

2024년도 한국소성·가공학회 춘계학술대회 및 임시총회 초록집

◆ 2024년 5월 23일(목)~24일(금)
◆ 서울 올림픽 파크텔

주 최 | (사)한국소성·가공학회

후원사 | 한국재료연구원 금속소재종합솔루션센터

한국재료연구원 파워유닛 스마트제조센터

(주)솔루션랩

(주)에프엠케이

오토폼엔지니어링코리아

(주)엠에프알씨

오엠에이콤 유한회사

(주)진합

마이크로컴퍼지트(주)

테스코(주)

(주)씨에이이테크놀러지

(주)피에스텍

(주)세창스틸

이지테크



제 1 발표회장 I

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 베를린 (4F)

○특별세션5 - 항공용 소재/부품 국산화 기술개발 심포지엄		좌 장: 박현일 (한국재료연구원)
13:30~13:45	KSTP_2024A_078	3D 프린팅 Ti-6Al-4V 합금고주기피로 특성 평가 권용남*(한국재료연구원), 석무영
13:45~14:00	KSTP_2024A_124	항공기용 체결 부품 NAS1581 패스너의 개발 손진일*(테스코 주식회사), 이진규
14:00~14:15	KSTP_2024A_031	항공용 베타어닐드 타이타늄 단조재 국산화 현황 주경준*(주)케이피씨엠, 김종식, 권용혁, 금보경, 손희영, 이기영
14:15~14:30	KSTP_2024A_125	타이타늄 합금 판재의 굽힘/확산접합 통합 공정 설계 박현일*(한국재료연구원), 권용남, 이동준, 석무영, 최현성
14:30~14:45	Coffee Break	
○특별세션5 - 항공용 소재/부품 국산화 기술개발 심포지엄		좌 장: 최현성 (한국재료연구원)
14:45~15:00	KSTP_2024A_080	항공소재 국산화를 위한 물성 데이터베이스 개발 권용남*(한국재료연구원), 박현일, 정유인
15:00~15:15	KSTP_2024A_111	항공기 단조재용 초고강도 알루미늄 소재 및 형단조 공정 기술개발 권혁곤*(주)케이.피.씨), 박성근, 이승익, 이동현
15:15~15:30	KSTP_2024A_068	항공기 날개구조물용 알루미늄 대형압출품 제조기술 및 부품 국산화 현황 정찬욱*(주)동양에이.케이코리아), 오석근, 권용남
15:30~15:45	Coffee Break	

제 1 발표회장 II

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 베를린 (4F)

○특별세션3 - 디지털 이미지 상관기법(DIC) 활용 기술 심포지엄		좌 장: 홍석무 (공주대학교)
15:45~16:00	심포지엄 개회사	
16:00~16:15	KSTP_2024A_017	ARAMIS - Optical 3D measurement technology for shear testing André Grube*(Carl Zeiss GOM Metrology GmbH)
16:15~16:30	KSTP_2024A_016	DIC기법의 용접 변형 측정을 위한 실험적 연구 김원섭*(오엠에이콤), 심지연, 홍석무
16:30~16:45	KSTP_2024A_146	저항 점 용접부의 국부적 물성을 측정하기 위한 마이크로 스케일 DIC 및 실험 방법 개발 조동혁*(한국과학기술원), Hassan Ghassemi-Armaki, Blair E. Carlson, Thomas B. Stoughton, 윤정환
16:45~17:00	Coffee Break	
17:00~17:15	KSTP_2024A_072	자동차 산업에서의 디지털 이미지 상관기법(DIC) 활용 김준영*(☎화신), 김원섭, 박종규
17:15~17:30	KSTP_2024A_008	휴대전화 카메라를 이용한 2D DIC 측정 정밀도 향상을 위한 오차 보정 연구 이상민*(국립공주대학교), 변성욱, 홍석무
17:30~17:45	KSTP_2024A_051	순수 타이타늄의 초극저온 인장특성 및 serration 유동 거동에 대한 이해 Mahdi Aghaahmadi*(국립한밭대학교), Hadis Esmaeilpour, 이수열, 나영상, 김정환
17:45~18:00	토 론	

제 2 발표회장

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 아틀란타 (4F)

○일반 발표 - 단조 1		좌 장: 오영석 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_2024A_142	은 분말 압분 조건에 따른 소결 특성 분석 오영석*(한국재료연구원), 황덕영, 강성훈
13:15~13:30	KSTP_2024A_139	유한요소해석을 이용한 형상 링롤링 공정 설계 최병진*(주)에프엠케이), 임형철, 천세환, 최창혁
13:30~13:45	KSTP_2024A_138	유한요소해석을 통한 프리폼 비율에 따른 링압연 불량 예측 정선호*(한국생산기술연구원), 김민수, 정건우, 최석우, 이종섭
13:45~14:00	KSTP_2024A_121	육각헤드 볼트 M10에 대한 금형 설계 및 해석 자동화 프로세스 개발 이사랑*(국립공주대학교), 오민성, 홍석무
14:00~14:15	KSTP_2024A_103	알루미늄 단조에서 마찰 현상 전만수*(경상국립대학교), 허 윤, 이현민
14:15~14:30	Coffee Break	
○일반 발표 - 단조 2		좌 장: 김동규 (건국대학교)
14:30~14:45	KSTP_2024A_102	원형-반달 형상인발 공정 중 버 발생의 수치적 예측 허 윤*(경상국립대학교), 남정우, 정임근, 전만수
14:45~15:00	KSTP_2024A_100	정규화된 Cockroft-Latham 손상도 모델을 이용한 볼트 헤드 공정 중 파단의 유한요소해석 홍보승*(경상국립대학교), 김광민, 홍석무, 전만수
15:00~15:15	KSTP_2024A_099	인장시험 예측 결과를 이용한 유동특성의 비교 김남윤*(경상국립대학교), 전만수
15:15~15:30	KSTP_2024A_095	초음파 나노표면개질 기술을 적용한 냉간단조용 항복비제어강의 표면 탈탄층 제거에 관한 연구 김상현*(한국재료연구원), 우영운, 이영선, 이상용, 윤은유
15:30~15:45	KSTP_2024A_018	음향방출 신호 비지도학습을 통한 냉간압조용 선재의 응력삼축비에 따른 성형한계선도 구축 권종혁*(건국대학교), 허정민, 응우옌 닛탐, 쩌민띠엔, 이호원, 김동규

제 3 발표회장

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 아테네 (4F)

○기념세션 - 박경태 교수 정년퇴임 기념세션		좌 장: 이기안 (인하대학교)
13:00~13:10	기념세션 개회사	
13:10~13:30	KSTP_2024A_091	초미세립 Ti합금의 제조 및 산업적 응용 이종수*(포항공과대학교)
13:30~13:50	KSTP_2024A_086	제조업 종사자가 설계하는 AI 솔루션 이창선*(인하대학교)
13:50~14:10	KSTP_2024A_002	고엔트로피합금의 고속 초소성 김형섭*(포항공과대학교)
14:10~14:20	Coffee Break	
○기념세션 - 박경태 교수 정년퇴임 기념세션		좌 장: 권용남 (한국재료연구원)
14:20~14:40	KSTP_2024A_065	은 분말을 활용한 기념메달용 고심도/비정형 소결제품 제조 기술 개발 황덕영*(에스메탈), 박경태
14:40~15:00	KSTP_2024A_063	TWIP강의 Notch 인장파괴 거동 전산모사 이경훈*(㈜솔루션랩), 문희범, 박경태
15:00~15:20	KSTP_2024A_079	원자력발전용 사고저항성 핵연료 피복관 기술 김현길*(한국원자력연구원), 홍종대, 오홍렬, 박경태
15:20~15:30	Coffee Break	
○기념세션 - 박경태 교수 정년퇴임 기념세션		좌 장: 이경훈 (㈜솔루션랩)
15:30~15:50	KSTP_2024A_001	Fe-Mn-Al-C 듀플렉스강에서 DSA에 의한 Twinning 생성거동 김정한*(국립한밭대학교), 마흐디
15:50~16:20	KSTP_2024A_075	오스테나이트강의 가공강화기구 박경태*(국립한밭대학교)

* 17:00~18:00 기조강연 (허 훈 명예교수, 이병현 PD)

제 4 발표회장

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 모스크바 (4F)

○일반 발표 - 적층제조 유연공정 1		좌 장: 정영웅 (국립창원대학교)
13:00~13:15	KSTP_2024A_006	입자가속기용 고주파 공동에 대한 적층공정 개발 문인용*(한국생산기술연구원), 함민지
13:15~13:30	KSTP_2024A_007	적층제조 공정으로 제작된 BCC 격자 구조체의 자연대류 열전달에 관한 연구 박근태*(한국재료연구원), 김상우
13:30~13:45	KSTP_2024A_024	L-PBF 공정에서의 오버행 구조 구현을 위한 비접촉 서포트 적용 안성현*(한국재료연구원), 김지훈, 김상우
13:45~14:00	KSTP_2024A_061	CM247LC 합금의 L-PBF 적층 제조 시 균열 생성 기구와 HIP 후열처리의 영향 원경운*(인하대학교), 이기안
14:00~14:15	Coffee Break	
○일반 발표 - 적층제조 유연공정 2		좌 장: 김상우 (한국재료연구원)
14:15~14:30	KSTP_2024A_071	구리 마이크로 아키텍처의 적층 제조와 극한환경 변형거동 강성규*(경상국립대학교)
14:30~14:45	KSTP_2024A_090	EB-PBF로 제작된 고분율 γ' Ni기 초합금의 표면조도에 미치는 체적 에너지밀도의 영향에 대한 연구 이해진*(한국생산기술연구원), 이병수
14:45~15:00	KSTP_2024A_093	Selective Laser Melting으로 적층한 Fe-10Cu 합금의 Hot Isostatic Pressing 공정 적용 효과 연구 강 철*(한국생산기술연구원), 김건희, 김원래, 이택우, 강현수, 한승준, 최선진, 하정현, 김정래, 이광춘, 김형균
15:00~15:15	KSTP_2024A_119	전력반도체용 방열핀 적층성형을 위한 Al합금 L-PBF 공정 최적화 강동욱*(한국생산기술연구원), 이병수, 정경환, 이해진, 박수현, 송영환
15:15~15:30	KSTP_2024A_130	합금설계를 통한 적층제조용, 고온균열 저감, 고분율 γ' Ni기 초내열합금 개발 이찬희*(국립창원대학교), 김태경, 이병수, 이해진, 홍현욱
15:30~15:45	Coffee Break	
○일반 발표 - 적층제조 유연공정 3		좌 장: 안동규 (조선대학교)
15:45~16:00	KSTP_2024A_134	Laser Powder Bed Fusion으로 제조된 철계형상기억합금의 높은 의사탄성거동에 관한 연구 김도형*(한국생산기술연구원), 이육진, 김태운, 박인욱, 김왕렬
16:00~16:15	KSTP_2024A_151	SLM 방식 고분자 3D프린팅 공정에서 파라미터에 따른 싱글 용융 풀의 영역별 정량적 수치 측정에 관한 연구 김건희*(한국생산기술연구원), 심은정
16:15~16:30	KSTP_2024A_109	프리미티브 내부 구조를 가진 샌드위치형 필터의 압력강하 특성 고찰 김 현*(조선대학교), 이광규, 정성용, 김지연, 이종배, 안동규
16:30~16:45	KSTP_2024A_123	프리미티브 구조를 내부에 가지는 샌드위치형 필터 내 공기 유동 특성 분석 범종찬*(조선대학교), 이광규, 안동규

제 5 발표회장

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 런던 (2F)

○특별세션4 - 첨단산업용 고청정 소재/부품 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 이승욱 (세아창원특수강)
13:30~13:35	심포지엄 개회사	
13:35~13:45	KSTP_2024A_056	첨단산업용 특수봉강 기술개발 사업 및 심포지엄 개요 김태윤*(한국금속재료연구조합), 정철환
13:45~14:05	KSTP_2024A_077	EBSD를 활용한 고주파 열처리된 저합금강 기어 샘플의 미세구조 정량 분석 강신곤*(동아대학교), 김은아, 심상철, 강영조
14:05~14:25	Coffee Break	
○특별세션4 - 첨단산업용 고청정 소재/부품 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 김덕령 (세아창원특수강)
14:25~14:45	KSTP_2024A_020	반도체용 고청정 SUS316L 소재의 품질 현황 및 계획 정세지*(세아창원특수강), 이승욱, 김덕령, 이강희, 강수석, 김한규, 안세호, 김태윤
14:45~15:05	KSTP_2024A_108	열간 압출 금형의 수명 예측을 위한 유한 요소 해석 최병진*(㈜에프엠케이), 최창혁, 천세환, 임형철
15:05~15:25	KSTP_2024A_021	반도체 산업용 극청정 특수강 부품개발 및 실증평가기술 개발 김근수*(㈜아스플로), 성열주
15:25~15:45	Coffee Break	
○특별세션4 - 첨단산업용 고청정 소재/부품 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 김근수 (㈜아스플로)
15:45~16:05	KSTP_2024A_050	반도체용 게스 공급용 SUS316L 강관의 전해연마 공정조건에 따른 표면처리 효과 공만식*(고등기술연구원), 양현석, 정우철, 정향철
16:05~16:25	KSTP_2024A_023	STS316L 분말을 이용한 금속분말 다공체 제조 윤중열*(한국재료연구원), 김민지, 이민정, 김현주
16:25~16:45	KSTP_2024A_045	반도체 공정가스 (Cl2)가 전해연마된 STS316L 표면층의 특성에 미치는 영향 이돈희*(한국항공대학교), 김풍연, 가준우, 김현준, 홍예담, 장시영
16:45~17:00	토 론	

제 6 발표회장 I

2024년 5월 23일(목)

▶▶ 로마 (2F)

○특별세션6 - 경량 다층 소재의 차체 부품 구조 최적화 및 응용 기술에 대한 연구		좌 장: 박상율 (㈜영진)
10:00~10:20	KSTP_2024A_040	경량 다층 클래드 소재가 적용된 일체형 패키지 트레이 동강성 전산 해석 개선에 관한 연구 윤성아*(㈜영진), 박상율, 오보라미, 김태엽, 김민중
10:20~10:40	KSTP_2024A_032	경량 다층 소재 일체형 차체 부품 응용 기술에 대한 연구 오보라미*(㈜일지테크), 박상율, 김태엽, 김민중
10:40~11:00	KSTP_2024A_062	경량 다층 클래드 소재 적용 트레이 모듈의 용접 조건에 관한 연구 김태엽*(㈜케이테크), 박상율, 배기만, 오보라미, 김민중
11:00~11:20	KSTP_2024A_098	AMA 다층 클래드 메탈의 제조특성연구 김민중*(㈜한국클래드텍), 박철민, 박상율, 배기만, 오보라미, 김태엽, 윤용한
11:20~11:40	토 론	

○일반 발표 - 박판성형		좌 장: 박남수 (한국생산기술연구원)
13:00~13:15	KSTP_2024A_015	초고강도강의 구멍확장비에 대한 연구: 초고강도강의 타발 데미지 효과에 대하여 이승호*(서울대학교), 조우진, 정든봄, 이제웅, 김성일, 한흥남
13:15~13:30	KSTP_2024A_094	실시간 물성측정을 활용한 data-driven intelligent manufacturing 공정에 관한 연구 이은호*(성균관대학교)
13:30~13:45	KSTP_2024A_064	표면 프로파일을 이용한 초고강도강재 3점굽힘시험의 파단 시점 측정 정규철*(한양대학교), 윤종현
13:45~14:00	KSTP_2024A_066	샤프엣지 성형을 위한 점진성형 융합공정 개발 윤형원*(한국생산기술연구원), 박민제, 오현준, 정석재, 박남수
14:00~14:15	KSTP_2024A_069	알루미늄-마그네슘-실리콘 합금의 지속가능 핫 스탬핑을 위한 액체 이산화탄소 운할 및 담금질 연구 채려홍*(울산대학교), 김진철, 경미영, 썬반러이, 김 동, 홍성태
14:15~14:30	Coffee Break	

제 6 발표회장 II

2024년 5월 23일(목)

▷▶ 로마 (2F)

○일반 발표 - 플라스틱가공 / 금형가공		좌 장: 유영은 (한국기계연구원)
14:30~14:45	KSTP_2024A_148	볼트형 피에조 응력 센서를 이용한 플라스틱 미세유체 칩의 초음파 용착 공정 최적화 유영은*(한국기계연구원), 진재호, 권다인, 권오동, 이경훈
14:45~15:00	KSTP_2024A_067	광조형 프린팅을 사용한 세라믹 복합재료의 적층제조 연구 강지완*(서울과학기술대학교), 박성현, 박 근
15:00~15:15	KSTP_2024A_041	전자기장-열 2-way 연성해석을 이용한 인덕션 히팅의 온도 변화 해석 황순재*(국립공주대학교), 이창연, 홍석무
15:15~15:30	Coffee Break	
○International Session - Process		좌 장: 최시훈 (국립순천대학교)
15:30~15:45	KSTP_2024A_089	Determination of friction factors with Ti-6Al-4V alloy under different lubrication conditions in warm forming F. Jiang*(Seoul Nat'l Univ.), Z. H. Zheng, S. D. Zhao, M. G. Lee
15:45~16:00	KSTP_2024A_092	Electrically assisted solid-state spot joining of cast aluminum alloy A365-T6 Van Cong Phan*(Univ. of Ulsan), Su Hyeon Choo, Thanh Thuong Do, Changjoo Lee, Ki Seok Nam, Sung Tae Hong
16:00~16:15	KSTP_2024A_114	Prediction of Microstructure Evolution in Additively Manufactured 316L SS during Cryogenic Compression using Microstructure-Based Crystal Plasticity Modeling Rohit Raj*(Sunchon Nat'l Univ.), Shi-Hoon Choi
16:15~16:30	KSTP_2024A_115	Constitutive modelling of the electroplastic effect in a crystal plasticity framework Jai Tiwari*(Seoul Nat'l Univ.), Minwoo Park, Heung Nam Han
16:30~16:45	KSTP_2024A_153	Enhanced stretch-flangeability of advanced high strength steels through non-conventional forming techniques Kali Prasad(POSTECH), Eun Seong Kim, Hyoung Seop Kim

제 1 발표회장

2024년 5월 24일(금)

▷▶ 베를린 (4F)

○일반 발표 - 소재응용 1		좌 장: 정영웅 (국립창원대학교)
09:00~09:15	KSTP_2024A_140	박판 A1050알루미늄합금의 재결정 거동 고찰 조재형*(한국재료연구원), 이성호, 이건영, 장효선, 김지훈
09:15~09:30	KSTP_2024A_037	알루미늄-구리 이중재 레이저 용접부 접합강도에 대한 연구 성현민*(서울대학교), 정경재, 이시환, 이동규, 김황선, 강성규, 이진도, 한흥남
09:30~09:45	KSTP_2024A_009	ECAP 공정 처리된 고망간강의 극저온 기계적 특성 김정기*(경상국립대학교), 정영훈, 김범준, 권현석, M. Abramova, 김형섭, N. Enikeev
09:45~10:00	KSTP_2024A_029	전기화학적 수소 장입에 따른 Deformed Ti 합금의 미세조직 및 기계적 거동에 관한 연구 이효주*(국립한밭대학교), 아나만 샘, 최정목, 박이주, 이근호, 김재국, 이종숙, 박준식, 조훈휘
10:00~10:15	KSTP_2024A_005	hBN 수계 분산액을 이용한 절삭 소성가공 최돈철*(마이크로컴퍼지트㈜), 정선용
10:15~10:30	Coffee Break	
○일반 발표 - 소재응용 2		좌 장: 조재형 (한국재료연구원)
10:30~10:45	KSTP_2024A_128	유한요소해석과 딥러닝을 통합 기술을 이용한 Zn-Al-Mg 합금 와이어의 미세조직 설계 최시훈*(국립순천대학교), Khushahal Thool, Preetham Alluri, 박기성, 서위걸
10:45~11:00	KSTP_2024A_087	Mg-10Gd 압출재의 초기 불균일 집합조직을 고려한 기계적 특성 평가에 탄점소성 다결정 모델의 적용 이재성*(국립창원대학교), 정영웅
11:00~11:15	KSTP_2024A_083	딥러닝 기반 공정-미세조직-물성 관계 모델링 기법 개발 강준우*(한국재료연구원), 김호혁, 김지훈, 강성훈
11:15~11:30	KSTP_2024A_019	압입 플라스틱메트리를 활용한 인공신경망 기반 잔류응력 예측 박민우*(서울대학교), 정든봄, 정경재, 한흥남
11:30~11:45	KSTP_2024A_152	Fe와 Al 첨가량 제어에 따른 Cu-Zn계 동합금의 물성 평가 김문조*(한국생산기술연구원), 방종원, 김동웅, 조규섭

제 2 발표회장

2024년 5월 24일(금)

▶▶ 몬트리올 (4F)

○International Session - Material		좌 장: 김대용 (전남대학교)
09:00~09:15	KSTP_2024A_030	Finite element simulation of ductile fracture mechanisms in AlSi10Mg processed by laser powder bed fusion Xuan Minh Nguyen*(Konkuk Univ.), Dang Hoang Cong, Minh Tien Tran, A Ra Jo, Sun-Kwang Hwang, Dong-Kyu Kim
09:15~09:30	KSTP_2024A_088	Evaluation of anisotropic fracture in AA1050-O sheet using Hosford Coulomb fracture model with CQN plasticity model Aishwary Gupta*(Seoul Nat'l Univ.), Yong Hou, Myoung-Gyu Lee
09:30~09:45	KSTP_2024A_097	Utilizing Machine Learning to Determine AHSS Springback Compensation Parameters Considering Material Properties Variations H. Wang*(KAIST), H. Lim, J. W. Yoon
09:45~10:00	KSTP_2024A_106	A new failure criterion for predicting forming limit of composite metal foils L. H. Zheng*(KAIST), J. W. Yoon
10:00~10:15	Coffee Break	
○International Session - Material		좌 장: 조훈휘 (국립한밭대학교)
10:15~10:30	KSTP_2024A_116	A Study on the Influence of RPM on Microstructural Inhomogeneity and Mechanical Properties of Friction Stir Processed AA5083 Sheets Aman Gupta*(Sunchon Nat'l Univ.), Preetham Alluri, Tae-Hyeon Yoo, Shi-Hoon Choi
10:30~10:45	KSTP_2024A_126	Mesoscale defect dynamics model for plasticity in nano-architected metals Ill Ryu*(Seoul Nat'l Univ.)
10:45~11:00	KSTP_2024A_132	The Plastic Deformation Mechanisms in 316L stainless steel at 4.2 K: A Multiscale Plasticity Analysis M. Ishtiaq*(Gyeongsang Nat'l Univ.), Y. K. Kim, S. Tiwari, Y. S. Na, J. B. Seol
11:00~11:15	KSTP_2024A_136	Enhanced High-Temperature Plasticity while Maintaining Strength in Modified Cobalt Nickel-Based Superalloy S. Tiwari*(Gyeongsang Nat'l Univ.), H. J. bae, M. Ishtiaq, W. H. Jo, C. H. Lee, J. E. Jung, J. B. Seol

제 3 발표회장

2024년 5월 24일(금)

▷▶ 아틀란타 (4F)

○일반 발표 - 공정계산역학 1		좌 장: 김지훈 (부산대학교)
09:00~09:15	KSTP_2024A_133	재료 물성 예측을 위한 압입 시험 데이터의 딥러닝 기반 분석 안성은*(한국재료연구원), 김용남, 오영석, 김지훈, 이호원
09:15~09:30	KSTP_2024A_131	3차원 ResNet을 활용한 집합조직 기반 성형 한계도 예측 시스템 개발 이한준*(한국재료연구원), 김동규, 김지훈, 이호원
09:30~09:45	KSTP_2024A_026	유한요소해석연계 극박 순 타이타늄 판재의 성형한계선도의 실험적 도출 방법 개발 김경재*(한국재료연구원), 김찬양, 민경문, 김지훈, 봉혁중
09:45~10:00	KSTP_2024A_120	철강 후판의 열간 압연 후 급속 냉각 공정에서의 판 변형 유한요소 해석 구진모*(서울대학교), 민경문, 이성철, 김정훈, 이명규
10:00~10:15	KSTP_2024A_105	왜곡경화 모델을 적용한 조관 공정 모사 성형 후 인장 강도 예측 김승우*(서울대학교), 최성환, 강수창, 이명규
10:15~10:30	Coffee Break	
○일반 발표 - 공정계산역학 2		좌 장: 이호원 (한국재료연구원)
10:30~10:45	KSTP_2024A_022	용접형 볼스터드 제조 공정의 유한요소해석 윤용석*(주)솔루션랩), 이정화, 이시엽, 이경훈
10:45~11:00	KSTP_2024A_137	냉간 압연 판재의 유도가열, 퀴칭 및 템퍼링 공정 해석 임형철*(주)에프엠케이), 최창혁, 천세환, 최병진
11:00~11:15	KSTP_2024A_149	PAM-STAMP 프로그램을 이용한 솔리드 요소의 소성가공 시뮬레이션 기술 오인석*(한국이에스아이(주))
11:15~11:30	KSTP_2024A_070	금속-고분자-금속 샌드위치 판재 굽힘 및 스프링백 해석 박진성*(부산대학교), 정경환, 김지훈

제 4 발표회장

2024년 5월 24일(금)

▷▶ 모스크바 (4F)

○일반 발표 - 압연		좌 장: 신다슬 (한국재료연구원)
09:00~09:15	KSTP_2024A_004	FEATROM: 전체압연공정 유한요소해석을 위한 컴퓨터 소프트웨어 황상무*(㈜케이팩)
09:15~09:30	KSTP_2024A_081	열간압연으로 얻은 헤테로구조화에 따른 CoCrFeMnNi 합금의 인장물성 향상 이정완*(포항공과대학교), 박효진, 손수정, 김형섭
09:30~09:45	KSTP_2024A_042	Ti-5Mo-xFe 합금의 열간압연에 의한 미세조직 변화거동과 변형 메커니즘 분석 김홍민*(국립순천대학교), 이동근
09:45~10:00	KSTP_2024A_012	H-beam 압연 최종패스에서 압하력 예측을 위한 머신러닝 모델의 성능 비교 김성기*(중앙대학교), 정현석, 위창현, 이종은, 서경호, 이영석
10:00~10:15	KSTP_2024A_013	연속압연 공정에서 소재의 mass flow 실시간 진단을 위한 동적 소재 폭퍼짐 예측 남규한*(중앙대학교), 이동윤, 이영석
10:15~10:30	Coffee Break	
○일반 발표 - 압출 및 인발		좌 장: 신다슬 (한국재료연구원)
10:30~10:45	KSTP_2024A_141	인발공정에 의해 강소성 가공된 순수 가돌리늄의 자기열량 효과: 미세조직 영향 연구 Hadiseh Esmaeilpoor*(국립한밭대학교), 신다슬, 이광석, 김정한
10:45~11:00	KSTP_2024A_147	잔류응력, 미세조직 연계 알루미늄 밸브스플 인발 공정 수율 개선 연구 양우석*(한국재료연구원), 광경민, 최원영, 김민직, 양선영, 이광석

제 5 발표회장 - 포스터발표 I

2024년 5월 24일(금) 09:15~11:30

▷▶ 아테네 (4F)

○ 포스터 발표		좌 장: 김정기 (경상국립대학교) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P01	KSTP_2024A_003	초고장력강의 파단 성형 한계 연구 김기정*(현대제철), 윤승채, 전진화, 현주식, 정유동, 신건진, 박진홍, 이명규
P02	KSTP_2024A_010	열처리 및 Cu 첨가가 Al-Mg-Si 합금의 미세조직 및 전기화학적 거동에 미치는 영향에 관한 연구 홍현빈*(국립한밭대학교), Rai Narayan Hajra, 유한결, 신은주, 김재국, 이종숙, 김정한, 조훈휘, 김재황
P03	KSTP_2024A_011	DNN 기반 유한요소 대체모델을 활용한 차량용 이너 타이로드 최적설계 한동운*(한국생산기술연구원), 김효규, 김성탁
P04	KSTP_2024A_014	공형압연에서 롤 비대칭 배치에 따른 소재 자유표면형상 변화에 대한 연구 이석의*(중앙대학교), 이동운, 이영석
P05	KSTP_2024A_025	가공배전선 점적율 증가를 위한 알루미늄 Trepozoidal Wire 인발성형에 관한 연구 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 최진곤
P06	KSTP_2024A_027	H-beam 압연 최종패스에서 공정조건과 단면규격에 따른 metal flow 변화에 대한 연구 김규태*(중앙대학교), 정현석, 문홍길, 위창현, 서경호, 이영석
P07	KSTP_2024A_028	열간단조 공정 변수에 따른 준안정 β 계 타이타늄 합금의 미세조직 발달 거동 규명 진인경*(국립순천대학교), 이재관, 이용재, 이동근
P08	KSTP_2024A_033	전기자동차 차동장치용 액추에이터 하우징 부품의 유한요소해석 이상길*(㈜송원하이텍), 송춘만, 이준열, 장재현, 장성민, 엄재근, 전만수
P09	KSTP_2024A_034	자동차 현가장치용 경량화 알루미늄 부싱의 공정 시뮬레이션 이진원*(㈜엔와이티), 정문섭, 장성민, 문호근, 전만수
P10	KSTP_2024A_035	탄소성 유한요소해석을 통한 프로그래시브 공정 시뮬레이션 박기근*(㈜태진다이텍), 장성민, 전만수
P11	KSTP_2024A_036	편광 카메라를 활용한 CNN 기반 너트 불량 검사 알고리즘 윤주리*(국립공주대학교), 이사랑, 홍석무
P12	KSTP_2024A_038	AISI 4340 소재를 사용한 대형 열간단조품의 최적 열처리 조건 및 금형 설계에 관한 연구 전진우*(㈜풍산), 오세윤, 박주성, 서송원
P13	KSTP_2024A_039	AL2219 T0 알루미늄 합금의 용접 후열처리에 따른 경도 변화 이상훈*(한국항공우주연구원), 신민철, 유준태
P14	KSTP_2024A_043	투명 디스플레이 사이니지 제조를 위한 로봇 기반 OCR 레진 도포 및 몰딩 공정 자동화 곽은지*(한국기계연구원), 한준세, 제태진, 최두선
P15	KSTP_2024A_044	프레스 단성 변형을 고려한 성형-구조 해석 연계 시뮬레이션 강희원*(한국자동차연구원), 최용준, 김동욱
P16	KSTP_2024A_046	FDS접합된 이종소재의 접합부 파단강도 평가방법 연구 박두현*(한국생산기술연구원), 정준영, 김동건, 김민기, 김성호, 송정환
P17	KSTP_2024A_047	EB-PBF로 제작한 Inconel718의 인장거동에 미치는 전자빔 전류의 영향 이병수*(한국생산기술연구원), 이도훈, 이찬희, 홍현욱

제 5 발표회장 - 포스터발표 II

2024년 5월 24일(금) 09:15~11:30

▷▶ 아테네 (4F)

○ 포스터 발표		좌 장: 김정기 (국립경상대학교) / 강성훈 (한국재료연구원) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P18	KSTP_2024A_048	L-PBF로 제작한 Haynes230소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 HIP 공정의 영향 이병수*(한국생산기술연구원), 이해진, 김다해, 성지현, 안국기, 김균섭
P19	KSTP_2024A_049	L-PBF로 제작한 Haynes230소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 Barrel 연마의 영향 이병수*(한국생산기술연구원), 이해진, 김다해, 성지현, 안국기, 김균섭
P20	KSTP_2024A_052	IN706 합금의 용체화 시간에 따른 미세조직 및 물성변화 강호성*(경상국립대학교), 김효건, 성예찬, 김정기
P21	KSTP_2024A_053	하모닉 감속기 소재 AISI 4340 steel의 shot-peening 공정시간에 따른 기계적 특성 정영훈*(경상국립대학교), 김범준, 김효건, 김성환, 백민재, 이석규, 신상운, 이동준, 최인철, 김정기
P22	KSTP_2024A_054	Wire arc additive manufacturing 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 고온 내산화 특성 김수빈*(인하대학교), 감동혁, 이기안
P23	KSTP_2024A_055	Laser Powder Bed Fusion 공정을 이용한 SA508 Gr.3 Steel의 제조 및 그 미세조직과 기계적 특성에 미치는 공정 변수 영향 황원구*(인하대학교), 류호진, 이기안
P24	KSTP_2024A_057	초고강도강 적용 차체부품 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형기술 개발 남성우*(대우공업㈜), 이상구, 이정흠, 김대인, 김종윤
P25	KSTP_2024A_058	알루미늄 배터리팩 케이스의 측면 충돌해석 연구 남성우*(대우공업㈜), 이정흠, 김종윤, 이상구, 김대인
P26	KSTP_2024A_059	냉간 신선 시 단면감소를 및 소둔온도가 듀플렉스 스테인리스 스틸 와이어의 기계적 특성에 미치는 영향 연구 곽대영*(한국생산기술연구원), 황슬기, 전재열
P27	KSTP_2024A_060	연료전지 금속분리판 성형품질 확보를 위한 수치해석 기반 다단 드로잉 성형공정 설계 배기현*(한국생산기술연구원), 김호영, 김규래
P28	KSTP_2024A_074	강소성 및 탄소성 유한요소법에 의한 자동차 휠너트 단조공정의 정밀 단조 시뮬레이션 누르히다야 압둘 하미드*(경상국립대학교), 정완진, 전만수
P29	KSTP_2024A_076	마찰전기 나노발전기 대량생산을 위한 마이크로구조를 갖는 열가소성 불소수지의 사출성형 차경제*(한국생산기술연구원), 이종현, 라운상, 최동휘
P30	KSTP_2024A_082	금형 수명을 고려한 너트-파이프의 자동다단냉간단조 공정설계의 개선 정승원*(㈜엠에프알씨), 김수민, 이충열, 전만수
P31	KSTP_2024A_084	비틀림 유연성 향상을 위한 3차원 카이럴 메타구조 최적설계 지민정*(서울과학기술대학교), 박 근
P32	KSTP_2024A_085	고온질화처리가 304L 스테인리스강의 기계적 물성에 미치는 영향 권영제*(영남대학교), 강지현
P33	KSTP_2024A_096	연료전지 분리판용 Ti 판재의 기계적 성질 하태권*(강릉원주대학교), 추민서, 신홍철

제 5 발표회장 - 포스터발표 III

2024년 5월 24일(금) 09:15~11:30

▷▶ 아테네 (4F)

○ 포스터 발표		좌 장: 강성훈 (한국재료연구원) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P34	KSTP_2024A_101	Fe 함유 Al-10Si-Mg 합금의 미세조직, 인장·열전도도에 미치는 용탕 과열 처리 및 T6의 영향 강태훈*(인하대학교), 장진혁, 어광준, 조영희, 이기안
P35	KSTP_2024A_104	Laser Powder Bed Fusion 공정으로 제조된 Inconel 718 격자 구조체의 미세조직, 상·고온 기계적 특성 강태훈*(인하대학교), Yongho Sohn, 이기안
P36	KSTP_2024A_107	판재 유입량 측정을 통한 드로잉 품질 예측 시스템 개발 장인제*(한국생산기술연구원), 송정환, 이종섭, 서영호, 황민하, 배기현
P37	KSTP_2024A_112	템퍼드 마르텐사이트강의 수소취성에 미치는 C 및 Ni 함량의 영향 신승혁*(서울과학기술대학교), 정민섭, 신희창, 김상규, 황병철
P38	KSTP_2024A_113	두 API X80 라인파이프강의 in-situ 수소취성 평가 연구 오동규*(서울과학기술대학교), 신승혁, 황병철
P39	KSTP_2024A_117	포신용 Cr 도금층의 마모 거동에 대한 연구 서위걸*(국립순천대학교), 정성환, 전상배, 최시훈
P40	KSTP_2024A_118	선택적 레이저 용융으로 제조된 순수 타이타늄의 열간 등방 가압법 후처리에 따른 효과 연구 한승준*(한국생산기술연구원), 강현수, 김원래, 김건희, 이택우, 한혁수, 김형균
P41	KSTP_2024A_122	레이저 표면처리를 통한 inverse-gradient 헤테로 구조의 우수한 인장물성 및 성형성 김재훈*(포항공과대학교), 김래연, 구강희, 최연택, 이정아, 김형섭
P42	KSTP_2024A_129	저압터빈 블레이드용 FeMnAlC 경량철강의 저주기 피로 거동과 Dynamic Strain Aging 발현 김시연*(국립창원대학교), 고의석, 김치원, 박성준, 홍현욱
P43	KSTP_2024A_144	Ti 첨가에 따른 핵융합로 구조용 RAFM강 용접부의 고온 안정성 및 기계적 특성 연구 한재연*(국립창원대학교), 조운환, 김치원, 이창훈, 정승진, 홍현욱
P44	KSTP_2024A_145	계층적 균집화 기법을 이용한 레이저 용접된 DP 강의 상분율 분석 천민준*(국립한밭대학교), Sam Yaw Anaman, Soumyabrata Basak, 홍성태, 조훈휘
P45	KSTP_2024A_150	스테인리스 스틸의 전해연마 공정에서 Cr/Fe 비율에 영향을 미치는 공정 변수 연구 양현석*(고등기술연구원), 정우철, 공만식

목 차

1. 기조강연

2. 특별세션 5 / 특별세션 3 (제 1 발표회장)

○ 항공용 소재/부품 국산화 기술개발 심포지엄

- 항공용 베타어닐드 타이타늄 단조재 국산화 현황
.....주경준*(㈜케이피씨엠), 김종식, 권용혁, 금보경, 손희영, 이기영 / 28
- 타이타늄 합금 판재의 굽힘/확산접합 통합 공정 설계
.....박현일*(한국재료연구원), 권용남, 이동준, 석무영, 최현성 / 29
- 항공기 단조재용 초고강도 알루미늄 소재 및 형단조 공정 기술개발
.....권혁곤*(㈜케이.피.씨), 박성근, 이승익, 이동현 / 30
- 항공기 날개구조물용 알루미늄 대형압출품 제조기술 및 부품 국산화 현황
.....정찬욱*(㈜동양에이.케이코리아), 오석근, 권용남 / 31

○ 디지털 이미지 상관기법(DIC) 활용 기술 심포지엄

- 저항 점 용접부의 국부적 물성을 측정하기 위한 마이크로 스케일 DIC 및 실험 방법 개발
.....조동혁*(한국과학기술원), Hassan Ghassemi-Armaki, Blair E. Carlson, Thomas B. Stoughton, 윤정환 / 32
- 자동차 산업에서의 디지털 이미지 상관기법(DIC) 활용
.....김준영*(㈜화신), 김원섭, 박종규 / 33
- 순수 타이타늄의 초극저온 인장특성 및 serration 유동 거동에 대한 이해
.....Mahdi Aghaahmadi*(국립한밭대학교), Hadis Esmailpour, 이수열, 나영상, 김정한 / 34

3. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 단조 1, 2

- 은 분말 압분 조건에 따른 소결 특성 분석
.....오영석*(한국재료연구원), 황덕영, 강성훈 / 36
- 유한요소해석을 이용한 형상 링롤링 공정 설계
.....최병진*(㈜에프엠케이), 임형철, 천세환, 최창혁 / 37
- 유한요소해석을 통한 프리폼 비율에 따른 링압연 불량 예측
.....정선호*(한국생산기술연구원), 김민수, 정건우, 최석우, 이종섭 / 38
- 육각헤드 볼트 M10 에 대한 금형 설계 및 해석 자동화 프로세스 개발
.....이사랑*(국립공주대학교), 오민성, 홍석무 / 39
- 알루미늄 단조에서 마찰 현상
.....전만수*(경상국립대학교), 허 윤, 이현민 / 40

- 원형-반달 형상인발 공정 중 버 발생의 수치적 예측
.....허 윤*(경상국립대학교), 남정우, 정임근, 전만수 / 42
- 정규화된 Cockcroft-Latham 손상도 모델을 이용한 볼트 헤딩 공정 중 파단의 유한요소해석
.....홍보승*(경상국립대학교), 김광민, 홍석무, 전만수 / 44
- 인장시험 예측 결과를 이용한 유동특성의 비교
.....김남윤*(경상국립대학교), 전만수 / 46
- 초음파 나노표면개질 기술을 적용한 냉간단조용 항복비제어강의 표면 탈탄층 제거에 관한 연구
.....김상현*(한국재료연구원), 우영윤, 이영선, 이상용, 윤은유 / 48
- 음향방출 신호 비지도학습을 통한 냉간압조용 선재의 응력삼축비에 따른 성형한계선도 구축
.....권종혁*(건국대학교), 허정민, 응우옌 닛탐, 찜민띠엔, 이호원, 김동규 / 49

4. 기념세션 (제 3 발표회장)

○ 박경태 교수 정년퇴임 기념세션

- 초미세립 Ti합금의 제조 및 산업적 응용
.....이종수*(포항공과대학교) / 51
- 제조업 종사자가 설계하는 AI 솔루션
.....이창선*(인하대학교) / 52
- 고엔트로피합금의 고속 초소성
.....김형섭*(포항공과대학교) / 53
- TWIP강의 Notch 인장파괴 거동 전산모사
.....이경훈*(주술루션랩), 문희범, 박경태 / 54
- 원자력발전용 사고저항성 핵연료 피복관 기술
.....김현길*(한국원자력연구원), 홍종대, 오홍렬, 박경태 / 55
- Fe-Mn-Al-C 듀플렉스강에서 DSA에 의한 Twinning 생성거동
.....김정환*(국립한밭대학교), 마흐디 / 56
- 오스테나이트강의 가공강화기구
.....박경태*(국립한밭대학교) / 57

5. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 적층제조 유연공정 1, 2, 3

- 입자가속기용 고주파 공동에 대한 적층공정 개발
.....문인용*(한국생산기술연구원), 함민지 / 59
- 적층제조 공정으로 제작된 BCC 격자 구조체의 자연대류 열전달에 관한 연구
.....박근태*(한국재료연구원), 김상우 / 60
- L-PBF 공정에서의 오버행 구조 구현을 위한 비접촉 서포트 적용

- 안성현*(한국재료연구원), 김지훈, 김상우 / 61
- CM247LC 합금의 L-PBF 적층 제조 시 균열 생성 기구와 HIP 후열처리의 영향
..... 원경운*(인하대학교), 이기안 / 62
 - 구리 마이크로 아키텍처의 적층 제조와 극한환경 변형거동
..... 강성규*(경상국립대학교) / 63
 - EB-PBF로 제작된 고분율 γ' Ni기 초합금의 표면조도에 미치는 체적 에너지밀도의 영향에 대한 연구
..... 이해진*(한국생산기술연구원), 이병수 / 64
 - Selective Laser Melting으로 적층한 Fe-10Cu 합금의 Hot Isostatic Pressing 공정 적용 효과 연구
..... 강 철*(한국생산기술연구원), 김건희, 김원래, 이택우, 강현수, 한승준, 최선진, 하정현, 김정래, 이광춘, 김형균 / 65
 - 전력반도체용 방열핀 적층성형을 위한 Al합금 L-PBF 공정 최적화
..... 강동욱*(한국생산기술연구원), 이병수, 정경환, 이해진, 박수현, 송영환 / 66
 - 합금설계를 통한 적층제조용, 고온균열 저감, 고분율 γ' Ni기 초내열합금 개발
..... 이찬희*(국립창원대학교), 김태경, 이병수, 이해진, 홍현욱 / 67
 - Laser Powder Bed Fusion으로 제조된 철계형상기억합금의 높은 의사탄성거동에 관한 연구
..... 김도형*(한국생산기술연구원), 이육진, 김태윤, 박인욱, 김왕렬 / 69
 - SLM 방식 고분자 3D프린팅 공정에서 파라미터에 따른 싱글 용융 풀의 영역별 정량적 수치 측정에 관한 연구
..... 김건희*(한국생산기술연구원), 심은정 / 70
 - 프리미티브 내부 구조를 가진 샌드위치형 필터의 압력강하 특성 고찰
..... 김 현*(조선대학교), 이광규, 정성용, 김지연, 이종배, 안동규 / 71
 - 프리미티브 구조를 내부에 가지는 샌드위치형 필터 내 공기 유동 특성 분석
..... 범종찬*(조선대학교), 이광규, 안동규 / 72

6. 특별세션 4 (제 5 발표회장)

○ 첨단산업용 고청정 소재/부품 자립화 기술개발 심포지엄

- EBSD를 활용한 고주파 열처리된 저합금강 기어 샘플의 미세구조 정량 분석
..... 강신곤*(동아대학교), 김은아, 심상철, 강영조 / 74
- 반도체용 게스 공급용 SUS316L 강관의 전해연마 공정조건에 따른 표면처리 효과
..... 공만식*(고등기술연구원), 양현석, 정우철, 정항철 / 75

7. 특별세션 6 / 일반 논문 발표 / International Session 1 (제 6 발표회장)

○ 경량 다층 소재의 차체 부품 구조 최적화 및 응용 기술에 대한 연구

- 경량 다층 클래드 소재가 적용된 일체형 패키지 트레이 동강성 전산 해석 개선에 관한 연구
..... 윤성아*(㈜영진), 박상율, 오보라미, 김태엽, 김민중 / 77
- 경량 다층 소재 일체형 차체 부품 응용 기술에 대한 연구
..... 오보라미*(㈜일지테크), 박상율, 김태엽, 김민중 / 78

- 경량 다층 클래드 소재 적용 트레이 모듈의 용접 조건에 관한 연구
..... 김태엽*(주케이테크), 박상율, 배기만, 오보라미, 김민중 / 79
- AMA 다층 클래드 메탈의 제조특성연구
..... 김민중*(주한국클래드텍), 박철민, 박상율, 배기만, 오보라미, 김태엽, 윤용한 / 80

○ 박판성형

- 초고강도강의 구멍확장비에 대한 연구: 초고강도강의 타발 데미지 효과에 대하여
..... 이승호*(서울대학교), 조우진, 정든봄, 이제웅, 김성일, 한홍남 / 81
- 표면 프로파일을 이용한 초고강도강재 3 점굽힘시험의 파단 시점 측정
..... 정규철*(한양대학교), 윤종현 / 82
- 샤프엣지 성형을 위한 점진성형 융합공정 개발
..... 윤형원*(한국생산기술연구원), 박민제, 오현준, 정석재, 박남수 / 83
- 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금의 지속가능 핫 스탬핑을 위한 액체 이산화탄소 윤활 및 담금질 연구
..... 채려홍*(울산대학교), 김진철, 경미영, 전반러이, 김 동, 홍성태 / 84

○ 플라스틱가공

- 볼트형 피에조 응력 센서를 이용한 플라스틱 미세유체 칩의 초음파 용착 공정 최적화
..... 유영은*(한국기계연구원), 진재호, 권다인, 권오동, 이경훈 / 85
- 광조형 프린팅을 사용한 세라믹 복합재료의 적층제조 연구
..... 강지완*(서울과학기술대학교), 박성현, 박 근 / 86

○ 금형가공

- 전자기장-열 2-way 연성해석을 이용한 인덕션 히팅의 온도 변화 해석
..... 황순재*(국립공주대학교), 이창연, 홍석무 / 87

○ International Session (Process)

- Determination of friction factors with Ti-6Al-4V alloy under different lubrication conditions in warm forming
..... F. Jiang*(Seoul Nat'l Univ.), Z. H. Zheng, S. D. Zhao, M. G. Lee / 88
- Electrically assisted solid-state spot joining of cast aluminum alloy A365-T6
..... Van Cong Phan*(Univ. of Ulsan), Su Hyeon Choo, Thanh Thuong Do, Changjoo Lee, Ki Seok Nam, Sung Tae Hong / 89
- Prediction of Microstructure Evolution in Additively Manufactured 316L SS during Cryogenic Compression using Microstructure-Based Crystal Plasticity Modeling
..... Rohit Raj*(Sunchon Nat'l Univ.), Shi-Hoon Choi / 90
- Constitutive modelling of the electroplastic effect in a crystal plasticity framework
..... Jai Tiwari*(Seoul Nat'l Univ.), Minwoo Park, Heung Nam Han / 92
- Enhanced stretch-flangeability of advanced high strength steels through non-conventional forming techniques
..... Kali Prasad(POSTECH), Eun Seong Kim, Hyoung Seop Kim / 93

8. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 소재응용 1, 2

- 박관 A1050 알루미늄합금의 재결정 거동 고찰
.....조재형*(한국재료연구원), 이성호, 이진영, 장효선, 김지훈 / 95
- 알루미늄-구리 이중재 레이저 용접부 접합강도에 대한 연구
.....성현민*(서울대학교), 정경재, 이시환, 이동규, 김황선, 강성규, 이건도, 한홍남 / 96
- ECAP 공정 처리된 고망간강의 극저온 기계적 특성
.....김정기*(경상국립대학교), 정영훈, 김범준, 권현석, M. Abramova, 김형섭, N. Enikeev / 97
- 전기화학적 수소 장입에 따른 Deformed Ti 합금의 미세조직 및 기계적 거동에 관한 연구
.....이효주*(국립한밭대학교), 아나만 샘, 최정목, 박이주, 이근호, 김재국, 이종숙, 박준식, 조훈휘 / 98
- hBN 수계 분산액을 이용한 절삭 소성가공
.....최돈철*(마이크로컴퍼지트㈜), 정선용 / 99
- 유한요소해석과 딥러닝을 통합 기술을 이용한 Zn-Al-Mg 합금 와이어의 미세조직 설계
.....최시훈*(국립순천대학교), Khushahal Thool, Preetham Alluri, 박기성, 서위걸 / 100
- Mg-10Gd 압출재의 초기 불균일 집합조직을 고려한 기계적 특성 평가에 탄점소성 다결정 모델의 적용
.....이재성*(국립창원대학교), 정영웅 / 101
- 딥러닝 기반 공정-미세조직-물성 관계 모델링 기법 개발
.....강준우*(한국재료연구원), 김호혁, 강성훈 / 102
- 압입 플라스틱메트리를 활용한 인공신경망 기반 잔류응력 예측
.....박민우*(서울대학교), 정든봄, 정경재, 한홍남 / 103
- Fe와 Al 첨가량 제어에 따른 Cu-Zn계 동합금의 물성 평가
.....김문조*(한국생산기술연구원), 방종원, 김동웅, 조규섭 / 104

9. International Session 2 (제 2 발표회장)

○ International Session (Material)

- Finite element simulation of ductile fracture mechanisms in AlSi10Mg processed by laser powder bed fusion
.....Xuan Minh Nguyen*(Konkuk Univ.), Dang Hoang Cong1, Minh Tien Tran, A Ra Jo, Sun-Kwang Hwang, Dong-Kyu Kim / 106
- Evaluation of anisotropic fracture in AA1050-O sheet using Hosford Coulomb fracture model with CQN plasticity model
.....Aishwary Gupta*(Seoul Nat'l Univ.), Yong Hou, Myoung-Gyu Lee / 107
- Utilizing Machine Learning to Determine AHSS Springback Compensation Parameters Considering Material Properties Variations
.....H. Wang*(KAIST), H. Lim, J. W. Yoon / 108
- A new failure criterion for predicting forming limit of composite metal foils
.....L. H. Zheng*(KAIST), J. W. Yoon / 109
- A Study on the Influence of RPM on Microstructural Inhomogeneity and Mechanical Properties of Friction Stir Processed AA5083 Sheets
.....Aman Gupta*(Sunchon Nat'l Univ.), Preetham Alluri, Tae-Hyeon Yoo, Shi-Hoon Choi / 110

- Mesoscale defect dynamics model for plasticity in nano-architected metals
..... Ill Ryu*(Seoul Nat'l Univ.) / 111
- The Plastic Deformation Mechanisms in 316L stainless steel at 4.2 K: A Multiscale Plasticity Analysis
.....M. Ishtiaq*(Gyeongsang Nat'l Univ.), Y. K. Kim, S. Tiwari, Y. S. Na, J. B. Seol / 112
- Enhanced High-Temperature Plasticity while Maintaining Strength in Modified Cobalt Nickel-Based Superalloy
..... S. Tiwari*(Gyeongsang Nat'l Univ.), H. J. bae, M. Ishtiaq, W. H. Jo, C. H. Lee, J. E. Jung, J. B. Seol / 113

10. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 공정계산역학 1, 2

- 재료 물성 예측을 위한 압입 시험 데이터의 딥러닝 기반 분석
..... 안성은*(한국재료연구원), 김용남, 오영석, 김지훈, 이호원 / 115
- 3 차원 ResNet을 활용한 집합조직 기반 성형 한계도 예측 시스템 개발
.....이한준*(한국재료연구원), 김동규, 김지훈, 이호원 / 116
- 유한요소해석연계 극박 순 타이타늄 판재의 성형한계선도의 실험적 도출 방법 개발
..... 김경재*(한국재료연구원), 김찬양, 민경문, 김지훈, 봉혁종 / 117
- 철강 후판의 열간 압연 후 급속 냉각 공정에서의 판 변형 유한요소 해석
..... 구진모*(서울대학교), 민경문, 이성철, 김정훈, 이명규 / 118
- 왜곡경화 모델을 적용한 조관 공정 모사 성형 후 인장 강도 예측
.....김승우*(서울대학교), 최성환, 강수창, 이명규 / 119
- 용접형 볼스터드 제조 공정의 유한요소해석
.....윤용석*(㈜솔루션랩), 이정화, 이시엽, 이경훈 / 120
- 냉간 압연 판재의 유도가열, 퀴칭 및 템퍼링 공정 해석
.....임형철*(㈜에프엠케이), 최창혁, 천세환, 최병진 / 121
- PAM-STAMP 프로그램을 이용한 솔리드 요소의 소성가공 시뮬레이션 기술
..... 오인석*(한국이에스아이㈜) / 122
- 금속-고분자-금속 샌드위치 판재 굽힘 및 스프링백 해석
..... 박진성*(부산대학교), 정경환, 김지훈 / 123

11. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 압연

- FEATROM: 전체압연공정 유한요소해석을 위한 컴퓨터 소프트웨어
..... 황상무*(㈜케이팩) / 125
- 열간압연으로 얻은 헤테로구조화에 따른 CoCrFeMnNi 합금의 인장물성 향상
.....이정완*(포항공과대학교), 박효진, 손수정, 김형섭 / 126
- Ti-5Mo-xFe 합금의 열간압연에 의한 미세조직 변화거동과 변형 메커니즘 분석

- 김홍민*(국립순천대학교), 이동근 / 127
- H-beam 압연 최종패스에서 압하력 예측을 위한 머신러닝 모델의 성능 비교
..... 김성기*(중앙대학교), 정현석, 위창현, 이종은, 서경호, 이영석 / 128
 - 연속압연 공정에서 소재의 mass flow 실시간 진단을 위한 동적 소재 폭퍼짐 예측
..... 남규한*(중앙대학교), 이동운, 이영석 / 129

○ 압출 및 인발

- 인발공정에 의해 강소성 가공된 순수 가돌리늄의 자기열량 효과: 미세조직 영향 연구
..... Hadisch Esmailpoor*(국립한밭대학교), 신다슬, 이광석, 김정한 / 130
- 잔류응력, 미세조직 연계 알루미늄 벨브스폴 인발 공정 수율 개선 연구
..... 양우석*(한국재료연구원), 광경민, 최원영, 김민직, 양선영, 이광석 / 132

12. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 초고장력강의 파단 성형 한계 연구
..... 김기정*(현대제철), 윤승채, 전진화, 현주식, 정유동, 신건진, 박진홍, 이명규 / 134
- 열처리 및 Cu 첨가가 Al-Mg-Si 합금의 미세조직 및 전기화학적 거동에 미치는 영향에 관한 연구
..... 홍현빈*(국립한밭대학교), Rai Narayan Hajra, 유한결, 신은주, 김재국, 이종숙, 김정한, 조훈휘, 김재황 / 135
- DNN 기반 유한요소 대체모델을 활용한 차량용 이너 타이로드 최적설계
..... 한동운*(한국생산기술연구원), 김효규, 김성탁 / 136
- 공형압연에서 롤 비대칭 배치에 따른 소재 자유표면형상 변화에 대한 연구
..... 이석의*(중앙대학교), 이동운, 이영석 / 137
- 가공배전선 점적율 증가를 위한 알루미늄 Trepozoidal Wire 인발성형에 관한 연구
..... 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 최진곤 / 138
- H-beam 압연 최종패스에서 공정조건과 단면규격에 따른 metal flow 변화에 대한 연구
..... 김규태*(중앙대학교), 정현석, 문홍길, 위창현, 서경호, 이영석 / 139
- 열간단조 공정 변수에 따른 준안정 β 계 타이타늄 합금의 미세조직 발달 거동 규명
..... 진인경*(국립순천대학교), 이재관, 이용재, 이동근 / 140
- 전기자동차 차동장치용 액추에이터 하우징 부품의 유한요소해석
..... 이상길*(주)송원하이텍), 송춘만, 이준열, 장재현, 장성민, 엄재근, 전만수 / 141
- 자동차 현가장치용 경량화 알루미늄 부싱의 공정 시뮬레이션
..... 이진원*(주)엔와이티), 정문섭, 장성민, 문호근, 전만수 / 143
- 탄소성 유한요소해석을 통한 프로그래시브 공정 시뮬레이션
..... 박기근*(주)태진다이텍), 장성민, 전만수 / 145
- 편광 카메라를 활용한 CNN 기반 너트 불량 검사 알고리즘
..... 윤주리*(국립공주대학교), 이사랑, 홍석무 / 147
- AISI 4340 소재를 사용한 대형 열간단조품의 최적 업세팅 조건 및 금형 설계에 관한 연구

- 전진우*(㈜풍산), 오세윤, 박주성, 서송원 / 148
- 투명 디스플레이 사이니지 제조를 위한 로봇 기반 OCR 레진 도포 및 몰딩 공정 자동화
 -곽은지*(한국기계연구원), 한준세, 제태진, 최두선 / 149
- 프레스 탄성 변형을 고려한 성형-구조 해석 연계 시뮬레이션
 -강희원*(한국자동차연구원), 최용준, 김동욱 / 150
- FDS접합된 이종소재의 접합부 파단강도 평가방법 연구
 -박두현*(한국생산기술연구원), 정준영, 김동진, 김민기, 김성호, 송정한 / 151
- EB-PBF로 제작한 Inconel718의 인장거동에 미치는 전자빔 전류의 영향
 -이병수*(한국생산기술연구원), 이도훈, 이찬희, 홍현욱 / 152
- L-PBF로 제작한 Haynes230 소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 HIP 공정의 영향
 -이병수*(한국생산기술연구원), 이해진, 김다해, 성지현, 안국기, 김균섭 / 153
- L-PBF로 제작한 Haynes230 소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 Barrel 연마의 영향
 -이병수*(한국생산기술연구원), 이해진, 김다해, 성지현, 안국기, 김균섭 / 154
- IN706 합금의 용체화 시간에 따른 미세조직 및 물성변화
 -강호성*(경상국립대학교), 김효건, 성예찬, 김정기 / 155
- 하모닉 감속기 소재 AISI 4340 steel의 shot-peening 공정시간에 따른 기계적 특성
 -정영훈*(경상국립대학교), 김범준, 김효건, 김성환, 백민재, 이석규, 신상윤, 이동준, 최인철, 김정기 / 156
- Wire arc additive manufacturing 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 고온 내산화 특성
 -김수빈*(인하대학교), 감동혁, 이기안 / 157
- Laser Powder Bed Fusion 공정을 이용한 SA508 Gr.3 Steel의 제조 및 그 미세조직과 기계적 특성에 미치는 공정 변수 영향
 -황원구*(인하대학교), 류호진, 이기안 / 158
- 초고강도강 적용 차체부품 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형기술 개발
 -남성우*(대우공업㈜), 이상구, 이정흙, 김대인, 김종윤 / 160
- 알루미늄 배터리팩 케이스의 측면 충돌해석 연구
 -남성우*(대우공업㈜), 이정흙, 김종윤, 이상구, 김대인 / 161
- 냉간 신선 시 단면감소를 및 소둔온도가 듀플렉스 스테인리스 스틸 와이어의 기계적 특성에 미치는 영향 연구
 -곽대영*(한국생산기술연구원), 황슬기, 전재열 / 162
- 연료전지 금속분리판 성형품질 확보를 위한 수치해석 기반 다단 드로잉 성형공정 설계
 -배기현*(한국생산기술연구원), 김호영, 김규래 / 164
- 강소성 및 탄소성 유한요소법에 의한 자동차 휠너트 단조공정의 정밀 단조 시뮬레이션
 -누르히다야 압둘 하미드*(경상국립대학교), 정완진, 전만수 / 165
- 마찰전기 나노발전기 대량생산을 위한 마이크로구조를 갖는 열가소성 불소수지의 사출성형
 -차경제*(한국생산기술연구원), 이종현, 라윤상, 최동휘 / 167
- 금형 수명을 고려한 너트-파이프의 자동다단냉간단조 공정설계의 개선
 -정승원*(㈜엠에프알씨), 김수민, 이충열, 전만수 / 168
- 비틀림 유연성 향상을 위한 3 차원 카이럴 메타구조 최적설계

- 지민정*(서울과학기술대학교), 박 근 / 169
- 고온질화처리가 304L 스테인리스강의 기계적 물성에 미치는 영향
..... 권영제*(영남대학교), 강지현 / 170
 - 연료전지 분리판용 Ti 판재의 기계적 성질
..... 하태권*(강릉원주대학교), 추민서, 신흥철 / 171
 - Fe 함유 Al-10Si-Mg 합금의 미세조직, 인장·열전도도에 미치는 용탕 과열 처리 및 T6의 영향
..... 강태훈*(인하대학교), 장진혁, 어광준, 조영희, 이기안 / 173
 - Laser Powder Bed Fusion 공정으로 제조된 Inconel 718 격자 구조체의 미세조직, 상·고온 기계적 특성
..... 강태훈*(인하대학교), Yongho Sohn, 이기안 / 174
 - 판재 유입량 측정을 통한 드로잉 품질 예측 시스템 개발
..... 장인제*(한국생산기술연구원), 송정환, 이종섭, 서영호, 황민하, 배기현 / 175
 - 템퍼드 마르텐사이트강의 수소취성에 미치는 C 및 Ni 함량의 영향
..... 정민섭*(서울과학기술대학교), 신승혁, 신희창, 김상규, 황병철 / 176
 - 두 API X80 라인파이프강의 in-situ 수소취성 평가 연구
..... 오동규*(서울과학기술대학교), 신승혁, 황병철 / 177
 - 포신용 Cr 도금층의 마모 거동에 대한 연구
..... 서위걸*(국립순천대학교), 정성환, 전상배, 최시훈 / 178
 - 선택적 레이저 용융으로 제조된 순수 타이타늄의 열간 등방 가압법 후처리에 따른 효과 연구
..... 한승준*(한국생산기술연구원), 강현수, 김원래, 김건희, 이택우, 한혁수, 김형균 / 179
 - 레이저 표면처리를 통한 inverse-gradient 헤테로 구조의 우수한 인장물성 및 성형성
..... 김재훈*(포항공과대학교), 김래언, 구강희, 최연택, 이정아, 김형섭 / 180
 - 저압터빈 블레이드용 FeMnAlC 경량철강의 저주기 피로 거동과 Dynamic Strain Aging 발현
..... 김시연*(국립창원대학교), 고의석, 김치원, 박성준, 홍현욱 / 181
 - Ti 첨가에 따른 핵융합로 구조용 RAFM강 용접부의 고온 안정성 및 기계적 특성 연구
..... 한재연*(국립창원대학교), 조윤환, 김치원, 이창훈, 정승진, 홍현욱 / 182
 - 스테인리스 스틸의 전해연마 공정에서 Cr/Fe 비율에 영향을 미치는 공정 변수 연구
..... 양현석*(고등기술연구원), 정우철, 공만식 / 184
 - 계층적 균집화 기법을 이용한 레이저 용접된 DP 강 상분율 분석
..... 천민준*(국립한밭대학교), Sam Yaw Anaman, Soumyabrata Basak, 홍성태, 조훈휘 / 185

1. 기 조 강 연

소성변형에서의 경화곡선과 유동응력

소성가공분야 정부지원과제 현황 및
차세대뿌리기술개발사업 소개

2. 특 별 세 셴 5 / 특 별 세 셴 3

항공용 소재/부품 국산화
기술개발 심포지엄

디지털 이미지 상관기법(DIC)
활용 기술 심포지엄

(제 1 발표회장)

항공용 베타어닐드 타이타늄 단조재 국산화 현황

주경준, 김종식, 권용혁, 금보경, 손희영, 이기영

(주)케이피씨엠 기술연구소

타이타늄 및 타이타늄 합금은 높은 비강도와 우수한 내식성을 가지고 있어 항공용 소재로 많이 사용되고 있다. 그 중 항공용 타이타늄 소재의 50% 이상을 차지하는 Ti-6Al-4V 합금은 다양한 열처리 조건을 적용하여 항공용 엔진과 기체 부품에 널리 사용되고 있으며, 최근에는 베타 열처리 공정을 도입하여 피로 및 파괴인성 특성을 향상시켜 항공우주 산업에 적용하고 있다. 최근, 러시아-우크라이나 전쟁 및 타이타늄 소재의 전략자산화로 인해 항공 소재 조달이 어려워짐에 따라, 국내에서는 해외소재 수급에 100주 이상의 장납기와 비파괴검사 불량으로 인해 항공기 완제품 개발에 애로사항이 있어 왔다. 이로 인해, 국내 소재업체에서는 국내외 수요업체와의 공동으로 원소재 용해로부터 열간단조, 열처리 및 후공정 기술개발을 통해 항공용 베타어닐드 타이타늄 단조재 국산화에 전력을 다하고 있다.

타이타늄 합금 판재의 굽힘/확산접합 통합 공정 설계

박현일^{1#}, 권용남¹, 이동준¹, 석무영¹, 최현성¹

Integrated process design of bending/diffusion bonding for titanium alloy sheets

Hyeonil Park, Yongnam Kwon, Dongjun Lee, Moo-Young Seok, and Hyunsung Choi

Abstract

최근 한국형 발사체(누리호, KSLV-II)의 발사 성공 및 한국형 초음속 전투기(KF-21)의 개발성공에 힘입어, 국산화가 가능한 소재 및 공정기술에 대한 국내 항공우주분야 여러 민간기업들의 관심이 증대되고 있다. 그중 타이타늄 합금은 용접성, 비강도, 피로수명 및 내열성 등이 뛰어나 핵심 중요부품을 제작하는데 이상적인 재료로써, 이를 이용하여 제작한 항공우주용 부품들을 국산화 하기 위해 현재까지도 많은 노력이 진행중인 실정이다. 항공우주용 부품은 다품종 소량 생산이라는 특징과 일정한 물성관리 등의 목적을 달성하기 위하여 대부분 기계가공을 통하여 제작되는데, 이때 강성은 유지하면서 경량화율을 높이기 위해 강성에 직접적으로 영향을 주는 외골격과 최소한의 뼈대(Rib)만 남기고 제거해버리므로, 필연적으로 낮은 Buy-To-Fly (BTF) 비를 갖는다.

본 연구에서는 우수한 물성을 지니고 있지만 높은 단가를 갖는 타이타늄 합금의 BTF비를 향상시키기 위해 두 장의 타이타늄 합금 판재를 상온에서 굽힘 성형하여 밀착시켜 부품의 최종 형상을 확보한 후, 승온 및 접합하여 복잡한 형상의 부품을 제조할 수 있는 열간 굽힘/확산접합 통합 공정을 제안하였다. 해당 공정을 2.0mm 두께의 Ti-6Al-4V 판재에 적용하여 항공기용 시제품을 성공적으로 제작하였다. 확산접합이 달성된 영역에서의 공정변수 별 미세조직을 광학현미경 및 전자현미경의 EBSD를 활용하여 분석하였고, Single lap joint 시험을 수행하여 전단강도를 평가하였다. 또한, 시간 의존적 점소성 거동을 고려한 유한요소해석을 활용하여 확산접합시 발생하는 크리프 거동을 분석하였다. 최종적으로, 제작된 시제품의 BTF비를 기존 기계가공으로 제작된 부품의 BTF비와 비교 분석함으로써 열간 굽힘/확산접합 통합 공정의 적용 가능성을 살펴볼 수 있었다.

Keywords: Titanium alloy Sheets, Hot forming, Diffusion bonding, Numerical simulation

1. 한국재료연구원 항공재료연구센터, 연구원

한국재료연구원, 항공재료연구센터, 선임연구원, E-mail: hipark@kims.re.kr

항공기 단조재용 초고강도 알루미늄 소재 및 형단조 공정 기술개발

권혁곤¹ · 박성근¹ · 이승익¹ · 이동현¹

Development of ultra-high-strength aluminum alloy and die forging process technology for aircraft forging materials

Hyeok-gon Kwon, Seong-keun Park, Seung-ick Lee, Dong-hyun Lee

Abstract

7xxx계 알루미늄 합금은 열간 단조 구간이 100℃ 이내의 고강도 난성형 소재로서 공정개발을 위해 소재특성 분석을 통한 주요 핵심특성 및 공정변수 파악 필요하며, 이를 통한 제조공정 조건 검증이 요구된다. 최종 단조품 제조를 위한 균질한 조직 및 물성 확보를 위하여 최적 단조비 확보와 함께 AMS 2772 규격에 따른 열처리 조건으로 수행하였고, 인장, 항복, 연신율, 압축, 전단, 베어링, 파괴인성의 기계적 물성을 평가하였다.

항공기 날개구조물용 알루미늄 대형압출품 제조기술 및 부품 국산화 현황

정찬욱^{1#}, 오석근², 권용남³

Manufacturing technology for aluminum heavy extrusions for aircraft wing structures and status of parts localization

C. U. Jeong, S. K. Oh and Y. -N. Kwon

Abstract

전 세계적으로 항공산업의 수주 경쟁 심화에 따라 글로벌 항공사들은 원가절감 및 수주경쟁력 확보를 위해 점차 대형화/일체화된 소재부품을 요구하고 있으며, 고품질이면서도 납기 및 가격 경쟁력을 두루 갖춘 소재에 대한 수요가 증가되고 있다. 그 간 국내 항공산업에서 알루미늄 소재는 전적으로 해외에 의존해왔다. 19년 항공소재개발연합 출범을 시작으로 항공용 알루미늄 압출재 및 단조품 중심의 국산화 성과들이 보고되고 있으나, 아직 군수기용 중소형부품의 소규모 물량에 한정되어 있어 국내 공급망 확대를 위해서는 여전히 해결해야 할 많은 과제를 가지고 있다. 한편 COVID-19 팬데믹 완화 이후 민항기 증가에 따라 글로벌 항공사들은 공급물량 확충을 비교적 개방적인 자세로 국내 소재 업체 발굴을 진행하고 있어 현 시점이 항공산업으로 진입하기 최적기로 전망되어 국내 소재 업체의 적극적인 기술 개발 참여가 요구되고 있다.

본 발표에서는 민항기 날개구조물용 고강도 알루미늄 합금 소재 제조기술 및 Stringer 부품화 기술개발 현황에 대해 소개하고, 현재까지 진행된 개발 결과를 기반으로 추가적인 연구개발에 대한 향후 방향에 대해 논의하고자 한다.

Keywords: High strength aluminum alloy, Stringer, Heavy extrusions, Residual stress, Machining

1. ㈜동양에이.케이코리아 연구개발팀, 차장

2. 한국항공우주산업 재료공정팀 책임연구원

3. 한국재료연구원 항공우주재료연구센터 센터장

㈜동양에이.케이코리아 연구개발팀, 차장, E-mail: rndcuj@akglobal.net

저항 점 용접부의 국부적 물성을 측정하기 위한 마이크로 스케일 DIC 및 실험 방법 개발

조동혁¹ · Hassan Ghassemi-Armaki² · Blair E. Carlson³ · Thomas B. Stoughton⁴ · 윤정환[#]

Micro-scale DIC and Experimental Methods for Characterizing Local Mechanical Properties in Resistance Spot Welds

Donghyuk Cho¹ · Hassan Ghassemi-Armaki² · Blair E. Carlson³
· Thomas B. Stoughton⁴ · Jeong Whan Yoon[#]

Abstract

This study advances understanding of dissimilar aluminum-steel (Al-Steel) resistance spot welds (RSW) through the development of three novel experimental methods: micro-scale tensile testing, gradient testing, and micro-scale shear testing. These methods, combined with the micro-digital image correlation (micro-DIC) technique, enable measurement of localized deformation and mechanical properties across different regions of the weld, such as the base metal (BM), heat-affected zone (HAZ), and fusion zone (FZ). Comparative analysis of the results from these methods demonstrates good compatibility, highlighting their individual strengths and limitations. The synergistic use of these techniques provides a robust framework for assessing constitutive properties, facilitating a deeper understanding of localized deformation patterns. This comprehensive approach not only refines the understanding of weld material characteristics but also supports the enhancement of welding methodologies and the precision of numerical models.

Keywords: Micro-digital image correlation (micro-DIC), Resistance spot welds (RSW), Gradient samples, Constitutive properties, Localized deformation

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. General Motors Global R&D, Staff Researcher

3. General Motors Global R&D, Senior Technical Fellow

4. Deakin University, Adjunct Professor

한국과학기술원 기계공학과, 교수, E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

자동차 산업에서의 디지털 이미지 상관기법(DIC) 활용

김준영¹, 김원섭², 박종규[#]

Utilization of Digital Image Correlation in the Automotive Industry

J. Y. Kim, W. S. Kim, J. K. Park

Abstract

최근 자동차 업계를 포함한 다양한 제조 분야에서 AI 기술 적용을 활발하게 진행하고 있다. 연구 개발, 생산 공정 및 유지보수 등 각 분야에서 급격한 변화를 이루어내고 있으며, 특히 연구 개발 분야에서는 가상 공간에서 쉽고 간편하게 성형 해석, 용접 해석 및 내구 해석 등 다양한 해석을 통해 기존 경험 및 실물 검증 기반의 물리적인 시험을 대체하고 있다. 이에 따라 해석에 대한 신뢰도가 중요해지고 있으며, AI 기술을 활용한 개발 체계로 변환하기 위해 양질의 DB(data base) 구축이 중요하며, 광학 측정 장비를 활용하여 해석 결과와 시제품의 품질을 비교함으로써 해석 신뢰성 검증 및 최적화 연구에 활용 중이다. 기존 3D 스캐너를 활용한 시제품의 품질 분석의 경우, 최종 시제품의 변형 상태만 파악할 수 있지만 DIC(digital image correlation) 장비를 활용하면 공정 작업 시 발생하는 변형 거동을 실시간으로 확인을 함으로써 해석 신뢰성 확보에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 자동차 샤시 부품 산업에서 디지털 이미지 상관기법을 활용한 실제 사례를 소개하고, 더 나아가 해석의 신뢰성 확보를 위한 광학 측정 장비의 활용 방안을 제시하고자 한다.

Keywords: Automotive Industry, Digital Image Correlation(DIC), Finite Element Analysis(FEA), Optical Measurement Equipment

1. ㈜화신 기술연구소 선행연구팀, 주임연구원

2. OMAGOM, 이사

㈜ 화신 기술연구소 선행연구팀, 팀장, E-mail: boxlife@hwashin.co.kr

순수 타이타늄의 초극저온 인장특성 및 serration 유동 거동에 대한 이해

마흐디¹, 하디스¹, 이수열², 나영상³, 정한김¹

Insight on the serrated flow behavior and tensile properties in commercially pure titanium under extra-low temperature conditions

Mahdi Aghaahmadi ¹, Hadis Esmailpour ¹, Soo Yeol Lee², Young Sang Na ³, Jeoung Han Kim¹

Abstract

The mechanical properties of metallic materials at extremely low temperatures are critical for ensuring structural integrity in various applications, including fuel tanks, pressure vessels, and aerospace components. Microscopically, these properties are governed by the formation and migration of extended defects such as stacking faults and dislocations. At cryogenic temperatures, the reduced intensity of thermal activation poses challenges to defect activity, affecting the competition between dislocation glide and deformation twinning as primary deformation mechanisms. One well-known phenomenon observed at low temperatures is serrated flow behavior, which has intrigued scientists for decades. Titanium, especially pure titanium, is notable for exhibiting this behavior and holds significant importance in cryogenic applications. Despite its importance, understanding the underlying mechanisms of serrated flow in titanium remains elusive. This study aims to address this gap by investigating the deformation behavior of commercially pure titanium at extra-low temperatures. Employing diverse mechanical testing methodologies alongside advanced characterization techniques such as electron microscopy and in-situ neutron diffraction analysis, the research endeavors to provide a comprehensive understanding of this complex phenomenon. Digital image correlation will be utilized to observe deformation behavior down to 15 K, facilitating a detailed examination of microstructural changes and deformation mechanisms.

Keywords: Serrated flow behavior, Extra-low temperature, Commercially pure titanium, Neutron diffraction analysis, Electron microscopy, DIC

1. 국립한밭대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 충남대학교 신소재공학과, 교수

3. 한국재료연구원 특수합금그룹, 책임연구원

국립한밭대학교, 신소재공학과, 교수, E-mail: jh.kim@hanbat.ac.kr

한국재료연구원, 특수합금그룹, 교수, E-mail: nys1664@kims.re.kr

3. 일반 논문 발표

단조 1, 2

(제 2 발표회장)

은 분말 압분 조건에 따른 소결 특성 분석

오영석¹, 황덕영², 강성훈[#]

Analysis of sintering characteristics according to silver powder compaction conditions

Y. S. Oh, D. Y. Hwang, S. H. Kang

Abstract

최근 기념메달용 특수 압인제품의 형상이 다양한 형태로 제작되어 발행되고 있습니다. 그 중에서 은 분말을 활용한 비정형 형상 및 심도가 높은 고심도 입체형 메달이 각광을 받고 있습니다. 이러한 비정형 고심도 메달은 기존의 판재 형태로 제작된 메달보다 형상적인 측면에서 훨씬 더 복잡하고 까다로운 디자인 형태를 요구하고 있습니다. 기념메달 제조 과정에서 최종적으로 문양을 형성시키는 압인공정에서 높은 심도로 인해 국부적인 응력 집중에 의해 금형 파손이 발생하거나 측면에서 Burr가 발생하여 불량률이 높게 나타나는 문제점이 있습니다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 공표를 제조하는 과정에서 우선적으로 최종 형상과 형상 정밀도가 유사한 형태로 제작이 되어야 합니다. 은 분말을 활용한 소결 공표는 압분체를 제작하는 성형공정과 공표의 치밀도를 높이기 위한 소결공정으로 제조되는데, 은 분말의 특성과 압분체 제조시 형상에 따른 균일 밀도 구매를 가져야 소결수축특성이 일정하여 형상정밀도가 우수한 공표를 제조할 수 있습니다. 본 연구에서는 형상 정밀도 향상을 위한 은 소결 공표를 제조하기 위해 전산 해석 기반 압분체 형상별 밀도 분포를 예측하고 압분체 형상별 압분 모사 및 후속 소결 실험을 통해 수축 특성과 밀도분포와의 상관관계를 분석을 통한 공정 설계를 실시하고자 합니다.

Keywords: Silver powder, High relief, Sintering, Commemorative coin, DPC model, Compaction

-
1. 한국재료연구원 재료인공지능 빅데이터연구실 oostone@kims.re.kr
 2. 에스메탈 기술연구소 연구소장
- # 강성훈: 한국재료연구원 재료인공지능 빅데이터연구실
-

유한요소해석을 이용한 형상 링롤링 공정 설계

최병진¹, 임형철¹, 천세환¹, 최창혁[#]

Designing a Profile Ring Rolling Process Using Finite Element Analysis

B. J. Choi, H. C. Lim, S. H. Chun, C. H. Choi

Abstract

The profile ring rolling process allows for the implementation of various ring shapes unlike traditional rectangular cross-section ring products. In this paper, an analysis was conducted on the Unfilled defects of the bottom surface and flange portion of L-shaped ring products. Finite element analysis was employed in a case study to identify causal factors for the Unfilled defects, including initial weight, Die spacing, and Die speed. The results indicated that the initial weight had the most significant impact. Consequently, setting the initial weight, a case study was performed to analyze the effects of semi-die and upsetting amounts. It was observed that as the cavity of the forging Die decreased and the upsetting amount increased, the area of incomplete filling decreased. Moreover, there were more Unfilled on the upper part of the ring compared to the lower part, and the quantity of Unfilled varied depending on the remaining forming amount at the contact point between the main roll's slope and the material. The results suggested that a smaller Unfilled area led to a closer match with the target cross-sectional shape.

Keywords: Profile ring rolling, Case study, L-shape, FE Simulation , Unfilled

1. ㈜에프엠케이

㈜에프엠케이, 기술연구소, 연구소장, E-mail: chchoi@forgemaster.net

유한요소해석을 통한 프리폼 형상에 따른 링압연 불량 예측

정선호¹, 김민수², 정건우³, 최석우³, 이종섭[#]

A Finite Element Analysis of Predicting Ring Rolling Defects According to Preform Ratio

Seon-Ho Jung, Minsu Kim, Gunwoo Jung, Seogou Choi, Jongsup Lee

Abstract

링압연은 블랭크라고 불리우는 두꺼운 링의 직경을 늘리면서 단면적을 감소시키는 공정으로 균질한 원주 방향의 유동을 갖는 이음매 없는 링 형상 구조로 성형하는 제조 방법입니다. 그러나 작업자의 경험과 감각에 의존하여 형상을 설계 방식은 균일한 제품 품질 확보가 힘들며, 이는 초기 생산 비용 및 생산기간 증가, 제품 치수 확보 등의 문제점이 발생합니다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 L자형 링압연 공정의 프리폼 비율에 따른 제품의 결함을 예측하는 방법을 연구하였습니다. 상용 프로그램인 Forge Nxt를 사용하여 프리폼 비율에 따른 최종 제품 결함을 예측하였으며 시성형 결과와 비교하여 검증하였습니다. 분석 결과를 기반으로 프리폼 비율을 설계함으로써 제조 공정의 효율성과 품질을 향상시킬 것으로 판단됩니다.

Keywords: Ring rolling, L-shaped, Preform, Forge Nxt

1. 한국생산기술연구원 유연생산연구부문, 박사후연구원

2. 인하대학교 기계공학부, 석사과정

3. 성균관대학교 지능형로봇학과, 석사과정

4. 한국생산기술연구원 유연생산연구부문, 연구별정

한국생산기술연구원, 유연생산연구부문, 수석연구원, jongsup@kitech.re.kr:

육각헤드 볼트 M10에 대한 금형 설계 및 해석 자동화 프로세스 개발

이사람¹, 오민성¹, 홍석무^{2#}

Development of Automation Process for Die Design and Analysis for Hex Head Bolt M10

S. Yi, M. Oh, S. Hong

Abstract

최근 금형 설계 분야에서 try out 횟수 감소 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 유한요소해석을 통한 금형 최적 설계 방법이 많이 사용되고 있는 추세이다. 해석을 통한 금형 최적 설계 시 설계 변수와 수준에 따라 해석 수행 횟수가 급격히 증가하여 시간 단축을 위해 자동화가 필수적으로 요구되고 있다. 기존 금형 자동화 설계 시스템은 축대칭 및 평면 변형과 같이 2차원 형상에 적용 가능하며, 3차원 비대칭 형상이 포함될 경우 설계 생성에 한계가 있다. 따라서 본 논문은 3차원 비대칭 형상을 포함한 육각머리 볼트 M10에 대해 금형 설계 및 해석 자동화 프로세스를 제시한다. 다만 공정에 따른 볼트 형상 도면을 입력하여 3차원 형상 금형을 제작하고, 금속 성형 시뮬레이션과 자동해석을 구현하였다. 성형하중에 대한 민감도 분석을 진행하였으며, 모델 모사 정확도인 R-sq가 98.02%로 높은 신뢰도를 확보하였다. 본 논문을 통해 제시된 프로세스를 통해 설계 전처리 및 CAE 해석 과정까지 소요되는 시간을 대폭 단축할 수 있었으며, 향후 해당 자동화 프로세스를 타제품에도 적용하여 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Automation, Cold Forging, Die Design, Non-Axisymmetric, Finite Element Analysis

1. 공주대학교 미래융합공학과, 대학원생

2. 공주대학교 미래자동차공학과, 교수

Corresponding Author : Department of Future Automotive Engineering,
Kongju National University, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

알루미늄 단조에서 마찰 현상

전만수^{1#} · 허윤¹ · 이현민¹

Tribological phenomenon in aluminum forging

M. S. Joun, Y. Heo, H. M. Lee

Abstract

Aluminum has the characteristic of having less strain hardening than steel. In the forging of materials with low strain hardening, the phenomenon of increasing friction effects has been reported in several cases. In this study, various cases are introduced to show the relationship between the state of friction and that of the contact surface, and the problems of constant friction conditions are highlighted through application examples. The importance of considering varying friction conditions with the contact interface conditions for precision forging simulation is emphasized.

Keywords: Low strain hardening material (저변형률 재료), Friction (마찰), Precision simulation (정밀 시뮬레이션)

1. 서론

Lee 등[1]와 Hamid 등[2]의 연구결과에 따르면, 알루미늄 단조에서 마찰은 마찰면의 상태에 민감하게 변한다는 점이 밝혀졌다. 이것은 일정한 마찰계수 또는 마찰상수를 사용하는 것이 불합리하다는 점을 웅변하고 있다.

이 논문에서는 알루미늄의 냉간 프레스 단조에서 일정한 마찰조건의 부적합성에 관한 해석적 결과를 소개한다.

2. 본론

Fig. 1은 알루미늄 냉간단조의 해석결과이다. 그림에서 d 는 실험과 비교하기 위하여 측정된 것이다. 다양한 일정한 마찰계수 (0.01-0.3) 하에서 이 값을 구했으나, (0.85-0.12mm) 실험결과(2.5 mm)에 미치지 못하였다. 마찰상수 (0.01-0.6)도 마찬가지였다(1.18-0.69mm).

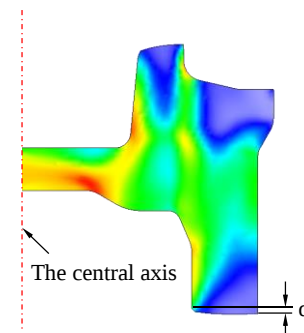


Fig. 1 Finite element predictions focusing on the measured length d

3. 결론

일정한 마찰계수와 마찰상수는 시험 공정의 마찰상태를 반영할 수가 없었다. 이러한 현상은 변형경화가 작은 유사 공정에서도 목격이 되고 있다.

1. 경상국립대학교

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

참고문헌

[1] S. W. Lee, J. M. Lee, M. S. Joun, On critical surface strain during hot forging of lubricated aluminum alloy, Tri. Int. V. 141, 2020, 105855.

[2] N. A. Hamid, K. M. Kim, T. M. Hwang, J. M. Choi, M. S. Joun, Tribological shifting phenomena during automatic multistage cold forging of an automotive Al6082-T6 steering yoke, J. Manuf. Processes. V 114, 2024, pp. 178-19

원형-반달 형상인발 공정 중 버 발생의 수치적 예측

허 윤¹, 남정우², 정임근², 전만수^{1#}

Numerical predictions of burr formation during round-to-half circle drawing

Y. Heo, J. W. Nam, I. G. Jeong, M. S. Joun

Abstract

During shape drawing of high-strength materials, the temperature increase is a significant matter. It causes the deteriorated lubrication and increased die wear. It can also affect much on the plastic deformation of the material near the contact interface. Here, a round-to-half circle drawing of a stainless steel, SUS304, is studied, emphasizing the burr formation caused by the skin temperature increase by the friction.

Keywords: Drawing (인발), Friction heat (마찰열), Burr formation (버 형성)

1. 서론

Heo 등[1]은 인발 공정에서 금형온도의 공학적 예측을 위하여 온도 비정상상태-유동 부분 비정상상태 방식을 제안하였다. 이 방식은 인발 공정에서 마찰 현상의 특이점을 고려한 것이다.

이 논문에서는 기존 연구 방식을 이용하여 획득한 온도 등의 초기 조건과 재료의 조밀요소망을 이용하여 재료의 표층유동 (skin shearing) 현상을 예측한다.

2. 본론

Fig. 1은 예측된 표층유동 현상을 예측한 것이다. 이 결과를 얻기 위하여 기초적으로 가열된 금형의 온도가 중요하고, 이로 인하여 재료에 전달되는 열을 수치적으로 흡수하는데 필요한 유한요소망이 중요하다.

Fig. 1(a)와 Fig. 1(b)는 각각 마찰열의 고려유무

1. 경상국립대학교

2. ㈜풍성정밀관

교신저자: 경성대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

에 따른 최종 변형 형상을 나타내고 있다. 이 결과는 실험과 정성적으로 유사하며, 정량적으로도 유의미하다.

3. 결론

이 연구에서 기존에 제시된 온도 비정상상태-유동 부분 비정상상태 방식의 인발 공정 해석 모델의 타당성과 유용성이 검증되었다.

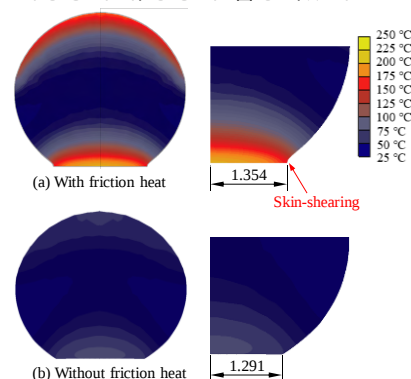


Fig. 1 Predictions of skin shearing phenomenon

사사

본 연구는 지자체-대학협력기반 지역혁신 사업 (2022RIS-003)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] Y. Heo, Y. J. Park, I. G. Jeong, J. W. Nam, M. S. Joun
Finite Element Analysis of Temperature Change Owing to
the Friction During Extrusion, KSTP, 2023, pp 105-105.

정규화된 Cockroft-Latham 손상도 모델을 이용한 볼트 헤딩 공정 중 파단의 유한요소해석

홍보승¹ · 김광민² · 홍석무³ · 전만수[#]

Finite element analysis of ductile fracture during bolt heading using normalized Cockroft-Latham damage model

B.S. Hong, K.M. Kim, S.M. Hong, M.S. Joun

Abstract

A ductile fracture occurring during bolt heading is simulated using the implicit elastoplastic finite element method along with the Cockroft-Latham damage model. The critical damage is found from the information about the experiments and predictions of the tensile test. The predictions are compared with the experiments, showing a good agreement with each other.

Keywords: Ductile fracture, Bolt heading, Normalized Cockroft-Latham damage model

1. 서론

손상도 모델에 기반한 연성파괴 이론의 실공정 적용 시, 가장 큰 문제는 임계손상도이다. 이 값이 공정마다 다르다. 일반적으로 손상도 함수는 인장 시험, 구의 확장 등과 같이 단순한 이상화된 공정에 기반하고 있는 반면, 실제의 공정에서 재료는 매우 복잡한 변형 이력을 겪기 때문이다.

Joun 등[1]이 제시한 방식으로 인장시험을 실시함으로써 임계손상도를 구할 수가 있다. 이 연구에서는 인장시험 결과로 획득된 정규화된 Cockroft-Latham 손상도 모델의 임계손상도를 이용하여 볼트머리성형 공정 중 발생한 연성파괴를 예측하고, 그 결과의 의미에 관해서 논의한다.

2. 본론

Fig. 1은 볼트머리성형 공정 중 크랙이 발생한 실험결과와 해석결과로 얻은 손상도 분포를 나타낸다. 해석결과로부터 파단지점에 도달했을 때, 최대 손상도 1.32는 인장시험 시에 파단 지점에서의 최대 손상도와 거의 일치하는 결과를 얻었다. 그러나 다른 손상도 모델을 이용했을 때는 이러한 일치를 확인할 수 없었다.

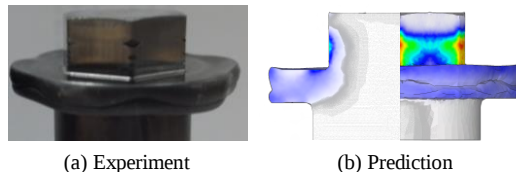


Fig. 1 bolt heading process

3. 결론

이 연구에서 획득한 정보로부터, 볼트머리 성형

1. 경상국립대학교

2. 성진포머

3. 공주대학교

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

공정이 상식과는 달리, 정규화된 Cockroft -Latham 손상도 관점에서, 인장시험과 달리 유사한 이력을 겪었기 때문이다.

참고문헌

[1] M.S. Joun, J.G. Eom, M.C. Lee, A new method for acquiring true stress-strain curves over a large range of strains using a tensile test and finite element method, Mech. Mater. V 40(7), 2008, PP. 586-593.

인장시험 예측 결과를 이용한 유동특성의 비교

김남윤¹·전만수^{1#}

Comparison of flow characteristics using tensile test prediction results

N.Y. Kim, M. S. Joun

Abstract

In the tensile test, the strain up to the necking point is small, but the strain in the subsequent necking region is quite large. Flow characterization method was developed using this phenomenon. Using this flow curve acquisition technology, flow stress can be obtained at a relatively large strain. A lot of useful information can be obtained analyzing the tensile test using the flow curve. This study presents an application case for systematic flow information from tensile testing.

Keywords: Tensile test (인장시험), Flow information (유동정보), Predicted tensile test (예측 인장시험)

1. 서론

Joun 등[1]은 원통 인장시험편의 인장시험 데이터, 고변형률에서의 유동정보 획득 기술을 개발하였다. 이 유동정보를 이용하여 인장시험을 공학적으로 정확하게 묘사할 수가 있다. 이 기술은 인장시험으로부터 얻을 수 있는 다양한 정보를 상세하게 제공하기 때문에 매우 유용하다. 여기서는 그 한 사례를 예시한다.

2. 본론

획득된 유동정보를 동일한 크기의 인장시험편 대상으로 인장시험 해석을 실시하여, 그 결과를 활용한다면, 공학해석 및 관련 문제의 과학적 접근과 해결이 가능하다. Fig. 1은, 크기가 서로 다른 인장시험편 (비규격 인장시험편 포함) 으로 획

득된 유동함수를 이용하여 얻은, 동일 크기의 규격 인장시험편에 대한 인장시험 해석결과를 비교하고 있다.

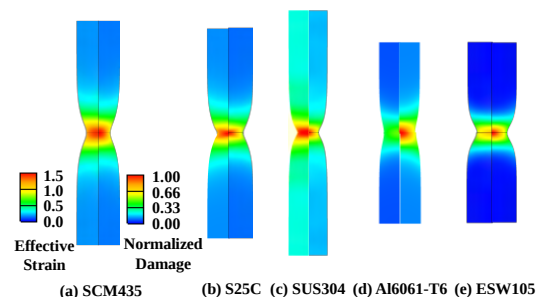


Fig. 1 Comparison of plastic deformation of the same tensile test specimen at the fracture point among various

3. 결론

인장시험으로부터 인장시험을 정확하게 묘사

1. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학원생
교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

할 수 있는 유동곡선을 획득하는 기술을 활용하면, 다양한 방식의 인장시험 정보의 관리 및 활용기술의 개발이 가능함을 보였다.

사사

본 연구는 에너지인력양성사업(과제번호: 202107810004)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] M.S. Joun, J.G. Eom, M.C. Lee, A new method for acquiring true stress-strain curves over a large range of strains using a tensile test and finite element method, Mech. Mater. V 40(7), 2008, pp. 586-593.

초음파 나노표면개질 기술을 적용한 냉간단조용 항복비제어강의 표면 탈탄층 제거에 관한 연구

김상현^{1,2}, 우영윤¹, 이영선¹, 이상용², 윤은유^{1,#}

A study on the removal of decarburized layer on cold forging Yield-Ratio-Control-Steel by applying UNSM

S. H. Kim^{1,2}, Y. Y. Woo¹, Y. S. Lee¹, S. Y. Lee², E. Y. Yoon^{1,#}

Abstract

항복비제어강은 열간 압연된 탄소강 소재의 2단 연속 열처리를 통해 항복비 제어 및 소성변형 시 높은 가공경화특성으로 인하여 단조품에 요구되는 강도를 확보할 수 있어 조질 처리(Quenching & Tempering)의 생략이 가능한 비조질강이다. 열처리 과정에서 항복비제어강의 표면에 생성된 탈탄층은 냉간 단조 중 소재의 표면 크랙(Crack)에 매우 취약하여 성형성 저하의 요인이 된다. 탈탄층은 주로 소재 표면층을 깎아내는 필링 처리로 제거하지만 해당 과정에서 열이 소모되기 때문에 개선된 탈탄층 제거법이 필요하다.

본 연구에서는 탈탄층 제거를 위한 공법으로 초음파 나노표면개질(Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, UNSM) 기술을 제안하였다. UNSM은 하중이 부가된 볼을 초음파 진동에너지로 금속 표면에 20,000 Hz 이상으로 타격하여 표면 조직을 개질하는 표면경화 공법이다. 열처리 조건 별 항복비제어강 소재의 기계적 특성을 분석, 미세조직을 관찰하여 초기 표면 탈탄층 깊이와 UNSM 공정 횟수에 따른 표면 탈탄층 두께 측정, 표면부에 Vickers 경도 시험을 통한 탈탄층 깊이 변화를 비교 분석하였다.

Keywords: cold forging, yield ratio control steel, ultrasonic nanocrystal surface modification, decarburization

1. 한국재료연구원

2. 국립안동대학교

교신저자: 한국재료연구원, 책임연구원 Email: eeyoon@kims.re.kr

음향방출 신호 비지도학습을 통한 냉간압조용 선재의 응력삼축비에 따른 성형한계선도 구축

권종혁¹, 허정민¹, 응우옌 닛탐¹, 쩐민띠엔¹, 이호원², 김동규^{1, #}

Construction of ductile fracture locus depending on stress triaxiality of CHQ steel wires via unsupervised learning of acoustic emission signal

Jong-Hyeok Kwon^a, Jeong-Min Heo^a, Nhat-Tam Nguyen^a, Minh Tien Tran^a, Ho Won Lee^b,
Dong-Kyu Kim^{a*}

Abstract

This study employed a hybrid experimental-numerical approach to assess the formability of cold heading quality (CHQ) steel wires across diverse stress triaxiality levels. The study evaluated various specimen shapes and loading conditions to identify fracture strains under various deformation modes. Uniaxial tensile tests were conducted on cylindrical specimens with notches of diverse radii, while torsion tests utilized thin-walled hollow specimens. Unsupervised learning to analyze acoustic emission (AE) signal data enabled the accurate detection of ductile fractures in V-notch compression tests. Elastoplastic finite element analysis was executed to determine both the average stress triaxiality and the fracture strain at critical fracture points, allowing for the construction of a comprehensive fracture locus under various deformation modes. The fracture loci of four distinct CHQ steel wires were compiled, revealing a reversal in formability trends due to stress triaxiality dependence and illustrating how deformation modes significantly influence ductile fracture behavior. This investigation enhances the comprehension of material formability and offers an in-depth view on the selection of materials for complex manufacturing processes involving CHQ steel wires.

Keywords: Ductile fracture locus, Cold heading quality steel wire, Stress triaxiality, Acoustic emission, Unsupervised learning

1. 건국대학교 기계설계학과

2. 한국재료연구원, 재료인공지능·빅데이터 연구실

교신저자: 건국대학교 기계공학부 E-mail: dongkyukim@konkuk.ac.kr

4. 기 념 세 셴

박경태 교수
정년퇴임 기념세션

(제 3 발표회장)

초미세립 Ti 합금의 제조 및 산업적 응용

이종수¹

Abstract

본 발표에서는 초미세립 Ti합금 판재 및 봉재를 경제적인 방법으로 제조하기 위한 연구노력을 소개하고자 한다. 초미세립 재료 (약 0.1 μ m) 는 일반적인 크기 (약 1 μ m) 의 결정립을 가지는 재료에 비해 강도, 인성, 고온성형성 등이 우수하여 산업적으로 각광을 받고 있으나 이를 제조하기 위해서는 severe plastic deformation (SPD)방법들이 사용되기 때문에 경제적인 단점이 존재한다. 본 연구에서는 일반적인 압연방법의 공정조건을 조절하여 초미세립Ti-6Al-4V 판재를 제조하였으며 warm caliber rolling을 이용하여 초미세립 Ti-13Nb-13Zr의 봉재를 제조하였다. 특히, 초미세립 Ti-13Nb-13Zr의 봉재는 치과용 임플란트 소재로서 매우 우수한 성능을 나타내었다.

제조업 종사자가 설계하는 AI 솔루션

이창선

AI Solution Designed By Manufacturer

C.S. Lee

Abstract

게임 체인저인 AI는 데이터로부터 지식을 창출한다. 제조업에서는 서비스업에 비해 AI 적용 성공 사례가 많지 않다. 신뢰성 있는 제조 AI를 저렴하게 개발하기 위해서는 제조 지식과 경험이 AI 솔루션에 탑재되어야 한다. 하지만 AI 코딩 지식과 제조 지식이라는 두 개의 이질적 전문 지식을 융합하기 위한 방법론이 필요한 상태이다. 프로그램 통합 개발 환경을 이용하면 다양한 AI 솔루션을 개발할 수 있지만, 많은 양의 학습이 필요하여, 제조업 종사자가 활용하기 어렵다. 워크플로우 다이어그램을 활용한 노코드-로우코드 AI 솔루션은 코딩 없이 AI 솔루션을 개발할 수 있지만, 워크플로우 다이어그램을 학습해야 한다. 제조업 종사자에게 익숙한 윈도우와 엑셀 문서만을 활용하여 AI 솔루션을 개발할 수 있는 MD(Manufacturer-Designed) AI를 개발하였다. 제조업 종사자는 설계 문서 접점(DDI: Design Document Interface)을 이용하여 본인의 목적에 맞는 AI 솔루션을 직접 설계 개발할 수 있다. 신기술, 신설비, 신제품의 도입에 의해 제조 환경이 변화하는 경우, 제조업 종사자가 직접 DDI 엑셀 문서를 변경하여 MD AI를 개조 활용할 수 있다. 제조업 종사자의 AI 솔루션 개조 능력은 산업 AI 내재화의 필요 조건이다.

Keywords: 융합 AI 솔루션, Design Document Interface, 노코드-로우코드, 산업 AI 내재화



고엔트로피합금의 고속 초소성

김형섭

High Strain Rate Superplasticity in Nanostructured High-Entropy Alloys

H. S. Kim

Abstract

Superplasticity describes a material's ability to sustain a large plastic deformation in the form of a tensile elongation to over 400% of its original length but is generally observed only at a low strain rate ($\sim 10^{-4}$ s $^{-1}$), which results in long processing times economically undesirable for mass production. Superplasticity at high strain rates in excess of 10 $^{-2}$ s $^{-1}$, required for viable industry-scale application, has usually only been achieved in low-strength aluminium and magnesium alloys. Here, we present a superplastic elongation to 2,000% of the original length at a high strain rate of 5×10^{-2} s $^{-1}$ in an Al₉(CoCrFeMnNi)₉₁ (at%) high-entropy alloy nanostructured using high-pressure torsion. The high-pressure torsion-induced grain refinement in the multi-phase alloy combined with limited grain growth during hot plastic deformation enables high strain rate superplasticity through grain boundary sliding accommodated by dislocation activity..

Keywords: Superplasticity, High Strain Rate, High Entropy Alloy, Nanostructure

<

TWIP강의 Notch 인장파괴 거동 전산모사

문희범¹ · 이경훈[#] · 박경태²

The Simulation of the Notched Tensile Fracture Behavior of Twinning Induced Plasticity Steel

H. B. Moon, K. Lee, K. T. Park

Abstract

TWIP(Twinning Induced Plasticity)강은 고강도, 높은 연성 및 내손상성이 잘 조합되어 있는 특성으로 인해 자동차 및 기계 공학 산업에서 널리 사용되어왔다. TWIP강은 일반 연성금속재료와는 달리 거시적으로는 Necking이 거의 없는 취성 파괴 거동을 보이는 반면 미시적으로는 파면이 dimple들로 구성되어 있는 연성파괴 특성을 나타낸다. 이러한 재료 특성의 연구를 위해 본 연구에서는 TWIP강의 공동 성장 등의 미세조직 변화 및 파괴 모드 분석을 위한 Notched 시편에 대한 일축인장 시험에 대해 유한요소해석을 수행, 응력삼축비 및 유효변형량의 분포를 분석하였다.

Keywords: Twinning Induced Plasticity Steel, Notch Tensile Fracture, Effective Strain, Stress Triaxiality, Finite Element Method

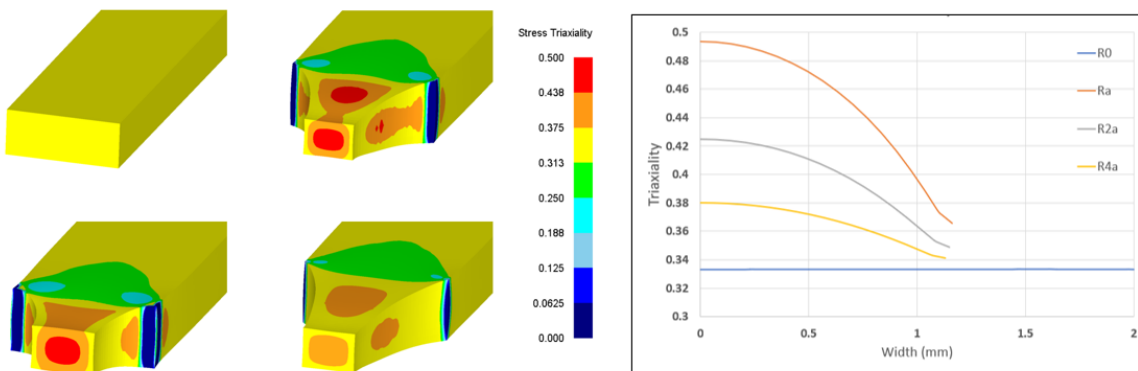


Fig 1. Notch 형상별 TWIP강 시험편의 응력삼축비 분포

1. (주)솔루션랩 기술연구소

2. 한밭대학교 신소재공학과

교신저자: (주)솔루션랩, 대표이사, E-mail: klee@solution-lab.co.kr

원자력발전용 사고저항성 핵연료 피복관 기술

김현길^{1#}, 홍종대², 오홍렬³, 박경태⁴

Accident Tolerant Fuel Cladding Technology for Nuclear Power Plant

H. G. Kim, J. D. Hong, H. R. Oh, K. T. Park

Abstract

전기에너지 공급에 있어서 원자력발전은 타 발전 설비와 비교하면 투입 대비 저렴하게 많은 전력을 생산하면서도 이산화탄소(CO₂) 배출량이 적은 장점이 있다. 그러나 2011년 일본 후쿠시마 수소 폭발 사고로 인하여 원자력발전의 안전성 확보에 대한 관심이 크게 증대되었다. 후쿠시마 사고의 원인이 지르코늄합금 핵연료 피복관의 급격한 고온 산화에 의해 대량의 수소 발생이 원인으로 밝혀짐에 따라 미국, 프랑스, 일본, 러시아 등 원전 가동국에서는 사고시 핵연료 피복관의 고온 산화 저항성을 높이기 위한 사고저항성 핵연료 피복관 개발에 박차를 가하고 있다. 원자력연구원에서는 국제적 경쟁력을 갖는 사고저항성 핵연료 피복관 개발을 수행하고 있다. 연구원은 원자력 사고시 극한환경에서도 내산화 성능을 유지하는 코팅 소재와 손상이 되지 않는 제조기술 개발하는 것이다. 세부 핵심 기술로는 상용 지르코늄 합금피복관의 표면에 내산화 물질을 코팅하기 위하여 이중소재의 접합기술, 미세조직 제어기술, 성능해석 기술과 개발 기술을 검증하는 것이다. 연구원에서는 다양한 코팅 소재와 기술 중에 Cr 또는 CrAl 합금을 AIP(Arc Ion Plating) 또는 3D프린팅 기술을 활용하여 상용 지르코늄 피복관에 코팅하는 기술을 확보하였다. 제조된 사고저항성 핵연료 피복관은 발전소 정상조건인 300도 이상 158바의 고압 환경과, 1200도의 초고온 사고환경에서 다양하게 성능검증을 수행하였다. 사고환경을 모사하기 위한 피복관의 소성변형 및 파열거동 평가는 피복관의 사고안전성을 검증하는 지표로 활용하였다. 연구원에서는 각국이 공통적으로 적용하는 Cr 코팅기술뿐만 아니라, Cr 소재보다도 산화 저항성이 10배 향상되고 소성변형 저항성도 우수한 신소재 CrAl 합금 코팅기술도 개발하였다. (연구개발과제번호: RS-2022-00144289)

Keywords: Nuclear, Accident Tolerant Fuel (ATF), Cladding, Coating, Corrosion, Deformation

1#. 한국원자력연구원 경수로핵연료기술연구부, 책임연구원, E-mail: hgkim@kaeri.re.kr

2. 한국원자력연구원 경수로핵연료기술연구부, 선임연구원

3. 한국원자력연구원 경수로핵연료기술연구원, 선임연구기술원

4. 한밭대학교 신소재공학과, 교수

Fe-Mn-Al-C 듀플렉스강에서 DSA에 의한 Twinning 생성거동

김정한^{1, #} · 마흐디¹ · Mehrdad Ghiasabadi Farahani² · Sakari Pallaspuro³ · Leo Pentti Karjalainen⁴

DSA-induced twinning in a Fe-Mn-Al-C low-density duplex steel

Jeoung Han Kim[#] · Mahdi Aghaahmadi¹ · Mehrdad Ghiasabadi Farahani² · Sakari Pallaspuro³ · Leo Pentti Karjalainen⁴,

Abstract

It is widely accepted in the literature that, in the case of ferritic steels, the occurrence of dynamic strain aging (DSA) would deteriorate the tensile properties of those alloys. However, in the present study, it is reported that DSA is capable of triggering the deformation twinning in a high SFE Fe-Mn-Al-C ferrite-base low-density steel, and as a result, a higher amount of DSA at a specific temperature range could result in a higher amount of the uniform elongation of the subjected steel. The obtained stress-strain curves, from room temperature (RT) up to 400 °C, exhibit significant serrated flow behavior, while the serrations disappear at 500 °C. It is shown that these serrations signify the occurrence of DSA in this alloy based on three well-known signs: the serrated flow behavior, the plateau in strain-hardening rate, and the negative strain rate sensitivity in the specified temperature range (RT to 500 °C). The frequency of fluctuations in the stress-strain curves, which is accepted evidence of the intensity of DSA occurrence, was increased from RT to 200 °C. Surprisingly, however, not only the total elongation was not decreased, but also it was increased from 20% at RT to 36% at 200 °C, which is an unexpected behavior due to the higher amount of DSA phenomena at 200 °C, resulting in the formation of stable stacking faults in such a high SFE alloy. A detailed discussion on the strain-hardening mechanisms is presented in using electron backscattered diffraction (EBSD) and transmission electron microscopy (TEM) analysis.

Keywords: Low-density steel; Dynamic strain aging; Twinning; TWIP; Transmission electron microscopy

1. 국립한밭대학교 신소재공학과, 대학원생

2. Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, 대학원생

3. University of Oulu, 대학원생

4. University of Oulu, 대학원생

국립한밭대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: jh.kim@hanbat.ac.kr

오스테나이트강의 가공강화기구

박경태¹

Strain Hardening Mechanisms of Austenitic Steels

Kyung-Tae Park

Abstract

FCC 기반 오스테나이트강은 BCC/BCT 기반 페라이트강 및 마르텐사이트강에 비해 낮은 격자마찰응력에 의해 상대적으로 낮은 항복강도를 나타낸다. 따라서 여러 강화 기구 중에서도 전위간 동적상호작용에 기인하는 가공강화가 오스테나이트강의 강화에 중요한 역할을 한다. FCC 계의 가공강화는 적층결함에너지에 따른 부분전위 이동 거동과 이에 따른 변형미세조직 발달에 큰 영향을 받는다. 이에 따라 오스테나이트강의 경우 변태유기소성, 쌍정유기소성, 전단밴드 유기소성, 마이크로밴드유기소성 등 다양한 가공강화기구가 제안되었으며, 이들을 응용한 고강도·고연성 오스테나이트강이 개발 적용되고 있거나, 보다 우수한 특성을 구현하기 위해 심도있는 연구개발이 진행되고 있다. 본 발표에서는 위와 같은 오스테나이트강의 강화기구와 변형미세조직간의 상관 관계에 대해 간단히 요약하고자 한다.

발표에서는 위 주제 외에 본 발표자의 과거 연구 분야를 간략히 소개할 예정이며, 퇴임 기념 session을 성심껏 마련해주신 학회 모든 분들과 발표자 여러 분께 감사의 말씀을 드리고자 하는 기회를 갖고자 한다.

Keywords: Austenitic Steels, Plastic Deformation, Strain Hardening, Dislocation, Deformed Microstructures

1. 한밭대학교 신소재공학과, 교수

ktpark@hanbat.ac.kr

5. 일반 논문 발표

적층제조 유연공정 1, 2, 3

(제 4 발표회장)

입자가속기용 고주파 공동에 대한 적층공정 개발

문인용^{1,#}, 함민지²

Development of Additive Manufacturing Process for Radio-Frequency Cavities for Particle Accelerators

I. Y. Moon, M. J. Ham

Abstract

양자기술 시대의 도래로 물리학 분야의 기초연구 장비 개발에 관심이 집중되고 있다. 입자가속기 (Particle accelerator)는 입자 물리학 및 양자역학 연구의 핵심 도구이며, 고성능 입자가속기는 새로운 입자를 발견할 수 있게 해줌으로써 기초 물리학 및 양자기술을 선도하는 핵심 장비로 자리매김하고 있다. 입자가속기의 핵심부품인 초전도 고주파 공동 (SRF cavity)은 순수 나이오븀(Nb) 시트부터 딥드로잉 및 전자빔용접(EBW) 등 기존 제조방법을 통해 만들어진다. 그러나 이러한 제조 공정에서는 재료 수율이 낮고 용접부에서 전기적 불균일성이 발생하는 등의 단점이 지적되어 왔다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 적층제조(Additive Manufacturing)를 이용한 SRF 공동 제조 기술 개발을 목표로 하였다. 순수 나이오븀을 적용한 연구를 수행하기 전, 캐비티 형상에 대한 적층성형의 적합성을 확인하기 위해 상대적으로 저렴한 순수 티타늄 분말을 사용하여 사전 연구를 수행하였다. 유한요소법에 기초한 공정해석을 통해 치수정밀도 확보를 위한 서포트 최적 설계를 수행하였으며, 적층제도가 완료된 후 배럴 연마를 통해 캐비티 내부 표면의 연마 공정을 실험적으로 검증하였다. 그 결과, 적층성형을 통해 고주파 공동 형상에 대한 제조가 가능함을 확인하였다.

Keywords: Cavity, Radio-Frequency, Particle Accelerator, LPBF, Additive Manufacturing

1. 한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹, 선임연구원

2. 한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹, 연구조원

한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 선임연구원,

E-mail: mooniy085@kitech.re.kr

적층제조 공정으로 제작된 BCC 격자 구조체의 자연대류 열전달에 관한 연구

박근태^{1,2}, 김상우[#]

Analysis of Natural Convection Heat Transfer in Additively Manufactured BCC Lattice Structures

K. T. Park, S. W. Kim

Abstract

금속 적층 제조기술의 발전으로 복잡한 내부 형상을 가진 구조물의 제작이 용이해짐에 따라, 격자 구조체에 대한 관심 또한 지속적으로 증가하고 있다. 격자 구조체는 규칙적인 배열의 단위 셀로 구성되며, 다양한 단위 셀 형상에 따라 상이한 기계적 특성 및 전열 특성을 가진다. BCC(Body-Centered Cubic) 격자 구조체는 높은 면적밀도 및 기공률을 보유하고 있기 때문에, 방열을 목적으로 한 제품에 활용될 가능성이 있다. 본 연구에서는 L-PBF(Laser-Powder bed fusion) 공정 및 AlSi7Mg 소재를 활용해, 다양한 단위 셀 크기 및 스트럿 직경을 갖는 BCC 격자 구조체 방열판을 제작하였다. 제작된 방열판을 활용해 자연대류 환경에서 방열 시험을 수행하고, 단위 셀 크기 및 스트럿 직경이 방열 성능에 끼치는 영향을 정량적으로 평가하였다. CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석을 통해 내부 유동 특성을 분석하였으며, 수직 핀 방열판과 방열 성능을 비교 및 평가하였다.

Keywords: Additive Manufacturing, Lattice Structure, Heat Sink, Natural Convection

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술기획평가원의 연구비 지원을 받아 수행된 연구결과입니다. (과제번호: 10076429, RS-2023-00257079)

1. 한국재료연구원 재료공정연구실, 연구원

2. 부산대학교 항공우주공학과, 대학원생

한국재료연구원 재료공정연구실, 책임연구원, E-mail: kimsu@kims.re.kr

L-PBF 공정에서의 오버행 구조 구현을 위한 비접촉 서포트 적용

안성현^{1,2} · 김지훈³ · 김상우[#]

Applying Contactless Supports for Overhang Structure Implementation in the L-PBF Process

S. H. Ahn, J. H. Kim, S. W. Kim

Abstract

금속 적층 제조 공정 중 하나인 L-PBF(Laser-Powder Bed Fusion) 공정은 복잡한 형상의 제품을 일체형으로 제작 가능한 반면, 일정 각도 이하의 오버행 구조를 구현하기 위해서는 제조 공정 중 조형체를 지지할 수 있는 서포트의 생성이 필수적으로 요구된다. 서포트는 제작시간 및 비용을 증가시킬 뿐만 아니라, 제거 과정에서 표면 결함을 유발하여 제품의 완성도를 저하시킬 수 있다. 본 연구에서는 서포트 제거에 따른 단점을 보완하기 위해 조형체와 직접적인 접촉 없이도 오버행 구조 출력 시 발생하는 열 축적을 감소시켜 형상 변형을 억제하는 비접촉 서포트의 적용 가능성을 검토하였다. 오버행 구조의 각도, 비접촉 서포트와의 간격, 서포트의 두께에 따른 제작 특성을 평가하기 위해 다양한 조건의 오버행 구조 시편을 제작하였으며, 적층 제조된 오버행 구조 시편의 치수 오차, 표면 거칠기를 측정하여 비교 분석하였다. 본 연구를 통해 오버행 구조에 따른 적층 제조 한계를 파악하고, 비접촉 서포트 적용 유무에 따른 오버행 구조의 특성을 비교 분석함으로써, 비접촉 서포트의 적용 효용성을 입증하였다.

Keywords: Additive Manufacturing, L-PBF, Overhang Structure, Contactless Support

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술기획평가원의 “고강성 경량화 순수주의 구조물 및 체계개발(과제번호: RS-2023-00257079)” 과제의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

1. 한국재료연구원 재료공정연구실, 연구원

2. 부산대학교 기계공학부, 대학원생

3. 부산대학교 기계공학부, 교수

한국재료연구원 재료공정연구실, 책임연구원, E-mail: kimsu@kims.re.kr

CM247LC 합금의 L-PBF 적층 제조 시 균열 생성 기구와 HIP 후열처리의 영향

원경운¹, 이기안[#]

Cracking mechanism of L-PBF additive manufactured CM247LC alloy and effect of HIP post heat-treatment

K. U. Won, K. A. Lee

Abstract

CM247LC Ni-based superalloy는 높은 에너지의 열원을 사용하는 laser 기반 적층 제조 공정 시 고온 균열의 발생으로 인해 대표적인 laser 기반 적층 제조 난성형 합금으로 분류되고 있다. 본 연구에서는 Laser Powder bed fusion (LPBF) 공정을 이용하여 CM247LC 합금을 제조하였으며, 공정 변수인 scan speed와 laser power를 제어하여 VED(Volume Energy Density) 조건별 생성되는 시편의 결함을 분석하여 최적의 VED 조건을 선정하여 시편을 제조하였다. As-built 시편의 미세조직 및 결함들을 분석한 결과 columnal structure의 미세조직이 주로 관찰되었으며, 그 계면을 따라 hot cracking의 일종인 solidification Crack들이 다수 관찰되었다. 또한 결정립계와 상관없이 dendrite arm이 관찰되는 liquiation crack이 공정 조건에 따라 관찰되었다. 제조된 시편의 미세조직과 균열의 제어를 위해 HIP 후열처리를 수행하였으며, 미세조직 관찰 결과 γ' 석출상이 생성되었으며, 일부 잔류 결함의 계면에서 (Hf,Ta)C carbide가 관찰되었다. 해당 분석 결과 및 기계적 물성 결과들을 기반으로 LPBF 적층 제조된 CM247LC 합금의 미세조직이 기계적 특성간의 상관 관계를 파악하고, 균열 생성 기구와 후열처리의 영향을 규명하고자 하였다.

Keywords: Laser Powder Bed Fusion, Ni-based superalloy, Crack formation mechanism, microstructure

1. 인하대학교 신소재공학과, 대학원생

인하대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: keeahn@inha.ac.kr

구리 마이크로 아키텍처의 적층 제조와 극한환경 변형거동

강성규¹

Additively Manufactured Copper Microarchitectures and Their Mechanical Responses under Extreme Loading Conditions

S.-G. Kang

Abstract

다공성 재료와 같은 아키텍처 재료의 변형 거동은 기하학적 구조와 구성 재료의 고유한 기계적 특성에 의해 결정된다. 본 연구에선 온도 및 변형율에 따른 구리의 변형 메커니즘 변화가 아키텍처 구조체의 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다. 특히, 아키텍처 구조체의 구조적 결함을 최소화하고 균일한 미세조직을 얻기 위하여 localized electrodeposition in liquid 공정을 통해 마이크로 단위에서 구리 구조체를 적층 제조하였다. 미세조직 분석 결과 적층 제조된 구리 구조체는 다수의 트윈 경계를 포함하는 마이크로 결정립으로 구성되어 있음을 확인하였다. 먼저, 간단한 형태의 구리 마이크로 필라를 다양한 온도 및 변형율 조건에서 압축 시험하여 변형 메커니즘을 분석하였다. 그 결과, 상온(25도)에선 전위 슬립에 의한 소성변형이, 그리고 저온(-125도)에선 나노 트윈 형성을 통한 소성변형이 일어남을 확인하였으며, 상이한 변형 메커니즘으로 인한 기계적 특성의 변형을 의존성도 확인하였다. 마지막으로, 동일한 미세조직(트윈 경계를 포함하는 마이크로 결정립)을 갖는 구리 마이크로 아키텍처(octet-truss 구조)를 동일한 공정으로 적층 제조하고, 이를 마이크로 필라와 동일한 변형 조건에서 압축 시험하였다. 구리 마이크로 아키텍처는 구리의 고유한 기계적 특성에 기인한 변형 거동을 보였으며, 특히 압축 강도의 온도 및 변형율 의존성이 구리 마이크로 필라에서 확인한 의존성과 거의 동일하였다. 본 연구를 통해 마이크로 단위에서 복잡한 형상의 아키텍처를 적층 제조할 수 있음을 확인하였고, 이들의 기계적 특성의 아키텍처의 기하학적 구조뿐만 아니라 구성 재료의 기계적 특성에 크게 의존함을 증명하였다.

Keywords: Additive Manufacturing, Micro-lattice, Micro-pillar, Compression, Extreme conditions

1. 경상국립대 나노신소재공학부, 조교수, s.kang@gnu.ac.kr

EB-PBF로 제작된 고분율 γ' Ni기 초합금의 표면조도에 미치는 체적에너지밀도의 영향에 대한 연구

이해진¹, 이병수[#]

A study on the effect of volumetric energy density on surface roughness of Ni-based superalloy fabricated with EB-PBF

H. J. Lee, B. S. Lee

Abstract

The optimization of the side surface roughness of the as-built part is one of great interest in the additive manufacturing field because of the post-processing difficulty. In this study, the generation mechanism of the side surface in the powder bed fusion electron beam melting process was investigated using newly designed Ni-based alloy under different volumetric energy densities. The dimensional inaccuracy of the as-built part mainly attributes to part diameter variation rather than part height variation, and it was increased with the volumetric energy density owing to the elevated heat accumulation. The side surface roughness of the as-built part was increased with volumetric energy density owing to the formation of wavy bulges. The multi-physics model was developed to investigate the side surface generation in the electron beam melting process. The right-angled stair edge was relaxed at high volumetric energy density owing to the increased molten pool dimension. The molten pool convection via the Marangoni effect was increased at high volumetric energy density because of the large difference in temperature and low viscosity. The formation of wavy bulges on the side surface originated from the severe heat accumulation at the last solidified region in each melting path under high volumetric energy density. Therefore, it was confirmed that the side surface roughness in the powder bed fusion electron beam melting process can be improved by optimizing the volumetric energy density to restrict the formation of wavy bulges and coarse particles.

Keywords: EB-PBF, Surface roughness, Computational fluid dynamics, Ni-based alloys, VOD

1. 한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹

교신저자의 소속, 부서, 직위, E-mail: 한국생산기술연구원,
기능성소재부품그룹, 수석연구원, bslee@kitech.re.kr

Selective Laser Melting으로 적층한 Fe-10Cu 합금의 Hot Isostatic Pressing 공정 적용 효과 연구

강철^{1,2}, 김건희¹, 김원래¹, 이택우¹, 강현수¹, 한승준¹, 최선진², 하정현^{1,2}, 김정래^{1,2},
이광춘³ 김형균^{1,*}

Abstract

Fe-10Cu 합금은 상온에서 BCC 구조의 Fe-rich상과 Cu-rich 상이 서로 혼재되어 구성된 miscibility gap이 있는 immiscible 합금으로써, 기존의 Fe의 낮은 전도성과 Cu의 낮은 기계적 특성을 상호보완 하여 고강도와 높은 열전도도를 요구하는 사출 금형재 등의 고부가가치 산업에 적용이 될 것으로 기대되는 합금이다. 최근 Selective Laser Melting(SLM) 공정의 높은 정밀도와 복잡한 형상을 구현할 수 있다는 장점으로 비표면적을 증가시켜 열교환기와 같은 제품의 열 전달 효율을 극대화하는 연구가 수행되고 있다. 하지만 분말을 원소재로 활용하는 공정의 특성 상 기공 등 결함이 발생하기 쉽고, 급냉으로 인해 Fe 기지 내 Cu가 과용용되어 열전도도 특성이 구현되지 않은 문제점이 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 기공 회복과 동시에 과용용되어 있는 Cu의 석출 제어를 통해 고강도 고열전도성 특성 구현을 위한 Hot Isostatic Press(HIP) 후처리 공정을 적용하고 특성을 평가하였다. HIP 공정조건은 Cu 석출을 유도하기 위해 570°C, 770°C, 970°C, 1170°C으로 수행하였으며, 압력과 시간은 각각 1000bar, 1시간으로 고정하였다. HIP 공정조건 별로 Cu의 석출 거동과 열적/기계적 특성의 상관관계를 해석하였다.

Keywords: Selective laser melting, Fe-10Cu, Hot isostatic press, Cu-precipitation, immiscible alloy

사사

본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 "제품생산 유연성 확보를 위한 뿌리공정기술 개발(KITECH EO240009)" 의 지원으로 수행한 연구입니다.

1. 한국생산기술연구원 강원기술실용화본부(강원도 강릉, 대한민국)

2. 한양대학교 신소재공학과(서울특별시, 대한민국)

3. 엠티에이(충청북도 괴산군, 대한민국)

E-mail: hgk@kitech.re.kr

전력반도체용 방열핀 적층성형을 위한 Al합금 L-PBF 공정 최적화 연구

강동욱¹, 박수현¹, 이병수², 정경환², 이해진³, 송영환^{2#}

Research on optimization of Al alloy L-PBF process for additive manufacturing of heat dissipation fins for power semiconductors

D. U. kang¹, S. H. Park¹, B. S. Lee², K. H. Jung², H. J. Lee³, Y. H. Song^{2#}

Abstract

전기차용 전력반도체의 소형화 및 고전력화 기조에 따라 파워모듈의 방열성능 향상에 대한 요구가 커지고 있다. 파워모듈의 냉각계통에서 방열성능을 저하시키는 주요 원인 중 하나는 방열판과 방열핀을 접합하는데 사용되는 Thermal Interface Material(TIM)의 낮은 열전도도에 기인하는 열 병목현상이다. 최근 이러한 열 병목현상 해결을 위해 열전도도가 높은 고온솔더 적용 또는 브레이징 공정을 도입하여 열전도도가 높은 소재로 방열판과 방열핀을 접합하기 위한 연구 개발이 진행되고 있다. 본 연구에서는 열 병목현상 문제를 해소할 수 있으며, 방열핀의 설계자유도가 높아 향후 냉각계통 성능 향상에 유리한 금속 적층성형 공정을 사용하여 방열판 위에 히트싱크를 직접 적층성형하기 위한 기초연구를 실시했다.

히트싱크 적층성형을 위해 형상정밀도가 높은 Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) 공정을 적용했으며, 히트싱크의 소재는 방열기구에 주로 활용되는 구리를 대신해 가격이 싸면서도 방열성능은 유사한 Al7SiMg 합금을 사용했다.

먼저 L-PBF 공정조건에 따른 상대밀도 비교를 통해 Al7SiMg 합금의 고밀도 적층성형 조건 도출했으며, 방열판/Al7SiMg 방열핀 접합계면의 접합강도 확보를 위해 300~800um 두께의 구리 방열판 위에 Al7SiMg 방열핀을 적층하기 위한 최적 공정조건을 조사했다. 실험결과 Al7SiMg 합금의 상대밀도가 99.9% 이상 값을 가지는 에너지 밀도 범위를 도출했으며 방열판과 Al7SiMg 방열핀의 충분한 접합 층 형성을 통한 접합강도 확보를 위해서는 고밀도조건 이상의 에너지 밀도가 필요했다.

Keywords: Laser powder bed fusion, Al7SiMg, Heatsink, Process parameter, Process optimization

1. 한국생산기술연구원 강원기술실용화본부, 근로연수생

2. 한국생산기술연구원 강원기술실용화본부, 수석연구원

3. 한국생산기술연구원 강원기술실용화본부, 연구원

한국생산기술연구원 강원기술실용화본부, 기능성소재부품그룹, 수석연구원, yhsong0105@kitech.re.kr

합금설계를 통한 적층제조용, 고온균열 저감, 고분율 γ' Ni기 초내열합금 개발

이찬희¹, 김태경¹, 이병수², 이해진², 홍현욱[#]

Alloy Design of a Low-Cost, High Temperature Crack Resistant, High fraction γ' Ni superalloy for Additive Manufacturing

C. H. Lee, T. G. Kim, B. S. Lee, H. J. Lee, H. U. Hong

Abstract

Ni기 초내열합금은 고온에서 매우 우수한 기계적 강도 및 내부식·산화 특성을 가지기에 고온에서 높은 하중을 받는 재료에 주로 사용되며, 온도 수용성과 같은 크리프 특성이 우수하기에, 가스 터빈 블레이드와 같이, 고온 크리프 특성이 요구되는 부품을 제작하는데 주로 사용된다. 이때 Ni기 초내열합금의 고온에서의 기계적 특성은 L12 규칙격자 γ' -Ni₃(Al,Ti) 석출상의 분율이 높을수록 전위의 움직임을 효과적으로 방해하여 우수해지나, 용접성이 열위해지며, 특히 적층제조 공정을 적용하였을 때, 균열과 같은 상당한 결함의 형성을 야기하여 적층제조 용이성이 저하된다는 문제가 있다. 이러한 이유로 현재까지 주로 γ' 분율이 20% 이하로 낮은 Ni기 초내열합금(IN718, IN625 등)에 대해 적층제도가 이루어지고 있다. 하지만 가스터빈의 온도를 높여 효율을 향상시키기 위해서는 고온 크리프 특성이 우수한 고분율 γ' 합금들의 사용이 필수적이며, 복잡한 냉각 유로 설계를 통해 냉각 효율 증대 및 효율 상승을 위해 적층제조 공정을 이제 적용시키기 위한 연구가 중요히 고려되고 있다. 본 연구에서는 전자빔 용융(Electron Beam Melting, EBM) 방식을 이용해 γ' 강화상 분율이 약 50~60%로 매우 높은 CM247를 reference 합금으로 적층제조 맞춤형 Ni기 초내열합금을 설계하였다. 합금 설계를 위해, 합금 설계 기준을 적층제조 용이성 향상, 50% 이상의 γ' 분율, 고용강화 효과 최대화, 고온 균열 저항성 향상, 우수한 가격 경쟁력 등으로 설정하고 이를 달성하기 위한 합금 설계 방향을 설정하였다. 합금 설계 과정에서 우수한 가격 경쟁력을 판단하기 위해 개발 합금의 총 소재 비용이 동일 무게의 순수 Ni 가격의 130% 이하가 되도록 설계하였으며, 우수한 적층제조 용이성을 달성하기 위해 용접성 지표를 토대로 $2(0.28Cr+0.045Co)>(Al+0.84Ti)$ 을 만족하는 합금 성분계들을 선정하였다. 또한 넓은 범위에서 Thermo-Calc software를 활용하여 열역학 계산을 진행하였고, 이를 통해 871°C에서의 γ' 분율, solidus, Crack Susceptibility Coefficient, Topologically close-packed phases(TCP) 분율 등을 계산하여, 합금 설계 기준에 맞추어 각 후보 합금들을 filtering 하였다. 이러한 방식으로 총 3종의 후보 합금 성분계가 도출되었으며, 이들을 실물 잉곳으로 제작한 후, Laser-Bead on Plate(L-BOP) 방식으로 고온균열 민감성을 분

석하고, 열처리 단계에 따라 미세조직을 분석하여 최종적으로 1종의 후보 합금 성분계를 선정하였다. 본 연구에서는 해당 후보 합금을 CW247(Cost reduced, Weldable 247)이라 명명하였다. 이후 CW247 합금 성분계를 토대로 gas atomization 공정을 적용하여 분말을 제조하였고, 이들 분말에 대해 입도 분석, 유동도 분석, 표면 산화층 분석 등 다양한 분석을 진행하였으며, 추후 EBM 공정을 통해 이들을 직접 적층제조하여 기존의 CW247과 비교하였을 때, 그 특성 변화를 관찰할 예정이다.

Keywords: Ni-based superalloys; Electron beam melting; Alloy design; Microstructure

1. 창원대학교, 신소재공학부

2. 한국생산기술연구원

창원대학교, 신소재공학부, 교수, E-mail: huhong@changwon.ac.kr

Laser Powder Bed Fusion으로 제조된 철계형상기억합금의 높은 의사탄성거동에 관한 연구

김도형¹ · 이육진² · 김태윤¹ · 박인욱¹ · 김왕렬^{1#}

Origin of the enhanced pseudo-elasticity of additively manufactured Fe-Mn-Si based shape memory alloy

D. Kim, W. Lee, T. Kim, I. Park, W. Kim[#]

Abstract

In this study, the origin of the enhanced pseudo-elasticity of additively manufactured Fe-Mn-Si based shape memory alloy is investigated. Two samples with different heat-treatment condition, one directly aged from as-built state and the other aged following solution-treatment, were prepared. The latter is to imitate conventional wrought alloy. The directly aged sample had typical solidified microstructure of additively manufactured metallic alloys, such as molten pool structure, elongated grains along build direction and cellular structure. On the other hand, the sample aged following solution-treatment had fully recrystallized polygonal grain structure, indicating the microstructural characteristics inherited by additive manufacturing had been lost. When the pseudo-elasticity of the two samples after bending with 4.26% of pre-strain was measured, directly aged sample showed higher pseudo-elasticity than the sample aged after solution-treatment. The main difference between two samples in microstructure are precipitation behavior, solute segregation and average grain size. Through comparing the pseudo-elasticity of the before and after aging treatment with two different starting condition, precipitation do not have significant impact on pseudo-elasticity, implying that the different precipitation behavior is not a major contributor for the difference in pseudo-elasticity. On the other hand, elemental segregation on the cell boundaries was observed in directly aged sample. The elemental segregation led to increase of fcc- γ stability on the cell boundaries. The cell boundaries with high phase stability of fcc- γ could let the ongoing deformation-induced hcp- ϵ phase back-transform to fcc- γ , resulting in enhanced pseudo-elasticity. Furthermore, the smaller grain size of the directly aged sample might further increase the fcc- γ phase stability. The results of this work may offer fresh perspectives on how to develop alloys for additive manufacturing that have high levels of pseudo-elasticity or damping capability.

Keywords: Laser powder bed fusion, Fe-based shape memory alloy, Thermodynamic, Aging treatment

1. 한국생산기술연구원, 동남기술실용화본부

2. 부산대학교 재료공학과, 조교수

한국생산기술연구원 동남기술실용화본부, 에너지시스템그룹, 수석연구원, ryeol@kitech.re.kr

SLM 방식 고분자 3D프린팅 공정에서 파라미터에 따른 싱글 용융 풀의 영역별 정량적 수치 측정에 관한 연구

심은정¹, 김건희^{1#}

A study on the quantitative measurement of single melt pool area according to parameters in the SLM method polymer 3D printing process

E. J. Shim¹, K. H. Kim^{1#}

Abstract

The purpose of this study is to examine the formation mechanism by producing and quantifying a single molten pool by parameters, which directly affects the additive manufacturing process. It is confirmed that the single melt pool prepared for each parameter was divided into MZ, HAZ and LBZ by observing the shape through FE-SEM. For each region, a length measurement standard is prepared and the length is measured, and this is quantified numerically. In the case of MZ observed based on the cross section of a single molten pool, it is confirmed that it increased as the energy density increased, but slowed after energy density(ED) 0.77 J/mm³. And HAZ did not show a clear trend after the ED 0.3 J/mm³, and it is confirmed that LBZ steadily increased with the ED. Based on the observed results, the process of a single melt pool becoming a multi melt pool is explained, and the effect of ED on product formation reproducibility by observing the shrinkage rate of cubic specimens is investigated.

Keywords: Single Melt Pool, Melting Zone, Heat Affected Zone, Laser Beam Zone, Formation Mechanism

1. 한국생산기술연구원

한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 수석연구원, E-mail: vankey@kitech.re.kr

프리티브 내부 구조를 가진 샌드위치형 필터의 압력강하 특성 고찰

김현¹ · 이광규¹ · 안동규[#] · 정성용² · 김지연¹ · 이종배³

A Study on Pressure Drop Characteristics of Sandwich Type Filter with Primitive Inner Structures

H. Kim, K. K. Lee, D. G. Ahn, S. Y. Jung, J. Y. Kim, J. B. Lee

Abstract

최근 산업분야에서는 탄소중립 (Net-Zero) 실현을 위해 이산화탄소 (CO₂) 포집, 활용 및 저장에 대한 연구가 활발히 진행되고있다. 삼중 주기적 최소 곡면 (Triply periodic minimal surface : TPMS) 구조는 동일한 체적에서 높은 표면적을 가지고있어 CO₂ 포집에 활용할 수 있으나 TPMS 구조를 이용한 필터 제작에 대한 연구는 진행되고있지 않다. 따라서 본 연구에서는 프리미티브 내부 구조를 가진 샌드위치형 필터의 압력강하 특성을 고찰하고자 한다. TPMS 구조 중에서 가장 단순한 수식으로 만들어진 Primitive 구조를 40×20×40 mm³ 최외각 체적에 각각 5×5×5 mm³, 10×10×10 mm³ 및 20×20×20 mm³ 단위 셀로 채운 뒤에 5 mm 벽을 둘러 샌드위치형 필터를 제작하였다. Primitive 구조 설계 및 제작은 nTopology S/W 및 Figure 4 장비와 PC 계열인 PRO-BLK 10을 사용하였다. 자체 제작한 차압계를 이용하여 각 필터에 따라 압력강하를 측정하였다. 5×5×5 mm³, 10×10×10 mm³ 및 20×20×20 mm³ 단위 셀을 이용해 만든 필터 순서대로 압력강하가 높게 도출되었다. 단위 셀의 크기가 작을수록 유체가 닿는 표면적이 커져서 압력강하가 커진다고 사료된다. 따라서 압력강하 측면에서 단위 셀의 크기가 커질수록 압력강하가 감소하기 때문에 단위 셀의 크기가 큰 필터가 좋다고 사료된다.

Keywords: Pressure Drop, Sandwich Type Filter, Primitive Inner Structures

-
1. 조선대학교 기계공학과, 대학원생
 2. 조선대학교 기계공학과, 교수
 3. 조선대학교 기계공학과, 학부연구생
- # 조선대학교 기계공학과, 교수, E-mail: smart@chosun.ac.kr

프리미티브 구조를 내부에 가지는 샌드위치형 필터 내 공기 유동 특성 분석

범종찬¹ · 이광규¹ · 안동규[#]

Analysis of Flow Characteristics of Air in the Sandwich Type Filter with Primitive Inner Structures

J. C. Beom, K. K. Lee, D. G. Ahn

Abstract

온실가스 배출량의 증가는 지구온난화 가속화의 주요원인이다. 온실가스 중 가장 높은 비율을 차지하는 이산화탄소(CO₂)의 위해 탄소 포집(Carbon capture : CC)과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. CO₂ 포집 방식은 포집 원리에 따라 흡수, 흡착 및 막분리 기법으로 구분된다. 그 중 흡착 기법은 타 기법에 비해 CO₂ 포집을 위한 에너지 소모가 적고 포집에 따른 반응 부산물이 거의 생성되지 않는 장점이 있으나 상대적으로 CO₂ 포집 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 포집 성능 향상을 위해 체적 대비 표면적 비가 높은 삼중 주기적 최소 곡면(Triply periodic minimal surface : TPMS) 구조를 사용하고자 한다. TPMS 구조는 필터 내부에서의 자가 순환을 통한 혼합가스 접촉 횟수를 증가시켜 CO₂ 포집에 효과적이다. 자가 순환은 필터 통과 전후 압력 강하가 낮을수록 잘 일어난다. 이는 압력 강하가 높을수록 자가 순환을 위한 에너지가 다른 에너지로 전환되었다는 것을 의미하기 때문이다. 본 연구에서는 TPMS 구조 중 하나인 프리미티브(Primitive) 구조를 내부에 가지는 샌드위치형 필터 내 공기 유동 특성을 전산유체역학(Computational fluid dynamics : CFD) 해석을 이용하여 분석하고자 한다. CFD 해석 모델은 상용 소프트웨어인 nTopology 및 ANSYS SCDM을 사용하여 설계 변수인 Primitive 구조의 크기 및 두께에 따라 총 9개의 샌드위치형 필터를 설계하였다. CFD 해석은 ANSYS Fluent를 사용하였다. Primitive 구조 및 다른 TPMS 구조를 내부에 가지는 필터의 CFD 해석 결과와 실 제작에 따른 실험결과와의 비교를 통해 초고효율 CO₂ 포집 필터의 최적 설계 및 제작을 진행할 것이다.

Keywords: Carbon capture, Triply periodic minimal surface, Computational fluid dynamics

1. 조선대학교 기계공학과, 대학원생

조선대학교 기계공학과, 교수, E-mail: smart@chosun.ac.kr

6. 특 별 세 션 4

첨단산업용 고청정 소재/부품 자립화
기술개발 심포지엄

(제 5 발표회장)

EBSD를 활용한 고주파 열처리된 저합금강 기어 샘플의 미세구조 정량 분석

강신곤^{1, #}, 김은아², 심상철¹, 강영조¹

Quantitative Characterization of the Microstructure for an Induction Heat-treated Low Alloy Steel Gear Sample using EBSD

S. Kang, E. Kim, S. C. Shim, Y. Kang

Abstract

고주파 열처리는 전자기 유도를 이용하여 금속 재료의 표면을 짧은 시간 동안 가열과 냉각하여 경한 조직을 생성시키는 국부 열처리 방법 중 하나이다. 열처리 후 샘플 내 위치별 불균일한 열이력으로 인하여 위치별 미세구조의 차이가 존재한다는 특징이 있다. 본 연구의 목표는 고주파 열처리된 저합금강 기어 샘플의 미세구조 차이를 정량적으로 평가하는 것이다. 해당 연구를 통해 고주파 열처리된 샘플의 물성 분석 기반을 다질 수 있을 것으로 예상된다. 실험에 사용된 샘플은 고주파 열처리된 SNCM 439 링 기어 샘플로 광학현미경 사진 및 관련 경도 결과를 통하여 크게 표면부, 경계부, 중심부 3가지 영역으로 나뉘어지는 것을 알 수 있다. 세 영역 내 미세구조 차이는 image quality(IQ), kernel average misorientation(KAM), misorientation angle(MA) 값을 활용한 5개 위치의 EBSD 분석을 통해 정량적으로 평가되었다. 고주파 열처리의 열영향을 전혀 받지 않은 중심부는 초기 오스테나이트 결정입계 내 저온 변태 조직의 하부구조가 남아있는 것을 관찰할 수 있으며 공정 조건을 고려하면 이는 템퍼링 된 상태로 추측된다. 표면부는 고주파 열처리에 의해 fresh martensite 조직이 새로 생성되었으며 이들의 하부구조 크기와 초기 오스테나이트 결정립 크기는 서로 강한 상관관계를 가지는 것으로 판단된다. 경계부는 표면부와 중심부의 미세조직을 모두 관찰 가능하나, 표면에서 먼 영역일수록 fresh martensite의 분율이 급격하게 감소한다.

Keywords: Induction hardening, SNCM 439 Steel, Electron Back Scattered Diffraction (EBSD), Martensite, Gear, Surface Hardening

1. 동아대학교 신소재공학과, 교수
2. 동아대학교 신소재공학과, 연구원
동아대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: skang@dau.ac.kr

2024년 추계 금속재료학회 초록

* 제목 : 반도체용 게스 공급용 SUS316L 강관의 전해연마 공정조건에 따른 표면처리 효과
(The effect of surface treatment with electro-polishing of SUS316L tube for semiconductor process gas applications)

* 저자 : 공만식, 양현석, 정우철, 정향철

* 초록

반도체 공정가스의 대부분이 산화성 가스 이므로 이들의 공급을 위한 배관, 밸브, 레귤레이터, 피팅, 필터 등의 부품에 사용되는 소재는 내산화성이 강한 SUS316L 소재가 주로 사용되고 있다. 또한 이러한 부품의 내부 표면은 이물질이 존재하지 않아야 하며, 산화성 가스에 의한 생성물이 발생되지 않아야 하므로 전해연마 공정을 통한 청정한 표면의 유지와 내식성 표면처리가 필수적이다.

전해연마 공정은 금속의 가공된 표면을 전기화학적으로 연마함으로써 표면조도의 개선, 이물질 제거, 내산화층 생성 등을 통해 청정한 금속 표면을 제조하는 데 그 목적이 있다. 특히 SUS316L 소재는 전해연마 공정을 통해 평탄하고 균일한 크롬 산화물의 생성으로 산화성 가스에 대한 내부식성을 극대화 할 필요성이 있다. 전해연마 대상 제품의 형상, 면적, 표면상태, 전해액 따라 전해연마 공정의 조건이 다르며, 조도 및 산화층, 피팅 결함 등을 해결하기 위한 최적의 공정 도출이 필요하다. 또한 전해액의 종류와 사용 기간에 따라 전해연마 환경이 변하므로 면밀히 모니터링할 필요성이 있다.

따라서, 본 연구에서는 반도체 게스 공급용 HUP급 SUS316L 튜브 제품의 전해연마 공정 조건 도출을 위해 전압, 전류, 공정온도, 유속 및 폐시베이션 공정 등의 조건에 따른 표면상태를 분석하였다.

* 키워드: 반도체, SUS316L, 전해연마, 표면처리, 폐시베이션

7. 특 별 세 셴 6
/ 일반 논문 발표
/ 특 별 세 셴 1

경량 다층 소재의 차체 부품 구조 최적화
및 응용 기술에 대한 연구

박판성형 / 플라스틱가공 / 금형가공

International Session (Process)

(제 6 발표회장)

경량 다층 클래드 소재가 적용된 일체형 패키지 트레이 동강성 전산 해석 개선에 관한 연구

박상울¹, 윤성아¹, 오보라미², 김태엽³, 김민중⁴

Study on Improvement of Dynamic Stiffness Computational Analysis of Package Tray with Lightweight Multi-layer Clad Material Applied

S. Y. Park, S. A. Yun, B. R. M. Oh, T. Y. Kim, M. J. Kim

Abstract

Around the world, aluminum, carbon composite materials, and cladding materials are being applied to body parts to reduce the weight of electric vehicles and improve parts functionality. Domestic automakers are also applying aluminum materials in large numbers, but recently, clad metal materials and carbon composite materials are being applied to improve parts functions such as strength and dynamic stiffness.

In this study, we will improve dynamic stiffness computational analysis of package tray with lightweight multi-layer clad material applied by verifying the moldability of the parts of package tray with lightweight multi-layer clad material applied and securing the surface treatment technology of mold for molding.

Keywords: dynamic stiffness, lightweight, multi-layer, clad material, package tray

-
1. ㈜영진
 2. ㈜일지테크
 3. ㈜케이테크
 4. ㈜한국클래드텍

경량 다층 소재 일체형 차체 부품 응용 기술에 대한 연구

오보라미¹, 박상울², 김태엽³, 김민중⁴

A Study on Application Technology of Integrated Car Body Parts for Lightweight Multi-Layer Material.

B. R. M. Oh, S. Y. Park, T. Y. Kim, M. J. Kim

Abstract

Recently the most important issues in automobile manufacturing technology trends are electrification and securing stability. Due to the electrification of automobiles and carbon emission issues, weight reduction is required. And securing the safety of passengers is the most important goal. The application of lightweight materials (such as Aluminum) and high-strength materials is a method for realizing light weight and safety of vehicles. The application of aluminum parts is increasing for lightweight. Using aluminum parts have problems cost increase, poor formability and dissimilar joining.

In this Study, application (welding assembly) technology was developed to integrate car body parts through the application of lightweight multi-layer materials. The effect of applying lightweight multi-layer materials is that, formability is improved compared to existing lightweight materials, so that parts can be integrated, and resistance spot welding technology with the other parts can be applied.

This study will be a solution that can replace existing lightweight materials.

Keywords: Lightweight, Multi-Layer, Clad Metal, Car Body Parts, Press, Resistance Spot Welding

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 지역선도산업단지연계협력사업(과제번호: P0025503)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

-
1. ㈜일지테크 선행개발팀, 책임연구원
 2. ㈜영진 연구개발본부, 연구소장
 3. ㈜케이테크, 대표
 4. ㈜한국클래드텍 기술연구소, 이사

경량 다층 클래드 소재 적용 트레이 모듈의 용접 조건에 관한 연구

김태엽^{1#} · 박상울² · 배기만³ · 오보라미⁴ · 김민중⁵

A study on welding conditions for tray modules using Lightweight multi-layer clad material

T. Y. KIM, S. Y. Park K. M. Bae, M. J. KIM

Abstract

Strengthening international environmental and fuel efficiency regulations and rising energy resource prices are acting as incentives to promote the development of eco-friendly and lightweight vehicles. However, as vehicle weight inevitably increases due to strengthened safety regulations and convenience features, various efforts are being made to minimize it. This phenomenon is considered a bigger problem in electric vehicles, where it is urgent to offset the increase in vehicle weight caused by the battery and improve the driving range on a single charge. In previous research, lightweight multi-layer clad metal was applied to make it lighter than existing parts and to reduce costs by integrating the two parts. The existing invariant spot welding technology was improved considering economic feasibility. In this study, resistance spot welding conditions (time (ms), current (kA), applied pressure (kN)) were compared and optimal welding conditions were derived through load tests on fractured specimens. Based on the research results, we plan to provide solutions for welding and joining technology of clad materials.

Keywords: Lightweight, Multi-Layer, Clad Metal, Integration, Resistance Spot Welding

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 지역선도산업단지연계협력사업(과제번호: P0025503)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

-
1. ㈜케이테크, 대표
 2. ㈜영진 기술연구소, 연구소장
 3. ㈜일지테크 기술연구소 선행개발팀, 팀장
 4. ㈜일지테크, 기술연구소 선행개발팀, 책임연구원
 5. ㈜한국클래드텍 기술연구소, 이사
- # ㈜케이테크, 대표, E-mail: kimtyc@naver.com

AMA 다층 클래드 메탈의 제조특성연구

김민중¹ · 박철민¹ · 박상울² · 배기만³ · 오보라미³ · 김태엽⁴ · 윤용한⁵

Research on Manufacturing characteristics of AMA Multilayer Clad Metal

M.J.Kim, C.M.Park, S. Y. Park, K. M. Bae,

B. R. M. Oh, T. Y. Kim, Y. H. Yoon

Abstract

In recent material development, environmental problems due to lightweight, development of materials for electrification, and reduction of carbon emissions have become major issues.

Among these materials, aluminum plays a large part in lightweight, but it is facing new challenges in the market due to its high carbon emissions. Here, the development of aluminum/steel/aluminum clad metal materials was undertaken as a challenge to reduce the amount of aluminum used and meet the required strength. Joint research, such as plastic processing and welding, of developed materials is being carried out by a joint research institute, and this study aims to examine the reduction amount and characteristics according to material composition in the manufacture of aluminum/steel/aluminum materials.

Keywords: AMA, Multilayer, Clad Metal, Lightweight, Rolling

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 지역선도산업단지연계협력사업 (과제번호 : P0025503)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜한국클래드텍 기술연구소
2. ㈜영진 기술연구소
3. ㈜일지테크 기술연구소 선행개발팀
4. ㈜케이테크 대표
5. (재)경북하이브리드부품연구원 신산업육성팀.

초고강도강의 구멍확장비에 대한 연구: 초고강도강의 타발 데미지 효과에 대하여

이승호¹ · 조우진¹ · 정든봄¹ · 이제웅² · 김성일² · 한흥남[#]

Abstract

초고강도강 (Advanced high strength steel, AHSS)은 현재 자동차 산업에서 각광받고 있는 구조재료 중 하나이다. 초고강도강은 기존 강재에 비하여 강도와 연신율이 우수하지만 자동차 산업에서의 범용적 사용에 제약이 있는데, 이는 높은 강도와 우수한 연신율에 비해 열악한 엿지부 성형성 (Stretch-flangeability) 때문이다. 이로 인해 엿지부 성형성을 개선하기 위한 많은 연구들이 수행되었으나 현재까지 뚜렷한 성과가 보고되지 않은 상태이다.

본 연구에서는 이러한 엿지부 성형성을 평가할 수 있는 물성인 구멍확장비 (Hole Expansion Ratio, HER)에 대한 새로운 접근법과 함께 복잡하고 강재 소모가 큰 실제 구멍확장시험 (Hole Expansion Test, HET)을 대체하여 구멍확장비와 타발 공정 중의 타발 데미지를 평가할 수 있는 방법에 대하여 논의하였다. 초고강도강의 구멍확장비 측정을 위하여 방전 가공과 타발의 두 가지 방법으로 강재에 구멍을 제작하였다. 이 때, 방전 가공을 통해 제작하여 구멍 주변부에 데미지가 가해지지 않은 구멍의 구멍확장비를 HER_0 라 명명하였다. 이러한 HER_0 는 강재의 초기 미세조직과 높은 연관성이 있으며 인공지능망을 통해 강재의 일축 인장 시험 물성으로 예측이 가능함을 보였다. 타발을 통해 제작하여 구멍 주변부에 데미지가 가해진 구멍의 구멍확장비의 경우엔 HER_0 와 구분하여 HER_p 라 명명하였다. HER_p 의 경우 타발 공정 중 구멍 주변부에 가해지는 타발 데미지로 인해 일축 인장 시험 물성에 더하여 각 강재의 미세조직에 대한 타발 데미지의 영향을 추가로 고려하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 열연 및 냉연 초고강도강에 대하여 타발 공정과 유사하지만 더 간단한 전단 시험을 수행하여 타발 데미지와 높은 상관성이 있는 파라미터를 확보하였다. 확보한 타발 데미지 파라미터를 통해 각 강재에 대하여 회귀 분석을 실시하였고 그 결과 실제 타발 공정 중 강재에 가해지는 타발 데미지와 회귀 분석을 통해 예측한 타발 데미지의 결과가 그 경향성이 일치함을 확인할 수 있었다.

Keywords: Advanced High Strength Steel, Hole Expansion Ratio, ANN model, Punching, Shear test

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생

2. 포스코 기술연구소

서울대학교 재료공학부, 정교수, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

표면 프로파일을 이용한 초고강도강재 3점굽힘시험의 파단 시점 측정

정규철¹, 정유형¹, 이재욱², 윤종현[#]

Crack detection in three-point bending of advanced high-strength steels with surface profile

K. C. Jeong, Y. H. Jeong, J. W. Lee, J. H. Yoon

Abstract

초고강도강재는 굽힘공정시 두께 방향으로 전파하는 크랙에 의해 넥킹이 없는 전단파단이 발생한다. 따라서 굽힘성형성을 평가하기 위해서는 별도의 3점굽힘시험이 요구된다. 초고강도강재는 주로 VDA-238-100 3점굽힘시험 규격이 사용되어 정해진 금형 규격 내에서 하중 감소가 발생하는 시점을 파단시점으로 정의한다. 하지만, 하중 감소 이전에 크랙이 먼저 발생하거나, 하중 감소 이후에도 크랙이 발생하지 않는 등 하중 감소와 강재의 파단 간 관계에 대한 의문이 제기되었다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 980, 1180, 1500 MPa 급 강재를 대상으로 3점굽힘시험을 진행하였으며, 레이저 프로파일 스캐너를 사용해 편치-하중-표면 특성 간의 관계를 분석하였으며, 크랙의 특성 길이가 파단 전후로 변하는 양상을 분석하였다. 또한, 편치 하중과 무관한 파단시점을 얻기 위해 크랙의 특성 길이를 기반으로 파단이 발생하는 시점을 제시하였다.

Keywords: bending failure, high-strength steels, local formability

1. 한양대학교ERICA 기계공학과, 대학원생

2. 포스코 철강솔루션연구소 성형연구그룹, 수석연구원

한양대학교ERICA 기계공학과, 교수, E-mail: jyoonyoon@hanyang.ac.kr

샤프�지 성형을 위한 점진성형 융합공정 개발

윤형원¹ · 박민제² · 오현준² · 정석재² · 박남수[#]

Development of an Advanced Incremental Sheet Forming Process for Sharp Edge Forming

H.W. Youn, M.J. Park, H.J. Oh, S.J. Jeong, N. Park[#]

Abstract

현대 제조산업에서 다양한 제품 제조 시, 소재의 성형특성을 고려하여 사회에서 요구하는 복잡하고 미려한 형상의 성형과 더불어 큰 곡률 혹은 작은 곡률반경을 구현하는 샤프�지 성형 기술 확보는 필수적이다. 날카로운 모서리부의 구현은 자동차, 가전 등 대부분의 산업 분야에서 주요한 니즈가 있으나, 소재 본연의 성형한계로 기존 프레스 공법만으로는 작은 곡률반경 구현에 한계를 지니며 이를 극복하기 위해 하중 부가 시 재료 유동성을 고려한 다양한 공정기술 및 성형조건 등의 주요한 공정개발이 검토되고 있다. 본 연구에서는 점진성형에서의 소재 국부 유동에 대한 변형 특성에 기반하여 사각캡 드로잉 제품의 날카로운 샤프�지를 구현하는 점진성형 융합공정을 제안한다. 주요 연구내용으로 성형 공구, 공정 조건, 고정 지그 등 전반적인 공정설계를 다루며 최종적으로 구축한 방법론을 적용한 성형품을 확보하여, 모서리부 곡률반경, 전체 형상 등을 종합적으로 평가함으로써 목표한 3D CAD 형상과 비교 분석을 통해 제안 공정의 유효성을 검증한다.

Keywords: Incremental Sheet Forming, Press Forming, Sharp Edge, Geometric Accuracy

1. 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 연구원

2. LG전자 생산기술원

교신저자: 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 수석연구원, E-mail: nspark@kitech.re.kr

알루미늄-마그네슘-실리콘 합금의 지속가능 핫 스탬핑을 위한 액체 이산화탄소 윤활 및 담금질 연구

채려홍¹ · 김진철¹ · 경미영¹ · 편반러이¹ · 김동² · 홍성태[#]

Investigation of liquid CO₂ lubrication and quenching for sustainable hot stamping of aluminum-magnesium-silicon alloys

L. H. Cai, J. C. Kim, M. L. Geng, V. L. Tran, D. Kim, S.-T. Hong

Abstract

Hot stamping for aluminum alloys has been developed recently for forming heat-treatable aluminum alloys with the advantage of improved springback and formability. In aluminum hot stamping, liquid CO₂ is considered to be a promising sustainable lubricant to reduce friction and a coolant for quenching. For proper lubricating and quenching performances, an additive manufactured die with microholes is designed to directly supply liquid CO₂. In the present study, the injection characteristics of liquid CO₂ are experimentally studied using spray tests through additively manufactured dies. In the injection process, the liquid CO₂ converts to dry ice for lubrication, and the subsequent vaporization of CO₂ from the solid state to the gaseous state absorbs the heat for quenching.

Keywords: Hot stamping, Liquid CO₂, Lubrication, Quenching

Acknowledgement

This research was financially supported by the Ministry of Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) and Startups (MSS), Korea, under the “Regional Specialized Industry Development Plus Program (R&D, S3363550)” supervised by the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT). This result was also supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE)(2021RIS-003).

1. 울산대학교 기계공학부, 일반대학원생

2. 울산대학교 기계공학부, 교수

울산대학교, 기계공학부, 교수, E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

볼트형 피에조 응력 센서를 이용한 플라스틱 미세유체 칩의 초음파 용착 공정 최적화

유영은^{1#}, 진재호², 권다인³, 권오동⁴, 이경훈⁵

Optimization of Ultra-sonic welding process for micro-fluidic chip by bolt type piezo stress sensor

Y.-E. Yoo, J.H. Jin, D.I. Kwon, O. D. Kwon, K. H. Lee

Abstract

양산성이 우수한 열가소성 플라스틱 사출성형 공정을 이용하여 미세유체 칩을 제조하기 위해서는 미세유로 등 미세한 구조를 정밀하게 성형할 수 있는 금형 및 사출성형 공정 기술과 함께 성형된 미세유로를 따라 흐르는 용액이 누출되거나 막히지 않도록 정밀하게 밀폐하는 기술이 요구된다. 이중 변형이나 막힘없이 미세유로를 정밀하게 유지하면서도 용액의 누출 없이 밀폐를 하는 것은 미세유체 칩 제조를 위한 핵심 기술이다. 플라스틱으로 제작된 미세유로의 밀폐를 위해서는 초음파 용착, 열 및 화학적 용착, 접착제 도포, 기계적 체결 등 다양한 공정 적용이 시도되고 있으나, 이를 위해 기판 표면에 형성되는 용융층이나 접착층 등의 두께가 일반적으로 수백 마이크로미터 이하인 미세유로의 크기와 유사하여 정밀성 및 밀폐성을 동시에 구현하는 것이 매우 어렵다.

본 연구에서는 플라스틱 미세유로 기판 및 덮개 기판에 대해서 생산성 및 접합 특성이 우수한 초음파 용착 공정 적용을 위한 미세유체 칩 용착 구조를 설계하고 용착 기반 제조 기술을 개발하였다. 이 과정에서 미세유로의 변형, 용액 누출, 편차 등 공정 과정에서의 주요 문제 해결을 위하여 초음파 용착 금형에 볼트 형태의 응력 센서를 적용하여 용착 중 응력 특성을 측정 분석함으로써 주요 문제 발생 원인 분석 및 공정 최적화를 추진하였다.

Keywords: Plastic Micro-fluidic chip, Injection molding, Micro-channel sealing, Ultra-sonic welding, Piezo-bolt sensor

1. 한국기계연구원 나노리소그래피 센터, 책임연구원

2. ㈜ 네오나노텍, 주임연구원

3. ㈜ 네오나노텍, 연구원

4. 솔루션랩, 해석기술연구소, 대리

5. 솔루션랩, 대표이사

한국기계연구원 나노리소그래피 센터, 책임연구원, E-mail: yeyoo@kimm.re.kr

광조형 프린팅을 사용한 세라믹 복합재료의 적층제조 연구

강지완¹, 박성현², 박근^{1, 3#}

Additive Manufacturing of Ceramic Composites Using Photopolymerization 3D Printing

J. W. Kang, S. H. Park, K. Park

Abstract

본 연구는 DLP (Digital Light Processing) 광조형 프린팅 기술을 사용하여 수지에 세라믹 입자가 첨가된 경우 다양한 적층 제조 조건이 세라믹 폴리머의 기계적·열적 특성 변화에 미치는 영향에 대하여 알아보았다. DLP 프린팅을 사용하여 제작 가능한 복합소재로는 PUMA/SiO₂를 선정하였으며, 세라믹 함유량에 따른 특성 연구를 위해 실리카 입자를 우레탄 메타크릴레이트 (UDMA) 수지에 세가지 무게비로 섞어 복합소재를 제작하였다. DLP를 이용한 3D프린팅 출력시 매개변수인 Vat온도 조건 및 UV후경화시간을 다양하게 변화시켜 프린팅을 수행하였다. 적층제조 조건 및 실리카 함유량에 따른 기계적 특성에 대한 보강 효과를 평가하기 위해 경도, 굽힘 및 인장 시험 등의 기계적 시험을 수행하였다. 또한 열확산도 테스트와 열 중량분석 (TGA)을 통해 PUMA/SiO₂ 복합소재의 열적 특성 변화를 분석하였다. 결과적으로 기계적 물성을 향상시키고 열 안정성을 보장하기 위해서는 실리카 함유량이 높은 경우 최적의 성능을 보이는 것으로 나타났다. 두 가지 프린팅 매개변수에 따른 차이는 경화시간보다 Vat온도에 따른 변화가 크게 나타났으며 일정 온도 이상에서는 기계적 성능이 저하되며 반드시 온도에 따라 비례하지 않는 것을 확인하였다.

Keywords: Additive manufacturing, Ceramic printing, Digital light processing (DLP), Silica composites, Mechanical property

This research was financially supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea (Grant number: 2022R1A4A1032030).

1. 서울과학기술대학교 3D프린팅융합기술연구소, 선임연구원

2. ㈜캐리마, 선임연구원

3. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, 교수

서울과학기술대학교, 기계시스템디자인공학과, 교수, E-mail: kpark@seoultech.ac.kr

전자기장-열 2-way 연성해석을 이용한 인덕션 히팅의 온도 변화 해석

황순재¹, 이창연², 홍석무^{3, #}

Error Correction Study for Enhanced Precision in 2D DIC Measurements Using Mobile Phone Camera

S. J. Hwang, C. Lee, S. Hong

Abstract

유도가열이란 코일에 고주파 전류로 인해 발생하는 손실로 발열이 생기는 현상을 의미하며 유도가열을 금속의 열간 가공에 적용한 기술을 인덕션 히팅이라 한다. 인덕션 히팅은 기존 가열 방식에 비해 전력변환 효율 및 온도에 대한 응답성 등에서 뛰어난 점을 보이기에 각광받는 추세이다. 하지만 인덕션 히팅을 다양한 현장에 맞추어 적용하기 위해서는 정밀한 온도 제어 필요하며 정밀한 온도 예측을 위해 관련하여 많은 선행연구가 진행되고 있다. 하지만 자기장과 온도가 실시간으로 서로에게 주는 영향은 고려하여 해석을 진행한 선행 연구를 거의 찾을 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 전자기장과 온도가 서로에게 주는 영향을 고려한 유한요소해석을 진행하고 이를 통해 인덕션 히팅 시 소재에 발생하는 온도변화의 예측하는 방법을 제시하고자 한다. 이때 해석 기법은 상호간 실시간 영향을 고려하는 2-way 해석을 사용하였으며 기존의 1-way해석방법과 비교를 통해 검증하였다. 해석 결과 소재에서 발생한 최고온도는 1-way에서 94.4 ° C, 2-way에서 158.1 ° C의 온도가 발생했다. 이를 검증하기 위해 동일한 조건의 실제 제품으로 측정을 진행하였고 측정 결과 159 ° C로 1-way 해석과 59.4 %, 2-way 해석과 99.4 % 정도로 유사하였다. 연구 결과를 바탕으로 2-way 해석을 이용 시 좀 더 정밀한 예측이 가능함을 확인하였으며, 본 연구를 통해 실제 제품 제작 및 측정이 없이도 유도가열 과정을 시뮬레이션을 통해 정확한 온도 분포를 예측할 수 있게 되었다.

Keywords: Induction heating, 2-way coupling analysis, electromagnetic analysis, Thermal analysis, FEA

1. 공주대학교 미래융합공학과, 대학원생

2. 공주대학교 미래자동차공학과, 학부생

3. 공주대학교 그린카기술연구소, 연구소장

공주대학교, 미래자동차공학과, 교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

Determination of friction factors with Ti-6Al-4V alloy under different lubrication conditions in warm forming

F. Jiang, Z. H. Zheng, S. D. Zhao, M. G. Lee

Abstract

The forming method of Ti-6Al-4V alloy is usually hot forging above the β transformation point. However, more and more researches are currently focusing on warm forming due to its advantages of hot and cold forming. In order to determine the friction factor under this working condition, hot ring compression test were conducted on Ti-6Al-4V alloy at warm forming temperatures (500 °C, 600 °C, and 700 °C) and different lubrication conditions (dry, glass, water-based graphite, and copper-base grease). the heat transfer coefficient (HTC) was considered in using finite element (FE) simulations to obtain the friction calibration curves. The results show that the forming temperature and degree of deformation have a great impact on the friction factor. The glass lubrication is recommended at 700 °C, and its friction factor value is 0.28. As the temperature increases, the friction factor values are 0.21, 0.29 and 0.33 respectively under graphite lubrication. The lubrication performance of copper-based grease is relatively stable under different forming conditions, and its friction factor value is approximately 0.3. We are currently using the friction factor to verify the titanium alloy thread warm rolling process.

Keywords: Ti6Al4V alloy, hot ring compression, heat transfer coefficient, calibration curve, FE simulation, Friction factor

Electrically assisted solid-state spot joining of cast aluminum alloy A365-T6

Van Cong Phan¹ · Su Hyeon Choo¹ · Thanh Thuong Do¹ · Changjoo Lee² · Ki Seok Nam³ · Sung Tae Hong^{1, #}

Abstract

Electrically assisted solid-state spot joining (EA-SSJ) of cast aluminum alloys A365-T6 is studied experimentally. In this work, two plate specimens (3 mm thick each) with identical geometry undergo compressive force and electric current simultaneously to produce a spot joint. EA-SS joints indicate a superior shear tensile strength compared to its resistance spot welding. Microhardness mapping is employed to characterize joint areas. The optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM) of joint cross-section reveal successful fabrication without macro-defects. The results of this study indicate that the EA-SSJ is feasible for solid-state joining of cast aluminum alloy for automotive materials.

Keywords: Electrically assisted solid-state spot joining, cast aluminum, shear tensile strength, microstructure

ACKNOWLEDGEMENT

This result was supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE)(2021RIS-003) This study was conducted with the support of Hyundai Motor Co., Ltd. This project is the result of a local government-university cooperation-based regional innovation project conducted with the support of the Korea Research Foundation with the financial resources of the Ministry of Education in 2023 (2021 RIS-003).

1. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, Republic of Korea

2. Body Manufacturing Engineering Research & Development Team, Hyundai motor company, Republic of Korea

3. Body Materials Development Team, Hyundai motor company, Republic of Korea

Corresponding Author / E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

미세조직 기반 결정소성 모델링을 이용한 적층 가공된 316L SS의 극저온 압축 시 미세조직 변화 예측

로hit 라지¹ 사우라브 파와르¹ · 야자르 쿠² · 쿠샤할 툴¹ · 서위걸¹ · 최시훈*¹

Prediction of Microstructure Evolution in Additively Manufactured 316L SS during Cryogenic Compression using Microstructure-Based Crystal Plasticity Modeling

Rohit Raj¹, Saurabh Pawar¹, Yazar K.U.², Khushahal Thool¹, Wi-Geol Seo¹, Shi-Hoon Choi*¹

Abstract

316L SS is widely used for its excellent combination of superior mechanical properties and corrosion resistance. Its very low ductile-to-brittle transition temperature makes it an ideal candidate for cryogenic applications such as storage tanks in space applications. Although the mechanical characteristics of conventionally processed 316L SS are well understood, studies on the anisotropic mechanical behavior of additively manufactured 316L SS are scarce. In this study, 316L SS material was fabricated using the Direct Energy Deposition (DED) technique. The very high cooling rates and thermal cycling in the DED process resulted in unique morphological and crystallographic textures in the DED specimens. The microstructure was examined using optical microscopy, scanning electron microscopy, and electron backscattered diffraction techniques. The microstructure of the DED specimens comprised columnar grains with cellular structures, and the texture was predominantly $\langle 110 \rangle \parallel$ Build Direction. Compression specimens were extracted along and perpendicular to the scanning direction to evaluate the mechanical anisotropy. The results showed that the strength of the DED specimens significantly increased under cryogenic deformation. This increase in strength was attributed to the formation of deformation-induced martensite at cryogenic temperatures, following two pathways: $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$ and $\gamma \rightarrow \alpha'$. The inverse transformation technique was used to understand the orientation relation between γ , ϵ , and α' . The results showed that $\gamma \rightarrow \epsilon$ follows the Shoji-Nishiyama (S-N) orientation relationship, while $\epsilon \rightarrow \alpha'$ follows the Burgers orientation relationship. Direct $\gamma \rightarrow \alpha'$ transformation obeys the well-known Kurdjumov-Sachs (K-S) orientation relationship. However, at room temperature, twinning and dislocation glide were the dominant deformation mechanisms. The micro-mechanisms responsible for the anisotropy were examined using dislocation and temperature-based crystal plasticity model to incorporate transformation-induced plasticity and twinning-induced plasticity model to predict the strain hardening and deformation behavior. The predicted ϵ -martensite and α' -martensite phase fraction show good agreement with the experimental results.

Keywords: 316L SS, Direct energy deposition, Cryogenic deformation, Crystal plasticity, Phase transformation.

1. *Department of Advanced Component and Material Engineering, Sunchon National University, Suncheon, ROK*

2. *Centre for Innovative Manufacturing Research, Vellore Institute of Technology, Vellore, Tamil Nadu, India*

**corresponding author: shihoon@scnu.ac.kr*

Constitutive modelling of the electroplastic effect in a crystal plasticity framework

Jai Tiwari¹, Minwoo Park¹, Heung Nam Han[#]

Abstract

The beneficial aspects of improved formability and reduced springback using electric-assisted forming (EAF) have been well established. These advantages of EAF are linked to the interaction of the electric current with the material's microstructure, termed as electroplastic effect, in addition to Joule's heating effect. There have been numerous attempts to model the electroplastic behaviour in the literature. However, it has been observed that the dislocation density-based constitutive model can best describe the electroplastic behaviour. Typical challenges in modelling the said effect involve incorporating the thermal and electrical effects and identification of related material parameters to describe the overall mechanical behaviour. In the present work, a modified dislocation density-based model with the concept of effective temperature is used to model the electroplastic behaviour of an aluminum alloy. This model is implemented in a commercial finite element software using the crystal plasticity framework. The experimentally observed mechanical behaviour in pulsed and non-pulsed conditions is used to identify the modelling parameters. The identified parameters are found to match the experimental data with reasonable accuracy.

Keywords: Electroplastic effect, Joule's heating, Constitutive model, Effective temperature, Dislocation density

1. Department of Materials Science and Engineering & Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University, Korea

[#] Seoul National University, Department of Materials Science and Engineering, Professor, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

Enhanced stretch-flangeability of advanced high strength steels through non-conventional forming techniques

Kali Prasad¹, Eun Seong Kim², Hyoung Seop Kim^{1,2}

Abstract

Advanced high strength steels (AHSS) present a promising strength-to-weight ratio for sheet metal forming applications; however, their poor stretch-flangeability, particularly concerning edge cracking, poses a significant challenge. In recent years, interrupted loading has emerged as a notable approach to enhance formability. Yet, existing studies predominantly focus on uniaxial tensile deformation, overlooking the multiaxial stress states characteristic of typical sheet metal forming processes. Additionally, the interaction between the punch and sheet metal profoundly affects formability. This study investigates a novel non-conventional forming technique involving interrupted loading during deformation. Two distinct punch motion modes, namely attach-hold (AH) and attach-detach (AD), are systematically examined to evaluate stretch-flangeability. The findings reveal that implementing interrupted loading modes (AH, AD) effectively delays failure, consequently improving stretch-flangeability. Comprehensive failure analysis and metallurgical characterization techniques elucidate the mechanisms underpinning the enhanced stretch-flangeability. The microstructural mechanisms contributing to improved formability are thoroughly discussed, leading to pertinent insights crucial for designing optimized forming processes in typical flanging operations.

Keywords: Stretch-flangeability, Advanced high strength steel, Microstructural Characterization, Sheet Forming

1. Graduate Institute of Ferrous and Eco Materials Technology, Pohang University of Science and Technology, South Korea
2. Department of Materials Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology, South Korea
Corresponding Author, E-mail: hskim@postech.ac.kr

8. 일반 논문 발표

소재응용 1, 2

(제 1 발표회장)

박판 A1050알루미늄합금의 재결정 거동 고찰

조재형^{1,#} 이성호^{1,2}, 이건영¹, 장효선¹, 김지훈²

Recrystallization behavior of cold-rolled A1050 thin sheets

J.-H. Cho, S. -H. Lee, G. Y. Lee, H. -S. Jang, J. -H. Kim

Abstract

Recrystallization behaviors of cold-rolled A1050 thin sheets (100 μm thick) used for heat exchangers were examined in detail. Severely cold-rolled A1050 thin sheets with a reduction area of 98.3% mainly possessed typical β -fiber (Brass-S-Copper) texture components. The thin sheets consist of the banded microstructure along the thickness direction, which implies that large grains were elongated during rolling. Under various annealing conditions, each texture component revealed different annealing behaviors. In particular, copper texture component usually recrystallized more quickly than other texture components including Brass. Based on electron backscatter diffraction (EBSD), microstructural features such as misorientation measures of the banded structure were characterized. The bands with dominant copper textures possessed greater misorientation measures of kernel average misorientations (KAM), or grain average misorientation (GAM).

Keywords: Carbon Fiber, Cutting Force, Carbon Fiber, Cutting Force

1. 한국재료연구원

2. 부산대학교 기계공학부

한국재료연구원, 재료공정, 책임, E-mail: jhcho@kims.re.kr

알루미늄-구리 이종재 레이저 용접부 접합강도에 대한 연구

성현민¹· 정경재²· 이시환¹· 이동규¹· 김황선¹· 강성규³· 이건도⁴· 한홍남[#]

Abstract

알루미늄-구리 이종재 레이저 용접은 전기자동차용 리튬이온 배터리의 리드탭-버스바 접합에 널리 활용되고 있다. 이러한 접합은 기공이나 크랙 등 용접 결함 외에도 이종 금속 접합 시 용접부에 발달하는 취성의 금속간화합물에 의해 그 접합강도가 크게 저하된다고 알려져 있다. 특히 자동차의 리드탭-버스바 용접부는 접합부 탈락 시 주행 중 차량 동력 상실 등의 사고를 일으킬 수 있어 그 안정적인 접합강도 확보가 매우 중요하다.

본 연구에서는 알루미늄-구리 레이저 용접부의 접합강도에 무전해 니켈 도금이 어떤 영향을 미치는지 연구하였다. 도금이 되지 않은 구리와 1 μ m 및 4 μ m의 무전해 니켈 도금이 적용된 구리는 각각 알루미늄과 겹치기 레이저 용접되었으며 그 기계적 물성과 미세조직적 차이가 비교 분석되었다. Lap shear 시험을 통하여 니켈 도금 샘플이 접합강도를 크게 향상시키는 것이 확인되었으며, SEM/EPMA/TEM 등 정밀 분석 기법을 통해 첨가된 니켈이 접합부 계면에 발달하는 금속간화합물 층에 불완전 고용되며 그 형상을 바꾸는 것이 확인되었다. 고용된 니켈의 효과에 대하여 살펴보기 위해 밀도범함수 이론 계산이 실시되었으며, 그 결과 니켈이 해당 금속간화합물 층에 고용됨에 따라 격자 뒤틀림을 야기해 고용강화 효과를 나타낼 수 있음이 확인되었다. 추가적으로, 이종재 레이저 용접부 접합 강도를 모사하는 구조해석 모델의 구축을 위해 Cohesive zone model (CZM)을 도입하여, 이종재 접합부의 접합강도를 모사하는 해석 모델 및 CZM 파라미터가 제안되었다.

Keywords: 레이저 용접, 기계적 물성, 금속간화합물, 유한요소해석, Cohesive zone model

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생
2. 막스-플랑크 연구소
3. 경상국립대학교 나노신소재공학부, 조교수
4. 서울대학교 재료공학부, 연구교수
서울대학교 재료공학부, 정교수, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

ECAP 공정 처리된 고망간강의 극저온 기계적 특성

정영훈¹· 김범준¹· 권현석²· M. Abramova³· 김형섭⁴· N. Enikeev³· 김정기^{#5}

Cryogenic mechanical properties of the equal-channel angular pressed high-Mn steel

Y. H. Jeong, B. J. Kim, H. S. Kwon, M. Abramova, H. S. Kim, N. Enikeev, J. G. Kim

Abstract

액화가스(질소, 수소, 헬륨 등), 극지방 및 우주 환경에서의 금속소재 안정성을 보장하기 위해서는 극저온(77 K 이하) 환경에서의 기계적 특성 평가는 매우 중요하다. 일반적인 금속재료에서는 극저온 영역에서 연신을 감소 및 취성 파괴가 발생하나, 2010년대 연구결과에서 결정립 미세화는 저온 환경에서의 강도-연신을 조합 유지에 이점이 있다고 보고되었다. 따라서, 초미세 결정립을 갖는 벌크 금속재 제조에 활용 가능한 등통로각압축공정(Equal-channel angular pressing; ECAP)을 적용할 경우 높은 강도를 가지면서도 극저온에서도 지속가능한 소재의 획득이 가능할 것으로 예상하였다. 그러나, 이전 고망간강 주조재를 활용해 ECAP 공정을 진행한 결과, 초기 조대 결정립에 의해 결정립 미세화가 발생하였으므로 균질화 처리를 수행한 고망간강의 ECAP 공정 처리 후 기계적 특성 변화에 대해 비교분석하였다. 그 결과, 12PASS 이상의 ECAP 공정 후 기지 내 200 nm 내외의 초미세 결정립이 균질하게 형성되었으며, 77 K 환경에서 2 험에 가까운 높은 인장강도가 나타남을 확인하였다. 또한, ECAP 공정 중 온도 제어 시 동적재결정 및 결정립 성장에 따른 미세조직 변화가 나타나며, 소성 변형 중 쌍정의 변형 분율에 차이를 일으켜 가공경화율에도 영향을 주게 됨을 확인하였다. 상기 결과를 통해 강소성가공된 고망간강은 극저온 환경에서도 준수한 기계적 특성을 보임을 검증했으며, 추후 봉상의 초미세결정립 강재를 활용한 극한환경용 패스너 등의 적용이 가능할 것으로 기대된다.

Keywords: High-Mn steel, Severe plastic deformation, Equal-channel angular pressing, Mechanical property

1. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 석사과정

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 석박사통합과정

3. Ufa State Aviation Technical University, 선임연구원

4. 포항공과대학교 신소재공학과, 교수

5. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 부교수

교신저자: 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 부교수, junggi91@gnu.ac.kr

전기화학적 수소 장입에 따른 Deformed Ti 합금의 미세조직 및 기계적 거동에 관한 연구

이효주¹ · Sam Yaw Anaman¹ · 최정목² · 박이주³ · 이근호³ · 김재국⁴ · 이종숙⁴ · 박준식¹ · 조훈휘^{1, #}

A Study on the Microstructure and Mechanical Behavior of Deformed Ti Alloys After Electrochemical Hydrogen Charging

H. J. Lee, S. Y. Anaman, J. M. Choi, L. J. Park, K. H. Lee, J. K. Kim, J. S. Lee, J. S. Park, H. H. Cho

Abstract

In this work, hydrogen is introduced into deformed Ti alloys via cathodic electrolysis under various charging conditions, and the microstructures and mechanical properties of the specimens are examined. The presence of hydrides is verified using X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and electron backscatter diffraction analysis based on a rescanning approach using local pattern averaging. Vickers hardness tests are then performed to assess the extent of hydrogen penetration in the Ti alloys. Compression tests are conducted to further understand the impacts of hydrides on the mechanical reliability of hydrogen-charged Ti alloys. To reinforce the experimental findings, numerical simulations are conducted utilizing experimental data to comprehend hydrogen diffusion in the Ti alloys. Subsequently, the hydrogen diffusion mechanism in the hydrogen-charged specimens is verified through the obtained results.

Keywords: Ti alloys, electrochemical hydrogen charging, hydrides, microstructure, mechanical properties, hydrogen diffusion

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. (주)진합 기술연구소

3. 국방과학연구소

4. 전남대학교 신소재공학부

교신저자: 한밭대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

hBN 수계 분산액을 이용한 절삭 소성가공

최돈철^{1#}, 김용진², 정선용³

Cutting Machinability of Aqueous Metalworking Fluid of hBN

D. C. Choi, Y. J. Kim, S. Y. Jung

Abstract

선삭, 면삭, 절삭 및 프레스, 타발, 인발 등 다양한 금속가공에 필요한 윤활성을 위해 광물유, 합성유, 식물유 등 오일이 사용되고 이러한 오일은 많은 환경적 문제와 가공중 불편함을 야기한다. 이에 환경유해적 오일을 친환경적 무기물로 완전히 대체하여 수계 절삭유를 제조한 후 가공성을 평가하였다. 200nm(D50) 크기를 가진 육방정계 질화붕소(hBN) 입자를 합성하여 0.01wt% 함량으로 물에 분산한 수계 현탁액을 제조하였고 이를 SUS304 소재를 대상으로 ISO 8688-2 규격을 준용하여 4날 엔드밀 면가공을 통해 기존 오일 기반의 수용성 상용제품과 공구마모도를 비교 평가하였다. 0.01% 함량의 hBN 입자의 층상 육방정계 결정구조에 의한 고상의 입자윤활 기전이 작동함을 확인하였고, 4% 함량의 오일의 액상 필름윤활에 의한 가공성능과 유사하거나 우수한 공구마모도를 나타내었다.

Keywords: Aqueous Metalworking Fluid, hBN, Solid Lubrication, Oil-free, Carbon-zero

-
1. 마이크로컴퍼지트(주) 대표이사
 2. 마이크로컴퍼지트(주) 연구소 책임
 3. 마이크로컴퍼지트(주) 연구소 선임
- # 마이크로컴퍼지트(주) 대표이사, cufe@u-composite.com

Design of Microstructure in Zn-Al-Mg Alloy Wires using Integrated Finite Element Analysis and Deep Learning Techniques

Khushahal Thool¹, Preetham Alluri², Ki-Seong Park², Wi-Geol Seo², Shi-Hoon Choi[#]

Abstract

The Zn-Al-Mg (ZAM) alloy wires are renowned for their superior mechanical strength, corrosion resistance, and electrical conductivity. Nonetheless, their propensity for cracking due to microstructural heterogeneity presents a significant hurdle in their development. There is, therefore, an urgent need for methodologies that can decode the microstructural impacts on mechanical properties to aid in the refinement of ZAM alloy designs. This study introduces a novel integrated method that combines finite element simulation (FEM) and deep learning via convolutional neural networks (CNN) to shed light on the interplay between microstructural heterogeneity and ductility in extruded ZAM alloy wires. A specialized machine learning (ML) model—a UNet-based CNN architecture with a ResNet-34 backbone—has been meticulously trained on an extensive dataset of extruded ZAM microstructures. This dataset encompasses over eight hundred unique image patches and has achieved an impressive accuracy rate exceeding 93%. The model performs semantic segmentation on various phases within more than 350 images, deriving key morphological attributes, including phase fraction, aspect ratio, and inclination. A dataframe is compiled and continuously updated with segmentation and morphological features derived from each image. Furthermore, a custom-developed meshing algorithm simultaneously transforms the ML model's segmentation results into a batch file compatible with ABAQUS for further FEM analysis. The maximum effective strain value—a marker of the material's ductility—is then extracted at the conclusion of each simulation and added to the dataframe. This enriched dataset offers the potential to train diverse neural network models to forge strong correlations between morphological characteristics and ductility predictions, thereby enhancing the body of knowledge and development strategies for ZAM alloys.

Keywords: Zn-Al-Mg alloy, Microstructural heterogeneity, Image segmentation, Deep learning, Finite element simulation

1. Postdoctoral Researcher, Department of Advanced Components and Materials Engineering, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea.

2. Doctoral Student, Department of Advanced Components and Materials Engineering, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea.

Professor, Department of Advanced Components and Materials Engineering, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea, E-mail: shihoon@scnu.ac.kr.

Mg-10Gd 압출재의 초기 불균일 집합조직을 고려한 기계적 특성 평가에 탄점소성 다결정 모델의 적용

이재성¹, 정영웅^{1,2,#}

Application of an Elasto-Visco-Plastic polycrystalline model for mechanical properties evaluation considering initial inhomogeneous texture of extruded Mg-10Gd.

J. Lee, Y. Jeong

Abstract

결정소성모델에서 재료의 경화거동을 설명하는데 있어서 초기 집합조직은 중요한 요소 중 하나이다. 기존에는 XRD 혹은 EBSD로 일부 영역에서 측정된 결과를 초기 집합조직으로 활용하여 계산된 균일동등체를 기반으로 다양한 기계적 특성들을 모사해왔다. 그러나 최근 Mg-10Gd 압출재의 직경방향을 따라 EBSD 측정한 결과로부터 기저 극(Basal pole) 집합조직이 압출 방향에 축 대칭으로 발달하는 것이 확인되었으며, 따라서 일부 영역에서 측정된 집합조직을 활용하는 것이 타당하지 않음을 확인하였다. 본 연구에서는 불균일 초기 집합조직을 가지는 재료에 적절한 결정소성모델 해석 방법을 제시하고, Mg-10Gd 압출재의 다양한 기계적 특성 평가에 적용하였다. 간단한 인장 및 압축 실험으로부터 얻은 유동응력-변형률 선도를 기반으로 재료의 경화거동을 설명하는 파라미터들을 결정하였다. 사용자 재료 서브루틴을 통한 다결정 유한요소 해석 모델을 활용하여 노치 바 인장, 3점 굽힘, C링 압축 실험을 모사하고, 계산된 힘-변위 선도를 실험값과 비교하였다.

Keywords: Mg-10Gd, Incremental Elasto-Visco-Plastic self-consistent polycrystal model, Texture

1. 창원대학교 소재융합시스템공학부, 대학원생
2. 창원대학교 소재융합시스템공학부, 부교수
창원대학교 신소재공학부, 부교수, E-mail: yjeong@changwon.ac.kr

딥러닝 기반 공정-미세조직-물성 관계 모델링 기법 개발

강준우¹, 김호혁^{1#}, 김지훈², 강성훈^{1#}

Development of a deep learning-based method for establishing process-structure-property relationships

J. W. Kang, H. H. Kim, J. H. Kim, S. H. Kang

Abstract

굴삭기용 슬루잉 베어링 모듈은 굴삭기의 상부 차체와 하부 주행체를 연결하는 구동 부품으로, 다양한 공정을 통해 제조된다. 이 중 단조 온도는 베어링의 미세조직과 물성을 결정짓는 중요한 공정 요소로, 기존에는 반복적인 실험을 통해 단조 온도가 미세조직, 물성에 미치는 영향을 평가해왔다. 하지만 이러한 방법은 실험과 데이터 처리 과정에 많은 시간과 비용이 든다는 한계가 존재한다. 본 연구에서는 단조 온도에 따른 미세조직과 물성을 예측 및 평가하기 위해 딥러닝을 활용한 접근법을 제시하였다. 단조 온도에 따른 미세조직 및 강도에 대한 데이터를 수집하기 위해, 다양한 온도 조건에서 42CrMo4강 소재의 미세조직 관찰 및 물성 평가를 실시하였다. 수집한 데이터를 바탕으로 적대적 인공 신경망 (Generative adversarial network, GAN) 기반 생성형 알고리즘을 활용하여 단조 온도와 미세조직을 모델링하였다. 다음으로, 합성곱 신경망(Convolutional neural network, CNN)을 활용하여 미세조직 기반 물성 예측 모델을 개발하였다. 학습이 완료된 인공 신경망을 통해 학습 데이터에 없는 단조 온도의 미세조직 및 물성을 생성하였고, 실험 결과와 비교하여 모델의 예측 성능을 평가하였다. 이를 통해, 딥러닝을 통한 효율적인 공정-미세조직-물성 관계를 모델링의 가능성을 확인하였다.

Keywords: Deep Learning, PSP relationships, Steel, Forging Temperature, Microstructure, Strength

1. 한국재료연구원 재료인공지능·빅데이터 연구실

2. 부산대학교 기계공학부

교신저자: 한국재료연구원, 선임 연구원, E-mail: kangsh@kims.re.kr, E-mail: hoheokkim@kims.re.kr

압입 플라스토메트리를 활용한 인공지능망 기반 잔류응력 예측

박민우¹ · 정든봄¹ · 정경재² · 한흥남[#]

Abstract

제조과정에서 발생하는 잔류응력은 재료의 파손, 피로, 마모 및 부식과 같은 기계적 특성에 직접적으로 영향을 미칠 수 있기 때문에 이를 정확히 예측하는 것은 재료공학 분야에서 중요한 이슈이다. 잔류응력 측정에는 초음파 방법, 홀 드릴링 방법, X선 회절 및 계장화 압입과 같은 다양한 파괴 및 비파괴 방법이 포함되는데, 계장화 압입을 사용하는 방식은 사용 중인 구조물에 대해 비파괴적으로 기계적 성능과 내구성을 예측하는 데 큰 의미를 가지고 있다. 최근에 압입을 통해 잔류응력을 예측하는 많은 연구들이 수행되었으나, 잔류응력이 없는 상태의 기계적 물성이 필요하거나, 주 잔류 응력의 방향성을 결정하기 힘든 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 유한 요소(FE) 분석과 인공 신경망을 활용하여 기계적 물성을 알지 못하는 미지의 소재에 대해서 압입 플라스토메트리를 통해 기계적 물성을 예측하고 동시에 잔류응력의 크기와 방향성을 함께 예측하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 실제 압입 데이터와 FE 시뮬레이션 결과를 비교하여 기계적 거동을 포착하기 위해 사용된 모델의 파라미터와 압입 반응 간의 영향을 파악하고 실제 압입 프로세스를 모사하였다. 이렇게 구현된 FE 압입 시뮬레이션으로부터 적용된 모델 파라미터, 잔류응력과 그에 해당하는 계산된 압입 반응으로 이루어진 데이터 베이스를 구축하고 이를 학습한 FE-NN 모델이 개발되었다. 개발된 모델은 실제 실험을 통해 얻어진 압입 반응으로부터 역 해석하여 기계적 물성과 잔류응력을 예측하여 성능을 검증하였다.

Keywords: 잔류응력, 유한요소해석, 인공지능망, 압입시험법

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생

2. 막스-플랑크 연구소

서울대학교 재료공학부, 정교수, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

Fe와 Al 첨가량 제어에 따른 Cu-Zn계 동합금의 물성 평가

방종원¹, 김동응¹, 조규섭¹, 김문조^{#1}

Effect of Fe and Al addition on microstructure Cu-Zn alloy

J.-W. Bang, D. Kim, G.-S. Cho, M.-J. Kim

Abstract

Brass alloys (Cu-Zn) are extensively utilized in various industrial applications due to their superior properties. These alloys are tailored by controlling the alloying elements to enhance mechanical properties such as hardness, strength, and corrosion resistance. Despite ongoing research to identify the most effective alloying elements for improving brass alloys' mechanical properties, there is still progress to be made, especially for their widespread use in automotive and electronics industries. This study investigated the variances in microstructure and mechanical properties of brass alloys with varying amounts of Fe and Al additions. Thermodynamic calculation was conducted to analyze the effect of Fe and Al addition in brass alloy. From EBSD analysis, it was confirmed that the fraction of α phase and β phase is significantly affected by the amount of Fe and Al addition. Increasing the content of Fe and Al influences a rise in hardness. To improve the mechanical property of brass alloy, the amount of Fe and Al addition should be carefully considered.

Keywords: Brass alloy, Alloying element, Hardness, Microstructure

1. 한국생산기술연구원, 소재공급망연구부

교신저자: 김문조, 한국생산기술연구원, 수석연구원, E-mail: moonjokim@kitech.re.kr

9. 특 별 세 셴 2

International Session (Material)

(제 2 발표회장)

레이저 분말층 융합으로 처리된 AlSi10Mg의 연성 파괴 메커니즘에 대한 유한 요소 시뮬레이션

유엔션민¹, 당황공¹, 편민띠엔¹, 조아라², 황선광², 김동규^{1, #}

Finite element simulation of ductile fracture mechanisms in AlSi10Mg processed by laser powder bed fusion

Xuan Minh Nguyen¹, Dang Hoang Cong¹, Minh Tien Tran¹, A Ra Jo², Sun-Kwang Hwang², and Dong-Kyu Kim^{1, *}

Abstract

This study investigated the effect of Si phase morphology on the ductile fracture mechanisms in AlSi10Mg processed by laser powder bed fusion (LPBF) using an experimental numerical approach. The in-situ scanning electron microscopy (SEM) measurement was conducted to observe the deformation behavior during uniaxial tension. Then, finite element analysis employing a microstructure-based model via representative volume elements (RVE) was carried out. Results reveal that the deformation heterogeneity in LPBF AlSi10Mg obtained from the digital image correlation (DIC) analysis of in-situ SEM measurement results is accurately captured by the simulation. This enables further exploration of the effect of the Si phase morphology on the ductile failure mechanisms in LPBF AlSi10Mg. Depending on the Si phase morphology characterized by coarse melt pool (CMP), fine melt pool (FMP) and heat affected zone (HAZ), the ductile fracture mechanisms classified by the strain localization in Al matrix, Si cracking and Al/Si interface decohesion in LPBF AlSi10Mg are well discussed.

Keywords: AlSi10Mg, Laser powder bed fusion, Finite Element, Strain partitioning, Ductile fracture mechanism

1. 건국대학교 기계설계학과

2. 한국생산기술연구원, 스마트제조기술연구그룹

교신저자: 건국대학교 기계공학부 E-mail: dongkyukim@konkuk.ac.kr

Evaluation of anisotropic fracture in AA1050-O sheet using Hosford Coulomb fracture model with CQN plasticity model

Aishwary Gupta¹, Yong Hou², Myoung-Gyu Lee¹

Abstract

Uncoupled ductile fracture models have gained popularity for accurate prediction of fracture in ductile metallic sheets due to their ease of implementation. Accurate description of anisotropic fracture behavior is an active research field for sheet metal forming. In the present study, Hosford-Coulomb fracture model has been evaluated for an O-tempered aluminum alloy (AA1050-O) sheet. The plastic anisotropy is modeled with CQN non quadratic plasticity model. To verify the models, experiments are conducted for a 1.2 mm thick AA1050-O sheet under various loading conditions, such as uniaxial tension, in-plane shear, and plane strain tension at room temperature. For evaluating the anisotropic ductile fracture, tensile tests are carried out in 15° intervals to the rolling direction using digital image correlation technique. The predicted fracture limit strains by Hosford-Coulomb model with CQN plasticity and with Hill-48 plasticity are compared with experimental results to evaluate the accuracy of these models.

Keywords: Ductile fracture, Stress triaxiality, Lode angle, Uncoupled damage model, anisotropy

1. Seoul National University

2. Technical University Dortmund

기계 학습 기반 재료 물성 분포를 고려한 AHSS 스프링백 보상 매개 변수 결정

왕후이¹, 임현웅¹, 윤정환[#]

Utilizing Machine Learning to Determine AHSS Springback Compensation Parameters Considering Material Properties Variations

H. Wang, H. Lim, J. W. Yoon

Abstract

Accurate prediction of springback values and determine the compensation strokes are imperative in the cold forming process of Advanced High Strength Steel (AHSS). However, the inherent challenges in AHSS fabrication arise from notable variations in material properties influenced by process parameters. This study addresses the impact of material variation in AHSS and strives to enhance the efficiency of springback prediction through a synergistic application of Finite Element (FE) analysis and machine learning methods. Initially, an accurate FE model was developed using LS-DYNA software, incorporating the YU kinematic hardening model to capture the Bauschinger effect. The material variation effect was accounted for by fine-tuning YU parameters to accurately reflect variations in material properties. Based on the FE simulation results, machine learning models were trained to predict compensation strokes. The accuracy of the machine learning model was evaluated in detail by FE simulation results and experimental data. This integrated approach not only considers the material variations in AHSS but also leverages both FE analysis and machine learning to provide a more robust and efficient springback compensation methodology.

Keywords: Springback, Machine learning, Finite Element, Material variation.

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

#한국과학기술원 기계공학과, 교수 Email: j.yoon@kaist.ac.kr

복합금속박판의 성형한계 예측을 위한 새로운 파단 기준

정립황¹, 윤정환[#]

A new failure criterion for predicting forming limit of composite metal foils

L. H. Zheng, J. W. Yoon

Abstract

To design robust and reliable micro forming processes for composite metal foils, it is crucial to accurately forecast their forming limit under various strain paths. To date, however, there are few criteria that can effectively predict the forming limit of composite metal foils influenced by size effect. To solve this problem, a new uncoupled failure criterion is developed in this study, which considers the effects of interfacial layer, free surface roughening, grain size and strain path of heterogeneous materials, based on the deformation characteristic and failure mechanism of composite metal foils. Subsequently, it is presented the methodology for calculating the material constants of the proposed failure model. Additionally, the experimental forming limit strains of Ni/Cu clad foils with various grain sizes are utilized to show the prediction capability of the proposed model. To further confirm the application capability of the new failure criterion in practical micro forming, the finite element method incorporating the proposed criterion is employed to predict the failure behavior of Ni/Cu clad foil micro-channels in rubber pad forming. Comparisons indicate that the proposed model can accurately capture the forming limit of the composite metal foils influenced by size effect. This work provides a new scientific basis for determining the forming limit of composite metal foils.

Keywords: Composite metal foil, forming limit, ductile failure criterion, free surface roughening, interfacial layer effect, size effect

1. 한국과학기술원 기계공학부, 박사후 연구원

한국과학기술원 기계공학과, 교수 Email: j.yoon@kaist.ac.kr

마찰교반된 AA5083 판재의 미세조직 불균일성과 기계적 물성에 미치는 RPM의 영향에 관한 연구

프리탐 알루리¹, 아만 굽타¹, 유태현¹, 최시훈^{1#}

A Study on the Influence of RPM on Microstructural Inhomogeneity and Mechanical Properties of Friction Stir Processed AA5083 Sheets

Preetham Alluri¹, Aman Gupta¹, Tae-Hyeon Yoo¹, Shi-Hoon Choi^{1#}

Abstract

In the present investigation, AA5083 (Aluminum Alloy) sheet was subjected to friction stir processing (FSP) at two different tool rotation speeds, i.e., 800 and 1200 RPM (rotations per minute). Electron backscattered diffraction (EBSD) results revealed a grain transition from approximately 19 μm in the base metal (BM) to around 2 μm in the stir zone (SZ) of the FSPed samples; however, the grain size (GS) was relatively higher for the 1200 RPM sample. EBSD data was used to understand the softening behavior in the SZ and the thermo-mechanically affected zone (TMAZ). Additionally, the advancing side (AS) and retracting side (RS) regions were also considered for microstructural comparison. A heterogeneous microstructure evolved in the thickness direction from surface to bottom, and similar inhomogeneity was observed from the AS to RS region. The 800 RPM sample exhibited higher kernel average misorientation (KAM) and geometrically necessary dislocations (GNDs) than the 1200 RPM sample in all regions. The occurrence of dynamic recrystallization (DRX) in both FSPed samples caused softening in the SZ and nearby regions. A fine and uniform equiaxed microstructure in the SZ inferred the occurrence of continuous dynamic recrystallization (CDRX) phenomenon. Dynamic recovery (DRV) and formation of subgrain structure were observed in TMAZ. The 800 RPM sample exhibited higher micro-hardness than the 1200 RPM sample. The tensile test results showed improved yield strength, tensile strength, and ductility after FSP treatment on the BM. A higher strength in the 800 RPM sample than other conditions was explained in terms of hardening mechanisms.

Keywords: AA5083, EBSD, FSP, CDRX, DRV, mechanical properties.

-
1. Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University, ROK
#Corresponding author:
E-mail address: shihoon@senu.ac.kr (Shi-Hoon Choi)

Mesoscale defect dynamics model for plasticity in nano-architected metals

Ill Ryu¹

Abstract

Nano-architected metals can exploit the combination of resilient architecture with size-dependent enhanced properties at nanoscale to achieve exceptional mechanical performance. To obtain a mechanistic understanding of plastic deformation in these materials requires an integrated computational model which can capture the relation between the dislocation microstructure characteristics and the macroscopic mechanical response. Recently, we have developed a mesoscale defect dynamics model to concurrently couple dislocation dynamics (DD) modeling with finite element method (FEM). The DD simulation could keep track of dynamic motion of dislocations and compute the accompanying plastic strain, while FEM simulation solves for the stress field to satisfy the equilibrium condition. By integrating these, our model could provide a unique opportunity to investigate fundamental deformation mechanism based on dislocation plasticity and corresponding macroscopic mechanical response. In this study, mechanical response in nano-architected metals has been explored both macroscopic properties and microscopic defect mechanisms. The model shows architected structures could exhibit increasing strength with decreasing unit cell size, which agrees with experimental observations. Closer examination at the dislocation microstructure shows plasticity is localized at the structures' nodes due to high stress concentration. In addition, we employ a dislocation-based damage model using the developed multiscale defect dynamics model. In contrast to continuum based phenomenological models, our model could provide a unique opportunity to investigate detailed dynamic evolution of microstructure. Especially, the collective motion of dislocations could be correlated with the macroscopic damage behavior of the materials in various loading conditions and extreme environments.

1. Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, South Korea

The Plastic Deformation Mechanisms in 316L stainless steel at 4.2 K: A Multiscale Plasticity Analysis

M. Ishtiaq¹, Y. K. Kim², S. Tiwari³, Y. S. Na⁴, J. B. Seol^{5,*}

Abstract

Investigating the plastic deformation behavior of 316L stainless steel at extreme cryogenic temperatures is crucial for advancing the storage and transportation of future fuels like hydrogen. While stainless steels are favored for their strength and corrosion resistance, their performance at 4.2 K remains poorly understood. The aim of this study is to enhance the understanding of plastic deformation mechanisms of 316L stainless steel tensile deformed at a liquid helium temperature of 4.2 K, a crucial temperature range relevant to hydrogen storage and transportation applications. We observed substantial enhancements in yield strength, ultimate tensile strength, and elongation at 4.2 when compared with higher temperatures, such as liquid nitrogen (77 K) and room (298 K) temperature. These enhanced mechanical properties are attributed to serrated induced plasticity. Through advanced microscopy techniques, including SEM, EBSD, and TEM, we aim to elucidate the nanoscale microstructural features driving these plastic deformation mechanisms.

Keywords: 316L Stainless Steel, Plastic Deformation, 4.2 K, Nanoscale Microstructural Analysis

-
1. PhD Student, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 2. Researcher, Korea Institute of Materials Science (KIMS), Changwon 51508, Republic of Korea
 3. Researcher, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 4. Professor, Korea Institute of Materials Science (KIMS), Changwon 51508, Republic of Korea
 5. Associate Professor, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea, E-mail: jb.seol@gnu.ac.kr

Enhanced High-Temperature Plasticity while Maintaining Strength in Modified Cobalt Nickel-Based Superalloy

S. Tiwari¹, H. J. bae², M. Ishtiaq³, W. H. Jo⁴, C. H. Lee⁵, J. E. Jung⁶, J. B. Seol^{7,*}

Abstract

This study used a compositionally modified conventional Ni-based IN738LC superalloy, reducing costly Co content and increasing more economical Mo content. This modification yielded a higher density of γ' precipitates with uniform distribution than the conventional alloy, resulting in a twofold increase in high-temperature (750°C) tensile elongation while maintaining similar strength levels (~1.1 GPa). The improved ductility of the modified alloy was primarily attributed to a transition in the deformation mechanism from multiple intersecting slip bands to unidirectional microtwins, emphasizing enhanced plasticity. The augmented Mo and diminished Co content facilitated coherent γ' precipitate formation in the annealed state and a high density of microtwins in the deformed state. This led to stress delocalization and improved plasticity, concurrently maintaining strength. These findings show significant inferences for developing cost-effective superalloys with enhanced mechanical properties for high-temperature applications.

Keywords: IN738LC alloy, Mechanical properties, Microstructural modifications, High-temperature applications

-
1. Researcher, Department of Aerospace Systems Research Center, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 2. Student, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 3. Student, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 4. Student, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 5. Student, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea
 6. Researcher, Department of High-Temperature Materials, Korea Institute of Materials Science (KIMS), Changwon 51508, South Korea
 7. Associate professor, Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea, E-mail: jb.seol@gnu.ac.kr

10. 일반 논문 발표

공정계산역학 1, 2

(제 3 발표회장)

재료 물성 예측을 위한 압입 시험 데이터의 딥러닝 기반 분석

안성은^{1,2}, 김용남¹, 오영석¹, 김지훈², 이호원[#]

Deep Learning-Based Analysis of Indentation Test Data for Predicting Material Properties

S. E. An, Y. Kim, Y. S. Oh, J. H. Kim, H. W. Lee

Abstract

압입시험은 통상적인 기계적 물성 측정 법인 인장시험과는 달리 소량의 시료로부터도 신뢰할 수 있는 물성 데이터를 얻을 수 있는 실험 방법 중 하나로, 재료의 압입 하중, 압흔 분석을 통해 재료를 비파괴적으로 평가할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 압입 시험 결과로부터 재료의 물성을 정밀하게 역산하는 작업은 여전히 어려운 과제로 남아있다. 따라서, 본 연구는 딥러닝 기술인 잔차(ResNet) 모델을 이용하여, 압입 시험을 통해 얻은 면내 변위장을 분석하고, 이를 활용해 재료의 물성을 역계산하는 모델을 개발하고자 한다. 잔차 모델을 학습시키기 위한 데이터로는 상용 유한요소해석 프로그램인 아바쿠스를 통해 생성된 압입 시험 시뮬레이션 데이터를 활용하였다. 본 모델은 압입 시험으로 인한 면내 변위 패턴을 입력으로 받아, 이를 바탕으로 재료의 물성 상수를 출력한다. 이 과정에서 모델의 학습 효율성과 정확도를 높이기 위해 평균제곱오차손실 함수와 아담 최적화 알고리즘을 사용하였다. 본 연구를 통해 제안된 방법은 압입 시험을 통한 물성 평가를 개선하며, 재료의 복잡한 물성을 이해 및 예측하는데 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Indentation Test, Deep Learning, Material Property, Residual Network

1. 한국재료연구원 재료인공지능·빅데이터연구실

2. 부산대학교 기계공학부, 교수

한국재료연구원, 책임연구원, E-mail: h.lee@kims.re.kr

3차원 ResNet을 활용한 집합조직 기반 성형 한계도 예측 시스템 개발

이한준¹ · 김동규² · 김지훈³ · 이호원^{4, #}

Development of a Forming Limit Diagram Prediction System based on Crystalline Texture using 3D Residual Network

H. J. Lee, D. K. Kim, J. H. Kim, H. W. Lee

Abstract

본 연구에서는 집합조직 기반으로 재료의 기계적 물성을 예측하는 새로운 접근 방식을 제시하였다. 성형한계도(Forming Limit Diagram, FLD)를 예측하기 위해, 복잡한 집합조직 데이터의 영향을 고려할 수 있는 인공지능 기법을 도입하여 활용하였다. 특히, 이번 연구에서는 3D ResNet 및 결정소성 유한요소법(Crystal Plasticity Finite Element Method, CPFEM)을 결합한 합성곱 신경망 모델을 개발하여, 알루미늄 합금 AA6061 판재의 성형한계도를 빠르고 정확하게 예측할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 기존의 시험 및 데이터 처리과정이 요구하는 시간과 경제적 비용을 크게 절감할 수 있는 잠재력을 가진다. 모델의 학습과정에는 다양한 압연 조건에서 얻어진 집합조직의 최대/최소 비율을 반영한 방위분포를 활용한 결정소성 유한요소 해석 결과를 데이터로 사용하였다. 생성된 방위 분포 함수 (Orientation Distribution Function, ODF) 이미지와 유한 요소 해석 결과를 통합하여, 성형 한계도를 예측하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 Class Activation Mapping(CAM) 기술을 도입하여, 모델이 성형성 평가에 있어 중요하게 고려하는 집합조직 성분에 대한 고찰을 진행하였다. 결론적으로, 이 연구는 재료의 성형 한계도를 예측하는 신속하고 정확한 방법을 제공하며, 집합조직의 집합조직이 재료의 성형성에 미치는 영향을 이해하는데 있어 중요한 도구가 될 것이다.

Keywords: Forming limit diagram, texture, deep learning, 3D ResNet, crystal plasticity

1. 한국재료연구원, 재료인공지능빅데이터연구실 석사과정

2. 건국대학교 기계공학부, 교수

3. 부산대학교 기계공학부, 교수

4. 한국재료연구원, 재료인공지능빅데이터연구실 책임연구원

교신저자: 한국재료연구원, 책임연구원, E-mail: h.lee@kims.re.kr

유한요소해석연계 극박 순 타이타늄 판재의 성형한계선도의 실험적 도출 방법 개발

김경재^{1,2}, 김찬양¹, 민경문¹, 김지훈², 봉혁중^{1,#}

Assessment of forming limit diagrams for ultra-thin CP-Ti sheets: Non-standard specimen design using FE simulations

K. J. Kim, C. Y. Kim, K. M. Min, J. H. Kim, H. J. Bong

Abstract

수소연료전지의 스택에서 분리판은 수소, 산소, 냉각수를 분리하고 수소와 산소의 전기화학 반응이 일어나는 핵심 부품이며 내부식성, 기계적 강도, 전기전도도와 같은 특성이 요구된다. 기존의 연료전지 분리판 소재로 흑연이 주로 사용되었으나 최근에는 무게와 부피 저감을 위해 박판화가 가능한 스테인리스나 순 타이타늄과 같은 금속소재가 널리 활용되고 있다. 금속 분리판 소재 중 순 타이타늄은 내식성이 뛰어나고 스테인리스 소재 대비 무게가 가벼워 관련 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다. 연료전지 분리판으로 활용하기 위해서는 0.1mm 정도로 매우 얇은 금속 분리판에 미세 유로 형상의 성형이 필요하며 관련 성형 기술 개발이 필수적이며 이를 위해 소재의 성형성을 평가/확보하는 것이 반드시 필요하다. 성형한계선도는 금속 판재의 성형성을 평가하기 위해 가장 흔하게 사용되는 개념으로 본 연구에서는 현재 ISO12004-2에서 규정된 (0.3-3mm 두께) 성형한계선도 평가 방법을 기준으로 Marciniak 실험법을 통해 0.1 mm 극박 순 타이타늄의 성형한계선도를 도출해 보았다. 하지만, 실험 시 게이지부가 아닌 영역에서의 파단 문제가 발생하였고 이를 해결하기 위해 순 타이타늄 소재가 보이는 소성 이방성을 고려한 고차원 항복식을 적용한 유한요소해석을 활용해 새로운 시험편을 디자인하였다. 새로운 시험편 디자인을 적용한 실험과 해석 결과를 비교 분석하였으며 해당 결과에 기반하여 극박 순 타이타늄 판재의 성형한계선도 측정을 위한 새로운 시험편 형상을 제안하고자 한다.

Keywords: Commercially pure titanium (CP-Ti), forming limit diagram, marciniak test, yield function

1. 한국재료연구원 재료공정연구실

2. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공

한국재료연구원 재료공정연구실 선임연구원, E-mail: hjbong@kims.re.kr

철강 후판의 열간 압연 후 급속 냉각 공정에서의 판 변형 유한요소 해석

구진모¹, 민경문², 조서연³, 이성철⁴, 김정훈⁴, 이명규[#]

Finite element simulation of steel plate deformation after hot rolling and cooling

J. M. Koo, K. M. Min, S.Y. Jo, S.C. Lee, J.H.Kim M.G. Lee

Abstract

열간 압연을 통한 철강소재의 후판재 제조 과정에서, 압연 후 냉각 단계에서 발생하는 불균일한 냉각으로 인해 판재의 변형이 발생할 수 있다. 이러한 판 변형은 열 수축 뿐만 아니라 높은 냉각속도 하에서의 상변태가 주요 원인으로 알려져 있다. 열 수축에 의한 변형 예측은 일반적인 열-구조 유한요소해석에 의해 많이 보고되고 있지만, 상변태가 고려된 변형 예측에 대한 연구는 여전히 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 열-기계-상변태 거동이 결합된 유한요소해석을 이용하여 철강소재 후판 제조공정에서 압연 후 냉각 단계에서 발생하는 판 변형을 예측하고자 하였다. 상변태 거동 모델은 가산법칙 (additivity rule) 및 Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) 이론을 바탕으로 구성되었으며, 이를 위한 매개변수는 딜라토미터 곡선을 바탕으로 확보하였다. 냉각 공정을 모사하기 위한 열 경계 조건은 후판 내부의 열이력을 실험적으로 측정하여 상하부 주수량과 열전달 계수의 관계를 최적화하여 유한요소해석 모델에 적용되었다. 개발된 모델은 실제 후판의 냉각공정 이후 판 변형량을 측정 비교 검증하였으며, 이를 통해 상하부 열전달 계수의 차이가 상변태 거동과 판 변형 간의 관계에 미치는 영향을 분석할 수 있었다.

Keywords: Phase transformation, thermal-mechanical-metallurgical simulation, steel, finite element method

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생

2. 한국재료연구원, 연구원

3. 서울대학교 재료공학부, 대학원생

4. 현대제철 압연공정연구팀

서울대학교, 재료공학부, 교수, E-mail: myounglee@snu.ac.kr

왜곡경화 모델을 적용한 조관 공정 모사 성형 후 인장 강도 예측

김승우¹, 최성환¹, 강수창², 이명규[#]

Prediction of tensile strength after multi-axial pipe forming processes using a distortional hardening model

S. W. Kim, S. H. Choi, S. C. Kang, M. G. Lee

Abstract

본 연구에서는 왜곡 경화 모델에 대한 설명과 함께 이를 이용하여 이방 경화 현상을 모사하는 방법을 소개하며, 최종적으로 왜곡 경화 모델이 적용된 유한요소해석을 활용하여 복합 다축 성형 공정을 포함하는 조관 공정을 모사하고자 하였다. 본 연구에서 이용된 왜곡경화 모델은 균일 이방성 항복모델 (HAH)을 발전시킨 확장된 HAH 모델 (HEXAH)로 항복면 왜곡의 증첩을 허용함으로써 다양한 변형 이력에서의 재료의 경화 거동을 더욱 정밀하게 모사할 수 있었다. 왜곡 경화 모델을 유한요소 해석에 적용하기 위해, ABAQUS 프로그램에 내연적 응력 업데이트 알고리즘 (implicit stress update algorithm)을 사용자 부프로그램(UMAT)을 통해 적용 하였으며 HEXAH 모델과 기존 경화모델들을 적용한 조관 공정 해석을 수행한 후 강관의 기계적 성질을 예측 비교 하였다. 그 결과 다축 성형 공정 후 파이프 원주 방향의 항복 강도 예측에서 HEXAH 모델이 기존의 HAH 모델을 포함한 기존 모델들보다 높은 예측 정확도를 나타내었다. 이러한 차이는 HEXAH 모델이 복잡한 변형 이력 하에서 다수의 microstructure deviator를 활성화하여 보다 정확한 이방 경화 거동을 모사할 수 있었으며, 이에 대한 분석을 본 발표에서 제시하고자 한다.

Keywords: Anisotropic hardening; Finite element analysis; Stress update algorithm, Pipe forming process; Multi-axial forming

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생
2. 포스코 철강솔루션연구소 구조연구그룹, 수석연구원
서울대학교 재료공학부, 교수, E-mail: myounglee@snu.ac.kr

용접형 볼스터드 제조 공정의 유한요소해석

윤용석¹, 이정화¹, 이시엽², 이경훈[#]

Finite Element Analysis of Welded Ball Stud Manufacturing Process

Y. S. Yoon, J. H. Lee, S. Y. Lee, K. H. Lee

Abstract

볼스터드는 스티어링 너클과 서스펜션 컨트롤암을 연결하는 부품으로서 기존의 단조에 의한 일체형 볼스터드를 대체할 목적으로 개발되고 있다. 용접형 볼스터드는 전기저항용접을 통해 제조되며, 상하로 전극을 연결하여 전류의 흐름에 의해 소재 내부에서 발생한 저항열과 가압을 통해 접합면을 형성한다. 이 접합면의 품질이 접합 강도를 결정하며, 공정 조건인 전류, 시간, 가압력의 영향을 받는다. 본 연구에서 전기저항용접 해석을 수행하고, 실험계획법을 이용하여 각 변수에 따른 용접 높이와 용접 Burr를 분석하였다. 또한 최적의 공정 조건을 도출하기 위해 각 공정 조건의 영향도를 평가하였다.

Keywords: Ball Stud, Weld, Resistance, Finite Element Analysis

1. (주)솔루션랩

2. 현대자동차(주)

(주)솔루션랩, klee@solution-lab.co.kr

냉간 압연 판재의 유도가열, 퀴칭 및 템퍼링 공정 해석

임형철¹, 최창혁¹, 천세환¹, 최병진¹, 임형철[#]

FE Analysis of Induction Heating, Quenching and Tempering Processes for Cold-Rolled Sheet Metal

H. C. Lim, C. H. Choi, S. H. Chun, B. J. Choi

Abstract

This study was conducted to interpret the heat treatment processes of cold-rolled steel sheets. The heat treatment process consists of induction heating, oil quenching, and tempering processes. The materials used in this study were cold-rolled steel sheets of three types: STC82M, SM45C, and SCM415.

The induction heating process is divided into two stages: the preheating stage (LF process) and the main heating stage (TF process). In this study, research was conducted on the input parameters of the induction heating equipment for each process to derive the optimal heating conditions that satisfy the target temperature.

Following the induction heating process, research was conducted on the exposure time in the air and the heat transfer coefficient between the oil and the material during the quenching process to derive the cooling process that can obtain martensitic steel plates. Additionally, tempering process analysis was conducted to predict the hardness variation of martensite according to the holding temperature and duration in the tempering process.

Keywords: FEM, Cold-Rolled Sheet Metal, Induction Heating, Quenching, Tempering

1. (주)에프엠케이 기술연구소, 선임연구원

(주)에프엠케이, 기술연구소, 선임연구원, E-mail: support@forgemaster.net

PAM-STAMP 프로그램을 이용한 솔리드 요소의 소성가공 시뮬레이션 기술

오인석^{1#}

Simulation technology for metal forming of solid mesh using the PAM-STAMP program

I. S. Oh

Abstract

Currently, simulation technology is rapidly advancing in various fields including automotive, electronics, machinery, and aerospace. Many companies are already engaged in the 'Hybrid twin (digital twin)' project, aiming to fully simulate real-world phenomena. In the domain of metal forming processes, Shell elements have been predominantly utilized, partly to enhance the efficiency of simulation equipment. However, limitations have been encountered in representing bulk shapes such as plates, molds, and wires, underscoring the growing need for simulation accuracy. With the progress in simulation technology and the enhancement of simulation equipment performance, phenomena previously deemed impossible to simulate are now within reach. This study encompasses case studies and technological trends in metal forming simulations using PAM-STAMP, with a specific focus on sharing insights into simulations extending to various processes and materials leveraging solid mesh.

Keywords: Pam-Stamp, solid mesh, forming simulation, press process, metal forming

^{1#} 한국이에스아이, 부장, E-mail: insuk.oh@esi-group.com

금속-고분자-금속 샌드위치 판재 굽힘 및 스프링백 해석

박진성¹·정경환²·김지훈[#]

Analysis of Bending and Springback of Metal-Polymer-Metal Sandwich Laminates

J. S. Park, K. H. Jung, J. H. Kim

Abstract

There are growing need for sandwich laminates for the weight reduction and vibration damping of vehicles. Sandwich laminates exhibit complex bending and springback behavior due to the differences in properties between the skin and the core materials. We performed several experiments to simulate the properties of materials composing the sandwich laminates. Through the loading-unloading test and stress relaxation test, we considered the change in the elastic modulus and viscoelasticity in each material. Additionally, various bending experiments and FEA were conducted to be compared in bending, springback behavior, and simulation methods. While a simple composite shell is effective for the prediction of bending loads, the results indicated that simulation methods excluding solid core elements did not accurately predict the thickness variation and the shear deformation of the core. Furthermore, it was observed that considering the viscoelasticity of the core material leads to a more accurate prediction of springback.

Keywords: Springback, Sandwich Laminates, Viscoelasticity, Finite Element Analysis, Simulation Methods

1. 부산대학교 기계공학부, 대학원생

2. POSCO 기술연구원, 수석연구원

부산대학교 기계공학부, 교수, E-mail: kimjh@pusan.ac.kr

11. 일반 논문 발표

압연

압출 및 인발

(제 4 발표회장)

FEATROM: 전체압연공정 유한요소해석을 위한 컴퓨터 소프트웨어

황상무¹

FEATROM: A Computer Software for Finite Element Analysis of a Total Rolling Mill

S. M. Hwang

Abstract

For process setup and control in a rolling mill to enhance product quality and productivity, it is imperative to acquire a capability for accurate prediction of the thermo-mechanical and metallurgical behaviors of the strips and plates throughout their being processed on the entire production line. The behaviors are inherently transient, three dimensional, and intertwined with each other, rendering it indispensable to develop a complete system on the basis of a state of the art FEM or FDM. However, considering the enormous number of elements and very small time step size to be adopted, it is not difficult to draw a conclusion that such a complete system is impractical. In this paper, we present a novel FEM based computer software, FEATROM, which resembles a complete system in light of the prediction accuracy but takes much smaller computation time, often less than the real time required for actual processing in the mill. Demonstrated are evolution of temperature, strip profile, residual stresses, and phase transformation in the strips and plates obtained from FEATROM as applied to processing occurring in an actual mill. Discussions are given regarding new perspective it will shed on mill setup and control and on developing a new product.

Keywords: Flat Rolling, Temperature, Strip Profile, Residual Stresses, Phase Transformation, FEATROM

1. 주 케이팩 대표이사

주 케이팩 대표이사 smhwang@postech.ac.kr

H-beam 압연 최종패스에서 압하력 예측을 위한 머신러닝 모델의 성능 비교

김성기¹, 정현석², 위창현², 이종은², 서경호², 이영석[#]

Comparison of the Performance of Machine Learning Models for Predicting Rolling Force in Final Pass of H-beam Rolling

S. G. Kim, H. S. Jung, C. H. Wee, J. E. Lee, K. H. Seo, Y. S. Lee

Abstract

H-beam 압연 최종패스(UF pass)에서 압하력 예측은 최종제품의 두께 편차에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 따라서, 압하력을 사전에 정확하게 예측하여 정밀한 롤 갭 제어를 하는 것은 매우 중요하다. 본 연구는 조업 데이터를 활용하여 다양한 머신러닝 모델의 예측성능을 평가하였다. 학습과정에서 과대적합 및 과소적합을 방지하고자 K-겹 교차검증(K-Fold cross validation)과 하이퍼파라미터(hyper parameter) 튜닝을 통해 일반화된 모델을 구축하였으며, 각 모델의 성능을 비교하였다. 비교결과, 예측성능이 가장 뛰어난 모델은 랜덤 포레스트(random forest) 모델이었으며, 기존에 개발된 압하력 예측 수식모델(analytical model)과 비교했을 때, 오차율이 약 10%p 감소하였다. 이러한 결과는 최종제품의 품질 향상에 기여할 수 있을 것이라 기대된다.

Keywords: H-beam, Universal Rolling, Rolling Force, Machine Learning, Analytical Model

1. 중앙대학교 기계공학부, 대학원생

2. 현대제철(주)

중앙대학교 기계공학부, 정교수, E-mail: ysl@cau.ac.kr

연속압연 공정에서 소재의 mass flow 실시간 진단을 위한 동적 소재 폭퍼짐 예측

남규한¹, 이동윤¹, 이영석[#]

Prediction of dynamic material spread for real-time diagnosis of mass flow in continuous rolling process

G. H. Nam, D. Lee, Y. Lee

Abstract

이 연구에서는 연속압연 공정에서 소재의 폭퍼짐을 예측하여 연속압연 공정의 mass flow를 예측하는 연구가 수행되었다. 연속압연 공정에서 각 압연 스탠드의 mass flow 분석은 공정 운영 안정성과 제품 품질 향상에 중요하다. 기존 연구는 압연 후 소재의 폭퍼짐을 예측하기 위해 정적 분석 모델을 사용하였다. 정적 분석 모델은 실제 소재의 동적 거동과 차이가 큰 경우가 많다. 이러한 단점을 개선하기 위해, 압연 후 소재의 폭퍼짐에 영향을 미치는 공정 변수를 선택하고 소재의 동적 거동을 예측하는 시스템을 개발한다. 이러한 공정 변수에는 압연 속도, 압연 온도, 워크 롤의 직경, 감면율 등이 포함된다. 각 공정 변수 간의 상호 관계를 분석 및 종합하여 소재의 폭퍼짐 예측 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 이용하여 연속압연 공정에서 개별 스탠드의 mass flow 예측으로 최적의 공정 조건을 도출할 수 있고, 실시간으로 모니터링하며 변화하는 환경에서 적절한 최적을 공정 조건을 제시한다.

Keywords: rod, bar, rolling, dynamic, material spread, mass flow, real-time

1. 중앙대학교 기계공학부, 대학원생

중앙대학교 기계공학부, 교수, E-mail: ysl@cau.ac.kr

Ti-5Mo-xFe 합금의 열간압연에 의한 미세조직 변화거동과 변형 메커니즘 분석

김홍민¹, 이동근[#]

Analysis of Microstructural Evolution Behaviors and Deformation Mechanism of Hot-Rolled Ti-5Mo-xFe Alloys

H. M. Kim, D. G. Lee

Abstract

베타 타이타늄 합금은 일반적으로 주조된 상태로 사용하지 않고 기계적 특성을 향상시키는 목적으로 thermomechanical processing을 거친 후에 사용되고 있다. 또한, 베타 안정성에 따라 slip, SIM (Stress Induced Martensite), twin 등의 변형 메커니즘이 발생하며, 이러한 변형 메커니즘에 따라 다양한 기계적 특성이 나타나기 때문에 합금의 변형 메커니즘 규명은 필수적이다. 따라서, 베타 안정성과 thermomechanical processing 조건을 제어하는 것은 중요한 요소이다. 본 연구에서는 Ti-5Mo-xFe (x=1, 2wt%) 합금을 사용하였으며, 베타 안정화 원소인 Fe 함량을 달리하여 베타 안정성을 제어하였다. 합금들은 900°C에서 압하율 60%까지 각 pass 후 15분 동안 재가열하여 총 5pass 열간압연을 수행하였다. 이후 광학현미경 (OM)과 후방 산란 전자 회절 (EBSD) 분석을 통해 Fe 함량에 따른 미세조직 거동과 상온압축시험 후 변형 메커니즘을 분석하였다.

Keywords: Metastable beta Ti-5Mo-xFe alloys, Fe content, thermomechanical processing, deformation mechanism

1. 국립순천대학교 신소재공학과, 대학원생

국립순천대학교, 신소재공학과, 정 교수, E-mail: leechodg@scnu.ac.kr

열간압연으로 얻은 헤테로구조화에 따른 CoCrFeMnNi 합금의 인장물성 향상

이정원¹, 박효진¹, 손수정¹, 김형섭[#]

Strong yet strain-hardenable equiatomic CoCrFeMnNi alloys by hot rolling-induced dynamic heterostructuring

J. Lee, H. Park, S. Son, H. S. Kim

Abstract

Heterostructuring gives solutions to achieve better mechanical performance of metallic materials. For instance, partial static recrystallization by short-term annealing induces bimodal grain size distribution. Distinct from the well-studied ‘static heterostructuring’ by cold rolling followed by annealing, this study introduces ‘dynamic heterostructuring’ by hot rolling. Dynamic recrystallization (DRX) during the hot rolling as a softening mechanism leaves room for dislocation accumulation. With the expectations of enhanced strain hardening of the as-rolled materials with the aid of the DRX, we monitored tensile responses of the as-hot-rolled equiatomic CoCrFeMnNi high-entropy alloys (HEAs). Among the hot rolling temperatures from 800 °C to 900 °C with a thickness reduction ratio of 78.6% for the HEAs, the hot rolling at 850 °C results in a bimodal grain size distribution, i.e., partial DRX. It comprises relatively fine DRXed grains and coarse unrecrystallized grains: the latter is harder than the DRXed ones with relatively low dislocation density. The microstructural heterogeneity results in uniform elongation of ~13% due to the accumulation of dislocations at the grain boundaries inside the soft DRXed grains. This endows the as-hot-rolled single-phase HEAs with strain hardenability without the aid of phase transformation, deformation twinning, or precipitates. In addition, the hot-rolled HEAs with high dislocation density have doubled yield stresses of those of conventionally cold-rolled and annealed counterparts. Considering the industrial benefits of the simplified thermo-mechanical control processes, this work extends the academic and practical value of DRX by dynamic heterostructuring through annealing-free hot-rolling.

Keywords: Dynamic recrystallization, hot rolling, grain boundary, mechanical properties, dislocation

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

포항공과대학교 친환경소재대학원, 교수, E-mail: hskim@postech.ac.kr

인발공정에 의해 강소성 가공된 순수 가돌리늄의 자기열량 효과: 미세조직 영향 연구

하디스¹, 신다슬², 이광석³, 김정한[#]

Magnetocaloric Effect of Pure Gadolinium Severely Deformed by Drawing Process: A Microstructural Effect Study

Hadiseh Esmailpoor¹, Da Seul Shin², Kwang Seok Lee³ and Jeoung Han Kim[#]

Abstract

Magnetic refrigeration emerges as a promising cooling technology rooted in the principles of the giant magnetocaloric effect (MCE), offering a temperature range spanning from ultra-low to those conventionally employed in household refrigerators. This effect, a magneto-thermodynamic phenomenon, prompts temperature change in magnetic materials upon alterations in applied magnetic fields. Rare earth (RE) metals such as Erbium (Er), Dysprosium (Dy), Terbium (Tb), and Gadolinium (Gd) exhibit pronounced MCE behaviors. Among these, Gadolinium, recognized as a classical ferromagnet, uniquely showcases magnetic ordering near ambient temperature, attributed to its curie temperature (T_c) approximately at 293 K (20 °C) and notable MCE under moderate magnetic fields. Consequently, Gadolinium serves as a reference point for comparing the magnetic and thermodynamic characteristics of magnetocaloric materials. To optimize heat transfer efficiency within the fluid, magnetic materials utilized in magnetic cooling systems necessitate shaping into tailored geometries like plates, wires, or rods. Consequently, severe plastic deformation (SPD), such as rolling, drawing, etc., finds widespread application in the production of innovative functional materials. However, it is important to highlight that the strain hardening resulting from plastic deformation could impact the magnetocaloric properties of well-studied bulk materials. Despite researchers conducting thorough investigations, the precise correlation between microstructural alterations caused by plastic deformation and their impact on the magnetocaloric effect remains uncertain. In this study, we aimed to establish a correlation between changes in the MCE and microstructural characteristics in various forms of 99% pure Gd alloys. Our results unveiled novel microstructural features, characterized by lenticular-shaped morphology and Widmanstatten laths within the matrix, which we termed the "Widmanstatten-like phase". Our findings indicated that these phases, exhibiting a face-centered cubic (FCC) crystal structure with a lattice parameter of 5.14 Å and a specific orientation relationship (OR) with the hexagonal close-packed (HCP) crystal structure of the Gd matrix, correspond to gadolinium hydrides (GdH_x). Furthermore, we demonstrated that the presence of these Widmanstatten-like hydrides significantly enhances the MCE of deformed samples through heat treatment which thoroughly discussed in this study.

Keywords: Rare earth metals; Gadolinium hydride; magnetocalorimetric effect (MCE); Magnetic refrigeration, sever plastic deformation

-
1. 국립한밭대학교 신소재공학과 (Hanbat), 대학원생
 2. 한국재료과학연구원 재료가공과 (KIMS), 박사학위 소지자
 3. 한국산업기술평가관리원(KEIT), 박사학위 소지자
- # 국립한밭대학교, 신소재공학과, 교수, E-mail: jh.kim@hanbat.ac.kr

잔류응력, 미세조직 연계 알루미늄 밸브스풀 인발 공정 수율 개선 연구

양우석[#] · 곽경민¹ · 최원영² · 김민직³ · 양선영⁴ · 이광석⁵

Study on Yield Improvement of Drawing Process for Aluminum Valve Spools Considering Residual Stress and Microstructure

W. S. Yang, K. M. Kwak, W. Y. Choi, M. J. Kim, S. Y. Yang, K. S. Lee

Abstract

In this study, the microstructure, residual stress, and mechanical properties were analyzed at various reduction ratios of drawn aluminum rods to enhance the cold drawing process for manufacturing aluminum valve spools used in hybrid vehicle automatic transmission. Using the finite element method, the effects of die angle and reduction ratio were investigated. The results indicated the possibility of implementing a continuous drawing process. Tensile tests were conducted to determine reduction ratio conditions that satisfy the required yield strength. With respect to microstructure and residual stress analysis, effect of plastic deformation was analyzed at different reduction ratio. Based on the results, process improvements were implemented, leading to cost savings.

Keywords: Cold drawing process, Finite elements method, Aluminum, Residual stress, Microstructure

1. 지엠비코리아 시험시작팀, 책임연구원

2. 지엠비코리아, 연구1팀, 연구원

3. 한국재료연구원, 재료공정연구실, 학생연구원

4. 한국재료연구원, 재료공정연구실, 학생연구원

5. 한국재료연구원, 재료공정연구실, 책임연구원

한국재료연구원, 재료공정연구실, 연구원, E-mail: yus000@kims.re.kr

12. 포스터 발표

(제 5 발표회장)

초고장력강의 파단 성형 한계 연구

김기정[#], 윤승채¹, 전진화¹, 현주식¹, 정유동², 신건진³, 박진홍³, 이명규³

Research for the Determination of Forming Limits by Fracture in Sheet Metal Forming of Ultra High Strength Steel

K. J. Kim, S. C. Yoon, Y. J. J. Hwa, J. S. Hyun, Y. D. Jung, G. J. Shin, J. H. Park, M. G. Lee

Abstract

This paper is concerned with modeling of fracture-based forming limit criteria for anisotropic materials in sheet metal forming to predict the sudden fracture in complicated forming processes. Three different kinds of fracture based forming limit criteria are suggested and investigated with an assumption that the stress state is under the plane stress condition with proportional loading. To determine the parameters of the model proposed, the three-dimensional digital image correlation (3D DIC) method is utilized to measure the strain histories on the surface of three different types of specimens during deformation and the measurement results are investigated to identify the anisotropy effect on the equivalent plastic strain at the onset of fracture. The comparison of HER(Hole expansion ratio) fracture predictions with the FLC(Forming Limit Diagram) results demonstrates that the proposed FFLC(Fracture Forming Limit Diagram) can predict the instant of ductile fracture initiation in Ultra high strength steels with good accuracy.

Keywords: Ultra High Strength Steel, Fracture, Necking, Finite Element Method, Forming Limit Diagram

1. 현대제철 응용기술실 샤시응용기술팀

2. 현대제철 제품개발센터

3. 서울대학교 재료공학부

교신저자: 서울대학교 재료공학부 E-mail: myounglee@snu.ac.kr

열처리 및 Cu 첨가가 Al-Mg-Si 합금의 미세조직 및 전기화학적 거동에 미치는 영향에 관한 연구

홍현빈¹ · Raj Narayan Hajra¹ · 유한결^{1,2} · 신은주² · 김재국³ · 이종숙³ · 김정한¹ · 김재황^{4, #} · 조훈휘^{1, #}

A study on the influence of heat treatment and Cu addition on microstructure and electrochemical behavior of Al-Mg-Si alloys

H. B. Hong, Raj Narayan Hajra, H. G. Yoo, E. J. Shin, J. K. Kim, J. S. Lee, J. H. Kim, J. H. Kim, H. H. Cho

Abstract

세계적으로 온실가스 배출을 줄이기 위한 노력이 지속되고 있으며, 이로 인해 연비 규제가 강화되고 경량 소재에 대한 수요가 증가하는 추세이다. 그 중, 6xxx계 Al 합금은 철강 대비 높은 비강도와 가공성, 내식성으로 차량 및 항공기의 경량 소재로 널리 사용되고 있다. 차량 및 항공기 이용의 안전성을 위해 Cu를 첨가하여 강도 특성을 향상시키는 연구가 진행되었으나 내식성의 저하 문제가 대두되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 강도와 내식성의 최적화를 위해 다양한 열처리 조건 및 Cu 첨가 조건에 따른 6xxx계 Al 합금의 미세조직 및 전기화학적 거동을 분석한다. Cu의 첨가 여부에 따른 Al 합금을 제작하고, 인공 시효 조건을 다양하게 설정하였다. 전기화학 계측기(Potentiostat)를 사용하여 전기화학적 거동을 측정하였으며, 인공 시효 시간이 증가할수록 높은 부식 속도를 보였으나 Cu가 첨가된 경우 반대의 양상을 보였다. 광학 현미경(Optical Microscope, OM)으로 부식된 시편의 단면을 관찰하여 표면에서의 부식 형태와 깊이를 확인하였다. 시차 주사 열량계(Differential Scanning Calorimetry, DSC)를 사용하여 각 조건 별 시편의 석출물 거동을 분석하였고, 투과 전자 현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)과 소각 중성자 산란 장치(Small Angle Neutron Scattering, SANS)로 석출물의 유형 및 분포를 분석하였다.

Keywords: Al alloys, Cu addition, artificial aging, electrochemical behavior, precipitation behavior

1. 국립한밭대학교 신소재공학과

2. 한국원자력연구원 중성자과학부

3. 전남대학교 신소재공학과

4. 한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹

한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹, 수석 연구원, E-mail: raykim@kitech.re.kr

국립한밭대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

DNN 기반 유한요소 대체모델을 활용한 차량용 이너 타이로드 최적설계

한동운¹ · 김효규¹ · 김성탁[#]

Optimal Design of Automotive Inner Tie Rod using a DNN- Based Finite Element Surrogate Model

D. Han, H. K. Kim, S. Kim

Abstract

The inner tie rod is a joint component that connects to the rack, knuckle, and others, playing the role of transmitting the steering load to the wheel. It is manufactured through a cold press forging process. The rotational torque of the inner tie rod is determined by the press distance, which affects the steering feel and durability aspects. If the rotational torque of the inner tie rod is too high, it can lead to early wear and tear or damage to the component. Conversely, if it is too low, there is a potential for vibration and noise due to looseness. Therefore, in this study, a DNN-based FE surrogate model development was conducted to find the optimal design parameters and process distance that satisfy the required torque. Initially, a finite element model of the inner tie rod was created, and a surrogate model was trained based on the dataset obtained from finite element analysis conducted within the range of parameters. The model was improved through Bayesian optimization and k-fold cross-validation. Subsequently, predictive values were obtained for one million datasets within the range of frame design parameters using the trained model. Based on this, design parameters that satisfy the required torque while minimizing weight were derived. As a result, it is expected that the optimal parameters satisfying the required torque and lightweighting for the tie rod can be effectively derived in the process of new car development, accelerating the design process.

Keywords: Tie Rod, Deep Neural Network, Finite Element Analysis, Surrogate Model

1. 한국생산기술연구원, 강원본부, 연구원

한국생산기술연구원, 강원본부, 수석연구원, E-mail: seongtak@kitech.re.kr

공형압연에서 롤 비대칭 배치에 따른 소재 자유표면형상 변화에 대한 연구

이석의¹ · 이동윤¹ · 이영석[#]

A Study on the Variation of Material Free Surface Profile according to Asymmetric Roll Arrangement in Groove Rolling

S. E. Lee¹, D. Lee¹, Y. Lee[#]

Abstract

기존의 공형압연에서의 소재 형상 예측은 수식 모델 및 FE해석을 통해 대칭적인 표면형상만을 고려해왔다. 공형압연에서 롤의 배치는 자유표면형상에 직접적인 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 실험적인 접근과 유한요소해석(FEA)을 통해 롤의 비대칭 배치가 소재의 자유표면형상에 미치는 영향을 분석하였다. 여기서 롤의 비대칭 배치는 상·하부롤이 수평방향으로 평행이동한 경우, 상·하부롤의 좌우측 롤 갭이 다른 경우, 상·하부롤이 압연방향으로 상반되게 회전한 경우를 말한다. 총 3가지 강종(Ti-gr.4, Beta-C, Ti-gr.23)이 롤의 비대칭 배치 조건에서 압연되었고, 같은 조건에서 FE해석을 수행하였다. 결과적으로 상·하부롤이 압연방향으로 상반되게 회전한 경우가 소재 자유표면형상에 가장 많은 영향을 미쳤다. 본 연구의 결과는 공형압연 설비에서 발생하는 소재의 불량률 확인하고 이를 분석하여 압연 설비의 발전과 정밀 생산 능력 향상에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: groove rolling, hot rolling, titanium, bar, asymmetric analysis, Ti-gr.4, Beta-C, Ti-gr.23

1. 중앙대학교 기계공학부, 대학원생

중앙대학교 기계공학부, 교수, ysl@cau.ac.kr:

가공배전선 점적율을 증가를 위한 알루미늄 Trepozoidal Wire 인발성형에 관한 연구

송재선^{1,*}, 윤국태¹, 최진곤²

A study on aluminum trepozoidal wire drawing for increase the fill factor of overhead distribution lines

J. S. Song, K. T. Youn, J. K. Choi

Abstract

일반적으로 전선은 나선, 절연전선, 전력 케이블, 제어 케이블, 소방 케이블, 통신 케이블 등으로 나누어지며, 나선 중 강심 알루미늄 연선(ACSR), 알루미늄피복 강심 알루미늄 연선(ACSR/AW)은 가공 송전선에 사용되고, 강심 알루미늄 가교폴리에틸렌 절연전선(ACSR/OC)과 알루미늄피복 강심 알루미늄 가교폴리에틸렌 절연전선(ACSR/AW-OC)은 가공배전선로에 사용된다. 가공배전선은 도시 근교의 변전소에서 가정, 빌딩, 공장 등 실제 전기를 사용하는 소비자까지 전기를 안전하게 전달하는 역할을 하는 전선으로 주로 철탑이나 콘크리트 전주에 설치하여 운용하며, 동 도체에 비해 저렴하고 가벼운 알루미늄 내열 도체의 사용이 증가되고 있다. 그러나, 알루미늄 내열 도체는 사용 온도가 절연 대비 높아 절연전선에 사용시 절연체의 절연 파괴가 발생할 수 있고, 온도 상승으로 인해 인장강도가 낮아지므로 처짐 현상이 증가하여 배전 용량이 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 인장강도가 높은 강선 소재와 도전율이 상대적으로 높은 연 알루미늄을 사용 또는 강심의 단면적을 감소시키면서 알루미늄 도체의 단면적을 증가시킴으로써 배전 용량을 증가시킬 수 있다.

본 연구에서는 도체의 점적율을 95% 이상 증가시키기 위하여 원형 도체 형상의 배전선이 아닌 배전선 중심부의 원형 강선에 밀접시키는 사다리꼴 형상(trepozoidal wire)의 도체를 인발가공하고, 도체의 단면적별 구조설계(등가경, 단면적)를 통해 인발된 여러줄의 Trepozoidal Wire 도체들을 꼬아서 하나의 배전선을 만들기 위한 연선공정 조건을 최적화하였다.

Keywords: Trepozoidal Wire, Drawing, Fill Factor, Overhead Distribution Lines

후 기

본 연구의 일부는 중소벤처기업부 중소기업기술개발지원사업(과제번호: S3175004)을 통해 연구한 내용이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. (재)대구기계부품연구원 소재부품연구본부

2. 고려전선㈜

* 교신저자: 대구기계부품연구원, E-mail: jssong@dmi.re.kr

H-beam 압연 최종패스에서 공정조건과 단면규격에 따른 metal flow 변화에 대한 연구

김규태¹ · 정현석² · 문홍길² · 위창현² · 서경호² · 이영석[#]

A study on the variation of metal flow in the final pass of H-beam rolling according to process conditions and size

K. T. Kim, H. S. Jung, H. K. Mun, C. H. Wei, K. H. Seo, Y. Lee

Abstract

H-beam의 Web과 Flange의 두께는 H-beam 단면 형상을 결정하는 중요한 요소이다. 압연 공정에서는 압연 조건과 단면 규격에 따라 소재의 Metal flow 동향이 변하며, 이는 최종 형상에 영향을 준다. 본 연구는 H-beam 압연 공정에서 Metal flow 변화가 최종 형상 치수에 미치는 영향을 분석하고자한다. 공정 조건 변수는 Web 압하율과 flange 압하율로 설정되었으며, 각각의 압하율은 9%에서 21%까지 선정하였다. H-beam의 단면 규격은 (350×350, 700×300, 500×200)으로 선정하였다. FE해석(Abaqus 2017 버전) 프로그램을 활용하여 공정 조건과 단면 규격에 따른 압연 시 소재의 Metal flow 데이터와 롤의 압하력을 추출하였다.

연구 결과, Web과 Flange의 압하율이 Metal flow 방향성에 큰 영향을 미침을 확인하였다. Flange 압하율이 높을 때 Metal flow는 Flange에서 Web으로 향하며, Web 압하율이 높을 때 Metal flow는 Web에서 Flange로 향한다. Flange의 압하율과 Web의 압하율의 변화에 따른 Metal flow의 영향력은 압하력에게도 중요한 영향을 미친다. 이러한 결과는 H-beam 압연 공정에서 각 부분의 압하율 조절이 최종 제품 형상을 결정하는 데 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다.

Keywords: H-beam, Metal flow, Abaqus, Rolling,

1. 중앙대학교 기계공학부, 대학원생

2. 현대제철(주)

중앙대학교, 기계공학부, 교수, E-mail: ysl@cau.ac.kr

열간단조 공정 변수에 따른 준안정 β 계 타이타늄 합금의 미세조직 발달 거동 규명

진인경¹ · 이재관¹ · 이용재¹ · 이동근[#]

Investigation of Microstructural Development Behavior of Metastable Beta Titanium Alloy by Hot Forging Process Parameters

I. K. Jin¹, J. G. Lee¹, Y. J. Lee¹, D. G. Lee¹

Abstract

준안정 β 계 타이타늄 합금은 높은 강도, 내식성 뿐 아니라 성형성이 우수하여 열간단조를 통한 항공기 부품 제작에 유리하다. 이때 열간단조의 공정변수인 변형 온도와 변형률 속도는 재료의 미세조직 변형거동에 크게 기여하며, 기계적 성질에 직접적으로 영향을 미친다. 이에 따라 본 연구에서는 Ti-5Mo-4Fe 합금을 변형 온도 700~950°C, 변형률 속도 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^0/\text{sec}$ 에서 고온압축 시험하여 열간 성형성을 평가하였다. 이러한 공정 변수에 따른 미세조직학적 특징을 lamellar kinking, 동적 구상화, 동적 재결정, 결정 성장으로 분류하고, 수치적 해석과 연계 분석하여 미세조직 발달 거동을 규명하였다. 결과적으로, 900°C, $1 \times 10^0/\text{sec}$ 조건에서 변형효율이 가장 높았으며 동적재결정을 통한 균일한 재결정립이 형성되고 crack, flow localization이 발생하지 않아 열간단조에 적합한 최적의 공정조건으로 제시하였다.

Keywords: Metastable beta titanium, hot compression test, dynamic recrystallization, constitutive equation, processing map

1. 국립순천대학교, 신소재공학과, 대학원생

국립순천대학교, 신소재공학과, 정교수, E-mail: leechodg@scnu.ac.kr.

전기자동차 차동장치용 액추에이터 하우징 부품의 유한요소해석

이상길¹, 송춘만¹, 이준열¹, 장재현², 장성민³, 엄재근³, 전만수[#]

Finite Element Analysis of Actuator Housing Components for Electric Vehicle Differentials

S. G. Lee, C. M. Song, Z. Y. Lee, J. H. Jang, S. M. Jang, J. G. Eom, M. S. Joun

Abstract

Actuator housing parts are components that make up the differential system inside the transfer case of hybrid or electric SUVs and pickup trucks. These parts were previously manufactured through casting and various machining processes. In this study, however, the process development was conducted using plate forging method. Additionally, elastoplastic finite element analysis was performed to verify the design of the actuator housing forging process.

Keywords: Actuator Housing(액추에이터 하우징), Electric Vehicle(전기자동차), Element Analysis (유한요소해석)

1. 서론

액추에이터 하우징(Actuator housing)은 하이브리드 및 전기차의 SUV 차량 및 픽업트럭 이동 케이스 내부 차동장치를 구성하는 부품으로 감속기와 모듈 형태로 장착되며, 내연기관 차량의 엔진과 같은 역할을 수행한다. 하이브리드 차량에서는 엔진과 변속기 사이에 장착되어 저속 및 고 토크 영역에서 차량을 구동시킨다. 기존제품의 생산방식이 전적으로 주조, 선반 가공에 의해 제작되어왔다. 크랙 및 스크래치가 발생하는 것을 최소화하고, 이물질을 제거하여 품질 향상과 안정성을 극대화하기 위하여 프레스 공법을 적용하였다.

액추에이터 하우징 개발 공정은 기존 공정 대비 약 42.5%의 중량을 감소시킬 수 있고, 이는 생산성 향상 및 완성차의 효율적 주행 효과를 가져올 수 있다. 또한 생산공정 단축으로 제조원가가 약 50.0%의 절감이 가능할 것으로 판단된다. 이 연구에서는 개발 공정의 설계적 검증을 위하여 탄소성 유한요소해석을 실시하였다[1,2].

1. ㈜송원하이텍

2. 중소벤처기업부

3. ㈜엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상국립대학교 기계공학부, 교수, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

2. 전기자동차 차동장치용 액추에이터 하우징 부품의 유한요소해석

기존 공정은 총 19 공정(소재입고 포함)으로 제작되었으나, 개발 공정은 전체 14 공정으로 개선이 진행되었다. 이 중에서 소재입고, 1, 2 차 정삭 가공과 핀, 쉴드 용접공정을 제외한 9 공정에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 개발 공정 중 성형해석을 진행한 총 9 공정은 다음과 같다.

- 블랭킹(Blanking) → 피어싱(Piercing) → 1 차 밴딩(1st bending) → 2 차 밴딩(2nd bending) → 리스트라이킹(Restriking) → 1 차 황삭(1st rough machining) → 2 차 황삭(2nd rough machining) → 노칭 및 피어싱(Notching & Piercing) → 캠 피어싱(CAM piercing)

Fig.1 은 다단 판단조 공정을 포함한 총 9 공정에 대한 성형해석결과를 나타내고 있다.

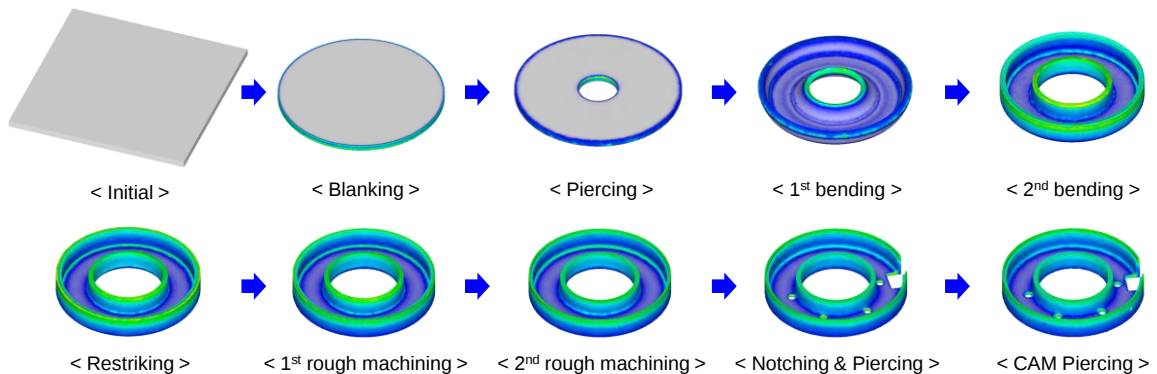


Fig. 1 Simulation results of the development process (Effective strain)

3. 결론

이 연구에서는 기존 제작공정에서 발생하던 크랙 및 스크래치를 최소화하기 위하여 다단 판단조를 포함하여 공정 개발 이루어졌으며, 성형공정에 대하여 탄소성 유한요소해석을 수행하였다. 그 해석결과를 통하여 공정 및 금형 설계에 대한 검증을 실시하였고, 액추에이터 하우징 부품 개발의 연구자료로 활용하였다.

후 기

이 연구는 중소기업 구매조건부(구매연계형) 신제품 개발사업(과제번호: S3376142, 전기자동차 차동장치용 Actuator Housing Assy 부품 개발)의 지원을 받아 수행함.

참고문헌

- [1] K. G. Park, J. S. Lee, S. M. Jang, M. S. Joun, 2023, Elastoplastic finite element analysis of a plate forging process of a high-strength raceway bearing part, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.158-159.
- [2] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit Elastoplastic Finite Element Analysis of Tube-bending with an emphasis on Springback Prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol.120, pp.6377-6391, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09073-8>.

자동차 현가장치용 경량화 알루미늄 부싱의 공정 시뮬레이션

이진원¹, 정문섭¹, 장성민², 문호근², 전만수[#]

Process Simulation of Lightweight Aluminum Bushing for Automotive Suspension System

J. W. Lee, M. S. Jung, S. M. Jang, H. K. Moon, M. S. Joun

Abstract

The automobile market is pursuing many changes toward eco-friendly vehicles. In general, bushings of current internal combustion engine vehicles are made of steel. Many parts are being replaced with aluminum to make vehicles lighter. The bushing parts has been formed using a total of 12 plates so far, but in this study, the new process development was carried out using an 8-stage process with an aluminum pipe-shaped material. In the process of die development, theoretical verification was conducted through elastoplastic finite element analysis.

Keywords: Finite Element Analysis (유한요소해석), Aluminum Bushing (알루미늄 부싱), Suspension System (현가장치)

1. 서론

기존의 내연기관 차량의 부싱(Bushing) 부품은 일반적으로 스틸로 제작되어 왔다. 자동차 시장은 친환경 자동차로 상당 부분 변화를 추구하고 있으며, 많은 부품들이 알루미늄으로 대체되고 있다. 따라서 기존의 스틸로 제작되던 부싱 부품을 알루미늄 파이프 소재 형상을 변경하면 공정개선 뿐만 아니라 차량 경량화가 가능하다. 이는 현재와 미래의 자동차 시장 동향에 부합한다고 볼 수 있다.

현가장치용 (Suspension system) 부싱은 차량부품인 컨트롤 암(Control arm), 스테빌라이저(Stabilizer), 볼 조인트(Ball joint), 타이 로드(Tie rod), 댐퍼 마운트(Damper mount), 엔진 마운트(Engine mount) 등 다양한 구성 요소들의 연결부위에 주로 사용된다. 진동, 소음, 및 충격 등을 줄여주는 현가장치의 핵심부품 중 하나로 그 제조공정에 대하여 탄소성 유한요소해석을 수행하였다[1, 2].

2. 현가장치용 알루미늄 부싱부품의 다단 공정 유한요소해석

기존의 12 단 판단조 공정으로 제작되었던 부싱 부품은 경량화 및 공정단계 축소를 위하여 알루미늄 파

1. (주)엔와이티

2. (주)엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상국립대학교 기계공학부, 교수, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

이프를 사용하였고, 이 연구에서 확관, 축관 및 포밍 공정을 분석하여 8 단 공정으로 설계 변경이 진행되었다. 공정해석을 통하여 변경된 공정설계에 대한 검증이 이루어졌으며, 금형비 절감과 생산성 향상 등의 이점이 발생하였다.

Fig. 1 은 개선된 알루미늄 부싱 부품의 공정별 성형 과정을 나타내고 있으며, 초기 소재 커팅공정을 제외하면 총 8 단 공정임을 확인할 수 있다.

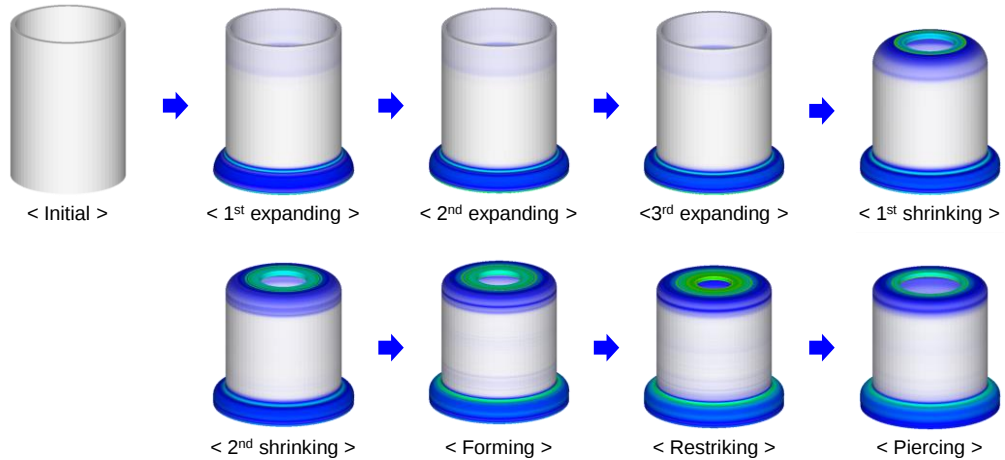


Fig. 1 Predictions of the forging process (Effective strain)

3. 결론

이 연구에서는 경량화 서스펜션용 알루미늄 부싱 부품의 개발을 위하여 2 차원 다단 성형공정의 유한요소해석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 검토를 통하여 공정 및 금형 설계 단계에서 검증 자료로 활용하였다.

후 기

이 연구는 중소벤처기업부(과제번호: S3364105, 전문기관: 중소기업기술정보진흥원)에서 시행한 지역특화산업육성+(R&D)-지역주력산업육성사업(제 2023-149 호, 알루미늄 파이프를 이용한 친환경 자동차 서스펜션용 경량화 부싱부품 개발)의 지원으로 수행됨.

참고문헌

- [1] K. G. Park, J. S. Lee, S. M. Jang, M. S. Joun, 2023, Elastoplastic finite element analysis of a plate forging process of a high-strength raceway bearing part, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.158-159.
- [2] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit Elastoplastic Finite Element Analysis of Tube-bending with an emphasis on Springback Prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol.120, pp.6377-6391, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09073-8>.

탄소성 유한요소해석을 통한 프로그래시브 공정 시뮬레이션

박기근¹, 장성민², 전만수[#]

Elastoplastic Finite Element Simulation of Progressive Process

K. G. Park, S. M. Jang, M. S. Joun

Abstract

The progressive process is one of the press forming methods that sequentially transfers a workpiece through many forming processes and performs continuous operations. The progressive process is a forming method that can improve product quality. Compared to production in the existing simple press process, the progressive process can be automated and can stably increase production. In this study, the progressive process of wheel hub bearing seal parts for vehicles was simulated using elastoplastic finite element analysis.

Keywords: Elastoplastic Finite Element Analysis (탄소성 유한요소해석), Progressive Process (프로그래시브 공정), Driving Device (구동장치), Wheel Hub Bearing (휠 허브 베어링), Seal (씰)

1. 서론

휠 허브 베어링(Wheel hub bearing)은 자동차 구동장치(Driving device)의 핵심부품 중에 하나이다. 허브 유니트 베어링 씰 부품은 고무 재질의 립(Lip)과 금속 재질의 외판(outer plate/insert)과 내판(inner plate/flinger)이 결합된 구조로 허브 베어링으로 유입되는 이물질을 막고 그리스 누설을 방지함으로써 원활한 주행과 구동 효율의 극대화를 목적으로 한다.

휠 허브 베어링 씰 부품 외판에서 굽힘 성형부에 고무 몰딩이 형성됨으로 굽힘 성형부의 형상은 씰 립(Lip)의 위치 정밀도에 큰 영향을 미친다. 따라서 휠 허브 베어링 씰 부품 외판은 베어링 씰 부품의 품질을 결정하는 중요 부품이다[1]. 그 형상은 굴곡이 깊고 성형이 쉽지 않은 제품군으로 제조공정에 대하여 탄소성 유한요소해석을 수행하였다[2, 3].

2. 휠 허브 베어링용 씰 부품의 공정 시뮬레이션

기존의 휠 허브 베어링 씰 부품(규격 및 재질: JIS G3141 SPCC-S)은 최종 형상적인 측면에서 굴곡 부위의 형상이 두께변화 및 주름문제로 인해 품질적인 문제가 발생하였고, 이를 개선하기 위하여 금형의 설계변경을 통해 성형해석을 실시하였다.

휠 허브 베어링 씰 부품의 성형공정은 1차 성형, 2차 성형, 피어싱, 트리밍의 총 4단 공정으로 진행이 되며, 개선은 1, 2차 성형 공정에서 제품 성형에 직접적으로 관여하는 금형의 모서리 부위와 2

1. (주)태진다이텍 기술연구소, 연구소장

2. (주)엠에프알씨 기술연구소, 책임연구원

교신저자: 경상국립대학교 기계공학부, 교수, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

차 성형공정에서 깊숙이 성형하는 상부금형의 길이 등이 일부 개선되어 진행이 되었다.

Fig. 1 은 개선 이전과 이후 허브 베어링 쉘 부품의 결과를 비교하여 나타내고 있으며, 개선 후 해석결과에서 나타나듯이 굴곡 부위 형상이 기존 설계에 비해 개선된 것을 확인 할 수 있다.

3. 결론

이 연구에서는 휠 허브 베어링 핵심부품인 쉘의 형상적 문제로 인한 공정 및 금형 개선을 위하여 2 차원 탄소성 유한요소해석을 수행하였다. 해석결과 검토를 통해 금형의 개선을 진행함으로써 공정 개선이 완료되었다.

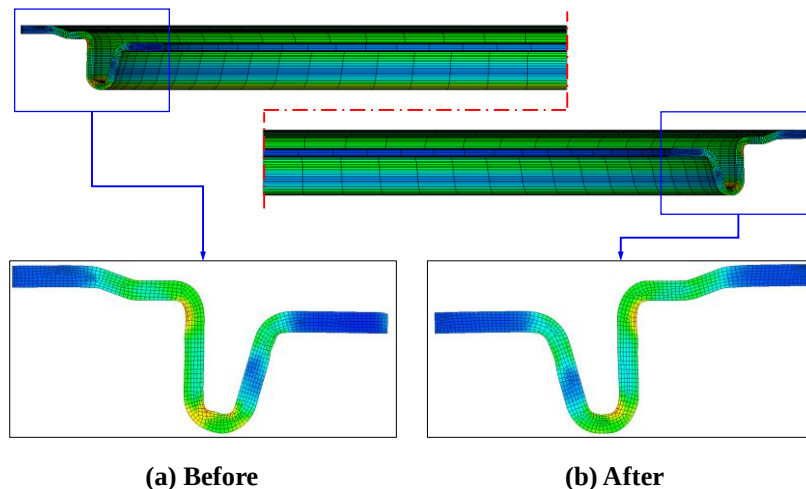


Fig. 1 Comparison of simulation results before and after improvement (Effective strain)

후 기

이 연구는 중소벤처기업부의 중소기업기술혁신개발사업(수출지향형_글로벌 강소기업 1,000+ 프로젝트 연계과제_RS-2023-00246473)의 지원으로 수행됨.

참고문헌

- [1] K. G. Park, H. K. Moon, S. K. Oh, M. S. Joun, 2020, Development of combined sheet metal forming and plate forging of a metal seal part of hub bearing for an automobile, Transactions of Materials Processing, Vol.29, No.4, pp.194-202, <https://doi.org/10.5228/KSTP.2020.29.4.194>
- [2] K. G. Park, J. S. Lee, S. M. Jang, M. S. Joun, 2023, Elastoplastic finite element analysis of a plate forging process of a high-strength raceway bearing part, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.158-159.
- [3] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit Elastoplastic Finite Element Analysis of Tube-bending with an emphasis on Springback Prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol.120, pp.6377-6391, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09073-8>.

편광 카메라를 활용한 CNN 기반 너트 불량 검사 알고리즘

윤주리¹ · 이사랑¹ · 홍석무^{2, #}

CNN Based Nut Defect Inspection Algorithm Using Polarization Camera

J. Yoon, S. Yi, S. Hong

Abstract

자동차 산업에서 너트 생산 시 다양한 환경적 요인에 따라 너트 불량이 발생한다. 불량 검출 작업은 품질 관리에 필수적이지만, 기존 검출 작업은 작업자의 신체조건 및 피로도에 따라 불량 검출 정확도가 일정하지 않고, 이로 인해 시간 및 비용 문제가 발생한다. 이에 머신 비전 기술을 이용한 자동화된 결함 발견 시스템을 구축하여 생산성을 향상시키고 비용을 절감할 수 있는 연구가 관심 받고 있다. 따라서 본 논문에서는 편광 카메라, 이미지 전처리 그리고 편광 필터를 활용하여, 불량 검출 정확도를 향상시킨 머신러닝기반 너트 불량 검출 알고리즘을 제안한다. 편광 카메라의 사용이 불량 검출에 효과가 있다는 것을 확인하기 위해 빛 반사가 있는 금속 너트를 대상으로 산업용 카메라와 비교 연구를 진행하였으며, 편광 카메라 불량 검출 정확도가 74.7%로 산업용 카메라 대비 21.6% 높음을 확인하였다. 이후 정확도 향상을 위해 관심 영역을 추출하는 ROI (Region of Interest) 영역 지정, 불필요한 요소를 없애는 노이즈 제거 및 평탄화를 진행하는 flattening 이미지 전처리를 진행하였으며, original 이미지 대비 마지막 전처리 flattening 단계에서 25.3% 정확도가 향상되었다. 추가로 Intensity, Direction of Polarization 및 DoLP (Degree of Linear Polarization) 3가지 편광 필터를 통해 불량 검출 정확도를 비교하였으며, 이미지 전처리 단계에서 3가지 편광 필터 적용 시 최소 1.5%에서 최대 28.8%까지 정확도가 개선되었다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 너트뿐만 아니라 빛 반사로 인한 문제가 발생하는 다양한 금속 부품에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Defect detection, Image preprocessing, Machine learning, Nut, Polarized camera

1. 공주대학교 미래융합공학과, 대학원생

2. 공주대학교 그린카기술연구소, 연구소장

공주대학교, 미래자동차공학과, 교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

AISI 4340 소재를 사용한 대형 열간단조품의 최적 업세팅 조건 및 금형 설계에 관한 연구

전진우¹, 오세윤¹, 박주성², 서송원[#]

A study on optimal upsetting conditions and mold design for large hot forged products using AISI 4340 material

J. W. Jeon, S. Y. O, J. S. Park, S. W. Seo

Abstract

유도무기 미사일에 탑재되는 고성능의 침투탄두는 목표지점에 초고속으로 충돌하여 고가치 표적 등을 무력화한다. 이러한 운용조건에서 사용되는 탄체(유도무기 탄두의 외피)는 강한 물성과 구조안정성이 요구된다. 일반적으로 탄체는 고장력강 소재를 사용하여, 열간후방압출성형 및 열처리 등을 통해 요구되는 기계적 물성을 확보한다. 본 연구에서는 열간단조 공정 간 최대하중이 요구되는 업세팅 공정을 최적화하기 위하여 유한요소해석(DEFORM-2D)을 활용하여 다양한 조건별로 AISI 4340 단조소재의 유동특성 및 하중변화를 분석하고, 최적화된 탄체 성형을 위한 금형설계에 적용 가능성을 확인하였다.

Keywords: Upsetting, Large Hot Forged Product, AISI 4340

1. 전진우 (주)풍산 방산기술연구원, 선임연구원

1. 오세윤 (주)풍산 방산기술연구원, 전임연구원

2. 박주성 (주)풍산 방산기술연구원, 책임연구원

서송원 (주)풍산 방산기술연구원, 이사보 E-mail: sonamu@poongsan.co.kr

투명 디스플레이 사이니지 제조를 위한 로봇 기반 OCR 레진 도포 및 몰딩 공정 자동화

곽은지¹, 한준세¹, 제태진², 최두선^{3#}

Robot-based Automation of OCR Resin Dispensing and Molding Process for Manufacturing Transparent Signage Displays

E.-J. Gwak, J. S. Han, T.-J. Je, D.-S. Choi

Abstract

최근 건물의 외벽이나 버스 정류장 등 다양한 곳에 홍보와 정보 전달을 위하여 유리창과 같이 투명한 형태의 디스플레이 사이니지가 응용되고 있다. 투명 디스플레이 사이니지의 경우 투명 유연기판에 LED소자가 어레이 형태로 부착이 되어 있어 소자를 보호하면서도 투명함을 유지하기 위하여 OCR(Optically Clear Resin)를 활용하여 패키징하는 공정이 필요하다. OCR 공정의 경우 레진의 유동성이 있기 때문에, 균일한 품질을 얻기 위하여 디스펜싱 높이, 양, 속도 등 공정 인자들을 균일하게 유지하는 것이 중요하나, 현재는 도포 뿐만 아니라 몰딩장비로의 이송까지 수작업으로 진행되고 있어 표면 기포, 제품 높이의 오차 등의 품질 저하가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 이런 OCR 도포 공정과 몰딩 공정으로의 이송 공정에 로봇을 도입하는 표면 공정 모델을 제안하고, 이에 대한 테스트베드 진행 내용에 대하여 소개하고자 한다.

Keywords: Optically clear resin(OCR), Robot automation, Dispensing, Molding, Loading/unloading process

1. 한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, 선임연구원

2. 한국기계연구원 기업지원실, 책임연구원

3. 한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, 책임연구원

한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, 책임연구원, choids@kimm.re.kr

프레스 탄성 변형을 고려한 성형-구조 해석 연계 시뮬레이션

강희원¹, 최용준¹, 김동욱[#]

Simulation of Coupled Forming-Structural Analysis Considering Press Elastic Deformation

H. W. Kang, Y. J. Choi, D. O. Kim

Abstract

현재 자동차 산업의 차체 제작의 대부분은 금형을 통해 이루어지고 있다. 글로벌 금형 시장에서는 외관품질이 매우 까다로운 후드, 도어, 트렁크 리드 등을 생산하는 기술적 난이도가 매우 높은 차체 금형의 품질향상 및 금형 수작업 가공 시간 단축과 원가 절감 등을 실현하기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. 본 연구에서는 현재 수작업으로 이루어지고 있는 금형 사상 작업을 최소화하고자 현장의 기술을 데이터화 하기 위해 성형, 구조 해석 연계 시뮬레이션을 진행하였다. 해석은 PAM-STAMP을 사용하였으며, 시뮬레이션 과정으로는 먼저 프레스 성형 해석을 진행하면서 같은 하중조건이 적용된 구조해석을 동시에 진행한다. 이후 금형 구조해석을 통해 계산된 금형의 변형된 형상에 따라서 다음 단계의 성형 해석을 진행함을 반복하여 성형을 통한 금형의 변형과, 변형된 금형으로 인해 발생될 소재의 변형을 예측하였다. 시뮬레이션 결과는 사상 작업을 수행하기 위한 금형의 하중 및 탄성 변형 데이터로, 형합 보정을 위해 다양하게 활용될 것으로 사료된다.

Keywords: Simulation, Coupled Forming-structural Analysis, Press, Elastic deformation, Finishing, PAM-STAMP

후 기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(NC49362)

1. 한국자동차연구원 신소재기술부문, 연구원

한국자동차연구원 신소재기술부문 책임연구원, dokim@katech.re.kr

FDS접합된 이종소재의 접합부 파단강도 평가방법 연구

박두현^{1,2}, 정준영^{1,2}, 김동건^{1,3}, 김민기¹, 김성호⁴, 송정한^{1,#}

Evaluation method of fracture strength in dissimilar material joints connected by FDS

D.H. Park, J.Y. Jung, D.G Kim, M. Kim, S.H. Kim, J.H. Song

Abstract

최근 환경규제에 따라 전 세계적으로 친환경자동차의 수요가 증가하고 있다. 따라서 자동차의 무게를 줄이면서 차량의 충돌 안전성이 확보된 경량차체를 설계하기 위해 다양한 조합의 이종소재가 사용된다. 이종소재가 적용되는 차체 부품이 증가되면서 이종소재간의 접합성능 평가방법 연구가 필수적인 상황이다. 접합부의 파단특성을 평가하기 위해서는 다양한 하중경로에서 파단실험을 진행하여 복합하중이 작용하는 접합부를 모사해야 한다.

본 논문에서는 차체용 부재의 충돌 시, 접합부에 작용하는 복합하중에 의한 접합강도를 측정하기 위해 축하중과 면하중의 비율이 일정하게 유지되는 지그를 설계하였다. 제작된 지그에 FDS로 기계적 접합이 완료된 이종소재 시험편을 장착하여 Cross-tension 및 Lap-shear 실험을 진행하여 파단특성을 평가하였다. 그리고 유한요소 모델을 적용하여 시편 레벨에서 FDS로 기계적 접합된 이종소재 접합부의 실험결과를 잘 모사할 수 있는 모델링 기법에 대해 연구하였다.

Keywords: FDS(Flow-Drill-Screw), Dissimilar material, Cross-tension test, Lap-shear test, Loading path

Acknowledgement

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (780 MPa급 이상 초고강도 소재 적용 전기자동차 샤시 및 300 MPa급 이상 알루미늄 배터리케이스 용접을 위한 요소 공정해석기술 개발 및 제품화 실증, 20022438, 산업통상자원부)

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술 연구소

2. 인하대학교 기계공학과

3. 서울대학교 재료공학부

4. ㈜화신 기술연구소

한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 유연생산연구부문, 수석연구원, jhsong@kitech.re.kr

EB-PBF로 제작한 Inconel718의 인장거동에 미치는 전자빔 전류의 영향

이도훈¹, 이찬희², 홍현욱³, 이병수[#]

Effect of Electron Beam Current on Tensile Behaviors of Inconel718 alloy fabricated by Electron Beam-Powder Bed Fusion

D. Lee¹, C.-H. Lee², H.-U. Hong³, B. Lee[#]

Abstract

본 연구에서는 높고 낮은 전자빔 전류로 적층 가공된 Inconel718 초합금의 미세조직과 기계적 물성 간의 상관 관계를 연구하였다. 낮은 전자빔 전류로 제조한 Inconel718 초합금의 상대 밀도 범위는 99.45~99.79%인 반면, 높은 전자빔 전류로 제를 갖는 초합금은 99.82~99.96% 범위의 상대적으로 높은 상대 밀도를 나타냅니다. 낮은 전자빔 전류를 갖는 합금의 미세구조는 적층 방향(BD)에 평행한 강한 $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ 조직을 갖는 수지상 미세조직입니다. 낮은 전자빔 전류를 갖는 합금의 고 경각 결정립계 분율이 높은 EB 전류를 갖는 합금보다 낮았습니다. 또한, 합금은 평균 크기가 32 nm인 미세한 γ' 석출물을 함유했습니다. 합금의 파괴 시작 지점은 미세 균열 및 가스 포집 기공과 같은 결함으로 구성되어 있지만 전자빔 전류가 낮은 합금은 단결정형 미세 구조와 미세한 γ 로 인해 우수한 인장 강도와 균일한 연신율을 나타냅니다. γ' 석출물은 전자빔의 투과 깊이가 증가함에 따라 충분한 열 전달로 인해 깊고 좁은 용융 풀에서 쉽게 성장합니다. 그러나 γ'' 석출물의 성장은 얇고 넓은 용융 풀에서 제한되었으며, 얇고 넓은 용융 풀은 단결정형 미세 구조와 BD에 평행한 강한 $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ 집합조직을 생성했습니다. 따라서 EB 전류에 의해 결정되는 용융 풀의 형태는 단결정 미세 구조와 γ'' 석출의 성장에 중요한 역할을 합니다.

Keywords: EB-PBF, EB current, Melt pool, Microstructure, single-crystal-like microstructure

1. 한국생산기술연구원, 신사업부품화연구부문, 포덕

2. 창원대학교, 소재융합시스템공학과, 대학원생

3. 창원대학교, 소재융합시스템공학과, 교수

한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 수석연구원, E-mail: leebbs@kitech.re.kr

L-PBF로 제작한 Haynes230소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 HIP 공정의 영향

이해진¹·김다혜²·성지현²·안국기³·김균섭³·이병수[#]

Effect of HIP Process on Microstructures and Mechanical Property of Haynes230 fabricated by Laser-Powder Bed Fusion

H. Lee¹, D.-H. Kim², J.-H. Sung², K. Ahn³, G. Kim³, B. Lee[#]

Abstract

L-PBF 공정은 금속분말을 $10^4 \sim 10^6$ K/s 로 냉각하기 때문에 잔류응력의 형성을 피할 수 없으며 특히 Lack-of-fusion, Gas-entrapped-pore, 및 keyhole 등 다양한 결함들로 인해 요구되는 물성을 만족시키기 힘들다. 따라서, Additive manufacturing (AM) 으로 제조한 부품들은 대부분 Hot isostatic pressing (HIP) 공정으로 통해 상 대밀도를 개선시키고 요구되는 기계적 물성을 회복한다. HIP 공정은 고온에서 등방 가압하여 금속 구조체 내부에 형성되는 있는 결함을 제거하기 위해 많이 사용되고 있으며 Haynes230 합금은 1100 °C에서 4시간 유지 후 노냉하는 방법이 대표적으로 알려져 있다. 최근 HIP 공정 후에도 내부에 잔류된 Pore들이 고온에서 Pore들이 진화하여 더욱 조대한 pore로 발달된다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 Ni 기 초합금소재를 L-PBF로 제작하였으며 이후 HIP 공정을 수행하였다. HIP 공정 시 온도와 시간을 다양하게 하여 시험편을 제작하였음 상온 및 고온 인장시험을 통해 기계적 물성을 확인하였다. 또한, 적층방향 (build direction)과 수직 한 방향과 수평한 방향으로 제작하여 미세조직적 차이를 확인하였다. 고온 인장시험은 1093°C에서 $1.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 의 strain rate로 수행하였다. 인장시험 결과와 미세조직과의 상관관계를 분석하였다.

Keywords: L-PBF, Ni-based superalloy, Hot isostatic pressing, Recrystallization, MC

1. 한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 연구원

2. 한국생산기술연구원, 모빌리티부품그룹, 수석연구원

3. 휴니드테크놀로지스, 과장

한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 수석연구원, E-mail: leebbs@kitech.re.kr

L-PBF로 제작한 Haynes230소재의 미세조직과 기계적 물성에 미치는 Barrel 연마의 영향

이해진¹·김다혜²·성지현²·안국기³·김균섭³·이병수[#]

Effect of Barrel Polishing on Microstructures and Mechanical Property of Haynes230 fabricated by Laser-Powder Bed Fusion

H. Lee¹, D.-H. Kim², J.-H. Sung², K. Ahn³, G. Kim³, B. Lee[#]

Abstract

L-PBF로 제작된 소재 및 부품은 10 μmRa 의 거친 표면조도를 가지고 있기 때문에 주조재 및 가공재에 비교하여 상대적으로 낮은 기계적 물성을 가지고 있다. 표면조도 문제를 개선하기 위해 다양한 연구들이 제시되었으나 상용적인 방법으로 적용된 사례는 전무하다. Barrel 연마는 세라믹 Media를 이용하여 소재 및 부품과 함께 교반하여 표면조도를 개선하는 방법으로 Media 크기에 따라 경면의 표면조도를 갖는 소재 및 부품 제작이 가능하다. 그러나, Barrel 연마법은 L-PBF에 적용된 사례가 없으며 대부분 Micro-blasting 법을 활용하여 제작하고 있다. 본 연구에서는 L-PBF로 제작한 Ni기 부품을 이용하여 Barrel 연마를 진행하였으며 기계적 물성과 미세조직 변화를 분석하였다. 부품의 형상학적 차이를 위해 Round type 과 Plat type으로 제작하였으며 Barrel 연마를 위해 Media 크기를 10 μm , 5 μm , 2 μm 으로 각 1 시간 적용하였으며 각 단계별로 형상학적 변화를 확인하기 위해 3D scanner를 이용하였다. 또한, 표면 조도를 측정하였으며 표면에서 내부까지 미소경도를 측정하였다. 미세조직 분석을 위해 EBSD를 이용하였으며 압축시험편을 제작하여 압축 항복 강도를 측정하였다. 더욱이, 표면두께 감소로 인한 무게 변화를 확인하기 위해 각 단계별로 무게를 측정하였다.

Keywords: L-PBF, Ni-based superalloy, Hot isostatic pressing, Recrystallization, MC

1. 한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 연구원

2. 한국생산기술연구원, 모빌리티부품그룹, 수석연구원

3. 휴니트테크놀로지스, 과장

한국생산기술연구원, 기능성소재부품그룹, 수석연구원, E-mail: leebs@kitech.re.kr

IN706 합금의 용체화 시간에 따른 미세조직 및 물성변화

강호성¹, 김효건², 성예찬³, 김정기^{#4}

Microstructure and Mechanical Properties of Inconel 706 Alloy as a Function of annealing Time

H. S. Kang¹, H. G. Kim², Y. C. Sung³, J. G. Kim^{#4}

Abstract

Inconel 706 합금은 대표적인 석출강화형 합금으로 시효 열처리 동안 석출된 주 강화상인 γ' , γ'' 에 의해 전위의 거동이 방해되어 우수한 강도를 갖는 것으로 알려져 있다. 그러나, 장기간 사용 후 재열처리가 되었을 때의 미세조직 및 물성변화에 대한 연구는 아직까지 미진한 실정이다. 이에 본 연구에서는 재열처리 중 용체화 시간에 따른 Inconel 706 단조재의 미세조직과 기계적 특성변화를 정량화하였다. 결과적으로, 1시간 재열처리 시편에서는 가장 높은 인장강도를 나타내었으며(RT: 1225.9 ± 9.1 MPa, HT: 1091.1 ± 11.0 MPa), 2시간 재열처리 시편에서는 가장 낮은 인장강도를 보였다(RT: 1077.5 ± 8.6 MPa, HT: 861.5 ± 13.4 MPa). 미세조직 분석 결과, 재열처리 시간이 길어짐에 따라 고온 노출에 의한 η 상 용해에 따른 분율 감소를 관찰할 수 있었고, 그와 동시에 ($\gamma' \rightarrow \eta$) 상변태가 발생하여 결정립계와 유사한 형상을 띄는 것을 확인했다. 본 결과를 통해, η 상 용해에 따른 주변부 원소 과포화 및 석출상 성장에 따른 형상과 분율의 차이가 상온과 고온 인장특성에 차이를 가져왔음을 확인했으며, 이와 연계하여 재열처리 후 물성과 미세조직 사이의 상관관계에 대해 논하고자 한다.

Keywords: Inconel706, Heat treatment, Microstructure, Mechanical properties

1. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 석사과정

2. 한양대학교 신소재공학과, 박사과정

3. 경상국립대학교 나노신소재공학부, 학사과정

4. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 부교수

교신저자: 경상국립대학교 나노신소재융합공학과 부교수, junggi91@gnu.ac.kr

하모닉 감속기 소재 AISI 4340 steel 의 shot-peening 공정 시간에 따른 기계적 특성

정영훈¹, 김범준², 김효건³, 김성환⁴, 백민재⁵, 이석규⁶, 신상윤⁷, 이동준⁸,
최인철⁹, 김정기^{10#}

Shot-peening time effect on mechanical properties of AISI 4340 steel for harmonic drive

Y. H. Jung, B. J. Kim, H. G. Kim, S. H. Kim, M. J. Baek, S. Y. Shin, S. G. Lee, D. J. Lee,
I. C. Choi, J. G. Kim

Abstract

기계적 특성을 강화시키기 위해 사용되는 표면처리의 공정 변수는 공정 종류와 재료의 종류에 따라 값이 달라진다. 이에 본 연구에서는 AISI 4340 steel의 부족한 공정 최적화에 대해 연구하고자 재료의 쇼트 피닝(shot-peening) 시간에 따른 미세조직 및 기계적 특성을 분석하였다. 인장시험 결과, 공정 시간이 증가할수록 강도가 증가하였으나, 피닝 처리되지 않은 조건에서 가장 높은 기계적 강도를 보였다. 이는 피닝에 의한 변형 과정에서 발생하는 전단 변형에 의해 표면의 탄화물이 분해되어 기계적 강도가 감소하는 것으로 확인되었다. 다만, 공정시간이 증가할 경우 탄화물 분해가 일어남에도 충분한 전단 변형이 전달되어 표면에 결정립 미세화와 GND(Geometrically necessary dislocation)가 증가하게 되면서 강도 향상이 이루어지는 것으로 확인되었다. 또한, LUR 시험을 통해 증가 원인을 확인할 수 있었는데, 공정 시간이 증가할수록 Back-stress 강화 효과가 증가해 연성과 강도 증가 결과에 영향을 주는 것으로 나타났다. 상기 결과들을 통해 AISI 4340 steel의 기계적 특성을 쇼트 피닝 공정시간에 따라 조절 가능성을 확인하였다.

Keywords: shot-peening, AISI 4340 steel, Mechanical Property, back-stress hardening

1. 경상국립대학교, 나노신소재융합공학과, 석사과정
2. ㈜갯테크, 연구개발팀, 연구원
3. 한양대학교, 신소재공학과, 박사과정
4. 금오공과대학교, 신소재공학과, 석사과정
5. 한국재료연구원, 연구원
6. 포항산업과학연구원, 수석연구원
7. 에스비테크, 수석연구원
8. 한국재료연구원, 선임연구원
9. 금오공과대학교, 신소재공학과, 교수
10. 경상국립대학교, 나노신소재융합공학과, 부교수

교신저자: 경상국립대학교, 나노신소재융합공학과, Email: junggi91@gnu.ac.kr

Wire arc additive manufacturing 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 고온 내산화 특성

김수빈¹, 감동혁², 이기안[#]

High-temperature oxidation resistance properties of Ti-6Al-4V alloy manufactured by wire arc additive manufacturing

S. B. Kim, D.H. Kam, K. A. Lee

Abstract

Wire arc additive manufacturing(WAAM)은 높은 증착 속도, 최소한의 재료 낭비, Ti 합금을 포함한 광범위한 재료에 대한 적합성과 같이 다양한 이점을 제공하여 우수한 특성을 지닌 소재를 제조하는 유망한 기술이다. 본 연구에서는 WAAM을 이용하여 Ti-6Al-4V 합금을 제조하고 고온 내산화 특성을 평가하였다. 고온 내산화 특성 평가를 위해 24시간 동안 700, 800, 900 및 1000°C의 온도에서 열중량 분석(Thermal Gravimetric Analysis, TGA)을 진행하였다. 그 결과, 온도 증가에 따라 WAAM built Ti-6Al-4V 합금은 1.64, 10.62, 24.84 및 45.66 mg/cm²의 중량증가를 나타냈다. 산화 표면을 관찰한 결과 주로 Ti와 Al으로 구성된 산화물이 생성되었고 산화 단면을 관찰한 결과 이들 산화물이 교대로 층을 이루는 형태를 보였다. 상기 결과를 바탕으로 WAAM으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금의 고온 산화 기구와 내산화성 향상 방안에 대해 토의하고자 하였다.

Keywords: Wire Arc Additive Manufacturing, Ti-6Al-4V, High-temperature Oxidation; Microstructure, Oxidation Mechanism

1. 인하대학교 신소재공학과, 대학원생
2. 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 수석연구원
인하대학교, 신소재공학과, 교수, E-mail: keeahn@inha.ac.kr

Laser Powder Bed Fusion 공정을 이용한 SA508 Gr.3 Steel의 제조 및 그 미세조직과 기계적 특성에 미치는 공정 변수 영향

황원구¹, 류호진², 이기안[#]

Manufacturing of SA508 Gr.3 Steel using the Laser Powder Bed Fusion process and the influence of process variables on its microstructure and mechanical properties

Yuanjiu Huang¹, H. J. Ryu², K. A. Lee[#]

Abstract

SA508 Gr.3 Mn-Mo-Ni 저합금강은 우수한 용접성, 낮은 충격 인성, 중성자 조사 취성의 저항성 및 적절한 인장 물성을 가지기 때문에 현재 원자로 압력용기, 기압기, 증기발생기 등에 사용되고 있다. 그러나 원자로 압력용기 업그레이드로 인해 복잡한 구조 부품을 신속하게 제조하는 것이 요구되고 있으며, 이는 기존 제조 공정으로의 적용이 어려운 실정이다. 한편 AM(additive manufacturing)은 CAD model을 기반으로 layer-by-layer로 부품을 제조하는 공정으로 형상학적 자유도가 높아 복잡한 형상을 가지는 부품을 near-net shape로 제조 가능하다. AM 공정들 중 Laser Powder Bed Fusion (LPBF) 공정은 정밀 부품 제조 및 위상 최적화가 가능하여 금속 분야에서 널리 사용하는 AM 공정이다. 본 연구에서는 Laser Powder Bed Fusion 공정 변수 중 해치 간격(Hatch distance)을 0.04mm, 0.06mm로 제어하여 (각각 LPBF-0.04, LPBF-0.06으로 명명) SA508 Gr.3 Steel을 적층 제조하였으며, 미세조직과 기계적 특성에 미치는 Hatch distance의 영향에 대해 비교 분석하였다. 2 종류의 LPBF 적층 제조 시험편 기공율 OM (Optical microscope) 측정 결과, LPBF-0.04: $0.63 \pm 0.28\%$, LPBF-0.06: $0.29 \pm 0.07\%$ 로 측정되어 해치 간격이 증가하면 기공율이 감소하여 밀도가 증가하였다. 초기 미세조직을 EBSD(electron backscatter diffraction)으로 분석한 결과, Lath martensite 99%이상으로 존재하고 있었으며, 해치 간격이 증가하면 결정립 크기가 증가하는 것으로 관찰되었다. 한편, 기계적 특성을 조사하기 위해 초기 변형률 10^{-3} s^{-1} 조건으로 인장 시험한 결과, LPBF-0.04의 항복 강도는 0.82 GPa, 최대 인장 강도는 1.1 GPa, 연신율을 5.6 %로 얻어졌으며, LPBF-0.06의 항복 강도는 0.78 GPa, 최대 인장 강도 1.07 GPa, 연신율은 10.1%로 측정되었다. 이는 해치 간격에 의해서 기공의 분율과 미세조직의 크기에 기인한 결과로 사료된다. 상기 결과들을 바탕으로 Laser Powder Bed Fusion 공정을 이용한 SA508 Gr.3 Steel의 제조 가능성 및 그 응용 가능성에 대하여 함께 고찰하였다.

Keyword: Additive manufacturing, Laser Powder Bed Fusion, SA508 Gr.3 Steel, Hatch distance, Mechanical Property

1. 인하대학교 신소재공학과, 대학원생
2. 한국과학기술원(KAIST) 원자력 및 양자공학과, 교수
교신저자: 인하대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: keeahn@inha.ac.kr

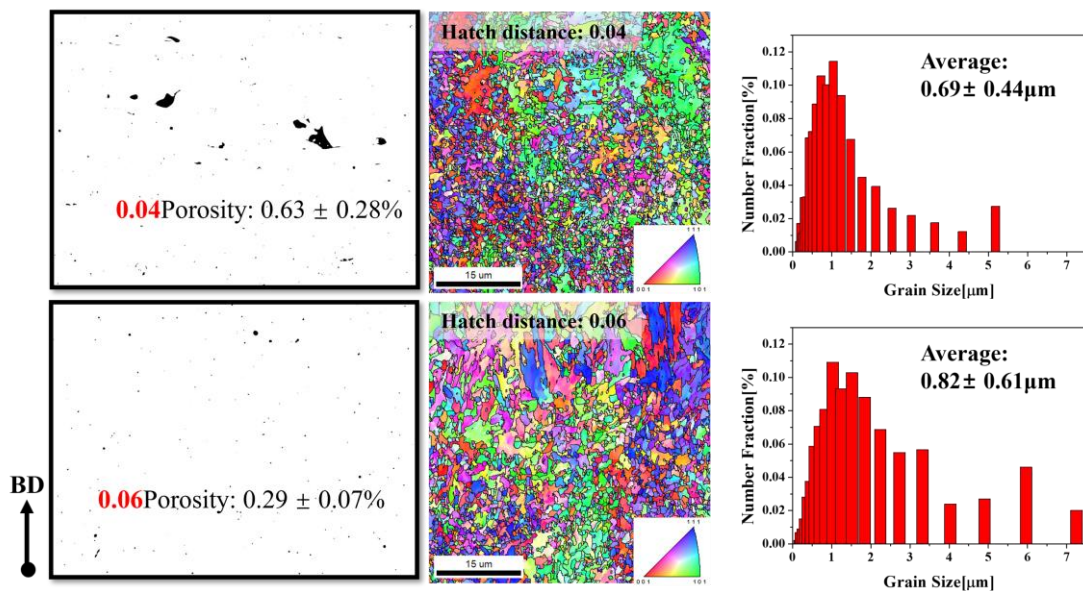


Fig. 1 Microstructure observation results (OM, EBSD) of the 0.04 and 0.06 specimens

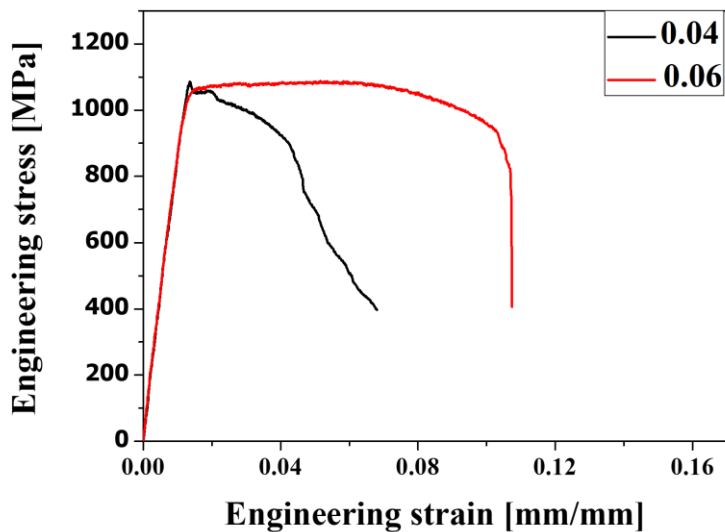


Fig. 2 The tensile stress-strain curves of the as-printed specimens with different Hatch distance

초고강도강 적용 차체부품 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형기술 개발

남성우^{1#} · 이상구¹ · 이정흠¹ · 김대인¹ · 김종윤¹

Development of real-time intelligent mold control press forming technology fir car body parts using ultra-high strength steel

S. W. NAM, S.G. Lee, J. H. LEE, D. I. KIM, J. Y. KIM

Abstract

친환경차의 구조강성 및 배터리 안전과 경량화 요구특성 만족을 위하여 최근 기가급 초고강도강 적용 비율이 급격히 증가하고 있으며, 글로벌 완성차의 경우 조립안정성을 이유로 제품의 치수공차를 더욱더 강화하고 있어 기가급 초고강도강 적용에 따른 형상 동결성 확보가 매우 필요한 실정이다.

본 연구에서는 프레스 성형공정에 센서 및 머신러닝 기술을 적용하여 투입되는 소재의 물성에 따른 최상의 균일한 성형품질을 확보하기 위한 최적공정 조건을 예측하고 이를 금형의 구동제어로 구현하는 성형기술을 개발하였다.

본 연구는 글로벌주력산업품질대응뿌리기술개발사업(글로벌 시장 진출을 위한 1.5GPa급 초고강도강 및 경량합금 친환경차 충돌안전 부품의 품질편차 저감을 위한 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형기술개발, 과제번호 20018447)의 재원으로 사업 지원을 받아 수행되었습니다.

Keywords: Giga steel, Control press forming, Real-time intelligent

1. 대우공업(주) 기술연구소

대우공업(주) 기술연구소, 신기술팀, 부장, namsw@daewoindustry.com

알루미늄 배터리팩 케이스의 측면 충돌해석 연구

김대인^{1#}, 남성우¹, 이정흠¹, 김종윤¹, 이상구¹

A Study on Side Crash Analysis of AL BatteryPack Case

D. I. KIM, S. W. NAM, J. H. LEE, J. Y. KIM

Abstract

전기자동차 시장이 보여준 지속적인 성장은 가파른 성장세를 보여주고 있으며, 각 국의 완성차사들은 소비자들의 니즈를 충족시키기 위한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 EV의 배터리팩은 안전성능과도 관련성이 높으며, 전기자동차의 안전성능 요구 수준이 높아짐에 따라 EV시장은 배터리팩의 경량화를 포함한 높은 성능 수준을 요구하고 있다. 본 연구에서는 대표적인 경량 소재인 알루미늄 시트 소재를 적용하여 폴-알루미늄 배터리팩 케이스를 설계하였고, 측면 충돌 성능 수준을 확보하기 위해 측면 부품에 대한 단면 최적화 케이스 연구 및 구조해석으로 최적 단면을 도출하였으며, 최종 단면을 기반으로 부품 최적화 모델링 및 측면 기둥 충돌 해석을 실시하였다. 추후 연구 방향으로는 초고강도 경량 스틸소재를 적용하여 사이드프레임의 최적 단면구조 도출 및 충돌 수준 확보를 위한 배터리팩 케이스를 연구개발할 예정이다.

Keywords: BatteryPack Case, Aluminum sheet, Side Pole Crush, Frame Structure

1. 대우공업(주) 기술연구소

대우공업(주) 기술연구소, 신기술팀, 과장, kimdi2@daewooindustry.com

냉간 신선 시 단면감소율 및 소둔온도가 듀플렉스 스테인리스 스틸 와이어의 기계적 특성에 미치는 영향 연구

곽대영¹, 황슬기², 전재열[#]

A study on the influence of reduction ratio and annealing temperature during cold drawing on DSS mechanical properties

D. Y. Kwak, S. K. Hwang, J. Y. Jeon

Abstract

듀플렉스 스테인리스 스틸(DSS)은 우수한 강도와 연성, 내식성으로 인해 해양 산업 및 석유 화학 산업과 같이 고강도 및 높은 내식성이 요구되는 가혹한 환경에서 신선 공정을 통해 선재나 스프링 형태로 가공되어 사용되고 있다. 이때 DSS 선재의 기계적 특성 중 인장강도는 신선 공정 중 형성되는 변형 유기 마르텐사이트 분율에 따라 증가하게 된다. 이에 본 연구에서는 DSS 선재의 냉간 신선 시 단면감소율 및 소둔온도를 달리하여 인장강도에 영향을 미치는 변형 유기 마르텐사이트 분율을 높게 확보하여 최적의 냉간 신선 조건을 확보하고자 하였다.

냉간 신선은 지름 5.5 mm UNS No. S32205 등급의 DSS 선재를 지름 0.9 mm까지 총 2회 신선하였다. 1차 신선은 가공율 81 %, 66 %로 각각 달리하여 지름 2.4 mm, 3.2 mm까지 실시하였으며 1차 신선 후 각각의 냉간 신선재를 1100 °C, 1000 °C 두 조건으로 나누어 소둔을 실시하였다. 소둔한 냉간 신선재를 가공율 86 %, 92 %로 각각 달리하여 지름 0.9 mm까지 2차 신선을 실시하였다. 지름 5.5 mm DSS 선재 원소재 및 각 신선 차수별 신선재의 상분율 및 미세조직은 EBSD를 통해 분석하였고, 인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하였다.

신선 전 지름 5.5 mm 원소재의 페라이트(α), 오스테나이트(γ) 분율은 각각 약 50.1 %, 49.9 %로 α 와 γ 가 비슷한 비율로 구성되어 있다. 1차 신선 후 지름 2.4 mm 1차 신선재의 상분율 분석 결과 α , γ , 마르텐사이트(α') 분율은 각각 약 49.3 %, 26.6 %, 24.1 %이고, 지름 3.2 mm 1차 신선재의 α , γ , α' 분율은 각각 약 50.1 %, 33.3 %, 16.6 %이다. 이는 신선으로 인해 γ 가 감소하면서 α' 이 형성되며 신선 가공율이 높을수록 α' 분율이 증가하는 것을 알 수 있다.

지름 2.4 mm 1차 신선재를 각각 1100 °C, 1000 °C에서 소둔한 결과, α , γ 분율 및 인장강도는 각각 약 46.0 %, 54.0 %, 936 N/mm² 및 45.2 %, 약 54.8 %, 976 N/mm²이며, 지름 3.2 mm 1차 신선재의 경우 각각 1100 °C, 1000 °C에서 소둔한 결과 α , γ 분율 및 인장강도는 각각 약 48.5 %, 51.5 %, 903 N/mm² 및 약 46.6 %, 53.4 %, 944 N/mm²로 나타났다. 위 모든 조건에서 1100 °C 대비 1000 °C에서 소둔하였을 때 γ 분율 및 인장강도가 더 높게 나타났다.

1차 신선 후 1100 °C에서 소둔한 신선재의 2차 신선 가공율이 86 %인 경우 시편의 α , γ , α' 분

을 및 인장강도는 각각 약 46.1 %, 12.3 %, 41.6 % 및 1,924 N/mm²이며 2차 신선 가공율이 92 %인 경우 시편의 α , γ , α' 분율 및 인장강도는 각각 약 48.2 %, 6.2 %, 45.6 %, 2,114 N/mm²로 분석되었다. 1차 신선 후 1000 °C에서 소둔한 신선재의 2차 신선 가공율이 86 %인 경우 시편의 α , γ , α' 분율 및 인장강도는 각각 약 45.4 %, 11.9 %, 42.7 % 및 1,998 N/mm²이며, 2차 신선 가공율이 92 %인 경우 시편의 α , γ , α' 분율 및 인장강도는 각각 약 46.8 %, 5.8 %, 47.4 % 및 2,145 N/mm²로 분석되었다.

본 실험 결과 UNS No. S32205 등급의 DSS 선재의 경우 적정 신선 가공율 및 소둔 온도에서 1차 신선하여 γ 분율을 증대시킨 후 보다 높은 신선 가공율로 2차 신선 시 강도에 영향을 미치는 변형 유기 마르텐사이트 분율이 증대되어 보다 우수한 기계적 특성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

Keywords: Duplex stainless steel, Drawing, Strain-induced martensite, Annealing, Microstructure

1. 한국생산기술연구원, 학생연구원

2. DSR(☞), 매니저

교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원, E-mail: jyjeon0156@kitech.re.kr

연료전지 금속분리판 성형품질 확보를 위한 수치해석 기반 다단 드로잉 성형공정 설계

배기현^{1#}, 김호영², 송정환¹, 김규래²

Numerical Study on the Multi-stage Drawing Process Design of the Metallic Bipolar Plate for Fuel Cell

G. H. Bae, H. Y. Kim, J. H. Song, G. R. Kim

Abstract

최근 수소연료전지의 성능 향상을 위하여 금속분리판 유로 채널의 깊이가 깊어짐과 동시에 피치가 짧아지는 추세이다. 따라서 이와 같은 난형상 금속분리판의 성형성 및 평탄도 동시 확보가 가능한 최적 성형공법이 요구되고 있다. 본 논문에서는 난형상을 갖는 연료전지 금속분리판의 성형품질 확보를 위하여 수치해석 기법을 이용한 최적 성형공법을 제시한다. 수치해석을 위하여 SUS316L 0.8t 소재의 인장시험 및 성형한계시험을 수행하고 물성데이터를 확보하였다. 성형성 확보를 위하여 등가 단면모형을 구성하고 2단 성형공정을 최적화하여 최적 단면 형상을 도출하였다. 이를 바탕으로 금속분리판 전체 모델을 구성하고 성형성을 검증하였다. 금속분리판의 평탄도 확보 및 제어를 위하여 2단 드로잉 성형공법을 적용하였으며, 드로잉 공정별 가압력에 따른 평탄도 변화를 분석하였다. 최종적으로 금속분리판 성형품질 확보를 위한 최적 다단 성형공정 설계안을 제시한다.

Keywords: Numerical Analysis, Fuel Cell, Metallic Bipolar Plate, Multi-stage Forming

Acknowledgements

본 논문은 산업통상자원부 기계장비산업기술개발사업 “프레스 성형품질 제어를 위한 다점 수치제어 다 이쿠션 및 공정 모니터링모듈개발(2018327)”과제의 지원으로 수행된 결과임.

-
- 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소 유연생산연구부, 수석연구원
 - 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 유연생산연구부, 박사후연구원
 - (주)아산 기술연구소 R&D팀, 책임연구원
- # 한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소, 수석연구원, E-mail: baegh@kitech.re.kr

강소성 및 탄소성 유한요소법에 의한 자동차 휠너트 단조 공정의 정밀 단조 시뮬레이션

누르히다야 압둘 하미드¹, 정완진², 전만수[#]

Precision forging simulation of an automobile wheel nut using rigid-plastic and elastoplastic finite element methods

N. A. Hamid, W. J. Chung, M. S. Joun

Abstract

Numerical or mechanical volume changes, etc. during precision forging simulation are tracked and compared using rigid-plastic and elastoplastic finite element methods to verify the numerical accuracy of the results of the cold forging process of automobile wheel nuts. This study focuses on quantitatively analyzing the volume change, which is directly related to the numerical inaccuracy of the analysis results, along with flow information and friction information. The results will provide inspiration to engineers in verifying the analysis results.

Keywords: Precision forging simulation (정밀 단조 시뮬레이션), Volume change (부피변화), Rigid plastic (강소성), Elastoplastic (탄소성)

1. 서론

단조 시뮬레이션의 결과를 좌우하는 요소는 수치적 부피변화, 유동정보, 마찰조건 등이며, 수치적 부피변화의 영향은 지대하다. 수치적 부피변화는 주로 요소망재수성에 영향을 받으며, 소재의 금형 침투 처리기법, 스텝사이즈(step size) 등도 무시할 수 없다. 이 연구에서는 정밀 단조 시뮬레이션의 필수조건인 수치적 부피변화에 관하여 고찰한다.

2. 본론

Fig. 1은 해석 대상으로 삼은 자동차 휠너트의 냉간단조 공정[1]의 최종 스트로크에서의 탄소성 유한요소 예측결과이다. Fig. 2는 탄소성 및 강소성 유한요소해석 과정에서 부피의 변화 이력을 나타내고 있다.

3. 결론

이 연구에서 조사한 부피변화 이력은 강소성에서는 이론치 0%에 근접한 0.09%로 나타났고, 탄소성에서는 이론값 0.68% 근접하는 0.64%의 부피변화가 발생하였다.

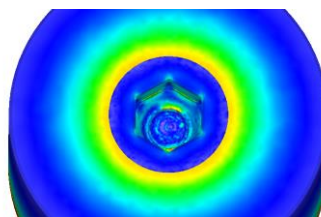


Fig. 1 Elastoplastic FE prediction at final stroke

1. 경상국립대학교 기계공학부, 대학원생

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, 교수

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

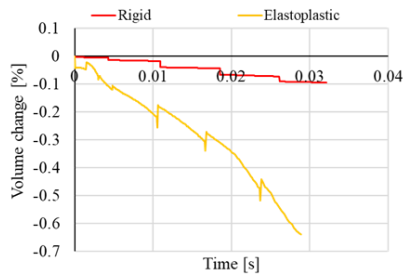


Fig. 2 Volume change during forging simulation

사사

본 연구는 산업통상자원부의 산업소재핵심 기술개발-첨단뿌리기술(20003950)과 에너지인력양성사업 (2021400000 0520)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] J. B. Byun, N. A. Hamid, G. S. Cho, W. J. Chung, S. M. Kang, K. H. Lee, M. S. Joun (2024) Effect of shearing on production stability and die life in automatic multi-stage cold forging of an automobile wheel nut. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 131(1), 329-341.

마찰전기 나노발전기 대량생산을 위한 마이크로구조를 갖는 열가소성 불소수지의 사출성형

이종현¹, 라윤상², 최동휘³, 차경제[#]

Injection molding of thermoplastic fluoropolymer with microstructure for mass production of triboelectric nanogenerators

J. H. Lee, Y. S. Ra, D. H. Choi, K. J. Cha

Abstract

최근 마찰전기 나노발전기(triboelectric nanogenerators)는 주변에서 쉽게 얻을 수 있는 미세한 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 유망한 기술로 주목받고 있다. 또한, 연질 불소중합체 플라스틱 표면의 구조를 조절하여 마찰전기 나노발전기의 전기 생성 효율을 높일 수 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 불소중합체 접촉층 표면의 마모로 인해 수명이 짧은 문제가 있어 상용화에 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 퍼플루오로알콕시 알칸(PFA)수지를 이용하여 마이크로구조의 패턴을 사출성형하기 위한 미세금형을 제작하고 실험계획법을 활용하여 성형성을 향상시킬 수 있는 성형조건을 최적화하였다. 이를 통해 쉽게 교체할 수 있고 재활용할 수 있는 연질 불소중합체 접촉층을 구현할 수 있었다.

Keywords: Microstructure, Fluoropolymer, Injection molding, Triboelectric nanogenerators

1. 구미전자정보기술원, 스마트제조혁신사업단, 선임연구원

2. 경희대학교, 기계공학과, 박사후연구원

3. 경희대학교, 기계공학과, 조교수

#. 한국생산기술연구원, 모빌리티부품그룹, 수석연구원 E-mail: kjcha@kitech.re.kr

금형 수명을 고려한 너트-파이프의 자동다단냉간단조 공정설계의 개선

정승원¹, 김수민², 이충열², 전만수[#]

Improvement of Process Design in Automatic Multistage Cold Forging of a Nut-Pipe

S. W. Jeong, S. M. Kim, C. Y. Lee, M. S. Joun

Abstract

In this study, an automatic multistage cold forging process for a nut-pipe was simulated focusing on the die structural analysis. The process design modifications with numerical verification are conducted to increase the life-span of the ejector pin, which experiences large stress during forging.

Keywords: Assembled die structural analysis, Automatic Multi-Stage Cold Forging, Nut-pipe

1. 서론

정밀단조 기술이 발전함에 따라 엔지니어들의 단조 시뮬레이션 정밀도와 고급 기능을 요구하고 있다. 열박음 및 소재-금형 연계 해석 기술을 활용하여 너트-파이프 공정에 대한 연구가 진행되었으며[1] 4단 이젝트 핀에 작용하는 높은 응력을 저감시키는 연구를 소개한다.

2. 열박음을 고려한 조립금형 구조해석

그림 1은 열박음을 고려한 조립금형의 구조해석을 통해 예측된 금형의 응력이다. 4단 종료 순간의 해석결과이며, 기존 공정은 이젝트 핀에 최대 4700 MPa 유효응력이 작용하였으며 개선 후 약 20%의 응력이 저하되었다.

3. 결론

이 연구는 조립금형구조해석 분석을 통한 공정 개선 및 결과의 타당성을 검증하였다.

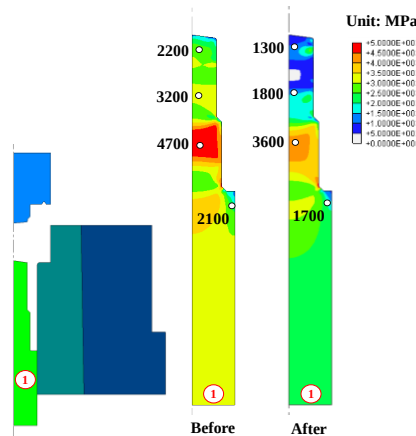


Fig. 1 Assembled die structural analysis

후 기

이 논문은 2022년 중소기업 네트워크형 기술개발사업(과제번호: S3313237)의 결과임.

참고문헌

- [1] S. W. Jeong, H. D. Kim, S. M. Kim, M. S. Joun, Assembled die structural analysis considering the shrink fit during automatic multi-stage cold forging of a nut-pipe. 2023, KSTP Autumn conference.

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소

2. ㈜중원산업

교신저자: 경상대학교 기계공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

비틀림 유연성 향상을 위한 3차원 카이럴 메타 구조물의 최적설계

지민정¹, 박근^{2, #}

Optimal Design of 3D Chiral Meta-structure for Improvement of Torsion Compliance

Minjung Ji, Keun Park

Abstract

카이럴(Chiral) 구조는 음의 푸아송비를 가지는 기계적 메타물질의 한 종류로, 3D 카이럴 구조는 수직하중을 가했을 때 축 방향의 회전 거동을 보여주는 것이 특징이다. 본 연구에서는 새로운 3D 카이럴 구조인 감마디온(Gammadion) 구조를 설계하고 설계 파라미터에 따라 유한요소해석(FEM)을 사용하여 압축 방향 하중이 가해질 때 발생하는 비틀림 유연성에 대해 연구하였다. 특히 새로운 감마디온의 구조는 다른 3D 카이럴 구조에 비하여 단위 반력당 비틀림각으로 정의된 우수한 비틀림 유연성을 가짐을 입증하였다. 감마디온 구조의 설계 파라미터 중 단위 셀의 높이, 축 방향 개수, 스트럿의 직경에 대하여 유한요소해석을 수행하였다. 구조의 세장비(Slenderness ratio)를 변화시킬 때 구조의 성능을 위해 단위 셀의 높이를 변화시키는 방식보다 축 방향 레이어의 개수를 증가시키는 방식이 효과적임을 확인하였다. 또한 반응표면분석을 사용하여 구조의 세장비와 스트럿 직경에 대하여 회귀모델을 도출하였다. 이러한 카이럴 구조는 DLP(Digital Light Processing) 광조형 프린팅 기술을 이용하여 비교적 강성이 우수하고, 신장률이 높은 CUKT05B 소재를 사용하여 제작하였고, 회전-비틀림 거동 양상을 검증하기 위해 실험을 수행하여 해석 결과와 비교하였다.

Keywords: Mechanical metamaterial, 3D Chiral, Additive manufacturing, Digital light processing (DLP), Finite element analysis, Compression-torsion coupling

Acknowledgements

This research was financially supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea (Grant number: 2022R1A4A1032030).

- 서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과, 석사과정
 - 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, 교수
- # 서울과학기술대학교, 기계시스템디자인공학과, 교수, E-mail: kpark@seoultech.ac.kr

고온질화처리가 304L 스테인리스강의 기계적 물성에 미치는 영향

권영제¹, 강지현[#]

Effect of high temperature solution nitriding on the mechanical properties of STS 304L

Young-Je Kwon, Jee-Hyun Kang

Abstract

304L 스테인리스강은 식품 가공, 압력 용기, 열교환기 등에 두루 사용되는 소재로서 내열성, 내식성, 가공성 및 용접성이 우수하다. 최근 탄소중립 정책과 수소에너지의 부상으로, 내수소취성이 뛰어난 오스테나이트계 스테인리스강의 수소 저장 및 이송 배관 및 부품으로의 활용 가능성이 주목받고 있다. 304L 스테인리스강의 경우 316L에 비해 강도는 우수하지만 변형 시 생성되는 마르텐사이트로 인해 수소취성에 취약하다. 오스테나이트계 스테인리스강에 질소를 첨가하면 효과적으로 항복강도, 인장강도, 내식성을 향상시키고 오스테나이트의 안정도를 높일 수 있어 내수소취성을 갖는 고강도 합금을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 두께가 0.8 mm인 304L 스테인리스강에 고온질화처리 (High Temperature Solution Nitriding) 를 적용하여 이에 의한 미세조직, 경도 인장 물성 변화를 분석하였다. 1200°C에서 3시간 동안 고온질화처리를 실시했을 때, 결정립이 조대화 되었으나 고용된 질소에 의해 항복강도와 인장강도는 모두 120 MPa, 경도는 40HV0.050 증가함을 확인하였다.

Keywords: Austenitic Stainless Steel, Nitriding, Nitrogen, Hardness, Tensile properties, Austenite stability

1. 영남대학교 대학원 신소재공학과, 대학원생

교신저자 : 영남대학교 신소재공학부, 조교수, jeekang@yu.ac.kr

연료전지 분리판용 Ti 판재의 기계적 성질

추민서¹ · 신흥철² · 하태권[#]

Mechanical Properties of Ti Strip for Separator of Fuel Cell

M. S. Choo, H. C. Shin, T. K. Ha

Abstract

A series of cold rolling has been conducted on Ti strips of Gr. 1 to reduce the thickness from 0.5 mm to 0.1 mm, which is required to be applied for separators in fuel cells. Heat treatment was successively carried out on the cold rolled strips at temperatures ranging from 680 to 750°C for various durations from 1.6 to 30 min to obtain an optimum microstructure for the forming process of separator. Very small grain size of 5 μm and high elongation over 30% were obtained by annealing the cold rolled strip at 680°C for 1.6 min. With increasing temperature and duration time of annealing treatment, grain size appeared to increase and elongation to decrease. Strain rate effect on the mechanical properties of Ti strip was negligible under 10^{-3} s^{-1} .

Keywords: Ti Strip, Cold Rolling, Tensile Test, Elongation, Anisotropy

1. 서론

연료전지 분리판은 수소전기차 연료시스템 중 연료전지스택의 핵심부품이다. 이것은 수소저장 장치를 제외하고 연료전지시스템 전체 무게의 약 50%를 차지한다. 현재 국내외 전기차 시장의 급속한 성장과 함께 상용 수송 수단에서의 Ti 분리판에 대한 수요는 지속적으로 증대될 전망이다. 이와 함께 차량의 동력성능 및 연비향상을 위해 연료전지 stack의 고성능화 및 경량화 필요성도 대두되고 있으므로 우수한 가공성, 기계적 강도, 전기 전도성 및 내식성 등의 성능이 요구되고 있다. 본 연구에서는 이러한 요구조건을 만족할 수 있는 Ti 극박재를 냉간압연을 통해 제조하고 미세조직과 기계적 특성을 평가하였다.

1. 강릉원주대학교 신소재·생명화학공학과, 학부생

2. 포항산업과학연구원, 수석연구원

강릉원주대학교 신소재·생명화학공학과, 교수, E-mail: tkha@gwnu.ac.kr

2. 실험방법

본 연구에 사용된 소재는 CP Ti (Gr-1) 판재로 초기 두께 0.5 mm, 폭 300 mm 였다. 실험용 압연기로 두께 0.1 mm까지 냉간압연한 후 680~750°C 온도범위에서 1.6 ~ 30분간 열처리 하여 미세조직을 관찰하고 인장시험을 진행하였다. 인장시험의 경우 변형률 속도의 영향을 규명하기 위하여 10^{-1} 에서 10^{-4} s^{-1} 범위에서 진행하였다. 소성 이방성을 평가하기 위하여 판재의 압연방향 (R) 및 폭방향(T)으로 시편을 가공하였고, 규격은 ASTM E345를 따랐다. 열처리 시간에 따른 미세조직의 변화는 광학현미경으로 관찰하였고, R 방향과 T 방향의 연신율과 강도를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

실험실 및 양산 공정 수준에서 냉간압연을 통해 100 μm 두께의 Ti 박판을 성공적으로 얻었다. 이어진 680~750°C 온도범위에서 1.6 ~ 30분간 열처리를 통해 다양한 결정립 크기가 얻어졌는데, 680°C에서 1.6분 처리하여 5.65 μm 의 미세한 결정립 크기를 얻을 수 있었고 온도와 시간이 증가함에 따라 결정립 크기도 증가하는 경향을 보였다. 결정립 크기가 증가함에 따라 압연방향(R) 및 폭방향(T)의 연신율은 모두 감소하는 경향을 보였는데, 연료전지 분리판 성형을 위해 필요한 30% 이상의 연신율을 R 방향과 T 방향에서 동시에 확보하기 위해서는 680°C 온도에서 10 ~ 20분 구간으로 도출할 수 있었다. 변형률 속도가 증가함에 따라 연신율은 감소하는 경향을 보였는데 10^{-2} s^{-1} 이하의 속도에서는 30% 이상을 얻을 수 있었고 10^{-3} s^{-1} 이하에서는 속도가 낮아져도 증가하는 폭이 매우 낮았다.

4. 결론

냉간압연을 통해 두께 100 μm 수준의 연료전지 분리판용 Ti 극박재를 실험실 및 양산 공정으로 생산할 수 있었다. 연료전지 분리판 성형을 위한 조건인 R 및 T 방향에서 동시에 연신율 30% 이상을 얻을 수 있는 열처리 조건을 680°C 온도에서 10 ~ 20분 구간으로 도출하였다.

참고문헌

- [1] S. J. Laine, K. M. Knowles, 2015, {1124} deformation twinning in commercial purity titanium at room temperature, Phil. Mag., Vol. 95, pp. 2153–2166. <https://dx.doi.org/10.1080/14786435.2015.1051157>.

Fe 함유 Al-10Si-Mg 합금의 미세조직, 인장·열전도도에 미치는 용탕 과열 처리 및 T6의 영향

강태훈¹, 장진혁^{1,3}, 어광준², 조영희², 이기안^{1#}

Effect of Superheating Treatment and T6 heat treatment on the tensile properties and thermal conductivity of Fe-bearing Al-10Si-Mg casting alloy

T. H. Kang, J. H. Jang, K. J. Euh, Y. H. Cho, K. A. Lee

Abstract

본 연구에서는 Fe 함유 Al-10Si-0.35Mg 합금 주조 간 용탕에 과열 처리 (superheating treatment)를 적용하여 상반 특성으로 알려진 기계적 특성과 열전도도를 동시에 향상시키고, 그 미세조직 및 인장 특성에 미치는 T6 열처리의 영향에 대해 조사하였다. Fe 함유 Al-10Si-0.35Mg 합금은 중력 주조법으로 이용하여 구리 금형에 주조 되었으며, 용탕 온도를 720℃에서 유지한 720-F 합금, 용탕 과열 처리를 위해 용탕 온도를 820℃ 유지한 820-F 합금으로 구분하였다. T6 열처리를 위해 두 주조재를 535℃에서 1시간 유지시켜 용체화 처리하였으며, 190℃에서 6시간 인공 시효 처리를 통해 T6 열처리를 수행하였다 (720-T6, 820-T6로 명명). 두 T6재의 초기 미세조직 관찰 결과 공정 Si는 각형으로 변화하였고, Si의 분율은 각각 720-T6는 12.49%, 820-T6는 7.7%로 측정되었다. 한편, 720-T6재 및 820-T6재의 모두 AlFeSi계 Fe-rich intermetallic compound가 공통적으로 관찰되었으며, 그 크기를 측정한 결과 820-T6재가 4 μm 720-T6재가 12 μm 로 용탕 과열 처리를 수행함에 따라 미세화 효과가 확인되었다. TEM 관찰 결과 T6 열처리 이후 두 소재 모두 MgSi계 석출물이 관찰되었다. 기계적 특성을 평가하기 위한 상온 인장 시험은 10^{-3} s^{-1} 의 변형률 속도 조건 하에서 수행되었다. 720-T6 합금의 상온 인장 시험 결과 240.2 MPa (YS), 313.3 MPa (UTS) 그리고 7.3 % (EL.)를 나타냈으며, 820-T6 합금은 265.3 MPa(YS), 340.3 MPa(UTS), 8.1 % (EL.)의 상온 인장 특성을 보여 용탕 과열 처리를 적용함에 따라 인장 특성이 향상되었다. 한편, 두 합금의 열전도도는 720-T6재가 162 W/m·K, 820-T6재가 175 W/m·K로 열전도도 또한 용탕 과열 처리 후 증가하였다. 상기 결과들을 기반으로 Fe 함유 Al-10Si-0.35Mg 주조 합금의 기계적 특성과 열전도도에 미치는 용탕 과열 처리 및 T6 열처리의 영향에 대해 고찰하였다.

Keywords: Al-10Si-Mg, Superheating treatment, Tensile property, Thermal conductivity

-
1. 인하대학교 신소재공학과, 박사후연구원
 2. 한국재료연구원 금속재료연구본부 알루미늄 연구실, 책임연구원
 3. ㈜포스코엠텍 포항기술지원센터, 사원
- # 인하대학교, 신소재공학과, 교수, E-mail: keeahn@inha.ac.kr

Laser Powder Bed Fusion 공정으로 제조된 Inconel 718 격자 구조체의 미세조직, 상·고온 기계적 특성

강태훈¹ · Yongho Sohn² · 이기안^{1#}

Microstructure, Room and High Temperature Mechanical properties of Inconel 718 Lattice Structure Manufactured by Laser Powder Bed Fusion Process

T. H. Kang, Yongho Sohn, K. A. Lee

Abstract

본 연구에서는 laser powder bed fusion(LPBF) 공정을 이용하여 Inconel 718을 적층 제조하고 미세조직과 상온 및 650℃ 고온 압축 특성에 대해 조사하였다. 4개의 격자 구조체 (BCC, FCC, BCCZ, FCCZ, 여기서 Z는 적층 방향과 동일한 방향으로 정렬된 strut을 뜻함)를 3mm unit cell 크기로 디자인하였다. 제조된 격자 구조체들에 대해 용체화 처리 및 시효 처리 또한 수행되었다 (SA). 4개 격자구조체의 상대 밀도(relative density)를 측정한 결과 14% ~ 17%의 범위 (bulk density: 8.9g/cm³)를 가지는 것으로 측정되었다. 시효 후 초기 미세조직을 FE-SEM과 그 장비에 부착된 EBSD(electron backscatter diffraction)를 활용하여 분석한 결과 melt pool과 columnar structure 및 γ' , γ'' , δ , 및 탄화물이 확인되었다. 상온 및 650℃ 고온 압축 시험은 변형률 속도 10⁻³/s 조건에서 수행되었다. 압축 응력-변형률 곡선 형태는 전형적인 lattice structure들에서 나타나는 elastic-plateau-densification의 3 단계로 구분되는 형태를 나타냈다. 특징적인 것으로 BCCZ가 가장 높은 상대밀도를 보였으나, 압축 강도는 FCCZ가 상온 (FCCZ:120.4MPa, BCCZ:73.6MPa in SA) 및 650℃ (FCCZ:111.3MPa, BCCZ:79.6MPa in SA)의 온도 조건들에서 가장 우수했다. 시효 처리된 격자 구조체의 경우 as-built 격자 구조체들 대비 평균 20%의 강도 향상이 확인되었다. 격자 구조체들의 구조적 특징과 미세조직적 특징을 연계하여 상온 및 650℃에서 LPBF 공정으로 제조된 격자 구조체의 압축 변형에 대해 고찰하였다.

Keywords: Additive Manufacturing, Laser Powder Bed Fusion, Ni based superalloy, Mechanical Properties

1. 인하대학교 신소재공학과, 박사후연구원

2. University of Central Florida

인하대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: keeahn@inha.ac.kr

판재 유입량 측정을 통한 드로잉 품질 예측 시스템 개발

장인제¹, 송정한¹, 이종섭¹, 서영호², 황민하¹, 배기현[#]

Development of drawing quality prediction system based on sheet metal draw-in measurement

I. J. Jang, J. H. Song, J. S. Lee, Y. H. Seo, M. H. Hwang, G. H. Bae

Abstract

In the metal processing industry, quality prediction through vision detection have become increasingly important, particularly with the emergence of the Fourth Industrial Revolution and the advent of smart factories. In sheet metal forming processes, the draw-in of material serves as a key factor in evaluating quality. However, real-time measurement and quality prediction face challenges due to various factors such as mold shape and vibration during the process. This study focuses on developing a system to predict quality by real-time measurement of draw-in and extracting outlines during press forming process. To measure the draw-in in real-time during the process, a laser displacement sensor was utilized, and the performance of draw-in measurement was analyzed through oil pan forming test. Additionally, a vision-based draw-in measurement device was developed, optimizing the backlight brightness conditions to enhance outline extraction performance. Ultimately, an algorithm for extracting the outlines of formed products was developed, and a drawing quality monitoring system was established.

Keywords: Drawing quality prediction, Laser displacement sensor, Process monitoring, Draw-in measurement

1. 한국생산기술연구원, 유연생산연구부문

2. 한국생산기술연구원, 목적기반모빌리티그룹

한국생산기술연구원, 유연생산연구부문, 수석연구원, E-mail: baegh@kitech.re.kr

템퍼드 마르텐사이트강의 수소취성에 미치는 C 및 Ni 함량의 영향

정민섭¹ · 신승혁² · 신희창² · 김상규² · 황병철[#]

Effect of C and Ni contents on Hydrogen Embrittlement of Tempered Martensitic Steels

M. S. Jeong, S. H. Shin, H. C. Shin, S. G. Kim, B. Hwang

Abstract

현재 템퍼드 마르텐사이트강은 우수한 강도와 연성의 조합을 가져 압력용기용 강재로 널리 사용되고 있으나 수소 환경에 지속적으로 노출되는 경우 강도 및 연성, 인성 등의 기계적 특성이 급격히 저하되는 수소취성이 발생할 수 있다. 이러한 현상은 주로 격자 내부, 전위와 같은 가역적 트랩사이트로 수소가 쉽게 확산하면서 발생하게 되고, 그 중 전위는 수소와의 상호작용으로 인해 이동성이 향상되어 국부적인 변형 및 조기 파단을 유발하는 것으로 보고되고 있다. 한편 템퍼드 마르텐사이트강은 퀴칭 이후 템퍼링 열처리를 실시하여 마르텐사이트 내 전위밀도 감소 및 탄화물 석출을 통해 연성과 인성이 향상된다. 템퍼링 열처리 조건에 따라 전위밀도와 탄화물 석출 거동이 변화하는데 이러한 미세조직적 인자의 변화는 기계적 특성뿐만 아니라 수소취성 저항성에도 영향을 미칠 수 있다. 실제로 합금원소 중 C를 첨가하면 경화능 및 강도가 증가하는 반면 연성 및 인성은 감소한다. 또한 Ni 첨가 시에는 인성과 내식성 향상 및 수소 확산 계수 감소로 인해 수소취성 저항성이 향상되는 것으로 알려져 있다. 압력용기용 강재에 요구되는 고강도 및 우수한 수소취성 저항성을 동시에 만족하기 위해서는 템퍼링 열처리 조건 및 화학조성에 따른 미세조직적 인자 변화가 수소취성에 미치는 영향에 대한 체계적인 이해가 필요하다. 본 연구에서는 C 및 Ni의 함량이 다른 3종의 강재에 대하여 템퍼링 온도를 달리하여 다양한 미세조직의 템퍼드 마르텐사이트를 제조한 후 전기화학적 수소주입 전후로 저속변형률 시험(SSRT)을 실시하여 수소취화 거동을 평가하고, C 및 Ni 함량과 템퍼링 온도가 수소취성 저항성에 미치는 영향을 고찰하였다.

Keywords: Tempered martensitic steels,, Hydrogen embrittlement, Slow strain-rate test (SSRT)

1. 서울과학기술대학교, 신소재공학과, 학부생

2. 서울과학기술대학교, 신소재공학과, 대학원생

서울과학기술대학교, 신소재공학과, 교수, E-mail: bhwang@seoultech.ac.kr

두 API X80 라인파이프강의 in-situ 수소취성 평가 연구

오동규¹ · 신승혁¹ · 황병철[#]

A Study on Hydrogen Embrittlement of Two High-Strength API X80 Linepipe Steels by In-situ Slow Strain-Rate Tests

D. K. Oh, S. H. Shin, B. Hwang

Abstract

최근 탄소배출 절감을 위해 수소에너지가 친환경 에너지로 주목받고 있으며, 이를 수송하기 위해 고압수소 운송용 라인파이프강에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고압수소 운송용으로 사용되는 고강도 라인파이프강은 일반적으로 제어압연과 가속냉각을 포함한 TMCP (thermomechanical control process)로 제조되어 하부구조를 포함하는 베이나이트 및 페라이트계 조직을 갖는데, 수소환경에는 표면으로부터 금속 내부로 침투한 수소가 결함들과 상호작용하여 인성이 현저히 감소하는 수소취성이 발생할 수 있다. 공정조건 및 화학조성에 따라 저온변태조직이 다양하게 형성된 고강도 라인파이프강은 각 미세조직과 수소의 상호작용을 복합적으로 고려해야 하기 때문에 수소취성 매커니즘을 고찰하는 것이 매우 어렵다. 한편 고강도 라인파이프강과 같이 체심입방 결정구조를 갖는 베이나이트 및 페라이트계 미세조직은 수소확산도가 다른 미세조직에 비해 상대적으로 높아 사전주입 후 저속변형률시험 (slow strain-rate test, SSRT)을 통해 시험할 경우 수소가 시험에 충분한 영향을 끼치지 못하고 공기중으로 확산할 수 있다. 또한 고압수소가스로 주입하거나 전기화학적으로 주입하는 등 주입원이 다를 경우 수소의 확산량 및 깊이가 달라져 다른 수소취성 저항성을 보일 수 있다. 본 연구에서는 서로 다른 미세조직을 갖는 두 API X80급 고강도 라인파이프강을 제조한 후 고압수소가스 및 전기화학적 분위기 하에서 수소주입과 동시에 SSRT를 수행하여 노치인장강도비 (RNTS, relative notch tensile strength)로 수소취성을 평가하고 미세조직과 수소취성과의 상관관계를 고찰하였다.

Keywords: Hydrogen embrittlement, Slow strain rate test (SSRT), Notch tensile strength

1. 서울과학기술대학교, 신소재공학과, 대학원생

서울과학기술대학교, 신소재공학과, 교수, bhwang@seoultech.ac.kr

포신용 Cr 도금 강 of 마모 거동에 관한 연구

서위걸¹ · 정성환² · 전상배³ · 최시훈[#]

A Study on Wear behavior of Cr Coated Steel for Gun Barrels

W. G. Seo, S. H. Jung, S. B. Jeon, S. H. Chio

Abstract

전차가 사격 시 탄도를 안정적으로 적중시키기 위해서는 강선을 통과하여 회전력을 부여하는 것이 필수적이다. 강선과 탄도가 접촉하는 순간에는 탄도의 회전 대역이 강선의 형태로 급격히 변형되며, 이후 강선을 따라 회전하게 된다. 따라서 강선 초단 부분에서 사격 횟수가 증가할수록 마모가 발생하며, 이로 인해 정확도 및 유용성이 저하되는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 향후 포신에 적용될 크롬 도금층의 마모 거동을 분석하기 위해 마모시험을 실시하고, 유한요소해석과 비교하여 마모 해석 시 필요한 파라미터를 도출하였다. 도금층의 두께 분석을 위해 SEM을 이용하였으며, Pin-on-Disc 시험을 통해 크롬 도금층의 마모 거동을 분석하였다. 마모시험은 사격 시 온도 상승을 고려하여 20~150℃까지 진행되었으며, 강선 초입부의 압력 및 탄도 속도에 따라 시험조건을 설정하였다. 또한, 상용 유한요소해석 소프트웨어인 Deform을 활용하여 마모 거동을 시뮬레이션한 결과와 시험 결과를 비교하였다. 도금층의 물성은 20 ~ 150℃까지 나노압입 시험을 통해 온도에 따른 영향을 고려하였으며, 이를 유한요소해석에 활용하였다. 마모 해석을 위해 모델 및 파라미터를 조절하여 마모시험 결과와 유사한 결과를 도출하였다. 이러한 결과를 활용하여 향후 사격 발수에 따른 마모량을 예측하고자 한다.

Keywords: Cr Coated Steel, Wear, Nano-indentation, FEM, Microstructure

1. 국립순천대학교 첨단부품소재공학과, 대학원생

2. 현대위아, 책임연구원

3. 현대위아, 책임연구원

국립순천대학교, 첨단부품소재공학과, 교수, E-mail: shihoon@s.scnu.ac.kr

선택적 레이저 용융으로 제조된 순수 타이타늄의 열간 등방 가압법 후처리에 따른 효과 연구

한승준^{1,2}, 강현수¹, 김원래¹, 김건희¹, 이택우¹, 한혁수², 김형균[#]

Abstract

Selective Laser Melting(SLM) 공정은 3D 기반의 모델링, 열원 및 재료의 상호작용을 통해 금속 분말을 layer by layer 방식으로 선택적으로 용융 시켜 3차원 형상을 구현하는 공정 방식으로 기존의 제조 기술 대비 공정 시 재료 손실이 적고 공정 시 높은 설계 자유도, 우수한 정밀도 및 복잡한 형상 구현에 유리하여 Ti, Ti alloys, Aluminum alloys, Fe alloys 등 다양한 금속 소재와 함께 여러 산업 분야에서 활발히 응용되고 있다. 다양한 금속 소재중에서도 순수 타이타늄은 생체적합성, 비강도, 내식성이 우수하여 생물의학 및 환자 맞춤형 의료 분야에 적극 활용되고 있다. 하지만, SLM 공정은 적층품 내 기공 결함 및 열 잔류응력 등과 같은 문제를 야기시킨다. 이를 해결하기 위해 열처리 후처리 공정이 필수적으로 요구되지만 후처리 과정 중 적층품이 보유한 기존의 높은 기계적 특성을 저해하는 요소가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 SLM으로 제조한 순수 타이타늄 적층품의 미세구조와 기계적 특성을 제어함과 동시에 내부 결함 회복 및 잔류응력을 완화하기 위해서, 기존 열에너지기반의 분위기 제어 열처리가 아닌 열에너지와 동시에 기계적에너지 기반의 분위기 제어 후처리 공정을 통해 열적 회복 및 기계적 변형기구의 차이에 따른 순수 타이타늄의 미세구조 및 기계적 특성 간의 상관관계를 연구하였다. 특히, 열간 등방 가압법 공정조건인 압력과 온도 및 유지 시간에 따른 순수 타이타늄 미세조직과 기계적 특성 간 상호 관계를 연구하였다.

Keywords: Additive Manufacturing, Selective Laser Melting, Titanium, Post process, Hot Isostatic Pressing

1. 한국생산기술연구원 기능성소재부품연구그룹

2. 성균관대학교 에너지과학과

한국생산기술연구원, 기능성소재부품연구그룹, E-mail: hgk@kitech.re.kr

레이저 표면처리를 통한 inverse-gradient 헤테로 구조의 우수한 인장물성 및 성형성

김재훈¹, 김래언¹, 구강희², 최연택², 이정아², 김형섭^{3,#}

Superior Tensile Property and Formability of Inverse-gradient Heterostructure via Laser Surface Treatment

J. H. Kim, R. E. Kim, G. H. Gu, Y. T. Choi, J. A. Lee, H. S. Kim

Abstract

헤테로 구조화는 우수한 인장 물성을 획득할 수 있는 방법으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 이는 높은 강도와 연성을 보이지만 기계적 물성 차이에 의해 발생하는 계면 결함으로 인해 성형성이 낮아 산업에서의 활용이 제한되고 있다. 헤테로 구조의 산업에서의 활용을 위해 우수한 인장 물성을 유지하며 성형성을 향상시킬 방법이 필요하다. 본 연구에서는 레이저 표면처리를 통해 고엔트로피합금 (CoCrFeMnNi)판재에 inverse-gradient 미세조직 구조를 형성하여 성형성을 개선하였다. 판재의 양면에 레이저 표면처리를 진행하여 외부 표면의 연한 큰 결정립 구조와 내부의 단단한 압연조직을 갖는 inverse-gradient 구조를 제작하였다. 이러한 구조는 hetero-deformation induced (HDI) hardening을 통해 강도와 연성을 향상시키며, 표면에 연한 조직을 배치함으로써 굽힘 공정에서 발생하는 표면 균열을 억제한다. 기존 헤테로 구조화인 부분재결정과 비교했을 때, 두 공정 모두 인장 물성을 향상시키지만 inverse-gradient 구조는 보다 더 높은 굽힘 성형성을 보였다. 결과적으로, 해당 연구는 레이저 표면처리 공정을 통해 헤테로 구조를 제작하였으며, 재료의 인장 물성-성형성 trade-off를 극복하였다.

Keywords: Heterogeneous Structure, Inverse-gradient Structure, Laser Surface Treatment, Formability

1. 포항공과대학교 친환경소재대학원, 대학원생

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

3. 포항공과대학교 친환경소재대학원, 교수

교신저자: 포항공과대학교 친환경소재대학원 E-mail: hskim@postech.ac.kr

저압터빈 블레이드용 FeMnAlC 경량철강의 저주기 피로 거동과 Dynamic Strain Aging 발현

김시연¹, 고의석², 김치원³, 박성준⁴, 홍현욱[#]

Low-Cycle Fatigue Behavior and Dynamic Strain Aging Manifestation of FeMnAlC Lightweight Steel for Low-Pressure Turbine

Si-Yeon Kim¹, Ui-Seok Ko², Chi-Won Kim³, Seong-Jun Park⁴ and Hyun-Uk Hong⁵

Abstract

에너지 발전산업의 효율향상과 온실가스 저감이라는 사회적, 경제적 요구에 발맞춰 고비강도 소재에 대한 연구개발이 진행되고 있으며, 후보 소재로 FeMnAlC 합금계의 경량철강이 고려되고 있다. 발전용 저압터빈 블레이드의 적용 환경을 고려할 때, 피로 특성은 필수적으로 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 발전용 저압터빈 블레이드 적용을 위한 FeMnAlC 경량철강소재의 저주기 피로 거동을 해석하고자 하였다. 본 연구의 합금은 오스테나이트계 경량철강 Fe-22Mn-8Al-0.9C이며, 용체화 처리 후 550°C/6시간 시효 처리하여 경량 철강의 주요 강화 인자인 κ -carbide의 석출을 유도하였다. 그 결과 미세조직은 오스테나이트 기지에 약 10nm 수준의 미세하게 석출된 κ -carbide로 구성되었다. 상온 인장 특성은 항복점 (818 MPa) 이후 인장강도 1051 MPa로 우수한 가공경화뿐만 아니라 46%의 높은 연신율을 나타내었다. TEM을 통한 파단부 미세조직 관찰 결과 Shear-band Induced Plasticity 변형 기구가 지배적인 것으로 확인되었다. 다음으로 핵심 요구 특성인 상온/200°C 저주기 실험 결과 (total strain range, $\Delta\epsilon_t = 0.8\sim 2.0\%$), 상온에서는 Cyclic softening이 지배적으로 발생하고, 200°C에서는 Cyclic hardening이 발생하였다. 또한 상온과 달리 200°C에서는 Hysteresis loop에 serrated flow가 관측되었다. DSA의 따른 Cyclic hardening을 규명하기 위해 추가적으로 여러 온도에서 (RT~400°C) 저주기 피로 시험을 진행하였고, Cyclic softening을 규명하기 위해 상온에서 저주기 피로 수명이 5,000 Cycles인 total strain range, $\Delta\epsilon_t = 1.4\%$ 조건에서 1,000 cycles, 3,000 cycles 시편과 피로 파단된 5,000 cycles 시편의 전위 거동을 관측하여 본 연구 합금의 저주기 피로 변형 동안 전위 evolution과 Cyclic softening 및 Cyclic hardening 상관성에 대해 고찰하였다.

Keywords: Lightweight steel, Low cycle fatigue, Cyclic hardening, Dynamic Strain Aging

1. 국립창원대학교 소재융합시스템공학과

2. 국립창원대학교 소재융합시스템공학과

3. 한국재료연구원 철강재료연구실

4. 한국재료연구원 철강재료연구실

국립창원대학교 신소재공학부, E-mail: huhong@changwon.ac.kr

Ti 첨가에 따른 핵융합로 구조용 RAFM강 용접부의 고온 안정성 및 기계적 특성 연구

한재연¹, 조윤환², 김치원³, 이창훈⁴, 정승진⁵, 홍현욱[#]

Study on the High-Temperature Stability and Mechanical Properties of RAFM Steel Weldments for Nuclear Fusion Reactor Structures with Ti Addition

J. Y. Han, Y. H. Jo, C. W. Kim, C. H. Lee, S. J. Jung, H. U. Hong

Abstract

핵융합 발전은 환경오염 물질 발생이 없고, 자원 고갈 위험이 없어 미래 청정에너지원으로 주목받고 있다. 핵융합로 운용 환경은 높은 중성자속 및 열속의 극한 환경으로, 저방사화강(Reduced activation ferritic/martensitic steel)이 유력한 후보 소재로 고려되고 있다. 그러나 저방사화강 용접부는 높은 변형 불일치도, 준안정 석출물 조대화 및 유해상 석출 등의 열화 저항성이 우려되는 실정이다. 본 연구에서는 MX 석출물 분율 증가를 위해 Ti를 첨가하였고 높은 전위 밀도를 위해 낮은 tempering 온도(730 °C)를 적용하였다. 또한 열영향부(Heat-affected-zone) 폭을 줄이기 위해 EBW 공정을 적용하였고 특성 평가를 위한 비교재는 GTAW 공정을 적용하였다. 모재 미세조직 분석 결과, 0.013 wt% Ti 첨가는 MX 석출물의 분율을 증가시켰고(2.0 → 4.6 %), 또한 $M_{23}C_6$ 석출물의 평균 크기를 감소시켰다(148.9 → 119.3 nm). 저방사화강 용접부 550 °C 인장시험 결과, Ti 첨가 저방사화강 및 EBW 적용재가 우수한 인장 특성을 나타내었고, 이는 MX 석출물 분율 증가 및 높은 전위 밀도, 좁은 HAZ폭에 기인한 것으로 판단된다. 핵융합로 운용 온도(550 °C) 500시간 열간 노출 후 경도 측정 결과, Ti 첨가 저방사화강 및 EBW 적용재의 열간 노출 후 경도 감소폭이 비교재 대비 더 작은 것이 확인되었다. 해당 결과에 대한 미세조직 해석을 위해 각 저방사화강의 경도가 가장 낮은 ICHAZ에서 FIB(Focused Ion beam)를 통해 시편을 채취하여 TEM을 통해 미세조직을 분석하였다. 열간 노출 후 Ti 미첨가 저방사화강 및 GTAW 적용재는 lath폭 증가 및 전위 밀도 감소를 보인 반면, Ti 첨가 및 EBW 적용재는 상대적으로 좁은 lath폭 및 높은 전위밀도를 나타내었다. 열간 노출 후 550 °C 인장시험 결과, 모든 조건에서 약간의 강도 감소가 나타났지만, 경도 측정 및 미세조직 분석 결과와는 달리 강도 감소 폭의 차이는 크게 나타나지 않았다. 그러나, 미세조직 결과를 고려하였을 때, 더 오랜 시간 열간 노출 후 인장시험 시, Ti 첨가 및 EBW 적용재에서 가장 적은 강도 저하

가 나타날 것으로 예상된다. 상기 연구결과들을 통해 핵융합로 구조용 저방사화강에 대한 Ti 첨가 및 EBW 공정은 열화 저항성 향상에 기여하는 것으로 판단된다.

Keywords: Reduced-Activation Ferritic/Martensite (RAFM) steel, EBW, GTAW, Heat-Affected-Zone (HAZ), Thermal stability, MX precipitate

-
1. 창원대학교 소재융합시스템공학과, 대학원생
 2. 창원대학교 소재융합시스템공학과, 대학원생
 3. 한국재료연구원 철강재료연구실, 선임연구원
 4. 한국재료연구원 철강재료연구실, 책임연구원
 5. 조선선재 기술연구소, 과장
- # 창원대학교 소재융합시스템공학과, 교수, E-mail: huhong@changwon.ac.kr

스테인리스 스틸의 전해연마 공정에서 Cr/Fe 비율에 영향을 미치는 공정 변수 연구

양현석¹, 정우철¹, 공만식[#]

Study on Process Parameters Influencing the Cr/Fe Ratio in Electrochemical Polishing Process of Stainless Steel

H. S. Yang, W. C. Jung, M. S. Kong

Abstract

In this study, the Cr/Fe ratio according to various variables of EP to increase the ratio of Cr/Fe oxide layer on the inner surface of stainless steel tubes during electrochemical polishing (EP) is evaluated. Process variables such as electrolyte composition, EP voltage, polishing time, and electrolyte temperature were adjusted. According to the comparison of I-V polarization characteristics depending on the electrolyte composition, it was observed that as the phosphate ratio in the electrolyte increased, the range of EP current density decreased, and the EP voltage decreased due to the increased electrolyte conductivity. After passivation treatment under the same conditions, there was no difference in the Cr/Fe ratio according to the electrolyte composition. Utilizing a mini-tab experimental design for EP voltage, polishing time, and electrolyte temperature variables followed by passivation treatment after EP, it was confirmed that higher applied voltage and electrolyte temperature led to an increase in the Cr/Fe ratio. This is attributed to the enhanced interaction between Cr and Fe ions at high voltage and the increased chemical reaction rate at high temperature.

Keywords: Cr/Fe ratio, Electrochemical polishing (EP), Electrolyte composition, Passivation

Acknowledgement: This research was supported by funding from the Ministry of Trade, Industry and Energy and the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) in 2020 (20009937).

1. 고등기술연구원 신소재공정센터, 선임연구원
2. 고등기술연구원 신소재공정센터, 선임연구원
고등기술연구원 신소재공정센터, 수석연구원, mskong@iae.re.kr

계층적 군집화 기법을 이용한 레이저 용접된 DP 강의 상분율 분석

천민준¹ · Sam Yaw Anaman¹ · Soumyabrata Basak² · 홍성태² · 조훈휘^{1, #}

Phase identification in laser welded DP steel using hierarchical agglomerative clustering

M. J. Cheon¹ · Sam Yaw Anaman¹ · Soumyabrata Basak² · S. T. Hong² · H. H. Cho^{1, #}

Abstract

DP(Dual Phase)강은 페라이트와 마르텐사이트의 2상 조직으로 구성되어 있으며, 1980년대에 개발되어 유럽에서 자동차 산업에서 적극적으로 사용되기 시작했다. 이 강의 기계적 특성은 주로 2상의 분율에 의존하며, 보통 가공처리 혹은 열처리 후에는 2상의 분율이 모상과 상이하게 된다. 본 연구에서는 레이저 용접된 DP590강에서 2상의 상분율을 기계학습 기법을 이용해 분석하고자 한다. 우선, 전자후방산란회절(Electron Backscatter Diffraction, EBSD) 분석기를 이용해 모재, 용접부 및 통전 열처리된 용접부의 미세조직을 관찰하였다. 측정된 image quality(IQ) 값을 이용해 상분율을 분석하였고, 다양한 군집화 알고리즘 중 계층적 군집화 기법이 가장 정확한 상분율 분석 결과를 나타내었다. 레이저 용접부에서는 상당한 마르텐사이트 분율 증가가 나타나는 것을 확인하였으며, 통전 열처리가 용접부의 마르텐사이트 분율을 낮추는 것을 확인하였다.

Keywords: DP steel, laser welding, microstructure, machine learning, hierarchical agglomerative clustering, image quality

1. 국립한밭대학교 신소재공학과

2. 울산대학교 기계공학과

교신저자: 국립한밭대학교 신소재공학과, 교수

E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

금속소재종합솔루션센터

www.metalsbank.com / test-bed.kims.re.kr

금속소재종합솔루션센터

맞춤형 소재정보제공, 소재양산화검증, 부품화 적용 등
소재 개발에서 실용화까지 전주기에 걸쳐 지원하는 국
가 차원의 종합지원 인프라

전주기적 종합지원



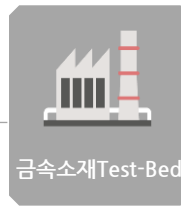
고객



금속소재정보은행



전산해석 지원



금속소재Test-Bed

수요제기

소재개발

소재실증/채택

부품적용

사업화

개발소재 요구수준 분석
대상소재 수집 정보 제공
시장/기술정보 제공

필수 물성정보 생성
출발소재/공정 선정 지원
개발소재 물성 DB 구축

적용가능성 검토
준양산 규모 실증 지원
최적화 공정 개발 지원

소재 DB 활용 전산해석 지원
저비용 고효율 양산공정 적용
양산소재 규격화 추진

금속소재정보은행

- 수요자 맞춤형 금속소재정보 DB 구축
(정보 수집/가공/생성, 보급)
- 국제협력 네트워크 구축
(공동활용 국제협력망 구축, 기술협력)
- 맞춤형 금속소재 전문인력 양성
(현장인력 교육, e-learning)

전산해석 지원

- 금속소재 및 공정 설계 지원
(전산재료공학 기반 설계/해석 지원)
- 기업 전산해석 인력양성 지원
(전산해석인력 교육 지원)
- 기업 전산해석 기반구축 지원
(전산해석 인프라 구축 기술 지원)

금속소재 Test-Bed

- 금속소재 상용화 기반기술 지원
(Pilot Plant 규모 핵심설비 구축/ 활용)
- 준양산화 실증/공정개발 기술 지원
(PP 규모 양산화 실증)
- 기업 애로해소 지원
(현장 애로기술 지원)

금속소재기업의
기술역량 강화를 통한



국가소재경쟁력 제고

4차 산업혁명 주도를 위한

파워유닛 스마트제조센터

산업의 정의

파워유닛(Power unit)이란

인체의 심장, 허파, 신장 등 주요 장기와 같이 시스템의 성능과 가격을 좌우하는 핵심제품으로 터빈, 모터, 엔진 등과 같은 **동력발생장치**를 의미

[동력발생시스템 고효율화 추진 전략 및 목표]

터빈



타겟 부품

- 발전기용 가스터빈 부품(블레이드, 베인, 노즐, 히트실)
- 항공용 가스터빈(터빈 블레이드, 베인, 블리스크)

타겟 소재

- 초내열합금, 고강도 합금강

모터



타겟 부품

- 고효율 고속 전동기(영구자석, 회전자)
- 특수 전동기(연자성 소재, 고정자)

타겟 소재

- 연자성 소재

엔진



타겟 부품

- 엔진용 부품(터보차저, 임펠러)

타겟 소재

- 초내열합금, 내마모 고강도강

[산업 생태계 조성 및 강소기업 육성]



사업단이 가교역할 수행으로 강소기업 육성

센터	파워유닛 스마트제조센터를 이용 강소기업 지원
강소기업	소재 및 부품 개발 주도
수요자	개발품목 수요조사 및 Observer

글로벌 강소기업 육성

- 샘플제작 지원, 제품고급화 지원, 기술지도 지원
- 마케팅/브랜드개발 지원, 전시회/박람회 지원
- 성과확산 네트워킹

KIMS 한국재료연구원

[51508]경남 창원시 성산구 창원대로 797(상남동 66)
Tel. 055-280-3000 Fax. 055-280-3499
담당자 배성준 E-mail. sj0305@kims.re.kr

경남테크노파크

[51395]경남 창원시 의창구 창원대로 18번길22(팔용동)
Tel. 1688-3360 Fax. 055-294-9745
담당자 김희봉 E-mail. hbkim@gntp.or.kr

No.1 고주파 유도가열

피에스텍은 전기에너지 변환장치의 개발 · 생산 · 설치 · 컨설팅 등
Total Solution을 제공하는 전력전자회사입니다.



- ✓ 철강산업, 자동차 부품, 금속제조 등 다양한 업체의 납품 실적 보유
- ✓ 고객 요구에 따른 맞춤 설계 및 제안
- ✓ 전자기장 컴퓨터 해석 기반의 가열코일 설계
- ✓ 풀 디지털제어 방식으로 원격제어, 감시, 기록, 추적이 가능하여 품질관리에 탁월

탄소제로 고체윤활 수용성 절삭유

.....

Oil-Free

절삭 수용액 - 루브클

- 폐수 수질개선
- 유독 세정제 불필요 / 세척의 간소화
- ESG 제조 솔루션 / 온실가스 저감
- 작업환경 청정 / 악취감소

보급형 할인 혜택
샘플 무상

Contact

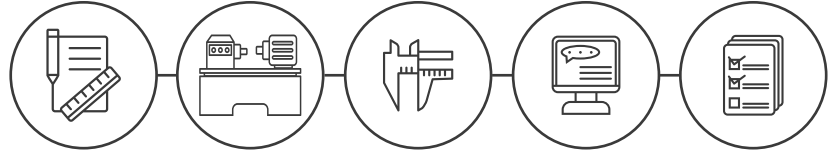
T. 031)491-9003
blog.naver.com/lubecle
info@u-composite.com



녹색인증
Green Certification

설계부터 성적서까지 원스탑 서비스

설계에서 성적서까지 한번에 진행



설계-가공-측정-평가-성적서

기계적특성 평가 전문 기업

재료 또는 구조물에 대한
피로 및 파괴시험 전문 기업

고온 및 저온, 부식 환경에서
피로 시험 전문

재료 입고 시험, 규격
요구도에 따른 정기적인 평가

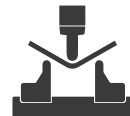
소재와 부품의 손상원인분석 수행



인장



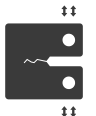
압축



굽힘



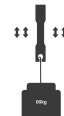
피로



피로균열전파



파괴인성



크립



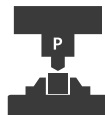
부식



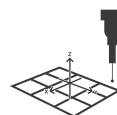
응력부식균열



충격



경도



3차원 측정



조직관찰



손상원인분석

국내,외에서 인증 받은 우수한 시험 품질

국내 시험평가 법인 최초
NADCAP 인증 획득

금속재료 20종, 복합재료 14종
KOLAS 인정 획득



Boeing QPL



KOLAS



AS9100



NADCAP, MTL

DIC

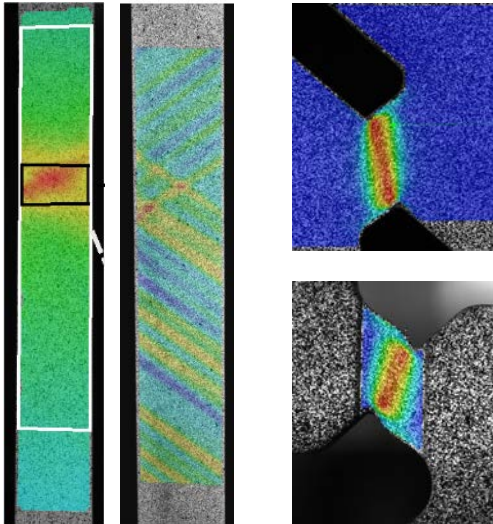
Digital Image Correlation

A: 대전시 유성구 문지로299번길 66

E: support@omagom.co.kr

T: 042-822-9503

www.omagom.co.kr

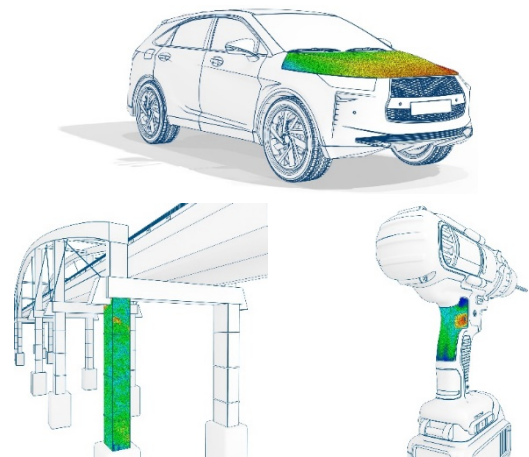


2D-DIC Solutions

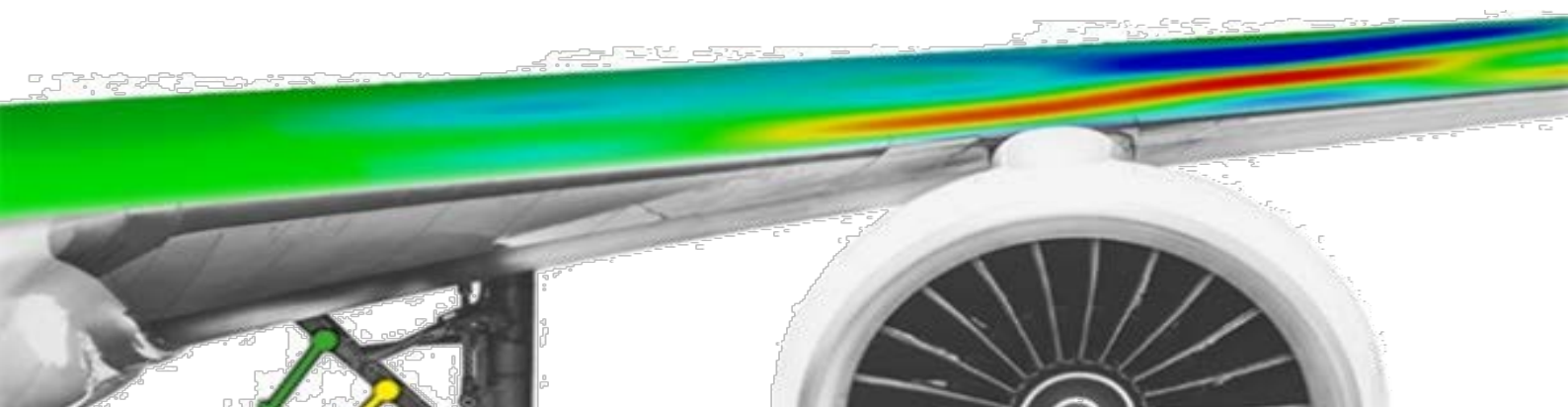
- 저렴한 비용
- 면내 변위/변형률 측정
- Video Extensometer 기능
- 인장,전단, 굽힘 실험
- 필름, 초소형 등 시편

3D-DIC Solutions

- 성형한계곡선 (ISO12004)
- 진동 주파수 및 모드 측정
- 대형 구조물 변위/변형 측정
- 충격/낙하/폭파 시험



누구나 쉽게 DIC를 쓸 수 있을 그날까지 노력하겠습니다.



글로벌 심리스강관 선두주자 미래를 선도하는 세창스틸

세창스틸은 최고의 기술과 설비 인프라를 보유한 글로벌 강관제조 기업입니다.
국내 최초 심리스 제조 설비 및 기술을 도입하여 심리스 강관의 국산화를 이룩하였습니다.



제조강관 : 무게목관 / 용접관

적용소재 : 탄소강 / 합금강 / 스테인리스강

적용산업 : 자동차 / 건설기계 / 수소 / 석유화학플랜트 외