywords: leaching efficiency, oxalic acid, ilmenite, magnetic separation, titanium dioxide

시대의 흐름에 따라, 철의 단점을 보완할 수 있는 티타늄이 꿈의 소재로 주목받고 있다. 티타늄은 철에 비해 강한 내식성과 높은 강도를 가지고 있으므로 산업, 국방, 의료 분야에서 다양하게 쓰이고 있다. 그러나 현재 우리나라의 티타늄 제련기술은 선진국인 미국, 일본 등에 비해 충분한 제련 기술을 보유하고 있지 않아 매년 1조 원 이상의 고품위 티탄철석(FeTiO_3)과 금홍석(TiO_2)을 전량 수입에 의존하고 있다. 본 문제를 해결하기 위해 경기도 연천 및 경남 하동 지역에 다량 매장되어 있는 약 19 wt%의 저품위 티탄철석을 이용하여 고품위 티탄철석으로 품위 변화를 시도하였다. 저품위 티탄철석을 자력 선별 후 염산 침출 공정을 진행하여 침출액 성분 분석을 통한 침출액 중의 원소 별 절대량 대비 침출 효율을 산출하고 침출 후 남은 산화물 형태의 고형물에 대한 성분 분석을 진행하여 품위 값으로 변환 후 원광 분말 대비 염산 농도, 옥살산 농도에 따른 산화물의 성분비 그래프를 도출 후 최적 조건에 따른 티탄철석의 품위 변화를 나타내었다.

[P1-10]

니켈 제련 중간물로부터 유가금속 회수를 위한 염산기반 용매추출 공정 기술 개발: 이고기¹, 제남진¹, 한길수¹, 박진균¹, 김 덕¹; ¹포항산업과학연구원

Keywords: 니켈제련, 수산화물, 용매추출, 결정화

본 연구는 니켈 함유 광석으로부터 제련공정을 통해 제조되는 중간물인 혼합수산화침전물(MHP, Mixed Hydroxide Precipitates)로부터 염산을 이용하여 유가금속을 선택침출하고, pH 조절을 통하여 불순물을 제거한 후, 특정 용매를 이용하여 유가금속을 회수하기 위한 용매추출 공정 기술개발을 수행하고 있으며, 용매추출을 통해 회수한 용액은 결정화 공정을 통하여 금속 염화물 형태로 회수하는데 이때 결정화 조건에 따른 금속 염화물의 특성 변화에 대한 연구를 함께 진행하고 있다. 본 발표에서는 이에 대한 연구결과 및 향후 연구내용에 대해 소개하고자 한다.

[P1-11]

Cu-Ti 합금의 특성 변화에 미치는 가공열처리 공정의 영향: 김선기¹, 조대연¹, 정진아¹, 김기태¹, 현승균², 김영직³, 조훈¹; ¹한국생산기술연구원, ²인하대학교, ³성균관대학교

Keywords: Cu-Ti alloy, High strength, Thermo-mechanical process

현재 스프링, 커넥터 등의 전자부품에 사용되는 Cu 합금은 높은 강도와 응력완화성을 요구 하고 있으며, 이를 위해 산업계에서는 고강도 석출경화 합금인 Cu-Be합금을 적용하고 있다. 그러나 합금 첨가원소인 Be의 인체 유해성이 최근 사회적으로 크게 부각됨에 따라 해당 합금의 적용을 제한하는 추세에 있어, 이를 대체하기 위한 합금으로 Cu-Be 합금과 유사한 기계적 특성을 갖는 Cu-Ti 합금이 제안되고 있다. Cu-Ti 합금은 석출경화형 합금으로 높은 기계적 특성을 가짐과 동시에 우수한 고온강도 및 응력완화성을 갖는 것으로 보고되고 있어 기존의 Cu-Be합금을 대체할 수 있는 합금소재로 주목 받고 있다. 그러나 최근 전자제품들의 소형화 및 집적화로 인해 기존의 소재 특성보다 더욱 높은 기계적 특성 및 가공성의 향상 방안이 요구되고 있으며, 관련 연구가 일부 진행되고 있으나 이에 따른 연구결과는 미미한 상황이다. 이에 본 연구에서는 소형 부품에의 적용을 위해 기존 Cu-Ti합금의 열간 및 냉간 가공 공정 효율을 높일 수 있는 가공 열처리 방안을 검토하고자 하였으며 이를 통해 높은 강도 및 탄성 특성을 확보함과 동시에 연신율의 감소를 최소화할 수 있는 제조 공정을 검토하고자 하였다. 이를 위한 실험 방안으로 대상합금인 Cu-Ti합금을 진공주조한 후 열처리 공정 (균질화 열처리, 용체화 열처리, 시효열처리) 및 소성가공공정 방안을 설계하였고 이를 바탕으로 합금의 기계적 특성에 영향을 미치는 가공 열처리 공정 방안을 설계하고자 하였다.

[P1-12]

고강도 Al-Mg 용접소재 개발: 김선기¹, 조대연¹, 이근효¹, 이상현¹, 윤영욱¹, 김동철¹, 김영직², 조훈¹; ¹한국생산기술연구원, ²성균관대학교 신소재공학과

Keywords: Al-Mgalloy, welding wire, High strength,

비열처리형 합금 소재인 Al-Mg합금은 Al 용접 소재로 사용될 경우 높은 용접부 기계적 특성과 우수한 연성-취성 전이온도(DBTT, Ductile-Brittle Transition Temperature)특성을 가지고 있기 때문에 수송기기분야, 특히 선박에서의 선체 및 가압탱크 용접에 크게 적용되고 있다. 최근 수송기기 차체의 경량화와 연비 향상을 위해 용접 소재의 두께를 감소하는 추세에 따라 기존 대비 강도가 향상된 고강도 용접부 특성을 구현하고자 많은 연구들이 진행되어 왔으나 기존 소재의 경우 용접부에서 300 MPa 이상의 강도를 확보하기는 매우 어려운 상황에 있다. 이와 관련하여 Al 용접부의 강도향상을 목적으로 다양한 방법이 연구되고 있으며, 특히 합금원소의 첨가와 같은 구조 방안을 개선하고자 하는 노력들이 검토되고 있으나 이에 대한 연구 결과들은 미진한 실정이다. 이에 본 연구에서는 용접부에서의 기계적 특성 향상을 목적으로 용접 소재 제조를 위한 합금 설계 및 공정 설계를 진행하였으며, 이를 통해

Al 용접부에서의 기계적 특성 향상을 구현하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 기존의 Al 합금 용접 소재로 적용되던 조성 검토 후 개선된 조성을 설계하여 합금 빌렛을 주조하였으며, 해당 빌렛을 균질화 열처리 후 열간압출을 진행, 용접 소재 제조를 진행하였다. 이후 용접 소재의 기계적 특성을 평가 후 Al 모재에 대한 arc 용접을 진행하여 해당 용접부에 대한 특성 평가를 진행하였다. 이러한 결과들을 바탕으로 용접부에서의 기계적 특성을 향상시킬 수 있는 Al-Mg 용접소재를 개발하고자 하였다.

[P1-13]

Microstructural Changes and Elemental Partitioning Behaviors of Co-based Superalloys with Alloying Elements: Boryung Yoo¹, Hyeji Im¹, Jae-Bok Seol², Pyuck-Pa Choi¹; ¹KAIST, ²NINT.

Keywords: cobalt, superalloy, atom probe tomography (APT)

Superalloys were designed for high temperature applications with excellent mechanical and oxidation properties at elevated temperatures. Especially, Ni-based superalloys have been massively produced for power plant gas turbines. The superior properties of superalloys are attributed to its microstructure consisting of γ (fcc) matrix with coherent γ' ($L1_2$) precipitates. Co-based superalloys have attracted much attention as a potential substitute for Ni-based superalloys because of its higher melting temperature than that of Ni and the γ/γ' microstructure obtained in Co-based systems. In this study, we investigated microstructure changes and elemental partitioning of Co-based superalloys with alloying elements. The microstructures and γ/γ' lattice misfit were analyzed by scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction (XRD) to optimize the alloy systems and annealing condition for the desired γ/γ' microstructure. Elemental partitioning behavior between γ and γ' was also characterized using three-dimensional atom probe tomography.

[P1-14]

환형 금속연료심 제조를 위한 압출금형 설계 및 압출결과에 대한 미세조직학적 고찰: 박상균, 김기호; 한국원자력연구원.

Keywords: 압출, 금속연료심, Tube, 환형, 미세조직, EBSD

현재 원자력발전은 안전성과 함께 가동 후 발생하는 폐기물의 문제가 원자력에너지의 확대를 제한하는 원인이 되고 있다. 따라서 기존 경수로보다 경제성과 안전성이 향상된 제 4세대 원자로 개발을 위한 국제 국제적인 연구가 추진되고 있다. 현재 원자력연구원에서는 기존 핵연료에 비해 연소 효율과 안정성이 높은 핵연료를 개발하고 있으며, 이와 관련된 현안 중 연소 중 발생하는 조사폐운 현상이 매우 중요한 사안으로 대두되고 있다. 최근 미국 INL의 연구 결과에 따르면 핵연료의 형상이 환형일 경우 이러한 핵연료의 조사폐운 현상을 효과적으로 절감할 수 있음을 확인하였고, 이에 따라 환형 핵연료 제조 기술 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 핵연료의 제조 방식을 기존의 주조 방식이 아닌 압출을 통한 환형으로 제조하는 연구를 수행하였으며, 이에 대한 초기 연구로 우라늄 대신 Cu를 이용한 환형 모의연료심을 압출하여 제조하여 압출 금형의 설계 및 압출조건을 평가하고자 하였다. 우선 Deform 3D를 이용하여 환형 금속연료심의 형상이 압출 가능한 금형을 설계하였고, 초기 압출 온도를 600°C, 금형 온도 450°C 조건에서 열간 압출하는 공정을 모사하여 이 때에 걸리는 금형의 압력 및 온도 분포를 해석하였다. 이를 바탕으로 실제 압출금형을 제작하여 Cu로 환형 모의 금속연료심을 제조한 뒤, OM 및 EBSD를 활용한 미세조직 분석을 통하여 모의연료심의 미세조직 및 결합여부를 평가하였다.

[P1-15]

특수 연마장치를 통한 Zr 기지의 비정질 수술용 나이프의 첨예성과 치핑 개선: 양원철¹, 최광수¹, 김선진¹, 정지현¹, 이승준², 임가람³, 나영석³, 박준식^{1*}; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²(주)웹프다이아, ³재료연구소

Keywords: Scalpel blade, Bulk metallic glass, Blade radius, Blade chipping

일반적으로 외과 수술에 사용되는 저렴한 가격의 스테인레스 수술용 나이프는 칼날이 첨예하지 못하고 결함이 많아 박막 및 성형 수술과 같은 정교한 수술에 한계를 지니고 있다. 본 연구에서는 스테인레스보다 높은 강도, 내식성 및 생체 적합성을 갖는 Zr 기지의 비정질 합금을 우수한 첨예성과 치핑을 개선한 수술용 나이프로 제조하였다. $Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ 조성의 비정질 합금은 진공 아크 용해법(VAR: Vapor Arc Remelting)을 이용한 특수 진공 장비와 금속 판재 진공 감압 장비를 사용하여 제작하였다. 벌크 비정질은 주물 연마판, 다이아몬드 페이스트를 이용한 특수 연마장치로 기계적 연마하여 나이프로 가공하였다. 제조된 칼날의 비정질 상 안정성은 XRD, DSC를 통하여 증빙하고 첨예성과 치핑은 OM, SEM 장비를 통하여 분석하였다.

[P1-16]

파이로 전해제련공정의 STS Mesh를 사용한 Cd/Salt 분리 특성: 장준혁¹, 김택진², 김가영¹, 윤달성¹, 이성재¹; ¹한국원자력연구원 핵연료주기기술연구소, ²한국원자력연구원 방사성폐기물통합관리센터.

Keywords: 파이로; 전해제련; 증류; Cd; U 회수

원자력발전에서 발생하는 사용후핵연료를 사용하여 U/TRU를 재사용하기 위한 파이로공정에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 파이로공정은 산화물 형태의 사용후핵연료를 전기화학적으로 환원하여 금속의 형태로 변환하고, 그 금속연료 중에서 U/TRU를 선택적으로 회수하는 공정이다. 따라서 금속형태의 U/TRU를 회수하기 위한 전해회수공정이 파이로 공정에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 현재 전해회수공정에서는 LiCl-KCl 공융염 속에서 액체 Cd전극을 음극으로 사용하여 U/TRU를 전기화학적으로 전착시켜 회수하는 방법을 사용하고 있다. 또한 최종적으로 U/TRU를 회수하기 위해서 염속에서 회수한 Cd를 제거하고 있다. 이를 위해서 Cd/Salt와 U/TRU의 증기압 차이를 이용하여 이들을 분리하는 진공증류공정이 사용되고 있다. 하지만 Cd/Salt의 증류 시, 증기압이 높은 Cd가 Salt에 비해 높은 비중을 의해서 Salt의 아래에 위치하고, 그로 인하여 Cd가 증발함과 동시에 급격한 내부 액체의 튕현

상이 발생하는 문제가 있다. 이를 방지하기 위하여 Cd와 Salt를 증류공정 이전에 분리해줄 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 Cd와 Salt의 큰 표면장력 차이를 이용하여, STS Mesh를 사용하여 액체 Salt를 Cd으로부터 분리하고자 하였다. 16 Mesh 눈금의 Mesh 도가니를 사용하여 Cd와 Salt를 동시에 장입 한 후, 고온에서 두 액체의 분리 특성을 살펴보았다. 그 결과 Cd는 Mesh 도가니 내부에 잔류하는 동시에, Salt는 도가니 밖으로 배출 되는 것을 확인하였다. 또한 Thermal Cycle 실험을 수행하여 Mesh의 반복사용 안전성을 평가하였다. 이러한 결과를 바탕으로, kg 규모의 파이프 공정에 사용할 수 있는 Cd/Salt 분리장치를 설계/제작하였다.

[P1-17]

비이송식 플라즈마에 의한 Ag-(C) 및 Ag-Ni-(C) 분말의 제조방법 및 이를 이용한 전기접점 소재의 제조방법: 권오집, 박재성, 박주현; *희성금속*

Keywords: 전기접점, 플라즈마, Ag-Based, 나노분말

전기접점 재료는 그 사용 전압/전류 등에 의해 적절한 재질로 선택하여 사용된다. 사용환경에 의해 소재가 선택되는 이유는 열방생 및 기타의 물리적인 특성에 의해 전기접점 소재의 용착 또는 단락이 발생하여 차단기의 수명 및 그 효과가 감소하기 때문이다. 이러한 전기접점재료는 차단기, 계폐기 등의 전자기기에서 회로의 개폐나 접촉을 기계적으로 작동하는 소자로 사용되고 있다. 전기 접점용으로 사용되는 Ag Alloy 중 Ag-CdO계는 내소모성이 우수하며, 접촉저항이 우수한 특성을 나타낸다. 또한 Ag-CdO계는 전 세계적으로 접점 재료로 인정을 받으며 지금까지도 손쉽게 찾아볼 수 있으며, 제조 공정 또한 수십년에 걸쳐 최적화된 공정으로 최근에는 단가 경쟁력을 확보하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 하지만, 전 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 환경 유해 물질등의 사용 규제가 점차 심화 되고 있다. 특히, 접점 재료로 널리 사용되어온 Cd(카드뮴)은 세계보건기구(WHO: World Health Organization) 및 세계무역기구(WTO: World Trade Organization)에서는 인체 및 환경 유해물질로 규정되어 그 사용이 각 국가별로 점차 규제되고 있다. 특히 유럽 전역에서는 Cd물질을 전면 사용금지 조치 함에 따라, Cd를 대체하는 신규 접점 재료의 개발이 시급한 상황이다. 본 연구에서는 Cd 물질을 대체하고자 Ag-CdO와 동등 이상의 성능을 구현할 수 있는 Ag-M(Metal) 금속 접점 소재를 개발하고자 하였다. Ag에 수% 밖에 고용이 되지않는 금속 재료를 인위적인 방법을 통하여 과포화 고용시키는 급랭 기술을 접목하여 Ag 기지내에 제 2차 상을 나노 크기로 미세 분포시켜, 전기전도도 및 강도의 향상에 목적을 두었으며, 실제 접점 소자로 구동의 평가를 진행 하였다. 특히 고가의 원소재인 Ag의 저감을 통하여 원가 경쟁력 확보 뿐만 아니라, 금속원소의 첨가에 따른 전기전도도의 감소를 최소화하여 기존에 사용하던 Ag-CdO와 성능에서도 동등 이상의 결과를 확보 할 수 있었으며, 이를 통하여 Ag-CdO 재료를 대체 할 수 있는 소재를 개발 하였다. Ag-M 원료 분말은 플라즈마 분말제조 방법을 사용하여 Ag-M 분말을 제조 하였으며, 이 분말을 소결, 열처리, 압출 및 압연의 공정을 거쳐 최종 접점 소재로 제조 하였다. 각 공정별 조직 분석 및 특성 분석을 통하여 접점 제조 공정의 최적화를 진행 하였다. 본 연구는 산업통상자원부 ‘스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발’ (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.

[P1-18]

황동합금의 첨가원소에 따른 특성변화 연구: 전보민, 정원석, 박원신, 조병래; *충청남도 기술연구원*

Keywords: copper, brass, machinability, lead-free

대표적인 비철금속 동합금인 Cu-Zn 합금은 우수한 기계적 강도와 가공성으로 인류 생활 및 산업 전반에 널리 사용되어 왔으며, 사용목적에 따라 고력황동, 내식황동, 쾌삭황동, 단조황동 등으로 구분된다. 이들 합금원소로는 주 합금 원소인 아연(Zn) 외에 필요에 따라 첨가 합금원소가 달라진다. 그동안 황동의 절삭성을 향상시키기 위하여 합금원소로 납(Lead)을 1~4% 첨가하여 왔으나, 납의 인체에 대한 유해성이 점차 강조되고 중금속에 대한 환경규제가 증가됨에 따라 다양한 무연황동합금(Lead-Free Brass)이 요구되고 있다. 본 연구에서는 기존 절삭성 향상을 위해 첨가하는 납 원소 대신에 Cu-Zn 합금에서 첨가원소에 따른 물리적, 기계적 특성을 고찰하여 산업부품의 요구특성에 적합한 특성을 나타내는 합금원소를 규명하고, 금속재료학적으로 구현되는 특성 메커니즘을 확인하여 최적 특성을 가지는 조성을 찾고자 하였다.

[P1-19]

Selective Laser Melting 공정으로 제조된 Inconel 738LC 합금의 미세조직 및 고온 내산화 특성: 김재환¹, 김규식¹, 김명세², 이기안¹; ¹인하대학교 ²아우라테크

Keywords: Selective laser melting, Inconel 738LC, Oxidation mechanism

Inconel 738LC 합금은 고온 기계적 특성, 내산화성이 요구되는 가스터빈 블레이드로 적용되는 대표적인 소재로 일반적으로 주조 공정으로 제조된다. 최근 selective laser melting (SLM) 공정을 통하여 주조 공정을 대체하려는 시도가 되고 있으며 이에 따라 SLM 공정으로 제조된 Inconel 738LC 소재의 미세조직과 산화 특성에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 SLM 공정으로 제조된 Inconel 738LC 합금의 산화 특성에 대하여 조사하였다. 고온 산화 시험은 800~1100°C 온도 구간에서 100°C 간격으로 24시간 동안 대기 분위기에서 수행되었다. 그 결과, 각각의 온도에서 대하여 ΔW (weight gain/surface area)는 0.08 (800°C), 0.33 (900°C), 0.84 (1000°C), 그리고 1.78 (1100°C)로 측정되었다. 이 결과는 주조 공정으로 제조된 Inconel 738LC 소재와 유사하거나 다소 우수한 내산화 특성을 가지는 것으로 확인되었다. SEM, EDS, EPMA 그리고 XRD를 통하여 산화 실험 후 상분석을 진행하였으며 그 결과, 800°C~1000°C 온도 구간에서는 Cr₂O₃, TiO₂ 산화물이 주요하게 나타났다. 반면 1100°C에서는 Cr₂O₃, TiO₂ 산화물과 함께 추가 Al₂O₃, Ni 및 Co계 산화물도 확인하게 관찰되었으며 이러한 추가 산화물이 형성됨에 따라 ΔW(weight gain/surface area)가 크게 증가하였다. 이와 함께 고온 산화 거동을 규명하기 위하여 SLM 공정으로 제조된 Inconel 738LC 소재의 미세조직을 정량적으로 해석하였으며 산화막 성장 속도 상수 (K_p)와 연계하여 고찰하였다. [본 연구는 재료연구소의 지원으로 수행되었

으며, 이에 감사드립니다.]

[P1-20]

Ti based bcc 합금에서의 구성 원소 치환에 의한 수소저장특성 변화: 유정현, 조성욱; 한국지질자원연구원 광물자원연구본부
Keywords: Hydrogen Storage, Ti-V alloy, P-C isotherm curve, substitutional solid solution, XRD analysis

$\text{Ti}_{0.32}\text{Cr}_{0.43}\text{V}_{0.25}$ bcc 합금을 대상으로 구성 원소 치환에 의한 수소저장특성 변화를 연구하였다. Cr의 일부를 Al, Si, Sc, Mn, Fe로 각각 치환하였으며, 치환 원소 및 치환량에 따른 미세구조, 격자상수 및 수소저장 특성 등 물리 화학적 특성 변화를 연구하였다. Al의 치환은 수소저장용량의 감소를 초래하였으며, Al 치환량이 증가할수록 bcc상의 격자상수가 증가함에도 불구하고 수소 흡방출 평탄압력은 상승하였다. Si은 3 at%만 치환되어도 bcc상 격자상수의 급격한 증가 및 히스테리시스 상승, 수소저장용량 급감을 초래하였다. Sc이 치환된 합금의 경우 최대 수소저장용량 증가가 관찰되었으나, 유효 수소저장용량 증가는 나타나지 않았다. 반면 Mn 치환된 합금의 경우 격자상수 및 수소 흡·방출 압력이 원조성인 $\text{Ti}_{0.32}\text{Cr}_{0.43}\text{V}_{0.25}$ 의 그것들에서 거의 변화하지 않았음에도 불구하고, 사용 가능 수소량은 8 at% Mn의 경우 약 2.7 wt%로 다소 증가하였다. 또한 Fe 첨가된 합금의 경우 치환량 증가에 따라 수소 흡방출 평탄압력이 선형적으로 증가하였으며, 치환량 8 at%에서 유효 수소저장용량 감소 없이 수소 방출 평탄압력이 수 기압 범위로 상승하여 전방 응용분야에의 활용이 기대되었다.

[P1-21]

Ag-C계 점점의 조직 미세화를 통한 기계/전기적 특성 확보: 이효원, 박재성, 박주현; 희성금속㈜

Keywords: Ag-C, Ag-Ni-C, MCCB, 압출, Sintering, 점점, Cd-free

전기 점점 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 점점 재료는 개폐기능과 관련하여 용접이 높고 전기전도도, 열전도도 및 내용착성이 우수하고 접촉저항이 낮은 것이 요구되며, 내마모성과 관련하여 경도가 높은 것이 요구된다. 이와 같은 전기 점점 재료는 재질에 따라 A-W계, Ag-Oxide계, Ag-C계, 귀금속계 등으로 분류될 수 있다. 그 중 Ag-C계 전기 점점 재료는 흑연의 sliding/윤착제어 특성으로 인해 전기전도도가 우수하여 주로 고정 점점으로 사용된다. Ag-C계(AgC, AgNiC등) 점점은 윤착등의 방지를 위해 기존 Ag점점의 문제점인 저용점, 산화성 향상을 목적으로 이종금속을 혼합하여 사용하고 있다. Ag-C계 점점에서 탄소의 입자가 미세하고 분포가 균일할수록 경도와 내마모성이 개선되며, 탄소 함유량이 증가하면 전기전도도등은 떨어지고 내용착성등은 크게 향상된다. 또한, Ag-C계로 제조된 점점은 용접 및 기계적 마모에 매우 강하고 접촉 저항이 낮지만 Arcing 조건에서 높은 마모를 나타내며 기계적 강도와 경도는 낮습니다. 본 연구는 Ag-C계 점점의 혼합, 소결 및 압출, 탈탄등의 공정 최적화를 바탕으로 조직 미세화 및 점점의 기계적, 전기적 특성을 확보하였다. “본 연구는 산업통상자원부 ‘스위칭 소자용 임계 열전도도 향상을 위한 다층 클래딩 소재 및 공정 기술 개발’ (과제번호 : 10070219)의 지원을 받아 수행 하였다.”

[P1-22]

공형압연공정에 의한 Al/Cu 클래드의 기계적 및 미세조직적 특성 변화 연구: 이종범, 정하국; 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소
Keywords: Caliber rolling, Structural, Grain boundaries, Microstructure, Recrystallization

Al/Cu cladings were fabricated by caliber-rolling process at 298 K and their mechanical and microstructural properties were evaluated. The Vickers hardness (VH) value of the Al layer in the cladings increase with increasing strain, however, it decreased when the strain was over 0.48. For Cu layer, the VH value rose with strain. The grain size of the Al layer in the cladding decreased with increasing strain and then the grain size increased with a strain of over 0.48. In the case of Cu layer, the grain size increased with increasing strain of the cladding. The relationship between hardness and grain size follows the Hall-Petch equation. During, dynamic recovery is pronounced in the Cu layer, however, grain growth only take place in the Al layer. The evolution of texture is due to a difference in stacking fault energy (SFE) between Cu and Al. The Al layer, with a low SFE, exhibits stronger texture than the Cu layer because of different deformation mechanisms.

[P1-23]

플라즈마 스프레이를 통해 제조된 Al_2O_3 코팅층의 분말입도별 특성: 박상미¹, 정병홍¹, 황우식², 정택균¹, 현승균¹; ¹인하대학교 ²베텔원㈜
Keywords: Plasma spraying, thermal spraying, Al_2O_3 Powder, Physical Properties

플라즈마 스프레이(Plasma spraying)는 플라즈마 아크 중에 각종 용사재 분말을 공급하여 기재(Substrate)에 분사시켜 코팅하는 방법이다. 이는 제트온도가 높아 용융점이 높은 세라믹을 재료에 코팅할 수 있기 때문에 내마모성과 내부식성을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 코팅에서 분말 입도는 분말의 안정적인 유동성과 코팅층의 매끄러운 표면을 나타낼 수 있는 중요한 인자로서 분말 입도에 따른 코팅층을 분석하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 플라즈마 스프레이 법을 이용하여 Al_2O_3 코팅층을 제조하였으며, Al_2O_3 분말 입도 변화에 따른 코팅층에 대해 기계적, 전기적, 열적 특성을 조사하였다.

[P1-24]

희유금속 용융염 전해에서의 열평형에 관한 연구: 유정현, 조성욱; 한국지질자원연구원 광물자원연구본부
Keywords: Molten salt electrolysis, Rare metal, Nd metal, Thermal equilibrium

안정적이며 효율적인 희유금속의 용융염 전해를 위하여, 용융염 전해에서의 열관리에 대하여 연구하였다. 용융염 전해 중에는 전해 반응을 위해 인가한 직류전기 에너지, CO, CO₂ 생성 에너지 등의 에너지 투입과 장입 염의 승온 에너지, 전해반응 소모에너지, 가스 배출에 의한 열 방출 등 에너지 손실이 발생한다. 특히 전해 초기에는 이들 에너지 차에 의하여 용융염 온도의 급격한 변화를 야기 할 수 있으며, 실험 실례에서의 열 출입 계산 결과와 실측 온도 변화 결과 값의 비교로부터 용융염 온도 변화가 예측 가능함을 확인하였다. 또한 전해 온도 변화에 따른 전류 효율 변화로부터 전류 효율은 전해 온도 증가에 따라 거의 직선적으로 감소함을 알 수 있었으며, 전류 효율과 작업성 측면에서 이상적인 전해 온도를 도출 할 수 있었다.

[P1-25]

2017년 국내 희유금속 원재료 교역구조 분석: 의화석; 한국지질자원연구원

Keywords: 희유금속, 원재료, 교역구조

1. 서론 희유금속은 단일 원료물질 또는 기능성 소재 제조시에 소량씩 첨가되나 소량첨가로 소재의 핵심기능을 발현하므로 제품의 경쟁력 확보에 필수적인 핵심 기초 소재로서 중요성이 부각되고 있으며 IT, 의료, 우주항공 및 NT분야 등 첨단산업전반에 걸쳐 각광을 받고 있다. 또한 희유금속 수요는 기술개발 및 산업구조에 매우 민감하게 반응하여 변동되는 특징을 지니고 있다. 따라서, 기술변화 및 산업구조 변화에 따른 희유금속 수급구조에 대한 주기적인 모니터링을 기반으로 희유금속 비축, 자원개발, 기술개발 전략을 수립하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 1997년~2017년, 국내에서 다양한 형태로 수요되고 있는 35여종의 희유금속을 대상으로 정광, 금속, 합금, 화합물, 스크랩 등 5개 유형으로 범주화하여 교역 구조를 분석하였다. 2. 본론 및 결론 '17년 희유금속 원재료 총 교역규모(수입+수출)는 10,702백만불로 '16년 교역액(8,920백만불) 대비 20% 증가하였는데 특히, '17년 수입은 7,563백만불로 '16년 6,034백만불 대비 25%, 수출은 '17년 3,139백만불로 '16년 수출 2,887백만불 대비 9% 증가하여, 수출보다 수입이 더욱 크게 증가하였다. 희유금속 광종 중 상당 수 광종의 수입액 및 수출액이 전년에 비해 증가하였다. 수입에서는 크롬, 규소, 니켈, 몰리브덴 등의 철강 원료물질과 코발트, 리튬 등의 2차 전지 원료 물질이 강세를 띠고 있으며 특히, 크롬 수입액이 '16년 644백만불에서 '17년 873백만불로 가장 크게 증가하였다. 수출은 티탄, 니켈, 규소 등 철강 및 합금제 원료 물질의 수출이 강세를 띠고 있으며 특히, 티탄 수출액이 '16년 160백만불에서 '17년 212백만불로 가장 크게 증가하였다. 개별 광종별 수입액은 환경오염 규제 등의 원인으로 채굴 및 사용이 제한되고 있는 비소, 카드뮴 등을 제외하고 전반적으로 증가하는 추세이며 규소, 니켈, 크롬 등이 수입에서 큰 비중을 차지하고 있다. 규소, 니켈, 크롬의 수입액은 물량의 증가추세에도 불구하고 자원가격 하락의 영향으로 '11년 이후 전반적으로 감소세를 보였으나 '17년에는 물량 증대와 가격 회복의 영향으로 증가세를 보이고 있다. 최근 들어 수입 물량, 금액 모든 측면에서 리튬, 코발트 등 2차전지 원료물질의 수입증가세가 두드러지며 리튬 수입액의 경우 최근 3년간 연평균 증가율이 47%, 코발트 수입액의 경우 29% 이를 정도로 강세를 보이고 있다. 베릴륨, 스트론튬, 셀렌 등을 제외하고는 대부분의 광종들은 수출액이 증가하는 추세이며 규소, 망간, 몰리브덴 등이 수출에서 큰 비중을 차지하고 있다. 최근에는 카드뮴, 리튬, 코발트 등의 수출 증가세가 두드러지나 전체 희유금속 원재료 수출물량에서 차지하는 비중이 적어 전체 교역구조에 미치는 영향은 미미하다.

[P1-26]

탄탈륨 스크랩 활용 EBM 및 인발 공정을 통한 직경 500 μm 급 고순도 탄탈륨 wire 제조: 유지원¹, 최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 이현규¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹, 유지원², 최상훈², 임재홍², 이현규², 서경덕²; ¹한국생산기술연구원, ²인하대학교

Keywords: Electron beam melting, Tantalum scrap, Recycling, Drawing process, High purity

탄탈륨은 고용점(3017°C), 고밀도(16.6 g/cm³) 및 내식성, 그리고 연성에 따른 가공성을 지닌 내화금속이다. 또한 고순도 탄탈륨은 반도체 공정에 쓰이는 스퍼터링 타겟, 기계 및 의료용 재료 등으로 전자 및 기계, 의료 산업에 다양하게 활용되고 있다. 이러한 예시 중 하나로, 반도체 제조 공정 중에 lithography 공정에서 사용되는 노광램프에는 전극소재로써 탄탈륨 금속이 함유되어 있다. 탄탈륨과 같은 내화금속의 용해를 위해서는 고밀도 열원 용해 기술이 필요하며 이러한 기술에는 Electron Beam Melting(EBM) 및 Plasma Arc Melting(PAM), Vacuum Arc Remelting(VAR) 등이 있다. 그러나 PAM 및 VAR 기술은 소모성 및 비 소모성 전극의 사용으로 인해 샘플의 순도 저하 우려가 있는 반면, EBM 기술은 전극을 사용하지 않기 때문에 그러한 우려가 없다. 이러한 이유로 고순도 탄탈륨 wire 제조를 목표로 하는 본 연구에서는 고밀도 열원 용해 기술로써 EBM 기술을 선택하였다. 또한 직경 500 μm 급 wire의 제조를 위해 인발 공정을 선정하였다. 인발 공정은 인발 다이를 통해 선재의 직경을 이전보다 감소시키는 소성 가공으로써 인발재의 재질에 따라 다이 소재 및 다이 각도, 정형부 길이 등의 공정 조건이 달라진다. 본 연구는 노광램프 내의 탄탈륨 전극 소재를 스크랩 형태로 회수하여 전자빔 용해 및 인발 공정을 통해 탄탈륨 ingot 및 500 μm 급 wire를 제조함으로써 탄탈륨 스크랩의 재활용 가능성을 검토하였다. GD-MS 분석을 통해 스크랩의 순도 및 스크랩에 함유된 W, Ni, Mo, Si, Al, Fe 등의 불순물 수치를 정량화하였으며 이러한 불순물은 산처리 및 전자빔 용해를 통해 제거하였다. 인발 공정 시 산업용 다이아몬드로 제작한 인발 다이를 사용하였으며 실험을 통해 다이 각도, 정형부 길이 등의 공정 조건을 최적화하여 초기 직경 9 mm인 인발재를 직경 0.5 mm의 선재로 제작하였다. 전자빔 용해를 통해 제조된 탄탈륨 ingot의 4N5(99.995%) 이상의 순도 및 약 150 Hv의 경도, 평균 300 ppm 미만의 산소농도 등을 분석을 하였으며 인발 공정으로 제작한 탄탈륨 wire의 경우 각 선재별 직경 및 경도, 조도, 인장강도, grain 정보 등을 분석하였다. 결과적으로 본 연구에서 탄탈륨 스크랩의 전자빔 용해 및 인발 공정을 통해 직경 500 μm 급 고순도 탄탈륨 wire 제작에 성공하였으며 상기 분석 결과들을 바탕으로 탄탈륨 스크랩의 재활용 가능성을 확인하였다.

[P1-27]

In-Sn 조금속으로부터 불화물계 공용염 기반 전해정련을 이용한 In 회수 기술: 이현규¹, 최상훈¹, 심재진¹, 임재홍¹, 유지원¹, 서경덕¹, 현승균², 박경태¹; ¹한국생산기술연구원 희소금속산업기술센터, ²인하대학교 신소재공학과

Keywords: Electrefining, Indium, InF3, Molten salt system, In-Sn crude metal

Indium은 아연, 납 등 금속 광석에 소량 포함 되어 있어 제련 공정에서 부산물로 생산된다. 대표적인 희소금속 인듐은 높은 활용성과 가격으로 인해 페ITO로부터 재활용하고 있다. 현재 Indium 재활용 상용 공정은 용매 추출 등과 같은 습식공정 및 전해정련을 이용하고 있어 공정비용이 높고 복잡하며 산과 같은 오염물질을 대량으로 사용하기 때문에 환경적 문제를 야기 시키고 있다. 이러한 문제점을 극복할 수 있는 공정 중 하나로 용융염을 이용한 전해 공정을 꼽을 수 있다. 용융염 전해 제련 및 정련 공정은 에너지 소모가 적고 CO₂ 및 독성가스의 배출을 줄일 수 있어 경제적이고 친환경적인 공정이다. 용융염은 다양한 알칼리 금속 (Li, Mg, Na, K)과 같은 경량 금속 및 Ti, Zr 등 고융점 희소금속 제조, 우라늄 제조 등의 다양한 분야에 적용되고 있으며, 최근 들어 사용 후 핵연료 (Spent fuel)의 재활용 방법으로서의 연구가 진행 중이다. 이에 본 연구에서는 In을 제조함에 있어 페ITO로부터 용융염 전해제련 공정을 이용하여 In-Sn 조금속 생성 후 용융염 전해정련을 통해 In을 회수하는 연구를 실시하였으며, 이 공정 중 In-Sn 조금속으로부터 In을 회수하는 전해정련 공정에 집중하여 연구를 수행하였다. In의 전해정련을 위한 Cell 구성은 LiF-KF (49:51 mol%) 7 wt% InF₃를 전해질로 이용하였으며, In-Sn 합금은 액체금속 형태로 양극재로 사용하였다. 전기화학 및 열역학적 안정성을 고려하여 참조 전극으로 Ni wire, 양극 전류인가체로서 W rod, 음극으로 Mo plate를 선택하여 설치하였다. 전해질은 불화물 기반 용융염으로 높은 화학적 안정성을 보여준다. 전해질로 사용된 용융염의 공용점을 고려하여 공정 온도는 700°C로 설정하였으며, 전해질 내 다양한 InF₃ 함량에 따른 In 이온 환원에 사용된 전류량과 확산 계수를 Cyclic Voltammetric(CV) 분석을 통해 측정하였다. 환원 전위는 Chrono Potentiometric(CP) 분석을 사용하여 다양한 전류 밀도를 인가함으로써 제어 하였고 initiator로 사용된 InF₃의 농도는 확산 계수 계산 결과에 따라 7wt%로 고정하였다. 전해 정련 시, Indium 금속은 음극 표면에 석출 되었다가 액상의 형태로 포집되었으며, Indium 금속의 특성평가를 위하여 성분, 조직, 순도 등 다양한 물성 평가를 실시하였다.

[P1-28]

IDC를 적용하여 개발한 스마트폰용 고강도 마그네슘합금: 이지호¹, 고수복¹, 이상민², 오명훈¹, 박노진¹; ¹금오공과대학교 ²(주)장원테크

Keywords: 스마트기기, 고강도, 마그네슘 합금, 경량금속

4차 산업혁명 시대에 접어들면서, 스마트폰 메탈케이스의 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라, 우수한 기계적 특성과 생산성 등의 기술개발이 진행되고 있다. 높은 양산성을 위해서 다이캐스팅법이 사용되고 있고, 높은 정밀도를 위해 CNC 가공법이 주로 사용되고 있다. 스마트폰의 부품이 소형화 되고, 증가되고 있는 시점에서 스마트폰 케이스의 경량화 및 고강도화 할 수 있는 소재의 선택 또한 중요시 되고 있다. 본 연구에서는 높은 양산성과 정밀도 확보를 위해 스마트폰 프레임 중 외장부는 압출공정, 내장부는 다이캐스팅 공정을 적용한 공법인 IDC(Insert Diecasting)에 적용할 수 있으며, 경량성을 지니고 고강도화 할 수 있는 마그네슘 합금을 설계하고, 압출 및 열처리 후 미세조직, 인장강도, 항복강도, 연신율을 평가하였다. 선정된 합금은 각각 Mg-7.35Al-0.52Zn, Mg-5.07Zn-0.58Zr 합금이며, Mg-7.35Al-0.52Zn 압출재는 압출 후 309 MPa의 인장강도와 207 MPa의 항복강도, 14%의 연신율을 나타내었고, 415°C에서 6시간 용체화 처리 후 175°C와 185°C에서 각각 24시간 인공시효 했을 때, 342 MPa와 361 MPa의 인장강도 211 MPa와 251 MPa의 항복강도, 11%와 7%의 연신율을 나타내었다. Mg-5.07Zn-0.58Zr의 압출재는 압출 후 306 MPa의 인장강도, 223 MPa의 항복강도와 25%의 연신율을 나타내었고, 325°C에서 12시간 용체화 처리 후 170°C에서 36시간 인공시효 했을 때, 314 MPa의 인장강도와 259 MPa의 항복강도 22%의 연신율을 나타내었다. 다이캐스팅의 연속공정인 IDC를 적용한 시제품을 제작하여 자체적으로 두께를 측정한 결과, 0.47 mm의 얇은 두께를 갖는 고강도 및 경량화된 스마트폰 케이스를 확보하였다. * 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(NRF-2016H1D5A1910938)

[P1-29]

Al-Cu 주조접합시편의 열처리 조건에 따른 기계적 특성 및 미세구조 관찰: 김용원¹, 김유미¹, 김영찬¹, 강창석¹, 홍성길², 최세원¹; ¹한국생산기술연구원, ²전남대학교 신소재공학과

Keywords: 알루미늄, 구리, 주조접합, 미세조직, 인장시험

최근 서로 다른 두 소재의 단점은 보완하고 우수한 장점만을 취할 수 있는 이종 소재 접합에 관해 연구가 활발히 진행되고 있다. Al-Cu 이종 소재는, Al이 Cu보다 비중이 낮고 가격이 저렴하여 Cu의 단점을 보완할 수 있다. 그러나 Al-Cu 이종 소재는 접합 부에서 취약한 금속간 화합물이 생성되어 접합 자체가 어렵고 기계적 강도를 높이기 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 Al-Cu 접합면의 금속간화합물이 접합강도에 미치는 영향을 연구하였다. 주조 접합은 Cu 인서트 삽입 후 용융상태의 알루미늄을 다이캐스팅하여 ASTM E8 고압주조 인장시편 규격으로 제작하였다. 접합면에서의 상변화와 금속간화합물 층 두께를 확인하기 위해 시편의 열처리는 200°C~400°C에서 실시하였다. 열처리 조건에 따른 접합면의 금속간화합물 층 두께와 상변화는 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 미세조직 시편은 #600, #800, #1200 SiC 연마지로 연마 후 HNO₃ 과 HO를 1:1로 섞은 용액으로 에칭하여 준비하였다. 또한, 각 시편의 접합강도는 만능 재료시험기를 사용해 평가하였다.

[P1-30]

AgC계 Alloy의 공정제어를 통한 기계/전기적 특성 개선: 임종빈, 박주현, 박재성; *희성금속(주)*

Keywords:

전기기기에서 전기회로의 개폐를 제어하는데 사용되는 통전용 접촉 재료로 사용되는 전기 접점 재료는 모터 스위치, 스위치 기어, MCCB, 소형 모터 및 램프, 자동차 및 가전제품 등에 적용된다. 이러한 전기 접점 재료는 개폐기능과 관련하여 융점이 높고 전기 전도도, 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/윤착제어 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. 이러한 문제 개선을 위한 PE법의 적용으로 AgC계 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.

[P1-31]

Ni MHP로부터 Ni, Co 회수 기술개발: 이병필, 제남진, 김병원, 한길수; 포항산업과학연구원

Keywords: nickel, cobalt, mixed hydroxide, acid leaching

최근 EV 성장에 따라 이차전지 양극재용 니켈 소재의 수요가 증가될 것으로 예상되고 있다. 특히 NCM622, NCM83 등 니켈계 양극재는 니켈의 원가비중이 높아 산업적인 측면에서의 중요도 역시 증대되고 있다. 그러나 지난 5년간 니켈 가격의 하락으로 높은 투자비의 고순도 니켈의 제련 투자가 전 세계적으로 미진하여 양극재용 고순도 니켈의 공급부족('22년 22만톤 부족)이 심화될 예정이다. 이에 최근 HPAL 등 니켈 산화광 습식제련 프로젝트 투자가 광산이 많은 필리핀, 인도네시아를 중심으로 검토, 추진되고 있다. 이러한 니켈 습식제련은 광석으로부터 니켈을 추출하여 MSP(Mixed Sulfide precipitate), MHP(Mixed Hydroxide precipitate) 등 니켈 중간산물을 제조한 뒤 황산을 사용한 고도정제를 통해 고순도 니켈을 제조하고 있다. 본 연구는 이러한 니켈 중간산물인 MHP를 원료로 다양한 고순도 니켈 제품을 제조하기 위하여 기존 황산 대신 염산을 사용한 고도정제 공정을 구성하고자 한다. 이에 용매추출 등 고도정제를 위해 MHP를 원료로 침출 및 침전을 통해 목적 원소인 니켈과 코발트를 회수하고 불순물을 정제하는 것을 목표로 하여, 최적 공정조건을 도출하고자 하였다. 그 결과, 니켈, 코발트 모두 90% 이상의 회수율을 나타내었다.

[P1-32]

시효 조건에 따른 Al-xMg합금(x=6.0, 8.0)의 기계적 및 부식 특성: 최권훈¹, 하성호², 윤영옥², 김봉환², 김세광¹; ¹과학기술연합대학원대학교 ²한국생산기술연구원

Keywords: Al-Mg alloy, Sensitization, Mg₂Al₃, Mechanical Property, Corrosion

최근에 자동차 연비규제와 같은 환경적인 이슈 때문에 경량소재에 대한 요구가 늘어나고 있다. 알루미늄은 경량화 뿐 아니라 비강도, 내식성, 열전도도 외 다양한 장점 때문에 자동차용 구조 재료로써 가장 많이 쓰이는 소재 중 하나이다. 특히 5xxx계 알루미늄 합금은 비교적 높은 강도를 가지고 있고, 용접성 및 성형가공성이 우수하기 때문에 전신용 알루미늄 합금에서 그 용도가 가장 많다. 대표적인 비열처리 합금인 5xxx계열 알루미늄 합금은 Mg을 첨가함에 따라 고용강화를 통해 그 기계적인 특성이 증가하지만, 5.5% 이상 B 석출상의 형성으로 인해 입계부식과 같은 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 가지고 있는 반면 5xxx계열 알루미늄 합금의 β-Mg₂Al₃ 석출상 분율의 증가에 따른 기계적인 특성의 증가를 확인하고자 실험을 진행하였다. 본 연구에서는 (AlMg6.0, AlMg8.0) 및 상용 5083합금에 예민화 과정(Sensitization)을 통하여 적정 온도 및 시간에 따른 β-석출상(Mg₂Al₃)의 석출에 따라, 미세조직, 인장강도 및 연성을 측정하였다. 예민화 과정 조건에 대한 β-석출상(Mg₂Al₃)의 부피 분율 및 입계부식의 정도를 비교하기 위하여 대표적인 Al-Mg합금의 입계부식 민감도 실험으로 알려진 NAMLT(ASTM G67) 부식 실험을 통하여 고찰 하였다.

P2 : 분말재료

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P2-1]**열전소재 열간압연 판재 제조 및 특성평가:** 김영균, 장대환, 공만식; *고등기술연구원신소재공정센터*.**Keywords:**

상은 및 중온영역대에서 열전효율이 우수한 열전 발도체는 Bi-Te를 기지로 하는 소재이다. 상용소재들은 단결정 잉곳의 형태로 모듈화하여 사용되어지고 있다. 이러한 제조방법은 Bi-Te계 합금이 취성이 강하고 생산성이 낮아 최근에는 분말재의 형태로 생산하여 성형하는 방식으로 기술이 발전하고 있다. 특히, 분말재를 압출과 같은 소성변형을 할 경우 결정구조의 특징상 결정립 내부 슬립이 용이한 슬립계로 변형하여 집합조직이 생성되어 지는데, 이렇게 생성된 집합조직은 열전성능지수(ZT)를 높여주는 특성을 가지고 있다. 압연공정은 소성변형의 한 가지 방법이지만 Bi-Te계 합금의 높은 취성으로 인해 압연을 이용한 봉관형재의 제작이 상당히 어렵다. 본 논문을 통해 우리는 Bi-Te계 합금계의 냉간, 열간 압연 공정을 적용하여 건설한 판재의 제조 방안과 제조한 판재의 미세구조 및 기계적특성에 관하여 보고하고자 한다.

[P2-2]**단순 혼합된 Cu-Al₂O₃ 복합분말의 레이저 소결공정에 의한 고밀도화, 미세구조분석 및 기계적 특성:** 김진천, 김진형, 이동환, 유승민; *울산대학교***Keywords:** 레이저 소결, Cu, Al₂O₃, 미세구조, 경도

레이저 소결법은 CAD 데이터를 이용하여 복잡한 3차원 형상을 간단하게 생산 하는 방식이다. 이 레이저 소결법은 레이저 출력량, 레이저 스피드, 분말의 형상, 분말의 크기, 적층두께, 레이저 직경 등의 변수를 포함하고 있으며, 이들의 상관관계에 대한 연구가 진행 중이다. Cu는 두 번째로 높은 열전도율과 대기, 해수, 산업 화학물의 다양한 외부 환경에 대해 높은 내부식성을 갖는다. Al₂O₃ 경도값이 매우 높고 순수한 절연체이다. 이 두 재료는 용융점, 비중, 등이 극명하게 다른 특성을 가지고 있다. 본 연구는 Cu와 Al₂O₃ 두 원료 분말을 단순 혼합한 후 선택적 레이저 소결로 소결하여 상이한 두 분말의 상호효과를 연구하고자 하였다. 공정변수로는 선택적 레이저 소결기술의 일반적인 4가지 패턴(Offset-filling, Chessboard, Meander, Stripe)과, 레이저의 스피드, 파워의 변화를 주었다. 원료분말의 특성을 Hall Flowmeter를 이용하여 레이저 소결에 적합한지를 분석하고 이후 단순 혼합후의 특성도 분석 비교하였다. 소결체의 미세구조는 OM과 FE-SEM으로 공정변수에 따라 분석하였으며, 각각의 공정 조건에서의 기계적 특성을 미소경도계로 분석하였다. *이 논문은 2018년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임

[P2-3]**WC-Co 분말 특성 제어에 따른 3D 프린팅 후 소재의 물성 변화에 관한 연구:** 이진우, 하국현, 구혜영, 장경린; *한국기계연구원 부설 재료연구소***Keywords:** Additive manufacturing, Selective Laser Melting(SLM), Tungsten Carbide, WC-Co

초경합금은 탄화 텅스텐(WC)을 금속 결합체 (Co-Ni)등으로 굳힌 경질 재료로서, 내마모성, 내식성 등이 우수하여 절삭 공구로 많이 사용되는 소재이다. 하지만 초경합금은 고용점, 난성형 소재이기 때문에 복잡한 형상 및 구조를 생산하기 위해서는 다단계 소결 공정을 필요로 하기 때문에 시간과 경제적 비용이 많이 드는 단점이 있다. 3D 프린팅 공정은 복잡한 형상이나 특수 내부 형상을 가진 조형물을 비교적 손쉽게 제조할 수 있으며, 실제 형상으로 제조하므로 스크랩 발생을 최소화 하면서 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 장점으로 인해 최근 각광받고 있는 기술이다. 금속 3D 프린팅의 경우 산업용 공구, 자동차, 항공/우주, 에너지, 금형, 공구 분야에 활용 범위가 넓어 잠재 시장 규모가 큰 편이지만 금속 소재의 고용점, 열변형에 따른 정밀 조형 어려움, 미세 조직 제어의 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 3D 프린팅에 활용되는 소재의 특성을 달리하며 단점을 해결하고자 하였다. 미립의 분말은 3D 프린팅 공정시 입자 나노화 효과로 인해 소결 온도가 낮아지는 효과가 있으므로 200 nm급의 미립 초경합금 분말을 원료로 하였고 프린팅 공정에 적합하도록 고용도도 초경합금 분말을 합성하였다. 또한 고온의 공정에서 일어나는 탈탄 효과를 보완하기 위해 초기 초경합금 분말의 탄소비를 달리하여 분말을 합성하였다. 이렇게 합성된 분말을 SLM 방식의 3D 프린팅으로 공정 조건을 달리하며 조형체를 합성하였다. 또한 3D 프린팅 후 변수에 따른 상대 밀도를 비교하고 후처리 공정을 통해 상 안정화와 밀도를 향상 및 이를 통해 물성을 향상시키고자 하였다.

[P2-4]**저순도 Ta 분말 고부가가치화를 위한 연소합성 TaC 분말 제조기술 :** 심재진, 최상훈, 임재홍, 유지원, 이현규, 서경덕, 박경태; *한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터*.**Keywords:** Tantalum, Carbon, Tantalum carbide, Self-propagating high-temperature synthesis, Cemented carbide

Tantalum Carbide (이후 TaC)는 고용점, 높은 강도, 우수한 전기전도도, 높은 열충격 및 내산화성을 가지고 있어 초경합금의 첨가재, 고온용 몰드, 코팅제, 로켓노즐 뿐만 아니라 최근에는 초음속 운반체에도 적용되고 있다. 이 중 WC-Co계 초경합금 첨가재로 주로 사용되는 TaC는 고온안정 및 미세조직 상 입자성장 억제효과가 있어 고품위 초경합금으로 분류된다. 본 연구에서는 국내에 발생하는 금속 스크랩으로부터 재활용된 저순도 Tantalum (이후 Ta) 분말을 이용하여 자전연소고온합성법을 통해 TaC 분말을 제조하였다. 자전연소합성법은 단시간 내 합성을 완료할 수 있고, 점화 후에는 추가 열원을 필요로 하지 않아 높은 공정 효율을 제공한다.

Ta 원료분말은 98%의 순도, 평균 31 μm 의 입자사이즈, 불규칙하고 응집된 형상을 가진 분말을 사용하였고, Carbon Black 원료분말은 평균 6 μm 의 입자사이즈 및 판 형상을 가진 분말을 사용하였다. 순도 향상 및 양산화를 위해 Self-standing 기술을 개발하여 초기 압분체 압력을 변수로 실험을 진행하였고, 합성 후 TaC 분말은 입도, 상, 조직, 순도 분석을 실시하였다. 초기 압분체 압력에 따라 조직의 형상 변화는 없었으나, 압력이 증가할수록 입자 사이즈는 32.99 μm 에서 10.80 μm 까지 감소하였다. 또한 상 분석결과 상대적으로 낮은 압력에서는 미합성된 탄탈륨과 카본 원료분말이 남아있었지만, 압분체 압력이 증가할수록 미합성된 카본 분말만 남아있었다. 마지막으로 연소합성 시 최고온도가 2,200°C까지 상승하여 Ga, Mn, In, Ba, 과 같이 증기압이 낮은 불순물들이 휘발하여 TaC 순도가 최고 99.32%까지 상승하였다.

[P2-5]

CeO₂ 첨가에 따른 Ta-Cu 액상 소결 복합재의 물리적 특성 및 조직 특성 고찰: 서경덕^{1,2}, 최상훈^{1,2}, 임재홍^{1,2}, 유지원^{1,2}, 이현규^{1,2}, 심재진¹, 현승균², 박경태¹; ¹한국생산기술연구원, ²인하대학교

Keywords: Electrical contact material, Ta-Cu, Additive agent, Liquid sintering

접점재료는 통전 개폐용 소재부품으로 인가전류범위에 따라 사용소재가 달라지며, 이 중 중/고전류 접점재료는 고전압, 고온 환경에서의 사용으로 인해 전기전도도가 우수하고 내열성을 갖는 Ag 또는 Cu 복합재가 활용되고 있다. 대표적인 중/고전류 접점재료인 Ag-CdO계 복합재는 접점 시장의 70% 이상을 차지하나 유해물질 사용규제로 인해 사용이 어려워지고 있는 추세이다. 또한 높은 전압-전류에 의해 발생하는 아크열로 인해 Ag 및 Cu 접점부에서 용착 문제가 발생하며, Cu-W 접점재의 경우 W의 난가공성 문제로 인해 접점재료의 사용 및 응용에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 보완하기 위해 Ta-Cu 혼합분말과 추가로 열적 안정성을 지닌 첨가제인 CeO₂ 분말을 혼합하여 복합재의 특성을 향상시켰다. 혼합 방법으로는 Cu와 0.5 wt.%-4 wt.% 범위의 CeO₂를 첨가하여 첨가제가 Cu내 잘 분산될 수 있도록 회전속도 150 rpm, 2시간 단순 혼합을 진행하였으며 이후 Ta를 첨가하여 상기 동일한 속도와 시간으로 혼합을 진행하였다. 혼합된 분말을 프레스를 통해 밀도 90%이상의 컴팩트를 제작한 후에 LS(Liquid sintering) 방식을 사용하였다. 소결체 제조를 위한 LS 실험은 10°C/min 승온 속도로 공정온도 온도 1300°C에서 3시간 유지 실험을 진행하였다. 첨가제에 따른 소결체의 물리적 특성을 분석하기 위하여 전기 및 열전도도를 각각 4-point probe 및 LFA (Laser Flash Analyzer)를 이용하여 분석을 진행하였으며, FE-SEM을 이용하여 조직을 관찰 비교하였고 추가로 EDS와 EBSD 분석을 통해 소결체의 조성과 결정상을 분석하였다. 상기 분석 결과 첨가제 양이 증가함에 따라 전기 및 열 전도도는 감소하는 것으로 나타났다.

[P2-6]

전기방전소결(electro-discharge-sintering)을 이용한 Ti-Mg 분말의 임플란트 소재 제조 연구: 김소연, 윤용희, 양기욱, 정철환, 이원희; 세종대학교

Keywords: EDS(electro-discharge-sintering), implant, Ti-Mg, sintering

임플란트는 뼈의 치료에 중요하게 사용되는 소재 중 하나이다. 임플란트는 주로 생체재료인 마그네슘을 이용하는 것이 보편적이지만 마그네슘만으로 이루어진 임플란트는 높은 하중을 견뎌야 하는 부위에 사용하기에는 강도가 약하다는 단점이 있다. 반면에 강도를 높이기 위해 타이타늄 소재를 사용하게 되면, 타이타늄과 뼈 사이의 탄성계수 차이로 인해 응력 차폐 현상이 발생하게 되어 골 소실이 발생할 위험이 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 타이타늄과 마그네슘을 혼합한 분말을 이용해 다공성 소결체를 제조하였다. 시편은 전기방전소결(electro-discharge-sintering)을 이용하여 Mg와 Ti의 부피비와 소결 에너지를 세분화하여 제조되었다. 각각의 부피비와 소결 에너지에 따라 소결체의 solid core 및 주변부의 necking area의 거동을 살펴보기 위하여, 300 μF 의 전기 용량을 기준으로 Mg:Ti의 부피비가 1:1 일 때 input energy는 0.66~0.93 kJ, 1:4 일 때 0.86~1.18 kJ, 그리고 4:1 일 때 0.25~0.43kJ로 에너지 변화를 주어 소결하였다. 완성된 다공성 임플란트의 구조 및 성분 분석을 위해 scanning electron microscopy(SEM), field emission gun이 장착된 scanning electron microscopy(FE-SEM), 그리고 X-ray diffractometer(XRD)를 이용하였다. Mg와 Ti의 전 부피비에서 공통적으로 에너지의 크기가 커질수록 solid core의 면적이 증가하였고 주변부의 necking 현상이 더 활발하게 발생하지만, necking이 활성화 될수록 최외곽의 비표면적이 감소하는 경향을 보이고 있는 것으로 관찰되었다. 안정적인 골유착을 위해서는 비표면적이 높아야 할 필요가 있으므로, 최적의 소결 조건을 찾는 것이 본 실험의 핵심이라고 할 수 있다.

[P2-7]

고에너지 밀링 장치를 이용한 Ni계 ODS 합금 분말 제조시 PCA 함량 및 볼 종류에 따른 불순물 평가: 한덕현, 박상환, 김영균, 공만식; 고등기술연구원

Keywords: ODS, Mechanical alloying, PCA, Milling media, High energy milling

산화물 분산 강화 (ODS, Oxide Dispersion Strengthened) 합금은 금속 기지상에 산화물이 고르게 분산되어 전위의 움직임을 억제함에 따라 기계적 특성이 우수하다. 또한 산화물은 열적 안정성이 우수함에 따라 고온 기계적 특성을 향상시킨다. 그러나 ODS 합금은 주조 공정을 통해 생산하는 경우, 비교적 가벼운 산화물들이 용탕 표면에 부유하게 됨에 따라 균일하게 분포되지 못하는 문제점을 보유하고 있다. 이를 해결하기 위하여 금속 분말과 산화물은 물리적 합금화 방법의 기계적 합금화(MA, Mechanical alloying) 공정을 사용한다. 일반적으로 금속 분말의 MA 공정은 Ball milling을 통하여 진행되며, 강구(Steel ball)를 밀링 매체로 이용한다. 강구는 Milling 시에 주 물질인 철이 불순물로 제조되는 분말에 포함되며, 이러한 철 조성은 Ni계 합금 분말의 제조 후 고온 사용시 γ' (Gamma double prime)상이 δ (Delta)상으로 변화를 야기함에 따라 기계적 합금화 공정시 제거되어야 하는 불순물이다. 본 연구는 고에너지 밀링 공정을

이용하여 Ni계 ODS 합금 분말 제조 시 발생하는 불순물(Fe)을 저감하기 위해 진행 되었다. 실험은 수평형 어트리션 밀링(ZOZ社, CM-01)장치를 이용하여 진행하였으며, 불순물 저감을 위해 PCA 사용량과 강구 및 니켈계 합금구를 이용하였다. 제조된 분말은 불순물의 오염 정도를 확인하기 위하여 XRF 및 C,S 분석을 진행하였다.

[P2-8]

B4C + Al 합금 분말의 기계적 합금화 공정 중 밀링 효율 증가를 위한 PCA 첨가량에 따라 제조된 분말의 압출 후 기계적 특성 평가: 한덕현¹, 김건홍¹, 김민성², 김재성¹; ¹고등기술연구원, ²아주대학교

Keywords: Mechanical alloying, PCA(Process Control Agent), Boron carbide, Milling efficiency

B4C 및 Al 분말의 기계적 합금화는 Al 금속 기지상 내부 및 표면으로 B4C가 분산되어 금속의 분산강화 효과를 보유하도록 하는 공정이다. 기계적 합금화 공정은 볼 밀링으로 진행된다. 그러나 볼과 볼의 충돌 및 볼과 밀링 챔버의 충돌에 의해 발생하는 열 에너지와 밀링시 발생하는 Dead zone에 의하여 분말 제조시 밀링 효율이 감소한다. 이러한 문제는 PCA(Process control agent)를 첨가하여 밀링 효율을 개선할 수 있다. 하지만 PCA는 밀링 장비에 따라 최적의 효율을 나타내는 양이 다르며, 과량 첨가 시 분말의 오염뿐만 아니라 금속 표면 노출 및 유기물의 결합에 의한 발화를 야기할 수 있다. 본 연구에서는 B4C를 Al 금속 분말에 기계적 합금화 공정으로 분산 할 때 첨가하는 PCA 양에 따른 밀링 효율 증가에 관하여 평가 하였으며, 이를 통해 생산된 분말의 압출 후 기계적 특성 평가를 진행하였다. B4C 및 Al의 기계적 합금화 공정은 Tumbler milling 장비를 이용하였으며, BPR(Ball to powder ratio)는 10:1로 진행되었다. B4C는 1wt.%, PCA는 0.1, 0.5, 1 wt.% 첨가하였다. 비교를 위하여 PCA를 첨가하지 않은 분말과 비교하여 회수율, 분말 형상을 비교하였으며, XRD를 통하여 B4C의 분산 정도를 분석하였다. 제조된 분말은 6000계 알루미늄 캔에 장입하여 열간 압출 후 인장 시험을 통하여 기계적 특성평가를 진행하였다.

[P2-9]

화학반응법 적용 메탈하이브리드 Ag-Graphite 분말 제조 및 특성평가: 장준호¹, 박현국¹, 이정환¹, 임재원², 오익현¹; ¹한국생산기술연구원 EV부품소재그룹, ²전북대학교 신소재공학부

Keywords:

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 무전해도금(치환반응)을 이용하여 흑연 분말에 Ag 코팅을 치환금속 변수 및 조성 변수를 적용하여 실험을 진행한 후 분말과 비교분석 하였다. 먼저 분말 제조를 위해 흑연 분말에 Ag 이온이 잘 부착될 수 있도록 평균입도 240 μm 흑연 분말을 활성화처리 후 wetting 처리 하였다. 또한, 치환반응을 위하여 AgNO_3 0.2, 1M의 수용액을 제조하였다. 이 후 전처리된 흑연분말을 황산구리수용액에 투입하고, 혼합 수용액에 치환금속 Zn을 20~35 g 첨가한 후 이에 대한 코팅 반응을 분석하였다. 또한, 수용액의 몰 수를 변화시켜 Ag-Gr 분말의 조성을 3:7, 5:5, 7:3으로 제조한 후 이에 대한 특성을 확인하였다. 이 후 코팅된 흑연 분말을 증류수 및 알코올에 수세한 후 거름종이에 걸른 후 약 80°C의 온도에서 24시간 건조하였다. 제조된 분말은 입도분석을 이용하여 코팅된 분말의 입자사이즈 및 코팅두께를 분석하였고, FE-SEM을 이용하여 조성비 및 미세조직을 분석하였으며, XRD를 이용하여 상분석을 진행하였다.

[P2-10]

Al-Si계 합금분말의 제조 및 reflectance 변화에 따른 적층 가공 (Additive Manufacturing) 특성 평가: 채홍준¹, 김영균¹, 최광묵¹, 김명세², 김홍물³; ¹고등기술연구원, ²(주)케이에이엠아이, ³(주)하나에이엠티

Keywords: Al-Si powder, reflectivity, additive manufacturing, surface analysis, thermal conductivity

금속 3D 프린팅용 전용소재를 개발하기 위해서는 프린팅 원리(금속가열-금속응고)를 파악하고, 이에 적합한 소재개발이 이루어져야 한다. 특히, 알루미늄 소재는 열전도도와 광 반사율이 다른 소재에 비해 높기 때문에 레이저 적층 시에 열이 금속의 용융에 전부 이용되지 못하고 빨리 배출됨으로서 조형체의 밀도가 낮아질 뿐만 아니라 조형체에서 반사된 레이저 광에 의해 모듈이 손상을 입기도 한다. 따라서 알루미늄 소재는 기존의 소재보다 열전도도와 반사율이 낮은 특성이 구현되어야 다양한 분야에 활용 할 수 있다. 본 연구에서는 UV-VIS-NIR Spectrophotometer 를 이용하여, 가스분사법으로 제조된 Al-Si계 합금 분말의 표면 조도, 입자크기 및 형상에 따라 자외선-가시광선-적외선 영역에 빛을 투과시켜 반사량을 측정하였다. 또한, X-선 광전자분광 분석 (XPS, X-ray Photoelectron Spectroscopy) 기기를 이용하여, Al-Si 합금 분말내 각 원소의 내각준위 스펙트럼들에 대한 분석을 수행하였고, 합금의 반사율과 표면 조성의 상관관계는 물론 적층가공 시 성형체의 물성에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

[P2-11]

Influence of Carbon Content on Austenite Stability and Strain Induced Transformation of Nano Sized Grained FeNiC Alloy by Spark Plasma Sintering: seungjin Oh, In-Jin Shon, Seok-Jae Lee; Chonbuk National University.

Keywords: FeNiC alloy, austenite stability, strain induced transformation, spark plasma sintering

The effects of carbon content on the austenite stability and strain induced transformation of nano crystalline Fe-11 wt.% Ni-x wt.% C (x=0, 0.2, 0.5) alloys were investigated by X-ray analysis, and mechanical testing. The nano crystalline FeNiC alloy samples were rapidly fabricated by spark plasma sintering (SPS) because of an extremely short densification time, not only to reach the theoretical

density value but also to prevent grain growth. Since the sintered alloys had nano crystallite size, the austenite stability is increases. The progress of the compressive deformation increased the volume fraction of strain-induced martensite from the austenite decomposition. The kinetics of the strain-induced martensite formation were evaluated using the empirical equation considering the austenite stability factor. As the carbon content increases, the austenite stability is enhanced, contributing to not only a higher volume fraction of austenite after sintering, but also suppression of strain induced martensite transformation.

[P2-12]

Investigation of PVDF Coating and Reactivity of Fine Aluminum Powders: 권구현¹, 김동원¹, 김종만², 김경태¹; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소 ²부산대학교 나노융합기술학과

Keywords: Aluminum, Powder, PVDF, Energetic, Oxidation

알루미늄 분말은 산화 반응 시 높은 에너지를 발생하는 특징을 보유하고 있어 열과 빛 등으로 순간적으로 많은 에너지를 요구하는 에너지(Energetic) 재료로서 추진제나 고체 연료, 용접 등 여러 분야에 응용되어지고 있다. 그러나 알루미늄 분말 표면에 존재하는 치밀하고 단단한 산화막으로 인해 에너지 물성의 완전한 구현이 어렵다. 크기가 미세해질수록 알루미늄 분말의 표면 산화막이 제거될 경우 취급안전성이 급격하게 떨어져 산화막을 대체할 표면 코팅 소재가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 극미세 알루미늄 분말의 산화막을 제거하고 불소계 수지(polyvinylidene fluoride, PVDF)를 코팅함으로써 상온에서의 안정성을 확보하고 산화반응성을 향상시켰다. 산/염기 에칭을 통해 알루미늄 분말 표면의 산화막을 제거하고 PVDF를 코팅하는 공정을 개발하였다. PVDF 코팅된 알루미늄 입자는 SEM을 통해 형상을 확인하였다. 코팅된 PVDF의 두께는 약 수십 nm로 균질하게 형성되었음을 TEM 및 EDS로 확인하였다. TGA/DSC 등 열분석을 통한 산화거동을 살펴보면, PTFE 코팅된 알루미늄 분말은 450°C 부근에서 PVDF의 열분해 반응이 일어나며, 800°C 이후 주요 산화반응에서 순수 알루미늄 분말보다 반응엔탈피 값이 우수한 것을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 PVDF 코팅된 미세 알루미늄 분말은 에너지 응용에 있어 취급 안정성과 반응성을 동시에 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

[P2-13]

A Synthesis and Thermal Oxidation Properties of Teflon coated Fine-Aluminum Powders: 권구현¹, 김동원¹, 김종만², 김경태¹; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소 ²부산대학교 나노융합기술학과

Keywords: Aluminum, Powder, PTFE, Energetic, Oxidation

산화 시 알루미늄의 표준 반응엔탈피는 약 31 kJg⁻¹로서 많은 에너지를 발생하는 특징을 보유하고 있어 에너지 재료로 로켓 추진제 첨가제 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 그러나 알루미늄 분말은 자연적인 산화에 의해 수 나노미터 두께의 산화막이 표면에 형성되는 특징이 있기 때문에 실제 연소에서 완전한 연소를 방해하는 요소가 된다. 따라서 본 연구에서는 극미세 알루미늄 입자 표면의 산화막을 제거하고 테프론 (polytetrafluoroethylene, PTFE)을 코팅함으로써 상온에서의 취급안정성을 확보함과 동시에 산소와의 반응 효율을 향상시키고자 하였다. 산/염기 에칭을 통해 미세 알루미늄 분말의 산화막을 제거하고 표면을 테프론으로 코팅하는 공정을 개발하였다. 테프론 코팅된 알루미늄 분말은 SEM을 통해 형상을 확인하였다. 코팅된 테프론의 두께는 약 10 nm로 균질하게 형성되었음을 TEM 및 EDS로 확인하였다. TGA/DSC 등 열분석을 통한 산화거동을 살펴보면, 코팅된 알루미늄 분말은 500°C 부근에서 테프론의 열분해 반응이 일어났으며, 주요 산화반응 구간에서 테프론 코팅의 영향으로 순수 알루미늄 분말보다 폭발적인 산화 반응이 일어났다. 열분석 결과에 따른 반응엔탈피 값의 비교를 통해 테프론 코팅의 유효성을 평가하였다. 본 연구에서 개발한 테프론 코팅된 미세 알루미늄 분말은 에너지 응용에 있어 취급 안정성과 반응성을 동시에 확보했기에 에너지 분야에서 사용되는 소재의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

[P2-14]

SLM(Selective Laser Melting) 방식으로 제조한 H13강의 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계: 안우진¹, 이정섭¹, 이민식¹, 박찬구¹, 장규빈¹, 최중호², 정임두², 성효경¹; ¹경상대학교 ²재료연구소

Keywords: SLM, 3D Printing, H13 tool steel

고강도 금형 소재로 주로 쓰이는 H13강에 대해 3D 프린팅 공정을 활용하여 정밀 형상을 제조하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 하지만 3D 프린팅 공정의 특성상 분말의 미용용 및 가스 포집에 의한 결함 형성으로 인해 기존의 주조재에 비해 기계적 특성이 낮게 나타나는 문제들이 많이 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 결함을 3차원적으로 다각도로 분석하고 미세조직이 경도 및 인장 특성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. Selective laser melting (SLM) 공정을 활용하여 적층 속도 200 mm/s, 레이저 파워 90 W, 적층 두께 25 μm 등과 같이 공정 변수를 제어하여 H13강을 적층 제조하였다. 광학 및 주사전자현미경을 이용하여 각 시편의 미세조직을 분석하고 적층 높이에 따른 기공율을 측정하였다. 또한 적층 높이에 따라 Vickers 경도 시험을 실시하고 인장 특성과의 상관관계를 분석하고자 하였다. EBSD를 활용하여 인장 시험 전후의 상변태 거동을 분석하였으며 인장 파면 분석을 통해 내부 기공 및 개재물이 인장 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이를 통해 향후 H13 적층 소재의 제조 공정 및 활용 방안에 대해 제시하고자 하였다.

[P2-15]

Evaluation of Ni-Fe Based Alloys in Carburizing for High Frequency Reforming System: Sunggwe Heo¹, Won Sik Yang¹, Soong Ju Oh², Seok-Jun Seo¹; ¹Korean Institute of Industrial Technology(KITECH). ²Korea University.

Keywords: Carburization, Ni-Fe base alloy, Steam methane reforming, Hydrogen production

Ni-Fe based alloys are much sought materials for applications where high corrosion resistance is required due to their higher stability towards aggressive environments. In this study we evaluated three different Ni-Fe based alloys (SUS 310S, INCONEL 800HT, and INCONEL 617) in carburizing atmosphere and carburization resistance of the alloys were compared. Samples were put in $\text{CH}_4/95\% \text{H}_2$ and a $20\% \text{CH}_4/80\% \text{H}_2$ carburizing atmosphere at 800°C for 300 hours. Carburization was evaluated in terms of %weight gain, it was found out that be seen that the carburization in $20\% \text{CH}_4$ was more severe as compared to $5\% \text{CH}_4$ as the %weight gain in $20\% \text{CH}_4$ atmosphere was greater than $5\% \text{CH}_4$ atmosphere. Structural and microstructural analysis using XRD and SEM revealed that the oxide layer was formed in all the samples due to the traces of oxygen present in the CH_4/H_2 gases. In the case of SUS310S and Inconel 800HT, the oxide layer formed was Cr_2O_3 and upon carburizing, this oxide layer became discontinuous and was penetrated from surface at higher CH_4 flow rate. It was confirmed that this phenomenon is caused by cracking of the surface oxide layer by formation of carbide. However, in the case of INCONEL 617, it was confirmed that CrMoO_3 oxide layer was formed which was homogenous and stably distributed on the surface and no carbon cracking occurred. Mechanical measurement before and after carburization revealed that INCONEL 617 has higher yield strength due to stability of oxide layer

[P2-16]

가스 분무법으로 제조한 방열판용 Al6061합금의 열전도도 및 기계적 특성 평가: 유현진¹, 서주희¹, 안수성¹, 권오석², 홍순직¹; ¹공주대학교 신소재공학과, ²인텍스솔루션

Keywords: heat sink, aluminum alloy, gas atomization, mechanical properties, thermal conductivity

최근 산업계는 제품 내부 배터리의 발열을 외부로 쉽게 배출해주는 방열판(heat sink) 연구가 주된 이슈이다. 방열판은 높은 열전도도를 갖는 소재인 구리, 알루미늄 합금 등을 사용하며, 최근에는 적당한 강도와 우수한 열전도도를 갖는 소재인 알루미늄 6061 합금이 주로 사용되고 있다. 하지만 알루미늄 6061 합금의 특성상 높은 기계적 강도를 기대하기 어렵기 때문에, 기계적 강도 상승을 위한 다양한 열처리 공정, 제 2상의 나노 입자 첨가 등의 연구가 진행되었으며, 최근에는 분말 야금법을 이용하여 기계적 강도를 높이는 연구가 활발히 진행 중이다. 이에 본 연구에서는 가스 분무법으로 제조된 알루미늄 6061 합금 분말을 사용하였으며, 미세조직의 방향성 배향을 통한 열전도도 향상을 위해 통전가압소결(Spark Plasma Sintering) 뿐만 아니라 다단성형, 자기펄스압축성형장치(Magnetic Pulsed Compaction)의 공정을 사용하여 우수한 기계적 강도 및 열전도도를 갖는 알루미늄 6061 합금 소재 개발 연구를 진행하였다. 제조된 성형체는 XRD를 통해 상 분석을 실시하였으며, FE-SEM으로 미세조직을 관찰하였다. 또한, Vickers Hardness와 열확산도 측정 장치를 이용하여 기계적 강도와 열전도도 측정하였다.

[P2-17] Canceled

기계적밀링 및 탄화공정으로 제조된 리튬이차전지용 초미세 Silicon-Metal(Fe,Cr)/Carbon계 음극소재 분말의 전기화학적 특성: 최우정, Maddipatla Reddyprakash, 조영웅, 이기선; 공주대학교 신소재공학부

[P2-18]

Different Consolidation Techniques to Improve Thermoelectric Properties of BiTeSe Alloy: Pathan Sharief, Kwang-Yong Jeong, Hyeong-Jeong You, Su-Seong Ahn, Peyala Dharmiah, Soon-Jik Hong; Kongju National University.

Keywords: BiTeSe, Spark Plasma Sintering, Hot Extrusion, Power factor.

In this research, polycrystalline n-type $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ powder has been produced using powder metallurgy. Powder morphology shows different kinds of shapes and wide range of distribution in size. To improve the thermoelectric properties of atomized powder, we have implemented spark plasma sintering (SPS) and hot extrusion for powder compaction. Significant dissimilarity has been observed in microstructure and thermoelectric properties through SPS and extruded techniques. The average grain size of SPS and extruded bulks were 3.08 and $3.86 \mu\text{m}$ respectively. The extruded material microstructure contains layered grains with less grain boundaries and its counter-part SPS displays dense packed grains with high grain boundaries. The extruded bulk material mitigated the intrinsic conduction of holes till 450 K , while SPS sample up to 425 K only. Among both bulks, extrusion sample exhibited high power factor (PF) of $2.96 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ which is 38% higher than SPS (2.14×10^{-3}) bulk sample. Due to variations in grain size and grain boundaries, the SPS bulk shows low thermal conductivity than extruded bulk. However, the extruded bulk sample exhibited a peak ZT of 0.69 at 400 K , which is 19% higher than SPS bulk sample, due to its higher power factor.

[P2-19]

금속응고법으로 제조된 고엔트로피합금 분말 특성에 관한 연구: 정광용, 홍순직, 안수성, Cheenepalli Nagarjuna; 공주대학교

Keywords: Gas atomization, High entropy, powder metallurgy, powder characterization

고 엔트로피 합금 (HEA)은 독특한 합금 디자인 개념을 지닌 새로운 일련의 합금이다. 1 개 또는 2 개의 주요 원소에 기초한 종래의 합금의 설계와는 달리, HEA는 5 내지 35 원자 %의 범위 내의 각각의 구성 원소의 조성을 갖는 합금 원소로 설계된다. HEA는 느린 확산 및 격자 왜곡, 우수한 극저온 특성, 고온 저항 및 내 부식성 뿐만 아니라 고강도 및 연신율과 같은 특성으로 인해 다양한 용도의 차세대 구조 재료를 위한 재료로 여겨지고 있다. 가스 분무법으로 제조된 CoCrFeMnNi 분말은 성형 성이 우수하고 고순도 분말을 얻는 이점이있다. 가스 분무법은 가스 원자화에 의해 생성된 금속 분말의 특성에 영향을 미치는 다수의 공정

파라미터를 갖는다. 가스노즐의 정점 각도, 초점 길이, 노즐 수, 노즐 지름, 금속 용탕 노즐의 직경 등과 같은 다양한 공정 파라미터가 있다. 그 중에서 금속 용탕 노즐 지름은 입자 형상 및 분말의 크기에 직접적인 영향을 끼친다. 이에 본 연구에서는 가스분무법의 공정변수중 상대적으로 변수제어가 용이한 금속용탕 노즐직경의 변화 (3Φ, 5Φ, 7Φ) 에 의해 CoCrFeMnNi 분말을 제조하였고, 노즐직경 변화에 따른 분말특성의 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.

[P2-20]

가스분무된 NdFeB 분말 Nd₂Fe₁₄B 상 소성변형에 미치는 공정변수의 영향: 조주열¹, 좌용호², 김택수¹; ¹한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, ²한양대학교 재료화학공학과

Keywords: NdFeB permanent magnet, plastic deformation, softening, high temperature hardness test, gas atomization

최근 친환경 및 4차 산업혁명으로 인해 전기자동차, 풍력발전, 자동화 기기 등 다양한 분야에 사용되는 희토류 영구자석의 수요가 증가하고 있다. 현재까지의 희토류 이방성 영구자석은 스트립 캐스팅 및 멜트스피닝 공정 후 생성된 스트립 및 리본의 분쇄 후 일련의 자화용이축 정렬 공정을 통한 방식으로 제조되고 있다. 한편 금속분말 제조 공정 중 대표적인 방법 중 하나인 가스분무법의 경우 제조된 분말이 등방성이고 앞의 공정에 비해 상대적으로 큰 결정립으로 인한 낮은 자석 특성 때문에 자석용으로 거의 사용되지 못하는 실정이다. 그러나 가스분무로 제조된 자석 분말의 소성변형을 통해 이방성을 부여한다면 앞선 공정에 비해 공정을 단순화시킬 수 있을 뿐 아니라 결정립 크기에 유연성을 가지는 자석을 제조할 수 있을 것이라 기대된다. 따라서 본 연구에서는 NdFeB 영구자석 중 강자성으로 알려진 Nd₂Fe₁₄B 상의 소성변형 거동을 확인해보기 위해 가스 분무된 NdFeB 분말을 이용하여 고온에서의 연화 가능성, 소성변형 가능성 및 소성변형 후 자화용이축으로의 정렬 여부를 확인하였다. 그 결과 고온에서 연화가 발생함을 확인하였으며, 온도 및 분말 크기 제어를 통해 소성변형 및 자화용이축 정렬 또한 발생함을 확인하였다.

[P2-21]

스페이스 홀더법으로 제조한 다공성 스테인리스 강의 소결시간에 따른 미세조직 및 압축특성 평가: 이택선, 조의제, 박용호; 부산대학교 재료공학과

Keywords: Space holder method, Porous 316L stainless steel, Sintering time, Compressive property, Microstructure.

다공성 금속이란 내부에 많은 기공을 갖는 금속을 말하며, 기공률이 70% 이하인 금속을 다공성 금속으로 정의할 수 있으나 기공률이 높은 금속을 포함하여 이야기한다. 비교적 낮은 밀도, 높은 비강도, 큰 비표면적, 우수한 에너지 흡수능 및 높은 열전도성 등 같은 유용한 특성을 갖는 재료로써 주목을 받고 있다. 현재까지 다공성 금속은 경량성을 가지는 비철계 (Al, Mg) 다공성 금속에 대한 연구가 주로 이루어져 왔지만, 본연의 낮은 기계적 특성으로 인해 강도가 요구되는 분야에 사용하기에 문제점이 존재했다. 이를 해결하기 위한 방법의 하나로 고강도의 스테인리스 강을 기지로 하는 다공성 금속에 대한 연구가 제안되었다. 다공성 금속을 제조하기 위해 사용된 스페이스 홀더 재료는 PMMA, NaCl, NH₄HCO₃ 이다. 이 중 PMMA는 낮은 탈지 온도로 기공 표면의 오염이 적고, 경제적이고, 구형의 형상을 가지는 장점이 있다. 다공성 스테인리스 강의 제조에 스페이스 홀더를 사용한 경우, 스페이스 홀더의 형상 및 부피 변화에 따른 특성에 대한 연구가 주로 진행되었다. 소결 시간에 따라 기공의 형성 및 크기에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 연구가 요구되지만, 현재까지 알려진 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 소결시간을 변수로 하여 다공성 스테인리스 강을 제조하고, 미세구조 및 압축 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 밀도는 아르키메데스법으로 측정하였고, 기공의 크기와 형상은 주사전자현미경으로 관찰하였다. 압축 시험을 통해 다공성 스테인리스 강의 탄성계수, 압축강도, 에너지 흡수능 등을 분석하였다.

[P2-22]

SUS316L 분말 형상 및 Selective laser melting 공정조건에 따른 미세구조 및 기계적 특성 연구: 박정현¹, 김원래¹, 방경배¹, 권오형¹, 이기안², 김형균¹; ¹한국생산기술연구원 강원지역본부, ²인하대학교 신소재공학과

Keywords: Selective laser melting, SUS316L, Spherical powder, Non spherical powder

SUS316L과 같은 스테인리스강은 내식성, 내입계부식성과 고온강도 등 우수한 특성으로 인해 보일러용 파이프, 해양구조물 등에 사용되고 있다. 특히, 부품 성능의 고효율화를 위해 복잡형상을 구현할 수 있는 금속 적층성형제조기술(Additive manufacturing)에서 많이 연구되고 있다. 본 연구에서는 gas atomization을 이용하여 만든 구형 SUS316L 분말과 water atomization을 이용하여 만든 비구형 SUS316L 분말을 Selective laser melting (SLM)방식으로 시편을 제작하여 미세구조와 기계적 특성을 비교하였다. 고밀도 적층 기술연구를 위해 완전용융 에너지 밀도를 도출하여, 80~480 W의 파워와 564~3,384 mm/s의 주사속도로 각 분말 형상별로 시편을 제조하고 밀도 평가와 함께 미세조직을 관찰하여 결함의 형태와 분포를 확인하였다. 고밀도 조건의 시편은 경도시험과 인장시험을 통해 물리적 특성을 비교분석 하였다. 또한, 분말의 형상과 공정조건에 따라 리코터 손상을 유발할 수 있는 다양한 결함요인을 분석하였다.

[P2-23]

기계적합금화 및 방전 플라즈마 소결을 통해 제조된 Ta-Nb-V-W-Ti 하이엔트로피 합금의 미세조직 및 특성: 송다혜¹, 김상준², 이진규¹, 박은수²; ¹공주대학교 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부

Keywords: High entropy alloy, Ball milling, Mechanical alloying, Sintering

하이엔트로피 합금(High Entropy Alloy)이란 5개 이상의 원소를 유사한 원자 비율로 혼합하여 이루어진 합금이다. 하이엔트로피 합금은 높은 배열 엔트로피를 통하여 과포화 고용체를 형성하고 있으며, 주조법, 기계적 합금화법(Mechanical alloying), 분무법(Atomizing), 스퍼터링(Sputtering) 등 다양한 제조방법을 통해 활발히 연구가 진행되고 있다. 최근 하이엔트로피 합금 분야는 다원계 합금 분야에서 높은 비강도, 내식성 등 우수한 특성으로 주목을 받고 있으며 다양한 분야로의 응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화법을 이용하여 Ta-Nb-V-W-Ti 조성의 하이엔트로피 합금 분말을 제조하였고, 공정조건이 합금의 미세조직 및 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 제조된 하이엔트로피 합금 분말을 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 벌크 형태로 제조하였다. 위와 같은 방법으로 제조된 분말 및 소결체를 X선 회절분석(XRD)과 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세조직 및 상분석을 시행하였고, 비커스 경도 및 압축강도를 측정하여 기계적 특성을 평가하였다.

[P2-24]

DED와 PBF 공정으로 제조된 Alloy 718의 미세조직과 기계적 특성: 차현진, 설문정, 김규태; 동국대학교

Keywords: 적층가공, DED, PBF, Alloy 718, 3D printing

최근 국내외에서 적층가공 기술을 원자력발전소 부품에 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 전 세계적으로 핵연료집합체의 주요 손상원인은 이물질에 의한 손상으로 알려져 있다. 따라서 국내외에서 핵연료집합체의 이물질여과 성능을 향상시키기 위해 이물질여과용 하단고정체 및 보호지지격자를 지속적으로 개발하고 있다. 적층가공 공정은 형상 설계에 제약이 없으므로 이물질여과 성능이 우수한 부품을 개발할 수 있다. 본 연구에서는 핵연료 보호지지격자 소재인 Alloy 718을 적층가공 방법으로 제조하여 미세조직과 기계적 특성을 평가하였다. DED(Direct Energy Deposition)와 PBF(Powder Bed Fusion) 공정으로 Alloy 718을 각각 제조하여 용체화 열처리와 2단 시효를 하였다. 광학현미경을 이용하여 미세조직을 관찰하였고 마이크로 비커스 경도계와 인장시험기를 이용하여 기계적 특성 평가를 수행하였다. 절삭가공 Alloy 718의 미세조직에서 결정립계가 선명하게 관찰된 반면, 적층가공 Alloy 718의 미세조직에서는 레이저에 의해 조사된 흔적과 수지상이 관찰되었다. 절삭가공 대비 적층가공 Alloy 718의 경도와 인장강도는 높고 연신율은 낮은 것으로 나타났다.

[P2-25]

Rapid Consolidation of Al_2O_3 -BN Composites and Their Mechanical Properties: 손인진, 조우진; 전북대학교

Keywords: Nano-materials; Sintering; Hardness; Fracture Toughness; BN

Despite of many attractive properties, the low fracture toughness of Al_2O_3 ceramic limits its wide application. One of the most obvious tactics to improve the mechanical properties has been to add a reinforcing agent to formulate a nanostructured composite materials. In this respect, BN was evaluated as the reinforcing agent of Al_2O_3 ceramics using pulsed current activated sintering (PCAS). Highly dense alumina-BN composites with a relative density of up to 100 % were obtained within 2 min by PCAS under a pressure of 80 MPa. The rapid consolidation method allowed the retention of the nano-scale microstructure by inhibiting the grain growth. The grain size of alumina was reduced remarkably by the addition of BN. The addition of BN to Al_2O_3 simultaneously improved the fracture toughness and hardness of alumina-BN composite.

[P2-26]

그래핀 첨가 (W,Ti)C-그래핀 복합재료의 기계적 성질에 미치는 영향: 손인진, 김성은; 전북대학교

Keywords: Sintering; Mechanical properties; Composite; Nanomaterial

(W,Ti)C는 용융온도가 높고, 경도가 높기 때문에 현재 바인더로 Ni이나 Co를 첨가해서 절삭공구 재료로 사용하고 있다. 하지만 바인더로 사용하고 있는 Ni이나 Co는 가격이 비싸고, 내부식성이 좋지않고, 경도를 현저히 낮추는 단점이 있다. 따라서 (W,Ti)C에 첨가할 새로운 재료에 대해 여러 연구자들이 연구하고 있다. 경도와 파괴 인성을 향상시키는 방법으로는 경도가 높은 제 이상을 첨가해서 나노 구조의 복합재료를 제조하는 것이다. 첨가할 제 이상으로는 그래핀을 고려할 수 있다. 그래핀은 2004년도에 스카치 테이프로부터 흑연을 한 층씩 분리해서 만든 후, 금속, 세라믹 및 고분자 재료와 복합재료를 제조하여 기계적 특성을 향상시켰다. 그래핀은 복합재료에서 균열 전파를 억제시켜서 파괴인성을 향상시키는 것으로 보고 되고 있다. 또한 나노재료는 우수한 경도, 강도와 동시에 높은 파괴인성을 나타내기 때문에 많은 연구자들이 연구를 수행하고 있다. 본 연구에서는 (W,Ti)C와 그래핀 분말을 고 에너지 볼 밀링으로 나노분말 제조와 동시에 혼합하고, 펄스 전류 활성화 소결 장치로 이들 분말을 가열하여 2분 이내에 나노구조 (W,Ti)C-그래핀 복합재료를 제조하고자 한다. 또한 그래핀이 복합재료의 기계적 성질과 미세조직에 미치는 영향에 대해서 조사 분석하고자 한다. 소결한 (W,Ti)C, (W,Ti)C -1 vol.% Graphene, (W,Ti)C -3 vol.% Graphene (W,Ti)C -5 vol.% Graphene 시편에서 (W,Ti)C 결정립 크기는 각각 294, 222, 127, 87 nm 로 Graphene 첨가량이 증가할수록 미세하였다. 이것은 Graphene이 (W,Ti)C의 결정립 성장을 억제시키는 것을 의미한다. (W,Ti)C-그래핀 복합재료의 파괴인성은 그래핀 첨가량이 증가할수록 향상되었다. 이것은 그래핀이 균열 전파를 억제 시키기 때문으로 생각된다.

P3 : 전산재료 과학

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P3-1]

Alloy Design Strategy to Accelerate Nitriding of Fe Alloy: a DFT and Micro-Kinetics Analysis: Ku Kang¹, Changsoo Lee¹, Soonho Kwon¹, Hyuck Mo Lee¹; ¹KAIST

Keywords: Iron nitriding, Ammonia decomposition, Micro-kinetics analysis

We studied surface alloying of iron (Fe) and its effect on ammonia (NH₃) nitriding of iron using density functional theory (DFT) calculations and the micro-kinetic analysis approach. First, we considered the NH₃ decomposition and nitrogen (N) diffusion mechanism on clean and alloyed Fe (100) surfaces. The alloying elements considered in this study include transition metals and the III to VI period in the periodic table. We calculated all the energy barriers for every elementary reaction steps varying alloying elements and performed micro-kinetic analysis using those kinetic energy barriers to see their influence on the nitriding rate. Micro-kinetic analysis incorporates the initial and final states and the energy barriers in every nitriding and diffusion step of ammonia species (NH_x, x = 0-3) adsorption energy for each alloy element. The effect of the alloying element on the Fe surface was further discussed based on DFT calculation results.

[P3-2]

Heat Flow and Ingot Deformation Analysis of Large Diameter Sapphire Single Crystals: 최승훈¹, 차필령*¹, 문성환², 김준환², 김형중²; ¹국민대학교 ²STC.

Keywords: Sapphire, VHGF, Finite element method, Single crystal, Computational simulation

LED 시장의 성장과 수요의 증가로 핵심소재인 사파이어 단 결정의 성장 기술 개발이 중요하게 되었다. 사파이어 단결정의 생산 공법으로는 Kyropoulos, Czochralski, HAM, VHGF (Vertical Horizontal Gradient Freezing) 등이 있다. 현재 VHGF법의 경우 단결정의 수율 및 품질에 있어서 매우 좋은 장점을 가지고 있다. 하지만 대구경화로 인하여 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.

[P3-3]

Simulation of Large-Scale Gete Using Neural Network Interatomic Potential: Dongheon Lee, Seungwu Han; *Seoul National University*.

Keywords: Phase-change material, Neural network potential, large-scale simulation, GeTe

As a representative phase-change material, GeTe has attracted high interests for nonvolatile memory for past decades. GeTe is known for high thermal stability of amorphous state and distinct electrical and optical properties between crystalline and amorphous phase. Unlike crystalline phase, amorphous phase has no long-range periodicity and complex phenomena such as resistance drift related to structural relaxation, which is difficult to figure out its origin in experiments. In order to get acute insights, atomistic modelling is required. There are two conventional atomic modeling approach. Ab-initio molecular dynamics is very accurate to describe the complex bonding nature of GeTe, but not viable for large scale simulation. Classical interatomic potential have nanometer- or nanosecond-scale simulation performed, but is restricted to a specific simulation. Recently, one of solutions for those problems has been considered using machine learning (ML) potential. It provides an almost ab-initio quality description for trained system with relatively cheap computation costs. Here, we developed a neural network interatomic potential for GeTe using in-house code, SIMPLE-NN. It can describe melt-quench process to obtain amorphous structures and crystallization process. We validated the local structure of liquid and amorphous obtained from the neural network interatomic potential and crystallization process.

[P3-4]

SIMPLE-NN: an Efficient Package for Generating and Running Neural Network Potentials: Kyuhyun Lee, Dongsun Yoo, Wonseok Jeong, Seungwu Han; *Seoul National University*.

Keywords: Molecular dynamics, Machine learning, Neural network

Recently, machine-learning (ML) potentials are gaining attentions because they can reproduce the potential energy surface at the level of the first-principles calculations with much lower computational costs. ML potentials have flexible functional forms and therefore can cover a wide range of interaction types. Therefore, efficient codes for training ML potential and applying the potential to atomic simulation are in high demand. In this presentation, we introduce our open-source package, SNU Interatomic Machine-learning Potential package – version Neural Network (SIMPLE-NN) which support the ML potential based on the artificial neural network with the symmetry function as the environment descriptor. SIMPLE-NN is designed to interface with the atomic simulation environment

(ASE) package and Google Tensorflow for expandability and efficient training. SIMPLE-NN also provides LAMMPS interface for the fast molecular dynamics simulation. In this presentation, we will explain key features of SIMPLE-NN and demonstrate its performance on various systems.

[P3-5]

First-Principles Study on Negative-U Character of K Centers in Amorphous $\text{Si}_3\text{N}_{4-x}$: Gijae Kang, Dongheon Lee, Kyeongpung Lee, Seungwu Han; *Seoul National University*.

Keywords: Charge trap, amorphous, density functional theory

The consumer market for the non-volatile memory has been growing steeply over the last decades, which also increased needs to address technical issues such as scaling limitation and reliability. One solution to reduce the charge loss in the conventional floating gate device is to store the charges at the spatially localized sites in the charge trap layer. Such a device type is called the charge trap memory. With superior retention property, the charge trap memory is rapidly replacing the conventional floating gate memory in high-density solid-state drive. In most charge trap memories, non-stoichiometric amorphous silicon nitride (a-SiN_x) is utilized as the charge trapping layer. The localized nature of mid-gap states in a-SiN_x renders the electrons in the charge trap layer immobile, which reduces the leakage current and hence provides high performance. The trap states of a-SiN_x have been investigated for decades in several experimental and theoretical works. The intrinsic defects concerning the crystalline Si_3N_4 were studied comprehensively, and the relevant levels are contributed to the dangling bond or Si-Si antibonding orbital. On the other hand, the amorphous Si_3N_4 is relatively less studied, especially in the view of the characterization of the trap states. In this study, we carried out first-principles calculations on stoichiometric $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ and non-stoichiometric nitrogen-deficient $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ ($\text{a-Si}_3\text{N}_{4-x}$). Amorphous ensembles are generated using DFT molecular dynamics (MD), and the atomic configuration, electronic properties of Si_3N_4 is discussed. The trap states in $\text{a-Si}_3\text{N}_{4-x}$ are analyzed and categorized by their atomic and electronic configuration. It turns out that the under-coordinated Si atoms originated from the missing N atom form one K-center and Si-Si bonding structure. The formation energy of each trap states are calculated to discuss the most stable charge configuration in neutral charge condition. We found the K-center in $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ has wide range of U including positive value, and yet the fluctuation in local environment of the K-center in amorphous matrix yields 'seemingly negative-U' behavior. Finally, the charge injection level distribution for hole and electron is calculated using the thermodynamic formation energy of each charged trap.

[P3-6]

Thermodynamic Modeling of Mo-C-N System: 강윤구, 백민규, 정인호; *서울대학교 공대 재료공학부*.

Keywords: Molybdenum, Carbonitride, Modified Quasi-chemical Model (MQM), Thermodynamic modeling

Stainless steel can be simply categorized as austenitic or ferritic stainless steels, which is determined based on the dominant phase. According to its category, stainless steel manifests different properties. During the steel making process, stainless steel with desired properties can be produced by alloying with appropriate amount of known phase formers of austenite or ferrite. In addition, further understanding of thermodynamic mechanisms behind these phase formers allows to create stainless steel with duplex structure, which expresses properties of both austenitic and ferritic stainless steel. Among the various ferrite formers, molybdenum is mainly used to add corrosion resistance and the elevated temperature strength. Hence, as a part of stainless steel alloy design purpose, this study was conducted on Molybdenum, Nitrogen and Carbon ternary system. Thermodynamic, crystallography and phase diagram data were re-evaluated and re-optimized to obtain a best set of thermodynamic descriptions of solid and liquid phases. The strong interactions between the molybdenum and interstitial atoms, nitrogen and carbon, in the liquid solution were described by the Modified Quasichemical Model(MQM) in the pair approximation. The optimization of solid solutions phases was performed using the Compound Energy Formalism(CEF). The newly developed thermodynamic database can be accessed by the FactSage software to calculate phase diagram and thermodynamic properties of any phase in the binary systems.

[P3-7]

금속 직접 적층 AISI SUS316L 시험편의 기판 휨현상 분석 및 잔류응력 예측: 김태환^{1,2}, 하경식^{1,2}, 전종배¹, 심도식³, 이국진¹, 조영래²; ¹ 한국생산기술연구원, ² 부산대학교, ³ 한국해양대학교

Keywords: 3D프린팅, DED, SUS316, 잔류응력

금속 3D프린팅 기술 중 레이저 용융금속 적층 공정은 레이저 에너지를 이용하여 금속분말을 일부 또는 전부 녹여 결합하는 방식으로 한 층씩 쌓아 3차원의 복잡형상 제품을 제조하는 기술이다. 그 중에서도 금속 직접 적층 방식의 3D프린팅 기술은 고출력 레이저를 이용한 완전용융을 이용하여 성형하는 특성으로 인하여 적층물과 기판과의 결합력이 우수하다. 그러나 국부적 용해와 응고 과정의 반복으로 인하여 높은 잔류응력이 발생하며, 심한 경우 박리현상이 일어나거나 micro crack 에 의한 crack 전파 등 결함이 발생할 수 있는 문제점이 존재한다. 본 연구에서는 금속 직접 적층시 발생하는 잔류응력을 실험적으로 분석하기 위한 방법의 일환으로 기판의 휨 현상을 분석하여 이를 통해 잔류응력을 예측하고자 하였다. 상변화에 의한 영향을 배제하기 위하여 기판과 분말을 상 변화 없는 소재인 AISI SUS316L를 채택하였다. 적층 두께, 적층 면적, 적층 형상, 레이저 이송 방향을 공정 변수로 선정하였다. 시험편의 기판 휨 정도를 3D 스캐너를 이용하여 분석한 뒤, 공정 변수에 따라 기판에 작용하는 잔류응력의 변화를 예측하였다.

[P3-8]

고주파 유도가열 개질 반응기 내 촉매 충전에 따른 유동특성 및 열/물질전달 특성평가: 채홍준; 고등기술연구원

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Reformer, steam-methane, high frequency heating

차세대 청정 에너지원으로 각광받고 있는 수소는 물의 전기분해 및 탄화수소의 개질로 생산될 수 있으며, 현재는 기술 및 경제성 문제로 탄화수소의 개질을 통해 수소를 생산하는 것이 일반적이다. 개질반응을 위해서는 반응에 필요한 열 공급이 반드시 필요하므로, 설계의 핵심은 촉매층에 효과적으로 열전달이 이루어지도록 하는 것이라 할 수 있는데, 기존 버너타입 가열의 경우 반응관 내 온도 편차가 크고, 예열에 필요한 안정화 시간이 길어 에너지가 다량 소비되는 문제점이 제기되고 있다. 본 연구에서는 기존의 버너 타입의 가열방식을 고주파 유도가열기술로 대체함으로써 예열 시간을 단축시키고, 담지체의 국부적인 가열을 방지하여 탄소침적에 의한 반응기 막힘과 활성저하의 문제점을 해결 할 수 있는 새로운 개념의 고효율 steam-methane 개질 시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위해, 유도 가열 개질기의 열-유동 및 반응 해석은 물론 유도 가열의 배열 및 촉매의 충전량 변화가 개질성능에 미치는 영향을 살펴보았다. 개질기내 유동해석을 위해 mass 및 momentum 보존 방정식을 이용하였고, 유체의 높은 Reynolds 수에 의한 난류 현상을 고려하기 위해 standard - ϵ model 방정식을 추가적으로 해석하였다. 개질기 내 촉매 충전영역을 수치적으로 모델링하기 위해 porous medium으로 가정하여 유동해석을 진행하였으며, 평가 요소로써 개질관 내부의 유동흐름(속도 및 압력분포), 온도분포 및 화학반응에 참여하는 화학종의 농도변화를 체크하였고, 향후 최적의 반응 분위기 형성을 위한 고주파 유도 설계 방향을 제시하였다.

[P3-9]

효율적 리튬이차전지 양극소재 개발을 위한 Li-[Co,Mn]-O 4원계에 대한 2NNMEAM+Qeq 포텐셜 개발 및 응용: 지준호, 이병주; 포항공과대학교 신소재공학과

Keywords: Lithium ion battery, cathode, molecular dynamics, 2NNMEAM+Qeq

리튬이차전지 양극 소재를 개발할 때 고려해야 될 특성들로는 에너지 용량, 충방전 지속성, 충방전 속도, 안정성 및 가격 등이 있다. 이를 향상시키기 위해 기존에 많이 쓰인 LiCoO_2 와 같이 Transition metal에 해당하는 부분에서 단일원소로 쓰이는 것보다 Co,Mn,Ni를 같이 쓰거나 그 외에도 Al, Fe, Ti등 여러 원소의 조합으로 구조적 특성과 전기화학적 특성을 조절하여 각 원소들의 장점을 최대화 하고 단점들을 상쇄하여 더 나은 특성의 양극재 개발을 이루려는 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 더 나은 특성의 새로운 물질을 개발하기 위한 경우의 수는 합금원소의 종류, 조성 및 구조에 따라 너무 많아 실험적으로 접근하는 것은 쉬운 일이 아니다. 이때 computational research가 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 2NNMEAM-Qeq 포텐셜 모델을 이용하여 Li-[Co,Mn]-O 4원계를 모두 고려할 수 있는 포텐셜 개발에 대한 결과와 실제 배터리 시스템의 degradation 과정을 보여주는 결과를 발표하고자 한다.

[P4-1]

Lithographically Defined 3D Periodic Nanostructures for Ideal Diffuse Reflectors: Junyong Park, Jinseong Ahn; *Kumoh National Institute of Technology*.

Keywords: proximity-field nanopatterning; 3D nanostructure; Lambertian distribution, Diffuse reflector

Implementing an ideal diffuse reflector with a Lambertian distribution is important to improve the efficiency of optoelectronic devices such as displays and solar cells. In general, conventional diffuse reflectors have a mechanically ground or chemically etched rough surface structure that is difficult to exhibit a uniform backscattering distribution of light at various angles. In this study, we propose a new type of diffuse reflector with three-dimensional (3D) periodic nanostructures. For experimental demonstration, a photoresist film coated on a mirror substrate was made into a 3D nanostructure via optical 3D lithography, called as proximity-field nanopatterning (PnP). The resulting sample exhibits a uniform diffuse reflection with a more ideal Lambertian distribution than the commercial diffuse reflector over a wide range of visible light due to its periodic scattering structure. The thin film-type diffuse reflector proposed in this study can be integrated into various optoelectronic devices as a backing substrate to improve the device efficiency.

[P4-2]

Pyramidal Metal-Dielectric Hybrid-Structure Geometry with an Asymmetric TiO₂ Layer for Broadband Light Absorption and Photocatalytic Applications: Hee Jun Kim, Jeong Min Baik; *울산과학기술대학교(UNIST)*.

Keywords: nanoimprinting lithography, metal-dielectric hybrid structure, Asymmetric TiO₂, Broadband light adsorption, photoelectrodes

In this study, a pyramidal metal-dielectric hybrid-structure geometry with high broadband light absorption was prepared and applied as a photoelectrode for solar water oxidation. TiO₂ was obliquely deposited on the pyramidal Au film, leading to asymmetrically thick pyramids. With the decoration of Au nanoparticles, the light absorption in the entire UV-visible region significantly increased to >90%, which was examined by three-dimensional finite-difference time-domain simulations and confirmed by confocal spectral mapping techniques. By the introduction of Ti as the insertion layer, the alignment of bands at the TiO₂/Au film interface was tuned, thereby promoting the separation of photogenerated carriers via the efficient transport of electrons to the Au film. This transport led to a remarkable enhancement in the photocurrent density (~0.16 mA/cm²) by 3.4 times compared to that observed for a flat TiO₂ layer.

[P4-3]

Graphene Oxide Support Added Mn-Ce/TiO₂ Selective Catalytic Reduction Catalyst for NO_x Removal at Low Temperature:

예보라^{1,2}, 김홍대¹, 백정민², ¹한국생산기술연구원, ²울산과학기술원.

Keywords: Graphene Oxide support, Mn-Ce/TiO₂ catalyst, NO_x removal, nano-dispersed

Among the state of the art of NO_x removal technology, Selective Catalytic Reduction is representatively used with a commercial catalyst of V₂O₅-WO₃/TiO₂ which have been mainly used exhibiting high activity at a temperature range of 300 to 400°C. However, currently the SCR system needs for the high activity at low temperature below than 250°C due to the facility structure and maintenance costs. In this study, we use graphene oxide (GO) supported SCR catalyst for low temperature regions with catalytic materials of MnO_x and CeO₂. By adding the graphene support, these catalyst has a high specific surface area and its functional group acts as an anchoring site, it will prevent the aggregation of these nano sized catalytic materials by binding with its surface. For comparison, Mn-Ce/TiO₂ catalysts were prepared using the impregnation method depending on the presence or absence of the graphene support. As a result of evaluating NO_x removal characteristics using a fixed bed analyzer, the synthesized catalyst showed a high efficiency of more than 95% at below 200°C. Also, TEM images show active materials such as MnO_x and CeO₂ are evenly dispersed with nano size on the catalyst surface without the aggregation. These nano-dispersed active materials act as active sites for SCR reaction, so that NO_x removal characteristics can be improved.

[P4-4]

3D Printed Noise-Cancelling Triboelectric Nanogenerator: Jin Pyo Lee¹, Byeong Uk Ye¹, Kyeong Nam Kim¹, Jae Won Lee¹, Won Jun Choi², Jeong Min Baik¹; ¹Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST). ²Korea Institute of Science and Technology (KIST).

Keywords: 3d printed, Noise-cancelling, Triboelectric nanogenerator, Conductive sponge, PDMS bumpy balls

Triboelectric nanogenerator (TENG), which converts the ambient mechanical energy to electricity by friction, is one of the most promising methods for powering up portable devices. Despite of the successful development so far, there still remain some issues to be improved. Here, we focus on the generation and maintenance of high output-power under harsh environments, and the noise cancellation of the device to keep a stable operation for a long period of time. The TENG, fabricated using a 3D printer, is a fully-

packaged, cylinder-shaped device with polydimethylsiloxane (PDMS) bumpy balls inside and linearly patterned Al film on the inner surface. The new design and optimization remarkably increase the output power up to 45 mW, operable under harsh environments such as water, providing enough DC power for charging a battery of smart watch. The noise occurring during the operation is canceled to the noise level (~ 50 dB) of a normal conversation, by approximately 20 dB, with no degradation of the output power by using highly compressible, conductive Ag nanowires-embedded polyurethane sponge instead of Al. This helps people around the device feel comfortable during the operation. Finally, as a large-scale power supply, windmill composed of three TENGs, are also developed.

[P4-5]

Electron Exchange Process Control Between Silver Nanoparticles and Metal-Oxides for Highly Selective Gas Detection: YeongMin Kwon, Yeongjin Lim, Jeong Min Baik; *Ulsan National Institute of Science and Technology*.

Keywords: high-selective gas detection, nanowire sensor, multiple nanowire growth, wafer-scale

We reported a facile method for the selective growth of five kinds of nanowires (i.e., WO_3 , TiO_2 , SnO_2 , CuO , and ZnO) on wafer-scale substrate by hydrothermal process and their applications to highly sensitive and selective gas sensor arrays toward hydrogen (H_2), carbon monoxide (CO), and nitric oxide (NO_x). Although the hydrothermal growth of the individual nanowires may not be new, the selective-area growth of many kinds of nanowires on wafer-scale substrate is essential for the commercialization of the metal-oxides to sensor applications. Here, the order of the growth of the nanowires were determined by considering the pH scale of the aqueous precursor solutions, the growth temperature, and the seed layers. The five kinds of nanowires could be grown on desired locations of the 2-inch silica substrates without any interaction between them. The high-selective detection of H_2 , CO , and NO_x gases was represented by decorating Pd and Ag nanoparticles, thereby, fabricating 3×3 sensor arrays consisting of ZnO , TiO_2 and CuO nanowires. The increase of the gas sensitivities by Pd-decoration and the enhancement of gas selectivity by n-type and p-type metal-oxides are well-known. Here, the gas responses of Ag-decorated TiO_2 nanowires was found to be totally different with those of Ag-decorated ZnO nanowires. This was explained in terms of the change in the electron exchange process between Ag and the metal-oxides from because of the different barrier height between them. Finally, the sensor arrays showed an enhanced discriminating power between H_2 , CO , NO_x with the limit of detection of sub-ppm to ppm levels.

[P4-6]

Robust Nanogenerators Based on Graft Copolymers via Control of Dielectrics Properties for Remarkable Output Power Enhancement: Jae Won Lee, Jeong Min Baik; *Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)*.

Keywords: PtBA-grafted PVDF, Atom Transfer Radical Polymerization, High-k, Surface Potential, Triboelectric Nanogenerator

A robust nanogenerator based on poly(tert-butyl acrylate) (PtBA)-grafted polyvinylidene difluoride (PVDF) copolymers via dielectric constant control through an atom-transfer radical polymerization technique, which can markedly increase the output power, is demonstrated. The copolymer is mainly composed of a phase with enhanced dipole moments due to the p-bonding and polar characteristics of the ester functional groups in the PtBA, resulting in the increase of dielectric constant values by approximately twice, supported by Kelvin probe force microscopy measurements. This increase in the dielectric constant significantly increased the density of the charges that can be accumulated on the copolymer during physical contact. The nanogenerator generates output signals of 105 V and 25 mA/cm², a 20-fold enhancement in output power, compared to pristine PVDF-based nanogenerator after tuning the surface potential using a poling method. The markedly enhanced output performance is quite stable and reliable in harsh mechanical environments due to the high flexibility of the films. On the basis of these results, a much faster charging characteristic is demonstrated in this study.

[P4-7]

반도성체 기반 저항형 입자상 물질 센서에 관한 연구: 염재현, 조용준, 장지상, 서호철; *세종공업(주)*.

Keywords: PM센서, 자동차 배기가스, 반도성체

기체상의 입자상 물질의 농도를 측정하는 원리로 저항방식, 정전용량방식, 정전하방식, 방전방식 등이 연구되고 있는데, 저항방식만이 자동차 배기가스에 적용될 수 있는 내구성 및 신호의 안정성을 만족한다. 저항방식은 대부분 탄소로 이루어진 배기가스 입자상 물질의 퇴적에 의한 전극간 저항 변화를 측정하고 이를 입자상 물질의 농도를 환산한다. 기존의 저항방식은 부도체 세라믹 기판을 기반으로 입자상 물질에 의해 형성된 전극간 링크를 통한 전류를 측정하였기 때문에 입자상 물질의 퇴적 형상을 제어하기 위해 최소화된 전극간격과(100 μm 이내) 높은 전압(40 V 이상)이 요구되었고, 링크 형성 전에는 신호측정이 불가능하여 반응시간이 늦어지는 단점이 있었다. 본 연구에서는 반도성 세라믹 기판을 기반으로한 검지원리를 제안한다. 반도성 세라믹 표면에 퇴적된 탄소 입자에 의해 형성된 우회 회로에 의한 저항변화를 측정함으로써 전극간 간격(200 μm 이상),인가전압(20 V 이하) 및 반응시간에 대한 한계를 극복하였다. 아울러 입자상 물질의 크기를 측정할 수 있는 방법에 관하여 논의한다.

[P4-8]

Rapid Alloy Screening of Co- and Ti-based Alloy Using Metal 3D Printing Method: Gwanghyo Choi, Jaewook Han, Hye-Ji Im, Won Seok Choi, Pyuck-Pa Choi; *Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)*.

Keywords: Metal 3D printing, Alloy screening, Ti-based alloy, Co-based alloy

We investigated gradient Co- and Ti-based alloys using metal 3D printing. Both Co- and Ti-based alloys were deposited with various elemental fraction, which enables rapid alloy screening. The mixing ratio of alloying powders and laser power were precisely controlled to obtain the targeted chemical composition and microstructure. The deposited materials consisted of diverse phases including γ -Co, CoTi, and Co₃Ti, depending on process parameters. Epitaxial growth of grains was detected because of high thermal gradient during 3D printing process. This study provides a technical method to rapidly quantify the influence of chemical composition and laser synthesis parameters on the microstructures.

[P4-9]

A Fully Coupled Diffusional-Mechanical Finite Element Modeling for an Anode System consisting of Tin Oxide on a Copper Substrate: Kyeong Jae Jeong¹, Hoon-Hwe Cho², Heung Nam Han¹; ¹*Seoul National University*. ²*Hanbat National University*.
Keywords: Lithium-ion batteries, anode system, Finite element simulation, Fully coupled diffusion-stress model, Hydrostatic stress gradient

In the past decades, a significant advance has been for the development of lithium-ion batteries (LIBs) due to its highest energy densities. Understanding huge volume change after lithium-ion insertion in LIBs is important since those can affect mechanical stability in LIBs. Several finite element (FE) simulation models have been developed to describe the diffusional and the corresponding mechanical behavior induced by lithium-ion intercalation by neglecting the hydrostatic stress effect on the Li diffusion. However, the effect of pressure on diffusion could be crucial in the relatively high charging rate case since it can lead to surface locking problem and the corresponding mechanical degradation. In this study, we suggest a fully coupled diffusion-stress FE model, which solves stress and diffusion equation simultaneously, by taking the mechanical contact between the copper and tin oxide phases into account, as well as the complex geometry and material properties of the tin oxide-coated copper anode system. The gradient of hydrostatic stress is calculated by interpolating the hydrostatic stress inside the element at each Gaussian point under short range. The numerically predicted strains are compared with experimental strain data collected in operando using X-ray diffraction. The simulated strain histories agree with the measured data, enabling the possibility of predicting mechanical performance and eventual degradation precisely using only numerical modeling.

P5 : 주조 및 용고

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P5-1]

조직제어 합금기술을 이용한 Cu-Cr 접점소재: 김혜성, 김민규, 이찬수; 부산대학교 나노과학기술대학

Keywords: Cu-Cr합금, 조직제어, 주조, 미세화, 전기 접점소재

기존의 중-고압용 Cu-Cr 접점소재는 고 함량(25-45 wt%)의 Cr이 첨가됨에 따라 주조 방법에 의해서는 100-200 μm 수준의 조대한 불용성 Cr 상이 dendrite 혹은 work-frame 형태로 불 균일 분포하므로 고밀도, 고 강도, 용착 특성 및 전기 접점소모량 등의 개선이 용이하지 않고, 가공성 또한 나쁘다. 따라서 실용적 측면에서 이들 접점소재는 주로 합금분말-소결공정을 적용하여 제조되어 왔다. 그러나 고 함량의 Cr이 분산된 접점소재의 제 물성 향상과 대량 생산화를 위해서는 결정립 및 분산상의 미세화 및 균일 분산, 고밀도 (기공 율)의 미세구조 제어가 필수적이다. 본 연구에서는 기존의 난가공성 중-고압용 Cu-(25-43)wt%Cr 소재를 합금설계-열처리-강소성 가공조건의 최적화를 통해 nano-수준의 조직 미세화를 꾀함으로써 충격강도, 용착특성 개선, 전기 접점소모량 등을 향상시킨 고효율·고 물성 접점소재를 개발하고자 한다. 이를 위한 첫발걸음으로써 Ti, Co 등의 합금원소를 첨가에 따른 불용성 Cr 상들의 분산정도, 형상, 기지와의 상 경계, 젖음성 등에 미치는 영향을 고찰하고, 고효율, 고물성 접점소재를 위한 최적 합금 조성비를 도출해 보고자 하였다.

[P5-2]

DED 공정으로 제조된 금형강과 순 알루미늄과의 소착성 평가: 김영찬, 김유미, 김용원, 최세원, 강창석, 신광용, 이기용; 한국생산기술연구원

Keywords: Direct Energy Deposition, die, diecasting, aluminum, soldering

금속 적층제조 공정 중 금속분말 파우더를 모재에 주입함과 동시에 고에너지의 레이저로 용융하여 적층하는 방식인 하나인 레이저 용융 적층기술은, 기존의 깎아서 가공하는 공정에 비해 강도와 재현 반복성이 향상되어 최근 그 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 최근에는 금형강 소재에 용융적층 공정을 적용하여 내소착 특성이 향상된 금형에 대한 연구가 시도되고 있다. 본 연구에서는 인코넬 718 금속파우더를 바탕으로 DED 공정기술을 적용한 고압주조 금형에 대한 연구를 진행하였다. 고압주조용 금형 소재인 STD61강과 S45C강에 인코넬 718 파우더 적층을 실시하였다. 빔의 직경은 1.0 mm, 출력은 800 W, 파우더 공급량은 4.0 g/min, 분말가스 주입량 2.5 l/min, coaxial 가스 주입량 8 l/min 및 이동속도는 850 mm/min의 공정조건에서 실험을 진행하였다. 금형강에 요구되는 알루미늄 용탕과의 반응성을 평가하기 위해 99.9wt%의 순알루미늄을 SiC 도가니에서 용해하였고, 680°C의 용탕 속에 DED공정으로 제작된 시험편을 120분과 240분을 유지하였다. 시험편과 알루미늄 용탕과 반응하여 생성된 소착층의 미세조직, 두께 및 성분을 분석하였고, 소착층 및 표면의 알루미늄 녹인 후 시험편의 무게 변화를 측정하여 DED 공정이 소착성에 미치는 영향을 비교분석하였다.

[P5-3]

폐기를 파쇄용 22Mn-Cr-Ni계 고망간 주강의 Cr 함량에 따른 기계적 특성: 박성수¹, 김용래¹, 마승환², 김석준³; ¹(주)영신특수강; ²한국건설생활환경시험연구원; ³한국기술교육대학교

Keywords: High Mn Steel, Surface Hardness, Abrasion, Crusher, Hammer

폐기물 소각로에 사용되는 파쇄기는 폐기물의 다양한 크기 및 모양을 규격화하여 소각 공정 시, 자동화로 인한 부피 감량화 및 처리효율 증대에 기여한다. 이러한 파쇄기의 주 부품인 분쇄용 주강품은 주로 해외 선진기업 제품을 수입하여 사용하거나, 기존 1차 사용 노후수입주강품에 Cr 육성 용접 한 후, 가공한 소재를 사용하여 가격 경쟁력이 매우 취약하며, 빈번한 교체로 유지보수에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 본 연구에서는 기존 분쇄용 주강품의 성능 향상 및 국산화 개발을 위하여 내마모성이 우수한 고망간 주강을 선정하였으며, 기존 고망간 재질 규격(JIS G 5131)보다 향상된 신합금(22Mn-Cr-Ni계)을 개발하는 과정에서 표면 경도 및 내마모 특성에 영향을 미치는 Cr 함량의 영향을 평가하였다. Cr 함량을 2 및 5 wt.% 함유한 합금을 제작하기 위하여 CO₂ 조형법과 고주파 전기 용해로를 이용해 제작하였으며, 제작된 합금을 1050°C에서 2시간을 수행하였다. 기존에 규격화 되어있는 재질과 비교하기 위하여 경도, 인장 및 내마모 시험을 통한 물성 평가를 실시하였으며, Cr 함량 증가에 따른 미세조직 및 석출물 변화를 관찰하기 위해 광학현미경, 주사전자현미경(SEM), 에너지분산형 X-선측정기(EDS)를 이용하여 분석을 수행하였다.

[P5-4]

전류에 의한 용탕 내부 유동과 온도 구배가 Pure Al 결정립 미세화 특성에 미치는 영향: 최지석¹, 이강래², 라문우², 김동웅², 현승균³, 최경환², 김문조²; ¹한국생산기술연구원 인하대학교; ²한국생산기술연구원; ³인하대학교

Keywords: Electric Current, Pure Aluminum, Grain refinement, Melt flow, Cooling curve

최근 수송기기 산업분야에서는 친환경성이라는 시대의 요구를 충족하기 위해 연비 향상에 많은 관심을 기울이고 있으며, 동시에 안전성을 확보하기 위해 우수한 비 강도를 가진 구조재료 개발 연구가 활발히 진행 중이다. Al 합금은 기존의 철강 소재를 대체하기 위한 소재로 각광받고 있으나 강도를 포함한 기계적 특성에 한계를 가진다. 이를 극복하기 위한 방법으로는 고용강화, 석출경화, 분산강화, 가공경화, 결정립 미세화 등이 있다. 특히 결정립 미세화는 금속재료의 강도, 인성 등의 기계적 특성을 향상시키는데 매우 유효한 방법이다. 지금까지 Al 합금의 주된 결정립 미세화 방법으로는 미세화제 첨가, 초음파 진동을 이용해 왔다. 최근에는 전류를

용탕의 응고 과정 중에 인가하여 미세화 된 최종 응고 조직을 얻는 방법이 활발하게 연구되고 있다. 하지만 전류세기에 따른 용탕 내부 유동의 변화와 이로 인한 온도 구배가 결정립 미세화 효과에 미치는 영향에 관한 연구는 아직까지 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 전류세기 변화로 인해 나타나는 냉각곡선과 응고 조직의 관찰 및 분석을 통해 결정립 미세화 특성에 영향을 주는 요인들을 규명하고자 하였다. Pure Al 소재를 사용하였고, 전기적 절연을 위해 사형몰드를 사용하였다. 용융된 Al을 몰드에 주입한 후 전극을 용탕 내부에 투입하여 전류를 인가해 주었다. 전류 세기, 전극 온도, 인가 시간을 변수로 설정하여 결정립 미세화 효과에 미치는 영향을 확인하였다. 전류 인가가 용탕 응고에 미치는 영향을 확인하기 위해 K-type thermocouple을 이용하여 냉각곡선을 측정하였다. Macro etching을 실시하여 최종 응고 조직을 확인하였고, Image analyzer를 이용한 결정립 크기 측정을 통해 결정립 미세화 효과를 확인하였다.

[P5-5]

EBM공정에서 Focus Offset 차이에 따른 미세조직 분석: 임소영¹, 김한규¹, 이병수², 이해진², 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²생산과학기술연구원 강원지부

Keywords: 가스 터빈용 베인 블레이드, 적층 제조 기술, Inconel718, 3D프린팅

의료분야를 넘어 우주·항공 분야를 비롯한 여러 분야에서 주목받고 있는 적층 제조 기술(Additive Manufacturing, AM)은 재료를 다층으로 적층하여 제품을 생산하는 기술을 일컫는다. 이는 기존에 요구되었던 많은 공정 과정들을 생략할 수 있으며, 복잡한 형상도 프로그램을 이용하여 효율적으로 생산이 가능하다. 하나의 제품을 위해 여러 부품을 만들고 용접을 필요로 했던 기존의 방식과는 달리 적층 제조 기술은 설계 가능한 범위에서 한 번에 제품의 형상을 만들 수 있다는 장점이 있다. 이러한 이유로 적층 제조 기술을 이용하면 기존 정밀주조 및 가공 방법을 통해 제조된 가스 터빈용 베인 부품의 낮은 냉각효율의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 적층 제조 기술을 활용하여 가스 터빈용 베인 부품 제작 시 높은 효율을 얻을 것으로 기대하고 있다. 이에 적층 제조 기술을 활용한 정밀한 형상의 제작 및 안정성을 위한 연구 개발이 요구된다. 적층 제조 기술은 제조 방식과 열원에 따라 다양한 방법으로 나누어지며 본 연구에서는 Powder Bed 방식으로 분류되는 전자 빔 용해(Electron Beam Melting, EBM) 방법을 이용하였으며, 열원과 Powder Bed 간의 거리를 조절하여 서로 다른 입열량으로 제조된 Inconel718 합금의 미세조직 및 주요 강화상인 감마 더블 프라임(γ'')의 석출물을 비교 분석하여 고찰하였다.

[P5-6]

사출주조 금속연료심 공정변수에 따른 영향 평가: 송훈, 김기호, 박정용; 한국원자력연구원 SFR 핵연료개발부

Keywords: SFR(Sodium-cooled Fast Reactor), metallic fuel, injection, casting parameter

재순환 TRU 고속로 금속연료는 사용후 핵연료를 파이로 프로세싱하여 얻은 핵연료물질들을 핵연료원료로 재활용되며, SFR-핵연료-파이로 재순환 주기를 완성하기 위해 재순환 SFR 금속연료 제조기술을 개발하는 것이 필요하다. 재순환 금속연료 제조기술은 사용후 핵연료를 파이로 처리한 후 SFR 핵연료를 사출주조로 제조하는 기술로서, 방사선 물질 취급으로 인하여 전 과정이 핫셀 시설에서 수행된다. 사출주조법에 의한 연료심 제조는 공정이 단순하고 대량 생산이 가능하며 원격 조작에서 유리한 기술로 알려져 있으며 다양한 공정변수와 함께 짧은 시간에 연료심이 제조되고 연료심의 품질이 결정되기 때문에 정확한 공정변수 제어를 통한 연료심 제조가 중요하다. 본 연구에서는 SFR 핵연료로 선정된 사출주조 금속연료심에 대해 공정변수에 따른 연료심의 제조성과 건전성을 평가하기 위하여 연료심의 사출주조 시험자료를 분석하고 그 특성 및 성능을 평가하였다. 연료심 개수, 용해용량, 가압압력, 사출온도, 용탕침적시간 등을 변화시켜 공정변수를 평가한 결과, 건전 연료심 제조 사출온도는 용해용량에 비례하여 증가하였고, 가압압력은 연료심 길이에 비례하여 증가하였다. 용탕침적시간에 반비례하여 건전연료심의 사출온도는 감소하였다.

[P5-7]

공학규모 금속연료심 원격제조장치를 이용한 모의 원격사출 금속연료심 제조시험: 송훈, 김기호, 박정용; 한국원자력연구원 SFR 핵연료개발부

Keywords: SFR(Sodium-cooled Fast Reactor), metallic fuel, injection, casting

SFR핵연료-파이로 재순환 주기를 완성하기 위해 KAERI에서 향후 건설 예정인 PGSFR 핵연료 생산제조기술을 개발하는 목적으로 재순환 금속연료 제조기술을 개발하였다. 재순환 금속연료 제조기술은 사용후 핵연료를 파이로 처리한 후 SFR 핵연료로 제조하는 기술로서, 재순환 핵연료가 가지는 높은 방사선 물질 때문에 제조 전 과정이 핫셀 시설에서 수행되므로 핫셀에서 원격으로 제조하기 위한 공정을 개발하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 재순환 금속연료심을 핫셀에서 제조할 목적으로 제작된 금속연료심을 원격으로 제조하는 공학규모 금속연료심 원격제조장치를 사용하여 원격으로 연료심 제조가능성을 확인하기 위해 원격으로 용해주조 시험을 수행하여 모의금속연료심을 제조하였다. 제조시험에 사용한 주조공정변수는 본 시험 이전에 수행된 일련의 예비공정실험을 통하여 선정되었다. 주조시험결과 최대 모의연료심 주조개수인 78개의 모의연료심이 원격으로 건전하게 수행되었음을 확인하였다.

[P5-8]

IN792hf 초내열합금에서 응고속도에 따른 응고조직 및 Eta상 형성거동: 손명균¹, 구지호², 박명일³, 정영환³, 김찬미¹, 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업(주) 기술연구소, ³(주)성일터빈

Keywords: Superalloy, Directional solidification, Eta phase, Solidification rate, Segregation, Eutectic

NiTi 초내열 합금인 IN792Hf 합금은 일방향응고 초내열합금으로 Hf이 첨가되어 결정립계를 강화시킨 대표적인 일방향 초내열합금이다. Hf 합금원소는 고용강화, 입계강화에 효과적이며, Hf 탄화물은 고온에서 안정된 탄화물로 입계를 강화시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 일정한 온도구배($G=12.5 \text{ K/mm}$)에서 응고속도 $V=10, 25, 50, 100 \mu\text{m/s}$ 의 응고속도로 일방향 응고하여 응고속

도에 따라 수지상간격, 공정상 형상 및 분율, Eta상 형성거동 등 응고조직의 변화를 관찰하였다. 비교적 빠른 응고 속도에서는 수지상 사이에서 Eta상이 미세하게 정출되는 것을 확인하였다. 응고속도가 증가할수록 1차, 2차 수지상 간격, g-g' 공정상 크기가 감소하는 것을 확인하였다. 또한 응고속도가 증가할수록 g-g' 공정이 작아짐에 따라 Eta상의 크기가 미세화 되었으며 공정상 및 Eta상 분율은 일정하였다.

[P5-9]

진공 다이캐스팅법을 이용한 HEV용 구동모터 하우징의 개발: 서원석¹, 박주열², 고원석¹, 김용현², 권용재¹; ¹울산대학교 ²동남정밀(주).
Keywords: HEV, Thick wall, HPDC, Green car

구동모터는 E-drive 차량에 공통적으로 적용되는 핵심부품이며, 전기(배터리 충전)를 동력으로 차량을 구동하는 구동 장치로서, 최근의 개발추세는 고효율의 영구자석형으로 개발이 추진되고 있다. 이러한 구동모터는 현재 친환경 양산 차량에도 장착되고 있는데 외관부품(Housing, Plate)은 2-piece의 알루미늄 중력주조로 제조되고 있다. 이 중력주조법은 용해된 금속을 금형에 인력 또는 장비를 이용하여 직접 주입하고, 별도의 가압 없이 중력을 이용하여 제품을 성형하는 방법이며, 상대적으로 적은 투자비로 비교적 양질의 주물제품을 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 제품 생산에 필요한 Cycle Time이 길고, 정밀성이 낮아 주조 후 후가공 공정이 상대적으로 많이 필요한 점 때문에 비교적 생산단가가 비싼 편이다. 따라서 소량생산 또는 시작부품의 제조에 많이 사용되고 대량생산에는 적합하지 않다는 단점을 안고 있다. 반면 다이캐스팅에서는 알루미늄 주조 공정 중 많이 사용되고 있는 제조 방법 중의 하나이다. 고속, 고압의 제조 장비를 이용하기 때문에 대량생산 체계에 매우 적합하며 높은 생산성에 따른 저원이 실현이 가능한 뿐만 아니라 매우 정밀한 제조 공법으로 인해 후가공을 최소화할 수 있다. 그러나 다이캐스팅 공법은 공정상 고속 고압으로 용융금속을 금형에 주입/성형하기 때문에 발생하는 주조 결함을 최소화하는 기술이 반드시 개발되어야 하는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 중력주조 부품보다 우위의 경쟁력을 갖는 다이캐스팅 부품을 개발하기 위하여 주조품질의 향상에 중점을 두어 기술개발을 추진하였다. Acknowledgement : This research was supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE), Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) through the Encouragement Program for The Industries of Economic Cooperation Region

[P5-10]

존 멜팅법을 이용한 게르마늄의 고순화 공정에 관한 연구: 전영준¹, 김경호¹, 최경환², 김상섭¹, 조규섭²; ¹인하대학교 신소재공학부. ²한국생산기술연구원.

Keywords: zone melting, germanium, graphite boat, high purity, mass transfer

단결정 게르마늄은 높은 투과 범위, 수분에 대한 반응성, 우수한 굴절률 등의 특성을 가지고 있다. 이처럼 우수한 특성을 가진 게르마늄은 반도체로 전자 산업에 이용되고 있고 적외선 투과재료로 광학계 핵심 부품인 투과창(window), 렌즈(lens) 등 여러 분야에 사용 된다. 다결정 게르마늄은 결정립 입계의 불순물 편석에 의한 내부 산란으로 투과율 감소 및 적외선 영상의 노이즈 증가로 인하여 대형 고성능 광학계에 적용하기 어려움이 있어 고순도의 단결정 게르마늄 소재가 요구되고 있다. 또한 게르마늄의 가격이 비싸기 때문에 스크랩의 재사용이 필수적인데 이러한 게르마늄 스크랩을 고순화하기 위해 존 멜팅법(zone melting method)을 적용하였다. 본 연구에서는 고순도 흑연보트의 형상을 변수로 두어 비저항 45 Ωcm 이상으로 고순화 된 게르마늄의 수율 향상을 위한 연구를 수행하였다. 고순도 흑연보트의 형상은 3가지로 각자 다른 형상의 흑연보트를 사용 하였으며 실험방법은 240 mm의 흑연보트에 게르마늄 스크랩을 채워 넣고 질소 95% 수소5%의 gas 분위기에서 유도코일을 이용하여 시작부분을 용해한 후 시편 끝 부분으로 불순물을 정제하였다.

[P5-11]

CMSX-10초내열 합금에서 응고 조직 형성 거동에서 대류의 영향에 따른 미세조직 변화: 성창훈¹, 구지호², 이현정¹, 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학과. ²두산중공업(주)소재기술개발팀.

Keywords: 응고, 초내열합금, 확산, 농도구배, 포정

본 연구에서는 Ni기 초내열합금에서 관찰되는 γ/γ' 이상조직(coupled structure)의 응고거동을 연구하기 위하여 제 3세대 단결정 초내열합금인 CMSX-10의 일방향 응고 실험을 수행하였다. 온도구배 $G=12.5$ K/mm, 응고속도 0.5 mms⁻¹범위의 응고조건에서 실험을 진행 하였다. 특히 대류의 영향에 따른 미세조직 변화를 관찰하기 위하여 내경 5 mm 알루미늄 튜브에 0.8 mm 튜브(thin-tube)를 장입, 대류가 없는 조건하에서 낮은 속도로 일방향 응고 시켰다. 대류가 작용하는 응고 외부의 경우 S/L 계면에서 γ/γ' 이상조직이 관찰되었다. 이는 대류에 의해 γ 상과 γ' 상 앞의 solute 농도구배 차이가 거의 없음으로 인해 γ/γ' 이상이 동시 성장 한다고 생각한다. 대류가 존재하지 않는 thin-tube 내부의 경우 초정 γ 상이 성장하기 시작하여 S/L 계면에서는 γ' 단상으로 응고가 완료되는 것을 확인 하였다. 이는 확산에 의한 γ, γ' 농도 차이로 인해 γ' 이 γ 를 완전히 덮으며 성장 되었다고 사료한다. 본 연구에서는 Ni기 초내열합금 CMSX-10의 일방향 응고실험 시 형성된 γ/γ' 이상조직을 포정응고의 관점에서 고찰하였다.

[P5-12]

Inconel 713C 초내열합금에서 결정립 크기에 따른 기계적 특성: 설기태¹, 권순철¹, 윤병관², 권석환², 홍현욱¹, 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학부. ²한국로스트웍스 기술연구소

Keywords: Superalloy, IN713C, Grain size, Stress-rupture, Mechanical property

Ni기 초내열합금 IN713C는 구조성과 고온에서의 강도 특성이 우수하고, 산화와 열피로에 대한 뛰어난 저항성을 가진다. 본 연구

에서는 IN713C 초내열합금을 접종제와 단열제를 사용하여 결정립 크기를 다양하게 제조하여 인장 시험 및 stress-rupture 시험을 실시하였다. 각각의 시편은 진공 분위기에서 용해하여 주형에 장입하고 대기에서 상온까지 냉각하여 표준 열처리를 실시한 후 실험을 실시하였다. 기지에 MC, M₆C 탄화물과 열처리 시 용해되지 않은 조대한 γ' 상으로 형성된 공정조직이 관찰되었다. 상온 인장 시험 결과, 결정립 크기가 미세할수록 인장강도와 연신율은 증가하고 고온 인장 시험(760°C) 결과, 모든 결정립 크기 조건에서 일정한 인장강도, 연신율이 관찰되었다. Stress-rupture 시험(927°C, 200MPa)결과, 결정립이 조대할수록 뛰어난 수명, stress-rupture 저항성이 관찰되었다. 이와 같은 결과를 토대로 최종적으로 우수한 미세조직학적 인자를 제시하고자 한다.

[P5-13]

10Cr1Mo강에서 일방향 응고 속도에 따른 초정상 형성 거동: 임근열¹, 권순철¹, 성기태¹, 신중호², 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업 기술연구소

Keywords: Turbine rotor alloy, 9-12Cr steel, Directional solidification, Dendrite, Delta-ferrite

발전용 터빈 로터에 사용되는 9-12wt.%Cr강은 크립 강도 향상을 위해 Cr, Mo, W, B과 같은 합금 원소들이 첨가되고 있다. 이들 첨가원소는 델타 페라이트 형성을 야기시켜 재료의 강도, 연성 및 인성을 저하시키는 원인이 된다. 본 연구에서는 10Cr1Mo강에서 일방향응고 실험을 통하여 응고 속도를 각각 10, 25, 50, 70, 100 $\mu\text{m/s}$ 로 제어하여 응고 속도에 따른 델타 페라이트의 거동 및 초정상의 변화를 관찰하였다. 응고 속도가 비교적 빠른 70, 100 $\mu\text{m/s}$ 에서 초정상이 마르텐사이트화 된 오스테나이트 상으로 관찰 되었고, 응고 속도가 비교적 느린 10, 25, 50 $\mu\text{m/s}$ 에서는 고체-액체 계면 부근의 마르텐사이트화 된 오스테나이트 수지상 중심에서 델타 페라이트 상이 관찰되었다. 오스테나이트 수지상 중심의 델타 페라이트는 초정 수지상으로 예상되며 이 델타 페라이트는 EBSD를 통해 동일한 Kikuchi pattern을 가지는 초정상임을 보여주었다. 이러한 결과를 바탕으로 평형 상태도와 응고속도에 따라 수지상 Tip 온도 계산을 통해 초정상 변화 거동을 수식적으로 분석 하였다.

[P5-14]

[001] Seed를 이용한 단결정 초내열합금에서 응고 속도 및 결정립 방위와 기계적 특성의 상관관계: 권순철¹, 이현우¹, 주윤곤¹, 신중호², 윤병관³, 권석환³, 이재현¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업 기술연구소, ³한국로스트왁스 기술연구소

Keywords: Superalloy, Directional solidification, Seed, Single crystal, Solidification rate

Ni기 단결정 초내열합금 CMSX-4에서 [001] 단결정 및 다양한 방향의 Seed를 이용하여 결정립 방위 및 응고 속도에 따른 기계적 특성에 대해 고찰하였다. 일정한 온도 구배 조건에서 단결정 Seed를 이용하여 일정한 방위의 결정립을 25-160 $\mu\text{m/s}$ 로 일방향 응고한 후 미세조직 변화를 관찰하였다. 1차 및 2차 수지상 간격은 응고 속도가 증가할수록 감소하였으며 수지상 사이에 형성되는 γ/γ' Eutectic의 크기 또한 감소함을 확인하였다. 열처리 이후 γ/γ' Eutectic은 모두 재고용 되었으며 수지상 간격이 미세할수록 편석의 정도는 감소하였다. [001]방향 및 다양한 방향을 가지는 Seed를 장입 한 후 다양한 응고 속도에서 일방향 응고시킨 후 인장 시험을 진행하였다. 결정 방위가 [001]방향에 가깝고 응고 속도가 빠를수록 높은 항복강도를 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 단결정 공정 변수(결정방위, 응고속도)에 따른 응고 조직 제어하고 최종적으로 우수한 인장 특성을 가지는 미세조직학적 인자를 제시하고자 한다.

[P5-15]

오스테퍼링 처리한 구상흑연주철의 감속기어 개발에 관한 연구: 조용재, 최창영, 정유현, 김건호, 윤종천, 이재욱, 김다혜; 한국생산기술연구원

Keywords: 오스테퍼링, 구상흑연주철, 오스테퍼라이트, 감속기어, 고인성

최근에 구상흑연주철을 강인화하는 방법으로 오스테퍼링처리에 대해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 특히 단강품이나, 주강재의 대체 소재로서 고강도 고인성 고경도 및 내마모성을 요구하는 자동차 및 산업기계부품 등에 적용에 대해 많은 기대를 하고 있다. 오스테퍼링처리는 열처리조건뿐만 아니라 Mo, Ni, Cu, Mn등의 합금원소를 첨가량의 변화에 따라 기계적 성질에 큰 차이를 나타내며, 많은 선진국에서는 오래전부터 열처리조건 및 화학원소의 인자에 대한 영향에 대한 연구가 이루어져, 산업부품에 되고 있으나 국내에서는 아직초기단계에 있는 실정이다. 하지만 오스테퍼링 처리한 구상흑연주철은 보다 박육화에 의한 중량의 감소 및 생산비 절감으로 많은 부품에 적용이 가능할 것으로 사료되어진다.본 연구에서는 고경도, 고인성 및 높은 내마모성을 갖는 기어부품에 적용을 위하여 Cu 첨가량 및 오스테퍼링 온도 변화에 따른 기계적 성질 및 파괴인성과 내마모성에 미치는 영향에 대해 조사 검토하였다.

[P5-16]

알루미늄 함량에 따른 오스테퍼링 열처리 조건 확립: 김동혁, 최시근, 김종형, 김양곤; 한국생산기술연구원 대경권지역본부

Keywords: Al-Cast iron, Austemperd Gray cast iron, AGI, zz

P6 : 재료강도

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P6-1]

반복적인 인장-압축 과정에서 관찰되는 Au 나노선의 소성변형거동 관찰: 김성훈¹, 서중현², 이재철¹, 안재평³; ¹고려대학교 신소재공학부, ²SK hynix R&D division, ³한국과학기술연구원 특성분석센터.

Keywords: FCC, Nanowire, Deformation twin, detwin, shape memory

나노화된 금속 재료는 내부의 전위밀도가 급격히 감소하면서 높은 강도와 함께 많은 기계적 특성이 변화한다. 특히, 내부 전위의 슬립에 의해 소성 변형되는 벌크 금속과는 달리 나노화된 재료는 대부분 표면/계면에서 새로운 전위가 생성되면서 소성 변형된다. 새 전위는 생성조건에 따라 완전전위와 twin으로 결정되기 때문에 나노재료에서는 twin에 의한 변형이 다수 보고되어왔다. 나노선에서의 twin 변형은 40%에 달하는 높은 소성 변형량과 가역적인 소성 회복이 가능하다는 특징을 갖고 있어 MEMS 소자나 기계적 에너지 저장이라는 측면에서 응용 가능성을 가지고 있다. 이 때문에 twin-detwin현상에 대한 실험결과들도 보고되어 왔지만 대부분의 결과가 twin-detwin 현상의 실험적 관찰이 주를 이루고 있어 생성 및 소멸 에너지의 정량적인 관점에서의 접근이 필요하다. 이에 본 연구팀은 twin-detwin 현상을 실험적으로 관찰하기 위해 TEM 내에서 [110] Au 나노선의 인장실험을 수행하였고, twin생성 이후에 인장용 MEMS DEVICE의 복원력(압축 응력)에 의해 detwin이 발생하는 현상을 관찰할 수 있었다. 이 때 측정된 응력-변형률 곡선을 통해 Au 나노선에서 나타나는 소성 변형과정을 에너지적으로 해석하고자 한다.

[P6-2]

단결정 니켈기 초내열합금의 고온 저주기 피로 거동: 최인강¹, 김상덕¹, 김재훈¹, 장성호², 배시연²; ¹충남대학교 ²전력연구원

Keywords: 저주기피로, 단결정, 초내열합금, 주사식 전자 현미경

초내열 합금은 높은 온도, 높은 응력, 부식, 침식 등의 극한 환경에서 우수한 저항성을 갖는다. 발전용 가스터빈의 경우에는 가스 터빈을 구성하는 부품들은 극한 환경하에서 운전되기 때문에 주로 초내열합금이 사용되고 있다. 그 중 터빈 블레이드의 경우에는 고온 고압에서 사용되고 크리프나 피로 등과 같이 복합적인 결함을 유발하는 문제 점을 지니며 가스터빈의 피로수명 및 재사용 여부 등을 평가하는데 중요한 요소로 작용한다. 본 논문에서는 IN792 초내열합금의 저주기 피로 수명을 연구하였다. 저주기 피로시험의 조건은 1.2%, 1.4%, 1.6%, 1.8% 변형률과 760°C와 870°C의 온도이다. 저주기 피로수명은 Coffin-Manson Method을 통해 예측하였다. 마지막으로 SEM을 이용하여 균열경로 및 파단면을 분석하였다.

[P6-3]

일차수응력부식균열 균열성장 시험방법 개선: 이종훈; 한수원중앙연구원

Keywords: PWSCC CGR, Nuclear Power Plants, Test Method, Water Chemistry, Autoclave

원자력발전소 설비 중 니켈 합금으로 제작된 기기들은 일차수응력부식균열(PWSCC : primary water stress corrosion cracking)의 발생 위험에 노출되어 있다. 따라서 세계적으로 PWSCC의 성장에 관한 연구를 통해서 거동을 예측하고 개선하기 위한 노력을 해왔다. 이러한 노력으로 PWSCC 저항성이 높은 재료가 개발되고 재료의 사용수명을 예측하는 방법이 개선되었으며, EPRI(Electric Power Research Institute)에서는 최근 전세계의 여러 연구기관의 연구 결과물들을 취합하여 PWSCC 균열성장 데이터베이스를 확보하고 보고서로 발간하기도 하였다. 국내에서는 일부 연구기관에서 관련 연구를 수행하고 있지만, 연구 인력과 시설이 부족하고 수화학 루프와 오토클레이브를 사용한 복잡한 실험임에도 불구하고 안정적인 시험 설비를 제작할 수 있는 제조사가 없어서 신뢰성 있는 연구를 수행하기에 어려움이 있다. 하지만 국내 기존원전에 적용된 Alloy 600 재료의 PWSCC 성장 특성을 조사하고, 신규 원전에 적용되는 Alloy 690 재료나 새롭게 개발되는 재료의 PWSCC 성장 특성을 조사하기 위해서 국내 기술력을 확보할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 과거 국내 기술로 제작된 PWSCC 성장 시험설비를 점검하고, 기술적 문제점을 보완하여 보다 신뢰성 있는 평가기술을 확보하고자 하였다. 전반적으로 실험 과정에서 안정성을 저하시키거나 실험 신뢰성을 떨어뜨리는 문제점을 개선하였고, 설비 위험성을 감소시키는 개선을 수행하였다. 최종적으로 개선된 시험설비를 활용하여 PWSCC 균열성장 실험을 수행하여 생산된 연구 성과물을 해외 데이터베이스의 추세선과 비교하고 우수한 유사성을 확인하였다.

[P6-4]

Alloy 600/182 재료의 원전 일차수 응력부식균열 균열성장 특성 조사: 이종훈; 한수원중앙연구원

Keywords: PWR Nuclear Power Plants, PWSCC CGR, DCPD, Alloy 600, Alloy 182

Alloy 600 재료는 고온 기계적/화학적 물성이 우수한 Ni-Cr-Fe 합금으로 가압경수형 원자력발전소의 증기발생기 전열관, 원자로 입/출구를 포함한 이중금속용접 노즐, 원자로 상하부 헤드를 포함한 관통노즐에 널리 활용된다. 하지만 Alloy 600은 원전 일차수 환경에서 일차수응력부식균열(PWSCC : primary water stress corrosion cracking)의 발생위험이 있다. 따라서 최근 건설된 원전에는 Alloy 600 재료를 사용하지 않고 크롬 조성을 30%까지 높여서 PWSCC의 저항성이 높은 Alloy 690 재료가 적용되었지만 기존에 건설된 원전들은 아직까지 Alloy 600 재료가 적용되어 있어 PWSCC의 생성/성장 거동을 파악하고 방지하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 원자력발전소의 가동중 검사 시기를 결정하는 PWSCC 성장속도를 조사하였다. Alloy 600과 용접재인 Alloy 182 재료를 대상으로 균열성장속도를 조사하였으며, 시험 조건은 가속화 실험을 위해서 360°C의 온도와 20 MPa의 압력조건을 결정하였

다. 원전의 일차수 환경을 모사하기 위해서 초순수에 보론을 1000 ppm, 리튬을 2 ppm 첨가하여 시험수를 제조하였으며, 용존수소량을 25 cc/kg (STP), 용존산소량을 5 ppb 이하로 관리하면서 실험을 진행하였다. 실험이 오토클레이브 내부에서 진행되기 때문에 시험편의 균열길이는 전위차법으로 측정하였으며, 일정한 응력확대계수 영역에서 실험을 수행하여 해당하는 균열성장속도를 측정하였다. 최종적으로 균열성장실험을 수행한 시험편의 파면을 관찰하여 응력부식균열을 확인하였다.

[P6-5]

적층 가공 공법에 따른 기계적 물성 변화: 윤종천, 이윤선, 차경제, 조용재, 최용진, 황선광, 김다혜; 한국생산기술연구원
Keywords: Additive manufacturing, Powder bed fusion, Direct energy deposition, 17-4PH stainless steel, Microstructure

저비용 고효율의 높은 잠재력을 가지는 적층 가공 기술 (Additive manufacturing technology)은 4차 제조 혁명의 핵심 기술로 이슈화되고 있으며 이에 따라 선진국을 중심으로 다양한 연구가 진행 중에 있다. 기존 제조 방식을 대체할 적층 가공 기술은 소재를 한 층씩 쌓아 적층 하는 방식으로 복잡한 형상 구현과 소재의 절감, 디자인 변경의 용이성 등의 다양한 장점을 가지며 고분자, 세라믹, 금속 등 다양한 재료가 사용된다. 이 중 금속을 사용하는 적층 가공 기술에는 PBF(Powder Bed Fusion)와 DED(Directed Energy Deposition) 공정이 대표적이며, 두 공정 모두 레이저를 열원으로 하여 금속 분말의 용융과 응고 과정을 거친다. 하지만 이 두 공정은 적층 공정과 조건에 따라 적층 된 소재의 미세조직과 기계적 특성 등이 달라지는 특징을 갖고 있음에도 아직까지 이에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 PBF와 DED 공정으로 17-4PH 스테인리스 강을 적층하여 제조된 시험편의 미세조직 및 기계적 특성에 대해 고찰하고자 한다. 본 연구에서 사용된 17-4PH 스테인리스 강은 시효 열처리에 의해 Cu-rich 상이 석출하는 석출 강화형 합금으로 우수한 내부식성과 강도를 가지며, 적층 가공 소재로도 널리 사용되고 있다. 적층 공정에 따른 조직 및 물성을 평가하기 위해 PBF와 DED공정으로 17-4PH 스테인리스 강을 적층 제조하였고, 상 분석(XRD), 미세조직 관찰(FESEM) 및 상 분율(EBSD) 분석을 진행하였다. 또한 각각의 시험편에 대해 경도 및 인장 시험을 진행하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 적층 가공된 시험편의 미세조직 및 기계적 특성을 평가하였다.

[P6-6]

크리프 시험 중 347H/P91 이종용접부의 P91-HAZ에 발달하는 미세조직 및 기계적 물성의 변화에 관한 연구: 서원걸¹, 이한성², 유근봉², 서진유³, 최시훈¹; ¹순천대학교 대학원 인쇄전자공학과, ²한국전력공사 청정발전연구소 발전시스템그룹, ³한국과학기술원 고온에너지 재료연구센터

Keywords: Dissimilar weld, Creep, Microstructure, Carbide, EPMA, TEM

P91 및 P92은 고 크롬 페라이트-마르텐사이트계로 고온에서 높은 크리프 강도(creep strength)를 갖기 때문에 발전 설비에 적용되는 합금강이다. P91과 P92는 증기 상태에서 낮은 산화성으로 인해 적용 온도가 제한되며, 경제적 비용 절감을 위해 고 크롬 페라이트-마르텐사이트계와 AISI 316 및 347H와 같은 오스테나이트계 합금강을 접합하여 사용하고 있다. 고온 증기 환경에서 이종용접부는 두 재료 간의 열팽창계수 차이, 석출물, 탄화물 형성, 탄소의 확산 및 용접부의 잔류응력에 의해 균열 발생이 유발된다. 특히, 347H/P91 이종용접부의 크리프 시험 시 열영향부(heat affected zone, HAZ-fine grain HAZ; FGHZ / intercritical HAZ; ICHAZ)에서 Type IV 균열이 발생한다 보고되어 있다. 본 연구에서는 크리프 시험 중 TIG 용접된 347H/P91 이종용접부(dissimilar weld)의 P91-HAZ에서 발달하는 미세조직 및 기계적 물성의 변화를 조사하기 위해 크리프 파단 예상 시간 대비 30, 50, 70, 90 % 조건에 대해 크리프 시험을 각각 수행하였다. 크리프 시험 중 P91-HAZ에 발달하는 미세조직의 변화를 관찰하기 위하여 광학현미경을 이용하였으며, 전자탐사미량분석기(electron probe microanalyzer, EPMA)를 이용하여 크리프 시험 중 기공(voids) 발생이 예상되는 영역에서 석출 거동을 분석하였다. 크리프 파단 예상 시간 대비 90 %에 해당하는 시험편의 기공 주변의 석출물 구조를 분석하기 위해 투과전자현미경(transmission electron microscope, TEM)을 이용하였다. 또한 동일 영역에서 크리프 시험 중 경도 값의 변화를 관찰하기 위해 비커스경도기를 이용하였다. 이상의 실험결과로부터 P91-HAZ에서 발달하는 미세조직과 경도 값과의 상관 관계를 이해할 수 있었다.

[P6-7]

고압수소 분위기 노출에 따른 오스테나이트계 스테인레스강의 저온물성 연구: 오동현¹, 전민우¹, 이창현¹; ¹(재) 한국화학융합시험연구원
Keywords: 저온물성, 니켈 당량, 수소환경취성

석유에너지 고갈 및 환경 문제로 인하여 친환경차량 중 하나로 부가되고 있는 수소연료전지차량(FCV, Fuel Cell Vehicles)에 대한 관심이 높아지고 있는 실정임, 최근 설치되고 있는 수소충전소의 경우 충전압력 및 온도조건은 700 bar 및 -40 °C ~ 85 °C로 고압 및 저온 분위기에서도 취성이 나타나지 않는 재료 개발이 활발하게 진행되고 있음. 배관 및 밸브 주요 부품으로 사용되고 있는 오스테나이트계 스테인레스 316L 강 경우 Ni 함량이 수소 취성에 강하게 영향을 주는 원소로 알려져 있어 본 연구에서는 두 가지 Ni 당량을 지니는 316 스테인레스강에 대하여 고압수소 분위기에 노출 후 -40 °C 저온에서 인장, 충격 등의 기계적 물성을 비교 분석하고자 하였음.

[P6-8]

금속 3D 프린터 적층 금형의 분할 접합 피로특성: 홍석관, 김성규, 김영근; 한국생산기술연구원

Keywords: 금속 3D 프린팅, 사출성형, 금형, 접합, 피로강도

금속 3D 프린팅 방식으로 제작된 컨포멀 쿨링 채널(conformal cooling channel)을 포함하는 사출성형 금형에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 비용적인 측면에서 보급화에 걸림돌이 되고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위한 방안으로 하이브리드 방식

이 적용되고 있다. 이 방법은 하나의 사출금형 코어에서 3D 냉각채널이 포함된 부분만 3D 프린터로 제작하고 나머지 부분은 일반 절삭가공으로 제작한 뒤 서로 접합하여 사용하는 방식이다. 본 연구에서는 이러한 접합 방식이 사출성형 금형에 적용이 적합한 지를 평가하기 위해서 피로시험을 수행하였다. 피로시험 시편은 금속 3D 프린터(Sodick OPM250L)로 제작하였고 이를 분할하여 다시 접합하였다. 이때 접합은 브레이징(brazing) 방식을 채용하였다. 피로시험은 초음파 피로시험법을 채택하였다. 접합 유무와 열처리 유무의 조합으로 총 4가지 조건에서 피로시험을 진행하였다. 실험결과 브레이징공정이 들어간 시편들이 현저히 피로강도가 낮아지는 것을 알 수 있었으며, 또한 브레이징공정의 시편의 경우도 열처리된 시편이 피로강도가 높게 관찰되었다.

[P6-9]

내진·내화 건축구조용 페라이트/베이나이트계 강재의 Mo, Ti, Nb 등 합금원소 함량에 따른 미세조직과 기계적 특성의 변화: 박성준¹, 김준연¹, 이창훈², 문준오², 홍현욱¹; ¹창원대학교 ²재료연구소

Keywords: Structural steel, Seismic resistance, Low cycle fatigue, Cyclic softening

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 (A), 0.1Mo-0.07Ti-0.001Nb (B), 0.2Mo-0.1Ti-0.001Nb (C) 에 대해 진공용해 및 열간압연을 통해 3가지 강재를 제조하였다. 미세조직을 토대로 하여 각 강재 별 상/조직 분율 분석결과, 경화능 증대효과가 매우 큰 Mo의 함량이 가장 높은 강재(C)의 베이나이트 분율이 약 90%로 가장 높게 나타났고, Ti와 Nb의 함량이 가장 높은 강재(C)의 경우 2.5%로 가장 낮게 관찰되었다. 또한 C강재의 경우 페라이트 결정립 내에 수 나노 크기의 미세한 (Ti,Mo)-rich MC 석출물이 비교적 균일하게 형성되어 있는 것을 관찰하였다. 인장시험은 상온(24°C)과 고온(600°C)에서 시행하였다. 상온인장시험 결과 MC 석출물이 가장 많이 형성되고 베이나이트 분율이 가장 낮은 C강재의 항복강도(642 MPa)와 인장강도(839 MPa) 모두가 베이나이트 분율이 가장 높은 A강재의 항복강도(507 MPa)와 인장강도(644 MPa)보다 높게 나타났다. 항복비 또한 C강재가 0.77로 가장 낮게 나타났다. 그러나 고온인장시험 결과 C강재의 상온대비 600°C 항복강도가 가장 큰 폭으로 감소(40%)하였고 연신율 또한 가장 큰 폭의 감소(30.7→22.5%)가 관찰되었다. 이와는 달리, A강재의 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 A강재의 베이나이트 조직은 매우 긴 시간 열노출 후에도 안정하다는 것이 확인되었다. A강재와 강재에 대해 저주기 피로 시험 결과 A강재는 주로 Cyclic Softening이 일어나고, C강재는 Cyclic hardening이 일어나는 것을 확인하였고, 상온에서는 A강재의 저주기 피로 특성이 C강재보다 우수하게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 상온과 600°C 고온인장시험 전과 후의 TEM Image 분석을 통하여 A와 C강재의 베이나이트 조직과 미세 석출물에 의한 강화효과 및 고온 항복강도 저하 원인을 규명하고자 한다.

[P6-10]

경량철강을 기반으로한 스테인리스강 개발을 위한 Cr 첨가 효과 및 변형 거동 해석: 김치원¹, 박성준¹, 박성준², 이창훈², 김영준³, 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실, ³포항산업과학연구원

Keywords: : Lightweight Stainless Steel, dislocation, Cr addition, κ -carbide

최근 민수, 군수분야에서 저비중, 고강도 및 고내식성 재료의 개발을 통해 해당분야의 장비 운용 효율성을 증진시키고 나아가 Ni의 첨가를 지양하여 경제적인 측면을 개선하고자 하였다. 따라서, Ni 첨가를 배제한 Ni-free 경량 고강도 스테인리스강 개발에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구의 후보소재로는 Ni를 포함하지 않으면서 Mn과 C의 첨가를 통해 상온에서 austenite 기지를 안정화하고, Al의 첨가를 통해 기존철강 대비 약 15~20% 가량 경량화를 목적으로 한 Fe-Mn-Al-C 합금계가 고려되었다. 본 합금계에서 Al과 C의 첨가는 열처리 시 austenite 기지로부터 정합관계를 가지며 규칙상으로 존재하는 L₁2 구조의 κ -carbide의 석출에 기여한다. κ -carbide는 합금성분 및 열처리 조건에 따라 입내에 미세하게, 또는 입계에 조대하게 석출되며, 소성변형 시 발생하는 전위의 활주를 효과적으로 억제하여 석출경화의 주요인자로 작용한다. 또한 Cr의 첨가를 통해 내식성 향상을 유도하였다. 따라서 본 연구에서는 Cr 첨가에 따른 κ -carbide의 석출거동 변화 및 소성변형 시 나타나는 변형기구에 대해 연구하고자 하였다. Cr이 첨가되지 않은 경우 Al과 C의 복합적인 합금화로 인해 κ -carbide의 석출이 활성화되어 입내에 미세하게 석출될 뿐만 아니라, 입계에도 조대화된 형태로 석출되어 존재한다. 또한, austenite 기지와 정합관계를 갖는 상태가 아닌 정출상으로 판단되는 조대한 κ -carbide가 관찰되었다. 소성변형 발생 시, 전위의 평면형 활주에 의해 입내의 미세한 κ -carbide가 shearing되어 규칙화가 파괴되고, 이로 인해 전위에 대해 easy path로 작용하게 되므로 미흡한 가공경화 현상이 나타난다. 또한, 정출상으로 판단되는 κ -carbide 내부에서 균열이 발생하여 파단이 이른 시기에 발생 하는데, 이는 응력집중으로 인해 균열 형성 구역으로 작용하기 ?문에 나타나는 현상으로 판단된다. 반면, Cr이 첨가된 경우, 결정립이 조대화 되었으며 κ -carbide의 석출이 억제되어 입내에 미세하게 석출되었다. 인장 하중에 의한 소성변형 시 Cr이 첨가되지 않은 경우는 기체내의 규칙화된 κ -carbide의 존재로 인해 전위의 shearing이 제한적인 슬립 계에서 발생하였다. 뿐만 아니라, 조대한 κ -carbide 내에서도 고밀도 전위의 평면형 활주가 나타났다. 이러한 고밀도 전위가 이른 파단의 주요 원인으로 판단된다. Cr이 첨가된 경우 규칙상 κ -carbide의 미세화가 나타나며 이로 인해 전위의 shearing은 보다 많은 슬립계의 활성화에 의해 발생한다. 이러한 변형거동의 차이는 기계적 특성에 영향을 미치므로, Cr의 첨가가 야금학적으로 미치는 영향에 대해 면밀히 비교하고자 Cr 첨가 전후를 거시 및 미시적으로 분석하여 고찰하였다.

[P6-11]

유연 페로브스카이트 태양전지의 역학물성 향상: 안승민, 우정현, 정의대, 송명훈, 김주영; *UNIST 신소재공학부*.

Keywords: 페로브스카이트 태양전지, 인장강도, 탄성한계, 유연성

최근 에너지 고갈과 환경에 대한 이슈로 인해 무한한 에너지원으로 간주되는 태양전지가 차세대 대체에너지로 각광받고 있다. 다양한 태양전지 중에 페로브스카이트 구조의 유기 복합재료를 이용한 태양전지가 급속도로 관심을 받고 있는데, 발전단가가 저렴하고, 간단한 기술을 통해 높은효율의 소자를 제작할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 대기상태에 노출되면 쉽게 열화되기 때문에 상용화에 대해서는 한계가 존재한다. 최근 페로브스카이트 소재 자체의 안정성 및 수분/산소에 대한 내구성을 향상시키는 연구가 진행되어 많이 보완되어 있지만, 소자 상용화를 위한 기계적 신뢰성에 대한 연구는 거의 진행되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 페로브스카이트 태양전지에 나노역학적 측정기술을 이용하여 소자의 기계적 물성을 측정하고 그것을 기반으로 유연소자의 가능성을 규명하는 연구를 진행하였다. 페로브스카이트 태양전지에 사용되는 소재를 동일한 공정을 통해 제작하여, 외부의 환경과 차단되는 SEM 내에서 일축인장시험을 실시하였다. 실험결과 페로브스카이트 소재가 소자 전체의 유연성을 좌우 하는 것을 규명했다. 또한 제작공정 변수제어를 통해 페로브스카이트 소재의 역학물성을 향상 시켰고, 그로 인해 소자의 유연성이 향상시키는 연구를 진행하였다. 이를 바탕으로 페로브스카이트 태양전지의 내구성 및 기계적신뢰성에 대한 고찰을 진행하였다.

[P6-12]

열처리와 접합강도에 따른 강-알루미늄 다중융합소재의 기계적 특성: 하동욱¹, 전건우¹, 송태웅¹, 임연수², 김동진², 정창열¹; ¹동국대학교 원자력에너지시스템공학과, ²한국원자력연구원 원자력재료연구부.

Keywords: steel, aluminum, multi-materials, adhesive, mechanical property

최근 자동차 업계에서는 차량의 내충돌성 향상을 위한 차체의 고강도화와 동시에 연료 효율을 높이기 위한 차체 경량화의 복합적인 해결 방안으로 다중소재융합 및 이중재질 접합기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있지만, 접합강도와 열처리 조건에 따른 다중융합소재의 기계적 특성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 자동차 차체 프레임 및 새시 부품 소재로 사용되고 있는 DP590 강판과 A356 알루미늄 주조재 합금에 대하여 열처리 조건에 따른 경도 및 인장 특성을 비교 평가하였다. 또한, 접합강도 변화에 따른 기계적 특성을 분석하기 위해 SPCC 냉연강판과 A5052 알루미늄 판재를 구조용 접착제로 접합하여 접합강도에 따른 인장 및 굽힘 시험을 실시하였다. 열처리 조건에 따른 A356 합금의 경도와 인장강도는 용체화 온도가 525 ~ 555 °C까지 증가함에 따라 용질원자의 고용도 증가로 인한 고용강화 효과로 증가하는 결과를 나타내었지만, 565 °C에서는 조대해진 수지상에 의한 연화 효과가 고용강화보다 크게 작용하여 감소하는 결과를 보였다. DP590 강은 용체화 처리를 실시함에 따라 항복강도는 증가하고 인장강도는 감소하며 신율은 거의 동일한 결과를 나타내었다. 한편, 용체화 온도의 변화에 따른 강도 및 신율은 큰 변화 없이 거의 동일한 값을 나타내었지만 용체화 시간이 증가함에 따라 항복 및 인장강도가 소폭 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 구조용 접착제를 사용하여 접합한 강-알루미늄 이중재질의 접합강도 변화에 따른 인장 특성 결과에서 접합강도의 증가에 따라 이중재질의 균일 변형이 증가하여 계면 분리 전까지 연신율이 증가하는 결과를 나타내었으며, 굽힘 시험 결과 접착 계면 분리에 따라 급격한 응력 감소 현상이 나타나고 강과 알루미늄의 적층 순서와 접합강도에 따라 다른 기계적 거동을 보였다.

[P6-13]

Ti-39Nb-6Zr+Si 합금의 열처리에 의한 기계적 특성의 변화 분석: 장지훈¹, 최영신¹, 윤창석¹, 이동근; *순천대학교 신소재공학과*.

Keywords: Ti-39Nb-6Zr alloy, Silicon, Bio-medical materials, Heat treatment

생체 내에 인공 임플란트부품을 이식함에 있어 소재부품의 예상 사용수명을 늘리는 우수한 기계적 성질은 필수불가결하다. 이에 비강도가 우수하며 내식성과 생체적합성이 뛰어난 타이타늄 및 타이타늄 합금이 인공관절과 치과용 임플란트와 같은 의료 분야 소재로 널리 사용되고 있다. TNZ40 (Ti-39Nb-6Zr)합금은 세포독성이 거의 없는 β 상 안정화 원소인 Nb, Zr을 합금원소로 첨가시켜 기존의 Ti-6Al-4V 합금의 유해성과 비교하여 생체에 무해하다. 특히 사람 뼈와의 탄성계수 차이가 매우 작은 편이기 때문에 응력차폐 현상에 의한 골다공증과 같은 문제를 억제하고 최소화할 수 있다는 매우 큰 이점이 있다. β -type 타이타늄 합금의 경우 천이상인 ω 상 석출에 주의를 해야 하며, 이를 제어함으로써 부품에서 요구하는 특성을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 기계적 성질을 향상시키기 위해 Si 함량을 다양하게 변화시킨 Ti-39Nb-6Zr+Si 합금을 고진공용해법으로 제조하였으며, 이들 Ti-39Nb-6Zr+Si 합금에 대해 용체화 및 시효처리를 수행하여 미세조직 및 기계적 특성을 제어하고자 하였다. 또한, Si 함량과 열처리 된 Ti-39Nb-6Zr+Si 합금의 기계적 성질의 상관관계를 고찰하였다.

[P6-14]

Microstructural Analysis of Friction Stir Butt Welded Joint of Dissimilar Aluminium and Steel Alloys: Anaman Yaw Sam¹, Hong Sung-tae², Das Hrishikesh², Cho Hoon-hwe¹; ¹Hanbat National University, ²University of Ulsan.

Keywords: Friction Stir Welding, Dissimilar alloys, Microstructural analysis, Intermetallic compound, Stir zone

Microstructural analysis of friction stir welded (FSW) joints of two dissimilar alloys, 5052-H32 aluminium alloy and dual phase steel, is studied using optical microscope (OM) and electron back-scatter diffraction (EBSD) equipped with field emission scanning electron microscope (FESEM). In the stir zone (SZ), three distinct regions are observed: i) top layer consisting of aluminium matrix with scattered steel fragments, ii) middle layer having intermetallic compounds (IMC), and iii) bottom layer with steel. A remarkable FeAl-like IMC is measured in the middle layer, and another form of IMC is also developed at the interface between the aluminium and steel alloys. The overall hardness of the SZ is higher than the base material, and micro cracks developed in the SZ cause a lower fracture

toughness as compared to the base material.

[P6-15]

전자빔 적층방식으로 제작한 Inconel 718 초합금의 고온 기계적 성능과 미세조직에 미치는 빌드 방향 의존성: 박근태¹, 이해진¹, 정석준¹, 하태권², 김형균¹, 김진희¹, 이병수¹; ¹한국생산기술연구원 적층성형가공그룹, ²강릉원주대학교 신소재공학과

Keywords: 적층가공, 전자빔적층가공, Inconel 718, 적층방향, 방향성 응고조직

EBAM (Electron-Beam Additive Manufacturing)은 수십 μm 단위의 Layer를 적층하여 요구하는 형상의 부품을 제작하는 방법으로 적층방향에 따른 부품의 미세조직을 포함한 기계적 물성의 차이가 크게 발생한다. 본 연구에서는 EBAM을 이용하여 적층방향이 서로 다른 Inconel 718 초합금을 제조하였으며 적층방향(Built direction, BD)이 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다. 적층방향과 시편의 Z축 사이의 각도는 0° , 15° , 45° , 90° 이며 미세조직 분석을 위해 SEM, EBSD, TEM, APT를 이용하였다. 고온 기계적 물성을 평가하기 위해 650°C 에서 고온 인장 및 크립시험(하중 700 MPa)을 수행하였다. 모든 결정립의 방향은 적층방향과 평행하게 발달되어 있으며 대부분 [001] 집합조직을 가지고 있다. 시편의 Z축의 각도가 증가할수록 [001] 집합조직의 강도는 감소하였으며 용융되지 않은 금속분말들(unmelted particles)이 기지에 잔존하고 있다. Laves, MC 및 δ 상들이 입계에 존재하고 있으며 적층방향과 평행하게 배열되어 있다. 적층방향과 평행한 시편이 우수한 강도(1.0 GPa)와 크립성능(420H)을 나타내었다. 시편의 Z축의 각도가 증가할수록 강도와 크립성능은 크게 감소하였다.

[P6-16]

초고강도 합금강의 이중 마찰교반접합부에서의 미세조직 특성 연구: 이지우¹, Mounarik Mondal², Hrishikesh Das², 홍성태², 조훈휘¹; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²울산대학교 기계공학부

Keywords: Friction Stir Welding (FSW), DP steel, CP steel, EBSD

마찰교반접합(Friction Stir Welding, FSW)은 재료를 고상에서 접합하는 기술로서, 일반 용융 용접에 비해 접합시 결함이 적으며 기계적 특성이 양호하기 때문에 여러 분야에서 실용화 되어 왔다. 마찰교반접합 기술의 적용은 대부분 알루미늄 및 마그네슘 합금처럼 용접이 비교적 낮은 재료에 한정되어 왔으나, 최근에는 철강재료와 같이 용접이 높은 재료에도 적용되고 있다. 초고강력강판(Advanced High Strength Steel, AHSS steel)은 고장력강판(High Strength Steel, HSS steel)보다 가볍고 강도가 높아 자동차산업에서 주목받고 있는 철강재료이다. 본 연구에서는 AHSS steel중에서도 dual phase (DP) steel과 complex phase (CP) steel의 이중 마찰교반접합시 나타나는 미세구조 변화를 광학현미경(Optical Microscopy, OM)과 전자후방산란회절(Electron Backscatter Diffraction, EBSD)을 통해 분석한다. 동일 합금에서의 마찰교반접합부와 이중 마찰교반접합부에서 나타나는 미세구조의 차이를 분석하고, 이중 마찰교반접합시, 각 합금의 위치에 따른 재료 유동의 흐름을 확인하고, 이에 따른 미세조직의 차이를 분석한다. 마지막으로, 경도 시험을 통해, 재료 유동의 흐름 차이가 접합부에서의 강도 특성에 어떻게 영향을 미치는지를 확인한다.

[P6-17]

플렉서블 봉지 재료용 금속 박막 합성 및 물성 평가: 박선영, 황경석, 김주영; UNIST 신소재공학부

Keywords: 금속 박막, 스퍼터링, 봉지재료, 나노인장시험

회거나 접을 수 있어 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 플렉서블 디스플레이의 상용화 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이에 따라 봉지 재료에 대한 연구도 많이 진행되고 있는데, 봉지막은 외부에서 유입되는 수분과 산소를 차단함으로써 수분과 산소에 취약한 소자의 산화를 방지 할 뿐만 아니라 기계적 충격으로부터 보호하기 위한 필수적인 구조이다. 기존의 유리 봉지 공정 경우 수분 및 산소 투습 방지 효과는 뛰어나지만 쉽게 깨지기 때문에 플렉서블 소자에 적용이 어렵고, 원자층 증착법을 이용한 무기물 박막 공정 경우 공정 비용 또는 공정 시간으로 인한 수율 측면에서 상용화에 한계점이 있다. 본 연구에서는 대면적화 및 상온 공정이 가능한 스퍼터링 기술을 이용하여 플렉서블 봉지 재료용 금속 박막을 제조하였다. 봉지 특성 평가를 위해 칼슘 부식 시험법을 이용하여 수분투과율을 측정하였다. 또한 나노 인장 시험을 통해 강도 및 연성 등의 기계적 물성을 평가하고 플렉서블 봉지 재료로서의 금속 박막 특성에 대해 토의한다.

[P6-18]

솔겔 공정으로 제작한 이산화규소 박막의 고연신 특성 분석: 김시훈, 김한글, 김나향, 김주영; 울산과학기술원 신소재공학부

Keywords: SiO_2 , 박막, 인장물성, sol-gel

PECVD, 스퍼터링, 열산화 공정 및 솔겔 공정과 같은 다양한 방법으로 증착이 가능한 이산화 규소 박막은 최근 전자기기의 사용이 증가함에 따라 절연층, 부동층, 확산 장벽 등으로 사용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 증착 방법 중 솔겔 공정은 넓은 면적을 균일하게 코팅이 가능하고 솔루션 공정을 이용해 두께 조절이 쉬우며 생산 단가가 다른 공정에 비해 낮은 장점이 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 최근 유연성 소자의 수요가 증가함에 따라 소재의 flexibility와 stretchability를 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만 일반적인 무기재료의 경우 재료 내부에 존재하는 핀홀 및 결정립계와 같은 결함들이 크랙의 발생 원인으로 작용하여 낮은 변형 특성을 가지고 있어 유연성 소자에 적용하기 어려운 단점이 있다. 반면 나노스케일 두께를 가진 무기재료 박막의 경우 두께가 감소함에 따라 결함이 존재 할 수 있는 부피가 감소하여 확률론적으로 결함의 수가 감소된다. 이러한 이유로 특정 두께 이하에서 무기재료 박막 내에 결함이 존재하지 않게 되어 이론 강도에 가까운 강도 값을 가지게 된다. 이 경우 소재의 탄성계수는 변화 없이 강도 값만 증가하기 때문에 상대적으로 높은 변형률을 가지게 된다. 하지만 샘플 제작 공정 및 물성 분석이 어려운 나노스케일 무기재료는 기계적 물성 관련 연구가 부족한 상태이다. 본 발표에서는 나노스케일 두께의 이산화규소 박막을 솔겔 공정

을 이용하여 제작 하고 유연 특상을 분석하였다. 이산화규소 박막의 비정질 미세구조는 TEM 분석을 통하여 확인하였으며, 투과도는 UV-vis-nir 장비를 이용하여 측정하였다. 이산화규소 박막의 기계적 물성은 Push-to-Pull device를 이용하여 SEM 내에서 일축 인장 실험을 진행하여 측정 하였으며, 반복 소성변형 여부 및 탄성 한계를 보다 정확하게 분석하기 위해 반복 인장 시험을 진행하였다.

[P6-19]

무전해도금을 이용한 나노포러스 금의 형상 제어 및 기계적 특성 평가: 좌은지, 송은지, 김주영; UNIST 신소재공학부.

Keywords: 나노포러스 금, 무전해도금, 디알로잉, 미세구조

나노포러스 금(Nanoporous gold)은 가공과 뼈대(리가먼트)를 이루는 금 구조가 서로 연결되어 있으며, 기체나 액체가 투과 가능한 복연속성(bicontinuous) open-cell 구조를 가지고 있어 높은 비표면적과 화학적 안정성을 가져 다양한 분야에서 각광받고 있는 재료이다. 나노포러스 금은 모함금인 금-은 합금에서 은을 선택적으로 에칭하는 디알로잉(Dealloying) 공정을 통해 제조되는데, 이 때 표면 금 원자들이 표면확산을 통해 이동하며 3차원적인 다공성 구조를 가지게 된다. 이렇게 만들어진 나노포러스 구조는 뼈대의 크기와 연결성이 불규칙적으로 형성되기 때문에, 인장 응력 상황에서 파단면 근처의 리가먼트, 특히 리가먼트가 가장 얇은 부분에 응력이 집중되어 취성 파괴 거동을 보이게 된다. 따라서 나노포러스 금의 강도 향상을 위해서는 응력이 재료 전체에 분산시키기 위해 다공성 구조를 균일하게 제작하는 기술이 요구된다. 본 연구에서는 디알로잉 공정을 통해 나노포러스 금을 제조하고, 무전해도금을 이용하여 리가먼트와 기공의 형상을 제어하여 미세구조를 TEM, SEM, EBSD 등을 통해 분석한다. 또한 미세구조와 기계적 특성의 상관관계를 분석한다.

[P6-20]

투명교정장치의 구강 내 사용환경 모사를 통한 강도특성 변화 연구: 전한솔¹, 공영민², 김주영¹, 전은채²; ¹UNIST 신소재공학부, ²울산대학교 첨단소재공학부.

Keywords: 투명교정장치, 탄성계수, 강성

치아 교정에 사용되는 투명교정장치는 기존의 보철물과 달리 투명하여 환자의 교정장치 착용 여부를 타인이 알아챌 수 없기 때문에 외모에 대한 관심이 높아지고 있는 요즘 많은 관심을 받고 있다. 그러나 투명교정장치는 소재에서부터 제작까지 일부 회사에서 독점하고 있기 때문에 소재에 대한 정보가 한정적으로 공개되어 있다. 특히 치아 교정장치의 성능과 직결되는 교정력을 결정하는 소재의 강도특성에 대해서는 더욱 알려진 바가 없다. 또한 비교적 고온이며 다양한 화학물질이 존재하게 되는 구강 내에서 사용되기 때문에 구강 내 착용 중에 발생하는 강도특성 변화에 대해서는 더욱 알려진 바가 적다. 이에 본 연구에서는 치아 교정용으로 제작된 투명교정장치 시제품을 사용하여 구강 내 착용 시 시간에 따른 강도특성 변화 여부를 분석하였다. 구강 내 사용환경 모사를 위해 인간의 체온과 동일한 온도를 지속적으로 유지할 수 있는 항온조에 인간의 타액과 유사한 성분으로 제조된 인공타액과 투명교정장치를 같이 넣었다. 일반적으로 하나의 투명교정장치를 14일 간 착용하므로 본 연구에서도 14일 동안 인공타액 속에 담가두었으며, 인공타액의 부패를 방지하고자 3일마다 새로운 인공타액으로 교체하였다. 특정 날짜마다 나노인덴테이션을 이용하여 탄성계수와 경도 변화를 측정하였고 교정력 환산을 위해 강성도 별도로 측정하여, 날짜에 따른 강도특성 변화를 분석하였다.

P7 : 열전재료

Room 1층 전시장, 10월 24일

[P7-1]

중저온용 온도 대역에 적용가능 한 접합 소재 및 접합 기술 개발: 김종태¹, 김동환¹, 윤덕기², 김태훈², 김호영¹; ¹대구경북과학기술원. ²(주)정관

Keywords: 열전기술, 열전발전소자, Bi-Te, 접합기술

일반적으로 이중 금속간 접합은 접합온도에 따라 용접(welding), 브레이징(brazing), 솔더링(soldering) 등으로 나누어진다. 일반적으로 용접은 모재의 용융점 이상, 브레이징은 450°C 이상, 솔더링은 450°C 이하로서 접합온도 영역에 따라 구분되며, 세 가지 접합 방법 중 Bi-Te계 열전소자에 많이 적용되는 솔더링의 경우, RoHS(유해물질 규제 지침) 법령에 의하여 Pb-free 계 Sn-Sb, Sn-Ag 등의 솔더가 사용되고 있다. 하지만 Pb-free계 솔더의 용점이 약 180~250°C 이기 때문에 250°C 이상에서는 사용이 불가능한 단점이 있다. 본 연구에서는 400°C 온도 영역에서 사용가능한 접합소재 및 접합기술에 관하여 연구하였으며, 열전소자의 전극으로 사용되는 Cu전극의 접합에 적용하여 중저온용 Bi-Te계 열전소자 제조가능성을 검토하였다. 본 연구는 DGIST R&D 프로그램과 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (18-ET-02, No. 20172010000830)

[P7-2]

Enhancement of Thermoelectric Properties by Lattice Softening and Energy Band Gap Control in Te-deficient InTe_{1-δ}: SongYi Back¹, Hyunyoung Cho¹, Young-Kwang Kim², Seokyeong Byeon², Hyungyu Jin², Jong-Soo Rhyee¹; ¹Kyung Hee University. ²Pohang University of Science and Technology.

Keywords: Thermoelectric, InTe, low thermal conductivity

The InTe has intrinsically low lattice thermal conductivity κ_L originating from the anharmonic bonding of In¹⁺ ion in the lattice, which scatters the phonons. Here we report the enhancement of thermoelectric properties in Te-deficient InTe_{1-δ} ($\delta=0, 0.01, 0.1$, and 0.2) polycrystalline compounds. We suggest that the Te-deficiency gives rise to more weak ionic bonding between In¹⁺ atoms and In³⁺Te²⁻ clusters than those of pristine InTe, resulting in the reduction of κ_L near the room temperature. The weak ionic bonding is confirmed by the increase of lattice volume from the X-ray diffraction and lattice softening by the decrease of Debye temperature with increasing Te-deficiency. We observed the low lattice thermal conductivity κ_L of $0.53 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ at 300 K for InTe_{0.99}, which is about 25 % decreased value than those of InTe. The Te-deficiency also induces energy band gap so that the electrical resistivity and Seebeck coefficient are increased due to the decrease of carrier concentration. Temperature-dependent thermoelectric properties show the high Seebeck coefficient at high temperature and high electrical conductivity near room temperature, resulting in the temperature-insensitive high power factor over a wide temperature range. Owing to the temperature-insensitive high power factor and intrinsic low lattice thermal conductivity by Te-deficiency, the thermoelectric performances of figure-of-merit ZT and engineering ZT_{eng} are enhanced at mild temperature range.

[P7-3]

이중 도핑된 테트라헤드라이트 Cu₁₁Co_{1-x}Zn_xSb₄S₁₃의 고상합성 및 열전특성: 이고은, 김일호; 한국교통대학교

Keywords: thermoelectric, tetrahedrite, double doping, mechanical alloying, hot pressing

Cu₁₂Sb₄S₁₃의 기본조성을 갖는 테트라헤드라이트(tetrahedrite) 화합물은 낮은 열전도도와 상대적으로 가볍고 비독성 원소로 이루어져 있어 중온영역의 유망한 열전재료로 관심을 받고 있다. 테트라헤드라이트는 높은 정공 농도를 가지기 때문에, 도핑을 통해 캐리어 농도를 감소시켜 출력인자를 최적화할 수 있다. 또한 원자 치환을 통해 격자 왜곡으로 인한 포논산란에 의해 격자 열전도도가 감소하여 열전특성이 향상될 수 있다. 본 연구에서는 Cu₁₁Co_{1-x}Zn_xSb₄S₁₃ ($x = 0.0 - 1.0$)를 기계적 합금화 및 열간 압축성형을 통해 제조하였고, 열전특성에 미치는 Co와 Zn의 이중 도핑 효과를 조사하였다.

[P7-4]

도핑원소 첨가에 따른 GeTe계 열전화합물의 미세조직 변화: 김현호, 박재익, 김현지, 정혜린, 이호성; 경북대학교

Keywords: GeTe, 도핑, 미세조직, 헤링본

열전변환기술은 열을 전기로 변환하는 제벡효과를 이용한 기술이다. 열전변환효율은 재료의 성능에 따라 결정되며 성능지수 $ZT = S^2\sigma T/k$ 로 표현할 수 있다. 여기서 S는 제벡계수, σ 는 전기전도도, k는 열전도도, T는 절대온도이다. 높은 성능지수를 가지기 위해서는 파워팩터($S^2\sigma$)의 향상과 열전도도의 감소가 필요하다. GeTe계 열전재료는 200~500°C에서 쓰이는 중온용 열전재료이다. GeTe계 화합물은 Ge의 공공 때문에 높은 캐리어 농도를 가지게 되고, 이로 인해 낮은 제벡계수 값과 높은 열전도도를 가지게 된다. 따라서 GeTe계 화합물의 열전성능 향상을 위해서는 캐리어농도 제어가 필수적이다. TEM을 통하여 GeTe를 관찰하면 밝고 어두운 콘트라스트들이 형성되어 있는 헤링본구조를 확인할 수 있다. 헤링본구조는 GeTe가 고온의 입방정 구조에서 400°C 부근의 상전이 온도를 지나 능면체 구조로 상전이 할 때 생기는 응력을 완화시키기 위해 발생하는 특이한 미세조직이다. 헤링본의 폭과 길이를 제어할 수 있다면 GeTe계 화합물의 열전특성 향상에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상된다. 현재까지 GeTe계 화합물은 도핑원소 첨가에 따른 수송특성 변화로 인한 열전성능 변화에만 초점을 둔 연구가 많이 진행되었다. 도핑원소 첨가에 따른 헤링본구조의 변화에 관한

연구는 많이 진행되지 않았다. 본 연구에서는 도핑원소 첨가에 따른 GeTe계 화합물의 미세조직 변화에 대하여 연구하였다.

[P7-5]

Thermoelectric Properties of Bi-Te Nanoplates: 잠정인, 이지은, 박수동, 민복기, 주성재, 김봉서, 류병기, 이희웅; 한국전기연구원.
Keywords: Thermoelectric, Bi₂Te₃

Bi₂Te₃ 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 Bi₂Te₃. 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 nanoparticles are made to have directional properties and low thermal conductivity values. In this study, Bi-Te nanoplates were fabricated by solvothermal methods. The synthesized material was sintered using SPS. The phase purities of as-synthesized and sintered products were characterized by XRD, and the thermoelectric properties of the each sample were investigated in the temperature range from 298K to 573K.

[P7-6]

고망간 실리사이드 MnSi_{1.74-1.75}:Ge_m의 고상 합성 및 열전 특성: 이인재, 박솔빈, 김일호; 한국교통대학교
Keywords: thermoelectric, higher manganese silicide, HMS, solid-state reaction, hot pressing

고망간 실리사이드(HMS: higher manganese silicide)는 구성 원소가 풍부하고 환경 친화적이며 고온에서 높은 내산화성 때문에 유망한 열전 재료이다. HMS는 Nowotny chimney ladder 구조를 가지며 Mn₁₁Si₁₉ (MnSi_{1.72}), Mn₁₅Si₂₆ (MnSi_{1.73}), Mn₂₇Si₄₇ (MnSi_{1.74}) 및 Mn₄Si₇ (MnSi_{1.75})으로 구분된다. HMS 상들은 거의 동일한 a 축과 상대적으로 긴 c 축을 가진 정방정 결정구조를 가지고 있다. Si 자리에 Ge의 치환은 격자 상수를 변화시키고 캐리어 농도를 증가시킨다. 이는 Ge와 Si 사이의 공유 결합 반경의 차이로 인한 격자 왜곡 때문이다. 일반적으로 HMS는 용융 및 응고 또는 결정 성장을 위한 다양한 방법을 사용하여 제조되었다. 그러나, 이러한 제조 방법은 높은 합성 온도 및 균질화를 위한 장시간 어닐링을 필요로 한다. 본 연구에서 Ge이 도핑된 MnSi_{1.74-1.75}:Ge_m를 고상 반응과 열간 압축성형으로 제작하여, 열전 특성에 대한 Ge 도핑 효과를 평가하였다.

[P7-7]

열전발전에 적용하기 위한 Bi₂Te₃계 열전소자의 열 안정성: 손시열¹, 정병홍¹, 연병훈², 이태희², 현승균¹; ¹인하대학교 ²화성금속(주).
Keywords: Bi₂Te₃, 열전소자, 열 안정성, 열전발전

에너지 변환 방법 중 하나인 열전기술은 직접 열을 전기로 전환 할 수 있으며 단순, 소형, 친환경 등 장점으로 광범위하게 연구되고 있습니다. 열전 모듈의 성능은 확산, 접촉 저항, 인터페이스 응력등과 같이 영향을 줄 수 있는 많은 요소가 있습니다. 또한 높은 사용 온도에서의 열전재료의 우수한 열 안정성은 열전모듈의 실용적 응용 및 수명 연장에 매우 중요합니다. 열 안정성은 모든 열전재료의 중요한 특성으로 고온에 장시간 노출시 변형 및 분해에 저항 할 수 있는 능력을 나타냅니다. 따라서 본 연구에서는 다결정 Bi₂Te₃계 열전소자의 열적 안정성이 진공 환경 및 대기에서 다른 온도에서 조사하였다. n-type, p-type의 열전소자는 각각 Bi₂Te₃조성에 Se, Sb를 첨가하여 제조하였다. 또한 미세 구조, 열전기 특성에 대한 사용 온도의 영향을 조사하였다.

[P7-8]

Fe_{1-x}Mn_xVSb Half-Heusler System for Energy Harvesting Synthesized via Mechanical Alloying Process: Rahidul Hasan, Ashiquzzaman Shawon, 김일호, 어순철*; 한국교통대학교
Keywords: Half-Heusler, Seebeck Coefficient, Thermal Conductivity, Thermoelectric Figure of Merit

Half-Heusler alloys are an exclusive class of materials having substantial potential for various applications such as future energy conservation and they have shown a great promise in the enhancement of thermoelectric figure of merit. In the following work, Mn-doped FeVSb half-Heusler alloys were synthesized by combining mechanical alloying and vacuum hot pressing. Thermoelectric and transport properties were investigated as a function of doping level and a moderate temperature regime (around 300 to 973 K). It was found that Mn was acted effectively as donor for this studied system. A considerable improvement of the absolute value of Seebeck coefficient and electrical conductivity were observed by doping. Thermal conductivity was also found to reduce with increased doping level. Mass disorder, grain boundary scattering and second phase might contribute to reduce the thermal conductivity for this system effectively as well. The resultant maximum ZT was compared with analogous material system.

[P7-9]

(La_{1-z}Nd_z)₂Fe_{4-x}Co_xSb₁₂ 스커테루다이트의 합성과 열전 특성: 차예은, 이창봉, 김일호*; 한국교통대학교
Keywords: thermoelectric, skutterudite, partial double filling, charge compensation

스커테루다이트는 낮은 열전도도와 높은 전기전도도를 보이는 우수한 열전 재료로서, 격자에 존재하는 공극에 희토류 원소(R)를 충전시킨 충전형 스커테루다이트에 대한 연구가 활발하다. Fe-Sb계 P형 충전형 스커테루다이트는 부족한 최외각 전자를 충전원소로부터 공급받아 R⁴⁺[Fe₄Sb₁₂]⁴⁻ 형태로 상을 안정화시킬 수 있으나, 충전원소가 대부분 2가 또는 3가이므로, Fe자리에 Co 또는 Ni로 전하 보상을 통한 전자구조 안정화와 동시에 전하 농도를 최적화하여 열전 특성을 향상시킬 수 있다. 특히, 두 종류 이상의 희토류

원소를 동시에 충전시킨 이중 또는 다중 충전은 격자 열전도도를 감소시킨다. 이번 연구에서는 La/Nd를 이중 충전하고, Co로 전하 보상한 $(La_{1-z}Nd_z)_yFe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 를 제작하였고, 전하 이동 및 열전 특성을 평가하였다.

[P7-10]

MA-HP 공정으로 합성된 P형 $Cu_{12-x}Zn_xSb_4S_{13}$ 의 열전 특성: 박성규, 이고은, 김일호; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, tetrahedrite, mechanical alloying, hot pressing

테트라헤드라이트(tetrahedrite) $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ 는 Sb 원자의 고립 전자쌍(lone-pair electrons)으로 인해 Cu 원자가 저주파 고진폭으로 진동하여 낮은 격자 열전도도를 나타낸다. $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ 화합물의 Cu 원자를 전이금속으로 일부 치환하면 Cu 원자의 진동에 변화가 생겨 포논 산란을 극대화하여 열전 특성을 향상시킬 수 있다. 일반적으로 용융 방법에 의해 테트라헤드라이트를 합성할 경우, S의 휘발로 인해 정교한 반응과 균질화를 위해 오랜 시간의 열처리가 필요하다. 그러나 기계적 합금화(MA: mechanical alloying) 공정을 이용하면 휘발억제와 함께 후속 열처리가 필요 없어 단시간에 고상합성이 가능하다. 이번 연구에서는 Zn가 도핑된 $Cu_{12-x}Zn_xSb_4S_{13}$ 를 기계적 합금화로 합성한 후 열간 압축 성형(HP: hot pressing)하여 열전 특성을 평가하였다.

[P7-11]

$Cu_{12}Sb_4S_{13}$ 테트라헤드라이트의 열전 특성에 미치는 에이징 효과: 피지희, 이고은, 김일호*; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, tetrahedrite, thermal stability, aging

테트라헤드라이트(tetrahedrite)는 경제적이고 친환경적인 중온용 열전 재료로서, Cu, Sb 그리고 S를 포함한 CuS_4 -tetrahedra, CuS_3 -triangles 및 SbS_3 -trigonal pyramids의 복잡한 구조를 이루고 있다. Sb의 고립 전자쌍으로 인해 낮은 열전도도를 갖는다. 합성된 테트라헤드라이트는 Cu-Sb-S 3원계에서 상변태와 안정 영역에 대해 연구되어 왔다. 도핑되지 않은 테트라헤드라이트는 600 K에서 안정하지만, 열 안정성과 전하 이동은 도핑 원소들에 의해 의존한다. 본 연구에서 기계적 합금화에 의해 진성 $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ 분말을 합성하였고, 열간 압축 성형으로 제작한 소결체에 대하여, 에이징(aging) 조건에 따른 열전 특성의 변화를 연구하였다. 에이징 조건으로 분위기(대기 및 진공), 온도 (523-723 K) 및 시간(1-100 h)을 변화시켰으며, 대기 중에서 723 K에서 10시간 에이징한 경우 723 K에서 무차원 열전 성능지수 $ZT = 0.92$ 를 나타내었다.

[P7-12]

고상 합성된 $Cu_{12-x}Co_xSb_4S_{13}$ 테트라헤드라이트의 열전 특성: 김성윤, 이고은, 김일호*; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, tetrahedrite, mechanical alloying, hot pressing

기계적 합금화와 열간 압축 성형으로 Co가 도핑된 테트라헤드라이트(tetrahedrite) $Cu_{12-x}Co_xSb_4S_{13}$ 를 제조하였다. X-선 회절 분석 결과 테트라헤드라이트 단일상을 보였으며, Co 도핑량이 증가함에 따라 회절 피크가 저각도로 이동하였다. Cu^+ 자리에 대한 Co^{2+} 의 치환으로 캐리어(정공) 농도가 감소하여 전기 전도도가 감소하였고 Seebeck 계수는 증가하였다. 한편 도핑량이 증가함에 따라 격자 열전도도의 감소로 인해 열전도도가 감소하였다. $Cu_{11.8}Co_{0.2}Sb_4S_{13}$ 의 경우 723 K에서 무차원 성능 지수 $ZT = 0.94$ 를 얻었다.

[P7-13]

$(La_{1-z}Ce_z)_{0.8}Fe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 계 부분 이중 충전 스커테루다이트의 합성 및 열전 특성: 최덕영, 차예은, 김일호*; *한국교통대학교*

Keywords: thermoelectric, skutterudite, partial double filling, charge compensation

스커테루다이트(skutterudite)는 중고온 영역에서 우수한 열전 변환 효율을 나타내는 열전 재료이다. 충전형 스커테루다이트 화합물은 RM_4X_{12} 인 화학식을 갖는다. 여기서 R은 충전원소, M은 천이원소 및 X는 니코젠원소이다. 스커테루다이트는 단위 셀당 2개의 공극이 존재하고, 공극 충진을 통한 rattling 효과에 의해 격자 열전도도를 크게 감소시켜 열전 성능을 개선시킬 수 있다. P형 스커테루다이트는 최외각 전자가 68개로 전자가 부족하여 상이 불안정하며, 상 안정화를 위해 Fe자리에 Co 또는 Ni의 전하 보상이 이루어져야 한다. 본 연구에서는 La/Ce을 부분 이중 충전하고 Co로 전하 보상한 $(La_{1-z}Ce_z)_{0.8}Fe_{4-x}Co_xSb_{12}$ 를 합성하여 충전 비율과 전하 보상량에 따른 열전 특성의 변화를 연구하였다.

[P7-14]

Development of Metallization Layers for Enhancing Reliability of Skutterudite-Based Thermoelectric Generators: Jinseop Song¹, Yeongseon Kim¹, Chung-Yul Yoo¹, Hana Yoon², Byung Jin Cho¹, Sang Hyun Park²; ¹KIER. ²KAIST.

Keywords: Skutterudites, Metallization, Inter-diffusion, Contact resistance

Filled-skutterudites are considered to be the most promising thermoelectric (TE) materials in the medium temperature range (300°C - 800°C) for its low cost, environmental friendliness, good mechanical strength and high thermoelectric properties [1,2]. Despite these advantages, skutterudite-based thermoelectric generators (TEG) are practically not used for their relatively short service life. The key reason of this issue is device power degradation due to hot side temperature, which causes element inter-diffusion between electrode and TE materials. It also increases interfacial contact resistance. Metallization layers should be inserted to reduce these problems to prevent these issues. In this work, we will propose several metallization layers that maintain short inter-diffusion and low contact resistance at the interface layer. To achieve forming diffusion barrier layer and matching the thermal expansion coefficient, metallized samples will be prepared using powder mixing on mortar bowl and spark plasma sintering (SPS) method. The elemental inter-diffusion analyses would be conducted using energy dispersive spectroscopy (EDS) line scanning profiles. The electrical contact resistance between

metallization layers and skutterudites would be measured to confirm the suitability of metallization materials. Metallized samples would be discussed compared to Ti layer which is a well-known metallization layer for skutterudites [3].

Reference

- [1] L. Shi et al. Surface and Coatings Technology, Interfacial structure and stability in Ni/SKD/Ti/Ni skutterudite thermoelements, 285, pp. 312-317 (2016)
- [2] G. Rogl, P. Rogl, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, Skutterudites, a most promising group of thermoelectric materials, 4, pp. 50-57 (2017)
- [3] D. Zhao et al. International journal of applied ceramic technology, 9 [4], pp. 733-741 (2012)

[P7-15]

탄소나노소재 첨가 N형 Bi-Te계 복합재료의 합성 및 열전특성: 이기훈¹, 조영민¹, 권구현¹, 김경태¹, 김병기²; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소 ²울산대학교 첨단소재공학부

Keywords: thermoelectric, bismuth telluride, nanodiamond, seebeck coefficient

열전발전과 열전냉각이 가능한 열전소재의 열전변환 효율은 무차원 성능지수($ZT = \alpha^2 \sigma T / (\kappa_e + \kappa_l)$, α :제벡계수, σ :전기전도도, T :절대온도, κ_e :전자열전도도, κ_l :격자열전도도)로 나타낸다. 여러가지 열전소재 중에서 Bi-Te계 합금소재는 상온영역 (273~473 K)에서 우수한 ZT값을 보임에 따라 가장 많은 응용이 이루어지고 있다. 그러나, 체열발전이나 정밀한 온도제어를 이용한 활용성 까지 확보하기 위해서는 더 높은 ZT값을 확보할 필요가 있다. 이에 따라, 2000년대 이후 P형 Bi-Te소재에 대한 ZT수치향상에 대한 연구가 치열하게 이루어왔으며, 최근 ZT 1.86까지의 우수한 결과가 보고되기도 했다. 이에 비하여 N형 Bi-Te 소재는 여전히 ZT향상에 대한 연구결과가 다소 부족한 편이고, 이는 합성공정중의 조성제어의 어려움등에서 기인하는 것으로 파악되고 있다. 본 연구에서는 10 nm 정도의 탄소 나노소재를 N형 Bi-Se-Te계 기지재료에 분산시킴으로서 열전도도를 감소시키는 방법으로 열전특성의 향상 가능성을 확인하고자 하였다. 복합재료의 제조는 고에너지 밀링공정을 이용하였으며, 탄소나노소재/Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}(BTSe) 복합분말을 제조하였고, 탄소나노소재 입자를 0.1, 0.2, 0.4 wt% 분율로 분산 및 첨가시켰다. 벌크화는 SPS 소결공정을 통하여 하였으며, 나노다이아몬드 입자의 분산효과를 확인하기 위하여 동일한 공정 조건으로 나노다이아몬드가 첨가되지 않은 BTSe 소결체를 제조하였다. 소결체의 미세구조는 SEM으로 분석하였고, Laser Flash Analysis(LFA)를 통해 열확산도를 측정하였으며, 전기적물성 평가를 통해 ZT물성변화를 분석하였다. 결론적으로 본 연구를 통하여 탄소나노소재 입자의 첨가 분율에 따른 N형 Bi-Te계 열전재료의 열전물성의 변화를 관찰하였고, 첨가된 탄소나노소재가 N형 Bi-Te계 소재의 결정격자 변형에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. 감사의 글 본 연구는 재료연구소 주요사업 ‘준안전 미세구조 기반 소재물성 제어 원천기술 개발’(과제번호 : PNK5590)의 지원으로 수행되었습니다.

[P7-16]

고온가압 소결로 제조된 Bi-Te계 열전재료의 Cu 첨가에 따른 미세구조분석: 김영우¹, 오수연¹, 장혜원¹, 안정현¹, 신가윤¹, 최수정¹, 양승호², 박현준¹; ¹인하대학교 ²화성금속

Keywords: Bi-Te, Cu addition, Hot press sintering, microstructure

열전소재는 열을 전기에너지로 직접 변환시킬 수 있는 소재로서 최근 주목 받고 있는 에너지 하베스팅과 더불어 많은 연구가 진행되고 있다. 무차원 성능지수 $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$ 로 평가되는 열전 특성, 특히 포논(phonon) 열전도도는 소재의 미세구조(결정형태, 결정립 크기 및 결합 등)와 밀접한 관련이 있다. 실제로 열전소재의 양산화를 위해서는 균일한 나노조직을 갖는 리본제작, 소결 공정을 통해 최적표준성능지수를 갖는 것이 중요하다. Bi-Te계 열전 재료는 특히 상온에서 우수한 효율을 보이거나 깨지기 쉬운 단점이 있다. 이를 개선함과 동시에 열전특성을 향상시키기 위해 Cu와 같은 금속 원소를 도핑하는 방법들이 시도 되고 있다. 본 연구에서는 Cu 유무에 따른 Bi-Te계 열전재료를 연구하고자 하였으며, 용해-급냉응고(rapid solidification process; RSP)-소결공정으로 제작된 소결체의 미세조직을 OM, XRD 및 SEM을 통해 관찰하였다. 또한 Cu 첨가에 따른 미세구조의 원자스케일 변화를 관찰하기 위해서 TEM을 활용하였고, 이를 토대로 Cu 유무에 따른 미세구조 차이가 성능에 어떠한 영향을 끼치는지 논의하고자 한다. (본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임)

[P7-17]

Effects of Gd Oxides Dispersions on The Microstructure and Thermoelectric Properties of P-Type Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ Nanocomposites: Geun-hyung Lee, May Likha Lwin, Dong-won Shin, Kyung-yeol Jung, Soon-jik Hong; Kongju National University. **Keywords:** Ball milling, p-type Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃, Thermoelectric properties, Microstructure, Nano-dispersion

In this study, we have successfully fabricated p-type Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ composites incorporated with Gd₂O₃ and Gd_{1.98}Bi_{0.02}O₃ nanoparticles by a combination of mechanical milling and spark plasma sintering. Thermoelectric properties of BiSbTe-based composites dispersed with a small content (2 wt%) of Gd₂O₃ and Gd_{1.98}Bi_{0.02}O₃ nanoparticles were investigated in the temperature range from 300K to 500K. The result indicates that with 2 wt% Gd_{1.98}Bi_{0.02}O₃ content increasing the thermopower of the BiSbTe/Gd_{1.98}Bi_{0.02}O₃ composites. Moreover, the density of states effective mass for both BiSbTe/2 wt% x ($x = \text{Gd}_2\text{O}_3$ and $\text{Gd}_{1.98}\text{Bi}_{0.02}\text{O}_3$) is increased compared with the bare sample, which is regarded as the energy filtering, as a result, the enhanced m^* leads to the increase in Seebeck coefficient. Simultaneously, the thermal conductivity decreased significantly with the addition of nanoparticles, which is about

9% lower than that of BiSbTe matrix. As a result, the maximum figure of merit (ZT) was obtained 0.87 at 300K for BiSbTe/Gd_{1.98}Bi_{0.02}O₃ composite, which is 30% higher than BiSbTe/2 wt% x (x = 0).

[P7-18]

PbTe계 열전재료의 브레이징 접합 계면 해석: 정혜린¹, 맹은지², 박관호², 조상훈², 이호성¹; ¹경북대학교 ²(주)대양

Keywords: Thermoelectric materials, Modules, Intermetallic Compounds, Diffusion barrier, Interfacial reaction

열전재료는 버려지는 열을 전기에너지로 직접 바꿀 수 있다는 점에서 큰 관심을 받아왔다. 열전재료는 무차원 성능지수에 의해 평가된다. 무차원 성능지수 ZT는 $S^2\sigma T/k$ 로 나타낼 수 있고, 여기서 S는 제백계수, σ 는 전기전도도, k는 열전도도, 그리고 T는 절대 온도이다. 열전 모듈은 기판과 전극, 그리고 P형, N형의 열전재료로 이루어져 있다. 보통 열전 모듈을 제작할 때 솔더나 브레이징을 이용하여 접합한다. 열전모듈의 제조과정에서 화학적 확산이 발생할 수 있으며, 이로 인해 열전재료 혹은 전극과 솔더/브레이징 계면에서 금속간화합물이 만들어 질 수 있다. 이 금속간화합물은 접합성과 모듈의 안정성에 많은 영향을 미친다. 따라서 금속간화합물의 형성과 금속간화합물이 모듈의 특성에 미치는 영향을 연구하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 접합재료와 열전재료의 계면에서 어떤 반응이 일어나는지 관찰, 분석하고, 구성성분에 따른 미세 조직 변화에 대해 고찰한다.

[P7-19]

산화물 환원공정에 의해 제조된 Cu₂Se 합금분말의 열전특성(Thermoelectric Properties of Cu₂Se Compound Powder Synthesized by an Oxide-Reduction Process): 신지은, 임영수, 이길근; **부경대학교 신소재시스템공학과**

Keywords: Thermoelectric, Cu₂Se, Oxide-Reduction Process, Powder

열전재료는 최근 에너지 효율적 활용을 위한 신재생에너지의 한 종류로 주목받고 있으며, Seebeck효과와 Peltier효과를 이용하여 전기에너지와 열에너지를 가역적으로 변환시키는 반도체 재료이다. 열전재료의 변환효율은 성능지수 $ZT = \alpha^2 T / \rho \kappa$ (α : Seebeck 계수, T: 절대온도, ρ : 전기 비저항, κ : 열전도도)로 나타내며, 합금 조성과 제조 방법에 따라 다양한 온도 범위에서 최적의 ZT값을 나타낸다. 현재 상용영역에서 성능이 우수한 Bi-Te계 열전재료가 상업적으로 많이 사용되고 있다. 하지만 Te의 자원희소성 및 가격불안정성 등과 같은 자원적 문제점으로 인하여 Te를 대체할 수 있는 열전재료에 대한 개발이 필요하다. 그 중, 가격이 저렴하고 무독성이며 자원이 풍부한 원소로 구성된 Cu₂Se가 대체 열전재료로써 주목받고 있다. 한편, 종래의 열전재료는 단결정성장법과 용해분쇄법을 이용하여 제조한다. 하지만 이들 공정기술들은 초기원료로 고가의 순금속 혹은 합금을 이용하며, 장시간, 고에너지를 요구하므로 공정기술을 저비용으로 상용화 시키는데는 어려움이 있다. 저자는 Bi-Te계 열전분말의 합성 가능성이 보고되었던 산화물환원법으로 Cu₂Se 합금분말을 제조하고자 한다. 산화물환원법은 전술한 종래의 다른 열전분말 제조기술들(단결정성장법, 용해분쇄법)과는 달리 출발원료로서 가격이 상대적으로 저렴한 산화물을 이용하여 저온, 단시간에 합금을 제조할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 산화물 환원공정으로 제조를 시도한 Cu₂Se 합금분말의 열전특성을 검토하고자 하였다.

[P7-20]

금속계 평판형 열전모듈기반의 폐열회수 시스템 및 측정평가기술 개발: 전현구¹, 오병성¹, 신호선², 김용규²; ¹충남대학교 ²한국표준과학연구원

Keywords: Thermoelectric generator, TEG, Type E thermocouple

금속계 열전재료는 -200 °C 정도의 저온에서 800 °C 가까이까지 모두 적용가능하기 때문에 기존 재료가 가지고 있는 온도영역에 의한 기술적 제한을 받지 않아 다양한 분야에 적용 가능하다. 따라서 자동차 배기열, 태양광 집열라인, 발전소 냉온수 교환시스템과 같은 폐열기반 열전에너지 발전시스템 등에 금속계 열전재료는 폭넓은 활용성으로 에너지 자원 효율향상에 기여할 수 있다. 본 연구는 평판형 기존의 금속계 열전재료 기반의 실질적인 열전발전 기술 구현하고, 자동차 배기열, 보일러 폐수열 등을 모사한 시스템 구축 및 이를 평가할 수 있는 측정 기술을 개발하였다. 상용 금속계 재료인 E형 열전대를 이용하여 원형 파이프형 구조에 적용할 수 있는 평면 다층 열전모듈을 제작하였다. 작동온도는 230°C 이하이며, 단위 기판당 2개의 35쌍의 E형 열전대가 병렬로 연결되어 있으며, 총 6개의 단위 기판이 직렬로 연결된 다층구조로 이루어져 있다. 제작한 열전모듈을 적용할 폐열환경모사시스템은 최대 200°C까지 승온 가능한 파이프형 건식전기히터 및 제어/측정 장치로 구성되며, 이 시스템을 제어/측정하기 위한 프로그램은 Labview 기반으로 제작하였다.

[P7-21]

MnTe계 열전재료의 미세구조에 관한 연구: 김현지, 김현호, 정혜린, 이호성; **경북대학교 공대 금속신소재공학과**

Keywords: 열전재료, MnTe, 미세조직

에너지 수요증가로 인해, 새로운 에너지 자원이 필요하다. 그래서 에너지 발전, 변환 그리고 저장에 대해 많은 연구가 이뤄지고 있다. 그 중 열전변환기술은 열을 전기로 변환하는 제백효과를 사용하는 기술이다. 열전재료의 성능은 무차원 성능지수 ZT에 의해 평가된다. 무차원 성능지수 $ZT = S^2\sigma T/k$ 이며, 여기서 S, σ , T, 그리고 k는 제백계수, 전기전도도, 절대온도 그리고 열전도도이다. 높은 성능지수를 가지기 위해서는 높은 파워팩터($S^2\sigma$) 값과 낮은 열전도도가 필요하다. MnTe계 열전재료는 200~500°C에서 사용되는 중온용 열전재료이다. MnTe는 낮은 캐리어 농도를 가진다. 그래서 높은 제백계수 값을 가지지만 낮은 전기전도도 때문에 MnTe는 낮은 파워팩터 값을 가진다. 그러므로, 캐리어 농도를 올려 파워팩터 값을 증가시키는 연구가 요구된다. 도핑을 통한 MnTe계의 열전특성의 변화에 관한 연구가 많이 수행되었지만, 미세조직에 관한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 도핑원소 첨가에 따른 MnTe계 화합물의 미세조직 특징에 관해 연구하였다.

[P7-22]

산화물 환원공정에 의해 합성된 Bi-Te-Se계 열전재료의 밀링시간에 따른 특성변화 연구: 박민수¹, 장경린¹, 구혜영¹, 하국현¹, 박용호²; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소 ²부산대학교 재료공학과

Keywords: Thermoelectric, Bismuth telluride, powder, milling

열전재료는 재료 양단에 온도차를 주었을 때 전기에너지가 발생하고, 반대로 전기에너지를 가하였을 때 재료 양단 간에 온도차가 형성되는 2가지 현상이 직접적이고 가역적으로 고체상태에서 일어나는 재료이다. 열전재료의 에너지 변환 열전성능은 무차원 성능지수 $ZT = (\alpha^2 \sigma / \kappa) T$ 로 표현된다. 열전재료의 성능지수(ZT)가 높다는 것은 열전재료의 에너지 변환효율이 높다는 것을 의미한다. 열전재료의 경우 사용온도범위와 용도에 따라 수많은 소재군이 존재하는데 본 연구에서는 여러 가지 열전재료 중에서 상온~200°C 사이의 온도범위에서 우수한 ZT값을 나타내는 대표적인 열전소재인 Bismuth-Telluride(Bi₂Te₃)계를 선택하였다. 이러한 Bi₂Te₃계 열전소재의 합성방법 중 분말을 이용한 공정으로는 용해분쇄법과 산화물환원공정이 대표적인 공정이다. 본 연구에서는 산화물을 이용하여 복합물을 합성하고 열처리를 통해 금속계의 열전반도체 분말을 합성하는 산화물환원공정을 이용하였으며 열전 물성의 변화를 살펴보기 위해 환원-소결 공정을 통해 열전소재를 합성하였다. 산화물환원공정에 의해 합성된 분말은 밀링시간에 따라 상변화 및 미세구조의 변화하였고 이는 열전소재의 전기전도도 및 제베크계수 그리고 열전도도 값에 영향을 미치는 것으로 확인하였다. 373K에서 6시간 샘플에서 최대 1.05의 ZT값을 얻을 수 있었으며 밀링을 통한 입자 미세화는 밀링 시간이 증가함에 따라 전기적특성에는 저하를, 열적 특성에는 향상의 효과를 보이는 것으로 확인할 수 있다.

[P7-23]

Structure Nano-Engineering for High Thermoelectric Performance: Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}/Oxide Core-Shell: Sang-Soon Lim^{1,2}, Kwang-Chon Kim¹, Hyung-Ho Park², Seung-Hyub Baek¹, Seong Keun Kim¹, Jin-Sang Kim¹; ¹Korea Institute of Science and Technology. ²Yonsei University.

Keywords: Core-shell structure, Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}, ZnO, Atomic layer deposition

Thermoelectric materials are necessary to have a high electrical conductivity and a low thermal conductivity simultaneously to realize high thermoelectric figure-of-merit ($Z = \alpha^2 \sigma / \kappa$). However, the intimate coupling between electronic conductivity and thermal conductivity renders the enhancement of thermoelectric performance difficult. Nanostructuring of thermoelectric materials has been a major strategy to improve the thermoelectric performance because frequent phonon scattering at nano-grain boundaries effectively reduces the thermal conductivity without significant loss of electronic carrier. However, easy grain growth of Bi₂Te₃ during the sintering process diminishes the reduction of thermal conductivity. Here, we propose a novel way to form a nanostructured Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} thermoelectric element to achieve a low thermal conductivity. Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} fine powders are coated by atomic layer deposition (ALD) of very thin ZnO films (< 3 nm). The ALD technique is known to achieve a precise thickness control at a sub-nm scale and have excellent conformality even on complex shaped substrate. The Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}/ZnO core-shell structured powders are sintered by using a spark plasma sintering process. ZnO-coated Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} thermoelectric element shows small grains compared to the uncoated Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}. The thermal conductivity is significantly decreased by the small grains and the thin ZnO layers at the grain boundaries. Consequently, the figure-of-merit of the n-type Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} is drastically improved. We believe that the utilization of ALD technique for nanostructuring crucially contributes to enhance thermoelectric performance of Bi₂Te₃-related materials.

[P7-24]

Enhanced Thermoelectric Properties by Effective Decoupling of Electrical, Thermal Properties and Seebeck Coefficient Through the Addition of Rare Earth Sesquioxides In P-Type BiSbTe Alloys: Babu Madavali¹, Dong-won Shin¹, Dong-soo Kim², Hyeon-jeong You¹, May Likha Lwin¹, Soon-jik Hong¹; ¹Kongju National University. ²Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources.

Keywords: Thermoelectric materials, Rare earths sesquioxides, Density of states, Thermal conductivity

The decoupling of the electrical conductivity and thermal conductivity is a crucial challenge to elevate the figure of merit of a given thermoelectric material. In this research, thermoelectric properties of the addition of rare earths sesquioxides on Bi-Sb-Te material has been investigated experimentally, and theoretically. The electrical conductivity is increased by the increase in carrier concentration due to progressive movement of reduced Fermi level deeper into the valance band. Meanwhile, an effective mass of the rare earth added BiSbTe composites has been increased, which causes for the resonant distortion in density of states (DOS), that gives rises to the enhancement of Seebeck coefficient (α). Owing to the increment of both factors (σ & α), a considerable enhancement in powder factor of 14% was achieved for the 2wt% added BiSbTe/(x-wt%)Nd₂O₃ composites. The low content addition of rare earth Nd₂O₃ oxide particles in the pristine BiSbTe sample potentially acts as scattering centers for mid to long wavelength phonons to reduction in thermal conductivity by 7%. The effective decoupling of the electrical and thermal properties by rare earths sesquioxides (Nd₂O₃) provides a 15% enhancement in thermoelectric figure of merit, ZT for 2wt% added BiSbTe/(x-wt%)Nd₂O₃ composites.

[P7-25]

Sb₂Te₃과 PEDOT:PSS 나노파이버를 이용한 유/무기 복합열전소재 합성 및 평가: 김혜영, 신한균, 김지원, 임재홍; 한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: Sb_2Te_3 , PEDOT:PSS, Thermoelectric composites, Seebeck coefficient, Electrical conductivity

최근, 유/무기 복합화를 통하여 제벡 계수와 전기전도도 향상 및 열전도도 저하효과로 열전특성을 극대화 하고 있다. 무기 열전소재 가운데 Sb_2Te_3 는 상온에서 작동 가능한 p형 열전 물질로 잘 알려져 있다. 하지만 기계적 특성 및 가격이 매우 비싼 단점이 있다. 반면, 가격이 저렴하고 상대적으로 높은 열전 특성을 가진 전도성 고분자가 주목을 받으면서 유기 열전 소재개발이 이슈로 떠오르고 있다. 이 중 PEDOT:PSS는 비교적 높은 열전 특성을 가지는 유기열전물질로 주목 받고 있다. 따라서 본 연구는 고성능 유/무기 Sb_2Te_3 /PEDOT:PSS 복합 열전소재를 합성하기 위하여 계면 및 각 유/무기 소재의 열전특성을 제어하였다. 전기방사법을 통해 합성된 PEDOT:PSS 나노파이버 위에 전기도금법을 이용하여 Sb_2Te_3 박막을 합성하여 Sb_2Te_3 /PEDOT:PSS 복합체를 합성할 수 있었다. 합성된 복합체의 전기적 및 열전 특성을 향상시키기 위하여 ethylene glycol (EG)을 이용하여 PEDOT:PSS 나노파이버 디도핑을 수행하였으며, Sb_2Te_3 박막의 결정성 또한 후열처리를 통해 제어하였다. 이처럼 후처리를 통해 단일상의 전기적 특성을 제어한 결과를 각각의 일함수값 변화와 비교하여 유/무기 계면이 열전 특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

P8 : 알루미늄

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P8-1]

비틀림 시험을 이용한 Al-Mg 합금의 냉간 가공시 평가: 조창희¹, 손현우¹, 이지운¹, 이경서¹, 김명훈¹, 김상욱¹, 정택균¹, 현승균¹; ¹인하대학교

Keywords: 5xxx Series Aluminum, Texture, Annealing, Cold Working, Torsion Test

금속 판재의 소성 이방성은 결정립의 방위 분포에 의해 이루어진다. 소성 변형과 열처리에 의해 판재 내 결정학적 우선 방위가 발생하여 집합조직이 발달하게 된다. 본 연구에서는 5천계 알루미늄 합금의 냉간 가공 시 발생하는 집합조직 발달에 대해 상론한다. 비틀림 시험을 상온에서 0.1, 1, 10s⁻¹로 진행하였다. 변형률 0.35로 비틀림 시험이 진행된 시편을 350°C에서 30분, 1시간, 2시간으로 시간을 다르게 하여 어닐링하였다. 각각에 대하여 EBSD와 OM을 이용해 미세조직 관찰을 시도하였고, 집합조직을 분석하였다. OM 및 EBSD를 통해 관측된 결과로는 같은 변형 속도에서 어닐링 시간이 2시간일 때, 정적 재결정으로 인해 집합조직이 약화되었음을 관찰할 수 있었다. 같은 시간 동안 어닐링한 재료는 변형 속도가 빠를수록 재결정이 더 많이 이루어지며 이에 따라 집합조직도 약화됨을 관측하였다.

[P8-2]

6000계(Al-Mg-Si계) 알루미늄 합금의 Cu 함량 및 용해공정변수에 따른 용탕 청정도 평가: 장호성¹, 최유진², 윤필환¹, 강호정¹, 이규훈¹, 박진영¹, 김익수¹, 박성혁³, 신선미¹; ¹한국생산기술연구원, ²울산대학교, ³경북대학교

Keywords: Aluminum alloy, Molten aluminum, Melting, Hydrogen solubility

최근 지구환경문제 대응 및 경제성 추구하고 함께, 주행성 제고를 위하여, 엔진 실린더블록이나 휠 등 주조품에 쓰이던 알루미늄을 차체를 구성하는 소재로 확장하고 있다. 특히 Al-Mg-Si계 합금은 대표적인 고강도 알루미늄 전신재 합금으로 도장 소부시 강도가 커지는 열경화성 특성으로 패널재료로 널리 사용 되고 있다. Cu가 포함된 합금은 열경화성, 성형성이 좋으나, 응고범위가 넓어 주조 시 용탕의 보급성이 낮으며, 이로 인한 미세한 수축공이 발생하기 쉽고, 용탕중의 가스가 이곳에 남아 핀홀(pin hole)의 발생이 쉬어 용해 공정 시 세심한 주의가 필요하다. 최근 고강도 알루미늄 제품의 수요가 증대됨에 따라, 고청정 용탕 확보 기술 개발을 통한 가공 및 열처리 등의 후공정의 공정성을 높이고, 제품의 내부결함을 저감하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 Al-Mg-Si계 합금의 Cu 함량 및 용해공정변수가 수소 용해량 및 가스함유량 등 용탕 청정도에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 0~2wt% Cu를 함유한 Al-Mg-Si-Cu 합금의 용해 시 용탕 온도 변수에 따른 수소 용해량을 측정하고, 응고 후 시험편에 잔존하는 가스량 및 수소량을 측정하여, 응고 전후의 수소량을 비교하였다. 감압응고법에 의한 density index 측정값과 비교분석하여 Al-Mg-Si계 합금의 용탕 청정도 및 청정도 분석방법에 대해 고찰하였다.

[P8-3]

Twin-roll Strip Casting 공정으로 제조된 고강도 Al 7075 합금의 마모 거동: 백민석¹, 김경욱², 어광준³, 임창동³, 이기안¹; ¹인하대학교, ²국립 안동대학교, ³재료연구소(KIMS).

Keywords: Al 7075 alloy, Twin-roll strip casting, Rapid cooled solidification structure, Wear property

Al 7075 합금은 Al 합금 중 고강도 소재로써 우주항공, 자동차 산업에 많이 사용되고 있다. 우수한 강도로 인해 사용 분야가 점차 확대되고 있으며, 기계적 특성 이외에 마모 특성도 중요하다. 일반적으로 Al 7075 합금의 경우 direct chill(DC) casting 이후 forging 공정을 통하여 판재로 제조하게 된다. 그러나 twin-roll strip casting(TRC) 공정은 DC casting 공정과 달리 forging과 같은 중간 공정없이 바로 판재로 제조 가능한 장점을 보유하고 있다. 이와 함께 빠른 냉각 속도에 기인해 독특한 급냉 응고조직을 형성시키며, 기계적 특성을 향상시키는 이점도 존재한다. 본 연구에서는 twin-roll strip casting 공정으로 high-strength Al 7075를 제조하였으며, DC casting 공정으로 제조된 소재와 마모 특성을 비교하였다. 초기 미세조직을 관찰하고자 XRD, FE-SEM, TEM, EBSD 분석을 수행하였다. 그 결과 DC 소재는 forging을 수행한 수직 방향으로 연신된 grain이 관찰된 반면, TRC 소재는 equiaxed grain이 관찰되었다. Al 7075 합금의 주 강화상인 Mg₂Zn(η) 상의 경우 DC 소재는 국부적으로 뭉쳐 있었으며, TRC 소재는 미세하고 고른 분포를 띄었다. 기계적 특성을 알아보고자 경도 시험을 진행하였으며 TRC 소재가 DC 소재에 비해 우수한 기계적 특성을 나타내었다. 마모 특성의 경우에도 TRC 소재가 DC 소재에 비해 우수한 마모 저항성을 나타내었다. 이와 함께 TRC 소재 및 DC 소재의 마모 전, 후의 표면 및 변형 조직을 관찰하였으며 이를 바탕으로 공정에 따른 마모 기구의 차이를 규명하고자 하였다. [본 과제는 소재부품 융합얼라이언스 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.]

[P8-4]

Microstructure and Sustained Load Cracking of Al Alloy for Hydrogen Storage Vessel: Dae-Kyeom Kim¹, Sung-Chul Kim², Sung-Min Cho³, Taek-Soo Kim⁴; ¹Korea Institute of Industrial Technology, ²TK-FUJIKIN R&D Center, ³Institute of Gas Safety R&D, ⁴Korea Gas Safety Corporation.

Keywords: sustained load cracking, microstructure, texture, Al6061-T6

Recent renewable energy technologies are being developed mainly in developed countries due to recent fossil energy supply and

demand concerns and environmental pollution problems. Among them, hydrogen is increasingly attracting attention as a non-polluting fuel that emits only pure water without emitting greenhouse gases. In order to safely store and transport hydrogen, Aluminum alloy Al6061-T6 is used as a container material due to its light weight, high hydrogen embrittlement resistance and better formability. During manufacturing and or high pressure loading, unloading of hydrogen gas in the container, micro and macro cracks tend to occur internally and also in the joints. The material is required to have high crack growth inhibition and strength. In this study, the microstructure and the sustained load cracking behavior were investigated for the extruded Al6061-T6 alloy. The microstructures, texture, mechanical properties, and sustained load cracking characteristics of the extruded materials with 30%, 60%, and 90% reduction in area were evaluated. In the case of the crack propagation along C-L notch direction (which is also the extrusion direction) was faster than that of the notches in other direction.

[P8-5]

CaO가 첨가된 Al7021 합금의 소성가공성 평가: 이경선, 이지운, 김상욱, 손현우, 김명훈, 정택균, 현승균; *인하대학교*

Keywords: Al-Zn-Mg alloy, Processing map, Hot torsion test

7000계열 알루미늄 합금인 Al7021 합금은 기계적 강도가 높고 가벼우며 부식 내성 등의 특성을 가지고 있어 항공기, 스포츠용품, 스마트폰 프레임 등 비강도를 중요시하는 분야에서 사용된다. 합금에 포함된 마그네슘은 높은 강도 특성에 기여하지만 연신율 및 가공성을 저하시킨다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 칼슘은 알루미늄 합금 내에서 질화물 등을 만들어 좋지 않은 영향을 끼친다고 알려져 있으나, 미량의 칼슘 성분을 첨가한 경우 입계 내의 T-Phase의 형성을 막아 취성파괴를 억제한다는 보고도 있다. 본 연구에서는 고온비틀림 시험을 통해 CaO가 첨가된 Al7021 합금의 고온변형특성을 평가하였다. 다양한 고온 변형 조건에 따른 유효곡선과 공정지도도를 통해 연신율, 소성가공성, 소성불안정영역을 도출하였다. CaO가 첨가되지 않은 경우 소성불안정 영역이 나타났으며 미세조직 관찰 결과 Adiabatic shear band가 관찰되었다. CaO를 첨가한 Al7021 합금의 경우 모든 변형조건에서 소성불안정 영역이 나타나지 않았으며 비교적 높은 연신율을 나타냈다.

[P8-6]

고강도 7xxx계열 알루미늄 신합금의 시효 거동 및 기계적 특성: 양승현¹, 김목순¹, 김세훈²; ¹인하대학교 ²자동차부품연구원

Keywords: 7xxx alloy, Aging, Tensile test, Microstructure

고강도 7xxx계 알루미늄 합금은 비강도가 우수하여 중량 감소효과가 크기 때문에 자동차용 경량 소재로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 고강도 7xxx계열 알루미늄 신합금에 대하여 시효경화곡선을 작성하였으며 시효조건에 따른 기계적 특성을 평가하였다. 신합금을 소정의 온도에서 용체화 처리한 후에 시효시간의 경과에 따라 경도를 측정하여 시효경화곡선을 얻었다. 시효조건에 따른 기계적 성질을 조사하기 위해 실온에서 인장 시험을 실시하였다. 인장 시험 결과로부터 응력-변형률 선도를 구하였으며, 이를 통해 항복강도, 인장강도 및 연신율을 구하였다. 또한 인장시험재의 파면을 광학현미경과 주사형전자현미경으로 관찰하여 파괴거동을 조사 하였다.

[P8-7]

7000계 알루미늄 합금을 적용한 차량용 서스펜션 암 특성연구: 박다운, 임성근; (주)센트랄

Keywords: 알루미늄합금, 서스펜션암, SCC

세계적으로 자동차의 연비 및 환경규제 강화에 따른 차량 경량화의 요구가 심화됨에 따라, 완성차 업체들은 경량화 효율이 높은 소재 경량화에 집중하고 있다. 그 중 우수한 비강도 및 경량화 효율, 생산 용이성 등의 경제적인 이점을 가지고 있는 알루미늄 합금 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 알루미늄 합금 중 차량 부품용으로는 성형성과 내부식성이 뛰어난 6000계 합금의 적용 비율이 높으나, 완성차 업체에서는 이보다 더 높은 수준의 고강도 알루미늄 합금 적용 및 경량화 경쟁력 향상에 관심을 높이고 있다. 대표적인 고강도 알루미늄 합금으로, 항공용 부품에 적용되는 7000계 합금은 높은 강도에 비해 부식에 취약하여 아노다이징 등의 다양한 표면처리가 필연적이다. 이런 고가의 표면처리를 수반하는 7000계 합금은 차량의 가격 경쟁력 측면에서 큰 단점으로 작용되어 자동차 부품에 있어서는 그 적용이 아주 제한적이다. 본 연구에서는 7000계 알루미늄 합금을 적용한 차량용 서스펜션 암 단조품을 제작하여, 기계적 특성 및 내식성, 특히 7000계 알루미늄 합금이 취약한 SCC(Stress Corrosion Cracking, 응력부식균열) 특성을 평가하고, 내식성 향상에 대한 방안을 고찰하였다.

[P8-8]

희토류 첨가에 따른 알루미늄 Al-Zn-Mg-Cu 합금의 미세구조 및 기계적특성 변화 연구: 원성재, 김대겸, 김택수, 김규현; *한국생산기술연구원*

Keywords: 방탄소재, 알루미늄합금, 희토류, 미세구조

우수한 기동성 및 고강도가 요구되는 군수용 장갑차량 및 상륙전차 등에 주 방탄 소재로 2xxx계열의 알루미늄 합금이 활용되어 왔으며, 강도향상 및 경량화에 유리한 7xxx계열 알루미늄 소재에 대한 연구도 진행되고 있다. 최근 고강도 7xxx계 경량 알루미늄 합금설계를 위하여 희토류 원소인 Sc을 미량 첨가하는 방법이 보고되었다. 7xxx계 알루미늄 합금에 Sc을 첨가하는 경우 결정립 및 석출상이 미세화 되고 입계에 형성되는 석출상의 분율을 줄여 강도 및 내부식성을 향상 시킬 수 있는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 고가의 Sc을 대체할 수 있는 희토류 원소를 첨가하여 강도, 내식성이 향상된 7xxx계 합금을 개발하고자 하였다. 합금설계를 위하여 Al7056을 기본조성으로 선택하고 La, Ce를 미량 첨가하여 주조재를 제작하였으며, 기존에 보고된 Sc 첨가형 합금과 비교하기 위하여 Sc을 첨가한 Al7056 주조재도 제작하였다. 이후 La, Ce, Sc 첨가에 따른 미세조직, 석출상등의 변화를 거시적(XRD,

OM, SEM), 미시적(TEM) 스케일에서 각각 분석한 후 비교하였다. 또한, 기계적 특성을 측정하여 회토류 첨가에 따른 미세구조의 변화와의 상관관계를 분석하였다.

[P8-9]

자동차 엔진 부품용 Al-Si-Mg-(Cu) 주조 합금의 기계적 및 열적 특성에 합금 원소가 미치는 영향: 최세원, 김유미, 김영찬; *한국생산기술연구원*
Keywords: Alloying element, Al-Si-Cu-Mg alloy, Casting, Mechanical property, Thermal property, Heat treatment

인장 시험기 및 레이저 플래시 장치를 사용하여 열처리 후 Al-Si-Mg-(Cu) 주조 합금의 기계적 및 열적 특성에 합금 원소가 미치는 영향을 조사하였다. 시편의 용체화 처리는 535°C에서 6 시간 동안 수행 한 후에 따뜻한 물에서 급냉하였다. 인공 시효 처리는 180 ~ 220 °C의 다양한 온도에서 5 시간 동안 수행되었다. Cu 첨가량이 증가하면 Al-Si-Mg 합금의 기계적 강도는 증가하고, 열전도율은 감소하였다. 기계적 강도를 유지하면서 열전도율을 향상시키기 위해서는 합금 원소를 줄이는 것이 중요하였다. 본 연구에서 사용된 합금 조성의 경우, Si의 조절이 효과적이었다. 또한 Al-6%Si-0.4%Mg-0.9%Cu 합금에 0.1 wt.%Ti를 첨가하면 180 °C의 시효 온도에서 Ti가 첨가되지 않은 합금의 것보다 최대 인장강도가 18 MPa 개선되었다. Ti의 첨가는 실온에서 최대 인장강도를 증가시키는 (Ti를 함유하지 않은 합금과 비교하여) 세타 프라임상 및 Q 프라임상 형성을 촉진시켰다. Cu가 없는 Al-6%Si-0.4%Mg 합금의 경우, 합금에 Ti를 첨가해도 UTS에 영향을 미치지 않았다. 또한 동일한 시효처리 조건에서 열전도도가 8W/m·K 감소하였다.

[P8-10]

FeMn 전용고용체가 고강도 알루미늄 합금의 기계적 특성에 미치는 영향: 김세훈, 김민상, 신재혁, 김진평, 성시영, 한범석; *자동차부품연구원*
Keywords: Al-Zn-Mg-Cu Alloy, Yield Strength, Alloy Design, Extrudability, FeMn Complete Solid Solution

최근 항공기, 자동차, 철도 등의 수송기기 경량화를 실현하기 위해 고항복강도 경량소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 대표적인 고항복강도 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 압출성(소성가공성)이 우수한 7xxx계 알루미늄 소재를 설계한 후 FeMn 전용고용체의 첨가가 설계 합금의 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

[P8-11]

Wear Properties and Wear Behavior of AA7075-T6 and AA2024-T4 Rods Immersed in Acid Solution: Cheon Myeong Park¹, Ki-Chang Bae¹, Yi je Cho¹, Taek Sun Lee, Young-Jun Kang, Yong-Ho Park; *Pusan National University*.

Keywords: Corrosion-Wear, AA7075-T6, AA2024-T4, Wear property, Wear Behavior

Extrusion is plastic deformation process in which a block or billet of metal is forced to flow by compression through a die opening with a smaller cross-sectional area than that of the original billet. Extrusion is mainly used to produce bars, wires, and sections of aluminum alloys and copper alloys. In the past, the extrusion of aluminum alloys was widely used in architectural or structural parts, but with the miniaturization and light weighting of parts in recent years, ferrous materials have been replaced gradually as aluminum alloys. The extruded 2024 and 7075 aluminum alloys are heat-treatable aluminum alloys, in which precipitation hardening is the main strengthening mechanism. AA7075-T6 and AA2024-T4 have high mechanical properties due to precipitation hardening by heat treatment. With these good mechanical properties, AA7075-T6 and AA2024-T4 are used primarily for aircraft structural applications (wing and fuselages). It has recently begun application in automobile engines and other rotating and reciprocating parts, such as piston drive shafts and brake-rotors, which require good resistance to high temperatures and wear. Corrosion-wear involves an interaction between mechanical wear and chemical corrosion, which accelerates material loss. The failure caused by the corrosion-wear of aluminum alloys is one of the main problems in aluminum industry. The researches on the corrosion-wear of the extruded materials were rarely conducted despite its importance. In this study, microstructure changes of AA7075-T6 and AA2024-T4 rods were observed through OM, FE-SEM/EDS, and EBSD by setting the time (3hour, 6hour) of acid solution (HCl 0.5M) immersion as a variable. The wear properties (wear rate and friction temperature) of AA7075-T6 and AA2024-T4 rods according to acid solution immersion time were measured under various linear velocities (0.1, 0.2 and 0.5m/s) and vertical load (50N). After the wear test, the wear behavior (tracks, cross-sections, and debris) of specimens were observed using FE-SEM.

[P8-12]

Al₂Ca가 첨가된 Al-4.5Mg 합금에서 열간 압연 조건에 따른 미세 조직의 형성과 냉간 압연 방향에 따른 기계적 특성의 변화: 이다빈¹, 김봉환², 하성호², 윤영옥², 김세광², 현승균¹; ¹인하대학교 ²한국생산기술연구원

Keywords: Al-Mg alloy, Hot-rolling, Cold-rolling, microstructure

최근 자동차 부품 재료는 각종 환경규제에 따른 연비 향상을 위하여 점차 경량화 소재로 대체되고 있는 추세이다. 종래에 사용하던 철강재를 알루미늄 합금으로 대체하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있으며 자동차 차체용 알루미늄의 경우 기존 합금보다 강도가 높으며 동시에 성형성이 우수한 판재의 개발이 필요한 실정이다. 자동차용 알루미늄 합금 판재에는 주로 5xxx계(Al-Mg계) 합금이 사용되는데, 이러한 5xxx계 합금은 Mg의 첨가로 고용강화 효과를 증대시킴으로서 넓은 범위의 강도와 연신율을 제어한다. 또한 우수한 성형성, 용접성, 내식성 등을 얻을 수 있다는 이점이 있다. 산업적으로 5xxx계 알루미늄 판재 생산은 열간 압연과 냉간 압연 공정을 수반한다. 알루미늄 판재의 품질 향상이나 공정 간소화를 위하여 재료 자체의 연구뿐 아니라 압연 공정에 대한 연

구 또한 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 열간 압연 조건을 다르게 하여 형성되는 미세조직을 분석하고, 이후 이어지는 공정인 냉간 압연의 방향에 따른 기계적 특성을 비교하여 가공경화 효과를 평가하고자 하였다. 본 연구에서는 합금 원소로서 순 Mg이 아닌 내산화성이 우수한 Mg+Al₂Ca의 모합금을 첨가한 Al-4.5Mg 합금을 7인치 빌렛으로 연속 주조하였다. 빌렛을 40mm 두께의 압연용 시편으로 가공하여 6mm까지 열간 압연하였고, OM을 통하여 미세 조직을 관찰하였다. 추가적으로 XRD pole figure 분석을 통해 열연 후 집합조직의 발달을 분석하였다. 냉간 압연은 열연 방향과 평행한 방향(HR//CR), 열연 방향과 수직인 방향(HR⊥CR)으로 1mm까지 수행되었다. 이 후 냉간 압연 방향에 따른 기계적 특성 변화를 확인하기 위하여 인장 시험을 진행하였다.

[P8-13]

Al-Si 합금에서 Si 함량이 Si 석출 온도에 미치는 영향: 김유민¹, 최세원¹, 김영찬¹, 강창석¹, 홍성길², 김용원²; ¹한국생산기술연구원, ²전남대학교
Keywords: Al-Si, activation energy, Kissinger equation, thermal expansion, Si precipitation

Al-Si 합금에서 Si는 주조성 향상과 수축저하를 방지하기 위해 첨가된다. Al-Si 합금의 열처리 중 발생하는 Si 석출은 합금의 순간적인 열팽창을 발생시킨다. 이러한 열팽창은 고온에서 Al-Si계 합금을 사용하는 엔진부품이나 고온 부품의 치수정밀도를 하락시키며, 온도 변화에 따른 반복적인 열팽창 발생은 부품의 열피로를 발생시킬 수 있어 고온 부품의 사용시 주의가 요구된다. Al-Si 합금에서 Si는 5~22 wt.%까지 첨가되며, Si 첨가량이 증가할수록 합금의 열팽창은 증가한다고 보고되고 있다. 그러나 Si 석출에 대한 급격한 열팽창 변화에 대해서는 연구된 바가 거의 없다. 이 연구에서는 1~16 wt.%의 Si가 첨가된 Al-Si 합금을 주조하여 Si 함량 변화에 따른 Si 석출 거동을 확인하였다. Al-Si 합금은 530도에서 용체화 처리하여 Si를 Al 모재에 고용시킨 후 급냉하였다. Si 석출에 의한 순간적인 열팽창 발생은 열적동적분석기를 이용하여 분석하였고, 석출된 Si 석출상은 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. Si 석출에 필요한 활성화 에너지는 Si 석출에 의한 순간적인 열팽창 반응온도를 이용하여 계산하였다. 그 결과 Si 함량이 증가 할수록 활성화 에너지는 감소하는 경향을 보였다. 활성화 에너지 감소로 인해 Si 함량이 증가할수록 Si 석출 온도는 저온으로 이동하였으며, Si 석출로 인한 합금의 열팽창 반응도 저온에서 발생하는 것을 알아냈다.

[P8-14]

희토류 첨가에 따른 알루미늄 Al-Cu-Mg-Ag 합금의 미세구조 및 기계적 특성 변화 연구: 김대걸, 원성재, 김택수, 김규현; 한국생산기술연구원
Keywords: 알루미늄 합금, 희토류, 미세구조분석, 방탄소재

군수분야의 특수 목적차량에 적용되는 구조재는 기동성 향상을 위한 경량화, 탑승자의 생존성 향상을 위한 고강도의 특성이 요구되고 있어 알루미늄 합금의 적용이 증가하고 있다. 특히 Ag가 미량 첨가된 Al2139 합금은 다른 알루미늄 합금에 비하여 기계적 강도 및 내식성이 뛰어나고 특히 방탄특성이 우수하여 최근 장갑차 구조재에 적용되고 있다. Al2139합금의 적용분야가 증가함에 따라 고가의 Ag를 대체하기 위한 개량형 Al2139 합금계 개발에 대한 요구도 함께 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 Al2139 (Al-Cu-Mg-Ag)합금에 희토류(Ce, Y)를 미량 첨가하여 고가의 Ag를 대체 및 저감 시키는 동시에 강도를 향상시키는 연구를 수행하였다. 합금설계를 위하여 Al, Cu, Mg, Ag와 희토류 원소를 계량한 후 고주파 용해로에서 용해하여 250°C로 예열한 금형에 주조 제조 하였다. 이후 희토류 첨가에 따른 각 합금의 미세구조 및 기계적 특성을 측정하여 그 상관관계를 분석하였다. 또한 시차주사열분기를 이용하여 희토류 첨가에 따른 석출상의 거동 변화를 관찰하였다.

[P8-15]

Rare Earth 첨가에 따른 Aluminum 합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가: 유효상¹, 김용호¹, 이성희², 손현택¹; ¹한국생산기술연구원, ²목포대학교

Keywords: Aluminum, Extrusion, Mechanical properties, Microstructure

전 세계적으로 자연 보호와 화석 연료 및 기타 연료의 절약을 위하여 소재의 경량화 및 연료의 효율을 증가시키는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 알루미늄은 전기전도도, 내식성, 인성 및 저온 충격특성이 우수하여 경량화가 필수적인 초고속선박, 항공기, 자동차 등 핵심 구조용 소재로 주목을 받고 있다. 하지만 산업사회의 급격한 발전과 환경오염의 증대에 따라 각종 금속 구조물들은 가혹한 부식 환경에 노출되어 있는 실정이다. 이러한 구조물들의 부식 문제로부터 신뢰성 향상을 위해 내구, 내식성 등의 성능 향상에 대한 요구가 증대되고 있으며, 알루미늄 소재의 경우 고내식성, 고강도 합금 개발 및 공정 기술 개발이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 Rare earth 첨가가 알루미늄 합금의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. 알루미늄 합금을 제조하기 위해 고주파 유도로를 이용하여 800°C 온도에서 주조 후 400°C에서 40:1의 압출비로 열간 압출하였다. 제조된 압출재의 결정립 및 이차상 등 미세조직 변화를 광학현미경, 주사전자현미경 및 XRD를 이용하여 관찰하였으며, 인장시험을 통한 기계적 특성 평가 및 전기화학부식 실험을 통해 내식 특성 평가를 하였다.

[P8-16]

A356합금 내 Sr첨가에 따른 열처리 특성평가 고찰: 김명균; 포항산업과학연구원

Keywords: A356 alloy, Modification, Solution treatment, Eutectic Si, Mechanical properties

대표적인 주조용 Al합금인 A356은 우수한 주조성, 물성 및 기계가공성으로 산업용 기계 및 수송기기 부품용 소재로 활용되고 있다. A356합금 내 함유된 Si는 침상형태로 응고되며, 이는 주조품의 연신을 저하에 기인한다. 이를 해결하고자 일반적으로 Si를 개량화하기 위해 Sr 적절량을 첨가한다. Sr 첨가량에 따른 공정 Si의 개량화에 관한 연구는 많이 진행되어 왔으나, 개량화 정도에 따른 공정 Si 형상의 열처리 과정 중 변화에 대한 연구는 아직 미미하다. 이에 본 연구에서는 사형주조 A356합금에 Sr 첨가량에 따라 공정 Si 개량화 정도와 열처리 시간에 따른 공정 Si 구상화 거동을 분석하였으며, 이를 기계적 특성 평가와 연계하여 고찰하고자

한다. 우선 합금은 저항식 용해로를 이용하여 우선 A356합금을 용해한 뒤, Al-5Sr 모합금으로 소정량(40, 60, 80 ppm Sr) 첨가하였다. 이후 Ar가스로 탈가스하고 사형주조시와 유사한 응고거동을 모사하고자 400°C로 예열된 graphite 몰드에 주조하였다. 주조된 각 합금은 열처리과정 중 Si형상 변화고찰을 위해 유지시간별로 용체화처리하였다. 이후 각 시편은 절단, 마운팅 및 폴리싱 과정을 거치고 OM, SEM, EDS 및 TEM으로 상분석을 실시하였으며, 조직 내 공정 Si 크기 및 형상은 Image Analyzer로 분석하였다. 조건별 합금에 대한 기계적 특성평가는 경도 및 인장시험으로 실시하였으며, 인장시험 후 인장파단면을 분석하여 기계적 특성값과의 상관성을 고찰하였다.

[P8-17]

Al-RE 합금의 Mg 및 Ca 원소 함량 첨가에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화: 김용호¹, 유효상¹, 손현택; 한국생산기술연구원
 Keywords: Aluminum, electric conductivity, texture, extrusion, mechanical properties

알루미늄 합금은 대표적인 경량 소재로써 소형 경량화에 대한 기술적 요구로 인해 각 부품 적용에 대한 연구 개발 및 상용화가 가속되고 있고, 최근 대두되는 에너지 효율 및 전기 부품의 장수명화를 위해 고방열 특성을 갖는 Al 합금 개발이 필요하며, 이러한 특성을 가지는 합금은 자동차 및 전자기기 등 경량, 고강도 및 방열 특성이 요구되는 다양한 분야에 응용이 가능하다. 본 연구에서는 Al-RE계 알루미늄 합금의 강도 및 전기전도도 향상을 위한 Mg(0.5 or 1.0 wt.%) 및 Ca(0.2 or 0.4 wt.%) 원소의 첨가 영향과 첨가량 변화에 따른 2차 상의 분포, 미세조직 및 전기전도도 특성에 관한 연구를 수행하였다. 사용된 알루미늄 합금은 고주파용 해로를 이용하여 주조하였고, 200°C 온도로 예열된 금형(Ø80x200 mm)을 사용하였다. 압출 가능하도록 가공된 빌렛(Ø70x90)을 550°C 4시간 균질화 처리 후 500°C에서 직접압출을 통하여 12 mm 직경의 봉상 압출재를 제조하였다. 미세조직 분석을 위해 FESEM, EBSD를 사용하였고, 상 분석 및 전기적 특성 분석을 위해 X-선 회절분석과 전기전도도 분석기가 사용되었다. 압출 및 합금원소 첨가에 따른 기계적 특성을 평가하기 위해 인장시험을 실시하였다.

[P8-18]

자동차용 알루미늄 6016 합금의 코일 Dimension을 고려한 Pre-Aging 조건 최적화: 김성녕, 강현, 허용강, 박호준, 유성현, 구남훈; 현대제철
 Keywords: heat treatment, pre-aging, kinetic precipitation

자동차용 알루미늄 판재 제조 공정에서 압연된 판재의 성형성을 확보하기 위해 연속 열처리하는 필수적인 공정이다. 연속식 열처리를 통해 재결정을 확보하고, 제 2상 입자의 재고용을 통해 최종 단계인 paint shop에서 소부경화능 (bake-hardening response : BHR)을 확보한다. 코일이 운송되는 동안 자연시효에 의한 인장강도 향상을 방지하기 위해 pre-aging 이라는 안정화 처리를 실시한다. Pre-aging의 온도, 유지 시간, 권취 온도 및 냉각 거동은 향후 판재의 물성 변화에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 본 발표에서는, 전산모사 tool을 활용하여 알루미늄 6016 합금 코일의 dimension (내경, 외경, 폭, 게이지 등)을 고려한 pre-aging 조건 최적화를 실시하였고, 준안정상들의 volume fraction 분포가 물성에 미치는 영향을 조사하고 그 원인을 조사하였다.

[P8-19]

온도에 따른 알루미늄 판재의 전단가공거동 분석: 강현, 김성녕, 허용강, 박호준, 구남훈; 현대제철

Keywords: 알루미늄 판재, 전단가공, 미세구조

자동차용 알루미늄 판재의 수요는 매우 높은 추세로 증가하고 있다. 하지만, 알루미늄 판재는 프레스 변형 후 상온에서 전단가공 시 전단표면의 파단면이 불규칙하고 Burr가 형성 되어 2차 전단가공이 요구된다. 본 연구에서는 철강과 동일한 전단가공 조건에서 상온 및 고온에서의 전단가공거동을 분석하였고, 그 전단기구를 규명하였다.

[P8-20]

고강도 Al-Si-Mg계 합금의 Zn첨가량에 따른 특성변화: 황수빈¹, 김병주¹, 황지훈², 김동규³, 이영철¹; ¹한국생산기술연구원, ²LG전자 소재/생산기술원, ³동아대학교

Keywords: Solid Solution hardening, Casting, Aluminum Alloy, Microstructure, Mechanical Properties

최근 자동차, 항공기, 군수분야 등의 많은 산업에서 고강도 알루미늄 합금의 수요가 증가하고 있고, 다양한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. Al-Si-Mg 6천계 알루미늄 합금은 일반적으로 T4, T6와 같은 열처리를 통하여 높은 강도를 보유할 수 있으며, 최근에는 SiC와 같은 강화상이나, Sc, Hf와 같은 희토류 원소의 첨가에 의한 기계적 특성 향상방안이 보고되고 있다. 열처리와 희토류 원소 첨가는 뛰어난 강화효과를 기대할 수 있지만 제조 단가가 높고, SiC와 같은 강화상은 일반적인 주조 공정 중 결정립계에 응집되기 쉽다는 문제가 있어 산업의 적용에 제한적이다. 알루미늄 합금에 널리 적용되는 합금원소인 Zn는 상대적으로 원자재의 가격이 저렴하며, 알루미늄 기지에 고용되어 합금의 기계적 특성을 향상시킬 수 있지만, Al-Si-Mg계 합금에서 Zn가 미치는 영향에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구는 Zn함량의 증가에 따라 Al-Si-Mg계 합금의 미세조직 변화에 따른 기계적 특성을 분석하였다. Zn를 최대 8 wt.%까지 첨가한 Al-Si-Mg계 합금에 Zn첨가량에 따른 미세조직변화를 광학현미경과 주사 전자현미경으로 관찰하였으며, 경도시험과 인장시험을 통하여 기계적 특성변화를 분석하여 Zn첨가량에 따른 Al-Si-Mg계 합금의 기계적 특성의 관계를 규명하였다.

[P8-21]

다이캐스팅용 알루미늄 합금 방열 특성 향상에 관한 연구: 임병윤¹, 김대근¹, 강유빈¹, 이찬기¹, 김한구², 김성우², 박광훈³; ¹고등기술연구원, ²네텍(주), ³이지캐텍

Keywords: 방열부품, 알루미늄 합금, 유동성, 열전도도, JMatPro

휴대용 전자제품이 생활의 일부분으로 자리 잡음에 따라 고기능성의 다양한 전자제품들이 빠르게 발전하고 있다. 하지만, 전자제품의 고성능화 및 집적화로 인해 발생하는 발열 문제가 대두되고 있으며, 발생 열은 제품의 신뢰성 및 수명에 큰 영향을 준다. 이를 해결하기 위하여 전자 부품에서 발생한 열을 외부로 전달하는 방열 기술이 연구 되고 있으며 고열전도도 소재를 통해 열을 방출 하는 방법이 그중 하나로 사용되고 있다. 현재 전자제품 대부분은 알루미늄 합금 케이스를 사용하고 있으며, 주조성을 높이기 위해 Si 함량을 높인 ALDC12를 일반적으로 사용한다. 하지만 ALDC12는 열전도성이 96 W/m·K(순수 알루미늄 대비 43 % 수준)에 불과 하여 이를 방열 부품으로 사용하였을 때 고효율 방열 특성을 구현하기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 ALDC12 대비 유사한 주조 성과 높은 열전도 특성을 지니는 합금을 개발하기 위해 JMatPro를 이용한 합금 원소에 따른 알루미늄 합금의 phase 및 열적 특성 예측을 실시하였으며, 예측 결과를 바탕으로 선정된 합금 첨가 원소를 변수로 하여 유동성, 열전도도, 인장강도 및 미세조직을 비교 분석하였다. 연구 결과를 바탕으로 도출된 최종 개발 알루미늄 합금은 ALDC12 대비 80 % 이상의 유동성, 120 W/m·K 이상의 열전도도 특성을 가지며, 개발 합금을 전자 부품 케이스에 적용하여 수치해석 한 결과 ALDC12에 비해 우수한 방열 특성을 가짐을 확인하였다.

[P8-22]

A7075 판재형 합금 차체 부품의 충격특성 관찰: 외옥돈, 강남수, 공영식, 변장훈, 권휘란; (주)오토켄

Keywords: A7075, Aluminum, 알루미늄, 충격시험, 차체부품

최근, 환경 오염 문제와 화석 연료 고갈로 인하여 자동차 산업계는 큰 변화를 맞고 있다. 주요 자동차 시장에서는 연비, 환경 규제가 가파르게 증가하며, 전기 자동차와 같은 대체 에너지 차량 연구도 증가하고 있다. 연비 규제를 만족시키며, 에너지 효율을 증대 기술이 핵심으로써, 이를 달성하기 위한 가장 직접적인 방법은 차체 경량화 기술이다. 초고장력강(UHSS), 비철금속, 복합소재 등의 경량 소재 부품 기술이 활발히 연구 중이다. 그 중 알루미늄은 복합소재 대비 낮은 가격과 고강도강과 유사한 물성으로 미래형 자동차의 경량화 핵심부품으로 자리 잡고 있다. 5000계, 6000계 알루미늄 합금의 적용량은 꾸준히 증가하고 있으며, 최근에는 시효 경화형 합금인 7000계 알루미늄도 대안으로 급부상하고 있다. 7000계 알루미늄은 500MPa급의 인장강도를 보유하여, 고강도강(AHSS)대체 소재로 주목받고 있다. 그러나 성형성과 양산성이 부족하여 실질적인 적용이 어렵다는 지적이 이어지고 있다.(주) 오토켄은 이러한 상황을 극복하기 위하여 판재형 7000계 알루미늄 판재형 합금의 프레스 금형 성형기술을 연구하고자 하였다. 7000계 알루미늄 부품의 특성을 분석하고, 온간 성형 기술을 접목하여 Stamping 기반의 차체 부품 양산 기술을 연구하였다. 양산 Scale Center Pillar Sample을 다수 제작하였다. 제작한 Sample은 다양한 T6, T4, T73 등의 다양한 조건으로 Aging을 처리하여, 다양한 물성의 동일 형상 Sample을 준비하였다. 이후 충격 특성을 분석하기 위해, 160kg의 충격체를 자유낙하 시킬 수 있는 충돌 시험기를 제작하였다. 충격 시험을 통해 각 Sample의 충격에 따른 변화 거동을 분석하고, 고객사에게 공급하기 위한 최적의 조건을 확보하고자 하였다.

P9 : 재료분석

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P9-1]

In situ Elemental Quantifications based on Z-contrast of Backscattered Electron Microscopy: 변영운¹, 김홍규², 이현정², 안재평², 이재철¹; ¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

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.

[P9-2]

Cu-Zr 합금 선재의 신선가공 중 파괴 원인 분석: 양현석, 정우철; 고등기술연구원.

Keywords: Cu-Zr 합금, 선재 파괴, 연속주조 결함, 신선 가공

본 연구에서는 일본의 NGK에서 수직 연속주조 공정으로 제조된 Cu-2.5%Zr 합금 선재에 대해서 신선 가공 중 발생하는 파괴 원인에 대해 분석하였다. SEM과 EDS 를 이용하여 파손된 Cu-Zr선재 표면 및 결함에 대해 분석을 실시하였으며, hole defect, inappropriate solidification condition, high carbon content oil의 3가지 주요 원인을 발견하였다. 이는 가공 공정이 아닌 원소재 결함으로, 주조 온도 및 압출 속도, 냉각 속도의 균일성 확보가 필요할 것으로 판단된다.

[P9-3]

Effects of Building Orientation and Heat Treatment on Local Mechanical Properties of Direct Metal Laser Sintered 15-5PH Stainless Steel: JeongRim Lee¹, Min-Su Lee¹, Hobyung Chae², Soo Yeol Lee², Tea-Sung Jun¹; ¹Incheon National University, ²Chungnam National University.

Keywords: Direct Metal Laser Sintering (DMLS), 15-5PH stainless steel, nanoindentation, building orientation

A demand of applying additive manufacturing (AM) has been rapidly increasing due to its short lead time and design freedom. Direct Metal Laser Sintering (DMLS) is one of the various AM technologies which uses a metal powder melted by laser and sintered layer upon layer. Process parameters (e.g. layer thickness, laser power, build direction) affect the microstructural evolution and mechanical properties, where horizontal building commonly shows better mechanical properties [1]. 15-5PH is 15Cr-5Ni martensitic, precipitation hardened stainless steel (SS) that used in such industries as aerospace, petrochemical, and nuclear owing to its high strength and excellent corrosion resistance. Commercial 15-5PH has only martensite phase. However, through the AM process, it contains retained austenite phase which causes softening effect likely due to complex thermal history of the process and this consequently affects local mechanical properties [2]. Aging at temperatures of above 553 °C (H1025) typically contributes to formation of retained austenite and Cu-particles [2, 3] but the formation mechanism of retained austenite is still not clear. In the present study, we investigated the effect of building orientation (i.e., horizontal, vertical direction) and heat treatment (i.e., solid solution, H900) on local mechanical properties of DMLS 15-5PH SS. Optical microscopy (OM) / electron backscatter diffraction (EBSD), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and X-ray diffraction techniques were applied for the microstructural, chemical and phase or characterization, respectively. Cu precipitates causing strengthening effect were observed using transmission electron microscopy (TEM). Local mechanical properties were evaluated using nanoindentation and the results were compared with those from conventional manufacturing process. We will present processing-microstructure-properties relations of DMLS 15-5PH and discuss the precipitation hardening effect caused by the balance between precipitates and retained austenite. [1] A. Yadollahi, N. Shamsaei, M.S. Thompson, A. Elwany, L. Bian, Int J Fatigue, 94, pp. 218-235 (2017)[2] K. Coffy, Master's thesis, University of Central Florida, Orlando, FL. (2014) [3] H. R. Habibi Bajguirani, Mater. Sci. Eng. A, 338, pp. 142-159 (2002)

[P9-4]

용융염을 이용한 이산화탄소 포집기술 개발: 김성욱, 전민구, 이상권, 박우신, 허동현; 한국원자력연구원.

Keywords: 지구온난화; 이산화탄소; 용융염; 산화칼슘; 포집

이산화탄소 농도 증가는 지구온난화의 주요 원인으로 여겨지고 있으며, 이에 따라 이산화탄소 배출 저감을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이산화탄소를 포집하기 위해 다양한 포집체가 개발되었으며, 그 중 산화칼슘 포집체는 낮은 단가와 우수한 포집효율로 인해 큰 관심을 받고 있다. 산화칼슘 포집체는 이산화탄소와 반응하여 탄산칼슘을 형성하며, 생성된 탄산칼슘은 고온 열분해를 통해 다시 산화칼슘으로 재생가능하다. 일반적으로 사용되는 고상 산화칼슘 포집체는 포집/재생 반응이 반복됨에 따른 구조변화에 의해 이산화탄소 포집 성능저하가 나타나는 문제점이 있다. 본 연구에서는 산화칼슘 포집체를 용융염에 용해/분산시켜 사용하고자 한다. 용융염에 용해/분산된 산화칼슘은 액상 거동을 보이기 때문에 구조변화 영향이 없을 것으로 기대된다. 산화칼슘의 이산화탄소 포집반응은 온도에 큰 영향을 받는다. 따라서, 본 연구에서는 녹는점이 다른 다양한 용융염을 사용하여 공정온도에 따른 이산화탄소 포집 효율을 비교하고자 하였다.

[P9-5]

통합된 광·전자 융합 현미경 개발: 이광훈, 조복래; (주)모듈싸이.

Keywords: 광전자 융합 현미경, CLEM, 주사전자현미경, 형광현미경

양자점(Quantum dot), 발광다이오드(LED) 등은 발광특성으로 인해 광학/형광 현미경 (Fluorescence / Light Microscope, LM/FM)을 이용해 검사한다. 하지만 소자에 문제가 생겼을 때, 그 결함은 마이크로스케일 이하여서 일반 광학 현미경으로는 그 원인을 찾기 힘든 경우가 많다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 광학 현미경보다 분해능이 높은 전자현미경을 이용해 관찰하여야 한다. 광·전자 융합 현미경(Correlative Light and Electron Microscope, CLEM)은 시료홀더를 두 현미경이 공유하도록 제작한 뒤, 광학현미경에서 관찰한 부위의 동위치를 전자현미경을 이용해 고배율의 이미지를 실시할 수 있는 장비를 의미한다. 하지만 시료를 장비 간에 옮겨가면서 측정하기 때문에 시료의 변형이 일어나거나 오염될 수 있다는 단점이 존재한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 통합된 형태의 광·전자 융합현미경을 개발하려는 노력이 다양하게 시도되고 있다. 모듈싸이 연구팀은 정립형과 도립형으로 구성된 두 가지 종류의 통합된 광·전자 융합현미경을 개발하여 시스템의 확장성과 접근성을 극대화하였다. 정립형 광전자 융합 현미경은 광학 거울에 구멍을 활용해 동광축 정렬을 이루도록 함으로써 실시간으로 광학/형광 이미지와 주사전자현미경 이미지를 획득 할 수 있다. 도립형 광전자 융합현미경은 ITO(Indium Tin Oxide)를 코팅한 유리 위에 시료를 올림으로써 차징현상을 방지하고 동시에 1 분 이내에 시료를 교체할 수 있도록 스테이지를 개발했다. 주사전자현미경 부분은 CeB6 전자를 사용하여 약 2 nm 분해능으로 20 만배 이상의 이미지를 획득할 수 있고 광학현미경 부분은 약 500 nm의 분해능으로 형광필터를 조합하여 형광정보를 얻을 수 있다. 추후 지속적인 연구 진행으로 광학/전자 현미경과 EDS, 라만 분광기, CL(Cathode ray Luminescence) 검출기 등을 융합한 플랫폼을 구축할 예정이다. 본 발표에서 두 가지 종류의 광·전자 융합현미경의 원리와 구조를 설명하고 측정된 이미지를 보여줌으로써 향후 적용할 수 있는 분야에 대해서 논의하고자 한다.

[P9-6]

자동차 볼트용 Cr-Mo강의 신선 가공에 미치는 미세조직의 영향: 김학현, 진현호, 김원선, 김진원, 박중철; 포항산업과학연구원 분석평가그룹.

Keywords: Cr-Mo steels, Microstructure, EPMA, Lapella etching

본 연구에서는 자동차 볼트용으로 주로 사용되는 Cr-Mo강에서 신선 가공 중 발생하는 균열에 미치는 주요 인자를 미세조직 관점에서 도출하고자 하였다. 시험 소재는 열간압연된 11mm봉강으로 서냉 및 급냉하여 미세조직에 변화를 주었다. 미세조직이 강도 및 RA에 미치는 영향을 확인하기 위하여 신선 가공하였으며, 단두식 인발기(draw bench)를 이용하여 패스당 감면량 10%, 총 50%까지 단계적으로 가공하였다. 미세조직은 거시적 측면에서 레펠라 칼라 에칭을 통한 상(phase) 분석을 미시적 측면에서 전자빔 미세 분석법(EPMA)을 이용한 주요 합금성분 분석이 진행되었다. 냉각속도가 느릴 때에 비해 빠르게 제어될 경우 신선 가공 중 Cherevon 균열 형성 빈도수가 낮고 신선 중 파단이 발생하지 않았으며, 최종 신선 후 강도 및 RA가 상대적으로 높고 오차 범위가 적었다. 이러한 결과는 냉각속도에 의해 제어된 미세조직 변화가 이들의 특성에 영향을 미치는 주요 인자로 판단된다.

[P9-7]

에칭조건에 따른 TRIP강의 잔류오스테나이트 분율 측정: 김학현, 오규찬, 강영환, 이만재, 조다희; 포항산업과학연구원 분석평가센터.

Keywords: TRIP, 고강도강, 에칭

TRIP강은 고강도강의 종류이며, 소성변형 과정을 거치면서 오히려 가공경화속도는 증가하게 되어 넥킹에 의한 소성불안정성은 억제 되어 진다. 또한 계속되는 인장변형 시 안정한 상태의 소성변형(풍부한 연신율)을 경험하게 된다. 최근에는 잔류 오스테나이트에 변형을 가하여 TRIP효과를 얻는 저탄소 TRIP형 Si-Mn 냉연강판이 주목을 받고 있다. 따라서 좀 더 우수한 물성의 TRIP강을 얻기 위해서는 잔류 오스테나이트 조직을 제어하는 것이 매우 중요하지만, 기존의 분석방법으로는 TRIP강의 잔류 오스테나이트 분석이 제한적 이었다. 본 분석은 항복강도 690MPa TRIP강에 새로운 에칭방법을 적용하여 현출된 잔류 오스테나이트를 광학현미경과 EBSD를 이용하여 FCC의 구조를 갖는 Gamma상임을 확인 하였다. 또한 마이크로 비커스 경도를 이용하여 물성 측정을 함으로 잔류 오스테나이트의 정확한 물성을 확인할 수 있었다. 이로 인해 TRIP강의 상별 물성을 측정할 수 있었고, TRIP형 강종의 분석방법을 정립함으로 연구의 질을 한층 높일 수 있었으며, TRIP형 소재에 대한 신뢰성 향상을 기여 할 수 있게 되었다.

[P9-8]

Sn, Cr 합금원소 첨가 및 열처리 조건에 따른 FCD600 구상흑연주철의 미세조직 및 기계적 특성 변화 분석: 정동혁¹, 백승학², 김윤준¹; ¹인하대학교 신소재공학과, ²벽진(주).

Keywords: FCD600, Sn, Cr, mechanical property

아이들러는 굴착기의 트랙 프레임에 설치되어 진행 방향을 조정하는 역할을 수행하는 부분으로, 굴착기의 방향 전환 시 높은 응력을 받기 때문에 높은 기계적 강도와 내마모성을 요구 받고 있다. 이에 대해 아이들러에 적용되는 소재는 주강재와 주철재가 있으며, 경제성 대비 성능을 비교할 때, 주철재가 우수한 특성을 보이므로 주철재가 많이 사용되고 있다. 하지만 이 또한 기계적 강도의 한 계로 짚은 파손이 일어나므로 합금 원소의 첨가와 열처리 공정 변화를 통한 추가적인 성능 개선이 필요하다. 아이들러에 적용되는 대표적인 주철재는 FCD600 재질로서 미세조직에 구형의 흑연이 생기는 구상흑연주철이다. FCD600은 기계적 강도와 내열성, 내식성이 우수하여 고강도를 요구하는 기계부품에 많이 사용되고 있으나, 아이들러에 적용될 경우 파손이나 수명 단축 등의 결함이 빈번히 발생하므로 추가적인 기계적 특성 개선이 필요하다. 이를 위해 Sn과 Cr 합금 원소를 첨가하여 최저적의 합금조성을 찾는 연구를 진행하였다. Sn은 조직 내 흑연의 구상화를 향상과 입 수 증가에 영향을 주고, Cr의 첨가는 구상흑연의 입 수를 줄이나 강도를 크게 향상시키는 영향을 준다. 소재의 내마모성 및 표면 경화 향상을 위해 표면 고주파 열처리를 수행하였으며, 이는 아이들러 표면의 경도를 크게 향상시키지만 조직 내 구상흑연에는 거의 영향을 주지 않는 것을 확인하였다. 또한, Sn과 Cr의 첨가로 인한 시편의 낮은 연신율을 개선하기 위해 노멀라이징과 템퍼링을 적용하고 기계적 성질 변화를 관찰하였다. 따라서, 본 연구에서는 FCD600에 각각의 첨가 원소와 열처리 공정 변화에 따른 소재의 미세조직 및 기계적 성질 변화를 확인하였다.

[P9-9]

시효열처리온도에 따른 A356합금 Nanocluster의 APT(Atom Probe Tomography) 분석: 신원삼, 김윤준; *인하대학교 신소재공학과 금속재료물성연구실*

Keywords: Cast Aluminum Alloys, APT, Nanoclusters, Aging Heat Treatment, Microstructure

주조알루미늄 합금은 중량 대비 강도가 높고, 내부식성과 리사이클링 등이 좋기 때문에 자동차 및 우주 산업에서 널리 사용된다. A356 주조 알루미늄 합금($Al - 7 \text{ wt.\%Si} - 0.3 \text{ wt.\%Mg}$)은 대략 50%의 eutectic microstructure를 포함하는데, 주조 조건에서 갖는 높은 Si함량은 eutectic의 형상을 제어하며, 다른 금속간화합물을 석출시키므로 A356합금의 강화에 중요한 역할을 한다. 따라서 고Si조성이 A356합금의 물성에 미치는 영향을 파악하기 위해 α -matrix내에 용해되는 Si nanocluster가 형성되는 메커니즘을 이해하는 것이 필요하다. 또한 nanocluster의 분포, 크기 및 조성의 정량화를 통해 다른 합금 원소들 간의 상관관계를 이해할 수 있다. Nanocluster의 일반적인 크기는 수 nanometer에서 sub-nanometer정도로 특성화가 어렵지만 APT(Atom Probe Tomography)는 클러스터의 크기, 분포 및 조성 뿐 아니라 3-D형태의 화학 및 공간 정보도 제공한다. APT에서 사용하는 클러스터 분석방법으로는 3차원 좌표 정보와 time-of-flight 데이터에 maximum separation algorithm을 적용하며, 여기에 필요한 input parameter($d_{\max}$ 와 $N_{\min}$ 등), 합금원소(Al, Si, Mg)별 Envelopment distances, Erosion distance와 같은 추가 보정 변수를 조절하여 최적화된 클러스터를 도출할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 APT를 사용하여 서로 다른 시효열처리 온도(2시간, 각 110°C, 130°C, 150°C)로 제작된 A356합금의 Mg-Si nanocluster에 대한 분석을 진행하였으며, 최종적으로 시효온도별 nanocluster의 크기, 분포 및 조성을 비교 분석하였다.

[P9-10]

2차원 전이금속 칼코제나이드 물질의 조성 및 트라이볼로지 특성 분석: 황교진¹, 김진우², 장호², 함명관¹, 김윤준¹; ¹인하대학교 신소재공학과, ²고려대학교 신소재공학과

Keywords: Superconductor, Transition Metal Dichalcogenide, Tribology, Raman Spectroscopy, 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, NbSe₂ 물질이 대표적이다. TMD는 구조적으로 안정하며, 밴드 갭 그리고 실리콘과 비슷한 전자 이동도를 갖는다. 또한 박막으로 증착된 TMD는 나노전자기계 시스템 (Nanoelectromechanical System, NEMS)에서 사용되며, NEMS에서는 기존의 마이크로 이상의 시스템과는 다른 트라이볼로지 (Tribology) 특성을 보인다. 본 연구에서는 TMD 물질 중, 반도체 특성을 갖는 MoS₂와 초전도 특성을 갖는 NbSe₂를 화학증기증착법 (Chemical Vapor Deposition)을 이용하여 제작하고, 제작된 TMD 박막의 열처리 전후 조성 및 트라이볼로지 특성을 라만분광법 (Raman Spectroscopy)과 원자힘현미경 (Atomic Force Microscope)을 이용하여 비교 분석하였다.

[P9-11]

적층성형 코발트 계 합금의 건전성 및 미세조직 변화: 신민하¹, 김도향², 장진성¹, 권준현¹; ¹한국원자력연구원 신소재개발부, ²연세대학교 신소재공학과

Keywords: 원자력 제어봉 소재, 내마모 코발트 합금, AM (Additive Manufacturing), DED (Direct Energy Deposition)

원자력 시스템 노심 부품은 중성자 조사 환경과 고온 냉각재 환경에서 수십년에 이르는 긴 설계수명 동안 안정적으로 작동해야 한다. 제어봉 구동장치는 핵연료 집합체 안에서 제어봉의 위치를 조절함으로써 노심출력을 제어하는 장치이다. 노심출력을 제어하고자 제어봉을 움직여야 하는 조건이나 빈도는 시스템 종류에 따라 다르나, 향후 원자력 시스템의 잦은 출력제어, 특히 다른 에너지원과 병행 운전에 따른 훨씬 잦은 출력제어를 요구받게 될 것으로 예상된다. 따라서 제어봉 구동장치 가운데 특히 구동축과 구동축을 잡아주는 래치 부분의 경우 더 나은 내마모 특성을 확보하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 선진 제어봉 구동장치에서 사용하고 있는 코발트계 (Co-30Cr-4.5W) 내마모 합금 분말을 304L 스테인리스 강 위에 직접 에너지 분사 (DED : Direct Energy Deposit) 방법을 통하여 적층시켜 (AM : Additively Manufactured) 시편을 준비하였다. 입사 에너지, 적층 방향 배열, 온도 구배 및 후속 열처리와 열간등압성형 (HIP : Hot Isostatic Pressing)에 따른 기공을 변화와 미세조직 및 경도 변화 등을 관찰 분석하였다.

[P9-12]

Effect of Thermal Aging and Reversion Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Property of Austenitic Stainless Steel Weld: Ho Jung Lee; *Central Research Institute.*

Keywords: thermal aging, delta-ferrite, spinodal decomposition, G phase, nanopillar compression test

A block of 316L austenitic stainless steel weld (ASSW) was fabricated by gas tungsten arc welding (GTAW) method. It was thermally aged at 400°C for 20,000 h and then, reversion heat treated at 550°C for 1 h. Thereby, changes in microstructure and mechanical property of δ -ferrite in as-received, thermally aged, and reversion heat treated conditions were assessed. In case of thermally aged specimen, spinodal decomposition (nanometer orders of element fluctuation) and Ni and Si-rich G phase precipitate in the δ -ferrite were observed. Microstructural evolution affected ~80 % increase in yield strength measured by anodic dissolution and nanopillar compression test. Meanwhile, as reversion heat treatment was carried out, spinodal decomposition was disappeared while leaving G phase exhibiting partial recovery of hardening in δ -ferrite. It was estimated that increase of yield strength of the thermally aged δ -ferrite was attributed to ~60 % from spinodal decomposition and ~40 % from G phase, respectively.

[P9-13]

(Sr, Ba)ZrO₃의 LiCl 용융염 내 안정성 평가: 김성욱, 전민구, 이상권, 강현우, 최은영; *한국원자력연구원*

Keywords: 파이로프로세싱, 용융염, 2족원소, 용출

파이로프로세싱은 사용후핵연료 내 존재하는 다양한 원소들을 분리/회수하여 저장 또는 재활용 할 수 있는 형태로 가공하는 건식 처리기술이다. 사용후핵연료에 존재하는 2족원소(Sr, Ba 등)는 파이로프로세싱 단위 공정 중 하나인 전해환원공정에서 분리될 것으로 예측된다. 전해환원공정은 LiCl 용융염 매질을 이용해 진행되는데, 공정 중 사용후핵연료에 존재하는 2족원소가 용융염으로 용출된다. 이러한 2족원소의 용출거동은 사용후핵연료의 화학적 상태에 따라 결정된다. Sr과 Ba는 UO₂ 기지 내부에 고용체 형상으로 존재하거나 결정립계에 산화물 형태로 석출될 수 있다. 석출 산화물은 주로 (Sr, Ba)ZrO₃ 형태의 페로브스카이트 구조를 갖는 것으로 알려져있다. 본 연구에서는 산화 석출물 내 Sr, Ba의 용출거동을 확인하기 위하여 SrZrO₃, BaZrO₃, Sr_{0.5}Ba_{0.5}ZrO₃의 LiCl 용융염 내 안정성을 평가하였다.

[P9-14]

구름접촉 베어링함 전동체에 관한 피로수명 평가 연구: 김희재¹, 강수환²; ¹일진베어링, ²일진글로벌

Keywords: Steel ball, 4ball test, Fatigue life, Residual stress

최근 산업의 발달에 따라 자동차 및 산업용 베어링의 피로수명 향상 및 그 안전성이 중요한 과제로 부각되고 있다. 수송기관의 안전성과 각종 기계부품의 원활한 가동을 위해 장수명의 베어링 적용이 필수적이다. 현재까지 베어링 피로수명에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있지만, 그 전동체에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 베어링의 핵심보안 부품인 전동체의 개별적 피로수명 향상을 통해 베어링 전체의 품질 안정화가 필요하다. 강구는 국제 규격(ISO 3290)에 의거 각 Grade별로 구분하며 자동차 적용 강구의 경우 G16, G10 grade를 사용한다. 일반적으로 강구(Steel ball)는 선재의 냉간 단조를 통해 성형 후 여러 가공 공정 및 열처리를 통해 만들어 진다. 특히 반복회전 하중으로 인해 강구는 표면 및 표면직하부의 응력이 집중되기 때문에 제조시 압축잔류응력을 부여한다. 이에 본 연구는 깊이별 압축응력 패턴에 따른 강구의 피로 수명 관계를 규정하고자 함.

[P9-15]

베이킹 처리 시간에 따른 고장력 볼트의 수소 취성 거동: 황재찬, 최병호, 권형태, 이해춘; *현대다이모스*

Keywords: High-Tensile Bolt, Hydrogen Brittleness, Baking, Power Train

차량 경량화 요구 증대에 따라 자동차 부품에 적용되는 볼트류 등 하드웨어 부품의 경우에도 고강도화가 요구 되어지고 있다. 특히, 높은 토크 및 반복 하중이 작용하는 변속기용 볼트에는 고장력 볼트 사용폭이 증대되고 있다. 10T급 이상의 볼트 제조시에는 볼트 생산 공정중 잔류하는 수소가 취성 인자로 작용하는 우려가 높기 때문에, 이를 제거하기 위해 베이킹 처리를 실시한다. 본 연구에서는 베이킹 처리 시간에 따른 볼트 수소 취성 거동을 파악하기 위해 인장시험 및 파단면 관찰을 실시하였다. 이를 통해 최적의 베이킹 처리 조건을 확립하였다.

P10 : 철강

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P10-1]

충격이방특성이 향상된 에어백 Inflator Tube용 소재 개발: 김동윤¹, 조훈성²; ¹세아베스틸(주) 기술연구소 ²전남대학교

Keywords: MnS 황화물, 인플레이터 튜브, 단면 충격인성, MnS 형상제어

자동차 부품용으로 사용되는 특수강은 망간은 강의 강도, 소입성을 향상시키기 위해 꼭 첨가해야 하는 원소이다. 이에 반해 황은 가공성 향상을 위해 첨가하여 망간과 황이 결합된 MnS 황화물을 형성하여 가공성을 향상시킨다. 그러나 강의 가공성이 필요치 않은 경우에는 황은 불순물로 생각해야 한다. 황이 Fe와 결합하여 강의 취성을 일으키는 FeS를 형성하기도 하고, MnS가 압연방향으로 길게 연신하여 충격특성을 현저히 떨어트리는데, 특히 단면방향의 충격치를 감소시킨다. 자동차 부품 중 에어백의 인플레이터 튜브는 내부에 화약 등의 중요 물질을 담고 있다가 차량이 외부 충격을 받으면, 즉시 폭발시켜 에어백을 전개시키는데 중요한 역할을 하는 부품으로, seamless 튜브나 압연 봉강을 천공하여 사용되어진다. 최근에는 핸들에 장착된 에어백 이외에도, 사이드 커튼 에어백이 안전규제 강화로 확대되는 가운데, 에어백 인플레이터 튜브의 중요성 또한 커지고 있는 실정이다. 에어백 인플레이터 튜브용 소재는 강도 등도 중요한 필요사항이지만, 특히 tube를 제조시 다른 자동차용 부품이 단조 등에 의해 형상이 변화되는 것과 다르게, 일종의 압출 형태의 가공을 하게 되는데, 이때 중요한 요구특성이 단면의 충격인성이다. 이때 강에 약간이라도 포함된 황은 망간과 결합하여 MnS를 형성함으로써 이 충격인성을 떨어트리게 된다. 이에 본 개발강은 MnS를 공정기술을 적용하여 MnS를 적게 생기게 하면서, 어쩔수 없이 형성된 MnS를 형상제어하여 단면방향의 충격특성을 향상한 강이다.

[P10-2]

Brittle Crack Propagation/Arrest 거동에 영향을 주는 인자 연구: 이석균¹, 이오재², 배홍열³, 정홍철³, 이성학¹, 김낙준²; ¹포항공과대학교 신소재공학과, ²포항공과대학교 철강대학원, ³포스코 기술연구원

Keywords: Brittle Crack Arrest, Fracture Toughness, Mechanical Properties, Microstructure, Texture

최근 컨테이너선의 대형화와 함께 고강도, 고인성을 갖는 선급 강재의 요구가 증대되고 있으며, 선급 강재는 점점 더 두꺼워지고 있다. 하지만 선급 강재가 두꺼워질수록 Fracture toughness의 감소는 필연적으로 발생하며, 결과적으로 컨테이너선의 Unstable Fracture 발생을 유발할 가능성을 높리게 되었다. 따라서 이를 방지하기 위해 BCA강이라는 새로운 기준이 도입 되었고 선급 강재로 사용되기 위해서는 BCA강으로 인정을 받을 필요가 있다. BCA강이란 K_{Ic} 또는 CAT 시험을 통해 측정하는 Brittle Crack Arrest Toughness 물성이 우수한 강종들을 말한다. 일반적인 BCA강의 파면의 경우, 일반적인 파면의 형태인 U Shape의 파면을 나타낸다. 하지만 두께가 더 두꺼워진 일부 극후판재에서 기존의 파면의 형태와 다른 W Shape의 파면을 나타내고 있다. 이는 기계 역학적인 인자로는 해석이 되지 않으며 다른 인자의 영향으로 보인다. 따라서, 본 연구에서는 W Shape의 파면이 형성되는 원인을 밝히고자 95t BCA강의 두께 별 기계적 물성, 미세조직학적 특성, 결정학적 특성 등을 분석하였고, 이에 대한 고찰을 수행하였다.

[P10-3]

Effect of Residual Stress on Stress Corrosion Cracking Susceptibility of 304L Stainless Steel Tubes in Nuclear Power Plants: Ho Jung Lee; Central Research Institute.

Keywords: Austenitic stainless steel, Stress corrosion cracking, Residual stress, Splt-ring test

304L austenitic stainless steel is widely used as a tube material of feedwater heater (FWH) tubes in pressurized water reactors (PWRs). In this study, stress corrosion cracking (SCC) susceptibility was assessed by comparing microstructural features, micro-hardness, and residual stress in between SCC failed and non-failed FWH tubes after PWR operation. The results indicated that for SCC failed tubes, micro-hardness values showed increasing tendency along radial direction resulted from large tensile residual stresses. Meanwhile as conducting additional heat treatment at 1080 °C for 0.5 hr, those were decreased as compared to non-failed tube. In microstructural point of view, although small amount of δ -ferrite and irregular grain distribution were observed for SCC failed tubes, it seems not be significantly affected SCC susceptibility. Therefore, it could be concluded that residual stress generated during tube fabrication was likely to increase SCC susceptibility of FWH tubes.

[P10-4]

Cu, Ni 첨가강의 산화분위기에 따른 고온연성 거동: 김경안¹, 김혜주¹, 이형록¹, 김성연², 권상훈³, 허윤옥³, 임창희³, 김동규¹; ¹동아대학교, ²포스코 기술연구소, ³포항공과대학교 철강대학원(GIFT).

Keywords: Continuous Casting, Hot Ductility, Hot Shortness, Oxidation, Wet Air Atmosphere, Penetration

Cu, Ni, Sn과 같은 원소들은 Fe의 우선 산화로 인해 scale/steel 계면에 잔류하여 hot shortness를 유발하고, 연속 주조 시에 균열을 발생시켜 공정상의 문제점을 발생시키는 것으로 보고되고 있다. 또한, 일반적으로 고온 연성 평가는 dry air분위기에 실시되고 있으나, 실공정에 적합한 wet air 분위기에서의 실험은 매우 부족하다. 또한 Cu, Ni 첨가강은 900°C에서 산화될 경우, Cu-Ni penetration이 다량 발생하여 응력집중 site로 작용할 수 있다. 이 penetration은 산화 분위기에 따른 차이가 있으며, 이러한 현상은 고온 연성 평가 시 단면감소율(RA)에 영향을 미친다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 Cu, Ni의 함량과 산화 온도(900°C,

1150°C) 및 분위기(dry air, wet air)가 외부산화층과 내부산화층(Cu-Ni penetration 및 fayalite penetration)의 형성 거동과 고온 연성에 미치는 영향을 조사하였다. 각 열이력에 대한 결과를 관찰하기 위하여 SEM, BSE, EDS 등을 이용하였다.

[P10-5]

고강도 HPF강의 Bending 특성에 MnS가 미치는 영향 분석: 김세원¹, 조민철¹, 김성우², 오진근², 이성학¹; ¹포항공과대학교 ²POSCO.

Keywords: HPF강, 벤딩특성, 자동차강재, 고강도강, MnS

Hot Press Forming(HPF) 강은 오스테나이트화 후 프레스 성형을 하고 급랭하여 마르텐사이트 함유량을 높여 1GPa 이상의 매우 높은 항복강도와 높은 충격인성을 얻을 수 있는 재료이다. 자동차 강재는 고강도 및 연성이 요구될 뿐만 아니라 안정성 및 내충격 성이 확보되어야 하는데, 특히 A-, B-pillars 혹은 front cross members와 같은 구조보강 부품은 안정성이 확보되어야 하기 때문에 초고강도 HPF 강이 자동차 강재용으로 사용되고 있다. 또한 자동차 산업에서는 승객의 안전이 최우선이기 때문에 안정성을 평가하는 척도인 bending 특성이 중요하다. 기존 문헌에서 1.5GPa grade의 HPF 강에서 Mn과 S의 분율을 감소시켰을 때 bending 특성이 우수해진 것을 바탕으로 MnS의 크기가 미치는 영향을 분석하기 위해 interrupted three-point bending 시험을 진행했다. Bending 정도에 따라 분석한 결과 MnS와 matrix의 계면 혹은 MnS 내부에서 균열이 일어나는 것을 관찰하였다.

[P10-6]

Influence of Manganese on the Mechanical properties and Microstructure of Oxide Dispersion Strengthened Steels Made from Water Atomized Ferritic-Powder: 앤드류¹, Jeoung Han Kim^{2*}, Taesung Park², Sanghoon Noh³; ¹국립한밭대학교 ²신소재공학부 ³응용소재공학전공. ²국립한밭대학교 ³Nuclear Materials Division.

Keywords: Oxide dispersion strengthened steel, water-atomized powder, TWIP steels, neutron irradiation

Oxide dispersion strengthened (ODS) steel powder produced through water-atomization process was studied. The effect of Mn content on the microstructure and the mechanical properties were examined. The overall micro-hardness of the PF-ODS0 steel was higher than the PF-ODS25 steel. The tensile strength and ductility of the PF-ODS0 was also higher than the PF-ODS25. In addition, observations are clarified in terms of the microstructures of the steels.

[P10-7]

해양플랜트용 철강의 미세조직과 기계적특성에 미치는 냉각종료온도의 영향: 이훈¹, 이현욱¹, 김종철², 조성규², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹; ¹울산대학교 ²첨단소재공학부. ²현대제철 기술연구소.

Keywords: Steels, Microstructure, Tensile test, Impact test, Heat affected zone

최근 심해저 자원개발의 활성화로 해양플랜트의 수요가 늘고 있다. 해양플랜트는 상대적으로 높은 온도인 해수면 일대에서 저온의 심해저에 이르기까지 사용 온도 범위가 넓어서, 상온뿐만 아니라 저온에서도 우수한 기계적 특성이 요구된다. 일반적으로 기계적 특성의 향상을 위해 합금조성을 변화하여 강재를 개발한다. 하지만, 고강도를 위한 합금화는 용접성에 악영향을 미치므로 냉각 조건의 변화를 통해 미세조직 및 기계적 특성을 변화하는 연구가 더욱 요구된다. 따라서 본 연구에서는 해양플랜트용 철강의 냉각종료온도를 변수로 하여, 모재와 HAZ 시편의 미세조직을 관찰하였다. 기계적 특성을 평가하기 위해서 -40°C에서 샤르피 충격 시험을 실시하고, 인장 및 경도 측정을 하였다. 이 결과를 통해 미세조직과 기계적특성간의 상관관계를 규명하고, 철강의 미세조직과 기계적특성에 미치는 냉각종료온도의 영향을 조사하였다. 본 연구는 한국산업기술평가관리원의 ‘극한환경용 ICE 내충돌, 고인성 해양플랜트 강재 및 적용 기술 개발’의 과제지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

[P10-8]

SiC/Al7075 금속복합소재의 준정적 및 동적 압축 성질에 미치는 강화재 Bimodal 효과: 조민철¹, 최진혁¹, 이형수¹, 조일국², 이상관², 이성학¹; ¹포항공과대학교 ²재료연구소.

Keywords: SiC; Al7075; 금속복합소재; 동적압축성질

For the defense field material, it is essential to obtain excellent ballistic performance with weight reduction. Recently, lightweight alloy composites (Al alloys) reinforced with ceramics such as SiC or B4C have been developed by advanced fabrication technologies. In this study, Al7075 alloy composites reinforced with two different types of SiC particulates were made by a liquid pressing process. The SiC particulates sizes were varied with 10 micrometer, 30 micrometer and bimodal (10 mm + 30 mm). In this work, size effects of reinforcement on dynamic and quasi-static compression properties have been studied along with microstructural analysis.

[P10-9]

후판 가속냉각 설비(MULPIC)의 자체 제어 Model의 개발: 송승호¹, 임환석², 심호섭¹; ¹동국제강 중앙기술연구소. ²동국제강 당진공장.

Keywords: 후판, 가속냉각, MULPIC, TMCP

구조물의 대형화 및 경량화 추세에 따라 후판 시장에서는 TMCP(Thermo Mechanical Controlled Process)형 고강도 강의 사용이 지속적으로 증가되고 있다. 가속냉각설비를 이용한 TMCP강은 적은 합금성분으로도 우수한 강도, 인성, 용접성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 동국제강은 TMCP 후판을 생산하기 위하여 Primetals Technologies사의 가속냉각 설비인 MULPIC(Multi-Purpose Interrupted Cooling)을 도입하여 운영하고 있다. 하지만 최근 후판시장의 경쟁이 치열해지고 고급 후판에 대한 수요가 늘어나는 상황에서, 기존 MULPIC 제어 Model의 기능만으로는 차별화된 제품을 개발하고 생산품질을 향상시키기 어려운 상황이었다. 이에 본

연구에서는 동국제강의 독자적인 Mulpic 가속냉각 제어 Model을 개발하였다. 개발 Model은 강의 상변태를 고려한 냉각온도 계산, 최적 냉각수량 계산, 온도하중 Model 등으로 구성되었다. 개발된 Model을 TMCP재 생산공정에 적용한 결과, 냉각종료온도 적중률이 개선되었으며 두께가 얇은 박물이나 길이방향으로 두께가 달라지는 Uni-Plate의 가속냉각도 가능하게 되었다.

[P10-10]

압력용기용 강재의 미세조직과 경도에 미치는 냉각속도와 냉각종료온도의 영향: 조누리¹, 이현욱¹, 윤동현², 김규태², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹; ¹울산대학교 공과대학, ²현대제철 R&D Center.

Keywords: Steels, Microstructure, Hardness, Cooling rate, Finish cooling temperature

최근 들어 압력용기가 대형화 되면서 고강도, 고인성 철강의 수요가 더욱 요구된다. 다양한 합금원소를 첨가하여 강도를 증가시킬 수 있지만 인성, 용접성, 내식성 등이 저하되며, 그 가격 또한 상승한다. 따라서 합금원소의 첨가를 최소화 할 필요가 있으며, 공정 조건을 제어하여 미세한 저온 변태상을 형성시킴으로써 우수한 물성을 얻고자 하는 연구가 이루어 지고 있다. 하지만 냉각속도와 냉각종료온도를 함께 바꾸었을 때 조직의 변화가 크고, 이에 따라 물성의 상관관계를 밝히는 연구는 잘 없다. 따라서 본 연구에서는 열처리 공정을 통해 각 미세조직과 경도 차이를 비교함으로써 최적의 조건을 찾는 것을 목적으로 하고 있다. 낮은 탄소당량의 강재를 905°C와 930°C 에서 5분간 노멀라이징을 실시하고 다양한 냉각속도 및 냉각종료온도의 차이에 따라 미세조직과 경도가 어떻게 변화하는지에 대해 알아보기 위해 광학 및 주사전자현미경을 통해 분석하고 비커스 경도계를 이용하여 기계적 특성을 평가하기 위한 연구를 진행하였다. 본 연구는 현대제철의 연구과제로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

[P10-11]

열간 금형 공구강의 내 연화 저항성에 미치는 W첨가의 영향: 유정선, 권훈, 조기섭; 국민대학교 신소재공학부.

Keywords: hot die tool steel, carbide precipitation, alloying effects, softening resistance

최근 소재가 빠르게 고강도화 됨에 따라 고온에서 이를 절단/성형하는 열간금형의 사용수명 저하 문제가 새롭게 대두되고 있다. 일반적으로 열간 금형소재는 MC, M₇C₃, M₆C와 같은 다양한 탄화물을 함유하고 있기 때문에, 고온에서 장시간 또는 반복적인 노출시 관련 탄화물의 급격한 성장으로 인한 기계적 성질 열화가 발생한다. 특히 이러한 미세구조적 변화는 열간 금형 소재로서 필수적으로 요구되는 내충격 뿐만 아니라 내히트체크성에 상당한 영향을 미칠 수 있는 것으로, 본 연구에서는 대표적인 열간 공구강인 STD61(0.38C-1Si-1.5Mo-1V-5Cr-0.4Mn)의 탄화물 형성원소(Mo)를 Mo+W으로 대체하여 내 연화 저항성에 미치는 W첨가 효과를 석출 거동 변화의 관점에서 분석하였다.

[P10-12]

Graphite와 슬래그 혼합 Pellet의 입도크기에 따른 FeO 함유 Slag 중 철 회수율 연구: 유채연, 이주훈, 유준수, 정용석; 한국산업기술대학교신소재공학과.

Keywords: Slag Reduction, EAF Slag, Particle Size, Kinetics

이 연구에서는 전기로 슬래그 중 FeO 환원거동에서 Graphite와 슬래그 혼합 Pellet의 입도크기가 미치는 효과에 대해 연구하고자 한다. 슬래그를 환원시키는 환원제로 Graphite와 슬래그를 1:1로 혼합한 Pellet을 사용하였다. Pellet의 사용은 환원과정 중 발생하는 Graphite의 부유현상을 효율적으로 제어할 것으로 기대한다. 혼합 Pellet의 입도크기는 38 μm 이하, 63~38 μm 그리고 100~63 μm로 선택하였다. 실험은 High Frequency Induction Furnace(HIF)를 이용하여 1550°C에서 진행하였다. 용융된 전기로 슬래그에 혼합 Pellet을 투입하고 반응시간에 따른 샘플을 채취하여 XRF와 SEM을 통해 환원율과 M.Fe의 존재를 분석하였다. 결과적으로 입자크기가 작아질수록 Graphite의 표면적 증가로 반응면적이 증가하여 분산효과에 의해 회수율이 증가하였다. Kinetics 연구를 통하여 환원거동을 해석하였다.

[P10-13]

압력용기강의 탄소당량과 냉각조건에 따른 미세조직 형성 기구: 이현욱¹, 조누리¹, 김민수², 강의구², 권용재¹, 이정구¹, 신상용¹; ¹울산대학교 공대 첨단소재공학부, ²현대제철 R&D Center.

Keywords: Pressure vessel steels, Carbone equivalent, Cooling condition, Microstructure

압력용기란 석유화학공업에서 액체 또는 기체를 저장, 반응, 분리 등의 목적으로 만들어진 용기로서 압력에 견딜 수 있게 설계, 제작된 용기를 말한다. 석유화학공업의 성장에 따른 압력용기의 대형화로 인해 구조용 강재의 강도, 연성 및 인성 같은 기계적 성질이 향상된 철강에 대한 개발이 요구되었다. 이러한 요구조건을 충족시키기 위해 여러 변수를 통한 미세조직을 제어하는 연구가 활발히 수행되고 있다. 여러 변수 중 합금원소를 첨가하는 것이 간단하며 대표적인 방법이지만 용접성을 저하시키는 단점이 있기 때문에 선행 연구에서는 저합금강에서 빠른 냉각속도를 통해 미세한 베이나이트 조직을 형성하여 기계적 성질을 충족시켰다. 또한, 널리 사용되는 TMCP공정은 열간압연으로 고온에서의 결정립 미세화와 가속 냉각을 통해 미세한 저온 변태상을 확보하고 있다. 이러한 미세조직을 보다 잘 형성하려면 냉각 중에 오스테나이트를 제어하고 안정화시키는 것이 필요하다. 오스테나이트를 제어하는 방법으로는 노멀라이징을 통한 초기 오스테나이트 결정립의 성장, 빠른 냉각속도를 통한 확산 변태 제어, 석출물의 피닝효과(Pinning effect) 등을 고려할 수 있다. 본 연구에서는 각각 0.34%와 0.40%의 낮은 탄소당량을 통해 용접성을 확보하는 동시에 열간압연이 아닌 노멀라이징 온도(905, 930°C), 냉각속도(5, 10, 20°C/s), 냉각종료온도(650, 550, 450°C)의 다양한 공정변수를 통해 우수한 기계적 성질을 가지는 미세조직의 조합을 찾고자 한다. 실험에 사용한 시편은 디라토미터로 열처리되었으며 광학 및 주사전자현미경, EBSD를 통해 해당 탄소당량이 가지는 미세조직을 분석하고 기계적 성질은 비커스 경도로 측정되었다. 본 연구는 현대제철의 연구과제로 수

행되었으며, 이에 감사드립니다.

[P10-14]

MgO-C 내화재 C%함량에 따른 용강 및 용강/슬래그 계면에서의 내식 특성: 이주훈, 정용석; 한국산업기술대학교

Keywords: Kinetic, corrosion, erosion, dissolution, FRT

MgO-C 내화재 C%함량에 따른 용강 및 용강/슬래그 계면에서의 내식 특성 이주훈, 정용석 전기로 내화재에 주로 사용되고 있는 MgO-C 는 슬래그와 용강, 용강/슬래그 그리고 슬래그/대기 계면에서 부식 및 침식이 발생한다. 본 연구에서는 C% 함량에 따라 내화재와 용강 그리고 용강/슬래그의 계면에서의 내식 특성과 거동을 확인하고자 한다. 실제 조업에서의 유동을 유사화 시키고자 FRT(Finger Rotating Test)로 실험을 진행하였으며, 온도는 1570°C 로 설정하여 반응시간과 RPM에 따른 특성을 평가하였다. 슬래그와 용강으로 용해되는 MgO와 C의 변화는 시간대별 시편을 채취하고, SEM 분석을 통해 표면을 관찰하여 침투 및 침식정도를 확인하였고, Kinetic 연구를 통하여 반응 거동을 연구하였다. 결과적으로 침지시간과 RPM이 증가함에 따라 부식이 증가하였으며, 본 연구결과로 용강/슬래그 계면에서 내식성이 우수한 C의 함량을 제시하고자 한다.

[P10-15]

Hydrogen Embrittlement of Tempered Martensitic Steel at Low Temperature: 조장운, 서현주, 이종수; POSTECH(포항공과대학교).

Keywords: Hydrogen embrittlement, Tempered martensitic steel, Low temperature

친환경 정책의 일환으로 연료 전지 차량이 증가하는 추세에 있다. 연료 전지 차량용 수소 연료 탱크의 경우 수소 환경에 노출되어 있으며 수소 기체에 의한 응력이 존재하기 때문에 수소 취성에 의한 파괴 현상이 일어날 수 있다. 또한 주행 과정에서 압력 변화에 따라 온도가 -80°C까지 하락할 수 있기 때문에 연료 탱크로 사용되는 저합금강의 안전성을 확보하기 위해서는 저온에서 수소 취성 저항성 평가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 저합금강으로 사용되는 템퍼드 마르텐사이트 조직강에서 온도가 수소취성에 미치는 영향을 연구하였다. 강재의 내부 수소 농도에 따른 수소 취성 저항성을 저온에서 평가하기 위해 전기화학적 방법으로 수소를 주입한 강재를 낮은 온도에서 저 변형률 인장시험 (Slow Strain Rate Test)을 진행하였다. 상온 (25°C)보다 저온 (-50°C 이하)에서 수소 취성 저항성이 하락하였으며, 이를 해석하기 위하여 열 방출 분석 (Thermal Desorption Analysis) 및 주사 전자 현미경 (Scanning Electron Microscope) 관찰을 통해 수소 취성 현상 분석을 진행하였다.

[10-16]

전기로 에너지 저감을 위한 데이터 기반 슬래그 포밍 최적화 연구: 엄형식¹, 김영환¹, 이재각², 황해진², 김정국², 양현석²; ¹동국대학교 중앙기술연구소 ²연세대학교

Keywords: Steelmaking, EAF, Slag foaming, Big data, Deep learning

전기로를 이용한 제강 공정은 전기로 내에 스크랩을 장입하고 전극봉에 전류가 인가됨에 따라 스크랩에 대한 용해가 발생한다. 스크랩은 수회에 걸쳐 전기로에 장입되며, 용강 정련 및 슬래그 making을 위해 조제제(생석회, 돌로마이트 등)를 투입한다. 승열기 조업 시 랜스를 이용하여 용강 내 산소 취입을 실시하며, 산소와 용강내의 탄소와의 반응을 통해 일산화탄소(CO) 가스가 생성된다. 또한 슬래그 내 카본 인젝션을 실시하며, 산소와 용강내의 탄소와의 반응을 통해 일산화탄소(CO) 가스가 생성된다. 또한 슬래그 내 카본 인젝션을 실시하면 산화철(FeO)과 반응하여 CO 가스가 생성 된다. 연속적인 산소 취입으로 CO와 O가 반응하여 CO₂가 생성 되고 이는 2차 연소에 의해 전기로 내 추가 열원을 공급한다. 이와 같이 승열기 조업에서 생성되는 일산화탄소(CO) 가스는 슬래그 내에서 holding되며, 이를 슬래그 포밍 이라고 한다. 슬래그 포밍의 역할은 아크의 비산열을 용강 측으로 유도하여 전력 효율을 상승시키고, 용강과 대기와의 접촉을 차단하여 용강 내 질소 Pick up 및 온도 강하를 억제하며, 아크에 의한 현상은 내화물 침식 저감 및 수냉 판넬 보호 등의 역할을 한다. 이러한 슬래그 포밍 현상은 전기로 조업에서 전력 투입 및 승온 효율을 높이는데 매우 중요한 역할을 한다. 본 연구는 산업부의 철강 제조 빅데이터 기반 스마트 조업 시스템 개발 과제 중 일부 내용이다. 전기로 에너지 저감 및 효율화를 위해 전기로 조업에서 실시간으로 발생하는 빅데이터를 바탕으로 NARX Network(딥러닝)기법을 활용한 슬래그 포밍 높이 제어 상관성 인자 분석을 도출 하고자 하였다. 또한 Arc에 의해 발생하는 노체 진동 주파수를 측정 및 분석을 통해 슬래그 포밍 높이로 연산하는 슬래그 포밍 높이를 측정하고, 전류치 변화량을 보조 변수로 하여 당사 전기로 슬래그 포밍 높이를 정량화 하였으며, 종류별 가탄제 종류를 변화하여 투입 Test를 통해 전기로 슬래그 포밍 최적화 연구를 실시하고자 하였다.

[P10-17]

Direct Quenching (DQ) 공정으로 제조된 초 고강도 강의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 냉각 속도의 영향: 백민석¹, 박태현¹, 함진희², 박태원², 이기안¹; ¹인하대학교 ²국방과학연구소

Keywords: Ultra High strength steel, Tensile test, High cycle fatigue test, Direct quenching process

본 연구에서는 direct quenching (DQ) 공정으로 제조된 초 고강도강의 미세조직, 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 냉각 속도 영향에 대해 조사하였다. DQ 공정은 가압 수(pressurized water)를 사용하여 일반 reheating quenching (RQ) 공정에 비해 빠른 냉각 속도를 나타내며, reheating 및 quenching step이 줄어들어 경제적인 측면에서 이점을 가진다. 본 연구에 사용된 소재는 A 소재(두께 6 mm), B 소재(두께 15 mm)로 DQ 공정 시 나타나는 냉각 속도의 변수를 두었다. 두 소재의 XRD 상 분석 결과 martensite 와 ferrite로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 초기 미세조직 관찰결과 두 소재 모두 surface영역이 center 영역에 비해 fine한 조직을 보였으며, A 소재가 B 소재에 비해 상대적으로 미세한 martensite 및 ferrite 조직을 관찰하였다. 인장 시험 결과, A 소재가 B 소재에 비해 항복강도 및 최대 인장강도가 우수한 반면, 연신율은 유사한 결과를 나타내었다. 고주기 피로에서의 피로한

(fatigue limit)은 A 소재가 B 소재에 비해 약 150 MPa 이상 높은 결과를 보였다. 상기 결과들과 함께 인장 및 피로 시험 후 파단면 관찰을 수행하였으며 이를 바탕으로 초 고강도 강의 변형 및 파괴 기구를 고찰하고자 하였다. [본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

[P10-18]

고상 α -Fe 중 Si와 Al간의 상호작용: 장준익, 강영조; 동아대학교 신소재공학과.

Keywords: interaction parameter, Si, Al, ferritic Fe, inclusions

강 중의 비금속 개재물은 초기 미세 크랙과 부식 등 최종 제품에 여러가지 문제를 야기시키기 때문에 제품 내 개재물을 적절하게 제어하기 위해서는 열역학적으로 용질의 성질을 이해하는 것이 매우 중요하다. 개재물은 응고 및 열처리 중에도 강 중 용질과의 반응에 의하여 새롭게 석출하거나 조성 및 형태 변화를 겪을 수 있다. 하지만 현재 고상 Fe에서의 용질의 거동에 대한 열역학적 성질에 관한 연구는 거의 보고가 되어 있지 않기 때문에 고상 중 용질의 성질을 정확히 파악하기 곤란한 실정이다. 그 중 Si와 Al은 다양한 강종에서 탈산제로 빈번하게 사용될 뿐만 아니라 전기강판이나 차세대 고강도강 등의 필수적으로 첨가되는 중요한 용질이기에 때문에 그 열역학적 성질을 조사하였다. 본 연구에서는 1323K-1473K의 온도 범위에서 Si, Al이 첨가된 Fe와 Ag합금 간 Si의 분배평형을 이용하여 고상 α -Fe 내 Si와 Al의 1차 상호작용계수(ϵ_{Si}^{Al})를 결정하였으며 이를 이용하여 결정립 성장 및 기계적 성질에 직접적인 영향을 미치는 AlN 개재물의 석출 거동을 보다 정확하게 예측하고자 하였다.

[P10-19]

FeMnAlC 합금계 경량철강 주조재의 시효 열처리 및 Si 첨가에 따른 κ -carbide 석출 및 변형 거동의 원자단위적 고찰: 김치원¹, 박성주¹, Matieu Ternier¹, 이재현¹, 문준오², 장재훈², 박성준², 이봉호³, 홍현욱^{1*}; ¹창원대학교 신소재공학부, ²재료연구소 철강재료연구실, ³대구경북과학기술원.

Keywords: Lightweight steel, κ -carbide, 3D atom probe tomography, first principles, shearing

최근 산업용 수송기기 및 육군 기동 무기체계들의 경량화를 통한 기동력 개선과 기계적 특성 향상에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 기동성 개선에 따라 작전 수행능력이 향상되고, 유지비용이 절감되며 수송이 원활해진다. 그러므로 이에 적합한 소재로, 경량 고강도강으로 알려진 FeMnAlC 합금계에 대한 연구가 진행 중이다. 대부분의 연구가 단조 처리된 합금에 대해 진행되었으며, 주조된 합금에 대한 연구는 충분하지 못하므로 보다 다양한 분야에 대한 적용성을 고려하여 주조합금에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구는 고강도화를 위해 무게분율 30% Mn 과 1% C의 첨가로 상온에서 완전한 austenite기지를 유지시키고, 경량원소 Al 9% 가량 첨가하여 기존 철강 대비 약 15% 이상 경량화 하는 것이 핵심이다. 또한 주조 시 용탕의 유동성을 향상시키고 재료의 용접을 감소하는 효과가 있다고 알려진 Si를 1% 첨가하여 주조성을 개선하고자 하였다. FeMnAlC 강은 석출경화형으로, Si 이 첨가됨에 따라 시효열처리 시 규칙격자를 갖는 κ -carbide의 석출 거동이 초기단계에서 가속화 되어 기계적 특성에 영향을 주는 것으로 나타나므로, 본 연구에서는 Si 첨가에 따른 석출거동의 차이 및 기계적 특성 변화, 이로부터 기인되는 변형거동에 대해 고찰하였다. 용체화 처리 시 Si첨가와 무관하게 기계적 특성 및 가공경화 거동이 유사하며, 인장 변형 시 전위들의 비교적 제한된 평면형 활주에 의한 전위 밀도 증가에 의해 microband가 형성되며, 이는 소성변형에 대한 주요 변형기구라고 판단된다. 한편 시효 열처리한 경우 인장 변형 시 기지 내에 석출된 κ -carbide에 의해 전위의 활주가 제한되며, 이는 shearing 변형기구에 기인하는 것으로 판단된다. 특히, Si이 첨가될 경우 시효열처리에 따라서 shearing은 보다 제한된 방향성을 가지는 것으로 나타난다. 이는 Si 원자들이 austenite 기지와 κ -carbide 사이에 밀집되어 C 원자를 κ -carbide 내부로 집중시키므로 인해 나타나는 κ -carbide의 크기증가 효과와 관련이 있는 것으로 판단된다. 반면, 소성변형 초기에 전위의 shearing이 아닌 Orowan bypassing 변형기구가 먼저 발생된 후 shearing 변형기구의 활성화가 나타난다고 보고된 바 있다. 따라서 Si 첨가에 따른 κ -carbide의 석출 거동과 C의 partitioning 계수를 고려한 원자단위의 구조를 비교하고, 전위 shearing activity를 계산하여 원자단위적으로 해석하고자 하였다.

[P10-20]

Bloom 연속주조시 주조 속도와 2차 냉각수 수량 변화에 따른 주편 온도 및 품질 변화: 정훈제, 박태은; 동국제강 중앙기술연구소

Keywords: continuous casting, secondary cooling, casting speed, Numerical analysis, bloom

Bloom 연속주조시 생산성 향상을 위해 주조속도를(1.55→1.65 mpm) 증가시키고자 하였다. 본 연구의 목적은 주조속도를 증대하여 조업하였을 때 반제품의 품질에 문제가 없도록 하기 위해 적정 2차 냉각수 수량을 도출하는 것이다. 이에 주조 속도와 2차 냉각수 수량 변화에 따른 주편의 온도 변화를 예측하고 품질 변화를 분석하였다. 먼저 수치해석을 통해 주조속도와 2차 냉각수의 수량 변경에 따른 주편의 온도변화를 예측하였다. 주조속도와 2차 냉각수량 변화에 따른 metallurgical length와 응고셀 두께, 표면온도를 분석하여 주조 시 소재의 품질에 미치는 영향을 고려하여 예측된 주편의 온도를 통해 적정 2차 냉각수 수량을 도출하였다. 도출된 주조속도별 2차 냉각수량으로 현업 적용 테스트를 실시하였다. 이때 반제품의 연주 chamber 출구 측에서 표면 온도를 측정하였고 scarfing 후의 소재의 표면 품질과 단면 macro 분석을 통한 소재의 내부 품질을 분석하였다. 분석결과 수치해석으로 예측된 주편의 온도와 실측된 소재의 온도는 잘 일치되었으며 도출된 2차 냉각수량으로 주조시 주속 증대에 따른 주편의 표면, 내부의 품질은 큰 변화가 없음을 확인하였다.

[P10-21]

고강도 HPF 강을 활용한 고강도 고연신 Clad 강 개발: 박재영¹, 송승우¹, 조민철², 박경배³, 손석수⁴, 정혁재², 송태진⁵, 김형섭², 김낙준³, 이성학²; ¹한국표준과학연구원, ²포항공과대학교, ³포항공과대학교 철강대학원, ⁴막스플랑크 연구소, ⁵포스코

Keywords: Multi-layer steel (MLS); Rule of mixture; Carbon diffusion; Interface

오스테나이트를 기본 기지로 갖는 강종은 TWIP 및 TRIP 변형기구를 통해 높은 연신율 및 인장강도를 가진다. 일반적으로 TWIP 및 TRIP 거동을 활발하게 발생시키기 위해서 오스테나이트 결정립 크기를 향상시키게 되는데, 이에 따라 필연적으로 항복강도가 감소하게 된다. 감소한 항복강도를 향상시키기 위하여 결정립 미세화, 석출 강화, 나노 twin 형성 등의 방법들이 시도되고 있다. 본 연구에서는 고강도의 마르텐사이트 조직의 HPF 강을 오스테나이트 조직의 Hadfield 강과 접합하여 복층강판 (Multi-layer steel sheet)을 형성시킴으로써 Hadfield강의 우수한 연신율 및 인장강도는 유지하면서도 항복강도를 크게 향상시키고자 하였다. Hadfield 강은 HPF 강에 비해 탄소함량이 크게 높기 때문에, 열연공정을 통해 접합하는 과정에서 많은 양의 탄소가 확산하여 계면에서 확산층을 형성하게 된다. 본 연구에서는 탄소확산으로 인해 형성되는 계면 확산층에서 발생하는 취성파괴의 원인에 대해 분석하고, 이러한 문제를 해결하고자 하였다. 또한 복층강판에서 나타나는 매우 우수한 인장성질에 대해 그 원인을 계면 확산층의 영향을 통해 분석하고자 하였다.

[P10-22]

10Cr-1Mo 산화물분산강화 강의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 예비 열처리의 영향: 전성호¹, 홍순익², 노상훈¹, 장진성¹, 김태규¹; ¹한국원자력연구원 신소재개발실, ²충남대학교 신소재공학과

Keywords: Oxide Dispersion Strengthened(ODS), Oxide particle, Preheat treatment, Mechanical Alloying(MA)

10Cr-1Mo 산화물분산강화(Oxide Dispersion Strengthened, ODS) 강은 조사저항성이 우수한 페라이트/마르텐사이트 강 기지에 고온에서 열적 안정성이 뛰어난 Y_2O_3 산화물을 균일하게 분산시킴으로써 고온 기계적 특성을 크게 향상시킨 합금으로 차세대 원자력 시스템의 노심 부품 소재로 주목받고 있다. 일반적으로 ODS 강 제조 시 기계적합금화(Mechanical Alloying, MA) 공정이 이용되며, 강구와 합금 분말 간의 파쇄, 압접이 반복적으로 발생하여 합금 분말을 제조한다. 그러나 부분적으로 불균일한 합금 원소의 분포로 인하여 조대한 미세조직이 형성되어 기계적 특성을 저하시키는 단점이 있다. 본 연구에서는 ODS 강의 MA 공정과 열간등압 성형(Hot Isostatic Press, HIP) 공정 사이에 예비 열처리를 거침으로써 미세조직의 균일성을 향상시키고자 하였다. 그 결과 예비 열처리를 거친 시편의 미세조직이 상대적으로 더 균일한 결정립 분포를 형성하였고, 경도 수치의 최소-최대 편차가 크게 감소하였음을 확인할 수 있었다. 또한 TEM 관찰 시 예비 열처리를 거친 시편의 산화물 입자 평균 크기는 5.09 nm에서 4.11 nm로 더 미세해졌으며, 산화물 입자의 밀도는 $16.8 \times 10^{21} m^{-3}$ 에서 $23.3 \times 10^{21} m^{-3}$ 으로 증가한 것으로 확인되었다. 이는 예비 열처리를 통해 MA 공정에서 발생한 기지 내 높은 전위 밀도가 감소함으로써 산화물 입자 생성에 소요되는 원자의 확산이 더 고르게 일어나고, 재결정 및 결정립 성장이 더 균일하게 진행되었기 때문으로 판단된다. 이 결과는 ODS 신합금 제조공정을 확립하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[P10-23]

The Dissolution Behavior of Lime in $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ Slag: Yong Jung Lee¹, Youn-Bae Kang²; ¹Graduate Institute of Ferrous Technology, ²POSTECH.

Keywords: lime, dissolution rate, CSLM, flux, slag

The melting and dissolution of CaO is very important for securing adequate slag composition to improve the absorption capability of inclusions in a ladle. Because the burnt lime is added to obtain a certain level of CaO/Al_2O_3 , CaO/Al_2O_3 could be varied depending on the degree of melting and dissolution of CaO in the burnt lime. It is also clear that if CaO is remained as solid state, it can not be used for refining reaction. In the actual process, due to the solidification of the burnt lime which is added during tapping, it is often failed to secure an optimum ladle slag composition. It is well known that the melting point of CaO is 2,845K, which means that it is difficult to be completely melted in the general molten steel temperature range. Therefore, CaO should be effectively dissolved into ladle slag consisting of the slag carried from converter and remaining in a ladle. In the actual process, high CaO/Al_2O_3 and low CaO/Al_2O_3 fluxes are used to lower the melting point of slag for the rapid dissolution of CaO. In the present study, the effect of fluxes at 1,873K and the optimal ladle slag composition for the rapid dissolution of CaO were investigated. MgO and FeO contents are fixed at 5% and 8%, respectively, reflecting the actual operating conditions. The dissolving ability of CaO in terms of melting point, activity of CaO and viscosity of ladle slag were calculated thermodynamically by Factsage software. From the thermodynamic calculation, it is confirmed that the monoxide(CaO) fraction is decreased by 10% compared with the case of no flux and decreased by 3% compared to low CaO/Al_2O_3 flux. Liquid fraction was also increased by the same ratio. The most significant feature of high CaO/Al_2O_3 flux is that the activity of CaO of the slag is decreased according to adding the flux. It could be considered that the decrease of the activity of CaO acts as driving force of CaO dissolution. In order to validate calculation results, the dissolution rate of the CaO particle in the each slag was measured by CSLM (Confocal Scanning Laser Microscope) apparatus.

[P10-24]

열간 비조질강의 열처리 조건에 따른 미세구조 및 기계적 특성 변화 연구: 강형균, 김호영, 임성근; (주)센트랄

Keywords: 비조질강, 열처리, acicular ferrite, 제어냉각

1970년대부터 비조질강은 열처리 삭제라는 이점을 안고 지속적으로 개발되어져 왔다. 일반적인 비조질강의 경우 기존 상용 철강소재와 다르게 조질처리를 생략하며, 이로 인해 많은 회사들이 원가절감의 목적으로 매우 주목하고 있는 소재이다. 특히 열간단조용 비조질강의 경우 V, Ti, Nb, Al 등의 합금원소를 소량 첨가하여 조질처리를 하지 않아도 결정립 미세화 및 석출물 강화 메커니즘

에 의해 기존 상용철강소재들과 동등한 강도수준을 확보할 수 있다. 그러나 이 소재의 가장 큰 단점은 낮은 인성이다. 열간단조용 비조질강의 단점인 낮은 인성을 개선하는데 가장 큰 역할을 하는 것은 acicular ferrite의 생성이다. Acicular ferrite의 경우 V를 포함한 소재에서 항상 생성되는 미세구조이며 이러한 미세구조를 갖는 시편의 높은 인성은 acicular ferrite가 미세하게 생성됨으로서 얻을 수 있다. 또한 acicular ferrite 생성의 경우 특정 임계냉각속도 혹은 항온 열처리온도에서 생성되나, 냉각속도가 빨라지거나 특정 열처리 구간에 벗어날 시 다른 미세조직의 생성으로 인성이 저하될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 소재의 강도와 인성을 함께 확보하기 위해 냉각속도 제어 가능한 dilatometer에서 V-기반 비조질강을 열처리 하였으며 acicular ferrite의 부피 분율, ferrite plate 길이 및 기계적 특성 평가를 통해 최적의 냉각 조건을 도출하였다.

[P10-25]

Study on Vanadium Precipitation Behavior and Recrystallization Kinetics in High Manganese TWIP Steels: Woojin Cho¹, Byeongseok Jeong¹, Jaeun Lee¹, Hwangsun Kim¹, Wontae Cho¹, Heung Nam Han¹; ¹Seoul National University

Keywords: TWIP steel, Vanadium, Recrystallization, Precipitation, Hot-rolling

High manganese TWIP (Twinning-Induced Plasticity) steels are characterized by the extraordinary combination of strength and formability, making them candidates for lightweighting steels used in automotive industry. However, the relatively low yield strength (YS) of TWIP steels has limited their applications. In order to increase the yield strength, researches on grain refinement, pre-straining, and precipitation hardening have been considerably carried out. In particular, it has been reported that by adding micro-alloying elements, grain refinement as well as precipitation hardening can be obtained together. However, the main problem with this method is that the added elements and precipitates retard recrystallization kinetics, which requires additional industrial processes. Thus, it is necessary to quantitatively understand the relationship between the precipitation behavior depending on the process conditions and recrystallization kinetics. In this study, precipitation behavior and recrystallization kinetics of high manganese TWIP steels (Fe-17Mn-0.6C) containing 0.3 wt% Vanadium were investigated. Firstly, for the various finishing and coiling temperatures of hot-rolling, mechanical properties were measured under uniaxial tensile test at a strain rate of 10^{-2} s^{-1} . Microstructure analysis was carried out using electron backscattered diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM). To quantify the recrystallization kinetics, samples of the hot-rolled strip were cold-rolled with a rolling reduction of 30% followed by isothermally annealed using dilatometer under the various times and temperatures. The recrystallized fractions were determined by using Vickers hardness tester and grain orientation spread (GOS) map obtained from the EBSD data. Based on these results, the effects of process conditions on Vanadium precipitation behavior and recrystallization kinetics were discussed.

[P10-26]

Effect of Intercritical Annealing Temperature on Microstructure and Tensile Properties in Fe-9Mn-3Al-1.5(Cu/Ni)-0.2C Medium-Mn Steels with Austenite-Ferrite Structure: 이상인, 이승완, 황병철; 서울과학기술대학교

Keywords: intercritical annealing, medium-Mn steels, tensile properties, microstructure

중망간강(medium-Mn steels)은 오스테나이트 안정화 원소인 망간이 3~10 wt.% 함유된 강재로 고망간강 소재에 비해 낮기 때문에 완전한 오스테나이트 조직을 갖기 어려우며, 망간 및 그 외의 오스테나이트 안정화 원소(탄소 및 질소) 함량과 열처리 조건에 따라 다양한 분율과 형태, 크기의 미세조직을 얻을 수 있다. 특히 오스테나이트-페라이트 상으로 구성된 duplex 조직의 경우 다양한 조합의 강도와 저온인성을 얻을 수 있어 고강도, 고연성 특징을 요구하는 자동차 소재 분야와 더불어 고가의 Ni이 다량 첨가된 기존의 저온인성용 소재를 대체하기 위한 소재로 활용될 수 있다. 또한 최근 수송기기의 경량화 요구가 증대됨에 따라 비강도가 낮은 페라이트 함금은 경쟁력이 떨어질 것으로 판단되며, 이들보다 기계적 특성의 조합이 우수한 duplex계 중망간강이 주목을 받고 있다. 따라서 본 연구에서는 합금 원소가 다른 2 종류의 중망간강을 제조하고 이상역 어닐링(inter-critical annealing) 온도에 따른 미세조직 변화를 정량적으로 측정하고, 인장 특성을 평가하여 오스테나이트-페라이트 조직을 갖는 중망간강에 대하여 미세조직과 인장 특성과의 상관관계를 체계적으로 분석하고자 하였다.

[P10-27]

유동 상태의 물 모델 및 시뮬레이션 모델을 이용한 droplet의 하강 거동에 미치는 droplet의 크기의 영향: 권혁인¹, 김선중²; ¹조선대학교대학원 첨단소재공학과, ²조선대학교 재료공학과

Keywords: Metal emulsion, Droplet, Bottom blowing

하부 취련을 통해 형성되는 메탈 에멀전은 제강 공정의 반응성 및 생산성을 향상하기 위한 솔루션으로 연구되고 있다. 메탈 에멀전을 효과적으로 활용하기 위해서는 슬래그와 메탈 간의 계면장력, 접촉각 등의 물성과 함께 droplet의 크기 및 유체의 유동에 대한 영향을 파악할 필요가 있다. 이전 연구에서는 다양한 크기의 droplet이 직선으로 하강하는 속도에 관한 시뮬레이션 모델과 실험 결과에 관하여 비교하였다. 이전 관찰 결과에서 유동 상태에서 droplet은 포물선의 형태를 그리며 하강 운동을 한다. 본 연구에서는 droplet이 포물선 운동을 하면서 하강할 때 그 각도 및 속도의 변화를 측정하고 시뮬레이션 모델에 반영하여 결과를 비교하였다. 또한, 용기 내에 설치한 펌프의 위치를 변경하여 droplet의 하강 거동 변화에 미치는 외벽의 거리에 대한 노즐의 위치 영향도 알아보았다.

[P10-28]

물 모델을 활용한 실리콘 오일 내 Droplet의 상승 속도에 미치는 점도 및 물방울 크기의 영향: 조유단, 김선중; *조선대학교 재료공학과*
Keywords: Emulsion, Ascending velocity, Droplets

Metal emulsion은 제강공정에서 하부 취련으로 발생하는 현상으로서 반응률을 높이고 생산성을 높이기 위해 널리 사용되고 있다. 슬래그 상 내 Metal droplet은 슬래그와의 반응으로 탈인 및 탈황 반응 속도가 매우 빠르다고 알려져 있다. 본 연구에서, 조업 온도에서는 droplets의 거동을 관찰하기 힘들기 때문에 slag 층을 Silicone Oil로, metal droplet을 증류수로 하는 물 모델로 실험을 진행하였다. 또한, 펌프를 이용하여 유동이 있을 때 점도 변화와 droplets의 크기에 따라 상승하는 속도를 측정하였고 시뮬레이션 모델의 계산 결과와 비교했다.

[P10-29]

9Cr-1W계 페라이트/마르텐사이트 저방사강의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 Ta, Ti 복합 첨가의 영향: 김병환¹, 이창훈¹, 문준오¹, 장재훈¹, 김성대¹, 박성준¹, 이태호¹, 조정목²; ¹한국기계연구원 부설 재료연구소 ²부산대학교

Keywords: 핵융합, 저방사강, 충격특성, Ta, Ti

핵융합 발전에 사용되는 구조용 철강소재는 고온 및 고압, 중성자 조사 등의 극한의 환경에서 장시간 사용된다. 이에 고강도, 고인성, 내조작성, 저방사성 등의 다양한 특성이 요구된다. 핵융합용 저방사 철강소재로 (8~9)Cr-(1~2)W 계에 미량의 Ta이 함유된 고 Cr강이 전세계적으로 개발 중이며, 대표적으로 유럽의 Europer97, 일본의 F82H가 있다. 본 연구에서는 미세한 MX 석출물을 형성하는 Ti 첨가가 저방사강의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 영향을 살펴보았다. 기존 Ta만 함유하는 Europer97에 Ta와 Ti를 다양하게 변화시켜 첨가한 Ta,Ti 복합첨가 저방사강의 미세조직과 기계적 특성을 Europer97과 비교하였다. 열처리 1000도에서 30분 노말라이징 열처리를 진행 한 후, 각각 700도와 760도에서 90분 템퍼링 열처리를 진행하였다. 미량의 Ti를 추가한 시험편의 전체적인 미세조직은 Europer97과 큰 차이를 나타내지 않았고, 템퍼드 마르텐사이트와 결정립/백킧/래스 경계의 상대적으로 조대한 M23C6 탄화물과 래스내부의 미세한 MX석출물로 나타났다. 다만, MX석출물의 경우 Europer97에서는 Ta계 TaC석출물이 Ta,Ti 복합첨가 시험편에서는 (Ta,Ti)C석출물이 주로 관찰되었다. Ti가 추가된 시험편에서는 균열의 시작점으로 작용하는 M23C6 탄화물의 크기가 대체적으로 작게 관찰되었다. 이는 Ti 추가로 인해 우선적으로 MX가 생성됨으로써 M23C6의 탄화물의 크기가 상대적으로 작은 것으로 판단되었다. 이로 인해 Ta,Ti 복합첨가 저방사강의 기계적 특성, 특히 충격인성이 향상되었다. 하지만, Ti 첨가량이 증가할수록 M23C6의 탄화물의 크기는 추가적으로 더 감소하나, 충격인성은 오히려 저하되는 것으로 나타났다. 이는 Ti 함량 증가로 조대한 TiN의 분율이 증가하고, 이로 인해 결정립 크기의 불균일성의 증대로 인해 충격특성이 저하되는 것으로 판단되었다.

[P10-30]

발전소재 1.25Cr-0.5Mo 강에서 등온 열화에 따른 M₂C 형성 거동 분석: 김명연¹, 이영국¹, 심재혁²; ¹연세대학교 ²한국과학기술연구원

Keywords: Cold Reheater, M₂C, CrN

표준석탄화력발전 시스템에서 재열기(CRH: Cold Reheater)의 소재로 1.25Cr-0.5Mo 내열강이 사용되고 있다. CRH 배관은 낮은 설계 온도 및 압력(310°C, 52 MPa)을 고려하여 보일러 출력증강 사업추진의 교체 대상목록에서 제외되었다. 약 20년 넘게 사용된 CRH 배관을 향후 연속적으로 사용되기 위해서는 이 재료의 물성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 1.25Cr-0.5Mo 강에서 등온 열화에 따른 미세조직의 변화에 대해 연구하였다. 경도값의 변화와 XRD(X-Ray Diffraction) 및 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 석출상의 성장 거동을 파악하였고, 등온 열화 후 HCP의 구조를 보이는 M₂C 석출상이 FCC 구조의 CrN과 일정한 결정방위관계(crystalline orientation relationships)를 지니며 생성됨을 확인할 수 있었다.

[P10-31]

자동차 강판용 IF(interstitial-free)강의 인(phosphorus) 입계편석 영향에 대한 연구 리뷰: 신상훈, 강춘구, 이경호, 허성열; *현대제철 기술연구소*

Keywords: Interstitial-free, phosphorus, segregation, review

자동차 외판용 IF강은 드로잉 가공이 우수한 강으로 그 개발 역사가 60년 이상 이어져오며 기술이 축적 되어왔다. 본 연구에서는 그간 축적된 기술 중 강의 주요구성성분인 인(P)이 입계에 편석하여 발생하는 영향에 대하여 리뷰하였다. IF강의 주요첨가성분인 Ti에 Nb, B가 연계하여 P의 입계 편석을 완화하는 원리, P 입계편석량과 DBTT, {111}//ND 집합조직 형성, 입계크기와의 상관관계, 비평형이론 그리고 원자 시뮬레이션과 같은 컴퓨터 계산 결과 등 최근 연구결과까지 종합하여 정리하였다. 본 연구를 통하여 추후 연구방향에 대해 고찰하였다.

P11 : 생체재료

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P11-1]

적층성형기술을 활용한 하악골 결손부 대체형 구강악안면고정용판 동물실험: 환민지¹, 김형균¹, 정경환¹, 김원래¹, 김건희¹, 김민근²; ¹한국생산기술연구원, ²강릉원주대학교 치과대학 구강악안면외과.

Keywords: Additive Manufacturing, Mandibular continuity defects, Custom implant, Malocclusion

적층성형기술은 재료를 Layer로 쌓아 올려 3차원의 물체를 만들어내는 제조 기술로써, 복잡한 형상 구현이 가능하여 환자 맞춤형 체내 삽입용 의료부품 제작에 최적화된 기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 하악골 결손부 재건 및 임플란트 식립이 가능한 구조의 구강악안면고정용판을 제작하여 동물 실험을 통해 개발제품의 성능을 입증하였다. 동물실험은 토끼를 이용하였고, 일정한 하악골 부위에 10 mm크기의 결손부를 형성하여 각각 상용제품, 개발제품을 삽입하는 수술을 진행하였다. 상용제품은 결손부를 대체하지 않고 단순 고정용을 위한 일자형 플레이트 구조이고, 개발제품은 고정과 동시에 결손부와 동일한 형태의 맞춤 충전이 가능한 일체형 구조이다. 또한 결손부위에는 맞춤 형상 재현과 더불어 내측에 탄성계수 및 임플란트 드릴링이 가능한 다공성 구조를 설계하여 골 성장을 유도하였다. 이는 생체에 적합한 Ti64 ELI 소재를 사용하였으며 Selective Laser Melting(SLM)방식으로 제작하였다. 수술 후 두 그룹의 토끼들을 비교하였을 때, 상용제품을 삽입한 모든 토끼들은 골 성장이 일어나지 않아 고정된 플레이트가 결손부에서 이탈하는 현상이 발생하면서 부정교합이 나타났다. 반면 개발제품은 결손부 대체형 구조이기 때문에 이탈현상 및 부정교합이 나타나지 않았으며 다공성 구조 내부에 추후 임플란트 식립이 가능할 만큼의 골이 성장한 것을 확인하였다. 이에 따라 적층성형기술을 활용한 하악골 결손부 대체형 구강악안면고정용판의 가능성을 제안하였다.

[P11-2]

The Effect of Microstructure on Corrosion Rate of Mg-Zn Alloy as a Biodegradable Material: Guangzhe Li¹, Myung-Ryul Ok², Ho-Jeong Jeon², Yu-Chan Kim², Hyun-Kwang Seok²; ¹한국과학기술연합대학원대학교, ²KIST.

Keywords: Biomaterial, Mg alloy, biodegradable, corrosion rate

As magnesium alloys have emerged as candidates for biodegradable materials in the field of medical devices, numerous studies have been conducted on magnesium alloys. However, the corrosion rate of magnesium is considerably faster than that of steel or polymer, and this causes a problem that the role of the support as the implant material is lost. Therefore, studies for reducing the corrosion rate of magnesium alloys have been actively conducted. There is a concern that the coating layer may be destroyed during the implant treatment, especially the bone screw treatment, although efforts to improve the corrosion resistance of the magnesium by coating the PEO and the polymer and HA have been actively conducted. Therefore, orthopedic surgeons prefer implant itself with high resistance to corrosion. In this study, research was carried out to increase corrosion resistance of magnesium alloy itself. Especially, the effects of microstructures on corrosion characteristics were studied. Some researchers have already been studying microstructures using AZ-series alloys and Mg-Re alloys, but there is an error in the published results of the research due to ignored the effects of precipitation. There are also conflicting results in previous studies. In this study, the precipitation phase was removed by using Mg-Zn alloy with high solubility and the evolution of corrosion characteristics by only microstructure was studied. This work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10042703) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea).

[P11-3]

Compressed Circumstance Engineering Technique for Dedifferentiation Inhibition of Nasal Septum Chondrocytes: 서영민, 엄승훈, 전호정; 한국과학기술연구원.

Keywords: articular cartilage, compressed circumstance, chondrocyte dedifferentiation

Articular cartilage is difficult to regenerate when damaged, so regeneration or artificial joint transplantation is essential. In the case of regeneration, it is difficult to maintain the characteristics of cartilage, and since the effect of regeneration is minimal, artificial joint transplantation is finally inevitable. However, there is a disadvantage in that the patient has a high sense of rejection, needs reoperation, and requires into long - term recovery. We reduced the patient's economic and psychological distress by reusing discarded nasal septal chondrocytes in the nasal septal repair procedure and attempted to overcome the limits of cartilage regeneration using compressed circumstance which is applied to enable mass proliferation while maintaining chondrocyte characteristics. The physical stimulation in the compressed circumstance that was confirmed to maintain the characteristics of chondrocyte by decreasing the expression of the gene, protein and the phenotype change associated with chondrocyte differentiation. Mechanisms for the suppressive dedifferentiation effect of chondrocytes in the hypoxia environment are well known. However, the compressed circumstance has a different mechanism of suppressing dedifferentiation of chondrocytes from hypoxia environment. In this study, we confirmed that the compressed circumstance can maximize dedifferentiation inhibition of chondrocytes through synergy effect of hypoxia environment.

[P11-4]

Single Apatite Coating Process of Titanium Surface Using Nano-second Laser: 원승훈; 한국과학기술연구원.

Keywords: Apatite, coating, nanosecond laser, titanium.

Titanium is one of the most commonly used materials for body implants and external fixator when a bone fracture occurs, due to its mechanical properties and biocompatibility. However, titanium itself has weak bone conduction and new bone formation ability compared with autogenous bone. To overcome this disadvantage, titanium is coated with hydroxyapatite, which is an inorganic component of bone. There are lots of methods to coat apatite on titanium. But most of the conventional methods require multistep processing, energy and time. We have developed a method to coat apatite in a single process on titanium surface using calcium and phosphoric acid solution and nanosecond laser. Conventional apatite coating process which took more than 24 hours, we were able to shorten the processing time to several ten to hundreds of seconds. Also the thickness of the apatite layer can be controlled by adjusting laser parameters. The result of this study is expected to be a new breakthrough to reduce manufacture processing time, precise control of coating area which was not capable with conventional methods.

P12 : 금속역사

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P12-1]

서천 종천지구 주종유구 출토 청동슬래그의 금속학적 연구: 장원진¹, 조남철¹, 차재동²; ¹공주대학교 문화재보존과학과, ²국강고고학연구소

Keywords: Secheon Jongcheon, site of casting bell, slag, bronze

범종 연구는 그동안 외형적인 양식과 관련 문헌자료를 통하여 각 시대별 범종양식과 특징이 파악되어 왔으나 어디서, 어떻게 제작하였는지에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않다. 현존하는 대형 사찰이나 널리 알려져 있는 폐사에서 종을 주조해서 사용하였다는 기록이 간혹 남겨져 있지만 원료 수급지, 제작방법 등에 대한 기록은 거의 없다. 또한, 보통 성인 남성의 키보다 훨씬 큰 종을 주조했을 것이라고 추정되는 장소나 종을 주조하기 위해서 사용했을 도가니, 주조틀 등도 아직까지 발견되지 않고 있다. 그러나 2015년도에 서천 종천지구에서 종을 주조했을 것으로 추정되는 유구가 발견되었고, 함께 다양한 슬래그와 주조틀 등도 발굴되었다. 그러므로 본 연구에서는 서천 종천지구에서 출토된 슬래그 7점을 대상으로 성분 분석, 화합물 동정, SEM-EDS 분석을 실시하여 이 유구의 특징을 알아보았다. 슬래그들의 성분을 WD-XRF로 분석한 결과 30~50 wt% SiO₂, 8~20 wt% SnO₂, 7~15 wt% Al₂O₃, 6~10 wt% CuO, 4~10 wt% PbO, 5 wt% FeO가 검출되었다. XRD 분석 결과에서 Quartz, Cuprite, Cassiterite가 주요 상을 이루고 Mullite나 Malachite가 추가적으로 동정되었으며, EDS 분석 결과에서 청동 합금과 구리, 주석, 납 입자들을 확인하였다. 즉, 서천 종천지구에서 출토된 7개의 슬래그는 청동 합금 제작 시에 생성된 슬래그들임을 알 수 있었다. 이 유구의 성격을 좀 더 명확히 확인하기 위해서 슬래그 이외의 거푸집, 주조틀 등 다양한 출토품을 함께 분석하여 비교하면 서천 종천지구 유구의 특징을 명확하게 파악하는데 도움이 될 것으로 본다.

P13 : 전자재료
Room 1층 전시장, 10월 25일

[P13-1]

[Sb₂Te₃-GeTe]₈로 구성된 Superlattice의 증착온도, 열처리 방법에 따른 XRD 분석: 전승원, 김수란, 정용석; *한국산업기술대학교 신소재공학과*.

Keywords: PCM; Superlattice; XRD

현재 반도체 분야에서 고효율을 위한 여러 가지 노력들이 있고, 그에 따른 비휘발성 메모리에 대한 많은 연구개발이 진행되는 중이다. 비휘발성 메모리인 PCM(Phase Change Memory)의 대표적인 물질로는 Ge₂Sb₂Te₅(GST)가 있는데, 최근에 [Sb₂Te₃-GeTe]를 다층 적층한 Superlattice가 GST보다 더 효율적인 메모리 특성을 보여 연구가 수행되고 있다. GeTe와 Sb₂Te₃는 온도에 따른 다양한 상(Phase)과 결정면이 형성되나, 공정 중에 증착되는 In-situ 온도에서의 상과 비교적 오랜 시간 온도를 가하는 Ex-situ 조건에서의 상변화에 대한 체계적인 연구가 시행되지 못하고 있다. 본 발표에서는 다양한 온도(RT, 200°C, 220°C, 240°C, 260°C)에서 적층한(In-situ) Superlattice의 XRD Peak와 적층 후 다양한 온도에서 Annealing(Ex-situ)한 Superlattice의 XRD Peak값을 온도별로 비교 분석하였다. Ex-situ Annealing은 Superlattice 기판을 수평로를 이용하여 5°C/min 속도로 온도 상승시켜 실험온도에서 1시간 유지 후 노냉 순서로 진행하였고 HR-XRD를 통해서 분석하였다.

[P13-2]

Non-Oxide High-k Materials Screening Through Automated Ab Initio Calculations: Miso Lee¹, Yong Youn¹, Kanghoon Yim², Seungwu Han¹; ¹*Seoul National University*. ²*Korea Institute of Energy Research*.

Keywords: high-throughput, high-k, ab-initio

The rapid expansion of mobile devices and high-performance computing markets are driving further development of transistors towards higher performance and lower power consumption. However, the traditional fabrication process faced with significant leakage currents that originate from tunneling through ultrathin SiO₂ dielectrics with decreasing the thickness of SiO₂ less than a few nanometers. This was resolved by incorporating high-k materials such as HfO₂ and ZrO₂. However, higher k materials should be discovered for further downscaling. In a previous study, we carried out high-throughput DFT screening over ~1,800 oxides and identified new candidate high-k oxides such as c-BeO whose figure of merit far exceeding that of industry-standard HfO₂. [1] On the other hand, new channel materials such as Ge, InSb and InGaAs are considered for the next-generation semiconducting devices. However, the interface between these materials and oxides are more defective than the Si/SiO₂ interface, degrading the carrier mobility in actual devices. Discussions in the above imply that non-oxide dielectrics would be also valuable in view of exploiting diverse chemistry. To screen novel non-oxide high-k dielectrics, we conducted high-throughput calculations of E_g and k for binary non-oxides and ternary fluorides. We confirmed that inverse relationships between E_g and k are present in non-oxide compounds like in oxide compounds. Among the different anion groups, binary fluorides are the most promising as they show a wide distribution of E_g. By further screening over ternary fluorides, we identified fluorides that could serve as useful high-k dielectrics. We believe that the suggested fluoride compounds may contribute to resolving various issues in microelectronic devices that is caused by using only oxide dielectrics.

P14 : 열처리

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P14-1]

열처리에 따른 인코넬 718의 미세조직 및 기계적 물성에 미치는 영향: 김형래, 윤창근, 주정환, 이호진, 전현준; 한국원자력연구원

Keywords: Inconel718, Heat treatment, Hardness, Ageing hardening

니켈계 초내열합금은 일반적인 환경보다 더 높은 온도에서 기계적 물성이 유지되는 대표적인 재료이다. 특히 인코넬 718소재의 경우 타이타늄, 니오븀를 첨가시켜 열처리에 의해 형성되는 크롬탄화물 형성을 억제시켜 부식특성을 개선하여 원자력재료로 많은 관심을 받고 있다. 이러한 인코넬 718소재의 경우 일반적으로 시효경화를 통해서 경도와 강도를 증가시켜 사용하는 소재로 사용환경에 적합한 열처리조건에 대한 도출이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 인코넬 718소재를 이용하여 2가지의 다른조건의 시효경화 열처리를 통한 미세조직 및 기계적 물성의 변화를 확인하여 기존에 원자력분야에서 사용되는 니켈계 합금을 대체할 수 있는 적절한 인코넬 718합금의 열처리 조건이 어떠한 것인지 살펴보고자 한다.

[P14-2]

열처리 온도에 따른 Cu-2.5%Zr 합금의 미세조직 특성: 양현석, 한덕현, 정우철, 최진주; 고등기술연구원

Keywords: Cu-Zr 합금, 열처리, 미세조직, 재결정, 인장강도, 전기전도도

본 연구에서는 Cu-2.5%Zr 합금에 대해 열처리를 실시하여 미세조직의 변화를 관찰하였다. 특히 열처리 온도에 따른 Cu-Zr 개재물의 변화를 관찰하였으며, 개재물의 거동에 따른 기계적 특성 및 전기전도도를 측정, 비교하였다. 본 실험조건에서는 200~300도에서 Cu-Zr 합금 개재물의 재배열이 발생하며, 400도에서부터 재결정이 이루어짐을 확인하였다. 인장강도와 전기전도도는 동일한 양상을 보이며 열처리 온도가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 이는 CuZr 개재물의 미세조직과 연관되며, Cu 기지의 재배열 및 온도에 따른 결정립 크기 증가로 인한 것으로 판단된다.

[P14-3]

AISI 52100 강의 탄화물 미세화 열처리에 관한 연구: 윤영섭, 권용철; 한국건설생활환경시험연구원

Keywords: AISI 52100, Bearing steel, Carbide dissolution, Heat treatment

베어링 강재 중 하나인 AISI 52100 강은 고탄소-크롬강으로써, 1 wt% 탄소(Carbon)와 1.3 wt% 크롬(Cromium)을 포함하고 있다. AISI 52100 강은 냉간가공 시 균열의 발생을 억제하고, 가공성을 높이기 위해 구상화 처리를 실시하며, 성형 후 강도와 내마모성을 증가시키기 위해 열처리를 실시한다. 현재 산업에서는 통상적으로 담금질 및 저온 뜨임(Q&T), 질화(Nitriding) 및 침탄(Carburization) 열처리를 통해 최종제품의 물성을 획득하고있다. 본 연구에서는 고탄소-크롬강의 기존 열처리에 비해 기계적 특성 향상을 위해 탄화물 용해(Carbide Dissolution) 열처리를 적용하여 실험을 수행하였다. 탄화물 용해를 위해 1050°C에서 1시간 유지 후, 담금질 및 뜨임 처리를 하였다. 담금질 온도에 따른 특성분석을 위해 790°C, 820°C, 850°C, 880°C로 각각 4 Case에 대해 실험을 수행하였다. 최종적으로 탄화물 용해 4 Case와 기존 Q/T 열처리에 대해 기계적특성 및 미세조직을 비교 관찰하였다. 감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 경제협력권산업육성사업으로 수행된 결과입니다.(R00006239)

[P14-4]

Q&P 열처리 공정 조건에 따른 Cr-Mo강의 미세조직 및 기계적 특성 변화: 서오덕¹, 남대근¹, 장재호¹, 박원옥², 김성환¹; ¹ 한국생산기술연구원 동남지역본부, ² 인제대학교 에너지융합학과

Keywords: SCM440 steel, Quenching and Partitioning, Retained austenite, Mechanical Properties, TS x EI balance

자동차용 및 기계구조용 Cr-Mo 합금강의 제조시 기존의 QT(Quenching & Tempering) 처리를 대체할 수 있는 Q&P(Quenching & Partitioning) 프로세스는 기지상인 템퍼드 마르텐사이트에 일정량의 잔류오스테나이트가 함유된 복합 조직을 얻음으로써 인장 및 피로특성을 향상시킬 수 있는 신개념의 열처리 프로세스이다. 이에 본 연구에서는 SCM440(AISI 4140)강에 Q&P 프로세스를 적용하여 급냉온도(QT), 분배온도(PT)와 분배온도에서의 유지시간(Pt)에 따른 미세조직 및 기계적 성질의 변화를 비교하고자 하였다. Q&P 열처리는 염욕로를 이용하여 열처리 온도를 정밀하게 제어하였고, 기계적 물성을 평가하기 위한 인장 시험편은 ASTM 규격으로 가공하였다. 열처리 후 광학현미경, SEM 및 TEM을 이용하여 미세조직을 분석하였고, EBSD와 XRD를 이용하여 잔류오스테나이트의 형태 및 분율을 정량 비교하였다. 미세조직 분석결과, QT 처리를 적용한 시편과 달리 Q&P 프로세스를 적용한 시편에서 열처리 공정 조건의 변화에 따라 각각 상이한 상분율 및 잔류오스테나이트의 분율을 나타내었다. 특히, Q&P 프로세스를 적용한 시편의 잔류오스테나이트의 분율은 분배 공정 조건에 크게 영향을 받는 것으로 확인하였다. 분배온도가 370°C 이상이거나 분배유지시간이 1000초 이상일 경우에는 기지 조직에 상당량의 탄화물의 형성에 의해 잔류오스테나이트 내에 불충분한 탄소의 농화로 인해 잔류오스테나이트의 안정도가 낮은 것으로 판단되었다. 인장특성 분석 결과, 기존 QT 경화처리 시편의 경우 인장강도(TS)와 연신율(EI)의 곱으로 표현되는 TS x EI balance가 10,000 MPa·% 수준인 데 반해, Q&P 프로세스를 적용한 시편의 경우 열처리 공정 조건 최적화에 따라 인장강도와 연신율이 동시에 향상되는 것을 확인하였으며 이는 잔류오스테나이트의 분율과 안정도에 따른 영향인 것으로 판단되었다. 결론적으로 본 연구에서는 SCM440 합금강에 급냉온도 240°C, 분배온도 320°C, 분배유지시간 100초 열처리 조건의 Q&P 프로세스를 적용하여 16,000MPa·% 수준의 TS x EI balance를 확보하였다.

[14-5]

The Effect of Heat Treatment on Intergranular Carbide Precipitation Behavior and Its Effect on Mechanical Properties of Alloy 690 Steam Generator Tube: 이태현¹, 서호영², 이동희³, 이종현³; ¹한국지질자원연구원, ²한국기초과학지원연구원, ³충남대학교 신소재공학부

Keywords: Alloy 690, $M_{23}C_6$ carbide, steam generator tube, tensile properties

This study investigated the effects of solution and aging temperature on the precipitation behavior of intergranular carbides and its effect on tensile properties at 300 °C in Inconel 690 tubes used in steam generators. At an aging temperature range of 700-900°C, after the solution annealed at 1100 °C for 30 min, carbides were precipitated on the grain boundaries, while no precipitated carbide was observed at 650 °C. The precipitation of intergranular carbides, identified as Cr-rich $M_{23}C_6$. The $M_{23}C_6$ carbides have a coherent orientation relationship with one side of matrix. The ultimate tensile strength and elongation of the Inconel 690 tube solution annealed at 1100 °C for 30 minutes were 638.8 ± 12.4 MPa and 43.2 ± 4.2 %, respectively. The ultimate tensile strength increase to 720.4 ± 13.5 MPa with the aging time reached 15 hour, after 15 hours, the ultimate tensile strength decreased with increasing aging time. The tensile properties of Inconel 690 tubes were related closely to the intergranular $M_{23}C_6$ carbides on the grain boundaries.

[P14-6]

2단 시효처리에 따른 A356 합금의 기계적 특성 평가: 유준희, 김상욱, 정택균, 현승균, 김윤준; 인하대학교 공과대학 신소재공학부

Keywords: A356 alloy, Two-step aging treatment, tensile strength, Microstructure

A356 합금은 대표적인 알루미늄 주조용 상용합금으로서, 우수한 주조성과 더불어 중간정도의 강도를 가지면서 연성이 우수하여 자동차 재료 등으로 널리 활용되고 있다. 본 연구의 목적은 A356 합금의 시효 처리 조건을 변경하여 2단 시효처리 시 인장강도 측면에서 최적의 열처리 조건을 도출하는데 있다. 기존 A356 합금의 인장 특성을 향상시키기 위하여 Mn을 0.05wt.% 첨가 하였으며, 용체화 처리는 813K에서 195분 동안 진행하였다. 용체화 처리 후 시효 처리 온도를 다르게 하여 2단 시효 처리한 주조재로 인장시험을 실시하여 기계적 특성을 평가한 후 미세조직을 관찰하였다. 시효처리 온도에 따른 미세조직을 비교하고 소재의 인장강도 및 연신율과의 상관관계에 대하여 고찰하였다.

[P14-7]

나노결정 Fe-Si-B(-Ca)계 합금의 미세조직과 연자성특성 연구: 정준영¹, 임현아², 손근용², 박원욱²; ¹인제대학교 나노융합공학부, ²인제대학교 BNIT 융합대학 나노융합공학부

Keywords: 나노결정, 무선전력전송, 연자성 시트, 와전류 억제

무선 전력 전송은 도선을 사용하지 않고 전력을 전송할 수 있는 기술로서, 수 meter 거리에서 무선충전이 가능한 공진형 방식에 사용되는 전자파차폐모듈은 연자성 시트의 형태로 제조된다. 연자성 시트는 Ni-Zn ferrite 판재와 나노결정 연자성체 박판으로 이루어져 있는데, 자기장 간섭에 의한 오작동을 막는 차폐 효과 및 자기장을 집속시킴으로써의 변환효율을 높이는 효과 등의 장점이 있다. 그러나, 충전속도를 높이는 역할(enhancer)을 하는 나노결정 연자성 박판의 경우, 자기공진형 무선충전이 ~ GHz 주파수 범위에서 사용되기 때문에 고주파 대역에서 와전류에 의해 많은 열이 발생하게 된다. 그러므로, 고주파 대역에서도 열을 발생시키지 않으면서 전자속도를 유지할 수 있는 새로운 연자성재료의 개발이 필요한 단계에 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 충전효율을 유지하면서 와전류를 억제할 수 있는 고효율 나노결정 연자성박판의 개발 연구에 중점을 두었다. 실험에 있어서는 전기저항이 높고 와전류손실이 매우 작은 무선충전용 나노결정 Fe-Si-B(-Ca) 합금을 설계하여 급속응고법으로 비정질리본을 제조하였으며, 분위기열처리에 따른 나노결정 연자성합금의 미세조직변화를 관찰하고, EDS mapping, 자기적성질 측정 등으로 Ca 첨가효과를 분석하였다. 실험 결과, 결정화 열처리에 의해 입계를 따라 Ca가 균일하게 분포함으로써, 공진형 무선충전모듈용 연자성박판의 입자정장이 억제되고 와전류감소에도 매우 효과적인 것으로 나타났다. 즉, Fe-Si-B 비정질 시트에 Ca 0.03%, Cu 0.9% 첨가 후 550-570°C에서 1 시간 동안 열처리한 결과, Ca첨가에 의해 결정의 크기가 감소함과 동시에 결정성장을 억제할 수 있었다. 결과적으로, Fe-Si-B 합금에 미량의 Ca를 첨가함으로써 공진형충전모듈의 자화특성 및 충전효율을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

[P14-8]

플라즈마 질화처리된 S45C의 시간과 온도에 따른 기계적 성질의 거동에 관한 연구: 박성준, 안경준, 전동술; 한국생산기술연구원

Keywords: Plasma nitriding, SCM415, Hardness, Nitriding layer, Compound layer

S45C 강은 일반적으로 열간 압연, 열간 단조 등 열간 가공에 의해 제조되며, 단조, 절삭 등의 가공 및 열처리를 하여 사용되는 기계구조용 탄소 강재 이다. S45C 강은 열처리나 경화 작업을 통해 기계적 강도가 요구되는 부품인 기계의 기어, 축, 체인, 롤러, 금형, 핀 등에 쓰인다. 따라서 재료의 용도와 성능에 적합하게 기계적 성질을 부여할 수 있는 표면 경화법이 중요하다. 본 연구는 S45C 강의 온도와 시간을 변수로 플라즈마 질화처리를 하였으며, 이에 대한 질화층 형성 거동을 조사하였다. 공정 조건은 400~550°C의 범위에서 시간(90~360분)을 변경하면서 플라즈마 질화처리를 실시하였다. 기존의 S45C 강은 경도가 300Hv 정도지만 플라즈마 질화처리를 통해 표면경도를 450Hv까지 상승하는 공정 조건을 도출하였으며 이러한 공정을 통하여 마찰계수는 낮아지고 내마모성이 향상되는 것을 확인 할 수 있었고 S45C 강의 표면의 기계적 특성과 표면 특성이 시간과 온도에 비례하여 우수하게 변화 한다는 것을 알 수 있었다.

[P14-9]

SLM 방식으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 열처리에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화: 김관일¹, 오민석¹, 김유환², 안병민¹; ¹아주대학교, ²Z3DFAB.

Keywords: Selective laser melting, Ti-6Al-4V, Mechanical properties, Heat treatment

본 연구에서는 선택적 레이저 용융방식(SLM)을 통해 제조한 Ti-6Al-4V 부품을 열처리하여 기계적 특성을 향상시키고자 하였다. SLM 방식은 3D 프린팅 방식 중 레이저 모듈의 움직임에 따라 특정 방향으로만 용융이 이루어지는 적층제조 기술로서, 제조된 부품의 미세조직이 이방성을 띄는 경향이 있다. 따라서 향상된 기계적 특성을 얻기 위해서는 SLM 방식으로 형성된 특정 미세구조 변화가 요구된다. 본 연구에서는 이를 위해 SLM 방식으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금을 Ar 분위기에서 β -transus 온도 이상인 1075°C 에서 다양한 시간(1h, 2h, 3h)동안 열처리를 진행하여 그에 따른 미세구조와 기계적 특성의 변화를 분석하였다.

[P14-10]

Morphological Evolution during The Templated Solid-State Dewetting of Fe(100) Films: Dongchul Lee¹, Jaehun Jeong¹, Seunghoon Han¹, Kyeonggon Choi¹, Jongpil Ye¹; ¹Department of Materials Science and Engineering Inha University

Keywords: Templated Solid-state dewetting, Single crystal iron film, surface energy anisotropy, Buckle delamination, Iron oxide

We report results showing that patches prepatterned from single-crystal Fe(100) films dewet to form various regular patterns whose shapes strongly depend on the patch alignment and hydrogen flow rate. The influence of the annealing ambient on the rate and surface anisotropies is greater than in the case of Ni and Pd owing to the greater oxygen affinity of Fe, leading to a more substantial change in dewetting morphologies upon the change in the hydrogen flow rate. We also show that iron films can dewet in the presence of continuous iron oxide layers, eventually resulting in the formation of composite structures consisting of iron and buckled iron oxide.

P15 : 용접 및 접합-초고강도 및 경량 소재 적용 자동차 용접접합 기술

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P15-1]

레이저 용접조건이 알루미늄 합금의 경도와 미세조직에 미치는 영향: 심우정¹, 전형준², 박성진¹, 김동화¹; ¹(주)새한산업, ²(주)명진테크
Keywords: Laser Welding, Aluminum Alloy Welding, Hardness, Microstructure

자동차 산업에서 기존 내연기관 자동차의 환경규제 강화로 인한 연비향상을 위해 차체 경량화 요구가 증대되고 있으며, 이로 인해 자동차는 점차 알루미늄 합금 소재 부품적용에 대한 필요성이 증대되고 있다. 또한, 전기자동차의 경우 배터리 무게 증가로 인한 주행거리 향상을 위해 경량 차체연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 알루미늄 합금 소재 차체 부품의 접합에 기존 자동차 제조에 이용되는 저항점용접을 적용할 경우 알루미늄 합금의 소재 특성으로 인한 용접 성능 및 전극 마모 등으로 적용에 문제가 발생 할 수 있다. 따라서 현재에는 리벳, TIG 용접, SPR 등의 접합이 사용되고 있지만 용접 품질이나 외관 문제점 등으로 적용부에 한계가 있는 것이 단점이다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 레이저 용접 장치를 이용하여 동종 계열의 알루미늄 합금과 이종 계열의 알루미늄 합금을 적용하여 용접 속도, 용접 비드 등 조건을 기준으로 레이저 용접 출력을 변수로 용접을 실시하였으며 이에 따른 레이저 용접 조건이 미치는 알루미늄 합금의 경도와 미세조직에 대한 실험 및 평가를 실시하였다.

[P15-2]

다단통전을 이용한 핫스탬핑강 볼트 프로젝션 용접부 특성 비교: 김재훈¹, 천주용¹, 이상준¹, 지창욱¹; ¹한국생산기술연구원 울산지역본부
Keywords: Pulsation current, Intermetallic compounds, Hot stamping process, Bolt Projection welding, Weldability

근래의 자동차 산업에서는 차체경량화 및 안전성문제 해결을 위한 목적으로 핫스탬핑 공법을 이용한 고강도/고인성을 갖는 핫스탬핑 강판의 적용이 증가되고 있으나, 부품 조립시 핫스탬핑 강판의 높은 강성 및 알루미늄-실리콘 등의 복잡한 합금화층으로 인해 비산현상, 표면균열, 용접부계면파단, 인장강도/전단강도 저하 등 용접공정상의 품질 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 현장에서는 프로젝션 용접공정 후 아크용접으로 2차 용접을 수행하여 용접부의 품질을 유지하고 있는 실정이다. 하지만 추가 용접공정으로 인하여 공정효율 및 생산성이 감소하기 때문에 소재의 표면을 가공하여 합금화층을 제거하거나 볼트 돌기 최적화, 다단가압, 고가압, 다단통전등을 이용하여 용접성을 개선하는 노력이 필요한 실정이다. 저항 용접공정에서 다단통전을 이용하여 용접성을 개선하는 방법이 여러 문헌을 통해 보고되고 있지만 소재조합 및 소재 종류에 따라 다단통전이 용접부에 미치는 영향에 대해 명확한 분석 및 고찰이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 핫스탬핑강의 볼트프로젝션 용접시 발생하는 문제점에 대한 원인을 고찰하고, 다단통전의 개념에 대한 이해를 통하여 용접부 품질을 확보할 수 있는 방안에 대하여 연구해보았다.

[P15-3]

A New Approach to Joining Multi-Materials by Hybrid Joining for Automotive Applications: Hyun-Ju CHOI, Won-Kyung Kang; Korea Automotive Technology Institute.

Keywords: multi-materials, hybrid joining, SPR(self piercing rivet), FDS(flow drill screw)

Over the decades, many options have been tried out for joining plastics to plastics and/or metals to metals with either adhesives or fasteners. Among them, mechanical fastening (SPR, FDS, bolting and clinching) as well as the adhesively bonded joining has been researched for joining dissimilar metals between advanced high-strength steels (AHSSs) and high-strength Al alloys, enough to be considered for use in mass-produced vehicles. However, an attempt to bond lightweight dissimilar materials; plastic parts to metal parts or CFRP composites to sheet metals with mechanical fasteners are few. To expect the good adhesion of dissimilar materials, adhesive bonding must be considered with the surface pre-treatment to prevent the formation of a weak boundary layer as well as curing time/temperature, humidity and other environmental conditions. Accordingly, it is more effective that mechanical fastening is combined with adhesives as hybrid joining. In order to conduct feasibility study on hybrid joining including mechanical fastening and adhesive bonding, both SPR and FDS joints of 22MnB5 steel-CFRP sheets were made for this study. Joint performance to determine the joint possibility and the lap shear strength of adhesives/fasteners at mechanical joints was evaluated via tensile test using a single lap joint (lap shear) specimen with the maximum sheet thickness of ≤ 6 mm in total. As a result, the mechanical properties of some samples in hybrid joining were higher than the adhesive-bonded samples only and the reasons were discussed here. Our findings obtained the good lap shear strengths of hybrid joining serve to further understanding of metal-plastics-hybrid joining.

[P15-4]

Quantitative Evaluation of LME Crack Characteristics in Resistance Spot Welds of UHSS Steels: 한승창¹, 이민수¹, 엄상호², 최두열², 정홍철², 전태성¹; ¹인천대학교, ²포스코

Keywords: Liquid Metal Embrittlement(LME), Resistance Spot Welding(RSW), Ultra High Strength Steel(UHSS), Non-destructive Testing(NDT)

Recent issues in automotive industry are to reduce weight and improve crashworthiness, and this leads to increasing the use of ultra high strength steel (UHSS) above 1 GPa grade. TRIP (Transformation induced plasticity) steel having UTS of 1180MPa is widely

applied for body-in-white due to its effective cold formability and cost-effectiveness compared with hot press forming (HPF) steel [1]. Nevertheless, the high susceptibility of liquid metal embrittlement (LME) and inferior weldability (e.g., narrow welding current) of above 1 giga-grade UHSS has emerged as a serious problem in recent years. Since this problem is regarded as not completely solved, a guideline referring to allowable length and depth of LME crack should be required.[2] In the present study, internal and surface LME cracks were quantitatively investigated. 1GPa grade galvanized TRIP1180(1.6mm) sheets were welded using resistance spot welding (RSW) with variable welding parameters, gap distance (i.e., 20, 50 and 70mm) and thickness (i.e., 1.0, 1.5 and 2.0mm) between the sheets. Length and width of surface cracks were measured by optical microscope, and industrial X-ray computed tomography (CT) was applied to confirm the formation of depth of cracks through the cross-sectional view. We will present the length and/or width of surface and internal LME cracks and discuss their correlation. These findings may contribute to understanding the formation of LME cracks and guiding allowable crack length, and potentially suggesting an effective detecting technique of the cracks in industries.[1] Gi-Tae Park et al, 2017 Fall Conference of the Korean Institute of Welding and Joining (2017) 80-80 [2] Du-Youl Choi et al, 2016 Spring Conference of the Korean Institute of Welding and Joining (2016) 82-82.

[P15-5]

Effect of Process Peak Temperature on Mechanical Properties and Microstructure of Friction Stir Welded Ti-6Al-4V Alloy Joints: Young-bin Lim, Kwang-jin Lee; *Korea Institute of Industrial Technology*.

Keywords: Friction stir welding, Ti-6Al-4V alloy, Mechanical properties, Microstructure, Process peak temperature

The friction stir welding (FSW) of Ti-6Al-4V alloy sheets was successfully performed, and the effects of tool rotational speed on the microstructure and mechanical properties of the joints were evaluated. The microstructure was precisely investigated through the field emission scanning electron microscope (FE-SEM), electron backscattered diffraction (EBSD), and x-ray diffraction (XRD) methods. The tensile test, Charpy impact test, and Vickers hardness test were selected for the evaluation of mechanical properties. When measuring the peak temperature of each process condition at the bottom side, the measured temperature values were determined to be 870°C, 907°C, 938°C, and 949°C. The actual peak temperature was expected to be higher than the measured data. The alpha (α) and alpha prime (α') phases were detected in the stir zone, while the base metal was composed of α and beta (β) phases. The tensile strength and hardness values of the stir zone increased with the tool rotational speed. The impact absorption energy showed a value equal to the base metal. Regardless of welding condition, the β -transus temperature rapidly cooled to room temperature, and a microstructural change from the $\alpha+\beta$ phase to the $\alpha+\alpha'$ phase was observed. This microstructural change significantly affected the mechanical properties of the joint.

[P15-6]

알루미늄 판재의 저항 용접의 전극 재질에 따른 용접특성 비교: 이상준, 김재훈, 천주용, 지창욱; *한국생산기술연구원 울산지역본부*.
Keywords: Aluminum, Resistance spot welding, electrode, Sticking, Weldability, Material

지구 온난화로 인한 온실가스 규제 및 감축방안으로 인하여 전기 자동차 및 연비가 향상된 자동차의 수요가 가파르게 늘어나는 추세이며 이를 위해서는 차체의 경량화가 반드시 수반 되어져야만 한다. 차체의 경량화를 위한 대표적인 방안으로는 소재적인 측면에서 기존의 철계소재를 대체할 수 있는 경량소재인 알루미늄 소재를 차체부품에 적용하는 것이다. 알루미늄 소재는 경량화의 관점에서 유리한 특성을 가지고 있지만, 차체 조립을 위한 용접성 측면에서 여러 가지 공정상의 문제가 발생한다. 특히 소재의 높은 열/전기전도도, 산화층 존재 등의 요소로 인하여 전극표면의 오염이 발생하여 용착으로 진전되면 용접 품질에 악영향을 미치고, 공정상의 드레싱 주기가 단축됨에 따른 공정 생산을 감소와 전극 소모품에 대한 지출 과다 등 기존 철계소재의 비해 비용 및 관리항목이 증가할 수 밖에 없는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 GM의 경우 전극표면에 Ring Type 형태의 패턴형상으로 용착 발생 타점을 지연시키거나, 독일의 마추체의 경우 Cleaning 장비를 개발하여 전극표면을 연마하는 방안으로 애로 사항을 해결하려는 노력을 하고 있다. 철계소재의 용접에서도 용접조합의 용접성이 좋지 않거나, 중요 부위에서는 특수재질의 전극이 적용되고 있다. 본 연구에서는 기존의 알루미늄 용접에 일반적으로 적용되고 있는 Cu-Cr재질과 특수재질인 Cu-Cr-Zr, Be-Cu, Cu-Al₂O₃의 전극을 이용하여 알루미늄 합금 6xxx계의 용접성을 비교해 보았다. 전극 재질의 용접 특성 비교를 위해서 전극 종류에 따라 Weld lobes 및 전극과 판재 사이에서 용착 현상 직전까지의 최대 연속 타점 수를 비교해보았다. 본 비교를 통하여 전극의 물성(전기전도도, 표면경도 등)과 용접성의 상관관계에 대해서 고찰해보았다.

P16 : 집합조직

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P16-1]**알루미늄 판재의 열간 비대칭 압연과 R-value:** 김인수, 보보무로드, 이철우; *금오공과대학교 신소재공학부***Keywords:** Al alloy sheet, Hot asymmetric rolling, Pole figure, R-value

지구 온난화 해결이라는 커다란 문제에 봉착한 자동차 업계는 재료의 경량화로 문제를 해결하고자 노력하고 있다. 자동차 경량화를 위한 재료로 강판을 대체할 수 있는 비중이 낮은 알루미늄 소재에 대한 연구가 진행되고 있다. 알루미늄은 비중이 2.7로 강의 1/3 정도의 비중으로 자동차 경량소재로 사용되고 있다. 그러나 알루미늄 합금의 가장 큰 단점으로 완전 어닐링한 후에 판재 성형성이 낮다는 것이다. 그 이유는 R-value 값이 낮아 집합조직인 입방(Cube) 집합조직이 발달되기 때문이다. 알루미늄 합금에서 이 문제를 해결하기 위하여 입방(Cube) 집합조직을 감소시켜야 한다. 본 연구에서는 알루미늄 합금의 성형성을 향상시키기 위하여 비대칭 압연을 도입하였고 비대칭 압연에서 상온보다 열간 압연을 도입하였다. 알루미늄 합금 판재를 비대칭 압연할 때 상온부터 550°C 까지 열간 압연을 하였다. 여기서 비대칭 압연은 전단변형을 주기 때문에 알루미늄 합금 판재에 R-value 값을 증가시키는 성분을 높이고 R-value 값을 향상시키기 위함이다. 열간 비대칭 압연한 알루미늄 합금 판재를 두께 층의 변화에 따라 XRD를 이용하여 극점도를 측정하였다. 그리고 방위분포함수(ODF)로 전개하여 하였다. 열간 비대칭 압연한 알루미늄 합금은 R-value 가 증가하는 결과를 얻었다.

[P16-2]**2상 타이타늄 합금의 삼차원 미세구조 재건:** 정혜인¹, 채준열¹, 김은영², 강주희², 오창석², 김지훈¹; ¹부산대학교 기계공학부, ²재료연구소

Keywords: titanium alloys, 3D microstructure, statistics, crystal plasticity 결정소성을 이용한 금속재료의 미세구조 해석을 위해서는 재료의 미세구조를 대표할 삼차원 모델이 필수적이다. 본 연구에서는 이차원으로 측정된 EBSD 데이터를 이용하여 2상 타이타늄 합금의 삼차원 미세구조를 생성하였다. 이를 위해서 미세구조 생성 프로그램인 Dream.3D를 이용하였다. 제작된 미세구조 모델의 검증에 위해 결정방위, 방위차, 결정립 크기와 형상 등을 통계적 분석을 통해 실제 측정 데이터와 비교하였다. 또한, 생성된 삼차원 미세구조 모델을 이용하여 결정소성 유한요소 해석을 수행하였다.

[P16-3]**결정 소성 유한요소 모델을 사용한 Zr-2.5wt%Nb 압력관 재료의 기계적 거동에 집합조직이 미치는 영향 분석:** 안동현, 이경근; *한국원자력연구원***Keywords:** Zr-2.5wt%Nb, pressure tube, texture, crystal plasticity FEM, anisotropy

Zr-2.5wt%Nb 압력관은 결정학적으로 이방성이 큰 alpha-Zr의 특징뿐만 아니라 압출 공정 등의 제조과정에서 발생하는 고변형으로 인한 강한 집합조직 때문에 방향 별 기계적 이방성이 크고 뚜렷하게 나타난다. 이방성이 발생하는 근본적인 이유는 재료 내 결정 방향의 분포, 즉 집합조직이 가장 크며, 많은 연구에서 그 집합조직의 특징을 실용적으로 수치화하여 Kearns' 인자로 표현하고 있다. Kearns' 인자는 육방조밀구조의 alpha-Zr 결정의 (001) 면이 압력관 주요 방향인 길이, 횡 그리고 지름 방향으로 얼마나 집합되어 있는지를 상대적으로 나타내는 값이며, 일반적으로 압력관은 횡 방향으로 약 0.6 그리고 길이 방향으로 약 0.06의 극심한 차이를 보여준다. 본 연구에서는 재료 내 결정의 집합조직이 변형 거동에 미치는 영향을 수치적으로 파악할 수 있는 결정 소성 유한요소 모델을 사용하여 압력관 재료의 변형 예측을 시도하였다. 기본적으로 Kearns' 인자 변화에 따라 달라지는 기계적 물성의 차이를 비교하였고, 동시에 다양한 Kearns' 인자를 가지는 집합조직을 비교 분석하여 압력관의 이방성을 대표할 때 많이 사용되는 Kearns' 인자가 가지고 있는 대표성의 한계를 확인하였다. 또한, 집합조직의 변화와 더불어 재료 내 결정 방향의 공간적 분포에 따른 다양한 조건 별 해석을 진행하여 통계적으로 발생할 수 있는 압력관 물성 변화 경향을 수치적인 데이터로 획득하였다. 압력관 제조 공정상 발생하는 변동은 동일 중수로 내에서도 압력관 간 그리고 관 길이 별 집합조직의 차이를 불러올 수 있고 그로 인해 필연적으로 물성의 분포를 가져오게 된다. 해석적으로 얻어진 집합조직 특성에 따른 물성 분포 자료는 제조과정에서 발생하는 집합조직의 변동이 압력관의 물성의 변화에 미치는 영향을 가늠하는 기반 자료로 사용될 수 있으며, 더 나아가 각 압력관의 집합조직을 확보하는 경우 중수로 내 압력관 별 특성을 구체적으로 예측하는 기반 자료로도 사용될 수 있다고 판단된다.

[P16-4]**은도금층의 소성가공 및 열처리를 통한 결정학적 미세조직 관찰:** 김상현¹, 이우진¹, 홍성박², 박현³, 홍성규³, 이효종¹; ¹동아대학교 금속공학부, ²부곡스텐레스(주), ³리눅스(주)**Keywords:** electroplating, Ag, pilgering, annealing, EBSD

통상 도금은 제품의 최종 표면처리 과정에 사용되고 있어 추가 가공을 진행하지 않는 것이 일반적이며, 또한 도금층의 두께가 매우 얇기 때문에 도금박막 자체에 소성가공 및 열처리후의 미세조직 변화를 관찰한 사례를 찾아보기 어렵다. 본 연구는 은을 후막상 태로 파이프상에 도금을 하고, 필러링 압연공정을 통해서 소성가공을 진행한 다음 열처리를 통해 은도금층의 미세조직의 변화를 관찰한 연구결과이다. 183 μm 두께의 은도금층의 초기 조직은 이미 도금박막의 미세조직 연구에서 알려진 대로, 주상정 구조의 도금층을 형성하는 것으로 관찰되었으며, 소성가공을 통해서 변형이 일어난 조직이 재결정을 통해서 통상 소성가공을 한 재결정 집합조

직으로 변하는 것을 관찰할 수 있었다. 소성가공을 통해 파이프와 도금 두께의 변화량은 각각 약 40, 20 % 감소하였다. 미세조직을 확인하기 위해 도금 직후, 필러링 후, 그리고 열처리 후 3단계로 나누어 시료를 준비하였으며, 각각의 시료에 대해 단면 EBSD 결정미세조직을 측정하였다. 이러한 도금층의 미세조직을 변화를 통해 사용목적에 특화시켜 최적화하는 것이 가능할 것으로 기대되며, 또한 도금공정에서 발생하는 핀홀 등의 도금층 자체 결함을 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 기대한다.

[P16-5]

강판에서 비대칭압연을 통한 Goss Texture 증가: 이철우¹, 이동녕², 김인수¹; ¹금오공과대학교 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부
Keywords: Goss texture, Asymmetric rolling, Shear deformation, Soft magnetic property

전기강판에서는 특정한 방위를 갖는 {110}, Goss 집합조직의 발달을 요구하고 있다. 그 이유는 Goss texture가 연자성의 특성을 가지는 집합조직으로 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮으며 좁은 히스테리시스 루프(Hysteresis loop)를 나타내서 에너지 손실을 낮추기 때문이다. 전기강판에서 이 집합조직이 가장 중요하고 제조방법은 1935년도에 G.P. GOSS가 제안하였다. 1935년도에 G.P. GOSS가 제안한 제조방법은 높은 온도에서 장시간 열처리하는 매우 복잡한 공정이다. 본 연구에서는 강판을 비대칭압연을 통해 Goss 집합조직을 강판에서 얻을 수 있는지를 XRD를 이용해서 집합조직을 측정하여 알아보았다. 상온에서 강판을 비대칭압연을 하여 집합조직의 변화를 고찰한 결과 Goss 집합조직을 얻는 좋은 결과를 얻게 되었다.

[P16-6]

저탄소강의 비대칭압연과 집합조직의 변화: 이철우¹, 이동녕², 김인수¹; ¹금오공과대학교 신소재공학부, ²서울대학교 재료공학부
Keywords: Low carbon steel, Asymmetric rolling, Goss texture

비대칭 압연은 회전하는 압연 롤의 속도 차를 이용하여 금속판재에 전단변형을 주어 금속판재의 집합조직을 변화하게 할 수 있다. 본 연구에서는 저탄소 강판을 비대칭 압연을 함으로서 집합조직의 변화를 관찰하였다. 비대칭 압연한 저탄소 강판은 X-선을 이용하여 집합조직을 관찰하였다. 저탄소 강판을 비대칭 압연하면 약 50% 이상의 압하율에서 Goss 집합조직, (110) 성분을 쉽게 얻을 수 있었다. 따라서 비대칭 압연은 저탄소 강판에서 Goss 집합조직, (110) 성분을 쉽게 얻을 수 있는 편리한 방법임을 알 수 있었다.

P17 : 표면처리

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P17-1]

The study of Tech Arc Coating in TiO₂ of Titanium alloy: 유재인¹, 하동현¹, 고훈², 윤재곤², 유재용², 김진희²; ¹DHU 비철 금속 표면처리센터, ²(주) 테크트랜스 기업부설연구소

Keywords: Tech Arc Coating, PEO, Ti, Anodizing, optical

The anodization method is attractive for the formation of ordered nanochannel or nanotubular films onto the surface of valve metals. In the last few decades this method has been successfully applied for fabrication of self-ordered porous templates of titanium oxide for subsequent production arrays of various nanostructured materials. Al plate was anodized in an acid electrolyte with Pt counter electrodes. The anodization temperature was 8 °C for sulfuric acid (2.5 M) and 15 °C for Ammonia water (0.7 M), respectively. The anodization voltage and time were 5~15 V and 0.5 h. In this study, we investigated the roughness and optical properties of films produced by anodizing of Ti surface in ammonia water –containing Etg solutions.

[P17-2]

양극산화를 이용한 Mg-Ca 합금 표면 산화막 형성 및 이에 따른 부식저항성 향상 연구: 정철환, 윤용희, 양기욱, 김소영, 이원희; 세종대학교
Keywords: 생분해성 금속, Mg-Ca 합금, 양극산화

기존 정형외과에서는 골절상을 입은 환자에게 Ti 합금계, Co-Cr합금계, 스테인리스합금계 등을 이용하여 만든 임플란트 소재를 이용하여 수술을 진행하였다. 하지만 이들은 내화학성을 지니고 있어 재수술을 통하여 제거 되어야만 한다. 그로 인해 체내에서 분해되는 생분해성 금속인 Mg이 임플란트 소재로서 널리 활용되기 시작했다. 하지만 Mg는 체내에서 부식이 다소 빨리 일어나기 때문에 수소 gas가 발생하게 되어 인체에 유해할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 문제점을 해결하고자 Mg에 Ca를 첨가하여 기계적 물성을 향상시킨 Mg-Ca 합금에 양극산화법을 이용하여 합금 표면에 산화막을 입힘으로써 부식저항성을 향상시켜 분해속도를 조절 가능하게 하였다. 실험은 정전압 방식을 이용하여 200 V 와 300 V 에서 각각 10~20분까지 양극산화를 진행하였고, 전압과 시간 변수에 따른 표면 산화막 두께 변화 및 조성의 변화를 중점적으로 관찰하였다. 제조된 시편들은 SEM(scanning electron microscopy), XRD(X-Ray diffractometer) 등을 이용하여 표면 형상 분석 및 정성적 분석을 실시하였다. 양극산화의 결과로 Mg-Ca 합금 표면에 산화물인 MgO 가 생성된 것을 확인할 수 있었고, 산화막의 두께는 가한 전압에 비례하는 경향을 보였다.

[P17-3]

방열도료를 활용한 배전시스템의 에너지 효율 향상: 박상환, 김민준, 최진주, 공만식; 고등기술연구원

Keywords: tunnel-type bus-bar, boron nitride

배전반은 전력회사 또는 발전소 등 외부로부터 공급된 전원을 각각의 차단기와 함께 상호 전기적으로 연결하여 실제 사용하는 각종 설비 및 장비의 정격에 맞는 적정 전원으로 분배하는 장치이다. 배전반 내부에는 외부로부터 공급되는 전력을 배분하기 위해 패널 또는 프레임 등에 설치된 메인 차단기와 다수개의 분기차단기에 연결된 부스바(bus-bar)를 통하여 각종 설비로 전력을 공급하는 동시에 공급전력을 개폐하는 기능을 수행한다. 부스바는 전원 케이블을 대신하여 사용되는 도전체로 동, 알루미늄 등이 원재료로 쓰인다. 부스바는 케이블에 비해 방열효과가 크고 또한 표면적이 넓어 도체의 표면에 흐르는 고주파 전류의 임피던스를 낮추기 때문에 고전력의 배전반에 주로 사용되고 있으며, 이러한 부스바는 외관의 형상에 따른 직사각형형의 막대구조로 이루어진 판상형과 동심원의 파이프 구조로 이루어진 원통형으로 구분된다. 배전반 내 전류공급 시, 부스바 간 전자기장 간섭으로 발생하는 저항열로 인한 전력효율 및 전류밀도 저하문제를 해결하기 위해 초기 냉각이 가능한 부스바의 형상 및 소재 선택에 대한 접근이 상당히 중요하다. 또한 최근 빈발하고 있는 배전반 화재사고를 예방하기 위해, 열방출, 열유동을 원활하게 하도록 부스바 구조를 개선하고, 부스바에 적합한 온도센서 모듈 기술로 급속방열과 적정온도를 유지하게 함으로써 부스바 온도상승에 의한 저항값 증가를 억제하여 에너지 소비율을 낮춰야한다. 따라서, 본 연구에서는 기존 부스바 형상 대비 방열성능과 전력효율이 향상된 부스바를 개발을 위하여, 부스바 형상에 따른 전자기장 해석을 통하여 최적의 부스바 모델을 제시하고, 부스바 자체의 방열특성을 향상시키기 위한 표면처리 기술을 제안하고자한다.

[P17-4]

금형 표면 윤활성 향상을 위한 복합도금 연구: 변영민¹, 김호영¹, 서선교², 윤진두³, 나상조³; ¹한국건설생활환경시험연구원, ²유립티앤씨(주), ³동진금속

Keywords: 윤활성, 복합도금, Morphology, 내마모성, 금형

소재 표면에 금속피막을 형성함으로써 방식성이나 내마모성 등 새로운 기능 향상을 목적으로 기존 도금에 다양한 크기를 가진 입자를 복합화하는 도금이 증가하는 추세이다. 복합도금은 다이아몬드나 알루미늄(alumina), SiC 등의 경질입자가 전해 및 무전해 도금에 의해 복합화 되어 고경도, 내마모성이 우수한 재료나 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE: Polytetrafluoroethylene) 및 MoS₂ (Molybdenum Disulfide) 등 윤활성과 비점착성이 우수한 재료 등으로 응용되고 있다. 복합도금에는 일반적으로 0.1~수십 μm 정도 크기 입자가 이용되고 있으며, 이러한 입자는 대부분 도금액 속에서 침강하기 때문에 이를 피하기 위해 교반에 의한 현탁한 상태에서 도금을 한다. 본 연구는 금형 윤활성 향상을 목적으로 무전해 Ni-P도금에 PTFE를 복합화하여 표면 특성 및 물리적 평가를 수행하였다.

[P17-5]

HT9 피복관과 금속 핵연료의 상호반응을 억제하기 위한 피복관 내면 Cr 도금층의 미세구조 연구: 여승환, 김준환; 한국원자력연구원

Keywords:

소듐냉각 고속로 (SFR)는 원자력 발전의 가장 시급한 문제점으로 부각되고 있는 사용 후 핵연료를 재활용 하여 가동하는 원자로이다. Generation IV로 명명되는 차세대 원자로 중에 하나로 국제 공동연구와 자체 연구를 통해 우리나라 고유의 기술이 축적되고 개발되고 있다. 현재 소듐냉각 고속로의 가장 큰 문제점 중의 하나는 금속핵연료와 피복관의 상호반응이다. 상호반응이 일어나면 공융현상을 일으켜 피복관의 녹는점이 낮아지고 피복관의 두께가 얇아져 원자로의 안전에 치명적인 위협이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전해도금 (electro-plating)을 활용하여 HT9 피복관 내면에 크롬을 도금하여 금속핵연료와 피복관의 상호반응을 억제하는 연구가 본 연구팀에서 진행되고 있다. 전해도금 시 가장 중요한 변수들인 도금액의 온도, 전류, 질화과정 등의 조건을 달리하여 도금한 크롬층의 두께와 미세구조를 분석하였고 모의 금속핵연료와의 상호반응 실험을 통하여 어떠한 조건이 상호반응을 방지하는 최적의 조건인지 찾아내었다.

[P17-6]

고융점 금속의 레이저 유도 화학기상증착 코팅기술: 남동윤, 최현진, 계인석, 이지영, 오용준; 국립한밭대학교 신소재공학과

Keywords: Refractory metals, Chemical vapor deposition, Laser, Coating, 3D printing

초고온에서 우수한 고온 기계적 특성과 내마모성을 갖는 고융점 금속(refractory metals)의 성형 및 코팅 기술은 항공 우주 및 국방 등의 특수한 산업분야에서 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 CVD(화학기상증착법)와 레이저 조사를 접목하는 방식으로 고융점 금속의 레이저 유도(Laser-directed) 3차원 CVD 프린팅 기술의 실현 가능성을 탐색하기 위해, 레이저 조사 조건을 변화시키며 기화된 Re 전구체 물질이 금속 기판(Mo) 위에 증착되는 양상을 분석하였다. 증착 공정은 ReCl₅ 전구체를 200°C에서 승화시켜 사용하였고, 반응 챔버 내부를 Ar 가스를 사용하여 비활성분위기를 유지시키며 승화된 전구체를 이동하였고 유량을 50sccm으로 고정하였다. 10 Hz 진동수와 532 nm 파장대의 펄스 레이저(pulse laser)를 사용하여 0.02 W의 에너지로 Mo 기판을 가열함과 동시에 승화된 전구체의 열분해 반응을 유도하여 Re를 증착하였다. XRD를 통해 Re층의 결정성을 평가하고 SEM, EDS를 통해 미세 조직의 변화를 분석하였다. 레이저유도 CVD 공정을 3D 프린팅 기술에 접목시키면 내화금속 부품이 요구되는 항공 우주 및 국방 등의 산업분야에 활용될 것이 기대된다.

[P17-7]

마그네슘합금 플라즈마 전해 산화피막의 초발수성 구현을 위한 비등수 처리: 주재훈¹, 김동현², 김권후¹, 이정훈¹; ¹부경대학교 금속공학과, ²한국세라믹기술원 분석인증센터

Keywords: Magnesium Alloy, Plasma Electrolytic Oxidation, Superhydrophobic, Hydrothermal Treatment

플라즈마 전해산화는 표면에 두꺼운 산화피막을 형성함으로써 마그네슘합금의 내식성을 보완하기 위하여 주로 사용되는 표면처리법이다. 그러나, 산화피막은 방전형상에 의하여 다공질로 형성되기 때문에 충분한 내식성을 발휘하기는 어렵다. 발수성의 부여는 일반적으로 표면은 방오(Anti-Biofouling), 방빙(Anti-Icing), 난류억제(Drag Reduction) 등의 응용분야에 적용되어 왔지만, 본연구에서는 다공성의 산화피막의 내식성을 보완하기 위하여 발수성을 부여하여 내식성을 향상시키고자 하였다. 본 연구에서는 플라즈마 전해 산화 피막에 비등수 처리를 실시함으로써 표면에 나노 단위의 미세한 구조물을 형성함으로써 초발수성을 구현하였다. 제작된 초발수성 표면은 물에 대해 매우 높은 저항력을 가지고 있기 때문에 물이 표면에 붙지 않을 뿐만 아니라 쉽게 표면을 이동하였다. 이는 물방울과 거친 표면 사이에 공기층이 존재하기 때문인데, 이 공기층에 의해서 산화층 내부로 부식성 물질이 이동이 억제되어 기존의 산화 피막에 비해서 내식성이 크게 증가하였다. 또한 물방울의 높은 이동성으로 인한 자기세척 효과를 보여준다.

[P17-8]

비등수를 이용한 전기아연 도금층의 초발수성 구현: 정해창¹, 김왕렬², 강민주¹, 이정훈¹; ¹부경대학교 금속공학과, ²한국생산기술연구원 동남지역본부

Keywords: Zinc Electroplating, Superhydrophobic, Hydrothermal Treatment, Corrosion

초발수성은 거친 표면에 안정한 공기층이 형성됨으로써 일반적인 친수성 표면에 비해서 매우 높은 물의 부착에 대한 저항성을 가지고 있다. 이로 인하여 물은 초발수성 표면에 부착되지 못하고 쉽게 그 표면을 이동하게 된다. 이러한 특성을 활용하여 초발수성 표면은 방오(Anti-Biofouling), 방빙(Anti-Icing), 방식(Anti-Corrosion), 난류억제(Drag Reduction) 등의 응용분야에 적용되었다. 따라서, 초발수성 특성을 일반적인 상용 소재 표면에 구현하는 것은 다양한 기능성을 부여할 수 있는 효과적인 방법이다. 본 연구에서는 철강소재의 표면처리로 주로 적용되는 전기아연 도금층의 표면에 초발수성을 구현하고자 하였다. 전기아연 도금층의 표면은 초발수성을 구현하기에는 높은 거칠기를 보여주지 못하기 때문에 도금 후 비등수에 도금층을 담그어 표면 거칠기를 제어하였다. 비등수 처리에 의해서 표면에 구조물이 생성될수록 발수성은 증가하였고, 특정 시간 이후에는 초발수성 효과가 나타났다. 초발수성을 가지는 아연 표면은 물방울의 높은 이동도로 인한 자기 세척 효과와 내식성을 보여 준다.

[P17-9]

HVOF 용사 코팅 공정으로 제조된 Ni-W-Cr-Si-B 코팅층의 flame 표면 개질 열처리를 이용한 미세조직 및 물성 제어: 위동열¹, 함기수¹, 박순홍², 이기안^{1*}; ¹인하대학교 신소재공학과, ²포항산업과학연구원

Keywords: HVOF, Ni-W-Cr-Si-B, stellite 6 alloy, flame heat treatment, wear properties

본 연구에서는 thermal spray 공정 중 하나인 HVOF(high velocity oxy-fuel) 공정을 이용하고 Ni-W-Cr-Si-B (1276F) 분말과 stellite 6 분말을 각각 1:0, 3:1, 5:5 비율로 혼합하여 코팅층을 제조하고, 이후 제조된 용사코팅층에 flame 표면 개질 열처리를 수행하여 그 미세조직과 물성을 제어하고자 하였다. 초기 분말(Ni-W-Cr-Si-B, stellite 6)은 γ -Ni, CrB, Cr₃B, Ni₄B₃, 상으로 구성되어 있었으며, WC와 W₂C peak이 추가적으로 관찰되었다. 또한 stellite 6 분말이 첨가됨에 따라 Co peak이 검출되었다. 제조된 코팅층의 두께는 약 2 mm 로 확인되었으며, 코팅층은 flame 열처리를 수행함에 따라 FeCr상과 Cr₂₃C₆ 상이 추가적으로 검출되었다. Porosity의 경우 stellite 6 분말의 함량이 점차 증가함에 따라 0.44%(1:0)에서 3.89%(5:5)로 점차 증가하였다. 이는 stellite 6 분말 첨가에 따른 미용입자들의 계면 결합 때문으로 관찰되었다. Flame 열처리를 수행함에 따라 모든 소재에서 기공도는 0.3% 이하로 매우 dense 해지는 것으로 나타났다. 경도 특성의 경우 stellite 6를 첨가함에 따라 625HV(1:0)에서 540.5HV(5:5)로 점차 감소하는 것으로 측정되었으며, flame 표면 개질 열처리를 수행함에 따라 990.9HV(1:0)에서 734.5HV(5:5)로 향상되는 것으로 나타났다. 마모 시험 결과에서도 flame 열처리를 수행함에 따라 마모 특성이 향상되는 것으로 확인되었다. 상기 결과를 바탕으로 미세 조직과 경도 및 마모 특성을 연계하여 상관 관계를 규명하고, flame 표면 개질 열처리의 영향을 도출하여 용사 코팅 소재의 물성 향상 방안을 제시하고자 하였다.

[P17-10]

보라크스 및 알루미늄을 혼합한 단결정 사파이어 웨이퍼의 화학 에칭 공정에 관한 연구: 김경호¹, 전영준¹, 최경환², 김상섭¹, 조규섭²; ¹인하대학교 신소재공학부, ²한국생산기술연구원

Keywords: Sapphire wafer, cutting damage, subsurface damage, borax, chemical etching

LED 산업은 급속한 발전으로 인해 여러 활용분야로 사용되면서 LED 기판의 수요 또한 급격히 증가했다. 그중 청색 LED용 반도체인 GaN의 기판에 주로 단결정 사파이어 웨이퍼가 사용되고 있다. 단결정 사파이어란 원료인 Al₂O₃을 2050°C 이상의 온도에서 단결정으로 성장시킨 결정체이며, 특성으로는 다이아몬드 다음의 경도, 뛰어난 광학특성, 우수한 열전달 특성, 저온 및 고온 안정성, 우수한 내부식성 및 내마모성을 보인다. 단결정 사파이어를 GaN의 기판으로 사용하기 위해선 단결정 사파이어 잉곳의 Cutting, Lapping, DMP(Diamond Mechanical Polishing), CMP(Chemical Mechanical Polishing)의 공정을 거쳐 GaN 기판으로 사용된다. 이 중 단결정 사파이어 잉곳의 cutting 공정은 단결정 사파이어의 높은 경도를 갖는 특성으로 인해 diamond wire saw cutting을 요구한다. 이러한 diamond wire saw cutting은 절단 시 단결정 사파이어 웨이퍼 표면에 SSD(표면 직하 결함, subsurface damage)를 유발하게 된다. 이러한 표면 결함은 사파이어 웨이퍼의 강도를 감소시켜 후 공정 시 제품 파손으로 인한 가공 수율 저하를 야기할 수 있다. 또한 Lapping 공정은 사파이어 웨이퍼 표면에 심각한 기계적 손상을 줄 수 있으므로 이를 대체하기 위한 공정을 연구하였다. 본 연구에서는 사파이어 웨이퍼 표면에 기계적 손상을 줄 수 있는 Lapping 공정을 대체하고 SSD를 완화하고자 보라크스(Na₂B₄O₇) 및 알루미늄(Al₂O₃)을 이용한 화학 에칭 공정을 연구하였다. 순수 보라크스로 사파이어를 화학 에칭 할 경우 사파

이어 웨이퍼 표면에 깊은 에치피트를 유발 할 수 있기 때문에 사파이어의 원료인 알루미늄 분말을 첨가해 조성 및 에칭 시간에 따른 두께, 미세조직, 표면 형상, 강도 값의 변화에 대해 고찰하고 최적의 에칭 공정 조건을 구하고자 하였다.

[P17-11]

반응성 마그네트론 스퍼터링 공정을 이용한 MoSi합금 코팅의 미세조직 및 기계적 특성 평가: 임기성, 김영석, 박혜진, 문상철, Jumaev Elyorjon, 박제형, 정연범, 장두혁, 김민정, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과*

Keywords: Nanocomposite, TEM, Microstructure, Mechanical property

나노결정/비정질 복합체 코팅은 높은 응력으로 인해 결정 안에 생성된 전위들이 비정질 기지에 의해 자유롭게 움직일 수 없기 때문에 전위의 이동을 막는 강화 메커니즘으로 알려져 있다. 나노결정/비정질 복합체 구조는 다양한 공정변수 및 증착 물질에 따라 비정질기지과 나노결정의 분포를 조절할 수 있으며, 나노결정/비정질 분포도는 코팅층의 미세구조 및 기계적 특성의 영향을 미친다. 본 연구에서는 반응성 마그네트론 스퍼터링 공정으로 $\text{Mo}_{100-x}\text{Si}_x$ 타겟을 사용하여 Si wafer 위에 아르곤가스와 질소가스의 유량, 증착 시간, 인가전력을 제어하여 나노결정/비정질 복합체 코팅을 제작하였다. 이전 연구결과에 따르면 Si의 함량이 증가함에 따라 주상형구조의 코팅층이 작은 중첩비를 갖는 구조의 코팅층으로 변화하는 것으로 알려져 있다. 따라서 $\text{Mo}_{100-x}\text{Si}_x$ 타겟에서 $x=5, 10, 23.6$ 으로 Si 함량을 증가시켜 각기 다른 나노결정/비정질 복합체 코팅을 제작하였다. 다양한 공정변수로 제작된 각기 다른 코팅의 결정구조 및 상 분석을 위해 X선 회절분석(XRD)을 실시하였으며, 미세 구조를 분석하기 위해 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM), 투과 전자현미경(TEM) 분석을 실시하였다. 또한 코팅층의 화학적 성분 분석을 위해 EDS분석을 실시하였으며 기계적 특성 평가를 위해 나노압입시험(Nano-indentation test)을 진행하였다.

[P17-12]

마그네트론 스퍼터의 전류제어가 PVD코팅 특성에 미치는 영향: 신현진¹, 김동배¹, 이영민¹, 김주업¹, 김성철², 이충규², 김남수²; ¹(재)대구기계부품연구원, ²미래씨모텍

Keywords: PVD 코팅, 전류제어, 전자석, 이온밀도, 증착속도

PVD 코팅은 모바일기기나, 디스플레이 부품, 에너지 소재, 자동차 부품, 생체재료나 광학부품 등 내산화, 내마모 특성이 요구되는 다양한 산업분야에 적용되고 있다. 복합다층 코팅기술은 아크법, 스퍼터링, 이온 플레이팅 등과 같은 PVD공정에 적용되고 있으며, 위와 같은 방법으로 물질을 증기화하기 때문에 전류제어 효율이 코팅장치의 성능을 좌우한다. 기존의 코팅기술은 고정된 자기력을 이용하여 증착시키기 때문에 코팅조성물에 따라 이온밀도와 증착속도의 조절이 불가능하다. 본 연구에서는 이온밀도와 증착속도를 제어할 수 있는 전류제어 캐소드를 개발하여 전자기장의 분포와 밀도가 증착속도, 밀착력, 두께에 미치는 영향을 고찰하였다.

[P17-13]

AL6061-T6 표면처리 종류에 따른 부식영향성 평가: 오지훈, 이두열, 김민생; *공군 항공기술연구소*

Keywords: Corrosion, Anodizing, Plasma Electrolytic Oxidation, Chromating, AL6061-T6

본 연구에서는 항공기에서 많은 사용되는 AL-6061-T6 재료를 대상으로 부식영향성을 평가하였다. 실제 항공기에서 사용되는 알루미늄은 표면처리를 통하여 부식저항성을 높인다. 표면처리에는 양극산화법, 알로진법, 화성처리법 등이 있다. 각각의 표면처리에 따라 강도, 부식저항성, 접착강도등이 달라진다. 본 연구는 여러가지 표면처리 중 타이타늄 플라즈마 전해산화법을 이용한 표면처리가 AL6061-T6 부식영향성에 얼마나 효과가 있는지 관찰하여 항공기 표면처리에 사용할 수 있는지에 대한 기초연구이다. AL6061-T6 원재료, 경질/연질 양극산화법, 화성처리, 타이타늄 플라즈마 전해산화법 5가지 알루미늄 표면에 대하여 연구하였다. 실험은 표면분석 및 표면거칠기, 전기화학실험, 부식실험 총 3가지 실험을 진행하였다. 각각의 실험에서 표면처리에 따른 특성을 비교, 분석 하였다. 표면분석은 전자주사현미경(SEM)을 사용하여 표면을 관찰하였고, EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)와 XPS(X-ray Photoelectron Spectrography)로 표면 성분을 분석하였다. 산화층에서의 부식저항성을 평가하기 위하여 염화나트륨 수용액 내에서 동전위분극실험(Potential-dynamic Polarization)을 실시하였다. 동전위분극실험 결과, 분극곡선에서 나타나는 부식전류밀도와 부식전위를 통해 부식저항성을 예측가능하며 경질 연극산화법으로 처리된 시편이 부식민감도가 가장 낮으며, 크로메이트 처리된 화성 처리 시편이 부식민감도가 가장 높은것으로 관찰되었다. 부식실험은 ASTM G110-92에 의거 침수실험을 실시하였으며, 사용된 수용액은 염화나트륨과 과산화수소를 용질로 사용하였다. 실험 후 시편의 무게변화를 통하여 부식속도를 측정하였다. 표면처리를 하지 않은 원재료 시편이 가장 높은 무게감소를 나타내었고, 크로메이트 처리 시편과 연질 양극산화법 처리 시편이 낮은 무게감소를 나타내었다.

[P17-14]

스퍼터법으로 증착한 Cr박막의 두께 변화에 따른 표면거칠기와 물리적 특성 연구: 강영준, 조영욱, 백주환, 조영래; *부산대학교 재료공학과*

Keywords: Thin film, Thickness, Magnetron sputter, Surface roughness

현대 산업사회의 발달과 함께 특수한 상황과 그에 따른 용도에 최적으로 유용하게 사용 가능한 기능재료에 대한 필요성이 점점 커지고 있다. 재료의 특성을 개선시키는 방법으로 이러한 요구조건을 만족하는 대표적인 것이 박막코팅이라고 할 수 있다. 박막코팅은 물리적증착(PVD; physical vapor deposition)과 화학적증착(CVD: chemical vapor deposition) 공정으로 분류할 수 있으며, 주어진 소재의 표면에 박막을 코팅함으로써 기존 소재의 물리적 혹은 화학적 특성을 다른 공정보다 소량의 재료를 이용하여 개선할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 다양한 산업에서 장식용 또는 기능성 코팅 용도로 많이 사용되는 크롬(Cr)을 PVD 공정의 하나인 스퍼터 방법을 이용하여 실리콘 웨이퍼(Si wafer) 위에 증착하여, 박막의 두께증가에 따른 면저항, 미세구조 및 경도 변화를 측정하였다. 스퍼터 조건에서 Power, Pressure, Gas 및 Distance는 동일하게 설정하고, 코팅시간을 변화시켜 박막의 두께를 조절하

였다. 생성된 박막의 특성을 알아보기 위해 XRD를 통한 구조분석을 하였으며, 4-point probe를 사용해서 면저항을 측정하고, Nano-indentation을 사용해서 나노경도를 측정하였다. 또한, 각 시편의 표면특성을 분석하기 위해 AFM을 이용하여 표면거칠기를 측정하였고, 그에 따른 접촉각(wetting angle)의 변화를 살펴보았다. 접촉각 측정 방법으로는 Sessile drop method를 이용하였으며, 용액으로는 DI water를 사용해서 측정함으로써 접촉각의 크기 변화를 비교하였다. 스퍼터법으로 Si-wafer 기판에 형성한 Cr박막의 특성 분석시, Cr박막의 두께가 증가할수록 예측한 바 대로 면저항과 미세경도는 감소하였다. 특히, 시편의 두께가 증가함에 따라, 시편의 표면거칠기 값이 커졌고, 표면거칠기가 증가함에 따라, 접촉각 또한 증가하였다.

[P17-15]

Study on Laser Cladding of CoNiCrAlY Bond Coat on Co-Ti-W Alloy: JaeWook Han, Pyuck-Pa Choi, Won Seok Choi; KAIST
Keywords: Thermal barrier coating, MCrAlY, Bond coat, Laser cladding

The application temperature of superalloys for combustion chamber in gas turbine has risen to improve its efficiency. A thermal barrier coating (TBC) consisting of a bond coat and a top coat has been used to prevent the deterioration of mechanical and corrosion properties of the base material. The thermal barrier coating is commonly deposited by thermal spraying, which results in inevitable pores and oxide inclusions. In this study, CoNiCrAlY bond coat was deposited by laser cladding on Co-Ti based superalloy with γ/γ' microstructure. Laser cladding forms a dense and non-porous layer through powder feeding and laser melting. The microstructure observation and composition analysis were conducted to quantify the influence of process parameters (e.g. laser power and powder feed rate) on the deposition characteristics. We optimized the process parameters, which induce a low dilution ratio and suitable coating thickness with a sufficient amount of β phase.

[P17-16]

내해수강 기반 조선해양용 maintenance-free 발라스트 해수배관 기술 개발: 박종원, 박광수, 김홍주; 포항산업과학연구원
Keywords: 발라스트 해수배관, 부식 속도, 내해수강, maintenance-free

조선해양용 상선 및 해양플랜트는 선체의 밸런스 유지를 위해 발라스트 기술을 적용하고 있다. 선체의 발라스트를 유지하기 위해 대부분은 해수를 이용하고 있으며, 이를 위해 발라스트 해수 배관이 적용되고 있다. 현재는 대부분 SPPS380인 탄소강에 아연도금 또는 내부 에폭시 도장을 적용하여 사용하고 있으며, 일부는 glass reinforced epoxy(GRE) 배관을 적용하고 있다. 전자의 경우는 초기 투자 비용은 저렴하나, 30년의 요구되는 내구수명에 비해 사용 중에 부식에 의한 파공이 발생하여 다수의 유지보수가 필요하며 후자의 경우는 부식에 의한 내구성저하는 없으나 초기 투자비용이 비싸고 시공이 매우 어렵다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 내해수강을 기반으로 알루미늄도금을 적용하여 요구 수명 30년간 부식에 의한 내구성 저하가 적어 유지보수를 하지 않아도 되는 형태의 해수 배관을 개발하고자 하였다.

[P17-17]

대기 플라즈마 용사로 제조된 Al_2O_3 -YSZ 멀티레이어 코팅층의 열적 특성 평가: 조병훈¹, 손시영¹, 황우식², 정택균³, 현승균³; ¹인하대학교 재료공학공학, ²베탈원(주), ³인하대학교

Keywords: Atmospheric plasma spraying, Thermal coating, Ceramic coating, Thermal Property, Al_2O_3 -YSZ multilayer

플라즈마 스프레이를 이용하여 8% Y_2O_3 에 의해 안정화된 ZrO_2 (YSZ)와 Al_2O_3 로 구성된 멀티레이어 코팅의 열적 특성을 조사하였다. 분말과 코팅층의 형태를 조사하기 위해 광학현미경(OM) 및 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하였으며, X선 회절(XRD)에 의해 분말 및 코팅층의 상 조성을 결정하였다. 표면 조도 및 기공률을 포함한 기계적 특성을 평가하였다. 내열 특성을 평가를 위해 열충격과 열전도도 측정을 시행하였다. 다층 코팅은 Al_2O_3 와 YSZ를 비교하였을 때 모든 온도에서 내열 특성에 긍정적인 영향을 미치는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 각각의 코팅층 계면에 야기된 열 저항과 기공에 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 다층 코팅의 전체 열적 특성과 관련하여 기공, 스펙트럼 인터페이스 및 층간 인터페이스의 중요성을 설명하기 위해 정상 상태 열전달에 대한 분석이 제시되었다.

[P17-18]

사고저항성 피복관 개발을 위한 코팅 소재 고온산화 저항성평가: 최병권, 김일현, 박정환, 박동준, 정양일, 이영호, 김현걸, 양재호; 한국원자력연구원

Keywords: Zirconium, Cr, Fuel Cladding, HIP, Oxidation

일본 후쿠시마 사고와 같이 원자력발전소에서 중대사고가 발생하게 되면 지르코늄피복관은 내식성 및 고온에서 내산화저항성이 크게 감소되는 것으로 확인되었다. 이처럼 중대사고가 발생하게 되면 핵연료피복관 재료로 사용되는 지르코늄 합금은 소재 한계 극복을 위하여 사고저항성 향상을 위한 목적으로 원전 선진국을 중심으로 사고저항성이 우수한 피복관 개발이 진행 중에 있다. 사고저항성이 우수한 피복관을 적용할 경우 기존 피복관에 비하여 고온 내산화성과 변형저항성이 크게 증대되어 산화반응에 의한 변형파손에 의한 방사선물질의 누출을 억제하여 안전여유도 즉 대처할 수 있는 시간을 확보할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 핵연료 피복관의 고온 내산화저항성을 향상시키기 위하여 선행연구로 Zircaloy-4 판재에 Cr을 HIP공정으로 접합 후에 고온산화저항성 및 계면에서의 접합성능을 평가하였다. Zircaloy-4판재에 Cr을 접합하여 1200°C에서 1400°C까지 고온산화를 실시한 결과 열충격 및 열팽창에 의한 계면바리가 발생하지 않았으며 고온산화저항성도 향상되었다. 하지만 1400°C에서 Cr과 Zirconium의 상호 확산에 의하여 계면에서 금속간 화합물이 형성 되었다.

P18 : 타이타늄

Room 1층 전시장, 10월 25일

[P18-1]

Correlation between Residual Stress and Fatigue Properties of Ti-6Al-4V Alloy Fabricated by EBM Additive Manufacturing: YOUNG SIN CHOI¹, Sang-Yeob Lim², Dong-Geun Lee¹; ¹*Sunchon National University*. ²*Korea Atomic Energy Research Institute*.
Keywords: Additive manufacturing, Ti-6Al-4V, residual stress, surface energy, fatigue properties

Powder bed fusion (PBF) method by using heat source for 3D printing can be applied to fabricate the geometrical shape of some parts, and enables to rapid melting and cooling. 3D EBM additive manufacturing can supply near-net-shape (NNS) or net-shape (NS) and precise parts, better than micro scale casting and precision casting. Casting parts has residual stress in the matrix and their microstructure, which can affect dynamic properties, but if they are heat-treated in optimum condition, the residual stress can be reduced to enhance the dynamic-mechanical properties of 3D printing parts. In this study, Ti-6Al-4V bulk bars were fabricated by EBM additive manufacturing, and microstructures, residual stress and various interior defects of the specimens were analyzed. Void occurrence was not avoided during 3D printing process, which can also introduce the residual stress around the voids, and the formation of voids increase the surface area with high energy. They can result in a low high cycle fatigue strength. The residual stress and surface energy were measured and calculated in different specimens which were heat-treated in 850~950°C. The relationship between residual stress and surface energy was explained through the related equations and the influence on high cycle fatigue properties were evaluated.

[P18-2]

Local Deformation Behaviour Of Commercially Pure Titanium: 이민수¹, 전종배², 최은영², 현용택³, 전태성¹; ¹*인천대학교* ²*한국생산기술연구원* ³*재료연구소*

Keywords: in situ SEM-EBSD, commercially pure titanium (CP-Ti), oxygen contents, local deformation behaviour, tensile test

Understanding deformation behaviour of titanium is rather complicated due to highly localised deformation and elastic/plastic anisotropy inherent to hcp crystal structure of Ti. The local stress condition and deformation behaviour originated from barrier effect of grain boundary are more significantly dependent on the anisotropy of α -phase Ti with respective to local crystallography orientation compared with FCC and BCC structured metallic materials. For instance, local stress is redistributed between soft and neighbour hard grain (i.e. rouge grain combination [1]) and the redistributed stress leads to stress concentration, slip transfer [2] and deformation twinning nucleation [3]. An increase of oxygen contents as interstitial element in titanium is typically known to suppress the twinning deformation and increase the c/a ratio. This affects the activation of favourable slip system inducing the strengthening (i.e. solid solution strengthening [4, 5]). Higher oxygen contents is likely to affect the pyramidal slip activities [6]. In the present study, in situ SEM-EBSD observation have performed during tensile testing in commercially pure titanium (CP-Ti) Gr. 1 and 4 to study the local deformation behaviour of α -phase Ti and the effect of oxygen contents. The micro-tensile specimens were carefully metallographically prepared and sectioned from rolled CP-Ti Gr. 1 and 4 into two types that loading direction can be traverse (TD) and parallel (RD) to the rolled direction, respectively. EBSD measurements were carried out before testing (i.e. initial) and on the periodically interrupted sections of plastic section. Analysis of local texture, misorientation and deformation slip, twinning and grain-assisted behaviour are considerably characterised and discussed to elucidate local deformation behaviour and the effect of oxygen contents of α -phase Ti. Reference [1] F. Dunne et al, The Royal Society 463 (2007) 1467-1489 [2] E.O. Hall et al, Springer Science & Business media (2012) [3] L. Wang et al, Metallurgical and Materials Transactions A 41(2) (2010) 421 [4] W.L. Finlay et al Journal of the Minerals, metals, and Materials Society 2(2) (1950) 277-286 [5] M. Wasz et al, International Materials Reviews 41 (1996) 1-12 [6] D.S. Kang et al, Materials Science and Engineering A 632 (2015) 120-126

[P18-3]

타이타늄 재활용 공정 기술 개발: 진연호, 양재교; *고등기술연구원*.

Keywords: titanium, recycling, recovery, turning chips

타이타늄 금속 및 타이타늄 기판 철 합금에 비해 가벼우면서도 비교적 높은 비강도, 고온에서 높은 기계적 성질 및 내식성이 우수하여 각종 우주항공 산업, 공업용, 스포츠용 및 일상 생활용품에까지 그 사용영역이 넓어지고 있으며, 최근에는 생체적합성 및 부식 저항성 때문에 치과 재료 등에서도 널리 쓰이고 있다. 이러한 타이타늄은 제품에서의 물리적 특성을 발현하기 위하여 내부 및 외부 불순물 제어가 매우 중요하며, 이는 투입 원료, 용해 공정 등에 의해 최종 제품의 순도에 영향을 미친다. 본 연구에서는 타이타늄의 가공 중 발생하는 New scrap과 제품 사용 후 발생하는 Old scrap 을 수거하여 타이타늄 재활용 원료로 사용하기 위한 기술 개발을 수행하였다. New scrap 의 경우 Bulk, Turning chips 등으로 분류하였고, Bulk 샘플의 경우 시료에 따라 표면 산화층이 얇아, 양극산화 공정을 통해 인위적으로 표면 산화층을 형성시키고 개발한 재활용 공정 적용을 통해 재활용 전/후 비교 분석을 진행하였다. 재활용 공정에서의 세척 및 산세 등의 공정 변수를 통해 최적 표면 산화층 제거 공정 조건을 도출하였다. 산세 공정 전/후의 비교를 위해 전기화학분석법 (Potentiodynamic polarization) 과 표면 경도 측정을 통해 분석을 진행하였다. Old scrap 의

경우 Blasting 공정을 이용해 두꺼운 표면 산화층을 제거 하였으며, 최적 media 선정하여 모재 손실을 및 media 에 의한 모재 오염도 등에 대한 연구를 진행하였다.

[P18-4]

미세구조 배열이 조절된 Ti-Ni합금의 변형거동: 문정태¹, Izaz Ur Rehman, 남태현; *경상대학교*

Keywords: TiNi, 석출물, 열팽창계수, 상변태, 형상기억합금

Ti-51Ni합금은 시효 시 Ti₃Ni₄를 석출하며 B2-R2상변태를 한다. 그러나 Ti₃Ni₄상이 인장응력 하에서 석출될 경우 habit plane이 인장축에 수직하게 배향하여 석출된다. 이로 인해 하중이 가해질 경우 R-B2역변태가 발생하는것으로 보고되어 있다. 본 연구에서는 Ti-51Ni (at.%) 합금을 Arc-melt법으로 주조하고 열간압연을 실시하여 판재로 제작하였다. 판재를 인장응력하에서 시효를 실시하여 특정방향으로 배향된 석출물을 생성하도록 하였다. 생성된 석출물로 인해 인장방향으로의 거동을 파악하기 위해 정하중 실험을 실시 하였으며, 석출물을 파악하기 위해 SEM 관찰을 실시하였다.

[P18-5]

생체용 Ti-Zr-Nb-Sn 합금의 형상기억특성에 미치는 O 첨가의 효과: 박정빈¹, 마봉건², 김재일³; ¹동아대학교 금속공학과, ²(주)현테크, ³동아대학교 신소재공학과

Keywords: Shape memory alloy, 형상기억합금, 베타형 Ti-based 합금, 생체재료, 저탄성계수 합금

Ti-Nb기 합금을 생체재료로 응용하기 위해서는 변태온도를 체온 부근으로 제어하는 것이 중요하다. Ti-Nb기 합금에 제 3원소 및 4원소의 첨가는 마르텐사이트 변태온도(Ms)를 저하 시킨다. 최근 Ti-Nb-Zr계 합금은 우수한 형상기억특성 및 낮은 탄성계수, 탁월한 냉간가공성을 가지는 생체재료로 보고되어 많은 관심을 받고 있다. 최근 연구에서는 Sn을 제 4원소로 첨가한 4원계 합금에서 양호한 인장강도 및 변태 변형률이 얻어졌다고 보고되었다. 한편 변형에 대한 슬립임계응력 증가는 초탄성 특성을 향상시키는 방법이라고 최근에 보고되어졌다. 따라서 본 연구에서는 Ti-Nb-Zr-Sn합금의 슬립임계응력 향상을 위해 침입형 원소이며 α 안정화 원소인 산소를 첨가하여 Ti-Nb-Zr-Sn-O 합금에서 형상기억특성을 조사하였다. Ti-Zr-Nb-Sn-O합금을 Vacuum Arc Melting을 이용해 합금을 용해하여 Ingot을 제작하여 97% 냉간압연을 하였다. 각 시편을 1173 K에서 1.8 Ks동안 용체화처리 후 퀴칭 하였고 합금의 기계적 특성, 변태온도, 형상기억특성을 평가하기 위하여 인장시험을 수행하였다. 또한 열처리시 다양한 온도 범위에서 Annealing과 aging Treatment에 대한 형상기억거동을 조사하였다.

[P18-6]

순환열처리 조건에 따른 상용 Ti-48Al-2Cr-2Nb 합금의 미세조직 평가: 최진주, 박상환, 공만식; *고등기술연구원*

Keywords: Titanium-Aluminide, Cyclic heat treatment, Grain refinement

Ti-Al 합금은 비강도가 높고 우수한 내산화 특성으로 인해 극한의 강도와 내식성이 요구되는 외장재나 구조용체 부품에 각광받고 있는 소재이다. 그 중 상용 주조 합금인 Ti-48Al-2Cr-2Nb 의 경우 완전층상조직(fully lamellar) 상태에서 파괴인성과 강도가 매우 우수하나 1% 미만의 연신 특성으로 인해 소성변형 및 후처리 공정이 어려운 실정이다. 이러한 Ti-Al 합금의 취성을 개선하기 위한 방안으로 본 연구에서는 순환열처리 공정을 적용하여 층상조직의 결정립 미세화에 대한 연구를 진행하였으며, 열처리 공정 변수에 따른 미세조직 변화를 관찰하였다. 이를 위해 진공아크용해(VAR)로 제작된 상용 Ti-48Al-2Cr-2Nb 합금에 대해 α transus 온도를 기준으로 $\alpha \rightarrow \alpha + \gamma \rightarrow \alpha$ 영역 총 3단계로 순환열처리를 진행하였다. 각 단계에서 열처리 온도 및 유지시간을 변화시켜 공정 변수의 영향을 확인하였으며, 최종적으로 층상조직의 결정립 미세화 메커니즘에 대해 고찰하였다.

[P18-7]

제조 방법에 따른 금속 3D프린팅용 Ti 비정질 와이어의 제조 및 특성 조사: 김송인, 이아영, 이창우, 이민하; *한국생산기술연구원*

Keywords: Ti amorphous, 3D printing, Ti-wire, Ti alloy

최근 금속 3D프린팅 산업과 관련하여 원소재인 금속 분말을 주로 사용하는데 원료 손실 및 요구 조건이 까다로워 공급이 어려운 문제점이 대두되고 있다. 이를 보완하기 위해 반중력 방향 적층, 복합소재 적층, 미세부분 적층 등 분야에 와이어를 이용하여 금속 3D프린팅 원소재로 적용하고자 하는 수요가 증가하고 있다. 특히 Ti 비정질 합금은 비강도(강도/비중)가 높고 내식성이 우수하여 넓은 온도범위에서 우수한 기계적 특성을 나타내 생체분야, 제약 및 화학분야에 적용하기 위한 3D프린팅용 원소재로 적합한 특성을 갖고 있다. 본 연구에서는 금속 3D프린팅용 소재로 활용하기 위한 제조 방법에 따른 Ti계 비정질 와이어를 제조 하여 그 특성을 비교 분석 하고자 하였다. 이를 위해 Melt Extraction과 Melt Spinning 방법으로 Ti계 비정질 와이어를 제조하였고 두 소재의 비정질형성능, 열적 거동 등의 다양한 특성을 조사 하여 3D프린팅용 소재로의 활용 가능성을 검토 하였다.

[P18-8]

Ti-Cr-Mn합금의 첨가원소 및 열처리 조건에 의한 미세조직과 기계적 물성 관찰: 박상원¹, 홍성환¹, 김영석¹, 박해진¹, 문상철¹, 권성준¹, 최시연¹, 김기범¹, 박찬희², 염종택²; ¹세종대학교 나노신소재 공학과, ²재료연구소

Keywords: Ti 합금, Ti-Cr-Mn, β -타이타늄, 미세조직, 기계적 물성, 열처리.

타이타늄 합금은 고유의 특성과 우수한 물성으로 인해 과거부터 현재까지 많은 연구가 진행되고 있는 소재이다. 타이타늄 합금은 그 미세조직에 따라 크게 α , $\alpha + \beta$, β 형 합금으로 분류되며, 대표적인 합금으로는 $\alpha + \beta$ 의 미세조직을 갖는 Ti-6Al-4V합금이 있다. 하지만, 이러한 Ti-6Al-4V 합금은 그 비용이 고가이며 $\alpha + \beta$ 미세조직 구조로 인해 합금의 고온공정과 낮은 성형성 등의 단점을 갖고

있다. 이러한 한계를 극복하고자 β 형 타이타늄 합금에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. β 형 합금은 우수한 물성과 더불어 열처리에 의한 미세조직 제어가 가능하다는 장점을 갖는다. 고온 안정상인 β 상을 상온에서 큰 분율로 형성시키기 위해 강한 β 타이타늄 상 안정화 효과를 보임과 동시에 Nb, Ta, Mo 등의 원소에 비해 비교적 낮은 용점을 갖는 Cr과 Mn이 첨가원소로 선택되었다. Ti-Cr 이원계 합금은 높은 고용도로 인한 고용 강화 효과를 통해 우수한 물성을 갖는다. 특히 $\text{Ti}_{95}\text{Cr}_5$ 합금은 α , β , ω -Ti 등의 상들이 동시에 형성되는데, 이 중 α , α'' , ω 상이 강화상으로 작용하여 높은 압축 항복강도를 갖지만 연신율의 한계가 극명하다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 Ti-Cr 이원계 합금 중, 가장 높은 압축 항복강도를 갖는 $\text{Ti}_{95}\text{Cr}_5$ 이원계 합금의 제한적인 소성능을 개선하기 위해 미량의 원소 Mn을 첨가하였으며, Mn 첨가량의 변화에 따른 미세조직과 기계적 물성의 거동을 확인하였다. 또한, Ti-Cr-Mn 합금의 열처리 공정에 의한 미세조직과 기계적 물성의 변화를 확인하였다. 합금의 최적 열처리 조건을 확립하기 위하여 시차주사열량 측정법을 통해 α/β 상변태 온도를 측정하였고 주조 상태와 열처리 후의 합금의 미세조직 및 기계적 물성의 차이를 확인 하였다. 합금의 상 분석과 미세구조는 각각 X선 회절분석, 주사 전자 현미경 및 광학 현미경을 통해 분석하였고 기계적 물성을 측정하기 위해서 만능 시험기를 이용해 상온에서의 압축시험을 진행하였다.

[P18-9]

Dv-X α 분자궤도법을 이용한 고강도 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금 설계 및 특성 평가: 배기창, 박천명, 박용호; 부산대학교 재료공학과
Keywords: Titanium, Dv-X α , alloy design, High strength

Titanium(Ti) 합금은 저온에서부터 중온까지 비강도가 높게 유지되고 피로강도, 파괴 인성등의 기계적 성질이 우수하며 화학약품 및 해수에대한 내식성이 좋아 우주항공산업에서부터 잠수정, 원자력등의 발전기 부품뿐만아니라 생체의료기기 및 스포츠 레저, 일상 용품에 이르기까지 응용분야가 상당히 다양하다. 대표적인 β -Ti계 합금중에서, Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금은 고강도 β -Ti 합금으로 높은 비강도 및 경화능으로 인해 항공 산업분야의 구조재료로써 주목받는 합금이며, 항공기의 구조재중 landing gear부의 적용에 큰 관심을 받고 있다. 합금 개발에 있어 현대 사회에서는 시간과 노동, 폐기물등의 문제점을 보완하기위하여 실험적인 부분을 컴퓨터 계산을 이용하여 정확하고 높은 효율을 갖는 재료개발을 목표로하는 연구가 이어져오고 있다. 다양한 합금 설계 방법중, 재료의 모든 물리·화학적 성질은 전자의 거동에 귀착될수있으므로 전자상태계산을 정확히 계산한다면 정확한 재료설계가 가능하다는점을 중심으로 합금설계를 하는 방법인 분자궤도법(Dv-X α)이 많이 이용된다.본 연구에서는 분자궤도법(Dv-X α)을 이용하여 Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe계 합금을 설계하였으며, 기존의 합금과 새롭게 설계된 합금의 특성을 비교하기위해, 상동정과 미세조직 관찰 및 기계적 특성 평가를 실시 및 분석하였다.

[P18-10]

순수 타이타늄 기반 산화물분산강화 합금의 미세조직 및 기계적 특성: 박태성, 김정 한; 국립한밭대학교 신소재공학부
Keywords: 산화물분산강화 합금, 타이타늄, 기계적합금, 산화물 입자

이 연구는 Ti 기반 산화물 분산 강화 (ODS) 합금의 실현 가능성을 검증하기위한 예비 연구로 수행되었다. 순수 Ti 분말을 Y_2O_3 분말과 혼합 한 후 -150 °C에서 기계적으로 합금화시키고 Ti 계 ODS 분말을 고온 - 등압 적으로 가압 한 후 열간 압연하여 재 결정 하였다. 미세 구조는 연신된 형태의 입자와 Y 과잉 미립자로 구성되어있다. 산화물 입자 크기는 전형적인 Fe- 기반 ODS 강재의 크기보다 컸다. 인장 시험은 인장 강도가 약 25% 인 반면 강도는 순수 Ti보다 훨씬 컸다. Ti-ODS 합금의 고온 경도는 Ti-6Al-4V보다 낮고 순수 Ti보다 훨씬 높았다. 딥플 구조가 잘 발달되었고 인장 시험의 파단면에 균열 파괴 표면이 나타나지 않았다.

[P18-11]

Effects of Strain Rate On Macro- And Micro-Scopic Mechanical Responses in Ti-6Al-4V: MinKi Ji¹, Youn-Taek Hyun², Tea-Sun Jun¹; ¹Incheon National University. ²Korea Institute of Materials Science.

Keywords: Ti-6Al-4V, strain rate sensitivity, microstructure, nanoindentation, mechanical response

Cold dwell fatigue has long been a critical issue in aero-engine industry, as it significantly affects to fatigue life. Dwell fatigue is clearly a time sensitive deformation mode, and it has been discussed that one potential factor is strain rate sensitivity as some alloys are more dwell sensitive than others [1]. In this aspect near-alpha titanium alloys (e.g., Ti-6Al-4V [2-3], Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo [4-5]) often show distinct dwell sensitivity, and understanding their deformation mechanisms are significantly important though rather challenging due to microstructure-dependent-mechanical properties, room temperature creep behaviour, microtexture and interaction between α and β phases [6]. In the present study, we investigated the effects of strain rate on macro- and micro-scopic mechanical responses in Ti-6Al-4V at room temperature. X-ray diffraction (XRD) was used to identify the crystallographic orientation of rolled Ti-6Al-4V. Tensile tests were performed on specimen with variable strain rates, on the order of 10^{-2} to 10^{-4} s⁻¹, and loading directions (rolling and transverse direction). In terms of strain rate sensitivity and elongation, deformation behaviour in macro-scopic was observed through the specimens tested up to fracture. To identify local rate-dependent deformation behaviour, strain rate jump tests were performed using nanoindentation with variable microstructures obtained by heat treatments with several annealing temperatures (i.e., 900, 1050°C) and cooling rates (i.e., water-quenching, air cooling, furnace cooling). We will present the macro- and micro-scopic mechanical responses with respect to applied strain rate and discuss these could link to the dwell sensitivity. [1] T-S. Jun et al, Journal of Alloys and Compounds 672 (2016) 282-291 [2] C. Lavogiez et al, Scripta Materialia 157 (2018) 30-33 [3] F. Wang et al, Materials Science & Engineering A 642 (2015) 136-141 [4] T-S. Jun et al, Acta Materialia 107 (2016) 298-309 [5] J. Qiu et al, Metallurgical and Materials Transactions A 45(13) (2014) 6075-607 [6] T-S. Jun et al, MSEA 649 (2016) 39-47

[P18-12]

저온 소둔 공정을 이용한 초미세립 Ti-6Al-4V 판재의 기계적 물성 향상: 김건형¹, 이용문¹, 최성우², 홍재근², 이종수¹; ¹포항공과대학교 ²재료연구소

Keywords:

본 연구는 다단압연 공정으로 제조한 초미세립 Ti-6Al-4V 판재에 대한 저온 소둔 효과 분석을 목적으로 하였다. 0.5 mm 수준의 등축정 결정립으로 이루어진 초미세립 Ti-6Al-4V 판재를 773 K에서 873 K의 구간에서 소둔 시키고 인장 시험을 진행하였다. EBSD (Electron backscatter diffraction)와 TEM (Transmission electron microscope)을 통해 미세조직에 대한 저온 소둔 공정의 영향을 분석했다. 본 연구에서는 저온 소둔 공정을 이용해 1.3 GPa급의 인장강도와 10% 이상의 연신률을 얻음으로써 초미세립 Ti-6Al-4V 판재의 기계적 성질을 향상시켰다. 저온 소둔 과정 중 α 결정립계에서 생성되는 100 nm 이하의 α 상 석출이 결정립 미세화 및 강도 향상에 기여한 것으로 밝혀졌다.

[P18-13]

마찰 교반 용접한 타이타늄 용접부의 미세조직 및 기계적 성질 변화: 이용재, 최안드레, 신세은, 이동근; **순천대학교 신소재공학과**

Keywords: Friction Stir Welding, titanium, microstructure, mechanical properties

타이타늄 및 타이타늄 합금의 용접이 자동차, 선박, 우주항공, 철도 차량 등의 다양한 산업분야에 확대 적용되면서 용접 공정의 최적화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 가장 일반적으로 사용되는 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW)시 발생하는 고온산화 및 결정립 조대화는 용접부와 열영향부의 기계적 물성을 저하시킨다. 이와 달리, 비교적 저온에서 진행되는 마찰 교반 용접(FSW)은 공구와 피접합재와의 마찰열에 의해 공구 주변의 재료는 연화되며 공구의 교반에 의해 재료의 소성 유동으로 접합면 양쪽의 재료들이 강제적으로 혼합되는 원리를 이용해 용접이 이루어지는 방법으로 확산 및 재결정으로 접합이 진행되기 때문에 결정립이 미세화되고 활성가스의 침입이나 산화를 억제할 수 있어 기계적 특성향상을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 마찰교반용접 방식을 이용하여 순수 타이타늄을 판재접합하였으며, 교반회전속도와 판재에 가하는 하중을 각각 변화시킴으로써 교반접합부 및 열영향부의 미세조직학적 특성변화를 평가 분석하였으며, 이를 접합하지 않은 원소재의 특성과 비교평가하였다. 또한, 마찰교반용접 공정조건의 영향에 따른 경도 및 상온인장 특성을 평가함으로써 건전한 접합부를 얻을 수 있기 위한 공정인자와 미세조직 및 기계적 특성의 상관관계를 규명하고자 하였다.

[P18-14]

Cl₂ + CO 혼합가스에 의한 합성루타일의 염화반응 속도에 대한 연구: 홍성민, 박성훈, 이소영, 김영준, 손호상; **경북대학교 신소재공학부**

Keywords: Synthetic rutile, Conversion rate, Chlorination, Titanium tetrachloride, Fixed bed

대부분 백색안료로 사용되는 TiO₂나 높은 강도, 내식성을 가진 금속 타이타늄은 TiCl₄ 라는 중간 생성물을 거쳐 생산이 되며 이를 위해 타이타늄 광석인 일메나이트나 천연 루타일을 사용한다. 비싼가격, 적은 매장량이라는 단점을 가진 천연루타일을 보완하기 위해 본 연구에서는 매장량이 풍부한 일메나이트의 고순도화 공정을 통해 제조한 다공성 합성 루타일을 사용하여 TiCl₄를 만들고, 합성 루타일의 염화반응 속도에 미치는 반응 온도와 시간, 가스 유량의 영향에 대해 검토하였다. 유동이 되지 않는 조건의 고정층에서 염화반응을 하였으며, 승온이 완료된 후 합성루타일 10 g을 분산판 위로 장입하였다. Ar 가스 분위기로 일정시간 유지 후 Cl₂ + CO 혼합가스를 불어 넣어 반응시켰다. 반응 후 잔사의 무게를 측정하고, 합성 루타일의 ICP분석 데이터를 통해 전환율을 계산하였다. 또한 X선 회절 분석, SEM 관찰을 수행하였다. 시간의 경과에 따라 잔사의 무게 변화율은 증가하였으며 TiO₂-TiCl₄의 전환율도 증가했다. 또한 온도가 잔사의 무게 변화율과 전환율에 영향을 미쳐서 온도가 증가할수록 무게 변화율과 전환율도 증가하는 경향을 보였다.

[P18-15]

TiNi 합금에서 전압과 시간과 합금기판의 조성에 따른 양극산화 거동: 최수영¹, 김민수², 남태현¹; ¹경상대학교 ²한국생산기술연구원

Keywords: anodization, TiNi alloy

TiNi 합금은 우수한 형상기억특성 때문에 생체 임플란트 재료로 주목받고 있지만 Ni이 인체 내에서 독성반응을 일으키기 때문에 양극산화를 이용한 나노튜브생성을 통해 Ni의 용출을 막고 생체적합성을 높이는 연구가 널리 연구되었다. 이때 TiNi 합금기판상에서의 양극산화거동은 전압과 같은 전기화학조건 뿐만 아니라 합금기판의 조성에 따라라도 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 TiNi 합금 양극산화처리재의 표면 및 단면 관찰과 산화층의 조성분석을 통해 전압, 시간, 합금조성 등의 요소가 양극산화거동에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 합금기판의 조성은 Ti-xNi(x=48, 49, 50.6, 51)을 비교하였고 NH₄F 함유 전해질에서 각각 다른 전압, 시간 조건으로 양극산화하였다.

[P18-16]

수소 분위기에서 TiCl₄의 마그네슘-열환원법에 의한 Ti HDH 분말제조: 김영준, 박성훈, 이소영, 홍성민, 손호상; **경북대학교**

Keywords: reduction, titanium tetrachloride, titanium hydride, magnesium, high purity

현재 금속 타이타늄은 Kroll process에 의해 제조되고 있으나, 공정이 복잡하고 생산성이 낮아서 제조비용이 매우 높다는 단점을 가지고 있다. 한편 금속 Ti 분말은 스펀지 Ti를 HDH(Hydrogenation-dehydrogenation) 공정을 통해 생산하고 있다. 본 연구에서는 Mg에 의한 TiCl₄의 환원과 수소화를 동시에 진행하여 직접 HDH 분말을 제조하는 공정에 대해 검토하였다. 먼저 흑연도가니를 넣은 스테인리스스틸제 챔버를 전기로 내에 위치한 후, 내부를 진공배기 하고 승온하였다. 승온이 완료된 후에 TiCl₄ 공급과 동시에 H₂ 가스를 송입하였다. 반응 후 상온까지 냉각된 흑연 도가니를 절단하고 부산물을 제거하기 위해 증류수와 0.1 M HCl을 이용해

수세 및 산세를 진행하였다. 이후 결과물을 X-선 회절 분석과 SEM 관찰, ICP 분석을 수행하였다. 본 실험의 환원 반응은 강한 발열반응으로, $TiCl_4$ 를 투입하는 Quartz 관 끝 부분 형상을 변형시켰다. 또한 X-선 회절 분석 결과 TiH_2 와 MgH_2 , $MgCl_2$ 가 나타났다. 본 연구의 목적인 TiH_2 가 생성이 되었으나 실수율은 낮았다. 향후 실수율 향상을 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[P18-17]

비틀림 시험을 이용한 Ti-15-3합금의 고온 가공성 평가: 김명훈, 손현우, 이지운, 김상욱, 이경서, 정택균, 현승균; 인하대학교

Keywords: beta titanium alloy, processing map, hot torsion test

Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al(Ti-15-3)합금은 준안정 베타 타이타늄 합금으로써, 우수한 냉간 가공성과 비강도, 내식 특성을 가지기 때문에 항공재료나 높은 강도를 요하는 곳에 사용되고 있다. 베타 타이타늄 합금의 경우 상변태 이상의 온도에서 초기 잉곳의 일차, 이차 가공을 실시하게 되는데, 열간 공정에서는 가공 조건에 따라 특성이 민감하게 변화하기 때문에 최적의 가공조건을 설정하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 1053-1353K의 온도 조건과 $0.05-5s^{-1}$ 의 변형속도 조건에서 Ti-15-3 합금의 고온 비틀림 시험을 실시하여 고온 가공성을 평가하고자 하였다. 최적의 공정 조건을 결정하기 위하여 시험 결과를 통해 얻은 유동곡선을 바탕으로 공정지도를 도출함으로써 재료의 가공 효율과 불안정 소성영역을 나타내었으며, 미세조직을 관찰하여 이를 고찰하였다.

[P18-18]

The Influence of Heat Treatment Atmosphere on the Globularization of α -phase in Ti-6Al-4V Alloy: Nur Arief Meyviawan,

Eung Ryul Baek; 영남대학교

Keywords: Ti-6Al-4V; Oxygen; Globularization; Diffusion; Heat Treatment

The influence of heat treatment atmosphere on the morphology alteration from a lamellar α/β into a globular in Ti-6Al-4V alloy has been investigated. The globular morphology is observed on the surface area after heat treated below β -transus temperature at $950^\circ C$ for 1.5 hr in atmospheric environment followed by water quench, which lamellar α/β generally should be formed in all area. Heat treatment with different atmosphere was then conducted to clarify the effect of the atmosphere condition on the globularization of Ti-6Al-4V alloy. Oxygen was found penetrating during heat treatment, confirmed by electron probe micro analysis and hardness testing, thus changed the morphology from lamellar α/β to globular α phase in the depth of approximately $200\ \mu m$ from the surface. The formation of globular α phase is achieved due to the oxygen acted as α stabilizer, diffused preferably into α grain boundary than α platelets, thus resulted in the increase of α grain boundary width and alter the morphology to become globular during the heat treatment at $950^\circ C$.

[P18-19]

Ti-(51-x)Ni-xCu (x = 8, 10, 12 at.%) 합금의 초탄성특성에 미치는 시효처리의 영향: 김지현, 남태현; 경상대학교

Keywords: Ti-Ni-Cu alloys, Martensitic transformation, Aging effect, Shape memory effect

Ti-40.5Ni-10Cu 합금의 경우 시효처리시 C11b-type의 석출물이 생성되어 석출물과 Matrix 주위에 Coherent strain이 발생하여 초탄성효과를 일으킨다는 선행연구가 있다. 선행연구를 바탕으로 Ni과 Cu 조성을 달리하였을 때 시효처리에 따른 상변태 거동 및 형상기억특성을 조사 하였다. 본 연구에서 사용된 합금은 Arc melting 법으로 제조하였으며, 1273 K에서 1시간 용체화 처리 후 873 K에서 시효처리를 실시하였으며, 비커스경도, 시차주사열분석, 인장시험을 실시하였다. 1273 K에서 1시간 용체화 처리 한 시편의 초탄성 효과와 873 K에서 시효처리한 시편의 초탄성 효과를 비교, 분석하였다.

P19 : 에너지재료(재생에너지)

Room 1층 전시장, 10월 26일

[P19-1]

Lattice Strain and Phase Transition Induced by Li Migration in Cyclic NCM111 ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$): 변영운¹, 김준동², 김홍규², 윤순리², 이재철¹, 안재평²; ¹고려대학교 신소재공학과, ²한국과학기술연구원 특성분석센터.

Keywords: phase transition, cathode, Lithium-ion battery, strain-induced stress

The phase transformation of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ (NCM) cathode materials during charging and discharging Li-ion batteries was evaluated by lattice strain measured by nano-beam diffraction (NED) equipped in transmission electron microscopy (TEM). Here we propose a relationship between lattice strain determining by Li contents and phase transition. When Li site in NCM lattice was emptied below 1% by the delithiation during charging, the surface of NCM particles has high strain over 3% and the correlative phase transition also occurred from rhombohedral to spinel structure. The continued Li release in NCM led to the expansion of the spinel region from surface. Most of the strain and phase transition occurred near the side planes of NCM, not prism planes. On the Li insertion during discharging, on the other hand, the lattice strain of NCM recovered up to the level, below 0.8%, of pristine NCM due to the reverse phase transition from spinel to rhombohedral structure. However, NCM that had cycled under the harsh condition of 60 cycles at 60°C showed irreversible phase transition to rhombohedral phase, which acted as a reason of a direct degradation. We propose a design rule that can prevent the capacity decrease of batteries by clarifying the relationship between the lattice strain and phase transition, which act as a direct cause of the deterioration phenomenon of NCM.

[P19-2]

Hybrid Nanostructures of Natural Photosystems and Nitrogen-doped Carbon Nanotubes for Efficient Light Harvesting: Nyeongbeen Jo, Insu Kim, Yoon Sung Nam; Korea Advanced Institute of Science and Technology.

Keywords: Photosystem; Nitrogen-doped carbon nanotubes; electron extract; hybrid nanostructure

In the natural photosynthesis, electrons generated by light energy are efficiently transferred and utilized to catalyze redox reactions through precisely aligned arrays of pigments, electron transfer mediators, and redox active molecules. However, it is hard to control the distance and orientation of donors and acceptors precisely, and efficiency of electron transfer is commonly reduced due to quenching during the energy transfer. Here we report new hybrid nanostructures prepared through the self-assembly of natural photosystems (PS) and nitrogen-doped carbon nanotubes (NCNTs) to efficiently transfer electrons from PS to NCNT. We extracted chloroplasts by mechanical grinding of spinach leaves and obtained protein substructures through degradation and removal of lipid membrane using surfactants. PS is selectively obtained by fast protein liquid chromatography (FPLC). Negatively charged PS is electrostatically bound to positively charged N-doped site of NCNT in an orientation favoring electron transfer. PS/NCNT hybrids are self-assembled by simply mixing process under benign conditions at room temperature. The assembled structures of PS/NCNT hybrid is confirmed by UV-vis spectrophotometry, RAMAN, FT-IR, and TEM. The electron transfer quantum efficiency from PS to NCNT is analyzed by measuring photoluminescence of PS at 680 nm. The quantum efficiency of the non-specific binding structure of PS and carbon nanotubes by cationic polymer (SDS) is as low as 30 %. On the other hand, an oriented structure of PS/NCNT hybrids which provide a fluent electron transport results in a remarkable quantum efficiency of 95%. This work demonstrates a facile method to utilize solar energy with exceptionally high quantum efficiency by synthesizing linker-free direct and energy favorable oriented assembly of PS and NCNT, providing a promising material for solar cells or photoelectrochemical cells.

[P19-3]

Si-Ti-Al 삼원계 상태도를 이용한 리튬이차전지 음극 활물질의 설계와 전기화학적 특성 분석: 김주한¹, 심재현², 정재욱³, 현승균¹; ¹인하대학교, ²동신대학교, ³로지엠바이오.

Keywords: 리튬이차전지, 실리콘 합금, melt-spinning, 상태도, 음극

최근 모바일 디바이스의 사용량 증가 및 전기차 시장의 성장으로 인해 리튬이차전지의 수요가 증가하고 있다. 또한 전기차의 주행 거리 확대와 에너지 저장 시스템(ESS) 적용을 위한 고성능/고용량화를 위한 연구도 이루어지고 있다. 이제까지 일반적으로 사용되는 리튬이차전지의 음극 활물질은 흑연이었으나, 흑연의 이론 용량이 약 372 mAh/g 정도로 고용량이 필요한 현재의 요구를 만족시키기 어려운 상황이다. 리튬이차전지의 음극 활물질로 사용할 수 있는 실리콘은 이론용량이 3600 mAh/g으로 흑연보다 약 10배 정도 크고, 타 활물질에 비해 가격이 저렴해 활물질로 사용하기에 유리하다. 그러나 실리콘은 리튬과 전기화학 반응에 의해 매우 큰 부피 팽창이 발생되고, 그로 인해 균열과 구조 붕괴가 생성되어 매우 빠른 용량감소가 발생한다. 이러한 실리콘의 열화 문제를 해결하기 위해 코어셸(Core-shell), 나노 실리콘 구조, 실리콘 합금 등의 다양한 방법을 연구하고 있다. 이 중 실리콘 합금은 실리콘과 천이금속 원소의 합금화를 통해 활성/비활성(active/inactive) 매트릭스의 복합구조를 만드는 방법이 일반적으로 사용되고 있고, 이를 통해 높은 용량과 우수한 수명특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 실리콘 합금의 조성을 결정할 때, 다양한 성분의 비율을 조금씩 바꿔가며 수많은 조성의 특성을 연구하는 방법이 있지만, 소요되는 시간이 많아 비효율적이다. 이번 연구에서는 상태도를 통해 매트릭스의 상

과 비율을 예측해 적절한 특성을 갖는 실리콘 합금을 설계할 수 있다고 판단했다. 이번 연구는 Si-Ti, Si-Al 이원계 상태도의 공정점을 이용해 Si-Ti-Al 삼원계 상태도에서 공정선을 예측했다. 이를 이용해 미세한 조직을 갖는 조성을 설계했고, 각 조성을 melt-spinning법을 이용해 시료를 제작했다. 각 조성을 구성하는 상의 특성을 예측하고, 전기화학 분석과 미세구조 분석을 통해 실제 특성과 차이를 비교했다.

[P19-4]

Comparison of Hot-Deformation Behavior between Nd-Fe-B HDDR and MQU-F Powder During Hot-Deformation: Jae Gyeong Yoo¹, Hee Ryoung Cha¹, Youn Kyoung Baek¹, Young Kuk Kim¹, Dong Yun Lee¹, Hae Woong Kwon¹, Jung Goo Lee¹; ¹Powder & Ceramics Division, Korea Institute of Materials Science.

Keywords: Nd-Fe-B, Hot-deformation, HDDR, Deformation mechanism

Nd-Fe-B-based permanent magnets have major applications in traction motors of electric (hybrid) vehicles and wind turbines due to their highest maximum energy product (BH)_{max} with acceptable level of coercivity. To obtain high remanence and (BH)_{max}, strong (001) texture must be introduced somewhere in the course of processing. In addition to the conventional sintering process of magnetically aligned monocrystalline powders, hot-deformation process is another method being used to align the ultra-fine grains such as melt-spun (~50 nm) and HDDR (~400 nm) powder. Especially, since the hot-deformed magnet have smaller average grain size than those of sintered magnets, hot-deformed magnets have greater potential to achieve high-coercivity and improve its temperature dependence even without using heavy rare earth elements compare to general sintered magnets. On the other hand, the mechanism of texture formation by the interface-controlled solution-precipitation-creep process during hot-deformation has been extensively studied for melt-spun powder. However, there were only a few studies examining texture formation during hot-deformation with HDDR powder. Thus, we compared hot-deformation behavior between HDDR powder and commercial MQU-F powder during hot-deformation under same deformation condition to understand texturing mechanism of HDDR powder during hot-deformation. In this study, the consolidated Nd-Fe-B isotropic magnet was first produced from HDDR powder by hot pressing with the same composition of commercial MQU-F powder which is Nd_{13.6}Fe_{73.6}Co_{6.6}Ga_{0.6}B_{5.6}. Then, this magnet subjected to the die-upsetting at 700 °C with different deformation rates of $\dot{\epsilon} = 0.01, 0.001 \text{ s}^{-1}$. A deformation degree of $\epsilon = 0.5 \sim 1.5$ [$\epsilon = \ln(h_0/h)$; h_0 : starting height of the sample; h : height after deformation] was realized, which corresponds to a 40%–77% height reduction. The microstructure and magnetic properties of hot-deformed magnets were analyzed by FE-SEM and VSM. We compared magnetic properties and microstructure of hot-deformed magnets and strain-stress curve during hot-deformation between MQU-F and HDDR powder.

[P19-5]

Effect of The Carbon Content of Mn₅₀Al_{50-x}C_x on Its Magnetic Properties and Phase Stability: Sumin Kim¹, Hyun-Sook Lee¹, Wooyoung Lee¹; ¹Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University.

Keywords: Mn-Al-C alloy, carbon addition, phase stability, magnetic properties, permanent magnets

We have investigated the effect of carbon content in Mn₅₀Al_{50-x}C_x ($x = 0, 1.56, 2.35$, and $3.12 \text{ at.}\%$) on the magnetic properties and phase stability. We prepared a high content of the ferromagnetic τ -phase with different particle sizes in the powders. From the phase analysis using XRD, we found that the carbon content is critical for the stability of the τ -phase formation. The highest saturation (96.6 emu/g) and remanence (47.1 emu/g) magnetizations are observed at $x = 2.35$. These are the highest values reported so far. This is attributed to the high fraction of the τ -phase (~94 wt%) at this carbon content. The coercive field of Mn₅₀Al_{50-x}C_x shows particle-size dependence. A high coercive field is observed at a smaller size of particles. From the analyses of the phase and magnetic properties, the solubility limit of carbon in Mn₅₀Al_{50-x}C_x that yields the high-quality τ -phase was found to be $x \sim 2.35$.

[P19-6]

Electronic Structures and Structural Stability of Diffusion Channels: Insights into The Enhanced Ionic Conductivity of Si- and Cl-doped Solid Electrolytes: 최용석, 이재철; 고려대학교

Keywords: Solid electrolytes, electronic structures, structural stability, static electric fields, ionic conductivity

Doping has been one of the most popular and important technique for enhancing the ionic conductivity of the solid electrolytes (SEs). This is particularly the case for the recently discovered sulfide-based SEs of Li₁₀GeP₂S₁₂ of which ionic conductivity is improved by more than twice by the addition of Si and Cl dopants. Despite extensive research efforts on the role of dopants on improving ionic conductivity of various SEs, mechanisms underlying the unprecedented transport rate observed from these SEs are still poorly understood. Here, using atomic simulations, we explain how the dopants affect the electronic structures and structural stability of the diffusion channels comprising the SEs. The Si and Cl dopants are found to promote the polarization of the Si- and Cl-bearing ionic clusters of the SEs, which causes the ionic clusters mechanically less stable. This widens/opens up the diffusion pathways under the application of an electric field, improving the ability of Li⁺ migration.

[P19-7]

Molybdenum Sulfide/N-doped CNT Forest Electrochemical Catalysts for Hydrogen Generation: Gang San Lee¹, DongJun

Li², Sangouk Kim¹; ¹MSE, ²Korea Advanced Institute of Science and Technology.

Keywords: Water Splitting, N-doping, CNT, Molybdenum sulfide

Cost effective hydrogen evolution reaction catalyst without noble metals has been highly desired for sustainable energy production. Molybdenum sulfide is known as good candidate for such purpose particularly in acidic condition. However, it has inevitable shortcomings as an electrochemical catalysts such as sparse catalytic edge sites and poor electrical conductivity. For overcoming these obstacles of molybdenum sulfide-based HER catalysts, the foremost issue is to expose and stabilize more catalytic active sites at external surface. We report synthesis of hybrid HER catalyst composed of amorphous molybdenum sulfide (MoS_x) layer directly bound at vertical N-doped carbon nanotube (NCNT) forest. This hybrid structure of ~2 nm scale thick amorphous MoS_x layers deposited at NCNT surface can be achieved by facile wet chemical process under low-temperature owing to high wettability of N-doped graphitic surface and electrostatic attraction between thiomolybdate precursor anion and N-doped sites. Protonated pyridinic N-doping sites at graphitic surfaces attract anionic precursors by electrostatic force to generate dense nanoscale amorphous MoS_x layer. Consequently, it shows very high HER catalytic activity which only requires small potential of ~110 mV to achieve 10 mA/cm² current density. This catalytic performance is far better than any other molybdenum sulfide-based HER catalysts ever reported. This noticeable performance is originated from the synergistic effect from the dense catalytic sites at amorphous MoS_x surface and fast charge transport along NCNT forest electrodes. Moreover, this nanohybrid structure based on NCNT gives excellent durability to this composite catalyst.

[P19-8]

Phase Transition Behaviors and Formation of Electrically Resistive Phases at The Anode: Major Factors Determining The Energy Efficiency of Li-Ion Batteries; 최용석, 이재철; 고려대학교

Keywords: first-principles calculations, lithium-ion battery, energy loss at the anodes, Si anodes, Sb anodes, phase transition behaviors

The energy efficiency of batteries is largely determined by the energy loss occurring at the anode. Despite the significance of energy exchange behaviors and mechanisms at the anode, their underlying physics are not yet fully understood. This is particularly true for Si anodes, which suffer large energy losses (298 mW h g⁻¹), more than twice that of Sb anodes (126 mW h g⁻¹). In this study, using a combination of galvanostatic experiments and atomic simulations, we interpret the energy loss of Si and Sb anodes in Li-ion batteries by analyzing the role of the phase transition behaviors during the battery cycle. By incorporating the phase transition behaviors occurring at the anodes, we develop thermodynamic models that replicate the voltage (polarization) curves associated with the battery cycles of Li-Sb and Li-Si systems. We also find that some phases formed by the electrochemical reaction are electrically resistive and require additional energy during the battery cycle, which further reduces the energy efficiency of the LIB. Our findings provide a rough but simple guideline for selecting anode materials for developing energy-efficient LIBs.

[P19-9]

Direct Measurement of Electric Resistivity of Solid Electrolyte Interface Using 4-Point-Probe Technique: Jun-Hyoung Park¹, Yong-Seok Choi¹, Hyung Cheoul Shim², Jae-Pyoung Ahn³, Jae-Chul Lee¹; ¹Korea University, ²Korea Institute of Machinery and Materials, ³Korea Institute of Science and Technology.

Keywords: Li-ion battery, Solid electrolyte interface, Resistivity, 4-point-probe technique, ab-initio calculation

In recent years, SEI is considered to be one of the factors that has a major effect on the performance of LIBs such as initial capacity loss, self-discharge characteristics, cycle life, rate capability, and safety. These properties are particularly the case for fast-charging batteries. However, little is known about the role of SEI in charging and discharging of LIBs because of the lack of reliable technique for measurement of electrical properties of SEI only. Therefore, most previous researches on the electrical properties of SEI have been focused on the cyclic current-voltage test and the electro-chemical impedance spectroscopy (EIS) test using a full cell. However, Considering that the volume fraction occupied by the SEI is very small (< 0.1%), it is difficult to resolve/extract the effect of a small amount of SEI in various factors existing in the batteries using a conventional analysis method for measuring the change of characteristics of full cell. Therefore, it is necessary to develop the new method to analyze the SEI in Li-ion battery. In this study, we report first experimental results of the electrical properties of SEI measured using the state-of-the-art direct-contact measurement technique based on electron microscopy combined with micro-electrical measurements.

[P19-10]

Mn계 천이금속 기반 자기열량 합금에서 Mn/Fe 비율에 따른 자기열량 특성의 변화에 대한 연구: 이아영¹, 김송이¹, 김영도², 이민하¹; ¹한국생산기술연구원, ²한양대학교 신소재공학부

Keywords: Magnetocaloric effect, Magnetic entropy change, Curie temperature

자기열량 효과에 기초한 자기냉각 소재의 개발은 현재까지 Gd₅Si₂Ge₂, LaFe_{13-x}Si_x, NiMnGa, MnFePGe 등의 상온 부근에서 큰 자기열량 효과를 가지는 합금들의 연구에 집중 되어 왔다. 그 중에서 MnFe계 합금들은 희토류를 사용하지 않은 저가의 합금으로, 자기냉각 소재로서 촉망받는 합금계이다. 대표적으로 알려진 MnFePX (X=Ge, Si, As) 합금은 hexagonal Fe₂P-type 구조를 가지며, Mn과 Fe가 차지하는 원자 위치와 양에 따라 자기열량 특성이 변화한다고 알려져 있다. 그러나 다량의 비금속 원소나 희토류 원소의 함유로 환경적, 경제적으로 상용화에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 비금속 원소나 희토류 원소가 포함되지 않은 천이금

속 (Hf, Fe) 기반의 새로운 MnFeHf계 자기열량 합금에서 Mn/Fe의 비율 (Mn/Fe)에 따른 자기열량 특성의 변화를 연구하였다. XRD 분석을 통해 Mn/Fe 비율에 따른 상변화를, VSM 분석을 통해 큐리 온도의 변화와 자기엔트로피 변화를 연구하였다.

[P19-11]

Fabrication of Anisotropic Bulk Magnet from HDDR Powder: Ga Yeong Kim¹, Hee Ryoung Cha¹, Youn Kyoung Baek¹, Young Kuk Kim¹, Yang Do Kim², Hae Woong Kwon³, Jung Goo Lee¹; ¹Korea Institute of Materials Science (KIMS). ²Pusan National University. ³Pukyong National University.

Keywords: Nd-Fe-B, anisotropy, HDDR, alignment, bulk magnet

The Nd-Fe-B type permanent magnets are widely used for miniaturization and weight reduction of products throughout the industry due to their excellent magnetic properties. The sintered magnets using the conventional Nd-Fe-B type powder, have a grain size of 3-5 μm which is much larger than the single magnetic domain size (about 250 nm). However, the HDDR processed Nd-Fe-B type powders having a single domain sized grains compared to a general sintered magnet. Furthermore, HDDR process is well-established as a method to produce anisotropic powders by controlling the process conditions. From the HDDR powders, the anisotropic fully dense magnet processing high magnetic properties than conventional sintered magnet can also be fabricated by a hot pressing technique, i.e., compacting the powders under a magnetic field and hot pressing. Magnetic aligned powder processes are important for maximizing the properties of Nd-Fe-B powders in the fabricated of anisotropic bulk magnets. However, the magnetic powders have remanence magnetization if exposed to an external magnetic field, the interaction of remanence magnetization between the powders may change the orientation of the powders after the magnetic field is removed. Therefore, in order to fabricate a highly anisotropic HDDR sintered magnet, it is necessary to reduce the interaction between the powders, which generated during the alignment process. In the present study, the influence of magnetic field, at anisotropic bulk magnets during the hot-pressing, on the orientation and magnetic properties of Nd-Fe-B powders, which were produced by HDDR process, has been studied. The used HDDR powder has a chemical composition of $\text{Nd}_{12.5}\text{Fe}_{61}\text{Ga}_{0.3}\text{Nb}_{0.2}\text{B}_{6.4}$ (at. %). First, we investigated the influence of the magnetic field and the size of the initial powder using Jet Mill powder, which has 2 μm size, and HDDR powder, which has 46 ~ 150 μm size. The powders prepared in paraffin wax, molding the composite under a magnetic field of 100 Oe to 10 kOe at 80°C and quenching. It was confirmed that the powder was easily aligned even in a low magnetic field when the powder has large size, and the HDDR powder was perfectly aligned under a magnetic field of about 500 Oe. Second, in order to fabricate anisotropic bulk magnet, after magnetically alignment of the powders, under a magnetic field of 100 to 500 Oe at a pressure of 300 MPa, the bulk magnets were produced by hot-pressing. Hot-pressing was conducted with a pressure of 400 MPa at 700°C. The HDDR magnets with high magnetic properties can be fabricated by magnetic field alignment and hot-pressing method. But, the remanent magnetization of the bulk magnet decreases with increasing the magnetic field. It is expected that the magnetic interaction between the powders was increased when a high magnetic field is applied.

[P19-12]

Immobilization of Polyoxometalates on Au-TiO₂ Photoanode with Al₂O₃ Thin Layer for Sustainable Plasmonic Water Oxidation: Shinyoung Choi, Insu Kim, Yoon Sung Nam; Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

Keywords: Surface plasmon, Polyoxometalates, Water oxidation catalyst, Atomic layer deposition, Gold, Aluminum oxide

Solar water splitting has been widely investigated using various photo-absorbers with catalysts for the production of clean solar fuels such as hydrogen fuels. However, their poor durability of photoanode materials under oxidative environments has been raised as a crucial issue for their practical application. Recently, polyoxometalates (POMs) were suggested as a promising catalyst for water oxidation, though it is challenging to immobilize them onto photoelectrodes in a stable manner during the reaction. Here we report the immobilization of POMs onto Au/TiO₂ photoanodes with an Al₂O₃ layer by atomic layer deposition (ALD). The Au/TiO₂ heterostructure was chosen due to its strong plasmonic absorption and excellent stability in aqueous media. In this study, negatively charged $[\text{Co}_4(\text{H}_2\text{O})_2(\text{PW}_9\text{O}_{34})_2]^{10-}$ (Co₄POMs) are attached to the positively charged cysteamine-coated Au surface by electrostatic attraction. Following atomic layer deposition of Al₂O₃ layer immobilized and stabilized the POMs on the gold surface. The photoelectrochemical and structural characterizations are conducted before and after water oxidation. Higher photocurrent and smaller current drop over time are confirmed in the Al₂O₃-coated photoanodes. Structural and surface analyses showed that Co₄POMs remain after the reaction, which indicates that the Al₂O₃ layer can prevent the detachment of Co₄POMs on the surface during the water oxidation. This research provides a useful insight that the ALD protection layer can enhance the stability and performance of POMs-plasmonic photoanodes for water oxidation. 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).

[P19-13]

Enhanced Solar Cell Efficiency with Low-Cost Upgraded Metallurgical-Grade Silicon: 이덕현; 한국생산기술연구원.

Keywords: Metallurgical-Grade Si, Solar Cell, Plasmonic, Nanostructure

The solar cell market has experienced tremendous growth, and Si accounts for more than ~90 % of the market due to the advantages

of earth abundance, good reliability and wealth knowledge background. However, high cost of solar-grade Si solar cell hindered their immediate adoption in the commercial market. In this sense, the use of upgraded metallurgical-grade Si which has great cost efficiency can be an alternative breakthrough. Here, we present low-cost upgraded metallurgical-grade Si based solar microcell modules and the efficiency enhancement of them using localized surface plasmon resonance and nanopillar arrays which were prepared by block copolymer lithography and reactive ion etching. The resulting microcell modules offered ~8 % of efficiency with flexibility, semitransparency and sustainability. The detailed studies, together with experimental and theoretical investigations about optical and electrical properties of upgraded metallurgical-grade silicon solar cells, disclosed the enhancement effects of plasmonic Ag nanoparticles and nanopillar arrays. This research was supported by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIT, grant # EO18184).

[P19-14]

폴리피롤을 이용한 비효소식 전기화학적 락테이트 검지 센서: 최영민¹, 임하나², 박영민², 박진성¹, 김현종²; ¹한양대학교 ²한국생산기술연구원

Keywords: 폴리피롤, 비효소식, 락테이트, 센서

피로물질인 락테이트 검지는 근육을 얼마나 효율적으로 사용했는지 확인할 수 있어 건강을 관리하기 좋은 지표 중 하나이다. 일반적인 락테이트 센서들은 락테이트 산화효소를 사용한다. 효소를 사용할 경우 환경에 따라 안정적으로 일정하게 검지할 수 없을뿐더러 시간이 지남에 따라 효소의 활성이 손실되는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 비효소 촉매로 전도성 고분자인 폴리피롤을 사용하여 락테이트 검지센서를 구현하였다. 폴리피롤은 중성상태에서는 전기가 잘 통하지 않지만 음이온으로 도핑 시에 우수한 전기 전도성을 띄며 고유의 산화/환원 특성을 갖는다. 락테이트의 농도 측정을 위한 전극으로 FeCl₃를 산화제로 사용하여 상온에서 폴리피롤을 합성했다. 폴리피롤은 음이온으로 도핑되어 락테이트와 반응하여 전류를 변화시키며, 여러 대물질들 중에서 락테이트만 선택적으로 검지할 수 있다. 전압의 변화와 전해질 용액의 농도 등이 락테이트 검지에 미치는 영향을 고찰하였다.

[P19-15]

Boosted Output Performance of Sliding-mode Triboelectric Nanogenerator through Zero Potential Layer: 양우정; 울산과학기술원

Keywords: Triboelectric Nanogenerator, high output, sliding mode

Triboelectric nanogenerator(TENG) is one of alternative energy harvesting technologies from nature resource. But TENG device has some critical limitation for satisfying power of commercial electronics such as low current density, requiring high contact frequency. To supplement weak point of traditional TENGs, here, we report newly designed sliding mode triboelectric nanogenerator which is composed of three layers, Polytetrafluoroethylene (PTFE) layer, zero potential layer, aluminum electrode. Charge neutralization in the active stage based on potential difference results sustainable and enhanced output Performance of 536.8 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ and 32 mW/cm^2 under 3Hz, giving over 8-fold increment in power density compare to traditional free standing TENGs. Finally, we demonstrated patch type generator with high output performance for application.

[P19-16]

Property Improvement of Porous Titania Thin Film Using Cellulose Nanocrystal Applied at Wet/Dry Photocatalyst
Materials: Yonghee Yoon, Giuk Yang, Soyoung Kim, Choelhwan Jeong, Wonhee Lee; *Sejong University*.

Keywords: porous titania, cellulose nanocrystal, photocatalyst, specific surface area

A titania (titanium dioxide, TiO₂) functioned as a photocatalyst is self-purification substance through an oxidation-reduction process induced by solar energy. To maximize the photo-activity, many researches on the mesoporous titania that possesses a high specific surface area have been actively conducted. In this study, we adopted cellulose nanocrystal (CNC) natural substance as a porous template which is easy to be extracted, eco-friendly, and rich in nature to produce the porous titania thin films without removing the template compared to the conventional method. We varied the mass ratio of CNC and titania precursor of titanium(IV) ethoxide (TEOT). After spin-coating the CNC-titania precursor solution on the ITO glass substrate, calcination at high temperature follows to combust the CNC, enabling the formation of porous structure. By controlling the proportion of CNC contained in the precursor, the porosity, pore volume, and specific surface area of titania thin film can be controlled. Furthermore, calcination temperature was subdivided to check the surface morphology and BET parameters at the various condition. To extend the absorption wavelength from ultraviolet to visible ray region, transition metals such as Co, Mo, Nb, and W were doped into porous titania thin films as an additional process. FE-SEM, BET, XRD, and XPS were utilized to analyze the morphology, structure and qualitative properties of porous titania thin films. UV-Vis spectroscopy and spectrophotometer were also used to analyze the optical properties and photo-activity. The porous structure of titania films with acicular mesopores consisted of TiO₂ crystallites in the range of 100 ~ 200nm. The porous nature duplicates the original pattern of CNC. The specific surface area of film was 221.6 m^2/g when the TiO₂/CNC mass ratio was 0.5 and the calcination temperature was 350°C. Titania films doped with transition metal that has higher valence electron such as Nb⁵⁺, Mo⁵⁺, W⁶⁺ showed improved photocatalytic characteristics and photodegradation efficiency. Furthermore, the surface area of porous titania films was at least 20% higher with doping the transition metal.

[P19-17]

Proof ring 방법을 이용한 고압 수소 사용 적합성 평가 방법 연구: 오동현, 임경민, 이창현; (재) 한국화학융합시험연구원.

Keywords: 수소취성, Proof ring, 고압수소

최근 친환경 차량 및 에너지 패러다임 변화로 인하여 수소에너지와 관련된 관심이 증가되고 있는 추세임. 이러한 수소에너지의 상용화를 위해서는 수소의 생산, 이송, 보관에 있어 폭발의 위험성과 금속재료 내 침투가 용이에 따른 수소 취성의 문제가 있어 적절한 재질 선정을 통한 안전성 확보가 중요하며, 미국 등 선진국을 중심으로 ANSI, ASTM 등과 관련한 수소 사용 적합성 연구 및 DB화가 이루어지고 있음. 하지만 기존 고압 수소 분위기 중의 인장시험 평가를 활용한 적합성 평가 방법의 경우 가스누출 및 장비의 애로사항들이 있어 본 연구에서는 Proof ring 및 Step loading 방법을 적용하여 금속재료의 고압 수소 분위기하에서 수소 사용 적합성 평가 방법을 개발하고자 하였음.

[P19-18]

Facile Synthesis of Nanoporous Si/C as a Highly Stable and Efficient Anode Material for Li-ion Batteries: 민찬우¹, Duc Tung Ngo², 박찬진¹; ¹전남대학교 ²삼성디스플레이(베트남).

Keywords: Silicon, anode, porous, combustion, carbon coating

Li-ion batteries (LIBs) have been widely used for electric devices and electric vehicles, in which higher energy density and longer cycle life are required. As an anode material, Si is one of the most promising materials due to its large theoretical capacity for Li (3600 mAh g⁻¹ for Li₁₅Si₄), low working potential (0.3 V vs. Li/Li⁺), large amount of resources, low cost, high safety, and environment friendliness. However, Si anode suffers from the following issues. The large volume expansion of Si more than 300% during charging and discharging, greatly degrades the cycling stability of the Si based electrode. In addition, Si has lower conductivity compared to the conventionally used graphite, and more easily reacts with liquid electrolyte to form the solid electrolyte interphase (SEI) layer resulting in lower coulombic efficiency. These issues can be addressed by employing conductive carbon coatings on nanosized Si active materials. However, the synthesis of nanomaterials generally requires expensive and complex chemical routes such as chemical vapor deposition (CVD). Recently, for the facile and economic synthesis of nanoporous Si particles, our group suggested a simple Mg-thermal-reduction method in air. In the present work, we have improved the cycle stability and conductivity of the synthesized nanoporous Si using in-situ carbon coating through a facile sol-gel route. In the synthesis of Si/C composite, citric acid was used as carbon source. Physical characteristics of nanoporous Si/C particles were analyzed by XRD, XPS, FE-SEM, TEM, Raman spectroscopy, and BET/BJH methods. The synthesized Si/C particles exhibited a high surface area of 260.7 m² g⁻¹ and an average pore size of 10.727 nm by forming 3D-interconnected Si/C structures. Furthermore, electrochemical characteristics of Si/C electrode was investigated using electrochemical impedance spectroscopy (EIS), cyclic voltammetry, and discharge-charge tests. The Si/C electrode showed a high reversible capacity of 2274 mAh g⁻¹ with a coulombic efficiency of 76% in the first cycle and a capacity retention of 82% after 100 cycles. In addition, the Si/C electrode showed better cycle stability even at high current density of 10C and lower impedance values compared to pure Si electrode. These results indicated that carbon coating attributed to improve stability and conductivity of the Si/C electrode.

[P19-19]

리튬이차전지용 다공성 SiO_x 음극소재의 합성 및 전기화학적 특성 분석: 김한슬, 김재현; 국민대학교 신소재공학부.

Keywords: 리튬이차전지, 음극소재, SiO_x;

현재 리튬 이온 배터리는 모바일 전자기기, 전자동차 및 대규모 에너지 저장 시스템과 같은 다양한 용처를 위한 주요 전원 중 하나이다. 전극 재료는 리튬 이온 배터리의 에너지 밀도를 결정하는 주요 구성 요소로, 현재의 리튬 이온 전지는 탄소계 소재가 음극 물질로 널리 사용되고 있다. 그러나 더 큰 에너지 밀도를 가지는 리튬 이온 전지에 대한 시장 요구를 만족시키기 위해 리튬 합금 소재와 같은 고용량 전극 재료가 활발히 연구되고 있다. 그 중 리튬과 합금화 반응을 하여 탄소계 소재보다 10배 이상의 이론 용량을 가지는 Si계 소재가 있는데, Si계 재료는 충방전이 진행됨에 따라 전극 물질의 기계적 안정성이 저하되는 단점을 가지고 있다. 리튬 이온이 실리콘 내외로 삽입 및 추출 될 때, 이들은 부피 변화가 크며 기계적 열화 및 전기적 절연을 일으킨다. 본 연구에서는 리튬 이온 전지의 수명 특성의 확보를 위해 다공성 SiO_x 물질을 만들었다. Si계 재료 중에서도 일산화 규소(SiO)는 리튬 이온 전지의 음극 재료로서 그 독특한 특성 때문에 연구되어왔다. SiO 및 Zn 분말을 기계적으로 볼 밀링하고, 추가로 900°C 에서 열처리 하였다. 아연은 비교적 낮은 끓는점(907°C)을 가지며 고온 처리시 쉽게 환원, 증발될 수 있으므로, 다공성 SiO_x 재료가 합성 될 수 있다. 아연의 증발로 형성된 내부 공극은 활성 물질의 부피 변화를 위한 완충체로서의 역할을 할 수 있으며, 비정질 SiO는 충방전 동안 부피 변화를 완화시키는데 중요한 역할을 하므로 SiO 및 아산화 산화물(SiO_x)은 Si 기반 물질보다 수명 특성이 우수 하다.

[P19-20]

희토류 첨가에 따른 PZT 박막의 도메인구조 및 압전특성 변화: 진종철¹, 오승주², 김규현^{1*}; ¹한국생산기술연구원. ²고려대학교 신소재공학부.

Keywords: piezoelectric materials, relaxor-ferroelectric materials, PZT thin film, domain structure

PbZr_xTi_(1-x)O₃(PZT)의 압전효율 향상을 위하여 다층구조, 파이버구조, 폴리머합성 등 다양한 연구가 진행되고 있으며, 희토류 첨가를 통하여 PZT의 효율을 높이려는 연구 또한 많이 진행되고 있다. 희토류 첨가에 따른 압전특성의 변화에 관련된 연구결과들은 많

이 보고 되었으나, 도메인 구조의 변화 및 압전특성과의 상관관계에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 Dysprosium(Dy) 첨가에 따른 PZT 박막의 압전특성과 도메인구조 변화를 조사하였다. PZT 박막은 morphotropic phase boundary(MPB)영역인 $\text{PbZr}_{0.48}\text{Ti}_{0.52}\text{O}_3$ 조성의 PZT solution에 Dy를 0~4at.% 를 첨가하여 스펀코팅을 이용하여 제조하였으며, Dy 양에 따른 Dy-PZT 박막의 압전특성의 변화를 P-E hysteresis loop 측정을 통하여 분석하였다. 또한 Dy 첨가량에 따른 PZT 박막의 도메인 구조 변화를 XRD, TEM을 이용하여 각각 macroscopic scale, microscopic scale 에서 관찰하였다. TEM을 이용한 박막의 미세구조 분석을 위하여 Bright field image, HR image를 기록하였으며, Dy 첨가에 따른 상분석, 도메인 구조 분석을 위하여 convergent beam electron diffraction(CBED) 기술을 이용하였다. 실험적으로 얻어진 CBED pattern은 대칭성 정량 평가 기술(symmetry quantification method)을 이용하여 분석하고, 이 결과를 해석하여 Dy 첨가에 따른 도메인 구조를 분석하였다.

[P19-21]

Effects of Vanadium Nitride/Carbon Nanofiber Composite as a Protective Layer for Cathode on the Stability of Li-S Batteries: 김한별, 박찬진; 전남대학교

Keywords: Li-S battery, polysulfide, protective layer, carbon nanofiber

With increasing demand for large scale energy storage system (ESS), the Li-S battery is preferred as a potential battery system for ESS, due to its high theoretical energy density and natural abundance of cathode material (S). However, for conventional Li-S batteries, sulfur cathode still suffers from many issues such as low intrinsic electronic conductivity and instability leading to the insufficient utilization of sulfur. In particular, the dissolution of polysulfide intermediates into electrolyte leads to rapid capacity fading in the batteries. Therefore, for the development of the highly efficient Li-S battery, it is essential to improve the conductivity of the sulfur based cathode and maintain/reuse the soluble polysulfide within the cathode structure. To address the issues, some researchers have used protective layer made of carbon, metal oxides or polymers on the sulfur cathode. According to previous studies, carbon based materials as a protective layer reduced the charge transfer resistance of the sulfur cathodes by acting as an upper-current collector and localized the soluble polysulfides during cycling, thus enabling the high capacity rechargeable Li-S batteries. In addition, other group demonstrated that Pt as an electrocatalyst can help to convert polysulfide deposits into soluble long chain polysulfide and hence enhance reaction kinetics, leading to high coulombic efficiency. The catalytic behavior of vanadium nitride (VN) resembles that of noble Pt. VN has desirable advantages for sulfur cathode: (1) strong chemical adsorption of polysulfides on it, leading to the suppression of the shuttle effect, (2) high electronic conductivity, and (3) good catalytic activity comparable to that of noble metals for enhancing re-dox reaction kinetics. In this study, we fabricated a composite of vanadium nitride/carbon nanofibers (VN/CNFs) using electrospinning method and applied it as a protective layer for sulfur cathode. The morphology and chemical composition of electrospun VN/CNFs were characterized by SEM, TEM, and XPS. The Li-S cell employing the VN/CNFs protective layer exhibited good electrochemical performance in terms of specific capacity, cyclability, and rate capability. Owing to the strong and synergic effect of the VN/CNFs protective layer, a high initial discharge capacity of 1,480 mAh g^{-1} and an average coulombic efficiency of 98% at a rate of C/2 were obtained for the Li-S cell with VN/CNFs. Further, the cell exhibited a long-term cyclability: a capacity retention of 82% even after 200 cycles.

[P19-22]

비정질 실리카를 기반으로 하는 고성능의 리튬 이차전지용 음극소재의 전기화학적 특성 연구: 이승수, 장연호, 박철민; 금오공과대학교

Keywords: Li-ion batteries, Electrochemistry, Anode materials, amorphous SiO_2

현재 상용화되고 있는 리튬이온 이차전지용 음극재료인 흑연계 음극의 경우 제한적인 이론용량(372 mAh g^{-1})과 좋지 않은 고율특성을 가진다는 단점에 의해 현재 출시되고 있는 휴대용기기 및 전기자동차에 적용하기에 부적합하다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 한 음극재료의 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 연구들 중 리튬 합금계 음극소재가 가장 높은 용량을 발현 할 수 있는 음극소재로서 차세대 이차전지용 음극소재로 각광받고 있다. 합금계 음극소재 중 가장 높은 이론용량을 가지는 물질은 IV족의 규소(4200 mAh g^{-1})와 주석(993 mAh g^{-1})이 있으며 특히 규소 및 규소산화물들은 고용량을 발현하는 차세대 전극 재료로 주목받고 있다. 하지만, 규소 및 규소산화물들이 가지는 리튬과의 합금화 과정 중에 발생하는 큰 부피팽창으로 인하여 수명특성이 저하되는 등의 많은 문제점을 갖고 있다. 본 연구에서는 이러한 합금계 음극 소재에서 발생하는 부피팽창의 문제점을 해결하기 위해 IV족계 원소 중 하나인 규소(Si)의 산화물상인 SiO_2 를 이용하여 SiO_2 계 비정질 복합체를 제조하였다. 제조된 비정질 SiO_2 계 복합체의 형성을 XRD, HRTEM 및 FT-IR로 확인하였고, 리튬이온 이차전지용 음극 재료로서의 활용가능성에 대하여 살펴보았다. Acknowledgements This research was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2018R1A2B6007112, NRF-2018R1A6A1A03025761).

[P19-23]

Highly Reversible Li- and Na-Ion Storage Characteristics of Antimony Telluride-Based Nanocomposite Anodes: 남기훈, 김도현, 박철민; 금오공과대학교

Keywords: Li-ion batteries, Sodium-ion batteries, Antimony telluride, Anode materials, reaction mechanism

최근 휴대용 전자기기, 차세대 전기자동차 및 에너지 저장 시스템(ESS) 등의 보급확대로 대용량, 고성능의 이차전지에 대한 수요가 많이 증가하고 있다. 그 중에서도 리튬 및 나트륨 이차전지는 다른 이차전지에 비해 높은 용량과 작동전위로 높은 에너지 밀도

를 가지며, 현재 고용량화를 목표로 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 리튬 이차전지의 대표적인 음극재료로 흑연을 많이 사용하게 되는데, 흑연의 이론용량(372 mAh/g)은 고용량 이차전지 음극재료로 사용되기에는 부족함이 있다. 따라서 대용량의 이차전지를 설계하기 위해서는 흑연보다 높은 이론용량을 가지며, 우수한 성능의 재료에 대한 연구가 활발히 진행되어야 한다. 리튬 및 나트륨 이차전지 음극 물질 중에서 5족계 원소인 안티모니(Sb)는 리튬 또는 나트륨과 합금반응이 가능하며, 이를 이차전지 음극에 적용하였을 경우, 흑연보다 높은 이론 용량인 660 mAh/g의 고용량 구현이 가능하다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고, 충방전시 큰 부피팽창으로 인한 전기화학적 성능 저하로 인하여 많은 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Sb와 Te의 화합물인 Sb_2Te_3 을 합성하여 리튬 및 나트륨 이차전지의 전극소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 리튬 및 나트륨과의 반응 메커니즘을 확보하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 리튬 및 나트륨 이온 전지의 음극재료로서의 새로운 연구 방향을 제시하였다. Acknowledgements This research was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2018R1A2B6007112, NRF-2018R1A6A1A03025761).

[P19-24]

Layered Germanium Phosphide-Based Anodes for High-Performance Lithium- and Sodium-Ion Batteries: 남기훈, 김태현, 유동근, 박철민; 금오공과대학교

Keywords: Litilum-ion batteries, Sodium-ion batteries, Anode materials, Germanium phosphide, reaction mechanism

최근 휴대용 전자기기, 차세대 전기자동차 및 에너지 저장 시스템(ESS) 등의 보급확대로 대용량, 고성능의 이차전지에 대한 수요가 많이 증가하고 있다. 그 중에서도 리튬 및 나트륨 이차전지는 다른 이차전지에 비해 높은 용량과 작동전위로 높은 에너지 밀도를 가지며, 현재 고용량화를 목표로 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 리튬 이차전지의 대표적인 음극재료로 흑연을 많이 사용하게 되는데, 흑연의 이론용량(372 mAh/g)은 고용량 이차전지 음극재료로 사용되기에는 부족함이 있다. 따라서 대용량의 이차전지를 설계하기 위해서는 흑연보다 높은 이론용량을 가지며, 우수한 성능의 재료에 대한 연구가 활발히 진행되어야 한다. 리튬 및 나트륨 이차전지 음극 물질 중에서 5족계 원소인 인(P)은 리튬 또는 나트륨과 합금반응이 가능하며, 이를 이차전지 음극에 적용하였을 경우, 높은 이론 용량 2594 mAh/g의 고용량 구현이 가능하다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고, 충방전시 큰 부피팽창으로 인한 전기화학적 성능 저하로 인하여 많은 연구가 필요하다. 본 연구에서는 인(P)과 게르마늄(Ge)의 이원계 층상구조 화합물인 GeP_3 를 제조하여 리튬 및 나트륨 이차전지의 전극소재로 적용하였고, 다양한 분석기기를 활용하여 반응메커니즘을 확보하였다. 또한, 탄소가 포함된 나노복합체를 제조하여, 우수한 전기화학적 특성을 확보하여 고용량 리튬 및 나트륨 이온 이차전지의 음극재료로서의 새로운 연구 방향을 제시하였다. Acknowledgements This research was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2018R1A2B6007112, NRF-2018R1A6A1A03025761).

P20 : 복합재료

Room 1층 전시장, 10월 26일

[P20-1]

액상가압 성형공정을 이용한 고체적률 TiB₂세라믹 입자강화 Al1050 금속복합재 제조 및 분석: 고정민¹, 박현재¹, 이영환¹, 신상민¹, 이동현¹, 조일국¹, 조승찬¹, 이상관¹, 김양도², 이상복¹; ¹재료연구소 복합재료연구본부, ²부산대학교 재료공학과

Keywords: Metal Matrix composites, Titanium diboride, Aluminum, Mechanical property, Microstructure

연비 및 기동성의 증가, 성능향상 등을 위해 수송, 방탄, 구조재료 등 많은 분야에서 경량화를 위한 노력이 진행되고 있다. 알루미늄은 경량이며 우수한 비강도를 가지고 있지만 기존의 철강 재료에 비해 낮은 기계적 특성으로 사용이 제한되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄의 기계적 특성을 향상시키기 위하여 높은 온도, 내산화성, 열팽창계수, 용접 등을 가지는 TiB₂세라믹 강화재를 50 Vol.% 첨가한 고체적률 알루미늄 기지 금속복합재 (metal matrix composite; MMC)를 액상가압성형 공정으로 제조하고, 미세조직 및 기계적 특성을 분석하였다.

[P20-2]

Effect of CaF₂ Addition on The Crystallinity of Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles: Jaeyong jung¹, Yang-Do Kim², Byung-Gawn Song¹, Young-Kuk Kim¹; ¹Korea Institute of Materials Science, ²Pusan National University

Keywords: h-BN, Nanoplatelets, Synthesis, Thermal conductivity, Calcium fluoride

With development of modern microelectronic technology, power density of electronic devices is rapidly increasing due to miniaturization or integration of device elements, operation at high frequency, high power conditions. Thermal problems are known to cause power leakage, device failure and deterioration of performances. Thus, Efficient heat transport along through-plane direction is one of the primary requisites for thermal interface materials (TIMs) to relieve heat accumulation at the interface between chip and heat sinks. We report enhanced thermal conduction of Al₂O₃-based polymer composites by surface wetting and texturing of thermally conductive hexagonal boron nitride(h-BN) nanoplatelets with large anisotropy in morphology and physical properties. The thermally conductive polymer composites are prepared with hybrid fillers of Al₂O₃ macro beads and surface modified h-BN nanoplatelets. Hexagonal boron nitride (h-BN) with high thermal conductivity is one of the most suitable materials for thermally conductive polymer composites which can protect electronic devices by efficient heat dissipation. In this study, we have synthesized hexagonal boron nitride nanoparticles by pyrolysis of cost effective precursors, boric acid and melamine. Through pyrolysis at 900°C and subsequent annealing at 1500°C, hexagonal boron nitride nanoparticles with diameter of ca. 50nm were synthesized. We demonstrate that addition of small amount of calcium fluoride (CaF₂) during preparation of melamine borate adduct significantly enhanced the crystallinity of h-BN and assisted growth of nanoplatelets up to 100nm in diameters. Addition of small amount of h-BN enhanced the thermal conductivity of the Al₂O₃-based polymer composites from 1.45W/mK to 2.33 W/mK.

[P20-3]

다이캐스팅법에 의한 주철-알루미늄 이종소재의 계면접합특성에 미치는 탈흑연 깊이의 영향: 양지바름^{1,2}, 김태형¹, 신제식¹, 김동웅*¹, 김윤준²; ¹한국생산기술연구원, ²인하대학교 신소재공학부

Keywords: Aluminum alloys, gray-iron, De-graphitization time, De-graphitization depth, interfacial bonding.

최근 자동차 및 수송기기 산업에서는 소재부품의 경량화, 고기능화를 위하여 주철-알루미늄계 이종소재에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 기존에 보고된 이종소재 연구개발로서는 대부분 탄소강 또는 합금강과 알루미늄간의 금속간화합물 층의 형성 거동에 관한 연구가 주로 이루어졌다. 하지만 산업적으로 활용도가 높은 주철 소재와 주조성이 우수한 알루미늄 합금간의 이종접합소재에 대한 연구는 아직 충분히 이루어지지 않고 있다. 이종소재 부품 제조기술로써 다이캐스팅은 필요한 주조형상을 얻을 수 있고 대량생산이 가능하며, 정확한 치수 및 광범위한 두께의 제품에 적합하다는 이점이 있다. 하지만 주철-알루미늄 이종접합소재의 경우 주철의 흑연으로 인한 알루미늄 용탕간의 젖음성 및 계면접합력을 떨어뜨려 제품의 품질저하를 야기하기 때문에 다이캐스팅을 이용하여 제조하는 기술로는 아직 상용단계에 이르지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다이캐스팅법에 의한 주철-알루미늄 이종소재의 계면접합을 개선할 수 있는 공정을 개발하고자 하였다. 이를 위해 주철의 흑연을 제거하는 탈흑연 열처리를 진행하여 시간에 따른 탈흑연 메커니즘에 대해 알아보았고, 미세조직을 통하여 탈흑연 깊이를 확인하였다. 또한 다이캐스팅 공법으로 이종접합시편을 제작한 후 계면접합강도를 측정하여, 탈흑연 깊이가 계면접합강도에 미치는 영향을 조사하였다.

[P20-4]

하이브리드 복합재 GLARE와 CFRP의 기계적 특성과 충격 저항성 연구: 양성운, 이두열, 김기현, 김민생; 공군항공기술연구소(Aero Technology Research Institute).

Keywords: GLARE, CFRP, Tensile Test, Bending Test, Impact Test

GLARE(Glass-Fiber-Reinforced-Aluminum)는 얇은 알루미늄과 GFRP 복합재를 교차하여 적층한 FML(Fiber Metal Laminate)이다. 본 연구에서는 GLARE와 CFRP 재료의 기계적 특성과 충격 저항성을 연구하였다. 시험편의 인장시험, 굽힘시험으로 부터 얻은

응력-변형을 선도를 바탕으로 기계적 물성을 조사하였다. 또한 충격시험은 ASTM D7136을 기준으로 충격 조건 변화에 따른 충격 저항 특성과 Delamination 형태를 비파괴검사로 평가하였다. GLARE 시험편과 CFRP 시험편의 복합재 보강 수리시 인장강도와 굽힘강성의 개선을 관찰하였으며 충격조건에 따른 손상 변화를 레이저초음파로 확인하였다.

[P20-5]

전자파 차폐용 알루미늄/탄소 섬유 복합 소재 개발: 김정준, 이연주, 최현주; *국민대학교 신소재공학과*

Keywords: Aluminum, Carbon fiber, Hybrid fabric, EMI shielding, Electrical conductivity

전자파가 인체에 미치는 악영향에 대해 다수 보고되었을 뿐만 아니라, 주변 기기간 오작동, 성능저하, 안전 사고 등의 전자파 문제가 급격히 증가하고 있다. 이러한 전자파의 영향을 최소화하기 위해서 폭넓은 주파수 영역의 전자파 차폐 및 흡수가 요구된다. 자성손실재료는 낮은 주파수 영역의 전자파를 쉽게 반사하고, 입사된 전자파를 열에너지로 에너지 손실을 유발하기에 전자파 차폐에 용이하나 높은 주파수 영역의 전자파가 쉽게 투과되기에 한계가 있다. 유전손실재료는 고주파 대역의 전자파의 흡수가 뛰어나 쉽게 전자파의 에너지 손실을 유발한다. 그러나 주파수 대역이 증가함에 따라 비례하여 증가하기 때문에 저주파 대역의 전자파에 대해서는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하고자 복합 차폐 소재를 제조하는 기술이 보고된 바 있으나 복잡다단하며 상업성 및 경제성이 떨어지는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 자성손실재료인 알루미늄 호일과 유전손실재료인 탄소섬유를 사용하여 폭넓은 주파수 영역의 차폐 및 흡수가 가능한 복합 섬유를 제조하였다. 이 때 단순한 기계적 가압과 용접 이하의 가열을 통해 생산성, 경제성을 향상시켰으며, 수 십~수 백 두께로 제작하여 유연성 및 성형성을 확보하였다. 또한 무전해도금을 통해 제작한 복합 소재와 본 연구의 제조 공정을 통해 제작된 복합 소재의 초기 재료 및 공정 조건에 따른 SEM 분석, 전기 전도도를 비교하여 최적 조건을 선정한 후, 공정에 따른 전자파 차폐 특성을 비교한 결과, 단순한 기계적 공정으로 제조된 알루미늄/탄소 섬유가 우수한 차폐능을 보임을 확인하였다. 나아가 공정, 미세구조, 전자파 차폐 효율의 상관관계에 대해 고찰할 예정이다.

[P20-6]

무전해 도금을 통한 탄소섬유 구리코팅의 부피분율에 따른 열팽창계수와 기계적 특성: 이준영, 손유한, 한준현; *충남대학교 신소재공학과*

Keywords: electroless plating, carbon fiber, copper, coefficient of expansion, mechanical property

전자제품을 사용할 때 중요한 것 중 하나는 열 방출이다. 열이 잘 방출되어야 전자제품의 수명도 늘어 날 것이다. 이러한 열 방출 역할을 맡은 부품을 이루는 재료의 중요한 특성들 중 열팽창계수와 압축시험을 통한 기계적인 특성을 알아보고자 한다. 복합재료를 만들기 위해 사용된 재료들은 탄소섬유와 구리이다. 먼저 구리는 열 전달력이 좋아서 열을 방출하는데 탁월하다. 그러나 열팽창계수도 그만큼 커서 전자제품의 열팽창계수와 차이를 보이게 될 확률이 높고, 그로인해서 틀어짐을 야기할 수 있다. 그 부분을 탄소섬유가 잡아준다. 탄소섬유는 구리보다 열 전달계수는 낮지만 열팽창계수가 구리보다 낮아서 구리와 함께 복합재료를 만들면 구리의 좋은 열 전달계수와 탄소섬유의 낮은 열팽창계수가 서로 상호보완을 이룰 것이다. 이 부분을 실험하기 위해 탄소섬유에 구리를 도금하는 방식을 사용하였고, 그 때 사용한 도금 방식은 무전해 도금 방식을 사용하였다. 무전해 도금을 통해 탄소섬유에 구리를 도금하면서 부피분율(volume fraction)을 다르게 해서 경향성을 살펴보고, 각 부피분율(volume fraction)과 동일하게 무전해 도금을 사용하지 않고 기계적으로 구리분말과 탄소섬유를 섞어서 만든 성형체와 비교도 진행하였다. 총 무전해 도금을 통해 만든 다른 부피분율(volume fraction)을 가진 3가지 성형체와 각각 동일한 부피분율(volume fraction)을 가진 기계적으로 섞어 만든 성형체 3가지, 총 6가지의 성형체를 만들었다. 6가지의 성형체에서 필요한 시편을 얻어서 열팽창계수를 분석하였으며 압축시험을 통한 기계적인 특성을 평가하였다.

[P20-7]

HIP처리에 따른 TiC-SKD11 복합소재 인장파괴 특성 및 모델링: 박성준¹, 조승찬², 이상관², 김대하³, 홍현욱^{1*}; ¹ *창원대학교 신소재공학부*, ² *재료연구소 복합재료연구본부*, ³ *대화알로이테크*

Keywords: Fracture, composite, tensile test, Residual stress, HIP

본 연구에서는 용융가압함침공정을 사용하여 Fe계 기지인 SKD11 공구강에 우수한 복합소재 강화재로 알려진 TiC를 다량 분산시켜 기존의 소재에 비하여 낮은 밀도를 가지면서 우수한 고온 강도, 경도 및 내마모성을 지닌 Fe계 금속복합소재에 대한 연구를 수행하였다. 주사전자현미경을 사용하여 입내 및 TiC-TiC 사이에서 M7C3 bridging 형성을 확인하였으며, TiC/SKD11 계면이 [-111]SKD11//[001]TiC, (1-12)SKD11//(220)TiC 및 [012]SKD11//[110]TiC, (200)SKD11//(-224)TiC의 방향 관계를 가지는 semi-coherent nature를 이루어 우수한 계면 강도 가질 것이라고 예측하였다. 이를 바탕으로 40% TiC 분율을 가지는 금속복합소재를 25°C 및 700°C에서 인장시험을 실시하였다. 실험 결과 TiC 입내의 {100} 벽개면을 따라 우선 파단되고, 이들이 서로 합체되어 최종 파괴됨을 확인하였다. 또한 복합소재의 특성 향상 가능성을 판단하기 위해 용융가압함침 조건으로 제작된 TiC-SKD11 금속복합소재에 대해 HIP(Hot Isostatic Pressing)공정을 적용시켜 보았다. 그 결과 25°C 및 700°C에서 각각 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 HR-X-ray실험을 실행하였다. 그 결과, 계면에서의 잔류응력의 영향은 미미한 것으로 판단했다. load transfer효과를 고찰하기 위해 crack분포를 관찰한 결과 HIP처리에 의한 crack 분포 깊이가 깊어짐을 확인하였다. 이는 금속기지의 toughness변화가 발

생한 것으로 유추되며 nano-indentation 측정 결과 금속기지의 maximum load값이 HIP처리에 의해 감소함을 확인하였다. 이러한 결과로부터 금속기지 특성변화로 인한 복합소재의 load transfer거동 변화가 발생하여 인장강도 향상이 있었을 것으로 판단된다.

[P20-8]

구리-다이아몬드 복합재료의 열전도도 향상을 위한 다이아몬드 표면 코팅 연구: 김화정¹, 최희락², 정해용², 안용식²; ¹부경대학교 LED 공학협동과정, ²부경대학교 재료공학과

Keywords: Coating, Diamond, Molten salts, Carbide, Chromium

높은 열전도도를 가진 다이아몬드의 경우 950°C 이상의 온도에서 표면의 그라파이트화가 진행된다. 따라서 일반적으로 1000°C 이상의 온도에서 제조되는 다이아몬드-구리 복합재료의 경우 다이아몬드 표면의 그라파이트화에 의해 열전도도의 감소가 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 용융염을 이용하여 다이아몬드 표면을 크롬 카바이드층으로 코팅하였다. 기존의 용융염법 코팅에 사용하였던 NaCl-KCl은 900°C 이상의 고온에서 코팅처리 된다. 본 연구에서는 코팅온도를 낮추기 위해 NaCl-KCl에 비해 공정점이 낮은 LiCl-KCl-NaCl 혼합염을 사용하였다. 다이아몬드 코팅 시에는 염과 크롬 분말, 다이아몬드를 혼합하여 700~950 °C의 온도와 다양한 시간에서 아르곤 분위기로 열처리하였다. 다이아몬드 표면 코팅 층은 X선 회절 분석과 주사전자현미경을 이용하여 분석하였으며, 코팅층의 평균 두께는 입도 분석을 이용하여 계산하였다. 코팅된 다이아몬드 입자 표면은 그라파이트화 없이 Cr₇C₃으로 코팅된 것을 확인하였고, 코팅 온도 및 시간이 증가함에 따라 두께가 증가되었다. 코팅된 다이아몬드 분말은 분말야금법을 이용하여 구리-다이아몬드 복합재료를 제조하였으며, 이후 열전도도를 측정하여 다이아몬드 코팅이 구리-다이아몬드 복합재료의 열적특성에 미치는 영향을 조사하였다.

[P20-9]

Annealing 열처리를 통한 Ni-25%Al 압분체의 연소합성 반응열제어: 모남균¹, 이한영², 조용재¹, 이상곤¹, 정명식¹, 최창영¹, 정유현¹, 김건호¹; ¹한국생산기술연구원, ²계명대학교

Keywords: 금속간화합물, Ni₃Al, 연소합성,

Ni-Al계 금속간화합물은 낮은 비중, 높은 용점, 고온 내마모성, 고온내식성의 특성을 가지고 있어 고온구조용재료로서 사용되고 있다. 그중에서도 Ni₃Al 금속간화합물은 높은 역온도의존성을 가지고 있어 가스터빈엔진 재료로 사용되고 있다. 하지만 금속간화합물의 높은 취성 때문에 가공의 어려움이 존재한다. 최근 금속간화합물을 연소합성법을 이용하여 금속기판재에 코팅시키는 방법이 연구되고 있으나, 금속간화합물이 연소합성 시 발생하는 높은 반응열에 의하여 금속기판재와 압분체의 재용융이 일어나 연소합성코팅에 많은 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 Ni₃Al을 연소합성코팅 전에 압분체 내에 annealing 처리를 통하여 합성상을 형성하여 반응열 제어가능성을 확인하고, annealing 조건이 연소합성거동에 미치는 영향을 조사하였다. 미세조직 관찰결과 annealing 처리 온도가 높아지고 유지시간이 길어질수록 고상확산에 의한 NiAl₃, Ni₂Al₃상의 양이 증가하였다. DSC 분석 결과 열처리 온도가 높아지고 유지시간이 길어질수록 peak온도, 점화시작온도, 점화완료온도는 증가하였고, 총발열량은 감소하였다. 이상의 결과 Annealing 처리를 통해 반응열 제어가 가능한 것으로 밝혀졌다.

[P20-10]

탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 제품 제조용 금형 설계를 위한 탄소 섬유 드레이핑 및 수지 유동해석: 최광목, 채홍준; 고등기술연구원 신소재공정센터

Keywords: CFRP 제조공정, RTM 금형 설계, 탄소섬유 드레이핑 시뮬레이션, 수지 유동해석 시뮬레이션

탄소섬유강화플라스틱을 제조하는 대표적 공정으로 수지충전공정(resin transfer modling, RTM)이 있다. RTM은 긴 연속적 섬유를 고온 고압 금형 안에서 먼저 성형한 후, 금형 내부에 수지를 충전하여 제품을 생산하는 공법으로, 생산성이 우수하면서 동시에 기계적 특성 역시 뛰어나다. 그러나 RTM에서 수지의 유동을 제어하는 것과 유연한 탄소섬유를 원하는 모양대로 성형하는 것은 매우 어려운 일이며, 이러한 제어과정 중에서 금형의 상태에 따라 결함이 쉽게 발생하기도 한다. 따라서 탄소섬유 성형 및 수지유동에 대한 정확한 해석 및 예측을 기반으로 금형을 설계하는 것은 제품의 신뢰성을 향상시키는데 필수적이다. 이에 본 연구에서는 탄소섬유의 드레이핑 시뮬레이션과 수지 유동 해석 기반 시뮬레이션을 통해, 제품의 신뢰성 뿐만 아니라 제조시간 및 제조효율성을 향상시킬 수 있는 최적의 RTM 금형을 설계하는 기술을 개발하였다. 대표 설계 모델로는 복잡한 곡선으로 이루어진 자동차 사이드 미러 케이스를 선정하였다. 이러한 설계 기술은 복잡한 형상의 CFRP 제품에 대한 생산성 및 신뢰성을 확보하여, 기존에 대체하기 어려웠던 다양한 분야의 구조재료를 CFRP로 대체할 수 있는 기반이 될 것으로 보인다.

[P20-11]

Cu-clad Al 복합소재에서 Al합금 조성에 따른 계면 거동 및 기계적/전기적 특성 변화에 관한 연구: 박정민^{1,2}, 현승균¹, 이종범², 박상용², 정하국²; ¹인하대학교, ²한국생산기술연구원

Keywords: Groove rolling, Al/Cu clad wire, Thermal/mechanical property, Intermetallic compound

Cu/Al clad는 비중이 작은 Al과, 전기 및 열전도성이 뛰어난 금속인 Cu의 장점을 복합시킨 일종의 금속복합소재로서, 대표적인 배전(분전)부품에 사용되는 80Al/20Cu clad의 경우 Cu 단일소재 대비 45%의 경량화 및 60% 정도의 가격 절감 효과를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라, clad 제작 시 Cu/Al 소재의 구성 비율과 제조 조건에 따라 전도도 및 기계적 특성을 조절하여 용도에 따른 제품의 설계가 가능한 장점이 있다. Cu/Al clad 소재는 주로 접침 용접, 폭발 용접, 압출, 압연, 인발 공정 등으로 제조되고 있으며, 특히 공형 압연은 상온에서 성형이 가능하고, 타 공정에 비해 공정이 단순하여 생산성이 높은 장점이 있으며, 정수압 압출 공정은

중간 압력매체의 사용에 의해 소재와 컨테이너 간의 마찰력이 작아 직접압출보다 낮은 온도에서의 압출이 가능하여 큰 압출 비로 성형할 수 있는 장점이 있다. 공형 압연, 정수압 압출 및 여타 공정으로 제조된 Cu/Al clad 소재의 기계적, 미세 조직적 변화 및 계면 반응상의 형성/성장 거동에 대한 개별적 연구는 다수 보고되고 있으나, 심재(core)로써 Al 합금조성 변화에 따른 Cu/Al clad의 계면 반응상 형성 및 성장속도에 미치는 영향과 이로 인한 소재의 특성 변화에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 본 연구에서는 Al1100, Al6063, Al6061 합금을 core로 사용하여 공형 압연과 정수압 압출 공정으로 3종류의 Cu/Al clad를 제조하였다. 제조된 clad는 각각 다양한 조건(온도, 유지시간 등)에서 열처리되었으며, core 소재의 합금 조성에 따른 계면 반응상의 형성과 성장 거동 및 그에 따른 기계적, 열전도도 특성 변화에 대하여 조사하였다

P21 : 마그네슘

Room 1층 전시장, 10월 26일

[P21-1]

압연 전 석출에 의한 마그네슘 판재의 기계적 특성 강화: 오승현¹, 김정균², 김용주¹, 김원태³, 김도향¹; ¹연세대학교 ²LG전자 ³청주대학교

Keywords:

마그네슘 합금은 낮은 밀도와 우수한 비강도라는 장점을 가지고 있으나 낮은 가공성과 항복강도로 인해 상용화에 어려움이 있다. 본 연구에서는 기계적 특성을 향상시키기 위한 방법으로 Mg-Sn 및 Mg-Al 합금계에서 합금원소 첨가 및 압연 전 열처리공정을 제어하여 압연 전의 미세구조를 변화시킨 후 판재를 제조하였다. 압연 전 공정 변화에 따른 압연재의 미세구조 및 기계적 특성 평가를 하였으며, 공정 변화를 통해 높은 기계적 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다.

[P21-2]

Effect of Sn Addition on the Age Hardening Behaviour of Extruded AZXW9100 Alloys: Yohan Go¹, Jae Ok Choi², Joung Sik Suh³, Bong Sun You^{1,3}, Young Min Kim^{1,3}; ¹UST, ²Kyungpook National University, ³KIMS.

Keywords: Magnesium alloy, Extrusion, Precipitation, Microstructure

Study on the development of high strength is one of the main topics for the wide use of magnesium alloys. Wrought process, alloying, and aging treatment are the commercially available methods to enhance the strength of magnesium alloys. Extrusion is popular wrought process and easily increases the mechanical properties of alloys by grain refinement, texture hardening, and dynamic precipitation. Sn has been used to increase the mechanical properties of magnesium alloys for its fine precipitation hardening. Aging treatment is also a good way to increase the strength by precipitation hardening. In this study, Sn is added to the AZXW9100 alloy to increase the strength by particle hardening. It is reported that Sn in AZ series alloy plays a role to enhance the aging behavior by acting as nucleation site of Mg₁₇Al₁₂ phase. In other reports, Sn increases the strength by forming the Mg-Sn-Ca phase in Ca containing alloys. In the microstructure of extruded AZXW9100-Sn alloys, finely distributed Mg-Sn-Ca phase and dynamically precipitated Mg₁₇Al₁₂ phase were observed. After aging at 180 °C and 200 °C, peak aging time was slightly reduced by increasing the aging temperature from 12 h to 8 h. The maximum hardness of alloys was increased by 10 HV after Sn addition. In all alloys, the main hardening precipitate was Mg₁₇Al₁₂ phase and Mg₂Sn was scarcely detected. The morphology of Mg-Sn-Ca phase was not changed by aging treatment. Detailed explanation will be described by SEM, TEM, XRD and mechanical properties.

[P21-3]

Mechanical and Biocorrosive Properties of Magnesium-Aluminium Alloy Scaffold for Biomedical Applications: 홍기철¹, 박혜지¹, 김윤성², Michal Knapke³, Kristian Mathis³, Akiko Yamamoto⁴, 최희만¹; ¹국민대학교 ²미시간대학교 ³찰스대학교 ⁴NIMS.

Keywords: Porous magnesium; powder metallurgy; freeze casting; mechanical properties; Biomedical application

This study investigates the morphology, microstructure, compressive behavior, biocorrosion properties, and cytocompatibility of magnesium (Mg)-aluminum (Al) alloy (AE42) scaffolds for their potential use in biodegradable biomedical applications. Mg alloy scaffolds were successfully synthesized via a camphene-based freeze-casting process with precisely controlled heat treatment. The average porosity was approximately 52% and the median pore diameter was ~13 micrometers. Salient deformation mechanisms were identified using acoustic emission (AE) signals and adaptive sequential k-means (ASK) analysis. Twinning, dislocation slip, strut bending, and collapse were dominant during compressive deformation. Nonetheless, the overall compressive behavior and deformation mechanisms were similar to those of bulk Mg based on ASK analysis. The corrosion potential of the Mg alloy scaffold (-1.44 V) was slightly higher than that of pure bulk Mg (-1.57 V) owing to the inherent benefits of alloying. However, the corrosion rate of the Mg alloy scaffold was faster than that of bulk pure Mg due to the enhanced surface area of the Mg alloy scaffold. As a result of cytocompatibility evaluation following ISO10993-5, the concentration of the Mg alloy scaffold extract reducing cell growth rate to 50% (IC50) was 10.7%, which is higher (less toxic) than 5%, suggesting no severe inflammation by implantation into muscle.

[P21-4]

Icosahedral Phase Reinforced Mg-Zn-Y-Zr 합금의 저온에서의 초소성 거동에 대한 연구: 이태진, 김우진; ¹홍익대학교 공대 신소재 화공시스템공학부 고온구조재료실험실

Keywords: I-phase, superplastic, microstructure, Mg-Zn-Y-Zr, low-temperature and high strain rate

Mg-Zn-Y-Zr 합금 소재를 강소성 이속 압연(High Ratio Differential Speed Rolling)을 사용하여 각각 다른 두 종류의 공정조건 하에서 초미세립화시키고 이 때, I-phase 입자가 초소성 거동에 미치는 영향을 연구하여 523 K 이하의 낮은 온도 및 10⁻³/s 이상의 빠른 변형 속도에서의 초소성 거동(low-temperature and high speed strain rate superplasticity)을 확인하였다. 또한 초소성 변형 중 발생하는 I-phase 입자의 분산과 기지재의 집합 조직 변화에 대한 연구를 수행하였다.

[P21-5]

Ca 및 Y첨가에 따른 AZ61 주조재, 가공재 부식거동: 김준일¹, 은녹하², 김영민³, 김천중¹, 유봉선³; ¹충남대학교 (CNU), ²과학기술연합대학원대학교 (UST), ³재료연구소 (KIMS).

Keywords: AZ61, As-cast, As-extruded, Corrosion property, Ca addition, Y addition

마그네슘은 산소와의 친화성이 높아 쉽게 발화가 되는 문제점과 이중금속 집합을 하였을 때 발생하는 갈바닉 부식으로 인한 문제가 지속적으로 지적되고 있다. 본 연구팀은 마그네슘의 부식문제를 해결하기 위해 신 합금을 설계하였고, 상용 마그네슘 합금에 Ca, Y 복합 첨가 함으로써 내식성을 크게 향상시킨 결과를 보고함 바 있다. 본 연구에서는 내식성이 개선된 Ca 및 Y첨가 합금의 가공정에 따른 부식특성 변화를 조사하고자 하였다. 주조된 상태의 시편과 그리고 일차가공 과정을 거친 조직을 얻기 위해 압출된 상태에서의 시편의 특성을 비교를 하고자 AZ61과 AZ61 + Ca, Y 합금 주조재, 가공재 가지고 침지시험을 하였으며, 실험 결과 AZ61 + Ca, Y 복합 첨가된 합금의 주조재, 가공재가 상용합금과 비교 하였을 때 우수한 내식성을 나타냈다. 그 이유로 AZ61에 Ca, Y 이 복합 첨가 됨에 따라 상의 종류, 조직 형태, 상의 Potential E변화가 내식성을 크게 향상시켰으며, 추가적인 실험을 통해 앞으로 더 증명하고자 한다.

[P21-6]

Effect of Annealing on Mechanical Properties and Microstructural Evolution of Multi-Pass Caliber-Rolled AZ31 Mg Alloy:

공태인, 광병제, 이태경; 부산대학교 공대 기계공학부.

Keywords: Multi-Pass Caliber-Rolling, AZ31, Magnesium, Annealing, Static Recrystallization

A multi-pass caliber-rolling (MPCR) process has attracted much attentions in the field of ferrous alloys thanks to the capability of manufacturing bulk rods with fine-grained microstructure. Relatively less attentions have been given to nonferrous alloys, especially Mg alloys, for decades. In this study, MPCR-processed Mg-3 wt.% Al-1 wt.%Zn (AZ31) alloy is investigated in terms of mechanical properties and microstructural evolution. Furthermore, the changes in these properties are studied after subsequent annealing under various conditions. Results are obtained from a uniaxial tensile test, hardness test, scanning electron microscope, X-ray diffraction analysis, and electron backscatter diffraction technique. They are discussed in light of grain growth and static recrystallization.

[P21-7]

온간 압연 한 Mg-Ca 이원계 합금의 집합조직 발달 및 상온 성형성에 미치는 Ca의 영향: 이석윤¹, Jaiveer Singh¹, 김민성¹, 채영욱², 최시훈¹; ¹순천대학교 ²POSCO Mg 연구 산업단.

Keywords: Mg-Ca binary alloy, Texture, Formability, V- bending test, Erichsen test

본 연구에서는 온간 압연한Mg-Ca이원계 합금의 집합조직 및 상온 성형성에 미치는 Ca의 영향에 대해 조사하였다. 순수 Mg와 Ca 를 0.3, 0.5 및 1.0 wt% 첨가한 3종류의 Mg-Ca 이원계 합금을 주조한 후 온간 압연을 수행하였다. OM을 이용하여Mg-Ca합금 판재의 온간 압연 동안 두께방향으로 발달한 미세조직을 측정하였다. 미세한 Mg-Ca 화합물이 시편 전체에 형성되었으며, Ca 함량이 증가함에 따라 화합물의 분율이 증가하는 것으로 분석되었다. XRD를 이용하여 온간 압연 시편에 발달하는 거시집합조직을 측정하였으며, 고배율의 FE-SEM에 부착된EBSD를 이용하여 미시집합조직도 함께 측정하였다. 순 Mg와 Mg-Ca합금의 상온 성형성을 평가하기 위해 subsize의 ASTM시편을 이용하여 일축 인장 시험을 수행하였다. 추가적인 상온 성형성의 평가를 위해 mini-V-bending과 Erichsen 시험을 진행하였다. 본 연구에서는 상온 성형성에 미치는 Ca의 영향을 온간 판재에 발달한 집합조직과 전위 및 쌍정의 거동을 함께 고려하여 이해하려고 노력하였다.

[P21-8]

On the Relationship between Deformation Twinning and Mechanical Properties in Pure Magnesium at Room Temperature:

Gukin Han¹, Hyung-Ki Park², Hyo Kyu Kim², Tea-Sung Jun¹; ¹Incheon National University, ²Korea Institute of Industrial Technology.

Keywords: pure magnesium, deformation twinning, mechanical properties, EBSD, DIC

Magnesium and its alloys are incapable of fulfilling a homogeneous deformation at room temperature due to insufficient numbers of independent slip systems [1]. It is therefore necessary to consider the directionality of deformation twinning together with texture analysis in order to understand the mechanical behaviour of such metals and alloys. It is thought that further mechanistic insight into the formability of magnesium can be obtained by investigating their responses to strain rate, where recent work reveals the significant slip system dependent rate sensitivity of α -Ti, another HCP material [2]. In this study, we investigated the room temperature deformation behaviour of rolled pure magnesium sheet. While uniaxial tensile tests were being carried out with variable strain rates between 10^{-2} to 10^{-4} s^{-1} , and loading directions (rolling and transverse direction), a digital image correlation (DIC) technique [3] was employed to evaluate the full-field strain distribution on specimens. This enables us to evaluate the evolution of the localized strain field even after onset of necking which has not been obtained through a traditional method using an extensometer. Electron backscatter diffraction (EBSD) was applied to characterise the crystallographic orientation and microstructure of the sheet and quantify the deformation twinning. We will demonstrate mechanical properties with respect to the applied strain rates in pure magnesium and discuss how these can link to the activation of deformation twinning.

[1] G.W. Groves et al, Philosophical Magazine (1963) 877-887[2] T-S. Jun et al, Acta Materialia 107 (2016) 298-309[3] Y.H. Wang et al, Experimental Techniques (2010) 54-59

[P21-9]

초기 집합조직이 AZ31 마그네슘합금 압연재의 정적 재결정 거동에 미치는 영향: 이상원, 김상훈, 박성혁; *경북대학교*
Keywords: Magnesium alloys; Cold rolling; Initial texture; Twinning; Static recrystallization

마그네슘합금은 낮은 밀도와 높은 비강도로 인해 수송기기 및 전자기기분야에서 각광받고 있는 경량소재이다. 일반적으로 마그네슘 압연재는 압연 공정 동안 결정 방위의 재배열로 인해 기저면이 압연면과 평행하게 배열된 강한 집합조직이 형성된다. 하지만, 최근 희토류 원소의 첨가 또는 강소성 가공법의 적용을 통해 마그네슘 압연재의 집합조직을 변화시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 따라 열간 압연 후 이어지는 냉간 압연 및 열처리 공정에서 초기 집합조직이 미치는 영향에 대한 연구가 요구된다. 본 연구에서는 초기 normal direction (ND)과 transverse direction (TD)에 수직인 기저면을 갖는 AZ31 마그네슘합금 시편들을 냉간 압연 후 어닐링 처리함으로써, 초기 집합조직이 냉간 압연된 조직과 정적 재결정 거동에 미치는 영향을 조사하였다. 냉간 압연 후, ND 집합조직을 갖는 시편에는 뚜렷한 shear band가 형성되며 변형을 국부적으로 수용한 반면, TD 집합조직을 갖는 시편에는 전반적으로 균일하게 변형을 수용하여 shear band가 관찰되지 않았다. 압연된 두 시편을 200°C에서 어닐링 하여 정적 재결정 거동을 살펴본 결과, ND 집합조직을 갖는 시편은 재결정이 빠르게 진행되며 응력이 집중된 shear band 부분에서 활발히 발생하였다. 이에 반해 TD 집합조직을 갖는 시편은 재결정이 비교적 느리지만 전반적으로 균일하게 발생되었다.

[P21-10]

Mg-Bi 이원계 마그네슘 압출재의 미세조직 및 기계적 특성: 고중빈, 김상훈, 이종언, 박성혁; *경북대학교*
Keywords: Mg-alloys; Extrusion; Dynamic recrystallization; Microstructure; Tensile properties.

마그네슘 합금은 알루미늄 합금 보다 낮은 밀도와 높은 비강도를 가지고 있어 수송기기 경량화를 위해 철강 및 알루미늄 합금 부품의 대체재로 주목 받고 있다. 그러나, AZ80, ZK60과 같은 Mg-Al, Mg-Zn계 상용 고강도 마그네슘 합금은 $Mg_{17}Al_{12}$, $MgZn$ 와 같이 500°C 이하의 낮은 용점을 가지는 이차상이 압출 중에 형성되어 열간 균열(hot cracking)이 쉽게 발생하고, 이로 인해 알루미늄 합금에 비해 낮은 최대 압출속도를 가진다. 생산성 및 최종 부품 가격과 직결되는 압출성을 향상시키기 위해서 열적으로 안정한 이차상을 형성시키는 마그네슘 합금계 개발이 절실히 요구된다. 마그네슘에 Bi가 첨가되면 용점이 821 °C로 매우 높은 Mg_3Bi_2 상이 형성되는 것으로 알려져 있다. 그러나, Bi 첨가된 마그네슘 합금이 압출재료로서의 가능성에도 불구하고, Mg-Bi 계 마그네슘 압출재의 연구는 전무한 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 Bi 첨가가 순수 마그네슘 압출재의 미세조직 및 기계적 물성에 미치는 영향에 대한 기초 연구를 수행하였다. 이를 위해, pure Mg, Mg-6Bi, Mg-9Bi (wt%)의 Mg-Bi 이원계 합금을 동일한 조건에서 열간 압출한 후 압출 판재의 결정립 크기, 재결정 분율, 집합조직, 석출물 분포, 인장물성, 파단양상 등을 비교 분석하였다.

[P21-11]

X-ray Line Profile Analysis on Texture Development of CaO-added AZ31 Alloy: Hyeon Woo Son¹, Ji Woon Lee¹, Taek Kyun Jung¹, Soong Keun Hyun¹; ¹*Department of Materials Science and Engineering, Inha University.*
Keywords: X-ray line profile; Hot deformation; Texture evolution; Dynamic recrystallization

Controlling alloying elements and deformation conditions is significant in the plastic deformation of Mg alloys due to their low formability and difficulties of texture controlling. This study investigated influences of CaO addition which has similar effects with Ca element and strain rate variation on texture evolution and flow behavior in a simple shear condition. Using dislocation component analysis by X-ray line profile, it was determined that effect of CaO addition on texture evolution is mainly related with suppressed grain boundary mobility while varied dislocation components by high strain rate affect texture but slightly.

[P22-1]

Interface-Confined High Crystalline Growth of Semiconducting Polymers at Graphene Fibers for High-Performance Wearable Supercapacitors: Hassan Ali Salman, Suchithra Padmajan Sasikala, Sang Ouk Kim; *KAIST*.

Keywords: graphene, fiber, supercapacitor, conducting polymer, interfacial polymerization

Wearable energy storage devices have a great potential in numerous applications as they can operate in environments involving complex deformation modes. Therefore, supercapacitors having a fiber morphology are considered an excellent candidate for wearable energy storage applications. In this regard, graphene fiber-based supercapacitors have attracted much attention owing to the high conductivity and mechanical stability as well as very high surface area of graphene. In terms of energy storage, supercapacitors and rechargeable batteries compete with each other as they both have their advantages and limitations. Supercapacitors exhibit higher rate performance and cyclic stability compared to batteries while the latter possess higher energy density. Due to this reason, significant amount of research works are done to increase the energy density demonstrated by supercapacitors. As supercapacitors store energy through the phenomena of double-layer capacitance and pseudocapacitance, increasing either or both of these increases the overall volumetric capacitance of these devices and consequently the energy density. In this work, we produced graphene-polymer core-shell fibers (G@PFs) in which nitrogen (N) and Copper (Cu) co-doped porous graphene fiber cores were uniformly coated with semiconducting polymer shell layers. Such a strategy resulted in a superb electrochemical performance of these fiber-shaped materials. The uniform coating of semiconducting polymer shells around graphene fiber core was made possible by employing aqueous/organic interface-confined polymerization method, which resulted in highly crystalline and highly conducting polymer shells. When the resultant core-shell fibers are utilized for fiber supercapacitor application, high areal/volume capacitance and energy densities are attained along with long-term cycle stability. Desirable combination of mechanical flexibility, electrochemical properties, and facile process scalability makes our G@PFs particularly promising for portable and wearable electronics.

[P22-2]

폴리올공정으로 합성한 FeCo의 자성특성과 입자크기 효과: 박종환¹, 박찬², 서수정¹; ¹성균관대학교 ²부경대학교

Keywords: FeCo, 나노입자, 나노파티클

FeCo는 이원계 합금에서 높은 포화자화값과 큐리온도, 투자율을 가지기 때문에 드러그 딜리버리, 고주파 대역에서의 전자파 흡수체, 자기공명 이미징분야에 활용 기대가 되는 후보군이다. 이러한 FeCo를 합성하기 위한 방법으로는 arc방전, 수열합성법, 공침법, 솔-젤 등의 합성법 있다. 하지만, 이러한 합성법은 긴 합성시간, 입자크기의 불균일성, 조성제어의 어려움이 있었다. 하지만, 폴리올공정은 입자크기, 조성, 형상 조절에 용이하며, 친환경적이며, 합성시간이 작으며, 공정이 단순한 장점이 있다. 본 연구에서는 폴리올공정을 통하여 입자크기를 조절 하였으며, 입자크기에 따른 자성특성의 변화와 형상의 변화를 관찰하였다.

[P22-3]

CaFe₂O₄/TiO₂ NPs Impregnated Polyethylene Composite Media for Hydroponics: 김동윤, Hyun Kim, Beelyong Yang; *Kumoh National Institute of Technology*.

Keywords: CO₂ conversion, water splitting, photocatalyst, CaFe₂O₄

Hydroponics is a method to grow plants without soil. This method has been attention to produce foods for future against a gradually increasing serious contamination of soil, a drought, damages from insects and a climate changing. In addition to it has several controllable properties such as a growing period, composition of nutrients, high additive plants production, CO₂ reduction and saving water. In order to cultivate plants using hydroponic method, media as standing seeds and absorbing nutrient solution, green, red, blue and white LED for photosynthesis, temperature and humidity control system, circulating nutrient and recycling system and suitable CO₂ atmosphere for photosynthesis are required. Among these requirements, media materials dominantly determine successful growing plants because it acts nutrient and water container to supply with balance. Rock wool as popular medium is a molten mineral came from volcano over 1600°C. However it causes environmental contamination because it is hardly degradable and high temperature melting process is required. Recently alternative media has been studied such as rice husk, coconut based media and fishbone. But theses eco-friendly media have low nutrient and water contents as well as biological contamination that decrease media performance. Therefore now new media materials involving similar properties of rock wool but easier degradation without contamination are needed. In this work, bio-degradable microporous polyethylene with CaFe₂O₄/TiO₂ NPs composite are suggested as an alternative of rock wool. Microporous polyethylene was prepared phase inversion method. CaFe₂O₄ and TiO₂ nanoparticles were prepared by sol-gel and hydrothermal method. Hydroponic test equipment was consisted of transparent plastic, LED, air supply, CO₂ gas control system, PVC media bed circulation system of nutrient solution with pump and temperature/humidity controller. Properties of media were compared with present rock wool and coconut based media by growing plants. Organic-inorganic composite media show better growing control

than present media such as growth of root, shape of leaf and length.

[P22-4]

Block Copolymer Self-Assembly on Graphene Light-Absorbing Layer by Laser Induced Photo-Thermal Effect: Geon Gug Yang, Hyeong Min Jin, Sang Ouk Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology*.

Keywords: Block Copolymer, Self-Assembly, Laser, Photo-Thermal effect

High-power laser processing is a useful method for rapid, continuous, 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.

[P22-5]

Rapid Assembly of Electrochemically Exfoliated Graphene Film for Transparent and Flexible Optoelectronics: Yunho Kang¹, Jongwon Shim², Taeyeon Yun¹, Sang Ouk Kim¹; ¹*Korea Advanced Institute of Science and Technology*. ²*Dongduk Women's University*.

Keywords: Graphene, Self-assembly, Electrochemically Exfoliation, Rayleigh-Taylor instability

At liquid surface, we can synthesize large area transparent film of assembled electrochemically exfoliated graphene platelets in two-minutes. By using evaporation-driven Rayleigh-Taylor instability, 2-3 layer (~1nm) pristine graphene platelets which are temporarily solvated with N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) are assembled at the dilute aqueous suspension surface and driven together with Marangoni forces. At their edges, physical binding works and the platelets are fixed. Typically, 8-cm-diameter circular graphene films are fabricated in two minutes. After graphene films formed, the films can be transferred onto various substrates with flat or textured topologies. This interfacial assembly method can be used in other nanomaterials, including zero dimensional fullerene and one dimensional carbon nanotubes, which have limited solution suitability problems.

[P22-6]

Analysis of Effect of Surfactant on The Catalytic Performance of Platinum Nanoparticles by Atom Probe Tomography: Kyuseon Jang, Chanwon Jung, Seho Kim; *Korea Advanced Institute of Science and Technology*.

Keywords: Platinum nanoparticle, Atom Probe Tomography, Oxygen reduction reaction

The Oxygen Reduction Reaction (ORR) is the key chemical reaction that has the greatest effect on the overall performance of the Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). We embedded the platinum nanoparticles which used as ORR catalysts in the nickel layer by electrophoresis and electroplating. Then it was analyzed by Atom Probe Tomography. We compared the ORR activity of the nanoparticles with and without the surfactant removed by annealing and the results of Atom Probe Tomography analysis. We found that the surfactant used in the synthesis process is not only present on the nanoparticle surface after synthesis, but also hinder the ORR activity by reducing the active reaction site.

[P22-7]

Recent Progress of Morphology Controlled Synthesis in Gold Nanoparticles: 박희정; *한국기초과학지원연구원*.

Keywords: gold, nanoparticle, structures, mechanical properties, scanning electron microscopy

A fundamental goal of materials science is the design and synthesis of materials with tailored shape and size. In particular, gold nanoparticles (AuNPs) are of widespread research interest because changing the shape of metals at the nanoscale can provide access to materials with unique optical, electronic, and catalytic properties. The mechanisms underpinning these synthetic methods have evolved empirically and there is no accepted mechanism to explain how shape control works, particularly in a material such as gold where the surface free energies and chemistry of the major facets are similar. Here the focus is on how different chemical environments appear to promote the growth of different shapes, from platonic solids through to rods and branched gold nanocrystals. Also their widespread application in biomedical and catalytic area will be addressed.

[P22-8]

고에너지 볼밀 장비로 제조된 Boron Nitride Nanosheets 형성 거동 및 응용 연구: 송준우¹, 박진주², 이민구², 이경자², 홍순직¹; ¹공주대학교 신소재공학과. ²한국원자력연구원.

Keywords: High-energy ball milling, hexagonal boron nitride nanosheets

h-BN(육방정계 질화붕소)은 강한 공유결합으로 붕소와 질소가 결합되어 있어 표면에 불포화결합을 가지고 있지 않고, 그래핀과 유사한 투명하고 유연하면서 우수한 기계적 특성을 가지고 있다. 또한 절연특성을 가지고 있으면서도 우수한 열전도성으로 2차원 물질

연구 및 응용에 적합한 기판으로 사용될 물질로 주목받고 있다. 따라서 h-BN을 제조하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 짧은 시간 동안 높은 에너지를 가하여 나노 시트화를 유도하고자 고에너지 불 밀링장비를 이용하여 h-BN 나노시트 제조 조건을 확립하였다. 밀링조건으로는 불 대 분말의 비율이(50:1) 불 사이즈는(8.0 mm), 회전속도와 시간에 변화를 주어 불 밀링을 실시하였고, 회수된 분말은 주사전자현미경을 이용하여 시트 두께와 입도 크기를 관찰하였으며 XRD를 통해 분말의 상변화를 해석하였다.

[P22-9]

전기도금법을 이용한 Co-W 합금 나노선 합성과 조성에 따른 미세구조 및 자기적 특성 분석: 유은민, 전유상, 문준환, 김영근; *고려대학교 신소재공학부*

Keywords: 나노선, 코발트 텅스텐 합금, 전기도금법, 구조 분석, 자기이력곡선

코발트 텅스텐 합금은 기계적으로 높은 경도를 가지며 우수한 마모 및 부식 특성을 바탕으로 다양한 분야에서 주목을 받고 있다 [1,2]. 특히, Co-W 합금이 보이는 자기적 특성을 바탕으로 초소형 자력계(micromechanical magnetometers), 마이크로 센서, 마이크로 구동기(microactuators)와 같은 마이크로 전자기계시스템(microelectromechanical systems, MEMS)과 저장장치(recording media)의 분야에서 활용될 수 있을 것으로 예상된다.^[1] 텅스텐 단일 용액으로는 전기도금법을 이용한 나노선의 제조가 불가능하지만 코발트와 혼합 용액을 이용하면 전기도금법을 통한 코발트 텅스텐 합금 나노선의 제조가 가능하다.^[2] 최근까지 박막 형태의 코발트 텅스텐 합금에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나 나노선 형태의 합금에 관한 연구는 아직 시작단계에 불과하다. 본 연구에서는 다공성 양극 산화 알루미늄 기판을 이용하여 전기도금법으로 코발트 나노선과 코발트 텅스텐 합금 나노선을 합성하였다. 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM) 이미지로 나노선의 형상을 관측할 수 있었다. 전해질 용액 내의 전구체의 농도와 인가되는 전류 밀도를 조절하여 나노선의 형상을 변화시킬 수 있었으며 에너지 분산형 분광분석기(energy dispersive spectrometer, EDS)를 통하여 각 조건에서 합성한 합금 나노선의 조성을 분석하였다. X선 회절분석법(x-ray diffraction, XRD)을 이용하여 조성에 따른 미세구조 변화를 관측하였다. 텅스텐 함량이 적을 때는 조밀육방격자구조의 코발트에 텅스텐 치환형 합금구조를 가지게 된다. 반면에 함량이 증가함에 따라 Co₃W 상이 생성되면서 나노선이 비정질화 되는 것을 확인하였다. 합성된 합금 나노선은 진동시료자력계(vibrating sample magnetometer, VSM)을 이용하여 미세구조에 따라 자기적 특성 변화를 확인 할 수 있었다.

[P22-10]

Co@Co-Pi/Au 바코드 나노선의 합성 및 미세구조 분석: 문준환, 전유상, 유은민, 김영근; *고려대학교 신소재공학부*

Keywords: Magnetic core/ceramic shell-noble metal barcode nanowire, Electrodeposition, Cobalt Phosphate, Microstructure analysis

바코드 나노선은 하나의 몸체로 여러 가지 기능을 수행할 수 있기 때문에 생체의료센서, 정보 인코딩 및 촉매 등에 응용하는 연구가 활발히 진행 중이다 [1]. 또한 도양에 풍부한 원소에 기초한 비정질의 인산 코발트(cobalt phosphate)는 태양광에 의한 물 분해를 효과적으로 촉진시키는 것으로 보고 되고 있다 [2]. 특히 최근에는 이러한 세라믹 재료와 표면플라스몬공명(Surface plasmon resonance, SPR)와 같은 특이한 광학적 특성을 가지는 귀금속 복합체재료는 광촉매 및 생체의료센서로의 가능성이 대두되고 있다. [3]. 본 연구에서는 90 nm 크기의 기공을 가지고 있는 양극산화 알루미늄(Anodic aluminium oxide, AAO) 템플릿을 이용하여 CoAu 바코드 나노선을 합성한 후 크롬화 인산으로 AAO를 제거하였다. 그러는 동시에 이중 금속의 반응성 차이를 이용하여 Co만을 선택적으로 반응시키는 방법으로 코어셸-귀금속 구조의 바코드 나노선을 합성하였다. 크롬화 인산과의 반응 시간을 조절하면서 합성된 바코드 나노선을 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM), 투과전자현미경(Transmission electron microscope, TEM), X선 회절분석법(X-ray diffraction, XRD) 및 에너지 분산형 분광기(Energy-dispersive spectrometer, EDS) 등으로 형상 및 미세구조를 관측하였다. SEM 과 TEM 으로 관측된 나노선은 전해질 용액 내의 전구체의 농도와 인가되는 전류밀도 및 시간을 조절함에 따라 각 부분의 길이를 조절할 수 있으며, Co의 길이는 약 70 nm, Au 부분의 길이는 약 40 nm 로 성장하였다. TEM으로 반응 시간에 따라 Co 표면에 Co-Pi 셸이 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 생성된 Co-Pi 셸은 비정질로 구성되어 있었으며, 반응시간이 증가됨에 따라 Co가 완전히 반응하여 세라믹-귀금속 바코드 나노선으로 변해가는 것을 관측하였다. [1] B.C. Park et al., Met. Mater. Int., 23, p. 413 (2017) [2] X. L. Hu et al, ACS Nano., 6, p. 10497 (2012). [3] S. Linic et al., Nat. Mater., 10, p. 911 (2011)

[P22-11]

Plasmonic Au Nanohole Array as a Platform for Surface Plasmon Polariton-enhanced Fluorescence: Joong Bum Lee, Yeon Sik Jung, Yoon Sung Nam; *Korea Advanced Institute of Science and Technology*

Keywords: plasmon-enhanced fluorescence, gold nanohole array, plasmonic hot spots, nanotransfer printing

With the progressive development of low cost and highly sensitive biosensors that enable early and rapid diagnosis of infectious diseases via DNA detection, localized surface plasmon resonance (LSPR)-based sensors have recently emerged as a promising means for ultrasensitive target DNA detection. In such systems, the target DNA is typically labeled with a fluorescent molecule whose fluorescence is enhanced by the amplified local electric fields in the vicinity of the plasmonic metal nanostructures experiencing LSPR excitation. LSPR-based systems comprising metal nanoparticles, however, intrinsically suffer from a short electric field decay length (up to 30 nm) which imposes limitations on the structural design and positioning of fluorescent molecules to achieve significant fluorescence enhancement. Given the inherent problem of LSPR, here we utilize a gold plasmonic nanohole array (Au NHA) for fluorescence emission rate enhancement by increasing the local electric field intensities through excitation of propagating surface

plasmon polaritons (SPPs). The plasmonic nanohole array is effective in that the SPP-induced electric field decays over a much longer length (up to 200 nm) and that the large-scale ordering of the array structure allows a high density of plasmonic hot spots to be generated. The Au NHA is fabricated by solvent-assisted nanotransfer printing of Cr nanowires (that serve as an etching mask) to form a Si nanowell template onto which Au is deposited. As a proof of concept for its practical use as a platform for DNA detection, the Au NHA is functionalized with thiolated single stranded DNA (ssDNA) and subsequently hybridized with target DNA and Cy5-tethered ssDNA, the fluorescent molecule used in this study. The nanohole size is adjusted such that the plasmon mode arising from the array is in par with the emission wavelength of Cy5, for emission rate enhancement. The quantitative analysis of thiol-DNA functionalization is made by UV-Vis spectroscopy and the fluorescence enhancement is measured and analyzed by photoluminescence spectroscopy. 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).

[P22-12]

DNA-functionalized Quantum Dot and Its Thermal Stability for FRET-based DNA Detection: Jae Chul Park, Hyebin Na, Yoon Sung Nam; *KAIST*.

Keywords: Quantum dots; DNA-functionalization; thermal stability; Förster resonance energy transfer; DNA sensor.

Quantitative analysis of nucleic acids is highly important because of its critical capability for food safety, environmental monitoring, and early diagnosis of infectious diseases. To meet the rising demand for the rapid and sensitive detection, various genotypic sensing technologies have been developed, including quantitative polymerase chain reaction (qPCR)-based techniques, electrochemical sensors, and surface-enhanced Raman scattering (SERS) sensor. Among various sensing technologies, Förster resonance energy transfer (FRET) is a promising method for simple, sensitive and rapid diagnosis. Selection of proper FRET pairs is critical for improving the sensitivity of FRET-based sensor. Quantum dots (QDs) can be a promising FRET donor compared to organic fluorophores because of their optical properties such as large extinction coefficient, narrow emission, high photoluminescence quantum yields, and excellent photostability. However, for DNA analysis, thermal stability of DNA-functionalized QDs (DNA-QDs) need to be carefully examined because high temperature heating is conducted for denaturation and annealing of DNA. In this study, we synthesized DNA-functionalized CdTe/CdS QDs in an aqueous solution and studied the effect of their thermal stability on the DNA detection. The emission spectra of QDs could be tuned from visible to NIR range (600-750 nm) by simply increasing the shell growth time, increasing spectral overlap with the FRET acceptor. The synthesized QDs routinely exhibited a PLQY above 40 % and the highest PLQY of 76.9% at an emission peak of 732 nm. Phosphorothioate-ssDNA (pt-ssDNA) and thiol-ssDNA were used for DNA functionalization, which was achieved during the shell growth. FRET analysis involving 70 °C heating showed that pt-ssDNA-functionalized QDs have a higher thermal stability, which is due to the strong binding and steric exclusion of pt-ssDNA, minimizing the binding of non-specific DNA and false positive signal. The estimated limit of detection (LOD) is 0.47 nM when BHQ2 is used as a FRET acceptor. This study suggests that the pt-ssDNA-functionalized QDs have desirable properties for stable, selective, and sensitive DNA detection. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT (NRF-2016R1A2B4013045).

[P22-13]

Fabrication of Janus Graphene Having Different Properties on Both Sides: Taekyun Lee, Jinseok Choi, Jongseong Ryu, Sung Jin An; *Kumoh National Institute of Technology*.

Keywords: Graphene, Janus graphene, 2D material, Graphene oxide, Functionalized graphene

Graphene is one of 2D materials composed of one atom thick layer and hexagonal lattice structure. This material has attracted attention among the scientific communities because of its remarkable properties, such as high electrical conductivity, good thermal conductivity, large specific surface area, high transparency, and high Young's modulus. Despite these great properties, the applications of graphene by combining functional groups or reduced graphene oxide have been studied because the graphene has several problems, such as the large area uniformity, having zero band gap. Functionalized graphene with highly hydrophilic surface can be synthesized by stable aqueous colloids. In this study, we oxidized only one side of the graphene to have different characteristics on both sides. The surface of graphene oxidized only one side is analyzed by Raman spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy and four point probe etc.

[P22-14]

Synthesis and Characteristics of MoS₂/Carbon Composite Powders using Electrical Explosion of Wire in the Liquid: 권진천, Dac-Phuc Chu, Minh-Thuyet Nguyen; *울산대학교*.

Keywords: Electrical explosion of wires, Nano particle, Molybdenum

Molybdenum Disulfide (MoS₂) is a graphene-like two-dimensional material. It has been an attractive material for many researchers. Due to the unique properties of graphene and the MoS₂, their composite could become a promising material for many applications. Electrical explosion of wires (EEW) is known as a promising method for fabricating metallic nanoparticles and nanofluids. EEW in

liquid also has been used to synthesize graphite and graphene nanosheets. In the study, Mo wires are exploded using EEW in the liquid to get Mo nanoparticle suspension. Then, molybdenum disulfide (MoS_2) and MoS_2 /carbon composite could be formed by using chemical steps. An as-prepared powders were collected and analysed by X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). Transmission electron microscopy (TEM) analyses were applied to evaluate the properties.

[P22-15]

Band Gap Tuning of Two Dimensional MoS_2 by Oxidative Intercalation: 송성호¹, 전석우²; ¹공주대학교 신소재공학부, ²한국과학기술원 신소재공학부

Keywords: MoS_2 , Band gap, Oxidation

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.

[P22-16]

표면 플라즈몬에 의한 라만 산란 신호 증폭을 위한 나노구조체 설계: 유다영¹, 송혜린², 김규정², 이동윤³; ¹부산대학교 나노융합기술학과, ²부산대학교 인지메카트로닉스공학과, ³부산대학교 광메카트로닉스공학과

Keywords: 표면 플라즈몬, 라만 산란, 금나노 구조체

금, 은, 구리와 같은 금속의 표면 플라즈몬 공명에 의한 라만 산란 신호의 증폭은 최근 십 수 년간 꾸준히 연구되고 이를 이용한 고효율의 광센서, 디스플레이 응용, 태양전지의 광전효율 증대 등에 대한 응용 연구도 활발히 이루어지고 있다. 특히, 센서로서의 응용을 위하여 표면 증강 라만 분광기(Surface enhanced raman spectroscopy)의 기판으로 활용하기 위하여 라만 산란 신호 증폭에 유리한 구조체를 제조하는 연구도 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 보다 손쉽게 얻을 수 있는 양극 산화 알루미늄 막을 템플릿으로 하여 Cone (뾰족한 원뿔), Embossing (볼록한 반구형태) 및 Wave (물결모양)의 다양한 형상의 금 나노 구조체를 열기상 증착법을 사용하여 제조하였다. 이러한 형태 위에 금 나노입자를 혼합하여 복잡하면서도 균일한 구조체를 만들고 라만 산란의 증폭이 많아지는 핫스팟을 많이 생성될 수 있게 하였다. 금 나노 구조체는 주사전자현미경으로 형상을 확인하고 AFM을 이용하여 보다 상세한 형태를 측정하고 이를 이용하여 시뮬레이션을 위한 나노구조체 구현에 이용하였다. 라만 분광을 위하여 나노 구조체에 $1\mu\text{M}$ 의 로다민 6G $1\mu\text{l}$ 를 염색약으로 사용하여 측정하였으며 이 결과를 시뮬레이션 결과와 비교 분석하였다. 이전에 발표한 바와 같이 표면 증강 라만 산란 효과로 증대된 라만 신호의 세기가 나노 구조체의 형상 및 크기에 따라 Cone > Embossing > Wave 순으로 커짐을 확인하였다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 라만 산란 신호가 나노 구조체와 나노 입자와 밀접한 관계가 있음을 확인하였으며 이 결과를 본 연구에서 논의하고자 한다.

[P22-17]

Conductivity Enhancement of Graphene/Silver Nanowires Without Reduction of Optical Transmittance: Ji-Myon Lee; *Sunchon National University*.

Keywords: Graphene; Ag; nanowires; surface treatment; plasma

Graphene-silver nanowire (AgNW) hybrids are considered as a potential replacement for the conventional ITO electrodes owing to its transparency, high conductivity, and, most importantly, the flexibility. However, the conductivity of these hybrids could still be improved. Polyvinylpyrrolidone (PVP) coating around AgNW weakens the contact between wire to wire and wire to graphene and undoped CVD synthesized graphene has higher sheet resistance owing to its polycrystalline nature and the presence of defects. Post processing treatments such as high temperature annealing, acetone washing, and plasma etching can remove PVP coating and thus increase the conductivity of silver network. Chemical or physical doping of polycrystalline graphene can further enhance its conductivity [1,2]. In order to enhance the conductivity of the hybrids, a post processing treatment with low power nitrogen plasma was utilized. Over 34% reduction in sheet resistance was obtained within 45s of plasma treatment at 20W of power. This reduction of sheet resistance is comparatively higher than that of annealed sample of the hybrid for 30 min at 180°C , which is 3.6%. The highest figure of merit (FOM) for the hybrid was 234, which is higher than that of AgNW electrode alone without losing its transparency. In comparison to the 4 % reduction of sheet resistance caused by high temperature annealing at 180°C for 30 min, nitrogen plasma treatment results in a substantially higher reduction (>34%) of the sheet resistance of hybrids in a substantially shorter processing time (45 s).

[P22-18]

가스 센싱 특성 향상을 위한 브랜치와 금속 나노입자의 형성: 김현우¹, 최명식¹, 방재훈¹, 엄완식¹, 나한길¹, 진창현²; ¹한양대학교 신소재공학과, ²한양대학교 산업과학연구소

Keywords: nanowires, branch, nanoparticle, gas sensing

일차원 나노선은 독특한 특성으로 가스센싱 분야에서 새로운 나노 복합체로써 주목받고 있다. 본 연구에서는, 두 번의 VLS (Vapor-Liquid-Solid) 공법을 통해 브랜치 구조의 나노선을 제작하였고 그 표면에 금속 촉매를 길러 금속 나노입자로 기능화된 브랜치 구조의 나노선을 합성하였다. 합성된 복합구조의 나노선은 XRD (X-ray diffraction), SEM (scanning electron microscope), TEM (transmission electron microscope) 분석을 통해 브랜치와 금속 나노입자의 형성을 확인했다. 가스 센싱 실험에서는, 금속 나노입자로 기능화된 브랜치 복합구조 나노선 센서는 기존의 나노선 및 브랜치 구조의 나노선 센서 보다 뛰어난 가스 감응도를 나타내었다. 가스 센싱 특성의 우수한 향상은 합성된 나노선의 높은 표면적-부피 비율(surface-to-volume ratio)과 나노선, 브랜치 간의 다중 정선에 의해 기인된다.

[P22-19]

TiO₂ Nanotubes/Optical Fibers for Trace Contaminant Control System of Spacecraft: 김동윤, Hyun Kim, Beelyong Yang; Kumoh National Institute of Technology.

Keywords: Water splitting, photocatalyst, VOCs, spacecraft

Decomposition of volatile organic compounds (VOCs) by means of photocatalysts has been studied for designing of spacecraft and spacesuit. Especially for long period mission such as planet exploration, because they cause diseases such as central nervous disorder, irritation of mucosa and arrhythmia. As present VOCs control system that are composed by a charcoal bed for adsorption, a sorbent bed(2kg of LiOH/day-person, LiOH affects irritation of eyes) and a catalytic oxidizer(operated at 400°C) is heavy, high power consumption and complex, thus, newly development of compact, efficient and highly durable VOCs control system is required now. In this study, we suggested that TiO₂ nanotubes enable to reduce weight of present VOCs control system and hazardous LiOH replacement. What we suggest that TiO₂ nanotubes mean having wide band gap is to be enable effective charge separation and catalysis. TiO₂ is not available at visible-light irradiation due to its wide band gap of 3.2eV. Thus, QDs as visible light absorber deposited TiO₂ nanotubes were prepared by chemical bath deposition in convection oven. TiO₂ nanotubes were characterized for decomposition of VOCs that confined on surface of tube walls to protect astronauts against VOCs. VOCs for decomposition test were considered based on spacecraft maximum allowable concentrations table from NASA. Their efficiency of VOCs decomposition in both TiO₂ nanotube-coated optical fibers will be investigated and evaluated in the trace contaminant system of spacecrafts.

[P22-20]

CVD Graphene Oxidation via Photolithography and Solution-Based Oxidation: Jinseok Choi, Sung Jin An; Kumoh National Institute of Technology.

Keywords: graphene, oxidized graphene, photolithography, chemical vapor deposition

Graphene is an interesting material because it has remarkable properties such as high intrinsic carrier mobility, good thermal conductivity, large specific surface area, high transparency, and high Young's modulus values. It is produced by mechanical and chemical exfoliation, chemical vapor deposition (CVD), and epitaxial growth. In particular, large-area and uniform single-layer growth of single- and few-layer graphene is possible by using transition metals via thermal CVD process. Similar to graphene, graphene oxide also offers a wide range of application possibilities such as sensor technology, energy-related material, biomedical, etc. Here we present selective-area oxidation of graphene grown by CVD. The graphene was transferred to the SiO₂/Si wafer before oxidation. And then, photolithography was conducted to form the pattern on the graphene surface. The oxidized surface and the pristine surface of the graphene were analyzed by optical microscopy, Raman spectroscopy, and x-ray photoelectron spectroscopy.

[P22-21]

부활제 농도에 따른 상향변환 나노형광체의 발광특성 조사: 강미선, 장호성; 한국과학기술연구원.

Keywords: 나노형광체, 코어셸

란타넘 원소가 도핑된 상향변환(Upconversion) 나노입자는 근적외선 영역의 광을 흡수하고 그보다 높은 에너지의 빛을 발광하는 안티 스톱스 시프트 (anti-Stokes shift) 현상을 나타낸다. 이와 같은 특수한 발광현상으로 인하여 상향변환 나노입자는 포토닉스, 이미징, 센싱, 약물전달, 혹은 태양전지 분야 등의 다양한 분야에서 응용되고 있다. 특히 바이오 이미징 분야로 적용 시 상향변환 나노입자가 흡수하는 근적외선의 빛은 광학 투과도가 높아서 세포 안으로 깊이 투과가 된다. 다만, 980 nm의 근적외선은 생물의 대부분을 구성하는 물에 의하여 흡수가 많이 되어 세포의 열손상을 초래하는 경우가 생김에 따라 최근에는 많은 연구자들이 물 안에서 흡수가 낮은 808 nm의 빛을 이용한 상향변환 나노입자에 대한 연구를 진행하고 있다. 상향변환 나노입자는 적외선을 흡수하는 부활제와 가시광선 발광을 하는 활성제로 구성된다. 이터븀(Yb)이 대표적인 부활제로 사용되고 있으나 Yb은 980 nm 근방의 근적외선만을 흡수하는 물질로, 800 nm 근방의 근적외선을 흡수하는 상향변환을 만들어 내기 위해서는 또 다른 물질의 추가적인 도핑이 필요하다. 800 nm 근방의 근적외선을 흡수하는 공부활제 도핑시, 도핑위치에 따라서 상향변환 나노형광체의 발광강도에 영향을 미친다. 또한, 공부활제 뿐만 아니라 앞서 언급한 부활제도 상향변환 발광에 크게 영향을 끼치기 때문에 부활제를 최적화 하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 육방정계 NaYF₄:Tm,Yb 상향변환 나노형광체의 발광을 최적화 하기 위하여 공부활제와 활성제가 분리된 코어/셸 형태의 나노입자를 합성 후 부활제의 양을 최적화 하기위해 다양한 농도의 Yb를 도핑하여 발광특성을 조사하였다. 또한 발광특성을 향상시키기 위하여 코어/셸 구조의 최외각 층에 inert shell을 형성하였다. 본 연구를 통하여 합성된 코어/셸/셸 상향변환

나노형광체는 980 nm 뿐만 아니라 800 nm 근방의 근적외선에서 밝은 상향변환 발광을 나타낸다. 더불어 그 크기가 대략 30 nm 정도로 작기 때문에 향후 바이오 분야에 응용될 가능성이 높을 것으로 예상된다.

[P22-22]

Cu₂O Nanorod/g-C₃N₄/FTO Glass for CO₂ to CH₃OH Conversion: 김동윤, Hyun Kim, Beelyong Yang; *Kumoh National Institute of Technology*.

Keywords: CO₂ conversion, water splitting, photocatalyst, Cu₂O, g-C₃N₄

Ongoing research of the carbon capture and utilization (CCU) became important challenge since the storage of captured carbon technique for CO₂ reduction resulted in re-emission. There are several CO₂ conversion processes such as a thermal reduction with catalyst, electro-catalytic reduction, biochemical reduction and photocatalytic reduction. Especially photocatalytic CO₂ reduction process is analogue to solar water splitting. That is, photocatalysts that were applied for hydrogen evolution could be also used for CO₂ reduction. In this study, Cu₂O was vertically grown on FTO glass by chemical deposition for visible light absorption and selectivity of methanol synthesis. g-C₃N₄ were synthesized by thermal decomposition of organic source. Microstructures were confirmed by means of both FESEM (field emission scanning electron microscope) and TEM (transmission electron microscope). Its anisotropic growth mechanism was proposed that dissolution and specific precipitation. CO₂ to CH₃OH conversion test was conducted using three electrode system under visible light that of intensity 100mW/cm². Products of CO₂ reduction was collected by micro-syringe and subsequently transferred to the quartz cuvette involving chemical reagent of CH₃OH to coloured solution conversion selectively for qualitative measurement by UV-Vis absorbance. Quantitative measurement of CH₃OH was also conducted by GC-MS (gas chromatography-mass spectrometer).

[P22-23]

Single-Step Growth of Aligned ZnO Nanorods and Their Application for the Detection of Residual Detergents: EunBin Jo, Gitae Namgung, Chulkyoon Mok, Jin-Seo Noh; *Gachon University*.

Keywords:

A great deal of dishwashing detergents are consumed every day in most households. Most of the detergents contain some amounts of ionic or non-ionic surfactants and hydrophilic sodium (or potassium) hydroxide. Despite the desired functions of the ingredients, they may be harmful if an overdose is taken into the body. For this reason, accurately detecting the amount of after-wash residual detergent is on demand. In this work, the change of contact angle as a function of detergent concentration in water was systematically studied. To improve the sensitivity, the substrate surface should be almost superhydrophobic. To this aim, the surface of glass substrate was modified using zinc oxide (ZnO) nanorods, which were subsequently treated by stearic acid. ZnO nanorod arrays were grown from the glass substrate employing a single-step solution method, in which ZnO seed formation and ZnO nanorod growth proceed consecutively without intermission. Notably, contact angles on the ZnO nanorods-modified substrate increased by > 120° than on bare glass substrate for varying types of detergents. Furthermore, the contact angles were disclosed to monotonically decrease with the increase in detergent concentration, demonstrating that the contact angle may be a good indicator of the residual detergent concentration.

[P22-24]

액상 내 금 나노 입자의 성장 실시간 관찰 및 형상에 따른 구조 분석: 강인환¹, 빈민옥², 김문덕^{1*}, 김영현^{2*}; ¹충남대학교 물리학과, ²한국표준과학연구원 나노구조측정센터.

Keywords: gold nanoparticle, Liquid phase transmission electron microscopy

금 나노 입자는 화학적으로 안정할 뿐만 아니라 크기와 형상을 제어함으로써 물성을 제어할 수 있기에 약물 전달체(drug carrier), 촉매제 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 금 나노 입자의 적절한 활용을 위해서는 크기와 형상 제어를 위한 나노 입자의 생성 메커니즘에 대한 정확한 이해가 필요하다. 본 연구에서 활용된 액상전자현미경 기술의 발전은, 투과전자현미경 (TEM) 내에서 액상 환경을 구현하여 실시간으로 나노 입자 관찰을 통하여 액상 내 나노 입자의 생성 메커니즘 관련 연구를 가능하게 한다. 본 연구에서는 주사전자현미경 내에 액상 환경을 구현하고, 구현된 액상 환경 내에서 금 나노 입자의 형상에 따른 구조와 생성 메커니즘 차이를 규명하였다. TEM 내에서 전자빔과 액상의 상호작용으로 나노 입자를 생성시켰으며, 실험 전 과정을 실시간으로 관찰하였다. 다양한 형태와 크기의 금 나노 입자가 생성되었으며, 금 나노 입자의 모양과 형태에 따른 생성 속도의 차이가 관찰되었다. 이를 구조적 분석을 통하여 나노 입자의 구조적 차이와 입자 형상에 따른 생성 속도의 관련성을 확인하였으며 금 나노 입자의 생성 메커니즘을 규명하였다.

[P22-25]

Viscosity Variation of Graphene Oxide Suspension After Electrophoretic Deposition: JongSeong Ryu, JinSeok Choi, TeaKyun Lee, Sung Jin An; *Kumoh National Institute of Technology*.

Keywords: Graphene, Electrophoretic Deposition, viscosity

There are a variety of method to make graphene coated devices such as spray coating, dip coating, layer by layer (LBL), and spin coating. Most of them, the spin coating is fast, easy and uniform method. However, graphene-based films after spin coating is limited

because the graphene-based suspension has usually low viscosity. Recently, graphene-based film manufactured by an electrophoretic deposition (EPD) was reported. Independently, we found the viscosity variation of the graphene oxide (GO) aqueous suspension after the EPD process. In this study, we studied the viscosity variation of EPD-GO solution as functions of various the EPD conditions. The production of the GO was performed using the modified Hummers method. And then, EPD process was conducted using the stainless steel mesh as anode and cathode. Characteristics of the GO suspension after the EPD process were investigated by the measurement of the viscosity, X-ray photoelectron spectroscopy, Raman spectra, etc.

[P22-26]

Controlling Intrinsic Defects in Aqueous Synthesis of CdSe Quantum Dots: Hyebin Na, Jae Chul Park, Yoon Sung Nam; *KAIST*.
Keywords: quantum dots; CdSe; aqueous synthesis; internal defect; full width at half maximum

Quantum dots (QDs) have attracted large attention in the bio-related fields, such as bio-imaging or biosensor, because of their superior optical properties, such as high photoluminescence quantum yield (PLQY), large absorption cross-section, spectrum tunability with narrow full width at half maximum (FWHM), and good photostability. However, since most high-quality QDs are prepared in organic solvents and capped with hydrophobic ligands, making them non-dispersible in aqueous solutions and biologically incompatible. These oil-soluble QDs need phase transfer to an aqueous solution by ligand exchange, which shows a severe decrease in PLQY. Aqueous synthesis of QDs is complicated because of the high polarity of water that can induce the formation of surface defects. Cadmium chalcogenides QDs have been mainly developed because of difficulties in aqueous synthesis, but only CdTe QDs showed promising properties, such as high PLQY and narrow emission. In this work, the CdSe QDs synthesis in an aqueous solution was attempted to obtain high photoluminescence with various emission wavelengths and increase utilization. Previous researches have shown aqueous synthesized CdSe QDs with a high PLQY up to 70 %, but a wide FWHM of over 200 nm reduces sensitivity in their applications to a biosensor. The aqueous synthesis of CdSe QDs with a narrow FWHM maintaining a high PLQY is highly desirable. The wide FWHM originates from not only surface defects but also internal defects leading donor-acceptor pairs (DAP) recombination. Surface defects are relatively easily controllable through shell formation and capping ligand adjustment. We studied the minimization of internal defects by changing synthesis conditions such as pH, precursor molar ratio, reaction temperature, and so on with suppression of surface defects. As a result, the maximum ratio of band edge emission to the defect emission was obtained. This research was supported by Basic Science Research Program and Nano-Material Technology Development Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIP) (NRF-2016R1A2B4013045 and NRF-2017M3A7B4052797).

[P22-27]

Alignment Control of Large Graphene Oxide Composites Through Liquid Crystallinity: Jin Goo Kim, Kyung Eun Lee, Sang Ouk Kim; *KAIST*.

Keywords: Graphene, Large graphene oxide, Liquid crystallinity, Composites

Graphene which is composed of sp^2 hybridized carbon attracts many attention to researchers. Since it has lots of unique properties, incorporation with polymer has been widely studied to improve electrical, mechanical and thermal property. In fabrication of composite materials, orientation of graphene should be controlled because it affects the property of composite. However, it has been an issue, which has not been completely solved, to control the orientation of graphene in polymer matrix. In this paper, we demonstrated a fabrication method of highly aligned large graphene oxide (LGO) composites in polydimethylsiloxane (PDMS) through liquid crystallinity. Liquid crystallinity is observed at low concentration of 2mg/ml in aqueous dispersion which is due to the large shape anisotropy of LGO. The resultant is 0.2 wt% LGO loaded composites.

[P22-28]

Fabrication and Characterization of a EMI (ElectroMagnetic Interference) Shielding Film Using Few Layers Graphene Complemented by Dip-Coating Method: Ji-weon Kim¹, Yongkyung Lee¹, Jiwon Park¹, Yu-rim Choi², Seo-yeon Han², Hyo-bin Lee³, Jin-hyung Lee³, Mi Hye OH⁴, Chang-Soo Han⁴; ¹*Korea University*. ²*Changmun Girls' High School*. ³*Hannyang University High School*. ⁴*Korea Automotive Technology Institute*.

Keywords: graphene, rGO(reduced graphene oxide), Dip coating method, EMI(electromagnetic interference) shielding film

In order to apply graphene to EMI shielding film, we have studied the control of pin hole density which reduces the electrical conductivity of graphene. We dispersed rGO flakes on a μm scale corresponding to the pinhole size of graphene in the solvent. The graphene transferred onto the transparent substrate (PET) was dip coated in the rGO solution. Graphene improved by using dip coating method was transferred to 5 layers to produce a film having a light transmittance of 90% or more while having a certain shielding efficiency. The graphene transferred on PET was characterized by SEM, Raman spectroscopy, AFM and UV-Vis spectroscopy. The pin hole density before and after the dip coating process was confirmed by optical, AFM and SEM analysis. The thermal stability of the film was evaluated by TGA and DTA. We found that the EMI shielding effectiveness of the film was remarkably improved after the dip coating process.

P23 : 용접 및 접합

Room 1층 전시장, 10월 26일

[P23-1]

하이브리드 용접 후의 담금질-뜨임 열처리에 의한 기계적 물성 및 미세조직 변화: 최병진¹, 유광재¹, 강성훈¹, 오영석¹, 구본민², 이재현³, 이호원¹; ¹재료연구소, ²한국프랜지공업, ³성우하이텍

Keywords: 하이브리드 용접, 보론강, 담금질-뜨임, 후열처리

본 연구에서는 보론강의 용접 후 열처리에 따른 재료의 기계적 특성 및 국부 미세조직의 변화에 대하여 고찰하였다. 두께 별 미세조직 변화를 관찰하기 위하여 두께가 다른 시편을 맞대기 용접하였으며, 이때 용접은 레이저와 아크를 이용한 하이브리드 용접을 실시하였다. 용접 후의 담금질-뜨임 열처리에 의한 물성 변화를 알아보기 위하여 맞대기 용접 한 시편을 열처리 후에 시험편 가공하여 인장 시험을 실시하였다. 더불어 국부적인 미세조직 및 강도의 열처리에 의한 변화를 관찰하기 위하여 인장시험 편의 경도 측정과 미세조직 측정을 수행하였다.

[P23-2]

경량 CCB 제작을 위한 알루미늄 다이캐스팅합금의 용접성 평가: 김용¹, 이동민²; ¹고등기술연구원, ²(주)세원정공

Keywords: Die casting, Aluminum, CCB, Bead geometry, A365

최근 자동차 모듈은 경량화 및 고강성 확보를 위하여 경량소재 적용을 요구하고 있다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 경량 CCB 모듈에 적용을 위한 고진공 다이캐스팅 Al 365 소재의 용접성에 대한 분석을 위해 적정 용접공정을 검토하였으며 변수에 따른 접합특성을 파악하였다. 주요 공정변수로는 출력, 용접 속도, 초점 위치, 보호가스 사용 유, 무 및 유량 그리고 접합형상에 따른 용접성을 검토하였으며 용접부 품질 기준에 따라 적정 인장강도와 부분용입 및 용락이 존재하지 않는 적정 용접범위를 도출하였다. 최적의 비드형상을 갖는 용접조건에서의 용접부 물성에 대한 기계/금속학적 평가 또한 수행되었다.

[P23-3]

439 페라이트계 스테인리스강의 GTA 용접부에서 산화개재를 제어하는 CET 촉진에 대한 연구: 김진혁¹, 조영태², 오용희², 이원배³, 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²창원대학교 기계공학과, ³포스코 철강솔루션마케팅실

Keywords: Ferritic stainless steel, GTA welding, inclusion, CET promotion, Refinement

400계 페라이트계 스테인리스강은 우수한 성형성 및 내부식성을 가지고 있어 자동차 배기파이프로 널리 사용되고 있다. 이 스테인리스강을 용접을 하면, 방향으로 응고(L→δ-ferrite) 되는 조대한 주상정 결정립이 형성된다. 이 용접부의 주상정 구조는 이방성으로 합금원소에 의한 편석이 심한 영역이 용접 중심부에 존재한다. 이러한 이유로 자동차 배기파이프와 같은 부품들은 판재 성형 후 용접을 실시하고, 용접된 파이프를 상온에서 곡관 또는 확장할 때 조대화된 용접부에서 균열이 발생할 수 있다고 보고된다. 이에 최근 포스코에서 산화개재물을 제어하여 등축정율을 향상시킨 modified 439강을 개발하였다. 기존 439강과 modified강의 가스텅스텐(Gas Tungsten Arc) 용접부 미세조직을 비교하고, 등축정율 향상기구에 대해 고찰하였다. modified 439강의 미세조직은 기존 439강 대비 용접부 중심의 등축정 크기가 25% 이상 미세화 되었고, 등축정 영역 또한 크게 증가함을 관찰하였다. 전자현미경을 통하여 modified 439강의 등축정 중심부에 산화개재물이 존재하는 것을 확인하였으며, 이 개재물은 기존 439강에서는 잘 발견되지 않은 TiN이 MgAl₂O₄를 둘러싼 구조임을 관찰하였다. 또한 TiN과 spinel 구조의 MgAl₂O₄는 [112] TiN//[112]spinel, (110)TiN/(110)spinel의 방향관계를 가지고, TiN과 ferrite가 이루는 방향관계는 [011]TiN//[111]ferrite, (01-1)TiN/(01-1)ferrite 임을 새롭게 확인하였다. 따라서 이러한 방향관계는 산화개재물이 등축정의 heterogeneous nucleation site로 작용하는 것을 의미하며, 등축정과의 misfit을 최소화 하는 구조로 판단된다. 다양한 용접 조건으로부터 얻어진 데이터를 바탕으로 초기 변수값을 선정한 후, GTA용접 용융풀 해석을 실시하였다. 용융풀 해석으로 얻어진 thermal gradient (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 분석 하였다. 따라서, 본 연구에서는 modified 439강의 용접부 등축정율 향상 원인을 규명하고, 용융풀 해석과 급냉 실험을 통해 그 결과를 증명하고자 한다.

[P23-4]

마찰접합된 SUS 430F 합금의 미세조직과 기계적 특성 평가: 김경우, 김영규, 송국현; ¹조선대학교 공과대학 용접접합과학공학과

Keywords: friction welding, SUS 430F alloy, electron back-scattering diffraction (EBSD), microstructure, mechanical properties.

이 연구는 마찰접합된 SUS 430F 합금의 발달된 미세조직과 기계적특성을 평가하기 위하여 수행되었다. 이를 위해, 직경 12 mm, 길이 120 mm 크기로 가공된 환봉 시험편을 회전속도, 마찰압력, 압착압력을 각각 1600 RPM, 15 kgf/cm², 20 kgf/cm²으로 일정하게 유지한 상태에서 압착길이 (1-3 mm)를 달리하여 마찰접합하였다. 마찰접합부의 결정립계특성분포(grain boundary characteristic distributions, GBCDs)를 분석하기 위하여, 전자후방산란회절법(electron backscattering diffraction, EBSD)이 도입되었고, 접합조건에 따른 결정립의 형상, 크기, 상분포 등을 구체적으로 평가하였다. 기계적특성 평가의 경우, 비커스 경도시험과 인장시험이 도입되었고, 모재와 접합재 간의 물성분포 양상을 분석하였다. 실험결과, 마찰접합 된 SUS 430F는 외관상 결함이 없이 건전하

게 접합되었고, 접합부의 평균결정립의 크기가 약 1.1 μm 로 나타남으로써, 모재(16.8 μm) 대비 현저히 미세화 되었다. 또한, 마찰 접합된 접합부의 고경각입계 분포가 전체 결정립계의 92% 이상을 차지함으로써, 접합과정 중 발생하는 마찰열과 금속의 소성유동에 의해 동적재결정이 건전하게 일어났음을 확인하였다. 이러한 결정립 미세화는 접합부의 기계적 특성 향상에 영향을 주어, 접합부의 경도값을 모 재 대비 약 26% 향상된 결과를 초래하였다. 접합재의 인장강도(533 MPa)는 초기 모재(536 MPa)대비 유사한 수준을 보였으며, 파단양상이 접합부가 아닌 모재에서 파단 되는 양상을 보임으로써, 건전한 접합부임을 재차 확인 하였다. 따라서, SUS 430F 합금에 대한 마찰접합의 도입은 접합부의 미세조직발달에 기초하여, 건전한 접합재를 확보하는데 효과적이었다.

[P23-5]

온도제어 가능 고주파 유도가열 브레이징 기술 적용 냉매 분배기 동배관의 접합 공정 개발: 김건홍¹, 한덕현¹, 김용², 고임현³; ¹고동기
술연구원 신소재공정센터, ²고동기기술연구원 로봇생산기술센터, ³삼원동관(주).

Keywords: induction heating, brazing, distributor, copper & copper alloy, temperature control

열교환기에 사용되는 냉매 분배기 접합에 적용되고 있는 가스토티 브레이징 공정 시 발생하는 용접부 결함, 공정 시간 증가 및 표면 산화 등의 문제점을 해결하기 위해 온도제어가 가능한 고주파 유도 브레이징 접합 기술을 개발 하여 적용함으로써 고품질의 냉매 분배기 어셈블리 제품을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다. 고주파 유도가열 브레이징 공법을 적용하면 용접 자동화가 용이하고 접합 시간을 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있으나, 브레이징 접합부의 균일한 온도 구배에 대한 문제점과 다양한 냉매 분배기 배관의 어셈블리 제품에 대해 적용 가능한 형상의 제약 그리고 브레이징 접합부 gap 확보 등의 문제점이 있어 이를 해결하고자 연구개발을 진행하였다.본 연구개발에서는 적외선 온도 측정기를 사용하여 접합부 온도에 대한 데이터를 피드백(feed back) 받아 브레이징 접합부의 온도를 제어할 수 있는 온도제어기를 개발하였고, 고주파 유도 코일 형상에 따른 냉매 분배기 배관 제품의 브레이징 접합부 분석을 실시하였다. 그리고 고주파 유도 가열 브레이징 접합 시 불량 제품에 대한 불량 원인을 고찰하였다.

[P23-6]

극한환경용 고인성 해양플랜트 강재 FCAW 다충용접 미세조직 및 특성: 최동기¹, 엄민혁¹, 조영우¹, 조성규², 정택균³, 현승균³; ¹하이드
로웨스트, ²현대제철, ³인하대학교

Keywords: FCAW, CO₂ Welding, Multi-pass, TMCP

극한환경에 적용 가능한 재료 개발에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 특히 미발견 에너지 자원이 심해저 및 극한지에 상당량 매장되어 있어 이를 개발하기 위한 경쟁이 전세계적으로 심화되고 있다. 심해저 및 극한지는 영하 60도 이하의 해양 환경적 영향에 따라 재료는 피로와 충격인성에 매우 취약해져 구조물의 안전성과 내구성을 크게 하락시키는 원인으로 작용한다. 따라서 극한환경에 사용 가능한 고인성 고강도 강재와 함께 고성능 용접기술이 절대적으로 필요하다. 본 논문은 고강도 고인성 강재 성능을 위해 TMCP공법의 2단 제어압연과 가속냉각 공정으로 제조된 항복강도 460 MPa 이상 100 mm두께의 저온 보증 고인성 강재를 Butt 다충용접 실시하였다. 제어 압연을 통해 다량의 미세한 페라이트 핵생성 사이트를 형성하고 가속냉각으로 결정립사이클을 더욱 미세하게 제어하여 저온 변태상 조직을 다량 생성한 저온 보증 고인성 모재이다. 용접은 Flux Cored Wire를 사용한 FCAW로 하였고 CO₂ Shielding gas를 이용하였다. 다충용접 입열량 8KJ/cm로 용접한 HAZ부의 특성과 저온 변태상 미세조직을 관찰하여 가장 최적의 용접조건과 그에 따른 기계적 특성을 제시하였다.

[P23-7]

Powder Bed Fusion 방식으로 제조된 TiAl과 Alloy 718의 서브스케일 모델링: 김재윤¹, 이슬비¹, 홍재근², 최윤석¹; ¹부산대학교 재
료공학부, ²재료연구소 타이타늄연구실

Keywords: Powder bed fusion (PBF) technique; Finite element method (FEM); Alloy 718; TiAl; Melt pool

Powder bed fusion (PBF) 방식으로 제조된 TiAl과 Alloy 718 melt pool의 크기 및 잔류응력 분포를 예측하기 위해 유한요소 해석법을 이용하여 열-응력 모델링을 수행하였다. 먼저 모델링 결과에 영향을 미치는 입력 변수 및 경계 조건의 민감도에 관한 기초 해석을 진행하였으며, 이를 기반으로 실제 적층시 고려해야 할 주요 변수들을 최적 반영한 유한요소해석 조건을 수립하였다. 이를 이용하여 single track 적층시 합금 분말별 공정 조건에 따른 melt pool의 크기를 예측하였으며, 그 결과를 실험 측정치와 비교 분석하였다. 또한, 몇가지 공정 조건에 대해서는 합금별 예측된 잔류응력 분포를 실험 측정치와 비교하였으며, 그 차이점에 대해 고찰하였다.

[P23-8]

Refill-FSSW기술을 적용한 AA3004-O 알루미늄합금 판재 접합부의 기계적 특성: 선원석¹, 박수완², 조재동², 서종덕², 신상용¹, 이정
구¹, 권용재¹; ¹울산대학교 ²(주)신영

Keywords: Aluminum alloy, Refill Friction stir spot welding, Welding parameters, Mechanical properties

최근 자동차산업에 있어서 국제적으로 연비 및 배출가스 규제의 강화로 인해서 자동차 경량화는 필수 사항이 되어있고, 알루미늄 합금과 같은 경량금속의 사용량이 확대되고 있다. 알루미늄합금의 점용접에 기존의 저항점용접(Resistance Spot Welding) 기술을 적용하게 되면 철계 금속재료에 대비하여 고전류를 사용해야 한다는 문제점 등이 있다. 이를 해결하기 위해서 Friction stir spot welding(FSSW) 기술을 적용하는 연구가 많이 이루어지고 있지만, 이 기술의 경우에도 용접 후에 공구에 의해 keyhole이 형성되기 때문에 응력집중과 부식 등의 문제점이 발생한다. 이 문제점을 해결하기 위해서 새롭게 개발된 기술 중에 Refill friction stir spot welding(Refill-FSSW) 기술이 있다. 이 기술은 FSSW 기술과 기본적인 원리는 유사하지만, Refill-FSSW 기술에서는 공구의 특이한

형상 및 작동으로 인하여 keyhole이 형성되지 않는다. 본 연구에서는 Refill-FSSW 기술을 AA3004-O 알루미늄합금 판재에 적용하였다. 또한, 공구의 회전속도, 삽입 깊이 등의 용접변수가 용접부의 형상, 기계적 특성 등에 미치는 영향에 대해서 조사하였다. 그 결과, 육안으로 관찰가능한 결함이 없는 건전한 접합부를 얻을 수 있었다. 인장전단하중은 공구의 회전속도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 공구의 삽입 깊이를 변화시킨 경우에 있어서는 인장전단하중이 포화되는 경향을 나타내었다.

Acknowledgement: This research was supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE), Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) through the Encouragement Program for The Industries of Economic Cooperation Region

[P23-9]

DED 공정에 의한 Fe-Ni계 이종소재 경사적층부의 미세조직 특성: 임성록, 김성욱, 천창근; 포항산업과학연구원 금속소재연구그룹.
Keywords: 3D Printing, DED process, Dissimilar materials, Functionally Gradient Deposition, Fe-Ni system

DED (Directed Energy Deposition) 공정은 금속분말을 모재 표면에 직접 분사하여 적층함으로써 기존 부품의 보수/재생이 가능하므로 고가의 부품을 재생하는데 적용할 수 있다. 하지만 복합 성분을 가지는 소재의 경우 단순 적층 시 기존소재와 재생소재를 융착시키는데 어려움이 따르고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 사용 부품의 보수/재생에 적용하기 위한 기초연구로서 적층 시 기존소재와 재생소재의 성분에 단계별 변화를 주는 경사적층(Functionally Gradient Deposition)공정의 적용 가능성에 대해 검토하였다. 적층 소재는 50~150 μ m 규 구형 분말 형태의 STS316L 및 Inconel 625를 사용하였으며, 이종소재의 동시 송급이 가능한 RIST보유 DED장비(RAM-1000)를 이용하여 적층하였다. 선행 연구를 바탕으로 적층조건은 레이저 출력 700W, 분말 송급량 5g/min, 이송 속도 900mm/min, 가스 송급량 2 L/min로 적용하였으며, 이종 소재의 혼합 비율에 따라 6레이어(STS/8:2/6:4/4:6/2:8/Inconel)로 세분화하여 적층하였다. 또한, 열처리에 따른 적층부의 변화를 파악하고자 1050~1200°C 조건으로 어닐링하여 적층부의 미세조직과 기계적 물성을 관찰하였다.

[P23-10]

Sn-Ag-Cu계 솔더를 이용한 로터스형 다공성 등의 접합: 김상욱, 이지운, 정택균, 현승균; 인하대학교.
Keywords: Bonding, Lotus-type porous metal, SAC305, interface, shear strength

원통형의 기공들이 일방방으로 배열되어 있는 로터스형 다공성 금속은 기존 등방성 다공성 금속에 비해 기공 방향으로의 기계적 및 물리적 특성이 우수하다. 따라서 자동차, 항공 및 전자 부품 산업에서 기계적 및 물리적 이방성을 요구하는 분야에 충격흡수소재, 방열소재 및 경량소재로 적용이 가능할 것으로 기대된다. 이러한 로터스형 다공성 금속을 여러 분야에 적용하기 위해서는 기존 소재와의 접합 특성에 대한 연구가 필요하다. 하지만 로터스형 다공성 금속의 접합 특성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 로터스형 다공성 금속과 기존 소재와의 접합 특성에 대한 연구를 통해 로터스형 다공성 금속의 적용 범위를 확장시킬 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 방열 소재로의 적용이 기대되는 로터스형 다공성 등의 접합 특성에 대해 연구하였다. 비다공성 동 기판에 Sn-Ag-Cu 솔더를 이용하여 로터스형 다공성 동을 접합하였으며 기공 특성에 따른 접합강도, 접합부 미세조직, 열적 안정성에 대해 고찰하였다.

[P23-11]

Fe계 P92강과 Ni기 초내열합금의 이종용접부 크리프 특성과 파괴 메커니즘 상관성 고찰: 김진혁¹, 이지원¹, 한정민², 이경운², 공병욱², 홍현욱¹; ¹창원대학교 신소재공학부, ²두산중공업.

Keywords: Dissimilar welding, Type IV crack, Fusion line, Weld Metal, P92 steel

현재 화력 발전소의 보일러 증기관에 사용된 재료는 Fe계 P92강으로서 최대 670°C 운전온도의 한계를 가지고 있다. 특히 P92강은 화력발전소의 배관과 튜브에 사용되고 있으나, 균열로 인해 파열사고가 빈번히 발생된다. 따라서, 고온 응력이 우수한 Ni계 석출경화형 Inconel 740H 초내열합금을 응력과 열이 집중되는 일부 구간에서의 적용을 시도하고 있다. 이를 위해서는 Inconel 740H와 기존재료인 P92강이 이종용접이 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 Inconel 740H와 기존 철계합금 즉 P92강과의 이종용접성과 미세조직, 나아가 고온 크리프 특성에 대한 고찰을 하고자 한다. 각각의 이종용접부 취약부분인 열 영향부의 파괴거동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 미세조직 멀티스케일 분석을 통한 상안정성, 고온변형, 파단기구, 크리프 수명 고찰 및 파괴 기구에 미치는 미세조직 변화를 해석하였다. 그 결과 용접부의 미세조직과 파괴 메커니즘의 관련성을 고찰하였다. 크리프 파단 후, 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy)을 이용하여 미세조직을 분석하였다. 740H-P92 이종용접부에서는 Larson-Miller 지수가 증가함에 따라 P92측 용융선에서 균열이 발생하는 용융선 파괴에서 결정립 크기가 작고 경도값이 낮은 FG/ICHAZ에서 균열이 발생하는 Type IV 파괴로 변화하는 것을 관찰하였다. 균열위치에 따른 전자후방산란회절 (Electron Backscatter Diffraction)을 이용하여 FG/ICHAZ에서 높은 Misorientation의 차이를 고찰하였다. 그 결과, LMP가 26이상 일 경우 FG/ICHAZ에서 높은 Misorientation으로 인해 균열이 발생하는 Type IV 파괴가 관찰되었다. 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscopy)을 이용하여 균열위치에 따른 전위거동을 분석하였다. 크리프 시험 전 P92측 용접계면과 CGHAZ 사이에 계면 밴드가 관찰되었다. 이는 용접 후 후열처리(PWHT) 동안 Cr과 Ni 원소의 확산에 의해 생성된 fresh martensite임을 확인하였다. 균열이 용융선에서 발생한 경우, 용융선에 높은 전위밀도가 형성하였음을 관찰하였다. 반면, Type IV 파괴에서는 용융선 주변 낮은 전위밀도가 형성되었다. 이러한 결과를 통하여, LMP가 높아짐에 따라 전위 크리프 메커니즘에서 확산 크리프 메커니즘으로 전이되는 것을 확인하였다.

[P23-12]**이종 전자기 펄스 접합부의 부식 특성 연구:** 윤병현¹ 충남대학교**Keywords:** 전자기 펄스 접합, 이종 접합, 계면 특성, 부식 특성, 전기화학

환경이슈에 따라 수송기기의 경량화가 빠르게 진행되면서 알루미늄, 마그네슘과 같은 경량 금속에 대한 관심이 높아지고 있어서, 수송기기에는 다양한 소재가 활용되고 있고, 이러한 다양한 소재와의 조화를 위해 여러 가지의 성형 및 접합 기술이 적용되고 있다. 난성형성 및 접합성 소재의 활용도가 점점 높아지고 있어 기존의 기술보다는 새로운 방식의 접근이 필요하다고 사료된다. 전자기력을 이용한 접합의 경우 고상에서 접합이 이루어 지기 때문에 접합부 계면에서 발생할 수 있는 다양한 화합물의 생성을 억제할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 이종접합시 발생할 수 있는 갈바니 부식 등의 부식성을 검토하기 위하여 알루미늄과 철강소재를 이용하여 전자기 펄스 접합부를 제작하고 부식실험을 통하여 부식 양상을 분석하고자 하였다.

[P23-13]**9%니켈강 용접부 기계 물성 평가:** 김재윤, 김인주, 김지선; 한국생산기술연구원**Keywords:** 9%니켈강, IGC Code, 인장/항복 테스트, 극저온 충격 테스트

최근 조선산업에는 국제해사기구의 환경규제에 대응하여 LNG(Liquefied Natural Gas)를 연료로 하는 선박의 산업이 발전하고 있다. 일반적으로 LNG는 부피가 기체상태일 때보다 1/500로 감소하기 때문에 -163°C의 극저온으로 액화하여 저장/운반한다. 이러한 극저온 상태의 LNG를 저장하기 위한 외벽은 IGC Code (국제 액화가스 운송선의 구조 및 설비 규칙)에서 4가지의 재질만 사용할 수 있도록 규정하였다. 이 중 9%니켈강은 우수한 항복/인장 강도 때문에 최근 LNG연료추진선박 관련 대형 프로젝트에서 연료탱크의 재질로 채택되고 있다. 본 연구에서는 최근 프로젝트에서 사용되는 핫스테로이드 계열의 용접봉을 사용하여 모재를 용접한 후 기계 물성 테스트를 통해 용접부 신뢰성을 검토하였다. 기계 물성 테스트는 인장/항복 테스트와 극저온 충격 테스트를 수행하였으며, 그 값은 모재의 물성치와 비교 검토 하였다.

[P23-14]**극저온강재(9% 니켈 강재)의 레이저 용접특성 분석:** 김인주, 김재윤, 김지선; 한국생산기술연구원**Keywords:** 9% 니켈 강재, 레이저 용접, 인장강도, 항복강도, 파단특성

최근 국제해사기구(IMO)에서는 선박 운항 시 발생하는 배출온실가스 감축을 위해 규제를 강화하고 있다. 2016년 이후 건조되는 선박 중 환경규제지역(ECA, Emission Control Area) 운항 선박에 대해 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx)배출 기준을 강화한 Tier. III(대기오염방지 3차 규제) 기준을 적용하고 있다. 국내외 조선 산업은 이러한 환경이슈에 대응하여 LNG(액화천연가스, Liquefied Natural Gas)를 연료로 사용하는 친환경 선박 개발에 많은 비용과 시간을 투자하고 있으며, LNG 연료추진선의 개발을 진행해 오고 있다. -162°C의 극저온 환경에서 액화되는 LNG 연료를 저장, 운반을 위한 연료탱크는 IGC Code (국제 액화가스 운송선의 구조 및 설비 규칙)에 등재되어 있는 극저온 강을 이용해 제작되어진다. 이러한 신 소재들에 대한 용접기술 개발이 중요한 이슈로 등장하고 있으며, 9% 니켈강의 경우 항복강도와 인장강도가 타 재료보다 높고 극저온환경에서 충격저항이 크기 때문에 연료탱크의 두께가 얇아지는 장점이 있어 최근 각광받고 있는 재료중 하나다. 본 연구에서는 레이저 열원을 이용하여 9% 니켈 강재의 용접공정을 최적화 하였으며, 기존의 플렉스 코어드 아크 용접과의 물성평가를 통해 레이저 용접의 우수성을 검증하였다. 레이저의 침투 출력, 용접속도, 초점위치를 주요 공정변수로 선정하여 다양한 실험을 수행하였으며, 주요변수에 대한 레이저 용접부의 비드형상의 변화를 관찰하였다. 9% 니켈강의 레이저 열원에 의해 발현되는 비드형상의 차이를 저탄소강과 비교하였으며, 용접비드의 폭, 높이, 용입깊이, 면적비 등을 분석하였다. 또한, 용접부 단면의 형상과 용접변형과의 관계를 분석하여 9% 니켈강의 레이저 용접에 관한 기초데이터를 확보하였다. 또한, 레이저 용접공정을 이용한 9% 니켈강재의 용접부의 기계적 특성을 평가하였다. 용접구조물 설계에 고려해야할 기계적 특성인 인장강도, 항복강도, 충격 흡수율, 굽힘 강도 측정실험을 통해 레이저 용접부의 신뢰성을 평가하고 플렉스 코어 아크 용접부와 비교함으로써 9% 니켈강재의 레이저 용접의 우수성을 증명하였다. 또한, 용접부의 파단특성을 분석하여, 기계적 특성차이의 원인을 조직학적 관점에서 고찰하였다.

[P23-15]**Gas Tungsten Arc Welding을 이용한 고망간강 용접부의 미세조직 및 물성평가:** 박건우¹, 남태훈¹, 김병준¹, 안용식², 전종배^{1*}; ¹ 한국생산기술연구원 동남지역본부, ²부경대학교**Keywords:** High Manganese Steel, Gas Tungsten Arc Welding, Microstructure, Mechanical Reliability

고망간강은 소성변형 중에 발생하는 변형쌍정의 형성으로 인해 높은 가공경화율을 보이며, 우수한 강도 및 인성을 가진다. 300계 스테인레스강, Al합금과 9%Ni강 등 기존 극저온 소재 대비 가격경쟁력, 설계 강도, 극저온 인성 등이 동등 혹은 우수하여, 차세대 극저온 소재로 주목받고 있다. 이러한 관점에서, 고망간강의 용접재, 용접성 및 용접부 신뢰성에 대한 연구가 최근 들어 일부 진행되어 왔으나, 레이저 용접, 저항 점 용접 등에 한정되어 있다. 한편, GTAW는 불활성 보호가스로 인해 용접부의 산화, 질화 등이 방지되어 우수한 이음을 얻을 수 있으며, 박판용접에서의 능률이 우수한 용접기법이다. 최근 GTAW를 이용한 고망간 강관 제조에 대한 산업적 요구가 증가하고 있으나, 관련 연구결과가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 gas tungsten arc welding (GTAW)으로 제조된 25%Mn-3.4%Cr-0.43%Cu-0.44%C 고망간 열연판재 제철용접부의 미세조직 및 기계적 성질에 대해 연구하였다. 용접 전후의 안정상 변화, 석출상 생성, 결정립도 및 집합조직 변화 등을 분석하기 위해 광학현미경, EBSD 등으로 미세조직 분석을 수행하였다. 또한 용접부의 상온 인장특성을 분석함으로써, 용착부 및 열영향부의 기계적 신뢰성을 알아보고, 미세조직과의 연관성에 대해 토의하였다. 이를 통해, 추후 LNG운송용 극저온용 강관으로서의 고망간강 용접강관의 적용가능성에 대해 평가해보았다.

[P23-16]

Effect of Prior Surface Treatment on The Bonding Strength of AZ31/Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Composites Fabricated by Thermal Laser Joining: 앤드류¹, Jeoung Han Kim¹, Mok Young Lee²; ¹국립한밭대학교 신소재공학부 응용소재 공학전공, ²Research Institute of Industrial Science and Technology.

Keywords: Fracture toughness, polyamide 6(PA6), patterning, bonding strength

Lap joints between AZ31 Mg alloy and Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) were produced by Laser- assisted metal and plastic direct joining (LAMP). The effect of patterning and HF treatment of the AZ31 Mg alloy sheets on the bonding strengths were examined. Tensile shear strength results indicated a significant difference in the bond strengths between the joints whose Mg alloy sheets were pretreated with HF before patterning and the joint whose Mg alloy sheets were pretreated with HF but without patterning. Generally, samples whose Mg alloy sheets were pretreated with HF before patterning demonstrated a lower tensile shear strength results than samples whose Mg alloy sheets were pretreated with HF but without patterning.

[P23-17]

경량 Al 5052 알루미늄합금의 마찰교반 점용접 특성 연구: 김홍주, 박종원, 박광수, 이목영; 포항산업과학연구원(RIST).

Keywords: Friction stir spot welding, Al 5052, Tool, FSJ

Al-Mg계 5xxx 합금판재의 마찰교반 점용접시 주요 접합인자 중 공구의 슬더지름, 톨의 회전속도 및 용접속도를 변수로 하여 최적 FSJ 접합 조건을 설정하고 더불어 점 용접부의 금속학적 분석과 기계적 특성을 파악 하였다. 미세조직관찰과 경도치의 분석, 그리고 용접 표면의 사진관찰을 통하여 Al 5xxx 알루미늄 합금판재의 마찰교반 용접시 미세조직거동을 평가하였다. Al 5xxx 합금은 톨 회전속도 800~1500 rpm, 톨 삽입 후 유지시간 1~3sec, 톨 삽입깊이 1.5~ 1.7 mm일 때 양호한 접합부를 나타내었다.

[P23-18]

알루미늄 합금의 확산접합에 관한 연구: 정호신, 심한림; 부경대학교 재료공학과.

Keywords: 알루미늄 합금, 확산접합, 가압력, 접합시간, 접합온도

알루미늄은 내식성이 좋고, 비중이 낮을 뿐만 아니라 열 및 전기전도도도 양호한 편이어서 공학적인 측면에서 매우 중요한 재료이다. 특히 최근의 공학적인 환경 측면에서 원가 절감 및 환경적인 요소는 매우 중요하고, 특히 중량 감감 측면에서도 알루미늄이 더욱 더 중요한 소재로 주목받고 있다. 이와 같은 많은 장점을 가지고 있는 반면 알루미늄은 표면에 존재하는 산화 피막 때문에 용접성 및 접합특성이 좋지 않다. 특히 알루미늄 표면에 존재하는 산화 피막은 용접이 쉽지 2000 이상이나 되기 때문에 고상용접하기가 매우 어렵다. 이와 같은 측면에서 순수 알루미늄은 특수한 처리를 하지 않는 한 확산접합하기는 거의 불가능하다. 본 연구에서는 알루미늄 합금의 확산접합 특성을 고찰하기 위하여 알루미늄 합금을 대상으로 하여 알루미늄 합금의 표면 클리닝, 확산접합 시간, 가압력 및 접합온도에 관한 데이터를 축적하여 건전한 접합부가 얻어지는 조건을 정립하고자 하였다. 알루미늄 합금의 접합에는 진공로를 사용하여 접합하였으며, 접합온도는 가능한 한 섭씨 500 이상으로 하여 접합온도와 접합시간과의 상관관계를 조사하였고, 또한 접합물의 조사에는 접합부를 대각선 방향으로 절단하여 연마한 후 광학현미경으로 조사하고 전체 접합 대상 길이에 대하여 접합된 부분이 차지하는 비율을 계산하여 접합률로 하였다. 또한 접합시의 가압력은 2MPa 이상으로 하였다. 이와 같은 실험 결과를 기초로 건전한 접합부가 얻어지는 조건을 정립할 수 있었다.

[P23-19]

초경-고합금강 접합부의 강도에 관한 연구: 정호신; 부경대학교 재료공학과.

Keywords: 초경, 고합금강, 샌드위치 구조, 진공 브레이징, 확산접합

초경 재료는 경도가 높고 비교적 인성이 높아 각종 공구용 재료로 널리 사용되고 있다. 그러나 근본적으로 금속에 비해 인성이 낮기 때문에 충격에 약하고 그에 따라 절손이나 파단, 파손 등이 문제가 되고 있다. 이와 같은 측면에서 초경재료의 충격특성을 향상시켜 각종 공구의 수명을 연장시키고 신뢰성을 향상시키기 위해서는 금속과의 접합이 유력한 수단이 될 수 있다. 이와 같은 측면에서 초경재료와 각종 고합금강인 다이스강 및 고속도공구강과의 접합 조건을 정립하고 접합부의 강도 향상을 위한 각종 인자에 대한 연구를 수행하였다. 초경재료와 철강재료인 고합금강 접합시에 가장 크게 문제되는 것은 소재간의 열팽창계수의 차이가 크고 그에 따라 접합부에 열응력이 잔류하여 접합부의 강도가 매우 낮다는 것으로 이를 방지하기 위하여 열응력을 흡수할 수 있는 소재를 이용하여 접합하여 접합부의 열응력을 최소화하고 접합강도를 최대화하기 위해서는 연질의 삽입재가 열응력 흡수층으로서 작용함을 알 수 있었다. 또한 이 열응력 흡수를 위해 연질 포일의 두께를 두껍게 할수록 열응력 흡수 기능은 커지지만 접합부의 강도가 연질 삽입재의 강도 이상으로 될 수 없기 때문에 접합부의 강도 향상을 위해서는 연질 포일의 두께를 제한하여야한다. 따라서 연질 삽입재의 두께는 100마이크로미터 이하로 하여야 최적의 접합 강도가 얻어질 수 있었다. 또한 접합 방법으로는 초경과 고합금강 사이에 연질 포일을 삽입하여 샌드위치 구조로 하여 진공 브레이징하는 경우와 확산접합하는 경우에 대하여 접합강도를 조사한 결과 확산접합하는 경우의 접합강도가 최고 2200 MPa 정도로 굉장히 신뢰성이 높은 접합부를 얻을 수 있었다.

[P23-20]

전자기펄스 접합장치로 제조된 페라이트-마르텐사이트강 접합부 생성 메커니즘 연구: 송준우¹, 박진주², 이민구², 홍순직³; ¹공주대학교 신소재공학부, ²한국원자력연구원 신소재개발실, ³공주대학교 신소재개발실.

Keywords: 전자기펄스 접합장치, 페라이트-마르텐사이트강

원자력 고강도 구조용 금속재료 중 페라이트-마르텐사이트강 (FM강)은 우수한 조사특성으로 인하여 특히, 소듐냉각고속로의 핵연료 피복관 후보재료로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 고상접합법인 전자기필스 접합은 캐패시터 내부에 충전된 전기 에너지를 매우 짧은시간 ($\sim 30 \mu\text{s}$)내에 방전함으로써 생성되는 전자기력을 이용하여 두 금속을 고속으로 충돌시켜 접합시키는 공정으로 접합부에 열 영향부가 없으며 이중 금속간의 접합이 용이한 장점이 있다. 본 연구에서는 전자기필스 공정을 이용하여 제조된 FM강 접합부의 미세조직 및 기계적 특성 변화를 알아보하고자 하였으며, 이를 위해 12%Cr 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 알아보하고자 하였다.

[P24-1]

유기재료 (Cu-22Sn)의 고온변형 특성과 프로세싱 맵: 양준영, 김우진; *홍익대학교 공대 신소재·화공시스템공학부 고온재료실험실*.
Keywords: Cu-22Sn alloy, High Temperature behavior, Processing maps, Microstructures

Cu-22Sn 합금에 대해 783–993K/ 10^{-3} – $10s^{-1}$ 조건에서 고온압축 실험이 수행되었다. 변형초기 yield drop 현상이 일어나며 변형이 진행되는 동안 serrated flow가 관찰되었다. 이러한 현상은 α 상으로만 이루어진 Cu-9Sn합금에서도 발견된 바 있는데, mobile 전위와 고용된 Sn 용질원자들 간 상호작용과 관련이 있다. $\ln$ (strain rate) vs. $\ln$ (flow stress) 커브로부터 측정된 stress exponent 값이 3에 가깝고 serrated flow가 보이므로, solute drag creep이 주 변형메커니즘으로 작용하고 있을 가능성이 높다. 변형 활성화에너지는 185.8 kJ/mole로, 구리의 자기확산 활성화에너지 197 kJ/mole에 가깝다. 프로세싱 맵에 의하면 η (power dissipation efficiency) > 40%으로, 합금은 전 온도 범위와 변형률속도 범위에서 우수한 열간 가공성을 보일 것으로 예상된다. 그러나 낮은 온도 783K에서 $10 s^{-1}$ 의 빠른 변형률속도에서는 unstable flow가 일어날 가능성이 있다.

[P24-2]

Development of Fe-rich Soft Magnetic Metallic Glass Matrix Composite Utilizing Nucleation Seed: 김경준, 박은수; *서울대학교 신소재공동연구소 재료공학부*.

Keywords: Fe-rich metallic glass, α -Fe cluster, nanocrystalline composite, high saturation magnetization, lower coercivity

최근 에너지 위기와 관련하여, 전력 생산 시 변압기에서 발생하는 에너지 손실을 최소화하기 위해 자성 철손 (Core loss, W)의 중요성이 더욱 중시되고 있다. 이러한 산업적 요구에 따라 보자력 (Coercivity, H_c)이 낮은 Fe계 비정질/나노결정질 복합 합금이 개발되었으며, 일반적으로 이러한 복합 합금은 rapid solidification 공정을 통해 완전 비정질 상으로 제조 후 2차 열처리 공정을 통해 BCC α -Fe 나노결정상을 석출시켜 제작할 수 있다. 하지만 초기 비정질 상 형성을 위해서는 자성 원소의 함량을 제한하여야 하기 때문에 제한된 포화 자화 (Saturation Magnetization, B_s)를 가진다는 단점이 발생하므로, 포화 자화와 보자력 간의 경쟁 관계를 극복하기 위한 해결책이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 높은 포화 자화와 낮은 철손을 동시에 달성하기 위해 α -Fe의 핵 생성 시드를 이용한 고 함량 Fe 연자성 복합재 개발법에 대해 제시하고자 한다. 이를 위해 우선 유도 용해 (Induction melting), 아크 용융 (Arc melting) 및 용융 방사 멜트 스피닝 (Melt spinning) 공정을 포함하는 일련의 과정을 통해 고 분율 Fe 기반 비정질 합금을 리본의 형태로 제조하였다. 제조한 합금시스템의 비정질 형성 가능 조성구간 및 열처리 조건에 따른 미세구조변화 거동을 분석하기 위해 X-선 회절(XRD) 실험을 수행하였으며, 동시에 시차 주사 열량계 (DSC)로 유리 천이 온도 (Glass transition temperature, T_g), 결정화 온도 (Crystallization, T_x) 및 과냉 액체 영역 (Super-cooled liquid region, ΔT_x) 등의 열특성을 평가했다. 그리고 진동 시료 자력측정을 통해 초기 상태 및 열처리 상태 시편의 히스테리시스 루프, 포화 자화 및 보자력과 같은 자기 특성을 측정했다. 그 결과, 고 함량의 Fe 조성 설계를 통해 급냉 시 비정질 상 내부에 고 부피 분율의 균일한 α -Fe 나노 핵 생성 시드가 형성되어, 이를 통해 1.5 T 이상의 고포화자화와 15 A/m의 낮은 보자력을 가지는 Fe계 신합금을 개발할 수 있었다. 본 연구는 연자성 소재의 변압기 철손을 최소화 시킬과 동시에 Fe계 연자성 복합 재료의 미세 구조 및 관련 특성을 제어함에 있어 새로운 가이드라인을 제시한다는 의의를 가진다.

[P24-3]

Investigation on Mechanical, Deformation and Fracture Behaviors of Bulk Metallic Glass Composites Reinforced by Spherical B2 Particles: Jeh Hyung Park¹, Jeong Tae Kim², Ki Buem Kim¹, Sung Hwan Hong¹; ¹*Sejong University*. ²*Erich Schmid Institute of Materials Science*.

Keywords: Bulk metallic glass Composite; Mechanical properties; Martensitic transformation; Fracture behavior

Ti₄₅Cu₄₀Ni₇Zr₅Sn_{2.5}Si_{0.5} alloys were prepared under various cooling rate conditions during solidification. The alloys exhibited different volume fractions of the B2 particles with 0 ~ 40 vol.% in an amorphous matrix. The monolithic bulk metallic glass of 1 mm diameter showed no macroscopic plasticity and exhibited the typical vein patterns in a maximum shear stress plane on the fracture surface. However, a bulk metallic glass composite containing the B2 particles revealed obvious plasticity (~5.6 %) with a remarkable work-hardening behavior that resulted from a stress-induced martensitic transformation of the B2 particles. Moreover, the composite displayed the complicated fracture morphologies containing of three types of fracture features. Through detailed investigations on the microstructural evolution, the mechanical, the deformation and the fracture characteristics, the influence of the B2 particle on the overall behavior of the TiCu-based bulk metallic glass composites were elucidated.

[P24-4]

Cr-Mn-Fe-Co-Ni 고엔트로피 합금계의 마르텐사이트 변태 특성 제어: 정홍락, 김상준, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부*.
Keywords: 3-d transition metal, high-entropy alloy, martensite phase, stacking fault energy, martensite transformation characteristics

최근 새로운 합금 설계 방법론을 적용하여 개발된 고엔트로피 합금이 기존 상용합금 대비 우수한 물성을 가짐이 보고되어 차세대

신 합금으로 주목 받고 있다. 특히, 기존 철강과 유사하게 우수한 특성을 나타내는 TRIP (Transformation induced plasticity) 특성을 보이는 합금 및 FCC + HCP DP (Dual phase) 미세구조를 보이는 합금이 보고되어, 이러한 고엔트로피 합금의 마르텐사이트 변태 특성에 대한 이해 및 제어에 관한 연구가 요구되는 상황이다. 특히, 마르텐사이트 대한 연구는 기존 철계 합금에서는 그 중요성으로 인해 다양한 연구가 진행된 반면, 3d 전이금속 (V, Cr, Fe, Co, Ni 등)으로 구성된 고엔트로피 합금에서는 아직 연구가 미비한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 3d 전이금속 (V, Cr, Fe, Co, Ni 등)으로 구성된 고엔트로피 합금에서 적층 결함 에너지 (SFE, stacking fault energy)의 변화에 따른 마르텐사이트 변태 특성을 체계적으로 고찰하고자 하였다. 이를 위해 먼저 Cr-Mn-Fe-Co-Ni 고엔트로피 합금계에 대하여, 구성 원소의 분율과 원소간의 상호작용이 적층 결함 에너지에 미치는 영향을 열역학 데이터베이스 기반 시뮬레이션을 통하여 계산하여 다양한 합금을 설계하였다. 그 이후 설계된 합금을 제조하여 마르텐사이트 변태 온도, 변태 엔탈피 및 엔트로피, 마르텐사이트 상분율 등을 측정하였으며, 이를 통해 적층 결함 에너지 변화와 마르텐사이트 변태 특성 간의 상관관계를 규명하고자 하였다. 본 연구를 통하여 고엔트로피 합금에서 마르텐사이트 상을 복합구조화 하여 활용하는 것 뿐 아니라 그 상변화 특성을 제어하여 적극적으로 활용하는 새로운 연구분야 개척에 초석을 다질 수 있을 것으로 사료된다.

[P24-5]

Effect of Intrinsic Factors on Inhomogeneous to Homogeneous Transition in Metallic Glasses: 김지열¹, 김소연¹, 김진우², 박은수¹; ¹서울대학교 재료공학부 신소재공동연구소 ²Massachusetts Institute of Technology.

Keywords: Nanoscale metallic glass, Homogeneous deformation, Intrinsic property, Deformation mode transition, Deformation map

비정질 금속은 높은 항복 강도, 탄성 한계와 상대적으로 낮은 탄성 계수를 갖는다는 장점을 가져 활발한 연구가 진행되었음에도 불구하고, 응력 하에서 국부적 영역에 변형이 집중되는 불균일 변형거동으로 인한 파괴 특성으로 인해 구조재료로의 활용에 한계를 갖고 있다. 하지만, 비정질 금속은 시편 크기에 따라 소성변형모드 전이가 일어난다는 특징을 나타내는데, 그 크기가 나노스케일에 이를 경우에 벌크 시편에서는 불균일 소성변형이 일어나는 응력, 온도 조건 하에서도, 균일 소성변형이 일어난다는 특징을 갖는다. 한편, 최근 비정질 합금의 변형 기구에 대한 근본적인 메커니즘을 이해하고자 나노스케일 변형기구 영역도를 활용하여 재료의 기계적 성질과 나노스케일에서의 변형 거동에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 비정질 금속의 소성변형모드 전이 현상을 나노스케일 변형기구 영역도를 통하여 체계적으로 고찰하고자 하였다. 특히, 비정질 합금의 주요한 내재적 특성들과 나노스케일 비정질 금속의 변형 모드 전이 사이의 상관관계를 규명하고자 하여, 푸아송 비, 취도(fragility)와 같은 내재적 특성이 서로 다른 합금계에 대하여 변형기구 영역도를 작도하였다. 결과적으로, 강한 유리 형성 물질 (strong glass former) 이 약한 유리 형성 물질 (fragile glass former) 보다 상대적으로 큰 시편에서 소성변형모드 전이가 시작됨을 알 수 있었고, 이를 통해 강한 (strong) 비정질 이 나노스케일에서 균일 변형 거동으로의 전이가 용이한 조건임을 확인할 수 있었다. 본 연구는 벌크 시편에서의 실험 결과를 바탕으로 변형기구 영역도를 작도함을 통하여 나노스케일 거동을 예측하였다는 의미를 지니며, 나노스케일 비정질 금속의 상온 균일 변형을 확대 적용하여 복합재의 형태로 벌크 시편까지도 연신을 부여하는 방안에 관하여 실효성있는 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

[P24-6]

Abnormal Mechanical Response of HPTed Ti-Zr-Ni Quasicrystal: 유근희¹, 이제인², K. Tsuchiya², 박은수¹; ¹서울대학교 ²National Institute for Materials Science.

Keywords: Quasicrystal, Structural tuning, Severe plastic deformation, Nanoindentation, Mechanical response

It has been reported that quasicrystals possess various promising properties such as high hardness, good wear-resistance and high hydrogen storage ability. In particular, the absence of translational symmetry in quasicrystal causes unique deformation mechanisms such as lack of strain hardening, absence of dynamic strain aging. However, deformation mechanism of quasicrystal at room temperature is still unclarified clearly, and no plasticity of bulk scaled quasicrystal is reported. In the present study, we firstly report abnormal mechanical response and unique plasticity of HPTed Ti-Zr-Ni quasicrystal. For the systematic analysis, we controlled the degree of deformation by changing number of rotation turns (0, 5, 20, 50 turns). After then, we investigated the structural change of deformed quasicrystal samples through XRD analysis and measured their mechanical properties by macro-indentation and nano-indentation. Deformed quasicrystal shows decrement of hardness and also serrations are vanished in nanoindentation results. These results could attribute to a better understanding of the room temperature deformation mechanism of quasicrystal and give a clue to overcome extreme brittleness of quasicrystal

[P24-7]

Δεπελοπμεντ οφ Νεω Χολορ Ματεριαλιζατιον ιν Μεταλλικη Ματεριαλσ Βασεδ ον τηε εολυμε Φραχτιον οφ Χολορινγ Ιντερμεταλλικ Χομπουνδ: Jeong Yeonbeom¹, Kim Jeong Tae², Lee Hoo Dam³, Hong Sung Hwan¹, Choi Si Yeon¹, Park Hae Jin¹, Kim Young Seok¹, Mun Sang Chul¹, Lim Ki Seong¹, Ki Buem Kim^{1*}; ¹Sejong University. ²Erich Schmid Institute of Materials Science. ³Hyundai Motors Company.

Keywords: Color variation, Optical properties, Color alloy, Mechanical properties, Volume fraction

Now we live in 21th centuries with the latest flood of technology. Although the development of the material has been made in accordance with the development of the technology, the technique of coloring on the material has been stopped. Except for materials with some inherent colors, most materials have so far implemented color through direct surface control. In the case of metallic materials,

more than 90% of the metal materials are formed by using an anodizing process to form an oxide layer on the surface, and dye is injected to realize color. When the color is implemented in this way, various colors can be implemented, but the composition capable of anodizing is limited and the color durability is also weak. In recent years, studies have been actively conducted to realize the color of the metal itself in order to overcome these limitations. Fortunately, previous research demonstrated that some kinds of intermetallic compounds can have their original color because of their pseudogap energy and their number of valence electrons. However, they have not been used for coloring materials by themselves because of their highly brittle and poor formability. Therefore, some ideal mixture of coloring intermetallic compound and matrix can be another possible method to materialize the color of metallic materials. In this study, we choose ideal alloy design for developing the volume fraction induced the color variation in metallic materials. The colored intermetallic compounds used in this alloy systems are obtained by first principle calculation method. Based on the thermo-cal calculation, we can develop that the alloy is only consisting of colored intermetallic compound and matrix.

[P24-8]

Ti-Ni-Fe 형상기억합금의 R상변태 거동에 미치는 Fe첨가의 효과: 김진윤¹, 김재일², 마봉진³; ¹동아대학교 금속공학과, ²동아대학교 신소재공학과, ³주) 현대테크

Keywords: Ti-Ni-Fe, shape memory alloy, R-phase, martensite, annealing, thermal cycle

Ti-Ni기 2원계 합금에서는 B2phase, B19'phase 및 R-phase가 존재하며 이 상들 간에는 B2 $\leftrightarrow$ R, R $\leftrightarrow$ B19 및 B2-B19'의 세 가지 변태가 일어난다. 이 세 가지 변태 모두 마르텐사이트 변태이며 형상기억 특성을 발현시킨다. B2 $\leftrightarrow$ R상 변태는 전위, Ti Ni 석출물 및 제 3원소 첨가로 인해 나타난다. R상변태가 출현하며 B2 $\leftrightarrow$ R $\leftrightarrow$ B19'의 2단계 변태과정을 거치게 된다. B2 $\leftrightarrow$ R상 변태의 작은 격자 변형 때문에 작은 변태 변형률과 작은 온도 히스테리시스를 가지므로 반복적인 변태에서도 미세조직의 구조적인 결함은 작다. 이러한 B2 $\leftrightarrow$ R변태의 응용을 위해서는 R상 변태온도의 제어가 중요하다. Ti-Ni기 2원계 합금에 Fe, Al등의 제3원소 첨가는 R상 변태를 도입하는 효과적인 방법이다. 또한 Fe첨가는 R $\leftrightarrow$ B19' 마르텐사이트 변태온도를 감소시키고 R상을 안정화시키는 효과가 있다고 알려져 있다. 이러한 특성은 액추에이터 및 센서 같은 많은 어플리케이션에 적용하기 위해서는 중요하다. 하지만 Fe첨가에 따른 R상 변태온도 변화는 체계적으로 보고되지 않고 있다. 그러므로 Ti-Ni기 2원계 합금에 Fe의 첨가에 따른 R상 변태거동에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Ti-Ni-Fe 합금의 형상기억특성에 미치는 Fe 첨가의 영향을 조사하기 위하여 Ti-Ni-Fe 합금의 변태거동변화를 DSC측정을 수행하였다. 또한 반복적인 변태에 의한 R상 변태거동의 변화를 조사하기 위하여 열사이클 테스트를 수행하였고 형상기억특성은 인장 시험기를 이용하여 측정하였다.

[P24-9]

Isothermal Oxidation Tests of B Modified Si Pack Cementation Coating on Mo-Based Mo-Si-B Alloy at 1400°C

Atmosphere: 김선진¹, 최광수¹, 백경호², 김영무³, 박준식^{1*}; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소

Keywords: Si/B pack cementation, MoSi2+MoB layer, Oxidation tests

Mo-3Si-1B (wt%) 초내열 합금의 낮은 내산화 특성을 개선하기 위하여 Si/B pack cementation 코팅을 진행하였다. Si/B pack cementation 코팅은 900~1100 °C의 온도 범위에서 다양한 조건을 실험하여 MoSi2 + MoB 코팅층을 형성하였다. MoB층은 산화 과정에서 외부 MoSi2층의 Si 내부 확산을 지연시키는 역할을 한다. 특히, 1100 °C 온도에서 MoB 층의 두께 성장에 집중하여 성장 거동을 분석하였으며, MoSi2 + MoB 코팅층의 1400 °C 산화 테스트에서 MoB 코팅층 두께에 따른 내산화성을 비교하였고, 이에 따른 산화거동을 미세구조와 상 분석 관점에서 분석하였다.

[P24-10]

Comparison of Oxidation Behaviors and Resistances of Si/Al and Si Pack Cementation Coating on Mo-3Si-1B: 김선진¹, 최광수¹, 정지현¹, 백경호², 김영무³, 박준식^{1*}; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소

Keywords: Mo-Si-B Alloys, Pack cementation, Oxidation tests, Oxidation behavior

Mo기지 Mo-Si-B 합금은 높은 용점과 고온에서 높은 기계적 성질로 차세대 초내열재료로 많은 관심을 받고 있다. 하지만, Mo 고유의 낮은 산화저항성으로 표면 코팅을 통한 내산화성의 증가가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 Mo-3Si-1B (wt%) 합금에 Si, Al, Al₂O₃, NaF 파우더를 이용한 Si/Al Pack cementation 코팅을 통해 Mo(Si, Al)₂ 코팅층을 형성하였다. 생성된 코팅층의 미세구조와 상변화는 SEM BES, EDS, XRD로 분석 하였다. 이와 동시에 Mo(Si, Al)₂ 코팅층의 산화테스트를 진행하고, 단일 Si 코팅을 통한 MoSi₂ 코팅층과의 내산화성을 비교하였다. 또한, Si/Al 코팅의 산화 거동 분석을 미세구조와 상 분석 관점에서 진행 하였다.

[P24-11]

Development of UAl_x-Al Dispersion Targets for Mo-99 Production: 박성찬, Ki Nam Kim, Hwa Young Song, Sunghwan Kim, Kyu Hong Lee, Yong Jin Jeong, Jong Man Park; Korea Atomic Energy Research Institute.

Keywords: Dispersion target, Mo-99, Uranium Aluminide, Thermal treatment

Uranium aluminide-aluminum (UAl_x-Al) dispersion targets have been proposed to produce the Mo-99 radioisotope as a fission production of U-235 in research reactors. Until now, the UAl_x-Al dispersion targets were successfully fabricated using the typical picture-frame technique of fuel assembly and rolling method, and the results have already been reported by the Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI). For the successful Mo-99 production, however, it is essential to

convert the metallic uranium and UAl_2 into higher aluminides (UAl_3 and UAl_4) because metallic uranium and UAl_2 do not dissolve in alkaline solutions. Thus, KAERI has been developing the conversion process, which is compatible with the alkaline dissolution by the thermal treatment. In this study, UAl_3 -Al dispersion targets were heat treated in various different annealing time and temperature, and were characterized through SEM, EDX, and XRD. As a result, it was used to obtain an optimized thermal treatment for transformation of UAl_3 and UAl_4 .

[P24-12]

$Cu_{100-x}(AlNi)_x$ 합금에서 청색 AlNi 석출 제어에 따른 기계적 물성 및 색 변화 상관성 고찰: 최시연, 정연범, 문상철, 박혜진, 김영석, 강걸찬, 김태경, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학과*

Keywords: Color metal, Alloy design, CIE $L^*a^*b^*$ color space, Intermetallic compound

기존 금속 재료의 경우 금, 은, 구리를 제외한 원소들로부터 색상을 기대하기는 힘들었다. 이러한 이유로 양극 산화법이나 나노 패터닝과 같은 직접적인 표면제어를 이용하여 금속의 색을 구현하고 있다. 이와 같은 방법으로 색상을 구현할 경우, 표면이 취약하여 외부로부터 가해지는 물리적, 화학적 반응에 의해 색 구현층이 쉽게 변형되는 문제가 발생하고 이는 색 내구도를 저하시키는 단점으로 이어진다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해, 합금 설계법만을 이용하여 영구적인 색 내구도를 지니는 합금 개발 연구가 각광받고 있다. 이와 같은 유색 합금의 경우, 첨가 원소를 통해 전이 에너지를 조절하거나 특정한 색을 갖는 금속간 화합물을 석출 제어를 통해 색상을 제어하고 있다. 합금의 전이 에너지 조절을 통해 색상을 제어할 경우, 고용체 상의 전이 에너지의 변화에 따라 색상을 구현할 수 있으나 고용체를 필요로 하여 고용한계점이 발생한다. 이로 인해 조성이 제한되어 물성 향상과 색의 제어 가능 범위가 한정되는 단점이 있다. 최근에는 이를 보완하기 위해, 색상을 지니는 금속간 화합물을 석출 제어를 통해 합금의 전체적인 색상을 제어하는 방법이 연구 중에 있다. 이와 같이 색을 지니는 금속간 화합물의 석출을 제어할 경우, 색상 제어가 용이하고 기계적 물성 역시 향상 될 것으로 기대 된다. 본 연구에서는 청색 색상을 갖는 금속간 화합물 AlNi의 석출 제어를 통해 폭 넓은 색상 제어와 기계적 물성을 향상 시키는 것을 목표로 한다. 색의 변화를 용이하게 측정하기 위해 적색의 구리 기지 위에 청색을 갖는 AlNi상의 분율 제어를 이용하였고, 이에 따른 합금의 색상과 기계적 물성의 변화를 분석하고자 하였다. 조성에 따른 합금의 색 차이를 나타내기 위해 CIE $L^*a^*b^*$ 색 공간을 이용해 표현하고자 한다. 결정구조 분석 및 상 분율, 미세조직 변화는 X선 회절 분석기, 주사 전자 현미경과 EDX를 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 연관성 및 최적화 조건을 확인하고자 한다.

[P24-13]

Ti-Zr계 형상기억합금 분말 제조와 소결체의 기계적특성: 장재원, 김연옥, 손진혁, 김연지; *계명대학교*

Keywords:

신 금속재료중 하나인 형상기억합금은 형상기억효과와 초탄성효과를 이용하여 액추에이터, 온도센서, 의료용 재료 등 폭넓은 분야에 응용되고 있다. 최근 다공성 금속재료를 생체재료에 일부 적용하여 연구되고 있다. 다공성 금속 생체재료는 기존의 비다공성 금속재료보다 임플란트 재료로 우수한 이유가 두 가지가 있다. 첫 째, 개방된 다공성은 뼈와 임플란트 재료 사이에서 뼈세포가 성장하여 안착할 수 있고 임플란트 재료의 고정을 더 향상시킨다. 둘째, 다공성에 따라서 골 흡수가 좋아지고 뼈와 임플란트 재료의 탄성계수 불일치로 응력차폐효과가 생겨 임플란트 재료가 생체재료에서 이탈하는 것을 줄여준다. Ti-Ni계 합금보다 인체에 무해하기 때문에 생체에 더 적합한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 gas atomization 분말 제조 장치를 이용하여 Ti-Zr계 형상기억합금 분말을 제조하고 이 분말을 다공성 생체재료로 성형했다. gas atomization 법으로 Ti-Zr-Nb-Sn(Ti50-Zr40-Nb8-Sn2 at%)의 분말을 준비하여, 분말을 크기별로 분류하여 위하여 50~200 μ m 크기의 분말을 sieve 하여 분류한 후 이용하였다. 분말의 크기별로 다공성 소결체(기공률 30%, 40%)를 제작하여 다음과 같은 3가지 결과를 얻었다. 첫째, SEM(Scanning Electron Microscope)를 이용해 다공성 소결체의 표면을 관찰하여 확산소결이 된 것을 확인했다. 둘째, XRD(X-ray Diffraction)을 이용하여 결정구조를 분석했다. 셋째, 압축시험을 통해서 기계적특성을 분석하여 탄성계수가 사람의 뼈와 유사한 값을 갖는 것을 나타냈다.

[P24-14]

Growth Kinetic and Oxidation Behavior of Coating Layer of Si Pack Cementation Coated on Nb-Si Based Alloy: 앞원철¹, 최광수¹, 백경호², 김영무³, 박준식^{1*}; ¹한밭대학교 신소재공학과, ²충남대학교 신소재공학과, ³국방과학연구소

Keywords: Si pack cementation, Silicide coating, oxidation resistance, oxidation behavior

Nb기지의 합금은 고온에서의 우수한 기계적 물성을 가지는 반면 낮은 내산화성으로 고온에서 사용하지 못한다는 단점이 있다. 따라서, 표면 코팅을 통해 합금의 내산화성을 향상 시키는 연구가 병행되어야 한다. 본 연구에서는 Nb-Si계 합금의 내산화성을 향상시키기 위해 Si pack cementation 코팅을 수행하였다. Si pack cementation 코팅은 900~1100°C 6~48 h의 다양한 조건에서 진행하였고 표면에 NbSi₂의 코팅층을 형성하였다. 또한, 팩 내 코팅원과 활성제의 분율을 변화시키면서 silicide 코팅층의 성장에 미치는 영향을 분석하였다. 이러한 실험을 통하여, 코팅층의 두께를 예상할 수 있는 이론적 방정식을 정의하고, 이를 실제 실험데이터와 비교하여 이론적 방정식 모델의 타당성을 입증하였다. 이와 동시에 NbSi₂ 코팅층을 산화테스트 하여 산화거동을 이해하고 내산화성의 향상을 나타내었다.

[P25-1]

Effect of The Addition of N₂ on The Structural and Mechanical Properties of TiZrHfNiCuCo High Entropy Alloy Films: Young Seok Kim¹, Hae Jin Park¹, Sang Chul Mun¹, Ki Seong Lim¹, Sung Hwan Hong¹, Gian Song², Ku Buem Kim^{1*}; ¹Sejong University, ²Kongju National Univertisy.

Keywords: high entropy alloy, nitride, films, sputtering

In recent years, high-entropy alloys (HEAs) which consist of five or more principal elements having an equi-atomic percentage were reported by Yeh. The main features of novel HEAs reveal thermodynamically stable, high strength, corrosion resistance and wear resistance by four characteristic features called high entropy, sluggish diffusion, several-lattice distortion and cocktail effect. It can be possible to significantly extend the field of application such as cutting tool for difficult-to-machine materials in extreme conditions. Base on this understanding, surface coatings using HEAs have been developed with considerable interest due to their useful properties such as high hardness and phase transformation stability of high temperature. In this paper, we present a systematic investigation regarding the microstructure and mechanical properties of novel TiZrHfNiCuCo high entropy alloy (HEA) thin films deposited by controlling the magnetron sputtering parameters, such as sputtering power, time and N₂ reactive flow gas.. The influence of sputtering parameters, such as sputtering power, time, and N₂ reactive gas, on the microstructure and mechanical properties (hardness and elastic modulus) of the HEA metallic and nitride films were systematically investigated using SEM, XRD, TEM, and nanoindenter. The SEM observation on the films reveals that the sputtering power of 300 W is required to obtain the favorable HEA nitride/metallic films with improved deposition rate and nearly-equi-molar ratio of the constitutive elements. The comparison of the deposition rate between the HEA nitride and metallic films reveals that the target poisoning effect leads to a reduction of the deposition rate of the HEA nitride film. From the XRD and TEM analyses, it was found that the structure of the HEA metallic film is identified as an amorphous phase, while the addition of N₂ reactive gas gives rise to the formation of a FCC-type nanocrystalline phase in the HEA nitride films. Nano-scale pores and stripes are formed along the growth direction of the films, which is related to a decrease of the film density. The nanoindentation experiments reveal that the TiZrHfNiCuCo HEA nitride film has greater hardness and elastic modulus, as compared to those of the TiZrHfNiCuCo HEA metallic film.

[P25-2]

전자 조사 하에서 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금 내 결함의 동역학에 대한 연구: 김진연¹, 유승조², 장혜정³, 박은수¹; ¹서울대학교 신소재공동연구소, ²한국기초과학지원연구원 바이오융합분석본부, ³한국과학기술연구원 특성분석센터.

Keywords: 하이엔트로피 합금, 전자 조사, 초고전압 투과전자현미경, 결함, 동역학

하이엔트로피 합금은 유사한 비율로 다원소가 합금화됨에도 단일 고용체를 형성하며 심한 격자 변형과 느린 확산 속도를 가지는 것을 특징으로 한다. 이러한 하이엔트로피 합금의 우수한 조사 저항성은 캐스캐이드 내에서 Frenkel pair의 재결합 증가와 결함들의 짧은 길이 단위를 갖는 3차원적 이동에 의해 나타난다고 알려져 있으나, 관련 연구들이 비교적 간단한 이성분계 시스템에 한정되어 계산을 통해 진행된 한계로 인해 여전히 하이엔트로피 합금의 우수한 조사 저항성에 관해 분명하게 이해하기 어렵다. 합금의 조사 저항성은 재료 내에 형성된 결함의 거동과 직접적인 연관성이 있으므로 실시간 미세구조 분석을 통한 결함의 동역학을 연구하는 것은 매우 중요하다. 이러한 사실에 기초하여 본 연구에서는 CrFeCoNi-rich 상인 하이엔트로피 고용체 (dendrite) 영역과 Cu-rich (interdendrite) 영역으로 이루어져 있는 CrFeCoNiCu 하이엔트로피 합금에서 전자 조사시 결함들의 생성과 소멸에 관한 동역학을 체계적으로 관찰하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 Arc melting과 suction casting을 이용하여 주조한 판상 시편을 dual beam FIB-EBSD를 이용하여 정대축을 갖는 TEM 시편을 제조하였다. 이와 같이 제조된 시편의 조사 전 미세구조는 투과전자현미경 (FEI; Titan S @ 300 kV, Tecnai F20 @ 200 kV)으로 관찰되었으며 전자빔 조사 실험은 한국기초과학지원연구원(KBSI)에 있는 1.25 MeV 초고전압투과전자현미경을 이용하여 각각 상온과 400°C에서 수행하였다. 이에 대한 결과로서, 하이엔트로피 고용체 영역에서는 dislocation loop가 형성되었으며 Cu-rich 영역에는 stacking fault tetrahedral (SFT)가 관찰되었다. 특히, 전자 조사시 형성되는 점 결함들과 결함들의 상호작용으로 인하여 결함의 형성 및 소멸이 반복적으로 나타나며 Cu-rich 상 내의 SFT보다 하이엔트로피 고용체 영역 내의 dislocation loop가 더 길게 유지되는 것을 알 수 있었다. 또한, 400°C에서 전자 조사를 수행하였을 때 Cu-rich 상 내 SFT에 비해 하이엔트로피 고용체 영역 내 dislocation loop는 분포나 크기 등이 거의 변하지 않은 것을 관찰하였다. 이러한 결과는 조사 하에서 하이엔트로피 고용체 상 내 dislocation loop가 더 안정한 것을 의미하며 결과적으로 하이엔트로피 합금의 우수한 조사 저항성을 의미한다. 본 연구를 통하여 신소재인 하이엔트로피 합금의 극한 환경에서 결함 발생의 동역학을 체계적으로 이해함으로써, 관련 소재의 신뢰성 및 수명 향상 방안에 관한 구체화된 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[P25-3]

고엔트로피합금과 철계 중엔트로피합금 그리고 철계 저엔트로피 합금의 성분 변화에 따른 Hall-Petch관계 및 항복강도/고용강화 원인

규명: Ondicho Ibrahim Onsomu¹, Maya Putri Agustianingrum¹, 이승준², 박노근¹; ¹영남대학교공과대학신소재공학부, ²Joining and Welding Research Institute.

Keywords: 고엔트로피 합금, 중엔트로피 합금, 저엔트로피 합금, 면심입방구조, 고용강화

최근 고엔트로피 합금 중 FCC 단상을 갖는 합금에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 엔트로피 변화 뿐만 아니라 매우 다양한 합금 조성의 조합에 따른 연구가 특정 방향성을 갖기 시작하였다. 본 발표에서는 CoCrFeMnNi로 유명한 Cantor 합금 뿐만 아니라, 철의 양을 변화시켜 생산비용절감을 위해 다양한 성분계를 갖는 단상 FCC 구조를 갖는 합금들의 합금 성분 변화에 따른 Hall-Petch 관계, 적층결함에너지 변화, 그로 인한 고용강화/항복강도 변화에 대해 토의하고자 한다. 또한 각 원소의 기본 물성을 바탕으로 새로운 합금 설계를 위한 방향성을 제시하고자 한다. 또한 기존의 Cantor 합금에 Fe의 양을 증가시킴으로써 갖는 비용 절감 효과 대비 강도 변화 등에 대해서 토의하고자 한다.

[P25-4]

높은 성형성을 위한 BCC-Dual phase 고엔트로피 합금 연구: 권현준¹, 임가람², 원종우², 이광석², 나영상², 이승훈¹; ¹경북대학교 ²한국기계연구원 부설 재료연구소

Keywords: AlCoCrFeNi alloy, BCC Dual-phase, 상변태, 미세조직, 열간압연

고엔트로피합금은 극한 환경용 소재로서 가능성을 인정받고 있으며 국내외의 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 통상적인 열간압연 공정을 통한 고엔트로피합금의 응용 가능성을 제시하고 이에 열간압연 조건 및 고강도화를 위한 미세조직과 물성 상관 관계에 대한 연구 결과를 발표하고자 한다. 특히 본 연구에서는 BCC 구조를 갖고 고엔트로피합금으로서 (A2+B2) 2상으로 구성된 dual phase 고엔트로피합금에 대한 연구 결과를 주로 다루고자 한다. BCC 계열 고엔트로피합금은 중고온 영역에서 우수한 기계적 특성을 갖고 있으며, 비교적 많은 양의 Al이 포함되기 때문에 우수한 비강도 특성을 구현할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 반면에 BCC 구조, 특히 ordered BCC 구조인 B2 상이 존재하기 때문에 합금의 연성 또는 인성이 극히 취약한 문제가 있다. 본 연구에서는 dual phase의 석출물 및 기지상의 제어를 통해 합금의 성형성을 개선하고자 하였다.

[P25-5]

Effects of TWinning-Induced Plasticity (TWIP) on Fracture Toughness of VCrFeCoNi Medium-Entropy Alloy: 양준하¹, 조용희¹, 김동근¹, 이관호², 성효경², 김형섭¹, 이병주¹, 이성학¹; ¹포항공과대학교 신소재공학부, ²경상대학교

Keywords: Medium-entropy alloy; TWIP; Fracture toughness; Computational thermodynamic calculation; Cryogenic temperature

본 연구팀은 TWIP 메커니즘을 이용한 새로운 non-equiatomic medium-entropy alloy (MEA)를 개발했다. 변형 전 조직에서 FCC 단상을 가지며, 상온 인장 후에는 쌍정이 거의 형성되지 않지만 극저온 인장 후에는 다량의 변형 쌍정이 관찰되었다. 극저온 인장 시 형성되는 쌍정으로 인해 상온보다 높은 가공 경화율을 보이며, 강도 및 연신율이 모두 향상되었다. 이 합금으로 상온(25°C) 및 극저온(-196°C)에서 파괴인성 시험을 진행하였으며, 시험 온도가 낮아짐에 따라 극저온 파괴인성이 향상되었다 ($J_{IC} = 233 \rightarrow 248 \text{ kJ/m}^2$). 상온 및 극저온 파면 분석 결과 모두 연성 파면을 보이며, 합금 내부의 V-Cr Oxide가 파괴 개시점으로 작용하였다. 우리의 발견은 기존에 보고된 CrMnFeCoNi equiatomic HEA나 CrCoNi equiatomic MEA 뿐만 아니라 non-equiatomic MEA의 경우에도 상온 및 극저온에서 우수한 파괴인성을 가진다는 것을 보여준다.

[P25-6]

분말 공정으로 제조된 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금의 밀링 시간에 따른 기계적 물성 변화: 이한성, 오민철, 안병민; ¹아주대학교

Keywords: AlCoCrFeNiTi, High entropy alloy, Powder metallurgy, Mechanical alloying, Milling time, Spark plasma sintering

고엔트로피 합금은 5개 이상의 주요 원소가 비슷한 비율로 첨가되는 반면, 각각의 원소와 상이한 특성을 가지는 새로운 개념의 합금이다. 기존의 합금과는 다르게 하나의 주요원소에 소량의 첨가원소가 고용된 것이 아니라, 모든 원소들이 주요원소로 작용하며, 각 원소들의 특성과 상이한 특성을 나타내는 고엔트로피 합금은 매우 높은 기계적 물성을 가지는 재료로써 극한 물성이 요구되는 다양한 산업분야에 적용할 수 있는 새로운 형태의 합금이다. 고엔트로피 합금은 주조 공정을 통해 제조되어 왔으나, 편석 및 수지상 구조, 수축결함과 같은 일반적인 주조공정에서 나타날 수 있는 결함들이 발생할 확률이 높아, 현재 주조 공정의 단점을 개선할 수 있는 분말야금 공정을 통한 고엔트로피 합금 제조 연구가 활발히 이루어지고 있다. 분말야금 공정을 통한 고엔트로피 합금의 제조 시, 고에너지밀링과 같은 기계적 합금화 공정이 수반되며, 이를 통해 더욱 완성도 높은 고엔트로피 합금을 제조할 수 있다. 본 연구에서는 AlCoCrFeNiTi 고엔트로피 합금 제조에 고에너지 밀링 공정을 0, 5, 10, 15, 30, 45 시간 시행하여 기계적 합금화를 유도 하였고, 이에 따른 격자 및 합금화 거동을 확인하기 위해 XRD 분석을 실시하였다. 고에너지 밀링 공정으로 제조된 고엔트로피 합금 분말의 치밀화를 위해 방전 플라즈마 소결 공정을 이용하였으며, 치밀화 후 기계적 물성을 관찰하기 위해 경도 측정 및 압축시험을 시행하였다. 기계적 물성과 미세구조와의 상관관계를 확인하기 위해 SEM-EDS 분석을 실시하였다.

[P25-7]

Cr-Mn-Fe-Co-Ni 합금계의 성형 한계도 작도: 예정원, 윤국노, 김상준, 오현석, 박은수; ¹서울대학교

Keywords: high entropy alloy, stacking fault energy, deformation mechanism, formability, forming limit diagram

다수의 주요원소가 유사한 비율로 포함된 하이엔트로피 합금은 격자 비틀림 효과와 그에 따른 solid solution strengthening효과로 인해 기존의 상용합금 대비 높은 강도와 연신을 포함하여 우수한 기계적 물성을 갖기 때문에 차세대 신합금으로 상당한 주목을 받고 있다. 이처럼 하이엔트로피 합금이 그 우수한 특성으로 인해 다양한 산업적 활용이 모색되고 있음에도 불구하고 산업부문 주요

소재로 사용되기 위해 필수요소 기술 중 하나인 성형능 평가에 관한 연구는 아직까지 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 변형 메커니즘을 갖는 하이엔트로피 합금을 제조하여 기계적 특성 평가 및 성형능 변화를 체계적으로 규명하고자 하였다. 이를 위해 열역학적 계산을 통해 적층결함에너지를 제어하여 Slip, Twin induced plasticity(TWIP), Transformation induced plasticity (TRIP) 그리고 Dual Phase와 같이 서로 다른 변형 메커니즘을 갖는 하이엔트로피 합금을 우선적으로 제조하였고, 각 조성의 성형능을 상호 비교 평가하기 위해 시편에 그리드 패턴을 그린 후 패턴의 변형 전후 길이 변화를 분석함을 통해 각 minor strain에 대해 네킹 또는 파괴가 일어나지 않는 최대 major strain을 도출하여 성형한계도(Forming limit diagram: FLD)를 작도하였다. 본 연구를 통해 향후 하이엔트로피 합금이 산업부분 주요 소재로 발돋움하는데 중요한 요소기술인 성형능을 변인통제를 통해 맞춤형으로 제어 방안에 관한 가이드라인을 효과적으로 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

[P25-8]

CoCrFeMnNi계 고엔트로피 합금의 적층결함에너지 변화에 따른 상온 및 고온 인장거동: 조민구¹, 서진유², 정우상², 한홍남¹; ¹서울대 학교, ²한국과학기술연구원.

Keywords: High-entropy alloy, Stacking fault energy, Tensile properties

오스테나이트계 스테인리스강이나 니켈계 초합금과 같은 면심입방정 금속에서 적층결함에너지는 변형거동을 결정하는 중요한 인자 중 하나이며 이는 면심입방정 구조를 갖는 고엔트로피 합금에도 적용될 것으로 예상할 수 있다. 면심입방정 고엔트로피 합금 중에서 가장 많은 연구가 이루어진 CoCrFeMnNi 합금은 오스테나이트계 스테인리스 강재와 비슷한 수준의 적층결함에너지를 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 CoCrFeMnNi 5원계 고엔트로피 합금과 Cr의 함량을 증가시키고 Ni함량을 감소하여 5원계 합금의 적층결함에너지를 많이 감소시킨 합금, Co20Cr26Fe20Mn20Ni14에 대해 상온과 고온에서의 인장거동을 비교하고 두 합금에 대해 인장 전후의 미세조직을 비교하여 면심입방정 고엔트로피 합금의 적층결함에너지가 상온과 고온에서의 변형거동에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

[P25-9]

Processing of Non-Equiatom Light weight AlZnCuFeSi High Entropy Alloy by Powder Metallurgy: ASHUTOSH SHARMA, Minseok Oh, Kwanil Kim, Byungmin Ahn; Ajou University.

Keywords: High entropy alloy, Spark plasma sintering, Lightweight, Cantor, Microscopy.

High-entropy alloys (HEA) are of great research interest in materials research nowadays. Unlike traditional alloys containing mostly one or rarely two major components, HEAs are composed of multiple principal elements over a varying range of compositions as compared to traditional alloys. In addition, HEAs have an attractive set of properties, such as excellent specific strength, superior high temperature mechanical and tribological performance. In view of their significant structural and multifunctional capability due to their design strategy, HEAs are promising for novel industrial applications, thus requiring further studies. In this study, a new HEA alloy system with non-equiatom compositions based on the lightweight AlZnCuFeSi alloy has been designed. The alloy was synthesized by an advanced powder metallurgy technique using high energy ball milling (HEBM) for 25 hours. Further, the milled alloy powder was consolidated and densified by spark plasma sintering (SPS). The evolution of microstructure of powders was analyzed by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) combined with energy dispersive spectroscopy (EDS). The microstructural features are also evaluated by electron back scattered (EBSD), and transmission electron microscopy (TEM) techniques. The synthesis resulted in an ultrafine-grained AlZnCuFeSi material with a crystallite size under submicron level. The possibility and limitations of this alloy for structural and joining applications have also been evaluated.

[P25-10]

경량 TWIP 고엔트로피 합금 개발: 김민석, 윤국노, 오현석, 박은수; 서울대학교 재료공학부.

Keywords: strength-ductility trade off, weight reduction, high entropy alloy, stacking fault energy, TWIP

최근 전세계적으로 환경 문제가 심각해짐에 따라 합금의 경량화 이슈 또한 구조 소재의 가장 중요한 당면 과제로 떠오르고 있으며, 이에 따라 높은 강도와 연신율을 가지는 경량 신 합금을 개발하는 것이 요구되고 있다. 그러나, TWIP / TRIP 거동을 갖는 합금을 제외하고는 강도가 증가함에 따라 연신율이 감소하는 trade-off 현상이 일반적으로 발생한다. 따라서 본 연구에서는 강도-연신 trade-off 현상을 극복하기 위해 적층결함에너지 (Stacking fault energy, SFE)의 제어와 Al첨가 제어를 통하여 경량 TWIP 고엔트로피 합금을 개발하고자 하였다. 일반적으로 SFE의 감소에 따라서 고엔트로피 합금의 변형 기구는 slip에서부터 TWIP, TRIP으로 변형하며, 그 미세구조는 FCC+HCP인 Dual phase로 변한다고 알려져 있다. 따라서, 열역학 데이터베이스 기반 시뮬레이션을 통하여 적층결함에너지를 낮게 제어하여 Dual Phase 고엔트로피 합금을 설계하였다. 여기에 경량화 원소로써 적층결함 에너지를 높일 수 있다고 알려진 Aluminum을 첨가하여 전체 합금의 SFE를 TWIP영역으로 가져오는 동시에 효과적인 경량화를 달성하고자 하였다. 결과로써, 본 연구를 통해 개발한 경량 TWIP고엔트로피 합금은 상온 및 극저온의 온도에서 높은 강도와 연신율을 동시에 가지는 것으로 확인하였다. 본 연구에서 제안한 경량 TWIP구현 합금설계는 고엔트로피 합금뿐만 아니라 3주기 원소 기반의 다양한 경량 콤플렉스 합금 설계에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

[P25-11]

선변형이 고 엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)의 고주기 피로 거동에 미치는 영향: 이경태¹, 원종우¹, 강민주², 임가람¹, 최윤석³, 나영상¹

; ¹한국 기계연구원 부설 재료연구소 ²존스 홉킨스 대학교 ³부산대학교

Keywords: High entropy alloy, Fatigue, Pre-strain, Microstructure, Twinning

고 엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)은 높은 엔트로피 구성에 의해 비슷한 원소 분율과 4가지 이상의 서로 다른 원소로 구성되어 있는 고용체이다. 이러한 고 엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)은 우수한 기계적 특징들을 가지고 있기 때문에 학계와 산업체로부터 많은 관심을 받고 있다. 이 연구에서 우리는 동일한 원소 분율로 이루어진 고 엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)에서 선변형이 고주기 피로에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 특히, 변형 미세조직 변화에 따른 피로균열 형성 및 성장 거동을 알아보기 위해 두가지의 온도 조건에서(293 K and 77 K)에서 선변형을 실시하였다. 선변형을 부여하지 않은 조건과 비교하여 선변형을 부여한 조건에서 피로 저항성이 향상되었다. 하지만 향상된 정도는 변형 미세조직 특성에 따라 달랐다. 원인을 규명하기 위해 피로 파면과 미세조직 분석을 실시하였다.

[P25-12]

우수한 강도를 가지는 Non-Equiatomc 조성의 하이엔트로피 초고온 내열 신합금 개발: 김상준, 김일환, 오현석, 박은수; *서울대학교 재료공학부*

Keywords: High entropy alloy, refractory alloy, high temperature material, phase stability, mechanical property

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 상상을 위하여 더 높은 온도에서 작동 가능한 내열 소재가 요구되고 있어, 기존의 Ni계 초합금의 한계를 극복할 수 있는 새로운 초내열 신합금의 개발이 필요한 실정이다. 한편, Nb, Mo, Ta, W 등의 고용점 천이 원소로 이루어진 BCC 구조의 하이엔트로피 합금은 우수한 상 안정성과 Ni계 초합금 대비 뛰어난 비강도를 바탕으로 차세대 초내열 합금으로써 주목받고 있다. 하이엔트로피 합금(High entropy alloy)이란 다종의 주요 원소가 서로 비슷한 원자비로 고용체를 이루고 있는 새로운 개념의 합금을 말하며, 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 개발하고자 하였다. 결과로서, equiatomic 및 non-equiatomic 조성비로 제조된 Ti-V-Nb-Ta-(Mo, W) 합금의 넓은 조성 범위에서 단일상 BCC 구조를 가져 우수한 상 안정성을 보이는 것을 확인하였다. 또한, 기계적 특성을 제어하는 내부 인자를 바탕으로 선택적으로 제조된 non-equiatomic 조성의 합금에 대해 기계적 특성을 체계적으로 분석함으로써, 하이엔트로피 합금에서 non-equiatomic 조성 제어를 통해 우수한 강도의 하이엔트로피 초고온 내열 신합금을 개발하는 기술을 확보하였다. 본 연구를 통하여 향후 가스 터빈 엔진, 항공기 등의 Ni계 초합금을 대체할 수 있는 차세대 초내열 합금을 성공적으로 개발하는데 초석을 다질 수 있을 것으로 사료된다

[P25-13]

Chemical Evolution-Induced Strengthening on AlCoCrNi Dual-Phase High-Entropy Alloy with High Specific Strength:

Jumaev Elyorjon, Hong Sung Hwan, Park Hae Jin, Kim Young Seok, Park Jehyung, Mun Sang Chul, Kim Ki Buem*; *세종대학교 공대 나노신소재공학부*

Keywords: High-entropy, mechanical properties, microstructure

Quaternary AlCoCrNi alloy was designed by rejecting the heavy element from the dual-phase AlCoCrFeNi high-entropy alloy to achieve low density with good mechanical properties. The AlCoCrNi alloy exhibited a nano-grained dual-phase structure consisted of Cr-rich A2 and Ni(Co)-Al-rich B2 phases with high degree of coherence in both dendrite and interdendrite regions. In particular, the Ni(Co)-Al-rich B2 phase revealed the non-stoichiometric composition between the Ni and the Al, which deviated with the Ni-Al-rich B2 phase with a stoichiometric composition in previous AlCoCrFeNi high-entropy alloy. The chemical evolution in the constituent phases strongly affected the mechanical properties of the dual-phase high-entropy alloy. Based on these microstructural features of the AlCoCrNi alloy, the mechanical properties were systematically investigated at wide temperature ranges.

[P25-14]

AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 Nano Separation에서 유래된 Cr-Co Based 합금 개발 및 기계적 특성 분석: 박제형, Jumaev Elyorjon,

김영석, 박혜진, 문상철, 홍성환, 임기성, 박상원, 김태경, 강결찬, 김기범*; *세종대학교 나노신소재공학부*

Keywords: High entropy alloy, Mechanical property, Microstructure, AlCoCrNi

하이엔트로피 합금은 고강도, 내산화성, 고연성, 내마모성, 고온 및 저온에서 뛰어난 물성 등의 여러 특징들이 있으며, 이러한 특징들을 이용한 다양한 연구가 실시되고 있다. AlCoCrNi 하이엔트로피 합금은 강도와 연성 등의 기계적 물성이 뛰어난 합금 중의 하나이며, 합금의 밀도가 낮고 고온에서 높은 경도를 가지고 있어 고온경량화 합금 후보 중 하나로 연구중에 있다. AlCoCrNi 합금의 우수한 기계적 물성은 합금의 미세조직에 크게 기인한다. AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 미세조직은 dendrite영역과 interdendrite 영역으로 나뉘며, dendrite영역과 interdendrite영역의 내부에서 나노 사이즈의 Cr-rich A2 상과 Ni-Co-Al-rich B2상이 존재한다. Cr-rich A2상과 Ni-Co-Al-rich B2상이 높은 정합성을 가지고 있어 단상 고용체와 유사한 변형거동을 일으켜 높은 강도와 높은 연성을 나타낼 수 있다. 그 중 Cr-rich A2상을 구성하고 있는 조성은 주로 Cr과 Co로 구성되어 있으며, Cr-rich A2상의 조성과 유사한 조성으로 Cr-Co 2원계 합금을 하면 A2, A3상과 Sigma상이 형성된다. 본 연구는 AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 Cr-rich A2상을 구성하는 조성으로 합금화하여 미량 첨가되어 있는 Ni와 Al이 합금의 상과 기계적 물성에 미치는 영향을 알아보고, Cr-rich A2상이 AlCoCrNi 하이엔트로피 합금의 미세조직과 기계적물성에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 합금 제조는 선행연구의

결과로부터 나온 Cr-rich A2 조성으로 Arc 용해법 및 흡입 주조법으로 구리 몰드를 통해 직경 3 mm 및 길이 50 mm의 봉상의 시편으로 주조하였다. 시편의 미세조직과 상분석은 각각 주사전자 현미경(SEM)과 X-선 회절분석(XRD)을 이용하였다. 제조된 시편의 기계적 물성 평가는 만능시험기(UTM)를 이용하여 상온 압축 시험을 시행하였으며, 마이크로 인텐터를 이용하여 상온 경도를 측정하였다.

P26 : 소성 가공

Room 1층 전시장, 10월 26일

[P26-1]

Ti-Ni계 비정질 합금의 과냉각 액체 영역에서 Thermo Plastic Forming: 최윤재¹, 김용주¹, 김원태², 김도향¹; ¹연세대학교 ²청주대학교
 Keywords: Metallic Glass, Super Cooled Liquid Region, Thermo Plastic Forming, Ti30Zr20Ni35Cu15

결정질 합금(Crystalline Alloys)에 비교하여 비정질 합금(Metallic Glass)은 강도가 뛰어나지만 연성이 좋지 않아 구조재료에 적용하기에는 한계가 있으나 여러 분야의 기능성재료로 활용할 수 있음이 최근 보고되고 있다. 특히 비정질 합금은 과냉각 액체 영역(Super Cooled Liquid Region, $\Delta T_x = T_x - T_g$)에서 급격한 점도변화가 일어나 복잡한 형상의 소성가공이 용이하다. 현재까지 다수의 Zr계 연구가 보고되었지만, 본 연구에서는 Ti-Ni계 비정질합금에 Si, Sn의 첨가에 따른 TPF 특성을 평가하였고, 특히 본 연구에 사용된 합금은 결정화 시 초탄성 특성(Super Elasticity)을 보이는 특성을 지니고 있다. Arc Melting을 이용하여 Ti-Zr-Ni-Cu조성의 모합금을 제조하였고, 모합금에 Sn, Si 각각 1%씩 첨가하였다. Melt-Spinning기법을 통하여 비정질 합금을 제작하였다. Si patterning mold를 사용하여 Ar분위기하에서 Thermo Plastic Forming 장비를 이용하여 성형을 하였고, SEM 등을 이용하여 분석하였다.

[P26-2]

Fe-Si 합금에 대한 SLM (Selective Laser Melting) 적층성형 공정연구: 장호성¹, 전종배¹, 남태훈¹, 하정식¹, 이욱진¹, 박성혁², 신선미¹; ¹한국생산기술연구원 ²경북대학교

Keywords: Selective laser melting, energy density, process design, Fe-Si steel

SLM (Selective Laser Melting) 방식의 3차원 금속 프린팅은 금속분말을 단독 혹은 상호 혼합하여 얇은 층으로 도포하고, 그 위에 레이저를 선택적으로 조사하여 부분적으로 분말을 금속 용융 및 냉각을 통해 bottom-up으로 원하는 부품을 제조하는 기술이다. 적층속도가 빠르고, 형상의 자유도가 높으며, 정교한 성형이 가능한 장점이 있는 반면, 금속분말이 완전용융되는 과정에서 공정조건에 따라 적층부품의 내부결함, 밀도, 및 기계적 특성 등의 품질에 직접적인 영향을 주므로 대상 재료에 대한 SLM 적층성형 공정의 최적화가 필요하다. 티타늄 및 코발트 합금에 대한 공정 최적화 연구 및 금형강, 스텐리스강 등 대표적인 철계합금에 대한 공정 최적화는 활발히 진행되고 있으나, 자성소재에 대한 SLM 적층성형 공정연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 대표적인 연자성소재인 Fe-Si합금에 대한 SLM 적층성형 공정연구를 수행하였다. 레이저 파워 및 주사속도, 에너지 밀도 등 SLM의 공정변수를 설정하여, 각 시험조건별로 적층제조 후 형상 및 기공, 면밀도 등 적층성을 평가하였다.

[P26-3]

제어냉각을 통한 비조질강의 항복비 특성 및 OTR socket 제조 공정: 배성준, 윤은유, 김기환, 이영선; 한국기계연구원 부설 재료연구소
 Keywords: 항복비제어, 제어 냉각, OTR socket, 비조질강

기존의 단조 공정은 전/후열처리에 수반되는 공정수가 많고 부품의 열처리에 따른 치수변화의 단점 등이 있다. 이는 현재 철강 단조 부품 제조 공정의 제조원가 감축을 위해 개선되어야 하는 문제점이다. 이에 단조 후 열처리를 생략할 수 있는 비조질강의 연구가 활발히 수행되고 있으며, 제어냉각을 통해 동일한 인장 강도를 보이거나, 낮은 항복 강도를 갖는, 냉간 및 온간 성형공정에서 낮은 에너지 및 금형수명에 유리한 항복비제어강을 얻을 수 있다. 본 연구는 냉각 조건에 따른 고망간강의 항복비 특성 및 미세조직을 분석하였으며, 이를 통해 현재 열간 단조 공정을 통해 제조되는 OTR socket을 온간 공정에 적용하였다.

[P26-4]

7075 빌렛의 압출 가열 온도에서의 열처리에 따른 미세조직 분석: 이상용, 우영호; 국립안동대학교

Keywords: 7075, Extrusion, Billet, Heat treatment, Microstructure

알루미늄 합금 중에 가장 높은 강도 특성을 나타내는 대표적인 합금의 하나인 7075 알루미늄 합금의 압출조건, 특히 압출 가능 온도의 범위는 매우 좁다. 일반적인 압출 생산 설비를 적용하는 경우에는 고강도 빌렛의 압출 과정에서 발생하는 압출열을 고려하여 압출 가열온도를 비교적 낮게 설정하여 생산성을 양보하더라도 안정된 압출재의 품질을 얻는것이 일반적이다. 본 연구에서는 압출 가열 온도를 증가시키기 위해 필요한 적절한 온도 범위를 찾고자 압출용 빌렛의 가열 실험을 수행하였다. 380~480°C 범위에서 가열 온도와 유지시간의 변화에 따른 미세조직을 OM/SEM/EBSD 및 경도를 이용하여 분석하였다. 압출 전의 조직이 압출 과정의 조직에 영향을 미치는 양상을 분석하고자 하였다.

[P26-5]

Processing Map 프로그램을 이용한 알루미늄 합금의 동적 재결정 거동 규명: 엄민혁¹, 최동기¹, 조영우¹, 정택균², 현승균²; ¹(주)하이드로퀘스트 기술연구소 ²인하대학교

Keywords: 변형공정지도, 알루미늄 합금, 비틀림 시험

변형공정지도(Processing Map)는 Raj⁽¹⁾에 의해 처음 제안되어 고온 성형 시 온도와 변형률 속도의 영향을 지도로 보여준다. 이 지도는 성형성이 우수한 안전 영역과 불안정 영역으로 나누어 소재가 고온에서 힘을 받을 때 미세조직의 거동을 나타낸다. 그러나

순금속에만 적용이 가능해 범용성이 떨어지고 복잡한 단점을 가지고 있었다. Prasad⁽²⁾ 등은 이를 동적 재료 모델(dynamic materials model)을 바탕으로 간단하게 발전시켜 힘 분산 효율(energy of power dissipation)과 유동 불안정(flow instability) 영역을 중첩시켰다. 재료의 기계적 거동은 온도(T), 변형률(ϵ), 변형률 속도($\dot{\epsilon}$)로 구성된 유동응력(σ) 식인 구성 방정식(constitutive equation)으로 정의할 수 있다. 이러한 구성 방정식은 몇 가지 경우를 제외하고 소성 영역의 동적 거동까지 표현해 복잡한 경우가 많다⁽²⁾. 공정 지도가 주목 받게 된 이유는 최적의 공정조건을 규명하기 위한 적합한 온도-변형률 속도 범위를 도출하는 과정이 비교적 간단해 소재나 공정의 성형성을 평가하는 유용한 도구로 이용되기 때문이다⁽³⁾. 이와 관련해 주로 재료 내부 메커니즘에 대해 연구가 편중되어 있고 실생활에 많이 사용하는 알루미늄 합금, 티타늄, 구리, 스테인리스강에 대해 중점적으로 연구가 진행되어왔다. 이번 연구는 위와 같은 과정을 프로그래밍을 이용해 더욱 간소화하고 Raw Data만으로 수식 입력 없이 변형공정지도를 작성하는 프로그램을 개발하고자 한다. 이번 연구는 인하대학교 재료구조제어연구실의 도움을 받아 AZ31을 합금을 사용해 비틀림 시험을 수행하여 변형공정지도를 작성하고 프로그램을 사용한 방식과 기존 방식의 차이점을 분석해 신뢰성을 확보하고자 했다. (참조)

(1) R. Raj, 1981, Development of a processing map for use in warm-forming and hot forming processes, Metallurgical Transactions A, Vol. 12A, pp. 1089-1097 (2) Y.V.R.K. Prasad, H.L. Gegel, S.M. Doraivelu, J.C. Malas, J.T. Morgan, K.A. Lark and D.R. Barker, 1984, Modeling of dynamic material behavior in hotdeformation: Forging of Ti-6242, Metallurgical Transactions A, Vol. 15, pp. 1883-1892 (3) Y.V.R.K. Prasad, 2003, Processing maps: A status report, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 12, pp. 638-645

[P26-6]

열간 사각컵 드로잉공정 조건에 따른 알루미늄합금의 미세조직 및 기계적 특성: 박현태¹, 권의표¹, 문민석², ¹한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹, ²탄소융합기술원

최근 자동차산업의 기술발달로 경량화와 고강도성능이 동시에 요구되고 있다. 이에 따라 철에 비해 상대적으로 가벼운 소재인 알루미늄의 열간성형(Hot stamping, Hot forming quenching) 부품의 적용이 증가하고 있다. 기존 냉간성형은 과도한 스프링백과 난성형재인 알루미늄합금 부품 제조가 힘들다는 문제가 있다. Hot forming quenching은 열처리 및 성형이 동시에 이루어지는 열간성형 기술로 성형성 및 스프링백 문제 해결이 가능하다. 본 연구에서는 열간 사각컵 드로잉공정을 통해 Al6061 알루미늄합금판재를 성형하였으며, 이때 성형온도, 가열시간, 냉각방식 등의 성형공정 조건과 성형 후 시효처리 조건이 판재의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

[P26-7]

금속 소재 가공시 가공 스크랩 분리 방안 연구: 박광수¹, 박종원¹, 김홍주¹, 박형진², ¹포항산업과학연구원, ²포스코

Keywords: Scrap, Separator, Non magnetic steel, Steel, Non steel

비철금속, 고Mn강 등의 비자성 소재와 자성 금속소재의 동시 가공시 발생하는 스크랩을 효율적으로 파쇄 분리 할 수 있는 장치를 개발 하였으며, 그에 대한 연구 개발 결과로서 스크랩 내부의 비자성 소재와 자성소재를 신속하게 분리 할 수 있는 기술 임. 제조 현장에서 발생하는 가공후 부산물인 스크랩에는 철과 같은 자성소재와 비철과 같은 비자성 소재가 혼재해 있음. 이를 효율적으로 신속하게 분리하기 위한 방법 및 장치임. 가공기 끝단의 칩 컨베이어에 설치하여 자성소재와 비자성 소재를 신속히 분리 할 수 있음. 분리시간을 최소화 하여 단 10초 이내에 분리가 가능함. 유지관리가 용이하고 신속한 분리 및 강력한 분쇄 가능 구조로 설계. 높은 회수율을 통한 제조 경쟁력 강화에 도움.

[P26-8]

열간 성형을 이용한 항공기용 Ti-6Al-4V 부품 제작 기술 개발: 유원균¹, 김성욱¹, 김경환¹, 권용남², 김대웅², 박현일², 김수환^{1*}, ¹대화항공산업(주), ²재료연구소

Keywords: 열간 성형, Ti-6Al-4V, 항공기 부품, 유한요소해석

국내 중소 항공업체에서 생산 중인 주요 부품은 Al 합금을 통한 기계 가공, 열처리, 판금 성형 등이 있는 반면 상대적으로 높은 성형 기술을 요구하는 Ti-6Al-4V, Inconel 등을 이용한 부품의 경우 대부분 수입에 의존하고 있다. 항공기 부품으로 사용되는 Ti-6Al-4V 판재의 경우 냉간 성형보다 열간성형으로 제조되는데, 대표적인 성형 공정으로 초소성 성형(Superplastic Forming, SPF)과 열간 성형(Hot Forming)이 있다. 타이타늄을 이용한 성형 기술 및 연구는 여러 곳에서 진행되고 있지만 고가의 설비와 까다로운 항공부품 품질 인증, 승인 등으로 국내 업체에서 실제 적용하여 사용하기에는 어려운 실정이다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 판재 부품을 국산화하기 위해 열간 성형 기술을 개발하기 위한 내용을 다루었다. 대형 열간 성형용 개발 장비는 성형 면적 1,500 mm X 3,000 mm 급으로, 최종 2,400 mm 급 항공기용 부품을 성형하고자 한다. 장비 개발 기간 장축 길이 300 mm, 700 mm 급의 소형 부품 성형 기술을 우선 수립함으로써 최종 목표인 2,400 mm 급 성형 부품 제작을 위한 기초 자료를 확보하고자 한다. 열간 성형용 금형의 제작 비용을 최소화하기 위해 유한요소해석으로 성형 거동을 확인하였고, 성형 이후 후처리 공정을 최소화하여 가격 경쟁력을 높이고자 1회 정형 제조가 가능한 콘셉트로 최종 금형 설계를 완료하였다. 열간 성형 시 산화피막 형성을 억제하기 위해 Ti-6Al-4V 판재에 산화 방지 코팅막을 적용하였고, 스프링 백 제어를 위해 650°C에서 약 10분간 하중 유지 시간을 부여하였으며 느린 성형 속도를 위해 하중 제어장치를 통해 2Ton 간 성형함으로써 3분의 성형 시간을 적용하였다. 1개의 제품을 성형하는데 걸린 시간은 총 13분 소요되었다. 완료된 제품은 Alpha case 제거를 위한 화학연마 공정과 시편의 위치 확보를 위해 적용한 브리지를 제거하는 공정을 거쳐 최종 제품을 생산할 수 있었다. Ti-6Al-4V 합금 판재 열간 성형 기술은 해외 시장에 접근하기 위해 반드시 개발되어야 하며, 국내 기술력으로 개발할 수 있음을 확인하였다.

[P26-9]

SM55C 베어링강의 Al함량 및 냉각 속도에 따른 기계적 물성 변화 연구: 박상준, 김진호, 권오철; (주) 일진글로벌

Keywords: SM55C, Aluminum Content, Cooling Rate, Wheel Bearing, Mechanical properties.

일반적인 SM55C 중탄소강은 건축, 교량, 선박, 차량, 기타의 기계 구조물등 여러 분야에서 널리 사용되고 있다. SM55C 중탄소강은 보통 단조, 절삭, 인발 등의 가공 및 열처리를 시행하여 소기의 성질을 얻어 사용한다. SM55C는 우수한 기계적 성질과 비교적 저렴한 소재 가격으로 현재 베어링 제조 시 범용강종으로 사용되고 있다. SM55C 베어링강은 단조 후 노말라이징 열처리를 통해 베어링 제품의 조직을 안정화 시키고 잔류 응력을 제거하여 후속 공정의 불량 발생을 줄이도록 하는 것이 일반적이다. 그러나 노말라이징 열처리의 경우 제조 비용의 증가와 제조 시간의 증가를 초래하므로 제조업에서는 적절하지 않다. 따라서 적절한 성분과 냉각 속도로 냉각하여 가장 좋은 제품의 상태로 제조하여 후공정의 가공이나 연마등에 문제를 최소화 하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 SM55C 중탄소강에 Al함량 변화에 따른 소성 가공성 변화와 함께 단조 후 냉각 속도에 따른 소성 가공성의 변화에 대해 알아보고자 한다.

[P26-10]

탄소성분 편차와 전조 가공성의 상관관계 분석: 서정동, 심규오, 반상현; 현대위아(주).

Keywords: CVJ(등속조인트), 아우터레이스, 전조가공, 스플라인

자동차용 등속조인트(CVJ)를 구성하는 부품 중 하나인 외륜(OUTER RACE)은 내륜(INNER RACE) 및 볼(BALL) 등과 정밀하게 결합되며, 치수정밀도는 차량의 안정성과 직결된다. 이러한 역할을 하는 외륜의 스플라인의 경우 수율, 제품표면, 생산성 등 확보를 목적으로 전조가공을 통해 생산하고 있다. 본 연구에서는 외륜의 샤프트 표면에서 심부까지의 탄소성분차에 따라 전조 가공 후 스플라인 OPD의 영향도를 파악하고 탄소성분 함량 및 편차에 따른 차이를 확인하고자 한다. 이를 위해, 표면에서 심부까지 탄소성분 차이가 나는 소재로 아우터레이스를 제작 및 전조가공하여 OPD 편차를 확인하였다. 위 측정 DATA 분석을 통해 화학성분 분석뿐만 아니라 소재의 깊이(표면~심부)에 따른 탄소성분 편차가 전조가공 후 스플라인의 OPD 편차에 미치는 영향을 확인 할 수 있었고, 소재의 탄소성분 편차 개선을 통해 스플라인의 OPD 편차 개선안을 도출 할 수 있었다.

[P26-11]

회처리 설비용 Bonnet Yoke 일체형 Auto Knife Gate Valve의 Blade 두께 및 압력변화에 따른 응력 분포 해석: 전재혁¹, 김정재², 서영진³, 김민호¹, 김경웅¹, 박유진²; ¹(재) 한국화학융합시험연구원, ²토탈엔지니어링(주), ³금오공과대학교

Keywords: Knife gate valve, Structural analysis, Stress distribution, Safety Factor

Knife Gate Valve란 석유화학 플랜트 및 화력발전소 회처리 설비 등에 사용되는 밸브제품으로써 게이트 끝을 칼날 같이하여 밸브를 닫을 때 유체를 절단하면서 닫는 밸브이다. 따라서 유체나 제품의 이송 중에 Blade의 손상이 가속화됨으로써 밸브의 수명이 저하되고 동시에 유지보수비가 상승하게 되며 Leak로 인하여 공정이 중단될 수 있으므로 최적의 설계 및 부품의 내구성 향상을 통해 안정적인 품질을 재현할 수 있는 기술이 필수적이라 할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 Bonnet Yoke 일체형 Auto Knife Gate Valve에 대해 적절한 Blade 두께 설계를 통한 Blade 손상을 방지하기 위하여 Blade 두께 별 압력변화에 따른 응력 분포 및 안전계수를 살펴보기 위하여 해석을 수행하였다.

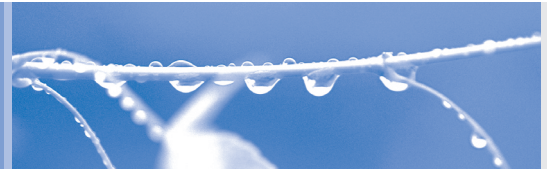
[P26-12]

철계 자동차 구동부품의 유한요소법을 이용한 온간단조 공정 해석 및 미세조직 예측과 단조 공정 후 제어냉각에 따른 효과 분석: 김기환¹, 배성준¹, 이영선¹, 김태구², 이상용³, 윤은유¹; ¹한국기계연구원 부설재료연구소, ²코리아메탈, ³국립안동대학교

Keywords: warm forging process, control cooling process, finite elements method, carbon steel, microstructure prediction

정밀단조기술 산업에서 고품질, 복잡한 형상 성형 및 향상된 기계적 특성의 제품을 생산하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있으며, 선진국과의 경쟁에서 우위를 위해 저원가, 고품질의 제조기술을 위해 정밀 온간단조 공정 기술연구가 활발히 이루어지고 있다. 일반적으로 온간단조 공정은 냉간단조 공정과 열간단조 공정의 중간 온도에서 실시하는 단조 공정이다. 냉간단조 공정은 우수한 치수정밀도와 높은 재료 회수율을 가지지만, 복잡한 형상의 제품 성형은 어렵고 큰 성형 하중이 필요하며 잔류응력이 크다. 또한 열간단조 공정은 성형 하중이 낮으며 복잡한 형상을 성형하기 용이하지만, 표면 산화가 많고 낮은 치수 정밀도, 그리고 기계적 특성을 만족하기 위한 추가적인 공정을 필요로 하는 단점이 있다. 온간단조 공정은 냉간단조 공정급의 치수정밀도를 가지고, 냉간단조 및 열간단조 공정에 비해 적은 공정 수를 가지는 장점이 있는 반면, 가공온도편차에 따른 조직제어가 어렵기 때문에 온간단조 공정의 적용을 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는, 기존의 열간단조 공정으로 제조되고 있는 탄소강 자동차 구동 부품 pulley를 온간단조 공정으로 성형하기 위해 유한요소법을 활용하여 공정 및 미세조직 예측 해석을 하였다. 또한, 온간 단조 공정을 적용하여 pulley를 성형하고, 제어냉각을 통해 조직제어 및 물성제어를 위한 실험을 진행하였다. Pulley 온간 단조품은 광학현미경, 주사전자현미경을 이용하여 미세조직을 분석하고, 상온인장과 경도 분석을 통해 기계적 특성을 비교 분석하였다.

발표자 색인



ㄱ

강구 P3-1
강기재 P3-5
강남현 융접1-1
강덕호 비철3-1
강미선 P22-21
강민정 자동차용접1-6
강민철 마그네슘1-2
강병우 NEW1-3
강상운 비철2-1
강석주 NEW1-4
강석현 고부가2-4
강영준 P17-14
강영호 전산4-4
강윤구 P3-6
강윤희 P22-5
강인향 P22-24
강전연 철강2-4
강정신 마그네슘1-3
강주석 KJ3-3
강현 P8-19
강형규 P10-24
강희재 P9-14
경우민 전산3-4
고명선 분말1-3
고성민 P20-1
고승희 고부가3-1
고요한 P21-2
고종빈 P21-10
공경호 나노2-6
공태인 P21-6
곽수금 고부가1-3
곽은지 P6-19
구남훈 KJ2-4
구지호 주조1-2
국승우 주조2-2
권구현 P2-12, P2-13
권문재 비철2-6
권상흠 철강1-7
권숙철 비철1-6
권순용 IBS 1-3
권순철 P5-15
권영민 P4-5
권오성 고부가1-6
권오집 P1-17

권영남 피로2-1
권혁인 P10-27
권현준 P25-4
김가영 P19-11
김건형 P18-12, 타이타늄1-4
김건홍 P23-5
김경락 나노1-3
김경배 에너지3-5
김경아 P10-4
김경우 P23-4
김경준 상변태3-3, P24-2
김경호 P17-10
김관식 열전1-5
김관일 P14-9
김광중 고부가2-8
김광천 열전2-3
김규식 재료강도2-2
김기범 고부가1-11
김기한 P26-12
김니향 재료강도1-5
김남극 타이타늄4-1, 피로2-4
김다혜 열전2-2
김대겸 P8-4, P8-14
김대경 전산2-3
김도희 알루미늄3-3
김동윤 P10-1, P22-19, P22-3, P22-22
김동혁 P5-17
김동현 철강9-5
김동환 열전4-1
김동훈 비철2-5
김두현 고부가2-9
김로사 고부가2-10
김명균 알루미늄2-3, P8-16
김명연 P10-30
김명훈 P18-17
김문 IBS 3-3
김민경 고부가3-3
김민생 피로4-2
김민석 P25-10, 상변태3-6
김민성 집합조직2-1
김민지 집합조직1-2

김민태 철강1-3
김민형 나노2-3
김병주 주조2-3
김병환 P10-29
김보희 철강3-3
김상식 피로1-3
김상욱 P23-10
김성원 주조2-4
김성준 P25-12, 분말1-1
김상혁 P16-4
김성훈 마그네슘1-5
김성용 피로3-3
김선기 P1-11, P1-12
김선정 P1-9, P1-4, P1-3
김선진 P24-9, P24-10
김성녕 P8-18
김성대 철강4-1
김성수 상변태1-4
김성욱 용접2-2, P9-13, P9-4
김성웅 타이타늄심포지엄 1-3
김성윤 P7-12, 소재1-2
김성훈 재료강도1-4, P6-1
김세림 P10-5
김세일 열전4-5
김세훈 P8-10
김소영 P2-6
김소진 역사1-3
김송이 P18-7
김수민 에너지1-1
김수배 알루미늄4-2
김수영 NEW2-3
김수지 전산1-1
김순태 집합조직2-2
김승균 미세조직1-4
김승록 고부가3-4
김시훈 P6-18
김연주 고부가3-6
김영규 P2-1, 고엔2-1
김영대 주조1-1
김영래 나노2-1
김영무 비철3-2
김영민 마그네슘4-3, KC2-2
김영석 P25-1, 집합조직1-1

김영선 열전2-1
김영성 타이타늄3-2
김영주 피로4-3
김영우 P7-16
김영재 철강8-1
김영준 P18-16, 철강5-2
김영찬 P5-2
김예림 철강11-4
김예진 마그네슘3-5
김완배 비철1-5
김용 자동차용접1-3, P23-2
김용근 비철3-7, 복합1-2
김용원 P1-29
김용인 소재1-3
김용주 상변태1-1
김용학 상변태3-1
김우호 P8-17
김우진 마그네슘3-2
김우철 타이타늄3-3
김유미 P8-13
김인수 P16-1, 에너지2-4
김일현 P1-5
김일호 P7-3, P7-10, P7-8, P7-6
김재성 용접1-2, IBS 1-2
김재웅 P23-7, P23-13
김재익 철강5-3
김재환 P1-19
김재황 알루미늄2-5
김재훈 P15-2
김정기 중성자4-2
김정민 열전3-2
김정인 철강11-5
김정준 P20-5
김정한 자동차용접1-4
김종길 P1-2
김종명 철강3-1
김종울 중성자2-3
김종일 P21-5, 마그네슘2-3
김종태 P7-1
김주한 P19-3
김준혁 에너지3-1
김준형 비철3-3
김중석 고부가1-5

김지선 P23-14
김지영 P24-5, 상변태3-4
김지원 열전3-1, P22-28, 고부가1-4
김지현 P18-19
김지훈 철강1-5, 미세조직3-4
김진경 마그네슘4-4
김진구 P22-27
김진연 고엔2-2, P25-2
김진영 분말2-2, 타이타늄2-1
김진용 P24-8
김진천 P2-2, P22-14
김진혁 P23-3, 재료강도2-4, P23-11
김진훈 고부가3-9
김창재 분말3-3
김천중 NEW1-7
김치원 P10-19, P6-10
김태현 타이타늄4-2
김태형 철강3-2
김태환 P3-7
김태훈 전산4-2
김화현 P9-7, P9-6
김한결 전산1-6
김한글 재료강도1-2
김한별 P19-21
김한솔 P19-19
김한열 고부가2-1
김한진 고부가3-2
김현우 P22-18
김현지 P7-21
김현호 P7-4
김형래 P14-1
김형섭 중성자4-5, KJ1-2
김형욱 KC1-5
김형준 전산3-2
김혜성 P5-1
김혜영 P7-25
김화정 P20-8
김효규 P1-6
김흥주 P23-17
김희주 알루미늄3-5

김희준 P4-2, KC1-3

L

나나 용접3-1
나혜빈 P22-26
남기훈 P19-23, P19-24
남동윤 P17-6
남선우 비철1-3
남수우 피로3-1
남승진 고엔1-3

리

라호만 압틀 나노1-1
류승민 고부가5-4
류종성 P22-25
리블라디슬라브 타이타늄3-4

마

모남규 P20-9
문상철 비철2-2
문성모 마그네슘2-1
문정태 P18-4
문준환 P22-10
문홍재 열전1-3
민병호 고엔1-1
민준홍 철강4-2
민찬우 P19-18

박

박건우 P23-15
박경배 철강3-6
박경수 철강2-7
박광석 소재4-3
박광수 P26-7
박광원 철강10-4
박근태 P6-15
박기덕 소재2-1
박남규 NEW1-2
박노근 P25-3
박다은 P8-7
박동휘 고부가1-7
박민규 생체1-1
박민수 P7-22
박상규 P1-14
박상미 P1-23
박상민 P1-8
박상용 복합1-4
박상원 P18-8
박상준 P26-9
박상현 열전4-2
박상환 P17-3
박선영 P6-17

박성수 P5-3
박성주 P6-9, 복합2-4, P20-7
박성중 P14-8
박성찬 P24-11
박성훈 타이타늄2-5
박수경 역사1-2
박수열 복합1-3
박영준 철강9-2
박용범 집합조직1-3
박윤지 나노1-4
박인수 리튬1-3
박재신 마그네슘2-2
박재영 P10-21
박재철 P22-12
박정민 고엔2-4, P20-11
박정빈 P18-5
박정웅 에너지2-1
박정현 P2-22
박제형 P25-14
박종원 P17-16
박종인 철강7-1
박종환 P22-2
박종혁 NEW2-4
박주현 철강8-5
박준영 재료강도3-5
박준용 P4-1
박준우 고부가1-2
박준혁 분말2-4
박준형 P19-9, 에너지2-3
박중근 상변태1-3
박지원 미세조직4-5
박지호 재료강도3-2
박진석 재료강도4-5
박진성 고부가5-2
박진수 용접3-3
박진우 바이오1-2
박천명 P8-11
박택민 고부가4-3
박태성 P18-10
박한지 철강2-2
박현 집합조직2-4
박현태 P26-6
박희정 P22-7
방경배 생체1-3
배규열 자동차용접1-1
배기창 P18-9
배상우 마그네슘3-7
배성준 P26-3
배재웅 중성자4-4
배종호 철강6-2
배현나 주조2-1

백구슬 철강7-6
백민석 알루미늄1-3, P10-17, P8-3
백송이 P7-2
백승미 마그네슘3-6
변석현 리튬1-6
변영민 P17-4
변영운 P19-1, P9-1, 에너지1-6
변재원 소재2-3
봉혁중 알루미늄2-2

서

서경덕 P2-5
서병찬 마그네슘3-1
서승국 철강7-3
서영민 P11-3
서오덕 P14-4
서원석 P5-9, P23-8
서위결 P6-6
서정동 P26-10
서정목 바이오2-1
서종식 마그네슘4-2
서주연 나노2-4
서진우 차세대2-2
선동기 미세조직2-1
석현광 AW-7
설재복 철강2-5
성기태 P5-13
성백석 중성자1-1
성시문 고부가2-2
성창호 P5-12
성효경 피로1-2
소윤지 P1-7
손기선 KJ2-1
손동희 바이오1-1
손명규 P5-8, 주조1-4
손시영 P7-7
손원영 철강11-3
손유한 복합2-6
손인진 P2-25, P2-26
손해솔 고부가1-9
손현우 P21-11
송기안 철강4-5, 중성자2-1
송다혜 P2-23
송민영 알루미늄1-2
송병주 철강6-4
송성림 철강10-2
송성호 P22-15
송승호 P10-9
송은지 재료강도2-1

송전영 주조1-3
송준우 P22-8, P23-20
송지효 고부가2-3
송진섭 P7-14
송훈 P5-7, P5-6
신동원 P7-24, P7-17
신민하 P9-11
신상훈 P10-31
신선미 P26-2, P8-2
신세은 복합2-1
신승환 비철1-7
신원상 P9-9
신용 바이오2-2
신지은 P7-19
신해선 열전1-2
신현정 P17-12
신형섭 철강5-6
심상훈 고부가4-4
심우정 P15-1
심재진 P2-4
심지현 상변태2-5

안

안동현 P16-3
안상현 NEW2-2
안승민 P6-11
안우진 P2-14
안재혁 바이오2-3
안종기 차세대2-5
안효종 철강6-6
앤드류 P10-6, P23-16
양건국 P22-4
양광휘 재료강도1-3
양성운 P20-4
양승현 P8-6
양우정 P19-15
양원철 P24-14, P1-15
양준영 P24-1
양준하 P25-5
양지바름 P20-3
양현석 P14-2, P9-2
어광준 알루미늄2-1
어두림 상변태2-3
엄민혁 P26-5
엄승훈 P11-4
엄재현 P4-7
엄형식 P10-16
여승환 P17-5
여혜원 에너지1-5
연규호 알루미늄3-4
염종택 타이타늄1-1
예보라 P4-3

예정원 P25-7, 고엔2-3
오동진 소재2-2
오동현 P6-7, P19-17
오명훈 타이타늄심포지엄 1-1
오민석 상변태3-2
오민욱 열전3-4
오민철 고엔1-2
오상호 복합1-1
오선근 고부가2-5
오승진 P2-11
오승현 P21-1
오윤석 차세대2-1
오준석 철강9-1
오지훈 NEW2-6
오창영 소재4-2
왕재필 리튬1-5
왕희 마그네슘3-2
우상규 마그네슘1-3
우원측 중성자2-2
우정현 재료강도1-1
우지훈 P17-13
원성재 P8-8
원종우 KC3-4
위동열 P17-9
유근희 P24-6, 상변태3-5
유기준 바이오2-4
유기태 소재3-3
유다영 P22-16
유병길 철강4-4
유보령 P1-13
유상현 고부가3-5
유석현 KJ3-6
유영수 KJ1-8
유원규 P26-8
유은민 P22-9
유재경 P19-4
유재인 P17-1
유정선 P10-11
유정준 나노2-2
유정현 P1-20, P1-24
유주현 에너지1-3
유준휘 P14-6
유지성 철강3-7
유지원 P1-26
유채연 P10-12
유현정 P2-16
유효상 P8-15
육종민 NEW1-8
윤대원 차세대1-3
윤병현 P23-12
윤성준 분말3-5
윤영섭 P14-3

윤용 전산4-3
 윤용희 에너지3-4, P19-16
 윤종천 P6-5
 윤창석 고부가5-3
 윤철민 철강8-3
 이강산 P19-7
 이건도 IBS 2-2
 이건하 소재3-2
 이건희 철강1-6
 이경서 P8-5
 이경욱 철강7-2
 이경태 P25-11
 이고기 P1-10
 이관호 알루미늄4-1
 이광진 용접2-3
 이광철 P11-2
 이광훈 전산2-4, P9-5
 이규현 P3-4
 이근호 집합조직2-5
 이기승 P7-15
 이기안 AW-2
 이다빈 P8-12
 이덕현 P19-13
 이도성 타이타늄4-4
 이도엽 자동차용접1-2
 이동구 철강6-5
 이동근 타이타늄4-3, 고부가5-1
 이동원 철강2-1
 이동준 피로3-2
 이동철 P14-10
 이동현 P3-3
 이동현 복합2-2
 이동화 전산3-1
 이동희 전산1-4
 이두열 피로3-4
 이명규 미세조직3-2
 이명원 분말2-5
 이명진 집합조직2-3
 이목영 마그네슘4-1, 타이타늄2-3
 이미선 타이타늄2-2
 이미소 P13-2
 이민수 P18-2, 타이타늄3-5
 이민정 분말3-4
 이병주 고부가4-2
 이병필 P1-31
 이병훈 AW-3
 이상용 P26-4
 이상원 타이타늄1-3, P21-9

이상인 P10-26
 이상준 P15-6
 이상한 NEW2-7
 이상화 알루미늄3-2
 이상훈 철강7-4
 이석규 P10-2
 이선영 NEW2-8
 이성원 바이오1-4
 이성음 P21-7
 이성희 철강6-3
 이소영 타이타늄2-4
 이수경 비철3-4
 이수진 철강11-7
 이슬비 용접3-2
 이승미 전산3-3
 이승수 P19-22
 이승완 재료강도3-1
 이승태 복합1-6
 이시담 비철2-4
 이아영 P19-10
 이연주 여성1-2
 이영기 NEW1-5
 이영환 복합2-3
 이예리 전산4-5
 이용재 P18-13
 이용정 P10-23
 이우영 AW-1
 이유평 분말3-2
 이은도 차세대1-4
 이장호 타이타늄1-5
 이재기 열전2-4
 이재성 역사1-5
 이재원 P4-6
 이재호 철강6-7
 이정림 P9-3
 이정환 분말1-2
 이정훈 고엔2-5, P17-8, P17-7, IBS 3-4
 이종범 P1-22
 이종수 분말2-1
 이종언 마그네슘3-4
 이종훈 P6-3, P6-4
 이종희 철강10-6
 이주혁 철강9-6
 이주훈 P10-14
 이준영 P20-6
 이준호 나노1-5, 고부가1-1
 이종범 P22-11
 이지면 P22-17
 이지민 철강1-4
 이지아 철강7-5

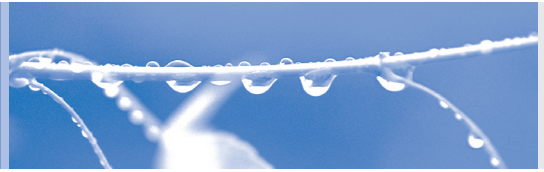
이지우 P6-16
 이지호 P1-28
 이진우 P2-3
 이진표 P4-4
 이창규 IBS 3-2
 이창선 전산2-1
 이창훈 피로2-3
 이철우 P16-5, P16-6
 이철주 피로1-4
 이태균 P22-13
 이태영 여성1-4
 이태진 P21-4
 이태혁 P14-5
 이태호 중성자4-1, AW-5
 이택선 P2-21
 이택우 차세대2-3
 이학성 전산2-2
 이한상 차세대1-4
 이한성 P25-6
 이해령 생체1-5
 이해진 재료강도4-3
 이현규 P1-27
 이현석 타이타늄3-1
 이현숙 P19-5
 이현욱 P10-13
 이호원 P23-1
 이호중 P10-3, P9-12
 이홍철 피로4-1
 이화석 P1-25
 이호원 P1-21
 이호진 바이오1-5
 이훈 P10-7
 이회근 용접1-4
 이회웅 AW-6
 임규석 고부가4-6
 임근영 P5-14
 임기성 P17-11
 임병용 P8-21
 임상규 생체1-2
 임상순 P7-23
 임상엽 상변태1-5
 임성록 P23-9
 임소영 재료강도2-5, P5-5
 임승균 분말3-6
 임영빈 P15-5
 임옥동 P8-22
 임재홍 비철1-2
 임종빈 P1-30
 임종우 열전3-3, 에너지3-2
 임지우 알루미늄1-1

임창진 고부가3-10
 임현준 열전1-1
 임혜지 비철3-6
 大
 장경현 자동차용접2-5
 장규선 P22-6
 장대환 에너지1-2
 장원진 P12-1
 장영환 피로1-1
 장재원 P24-13
 장재훈 철강3-5
 장정인 P7-5
 장준익 P10-18
 장준혁 P1-16
 장준호 P2-9
 장지훈 P6-13
 장호원 NEW2-5
 전남기 자동차용접1-5
 전보민 P1-18
 전성호 P10-22
 전승원 P13-1
 전영준 P5-11
 전은채 P6-20
 전재혁 P26-11
 전종철 P19-20
 전지원 철강6-1
 전태성 KC3-2
 전한솔 재료강도2-3
 전현구 P7-20
 전호성 바이오2-5
 정강섭 리튬1-2
 정경재 P4-9
 정광용 P2-19
 정기영 용접2-4
 정동명 전산1-5
 정동혁 P9-8
 정무섭 고부가4-5
 정병홍 P17-17
 정석준 재료강도4-2
 정성욱 용접1-5
 정성진 열전2-5
 정세훈 소재3-1
 정연범 P24-7
 정영웅 전산2-5
 정용덕 NEW1-6
 정유인 피로4-4
 정인호 미세조직4-1
 정일찬 철강2-3
 정재석 중성자4-3
 정재용 P20-2
 정제기 알루미늄1-4

정종훈 철강10-1
 정준영 P14-7
 정준호 철강3-4
 정지연 철강4-3
 정찬원 고엔1-4
 정철환 P17-2
 정혜린 P7-18
 정혜인 P16-2
 정호신 P23-18, P23-19
 정홍락 복합2-7, P24-4
 정희봉 나노1-6
 정훈제 P10-20
 정희태 알루미늄1-5
 조녕빈 P19-2
 조누리 P10-10
 조다희 재료강도3-4
 조만구 P25-8
 조만규 전산1-2
 조민수 알루미늄4-3
 조민철 P10-8
 조성구 P1-1
 조성모 역사1-1
 조영희 알루미늄2-6
 조용민 철강9-4
 조용재 P5-16
 조우진 P10-25
 조유담 P10-28
 조은빈 P22-23
 조인식 소재4-1
 조의제 복합1-5
 조장웅 P10-15
 조재준 에너지1-4
 조재형 집합조직1-4
 조주영 P2-20
 조준현 고부가1-10
 조창희 P8-1
 조현용 열전1-4
 조현진 철강8-6
 주성재 열전3-6
 지민기 P18-11
 지승묵 용접3-4
 지준호 P3-9
 지창욱 자동차용접2-1
 진단아 에너지3-3
 진연호 P18-3
 大
 차예은 P7-13, P7-9
 차필령 미세조직4-4
 차현진 P2-24
 채영욱 마그네슘4-5
 채홍준 P3-8, P2-10

채호병	중성자3-2	최원미	여성1-3, 미세조직4-3	한우림	역사1-4	A-Z	Manabu Enoki	KJ3-5
천주용	자동차용접2-2	최원용	NEW2-1	한은수	철강5-4	Abrahams Katrin	Maoshuai He	IBS 3-1
최광목	P20-10	최원석	철강2-6	한재욱	P17-15	Ahiale Kwame Godwin	Motoki Shiga	KJ1-5
최광수	상변태2-1	최윤석	타이타늄심포지엄 2-3, 미세조직3-3	한정호	철강5-1	Anaman Yaw Sam	Nguyen ngoc ha	마그네슘2-4
최광효	P4-8	최윤재	P26-1	한준현	고부가4-1	Ashutosh Sharma	NUR ARIEF MEYVIWAN	P18-18
최국선	알루미늄2-4	최인철	재료강도4-4	한진성	고부가1-8	Alexander Hartmaier	Pathan sharief	P2-18
최권훈	P1-32	최준성	철강10-5	한태양	생체1-4	Basudev Swain	P. L. Narayana	타이타늄심포지엄 2-4
최동기	P23-6	최지석	P5-4	함민지	P11-1	B.O.Kong	Quach Hung	알루미늄4-4
최미선	타이타늄1-2	최진석	P22-20	함종오	소재1-1	Chen Zhuo	RAMARAGHAVULU R	철강9-3
최벽파	중성자3-3	최진주	P18-6	허기병	비철2-7	DEREJE DEGEFA GELETA	Robert Nshimirimana	중성자1-2
최병권	P17-18	최진혁	철강1-2	허성규	P2-15	DILEEP CHANDRAN R	Saif Haider Kayani	알루미늄3-1
최병상	복합2-5	최현주	분말3-1, P15-3	허성준	열전4-3	Dongyi Seo	Siddiqui	철강9-7
최상진	에너지2-5	추동주	고부가3-7	허인강	P6-2	Du Wei-Tong	Siva Prasad Murugan	자동차용접2-4
최상훈	분말2-3			허희준	용접2-5	Dietmar Letzig	S.W. Xu	KC2-1
최석원	고부가3-8			현성희	철강11-6	Edson K. Chiwandika	Tam Tran	리튬1-1
최선민	고부가2-6			홍기철	P21-3	Feng Ding	T. Tetsui	타이타늄심포지엄 2-1
최세원	P8-9	II		홍기하	전산4-6	Gaofeng Quan	Teruyasu Mizoguchi	KJ1-7
최수영	P18-15	파지희	P7-11	홍석관	P6-8	Hassan, Ali Salman	V.T. Em	중성자3-1
최수지	상변태1-2			홍성민	P18-14	Huai Wang	Wang Zhanjun	철강8-4
최승훈	P3-2	III		홍성환	P24-3	Hui Xing	Wenzheng Zhang	KC1-2
최시연	P24-12	하경식	전산1-3	홍재완	철강4-6	Ingo Steinbach	Ying Wang	IBS 2-1
최시훈	KC2-4, AW-4, 차세대2-4, 미세조직3-5, 마그네슘3-3	하동욱	P6-12	홍진성	고부가2-7	Jumaev Elyorjon	Yoichi Takagishi,	KJ2-2
		하태준	분말2-6	홍대운	재료강도3-3	Junpin Lin	Yong-Qing Zhao	KC3-1
		하현영	철강5-5	홍현욱	피로2-2	Junya Inoue	Yongbing Li	KC2-3
		하현우	전산4-1	황교진	P9-10		Yoshiaki Kiyanagi	중성자1-3
최신영	P19-12	한국인	P21-8	황석원	바이오1-3	Johannes V. Goerler	Yoshitaka Adachi	KJ1-3, 미세조직2-3
최영민	P19-14	한기갑	비철3-5	황수빈	P8-20	Kentaro Kutsukake	Yuhki Tsukada	KJ3-1
최영신	P18-1, 고부가5-2	한길수	비철2-3	황은혜	고부가5-2	Leonardo T. da Rocha	Yutaka S. Sato	용접2-1
최용석	P19-6, P19-8, 에너지2-2	한덕현	P2-7, P2-8	황인성	자동차용접2-3	Li Shuanglei		
		한상수	KJ1-6	황재찬	P9-15	Lijie Ci		
최용훈	철강1-1	한승우	열전4-4, KJ1-4	황정윤	열전3-5	Lijun Zhang		
최우석	비철1-4	한승창	P15-4	황혜원	생체1-6	Liu Chunhai		
최우정	P2-17	한영수	차세대1-1					

2018년도 정기총회 학회상 수상자



1. 금속·재료상 수상자

- ◆ 권오준(POSCO)

2. 2018년도 제12회 세아해암학술상 수상자

- ◆ 이우영(연세대학교)

3. 2018년도 제2회 석천학술상 수상자

- ◆ 이기안(인하대학교)

4. 전자·정보재료상 수상자

- ◆ 이병훈(광주과학기술원)

5. 윤동석상 수상자

- ◆ 최시훈(순천대학교)

6. 청웅상 수상자

- ◆ 이태호(재료연구소)

7. 서정상 수상자

- ◆ 이희웅(한국전기연구원)

8. 철재상 수상자

- ◆ 한상호(POSCO 기술연구원)

9. 김용진상 수상자

- ◆ 석현광(한국과학기술연구원)

10. 제4회 철강 솔루션 및 아이디어 공모상 수상자

- ◆ 솔루션 부문 : 우수상
김성준(포항공과대학교)
- ◆ 아이디어 부문 : 최우수상
이영석(중앙대학교)
- ◆ 아이디어 부문 : 우수상
김정기(포항공과대학교)

11. 기타(SPRINGER 논문상, WISET·KIM 젊은연구자상)

1) MMI-SPRINGER 논문상

김형섭(포항공과대학교), 이병주(포항공과대학교), 손석수(막스플랑크 연구소)

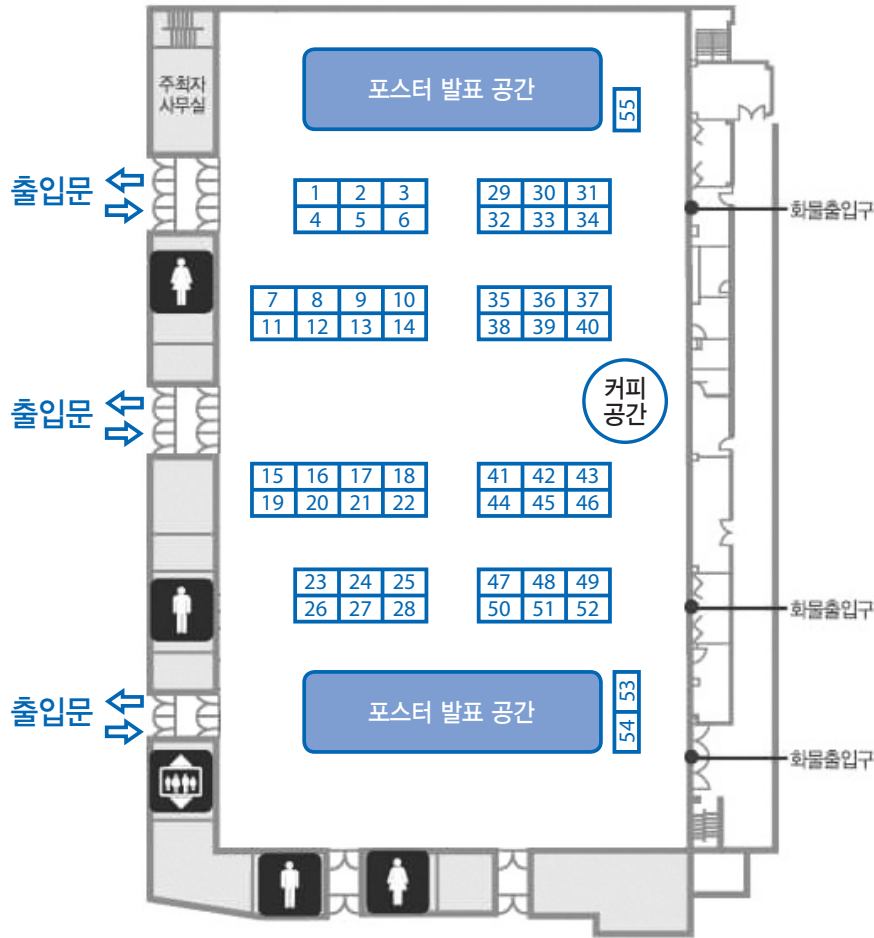
2) EML-SPRINGER 논문상

김수영(중앙대학교), 엄기홍(한세대학교), 이용욱(부경대학교)

3) WISET·KIM 젊은연구자상

김다혜(충남대학교), 이연주(국민대학교), 최원미(포항공과대학교)

부스배치



학회 부스 참가회사

1	태명과학(주)
2	(주)알트소프트
3	안톤파코리아 주식회사
4	SJ트레이딩
5	JOURNAL LAB by LEXCODE
6	한국세라믹기술원 분석인증센터
7,11	(주)진우테크, 시편전처리센터
8	(주)유로사이언스
9	영인프린터(주)
10	(주)에스피사이언스
12	(주)나모텍
13	(주)키원기술 / BUEHLER
14	(주)만진상사
15,16,17,19,20,21	엠티미디어(주)
18,22	엠티미디어(주) 손상허용특성평가연구소
23	에스와이사이언스 / R-DEC

24	(주)제펠
25	(주)프론틱스
26	오엠에이
27	태원과학(주)
28	(주)이레테크 데이터랩스
29	(주)네오사이언스
30	한국건설생활환경시험연구원(KCL)
31	이월드에디팅(EWORLD EDITING)
32	제이엘교역(Akasel & Remet)
33	(주)KAMI
34	(주)나노기술
35	에이티이랩(ATE LABS Inc.)
36	(주)팜테크
37	(주)마닉스 / MANIX
38	(주)알앤비
39	금속융합얼라이언스
40	엠티엠 코퍼레이션(주) / PRESI S.A

41,42,43	(주)만진교역 / STRUERS
44	(주)퓨처사이언스
45	(주)신영사이언스(ZEISS/MATSUZAWA)
46	자이스 코리아
47	LENTON-한결산업-CARBOLITE GERO
48	(유)코린스테크
49	한국생산기술연구원 대구/고령 뿌리기술지원센터
50	(주)솔루션랩
51	이지테크
52	아이에스지(주)
53	(주)버추얼랩
54	(주)모듈사이
55	(주)대덕이미지

특별 동해안권경제자유구역청
*특별부스는 등록대 옆에 있습니다.

경품 추첨 안내

학술대회 전시부스 30곳 이상을 순회하여, 도장(30개)을 받으셔서 응모함에 응모하시면 추첨을 통하여 아래 경품을 드립니다.

❖ 경품 추첨 일시 : 10.25(목) PM 5:00 / 10.26(금) PM 3:00

❖ 경품 추첨 장소 : 1층 전시장

10월 25일 (목)

1등
(1명)



Lg그램 노트북(15ZD980-GX50K)

2등
(2명)



다이슨 핫앤쿨(AM-09)



세그웨이 나인봇 전동휠 (DRIFT-W1)

3등
(3명)



애플 에어팟



스마트폰 짐벌 스무스4



에프터샷 골전도 이어폰 (AS650-GR)

4등
(4명)



플라즈마 클리닝 (IHCSR17HW) X 2명



오퍼스원 스마트우산



스마트인덕션 (45-001 IWH)

5등
(5명)



신세계상품권 (5만원)

10월 26일 (금)



Lg그램 노트북(15ZD980-GX50K)



다이슨 핫앤쿨(AM-09)



다이슨 드라이기



애플 에어팟



스마트폰 짐벌 스무스4



에프터샷 골전도 이어폰 (AS650-GR)



플라즈마 클리닝 (IHCSR17HW) X 2명



오퍼스원 스마트우산



스마트인덕션 (45-001 IWH)



신세계상품권 (5만원)

❖ 경품 추첨 시, 당첨자가 자리에 있는 경우에만 유효하고 자리에 없는 경우에는 재추첨 하게 됩니다.

(※ 일반 참석자 및 학생 모두 응모 가능)