

2022년도 한국소성가공학회 춘계학술대회 초록집

- ◎ 일 정 : 2022년 5월 26일(목) ~27일(금)
- ◎ 장 소 : 여수 베네치아호텔
- ◎ 주 최 : (사)한국소성가공학회
- ◎ 후 원 : 한국과학기술단체총연합회



여수시
YEOSU CITY



전라남도
관광재단

- ◎ 후원사 : 한국재료연구원 세아창원특수강
 한국생산기술연구원 (주)엠에프알씨
 한맥전자(주) (주)프로솔
 오토폼엔지니어링코리아 (주)화신
 오엠에이콤 유한회사 (주)솔루션랩
 한국이에스아이(주) (주)스페이스솔루션
 (주)에프엠케이 (주)알앤비
 한국시물레이션기술(주) (주)코나솔
 포항공대고엔트로피합금사업단



사단
법인

한국소성가공학회

제 1 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶3층 컨벤션홀A

○특별 심포지엄- Frédéric Barlat 교수 정년기념		좌 장: 윤정환 (한국과학기술원) Jeong Whan Yoon (KAIST)
13:00~13:15	KSTP_C2022A_0014	Finite element modeling of microstructure and anisotropy of sheet metals / M.G.Lee(Seoul National University), Frédéric Barlat 금속판재의 미세조직과 소성이방성을 고려한 유한요소해석 / 이명규*(서울대), Frédéric Barlat
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0046	Effect of twins and shear band on the development of texture in HEA during cold rolling and annealing process / Shi-Hoon Choi(Sunchon National University), Lalit Kaushik 냉간압연 및 소둔 시 HEA의 집합조직 발달에 미치는 쌍정과 전단밴드의 영향 / 최시훈*(순천대)
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0135	Modeling of Plastic Anisotropy / Jeong Whan Yoon (KAIST) 소성 이방성 모델링 / 윤정환*(한국과학기술원)
13:45~14:00	KSTP_C2022A_0056	Eletroplasticity/Electric Current Induced Kinetic Enhancement and Its Various Applications / Heung Nam Han(Seoul National University) 통전성형/통전유기 키네틱 활성화와 이를 활용한 다양한 기술의 소개 / 한흥남*(서울대)
14:00~14:15	KSTP_C2022A_0128	Testing Methods and Modeling of Mechanical behavior of Sheet metals at High strain rates / Hoon Huh(KAIST), Geunsu Joo, Minki Kim 고속변형률에서의 판재 거동에 관한 실험기법 및 모델링 / 허훈*(한국과학기술원), 주근수, 김민기
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0172	Incremental forming as flexible manufacturing / Dong-Yol Yang (KAIST) 유연생산으로서의 점진적 성형기술 / 양동열*(한국과학기술원)
14:30~14:45	Coffee Break	
○특별 심포지엄- Frédéric Barlat 교수 정년기념		좌 장: 이진우 (한국재료연구원) J. Lee (KIMS)
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0006	A method for selecting optimal materials in sheet metal forming process / Hwigeon Kim(POSCO), Jongwon Choi 판재 성형에서의 적합한 강종 선택 방법 / 김휘건*(포스코), 최종원
15:00~15:15	KSTP_C2022A_0007	Elasto-visco-plastic HEM-based crystal plasticity and its finite element applications / Youngung Jeong(Changwon National University) 탄점소성 동등체 기반 결정 소성 모델과 유한요소 해석 응용 사례/ 정영웅*(창원대)
15:15~15:30	KSTP_C2022A_0020	Predicting mechanical properties under strain path changes and springback of an ultra-thin sheet metal using CPFEM-incorporated modeling / H. J. Bong(KIMS), J. Lee, Frédéric Barlat 결정소성학 연계 극박 판재의 변형을 경로 변화시의 기계적 물성 및 스프링백 예측 / 봉혁종*(한국재료연구원), 이진우, 프레데릭 발라
15:30~15:45	KSTP_C2022A_0035	Experimental Investigation on Biaxial Deformation of SS316L Microtube and Plasticity Modeling / Jinjin Ha(University of New Hampshire), Elizabeth M. Mamros, Madhav Baral, Brad L. Kinsey 스테인리스 스틸 316L 미세 튜브 시편의 이축 변형과 소성 모델링 / 하진진*(뉴햄프셔 주립대), Elizabeth M. Mamros, Madhav Baral, Brad L. Kinsey
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0031	A Model for Microstructure Evolution of Press-Hardenable Steels / H.H.Bok(POSCO), K.S.Oh 프레스경화강의 미세조직 변화 모델 / 복현호*(포스코), 오경석
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0021	Development of the efficient stress-update algorithm for the distortional hardening model / J. Lee(KIMS), H.J.Bong, J. Ha, Frédéric Barlat 왜곡경화모델의 고효율 응력 적분 알고리즘 개발 / 이진우*(한국재료연구원), 봉혁종, 하진진, 발라 프레데릭
16:15~16:30	Coffee Break	

○특별 심포지엄 Frédéric Barlat 교수 정년기념		좌 장: 김휘건 (POSCO) Hwigeon Kim (POSCO)
16:30~16:45	KSTP_C2022A_0008	Predicting Stretched Edge Fracture of Ultra High Strength steels with failure strains / K.S.Oh(POSCO), S.R.Lee 한계변형률을 이용한 스트레치 엣지 파단 예측 / 오경석*(포스코), 이석렬
16:45~17:00	KSTP_C2022A_0025	HER inference using Bayesian method / Deok Chan Ahn(POSCO) 베이지안법을 이용한 HER 평가 / 안덕찬*(포스코)
17:00~17:15	KSTP_C2022A_0086	Experimental Evaluation of Rate- and Temperature-Sensitive Forming Limit under Pneumatic Stretching Method at Elevated Temperature / Jong-Hwa Hong(KIMS), Donghoon Yoo, Yong Nam Kwon, Daeyong Kim 온간 부풀림 성형을 통한 속도와 온도에 민감한 성형 한계의 실험적 평가 / 홍종화*(한국재료연구원), 유동훈, 권용남, 김대용

제 2 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶ 3층 컨벤션홀B

○특별세션 - 파워유닛 항공엔진 부품용 소재성형기술		좌 장: 이동근 (순천대학교)
13:00~13:15	KSTP_C2022A_0027	5000lbf급 항공엔진 부품용 링롤링 및 판재성형 기술 개발 박희상*((주)펠릭스테크)
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0030	항공엔진 부품용 초내열 소재 링롤링성형 요소 기술 개발 신다슬*(한국재료연구원), 박진욱, 윤준석, 이광석
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0039	대형 타이타늄 합금의 열간 형단조 공정 개발 송민철*(현대아이에프씨), 원종철
13:45~14:00	KSTP_C2022A_0050	초내열 소재를 이용한 항공기 가스터빈 엔진 부품 개발 윤준석*(한국재료연구원), 이광석, 신다슬, 안홍
14:00~14:15	KSTP_C2022A_0069	Inverse Analysis를 통한 물성 최적화를 위한 가변전류 인가모델 개발 임형철*((주)에프엠케이), 천세환, 최병진, 최창혁
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0101	항공엔진부품용 니켈 초내열합금의 단조공정 요소기술개발 윤은유*(한국재료연구원), 김효건, 조성우, 문지훈
14:30~14:45	Coffee Break	
○특별세션 - 파워유닛 항공엔진 부품용 소재성형기술		좌 장: 윤은유 (한국재료연구원)
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0113	5000lbf급 항공엔진 부품용 형단조 및 자유단조 기술개발 정상우*(케이에스피), 조재현, 김춘식, 조두식
15:00~15:15	KSTP_C2022A_0127	항공엔진 부품용 초내열합금 소재 제조기술 개발 신정호*(세아창원특수강), 김진혁, 최상민, 송영석
15:15~15:30	KSTP_C2022A_0117	동적재료모델을 활용한 STS 321 합금의 고온성형성 고찰과 초기 미세조직의 영향 조평석*(순천대), 이재관, 신정호, 송영석, 이동근
15:30~15:45	Coffee Break	
○일반 발표- 일반금속가공		좌 장: 조재형 (한국재료연구원)
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0010	Cold-consolidation 공정으로 제작된 CoCrFeNi 중엔트로피합금의 상온 및 극저온 기계적 성질 분석 손수정*(포항공과대), Peyman Asghari-Rad, Alireza Zargarani, 김형섭
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0034	The role of frictionally induced subsurface deformed region during wear in a non-equiatom CoCrFeNiV high entropy alloy Farahnaz Haftlang*(POSTECH), Alireza Zargarani, 손수정, 김형섭
16:15~16:30	KSTP_C2022A_0052	고압비틀림 공정 수행된 불혼화성 중엔트로피의 초소성 변형 메커니즘 박효진*(포항공과대), Nhung, 김형섭
16:30~16:45	KSTP_C2022A_0108	Al15CuFeMn 중엔트로피 합금의 신장플랜지성과 2차 변형 기작의 영향 최연택*(포항공과대), 문종연, 김형섭
16:45~17:00	KSTP_C2022A_0119	준안정 철계 중엔트로피합금의 극저온 예비 변형 및 열처리 후 인장변형 거동 분석 이정완*(포항공과대), 배재웅, 페이만 아스가리-라드, 김형섭

제 3 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶ 3층 페스타홀

○일반 발표- 일반금속가공		좌 장: 강경필 ((주)솔루션랩)
13:00~13:15	KSTP_C2022A_0011	고압수소용 Cr-Mo강의 수소취성에 미치는 Si 함량의 영향 김상규*(서울과학기술대), 김재운, 서현주, 정환교, 황병철
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0049	템핑공정간 너트 이송력 및 이송속도 제어에 따른 나사산 형상 변화 영향 분석 김영진*(성균관대), 이종섭, 배기현, 민수홍, 박예찬
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0057	유한요소해석을 이용한 단조금형의 피로수명 예측에 관한 연구 김용관*((주)솔루션랩), 윤용석, 이경훈
13:45~14:00	KSTP_C2022A_0063	다상복합강과 마르텐사이트 강에서 타발이 구멍확장비에 미치는 영향 조우진*(서울대), 정병석, 이제웅, 김성일, 한흥남
14:00~14:15	KSTP_C2022A_0133	판금 구조물의 열좌굴 예측을 위한 유한요소해석 및 실험적 검증 이주원*(한국과학기술원), Wayne Cai, Thomas Stoughton, 남성우, 정철영, 윤정환
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0078	이종 스테인리스강 고상 접합부의 응력-부식 거동 분석 아나만 샘*(한밭대), Zhang Shengwei , 홍성태, 김재국, 이종숙, 조훈휘
14:30~14:45	Coffee Break	
○일반 발표- 일반금속가공, 단조		좌 장: 안동규 (조선대학교)
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0081	변태유기소성 결합 온도 의존 결정소성 유한요소해석에 의한 오스테나이트계 스테인리스강의 저온 변형 거동 해석 이혁재*(서울대), Thi Ahn Nguyet Nguyen, 정진욱, 한흥남, 이명규, 홍성태
15:00~15:15	KSTP_C2022A_0092	직접 에너지 증착법으로 제작된 FeNi 연자성 퍼멀로이의 향상된 기계적 물성 분석 김은성*(포항공과대), Farahnaz Haftlang, 안성열, 권현석, 구강희, 김형섭
15:15~15:30	KSTP_C2022A_0103	Suppressed deformation twinning in laser powder-bed fusion processed CuSn alloy Gangaraju Manogna Ka*(포항공과대), 김은성, Alireza Zargar, Praveen Sathiyamoorthi, 정상국, 김형섭
15:30~15:45	KSTP_C2022A_0104	Laser-powder bed fusion 방식으로 제조된 인코넬 718의 크립 특성 정상국*(포항공과대), 강석훈, 천주홍, 유상훈, 김형섭
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0139	열처리 조건 및 Al 함량에 따른 적층제조 IN718 합금의 크리프 특성 정중은*(한국재료연구원), 이형수, 서성문, 김인수, 도정현, 최백규
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0074	Pilger 롤링 공정의 시뮬레이션 전만수*(경상국립대), 정승원, 문호근, 이민철, 정완진
16:15~16:30	KSTP_C2022A_0076	혼합 유동모델에 관한 고찰 지창운*(경상국립대), 변종복, 지수민, 전만수

* 17:00~17:30 초청강연-1 (신정호 박사)

* 17:30~18:00 초청강연-2 (Frédéric Barlat 교수)

* 18:00~18:30 총회 및 시상식

제 4 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶ 3층 부라노 I

○특별세션- 첨단산업용 고청정 소재 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 이진모 ((주)태웅)
13:00~13:05		개회사- 이승욱(세아창원특수강)
13:05~13:15	KSTP_C2022A_0019	소재부품기술개발사업 관리사항 안내 김태운*(한국금속재료연구조합)
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0036	회전계용 고청정 내마모 특수강 및 대형 정밀기어부품(1000mm3000mm) 제조 기술개발 이진모*((주)태웅), 이재훈
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0032	고청정 내마모 특수강 소재를 이용한 대형기어 열처리 공정의 연구 김광민*(우림퍼티에스(주)), 윤상문
13:45~14:00	KSTP_C2022A_0051	기어박스용 특수강 경량화 설계 및 제조공정 검토 강영조*(동아대), 강신곤, 심상철
14:00~14:15		Coffee Break
○특별세션- 첨단산업용 고청정 소재 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 이승욱 (세아창원특수강)
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0037	반도체 산업용 고청정 무계목 강관 및 봉강 개발 이승욱*(세아창원특수강), 김덕령, 강수석, 정세지
14:30~14:45	KSTP_C2022A_0079	글리블 고온 압축 시험의 전기-열-변형 유한요소 해석을 통한 316L 스테인리스강의 유동응력선도 최적화 최병진*(에프엠케이), 임형철, 천세환, 최창혁
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0106	반도체 산업용 고청정 스테인리스강 제조를 위한 정련기술 박주현*(한양대), 김태성, Shengchao Duan
15:00~15:15	KSTP_C2022A_0022	반도체 공정용 고청정강의 사업화기반 구축 전략 김태운*(한국금속재료연구조합)
15:15~15:30		Coffee Break
○특별세션- 첨단산업용 고청정 소재 자립화 기술개발 심포지엄		좌 장: 박만호 (아스플로)
15:30~15:45	KSTP_C2022A_0023	반도체 산업용 극청정 특수강 응용부품 개발 및 실증평가기술 개발 박만호*(아스플로)
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0024	극청정 SUS316L 소재의 전해연마 공정기술 공만식*(고등기술연구원)
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0028	반도체 장비용 금속분말 필터 제조 기술 윤중열*(한국재료연구원)
16:15~16:30	KSTP_C2022A_0082	반도체 공정용 극청정 STS316L 강관제의 전해연마 표면특성 이호성*(한국항공대학교), 장시영, 이현승, 이상수
16:30~16:45		질의응답 및 폐회

제 5 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶3층 부라노 II

○일반 발표- 경량금속		좌 장: 권용남 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022A_0004	선압축과 어닐링 처리로 변화된 집합조직을 가지는 AZ31 마그네슘 압연재의 인장 변형 거동 김예진*(경북대), 박성혁
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0005	초음파나노표면개질(UNSM) 처리에 따른 Mg-3Al-1Zn 압연재의 미세조직 및 기계적 물성 변화 김현지*(경북대), 아마노프 아웨즈한, 박성혁
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0167	Zn-Al-Mg 합금의 일축 압축 거동에 미치는 온도 및 변형률 속도의 영향에 관한 연구 서위걸*(순천대), 양동주, 최시훈
13:45~14:00		Coffee Break
○일반 발표- 경량금속		좌 장: 박성혁 (경북대학교)
14:00~14:15	KSTP_C2022A_0159	피로균열성장률에 미치는 잔류응력의 영향 권용남*(한국재료연구원), 석무영, 이동준, 박현일, 박태규, 이호혁, 진승우, 문창호
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0160	Beta annealed Ti 합금의 미세조직과 기계적 특성 연구 최선두*(한국재료연구원), 김동민, 석무영, 이동준, 박현일, 권용남
14:30~14:45	KSTP_C2022A_0064	Al1050/Steel/Al1050 클래드 판재의 변형 및 손상 발생에 대한 멀티스케일 분석 구강희*(포항공과대), 김래연, 김은성, 권현석, 안성열, 서민홍, 김형섭
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0065	경량 클래드 재료의 기계적 물성 예측 김용주*(포항공과대), 구강희, 김래연, 서민홍, 김형섭
15:00~15:15	KSTP_C2022A_0168	산화막층을 가지는 open-cell Ni Foam의 미세조직과 기계적 성질 평가 조재형*(한국재료연구원), 이건영, 나종주, 김주영, 전한솔
15:15~15:30		Coffee Break
○일반 발표- 경량금속		좌 장: 최시훈 (순천대학교)
15:30~15:45	KSTP_C2022A_0097	Grain Refine Slurry 고압 다이캐스팅 공정으로 제조된 Cu 첨가 A356 합금의 미세조직, 인장 및 충격 특성 강태훈*(인하대), 윤상일, 김동현, 이석재, 김진평, 이기안
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0089	변형유기 마르텐사이트변태를 고려한 중엔트로피 합금의 구성 모델 권지혜*(포항공과대), 이정완, 김형섭
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0147	수지상 및 기공 성장 예측을 위한 다상(Multiphase) LBM-CA 모델링 이원주*(한양대), 배준호, 이호원, 강성훈, 윤종현
16:15~16:30	KSTP_C2022A_0166	유한요소법을 이용한 고탄소 펄라이트강 선재의 시멘타이트 형상 및 방위가 변형 및 파괴에 미치는 영향 해석 박기성*(순천대), 신다혜, 장동찬, 이충렬, 박준학, 손일현, 이상윤, 최시훈
16:30~16:45	KSTP_C2022A_0138	알루미늄 압출재의 Hosford-Coulomb 연성파단 모델 상수 결정 및 충돌 특성 평가 원정윤*(서울대), 홍서준, 김찬양, 이명규

제 6 발표회장

2022년 5월 26일(목)

▷▶ 3층 부라노Ⅲ

○일반 발표- 단조		좌 장: 오영석 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022A_0026	인공지능을 통한 미세조직 진화 예측 문인용*(한국재료연구원), 이호원, 김세종, 오영석, 정재면, 오세혁, 강성훈
13:15~13:30	KSTP_C2022A_0073	금속재료의 고온압축시험에서의 소재 온도의 변화와 영향 지수민*(경상국립대), 김민철, 최정목, 곽희만, 전만수
13:30~13:45	KSTP_C2022A_0058	피에조 볼트 측정 데이터에 기반한 자동차 부품 트리밍 공정에서의 금형 마모 예측 연구 권오동*((주)솔루션랩), 강경필, 허민철, 이경훈
13:45~14:00	KSTP_C2022A_00153	MADF 가공한 IF Steel과 Pure Ti의 미세조직 및 기계적 성질에 대한 연구 정효태*(강릉원주대), 정도현, 조유연, 권상철, 김순태, 이철우, 김민성, 김정균, 최시훈, 이성
14:00~14:15	Coffee Break	
○일반 발표- 단조		좌 장: 이상곤 (한국생산기술연구원)
14:15~14:30	KSTP_C2022A_0071	철근 이음 장치의 유한요소해석 장성민*((주)엠에프알씨), 이낙영, 정석환, 전만수
14:30~14:45	KSTP_C2022A_0156	냉간 단조용 비조질강의 2단 열처리에 따른 기계적 특성 우영윤*(한국재료연구원), 이영선, 윤은유, 배성준, 허윤욱, 정창곤
14:45~15:00	KSTP_C2022A_0072	너트 자동다단냉간단조중 소재 전단의 영향 변종복*(경상국립대), 지수민, 강성목, 이광희, 전만수
15:00~15:15	Coffee Break	
○일반 발표- 일반금속가공		좌 장: 고영건 (영남대학교)
15:15~15:30	KSTP_C2022A_0110	Processing, characterization and correlation of microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V sheet Mahdi Aghaahmadi*(한밭대), Hyunseok Lee, Mi-Seon Choi, 한병준, 김정환
15:30~15:45	KSTP_C2022A_0124	심층신경망과 유전자 알고리즘의 결합모델을 이용한 CFRP 적층 배열 최적화 이혁로*(부산대), 류재창, 고대철
15:45~16:00	KSTP_C2022A_0129	폭발하중을 받는 원통형 케이싱의 파편화에 대한 그루브의 영향 노동환*(한국과학기술원), 장택진, 서송원, 이재근, 장민기, 윤정환
16:00~16:15	KSTP_C2022A_0134	인장 흡킨슨 테스트에서 조립공차 영향에 대한 해석 및 실험적 확인 장택진*(한국과학기술원), 김종봉, 윤정환
16:15~16:30	KSTP_C2022A_0136	EV모터 부품의 스프링백 제어를 위한 AI기반 실시간 보정 알고리즘 개발 조동혁*(한국과학기술원), 최현성, 피에만 파질리, 김재균, 윤정환
16:30~16:45	KSTP_C2022A_0157	PA12 코팅 버스바의 성형공정 시 발생하는 코팅층 불량에 관한 연구 류상훈*(인하대), 김동연, 전용준, 이한주, 이상의
16:45~17:00	KSTP_C2022A_0060	Steel 소재별 파편 성능에 대한 실험적 고찰 서승재*(풍산)

제 1 발표회장

2022년 5월 27일(금)

▷▶3층 부라노 I

○특별 심포지엄- Frédéric Barlat 교수 정년기념		좌 장: 이명규 (서울대학교) Myoung-Gyu Lee (Seoul National University)
9:00~9:15	KSTP_C2022A_0067	A non-iterative stress projection method / Seong-Yong Yoon (POSTECH), Frédéric Barlat 비반복적 응력 투영법 / 윤성용*(포항공과대), Frédéric Barlat
9:15~9:30	KSTP_C2022A_0016	New virtual fields method formulations based on the finite element approach for identifying constitutive parameters / C.Y. Kim(KIMS), M.G. Lee 구성방정식 상수 결정을 위한 유한요소 기반 가상필드법 정식화 개발 / 김찬양*(한국재료연구원), 이명규
9:30~9:45	KSTP_C2022A_0041	Modeling stress anisotropy, strength differential, and anisotropic hardening by coupling quadratic and stress-invariant-based yield functions under non-associate flow rule / Yong Hou(Seoul National University), Myoung-Gyu Lee, Junying Min, Jianping Lin 이차 및 응력불변 기반 항복함수를 이용한 소성 이방성, 비대칭성, 이방경화거동 모델링 / Hou Yong*(서울대), 이명규
9:45~10:00	KSTP_C2022A_0131	DIC Data Management for the Robust Predictions of Materials Properties and Behaviors / H. Lim(KAIST), J.W. Yoon 소재 물성 및 거동의 강건한 예측을 위한 DIC 데이터 처리 / 임현용*(한국과학기술원), 윤정환
10:00~10:15	KSTP_C2022A_0132	Prediction of debonding behavior of strength differential materials by using cohesive zone model / C. Sagong(KAIST), J. W. Yoon 응집영역모델을 이용한 소성 비대칭성 재료의 접착면 분리 예측 / 사공철*(한국과학기술원), 윤정환
10:15~10:30	KSTP_C2022A_0044	A study on the mechanical behavior of E-from magnesium alloys during bending using a crystal plasticity finite element model / Bohye Jeon(Changwon National University), MinSeong Kim, Shihoon Choi, Youngung Jeong E-from 마그네슘 합금의 미니 브이 밴딩 중 변화하는 기계적 거동 예측에 대한 다결정 유한요소 해석 모델 적용 및 검증 / 전보혜*(창원대), 김민성, 최시훈, 정영웅
10:30~10:45	Coffee Break	
○특별 심포지엄- Frédéric Barlat 교수 정년기념		좌 장: 윤성용 (포항공과대학교) Seong-Yong Yoon (POSTECH)
10:45~11:00	KSTP_C2022A_0087	Application of finite element analysis using an incremental elasto-visco-plastic self-consistent polycrystal model to predict mechanical properties of Mg-10Gd magnesium alloys / J Lee(Changwon National University), D Steglich, Y Jeong 탄점소성 다결정 유한요소 해석모델을 활용한 Mg10Gd 마그네슘 합금의 기계적 물성 예측 / 이재성*(창원대), Dirk Steglich, 정영웅
11:00~11:15	KSTP_C2022A_0015	Application of Distortional Plasticity Model to Forming of Advanced High Strength Steels / Shin-Yeong Lee(POSTECH), Jin-Hwan Kim, Frédéric Barlat, Kyung-Seok Oh 고강도강 성형에 대한 왜곡 경화 모델 적용 연구 / 이신영*(포항공과대), 김진환, Frédéric Barlat, 오경석
11:15~11:30	KSTP_C2022A_0043	Investigation of optimal experimental procedure for determining cross-loading coefficients of distortional hardening model / J. M. Kim (POSTECH), J. H. Kim, Frédéric Barlat 왜곡 경화 모델의 교차 하중 계수를 구하는 최적의 실험 방법 / 김지민*(POSTECH), 김진환, Frédéric Barlat, 오현철
11:30~11:45	KSTP_C2022A_0083	Strain rate dependent behavior of material and consideration of strain rate sensitivity (SRS) in uniaxial tension simulation / S. W. Hong (POSTECH), J. M. Kim, Frédéric Barlat 재료의 변형률 속도 의존적 거동 및 일축 인장 시뮬레이션에서의 변형률 속도 민감도의 영향 / 홍신원*(포항공과대), 김지민, Frédéric Barlat

제 2 발표회장

2022년 5월 27일(금)

▷▶ 3층 부라노 II

○일반 발표- 압연		좌 장: 이현석 (포항산업과학연구원)
9:00~9:15	KSTP_C2022A_0095	부분 재결정된 탄소 첨가 CoCrFeNiMo 중엔트로피합금의 인장 거동 권현석*(포항공과대), Alireza Zargarani, Peyman Asghari-Rad, 김은성, 구강희, 이정완, 문종언, 배재웅, 김형섭
9:15~9:30	KSTP_C2022A_0054	알루미늄-스틸 클래드 재에 대한 계면 시너지 효과 김래언*(포항공과대), 구강희, 권지혜, 서민홍, 김형섭
9:30~9:45	KSTP_C2022A_0112	UNS N06625의 고온 성형 조건 도출 및 열간 압연 검증 김정훈*(한국재료연구원), 배성준, 김찬양, 김대현, 신정호, 이광석
9:45~10:00	KSTP_C2022A_0061	ALE 기법을 이용한 연속 주조 공정의 유한요소해석 문희범*((주)솔루션랩), 강경필, 이경훈
10:00~10:15	KSTP_C2022A_0090	수식모델을 이용한 공형압연공정에서의 SCM440 소재의 단면형상 예측 이동운*(중앙대), 이영석
10:15~10:30	KSTP_C2022A_0137	Quenching and Self-Tempering 공정에 따른 H형강의 상변태 거동 유한요소 모델링 조서연*(서울대), 홍서준, 이명규
10:30~10:45	KSTP_C2022A_0100	SCM440강을 이용한 열간공형압연에서 최대전단응력 기반 표면결함 발생 예측 연구 한병찬*(중앙대), 노용훈, 이영석
10:45~11:00	Coffee Break	
○일반 발표- 압출 및 인발		좌 장: 이현석 (포항산업과학연구원)
11:00~11:15	KSTP_C2022A_0165	비구동 회전 다이를 이용한 나선형 바의 인발 공정 개발 및 분석 김정훈*(한국재료연구원), 배성준, 신다슬, 이광석
11:15~11:30	KSTP_C2022A_0155	유한요소해석을 이용한 인발 공정 최적 설계 배성준*(한국재료연구원), 이광석, 김정훈

제 3 발표회장

2022년 5월 27일(금)

▷▶ 3층 부라노Ⅲ

○일반 발표-박판성형		좌 장: 김민기 (한국생산기술연구원)
9:00~9:15	KSTP_C2022A_0001	신경망 기반의 핫스탬핑 색차 분석 및 성능 예측 기술 윤승채*(현대제철 연구개발품질본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동
9:15~9:30	KSTP_C2022A_0002	핫스탬핑 성능 향상을 위한 트림 기술 윤승채*(현대제철 연구개발품질본부), 김기정, 김지영, 김혜진, 현주식, 정유동
9:30~9:45	KSTP_C2022A_0055	냉연강판과 용융아연도금 및 합금화용융아연도금 강판의 프레스 가공 중 마찰 특성 비교 박기철*(포스코), 김정철, 전태성
9:45~10:00	KSTP_C2022A_0084	초고장력강 기계식 트리밍을 위한 고속충돌트리밍 공정개발에 관한 연구 임재혁*(성균관대), 이은호, 이재욱, 김건우, 김다혜, 권순덕
10:00~10:15	KSTP_C2022A_0107	AI 7075 판재의 자연시효에 따른 기계적 물성 및 Portevin-Le Châtelier 효과 변화에 관한 연구 정선호*(한국생산기술연구원), 이종섭, 김민기, 배기현, 송정환, 남성우, 박남수
10:15~10:30	KSTP_C2022A_0114	속업쇼버 하우징 판넬용 알루미늄 소재의 스탬핑 공정에 관한 연구 김민기*(부산대), 김용우, 이정흠, 고대철
10:30~10:45	Coffee Break	
○일반 발표-박판성형		좌 장: 김대용 (전남대학교)
10:45~11:00	KSTP_C2022A_0115	스탬핑 공법으로 제조된 복합소재 부품의 spring-in에 관한 연구 류재창*(부산대), 신도훈, 이호용, 김재홍, 고대철
11:00~11:15	KSTP_C2022A_0118	친환경 자동차용 고강도 알루미늄 신소재(Almag6) 성형성 평가 이상민*(공주대), Le Tong Dai, 박옥조, 홍석무
11:15~11:30	KSTP_C2022A_0143	극박 재료의 표면효과를 위한 전위 기반의 결정소성 유한요소해석 정재봉*(부산대), 고르바니멘가리 호세인, 김지훈
11:30~11:45	KSTP_C2022A_0163	접합기준과 인공지능망을 이용한 마찰교반점용접 공정변수의 최적화 조덕상*(부산대), Eddy Kumiawan, Parviz Kahhal, 김지훈
11:45~12:00	KSTP_C2022A_0109	Evolution of microstructure and texture of high Mn steel during stretching and deep drawing process: (An application to a scale-down ellipsoidal vessel head) 프리탐*(순천대), 박기성, Lalit Kaushik, Abhishek Singh, 최시훈

제 4 발표회장- 포스터발표 I

2022년 5월 27일(금) 10:00~11:10

▷▶ 3층 컨벤션홀

○포스터 발표		좌 장: 고영건 (영남대학교) ※ 포스터 보드 사이즈는 가로 1m×세로 2m 입니다.
P01	KSTP_C2022A_0003	후판 3차원 곡면 롤 성형에 관한 연구 이상익*(기득산업(주)), 박성진, 공경열
P02	KSTP_C2022A_0009	알루미늄 파이프 요크 단단 단조공정 설계 이성민*(한국생산기술연구원), 이상근, 이인규, 이성윤, 정명식, 박동용, 황선광, 박재욱, 황원석
P03	KSTP_C2022A_0012	미세조직에 따른 소부경화강의 변형 시효와 수소취화 거동 김재윤*(서울과학기술대), 고석우, 김상규, 황병철
P04	KSTP_C2022A_0013	고압수소용 템퍼드 마르텐사이트계 저합금강의 수소취성에 미치는 Nb, Ti 및 V 첨가의 영향 신희창*(서울과학기술대), 김상규, 서현주, 정한교, 황병철
P05	KSTP_C2022A_0017	CoCrFeNiMo 중엔트로피 합금에서의 결정립 미세화 및 나노 크기의 석출물로 인한 시너지 강화 효과 이도원*(포항공과대), 권현석, Asghari-Rad Peyman, 박정민, Praveen Sathiyamoorthi, 배재웅, 문준연, Alireza Zargar, 최연택, 손수정, 김형섭
P06	KSTP_C2022A_0018	자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드리븐 허브 및 관성 휠 냉간 성형공정 연구 박진수*((주)경우정밀), 임성주, 임성식, 김용배, 조종두
P07	KSTP_C2022A_0029	인공신경망을 이용한 금속판재의 경화거동 예측 김민기*(한국생산기술연구원), 배기현, 박남수, 송정한
P08	KSTP_C2022A_0033	중엔트로피 합금의 인발 공정 해석 이정아*(포항공과대), 김용주, 이정완, 구강희, Peyman Asghari-Rad, 나영상, 여신구, 김형섭
P09	KSTP_C2022A_0038	AISI 4340 소재를 사용한 대형 단조품의 최적 열처리 조건 선정 오세윤*(풍산)
P10	KSTP_C2022A_0040	선택적 레이저 용융법으로 제작된 STS-316L의 기계적 특성에 미치는 UNSM 처리 영향 배동화*(경상국립대), 박하음, 아마노프 아웨즈한, 김정기
P11	KSTP_C2022A_0042	초미세립 마그네슘 합금의 온도에 따른 초소성 특성 평가 오주희*(경상국립대), 손수정, 김형섭, 설재복, 성효경, 김정기
P12	KSTP_C2022A_0048	유한요소해석을 이용한 평면 적층시 기저부 두께에 따른 열-기계 특성 변화 양지완*(조선대), 이광규, 안동규
P13	KSTP_C2022A_0053	고압 비틀림 공정과 열처리를 통한 CoCrFeMnNi 적층제조 고엔트로피 합금의 우수한 강도와 연성 획득 안성열*(포항공과대), Lei Han, 김은성, Peyman Asghari-Rad, Gangaraju Manogna Karthik, Chengwei Fei, 김형섭
P14	KSTP_C2022A_0062	인발 가공된 Cu-0.2 wt% Mg합금 선재의 열처리 시 재결정 거동에 대한 연구 유태현*(순천대), Lalit Kaushik, Aman Gupta, 백승원, 김정호, 최시훈
P15	KSTP_C2022A_0066	상용차 요소 부품 제작을 위한 단조 성형 해석 기반 공정설계 연구 이승재*(한국생산기술연구원), 김민수, 박지우
P16	KSTP_C2022A_0068	체결용 Ti-6Al-4V 합금의 미세조직 및 기계적/전기화학적 특성에 대한 연구 이호주*(한밭대), 아나만 샘, 최정목, 이종숙, 조훈휘
P17	KSTP_C2022A_0075	형상 인발 공정에서 수치적 해석과 실험 누를 아키라 빈티 라자리*(경상국립대), 변종복, 정임근, 정완진, 전만수
P18	KSTP_C2022A_0077	자동다단냉간단조의 전단 공정에서 속도의 영향 변종복*(경상국립대), 김광민, 전만수
P19	KSTP_C2022A_0080	Ni기 초내열합금 터빈 부품의 레이저 냉각 홀 가공성 연구 김상훈*(국방과학연구소), 송영범
P20	KSTP_C2022A_0085	벨로우즈 금형 설계 자동화를 위한 기계학습 모델에 관한 연구 김영진*(성균관대), 정선호, 박예찬, 이종섭
P21	KSTP_C2022A_0091	Ti/Al/Ti 3-ply 클래드 판재의 계면 금속간화합물층 생성에 따른 최적 열처리 조건 도출 연구 김민호*(한국재료연구원), 이광석, 신다슬, 봉혁중, 김지훈, 김정한
P22	KSTP_C2022A_0093	CNN을 이용한 Al 6061 압출 부품의 표면 결함 분류 연구 김수빈*(인하대), 이기안
P23	KSTP_C2022A_0094	마찰교반처리로 제작된 Al1050 합금의 미세구조 및 기계적 특성에 대한 산화 그래핀 보강재의 영향 유한결*(한밭대), Soumyabrata Basak, Mounarik Mondal, Kun Gao, 홍성태, 조훈휘
P24	KSTP_C2022A_0096	구조강도해석 및 피로해석을 이용한 압출기의 스템 피로 수명 예측 김동율*(한국생산기술연구원), 김지욱, 이성윤, 정명식, 이정인, 고대철, 장진석

제 4 발표회장- 포스터발표 II

2022년 5월 27일(금) 10:00~11:10

▷▶ 3층 컨벤션홀

○포스터 발표		좌 장: 윤은유 (한국재료연구원) ※ 포스터 보드 사이즈는 가로 1m×세로 2m 입니다.
P25	KSTP_C2022A_0098	Al-10Si-Mg 주조 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 응고 속도 및 T6 열처리의 영향 강태훈*(인하대), 어광준, 조영희, 이승욱, 이기안
P26	KSTP_C2022A_0099	SS400 합금의 최적 공정 조건 설정 및 고온 변형 거동 분석 박정현*(인하대), 배성환, 최선목, 최호준, 신영철, 이기안
P27	KSTP_C2022A_0102	cam식 자동선반에서의 흑연쾌삭강 절삭조건 표준화 김경태*(중앙대), 이영석
P28	KSTP_C2022A_0111	Ti-Mo-Fe 합금의 고온 압축 조건에 따른 성형성 평가 이재관*(순천대), 김홍민, 이동근
P29	KSTP_C2022A_0116	소성가공공정 해석을 위한 동적외연적-정적내연적 결합 알고리즘 전상윤*(서울과학기술대), 정완진
P30	KSTP_C2022A_0120	프레스 금형 개발을 위한 프로젝트 관리 시스템 개발 박종규*((주)화신), 김상훈, 허수빈
P31	KSTP_C2022A_0125	실시간 하중의 센싱을 통한 냉간단조 금형의 수명평가 정현영*(풍강), 강성목, 이광희, 김진용, 노우람
P32	KSTP_C2022A_0126	Ti6Al4V 판재의 초소성 성형 금형의 마찰 및 마모 특성 평가 방준호*(한국생산기술연구원), 김민기, 배기현, 이명규, 송정환
P33	KSTP_C2022A_0140	Into the distinctions of a twinning mechanism in a face-centered cubic steel Mahdi Aghaahmadi*(한밭대), Mehrdad Ghiasabadi Farahani, 김정한, Matias Jaskari, Leo Pentti Karjalainen, Puspendu Sahu
P34	KSTP_C2022A_0141	플라즈마 전해 산화층 형성에 미치는 Al-Mg-Si 합금의 결정립 크기 영향 한다인*(영남대), 고영건
P35	KSTP_C2022A_0142	헤어핀용 평판 구리 와이어의 코팅층 파단 분석 및 굽힘 특성 평가 정명식*(한국생산기술연구원), 이상근, 안지섭, 이호영, 이성민, 박동용
P36	KSTP_C2022A_0144	냉간 단조 공정 조건에 따른 ITR의 회전토크에 대한 유한요소해석 한동운*(한국생산기술연구원), 정영훈, 허우로, 김효규, 장규봉, 김성탁, 모찬빈
P37	KSTP_C2022A_0145	자율주행 자동차 컴팩트 전동회전시트용 고강도 하부회전판의 냉간성형에 관한 연구 권태하*((재)대구기계부품연구원), 서창희
P38	KSTP_C2022A_0146	알루미늄합금의 성형성 향상에 관한 연구 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국, 박춘달
P39	KSTP_C2022A_0148	740H 인코넬 합금 냉간인발공정 전처리 피막형성연구 남궁정*(포항산업과학연구원), 강희수, 임광혁, 정희원
P40	KSTP_C2022A_0149	Center Pillar Outer 부품의 탄소 복합소재 성형해석 연구 조형찬*(한국섬유기계융합연구원), 석주성
P41	KSTP_C2022A_0150	스테인레스 분말야금 제품의 부식과 소결공정 조건에 대한 연구 최용진*(한국생산기술연구원), 정명식, 이상근, 황선광, 이인규, 이성윤, 조아라
P42	KSTP_C2022A_0151	PBF공정으로 적층한 머레이징강의 열처리 조건에 따른 기계적 물성 평가 조아라*(한국생산기술연구원), 김선형, 안지섭, 오철환, 정명식, 문영훈, 황선광
P43	KSTP_C2022A_0152	가스분무법 활용 NdFeB 분말의 소성변형을 통한 결정립 미세화 및 이방성 제어 연구 박상민*(한국생산기술연구원), 조주영, 김대겸, 자비드후세인, 송명석, 김택수
P44	KSTP_C2022A_0154	박막 면상 발열체를 이용한 사출 성형용 급속 금형 가열 구조 김효인*((주)바이솔), 이정환, 황용일, 김영식, 김현식, 남정규
P45	KSTP_C2022A_0158	자동차 차체 사이드 실 부품의 판재 인발성형 공정에 대한 실험적 연구 박상언*((주)성우하이텍), 최수영, 강범수, 구태완
P46	KSTP_C2022A_0161	Instability map을 활용한 열간압연용 아다마이트 주조물의 고온 성형성 평가 고준*(한국생산기술연구원), 김철우, 원종철, 이종국, 전재열
P47	KSTP_C2022A_0162	냉간 압연 공정에 따른 전자개폐기용 바이메탈 소재 클래딩 조건 도출 및 특성 평가 조우빈*(한국생산기술연구원), 유효상, 김대근, 최한철, 전재열
P48	KSTP_C2022A_0169	니켈 합금과 탄소강 압연 클래드 판재의 계면 접합 특성 연구 이현석*(포항산업과학연구원)
P49	KSTP_C2022A_0171	난성형 Inconel 718 합금의 특성 최적화를 위한 열간 단조 공정 설계 및 미세조직 변화 예측 성상규*(한국재료연구원), 이영선, 윤은유
P50	KSTP_C2022A_0172	항공기 엔진용 대형 단조품의 특성 향상을 위한 초내열 Inconel718 합금의 다단공정 요소기술 개발 김효건*(한국재료연구원), 조성우, 윤은유

1. 초청강연 (페스타홀)

- 항공용 소재 개발 현황

..... 신정호 박사 (세아창원특수강 제품연구센터장)

- My Journey with Plasticity

..... Frédéric Barlat, (포항공대 철강대학원)

2. 특별 심포지엄 (제 1 발표회장)

○ Frédéric Barlat 교수 정년기념

- 금속판재의 미세조직과 소성이방성을 고려한 유한요소해석

..... 이명규*(서울대)/ 24

- 냉간압연 및 소둔 시 HEA의 집합조직 발달에 미치는 쌍정과 전단밴드의 영향

..... 최시훈*(순천대)/ 25

- 고속변형률에서의 판재 거동에 관한 실험기법 및 모델링

..... 허훈*(한국과학기술원), 주근수, 김민기/ 26

- 판재 성형에서의 적합한 강종 선택 방법

..... 김휘건*(포스코), 최종원/ 27

- 결정소성학 연계 극박 판재의 변형률 경로 변화시의 기계적 물성 및 스프링백 예측

..... 봉혁중*(한국재료연구원), 이진우, 프레데릭 발라/ 28

- 스테인리스 스틸 316L 미세 튜브 시편의 이축 변형과 소성 모델링

..... 하진진*(뉴햄프셔 주립대), Elizabeth M. Mamros, Madhav Baral, Brad L. Kinsey/ 29

- 프레스경화강의 미세조직 변화 모델

..... 복현호*(포스코), 오경석/ 30

- 왜곡경화모델의 고효율 응력 적분 알고리즘 개발

..... 이진우*(한국재료연구원), 봉혁중, 하진진, 발라 프레데릭/ 31

- 한계변형률을 이용한 스트레치 엣지 파단 예측

..... 오경석*(포스코), 이석렬/ 32

- 온간 부풀림 성형을 통한 속도와 온도에 민감한 성형 한계의 실험적 평가

..... 홍종화*(한국재료연구원), 유동훈, 권용남, 김대용/ 33

3. 특별 세션 (제 2 발표회장)

○ 파워유닛 항공엔진 부품용 소재성형 기술

- Inverse Analysis를 통한 물성 최적화를 위한 가변전류 인가모델 개발

..... 임형철*((주)에프애펬케이), 천세환, 최병진, 최창혁 / 35

- 항공엔진부품용 니켈 초내열합금의 단조공정 요소기술개발

..... 윤은유*(한국재료연구원), 김효건, 조성우, 문지훈 / 36

- 동적재료모델을 활용한 STS 321 합금의 고온성형성 고찰과 초기 미세조직의 영향

..... 조평석*(순천대), 이재관, 신정호, 송역석, 이동근 / 37

4. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 일반금속가공

- Cold-consolidation 공정으로 제작된 CoCrFeNi 중엔트로피합금의 상온 및 극저온 기계적 성질 분석
..... 손수정*(포항공과대), Peyman Asghari-Rad, Alireza Zargaran, 김형섭/ 39
- 고압비틀림 공정 수행된 불혼화성 중엔트로피의 초소성 변형 메커니즘
..... 박효진*(포항공과대), Nhung, 김형섭/ 40
- Al15CuFeMn 중엔트로피 합금의 신장플랜지성과 2차 변형 기작의 영향
..... 최연택*(포항공과대), 문종언, 김형섭 / 41
- 준안정 철계 중엔트로피합금의 극저온 예비 변형 및 열처리 후 인장변형 거동 분석
..... 이정완*(포항공과대), 배재웅, 페이만 아스가리-라드, 김형섭/ 42

5. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 일반금속가공, 단조

- 고압수소용 Cr-Mo강의 수소취성에 미치는 Si 함량의 영향
..... 김상규*(서울과학기술대), 김재윤, 서현주, 정환교, 황병철/ 44
- 탭핑공정간 너트 이송력 및 이송속도 제어에 따른 나사산 형상 변화 영향 분석
..... 김영진*(성균관대), 이종섭, 배기현, 민수홍, 박예찬/ 45
- 유한요소해석을 이용한 단조금형의 피로수명 예측에 관한 연구
..... 김용관*((주)솔루션랩), 윤용석, 이경훈/ 46
- 다상복합강과 마르텐사이트 강에서 타발이 구멍확장비에 미치는 영향
..... 조우진*(서울대), 정병석, 이제웅, 김성일, 한홍남/ 47
- 판금 구조물의 열좌굴 예측을 위한 유한요소해석 및 실험적 검증
..... 이주원*(한국과학기술원), Wayne Cai, Thomas Stoughton, 남성우, 정철영, 윤정환/ 48
- 이중 스테인리스강 고상 접합부의 응력-부식 거동 분석
..... 아나만 샘*(한밭대), Zhang Shengwei, 홍성태, 김재국, 이종숙, 조훈휘/ 49
- 변태유기소성 결합 온도의존 결정소성 유한요소해석에 의한 오스테나이트계 스테인리스강의 저온 변형 거동 해석
..... 이혁재*(서울대), Thi Ahn Nguyet Nguyen, 정진욱, 한홍남, 이명규, 홍성태/ 50
- 직접 에너지 증착법으로 제작된 FeNi 연자성 퍼멀로이의 향상된 기계적 물성 분석
..... 김은성*(포항공과대), Farahnaz Haftlang, 안성열, 권현석, 구강희, 김형섭/ 51
- Suppressed deformation twinning in laser powder-bed fusion processed CuSn alloy
..... Gangaraju Manogna Ka*(포항공과대), 김은성, Alireza Zargaran, Praveen Sathiyamoorthi, 정상국, 김형섭/ 52
- Laser-powder bed fusion 방식으로 제조된 인코넬 718의 크립 특성
..... 정상국*(포항공과대), 강석훈, 천주홍, 유상훈, 김형섭/ 53
- 열처리 조건 및 Al 함량에 따른 적층제조 IN718 합금의 크리프 특성
..... 정중은*(한국재료연구원), 이형수, 서성문, 김인수, 도정현, 최백규/ 54
- Pilger 롤링 공정의 시뮬레이션
..... 전만수*(경상국립대), 정승원, 문호근, 이민철, 정완진/ 55
- 혼합 유동모델에 관한 고찰
..... 지창운*(경상국립대), 변종복, 지수민, 전만수/ 56

6. 특별 세션 (제 4 발표회장)

○ 첨단산업용 고청정 소재 자립화 기술개발 심포지엄

- 반도체 산업용 고청정 무계목 강관 및 봉강 개발
.....이승욱*(세아창원특수강), 김덕령, 강수석, 정세지/ 58
- 글리블 고온 압축 시험의 전기-열-변형 유한요소 해석을 통한 316L 스테인리스강의 유동응력선도 최적화
.....최병진*(에프애펜케이), 임형철, 천세환, 최창혁/ 59
- 반도체 산업용 극청정 특수강 응용부품 개발 및 실증평가기술 개발
.....박만호*(아스플로)/60
- 반도체 장비용 금속분말 필터 제조 기술
.....윤중열*(한국재료연구원)/ 61
- 반도체 공정용 극청정 STS316L 강관제의 전해연마 표면특성
.....이호성*(한국항공대학교), 장시영, 이현승, 이상수/ 62

7. 일반 논문 발표 (제 5 발표회장)

○ 경량금속

- 선압축과 어닐링 처리로 변화된 집합조직을 가지는 AZ31 마그네슘 압연재의 인장 변형 거동
.....김예진*(경북대), 박성혁/ 64
- 초음파나노표면개질(UNSM) 처리에 따른 Mg-3Al-1Zn 압연재의 미세조직 및 기계적 물성 변화
.....김현지*(경북대), 아마노프 아웨즈한, 박성혁/ 65
- 피로균열성장에 미치는 잔류응력의 영향
.....권용남*(한국재료연구원), 석무영, 이동준, 박현일, 박태규, 이호혁, 진승우, 문창호/ 66
- Beta annealed Ti 합금의 미세조직과 기계적 특성 연구
.....최선두*(한국재료연구원), 김동민, 석무영, 이동준, 박현일, 권용남/ 67
- Al1050/Steel/Al1050 클래드 판재의 변형 및 손상 발생에 대한 멀티스케일 분석
.....구강희*(포항공과대), 김래연, 김은성, 권현석, 안성열, 서민홍, 김형섭/ 68
- 경량 클래드 재료의 기계적 물성 예측
.....김용주*(포항공과대), 구강희, 김래연, 김형섭/ 69
- Grain Refine Slurry 고압 다이캐스팅 공정으로 제조된 Cu 첨가 A356 합금의 미세조직, 인장 및 충격 특성
.....강태훈*(인하대), 윤상일, 김동현, 이석재, 김진평, 이기안/ 70
- 변형유기 마르텐사이트변태를 고려한 중엔트로피 합금의 구성 모델
.....권지혜*(포항공과대), 이정완, 김형섭/ 71
- 수지상 및 기공 성장 예측을 위한 다상(Multiphase) LBM-CA 모델링
.....이원주*(한양대), 배준호, 이호원, 강성훈, 윤종현/ 72
- 유한요소법을 이용한 고탄소 펄라이트강 선재의 시멘타이트 형상 및 방위가 변형 및 파괴에 미치는 영향 해석
.....박기성*(순천대), 신다혜, 장동찬, 이충렬, 박준학, 손일현, 이상윤, 최시훈/ 73
- 알루미늄 압출재의 Hosford-Coulomb 연성파단 모델 상수 결정 및 충돌 특성 평가
.....원정윤*(서울대), 홍서준, 김찬양, 이명규/ 74

8. 일반 논문 발표 (제 6 발표회장)

○ 단조

- 인공지능을 통한 미세조직 진화 예측
..... 문인용*(한국재료연구원), 이호원, 김세중, 오영석, 정재면, 오세혁, 강성훈/ 76
- 금속재료의 고온압축시험에서의 소재 온도의 변화와 영향
..... 지수민*(경상국립대), 김민철, 최정목, 박희만, 전만수/ 77
- 피에조 볼트 측정 데이터에 기반한 자동차 부품 트리밍 공정에서의 금형 마모 예측 연구
..... 권오동*((주)솔루션랩), 강경필, 허민철, 이경훈/ 78
- MADF 가공한 IF Steel과 Pure Ti의 미세조직 및 기계적 성질에 대한 연구
..... 정효태*(강릉원주대), 정도현, 조유연, 권상철, 김순태, 이철우, 김민성, 김정균, 최시훈, 이성/ 79
- 철근 이음 장치의 유한요소해석
..... 장성민*((주)엠에프알씨), 이낙영, 정석환, 전만수/ 80
- 너트 자동다단냉간단조중 소재 전단의 영향
..... 변종복*(경상국립대), 지수민, 강성목, 이광희, 전만수/ 81

9. 일반 논문 발표 (제 6 발표회장)

○ 일반금속가공

- 심층신경망과 유전자 알고리즘의 결합모델을 이용한 CFRP 적층 배열 최적화
..... 이혁로*(부산대), 류재창, 고대철/ 83
- 폭발하중을 받는 원통형 케이싱의 파편화에 대한 그루브의 영향
..... 노동환*(한국과학기술원), 장택진, 서송원, 이재근, 장민기, 윤정환/ 84
- 인장 흡킨슨 테스트에서 조립공차 영향에 대한 해석 및 실험적 확인
..... 장택진*(한국과학기술원), 김종봉, 윤정환/ 85
- EV모터 부품의 스프링백 제어를 위한 AI기반 실시간 보정 알고리즘 개발
..... 조동혁*(한국과학기술원), 최현성, 피에만 파질리, 김재균, 윤정환/ 86
- PA12 코팅 버스바의 성형공정 시 발생하는 코팅층 불량에 관한 연구
..... 류상훈*(인하대), 김동언, 전용준, 이환주, 이상의/ 87
- Steel 소재별 파편 성능에 대한 실험적 고찰
..... 서승재*(풍산)/ 88

10. 특별 심포지엄 (제 1 발표회장)

○ Frédéric Barlat 교수 정년기념

- 비반복적 응력 투영법
..... 윤성용*(포항공과대), Frédéric Barlat/ 90
- 구성방정식 상수 결정을 위한 유한요소 기반 가상필즈법 정식화 개발
..... 김찬양*(한국재료연구원), 이명규/ 91
- 이차 및 응력불변 기반 항복함수를 이용한 소성 이방성, 비대칭성, 이방경화거동 모델링
..... Hou Yong*(서울대), 이명규/ 92

- 소재 물성 및 거동의 강건한 예측을 위한 DIC 데이터 처리
..... 임현용*(한국과학기술원), 윤정환/ 93
- 응집영역모델을 이용한 소성 비대칭성 재료의 접촉면 분리 예측
..... 사공철*(한국과학기술원), 윤정환/ 94
- E-from 마그네슘 합금의 미니 브리 밴딩 중 변화하는 기계적 거동 예측에 대한 다결정 유한요소 해석 모델 적용 및 검증
..... 전보혜*(창원대), 김민성, 최시훈, 정영웅/ 95
- 탄점소성 다결정 유한요소 해석모델을 활용한 Mg10Gd 마그네슘 합금의 기계적 물성 예측
..... 이재성*(창원대), Dirk Steglich, 정영웅/ 96
- 고강도강 성형에 대한 왜곡 경화 모델 적용 연구
..... 이신영*(포항공과대), 김진환, Frédéric Barlat, 오경석/ 97
- 왜곡 경화 모델의 교차 하중 계수를 구하는 최적의 실험 방법
..... 김지민*(POSTECH), 김진환, Frédéric Barlat, 오현철/ 98
- 재료의 변형률 속도 의존적 거동 및 일축 인장 시뮬레이션에서의 변형률 속도 민감도의 영향
..... 홍신원*(포항공과대), 김지민, Frédéric Barlat/ 99

11. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 압연, 압출 및 인발

- 부분 재결정된 탄소 첨가 CoCrFeNiMo 중엔트로피합금의 인장 거동
..... 권현석*(포항공과대), Alireza Zargaran, Peyman Asghari-Rad, 김은성, 구강희, 이정완, 문종언, 배재웅, 김형섭/ 101
- 알루미늄-스틸 클래드 재에 대한 계면 시너지 효과
..... 김래언*(포항공과대), 구강희, 권지혜, 서민홍, 김형섭/ 102
- UNS N06625 의 고온 성형 조건 도출 및 열간 압연 검증
..... 김정훈*(한국재료연구원), 배성준, 김찬양, 김대현, 신정호, 이광석/ 103
- ALE 기법을 이용한 연속 주조 공정의 유한요소해석
..... 문희범*((주)솔루션랩), 강경필, 이경훈/ 104
- 수식모델을 이용한 공형압연공정에서의 SCM440 소재의 단면형상 예측
..... 이동윤*(중앙대), 이영석/ 105
- Quenching and Self-Tempering 공정에 따른 H형강의 상변태 거동 유한요소 모델링
..... 조서연*(서울대), 홍서준, 이명규/ 106
- SCM440 강을 이용한 열간공형압연에서 최대전단응력 기반 표면결함 발생 예측 연구
..... 한병찬*(중앙대), 노용훈, 이영석/ 107
- 비구동 회전 다이를 이용한 나선형 바의 인발 공정 개발 및 분석
..... 김정훈*(한국재료연구원), 배성준, 신다슬, 이광석/ 108

12. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 박판성형

- 신경망 기반의 핫스탬핑 색차 분석 및 성능 예측 기술
..... 윤승채*(현대제철 연구개발품질본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동/ 110

- 핫스탬핑 성능 향상을 위한 트립 기술
.....윤승채*(현대제철 연구개발품질본부), 김기정, 김지영, 김혜진, 현주식, 정유동/ 111
- 냉연강판과 용융아연도금 및 합금화용융아연도금 강판의 프레스 가공 중 마찰 특성 비교
..... 박기철*(포스코), 김정철, 전태성/ 112
- 초고장력강 기계식 트리밍을 위한 고속충돌트리밍 공정개발에 관한 연구
.....임재혁*(성균관대), 이은호, 이재욱, 김건우, 김다혜, 권순덕/ 113
- Al 7075 판재의 자연시효에 따른 기계적 물성 및 Portevin-Le Châtelier 효과 변화에 관한 연구
.....정선호*(한국생산기술연구원), 이종섭, 김민기, 배기현, 송정한, 남성우, 박남수/ 114
- 속업쇼버 하우징 판넬용 알루미늄 소재의 스탬핑 공정에 관한 연구
.....김민기*(부산대), 김용우, 이정흠, 고대철/ 115
- 스탬핑 공법으로 제조된 복합소재 부품의 spring-in에 관한 연구
.....류재창*(부산대), 신도훈, 이호용, 김재홍, 고대철/ 116
- 친환경 자동차용 고강도 알루미늄 신소재(Almag6) 성형성 평가
.....이상민*(공주대), Le Tong Dai, 박옥조, 홍석무/ 117
- 극박 재료의 표면효과를 위한 전위 기반의 결정소성 유한요소해석
.....정재봉*(부산대), 고르바니멘가리 호세인, 김지훈/ 118
- 접합기준과 인공신경망을 이용한 마찰교반점용접 공정변수의 최적화
.....조덕상*(부산대), Eddy Kumiawan, Parviz Kahhal, 김지훈/ 119

13. 포스터 발표 (제 4 발표회장)

- 후판 3 차원 곡면 롤 성형에 관한 연구
.....이상익*(기득산업(주)), 박성진, 공경열/ 121
- 알루미늄 파이프 요크 다단 단조공정 설계
.....이성민*(한국생산기술연구원), 이상곤, 이인규, 이성윤, 정명식, 박동용, 황선광, 박재욱, 황원석/ 122
- 고압수소용 텀퍼드 마르텐사이트계 저합금강의 수소취성에 미치는 Nb, Ti 및 V 첨가의 영향
.....신희창*(서울과학기술대), 김상규, 서현주, 정환교, 황병철/ 123
- CoCrFeNiMo 중엔트로피 합금에서의 결정립 미세화 및 나노 크기의 석출물로 인한 시너지 강화 효과
이도원*(포항공과대), 권현석, Asghari-Rad Peyman, 박정민, Praveen Sathiyamoorthi, 배재웅, 문종언, Alireza Zargar, 최연택, 손수정, 김형섭
...../ 124
- 자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드리븐 허브 및 관성 휠 냉간 성형공정 연구
.....박진수*((주)경우정밀), 임성주, 임성식, 김용배, 조종두/ 125
- 인공신경망을 이용한 금속판재의 경화거동 예측
.....김민기*(한국생산기술연구원), 배기현, 박남수, 송정한/ 126
- 중엔트로피 합금의 인발 공정 해석
.....이정아*(포항공과대), 김용주, 이정완, 구강희, Peyman Asghari-Rad, 나영상, 여신구, 김형섭/ 127
- AISI 4340 소재를 사용한 대형 단조품의 최적 열처리 조건 선정
.....오세윤*(풍산)/ 128
- 선택적 레이저 용융법으로 제작된 STS-316L의 기계적 특성에 미치는 UNSM 처리 영향
.....배동화*(경상국립대), 박하음, 아마노프 아웨즈한, 김정기/ 129

- 초미세립 마그네슘 합금의 온도에 따른 초소성 특성 평가
.....오주희*(경상국립대), 손수정, 김형섭, 설재복, 성효경, 김정기/ 130
- 유한요소해석을 이용한 평면 적층시 기저부 두께에 따른 열-기계 특성 변화
..... 양지완*(조선대), 이광규, 안동규/ 131
- 고압 비틀림 공정과 열처리를 통한 CoCrFeMnNi 적층제조 고엔트로피 합금의 우수한 강도와 연성 획득
.....안성열*(포항공과대), Lei Han, 김은성, Peyman Asghari-Rad, Gangaraju Manogna Karthik, Chengwei Fei, 김형섭/ 132
- 인발 가공된 Cu-0.2 wt% Mg합금 선재의 열처리 시 재결정 거동에 대한 연구
..... 유태현*(순천대), Lalit Kaushik, Aman Gupta, 백승원, 김정호, 최시훈/ 133
- 상용차 요소 부품 제작을 위한 단조 성형 해석 기반 공정설계 연구
..... 이승재*(한국생산기술연구원), 김민수, 박지우/ 134
- 체결용 Ti-6Al-4V 합금의 미세조직 및 기계적/전기화학적 특성에 대한 연구
.....이효주*(한밭대), 아나만 샘, 최정복, 이종숙, 조훈휘/ 135
- 형상 인발 공정에서 수치적 해석과 실험
.....누를 아키라 빈티 라자리*(경상국립대), 변종복, 정임근, 정완진, 전만수/ 136
- 자동다단냉간단조의 전단 공정에서 속도의 영향
.....변종복*(경상국립대), 김광민, 전만수/ 137
- Ni기 초내열합금 터빈 부품의 레이저 냉각 홀 가공성 연구
..... 김상훈*(국방과학연구소), 송영범/ 138
- 벨로우즈 금형 설계 자동화를 위한 기계학습 모델에 관한 연구
.....김영진*(성균관대), 정선호, 박예찬, 이종섭/ 139
- Ti/Al/Ti 3-ply 클래드 판재의 계면 금속간화합물층 생성에 따른 최적 열처리 조건 도출 연구
..... 김민호*(한국재료연구원), 이광석, 신다슬, 봉혁중, 김지훈, 김정한/ 140
- CNN을 이용한 Al 6061 압출 부품의 표면 결함 분류 연구
..... 김수빈*(인하대), 이기안 / 141
- 구조강도해석 및 피로해석을 이용한 압출기의 스텝 피로 수명 예측
..... 김동율*(한국생산기술연구원), 김지욱, 이성윤, 정명식, 이정인, 고대철, 장진석/ 142
- Al-10Si-Mg 주조 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 응고 속도 및 T6 열처리의 영향
..... 강태훈*(인하대), 어광준, 조영희, 이승욱, 이기안/ 143
- SS400 합금의 최적 공정 조건 설정 및 고온 변형 거동 분석
.....박정현*(인하대), 배성환, 최선목, 최호준, 신영철, 이기안/ 144
- cam식 자동선반에서의 흑연쾌삭강 절삭조건 표준화
..... 김경태*(중앙대), 이영석/ 145
- Ti-Mo-Fe 합금의 고온 압축 조건에 따른 성형성 평가
..... 이재관*(순천대), 김홍민, 이동근/ 146
- 소성가공공정 해석을 위한 동적외연적-정적내연적 결합 알고리즘
..... 전상윤*(서울과학기술대), 정완진/ 147
- 프레스 금형 개발을 위한 프로젝트 관리 시스템 개발
.....박종규*((주)화신), 김상훈, 허수빈/ 148
- 실시간 하중의 센싱을 통한 냉간단조 금형의 수명평가
.....정현영*(풍강), 강성목, 이광희, 김진용, 노우람/ 149

- Ti6Al4V 판재의 초소성 성형 금형의 마찰 및 마모 특성 평가
..... 방준호*(한국생산기술연구원), 김민기, 배기현, 이명규, 송정환/ 150
- 플라즈마 전해 산화층 형성에 미치는 Al-Mg-Si 합금의 결정립 크기 영향
..... 한다인*(영남대), 고영진/ 151
- 헤어핀용 평판 구리 와이어의 코팅층 파단 분석 및 굽힘 특성 평가
..... 정명식*(한국생산기술연구원), 이상곤, 안지섭, 이호영, 이성민, 박동용/ 152
- 냉간 단조 공정 조건에 따른 ITR의 회전토크에 대한 유한요소해석
..... 한동운*(한국생산기술연구원), 정영훈, 허우로, 김효규, 장규봉, 김성탁, 모찬빈/ 153
- 자율주행 자동차 컴팩트 전동회전시트용 고강도 하부회전판의 냉간성형에 관한 연구
..... 권태하*((재)대구기계부품연구원), 서창희/ 154
- 알루미늄합금의 성형성 향상에 관한 연구
..... 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국, 박춘달/ 155
- 740H 인코넬 합금 냉간인발공정 전처리 피막형성연구
..... 남궁정*(포항산업과학연구원), 강희수, 임광혁, 정희원/ 156
- Center Pillar Outer 부품의 탄소 복합소재 성형해석 연구
..... 조형찬*(한국섬유기계융합연구원), 석주성/ 157
- 스테인레스 분말야금 제품의 부식과 소결공정 조건에 대한 연구
..... 최용진*(한국생산기술연구원), 정명식, 이상곤, 황선광, 이인규, 이성윤, 조아라/ 158
- PBF공정으로 적층한 머레이징강의 열처리 조건에 따른 기계적 물성 평가
..... 조아라*(한국생산기술연구원), 김선형, 안지섭, 오철환, 정명식, 문영훈, 황선광/ 159
- 가스분무법 활용 NdFeB 분말의 소성변형을 통한 결정립 미세화 및 이방성 제어 연구
..... 박상민*(한국생산기술연구원), 조주영, 김대겸, 자비드후세인, 송명식, 김택수/ 160
- 박막 면상 발열체를 이용한 사출 성형용 급속 금형 가열 구조
..... 김효인*((주)바이솔), 이정환, 황용일, 김영식, 김현식, 남정규/ 161
- 자동차 차체 사이드 실 부품의 판재 인발성형 공정에 대한 실험적 연구
..... 박상언*((주)성우하이텍), 최수영, 강범수, 구태완/ 162
- Instability map을 활용한 열간압연용 아다마이트 주조물의 고온 성형성 평가
..... 고준*(한국생산기술연구원), 김철우, 원종철, 이종국, 전재열/ 163
- 냉간 압연 공정에 따른 전자개폐기용 바이메탈 소재 클래딩 조건 도출 및 특성 평가
..... 조우빈*(한국생산기술연구원), 유효상, 김대근, 최한철, 전재열/ 164
- 난성형 Inconel 718 합금의 특성 최적화를 위한 열간 단조 공정 설계 및 미세조직 변화 예측
..... 정상규*(한국재료연구원), 이영선, 윤은유/ 165
- 항공기 엔진용 대형 단조품의 특성 향상을 위한 초내열 Inconel718 합금의 다단공정 요소기술 개발
..... 김효건*(한국재료연구원), 조성우, 윤은유/ 166

1. 초 청 강 연

신정호 박사 (세아창원특수강 제품연구센터장)
항공용 소재 개발 현황

Frédéric Barlat (포항공대 철강대학원)
My Journey with Plasticity

(3 층 페스타홀)

2. 특별심포지엄 I

Frédéric Barlat 교수 정년기념

(제 1 발표회장)

금속판재의 미세조직과 소성이방성을 고려한 유한요소해석

이명규^{1#}· F. Barlat²

Finite element modeling of microstructure and anisotropy of sheet metals

M. G. Lee, F. Barlat

Abstract

In this presentation, the finite element modeling and simulation for predicting the plastic anisotropy of sheet metals are introduced. Particularly, the FE models consider the multi-level constitutive laws from phenomenological-based to more physical-based one. The former introduces recently developed anisotropic hardening laws that account for the path dependent hardening, while the latter considers the grain-scale crystal plasticity approach for investigating detailed local plasticity and anisotropy. As applications of the finite element modeling, the predictive capability for modeling formability and springback of automotive sheets is discussed. Finally, the importance of the process-microstructure-mechanical properties relationship is shortly discussed for better design and optimization of the metal forming processes.

Keywords : Finite element model, Anisotropy, Sheet Metal , Crystal Plasticity, Forming

1. Seoul National University, Professor

2. POSTECH, Professor

교신저자: Seoul National University, Professor. E-mail: myounglee@snu.ac.kr

Effect of twins and shear band on the development of texture in HEA during cold rolling and annealing process

Shi-Hoon Choi^{1*}, Lalit Kaushik¹

Abstract

The texture evolution of low stacking fault energy (SFE) material is of particular interest because of the formation of microstructural features such as twins and shear bands. In the present work, texture evolution in high entropy alloys (HEAs) is studied specifically focusing on the contribution of these microstructural features during cold rolling and subsequent annealing. The material was cold rolled to 20%, 40%, 60% and 80% reduction in thickness. The 80% cold rolled samples were annealed at 700°C for various time ranging from 5 minutes to 1 hour. The deformed and annealed samples were characterized by high resolution electron backscattered diffraction (EBSD), electron channeling contrast imaging (ECCI), transmission Kikuchi diffraction (TKD) to reveal the root causes for texture evolution during cold rolling and annealing. The transition from Copper-type texture to Brass-type texture was evident as the rolling reduction increased. The twinning of the Brass texture component delayed this transition at intermediate strain levels (60% rolling reduction). Micro shear bands were developed in the specimens at 60% and 80% rolling reduction. Multiple generation of annealing twins could be observed from a very early stage of recrystallization and continued till full recrystallization. This phenomenon to texture weakening during annealing. However, some new prominent orientations such as ($\phi 1=90^\circ$, $\Phi=30^\circ$, $\phi 2=45^\circ$) and the cube orientation were evolved.

Keywords: High Entropy Alloy, Deformation twinning, Annealing twinning, Texture

¹ 1Department of Advanced Components and Materials Engineering, Suncheon National University (SCNU), 255 Jungang-ro, Suncheon, Jeonnam, 57922, Republic of Korea

고속변형률에서의 판재 거동에 관한 실험기법 및 모델링

허 훈^{1#}, 주근수², 김민기³

Testing Methods and Modeling of Mechanical behavior of Sheet metals at High strain rates

Hoon Huh^{1#}, Geunsu Joo², Minki Kim³

Abstract

본 논문은 고속변형률에서의 판재의 거동을 규명하기 위한 실험기법 및 실험결과의 모델링에 관한 연구 결과를 소개한다. 실험기법은 판재의 인장과 압축에서의 거동을 규명하는 방법을 설명하며, 모델링은 실험 결과치를 전산모사해석에 활용하기 위하여 적합한 경화곡선식으로 내삽하는 방법을 설명한다. 일반적으로 판재의 압축 거동은 인장 거동과 다른 양상을 보이므로, 스프링백과 같은 가중과 제중이 혼합되는 판재성형에서는 인장 거동과 압축 거동을 모두 고려하여 전산모사해석을 수행하여야 한다. 또한 재료의 거동은 변형률속도에 따라 다른 양상을 보이므로 변형률속도의존 경화거동을 고려하여 전산모사해석을 수행하여야 한다. 실험 결과로 판재의 인장 거동과 압축 거동을 정리하여 비교하였다.

Abstract

This paper introduces testing methods and modeling of sheet metals to identify mechanical behavior in tension and compression at high strain rates. The testing methods include experimental setups for tension/compression of sheet metals and the modeling includes selection of hardening equations for proper interpolation of experimental results to apply to numerical simulation of sheet metal forming. Numerical simulation of sheet metal forming needs material data for tension/compression behavior especially when forming is combined with loading and unloading like spring-back since tension behavior of sheet metal is generally different from compression behavior. In addition, the numerical simulation needs to consider the rate-dependent hardening behavior since hardening behavior is dependent on the strain rate. Experimental results demonstrate the difference in hardening behavior of sheet metals between tension and compression.

Keywords : Tension/Compression hardening model, Sheet metal, High strain rate, Experimental setup.

1. 한국과학기술원 기계공학과,
2. 한국재료연구소, 책임연구원
3. 한국생산기술연구소, 책임연구원
교신저자: 한국과학기술원 기계공학과, 명예교수, E-mail: hhuh@kaist.ac.kr

판재 성형에서의 적합한 강종 선택 방법

김휘건^{1, #} · 최종원¹

A method for selecting optimal materials in sheet metal forming process

Hwigeon Kim, Jongwon Choi

Abstract

When the material failure occurs during sheet metal forming process, two main solutions might be considered. The first is to change the material with better formability and the second is to modify the part shape to a less harsh form for forming. The current study is to introduce an easy-to-use technique in the former case, when the part design could not be allowed to change. A method is proposed to calculate the tensile range of the material without failure based on LS-OPT software, therefore optimal material can be selected among the candidates within the calculated range.

Keywords : Sheet metal forming, Forming limit curve, FE simulation

1. 포스코 기술연구원 성형연구그룹, 수석연구원
교신저자: hgkim@posco.com

결정소성학 연계 극박 판재의 변형을 경로 변화시의 기계적 물성 및 스프링백 예측

봉혁종^{1, #} · 이진우¹ · Frederic Barlat²

Predicting mechanical properties under strain path changes and springback of an ultra-thin sheet metal using CPFEM-incorporated modeling

H. J. Bong, J. Lee, F. Barlat

Abstract

In the current study, springback of an 0.1 mm thick ferritic stainless steel sheet is investigated. The investigated material was developed for fuel cell bipolar plate application. The springback of the sheet metal can bring a critical issue during stacking process and accurate springback prediction is essential. The accurate springback prediction can be attainable when the material properties under strain path changes are precisely measured and incorporated into finite element simulation. However, preliminary experimental study revealed that mechanical tests to obtain such data is hardly attainable, and thus, an alternative approach is essential. To overcome such hurdle, we developed a new crystal plasticity framework in which a simple form of a microstructure-based model, so called “Rauch model”, is implemented. The Rauch model considers dislocation mechanism which occurs during the strain path changes, and introduces the concept of “forward”, “reverse”, and “latent” dislocations. By such manner, the model is able to capture the mechanical responses under arbitrary strain path changes. Rauch model-incorporated crystal plasticity framework is applied in predicting the stress-strain responses under two step tension-tension and compression-tension, and the simulation results are compared with experimental data. The virtually obtained mechanical data is also utilized to identify constitutive parameters of a Chaboche-type nonlinear kinematic hardening model. The springback profile of the thin sheet after tension followed by V-bending is then simulated using the kinematic hardening model, and compared with experimental data. The simulation results are in good agreement with the experiments, and finally, the fidelity of the developed crystal plasticity model is confirmed.

Keywords : Springback, Thin ferritic stainless steel sheet, Crystal plasticity, Finite element, Dislocation

1. 한국재료연구원

2. 포항공과대학교, 철강대학원

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

스테인리스 스틸 316L 미세 튜브 시편의 이축 변형과 소성 모델링

하진진^{1#} · Elizabeth M. Mamros¹ · Madhav Baral² · Brad L. Kinsey¹

Experimental Investigation on Biaxial Deformation of SS316L Microtube and Plasticity Modeling

Jinjin Ha^{1#} · Elizabeth M. Mamros¹ · Madhav Baral² · Brad L. Kinsey¹

Abstract

Microtubes are often used for an array of microfluidic applications, such as glaucoma drainage implants and needles in the biomedical industry. Forming of microtubes requires a special attention because of its relatively small geometric scale to the grain size, and this arises the necessity of accurate material characterization for mechanical properties. In this work, stainless steel (SS) 316L microtubes are investigated experimentally and numerically under various linear and non-linear loading paths. Non-quadratic anisotropic Yld2000-2d yield function is calibrated at multiple levels of plastic work to account for the differential hardening behavior exhibited in this material. The resulting advanced constitutive model is used in the finite element simulations, which are validated by the experimental results. These simulations can be utilized to inform decisions regarding manufacturing process parameters, e.g., internal pressure target value during inflation, to achieve the desired final part properties, e.g., a specific volume fraction of martensite in the deformed wall of austenitic stainless steels.

Keywords : Stainless steel, Microtube forming, Plastic anisotropy, Differential hardening

1. Mechanical Engineering, University of New Hampshire (NH, USA), Assistant Professor

2. Mechanical Engineering, University of New Hampshire (NH, USA), PhD Candidate

3. Mechanical Engineering, University of Kentucky (KY, USA), Assistant professor

4. Mechanical Engineering, University of New Hampshire (USA), Professor

교신저자: Mechanical Engineering, University of New Hampshire (NH, USA), Assistant Professor, E-mail: jinjin.ha@unh.edu

프레스경화강의 미세조직 변화 모델

복현호¹ · 오경석¹

A Model for Microstructure Evolution of Press-Hardenable Steels

H. H. Bok, K. S. Oh

Abstract

자동차경량화와 충돌안전성능을 향상시키기 위해 핫스탬핑(Hot Stamping)으로 제작된 초고강도 차체부품이 활발히 채용되고 있다. 핫스탬핑 전용 강재로서는 사용자 인장강도가 450 ~ 1800 MPa 사이에 걸친 다양한 등급의 프레스경화강(Press-Hardenable Steel)이 주요 철강사에 의해 상용화되어 있다. 핫스탬핑 공정에서 사용자는 부품 요구 강도별로 미리 성분계가 맞춰진 강종을 선택하거나 혹은 공정의 가열-냉각 패턴을 유연하게 제어하는 방법으로 부품에 원하는 미세조직과 기계적성질을 부여할 수 있다. 한 부품 내에서 서로 다른 강도 분포가 요구되는 경우에는 전자와 관련된 공법으로서 이중 강도 등급의 프레스경화강을 용접한 Tailor Welded Blank (TWB) 활용 사례를 들 수 있고 후자와 관련해서는 가열-냉각이력을 부품 영역별로 차등화한 다강도(Multi-Strength) 핫스탬핑 사례가 있다. 강종과 공법의 조합이 다양해짐에 따라 부품 강도 확보 측면에 더하여 열수축과 잔류응력에 영향을 받는 부품 치수 안정성 측면에서도 보다 엄격한 품질관리가 요구되고 있다. 이러한 경향을 따라 프레스경화강의 야금학적 모델이 탑재된 Thermo-Mechanical Finite Element (FE)해석툴의 활용이 부품개발 초기단계에 적극 도입되고 있다. 소재의 미세조직 변화를 예측하는 부분이 중요하게 다루어진 결과 현재 대부분의 성형해석 전문 툴에 관련 기능이 반영되기에 이르렀다. 본 연구에서는 품질 예측 성능을 한층 더 고도화할 목적으로 개발한 프레스경화강 미세조직 변화 모델을 제시하고자 한다. 확산상변태에 대해서는 Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) 모델에 냉각속도에 따라 바뀔 수 있는 Kinetics Parameter를 적용함에 더하여 가상최대상분율(Fictitious Maximum Fraction) 개념을 처음으로 도입하였다. 비확산 Martensite 변태에 있어서도 미세조직 변화를 보다 유연하게 표현할 수 있는 Sigmoid 함수를 적용하였다. 개발된 미세조직 변화 모델을 인장강도 1500 MPa급 프레스경화강의 선형냉각에 적용해본 결과 다양한 냉각속도 조건에서 우수한 정밀도로 열수축 이력과 최종 경도를 예측할 수 있음이 확인되었다.

Keywords : Press-Hardenable Steel, Hot Stamping, Phase Transformation, JMAK model, Metal Forming Simulation

1. 포스코 기술연구원, 수석연구원

교신저자: 포스코 기술연구원, 수석연구원, E-mail: bokhh@poosco.com

왜곡경화모델의 고효율 응력 적분 알고리즘 개발

이진우[#] · 봉혁종¹ · 하진진² · F. Barlat³

Development of the efficient stress-update algorithm for the distortional hardening model

J. Lee, H. J. Bong, J. Ha, F. Barlat

Abstract

A fast and robust stress-update algorithm based on the cutting-plane method is proposed for the distortional hardening model, called HAH-DPS model. The model could capture the anisotropic hardening behaviors such as Bauschinger effect, transient hardening, differential permanent softening, and cross-loading effects. Lower computational efficiency of a direct application of the cutting-plane algorithm has been improved by considering the all-evolutionary plastic state variables during iterations. The newly proposed stress-update algorithm is implemented into a commercial finite element (FE) software via a user-defined material subroutine. FE simulations under loading path change are conducted to evaluate the performance of the new algorithm regarding the convergence behavior locally as well as globally.

Keywords : Stress-update algorithm; Distortional hardening; Loading path change; Cross-loading

1. 한국재료연구원, 선임연구원

2. University of New Hampshire, 조교수

3. 포항공과대학교 철강에너지대학원, 교수

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원. E-mail: jwlee0829@kims.re.kr

한계변형률을 이용한 스트레치 엣지 파단 예측

오경석^{1#}, 이석렬²

Predicting Stretched Edge Fracture of Ultra High Strength steels with failure strains

K. S. Oh, S. R. Lee

Abstract

본 연구는, 한계변형률을 이용한 파단한계기준을 이용하여 초고강도강의 엣지 파단 발생 시점을 예측하였다. 한계변형률은 60도 코니컬 펀치를 이용한 홀확장시험을 이용하여 산출 하였다. 모재의 재질 편차 및 엣지 가공에 의한 데이터의 변동을 고려하기 위하여, 확률적 방법을 이용하여 한계변형률의 범위를 특정하였고, 이를 파단한계기준으로 사용하였다. 제안된 파단한계기준의 유효성을 검증하기 위하여, 스트레치 엣지 테스트를 수행하였으며, 파단이 발생하는 시점까지의 변형 높이를 성공적으로 예측하였다.

Edge limit criterion with failure strains were in this study used to predict edge fracture of ultra-high strength steels (UHSS). The failure strains were estimated by edge strains of hole expansion test (HET) with a 60 degree conical punch. To consider data variation of edge strains induced from edge quality and base properties, a range of edge strains was calibrated based on a stochastic method. We conducted stretch-edge test (SET) to validate the edge limit strains as a fracture criterion of edge stretchability. Forming heights when edge fracture occurred were well predicted with the proposed method.

Keywords : Edge fracture, Failure strain, Hole expansion test, Stretch edge test

1. #. 포스코, 성형연구그룹, 연구원, oks2012@posco.com

2. 포스코, 성형연구그룹, 연구원

온간 부풀림 성형을 통한 속도와 온도에 민감한 성형 한계의 실험적 평가

홍종화¹ · 유동훈² · 권용남³ · 김대용^{4#}

Experimental Evaluation of Rate- and Temperature-Sensitive Forming Limit under Pneumatic Stretching Method at Elevated Temperature

Jong-Hwa Hong, Donghoon Yoo, Yong Nam Kwon, Daeyong Kim

Abstract

The rate- and temperature-sensitive forming limit was evaluated under the pneumatic stretching technique at elevated temperature. Combined with the previously researched uniaxial test, the necking-based forming limit (NFL) and the fracture-based forming limit (FFL) were estimated. The NFL follows the ISO standards interpolating the strain distribution with the bell-shaped curve. The FFL strain, however, was determined at the nearest strain on the fracture among the strain distribution. Because of the abrupt strain localization phenomenon at the lower temperature, 400°C, FFL is more deviated from NFL than at the higher temperature, 470°C. Due to its properties at elevated temperature, high dome heights at the pneumatic forming were obtained in the relatively lower elevated temperature. In order to explain the phenomenon, the fractography analysis was performed elucidating the rapid growth of micro-voids and coalescence of the voids at the higher temperature than the growth of those at the lower temperature.

Keywords : Rate- and temperature-sensitivity, Forming limit, Elevated temperatures, Pneumatic forming, Fractography analysis.

1. 한국재료연구원 항공재료연구센터, 선임연구원.

2. 부산대학교 기계공학부, 박사과정연구원.

3. 한국재료연구원 항공재료연구센터, 책임연구원.

4#. 교신저자: 전남대학교 지능형모빌리티융합학과, 교수. E-mail: daeyong.kim@jnu.ac.kr

3. 특별세션

파워유닛 항공엔진 부품용 소재성형기술

(제 2 발표회장)

Inverse Analysis를 통한 물성 최적화를 위한 가변전류 인가 모델 개발

임형철¹ · 천세환¹ · 최병진¹ · 최창혁[#]

Development of variable current application model (VCAM) for optimizing the flow stress through the inverse analysis method

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

Abstract

This study was conducted to optimize the flow stress at high temperature of super heat-resistant alloys through inverse analysis. In general, the mechanical properties of the material at high temperature can be secured through the high temperature gleeble compression test. For the high temperature gleeble compression test, a thermocouple is attached to the specimen and seated on a compression jig. After that, a current is applied through the jig to heat the material. Depending on the temperature output through the thermocouple, a variable current is applied to the material to raise and maintain the material up to the target temperature. After the heating process is finished, the compression process is performed, and a variable current is applied so that the temperature of the material can be maintained as much as possible during the compression process. As the cross-sectional area of the material becomes wider as compression proceeds, if the current is constant, the current density decreases, so the temperature of the material may drop. Therefore, a larger current must be applied so that the current density can be maintained even when the cross-sectional area of the material is increased.

In this study, the gleeble compression test was simulated in the FORGE NxT simulation program, and the flow stress at high temperature of super heat-resistant alloys was optimized through this study. A variable current application model (VCAM) was developed to simulate the high temperature gleeble compression test. By applying the VCAM, the temperature of the material can be raised and maintained at a target temperature during the heating and the compression process. The high temperature properties of the superheat-resistant alloy were optimized by applying the inverse analysis through computational simulation of the high temperature gleeble compression test, and the error reduction rate was about 32-63% compared to before optimization.

Keywords : VCAM, Variable Current Application Model, Inverse Analysis, Optimization, Finite Element Method, High Temperature Gleeble Test, Super Heat-Resistant Alloys

Acknowledgement : This work is supported by the Technology Innovation Program (20012334, 20013208) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE), South Korea.

1. ㈜에프엠케이, 선임연구원

교신저자: ㈜에프엠케이, 연구소장. E-mail: support@forgemater.net

항공엔진부품용 니켈 초내열합금의 단조공정 요소기술개발

윤은유^{1#} · 김효건² · 조성우² · 문지훈²

Development of forging process of nickel superalloy for aircraft engine parts

E. Y. Yoon, H. G. Kim, S. W. Jo, J. H. Moon

Abstract

The nickel-based superalloy Inconel 718 is widely used as a heat-resisting material in aero-engines parts due to superior high temperature performance. To ensure the required mechanical properties, it is important to obtain a uniform and fine microstructure. Therefore, it is crucial to attain the optimum parameters for designing the forging process. Usually, an industrial hot forging is a multipass process. In this case, additional parameters must be taken into account: the number of passes, the interpass time and the temperature evolution during the deformation steps and the interpass time.

In this study, the forging temperature and reheating process conditions were studied for large size rotating forged pieces. Specially, the microstructure evolution was mainly investigated by scanning electron microscope in order to predict the mechanical properties.

Keywords : Ni-based superalloy, hot forging, mechanical properties, microstructure, deformation mechanism

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (200702, Development technology of die forging and free forging for 5000lbf class aircraft engine parts) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

1. 한국재료연구원, 선임연구원

2. 한국재료연구원, 연구원

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원. E-mail: eyyoon@kims.re.kr

동적재료모델을 활용한 STS 321 합금의 고온성형성 고찰과 초기 미세조직의 영향

조평석¹ · 이재관¹ · 신정호² · 송영석² 이동근^{1#}

A Study on High-Temperature Formability of STS 321 Alloy Using a Dynamic Material Model and Initial Microstructure Control

P-S. Jo¹, J-G. Lee¹, J-H. Shin², Y-S. Song², D-G. Lee^{1#}

Abstract

General austenitic stainless steel has a problem of intergranular corrosion by volatilizing chromium and forming chromium carbide in a high temperature environment. STS 321 stainless steel has excellent creep resistance and intergranular corrosion resistance at high temperatures by suppressing the formation of chromium carbide by adding titanium as an alloying element. It is important to find optimal process conditions for STS 321 stainless steel used in the aerospace field because high temperature processing is mainly applied, and defects or inhomogeneity of materials that occur during high temperature processing lowers the yield of products. In this study, to investigate the effect of the initial microstructure on the high-temperature deformation behavior of STS 321 stainless steel, a high-temperature compression test was performed on two types of STS321 alloys with different initial microstructures. The temperature range was set at 50°C intervals from 800°C to 1100°C, and the strain rate was set at 10-1/sec intervals from 1x100/sec to 1x10-3/sec. Based on the experiments performed, thermal activation energy, flow stress, and processing maps were derived, and the difference in energy dissipation efficiency for each condition was explained together with the initial microstructure and high-temperature deformation mechanism.

Keywords : STS 321, dynamic material model, high temperature deformation, formability

1. 순천대학교 신소재공학과 학생연구원

2. 세아창원특수강 연구그룹장, 연구위원

교신저자: 순천대학교 교수, E-mail: leechodg@scnu.ac.kr

4. 일반 논문 발표

일반 금속 가공

(제 2 발표회장)

Cold-consolidation 공정으로 제작된 CoCrFeNi 중엔트로피 합금의 상온 및 극저온 기계적 성질 분석

손수정¹ · Peyman Asghari-Rad² · Alireza Zargaran³ · 김형섭[#]

Room and cryogenic mechanical properties in CoCrFeNi medium-entropy alloy fabricated by cold-consolidation process

S. Son, P. Asghari-Rad, A. Zargaran, H.S. Kim

Abstract

Powder metallurgy (PM) is a widely used fabrication route to fabricate alloys, and it is economically viable compared to casting methods. However, the samples fabricated by the PM process lack tensile elongation due to the presence of defects such as porosity, undesired secondary phases, and contamination. Therefore, exploring a way of fabricating alloys through the PM route without oxidation and undesirable phases is momentous in accelerating the industrial production of advanced materials.

In this study, we investigated the microstructures and mechanical properties at room and cryogenic temperature of the nanostructured CoCrFeNi medium entropy alloy (MEA) fabricated by a cold-consolidation of gas-atomized powders using high-pressure torsion (HPT) process. Full densification was achieved up to 99.6% of relative density by HPT processing on pre-compacted powders, and the fully dense samples were subjected to annealing to fine-tune the tensile properties. The uttermost high ultimate tensile strength (UTS) of 2.81 GPa achieved at cryogenic temperature stemmed from nanoscale grains and pre-existing high dislocation density, mechanical nano-twins, and BCC-martensite in the as-HPT structure. In addition, the subsequent annealing extended the fracture strain by recovery of HPT-induced dislocations, which resulted in a superior combination of strength and ductility at room and cryogenic temperatures. The present findings pave the way to fabricate the parts with superior tensile properties for cryogenic applications through a PM-based approach.

Keywords : Medium-entropy alloys, Powder metallurgy, Severe plastic deformation, Cold-consolidation, Room and cryogenic mechanical properties

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 박사과정

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 박사후연구원

3. 포항공과대학교 철강대학원, 교수

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

고압비틀림 공정 수행된 불혼화성 중엔트로피의 초소성 변형 메커니즘

박효진¹ · Nhung Thi-Cam Nguyen² · 김형섭[#]

Superplastic deformation mechanism of Al₁₅(CuFeMn)₈₅ immiscible medium entropy alloy by high-pressure torsion

H. Park, N. T. C. Nguyen, H. S. Kim

Abstract

Superplasticity is the ability of polycrystalline materials to exhibit extreme elongation at high temperatures (above half of the melting point) and medium strain rates (10^{-3} /s $\sim$ 10^{-4} /s). In this study, we investigated the superplastic deformation mechanism of Al₁₅(CuFeMn)₈₅ (at%) medium entropy alloy processed by high-pressure torsion (HPT). The alloy processed by HPT to achieve nanostructure was employed in the tensile test at 773, 823, and 873 K. The microstructure of immiscible dual-phase inhibits grain growth effectively at high-temperature conditions. The phenomenon induces grain boundary sliding, which is a primary mechanism of superplastic deformation.

Keywords : Immiscible Medium Entropy Alloy, Superplasticity, Dual phase

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 석사 후 연구원

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 정교수. E-mail: hskim@postech.ac.kr

Al₁₅(CuFeMn)₈₅ 중엔트로피 합금의 신장플랜지성과 2차 변형 기작의 영향

최연택¹, 문종언¹, 김형섭[#]

Stretch-flangeability of Al₁₅(CuFeMn)₈₅ medium-entropy alloy and effect of secondary deformation mechanism

Y. T. Choi, J. Moon, H. S. Kim

Abstract

본 연구에서는 원자분율 Al₁₅(CuFeMn)₈₅의 조성을 갖는 중엔트로피 합금의 신장플랜지성을 평가하고, 이 합금의 변형 기작이 그 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 일반적으로 다상 합금의 상 계면(phase interface)은 변형 시 각 상의 강도 차로 인해 크랙이 쉽게 발생하는 것으로 알려져 있으나, 상기의 합금은 FCC와 BCC가 6대 4의 비율로 공존하는 함에도 불구하고 약 40%의 우수한 구멍확장비(hole expansion ratio)를 보여주었다. 유사한 미세조직학적 특성을 갖는 상용합금 DP980이 비교재료 사용되었으나 구멍확장비가 약 15%에 그쳤다. Al₁₅(CuFeMn)₈₅ 중엔트로피 합금은 DP980에 비해 가공경화율이 2배가량 높았으며, 변형 후반에 나타나는 나노 단위의 쌍정이 2차 변형 기작으로 작용하여 변형률 집중을 해소함으로써 균일 연신을 유도하기 때문에 높은 신장플랜지성을 가질 수 있었다. 본 연구를 통해 다상 합금의 변형 시 추가적 변형 기작을 유도함으로써 계면 탈착을 지연하고 우수한 성형성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

Keywords : Stretch-Flangeability, Medium-Entropy Alloy, Hole Expansion Test, Fracture Resistance

1. 포항공과대학교 신소재공학과

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 직위: 고엔트로피합금센터 센터장, E-mail: hskim@postech.ac.kr

준안정 철계 중엔트로피합금의 극저온 예비 변형 및 열처리 후 인장변형 거동 분석

이정완¹ · 배재웅² · 페이만 아스가리-라드¹ · 김형섭[#]

Double-humped strain hardening in a metastable ferrous medium-entropy alloy by cryogenic pre-straining and subsequent heat treatment

J. Lee, J. W. Bae, P. Asghari-Rad, H. S. Kim

Abstract

Significant benefits of either heterogeneous microstructures or deformation-induced martensitic transformation (DIMIT) in metallic materials stem from their superior strain hardening and tensile properties. Herein, we present an unprecedented strain hardening behavior at 77 K in a ferrous medium-entropy alloy comprising a metastable face-centered cubic (FCC) bimodal microstructure with different grain sizes. Pre-straining yields fine body-centered cubic (BCC) martensites, and subsequent heat treatment causes reverse martensitic transformation from BCC to FCC, affording the bimodal FCC microstructure. Furthermore, the yield strength is enhanced due to the presence of submicron FCC grains and geometrically necessary dislocations (GNDs) that are generated during the pre-straining. Profuse GNDs in reversely transformed FCC promote DIMIT. Moreover, when true strain exceeds 0.2, widespread DIMIT in the interior of the remaining FCC drastically increases the strain hardening rate and consequently delays necking. The outstanding tensile properties derived from this thermomechanical process are because of the DIMIT and hetero-deformation-induced strengthening.

Keywords : Medium entropy alloys, Nucleation of phase transformations; Metastable phases; Grain boundary strengthening, Dislocation nucleation

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 부경대학교 융합소재공학부 금속공학전공, 교수

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 포항공과대학교 철강대학원, 교수, E-mail: hskim@postech.ac.kr

5. 일반 논문 발표

일반 금속 가공, 단조

(제 3 발표회장)

고압수소용 Cr-Mo강의 수소취성에 미치는 Si 함량의 영향

김상규¹ · 김재윤¹ · 서현주² · 정환교² · 황병철[#]

Effect of Si Content on Hydrogen Embrittlement of Cr-Mo Steels for High-pressure Gaseous Hydrogen Environment

S. G. Kim¹, J. Y. Kim¹, H. J. Seo², H. G. Jung², B. Hwang[#]

Abstract

We investigated the influence of Si content on the microstructure, tensile property and hydrogen embrittlement resistance of quenched and tempered Cr-Mo steels for a high-pressure gaseous hydrogen environment. Three kinds of Cr-Mo steels with different Si content were fabricated and tempered at 630°C for 2h. The steels revealed the lath-type microstructure composed of tempered martensite containing $M_{23}C_6$, M_7C_3 carbides and film-like cementite whose volume fraction and morphology were affected by Si content. Hydrogen was introduced into tensile specimens by electrochemical permeation method in 3wt% NaCl solution with 0.3wt% NH_4SCN for 24h at room temperature. A slow strain-rate tensile test was conducted to examine the tensile properties and fracture behaviors of the hydrogen pre-charged Cr-Mo steels. The hydrogen embrittlement resistance of the Cr-Mo steels increased with increasing Si content due to the decreased fraction of film-like cementite which acts as crack initiation sites and reversible trapping sites for hydrogen. This was supported by the decrease in the concentration of reversible hydrogen measured by thermal desorption spectroscopy. Our results indicate that the hydrogen embrittlement resistance of quenched and tempered Cr-Mo steels is greatly affected by the characteristics of film-like cementite.

Keywords : Cr-Mo steel, Tempered martensite, Si, Carbide, Hydrogen embrittlement

1. 서울과학기술대학교

2. 포스코 기술연구원 강재연구소

교신저자: 서울과학기술대학교. E-mail: hbc2004@gmail.com

탭핑 공정 간 너트 이송력 및 이송속도 제어에 따른 나사산 형상 변화 영향 분석

김영진^{1, 2} · 배기현² · 민수홍³ · 박예찬^{2, 4} · 이종섭^{2#}

Analysis of the effect of screw shape change according to feeding force and feeding speed control in tapping process

Y. J. Kim, G. H. Bae, S. H. Min, Y. C. Park, J. S. Lee

Abstract

자동차용 너트는 자동차 부품을 조립 및 체결하는 기초 요소로 사용되는 부품이며, 자동차의 구조적 성능 구현에 중요한 핵심 요소 부품이다. 최근 생산성 향상을 통한 원가절감 및 고품질화를 목적으로 전조 탭핑 공법의 적용이 확대되는 추세이다. 그러나 탭핑 공정으로 인해 생산하는 경우 너트 직경이 커질수록 전조 롤탭에 작용하는 성형 하중의 증가 및 금형 수명의 저하의 문제가 발생하고 있다. 또한, 실제 현장에서는 주요 공정인자인 이송력 및 이송속도를 작업자의 경험으로 관리하고 있어, 이를 해결하기 위해 보다 체계적인 성형하중 및 금형 응력 해석 등의 체계적인 공정 분석이 필요하다. 나사산이 점진적으로 성형되는 전조 공정의 경우 공정 초기 이송력과 이송속도의 변화에 따라 성형품이 달라지게 된다. 본 연구에서는 유한요소 해석기법을 수립하여 탭핑 공정간 너트 이송력 및 이송속도 변화에 따른 성형부하 변화 분석을 통해, 탭핑 금형 수명 향상을 위한 공정조건 설계를 수행하였다. 이송력 제어의 경우, 기존 공정 장비의 이송력 범위를 고려하여 4가지 경우로 나누어 성형해석을 진행하였다. 이송 속도 제어의 경우 나사 피치(1.27mm)를 고려하여 해석을 진행하였다. 적절한 이송력과 이송속도로 제어하는 경우, 나사산이 점차적으로 형성되었지만, 과도한 이송력을 부과하게 될 경우, 성형 초반부터 이동량이 과도하여 나사산이 설계된 피치로 형성되지 못하여 성형에 실패한 것을 확인 하였다. 이송력 크기에 따른 나사산형상을 비교하였을 때 최적의 이송력 값이 있음을 확인하였다.

Keywords : weld nut, Roll-tap, feeding force, feeding speed, tool-life, finite element analysis

1. 성균관대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원

3. 프론탭

4. 인하대학교 기계공학과

교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원.

E-mail: jongsup@kitech.re.kr

유한요소해석을 이용한 단조금형의 피로수명 예측에 관한 연구

김용관¹ · 윤용석¹ · 이경훈[#]

A Study on the Prediction of Fatigue Life in Forging Die using FEA

Y. G. Kim, Y. S. Yoon, K. Lee

Abstract

소성가공에 사용되는 금형의 수명은 제품의 정밀도나 생산량에 큰 영향을 미치므로 적절한 금형 교체 시기를 예측할 수 있는 금형설계가 필요하다. 금형수명에 영향을 미치는 주요 원인에는 기계적 및 열적 피로, 파단, 마멸, 소성변형, 표면 응축 등이 있다. 이중에 피로는 단조금형의 수명을 결정하는 중요한 인자이며, 최근 제품의 형상이 복잡해지고 작업속도가 향상됨에 따라 기계적, 열적 부하가 가혹해짐으로 효과적인 수명연장 대책을 위해서는 피로 수명의 정량적 예측이 필요하다.

피로수명 평가에는 일반적으로 응력-수명 방법, 변형률-수명 방법과 파괴역학적 방법이 있다. 응력-수명 방법은 작용응력이 재료의 탄성영역 내에 존재하고 수명이 긴 경우에 이용되며, 고 사이클 피로(High-cycle Fatigue)라고도 한다. 반면에 변형률-수명 방법은 작용응력이 탄성을 벗어나고 수명이 짧은 경우에 이용되며, 저 사이클 피로(Low-cycle Fatigue)라고도 한다. 주로 초기 균열의 발생 시기를 예측한다. 파괴역학적 방법은 초기균열이 발생한 상태에서 균열의 전파수명 평가에 이용된다. 이러한 피로수명 평가법들은 공정의 특성에 따라 선택적으로 적용되어 왔고 유한요소해석을 이용하여 금형설계에 적용해 왔다. 안수홍(1996) 등은 압출금형에 발생하는 균열 성장거동을 설명하고, 임의의 균열길이에 대한 금형수명을 예측하였고, 허선철(2004) 등은 FEM 해석에서 도출된 최대변형률을 기준으로 저사이클 피로시험을 통한 단조금형의 수명평가법을 제시하였다. 이인규(2015) 등은 전단 금형에 대해 Archard 마모모델을 이용한 마모수명과 응력-수명 선도를 이용한 피로수명을 정량적으로 예측하는 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 단조공정에서 유한요소해석을 이용한 금형의 수명평가방법을 제시하고자 하였다. 단조공정에 대한 강소성 유한요소해석을 수행하고, 공정 해석결과를 바탕으로 금형에 대한 탄성응력해석을 수행하였다. 금형의 피로수명 평가는 응력해석 결과의 상당응력을 사용한 응력-수명방법을 적용하였고, 보강링과 금형 분할, 금형설계에 따른 피로수명의 영향을 확인하였다.

Keywords : Fatigue Life, Tool Life, Finite Element Analysis(FEA), Stress-Life Method, High-cycle Fatigue

1. ㈜솔루션랩

교신저자: ㈜솔루션랩, 대표. E-mail: klee@solution-lab.co.kr

다상복합강과 마르텐사이트 강에서 타발이 구멍확장비에 미치는 영향

조우진, 정병석, 이제웅, 김성일, 한홍남

Effect of twins and shear band on the development of texture in HEA during cold rolling and annealing process

Shi-Hoon Choi^{1*}, Lalit Kaushik¹

Abstract

The texture evolution of low stacking fault energy (SFE) material is of particular interest because of the formation of microstructural features such as twins and shear bands. In the present work, texture evolution in high entropy alloys (HEAs) is studied specifically focusing on the contribution of these microstructural features during cold rolling and subsequent annealing. The material was cold rolled to 20%, 40%, 60% and 80% reduction in thickness. The 80% cold rolled samples were annealed at 700°C for various time ranging from 5 minutes to 1 hour. The deformed and annealed samples were characterized by high resolution electron backscattered diffraction (EBSD), electron channeling contrast imaging (ECCI), transmission Kikuchi diffraction (TKD) to reveal the root causes for texture evolution during cold rolling and annealing. The transition from Copper-type texture to Brass-type texture was evident as the rolling reduction increased. The twinning of the Brass texture component delayed this transition at intermediate strain levels (60% rolling reduction). Micro shear bands were developed in the specimens at 60% and 80% rolling reduction. Multiple generation of annealing twins could be observed from a very early stage of recrystallization and continued till full recrystallization. This phenomenon to texture weakening during annealing. However, some new prominent orientations such as (ϕ 1=90°, Φ =30°, ϕ 2=45°) and the cube orientation were evolved.

Keywords : High Entropy Alloy, Deformation twinning, Annealing twinning, Texture1. ㈜풍산방산기술연구원

¹ 1Department of Advanced Components and Materials Engineering,
Sunchon National University (SCNU),
255 Jungang-ro, Suncheon, Jeonnam, 57922, Republic of Korea

판금 구조물의 열좌굴 예측을 위한 유한요소해석 및 실험적 검증

이주원¹ · Wayne Cai² · Thomas B. Stoughton² · 남성우³ · 정철영³ · 윤정환^{1#}

Prediction of Thermal Buckling in Sheet Metal Structures Based on Finite Element Analysis and its Experimental Verification

J. W. Lee, W. Cai, T. B. Stoughton, S. W. Nam, C. Y. Jung, J. W. Yoon

Abstract

차량용 도료의 고온 건조공정에서 차체의 외판에는 열팽창이 발생한다. 그러나 용접과 접착과 같은 구속 조건에 의해 열팽창이 제한되어 압축 응력이 형성되고 열좌굴이 발생할 수 있다. 이러한 변형은 재료의 소성역을 넘어 냉각 후에도 잔존하여 상품 가치를 훼손할 수 있기 때문에, 차량의 양산 이전에 이를 예측하고 사전에 결함을 방지해야 한다. 본 연구에서는 열좌굴 현상을 모델링 하기 위해 상용 유한요소해석 소프트웨어 (ABAQUS/Standard)가 사용되었으며 동일한 조건의 실험을 통해 이를 검증하였다. 유한요소모델에서는 외판용 박판과 구조용 후판을 스폿 용접한 시편을 고려하였으며, 고온 건조공정은 외판에 일어나는 복사열전달을 통해 구현하였다. 시편의 양단에 구속 조건을 부여하여 열좌굴이 외판에 발생할 수 있도록 유도하였다. 유한요소모델의 결과를 검증하기 위해 동일한 조건의 실험이 구성되었다. 인장압축시험기에 별도 제작한 지그를 이용하여 시편을 장착하고 열팽창을 구속하였으며 로드셀을 통해 반력을 측정하였다. 시편의 가열은 복사열전달 히터를 이용하였으며 표면 온도는 열화상 카메라와 열전대를 이용하여 측정하였고, 표면에 발생하는 변형과 좌굴은 3D DIC(Digital Image Correlation) 장비를 이용하여 관찰하였다.

Keywords : Thermal buckling, Instability, Finite element method, Automotive panel, Oven baking

1. 한국과학기술원 기계공학과, 석사과정
2. General Motors Research and Development Center
3. 대우공업(주) 기술연구소
교신저자: 한국과학기술원 기계공학과, 교수. E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

이종 스테인리스강 고상 접합부의 응력-부식 거동 분석

Sam Yaw Anaman¹ · Shengwei Zhang² · 홍성태² · 김재국³ · 이종숙³ · 조훈휘^{1#}

Assessment of electrochemical corrosion behavior of solid-state joint of dissimilar stainless steel alloys subjected to uniaxial tensile stress

S. Y. Anaman, S. Zhang, S. T. Hong, J. K. Kim, J. S. Lee, H. H. Cho[#]

Abstract

The synergistic effects of the uniaxial tensile stress on the electrochemical behavior of a dissimilar joint of stainless steel alloys was investigated in 0.5 M Na₂SO₄ electrolyte solution at room temperature. The microstructural features show a defect-free joint with some degree of grain refinement due to the solid-state joining procedure known as electrically assisted pressure joining. The experimental stress-corrosion test results reveal that application of uniaxial tensile stress causes a decrease in the corrosion potential as well as a subsequent increase in the corrosion rate compared to the non-stressed specimen. Parameters obtained from the mechanical and electrochemical stress-corrosion tests are implemented in a numerical model to further assess the effect of the application of a variety of uniaxial tensile strains on the joint in a neutral environment. The numerical results were validated using the results from the experimental stress-corrosion tests. Consequently, a series of case studies is presented in this study using the proposed model to investigate the galvanic corrosion behavior of the joint of the dissimilar stainless steel alloys, while under the applied tensile strains with and without corrosion defects present along the joint length.

Keywords: Stainless steel alloys; Electrically assisted pressure joining; Stress-corrosion; Uniaxial tensile stress; Simulation

References

1. Sam Yaw Anaman et al., *Materials Characterization* 154 (2019) 67-69
2. Sam Yaw Anaman et al., *Materials Characterization* 165 (2020) 110404
3. Sam Yaw Anaman et al., *Journal of Materials Science and Technology* 87 (2021) 60-73

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. 울산대학교 기계공학부

3. 전남대학교 신소재공학부

교신저자 E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

변태유기소성 결합 온도의존 결정소성 유한요소해석에 의한 오스테나이트계 스테인리스강의 저온 변형 거동 해석

이혁재¹ · Nguyen Thi Ahn Nguyet² · 정진욱¹ · 이명규¹ · 홍성태² · 한홍남[#]

Analysis of low-temperature deformation behavior of austenitic stainless steel by temperature dependent crystal plasticity finite element analysis combined with transformation induced plasticity

H. Lee¹, TAN Nguyen², J. Jung¹, S.T. Hong², M-G. Lee¹ and H.N. Han[#]

Abstract

액화천연가스(Liquefied Natural Gas, 이하 LNG)는 극저온 상태로 운반 및 보관되므로 수송 및 보관용 구조물의 경우 극저온에서도 우수한 기계적 물성을 확보해야 한다. 오스테나이트계 스테인리스강은 변형시 모상인 오스테나이트 상이 마르텐사이트 상으로 변태하는 변태유기소성(Transformation Induced Plasticity) 현상에 의해 우수한 기계적 물성을 가진다. 또한, 극저온에서도 저온취성 현상이 발생하지 않고 타 강종대비 연신 및 강도가 우수하므로 LNG 저장탱크, 파이프 등의 구조물에 사용되고 있다. 본 연구에서는 오스테나이트계 스테인리스 강의 저온 변형 거동을 해석하기 위하여 변태유기소성 현상과 밀접하게 관련되어 있는 온도 및 미세조직적 특성이 고려된 변태유기소성 결합 온도의존 결정소성 모델을 개발하였다. 위 모델은 상변태시 결정구조 변화 및 각 상의 슬립에 의한 소성변형을 반영 가능하며, 전위기반 강화 모델이 사용되었다. 마르텐사이트 상분율 증분은 모상인 오스테나이트 상의 응력상태 및 온도의 함수로 표현되었다. 개발된 모델은 상용 유한요소해석 소프트웨어인 아바쿠스(ABAQUS)와 결합하여 사용자 재료(VUMAT) 서브루틴으로 이식되었다. 이후 304 오스테나이트계 스테인리스강을 대상으로 -100°C, -60°C, -20°C, 25°C의 온도에서 인장시험 및 상분율, 결정방위 측정을 실시하여 모델의 타당성을 검증하였다.

Keywords : Austenitic stainless steel, Crystal plasticity finite element analysis, Liquefied natural gas, Transformation induced plasticity

1. 서울대학교 재료공학부

2. 울산대학교 기계공학과

교신저자: 1. 서울대학교 재료공학부, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

직접 에너지 증착법으로 제작된 FeNi 연자성 퍼멀로이의 향상된 기계적 물성 분석

김은성¹ · Farahnaz Haftlang^{1,2} · 안성열¹ · 권현석^{1,2} · 구강희¹ · 김형섭^{1, 2,3 #}

The mechanical properties of FeNi soft magnetic permalloy fabricated by directed energy deposition

Eun Seong Kim¹, Farahnaz Haftlang^{1,2}, Soung Yeoul Ahn¹, Hyeonseok Kwon^{1,2}, Gang Hee Gu¹, Hyoung
Seop Kim^{1,2,3#}

Abstract

본 연구에서는 금속적층제조 기법 중 열원과 분말공급을 동시에 수행함으로써 빠른 제작 속도를 특징으로 하는 DED (Directed Energy Deposition) 공정으로 연자성 재료인 FeNi 퍼멀로이 합금을 제작하였습니다. 제작된 높은 상대밀도를 가지는 샘플들을 선정하여 FeNi 퍼멀로이 합금의 미세조직 변화와 기계적 특성을 조사했습니다. 사용된 금속 분말의 조성은 Fe50%Ni, 평균 입도분포 D50은 ~102 μm 이었습니다. 제작된 샘플의 기계적 특성은 일축 인장시험, Vickers 경도 및 전자후방산란회절(EBSD)를 통해 분석되었습니다. 미세조직은 제작 방향을 따라 상대적으로 긴 입자를 가진 FCC 단상이었습니다. 가장 높은 레이저 출력에서 제작된 최적의 샘플은 ~167 HV의 경도, ~493 MPa의 극한인장강도, ~315 MPa의 항복강도 및 ~38.7%의 연신율을 보여주었습니다. Dislocation activity로 인한 substructure 발달이 주된 변형 메커니즘이었습니다. 최적의 공정조건으로 제작된 FeNi 연자성 퍼멀로이에서 다른 Fe계 연자성 재료들 보다 높은 기계적 물성을 보입니다.

Keywords : Direct energy deposition; Fe-Ni soft magnetic permalloy; Microstructural evolution; Mechanical properties

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 고엔트로피합금연구센터

3. 포항공과대학교 철강대학원

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

Suppressed deformation twinning in laser powder-bed fusion processed CuSn alloy

G.M. Karthik¹, Eun Seong Kim¹, Alireza Zargaran², Praveen Sathiyamoorthi³, Sang Guk Jeong¹,
Hyoung Seop Kim^{1,2#}

Abstract

The sub-grain cellular dislocation structure is the primary reason for the enhanced mechanical properties of laser powder-bed fusion (LPBF) parts. In this work, we show that the lattice friction stresses, in addition to the cellular dislocation structure, play a significant contribution to the yield strength of the LPBF processed CuSn. We also show that the cellular dislocation structure significantly controls the deformation behavior by suppressing the formation of deformation twinning in the as-built samples, whereas fully recrystallized LPBF samples devoid of the cellular structure showed pronounced twinning activity. Furthermore, the contribution of cellular dislocation on hetero-deformation-induced strengthening is much more than from the heterogeneous grain structure in the LPBF samples.

Keywords : Laser powder-bed fusion; Selective laser melting; CuSn alloy; Cellular structure; Deformation behavior; Hetero-deformation induced hardening

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교 철강대학원

3. Department of Metallurgical Engineering, Indian Institute of Technology (BHU)

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

Laser-Powder bed fusion 방식으로 제조된 인코넬 718의 크립 특성

정상국¹ · 강석훈² · 천주홍³ · 유상훈⁴ · 김형섭[#]

Creep properties of Inconel 718 fabricated by Laser-powder bed fusion technology

정상국, 강석훈, 천주홍, 유상훈, 김형섭[#]

Abstract

인코넬 718은 석출경화형 니켈기 초합금으로 우수한 고온 강도와 내부식성을 가지며, 항공기 엔진용 부품, 원자력발전소용 부품 등에 많이 적용되고 있다. 금속 적층 제조에서도 인코넬 718에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존의 생산공정(주조, 단조, 압연 등)을 대체하기 위한 시도들이 이뤄지고 있다. 본 연구에서는 금속적층제조 중 Laser-powder bed fusion 방식으로 인코넬 718을 제조하고 인장강도 및 크립 특성을 평가하였다.

먼저 다양한 열처리 조건에 대해 인장시험을 수행하였다. ASTM sub-size 규격 (총길이 100 mm, 표점거리 25mm) 시편으로 수행한 결과는 국제적으로 통용되는 표준 (ASTM B670)의 요구조건을 만족시켰다. 인장 시험 결과를 바탕으로 열처리 조건을 도출하고, 해당 조건 및 수정 조건에 대해 크립 시험을 수행하였다. 크립 시험은 Z 방향 봉상시편으로 690 MPa, 649℃ 조건에서 Creep-Rupture 조건으로 수행하였다. 시험 결과, 파단 수명 (rupture life)는 표준의 요구 조건을 만족하였으나, 연신율은 요구 조건을 만족하지 못했다. 시험이 끝난 시편에 대해 미세조직 분석 및 파면 분석을 수행하고 열처리조건이 크립특성에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

Keywords : Laser-powder bed fusion, Inconel 718, Heat treatment, Mechanical property, Creep

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 한국원자력연구원 (KAERI), 선임연구원

3. 한전원자력연료 (KNF), 연구원

4. 광주테크노파크, 선임연구원

포항공과대학교 신소재공학과, 철강-에너지소재대학원(GIFT).

교수, hskim@postech.ac.kr

열처리 조건 및 Al 함량에 따른 적층제조 IN718 합금의 크리프 특성

정중은¹, 이형수¹, 서성문¹, 김인수¹, 도정현¹, 최백규¹

Abstract

금속 분말을 이용한 적층제조 기법은 최종 부품의 형상 구현에 필요한 가공, 절삭, 용접 등의 공정을 획기적으로 감소시킬 수 있어, 가스터빈 블레이드/베인, 금형, 노즐 등 형상이 복잡하고 내부 냉각 유로를 포함하는 부품의 제작에 응용될 수 있다. 최근 국내외 대학, 연구 기관 및 가스터빈 OEM사에서는 Hastelloy X, IN625, IN718 등 단련용 초내열합금뿐 아니라 IN738LC, IN939, CM247LC, CMSX-4 등 주조용 초내열합금의 적층 제조에 대한 연구를 진행하고 있어, 적층제조 부품 제작을 위한 기초 기술 개발이 활발히 진행되고 있다고 할 수 있다. 적층제조 분야에서 가장 많이 연구된 합금 중 하나인 IN718은 γ (Ni₃Nb)을 강화 상으로 갖으며 약 704°C까지 사용될 수 있는 합금이다. 주 강화상인 γ "은 용체화 열처리 이후 시효 열처리를 통해 석출되는데, H. Qin 등은 잔류응력의 존재에 따라 γ "의 석출 거동이 달라진다고 보고하였다. 즉, 인장 잔류응력이 작용하는 경우, γ "의 석출 속도가 높아지게 되며 이에 따라 시효 열처리 이후 경도가 높아지는 경향을 보이는데, 적층제조 및 용체화 열처리 이후 시편에 존재하는 잔류응력 또한 석출 속도에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 동일한 레이저 파라미터 및 응력제거 열처리를 적용한 적층제조 IN718 시편에 여러가지 시효 열처리를 적용하였고, 이에 따른 미세조직 및 크리프 특성을 평가하였다. 718°C 시효 조건에서 노출되는 시간을 0.5~8시간까지 조절하였고, 각 조건 시편의 석출 상 분석 및 650°C/689MPa 크리프 특성평가를 수행하였다. 이를 통해 기존 열처리 조건 (8시간)보다 시효 시간을 감소시킬 경우, 낮은 경도 및 높은 크리프 연신율을 나타냄을 확인할 수 있었으나 차이는 크지 않았다. 이에 석출 상 분율에 영향을 미칠 수 있는 Al 함량을 추가적으로 조절하였고, 동일한 조건에서 시편을 제조하여 미세조직 분석 및 크리프 특성을 평가하였다. 그 결과, Al 함량과 시효 열처리를 동시에 조절할 경우, 기존 대비 2배 이상의 크리프 연신율을 나타냄을 확인하였다.

Keywords : Additive Manufacturing, IN718, Creep property, Precipitation

1. 한국재료연구원 (Korea Institute of Materials Science)

Pilger 롤링 공정의 시뮬레이션

정승원¹·문호근¹·이민철¹·정완진²·전만수^{3#}

Simulation of a cold pilgering process

S. W. Jeong, H. K. Moon, M. C. Lee, W. J. Chung, M. S. Joun

Abstract

The pilgering process is promising especially for smart manufacturing of high-quality pipes. Its process design is, however, quite difficult because of the complexity of the process design and high sensitivity of mandrel fracture or surface crack to the process design. We established an automated simulation technique of the pilgering process for process design.

Keywords: Incremental Metal Forming (점진소성가공), Pilgering Process (필거링 공정), Automated simulation (자동 해석), Process Design (공정 설계)

1. 서론

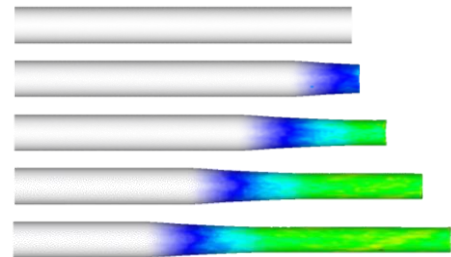
필거링은 점진소성가공의 일종이며, 단일 패스에서 큰 단면감소율로 파이프를 제조할 수 있다. 필거링 공정은 많은 장점을 지니고 있다. 그러나 공정의 기하학적 복잡성으로 인하여 공정설계가 어려워 이 기술이 갖는 강점을 충분히 살리지 못하고 있다고 사료된다.

2. 필거링 공정의 유한요소해석

필거링 공정은 이송거리, 좌우 선단에서 롤의 아이들링 시의 회전각도 등의 공정 변수가 중요하다. 필거링 공정 설계의 최적화를 위한 시뮬레이션 기술의 확립이 필요하다. 이에 관한 연구는 다수의 연구자[1,2]들에 의해 이루어졌다. 이 연구에서 AFDEX의 롤 포징 기능[3]을 이용한 자동해석 기능을 개발하였으며, 그림 1은 문헌[2]에서 발굴한 예제에 대한 필거링 공정의 해석결과를 나타낸다.

3. 결론

이 연구에서 필거링 공정의 설계 최적화를 위한 자동 공정 시뮬레이션 기능이 제시되었다.



(a) History of deformation



(b) Metal flow line

Fig. 1 Predictions of a pilgering process

참고문헌

- [1] Y. Azizoglu, M. Gardsback, B. Sjoberg, L. E. Lindgren, 2016, Finite element modeling of tube deformation during cold pilgering, NUMIFORM, pp. 80.
- [2] D. Pocięcha, B. Boryczko, J. Osika, M. Mroczkowski, 2014, Analysis of tube deformation process in a new pilger cold rolling process, Archives of civil and mechanical engineering, pp. 376-382.
- [3] H. T. Jin, T. H. Nam, S. S. Kang, M. S. Joun, 2016, Finite element modeling of a hot roll forging process with emphasis on role of grip and its application, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 180-183.

1. ㈜MFRC

2. 서울과학기술대학교

3# 교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

혼합 유동모델에 관한 고찰

지창운¹ · 변종복² · 지수민³ · 전만수[#]

Consideration on blended cold flow models

C. W. Jee, J. B. Byun, S. M. Ji, M. S. Joun

Abstract

In this study, the blended cold flow models of describing flow curves at room temperature are discussed. It was indicated that the traditional blended cold models are all based on the Voce model, which may not be appropriate to the flow stress at large strain for bulk metal forming. Some potential blended cold models are considered.

Keywords : Voce Model (Voce 모델), Blended Flow Model (혼합 유동모델), Bulk Metal Forming (체적소성가공)

1. 서론

냉간에서 유동곡선 표현의 역사는 전통적으로 소수의 재료상수로 표현하려는 노력의과정이라고 할 수 있다[1]. 그러나 전형적인 강의 유동곡선을 표현하는데도 Ludwik, Voce, Hollomon, Swift 유동모델의 전통적인 유동함수로는 부족하다. 특히 유동곡선에서 네 킹점이 갖는 중요성을 감안할 때, 유동곡선의 고정밀 표현은 불가능하다.

이러한 문제의 해소 목적으로 혼합 유동모델의 가능성을 고찰한다.

2. 혼합 상온 유동모델의 가능성

기존의 혼합 유동모델[1]은 모두 Voce 또는 수정된 Voce 모델을 근간으로 한다. 이 모델들은 작은 변형률의 범위에서 효과적으로 사용되었다. 그러나 단조를 비롯한 체적소성가공 공정의 엔지니어링 목적으로 사용되는 데는 한계가 있다. 이것은 Voce 모델 또는 수정된 Voce 모델이 점근응력(asymptotic stress)을 갖기 때문이다.

이러한 문제를 해소하기 위하여, Considère 조건과 인장강도를 만족하면서 [2] 선택된 일부의 지점에서 희망하는 유동응력을 공학적으로 정확하게 예측하는 혼합 유동곡선을 구하여 Fig. 1에 나타내었다. 이 혼합 곡선에서는 Ludwik 모델, Voce 모델, Swift 모델 등이 기본 모델로 사용되었다. 각 기본모델은 Considère 조건과 인장강도를 기본적으로 만족한다. 따라서 Fig. 1의 혼합 유동모델은 이 조건들과 선택된 점에서 유동응력을 만족한다.

3. 결론

이 연구에서는 Considère 조건, 인장강도, 선택된 몇 개의 변형률에서의 유동응력을 만족하는 혼합 상온 유동모델의 가능성을 확인하였다.

1. 포스코 기술연구원, 연구원

2. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

3. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학원생

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

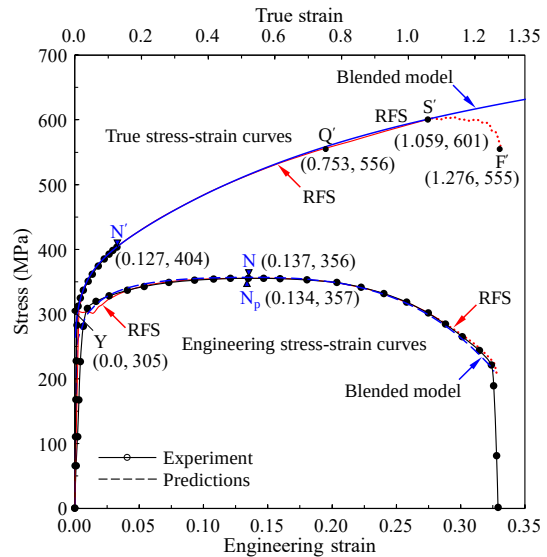


Fig. 1 Blend flow models

후기

본 연구는 산업소재핵심 기술개발-첨단뿌리기술 (20003950)사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] M. S. Joun, M. K. Razali, C. W. Jee, J. B. Byun, M. C. Kim, K. M. Kim, 2022, A review of flow characterization of metallic materials in the cold forming temperature range and its major issues, Materials, Vol. 15(8), pp. 2751.
- [2] M. S. Joun, J. G. Eom, M. C. Lee, 2008, 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., Vol. 40(7), pp. 586-593.

6. 특 별 세 셴

첨단산업용 고청정 소재 자립화 기술개발
심포지엄

(제 4 발표회장)

반도체 산업용 고청정 무게목 강관 및 봉강 개발

이승욱^{1,#} · 김덕령 · 강수석 · 정세지

Development of stainless steel seamless pipe and round bar for UHP grade semiconductor parts

Abstract

In the semiconductor manufacturing process, more than 99.9999% of high-purity gases and dozens of highly corrosive gases are used. In order to prevent accidents such as leaks and damage due to corrosion while supplying the gas, SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) specifies the specifications of STS materials.

In addition, the SEMI standard specifically suggests not only the chemical composition of the material, but also Austenite grain size, Cr/Fe ratio and the thickness of the surface oxide layer. However, it's not easy to meet the suggested specification with a general manufacturing process.

Therefore, materials imported from Japan and United states are mainly used in Korea.

The purpose of this study is to develop 316L Stainless steel bar and pipe meeting the standard SEMI F20 required by the semiconductor industry. To accomplish our purpose, we improved manufacturing process of secondary refining, continuous casting and developed heat treatment technologies to control grain size. Furthermore, through the development of hot extrusion, cold drawing and pickling technologies, we succeed to make the products meet specifications.

Keywords : UHP, Stainless steel, Semiconductor

글리블 고온 압축 시험의 전기-열-변형 유한요소 해석을 통한 316L 스테인리스강의 유동응력선도 최적화

최병진¹ · 임형철¹ · 천세환¹ · 천세환[#]

Flow stress optimization by electro-thermo-mechanical simulation for the gleeble high temperature tensile tests of 316L stainless steel.

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

Abstract

This study was carried out to optimize the high temperature flow stress of 316L Stainless steel through the inverse analysis method. Mechanical properties of the material can be obtained through the tests such as tensile test, compression test, banding test etc. In particular, one of the methods for obtaining mechanical properties of material at high temperatures is the gleeble compression test. As current flows to the specimen, the specimen is heated by electrical resistance. After heating, the specimen is deformed by compressing it to obtain the data results of displacement-force.

However accurate material properties cannot be derived because of test error such as the barreling caused by the friction force, the variation of strain rate during the deformation and the temperature deviation according to the location of specimen. Therefore, in this study FE analysis of the high temperature gleeble tests and the optimization through the inverse analysis method were carried out to obtain more accurate flow stresses of the 316L Stainless steel. The thermo-electro-mechanical solver of FORGE NxT software was used to implement the gleeble test as the FE simulation. And the optimizations were performed to reduce the error rate by comparing the displacement-load results in the simulation with the gleeble tests. So when the optimization of the Stainless steel 316L was applied, the error rate has decreased about 30 percent compared to before the flow stress optimization.

Keywords : Inverse Analysis, Optimization, 316L Stainless steel, Flow Stress, Finite Element Method, High Temperature Gleeble Test

1. ㈜에프엠케이, 선임연구원

교신저자: ㈜에프엠케이, 연구소장. E-mail: support@forgemater.net

반도체 공정용 고청정 특수강 응용부품 개발 및 실증평가 기술 개발

박만호¹

Development of UHP Stainless Steel component for semiconductor process and field evaluation technology

M.H.Prk

Abstract

VIM (Vacuum Induction Melting) / VAR (Vacuum Arc Remelting)과 같은 청정 제강공정으로 제조된 고청정 스테인레스 스틸 316L 강관 및 봉강 소재는 반도체 공정 및 장비에 사용되는 각종 가스를 공급하는 극청정 강관 (Seamless Tube)과 피팅, 밸브, 레귤레이터, 필터, IGS (Integrated Gas System) Block 및 밸브 등의 응용 부품용 원소재로 사용되고 있음

고청정 스테인레스스틸 316L 소재는 해외에서 전량 수입에 의존하고 있었으나, 근래 국산화를 통한 수입대체가 진행 중 임. 국산화 개발된 316L 소재를 반도체 공정가스 공급용 부품에 사용 가능하도록 표면처리 공정과 정밀세정 공정을 개발하였으며, 다양한 시제품을 제작하여 실증 평가 하였음

강관재를 직경 4mm - 길이 6m의 튜브형 소재로 인발하는 기술과, 강관재의 내벽면을 고정밀 연마와 부동태 층 형성이 동시에 가능한 표면처리 공정을 거쳐 극청정화하였으며, 고청정 특수강 봉강 소재의 정밀 절삭, 정밀 연마를 기술을 개발하고, 난삭 특성의 고청정 특수강 봉강의 기계가공기술과 밸브와 레귤레이터 등의 복잡한 유로를 표면처리하여 반도체 공정가스 공급에 사용되는 피팅, 밸브, 레귤레이터, 필터 등을 제작하였음.

각종 부품들의 SEMI 규격에 부합하는 청정도 및 기능, 내구 평가 기술을 확보하고, 반도체 공정에 실증 적용 평가를 실시하였음

	
극청정 강관	피팅
	
밸브, 레귤레이터	필터

Keywords : UHP STS Seamless Tube, UHP Fitting, Valve, Regulator, Semiconductor equipment

1. (주)아스플로, 연구소장, mhpark@asflow.com

반도체 장비용 금속 분말 필터 제조 기술

윤종열^{1, #}, 김현주¹, 이민정¹, 이유정¹, 윤수진¹, 박만호²

Fabrication technology of metal powder filter for semiconductor equipment

J. Y. Yun, H. J. Kim, M. J. Lee, Y. J. Lee, S. J. Yun and M. H. Park

Abstract

반도체 제조공정 중 많은 단계에서 수십 여종의 가스가 사용되는데, 반도체 장비용 금속 필터는 반도체 소자 생산공정에 사용되는 공정 가스에 존재할 수 있는 불순물 입자가 유입되지 않도록 보호하는 역할을 하는 핵심부품으로 미세입자 여과 성능과 필터 전 후단의 낮은 압력 손실 특성이 요구된다. 금속 필터의 경우, 고분자나 세라믹 필터와는 달리 소재의 재활용이 가능하며 고분자 멤브레인에 비해 고온 및 고압 가스 공정에서 안정적이고, 세라믹 필터에 비해 높은 인장 특성을 나타내므로 파손의 위험이 없다는 장점이 있다. 이러한 이유로 현재 국내외에서 금속 분말, 금속 플레이크, 금속 섬유 등 다양한 형상의 금속 소재를 활용하여 필터가 개발되고 있다. 본 연구에서는 금속 분말과 금속 플레이크를 이용하여 반도체 장비에 사용되는 금속 분말 필터를 제조하였으며 제조된 필터는 capillary flow porometer를 이용하여 기공 크기, 통기도 등 기공 특성을 분석하고 광학 및 전자현미경을 이용하여 미세조직을 관찰하였다.

Keywords : metal powder filter, porosity, pore size, permeability, semiconductor

1. 한국재료연구원 금속분말연구실

2. ㈜아스플로 기술연구소, 연구소장

교신저자 : 한국재료연구원 금속분말연구실, 책임연구원, yjy1706@kims.re.kr

반도체 공정용 극청정 STS316L 강관재의 전해연마 표면특성

이호성¹ · 이현승¹ · 이상수² · 장시영[#]

Electrolytically Polished Surface Characteristics of Ultra-cleaned STS316L Tube for Semiconductor Processing

Hoseong Rhee, Hyunseung Lee, Sangsoo Lee, Si Young Chang

Abstract

본 연구에서는 STS316L을 더블멜팅(VIM(Vacuum induction Melting) + VAR (Vacuum Arc Remelting))후 압출, 인발 및 985℃에서 1시간 동안 열처리를 하여 강관재를 제조 후 전해연마를 실시하였다. 전해연마층의 표면성분분석 및 두께는 AES, XPS 및 TEM을 이용하여 조사하였고, 부식특성은 5%의 NaCl 용액에서의 중량 변화 및 인산용액에서의 분극 측정, 초순수를 이용한 용출 금속 이온량을 측정하여 평가하였다. 표면 조도가 가스의 흐름에 미치는 영향을 조사하기 위해, 공초점 현미경 및 Surface Profiler를 통해 분석하였고, 또한 불산 가스의 유동성을 파악하기 위해서 유체해석프로그램(CFD)를 사용하여 수치해석을 진행하였다. 전해연마 전후의 결정립 크기는 약 25 μm 로 미세조직에 변화는 없었다. 전해연마층은 Cr, Fe, CrO, FeO로 이루어져 있으며, Cr/Fe 및 CrO/FeO의 비는 각각 1.62, 2.26였으며, 그 두께는 약 6.8nm로 측정되었다. 전해연마 처리한 시편이 전해연마 전 시편보다 부식 저항성이 좋았으며, 용출 이온으로는 금속이온 Cr과 Fe 및 극소량의 양이온 Na⁺과 K⁺ 등이 용출량, 전해연마전 시편은 Cr 1.2 Fe 10.3(ppb), 전해연마한 시편은 Cr 0.7 Fe 0.7(ppb)으로 부식안정성이 전해연마한 시편이 더 높았다. 표면조도는 전해연마전 시편이 0.25 μm , 전해연마후 연마층의 표면조도는 0.02 μm 였다. 유체해석 결과, 가스 주입 시작점으로부터 최대 유속 도달 지점 간의 거리는 전해연마 전후로 평균 약 15cm 정도 차이가 있으며, 표면 조도가 낮을수록 두 지점 간의 거리가 짧아지는 것을 확인할 수 있었다.

Keywords : STS316L, double melting, electrolytic polishing, surface roughness, corrosion resistance, CFD

감사의 글

“ 본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 기술혁신사업의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

(No. 20009937) “

1. 한국항공대학교 신소재공학과, 학생연구원
2. 한국항공대학교 신소재연구센터, 연구원
#. 한국항공대학교 신소재공학과, 교수, sychang@kau.ac.kr

7. 일반 논문 발표

경량금속

(제 5 발표회장)

선압축과 어닐링 처리로 변화된 집합조직을 가지는 AZ31 마그네슘 압연재의 인장 변형 거동

김예진¹ · 박성혁^{1,#}

Tensile deformation behavior of rolled AZ31 alloy with modified texture by precompression and annealing treatment

Y.J. Kim, S.H. Park[#]

Abstract

In Mg alloy, {10-12} twinning is an important deformation mechanism because of the insufficient number of active slip systems at room temperature. It has been recently reported that the application of precompression and subsequent annealing (PCA) treatment to rolled Mg alloys with a strong basal texture can cause the formation of a new twin-free grain structure with a significantly modified basal texture. In rolled Mg alloys, {10-12} twinning behavior during precompression along the rolling direction (RD) and boundary migration behavior during subsequent annealing have been investigated in recent studies. However, studies on the deformation behavior of PCA-treated Mg alloys with a modified texture have not yet been conducted. Therefore, in this study, tensile deformation behaviors of a rolled AZ31 alloy subjected to PCA treatment are analyzed and compared with those of the rolled AZ31 alloy, which is not subjected to PCA treatment. The rolled AZ31 alloy has a strong basal texture with basal poles aligned toward the normal direction (ND), whereas the PCA-treated AZ31 alloy has two basal texture components of a weak ND texture and a strong RD texture. This texture difference leads to different twinning and slip behaviors during tensile deformation in the two alloys.

Keywords : Rolled Mg alloy, Texture, Deformation mechanism, {10-12} twinning, Slip.

경북대학교 신소재공학부

교신저자: 경북대학교, 부교수. E-mail: sh.park@knu.ac.kr

초음파나노표면개질(UNSM) 처리에 따른 Mg-3Al-1Zn 압연재의 미세조직 및 기계적 물성 변화

김현지¹, 아마노프 아웨즈한², 박성혁^{1,#}

Variation in microstructure and mechanical properties of rolled Mg-3Al-1Zn alloy by ultrasonic nanocrystal surface modification (UNSM) treatment

H.J. Kim¹, A. Amanov², S.H. Park^{1,#}

Abstract

수송기기에 대한 배출가스 규제가 전세계적으로 강화됨에 따라 CO₂ 배출 저감을 위한 수송기기 경량화가 필수적으로 요구되고 있다. 특히 마그네슘은 1.74 g/cm³의 낮은 밀도, 높은 비강도, 그리고 우수한 진동 감쇠능을 가져 수송기기 경량화를 위한 대표적인 금속 소재로 여겨진다. 하지만, 알루미늄과 타이타늄과 같은 다른 경량 금속들에 비해 강도, 연성 등의 기계적 물성이 낮아 이를 극복하기 위한 연구가 필수적으로 이루어져야 한다. 초음파나노표면개질(Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, UNSM) 기술은 초음파 진동에너지를 이용해 금속 표면부에 큰 압축 잔류응력을 부과함과 동시에 결정립을 나노 단위로 미세화 시켜, 표면부에 높은 강도를 얻게 하는 대표적인 표면 강소성 가공기술이다. UNSM 기술은 철강, 알루미늄 합금, 고엔트로피 합금 등에 적용한 연구가 진행되었으나 강한 집합조직을 가지는 마그네슘 압연재에 적용한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 UNSM 처리로 인해 야기되는 Mg-3Al-1Zn 압연재 표면부의 집합조직 및 미세조직의 변화를 분석하고 압축 잔류응력과 형성된 쌍정이 압연재의 기계적 물성에 미치는 영향에 대해 상세히 분석하고자 한다. 이를 위해, 균질화 처리된 Mg-3Al-1Zn 압연재를 상온에서 UNSM 처리하였고, 미세조직 및 기계적 물성을 EBSD, SEM, 비커스 경도기, 인장 시험기를 통해 분석하였다.

Keywords : Mg-3Al-1Zn alloy, UNSM (Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification), Microstructure, Hardness, Mechanical properties.

1. 경북대학교 신소재공학부

2. 선문대학교 기계공학과

교신저자: 경북대학교, 부교수. E-mail: sh.park@knu.ac.kr

피로균열성장에 미치는 잔류응력의 영향

권용남¹· 석무영¹· 이동준¹· 박현일¹· 박태규²· 이호혁²· 진승우²· 문창호²

Effect of Residual Stress on Fatigue Crack Growth

Y.-N. Kwon, M.Y. Seok, D.J. Lee, H. I. Park, T.G. Park, H. H. Lee, S.W. Lee, C. H.Moon

Abstract

잔류응력은 소재의 열처리, 절삭가공, 소성가공 등 부품의 제조과정에서 재료 내부에 생성되는 응력으로, 이러한 응력의 분포에 따라 소재, 부품의 변형이나 파괴를 수반하기도 하고, 압축잔류응력으로 인한 피로수명의 연장이나 균열성장의 지연 등이 효과가 나타나기도 하므로, 잔류응력의 제어가 부품 제조에 있어서 중요한 부분을 차지한다. 소재, 부품 내부에 존재하는 잔류응력을 측정하기 위하여 다양한 방법이 고안되고 있으며, 대표적으로 X-ray 회절법, hole-drill법, 컨투어법 등이 활용되고 있다. X-ray 회절법이나 hole-drill법은 표면 잔류응력을 분석하는데 용이하나, 내부응력 분석이 불가능하고, 컨투어법은 내부 잔류응력 분석이 가능하나 시편을 파괴해야하는 단점이 있는 등, 측정방법에 따라 분석할 수 있는 잔류응력의 방향과 위치가 다르므로, 목적에 따라 측정방법을 달리 적용하고 있다. 본 연구에서는 냉간가공된 항공기 부품에 대한 내부 잔류응력 분포를, X-ray 회절법, hole-drill법, 컨투어법을 이용하여 정량화하였다. 또한 항공기 운전을 모사한 하중조건을 바탕으로 피로균열성장실험을 실시하여, 잔류응력이 피로균열 성장에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

Keywords : residual stress, fatigue, crack, strain hardening

1. 한국재료연구원

2. 한국항공우주산업

권용남: 한국재료연구원 E-mail:kyn1740@kims.re.kr

Beta annealed Ti 합금의 미세조직과 기계적 특성 연구

최선두¹ · 김동민² · 석무영¹ · 이동준¹ · 박현일¹ · 권용남¹

Relationship between Microstructure and Mechanical Properties of Beta annealed Ti Alloy

S. D. Choi, D. M. Kim, M.Y. Seok, D.J. Lee, H. I. Park, Y.-N. Kwon

Abstract

베타 열처리된 Ti-6Al-4V 합금은 파괴인성 및 피로균열전파에 대한 저항성이 우수해 항공기 구조 부품 중 피로저항성이 필요한 부위에 사용된다. Ti-6Al-4V 합금은 진공아크재용해로 잉곳을 제조하고 소성가공 및 열처리를 통해 제조된다. 소성 가공시 온도, 변형률, 변형률 속도 드르이 변수에 의해 상분율을 비롯해 다양한 미세조직적 특징들이 결정된다. 본 연구에서는 고온압축모사실험(gleeble test)과 고온압축실험을 통해 다양한 온도, 변형률, 변형률 속도에 대한 공정변수를 변화시키며 미세조직적 형성 과정을 조사하였으며 변형공정지도 작성을 통해 최적 단조공정의 조건을 고찰하였다.

Keywords : Ti alloy, beta annealed structure, fatigue crack growth

1. 한국재료연구원

2. 세아창원특수강

권용남: 한국재료연구원 E-mail:kyn1740@kims.re.kr

Al1050/Steel/Al1050 클래드 판재의 변형 및 손상 발생에 대한 멀티스케일 분석

구강희¹ · 김래언² · 김은성¹ · 권현석¹ · 안성열¹ · 서민홍³ · 김형섭^{4,5, #}

Multi-scale investigation on the local strain and damage evolution of Al1050/Steel/Al1050 clad sheet

G.H. Gu, R.E. Kim, E.S. Kim, H. Kwon, S.Y. Ahn, M.H. Seo, H.S. Kim

Abstract

기계적 특성과 재료의 손상 거동은 실제 산업의 적용 및 사용자의 안전을 위해 거시적 및 미시적 스케일에서 모두 평가되어야 한다. 이중구조 재료의 일종인 클래드 금속은 차세대 금속 소재로 상용화를 위한 가장 유망한 첨단 소재 중 하나이다. 그러나 클래드 재료와 같은 이중 구조 재료는 심한 변형이 가해지면 이중 상 간 계면에서 변형 분할로 인한 기계적 특성의 열화 가능성이 있다. 추후 클래드 금속을 산업계에 성공적으로 도입하기 위해서는 손상 거동에 대한 정량적인 분석이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 멀티스케일 분석을 통해 Al1050/steel/Al1050 클래드 금속의 기계적 특성 및 손상 거동을 거시적 디지털 이미지 상관 기법 및 미시적 디지털 이미지 상관 기법을 이용하여 정량적으로 분석했다. 멀티 스케일 분석 결과는 클래드 재료의 신뢰성 향상과 동시에 추후 산업 응용 분야에 많은 도움이 될 것이다.

Keywords: Clad material, Multi-scale characterization, Digital image correlation, Local strain, Damage behavior

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 포항공과대학교 철강대학원, 대학원생

3. 포스코 기술연구원

4. 포항공과대학교 신소재공학과, 교수

5. 포항공과대학교 철강대학원, 교수

Corresponding Author: Pohang University of Science and

Technology (POSTECH) E-mail: hskim@postech.ac.kr

경량 클래드 재료의 기계적 물성 예측

김용주¹ · 구강희¹ · 김래언¹, 서민홍², 김형섭^{1,3,#}

Prediction of mechanical properties of lightweight clad sheets

Y. Kim, G.H. Gu, R.E. Kim, H.S. Kim

Abstract

클래드 금속재료는 두 종류 이상의 금속을 결합시킨 대표적인 이중구조 재료로서 다양한 산업분야에서 안정성, 효율성 및 경제성을 향상시키기 위해 연구되고 있다. 실제로, 차세대 클래드 재료는 클래드 내부의 개별 재료들의 부피 분율과 적층 형상 조합에 따라 경량, 고강도, 고열전도성, 내식성 등 다양한 특성을 결합할 수 있다. 일반적으로 클래드 재료의 기계적 특성은 단일 금속으로부터 계산된 rule of mixtures 기계적 물성보다 더 우수한 경향성을 보이므로, 클래드 재료를 이용한 유한요소해석 모델 개발에 어려움이 있다. 본 연구에서는 단일 금속재료의 진응력-진변형률 커브를 토대로 다양한 변형 모드에서의 클래드 재료의 변형 거동을 전산모사하기 위해, 전위 기반의 변형 메커니즘을 고려한 구성모델을 개발하고 최적의 모델링 파라미터를 도출하였다. 이는 실제 인장 시험 결과와 비교를 통해 검증하였으며, 나아가 클래드 재료의 V-굽힘 시험에도 적용하여 비교/분석하였다.

Keywords: 클래드, 기계적 물성, 유한요소해석, 전위 기반 구성방정식, 인장 물성, 굽힘 시험

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

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

Grain Refine Slurry 고압 다이캐스팅 공정으로 제조된 Cu 첨가 A356 합금의 미세조직, 인장 및 충격 특성

강태훈¹ · 윤상일² · 김동현² · 이석재³ · 김진평⁴ · 이기안^{1, #}

Microstructure, Tensile and Impact toughness properties of Cu added A356 alloy manufactured by Grain Refine Slurry high pressure die casting process

T. H. Kang¹, S. I. Youn², D. H. Kim², S. J. Lee³, J. P. Kim⁴, K. A. Lee^{1, #}

Abstract

자동차 부품 주조에 사용되는 아공정 Al-Si 합금은 금형에 고압 주입 시 난류를 형성하여 기공을 유발하고 금형을 손상시켜 품질 저하를 야기한다. 본 연구에서는 Grain Refine Slurry(GRS)를 high pressure die casting (HPDC) 공정에 적용하여 충류를 발생시켜 건전한 Cu added A356 고압 다이캐스팅 주조재를 제조하였고, 그 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 T6 열처리의 영향에 대해 조사하였다. 이를 위하여 Al-7.5Si-2Cu-0.3Mg 합금은 자동차 chassis에 사용되는 형상으로 고압 다이캐스팅 주조하였다. 균질화 처리를 445°C에서 3시간 수행한 소재 (No. 1), 균질화 처리 후 인공 시효를 160°C에서 0.5시간(No. 2), 1시간(No. 3), 2시간(No. 4) 처리한 소재들을 as-cast 소재와 비교하였다. 초기 소재의 X-ray diffraction 분석 결과, 열처리 조건에 관계없이 공통적으로 α -Al matrix 및 Si peaks이 검출되었다. 한편, Cu 첨가로 인해 Al_2CuMg , Al_2Cu 등의 Cu 정출상이 나타났으며, 추가로 $Al_6(Fe, Mn)$ 상과 함께 $Al_8CuMg_8Si_6$ 와 같은 Q(quaternary, 4원계) 상도 검출되었다. 전술한 상들을 secondary electron microscope(SEM)으로 관찰한 결과, as-cast 소재의 경우 주조조직과 함께 공정 Si 및 Q상이 침상으로 존재하고 있었으나, 균질화 처리를 수행함에 따라 그 형상이 blocky type으로 변화하였다. 상온 인장 시험은 ASTM E8M 규격에 부합하는 시편을 사용하여 3번씩 수행하였다. 인장 시험 결과, as-cast 소재에서 yield strength: 195 MPa, UTS: 308.5MPa, elongation: 3%를 얻었으며, 인공 시효 시간이 증가함에 따라 최대 연신율은 10.28%까지 확인되었다 (No. 2). 한편 2시간 인공 시효 후 UTS는 362.39MPa까지 증가하고 elongation은 2.55%으로 감소하는 trade-off 경향을 나타냈다 (No. 4). 인장 파단 표면을 관찰한 결과 as-cast 소재의 경우 수직상 계면이 관찰되었으나, 후열처리를 수행함에 따라 주로 파단면에서 micro scale dimple들이 관찰되었고, dimple 내부에는 blocky type의 석출상이 존재하였다. 샤르피 충격 시험은 ASTM E23에 따라 수행되었으며, 그 결과 as-cast 소재에서 2.59J/cm² 값이 얻어져 상용 A356 alloy 합금의 1.52J/cm² 대비 우수한 특성을 나타냈다. 이와 함께 열처리를 수행한 시편들의 충격 인성 값들은 No.1: 4.16J, No.2: 4.16J로 얻어져 인공 시효와 상관없이 유사한 충격 특성을 나타냈다. 상기 결과들을 바탕으로 신 GRS가 적용된 고압 다이캐스팅 Cu added A356 합금 주조재의 변형 및 파괴 기구에 대하여 고찰하였다.

Keywords: High pressure die casting, hypoeutectic Al-Si, post heat treatment, microstructure, tensile property

1. 인하대학교 신소재공학과

2. ㈜삼기오토모티브 소재개발팀, 연구원

3. 전북대학교 금속시스템공학전공, 교수

4. 한국자동차연구원 첨단구조소재연구센터, 책임연구원

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

변형유기 마르텐사이트변태를 고려한 중엔트로피 합금의 구성 모델

권지혜¹ · 이정완² · 김형섭[#]

Constitutive modeling of metastable medium entropy alloy

J. Kwon, J. Lee, H. S. Kim

Abstract

본 연구에서는 변형 유기 마르텐사이트 변태(Deformation-induced martensite transformation, DIMT)를 보이는 철계 중엔트로피 합금(Ferrous medium entropy alloy, FeMEA)에 대한 구성 모델을 성립하였다. 변형에 따른 상변화 분율 계산식에서 임계 응력 기준을 적용하여 FeMEA의 매우 민감한 상 안정성 및 이로 인한 DIMT 시점의 차이를 반영하였다. Austenite와 martensite 상의 개별적인 유동 응력은 각각 전위기반 모델과 실험식을 사용하여 모사하였다. 해당 모델을 적용하여 변형 전 Austenite 단상으로 구성된 Fe₆₀Co₁₅Ni₁₅Cr₁₀ (at%) 합금의 극저온 인장시험을 유한요소해석한 결과, 상변화, 인장 물성 및 동적 변형을 구배의 모사가 가능함을 입증하였다.

Keywords : Deformation-induced martensitic transformation, Medium entropy alloy, Plastic deformation, Constitutive modeling, Finite element analysis

수지상 및 기공 성장 예측을 위한 다상(Multiphase) LBM-CA 모델링

이원주¹, 배준호², 이호원², 강성훈², 윤종현[#]

Multiphase LBM-CA modeling for predicting the growth of solid dendrite and gas porosity

W. J. Lee, J. H. Bea, H. W. Lee, S. H. Kang, J. H. Yoon

Abstract

The defects in casting microstructures require high-quality control because they are closely related to the mechanical properties of the final parts. It is well known that gas porosity defects may deteriorate mechanical properties such as tensile strength and fatigue resistance. In this study, the LBM(Lattice Boltzmann method)-CA(Cellular automata) modeling was constructed to predict the growths of solid dendrite and gas porosity. The LBM is adopted to simulate the fluid flow and thermal diffusion and the CA is used to simulate the phase change during solidification. The performance of proposed model was validated by comparing with experiment and reference data.

Keywords : Solidification, Microstructure, Dendrite, Porosity, Multiphase analysis

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과 소재부품장비융합전공

2. 한국재료연구원

교신저자: 한양대학교 ERICA 기계공학과, E-mail: yooncsmd@gmail.com

유한요소법을 이용한 고탄소 펄라이트강 선재의 시멘타이트 형상 및 방위가 변형 및 파괴에 미치는 영향 해석

박기성^{1*}, Saurabh Pawar¹, Abhishek Kumar Singh¹, 신다혜², 장동찬², 이충렬³, 박준학³, 손일현³, 이상윤³, 최시훈¹

A study on Effect of Cementite Morphology and Orientation on Deformation and Fracture of High Carbon Pearlitic Steel Wire using Finite Element Method

국립 순천대학교 첨단부품소재공학과^{1*}

한국과학기술원(KAIST) 원자력 및 양자공학과²

POSCO 기술연구원 강재연구소 열연선재연구그룹³

Ki-Seong Park*, Saurabh Pawar, Abhishek Kumar Singh, Da-Hye Shin, Dong-Chan Jang,

Jo-Seph Yang, Jun-Hark Park, Il-Heon Son, Seok-Jong Seo, Shi-Hoon Choi

Department of Advanced Components and Materials Engineering, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam, 540-742, South Korea^{1*}

Department of Nuclear and Quantum Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, 34141, South Korea²

Hot Rolled and Wire Rod Research Group, Technical Research Lab., POSCO, Pohang, Korea³

고탄소 펄라이트강 선재는 타이어에 가해지는 동적하중에 견딜 수 있는 우수한 내구성이 요구되는 소재이다. 따라서 신선 공정을 통해 제조되는 고탄소 펄라이트강 선재의 내구성 향상을 위해서는 소재의 변형 거동 및 파괴 거동에 미치는 미세조직의 영향에 대한 이해가 필수적이다. 고탄소 펄라이트강 선재는 페라이트 및 시멘타이트가 층상 구조로 구성되어 있으며, 특히 시멘타이트의 폭과 간격은 약 50nm 수준으로 매우 조밀하게 형성되어 있다. 고탄소 펄라이트강 선재의 변형 거동 및 파괴 거동에 미치는 미세조직의 영향을 실험적으로 관찰하기 위하여 미소기둥 압축시험을 수행하였으며, 초기 미소기둥은 나노압입시험 시 경도의 차이에 따라 미세조직을 5가지로(Class A: 높은 경도값 ~ Class E: 낮은 경도값)분류하였고, 분류된 미세조직 기반으로 FIB를 이용하여 초기 미소기둥을 제작하였다. FIB를 이용하여 제작된 초기 미소기둥을 관찰 한 결과 Class A부터 Class E까지 시멘타이트의 배열이 모두 상이하게 형성되어 있음을 확인하였고, 미소기둥압축 시 시멘타이트와 페라이트의 상 경계에서 전단 변형에 의한 다수의 전단 띠가 관찰되었다. 또한 시멘타이트의 배열은 미소기둥의 가공 경화 거동에도 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서, 본 연구에서는 고탄소 펄라이트강 선재 내 존재하는 시멘타이트의 배열이 압축 변형 거동에 미치는 영향을 유한요소법을 이용하여 이론적으로 해석하였고, 파괴 모델을 이용하여 압축 변형 시 페라이트-시멘타이트 상 경계에서 발생하는 전단 파괴를 모사하여, 압축 변형 시 고탄소 펄라이트강 선재 내 시멘타이트의 배열이 변형 및 파괴 거동에 미치는 영향에 대하여 이해하고자 한다.

Keyword : 고탄소 펄라이트강 선재, 미소기둥압축시험, 변형 및 파괴 거동, 유한요소법, 파괴 모델

알루미늄 압출재의 Hosford-Coulomb 연성파단 모델 상수 결정 및 충돌 특성 평가

원정윤¹ · 홍서준¹ · 김찬양² · 이명규[#]

Determination of Hosford-Coulomb ductile fracture model parameters and evaluation of crush characteristics of automotive aluminum extrusions

Jung Yun Won, Seo-Jun Hong, Chanyang Kim and Myoung-Gyu Lee

Abstract

Plasticity models and ductile fracture criteria for different automotive aluminum extrusions consisting of 6xxx and 7xxx series alloys are determined, and crush characteristics using the identified plasticity model and ductile fracture criteria are investigated. Series of uniaxial tensile tests and tensile-based experiments having different specimen geometries are conducted to identify plasticity laws and ductile fracture limits under different stress states. The hybrid experiment-numerical scheme is employed to optimize the Hosford-Coulomb ductile fracture model. Finally, crush tests for the extruded simplified parts are performed and the crush characteristics including folding shape, crack initiation location, and crashworthiness are evaluated. The finite element simulations show that fracture initiation and crashworthiness indicators can be reasonably well captured when the proper plasticity model and ductile fracture model are incorporated.

Acknowledgement - This work has been supported by Hyundai Motor Company which is greatly appreciated.

Keywords: Hosford-Coulomb fracture criterion, hybrid experiment-numerical approach, crush test, finite element method, crashworthiness

1. 서울대학교, 대학원

2. 한국재료연구원, 박사후 연구원

서울대학교, 교수, myounglee@snu.ac.kr

8. 일반 논문 발표

단조

(제 6 발표회장)

인공지능을 통한 미세조직 진화 예측

문인용¹, 이호원¹, 김세종¹, 오영석¹, 정재면¹, 오세혁¹, 강성훈^{1, #}

Generating Photo-realistic Microstructures according to High Temperature Deformation using Artificial Intelligence

I. Y. Moon, H. W. Lee, S. -J. Kim, O. -S. Oh, J. Jung, S. Oh, S. -H. Kang

Abstract

최근 인공지능(AI) 기술과 컴퓨터 연산 효율성의 향상으로 미세구조 특성을 예측하고 평가하는 데이터 기반 접근 방식이 큰 주목을 받고 있다. 고온 변형 과정에서 미세 구조는 일관되지 않은 변형 이력의 인과 관계에 따라 비선형적으로 발달한다. 따라서 입력 데이터의 형태가 시계열 형식이 아닌 기존 AI 생성 모델만으로는 미세조직 진화를 예측하기에는 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 미세조직의 진화를 예측하기 위해 유한요소법(FEM)을 AI와 함께 적용하였다. 재료 물성으로부터 수립한 DRX 거동 모델을 FEM에 적용하였으며, 이를 통해 온도, 변형률 및 변형률 속도로 구성된 변형 이력을 기반으로 재료의 동적 재결정(DRX) 비율과 DRX 결정립 크기를 계산할 수 있도록 하였다. 계산된 동적 재결정 비율과 DRX 결정립 크기를 Conditional generative adversarial network의 입력 데이터로 사용하여 DRX fraction과 DRX 결정립 크기에 따라 미세조직을 생성하도록 훈련하였다. 그 결과 변형 이력에 따라 실제 EBSD이미지와 유사한 수준의 이미지로 미세조직을 예측할 수 있음을 확인하였다.

Keywords : Generative model, Artificial Intelligence, Deep learning, Microstructure, Dynamic recrystallization

1. 한국재료연구원, 재료인공지능 빅데이터 연구실

교신저자: 한국재료연구원,실장. E-mail:
kangsh@kims.re.kr

금속재료의 고온압축시험에서의 소재 온도의 변화와 영향

지수민¹ · 김민철² · 최정목³ · 곽희만³ · 전만수[#]

Temperature change of material during hot compression test of metals and its effect

S. M. Ji, M. C. Kim, J. M. Choi, H. M. Kwak, M. S. Joun

Abstract

Temperature effect on actual flow curve derived from the experimental flow curve obtained by hot cylinder compression tests is crucial. A typical flow curve obtained using a temperature compensation scheme presented in the previous study is given to emphasize the importance of precision temperature compensation before fitting the accurate flow curve.

Keywords : Cylinder Compression Test (실린더압축시험), Flow Curve (유동곡선), Temperature Effect (온도 영향)

1. 서론

상온에서 온도 및 속도의 영향을 무시한 상태에서 유동응력을 획득하는 것은 실용적 관점에서 다소 진전이 이루어진 상태이다[1]. 반면 압축시험 시에 시편은 시험 중에 온도 상승을 겪고 마찰에 의하여 배럴링을 발생시키게 된다. 이 온도 상승과 마찰의 영향을 유동곡선에 반영시키는 것은 쉽지 않다. Luan 등[2]은 마찰의 영향과 다소 연계되어 있다는 결과를 발표하였다. Ji 등[3]은 시험기로부터 얻은 초기의 유동정보는 등온과 균질 압축의 가정하에서 구한 것으로 실제와는 상향(유동응력, 열전도율, 열용량 등)에 따라 크게 차이가 날 수 있음을 밝혔다.

이 발표에서는 온도 보상 영향에 크게 좌우되는 마그네슘 합금의 유동특성을 소개한다.

2. AZ91A 재료의 유동특성

Fig. 1은 AZ91E 마그네슘 합금의 압축시험에서 얻은 온도 보상 이전의 실험유동곡선(실선)과 피팅된 곡선(점선) 및 온도 보상 이후의 유동곡선(파선)을 나타내며 피팅된 유동곡선으로 압축시험을 해석한 압축하중-스트로크 결과와 실험 결과를 비교하고 있다.

3. 결론

이 발표에서는 고온 압축시험에서 획득된 온도 보상 이전의 유동곡선의 비현실성을 강조했다.

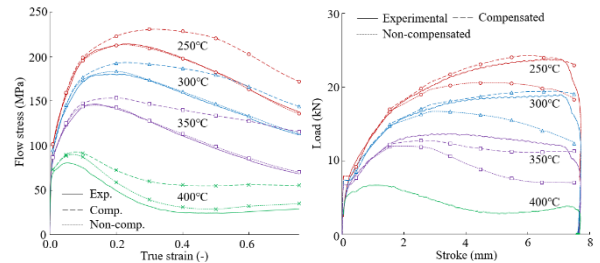


Fig. 1 Comparison of flow curves (strain rate = $10s^{-1}$) and their load- stroke curve

후기

본 연구는 산업통상자원부의 산업기술혁신사업(과제번호: 10081334)과 에너지인력양성사업(과제번호: 2021400000520)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] M.S. Joun, J.G. Eom, M.C. Lee, 2008, 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. 40(7), 586-593.
- [2] J. Luan, C. Sun, X. Li, Q. Zhang, 2014. Constitutive model for AZ31 magnesium alloy based on isothermal compression test. Mater. Sci. Technol. 30, 211-219.
- [3] S.M. Ji, S.M. Jang, Y.S. Lee, H.M. Kwak, J.M. Choi, M.S. Joun, 2022, Characterization of Ti-6Al-4V alloy in the temperature range of warm metal forming and fracture analysis of the warm capping process, J. Mater. Res. Tech. 18, 3894-3907.

1. 경상국립대학교

2. ㈜엠에프알씨 기술연구소

3. ㈜진합

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

피에조 볼트 측정 데이터에 기반한 자동차 부품 트리밍 공정에서의 금형 마모 예측 연구

권오동¹, 강경필², 허민철³, 이경훈[#]

A Study on the Prediction of Die Wear Based on Piezobolt Sensor Measurement Data in the Trimming Process of an Automobile Part

O. D. Kwon, G.P. Kang, M.C. Hur, K. Lee

Abstract

소재 부품 산업에서 주축을 이루고 있는 자동차 부품, 수송기계 부품, 전자 부품 등은 성능 및 디자인 경쟁력 강화를 위해 핵심 부품들의 치수 및 요구 정밀도가 매우 높아지고 있다. 그러나 이를 결정하는 금형 치수의 안정성은 공정 중 발생하는 금형의 마모, 파단 등의 인지 및 예측이 어려워 관리 부재로 인해 제품의 불량으로 이어지게 된다. 본 연구에서는 자동차 부품을 생산하는 프레스 공정 중 제품의 불필요한 부분을 제거하는 트리밍 금형에 볼트형 피에조 센서를 장착하여 펀치에 의한 전단하중을 측정하였다. 볼트형 피에조 센서는 일반 스트레인 게이지에 비해 감도는 백만 배 높으며, 센서가 초당 출력할 수 있는 데이터의 개수를 나타내는 동적응답성(Dynamic Response)도 천 배 높기 때문에 생산되는 제품 또는 금형의 미세한 균열, 마모 등 소재부품 생산에서 발생하는 공정상의 문제들을 검출하고 분석할 수 있는 센서이다. 계측은 400톤 기계식 프레스에서 생산되는 제품의 하중 데이터 수집과 모니터링을 진행하였으며, 약 9000개의 하중 데이터를 확보하였다. 계측 모니터링이 진행되는 동안 제품의 불량 발생으로 프레스의 가동이 멈추었고, 초도품 생산부터 프레스가 정지된 시점까지 수집한 하중 패턴의 변화를 관찰하였다. 그 결과 생산량의 누적에 의한 펀치 마모가 진행됨에 따라 전단 이후 파단이 시작되는 시점의 하중이 점진적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 해당 시점에서의 하중이 펀치 마모에 대한 모니터링의 유효성을 확인하기 위해 유한요소해석을 수행하였고, 펀치의 마모를 모사하기 위해 펀치 곡률 반경의 크기에 따라 금형에 전달되는 하중의 변화를 확인하였다. 마모의 전조 현상 예측 모델을 구현하여 펀치의 정비 시점을 판별할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구를 바탕으로 해석 시뮬레이션과 센서 계측을 융합한 솔루션을 제공할 수 있었고, 향후 양산 공정에서의 품질관리에 있어 데이터 기반의 시스템 도입이 활성화될 것으로 기대된다.

Keywords: Bolt type Piezo-Sensor, Trimming Process Monitoring, Die Wear, Smart Factory. Die life cycle, Real Time Measurement

1. ㈜솔루션랩 대리

2. ㈜솔루션랩 부장

3. ㈜세동산업 차장

교신저자: ㈜솔루션랩 대표이사. E-mail: klee@solution-lab.co.kr

MADF 가공한 IF Steel과 Pure Ti의 미세조직 및 기계적 성질에 대한 연구

정효태^{#1} · 정도현¹ · 조유연³ · 권상철¹ · 김순태¹ · 이철우¹ · 김민성² · 김정균² · 최시훈² · 이성⁴

A study on the microstructure and mechanical properties of MADF processed IF Steel and Pure Ti

H. T. Jeong, D. H. Jeong, Y. Y. Jo, S. C. Kwon, S. T. Kim, M. S. Kim, J. G. Kim, S. H. Choi, S. Lee

Abstract

다축대각단조(Multi-Axial Diagonal Forging, MADF) 가공법은 소재에 반복적인 전단변형을 추가하여 결정립 극미세화(Ultra Fine Grain, UFG)와 새로운 집합조직을 형성하는 강소성가공법(Severe Plastic Deformation, SPD)의 일종이다. MADF 가공법은 두께감소율이 30%인 면단조(Plane Forging, PF)와 복귀 면단조(Return-Plane Forging, R-PF), 대각단조 각이 135° 인 대각단조(Diagonal Forging, DF)와 복귀 대각단조(Return-Diagonal Forging, R-DF)로 구성되는 MADF Ver 1 공정과 대각단조 각이 135° 인 대각단조(Diagonal Forging, DF)와 복귀 대각단조(Return-Diagonal Forging, R-DF)만으로 구성되는 MADF Ver 2 공정이 존재한다. MADF Ver 1공정과 MADF Ver 2공정 모두 총 12패스(1 Cycle)로 구성된 대칭가공 공정으로 재료의 손실이나 형상 변화 없이 무제한으로 공정의 반복이 가능한 신개념 가공법이다. 이 연구에서는 IF Steel 및 Pure Ti 소재에 MADF 가공을 적용하여 1~4 Cycle 가공한 후 소재의 위치별로 미세조직과 집합조직의 발달을 비교 분석하였다.

체심입방구조(BCC)인 IF Steel과 조밀육방구조(HCP) 결정구조인 Pure Ti의 모든 가공 공정은 상하 복동식 프레스를 사용하여 가공되었으며, IF Steel의 경우 상온에서 Graphite 윤활 상태로, Pure Ti의 경우 350°C에서 MoS₂ 윤활 상태로 각각 가공되었다. Pure Ti의 열처리 시간은 pass 당 20min으로 진행되었다.

MADF 1 Cycle 가공 결과, 모든 소재에서 수백 μm 였던 초기 Grain Size가 50 μm 미만으로 미세화 되었으며, Cycle이 반복될수록 결정립 미세화가 진행되어, 특히 4 Cycles의 IF Steel에서는 평균 1~2 μm , Pure Ti에서는 0.22 μm 의 결정립 크기로 극미세화 되었다. 재료의 기계적 성질을 비교하기 위해 Miniature 인장실험을 진행하였으며 1 Cycle 이후 재료의 강도가 급격히 상승한 것을 볼 수 있다. 또한 Vickers 경도를 측정하여 2D 정도맵을 측정하였으며 전반적으로 재료 전체적으로 강화되는 것이 확인되었다. 집합조직 또한 초기 소재의 집합조직과는 무관하게 일정한 집합조직으로 제어되었다.

Keywords : MADF, SPD, Pure Ti, Interstitial-Free Steel, Texture, Vickers Hardness, Miniature Tensile Test

1. 강릉원주대학교

2. 순천대학교

3. ㈜솔루션소재

4. 국방과학연구소

교신저자 : 강릉원주대학교, 교수, htjeong@gwnu.ac.kr

철근 이음 장치의 유한요소해석

장성민¹ · 이낙영² · 정석환¹ · 전만수[#]

Finite element analysis of a connecting assembly of reinforcement bars

S. M. Jang, N. Y. Lee, S. H. Chung, M. S. Joun

Abstract

Various types of one-touch rebar coupler are being developed. Their structures are aimed to withstand higher tensile force, which are composed of a pair of upper and lower reinforcing bars and several joining parts assembled in a one-touch method. In this paper, the assembly process of a one-touch rebar coupler model is simulated.

Keywords: Elastoplastic Finite Element Analysis (탄소성 유한요소해석), Reinforcement Bar (철근), One-Touch Rebar Coupler (원터치 철근 커플러)

1. 서론

최근, 건축물이 초고층화, 초장대화되고 있다. 이에 따라 특수구조물이 증가되고 있으며, 고강도 콘크리트의 사용이 급증함에 따라, 효율을 극대화하기 위하여 고강도 철근의 사용이 요구되고 있다[1]. 이에 따라 고강도 철근에 적합한 이음방식에 관한 연구[2]가 이루어지고 있다.

1세대 커플러는 단순히 철사 또는 용접으로 철근을 연결하는 방식에 의존하고, 2세대 커플러는 철근을 직접 가공하여 조립하는 방식을 선택하고 있다. 3세대 커플러에는 특별한 조작이 필요하지 않는 원터치 방식이 사용된다. 현재 원터치 커플러는 약 750 MPa의 고강도에서 견딜 수 있게 설계되어 커플러 내부는 다양한 부품 형상으로 개발이 진행되고 있다.

2. 커플러 조립공정의 유한요소해석

철근 이음 장치는 캡(Cap), 락(Lack), 스프링(Spring), 스프링 가이드(Spring guide), 캡바디(Cap body)로 구성된다. 이 연구에서는 원터치 철근 커플러의 구조설계에 대한 평가 목적으로 부품들이 조립된 상태에서 철근에 외부 힘을 가하여 당기는 공정을 다물체의 탄소성 유한요소법[3]을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 하중의 부가에 따른 변형 형상 및 유효응력의 변화를 Fig. 1에 나타내었다.

3. 결론

원터치 철근 커플러의 조립공정을 탄소성 유한요소법을 이용하여 해석하였고, 철근 및 부품의 변형과 인장하중-변위 곡선을 획득하였다. 예측결과

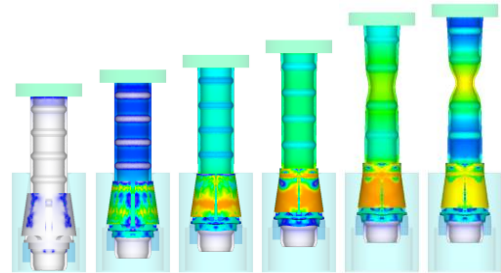


Fig. 1 FE predictions of the connecting assembly of reinforcement bars (Effective stress)

와 실험결과를 서로 부합하였다. 이 시뮬레이션을 통하여 관련 설계 및 엔지니어링의 과학화가 가능함을 확인하였다.

후기

이 연구는 중소기업 기술혁신개발사업(시장확대형) R&D S2841716의 지원을 받아 수행됨.

참고문헌

- [1] Y. J. Lee, J. S. Lee, W. H. Lee, Y. J. Lee, K. H. Kim, 2015, Mechanical Splice of SD600 and SD700 Rebar, Magazine of the Korea Concrete Institute, Vol. 27 No. 3, pp.24-27.
- [2] S. C. Chun, S. S. Ha, K. H. Kim, J. H. Lee, 2020, Application of Mechanical Splice of Reinforcing Bars of Design Provisions and Specifications, Magazine of the Korea Concrete Institute, Vol. 32 No. 1, pp.54-58.
- [3] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, Implicit elastoplastic finite element analysis of tubebending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Published:11 April 2022

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소

2. ㈜대정금속

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

너트 자동다단냉간단조중 소재 전단의 영향

변종복¹·지수민²·강성목³·이광희⁴·전만수[#]

Effect of shearing in automatic multi-stage cold forging of a nut

J. B. Byun, S. M. Jee, S. M. Kang, K. H. Lee, M. S. Joun

Abstract

Effects of the shape of a short billet sheared to manufacture an automobile nut by the quill-knife system in automatic mul-ti-stage cold forging on the cold forging are investigated. It is shown that the center of weight moves because of plastic de-formation occurring in the whole material and that the concentrated weight at both the earing sides also has an distinct effect on the process.

Keywords : Rod Shearing (봉재 전단), Finite Element Method (유한요소법), Short Billet (짧은 빌렛)

1. 서론

봉재의 전단은 후속 소성가공에서 중요하다 [1]. 특히, 봉재로부터 짧은 단조용 재료를 전단할 때, 전체적인 소성변형으로 성형과정에서 축대칭성을 잃는다. 이것은 금형 수명이나 제품의 비대칭성 등으로 직간접적으로 영향을 미쳐 생산성에 큰 영향을 준다. 이와 같은 문제에 관한 연구는 산업적 중요성에도 불구하고 이론적 접근의 난제로 인하여 큰 발전을 이룩하지 못하고 있다.

이 연구에서는 봉재 전단에 관한 선행연구[2, 3] 결과를 활용하여 전단된 단조용 재료를 사용한 해석 결과로부터 봉재 전단의 영향을 분석한다.

2. 봉재의 전단 및 단조에 미치는 영향

선행연구[2, 3]에서 사용된 전단된 단조용 재료를 이용한 해석결과를 Fig. 1에 나타냈다. 이어링이 발생한 지점에서 분명한 응력의 점프가 발생한다. 이러한 현상은 단순한 이어링만의 영향은 아니고, 단면의 경사각 및 무게중심의 이동에 따라 하부에서 소재와 금형 간의 미접촉 영역의 발생에 따른 복합적 요인으로 판단된다.

3. 결론

이 연구에서 자동다단 냉간단조에서 짧은 단조용 재료를 전단할 때 발생하는 공정 상의 문제 또는 특성을 최근에 개발된 전단 공정의 유한요소해석 기법을 활용하여 분석하였다.

그 결과, 전단 재료가 전체적으로 소성변형을 받으며, 이어링 및 경사 단면 등에 의한 재료의 불균일 분포로 인하여 단조 중 재료의 무게중심 이동과 함께 재료의 이어링 부와 접촉하는 금형의 지점에서 응력의 점프가 예측되었다.

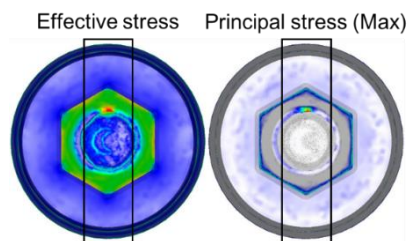


Fig. 1 Die stresses related to the earing phenomena formed during shearing

후기

본 연구는 산업소재핵심 기술개발-첨단뿌리기술 (20003950)사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] B. A. Behrens, K. Brunotte, L. Lippold, 2020, Shearing of aluminum rods for the production of billets for bulk metal forming operations, Adv. Mater. Mech. Manuf., pp. 133-141.
- [2] M. S. Joun, S. W. Jeong, Y. T. Park, S. M. Hong, 2021, Experimental and numerical study on shearing of a rod to produce long billets for cold forging, J. Manuf. Process., Vol. 62, pp. 797-805.
- [3] M. S. Joun, J. B. Byun, W. J. Chung, K.H. Lee, 2022, A new general finite element method for predicting shearing and piercing, J. Adv. Manuf. Technol.

1. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원
2. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학원생
3. ㈜풍강 기술개발1팀, 차장
4. ㈜풍강 기술연구소, 상무이사
교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

9. 일반 논문 발표

일반 금속 가공

(제 6 발표회장)

심층신경망과 유전자 알고리즘의 결합모델을 이용한 CFRP 적층 배열 최적화

이혁로¹ · 류재창² · 고대철[#]

CFRP Lay-up Optimization using Integrated Model of Deep Neural Networks and Genetic Algorithm

H. R. Lee, J. C. Ryu, D. C. Ko

Abstract

Carbon fiber reinforced plastic (CFRP) lay-up optimization has been made many achievements through genetic algorithm (GA). Nowadays, GA has been widely used and combined with the deep neural networks (DNN) model in solving optimization problems in various research fields. This hybrid approach is considered as a powerful and empirical technique to predict and optimize the input variables with respect to the maximum or minimum objectives. Therefore, the aim of this study is to optimize CFRP reinforcement lay-up angle with maximum reaction force at same punch stroke using DNN-GA integrated model. The parameters of the lay-up angles such as 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, and 75° were applied to each layer of the laminate with six plies. First, DNN model was trained using finite element analysis (FEA) results. Next, the optimized angle was determined by GA process such as population generation, cross-over, mutation, and fitness evaluation. The reaction force of all individuals was calculated from the trained DNN model. The reaction force of optimized lay-up angle was compared with isotropic lay-up result and computational time of integrated model was compared with that of GA method.

Keyword: Machine Learning, Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) lay-up optimization, Deep Neural Network (DNN), Genetic Algorithm (GA)

Acknowledgement

This study was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MOE) (NRF-2021R1I1A3A04037420).

1, 2. 부산대학교 대학원 나노메카트로닉스공학과

교신저자: 부산대학교 대학원 나노메카트로닉스공학과, 교수 E-mail: dcko@pusan.ac.kr

폭발하중을 받는 원통형 케이싱의 파편화에 대한 그루브의 영향

노동환¹ · 장택진¹ · 서승원² · 이재근³ · 장민기⁴ · 윤정환[#]

An Effect of Groove on Fragmentation of Cylindrical Casing under Explosive Loading

D. Noh, T. J. Jang, S. W. Seo, J. K. Lee, M. K. Jang, J. W. Yoon

Abstract

본 연구에서는 폭발하중 조건 하에서 원통형 케이싱의 파편화에 대한 그루브의 영향을 분석하였다. 원통형 케이싱의 소재로는 추가적인 열처리 과정이 적용된 AISI9260가 사용되었다. 케이싱의 거동을 예측하고자 동적 경화모델로는 열 연화 효과가 고려된 Lim-Huh 모델을 적용하였으며, 파단모델로는 Lou-Huh 모델을 사용하였다. 원통형 케이싱의 파편화에 대한 그루브의 영향을 분석하기 위하여, 그루브가 존재하지 않는 케이싱에 대한 전산모사해석 결과를 내부 그루브를 부여하였을 때의 해석 결과와 질량분포를 통하여 비교하였다. 케이싱 내부의 그루브에서 주로 변형이 집중되어 파단이 발생하였으며, 그루브는 균일한 파편 형성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 그루브 디자인의 영향을 분석하기 위하여, 다양한 그루브 디자인에 따른 해석 결과를 비교하였다.

Keywords : Dynamic hardening model, Dynamic fracture model, Explosive loading, Fragmentation, High strain rate.

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. 풍산방산기술연구원, 수석연구원

3. 풍산방산기술연구원, 책임연구원

4. 풍산방산기술연구원, 선임연구원

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

인장 홉킨슨 테스트에서 조립공차 영향에 대한 해석 및 실험적 확인

장택진¹, 김종봉², 윤정환^{3#}

Numerical and Experimental Identification of Assembly Tolerance Effect in Tensile Hopkinson Bar Test

T. J. Jang, J. B. Kim, J. W. Yoon

Abstract

고 변형률 속도 환경에서 재료의 기계적 인장 거동을 분석하기 위해 인장 홉킨슨 봉 시험이 주로 이용된다. 봉형 인장 시편의 장착을 위해 일반적으로 나사산 가공된 봉형 시편을 사용하며, 이로 인해 시편 장착시에 조립공차가 필수적으로 발생하게 된다. 그러나 인장 홉킨슨 봉을 해석적으로 분석하는 대부분의 연구에서는 이러한 조립공차를 고려하지 않고 있으며, 이로 인해 발생하는 추가적인 응력파가 측정 신호를 왜곡시키게 된다. 따라서 재료의 변형 거동을 정확하게 예측할 수 없게 되기 때문에, 조립공차를 보정하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 인장 홉킨슨 봉에서 조립공차로 인해 발생하는 영향을 해석적, 실험적으로 확인하였다. 조립공차를 해석적으로 분석하기 위해 나사산 결합부에 임의의 공차를 가지는 유한요소모델을 정의하였다. 그리고 공차 모델과 공차가 없는 기존 모델을 해석적으로 비교하였다. 이를 통해 공차가 증가할수록 측정 신호의 왜곡이 더 크게 발생하여, 재료의 강도를 과대평가하게 되는 현상을 확인하였다. 같은 재료에 조립공차만 다르게 가공한 시편을 사용하여 인장 홉킨슨 봉 실험을 수행하였고, 해석적으로 확인한 측정 신호의 왜곡이 실험에서도 발생하는 것을 확인하였다. 결론적으로, 왜곡된 측정 신호를 보상한다면 신뢰성 높은 고속 물성을 획득할 수 있을 것으로 사료된다.

Keywords : Tensile Hopkinson bar, High strain rate, Assembly tolerance, Wave propagation

1. 사사

본 연구는 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. NRF-2016R1D1A1B01014711)

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정
2. 서울과학기술대학교 기계·자동차공학과, 교수
3. 한국과학기술원 기계공학과, 교수
교신저자: 한국과학기술원 기계공학과, 교수. E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

EV모터 부품의 스프링백 제어를 위한 AI기반 실시간 보정 알고리즘 개발

조동혁¹ · 최현성² · 파이만 파질리¹ · 김재균³ · 윤정환[#]

Development of AI-based In-situ Real-time Correction Algorithm to Compensate Springback of EV Motor Component

Donghyuk Cho, Hyunsung Choi, Piemaan Fazily, Jaekun Kim, Jeong Whan Yoon

Abstract

전기 자동차의 구동모터에 사용되는 헤어핀은, 얇은 에나멜 층이 코팅된 구리 코일을 연속적으로 성형하여 설계된 형상으로 만들어진다. 동일한 조건으로 헤어핀을 성형하여도, 공정을 마친 후 예상을 벗어난 스프링백이 발생하고는 하는데, 이는 제품의 생산성과 품질 하락으로 직결된다. 이러한 편차가 발생하는 이유는, 재료의 물성 및 단면의 변화, 기계 및 환경의 변화 등에 기인한다. 본 연구에서는 센서를 통해 공정 데이터를 측정하고 AI를 활용하여 실시간으로 스프링백을 보정하는 방법을 제안한다. 성형될 코일의 단면 치수, 보빈 직경 등을 센서를 통해 측정하고, 이를 다양한 조건으로 성형한 후, 완제품의 치수를 센서로 측정 후 데이터베이스화하고 이를 AI가 학습하였다. 이후 제품에 스프링백으로 인해 허용범위를 벗어나는 형상오차가 발생하면, 생산모드에서 AI모드로 전환하며, 형상오차를 최소화하도록 공정 조건을 실시간으로 보정하였다. 생산 과정에서 지속적으로 데이터베이스를 쌓고, 이를 AI에 주기적으로 업데이트 하였을 때, 완제품의 치수 정밀도는 지속적으로 개선되었다. 최신 데이터를 지속적으로 학습하기 때문에, 환경에 변화가 생겨도 AI가 능동적으로 대응하는 효과도 발견되었다. 결과적으로 센서를 통해 측정되는 공정 데이터베이스와 AI를 이용해 스프링백 이슈를 효과적으로 대응할 수 있었다.

Keywords : Artificial Intelligent, Springback compensation, Electrical Vehicle, Hairpin forming

1. 한국과학기술원 기계공학과

2. 한국재료연구원 항공재료연구센터

3. LG전자 생산기술연구원 금형기술담당 메탈성형기술팀

교신저자: 한국과학기술원 기계공학과,

School of Engineering, Deakin University Email: j.yoon@kaist.ac.kr

PA12 코팅 버스바의 성형공정 시 발생하는 코팅층 불량에 관한 연구

류상훈^{1,2} · 전용준² · 이환주² · 이상의¹ · 김동연[#]

A Study on Coating Layer Defects Occurring during the Bending Process of PA12 Coated Busbars

S. H. Ryu, Y. J. Jeon, H. J. Lee, S. E. Lee, D. E. Kim

Abstract

최근 전기차 보급이 확산됨에 따라 고전압 배터리의 전력 향상 요구가 높아지고 있다. 이를 위해 형상 자유도가 높은 버스바를 적용하여 배터리 모듈의 효율적인 배치를 구현하기 위한 연구가 지속되고 있다. 프레스 공정으로 성형된 금속 버스바를 에폭시로 절연 코팅하는 기존 버스바는 형상에 제약이 많고, 다양한 부품을 대응하기 위해서는 각각 개별 금형이 요구된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 열가소성 절연체로 코팅된 버스바를 굴곡성형장비로 임의형상을 구현하는 방법이 제시되고 있다. 그러나 굴곡성형 장비를 이용한 버스바 제조 과정에서 코팅된 절연체의 두께 감소, 주름 발생, 찢어짐 등 다양한 문제가 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 절연 코팅된 버스바 성형을 유한요소모델로 전산모사하고 공정 중 발생하는 불량의 원인을 분석하여 해결 방안을 제시하였다. 불량 원인으로는 다이와 접촉하는 버스바 굽힘부에 압축이 발생하고 구리의 변형이 코팅층과 공극을 형성하여 주름이 발생하는 것으로 판단된다. 이를 개선하기 위해 코팅층을 구리에 접착시키는 방안을 제안하였고 해석과 실험에서 주름이 개선되었음을 확인하였다.

Keywords : Bending , Busbar , Copper , Finite element method , Polyamide12

1. 인하대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원 금형성형연구부문

교신저자: 한국생산기술연구원 금형성형연구부문, 수석연구원. E-mail: kud0517@kitech.re.kr

Steel 소재별 파편 성능에 대한 실험적 고찰

서승재¹, 이재근², 서승원[#]

An experimental study on the fragmentation performance of steel material

S. J. Seo¹, J. K. Lee¹, S. W. Seo[#]

Abstract

무기체계의 파편은 적의 인명 또는 장비에 피해를 입히는 기본 요소로서 보병의 무기부터 대지, 대공, 대함의 유도탄체계까지 다양한 목적과 형태로 운용이 되고 있다. 그러나 소모적인 성격을 갖는 무기체계에서는 무엇보다 저비용의 고성능이 요구되며 파편무기체계 또한 예외가 아닐 수 없다. 본 연구에서는 Steel 재질의 파편무기체계에서 고성능의 파편성능을 구현하기 위해 소성가공이 이루어 지지 않은 각기 다른 Steel 소재를 선정하여 실험적 연구가 진행되었고, 그 결과에 대해 고찰하고자 한다. 파편무기체계는 임의의 형상이 선정되어 동일하게 적용되었으며, 소재는 AISI 1020, AISI 4140, AISI 9260이 적용되었다. 동일 조건의 복합화약과 기폭방법을 적용하였고, 표적은 연강판을 사용하였다. 기폭 후 표적에 나타난 파편의 관통 형상 및 분포를 확인하였고, 표적 거리별 파편화를 분석하였다. 이 연구는 추후 소성가공이 적용된 Steel 소재의 파편무기체계의 파편화 실험 결과와 비교분석이 필요하다.

Keywords : Steel, AISI 1020, AISI 4140, AISI 9260, 파편(Fragment), 파편화(Fragmentation)

1. ㈜풍산방산기술연구원

교신저자: ㈜풍산방산기술연구원, E-mail :sonamu@poongsan.co.kr

10. 특별심포지엄 II

Frédéric Barlat 교수 정년기념

(제 1 발표회장)

비반복적 응력 투영법

윤성용¹ · Frédéric Barlat¹ ·

A non-iterative stress projection method

Seong-Yong Yoon¹ and Frédéric Barlat¹

Abstract

A novel fully-explicit stress integration strategy is proposed. The current method consists of three features: 1. Direct stress integration, 2. Positive-definite effective strain increment, and 3. Stress projection. The stress tensor is instantly updated using the elastoplastic tangent modulus without an iterative root-finding process such as the Newton-Raphson method. A positive-definite effective strain increment is obtained from the plastic strain approximated via the non-linear constitutive relationship. Finally, the stress tensor is projected onto the strain-hardened flow stress in order to fulfill the yield condition. The limitations of conventional fully-explicit stress update methods are overcome by introducing the stress projection with maintaining an advantage, i.e., direct calculation of stress tensor. The current method is validated through material anisotropy predictions, and cup drawing simulation and comprehensively discussed in terms of fidelity, numerical robustness, and computational efficiency in the context.

Keywords : Anisotropic yield function, Cup drawing simulation, Computational plasticity

1. 포항공과대학교 철강대학원
교신저자: 포항공과대학교, 교수.
E-mail: f.barlat@postech.ac.kr

구성방정식 상수 결정을 위한 유한요소 기반 가상필즈법 정식화 개발

김찬양^{1,2} · 이명규^{1,#}

New virtual fields method formulations based on the finite element approach for identifying constitutive parameters

C.Y. Kim¹ and M.G. Lee^{1#}

Abstract

New virtual fields method formulations based on the finite element approach, namely the finite element-based virtual fields method (FE-VFM) are proposed. The virtual fields method (VFM) is one of the inverse methods for identifying constitutive parameters, and it uses full-field measurements such as digital image correlation. In the conventional VFM formulations, local measurements from the full-field technique are directly used in the calculation. In other words, the number of data points used in the conventional VFM calculation is relatively huge, and it requires rather high computational costs. In FE-VFM, the displacements are mapped (or interpolated) onto finite element meshes, and numerical integrations are performed using the Gauss quadrature. Owing to the numerical schemes borrowed from the finite element approaches, the FE-VFM can achieve a computationally efficient yet accurate result. The proposed method is validated in two folds. First, sensitivity tests for the mesh sizes, finite element order, and Gauss quadrature order were conducted using ideal data set without experimental noise generated by finite element simulations. The sensitivity tests revealed that the proposed method can be effective for identifying plastic constitutive parameters using high order, coarse finite element meshes with high order Gauss quadrature. Second, the hardening law of the 1470 MPa grade press-hardened steel sheets was identified using FE-VFM. For the validation of the obtained results, U-notch tensile tests were conducted, and experimental values were compared with the finite element simulation results. As a result, the predicted force-displacement (F-D) curves using the hardening law from FE-VFM show a good match with experimental results, hence, it demonstrated the capability of the proposed FE-VFM.

Keywords : Inverse Method, Virtual Fields Method (VFM), Full-Field Measurement, Digital Image Correlation (DIC), Press-Hardened Steels

1. 서울대학교 재료공학부

2. 한국재료연구원 재료공정연구실

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

이차 및 응력불변 기반 항복함수를 이용한 소성 이방성, 비대칭성, 이방경화거동 모델링

Yong Hou¹, 이명규^{2#}, Junying Min³, Jianping Lin³

Modeling stress anisotropy, strength differential, and anisotropic hardening by coupling quadratic and stress-invariant-based yield functions under non-associate flow rule

Yong Hou¹, Myoung-Gyu Lee^{2#}, Junying Min³, Jianping Lin³

Abstract

An accurate description of yield surface is essential for the high-fidelity numerical analyses of sheet metal forming processes. In this work, a simple coupling of quadratic and stress-invariant-based yield functions is proposed under the non-associated flow rule. The quadratic part is the pressure-sensitive Hill48 function, which describes the anisotropic hardening with explicitly calibrated parameters from stress-strain curves. A new stress-invariant-based yield function, as a second component, is developed to capture the shapes of yield surface for diverse metallic materials with enhanced flexibility. Finally, a yield function is established by multiplying the quadratic and the stress-invariant-based parts, which satisfies the convexity requirement in terms of stress state. The proposed asymmetric anisotropic yield function is validated with automotive sheet metals including dual-phase steels, aluminum alloys and magnesium alloys. Results show that the new yield criterion can accurately predict the anisotropy in stress, strength differential (SD) effect and yield surface evolution (or anisotropic hardening) of the investigated sheet metals.

Keywords : Non-associated flow rule; Strength differential effect; Anisotropic hardening

1. Seoul National University, Post-doc researcher

2. Seoul National University, Professor

3. Tongji University, China

교신저자: Seoul National University, Professor. E-mail: myounglee@snu.ac.kr

소재 물성 및 거동의 강건한 예측을 위한 DIC 데이터 처리

임헌용¹, 윤정환^{1#}

DIC Data Management for the Robust Predictions of Materials Properties and Behaviors

H. Lim, J.W. Yoon

Abstract

Digital Image Correlation (DIC) is a technology to measure the material properties with high accuracy by tracking the pattern painted on the specimen. In the DIC measurement, hundreds of pictures with speckle patterned specimens are taken during the experiment, and the pattern is traced to measure the displacement and strain. However, material properties obtained by the DIC are not robust because electrical and mechanical noise are introduced from the environment and the instrument conditions used to take pictures. In this research, the noise distributed in the pictures is verified by comparing the photos taken at the stationary testing condition. Furthermore, the methodology that can simultaneously conserve the data trend and remove the noise of the data was proposed by comparing the results from various filtering technologies. Finally, the effectiveness of these filtering methods is validated by calculating the material properties: r-value(Lankford coefficient) and m-value(strain rate sensitivity). It is shown that applying noise filtering techniques to the DIC technology is very useful in extracting various material properties in a single uniaxial tension test.

Keywords: Digital Image Correlation (DIC), Image Processing, Noise filtering, Mechanical behavior, Material Properties, Plasticity, full-field deformation measurement.

1. 한국과학기술원 기계공학과.

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

응집영역모델을 이용한 소성 비대칭성 재료의 접착면 분리 예측

사공철¹ · 윤정환^{2#}

Prediction of debonding behavior of strength differential materials by using cohesive zone model

C. Sagong, J. W. Yoon

Abstract

To predict and analyze the debonding behavior of the interface, cohesive zone model has been used. A constitutive equation for the cohesive zone model can theoretically explain the phenomena for crack such as crack initiation, propagation and final fracture. The constitutive equation describes the relationship between traction and effective separation of the interface area. Tvergaard's (1990) debonding model [1] is implemented by using ABAQUS UMAT (User MATerial). To describe the tensile anisotropy of material, Hill48 yield model is implemented. The research was extended to model the strength difference between tensile and compressive behaviors. Yoon2014 yield function [2] was implemented to predict the debonding behavior of cohesive layer accurately for the metals which show SD effect.

Keywords : Cohesive Zone Model, Debonding Behavior, Strength Differential Effect (SD effect)

References

- [1] V. Tvergaard, Analysis of tensile properties for a whisker-reinforced metal-matrix composite, Acta Metallurgica, 38(2) (1990) 185-194.
- [2] J. W. Yoon, Y. Lou, J. Yoon, M. V. Glazoff, Asymmetric yield function based on the stress invariants for pressure sensitive metals, International Journal of Plasticity, 56 (2014) 184-202.

1. 카이스트 기계공학과, 박사과정

2. 카이스트 기계공학과, 교수

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

**A study on the mechanical behavior of E-form magnesium alloys during bending
using a crystal plasticity finite element model**

B Jeon¹, M. S. Kim², S. H. Choi², Y Jeong^{1,3,}*

Abstract

As lightweight metals with high specific strength has gained increasing interest in automotive industry, many researchers have paid attention to magnesium alloys. In various studies reported in the literature, the use of crystal plasticity model is easily found, which is used to explain the relationship between microstructural features and the complex mechanical behavior of magnesium alloys. In this study, the elasto-visco-plastic self-consistent polycrystal finite element model (hereinafter Δ EVPS-CFE model) based on a single homogeneous effective medium was chosen as it shows high computational efficiency and numerical stability compared to other similar crystal plasticity models. The Δ EVPS-CFE model was applied to simulate a bending operation of an E-form magnesium alloy sample. The crystallographic orientation distribution obtained from an X-ray diffraction experiment was used to represent the initial crystallographic texture. Slip and twin hardening parameters were calibrated by fitting the tension and compression flow stress curves. The experimental results were compared with the Δ EVPS-CFE model in terms of various mechanical behaviors such as force vs displacement curve, twin volume fraction distribution, and texture evolution. In addition, the relative contributions of basal, prismatic, pyramidal $\langle a \rangle$, and pyramidal $\langle c+a \rangle$ slips as well as tensile twin were shown to vary from one location to another. Based on the results, it is claimed that the Δ EVPS-CFE model is a suitable constitutive model for interpreting the mechanical behavior of magnesium alloys in terms of microstructural features.

Keywords: magnesium alloy; elasto-visco-plastic model; finite element analysis; texture; bending

1. Changwon National University, Department of Materials Convergence and System Engineering, 20-1 Changwondaehak-ro, Changwon, Gyeongnam, 51140, Republic of Korea

2. Suncheon National University, Department of Advanced Components and Materials Engineering, 255 Jungang-dong, Suncheon-si, Jeollanam-do, 57922, Republic of Korea

3. Changwon National University, School of Materials Science and Engineering, 20-1 Changwondaehak-ro, Changwon, Gyeongnam, 51140, Republic of Korea

*yjeong@changwon.ac.kr

Application of finite element analysis using an incremental elasto-visco-plastic self-consistent polycrystal model to predict mechanical properties of Mg-10Gd magnesium alloys

J Lee¹, D Steglich², Y Jeong^{1, 3, *}

Abstract

Magnesium alloys are considered as materials for biodegradable bone implants. Beside their corrosion characteristics, their mechanical behavior needs to be investigated experimentally and by numerical simulations. One suitable method for the latter is based on crystal plasticity finite element methods (CP-FEM). Recently, Jeong et al.[1,2] developed a novel incremental elasto-visco-plastic (EVP) self-consistent polycrystal model, with superior computational efficiency and numerical stability in comparison with a similar EVP polycrystal model reported in the literature. In this study, the model was applied to understand the constitutive behavior of Mg-10Gd magnesium samples. The initial crystallographic texture was obtained from X-ray diffraction, and the hardening parameters were characterized by fitting the flow stress curves resulting from uniaxial tension and compression experiments. Notch tensile and C-ring tests were simulated, and the predictive accuracy of the model was evaluated by comparing the simulated results with the experimental counterparts.

Keywords: elasto-visco-plasticity; CP-FEM; Mg10-Gd; magnesium; texture

References

- [1] Y. Jeong, C.N. Tomé, An efficient elasto-visco-plastic self-consistent formulation: Application to steel subjected to loading path changes, *Int. J. Plast.* 135 (2020) 102812. <https://doi.org/10.1016/J.IJPLAS.2020.102812>.
- [2] Y. Jeong, B. Jeon, C.N. Tomé, Finite element analysis using an incremental elasto-visco-plastic self-consistent polycrystal model: FE simulations on Zr and low-carbon steel subjected to bending, stress-relaxation, and unloading., *Int. J. Plast.* 147 (2021) 103110. <https://doi.org/10.1016/J.IJPLAS.2021.103110>.

1. Department of Materials Convergence and System Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Changwon, 51140 Gyeongnam, Republic of Korea

2. Institute of Materials Research, Materials Mechanics, Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH, Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht, Germany

3. School of Materials Science and Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Changwon, 51140 Gyeongnam, Republic of Korea

* yjeong@changwon.ac.kr

고강도강 성형에 대한 왜곡 경화 모델 적용 연구

이신영[#] · 김진환¹ · Frédéric Barlat¹ · 오경석²

Application of Distortional Plasticity Model to Forming of Advanced High Strength Steels

Shin-Yeong Lee, Jin-Hwan Kim, Frédéric Barlat, Kyung-Seok Oh

Abstract

A distortional plasticity model was applied to forming of advanced high strength steels (AHSS). Two grades, namely, DP980 and MART1500Y steel sheets, were investigated. The characterization of mechanical properties of both steel sheets was conducted using monotonic tension and bulge tests, uniaxial elastic unloading-reloading sequences, and tension-compression cycles. Both steel sheets exhibited chord modulus degradation, weak plastic anisotropy, severe strength-differential (SD) effect, as well as strain path change (SPC)-induced effect. The pressure effect was incorporated into the distortional plasticity model to describe both SD and SPC effects. The pressure coefficient was assumed based on reported value for steel, and it was consistent with tension and compressions monotonic tests. The coefficients of the distortional plasticity model were calibrated with the tension-compression cycles. The calibration results indicated that the SD effect plays an important role in the determination of model coefficients for MART1500Y but not for DP980. Moreover, the pressure-dependent distortional plasticity model, implemented in a finite element (FE) code, was applied to the simulations of wiper bending and C-rail drawing for validation purpose. The springback predicted profiles for both applications were in good agreement with the experimental results, demonstrating that the model is effective to predict forming of advanced high strength steel and springback.

Keywords: Sheet metal forming; Finite element simulation; Strain path change effect; Strength-differential effect; Distortional plasticity; Springback

1. 포항공과대학교 철강에너지소재대학원

2. 포스코 성형연구그룹

교신저자: 포항공과대학교 철강에너지소재대학원

E-mail: sylee413@postech.ac.kr

왜곡 경화 모델의 교차 하중 계수를 구하는 최적의 실험 방법

김지민^{1#} · 김진환¹ · Frederic Barlat¹

Investigation of optimal experimental procedure for determining cross-loading coefficients of distortional hardening model

J. M. Kim, J. H. Kim, Frederic Barlat

Abstract

The current study aims at determining the optimal test procedure for identifying coefficients of the distortional hardening model. This research consists of two parts which are simulation and real experiment. In order to investigate various test procedures, virtual experiments are conducted using a finite element (FE) simulation with the Abaqus software. In the simulation, the target coefficients were given and stress-strain curves were obtained from the results. Then, the Nelder-Mead simplex algorithm was applied for optimizing the coefficients from the stress-strain curves. The optimized coefficients are then compared with the given target coefficients and the relative error is calculated. Then, the optimal test procedure is determined which showed the minimum relative error. In order to validate the selected optimal procedure, real experiments were performed following the selected procedure using advanced high strength steels (AHSS). Stress-strain curves were obtained and the same algorithm was applied to identify coefficients. Lastly, real test results are predicted by the model with optimized coefficients for verification of the identification procedure. The determined optimum test condition and recommendations for accurate identification are presented.

Keywords : Distortional hardening model, Simulation, Advanced high strength steels (AHSS), Optimization

1. Graduate Institute of Ferrous & Energy Materials Technology (GIFT), Pohang University of Science and Technology (POSTECH)
skycrossing@postech.ac.kr

재료의 변형률 속도 의존적 거동 및 일축 인장 시뮬레이션 에서의 변형률 속도 민감도의 고려

홍신원^{1#} · 김지민¹ · Frédéric Barlat¹

Strain rate dependent behavior of material and consideration of strain rate sensitivity (SRS) in uniaxial tension simulation

S. W. Hong, J. M. Kim, Frédéric Barlat

Abstract

In this work, strain rate dependent behavior of materials were identified by conducting monotonic uniaxial tension tests at three different strain rates. Additionally, strain rate jump tests were conducted to validate the results of the strain rate effect in uniaxial tension tests. Strain rate sensitivity of each material was determined by identifying the coefficients of the Johnson-Cook model. The characterized strain rate sensitivity were implemented in uniaxial tension simulation to consider the effect of the strain rate sensitivity in finite element (FE) simulation of the uniaxial tension test.

Keywords : Strain rate sensitivity, Johnson-Cook model, Advanced high strength steel, Uniaxial tension test

1. Graduate Institute of Ferrous & Energy Materials
Technology (GIFT), Pohang University of Science and
Technology (POSTECH)
hsw97@postech.ac.kr

11. 일반 논문 발표

압연, 압출 및 인발

(제 2 발표회장)

부분 재결정된 탄소 첨가 CoCrFeNiMo 중엔트로피합금의 인장 거동

권현석¹, Alireza Zargaran², Peyman Asghari-Rad¹, 김은성¹, 구강희¹, 이정완¹, 문종언¹, 배재웅^{3#},
김형섭^{1,2,4#}

Metastability engineering of partially recrystallized C-doped non-equiatomic CoCrFeNiMo medium-entropy alloy

Hyeonseok Kwon¹, Alireza Zargaran², Peyman Asghari-Rad¹, Eun Seong Kim¹, Gang Hee Gu¹, Jungwan
Lee¹, Jongun Moon¹, Jae Wung Bae^{3#}, Hyoung Seop Kim^{1,2,4#}

Abstract

철계 중엔트로피합금은 준안정한 면심입방구조(face-centered cubic, FCC)에서 체심입방구조(body-centered cubic, BCC)로의 변형유기 마텐사이트 변형에 힘입어 우수한 인장강도-연신율을 나타냄. 본 연구에서는 탄소 첨가 CoCrFeNiMo계 철계 중엔트로피합금의 냉간압연 이후 단시간 어닐링 열처리를 통해, 고밀도의 전위와 변형 쌍정 등 결함을 함유하고 있는 미재결정역과 초미세립 결정역이 혼재하는 부분 재결정된 미세조직을 얻음. 또한 이 과정에서 나노단위의 Cr-rich M₂₃C₆와 Mo-rich M₆C 탄화물이 미세하게 석출됨. 이와 같은 미세조직의 영향으로, 시편의 인장시험 결과 1 GPa를 상회하는 항복강도를 나타내었으며, 이는 완전 재결정된 시편(600 MPa 가량)에 비해 크게 향상된 결과임. 더불어, 미재결정역 내 다수의 결함들이 BCC 상의 핵생성 사이트 역할을 하며, FCC에서 BCC로의 변형유기 마텐사이트 변형을 촉진시켜 가공경화를 향상에 기여하고 최종적으로 1.34 GPa의 인장강도, 30%의 연신율을 달성함.

Keywords: rolling; partial recrystallization; medium-entropy alloy; mechanical properties

1. 포항공과대학교 신소재공학과
2. 포항공과대학교 철강대학원
3. 부경대학교 융합소재공학부
4. 고엔트로피합금연구센터

교신저자: 부경대학교 융합소재공학부, 교수. E-mail: jwbae@pknu.ac.kr

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

Al1050/Steel/Al1050 클래드 판재에 대한 계면 시너지 효과

김래언¹ · 구강희² · 권지혜² · 서민홍³ · 김형섭[#]

Interface synergy effect of Al1050/Steel/Al1050 clad sheets

R. E. Kim¹, G. H. Gu², J. H. Kwon², M. H. Seo³, H. S. Kim[#]

Abstract

Al1050/Steel/Al1050 clad material with excellent surface properties of aluminum and high strength of steel used in industry. Prediction of physical properties for such a clad is mainly made through the rule of mixture, but an additional hardening effect occurs due to the microstructure change occurred at the interface. Strain partitioning between different domains makes additional dislocation accumulation and produce backstress due to the piled-up geometrically necessary dislocations. Loading-unloading-reloading test is usually conducted to quantify the backstress in the material, but the backstress can also occur by inhomogeneous distribution of dislocation due to solute atoms and grain boundary even in monolithic materials. Therefore, in this study, the interface synergy effect by mechanical incompatibility was investigated. The interface synergy effect was quantified along with strain by comparing the case without synergistic effect using the finite element method with the experimental values. This study can suggest a fundamental understanding and prediction of physical properties for clad materials used in industry.

Keywords : Heterogeneous structure, clad, aluminum, steel, roll bonding

1. 포항공과대학교 철강대학원, 학생

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 학생

3. 포스코

교신저자: 포항공과대학교 철강대학원, 신소재공학과, 교수, E-mail: hskim@postech.ac.kr

UNS N06625의 고온 성형 조건 도출 및 열간 압연 검증

김정훈¹ · 배성준¹ · 김찬양¹ · 김대현² · 신정호² · 이광석[#]

Optimization of high temperature deformation conditions and application of hot rolling for UNS N06625

J. H. Kim, S. J. Bae, C. Y. Kim, D. H. Kim, J. H. Shin, K. S. Lee

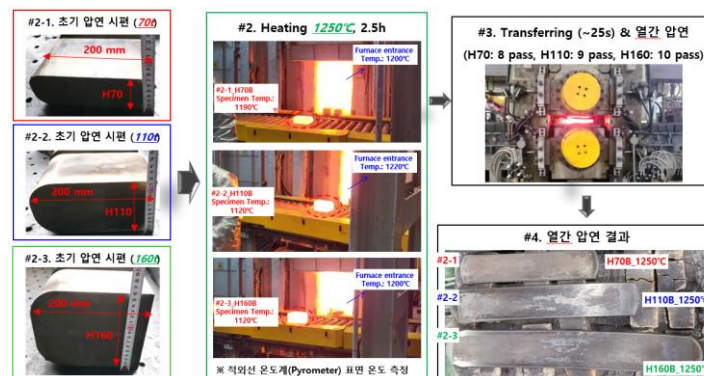
Abstract

Nickel-based superalloy is known as having excellent high temperature strength and corrosion resistance, and is applied to various industries such as submarine, gas turbine, aerospace, etc. Thick plate for clad of corrosion-resistant alloy(CRA) is highly dependent on imported. Therefore, development of techniques for deformation process of CRA plate has been called on several domestic company. In this study, high temperature deformation behavior of an UNS N06625 alloy was investigated by conducting a series of compression tests to find the optimal forming conditions. In the compression test, ranges of temperature and strain rate were considered with 850 °C -1275 °C and 0.1/s-30/s, respectively. After constructing empirical process map, the appropriate working temperature-strain rate combination for optimum forming was deduced. Electron backscatter diffraction(EBSD) was then used to describe the changes in the microstructure under heat treatment and representative deformation conditions. Furthermore, hot rolling process for the billets of UNS N06625 alloy having thickness between 80 and 160 mm was performed. The result of hot rolling process was discussed for the variation of thermo-physical properties in relation to microstructure.

Keywords : UNS N06625, Hot compression test, Processing map, Hot rolling process

Acknowledgement

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘20010701’)



1. 한국재료연구원 재료공정연구실

2. 세아창원특수강

교신저자: 한국재료연구원 재료공정연구실, 책임연구원, E-mail:ksl1784@kims.re.kr

ALE 기법을 이용한 연속 주조 공정의 유한요소해석

문희범¹ · 강경필¹ · 이경훈[#]

Finite Element analysis of Continuous Casting using ALE Method

H. B. Moon, G. P. Kang, K. Lee

Abstract

연속주조(Continuous Casting)공법은 용강을 주형에 주입하여 응고시켜 중간재인 슬래브(Slab), 블룸(Bloom), 빌렛(Billet) 등을 제조하는 주조법이다. 종래의 분괴 압연 공정을 거쳐 슬래브나 블룸을 만드는 방법에 비해 주조, 형발, 균열, 분괴 압연 등의 공정을 생략하고 직접 용강을 주형에 주입하여 냉각, 응고시켜 최종제품의 형상에 가깝게 주조함으로써 공정단축, 에너지 절감, 제품 생산시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다.

연속 주조 공정의 연구로는 열전달, 유동 및 응력 해석 등의 수치해석적 방법을 통한 모사도 진행되고 있다. 최근 Q. Wang[1] 등은 개재물이 포함된 모델의 유동해석에 관련된 연구를 수행하였고 Haibo.M[2] 등은 유동해석을 이용하여 연속주조 중 분사 냉각으로 인한 공정 개선의 영향을 분석하였다. 본 연구는 기존 방식의 접근이 아닌 새로운 수치해석적 방법의 방법적인 제시로 ALE(Arbitrary Lagrangian-Eulerian)해석 기법의 적용과 유한요소해석을 위해 요구되는 응고특성 등의 재료 물성의 계산을 통한 확보를 주 목적으로 수행되었다.

ALE 해석기법이란 구조 및 성형 해석에서 주로 이용되며 격자가 물체의 이동을 그대로 따라가면서 그 물리량을 표현하는 기존의 라그랑지안(Lagrangian)기법과 유체, 열해석에서 주로 이용되며 격자가 공간상에 고정되어 지점을 통과하는 물체의 물리량을 표현하는 방식인 오일러리안(Eulerian)방식을 결합한 방식으로 공정 중 정상상태를 표현하기 적합하며 계산 시간의 장점이 있는 기법으로 이를 연속주조의 유한요소해석에 적용하였다.

연속주조해석에 필요한 재료의 잠열, 응고에 따른 체적변화 등의 응고 특성과 재료 물성은 상용 프로그램 JMatPro를 이용하여 계산된 데이터를 사용하였다. 계산된 재료의 응고 특성 및 물성을 사용함으로써 정확한 실험데이터 확보에 걸리는 기회 비용을 줄여 결과적으로 기존에 비해 해석에 요구되는 비용의 감소를 기대할 수 있을 것으로 예측된다.

본 연구에서는 위의 두 가지를 적용하여 3개의 평롤(Plane Roll)을 이용한 수평 연속주조 모델을 가정, 각 스탠드별 압하량을 기준으로 3개의 케이스로 분류하여 압하 패턴에 따른 주편의 고상-액상 분율, 온도 등의 상태변수의 변화를 분석하였다.

Keywords : Continuous Casting(연속 주조), Finite Element Method(FEM, 유한요소법)

1. ㈜ 솔루션랩

교신저자: ㈜ 솔루션랩, E-mail : klee@solution-lab.co.kr

수식모델을 이용한 열간압연 봉강생산공정에서의 SCM440 소재 단면형상 예측

이동윤¹ • 이영석[#]

Prediction of cross-section shape of SCM440 in Hot groove rolling process using analytical models

D. Y. Lee¹ • Y.S.Lee[#]

Abstract

열간압연 봉/선재 생산공정에서 압연 후 소재단면의 폭퍼짐량 및 단면 형상은 roll pass schedule을 설계할 때 필수적으로 알아야 하는 요소이다. 본 연구에서는 SCM440소재의 열간압연 봉/선재 생산공정 roll pass schedule을 설계하기 위해 압연 후 소재단면의 폭퍼짐 및 자유표면 형상을 수식모델을 활용하여 예측하였다. 소재단면의 폭퍼짐을 예측하기 위해 Shinokura모델을 활용하여 SCM440에 적용가능한 γ 값을 찾았다. 또한 Lee모델에 보정계수 δ 를 추가하여 소재단면의 자유표면형상 예측 정확도를 올렸다. 이를 검증하고자 SCM440소재의 열간압연 가공온도(Workable temperature)인 850°C와 950°C에서 Box to Oval, Oval to Round Sequence의 Pilot 압연실험을 진행하였다. 그 결과 압연 후 단면 형상을 99%이상의 정확도로 예측가능함을 확인하였다. 또한 예측된 단면형상 데이터로 소재단면의 평균변형률 및 평균등가응력을 산출하였다. 이 연구를 바탕으로 열간압연공정에서 SCM440 봉/선재 생산공정 roll pass schedule을 설계할 때 FE 해석을 활용한 해석시간 약15분을 1초로 단축할 수 있다.

In the steel rod/bar rolling process, width spread and the cross-sectional shape after rolling are essential parameters to know when designing the roll pass schedule. In this study, in order to design the roll pass schedule in the groove rolling process for product of SCM440 rod/bar, the material's width spread and free surface shape were predicted using a analytical model. Using the Shinokura model, we found applicable γ value to predict SCM440's width spread. also, we add correction factor δ on the Lee model to improve accuracy of free surface shape prediction. To verify these results, an Oval-Round Sequence Pilot rolling test was conducted at 850°C & 900°C, which are the workable temperature of the SCM440 material. As a result, it was confirmed that the cross-sectional shape after rolling can be predicted with an accuracy over 99%. Based on this study, using an analytical model instead of the FE analysis when designing the pass schedule of SCM440, the analysis time could be reduced from over 15 minutes to 1 second.

Keywords : SCM440; Numerical simulation; Hot rolling; Oval groove roll; Round groove roll;

1. 중앙대학교 기계공학과, 석사과정

중앙대학교 기계공학부, 교수. ysl@cau.ac.kr

Quenching and Self-Tempering 공정에 따른 H형강의 상변태 거동 유한요소 모델링

조서연¹ · 홍서준¹ · 이명규[#]

Finite Element Modeling of Steel Phase Transformation in H-Beam during Quenching and Self-Tempering Process

S. Y. Jo¹, S. Hong¹, M.-G. Lee[#]

Abstract

H형강은 압연 시 고온 상태에서 높은 압하율을 인가하여 생산된다. 압연이 완료된 후에는 quench and self-tempering (QST)공정을 통해 얻고자 하는 강도를 부여한다. QST 공정 중에는 기 존재하던 오스테나이트 조직이 냉각속도에 따라 페라이트, 펄라이트, 베이나이트, 마르텐사이트 그리고 더 나아가서 템퍼드 마르텐사이트 조직으로 상변태를 한다고 알려져 있다. H형강의 경우 압연공정 중에 정적 및 동적 재결정을 통해 국부적으로 초기 오스테나이트 결정립 크기 편차가 크게 발생할 수 있으며, 이 결정립 크기는 이후 상변태에 영향을 미친다. 또한 잔류응력에 의한 형강의 뒤틀림 등을 고려하여 일반적으로 QST 공정 시 냉각수가 형강의 위치에 따라 다르게 적용된다. 본 연구에서는 H형강의 QST 공정 중 상변태 거동 예측을 위해 초기 오스테나이트 결정립 크기의 영향 및 냉각속도를 고려하여 유한요소모델에 적용하였으며 상변태 거동 모사를 위해 Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov 및 Koistinen-Marburger 식을 적용하였다. 본 연구를 통해 상용 유한요소 해석 프로그램인 Abaqus의 사용자 서브루틴에 열-기계-금속학적 결합모델을 적용하여 H형강 내의 상변태 거동을 예측할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

Keywords : 상변태(Phase Transformation), 유한요소(Finite Element), 철강(Steel), H형강(H-Beam)

1. 서울대학교 재료공학부, 박사과정

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

SCM440강을 이용한 열간공형압연에서 최대전단응력 기반 표면결함 발생 예측 연구

한병찬¹ · 노용훈² · 이영석[#]

Study of predicting surface defect using maximum shear stress during hot groove rolling with SCM440 steel

B. C. Han, Y. H. Roh, Y. S. Lee

Abstract

In hot groove rolling process, defects of unknown cause continuously occur on the surface of the material. In this study, an SDI (Surface Defect Index) model based on maximum shear stress was developed to analyze the causes of surface defects in the hot rolling process. Using SDI formula model, we predicted the possibility of material surface defects depending on the rolling conditions (from height, initial material temperature). The SDI model was created based on the shear stress value calculated through the FE analysis, and a pilot rolling experiment reduced to the sized of the laboratory was performed to verify the reliability of the FE analysis and the correlation between maximum shear stress and surface defects. As a result, it was verified that the developed SDI model produced results that were somewhat consistent with the material's tendency to cause surface defects

Keywords : Hot rolling; Surface Defect; groove rolling

1. 중앙대학교 기계공학과 석사과정

2. 중앙대학교 기계공학과 박사과정

교신저자: 중앙대학교 기계공학부, 교수 ysl@cau.ac.kr

비구동 회전 다이를 이용한 나선형 바의 인발 공정 개발 및 분석

김정훈¹ · 배성준¹ · 신다솔¹ · 이광석[#]

Development of drawing process for twisted bar using a non-driven rotating die

J. H. Kim, S. J. Bae, D. S. Shin, K. S. Lee

Abstract

The aim of this study is to propose an advanced drawing process for arbitrary section rod having helical surface using non-driven rotating die was presented, and to design the process. The constructions of die set and design of die tip were suggested to implement the non-driven rotating of die. The basic principles were investigated using upper bound method (UBM). To analysis of the drawing process, the cross-sectional shape and dimensions of entrance and exit of die tip was expressed using Fourier series expansion. Die surface which is arbitrary intermediate cross-section was expressed by using a blending function. The relative drawing pressures of polygonal shape were almost same regardless of different exit shapes. In case of the trochoid shape having many corners, the drawing relative pressure according to RA is increased more dramatically. The UBM is useful to analysis of the process, but it is difficult to analysis the dimensional accuracy. Therefore, FE-simulations were carried out for drawing process using non-driven rotating die. Process variables in the drawing process using non-driven rotating die were investigated by using FE simulation. It was found that dimensional accuracy can be improved by controlling the half die angle and the helix angle of die. For the UR, maximum error between FE-results and ANN was 0.14%. For the rotated angle of die per drawing stroke, maximum error was 0.05%. From the FE-results, process map was obtained using Box-Behnken design and ANN technique. Optimal values were selected from the process map for polygonal and trochoidal cross-sectional shape. Maximum error between FE-results and target was approximately 5.04% in concerned with rotated angle per drawing stroke. Furthermore, maximum UR was 4.4%. Experiments of the drawing process using non-driven rotating die were performed to verify the design methods. As cross section of product shape, polygonal section and trochoidal section were applied. The predicted drawing load from the UBM was compared with the result of experiment. And cross-sectional area and helix angle of drawn material were evaluated. The cross-section of both target shape and experimental result were compared. The URs for each shape were under 3% from the measuring results by 3D scanning. For the polygonal shape, the errors between the predicted load and the experimental results were 12.44, 4.78 and 9.71%, respectively. For the trochoidal shape, the errors were 1.99, 3.32 and 3.78%.

Keywords : Drawing process, Twisted bar, Non-driven rotating die, ANN, FE-simulation

1. 한국재료연구원 재료공정연구실

교신저자: 한국재료연구원 재료공정연구실, 책임연구원.

E-mail:ksl1784@kims.re.kr

12. 일반 논문 발표

박판성형
(제 3 발표회장)

신경망 기반의 핫스탬핑 색차 및 성능 예측 기술 개발

윤승채[#], 공제열¹, 박재명¹, 박계정¹, 현주식¹, 정유동¹

Development of Color difference and Parts Performance Prediction of Hot Stamping Based on the Neural Network

S. C. Yoon, J. Y. Kong, J. M. Park, K. J. Park, J. S. Hyun, Y. D. Jung

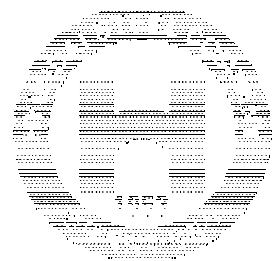
Abstract

The hot stamping process is an innovative forming method that can prevent cracking of high-strength steel sheets. These hot-stamped parts exhibit a distinctive color due to the use of Al-Si coating on the surface. This is a phenomenon caused by the thickness of the Al₂O₃ oxide film and the diffusion of Fe in the base steel sheet, and the color displayed varies according to the hot stamping heating temperature and heating time. Since the thickness of the interdiffusion layer and the Austenite Grains Size (AGS) vary according to the heating temperature and time, weldability and hydrogen embrittlement properties are changed due to these effects. However, in the field, such quality evaluation is performed with the naked eye regarding megascopic, so it lacks a lot of objectivity. Therefore, in this study, the neural network technique was used to objectify the color difference of hot stamping parts, and to develop a technology to predict the weldability and hydrogen embrittlement related thereto in advance.

Keywords : Hot stamping, Color difference, Weldability, Hydrogen embrittlement, Neural Networks

1. 현대제철 제품개발센터

교신저자: 현대제철 제품개발센터 E-mail: scyoon@hyundai-steel.com



핫스탬핑 부품 성능 향상을 위한 트림 기술

윤승채[#], 김지영¹, 김혜진¹, 현주식¹, 정유동¹

Analysis of advanced trimming process for the hot stamping parts performance

S. C. Yoon, J. Y. Kim, H. J. Kim, J. S. Hyun, Y. D. Jung

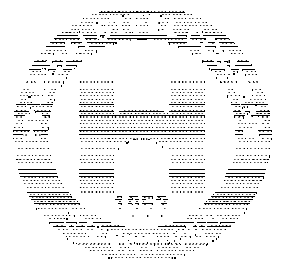
Abstract

To improve the quality of the hot stamping Products and increase the productivity of the hot stamping trim process, we are replacing laser trim with cold trim. In this study, we tried to prevent cracking and delayed fracture by controlling stress generated during trimming and to solve the process and quality problems caused by the burr. After holes punching, the burr size of the trimmed surface was measured by microstructures and the delayed fracture performance was evaluated through the evaluation of hydrogen embrittlement.

Keywords : Hot Stamping, Cold Trimming, Double Punching, Damage

1. 현대제철 제품개발센터

교신저자: 현대제철 제품개발센터 E-mail: scyoon@hyundai-steel.com



냉연강판과 용융아연도금 및 합금화용융아연도금 강판의 프레스 가공 중 마찰 특성 비교

박기철[#], 김정철¹, 전태성²

Experimental Studies on Frictional Characteristics of Cold Rolled, Galvanized and Galva-Annealed Steel Sheets

K. C. Park, J. C. Kim, T. S. Jun

Abstract

대표적인 프레스 가공용 철강 소재인 냉연강판 (Cold Rolled Steel, CR)과 용융아연 도금강판 (Galvanized Steel, GI) 그리고 합금화 용융아연 도금강판 (Galva-Annealed Steel, GA) 의 성형 중 마찰 특성을 비교하는 실험들을 실시하여 프레스 가공에서 소재 표면의 도금 종류와 가공 조건에 따른 성형성 차이를 검토하였다. 연구에 활용한 실험들은 윤활제 점도와 미끄럼 속도 및 시험 하중을 달리한 조건에서의 1회 미끄럼(sliding) 마찰 시험 및 연속 가공 조건을 간단히 재현한 다수 회 연속 (반복) 미끄럼 시험에 의한 골링(galling)특성 평가 그리고 실제 기계식 프레스에서 가공 조건을 변경하여 실시한 딥-드로잉 (deep drawing) 시험이다.

먼저 1회 미끄럼 마찰 시험에서는 가공유의 점도와 마찰 속도 및 시험 하중에 따라서 마찰 특성이 달라짐을 알 수 있었다. 마찰 시험 조건 변경에 따른 마찰 특성은 GI 강판이 마찰계수 절대치는 작으나 마찰계수 변동은 가장 크게 발생하였고 CR 강판과 GA 강판의 경우는 시험 조건에 따른 마찰 특성 변동이 상대적으로 작은 수준이었다. 그리고 연속 프레스 가공 중에 발생하는 마찰 특성 변동 (Galling 발생 특성)을 1개 시편으로 다수 회 미끄럼(sliding)시키는 시험에서도 GI 강판의 마찰 특성 변화가 가장 심하였고 CR 강판도 변동이 다소 발생하였으나 GA 강판은 연속 sliding 에서도 마찰 특성 변동이 가장 작았다. 따라서 GI 강판의 경우가 연속 가공 중에 금형 손상(열화)이 가장 심할 것임을 알 수 있었다. 그리고 같은 표면의 강판에서도 강판 표면의 거칠기 형태에 따라서 연속 미끄럼 (sliding) 시험 중의 마찰계수 변동에 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 실제 프레스 가공을 모사하기 위한 기계식 프레스에서의 딥 드로잉 시험에서는 일정한 드로잉 비에서 성형이 가능한 최대 블랭크 하중 (Blank Holding Force, BHF) 으로 성형성을 평가하였다. 마찰 시험 결과와 같이 GI 강판은 가공 조건에 따라서 성형 가능한 최대 BHF 에 변동이 크게 발생하였으며 특히 점도가 낮은 가공유 도포 조건에서 매우 성형이 어려웠으나 미끄럼 속도가 큰 고점도유 도포 조건에서는 드로잉 성형성이 매우 우수하였다. 냉연강판과 GA 강판은 GI 강판에 비하여는 시험 조건 변동에 민감하지 않았다. 그리고 GA 강판으로 시험한 두가지 강도 소재 시험 결과에서 소재 강도가 높을수록 가공 조건에 따라서 성형성 변동이 커지는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 프레스 가공 중에 발생하는 금형과 소재의 미끄럼 마찰 중 표면 접촉 상태 차이로 판재의 프레스 성형성은 크게 달라짐을 알 수 있었다. 따라서 소재 사용 조건에 따른 성형 특성 차이를 파악하여 효과적인 가공 조건 설정을 할 필요가 있다.

Keywords: Frictional Characteristics, Galling, Deep Drawing, Cold Rolled, Galvanized, Galva-Annealed Steel Sheet

1. 포스코 기술연구원 철강술루션연구소

2. 인천대학교 기계공학과

교신저자: 포스코 기술연구원 철강술루션연구소, E-mail: parkkc@posco.com

초고장력강 기계식 트리밍을 위한 고속충돌트리밍 공정개발에 관한 연구

임재혁¹ · 이은호^{1, #} · 이재욱² · 김건우² · 김다혜² · 권순덕³

The Study on Process Development of High Speed Impact Trimming(HSIT) for Mechanical Trimming of AHSS

J. H. Lim, E. H. Lee, J. W. Lee, K. W. Kim, D. H. Kim, S. D. Kwon

Abstract

최근 연비 효율화와 차체경량화를 위해 핫스탬핑 용 초고장력 강판의 사용이 증가하는 추세이다. 그러나 성형 후 강도가 증가한 부품을 트리밍 할 경우 금형의 마모가 심하고 전단면의 버가 매우 크게 형성되는 단점이 있다. 이에 고속변형 의해 재료를 단열전단할 수 있는 고속충돌 트리밍 공정을 개발중이다. 해당 공정은 수 10m/s 이상의 펀치속도로 재료를 전단하기 때문에 재료의 dissipation 열 에너지가 전도되지 않는 단열 전단(Adiabatic Shear) 변형을 주 메커니즘으로 한다. 따라서, 고속충돌을 모사하기 위한 프레스 개발과 높은 운동에너지를 소재에 전달하여 전단을 유발하기 위한 프레스 금형 개발을 목표로 한다. 본 연구에서는 고속충돌 트리밍 공정에서 전단면 품질에 영향을 미치는 클리어런스와 펀치속도에 대한 영향을 시뮬레이션으로 확인하였다. 시뮬레이션 결과, 클리어런스가 줄수록 전단면이 깔끔하게 형성된 반면, 클리어런스가 증가할수록 파단면이 생성되는 결과를 확인하였다. 이러한 이유는 클리어런스가 줄수록 Pure shear 모드가 유지되지만, 클수록 Pure shear 모드에서 벗어나기 때문인 것으로 확인되었다. 펀치 속도의 경우, 전단면 품질에 큰 차이를 미치지 못하였고 펀치의 운동에너지는 대부분 전단 후 블랭크의 날아가는 운동에너지로 전환되는 것을 확인하였다.

Keywords : 초고장력강, 트리밍, 고속충돌

후기

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 연구비 지원(과제번호 20014530)에 의한 연구임.

참고문헌

1. Dirk Landgrebe, et. al., "Trimming of Flat and Tubular Components by High Speed Impact Cutting", IMECE 2017-71362, Tampa, Florida, USA, 2017.
2. Winter, S., Nestler, M., Galiev, E., Hartmann, F., Psyk, V., Kräusel, V., & Dix, M. (2021). Adiabatic Blanking: Influence of Clearance, Impact Energy, and Velocity on the Blanked Surface. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 5(2), 35.

1. 성균관대학교 기계공학부

2. 한국생산기술연구원

3. 경북하이브리드부품연구원

교신저자: 성균관대학교 기계공학부, 조교수

E-mail: e.h.lee@skku.edu

Al 7075 판재의 자연시효에 따른 기계적 물성 및 Portevin–Le Châtelier 효과 변화에 관한 연구

정선호^{1,2}, 이종섭¹, 김민기¹, 배기현¹, 송정환¹, 박남수^{1, #}

Effect of natural aging on the variation of mechanical properties and Portevin–Le Châtelier effect of Al7075 alloy sheet

S. Jung, J. S. Lee, M. K. Kim, G. Bae, J. H. Song, N. Park

Abstract

알루미늄 합금은 경량화 소재로 글로벌 탄소저감 이슈와 함께 자동차 차체 및 배터리 케이스 등의 차체 주요 부품에 적용이 확대되고 있다. 그러나 알루미늄 6000계열 및 7000계열의 석출 경화 합금은 상온에서 낮은 성형성을 나타내므로 이를 극복하기 위한 다수의 연구들이 진행되고 있다. 그 중 성형성 확보를 위해 소재를 용체화 처리한 후, W-temper 성형을 진행하여 소재 연신 특성을 개선하는 공정 방안이 검토된 바 있다. 위 알루미늄 합금계열은 과포화 고용체로 인해 자연 시효 시, 기계적 물성이 시간에 따라 변화하는데 소재 변형 중 Portevin–Le Châtelier (PLC) 효과라고 불리는 하중 진폭 변화가 발생하며 이러한 특성 발현이 소재 성형성에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 Al 7075-T6 합금의 변형거동 정밀 분석을 위해 대상 판재를 용체화 처리 후 상온에서 자연시효(0 ~ 24 시간)에 따른 인장 시편을 확보하고 인장시험 시 디지털 이미지 상관관계 (Digital Image Correlation, DIC) 시스템을 활용하여 게이지 구간 내 주요 변형 특성을 분석 및 정량화하고자 한다. 시험결과를 통해 확보한 응력–변위 선도 및 r -값을 측정하여 소재 이방성 변화를 평가하고, Yld2000-2d 항복곡면을 구성한다. 더불어, 판재 압연 방향으로 채취한 다양한 형상의 파단 시험편의 변형 특성 평가를 통해 Lou–Huh 연성파괴 모델을 구성하고 자연시효에 따른 파단 변형률 변화를 분석한다. 최종적으로 실시간 변형률 변화를 측정 결과를 통해 인장 시험편 게이지 구간 내 변형률속도 맵을 구성하여 PLC 효과 변화에 대한 자연시효 영향을 분석한다.

Keywords: Al 7075 alloy, Natural aging, Portevin–Le Châtelier effect, Yld 2000, Lou–Huh ductile fracture model

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형 연구부문

2. 인하대학교 기계공학과

교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형 연구부문, E-mail: nspark@kitech.re.kr

속업쇼버 하우징 판넬용 알루미늄 소재의 스탬핑 공정에 관한 연구

김민기¹ · 김용우² · 이정흠³ · 고대철[#]

A Study on Stamping Process of Aluminum for Shock Absorber Housing Panel

M. G. Kim, Y. W. Kim, J. H. Lee, D. C. Ko

Abstract

Recently the application of aluminum has been studied as a means of lightening the weight for automotive components. Warm forming of aluminum is necessary due to low formability at room temperature. However, it is difficult to maintain the temperature during stamping process because transfer time of heated blank is long and shape of shock absorber housing panel(SAHP) has deep forming depth. So pre-forming through cold stamping was performed to minimize temperature reduction before warm forming. In this study, preform optimization was investigated in cold and warm stamping process for manufacturing SAHP. First, effect of temperature and strain rate on the flow behavior of the material was evaluated by uniaxial tensile tests. Next, interfacial heat transfer coefficient according to pressure was determined through experiments and inverse analysis for considering heat transfer between blank and tool. Based on these properties, in finite element(FE) simulation material model that describe behavior of elastic viscoplastic material with thermal effects was applied. Finally, FE-simulations of pre-forming and warm stamping were conducted to predict optimal preform by estimating the defects such as wrinkle and fracture according to punch stroke.

Keywords : Shock absorber housing panel, Pre-forming, Stamping, Preform optimization, Finite element simulation

Acknowledgement

We would like to acknowledge the financial support from National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(No. 2019R1A5A6099595) and the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MOE) (NRF-2021R1I1A3A04037420).

1. 부산대학교
2. 동아대학교
3. 대우공업(주)

교신저자: 부산대학교, 교수. E-mail: dcko@pusan.ac.kr

스탬핑 공법으로 제조된 복합소재 부품의 spring-in에 관한 연구

류재창¹ · 신도훈² · 이호용³ · 김재홍⁴ · 고대철[#]

Spring-in study of the composite part produced by the stamping process

J. C. Ryu, D. H. Shin, H. Y. Lee, J. H. Kim, D. C. Ko

Abstract

The spring-in of composite part is a challenge considering following assembly process. This phenomenon occurred during the cooling process of a composite laminate induces dissatisfaction of dimensional accuracy and modification of the mold. In a cost driven industry, such as the automotive industry, prediction technology of spring-in is essential to reduce the cost. In addition, the manufacturing method is important considering mass production. In this study, the spring-in of composite part manufactured by stamping process is predicted using finite element method. First forming simulation considering the whole manufacturing process, such as transfer process of composite, gravity analysis, forming process, is performed to obtain the temperature distribution at the end of stamping process. Continuously, the FE simulation of the cooling process is conducted using the result of forming simulation as initial boundary condition to predict the spring-in of composite part. Finally, the composite part is manufactured and compared the result of the FE simulation to verify proposed method.

Keywords : Carbon fiber reinforced plastic (CFRP), Spring-in, Finite element analysis, stamping process

Acknowledgement

This study was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A5A6099595), the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MOE) (NRF-2021R1I1A3A04037420), and Technology Innovation Program (No. 20007444) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE).

1. 홍길동의 소속, 직위(바탕, 7pt)

2. 김길동의 소속, 직위

교신저자: 이길동의 소속, 직위. E-mail:

친환경 자동차용 고강도 알루미늄 신소재(Almag6) 성형성 평가

이상민¹ · Le Tong Dai², 박옥조³ 홍석무[#]

Formability Evaluation of New High Strength Aluminum Materials (Almag6) for Environment-Friendly Vehicle

S. M. Lee, S. M. Hong, L. T. Dai, O. J. Park

Abstract

최근 자동차 배기가스로 인한 환경오염을 줄이기 위한 환경규제로 인해 자동차 부품 업체들은 여러 연구를 수행중이며, 그 중 소재 경량화는 중요한 연구 중 하나이며 최근 자동차의 부품은 스틸에서 알루미늄으로 변경되고 있다. 알루미늄은 철에 비해 비중이 1/3로 경량화에 효과적이지만 철강소재에 비해 최대강도가 낮고, 연신율 또한 낮은 단점이 존재한다. 본 연구에서 사용한 Almag6은 이러한 단점을 개선하기 위해 기존 냉간 5052계열 소재에 보다 많은 마그네슘을 포함시켜 강도를 향상시키고 특수 열처리를 통해 연신율을 향상시킨 신소재이다. 본 연구에서는 Al5052소재와 Almag6 신소재의 강도 및 연신율 특성을 비교 하기 위해 인장시험과 성형한계도 시험을 수행하였다. 연신율이 낮고 강도가 높은 소재의 경우 성형한계도 시험 중 그립부 파단 현상이 발생하기 쉽기 때문에 본 연구에서는 소재에 작용하는 응력비에 따라 새로운 인장시편을 사용하여 인장시험기로 성형한계도 2사분면을 완성하였다. 또한 DIC(Digital Image Correlation)를 적용하여 네킹 및 파단 시점의 국부 변형률을 측정함으로써 해서 성형한계도의 네킹에서 파단까지의 범위를 도출할 수 있게 되었다. 따라서 기존 보수적인 네킹 발생 시 성형한계도를 작성한 경우보다 보다 파단에 근접한 제품 설계까지 판단 근거를 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords : Aluminum, Digital Image Correlation, Forming limit diagram, r-value, Sheet metal forming

1. 공주대학교, 석사과정
2. Kongju National University
3. 3D 몰드 대표

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

극박 재료의 표면효과를 위한 전위 기반의 결정소성 유한 요소해석

정재봉¹ · 고르바니멘가리 호세인¹ · 김지훈^{1,#}

Dislocation Density-based Crystal Plasticity Finite Element Method for Surface Effect of Ultra-thin Materials

J. Jung, H. Ghorbani-Menghari, J.H. Kim

Abstract

In grains at the free surface, the rate of dislocation annihilation is faster than the rate of dislocation generation due to less affection from grain boundaries. In this work, a crystal plasticity (CP) approach is introduced to investigate the surface effect, where the constitutive model is based on mechanisms divided into the statistically stored dislocations (SSDs) and geometrically necessary dislocations (GNDs). The hardening effect by the generation and annihilation of the SSD and high-order strain gradient effect by the GND are formulated with the surface effect. Eight sheet metals, having 0.05–1 mm thickness, are used for uniaxial tension and 3-point bending tests to validate the surface effect according to the thickness of materials. 3D Voronoi tessellation microstructure models, or represent volume elements, are reproduced using the EBSD results. The roles of surface and strain gradient are analyzed along with thickness of materials, and the conventional CP model is compared to the proposed CP model. The proposed CP model captures well the experimental results affected by the surface effect.

Keywords : Ultra-thin materials, Crystal plasticity finite element method, Surface effect, Statistically stored dislocation, Geometrically necessary dislocation

1. School of Mechanical Engineering, Pusan Nat'l University

Corresponding Author: School of Mechanical Engineering,
Pusan Nat'l University, E-mail: kimjh@pusan.ac.kr

접합기준과 인공신경망을 이용한 마찰교반점용접 공정변수의 최적화

조덕상¹·에디 켈니아완¹·파르비즈카할¹·김지훈[#]

Optimization of Friction Stir Spot Welding Process parameters using Bonding criteria and Artificial neural network

D. S. Jo, Eddy Kurniawan, Parviz Kahhal, Ji Hoon Kim

Abstract

The objective of this study is to optimize the friction stir spot welding (FSSW) process parameters of Aluminum alloys using bonding criteria and artificial neural network (ANN). In the case of FSSW, it is necessary to optimize the process parameters because the properties of the weld part are different depending on the process parameters. The pressure and stress used for the bonding criteria were obtained from the results of finite element analysis (FEA). ABAQUS-3D explicit was used for the FEA of the FSSW process. The degree of bonding was confirmed by comparing the results of the bonding criteria using the results of FEA with the experimental results. After that, the optimal process parameters were derived using the ANN technique.

Keywords: Bonding criteria, Friction stir spot welding, Artificial neural network, Finite element analysis

1. 부산대학교 정밀가공시스템 전공
교신저자: 부산대학교 기계공학부
E-mail: kimjh@pusan.ac.kr

13. 포스터 발표

(제 4 발표회장)

후판 3차원 곡면을 위한 롤 성형에 관한 연구

이상익¹*, 공경열¹, 박성진¹

A Study on Roll forming for 3D Curved of Plate

S. I. Lee, K. L. Kong, S. J. Park

Abstract

선체를 구성하는 외판은 후판으로 2차원 및 3차원 곡면 성형 후 용접을 통해 블록으로 제작되어 선박에 탑재되고 있다. 외판은 후판을 3차원 곡면으로 성형을 위해 1차 상온 프레스 및 롤 벤딩 성형으로 2차원으로 성형 후 2차 곡 가공(화염가열과 수냉)으로 금속재료의 특성인 수축과 팽창을 통해 3차원 곡면으로 성형하고 있다. 3차원 곡면 성형을 위해 상온에서 성형할 수 있도록 롤 성형 장치를 이용해 성형하는 것이 효과적인 방법이나 후판의 곡면 성형 시 종곡, 횡곡을 동시에 성형 시 종곡과 횡곡이 성형 되지 않고 종곡 후 횡곡 성형 시 종곡이 퍼지는 현상이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 3차원 곡면 성형을 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 3차원 곡면 성형을 위해 상부 롤 하나와 하부에 다수의 롤을 통해 개별 제어하고 하부의 롤은 상하이동, 좌우이동, 롤 각도 회전을 통해 종곡과 횡곡이 동시 성형으로 3차원 곡면을 성형할 수 있는 롤 성형장치를 개발하여 적용하였다. 따라서 상부 롤 하나와 하부의 다수의 롤을 여러방향으로 제어할 수 있어 종곡과 횡곡을 동시에 성형하여 3차원 곡면을 성형할 수 있게 되었다. 3차원 곡면 성형은 선박뿐만 아니라 후판의 3차원 곡면이 필요한 산업분야에 적용 가능 할 것으로 예측된다.

Keywords : Plate, 3-dimensioal Curved Surface, Roll forming, Roll Rotation.

본 연구는 산업통상자원부의 한국산업기술진흥원의 기계산업핵심기술개발사업의 연구지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

1. 기독산업(주), 책임연구원

교신저자: 기독산업(주), 책임연구원. E-mail: star1238@kdkw.co.kr

알루미늄 파이프 요크 다단 단조공정 설계

이성민¹ · 이인규¹ · 이성윤¹ · 정명식¹ · 박동용¹ · 황선광¹ · 박재욱² · 황원석² · 이상곤[#]

Process Design of a Multistage Forging Process for Aluminum Pipe Yoke

S. M. Lee, I. K. Lee, S. Y. Lee, M. S. Jeong, D. Y. Park, S. K. Hwang,
J. W. Park, W. S. Hwang, S. K. Lee

Abstract

스티어링 요크(steering yoke)는 자동차 조향부품의 주요 구성 요소로 샤프트 요크(shaft yoke)와 파이프 요크(pipe yoke)로 구성되어 있는 자동차 조향장치의 핵심부품이다. 기존 내연기관 자동차뿐만 아니라 전기 자동차의 경량화를 위해 다양한 경량합금 적용이 확대되고 있으며, 스티어링 요크 부품도 최근 스틸 소재에서 알루미늄 합금소재 적용이 확대되고 있다. 스티어링 요크 부품은 일반적으로 다단 냉간단조공정을 통해 제조되고 있기 때문에 요구되는 품질을 만족하는 제품 생산을 위해서는 다단 냉간단조공정 설계가 매우 중요하다.

본 연구에서는 기존 스틸 소재가 적용되고 있는 스티어링 파이프 요크를 알루미늄 합금으로 대체하기 위한 냉간 단조공정 설계를 수행하였다. 현장 노하우와 성형해석결과를 토대로 파이프 요크 공정수와 각 공정별 금형형상을 설계하였다. 다단 단조공정 중 홀의 깊이가 깊은 파이프 요크 압출공정 시 소재 유동 제어를 통한 성형성 향상이 매우 중요하며, 본 연구에서는 압출 시 소재와 금형 사이의 마찰저항을 최소화하기 위해 슬라이딩 금형을 적용하였다. 슬라이딩 금형 적용으로 성형용 소재와 금형사이의 마찰저항을 최소화할 수 있었으며, 설계된 공정에 대한 현장 테스트 결과, 요구 형상 및 표면 품질을 만족하는 알루미늄 파이프 요크를 성공적으로 성형할 수 있었다.

Keywords : Aluminum Pipe Yoke , Multistage Forging Process, Process Design

본 연구는 산업소재핵심기술개발사업(사업명: HV650급 알루미늄 고경도 양극산화피막기술을 적용한 자동차 조향장치용 일체형 스티어링 샤프트볼 요크 모듈 개발, No.: 20006979)의 지원으로 수행되었음.

1. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹

2. ㈜대한메탈 기술연구소

교신저자: 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, E-mail: sklee@kitech.re.kr

고압수소용 템퍼드 마르텐사이트계 저합금강의 수소취성에 미치는 Nb, Ti 및 V 첨가의 영향

신희창¹ · 김상규¹ · 서현주² · 정환교² · 황병철[#]

Effect of Nb, Ti and V addition on Hydrogen Embrittlement of Tempered Martensitic Low Alloy Steels for High-pressure Gaseous Hydrogen Environment

H. C. Sin, S. K. Kim, H. J. Seo, H. G. Jung, B. Hwang

Abstract

최근 기존 화석 연료를 대체할 수 있는 신재생 에너지원으로 수소가 떠오르면서, 수소의 저장 및 운송에 필요한 인프라용 강재에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그중 우수한 강도와 연신율의 조합을 가지는 템퍼드 마르텐사이트 조직의 Cr-Mo계 저합금강이 고압수소용 강재로 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 철강소재들은 수소 환경 하에서 장시간 사용시 수소취성이 종종 발생하여 강도나 연성, 인성 등과 같은 기계적 물성이 크게 저하될 수 있다. 실제로 철강 소재에 Nb, Ti 및 V와 같은 미량원소를 첨가하는 경우, 미세한 결정립을 얻을 수 있으며, 템퍼링 열처리동안 다양한 탄화물들이 형성되어 수소취성에 영향을 줄 수 있다. 특히 MC 탄화물의 계면은 낮은 수소 확산도를 가져 수소의 비가역적 트랩 사이트로 작용할 수 있기 때문에, 강재의 수소취성 저항성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 이때 저합금강에 첨가되는 다양한 미량합금원소 중 어떤 원소에 의해 형성된 MC 탄화물이 수소취성 저항성 향상에 더 효과적인지 비교하는 연구는 잘 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 미량합금원소인 Nb, Ti 및 V를 각각 첨가한 3종류의 Cr-Mo계 저합금강을 퀀칭-템퍼링(QT, Quenching-Tempering)열처리하고 전기화학적 방법으로 수소 주입 후 낮은 변형률 속도에서 인장(slow-strain rate tensile)시험하여 수소취화 거동을 평가하였다. 또한 SEM, TEM 및 TDS 분석을 통해 미량합금원소 첨가에 따른 탄화물 석출 거동, 온도별 수소 탈착 거동을 분석하여 이들이 수소취성에 미치는 영향을 고찰하였다.

Keywords : Cr-Mo steel, Tempered martensite, Micro-alloying element, Carbide, Hydrogen embrittlement

1. 서울과학기술대학교

2. 포스코 기술연구원 강재연구소

교신저자: 서울과학기술대학교, E-mail: hbc2004@gmail.com

CoCrFeNiMo 중엔트로피 합금에서의 결정립 미세화 및 나노크기의 석출물로 인한 시너지 강화 효과

이도원^{1,2} · 권현석^{1,2} · Peyman Asghari-Rad^{1,2} · 박정민³ · Praveen Sathiyamoorthi^{1,2} · 배재웅⁴ ·
문종언^{1,2,5} · Alireza Zargaran² · 최연택^{1,2} · 손수정^{1,2} · 김형섭^{1,2,6,#}

Synergetic strengthening from grain refinement and nano-scale precipitates in non-equiatomic CoCrFeNiMo medium-entropy alloy

D. W. Lee^{1,2} · H. Kwon^{1,2} · P. Asghari-Rad^{1,2} · J. M. Park³ · Praveen Sathiyamoorthi^{1,2} · J. W. Bae⁴ · J. Moon^{1,2,5} · A. Zargaran² · Y. T. Choi^{1,2} · S. Son^{1,2} · H.S. Kim^{1,2,6,#}

Abstract

본 연구에서는 Co_{17.5}Cr_{12.5}Fe₅₅Ni₁₀Mo₅ (at%) 중엔트로피 합금에 대해 고압비틀림(high-pressure torsion, HPT) 공정 및 공정 후 열처리 과정을 적용하여, 고압비틀림 공정에 의한 결정립의 미세화와 석출 강화의 시너지 효과를 유도하였다. 이를 통하여, 1 GPa에 해당하는 인장 강도와 15% 이상의 균일 연신율에 해당하는 우수한 강도와 연성의 향상을 보였다. 또한 고압비틀림 후 열처리 온도를 각각 800 °C와 900 °C로 다르게 하였고 열처리 시간을 이전 연구보다 더 짧은 15분동안 진행하였다. 미세조직 분석을 통해, 열처리 온도에 따라 각각 생성된 석출물의 분율차로 인한 강도 및 연성의 차이를 발견하였고, 보다 짧은 열처리 시간으로 고압비틀림 공정이 공정 후 열처리 과정 중 원자의 확산을 가속화하여 더 빠르게 석출상을 형성한다는 것을 규명해냈다.

Keywords : High-entropy alloy (HEA), Medium-entropy alloy(MEA), Mechanical properties, Nanocrystalline structure, Nucleation and growth, Severe plastic deformation

1. 포항공과대학교 신소재공학과
2. 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단
3. 한국재료연구원, 연구원
4. 국립부경대학교, 교수
5. Tohoku university, Japan. 연구원
6. 포항공과대학교 철강·에너지전문대학원
교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: hskim@postech.ac.kr

자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드리븐 허브 및 관성 휠 냉간 성형공정 연구

박진수^{1,3} · 임성식² · 김용배^{2,3} · 임성주^{2#}

Cold Forming Processes for Driven Hubs and Inertia Wheels for Transmitting Automobile Crankshafts' Rotation Power

J. S. Park, S. S. Lim, Y. B. Kim, S. J. Lim

Abstract

Consisting of driven hubs, inertia wheels, and rubber rings, automobiles' damper pulleys are parts for transmitting engine power. Comprising timing belt sets, these part are mounted at the ends of crankshafts, power generated by engines' combustion force converts connecting rods' linear motion into rotational motion, and rotation force is transmitted to water pumps, generators, alternators, and compressors, respectively.

As for damper pulleys, the moment the pressure generated by engine combustion rotates crankshafts, a large impact load and repeated operation generate torsional deformation and microbending in crankshafts, which, in turn, cause vibration noise, thus giving rise to the problem of shortening product lifetime. Consequently, they are rotor parts requiring manufacturing technology with high-precision forming.

In this study, driven hubs and inertia wheel parts comprising damper pulleys were developed through cold plastic forming using sheet material. Before manufacturing specimens, forming pattern per process was predicted in advance through forming analysis by using a finite element analysis (FEA) program (Deform-2,3D), raw materials' measurements, dies' shapes and measurements, and effects of forming process variables before forming were analyzed to minimize trial and error generated during actual parts manufacturing, and forming analysis and forming experiments were conducted together to optimize these values.

According to the results of this study, as for driven hubs, it was confirmed that quality products could be produced when raw materials' thickness was 4 mm, initial diameters was $\phi 204.5$ mm, the forming load was approximately 6.3 tons, and number of forming processes was two steps. As for Hirth gears, the forming load was completed at approximately 1,200 tons, and it was confirmed that a forming load of 1,300 tons or above was necessary to obtain better Hirth gears.

As for inertia wheels, the load increased as the initial internal bends were formed so that they were formed at approximately 24 tons. In addition, it was possible to confirm that forming was completed as the maximum load rose to approximately 11 tons at the final external bends.

This study proposes the validity of automotive power transmission parts manufacturing processes through the optimization of forming process variables such as the raw material measurements of driven hubs and inertia wheels, Hirth gear forming conditions, number of forming processes, and die design conditions by applying sheet metal.

Keywords : Damper pulley, Cold forming, Hirth gear, Finite element method, Driven hub

1. ㈜경우정밀, 인하대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원

3. 인하대학교

교신저자: lim@kitech.re.kr

인공신경망을 이용한 금속판재의 경화거동 예측

김민기¹·배기현²·박남수³·송정한[#]

Prediction of Hardening Behavior for Sheet Metals Based on Artificial Neural Network

Minki Kim, Gihyun Bae, Namsu Park, Jung Han Song

Abstract

This paper is concerned with prediction of hardening behavior of sheet metals based on artificial neural network. Deep learning algorithms were introduced to evaluate their predictability of hardening behavior for sheet metals. To prepare input data set, uniaxial tensile tests for advanced high strength steel sheets were performed at various strain rates from 0.001/s to 100/s. Hardening behavior at various strain rates were then considered to be input data sets. Various regression algorithms were employed to confirm the best one for better prediction. Furthermore, parameter-studies for hyper-parameters and optimizers were performed to determine a good predictive model. Each candidate of the predictive model was evaluated with validation and test scores. Characteristics of the predictive models were discussed to provide further information of deep learning algorithms, especially for prediction of hardening behavior.

Keywords : Deep Learning, Neural Network, Hardening Behavior, Advanced High Strength Steels, Regression Model.

1. 한국생산기술연구원(KITECH)

2. 한국생산기술연구원(KITECH)

3. 한국생산기술연구원(KITECH)

교신저자: 한국생산기술연구원(KITECH), 수석연구원,
jhsong@kitech.re.kr

중엔트로피 합금의 인발 공정 해석

이정아¹ · 김용주¹ · 이정완¹ · 구강희¹ · Peyman Asghari-Rad^{1, 2} · 김형섭^{1, 2, #}

Analysis of the drawing process of a medium-entropy alloy

J. A. Lee¹ · Y. Kim¹ · J. Lee¹ · G.H. Gu¹ · P. Asghari-Rad^{1, 2} · H.S. Kim^{1, 2, #}

Abstract

중엔트로피 합금은 $1.0R \leq \Delta S_{conf} \leq 1.5R$ (R : 기체상수)의 구성엔트로피를 가진 합금으로써 하이엔트로피합금과 함께 현재 다양한 방법으로 합금 설계가 진행 중이다. 이는 각 원소들이 거의 비슷한 조성비로 이루어져 있으며 열적, 기계적, 화학적으로 뛰어난 특성을 선보인다. 본 연구에서는 이 소재를 바탕으로 유한요소해석 소프트웨어인 ABAQUS 2021을 이용하여 중엔트로피 합금의 인발 공정, 즉 파이프를 맨드릴이 고정된 다이 사이로 잡아당겨 단면적과 두께를 감소시키는 소성 가공 공정의 시뮬레이션을 진행하였다. 이러한 인발 공정의 유한요소해석을 통해, 결정립 크기 축소를 모사하였으며 이 변화에서 파생된 back stress를 forest dislocation과 함께 cross-slip probability가 연관된 구성방정식을 도입하였다. 이 구성방정식을 활용하여 인발된 중엔트로피 합금 파이프의 strain hardening을 예측하고 기존의 실험 data와 구성 방정식 model을 물성 뿐만 아니라 미세구조를 함께 비교 분석하여 고찰하였다.

Keywords: Medium-entropy alloy (MEA), Drawing, Kocks-Mecking analysis, cross-slip probability

A medium entropy alloy is an alloy with a constitutive entropy of $1.0R \leq \Delta S_{conf} \leq 1.5R$ (R : gas constant), and alloy design is currently underway in various ways along with high entropy alloys. Each element has almost the same composition ratio and exhibits excellent thermal, mechanical, and chemical properties. In this study, based on this material, using ABAQUS 2021, a finite element analysis software, a simulation of the draing process of a medium-entropy alloy, that is, a plastic machining process that reduces the cross-sectional area and thickness by pulling the pipe between the die with the mandrel fixed, was conducted. Through the finite element analysis of this drawing process, the grain size reduction was simulated, and the back stress derived from this change was introduced as a constitutive equation in which the cross-slip probability is related together with forest dislocation. Using this constitutive equation, the strain hardening of the drawn medium-entropy alloy pipe was predicted, and the existing experimental data and constitutive equation model were analyzed by comparing and analyzing not only the physical properties but also the microstructure.

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교 철강·에너지전문대학원

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

AISI 4340 소재를 사용한 대형 단조품의 최적 열처리 조건 선정

오세윤¹, 박주성², 서송원[#]

Selection of Optimum Heat Treatment Conditions for Large Forged Products using AISI 4340 Material

S. Y. Oh, Z. S. Park, S. W. Seo

Abstract

본 연구는 목표지점에 초고속으로 충돌하는 대형유도무기 탄두의 탄체 개발을 위해 강건한 물성 및 구조안전성이 확보된 탄체를 제작하기 위한 기초연구이다. 탄체는 균일한 기계적물성 확보가 가장 중요한 목표로, 고강도 고인성 합금강인 AISI4340을 열간후방압출로 성형 후, 탄체 형상의 대형 단조품을 열처리 조건을 달리하여 기계적물성을 비교분석하였다. 본 과제는 대형 단조품을 담금질 후 뜨임 공정의 온도와 시간을 변경하여 항복값과 연신율을 비교분석하여 목표하는 기계적 물성을 확보하기 위한 최적의 열처리 조건을 선정하였다. 각 단조품의 담금질 조건은 동일한 온도와 시간으로 가열한 후 유냉조에 급냉하였다. 연구에 사용된 소재는 모두 기준값 KS D 3709 조성을 만족하며 인장시편은 ASTM A 370을 적용하여 제작하였다.

Keywords : Large Forged, Heat Treatment , AISI 4340

1. 오세윤 ㈜풍산 방산기술연구원, 전임연구원

2. 박주성 ㈜풍산 방산기술연구원, 책임연구원

교신저자: 서송원 ㈜풍산 방산기술연구원, 이사회 E-mail: sonamu@poongsan.co.kr

선택적 레이저 용융법으로 제작된 STS-316L의 기계적 특성에 미치는 UNSM 처리 영향

배동화¹ · 박하음² · 아마노프 아웨즈한³ · 김정기[#]

Effect of UNSM treatment on the mechanical properties of STS-316L fabricated by Selective Laser Melting

D. H. Bae, H. Park, A. Amanov, J. G. Kim

Abstract

금속 적층제조 기술은 복잡 형상의 부품 제조가 가능하고 재료의 낭비가 거의 없을 뿐만 아니라 기존 가공 공정 대비 제조 시간을 절감할 수 있는 강점 때문에 제조업에 혁신을 일으킬 기술로 주목받고 있다. 그러나, 적층제조로 제작된 금속 소재는 공정 중 발생하는 낮은 표면품질 및 잔류응력과 같은 한계점으로 인해 기계적 특성이 열화되기 쉽다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 최근 적층제조제에 대한 다양한 표면 처리 방법 및 효과가 제시되고 있으며, 그 중 초음파나노표면개질(UNSM, ultrasonic nanocrystal surface modification) 공정은 정밀하고 깊은 영역까지 소성 변형을 가능케하여 표면 특성을 효과적으로 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 선택적 레이저 용융법(SLM, selective laser melting)으로 제조된 STS-316L의 절삭가공 시편과 as-built 시편에 각각 UNSM 처리하였으며, UNSM 공정 처리 후 표면 특성 변화에 따른 기계적 특성 변화를 저속 인장시험으로 평가하였다. 그 결과, 표면 특성이 떨어지는 as-built 시편에서는 UNSM 처리 후 강도 향상폭이 절삭가공 시편보다 높을 뿐만 아니라, 연신을 감소폭 또한 낮은 것을 확인하였다. 상기 결과는 SLM으로 제작된 시편의 낮은 표면품질이 UNSM 처리를 통해 효과적으로 개선되는 것을 보여준다.

Keywords : STS-316L; additive manufacturing; ultrasonic nanocrystal surface modification; mechanical property;

1. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 석사과정

2. 한국재료연구원 3D프린팅재료연구실, 학생연구원

3. 선문대학교 융합과학기술학과, 부교수

교신저자: 경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 조교수

E-mail: junggi91@gnu.ac.kr

초미세립 마그네슘 합금의 온도에 따른 초소성 특성 평가

오주희¹ · 손수정² · 김형섭² · 설재복¹ · 성효경¹ · 김정기[#]

Evaluation of superplastic properties according to temperature in ultrafine-grained Mg alloys

J. Oh, S. Son, H. Kim, J. Seol, H. Sung, J. Kim

Abstract

마그네슘 합금은 비강도, 전자과 차폐성 등이 우수하여 자동차, 항공우주, 전자산업 분야에서 많은 관심을 받고 있으나, HCP 결정구조 내 제한적 슬립현상에 의해 성형성이 떨어지므로 마그네슘 합금 기반 부품 가공을 방해하는 요인으로 작용한다. 따라서, 최근 마그네슘 합금의 성형성을 향상시키기 위해 가공 방향, 온도, 결정립 크기, 변형률 속도 및 회토류 금속 첨가 등의 다양한 변수를 고려하여 집합조직에 따른 슬립, 쌍정 거동 및 기계적 특성 변화에 관한 연구가 수행되어왔다. 그 중 HPT 공정은 다결정 금속 내 결정립 크기를 마이크로미터 또는 나노미터 수준까지 미세화하는 효과적인 공정이며, 최근 연구결과들은 상기 공정에 의해 형성된 나노결정합금이 기존 금속 소재에 비해 우수한 초소성 특성을 얻을 수 있다는 결과를 보여주었다. 이에 본 연구에서는 고온에서 HPT 공정을 진행할 경우 동적 재결정 현상으로 인한 초소성 현상이 발생할 것으로 보아 고온 HPT 공정 처리된 AZ31B, AZ61A, AZ91E 상용 마그네슘 합금의 초소성 특성을 조사하였다. 상기 내용을 구현하기 위해 각 상용 마그네슘 합금을 고온(373 K)에서 1 turn으로 HPT 가공하여 결정립 크기를 초미세화하였고, 423 K, 473K, 523 K 온도에서 초소성 실험을 수행하여, 온도에 따른 미세조직 변화 및 석출 거동 분석을 진행하였다.

Keywords : Magnesium alloys, High pressure torsion, Superplasticity, Grain size, Temperature

1. 경상국립대학교 나노신소재융합공학과

2. 포항공과대학교 신소재공학과

경상국립대학교 나노신소재융합공학과, 조교수, junggi91@gnu.ac.kr

유한요소해석을 이용한 평면 적층 시 기저부 두께에 따른 열-기계 특성 변화

양지완¹ · 이광규² · 안동규[#]

A Study on the Effects of the Thickness of the Substrate on Thermo-Mechanical Characteristics for the case for the Planar Deposition Using a Finite Element Analysis

J. W. Yang¹, K. K. Lee², and D. G. Ahn[#]

Abstract

에너지 제어형 용착(Directed Energy Deposition : DED) 공정은 고에너지의 레이저원을 기저부에 조사하여 순간적으로 용융시켜 용융물을 생성하고 동시에 와이어 및 금속분말을 공급하여 새로운 층 또는 형성된 층 위에 새로운 층을 적층시키는 과정을 반복하여 3차원 형상의 제품을 제작하는 공정이다. 이러한 공정의 특성으로 인해 기저부에는 반복적인 가열과 냉각이 발생하고, 급격한 열 이력은 기저부의 뒤틀림 변형 및 균열의 심화로 인한 파손을 발생시킬 수 있다. 본 연구에서는 3차원 유한요소 해석(Three-Dimensional Finite Element Analysis, 3D FEA)을 이용하여 기저부의 폭 및 두께에 따른 적층 시편의 변위와 잔류응력 특성을 분석하고자 한다. 기저부의 가로/세로 치수는 50mm - 100mm 범위에서 선정하였고 두께는 5mm - 20mm 범위로 하여 총 12가지의 후보군이 설계되었다. 3차원 유한요소 해석은 상용 소프트웨어인 SYSWELD 를 사용하였으며, 기저부 소재인 SCM440 및 적층부 소재인 G6 재료의 물성은 JmatPro V12.0 을 통해 도출된 온도 의존 열 및 기계 물성 데이터를 적용하였다. D사에서 제공받은 적층 데이터를 기반으로 적층부 크기 및 대류, 복사 및 고정 경계조건을 해석에 적용하였다. 해석모델의 열원은 가우시안 분포 및 열원 침투 깊이를 가진 3차원 이동 열원으로 가정하였다. 3차원 유한요소 해석을 통해 기저부의 폭에 대한 최적의 두께를 조사하였고 적층 시 적층부 및 적층부 주변의 잔류응력 특성을 분석하였다.

Keywords : Finite element analysis, Directed energy deposition, Planar deposition, Thickness of the substrate

후기 이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ‘과제 번호 : 20009839’

1. 조선대학교 기계공학과, 석사과정

2. 조선대학교 기계공학과, 박사과정

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

고압 비틀림 공정과 열처리를 통한 CoCrFeMnNi 적층제조 고엔트로피 합금의 우수한 강도와 연성 획득

안성열¹ · L. Han² · 김은성¹ · P. Asghari-Rad² · G.M. Karthik³ · C.W. Fei^{4, #1}, 김형섭^{3, 5, 6, #2}

Ultrahigh strength-ductility synergy of high-pressure torsion and heat treatment of additive manufactured CoCrFeMnNi high-entropy alloy

S.Y. Ahn¹, L. Han², E.S. Kim¹, P. Asghari-Rad², G.M. Karthik³, C.W. Fei^{4, #1}, H.S. Kim^{3, 5, 6, #2}

Abstract

적층제조 공정은 승온 및 빠른 냉각의 반복으로 인해 결정의 하부구조인 cell 구조의 독특한 미세구조를 가지며, 이는 전위 이동에 방해효과를 나타내 추가적인 강화 효과를 통해 좋은 강도와 연성을 보여 주목받고 있다. 하지만 적층재의 상대적으로 높은 기공률은 하중에 대해 균열 시작점으로 작용하게 되어 기계적 물성에 악영향을 미치는 것으로 확인되었다. 본 연구를 통해 Direct Energy Deposition 금속 적층제조 공정으로 제작된 고엔트로피 합금(CoCrFeMnNi)에 고압 비틀림 공정을 적용해 기공률을 획기적으로 감소시켰으며, 700 °C, 800 °C에서 다양한 시간 조건의 고압 비틀림 공정 이후 열처리를 통해 뛰어난 강도와 연성의 조합을 획득하였다. 고압 비틀림 공정 이후의 미세한 결정립은 열처리를 통해 재결정이 발생했으며, 열처리 온도 조건에 따라 결정립계의 원소 분리가 발생하였다. 또한 열처리 시간 조건에 따라 각 시편 간의 연신율 차이가 발생했으며, 적층재의 연신율을 유지하며 항복강도의 획기적인 증가를 얻을 수 있었다. 미세조직 분석은 SEM, SE, BSE, EDS, EBSD를 통해 수행되었으며, 각 시편의 기계적 물성 획득을 위해 인장시험을 수행하였다.

Keywords : High-pressure torsion, Post high-pressure torsion annealing, High-entropy alloy, Additive manufacturing

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 박사 후 연구원

3. 포항공과대학교 신소재공학과, 교수

4. Fudan University Department of Aeronautics and Astronautics, 교수

5. 포항공과대학교 철강대학원, 교수

6. 포항공과대학교 고엔트로피합금연구센터, 센터장

#1 교신저자: Fudan University Department of Aeronautics and Astronautics, 교수, E-mail: cwfei@fudan.edu.cn

#2 교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 교수, E-mail: hskim@postech.ac.kr

인발 공정 시 Cu-0.2 wt% Mg합금 선재의 열처리 시 재결정 거동에 대한 연구

유태현¹ · Aman Gupta¹ · 백승원² · 김정호² · 최시훈[#]

Abstract

최근 탄소 배출과 연비와 관련된 환경 규제가 강화됨에 따라 자동차의 경량화에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 자동차 내부 부품의 전원 및 신호를 연결하는 하니스의 경량화 기술 또한 큰 관심을 얻고 있다. 하니스의 경량화는 선경을 줄이는 방법을 주로 적용하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 세경화 전선은 선경의 감소에 따라 기계적, 전기적 특성 감소가 동반되는 문제가 있다. 이러한 전기적 특성 향상을 위해 소둔 열처리가 요구되고 있다. 본 연구에서는 구리합금(Cu-0.2Mg)의 인발 공정 후 선재 반경 방향으로 발달하는 미세조직 및 미시집합조직의 불균일성이 재결정에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 실험적인 측면에서는 전계방사형주사현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, FE-SEM)에 장착된 전자후방산란회절(Electron Backscattered Diffraction, EBSD)기법을 이용하여 구리합금의 인발 공정 후 가공된 구리합금 선재의 열처리 시 선재의 반경 방향으로 발달하는 미세조직 및 미시집합조직을 변화를 분석하였다. 본 연구를 통하여 인발 공정 시 구리합금의 반경 방향으로의 미시집합조직 불균일성이 재결정 거동에 미치는 영향을 이해할 수 있었다.

Keywords : Cu alloy, Wire Drawing, EBSD, Recrystallization

1. 순천대학교

2. ㈜ 키스트론

교신저자: 순천대학교 E-mail: shihoon@scnu.ac.kr

상용차 요소 부품 제작을 위한 단조 성형 해석 기반 공정설계 연구

이승재¹ · 김민수¹ · 박지우^{1,#}

Study on process design of forging simulation for commercial vehicle component parts manufacturing

S. J. Lee, M. S. Kim, J. W. Park

Abstract

Most commercial vehicles apply integrated suspension, while some medium sized buses have an independent suspension systems. In recent times, there has been a tendency to adopt independent suspension to improve the ride comfort of large commercial vehicles, and localizing development for those technology is required. In this research, forging process design was performed for Tie Rod Arm, one of the related element parts on independent suspension system, using Deform (Finite Elements Method-based forging simulation process was implemented) and the forming results were predicted. The numerical simulation was carried out utilizing forging mold that was designed through reverse engineering modeling based on the final product shape. Some parameters which affect to the forming result were selected as independent variables (forming speed/length of the initial billet /diameter of the initial billet). These three independent variables were defined as three levels, and forming simulation results were obtained for each process variable condition based on the three-level three-element full factorial design. A Regression analysis was performed using the obtained simulation data, and conditions for evaluating the significance and influence of each factor. From this analysis, forming condition for reducing the flash volume area and improving the filling rate was predicted.

Keywords : Tie Rod Arm, Regression analysis, Numerical Simulation, Flash volume, Forging process

후기

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0018566, 2021년 자동차산업기술개발)으로 수행되었습니다.

1. 한국생산기술연구원, 탄소경량소재응용연구그룹

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

체결용 Ti-6Al-4V 합금의 미세조직 및 기계적/전기화학적 특성에 대한 연구

이효주¹, Sam Yaw Anaman¹, 최정목², 이종숙³, 조훈휘^{1#}

A study on microstructure and mechanical/electrochemical properties of Ti-6Al-4V alloy for fastening

H. J. Lee, S. Y. Anaman, J. M. Choi, J. S. Lee, H. H. Cho

Abstract

Ti 합금은 고가임에도 불구하고 높은 비강도와 우수한 기계적 특성을 가지고 있어 항공우주, 국방 산업, 해양 분야 등 여러 분야에서 응용되고 있다. Ti-6Al-4V는 가장 많이 사용되고 있는 Ti 합금의 조성으로서, 제조 공정 및 열처리 방법에 따라 다양한 미세조직 및 이에 따른 기계적 특성을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 항공용 체결부품으로 성형될 Ti-6Al-4V 합금 선재의 미세조직 및 기계적 특성을 분석하고 체결용 Ti-6Al-4V 합금 볼트의 전기화학적 거동을 분석한다. Ti-6Al-4V 합금 선재는 직경 6.22 mm, 7.81 mm의 2가지 경우로 제작되었으며, Ti-6Al-4V 합금 선재의 미세조직 특성을 전자후방산란회절(Electron Backscatter Diffraction, EBSD) 현미경을 통해 분석하였다. 직경이 더 큰 선재에서는 다수의 재결정 상이 관찰되는 반면, 직경이 더 작은 선재에서는 변형을 많이 받은 것으로 관찰되었다. Ti-6Al-4V 합금 선재의 기계적 강도 특성을 확인하기 위해 경도 시험을 수행하였다. 변형을 많이 받은 직경이 작은 선재가 다수의 재결정 상이 관찰된 직경이 큰 선재보다 높은 경도 값을 갖는다. 마지막으로, 동전위 분극 시험을 통해 직경 7.81 mm 선재를 온간단조한 체결용 Ti-6Al-4V 합금 볼트의 전기화학적 거동을 분석하였다. Ti-6Al-4V 합금 볼트는 Ti-6Al-4V 합금의 부식 속도와 비슷하게 낮은 부식 속도가 관찰되었다.

Keywords: Ti alloys, microstructure, mechanical properties, electrochemical behavior

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the extended support provided to this work by the Lightweight Material National Strategy Project (10081334) funded by the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT).

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. ㈜진합 기술연구소

3. 전남대학교 신소재공학부

교신저자 E-mail: hhcho@hanbat.co.kr

형상 인발 공정에서 수치적 해석과 실험

누를 아키라 라자리¹· 변종복²· 정임근³· 정완진⁴· 전만수[#]

Numerical analysis and experiments of shape drawing processes

N. A. Razali, J. B. Byun, I. G. Jung, W. J. Chung, M. S. Joun

Abstract

In this study, major issues in multi-pass shape drawing are investigated with an emphasis on the quality of the drawn bar corners vulnerable to be scratched during the drawing. The elastoplastic finite element method is applied. The effects of geometric design parameters on the metal flow lines and forming loads are investigated to check the possibility of conducting optimal design considering the product quality of the corners.

Keywords : Shape Drawing (형상인발), Product Quality (제품 품질), Elastoplastic FEM (탄소성 유한요소법)

1. 서론

다단 형상 인발공정은 비교적 단순한 단면 형상을 가진 이형 봉재의 생산에 사용된다[1].

이 연구에서 다단 형상인발 공정의 최적설계 [2]를 위한 설계변수와 품질의 관계를 탄소성 유한요소법[3]을 통하여 밝히고자 한다.

2. 형상 인발공정의 탄소성 유한요소해석

이형 봉재는 소성가공 중에 원주 방향의 부위별로 상이한 변형 이력을 갖는다. 가령, 기어 단면 형상의 인발에서는 최소 반경 영역, 모서리 부, 최대 반경 영역에 부과되는 압력의 차이가 크며, 이것은 변형의 불균질성을 가중시킨다. 대칭면이 없거나 하나인 경우에도 변형의 불균질성은 불가피하다. 이러한 변형의 불균질성은 필연적으로 스프링백에 의한 봉재의 굽힘이나 모서리 부위에서 굽힘 현상을 유발한다.

Fig. 1은 형상인발 공정의 패스설계에 따른 코너 부의 품질 차이를 보여 주고 있다.

3. 결론

이 연구에서는 형상 인발공정의 패스설계가 품질에 미치는 영향을 분석하였다.

후기

이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20214000000520, 자원순환(재제조 산업 고도화 인력양성)).

1. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학원생

2. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

3. ㈜풍성정밀판, 대표이사

4. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, 교수

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

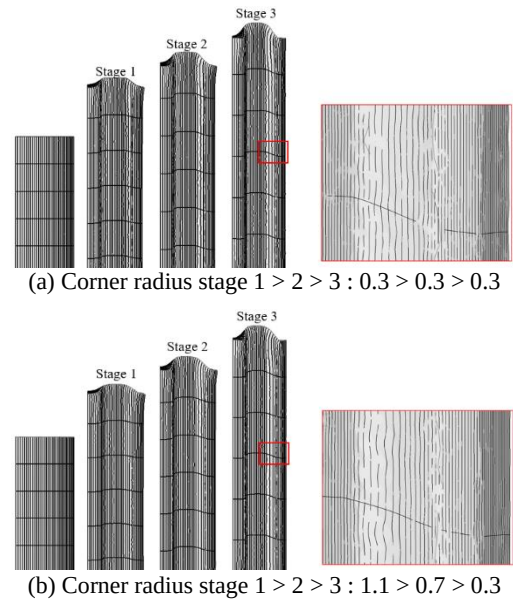


Fig. 1 Comparison of metal flow lines

참고문헌

- [1] S. K. Lee, I. K. Lee, B. M. Kim, 2016, Review on Profile Drawing Process, Trans. Mater. Proc., Vol. 25, pp. 67-74.
- [2] M. S. Joun, S. M. Hwang, 1993, Pass schedule optimal design in multi-pass extrusion and drawing by finite element method, Int. J. Mach. Tools Manuf., Vol. 33, pp. 713-724.
- [3] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit Finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Tech.

자동다단냉간단조의 전단 공정에서 속도의 영향

김광민¹ · 변종복² · 전만수[#]

Speed effect during shearing process in automatic multi-stage cold forging

K. M. Kim, J. B. Byun, M. S. Joun

Abstract

Speed effect on rod shearing in automatic multi-stage cold forging is investigated. Using the strain rate dependent flow rule, a rod shearing process is simulated and its predictions are compared with the experiments to reveal the effect of strain rate on the shearing phenomena. It was shown that the strain rate effect on fracture mode is crucial in terms of shear quality.

Keywords : Automatic Multi-Stage Cold Forging (다단자동 냉간단조), Speed Effect (속도 영향), Shearing (전단)

1. 서론

자동다단 냉간단조에서 전단면 품질은 후속된 단조공정에 큰 영향을 미친다. 전단공정의 해석은 그 특성상 까다롭다. 최근 전만수 [1-2]의 연구에 의하여 전단공정의 체계적 해석 기술이 개발되어 이로 야기되는 현장의 문제를 해결하는데 큰 역할을 하고 있다.

2. 전단 공정에서 속도의 영향

강은 저온과 고온에서 중온보다 높은 유동응력의 변형률속도 의존성을 보인다[3]. Fig. 1는 세 가지의 전단하중-스트로크 곡선을 비교한다. 두 개의 해석결과는 저속 및 고속 전단 공정을 대상으로 얻은 것이며, 실험결과는 저속에 대한 전단하중-스트로크 곡선이다. 저속의 경우, 실험과 해석결과가 비교적 잘 일치한다. 고속의 경우, 변형률속도 경화로 인하여 전단하중이 크게 증가하며, 이것은 재료의 취성파괴의 요인으로 판단된다. 그 결과, 임계속도 이상에서 이루어지는 파단면은 우수한 파단면 특성을 보인다.

3. 결론

자동다단 냉간단조 중 전단공정에서 온도의 영향을 분석하였다.

후기

본 연구는 산업소재핵심 기술개발-첨단뿌리기술(20003950)사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

1. ㈜성진포머, 과장

2. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

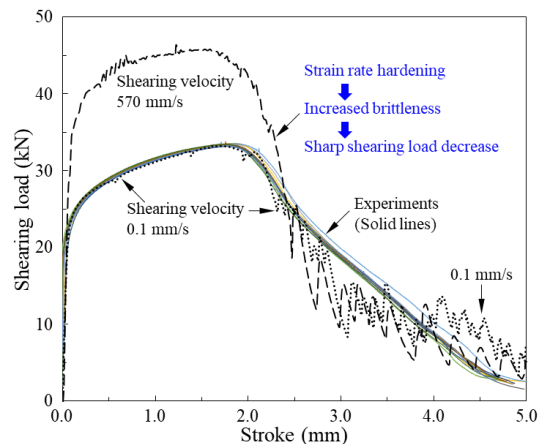


Fig. 1 Comparison of shearing load-stroke curves

참고문헌

- [1] M. S. Joun, J. B. Byun, W. J. Chung, K.H. Lee, 2022, A new general finite element method for predicting shearing and piercing, J. Adv. Manuf. Technol.
- [2] M. S. Joun, S. W. Jeong, Y. T. Park, S. M. Moo, 2021, Experimental and numerical study on shearing of a rod to produce long billets for cold forging, J. Manuf. Process., Vo. 62, pp. 797-805.
- [3] H. J. Lee, M. K. Razali, K. H. Lee, M. S. Joun, 2021, Flow stress characterization of carbon steel S25C in the temperature range of cold forming with an emphasis on dynamic strain aging, Mater. Today Commun., Vol. 28, pp. 102483.

Ni기 초내열합금 터빈 부품의 레이저 냉각 홀 가공성 연구

김상훈^{1, #}, 송영범¹

Study on laser drilling of cooling holes in Ni-based superalloy turbine part

S. -H. Kim, Y. Song

Abstract

고온 환경 조건에서 운용되는 터빈의 냉각 기술은 터빈 엔진의 효율성과 내구성 향상을 위해 필수적인 기술이다. 터빈 부품의 냉각을 위해 주로 열차폐 코팅 기술과 냉각 홀 가공 기술이 적용되고 있다. 특히 터빈 부품의 냉각 홀 가공 기술은 주조 단계에서 터빈 부품 내부에 구현된 유로를 따라 흐르는 공기가 표면의 냉각 홀로 방출되면서 터빈 부품 냉각능을 결정하기 때문에 매우 정밀한 치수가 요구되는 기술이다. 현재 터빈 부품의 냉각 홀은 방전 가공을 통해 구현되고 있으나, 열차폐 코팅 기술이 적용된 터빈 부품의 경우 세라믹 코팅층에 의해 방전 가공을 통한 냉각 홀을 구현이 어렵다. 또한, 방전 가공을 통해 냉각 홀을 구현한 후 열차폐 코팅이 수행되면 열차폐 코팅층이 냉각 홀을 막아 냉각능이 상당히 저하되는 문제가 발생한다. 방전 가공과는 달리 레이저 가공의 경우, 터빈 부품뿐만 아니라 열차폐 코팅층도 가공이 가능하기 때문에 건전한 냉각 홀 가공이 가능하고 우수한 냉각능을 확보할 수 있다. 국외에서는 레이저 가공을 통해 터빈 부품의 냉각 홀을 구현하는 기술을 충분히 확보하고 있지만, 국내에서 레이저를 활용한 터빈 부품의 냉각 홀 가공 연구는 미비한 실정이다. 그러므로, 본 연구에서는 나노초 레이저와 펨토초 레이저를 활용하여 가공 조건에 따른 Ni기 초내열합금에서의 냉각 홀 가공성을 조사하였으며, 열차폐 코팅된 시험편에 대한 냉각 홀 가공 가능성을 확인하였다.

Keywords : Turbine part, Ni-based alloy, cooling hole, laser drilling

1. 국방과학연구소

교신저자: 국방과학연구소, 선임연구원 E-mail: shkimeen@gmail.com

벨로우즈 금형 설계 자동화를 위한 기계 학습 모델에 관한 연구

김영진^{1,2} · 정선호^{2,3} · 박예찬^{2,3} · 이종섭^{2,#}

A Study on Machine Learning Model for Automating Bellows Mold Design

Y. J. Kim, S. H. Jung, Y. C. Park, J. S. Lee

Abstract

벨로우즈는 기계의 중요 부품을 커버하여 오염을 방지하고 기계의 수명을 연장 시키는 부품이며, 힘을 가함에 따라 압축 또는 인장되는 탄성 용기이다. 대부분의 벨로우즈 금형 설계에서는 신규 규격 설계에 있어 어려움이 있다. 실제 현장에서는 작업자의 경험에 의해 설계하는 경우가 많다. 이를 해결하고 기존 데이터를 기반으로 예측 모델의 설계가 필요하다. 본 연구에서는 다양한 벨로우즈 금형을 고객사에 맞춘 신규 규격 설계를 하기 위해 기계 학습 알고리즘을 이용하여 벨로우즈 금형 설계 자동화 프로그램을 개발하였다. 기존 CAD 도면으로부터 설계인자를 도출 하였고, 설계 인자로 부터 얻어지는 금형형상의 종속 변수를 설정하여 input 데이터와 output 데이터를 정하였다. Python을 이용하여 설계인자를 입력하였을 때 Auto CAD를 이용한 Script Code를 출력하여 벨로우즈 금형 형상이 출력되도록 프로그램을 작성하였다.

Keywords : Bellows, Machine Learning, Mold Design,

1. 성균관대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원

3. 인하대학교 기계공학과

교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원.

E-mail: jongsup@kitech.re.kr

Ti/Al/Ti 3-ply 클래드 판재의 계면 금속간화합물층 생성에 따른 최적 열처리 조건 도출 연구

김민호^{1,2} · 이광석¹ · 신다슬¹ · 봉혁중¹ · 김지훈² · 김정환³

A study on deducing optimal heat-treatment condition correlated to the generation of intermetallic compounds at joint interface of a Ti/Al/Ti 3-ply clad sheet

M.H. Kim, K.S. Lee, D.S. Shin, H.J. Bong, J.H. Kim, J.H. Kim

Abstract

The effect of post-roll bonding annealing conditions such as temperature and time on the changes in the diffusion layer generated at the bonding interface and subsequent mechanical properties of multilayer Ti grade 1/Al1050/Ti grade 1 sheets was systematically investigated. The interfacial microstructure was first confirmed by optical microscopy, SEM (scanning electron microscopy), and TEM (transmission electron microscopy). In addition, local mechanical properties such as the diffusion layer between Al and Ti alloys during heat treatment were characterized through nanoindentation tests. Then, a series of tensile and peel tests were performed to compare the physical properties according to the thickness of the intermetallic compound layer. As a result, the TiAl phase was generated as a metal compound layer formed at the Ti-Al interface, and showed a significant increase compared to the raw material of the metal compound layer. In addition, it was confirmed that there was a small change in tensile strength depending on the heat treatment conditions.

Keywords : intermetallic compound, Ti/Al/Ti clad, Interface microstructure, Bonding strength

Acknowledgement

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20006974)

1. 한국재료연구원
2. 부산대학교
3. 한밭대학교

(포스터) CNN을 이용한 Al 6061 표면 결함 분류

김수빈¹ · 이기안^{1, #}

Classification of Al 6061 Surface Defects using CNN

S. B. Kim, K. A. Lee

Abstract

최근 제조업의 Smart Factory화로 Machine Vision을 통한 품질 검사가 본격적으로 이뤄지고 있다. 본 연구에서는 Machine Vision의 핵심 알고리즘인 CNN(VGGNet, ResNet, DenseNet)을 적용하여 표면 결함 분류 성능에 대해 비교·분석하고자 하였다. 특히, Al-Mg-Si계 합금으로 우수한 강도와 성형성 및 내식성으로 널리 사용되는 Al 6061 합금을 이용해 소성가공 중 발생하는 Back-defect, Blister, Crack 등의 결함을 분류하고자 하였다. 먼저, 데이터 세트의 구축을 위해 결함이 있는 Al 6061 압출재를 수집하였으며, 직접 촬영 및 후보군 영역 선별을 통해 총 2,024개의 이미지 데이터 세트를 마련하였다. 데이터는 학습 데이터 1,417 개, 평가 데이터 607 개로 무작위 분류하였으며, 데이터의 불균형 및 작은 훈련 데이터 세트의 보완을 위해 데이터 증식 기법을 사용하였다. 학습에 사용된 Network 구조는 VGGNet-16, VGGNet-19, ResNet-50, DenseNet-121로 평가 데이터를 이용해 각 알고리즘의 성능을 비교하였다. 각 알고리즘의 분류 결과 DenseNet-121이 99.13 %의 가장 높은 정확도를 보였으며, 98.72 %의 ResNet-50, 98.29 %의 VGGNet-19, 98.23 %의 VGGNet-16 순으로 높은 정확도를 보였다. 상기 결과를 토대로 CNN 기반 알고리즘의 Machine Vision 적용 가능성과 함께 각 Network 구조가 분류 성능에 미치는 영향에 대해 고찰해보았다.

Keywords : Convolution Neural Network, Al 6061, Surface Defect, Deep Learning, Machine Vision

1. 인하대학교 신소재공학과, 대학원 박사과정

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

구조강도해석 및 피로해석을 이용한 압출기의 스템 피로 수명 예측

김동을¹ · 김지욱¹ · 이성윤¹ · 정명식¹ · 이정인¹ · 고대철² · 장진석[#]

Prediction of Extruder Stem Life Using Structural Strength Analysis and Fatigue Analysis

D. Y. Kim, J. W. Kim, S. Y. Lee, M. S. Jeong, J. I. Lee, D. C. Ko, J. S. Jang

Abstract

최근 산업 발달로 고속, 고하중하에서 기계부품들이 사용되는 경우가 빈번하다 이에 따라 금속재료들은 지속적인 반복하중으로 인해 피로균열이 발생하고, 급격한 파괴에 이르는 경우도 발생한다. 금속재료는 피로강도와 피로수명의 향상 및 무한수명으로의 요구가 증대되고 있다. (1) 압출기의 원리는 원기둥 형태의 소재(Billet)를 금형에 넣은 후 스템(Stem)으로 밀어내어 단면적을 줄이고 길이를 늘리는 소성분야의 공정이며, 현재는 복잡하고 다양한 형상의 제품을 압출하고 있다. (2) 압출에는 직접압출, 간접압출, 정수압압출 등이 있으며 전방압출은 소재의 유동방향이 스템의 운동방향과 같은 경우의 압출이다. 간접압출은 소재의 유동방향이 스템의 운동방향과 반대방향으로 압출되며 후방압출 이라고도 한다. 정수압 압출은 챔버에 유체를 채우고 소재에 압력을 전달하여 압출되는 방법이다. 일반적인 피로해석은 대상의 특성을 고려하여 응력-수명(S-N)방법과 변형률-수명(ϵ -N)방법 중 적절한 방법을 선택하게 된다. 응력-수명 방법의 경우 필요한 재료상수의 해석과 평가가 간단하며 $N=10^3$ Cycles 이상의 기계부품이나 구조물 등 장수명(Long life)과 일정진폭하중이 있는 설계에 잘 적용된다. 변형률-수명 방법은 단수명(Short life) 저주기와 소성변형이 고려되는 설계에 적용된다. (3) 이에 본 연구에서는 산업현장에서 사용 중인 압출기의 실제 모델을 선정하여 구조강도해석 및 응력-수명방법의 피로해석을 실시하였고 하중이 받는 부품인 스템의 피로수명 예측을 수행하였다.

Keywords: Extruder(압출기), Structural Analysis(구조해석), Fatigue Analysis(피로해석)

참고문헌

- (1) Suh.C.M., Suh.C.H., Suh.M.S., 2013, "VHCF Characteristics of SCM420 Steel Depending on the Surface Treatment Conditions," *Journal of KWJS*, Vol. 31, No. 4, pp. 47-53.
- (2) Qiu. Y. G., Park. S. C., Cho. H. Y., 2020, "Predictions of Forming Limits in Cold Open-Die Extrusion Process using FEM," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, Vol. 44, No. 6, pp. 435~441.
- (3) Kim. S. Y., Kweon. S. S., Park. D. K., Chun. D. H., Chung. I. S., 2011, "Durability Test and Fatigue Analysis of Independent Suspension Knuckle for Commercial Vehicle," *The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 2011, No.5, pp. 1005~1010

[이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20010934)]

1. 한국생산기술연구원 대경본부

2. 부산대학교 나노메카트로닉스공학과

교신저자: 한국생산기술연구원 대경본부. E-mail: jsjang@kitech.re.kr

Al-10Si-Mg 주조 합금의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 응고 속도 및 T6 열처리의 영향

강태훈¹ · 어광준² · 조영희² · 이승욱² · 이기안^{1, #}

Effect of Solidification Rate and T6 Heat-treatment on the Microstructure and Mechanical Properties of Al-10Si-Mg alloy

T. H. Kang¹, K. J. Euh², Y. H. Jho², S. W. Lee², K. A. Lee^{1, #}

Abstract

최근 자동차의 전장화에 따라 경량 부품에 대한 관심이 대두되고 있으며, 알루미늄 하우징에 대한 수요가 증가하고 있다. 제조되는 하우징 부품의 두께에 따라 응고 속도 차이가 나타나며, heterogeneous microstructure가 발생하고 기계적 특성이 변화될 수 있다. Silafont36 합금 (A365 alloy)은 Al-Si계 합금에 Sr, Ti가 미세화제로써 첨가된 합금으로, 우수한 내식성과 기계적 특성을 나타내는 대표적인 상용 알루미늄 소재이다. 본 연구에서는 steel 4-step mold를 이용하여 응고 속도를 다르게 제어한 silafont-36 합금을 주조하고 (silafont36-F) 미세조직과 기계적 특성에 미치는 T6 열처리 (490°C 3시간 균질화 + 190°C 0.5h, 1h, 2h 인공시효)의 영향에 대해 조사하였다. 응고 속도에 따른 Silafont36-F 소재의 초기 미세조직의 이차 수지상 간격 (secondary arm spacing, SDAS) 측정 결과, 2.26K/s: 88.14μm, 6.9K/s: 60.25 μm, 16K/s: 29.84 μm, 50K/s: 14.69 μm로 응고 속도가 증가함에 따라 더욱 미세한 응고 조직을 나타냈다. X-ray diffraction(XRD)를 이용한 상 분석 결과, α-Al 및 Si 그리고 Mg₂Si 피크들이 응고 속도와 무관하게 공통적으로 검출되었다. Secondary electron microscopy(SEM)을 이용하여 2차상을 관찰한 결과, 모든 초기 소재들에서 침상 형태의 Fe rich intermetallic이 관찰되었다. 반면 490°C에서 3시간 동안 균질화 처리를 수행한 경우 intermetallic 상의 형상이 chemise script type으로 변화하였다. 상온 인장 시험의 경우 ASTM E8M 규격에 따라 strain rate: 10⁻³/s의 조건에서 수행되었다. 그 결과 2.26K/s 초기 소재에서는 Y.S.: 169.1 MPa, UTS: 263.1 MPa, El.: 6.6%로 측정되었으며, 응고 속도가 증가함에 따라 Y.S.:174.2 MPa, UTS: 281.5 MPa (50K/s 조건)까지 증가하는 경향을 보였다. 가장 느린 응고 속도를 나타낸 2.26K/s를 이용하여 T6 열처리를 수행하고 인장 특성을 조사한 결과 인공 시효 시간이 증가함에 따라 Y.S.는 239.3 MPa, UTS는 309.1 MPa로 향상되었다. 인장 변형 후 파단면 관찰 결과, F 소재의 경우 침상의 Fe rich intermetallic에서 파단이 시작되었으며, 열처리를 수행한 이후에는 형상이 변화한 Fe rich intermetallic 및 blocky eutectic Si에서 균열이 형성된 것을 확인하였다. 상기 결과들을 바탕으로 silafont-36 합금 주조재의 변형 및 파괴 기구에 대하여 고찰하였다.

Keywords: Eutectic Al-Si, casting, heat-treatment, microstructure, mechanical properties

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 한국재료연구원 금속재료연구본부, 연구원

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

processing map을 이용한 SS400 합금의 최적 공정 조건 설정 및 고온 변형 거동 분석

박정현¹, 배성환², 최선목², 최호준³, 신영철³, 이기안^{1,#}

Hot deformation behavior and processing parameters optimization of SS400 steel by using processing map

J. H. Park¹, S. H. Bae², S. M. Choi², H. J. Choi³, Y. C. Shin⁴, K. A. Lee^{1,#}

Abstract

SS400은 대표적인 구조용 low carbon steel로 낮은 가격 및 우수한 가공성을 통해 건축, 조선, 토목, 자동차 공학 등 여러 분야에서 범용성을 가지고 있다. 이러한 산업에 적용하기 위해서는 재료의 변형 거동에 대한 이해가 요구되며, 특히 열간 가공 공정에서의 변형 거동은 제품의 형상과 특성을 제어하는 데 필요한 요소로 제시된다. 변형 거동은 일반적으로 flow stress와 processing parameter 간의 관계로 설명된다. 본 연구에서는 temperature range를 700℃, 800℃, 900℃, 1000℃로, strain rate는 0.001s⁻¹, 0.01s⁻¹, 0.1s⁻¹, 1s⁻¹로 설정되었다. Processing map에서 변형률이 0.2일 때 instability area가 가장 넓게 측정되었으며 이는 powder dissipation이 상대적으로 낮은 700℃, 1s⁻¹ 조건을 중심으로 형성되었다. 반면 700℃, 0.001s⁻¹ 조건에서는 높은 powder dissipation을 가진 영역들이 변형률에 따라 일정하게 유지되어 최적의 열간 가공 processing parameter로 결정되었다. 변형 조직의 미세조직 관찰 결과, Dynamic recrystallization 영역의 fraction은 700℃, 0.001s⁻¹ 조건에서 59.7%, 700℃, 1s⁻¹ 조건에서는 20.2%로 확인되었다. 이러한 관찰 결과를 기반으로 process parameter에 따른 power dissipation에 대한 주요 미세조직학적 영향 및 최적 공정 조건을 확인하고자 하였다. 또한 실제 압출을 통해 제조된 SS400 소재의 변형 영역에 대한 시뮬레이션 결과를 통해 공정 도중 유효 변형률 분포를 확인하였다.

Keywords : SS400 steel, Hot deformation behavior, Flow stress, Processing map

1. 인하대학교 신소재공학과

2. (주) 선우엔지니어링

3. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

교신저자: 인하대학교 신소재공학과, E-mail: Keeahn@inha.ac.kr

Cam식 자동 선반의 절삭조건 및 공구 각도에 따른 흑연쾌삭강 절삭성 평가

김경태¹ · 노용훈² · 이영석[#]

Evaluation of machinability of graphite free-cutting steel according to cutting conditions and tool angle of cam-type automatic lathe

G. T. Kim, Y. H. Roh, Y. S. Lee

Abstract

The machinability of graphite free-cutting steel developed to replace lead (Pb) free-cutting steel, which is harmful to the environment and human body, was evaluated. The machinability was evaluated using a cam-type automatic lathe for chip breakability of POSGRAM (graphite free-cutting steel that POSCO recently successfully mass produced). At this time, an experiment was performed using a CD-Bar specimen having a diameter of 10.5mm and a length of 2m. In addition, chip breakability according to cutting conditions (cutting speed, feed rate) and tool angle change was analyzed.

Keywords : Machinability; Graphite; Cutting speed; Free cutting steel; Chip breakability; Feed rate; Tool angle

1. 중앙대학교, 석사과정

2. 중앙대학교, 박사과정

교신저자: 중앙대학교 교수, E-mail: ysl@cau.ac.kr

Ti-Mo-Fe 준안정 베타 합금의 고온 성형성 평가

이재관¹ · 김홍민¹ · 이동근[#]

Evaluation of High Temperature Formability of Ti-Mo-Fe Metastable Beta Alloy

J.G. Lee, H.M. Kim, D-G. Lee

Abstract

다양한 산업 분야에서 사용되는 준안정 베타 타이타늄 합금은 비강도와 성형성 및 내식성이 우수하여 우주·항공 분야, 자동차 및 IT 부품 등에 많이 사용되고 있다. 특히, IT 산업 부품들은 경량화, 소형화 및 고기능화가 요구되면서 이에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 제품의 생산 비용 및 시간 절감이 필수적이며 기존의 용접을 통해 결합하는 생산 방식은 제품의 생산 시간 및 비용이 증가하게 된다. 이를 해결하기 위해 고온 성형을 통해 제품을 생산할 수 있도록 상대적으로 저렴한 베타 안정화 원소인 Mo와 Fe를 첨가하여 Ti-Mo-Fe 합금을 설계하였다. 따라서 본 연구에서는 Mo와 Fe의 원소 함량에 따른 상온 특성을 파악하고 고온 특성을 평가하기 위해 고온 압축 시험을 수행하였다. 실험 온도는 β -transus를 피해 700°C, 750°C, 820°C, 900°C, 950°C로, 변형률 속도는 0.001/sec, 0.01/sec, 0.1/sec, 1/sec로 수행하였다. 이를 통해 Processing Map을 도출하였으며, 고온 성형 시 변형률 속도 및 온도에 따른 에너지 분산 효율과 소성 불안정성을 연계하여 성형성을 평가함으로써 Ti-Mo-Fe 준안정 베타 합금의 최적의 고온 성형 조건을 도출하였다.

Keywords : Ti-Mo-Fe alloy, beta titanium, processing map, formability

1. 순천대학교, 학생연구원

교신저자: 순천대학교, 교수. E-mail: leechodg@scnu.ac.kr

소성가공공정 해석을 위한 동적외연적-정적내연적 결합 알고리즘

전상윤¹ · 정완진[#]

Combined Dynamic Explicit-Static Implicit Algorithm for the Analysis of Metal Forming Processes

S. Y. Joun, W. J. Chung

Abstract

Over the decades, both dynamic-explicit method and static-implicit method have been widely applied in the finite element analysis of general metal forming processes to one's need. The static-implicit method has the advantage that it can analyze the metal forming problems accurately, but it is not suited to deal with heavily nonlinear problems involving contact. The dynamic-explicit method has emerged as an alternative way to solve these convergence problems efficiently. However, this method shows low solution accuracy compared to the static-implicit method.

In this paper, a combined dynamic explicit-static implicit algorithm for the complex metal forming problems with nonlinearities involving contact is discussed. The algorithm begins with the dynamic-explicit method to compute displacement increment and contact status which will be transferred to the static-implicit scheme as an initial guess. Using the initial guess, the solution will be calculated accurately by the static-implicit method at each step of the analysis. Computations were carried out for 2D metal forming process by the dynamic-explicit, static-implicit, and combined explicit-implicit methods to evaluate the efficiency of the combined algorithm. The comparison highlights the algorithm proposed can not only overcome convergence difficulties caused by complex nonlinearities but also ensure high computational accuracy of the analysis solution.

Key Words : metal forming (소성가공), finite element analysis (유한요소해석), explicit (외연적), implicit (내연적), nonlinearity (비선형)

1. 서울과학기술대학교 기계정보공학과

교신저자: 서울과학기술대학교, E-mail: wjchung@seoultech.ac.kr

프레스 금형 개발을 위한 프로젝트 관리 시스템 개발

박종규^{1, #} · 김상훈¹ · 허수빈¹

Development of Project Management System for Press Die Development

J. K. Park, S. H. Kim, S. B. Heo

Abstract

최근 사회적으로 근무시간 축소, 코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 등의 영향에 따라 재택근무, 온라인 업무 등이 확산되고 있으며, 4차 산업혁명 시대에 발맞춰 제조, 생산 혁신의 고도화를 위한 스마트팩토리(smart factory) 사업이 활발하게 진행되고 있다. 특히 빅데이터(big data), AI(Artificial Intelligence), 머신러닝(machine learning) 등의 데이터 이용 기술을 보다 적극적으로 활용하기 위해 PMS(Project Management System), QMS(Quality Management System), PDM(Product Data Management), PLM(Product Lifecycle Management) 시스템 등의 데이터베이스화에 많은 노력을 기울이고 있다.

본 개발에서는 VBA(Visual Basic for Application)를 활용하여, 사용자 마스터 리스트를 통해 관리되는 여러 부품들에 대해 APQP(Advanced Product Quality Planning) 프로세스에 따른 자동차용 프레스 성형 부품 및 금형 개발에 필요한 공정 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis), 관리계획서, 제조공정도, 작업표준, Tryout 보고서 등의 여러 산출물을 일괄 자동 생성할 수 있도록 하였으며 부품별, 금형 개발 업체별 현황 및 금형 투자비, 제품 변경 이력 등의 개발 현황을 쉽게 관리할 수 있도록 하였다. 아울러 이러한 다양한 각각의 산출물에 포함된 내용들을 쉽고 정확하게 PLM 시스템에 업로드하고 활용할 수 있도록 프로젝트 관리 시스템을 연동하여 개발하였다.

Key Words : PMS(Project Management System), PLM(Project Lifecycle Management), Die Development Process, APQP(Advanced Product Quality Planning), VBA(Visual Basic for Application)

1. ㈜화신 기술연구소

교신저자: ㈜화신 기술연구소, E-mail:boxlife@hwasin.co.kr

실시간 하중의 센싱을 통한 냉간단조 금형의 수명평가

정현영^{1#} · 강성묵¹ · 이광희¹ · 김진용¹ · 노우람²

Evaluation of Die lifetime in Cold Forging system by In-situ Load Sensing

H. Y. Jeong, S. M. Kang, K. H. Lee, J. Y. Kim, W. R. Noh

Abstract

반복 하중을 받는 냉간단조 공정에서 금형의 경우 주로 피로파손에 의한 파괴현상을 보인다. 대량 생산에 주 목적이 있는 단조 공법은 금형의 수명에 따라 생산능률이 크게 좌우된다. 이에 금형의 수명을 예측하고 향상시키는 것에 대하여 많은 연구들이 진행되어 왔다. 최근에는 주로 성형해석 및 구조해석을 통해 금형의 피로수명을 예측하던 기존의 방법과 달리, 실시간 센싱을 통해 장착부에 가해지는 하중값을 측정하고, 금형 소재의 S-N 선도(S-N Curve)를 분석하여 금형수명을 예측하는 방법들이 시도되고 있다. 실시간 하중의 센싱 및 센싱값의 정량적 활용을 위해서는 하중을 측정할 수 있는 센서의 장착위치 및 작업환경에 따른 센싱값의 변화 가능성 등에 대한 충분한 고려가 필요하다. 본 연구에서는 현재 많이 사용되고 있는 압조센서(Piezo-sensor)를 사용하여 금형에 인접한 위치에 장착하여 하중을 측정하고 이를 기반으로 금형이 받는 응력을 도출하였다. 또한 센싱값에 영향을 줄 수 있는 인자들(센싱부의 온도 등)을 고려하여 센싱값의 정량적 활용을 위한 오차를 최소화 하였다.

Keywords: Die Lifetime, Piezo-sensor, Structural Analysis, Forming Load, in-situ load sensing

1. ㈜풍강

2. 한국생산기술연구원

교신저자: ㈜풍강, 대리. E-mail: hyjeong@pungkang.co.kr

Ti6Al4V 판재의 초소성 성형 금형의 마찰 및 마모 특성 평가

방준호^{1,2}, 김민기¹, 배기현¹, 이명규², 송정한[#]

Evaluation of friction and wear characteristics of tool steels in superplastic forming of Ti6Al4V sheet

J. H. Bang, G. H. Bae, N. S. Park, M. G. Lee, J. H. Song

Abstract

Ti 합금은 내식성과 내열성이 우수하며 고강도의 기계적 특성에도 불구하고 경량 소재이기 때문에 최근 항공기 부품 소재의 경량화 및 일체화 요구의 확대에 의한 Ti 합금 판재 적용이 증가하고 있다. 그러나 Ti 합금의 높은 강도, 낮은 탄성계수 그리고 HCP 구조로 인한 낮은 상온 성형성(formability)으로 인해 850~930℃ 온도의 초소성 성형(superplastic forming)으로 항공기 부품이 제조되고 있다. 이와 같은 상황에서 부품 생산성 확보를 위한 내열 합금공구강의 사용이 필수적이며 초소성 성형 및 제조 기술 확보를 위한 금형 소재의 마모 특성관련 기초 연구가 필요하다.

본 연구에서는 Ti6Al4V 판재의 초소성 성형 금형 설계를 위해 핀온디스크 실험(pin-on-disk test)을 통한 내열 합금공구강(Inconel, RA330, SUS321, SKD61)의 마찰 및 마모 특성을 평가하였다. 불활성가스인 Ar 분위기에서 900℃에서 합금공구강 핀에 5 kgf의 수직하중이 부과되며, 회전하는 Ti6Al4V 디스크와의 접촉면에서 마모가 발생하였다. 내열 합금공구강 소재별 정량적 마모량 비교를 통해 내마모성 특성을 비교하였으며, 핀과 디스크 마찰면의 마모 유형 및 메커니즘을 확인하였다. 또한 초소성 온도의 내열 합금공구강 소재 마찰 거동 및 특성을 확인하였다.

Keywords : Superplastic forming, Ti alloy sheet, Tool wear, Pin-on-disk test

Acknowledgements

이 연구는 산업통상자원부 기계산업핵심기술개발사업 (과제번호: 20010932) 지원으로 수행되었습니다.

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 서울대학교 재료공학부

교신저자: 한국생산기술연구원. E-mail: jhsong@kitech.re.kr

플라즈마 전해 산화층 형성에 미치는 Al-Mg-Si 합금의 결정립 크기 영향

한다인¹, 고영건² #

Effect of grain size of Al-Mg-Si alloy on formation of protective layer via plasma electrolysis

D. I. Han, Y. G. Ko

Abstract

This study investigated how to control surface plasma discharge during plasma electrolytic oxidation (PEO) in an alkaline-silicate electrolyte by taking the crystalline size of the metal substrate into account. For this purpose, PEO treatments under an alternating current condition at a current density of 100 mA/cm² were performed on Al samples with two different crystalline sizes of ~1 (fine-grain, FG) and ~50 μ m (coarse-grain, CG), respectively. It was found that plasma discharges appeared earlier at lower voltage in the case of CG sample than that of FG. Microstructural observations exhibited that plasma discharges formed on the surface of FG sample was likely to be more homogenous and finer than those on CG sample due to the distinctive occurrences of the initial passive films providing numerous sites where plasma discharge initiated. Accordingly, the oxide layer in FG sample would tend to be less porous and thicker than that in CG counterpart, which was confirmed qualitatively by potentiodynamic polarization tests in 3.5 wt.% NaCl solution. The nucleation and growth mechanisms of the oxide layer were elucidated in relation to characteristics of initial passive film and transport behavior of electrons across the crystalline boundaries in the metal substrate during PEO.

Keywords : Al-Mg-Si Alloy, Plasma Electrolytic Oxidation, Grain refinement, Nucleation

1. 영남대학교 신소재공학부, 대학원생

2. 영남대학교 신소재공학부, 교수

교신저자: 영남대학교, E-mail: younggun@ynu.ac.kr

헤어핀용 평판 구리 와이어의 코팅층 파단 분석 및 굽힘 특성 평가

정명식¹· 안지섭¹· 이호영²· 이성민¹· 박동용¹· 이상곤[#]

Evaluation of coating layer fracture characteristic and bendability of flat Cu wire for hair pin

M. S. Jeong, J. S. An, H. Y. Lee, S. M. Lee, D. Y. Park, S. K. Lee

Abstract

구동모터는 전기자동차의 동력 시스템에서 가장 중요한 부품의 하나로 전기자동차의 성능향상을 위해 구동모터의 성능 및 품질향상은 매우 중요하다. 구동모터는 다양한 부품들의 조립체로, 각 부품들의 품질은 구동모터의 전기적, 기계적 특성에 큰 영향을 미친다.

구동모터의 효율을 높이기 위해서는 모터의 가장 큰 손실을 차지하고 있는 동손(copper loss)저감이 필수적이다. 이를 위한 가장 효율적인 방법으로 제시되고 있는 것이 고정자(stator) 권선의 점적을 향상이며, 이를 위해 헤어 핀(hair pin)을 적용한 권선방식이 확대되고 있다.

절연을 위해 코팅된 평판 구리(Cu) 와이어에 대한 벤딩(bending) 성형으로 요구 형상의 헤어 핀이 가공되며, 이후 모터 고정자에 조립된다. 성형된 헤어 핀의 품질은 구동모터 조립공정 뿐만 아니라 완제품 구동모터의 불량률에도 매우 큰 영향을 미친다. 헤어 핀 성형 시 대표적인 불량은 벤딩 성형 시 국부적으로 지나친 연신에 의한 절연 코팅층 파단과 벤딩 성형 후 스프링백(spring-back) 등에 의한 치수정도 저하로, 이러한 불량발생 방지가 매우 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 불량발생 평가를 위한 기초연구로 다양한 헤어 핀 제품에 대한 단면 위치 별 절연 코팅층의 두께, 구리 모재와 코팅층의 경도, 그리고, 벤딩에 의한 변형부 단면을 분석하였다. 또한, 절연 코팅층의 파단 발생 평가를 위해 인장시험과 고속카메라를 이용하여 절연 코팅층의 파단 메커니즘을 분석하였으며, 마지막으로, 성형해석을 통해 단면 세장비가 높은 평판 구리 와이어의 벤딩 공정 특성을 분석하였다.

Keywords : Hair pin, Flat Cu Wire, Coating Layer Fracture, Bendability

본 연구는 산업통상자원부 자동차산업기술개발사업(과제명: 탄화수소계열 냉매기반 간접식 중앙집중형 열관리 시스템용 800V 급 고효율 전동 압축기 기술 개발, No.: 20014421)의 지원으로 수행되었음.

1. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹

2. 한국생산기술연구원 첨단메카트로닉스 연구그룹

교신저자: 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, E-mail: sklee@kitech.re.kr

냉간 단조 공정 조건에 따른 ITR의 회전토크에 대한 유한요소해석

한동운¹ · 정영훈¹ · 허우로¹ · 김효규¹ · 장규봉¹ · 김성탁¹ · 모찬빈[#]

Finite Element Analysis of Rotational Torque of ITR depending on Cold Forging Process Conditions

D. W. Han, Y. H. Jung, U. Heo, H. K. Kim, K. B. Jang, S. Kim, C. B. Mo

Abstract

ITR(Inner Tie Rod)는 타이로드 엔드 및 너클 등과 연결되어 차량 조향 시 랙으로부터의 하중을 휠로 전달하는 관절부품이다. ITR은 볼 하우징, 볼 시트, 로드로 구성되며, 볼 시트 내에 그리스를 도포하여 로드를 끼우고 볼 하우징과 조립한 후 냉간 프레스 단조 공정으로 제작한다. 이때, 프레스 거리에 따라 ITR의 회전을 위한 토크가 결정되며, 이 토크의 크기에 따라 조향감 및 충격흡수에 영향을 줄 수 있다.

따라서 본 연구에서는 ITR의 냉간 프레스 단조 공정 거리에 따른 단면 형상 및 회전 토크를 분석하고 유한요소해석 모델과 비교함으로써 ITR의 성능을 결정하는 회전 토크를 예측해 향후 타이로드 설계를 위한 기초자료로 제공하고자 하였다. 냉간 프레스 단조 공정 모사를 위해 프레스 거리에 따른 성형해석을 수행하였고, 이후 토크해석을 수행해 실험 결과와 비교하였다. 그 결과 프레스 거리가 증가함에 따라 회전 토크가 증가하는 경향을 나타내었다.

Keywords : ITR(Inner Tie Rod), Cold Forging, Rotation Torque, Finite Element Analysis

1. 한국생산기술연구원

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

자율주행 자동차 컴팩트 전동회전시트용 고강도 하부회전판의 냉간성형에 관한 연구

권태하¹ · 서창희[#] · 오상균¹ · 전효원¹ · 김환태²

A Study on Cold Forming of High Strength Lower Plate for Autonomous Vehicle Compact Electric Rotating Seat

T. H. Kwon, C. H. Suh, S. G. Oh, H. W. Jeon, H. T. Kim

Abstract

Seats for autonomous vehicle must be able to rotate in order to utilize interior space. In particular, seat module is becoming more compact to secure foot space of passengers. Because it is necessary to ensure the safety of passengers while being compact, the rotating module require complex shapes and high strength characteristics to improve rigidity. In this study, the lower plate of the compact rotating module, which has a shape that is difficult to form, is to be formed by applying the multi-stage press forming method. In case of a automobile part having a complex shape, it is difficult to manufacture in one forming using cold forming method, so the part can be manufactured through a multi-stage forming method. In this study, suitable forming method and die design were made, and possibility of manufacturing was reviewed through forming simulation.

Keywords : Autonomous Vehicle, Compact Rotating Seat, Lower Plate, Cold Forming, High Strength Steel

본 연구는 소재부품기술개발사업(20004965)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원

2. (주)정명

교신저자: 대구기계부품연구원, 책임. E-mail: suhch@dmi.re.kr

알루미늄합금의 성형성 향상에 관한 연구

송재선^{1, #}, 윤국태¹, 전강국¹, 박춘달¹

A Study on the Improvement of Formability of Aluminum Alloys

J. S. Song, K. T. Youn, K.K. Jeon, C. D. Park

Abstract

미세먼지, 기후 변화 등에 따라 자동차의 제작 및 운행에 대한 연비향상과 국내외 환경 규제는 점차 강화되고 있다. 미국과 유럽 등 주요 자동차 제조사들은 전기자동차 생산 및 대중화를 시작했고, 국내 자동차 제조사 역시 전기자동차 및 수소자동차 시장 진입에 나서고 있으나, 배터리 등 친환경차 전용부품들은 무거운 중량으로 인해 내연기관차에 비해 중량을 증가시키는 요인으로 작용되고 있다. 자동차의 편의/안전에 대한 요구 증가로 중량이 증가되고 있으므로 충돌안전 규제 대응 및 중량이 무거워질수록 에너지 효율성이 떨어지기 때문에 미래 자동차 시장에서 차량의 고강도화 및 경량화 기술은 매우 중요한 과제로 부각되고 있고 우선적으로 해결되어야 한다.

일반적으로 연비를 개선하기 위한 다양한 방법 중 경량 소재에 의한 경량화 방법은 적용 주기가 짧고 개선 여지가 상대적으로 많으며, 다양한 경량화 요소 반영이 가능하고 경량화로 인한 연비개선 효과 역시 명확하다. 차량에 적용되는 경량화 소재는 초고강도강판, 알루미늄, 마그네슘, 탄소섬유 등 경량소재로 변화가 되고 있으며, 최근 자동차의 차체 BIW에 적용되는 소재의 적용 동향을 살펴보면 고강도강판과 알루미늄의 적용 비중이 높다. 특히, 해외 자동차 제조사에서는 올 알루미늄 바디(all aluminum body)를 고급형 양산차량에 적용함으로써 신 경량 차체 플랫폼 설계 제조기술을 확보하였으며, 국내에서는 그동안 차량 가격 경쟁력 확보를 위해 스틸 베이스 차체 구조에서 탈피하지 못하고 있었지만 최근 EV용 신 경량 차체 플랫폼 개발이 시작되면서 고급형 양산차량에 알루미늄 차체부품을 적용하는 이중재(Al-Steel) 차체 모듈 상용화 기술 개발이 진행되고 있다. 전기 자동차의 차체를 알루미늄으로 대체하여 중량이 감소하면 배터리를 비롯한 관련부품의 사이즈를 줄일 수 있기 때문에 배터리를 포함한 전체 코스트가 줄어드는 효과가 있으며, 전기차의 무게가 20% 줄면 항속 거리는 20% 늘어나고, 일반 내연기관도 알루미늄 비율을 10% 높이면 연비는 5~7% 개선되는 효과가 있다. 그러나, 알루미늄은 대표적 경량소재임에도 성형성이 낮아 열간성형을 많이 하지만 성형을 위한 소재의 특성 데이터 부족하고, 성형중 마찰에 의해 소재가 금형에 늘어붙는 Sticking 현상이 많이 발생된다.

본 연구에서는 스틸 소재 적용에 의한 경량화의 한계를 극복하기 위하여 알루미늄 소재를 적용하였으며, 알루미늄의 냉간성형시 성형성을 향상시키고자 서보프레스의 슬라이드 모션을 제어하였다. 슬라이드 모션에 따른 알루미늄 성형성을 평가와 강도에 따른 슬라이드 모션의 Pulse위치와 성형성의 상관관계를 비교 분석하였다.

Keywords : Aluminum, Servo-press, Slid Motion, Formability

1. 대구기계부품연구원

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

740H 인코넬 합금 냉간인발공정 전처리 피막형성연구

남궁정^{1#}, 강희수¹, 임광혁², 정희원³

A Surface Coating of the Chemical Reaction for the 740H Inconel alloy Cold Drawing with a Pre-treatment

J. Namkung, H. S. Kang, K. H. Yim, H. W. Jeong

초록

합금 소재의 냉간인발공정에서는 인발공구와 가공소재 표면의 마찰을 감소시키고 공구와 소재를 보호하기 위하여 다양한 인발 전처리 화성피막을 형성하여 활용하고 있다. 대표적으로 일반강의 경우 인산염피막을 형성하며 스테인리스강에서는 수산염피막을 형성하여 활용한다. 이들 전처리 화성피막은 공통적으로 합금의 Fe원소를 이용한 화학반응피막을 형성하며 오래전부터 많은 연구와 산업적으로 활용되어 왔다. 고온물성이 우수한 인코넬 740H 합금은 에너지 효율향상을 위해 운전온도상향추세에 있는 발전소 보일러 튜브 및 화학플랜트 고온부품필요에 대응할 목적으로 용해/주조/단조/열간공정 및 냉간인발공정에 의해 무계목튜브를 제조하는기술 개발 연구가 진행되고 있다. 인코넬 740H합금은 Ni-Cr-Co합금으로 일반강 및 스테인리스강과는 다르게 인발 전처리 화성피막의 주요구성성분으로 활용되어온 Fe성분이 없는 특징이 있으며 화성피막의 형성에 대한 연구결과 보고는 미약하였다. 따라서, 본 연구에서는 740H합금 표면에 전처리 화성 피막의 형성과 피막의 특성에 대하여 조사하였다.

Keywords : 740H 합금, Ni-Cr-Co 합금, 전처리, 화성피막, 냉간인발

1. 포항산업과학연구원, 수석연구원

2. 한스코 기술연구소 소장

3. 한국재료연구원, 책임연구원

교신저자: RIST, 수석연구원. E-mail: namkung@rist.re.kr

Center Pillar Outer 부품의 탄소 복합소재 성형해석 연구

조형찬¹·석주성²·송영빈³ 강민희⁴

A study on the forming analysis of carbon composite materials of Center Pillar Outer parts

H. C. Cho, J. S. Seok, Y. B. Song, M. H. Kang

Abstract

자동차용 Center Pillar 부품은 Inner 및 Rein Force, Outer 부품으로 조립된다. 본 논문에서는 Outer 부품을 대상으로 기존에 사용되던 Steel 블랭크 사이즈를 열가소성 탄소복합소재로 대체하여 PCM(Press Compression Mold) 성형해석을 진행하였다. 열가소성 탄소복합소재 성형해석을 통해 Shear angle 변화를 관찰하였으며, Shear angle 결과에 따라 프레스 성형 시 PAD를 설치하여 설치 전과 후의 변화를 관찰하였다.

Keywords : 열가소성 탄소복합 소재, Center Pillar Outer, PCM 성형해석

■ 열가소성 탄소복합소재 물성 시험

PCM 성형해석에 앞서 본 연구에서 사용된 H사의 12K 탄소직물 복합섬유소재(PA6수지 함침)에 대해 물성시험을 진행하였다. 물성시험은 전단시험(Picture Frame Test), 탄성계수, 밀도등을 진행하였으며, 해석상에 입력한 데이터는 아래와 같다.

Table 1. 성형해석에 입력한 물성 데이터

항목	Value
E-Modulus	42.9GPa
Density	1298 kg/m ³
Shear Strain-Shear Stress	Fig 1참조
Bending Stiffness	0.03GPa

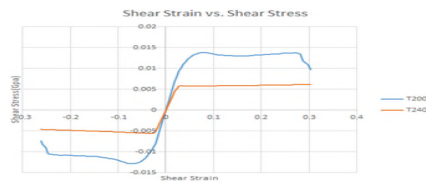


Fig 1. 전단시험 그래프

■ PCM(Press Compression Mold) 성형해석 결과

Fig 2과 같이 성형해석을 진행하였으며, 그 결과(Fig 3)에서 Shear angle는 Max 45.9°, Min -43.3°로 나타났다. Fig 4처럼 Shear angle이 심하게 발생하는 부분을 관찰하였으며, Fig 5과 같이 Shear angle 을 줄이기 위해 금형에 PAD를 설치하여 성형해석을 진행하였다. 성형결과는 Fig 6로 Shear angle이 Max 41.0°, Min -37.8°로 관찰 되었다. PAD를 설치함에 따라 Shear angle을 전체적으로 줄일 수 있었지만, 소재가 깊게 유입되는 부분에서는 높은 Shear angle이 나타났다. 소재가 깊게 유입되는 부분의 Shear angle를 줄이기 위해선 Outer부품에 대해 설계 수정이 필요할 것으로 판단된다.

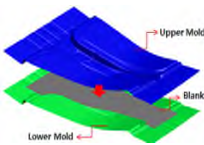


Fig2. PCM성형해석

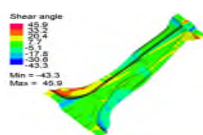


Fig3. 성형해석 결과

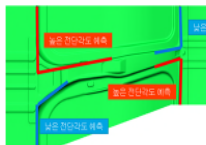


Fig4. Shear angle 예측



Fig5. PAD 설치

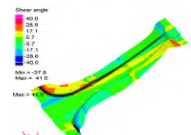


Fig6. 성형해석 결과

■ 후기

본 연구는 중소기업기술개발지원사업(산연 Collabo R&D, 과제번호:S2895748) 지원으로 수행되었습니다

스테인레스 분말야금 제품의 부식과 소결공정 조건에 대한 연구

최용진¹· 이상곤²· 황선광²· 이인규²· 이성윤²· 조아라²· 정명식[#]

A Study on Corrosion and Sintering Process Conditions of Stainless Powder Metallurgy Products

*Y. J. Choi, S. K. Lee, S. K. Hwang, I. K. Lee, S. Y. Lee, A. R. Jo, #M. S. Jeong

Abstract

분말야금으로 제조되는 스테인레스 제품이 타 생산공정으로 제조되는 스테인레스 제품보다 부식발생이 현저히 높은 현상이 나타나고 있다. 본 연구는 이에 대한 원인을 분석하고, 이러한 부식 발생시기를 늦추거나, 발생빈도를 낮출 수 있는 방법을 찾고자 하였다. 분말야금 공정으로 생산되는 제품은 타 생산공정으로 제조되는 제품보다 밀도가 낮게 제조되며, 이는 분말야금의 특성이다. 따라서 분말야금 공정 제품에는 표면과 내부에는 공극이 발생한다. 이러한 공극은 부식이 발생하는 원인 중 하나인 틈새부식을 가속화 시키는 원인이다. 이러한 틈새부식으로 인해 분말야금 공정으로 생산되는 제품이 기타 생산공정의 제품보다 빠르게 부식이 발전된다고 판단하였다. 분말야금 공정으로 생산된 제품의 부식발생 시기를 늦추거나, 발생 빈도를 낮추는 방법으로는 제품을 고밀도 화하여 공극 발생을 최대한 줄여 틈새부식이 발생하지 않도록 하는 방법을 선택하였다. 분말야금 제품의 고밀도화는 소재배합, 압축성형, 소결 공정조건 등으로 결정된다. 본 연구에서는 소결공정 조건 중 소결 온도와 소결 분위기를 변경하여 기존 방법보다 고밀도화된 스테인레스 제품을 제조하고, 변경된 각 조건에 따라, 아arki메테스 방식을 활용한 밀도를 비교분석 하였다. 또한 각 조건별로 제조된 스테인레스 분말야금 제품을 염수분무 시험을 활용하여 기존 조건으로 제조된 제품과 부식 발생시기를 비교분석 하였다.

Keywords : Stainless steel, Sintering, Powder Metallurgy, Corrosion

1. 한국생산기술연구원, 연구원

2. 한국생산기술연구원, 수석연구원, 선임연구원, 연구원

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

PBF공정으로 적층한 머레이징강의 열처리 조건에 따른 기계적 물성 평가

조아라^{1,2}, 김선형³, 안지섭^{1,2}, 오철환¹, 정명식¹, 문영훈², 황선광[#]

Mechanical property evaluation through heat treatment of maraging steel processed by PBF

A. R. Jo, S. H. Kim, J. S. An, C. H. Oh, M. S. Jeong, Y. H. Moon, S. K. Hwang

Abstract

머레이징강은 상온과 고온에서의 기계적 특성이 뛰어나고 열처리조건에 따른 다양한 기계적 성질로 인해 금형 및 우주 항공용 부품으로 사용되고 있다. 이러한 특성으로 머레이징강을 활용한 많은 연구가 진행되고 있으며 다양한 공정 중 형상자유도가 높은 적층제조공정의 적용이 대두되고 있다. 본 연구에서는 Powder bed fusion (PBF) 공정이 적용된 머레이징강의 열처리 조건에 따른 인장강도 및 미세조직을 분석하고 상온 및 고온에서의 기계적 물성치를 비교하고자 한다. 또한 PBF공정으로 제작한 머레이징강의 금형 적합성 평가를 위해 피에조볼트(하중센서)를 적용하여 냉간금형강인 AISI D2금형과의 차이를 관찰하고자 한다. 앞서 진행된 연구를 통해 최적의 공정조건으로 적층을 하였고 3가지 고용화 열처리와 어닐링 열처리 조건으로 시편을 제작하였다. 인장시험과 경도시험을 통해 3가지 열처리 조건에 따른 결과를 도출하였고 EBSD 분석을 통해 마르텐사이트 함량에 따른 경도 및 강도 변화를 분석하였다. 머레이징강의 고온 물성치를 파악하기 위해 동적재료물성시험기인 Gleeble을 활용하였고 온도에 따른 머레이징강의 인장강도 특성을 파악할 수 있었다. AISI D2금형과의 비교를 위해 PBF공정으로 머레이징강 단조금형을 제작하였고, 피에조볼트를 결합하여 하중 데이터를 비교하였다. 실험결과, 머레이징강의 마르텐사이트 함량에 따라 열처리된 시편의 인장강도 및 경도가 달라지는 것을 확인할 수 있었고 고온물성시험(400℃, 600℃)결과에서 1374 MPa, 828 MPa의 고온인장강도를 확인할 수 있었다. 피에조볼트가 결합된 AISI D2금형과 머레이징강 금형의 동일한 조건에서 진행한 평가 결과, 머레이징강 금형이 D2 금형보다 약 90 MPa 낮은 금형응력 값을 보여 금형수명이 향상될 것으로 예측되었다. 본 연구를 통해 PBF로 적층된 머레이징강의 열처리 조건에 따른 상온 및 고온에서의 기계적 물성치를 분석할 수 있었고, 해당 공정이 금형적용 가능성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

Keywords : Maraging steel, Mechanical properties, Heat treatment, Martensite, Piezo bolt, Die material

1. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹
2. 부산대학교 기계공학부
3. 한국씨엔에스

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

가스분무법 활용 NdFeB 분말의 소성변형을 통한 결정립 미세화 및 이방성 제어 연구

박상민^{1†} · 조주영^{2†} · 김대겸³ · 자비드 후세인⁴ · 송명석^{5,#} · 김택수^{6,#}

Research on control of grain refinement and anisotropy using severe plastic deformation of NdFeB alloy powder fabricated by gas atomization process

S. M. Park, J. Y. Cho, D. K. Kim, J. Hussain, M. S. Song, T. S. Kim

^{†,#} These authors made equal contributions as first author and corresponding author

Abstract

NdFeB magnets have been regarded as the critical material for advanced technologies based on the superior magnetic properties. The plastic deformation is rising as alternative for effectively improving refinement of microstructure. However, slip systems in the NdFeB magnets are less to apply plastic deformation in room temperature. Therefore, severe plastic deformation process was tried to observe possibility for controlling grain refinement and magnetic anisotropy of NdFeB magnets. Gas-atomized NdFeB alloy powder was pre-compacted at high temperature and deformed by HPT (high pressure torsion). Microstructural studies and magnetic properties were observed using FE-SEM and B-H tracer. Finally, it is found that the grain refinement was achieved by increasing portion of melted Nd-rich and formation of anisotropy of Nd₂Fe₁₄B was accomplished after HPT process.

Keywords : Rare Earth permanent magnet, Severe Plastic Deformation, Gas Atomization, Grain Refinement, Magnetic Anisotropy

1. 한국생산기술연구원, 학생연구원

2. 한라캐스트, 책임연구원

3. 한국생산기술연구원, 연구원

4. 한국생산기술연구원, 학생연구원

5#. 한국생산기술연구원, 선임연구원 E-mail: mssong@kitech.re.kr

6#: 한국생산기술연구원, 연구소장, 수석연구원 E-mail: tskim@kitech.re.kr

박막 면상 발열체를 이용한 사출 성형용 급속 금형 가열 구조

김효인¹·이정환²·황용일¹·김영식¹·김현식³·남정규^{1#}

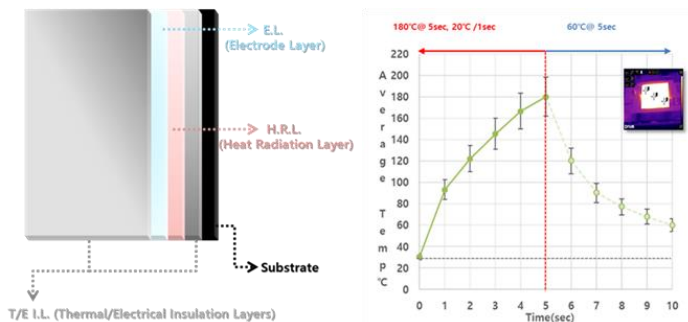
Fast mold heating structure for injection molding using thin-film surface heating elements

H.-I. Kim, J.-H. Lee, Y.-I. Hwang, Y.-S. Kim, H.-S. Kim, J.-K. Nam

Abstract

In plastic injection molding, maintaining the mold temperature through heating is important as it determines the quality of molded products and their defect rate. Conventionally, there are two methods to heat the mold: using a heater or high-temperature steam. However, these two methods cannot be employed to heat the entire mold due to high energy consumption and prolonged manufacturing process.

Here, we propose a new heating mold structure where a multilayer ceramic composite film is applied to a general injection mold that can be heated fast with current conduction. The multilayer ceramic composite film consists of (1) ceramic protective layers such as Al_2O_3 and ZrO_2 for thermal/electrical insulation during electric heating on the carbon-steel-based mold, (2) metal/metal oxide complex-based heat radiation layer for electric heating, and (3) a circuit protecting layer. The heating characteristics of the manufactured fast heating mold structure were investigated, and it was confirmed that heating the surface to 200 °C or even higher temperature was achieved within a few seconds, the deviation of the heating temperature within the surface of the mold was less than 5 %, and the surface characteristics of the molded article were improved.



Keywords : Thin film surface Heaters, Injection molding, Fast mold heating, Ceramic heating materials

1. BYSol Research center, Senior researcher

2. VD Mecha Group, Samsung Electronics, Senior engineer

3. Department of Materials Science and Engineering, University of Seoul, Professor

교신저자: BYSol Research center, CEO. E-mail: zignamu@imbysol.com

자동차 차체 사이드 실 부품의 판재 인발성형 공정에 대한 실험적 연구

박상언¹, 최수영², 강범수³, 구태완[#]

Experimental Study on Sheet Pultrusion Process for Side Sill Member of Automotive Body

S. E. Park, S. Y. Choi, B. S. Kang, T. W. Ku

Abstract

Recently, UHSS (ultra high strength steel) sheets have been often used to realize weigh reduction for increasing fuel efficiency, and to satisfy safety regulations on vehicle. Due to mechanical properties such as high tensile strength and small elongation of UHSS sheet, roll forming process has been applied to produce the side sill member. In this study, sheet pultrusion process as alternative for replacing the roll forming is experimentally considered. In this experimental approach, a series of die surface design and die design for the sheet pultrusion process are performed, and the fabricated die set is applied to the sheet pultrusion experiments. SPFC1470 sheet with blank thickness of 1.20mm is used as initial blank. Using the side sill member prototyped by the sheet pultrusion under room temperature condition, dimensional accuracy and spring-back behavior are investigated. As results, it is confirmed that the dimensional accuracy is well satisfied and the spring-back behavior is also controlled to meet the required specifications.

Keywords : Sheet Pultrusion, UHSS, Side Sill Member

Acknowledgements : 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가원 지원의 지역대표중견기업육성사업 (P0017537) 및 한국연구재단 지원의 선도연구센터 지원사업(NRF-2019R1A5A6099595)에 의해 수행되었음.

1. 성우하이텍 신뢰성평가팀, 책임연구원
2. 성우하이텍 선행기술팀, 책임연구원
3. 부산대학교 항공우주공학과, 교수
부산대학교 ERC/ITAF, 교수. longtw@pusan.ac.kr

Instability map을 활용한 열간압연용 아다마이트 주조롤의 고온 성형성 평가

고준^{1,3} · 김철우¹ · 원종철² · 이종국³ · 전재열[#]

Evaluation on hot workability of adamite cast rolls for hot rolling using instability map

Jun Ko, Cheolwoo Kim, HyoSang Yoo, Jongcheol Won, Jong Kook Lee, Jaeyeol Jeon

Abstract

6mm 이상의 두꺼운 강판인 후판 및 H형, L형 등 단면의 형태가 일정하도록 제조하는 형강 열간압연 공정에서 조압연에 사용되는 워크롤은 고탄소 단조롤이나 아다마이트 주조롤이 사용되고 있다. 최근 다종 다양한 고품질의 압연재가 요구되기 때문에 가혹한 조건하에서 압연이 이루어지는 경우가 많아 피압연재와 접촉되는 워크롤의 수명 증가를 위한 고강도화와 인성 향상 요구가 증대되고 있다. 본 연구에서는, 기존에 주조 공정으로 제작되는 아다마이트롤의 고강도화 및 건전성 향상을 위한 열간단조 공정 적용 가능성 여부를 검토하고자 Gleeble 시험을 통해 고온변형거동 분석 및 열간가공 조건 도출을 목적으로 한다. Gleeble 시험은 아다마이트 주조재를 직경 10mm, 높이 12mm의 원통형 시편으로 가공하여 초기 1200°C 까지 가열 후, 고온변형 시험온도까지 급속 냉각하여 각각의 시험온도에서 일정 시간 유지 후 압축을 실시하였다. 변형률 속도는 0.001~1.0/s, 변형률은 50%로 동일하게 실시하였다. Gleeble 시험 결과인 고온 유동응력-변형률 곡선으로부터 Instability map 작성 및 고온압축시험편 외관 형상과 단면의 미세조직 비교 분석을 통해 고온 성형성을 평가하였다. 변형온도 1100°C에서는 입계 시멘타이트에서 국부 용융에 의한 표면 터짐이 관찰되며, 변형온도 800°C에선 변형률 속도와 관계없이 시멘타이트에서 크랙이 관찰되었다. Gleeble 시험을 통한 아다마이트 소재의 고온 성형성 평가 결과, 변형률 50%에서 안정적 열간가공 조건은 변형온도 850°C-1050°C, 변형률 속도는 0.01/s 이하로 도출되었다.

Keywords : Adamite, Hot workability, Gleeble thermo-mechanical test, Instability map, Microstructure

1. 한국생산기술연구원, 학생연구원

2. 현대IFC, 실장

3. 조선대학교, 교수

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

냉간 압연 공정에 따른 전자개폐기용 바이메탈 소재 클래딩 조건 도출 및 특성 평가

조우빈^{1,3}, 유효상¹, 김대근², 최한철³, 전재열[#]

Derivation of cladding conditions of bimetallic materials for magnetic switch according to the cold rolling process and its properties

W. B. Jo, H. S. Yoo, D. G. Kim, H. C. Choi J. Y. Jeon

Abstract

바이메탈은 변압기, 중전기, 전력 차단기 등 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 최근 300kW 이상 중전기의 수요가 증가함에 따라 과전류 발생을 방지하고 전력손실을 최소화하기 위한 300kW 이상 초고전압 전자개폐기용 바이메탈 소재의 개발이 요구되고 있다. 하지만 국내의 경우 이러한 바이메탈 소재의 제조 기술이 전무하여 전량 수입에 의존하고 있으며 안정적으로 고성능 바이메탈을 수급하기 위한 제조 기술의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 냉간 압연 공정에 따른 전자개폐기용 바이메탈 소재의 클래딩 공정 조건을 도출하기 위하여 동속 클래딩과 상·하부 롤의 속도를 달리한 이주속 클래딩을 실시하여 각각의 공정에 따른 클래딩 조건을 도출하였다. 클래딩 시, 고열팽창부는 Ni-Mo-Fe계 합금과 저열팽창부는 Ni-Fe계 합금을 사용하였고 냉간압접이 가능한 최소한의 압하율 조건을 도출하기 위하여 동속 클래딩과 이주속 클래딩을 다양한 압하율 하에서 실시하였다. 이주속 클래딩의 상·하 롤 속도비는 1:1.4~1:3.0으로 달리하여 실시하였다. OM, FE-SEM 및 EBSD를 통해 압하율과 롤 속도비에 따른 클래드재의 미세조직을 분석하였고 기계적 특성을 평가하기 위해 비커스 경도 시험을 실시하였다.

Keywords : Bimetal, Cladding, Differential speed cladding, Microstructure, Mechanical properties,

1. 한국생산기술연구원, 학생연구원

2. 고등기술연구원, 책임연구원

3. 조선대학교, 교수

교신저자: 한국생산기술연구원, 선임연구원, jyjeon0156@kitech.re.kr

난성형 Inconel 718 합금의 특성 최적화를 위한 열간 단조 공정 설계 및 미세조직 변화 예측

성상규¹ · 이영선¹ · 윤은유^{1,#}

Design of hot forging process to optimize properties and microstructure prediction of hard-to-form Inconel 718 alloy

S. G. Seong¹, Y. S. Lee¹, E. Y. Yoon^{1,#}

Abstract

Inconel 718 합금은 니켈기 초내열 합금에 속하며 석출강화형 합금으로 항공기 엔진 부품, 가스 터빈 등에 고온 고압의 환경에 주로 사용되고 있다. 최근 에너지 절감과 환경 문제로 인해 연료 소비, 부품 수명, 강도 특성 등 엔진 효율을 증가시키기 위해 미세조직 제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Inconel 718 합금은 다른 니켈기 합금에 비해 철 함량을 높여 비용 저감과 가공성을 향상시켰으며 단련 공정을 거쳐 단조와 같은 소성가공법을 통해 제조되고 있다. 하지만 단조 공정을 이용할 경우 난성형 성으로 높은 하중이 소요되기 때문에 900 °C 이상의 고온에서 주로 단조가 이루어지는데 변형 온도, 변형률 속도 그리고 총 변형량에 따라 동적 재결정, 결정립 성장과 같은 미세조직 변화가 민감하게 발생한다. 최근 동적 재결정, 결정립 성장에 관한 수식을 모델링화 하여 유한요소해석에 적용하는 연구가 진행되고 있으며 이를 통해 가공 조건에 따른 미세조직 변화를 효과적으로 예측이 가능하다.

본 연구에서는 동적 재결정을 유도한 미세조직 제어 열간 단조 공정을 설계하기 위해 900 ~ 1150 °C의 온도와 0.001 ~ 10/s의 변형률 속도의 다양한 조건에서 고온압축시험을 진행하였으며 도출된 유동응력으로 공정지도를 제작하여 최적의 단조 조건을 설정하였다. 또한 유동응력과 온도, 변형률, 변형률 속도에 관계된 Zenor-Hollomon parameter를 이용하여 동적 재결정에 필요한 재료상수를 도출하였으며 유한요소해석의 Input data로 활용하여 열간 단조 공정으로 제조된 엔진 부품의 미세조직을 예측하였다.

Keywords : Inconel 718, Microstructure prediction, Hot forging process, Dynamic recrystallization, Finite element method

1. 한국재료연구원

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원 E-mail:eyyoon@kims.re.kr

항공기 엔진용 대형 단조품의 특성 향상을 위한 초내열 Inconel718 합금의 다단공정 요소기술 개발

김효건^{1,2} · 조성우^{1,3} · 윤은유^{4,#}

Development of multi-step forging process technology of super alloy Inconel718 to improve the properties of large forged parts for aircraft engines

H. G. Kim, S. W. Jo, E. Y. Yoon

Abstract

Ni계 초내열 합금인 Inconel718은 고온에서의 우수한 기계적 특성과 피로 특성으로 항공기 엔진과 가스터빈의 재료로써 사용된다. 석출물의 형상으로 강화되는 석출경화형 합금으로 γ 기지에 γ' 상과 γ'' 의 석출을 통해 강화되고, 침상의 δ 상을 통해 고온 특성이 결정된다. Inconel718 합금을 대형 부품에 사용하기 위해 열간 단조를 통한 성형이 이루어진다. 고온에서의 우수한 기계적 특성으로 인해 단조 시 많은 하중을 요구하게 되며, 열간 단조 시 공정 중 온도 감소에 따라 하중 증가가 발생하여 적절한 단조 온도 선정 및 재가열 후 단조 하는 다단 단조공정을 필요로 한다.

본 연구에서는 재가열 단조공정 시 미세조직 미세화를 통해 특성을 향상시키는 방법을 연구하였다. 초기 미세조직이 조대한 경우 높은 변형량을 부여하고 재가열을 통해 미세조직을 미세화시킬 수 있는 방안에 대해 분석하였다. 또한, 다단공정 시 미세조직의 미세화 및 조대화를 방지할 수 있는 단계별 최소 변형량의 기준을 제시하였다. 미세조직은 EBSD를 통해 분석하였으며, 기계적 특성은 비커스 경도를 이용하여 비교 분석하였다.

Keywords : Inconel 718, Aircraft engines, Multi-step forging, Re-heating, Recrystallization

1. 한국재료연구원, 연구원

2. 경상국립대학교

3. 국립안동대학교

4. 한국재료연구원, 선임연구원

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원. eyyoon@kims.re.kr