

2022년도 한국소성가공학회 추계학술대회 및 정기총회 초록집

➤ 일 정 : 2022년 12월 1일(목)~2일(금)

➤ 장 소 : 제주 소노캄 리조트

➤ 주 최 : (사)한국소성가공학회

➤ 후 원 : 한국과학기술단체총연합회

➤ 후원사 : 한국재료연구원 금속소재종합솔루션센터

한국재료연구원 파워유닛스마트제조센터

한국재료연구원 재료인공지능 빅데이터연구실

세아창원특수강

세아베스틸

(주)케이에스피

(주)엠에프알씨

(주)솔루션랩

(주)진합

오토폼엔지니어링코리아

(주)성우하이텍

(주)에프엠케이

(주)화신

(주)스페이스솔루션

헬무트 피셔 코리아

(주)씨에이이테크놀러지

(주)프로솔

한국이에스아이(주)

대구컨벤션뷰로

포항공대 헤테로제닉 금속적층제조 소재부품연구센터



사단
법인 한국소성가공학회
The Korean Society For Technology of Plasticity

제 1 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶ West 6층 그랜드볼룸

○특별세션1 - 750℃급 스팀터빈용 고온소재 및 부품기술개발		좌 장: 오영석 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0048	스팀터빈용 Ni계 초내열합금 무계목 소재 자유단조 기술 개발 구혜연*(한스코), 임광혁
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0033	니켈계 초내열 합금 무계목 튜브 제조를 위한 열간 피어싱 기술 이준표*((주)세창스틸), 홍성모
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0023	필거 및 인발가공에 의한 740H 합금튜브제조기술연구 박재현*((주)한국에스티에스)
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0025	조성 최적화를 통한 IN740H의 내산화성 및 크리프 특성 향상에 대한 연구 윤대원*(한국재료연구원), 유영수, 정희원, 서성문, 이형수
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0015	저마찰 인발유 및 인발공구 표면처리적용에 관한 연구 남궁정*(포항산업과학연구원)
14:15~14:30	KSTP_C2022B_0027	Inconel 740H 초내열합금의 미세조직 기반 열처리 설계를 통한 크리프 특성 향상 홍현욱*(창원대학교), 김동민, 양철혁, 정희원
14:30~14:45	Coffee Break	
○특별세션1 - 750℃급 스팀터빈용 고온소재 및 부품기술개발		좌 장: 남궁정 (포항산업과학연구원)
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0074	진공아크 재용해 (VAR)를 활용한 적층성형 필러용 Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr 합금의 잉곳 제조 기술개발 김시온*((주)한국진공야금), 박상규, 염종택, 홍재근, 최재영
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0042	Progressed Wire Arc Additive Manufacturing Process for Ti-6Al-4V Alloy to Improve Efficiency and Mechanical Properties 김재혁*(한국재료연구원), 아늑, 강승원, 조상명, 염종택
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0035	Microstructural modification induced by welding parameter variation in wire arc additive manufacturing Ti-6Al-4V deposits 황성원*(부산대학교), Gua Xian, Cheepu, 조상명, 염종택, 강남현
15:30~15:45	토 론	

제 2 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶EAST 1층 다이아몬드

○특별세션3 - 발전/항공 파워유닛 엔진용 고강도 내열소재 성형기술		좌 장: 윤은유 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0051	대형 Ni 초내열합금 단조품의 결정립 미세화 및 균질화를 위한 열간단조 공정 설계 조성우*(한국재료연구원), 김효건, 이영선, 이상용, 윤은유
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0054	Inconel 706 합금의 재가열 횟수와 변형률에 따른 동적 재결정 거동 김효건*(한국재료연구원), 조성우, 이영선, 윤은유
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0116	가스터빈엔진 부품용 초내열 판재 성형 기술 개발 윤준석*(한국재료연구원), 이광석, 신다슬, 안홍
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0143	대형 티타늄 합금 단조품의 열간 형단조 및 열처리 공정개발 송민철*(현대아이에프씨), 이상준, 원종철
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0145	항공엔진 부품용 Inconel 625 링롤링 소재의 미세조직 및 기계적 특성 평가 신다슬*(한국재료연구원), 안소현, 박진욱, 윤준석, 이광석
14:15~14:30	KSTP_C2022B_0150	Inconel 706 합금의 단조하중 저감을 위한 회전단조공정 개발 우영윤*(한국재료연구원), 김효건, 이영선
14:30~14:45	Coffee Break	
○특별세션3 - 발전/항공 파워유닛 엔진용 고강도 내열소재 성형기술		좌 장: 신다슬 (한국재료연구원)
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0151	난가공성소재인 Ti64 합금의 열간단조시 크랙 발생예측 서브루틴 개발 및 적용 이민식*(부산대학교), 안지섭, 황선광, 송민철, 문영훈
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0165	항공엔진 부품용 단조공정 해석 임형철*((주)에프엠케이), 최창혁, 천세환
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0169	항공기 엔진 부품용 금형 단조 및 자유 단조 기술 개발 정상우*(케이에스피), 김춘식, 조재현
15:30~15:45	KSTP_C2022B_0170	초내열합금 단조품의 미세조직 제어를 위한 FDFD 공정기술 개발 김진혁*(세아창원특수강), 김영준, 권순일, 박강열, 최상민, 안재영, 송영석, 신정호
15:45~16:00	토 론	

* 17:20~18:00 초청강연- Thomas B. Stoughton (GM R&D Center, USA)

* 18:10~18:40 총회 및 시상식

제 3 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶EAST 1층 에메랄드

○일반 발표- 경량금속1		좌 장: 조재형 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0078	Mg-8.0Al-0.5Zn-0.2Mn 압출재의 연속 석출거동에 대한 {10-12} 쌍정인 유도되는 선변형의 영향 김현지*(경북대학교), 박성혁
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0085	탄점소성 다결정 유한 요소 해석 모델을 활용한 Mg-10Gd 마그네슘 합금의 기계적 거동 예측 이재성*(창원대학교), 더크 스테글리히, 정영웅
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0080	고내식 난연성 다이캐스팅 SEN6 마그네슘 신합금의 인장 및 고주기 피로 특성 김정은*(경북대학교), 김예진, 배준호, 유봉선, 박성혁
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0100	마그네슘 합금을 적용한 상용 트럭 아마추어 코어의 강성확보 이현택*(공주대학교), 홍석무
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0083	선압축 및 어닐링을 적용한 AZ31과 AZ91-Ca-Y-MM 합금의 미세조직 변화지도 구축 이종언*(경북대학교), 김예진, 박성혁
14:15~14:30	Coffee Break	
○일반 발표- 경량금속2		좌 장: 정영웅 (창원대학교)
14:30~14:45	KSTP_C2022B_0166	머신러닝 기반의 Ti-20Zr-9Nb-5Sn 합금의 초탄성 거동 예측 유진영*(부산대학교), 천세호, 오정석, 남태현, 김정기, 이태경
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0141	일축압축시 Mg-Zn-Zr의 미세조직과 집합조직 변화 조재형*(한국재료연구원), 치투리 비렌드라, 이건영
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0047	기회폭발 접합공정을 적용한 CFRP-알루미늄 이종소재 접합공정 정유형*(한양대학교), 이원주, 임현교, 장승범, 윤종현
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0097	Reverse 알고리즘 기반 nanoindentation 데이터를 활용한 DP980의 페라이트 및 마르텐사이트 물성 예측 서위걸*(순천대학교), Lalit Kaushik, 최시훈
15:30~15:45	KSTP_C2022B_0152	극저온 압연 중 Cu-Fe-P 합금의 미세구조 및 집합조직 변화 Aman Gupta*(순천대학교), 박기성, 유태현, 허윤욱, 최시훈
15:45~16:00	Coffee Break	
○특별세션2 - EV용 배터리팩 경량화를 위한 다층금속판재 제조, 성형 및 평가 기술		좌 장: 봉혁중 (한국재료연구원)
16:00~16:15	KSTP_C2022B_0024	전기차 배터리 케이스 쿨링플레이트 개발 정희석*(성우하이텍)
16:15~16:30	KSTP_C2022B_0104	Al/Al 클래드 판재와 구성 소재와의 기계적 특성 상관관계 연구 봉혁중*(한국재료연구원), 성진영, 김민호, 이광석
16:30~16:45	KSTP_C2022B_0108	Al/Ti 이종금속 박판의 접합성 개선 연구 이광석*(한국재료연구원)
16:45~17:00	KSTP_C2022B_0109	급속 통전처리를 이용한 알루미늄 크래드 철강의 피로특성 제어 Meiling Geng*(울산대학교), Shengwei Zhang, 김문조, 배장현, 한흥남, 홍성태
17:00~17:15	토 론	

제 4 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶EAST 2층 루비

○일반 발표 - 일반금속가공1		좌 장: 이태경 (부산대학교)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0003	초음파나노표면개질 기술에 위한 SiC 열용사 코팅의 기계적, 내마모성 및 피로수명 향상 아마노프*(선문대학교), 카림바예프
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0113	포타슘 도핑이 텅스텐의 연성-취성 천이 온도에 미치는 영향 민건식*(서울대학교), 김정석, 성시문, 이성민, 김황선, 김형찬, 한흥남
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0124	저방사화 강 복합재의 열 및 기계적 특성에 대한 구리 첨유의 영향 연구 조영환*(서울대학교), 양현준, 이창훈, 홍순직, 유웅열, 한흥남
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0129	SLM으로 제조된 CM247LC 초내열합금의 상온 및 고온에서의 기계적 특성에 미치는 후열처리 공정의 영향 원경운*(인하대학교), 박소연, 권석환, 서성문, 이기안
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0131	Ti합금의 선형마찰용접부 특성 분석 권용남*(한국재료연구원), 최현성, 심성용
14:15~14:30	Coffee Break	
○일반 발표 - 일반금속가공2		좌 장: 강성훈 (한국재료연구원)
14:30~14:45	KSTP_C2022B_0132	부풀림 성형품 두께 분포 최적화 설계 권용남*(한국재료연구원), 최현성
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0158	바탕재 금속의 소성 거동이 바탕재와 개재물 간 접촉면 분리에 미치는 영향 사공철*(한국과학기술원), Brain Nyvang Legarth, 윤정환
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0036	합성곱 인공 신경망 기반 비지도 학습을 이용한 철강 미세조직 자동 분류 김호혁*(한국재료연구원), 오세혁, 정재면, 오영석, 김세종, 이호원, 강성훈
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0163	머신러닝 기반 TV 후방 패널 성형성 예측 피에만 파질리*(한국과학기술원), 조동혁, 최현성, 조준호, 윤정환
15:30~15:45	KSTP_C2022B_0070	인장시험 모사를 위한 새로운 파단모델의 적용 문희범*((주)솔루션랩), 강경필, 이경훈, 정혁재
15:45~16:00	Coffee Break	
○일반 발표 - 일반금속가공3		좌 장: 박성혁 (경북대학교)
16:00~16:15	KSTP_C2022B_0099	유한요소 해석과 역설계 기법을 활용한 ERW파이프 열영향부 기계적 물성 획득 이상민*(공주대학교), 홍석무
16:15~16:30	KSTP_C2022B_0115	결정립 성장시 외부 응력에 의해 발생하는 영구 변형에 대한 분자 동역학 시뮬레이션을 활용한 연구 성시문*(서울대학교), 장재훈, 김양후, 한흥남
16:30~16:45	KSTP_C2022B_0135	딥 러닝 기반 대면적 전자빔 크레이터 예측 모델 개발 오민기*(한국재료연구원), 이용훈, 정재면, 김호혁, 오영석, 김세종, 이호원, 강성훈, 김지수, 오세혁
16:45~17:00	KSTP_C2022B_0146	탭핑 공정간 탭 마모 경향 분석 및 너트 나사산 성형 품질 영향분석 김영진*(성균관대학교), 최석우, 정선호, 민수홍, 김민수, 이종섭, 이은호
17:00~17:15	KSTP_C2022B_0153	동적재결정 거동 예측을 위한 미세조직 기반 다중스케일 모델링 연구 박진흥*(서울대학교), 이명규

제 5 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶EAST 2층 사파이어

○일반 발표- 일반금속가공4		좌 장: 김세중 (한국재료연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0157	알루미늄-철 이종재료 전기 접 용접부의 구성방정식 및 파괴거동 모델링 조동혁*(한국과학기술원), Hassan Ghassemi-Armaki, Thomas B. Stoughton, Blair E. Carlson, 성현민, Brain Nyvang Legarth, 윤정환
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0162	핀-프레스 방법으로 제작된 TC4 피라미드형 3차원 격자 구조의 평면 압축 성능 분석 및 트러스 각도 최적화 왕후이*(한국과학기술원), X.R.Chu, 윤정환
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0014	진공점진성형을 적용한 자동차 도어패널 제품의 변형 특성 분석 윤형원*(한국생산기술연구원), 박남수
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0160	유한요소해석을 통한 성형공정이 판금 구조물의 열좌굴에 미치는 영향 분석 이주원*(한국과학기술원), 윤정환
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0164	1.5GPa급 Mart강과 6xxx계 알루미늄 합금의 동적인장물성/측정 불확도 평가 및 고속재료시험기 자동화 노동환*(한국과학기술원), 박준용, 임현용, 윤정환
14:15~14:30	Coffee Break	
○일반 발표- 일반금속가공5		좌 장: 고영건 (영남대학교)
14:30~14:45	KSTP_C2022B_0017	우수한 강도-연성 조합을 위한 레이저 클래딩을 통한 헤테로 구조화 전략 김래연*(포항공과대학교), 김은성, 구강희, 안성열, 박효진, 문종연, 김형섭
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0022	고상 접합/가공된 합금의 미세조직 및 전기화학적 연구 아나만 샘 야오*(한밭대학교), 김재국, 이종숙, 홍성태, 조훈휘
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0041	적층 알루미늄 제진 판재를 이용한 대시 패널 제조 홍종화*(한국재료연구원), 이동준, 권용남, 박현일, 김대용
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0081	고Mn TWIP강의 Notch 인장 파괴 거동 유상협*(국립한밭대학교), 박경태, 정기채, 문희범, 이경훈
15:30~15:45	KSTP_C2022B_0106	고강도강에서 타발데미지를 고려한 구멍확장비 분석 조우진*(서울대학교), 정병석, 채준영, 정진욱, 이재웅, 김성일, 한흥남
15:45~16:00	Coffee Break	
○일반 발표- 단조3		좌 장: 구태완 (부산대학교)
16:00~16:15	KSTP_C2022B_0064	Pilgering 공정에서 맨드렐의 운동 정승원*((주)MFRC), 정석환, 정임근, 정완진, 전만수
16:15~16:30	KSTP_C2022B_0110	볼트형 피에조 센서를 이용한 증속 공정 모니터링 및 금형 파손 예측 권오동*((주)솔루션랩), 김기풍, 김현우, 류신호, 박찬희, 이경훈
16:30~16:45	KSTP_C2022B_0065	너트 냉간단조 공정의 고정도 유한요소해석 누르히다야 빈티 압둘 하미드*(경상국립대학교), 변종복, 강성목, 이광희, 전만수
16:45~17:00	KSTP_C2022B_0068	단이 진 스트립 제조를 위한 형상 튜브인발 공정의 가능성에 관한 연구 변종복*(경상국립대학교), 이승훈, 이광희, 남정우, 전만수
17:00~17:15	KSTP_C2022B_0060	Boss forming 공정에서 원주방향 응력의 영향 아파프 아메라 압둘 가위*(경상국립대학교), 모하마드 카스완디 라자리, 누오라아즐리나모하마드살레, 전만수

제 6 발표회장

2022년 12월 1일(목)

▷▶EAST 2층 오펜 I

○일반 발표- 단조1		좌 장: 신영철 (한국생산기술연구원)
13:00~13:15	KSTP_C2022B_0034	소형모듈원전(SMR)용 대형 주단조품의 단조성형 기술에 관한 연구 김영득*(두산에너지빌리티)
13:15~13:30	KSTP_C2022B_0040	음향방출 센서를 이용한 냉간단조용 인산염 피막처리강의 마찰 특성 모니터링 김지훈*(한국재료연구원), 서영호, 김상우
13:30~13:45	KSTP_C2022B_0058	링롤링 공정 시뮬레이션에서 폭퍼짐의 억제 문호근*((주)MFRC), 정석환, 정승원, 김진국, 전만수
13:45~14:00	KSTP_C2022B_0059	Jominy 테스트의 QT 시뮬레이션 모하마드 카스완디 라자리*(경상국립대학교), 정석환, 미썸 이라니, 최정목, 전만수
14:00~14:15	KSTP_C2022B_0066	비대칭 튜브인발 공정의 탄소성 유한요소해석 누를 아키라 빈티 라자리*(경상국립대학교), 정임근, 전만수
14:15~14:30	KSTP_C2022B_0071	냉간단조용 항복비제어강의 자동차용 요크 적용을 위한 단조 공정 해석 성상규*(한국재료연구원), 이영선, 우영윤, 윤은유
14:30~14:45		Coffee Break
○일반 발표- 단조2		좌 장: 이상곤 (한국생산기술연구원)
14:45~15:00	KSTP_C2022B_0053	무산소동 원소재 결정립도가 라이너 물성에 미치는 영향 정윤성*(풍산), 이재근, 서송원
15:00~15:15	KSTP_C2022B_0057	냉간단조용 선재의 마찰특성 평가방법 개발 문지훈*(한국재료연구원), 우영윤, 이상용, 이영선
15:15~15:30	KSTP_C2022B_0062	재료의 유동 곡선을 이용한 형상 비교 연구 지수민*(경상국립대학교), 곽희만, 최정목, 전만수
15:30~15:45	KSTP_C2022B_0084	냉간 성형시 저탄소강의 미세조직에 따른 이상 결정립 거동 연구 황순홍*(현대제철), 남궁승, 이재호, 홍성민, 정성수
15:45~16:00	KSTP_C2022B_0055	항복비제어강의 차량용 Torx bolt 적용을 위한 냉간단조 공정 해석 및 단조품 특성 분석 김규한*(한국재료연구원), 우영윤, 윤은유, 이영선
16:00~16:15	KSTP_C2022B_0061	AZ31B의 압축시험의 온도 보상 유동곡선과 그 영향 전만수*(경상국립대학교), 지수민, 유재동, 김민철, 최정목
16:15~16:30		Coffee Break
○일반 발표- 일반금속가공6		좌 장: 이상곤 (한국생산기술연구원)
16:30~16:45	KSTP_C2022B_0114	불연속 항복 거동을 수반하는 저탄소강의 소부 경화 거동에 관한 연구 정병석*(서울대학교), 조우진, 신은주, 박시욱, 정진욱, 나현택, 김성일, 한흥남
16:45~17:00	KSTP_C2022B_0156	일관성 있는 소재 물성 예측을 위한 강건한 DIC 데이터 처리 임현용*(한국과학기술원), 윤정환
17:00~17:15	KSTP_C2022B_0159	리튬 이온 배터리 파우치 필름의 인장 시 발생하는 평면 외 변형 억제를 위한 인장 시편 최적화 장택진*(한국과학기술원), 사공철, 김용남, 윤정환

제 1 발표회장

2022년 12월 2일(금)

▷▶ EAST 1층 에메랄드

○일반 발표- 박판성형1		좌 장: 김민기 (한국생산기술연구원)
9:00~9:15	KSTP_C2022B_0032	고분자 필름 및 구리선 이중 물성을 고려한 EV모터용 헤어핀 성형 공정 해석 김동춘*(현대자동차), 임윤재, 오인석, 이명규
9:15~9:30	KSTP_C2022B_0088	A vacuum-assisted single-point incremental forming process on controlling material pillow tendency for achieving geometrical accuracy improvements 무루계산 모한라즈*(서울과학기술대학교), 윤형원, 유제형, 정완진, 이창환
9:30~9:45	KSTP_C2022B_0126	핫스탬핑 시뮬레이터를 이용한 분위기 제어조건에 따른 비도금 강판의 모사부품 표면 특성 평가 이지호*(한국생산기술연구원), 김민기, 송정한, 진홍교, 배기현
9:45~10:00	KSTP_C2022B_0001	고강도 차체 구현을 위한 핫스탬핑 프로세스 윈도우 개발 윤승채*(현대제철 연구개발본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동
10:00~10:15	KSTP_C2022B_0002	데이터 기반의 핫스탬핑 도금층 예측 기술 개발 윤승채*(현대제철 연구개발본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동
10:15~10:30	KSTP_C2022B_0077	DP980 기계적 물성의 변형 경로 의존성과 탄점소성 다결정 모델을 이용한 해석 전보혜*(국립창원대학교), 이신영, 프레드릭 발랏, 이재성, 정영웅
10:30~10:45	Coffee Break	
○일반 발표- 박판성형2		좌 장: 이신영 (포항공과대학교)
10:45~11:00	KSTP_C2022B_0102	자동차용 철강 소재의 파단 거동 물성 평가 이신영*(포항공과대학교), 김진환, Frederic Barlat
11:00~11:15	KSTP_C2022B_0112	인장/압축 비대칭성이 있는 금속판재의 굽힘 거동 계산 안강환*(포스코기술연구원), 서민홍
11:15~11:30	KSTP_C2022B_0125	마찰교반용접된 이중알루미늄 접합소재의 수치해석 및 실험을 활용한 성형성 평가 장인제*(한국생산기술연구원), 김용배, 정선호, 노우람
11:30~11:45	KSTP_C2022B_0148	마그네슘 합금 판재(AZ31B)의 굽힘 변형에서 음향 방출 신호 특성 분석 유제형*(서울과학기술대학교), 송용호, 안소찬, 정완진, 이창환
11:45~12:00	KSTP_C2022B_0096	방전기공에 의한 영향을 고려한 극박 금속의 물성 측정 정재봉*(부산대학교), 모하마드호세인자데 마지드, 켈니아완 에디, 김지훈
12:00~12:15	KSTP_C2022B_0161	유한 요소 해석을 통한 롤러 오프셋 공정 알루미늄 강판의 뒤틀림 최소화 한동훈*(한국과학기술원), Thomas B. Stoughton, Lu Huang, 윤정환

제 2 발표회장

2022년 12월 2일(금)

▷▶EAST 2층 루비

○일반 발표- 압출 및 인발		좌 장: 이광석 (한국재료연구원)
9:00~9:15	KSTP_C2022B_0067	유한요소해석을 이용한 압출 금형 설계에 관한 연구 김용관*((주)솔루션랩), 윤용석, 이경훈
9:15~9:30	KSTP_C2022B_0072	액체질소 공급에 의한 금형냉각이 Al-Mn계 알루미늄 합금 납작관의 압출 특성 변화에 미치는 영향 김우성*(대한공조(주)), 전영호, 이승철, 최호준, 신영철
9:30~9:45	KSTP_C2022B_0127	개량 Al-0.7Mn 합금의 미세조직과 고온 변형 거동 및 성형성 강태훈*(인하대학교), 황원구, 신영철, 최호준, 이승철, 이기안
9:45~10:00	KSTP_C2022B_0174	Elucidating time-dependent deformation characteristics of AA7075 alloy under different temper conditions Kali Prasad*(철강대학원), Hariharan Krishnaswamy, 김형섭
10:00~10:15	Coffee Break	
○일반 발표- 압연		좌 장: 이현석 (포항산업과학연구원)
10:15~10:30	KSTP_C2022B_0030	수치해석적 최적화를 통해 도출한 벨로우즈의 응력 분석 김우열*(포항산업과학연구원), 오윤석, 김대웅, 김지형, 박우창, 신재원, 황인기
10:30~10:45	KSTP_C2022B_0020	ZRM 냉간압연기 압연하중 예측을 위한 수식모델 기반 딥러닝 예측모델 개발 조용석*(포스코), 강윤희
10:45~11:00	KSTP_C2022B_0045	딥뉴럴네트워크를 이용한 냉간압연기 설정 모델 개발 김성현*(포스코)
11:00~11:15	KSTP_C2022B_0101	냉간 압연 시 Ta-10W 합금의 미세조직 및 변형집합조직 변화 거동에 미치는 압하율의 영향에 관한 연구 박기성*(국립순천대학교), 정효태, 최시훈
11:15~11:30	KSTP_C2022B_0144	Ti-6Al-4V합금 후판 제조 연구 이현석*(포항산업과학연구원), 최미선
11:30~11:45	KSTP_C2022B_0155	온도와 변형률 속도를 고려한 Si 첨가 극저탄소강의 압축 경화곡선 모델링 이충명*(한국과학기술원), 강춘구, 윤정환
11:45~12:00	KSTP_C2022B_0179	재료수율향상을 위한 자동차용 용접 너트 성형공정 개선에 대한 연구 박예찬*(한국생산기술연구원), 김영진, 정선호, 이종섭

제 3 발표회장

2022년 12월 2일(금)

▷▶ EAST 2층 사파이어

○특별세션4 (Closed Session) 사전 신청자에 한해 입장가능		좌 장: 김성구 ((주)성우하이텍) 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발
9:00~9:15	KSTP_C2022_0184	멀티셀 구조 복합재 인발 부품 개발 김재균*(㈜성우하이텍), 최용민, 김성구, 손성만, 이규영, 이문용
9:15~9:30	KSTP_C2022_0185	RCF 온간성형 기술개발 최용민*(㈜성우하이텍), 정운성, 김성구, 손성만, 이문용
9:30~9:45	KSTP_C2022_0186	복합소재 인발부품 제조장치 및 제조공정 최적화 기술개발 김성구*(㈜성우하이텍), 정운성, 최용민, 손성만, 이규영, 이문용
9:45~10:00	KSTP_C2022_0187	멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형 고창오*(태성정밀), 하민찬, 정운성, 김성구, 이규영
10:00~10:15	Coffee Break	
10:15~10:30	KSTP_C2022_0188	장섬유의 탄소섬유를 이용하여 분산성을 향상시킨 복합재용 탄소섬유페이퍼의 그 제조 방법 김승근*(지리산한지), 김동훈, 최병조, 권오훈
10:30~10:45	KSTP_C2022_0189	탄소섬유 부직포 제조시 인산이 난연성 및 계면결합력 향상에 미치는 영향 김경하*(한국생산기술연구원), 김대업
10:45~11:00	KSTP_C2022_0190	연속압축침공공정 온도조건에 따른 열가소성 복합재 물성분석에 관한 연구 김늘새롬*(라지), 박철현, 정길재
11:00~11:15	KSTP_C2022_0191	선형 좌굴 해석을 활용한 복합재 시트크로스멤버 두께 최적화 주근수*(한국재료연구원), 김경덕, 김영철, 김진봉, 장홍규, 이우경, 강민규

제 4 발표회장

2022년 12월 2일(금)

▷▶ EAST 2층 오펜 I

○특별세션4 (Closed Session) 사전 신청자에 한해 입장가능		좌 장: 오명환 ((주)성우하이텍) 다중 차체부품 제조를 위한 가변형 스마트 제조 기술 개발
9:00~9:15	KSTP_C2022_0192	6천계 알루미늄 다단 열간성형에 미치는 성형 인자의 영향 오명환*(㈜성우하이텍), 김래형, 김영수, 박상언, 손성만, 이문용
9:15~9:30	KSTP_C2022_0193	생산 유연 다목적 언더바디 차체 부품 개발 김래형*(㈜성우하이텍), 김영수, 최승권, 박상언, 손성만, 이문용
9:30~9:45	KSTP_C2022_0194	Cell To Body 전기차 언더바디 충돌해석 분석 김덕현*(㈜성우하이텍), 김영수, 최승권, 김래형, 손성만, 이문용
9:45~10:00	KSTP_C2022_0195	다품종 스마트 멀티 지그 시스템 개발 임태진*(한진FAS), 김영기, 최명숙
10:00~10:15	Coffee Break	
10:15~10:30	KSTP_C2022_0196	진공흡착 그리퍼의 성능향상을 위한 공압기구의 최적 조건 호지수*(씨메스), 권민혁, 권현준, 서동균
10:30~10:45	KSTP_C2022_0197	라인 장비 상태 모니터링 시스템 윤지호*(영산대학교), 윤진원
10:45~11:00	KSTP_C2022_0198	복합재 드릴링 전산모사 및 복합재-금속 접착 접합부의 내식성 평가 허용찬*(부산대), Eddy Kurniawan, 오명환, 김성구, 김래형, 김지훈
11:00~11:15	KSTP_C2022_0199	다중 차체부품 생산 라인의 디지털 트윈 구축에 관한 연구 강형석*(한국자동차연구원), 김동욱, 이용욱

제 5 발표회장- 포스터발표 I

2022년 12월 2일(금) 9:20~11:00

▶▶EAST 1층 다이아몬드

○포스터 발표		좌 장: 송정한 (한국생산기술연구원) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P01	KSTP_C2022B_0005	하나로 핵연료 집합체 스웨이징 공정 개선 황재준*(한국원자력연구원), 도정민, 이규홍
P02	KSTP_C2022B_0006	극저탄소강 자동차 외판재의 표면 불량현상에 대한 전산모사 기법 연구 김기정*(현대제철 연구개발본부), 윤승채, 정영주, 현주식, 정유동
P03	KSTP_C2022B_0007	냉각금형을 이용한 알루미늄 파이프 요크 다단 단조공정 설계 이상곤*(한국생산기술연구원), 이성민, 이인규, 이성윤, 정명식, 황선광, 박동용, 박재욱, 황원석
P04	KSTP_C2022B_0009	경량화 및 측면충돌 향상을 위한 사이드 스트러처 개발 이정흠*(대우공업㈜), 남성우, 김대인, 김종윤, 박초롱
P05	KSTP_C2022B_0010	성형해석을 이용한 LNG 선박용 멤브레인 금형공법 연구 이정흠*(대우공업㈜), 남성우, 김대인, 김종윤, 박초롱
P06	KSTP_C2022B_0011	충돌성능 확보를 위한 AL Sheet적용 배터리팩 연구 김대인*(대우공업㈜), 남성우, 이정흠, 김종윤, 박초롱
P07	KSTP_C2022B_0012	연속주조품을 이용한 8MW급 해상풍력발전용 대형 링부품의 열간단조 특성 이재훈*(㈜태웅), 오일영, 김남용, 허상현, 김경아, 장희상, 이진모
P08	KSTP_C2022B_0013	해상풍력발전용 대형 단조품 생산을 위한 Ø1000 대단면 연속주조 해석모델 개발 김진영*(메탈젠택)
P09	KSTP_C2022B_0019	알루미늄 합금 적용 후판 곡면성형에 관한 연구 이상익*(기득산업(주)), 공경열, 박성진
P10	KSTP_C2022B_0021	용접 위치와 개수에 따른 도어링 측면 충돌 해석 전현종*(부산대학교), 이민식, 강충길
P11	KSTP_C2022B_0026	경동주조공법을 적용한 경량화 부품 특성 연구 정희철*(경북테크노파크), 이성민, 김장수, 송확, 김은영, 김기영
P12	KSTP_C2022B_0029	단열재 접착부 절삭 가공 실험적 연구 전태영*((주)지브이엔지니어링), 권정재, 박상범
P13	KSTP_C2022B_0031	자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드라이브 허브 및 관성 휠의 R-Bead 성형공정 연구 박진수*((주)경우정밀), 임성주, 임성식, 김용배
P14	KSTP_C2022B_0037	하부관절장치 최적화 설계 황원주*(현우시스템), 홍순욱, 권명환, 한수길
P15	KSTP_C2022B_0038	Cu/Ti/Cu 접합재의 다이 전단시험을 통한 크기별 접합강도 평가 김유진*(한국생산기술연구원), 박종은, 김민기
P16	KSTP_C2022B_0039	냉간 다단단조 설비의 실시간 공정제어 평가 강성목*(풍강), 강기주, 정현영, 이광희, 김진용
P17	KSTP_C2022B_0043	냉간단조 금형 수명예측 방안의 분석 및 평가 정현영*(풍강), 강성목, 이광희, 김진용, 노우람, 정완진
P18	KSTP_C2022B_0046	전기화학적 수소 장입에 따른 Ti 합금의 미세조직 및 기계적 특성 분석 연구 이효주*(한밭대학교), 아나만 샘, 최정목, 박이주, 이근호, 김재국, 이종숙, 조훈휘
P19	KSTP_C2022B_0049	사출 성형품의 품질 예측을 위한 인공지능망 방식의 적용에 관한 연구: 공정 조건의 특징선택 양동철*(한국생산기술연구원), 김종선
P20	KSTP_C2022B_0050	유한 요소 해석을 이용한 SCM440 기저부 위 G6 분말 적층시 기저부 형상에 따른 적층부 인군의 열-기계 특성 분석 안동규*(조선대학교), 양지완, 이광규
P21	KSTP_C2022B_0052	마그네슘 합금 판재 (AZ31B)의 인장 변형에서 AE 신호 발생 특성 분석 안소찬*(서울과학기술대학교), 송용호, 유제형, 정완진, 이창환
P22	KSTP_C2022B_0056	딥러닝과 결정소성유한요소해석을 이용한 성형한계도 예측 이한준*(한국재료연구원), 김동규, 이호원
P23	KSTP_C2022B_0063	원형단면에서 U자형 단면으로의 형상인발공정 설계 및 수치적 검증 변종복*(경상국립대학교), 최연승, 정임근, 남정우, 전만수

제 5 발표회장- 포스터발표 II

2022년 12월 2일(금) 9:20~11:00

▷▶EAST 1층 다이아몬드

○포스터 발표		좌 장: 고영건 (영남대학교) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P24	KSTP_C2022B_0069	3차원 후판 패치 표면 프로파일링 머신 비전 기술 개발 이원주*(한양대학교), 응우옌통, 김성제, 이상익, 윤종현
P25	KSTP_C2022B_0073	알루미늄 압출품 외관 결함 검출에 대한 기초 연구 조춘목*(강원대학교), 이세형, 차예나, 김병희, 서영호, 곽호택, 김진구, 박용재
P26	KSTP_C2022B_0075	초음파 나노표면개질 공정이 적용된 Inconel 718 합금의 극저온 미세조직과 잔류응력이 기계적특성에 미치는 영향 김효건*(한국재료연구원), 아마노프 아웨즈한, 김정기, 윤은유
P27	KSTP_C2022B_0076	독립현가부품성형을 위한 단조 해석 기반 공정설계 연구 박지우*(한국생산기술연구원), 김민수
P28	KSTP_C2022B_0079	Point cloud 기반 인공지능 기술을 적용한 유연케이블 다발의 3차원 프로파일 추출기술 개발 응우옌통*(한양대학교), 김동형, 이지성, 김중배, 한병길, 박동일, 윤종현
P29	KSTP_C2022B_0082	6시그마 활용 도어 외판 핸들부 주위 미세면굴곡 저감 연구 최보성*((재)울산테크노파크), 이덕영
P30	KSTP_C2022B_0086	압출금형의 내마모 코팅 방식에 따른 마이크로 채널 튜브의 압출 특성 변화 신영철*(한국생산기술연구원), 최호준, 원종구, 이승철, 김우성, 전영호
P31	KSTP_C2022B_0087	비대칭 압연을 통한 이중 철계합금 클래딩재 제조 방법 및 특성 평가 조우빈*(한국생산기술연구원), 유효상, 조균택, 김대근, 전재열
P32	KSTP_C2022B_0089	SLA 3D 프린팅 공정에 따른 미세유체 칩의 광학적 특성에 관한 연구 권다인*(네오나노텍), 진재호, 오재환, 강도현, 김관오, 윤재성, 유영은
P33	KSTP_C2022B_0090	FRP 소재의 열간 성형을 통한 가이드 보빈 개발 이철환*(디케이솔루션), 서명관, 김동규, 김상현, 강용기
P34	KSTP_C2022B_0091	공정제어에 따른 금형의 진동 신호 변화와 공정정보의 상관관계에 대한 연구 이준한*(이몰디노), 김종선
P35	KSTP_C2022B_0092	3점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면 형상 설계 이철환*(디케이솔루션), 서명관, 강용기, 심우정, 김동규
P36	KSTP_C2022B_0093	건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석 서명관*(디케이솔루션), 이철환, 김동규, 박은수, 장현영, 박광수, 강용기
P37	KSTP_C2022B_0094	FEM을 통한 로터 샤프트용 Preform 형상 및 공정 설계 서명관*(디케이솔루션), 이철환, 강용기, 유호석, 김안나, 이성민, 김동규
P38	KSTP_C2022B_0095	로터 코어 균일 적층을 위한 접착제 도포 시스템 개발 강용기*((주)디케이솔루션), 이철환, 서명관, 박광석, 김안나, 이성민, 김동규
P39	KSTP_C2022B_0098	인장강도 980MPa급 후판재 적용 자동차 새시 부품 적용 성형성 연구 김상훈*((주)화신), 도두이통, 손경주, 박정석, 박종규
P40	KSTP_C2022B_0103	EV 모터용 ROTOR SHAFT 제조를 위한 Flow Forming 공정에 관한 연구 박은수*(경창산업(주)), 이성민, 김동규
P41	KSTP_C2022B_0105	수치해석을 통한 고강도 알루미늄 적용 Strut Main Plate 부품 다단 성형공정 설계 배기현*(한국생산기술연구원), 이지호, 김보익, 박시우, 허민철
P42	KSTP_C2022B_0107	혼재된 금속 비금속 스크랩 분리 방안 연구 박광수*(포항산업과학연구원), 문영훈
P43	KSTP_C2022B_0111	고강도강 레이저용접 판재의 용접부 국부 물성 평가 김민기*(한국생산기술연구원), 정준영, 정유진, 김유진, 송정환
P44	KSTP_C2022B_0117	전기자동차 조향장치용 알루미늄 스플라인 샤프트의 냉간 단조 공정 연구 신영철*(한국생산기술연구원), 임성주, 임성식, 신익철, 정성운, 정용필, 방희성
P45	KSTP_C2022B_0118	와전류를 이용한 초고강도강의 비파괴적 물성측정기법 장인제*(한국생산기술연구원), 배기현, 김태효, 남성우, 송정환
P46	KSTP_C2022B_0119	1.5GPa 초고강도강 적용 Side Sill 부품 냉간 성형공법 설계 송정환*(한국생산기술연구원), 배기현, 김민기, 남성우

제 5 발표회장- 포스터발표 III

2022년 12월 2일(금) 9:20~11:00

▶▶ EAST 1층 다이아몬드

○포스터 발표		좌 장: 윤은유 (한국재료연구원) ※ 포스터 사이즈: 가로 90cm X 세로 130cm
P47	KSTP_C2022B_0120	SUJ2 베어링 강의 변형을 속도 제어에 따른 유동 응력 곡선 영향 평가 최유림*(한국생산기술연구원), 김민기, 이승표, 송정한
P48	KSTP_C2022B_0121	전기자동차용 Seat Cross Member의 1.5GPa급 Mart강 적용 냉간 성형 공법 연구 방준호*(한국생산기술연구원), 송정한, 배기현, 김민기, 박남수, 남성우, 이종원
P49	KSTP_C2022B_0123	SUS316L 초극박 연료전지 분리판 두께균일도 향상을 위한 성형공정 설계 정준영*(한국생산기술연구원), 김민기, 남성우, 이정흙, 송정한
P50	KSTP_C2022B_0128	개량 Al-Mn계 합금의 부식 및 인장 특성에 미치는 Mn 첨가의 영향 황원구*(인하대학교), 강태훈, 신영철, 최호준, 이승철, 이기안
P51	KSTP_C2022B_0130	친환경 일액형 윤활제의 마찰특성에 관한 연구 박민철*(한국국제대학교), 김동환
P52	KSTP_C2022B_0134	LED실장 인서트 필름 사출성형시 가해지는 압력분할을 위한 설계 이종현*(한국생산기술연구원)
P53	KSTP_C2022B_0137	기어 일체형 모노블럭을 위한 복합단조공정 설계 이인규*(한국생산기술연구원), 이상곤, 이성윤, 이성민, 박동용, 정명식, 정훈, 김경률
P54	KSTP_C2022B_0138	마찰교반처리로 제조된 산화그래핀 강화 알루미늄 기지 복합재의 미세구조 및 기계적 특성 유한결*(한국원자력연구원), Soumyabrata Basak, Mounarik Mondal, Kun Gao, 홍성태, Sam Yaw Anaman, 신은주, 조훈휘
P55	KSTP_C2022B_0139	Al 7055 합금의 기계적 성질과 최적의 시효 조건 예측 손영일*(국방과학연구소)
P56	KSTP_C2022B_0140	내구성능 향상을 위한 TWB 적용 전륜 크로스 멤버 개발 김상훈*((주)화신), 박종규, 공호영, 남성식
P57	KSTP_C2022B_0149	고경도 냉간 압연롤의 직접분사적층(DED)방식 표면성능향상 김성욱*(RIST), 황준호, 김영수
P58	KSTP_C2022B_0154	포머 성형공정에서 연속공급 선재 절단면의 변형특성에 대한 유한요소해석 연구 윤덕재*(한국생산기술연구원), 이세현, 윤상현, 김응주
P59	KSTP_C2022B_0168	열간 가열온도에 따른 아다마이트 주강의 열간 성형성 평가 유효상*(한국생산기술연구원), 고준, 전재열
P60	KSTP_C2022B_0171	자동차 사이드 실 부재의 판재 인발성형 공정에 대한 해석적 연구 박상언*(성우하이텍), 최수영, 구태완
P61	KSTP_C2022B_0172	포트홀 압출 공정의 금형 내부 소재 유동 제어를 위한 비드 압출 금형 설계 이성윤*(한국생산기술연구원), 이인규, 이상곤, 이성민, 정명식
P62	KSTP_C2022B_0173	전기 자동차 경량화를 위한 배터리 지지 프로파일 압출 공정 설계 이성윤*(한국생산기술연구원), 이인규, 이성민, 이상곤, 김도원
P63	KSTP_C2022B_0175	Al5083의 드로잉 및 전단 특성 평가 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국, 박춘달
P64	KSTP_C2022B_0176	초고강도강판의 굽힘 특성 평가 송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국
P65	KSTP_C2022B_0177	Effect of grain size on plasma electrolysis behavior of Al alloy via differential speed rolling 수하르토노 트리*(영남대학교), 나쉬라 니사, 시타 파티마, 고영건
P66	KSTP_C2022B_0178	이속 압연가공된 0.18 wt.% 탄소강의 연속동적 재결정 거동 푸트리 로시 아말리아 쿠르니아*(영남대학교), 한다인, 위디안타라아이 푸투, 고영건
P67	KSTP_C2022B_0180	복잡형상 부품 제작을 위한 굽힘-확산접합 결합공정 이승환*(한국재료연구원), 박현일, 이동준, 홍종화, 권용남
P68	KSTP_C2022B_0181	유한요소해석을 활용한 Lead Screw 성형공정 최적화 윤덕재*(한국생산기술연구원), 이세현, 윤상현, 김응주
P69	KSTP_C2022B_0183	잔류응력 기반 Hole Expansion 공정 최적화 및 피로 균열 성장에 대한 잔류응력 영향 분석 백민재*(한국재료연구원)
P70	KSTP_C2022B_0200	Inconel 706 합금의 저하중 성형을 위한 회전단조기술 개발 조성우*(한국재료연구원), 김효건, 이영선, 윤은유, 이상용, 우영윤

목 차

1. 초청강연 (다이아몬드홀)

- Implementation of Stress Formability Analysis in Incremental Finite Element Simulation
..... Thomas B. Stoughton (GM R&D Center, USA) / 25

2. 특별세션 1 (제 1 발표회장)

○ 750°C급 스팀터빈용 고온소재 및 부품기술개발

- 니켈계 초내열 합금 무게목 튜브 제조를 위한 열간 피어싱 기술
.....이준표*((주)세창스틸), 홍성모 / 27
- 필거 및 인발가공에 의한 740H 합금튜브제조기술연구
..... 박재현*((주)한국에스티에스) / 28
- 조성 최적화를 통한 IN740H의 내산화성 및 크리프 특성 향상에 대한 연구
.....윤대원*(한국재료연구원), 유영수, 정희원, 서성문, 이형수 / 29
- 저마찰 인발유 및 인발공구 표면처리적용에 관한 연구
..... 남궁정*(포항산업과학연구원) / 30
- Inconel 740H 초내열합금의 미세조직 기반 열처리 설계를 통한 크리프 특성 향상
.....홍현욱*(창원대학교), 김동민, 양철혁, 정희원 / 31
- Progressed Wire Arc Additive Manufacturing Process for Ti-6Al-4V Alloy to Improve Efficiency and Mechanical Properties
..... 김재혁*(한국재료연구원), 아늑, 강승원, 조상명, 염종택 / 32
- Microstructural modification induced by welding parameter variation in wire arc additive manufacturing Ti-6Al-4V deposits
..... 황성원*(부산대학교), Gua Xian, Cheepu, 조상명, 염종택, 강남현 / 33

3. 특별세션 3 (제 2 발표회장)

○ 발전/항공 파워유닛 엔진용 고강도 내열소재 성형기술

- 대형 Ni 초내열합금 단조품의 결정립 미세화 및 균질화를 위한 열간단조 공정 설계
.....조성우*(한국재료연구원), 김효건, 이영선, 이상용, 윤은유 / 35
- Inconel 706 합금의 재가열 횟수와 변형률에 따른 동적 재결정 거동
..... 김효건*(한국재료연구원), 조성우, 이영선, 윤은유 / 36
- 대형 티타늄 합금 단조품의 열간 형단조 및 열처리 공정개발
..... 송민철*(현대아이에프씨), 이상준, 원종철 / 37
- 난가공성소재인 Ti64 합금의 열간단조시 크랙 발생예측 서브루틴 개발 및 적용
.....이민식*(부산대학교), 안지섭, 황선광, 송민철, 문영훈 / 38
- 초내열합금 단조품의 미세조직 제어를 위한 FDFD 공정기술 개발
..... 김진혁*(세아창원특수강), 김영준, 권순일, 박강열, 최상민, 안재영, 송영석, 신정호 / 39

4. 일반 논문 발표 / 특별세션 2 (제 3 발표회장)

○ 경량금속 1, 2

- Mg-8.0Al-0.5Zn-0.2Mn 압출재의 연속 석출거동에 대한 {10-12} 쌍정인 유도되는 선변형의 영향
..... 김현지*(경북대학교), 박성혁 / 41
- 탄점소성 다결정 유한 요소 해석 모델을 활용한 Mg-10Gd 마그네슘 합금의 기계적 거동 예측
..... 이재성*(창원대학교), 더크 스테글리히, 정영웅 / 42
- 고내식 난연성 다이캐스팅 SEN6 마그네슘 신합금의 인장 및 고주기 피로 특성
..... 김정은*(경북대학교), 김예진, 배준호, 유봉선, 박성혁 / 43
- 마그네슘 합금을 적용한 상용 트럭 아마추어 코어의 강성확보
..... 이현택*(공주대학교), 홍석무 / 44
- 선압축 및 어닐링을 적용한 AZ31과 AZ91-Ca-Y-MM 합금의 미세조직 변화지도 구축
..... 이종언*(경북대학교), 김예진, 박성혁 / 45
- 머신러닝 기반의 Ti-20Zr-9Nb-5Sn 합금의 초탄성 거동 예측
..... 유진영*(부산대학교), 천세호, 오정석, 남태현, 김정기, 이태경 / 46
- 기회폭발 접합공정을 적용한 CFRP-알루미늄 이종소재 접합공정
..... 정유형*(한양대학교), 이원주, 임현교, 장승범, 윤종현 / 47

○ EV용 배터리팩 경량화를 위한 다층금속판재 제조, 성형 및 평가 기술

- Al/Ti 이종금속 박판의 접합성 개선 연구
..... 이광석*(한국재료연구원) / 49
- 급속 충전처리를 이용한 알루미늄 크래드 철강의 피로특성 제어
..... Meiling Geng*(울산대학교), Shengwei Zhang, 김문조, 배장현, 한홍남, 홍성태 / 50

5. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 일반금속가공 1, 2, 3

- 초음파나노표면개질 기술에 위한 SiC 열용사 코팅의 기계적, 내마모성 및 피로수명 향상
..... 아마노프*(선문대학교), 카림바예프 / 52
- 포타슘 도핑이 텅스텐의 연성-취성 전이 온도에 미치는 영향
..... 민건식*(서울대학교), 김정석, 성시문, 이성민, 김황선, 김형찬, 한홍남 / 53
- 저방사화 강 복합재의 열 및 기계적 특성에 대한 구리 침투의 영향 연구
..... 조영환*(서울대학교), 양현준, 이창훈, 홍순직, 유용열, 한홍남 / 54
- SLM으로 제조된 CM247LC 초내열합금의 상온 및 고온에서의 기계적 특성에 미치는 후열처리 공정의 영향
..... 원경운*(인하대학교), 박소연, 권석환, 서성문, 이기안 / 55
- 바탕재 금속의 소성 거동이 바탕재와 개재물 간 접촉면 분리에 미치는 영향
..... 사공철*(한국과학기술원), Brain Nyvang Legarth, 윤정환 / 57
- 합성곱 인공 신경망 기반 비지도 학습을 이용한 철강 미세조직 자동 분류
..... 김호혁*(한국재료연구원), 오세혁, 정재면, 오영석, 김세종, 이호원, 강성훈 / 58

- 머신러닝 기반 TV 후방 패널 성형성 예측
..... 피에만 파질리*(한국과학기술원), 조동혁, 최현성, 조준호, 윤정환 / 59
- 인장시험 모사를 위한 새로운 파단모델의 적용
..... 문희범*((주)솔루션랩), 강경필, 이경훈, 정혁재 / 60
- 유한요소 해석과 역설계 기법을 활용한 ERW파이프 열영향부 기계적 물성 획득
..... 이상민*(공주대학교), 홍석무 / 61
- 결정립 성장시 외부 응력에 의해 발생하는 영구 변형에 대한 분자 동역학 시뮬레이션을 활용한 연구
..... 성시문*(서울대학교), 장재훈, 김양후, 한홍남 / 62
- 딥 러닝 기반 대면적 전자빔 크레이터 예측 모델 개발
..... 오민기*(한국재료연구원), 이용훈, 정재면, 김호혁, 오영석, 김세중, 이호원, 강성훈, 김지수, 오세혁 / 63
- 탭핑 공정간 탭 마모 경향 분석 및 너트 나사산 성형 품질 영향분석
..... 김영진*(성균관대학교), 최석우, 정선호, 민수홍, 김민수, 이종섭, 이은호 / 64
- 동적재결정 거동 예측을 위한 미세조직 기반 다중스케일 모델링 연구
..... 박진홍*(서울대학교), 이명규 / 65

6. 일반 논문 발표 (제 5 발표회장)

○ 일반금속가공 4, 5

- 알루미늄-철 이종재료 전기 점 용접부의 구성방정식 및 파괴거동 모델링
..... 조동혁*(한국과학기술원), Hassan Ghassemi-Armaki, Thomas B. Stoughton, Blair E. Carlson, 성현민, Brain Nyvang Legarth, 윤정환 / 67
- 핀-프레스 방법으로 제작된 TC4 피라미드형 3 차원 격자 구조의 평면 압축 성능 분석 및 트러스 각도 최적화
..... 왕후이*(한국과학기술원), X.R.Chu, 윤정환 / 68
- 진공접진성형을 적용한 자동차 도어패널 제품의 변형 특성 분석
..... 윤형원*(한국생산기술연구원), 박남수 / 69
- 유한요소해석을 통한 성형공정이 판금 구조물의 열좌굴에 미치는 영향 분석
..... 이주원*(한국과학기술원), 윤정환 / 70
- 1.5GPa급 Mart강과 6xxx계 알루미늄 합금의 동적인장물성/측정 불확도 평가 및 고속재료시험기 자동화
..... 노동환*(한국과학기술원), 박준용, 임현용, 윤정환 / 71
- 우수한 강도-연성 조합을 위한 레이저 클래딩을 통한 헤테로 구조화 전략
..... 김래언*(포항공과대학교), 김은성, 구강희, 안성열, 박효진, 문종언, 김형섭 / 72
- 고상 접합/가공된 합금의 미세조직 및 전기화학적 연구
..... 아나만 샘 야오*(한밭대학교), 김재국, 이종숙, 홍성태, 조훈휘 / 73
- 적층 알루미늄 제진 판재를 이용한 대시 패널 제조
..... 홍종화*(한국재료연구원), 이동준, 권용남, 박현일, 김대용 / 74
- 고Mn TWIP강의 Notch 인장 파괴 거동
..... 유상협*(국립한밭대학교), 박경태, 정기채, 문희범, 이경훈 / 75
- 고강도강에서 타발데미지를 고려한 구멍확장비 분석
..... 조우진*(서울대학교), 정병석, 채준영, 정진욱, 이제웅, 김성일, 한홍남 / 77

○ 단조 3

- Pilgering 공정에서 멘드렐의 운동
..... 정승원*((주)MFRC), 정석환, 정임근, 정완진, 전만수 / 78
- 볼트형 피에조 센서를 이용한 증육 공정 모니터링 및 금형 파손 예측
..... 권오동*((주)솔루션랩), 김기풍, 김현우, 류신호, 박찬희, 이경훈 / 79
- 너트 냉간단조 공정의 고정도 유한요소해석
..... 누르히다야 빈티 압둘 하미드*(경상국립대학교), 변종복, 강성목, 이광희, 전만수 / 80
- 단이 진 스트립 제조를 위한 형상 튜브인발 공정의 가능성에 관한 연구
..... 변종복*(경상국립대학교), 이승훈, 이광희, 남정우, 전만수 / 81
- Boss forming 공정에서 원주방향 응력의 영향
..... 아파프 아메라 압둘 가위*(경상국립대학교), 모하마드 카스완디 라자리, 누오라아즐리나모하마드살레, 전만수 / 82

7. 일반 논문 발표 (제 6 발표회장)

○ 단조 1, 2

- 소형모듈원전(SMR)용 대형 주단조품의 단조성형 기술에 관한 연구
..... 김영득*(두산에너지리티) / 84
- 음향방출 센서를 이용한 냉간단조용 인산염 피막처리강의 마찰 특성 모니터링
..... 김지훈*(한국재료연구원), 서영호, 김상우 / 85
- 링롤링 공정 시뮬레이션에서 폭퍼짐의 억제
..... 문호근*((주)MFRC), 정석환, 정승원, 김진국, 전만수 / 86
- Jominy 테스트의 QT 시뮬레이션
..... 모하마드 카스완디 라자리*(경상국립대학교), 정석환, 미쌈 이라니, 최정목, 전만수 / 88
- 비대칭 튜브인발 공정의 탄소성 유한요소해석
..... 누를 아키라 빈티 라자리*(경상국립대학교), 정임근, 전만수 / 89
- 냉간단조용 항복비제어강의 자동차용 요크 적용을 위한 단조 공정 해석
..... 성상규*(한국재료연구원), 이영선, 우영윤, 윤은유 / 90
- 무산소동 원소재 결정립도가 라이너 물성에 미치는 영향
..... 정윤성*(풍산), 이재근, 서송원 / 91
- 냉간단조용 선재의 마찰특성 평가방법 개발
..... 문지훈*(한국재료연구원), 우영윤, 이상용, 이영선 / 92
- 재료의 유동 곡선을 이용한 형상 비교 연구
..... 지수민*(경상국립대학교), 광희만, 최정목, 전만수 / 93
- 냉간 성형시 저탄소강의 미세조직에 따른 이상 결정립 거동 연구
..... 황순홍*(현대제철), 남궁승, 이재호, 홍성민, 정성수 / 94
- 항복비제어강의 차량용 Torx bolt 적용을 위한 냉간단조 공정 해석 및 단조품 특성 분석
..... 김규한*(한국재료연구원), 우영윤, 윤은유, 이영선 / 95
- AZ31B의 압축시험의 온도 보상 유동곡선과 그 영향
..... 전만수*(경상국립대학교), 지수민, 유재동, 김민철, 최정목 / 96

○ 일반금속가공 6

- 불연속 항복 거동을 수반하는 저탄소강의 소부 경화 거동에 관한 연구
..... 정병석*(서울대학교), 조우진, 신은주, 박시욱, 정진욱, 나현택, 김성일, 한홍남 / 97
- 일관성 있는 소재 물성 예측을 위한 강건한 DIC 데이터 처리
..... 임현용*(한국과학기술원), 윤정환 / 98
- 리튬 이온 배터리 파우치 필름의 인장 시 발생하는 평면 외 변형 억제를 위한 인장 시편 최적화
..... 장택진*(한국과학기술원), 사공철, 김용남, 윤정환 / 99

8. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 박판성형 1, 2

- 고분자 필름 및 구리선 이중 물성을 고려한 EV모터용 헤어핀 성형 공정 해석
..... 김동춘*(현대자동차), 임윤재, 오인석, 이명규 / 101
- A vacuum-assisted single-point incremental forming process on controlling material pillow tendency for achieving geometrical accuracy improvements
..... 무루계산 모한라즈*(서울과학기술대학교), 윤형원, 유제형, 정완진, 이창환 / 102
- 핫스탬핑 시뮬레이터를 이용한 분위기 제어조건에 따른 비도금 강판의 모사부품 표면 특성 평가
..... 이지호*(한국생산기술연구원), 김민기, 송정환, 진홍교, 배기현 / 103
- 고강도 차체 구현을 위한 핫스탬핑 프로세스 윈도우 개발
..... 윤승재*(현대제철 연구개발본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동 / 104
- 데이터 기반의 핫스탬핑 도금층 예측 기술 개발
..... 윤승재*(현대제철 연구개발본부), 공제열, 박재명, 박계정, 현주식, 정유동 / 105
- DP980 기계적 물성의 변형 경로 의존성과 탄점소성 다결정 모델을 이용한 해석
..... 전보혜*(국립창원대학교), 이신영, 프레드릭 발랏, 이재성, 정영용 / 106
- 자동차용 철강 소재의 파단 거동 물성 평가
..... 이신영*(포항공과대학교), 김진환, Frederic Barlat / 107
- 인장/압축 비대칭성이 있는 금속판재의 굽힘 거동 계산
..... 안강환*(포스코기술연구원), 서민홍 / 108
- 마찰교반용접된 이중알루미늄 접합소재의 수치해석 및 실험을 활용한 성형성 평가
..... 장인제*(한국생산기술연구원), 김용배, 정선호, 노우람 / 109
- 마그네슘 합금 판재(AZ31B)의 굽힘 변형에서 음향 방출 신호 특성 분석
..... 유제형*(서울과학기술대학교), 송용호, 안소찬, 정완진, 이창환 / 110
- 방전가공에 의한 영향을 고려한 극박 금속의 물성 측정
..... 정재봉*(부산대학교), 모하마드호세인자데 마지드, 켈니아완 에디, 김지훈 / 111
- 유한 요소 해석을 통한 롤러 오프셋 공정 알루미늄 강판의 뒤틀림 최소화
..... 한동훈*(한국과학기술원), Thomas B. Stoughton, Lu Huang, 윤정환 / 112

9. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 압출 및 인발

- 유한요소해석을 이용한 압출 금형 설계에 관한 연구
..... 김용관*((주)솔루션랩), 윤용석, 이경훈 / 114
- 액체질소 공급에 의한 금형냉각이 Al-Mn계 알루미늄 합금 납작관의 압출 특성 변화에 미치는 영향
..... 김우성*(대한공조(주)), 전영호, 이승철, 최호준, 신영철 / 115
- 개량 Al-0.7Mn 합금의 미세조직과 고온 변형 거동 및 성형성
..... 강태훈*(인하대학교), 황원구, 신영철, 최호준, 이승철, 이기안 / 116
- Elucidating time-dependent deformation characteristics of AA7075 alloy under different temper conditions
..... Kali Prasad*(첼강대학원), Hariharan Krishnaswamy, 김형섭 / 118

○ 압연

- 수치해석적 최적화를 통해 도출한 벨로우즈의 응력 분석
..... 김우열*(포항산업과학연구원), 오윤석, 김대웅, 김지형, 박우창, 신재원, 황인기 / 119
- ZRM 냉간압연기 압연하중 예측을 위한 수식모델 기반 딥러닝 예측모델 개발
..... 조용석*(포스코), 강윤희 / 120
- 딥뉴럴네트워크를 이용한 냉간압연기 설정 모델 개발
..... 김성현*(포스코) / 121
- 냉간 압연 시 Ta-10W 합금의 미세조직 및 변형집합조직 변화 거동에 미치는 압하율의 영향에 관한 연구
..... 박기성*(국립순천대학교), 정효태, 최시훈 / 122
- Ti-6Al-4V합금 후판 제조 연구
..... 이현석*(포항산업과학연구원), 최미선 / 123
- 온도와 변형률 속도를 고려한 Si 첨가 극저탄소강의 압축 경화곡선 모델링
..... 이충명*(한국과학기술원), 강준구, 윤정환 / 124
- 재료수율향상을 위한 자동차용 용접 너트 성형공정 개선에 대한 연구
..... 박예찬*(한국생산기술연구원), 김영진, 정선호, 이종섭 / 125

10. 특별세션 4 (제 3 발표회장)

○ 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발

- 멀티셀 구조 복합재 인발 부품 개발
..... 김재균*(㈜성우하이텍), 최용민, 김성구, 손성만, 이규영, 이문용 / 127
- RCF 온간성형 기술개발
..... 최용민*(㈜성우하이텍), 정윤성, 김성구, 손성만, 이문용 / 128
- 복합소재 인발부품 제조장치 및 제조공정 최적화 기술개발
..... 김성구*(㈜성우하이텍), 정윤성, 최용민, 손성만, 이규영, 이문용 / 129
- 멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형
..... 고창오*(태성정밀), 하민찬, 정윤성, 김성구, 이규영 / 130

- 장섬유의 탄소섬유를 이용하여 분산성을 향상시킨 복합재용 탄소섬유페이퍼의 그 제조 방법
.....김승근*(지리산한지), 김동훈, 최병조, 권오훈 / 132
- 탄소섬유 부직포 제조시 인산이 난연성 및 계면결합력 향상에 미치는 영향
..... 김경하*(한국생산기술연구원), 김대업 / 133
- 연속압축함침공정 온도조건에 따른 열가소성 복합재 물성분석에 관한 연구
..... 김늘새름*(라지), 박철현, 정길재 / 134
- 선형 좌굴 해석을 활용한 복합재 시트크로스멤버 두께 최적화
..... 주근수*(한국재료연구원), 김경덕, 김영철, 김진봉, 장홍규, 이우경, 강민규 / 135

11. 특별세션 4 (제 4 발표회장)

○ 다종 차체부품 제조를 위한 가변형 스마트 제조 기술 개발

- 6 천계 알루미늄 다단 열간성형에 미치는 성형 인자의 영향
.....오명환*(㈜성우하이텍), 김래형, 김영수, 박상언, 손성만, 이문용 / 137
- 생산 유연 다목적 언더바디 차체 부품 개발
..... 김래형*(㈜성우하이텍), 김영수, 최승권, 박상언, 손성만, 이문용 / 138
- Cell To Body 전기차 언더바디 충돌해석 분석
..... 김덕현*(㈜성우하이텍), 김영수, 최승권, 김래형, 손성만, 이문용 / 139
- 다품종 스마트 멀티 지그 시스템 개발
..... 임태진*(한진FAS), 김영기, 최명숙 / 140
- 진공흡착 그리퍼의 성능향상을 위한 공압기구의 최적 조건
..... 호지수*(씨메스), 권민혁, 권현준, 서동균 / 141
- 라인 장비 상태 모니터링 시스템
..... 윤지호*(영산대학교), 윤진원 / 142
- 복합재 드릴링 전산모사 및 복합재-금속 접착 접합부의 내식성 평가
.....허용찬*(부산대), Eddy Kurniawan, 오명환, 김성구, 김래형, 김지훈 / 143
- 다종 차체부품 생산 라인의 디지털 트윈 구축에 관한 연구
.....강형석*(한국자동차연구원), 김동욱, 이용욱 / 144

12. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 하나로 핵연료 집합체 스웨이징 공정 개선
.....황재준*(한국원자력연구원), 도정민, 이규홍 / 146
- 극저탄소강 자동차 외판재의 표면 불량현상에 대한 전산모사 기법 연구
..... 김기정*(현대제철 연구개발본부), 윤승채, 정영주, 현주식, 정유동 / 147
- 냉각금형을 이용한 알루미늄 파이프 요크 다단 단조공정 설계
..... 이상곤*(한국생산기술연구원), 이성민, 이인규, 이성윤, 정명식, 황선광, 박동용, 박재욱, 황원석 / 148
- 경량화 및 측면충돌 향상을 위한 사이드 스트러처 개발
..... 이정흙*(대우공업㈜), 남성우, 김대인, 김종윤, 박초롱 / 149

- 성형해석을 이용한 LNG 선박용 멤브레인 금형공법 연구
..... 이정훈*(대우공업㈜), 남성우, 김대인, 김종윤, 박초롱 / 150
- 충돌성능 확보를 위한 AL Sheet적용 배터리팩 연구
..... 김대인*(대우공업㈜), 남성우, 이정훈, 김종윤, 박초롱 / 151
- 연속주조품을 이용한 8MW급 해상풍력발전용 대형 링부품의 열간단조 특성
..... 이채훈*(㈜태웅), 오일영, 김남용, 허상현, 김경아, 장희상, 이진모 / 152
- 해상풍력발전용 대형 단조품 생산을 위한 Ø1000 대단면 연속주조 해석모델 개발
..... 김진영*(메탈젠택) / 153
- 알루미늄 합금 적용 후판 곡면성형에 관한 연구
..... 이상익*(기득산업(주)), 공경열, 박성진 / 154
- 용접 위치와 개수에 따른 도어링 측면 충돌 해석
..... 전현중*(부산대학교), 이민식, 강충길 / 155
- 경동주조공법을 적용한 경량화 부품 특성 연구
..... 정희철*(경북테크노파크), 이성민, 김장수, 송확, 김은영, 김기영 / 156
- 단열재 접착부 절삭 가공 실험적 연구
..... 전태영*((주)지브이엔지니어링), 권정재, 박상범 / 157
- 자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드리븐 허브 및 관성 휠의 R-Bead 성형공정 연구
..... 박진수*((주)경우정밀), 임성주, 임성식, 김용배 / 158
- 하부관절장치 최적화 설계
..... 황원주*(현우시스템), 홍순옥, 권명환, 한수길 / 159
- Cu/Ti/Cu 접합재의 다이 전단시험을 통한 크기별 접합강도 평가
..... 김유진*(한국생산기술연구원), 박종은, 김민기 / 160
- 냉간 다단단조 설비의 실시간 공정제어 평가
..... 강성목*(풍강), 강기주, 정현영, 이광희, 김진용 / 161
- 냉간단조 금형 수명예측 방안의 분석 및 평가
..... 정현영*(풍강), 강성목, 이광희, 김진용, 노우람, 정완진 / 162
- 전기화학적 수소 장입에 따른 Ti 합금의 미세조직 및 기계적 특성 분석 연구
..... 이효주*(한밭대학교), 아나만 샘, 최정목, 박이주, 이근호, 김재국, 이종숙, 조훈휘 / 163
- 사출 성형품의 품질 예측을 위한 인공신경망 방식의 적용에 관한 연구: 공정 조건의 특징선택
..... 양동철*(한국생산기술연구원), 김종선 / 164
- 마그네슘 합금 판재 (AZ31B)의 인장 변형에서 AE 신호 발생 특성 분석
..... 안소찬*(서울과학기술대학교), 송용호, 유제형, 정완진, 이창환 / 165
- 딥러닝과 결정소성유한요소해석을 이용한 성형한계도 예측
..... 이한준*(한국재료연구원), 김동규, 이호원 / 166
- 원형단면에서 U자형 단면으로의 형상인발공정 설계 및 수치적 검증
..... 변중복*(경상국립대학교), 최연승, 정임근, 남정우, 전만수 / 167
- 3 차원 후판 패치 표면 프로파일링 머신 비전 기술 개발
..... 이원주*(한양대학교), 응우옌통, 김성제, 이상익, 윤종현 / 168
- 알루미늄 압출품 외관 결함 검출에 대한 기초 연구
..... 조춘목*(강원대학교), 이세형, 차예나, 김병희, 서영호, 곽호택, 김진구, 박용재 / 169

- Inconel 706 합금의 저하중 성형을 위한 회전단조기술 개발
.....김효건*(한국재료연구원), 이영선, 윤은유, 우영윤 / 170
- 독립현가부품성형을 위한 단조 해석 기반 공정설계 연구
.....박지우*(한국생산기술연구원), 김민수 / 171
- Point cloud 기반 인공지능 기술을 적용한 유연케이블 다발의 3 차원 프로파일 추출기술 개발
.....응우옌통*(한양대학교), 김동형, 이지성, 김중배, 한병길, 박동일, 윤종현 / 172
- 6 시그마 활용 도어 외관 핸들부 주위 미세면굴곡 저감 연구
.....최보성*((재)울산테크노파크), 이덕영 / 174
- 압출금형의 내마모 코팅 방식에 따른 마이크로 채널 튜브의 압출 특성 변화
.....신영철*(한국생산기술연구원), 최호준, 원종구, 이승철, 김우성, 전영호 / 176
- 비대칭 압연을 통한 이중 철계합금 클래딩재 제조 방법 및 특성 평가
.....조우빈*(한국생산기술연구원), 유효상, 조균택, 김대근, 전재열 / 177
- SLA 3D 프린팅 공정에 따른 미세유체 칩의 광학적 특성에 관한 연구
.....권다인*(네오나노텍), 진재호, 오재환, 강도현, 김관오, 윤재성, 유영은 / 178
- FRP 소재의 열간 성형을 통한 가이드 보빈 개발
.....이철환*(디케이솔루션), 서명관, 김동규, 김상현, 강용기 / 179
- 공정제어에 따른 금형의 진동 신호 변화와 공정정보의 상관관계에 대한 연구
.....이준한*(이몰디노), 김종선 / 180
- 3 점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면 형상 설계
.....이철환*(디케이솔루션), 서명관, 강용기, 심우정, 김동규 / 181
- 건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석
.....서명관*(디케이솔루션), 이철환, 김동규, 박은수, 장현영, 박광수, 강용기 / 182
- FEM을 통한 로터 샤프트용 Preform 형상 및 공정 설계
.....서명관*(디케이솔루션), 이철환, 강용기, 유호석, 김안나, 이성민, 김동규 / 183
- 로터 코어 균일 적층을 위한 접착제 도포 시스템 개발
.....강용기*((주)디케이솔루션), 이철환, 서명관, 박광석, 김안나, 이성민, 김동규 / 184
- 인장강도 980MPa급 후판재 적용 자동차 새시 부품 적용 성형성 연구
.....김상훈*((주)화신), 도두이통, 손경주, 박정석, 박종규 / 185
- EV 모터용 ROTOR SHAFT 제조를 위한 Flow Forming 공정에 관한 연구
.....박은수*(경창산업(주)), 이성민, 김동규 / 186
- 수치해석을 통한 고강도 알루미늄 적용 Strut Main Plate 부품 다단 성형공정 설계
.....배기현*(한국생산기술연구원), 이지호, 김보익, 박시우, 허민철 / 187
- 혼재된 금속 비금속 스크랩 분리 방안 연구
.....박광수*(포항산업과학연구원), 문영훈 / 188
- 고강도강 레이저용접 판재의 용접부 국부 물성 평가
.....김민기*(한국생산기술연구원), 정준영, 정유진, 김유진, 송정환 / 189
- 전기자동차 조향장치용 알루미늄 스플라인 샤프트의 냉간 단조 공정 연구
.....신영철*(한국생산기술연구원), 임성주, 임성식, 신익철, 정성운, 정용필, 방희성 / 190
- 와전류를 이용한 초고강도강의 비파괴적 물성측정기법
.....장인제*(한국생산기술연구원), 배기현, 김태효, 남성우, 송정환 / 191

- 1.5GPa 초고강도강 적용 Side Sill 부품 냉간 성형공법 설계
.....송정한*(한국생산기술연구원), 배기현, 김민기, 남성우 / 192
- SUJ2 베어링 강의 변형률 속도 제어에 따른 유동 응력 곡선 영향 평가
.....최윤희*(한국생산기술연구원), 김민기, 이승표, 송정한 / 193
- 전기자동차용 Seat Cross Member의 1.5GPa급 Mart강 적용 냉간 성형 공법 연구
.....방준호*(한국생산기술연구원), 송정한, 배기현, 김민기, 박남수, 남성우, 이종원 / 194
- SUS316L 초극박 연료전지 분리판 두께균일도 향상을 위한 성형공정 설계
.....정준영*(한국생산기술연구원), 김민기, 남성우, 이정흠, 송정한 / 195
- 개량 Al-Mn계 합금의 부식 및 인장 특성에 미치는 Mn 첨가의 영향
.....황원구*(인하대학교), 강태훈, 신영철, 최호준, 이승철, 이기안 / 196
- 친환경 일액형 윤활제의 마찰특성에 관한 연구
.....박민철*(한국국제대학교), 김동환 / 198
- 기어 일체형 모노블럭을 위한 복합단조공정 설계
.....이인규*(한국생산기술연구원), 이상곤, 이성윤, 이성민, 박동용, 정명식, 정훈, 김경률 / 199
- 마찰교반처리로 제조된 산화그래핀 강화 알루미늄 기지 복합재의 미세구조 및 기계적 특성
.....유한결*(한국원자력연구원), Soumyabrata Basak, Mounarik Mondal, Kun Gao, 홍성태, Sam Yaw Anaman, 신은주, 조훈휘 / 200
- Al 7055 합금의 기계적 성질과 최적의 시효 조건 예측
.....손영일*(국방과학연구소) / 201
- 내구성능 향상을 위한 TWB 적용 전륜 크로스 멤버 개발
.....김상훈*((주)화신), 박종규, 공호영, 남성식 / 202
- 고경도 냉간 압연롤의 직접분사적층(DED)방식 표면성능향상
.....김성욱*(RIST), 황준호, 김영수 / 203
- 포머 성형공정에서 연속공급 선재 절단면의 변형특성에 대한 유한요소해석 연구
.....윤덕재*(한국생산기술연구원), 이세현, 윤상현, 김응주 / 204
- 열간 가열온도에 따른 아다마이트 주강의 열간 성형성 평가
.....유효상*(한국생산기술연구원), 고준, 전재열 / 205
- 자동차 사이드 실 부재의 판재 인발성형 공정에 대한 해석적 연구
.....박상언*(성우하이텍), 최수영, 구태완 / 206
- 포트홀 압출 공정의 금형 내부 소재 유동 제어를 위한 비드 압출 금형 설계
.....이성윤*(한국생산기술연구원), 이인규, 이상곤, 이성민, 정명식 / 207
- 전기 자동차 경량화를 위한 배터리 지지 프로파일 압출 공정 설계
.....이성윤*(한국생산기술연구원), 이인규, 이성민, 이상곤, 김도원 / 208
- Al5083 의 드로잉 및 전단 특성 평가
.....송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국, 박춘달 / 209
- 초고강도강관의 굽힘 특성 평가
.....송재선*((재)대구기계부품연구원), 윤국태, 전강국 / 210
- Effect of grain size on plasma electrolysis behavior of Al alloy via differential speed rolling
.....수하르토노 트리*(영남대학교), 나쉬라 니사, 시티 파티마, 고영건 / 211
- 이속 압연가공된 0.18 wt.% 탄소강의 연속동적 재결정 거동
.....푸트리 로시 아말리아 쿠르니아*(영남대학교), 한다인, 위디안타라이 푸투, 고영건 / 212

- 복잡형상 부품 제작을 위한 굽힘-확산접합 결합공정
..... 이승환*(한국재료연구원), 박현일, 이동준, 홍종화, 권용남 / 213
- 유한요소해석을 활용한 Lead Screw 성형공정 최적화
..... 윤덕재*(한국생산기술연구원), 이세현, 윤상현, 김응주 / 214
- 잔류응력 기반 Hole Expansion 공정 최적화 및 피로 균열 성장에 대한 잔류응력 영향 분석
..... 백민재*(한국재료연구원) / 215
- Inconel 706 합금의 저하중 성형을 위한 회전단조기술 개발
..... 조성우*(한국재료연구원), 김효건, 이영선, 윤은유, 이상용, 우영윤 / 216
- 유한 요소 해석을 이용한 SCM440 기저부 위 G6 분말 적층시 기저부 각도에 따른 열-기계 특성 고찰
..... 안동규*(조선대학교), 양지완, 이광규 / 217
- LED소자가 포함된 인쇄회로필름의 인서트 사출성형시 손상방지를 위한 밸브게이트 적용에 관한 연구
..... 이종현*(한국생산기술연구원), 정민화, 홍종화, 박현정, 박동용, 차경제 / 218

1. 초 청 강 연

Thomas B. Stoughton

(GM R&D Center, USA)

Implementation of Stress Formability Analysis
in Incremental Finite Element Simulation

2. 특 별 세 션 1

750℃급 스팀터빈용
고온소재 및 부품기술개발

(제 1 발표회장)

니켈계 초내열 합금 무계목 튜브 제조를 위한 열간 피어싱 기술

이준표1 · 홍성모2#

Hot-piercing technology for Ni-base superalloy seamless tube

J. P. Lee, S. M. Hong

Abstract

전 세계적인 에너지 부족 및 기후변화 문제가 심각하게 대두되면서 탄소 저감이 가능한 미래형 에너지 플랜트인 고효율 대용량 차세대 초초임계압(A-USC) 발전 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. A-USC에서는 터빈 구동을 위한 증기 온도 및 압력이 700도 및 35MPa 이상으로서 극한 고온환경에서의 기계적 강도 및 내산화성이 우수한 소재가 필수적이며, 이에 따라 기존의 오스테나이트계 합금에 비해 고온특성이 우수한 니켈계 초내열 합금 적용이 유력할 것으로 예상된다. 최근 들어 국내에서도 니켈계 초내열합금의 설계·제조 및 적용에 관한 연구가 진행 중에 있으며, 이와 함께 초내열합금 무계목 튜브(seamless tube) 제조공정기술 확보를 위한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 무계목 튜브 제조 공법 중 하나인 열간 피어싱(hot-piercing)은 약 1100℃ 이상으로 가열된 고온의 원형 환봉 소재를 두 개의 엇갈린 회전 롤러를 통해 취입시킨 후 롤러 사이에 위치한 플러그에 의해 환봉 중심에 구멍이 뚫리면서 중공형 튜브로 제조되는 성형공정기술이다. 니켈계 초내열합금과 같이 고온강도가 매우 높은 소재의 열간 피어싱을 위해서는 피어싱 공정설계(환봉소재, 가열, 윤활 등) 및 핵심 툴(roller, plug, guide shoe) 세팅기술 확보가 매우 중요하며 이에 대한 최적화가 필수적이다. 본 연구에서는 스틱터빈 계통에 사용되는 니켈계 초내열합금 소재를 이용하여 열간 피어싱 공정을 통해 무계목 튜브를 제조하고자 하였다. 우선적으로 스테인리스강을 이용한 피어싱 선행시험을 통해 초내열합금 피어싱 공정 조건 및 핵심 툴 세팅기술을 마련하였고, 이를 기반으로 최적화 설계된 피어싱 공정조건을 통해 니켈계 초내열합금 피어싱을 진행하였다. 또한 피어싱 후속 연동 설비인 3롤 압연 공정 테스트를 통해 튜브의 외경 및 치수를 좀 더 정밀하게 제어하고자 하였으며, 최종 제조된 열간 무계목 튜브에 대한 치수정밀도, 내외표면 품질 및 결함 여부 분석을 통해 니켈계 초내열합금 무계목 튜브 제조공정기술 및 사업화 가능성을 고찰하였다

Keywords: 니켈계 초내열합금, 열간 피어싱, 피어싱 툴, 무계목 튜브, 3롤 압연

1. ㈜세창스틸, 주임연구원

2. ㈜세창스틸, 연구소장

교신저자: ㈜세창스틸, 연구소장. E-mail: hsm@scsteel.net

필거 및 인발가공에 의한 740H 합금튜브제조기술연구

박재현^{1#}, 김삼종², 임광혁³, 남궁정⁴

Study on the 740H alloy tube Fabrication by the Pilgering and Cold Drawing Process.

J. H. Park, S. J. Kim, K. H. Yim, J. Namkung

Abstract

효과적인 전기에너지 생산기술에서 발전기 터빈의 효율을 향상시킬 목적으로 보일러 스팀의 온도를 증가시켜야 하므로 보일러 튜브재질이 니켈계 초내열 합금소재를 채용하는 추세에 있다. 740H 합금소재는 기존 개발된 소재의 사용온도보다 가장 높은 750°C급 고온환경에서 적용이 가능한 소재로 선진사에서 개발되어 고온/고압 터빈에 적용되고 있으나, 국내에서는 740H 합금 튜브제조기술에 대한 연구가 미약하고 보고되지 않고 있다. 740H 합금소재는 주조 및 열간단조공정에서도 어려움이 있지만, 특히 상온에서 난가공소재로 알려져 있으므로 필거 및 인발공정의 냉간가공단계에서 극복하여야 할 소재의 물성제어 및 가공조건도출을 통한 튜브제조연구가 필요하였다.

본 연구에서는 초내열 740H 합금에 대하여 필거 및 인발가공공정을 통하여 OD50.8mm x 4t x L5m 규격의 발전소용 보일러 튜브 시제품을 제조하였다.

Keywords : 740H 합금, 보일러, 튜브, 필거, 냉간인발

1. ㈜한국에스티에스 차장
2. ㈜한국에스티에스 대표이사
3. ㈜한스코 기술연구소 소장
4. 포항산업과학연구원, 수석연구원
교신저자: ㈜한국에스티에스 차장. E-mail: hksts_sales@hanmail.net

조성 최적화를 통한 IN740H의 내산화성 및 크리프 특성 향상에 대한 연구

윤대원^{1#}, 유영수², 정희원², 서성문², 이형수¹

Improvement of Oxidation and Creep Properties of IN740H through Composition Optimization

Dae Won Yun, Young-Soo Yoo, Hi-Won Jeong, Seong-Moon Seo, Hyung-Soo Lee

Abstract

미래 발전 시스템 중 하나로 관심을 받고 있는 A-USC 발전은 효율 향상과 탄소배출 저감을 위하여 주 증기 온도와 압력을 각각 750 °C와 35 MPa까지 증가시켰다. 이에 따라 기존에 사용하던 오스테나이트계 합금의 적용이 불가능해지면서 니켈기 초내열합금이 적용되어야 하는 상황이 되었다. A-USC 발전에 필요한 핵심 부품 중 하나로 스팀 터빈 보일러용 무게목 튜브를 들 수 있는데, 여기에 사용될 소재로는 IN740H가 가장 유력하다. IN740H는 단련용 니켈기 초내열합금 중 고온 기계적 특성 및 내식성이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 인공신경망 등 여러 기법을 사용하여 IN740H의 내산화성 및 크리프 특성을 향상시킬 수 있는 최적의 조성 범위를 도출하고자 하였다. 조성 변화에 따른 내산화성의 차이를 알아보기 위해 Box-Behnken 방법을 사용하여 7개의 변수를 가지는 62개의 합금 조성을 도출하여 반복산화 실험을 통해 산화 특성을 평가하였다. Cr의 함량 범위 22~27 wt.%에서 Cr은 내산화성에 큰 영향을 주지 않았다. Al은 2.7 wt.%까지 증가함에 따라 미세하게 내산화성을 증가시키는 것으로 나타났고, Ti는 2.7 wt.%까지 증가함에 따라 내산화성을 다소 감소시키는 것으로 나타났다. 스피넬을 형성시키는 원소인 Mn, Fe, Co 중에는 Fe의 함량 증가가 내산화성 감소에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 크리프 특성은 17개의 모델합금을 설계하고 주조, 열간압연, 열처리를 실시한 후 800 °C-245 MPa 조건에서 파단 수명을 비교하였다. 크리프 특성의 경우 B이 첨가됨에 따라 입계 강화효과에 의해 크리프 특성이 향상되었고, Mo의 증가 역시 석출상을 증가시켜 크리프 특성을 향상시켰다. 본 연구에서 얻은 결과는 IN740H 합금의 조성최적화에 활용될 계획이다.

Keywords: Oxidation, Creep, Superalloy

1. 한국재료연구원 극한재료연구소, 선임연구원
2. 한국재료연구원 극한재료연구소, 책임연구원
교신저자 E-mail: dwyun@kims.re.kr

저마찰 인발유 및 인발공구 표면처리적용에 관한 연구

남궁정^{1#}, 강희수¹, 임광혁², 박재현³, 김정훈⁴

Study on the Low Friction Lubricant and Surface Treated Drawing Tool

J. Namkung, H. S. Kang, K. H. Yim, J. H. Park, J. H. Kim

Abstract

Ni계 특수강합금소재 중공제품의 냉간인발공정에서는 인발공구와 가공소재 표면의 높은 마찰저항을 극복하고자 오래전 선진사에서 고극압, 고점도, 저마찰 인발유가 개발되어 필수적으로 적용되고 있다. 그러나, 항상 인발유의 고점도 물성에 의하여 저온환경에서의 인발유의 취급 및 공급이 어려우며 인발공정 후 잔류 인발유 제거를 위한 세정공정에서 환경과 인체에 유해한 세정 약품을 계속적으로 사용하여야 하는 문제가 있다.

본 연구에서는 인발유 첨가물질을 발굴하여 인발유의 점도를 낮추면서 높은 극압성 및 낮은 마찰특성을 유지하는 인발유 특성개선을 시도하였다. 저점도, 고극압, 저점도 특성을 가지는 Ni계 특수합금에 사용가능한 냉간인발유를 제조하여 인발유 특성평가 및 인발공정에 적용하였다. 또한 냉간 인발다이 및 플러그와 같은 인발공구 표면에 고경도 저마찰 표면처리 기술을 적용하여 인발공구의 마찰계수 및 특수강 인발공정에서의 인발하중을 비교평가를 통하여 효과를 확인하였다.

Keywords: 저마찰, 저점도, 인발유, 특수강, 냉간인발

1. 포항산업과학연구원, 수석연구원

2. ㈜한스코 기술연구소 소장

3. ㈜한국에스티에스 차장

4. 한국재료연구원, 선임연구원

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

Inconel 740H 초내열합금의 미세조직 기반 열처리 설계를 통한 크리프 특성 향상

홍현욱^{1*}, 김동민¹, 양철혁¹, 정희원²

Microstructure-Based Heat Treatment Design to Improve Creep properties of Inconel 740H Superalloy

Abstract

Inconel 740H는 750℃급 소재로 Ni기 초내열합금 중 유일하게 ASME code 2702로 승인되어 A-USC 보일러용 무계목 튜브에 적용할 수 있다. 본 연구에서는 Inconel 740H 초내열합금의 미세조직 안정성 및 크리프 특성 향상을 위한 열처리 설계에 대해 면밀히 분석하고자 한다. Inconel 740H 단조재는 1150℃/30min/WQ 용체화처리 되었으며, 최적 열처리 설계를 위해 상용 열처리제와 제안 열처리제를 분석하였다. 상용 열처리는 1step Aging(800℃/16h/AC) 조건으로, 제안 열처리1은 주 강화상 γ' 의 균일한 분포 및 높은 분율을 위해 2step Aging(650℃/16h + 800℃/16h/AC) 조건으로, 제안 열처리2는 수냉으로 인한 내부 잔류응력 해소를 위해 시효처리 전에 안정화 열처리를 하는(1060℃/2h/AC + 800℃/16h/AC) 조건으로 수행하였다. 열처리 조건별 고온 안정성 평가를 위해 750℃에서 0~5,000h 열간 노출을 실시하여 미세조직 및 고온 인장 특성을 비교 분석하였다. 세가지 열처리 조건 모두 주 강화상 γ' 크기 및 고온 인장에서 유사한 특성과 열화저항성이 우수함을 확인하였다. 또한 세가지 열처리 조건들의 크리프 특성 개선여부를 확인해 보고자, 750℃/270MPa 조건으로 실시하였다. 그 결과, 제안 열처리2(1,773hr) > 상용 열처리(1,546hr) > 제안 열처리1(1,057hr)로 제안 열처리2 조건이 가장 우수한 크리프 수명을 보였다. 세가지 열처리 조건에서 γ' 의 크기가 유사했기 때문에 입계 탄화물을 중점적으로 분석하였다. Inconel 740H는 입계에 Cr-rich M23C6 carbide의 석출이 지배적이라고 알려져 있다. 반면 본 연구의 제안 열처리2 1060℃/2hr/AC 과정에서 다른 열처리 조건 대비 Nb,Ti-rich MC carbide가 입계에 다량 석출되어 크리프 수명을 향상 시킨다고 판단하였다. 입계 탄화물 효과 정밀분석을 위한 EPMA 분석 결과, 입계 MC 탄화물 분율은 상용: 12 %, 제안 1: 10 %, 제안 2: 33 %로 크리프 수명이 가장 긴 제안 열처리2 조건이 가장 높게 나타났다. 결정구조학적 분석 결과, 입계 M23C6와 MC 탄화물 모두 공유하는 두 γ 기지 중 하나의 γ 기지와 특정 방향 관계를 가지는 것을 확인하였다. 또한, 750℃/270MPa 크리프 시험시 특정 방향 관계가 없는 MC 탄화물 경계면에서 Cr의 함량이 밀집된 것을 확인하였고, 이는 $MC + \gamma \rightarrow M_{23}C_6 + \gamma'$ 반응에 의한 MC 분해반응 결과임을 확인하였다. 즉, MC 탄화물은 크리프 동안 입계에 집중되는 damage를 분해과정에 의해 완화하므로, 입계 균열에 대한 저항성이 높은 것으로 판단된다. 따라서 MC 탄화물 석출이 가장 활성화되는 제안 열처리2 조건이 Inconel 740H에 제안할 수 있는 열처리 조건임을 확인하였다.

Keywords: Superalloy; Heat treatment design; Microstructure; Creep

1. 창원대학교 소재융합시스템공학과
2. 한국재료연구원 고온재료연구실

Progressed Wire Arc Additive Manufacturing Process for Ti-6Al-4V Alloy to Improve Efficiency and Mechanical Properties

김재혁¹, 아눔^{1,2}, 강승원¹, Sang-Myung Cho³, N.S.Reddy², 염종택¹

English Title of The Paper (Times New Roman 16pt)

Abstract

Wire and arc additive manufacturing (WAAM) technique provided a new route to produce metric size complex parts of Ti-6Al-4V. However, it produces undesirable large columnar prior β grains created by the directional heat flow along the building direction, resulting in a strong texture and anisotropic mechanical properties. In this study, we have investigated the new approach to refine the columnar β grain in the WAAM Ti-6Al-4V alloy using C-type filler wire with combining shot peening at every deposited layer. The microstructural and mechanical properties were compared with existing round-type filler wire with peening and without peening WAAM Ti-6Al-4V. The physical nature of C-type wire can protect the maximum energy density to go in previously deposited and deform layer, which minimizes the excessive melting and can increase the efficiency of grain refinement. The C-type filler wire develop gradient macrostructure and contains fine α lamellae, short columnar, and small equiaxed β grains in comparison to round type filler wire in peen WAAM Ti-6Al-4V. The recrystallized equiaxed α grain was observed in the peen WAAM Ti-6Al-4V sample at the layer band, which formed due to the presence of dislocations in the plastically deformed layer. So, the peen WAAM Ti-6Al-4V using C-type filler show better mechanical properties as compared to round type filler wire sample.

Keywords: Wire arc additive manufacturing, Ti-6Al-4V, C-type filler wire, shot peening, β grain refinement

1. Titanium department, Advanced Metal Division, Korea Institute of Materials Science, Changwon, 51508, Republic of Korea.

2. School of Materials Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Republic of Korea.

3. Welding department of Materials System Engineering, Pukyong National University, Busan, 48547, Republic of Korea.

Microstructural modification induced by welding parameter variation in wire arc additive manufacturing Ti-6Al-4V deposits

황성원, Gua Xian, Cheepu, 조상명, 염종택, 강남현

S. W. Hwang¹, Xian Guo¹, Murali Mohan Cheepu², S. M. Cho², J. T. Yeom³ and N. H. Kang^{1, #}

Abstract

Due to the requirements of high strength-to-weight ratio for the products, titanium alloys have been widely used in the aerospace industry, astronautics industries and steam turbine blade. A representative titanium alloy, Ti-6Al-4V, owning a market share of 50% to date, has obtained the most extensive research and application in AM. However, in AM Ti-6Al-4V inevitably yields long columnar grains throughout the deposit, causing anisotropic property of mechanical property. This impedes the application and dissemination of AM in manufacturing some industrial parts, such as centrifugal impeller and aerospace brackets. The transform from long columnar β -grains to equiaxed β -grains is a priority objective to achieve isotropic mechanical properties in AM titanium alloys.

In this work, We demonstrate microstructure and mechanical property improvements in specimens made of Ti-6Al-4V manufactured by WAAM treated by various methods (Various current, Various Feed rate). 260A of current show optimal results from 180 A to 500 A that area fraction of equiaxed grains. Alternating Feed rate of 200 cm/min + 222 cm/min show near equiaxed grains. Evaluations for this Various welding parameter results show its robustness and convenience in controlling grain structures during the AM process of metallic materials.

Keywords: Feed rate, wire-arc additive manufacturing(WAAM), Anisotropic property, cascade

1. Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University

2. Super-TIG welding. Co. Ltd., Busan 46722, Republic of Korea

3. Titanium Department, Korea Institute of Materials Science, Changwon 51508, Republic of Korea

교신저자: 강남현, 부산대학교 재료공학부, 교수. E-mail: nhkang@pusan.ac.kr

3. 특 별 세 셴 3

발전/항공 파워유닛 엔진용
고강도 내열소재 성형기술

(제 2 발표회장)

대형 Ni 초내열합금 단조품의 결정립 미세화 및 균질화를 위한 열간단조 공정 설계

조성우^{1,2} · 김효건¹ · 이영선¹ · 이상용² · 윤은유^{1,#}

Hot forging process design for grain refinement and homogenization of large sized Ni superalloy forgings

S. W. Jo^{1,2} · H. G. Kim¹ · Y. S. Lee¹ · S. Y. Lee² · E. Y. Yoon^{1,#}

Abstract.

대형 Ni 초내열 단조품은 성형이 어려운 난가공성 소재로 잉곳 단련, 단조 공정 시 높은 하중을 필요로 하지만 국내에서 보유하고 있는 설비의 한계로 인해 조대결정립 혹은 결정립 불균일을 가지며 이로 인해 요구되는 기계적 특성을 만족시키기 어려워 이에 따른 기술 개발이 필요하다. Ni 초내열합금은 대형 단조품으로 성형 시 소재의 온도 하강 및 프레스의 가압하중한계로 인해 한번에 원하는 만큼 성형이 불가능하며, Ni 초내열합금 대형 단조품을 원하는 형상으로 단조하기 위해 여러 번 재가열을 통해 단조를 필요로 한다.

본 연구에서는 단련형 Ni 초내열합금 중 항공용 터빈엔진에 가장 많이 사용되는 IN718을 조대한 결정립을 가지는 대형소재를 단조 공정 시 결정립 미세화 및 균질화를 위한 열간단조 공정 최적화를 위한 연구를 진행하였다. IN718 초내열합금의 열간 성형 시 결정립 미세화의 주된 변형기구는 동적 재결정으로 알려져 있으며, 동적 재결정은 임계 변형률 이상의 경우에 균일하게 일어나는 것으로 알려져 있다. 단조 시 보다 낮은 하중으로 변형량을 부가할 수 있는 super solvus 단조와 높은 하중에 비해 결정립 조대화를 방지하면서 변형량을 부가할 수 있는 sub solvus 단조를 진행하였으며, 공정 조건에 따라 미세조직을 비교 분석하였다. 또한, 대형 단조품 성형 시 필수적으로 사용되는 재가열에 따른 효과를 분석하기 위해 단조 온도, 변형량, 재가열 횟수에 따른 미세조직을 SEM-EBSD를 통해 비교 분석하였다. 단조 공정 조건에 따른 효과 및 재가열 횟수에 따른 효과의 기계적 성질은 비커스 경도를 통해 비교 분석하였다.

Keywords: Large sized Ni Superalloy, Grain refinement, homogenization, Inconel 718, Hot forging process design

1. 한국재료연구원 재료공정연구실

2. 국립안동대학교 신소재공학과

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

Inconel 706 합금의 재가열 횟수와 변형률에 따른 동적 재결정 거동

김효건^{1,2}, 조성우^{1,3}, 이영선¹, 윤은유^{1,#}

Dynamic recrystallization behavior of Inconel 706 alloy by reheating numbers and effective strain

H. G. Kim, S. W. Jo, Y. S. Lee, E. Y. Yoon

Abstract

항공기용 엔진과 터빈디스크 등 대형 부품의 소재로 사용되는 Inconel 706 합금은 고온에서의 높은 강도로 인해 다단 열간 단조를 필요로 한다. 단조 후 미세조직은 단조온도와 재가열 횟수, 변형량 그리고 변형률 속도에 의해서 결정되며 불균일하고 조대한 미세조직을 형성하게 되면 기계적 특성의 저하를 유도할 수 있다. Inconel 706 합금은 1000℃에서 특정 변형률과 변형률 속도 조건을 만족할 시 동적 재결정이 발생하는 것으로 연구된 바 있다. 동적 재결정으로 형성된 미세하고 균일한 조직은 부품의 성능 및 수명 향상에 기여할 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 Inconel 706의 소성 불안정 영역을 확인하기 위해 고온압축시험을 850℃-1200℃ 온도, 10^{-6} - 10^2 변형률 속도 조건에서 진행하였다. 이후 실제 단조 환경을 고려한 1000℃에서 변형량과 변형률 속도, 재가열 횟수를 변수로 동적 재결정 거동을 확인하고자 하였다. 1000℃에서 동적 재결정 거동은 EBSD 분석을 통해 확인하였으며, 경도 측정을 통해 동적 재결정 발생 정도에 따른 기계적 특성 변화를 분석하였다. 이를 통해 미세한 조직을 형성할 수 있는 적정 재가열 횟수와 변형률을 제시하였다.

Keywords : Inconel 706, Aircraft engines, Multi-process forging, Re-heating, Recrystallization

1. 한국재료연구원, 연구원

2. 경상국립대학교

3. 국립안동대학교

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원. eyyoon@kims.re.kr

대형 티타늄 합금 단조품의 열간 형단조 및 열처리 공정개발

송민철[#], 이상준¹, 원종철¹

Development of hot die-forging and heat treatment process for large-size titanium alloy forgings

M. C. Song, S. J. Lee and J. C. Won

Abstract

티타늄 합금은 우수한 내부식성, 높은 비강도에 기인하여 항공우주, 발전, 의료기기 및 스포츠 용품에까지 다양한 용도로 사용된다. 티타늄 합금은 톤당 수천만원에 달하는 고가의 원소재 비용, 단조성과 가공성이 좋지 않기 때문에 소요 원소재의 양과 후가공을 줄일 수 있는 형단조 공정이 중요하다. 또한 티타늄 합금은 특정 온도에 따른 열처리 조건의 변화에 따라 기계적 물성이 크게 변하는 특성이 있기 때문에 기계적 물성의 확보를 위한 열처리 공정이 중요하다. 본 연구에서는 대형 Ti-6Al-4V 합금을 대상으로 열간 형단조 및 열처리 공정을 개발하였다. 베타 천이온도 측정 결과를 바탕으로 온도-성형 연계 시뮬레이션을 통해 대형 티타늄 합금의 가열 온도가 선정되었다. 초도 단조 결과 금형의 정렬 이슈 및 고착 문제가 발생하여 금형 정렬 개선 및 고착 완화를 위한 단조 형상 설계를 변경하였다. 열처리는 AMS4928에 따라 수행되었다. AMS4928은 질량 효과에 따른 세부 규정이 미비하기 때문에 대형 티타늄 단조품의 사이즈를 고려한 열처리 시험을 통해 기계적 물성을 확보할 수 있는 열처리 공정을 개발하였다. 개발된 열처리 공정은 본품에 적용되었으며 컷업 시험을 통해 규격 물성의 만족을 확인하였다.

Keywords: Titanium Alloy, Hot Closed-die Forging, Coupled thermal-deformation analysis, heat treatment

*이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘과제번호 20012334’)

1. 현대아이에프씨 품질기술팀

교신저자: 현대아이에프씨, 책임매니저, E-mail: kalsong@hyundai-ifc.com

난가공성소재인 Ti64 합금의 열간단조시 크랙 발생에측 서브루틴 개발 및 적용

이민식¹ · 안지섭² · 황선광² · 송민철³ 문영훈[#]

Development and application of a subroutine for predicting crack during hot forging of Ti64 alloy

M. S. Lee, J. S. An, S. K. Hwang, M. C. Song, Y. H. Moon

Abstract

A processing map representing the efficiency of power dissipation as a function of temperature and strain rate has been used as a guide indicating overall hot forgeability. However, it has limitations in indicating the local positions where process-induced cracks may occur during hot forging process. In this study, novel approach to predict local forging cracks via analytical analysis of deformation processing map.

A process-induced crack, which occurs during hot deformation, is produced because the crack index value approaches to 1. In this study, the crack index represents the extremely unstable plastic region proposed to identify cracks at the local area.

The prediction of process-induced cracks is a matter of establishing under what conditions the high crack index is controlled by process parameters such as temperature and strain rate

This solution can provide information on damage initiation criteria and the stable zones without fracture for hot forging processes. More importantly, using coded subroutines combined with crack index (CI), it is possible to visualize where localized cracks can be created during hot forging operations.

To validate the analytical solutions, Gleeble test was performed with Ti6Al4V specimen having four notches with different notch sharpness. The results well confirmed that the method proposed in this study can predict the local positions where process-induced cracks may occur during hot forging process with high reliability.

Keywords: Ti64, Hot forging, deformation processing map, crack

사사

This work was supported by the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program (20012334) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

1. 부산대학교, 연구교수

2. 생산기술연구원, 수석

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

초내열합금 단조품의 미세조직 제어를 위한 FDFD 공정기술 개발

김진혁¹ · 김영준¹ · 권순일¹ · 박강열¹ · 최상민¹ · 안재영¹ · 송영석¹ · 신정호^{#1}

Controlling the Microstructure of Superalloy Manufactured by FDFD processing.

J. H. Kim¹, Y. J. Kim¹, S. I. Kwon¹, G. Y. Park¹, S.M. Choi¹, J. Y. An¹, Y. S. Song¹, J. H. Shin^{#1}

Abstract

초내열합금은 고온에서 우수한 강도, 내식성을 보유하여, 발전 및 우주항공용 부품등 다양한 분야에 사용이 되고 있다. 특히, ALLOY718 은 Ni-Fe 기반 석출강화형 초내열합금으로 주 강화상인 Ni_3Nb 조성의 디스크형상의 γ'' 상과 $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$ 조성의 γ' 상이 미세하게 석출한다. 하지만, ALLOY718 소재의 부품이 산업에서 요구하는 품질을 만족하기 위해서는 단순히 열처리를 통해 적절한 강화상들을 석출시키는 것 뿐만 아니라 결정립미세화를 통한 조직제어가 동반되어야 한다. 위와 같은 조직제어는 최종부품 열간가공 전 투입 원소재에서의 조직부터 영향을 주는 바, 당사에서는 단순히 형상과 치수만 맞추는 것이 아닌 조직제어를 위해 Four Die Forging Device(FDFD)를 이용하여 소재를 제작하였고, 그에 따른 미세조직을 관찰하였다. 기존 Open Die 를 통해 열간소성가공을 진행했을 때 보다 FDFD 공정을 통해 좀 더 효과적인 단련효과를 부여하고 최종적으로 미세하게 제어된 조직의 원소재 생산 방안을 강구하고 고찰하였다.

Keywords: Superalloy, ALLOY718, Fine microstructure, Forging,

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

1. 세아창원특수강, 기술연구소

교신저자: 세아창원특수강, 기술연구소, 제품연구센터장. E-mail: guyho@seah.co.kr

4. 일반 논문 발표 / 특별 세션 2

경량금속 1, 2

/ EV 용 배터리팩 경량화를 위한
다층금속판재 제조, 성형 및 평가 기술

(제 3 발표회장)

Effect of {10-12}-twinning-inducing predeformation on continuous precipitation behavior of extruded Mg-8.0Al-0.5Zn-0.2Mn alloy

김현지¹, 박성혁*

Abstract

This study investigates the effect of {10-12} twins generated by deformation at room temperature on the continuous precipitation behavior of an extruded Mg-8.0Al-0.5Zn-0.2Mn (AZ80) alloy. To this end, 6% compression along the transverse direction is applied to a homogenized AZ80 plate to introduce {10-12} twins, and then the compressed plate is annealed at 300 °C to induce static precipitation of continuous precipitates (CPs). The initial material (i.e., the AZ80 plate) has a twin-free grain structure and low internal strain energy, whereas the pre-twinned material (i.e., the compressed AZ80 plate) has numerous {10-12} twins and high internal strain energy owing to the occurrence of {10-12} twinning and dislocation slip during compression. The peak-aging time of the pre-twinned material (1 h) is significantly shorter than that of the initial material (8 h). In addition, at a peak-aging state, the size and number density of CPs in the pre-twinned material are smaller and higher than those of CPs in initial material despite of considerably shorter aging time of the former. In particular, abundant fine CPs are formed within the twins and at the twin boundaries of the pre-twinned material. The peak-aged pre-twinned material exhibits significantly higher tensile strength and ductility than the peak-aged initial material. This study demonstrates that the application of {10-12}-twinning-inducing predeformation substantially reduces the aging time required to achieve the maximum hardness and improves the mechanical properties of the material after peak aging.

Keywords: AZ80 alloy; {10-12} twinning; Aging; Continuous precipitation; Tensile properties.

탄점소성 다결정 유한 요소 해석 모델을 활용한 Mg-10Gd 마그네슘 합금의 기계적 거동 예측

이재성¹ · Dirk Steglich² · 정영웅^{1,3,#}

Mechanical behavior of Mg-10Gd alloy analyzed via elasto-visco-plastic polycrystalline finite element simulations

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

Abstract

마그네슘은 우수한 생분해성과 생체적합성을 바탕으로 치료 보조용 임플란트 재료로 주목받고 있다. 그러나 체내에서 마그네슘의 높은 부식 속도에 기인한 빠른 기계적 물성 저하에 의해 의료계에서 사용이 제한적이다. 이에 많은 연구자들은 빠른 부식성을 저하시키면서 기계적 물성을 향상시킬 수 있는 합금 설계에 초점을 맞춘 연구를 진행해왔다. 흔히 마그네슘 합금용 원소로 널리 사용되는 알루미늄을 첨가한 AZ31 그리고 AZ91을 생체재료로 활용하기 위한 연구를 진행해 왔으나, 알루미늄이 인체내에서 독성을 가지는 한계점으로 인해 사용이 제한되었다. 최근에는 기계적 물성을 향상시키는 동시에 독성을 가지지 않는 합금 원소인 Ca, Zn, Sr 그리고 희토류 금속을 활용한 합금 설계에 대하여 연구가 진행되어 왔다. 본 연구에서는 Mg-10Gd 마그네슘 합금의 기계적 물성 평가에 수치해석적 방법을 적용하였다. 최근 Jeong과 Tomé에 의해 보고된 탄점소성 다결정 모델(Δ EVPSC 모델)을 상용 유한요소 해석 프로그램(ABAQUS)의 사용자 재료 서브루틴(UMAT)에 적용시킨 모델(Δ EVPSC-FE 모델)을 활용하였다. 모델에 요구되는 초기 집합조직은 X-선 회절과 EBSD로부터 얻었으며, 일축 인장과 일축 압축 실험으로부터 얻은 응력-변형률 선도를 바탕으로 경화 변수를 최적화하였다. 노치 인장, C-ring 압축, 그리고 3점 굽힘 실험을 진행하였으며, 시뮬레이션과 실험을 통해 얻은 변위 곡선을 서로 비교하여 Δ EVPSC-FE의 타당성을 평가하였다.

Keywords: Crystal plasticity, CP-FEM, Mg-10Gd, Texture, Anisotropy

1. 창원대학교 소재융합시스템공학부

2. Institute of Material Systems Modeling, Helmholtz-Zentrum Hereon, Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht, Germany

3. 창원대학교 신소재공학부

교신저자: 정영웅 창원대학교, 신소재공학부 부교수. E-mail: yjeong@changwon.ac.kr

고내식 난연성 SEN6 마그네슘 합금 주조재의 인장 및 고주기 피로 특성

김정은¹, 김예진¹, 배준호², 유봉선², 박성혁^{1, #}

Abstract

This study investigates the microstructure, tensile properties, and high-cycle fatigue properties of the die-cast Mg alloy with high corrosion and ignition resistances (Mg-6Al-0.1Mn-0.1Zn-0.3Ca-0.2Y, wt%). Due to the rapid cooling rate during die-casting process, the average grain size of the surface region ($\sim 7 \mu\text{m}$) is smaller than that of the center region ($> 12 \mu\text{m}$). In this material, various porosity types with a maximum size of $140 \mu\text{m}$ are present. This material contains coarse $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ and Al_2Ca second phases along the grain boundary and fine $\text{Al}_8\text{Mn}_4\text{Y}$ and Al_2Y second phases within grains. This material has a tensile yield strength of 121.4 MPa, ultimate tensile strength of 172.5 MPa, and elongation of 5.1%. Tensile crack is initiated at shrinkage with irregular shape regardless of porosity size because of the stress concentration at shrinkage tips. Under cyclic loading, fatigue cracks are initiated by either large porosity ($> 100 \mu\text{m}$) or Al_2Ca second phase on surface. Compared with other die-cast Mg alloys and extruded this alloy, fatigue limit (FL) has a linear relationship with ultimate tensile strength (UTS): $\text{FL} = 0.74 \times \text{UTS} - 73.5 \text{ MPa}$. This means that high-cycle fatigue properties are not significantly affected by addition of Ca and Y and die-casting process. However, since die-cast the material has lower tensile and fatigue properties than die-casting Al alloy, it is necessary to improve tensile and fatigue properties to replace the Al alloy through the additional process.

Keywords: Magnesium alloy; Die-casting process; High-cycle Fatigue; Pore; Second phase.

1. 경북대학교 신소재공학부

2. 한국재료연구원 마그네슘연구실

교신저자: sh.park@knu.ac.kr

마그네슘 합금을 적용한 상용 트럭 아마추어 코어의 강성 확보

이현택¹ · 홍석무^{2#}

Securing Stiffness of the Armature Core of Commercial Trucks

H. T. Lee¹, S. M. Hong^{2#}

Abstract

현재 상용 트럭 스티어링 휠을 주요 골격을 따로 생산 후 용접을 하여 양산하고 있다. 하지만, 용접 시 추가적인 비용이 발생할 뿐 아니라 진동 감쇠 능력이 떨어지고 용접부의 품질 검사가 어렵다는 단점이 있다. 때문에, 본 연구에서는 제품의 경량화와 품질 향상을 위해 마그네슘 합금 소재를 사용하여 다이 캐스팅(Die casting) 공법을 적용한 일체형 아마추어 코어 개발을 목표로 한다. 기존 양산 제품의 형상과 동일하게 해석 모델을 설계하였으며, 실제 양산 시, 필요한 신뢰성 검사에 맞게 경계조건을 부여하여 유한 요소해석(Finite element analysis, FEA)을 진행했다. 소재 변경 및 생산 방식의 변경으로 인해 불필요한 항목은 제외하여 해석을 진행했다. Ls-Dyna를 사용하여 해석을 진행했고, 디지털 이미지 상관기법(Digital image correlation, DIC)로 해석에 필요한 정확한 물성을 얻음으로써, FEA 결과에 대한 신뢰성을 확보했다. FEA 결과 모든 항목에서 규정을 만족하였고, 실제 시험 결과와 일치함을 확인했다. 본 연구에서 수립한 프로세스를 통해 추후 버추얼 제품 개발 시, 개발 기간 및 비용 절감을 기대할 수 있다.

Keywords: Armature Core, Magnesium Alloy, Digital Image Correlation, Finite Element Analysis, Die Casting

1. 공주대학교 미래융합공학과, 석사과정

2. # 교신저자: 공주대학교 미래자동차공학과, 부교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

Establishment of microstructure evolution maps of AZ31 and AZ91–Ca–Y–MM alloys through precompression and post-annealing treatment

이종언¹, 김예진¹, 박성혁*

Abstract

This study establishes the microstructure evolution maps of a commercial AZ31 alloy and a recently developed Mg–9Al–0.8Zn–0.9Ca–0.6Y–0.5MM (AZXWMM91100) alloy on the basis of their microstructural variations with precompression amount and subsequent annealing temperature. The fully twinned microstructure of precompressed samples of the AZ31 alloy remains unchanged after annealing at 200 °C. At annealing temperatures above 225 °C, the area fraction of twin-free grains gradually increases with increasing precompression amount and annealing temperature. The microstructure evolution map of the AZ31 alloy consists of three regions: those with a fully twinned grain structure, partially twinned grain structure, and completely twin-free grain structure. The twinned microstructure of precompressed samples of the AZXWMM91100 alloy remains unchanged after annealing even at 250 and 300 °C. At annealing temperatures above 350 °C, the microstructure drastically changes from a fully twinned microstructure to a completely twin-free microstructure irrespective of the precompression amount. Consequently, the large amount of Al solute atoms and numerous second-phase particles in the AZXWMM91100 alloy inhibit grain-boundary movement during annealing, which results in the different microstructural evolution behavior with the AZ31 alloy.

Keywords: Magnesium; Precompression; Annealing; Microstructure; Twins.

1. 경북대학교 신소재공학부

* E-mail: sh.park@knu.ac.kr

머신러닝 기반의 Ti-20Zr-9Nb-5Sn 합금의 초탄성 거동 예측

유진영¹, 천세호¹, 오정석², 남태현², 김정기², 이태경[#]

A machine learning approach to predict superelastic behavior of Ti-20Zr-9Nb-5Sn alloy

J. Yu, S. Cheon, J. S. Oh, T. Nam, J. G. Kim, T. Lee

Abstract

β -타이타늄 합금계의 일부 조성에서 확인되는 형상기억과 초탄성 거동은 의료기기 및 항공재료에 활용되고 있으며, 타이타늄의 생체 적합성, 우수한 내식성과 더불어 주목받고 있다. Ti-Nb계 합금은 오스테나이트(β)와 마르텐사이트(α')의 가역적인 변태에 따라 초탄성 거동을 보인다고 알려져 있으며, 합금 조성 및 후열처리 조건에 따라 마르텐사이트 변태온도 및 분율, 합금의 격자상수 등이 변화해 상이한 초탄성 거동 양상을 보이게 된다. 이에 다변수 거동의 예측에 우수한 성능을 나타내는 것으로 알려져 있는 머신러닝을 도입하여 초탄성 거동을 모델링하고자 했다. Ti-20Zr-9Nb-5Sn 합금을 각기 다른 조건으로 열처리해 초탄성 거동을 확인하였으며, 실험 데이터로부터 합금 열처리 조건, 변형률, 경과시간의 특성을 추출해 모델을 학습시켰다. 학습에는 시변적 모델의 예측에 강점이 있는 순환 신경망 알고리즘의 일종인 LSTM과 강화학습 기반 알고리즘인 DDPG를 도입하여 초탄성 거동을 모사하였으며, 실험 후 모델의 성능은 평균제곱오차와 R2오차를 도입해 평가했다.

Keywords: Machine Learning, Titanium, Superelasticity

1. 부산대학교

2. 경상국립대학교

#. 부산대학교 교수, taeklee@pnu.edu

기회폭발 접합공정을 적용한 CFRP-알루미늄 이종소재 접합공정

정유형¹ · 이원주¹ · 임현교² · 장승범² · 윤종현[#]

Dissimilar material welding of CFRP-aluminum by utilizing Vaporizing Foil Actuator Welding process

Y. H. Jeong, W. J. Lee, H. K. Lim, S. B. Jang, J. H. Yoon

Abstract

Because of necessity in weight lightening of vehicle due to regulation for CO₂ emission and deepening safety regulation, demand of lightweight materials in vehicle are on the increase. Many manufacturing companies are applying lightweight materials such as aluminum, magnesium, carbon fiber, etc. at the frame of the vehicles. To apply these materials, it is also important that welding dissimilar materials to construct body of vehicle, but some issues were occurred at the welding interface such as crack, heat affected zone, etc.. In this paper, dissimilar material welding between aluminum and CFRP is introduced by utilizing vaporizing foil actuator welding.

Keywords : Vaporizing Foil Actuator Welding, Dissimilar Material welding, Impact Welding

Vaporizing Foil Actuator Welding(VFAW) process is one of explosion welding method which use a pressure of vaporized aluminum foil for welding. VFAW process is characterized by high welding speed which induced by a high collision velocity when two materials are welded.

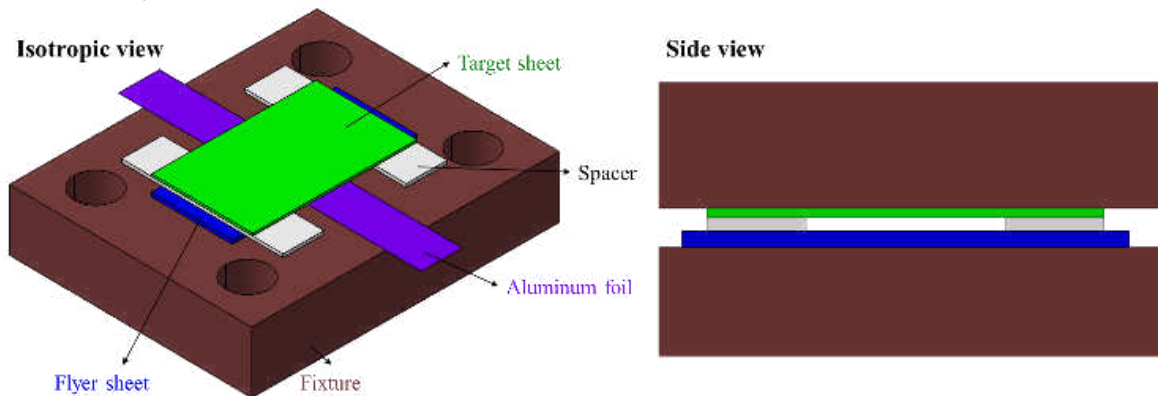


Fig. 1 Die set for VFA welding process

When actuator foil vaporized, the flyer moves toward the target at the velocity of several hundred meter per second. In

VFAW process, contaminant films or coatings on the colliding surfaces are removed during the impact in a form of jet. It is

1. 한양대학교 기계설계공학과, 박사과정연구원

2. 한양대학교 기계설계공학과, 석사과정연구원

한양대학교 ERICA 기계공학과, 교수

E-mail: yooncsmd@gmail.com

commonly believed that the jet consists of this metal layers, oxide layers, and other contaminants from the colliding surfaces of flyer and target sheets. An impact angle is very important process conditions in VFAW test because the oblique impact can eliminate the contaminants on colliding surface in the form of the jet. Without the impact angle, the jet would be trapped between the collision interface and it prevents the metallic bonding.

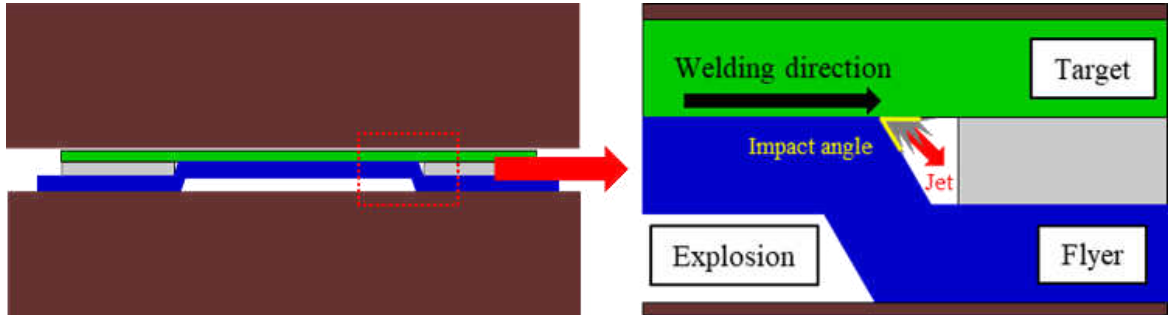


Fig. 2 Welding Mechanism of VFAW process

Al6061-T4(1.2t) and carbon fiber reinforced plastic plate(3t) was used for flyer and target sheet. In this case, the metallic bonding cannot be generated between welding surfaces because the carbon fiber doesn't have a shared electron. A geometrical variable was adopted, which was a hole at the target sheet. It was drilled to expected that the flyer sheet pass through the hole and weld with the wall of this hole. The diameter of drilled hole was 10 mm. It was possible that the flyer sheet could be welded with the die set through the hole, so additional aluminum plate which was same with flyer sheet was placed between target sheet and die set. The standoff distance was set as 1.6 mm, and we applied 10 kJ of input energy among the various input energy conditions.

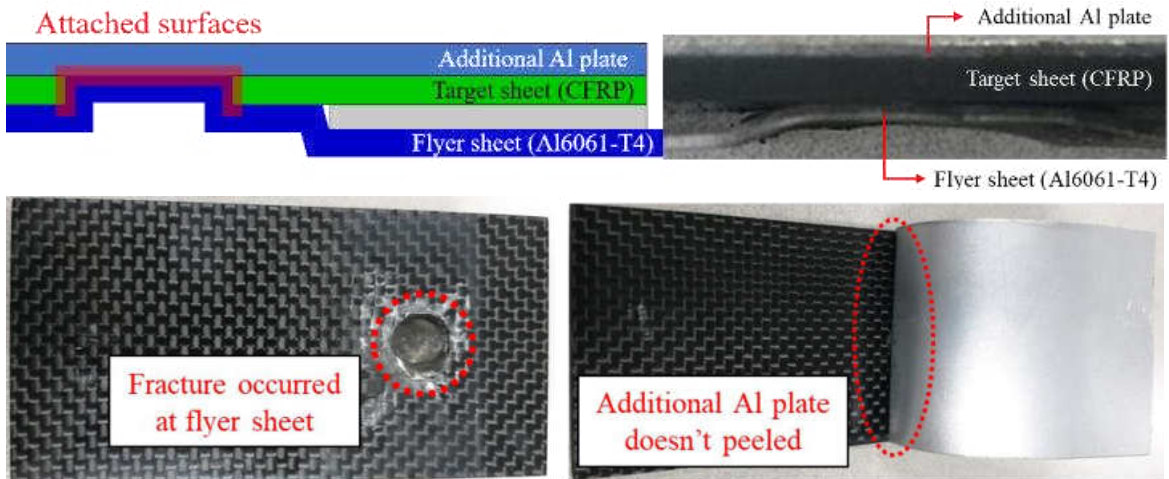


Fig. 3 Results of VFAW test and peeling of aluminum sheet

During the peeling procedure, the fracture occurred at the flyer sheet along the drilled hole so the welding between flyer sheet-additional Al plate was successful. If there was no binding force between CFRP and flyer sheet, the additional aluminum plate should be easily separated after peeling of flyer sheet. But it didn't peel so it was expected that a bonding force from VFAW process was applied between drilled wall of CFRP and flyer sheet.

Al/Ti 이종금속 박판의 접합성 개선 연구

이광석^{1, #} · 배성준¹ · 봉혁종¹ · 김민중²

A Study on the improvement of bonding property for Al/Ti dissimilar metallic sheets

K.S. Lee, S.J. Bae, H.J. Bond, M.J. Kim

Abstract

The effect of post roll-bonding conditions such as annealing on the changes in the intermetallic compound layer created at the bonding interface and subsequent bonding properties of multi-layered Al/Ti clad sheets is intensively studied. SEM, EBSD, and TEM analyses were performed to verify the generation of intermetallic compounds (IMCs) at interface. And the bonding strengths of the Al/Ti clad sheets were obtained by a series of T-peel tests. An abrupt increase of the thickness of brittle Al_xTi_y IMCs above 1 μm scale leads to a decrease in the bonding strength with increasing annealing time or temperature, although formability of Al/Ti clad sheets is considerably improved. However, short-term annealing yields maximum bonding strength, in which the thickness of brittle Al_xTi_y IMCs is less than 500 nm scale. Therefore, the major strengthening mechanism can be proposed as controlled IMCs-induced 'zipper-like' failure mode at the interface.

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

Acknowledgement

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20006974)

1. 한국재료연구원 재료공정연구실
2. 한국클래드텍

Electropulsing treatment of aluminum clad steel: fatigue damage healing

Shengwei Zhang^{1,2}, Meiling Geng¹, Jin Cheol Kim¹, Hyeon Seok Choi¹, Moon Jo Kim³,
Jang-Hyun Bae³, Heung Nam Han⁴, Sung-Tae Hong^{1,#}

Abstract

The prolonged fatigue life of aluminum clad steel (Al clad steel, ACS) using electropulsing treatment with subsecond duration is experimentally validated. Firstly, the fatigue damage evolution of ACS sheet is systematically investigated by characterizing the microstructural change at different fatigue cycles. Secondly, an electric pulse (0.5 sec) is applied to the fatigued samples to rapidly heal the damage and prolong the fatigue life. By electropulsing treatment, the fatigue life is significantly prolonged. The microstructural changes associated with fatigue damage evolution show that cracks are prone to initiate at Al grains of the interface and propagate toward the Al side in the fatigue test due to a preferred accumulation of geometrically necessary dislocations (GNDs) in the soft Al grains near the interface. After electropulsing treatment, the density of piled GNDs was reduced, which retards the microcrack formation at the interface and increases the fatigue life of the ACS.

Keywords: fatigue damage healing; aluminum clad steel; electropulsing treatment; prolonged fatigue life

Acknowledgments

This work was supported by the Technology Innovation Program (20006974) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (2019R1A2C2009939, 2021R1A2C3005096, and 2020R1A5A6017701). This work was also supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE) (2021RIS-003). M.-J. Kim was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (No. 20003937) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

1. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 44610, Republic of Korea

2. Naval Architecture and Ocean Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China

3. Smart Liquid Processing R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon 21999, Republic of Korea

4. Department of Materials Science and Engineering & Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University, Seoul, 08826, Republic of Korea

[#]Corresponding author. E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

5. 일반 논문 발표

일반금속가공 1, 2, 3

(제 4 발표회장)

초음파나노표면개질 기술에 위한 SiC 열용사 코팅의 기계적, 내마모성 및 피로수명 향상

아마노프 아웨즈한^{1#}, 카림바예프 루슬란²

Improvement of Mechanical, Wear Resistance, and Fatigue Life of SiC Thermal Spray Coating by Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification Technology

A. Amanov, R. Karimbaev

Abstract

The objective of this study is to investigate the effect of ultrasonic nanocrystal surface modification (UNSM) technology on the mechanical properties, wear, and fatigue behavior of SiC coating by thermal spray. The UNSM-treated coating decreased the CoF (coefficient of friction) under both dry and non-dry conditions. The wear track morphology showed that the coating experienced abrasive wear in dry conditions. In contrast, in non-dry conditions, adhesive wear was a dominant mode. Moreover, the UNSM technology could extend the RBF (rotary bending fatigue) life of the as-sprayed SiC coating throughout the applied stress levels. It is expected that aerospace, nuclear, etc. industries may be benefited from the features of UNSM technology, such as an increase in hardness, residual stress, wear resistance, and fatigue properties of SiC coating.

Keywords: SiC, Grain Size, Mechanical Properties, Residual Stress, Wear, Fatigue, UNSM

1. 선문대학교, 부교수

2. 선문대학교, 박사과정

교신저자: 선문대학교, 부교수. E-mail: avaz2662@sunmoon.ac.kr

포타슘 도핑이 텅스텐의 연성-취성 천이 온도에 미치는 영향

민건식¹, 김정석¹, 성시문¹, 이성민¹, 김황선¹, 김형찬², 한흥남[#]

Effect of Potassium Dopping on Ductile-to-brittle Transition Temperature of Tungsten

G. Min¹, J. Kim¹, S. Sung¹, S. Lee¹, H. Kim¹, H. C. Kim², H. N. Han[#]

Abstract

텅스텐은 용점과 열전도도 및 고온 강도가 높아 핵융합로나 반도체 제조공정 같이 고온의 플라즈마를 활용하는 산업 분야에 사용된다. 그러나 텅스텐의 높은 연성-취성 천이온도(ductile-to-brittle transition temperature; DBTT)는 재료가 활용될 수 있는 온도 범위를 제한하므로 DBTT를 낮추는 것이 중요하다. 이를 위하여 텅스텐 내부에 미량의 포타슘을 도핑하는 방법이 제안되어 있으나, 포타슘 첨가가 인성을 향상시키는 메커니즘은 현재까지 명확히 규명되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 포타슘이 도핑된 텅스텐 분말을 활용하여 제작된 소결체의 기계적 물성을 분석하고, 포타슘이 텅스텐의 DBTT를 낮추는 원리를 조사하였다. 포타슘 도핑 텅스텐(K-doped W) 소결체는 통전활성소결법(spark plasma sintering; SPS)을 활용하여 제조되었으며 비교재료는 SPS로 제조된 순수 텅스텐(Pure W)을 활용하였다. 고온 벤딩 및 고온 일축 인장 시험 결과, K-doped W의 DBTT는 Pure W보다 100°C 이상 낮음이 확인되었다. 또한, 나노 압흔 시험을 통해 시편의 국부적인 기계적 특성을 분석하였으며, K-doped W의 항복을 위한 최대전단응력이 Pure W보다 낮다는 사실을 확인하였다.

Keywords: Tungsten, Potassium, Ductile-to-brittle transition temperature, Spark plasma sintering, Nanoindentation

1. 서울대학교 재료공학부, 대학원생

2. 한국핵융합에너지연구원, 연구원

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

저방사화 강 복합재의 열 및 기계적 특성에 대한 구리 섬유의 영향 연구

조영환¹ · 양현준¹ · 이창훈² · 홍순직³ · 유웅열¹ · 한흥남^{1#}

Effect of copper fiber on the thermal and mechanical properties of RAFM steel composites

Y. H. Cho¹, H. J. Yang¹, C.-H. Lee², S.-J. Hong³, W.-R. Yu¹, H. N. Han^{1#}

Abstract

RAFM 강은 핵융합로 내 블랭킷 모듈의 주요 후보 중 하나이다. 블랭킷 내의 구조 재료는 핵융합 반응 중에 핵융합로에서 발생한 열 에너지를 냉각수로 전달한다. 따라서, 블랭킷 재료의 열전도도를 높이는 것은 핵융합로의 열 효율을 향상시키는 데 기여한다. 본 연구에서는 RAFM 강에 구리 섬유를 첨가하여 기존의 RAFM 강보다 열전도도를 향상시킨 복합재들을 제작하였다. 섬유는 구리 분말과 3D 직조 구리 메쉬 소재를 사용하였다. 복합재들은 SPS를 이용하여 제작되었다. 복합재들의 미세조직을 비교하기 위해 EBSD 분석과 나노 압입 시험이 수행되었다. 복합재들의 열전도도를 계산하기 위해 LFA, DSC 등을 이용하여 샘플들의 열 확산도, 비열, 밀도가 각각 측정되었다. 측정된 열전도도는 Lewis-Nielsen Model에서의 유효 열전도도 값과 함께 논의되었다. 복합재들의 기계적 특성은 미니어치 인장 시험을 통해 측정되었다. 또한, 복합재들의 열 특성과 기계적 특성에 대한 구리 섬유의 종류와 부피 분율의 영향이 분석되었다. 결과적으로, 복합재의 열 전도도 향상에는 높은 부피 분율을 갖는 3D 직조 구리 메쉬를 사용하는 것이 효과적이었다. 복합재의 기계적 물성은 구리 메쉬를 섬유로 사용했을 때 더 나은 연성을 보였고, 섬유의 부피 분율이 낮을수록 더 높은 인장 강도를 나타냈다.

Keywords: RAFM Steel, Composite, Spark plasma sintering, Thermal conductivity, Copper fiber

1. 서울대학교 재료공학부

2. 한국재료연구원

3. 공주대학교 신소재공학부

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

SLM으로 제조된 CM247LC 초내열합금의 상온 및 고온에서의 기계적 특성에 미치는 후열처리 공정의 영향

원경운¹ · 박소연¹ · 권석환² · 서성문³ · 이기안^{4,#}

Effect of post-heat treatment on the mechanical properties at room and high temperature of CM247LC superalloy manufactured by selective laser melting

K. -U. Won¹, S.-Y. Park¹, S. H. Kwon², S. M. Seo³, K.-A. Lee^{4,#}

Abstract

CM247LC 합금은 Ni-based superalloy 중 하나로 고용강화 및 석출경화효과로 인해 1000℃ 수준에서도 우수한 기계적특성을 유지할 뿐만 아니라 탁월한 내식성과 크리프 저항성을 지녀 대표적인 gas turbine 용 부품으로 적용되고 있다. 최근 차세대 수송기 개발에 관심이 높아지면서 경량화와 물성향상이 요구되며 항공 분야에서도 3D 프린팅 기술을 도입하려는 시도가 증가하고 있다. 본 연구에서는 selective laser melting (SLM) 기술을 이용하여 CM247LC Ni-based superalloy를 제조하였으며 추가적으로 다양한 후열처리 [1. hot isostatic pressing (HIP) 및 2. 용체화 + 시효처리 (이하 S+A)]를 통해 결함 및 미세조직의 제어하였다. 이 때 HIP 은 1200℃/4hrs 조건으로 수행했으며 HIP을 수행한 시편과 수행하지 않은(as-built) 시편에 대해 각각 용체화 (multi step 1251℃) + 시효처리 (2 step: 1080℃/4hrs + 871℃/20hrs)를 수행하였다. 그 후 후열처리에 따른 미세조직과 상온 및 760℃에서 압축 기계적 특성을 조사하였다. 미세조직 관찰 결과, as-built 시편에서는 γ' 가 관찰되지 않고 미세 탄화물 만이 존재하였으나 SA 처리 후 cuboidal γ' 가 높은 분율로 석출되었다. HIP 시편은 결함이 0.91%에서 0.28% 수준으로 크게 감소하였으나 γ' 가 다소 불규칙한 형태를 보였다. 그러나 SA 처리 후 γ' 상의 효과적인 제어가 확인되었다. 상온 및 고온 압축시험 결과는 Fig. 1에 도시된 바와 같으며 S+A 이후 as-built와 HIP 모두 항복강도의 증가가 나타났다. 또한 HIP+S+A는 HIP에 비해 상, 고온 항복강도가 크게 개선되었고 압축거리 증가에 따라 S+A 소재들은 각각 S+A를 수행하지 않은 것들에 비해 높은 유동응력을 보였다. 압축 변형 전 후의 미세조직 변화를 결정립 크기, 초기 전위밀도, 석출물들의 형상과 크기 분포 등을 중심으로 관찰하였으며 각 인자들이 변형거동에 미치는 영향을 고찰하였다. 상기 결과들을 바탕으로, SLM 공정으로 제조된 CM 247LC superalloy의 후열처리 공정에 따른 미세조직과 기계적 특성을 연계 해석하여 결과적으로 적층 제조된 CM 247LC 합금의 물성 향상 방안을 제시하고자 하였다. [본 연구는 산업통산자원부와 산업기술평가관리원의 소재부품기술개발사업(20011103)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다].

Keyword: CM247LC superalloy; Selective laser melting; Hot isostatic pressing; Heat treatments; room and high temperature mechanical properties

1. 인하대학교 신소재공학과, 박사과정

2. 한국로스트와스㈜ 기술연구소, 부장

3. 한국재료연구원 극한소재연구소 고온재료연구실, 책임연구원

4. 인하대학교 신소재공학과, 교수

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

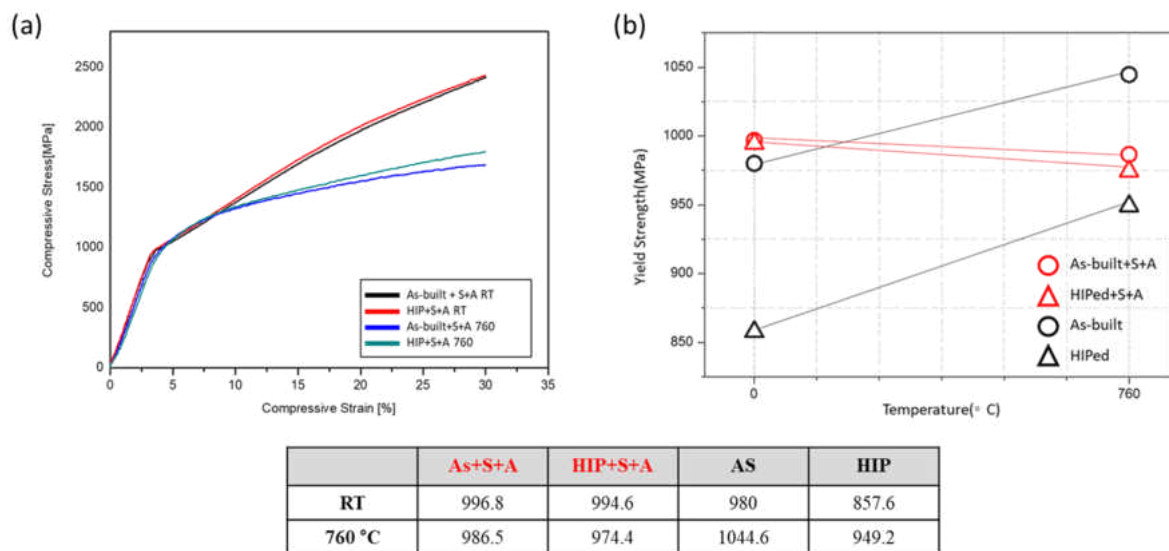


Fig. 1 Results of room and high temperature compressive test: (a) stress-strain curves, (b) yield strengths curves of CM247LC alloy with table.

바탕재 금속의 소성 거동이 바탕재와 개재물 간 접촉면 분리에 미치는 영향

사공철¹ · Brian Nyvang Legarth² · 윤정환[#]

Effect of Plastic Behavior of Matrix Metal on Debonding of the Interface Between Matrix and Inclusion

C. Sagong, B. N. Legarth, J. W. Yoon

Abstract

The metal alloy containing rigid inclusion considered in this paper is designed with the unit cell model where periodic boundary condition is applied. Debonding of the interface between the matrix and rigid inclusion occurs when the unit cell is under loading. In this research, various kinds of loading are applied. Uniaxial and biaxial tensions are applied and the relationship between orientation and debonding points is found. In addition, the cell is subjected to uniaxial tensile and compressive loading to observe how the strength differential effect influence on debonding. To describe the debonding, Tvergaard's (1990) cohesive zone model [1] is implemented. Hill48 yield function is implemented to describe the anisotropy. Yoon2014 yield model [2] is newly implemented to describe the SD effect. The models are implemented by using ABAQUS UMAT (User MATerial). AA 2008-T4 and AZ31 are used for metal matrix.

Keywords: Debonding, Cohesive Zone Model, Anisotropy, 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. Technical University of Denmark, 교수

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

합성곱 인공 신경망 기반 비지도 학습을 이용한 철강 미세조직 자동 분류

김호혁^{1,2#} · 오세혁¹ · 정재면¹ · 오영석¹ · 김세종¹ · 이호원¹ · 강성훈¹ · 이노우에 준야²

Automatic segmentation of microstructural images of steels using unsupervised learning with convolutional neural networks

H. Kim, S. Oh, J. Jung, Y.-S. Oh, S.-J. Kim, H. W. Lee, S.-H. Kang, J. Inoue

Abstract

재료의 미세조직은 재료의 기계적, 화학적, 전기적 특성에 매우 큰 영향을 미치기에, 미세조직을 분류하고 정량화하기 위해 많은 연구가 수행되어왔다. 특히, 철강 재료는 페라이트, 베이나이트, 마르텐사이트와 같이 다양한 상이 존재하여 미세조직 분류 및 정량화에 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 근래에 머신러닝 및 딥러닝을 적용한 미세조직 분류 연구가 진행되고 있으며, 분류 성능이 매우 우수하다고 보고되어 왔다. 하지만, 대부분의 방법들이 학습 데이터를 필요로 하는 지도 학습 기반의 알고리즘이기에, 학습 데이터 제작에 많은 시간과 비용이 소모된다는 단점이 있다. 본 연구에서는 합성곱 인공 신경망(Convolutional neural networks, CNN)을 기반으로 한 비지도 학습 알고리즘을 적용하여 학습 데이터 없이 철강 재료의 미세조직을 자동으로 분류하였다. 전문가가 라벨링한 미세조직 이미지와 딥러닝 알고리즘을 적용한 미세조직 자동 분류 결과를 비교하여 딥러닝 알고리즘의 유효성을 검증하였다. 결론적으로, 비지도 학습 기반 딥러닝 알고리즘을 이용하여 철강 미세조직을 높은 정확도로 분류할 수 있음을 확인하였다.

Keywords: Neural networks, segmentation, microstructure, steel

1. 한국재료연구원 재료인공지능·빅데이터 연구실

2. 도쿄대학 생산기술연구소

교신저자: 한국재료연구원 재료인공지능·빅데이터 연구실 선임연구원. E-mail: hoheokkim@kims.re.kr

머신러닝 기반 TV 후방 패널 성형성 예측

피에만 파질리¹ · 조동혁¹ · 최현성² · 조준호³ · 윤정환[#]

Machine learning-based formability analysis with TV back panel

P. Fazily, D. Cho, H. Choi, J.H. Cho, J. W. Yoon

Abstract

This research aims to propose a machine learning-based methodology for formability analysis. The machine learning (ML) model classifies the formability of the TV back panel based on the forming limit diagram (FLD). The training dataset is obtained through finite element method by considering the cross-sectional dimensions of screw holes, AC, and AV (Audio Visual) terminal. Based on the strain values on the FLD diagram, the formability is classified as safe, margin, and crack. Thereafter, the XGboost algorithm is utilized to construct the machine learning model. The predictions by the XGboost model were compared to FEM using a confusion matrix. Additionally, the punch radius of the screw holes was optimized using Brent's method to improve the formability of the panel. The results indicated that the formability could be improved based on the machine learning model's predictions.

Keywords: Artificial Intelligence, Forming Limit Diagram, XGBoost algorithm, Brent's method, Finite Element Analysis

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. 한국재료연구원 항공재료연구센터

3. LG전자 생산기술연구원 금형기술담당 메탈성형기술팀

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

인장시험 모사를 위한 새로운 파단모델의 적용

문희범¹ · 강경필¹ · 이경훈[#] · 정혁재²

Application of New Fracture Model for Tensile Test Simulation

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

Abstract

유한요소해석에서 재료의 소성변형을 다루기 위해서는 재료의 진변형률-진응력 곡선이 요구된다. 일반적인 경우 유한요소해석에 적용하고자 하는 재료로부터 시편을 채취하여 인장시험을 수행하고, 결과로 확보한 변위-하중 선도로부터 응력-변형률 선도를 계산하여 이를 적용한다. 위 과정에서 시뮬레이션에 입력한 진변형률-진응력 곡선의 정확성을 확인하거나, 재료의 기계적 특성을 모델화 하기 위해 인장시험의 유한요소해석이 직접 수행되는 경우도 존재한다.

일반적인 금속 재료는 인장시험을 수행했을 때 최대 인장 강도(Ultimate Tensile Strength) 이후 하중의 감소가 점차 발생하고, 파단 시점에 이르러서는 파단에 의한 급격한 하중 감소가 진행된다. 유한요소해석을 통해 이러한 하중 감소를 결과로 확인하기 위해서는 파단모델을 적용하여 재료의 파단에 따른 강도 저하의 구현이 요구된다.

재료의 파단을 모사하는 방법으로는 대표적으로 요소 삭제(Element Deletion)방식과 유동응력 연화(Flow Stress Softening) 방식 등이 존재한다. 이 중 유동응력 연화 방식이란 요소의 상태변수 조합으로 파단 정도를 예측할 데미지 모델(Damage Model)과 파단의 구현 여부를 결정할 임계 데미지(Critical Damage)를 선정한 후, 유한요소해석 수행 중 특정 요소의 데미지가 임계 데미지에 도달할 경우 요소의 유동응력을 매우 낮은 수준(약 1~5%)로 낮추어 파단을 구현하는 방식이다. 다만 기존 방식대로 유동응력 연화 방식을 적용하여 파단을 구현할 경우 요소의 급격한 유동응력 저하로 인해 파단이 빠르게 진행되는 한계가 존재한다.

본 연구에서는 유동응력 연화 방식 사용 시 급격한 유동응력의 저하를 방지하기 위해 유동응력의 연화율을 데미지의 함수로 정의하여, 변형이 진행되면서 요소가 갖는 데미지의 크기가 커질수록 단계적으로 유동응력이 저하되는 파단 모델을 적용하였다. 추가적으로 인장시험 유한요소해석을 새로운 모델을 적용하여 수행하고, 데미지의 증가에 따른 점진적인 하중 감소를 확인하고 시험 결과와 동일한 하중 감소 패턴을 찾기 위한 방법 등에 대해 분석하였다.

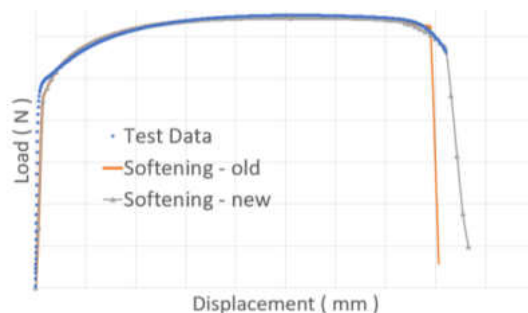


Fig. 1 The comparison of Load of normal FEM & old softening FEM & new softening FEM

Keywords: Tensile Test(인장 시험), Fracture(파단), Finite Element Method(FEM, 유한요소법)

1. ㈜ 솔루션랩

2. ㈜ 현대제철

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

유한요소 해석과 역설계 기법을 활용한 ERW파이프 열영향부 기계적 물성 획득

이상민¹ · 홍석무^{2#}

Acquisition of the Mechanical Properties of the Heat Affected Zone of the ERW Pipe Using Finite Element Analysis and Reverse Engineering Techniques

S. Lee¹, S. Hong^{2#}

Abstract

심파이프(Seamed Pipe) 제조 시 프레스 성형 이후 용접을 하여 이음부를 접합한다. 이때 용접부 주변에 열이 가해지게 되고 이로 인해 열영향부(Heat Affected Zone, HAZ)가 생기게 된다. HAZ 부는 열로 인한 조직의 변화에 의해 모재보다 경도가 증가하고 연성이 감소하게 되는데, 이러한 HAZ 부의 특성에 의해 유한요소해석을 이용한 파이프 인장 및 굽힘 시험 예측이 어려운 문제가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 파이프에서 모재 부분과 HAZ 부분을 나누어 물성을 적용하여 유한요소 해석을 진행해 HAZ 부 물성 획득 방법을 제시하였다. 이를 위해 시편을 제작했는데, 파이프의 정확한 물성 측정을 위해 와이어 커팅을 이용하여 평면이 아닌 아치형 시편을 제작하였고, 이를 위한 지그를 제작하여 단축 인장 시험을 진행하였다. 이 때, 아치형 시편의 정확한 면적 변화를 측정하기 위해 디지털 이미지 상관기법(Digital Image Correlation, DIC)을 이용하여 변형률을 측정하였다. 이후 시험을 통해 획득한 모재의 물성을 사용해 유한요소해석과 역설계를 활용하여 HAZ 부의 물성을 예측하였다. 이를 검증하기 위해 파이프 원형의 단축 인장 시험을 위한 지그를 추가로 제작하여 시험을 진행했고, 앞서 예측한 HAZ 부의 물성을 사용하여 유한요소 해석을 진행하여 비교하였다. 하중-변위 곡선 비교 시 실험값과 해석을 통해 예측한 값이 근사하였고, 앞서 획득한 물성의 유효성을 검증하였다.

Keywords: Digital Image Correlation, Finite Element Analysis, Heat Affected Zone, Reverse Engineering, Seam Pipe

1. 공주대학교 미래융합공학과, 석사과정

2. # 교신저자: 공주대학교 미래자동차공학과, 부교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

결정립 성장시 외부 응력에 의해 발생하는 영구 변형에 대한 분자 동역학 시뮬레이션을 활용한 연구

성시문¹ · 장재훈² · 김양후³ · 한흥남^{1#}

A study using molecular dynamics simulation on permanent deformation caused by external stress during grain growth

S. Sung¹, J. Jang², Y. Kim³, H. N. Han^{1#}

Abstract

It is known that a permanent deformation occurs in even a very low-stress state while a solid-solid phase transformation proceeds in metallic materials. A similar phenomenon is also observed during recrystallization and/or grain growth. To explain these phenomena, Han et al proposed the concept of migrating boundary-induced plasticity (MIP) from the diffusion of vacancies at a migrating boundary and showed that this permanent deformation is a thermally activated process. However, this has an experimental limitation in quantifying grain growth. In this presentation, molecular dynamics (MD) simulation was used to overcome these experimental limitations, and it was confirmed that a significant amount of strain occurred during grain growth of BCC-Fe under an external stress lower than the yield stress. Quantification of permanent deformation among total deformation reveals that this permanent deformation is a thermally activated process, which is consistent with the MIP. Based on these results, a newly modified phenomenological MIP model was proposed, and the result of explaining the permanent deformation obtained by the MD with this modified MIP model will be shown through this presentation.

Keywords: molecular dynamics / phase transformation / migrating boundary induced plasticity / grain growth

1. 서울대학교 재료공학부

2. 재료연구소

3. 한국생산기술연구원

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

딥 러닝 기반 대면적 전자빔 크레이터 예측 모델 개발

오민기^{1, 2}, 이용훈², 정재면¹, 김호혁¹, 오영석¹, 김세종¹, 이호원¹, 강성훈¹,
김지수^{2, #}, 오세혁^{1, #}

Development of a deep-learning-based large pulsed electron beam (LPEB) crater prediction model

Mingi Oh^{1, 2}, Yonghoon Lee², Jaimyun Jung¹, Hoheok Kim¹, Young-Seok Oh¹, Se-Jong Kim¹,
Ho Won Lee¹, Seong-Hoon Kang¹, Jisoo Kim^{2, #}, Sehyeok Oh^{1, #}

Abstract

대면적 전자 빔 (Large Pulsed Electron Beam, LPEB) 공정은 전자빔을 금속 표면에 조사해 넓은 면적을 순간적으로 용융시킨 후 다시 응고시켜 재응고된 표면에서의 상 변태, 기계적 물성 향상, 화학적 안정성 향상 등 표면 개질을 위해 흔히 사용된다. 하지만 공정 과정에서 크레이터가 형성되어 내식성과 표면 조도 등이 저하되는 현상이 발생한다. 이러한 크레이터 형성은 합금 내 비금속 개재물의 급격한 기화가 주된 원인으로 알려져 있고, 조사 횟수나 에너지 밀도 (가속전압) 와 같은 공정 조건에도 영향을 받으므로 크레이터 형성 최소화를 위해 소재별 공정조건 최적화가 필수적이다. 하지만 기존 물리모델 기반 시뮬레이션은 전자빔 조사 시 온도 분포와 용융 두께의 예측만 가능하여 크레이터 발생 예측은 어렵다.

본 연구에서는 실제 실험데이터 기반 생성적 적대 신경망 (Generative Adversarial Network, GAN) 딥 러닝 모델을 사용하여 공정 조건과 소재 정보로부터 공정결과 예측 이미지를 생성하는 모델이 개발되었다. 예측 모델은 LPEB 공정의 가속전압, 빔 조사 횟수, 비금속 개재물 함량, 열 확산율을 입력 받아 LPEB 공정을 거친 시편 표면의 광학 현미경 이미지를 예측하도록 학습되었다. 학습을 위해 SKD11, SKD61, NAK80, KP4M의 네 소재에 가속 전압 15 kV, 20 kV, 30 kV, 그리고 빔 조사횟수 5회, 10회, 20회로 LPEB 공정을 수행 후 표면을 광학 현미경으로 촬영하여 데이터를 확보했다. 딥 러닝 모델의 학습 결과 각 공정 조건과 소재 조건에 따라 크레이터 분포를 확인할 수 있는 이미지를 수 초 내에 생성할 수 있었고, 크레이터 생성 최소화를 위한 최적 공정 설계에 적극 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Large Pulsed Electron Beam (LPEB), Crater Prediction, Deep Learning, Generative Adversarial Network, Artificial Intelligence

1. Korea Institute of Materials Science (KIMS, 한국재료연구원)

2. Kyungpook National University (KNU, 경북대학교)

Corresponding authors: 오세혁 (한국재료연구원, 선임연구원, shoh@kims.re.kr), 김지수 (경북대학교, 조교수, js.kim@knu.ac.kr)

탭핑 공정간 탭마모 경향 분석 및 너트 나사산 성형 품질 영향 분석

김영진¹ · 최석우² · 정선호² · 김민수² · 민수홍³ · 이종섭[#] · 이은호[#]

Study on the wear of tap and screw quality in tapping processes

Y. J. Kim, S. W. Choi, S. H. Jung, M. S. Kim, S. H. Min, J. S. Lee, E. H. 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 원가 절감 및 고품질화를 목적으로 전조 탭핑 공법의 적용이 확대되는 추세이다. 그러나 전조 탭핑공정으로 생산하는 경우 너트 직경이 커질수록 전조 롤탭에 작용하는 성형하중의 증가 및 금형 수명 저하의 문제가 발생하고 있다. 롤탭 금형 수명의 가장 큰 영향은 마모이다. 실제 현장에서는 성형 품질에 초점을 맞춰 작업자의 경험으로 관리하고 있어, 이를 해결하기 위해 보다 체계적인 공정 분석이 필요하다. 금형 마모의 경우 공정 초기지점 및 성형 응력 최대지점에서 집중적으로 진행되었다. 본 연구에서는 유한 요소 해석 기법을 수립하여 탭핑 공정간 너트 이송력 및 이송속도 변화에 따른 성형부하 변화분석을 통해, 탭핑 금형 마모 영향에 대한 분석을 수행하였다. 이송력 제어의 경우, 기존 공정 장비의 이송력 범위를 고려하여 성형해석을 진행하였다. 이송속도 제어의 경우 나사 피치(1.27mm)를 고려하여 해석을 진행하였다. 분석결과 적절한 이송력과 이송속도로 제어하는 경우 나사산이 점차적으로 형성되었지만, 과도한 이송력 및 이송 속도를 부과하게 될 경우 성형 초반부터 이동량이 과도하여 나사산이 제대로 형성하지 못하는 것을 확인하였다. 마지막으로 본 논문에서 해석결과를 이용하여 추후 진행할 실험에 관해 간단하게 논의한다.

Keywords: weld nut, Roll – tap, wear, finite element analysis

1. 성균관대학교, 석사과정

2. 한국생산기술연구원

3. 프론텍, 대표 이사

교신저자: 성균관대학교, 교수, E-mail: e.h.lee@skku.edu

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

동적재결정 거동 예측을 위한 미세조직 기반 다중스케일 모델링 연구

박진홍¹ · 이명규[#]

Microstructure-based multiscale modeling for predicting dynamic recrystallization behavior

J. Park, M.-G. Lee

Abstract

동적 재결정은 금속 재료에 고온 변형이 가해질 때 흔히 나타나는 현상으로, 이는 연속적인 핵 생성과 결정립 성장으로 이루어진다. 동적 재결정 거동을 예측할 수 있는 계산 모델은 열기계적 공정을 거친 금속 재료의 향상된 기계적 물성을 위한 적합한 미세조직 및 열기계적 공정 조건을 제안할 수 있어서 중요하게 여겨진다. 본 연구에서는 고온 변형에서 발생하는 동적 재결정에 의한 미세조직 변화와 기계적 거동을 예측하기 위한 미세조직 기반의 다중스케일 모델을 개발하였다. 개발된 다중스케일 모델은 미세조직 스케일에서의 소성 변형을 예측하기 위한 결정소성 모델과 동적 재결정에 의한 미세조직 변화와 그에 따른 기계적 연화를 모사하기 위해 동적 재결정 이론 기반의 셀룰러 오토마타 모델을 결합하였다. 이때, 재결정 현상은 변형 축적 에너지를 소모하며 발생하기 때문에 전위 밀도 기반 결정소성 모델을 도입하였다. 개발된 모델은 검증을 위해 AISI 304LN 스테인리스강에 적용되어, 고온 압축 하의 스테인리스강에 대한 유동응력과 결정립 형상 및 크기의 미세조직 발현 뿐만 아니라 재결정 속도, 집합조직 등의 동적 재결정 거동을 잘 예측하였다. 더 나아가서, 개발 모델을 활용하여 결정립 단위에서 기계적 반응과 재결정 거동의 상관관계를 정량적으로 분석하여 동적 재결정 현상을 심층적으로 고찰하였다.

Keywords: Dynamic Recrystallization, Crystal Plasticity, Cellular Automata, Microstructure Evolution

1. 서울대학교 재료공학부, 박사과정

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

6. 일반 논문 발표

일반금속가공 4, 5

단조 3

(제 5 발표회장)

알루미늄-철 이종재료 전기 점 용접부의 구성방정식 및 파괴 거동 모델링

조동혁¹ · Hassan Ghassemi-Armaki² · Thomas B. Stoughton² · Blair E. Carlson²

성현민³ · Brian N. Legarth⁴ · 윤정환[#]

Constitutive and Fracture Modeling of Al-Steel Dissimilar Resistance Spot Welds

Donghyuk Cho, Hassan Ghassemi-Armaki, Thomas B. Stoughton, Blair E. Carlson

Hyun-Min Sung, Brian N. Legarth and Jeong Whan Yoon

Abstract

Resistance spot welding (RSW) is a popular joining method for automotive assembly because of its low cost, short cycle time, flexibility and robustness. The joining of steel to aluminum alloys has become more critical because of the increasing usage of aluminum alloys in all-steel vehicle bodies. General Motors developed a new RSW technology that joins aluminum and steel by using the Multi-Ring Domed (MRD) electrode with welding schedules that repeatedly melt and solidify the metal[1]. However, the critical factors for predicting the jointing performance of Al-steel RSW are not clearly figured out. In this work, it has been developed the constitutive and fracture models for the fusion zone(FZ), the heat-affected zone(HAZ), and the intermetallic compound(IMC) layer of Al-Steel RSW. Firstly, the weld characterization has been conducted. The localized properties of FZ and HAZ are measured through a micro-scale tensile test. Fracture mechanisms of Al-Steel RSW are observed through a miniature scale weld performance test and in-situ micro DIC. The finite element modeling is applied to study the fracture mechanism of Al-Steel RSW. Using the Cohesive Zond Model, the debonding behavior of Al and steel are modeled. It comes out that much higher energy is consumed under the ductile tearing mode compared to the interfacial failure mode. Ductile fracture of aluminum FZ is modeled by introducing the Hosford-Mean stress-based criterion. The result indicates that the weld performance and failure mode can be predicted by assigning an appropriate constitutive model, the fracture energy of the interface and the fracture stress.

Keywords: Resistance Spot Weld, Localized Constitutive Modeling, Stress-based Ductile Fracture Criterion, Cohesive Zone Model

Reference

[1] Chen, J., Feng, Z., Wang, H. P., Carlson, B. E., Brown, T., & Sigler, D : Multi-scale mechanical modeling of Al-steel resistance spot welds, Materials Science and Engineering: A, 735, (2018), 145-153.

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. General Motors, Global R&D

3. LG전자 생산기술연구원, 선임연구원

4. Technical University of Denmark, Department of Civil and Mechanical Engineering, 교수

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

핀-프레스 방법으로 제작된 TC4 피라미드형 3차원 격자 구조의 평면 압축 성능 분석 및 트러스 각도 최적화

왕후이¹, X. R. Chu², 윤정환[#]

The Flatwise Compression Performance Investigation and Truss Rod Angles Optimization of TC4 Pyramidal 3D Lattice Structure Fabricated by Pin-press Method

H. Wang, X. R. Chu, J. W. Yoon

Abstract

The TC4 pyramidal 3D lattice core was created using the alternating pin-press method, and the core and panels were brazed together to make the TC4 pyramidal 3D lattice structure. Based on the prefabricated plate, the forming mold was constructed and the 1×1-unit lattice structure was fabricated. The core forming and structure compression of TC4 pyramidal 3D lattice were simulated using finite element method. In general, the simulation results for forming and flatwise compression were basically consistent with the experimental findings. Using simulation and theoretical analysis, the truss rods angles corresponding to the maximum flatwise compressive strength and maximum relative flatwise compressive strength were optimized.

Keywords: Alternating pin-press method; Lattice structure; Compression performance; TC4 alloy; Truss rod angle

1. 홍길동의 소속, 직위(바탕, 7pt)

2. Shandong University, School of mechanical, engineering & information engineering, professor

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

진공점진성형을 적용한 자동차 도어패널 제품의 변형 특성 분석

윤형원¹ · 박남수^{1, #}

Analysis of deformation characteristics of automotive door panel products with vacuum-assisted incremental sheet forming

H.W. Youn, N. Park

Abstract

본 연구에서는 진공점진성형으로 성형된 자동차 도어 패널 형상에 대해 GOM社의 ARGUS 장비를 활용하여 성형 후 변형율에 대해 분석하였다. 기존 등고선 방식을 사용한 점진성형에서는 공구 경로에 의한 압흔 자국이 필연적으로 발생한다. 압흔 자국을 줄이기 위해 성형 간격을 조밀하게 하면 소재가 성형이 진행됨에 따라 소재가 중심부로 몰리면서 pillow effect가 발생하고 이는 형상 정밀도에 치명적인 영향을 미친다. 따라서 기존 등고선 방식을 사용한 점진성형에서는 제품 형상 정밀도 확보에 한계가 존재하며, 특히 자동차 외관부 도어패널과 같이 곡률 반경이 작은 형상이 포함된 경우 해당 곡면 부분의 점진성형 형상 정밀도가 현저히 떨어지는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 다양한 형상의 곡면이 포함된 대형 부품에 대한 점진성형 형상 정밀도를 개선하기 위해 진공을 적용함과 동시에 등고선 방식 외 다른 방식의 공구경로를 복합적으로 적용하는 방식을 검토하였다. 점진성형 조건에 따른 표면 변형 특성을 분석하기 위해 실험 인자로 진공의 유무와 성형 경로 2종류를 고려하였고, 성형툴과 소재간 마찰저감을 위해 자동차용 엔진오일(5W 30 규격)을 윤활유로 활용하였다. ARGUS 통해 점진성형 후 표면 변형률 분포를 분석한 결과, 등고선 방식으로 성형된 제품에 비해 평행선 방식과 등고선 방식의 복합성형경로를 혼용한 성형에서 도어 패널의 형상 정밀도가 높아진 것을 확인하여 제안한 복합경로의 유효성을 검증하였다.

Keywords: Vacuum, Automotive door panel, Incremental sheet forming, ARGUS

Acknowledgement

본 연구는 한국생산기술연구원 기관주요사업 "제품생산 유연성 확보를 위한 뿌리공정기술 개발 (KITECH EO-22-0006)" 및 2022년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2020R1F1A1069978)을 받아 수행된 연구입니다.

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

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

유한요소해석을 통한 성형공정이 판금 구조물의 열좌굴에 미치는 영향 분석

이주원¹ · Wayne Cai² · Thomas B. Stoughton² · 윤정환[#]

The Effect of Forming Process on Thermal Buckling in Sheet Metal Structures Based on Finite Element Analysis

J. Lee, W. Cai, T. B. Stoughton, J. W. Yoon

Abstract

차량용 도료의 고온 건조공정에서 차체의 외판에 열팽창이 발생하면, 용접 및 접착과 같은 구속 조건에 의해 압축 응력이 형성되어 열좌굴이 발생할 수 있다. 또한 차체의 외판은 성형공정에 의해 제작되므로 고온 건조공정에 투입되기 전에 이미 소성변형에 의해 잔류응력, 소성 변형률, 불균일 두께 등의 불완전성이 내포되어 있다. 좌굴은 이러한 불완전성에 민감하게 반응하므로 열좌굴이 발생하는 임계온도는 성형공정의 조건에 따라 크게 바뀔 수 있으며, 이는 곧 차체 외판 불량률의 변화로 이어지게 된다. 때문에 본 연구에서는 블랭크 홀더력, 펀치-다이 클리어런스 등 성형공정의 다양한 조건들이 열좌굴에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 이를 위해 차체의 구조를 모사하여 구조용 박판과 외판용 후판이 스폿용접된 열좌굴 조사용 시편을 설계하였으며 시편의 양단을 구속하고 열팽창을 가하여 열좌굴을 재현하였다. 성형공정 해석결과를 열좌굴 해석에 적용하기 위해 모든 해석에 상용소프트웨어 ABAQUS를 사용하였으며, 각 공정의 특성에 맞게 성형 해석에는 ABAQUS/Explicit을, 좌굴 해석에는 ABAQUS/Standard를 이용하였다. 또한 성형공정의 영향을 정량적으로 평가하기 위해 시편 표면의 면외변위, 양단에서 발생하는 반력, 시편 내부의 최대 온도를 이용하여 결과를 비교하였다.

Keywords : Thermal buckling, Forming process, Residual stress, Plastic deformation, Finite element method

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. General Motors Research and Development Center

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

1.5GPa급 Mart강과 6xxx계 알루미늄 합금의 동적인장물성/측정 불확도 평가 및 고속재료시험기 자동화

노동환¹ · 박준용¹ · 임헌용¹ · 윤정환[#]

1.5GPa Grade Martensitic Steel and 6xxx Aluminum Alloy Evaluation of Dynamic Tensile Properties/Measurement Uncertainty and Automation of High Speed Material Testing Machine

D. Noh, J. Park, H. Lim, J. W. Yoon[#]

Abstract

자동차 산업에서 차체의 경량화 기술은 주행성능 향상과 직결된다. 또한, 전기자동차 시장에서 핵심 수요 기술 중 하나가 배터리 경량화이다. 이를 위한 경량 소재는 지속적으로 연구되고 있으며, 경량화 뿐만 아니라 설계 안정성 평가를 위해 전산모사해석이 주로 사용되고 있다. 해석의 신뢰성을 위해서는 정확한 물성이 요구되며, 이를 위해 0.001/s ~100/s의 변형률속도에서 동적인장물성을 측정하였다. 본 연구에서는 1.5GPa급 Mart강과 6xxx계 알루미늄 합금을 분석하였다. 또한, 물성 측정값의 신뢰도 제고를 위하여 측정 과정에서 발생하는 요인들을 분석하여 진 응력의 표준 불확도를 평가하였다.

추가적으로 데이터 생산 과정 자동화의 일환으로 고속재료시험기를 자동화하였다. 기존의 동적인장물성 데이터의 생산 과정은 전적으로 수동으로 진행되기 때문에, 한 소재에 대한 물성을 획득하기 위해서는 많은 시간과 인력이 요구된다. 급변하는 자동차 시장에 대처하기 위해서는 빅데이터를 확보해야 하지만 기존의 방법으로는 어려움이 있다. 이를 극복하기 위하여 고속재료시험기를 자동화하였으며, 본 연구에서 소개하고자 한다.

Keywords: Automation, Dynamic hardening behavior, High speed material testing machine, Light weight, Uncertainty

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

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

우수한 기계적 물성을 위한 레이저 클래딩을 통한 헤테로 구조화 전략

김래언¹, 김은성², 구강희², 안성열², 박효진², 문종언², 김형섭[#]

Heterostructured alloys with enhanced strength-ductility synergy through laser-cladding

Rae Eon Kim, Eun Seong Kim, Gang Hee Gu, Soung Yeoul Ahn, Hyojin Park, Jongun Moon, Hyoung Seop Kim

Abstract

산업적 활용에 있어 철강 재료의 경쟁력을 확보하기 위해, 더 우수한 기계적 물성(강도-연성 조합)을 요구하고 있다. 경쟁력 있는 물성을 이루고자 최근 헤테로 구조 전략이 대두되고 있다. 한편, 레이저 클래딩은 표면 특성 향상에 대해서 연구가 이루어져 왔지만, 동시에 헤테로 구조를 만들어 낸다. 레이저 클래딩의 기능을 확장하여, 헤테로 구조 달성을 통한 우수한 기계적 전략으로 본 연구에서 활용하였다. 얇은 316L STS 기판 위에 동일 재료를 레이저 클래딩하여 헤테로 구조를 만들어 내고, 이렇게 제작된 클래딩 재료는 우수한 강도-연성 조합을 달성할 수 있었다. 이는 상당한 hetero-deformation-induced 강화효과와 더불어 국부적인 쌍정 변형을 통해 헤테로 구조가 높은 변형에서도 유지될 수 있었다. 레이저 클래딩의 헤테로 구조 달성이라는 새로운 방법론은 한 프로세스로 헤테로 구조를 달성할 수 있다는 점에서 간단하고, 레이저 용융 및 응축할 수 있는 재료에 대해 대부분 적용 가능하다. 또한, 레이저 클래딩이 이미 산업적으로 많이 활용되어 있어, 이 새로운 방법론이 레이저 클래딩의 활용 가치를 넓히고 잠재적 산업적 가치가 대단할 것으로 기대한다

Keywords: Laser-cladding, stainless steels, heterostructures, laser deposition, twinning

1. 포항공과대학교 철강대학원, 대학원생

2. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

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

고상 접합/가공된 합금의 미세조직 및 전기화학적 연구

Sam Yaw Anaman¹ · 김재국² · 이종숙² · 홍성태³ · 조훈휘^{1#}

Microstructural and electrochemical study of solid-state joined and processed metal alloys

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

Abstract

The electrochemical behaviors resulting from the microstructural modifications from several joining and processing techniques are assessed and compared to that of the parent materials in a series of studies. Experimental and numerical methods are implemented to explore the electrochemical behaviors such as galvanic corrosion, passivity, and pitting corrosion of the modified microstructures in detail. It is observed that, significant microstructural changes such as grain refinement, increased dislocation densities and high local strain greatly impact the electrochemical behaviors of the resulting microstructures. Numerical models are built using electrochemical parameters extracted from the experimental approaches to perform additional studies on the electrochemical behaviors. Afterwards, the numerical results are further validated by comparing them to the experimental results. Additionally, the models in these studies are capable of tracking the moving anodic boundaries and also performing additional studies which are difficult to do experimentally.

Keywords: Joining methods, Processing methods, Microstructure, Electrochemical behavior, 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. 전남대학교 신소재공학부

3. 울산대학교 기계공학부

교신저자 E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

적층 알루미늄 제진 판재를 이용한 대시 패널 제조

홍종화¹, 이동준¹, 권용남¹, 박현일^{1##}, 김대용^{2#}

Manufacture of Dash Panel Using Laminated Aluminum Vibration Damping Sheets

Jong-Hwa Hong¹, Dong Jun Lee¹, Yong-Nam Kwon¹, Hyeonil Park^{1##}, Daeyong Kim^{2#}

Abstract

In order to meet the demand for not only lightweight but also noise and vibration issues in the aerospace and automotive area, the widely utilized steel is being replaced with lighter materials, and vibration-enhanced materials are being developed. The laminated aluminum vibration damping sheets (LAVDS) is one of the materials fulfilling both. The LAVDS consists of two sets of outer aluminum sheets attached by an acrylic polymeric adhesive in the middle layer to improve the vibration and noise characteristics while driving the vehicle. However, there is a lack of information on the material properties of the LAVDS itself and its application examples on the dash panel for an automobile. In the research, the material properties including plasticity and formability were measured based on the uniaxial, biaxial, and forming limit tests and the material characterization on the LAVDS was attempted with a conventional hardening law combined with a non-quadratic anisotropic yield function. Based on the calibrated material properties, several successive forming steps for the dash panel production were numerically represented by the finite element method as a validation. The results show that the characterized properties of LAVDS do well predict the failure locations and the critical area with localized strain verifying the calibrated constitutive equations.

Keywords : Laminated Aluminum Vibration Damping Sheets (LAVDS), Material characterization, Formability, Dash panel for the vehicle

1. 한국재료연구원 항공재료연구센터, 선임연구원.

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

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

고Mn TWIP강의 Notch 인장 파괴 거동

유상협¹ · 정기채¹ · 문희범² · 이경훈² · 박경태^{1#}

Notched Tensile Fracture Behavior of High Mn TWIP Steel

S. H. Yoo, K. C. Chung, H. B. Moon, K. H. Lee, K. -T. Park

Abstract

The Fe-Mn-C TWIP steel exhibits a brittle fracture behavior macroscopically under uniaxial tension in spite of large uniform elongations, manifested by very limited necking. On the contrary, the steel exhibits the ductile dimple fracture microscopically. In general, the dimple fracture is affected by the stress triaxiality. For the smooth specimen of TWIP steel, the stress triaxiality remains constant until fracture because of limited necking. It makes difficult to analyze the effect of the stress triaxiality on dimple fracture characteristics of the steel. Therefore, in the present study, the characteristics of microscopic dimple fracture behavior of the notched tensile specimens of a TWIP steel was examined focusing on the effects of the stress triaxiality. The notch geometry was designed to obtain different stress triaxiality.

Keywords: TWIP steel, Notched tensile test, Dimple fracture, Stress triaxiality, Fractography

Introduction

TWIP강은 쌍정유기소성에 의해 높은 가공경화능을 나타내며, 이에 따라 높은 인장강도와 균일연신율을 나타낸다. 그러나 Fe-Mn-C계 TWIP강은 일축인장 시 거시적으로는 necking이 거의 없는 취성파괴 거동을 보이는 반면 미시적으로 dimple 파괴의 연성파괴 거동을 보인다 [1]. 일반적으로 연성 dimple 파괴 거동은 응력삼축비에 큰 영향을 받으나 [2], TWIP강의 경우 necking이 거의 없으므로 응력삼축비는 파괴 시까지 거의 일정하다 [3]. 따라서 일반적인 smooth 시편을 사용하는 인장실험으로는 TWIP강의 dimple 파괴에 미치는 응력삼축비의 영향을 분석하기 어렵다. 본 연구에서는 서로 다른 응력삼축비 분포를 갖는 여러 notch 형상의 시편에 대해 인장실험을 행하여 TWIP강의 dimple 파괴 거동에 미치는 응력삼축비의 영향을 분석하였다. -

Experimental

Fe-15Mn-0.6C-2Al TWIP강 냉연소둔재(결정립 크기 ~ 25 m)로부터 Fig. 1과 같은 notched 인장시편을 가공하였으며 [4], notch부 너비에 따른 응력삼축비 분포를 함께 나타내었다. 10^{-3} s^{-1} 의 변형속도로 인장실험을 행하였으며, 인장 파괴면을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 변형량에 따른 시편 부위별 응력삼축비 변화는 유한요소법으로 모사하였다.

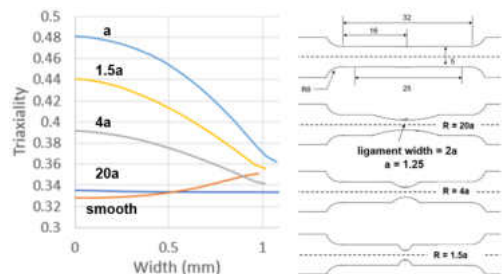


Fig. 1 Notched specimen geometry and the stress triaxiality distribution along the notch width

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. 솔루션랩

교신저자: 한밭대학교 교수 ktpark@hanbat.ac.kr

Results and Summary

Fig. 2에 각 시편의 notch center와 edge의 파괴면 SEM 사진과 각 부위에 있어서 유효변형량에 따른 응력삼축비 변화를 나타내었다. 응력삼축비는 변형 초기를 제외하고, 모든 시편 부위에서 유효변형량 증가에 따라 거의 일정하였으며, 부위별 응력삼축비는 Fig. 1에 보인 분포와 거의 일치였다. 시편 center의 경우 notch 형상(즉, 응력삼축비)과 무관하게 균일한 크기의 미세dimple이 관찰되었다. 반면 시편 edge의 경우 응력삼축비는 notch 형상(즉, 응력삼축비)과 무관하게 거의 유사한 값 (~ 0.35)을 나타내나, 파괴 형상은 notch 반경 감소에 따라 등축 dimple, 전단 dimple, 준벽개파괴 형상으로 변화였다. 유효변형량에 따른 응력삼축비 변화 graph에서 알 수 있듯이 이는 파괴 mode가 부위별 응력삼축비 절대값보다는 부위에 따른 응력삼축비 구배(gradient)에 의해 결정됨을 보여준다.

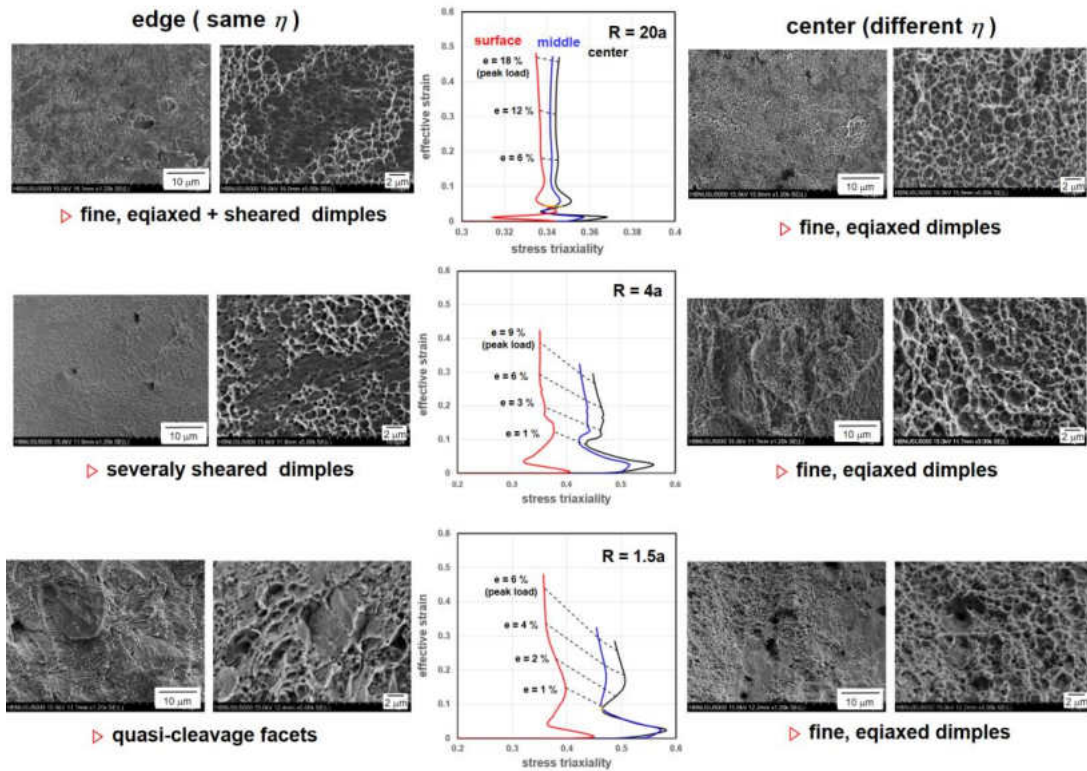


Fig. 2 SEM photos of the fracture surface at the center and edge of the notched specimens and the corresponding plot showing the variation of the stress triaxiality with the effective strain.

References

- [1] H-Y. Yu, S-M. Lee, J-H. Nam, S-J. Lee, D. Fabr g ue, M-H. Park, N. Tsuji, K-K. Lee, Acta Mater., **131** (2017) 435-444.
- [2] Y. Bao, T. Wierzbicki, Int. J. Mech. Sci. 46 (2004) 81-98.
- [3] D. Fabr g ue, C. Landron, O. Bouaziz, and E. Maire: Mater. Sci. Eng. A., **579** (2013) 92-98.
- [4] D. Anderson, S. Winkler, A. Bardelcik, M.J. Worswick, Mater. Deg. **60** (2014) 198-207

고강도강에서 타발데미지를 고려한 구멍확장비 분석

조우진¹ · 정병석¹ · 채준영¹ · 정진욱¹ · 이제웅² · 김성일² · 한흥남^{1#}

Analysis of hole expansion ratio considering punching damage in advanced high strength steels

W. Cho¹, B.-S. Jeong¹, J. Y. Chae¹, J. Jung¹, J. Lee², S.-I. Kim² and H. N. Han^{1#}

Abstract

고장력강(advanced high strength steel)은 기존의 미세합금강(micro-alloyed steel)에 비해 강도, 성형성, 내구성이 우수하여 자동차 및 철강 산업에서 큰 주목을 받아왔습니다. 그러나 고장력강이 산업계에서 보다 널리 활용되기 위해서는 낮은 신장플랜지성을 극복해야 합니다. 구멍확장(hole expansion) 시험은 신장플랜지성을 평가하기 위한 대표적인 방법입니다. 본 연구에서는 980 GPa급 고장력강인 복합강(complex phase steel)과 마르텐사이트강(martensitic steel)에 대해 400 °C에서 20분 간 열처리를 인가하여, 열처리 전과 후 구멍확장 시험을 수행하였습니다. 이때, 구멍확장 시험을 위한 구멍은 방전가공(electronic discharge machining)과 펀칭(punching)을 통하여 제작되었습니다. 먼저, 방전가공을 통해 제작된 구멍의 경우, 구멍 전단면에 결함이 없기 때문에 두께만 동일하다면 반복실험을 하더라도 편차가 매우 적은 구멍확장비(HER; hole expansion ratio)를 얻을 수 있습니다. 이는 강재 고유의 성형성 지표로 볼 수 있어 HER₀로 명명하였습니다. HER₀는 인장시험의 넥킹 후 연신율(post elongation)과 밀접한 관계가 있음이 확인되었습니다. 한편, 펀칭을 통해 구멍을 제작한 경우에는 펀칭 조건, 클리어런스 등에 따라 전단면의 거칠기, 가공경화 정도, 구멍의 형상에 차이가 발생하여 구멍확장비가 HER₀에 비해 낮으며, 그 편차도 매우 크게 관찰됩니다. 이 지표는 실제 산업현장에서 사용되는 지표이며, 이를 HER로 명명하였습니다. HER₀가 높은 강재라 하더라도 HER이 항상 높게 나타나지는 않을 수 있으며, 이는 재료마다 펀칭 시 발생하는 전단면의 거칠기, 가공경화 정도, 구멍의 형상 등이 다르기 때문입니다. 이것은 타발 시 발생하는 데미지, 즉 타발데미지 (punching damage)와 관련이 깊습니다. 마르텐사이트강의 경우, 열처리 전 HER₀가 열처리 후 HER₀보다 더 높았음에도 불구하고, HER에서는 반대의 경향이 나타났습니다. 열처리 이후 마르텐사이트강에서 템퍼링 취성이 발생하였는데, 이로 인해 HER₀는 저하되었으나 타발데미지 또한 작아져 구멍 제작 중 경화가 적게 일어났음을 확인하였습니다. 이를 통해, HER을 성형성의 지표와 연관지을 때 해석되지 않는 원인을 이해하고, HER은 HER₀와 타발데미지를 각각 구분하여 분석하여야 함을 논하였습니다.

Keywords: hole expansion; punching damage; electronic discharge machining; post elongation;

1. 서울대학교 재료공학부

2. 포스코

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

Pilgering 공정에서 맨드럴의 운동

정승원¹·정석환¹·정임근²·정완진³·전만수^{4#}

Motion of mandrel in pilgering

S. W. Jeong, S. H. Chung, I. G. Jung, W. J. Chung, M. S. Joun

Abstract

Most conventional pilgering simulations have been conducted under many assumptions including fixed mandrel, uniform mother tube and fixed boundary conditions in the back side. These analysis models predict unrealistic predictions with almost uniform thicknesses, regardless of the non-uniformity of the mother tube. In this presentation, the motion of mandrel under non-uniform thickness of the mother tube is simulated to reveal the importance of appropriate analysis model.

Keywords: Pilgering (필거링), Mandrel (맨드렐), Non-Uniform Mother Tube (불균일 모관)

1. 서론

필거링의 공정에서 맨드렐은 가장 중요한요소이다. 재료는 맨드렐의 운동에 따라 공정 중 Fig. 1에서 보는 바와 같이 심하게 요동을 치고 있다. 그러나 기존의 연구[1,2]에서 맨드렐은 고정된 것으로 간주하였다. 그 결과, 실제 상황에 부합되지 않는 결과가 예측된다. 이 발표에서는 맨드렐의 움직임의 정밀해석을 위한 해석모델 및 결과를 소개한다.



Fig. 1 Experimental motion of material

2. 맨드렐 운동의 유한요소해석

맨드렐의 운동의 정교한 해석을 위해서는 맨드렐을 강체 운동이 가능한 탄성체로 보는 것이 타당하다. 이를 위하여 다물체 공정 해석 기능[3]을 사용하여 공정해석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 상부는 해석결과로 획득된 맨드렐에 작용하는 유효응력을 나타내면, 하부는 Pilgering 공정을 정면에서 바라 보았을 때의 점 A에서 맨드렐 중심의 이동 궤적을 나타낸다.

3. 결론

이 발표에서 필거링 공정의 실용적 해석을 위하여 운동 가능한 맨드렐의 중요성을 강조하였다.

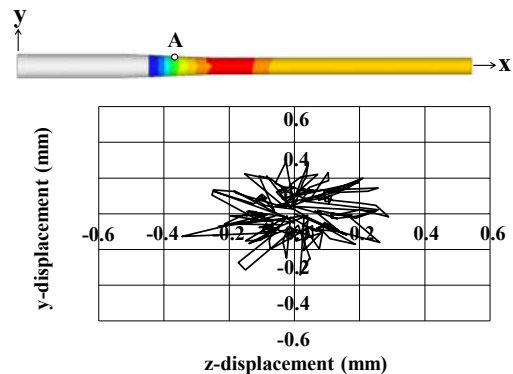


Fig. 2 Motion of mandrel center (at A)

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] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit elastoplastic finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol 12, pp. 6377-6391

1. ㈜MFRC

2. ㈜풍성정밀관

3. 서울과학기술대학교

4# 교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

볼트형 피에조 센서를 이용한 증육 공정 모니터링 및 금형 파손 예측

권오동¹ · 김기풍² · 김현우³ · 류신희⁴ · 박찬희⁵ · 이경훈[#]

Wall Thickening Process Monitoring and Predict Die Damage by using Bolt type Piezo-Sensor

O. D. Kwon, K. P. Kim, H. W. Kim, S. H. Ryu, C. H. Park, K. Lee

Abstract

증육 공법은 판재와 너트 용접 공정을 대체하는 드로잉, 단조, 업셋팅이 융합된 공법으로써 증육부에 유입된 소재를 단조와 같은 압축성형으로 측벽의 두께를 증가시키는 공법이다. 금형의 수명 개선과 비용 절감을 위한 요소 중에 업셋 다이(Upset Die)와 금형 플레이트 간의 간격(Clearance)이 중요하다. 증육부로 유입된 소재는 항상 일정한 체적으로 성형되지 않으며, 체적의 변화에 따라서 금형에 전달되는 하중의 차이가 발생한다. 본 연구에서는 고감도 고응답형 볼트형 피에조 센서를 사용하여 금형 수명 및 파손을 예지할 수 있는 방안을 연구하였다. 볼트형 피에조 센서는 증육부의 두께를 증가시키는 업셋 다이에 설치되어 계측하였다. 피에조 볼트에 걸리는 압축 하중의 변화를 추적하여 업셋 다이의 수명 및 파손을 예측할 수 있는지 검토하였다. 최대 압축하중의 데이터 포인트를 총 생산 시간에 따라 나타냄으로써 금형 수명과 파손을 예측할 수 있는지 확인하였다. 생산 초기로부터 30분간 피에조 센서로 계측된 압축하중은 4kN을 유지하였지만, 이후 생산이 누적됨에 따라 압축하중이 증가하는 경향을 보였으며, 계측종료 시점에서 최대 14kN이 계측되었다. 생산 누적에 따라 최대 하중의 증가만 아니라 넓은 하중의 분포를 확인할 수 있었다. 전체 공정에 대한 이해와 하중 증가의 원인 파악을 위하여 3차원 성형해석 소프트웨어 DEFORM-3D를 사용한 유한요소해석을 수행하였다.

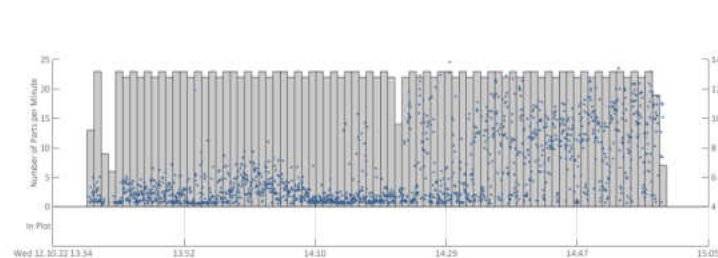


Fig. 1 Result of measured bolt force at the maximum load point according to production time

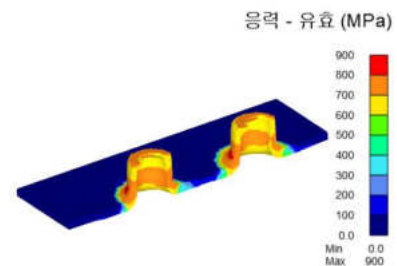


Fig. 2 Result of FE analysis for Wall thickening Process

Keywords: Bolt type Piezo-Sensor, Die life cycle, Process Monitoring, Real Time Measurement

1. ㈜솔루션랩, 대리
 2. 한국생산기술연구원 스마트모빌리티소재부품연구그룹, 수석연구원
 3. 한국생산기술연구원 스마트모빌리티소재부품연구그룹, 연구원
 4. 프로텍이엠에스㈜, 전무
 5. 프로텍코리아㈜, 과장
- # 교신저자: ㈜솔루션랩, 대표이사 E-mail: klee@solution-lab.co.kr

너트 냉간단조 공정의 고정도 유한요소해석

누르히다야 압둘 하미드¹, 변종복², 강성목³, 이광희⁴, 전만수[#]

Finite element analysis of a nut cold forging process with accuracy

N. A. Hamid, J. B. Byun, S. M. Kang, K. H. Lee, M. S. Joun

Abstract

Because the ejectors are separately positioned from the forming dies, the structural mechanics of the ejectors are very difficult compared to the grouped or connected die parts. In this presentation, a nut forming using an automatic multi-stage cold forging machine is simulated with an emphasis on the structural mechanics of the ejectors.

Keywords: Nut, Automatic Multi-Stage Cold Forging, Accuracy

1. 서론

자동다단 냉간단조는 대량 생산 목적으로 널리 사용되고 있으며, 지속적으로 그 적용 영역을 확대하고 있다. 자동다단 냉간단조는 고도의 연속성 및 자동화로 인하여 정교한 공정 설계가 요구되며, 이로 인하여 해석 기술도 정교함을 요구한다.

단조 중 작용하는 금형 응력은 대부분 공정해석과 분리하여 실시한다. 즉, 금형을 강체로 보고 성형 공정 해석을 실시한 후, 하중 정보를 활용하여 금형에 별도로 하중을 부과함으로써 금형구조 해석을 실시한다. 이 때, 너트 성형 공정과 같이 다른 금형의 지지를 받지 못한 상태의 취출핀(ejector)은 과한 변형을 야기시킬 가능성이 크다. 실제로는 재료 또는 금형에 의하여 지지됨으로써 단조 중에 균형을 이루게 되는데, 이 지지가 없을 경우, 변위는 비정상적으로 커질 수밖에 없다.

이 발표에서는 너트 단조 중 취출핀에 작용하는 고정도의 응력과 변형을 고려한 고정도 단조 시뮬레이션 사례를 소개한다.

2. 소성가공 해석 및 금형의 구조해석

Fig. 1(a)는 너트 단조 중의 하나의 공정이다. 이 공정의 특징은 취출핀의 두 가지 역할에 있다. 하나는 금형의 일부로 재료의 하부 형성의 성형에 직접적인 참여한다는 것이고, 다른 하나는 단조품을 취출하는 것이다. 하부의 성형에 따라 취출핀에 작용하는 하중도 매우 크다. 그런데 절단면 등의 비대칭성으로 인하여 재료가 취출핀에 접촉하는 이력은 그만큼 비대칭적이 된다. 이로 인하여 취출핀은, 특히 초기에, 과도한 탄성변형을 발생시키며, 이로 인하여 실제로는 취출핀의 변형 및 이동과 소재의 소성유동 변화를 통하여 역학적 균형을 이루지만, 금형 구조해석 상으로는 일종의 발산 문제 또는 매우 큰 변형을 초래하는 경우에 속한다. 이러한 문제의 근본적 해소를 위하여, 너트 단조 공정 중의 하나의 단계에 대해 내연적 탄소성 유한요소법과 다물체 해석을 실시한다[3].

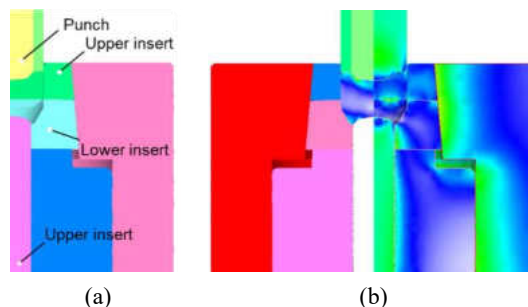


Fig. 1 Nut forging process (a) and Accurate predictions of the nut forging process (b)

Fig. 1(b)는 다물체 해석 기능을 이용하여 해석한 재료의 소성유동 및 취출핀에 작용하는 유효응력을 나타낸다.

3. 결론

이 발표에서는 단조품의 높이가 낮아 취출핀의 역학적 역할이 클 경우에는, 기존의 금형 구조해석 방법으로는 실용적 결과를 얻기가 불가능하다는 점이 강조되었다.

이러한 문제의 해소를 위한 방안으로써, 다물체 공정 해석 및 탄소성 유한요소법을 이용하여 단조 중 역학적 역할이 큰 취출핀에 작용하는 응력과 변형을 예측하는 기술을 소개하였다. 이 접근 방법은 공정 해석 결과의 고정도화를 위해서도, 특히 높이가 낮아 취출핀의 역학적 역할이 중요시될 경우, 유의미하다.

사사

본 연구는 산업통상자원부의 산업소재핵심 기술 개발-첨단뿌리기술(20003950)과 에너지인력양성사업(20214000000520)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit elastoplastic finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol 12, pp. 6377-6391.

1. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학원생

2. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

3. ㈜풍강 기술개발1팀, 차장

4. ㈜풍강 기술연구소, 상무이사

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

단이 진 스트립 제조를 위한 형상 튜브인발 공정의 가능성에 관한 연구

변종복¹ · 이승훈² · 이광희³ · 남정우⁴ · 전만수[#]

Feasibility study on the stepped strip using shape tube drawing

J. B. Byun, S. H. Lee, K. H. Lee, J. W. Nam, M. S. Joun

Abstract

Feasibility study on small-scaled manufacturing of stepped strip from a tube with uniform thickness is numerically conducted using the shape tube drawing process. A tube with uniform thickness is drawn successively to form the desired shape under the back tension. An implicit elastoplastic finite element method is employed. The study showed that there is a possibility to fabricate the stepped strip.

Keywords: Stepped Strip, Shape Tube Drawing, Back Tension

1. 서론

중소규모의 소성가공에 의한 단이 진 스트립(Stepped strip)의 생산은 친환경 시대를 맞아 관심을 끌고 있다. 단순한 압연에 의존할 경우, 얇은 부위가 압연방향으로 많이 늘어날 수밖에 없기 때문에 사형(꾸불꾸불한 모양)이 되며, 이를 저지시킬 경우, 작굴 또는 성형면에 굴곡이 형성될 가능성이 매우 높다.

따라서 소규모 생산을 위하여 형상튜브인발에 의존하는 방법을 검토할 수 있다. 초기 튜브(모관)를 인발하여 길이 방향으로 절단한 후, 평탄화 작업을 거침으로써 원하는 단차가 진 스트립을 획득할 수 있다. 하나의 형상 튜브로부터 다수의 단이 진 스트립을 생산함으로써 공정 자체에서 균형을 이루도록 함으로써 단순 압연 공정에서 발생할 수 있는 형상 결함을 방지할 수 있다.

그러나 이 방법도 형상튜브인발 중 두께의 급격한 변화에 따른 문제를 발생시킬 수 있다. 이 발표에서는 형상튜브인발 공정의 특성을 파악하고, 실용 가능성을 검토한다. 내연적 탄소성 유한요소법이 사용되었다 [1].

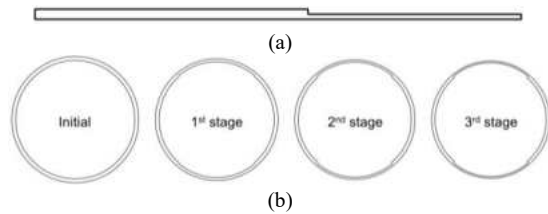


Fig. 1 Process design

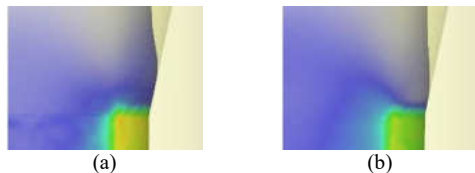


Fig. 2 FE predictions of the common case

2. 형상튜브인발 공정의 설계 및 해석

Fig. 1(a)는 목표로 하는 제품의 최종 형상, 즉 단이 진 스트립이며, 이것이 Fig. 1(b)의 튜브로부터 제작된 것으로 간주한다.

Fig. 1(a)의 최종 제품과 공정의 안정성, 초기 재료 획득 가능성 등을 고려하여 모관의 외경을 57 mm로 하고, 두께를 3.5 mm로 하였다. 재료는 C1100이다. 소재와 맨드렐 및 소재와 금형 간의 마찰계수는 0.05로 가정하였다. 경험에 바탕을 두고 3단 공정을 Fig. 1(b)에서 보는 바와 같이 설계하였다.

Fig. 2(a)는 해석결과이다. 이 결과에 의하면, 단면감소가 큰 부위에서 재료가 임구를 통과하는데 큰 저항을 받고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 저항은 표면 품질을 크게 해칠 수 있다고 판단되며, 재료 유입의 비대칭성에 의하여 국부 찢어짐을 발생시킬 수도 있다. 따라서 안정성 도모를 위하여 후방 인장력을 가했을 때, 그 영향을 파악할 필요가 있다. 후면에 50kN의 후방 인장하중을 가했을 때, Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 재료변형의 불안정성이 개선될 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

이 발표에서는 형상튜브인발 공정을 이용한 단이 진 스트립 제조의 가능성을 수치적으로 분석하였다. 형상튜브인발에서 부위별 심한 단면 감소를 차이는 일부 재료의 심한 뒤틀림을 발생시키므로 이를 줄이기 위한 노력의 일환으로 후방 인장력의 부과 가능성을 열어 둔 상태에서 검토할 필요가 있다.

사사

본 결과물은 2022년도 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업의 결과입니다. (2022RIS-003)

참고문헌

- [1] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit elastoplastic finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol 12, pp. 6377-6391.

1. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

2. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학생

3. ㈜풍강 기술연구소, 상무이사

4. ㈜풍성정밀판 품질관리부, 차장

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

보스포밍 공정에서 원주방향 응력의 영향

아파프아메라압둘가위¹ · 모하마드카스완디라자리² · 누오라아즐리나모하마드살레³ · 전만수[#]

Effect of radial stress in boss forming

A. A. A. Ghawi, M. K. Razali, N. A. M. Salleh, M. S. Joun

Abstract

Boss forming is one of the important basic technologies in bulk metal forming of sheet materials (plate forging). One of the issues in this field is maximizing the boss height with reduced plate reduction. The boss forming process is characterized by its load exerting dies. This study applies a precision finite element analysis technique to a boss forming process found in the literature. The implicit elastoplastic finite element method is employed. The predictions emphasize the importance of the radial stress component exerted on the sheet edge.

Keywords: Boss forming, Finite element simulation, Radial stress

1. 서론

최근 친환경의 시대적 요구로 전기차 보급이 급증하고 있어, 자동차 부품산업은 대변혁을 겪고 있다. 기존의 체적 소성가공에 의존하는 부품들도 이러한 시대적 요구에 대응하기 위하여 진화하고 있다. 판단조는 이러한 시대적 흐름에 따라 기술과 산업 양면에서 괄목할만한 성장을 구가하고 있다 [1].

판단조에서 보스포밍 (boss forming)은 요소기술이다[1]. 보스포밍은 극단적인 국부 영역으로 재료를 유동시키는 기술이며, 재료의 낭비를 줄이고 생산 공정을 극단적으로 간소화 수 있는 기술이다. 그러나 공정 자체가 역학적 현상에 매우 의존적이기 때문에 정교한 재료 및 공정 관리가 요구되고, 공정의 간건성 확보가 요구된다. 이러한 목적으로 고정도 유한요소해석 기술의 확립과 이를 이용한 설계인자에 관한 폭넓은 분석이 필요하다.

Wang 등[1]은 보스포밍 공정에 관한 실험적 및 수치적 연구를 수행하였다. 그러나 보스포밍 공정에서 중시되는 원주방향의 응력을 좌우하는 바인더력의 크기를 제시하지 않았다. 따라서 이 연구에서는 이 바인더력의 크기가 보스포밍에 미치는 영향을 밝힌다.

2. 바인더력이 보스포밍에 미치는 영향

Fig. 1은 Wang 등[1]이 연구한 보스포밍 공정을 정의하고 있다. 이 보스포밍 공정에서 펀치는 재료에 일정한 하중을 가하는 역할을 한다. 우측 하부의 금형은 일정한 속도로 상승하며, 우측 상부의 바인더와 연계하여 판재에 힘을 가함으로써 판재를 반경방향으로 인장하게 된다. 이러한 성형 작용은 펀치에 의하여 부과된 압축력과 함께 재료에 소성변형이 발생하도록 한다. 이 공정의 유한요소해석을 위하여, 특별한 언급이 없으면, Wang 등[1]이 사용한 조건을 사용하였다.

Fig. 2는 펀치의 하중이 300kN 이고, 마찰계수가 0.1일 때, 바인더 하중에 따른 보스의 높이의 변화를 나타내고 있다. 이 결과에 따르면, 최적의 바인더력이 존재하며, 그 값은 8kN이다. Fig. 1(b)는 최적의 바인더 하중 조건 하에서 예측한 유한요소해석 결과이다.

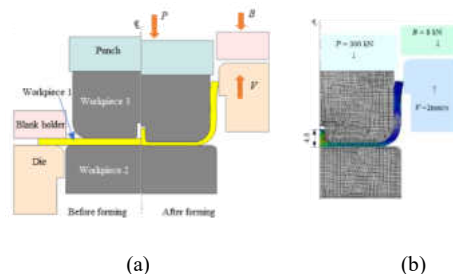


Fig. 1 Definition of the process (a) and the FE prediction of an optimized case (b)

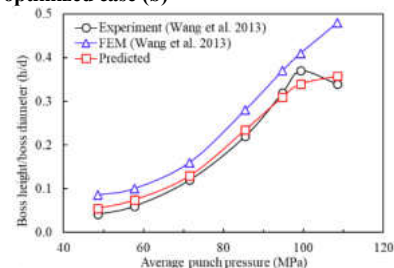


Fig. 2 Binder load-boss height curve

3. 결론

이 연구에서는 보스포밍 공정에 미치는 바인더 하중의 영향을 유한요소해석을 통하여 분석함으로써 보스포밍에서 반경방향의 응력 성분이 성형된 보스의 높이에 미치는 영향을 간접적으로 연구하였다. 이 결과로부터 최적의 바인더력이 존재함을 확인하였다.

사사

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

참고문헌

[1] Z. G. Wang, Y. Yoshikawa, K. Osakada, 2013, A new forming method of solid bosses on a cup made by deep drawing, CIRP Annals, Vol 62, 1. 291-294.

1. 경상국립대학교, 대학원생

2. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

3. UiTM Shah Alam

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

7. 일반 논문 발표

단조 1, 2

일반금속가공 6

(제 6 발표회장)

소형모듈원전(SMR)용 대형 주단조품 단조성형 기술에 관한 연구

김영득¹

A Study on the Forging Technology of Large Cast-Forging Parts for SMR

Y.D. Kim

Abstract

세계적으로 기후변화 대응을 위해 탄소중립을 선포하며 청정 에너지 발전을 위해 신재생 에너지 발전을 적극 추진하고 있다. 그러나, 절대적 발전 용량 부족현상이 발생하고 있고 향후 지속적 증가를 하더라도 기후 여건에 따른 신재생 에너지 발전 공백문제로 요구하는 수송 에너지를 충당 할 수 없는 것이 현실이다. 대표적인 청정에너지원으로 원자력을 들 수 있으나 대형원전의 경우 핵방사능 염려로 사회적 공감 및 안전 리스크 이슈가 발생하고 있다. 이에, 기존의 신재생 에너지원 기후악화에 따른 에너지 공급 간헐성을 대체하고 대형원전의 안전성 염려를 완전히 해소 할 수 있는 소형모듈원전 SMR(Small Modular Reactor)이 세계적인 각광을 받고 추진중이다. 본 연구에서는 SMR용 대형 주단조 핵심부품에 대한 제조 개념과 단조공정 해석을 통해 인자를 도출하고 축소모델 검증실험을 통한 단조성형 기술에 대해 고찰 하였다.

음향방출 센서를 이용한 냉간단조용 인산염 피막처리강의 마찰 특성 모니터링

김지훈¹ · 서영호² · 김상우[#]

Frictional characteristics monitoring of phosphate-coated steel for cold forging using AE Sensors

J. H. Kim, Y. H. Seo and S. W. Kim

Abstract

음향방출(AE:Acoustic Emission) 센서는 소성변형, 균열의 발생 및 전파, 상변태, 결정립계의 급격한 재배열 등에 의해 검사물 자체에서 발생하는 탄성파를 검출하는 압전식 세라믹 센서로 대형구조물의 건전성 진단, 산업용 배관의 누설 모니터링, 인장시험 및 피로균열 전파시험 등 다양한 산업분야 및 재료시험에 활용되고 있다. 최근, 음향방출 센서를 활용하여 소성가공 공정에 있어서 소재와 금형 간의 접촉에 의해 발생하는 마모 및 마멸 현상에 의한 음향방출 신호를 계측하여 분석함으로써, 다양한 소재 및 윤활 조건에 대한 금속 간의 마찰 특성을 분석하기 위한 연구가 시도되고 있다. 본 연구에서는 피막처리강의 마찰 특성 확인을 위해 금형강과 인산염 피막처리강의 핀-온-플랫(Pin on Flat) 시험을 수행하였다. 시험 중의 마찰 계수를 측정하는 한편 음향방출 센서를 부착하여 시편의 마모에 따른 음향방출 신호를 수집하고, 마찰 계수의 변화와 비교할 수 있도록 하였다. 시험 후 시편의 마모에 따른 마찰계수 변화를 토대로 마모 진행 단계를 구분하였으며 각 마모 단계까지의 개별 마찰시험을 추가 수행한 뒤 시편들의 SEM, EDS 및 3D Surface Profile 분석을 통해 마모 진행 단계별 인산염 피막의 탈락을 관측하였다. 또한 마모 진행에 따른 음향방출 신호의 변화를 RMS, Count, Energy 등 여러 AE 파라미터를 통해 확인함으로써 음향방출 센서를 통한 냉간단조용 인산염 피막처리강의 마찰 특성 모니터링 가능성을 검토하였다.

Keywords: Acoustic emission(AE), Cold forging, Phosphate coating, Friction, Coating failure

후 기

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20011678)

1. 한국재료연구원, 연구원

2. 한국생산기술연구원, 선임연구원

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

링롤링 공정 시뮬레이션에서 폭퍼짐의 억제

정석환¹ · 정승원¹ · 문호근¹ · 김진국² · 전만수^{3#}

Restriction of spread in ring rolling simulation

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

Abstract

Spread of ring material in ring rolling is usually smaller than expected because material flow in the axial direction is constrained by the directional friction over the long and thin contact interface. Owing to the geometrical features of ring rolling processes, it is almost impossible to employ the finite element mesh system, which can deal with the friction or friction hill in the rolling direction. In this study, the problem occurring in ring rolling simulation is investigated and a practical method of solving the problem is suggested.

Keywords: Ring rolling(링롤링), Finite element simulation(유한요소해석), Friction(마찰), Spread restriction(폭퍼짐 억제), Profile ring rolling(프로파일 링롤링), Line contact(선 접촉)

1. 서론

링롤링 공정은 형상의 단순함에도 불구하고, 유한요소해석이 어려운 문제에 속한다. 그 이유는 재료의 전체 면적 대비 접촉면적이 매우 작으며, 압연 공정과 같이 매우 좁은 영역에서 발생하는 마찰언덕이 역학적 현상을 좌우하는 특성이지만, 이러한 현상을 예측하기 위해서는 링롤링 방향으로 접촉 요소가 다수 존재해야 한다. 그러나 특히 프로파일 링롤링[1,2]의 경우, 마찰언덕을 고려할 수 있는 유한요소망은 수많은 요소를 필요로 하기 때문이다. 일반적으로 아이들링하는 맨드렐의 역학적 특성도 마찰 문제를 계량적으로 해결하는 것을 방해한다.

대부분의 링롤링 공정의 해석이 외연적 유한요소법[3]에 의존하고 있으며 적용 요소의 수가 제한적인 이 방식의 특성을 고려할 때, 전술한 문제로 대부분의 유한요소해석에서 전통적인 방식으로 마찰 문제를 해결하는 것에 문제가 있는 것으로 판단된다.

경험적으로 볼 때, 링롤링에서 폭퍼짐은 크지 않다. 이 연구에서는 폭퍼짐을 체계적으로 제한하는 방법을 제안하며, 그 발전 가능성을 논의한다.

2. 국부적 재료 유동의 억제

Fig. 1은 시험 프로파일 링롤링 공정이다. 이 공정의 해석에서 전통적인 마찰법칙을 적용할 경우, 해석결과는 롤 간극에서의 요소밀도에 크게 의존적이며, 여러가지의 이유로 대체적으로 큰 폭 퍼짐을 예측한다. 이러한 문제의 해소를 위하여 지정한 국부의 영역에서 특정 방향으로의 재료 유동을 벌칙기법에 바탕을 둔 억제 방식을 사용하였다. Fig. 2는 적용한 경우와 적용하지 않는 경우를 비교하고 있다.

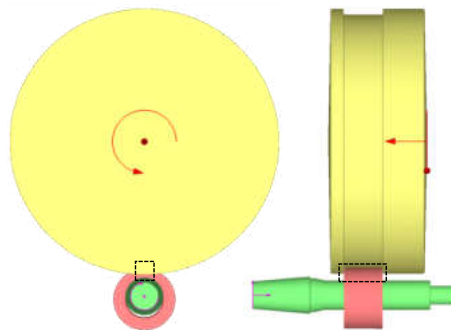
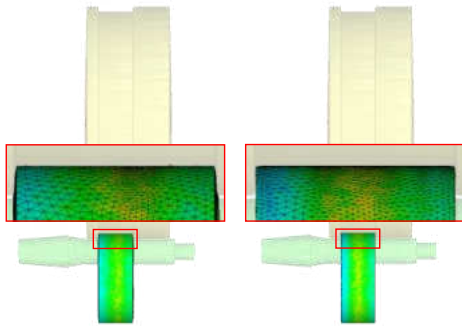


Fig. 1 Definition of the test process

1. ㈜MFRC

2. 동은단조㈜

3# 교신저자: 경상대학교 기계항공공학부, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr



(a) Conventional scheme (b) New scheme

Fig. 2 Comparison of finite element predictions of spread

3. 결론

이 연구에서는 링롤링 공정의 해석 시의 고질적인 문제인 폭퍼짐 예측의 불안정성을 극복하기 위한 폭퍼짐 억제 방법의 가능성을 보였다. 이 방법은 벌칙기법에 바탕을 두고 있으며, 사용자가 억제

정도를 결정할 수 있으므로 일반화가 가능할 것으로 판단된다.

후기

이 연구는 동은단조의 경제적 지원으로 이루어졌다.

참고문헌

- [1] B. S. Kim, H. K. Moon, E. Z. Kim, M. H. Choi, M. S. Joun, 2013, A dual-mesh approach to ring-rolling simulation with emphasis on remeshing, J. Manuf. Proc., Vol. 15, pp. 635-643.
- [2] M. H. Choi, 2015, Study on metal forming process design for bearing parts with emphasis on metal flow lines, Dr. Thesis, Gyeongsang national university, Jinju, Gyeongsang-namdo, Korea.
- [3] Z. W. Wang, S. Q. Zeng, X. H. Yang, C. Cheng, 2007, The key technology and realization of virtual ring rolling. J. Mater. Process Tech., Vol. 182, pp. 374-381.

Jominy 테스트의 Q/T 시뮬레이션

모하마드카스완디라자리¹ · 정석환² · 이라니 미쌈³ · 최정묵⁴ · 전만수[#]

Q/T simulation in Jominy test

M. K. Razali, S. H. Chung, M. Irani, J. M. Choi, M. S. Joun

Abstract

The Jominy test can be used to adjust and optimize time temperature transformation (TTT) diagrams. Based on the theoretical models of phase transformation kinetics and plasticity, numerical modeling is used to simulate the finite element model and study the metallo-thermo-mechanical behavior of the metal during quenching and tempering. It was verified that the modelling effectively simulates the heat treatment process of the Jominy test by comparing the results with those measured in the literature. Additionally, during the quenching and tempering of steel, distortions were observed and as a result, dilatation of volume change occurred. The distortion caused by heat treatment may pose a serious problem for precision parts, thus this phenomenon cannot be neglected. It is a matter of fact that heat treatment analysis is very important in the mechanical industry.

Keywords: Quenching (담금질), Tempering (템퍼링), Distortion (변형)

1. 서론

켄칭 이후, 강을 비롯한 재료의 경도가 크다. 그러므로 템퍼링을 실시한다. 이 때, 유지온도와 유지시간은 정도 감소의 정도를 결정한다 [1].

이 발표에서는 Jominy 실험을 대상으로 Q/T 공정을 시뮬레이션하여 그 결과의 타당성을 논한다.

2. 강의 Jominy 열처리 실험의 해석

Fig. 1의 TTT-선도에 의존하여 구한 열처리 공정 동안의 상분율은 Fig.2와 같다. 켄칭 과정에서 90%의 오스트나이트가 퍼얼라이트, 베이나이트를 거친 후, 마지막으로 마르텐사이트로 변환된다. 이러한 켄칭과 템퍼링에 기인하는 열팽창과 열수축으로 인하여 변형과 부피의 변화가 발생한다 [2]. Fig. 3은 그 예측결과를 나타낸다.

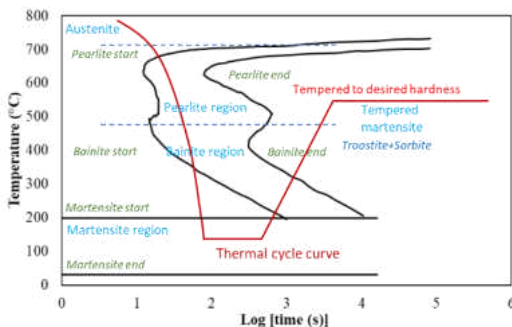


Fig. 1 TTT-diagram

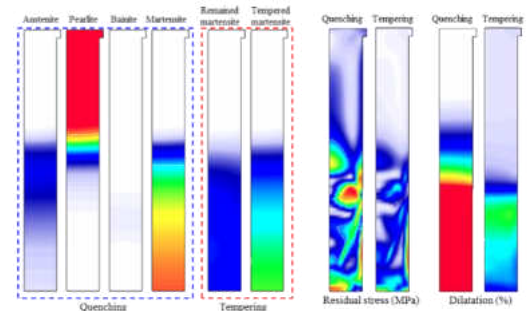


Fig. 2 Volume phase fraction (left) and predicted heat treatment distortion

3. 결론

이 발표에서는 Jominy의 열처리 실험 공정을 AFDEX의 강의 Q/T 해석 기능을 활용하여 열처리 형 및 잔류응력을 강조하여 얻은 해석결과를 제시하였다.

사사

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

참고문헌

- [1] M. Irani, S. H. Chung, M. C. Kim, K. O. Lee, M. S. Joun, 2020, Adjustment of isothermal transformation diagrams using finite-element optimization of the jominy test, Metals, Vol 10, 7. 931.
- [2] Z. Nie, G. Wang, Y. Lin, Y. K. Rong, 2015, Precision measurement and modeling of quenching-tempering distortion in low-alloy steel components with internal threads, Vol. 24, 12. 4878-4889.

1. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

2. (주)엠에프알씨

3. Technische Universität Bergakademie Freiberg

4. (주)진합

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

비대칭 튜브인발 공정의 탄소성 유한요소해석

누를 아키라 라자리¹ · 정임근² · 전만수[#]

Elastoplastic finite element analysis of a non-symmetric tube drawing process

N. A. Razali¹, I. G. Jeong², M. S. Joun[#]

Abstract

Traditional tube drawing simulation is based on assumption of uniform thickness of initial tube, fixed mandrel and no misalignment of drawing die assembly. To the contrary, initial tube is normally non-uniform and the mandrel is free to move in the lateral or longitudinal direction. In this study, a scheme of simulating a general tube drawing process considering the thickness non-uniformity, movable mandrel and misalignment of die assembly is applied to a general tube drawing process with some non-symmetry. A three-dimensional implicit elastoplastic finite element is employed.

Keywords: Tube drawing, General analysis model, Technique of starting simulation, Finite element method

1. 서론

경량화 및 고강도화를 위한 정밀 튜브 인발의 요구가 집중하고 있다. 그러나 튜브 인발의 두께 균일성은 모관의 두께 균일성에 크게 의존적일 수밖에 없다. 맨드럴의 위치는 힘의 균형에 의하여 결정되므로 위치 그 자체가 미지수이다. 그러나 종래의 형상 인발에서 대부분 균일한 모관 두께의 가정 하에서 맨드럴의 위치를 고정시켰다. 물론 그 결과는 모관 두께의 비균질성과는 상관 없이 균일 두께의 튜브가 예측된다. 이것은, 튜브 두께 및 금형 마모 등의 개선을 목적으로 하는 경우, 무의미한 결과이다. Al-Hamdany 등[1]은 실험적으로 튜브 인발에서 비대칭성이 제품의 두께 균질성 등에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 이 연구에서는 비대칭성을 고려한 해석 기술과 관련 해석 모델을 소개한다. 3 차원 탄소성 유한요소법[2]이 사용되었다.

2. 비대칭 튜브 인발 공정의 해석

Fig. 1(a)는 해석 대상으로 삼은 비대칭 튜브 인발 공정을 나타낸다. 튜브 인발 공정은 맨드럴로 인하여 초기 해석이 용이하지 않다. 따라서 맨드럴을 탄성체 또는 탄소성체로 간주하여 소재의 일부로 취급한다. 그리고 소재와 함께 맨드럴을 적당한 위치까지 전진시킨다. 이 때, 맨드럴은 측면 방향으로 하중의 균형을 위하여 자유롭게 이동할 수 있도록 한다. 이 상태에서 맨드럴의 하강 속도를 0으로 변경하고, 모관만 하부의 미분리 금형을 이용하여 하강시킴으로써 비대칭 인발 공정의 해석이 가능하다.

Fig. 1(b)는 비대칭 인발 공정의 3차원 탄소성 유한요소해석 결과를 나타낸다. 해석과정에서 맨드럴은 우측으로 치우쳤으며, 야기된 변형율의 불균일성은 두께 변화의 결과를 초래하며, 이것은 궁극적으로 설계 최적화를 통하여 두께 균일성을 향상시키는 방향으로 활용될 수 있다.

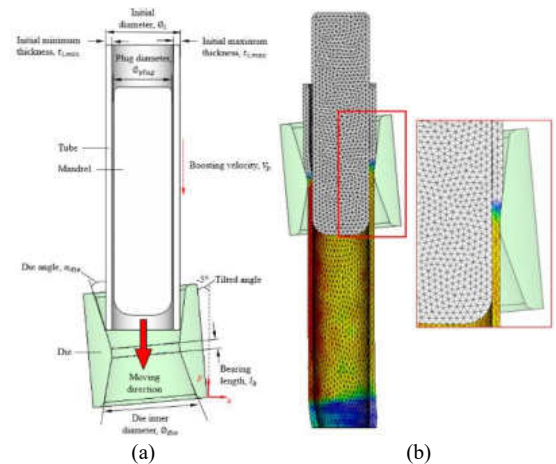


Fig. 1 Definition and FE predictions of the non-symmetric tube drawing process

3. 결론

이 연구에서는 불균일 두께의 모관, 금형의 비정합성, 움직이는 맨드럴에 의한 비대칭 인발 공정의 해석 모델 및 해석 기법을 소개하였다. 이 연구 결과는 기존의 대칭성의 가정에 바탕을 둔 인발 공정의 해석의 한계를 극복하고, 고급 튜브의 생산기술의 발전에 이바지할 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2022년도 지자체-대학 협력기반 지역 혁신 사업(2022RIS-003)과 에너지인력양성사업(20214000000520)의 결과입니다.

참고문헌

- [1] N. Al-Hamdany, M. Z. Salih, H. Palkowski, A. Carradò, W. Gan, N. Schell, and H. Brokmeier, 2021. Tube Drawing with Tilted Die: Texture, Dislocation Density and Mechanical Properties. Metals 11, no. 4: 638.
- [2] N. A. Razali, S.H. Chung, W.J. Chung, M. S. Joun. Implicit elastoplastic finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction. Int J Adv Manuf Technol 120, 6377–6391 (2022).

1. 경상국립대학교, 대학원생

2. ㈜풍성정밀판, 대표이사

교신처자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

냉간단조용 항복비제어강의 자동차용 요크 적용을 위한 단조 공정 해석

성상규¹ · 우영윤¹ · 이영선¹ · 윤은유^{1, #}

Forging process finite element analysis for application of yoke for automobile of Yield-Ratio-Control-Steel for cold forging

S. G. Seong¹, Y. Y. Woo¹, Y. S. Lee¹, E. Y. Yoon^{1, #}

Abstract

자동차용 부품 제조 산업에 있어 생산성을 확보하고 원가절감을 위해 성형 공정 및 소재 개선에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 항복비제어강은 기존 탄소강 소재에 항복비를 조절함으로써 비교적 낮은 단조 하중으로 성형이 가능하며 높은 가공경화특성으로 요구 강도를 확보할 수 있기 때문에 단조 후 열처리 공정(Quenching & Tempering)을 생략할 수 있는 비조질강 소재로 사용되고 있다. 항복비제어강은 생산성, 치수 정밀도, 기계적 특성을 확보하기 위해 주로 냉간단조 공정을 통해 성형이 이루어지고 있는데 냉간단조의 경우 공정 중 발생하는 높은 성형 하중, 금형에 부과되는 높은 응력으로 인해 금형 손상이 발생할 수 있기 때문에 적절한 공정 및 금형 설계가 필요하다.

본 연구에서는 자동차 조향 장치 부품 중 하나인 요크를 제조하기 위해 냉간단조 공정을 적용하였으며 유한요소해석으로 성형성, 금형 응력 해석을 통해 요크 단조품의 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 해석 Input data의 경우 항복비제어강의 압축시험 결과를 토대로 도출하였다. 또한, 금형 수명 향상을 위한 해석으로 보강링을 적용하여 열박음 해석을 진행하였으며 열박음량에 따른 금형 응력을 비교 분석하였다.

Keywords: Cold forging, Yield ratio control steel, Yoke, Finite element method, Shrink ring

1. 한국재료연구원

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

무산소동 원소재 결정립도가 라이너 물성에 미치는 영향

정윤성¹ · 이재근² · 서송원³

Effect of grain size of initial material on OFC liner properties

Y. S. Jung, J. K. Lee, S. W. Seo

Abstract

성형작약탄은 고폭화약의 폭발에너지가 라이너 제트의 운동에너지로 전달되어 목표물을 무력화시키는 탄약이다. 라이너 소재로는 무산소동(OFC, Oxygen Free Copper)이 주로 사용되고, 라이너의 결정립도가 미세할수록 관통력 증가를 기대할 수 있다. 라이너 결정립도의 편차 발생 시 관통력 편차 증가와 같은 품질 문제가 발생되므로, 원소재부터 각 공정간 엄격한 품질관리가 요구된다.

본 연구에서는 라이너 무산소동 원소재의 결정립도가 최종 미세조직과 물성에 미치는 영향을 분석하였다. 열처리를 통해 평균 결정립도가 다른 원소재 4종(100, 150, 180, 230 μ m)을 준비한 후, 동일한 공정(단조 및 소둔)을 적용하여 라이너 4종을 제작하였다. 각 라이너의 동일부위에 시편을 채취한 후, 미세조직과 경도를 측정하여 원소재 결정립도에 따른 라이너 물성 변화를 고찰하였다.

Keywords: Grain size, OFC(Oxygen Free Copper), Liner, Shaped Charge

1. 풍산 방산기술연구원 정윤성 연구원
2. 풍산 방산기술연구원 이재근 책임연구원
3. 풍산 방산기술연구원 서송원 이사

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

냉간단조용 선재의 마찰특성 평가방법 개발

문지훈^{1,2}, 우영윤¹, 이상용², 이영선[#]

Evaluation of friction condition of steel wire for cold forging

J. H. Moon, Y. Y. Woo, S. Y. Lee, Y. S. Lee

Abstract

냉간단조 공정 시 윤활특성은 단조품의 건전성과 금형의 수명에 큰 영향을 끼치며 생산성 향상을 위한 중요한 요소 중 하나다. 윤활제는 소재와 금형 사이의 마찰계수를 감소시켜 공정 시 일어나는 크랙 등의 결함, 소착 등을 방지한다. 냉간단조 공정 시 윤활피막의 손상이 일어나게 되면 마찰계수가 증가하여 소착이 발생하고 단조품의 품질이 저하된다. 단조품의 형태가 다양화되고 복잡해지는 추세이며 냉간단조 공정 시 윤활피막의 손상이 적고 마찰계수가 낮은 고품성 윤활제의 연구개발이 진행되고 있으나, 냉간단조용 선재에 적용할 수 있는 정량적 마찰특성 평가법은 현재 개발되어 있지 않은 상황이다. 본 연구에서는 프레스와 롤 금형을 이용해 선재 시편에 변형을 가하고 토크를 측정하여 냉간단조용 선재 시편의 마찰특성을 평가할 수 있는 시험법을 제안하였다. 윤활특성에 따른 링 압축시험을 통한 피막특성을 분석하여 본 연구에서 제안한 평가법의 검증을 수행하였다.

Keywords: Cold forging, Cold heading quality wire, Wire rod, Friction condition, Lubrication

1. 한국재료연구원, 재료공정연구실

2. 국립안동대학교, 신소재공학과

교신저자: 한국재료연구원 부원장실, 책임연구원. E-mail: lys1668@kims.re.kr

재료의 유동 곡선을 이용한 형상 비교 연구

지수민¹ · 곽희만² · 최정목² · 전만수[#]

Shape comparison study using flow stresses of various materials

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

Abstract

Overview about the flow behaviors of the materials is of great importance especially to the engineers studying the new material. It is unlucky that it is hard to find some guide for evaluating the formability of a new material and getting some insight at the material for the sake of application. In this study, several flow characterization results obtained by the hot cylinder compression tests are macroscopically analyzed and compared to group the materials in terms of flow behavior and formability using STB2, AA6082, Ti-6Al-4V and AZ61A. The shapes of specimens are analyzed to relate them with the flow behaviors. It is shown that the radius or curvature at the mid-plane of the specimens are suggested to simply evaluate the flow behavior and formability.

Keywords: Flow behavior, Hot cylinder upsetting, Barreling, Shape change

1. 서론

재료의 유동 특성의 파악과 정량화는 엔지니어링의 가치와 직결된다. 현재까지 많은 연구자들이 수많은 종류의 재료와 다른 조건하에서 많은 실험적 및 이론적 방법으로 재료의 특성 파악을 위하여 힘써 왔다. 하지만 유동곡선을 비롯한 정보로부터 엔지니어링에 활용될 유용한 정보를 획득하고 정량화하는 데는 한계가 있다. 이 연구에서는, 기존[1-2]의 실험적 방법에 의한 재료 유동 특성의 정량화에 관한 연구 결과를 상호 비교함으로써, 재료의 특성 파악을 위한 가이드라인을 제시한다.

2. 고온압축실험 결과의 비교

선행연구에서 온간단조용 Ti-6Al-4V(500 - 800°C)과 열간단조용 AA6082(350°C - 550°C), STB2(900 - 1200°C), AZ61A(250 - 400°C)를 변형률 속도(0.1 - 20 s⁻¹)의 범위 내에서 압축실험을 한 후, 이 실험결과를 이용하여 재료의 유동응력을 정량화했다. Table 1에서 R_{max} , R_{min} , R_0 는 각각 최종 스트로크에서 시편의 최대 반경, 접촉면에서의 반경, 압축시험 전 초기 반경을 나타내고 r_{max} 는 $(R_{max}-R_0)/R_0$, r_{min} 은 $(R_{min}-R_0)/R_0$, IR은 r_{max} 와 r_{min} 의 합을 나타낸다. Fig. 1은 해석결과 중에서 Ti-6Al-4V에 관한 것이다. Table 1에서 보는 바와 같이, AA6082와 STB2는 r_{max} 와 r_{min} 의 값이 변형률 속도에 큰 영향을 받지 않는 반면, Ti-6Al-4V와 AZ61A는 완전히 다른 특성을 보이고 있다. 그리고 IR의 관점에서 전자는 그 값이 작은 반면, 후자는 그 값이 상대적으로 크며, 변형률 속도가 높을수록 큰 경향을 보인다. 이것은 재료가 가지고 있는 변형특성이 성형과 연계하여 나타난 것으로 응용 기술자들에게는 유의미할 수 있다.

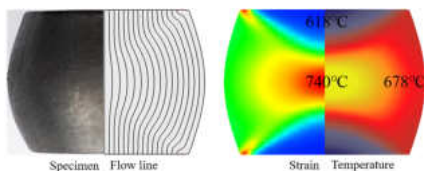


Fig. 1 FE predictions of the cylinder compression of the Ti-6Al-4V alloy at 600°C and strain rate 1s⁻¹

Materials	Temp. (°C)	Strain rate (s ⁻¹)	r_{max}	r_{min}	IR
Ti-6Al-4V	600	1	0.327	0.119	0.446
		10	0.307	0.198	0.505
		20	0.301	0.212	0.513
AA6082	400	1	0.316	0.132	0.448
		10	0.310	0.131	0.441
		20	0.309	0.129	0.438
STB2	900	1	0.311	0.132	0.443
		10	0.312	0.133	0.445
		20	0.313	0.133	0.446
AZ61A	250	1	0.310	0.146	0.456
		10	0.305	0.196	0.501
		20	0.303	0.228	0.531

3. 결론

이 연구에서는 고온압축시험의 형상정보로부터 재료의 성형성을 평가하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 압축시편으로부터 성형성에 관한 정보를 획득하기 위한 것으로 단순하면서도 유용성이 높다고 사료된다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 산업기술혁신사업(과제번호: 10081334)과 에너지인력양성사업(과제번호: 20214000000520)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] M.S. Joun, M.K. Razali, J.D. Yoo, M.C. Kim, J.M. Choi, 2021, Novel extended Cm models of flow stress for accurate mechanical and metallurgical calculations and comparison with traditional flow models, J. Magnes. Alloy 10, 2516-2533.

1. 경상국립대학교

2. ㈜진합

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

냉간 성형시 미세조직에 따른 저탄소강의 이상 결정립 거동 연구

황순홍¹ · 남궁승² · 이재호² · 홍성민³ · 정성수^{4#}

A Study on the Abnormal Grain Behavior of Low Carbon Steel Based on Microstructure in Cold Forming

S. H. Hwang, S. Nam gung, J. H. Lee, S. M. Hong, S. S. Jung

Abstract

본 연구에서는 냉간 단조시 사전 수행되는 구상화 열처리(S.A)의 단점들을 개선하고자 신규 열처리(N.S.R) 공법을 개발하였고, 최종 침탄 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 냉간 단조성 검증을 위해 상온 인장 및 압축 시험한 샘플을 각각 S.A 및 N.S.R 열처리하여 기계적 특성 및 미세조직을 비교하였다. 냉간 단조성의 주요 영향 인자인 경도의 경우 S.A 및 N.S.R 열처리 샘플이 유사한 값을 나타냈고, N.S.R 열처리 샘플의 미세조직은 페라이트 및 펄라이트로서 S.A 조직과는 상이함을 확인하였다. 또한, 각 열처리 공법에 따라 냉간 성형량이 최종 침탄 물성에 미치는 영향을 비교하기 위하여 이상 결정립 발생 온도(G.C.T)를 평가하였다. 열처리 공법과 무관하게 냉간 성형량이 증가할수록 G.C.T는 낮아짐을 확인하였으나, N.S.R 열처리 샘플의 경우 S.A 샘플보다 G.C.T가 높게 형성됨을 확인하였다.

Keywords: Normalizing Stress Relief, Grain coarsening temperature, Cold forming, Spheroidizing annealing

1. ㈜현대제철 특수강부품개발팀 전임연구원
2. ㈜현대제철 특수강부품개발팀 책임연구원
3. ㈜현대제철 특수강개발팀 책임연구원
3. ㈜현대제철 특수강부품개발팀 팀장

Corresponding Author: Hyundai Steel, Email: jss4939@hyundai-steel.com

항복비제어강의 차량용 Torx bolt 적용을 위한 냉간단조 공정 해석 및 단조품 특성 분석

김규한¹ · 우영윤¹ · 윤은유¹ · 이상용² · 이영선^{1, #}

Analysis of cold forging process and forging part properties for vehicle Torx bolt application of Yield-Ratio-Control-Steel

G. H. Kim¹, Y. Y. Woo, E. Y. Yoon¹, S. Y. Lee², Y. S. Lee^{1, #}

Abstract

냉간단조 공정은 차량용 부품 생산에 적용되어 왔으며, 저탄소, 에너지감축에 따른 공정 최소화를 위해 비조질강 소재의 개발이 활발히 진행되고 있다. 냉간단조 공정은 상온에서 금형을 이용하여 소성가공을 통해 성형하는 방법으로 단조품에 대한 치수 정밀도가 우수하며 생산성이 높다. 비조질강은 냉간단조 시 우수한 가공경화 특성으로 Q/T(Quenching & Tempering)처리를 생략하여 부품에 요구되는 기계적 특성을 얻을 수 있다. 비조질강의 하나인 항복비제어강(Yield-Ratio-Control-Steel)은 2단 연속 열처리를 통해 소재의 기계적 특성을 제어하여 Q/T 처리 생략으로 공정비용 절감의 효과를 볼 수 있으며, 다양한 제품 및 기계적 특성에 소재 대응이 가능하다.

본 연구에서는 항복비제어강을 2단 연속 열처리 후 냉간단조 공정을 통해 차량용 Torx bolt를 제작하였다. 항복비제어강 적용 단조품은 기존 소재인 SCM435 적용 단조품과 단류선, 미세 조직, 비커스 경도를 비교 분석하였다. 추가적으로 Forge NxT 3.2 소프트웨어를 이용하여 단조공정 해석을 통해 기존 소재와 항복비제어강 적용 단조공정을 비교 분석하였다.

Keywords: Cold forging process, non-heat treating steel, Yield-Ratio-Control-Steel, Torx bolt, finite element analysis

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 국립안동대학교

교신저자: 한국재료연구원, 책임연구원 E-mail: lys1668@kims.re.kr

AZ31B의 압축시험의 온도 보상 유동곡선과 그 영향

지수민¹ · 유재동² · 김민철³ · 최정목⁴ · 전만수[#]

Effect of temperature compensation on flow stress of AZ31B alloy

S. M. Ji, J. D. Yoo, M. C. Kim, J. M. Choi, M. S. Joun

Abstract

Temperature effect in hot cylinder compression on actual flow curve has been revealed in several methods. However, few methods were verified by simulating the hot cylinder compression tests. This complicated situation hinders the engineers from obtaining the accurate flow stress. Recently, the authors' group invented a systematic and scientific way to obtain the flow curve after temperature compensation. It was revealed that the magnesium alloys are very sensitive to the temperature, revealing that the temperature compensation is of great importance. In this study, we validate the temperature compensation of the AZ31B by comparing the experimental and predicted forming loads of a test forging process.

Keywords: Hot Cylinder Compression Test, Flow Curve, Temperature Effect, Forming Load

1. 서론

고온 유동곡선 또는 온도 의존 유동곡선은 주로 고온 실린더 압축시험에 의하여 획득되고 있다. 문제는 압축 시험 중에 재료의 온도는 재료에 따라 다소 변한다는 사실이다. 변형률의 증가에 따라 실제 얻어지는 유동정 보는 소성열에 의하여 가열되어 초기 실험온도에 비하여 높아져 있다. 이 온도의 측정은 가능하지만, 온도 상승을 유동곡선에 반영하는데 어려움이 따른다. 이러한 점을 반영하기 위한 실용적 온도 보상 방법이 Joun 등에 의하여 개발되었다. Ti-6Al-4V 합금[1]의 경우, 유동응력에 미치는 온도의 영향이 매우 큼을 선행연구에서 확인하였다. 또한 마그네슘 합금의 경우, 온도에 따른 유동응력의 변화가 극심하다[2].

이 논문에서는 시험 단조공정의 성형하중의 실험치와 해석치를 비교함으로써 온도 보상된 마그네슘 합금 AZ31B의 유동특성을 타당성을 검토한다.

2. AZ31B 재료의 유동특성

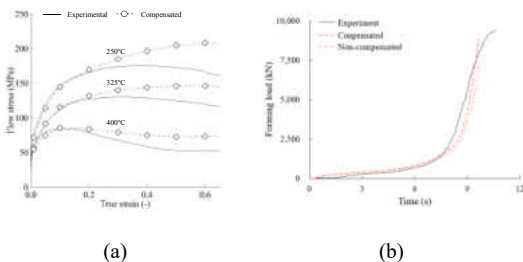


Fig. 1 (a) Temperature compensated flow curve of AZ31B (strain rate = 10 s^{-1}) and (b) comparison of the experiment and prediction of bracket forging

Fig. 1(a)은 AZ31B 마그네슘 합금의 압축시험에서 얻은 실험 유동곡선(실선)과 온도보상 기법으로 수정한 것을 비교하고 있다. Fig. 1(b)는 브라켓 공정 하중의 실험결과와 예측결과를 비교하고 있다. Fig. 1(b)의 성형하중 예측 결과는 온도보상 유동곡선의 타당성을 정량적으로 (95%의 정확도) 보여주고 있다.

3. 결론

이 논문에서는, 특히 마그네슘 합금의 경우, 고온 압축시험에서 획득된 온도 보상 이전의 유동곡선의 비현실성을 강조하였다. 온도 보상된 유동정보로 예측한 성형하중이 9.00 MN (실험치의 95%)인 반면, 온도 미보상 유동정보로 획득한 성형하중은 7.11 MN (실험치의 75%)이다. 이것은 온도 보상의 올바른 이해와 활용의 중요성을 강조하기에 충분한 결과이다. 가장 간단한 확인 방법은 압축시험을 해석해서 실험치와 비교하는 것이다[3].

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 국제공동기술개발사업(과제번호: P0011877)과 에너지인력양성사업(과제번호: 20214000000520)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] M.S. Joun, M.K. Razali, J.D. Yoo, M.C. Kim, J.M. Choi, 2021, Novel extended Cm models of flow stress for accurate mechanical and metallurgical calculations and comparison with traditional flow models, J. Magnes. Alloy 10, 2516-2533.
- [3] AFDEX Newsletter Q2, MFRC, 2022, www.afdex.com

1. 경상국립대학교 2. ㈜볼보그룹코리아
3. ㈜에프알씨 기술연구소 4. ㈜진합
교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수.
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

불연속 항복 거동을 수반하는 저탄소강의 소부 경화 거동에 관한 연구

정병석¹ · 조우진¹ · 신은주² · 박시욱¹ · 정진욱¹ · 나현택³ · 김성일³ · 한흥남^{1#}

Bake hardening behavior in a low carbon steel accompanying inhomogeneous plastic yielding

Byeong-Seok Jeong¹, Woojin Cho¹, Eunjoo Shin², Siwook Park³, Jinwook Jung¹, Hyuntaek Na⁴,
Sung-II Kim⁴, and Heung Nam Han^{1#}

Abstract

Baking treatment (BT) is usually subjected to pre-formed automobile body parts to increase the yield strength without reduction of thickness. So far, composition, pre-straining, and baking condition have been considered as the factors affecting bake hardening (BH). However, for the materials with yield point phenomenon which accompanies Lüders band (LB) formation, the effect of BT under the inhomogeneous pre-strains caused by the LB formation has not studied. In this research, comprehensive uniaxial tensile behavior containing BH response and yield point phenomenon was analyzed. The two types of microstructure in a low carbon steel ($C < 0.07$ wt%) accompanying yield point phenomenon were designed: the annealed polygonal ferrite with little mobile dislocation (denoted as PF) and the acicular ferrite with enough mobile dislocations (denoted as AF). The pre-strain conditions for observing the BH behavior were 25, 50, 75, and 100% of the strain at which the LB was completely propagated to the gauge length. After all pre-strains, the specimens were heat-treated with the same BT condition of 20 mins at 170 °C and were subsequently reloaded. To visualize the propagation of the LB and the strain distribution in the gauge length, the digital image correlation (DIC) technique was utilized. The BH behavior after the BT showed completely different trend depending on whether the LB was fully propagated in the gauge length on both specimens. These BH behaviors also influenced the subsequent plastic deformation behavior. To elucidate the BH and uniaxial tensile behavior, macro and nanoindentation tests were performed. Especially, the newly created clusters in the baking-treated specimens were detected using small-angle neutron scattering (SANS), and through this, the origin of the increase in the yield and tensile strength was understood.

Keywords: Baking treatment, low carbon steel, discontinuous yielding

1. 서울대학교 재료공학부, 교수

2. 원자력연구소, 책임연구원

3. 삼성전자, 연구원

4. POSCO, 연구원

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

일관성 있는 소재 물성 예측을 위한 강건한 DIC 데이터 처리 방법

임현용¹, 윤정환[#]

Robust DIC data management for the consistent estimation of material properties

H. Lim, J.W. Yoon

Abstract

Digital Image Correlation(DIC) technology is a popular method to measure material properties due to the advantage of being able to calculate the properties with non-contact scheme. However, the data extracted from DIC method are not clean to directly calculate the properties because noise is introduced when taking the stochastic patterned specimen pictures. In this research, the noise origin of the DIC data is examined by changing the experimental conditions, such as changing the light color, making dark room conditions to avoid light flickering, adjusting ISO values, etc. It is shown that the main source of DIC noise comes from the motor in the mechanical tensile testing machine. The fact has been figured out by comparing the displacement from the machine with the values from DIC. Furthermore, various filtering technologies were investigated to deconvolute the noise from the DIC data. Lastly, the material properties, especially r-value and strain rate sensitivity, are calculated based on the filtering method. It is shown that deconvoluting the noise from the DIC with a noise filtering method can conserve the data trend and remove the data noise simultaneously and obtain various material properties in a single uniaxial tension test.

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

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

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

리튬 이온 배터리 파우치 필름의 인장 시 발생하는 평면 외 변형 억제를 위한 인장 시편 최적화

장택진¹ · 사공철¹ · 김용남² · 윤정환[#]

Optimization of Tensile Specimen of Lithium-Ion Battery Pouch Film for Suppressing Out-of-Plane Deformation from Tensile Loading

T. J. Jang, C. Sagong, Y. Kim, J. W. Yoon

Abstract

최근 국제적 환경 문제가 대두됨에 따라 기존 화석 연료의 사용을 줄이기 위해 리튬 이온 배터리의 사용이 크게 늘어나고 있는 추세이다. 그러나, 리튬 이온 배터리는 물리적, 열적 충격에 매우 취약해, 한계 이상의 충격이 발생하면 폭발이 발생할 수 있다. 이를 1차적으로 보호해줄 수 있는 소재가 배터리 셀을 감싸고 있는 배터리 파우치 필름이며, 안전한 구조 설계를 위해서는 배터리 파우치 필름의 정확한 물성 확보가 필수적이다. 그러나, 알루미늄-폴리머 적층 구조인 파우치 필름의 특성으로 인해, 인장 시험 수행 시에 평면 외 변형이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 평면 외 변형은 소재가 1축 인장 상태에 위치하지 않게 만들 뿐만 아니라 응력집중을 유발하여 소재의 물성을 정확히 획득하기 어렵게 만드는 요인으로 사료된다. 본 연구에서는 평면 외 변형의 유발 원인을 확인하기 위해 유한요소해석을 수행하였고, 평면 외 변형 거동을 해석적으로 구현하였다. 상용 최적화 프로그램을 통해 평면 외 변형을 최소화하는 치수 최적화를 수행하였고, 1축 인장 시험을 수행하여 최적 시편과 ASTM 규격 시편의 시험 결과를 비교하였다. 결과적으로, 본 연구에서 제안한 최적 시편에서 평면 외 변형이 크게 억제되는 것을 확인하였다.

Keywords : Lithium-ion battery pouch film, Optimization, Tensile test, Out-of-plane deformation

1. 사사

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3288770]

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정
2. 한국표준과학연구원 국가참조표준센터, 박사후연구원
교신저자: 한국과학기술원 기계공학과, 교수. E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

8. 일반 논문 발표

박판성형 1, 2

(제 1 발표회장)

고분자 필름 및 구리선 이중 물성을 고려한 EV모터용 헤어핀 성형 공정 해석

김동춘¹ · 임윤재¹ · 오인석^{2#} · 이명규³

Forming Simulation of EV Motor Hairpin with Polymer Coated Copper Wire

D. C. Kim, Y. J. Lim, I. S. Oh and M. G. Lee

Abstract

As future mobility transforms from vehicles with internal combustion engines (ICE) to electric vehicles (EV), automotive makers have tried to develop technologies on EV parts. Accordingly, the manufacturing process for power source has been also shifting from engine/transmission to EV motor/reducer system. However, the insufficient experience with development of new motor types, which require higher efficiency and power density, is a technical challenge. In this study, we propose the finite element modeling for forming of hairpin type motor part that saves the development time and cost. The hairpin is made of bi-material consisting of thin copper wire coated with polymer film. Thus, for the characterization of material properties of constituent materials, basic tensile tests for individual material are conducted. The tests provide elastic and plasticity properties such as Young's modulus, yield strength and plastic hardening. By applying appropriate constitutive modeling in the finite element analysis using the commercial software Pam-Stamp™, the forming and subsequent springback simulations are conducted for the polymer film coated Cu wire. The hairpin forming consists of bending, press, widening and twisting. Then, the simulated springback results are validated by comparing them with measured data. It is noted that the springback angles calculated by the proposed FE model agree well with experiments if the material models for the bi-material are properly implemented.

Keywords: Bi-material, forming simulation, EV motor hairpin, Pam-Stamp

1. 현대자동차 전동화선행생기2팀

2. 한국이에스아이

3. 서울대학교 재료공학부

교신저자: 한국이에스아이

E-mail: insuk.oh@esi-group.com

A vacuum-assisted single-point incremental forming process on controlling material pillow tendency for achieving geometrical accuracy improvements

Mohanraj Murugesan¹, Hyung-Won Youn², Jae-Hyeong Yu², Wanjin Chung², Chang-Whan Lee^{1,#}

Abstract

The geometrical accuracy of incrementally formed products is the primary concern in the single-point incremental sheet forming (SPIF) process. The pillow formation is one of the issues in achieving better geometrical accuracy as it adversely affects the material's formability. Therefore, considering the pillow defect as the primary objective, the present study is aimed to investigate the proposed vacuum-assisted (V-SPIF) process on pillow formation. Besides, the influence of working parameters such as forming tool diameter and vertical step increments on pillowing is also examined in this work. At first, a room temperature tensile test of AA5052-H32 Al alloy material was carried out to determine the mechanical properties. Besides, the digital image correlation (DIC) method was used to evaluate the material deformation characteristics of AA5052-H32 Al alloy sheets. In addition, the plastic strain ratios were calculated from the test samples, which were prepared in the rolling directions 0, 45, and 90. Then, the V-SPIF experiments were carried out considering a complex geometry with various curvature radii and wall angles. The part's geometrical accuracy was eventually reviewed against the actual geometry using 3D scan results. Further, the finite element analysis was performed to study the material deformation, stress, and strain states under the chosen forming conditions, especially with the vacuum's presence and/or absence. It is found that the forming tool diameter appears to be the most influential parameter that determines the pillowing tendency of sheet metals in SPIF, followed by the vertical step increment. Furthermore, the material pillowing tendency decreases significantly with the presence of a vacuum; however, vacuum presence showed a huge difference in pillowing when a small forming tool diameter was used. According to numerical analysis, this happens because the vacuum presence causes a uniform stress distribution on the sheet than the case without the vacuum. In detail, the addition of vacuum pressure compels more material deformation in the normal direction with higher stress values and also reduces the transverse direction stresses, which induces pillow formation. In conclusion, it is advised to adopt the optimum forming tool diameter with proper step increment and vacuum-assisted forming to control material pillowing tendency in the SPIF process.

Keywords: Single-point incremental forming, geometrical accuracy, pillow formation, defect, vacuum-assisted, AA5052-H32 Al alloy, finite element analysis, material deformation, stress and strain states

1. Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul national university of Science of Technology, Seoul 01811, Korea

2. Department of Mechanical Information Engineering, Seoul national university of Science of Technology, Seoul 01811, Korea

Corresponding Author and E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

핫스탬핑 시뮬레이터를 이용한 분위기 제어조건에 따른 비도금 강판의 모사부품 표면 특성 평가

이지호^{1,2}·김민기¹·송정환¹·진홍교³·배기현^{1#}

Evaluation of the Surface Characteristics of Un-coated Boron Steel Plates according to the Atmospheric Control Conditions Using Hot Stamping Simulator.

J. H. Lee, J. S. Song, H.G. Jin, G. H. Bae

Abstract

최근 각종 연비규제 및 환경 규제 등으로 친환경 차량 수요가 증가하고 있다. 그에 따라 국내외 기업들은 친환경 차량의 경량화와 충돌성능 확보를 위해 차체 부품에 핫스탬핑 부품적용을 증가시키고 있다. 이때 핫스탬핑 부품의 원가절감 및 특허이슈 회피를 위해 비도금 강판 핫스탬핑 기술이 요구되고 있는 상황이다. 이를 위하여 비도금 강판을 이용한 핫스탬핑 시 공정 과정에서 발생할 수 있는 산화층 및 탈탄층을 제어할 수 있는 기술에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 분위기 제어 조건 하에서 실제 핫스탬핑 공정의 온도이력 조건을 모사할 수 있는 유도가열 핫스탬핑 시뮬레이터를 제작하고, 22MnB5 1.5t 비도금 보론강판을 이용하여 분위기 제어 조건별 Hat Type 모사부품을 제작하였다. 이후 Hat Type 모사부품의 위치에 따라 경도, 산화층 및 탈탄층 두께와 같은 같은 표면 특성을 분석하였다. 이를 통하여 핫스탬핑용 비도금 보론강판의 실부품 제조공정에 활용할 수 있는 분위기 제어조건을 제안한다.

Keywords: Hot Stamping, 22MnB5, Un-coated Boron Steel Sheet, Atmosphere Control, Oxide Layer, Decarburization Layer, Induction Heating, Hot Stamping Simulator

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 인하대학교 기계공학과

3. 엠에스오토텍 기술연구소 신기술연구팀

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

고강도 차체 구현을 위한 핫스탬핑 Process Window 개발

윤승채[#], 공제열¹, 박재명¹, 박계정¹, 현주식¹, 정유동²

Development of Hot Stamping Process Window for implementing High Strength Vehicle

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

Abstract

Recently, the ratio of applying high-strength steel over 1GPa has been increased to reduce weight of the car body and to respond to fuel efficiency regulations. In addition, it is absolutely necessary to maintain stability of high-strength parts of the vehicle body to meet the strengthened crash requirement. This is because not only the weight reduction of the vehicle body but also the safety of passengers in the event of a crash can be secured. Although the application ratio is increasing to maximize the effect of applying the advanced high strength steel sheet to the vehicle body, it is difficult to freely apply it to various parts due to forming limit and dimensional precision of parts. Hot stamping technology can easily overcome these issues. This is because the material can be heated at high temperatures to ensure formability and the strength of 1.5 GPa or more can be secured through in-die quenching. Thus, the hot stamping process window is considerable important to obtain the optimized hot stamping performance of vehicle parts. The reason for that is, the performance of materials are varied depending on process conditions. In the research, we investigated the optimal process windows that have significant effects during the hot stamping, and derived the optimized performance in considering machine learning.

Keywords: Hot stamping, Process Window, High Strength Vehicle, Mechanical Performance, Machine Learning

1. 현대제철 응용기술실 자동차응용기술팀

2. 현대제철 제품개발센터

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

데이터 기반의 핫스탬핑 도금층 예측 기술 개발

윤승채[#], 공제열¹, 박재명¹, 박계정¹, 현주식¹, 정유동²

Development of Hot Stamping Coating Layer Prediction Based on the Data-informed

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

Abstract

Hot stamping engineering is widely applied to car body parts to reduce vehicle weight. Accordingly, many research groups are being carried out to increase its applicability. The hot stamping engineering is that the material was heated at high temperatures to ensure formability and the strength of 1.5 GPa or more through in-die quenching can be secured, and various performances are determined by using the optimal process. In the hot stamping, a few coatings are used to prevent oxidation scale on the sheet's surface during the austenitization at high temperature in furnace, and Al-Si is the most common protection. For the Al-Si coating, the remaining phase is varied corresponding to be heated at the target temperature, and it is possible to control the coating layer structure based on the phase growth mechanism in the Al-Si coating layer. After reaching the austenite transformation temperature, the existing Al-Si coating layer structure is become different due to the target temperature, and cracks and voids in the Al-Si coating layer are generated differently. As a result, the hot stamping application performances exhibited the different such as weldability, hydrogen brittleness and formability due to the process conditions, and vehicle body part's properties were greatly affected. Therefore, this research investigated to study on factors that could affect the performance of car body parts by predicting the evolution of Al-Si coating layer during the hot stamping process, and in particular, to predict the thickness and composition of coating layer by using machine learning based on experimental data. In addition, in order to comprehensive understand the characteristics inducing in the unit of parts, the finite element method is utilized for a coupled materials-thermal analysis in a commercial software (Pam-Stamp) in conjunction with data-informed.

Keywords: Hot stamping, Al-Si Coating Layer, Mechanical Performance, Machine Learning

1. 현대제철 응용기술실 자동차응용기술팀

2. 현대제철 제품개발센터

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

DP980 기계적 물성의 변형 경로 의존성과 탄점소성 다결정 모델을 이용한 해석

전보혜¹ · 이신영² · Frédéric Barlat² · 이재성¹ · 정영웅^{1,3,#}

Analysis of strain-path-dependent behavior of DP980 steel via elasto-visco-plastic self-consistent polycrystal simulations

Bohye Jeon, Shin-Yeong Lee, Frédéric Barlat, Jaeseong Lee, Youngung Jeong

Abstract

페라이트 상의 우수한 연신율과 마르텐사이트 상의 높은 강도를 고루 지닌 DP강은 고강도이면서도 성형성이 우수하여 지난 수십년간 다양한 구조재에 널리 사용되어 왔다. 최종 성형품이 되기 위해서 금속 판재는 복잡한 소성 가공 공정을 거치며 다양한 변형 경로 변화를 겪게 된다. 이때 강도의 뚜렷한 차이로 인해 두 상의 하중 분할이 뚜렷이 구분될 것이므로, 각 상의 정량적 역할은 DP강의 다양한 미세조직학적 인자에 영향을 받게 된다. 변형 경로에 따라 달라지는 유동 응력의 변화가 바우싱어 효과, 잠재 경화 (latent hardening) 또는 잠재 연화 (latent softening) 따위의 특징적인 현상으로 드러나며, 이는 재료 내부 전위 슬립계의 활성화와 서로 간의 상호작용으로 설명될 수 있다. 나아가 변형 경로에 따라 달라지는 유동 응력의 변화는 성형 이후의 스프링백 현상으로 이어지며, 허용 오차를 넘어선 형상이 나타나면 생산 효율성을 저해할 수 있다. 본 연구에서는 탄점소성 다결정 모델 (Δ EVPSC 모델)을 사용하여 변형 경로에 따라 달라지는 유동 응력 반응의 변화를 다양한 미세조직학적 인자를 활용하여 해석하였다. 시편으로 활용된 DP980 강재를 일축 인장, 일축 압축 및 벌지, 인장-압축-인장 시험 그리고 하중-재하중 시험 등을 통하여 유동 응력의 변화를 측정하였다. 그 결과로 얻어진 경로에 따라 변화하는 응력-변형률 선도를 전위 밀도 기반의 경화 모델을 사용한 Δ EVPSC 모델을 활용하여 해석하였다. 이를 위해 EBSD 분석을 통해 초기 미세조직의 집합조직과 상분율 그리고 평균 결정립 크기를 측정하였고, 이를 모델에 반영하였다. 그 결과 각 상별로 상이하게 발달하는 응력 및 변형률 거동을 정량적으로 평가할 수 있었고, 바우싱어 효과에 미치는 영향을 분석할 수 있었다.

Keywords: DP980; Crystal plasticity model (결정 소성 모델); Dislocation density hardening model (전위 밀도 모델); Strain path dependent (변형 경로 의존성); Δ EVPSC model (탄점소성 다결정 모델)

1. 창원대학교, 소재융합시스템공학과

2. 포항공과대학교, 철강에너지소재대학원

3. 창원대학교, 신소재공학부

교신저자: 정영웅 창원대학교, 신소재공학부 부교수. E-mail: yjeong@changwon.ac.kr

자동차용 철강 소재의 파단 거동 물성 평가

이신영¹ · 김진환¹ · Frédéric Barlat[#]

Characterization of fracture behavior of automotive steel sheets

Shin-Yeong Lee, Jin-Hwan Kim, Frédéric Barlat

Abstract

The fracture behavior of automotive AHSS sheets has gained interest because of their poor formability compared to that of conventional automotive steels. In order to find solutions to this issue, the use numerical simulations with theoretical fracture modeling and material characterization is essential. In this work, the fracture behavior of two automotive steel sheets, DP980 and MART1500, was characterized using a number of mechanical tests. Uniaxial tension, plane strain tension, and simple shear tests were performed using the digital image correlation (DIC) technique for mechanical property characterization. The strain fields determined by DIC were utilized to extract the fracture strains obtained in various stress states. Then, the Hosford-Coulomb (HC) model was calibrated using the measured fracture strains and a simple non-linear fitting method. Furthermore, the load-displacement curves were employed to calibrate the Generalized Incremental Stress State Dependent Damage Model (GISSMO). The coefficients of this model were calibrated using an inverse identification approach based on FEM simulation results. Finally, the calibrated fracture properties were applied to fracture predictions in the hole expansion and stretch bending tests. The result of applications indicates that simulation with theoretical fracture model predicts fracture more accurately than without the fracture model.

Keywords: Sheet metal forming, Fracture, Automotive steel, Calibration

1. 포항공과대학교 철강에너지소재대학원

교신저자: 포항공과대학교 철강에너지소재대학원

E-mail: f.barlat@postech.ac.kr

인장/압축 비대칭성이 있는 금속판재의 굽힘 거동 계산

안강환^{1#}, 서민홍¹

Calculation of sheet metal bending under tension/compression asymmetry

K. Ahn, M. H. Seo

Abstract

인장/압축 비대칭성이 있는 금속판재의 굽힘거동을 계산하였다. 이를 위해 대표적인 마그네슘 합금 압연 판재인 AZ31B 판재의 기계적 물성을 인장, 압축, 압축-인장 하에서 측정하고, 이를 수식화하였다. 굽힘 거동 계산을 위해 R. Hill이 도출한 굽힘 변형 일반 기술식의 무차원 변환형태를 사용하였다. 인장/압축 비대칭에 따른 초기 중립면 위치를 수식적으로 도출하였다. 판재 이방성은 Hill의 1948년 항복함수로 표현하였다. AZ31B 판재의 굽힘 거동 시 중립면 위치 및 이동에 따라 단면 내 변형 영역을 구분하고, 예 변형량이 log scale로 선형이라는 가정 하에 변형 이력에 따른 유효변형률과 응력을 계산하였다. 계산 결과 AZ31B 판재의 경우 일반 인장/압축 대칭성 소재와 달리 비대칭성에 의해 굽힘 변형 시 중립면이 바깥쪽으로 이동 후 다시 안쪽으로 이동하는 방향전환이 발생하며, 이는 굽힘 초기단계에서 소재 두께가 증가하는 현상으로 나타남을 발견하였다. 이러한 소재 두께 증가는 V-die bending 시험을 통해 실험적으로도 확인할 수 있었다. 또한 AZ31B 판재는 중립면의 특이한 이동으로 한번의 굽힘에서 인장-압축-인장 거동이 모두 발생할 수 있음을 수치적 계산으로 확인하였다.

Keywords: Plastic bending, AZ31B sheet, Tension/Compression asymmetry,

1. 포스코기술연구원 철강솔루션연구소 성형연구그룹, 수석연구원
akhwan21@posco.com

마찰교반용접된 이종알루미늄 접합소재의 수치해석 및 실험을 활용한 성형성 평가

장인제^{1,2} · 김용배^{1,3} · 정선호¹ · 노우람[#]

Numerical and experimental investigation for formability of friction stir welded dissimilar aluminum alloys

I. J. Jang, Y. B. Kim, S. H. Jung, W. Noh

Abstract

Tailor Welded Blank (TWB) using Friction Stir Welding (FSW) expands the range of application of aluminum alloy sheets to vehicle parts, which not only has an excellent lightweight effect but also improves productivity by reducing process steps. In this study, the formability of TWB joined through FSW with dissimilar materials of aluminum 5083-H-32 and 6061-T6 was evaluated using experiments and numerical analysis. First, mechanical properties were secured through tensile tests of base and TWB materials, and local properties of welded parts were evaluated using a Digital Image Correlation (DIC) system. Also, hardness was measured and correlation analysis with the local mechanical properties of the weld was performed. Finally, in order to evaluate the formability of the TWB material, numerical analysis was performed through the Finite Element (FE) simulation of the dome stretching test. For more precise numerical analysis, the weld-affected zone of the FE model was appropriately discretized based on hardness and strain. Experiments were performed to verify the numerical analysis and the prediction accuracy was evaluated. Also, by analyzing the prediction accuracy according to various FE models that discretized the welding-affected zone, an appropriate modeling technique for the formability evaluation was studied.

Keywords: Tailor welded blank, Friction stir welding, Aluminum alloy, Digital image correlation system, Local property

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 한양대학교 융합기계공학과

3. 인하대학교 기계공학과

교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

E-mail:wnoh@kitech.re.kr

마그네슘 합금 판재(AZ31B)의 굽힘 변형에서 음향 방출 신호 특성 분석

유제형¹ · 송용호² · 안소찬² · 정완진² · 이창환^{2, #}

Investigation on acoustic emission characteristics of magnesium alloy sheet (AZ31b) during bending deformation

J. H. Yu, Y. H. Song, S. C. An, W. J. Chung, C. W. Lee

Abstract

음향 방출(Acoustic emission, AE) 신호는 고체 내부에 국부적으로 형성된 변형 에너지가 변형 또는 파괴에 의해 급격히 방출되면서 발생하는 탄성 응력파다. 음향 방출 시험법은 다른 비파괴 시험법과 다르게 외부 에너지의 투입 없이 실시간 검사가 가능한 장점이 있다. 이에 따라 재료 내부의 미시적 결함을 포착할 수 있어, 설비나 구조물 감시에 많이 이용되고 있다. 최근에는 음향 방출 기법을 사용하여 금속재료의 전위 이동, 균열 발생, 전파 및 크리프 등 다양한 재료의 거동을 실시간으로 관찰하고 특성을 파악하는 연구들이 진행되고 있다. 본 연구에서는 굽힘 공정에서 마그네슘 합금 판재(AZ31b)의 음향방출 신호 특성을 분석하였다. 마그네슘 합금 판재(AZ31b)의 V굽힘 공정 진행 시 전체적인 AE신호 경향 파악을 위해 펀치 반경을 1mm로 진행하여 파단을 유도하였다. AE 신호는 AE hit count 수, Frequency centroid 등의 파라미터와 Signal energy와 noise energy의 비율($r = \text{Signal energy} / \text{noise energy}$) 등을 이용하여 분석을 진행하였다. 실험 결과, 소재의 항복점에서 급격하게 AE hit count 수가 발생하며 이후 미소 크랙 발생까지 AE hit count 수가 감소하였다. 또한 frequency centroid의 경우 소성 변형 발생 시작 시 약 350kHz이며 이후 약 420kHz로 유지되는 경향을 보였다. Signal energy와 noise energy의 비율의 경우 항복 시 r 값이 급격하게 증가하여 약 100의 값을 가지며 소성 구간에서는 점차 감소하는 경향을 보였다. 소성 구간 이후 미소 크랙 발생부터 Signal energy와 noise energy의 비율은 불안정한 값을 보이기 시작하였다.

Keywords: Magnesium alloy sheet(AZ31b) , Acoustic Emission , V-bending process , Micro crack

1. 서울과학기술대학교 일반대학원 기계정보공학과

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

방전가공에 의한 영향을 고려한 극박 금속의 물성 측정

정재봉¹ · 모하마드호세인자데 마지드¹ · 켈니아완 에디¹ · 김지훈^{1, #}

Measurement of Material Properties of Ultra-thin Metal Considering the Effect of Electric Discharge Machining

J. Jung, M. Mohammad Hosseinzadeh, E. Kurniawan, J. H. Kim

Abstract

For measuring complex elasto-plastic behavior of a metallic material, in general, specimens are manufactured by wire-cutting method known to have lower processing-induced degradation than laser or mechanical cutting methods. However, the wire-cutting method can still affect material properties as generating heat-affected or plastically-deformed zone of a specimen. In this work, using 1000 series aluminum alloy sheets having a thickness of 0.2 to 1 mm, dog-bone type specimens with various widths were manufactured by the wire-cutting method. The processing-induced size effect was shown in the uniaxial tensile test results. The processing-induced and base material properties were calibrated by optimization based on a composite model with two sections. Its effect was validated by 3-point bending experiment and simulation.

Keywords: Ultra-thin metal sheet, Processing induced size effect, Wire-cut electric discharge machining, Optimization, 3-point bending

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

유한 요소 해석을 통한 롤러 오프셋 공정 알루미늄 강판의 뒤틀림 최소화

한동훈¹ · Thomas B. Stoughton² · Lu Huang³ · 윤정환[#]

Distortion Minimization of Roller Offset Formed Aluminum Sheet Through Finite Element Simulation

D. H. Han, Thomas B. Stoughton, Lu Huang, J. H. Yoon,

Abstract

TruMatic 7000 is a machine that could flexibly perform various metal sheet processes such as punching, beading, laser cutting and rolling. Roller offset forming (ROF) is one of the manufacturing processes performed by the machine, which creates an offset to a metal sheet incrementally. The ROF is applicable for manufacturing various shapes and sizes of sheet offset forming without demanding new tools. However, the ROF process induces an unwanted distortion throughout the sheet, resulting in a product's asymmetric and unstable geometrical feature. Finite element model is validated by comparing the simulation result and experimental result of the ROF. The degree of distortion is quantified and defined to a single scalar value to easily compare the distortion between two different finite element analyses. As a result, offset closer to the clamping zone, offset tilted to 45 degree, start point angle of 0 degree, and larger curve radius decreased the distortion of the metal sheet.

Keywords: finite element model, distortion, anisotropy, roller offset forming

1. 한국과학기술원 기계공학과, 석사과정. E-mail: dhhan218@kaist.ac.kr

2. GM Global R&D, 박사. E-mail: thomas.b.stoughton@gm.com

3. GM Global R&D, 박사. E-mail: lu.huang@gm.com

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

9. 일반 논문 발표

압출 및 인발

압연

(제 2 발표회장)

유한요소해석을 이용한 압출 금형 설계에 관한 연구

김용관¹ · 윤용석¹ · 이경훈[#]

A Study on the Design of Extrusion Die using FEA

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

Abstract

압출공정은 단면형상이 일정한 제품을 한번의 공정으로 생산할 수 있는 경제적인 소성가공 공정으로 주로 알루미늄과 같은 경합금 소재의 가공법으로 널리 사용되고 있다. 최근의 전기차 개발 확대와 더불어 차량 경량화에 효과적인 알루미늄 압출품의 사용이 증가하고 있다. 이런 부품의 형상은 더 복잡해지고 두께는 얇아짐에 따라 치수 정밀도를 향상 시킬 수 있는 압출 기술이 요구되고 있다.

압출금형은 제품 단면형상에 따라 평금형과 포트홀 금형으로 구분되는데, 포트홀 압출금형은 중공형 제품 생산에 사용되는 금형 형태로, 포트홀(port hole), 브릿지(bridge), 웰딩 챔버(welding chamber), 베어링면(bearing surface) 으로 구성된다. 포트홀 금형은 솔리드단면 제품 생산에 사용되는 평금형에 비해 복잡하여 설계시에 숙련된 노하우가 필요하고 많은 시행착오를 겪게 된다. 최근에는 이러한 압출금형의 설계를 체계적으로 수행하기 위해 수치해석이 도입되고 있으며 포트홀 금형 내에서 일어나는 소재의 유동을 가시화하고 압출 제품의 압출 속도, 온도, 하중 등을 예측하여 금형 설계에 활용하고 있다.

본 연구에서는 자동차 배터리 모듈의 케이스에 대한 압출 해석을 수행하고 이를 실험계획법과 연계하여 금형 및 공정 조건에 따른 영향을 분석하였다. 그리고 치수 정밀도를 향상시킬 수 있는 최적의 설계조건을 제시하였다.

Keywords : Extrusion, Die Design, Finite Element Analysis(FEA), Updated Lagrangian(UL), Steady-States(SS), Arbitrary Lagrangian Eulerian(ALE)

1. ㈜솔루션랩

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

액체질소 공급에 의한 금형냉각이 Al-Mn계 알루미늄 합금 납작관의 압출 특성 변화에 미치는 영향

전영호¹ · 이승철¹ · 최호준² · 신영철² · 김우성^{1, #}

Effect of Dies Cooling by Liquid Nitrogen Supply on the Change of Extrusion Characteristics of Al-Mn Aluminum Alloy Flat Tube

Y. H. Jeon, S. C. Lee, H. J. Choi, Y. C. Shin, W. S. Kim

Abstract

에어컨용 PFC(Parallel Flow Condenser, 평행관류응축기)의 핵심부품인 납작관(flat tube)은 압축기에서 보낸 고온, 고압의 냉매를 응축 액화하기 위해 냉매의 열을 외부 공기중으로 방출하는 역할을 수행하는 열교환기 부품이다. 국내보다 부식환경이 가혹한 해안 주변국 및 중동국가에서는 부식으로 인한 납작관 터짐 문제가 지속적으로 발생함에 따라 더 높은 내부식성을 갖는 납작관 개발을 지속적으로 요구하고 있다. 납작관의 내부식성을 향상시키기 위한 한 가지 방법으로 납작관 소재인 3xxx계 Al-Mn 알루미늄 합금의 Mn의 함량을 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만 합금 내 Mn 함량 증가에 의한 고용강화 및 석출강화 효과는 필연적으로 알루미늄 소재의 변형저항을 증가시키는 역할을 하게 된다. 따라서 납작관 제조 공정인 압출 측면에서는 압출압력이 증가하게 되므로 그로 인해 발생할 수 있는 생산성 및 금형 수명 저하에 대한 대책 마련이 필요하다. Mn 함량 증가에 의한 압출압력 증가를 방지하기 위해서는 압출 온도를 증가시켜야 한다. 하지만 이로 인해 압출과정에서 납작관의 온도가 과도하게 상승하게 되면 납작관의 변형 및 표면 뜯김 등과 같은 불량률이 다량 발생하게 된다. 본 연구에서는 납작관의 압출과정에서 온도 상승을 방지하기 위해 압출 금형내에 형성되어 있는 냉각유로를 통해 액체질소를 압출 출구부에 직접 분사할 수 있는 금형 냉각 시스템을 개발하였다. 이를 통해 금형 냉각이 납작관의 표면 결함 및 형상 변형 저감과 압출성 및 금형 수명 향상에 미치는 영향을 평가하였다.

Keywords: Al-Mn합금, 납작관, 압출금형 냉각, 액체질소, 압출성

1. 대한공조㈜

2. 한국생산기술연구원

교신저자: 대한공조㈜ 부장, E-mail: PFC1006@idhc.co.kr

개량 Al-0.7Mn 합금의 미세조직과 고온 변형 거동 및 성형성

강태훈¹ · 황원구¹ · 신영철² · 최호준² · 이승철³ · 이기안^{4, #}

Microstructure, Hot Deformation Behavior and Formability of Modified Al-0.7Mn alloy

T. H. Kang¹, Y. Huang¹, Y. C. Shin², H. J. Choi², S. C. Lee³, K. A. Lee^{4, #}

Abstract

본 연구에서는 Al3102 합금을 개량한 Al-0.7Mn 합금의 미세조직 및 고온 소성 변형 거동에 대해 조사하고 이를 상용 Al3102 합금과 비교하였다. Al-Mn 합금은 standard Al3102 (Al-0.3wt.%Mn)와 modified Al3102 (Al-0.7wt.%Mn) 두 소재로 주조한 뒤 520°C에서 10시간 균질화 처리하였다. X-ray diffraction pattern 분석 결과 두 소재 모두 α -Al과 Al₆(Mn, Fe) peak가 검출되었다. 또한 Electron Backscatter Diffraction (EBSD) Pattern 스캔 후 Inverse Pole Figure (IPF) map 분석 결과 두 소재 모두 equiaxed grain이 관찰되었으며 평균 결정립 크기는 Al-0.3wt.%Mn: 209.9 μ m, Al-0.7wt.%Mn: 145.4 μ m로 분석되어 Mn 함량이 증가함에 따라 평균 결정립 크기는 감소하였다. 한편, Al₆(Mn, Fe)는 두 소재 모두 결정립 내부 및 결정립계에 균일하게 분포되어 있었다. 고온 소성 변형 거동을 조사하기 위해 동적물성시험기 (gleeble 3500)을 이용하여 410°C, 450°C, 490°C, 530°C 4개 온도 조건과 10⁻²/s, 10⁻¹/s, 1/s, 10/s 4개 변형 속도 조건으로 설정한 뒤 압축 시험하였다. 그 결과, Al-0.7wt.%Mn 합금의 flow stress가 모든 변형 속도 및 온도 조건에서 Al-0.3wt.%Mn 합금 대비 20% 높게 측정되었으며 Al-0.3wt.%Mn 합금 대비 낮은 변형률 속도 민감도 (strain rate sensitivity)를 나타냈다. 소성 변형 정도를 도출하여 비교한 결과, unstable 영역은 두 소재 모두 낮은 온도 및 낮은 변형률 속도 영역에서 나타났다. 상기 결과들을 바탕으로 Al-Mn 합금의 고온 소성 변형 거동에 대해 규명하고 가공 및 성형을 위한 소성변형 조건에 대해 고찰하였다.

Keywords: Al-Mn alloy, Microstructure, High Temperature Plastic Deformation, Processing Map, Flow Stress

1. 인하대학교 신소재공학과, 박사과정

2. 한국생산기술연구원 성형기술그룹, 수석연구원

3. ㈜대한공조, 계장

4. 인하대학교 신소재공학과, 교수

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

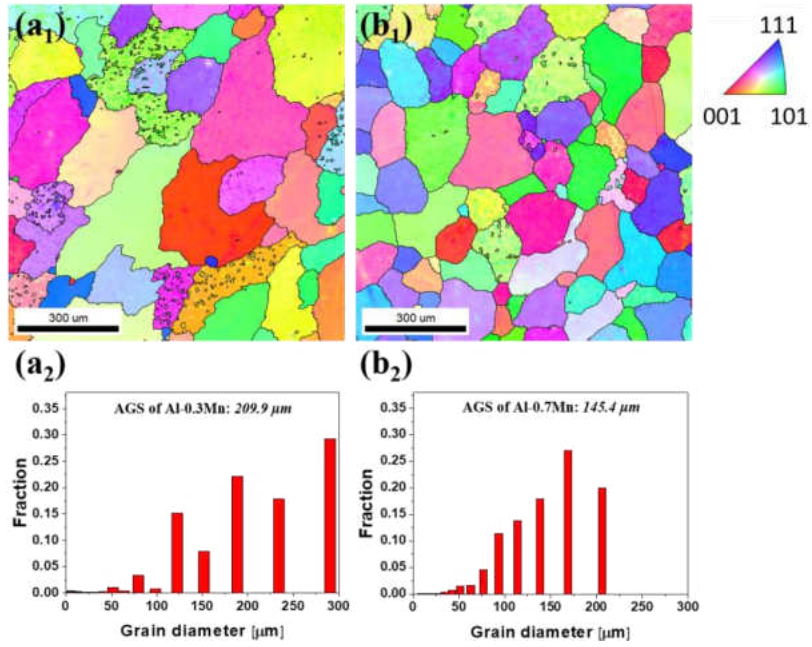


Fig. 1 Inverse pole figure map and grain size distribution of initial microstructure of (a₁-a₂) Al-0.3Mn and (b₁-b₂) Al-0.7Mn alloy analyzed by electron backscatter diffraction.

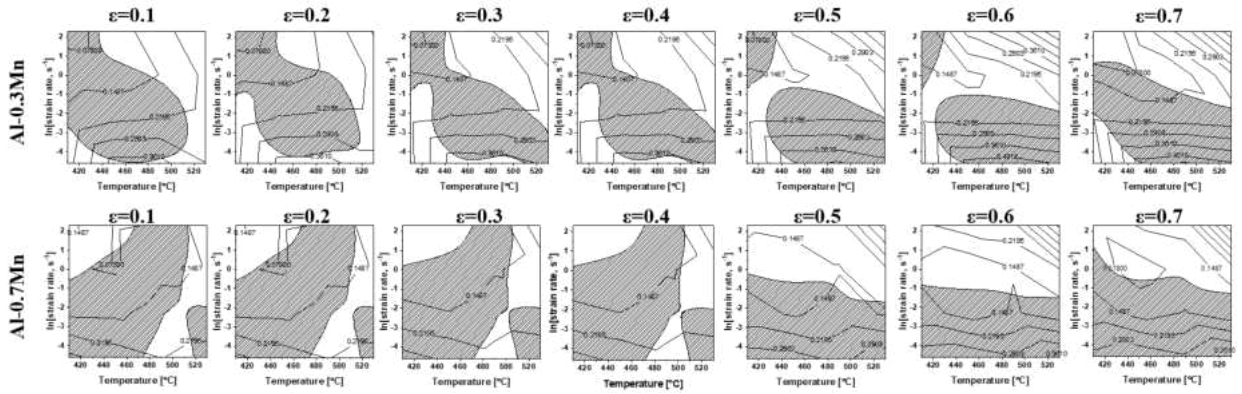


Fig. 2 Processing map at various strains of Al-Mn alloys.

템퍼링 조건에서 AA7075 합금의 시간에 따른 변형 특성

Elucidating time-dependent deformation characteristics of AA7075 alloy under different temper conditions

Kali Prasad^{1,2}, Hariharan Krishnaswamy¹, Hyoung Seop Kim²

Abstract

Stress relaxation test is a transient mechanical test which is widely used to investigate the deformation kinetics of the deforming specimen. In the present study, the deformation behaviour of AA7075 in different temper conditions is investigated using stress relaxation test. Single and repeated stress relaxation tests were conducted to evaluate the fundamental parameters such as strain rate sensitivity, apparent and physical activation volume, exhaustion of mobile dislocation density during relaxation process. The results show that dislocation-dislocation interaction play a critical role during deformation in solution treated condition whereas dislocation-precipitate interaction governs the deformation kinetics in presence of precipitates. Furthermore, single-step stress relaxation phenomenon was found to positively contribute to the ductility improvement irrespective of temper condition. On the contrary repeated stress relaxation tests resulted in ductility improvement only in solutionized condition. The possible governing mechanisms are discussed to provide a holistic overview of the transient deformation response of AA7075 alloy under different temper conditions.

Keywords: Aluminium alloys, Ductility Improvement, Stress relaxation, Formability

1. Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras

2. 포항공과대학교, 철강대학원

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

수치해석적 최적화를 통해 도출한 벨로우즈의 응력 분석

김우열^{1, #}, 오윤석¹, 김대웅¹, 김지형², 박우창², 신재원³, 황인기³

Analysis of Bellows by Numerical Optmization

W. Kim, Y. S. Oh, D. W. Kim, J. H. Kim, W. C. Park, J. W. Sin, I.K. Hwang

Abstract

기존 수소압축기의 유형은 밀폐된 공간에 소량의 가스를 포집하여 변위에 의해 부피를 감소시킨 후 압축 가스를 방출하는 피스톤 또는 금속 다이어프램 유형이 일반적이다. 다이어프램 압축기는 금속판의 상하 운동에 의해서 압축을 하는 원리로서 주로 소용량 고압 충전용으로 사용되고 있으며, 피스톤식의 경우 높은 에너지 이용 효율이 존재하나 고진동, 기밀유지의 어려움, 수소 순도 문제, 비용 등의 단점이 있다.

현재 이러한 단점을 극복하기 위해 벨로우즈 타입의 압축기가 개발중에 있다. 벨로우즈 수소압축기는 가변 피스톤 행정을 통해 압축단계를 1 단 압축 공정으로 토출압력에 도달하도록 하여 압축기구를 간단하게 구현한 것이 특징이다.

이러한 벨로우즈 압축기의 성능과 직결되는 것이 바로 벨로우즈의 최적화된 구조이다. 수소의 압축 성능 및 1 회 행정당 수소공급량 등 압축기 성능요소의 핵심이 벨로우즈 부품 하나로 결정된다. 거기에 더해 사용 환경을 고려할 때 충분한 횟수의 내구수명을 보장해야 하기 때문에, 저장탱크 규격 내 최적화된 벨로우즈의 구조는 곧 벨로우즈형 압축기의 성능과 직결된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 수치해석적 최적화 방법을 동원하여 최대 수명을 가질 수 있도록 하는 벨로우즈의 형상 최적화를 진행하였다. 이를 위해 먼저 최적화에 필요한 요소를 파악하고, 벨로우즈 형상에서 설계 인자를 결정한 다음, 수치해석을 이용하여 설계 변수의 영향력 및 최적값을 산출하였다. 이후 최적화된 형상을 기반으로 하여 실제 벨로우즈 피스톤 행정을 수치해석적으로 재현한 뒤, 응력분포 및 예상 피로수명을 계산하여 벨로우즈 최적화 결과를 검증하였다.

Keywords: Bellows, FEM, Optimization

1. 포항산업과학연구원

2. ㈜웍크온시뮬레이션

3. ㈜에너지진

Corresponding Author: 포항산업과학연구원, E-mail: wykim40@rist.re.kr

ZRM 냉간압연기 압연하중 예측을 위한 수식모델 기반 딥러닝 예측모델 개발

조용석[#] · 강윤희¹

Development of Numerical Model Based Deep Learning for the Roll Force Prediction in the Sendzimir Mill

Y. S. Cho, Y. H. Kang

Abstract

The ZRM (Sendzimir Mill) is the cold rolling mill which consists of 20 rolls to produce the stainless steels and the electrical steels. The work roll of the ZRM is so small to reduce the thickness of the strip efficiently. At the beginning of the rolling, the roll force set-up was performed for the desired thickness of the strip. If the set value of the roll force is not correct for the outlet thickness, the thickness deviation is high, furthermore the strip is broken during rolling. For the ZRM process, sound prediction of the roll force is vital for achieving the desired thickness because the stability of the rolling substantially affected by it.

In this paper, mathematical model is presented for the prediction of the roll force at the beginning of the rolling. The model consists of a numerical model for the prediction of the roll force, a sub-model for the prediction of the mechanical property of the strip by the deep learning, which is the deep neural networks. It is called numerical model based deep learning. From the combination of these models, the roll force at the beginning of the rolling can be predicted to produce the desired thickness of the strip.

The numerical model based deep learning has several advantages compared with typical deep learning. The prediction accuracy has been improved from the physical tendency of the numerical model. In addition, from reduced number of inputs of the deep learning model, the learning time was decreased. The prediction accuracy of the proposed model is examined through comparison with actual data.

Keywords: ZRM, Sendzimir mill, roll force, numerical model, deep learning

1. 포스코

포스코, E-mail: ozinda@posco.com

딥뉴럴네트워크를 이용한 냉간압연기 설정 모델 개발

김성현¹

Set-up model for cold rolling mill using deep neural network

S. H. Kim

Abstract

In the rolling mill system for cold steel plate, pre-calculated initial value for feed-back control system should be given before rolling process, including roll gap of each stands, power distribution, tension between stands, rolling speed etc. Generally, that initial values have been calculated based on the physical model, that is set-up model. In these traditional analytical set-up model, the variance of the coefficients of the models and assumptions in the physical model can make an error in predicting real values. In the case of broad product range of the mill or the conditions of facilities are changed, it is more difficult to set the coefficient properly. To overcome this, we developed new set-up system for the cold rolling mill using deep neural network. Recently, AI (Artificial Intelligence) technology and application fields have been developed explosively. Using AI in predicting set-up values of rolling mill system, we can adapt to the variance due to wide product range and facility changes not knowing the physical phenomena. Conventional deep neural network models for predicting several types of variable were developed and the new integration technology for multi models were developed because in tandem mill system, multi variables are coupled to each other, for example some roll gap change affects tensions between the tandem stands. Compared to the analytical set-up model, AI set-up model result in more productivity by efficient power distribution.

Keywords: Cold rolling mill, Set up, AI, Deep neural network, Multi model

1. 포스코 기술연구원 수석연구원, charlie01@posco.com

냉간 압연 시 Ta-10W합금의 미세조직 및 변형집합조직 변화 거동에 미치는 압하율의 영향에 관한 연구

박기성¹, 정효태², 최시훈[#]

Ki-Seong Park, Hyo-Tae Jeong, Shi-Hoon Choi

Abstract

BCC 결정 구조를 갖는 Ta-10W 합금은 화학적 안정성이 우수하고, 높은 연성을 갖는 고융점 금속(high melting point metal)이다. 하지만 Ta 및 W은 희유 금속(rare metal)이기 때문에 벌크(bulk) 형태로 활용하는데 있어 높은 가격 부담으로 인해 상용분야에서의 활용이 매우 제한적이다. 그럼에도 불구하고 Ta-10W 합금은 높은 밀도와 빠른 변형률 속도에서 우수한 연신율을 가지고 있어 선진국에서는 국방 무기 소재로 활용되고 있다. 특히, Ta-10W 합금의 미세조직은 재료의 정적(static) 및 동적(dynamic) 특성에 영향을 미치기 때문에 이를 제어할 수 있는 기술이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 고진공 아크 용해로(high vacuum arc furnace)를 이용하여 Ta-10W 합금을 버튼(button) 형태로 용해/주조 하였으며, 주조 편석 제거 및 조성 균질화를 위해 진공 열처리로(vacume furnace)에서 균질화 열처리(homogenization heat treatment)를 수행하였다. 균질화 열처리된 버튼 형태의 Ta-10W 합금을 압연하기 위해 블럭(block) 형태로 기계 가공하였으며, 기계 가공된 소재는 4단 압연기를 이용하여 20%, 40%, 60%의 다양한 압하율로 냉간 압연을 수행하였다. FE-SEM 및 EBSD를 이용하여 Ta-10W 합금의 압하율에 따른 변형 미세조직 및 미시집합조직 변화를 측정하고 정량적으로 분석하였다. 또한 Ta 및 Ta-10W 합금의 집합조직 변화를 이론적으로 해석하기 위해 Visco-Plastic Self-Consistent(VPSC) 다결정 모델을 이용하였으며, 해석 및 실험 결과를 비교 분석하였다. 따라서 본 연구를 통해 냉간 압연 시 Ta-10W 합금의 변형 거동(deformation behavior) 및 변형집합조직(deformation texture) 변화를 이해하였다.

Keywords: Ta-10W alloy, Plastic Deformation, Microstructure, Micro-texture, VPSC

1. 국립 순천대학교 첨단부품소재공학과

2. 국립 강릉원주대학교 신소재공학과, 교수

교신저자: 국립 순천대학교 첨단부품소재공학과 교수, E-mail: shihoon@sncu.ac.kr

Ti-6Al-4V합금 후판 압연 공정 연구

최미선¹, 이현석¹

Study of Ti-6Al-4V alloy thick plate rolling process

Miseon Choi, Hyunseok Lee

Abstract

Ti-6Al-4V합금은 $\alpha + \beta$ 형 티탄합금으로서 잘 알려져 있으며, 상온에서 HCP 구조의 α 상과 BCC 구조의 β 상으로 이루어져 있기 때문에 열처리 방법 및 냉각 방법에 따라 다양한 미세조직과 기계적 성질을 얻을 수 있다. 냉간 가공성이나 초소성 특성을 확보하기 위해, $\alpha + \beta$ 영역으로 열간 가공을 더할 필요가 있으나 그 변형 저항의 온도 의존성은 매우 크고 800℃이하가 되면 변형 저항이 크게 상승해, 압연기의 허용 하중을 초과해 그 이상의 압연을 할 수 없게 된다. 따라서 β 변태점 이하이고 또한 변형 저항이 높지 않은 800~950℃의 온도영역으로 압연하는 것이 이상적이다.

본 연구에서는 철강제조용 후판 압연 설비를 이용하여 두께 3인치 이상의 Ti-6Al-4V합금 제조 결과부터 공정 조건에 대해서 논의하고자 한다. 압연 하중은 약 2000톤 이상에서 소재 두께에 크게 의존하지 않았다. 압연 하중과 두께 감소량은 양의 상관관계를 나타내었다. 압연 온도는 압연 패스 수가 감소함에 따라 직선적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 소재 두께가 얇을수록 온도 감소가 급격 하였다. 압연재의 두께가 두꺼운 경우 edge crack이 관찰되었다.

Keywords: Ti alloy, Plate rolling, annealing, Grain boundary alpha

온도와 변형률 속도를 고려한 Si 첨가 극저탄소강의 압축 경화곡선 모델링

이충명¹ · 강춘구^{1,2} · 윤정환[#]

Modeling of Compressive Hardening Curve of Ultra-Low Carbon Si Steel Sheet Considering Temperature and Strain Rate

Choong Myoung Lee, Chungu Kang, Jeong Whan Yoon

Abstract

Ultra-low carbon steel sheets are widely used in automobile electrical devices. Temperature variation and strain rate condition of the ultra-low carbon Si steel have different effects on the hardening curve under compressive stress state. Therefore, in order to model the compressive hardening curve of the material, the effect of the temperature and strain rate should be considered separately rather than combining them into a single parameter such as the Zener-Hollomon parameter. In this paper, a new hardening model based on the Voce hardening curve is proposed for the ultra-low carbon Si steel sheet. The proposed hardening model is capable of capturing the softening behavior. The material parameters are determined through consecutive optimization processes.

Keywords: Ultra-Low Carbon Si Steel Sheet, Uniaxial Compression, Hardening Curve, High Temperature, Strain Rate

1. 한국과학기술원 기계공학과, 박사과정

2. 현대제철 R&D 센터, 책임연구원

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

재료 수율 향상을 위한 자동차용 용접 너트 성형 공정 개선에 관한 연구

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

A Study on the Improvement of Welded Nut Forming Process for Automobile to Improve Material Yield

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

Abstract

자동차용 용접 너트는 자동차의 다양한 새시부에 압접되어 각종 구조물을 지탱하는 역할을 수행하는 중요한 강도부품이다. 기존 용접 너트의 기존 성형 공정에는 Trimming 공정이 포함되어 재료 수율 저하를 일으켜왔다. 공정 개선을 통해 Trimming 공정을 삭제한다면 생산성 향상 및 제조원가 절감을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 Trimming 공정을 삭제하고 Upsetting 공정만으로 성형해낼 수 있도록 유한요소해석을 통해 검증하고, 공정을 개선하였다. Trimming 공정 없이 생산되는 유사 모델을 참조하여 공정 개선 초안을 작성하였으며, 해석을 통해 개선안에 대한 Stress, Strain, Metal flow, Damage value를 분석하고, 유사 모델의 해석 결과를 기준 삼아 유사 모델보다 안전한 범위에서 공정을 개선하였다.

Keywords: Welding Nut , Upsetting Process , Trimming Process , Mold Design , Finite Element Analysis

1. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소
2. 인하대학교 기계공학과
3. 성균관대학교 기계공학과
교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원.
E-mail: jongsup@kitech.re.kr

10. 특 별 세 셴 4

멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유
열가소성 중간재 적층부품 기반 차체 센터
모듈 제조 기술 개발

(제 3 발표회장)

멀티셸 구조 복합재 인발 부품 개발

김재균¹ · 최용민¹ · 김성구¹ · 손성만¹ · 이규영² · 이문용^{1#}

Development of multi-shell composites parts

J. K. Kim, Y. M. Choi, S. G. Kim, S. M. Son, G. Y. Lee, M. Y. Lee

Abstract

현재 세계적으로 차량 배기가스 배출 등 탄소중립에 대한 문제들이 대두되고 있다. 이에 따라 자동차 업계에서도 친환경 자동차(전기자동차, 수소자동차 등)가 개발되고 있으며 종류 또한 다양해 지고 있는 추세이다. 하지만 전기자동차에는 배터리가 추가되기 때문에 전비 향상을 위해 경량화가 필수이며 이와 동시에 배터리 보호를 위한 고강성의 부품 또한 필요하다. 친환경 자동차에는 경량화와 동시에 배터리 보호를 위한 고강성 부품이 필요하다. 현재 국내 H사의 고급차종에는 이를 만족하기 위한 복합소재 부품이 적용되어 있으며, 2개의 차종에 양산 적용 중이다. 양산 적용된 복합소재 Pultrusion 제품은 Carbon/Glass의 Hybrid 적층 구조를 가지며 고강성 경량부품으로서 매우 만족스러운 결과를 보여준다. 하지만 부품 가격의 문제 때문에 차량 확대적용에서 어려움이 있다. 이를 개선하고자 현재 적층구조와 단면을 최적화 하여 설계/해석하고 섬유를 최적화하여 Pultrusion 차체 부품을 개발하고 있다.

양산 적용 중인 제품은 복합소재 Pultrusion 성형에 의해 부품이 적용되었으며 높은 단가의 부품이지만 경량화와 고강성 모두를 만족 시킬 수 있는 당위성을 가지고 있기에 반드시 필요한 자동차 부품이다. 전기자동차의 전비 향상과 안전성을 해결하기 위해서는 복합소재의 적용이 절실하다. 하지만 복합소재는 기존의 소재들 (스틸, 알루미늄)에 비해 원가 경쟁력이 현저히 낮다.

따라서 우리는 복합소재 특성을 적용한 설계를 통해 단면을 최적화하고 Glass와 같은 저가형 섬유를 사용해 원가경쟁력을 확보한다면 향후 복합소재 확대 적용에 큰 도움이 될 것이며 복합소재 시장을 넓힐 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

Keywords: Multi-Shell Seat Cross Member, CFRP, GFRP, Pultrusion

Acknowledgement: 본 논문은 정부(산업통상자원부)재원으로 한국산업기술평가관리원 소재부품기술개발사업의 지원을 받아 연구된 연구결과입니다 (No. 20017479, 멀티셸 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층 부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발).

1. 성우하이텍 R&D본부

2. 현대자동차 성형신기술개발팀

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@swhitech.com

RCF 온간성형 기술개발

최용민¹*, 정윤성¹, 김성구¹, 손성만¹, 이문용¹

Development of rCF(recycle Carbon Fiber) warm stamping technology

Y. M. Choi, Y. S. Jung, S. G. Kim, S. M. Son, M. Y. Lee

Abstract

세계 각국은 ‘제로탄소(Zero carbon)’ 시대를 실현하고자 산업별 규제를 까다롭게 정하고 있으며, 각 제조사들은 이에 대응하기 위한 해결책을 강구중이다. 이는 배출가스가 전혀 없는 전기차가 세계 시장의 리더로 부상중에 있다는 증거이다. 이와 관련하여 현대자동차 그룹은 2025년까지 23개 차종의 친환경차 출시 및 판매량 100만대 달성목표로 설정했으며 특히 미국, 중국, 유럽 등의 시장은 2030년부터, 인도 및 브라질은 2035년부터 전동화 추진 계획이다. 이를 실현하기 위해서는 현재 복합소재 개발, 성형 공정개발 등 성능확보 외에 가격경쟁력도 확보할 수 있는 기술개발이 필요하다.

본 연구는 재활용 탄소섬유를 활용하여 전기차 배터리 부품 및 차체부품들을 성형하기 위한 소재개발, 성형공정 개발을 다룬다. 재활용 탄소섬유(rCF) 시장은 복합소재 산업 내 1% 수준이지만, 현재는 국.내외로 활발히 연구가 되고 있으며, 본 연구에서도 폐기가 필요한 복합소재 부품(수소용기, 인발, 프레스 부품 등)을 기계적/화학적 분해방식으로 재활용 하여, 소재 물성확보를 위한 연구 및 이를 활용하여, 배터리 커버(Under/Upper Cover), 차체부품 등에 온간 성형 공정개발을 진행한다. 현재 프레스 성형은 수작업 등의 빈도가 많아, 생산성이 떨어지는 측면을 본 연구에서는 소재 예열, 로딩, 프레스 등 자동화 공정 개발과 이를 위해 재활용 탄소섬유(rCF)의 소재특성에 맞는 예열 및 성형 온도,시간 등을 최적화 하여 양산성 확보를 위한 연구를 진행할 예정이다. 세부적인 구성으로는 소재 예열 후, 예열온도 유지를 위한 장치가 구비된 컨베이어와 금형으로 안착을 위한 로봇 등을 활용하여 금형에 소재를 자동적층시키며, 이 후 성형온도/시간을 일정하게 유지할 수 있는 장치, 성형 후 금형에서 제품을 지그로 안착시켜 부품의 Dimension을 확보할 수 있는 장치등을 구성한다. 대면적의 부품은 성형 후, 냉각 시에 제품 변형이 빈번하게 발생되므로 이를 해결할 수 있는 공정도 중요한 연구대상이다. 이를 통해 향후 대면적의 프레스 성형품(전기차 배터리 및 차체부품)을 양산성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Battery Pack Case, Under/Upper Cover, Stamping, rCF, CFRP, GFRP, recycle

Acknowledgement: 본 논문은 정부(산업통상자원부)재원으로 한국산업기술평가관리원 소재부품기술개발사업의 지원을받아 연구된 연구결과입니다 (No. 20017479, 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층 부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발).

1. 성우하이텍 R&D본부

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@swhitech.com

복합소재 인발부품 제조장치 및 제조공정 최적화 기술개발

김성구¹ · 정윤성¹ · 최용민¹ · 손성만¹ · 이규영² · 이문용^{1#}

Composite material parts manufacturing equipment and manufacturing process optimization technology development

S. G. Kim , Y. S. Jung, S. M. Son, G. Y. Lee, M. Y. Lee

Abstract

전기자동차 사용 및 보급의 증대로 인해 전비 향상을 위한 차체 경량화와 더불어 동시에 강성을 요구하는 부품으로서 복합소재의 적용이 확대 되고 있다. 복합소재 많은 공법 중 Pultrusion 공법은 연속생산이 가능하기에 양산이 가능하다. 복합소재 인발 기술은 오래전부터 건축 자재를 생산하기 위해 open bath Type으로 양산이 되어져 왔다. 이러한 방식은 품질 재현성이 떨어지고 환경적으로 문제가 되어 최근에는 Close bath Type으로 개발되어 지고 있다. 하지만 Resin Injection 방식의 Pultrusion 장비 및 기술은 대부분 해외 의존을 하고 있다. 전기 자동차 부품의 절감 및 확대적용을 위해 장비를 국산화 해야 할 필요성을 느끼고 이를 위하여 자체적으로 국산화 한 내용을 소개하고자 한다.

본 연구는 복합소재의 국산화를 위해 장치 및 공정의 최적화 기술개발에 대해 연구를 진행하였으며 이를 통해 복합소재 인발부품을 확대 적용하기 위해 가격 경쟁력을 확보하였다. 또한 품질의 안정성 및 공정 자동화를 위한 시스템을 도입하였으며 해외 장비 대비 약 40% 이상의 장비 가격을 절감할 수 있었다. 해당 연구 결과는 복합소재 인발부품의 가격 경쟁력 확보와 더불어 품질의 안정성을 향상시키는 과정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Close bath Injection, Pultrusion, manufacturing process Optimization, composite

Acknowledgement: 본 논문은 정부(산업통상자원부)재원으로 한국산업기술평가관리원 소재부품기술개발사업의 지원을받아 연구된 연구결과입니다 (No. 20017479, 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층 부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발).

1. 성우하이텍 R&D본부

2. 현대자동차 성형신기술개발팀

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@swhitech.com

멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형

고창오¹ · 하민참² · 정윤성³ · 김성구⁴ · 이규영⁵

Molds for pultrusion composite with multi-cell structure

C.O. Koh, M.C. Ha, Y.S. Jung, S.G. Kim, G.Y. Lee.

Abstract

1. 서론

멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형 틀에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 복수의 주입부를 구비하고, 함침 공간 내부에 수지를 주입하며, 함침 공간 내부의 단면이 확장부와 축소부에 의해 확장 및 수축하여 수지가 받는 압력이 변화되어 함침성이 향상된 멀티셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형에 관한 것이다.

2. 복합재 인발 부품 성형공정 이해와 및 멀티 셀 복합재 인발금형 구조 설계

복합소재의 인발 성형은 주로 건축자재 보강재로 양산이 되고 있으며, Open Bath 타입과 Resin Injection 타입으로 구분되고 있으며, Open Bath 타입의 성형 방식은 레진이 외부에 노출되어 품질의 재현성 이나, 작업 환경적으로 불리한 성형 방식이다.

현재 자동차 부품 생산에서 사용되는 복합재 인발 성형은 주로 Resin Injection 공법으로 외부 노출 없이 안정적인 제품 생산 방법의 연구개발이 진행되고 있으며, 주로 해외의 선진 장비를 구매하여 생산되고 있다. 따라서, 품질의 안정성 확보를 위한 품질과 원가경쟁력을 동시에 만족 할 수 있는 복합소재 인발 성형 기술에 대한 연구개발이 필요한 실정이다.

기존의 복합재 인발 성형 기술은 단 방향에서 수지를 주입하고, 함침부 내부 공간이 일정하여 함침성이 떨어지는 문제점이 있었다

자동차 부품에 적용 될 중공Type 멀티 셀 복합재 인발 성형 공정을 진행하기 위해서는 최적화 된 복합재 인발 성형 공정 금형 구조를 적용하여다.

본 복합재 성형용 금형은 복수의 주입부를 구비 하고, 함침 공간 내부에 수지를 주입하며, 함침 공간 내부의 단면이 확장부와 축소부에 의해 확장 및 수축하여 수지가 받는 압력이 변화되어 함침성 이 향상된 멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형을 연구 개발하는데 있다.

본 연구에 의해 적용 할 복합재 인발 부품 성형 금형은 섬유가 길이방향으로 이송되는 섬유 가이드부와 상기 섬유 가이드부의 끝단에 길이방향으로 연결되어 복합재의 내측 멀티 셀 구조를 형성하기 위한 멘드릴부와 상기 섬유가 내부에 투입되고 외부에서 주입된 수지가 상기 섬유에 함침되는 함침부와 상기 섬유에 함침된 상기 수지가 경화되는 경화부 및 상기 경화부에서 경화되어 제작된 복합 재를 풀러 및 절단하는 부 가공 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다

3. 연구결과 및 고찰

Fig.1 는 본 연구로 인해 멀티 셀 구조의 복합재 인발 부품 성형용 금형 제작 완료 결과물이며, Fig.2 은 본 연구를 통해 제작된 금형을 시험 생산하여 복합재 인발 성형속도를 측정하는 장면을 나타낸 것이다. Fig.3 은 공인시험기관에 의뢰하여 총 3회의 Test를 진행하였고 1회 측정 시 0.162 m/min, 2회, 3회 측정 시 0.164 m/min으로 동일한 인발 성형속도가 나왔으며, 평균적으로 0.163 m/min의 인발 성형속도 결과값을 얻었다.



Fig. 1 복합재 인발금형 제작 결과물



Fig. 6 멀티셀 구조 복합재 인발부품 시험 생산

구분	시료수	개발목표	측정값	결과
복합재 인발속도	3 회	0.15 m/min 이상	0.162 m/min	목표 만족
			0.164 m/min	
			0.164 m/min	

인발 시간[1m 기준]

구분	횟수	인발 거리 [1 m 인발 기준]	측정값
인발 시간	3 회		370 sec
			366 sec
			366 sec

시험 결과 : 총 3 회 측정 시 평균 0.163 m/min

Fig. 3 복합재 인발 성형속도 시험 결과값

참고문헌

- (1) 김대환,이우일,김병선, 휘발물질이 존재하는 열경화성수지 복합재료의 Pultrusion 공정 해석, 대한기계학회논문집, Vol.19 No.2 [1995]
- (2) 크라우스마파이 테크놀로지스 게엠베하, INJECTION BOX FOR A PULTRUSION SYSTEM FOR PRODUCING FIBRE-REINFORCED PLASTIC PROFILES, IN PARTICULAR PLASTIC ROD, 특허문헌, (출원번호) 10-2019-7028724 [2019]

Keywords: Multi-cell structure, Composite, Pultrusion, Resin Injection, Open Bath

1. 고창오, 주식회사 태성정밀, 기술연구소 이사
2. 하민환, 주식회사 태성정밀, 기술연구소 과장

장섬유의 탄소섬유를 이용하여 분산성을 향상시킨 복합재용 탄소섬유페이퍼의 그 제조 방법

김승근¹ · 김동훈¹ · 최병조¹ · 권오훈^{2#}

Method for manufacturing carbon fiber paper for composite material with improved dispersibility by using long-fiber carbon fiber

S. G. Kim, D. H. Kim, B. J. Choi, O.H. Kwon

Abstract

A method of manufacturing paper applicable to intermediate materials for composite materials through binder bonding using carbon fiber and recycled carbon fiber with improved water dispersibility in wet-laid manufacturing method

-- The present invention is a technology for manufacturing intermediate paper for composite materials using a wet process after mixing with VPB (fibrous binder) using carbon fiber and recycled carbon fiber.

- Raw material composition method1. Disperse 1 ton of water and 4 kg of dispersant (CMC) in the raw material dissociation tank.2. When the dispersant (CMC) is dissolved in water, disperse (agitate) 2 kg of carbon fiber and recycle carbon fiber.3. Dispersion is a carbon fiber with hydrophobicity, so carbon fiber and Disperse Recycle Carbon Fiber.4. In order to reduce the phenomenon of carbon fiber and recycle carbon fiber becoming entangled in water, dispersing agent (CMC) is added to 0.4% of water to maintain the viscosity to prevent tangling. .5. In the state where Carbon Fiber and Recycle Carbon Fiber are dispersed, put VPB (Fiber Type Binder) in a ratio of 91:9.

Selection of binders that increase bonding strength and deriving the optimal amount of input

- Strength suitable for VPB (fibrous binder) processing of 9% of the total raw material can be realized.
- VPB (Fiber Type Binder) functions as a contact type binder when combined with water at 60°C.
- The amount of VPB (fibrous binder) used within the non-stick range in drum drying should be minimized.

Keywords: Multi-Shell Seat Cross Member, CFRP, GFRP, Pultrusion

Acknowledgement: 본 논문은 정부(산업통상자원부)재원으로 한국산업기술평가관리원 소재부품기술개발사업의 지원을받아 연구된 연구결과입니다 (No. 20017479, 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층 부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발).

1. 지리산한지

2. 에코융합섬유연구원

교신저자: 에코융합섬유연구원 simulation@kictex.re.kr

탄소섬유 부직포 제조시 인산이 난연성 및 계면결합력 향상에 미치는 영향

김경하¹, 김대업^{1#}

Effect of Phosphoric Acid on Flame Retardancy and Interfacial Shear Strength in the Manufacture of Carbon Fiber Nonwoven

G.H. Kim¹, H.K. Lee, K.E. Kim, D.U. Kim¹

Abstract

탄소섬유는 높은 비강도와 강성뿐만 아니라, 열적 전기적 및 물리적 특성이 우수한 경량 소재이나, 탄소섬유가 고가이고 재활용이 어려워 탄소복합재는 항공, 우주, 풍력과 같은 고가의 부품에만 적용되고 있다[1]. 이러한 탄소복합재의 낮은 재활용성을 해결하기 위하여 업사이클링하는 방법이 연구되고 있다. 탄소복합재는 UL-94의 VO 수준의 난연성을 요구하며, 현재 수지의 난연성 개선에 관한 연구는 진행되고 있으나 탄소섬유의 난연성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 인산을 이용하여 탄소섬유 부직포 표면에 직접적인 난연성을 부여하여 인산의 농도 및 제조조건에 따른 탄소섬유 부직포의 난연 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구에 사용된 탄소섬유는 일본 Toray에서 제조한 PAN 기반 평균 직경 약 7 μm 의 T700SC를 사용하였다. FE-SEM, EDS, 열중량분석기, 방염성 시험기, 만능 인장강도 시험기, XPS, 계면전단 강도 시험기를 활용하여 인산코팅 전후 표면변화, 열중량분석, 난연성, 인장특성 변화, 기능기 및 계면결합력을 분석하였다. 탄소섬유 부직포에 인산으로 코팅 후 TGA의 결과를 보면 untreated CF의 TGA 유리전이온도는 920 $^{\circ}\text{C}$ 였으며, 인산으로 코팅 후에는 120 $^{\circ}\text{C}$ 및 920 $^{\circ}\text{C}$ 에서 중량변화가 나타났다. 인산의 농도를 5vol.%로 증가시킨 결과, 5vol.%에서는 untreated CF 대비 120 $^{\circ}\text{C}$ 에서 8%, 440 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20%의 중량변화가 발생하였으며, 이는 40 $^{\circ}\text{C}$, 120 $^{\circ}\text{C}$ 에서 H₂O, 440 $^{\circ}\text{C}$ 에서 (CH₂)₂PO₄의 생성으로 열중량 변화가 발생한 것으로 판단된다. 탄소섬유 부직포에 인산으로 코팅 후 방염성 시험한 결과를 보면, LOI 수치가 농도 0.5vol.%에서 5vol.%까지 증가할수록 난연성이 개선되어 VO 수준의 난연성을 나타내었다. 이는 인산으로 코팅 시 탄소섬유의 난연 특성을 약 30% 이상 향상시키는 것으로 판단된다. 또한 인산으로 코팅 후 XPS 결과를 보면, 산소와 인이 탄소섬유의 표면에 존재하는 탄소와 결합하여 락톤기(lactone group), 카르보닐기(carbonyl group) 및 하이드록실기(hydroxyl group)가 증가하였다. 이로 인해 탄소섬유에 인산 처리시 난연성 향상뿐만 아니라 수지와 계면결합력도 증가하는 것으로 판단된다.

Keywords: Carbon Fibers, Flame Retardant Properties, Phosphoric Acid, Surface Properties

1. 한국생산기술연구원

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

연속압축함침 공정 온도 조건에 따른 열가소성 복합재 물성분석에 관한 연구

박철현¹ · 정길재¹ · 김늘새름[#]

Depending on the temperature conditions of continuous compression impregnation process A study on the properties of Thermoplastic composite materials.

N. S. R. Kim, G. J. Jeong, C. H. Park, N. S. R. Kim

Abstract

최근 자동차 및 운송 수단의 연비 향상을 위한 해결책으로 수송기의 기체 및 부품 중량 감소를 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 경량화 부품개발은 연비 향상뿐만 아니라 환경적인 문제에서도 매우 핵심적인 요소로 금속 대비 비강도 및 비강성이 뛰어난 섬유 강화 복합재료의 적용 및 수요가 증가하고 있다. 열가소성 복합재료는 열경화성 수지에 비해 재활용성이 높아 구조용 소재로 개발하기 적합한 소재이다. 하지만 열경화성 수지에 비해 열가소성 수지의 낮은 용융흐름지수에 기인한 흐름성 저하로 인하여 직물 내부로 수지 침투가 어려운 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 온도 조건에 따른 수지 함침성능을 파악하기 위하여 본 연구에서는 재활용 탄소섬유 부직포 형태의 강화재와 열가소성 수지를 적용하여 함침 공정 온도조건에 따른 복합소재의 함침성 및 기계적 물성에 대한 평가를 진행하였다. 탄소섬유 부직포와 열가소성 수지필름을 제조한 후, 이를 이용하여 연속압축함침공정으로 CF/PA6 복합재 평판을 제조하였다. 공정에서 온도조건에 따른 판재의 가공률을 측정 및 평가하였고, 탄소섬유 부직포 강화 CF/PA6 복합재료의 인장강도, 굴곡강도, 압축강도를 평가하였다. 전계방사형 주사전자현미경을 이용하여 인장 파괴된 복합재료의 형태를 분석하여 파괴거동을 확인하였다. 가열 조건이 280℃ 수준에서 함침하였을 때 최적의 기계적 특성이 발현되는 것을 확인하였다.

Keywords: Carbon Fiber, Thermoplastic, Heating temperature, Continuous compression molding, Melt flow index

1. ㈜라지

교신저자: ㈜라지 연구소장. E-mail: srkim@lgind.com

선형 좌굴 해석을 활용한 복합재 시트크로스멤버 두께 최적화

주근수^{1#}, 김경덕¹, 김영철¹, 김진봉¹, 장홍규¹, 이우경¹, 강민규¹

Thickness Optimization of Composite Seat Cross Member with Linear Buckling Analysis

G. Joo, K. D. Kim, Y. C. Kim, J. Kim, H. K. Jang, W. K. Lee, M. G. Kang

Abstract

차체 경량화를 위하여 비강성 및 비강도가 높은 복합재료를 차체 및 부품에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구의 결과물 중 하나로 국내에서 인발 성형을 활용한 탄소섬유 복합재 시트크로스멤버 차체 부품이 개발되어 양산에 적용되고 있다. 하지만, 탄소섬유 복합재의 높은 가격으로 개발된 시트크로스멤버의 가격 경쟁력이 떨어지는 상황이고 이를 극복하기 위한 설계 최적화가 필요하다.

본 연구는 시트크로스멤버의 가격 경쟁력을 높이기 위하여 선형 좌굴 해석을 활용한 복합재 시트크로스멤버의 두께 최적화를 다룬다. 기존의 중공형 형태의 시트크로스멤버에 웹을 추가하여 멀티셀 형태의 시트크로스 멤버를 제안함으로써 좌굴 강도를 향상시켰으며, 충격 하중 요구도 조건에서 좌굴 안정성을 만족할 수 있는 두께를 최소화하기 위한 해석을 수행하였다. 또한 소재를 CFRP 뿐만 아니라 GFRP를 활용한 경우에 대해서도 요구도 만족을 위한 시트크로스멤버의 최소 두께를 도출하였다. 해당 연구 결과는 멀티셀 복합재 시트크로스멤버 개발 과정에 가격 경쟁력을 향상시키는 과정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Seat Cross Member, Linear Buckling Analysis, Thickness Optimization, CFRP, GFRP

Acknowledgement: 본 논문은 정부(산업통상자원부)재원으로 한국산업기술평가관리원 소재부품기술개발사업의 지원을받아 연구된 연구결과입니다 (No. 20017479, 멀티셀 구조 인발 부품 및 재활용 탄소섬유 열가소성 중간재 적층 부품 기반 차체 센터 모듈 제조 기술 개발).

1. Korean Institute of Materials Science, Senior Researcher

교신저자: Korean Institute of Materials Science, E-mail:gsjoo@kims.re.kr

11. 특 별 세 셴 4

다종 차체부품 제조를 위한
가변형 스마트 제조 기술 개발

(제 4 발표회장)

6천계 알루미늄 다단 열간성형에 미치는 성형 인자의 영향

오명환¹ · 김래형¹ · 정윤성¹ · 박상연¹ · 손성만¹ · 이문용^{1#}

Effect of Forming Factor On Multi-Stage Hot Press Forming of 6xxx Series Aluminum

M. H. Oh, R. H. Kim, Y. S. Jung, S. E. Park, S. M. Son, M. Y. Lee

Abstract

최근 자동차 산업에서 전동화의 전비향상을 위해 경량화가 필수적으로 요구됨에 따라 차체 부품에 경량 소재인 알루미늄의 적용이 급격히 증가하고 있다. 차체에 적용되는 알루미늄 소재는 제조 및 성형 공법은 크게 주조성형, 압출성형, 판재성형으로 나뉜다. 알루미늄 판재 성형은 기존 스틸 판재 성형에 비해 소재의 낮은 연신율에 의해 딥드로잉에 의한 성형이 어려운 단점이 있다. 이러한 알루미늄 판재의 성형성 단점을 해결하기 위해 알루미늄 판재를 초소성 영역의 온도로 가열하여 성형하는 열간성형기술이 개발되었다. 하지만 알루미늄 판재의 열간성형기술은 주조성형에 비해 여전히 상품성의 자유도에 비해 낮은 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 열간성형기술을 2단 적용하여 알루미늄 판재의 성형성을 극대화하여, 상품성을 향상시키는 성형 연구를 실시하였다.

다단 열간성형기술에 사용된 소재는 두께 5mm인 A6061-T4 판재를 사용하였으며, 성형 온도는 1단/2단 성형시 온도를 다변화하여 성형성을 검토하였다.

Keywords: Aluminum, A6061, Hot Forming, Press Forming, Multi Stage Hot Forming, Forming Temperature

1. 성우하이텍 R&D본부

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@switech.com

생산 유연 다목적 언더바디 차체 부품 개발

김래형¹ · 김영수¹ · 최승권¹ · 박상언¹ · 손성만¹ · 이문용^{1#}

Development of production flexible and multi-purpose underbody body parts

R. H. Kim, Y. S. Kim, S. G. Chol, S. E. Park, S. M. Son, M. Y. Lee

Abstract

최근 자동차 산업은 수요와 공급 부족사태로 인해 자동차 제조 비용저감 요구 및 맞춤형 구매 고객 위주의 시장이 재편되고 있다. 이에 완성차 업체에서는 생산 체제 변화 및 제품의 변동성 증가에 대한 대응 방안으로 스마트 팩토리를 구축하여 다품종 소량생산 체제로 전략을 구성하고 있다. 또한 CO₂ 저감 요구에 사회적 배경에 의해 전동화가 급격히 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 다품종 소량 생산 대응가능한 친환경 다목적 차체 프레임 및 배터리 일체형 언더바디를 개발하고자 한다.

본 연구에서 채용한 다목적 차체 프레임은 자동차 배터리가 차체 언더바디에 포함된 CTB(Cell To Body) 구조를 채용하였으며, 알루미늄 압출 부품을 보강재로 채용하여 차체의 횡/종방향 증가 및 축소를 유연하게 할 수 있도록 설계 및 실제 언더바디를 제작하였다. 이에 본 발표에서는 언더바디 조립에 있어 적용되었던 성형기술, 요소기술에 대해 공유하고자 한다.

Keywords: Cell To Body, Battery, Flexible Body, Under Body

1. 성우하이텍 R&D본부

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@swhitech.com

Cell To Body 전기차 언더바디 충돌해석

김덕현¹ · 김영수¹ · 최승권¹ · 김래형¹ · 손성만¹ · 이문용^{1#}

Study of Cell to Body Electric Vehicle Underbody Collision Analysis

D. H. Kim, Y. S. Kim, S. G. Choi, S. E. Park, S. M. Son, M. Y. Lee

Abstract

자동차 산업의 경우 연비 및 배기가스규제 강화로 인한 차량 경량화와 적용 소재의 다변화가 추진되고 있으며, 국내외 적으로 개발 방향의 트렌드는 급격하게 변화하고 있는 시점이다. 이에 완성차 업체에서는 생산 체제 변화 및 제품의 변동성 증가에 대한 대응방안으로 스마트 팩토리를 구축하여 다품종 소량생산 체제로 전략을 구성하고 있다. 또한 친환경 이슈가 대두됨에 따라 전동화 차량이 급격히 증가하고 있다. 반면 이에 본 연구에서는 다품종 소량 생산 대응가능한 친환경 다목적 차체 프레임 및 배터리 일체형 언더바디를 설계하여 배터리 보호에 최적화 구조를 채용하기 위한 충돌해석을 실시하였다.

본 연구에서 채용한 다목적 차체 프레임은 자동차 배터리가 차체 언더바디에 포함된 CTB(Cell To Body) 구조를 채용하였으며, 알루미늄 압출 부품을 보강재로 채용하여 차체의 횡/종방향 증가 및 축소를 유연하게 할 수 있도록 설계하였으며, 언더바디 제작을 하기 위해, 충돌해석 및 강성 해석 결과를 공유하고자 한다.

Keywords: Cell To Body, Battery, Flexible Body, Under Body, Collision Analysis

1. 성우하이텍 R&D본부

교신저자: 성우하이텍 대표이사 mylee@switech.com

다품종 스마트 멀티 지그 시스템 개발

김영기^{1#} · 최명숙¹ · 임태진¹

Development of Variety Smart Multi Jig System

Y. G. Kim, M. S. Choi, T. J. Yim

Abstract

현재 차체부품 생산용 지그들은 차체의 형상에 따라 1:1로 구성되어 다품종혼류 시 별도의 지그 교체 시간(생산Loss_Time발생)이 필요하며 수작업으로 인한 유연생산 대응의 어려움이 있다. 이에 따른 문제점 원가 절감, 생산성 향상, 설비자동화로 작업환경개선 등 끊임없이 발전하고 있다. 그러므로, 당사는 본과제를 통해 2개 이상의 차종이나 사양을 유연생산 시퀀스(생산서열 Data) 인식 후 지그 타입을 자동 변환, 적용시키는 스마트 멀티 지그 시스템을 개발하고자 한다.

Smart Multi Jig의 개발을 위해 Long/Short Body의 3D Model Data의 검토 및 Multi Jig의 Simulation을 통하여 Multi Jig Slide Type의 적정성을 검토하였다. Smart Multi Jig의 차체 Clamping 및 안착을 확인하기 위한 Location Pin을 적용하였다. Smart Multi Jig의 시퀀스 제어위한 이기종간 PLC 프로토콜을 개발 적용하였다.

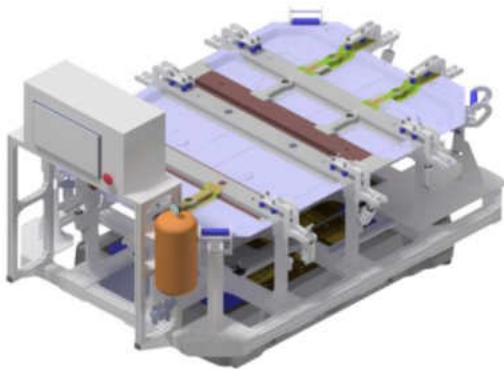


Fig.1 Smart Multi Jig 3D Model



Fig.2 Smart Multi Jig

유연생산 제어용 PLC 프로그램 시퀀스서열에 따른 Smart Multi Jig 개발을 통해 Long/short Body(2개 차종) 자동인식이 가능해짐에 따라 부품의 공용화와 모듈화, 설비자동화를 통해 한 개의 라인에서 다차종혼류의 유연생산을 대응함으로 개발비 및 생산원가 절감, 생산성 향상이 예측된다.

Keywords: , Variety, Smart Jig , Clamping Jig ,

1. 한진FAS
한진FAS hjfas@naver.com

진공흡착 그리퍼의 성능향상을 위한 공압기구의 최적 조건

호지수^{1#}, 권민혁¹, 권현준¹, 서동균¹

Optimal conditions for air utilities to improve vacuum suction gripper performance

J. S. Ho, M. H. Kwon, H. J. Kwon, D. G. Seo

Abstract

자동화된 제조기술 및 설비 발달과 이에 따른 활용범위가 넓어지는 제조, 물류 등 여러 산업현장에서 조립, 운송 등 많은 부분을 산업용 로봇이 담당하고 있다. 특히 Manipulator를 활용한 제조 공정에서 대상 객체를 효과적으로 운반할 수 있는 진공흡착 그리퍼가 매우 폭넓게 쓰이고 있으나 진공발생부터 흡착 및 배기 과정을 거치는 동안 공압기구에서 많은 변수가 발생하여 최적의 조건을 찾는 것이 매우 중요한 개발 요소이다. 이에 본 논문에서는 흡착/배기를 행하는 진공흡착 그리퍼에서 특히 파기 시간에 따른 효율 성과 압축기 동작 회수를 검증 실험을 통해 최적의 공기 압축, 분사 시간 조건을 획득하였다.

Keywords: Vacuum, suction, Gripper, Air utility, Manipulator

1. ㈜씨메스, Robot Automation

교신저자: 호지수, jisoo.ho@cmes.kr

라인 장비 상태 모니터링 시스템

윤지호¹ · 윤진원^{1#}

Equipment Condition Monitoring System

J. H. Yoon, j. W. Yoon

Abstract

만약 생산 라인 현장이 멀리 떨어져 있고 작업 환경이 혹독하며 신뢰성 팀 규모가 작다면 장비 가동 시간을 원하는 수준으로 유지하기 어렵습니다. 하지만 라인 장비 상태 모니터링 기술은 엔지니어가 기업의 생산 라인에서 문제를 찾고 진단하고 우선순위를 지정하는데 도움이 됩니다. 그리고 이 기술을 통해 기계나 장비 상태를 모니터링하면 유지보수팀이 생산 라인의 가동 시간을 더 늘릴 수 있고, 효율적인 예비 부품 전략의 수립이 가능합니다.

1. 장비 유형 별 모니터링 주요 파라미터 및 최적 센서류 도출

장비의 문제를 알아내고 대처하기 위해서는 장비의 정상적인 상태와 현재의 상태를 알아야 할 필요가 있습니다. 따라서 장비의 문제를 확인하기 위한 주요 파라미터로 우리가 생각한 것은 온도와 진동입니다. 또한 운동 속도 또는 운동 범위도 중요합니다. 따라서 장비의 상태를 확인하기 위해 3축 가속도 센서와 진동 센서, 온도 센서를 사용했습니다. 이 3가지의 센서를 사용해 정상 상태의 장비 데이터를 획득 및 저장하고 실시간으로 장비 상태를 모니터링을 하며 장비의 실시간 데이터와 기준이 되는 데이터를 비교할 수 있습니다.

2. 모니터링 데이터 획득 프로그램 개발

진동 측정용 로봇과 데이터 획득 및 확인을 위한 소프트웨어를 사용했습니다. 먼저 로봇이 반복 동작을 수행하도록 프로그램을 했습니다. 그리고 동작 수행 시 센서의 데이터를 획득해 컴퓨터로 전송할 수 있도록 cRIO와 모듈을 사용했습니다. 정지 상태와 반복 동작 수행 시의 온도와 진동, 가속도의 데이터를 획득 후 보여주는 그래프를 만들었습니다. 이 그래프를 사용해 이전의 데이터를 불러와 실시간 데이터와 비교할 수 있도록 만들 것입니다.

3. 결론

현재 우리는 장비의 상태를 모니터링을 하기 위한 시스템을 개발하고 있습니다. 장비 상태 모니터링 주요 파라미터 및 최적 센서류를 도출하였고, 데이터 획득 프로그램을 개발 중입니다. 현재는 온도 그래프와 진동 그래프, 3축 가속도 센서를 이용한 가속도 그래프를 완성했습니다. 저장된 데이터와 실시간 데이터를 비교하는 그래프도 구현할 것입니다.

Keywords: accelerometer, acceleration graph, vibration, monitoring

1. 영산대학교 스마트자동차학과

영산대학교 수소시스템공학과, 조교수, jwyun@ysu.ac.kr

복합재 드릴링 전산모사 및 복합재-금속 접착 접합부의 내식성 평가

허용찬¹ · Eddy Kurniawan¹ · 오명환² · 김성구² · 김래형² · 김지훈^{1, #}

Numerical simulation of composite drilling and corrosion resistance test for composite-metal adhesive joints

Y. C. Hur¹, E. Kurniawan¹, M.H. Oh², S. G. Kim², R. H. Kim², J. H. Kim^{1#}

Abstract

In order to reduce the weight of the automobile body, various materials including composites have been recently used. It is difficult to use conventional arc welding or laser welding, which have been traditionally used to join parts made of these materials. Mechanical joining and adhesive joining are frequently performed simultaneously as a method for joining composites and metals, so this study was conducted. The composite drilling process for mechanical bonding such as bolting and riveting was simulated using the Finite Element Method (FEM). While there are many studies on the drilling process of metal materials, there are still few studies on the cutting or drilling process of composite materials. Adhesive joining for additional joining after mechanical joining was conducted experimentally. The joint strength according to the amount of adhesive and curing time was evaluated by a single lap shear test. Finally, in order to evaluate whether the joined parts withstand corrosion well, the effect of corrosion on adhesion was evaluated by salt spray corrosion test.

Keywords: Composites, Finite Element Method, Drilling, Single lap shear test, Salt spray corrosion test

1. 부산대학교 기계공학부, 박사과정

2. 성우하이텍㈜, 책임연구원

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

다종 차체부품 생산 라인의 디지털 트윈 구축에 관한 연구

강형석^{1#} · 김동욱² · 이용욱³

A study about digital twin of mixed production line

H. S. Kang, D. O. Kim, Y. W. Lee

Abstract

자동차 산업의 첨단화, 지능화를 위해 CPS, IoT, 머신비전, 머신러닝 등의 스마트제조 요소 기술을 통해 공정을 자동화하거나, 불량 예측 기반 품질 고도화, 가변형 유연 생산 기술이 개발 및 적용되고 있으며 디지털트윈의 등장으로 인해 기술 개발이 고도화되고 있다. 디지털트윈은 현실 세계의 실물 객체의 구조, 형태 및 거동을 가상 세계의 쌍둥이 가상 객체로 구성하고 표현하여, 가상의 환경에서 실제 동작 현황을 모니터링하거나 분석할 수 있게 해준다. 다만, 실질적으로 실제 객체의 모든 구성요소를 표현하기에는 여러 가지 측면으로 어려움이 따르므로, 적용 목적에 따라 특성화된 방향에 초점을 두고 적용되어 왔다. 본 연구에서는 자동차 차체 부품 제조 라인을 대상으로 디지털 트윈을 구축하기 위한 기본 연구를 수행하였다. 로봇 중심으로 구성된 제조 라인의 시뮬레이션 모델을 구축하고, 이에 대한 활용성을 높이기 위해 시뮬레이션 자동화를 위한 주요 요소 기능을 분석하였으며, 마지막으로 자동화 중심 제조라인의 소비 에너지 모니터링을 위해 센서 기반 데이터 수집, 처리 및 가시화 관련 요소 기술을 개발하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 일차적으로는 디지털 트윈 모델의 여러 목적을 위한 구축 및 운영에 대한 요소 기술을 확보하였으며, 나아가 로봇 중심 제조라인을 대상으로 보다 효율적이면서도 생산성과 환경영향을 동시에 고려할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Digital Twin, Mixed Production Line, Robot Simulation, Energy Consumption Monitoring

1. 한국자동차연구원 신소재기술부문, 선임연구원
2. 한국자동차연구원 신소재기술부문, 책임연구원
3. 한국자동차연구원 신소재기술부문, 연구원
교신저자: E-mail:kanghs@katech.re.kr

12. 포스터 발표

(제 5 발표회장)

하나로 핵연료 집합체 스웨이징 공정 개선

황재준^{1, #}, 도정민², 이규홍³

Improvement of the swaging process for HANARO nuclear fuel assembly

J. J. Hwang, J. M. Do, K. H. Lee

Abstract

한국원자력연구원(KAERI)은 2005년 하나로 핵연료 국산화 이후 하나로의 구동 핵연료 전량을 자체 생산 및 공급하고 있으며, 연간 55다발 생산이 가능한 체계를 갖추고 있다. 하나로 핵연료는 U-Si 분말을 여러 공정에 걸쳐 핵연료심재 형태로 가공 후 피복압출을 통해 핵연료봉으로 제조된다. 제조된 핵연료봉은 봉단 가공 및 용접 공정을 거친 후 집합체 부품과 함께 핵연료집합체로 조립한다. 조립 공정에는 핵연료 봉을 고정시키는 플레이트와 봉단 마개를 특정 토크로 조립하는 스웨이징 작업이 포함되며, 이는 핵연료 봉이 집합체로부터 분리 또는 회전을 방지해주는 중요한 작업이다. 스웨이징 도중 기준 토크를 건디지 못하고 태핑 툴 및 봉단 마개의 파손이 발생하는 문제가 있으며, 본 연구에서는 태핑 툴의 형상에 따른 스웨이징 강도를 평가하였다. 기존 태핑 툴을 포함한 총 3가지 종류의 태핑 툴을 제작하여, 핵연료생산에 사용되는 봉단 마개로 제조된 연습용 핵연료봉으로 스웨이징 테스트를 실시하였으며, 봉단 마개가 파손되지 않는 각각의 허용 토크 값을 확인하였다. 그 결과 핵연료생산의 기준에 맞는 토크의 힘을 충분히 건디며 봉단 마개의 파손이 생기지 않는 태핑 툴을 확인 할 수 있었다.

본 연구를 통해 핵연료집합체 스웨이징 공정을 개선 할 수 있었으며, 이를 통해 하나로 핵연료 생산에 불량률을 낮추며 생산효율을 높이는데 기여하였다.

Keywords: HANARO nuclear fuel, Swaging, Tapping, manufacture

1. 한국원자력연구원, 기술원

2. 한국원자력연구원, 연구기술원

3. 한국원자력연구원, 책임연구원

교신저자: 한국원자력연구원, 기술원, Email: hth5338@kaeri.re.kr

극저탄소강 자동차 외판재의 표면 불량 현상에 대한 전산모사 기법 연구

김기정[#], 윤승채¹, 정영주¹, 현주식¹, 정유동²

A Numerical Simulation study of Surface Deflections in Automotive exterior panels used Ultra-low carbon Steel

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

Abstract

Recently, numerical predictions of surface deflection based on curvature analysis have been developed as follows; first, a measure of surface deflection is proposed as the maximum variation of curvature difference between the panel and the tool in order to examine surfaces with high curvature. The cold rolled sheet plates with polycrystalline accompanies changes in respect to microstructure change due to plastic deformation during the cold rolling in manufacturing process. Second, the plastic deformation gradient can be predicted by capturing the evolution of texture under deformation due to the polycrystalline aggregate. In this study, surface deflection in uniaxial tension strain mode is conducted using crystal plasticity finite element method.

Keywords: Surface Deflection, Low Carbon Steel, Crystal Plasticity

1. 현대제철 응용기술실 자동차응용기술팀

2. 현대제철 제품개발센터

교신저자: 현대제철 연구개발본부 자동차응용기술팀. E-mail: kijungkim@hyundai-steel.com

냉각금형을 이용한 알루미늄 파이프 요크 다단 단조공정 설계

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

Multistage Forging Process Design for Aluminum Pipe Yoke using Cooling Die

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

Abstract

파이프 요크(pipe yoke)는 자동차 조향장치(steering system) 모듈에 적용되는 핵심부품 중 하나이다. 조향 장치 모듈은 내연기관 자동차뿐만 아니라 친환경 자동차의 경량화를 위해 경량금속 적용이 확대되고 있다. 따라서, 스틸 소재가 적용되고 있는 기존 파이프 요크의 경량화를 위해 최근 알루미늄 합금이 적용되고 있다. 파이프 요크의 경우 중실 환봉소재를 냉간 단조공정을 통해 성형하고 있으며, 일반적으로 요크 상단 헤드부와 하단 파이프부의 성형량이 많아 다단 단조공정이 적용되고 있다. 따라서, 품질이 우수한 파이프 요크 제조를 위해서는 냉간 다단 단조공정 설계가 매우 중요하다.

본 연구에서는 기존 스틸 소재가 적용되고 있는 파이프 요크를 알루미늄 합금으로 대체하기 위한 냉간 다단 단조공정 설계를 수행하였다. 다단 단조용 포머의 경우 비교적 빠른 속도로 반복 성형작업이 이루어지기 때문에 냉간 성형공정이지만 성형중 소재의 온도상승이 일어나며, 이는 알루미늄 성형품의 표면 품질을 저하시키는 요인이 되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 현장 노하우를 토대로 파이프 요크 공정수를 설정하였으며, 성형 시 알루미늄 파이프 요크의 지나친 온도상승을 방지하기 위하여 냉각 금형을 적용하였다. 냉각 금형을 적용한 현장 테스트 결과, 단조공정 시 알루미늄 소재의 온도는 상온으로 유지할 수 있었으며, 최종 성형된 알루미늄 파이프 요크의 표면 품질도 결함이 없는 우수한 상태임을 확인할 수 있었다.

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

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

경량화 및 측면충돌 향상을 위한 사이드 스트럭처 개발

이정흠^{1#} · 남성우¹ · 김대인¹ · 김종윤¹ · 박초롱¹

The development of multi-materials reinforcement side-structure for automotive lightweight and improvement side impact

J. H. Lee, S. W. Nam, D. I. Kim, J. Y. Kim, C. R. Park

Abstract

자동차 산업은 강화된 환경규제에 대응하기 위해 자동차 연비향상과 전기차 배터리로 인한 중량증가를 상쇄시키기 위한 경량화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 경량화와 연비향상을 위해 기존 철강소재와 더불어 알루미늄, 마그네슘, 복합재 등 경량화 소재를 적용하고 있다. 하지만 이 소재들의 성형과 접합 방법은 철강소재 대비 생산공정과 투자비 등 여러방면에서 어려움이 있다.

본 연구에서는 철강, 알루미늄, CFRP 총 3가지 소재를 적용한 자동차 사이드 스트럭처를 개발하였다. 사이드 스트럭처 개발에 적용한 성형기술은 알루미늄 핫블로우포밍을 이용한 pipe 타입의 일체형 Rail Roof Side, 알루미늄과 CFRP의 동시성형접합 기술을 이용한 센터필러 앳세이를 개발하였고, 접합기술로는 SPR, REW Headless, 레이저 용접, 2액형 상온접착제 기술을 적용하였다. 개발된 시제품의 실효성 검증을 위해 측면충돌 모사시험방법을 개발하고 실시하여 양산품과 비교하여 검증하였다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 첨단뿌리기술 산업소재핵심기술개발 ‘차체 핵심모듈(프론트/사이드 모듈) 15% 경량화 및 충돌성능 향상을 위한 Multi-materials 일체화 성형기술과 하이브리드 접합 한계 극복기술 개발 (과제번호:20002809, 과제고유번호:1415172103)’과제의 지원을 받아 수행하였습니다.

Keywords: CFRP, aluminium , side impact test , lightweight

1. 대우공업(주) 기술연구소

E-mail:leejh5@daewoindustry.com

성형해석을 이용한 LNG 선박용 멤브레인 금형공법 연구

이정흠^{1#} · 남성우¹ · 김대인¹ · 김종윤¹ · 박초롱¹

The study of stamping die lay-out using forming analysis for membrane of LNG ship

J. H. Lee, S. W. Nam, D. I. Kim, J. Y. Kim, C. R. Park

Abstract

LNG 선박용 멤브레인 화물창은 극저온의 LNG를 격납하는 중요한 부품으로 현재 프랑스, 일본, 대한민국 등에서 기술을 보유하고 있다. 멤브레인 화물창을 구성하는 각각의 멤브레인들은 극저온의 환경에서 이송 중 발생하는 극한 상황으로 인해 수축과 팽창을 반복하여 요구되는 품질정도가 높은 부품이다. 멤브레인 부품을 프레스를 활용하여 제작시 생산성과 비용 관점에서 많은 이익이 발생할 수 있고 품질 관리가 쉬운 이점이 있다.

본 연구에서는 판재를 이용한 LNG 선박용 멤브레인을 제작하기 위한 금형공법에 대해 연구하였다. 연구내용은 멤브레인 부품중 화물창 모서리부에 조립되는 코너 멤브레인을 대상으로 최적 설계를 하고 금형 타입별 성형해석을 진행하였다. 성형해석 결과를 바탕으로 금형 타입별 문제점과 개선점을 도출하여 성형성 관점에서 성형해석과 정합성을 검증하였다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 조선해양산업기술개발 ‘시장경쟁력 확보를 위한 BOR 0.07% 이하의 LNG 선박용 화물창 개발(과제번호:20012875, 과제고유번호: 1415180882)’과제의 지원을 받아 수행하였습니다.

Keywords: LNG ship, membrane , forming analysis , stamping die

1. 대우공업(주) 기술연구소
E-mail:leejh5@daewoindustry.com

충돌성능 확보를 위한 AL Sheet적용 배터리팩 연구

김대인^{1#} · 남성우¹ · 이정흠¹ · 김종윤¹ · 박초롱¹

A Study on BatteryPack applying Aluminum sheet to secure crash performance

D. I. Kim, S. W. Nam, J. H. Lee, J. Y. Kim, C. R. Park

Abstract

친환경자동차 시장은 배터리로 인한 중량증가와 연비향상을 위한 경량화 연구에 대해서 지속적으로 진행되고 있다. 최근 배터리팩 케이스의 경우 다중소재에 대한 경량화 연구가 진행되고 있다. 대표적으로 배터리팩 케이스 부품에 적용되고 있는 소재는 스틸을 포함한 GFRP 및 CFRP, 알루미늄 압출타입을 적용하고 있으며 다중소재 적용을 통한 경량화 연구가 적극적으로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 대표적인 경량소재인 알루미늄 6000계 시트 소재를 적용한 배터리팩 케이스 부품에 대하여 충돌하중 해석을 통해 영향도를 분석하였다. 연구방법으로는 자동차 기동측면 충돌시험을 고려하여 배터리팩 케이스의 충돌하중 포인트를 선정하였고, 충돌부위의 단면적에 따른 평균하중과 최대하중 값을 비교하였다. 또한 기존 양산 부품과의 동일한 조건으로 해석을 실시하였고, 기존 부품과의 동등한 수준을 확보하기 위해 비교분석을 진행하였으며 알루미늄 시트 소재를 적용한 배터리팩 케이스의 성능조건을 도출하였다.

본 연구는 산업통상자원부의 기계장비산업 기술개발사업 '8kW급 링코어 광섬유 레이저 광원 및 3D용접 헤드 개발(과제번호:20014796, 과제고유번호:1415178960)'과제의 지원을 받아 수행하였습니다.

Keywords: aluminium , sidepole impact simulation, lightweight

1. 대우공업(주) 기술연구소

E-mail:kimdi2@daewooindustry.com

연속주조품을 이용한 8MW급 해상풍력발전용 대형 링부품의 열간단조 특성

이채훈¹, 오일영¹, 김남용¹, 허상현¹, 김경아¹, 장희상¹, 이진모¹

Hot forging characteristics for large ring parts for 8MW offshore wind power generation using continuous casting products

C. H. Lee, I. Y. Oh, N. Y. Kim, S. H. Heo, K. A. Kim, H. S. Chang, J. M. Lee

Abstract

다양한 산업분야에 적용되는 대형 단조 부품의 경우 주로 잉곳이나 블룸 등의 원소재를 사용하여 열간 단조, 열처리, 가공 등의 제조 공정을 거쳐 제작된다. 본 연구에서는 연속주조된 Round Bloom을 원소재로 8MW급 해상풍력발전용 대형 링 부품의 열간단조 특성을 분석하기 위해 FEM 해석을 통한 단조 공정 최적화에 관한 연구를 수행하였고 단조, 열처리 후 제품 위치별 미세조직 분석을 통해 냉각 속도에 따른 미세조직 변화를 관찰하였다.

단조공정 최적화를 위해 11톤급 외경 6,000mm의 프로파일 링 형상을 원소재부터 황지, 선형 링, 형상 링까지 단조 과정을 FEM 시뮬레이션을 통해 모사하였다. 이를 통해 최적의 단조 공정 변수들을 도출하였고, 해석 결과를 토대로 실제 제품을 제조하였다. 기존 선형 링과 비교하여 형상 링으로 제조 시, 약 17%의 중량 절감을 확인하였다.

Keywords: Round bloom, Offshore wind power generation, Hot forging, Profile ring rolling

1. (주)태웅

교신저자 : 이진모, ㈜태웅 기업부설연구소 연구소장. E-mail: jinmo.lee@taewoong.com

해상풍력발전용 대형 단조품 생산을 위한 Ø1000 대단면 연속주조 해석모델 개발

김진영¹·임민철¹·이중의¹·이채훈²

Numerical Model Development of Ø1000 Round Bloom Continuous Casting Process for the Production of Large Forgings for Offshore Wind Power Generation

J.Y. Kim, M.C. Lim, J.E. Lee, C.H. Lee

Abstract

대형 링부품의 수요가 증가하면서 단조공정의 반제품 소재의 단면적의 증대가 이루어지고 있으나 크기 증가에 따라 연속주조 공정에서 주편의 온도 및 품질을 제어하는데 어려움을 겪고 있다. 원형 대단면 반제품 소재의 연속주조 공정은 Mold 와 Spray 분사에 의한 냉각, 전자기장 효과에 의한 열전달, 유동, 응고 등의 다양하고 복합적인 현상이 복합적으로 일어나기 때문에 적합한 조업 조건을 설정해야만 한다. 실제 조업 현장에서 이런 조업 조건을 시험하여 도출하기에는 비용 및 안전 등의 위험요소가 있기 때문에 이를 대체할 수 있는 전산수치해석 모델을 개발하고자 하였다.

Ø1000 대단면 주편에 대한 형상을 3D로 모델링하였으며, Maxwell로 해석된 전자기장 영향을 포함한 주조 공정에 대해 상용 열유동 SW를 이용하여 해석을 수행하였다. 해석된 주편의 온도와 실제 조업에서 측정된 온도를 비교하여 해석의 정확성을 평가하였다. 개발된 해석모델을 통해 제품의 표면 결함을 억제하기 위한 냉각패턴, 주조 속도 등의 적정 조업 방안을 도출하고자 한다.

이 논문은 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원 지역대표중견기업육성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.P0017548)

Keywords: Ø1000 대단면, 연속주조, 수치해석 모델

1. 메탈젠택 주식회사
2. 주식회사 태웅

알루미늄 합금 적용 후판 곡면성형에 관한 연구

이상익^{1#}, 공경열¹, 박성진¹

A Study on Forming of Curved part for Aluminum alloy Plates

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

Abstract

조선해양, 항공, 건축구조물 등의 기초 외장 패널은 소중대형 알루미늄 합금 판재 또는 후판을 3차원 곡면으로 성형하여 적용되고 있다. 적용 분야에 따라 두께, 사이즈, 곡률이 다양하기 때문에 곡면성형에 어려움이 있다. 3차원 곡면을 성형하기 위해 금형, 롤 성형, 다점성형 등 다양한 방법으로 곡면을 성형 및 연구가 이루어 지고 있다.

따라서 본 연구는 알루미늄 합금 곡면성형을 위해 1차 롤 성형 후 2차로 곡률 완성도를 위해 화염가열을 통해 곡면성형이 가능한 기술을 개발하여 적용하였다. 1차로 다수의 롤의 비정형적으로 제어 가능 한 기술을 적용하고 1차 성형 후 2차로 부위 별로 화염가열을 통해 최종 곡률을 완성할 수 있도록 곡면성형에 관한 연구를 수행하였다. 1차 곡면 성형을 위해 다수를 롤을 각도, 높이, 롤 간격 등을 조절하여 1차 곡면성형을 수행하고 2차로 산업용 로봇에 비전과 화염가열부가 설치하여 1차 성형품에 대한 형상을 비전을 통해 위치 데이터를 추출하여 화염기구가 부착 된 로봇이 화염가열을 통해 곡면을 성형할 수 있도록 하였다. 이러한 곡면성형품은 조선해양, 항공, 건축구조물 등 곡면이 필요한 산업분야 적용 가능할 것으로 예측된다.

Keywords: Aluminum alloy, Plates, Curved part, Forming, , .

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 기계산업핵심기술개발사업 연구비를 지원받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

1. 기득산업(주), 책임연구원

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

용접 위치와 개수에 따른 도어링 측면 충돌 해석

전현종¹ · 강충길² · 이민식[#]

Analysis of Door Ring Side Collision by Welding Position and Number of Weld Seams

H. J. Jeon¹, C. G. Kang², M. S. Lee[#]

Abstract

In accordance with carbon neutrality regulations by automakers around the world, they are focusing on vehicle safety and weight reduction. Among many lightweight methods, the TWB (Tailor Welded Blank) method improve efficiency by making two different plates welded. However, components manufactured using the TWB method are vulnerable called HAZ (Heat Affected Zone). HAZ with very low elongation mechanical properties can act as a very important factor in energy absorption during collisions. In this study, the energy absorption of the dooring was evaluated during side collision through FE simulation. The conditions were divided according to the welding position of B pillar, and an optimal position was selected, and an additional comparison was conducted according to the number of weld seams. The impact energy showed significant results depending on the welding position, and the results for the number of weld seams were almost meaningless.

Keywords: TWB, Door ring, HPF, HAZ, FE simulation

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Technology Innovation Program (No. 20017450) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea), the World Class 300 Project R&D (No. S2640396) of the MOTIE, MSS(Korea).

1. 부산대학교 기계공학부, 석사과정

2. 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소, 연구원

부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소, 연구원. E-mail: minsik2@pusan.ac.kr

경동주조공법을 적용한 경량화 부품 특성 연구

정희철¹ · 이성민² · 김장수³ · 송확⁴ · 김은영⁵ · 김기영[#]

A study on the characteristics of lightweight applying the Gravity casting

H. C. Jung, S. M. Lee, J. S. Kim, S. Song, E. Y. Kim, K. Y. Kim

Abstract

최근 차량 경량화 및 친환경 규제 강화등으로 친환경 자동차에 대한 수요증가 및 생산이 증대되고 있다. 이러한 친환경자동차의 확대에 따라 현가장치에 대한 기술개발도 계속적으로 이루어지고 있고 관련 부품에 대한 기술 개발도 활발히 진행되고 있다. 그 중 본 연구에서는 전기수소차용 현가장치 부품인 프런트 래터럴 암에 대한 제조 기술을 개발하고자 한다. 기존 프런트 래터럴 암의 경우 일반 고장력강 소재를 이용한 냉각 프레스 성형방식과 알루미늄 소재를 이용한 열간단조공법으로 제작이 이루어 지고 있다. 이러한 방법은 생산공정수가 많으며 성형 뒤틀림 현상과 용접변형등의 다양한 문제가 발생되고 있다. 이러한 문제점을 극복하고자 본 연구의 최종 목표는 경동주조공법의 알루미늄 주물합금 소재 적용하여 경량화 및 구조강성이 증가된 프런트 래터럴 암의 제조기술을 개발하고자 한다.

이를 위해 본 논문에서는 경동주조공법의 프런트 래터럴 암 적용 대상 소재 2종에 대한 기계적 물성 평가를 통해 AC7B를 대상 소재로 선정하였고, 이를 이용하여 경동주조방식을 이용한 전기수소차 프런트 래터럴 암 제조 기술개발을 위한 평가를 완료하였다.

Keywords: Electric Hydrogen car, Gravity casting, Aluminium, Lateral Arm, Lighting

1. 경북테크노파크, 선임연구원

2. 경북테크노파크, 책임연구원

경북테크노파크, 센터장. Email: psudal@gbtp.or.kr

극저온 단열재 접착부 절삭 가공 실험적 연구

전태영¹ · 권정재² · 박상범[#]

Experimental study of machining of cryogenic insulating material adhesive part

T. Y. Jeon, J. J. Kwon, S. B. Park

Abstract

These days, the use of cryogenic and low temperature system is widely used not only in aerospace industry, but also in shipbuilding & marine industry, food industry and medical applications, and materials in a cryogenic state must be stored, transported without changing their properties. To minimize heat leaks into storage tanks and transfer lines, high performance materials are needed to provide high level of thermal insulation. In this study, a cryogenic insulating material and adhesive with excellent performance was selected for the development of the insulation bonding process of the common bulkhead propellant tank, and the machining state was analyzed through the insulation bonding part machining test.

Keywords: Insulating material, Adhesive part, Machining

1. ㈜지브이엔지니어링, 기술연구소

2. ㈜지브이엔지니어링, 기술연구소

교신저자: ㈜지브이엔지니어링, spark@gv-engineering.com

자동차 크랭크축 회전동력 전달용 드리븐 허브 및 관성 휠의 R-Bead 성형공정 연구

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

A Study on the R-Bead Forming Process of a Driven Hub and Inertia Wheel 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, Development of R-Bead forming method of driven hubs and inertia wheel parts were developed. 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, there was a problem with the molding mold for lathe and the bulging mold using urethane, and the R-Bead exclusive cam mold was developed to dramatically increase production.

Keywords: Damper pulley, Cold forming, R-Bead, Finite element method, Sliding cam mold

1. ㈜경우정밀, 인하대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원

3. 인하대학교

교신저자: lim@kitech.re.kr

경량화를 위한 하부관절장치의 최적화

황원주¹ · 홍순욱² · 권명환² · 한수길² · 남학기²

Optimization for Light weighting of Lower type articulation

W. J. Hwang, S. U. Hong, M. H. Kwon, S. G. Han, H. G. Nam

Abstract

트램은 도로에 부설된 레일 위를 주행하는 교통수단으로 버스와 경전철 중간정동의 수송능력을 가진 친환경적인 철도차량의 일부이다. 또한 트램은 유럽등지에서 지하철 및 경전철보다 경제적이어서 주요 교통수단으로 사용되어지고 있고 국내에서도 일부 지자체에서 도입을 고려중에 있다. 트램에 있어서 핵심적인 장치라고 할 수 있는 것이 관절장치라고 할 수 있는데, 트램의 모듈상하부에 설치되어 각 차량모듈을 연결하고 원활히 운행할 수 있도록 하는 역할 수행한다. 하지만 현재 국내에는 관절장치에 대한 핵심적인 기술이 없어 해외 선진제작사의 것을 수입하여 적용하고 있는 실정이다.

관절장치는 상부에 힌지, 피칭 또는 피칭&롤 타입이 적용되고, 하부에 lower 타입이 적용되어 진다. 하부관절장치는 일반전동차의 연결기와 같은 역할을 하는데 다만 모든 방향으로의 회전은 허용하지만 변위를 허용하기 때문에 모든 방향으로의 하중을 받고 견딜수 있는 구조로 설계되어야 한다. 관절이므로 회전을 허용하나, 베어링과 프레임의 길이와 형상에 따라 그 각도의 양이 제한되어진다. 하부관절장치는 트램에서 작용되어지는 하중의 대부분을 견뎌내어야 하므로 충분한 안전율을 적용한 설계가 적용되어야 할 것이며, 차량의 있어서 경량화는 중요한 부분이다. 본 연구에서는 하부관절장치를 최적화하는 것으로서 실험계획법을 적용한 메타모델을 가지고 하부관절장치에 대하여 적절한 강도를 가지면서 중량을 최소화 하는 설계를 진행하였다.

Keywords: Articulation, Meta model, Optimization, DOE

1. 현우시스템, 연구소장
2. 현우시스템, 선임연구원

Cu/Ti/Cu 접합재의 다이 전단시험을 통한 크기별 접합강도 평가

김유진¹ · 박종은² · 김민기[#]

Evaluation of Bonding Strength Regarding Sample Size by Die Shear Testing for Cu/Ti/Cu Bonded Material

Y. Kim, J.-E. Park, M. Kim

Abstract

The integration degree of semiconductor chips has been doubled every two years. However, it reaches the limit to increase the integration degree by employing conventional bonding process with solder. The solder is being replaced by direct Cu/Cu bonding because the solder with lead or tin forms inter metallic compounds (IMCs) that induce void and crack on the bonding surface. Since the copper has a good electrical conductivity and the Cu/Cu bonding does not form the IMC, the direct Cu/Cu bonding is widely used during advanced packaging processes, such as 3D packaging, Through Silicon Via (TSV), and Re-Distribution Layer (RDL). However, the Cu/Cu bonding has issues in bonding quality and process-costs due to poor corrosion resistance, uneven surface roughness, and high temperature condition required in the bonding process. Passivation layers, for example titanium and palladium, are stacked in between coppers to prevent oxidation and reduce the required temperature. In this study, the titanium nano-film was layered on copper surfaces for the passivation to evaluate the bonding strength of Cu/Ti/Cu materials. Different sample sizes, from (2 mm × 2mm) to (14 mm × 14 mm), were determined to associate the size effect on the bonding strength. Thermo-compression bonding (TCB) was performed with a contact pressure of 2 MPa for 1 hour at the temperature of 150, 200, and 250 °C. To conduct shear tests of the prepared samples, a die shear jig fixture was newly developed to be mounted on a conventional ultimate material testing machine (UTM). Experimental results show that both the bonding temperature and the size of the sample were noticeably correlated to the bonding strength. The observations can be utilized to design process parameters in the advanced packaging processes.

Keywords: Direct Copper to Copper Bonding, Size Effect, Bonding Strength, Thermo-Compression Bonding (TCB), Passivation Layer, Die Shear Test

1. 한국생산기술연구원(KITECH), 학생연구원

2. 한국뉴욕주립대학교, 박사후연구원

교신저자: 한국생산기술연구원(KITECH), 선임연구원, E-mail: mkim@kitech.re.kr

냉간 다단단조 설비의 실시간 공정제어 평가

강성록^{1#}, 강기주¹, 정현영¹, 이광희¹, 김진용¹

Evaluation of Real-time Process Control for Multi-Stage Cold Forging

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

Abstract

냉간다단단조(Multi-stage cold forging) 설비에서 금형의 경우 주로 피로 파손에 의한 파괴현상을 보이는데 금형수명 향상을 위해서는 설계 및 생산과정에서 금형이 받는 하중을 최소화하는 것이 매우 중요하다. 특히 생산과정 중에는 금형이 받는 하중값을 확인하기가 어려워서 제품의 검사기준(치수 스펙) 범위 내에서 현장 작업자에게 공정을 의존하는 형태로 진행되어 왔는데, 최근에는 압조센서 등을 사용하여 공정을 모니터링하고 이상현상(금형파손 등) 발생시 이를 감지하는 사례들이 확대 적용되고 있다. 본 연구에서는 압조센서(Piezo-sensor) 및 온도센서 등을 사용하여 금형에 인접한 위치에 장착 후 금형이 받는 하중을 측정하고 이를 기반으로 공정을 제어하는 방법을 시도하였다. 센서를 통해 분석한 금형 하중이 설정된 범위를 벗어날 경우 설비의 펀치 스트로크(Punch-stroke)를 자동으로 제어하는 방식의 공정제어 방법을 평가하였다.

Keywords: Cold Forming Process, piezo sensors, Tool life, Real-time Process Control

1. ㈜풍강

#. ㈜풍강, 차장. E-mail: smollkang@pungkang.co.kr

냉간단조 금형 수명예측 방안의 분석 및 평가

정현영^{1#} · 강성목¹ · 이광희¹ · 김진용¹ · 노우람² · 정완진³

Analysis and Evaluation of Cold Forming Die Life Prediction Methods

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

Abstract

냉간단조 금형의 경우 지속적으로 반복되는 하중조건 하에서 주로 피로파손에 의한 파괴현상을 보인다. 이에 관련하여 과거에는 현장에서의 평균수명을 기준으로 금형의 수명을 예측하는 방식으로 대응이 이루어졌는데, 금형수명의 산포가 큰 경우에는 평균수명을 기준으로 관리할 경우 현장에서의 생산효율 및 작업효율에 비효율적인 경우가 많았다. 최근에는 금형의 수명을 사전에 예측하고 이를 기반으로 현장에서 활용하는 방안에 대하여 많은 연구들이 진행 중이다. 대표적인 방법이 성형해석 및 구조해석을 통해 금형의 파손부에 가해지는 응력상태를 도출하고, 금형 소재의 S-N 선도(S-N Curve)를 분석하여 금형수명을 예측하는 방법이 있다. 이와는 다른 방식으로 단조작업 중 금형에서 발생하는 신호들(ex. 하중, 음향파 등)을 실시간으로 센싱하여 이상현상의 발생을 탐색하고 금형수명과 연관지어 분석하는 방법 또한 시도되고 있다. 본 연구에서는 위의 두가지 방법을 활용해 금형수명의 예측을 수행하였고 각각의 장단점에 대해 분석하고 고찰하였다.

Keywords: Die Lifetime, Structural Analysis, Forming Load, Real-time sensing

1. ㈜풍강

2. 한국생산기술연구원

3. 서울과학기술대학교

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

전기화학적 수소 장입에 따른 Ti 합금의 미세조직 및 기계적 특성 분석 연구

이효주¹ · Sam Yaw Anaman² · 최정목³ · 박이주⁴ · 이근호⁴ · 김재국⁵ · 이종숙⁵ · 조훈휘[#]

A Study of the Microstructure and Mechanical Properties of Ti Alloy After Electrochemical Hydrogen Charging

H. J. Lee, S. Y. Anaman, J. M. Choi, L. J. Park, K. H. Lee, J. K. Kim, J. S. Lee, 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. 그러나 Ti는 수소와 반응성이 높아 재료 내에 수소화물을 쉽게 형성할 수 있고, 이는 기계적 특성을 저하시킨다. 따라서 본 연구에서는 전기화학적 수소 장입에 따른 Ti 합금의 미세조직 및 기계적 특성을 분석하였다. 먼저, 음극전기분해법을 이용하여 Ti합금으로의 수소장입을 수행하였다. 수소장입 시간에 따른 수소화물 함량의 변화를 측정하기 위해 X선 회절 분석기(X-ray Diffractometer, XRD)를 사용하였으며, 장입 시간이 증가할수록 함량이 높게 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 수소 장입에 따른 표면 및 단면 깊이 경도를 측정하기 하기 위해 비커스(Vickers) 경도 시험을 수행하였다. 실험 결과, 수소가 장입된 시편의 표면 경도값은 모두 증가하였고, 단면 깊이 경도값은 비교적 높은 값을 유지하다가 표면과 일정 거리 이상 떨어진 영역에서 감소하였다. 이를 통해, 수소 장입 깊이를 예측하였고, 장입 시간이 증가할수록 장입 깊이 영역이 증가하는 것을 확인하였다. 이에 대한 미세조직 특성을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 분석하였다.

Keywords: Ti alloys, hydrogen embrittlement, electrochemical hydrogen charging, mechanical properties, microstructure

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, 학석사 과정

2. 한밭대학교 신소재공학과, 박사 과정

3. ㈜진합 기술연구소, 상무

4. 국방과학연구소, 연구원

5. 전남대학교 신소재공학부, 교수

교신저자: 한밭대학교 신소재공학과, 교수

E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

사출 성형품의 품질 예측을 위한 인공신경망 방식의 적용 에 관한 연구: 공정 조건의 특징선택

양동철¹ · 김종선[#]

A study on the application of the artificial neural network method in predicting the quality of injection molded product: feature selection of process parameters

D. C. Yang, J. S. Kim

Abstract

Predicting the quality of the injection molded product is a challenging task due to the highly complex, nonlinear processing behavior. The technique of artificial neural networks(ANN) is known for a well-suited machine learning method in mapping the relationship between the process parameters and product quality in injection molding studies, however, a large number of training data sets are required to build an adequate and accurate model to meet industry demands. This paper focuses on the development of ANN model to predict the quality of the injection molded product by introducing a feature selection of process parameters, so that, within a limited number of data sets, the predicting performance and robustness of the ANN model can be improved. In the present study, 50 experimental data were generated to train the model which predicts the length of the injection molded product for multiple combinations of 8 process parameters. Subsequently, the 2 ANN models for 8 process parameters and 4 important process parameters that were determined by the feature selection were created and the accuracy of each model was compared. Based on the comparison, it was verified that the performance of the ANN model increased when only 4 important process parameters were applied. The proposed study can be meaningful for the application of neural networks method in the predicting, optimizing and monitoring of injection molding process.

Keywords: Artificial Neural Network, Feature Selection, Injection Molding, Length

Acknowledgement: This research was supported by [Project No. KM220119, 20013311, “Development of an intelligent process design support platform for the development of high-quality materials and parts”, Ministry of Commerce Industry and Energy, Korea]

1. 한국생산기술연구원 금형성형연구부문, 연구별정

교신저자: 한국생산기술연구원 금형성형연구부문, 수석연구원. E-mail: libra74@kitech.re.kr

인장 거동 시 마그네슘 합금 판재 (AZ31B)의 AE 신호 발생 특성 분석

송용호¹ · 안소찬¹ · 유제형² · 정완진¹ · 이창환^{1#}

Analysis of Acoustic Emission (AE) Signal Characteristics of the magnesium alloy sheet (AZ31B) during Tensile Behavior

Y. H. Song, S. C. An, J. H. Yu, W. J. Chung, C. W. Lee

Abstract

AE 신호는 고체 내부에 축적 된 탄성에너지가 방출될 때 발생하는 탄성파로 이를 통해 재료의 거시적인 변형부터 미세한 결함까지 실시간으로 진단이 가능하다. 본 연구에서는 마그네슘 합금(AZ31B)의 인장 시험에서 탄·소성변형 및 파단에 의해 발생하는 AE 신호를 분석하였다. 인장 시편의 어깨부에 AE 센서를 부착하여 인장 변형 중 발생하는 탄성파를 측정하였다. 또한 시편의 크기와 인장 속도가 AE 신호에 미치는 영향을 파악하였다. AE 신호는 활동도와 관련된 Signal energy, Peak Amplitude, Frequecny centriod와 파형과 관련된 Duration와 같은 AE 파라미터로 분석을 진행하였다. 인장 시험 중 발생하는 항복, 파단 등 재료 거동에 따른 AE 신호를 분석하였고, 주파수 분석을 위해 AE 신호의 FFT(Fast Fourier Treansform) 또한 분석을 진행하였다. 그 결과 항복점에 Number of hit가 가장 뚜렷하게 발생했으며, 이후 급격하게 줄어드는 경향을 확인하였다. 항복점과 파단점에서 Frequecny centriod가 각각 300~350kHz, 250~300kHz 발생하였고, 이와 반대로 Signal energy, Peak Amplitude은 분포가 너무 커서 로그스케일로 나타낸 결과 항복점에서는 각각 3, 3의 값이, 파단점에서는 9, 6의 값이 발생하였다. Duration은 항복점, 파단점 모두 측정 가능한 최대값인 1000 μ s가 발생하였다. 항복에서의 AE 신호와 파단에서의 AE 신호 모두 200kHz에서 최대 값을 보였지만 파단에서의 AE 신호가 45dB μ V 더 큰 값을 보였다. 시편의 폭과 길이가 커지면 number of hit가 증가하였고, Peak frequecny가 높아지는 경향을 보였다. 하지만 Duration, Frequecny centriod과 같은 다른 AE 파라미터는 영향을 받지 않았다. 인장속도가 증가할수록 Count가 증가하였으며, 이후 AE 신호는 다른 AE 신호의 기계적 거동과 비슷한 경향을 보였다. 탄·소성변형 및 파단 변형 검출에서는 Number of hit와 Frequecny centriod이 적절한 것으로 나타났다.

Keywords: AZ31B, Acoustic emission, AE Parameter, Plastic Deformation,

1. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

이창환: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

딥러닝과 결정소성 유한요소해석을 이용한 성형한계도 예측

이한준¹ · 김동규² · 이호원^{3,#}

Prediction of forming limit diagram by Deep learning and crystal plasticity finite element method

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

Abstract

본 연구에서는 판재의 성형성을 나타내는 지표 중 하나인 성형한계도에 집합조직의 비율이 미치는 영향을 예측하기 위해 인공지능 딥러닝 모델을 적용하여 예측 시스템을 개발하였다. 데이터를 얻기 위해 압연에 따른 석출물 등의 변수가 적은 AA5052 알루미늄 판재를 선택했으며, 효율적인 학습을 위해 이전의 연구에서 얻어진 압연물에 따른 각 집합조직들의 최대/최소 비율을 단계적으로 적용시켜 texture파일을 제작하였다. 제작된 texture파일에서 ODF이미지와 유한요소 해석을 통한 성형한계도 그래프를 획득하고 획득한 결과를 매칭하여 딥러닝 학습을 통해 성형한계도 예측 모델을 구성하였다.

Keywords: Forming limit diagram, texture, deep learning

1. 한국재료연구원, 재료 인공지능 빅데이터 연구실 석사과정

2. 부산대학교 기계공학부, 교수

3. 한국재료연구원, 재료 인공지능 빅데이터 연구실 연구원

교신저자: 한국재료연구원, 연구원

E-mail: h.lee@kims.re.kr

원형단면에서 U자형 단면으로의 형상인발공정 설계 및 수치적 검증

변종복¹ · 최연승² · 정임근³ · 남정우³ · 전만수[#]

Process design and numerical verification of a round-to-U shape drawing process

J. B. Byun, Y. S. Choi, I. G. Jung, J. W. Nam, M. S. Joun

Abstract

In this presentation, a flow sequence design of five stage shape drawing from a round cross-section to U-shaped cross-section is presented and finite element verification is made using an implicit elastoplastic finite element method.

Keywords: Shape Drawing, Round bar, U-Shaped Cross-Section

1. 서론

대부분의 형상인발 제품은 볼록한 단면 모양을 가지고 있다. 오목한 모양의 단면을 인발 할 경우, 모서리 부위의 재료 채움이 용이하지 않기 때문에 공정설계 단계에서 세심한 주의가 요구된다.

이 발표에서는 5단 형상인발 공정을 통하여 원형 봉재로부터 U-자형 단면 봉재의 인발 가능성을 내연적 탄소성 유한요소법을 이용하여 수치적으로 평가한다.

2. 형상인발 공정의 설계 및 해석

Fig. 1(a)은 목표로 하는 제품의 최종 형상, U-자형 봉재의 단면이며, 이것을 Fig. 1(b)에서 보는 바와 같이 원형 봉재로부터 시작하여 연속된 인발을 통하여 제작하는 것을 목적으로 한다. Fig. 1(b)의 설계는 시행착오 끝에 재료의 모서리 채움이 원활한 것이며, 선단부에서 인발응력이 한계치를 넘지 않도록 한 것이다. Fig. 2는 해석결과를 나타낸다. 각 패스에서의 해석결과를 Table 1에 요약하였다.

Table 1 Analysis result summary

	Area (mm ²)	RA (%)	Mean stress (MPa)
Workpiece	28.3		
1 st stage	20.9	26.0	315
2 nd stage	15.7	24.9	274
3 rd stage	11.9	24.3	303
4 th stage	9.1	23.2	296
5 th stage	7.1	22.3	268

1. 경상국립대학교 공학연구원, 연수연구원

2. 경상국립대학교 기계항공공학부, 대학생

3. ㈜풍성정밀판, 대표이사

4. ㈜풍성정밀판 품질관리부, 차장

교신저자: 경상국립대학교 기계항공공학부, 교수

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

3. 결론

이 발표에서는 원형-U형 단면 형상인발 공정 설계를 제시하였으며, 가능성 연구를 수치적으로 실시하였다.

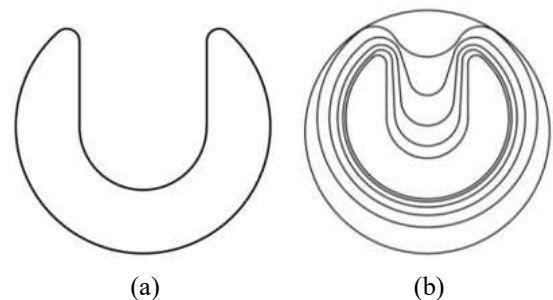


Fig. 1 Final product (a) and sequence design (b)

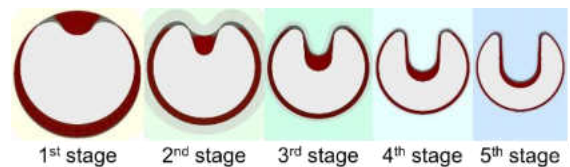


Fig.2 FE predictions

사사

본 결과물은 2022년도 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2022RIS-003)

참고문헌

- [1] N. A. Razali, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2022, Implicit elastoplastic finite element analysis of tube-bending with an emphasis on springback prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol 12, pp. 6377-6391.

3차원 후판 패치 표면 프로파일링 머신 비전 기술 개발

이원주¹ · 응우옌통¹ · 김성제¹ · 이상익² · 윤종현[#]

Development of machine vision technology for profiling 3-D thick plate patch during deformation process

W. J. Lee, N. P. Thong, S. J. Kim, S. I. Lee, J. H. Yoon

Abstract

알루미늄/스틸 중대형 후판의 3차원 곡률가공은 조선해양 및항공, 건축 산업에서 핵심기술로 평가되고 있음. 임의의 3차원 곡률을 갖는 중대형 후판의 제품의 가공 치수 정밀도를 높이고, 비정형률 및 편치형상으로 인해 발생하는 후판의 표면결함을 제거하여 건전성 향상이 가능한 기술 개발이 요구되고 있음. 본 연구에서는 비정형률을 활용한 후판 성형공정에서 이후의 추가적인 다점 정밀성형을 위한 후판 패치 프로파일링 머신비전 프로그램을 제안함. 개발 프로그램은 Point Cloud 데이터 및 CAD 파일을 Input data로하여 곡면 형상을 단위 패치로 나누고 각 중심점을 라벨링이 가능하기 때문에 이를 활용하여 후판 형상의 기하학적 정보를 획득 가능함. 본 기술을 활용하여 실시간 곡면 프로파일 인식이 가능하며, 고정밀 후판 성형이 가능할것으로 기대되며 FEM과 연계한 분석 기술로의 확장이 가능할 것으로 기대됨.

Keywords: Machine Vision, Thick plate, Surface Profile, Point Cloud Data, CAD design

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과 소재부품장비융합전공

2. 기특산업(주)

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

알루미늄 압출품 외관 결함 검출에 대한 기초 연구

조춘묵¹ · 이세형² · 차예나¹ · 김병희^{1,2} · 서영호^{1,2} · 곽호택³ · 김진구³ · 박용재^{1,2,#}

Basic study for the detection of external defects of aluminum extruded products

C. M. Jo, S. H. Lee, Y.N. Cha, B. H. Kim, Y. H. Seo, H. T. Kwak, J. G. Kim, Y. J. Park

Abstract

Machine vision technology is one of the non-destructive inspection methods that can check the quality and condition of an inspection object without affecting or destroying the state of the inspection object, and is widely used for quality inspection such as defect detection in the manufacturing process. In addition, more accurate quality control technology in which advanced technologies such as artificial intelligence is fused with machine vision is attracting attention in various industry fields. Through solving the limitations of visual testing by operator, which is a general quality inspection method, with artificial intelligence-based machine vision technology, the profitability and market competitiveness of a company can be improved. The object of monitoring in this study is aluminum extruded products, and typical external defects of the extrusion process such as carbonization and scratches occur in aluminum extruded products. These defects show different characteristics depending on the cause, and the characteristic of the defect tends to be unclear by illumination due to the non-uniform reflective properties of aluminum. In this study, before checking the presence of external defects through an artificial intelligence neural network, the data collected by directly observing an object with a camera, a vision sensor, were pre-processed using image processing such as brightness and contrast adjustment to clarify the characteristics of defects. YOLOv5 (You Only Look Once version 5) was used to train the preprocessed defect data. In order to prevent errors due to data bias during training, training will be iterated k times with K-fold cross validation. And the performance of the system is evaluated through mAP (mean average precision) which is a representative validation index of artificial intelligence neural networks. The artificial intelligence-based external defect detection system proposed in this study has more accurate detection accuracy due to the accumulated database and can be used as an effective quality control tool.

Keywords: Aluminum extrusion, Inspection system, Defect detecting, Object detection, YOLOv5

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0002092, HRD Program for Industrial Innovation)

1. 강원대학교 기계융합공학과
2. 강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과
3. (주)CAE테크놀로지
교신저자: yjpark@kangwon.ac.kr

Inconel 706 합금의 저하중 성형을 위한 회전단조기술 개발

김효건^{1,2} · 이영선¹ · 윤은유¹ · 우영윤^{1,#}

Development of Rotary forging process technology for low-force forming of Inconel 706 superalloy

H. G. Kim, Y. S. Lee, E. Y. Yoon, Y. Y. Woo,

Abstract

Ni계 초내열 합금인 Inconel 706은 고온에서도 유지되는 우수한 기계적 특성으로 인해 단조를 통한 성형 시 많은 하중을 필요로 한다. 회전단조공정은 상부 금형이 기울어진 각을 가지면서 동시에 회전, 하강하여 점진적인 성형을 부여하는 공정으로 기존 업세팅 단조공정 보다 적은 하중으로도 부품의 성형이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 업세팅과 회전단조를 적용한 Inconel 706 합금의 성형 시 필요한 하중과 미세조직, 기계적 특성을 비교 분석하였다. 유한요소해석을 통해 성형 시 필요한 하중을 예측하였고 위치별 변형량 분포를 확인하였다. 실제 업세팅과 회전단조를 통해 제작된 시험편의 성형 시 하중을 분석한 결과 회전단조시 업세팅의 약 1/4의 하중으로도 동일한 압하율을 가질 수 있음을 확인하였으며 이는 유한요소 해석 결과와도 일치하는 결과이다. 두 조건의 기계적 특성을 분석하기 위해 상온 인장과, 480℃ 고온 인장, 650℃ 650MPa 조건에서 creep 특성을 비교 분석하였으며 Optical Microscopy(OM)와 Electron backscatter diffraction(EBSD) 분석을 통해 위치별 미세조직 차이를 분석하였다. 이를 통해 회전 단조를 통해 낮은 하중으로 성형을 하여도 기계적 특성을 유지할 수 있음을 확인하였다.

Keywords : Inconel 706, Rotary forging, Orbital forging, Upsetting,

1. 한국재료연구원, 연구원

2. 경상국립대학교, 석사과정

교신저자: 한국재료연구원, 선임연구원, yywoo@kims.re.kr

독립현가부품성형을 위한 단조 해석 기반 공정설계 연구

박지우^{1, #}, 김민수¹

Study on process design for independent-suspension system component forming based on forging simulation

J. W. Park, M. S. Kim

Abstract

Recently, localization development for introducing an independent suspension to large commercial vehicles is being carried out. In this study, forging process design was performed for Relay Lever, one of the related element parts on independent suspension system, and the forming results of forging process were predicted using the commercial numerical simulation software. In order to reduce the flash area of the forging result according to the shape of the initial billet, the process was designed with the shape design variable of the initial billet as independent variables. Three parameters (length of initial billet, bending degree of initial billet, diameter of the initial billet) were selected as independent variables. Each independent variable was defined as three levels, and forming simulation result data were obtained for each process variable condition based on the 3-factor 3-level factor full factorial design. Regression analysis was performed using acquired simulation database, and significance and influence of each factor also evaluated. Utilizing this regression model, billet shape condition for reducing the flash area was confirmed.

Keywords: Relay Lever Manufacturing, Regression Model, Numerical Simulation, Flash volume

후 기

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

1. 한국생산기술연구원, 선임연구원

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

Point cloud 기반 인공지능 기술을 적용한 유연케이블 다발의 3차원 프로파일 추출기술 개발

응우옌통¹ · 김동형² · 이지성² · 김중배³ · 한병길⁴ · 박동일⁵ · 윤종현[#]

3D profile detection for multiple-branch wire harness with utilization of machine learning in point cloud analysis

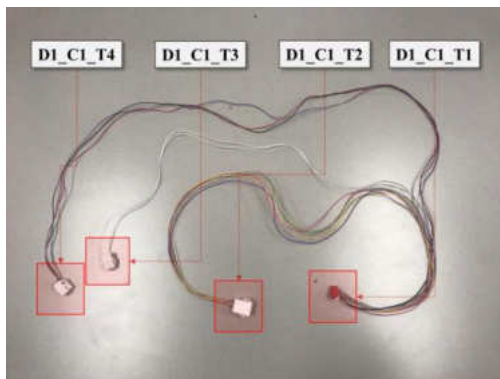
T. P. Nguyen¹, D. H. Kim², J. S. Lee², J. B. Kim³, B. K. Han⁴, D. I. Park⁵, J. H. Yoon[#]

Abstract

It can be recognized that a vision-based detection method for the wire harness, which both detect and classify branches in the multiple branches wire harness and extract the 3D profile of each branch and the terminals, is needed. As the main purpose, a vision method, that can provide the robot system a sight optimized from the realistically chaotic situation for sufficiently assembling process, is developed.

Keywords: Automation system, convolutional neural network, machine vision, wire harness assembly

In modern industry, fully automated production process, by utilizing the robots and automatic system, is considered as an ideal model for every factory to follow. The purpose of this model truly is to increase efficiency and minimize the labour costs and efforts for management. Therefore, in these days, the current robot systems have been continuously developed to enhance not only the specification, but also the ability to perform complicated tasks which habitually requires skilled workers. However, currently it is still not possible for the robot system to replace humans in all tasks, especially in manipulations related to flexible deformable products, such as wires and cable harness, and the research in this fields are still in progress.



(a)



(b)

**Fig. 1 (a) Target wire harness product.
(b) Manual assembly process**

1. 한양대학교 기계설계공학과, 박사과정연구원
2. ETRI 로봇협업지능연구실, 선임연구원
3. ETRI 로봇협업지능연구실, 책임연구원
4. 한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구실, 선임연구원
5. 한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구실, 책임연구원
한양대학교 ERICA 기계공학과, 교수, E-mail: yooncsmd@gmail.com

Considering the target objects in this research which is a wire harness, it is a systematic and integrated arrangement of cables within an insulated material. The purpose of the assembly is to transmit signal or electrical power. The wires are linked using a combination of straps, cable ties, sleeving, electrical tape, and conduit, which not only helps to ease the assembly process comparing to using each single wire, but also more effectually protect the wires against the attack from the vibrations, abrasions, and moisture. Because of the importance of the wire harnesses in electronic devices, it is considered indispensable in most of the production line. Although it is being widely used in industry, most of the assembly process for the wire harness is manually conducted. It is because of the complexity of its flexibly deformable geometry characteristic and the chaotic situation when many wire with the small thickness is tangled, overlapped. Therefore, wire harness assembly is one of the most complex and time-consuming, which requires 90% of the total assembly time of 260 min, while the assembly of mechanical parts only consumes 10%. Therefore, automating this assembling stage is a highly practical demand. However, owing to the complexity of this process, this remains challenging, despite the currently available technological developments.

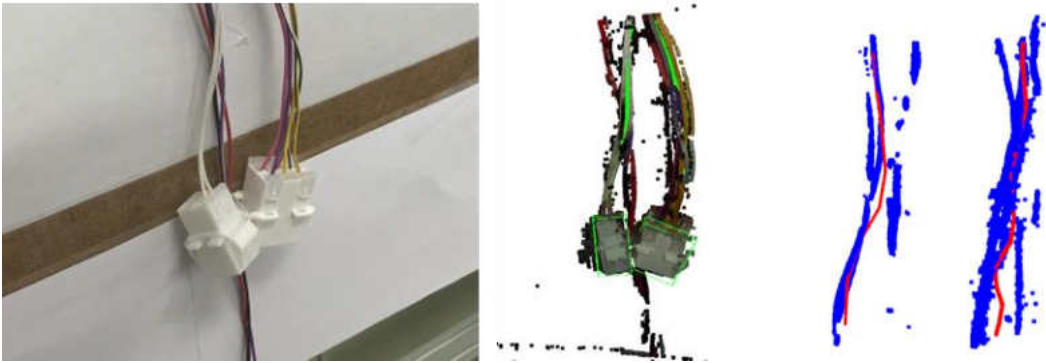


Fig. 2 Wire detection results

This study mainly proposes a vision-based method to classify and detect the profile of branches in a multiple-branch wire harness for a robot arm system to pick and assemble into a mounting board. In this research, a combination of You-Only-Look-One object detection model and a 3D point-to-plane matching method is used for detecting and classifying terminal types. Also, to detect the portion of each wire in the 3D inputted data, a knn-based color classification is trained and utilized after eliminating the background by the applying random sample consensus (RANSAC) method. Subsequently, a developed profile extracting technique, which utilize the color classified results and the detected terminal positions, is applied to extract the 3D representative curve of each branch separately. Finally, a demonstration of a wire harness experiment using the proposed detection method is presented for validation.

6시그마 활용 도어 외판 핸들부 주위 미세면굴곡 저감 연구

최보성¹ · 이덕영[#]

A study on the reduction of micro-surface deflection around the handle of the door outer panels using 6 sigma

B. S. Choi, D. Y. Lee

Abstract

In this study after the mechanism of micro-surface deflection was analyzed, to solve this problem, a micro-surface deflection reduction method using a urethane sub pad was suggested. In the six sigma analysis, the padding force and the pad friction coefficient were used as key factors, and a predictive equation for the optimal condition was derived. Through micro-surface deflection analysis, the applicability of the suggested improvement method and the analysis of key factors were performed.

Keywords: six sigma, micro surface deflection, door outer handle part, sub pad, thermoplastic poly urethane

1. 서론

최근 미래자동차 개발에 있어 성능과 더불어 외관 품질의 중요도가 점점 증가하고 있는 추세이다. 차체 외관품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 미세면굴곡 불량률이 있는데, 이는 파단, 주름, 치수정도 불량 등과 함께 프레스 성형 부품에서 발생하는 대표적인 불량 현상이다. 미세면굴곡은 차체 외판 도어 핸들 부위와 같이 자동차 차체 외판의 형상 급변부에서 주로 발생하며 그 크기도 약 20~200 μ m (0.02~ 0.2mm) 정도로 매우 작기 때문에 정량적으로 평가하기가 대단히 어렵다. 지금까지 미세면굴곡 측정 방법은 연마 스틱돌에 의한 스크래치 검사, 스킨면 문지르기, 빛의 난반사를 통한 굴곡평가 등이 있다⁽¹⁾. 이러한 검사방법은 측정자의 감각에 의존하는 만큼 사람에 따라 차이가 발생할 수 밖에 없다. 최근 Chung 등⁽²⁾은 수직 이방성을 고려한 곡률에 의한 미세면굴곡 평가시스템을 개발하였으며, 실험을 통해 곡률 분석기법의 평가 가능성을 확인하였다. 본 연구에서는 6시그마를 활용한 미세면굴곡 저감 연구를 위해 Pamstamp 2G 프로그램을 사용하였으며 Cosmetic defect 모듈을 사용하여 미세면굴곡량을 분석하였다. 우선 미세면굴곡 해석을 통해 개선 공법 적용 가능성 및 핵심인자 분석을 수행한 후 테스트 금형을 이용하여 양산 금형에의 적용 가능성을 평가하였다.

2. 실험 방법

OP10 드로잉 공정 성형해석 및 스프링백 해석 후 트림 작업을 수행하였고 도어 핸들부 주위 10개의 측정 포인트를 선정하여 3명의 측정자가 2회씩 반복 측정하여 데이터를 얻었으며 해석의 신뢰도 확보를 위해 트라이아웃 결과와 비교하였다.

1. (재)울산테크노파크

교신저자: 대구대학교, E-mail: dylee@daegu.ac.kr

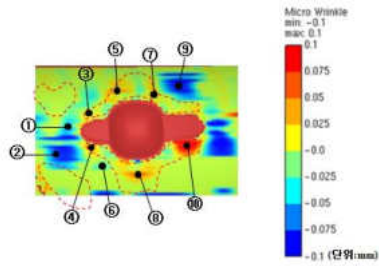


Fig. 1 Micro surface deflection analysis data



Fig. 2 Tryout result

측정값에 대한 Gage R&R 분석 결과 기여도가 1%미만이었으며, 연구변동이 10% 미만, 구별범주의 수가 10 이상으로 측정시스템에 문제가 없음을 확인하였다. 런 차트에서는 군집화를 위한 근사 P 값과 혼합물에 대한 근사 P 값, 추세, 진동에 대한 P 값들이 0.05 이상이므로 공정은 안정되어 있다고 판단할 수 있으며, 정규성 검증 결과 데이터는 정규성을 가짐을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

미세면굴곡 발생 메커니즘 분석 결과, 홀딩시 판재에 인장이 충분히 걸리지 않은 상태에서 상형측 도어 핸들 형상에 의해 성형될 때 핸들부 주위 코너부 살포림으로 인해 최종 성형 후 미세면굴곡이 발생함을 확인하였다. 이를 해결하기 위해 실험계획법 중 2인자 완전요인 배치법을 이용하였으며 우레탄 서브 패드를 사용한 미세면굴곡 저감 공법 적용으로 Padding력과 Pad 마찰계수를 핵심인자로 하여 다음의 해석 결과를 얻었다.

Table 1 Defect rate by padding force and pad friction

Padding 력(Ton)	Pad 마찰계수	불량률(%)
20	0.5	60
50	0.5	30
20	0.05	50
50	0.05	40

그래프 분석 결과 Padding력의 기울기가 더 가파르므로 결과에 영향을 더 크게 주며, 두 직선이 평행하지 않으므로 인자 상호간의 교호작용이 존재한다. 실험계획법에 의해 도출된 최적 조건에 대한 예측 방정식은 다음과 같다.

$$Y=45.5-3.89A-22.22AB(A: \text{Padding력}, B: \text{Pad 마찰계수})$$

4. 결론

우레탄 서브 패드를 사용한 미세면굴곡 저감 공법 적용으로 Padding력은 50Ton, 마찰계수는 0.5일 때 불량률은 30%로 최소가 됨을 확인할 수 있었다. 6시그마 활용 공정능력 비교 결과 개선 전에 비해 개선 후 시그마 수준은 0.82시그마 향상되었고, 불량률은 약 47.7% 감소하였다.

참고문헌

- (1) K. Yoshida, 1993, Handbook of Ease or Difficulty in Press Forming, National Center for Manufacturing Science, Japan.
- (2) W. J. Chung, W. S. Kim, J. H. Kim, T. H. Seo, T. C. Jung, 2011, Proc. NUMISHEET 2011. (eds, K. Chung, H. N. Han, H. Huh, F. Barlat, M. G. Lee), AIP, Seoul, Korea, pp. 1072~1077.

후 기

본 연구는 (주)신영의 산업집적지경쟁력강화사업 “5M급 하이브리드 3D프린터 활용 고품질 Aluminum Door Assy 개발용 금속 +TPU 적층 다중 소재 금형 및 미세면굴곡 대응 기술 개발”의 지원을 받았음.

압출금형의 내마모 코팅 방식에 따른 마이크로채널 튜브의 압출 특성 변화

신영철^{1#} · 최호준¹ · 원종구² · 이승철³ · 김우성³ · 전영호³

Changes in the Extrusion Characteristics of Micro-Channel Flat Tube Depending on the Types of Wear Resistance Coating for Extrusion Die

Y. C. Shin, H. J. Choi, J. G. Won, S. C. Lee, W. S. Kim, Y. H. Jeon

Abstract

The micro-channel flat tube, a key component of the parallel flow condenser, releases heat from the refrigerant to the external atmosphere to condense and liquefy the high-temperature and high-pressure refrigerant supplied from the compressor. To ensure long-term use of the condenser without failure due to the burst of the micro-channel flat tube, studies have been steadily conducted to improve corrosion resistance of the tube material. Increasing the Mn content of the 3xxx aluminum alloy, which is a material of the flat tube, is an effective method to improve corrosion resistance. However, an increase in the Mg component in the alloy increases the strength of the material, which leads to an increase in the load of the extrusion press and a decrease in productivity. An increase in the strength of the material also leads to an increase in wear of the extrusion die, thereby reducing the die life. To improve the wear resistance of the extrusion die, it is necessary to apply a strong wear resistance coating on the die surface. This research confirmed a change in the friction coefficient according to the representative coating method applicable to the die surface for the extrusion of the micro-channel flat tube and observed a change in extrusion characteristics depending on the coating method with a die material through FE simulation.

Keywords: Micro-Channel Flat Tube, Extrusion Die, Extrusion, Wear Resistance Coating, Friction

1. 한국생산기술연구원

2. ㈜에스에스테크

3. 대한공조㈜

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

비대칭 압연을 통한 이종 철계합금 클래딩재 제조 방법 및 특성 평가

조우빈^{1,3} · 유효상¹ · 조균택¹, 김대근², 전재열^{1,#}

Fabrication and evaluation of dissimilar Fe-based alloys cladding through asymmetric rolling

W. B. Jo, H. S. Yoo, K. T. Cho, D. G. Kim, J. Y. Jeon

Abstract

서로 다른 열팽창계수를 가진 판재가 접합된 형태인 바이메탈은 다양한 접합 방법 중 주로 압연 공정을 통해 제조된다. 압연을 통한 접합 시, 동속 압연의 경우 표면에 전단변형, 소재 중심부인 접합계면 쪽은 평면변형이 작용하여 클래딩재 두께 별 변형률이 상이하다. 이에 본 연구에서는 이종 철계합금을 이용한 전자개폐기용 바이메탈 소재 제조 시, 두께방향으로의 균일한 변형 부과 및 재료 전체에 보다 큰 상당변형량 도입을 위한 목적으로 비대칭 압연의 일종인 이주속 압연을 실시하였으며, 이주속 압연 시 상·하 롤 속도비 및 압하율에 따른 접합 유·무와 이에 따른 미세조직 변화 및 기계적 특성 평가를 실시하였다. 바이메탈 소재 제조를 위해 고열팽창소재는 63Fe-36Ni-1Mo합금, 저열팽창소재는 64Fe-36Ni합금을 진공유도용해를 통해 잉곳 제조 및 열간, 냉간 압연을 통해 각각 3.0mm의 두께로 판재를 제조하였다. 이후, 표면 스케일 제거 및 추가 가공을 통해 각각 1.5mm의 두께의 판재로 클래딩용 시료를 준비하여 이주속 압연을 실시하였고, 비교재로 동속 압연도 실시하였다. 이주속 압연을 통한 클래딩 시, 롤 속도비는 1.2:1 ~ 2.0:1, 압하율은 각각의 롤 속도비에서 최소 35% ~ 최대 66%로 달리하여 실시하였다. 동속 클래딩재는 압하율 60% 이상에서 접합된 반면, 롤 속도비 1.6:1 이상의 이주속 클래딩재는 압하율 43%에서도 성공적으로 접합되었다. 이주속 압연을 실시했을 때, 클래딩재의 전단변형량과 상당변형량은 핀 삽입법을 통해 계산하였다. 동속 클래딩재의 경우, 전단변형량 값의 범위는 -0.8 ~ 0.9로 전단변형이 압연방향과 압연반대방향 모두 작용한 반면, 이주속 클래딩재의 전단변형량 값의 범위는 0 ~ 1.4로 전단변형이 압연방향으로만 작용하였다. 클래딩재의 각 두께별 상당변형량 값은 동속 클래딩재의 경우 약 0.9 ~ 1.0, 이주속 클래딩재는 롤 속도비가 클수록 그 값이 증가하여 2.0:1의 롤 속도비에서 상당변형량은 약 1.2 ~ 1.3의 값을 나타내었다. OM을 통해 이주속 클래딩재와 비교재인 동속 클래딩재의 미세조직을 관찰한 결과, 이주속 클래딩재에서 동속 클래딩재 대비 롤 속도비가 증가할수록 두께 별 결정립이 압연방향으로 더욱 치밀하게 연신된 조직이 관찰되었다. 비커스 경도를 통해 이주속 및 동속 압연한 클래딩재의 두께 별 경도 측정 결과, 동속 압연한 클래딩재보다 이주속 압연을 실시한 클래딩재의 고열팽창합금판재의 평균 경도가 더 높게 측정되었으며 동속 클래딩재의 고열팽창합금판재의 평균 경도는 233HV, 저열팽창합금판재의 평균 경도는 231HV의 값을 나타내었고 롤 속도비 2.0:1로 이주속 압연한 클래딩재의 고열팽창합금판재의 평균 경도는 248HV, 저열팽창합금판재의 평균 경도는 241HV로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 동속 클래딩재의 고열·저열팽창합금판재의 평균 경도 편차는 각각 $\Delta 2\text{HV}$, $\Delta 1.6\text{HV}$, 롤 속도비 2.0:1의 이주속 클래딩재의 고열·저열팽창합금판재의 평균 경도 편차는 각각 $\Delta 1\text{HV}$, $\Delta 0.5\text{HV}$ 로 동속 클래딩재보다 고열·저열팽창합금판재의 두께 별 경도가 보다 균일하게 측정되었다.

Keywords: Bimetal, Cladding, Differential speed rolling, Pin embedded, Microstructure

1. 한국생산기술연구원

2. 고등기술연구원

3. 조선대학교

교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원, jyjeon0156@kitech.re.kr

SLA 3D 프린팅 공정에 따른 미세유체 칩의 광학적 특성에 관한 연구

권다인¹·진재호¹·오재환¹·강도현²·김관오²·윤재성²·유영은^{2#}

A Study on Optical Characteristics for Micro-fluidic Chip depending on SLA 3D printing process

Jae-Ho Jin¹, Da-in Kwon¹, Jae-Hwan Oh¹, Do-Hyun Kang², Kwan-Oh Kim², Jae-Sung Yoon², Yeong-Eun Yoo^{2#}

Abstract

일반적으로 미세유로가 적용된 미세유체 칩의 제작을 위해서는 실리콘 혹은 유리 기판에 대해서 코팅, 노광, 식각 등 여러 단계의 공정이 요구되는 리소그래피 공정을 이용하거나, 이렇게 제작된 미세유로 구조를 고분자 소재를 이용하여 복제하는 방법 등이 사용되고 있다. 그러나 3D 프린팅의 경우, 앞에서 제시된 별도의 공정없이 설계된 구조를 직접 적층하며 제작할 수 있어 기존의 제조 과정에 비해 매우 짧은 시간에 경제적으로 시제품을 제작할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서 사용한 UV 경화성 수지를 이용한 Formlab 사의 SLA 방식의 3D 프린터의 구현 가능한 최소 유로 폭은 200 μm 정도이나 미세유로가 적용되어 실제 제작되는 미세유체 칩 혹은 이를 구성하는 구조의 형상, 크기, 표면 특성, 광학적 특성 등은 프린팅 방향, 적층 두께, 경화 시간 등의 영향을 받는다. 본 연구에서는 폭 200 μm ~500 μm 범위의 미세유로가 적용된 미세유체 칩을 SLA 프린팅 공정의 프린팅 방향, 경화 시간 등의 조건을 변화시켜 제작하였으며, 제작된 미세유체 칩의 표면 및 광학적 특성 등의 평가 및 공정 특성과의 연관성을 분석하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 통하여 SLA 방식의 3D 프린팅 공정을 최적화할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

Keywords: Optical characteristic, prototyping, SLA 3D printing, micro-channel

1. (주) 네오나노텍

2. 한국기계연구원 나노공정장비연구실

교신저자: 한국기계연구원 나노공정장비연구실, E-mail: yeyoo@kimm.re.kr

FRP 소재의 열간 성형을 통한 가이드 보빈 개발

이철환¹, 서명관¹, 김동규¹, 김상현², 강용기[#]

Development of Bobbin by Analyzing Behavior of Hot Forming FRP Material

C. H. Lee, M. G. Seo, D. K. Kim, S. H. Kim, Y. K. Kang

Abstract

Composite materials, including carbon fiber, are being applied by various automobile manufacturers for the purpose of reducing body weight and CO2 emission due to environmental regulations and demands for energy efficiency improvement. Korea is actively supporting the development of advanced future materials and parts, which are called future growth engines, due to increasingly stringent environmental and fuel economy regulations, and recognizes the importance of developing composite material derivatives that can replace metals. In this study, basic physical properties and molding conditions of FRP(Fiber Reinforced Plastic) material were set during hot forming for the development of guide bobbins for the core part of slot motors.

Keywords : FRP(Fiber Reinforced Plastic), Hot forming, Guide bobbin

후기

본 연구는 산업기술혁신사업-소재부품기술개발사업(20011293)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. 경창산업㈜

교신저자 : ㈜디케이솔루션, kyk1041@hanmail.net

공정제어에 따른 금형의 진동 신호 변화와 공정정보의 상관관계에 대한 연구

이준한¹ · 김종선[#]

A study on the correlation between the change in the vibration signal of the mold and the process information according to the process control in injection molding process

J. H. Lee¹, J. S. Kim[#]

Abstract

In this study, changes in the vibration signal generated to the mold according to the process control in the injection molding process were measured and analyzed. The injection molding process is a process in which a resin melted at a high temperature is injected into a mold at high speed and pressure, and a characteristic change in vibration inevitably occurs during process control. The change in these characteristic vibrations occurred in the mold during the process was measured through an acceleration sensor. An acceleration sensor was attached to the mold surface and the injection molding process was performed to analyze the change in the vibration signal according to the process conditions. As a result, it was confirmed that the vibration signal generated in the mold during the injection molding process showed a large level of amplitude change for each specific step. Then, the process information was analyzed by analyzing the correlation between the vibration change of the mold at a specific point in each process step and the process condition or control step. Based on these changes, each stage in the characteristic process, such as injection start, packing pressure start, and packing pressure end, was divided. In addition, based on the points at each process stage collected through the change of the mold vibration signal, it was confirmed that the process time of each stage can be accurately measured with a difference of 1 to 2%.

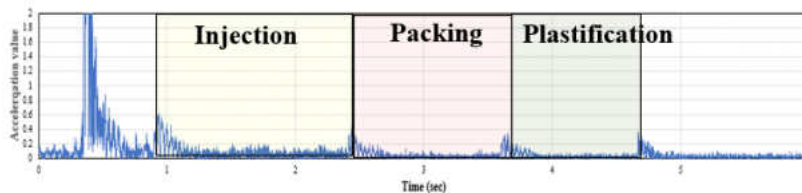


Fig. 1 Classification of process steps according to changes in the vibration signal of the mold

Keywords: Injection molding, Mold, Vibration, Process control, Process monitoring

Acknowledgement: This research was supported by [Project No. KM220119, 20013311, “Development of an intelligent process design support platform for the development of high-quality materials and parts”, Ministry of Commerce Industry and Energy, Korea]

1. (주)이몰디노, Domain expert

교신저자: 한국생산기술연구원, 수석연구원,

E-mail: libra74@kitech.re.kr

3점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면 형상 설계

이철환¹, 서명관¹, 강용기¹, 심우정², 김동규[#]

Cross-sectional shape design of car body part using Finite Element Analysis for 3-point bending

C. H. Lee, M. G. Seo, Y. K. Kang, W. J. Sim, D. K. Kim

Abstract

A roll forming process is a method of forming a part using continuous bending, and is a process of passing a material through a continuous forming roll to form a part having a desired cross-sectional shape. In particular, it is very important to optimize the material and cross-sectional shape because the stiffness and cross-sectional shape of the material determine the stiffness of the body part. In this study, a three-point bending method was applied to evaluate the stiffness of body parts. The repulsive force was measured and compared for each cross section through FEA (Finite Element Analysis) of three-point bending of each body part.

Keywords : Roll forming, Three-point bending method, FEA (Finite Element Analysis)

후기

본 연구는 자동차산업기술개발사업(20019142)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. ㈜새한산업

교신저자 : ㈜디케이솔루션, kyk1041@hanmail.net

건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석

서명관¹ · 이철환¹ · 김동규¹ · 박은수² · 장현영³ · 박광수⁴ · 강용기[#]

Finite element analysis of roll forming process for the architectural frame

M. G. Seo, C. H. Lee, D. K. Kim, E. S. Park, H. Y. Jang, K. S. Park, Y. K. Kang

Abstract

The roll forming method is a representative plastic processing method that gradually forms a material using roll dies arranged in multiple stages. It is a method that has the advantages of surface defects, dimensional accuracy, and infinite product production in the longitudinal direction by minimizing the forming load. In addition, the investment cost is low compared to the press process, and it is advantageous for manufacturing a shape of a closed cross-section. In this study, the problems of the roll forming process of the Architectural frame were predicted through FEA(Finite Element Analysis) and the process design was performed according to this prediction.

Keywords : Roll forming, Architectural frame, FEA(Finite Element Analysis)

후기

본 연구는 공동조건부신제품개발사업(S2860265)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. 경창산업㈜

3. ㈜코인스이앤씨

4. 포항산업과학연구원(RIST)

교신저자 : ㈜디케이솔루션, kyk1041@hanmail.net

FEM을 통한 로터 샤프트용 Preform 형상 및 공정 설계

서명관¹, 이철환¹, 강용기¹, 유호석², 김안나², 이성민², 김동규[#]

Preform shape and process design for rotor shaft through FEM

M. G. Seo, C. H. Lee, Y. K. Kang, H. S. You, A. N. Kim, S. M. Lee, D. K. Kim

Abstract

According to the development of the industry, economical and technology capable of producing excellent quality products is required. For this purpose, studies are being actively conducted on an optimized production system that can analyze the manufacturing process and accurately predict each process to improve the characteristics of the produced product. By linking heat transfer microstructural changes and changes in mechanical properties, it became possible to systematically predict molding as well as define process variables such as temperature and friction conditions. In this study, basic modeling of the process is performed for the purpose of preform molding of a rotor shaft for an electric vehicle drive motor, and the effect of temperature, which is the most important factor in the hot forging process, is analyzed based on the spec and process conditions of actual future equipment. The process conditions are presented by analyzing the moldability and forming resistance according to the finite element analysis method.

Keywords: Forging, Rotor shaft, FEM

후기

본 연구는 중견기업상생혁신사업(P0020663)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. ㈜서진캠

교신저자: ㈜디케이솔루션, dksolution1@naver.com

로터 코어 균일 적층을 위한 접착제 도포 시스템 개발

강용기¹, 이철환¹, 서명관¹, 박광석², 김안나², 이성민², 김동규[#]

Development of adhesive application system for uniform lamination of rotor cores

Y. K. Kang, C. H. Lee, M. G. Seo, K. S. Park, A. N. Kim, S. M. Lee, D. K. Kim

Abstract

Based on the Paris Climate Agreement, domestic demand for technology suitable for the “2050 carbon neutral” policy is demanding, and the eco-friendly vehicle sector, which is presented as an alternative, demands technological advancement such as performance and efficiency improvement. In response to this demand, as part of the performance improvement of the drive motor, which is a key part of eco-friendly cars, we are developing a stacking technology of rotor cores with excellent NVH performance, aiming to secure the performance of eco-friendly cars and global competitiveness.

In this study, we developed a rotor core coating system with stamp core bonding technology that satisfies the bonding strength, and improved the vibration and noise problem during high-speed rotation, which is a problem with the existing dot bonding method. and Compared to the dot bonding and self bonding processes, the number of processes (pressing processes) is reduced to contribute to the reduction of manufacturing cost.

Keywords: Rotor Core, Rotor Core Bonding, Stamp bonding, Bonding

후기

본 연구는 신산업진출 사업재편 핵심기술개발사업(P0020516)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. ㈜서진캡

교신저자: ㈜디케이솔루션, dksolution1@naver.com

980MPa급 열연 강판 적용한 차량용 후륜 트레일링암 개발

김상훈¹· 도두이통¹· 손경주²· 박정석²· 박종규^{1, #}

Development of Rear Trailing Arm for Vehicle Using 980MPa Grade Hot Rolled Steel

S. H. Kim, D. T. Do, K. J. Son, J. S. Park, J. K. Park

Abstract

최근 전기자동차의 주행거리 확보를 위한 대용량 배터리팩 적용이 확대되고 있고, 이에 따른 기존 내연 자동차 대비 전기자동차의 공차중량이 크게 증대되고 있다.

경량화와 부품 성능을 동시에 만족하기 위해서 초고장력강(ultra-high-strength steel) 적용 새시(chassis) 부품에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

특히 초고강도강의 경우, 높은 항복강도와 낮은 연신율에 따른 성형불량에 지속적으로 발생하고 있으며, 이를 극복하기 위해 제품 형상 및 성형 공정 최적화에 대한 연구가 다양하게 지속적으로 이뤄지고 있다. 본 연구는 제품 단위로 초고장력강 버링 성형성 및 스프링백(springback) 예측 신뢰성 확보를 위해 대표적인 자동차용 새시 부품의 하나인 후륜 트레일링암을 아이টেماً로 선정하였으며, 이동경화식(kinematic hardening)을 적용한 스프링백 해석을 진행하였고, 보정량을 반영한 시험 금형을 공정별로 제작하여 스프링백 해석과 동일한 조건의 시험을 실시하였다.

마지막으로 시험 후 제품 형상에 대한 3D 스캔 결과와 비교함으로써 본 연구에서 제안하는 방법의 신뢰성 검증 및 양산 적용 가능성을 확인하였다.

Keywords: Ultra High Strength Steel (UHSS), Burring, Finite Element Analysis (FEA), Automotive Chassis Part, Springback, Kinematic Hardening

- 후기 -

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(780 MPa급 이상 초고강도 소재 적용 전기자동차 샤시 및 300 MPa급 이상 알루미늄 배터리케이스 용접을 위한 요소 공정해석기술 개발 및 제품화 실증, 1415181910, 20022438, 산업통상자원부)

1. ㈜화신 기술연구소

2. 현대제철 주식회사 연구개발본부

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

EV 모터용 ROTOR SHAFT 제조를 위한 Flow Forming 공정에 관한 연구

박은수^{1#}, 이성민², 김동규³

A Study on Flow Forming Process for Manufacturing Rotor Shaft for EV Motor

E. S. Park, S. M. Lee, D. K. Kim

Abstract

최근 EV 보급의 확대로, EV 용 모터의 성능 향상에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, EV 용 모터의 성능에 큰 영향을 주는, Rotor Shaft 에 대한 연구 역시 활발히 진행 되고 있다. EV 용 Rotor Shaft 의 경우, 기존의 건드릴 공정을 적용한 기계가공타입 Shaft 와, Radial Forging 을 적용한 Shaft 등이 주를 이루고 있으며, 최근 용접 타입의 Shaft 가 개발 및 양산 준비 중이다. 각각의 Shaft 는 모두 장점과 단점을 가지고 있는데, 기계가공타입 Shaft 의 중량화 단점, Radial Forging 타입 Shaft 의 치수정밀도 단점, 용접 타입 Shaft 의 용접결함 단점등을 해소하기 위해, 최근 Flow Forming 을 적용한 일체형 경량화 Shaft 에 대한 연구가 진행 되고 있다. 본 연구에서는 EV 구동모터용 Rotor Shaf의 Flow Forming 공정 성형 조건을 정립하고, 실제 향후 사용 설비의 Spec 및 공정 조건 등을 바탕으로 유한요소 해석법을 통해, 공정조건을 제시하였다.

Keywords: Rotor Shaft, Flow Forming , FEM

후기 이 논문은 2021년도 산업통상자원부의 ‘신산업진출 사업재편 핵심기술개발사업’, ‘NVH 성능 및 비틀림 강성이 향상된 전기 자동차 구동 모터용 일체형 중공 샤프트 제조 기술개발’ (과제번호: P0018669)의 지원을 받아 연구되었음.

1. 경창산업㈜, 책임

2. 경북테크노파크, 책임

3. 디케이솔루션, 대표

교신저자: 경창산업㈜, 책임. E-mail: parkes@kc.co.kr

수치해석을 통한 고강도 알루미늄 적용 Strut Main Plate 부품 다단 성형공정 설계

배기현¹·이지호¹·김보익²·박시우²·허민철²

Simulation-Based Multi-Stage Forming Process Design of Strut Main Plate Part by Applying High-Strength Aluminum Alloy Sheet

G. H Bae, J. H. Lee, B. I. Kim, S. W. Park, M. C. Hur

Abstract

최근 자동차의 경량화 니즈 확대에 인하여 알루미늄 합금 소재 적용이 다양한 부품군으로 확대되고 있다. 자동차용 Strut 부품은 운전자의 승차감을 향상시키기 위한 방진제품 중 하나로 방진성능 뿐만 아니라 피로대구 성능도 동시에 만족시켜야 하므로 기존 강판을 대체한 제품 개발 시에는 알루미늄 주조에 의한 제품 개발을 우선적으로 검토하고 있다. 하지만 알루미늄 소재 및 주조 공법의 제조단가로 인하여 기존 강판을 대체하기에는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위해서는 알루미늄 판재의 낮은 성형성을 극복할 수 있는 다단 프레스 성형공법 설계 및 제품개발이 필수적이다.

본 연구에서는 수치해석을 활용하여 냉간성형용 고강도 알루미늄 판재를 이용한 Strut Main Plate 부품의 다단 성형공정 설계를 제안한다. 기존 강판을 대체하기 위하여 300MPa 급 이상의 알루미늄 판재를 선정하였으며, 기초 물성평가를 통하여 성형해석용 물성모델을 구성하였다. 기존 강판의 다단 트랜스퍼 성형 공정을 대상으로 알루미늄 판재를 적용하여 수치해석을 수행하였으며, 이를 통하여 알루미늄 판재의 성형성을 분석하고 문제점을 확인하였다. 다양한 파단 현상에 대하여 순차적으로 개선 방안을 모색하였으며, 이를 통하여 최종적으로 고강도 알루미늄 판재 적용 Strut Main Plate의 성형성 확보가 가능한 다단 프레스 성형공정을 제안한다.

Keywords: Multi-Stage Forming, High-Strength Aluminum Alloy Sheet, Numerical Analysis, Strut Assembly.

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 세종산업 기술연구소

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

혼재된 금속 비금속 스크랩 분리 방안 연구

박광수¹ · 문영훈[#]

A study on the separation method of mixed metal and non-metal scrap

K. S. Park, Y. H. Moon

Abstract

We have developed a device that can effectively crush and separate scraps generated during simultaneous processing of non-ferrous metals and stainless steel and high Mn steel and non-magnetic materials. It is a technology that can be quickly separated.

Scrap, which is a by-product after processing generated at the manufacturing site, contains a mixture of magnetic materials such as iron and non-magnetic materials such as non-ferrous materials.

A method and apparatus for efficiently and rapidly separating them.

Keywords: Steel scrap, Separation, Non-ferrous metal, Stainless, Whitemetal, Magnetic material

1. 서론

최근 도시 광산을 통한 소재 회수에 많은 사회적 관심이 있다. 원자재의 수입에서 도시광산을 통한 재생 철강 또는 비철 소재를 회수하여 산업에 다시 원자재로 공급하는 선순환 구조는 국가적으로도 큰 이슈이다. 고가의 비철소재와 철강소재, 그 외 플라스틱 등의 환경 오염 소재를 획기적으로 분리 할 수 있는 기술에 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 혼재된 금속과 비금속을 파쇄하여 빠른 시간안에 각각을 분리 할 수 있는 방안에 관하여 연구하였다. 거시적으로 95% 이상의 분리를 위해 현장에 설치가 용이한 간단하면서도 강인한 구조이며, 제작 비용 또한 매우 저렴 할 수 있는 구조이다. 본 분리 방안을 활용하여 거시적으로 95%이상 파쇄 분리하는 것이 대부분의 소재를 효율적으로 분리 하는 경제적인 방법이고 이후 나머지 5%이내를 상세 분리는 용융 환원등의 방법으로 많은 비용이 소모 된다.

■ 다양한 형상의 Scrap

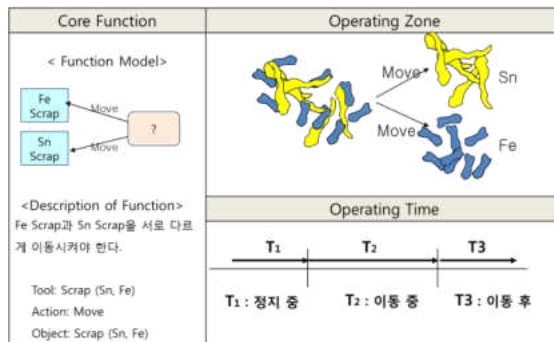
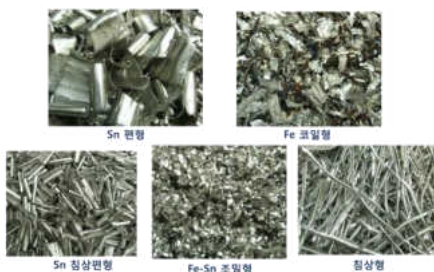


그림 1. 분리를 위한 물질 장 모델

1. 포항산업과학연구원(RIST)

부산대학교, yhmoon@pusan.ac.kr

고강도강 레이저용접 판재의 용접부 국부 물성 평가

김민기¹ · 정준영² · 정유진² · 김유진² · 송정한[#]

Evaluation of Local Material Properties of Laser Welded Blank (LWB) with Advanced High Strength Steel Sheets

M. Kim, J. Jeong, Y. Jung, Y. Kim, J. H. Song

Abstract

This paper is concerned with evaluation of local material properties for laser welded blank (LWB) with advanced high strength steel sheets. The LWB is widely used to combine two metal sheets together before sheet metal forming process. The sheet metals can be selected with two different materials or two different thickness. Although the forming process is being continuously developed for the LWBs, research works on accurate prediction of deformed LWBs have not been sufficiently done yet since it is difficult to acquire precise material properties of weld zone. The local properties of the LWB must be obtained to define material properties for the weld zone in the finite element method (FEM). However, many researches have conducted on scaling of tensile properties for base metal to estimate the weld zone properties based on hardness values. In this paper, the LWB specimens were prepared with an advanced high strength steel sheet, i.e., the same material and thickness. The mini-tensile specimens were then cut from the LWB to directly obtain the local properties of both base and weld metals by using a conventional material testing machine. In order to evaluate local properties, tensile tests were performed at the quasi-static strain rate of 0.001/s. The local strain data were measured by a 3D digital image correlation (DIC) system. The experimental results show that the hardening behavior of the weld is different from that of the base metal. Therefore, the scaling method with the ratio of hardness values for the base and the weld may not be proper to define the local properties of the weld in the FEM. The deformation prediction of the LWB by the FEM would be enhanced when the obtained local properties would be applied to define the weld zone.

Keywords: Laser Welded Blank, Mini-Weld Specimen, Local Property, Tensile Test, Weld Zone

Acknowledgement

본 논문은 산업통상자원부 소재부품기술개발사업 “780MPa급 초고강도 소재 적용 전기자동차 샤시 및 300MPa급 이상 알루미늄 배터리케이스 용접을 위한 요소 공정해석기술 개발 및 제품화 실증(20022439)” 과제의 지원으로 수행된 결과임.

1. 한국생산기술연구원(KITECH), 선임연구원

2. 한국생산기술연구원(KITECH), 학생연구원

한국생산기술연구원(KITECH), 수석연구원. E-mail: jhsong@kitech.re.kr

전기자동차 조향장치용 알루미늄 스플라인 샤프트의 냉간 단조 공정 연구

신영철¹ · 임성식¹ · 신익철² · 정성윤² · 정용필³ · 방희성³ · 임성주^{1#}

Study on the Cold Forging Process of Aluminum Spline shaft in Steering System for Electric Vehicle

Y. C. Shin¹, S. S. Lim¹, I. C. Shin², S. Y. Jeong², Y. P. Jung³, H. S. Bang³, S. J. Lim^{1#}

Abstract

A spline shaft is one of the steering functional components assembled in steering column shaft of an electric vehicle. The spline shaft is a component for longitudinal movement of the steering system and is manufactured to have good surface quality for smooth operation. In the process of forming a thin long spline shaft, folding or buckling may occur, so careful process design is required, and forging die shape optimization is also required to ensure precise shape and dimensional accuracy. The present study was performed to optimize parameters affecting the cold forging process such as reduction ratio of area per pass during extrusion, number of forming process, dimension of workpiece and length of die land to form a spline part on shank and head part of spline shaft. Through experimental research and FE simulation, the optimized forming conditions to get a final product with good dimensional accuracy and surface quality were derived.

Keywords: Spline Shaft, Precision Forming, Cold Forging, FEA, Electric Vehicle

1. 한국생산기술연구원 금형성형연구그룹

2. ㈜대림엔티아이 소성가공연구실

3. 이래에이엠에스주식회사 사설전장연구실

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

와전류를 이용한 초고강도강의 비파괴적 물성 측정 기법

장인제^{1,2} · 배기현¹ · 김태효³ · 남성우⁴ · 송정한[#]

Method of non-destructive mechanical property measurement of ultra-high strength steel using eddy current

I. J. Jang, G. H. Bae, T. H. Kim, S. W. Nam, J. H. Song

Abstract

Recently, as fuel economy regulations have been strengthened due to environmental problems, the issue of vehicle weight reduction has expanded. However, the low formability and large material deviation of Giga Steel adversely affects product quality and causes a decrease in productivity. Non-destructive mechanical property evaluation method through eddy current can be of great help to overcome the problem by enabling process control by evaluating material properties in real-time. In this paper, a method for measuring non-destructive properties using eddy currents for ultra-high-strength steel was studied. First, multi-frequency eddy currents of ultra-high-strength steels were measured. After that, a uniaxial tensile test was performed using the specimen prepared at the location where the eddy current was measured. A correlation analysis was performed between the mechanical properties evaluated through the tensile test and the eddy current measurement data. Finally, a multivariable regression model for predicting mechanical properties was constructed, and prediction accuracy was evaluated by analyzing the coefficient of determination and root mean square error.

Keywords: Eddy current, non-destructive measurement, ultra-high strength steel, Giga steel

Acknowledgments

The authors are grateful to the anonymous referees for their constructive comments and valuable suggestions. This work has been conducted with the support of POSCO and MOTIE R&D Project (20018447).

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 한양대학교 융합기계공학과

3. 포스코 철강솔루션연구소

4. 대우공업 기술연구소

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

1.5GPa 초고강도강 적용 Side Sill 부품 냉간 성형공법 설계

송정환^{1#}·배기현¹·김민기¹·남성우²·이정흠²·김경환³

Cold Forming Process Design of Sill Side Part For Applying 1.5GPa Grade Martensitic Steel Sheet

J. H. Song, G. H. Bae, M. Kim, S. W. Nam, J. H. Lee, K. H. Kim

Abstract

최근 자동차의 경량화 니즈 확대에 의하여 초고강도강판의 차체부품 적용이 확대되고 있다. 냉간성형용 초고강도 강판은 낮은 연신율로 인하여 성형성 확보가 매우 어려우며, 과도한 스프링백 발생으로 인하여 치수정밀도 확보가 어려운 단점이 있다. 따라서 초고강도 강판의 냉간성형 부품화를 위해서는 성형성과 스프링백을 복합적으로 고려한 성형공정 설계가 필수적이다. 본 연구에서는 주로 롤포밍 공정으로 생산되는 1.5GPa Sill Side 부품의 프레스 성형공정 적용을 위하여 성형성 및 스프링백 품질을 동시에 확보하기 위한 공법 설계 방법을 제안한다. 성형해석을 통하여 포밍 및 캠 리스트라이킹 공법에 따른 성형성 및 스프링백을 분석하였으며, 초고강도 강판 성형에 적합한 성형공법을 선정하였다.

Keywords: Cold Forming, Martensitic Steel Sheet, Numerical Simulation, Forming Process Design

Acknowledgments

본 논문은 산업통상자원부 글로벌뿌리기술개발사업 “글로벌 시장진출을 위한 1.5GPa급 초고강도강 및 경량합금 친환경차 충돌안전 부품의 품질편차 저감을 위한 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형 기술개발 (20018447)” 과제의 지원으로 수행된 결과임.

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형연구부문

2. 대우공업 기술연구소

3. 케이에이엔 기술연구소

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

SUJ2 베어링 강의 변형률 속도 제어에 따른 유동 응력 곡선 영향 평가

최유림^{1,2}, 김민기¹, 이승표³, 송정환^{1, #}

Evaluation of flow stress effects by strain rate control of SUJ2 bearing steel

Y. Choi, M. Kim, S. Lee, J.H. Song

Abstract

베어링 부품은 자동차, 로봇산업 및 우주 항공 등 미래 산업의 핵심요소에 속하여 중량물의 하중을 지지하여 구동 시 동력을 전달하는 부품으로서 우수한 내구성, 내마모성 및 고 정밀 성능이 요구된다. 베어링 제품은 높은 정밀도 확보를 위하여 가열, 이송, 단조, 피어싱, 링 롤링, 냉각 등의 복잡한 연계 공정을 필요로 한다. 이러한 열간 단조 연계공정에서 베어링 제품 생산을 위해 보편적으로 탄소, 크롬이 함유되어 내마모성, 내식성이 우수한 합금강을 이용한다. 본 연구에서는 SUJ2 베어링 강의 변형률 속도 제어에 따른 유동 응력 영향을 평가하기 위해 Gleeble 3500 System 장비를 이용하여 950 °C, 1050 °C, 1150 °C 그리고 1250 °C 고온 조건에서 열간 인장, 압축 시험을 진행 하였고 각 실험 조건에서의 변형률 속도 제어를 True strain rate 제어와 Engineering strain rate 제어 두 가지 방법으로 수행하여 그에 따른 영향을 비교, 분석하였다.

Keywords: SUJ2, Gleeble, Strain rate control

Acknowledgments

이 연구는 2022 년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(글로벌 시장 진출을 위한 중장비용 대형 주행감속기 베어링 제조를 위한 0.5%이하 초 저변형 열처리 기술 및 고효율 단조기술 개발, 1415180261, 20018618, 산업통상자원부)

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형연구부문
2. 인하대학교 기계공학과, 석사과정
3. 대우공업 기술연구소
#. 교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: jhsong@kitech.re.kr

전기자동차용 Seat Cross Member의 1.5GPa급 Mart강 적용 냉간 성형 공법 연구

방준호¹·송정한^{1#}·배기현¹·김민기¹·박남수¹·남성우²·박상율³·이종원³,

Cold Stamping Process Design of Seat Cross Member in EV using 1.5GPa Grade Martensitic Steel Sheet

J. Bang, J. H. Song, G. H. Bae, M. Kim, N.S. Park, S. W. Nam, S. Y. Park, J. W. Lee

Abstract

최근 자동차의 경량화 니즈 확대에 따라 초고강도강판의 차체부품 적용이 확대되고 있다. 특히 전기자동차 적용 확대에 따라 차체 플랫폼 변화하여 Seat Cross 부품의 경우, 내연기관에서의 터널 구조 생략에 따라 제품의 사이즈가 길어지고 강성 및 강도확보가 더 중요하게 대두되고 있다. 따라서 초고강도강 적용이 확대되고 있으며, 제품 길이 증가에 따른 스프링백 이슈 문제로 인하여 현재 롤포밍에 의한 제조 공법이 검토되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 주로 롤포밍 공정으로 생산되는 1.5GPa Seat Cross 부품의 프레스 성형공정 적용 가능성을 검토하였다. 초고강도 강판의 냉간성형 부품화를 위해서는 성형성과 스프링백을 복합적으로 고려한 성형공정 설계가 필수적이다. 성형해석을 통하여 포밍 및 캠 리스트라이킹 공법에 따른 성형성 및 스프링백을 분석하였으며 이를 토대로 성형성 및 스프링백 품질을 동시에 확보하기 위한 공정변수를 선정하였으며, 캠 리스트라이킹 금형 형상 및 스트로크 제어량에 따른 형상 정밀도를 평가하여 최종적으로 제품의 치수정밀도 확보가 가능함을 확인하였다.

Keywords: Cold Forming, Martensitic Steel Sheet, Numerical Simulation, Forming Process Design

Acknowledgments

본 논문은 산업통상자원부 글로벌뿌리기술개발사업 “글로벌 시장진출을 위한 1.5GPa급 초고강도강 및 경량합금 친환경차 충돌안전 부품의 품질편차 저감을 위한 실시간 지능형 금형제어 프레스 성형 기술개발(20018447)” 과제의 지원으로 수행된 결과임.

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형연구부
2. 대우공업 기술연구소
3. 영진 기술연구소
#. 교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: jhsong@kitech.re.kr

SUS316L 초극박 연료전지 분리판 두께균일도 향상을 위한 성형공정 설계

정준영^{1,2}·김민기¹·남성우³·이정흠³·송정환^{1,#}

Design of the Forming Process for Improving the Thickness Uniformity of the Bipolar Plate of SUS316L Ultra-thin Fuel Cell

J. Jeong, M. Kim, S. Nam, J. H. Lee, J. H. Song

Abstract

최근 글로벌 환경 규제에 의한 친환경 차량의 수요가 증가되고 있으며 수소전기차 상용화를 위해서는 연료전지 성능 향상과 가격 경쟁력이 요구된다. 연료전지 금속분리판은 수백 장 적층하여 스택을 구성하는 부품으로 수소 연료전지 원가의 높은 비중을 차지한다. 따라서 연료전지 고집적화를 위해서 극박판 소재를 적용하고 미세 유로의 깊이 및 두께 균일도 향상이 필수적이다. 그러나 금속 분리판 성형 시 미세 유로의 코너 부에서 재료의 국부적인 변형으로 인해 불균일한 두께 분포가 발생하며, 과도한 스프링백 발생으로 인해 치수 정밀도 확보가 어려운 단점이 있다. 본 연구에서는 SUS316L 초극박판 소재를 이용하여 높은 단면 세장비를 갖는 금속분리판의 두께 균일도 향상 및 스프링백 품질을 확보하기 위한 성형 공법을 도출하였다. 다만 공정에 따른 성형성 및 두께 감소율을 기준으로 단면 형상 설계를 위해 금형의 높이차, 코너 반경에 따른 두께 감소 영향을 분석하고 최적화를 진행하였다. 도출된 최종 형상을 바탕으로 분리판 두께 균일도를 향상시키면서 스프링백을 저감시키는 적절한 공법을 추가하였다.

Keywords: Bipolar Plate, Strainless Steel Sheet, Thickness Uniformity, Numerical Simulation, Forming Process Design

Acknowledgments

본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “수소전기차 연료전지 고집적화를 위한 금속분리판의 고세장비 미세패턴 반응유로 금형·성형기술 개발(KITECH JD-22-0040)” 과제의 지원으로 수행된 결과임

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 금형성형연구부

2. 인하대학교 기계공학과, 석사과정

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

개량 Al-Mn계 합금의 부식 및 인장 특성에 미치는 Mn 첨가의 영향

Yuanjiu Huang¹ · 강태훈¹ · 최호준² · 신영철² · 이승철³ · 이기안[#]

Effect of Mn addition on corrosion and tensile properties of modified Al-Mn alloy

Yuanjiu Huang¹, T. H. Kang¹, H. J. Choi², Y. C. Shin², S. C. Lee³, K. A. Lee[#]

Abstract

Al3102 (Al-0.3Mn) 합금은 우수한 가공성을 나타내 압출과 같은 공정에 적합하며 우수한 내식성, 열전도도를 나타내 히터 튜브, 자동차 열 교환기 등에 사용되고 있다. 그러나 해안 주변국 및 중동 등에 사용된 제품은 복잡한 환경에서 장수명을 확보하기 위하여 더 높은 강도와 우수한 부식 특성을 갖춰야한다. Al3102 (Al-0.3Mn) 합금은 Mn 함량 조절을 통해 기계적 특성과 부식 특성 제어가 가능하나 관련 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 Mn 함량을 0.7wt%로 증가시킨 개량(Al-0.7Mn) 합금을 제조하였으며, 미세조직, 부식 저항성 및 인장 특성에 대해서 조사하고 Al3102 합금과 비교분석 하였다. 두 소재들은 air-slip 주조 공정을 이용하여 200mm(D) X 320mm(L) 크기의 실린더 형상으로 주조하였고, 이 후 510°C에서 10시간 균질화 처리를 수행하였다. Electron Backscatter Diffraction (EBSD) Pattern 스캔 후 Inverse Pole Figure (IPF) map 분석 결과 두 소재 모두 equiaxed grain이 관찰되었으며 평균 결정립 크기는 Al-0.7Mn: 133.67 μm , Al-0.3Mn: 259.54 μm 로 분석되어 Al-0.7Mn 평균 결정립 크기는 감소하였다. EPMA 분석 결과 두 소재 모두 $\text{Al}_6(\text{Mn}, \text{Fe})$ 가 관찰되었다. 한편, SEM 이미지 분석을 이용하여 두 소재의 $\text{Al}_6(\text{Mn}, \text{Fe})$ 크기와 분율을 측정하였다. 그 결과 $\text{Al}_6(\text{Mn}, \text{Fe})$ 의 크기는 Al-0.7Mn: $2.91 \pm 1.9 \mu\text{m}$, Al-0.3Mn: $1.58 \pm 0.58 \mu\text{m}$ 로 개량 Al-0.7Mn 합금에서 조대하게 석출되어있었으며, $\text{Al}_6(\text{Mn}, \text{Fe})$ 의 분율은 개량된 Al-0.7Mn($0.89 \pm 0.24\%$) 소재가 Al-0.3Mn($0.37 \pm 0.12\%$) 대비 증가하였다. 갈바닉 부식 시험은 ASTM G69에 따라 수행하였다. 두 소재의 부식 전위(E_{corr})는 유사한 수준으로 측정된 반면(Al-0.7Mn: 680.2mV, Al-0.3Mn: -652.4mV), 부식 전류(I_{corr}) 및 부식 속도(mm per year)는 각각 (Al-0.7Mn: 49.86 μA , 0.541mm/year), (Al-0.3Mn: 53.91 μA , 0.585mm/year)로 측정되어 Al-0.7Mn의 부식 속도가 Al-0.3Mn 대비 느린 것(더 우수한 부식 저항성)으로 나타났다. 상온 인장 시험 결과 Al-0.7Mn과 Al-0.3Mn의 인장 강도는 각각 92.55MPa, 78.39MPa 로 측정되어 개량된 Al-0.7Mn 소재의 상온 인장 특성이 우수하게 나타났다. 상기 결과들을 바탕으로 두 소재의 갈바닉 부식 기구와 상온 인장 변형 거동에 미치는 Mn 함량의 영향을 미세조직과 연계하여 고찰하였다. [본 연구는 산업통상자원부의 글로벌 주력산업품질대응 뿌리기술개발사업(20011767)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다].

Keyword: Al3102 alloy, Microstructure, Alloy element, corrosion resistance, mechanical property

1. 인하대학교 신소재공학과, 박사과정

2. 한국생산기술연구원 성형기술그룹, 수석연구원

3. ㈜대한공조, 제장

4. 인하대학교 신소재공학과, 교수

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

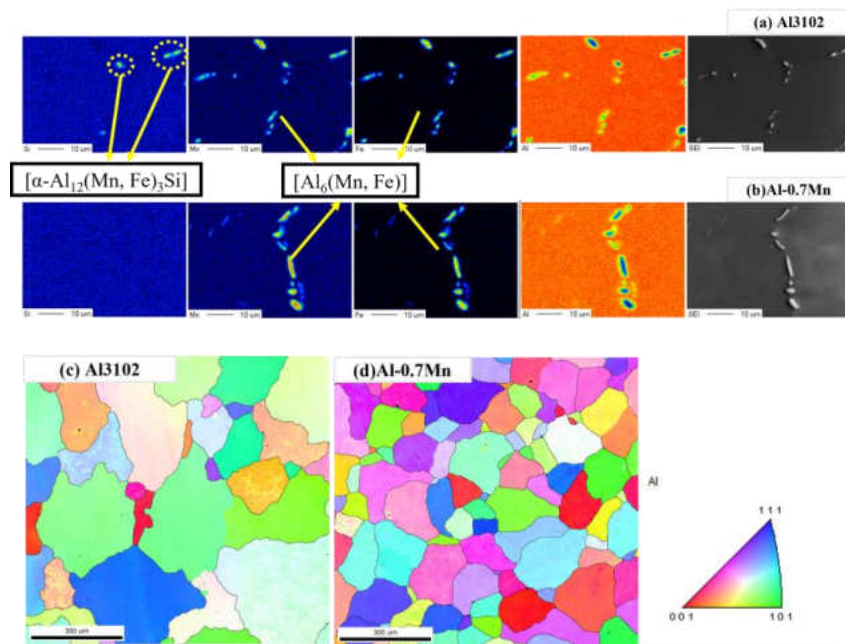


Fig. 1 Microstructure observation result of Al3102(Al-0.3Mn) and Modified Al-0.7Mn alloy (EPMA, EBSD)

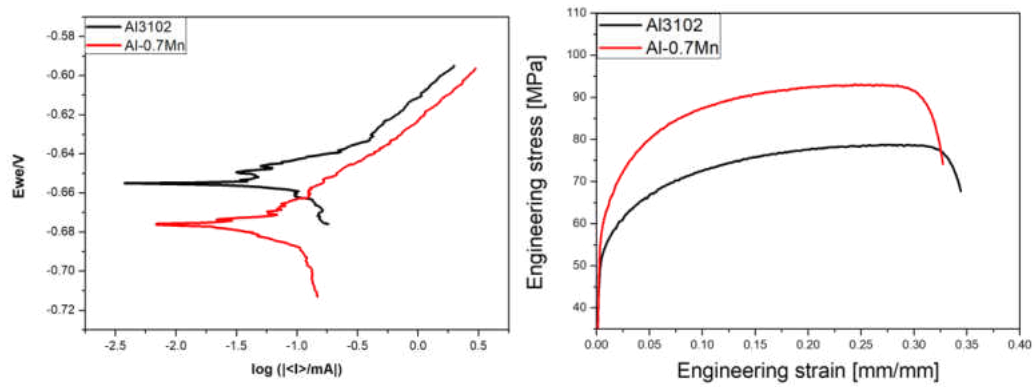


Fig. 2 (a) Galvanic corrosion test result, (b) Room temperature tensile test result of Al3102(Al-0.3Mn) and Al-0.7Mn alloy

친환경 일액형 윤활제의 마찰특성에 관한 연구

박민철¹ · 김동환[#]

A Study on the Friction Characteristics of Eco-friendly One Component Lubricants

M. C. Park, D. H. Kim

Abstract

Recently, the development of eco-friendly lubricant composition in cold forging process is being studied. In cold forging, the lubricant minimizes friction between the mold and the processing material to reduce the forming load. As a result, the lubricant improves the processing limit and uniformizes the deformation inside the material to obtain good metal flow. This study is a new environmental conservation-type lubricating film treatment method, and instead of the existing phosphate film treatment, it is developed a one component lubricant that applies a coating solution to the surface of the target and dries it. Friction characteristics evaluation was performed for comparative analysis on Type A, Type B, and Type C. Type A and Type B are one component lubricants that are subject to development, and Type C is a phosphate film treatment used in existing sites. Comparative analysis of the friction characteristics of lubricants, FE-analysis results according to the friction conditions and the experimental results of the friction characteristics evaluation were compared to derive friction on the lubricants. The obtained result set the friction range, and finite element analysis was performed by applying the friction range to the cold forging. In this study, the existing phosphate film friction characteristics and the proposed one component friction characteristics were compared for the open burial of eco-friendly one component lubricants, and the results were considered and summarized.

Keywords: One Component, Frictional Characteristics, Cold Forging, Finite Element Analysis, Eco-friendly



Fig. 1 Equipment of friction test



Fig. 2 Shape of specimen H-cup after friction test

Acknowledgement

이 연구는 2021년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리의 지원을 받아 수행한 연구임. (P20015609, 2021년 청정생산기반산업공생기술개발)

1. 한국국제대학교 항공부품공학부

교신저자: 한국국제대학교 항공부품공학부, 교수. E-mail: dhkim@iuk.ac.kr

기어 일체형 모노블럭을 위한 복합단조공정 설계

이인규^{1, #}, 이상곤², 이성윤¹, 이성민³, 박동용¹, 정명식², 정훈⁴, 김경률⁵

Hot and Cold Forging Process Design for Gear-Integrated Mono-Block

I. K. Lee, S. K. Lee, S. Y. Lee, S. M. Lee, D. Y. Park, M. S. Jeong, H. Jeong, K. R. Kim

Abstract

듀얼클러치변속기(Dual clutch transmission)에 적용되는 모노블럭(Mono-block)은 클러치바디(Clutch-body)와 스피드기어(Speed-gear)가 결합된 핵심 치형 부품으로 싱크로나이저 링(Synchronizer ring)을 슬립시켜 엔진 동력을 바퀴로 전달하기 때문에 높은 정밀도와 내구성이 요구된다. 현재 모노블럭은 클러치바디와 스피드 기어를 용접 및 압입 등의 공정으로 접합하여 생산되고 있다. 하지만 접합 공정에 의해 원가절감이 어려워지며, 불량률이 높아 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추기 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 최근 국내에서 클러치바디와 스피드기어를 일체형으로 하는 모노블럭 개발을 시도하고 있다. 높은 정밀도와 내구성이 요구되는 일체형 모노블럭은 높은 성형하중이 발생되기 때문에 금형의 파손 및 소성변형에 의한 결함이 발생되어 열간단조와 냉간단조가 연속되는 복합단조공정이 적용되고 있다. 열간 단조는 모노블럭의 치형부 예비성형체를 포함한 전체적인 형상을 성형하는 공정이며, 냉간단조는 치형부 예비성형체를 정밀하게 성형하는 공정이다. 일반적으로 열간단조는 성형하중을 낮추어 금형의 강도를 확보하는데 유리하지만, 치형부 예비성형체 성형에 높은 하중이 발생되기 때문에 금형의 강도를 확보하기 어렵다. 또한, 열간단조 공정에서 금형 강도를 확보하여도 냉간단조 공정에서 치형 정밀도를 확보하기 어려워 공정 설계와 금형 제작을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 일체형 모노블럭의 국산화 개발을 위해 치형부 정밀도 및 금형 강도를 확보할 수 있는 복합단조의 공정 설계를 수치해석으로 수행하였다. 열간단조의 금형 강도 및 냉간단조의 치형 정밀도를 확보하기 위해 열팽창을 고려한 소재 온도, 치형부 예비성형체 내/외측형상, 마찰 등의 조건으로 시험계획법을 작성하여 각 인자에 따른 영향도를 평가하였으며, 인공신경망(ANN, Artificial Neural Network)학습법을 통해 최적 공정설계를 수행하였다.

Keywords: Mono-Block, Clutch-body, Speed-gear, Artificial Neural Network, Dual clutch transmission, Forging

* 이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20016474')

1. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, 선임연구원

2. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, 수석연구원

3. 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, 연구원

4. 한호산업㈜, 부장

5. 한호산업㈜, 연구소장

교신저자: 한국생산기술연구원 스마트제조기술연구그룹, 선임연구원. E-mail: lik1025@kitech.re.kr

마찰교반처리로 제조된 산화그래핀 강화 알루미늄 기지 복합재의 미세구조 및 기계적 특성

유한결^{1,2}, Soumyabrata Basak³, Mounarik Mondal³, Kun Gao³, 홍성태³, Sam Yaw Anaman¹ 신은주², 조훈휘^{1#}

Microstructure and mechanical properties of graphene oxide-reinforced aluminum matrix composites fabricated via friction stir processing

H. G. Yoo, S. Basak, M. Mondal, K. Gao, S. T. Hong, S. Y. Anaman, E. J. Shin, H. H. Cho

Abstract

본 연구에서는 먼저 마찰교반처리(Friction stir processing, FSP)를 이용해 산화 그래핀(Graphene oxide, GO)을 분산시킴으로써 알루미늄 기지 복합재(Aluminum matrix composite, AMC)를 제조하였다. 분산된 GO는 교반부(Stri zone, SZ)의 강도를 증가시켰고, 이는 경도시험을 통해 확인되었다. GO의 존재를 확인하기 위해 라만분광법과 2차이온질량분석법을 수행하였다. GO는 마이크로 크기의 나노 플레이크로 산포되어 있는 것을 확인하였으며, 이는 특히 SZ의 전진부에서 강도를 증가시켰다. FSP 처리된 SZ에서는 동적재결정에 의한 결정립 미세화, 전위밀도 감소 현상 등이 일어났고, 산포된 GO는 그 현상을 강화시켰다.

Keywords: 마찰교반처리, 알루미늄 기지 복합재, 산화 그래핀, 미세구조, 기계적 특성

1. 한밭대학교 신소재공학과
2. 한국원자력연구원 중성자과학부
3. 울산대학교 기계공학부
교신저자 E-mail: hhcho@hanbat.ac.kr

Al 7055 합금의 기계적 성질과 최적의 시효 조건 예측

손영일^{1, #}, 이석재²

Prediction of Mechanical Properties and Optimal Aging Condition of Al 7055 Alloy

Y. I. Son, S. J. Lee

Abstract

In the present work, we investigated the model to predict the mechanical properties of Al 7055 alloy after quenching and aging treatment with different aging conditions. The two-stage aging treatment conditions were systematically designed to obtain different precipitate particles. The mechanical properties were evaluated by room temperature tensile tests and hardness measurement. The microstructural characteristics were observed by means of OM, FE-SEM, and TEM whereas the precipitate particles were experimentally analyzed through XRD, EDS, EBSD. A thermodynamic simulation was carried out to evaluate the characteristics of various precipitates quantitatively. Three different models to predict the yield strength were proposed and the process map based on the proposed models was suggested to find the optimal aging condition to achieve the maximum strength properties

Keywords: Al 7055 alloy, Predictive Model, Aging Condition, Precipitation, Thermodynamic Simulation, Mechanical Properties

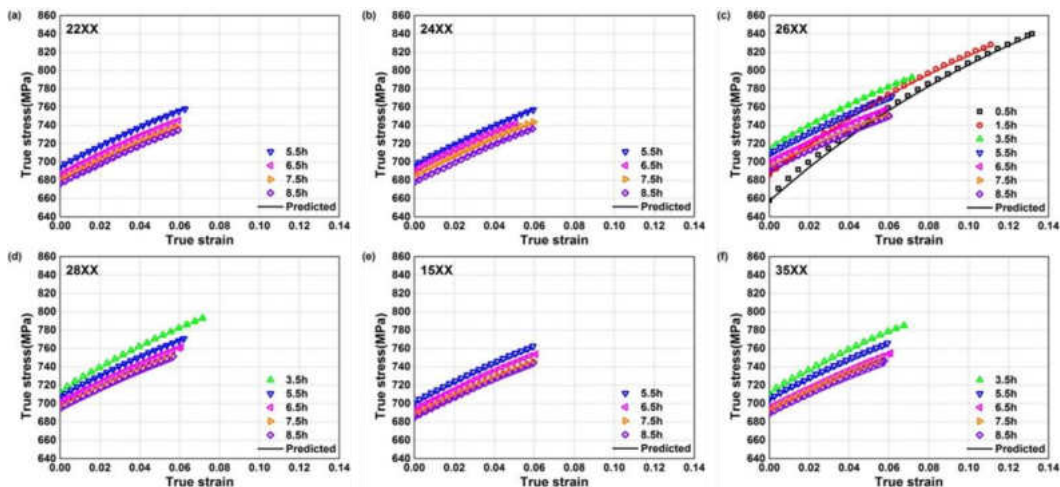


Figure 1. Prediction of flow curves for different aging conditions.

1. 국방과학연구소

2. 전북대학교

교신저자: 국방과학연구소, syi0727@add.re.kr

내구성능 향상을 위한 TWB 적용 전륜 크로스 멤버 개발

박종규^{1, #}, 김상훈¹, 공호영², 남성식²

Development of Front Cross Member with TWB for Durability Improvement

J. K. Park, S. H. Kim, H. Y. Kong, S. S. Nam

Abstract

자동차 부품의 경량화 및 안전에 대한 요구가 지속적으로 커지고 알루미늄, 철관 등의 원재료비가 큰 폭으로 상승함에 따라 차체(body) 및 새시(chassis) 부품의 성능 개선을 위한 고강도화와 동시에 경량화 및 가격 경쟁력 향상을 위한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

본 연구에서는 차량에 있어 경량화 및 충돌 성능 향상을 위해 주로 차체 부품에 적용되어 오던 TWB(tailor welded blank) 기술을 대표적 새시 부품인 전륜 크로스 멤버에 적용하였다. 차체 부품에 비해 비교적 두꺼운 소재를 사용하는 새시 부품의 경우, TWB 기술을 적용함으로써 경량화 및 재료 수율 향상을 통한 원재료비 절감 효과도 보다 기대할 수 있다. 그러나 단순히 부품의 경량화 및 성형성뿐만 아니라, 차량의 충돌 성능과 내구 성능까지 고려하여야 하는 전륜 크로스 멤버의 경우, TWB 적용 부위와 용접 구간을 최적화하여 설계할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 ‘#’형 전륜 크로스 멤버에 대하여 해석을 통해 충돌 및 내구 성능 취약부를 파악하고 이를 개선하기 위해 TWB 적용 부위를 선정하였다. 또한 부품 경량화와 성형성 확보를 위해 성형해석 및 용접해석 등을 통하여 TWB 두께 및 용접 라인을 최적화 설계하였으며, 아울러 시제품 제작과 시험 평가를 통해 내구 성능까지 검증함으로써 실제 양산 적용 가능성을 검토하였다.

Keywords: TWB (Tailor Welded Blank), Chassis, Front Cross Member, Formability, Durability

- 후기 -

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(780 MPa 급 이상 초고강도 소재 적용 전기자동차 샤시 및 300 MPa급 이상 알루미늄 배터리케이스 용접을 위한 요소 공정해석기술 개발 및 제품화 실증, 1415181910, 20022438, 산업통상자원부)

1. (주)화신 기술연구소

2. 현대자동차(주)

교신저자: (주)화신 기술연구소, E-mail: boxlife@hwashin.co.kr

고경도 냉간 압연롤의 직접분사적층(DED)방식 표면성능향상

김성욱¹ · 황준호² · 김영수³

Surface enhancement of high hardness cold roll by directed energy deposition

Sungwook Kim, JunHo Hwang and Young-soo Kim

Abstract

냉간 압연롤은 금속 판재를 제조하는 공정에서 다양하게 활용되고 있다. 압연 공정 중 롤은 소재와 직접 맞닿으면서 마모가 발생하게 되는데, 이는 금속 판재의 품질과도 연관되어 있다. 따라서, 롤의 수명을 향상시키기 위해 다양한 금형용 소재가 적용되어 왔으며, 표면경도 향상을 위해 특수한 열처리 또는 코팅 기술이 적용되어 오고 있다.

DED(직접분사적층) 방식의 분말적층기술은 고출력의 레이저 빔을 금속표면에 조사하면서 동시에 금속 분말도 공급하여 용융시키면서 적층하는 것으로, 기존 소재에 덧붙여 쌓아올릴 수 있어 보수/재생에 활용될 수 있으며, 다양한 분말을 동시에 활용하여 합금으로 제작하거나 이중소재간 적층을 구현할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 DED방식의 적층기술을 이용하여 국부적으로 냉간 압연롤의 표면경도를 향상시키고자 하였다. 기존의 냉간 압연롤 소재로는 주로 SKD11이 활용되고 있으며, 적층을 위해 동종 소재 및 이종의 다양한 소재를 적용하여 적층특성을 파악하고자 하였다.

Keywords: High hardness, Tool steel, Cold roll, DED(directed energy deposition)

1. RIST, 수석연구원
2. 경북대, 교수
3. DE&T, 연구소장

포머 성형공정에서 연속공급 선재 절단면의 변형특성에 대한 유한요소해석 연구

윤덕재¹ · 이세현² · 윤상현¹ · 김응주[#]

A Finite Element Study on Deformation Characteristics of Cut Face of Continuously Fed Wire in Former Process

D. J. Yoon¹, S. H. Lee², S. H. Yoon¹, and E. Z. Kim[#]

Abstract

단시간 내 대량생산이 가능한 Bolt Former 공정은 높은 생산성으로 인해 자동차용 체결 부품류 생산에 널리 활용되어왔다. 최근 자동차의 전동 편의기능 확대로 다양한 Lead Screw 제품의 개발 요구가 증가하는 추세이다. Lead Screw 생산 시에 체결부품과의 형태 유사성으로 Bolt Former를 활용하는 것이 용이하나 두 가지 난점을 들 수 있다. 첫째 상대적으로 긴 Lead Screw 제품을 자동성형장치 내에서 고속으로 취출, 이송, 삽입하기 까다롭고, 둘째 사용 중 정·역회전력을 가하기 위한 Pin 이음 머리부의 반경방향 압착 형상 구현이 필요하다는 점이다. 본 연구에서는 두 번째 난점 중, 권선 선재의 연속공급 시에 절단에 의해 생성되는 윤활피막층 결여 전단면의 변형거동과 성형에 미치는 영향을 살펴보았다. 체결 부품류 성형에서는 절단면이 축방향 끝 쪽으로 모아져 취출 핀들과 축방향 접촉을 함으로써 공정에 주는 영향이 적지만, Lead Screw의 Pin 이음 머리부분 성형 시에는 절단면이 성형품의 측면으로 밀려나와 성형 Punch와 접촉하며 확장되는 형태를 갖게 된다. 동일 면상에 권선 선재에 입혀져 있던 윤활 피막층과 마찰계수가 높은 신생면이 공존하면서 성형 하중 증가, 금형 파손, 제품 표면 불량 문제가 발생하게 된다. 전단면의 윤활 피막 결여 부위가 성형에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 성형해석을 바탕으로 금형과 소재 사이의 마찰로 발생하는 제품 및 금형의 마모에 대한 연구를 수행하였다. 유한요소 해석으로 마모량을 예측하는 방법을 제안하고, Lead Screw 성형을 위한 Former 공정에 적용하였다. 금형과 Blocker 형상 등 공정 변수에 변화에 따른 마모량의 변화를 비교하여 성형공정 최적화 방법을 모색하였다.

Keywords: Lead Screw, Wear, Upsetting, Finite Element Method



Fig.1 Development of Cut Face in the Lead Screw Forming Process

1. 한국생산기술연구원, 수석연구원, 연구원

2. 정원금속공업㈜, 이사

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

열간 가열온도에 따른 아다마이트 주강의 열간 성형성 평가

유효상¹ · 고준^{1,2} · 전재열^{1,#}

Evaluation on hot workability of adamite cast steel according to the heating temperatures

HyoSang Yoo, Jun Ko, Jaeyeol Jeon

Abstract

1.2%~2.3% 범위의 탄소 함량을 갖는 아다마이트 주강은 열간압연의 조압연용 폭압연기, 사상압연기 및 형강압연기의 워크롤로 사용된다. 최근, 압연 기술 동향은 압연 생산량 증대와 에너지 절감을 위해 배출소재의 온도를 낮춤으로써 압연 하중과 속도가 갈수록 증가함에 따라 압연재와 직접 접촉하는 워크롤 자체의 고강도화를 위한 특성 향상이 요구된다. 기존 아다마이트 주강롤은 강도 부족으로 인해 절손이 발생하거나 고온 내마모성 약화에 따라 조기수명 폐기로 인하여 압연 생산에 미치는 영향이 크다. 아다마이트 워크롤의 수명 증대를 위한 다양한 방안 중, 열간단조를 통한 특성 향상이 하나의 방안으로 대두되고 있다. 본 연구에서는 아다마이트 주강에 열간단조를 적용하기에 앞서 Gleeble 압축시험을 통해 열간 성형성 평가를 진행하였다. Gleeble 압축시험 시, 가열온도는 1200°C와 1100°C로 두 가지 조건으로 실시하였다. 첫 번째는 1200°C로 가열 후, 압축시험온도인 1100°C, 1000°C, 900°C, 800°C까지 급속 냉각하여 모든 압축시험온도 조건에서 변형률 50%로 동일하게 압축하였으며 변형률 속도는 1.0/s, 0.1/s, 0.01/s, 0.001/s로 각각 달리하여 실시하였다. 두 번째는 1100°C로 가열 후, 첫 번째 조건과 마찬가지로 압축시험온도인 1100°C, 1000°C, 900°C, 800°C까지 급속 냉각하여 모든 압축시험온도 조건에서 변형률 50%로 동일하게 압축하였으며 변형률 속도는 1.0/s, 0.1/s, 0.01/s, 0.001/s로 각각 달리하여 실시하였다. Gleeble 압축시험 후 고온 유동응력-변형률 곡선을 통해 Instability map을 작성하였고, 고온압축시험편의 단면 외곽부와 중심부의 미세조직 비교 분석을 통해 열간 성형성 평가 및 열간 성형 조건을 도출하였다. 1200°C 가열 조건의 경우, 안정한 열간 성형 조건은 변형률 속도와 관계없이 성형온도 약 880-1040°C로 도출되었다. 1100°C 가열 조건의 경우, 안정한 열간 성형 조건은 변형률 속도와 관계없이 성형온도 약 880-1060°C로 도출되었다.

Keywords: Adamite cast steel, Work roll, Hot workability, Gleeble thermal-mechanical tests, Instability map

1. 한국생산기술연구원, 연구원

2. 한국생산기술연구원, 조선대학교, 학생연구원

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

자동차 사이드 실 부재의 판재 인발성형 공정에 대한 해석적 연구

박상언¹ · 최수영² · 구태원[#]

Numerical Study on Sheet Pultrusion Process for Automotive Side Sill Member

S. E. Park, S. Y. Choi, 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 study, elasto-plastic finite element simulation of the sheet pultrusion process is performed. SPFC1470 sheet with a 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

부산대학교 ERC/ITAF, 교수. longtw@pusan.ac.kr

포트홀 압출 공정의 금형 내부 소재 유동 제어를 위한 비드 압출 금형 설계

이성윤^{1, #} · 이인규¹ · 이상곤² · 이성민³ · 정명식² · 박동용¹

Bead Extrusion Die Design for Controlling the Flow of Materials inside the Mold in the Pot hole Extrusion Process

S. Y. Lee, I. K. Lee, S. K. Lee, S. M. Lee, M. S. Jeong, D. Y. Park

Abstract

최근 자동차 향상 거리 증가를 위한 경량화가 대두됨에 따라 경량 소재를 적용한 부품 제조에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 국내외 자동차 메이커에서는 다양한 부품을 비강도가 높은 경량 소재인 알루미늄을 전환 중에 있다. 특히 전기차에 적용되는 배터리 하우징 지지 프로파일, 배터리 셀 등 친환경 차량의 다양한 필수 부품의 소재로 알루미늄이 적용되고 있다. 포트홀 압출 공정은 단면이 복잡한 형상을 길이 방향으로 길게 성형하는 공정으로 배터리 팩의 지지 프로파일 및 내외장재를 알루미늄으로 성형기 적합한 공정이다. 포트홀 압출 공정은 금형 형상이 복잡하여 내부 소재 유동 제어가 어려워 정밀한 치수의 제품 생산에 어려움이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 포트홀 압출 금형 내부의 소재 유동을 제어를 위한 비드 금형 설계이다. 비드 형상에 따른 내부 소재 유동을 유한요소해석을 이용하여 분석 및 설계하였으며, 실제 압출 공정을 통해 비드 금형의 타당성을 검증하였다.

Keywords: Extrusion, Aluminium, Porthole die, Bead die, Profile

본 논문은 대구광역시와 한국생산기술연구원에서 지원한 "대구 뿌리산업 경쟁력강화 기술지원사업 (KITECH IZ-22-0016), (KITECH UR-22-0040)" 자원으로 수행한 연구입니다.

1. 한국생산기술연구원, 선임연구원

2. 한국생산기술연구원, 수석연구원

3. 한국생산기술연구원, 연구원

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

전기 자동차 경량화를 위한 배터리 지지 프로파일 압출 공정 설계

이성윤^{1, #} · 이인규¹ · 이성민¹ · 이상곤¹ · 김도원²

Battery Support Profile Extrusion Process Design for Lightweight Electric Vehicles

S. Y. Lee, I. K. Lee, S. M. Lee, S. K. Lee, D. W. Kim

Abstract

최근 기후변화로 인한 자연재해 심화로 탄소 배출 저감을 위해 친환경 차량으로의 전환이 가속화되고 있다. 친환경 차량의 구동은 엔진과 모터를 조합하여 구동되거나 모터만으로 구동되며, 기존 내연기관에 비해 탄소 배출이 현저히 적은 특징이 있다. 이중 전기 자동차의 경우 엔진 없이 고전압 배터리에서 전기 에너지를 모터로 공급하여 구동함에 따라 탄소 배출이 전혀 없는 장점이 있다. 하지만 차량 구동 거리 확보를 위해 하부 전면에 달하는 고중량의 배터리가 장착됨에 따라 차량 무게가 증가하고 외부로부터 배터리를 보호가 필수적으로 수행되어야 하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 차량 경량화 및 배터리 지지를 위해 알루미늄 포트홀 압출 공정을 적용한 배터리 지지 프로파일 제조에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해 유한요소 해석을 이용한 공정설계를 하였으며, 실제 압출 공정을 통해 설계공정의 타당성을 검증하였다.

Keywords: Porthole die, Extrusion, Profile, Battery support, Aluminium

이 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(신산업진흥 사업재편 핵심기술개발 사업)의 지원을 받아 수행된 결과임 (과제번호: P0020517)

1. 한국생산기술연구원, 선임연구원

2. 한성알루미늄, 상무이사

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

Al5083 의 드로잉 및 전단가공 특성 평가

송재선^{1, #}, 윤국태¹, 전강국¹, 박춘달¹

Evaluation of Drawing and Shearing Characteristics of Al5083

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

Abstract

자동차의 연비향상과 강화되는 국내외 환경 규제로 전기자동차, 수소자동차 등 친환경 차량이 증가되고 있으나, 배터리를 비롯한 전용부품들은 고중량으로 내연기관차에 비해 중량을 증가시키는 요인으로 작용되고 있다. 중량이 증가할수록 배터리의 효율이 떨어지기 때문에 친환경 자동차 시장에서 차량의 경량화 기술은 매우 중요하며, 경량화로 인한 연비개선 효과 역시 명확하기 때문에 우선적으로 해결되어야 한다.

차량에 적용되는 경량화 소재는 초고강도강판, 알루미늄, 마그네슘, 탄소섬유 등 다양하지만 최근 자동차의 BIW에 적용되는 소재의 적용 동향을 살펴보면 고강도강판과 알루미늄의 적용 비중이 높고, 해외 일부 자동차는 올 알루미늄 바디(all aluminum body)를 적용하였으며, 국내에서는 차량 가격 경쟁력 확보를 위해 적용되던 스틸 베이스 차체 구조에서 EV용 경량 차체 플랫폼 개발과 함께 알루미늄 차체부품을 적용하여 Al-Steel 이중재 차체 모듈 상용화 기술 개발이 진행되고 있다. 내연기관 자동차에 알루미늄 적용 비율이 10% 증가하면 연비는 약 5~7% 개선 효과가 있으며, 전기 자동차 또한 중량이 20% 감소하면 항속 거리는 20% 증가하고, 차체를 알루미늄으로 적용하여 중량을 감소시키면 배터리를 비롯한 관련부품의 사이즈를 줄일 수 있기 때문에 전체 코스트가 감소하게 된다. 그러나 알루미늄은 대표적 경량소재임에도 성형성이 낮고, 성형중 마찰에 의한 Sticking 현상 등의 문제가 발생된다.

본 연구에서는 알루미늄 Al5083의 드로잉 성형과 반복적인 전단가공으로부터 성형성을 평가하였으며, 드로잉은 성형과 마찰과의 관계로부터 그 특성을 분석하였고, 전단은 클리어런스 변화에 따른 하중의 변화로부터 그 특성을 분석하였다.

Keywords: Al5083, Drawing, Shearing, Friction, Clearance

1. 대구기계부품연구원

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

초고강도강판의 굽힘 특성 평가

송재선^{1, #} · 윤국태¹ · 전강국¹

Evaluation of bendability of UHSS

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

Abstract

판재의 특성평가를 위해 사용되는 인장시험과 굽힘은 변형모드는 상이하기 때문에 굽힘성을 결정하기 위해서는 일반적으로 3점 굽힘 시험이 사용되고 있다. 특히 판재 형태의 소재의 굽힘 특성에 대해서 소재 및 자동차 제조 업체에서는 굽힘 공정에서 국부 성형성을 특성화하는데 독일 자동차 산업협회의 표준 (VDA238-100)을 적용하고 있다. 그러나 해당 시험의 방법은 고정구 및 공구에 의한 직접적인 변형률 측정에 적합하지 않으며, 외부 굴곡 표면이 보이지 않기 때문에 균열 시작 시 시험을 종료할 수 없으므로 파단 유무의 판단은 편치 변위 및 치구 형상에 기반한 공식으로부터 추정된 하중 한계 값과 굽힘 각도를 사용하여 판단되고, 굽힘 각도는 두께 및 굽힘 반경을 기준으로 계산된다. 그러나, 굽힘 각도의 계산은 판재와 편치 사이의 완벽한 접촉 상태를 가정하지만 고강도강판에서 이러한 접촉이 항상 발생하지 않는다고 보고되고 있다.

본 연구에서는 초고강도강판의 굽힘 각도와 주 변형률과의 상관관계를 분석하고자 하였으며, 특히, 편치의 이동거리를 기준으로 VDA 규격의 공식에 의한 계산값과 실험값의 비교 평가 및 균열 시작 시점 시점을 모니터링 할 수 있는 방법을 검토하였다.

Keywords: Bendability, UHSS, Local formability

1. 대구기계부품연구원

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

플라즈마 전해산화층 형성에 미치는 이주속 압연가공된 알루미늄 합금 결정립 크기의 영향

수하르토노 트리¹ · 나쉬라 니사² · 시티 파티마³ · 고영건[#]

Effect of grain size on plasma electrolysis behavior of Al alloy via differential speed rolling

T. Suhartono, N. Nisa, S. Fatimah, Y. G. Ko

Abstract

The work investigated nucleation and growth mechanism of protective coating during plasma electrolytic oxidation (PEO) by considering grain size of 6061 Al alloy substrate. Prior to PEO treatment, the substrate with grain size of 50 μm (coarse-grain, CG) was deformed via 4-pass differential-speed rolling (DSR) to achieve grain size of 1 μm (fine-grain, FG). Unlike CG, FG caused an early breakdown and more uniform characteristics of plasma sparks, resulting in the thick and compact layer. The nucleation and growth mechanism of the coating layer were scrutinized on the basis of transport behavior of massive electrons across the grain boundaries at the initial stage of PEO. The mechanical and corrosion properties of both samples were evaluated in a quantitative manner.

Keywords: Plasma Electrolysis, Al Alloy, Grain Size, Differential Speed Rolling

1. 영남대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 영남대학교 신소재공학과, 연구원

3. 영남대학교 신소재공학과, 연구원

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

이속 압연가공된 0.18 wt.% 탄소강의 연속동적 재결정 거동

푸트리 로시 아말리아 쿠르니아¹ · 한다인² · 위디안타라이 푸투³ · 고영건[#]

Continuous dynamic recrystallization behavior of 0.18 wt.%C steel severely deformed by differential speed rolling

R. A. K. Putri, D. I. Han, I. P. Widianara, Y. G. Ko

Abstract

This study investigated the static annealing behavior of ultrafine-grained low-carbon steel fabricated by differential speed rolling (DSR) process. For this purpose, the samples processed by 4-pass DSR at roll speed ratio of 1:4 for the lower and upper rolls, respectively. It was annealed at temperatures ranging from 698 K to 898 K for 1 hour. The deformed samples exhibited a complex microstructure in the ferrite phase consisting of an equiaxed structure with a mean grain size of $\sim 0.4 \mu\text{m}$ and a lamellar structure with a mean lamellar width of $\sim 0.35 \mu\text{m}$. The texture evolved after DSR deformation consisted of components with orientations belonging to the rolling texture and shear texture. After static annealing at temperatures lower than 798 K, the aspect ratio of the deformed grains tended to shift toward a unit corresponding to the equiaxed shape, whereas the grains tend to be stable during annealing. In addition, grains with low dislocation densities began to appear due to recrystallization in the severely deformed ferrite grains at temperatures above 798 K, which also help to produce equiaxed grains with ultrafine sizes. The strong fiber texture consisting of α - and γ -components, which formed after deformation by DSR, tended to become weaker and more uniform with increasing annealing temperature.

Keywords: Low-carbon Steel, Differential Speed Rolling, Annealing, Recrystallization

1. 영남대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 영남대학교 신소재공학과, 대학원생

3. 영남대학교 신소재공학과, 연구원

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

복잡형상 부품 제작을 위한 굽힘-확산접합 결합공정

이승환¹ · 김강현¹ · 홍종화¹ · 이동준¹ · 권용남¹ · 박현일[#]

Bending-diffusion bonding combined process for manufacturing complex shaped parts

Seunghwan Lee, Kanghyun Kim, Jonghwa Hong, Dongjun Lee, Yongnam Kwon, Hyeonil Park

Abstract

Ti-6Al-4V 합금은 용접성(Weldability), 비강도(Specific strength), 피로수명(Fatigue life) 및 내열성(Thermal resistance) 등이 우수하여 항공우주용 핵심 중요부품 제작을 위한 이상적인 재료이지만, 높은 가격으로 인해 최종부품의 무게 대비 원소재 무게의 비인 BTF(Buy-to-Fly)비를 최소화하기 위한 여러 공정들이 개발되었다. 그 중, Ti-6Al-4V 합금 판재에 초소성(Superplasticity) 성형과 확산접합(Diffusion bonding)을 결합한 복합 공정을 적용하는 많은 연구가 진행되었고, 실제로 여러 복잡한 형상의 항공우주용 부품들을 BTF비를 최소화한 단일 공정으로 제작하는데 성공하였다. 그러나, 초소성 성형을 위해 주로 사용되는 가스 부풀림(Gas blow) 공정은 전용 설비가 필요하고, 일반적인 프레스 공정에 비해 높은 공정 비용이 발생한다. 따라서, 형상이 비교적 덜 복잡한 부품의 경우 기구축 되어있는 열간 프레스 장비를 통해 제작하는 편이 비용적인 측면에서 유리하다.

본 연구에서는 열간 프레스 공정(Hot press forming)을 이용해 타이타늄 합금 판재의 굽힘 성형과 확산접합을 동시에 수행하는 복합 공정을 제시하였고, 실험실 규모에서 시제품 제작을 성공적으로 수행하였다. 실험에 사용된 소재는 2.0mm 두께의 Ti-6Al-4V 합금 판재이며, 변형률 속도 민감도 실험을 기반으로 고온 크리프(Creep) 물성을 특성화하였다. 해당 물성을 유한요소해석에 적용하여 압력 및 유지시간에 따른 판재의 얇아짐(Thinning) 거동을 예측하였고, 이를 기준으로 공정조건을 선정하여 시제품을 제작하였다. 굽힘과 함께 과도한 압력 및 유지시간을 인가할 경우 소재의 크리프 변형으로 인한 얇아짐이 노치(Notch)로 작용하여 강도가 하락하는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로, 제시한 복합 공정기술을 활용하여 기존 기계 가공품을 대체할 수 있는 BTF가 향상된 시제품의 제작 가능성을 확인하였다.

본 연구는 산업기술통상자원부의 지역혁신클러스터육성사업(과제번호:P0016218)의 지원으로 수행되었다.

Keywords: Ti-6Al-4V sheet, Hot press forming, Bending, Diffusion Bonding

1. 한국재료연구원, 항공재료연구센터

교신저자: 한국재료연구원, 항공재료연구센터, 선임연구원

E-mail: hipark@kims.re.kr

유한요소해석을 활용한 Lead Screw 성형공정 최적화

윤덕재¹ · 이세현² · 윤상현¹ · 김응주[#]

Optimization of Lead Screw Forming Process with Finite Element Analysis

D. J. Yoon, S. H. Lee, S. H. Yoon, and E. Z. Kim

Abstract

Lead Screw 성형공정은 단조공정과 인발공정을 이용하여 최종 제품을 생산하게 된다. 단조와 인발가공 공정에서 소재의 유동특성은 금형의 형상, 금형과 소재의 마찰로 인하여 소재와 접하는 금형의 내면에 높은 압력이 작용하게 됨에 따라 금형이나 최종 제품의 성형에 많은 영향을 미치게 된다. 또한 공정의 횟수와 공정 스트로크의 최적화에도 영향이 있다. 따라서 본 연구에서는 단조공정만으로 이루어진 설계와 단조와 인발 공정으로 이루어진 설계에 대하여 비교 검토하고, 제품 형상을 고려한 성형금형의 각도, 폭 및 공정 횟수 등 공정 변수에 대한 영향을 비교 연구한다. 비교 연구 방법으로는 유한요소 해석을 이용하고, 형상에 따라 2차원 축대칭 해석과 3차원 성형해석을 한다. 이와 같이 공정연구를 통하여 Lead Screw의 제조에 대한 최적의 공정을 찾고 개선 방법을 모색하고자 한다.

Keywords: Lead Screw, Extrusion, Upsetting, Finite Element Method

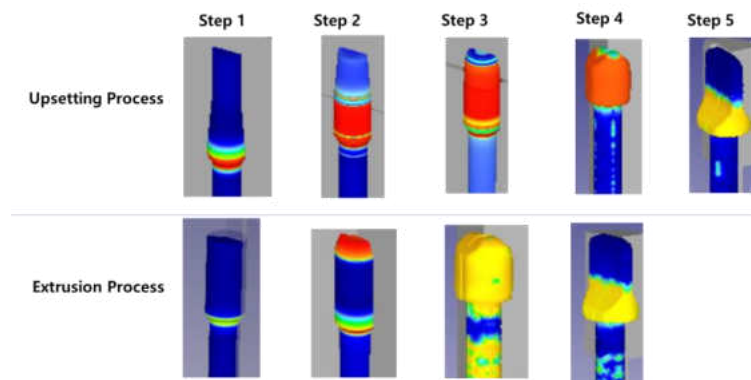


Fig. 1. Lead Screw head forging process

1. 한국생산기술연구원

2. 경원금속공업㈜, 이사

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

잔류응력 기반 Hole Expansion 공정 최적화 및 피로 균열 성장에 대한 잔류응력 영향 분석

백민재¹, 석무영, 권용남, 박현일, 최현성, 이동준*

Residual Stress-based hole expansion process optimization and investigation of residual stress effect on fatigue crack growth

Min Jae Baek, Moo Young Seok, Yong Nam Kwon, Hyeonil Park, Hyunsung Choi, Dong Jun Lee

Abstract

항공부품의 제조과정에서 소성가공에 의해 발생한 잔류응력은 부품의 피로수명 및 균열성장에 영향을 끼친다. 항공부품에 잔류응력을 부과하는 방법으로는 널리 사용되는 Hole Expansion공정이 있다. Hole Expansion공정은 홀 주변에 확공을 하여 압축 잔류응력을 발생시켜 균열 성장을 억제시키는 효과가 있다. 이러한 표면 압축잔류응력은 피로 한도를 높여주고, 응력부식균열(SCC)의 억제등 기계적 특성을 향상시키는 효과가 있다. 소재나 부품에 요구되는 잔류응력 크기를 발생하기 위해서 Hole Expansion공정 최적 설계가 필요하다. 실험적으로 반복해서 설계를 진행하기엔 비용 및 시간 측면에서 비효율적이므로 유한요소해석을 통해 공정 변수와 관심 Output간의 효율적인 상관관계 분석이 요구되어 진다. 본 연구에서는 Hole Expansion 최적 공정설계를 위해서 Insert Angle, Mandrel Diameter, Plate Hole Diameter 3가지 설계 변수로 선정하여 잔류응력 크기 및 분포 하중 및 Mandrel Stress의 상관관계를 분석하였다. 도출된 최적 공정을 이용하여, Hole Expansion공정에서 소재에 발생한 잔류응력에 대해 측정 방법 3가지 (XRD, Hole Drilling, Contour)를 이용하여 비교 분석하였고, 이를 통해 피로 균열 성장에 대한 영향을 분석하였다.

Keywords: Hole Expansion Method(홀 확장법), Genetic Algorithm(최적화 알고리즘), Compressive Residual Stress(압축 잔류 응력), Residual Stress Method(잔류응력 측정법), Fatigue Crack Growth(피로균열 성장),

1. 한국재료연구원, 연구원

Inconel 706 합금의 저하중 성형을 위한 회전단조기술 개발

조성우^{1,2} · 김효건¹ · 이영선¹ · 윤은유¹ · 이상용² · 우영운^{1,#}

Development of Rotary forging process technology for low-force forming of Inconel 706 superalloy

S. W. Jo^{1,2} · H. G. Kim¹ · Y. S. Lee¹ · E. Y. Yoon¹ · Y. S. Lee¹ · S. Y. Lee² · Y. Y. Woo^{1,#}

Abstract

Ni계 초내열 합금인 Inconel 706은 고온에서도 유지되는 우수한 기계적 특성으로 인해 단조를 통한 성형 시 많은 하중을 필요로 한다. 회전단조공정은 상부 금형이 기울어진 각을 가지면서 동시에 회전, 하강하여 점진적인 성형을 부여하는 공정으로 기존 업세팅 단조공정 보다 적은 하중으로도 부품의 성형이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 업세팅과 회전단조를 적용한 Inconel 706 합금의 성형 시 필요한 하중과 미세조직, 기계적 특성을 비교 분석하였다. 유한요소해석을 통해 성형 시 필요한 하중을 예측하였고 위치별 변형량 분포를 확인하였다. 실제 업세팅과 회전단조를 통해 제작된 시험편의 성형 시 하중을 분석한 결과 회전단조시 업세팅의 약 1/4의 하중으로도 동일한 압하율을 가질 수 있음을 확인하였으며 이는 유한요소 해석 결과와도 일치하는 결과이다. 두 조건의 기계적 특성을 분석하기 위해 상온 인장과, 480°C 고온 인장, 650°C 650MPa 조건에서 creep 특성을 비교 분석하였으며 Optical Microscopy(OM)와 Electron backscatter diffraction(EBSD) 분석을 통해 위치별 미세조직 차이를 분석하였다. 이를 통해 회전 단조를 통해 낮은 하중으로 성형을 하여도 기계적 특성을 유지할 수 있음을 확인하였다.

Keywords: Inconel 706, Rotary forging, Orbital forging, Upsetting,

1. 한국재료연구원, 연구원

2. 국립안동대학교, 신소재공학과

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

유한 요소 해석을 이용한 SCM440 기저부 위 G6 분말 적층시 기저부 각도에 따른 열-기계 특성 고찰

안동규[#], 양지완¹, 이광규²

A study on the Influence of the Substrate Angle on Thermo-Mechanical Characteristics of the Deposited Region to Deposit G6 Powders on SCM440 Substrate Using a Finite Element Analysis

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

Abstract

적층 제조(Additive manufacturing: AM) 공정 중 하나인 DED 공정은 복잡한 형상의 제작 및 보수가 가능하다. 하지만 고에너지의 열원으로 인해 급격한 열 이력이 발생하고 이를 통한 적층부 주위에 잔류응력이 발생하여 균열 및 변형과 같은 기계적 결함을 발생시키는 원인이 된다. 특히 기저부 각도 형상이 급격하게 변하는 구간에서는 응력 집중 현상이 발생하여 균열 및 변형이 심화된다. 이를 해결하기 위해 기저부 각도 형상에 따른 열전달 및 잔류응력에 대한 분석해야 한다. 본 연구에서는 유한 요소 해석(Finite Element Analysis: FEA)을 이용하여 기저부 각도 형상에 따른 적층 시편의 열전달 및 잔류응력 특성을 분석하고자 한다. 유한 요소 해석은 상용 소프트웨어인 SYSWELD V 16.0 을 사용하였으며, 기저부 각도 형상은 경사 각도 30° 및 45° 로 선정하였다. 적층 높이는 4-8 mm, 적층 길이는 5-9 mm 범위로 선정하여 총 18가지의 2D 해석 모델이 설계되었다. 기저부 소재는 SCM440, 적층부 소재는 G6 를 사용하였으며, 두 소재의 물성데이터는 상용 소프트웨어인 JmatPro V 12.0 을 통해 열 및 기계 물성 데이터를 적용하였다. 해석 모델의 열원은 가우시안 분포 및 열원의 침투 깊이를 가지는 3차원 이동 열원으로 가정하였다. DN Sulation 사의 실험을 통한 데이터를 이용하여 대류, 복사 및 고정 경계조건을 해석에 적용하였고, 열원 효율은 실험 결과와 해석 결과를 비교하여 도출하였다. 유한 요소 해석을 통해 기저부 각도 형상에 따른 최적의 형상을 도출하였고, 적층부 주위의 열전달 및 잔류응력 특성을 조사하였다.

Keywords: Additive manufacturing, Thermo-Mechanical characteristics, Substrate angle, Finite element analysis

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

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

1. 조선대학교 기계공학과, 석사과정

2. 조선대학교 기계공학과, 박사과정

LED소자가 포함된 인쇄회로필름의 인서트 사출성형시 손상방지를 위한 밸브게이트 적용에 관한 연구

이종현¹· 정민화²· 홍종화³· 박현정⁴· 박동용⁵· 차경제[#]

A study on the application of valve gates to prevent damage during insert injection molding of printed circuit films containing LED elements

J.H. Lee, M.H. Jung, J.H. Hong, H.J. Park, D.Y. Park, K.J. Cha

Abstract

인서트 사출성형은 이종 소재의 인서트를 몰드에 넣고 용융된 수지를 캐비티내에 충전하여 용융된 수지와 인서트파트를 일체화시켜 성형하는 성형기술이다. 이러한 인서트 사출성형은 사출과정 중에 수지의 고온과 압력에 의해 변형 및 손상이 될 수 있다. 수지의 흐름과 압력을 최적화하여 인서트에 대한 변형을 최소화 시킬 수 있는 부분이 가장 중요하다. 본 연구는 인서트 사출성형시 인서트파트에 대한 고온, 고압의 수지에 의한 손상을 방지 하기 위해 밸브게이트를 이용하여 순차적 수지 주입시 제품에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 인서트파트는 LED 패키지가 실장된 인쇄회로 기판으로 PC(Polycarbonate)재질의 필름으로 구성되어 있으며, 사출성형 수지로는 ABS(acrylonitrile butadiene styrene copolymer) 수지가 주입된다. 필름과 수지의 이종소재로 인해 수지 충전시 열변형과 고화 후 휨 변형 등에 회로 기판이 손상되는 경우가 발생하였고, 이를 방지하기 위해 시뮬레이션으로 문제점을 검토하였다. 시뮬레이션은 CoreTech사의 Moldex3D를 사용하여 해석하였으며, 게이트의 수, 순차 사출 밸브게이트를 변수로 적용하여 충전과정에 웰드라인과 성형 후의 수축, 휨 변형을 분석하였다. 최종적으로 인서트물에 높은 압력과 힘을 받는 LED 부와 인쇄회로부를 회피하여 웰드라인을 성형 및 변형을 최소화 할 수 있는 조건을 도출하였다.

Keywords: Insert injection;printed circuit board;insert mold;ABS;PC;Injection molding analysis

1. 한국생산기술연구원, 연구원

2. 대구특수금속, 부장

교신저자: 차경제 책임연구원. E-mail: kjcha@kitech.re.kr