

2020년도 한국소성가공학회

추계학술대회 및 정기총회 초 록 집

일 시 : 2020년 10월 15일(목)~16일(금)

장 소 : 제주 칼호텔

주 최 : 한국소성가공학회



사단
법인

한국소성가공학회

제 1 발표회장

2020. 10. 15(목)

▶ 2층 로즈

○ 일반발표- 단조

(13:00~14:45)

좌 장 : 이호원(KIMS)

13:00~13:15	냉간단조금형의 피로 수명예측에 관한 고찰	전만수*(경상대),이현준,임수근,이광희
13:15~13:30	고온 피로수명에 미치는 진동수의 영향	석무영*(재료연구소),김동호,김동민,이동준,권용남
13:30~13:45	냉간단조 중 권의 변형이 금형의 파손에 미치는 영향에 관한 해석적 연구	변종복*,전만수(경상대)
13:45~14:00	동적변형시효의 표현과 검증	이현준*, 전만수(경상대),노우람,조규섭
14:00~14:15	기공율이 AI 합금의 피로수명에 미치는 영향	김동호*(재료연구소),이동준,석무영,권용남(재료연구소)
14:15~14:30	고변형률 영역 유동응력선도 평가	이상곤*(한국생산기술연구원),이인규,이성윤,이성민,정명식,황선광,박동용,차경제
14:30~14:45	블라인드 리벳 너트 클램핑 각도가 크립핑 강도에 미치는 영향	김찬양*(공주대),구보준,이사랑,최정목(진합),홍석무(공주대)
14:45~15:00	Coffee Break	

○ 일반발표- 단조

(15:00~16:30)

좌 장 : 황선광(생기원)

15:00~15:15	가스터빈 블레이드 적용을 위한 TiAl 신합금 개발	김성웅*(재료연구소),김종훈,김재권,김지영,김승언
15:15~15:30	7075 알루미늄 합금 후관 압출재의 소성이방성 평가 및 변형거동 정밀 모사	정대관*(한국생산기술연구원),최호준,김홍규,신영철
15:30~15:45	다축대각단조(MADF) 1G 및 2G 공정에 따른 IF 강의 미세조직 및 집합조직 변화에 대한 연구	정효태*(강릉원주대),권상철,김순태,이철우,조유연,김민성,김정균,이성,최시훈
15:45~16:00	전단공정에서 전단간격과 전단면의 롤오버의 관계	정승원*박영태,전만수(경상대),김광민
16:00~16:15	음향방출센서를 이용한 알루미늄 합금의 업셋팅 실험에서의 균열 발생 측정	하민규*(변형제어연구실),이정음,김상우
16:15~16:30	스위블 시트용 J-Hook 성형을 위한 판재 냉간 성형에 관한 연구	전효원*(대구기계부품연구원),서창희,오상균,권태하

2 발표회장

2020. 10. 15(목)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 일반발표- 경량금속

(14:00~15:15)

좌 장 : 정영웅(창원대)

14:00~14:15	AA6061 의 파괴 거동에 대한 탄점소성 동등체 기반 다결정 모델의 적용	박진화*(창원대), 이재성, 정영웅
14:15~14:30	베타이닐된 Ti-6Al-4V 합금의 고온성형공정변수에 따른 기계적 물성 변화	김동민*(재료연구소), 김민건, 이동준, 석무영, 권용남
14:30~14:45	Ti-6Al-4V 판재 고온 굽힘 성형에서 시간에 따른 스프링백 특성 분석	김민건*(재료연구소), 김동민, 이동준, 석무영, 권용남
14:45~15:00	SLMed Ti-6Al-4V 합금과 As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 확산 접합 연구	하현종*(재료연구소), 이동준, 석무영, 권용남
15:00~15:15	Fatigue Crack Propagation test 를 이용한 Al2124-T851 합금의 Crack closure phenomenon 분석	조윤지*(재료연구소), 권용남, 이동준, 석무영
15:15~15:30	Coffee Break	

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

(15:30~16:45)

좌 장 : 봉혁중(KIMS)

15:30~15:45	유한요소해석 연계 알루미늄 다층판재의 기계적 거동 예측	성진영*(재료연구소), 김민호, 봉혁중, 이광석, 김민중, 김지훈(부산대)
15:45~16:00	Simultaneous forging and joining of a magnesium/aluminum bimetallic ring component via friction stirring	Mounarik Mondal*, Soumyabrata Basak; Kun Gao; Hrishikesh Das, 홍성태, Howook Choi, 박주원, 한홍남(서울대)
16:00~16:15	Friction stir butt welding of aluminum clad aluminum thin sheets	Soumyabrata Basak*, Mounarik Mondal, Kun Gao, Thi Anh Nguyet Nguyen, 홍성태, 이지우, 조훈휘(한밭대)
16:15~16:30	Electrically assisted pressure joining of aluminum clad aluminum sheets	Thi Anh Nguyet Nguyen*, Soumyabrata Basak, Thanh Thuong Do, Zhang Shengwei, 홍성태, Ho-Wook Choi, 한홍남(서울대)
16:30~16:45	전기차 배터리 모듈용 쿨링블록 패턴 형상 최적화	정희석*(성우하이텍), 조홍영, 손성만

제 3 발표회장

2020. 10. 15(목)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 특별세션_ 부식관통 저항성을 갖은 히트싱크용 미세압출기술

(14:00~15:30)

좌 장 : 최호준(생기원)

14:00~14:15	Strip Casting 공정으로 제조된 Al-Mn 계 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 후열처리 영향	이기안*(인하대), 백민석, 어광준
14:15~14:30	전기, 자동차 및 냉동공조부품용 알루미늄 압출 금형 소재 및 코팅 에 관한 연구	원종구*(에스에스테크), 신태규, 김희수
14:30~14:45	금형의 수명 향상을 위한 열·표면처리기술	문경일*(한국생산기술연구원), 박현준, 안기원
14:45~15:00	AL 납작관의 부식관통 저항성에 영향을 미치는 제조공정 유효인자 분석	전영호*(대한공조), 김우성, 이승철
15:00~15:15	마이크로 납작관 압출 공정의 유한요소해석	신영철*(한국생산기술연구원), 정대관, 임성식, 최호준, 원종구, 정재경
15:15~15:30	고력 알루미늄 합금을 위한 압출 금형 냉각시스템 개발에 관한 연구	배성환*(산우엔지니어링), 오상호, 현승균
15:30~15:45	Coffee Break	

○ 일반금속

(15:45~16:45)

좌 장 : 김상우(KIMS)

15:45~16:00	마찰교반처리된 고엔트로피 합금의 부식 거동에 대한 실험 및 전산모사 연구	조훈휘*(한밭대), 아나만 샘, 안사 솔로몬, 조민구, 박경태, 홍성태, 한홍남(서울대)
16:00~16:15	수치 적분법에 따른 응력 적분 알고리즘의 수렴성 및 정확성에 관한 연구	윤성용*(포항공과대학교)
16:15~16:30	ZIRLO 판재의 정확한 진 응력-진 변형률 데이터를 얻기 위한 DIC 기반의 실제 단면 측정	구본준*, 김민수, 홍석무(공주대)
16:30~16:45	조합금 분말을 이용한 다중 비트 적층 시 적층부 소재에 따른 잔류응력 특성 분석	이광규*(조선대), 안동규

제 4 발표회장

2020. 10. 15(목)

▶ 2층 무궁화

O 특별세션_ 초전도 선재 제조 기술			좌 장 : 황덕영(KAT)
(14:00~15:30)			
14:00~14:15	EBSD 를 활용한 초기 공정 조건에 따른 Nb-46.5wt%Ti 소재의 미세 조직 분석 및 초전도 특성 영향 평가	문인용*(재료연구소),이호원,오영석, 김세중,정재면,강성훈	
14:15~14:30	MgB2 초전도선재의 전기적-기계적 특성 연구	장세훈*(케이에이티),김효성,황덕영	
14:30~14:45	복합 가공 공정을 이용한 In-situ-MgB2 초전도 선재 개발 현황	장세훈*(케이에이티),임재덕,강성훈, 오영석,황덕영	
14:45~15:00	신선 인발된 in-situ MgB2 초전도 선재 내 CP-Ti barrier 의 미세조직 변화 연구	박상용*(한국생산기술연구원), 현승균, 황덕영,이종범, 정하국	
15:00~15:15	초전도 선재용 MgB2 특성향상 연구	정국채*(재료연구소),오영석,강성훈	
15:15~15:30	분말충진밀도가 MgB2 선재의 초전도 성능에 미치는 영향	오영석*(재료연구소),이호원,김세중, 정재면, 정국채, 황덕영,강성훈	
15:30~15:45	Coffee Break		
O 박판성형			
(15:45~17:00)			좌 장 : 송정환(생기원)
15:45~16:00	SPH, CEL 해석기법에 따른 Flow Drill Screw 접합공정 예측	김성호*(한국생산기술연구원),송정환 (한국생산기술연구원), 배기현,최석우, 최정목,곽희만,김지훈,박남수	
16:00~16:15	프리프레그 압축성형 공정을 통한 B-Pillar 보강재 제조	이순명*(부산대),김재홍, 성동진,고대철	
16:15~16:30	반응표면분석법을 이용한 스크류홀 설계 가이드 개발	장인제*(한국생산기술연구원).배기현, 송정환,이종섭,박남수,최석우, 정세환(LG 전자),이희중	
16:30~16:45	Rail Roof Side 용 알루미늄 소재의 핫 블로우 포밍에 관한 연구	김민기*(부산대),류재창,홍종빈,정철영, 고대철	
16:45~17:00	3D 프린팅으로 제작한 금형의 마그네슘 급형 성형 공정	윤형원*(서울과학기술대),경준현,유제형, 박근,이창환	

제 5 발표회장

2020. 10. 15(목) ▶▶ 2층 동백

○ 특별세션- CRA 클래드 압연 및 응용기술

(13:00~14:45)

좌 장 : 이현석(RIST)

13:00~13:15	타이타늄-탄소강 이중 금속 핵압연 기술 개발	최미선*, 이현석(RIST)
13:15~13:30	광폭 압연클래드 후판 국산화 제조 및 강관/압력용기 적용기술 개발	심호섭*, 조수철(동국제강)
13:30~13:45	클래드用 고청정 ALLOY825 잉곳 및 단조 슬라브 제조 기술 개발 현황	신정호*, 김대현, 최상민 (세아창원특수강)
13:45~14:00	UNS N08825 미세조직 연계 고온 변형 공정 조건 도출	조한술* (재료연구소)
14:00~14:15	316L 스테인리스 클래드재의 열처리에 따른 미세조직 및 물성 변화 관찰	이현석* (RIST)
14:15~14:30	Flowstress analysis of CRA materials(STS316L, UNS08825) by constitutive equation and artificial neural networks for clad plate rolling process	옥정수* (고려대학교)
14:30~14:45	스테인리스 클래드강 접합부의 화학성분 및 미세조직	이영국* (연세대학교)
14:45~15:00	Coffee Break	

○ 특별세션- CRA 클래드 압연 및 응용기술

(15:00~17:00)

좌 장 : 장형순(금속조합)

15:00~15:15	CS/STS 클래드 강관 용접 최적화 기술 연구	김성웅* (세아제강)
15:15~15:30	클래드 판재를 적용한 Pressure Vessel 설계	유경훈* (우양HC)
15:30~15:45	STS 316LClad plate 를 이용한 클래드 강관 제조 용접기술 연구	송인영* (동양철관)
15:45~16:00	압연클래드 STS 316L 의 ESW 용접부 형상에 미치는 용접조건 영향	안현준* (POMIA)
16:00~16:15	CRA 클래드 JCOE 파이프링 공정의 유한요소해석 선행연구	문찬미* (서울대학교)
16:15~16:30	SYSWELD 를 이용한 클래드 판재의 초기 용접조건 예측	양원철* (한밭대학교)
16:30~16:45	광폭 압연클래드 후판 및 적용 부품화 기술 특허현황	장형순* (한국금속재료연구조합)
16:45~17:00	API 강 파이프링 공정 후 강도예측 유한요소해석	최홍진* (서울대)

제 6 발표회장 - 포스터 발표

※ 포스터 발표자는 정해진 시간에 포스터판 앞에 위치하여 주시시오.(포스터 각 3분씩 발표를 진행하며, 발표논문을 심사합니다.)

※ 포스터판 사이즈 : 가로 1m×세로 1.2m(논문 1편당 1개), 포스터는 발표자가 준비합니다.

2020. 10. 15(목)

▶▶ 2층 로비

(15:00~16:00)		좌 장 :구태완(부산대)	
15:00~16:00	P 01	Fe-9.0Mn-(Al, Cu, Ni)-0.2C 중량간강 열간압연재의 미세 조직과 기계적 특성	윤영철*(서울과학기술대학교), 김상규, 황병철
	P 02	일반 탄소강의 수소취성에 미치는 결정립 크기와 예 비 변형의 영향	고석우*(서울과학기술대학교), 김재운, 황병철
	P 03	대전력 리튬이온전지용 세라믹(LTCC) 칩 퓨즈의 발 열 특성	홍옥연*(강릉원주대), 양승민, 이효종, 김병준, 최병두, 민석홍, 하태권
	P 04	컵 드로잉 성형공정에서의 실시간 플랜지 유입량 측정	서영호*(한국생산기술연구원), 김현우, 김기풍
	P 05	전기차용 열교환기 분리판의 고강도 알루미늄 판재 적용을 위한 설계인자에 따른 성형성 분석	배기현*(한국생산기술연구원), 양종훈, 정성호, 김봉환, 이종섭
	P 06	판재 성형해석을 통한 1.5GPa 급 Mart 강 적용 Front Side Rear Lower Member 냉간 스탬핑 공정 설계	배기현*(한국생산기술연구원), 남정우, 정철영, 최석우, 송정환
	P 07	고체-유체 접촉각 예측을 위한 Lattice Boltzmann method 기반 Droplet 시뮬레이션	이원주*(한양대), 트루잉반도이, 응우옌통, 정유형, 김형규, 이호원, 강성훈, 윤종현
	P 08	도가니 재질과 전자교반의 교반 전류가 A356 합금의 미세조직에 미치는 영향	이원진*(부산대), 진철규, 허민, 강충길, 방희재
	P 09	Al7075-T6 센터필러의 제작 공정 및 충돌성능 평가	이원진*(부산대), 이민식, 문영훈, 강충길
	P 10	AA6016 판재의 간접 핫스탬핑 공정을 이용한 자동차 도어 내판 성형에 관한 연구	송정환*(한국생산기술연구원)
	P 11	Twin-roll Strip Casting 공정으로 제조된 고강도 Al 7075 합금의 미세조직, 인장 및 고주기 피로 특성	백민석*(인하대), 어광준, 이기안
	P 12	2.47 GPa 급 초 고강도 high Co-Ni secondary hardening steel 의 미세조직 및 기계적 특성	김영균*(인하대), 김규식, 송영범, 박정효, 이기안
	P 13	필거링 가공된 지르코늄 합금 튜브의 고온물성에 끼 치는 수소영향 평가 연구	박동준*(한국원자력연구소), 정양일, 박정환, 이영호, 최병권, 유승찬, 김현길
	P 14	TRIP1180 판재의 성형공정에서 PVD CrN 코팅 금형의 연속성형 실험을 통한 정량적인 금형 마모 거동 평가	방준호*(한국생산기술연구원), 송정환, 배기현, 박남수, 이명규, 김홍기
	P 15	연속주조에 의한 Round Bloom 제조시 연주속도와 냉각수 분사량이 미치는 영향	조용재*(한국생산기술연구원), 최창영, 이재욱, 김건우, 장진석, 송혜진, 이진모
	P 16	Selective laser melting 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 인장 및 극저온 충격 인성에 미치는 후열 처리의 영향	박소연*(인하대), 김규식, 김민철, 이기안
	P 17	전자빔 적층가공한 Ni 기 초합금 소재의 적층방향의 의존성	박근태*(한국생산기술연구원), 이혜진, 하태권, 민석홍, 이병수
	P 18	자동차 에어 서스펜션 튜브 설계를 위한 후방압출 공정의 유한요소해석	김현성*(단국대), 임성환, 황종일
	P 19	해양환경에서 Cr-Fe 계합금의 마모 및 부식거동	박정환*(한국원자력연구원), 이영호, 박동준, 정양일, 최병권, 김현길
	P 20	대형 플라스틱 부품의 무도장 사출성형 기술에 관한 연구	정의철*(단국대), 윤언경, 손정언, 이성희

제 1 발표회장

2020. 10. 16(금)

▶▶ 2층 로즈

○ 압출 및 인발, 플라스틱, 금형가공

(9:00~10:15)

좌 장 : 유영은(KIMM)

9:00~9:15	극저온 비원형 신선공정을 통한 고강도-고연성 CP-Ti 선재 제조	안지섭*(한국생산기술연구원), 조아라, 김선형, 이상곤, 이인규, 문영훈, 황선광
9:15~9:30	변형률 속도와 온도에 따른 경화특성을 고려한 고온 압출 공정의 모델링 및 수치해석	정선호*(한국생산기술연구원), 송영환, 배기현, 송정환, 이종섭, 최석우, 이상아, 이희중, 성현민, 박남수
9:30~9:45	공기층에 의한 마찰 감소 특성 적용을 위한 표면 패터닝 공법 개발 및 평가	문인용*(재료연구소), 이호원, 오영석, 김세종, 강성훈
9:45~10:00	혈액시료 전처리용 500nm 미세유로 플라스틱 소자 성형	유영은*(한국기계연구원), 이상원, 오재환, 김관오, 강도현, 윤재성
10:00~10:15	Maraging steel 의 적층제조 공정에 관한 연구	김선형*(한국생산기술연구원), 안지섭, 조아라, 박동용, 최용진, 차경제, 문영훈, 황선광

제 2 발표회장

2020. 10. 16(금)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 경량금속

(9:00~10:15)

좌 장 : 최시훈(순천대)

9:00~9:15	결정소성 유한요소해석을 이용한 MADF 초기 단계 시 발생하는 변형띠 생성 기구에 관한 연구	김민성*(순천대), 김정균, 권상철, 김순태, 조유연, 이성, 정효태, 최시훈
9:15~9:30	미니 스트레칭 장비를 이용한 IF 강의 이축 인장 시 미세조직 및 집합조직의 변화 연구	박기성*(순천대), 최시훈
9:30~9:45	AA5083 판재의 미세조직 및 성형성에 미치는 집합조직 성분의 영향	김정균*(순천대), 유태현, 김민성, 최시훈
9:45~10:00	mini-V-bending 시험 시 SLM 공정으로 제조된 316L SS 합금에 발생하는 변형 미세조직 발달 거동에 관한 연구	Preetham*(순천대), Kale amol, Abhishek, 최시훈
10:00~10:15	FSP 시 CP-Ti 에 발생하는 미세조직 및 집합조직 발달거동 연구	Abhishek*(순천대) Kale amol; Lalit kaushik, Jaiveer Singh, Min-Seong Kim, Shi-Hoon Choi

제 3 발표회장

2020. 10. 16(금)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 일반금속 (9:00~10:15)			좌 장 : 김정환(한밭대)
9:00~9:15	파우치형 이차전지의 용융접합 장치 설계용 해석프로세스 개발	이경훈*(주)솔루션랩), 정민음, 고강호, 박중현, 김정기	
9:15~9:30	딥러닝을 이용한 인공지능 강소성 구성방정식의 개발	문희범*((주)솔루션랩), 이경훈, 강경필	
9:30~9:45	베타-어닐링 Ti-6Al-4V 대형항공부품 제조기술 개발	이찬주*(한국생산기술연구원)	
9:45~10:00	SLM 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금 조형체의 표면조도에 관한 연구	김원영*(재료연구소)	

2020. 10. 16(금)

▶▶ 2층 무궁화

○ 박판 (9:00~10:15)			좌 장 : 김대용(KIMS)
9:00~9:15	Yoshida2013 항복 기준의 해석적 표현 및 교정 전략	후퀴*(카이스트), 윤정환	
9:15~9:30	드로잉 성형 공정에서의 비드 구성 최적화	박준용*(한국과학기술원), 윤정환	
9:30~9:45	유한요소 해석을 통한 초소성 성형의 공정변수들에 대한 영향 연구	신강훈*(재료연구소)	
9:45~10:00	유한요소해석을 이용한 온간 밀폐 단조 공정 적용을 위한 금형 설계	김기현(한국기계연구원), 윤은유, 배성준, 강현준, 성상규, 이영선	
10:00~10:15	열연 고강도 강판에서의 워더스밴드 전파에 따른 시효강화 반응에 대한 연구	조우진*(서울대), 정병석, 박시옥, 정진욱, 나현택, 한홍남	

제 5 발표회장 - 포스터 발표

※ 포스터 발표자는 정해진 시간에 포스터판 앞에 위치하여 주시시오.(포스터 각 3분씩 발표를 진행하며, 발표논문을 심사합니다.)

※ 포스터판 사이즈 : 가로 1m×세로 1.2m(논문 1편당 1개), 포스터는 발표자가 준비합니다.

2020. 10. 16(금)

▶▶ 2층 로비

(9:00~10:10)		좌 장 :고영건(영남대)	
9:00~10:15	P 21	강화 학습 기반 딥터 청소 로봇 주행 및 CNN 기반 먼지 정량화 알고리즘 개발	이사랑*,노은솔,홍석무(공주대)
	P 22	코팅 볼트 선별을 위한 CNN 기반 불량 시각화	노은솔*,이사랑,홍석무(공주대)
	P 23	용착 조형 공정을 이용한 압출기의 온도와 압출 길이에 따른 재료 별 압출 시 열전달 특성 분석	백선호*,안동규(조선대)
	P 24	FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 유성 기어 개발	김동규*(㈜디케이솔루션),이철환,서명관,김봉준,강용기
	P 25	롤 포밍 공정을 이용한 건축용 프레임 개발	강용기*(㈜디케이솔루션),이철환,서명관,김봉준,김동규
	P 26	FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 캠 기어 개발	이철환*(㈜디케이솔루션),서명관,김상현,김봉준,강용기
	P 27	소형 가스스프링 조립을 위한 물리 성형 공정 설계	김현우*서영호(생기원),김기풍
	P 28	SKD11-나노다이아몬드 혼합 분말의 레이저 클래딩 표면처리	도레미*(경북하이브리드부품연구원)
	P 29	다이블록에 장착된 압조 센서를 활용한 냉간단단 단조기의 금형수명 파손 모니터링	강성목*(㈜풍강),이광희,강기주,염승록,김진용
	P 30	D6AC 강의 기계적 성질에 미치는 오스테나이트 처리 영향	손영일*,이석재(ADD)
	P 31	마그네슘 브러켓 필페단조 설계	유재동*,문호근,전만수(경상대)
	P 32	냉간단조에서 재료의 불안정성에 관한 실험적 연구	유재동*,김광민,전만수(경상대)
	P 33	티타늄 볼트 제조공정의 유한요소해석	이현준*(경상대),진호태,곽희만,최정목,전만수
	P 34	국소 변형 측정 바탕 PP 복합재의 동적 인장거동 조사	김민수*,홍석무(공주대)
	P 35	금형구조해석을 이용한 트리밍 금형 응력집중 예측	김세호*(대구대)
	P 36	L-PBF 공정에 의해 제조된 규칙적 다공 구조체의 압축특성 평가	이진명*,김상우(KIMS)
	P 37	1.5GPa 급 센터플로어 어퍼 멤버 열간 금형 설계에 관한 연구	차승훈*,소범식,김중희,임정식
	P 38	고강도 차체부품 성형용 전도기열장치의 열변형 특성 연구	김중희*(경북테크노파크)
	P 39	결정립 크기에 따른 PEO 알루미늄 코팅층의 초기 형성 및 성장 거동	나쉬라니사*,푸트리로시,시티파타마,백승훈,고영건(영남대)
	P 40	Ca 의 첨가가 AZ61 마그네슘 합금의 미세조직 형성 거동에 미치는 영향	김기범*(부경대),이정훈,이종열,김관후
	P 41	노즐의 배열조건에 따른 열간 가변금형의 냉각성능 예측	이인규*,(생기원)이상근,이성운,박동용,정명식,고대철
	P 42	정규화 범위에 따른 인공신경망을 활용한 사출성형품 치수의 예측성능 차이에 관한 연구	양동철*,김종선(생기원)
	P 43	프레스 편지의 잔여수명을 예측하기 위한 기계학습용 데이터 획득 실험	홍석관*,전용준(생기원)
	P 44	시뮬레이션을 통한 사출성형 중 멀티 캐비티 금형에서 캐비티 별 충전에 따른 금형의 변형량 변화에 대한 연구	이준한*,김종선(생기원)
	P 45	역설계를 이용한 드로잉 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주제연구	김세호*(대구대),이지호,김민구
	P 46	크루드 오일용 Electric Heater 의 내압 방폭 구조해석	김현수*(엠엔에스아이),정소현,신민근
	P 47	마그네슘 합금 판재의 평면 DIC 측정을 위한 지그 개발과 이를 활용한 단축 변형 특성 분석	강정은*(서울과학기술대),유지윤,최인규,유제형,이창환
	P 48	항복비제어강의 냉간 단조용 이단 열처리 공정 설계	강현준*(재료연구소),성상규,윤은유,배성준,김기환,이상용,이영선
	P 49	항복비제어강의 온간단조공정 적용을 위한 공정 설계 및 단조 품 분석	성상규*(재료연구소),강현준,김기환,배성준,윤은유,이상용,이영선
	P 50	열-기계가공 공정을 통한 Al _{0.5} CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 가공성 및 기계적 물성 극대화	구강희*(포항공대),문종언,박정민,배재웅,이병주,이성학,김형섭
	P 51	합금과 고압비틀림 공정으로 제작한 FeCuNi 합금	김은성*(포항공대),Peyman Ashari-Radl,김형섭
	P 52	Interface characterization of layered material of 316L stainless steel and inconel 718 fabricated by laser metal deposition	사공만재*(포항공대),박정민,김은성,김형섭

목 차

1. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 단조

- 냉간단조금형의 피로 수명예측에 관한 고찰
.....전만수* / 19
- 고온 피로수명에 미치는 진동수의 영향
.....석무영* / 20
- 냉간단조 중 핀의 변형이 금형의 파손에 미치는 영향에 관한 해석적 연구
.....변종복*,전만수 / 21
- 동적변형시효의 표현과 검증
.....이현준*,전만수,노우람,조규섭 / 22
- 가공율이 AI 합금의 피로수명에 미치는 영향
.....김동호* / 23
- 고변형률 영역 유동응력선도 평가
.....이상곤* / 24
- 블라인드 리벳 너트 클램핑 각도가 크립핑 강도에 미치는 영향
.....김찬양* / 25
- 가스터빈 블레이드 적용을 위한 TiAl 신합금 개발
.....김성웅* / 26
- 7075 알루미늄 합금 후판 압출재의 소성이방성 평가 및 변형거동 정밀 모사
.....정대관*,최호준,김홍규,신영철 / 27
- 다축대각단조(MADF) 1G 및 2G 공정에 따른 IF 강의 미세조직 및 집합조직 변화에 대한 연구
.....정효태* / 28
- 전단공정에서 전단간격과 전단면의 롤오버의 관계
.....정승원*,박영태,전만수,김광민 / 29
- 음향방출센서를 이용한 알루미늄 합금의 업셋팅 실험에서의 균열 발생 측정
.....하민규*,이정음,김상우 / 30
- 스위블 시트용 J-Hook 성형을 위한 판재 냉간 성형에 관한 연구
.....전효원*,서창희,오상균,권태하 / 31

2. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 경량금속

- AA6061 의 파괴 거동에 대한 탄점소성 동등체 기반 다결정 모델의 적용
.....박진화*,이재성,정영웅 / 32
- 베타어닐된 Ti-6Al-4V 합금의 고온성형공정변수에 따른 기계적 물성 변화
.....김동민* / 33
- Ti-6Al-4V 판재 고온 굽힘 성형에서 시간에 따른 스프링백 특성 분석
.....김민건* / 34
- SLMed Ti-6Al-4V 합금과 As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 확산 접합 연구
.....하현중*,이동준,석무영,권용남 / 35
- Fatigue Crack Propagation test 를 이용한 Al2124-T851 합금의 Crack closure phenomenon 분석
.....조윤지*,권용남,이동준,석무영 / 36

3. 특별세션- EV 용 배터리팩 경량화를 위한 다층금속판재 제조, 성형 및 평가 기술 (제 2 발표회장)

- 유한요소해석 연계 알루미늄 다층판재의 기계적 거동 예측
.....성진영* / 37
- Simultaneous forging and joining of a magnesium/aluminum bimetallic ring component via friction stirring
.....Mounarik Mondal * / 38
- Friction stir butt welding of aluminum clad aluminum thin sheets
.....Soumyabrata Basak * / 39
- Electrically assisted pressure joining of aluminum clad aluminum sheets
.....Thi Anh Nguyet Nguyen * / 40
- 전기차 배터리 모듈용 쿨링블록 패턴 형상 최적화
.....정희석*,조홍영,손성민/ 41

4. 특별세션-부식관통 저항성을 갖춘 히트싱크용 미세압출기술 (제 3 발표회장)

- Strip Casting 공정으로 제조된 Al-Mn 계 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 후열처리 영향
.....이기안*,백민석,어광준 / 58
- 전기,자동차 및 냉동공조부품용 알루미늄 압출 금형 소재 및 코팅 에 관한 연구
.....원종구*,신태규,김희수/ 60
- 금형의 수명 향상을 위한 열·표면처리기술
.....문경일*,박현준,안기원/ 62
- AL 납작관의 부식관통 저항성에 영향을 미치는 제조공정 유효인자분석
.....신영철*,김우성,이승철/ 63
- 마이크로 납작관 압출 공정의 유한요소해석
.....신영철*,정대관,임성식,최호준,원종구,정재경/ 64
- 고력 알루미늄 합금을 위한 압출 금형 냉각시스템 개발에 관한 연구
.....배성환*,오상호,현승균/ 65

5. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 일반금속

- 마찰교반처리된 고엔트로피 합금의 부식 거동에 대한 실험 및 전산모사 연구
.....조훈휘*,아나만 샘,안사 솔로몬,조민구,박경태,홍성태,한홍남/ 66
- 수치 적분법에 따른 응력 적분 알고리즘의 수렴성 및 정확성에 관한 연구
.....윤성용* / 67
- ZIRLO 판재의 정확한 진 응력-진 변형률 데이터를 얻기 위한 DIC 기반의 실제 단면 측정
.....구본준*,김민수,홍석무/ 68
- 초합금 분말을 이용한 다중 비드 적층 시 적층부 소재에따른 잔류응력 특성 분석
.....이광규*,안동규/ 69

6. 특별세션-부식관통 저항성을 갖춘 히트싱크용 미세압출기술 (제 4 발표회장)

- EBSO를 활용한 초기 공정 조건에 따른 Nb-46.5wt%Ti 소재의 미세 조직 분석 및 초전도 특성 영향 평가
.....문인용*,이호원,오영석,김세중,정재면,강성훈/ 70
- MgB₂ 초전도선재의 전기적-기계적 특성 연구
.....장세훈*,김효성,황덕영/ 71
- 복합 가공 공정을 이용한 In-situ-MgB₂ 초전도 선재 개발 현황
.....장세훈*,임재덕,강성훈,오영석,황덕영/ 72

- 신선 인발된 in-situ MgB2 초전도 선재 내 CP-Ti barrier 의 미세조직 변화 연구
..... 박상용*,현승균,황덕영,이종범,정하국/ 73
- 초전도 선재용 MgB2 특성향상 연구
..... 정국채*,오영석,강성훈/ 74
- 분말충진밀도가 MgB2 선재의 초전도 성능에 미치는 영향
..... 오영석*,이호원,김세종,정재면,정국채,황덕영,강성훈/ 75

7. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 박판성형

- SPH, CEL 해석기법에 따른 Flow Drill Screw 접합공정 예측
..... 김성호*,송정환,배기현,최석우,최정묵,곽희만,김지훈,박남수/76
- 프리프레그 압축성형 공정을 통한 B-Pillar 보강재 제조
..... 이순명*,김재홍,성동진,고대철/ 77
- 반응표면분석법을 이용한 스크류홀 설계 가이드 개발
..... 장인제*,배기현,송정환,이중섭,박남수,최석우,정세환,이희중/ 78
- Rail Roof Side 용 알루미늄 소재의 핫 블로우 포밍에 관한 연구
..... 김민기*,류재창,홍종빈,정철영,고대철/79
- 3D 프린팅으로 제작한 금형의 마그네슘 급형 성형 공정
..... 윤형원*,경준현,유제형,박근,이창환/ 80

8. 특별세션- CRA 클래드 압연 및 응용기술 (제 5 발표회장)

- 타이타늄-탄소강 이중 금속 핵압연 기술 개발
..... 최미선*,이현석 / 81
- 광폭 압연클래드 후판 국산화 제조 및 강관/압력용기 적용기술 개발
..... 심호섭*,조수철 / 82
- 클래드用 고청정 ALLOY825 잉곳 및 단조 슬라브 제조 기술 개발 현황
..... 신정호*,김대현,최상민 / 83
- UNS N08825 미세조직 연계 고온 변형 공정 조건 도출
..... 조한솔* / 84
- 316L 스테인리스 클래드재의 열처리에 따른 미세조직 및 물성 변화 관찰
..... 이현석* / 85
- Flowstress analysis of CRA materials(STS316L, UNS08825) by constitutive equation and artificial neural networks for clad plate rolling process
..... 옥정수* / 86

• TRIP1180 판재의 성형공정에서 코팅 금형의 정량적인 마모거동 평가	방준호*,송정환,배기현,박남수,이명규,김홍기,정철영 / 87
• 스테인리스 클래드강 접합부의 화학성분 및 미세조직	이영국* / 88
• CS/STS 클래드 강관 용접 최적화 기술 연구	김성웅* / 89
• 클래드 판재를 적용한 Pressure Vessel 설계	유경훈* / 90
• STS 316LCIad plate 를 이용한 클래드 강관 제조 용접기술 연구	송인영* / 91
• 압연클래드 STS 316L 의 ESW 용접부 형상에 미치는 용접조건 영향	안형준* / 91
• CRA 클래드 JCOE 파이프 공정의 유한요소해석 선행연구	문찬미* / 92
• SYSWELD 를 이용한 클래드 판재의 초기 용접조건 예측	양원철* / 93
• 광폭 압연클래드 후판 및 적용 부품화 기술 특허현황	장형순* / 94
• API 강 파이프 공정 후 강도예측 유한요소해석	최홍진* / 95

9. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 압출 및 인발, 플라스틱, 금형가공

• 극저온 비원형 신선공정을 통한 고강도-고연성 CP-Ti 선재 제조	안지섭*,조아라,김선형,이상근,이인규,문영훈,황선광/ 96
• 변형률 속도와 온도에 따른 경화특성을 고려한 고온 압출 공정의 모델링 및 수치해석	정선호*,송영환,배기현,송정환,이종섭,최석우,이상아,이희종,성현민,박남수/ 97
• 공기층에 의한 마찰 감소 특성 적용을 위한 표면 패터닝 공법 개발 및 평가	문인용*,이호원,오영석,김세종,강성훈/98
• 혈액시료 전처리용 500nm 미세유로 플라스틱 소자 성형	유영은*,우상원,오재환,김관오,강도현,윤재성/99
• Maraging steel 의 적층제조 공정에 관한 연구	김선형*,안지섭,조아라,박동용,,최용진,차경제,문영훈,황선광/100

10. 일반 논문 발표 (제 2 표회장)

○ 경량금속

- 결정소성 유한요소해석을 이용한 MADF 초기 단계 시 발생하는 변형띠 생성 기구에 관한 연구
..... 김민성*김정균,권상철,김순태,조유연,이성,정효태,최시훈/101
- 미니 스트레칭 장비를 이용한 IF 강의 이축 인장 시 미세조직 및 집합조직의 변화 연구
..... 박기성*,최시훈/ 102
- AA5083 판재의 미세조직 및 성형성에 미치는 집합조직 성분의 영향
..... 김정균*,유태현,김민성,최시훈/103
- mini-V-bending 시험 시 SLM 공정으로 제조된 316L SS 합금에 발생하는 변형 미세조직 발달 거동에 관한 연구
..... Preetham *, Kale amol,Abhishek ,최시훈/104
- FSP 시 CP-Ti 에 발생하는 미세조직 및 집합조직 발달거동 연구
..... Abhishek *, Kale amol;Lalit kaushik , Jaiveer Singh,Min-Seong Kim,Shi-Hoon Choi /105

11. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 일반금속

- 파우치형 이차전지의 용융접합 장치 설계용 해석프로세스 개발
..... 이경훈*정민음,고강호,박중현,김정기/106
- 딥러닝을 이용한 인공지능 강소성 구성방정식의 개발
..... 문희범*,이경훈,강경필/ 107
- 베타-어닐링 Ti-6Al-4V 대형항공부품 제조기술 개발
..... 이찬주* /108
- SLM 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금 조형체의 표면조도에 관한 연구
..... 김원영 */109
- 초합금 분말을 이용한 다중 비드 적층 시 적층부 소재에 따른 잔류응력 특성 분석
..... 이광규 */110

12. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 박판

- Yoshida2013 항복 기준의 해석적 표현 및 교정 전략
..... 후퀴*윤정환/111

- 드로잉 성형 공정에서의 비드 구성 최적화
.....박준용*,윤정환/ 112
- 유한요소 해석을 통한 초소성 성형의 공정변수들에 대한 영향 연구
.....신강훈* /113
- 유한요소해석을 이용한 온간 밀폐 단조 공정 적용을 위한 금형 설계
.....김기한*,윤은유,배성준,강현준,성상규,이영선/114
- 열연 고강도 강판에서의 워더스밴드 전파에 따른 시효강화 반응에 대한 연구
.....조우진*,정병석,박시옥,정진옥,나현택,한홍남/115

9. 포스터 발표 (제 6 발표회장)

- Fe-9.0Mn-(Al, Cu, Ni)-0.2C 중망간강 열간압연재의 미세조직과 기계적 특성
.....윤영철*,김상규,황병철/ 116
- 일반 탄소강의 수소취성에 미치는 결정립 크기와 예비 변형의 영향
.....고석우*김재윤,황병철/ 117
- 대전력 리튬이온전지용 세라믹(LTCC) 칩 퓨즈의 발열 특성
.....홍옥역*,양승민,이효종,김병준,최병두,민석홍,하태권/ 118
- 컵 드로잉 성형공정에서의 실시간 플랜지 유입량 측정
.....서영호*,김현우,김기풍/ 119
- 전기차용 열교환기 분리판의 고강도 알루미늄 판재 적용을 위한 설계인자에 따른 성형성 분석
.....배기현*,양종훈,정선호,김봉환,이종섭/ 120
- 판재 성형해석을 통한 1.5GPa 급 Mart 강 적용 Front Side Rear Lower Member 냉간 스탬핑 공정 설계
.....배기현*,남성우,정철영,최석우,송정환/ 121
- 고체-유체 접촉각 예측을 위한 Lattice Boltzmann method 기반 Droplet 시뮬레이션
.....이원주*,트루잉반도이,응우옌통,정유형,김형규,이호원,강성훈,윤종현/ 122
- 도가니 재질과 전자교반의 교반 전류가 A356 합금의 미세조직에 미치는 영향
.....이원진*,진철규,허민,강충길,방희재/ 123
- Al7075-T6 센터필러의 제작 공정 및 충돌성능 평가
.....이원진*,이민식,문영훈,강충길/ 124
- AA6016 판재의 간접 핫스탬핑 공정을 이용한 자동차 도어 내판 성형에 관한 연구
.....송정환* / 125
- Twin-roll Strip Casting 공정으로 제조된 고강도 Al 7075 합금의 미세조직, 인장 및 고주기 피로 특성
.....백민석*,어광준,이기안/ 126
- 2.47 GPa 급 초 고강도 high Co-Ni secondary hardening steel 의 미세조직 및 기계적 특성
.....김영균*,김규식,송영범,박정효,이기안/ 127
- 필거링 가공된 지르코늄 합금 튜브의 고온물성에 끼치는 수소영향 평가 연구
.....박동준*,정양일,박정환,이영호,최병권,유승찬,김현길/128
- TRIP1180 판재의 성형공정에서 PVD CrN 코팅 금형의 연속성형 실험을 통한 정량적인 금형 마모 거동 평가
.....방준호*,송정환,배기현,박남수,이명규,김홍기/129

- 연속주조에 의한 Round Bloom 제조시 연주속도와 냉각수 분사량이 미치는 영향
.....조용재*,최창영,이재욱,김건우,장진석,송혜진,이진모/130
- Selective laser melting 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 인장 및 극저온 충격 인성에 미치는 후열처리의 영향
..... 박소연*,김규식,김민철,이기안/131
- 전자빔 적층가공한 Ni 기 초합금 소재의 적층방향의 의존성
..... 박근태*,이혜진,하태권,민석홍,이병수/ 132
- 자동차 에어 서스펜션 튜브 설계를 위한 후방압출 공정의 유한요소해석
..... 김현성*,임성환,황종일/ 133
- 해양환경에서 Cr-Fe 계합금의 마모 및 부식거동
.....박정환*,이영호,박동준,정양일,최병권,김현길/ 134
- 대형 플라스틱 부품의 무도장 사출성형 기술에 관한 연구
..... 정의철*,유언경,손정언,이성희 / 135

10. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 강화 학습 기반 딥트 청소 로봇 주행 및 CNN 기반 먼지 정량화 알고리즘 개발
..... 이사랑*,노은솔,홍석무/ 136
- 코팅 볼트 선별을 위한 CNN 기반 불량 시각화
..... 노은솔,이사랑,홍석무/ 137
- 용착 조형 공정을 이용한 압출기의 온도와 압출 길이에 따른 재료 별 압출 시 열전달 특성 분석
..... 백선호*,안동규/ 138
- FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 유성 기어 개발
..... 김동규*,이철환,서명관,김봉준,강용기/ 139
- 롤 포밍 공정을 이용한 건축용 프레임 개발
..... 강용기*,이철환,서명관,김봉준,김동규/ 140
- FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 캠 기어 개발
..... 이철환*,서명관,김상현,김봉준,강용기/ 141
- 소형 가스스프링 조립을 위한 물리 성형 공정 설계
..... 김현우*,서영호,김기풍/ 142
- SKD11-나노다이아몬드 혼합 분말의 레이저 클래딩 표면처리
.....도래미* / 143
- 다이블록에 장착된 압조 센서를 활용한 냉간단단 단조기의 금형수명 파손 모니터링
..... 강성목*,이광희,강기주,염승록,김진용/ 144
- D6AC 강의 기계적 성질에 미치는 오스테나이트 처리 영향
.....손영일*,이석재/ 145
- 마그네슘 브라켓 밀폐단조 설계
.....유재동*,문호근,전만수 / 146
- 냉간단조에서 재료의 불안정성에 관한 실험적 연구
.....유재동*,김광민,전만수 / 147
- 티타늄 볼트 제조공정의 유한요소해석
..... 이현준*,진호태,곽희만,최정목,전만수/ 148

• 국소 변형 측정 바탕 PP 복합재의 동적 인장거동 조사	김민수*,홍석무 / 149
• 금형구조해석을 이용한 트리밍 금형 응력집중 예측	김세호* / 150
• L-PBF 공정에 의해 제조된 규칙적 다공 구조체의 압축특성 평가	이진명*,김상우 / 151
• 1.5GPa 급 센터플로어 어퍼 멤버 열간 금형 설계에 관한 연구	차승훈*,소범식,김중희,임정식/ 152
• 고강도 차체부품 성형용 전도가열장치의 열변형 특성 연구	김중휘* / 153
• 결정립 크기에 따른 PEO 알루미늄 코팅층의 초기 형성 및 성장 거동	나쉬라니사*,푸트리로시,시티파티마,백승훈,고영건/ 154
• Ca 의 첨가가 AZ61 마그네슘 합금의 미세조직 형성 거동에 미치는 영향	김기범*,이정훈,이종엽,김권후/ 155
• 노즐의 배열조건에 따른 열간 가변금형의 냉각성능 예측	이인규*,이상곤,이성윤,박동용,정명식,고대철/ 156
• 정규화 범위에 따른 인공신경망을 활용한 사출성형품 치수의 예측성능 차이에 관한 연구	양동철*,김종선/ 157
• 프레스 펀치의 잔여수명을 예측하기 위한 기계학습용 데이터 획득 실험	홍석관*,전용준/ 158
• 시뮬레이션을 통한 사출성형 중 멀티 캐비티 금형에서 캐비티별 충전에 따른 금형의 변형량 변화에 대한 연구	이준한*,김종선/ 159
• 역설계를 이용한 드로잉 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주제연구	김세호*,이지호,김민구 / 160
• 크루드 오일용 Electric Heater 의 내압 방폭 구조해석	김현수*,정소현,신민근/ 161
• 마그네슘 합금 판재의 평면 DIC 측정을 위한 지그 개발과 이를 활용한 단축 변형 특성 분석	강정은*,유지윤,최인규,유제형,이창환 / 162
• 항복비제어강의 냉간 단조용 이단 열처리 공정 설계	강현준*,성상규,윤은유,배성준,김기한,이상용,이영선/ 163
• 항복비제어강의 온간단조공정 적용을 위한 공정 설계 및 단조품 분석	성상규*,강현준,김기한,배성준,윤은유,이상용,이영선/ 164
• 열-기계가공 공정을 통한 Al _{0.5} CoCrFeMnNi 고엔트로피 합금의 가공성 및 기계적 물성 극대화	구강희*,문종언,박정민,배재웅,이병주,이성학,김형섭/ 165
• 합금과 고압비틀림 공정으로 제작한 FeCuNi 합금	김은성* , Peyman Ashari-Radl ,김형섭/ 166
• Interface characterization of layered material of 316L stainless steel and inconel 718 fabricated by laser metal deposition	사공만재*,박정민,김은성,김형섭/ 167

1. 일반 논문 발표

단조
(제 1 발표회장)

고변형률 영역 유동응력선도 평가

이상곤[#] · 이인규¹ · 이성윤¹ · 이성민¹ · 정명식¹ · 황선광¹ · 박동용¹ · 차경제¹

Evaluation of Flow Stress Curve at High Strain

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

Abstract

유동응력선도(flow stress curve) 선도는 금속 소재의 기계적 물성 및 성형성을 평가하기 위한 기초 데이터 중 하나이다. 최근 유한요소해석(finite element analysis)은 금속성형공정 해석 및 설계에 활발하게 적용되고 있으며, 유동응력선도는 유한요소해석을 위한 중요한 소재 입력 데이터이다. 따라서, 정확한 해석결과를 얻기 위해서는 정확한 유동응력선도 확보가 매우 중요하다. 일반적으로 유동응력선도는 단축인장시험(uniaxial tensile test) 혹은 압축시험(compressive test)을 통해 평가된다. 단조(forging), 압출(extrusion), 압연(rolling), 선선(wire drawing) 등의 냉간 성형공정의 경우 많은 변형량으로 인하여 축적되는 유효변형률이 1.0 이상으로 매우 높은 경우가 많다. 그러나, 단축인장 혹은 압축시험을 통해 확보되는 유동응력선도의 경우 유효변형률이 낮아 고변형률(high strain) 영역 유효변형률-유동응력의 관계를 정확히 확보하는 것이 곤란하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 낮은 변형률의 유동응력선도를 외삽(extrapolation)하여 고변형률 영역의 유동응력선도를 도출하는 다양한 식들이 제안되었으나, 이를 모델 또한 고변형률 영역에서 정확한 유동응력선도 도출에는 명확한 한계가 있다.

본 연구에서는 단순 압축시험과 압입시험(indentation test)을 이용하여 고변형률 영역의 유동응력선도를 평가할 수 있는 방법을 제안하였다. 먼저, Fig. 1 과 같이 압축시험에 대한 성형해석을 통해 압축된 시편의 변형률 분포를 평가한다. 이후 압축시험을 통해 변형률이 축적된 시편을 확보한 후 성형해석결과와 비교하여 시편 위치별 pre-strain 을 평가한다. 이후, Fig. 2 와 같이 압입시험기를 이용하여 pre-strain 값을 알고 있는 각 위치의 유동응력선도를 확보한다. 각 pre-strain 이 고려된 유동응력선도들을 하나의 그래프로 나타내면 Fig. 3 과 같다. Pre-strain 값에 따라 다양한 유동응력선도가 도출되면 Fig. 3 에서 보듯이 각 유동응력선도의 연결점(connection point)들을 연결하여 최종적으로 고변형률 영역까지의 유동응력선도를 확보할 수 있다. 최종적으로 확보된 고변형률 영역까지의 유동응력선도는 Fig. 4 와 같다.

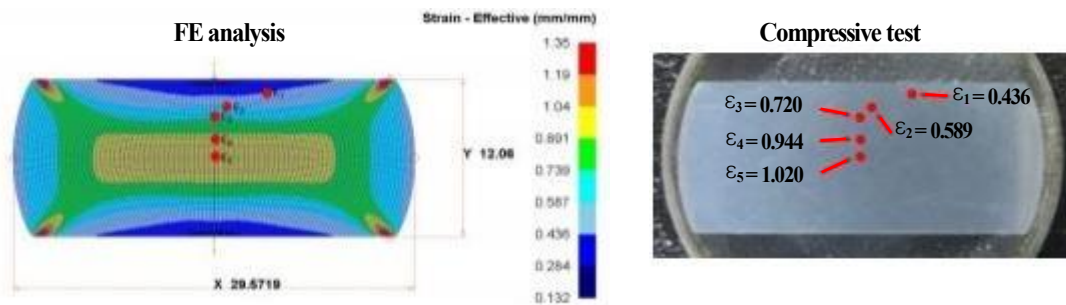


Fig. 1 FE analysis and experiment of compressive test

1. 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹

교신저자: 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹, 수석연구원

E-mail: sklee@kitech.re.kr

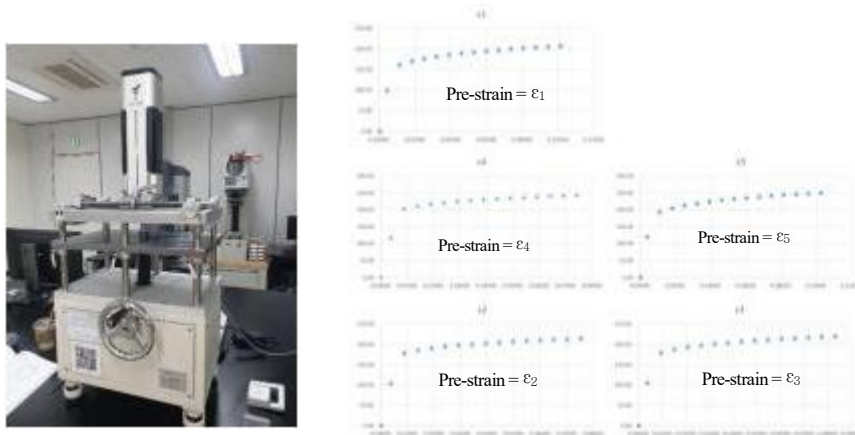


Fig. 2 Indentation test and obtained flow stress considering pre-strain

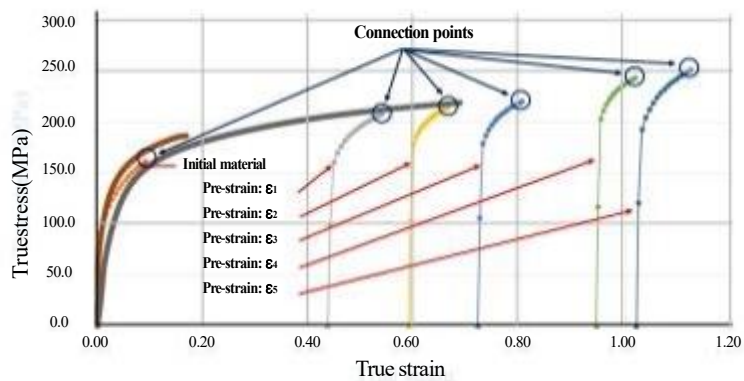


Fig. 3 Flow stress curves

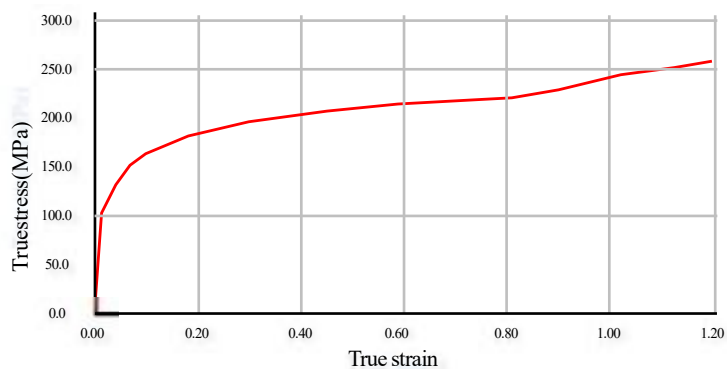


Fig. 4 Obtained flow stress curve at high strain

Key Words : Flow stress, High strain, FE analysis, Compressive test, Indentation test

* 본 연구는 산업기술혁신사업(산업소재핵심기술개발사업(과제번호: 20006979))의 지원으로 수행되었음.

고온 피로수명에 미치는 진동수의 영향

석무영¹ · 김동호¹ · 김동민¹ · 이동준¹ · 권용남¹

Effect of loading frequency on fatigue behavior of Ni-based superalloy

M. Y.Seok, D. H. Kim, D. M. Kim, D. J. Lee , Y.N. Kwon

Abstract

항공용 엔진 및 주요 구조물에 사용되는 구조용 금속의 피로 물성을 평가하는 것은 중요하다. 이러한 중요성에 따라 피로수명 평가에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다. 하지만 대부분의 피로시험 시에 진동수를 고려하지 않고 동일 진동수로 시험이 수행되어 실제 운용환경을 고려하지 못하였다. 진동수에 따라 피로수명에 영향은 여전히 논란이 되고 있으며, 특히 진동수에 따른 고온 피로물성을 평가한 연구는 수행된 바가 없다. 본 연구에서는 다양한 항공용 금속재료에 대해 상온 및 고온에서 진동수에 따른 피로수명을 평가하려고 하였다. 진동수가 다른 3 종류의 피로시험기를 사용하여 진동수에 따른 피로수명을 평가하고 피로수명에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 고온에서 진동수를 다르게 하여 피로수명을 평가함으로써 실제 운용환경을 모사한 피로시험을 수행하였다.

Key Words : Frequency effect, High cycle fatigue, High temperature fatigue, Ultrasonic fatigue machine

1. 재료연구소 항공우주재료연구센터

7075 알루미늄 합금 후판 압출재의 소성이방성 평가 및 변형거동 정밀 모사

정대관¹, 최호준¹, 김흥규², 신영철^{1#}

Evaluation of Plastic Anisotropy and Precise Simulation of Deformation Behavior Using Extruded 7075 Aluminum Alloy Thick Plate

D. K. Joung, H. J. Choi, H. K. Kim, Y.C. Shin

Abstract

본 연구에서는 압출 성형된 7075 알루미늄 합금 후판 소재의 소성이방성 분포를 평가하고, 이를 통해 2차 소성가공을 진행하는 경우 원소재의 이방성이 재료의 변형거동에 어떤 영향을 미치는지 실험적 연구와 유한요소해석을 통해 평가하였다. 압출재의 두께방향에서 존재하는 소성이방성 차이를 확인하기 위해 두께가 15mm 인 압출재를 5 등분하였고, 각 위치에서 한 변의 길이가 1mm 인 정육면체 시편을 ED(Extrusion direction), HD(Height direction), TD(Transverse direction)를 기준으로 9 가지 방향에서 추출하여 압축시험을 진행하였다. 압축된 시편의 폭 방향과 두께 방향의 변형률 비를 통해 소성이방성계수를 계산하였고, 이를 통해 두께 방향 위치에 따른 Hill's yield criterion 의 소성이방성 상수를 도출하였다. 각 층에서 도출된 소성이방성 반영을 위해 두께방향으로 5 개 층으로 구분하여 유한요소해석모델을 구성하였다. 해석 모델의 검증을 위해 한 변의 길이가 15mm 인 정육면체 시편을 제작하여 압축시험을 실시하였고, 유한요소해석을 통해 압축시험에 대한 정밀모사를 실시하였다. 소성이방성 상수가 반영된 유한요소해석은 압축시험 결과를 잘 모사하고 있음을 확인하였다.

Key Words : Plastic Anisotropy(소성이방성), Deformation Behavior(변형거동), Aluminum Alloy(알루미늄 합금), Thick plate(후판), Extrusion(압출)

1. 한국생산기술연구원 형상제조연구부

2. 국민대학교 자동차공학과

교신저자: 신영철, E-mail: ycsin@kitech.re.kr

블라인드 리벳 너트 클램핑 각도가 크리핑 강도에 미치는 영향

김찬양¹, 구본준¹, 이사람¹, 최정묵², 홍석무^{3, #}

Influence of Blind Rivet Nut Clamping Angle on Crimping Strength

C. Kim, B. Gu, S. Yi, J. M. Choi, S. Hong

Abstract

블라인드 리벳 너트(Blind rivet nut, BRN)는 금속 접합 시 화학 변화가 없고 일반 볼트 체결과 달리 한쪽 면에서만 작업이 가능하기 때문에 다양한 제품의 부품 체결에 많이 활용되고 있다. 일반적으로 BRN은 자동 공급 장치로 체결되지만, 소량 다품종의 체결의 경우 수동 체결을 하게 된다. 이때 판재와 체결방향이 수직이 되지 않기 때문에 클램핑 각도가 발생되고 체결도중 파손 불량이나 미체결이 발생될 수 있다. 클램핑 각도가 커지면 판재에 변형이 생기고 판재와 BRN 체결 부위의 접촉 면적이 감소하여 체결력이 저하된다. 따라서 본 연구에서는 BRN 체결 시 클램핑 각도에 따른 체결력 변화를 알아보았다. 실험은 블라인드 리벳 너트 M6 규격을 사용했으며 판재 체결력을 측정하기 위해 BRN 체결용 구멍을 기준으로 반으로 절단했다. 절단한 판재 2 개를 BRN으로 체결했으며 클램핑 각도는 $0^\circ \leq \theta \leq 9^\circ$ 로 지정했다. 서로 다른 체결 각도를 갖는 시료들을 BRN 체결 후 만능재료시험기(Universal Testing Machine, UTM)를 사용하여 분리력(separation force, F)을 측정했다. F 를 지표로 삼아 θ 가 BRN 체결력에 미치는 영향을 분석했다 유한요소해석을 통해서 θ 에 따른 판재와 BRN 사이의 접촉면적 감소량을 확인했다. 본 연구에서는 BRN 체결 시 발생할 수 있는 여러 각도에 대한 실험적 연구와 해석적 연구를 진행했다. 이를 통해 θ 에 따른 분리력 감소량을 알아내고 분리력을 체결력 변화의 지표로 삼아 리벳을 손상시키지 않고 체결력을 확보하는 최대 클램핑 허용 각도를 제시한다.

Key Words : Blind Rivet Nut (블라인드 리벳 너트), Clamping Angle (클램핑 각도), Clamping Force (체결력), Fastening (파스닝), Finite Element Analysis (유한요소해석)

1. 국립공주대학교 미래융합공학과 석사과정

2. (주) 진합 이사

3. 국립공주대학교 기계자동차공학부 교수

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

ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-5569-6285>

음향방출센서를 이용한 알루미늄 합금의 업셋팅 실험에서의 균열 발생 측정

하민규¹ · 이정음¹ · 김상우[#]

Crack detection in upsetting tests of aluminum alloy using acoustic emission sensor

M. G. Ha, J. E. Lee, S. W. Kim

Abstract

Acoustic emission technology is based on the detection and conversion of elastic (acoustic) waves in solids undergoing irreversible changes in its internal structure into electrical signals. The technique is one of the non-destructive testing methods used in the various industrial fields such as weld monitoring, proof testing and flaw detection of pressure vessels. In this study, the applicability of acoustic emission technology to detect and monitoring the defect of workpiece during the metal forming process was investigated. Notch shape was designed using the finite element method to induce a premature crack on the surface of aluminum alloy cylindrical specimen and those were compressed between a pair of flat dies. During the upsetting tests, acoustic emission signals and images of the notch specimen were recorded in real time. The obtained acoustic emission signals were analyzed with various parameters such as amplitude, energy and RMS to determine the crack occurrence. And the signal analysis results were compared with the images obtained at the same time to confirm the crack detection. In the experimental results, acoustic emission technology has successfully detected the crack occurrence of aluminum materials during the upsetting process, which means that there is a possibility to detect material defects during various metal forming processes.

Key Words: Acoustic emission (AE), Surface crack, Defect monitoring, Aluminum alloy, Metal forming, Upsetting test, Finite elemental method (FEM)

후 기

이 연구는 2020 년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임
(20011678)

1. 재료연구소 재료공정혁신연구본부 변형제어연구실
교신저자: 재료연구소, 책임연구원, E-mail: kimsw@kims.re.kr

기공율이 AI 합금의 피로수명에 미치는 영향

김동호¹, 이동준¹, 석무영¹, 권용남¹

Effect of Porosity on Fatigue Life of Al Alloy

D. H. Kim, D. J. Lee, M. Y. Seok, Y. N. Kwon

Abstract

AI 합금은 우수한 비강도와 내식성으로 인해 항공 우주산업에서 큰 비중을 차지하고 있다. 주로 항공기 Nose cowl, Wing tip, Engine cowl 등의 항공기 구조재료로 사용되는데, 이 때 다양한 피로환경에 노출되고, 이로 인해 발생하는 피로파괴가 항공기 구조재료 수명에 영향을 주게 된다. 이러한 피로파괴에 영향을 미치는 대표적인 인자로 기공을 고려할 수 있다. 기공은 주조 및 용접등 제조, 가공공정 중에 발생하게 되고, 기공의 크기와 분율의 양에 따라 피로수명에 영향을 준다. 본 연구에서는 AI 합금의 제조 및 가공 공정중에 발생하는 기공의 분율 및 크기가 피로수명에 미치는 영향에 대해 분석하고자 하였다. 대표적인 AI 주조합금 A357 의 경우 주조 시 생성되는 Neighboring porosities, Shrinkage cavity 등이 피로파괴에 영향을 주는 것으로 나타났으며 특히 표면부에 존재 시 치명적인 파괴 요인으로 작용한다. 주조된 A357 과 열간단조 및 열처리의 공정을 통해 제작된 시편의 내부 기공을 변화가 피로수명에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 AI6061 의 용접시편을 이용하여 용접 시 발생하는 내부 기공을 및 기공의 크기를 측정하고, 기공이 피로에 미치는 영향을 분석하였다.

Key Words : Al alloy, Porosity, High cycle fatigue

스위블 시트용 J-Hook 성형을 위한 판재 냉간 성형에 관한 연구

전효원¹ · 서창희^{1#} · 오상균¹ · 권태하²

A Study on Cold Forging of Sheet for J-Hook Forming for Swivel Seat

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

Abstract

Along with the development of autonomous driving systems for automobiles, swivel seats are also being developed for the convenience of drivers. The swivel seat is a rotatable seat and has a different system from the existing automobile seats. For this rotation system, it is necessary to develop parts such as J-Hook. J-Hook has a U-shaped shape with curvature and different thickness for each part. In this study, we tried to develop a method for forming J-Hooks with different thickness for each part. For J-Hook forming, finite element analysis was performed using DEFORM-2D. The forming analysis process was carried out in a total of two processes by combining bending and cold forging, and the final forming results according to the bending shape were compared. In addition, the optimal J-Hook shape was derived by comparing the load according to the final forming shape.

Key Words : Swivel seat(스위블 시트), J-Hook(제이후크), Bending(벤딩), Finite element analysis(유한요소해석), Cold forging(냉간 단조)

본 연구는 산업통상자원부 소재부품기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원

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

2. 일반 논문 발표

경량금속
(제 2 발표회장)

AA6061 의 파괴 거동에 대한 탄점소성 동등체 기반 다결정 모델의 적용

박진화¹·이재성²·정영웅[#]

Fracture behavior of 6061 Aluminum alloy studied using an elasto-visco-plastic HEM-based polycrystalline model

J.H. Park¹, J.S. Lee², Y. Jeong[#]

Abstract

점소성 동등체(homogeneous equivalent medium) 기반 다결정 모델(visco-plastic self-consistent, VPSC[1])은 다결정 금속의 이방적 거동을 미세 조직학적 특성에 연계하여 설명할 수 있다. 탄성 동등체와 점소성 동등체를 각각 사용하여 탄성 및 점소성 거동을 모사할 수 있는 유사 모델들이 있으나, 연산 속도가 느리고 계산 안정성이 떨어져 구조물을 대상으로 하는 유한요소해석에 적용하기 힘들다. 최근 단일한 탄점소성 동등체를 대상으로 하는 다결정소성 모델인 Δ EVPS(elasto-visco-plastic self-consistent[2])가 개발되었다. 본 연구에서는 AA6061 합금 소재의 시편으로 일축인장, 평면상 전단 및 나카지마 실험을 진행하고 DIC(Digital Image Correlation) 기술을 활용하여 시편 표면의 변형 구배장(deformation gradient tensor field)을 측정했다. 변형 구배장으로부터 회전 및 변형률 변화를 취득하여 탄점소성 동등체의 하중 조건을 부과하였다. 그 결과로 응력 변화 및 삼축성(triaxiality)을 계산하였고 파괴 기준 모델에 적용하였다.

Key Words: DIC, Nakajima test, Fracture, crystal plasticity

참고문헌 (돋움 12pt)

- [1] R.A. Lebensohn, C.N. Tomé, A self-consistent anisotropic approach for the simulation of plastic deformation and texture development of polycrystals: Application to zirconium alloys, Acta Metall. Mater. 41 (1993) 2611–2624. doi:10.1016/0956-7151(93)90130-K.
- [2] Y. Jeong, C.N. Tomé, An efficient elasto-visco-plastic self-consistent formulation: Application to steel subjected to loading path changes, Int. J. Plast. 135 (2020) 102812. doi:10.1016/j.iijplas.2020.102812.

1. 창원대학교 석사과정

2. 창원대학교 석사과정

교신저자: 창원대학교 조교수, yjeong@changwon.ac.kr

결정소성 유한요소해석을 이용한 MADF 초기 단계 시 발생하는 변형띠 생성 기구에 관한 연구

The study on the formation mechanism of
deformation band in MADF process using CPFEM

김민성¹, 김정균¹, 권상철², 김순태², 조유연⁴, 이성³, 정호태², 최시훈¹

Min-Seong Kim, Jeong-Gyun Kim, Sang-Chul Kwon, Sun-Tae Kim, Yu Yeon Jo, Seong Lee, Hyo-Tae Jeong, Shi-Hoon Choi

¹ 국립 순천대학교

² 국립 강릉원주대학교

³ 국방과학기술연구소
(주)실용신소재

⁴

Abstract

신개념 강가공 공정인 다축대각단조(multi-axial diagonal forging, MADF) 공정은 면단조(plane forging, PF), 대각단조(diagonal forging, DF), 각각의 복귀단조 (return-plane/diagonal forgings, R-PF/R-DF)의 4 가지 단조 공정으로 구성되어 있다. 지난 몇년간 MADF 시 다양한 구조 재료에 발달하는 변형 불균일성 및 집합조직의 발달 거동 등에 관한 연구를 수행하였다. 또한 MADF의 초기 단계인 PF 및 R-PF 이후 AA1100 합금의 중앙부에 발달하는 변형띠 조직(deformation band, DB)의 형성에 대하여 고찰하였다. DB 조직의 형성은 소성변형 시 다결정 재료에 발생하는 결정립 내 변형 불균일성 및 결정학적 방위 구배의 발생과 밀접한 관련이 있음을 실험적으로 이해할 수 있었다.

본 연구에서는 2-level(macro-meso scale) 해석 기법을 활용하여 PF, R-PF 시 AA1100에 발생하는 DB 조직의 발달 거동을 이론적으로 모사하고자 하였다. 초기 물성을 측정하기 위하여 AA1100 주조재료부터 원통형 시험편을 추출하고 상온에서 일축 압축 시험을 수행하였다. 거시적 관점에서의 단조 공정 시 AA1100의 중앙부에 발생하는 변형 이력을 이해하기 위하여 PF 및 R-PF 공정 유한요소해석을 수행하였다. R-PF 시 DB 조직의 형성 및 발달 거동을 예측하기 위한 목적으로 PF 이후 변형된 실제 미세조직 및 결정학적 방위 정보를 고려한 결정소성 유한요소해석(crystal plasticity finite element method, CPFEM)을 수행하였다. EBSD(electron backscatter diffraction) 기법을 활용하여 PF 공정 이후 AA1100 합금 중앙부에서 측정한 변형 미세조직 및 미시집합조직을 매쉬에 맵핑하였다. 또한 각 결정립의 결정학적 방위로부터 나타나는 분해전단응력(critical resolved shear stress, CRSS)의 차이를 이론적으로 고려하였다. 결정소성

유한요소해석을 수행하기 위해 거시적 유한요소해석으로부터 얻어진 변위 경계조건을 부여하였다. 본 연구를 통하여 MADF의 부분 공정인 PF, R-PF 시 AA1100 합금의 중앙부에 발생하는 DB 조직의 형성 기구를 규명할 수 있었다.

Keywords: MADF, AA1100, Deformation band, CPFEM, CRSS

AA5083 판재의 미세조직 및 성형성에 미치는 집합조직 성분의 영향

김정균¹, 유태현¹, 김민성¹, 최시훈¹

¹ 국립 순천대학교

Effect of texture on microstructure and formability of AA5083 alloy sheets

J. G. Kim, T. H. Yoo, M. S. Kim, S. H. Choi

Abstract

알루미늄 5000 계 합금은 비강도 및 내식성이 우수하여 경량화를 목적으로 부품제조에 사용이 증가하고 있지만 강판에 비해 성형성이 좋지 못하여 적용이 제한되고 있다. 재료의 성형성 및 소성이방성은 집합조직과 밀접한 관계가 있다. 최근 알루미늄 합금 판재의 성형성을 향상 시키기 위하여 합금성분, 제조공정 조건 변경 등으로 집합조직 제어를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 합금판재의 미세조직과 성형성에 미치는 집합조직의 영향을 조사하였다. AA5083 합금을 대칭압연(symmetric rolling)과 비대칭압연(asymmetric rolling)을 수행하여 판재를 제작하였다. 판재 두께방향으로 발달하는 미세조직과 변형집합조직(deformation texture)의 발달거동을 관찰하고 정량적으로 분석 하기위하여 전계방출형 주사전자현미경(field emission scanning electron microscope, FE-SEM)에 장착된 전자후방산란회절(electron backscattered diffraction, EBSD)기법을 활용하였다. 집합조직 성분에 따른 소성이방성을 평가하기 위하여 압연방향에 대해 0°, 45°, 90°의 3 방향으로 일축인장시험을 수행하였고 디지털이미지상관법(digital image correlation, DIC)을 이용하여 R-value 를 측정하였다. 추가적인 성형성의 평가를 위하여 Erichsen 시험을 진행하였으며 집합조직 관점에서 에릭슨 지수(Erichsen index)를 비교하였다. 압연시 판재에서 발생하는 변형거동을 이론적으로 이해하고자 유한요소해석(finite element analysis, FEA)을 이용하였다.

Keywords: Al alloy, Microstructure, Texture, Formability

Study on the microstructure evolution of 316L SS fabricated by SLM during mini V-bending test

Alluri Sai Preetham Reddy, Amol B. Kale, Abhishek Singh, and Shi-Hoon Choi^{1*}

Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University, Suncheon, South Korea

ABSTRACT

Mini V-bending test was conducted on 316L stainless steel specimen fabricated by selective laser melting (SLM). In order to analyze the microstructure evolution during the V-bending test, FE-SEM and EBSD techniques were performed along the building direction (BD) and scanning direction (SD). Microstructure analysis revealed that as-fabricated SLM specimens contain pores on the surface and subsurface regions. The effect of microstructural heterogeneities on the deformation heterogeneities of SLM specimens was explained by the evolution of Kernel Average Misorientation (KAM), Grain Boundaries (GBs), Melt Pool Boundaries (MPBs), and $\Sigma 3$ Twin Boundaries. Two-level finite element (FE) simulations were performed to explain the deformation and fracture behaviors during the V-bending test. The first-level simulation was done to understand the macroscopic deformation of the specimen during the V-bending process. In the second-level simulation, a representative volume element (RVE) was considered to discuss the evolution of stress triaxiality and strain near a pore. High triaxial stress state occurring near the pores on the surface and subsurface of the specimen considerably contributed to the generation and propagation of cracks during the V-bending test.

Keywords: 316L stainless steel, SLM, EBSD, Microstructure, FEA simulation

* Corresponding author at Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University, Suncheon, South Korea

Tel.: +82-61-750-3556, Fax: +82-61-750-5260

* E-mail address: shihoon@scnu.ac.kr (Shi-Hoon Choi)

Evolution of microstructure and texture in commercially pure titanium during friction stir processing

Abhishek Kumar Singh, Amol B. Kale, Lalit Kaushik, Jaiveer Singh, Min-Seong Kim and
Shi-Hoon Choi*

*Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University, Suncheon 57922,
Republic of Korea*

ABSTRACT

The microstructure and texture characterization of friction stir processed (FSPed) CPTi material was investigated via electron backscatter diffraction (EBSD), finite element model (FEM), and polycrystal modeling. The EBSD characterization elucidated the occurrence of dynamic recrystallization (DRX) in a very narrow thickness of the shoulder friction zone (SFZ). The twinning was observed as primary deformation mechanism in the subsurface material. The finite element analysis was done to understand the temperature rise, strain distribution, and deformation history in the material. The deformation history results from FEM were further utilized as an input in the visco-plastic self-consistent (VPSC) polycrystal model coupled with DRX scheme to predict the texture evolution in FSPed material. The combined study of EBSD and VPSC revealed the evolution of fibre texture in the SFZ, which was affected by the shear strain from the shoulder of the stir tool.

Keywords: Friction stir processing, Titanium, VPSC, Finite element model

* Corresponding author at Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University,
Suncheon, South Korea

Tel.: +82-61-750-3556, Fax: +82-61-750-5260

* E-mail address: shihoon@scnu.ac.kr (Shi-Hoon Choi)

베타어닐된 Ti-6Al-4V 합금의 고온성형공정변수에 따른 기계적 물성 변화

김동민¹ · 김만건¹ · 이동준¹ · 석무영¹ · 권용남¹

Effect of thermo-mechanical treatment on mechanical properties changes in beta annealed Ti-6Al-4V alloy

D. M. Kim, M.G. Kim, D.J. Lee, M.Y. Seok, Y.N. Kwon

Abstract

항공용 소재로 많이 사용되는 베타어닐된 Ti-6Al-4V 합금은 피로균열전파 저항성이 우수해 피로 수명 향상에 도움을 준다. Ti-6Al-4V 합금은 상온에서 HCP 구조로 제한된 슬립계를 가져 상온 성형성이 매우 낮기 때문에 주로 고온에서 단조, 압축, 및 초소성성형 등을 사용한다. 일반적으로 베타어닐된 Ti-6Al-4V 합금은 고온성형 시 온도와 변형률 속도 등을 달리 함에 따라 구상화 된 , 변형된 lamellar, 동적 재결정 등이 일어나며 이러한 변수들을 제어함으로써 미세조직, 기계적 거동이 다양하게 나타나기 때문에 변수에 따른 영향을 분석하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 베타어닐된 Ti-6Al-4V 판재에서 고온성형공정변수에 따른 고온압축모사시험을 진행하고 동일한 조건에서 베타어닐된 Ti-6Al-4V 판재로 압연을 진행한 시편으로 미세조직 변화에 비교 분석하였다. 또한 베타어닐된 Ti-6Al-4V 합금의 고온변형 / 열처리에 따른 인장, 피로거동을 분석하였다.

Key Words : Beta annealed Ti-6Al-4V, Thermomechanical treatment, Microstructure, Mechanical properties, Processing parameter

1. 재료연구소 항공우주재료연구센터

Ti-6Al-4V 판재 고온 굽힘 성형에서 시간에 따른 스프링백 특성 분석

김민건¹, 김동민¹, 이동준¹, 석무영¹, 권용남¹

Analysis of Springback of Ti-6Al-4V Sheet in accordance with Time in Hot bending

M. G. Kim, D. M. Kim, D. J. Lee, M. Y. Seok, Y. N. Gwon

Abstract

Ti-6Al-4V 합금은 높은 비강도와 우수한 내부식성을 가지고 있어 항공기 엔진 및 구조부품으로 많이 사용되고 있다. Ti-6Al-4V 합금은 상온성형성이 낮기 때문에 대부분의 경우 열간성형을 이용해 부품을 제작하고 있다. Ti 판재의 열간성형공정은 상온판재성형과 달리 펀치로 형상을 성형하고 일정 시간동안 유지한 후, 부품을 취출하여 스프링백을 억제하고 있다. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금의 고온 V-bending 시 발생하는 스프링백에 미치는 온도, 성형 후 유지시간의 영향을 조사하였다. Ti-6Al-4V 합금의 고온 물성을 알아보기 위해 온도 450, 500, 550, 600, 650 °C에서 고온인장시험을 수행하였으며, 이를 토대로 V-bending 성형 실험을 실시하였다. 성형 실험은 온도 450, 500, 550, 600, 650 °C에서 성형 후 유지시간을 달리하여 수행되었다. 성형 온도 그리고 성형 후 유지시간이 클수록 발생하는 스프링백이 적은 것으로 나타났으며, Abaqus 를 이용한 유한요소해석에서도 비슷한 경향이 나타났다. 성형 후 시편의 잔류응력은 상승하며, 발생한 잔류응력의 탄성복원에 의해 스프링백 현상이 발생하게 된다. 유지시간에 따른 스프링백 분석을 위하여 잔류응력측정을 실시하였고, EBSD 분석을 통해 소성기구를 알아보고자 한다.

Key Words : Ti-6Al-4V, Springback, Sheet Metal Forming, Hot Forming, Residual Stress

1. 재료연구소 항공우주재료연구센터

SLMed Ti-6Al-4V 합금과 As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 확산 접합 연구

하현종¹, 이동준¹, 석무영¹, 권용남¹

A study on the diffusion bonding between SLMed Ti-6Al-4V alloy and As-forged Ti-6Al-4V alloy

H. J. Ha, D. J. Lee, M. Y. Seok, Y. N. Kwon

Abstract

최근 항공우주산업에 주로 사용되는 Ti-6Al-4V 합금에 대해 선택적 레이저 용융법 (selected laser melting, SLM)을 활용하여 수요자가 원하는 복잡 형상에 맞추어 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 SLM 장비의 용적에 따른 SLMed 부품 크기에 제한이 있기 때문에 대형 SLMed 부품제조에는 제한이 따른다. 따라서 용접방법 중 확산 접합을 통하여 SLMed와 wrought Ti-6Al-4V 합금을 접합하고, 대형 SLMed 부품 제조 방안을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 SLMed Ti-6Al-4V 합금과 As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 확산 접합한 시편, As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 확산 접합한 시편, 확산 접합을 실시하지 않은 As-forged Ti-6Al-4V 합금에 대한 기계적 특성을 비교/분석하였다. 각 조건에 대해 인장시험을 진행하였으며, 미세구조 및 상분석을 수행하여 SLMed Ti-6Al-4V 합금과 As-forged Ti-6Al-4V 합금 간 접합 계면부의 미세조직이 접합 건전성에 미치는 영향에 대해 고찰하고자 한다.

Key Words: Diffusion Bonding, SLM, Ti-6Al-4V, Microstructure, Mechanical properties

Fatigue Crack Propagation test 를 이용한 Al2124-T851 합금의 Crack closure phenomenon 분석

조윤지¹ · 권용남¹ · 이동준¹ · 석무영¹

Analysis of crack closure phenomenon of Al2124-T851 alloy using fatigue crack propagation test.

Y.J. Cho, Y.N. Kwon, D. J. Lee, M. Y. Seok

Abstract

항공기 부품의 구조 재료로 사용되는 Al2124 합금은 우수한 강도와 인성을 가지고 있다. 항공기에 사용되는 재료는 기계적 특성 및 손상 허용 특성 측면에서 안정성과 신뢰성을 바탕으로 한다. 특히 피로 균열 전파 특성은 이러한 항공기 부품 재료의 사용에 중요한 역할을 한다. 표면 경화 법 중 하나인 shot peening 방법은 재료 표면에 압축 잔류 응력을 생성시켜 피로 균열 성장을 억제 시키며 피로 강도와 피로 수명을 향상시킨다. 본 연구에서는 Al2124 합금에 shot peening 가공을 하고 그로 인해 생성된 압축 잔류 응력을 X-ray diffraction 잔류응력 측정기로 측정하고 압축 잔류 응력이 재료의 피로 균열 전파 거동에 미치는 영향을 분석하기 위해 fatigue crack propagation test 를 진행 하였다. 또한 균열 전파 거동 지연의 주요 인자인 균열 닫힘 현상을 관찰하고자 하였다.

Key Words : Al2124, Fatigue crack propagation, Crack closure, Residual stress, Shot peening

3. 특 별 세 셴

EV 용 배터리팩 경량화를 위한 다층금속판재 제조,
성형 및 평가 기술
(제 2 발표회장)

유한요소해석 연계 알루미늄 다층판재의 기계적 거동 예측

성진영^{1,3} · 김민호^{1,3} · 봉혁종^{1,#} · 이광석¹ · 김민중² · 김지훈³

Predicting Mechanical Response of Multilayered Aluminum Sheet Using Finite Element Analysis

J. Y. Sung^{1,3}, M. H. Kim^{1,3}, H. J. Bong^{1,#}, K. S. Lee¹, M. J. Kim², J. H. Kim³

Abstract

The mechanical responses of multilayered aluminum sheet fabricated by roll bonding, i.e., A1050/A3004 (65% A1050, 35% A3004 by thickness), were investigated by combined experiment and finite element (FE) analysis approach. The mechanical properties were measured by uniaxial tensile tests along various loading directions for the multilayered sheet. Corresponding tests were also conducted for individual layers, testing samples of which were prepared by electro discharge machining (EDM). Stress-strain curves and Lankford coefficients of the multilayered sheet were then predicted by finite element simulations. The measured mechanical properties of the individual layers were utilized as input for the simulation. Two yield functions, i.e., isotropic von-Mises and anisotropic non-quadratic Yld2000-2d, were employed. Predicted results were compared with the experimental data and further discussed.

Key Words: Multilayered Sheet, Roll Bonding, Finite Elemental Method (FEM)

1. 재료연구소

2. 한국클래드텍

3. 부산대학교 기계공학부

교신저자: E-mail: hjbong@kims.re.kr

4. 특 별 세 셴

부식관통 저항성을 갖은 히트싱크용 미세압출기술
(제 3 발표회장)

Strip Casting 공정으로 제조된 Al-Mn 계 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 후열처리 영향

이기안^{1#}, 백민석¹, 어광준²

Effect of Post-Heat Treatment on Microstructure, Tensile and High-cycle Fatigue Properties of Strip cast Al-Mn Series alloys

K.-A. Lee^{1#}, M.-S. Baek¹, K. Euh²

Abstract

본 연구에서는 strip casting 공정으로 Al-Mn 계 (3003 및 3527) 합금들을 제조하고 제조된 합금의 미세조직, 인장 및 고주기 피로 특성에 미치는 후 열처리 영향에 대해 조사하였다. 후 열처리는 각각 450 °C, 6 hr. (3003; H alloy), 480 °C, 6 hr. (3527; H alloy) 조건으로 수행하였으며, 열처리를 수행하지 않은 합금들은 F 합금들 (as strip cast Al-Mn series alloys)로 명명하였다. 초기 미세조직 관찰 결과 F 합금들에서 globular 형상의 급냉 응고 조직이 나타났다. Strip casting 공정은 용융과 압연이 동시에 진행되며, 응고가 매우 빠르게 일어나기 때문에 급냉 응고 조직이 나타날 수 있다. 상기 급냉 응고 조직은 열처리를 수행한 후에도 그 특징은 사라지지 않고 유지되는 독특한 결과를 나타냈다. 또한 XRD 상 분석 결과에서 F 와 H 합금들 모두 Al 기지와 강화상인 $Al_6(Mn,Fe)$, $\alpha-Al(Mn,Fe)Si$ 상들이 검출되었다. 이와 함께, FE-SEM 관찰 결과를 통해 열처리 후 강화상들이 미세해지고 고루 분포하였음을 확인하였다. 열처리 후 두 종류의 강화상들 ($Al_6(Mn,Fe)$, $\alpha-Al(Mn,Fe)Si$)의 상 분율의 변화를 예상 분석하기 위해 Factsage 시뮬레이션 및 이미지 분석 프로그램을 이용하였다. 그 결과, 3003 합금은 열처리 후 $Al_6(Mn,Fe)$ 상 분율이 증가하였으나 반대로 3527 합금은 $\alpha-Al(Mn,Fe)Si$ 상 분율이 증가하는 흥미로운 결과를 나타냈다. 경도 측정 결과, 3003 합금은 열처리 후 경도 값이 약 5 HV 감소한 반면 3527 합금은 경도 값이 약 20 HV 증가하였다. 인장 시험 결과에서 3003 합금의 인장강도는 열처리 후에도 변함없이 유사하게 나타난 반면 3527 합금은 인장 강도가 약 39 MPa 증가하였다. 이는 주 강화상인 $\alpha-Al(Mn,Fe)Si$ 상의 분율 차이에 기인하는 것으로 제시되었다. 고주기 피로 특성 결과도 경도 시험 결과와 같이 3003 합금은 열처리 후 피로한이 (fatigue limit; 10^7 cycles to failure) 약 7% 감소한 (145→135 MPa) 반면 3527 합금은 열처리 후 피로한이 약 9% 향상되는 (145→165 MPa) 결과를 나타냈다. 상기 결과들과 함께 strip casting 공정으로 제조된 Al-Mn series 합금들의 인장 및 피로 변형 기구를 규명하고자 하였다.

Key Words: Strip casting, Al-Mn alloy, Microstructure, Tensile, High-cycle fatigue, Post-heat treatment

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 재료연구소(KIMS)

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

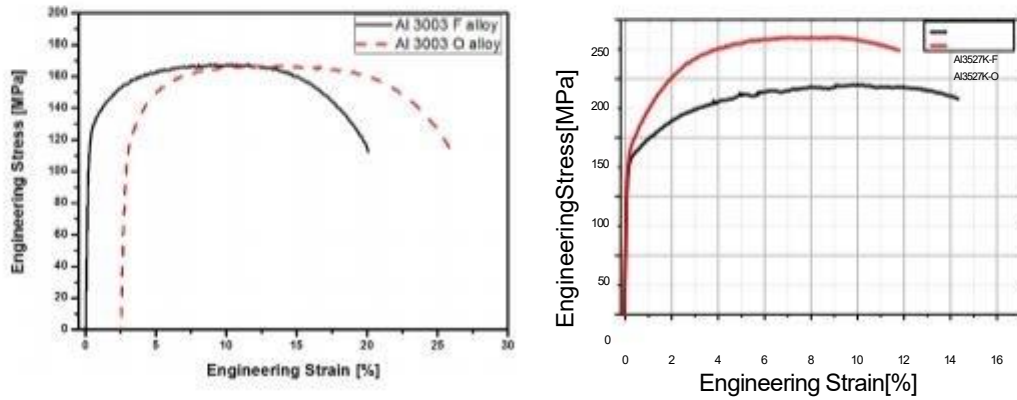


Fig. 1. Comparison of stress-strain curves of Al 3003 and Al 3527 alloys

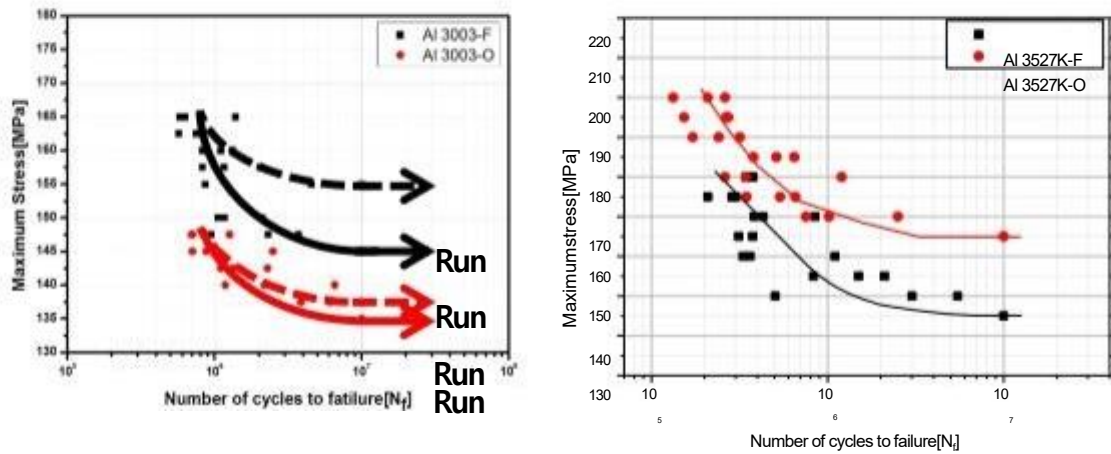


Fig. 2. Comparison of high-cycle fatigue properties of Al 3003 and Al 3527 alloys

논문 제목 : 전기,자동차 및 냉동공조부품용 알루미늄 압출 금형 소재 및 코팅에 관한 연구

영문 제목 : A Study on the Coating and Material of Aluminium Extrusion Mold for Electric, Automotive and Refrigerated Air-Conditioning Parts

1. Jong goo Won, 2.Hee su Kim, 3.Teakyu Shin

소속 : SStech

이 논문은 자동차 부품 용 알루미늄 제품에 적용하는 압출용 금형의 내구성 향상을 위한 코팅 및 이에 관련된 소재에 대한 연구이다. 지금까지 알루미늄 압출 금형에 PVD 코팅을 적용하고 있다. PVD(Physical Vapour Deposition)코팅은 내마모나 내구성을 요구하는 금형, 절삭공구, 산업용 부품 분야 등에 적용되고 있다. 적용되는 코팅은 저마찰계수, 내식성, 내마모성등의 장점을 갖고 있다. 이보다 더 내구성이 향상된 CVD 코팅을 적용하기 위해 금형 소재의 가공 및 표면의 변화를 연구 하였으며, 압출된 알루미늄에 미치는 영향을 분석하였다.

This paper is a thorough coating of products for products applied to aluminum products for auto parts and coatings on materials related thereto. Until now, PVD coating is being applied. PVD (Physical Vapor Deposition) coating is applied in areas requiring wear resistance or filling, essential parts. The applied coating has advantages such as low coefficient of friction, corrosion resistance, and wear resistance. In order to apply a stronger CVD coating, we applied the processing of the material and the change of the surface, and analyzed the studies applied to the coated aluminum.

고력 알루미늄 합금을 위한 압출 금형 냉각시스템 개발에 관한 연구

배성환^{1,2#}, 오상호¹, 현승균²

A study on the development of an extrusion die cooling system for a high strength aluminium alloy

S. H. Bae, S. H. OH, S. K. HYUN

Abstract

수송기기 경량화 추세에 따라 자동차, 항공 부품에 알루미늄 합금의 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 고력 알루미늄 합금은 변형저항성이 높아 압출 특성이 낮기 때문에, 제품 생산에 매우 어려움을 겪고 있다. 알루미늄 압출 공정은 연속 공정 작업으로 공정 도중 빌렛과 컨테이너 내벽 그리고 금형 사이의 마찰에 의해 압출 온도는 지속적으로 상승하게 된다. 또한 이 마찰열로 인하여 금형과 압출재의 온도가 최대 500~600°C 이상까지 상승하게 되어 최종 제품의 품질까지 영향을 미치게 된다. 기존 공정에서는 이를 해결하기 위해 압출 속도를 낮춤으로써 온도 상승을 억제하는 방식으로 공정이 진행되어 왔으며, 실제 고력 알루미늄의 램 속도는 1~2 mm/s 수준에 머물러 있다. 합금별, 형상별 압출속도는 모두 상이하겠지만 일반 알루미늄 합금의 램속도가 5 mm/s 이상인 것을 감안하면 최소 2 배 이상의 생산성 손실이 발생하게 된다. 따라서 본 과제에서는 양질의 고력 알루미늄 합금 제품을 압출하기 위해 금형 냉각 시스템을 개발 및 적용하고자 한다. 액화질소를 통해 압출재 및 베어링 온도를 냉각시킴으로써 압출 온도 상승을 억제하여 압출 속도를 향상을 도모하고 나아가 제품 품질 향상에 도 기인하고자 한다. 이를 위해 액화질소를 금형까지 최소한 손실로 공급할 수 있는 시스템을 개발하였고, 액화질소가 금형 내부를 통해 제품까지 냉각될 수 있도록 금형 설계 최적화를 도출하였다.

Key Words : High strength Aluminium, Extrusion, Extrusion Dies, Cooling, Liquid Nitrogen

1. 선우엔지니어링 선임연구원

2. 인하대학교 신소재공학과

교신저자 E-mail: duri8336@naver.com

마이크로 납작관 압출 공정의 유한요소해석

신영철^{1#} · 정대관¹ · 임성식¹ · 최호준¹ · 원종구² · 정재경³

Finite Element Simulation of Extrusion Process for Micro Flat Multi-Port Tube

Y.C. Shin, D. K. Joung, S. S. Lim, H. J. Choi, J. G. Won, J. K. Jung

Abstract

Micro flat multi-port tubes (Flat tubes) used in parallel flow condensers for air conditioner have been continuously demanded to improve their strength and corrosion resistance. Global flat tube manufacturers are applying 3XXX series aluminum alloys with improved corrosion resistance for the flat tube extrusion and trying to further improve corrosion resistance and strength by modifying the alloy composition. However, the addition of alloying elements generally deteriorates the extrudability and accelerates die wear due to the high strength of the material, making it difficult to secure die life. To assess soundness of the designed extrusion process in advance and optimize the die structure for improving die life, the use of finite element simulation is required. In this study, finite element analysis for precise simulation of the extrusion process for flat tubes was conducted. First, the flow stresses of billet were accurately evaluated to derive the constitutive equation, and the study on the finite element analysis technique for improving the accuracy of deformation and temperature change prediction of extrudate was conducted.

Key Words : Flat Tube, Micro Extrusion, Finite Element Method, Die Wear, Die Life

1. 한국생산기술연구원

2. ㈜에스에스테크

3. 대한공조㈜

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

5. 일반 논문 발표

일반금속가공
(제 3 발표회장)

KSTP FALL CONFERENCE

마찰교반처리된 고엔트로피 합금의 부식 거동에 대한 실험 및 전산모사 연구

An assessment of the corrosion behavior of a friction stir processed high entropy alloy

Sam Yaw Anaman^a, Solomon Ansah^a, Hoon-Hwe Cho^{a*}, Min-Gu Jo^{b, d}, Sung-Tae Hong^c, Heung Nam Han^{d**}

^a Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University, 125 Dongseodaero, Yuseong-Gu, Daejeon, Republic of Korea

^b Center for Energy Materials Research, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 02792, Republic of Korea

^c School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Republic of Korea

^d Department of Materials Science and Engineering & Research Institute of Advanced Materials,

ABSTRACT

The corrosion behavior of a friction stir processed (FSPed) equiatomic CrMnFeCoNi high-entropy alloy (HEA) is investigated in an aerated 0.5 M Na₂SO₄ electrolyte solution at room temperature. The microstructural analysis reveals a highly refined stir zone (SZ) with an average grain size that decreases from the top region of the SZ to the bottom region of the SZ (also known as shear processed zone; SPZ). However, the region below the SPZ, (i.e. below the plunge depth) experienced an increase in average grain size and dislocation densities compared to the other regions. There is no secondary phase observed in the FSPed region, however, the microstructural evolution in the FSPed region affects the corrosion behavior of the HEA. Cr₂O₃ passive layer is observed to form on the FSPed HEA leading to excellent corrosion properties from the polarization

국소성가공학회 2020년도 추계학술대회 초록집

corrosion tests. Grain refinement in the SZ enhances the rapid formation of the passive layer, thus, leading to better corrosion properties in the front surface of the FSPed HEA. The localized corrosion behavior of the FSPed HEA is predicted to be caused by the micro-galvanic nature of the HEA, which leads to an increase in polarization at the anodic sites (pits). A numerical model is established using the corrosion parameters from the experiment to simulate the localized corrosion behavior on the surface of the FSPed HEA in a neutral environment. The predicted pitting potential and corresponding current density agree well with the experimental results. The model is also capable of tracking the dissolution of the pits over longer periods.

키워드 (5) : High entropy alloys; friction stir processing; grain refinement; pitting; simulation

수치 적분법에 따른 응력 적분 알고리즘의 수렴성 및 정확성에 관한 연구

윤성용 · Frédéric Barlat

Study on the numerical integration schemes with respect to the convergence and accuracy of stress update algorithm

S. Y. Yoon, Frédéric Barlat

Abstract

In this paper, the convergence and accuracy of the tangent modulus method are investigated. The tangent modulus method (M. Ortiz et. al, 1985 and D. Peirce et. al, 1983) employs the trapezoidal rule which is a mixture of explicit and implicit numerical integration schemes. The associated stress update algorithm was applied to a non-quadratic anisotropic yield function based on isotropic hardening. The convergence characteristics were analyzed through the convergence mapping technique (W. M. Scherzinger, 2017). Moreover, the accuracy of the integration algorithm was estimated by studying the R-value prediction in the finite element framework. Depending on the ratio of the numerical schemes, both the convergence behaviors and integration accuracy were differently observed.

Key Words: Anisotropic yield function, Computational plasticity, Finite element method

1. 포항공과대학교 철강대학원

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

ZIRLO 판재의 정확한 진 응력-진 변형률 데이터를 얻기 위한 DIC 기반의 실제 단면 측정

구본준¹·김만수²·홍석무[#]

DIC-based measurement of the actual cross-section for accurately obtaining true stress-strain data of ZIRLO sheets

B. Gu, M. Kim, S. Hong

Abstract

단축 인장 하중 하에서 최대 하중 이후 금속 시트의 거동을 설명하기 위해 수많은 방정식이 제안된다. 여기서 단면의 변화는 알려지지 않았으며 어떤 방정식이 어떤 재료에 가장 적합한 지 명확하지 않다. 이 연구에서 실제 시편 단면의 진화는 디지털 이미지 상관 관계 (DIC)를 통해 결정된다. DIC 측정 결과 데이터는 넥킹 후 응력-변형 곡선을 설정하는 데 사용된다. 초고속 카메라를 사용하여 시편 단면의 변화에 따라 ZIRLO (zirconium low-oxidation) 시트에서 넥킹 및 파단의 시작을 촬영했다. 실제 응력은 실제 단면적을 기준으로 계산된다. 결과는 시편 단면을 분할해 서로 다른 위치에서 변형의 2 차 도함수가 발산하는 지점으로 국부 넥킹의 시작이 결정될 수 있음을 나타낸다. 이러한 직접적인 방법으로 얻은 응력-변형률 데이터는 기존의 외삽 방법의 데이터보다 더 현실적이며 손상 모델과 함께 더 적절할 것으로 예상된다.

Key Words : Actual Cross-Sectional Area (실제 단면적), Digital Image Correlation (디지털 이미지 상관관계), Extrapolation (외삽법), Post Necking (넥킹 후), Stress-Strain Curve (응력-변형률 곡선)

1. 국립공주대학교 미래융합공학과, 석사과정

2. 국립공주대학교 기계자동차공학부, 박사 후 연구원

교신저자: 국립공주대학교 기계자동차공학부, 교수. smhong@kongju.ac.kr

초합금 분말을 이용한 다중 비드 적층 시 적층부 소재에 따른 잔류응력 특성 분석

이광규¹, 안동규[#]

A Study on Residual Stress Characteristics According to Deposited Material of Multi-bead Deposition Using Super-alloy Powders

K. K. Lee¹, D. G. Ahn[#]

Abstract

금속을 이용한 적층 제조 (Additive Manufacturing, AM) 공정은 기존 공정에서 제작하기 어려웠던 복잡한 형상 및 이중 소재 부품 제작이 용이하여 많은 연구가 진행되고 있는 공정이다. 금속 AM 공정인 레이저 직접 금속 조형(Laser-Aid Directed Metal Tooling, DMT) 공정은 기저부 및 적층부 소재를 완전 용융시켜 제품을 제작하는 공정으로 급격한 열 이력에 의해 잔류응력이 발생하게 되고, 잔류응력은 적층 결함의 원인이 되므로 잔류응력 특성 분석에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 3 차원 열기계 연계 유한요소 해석을 통해 DMT 공정의 초합금 분말 다중 비드 적층 시 적층부 소재에 따른 잔류응력 비교 분석을 수행하고자 한다. 기저부 소재는 구조용 강인 S45C, 적층부 소재는 Ni 계열 초합금인 Inconel 625, Inconel 718 및 Co 계열 초합금인 Stellite21 소재를 선정하였다. 유한요소 해석은 상용 소프트웨어인 SYSWELD를 이용하였으며 소재의 온도 의존 열 및 기계 물성 데이터는 물성 계산 프로그램인 JmatPro를 이용하였다. 단일 비드 적층 시 재료별 열전달 해석 결과와 실험에서 도출한 열 영향부 (Heat Affected Zone, HAZ)를 비교하여 도출된 열원의 적정 효율을 도출하였으며 재료별 열원의 적정 효율을 이용하여 열기계 연계 해석을 수행하였다. 해석 결과를 이용하여 다중 비드 적층 시 소재에 따라 발생하는 응력 변화와 잔류응력에 대해 비교/분석하고, 적층 경로 및 적층간 시간에 따라 발생하는 잔류응력에 대한 고찰을 수행하였다.

Key Words : DED Process, Super-Alloy Powders, Residual Stress, Deposition characteristic, Finite Element Analysis

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2019R1A2C1006741).

1. 조선대학교 기계공학과, 대학원생

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

베타어닐링 Ti-6Al-4V 대형항공부품 제조기술 개발

진성화¹, 박흥범¹, 김경규¹, 황영하¹, 이찬주^{2, #}

Development of Beta-annealed Ti-6Al-4V Aviation Part

S. H. Jin, H. B. Park, K. K. Kim, Y. H. Hwang, C. J. Lee

(Received Month Day, Year / Revised Month Day, Year / Accepted Month Day, Year)

Abstract(Times New Roman 11pt)

Commercial beta-annealed Ti-6Al-4V thick plates are provide with a thickness of 4 inches or less because of difference in mechanical properties between the center and the surface during heat treatment. The purpose of this study is to develop the manufacturing process of aviation parts by using beta-annealed Ti-6Al-4V plate with 8inches thickness. In this study, a preform shape was designed with a thickness 4inches or less for beta-annealing heat treatment. Beta-annealed preform was manufactured into aviation parts through final machining process.

Key Words : Beta-annealing, Ti-6Al-4V, Aviation Part, Preform

1. 서론

최근 항공기 성능 요구도 증가와 함께 고효율화 실현을 위한 Ti 합금 수요가 증가하고 있다. 특히, 고 인성과 피로균열전파 저항성이 우수한 Ti-6Al-4V 합금은 항공부품에 많이 적용되고 있다.[1] 항공용 티타늄 부품은 단조품과 후판 형태로 사용되고 있으며, 개발 초기에는 단조공정 개발비용 및 잔류 응력에 의한 가공시 불량률 증가 등의 일정 리스크를 줄이기 위해 후판소재의 사용이 선호되고 있다.

상용 베타어닐링 열처리(beta-annealing)된 Ti-6Al-4V 후판소재는 그 두께가 4 인치가 한계이다. 티타늄 합금의 낮은 열전도 특성으로 인해 4 인치이상의 두께를 가진 후판의 베타어닐링 열처리시 중심부와 표면부의 냉각속도 차이로 인해 기계적 물성편차가 발생하는 문제가 있다. 본 연구에서는 8 인치 이상의 베타어닐링 열처리된 대형항공부품을 개발하기 위한 제조공정을 개발하였다.

본 연구에서 베타어닐링 열처리 전 8 인치 후판을

이용하여 4 인치 이하의 두께를 가진 형상으로 프리폼을 제작하였다. 제작된 프리폼은 진공 열처리로(vacuum heat treatment furnace)를 이용하여 베타어닐링 열처리하였다. 기계가공을 통해 최종 부품형상으로 제작하였다. Fig. 1 은 본 연구에서 제안한 베타어닐링 처리된 대형항공부품의 제작공정의 개요를 나타낸 것이다.

2. 프리폼 설계

프리폼 설계는 베타어닐링 처리시 열변형을 고려하여 가공여유(machining margin)를 적용하였다. 또한 가공여유 적용시 가공의 편이성을 확보하기 위해 복잡한 형상은 단순화하여 설계하였다. 본 연구에서 적용된 가공여유는 최종제품의 표면에서 10mm를 부여하였다. 적용된 가공여유에 대해 최종 제품의 가공 가능여부를 판단하기 위해 CAE 해석을 통해 베타어닐링 열처리시 발생하는 열변형량을 확인하였다. Fig. 2 는 베타어닐링시 열변형량을 CAE 해석을 통해 분석한 결과를 나타낸 것이다.

1. 주식회사 낙원

2. 한국생산기술연구원 항공부품연구단

Corresponding Author : Korea Institute of Industrial Technology, E-mail: cjlee80@kitech.re.kr

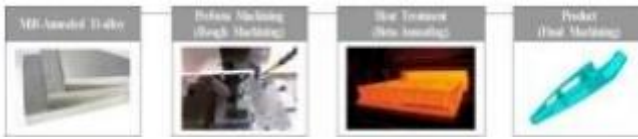


Fig. 1 Schematic manufacturing process for beta-annealed Ti-6Al-4V aviation part

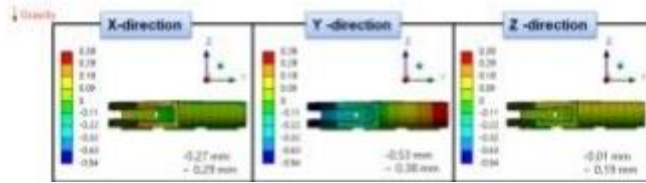


Fig. 2 Deformation of preform during beta-annealing heat treatment

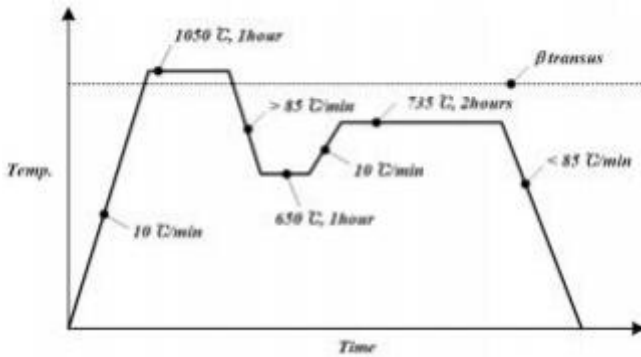


Fig. 3 Beta-annealing process conditions



Fig. 4 Beta-annealing process conditions



Fig. 5 Microstructure of beta-annealed preform

3. 프리폼 열처리

Fig. 3 은 본 연구에서 수행한 베타-어닐링 열처리 공정의 조건을 나타낸 것이다. 프리폼의 열처리는 열처리시 소재에 산화층을 최소화하기 위해 진공 열처리로에서 수행되었으며, 소재의 냉각은 질소가스를 이용하였다. Fig. 4 는 베타-어닐링된 프리폼을 나타낸 것이다.

프리폼의 베타-어닐링 열처리 결과를 평가하기 위해 시험편을 가공하여 기계적 물성 및 미세조직을 평가하였다. 기계적 물성은 인장시험을 통해 항복강도, 인장강도, 연신율을 평가하였다. 그 결과, 항복강도 807~820MPa, 인장강도 860~885MPa, 인신율 6~9%의 분포를 나타내었으며, Fig. 5 는 미세조직을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 베타-어닐링 열처리된 Ti-6Al-4V 대형항공부품의 제작하기 위해 8 인치 후판을 이용한 제작공정을 개발하였다. 4 인치 이상 후판 베타-어닐링 열처리시 발생하는 문제를 해결하기 위해 프리폼을 설계하여 베타-어닐링 열처리를 적용하였다. 열처리 후 인장시험을 통해 기계적 물성편차가 허용치내에서 분포하는 결과를 얻었다. 이를 통해 8 인치 후판을 활용하여 베타-어닐링 열처리된 Ti-6Al-4V 대형항공부품이 제작가능함을 확인하였다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국가혁신클러스터사업(P00006698_난삭성 구조재 가공 기술 개발)”의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

REFERENCES

- [1] J. Yang, J. Wu, Q. Zhang, R. Han, K. Wnag, 2020, Investigation of flow behavior and microstructure of Ti-6Al-4V with annealing treatment during superplastic forming, Mater. Sci. Engineer A, Vol. 797, No. 21, 140046

열연 고강도 강판에서의 뢰더스밴드 전파에 따른 시효강화 반응에 대한 연구

조우진¹, 정병석¹, 박시욱¹, 정진욱¹, 나현택², 한홍남^{1#}

Study of bake-hardening response according to Lüders band propagation in hot-rolled high strength steel

W.CHO¹, B.-S. Jeong¹, S. Park¹, J. Jung¹, Y. Oh¹, H. Na², and H. N. Han^{1#}

ABSTRACT

Bake-hardening (BH) treatment is usually subjected to pre-formed automobile body parts to increase the yield strength without reduction of thickness. So far, composition, annealing temperature, pre-straining, and baking condition have been considered as the factors affecting BH. However, the effect of the extent of Lüders band propagation on BH has not been widely studied. In this research, we observed the BH behavior related to Lüders band propagation attributed to the amount of pre-strain. The digital image correlation (DIC) method was utilized to measure the Lüders band propagation. In addition, we correlated the small-scale mechanical properties and BH behavior before and after Lüders band propagation using nano-indentation.

Key Words : Bake-hardening, Lüders band, Hot-rolled high strength steel

1 서울대학교 재료공학부

2. 포스코 평양기술연구원

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

파우치형 이차전지의 용융접합 장치 설계용 해석프로세스 개발

이경훈^{1, #}, 정민음², 고강호³, 박중현⁴, 김정기⁵

Development of Design Process for Sealing Device of Pouch-Type Rechargeable Battery

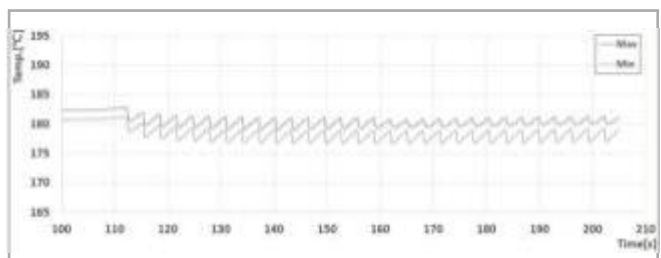
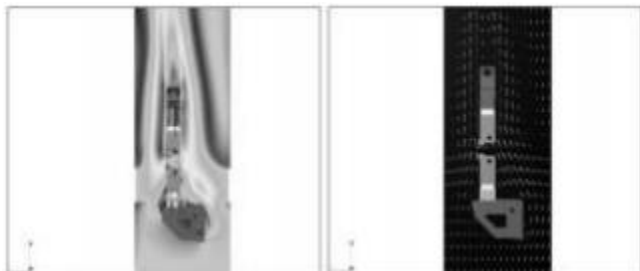
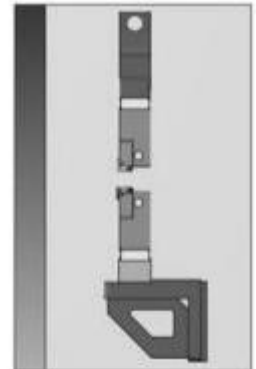
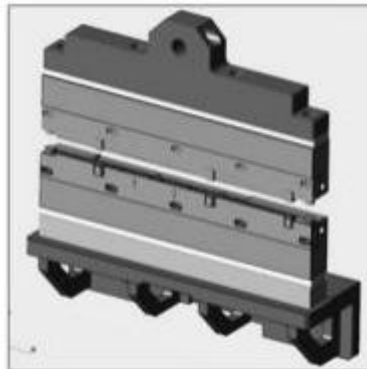
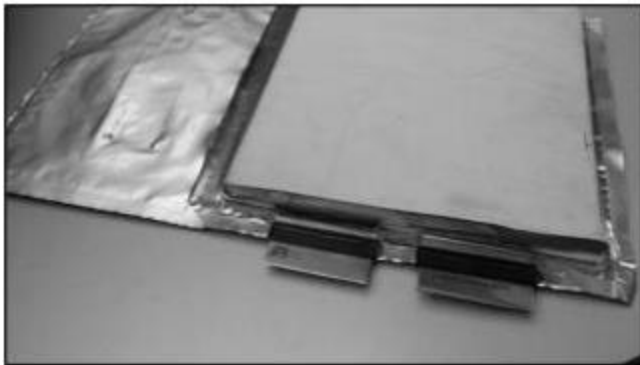
K. Lee, M. U. Jung, K. H. Ko, J. H. Pack, J. K. Kim

(Received Month Day, Year / Revised Month Day, Year / Accepted Month Day, Year)

Abstract

이차전지 조립장비는 이차전지의 조립을 위한 여러 단계의 공정을 순차적으로 진행한다. 조립 공정 중 하나인 실링 공정은 가열된 금형을 이용하여 이차전지를 가압, 가열하여 알루미늄 포장재를 용융 접합시키는 공정이다. 이 공정은 다른 공정과 대비하여 시간이 가장 오래 소요되는 공정으로 병목현상을 야기한다. 그래서 본 연구는 실링 공정의 주기를 감소시키는 것을 목표로 실링 금형의 열전달 매커니즘을 해석적으로 분석하고 양산 조건에서 균일한 온도를 유지시키도록 공정을 설계하는 해석 프로세스를 개발하였다. 효율적인 계산을 위해서 해석은 3 단계의 순차적인 구조로 진행하며, 이차전지 접합에 필요한 열량, 장비의 대류 손실 열량, 양산 공정에서 온도변화를 각각 계산한다.

Key Words : English Key Word: Thermal Fluid Analysis, Sealing Process, Heat Loss, Mass Production, Secondary Battery



1. 솔루션랩 대표
2. 솔루션랩 대리
3. 애플러스 전무이사
4. 애플러스 과장
5. 애플러스 대리

Corresponding Author : Solution-lab, E-mail: klee@solution-lab.co.kr

딥러닝을 이용한 인공지능 강소성 구성방정식의 개발

문희범¹, 강경필², 이경훈[#]

Development of Artificial Intelligence Rigid Plastic Constitutive Model using Deep Learning

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

Abstract

기존 연구에서는 강소성 유한요소법의 구성방정식을 대상으로 하여 하나의 성형 모델에서 추출한 데이터로 딥러닝을 진행하여 인공지능 강소성 구성방정식을 확보하고 동일한 성형 모델에 적용하여 타당성을 검토하였다. 이에 본 연구에서는 임의의 성형 모델에 이를 적용하기 위해 총 8개의 3차원 1/4 대칭의 성형모델에 대해 유한요소해석을 수행하고 학습 데이터를 추출, 결합한 빅데이터를 사용하여 딥러닝을 수행, 복수의 성형해석 정보로 학습된 인공지능 강소성 구성방정식을 확보였다. 추가로 기존 방식의 인공지능 강소성 구성방정식과 복수의 성형 해석 정보로 학습된 인공지능 강소성 구성방정식을 적용하여 임의의 성형모델의 유한요소해석을 진행, 두 경우의 유한요소해석 결과를 비교하고 타당성을 검토하였다. 본 연구 결과를 토대로 향후 추가적인 연구로 본 연구에서 진행된 딥러닝을 이용한 인공지능 구성방정식을 강소성이 아닌 구성방정식이 비교적 복잡한 탄소성 재료나 멀티스케일 해석 등 재료의 거동이 복잡한 해석에 응용이 가능하다.

Key Words : Machine Learning, Constitutive Equation, Implicit Finite Element Method

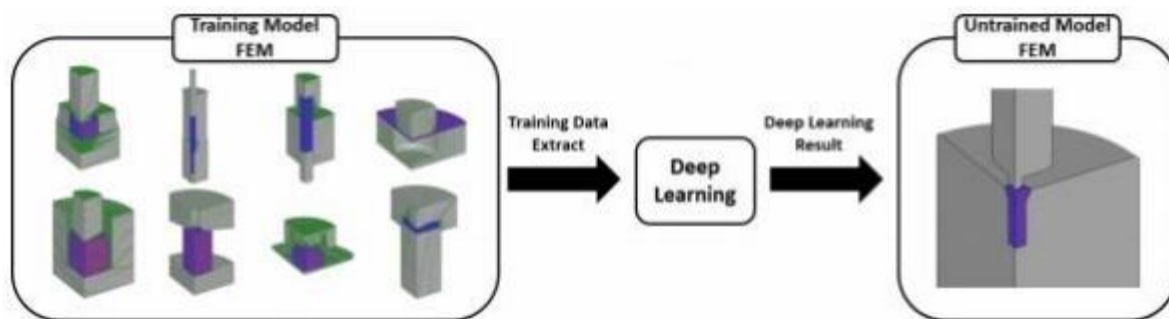


Fig 1. Scheme of untrained model FEM using plural FEM data

1. (☎) 솔루션랩

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

SLM 공정으로 제조된 Ti-6Al-4V 합금 조형체의 표면조도에 관한 연구

김원영¹ · 김상우[#]

A Study on the Surface Roughness of Ti-6Al-4V Alloy Fabricated by SLM Process

W. Y. Kim, S. W. Kim

Abstract

In the SLM(Selective Laser Melting) process that manufactures 3D products through a selective laser melting-solidification-layer by layer build-up process, the surface quality is dependent on the solidification conditions, the staircase effect due to the layer by layer build-up process, and the shape and size of unmelted particles. Since there is a limit to improving surface quality through optimization of process parameters such as layer thickness, laser power, and scan speed, additional post-treatment processes are required for efficient improvement of the surface quality. In this study, the effect of the building angle and the sandblasting process conditions in the SLM process of Ti-6Al-4V alloy on the surface quality of the part was analyzed. The effect of the building angle was analyzed by investing the surface topology and roughness of the specimens fabricated at various building angles. And the effect of the sandblasting process conditions was analyzed by measuring the surface roughness of the specimens post-treated by various size of abrasive, blasting angles and pressures. As a result of the experiment, it is found that the surface quality is better the larger building angle was, but the difference tends to be improved through sandblasting, and the effect was dependent on the process conditions.

Key Words : Additive manufacturing, Ti-6Al-4V alloy, Surface roughness, Surface topology, Sandblasting, Selective laser melting

후 기

본 연구는 재료연구소 주요사업(PNK7060)의 지원으로 수행되었음

1. 재료연구소 재료공정혁신본부 변형제어연구실

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

6. 특 별 세 셴

초전도 선재 제조 기술
(제 4 발표회장)

EBSD 를 활용한 초기 공정 조건에 따른 Nb-46.5wt%Ti 소재 의 미세 조직 분석 및 초전도 특성 영향 평가

문인용 · 이호원 · 오영석 · 김세종 · 정재면 · 강성훈[#]

Analysis of microstructure of Nb-46.5%Ti according to initial process conditions using EBSD and evaluation of influence on superconducting properties

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

Abstract

본 연구에서는 대표적 초전도재료인 Nb-46.5wt%Ti 를 사용하여 초기 공정 조건이 미세 구조 및 임계 전류 밀도에 미치는 영향을 분석하였다. 일반적으로 NbTi 재료에 분포된 α -Ti 상은 flux pinning center 역할을 하여 초전도 특성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. α -Ti 상은 반복적인 중간 열처리를 통해 결정립계와 삼중점에서 석출된다고 알려져 있으며, 이 현상은 초기 시편의 미세 구조 상태에 큰 영향을 받는다. 따라서 초기 NbTi 소재의 미세 구조가 임계 전류 밀도에 미치는 영향을 분석하기 위해 열간 압연 및 ECAP 공정을 통해 변형률 0.7 과 2 를 갖는 NbTi 빌렛을 제작하였으며, EBSD 를 통해 미세 구조를 분석하였다. 제작된 빌렛은 그루브 압연, 냉간 인발, 중간 열처리를 통해 모노 와이어로 제작되었으며, 제조된 NbTi 모노 와이어의 초전도 특성을 평가하기 위해 임계 전류 밀도를 측정하였다. 그 결과, 초전도 특성 향상을 위한 초기 소재의 최적 미세 구조를 제안할 수 있었다.

Key Words: Nb-46.5wt%Ti, EBSD, Critical current density, Superconducting, Microstructure.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소, E-mail: kangsh@kims.re.kr

초전도 선재용 MgB₂ 특성향상 연구

정국채^{1#}, 오영석¹, 강성훈¹

Enhancing technology of MgB₂ for superconducting wires

K. C. Chung^{1#}, Y.S. Oh¹, S. H. Kang¹

Abstract

High performance MgB₂ bulk superconductors have been developed by co-doping with the carbon and chlorine using the chloroform (CHCl₃) approach. CHCl₃ was first coated on Boron powder at room temperature and amorphous carbon layer with a thickness of approximately 3-4 nm on the surfaces of B powder was identified by TEM. Stoichiometric amount of Mg was then well mixed with CHCl₃-coated B powder for pelletization and the subsequent heat-treatment at temperature of ~700 °C for 30 min under Argon atmosphere.

Superconducting T_c was decreased from 37.50 to 34.75 K and concentration of carbon and chlorine increased on increasing the doping level of chloroform. Surprisingly, there is the increase in self & high-field J_c with the only chlorine doing of CHCl₃ until the doped carbon became effective. With the more increased doping of CHCl₃ there appeared the dominant carbon effect on J_c at both low and high-fields. It was found that a huge improvement in J_c for CHCl₃-doped MgB₂ samples compared to un-doped sample at high fields both 5 & 20 K. The highest J_c values was $\sim 2.8 \times 10^4$ A/cm² (7 times to pure MgB₂) at 5 K & 8 T and $\sim 2.6 \times 10^3$ A/cm² (12 times to pure sample) at 20 K & 6 T, which are quite comparable to the best high-field J_c values reported. This enhancement in J_c could be attributed to the improved flux pinning as a result of the combined doping effect of Cl and C into MgB₂ matrix.

Key Words : Superconducting wire, MgB₂, Doping, Critical current density

1. 재료연구소

교신저자: 재료연구소, kcchung@kims.re.kr

7. 일반 논문 발표

박판성형
(제 4 발표회장)

SPH, CEL 해석기법에 따른 Flow Drill Screw 접합공정 예측

김성호^{1,2} · 송정환¹ · 배기현¹ · 최석우¹ · 최정목¹ · 곽희만¹ · 김지훈¹ · 박남수^{1,#}

Numerical Prediction of the Flow Drill Screw Driving Process based on the CEL- and SPH-FE Modeling Techniques

S. H. Kim, J. H. Song, G. Bae, S. O. Choi, J. M. Choi, H. M. Kwak, J. H. Kim, N. Park

Abstract

최근 자동차 연비와 차체 충돌 성능 향상에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 동시에, 자동차 산업에서 주요 요구 사항을 충족하기 위해 다양한 경량 소재 조합에 대한 적용이 눈에 띄게 증가하고 있다. 따라서 저항 스폿 용접을 포함한 다양한 접합 접근방식이 실험 및 수치적 방법으로 조사되었다. 그러나 FDS(Flow Drill Screw)의 접합 과정은 관통 과정에서 극심한 메쉬 왜곡을 다루기 어려워 수치해석에서는 충분히 논의되지 않았다. 본 논문에서는 FDS 공정의 열기계적으로 결합된 수치 시뮬레이션에 최근 개발된 선진 수치 접근법을 채택하여 메쉬 왜곡 문제를 고려할 수 있다. ABAQUS/Explicit 상용 FE 소프트웨어에 SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics) 및 CEL(Coupled Eulerian-Lagrangian) 기법을 기반으로 Al6061-T6 2개 시트 접합에 대한 FDS 공정의 수치해석을 실시했다. 각 분석 사례의 신뢰성은 FDS 접합 프로세스 후 접합부의 단면형상 측면에서 실험과 예측의 비교를 통해 검증되었다.

Key Words: Mechanical Joining, Flow Drill Screw (FDS), Thermo-Mechanical Coupling, Finite Element Analysis

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 인하대학교 기계공학과

3. (주)진합

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

반응표면분석법을 이용한 스크류홀 설계 가이드 개발

장인제^{1,2}, 배기현^{1,#}, 송정한¹, 이종섭¹, 박남수¹, 최석우¹, 정세환¹, 이희종³

Design Guideline Development of the Screw Hole using Response Surface Methodology

I. J. Jang, G. H. Bae, J. H. Song, J. S. Lee, N. Park, S. Choi, S. H. Jeong, H. J. Lee

Abstract

In recent years, it is difficult to achieve the fine appearance and high stiffness of a screw hole because the structure has severe geometrical constraints and requires a strong fastening force. However, the design method of the screw hole shape still depends on the engineer's experience and know-how in spite of the enormous failure cost. This study deals with the formability analysis of the screw hole based on the parametric analysis. As a target material for the analysis, HXKE4K 0.42t mild steel sheet used in general household appliances was selected. Mechanical properties for the sheet metal forming simulation were evaluated by the tensile test and Nakajima test. The formability evaluation of the screw hole was quantitatively conducted based on the forming simulation result such as the strain distribution and the thinning. By using the proposed evaluation method of the screw hole formability, the parametric study was performed to investigate the effect of design parameters in the screw hole shape. Finally, a design methodology was suggested to improve the formability of the screw hole by controlling the main design parameter.

Key Words : Screw Hole, Stamping, Formability Analysis

1. 한국생산기술연구원

2. 한양대학교 융합기계공학과

3. LG 전자 생산기술원

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

프리프레그 압축성형 공정을 통한 B-Pillar 보강재 제조

이순명¹, 김재홍², 성동진³, 고대철[#]

Manufacturing of B-Pillar Reinforcement through Prepreg Compression Molding

S. M. Lee, J. H. Kim, D. J. Sung, D. C. Ko

Abstract

Recently, numerous attempts have been conducted in the automotive industry to improve the lightweight and crashworthiness. Accordingly, it is necessary to use lightweight materials into automotive parts such as aluminum, magnesium and composite materials. Many studies are underway to replace metal materials with Carbon Fiber Reinforced Thermo-Plastics (CFRTP) for automotive parts. Mechanical properties of CFRTP with laminated structure, such as strength and stiffness, are generally affected by stacking sequence. Therefore process of optimizing the stacking sequence of CFRTP is needed. In addition, it is difficult to manufacture the multi-material product because of adhesive problems between CFRTP and steels. In this study, CFRTP reinforcement was applied to manufacture multi-strength b-pillar by Prepreg compression Molding (PCM) method. The shape of the CFRTP reinforcement was used for the shape of the reinforcement of the existing B-pillar assembly. The thickness and stacking sequence of CFRP were optimized using Genetic Algorithms (Gas) with FE-analysis. The possibility of PCM method was estimated by thermal forming simulation of CFRTP Reinforcement which is set on formed B-pillar.

KeyWords: Partial Heating Hot Stamping, Carbon Fiber Reinforced Thermo-Plastics(CFRTP), Genetic Algorithms(GAs), Prepreg Compression Molding(PCM)

후 기

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A5A6099595), the Small and Medium Business Administration of Korea (SMBA) grant funded by the Korea government (MOTIE) (No. S2522059) and National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MOE) (NRF – 2018R1D1A3B07049114)

1. 부산대학교 대학원 나노메카트로닉스공학과

2. 설계기반미래성형기술개발센터

3. 아진산업(주)

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

Rail Roof Side 용 알루미늄 소재의 핫 블로우 포밍에 관한 연구

김민기¹ · 류재창² · 홍종빈³ · 정철영⁴ · 고대철[#]

A Study on Hot Blow Forming of Aluminum for Rail Roof Side

M. G. Kim, J. C. Ryu, J. B. Hong, C. Y. Jung, D. C. Ko

Abstract

Recently the application of high strength aluminum has been studied as a means of lightening the weight for automotive components. Also hydroforming that decrease process step has been progressed for cost reduction. Because this technique require high formability, it is difficult to apply aluminum that has low formability at room temperature. However Hot Blow Forming(HBF) that indicates a high elongation at a specific temperature and strain rate is able to manufacture automotive body using aluminum. Moreover HBF has advantages in superior dimension accuracy for complex shapes and uniformity of thickness distribution. Despite considerable advantages, HBF has a major defect in productivity due to its relatively long cycle time. For reducing process time, pre-forming through stamping operation and HBF with high speed was used respectively. In this study rail roof side using aluminum was applied to pre-forming and high speed hot blow forming. These processes were performed by Finite Element(FE) simulation. First of all impact of temperature and strain rate on the flow behavior of the material was confirmed by uniaxial tensile tests. In addition material model that describe behavior of elastic viscoplastic material with thermal effects was applied in FE-simulation. In pre-forming step, stamping process was carried out with aluminum elevated temperature. From the effect of first process thinning was predicted and shape of preform was derived. In HBF step the preform was pressurized after the tool was raised to target temperature. As a result of HBF final shape, thinning and thickness distribution were identified. In order to evaluate effectiveness of FE-simulation, its result was compared with experiment.

Key Words : Hot Blow Forming, High elongation, Finite Element Simulation, Rail roof side, Thinning

Acknowledgement

We would like to acknowledge the financial support from National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(No. 2019R1A5A6099595) and Technology Innovation Program (No. 20002809) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE).

1. 부산대학교 대학원 나노메카트로닉스공학과

2. 부산대학교 대학원 나노메카트로닉스공학과

3. 서진산업㈜

4. 대우공업㈜

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

Yoshida2013 항복 기준의 해석적 표현 및 교정 전략

후퀴¹, 윤정환[#]

Analytical expression and calibration strategy for Yoshida2013 yield criterion

Q. Hu¹, J.W. Yoon[#]

Abstract

To describe material's anisotropic hardening behavior, the analytical anisotropic yield criterion become essential. Besides, to capture the highly anisotropy of sheet metal, especially for the r-values, the yield criterion with more parameters should be used. In present work, an analytical expression is developed for Yoshida2013 yield criterion under associated flow rule, i.e. all of the coefficients are determined with the experimental data without any optimization process. A calibration strategy is developed to determine two parameters in Yoshida2013 yield criterion, i.e. two pure shear stresses calculated from the analytical Poly4 yield criterion are used. The experimental yield stresses and r-values under uniaxial tension along the rolling, diagonal, transverse directions and equi-biaxial tension will be used to determine eight parameters in Yoshida2013 yield criterion. The choice of experimental yield stress and r-values to determine the left six parameters is discussed. The results show that the left parameters determined with two experimental yield stress σ_{30} , σ_{60} (or $\sigma_{22.5}$, $\sigma_{67.5}$) and four r-values r_{15} , r_{30} , r_{60} and r_{75} will give a good prediction for both r-curve and uniaxial yield stress curve. The effectiveness and accuracy of the proposed analytical Yoshida2013 have been verified by applying it to several highly anisotropy materials.

Key Words: Yoshida2013 yield criterion, Analytical, Associated flow rule

1. Department of Mechanical Engineering, KAIST, postdoctoral fellow

[#] Corresponding Author: Department of Mechanical Engineering, KAIST, Professor

E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

드로잉 성형 공정에서의 비드 구성 최적화

박준용¹ · T. B. Stoughton² · 윤정환^{1#}

Optimization of Draw Bead Configuration in Draw Forming

J. Park¹, T. B. Stoughton², J.W. Yoon¹ #

Abstract

박판의 스탬핑 공정에서 주기적인 굽힘/역굽힘은 박판 성형 공정에서 측면 킨 (side-wall curl)이라 불리는 스프링백 문제를 야기하며 측면 킨은 원하는 형태로 자동차 판재 부품을 형성하는 과정에서 직면하는 가장 심각한 문제 중 하나이다. 금속 유입을 제어하는데 사용되는 드로우 비드는 측면 킨을 발생시키는 주요 요인이다. 본 연구는 비드의 개수, 반경, 방향을 최적으로 선택하여 드로우 성형에서 측면 킨을 최소화 시키는 방법을 제안하였다. 이동 경화와 등방 경화를 사용한 드로잉 해석 결과를 비교하였고, 하나의 비드를 사용하였을 때의 해석 결과를 비교 정리하였다. 마지막으로 두 개의 비드를 사용하였을 때 측면 킨을 최소화 시킬 수 있는 최적의 비드 구성을 제안하였다. 연구 결과는 하중 경로의 변화와 소재 유입의 제어가 스프링 백을 결정하는데 주요하게 작용한다는 것을 보였다.

Key Words: Draw bead, Optimization, Side-wall Curl, Bending/Unbending

1. Department of Mechanical Engineering, KAIST

2. General Motors Global Research and Development Center, Warren, USA

Corresponding Author: Department of Mechanical Engineering, KAIST, Professor

E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

유한요소 해석을 통한 초소성 성형의 공정변수들에 대한 영향 연구

신강훈¹ · 이동준¹ · 석무영¹ · 김기주² · 권용남^{1, #}

A Study on the effect of Superplastic Forming Process Variables through Finite Element Analysis

K. H. Shin, Y.N. Kwon, D. J. Lee, M. Y. Seok, G. J. Kim

Abstract

초소성 성형은 1960 년대부터 활발히 이루어지고 있으며 이와 함께 유한요소 해석도 이용되고 있다. 유한요소 해석은 실제 실험에 사용되는 시간과 비용을 절약할 뿐 아니라 결과물에 대한 예측을 통한 최적의 성형품을 만들 수 있다. 하지만 최적의 성형품을 예측 하기 위해서는 재료의 특성, 공정변수 등을 얼마나 반영 하느냐에 따라 그 결과가 달라진다. 초소성 재료의 특성은 온도와 변형률 속도에 지배적이며 이에 따라 최종 압력 시간 선도에 큰 영향을 미친다. 초소성 성형 해석에서 많이 쓰이는 Power law 구성 방정식은 고온 성형시 결정립 크기 증가에 따른 유동응력의 증가를 나타내지 않기 때문에 해석방법으로 한계가 있다. 또한 일부 연구자들은 공정 해석시 마찰계수, 형상 등의 모델을 일부 반영하지 않아 결과에 오류를 범할 수 있다. 본 연구에서는 온도와 변형률 속도에 따른 최종 압력 시간 선도를 비교 분석하였고 기존 구성 방정식과 실제 재료의 특성을 구현한 방정식 간의 차이를 입증하였다. 또한 형상과 마찰 계수에 대한 영향을 분석하여 각 인자들이 최종 압력 시간 선도에 미치는 영향을 분석 하였다.

Key Words: Finite element analysis, Superplastic Forming, Process variables,

1. 한국 재료연구소, 항공우주재료 연구 센터

2. 동명대학교, AI 자동화 설계 공학과, 교수

교신저자: 한국 재료연구소, 항공우주재료 연구 센터장, kyn1740@kims.re.kr

8. 특 별 세 셴

CRA 클래드 압연 및 응용기술
(제 5 발표회장)

UNS N08825의 미세조직 연계 고온 변형 공정 조건 도출

조한솔¹ · 배성준¹ · 김대현² · 신정호² · 이광석^{1,#}

Derivation of microstructure-correlated process conditions for high temperature deformation of UNS N08825

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

Abstract

Nickel-based corrosion-resistant alloys (CRAs) with high corrosion resistance and excellent high temperature mechanical properties are applied in a variety of industries such as turbine blades, aerospace industry, and pressure vessels, etc. In this study, a representative CRA, UNS N08825 was used to analyze the evolution of microstructures under various high temperature deformation conditions and deduce the optimum forming conditions. A series of Gleeble test was first conducted over a temperature range of 800-1250°C and a strain rate range of 0.01-30 s⁻¹. OM, SEM, and EBSD were then used to clarify the difference between the initial specimen and the microstructure under numerous deformation conditions of UNS N08825. Based on dynamic materials model (DMM), the variations of both power dissipation efficiency and instability parameter were over-plotted in terms of strain rate and temperature to construct an empirical process map, in which the feasible hot forming can be available when power dissipation efficiency is above 0.4. After conducting hot rolling test to verify the effectiveness of the derived optimum hot forming conditions, the results were also discussed.

Key Words : Corrosion resistance alloy, Hot deformation process, Microstructure

Acknowledgement

이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20010701)

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 세아창원특수강

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소, 책임연구원

E-mail: ksl1784@kims.re.kr

SYSWELD를 이용한 클래드 판재의 초기 용접조건 예측

양원철¹ · 최찬식¹ · 김선환¹ · 유경훈² · 김성웅³ · 박준식^{1, #}

Prediction of Initial Welding Conditions for Clad Steel Plate using SYSWELD

W.C. Yang¹, C. S. Choi¹, S. H. Kim¹, K. H. Yoo², S. W. Kim³, J. S. Park^{1, #}

Abstract

용접 왜곡, 잔류응력, 열이력 등 용접 공정 중에 발생할 수 있는 현상 등을 해석 및 예측하기 위해 용접 전산 모사를 통한 연구가 진행되고 있다. 열에 따른 미세구조 변화 및 기계적 특성 변화와 서로 다른 온도 값에서의 재료 특성을 고려하면 신뢰할 수 있는 용접 공정 모델 및 조건을 예측할 수 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 A516-70N+STS 316L/304L 클래드 판재의 용접공정 도중 나타날 수 있는 열 이력 및 온도 분포 등을 예측하여 초기 용접 조건을 도출하기 위해 상용용접 프로그램인 ESI SYSWELD를 사용하였다. 또한, 판재의 두께, 열원, Groove 등의 조건을 다양하게 조절하여 SAW(submerged arc welding) 용접 시 클래드 판재에 나타날 수 있는 변화를 확인하고자 하였다. SYSWELD의 열원 및 변형 모델의 다양한 주요 분포 변수들을 변화시켜 적절한 열원 조건을 찾고자, 이러한 조건들이 용접에 따른 열변형과 열 이력 등에 미치는 영향성을 예측하였고, 이 예측된 용접 전산모사에 대한 결과를 논의하였다.

Key Words : Stainless steel, 전산모사, SYSWELD, 클래드 강, 용접

1. 서론

용접은 광범위한 응용 분야에서 사용되는 효과적인 재료 접합 공정 중 하나이다. 그러나, 용융된 용가재의 증착과 집중적인 가열의 국부적인 영향에 의해 모재의 탄성, 소성 및 점 소성 변형 등의 복잡한 열기계적 사이클이 나타나게 된다. 이로 인해 용접부와 열 영향부(HAZ)의 열이력, 상변화, 열변형과 잔류응력을 포함한 많은 복잡한 현상에 대한 분석이 필수적이다. 이러한 이유로 현재 많은 연구가 되고 있는 클래드 강과 같은 이종소재에 대한 초기 용접 공정에서는 용접 왜곡 및 변형 등이 일어나게 되고 열 변화에 따른 온도분포, 상변화와 기계적특성 등 분석에 대한 한계가 나타난다. 이를 보완하고자, 초기 용접 조건을 예측할 수 있는 용접 공정에서 발생할 수 있는 현상에 대한 용접 시뮬레이션을 사용한 많은 연구가 진행되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 용접 소프트웨어인 ESI SYSWELD를 사용하여 A516-70N+STS 316L/304L로 이루어진 압연 클래드 판재에 대한 용접공정의 주요 변수들을 변화하여 발생할 수 있는 열이력, 열변형 등의 현상을 예측하고자 하였다. 또한, 용접공정에 필요한 조건들의 변화에 따라 용접 공정의 전산 모사를 진행하였다. 예측된 다양한 결과를 통해 스테인레스 클래드 판재의 초기 용접조건에 대해 논의하였다.

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. 우양에이치씨㈜, 부장

3. 세아제강, 과장

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

2. 실험방법

SYSWELD의 Visual Mesh를 이용하여 클래드 판재에 해당하는 Mesh를 제작하였다. 이 때, 클래드 판재의 조성은 A516-70N+STS 316L과 A516-70N+STS 304L로 진행하였다. 용접 전산 모사 수행에 필요한 소재의 특성은 SYSWELD에 온도에 따른 phase diagram, Poisson's ratio, 응력변형률과 항복강도 등 광범위한 데이터베이스를 사용하였다. 또한, 클래드 판재의 두께, 비드의 각도, 입열량조절, 비드 형상 등을 용접 조건의 변수로 설정하였다. SAW 용접법을 적용하여 용접 조건의 변수에 따른 맞대기 용접, L-cream 및 C-cream 용접 등 다양한 용접공정에서의 시뮬레이션을 수행하였다. 용접 시뮬레이션 결과로 열이력, 온도분포, 변형 등을 확인하여 예측하였고, 이러한 결과를 통해 클래드 판재의 초기 용접 조건을 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 A516-70N+STS 316L/304L로 이루어진 압연 클래드 판재에 대한 용접 전산모사를 수행한 예측 결과이다. 그림 1(a), (b)는 클래드 판재를 맞대기 용접으로 진행하였을 때 나타난 온도분포를 나타내고, 그림 1(c)는 C-seam 용접으로 진행하였을 때의 클래드 판재의 온도분포를 나타내었다.

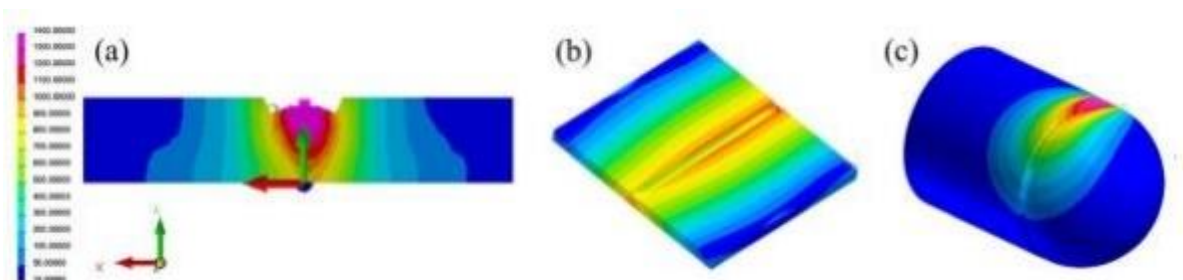


Fig. 1. Predicted fusion zone (region of weld above 1400 °C) using heat source fitting tool (temperature shown in °C): (a), (b) is the predicted results of butt weld, and (c) is the predicted results of C-seam weld.

4. 결론

본 연구에서는 용접 소프트웨어인 ESI SYSWELD를 사용하여 압연 클래드 판재에 대한 용접 공정의 변수들을 변화하여 용접 전산모사를 진행하였고, 다양한 전산 모사를 수행한 결과를 이용하여, 클래드 판재의 용접 공정에 따라 발생할 수 있는 현상을 예측하고자 하였다. 예측된 결과로, 스테인레스 클래드 판재에 대한 초기 용접 조건을 도출하였으며, 실제 강관 및 압력용기 분야에서 용접공정 시뮬레이션의 적용 가능성을 확인하였다.

참고문헌

- [1] S. K. Bate, R. Charles, and A. Warren, 2009, Finite element analysis of a single bead-on-plate specimen using SYSWELD, Int. J. Press. Vessel. Pip., Vol. 86, pp. 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2008.11.006>.
- [2] J. J. Xu, P. Gilles, Y.G. Duan, and C. Yu, 2012, Temperature and residual stress simulations of the NeT single-bead-on-plate specimen using SYSWELD, Int. J. Press. Vessel. Pip., Vol. 99-100, pp. 51-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpvp.2012.08.002>.
- [3] H. M. E. Ramos, S. M. O. Tavares, and P.M. S. T. de Castro, 2018, Numerical modelling of welded T-joint configurations using SYSWELD, Sci. Technol. Mater., Vol. 30, pp. 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.stmat.2018.08.002>.

9. 일반 구두 발표

압출 및 인발, 플라스틱, 금형가공
(제 1 발표회장)

극저온 비원형 신선공정을 통한 고강도·고연성 CP-Ti 선재 제조

안지섭^{1,2}, 조아라^{1,2}, 김선형^{1,2}, 이상곤¹, 이인규¹, 문영훈², 황선광^{1,*}

High-Strength and High-Ductility CP-Ti Bar Manufacturing by Cryogenic Non-Circular Drawing Sequence

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

Abstract

순수 타이타늄(CP-Ti) 소재는 뛰어난 비강도와 내부식성, 인체 친화적 특성 및 넓은 온도범위에서 사용이 가능한 소재이다. 특히, 극저온 환경에서 소성변형 시 활발한 쌍정(Twin) 변형에 의한 강도와 연성, 균일연신 구간이 증가하는 특성을 보인다. 해당 소재는 수송기기, 임플란트 등에 널리 활용되며 다단 신선공정에 의해 제조된다. 선재를 제조하는 방식 중 하나인 비원형 신선공정(Non-Circular Drawing Sequence)은 비원형·원형 단면 형상을 반복적으로 성형하는 공정으로 고강도 선재를 연속적으로 제조하는데 사용된다. 본 연구에서는 고강도·고연성 CP-Ti Grade 2 선재를 연속적으로 제조하기 위해 극저온 비원형 신선공정을 도입하여 해당 소재의 활용성을 극대화하고자 한다. 123K의 온도에서 변형률 속도(0.01~1/s)를 제어한 인장시험과 293K 인장시험을 수행하였으며, 실험결과를 바탕으로 변형률 속도 및 변형률 속도 민감지수를 고려한 유동응력을 도출하였다. 도출된 유동응력을 3 차원 유한요소해석(DEFORM-3D)에 적용하여 성형해석을 수행하였다. 해당 결과를 바탕으로 실제 극저온 신선공정을 설계하였으며, 초기소재 직경 13 mm CP-Ti bar를 2단 성형하여 10.4 mm의 최종소재로 제조하였다. 상온, 극저온 조건에서 원형, 비원형 신선공정 소재의 강도 및 연성 비교를 위해 인장시험을 수행하였다. 상온 신선된 소재 대비 극저온에서 성형된 소재의 강도 및 연성이 향상됨을 확인하였으며, 나아가 비원형 신선공정을 통해 제조된 선재가 가장 우수한 기계적 특성을 보임을 확인하였다.

Key Words: CP-Ti, Cryogenic, Non-Circular Drawing Sequence, High-Strength, ARAMIS SRX, EBSD

* 본 연구는 한국생산기술연구원의 지원으로 수행되었음.

1. 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹

2. 부산대학교 기계공학부

교신저자: 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹, 수석연구원

E-mail: skhwang@kitech.re.kr

변형률 속도와 온도에 따른 경화특성을 고려한 고온 압출 공정의 모델링 및 수치해석

정선호^{1,2}, 송영환¹, 배기현¹, 송정환¹, 이종섭¹, 최석우¹, 이상아¹, 이희종³, 성현민³, 박남수^{1,#}

Modeling and Numerical Analysis of a Hot Extrusion Process Considering the Strain Rate- and Temperature-dependent Hardening Response

S. Jung, Y.H. Song, G. Bae, J. H. Song, J. S. Lee, S. O. Choi, S. Lee, H. J. Lee, H. M. Sung, N. Park

Abstract

This paper is concerned with the modeling and numerical analysis of a hot extrusion process considering the strain rate- and temperature-dependent hardening response of Al6063 alloy. A billet generally experiences severe plastic deformation involving large variations in the strain rate and temperature during the hot extrusion process, and hence, an accurate description of the flow stress response is of great importance to reliably predict the deformation mechanism of the workpiece via numerical analysis. As an effort to accurately characterize the strain hardening of Al6063 alloy, an Arrhenius-type constitutive law was employed in this study, using the flow stress curves evaluated from the cylindrical compression test under various combinations of strain rate and temperature. The hot extrusion process was then numerically simulated with the commercial FE software of DEFORM3D based on an Arbitrary Lagrangian–Eulerian (ALE) method, followed by actual extrusion tests under identical working conditions. A comparison of the experiment and numerical simulation showed that the FE analysis of the hot extrusion process can successfully predict the localized zone of strain and temperature where the surface defect is observed in the actual extrusion process.

Key Words: Hot extrusion, Al6063 alloy, Arrhenius-type constitutive law, Arbitrary Lagrangian–Eulerian method

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 형상제조연구부

2. 인하대학교 기계공학과

3. LG 전자 생산기술원

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

공기층에 의한 마찰 감소 특성 적용을 위한 표면 패터닝 공법 개발 및 평가

문인용 · 이호원 · 오영석 · 김세종 · 강성훈[#]

Development of surface patterning process for application of drag reduction characteristics caused by air layer

I. Y. Moon, H. W. Lee, Y.S. Oh, S. J. Kim and S. H. Kang

Abstract

물과 고체 표면 사이의 마찰 저항을 줄이는 항력 감소라는 능력은 초소수성 표면의 핵심 기능 중 하나이다. 이 기능은 물과 초소수성 표면 사이의 계면에 형성된 공기층에 의해 발현된다. 따라서, 초소수성 표면에 형성된 공기층이 안정적으로 유지될 수 있게 고체 표면의 패터닝을 최적화 하는 기술은 항력 감소 효과를 위한 핵심 요소이다. 그러나 이러한 공기층 유지 능력의 중요성에도 불구하고 공기층의 안정성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 모의 수중 환경에서 공기층 지속 가능성과 항력 감소에 대한 다양한 실험을 수행 하였다. 수백 마이크로 미터 크기의 홈 패터닝을 가진 초소수성 PTFE 표면을 고온 임프린팅을 통해 제작하였으며, 이를 이용하여 실험을 수행하였다. 그 결과 100kPa 의 정수압 하에서 공기층을 효과적으로 유지할 수 있는 홈 패터닝 형상을 최적화 할 수 있었다. 또한, 물 순환 장치를 이용하여 항력 감소의 정도를 직접적으로 측정하였으며, 그루브 패터닝이 항력 감소에 미치는 영향을 분석하고 최적의 패터닝 형상을 제안하였다.

Key Words: Hot Imprinting, Drag reduction, Hierarchical patterns, Superhydrophobic, Air layer.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소 E-mail: kangsh@kims.re.kr

혈액시료 전처리용 500nm 미세유로 플라스틱 소자 성형

유영은^{1#}, 우상원¹, 오재환², 김관오¹, 강도현¹, 윤재성¹

Injection molding of a plastic 500nm channel device for blood sample preprocess

Y.E. Yoo, S. W. Woo, J. H. Oh, K. O. Kim, D.H. Kang, J.S. Yoon

Abstract

Blood is one of general samples for diagnosis of disease or status of human body. For more sensitive diagnosis, the blood sample needs to be preprocessed to be purified or enriched by eliminating blood cells. Centrifuging is a standard method to separate substances in the blood based on density difference. This process, however, uses generally a large-sized equipment and milliliters of sample, which makes point-of-care diagnostics difficult. A new method without centrifuging process is required for sample preprocessing such as filtration using nano/micro-channel based on difference in size of the substances. In this study, a nano/micro-fluidic device adapting 500nm channels in thickness is designed to filtrate blood cells from the blood sample. This blood cell filtration device is injection molded using thermoplastics like polycarbonate for mass production and a nickel stamper and PR master for fluidic channel are fabricated first by electroforming and UV lithography process prior to injection molding.

Key Words : Blood sample preprocess, Blood cell filtration, nanochannels, micro-fluidic device, injection molding

1. 서론

최근 COVID 19 상황에서 알 수 있듯이 방역이나 효율적인 치료를 위한 감염 여부의 신속한 진단의 중요성은 지속적으로 커지고 있다. 현재 대부분의 정밀 진단은 자동화된 대형 장비나 전문 인력이 요구되어 대형 병원이나 전문 분석실에서 이루어지고 있으나, 보다 신속하고 효율적인 진단을 위해서는 응급실, 중환자실 혹은 공항, 학교 등 대중 이용 시설 등과 같은 다양한 현장에서의 진단 기술 개발이 요구되고 있다. 이를 위하여 항원/항체 반응을 이용한 면역진단이나 핵산 증폭 기술을 이용한 분자진단 등 다양한 진단 기술에 대한 현장형 진단 기술 개발이 추진되고 있다. 이와 병행하여, 진단 기술 이외에 현장 진단에 적합한 시료 전처리 기술 개발이 요구되고 있다. 기존의 시료 전처리는 시료 구성물의 밀도 차이를 이용한 원심분리 공정에 의해 이루어지고 있으나, 이와 같은 원심분리 방식은 대형 장비 및 밀리리터 수준의 시료량이 필요하며, 여러 단계로 구성되는 전처리 과정의 단계마다 수작업이 요구되어 현장에서의 사용은 어려운 상황이다. 따라서 현장 진단을 위해서는 수십 마이크로 리터 정도의 미량 시료를 휴대 혹은 이동이 가능한 소형 장비를 이용한, 자동화가 용이한 시료 전처리 기술이 필요하며, 이를 위한 주요 기술로서 나노/마이크로 유로를 이용하여 시료 구성물의 크기나 표면 특성, 관성력 차이 등을 이용한 전처리 기술 개발이 광범위하게 이루어지고 있다[1, 2].

본 연구에서는 혈액에서 혈구를 제거하여 혈장만을 분리하기 위한 500nm 깊이의 미세유로가 적용된 미세유로 소자를 설계하였으며, 사출 성형을 위한 대량 제조를 위하여 UV

1. 한국기계연구원 나노공정장비연구실

2. ㈜ 네오나노텍

교신저자: 한국기계연구원 나노공정장비연구실, yeyoo@kimm.re.kr

lithography 공정에 의하여 미세유로에 대한 마스터를 제작하고, 이를 기반으로 니켈 전주도금 공정에 의해 스탬퍼를 제작하였다. 이를 장착한 금형 및 플라스틱 소재를 이용하여 사출성형 공정에 의해 양산이 가능한 미세유로 기반 혈구/혈장 분리 플라스틱 소자를 제작하고 특성을 평가하였다.

2. 소자 설계 및 제작

혈액을 구성하는 적혈구의 분리를 위하여 500nm 깊이의 여과유로, 시료를 여과유로에 공급하기 위한 공급유로와 혈구가 제거된 혈장시료를 회수하기 위한 회수유로를 동심원 형태로 설계하였다(그림 1). 소자의 제작을 위하여 실리콘 웨이퍼에 500nm 두께로 포토레지스트를 코팅한 후 UV lithography 공정을 이용하여 미세유로에 대한 마스터를 제작한 후 니켈 전주도금 공정을 이용하여 사출성형 공정에 사용이 가능하도록 0.5mm 두께의 니켈 스탬퍼를 제작하였다. 이를 사출성형 금형 캐비티에 장착한 후 폴리카보네이트 소재를 이용하여 사출 성형을 통하여 미세유로 기판을 제작하였다.

3. 결과 및 고찰 (돈움 12pt)

제작된 니켈 스탬퍼 및 미세유로 형상에 대한 측정 사진을 그림 1에 나타내었으며, 이를 이용하여 성형된 플라스틱 기판의 미세유로도 동일한 형상으로 성형이 되었음을 확인하였다. 500nm 깊이의 미세유로 플라스틱 기판의 성형을 위한 사이클 타임은 1분 미만으로 양산이 가능한 수준으로의 성형이 가능함을 확인하였다.

4. 결론

혈액 시료를 이용한 현장형 진단을 위한 비원심분리 방식의 미세유로 기반의 전처리 소자의 설계 및 양산형 제조의 가능성을 확인하였다. 이렇게 제작된 소자를 이용하여, 전처리 공정 개발을 위하여 시료의 유동 및 혈구 등의 입자 분리 실험 수행 및 최적화를 추진하고 있다.

후기

이 연구는 2020 년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (‘과제번호 20003670’)

참고문헌

참고문헌 3 개 이내 (소성가공학회지 규정에 따름)

- [1] Kyunghoon Lee, Huilin Shao, Ralph Weissleder, and Hakho Lee, Acoustic Purification of Extracellular Microvesicles, ACS Nano, Vol. 9, No. 3, pp2321-2327, 2015
- [2] Pelle Ohlsson, Klara Petersson, Per Augustsson and Thomas Laurell, Acoustic impedance matched buffers enable separation of bacteria from blood cells at high cell concentrations, Scientific Reports, 8, 9156, 2018

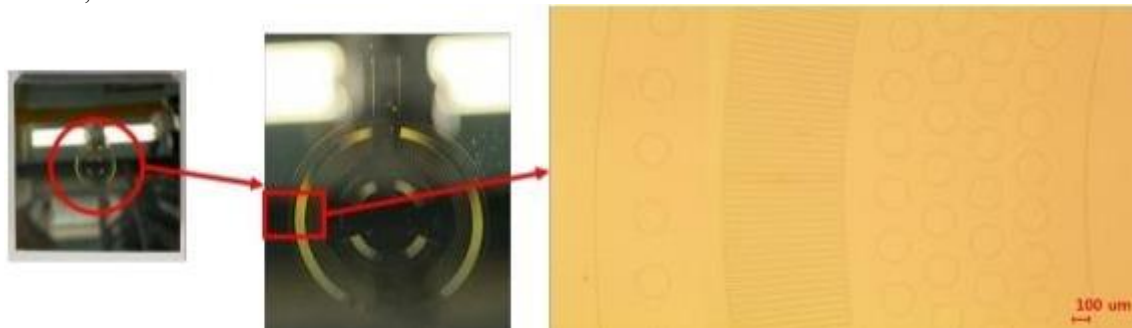


그림 1 500nm 유로 니켈 스탬퍼 및 유로 형상

Maraging steel 의 적층제조 공정에 관한 연구

김선형^{1,2}, 안지섭^{1,2}, 조아라^{1,2}, 박동용¹, 최용진¹, 차경제¹, 문영훈², 황선광^{1,#}

A Study on the Additive Manufacturing Process of Maraging Steels

S. H. Kim, J. S. An, A. R. Jo, D. Y. Park, Y. J. Choi, K. J. Cha, Y. H. Moon, S. K. Hwang

Abstract

적층제조 공정은 복잡한 형상제조에 유리하여 항공기 부품 및 금형 산업 등 여러 분야에서 사용되고 있다. 다양한 소재 중 Maraging steel은 Aging을 통해 미세조직을 Martensite화시켜 고강도, 고인성의 물성을 가지며, 500°C의 고온에서도 강도가 유지되는 특성이 있다. 본 연구에서는 해당 소재를 활용한 적층제조 방식에 있어 낮은 기공율을 가지며 우수한 기계적 물성치를 확보할 수 있는 적층제조 공정을 도출하고자 한다. 여러 공정변수들 중 Laser power, Scanspeed 등 5가지 조건을 조합하여 매핑 실험을 수행하였으며, Gas pycnometer를 이용하여 진밀도 측정을 수행하였다. 공정변수 값의 변화에 따른 진밀도 변화 관계를 도출하기 위해 딥러닝 기법을 활용하였다. Maraging steel의 이론 밀도(8.1 g/cm³)에 가장 근접한 값을 보이며, 에너지 밀도가 상대적으로 낮은 적층제조 공정조건을 기준으로 시편을 제작하였다. 기계적 물성치 평가를 위해 경도, 상온 및 고온 인장시험을 수행하였으며, 압연 성형된 벌크 원소재와 비교 분석하였다. 또한, 광학 및 전자현미경을 통해 기공율 측정 및 미세조직 변화에 대한 비교 분석을 수행하였다. 기계적 물성치 및 미세조직 평가 결과 적층제조된 시편의 경우 기존 원소재와 비교하여 경도 및 인장강도는 유사한 값을 보였으며, 낮은 기공율의 결과로 상대적으로 높은 진밀도를 확인하였다. 본 연구를 통해 적층제조된 Maraging steel의 최적공정조건 도출, 기계적 물성치 평가 및 미세조직 분석을 수행하였으며, 기존 원소재 대비 우수한 결과를 확인하였다. 해당 적층제조 공정을 통해 고온 물성이 요구되는 복잡한 형상 제품을 제조하는 산업군에 널리 적용될 수 있을 것이다.

Key Words: PBF(Powder Bed Fusion), AM(Additive Manufacturing), Maraging steel, Energy density

* 본 연구는 한국생산기술연구원 기관주요사업 "Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정 기술개발 (KITECH E0-20-0017)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

1. 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹

2. 부산대학교 기계공학부

교신저자: 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹, 수석연구원

E-mail: skhwang@kitech.re.kr

13. 포스터

(제 5 , 6 발표회장)

대전력 리튬이온전지용 세라믹(LTCC) 칩 퓨즈의 발열 특성

홍옥연^{1,3} · 양승민² · 이효종¹ · 김병준¹ · 최병두¹ · 민석홍¹ · 하태원^{3,#}

3,#

Heat generation characteristics of ceramic(LTCC) chip fuse for high-power Li-ion batteries

O. Y. Hong, H. J. Lee, B. J. Kim, B. D. Choi, S. M. Yang, S. H. Min, T. K. Ha

Abstract

In this study, the heat generation characteristics of ceramic chip fuses with various structures using LTCC(Low Temperature Co-Fired Ceramic) as a substrate material were investigated by heat transfer simulation.

Through the steady-state heat transfer simulation, it was found that fuse temperature varied with the coverage area of the solder paste below the fuse when constant current was applied to the fuse. It was verified that the solder was one of major factors to influence the heat generating temperature of the ceramic (LTCC) chip fuse for lithium ion batteries. The structure of via hole had a weaker effect on the heat generation characteristics of the ceramic (LTCC) chip fuse.

Key Words : Lithium-ion batteries, Ceramic chip fuse, LTCC, Thermal analysis, Simulation

1. 서론

휴대용 전자 제품에 장착된 배터리는 대부분 리튬이온전지(lithium ion battery)를 사용하고 있으며, 휴대용 전자 제품의 발전과 더불어 리튬이온전지도 작은 부피에 고에너지를 집적할 수 있도록 발전하게 되었다[1]. 그러나 리튬이온전지는 안정성이 취약하여 이상 발생 시 그 에너지가 일거에 방출되어 폭발할 가능성이 높다[2]. 리튬이온전지의 폭발로 인해 사용자의 신체와 물질에 피해를 줄이고자 배터리 팩에 PCM(protection circuit module, 리튬이온전지의 이상 발생 시 전류를 차단하여 리튬이온전지를 폭발로부터 지켜내는 보호회로)을 탑재하고 있으며, 갈수록 높아지는 휴대용 전자 제품의 추세에 따라

배터리 역시 소형화와 더불어 고속 충전 및 배터리 용량의 증가에 따른 제품의 특성 향상이 지속적으로 요구되고 있다[3].

칩 퓨즈는 리튬이온전지의 폭발을 방지하기 위하여 PCM에 장착된 보호소자이다. 소형화, 고기능화에 적합하고 우수한 신뢰성을 갖는 칩 퓨즈를 개발하고자 칩 퓨즈의 주요 소재로 LTCC(low temperature co-fired ceramic, 저온 소성 세라믹)의 약칭으로 다층의 세라믹 기판 내에 수동 소자를 형성시켜 3차원적으로 배열된 형태의 부품을 만드는 저온 적층 세라믹 공정 기술) 제조기술을 접목하였다[4].

세라믹(LTCC) 칩 퓨즈(이하 세라믹 칩 퓨즈)는 안전 소자로서 열악한 주변 환경에서도 작동할 수 있는 신뢰성이 보장되어야 한다. 특히, 세라믹 칩 퓨즈는 과전류 또는 과전압 인가 시 발열에 의해 단락되고, 상시(정격) 전류에서는 퓨즈가 단락되지 않을 만큼의 온도를 유지해야 하기 때문에 발열 특성이 중요하다.

1. ㈜알엔투테크놀로지

2. 한국생산기술연구원

3. 강릉원주대학교 신소재공학과

Corresponding Author : Gangneung-Wonju National University,
Department of Advanced Metal and Materials Engineering,
E-mail: tkha@gwnu.ac.kr

본 연구에서는 열전달 시뮬레이션으로 세라믹 칩 퓨즈의 솔더 페이스트 및 비아 홀 구조를 변경하여, 정격 전류 인가 시 세라믹 칩 퓨즈의 발열 특성에 영향을 주는 주요 요소를 확인하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 세라믹 칩 퓨즈의 제작 공정 중에서 실제 제품으로 구현하기에 제한적인 솔더 페이스트와 비아 홀의 구조를 변경하여, 열전달 시뮬레이션으로 정격 전류 인가 시 발열온도를 비교하였다. 솔더 페이스트는 세라믹 기판 상단의 가운데 위치한 blowout 효과를 나타내는 전도성 전극에 도포되며, 도포 면적(퍼짐 정도)에 따른 발열 온도를 비교하였고(Fig. 1(a)), 비아 홀 구조는 Fig. 1(b)와 같이 4 종류로 설계하여 발열 온도 변화를 비교하였다. 이때, 솔더 페이스트의 도포 면적에 따른 발열 온도 비교에서 비아 홀은 구조①로 고정하였고, 비아 홀 구조에 따른 발열 온도 비교에서 솔더 페이스트는 부분 도포로 고정하였다.

열전달 시뮬레이션을 위한 tool 로는 ANSYS의 ICEPAK 과 SPACECLAIM R18.2 버전을 사용하였으며, 시뮬레이션에서 필수적으로 설정하는 재료의 물성값인 밀도, 열전도도, 비열, 비저항 값을 측정값을 사용하였다. 시뮬레이션 내 세라믹 칩 퓨즈는 test PCB(printed circuit board)에 장착하여 실제 발열 온도 측정 방법과 동일하게 모델링 하였다. 세라믹 칩 퓨즈의 치수는 $5.4 \times 3.2 \times 0.95$ mm 이고, test PCB 의 치수는 $40 \times 20 \times 0.6$ mm 를 적용하였다. 시뮬레이션 내에서 시료의 위치는 실제와 동일하게 바닥에서 일정한 높이의 공중 상에 위치하도록 영역을 설정하였다. 정격 전류 인가를 위하여, 시뮬레이션에서 power supply 의 역할을 하는 source 를 Fig. 2 와 같이 전류 흐름의 방향에 따라 PCB 에 부착하였다. 그리고 가상 공간 내에 공기층을 형성하여 대류와 복사 환경을 조성하였고, 이때 대류의 상태는 부력에 의해 유동이 발생하는 자연대류 환경을 고려하였다. 대기 온도는 25°C , 대기압은 1 atm 으로 설정하였다.

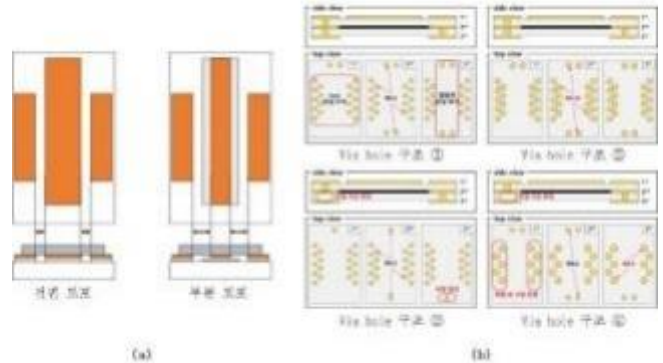


Fig. 1 (a) Application area of solder paste, (b) Via hole structure in ceramic(LTCC) body

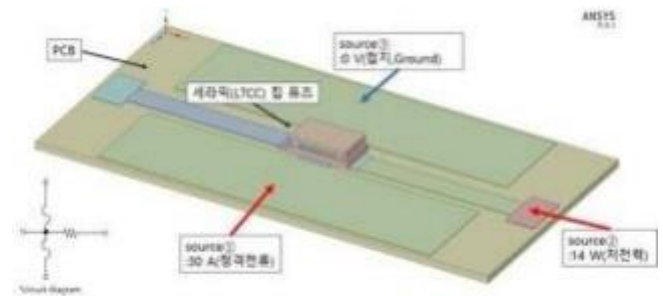


Fig. 2 Modeling for simulation(thermal analysis)

3. 결과 및 고찰

세라믹 칩 퓨즈의 정격 전류 인가 시 솔더 페이스트와 비아 홀 구조에 따른 퓨즈의 발열온도를 비교하기 위하여, 열전달 시뮬레이션을 진행하였다. 먼저 전도성 전극에 도포된 솔더 페이스트의 도포 면적(퍼짐 정도)에 따른 시뮬레이션 결과, 정상 상태에 도달한 퓨즈의 발열온도가 전면 도포에서는 106.6°C , 부분 도포에서는 126.5°C 를 나타내었다. 솔더 페이스트의 도포 면적에 따라서 퓨즈의 발열 온도에 차이가 발생하는 원인은 세라믹 칩 퓨즈의 발열 원리(줄 발열)에서 찾을 수 있었다. 줄 발열(Joule heating)의 원리에 따라 솔더 페이스트가 퓨즈에 닿지 않은 부분은 상대적으로 높은 저항을 나타내기 때문에, 솔더 페이스트의 도포 면적에 따라 퓨즈의 발열 온도 차이가 발생하였다.

세라믹 기판 내 비아 홀 구조에 따른 시뮬레이션 결과, 정상 상태에 도달한 퓨즈의 발열온도가

구조①에서는 126.5 ℃, 구조②에서는 123.4 ℃, 구조③에서는 130.0 ℃, 그리고 구조④에서는 125.2 ℃을 나타내었으며, 구조③ > 구조④ > 구조②의 순서로 높은 온도를 나타내었지만 온도의 차이는 적었다.

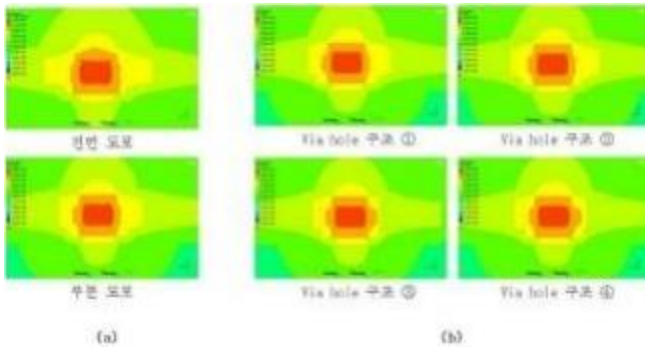


Fig. 3 Simulation result; (a) Effect of solder paste, (b) Effect of via hole structure

4. 결 론

본 연구에서는 세라믹 칩 퓨즈의 솔더 페이스트와 비아 홀의 구조를 변경하여, 열전달 시뮬레이션으로 정격 전류 인가 시 발열온도를 비교하였다. 솔더 페이스트의 도포 면적(퍼짐 정도)에 따라 퓨즈의 저항이 변화되며, 이에 따라 퓨즈의 발열온도가 변화됨을 알 수 있었다. 세라믹 기판 내 비아 홀 구조에 따라 퓨즈 발열온도의 변화를 확인하였으나, 이에 따른 영향은 크지 않았다. 솔더 페이스트가 세라믹(LTCC) 칩 퓨즈의 발열온도에 영향을 주는 주요 요소 중 하나임을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] C. S. Kim, 2010, 리튬이온차전지의 특성과 전망, Ceramist, Vol. 13, No. 1, pp. 40~46
- [2] M. Cho, D. B. Nah, S. C. Kil, S. W. Kim, 2011, Li-Ion Traction Batteries for All-Electric Vehicle, J. Energy Eng, Vol. 20, No. 2, pp. 109~122
- [3] B. J. Lee, G. J. Choi, S. H. Lee, Y.M. Jeong, 2017, A

Study on Explosion and Fire Risk of Lithium-Ion and Lithium-Polymer Battery, J. Kor. Inst. Commun. Inf. Sci., Vol. 42, No. 04, pp. 855~863

- [4] Y. Imanaka, 2005, Multilayered Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) Technology, Springer Sci. Bus. Media, Fujitsu Laboratories, Ltd. Jpn., pp. 1~6

컵 드로잉 성형공정에서의 실시간 플랜지 유입량 측정

서영호^{1, #} · 김현우¹ · 김기풍¹

Real-time measurement of flange inflow in cup drawing forming process

Y.H. Seo, H. W. Kim, K. P. Kim

Abstract

The cup drawing formability test is one of the representative methods for measuring the formability of sheet materials. In order to accurately evaluate the formability of the material, ideally the circular material should be placed in the center of the drawing punch or blanking die. In addition, the amount of inflow in the circumferential direction should be constant only for materials without anisotropy during the drawing process. However, due to uncontrollable factors such as friction imbalance, the inflow of the flange portion is not constant, so there are many cases where the measurement is lower than the formability of the material. As the first step to solve this problem, a real-time flange flow measurement device was designed using a laser displacement sensor and applied to the drawing process. In the future, it will be used to accurately predict the limit drawing ratio of sheet materials through real-time measurement of flange inflow.

Key Words : Cup drawing(컵 드로잉), Limit drawing ratio(한계성형비), Flange inflow(플랜지유입), Real time measurement(실시간 측정)

1. 서론

자동차 외판재를 가공함에 있어 가장 널리 사용되는 딥드로잉 성형공정에서의 중요변수는 적용되는 소재의 한계 드로잉비이다. 성형가공 중 발생하는 가공결함을 판단하는 기준이 되는 설계 변수인데, 한계 드로잉비는 일반적으로 컵 드로잉 테스트를 통하여 결정된다. 하지만 컵 드로잉 테스트를 수행함에 있어 테스트용 원형소재가 금형면 중앙에 위치하지 못하여 플랜지가 상대적으로 많은 영역에 성형하중이 치우쳐 소재의 한계 드로잉비에 비하여 낮게 측정되는 사례가 빈번하다. 또한 마찰력의 불균형으로 인해 원주방향으로의 성형하중이 일정하게 분포하지 않아 상대적으로 큰 하중을 받는 영역에서 조기에 가공크랙이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 소재의 초기위치 측정 및 실시간 플랜지 유입량 측정이 가능한 장치를 설계 및 제작하였으며, 향후 보다 정확한 한계 드로잉비를 예측하는데 활용하고자 한다.

1. 한국생산기술연구원, 서남지역본부, 스마트모빌리티소재부품연구그룹

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

전기차용 열교환기 분리판의 고강도 알루미늄 판재 적용을 위한 설계인자에 따른 성형성 분석

배기현¹ · 양종훈¹ · 정선호¹ · 김봉환¹ · 이종섭^{1#}

Formability analysis according to design factors for applying the high-strength aluminum sheet to the heat exchanger separator for the electric vehicle

G. H. Bae, J. H. Yang, S. H. Jung, B. H. Kim, J. S. Lee

Abstract

This paper deals with the parameter study to manufacture the heat exchanger separator for the electric vehicle in order to apply the high-strength aluminum sheet for the weight reduction. The mechanical properties of the high-strength aluminum sheet were measured according to the loading angle from the rolling direction. The forming limit curve was constructed based on the Nakajima test results. Two-stage forming operations are established by considering the mass production process using the conventional low strength aluminum sheet. In this study, the sheet thickness and the punch corner radius are selected as main design factors for the formability and the weight reduction. The parameter study was performed for analyzing the formability according to the design factors. Finally, this result can provide the stamping process design method using the high-strength aluminum sheet for the weight reduction of the heat exchanger separator for the electric vehicle.

Key Words : Sheet Metal Forming, High-strength Aluminum Sheet, Parameter Study, Formability, Weight reduction

1. 한국생산기술연구원

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

판재 성형해석을 통한 1.5GPa 급 Mart 강 적용 Front Side Rear Lower Member 냉간 스탬핑 공정 설계

배기현¹ · 남성우² · 정철영² · 최석우¹ · 송정한^{1#}

Cold Stamping Process Design of the Front Side Rear Lower Member for Applying 1.5GPa Martensite Steel Sheet Using the Sheet Metal Forming Simulation

G. H. Bae, S. W. Nam, C. Y. Jung, S. Choi, J. H. Song

Abstract

This paper deals with a sheet metal cold stamping process design for applying the 1.5GPa grade martensite steel sheet to the front side rear lower member in an auto-body. The directional mechanical properties and the forming limit curve of 1470MART steel sheet are adopted to construct the material model and the formability criterion for the sheet metal forming simulation. Several forming methods using drawing, forming and forming-drawing are tested for checking the formability of the 1470MART steel sheet in the current product shape. Based on the tested results, the two-stage stamping method was proposed to secure the formability of the front side rear lower part. To reduce the spring-back amount, the second stage is replaced by the CAM forming method and the re-striking operation is added after the CAM forming operation. Finally, a sheet metal cold stamping process was established for apply 1.5GPa grade martensite steel sheet to the front side rear lower member considering the formability and the spring-back. This design method can be generalized for developing the ultra-high strength automotive structural part by using the cold stamping process.

Key Words: Sheet Metal Forming, Ultra-High Strength Steel, Cold Stamping, Process Design

1. 한국생산기술연구원

2. 대우공업 기술연구소

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

고체-유체 접촉각 예측을 위한 Lattice Boltzmann method 기반 Droplet 시뮬레이션

이원주¹ · 트루엥반도이¹ · 응우옌통¹ · 정유형¹ · 김형규¹ · 이호원² · 강성훈² · 윤종현[#]

Droplet simulation for predicting the contact angle between solid-fluid phases based on Lattice Boltzmann method

W. J. Lee¹, V. D. Truong¹, T. P. Nguyen¹, Y. H. Jeong¹, H. G. Kim¹, H. W. Lee², S. H. Kang², J. H. Yoon[#]

Abstract

특정 고체 표면에서의 유체의 운동은 공학 분야의 관심사 중 하나이며, 접촉하는 상(phase)의 상호작용에 의해 표면특성이 결정된다. 특히 표면 거칠기, 표면 젖음(Surface wettability) 현상은 이러한 상호작용에 영향을 주는 표면인자로, 목표하는 제품의 표면품질을 이루기 위해 해당 인자들을 제어하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Lattice Boltzmann method (LBM) 기반의 특정 고체 표면에서의 유체방울 (droplet)이 이루는 접촉각 (contact angle) 예측을 위한 시뮬레이션을 구축하였다. LBM 모델은 다상 (multiphase), 다성분 (multicomponent) 유동 해석을 수행하기 위해 채택되었으며, Shan-Chen (SC) 모델을 활용하여 소재간 응집력, 접착력에 대한 파라미터를 적용하여 표면 상호작용을 모사한다. 표면 거칠기 (표면 형상)에 따른 접촉각을 바탕으로 계면장력을 유도할 수 있으며, Young의 이론을 바탕으로 유도되는 접촉각과 비교하여 구축모델의 정확성을 분석하였다.

Key Words : Contact angle; Hydrophobic; Lattice Boltzmann method (LBM); Multiphase; Computational analysis

후기: 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 소재부품기술기반혁신사업 (사업과제명: 금속소재 가상공학 플랫폼 구축사업, 과제번호 N0002598)으로 수행된 연구결과입니다.

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

도가니 재질과 전자교반의 교반 전류가 A356 합금의 미세조직에 미치는 영향

허민¹ · 진철규^{2#} · 이원진³ · 강충길⁴ · 방희재⁵

Investigating the Micro-structures of A356 Semi-solid based on Electromagnetic Stirring Currents and Crucible Materials

M. Heo, C. K. Jin, W. J. Lee, C. G. Kang, H. J. Bang

Abstract

In this study, the characteristics of microstructures in a liquid state were investigated; these microstructures were produced via electromagnetic stirring using semisolid forming methods. The spherical structures were studied under the application of variable currents using a large electromagnet in order to stir molten metal with a maximum weight of 5–20 kg, which is a range that is commonly used in industries. Moreover, the changes in the microstructures of metal slurries were investigated based on the type of crucible used. Additionally, the size and roundness of the primary α -Al particles were analyzed according to the variable input current. Crucibles composed of ceramics, SUS304, and HK40 were used for the experiment to measure electromagnetic forces. For the HK40 crucible, the average size of the primary α -Al particles was 67.8 μm and their roundness was 2.4. When a current of 120 A was applied, these values were 21.40 μm and 2.3. Thus, it could be concluded that the stirring was well-executed under an input current of 120 A.

Key Words : A356 alloy, Semi-solid materials, Microstructures, Electromagnetic stirring, Crucible materials

Acknowledgment

This work was supported by the World Class 300 Project R&D (No. S2640396) of the MOTIE, MSS (Korea). This work was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIP) through the GCRC-SOP (No. 2011-0030013).

1,3. 부산대학교, 석사과정

2. 경남대학교, 교수

4. 부산대학교, 교수

교신저자: 경남대학교, 교수. E-mail: cool3243@kyungnam.ac.kr

Al7075-T6 센터필러의 제작 공정 및 충돌성능 평가

이민식¹ · 아원진² · 문영훈³ · 강충길^{4#}

Forming Procedure and Evaluation of Center Pillar with Al7075-T6 to Lighten Weight and Enhance the Collision Characteristic

M. S. Lee, W. J. Lee, Y.H. Moon, C. G. Kang

Abstract

As the environmental problem concerns about CO2 emissions increase, aluminum alloy sheet have been used widely in the automobile industry as well as aerospace industry. Nevertheless, from the late 1980s to the present, just 9 % of vehicle's total mass is composed of aluminum part which was predominantly made of the casting process because of low formability. In this study, the Al7075-T6 sheet was heated to SHT (Solution heat treatment) temperature before forming to increase the formability. After forming with Al7075 sheet, the aging process was conducted and the mechanical properties of Al7075 such as Vickers hardness and tensile strength was evaluated. And then the collision characteristics such as impulse, absorbed energy and anti-intrusion displacement of center-pillar with Al7075-T6 were compared with center-pillar with HPF both experimentally and numerically. As a result, when the Al7075-T6 was applied to the center-pillar, the absorbed energies such as elastic and plastic deformation energy were similar with HPF, whereas the anti-intrusion was improved significantly by 28 % and the weight of center-pillar with Al7075-T6 lightened by 36%.

Key Words : solution heat treatment, aging process, Al7075-T6, center-pillar, collision characteristic, absorbed energy, anti-intrusion displacement

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) through GCRC - SOP (No.2011 - 0030013) and supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2017R1A2B4007884).

1. 부산대학교, 박사
2. 부산대학교, 석사과정
3. 부산대학교, 교수

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

AA6016 판재의 간접 핫스탬핑 공정을 이용한 자동차 도어 내판 성형에 관한 연구

송정한¹ · 배기현^{1#} · 박남수¹ · 남성우² · 정철영²

Indirect Hot Stamping of AA6016 for a Door Inner Panel of the Auto-body

J. H. Song, G. H. Bae, N. S. Park, S. W. Nam, C. Y. Jung

Abstract

In recent years, the automotive industry is making an effort to reduce the vehicle weight for reducing the CO₂ emissions. The hot stamping of aluminum alloys for moving parts such as doors, hoods and trunks offer the possibility to obtain significant weight reduction. Due to the low formability of aluminum sheets in room temperature, the conventional aluminum door inner panel design is composed of two or three pieces of stamping panel. There are many advantages if conventional design was changed to hot stamping design such as cost saving, tools amount and weight reduction. The development of the 1-piece door inner panel by hot stamping is illustrated in this paper. It includes the product design, die design, CAE simulation, and prototype manufacturing. It could be a reference for automotive industry to develop the similar products

Key Words: AA6016, Aluminum Hot Stamping, 1- Piece Door Inner Panel, indirect Hot Stamping, Die Design

1. 한국생산기술연구원

2. 대우공업

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

Twin-roll Strip Casting 공정으로 제조된 고강도 Al 7075 합금의 미세조직, 인장 및 고주기 피로 특성

백민석¹ · 어광준² · 이기안^{1#}

Microstructure, Tensile and Fatigue Properties of High Strength Al 7075 Alloy Manufactured by Twin-roll Strip Casting Process

M.-S. Baek¹, K. Euh², K.-A. Lee^{1#}

Abstract

본 연구에서는 twin-roll strip casting (TRC) 공정으로 novel 고강도 Al 7075 합금을 제조하였으며, 이에 대한 미세조직 및 인장 그리고 피로 거동을 조사하였다. 비교재료는 direct chill (DC) 주조 공정으로 제조된 상용 Al 7075 합금이 사용되었다. 두 소재 모두 MgZn₂ (η) 상을 형성시키기 위해 T6 와 T651 열처리들이 수행되었다. 초기 미세조직 관찰 결과 TRC 소재는 globular 한 결정립 형상을 나타냈으며, η 상이 결정립계 및 입내 내부에 고루 분포하였다. 이에 반해 DC 소재는 고온 단조 공정에 의해 길게 연신된 결정립들을 나타냈으며, η 상들이 결정립계에 뭉쳐져 있었다. 상온 인장 시험 결과, TRC 소재의 항복 강도는 518.5 MPa, 인장 강도 578.2 MPa 그리고 연신을 6.9 %로 측정되었다. TRC 소재의 기계적 특성은 DC 소재에 비해 약 40 MPa 이상 우수한 강도와 약 4 % 낮은 연신율을 나타냈다. 고주기 피로 실험 결과, TRC 소재가 DC 소재에 비해 약 20 MPa 높은 피로한(fatigue limit)을 나타냈고 모든 반복 응력 조건에서 우수한 피로 특성을 보였다. DC 소재는 피로 표면에서 조대한 균열들이 관찰되었고 이는 불균일한 미세조직에 기인하는 것으로 나타났다. 이에 반해 TRC 소재는 조대한 균열 생성 없이 균일한 표면을 보였고 미세하게 분포한 η 강화상들이 피로 저항성을 효율적으로 향상시켰다. 상기 결과들을 기반으로 TRC 공정으로 제조된 Al 7075 합금의 인장 및 피로 변형 기구를 미세조직과 연계하여 규명하고자 하였다.

Key Words : Twin roll strip casting, Al-7075 alloy, Tensile, Fatigue, Deformation behavior, Strengthening mechanism

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 재료연구소(KIMS)

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

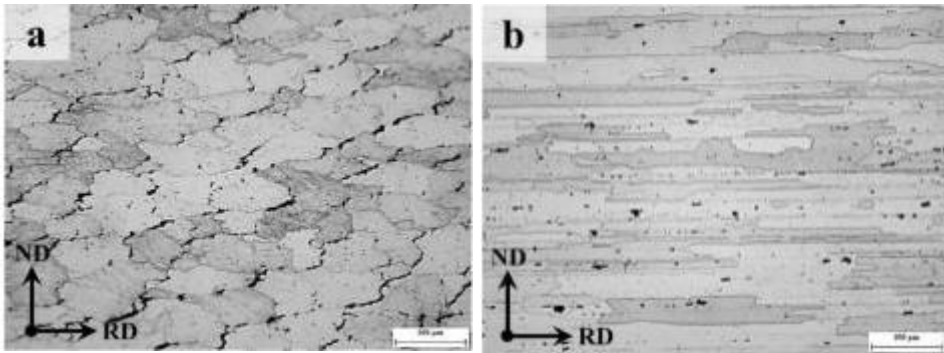


Fig. 1. OM microstructure observation results of (a) TRC alloy (OM), and (b) DC alloy.

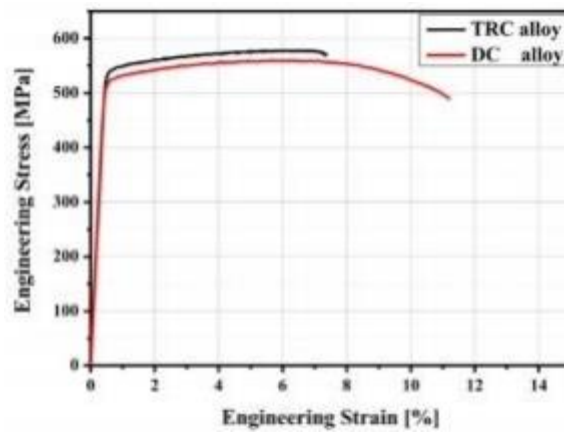


Fig. 2. Tensile stress-strain curves of TRC and DC alloys.

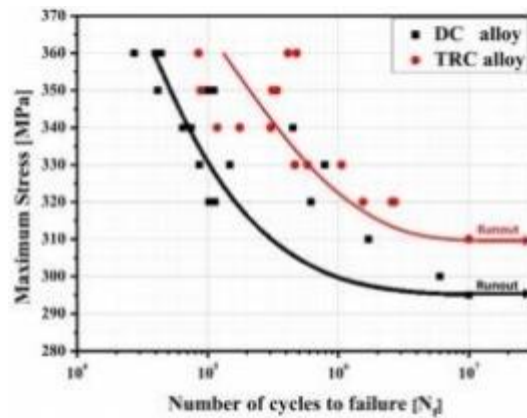


Fig. 3. High-cycle fatigue properties (S-N curves) of TRC and DC alloys.

2.47 GPa 급 초 고강도 high Co-Ni secondary hardening steel 의 미세조직 및 기계적 특성

김영균¹·김규식¹·송영범²·박정효²·이기안^{1#}

Microstructure and mechanical properties of 2.47 GPa grade ultra-strong high Co-Ni secondary hardening steel

Y.K. Kim¹, K. S. Kim¹, Y.B. Song², J. H. Park², K. A. Lee^{1#}

Abstract

본 연구에서는 high Co-Ni base ultra-high strength steel (UHSS)의 미세조직과 기계적 특성에 미치는 열처리 영향에 대하여 조사하였다. 초기 미세조직 관찰 결과 열처리 전 소재의 경우 lenticular martensite 조직과 함께 수 백 nm 수준의 탄화물이 나타났다. 반면, 열처리 후 lenticular martensite의 두께는 작고 균일해지며 수 백 nm 크기의 탄화물과 수 십 nm 크기의 탄화물이 동시에 형성되는 것으로 확인되었다. 이와 함께 martensite plate interface에서 reverted austenite가 관찰되었다. 상온 인장 시험 결과 열처리 후 소재의 항복 강도는 2133.5 MPa로, 인장 강도는 2468.3 MPa로 측정되었으며 연신율 역시 12%를 보여 매우 우수한 강도-연신율 조합을 보였다. 인장 파단면 관찰 결과 연성 파괴에서 나타나는 dimple이 다량 형성되었고 조대한 결함은 관찰되지 않았다. 상기 결과들을 기반으로 high Co-Ni base UHSS의 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 열처리의 영향에 대하여 고찰해보았다. [본 연구는 국방과학연구소 (ADD)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다]

Keywords: Ultra high strength steel, Heat treatment, Microstructure, Tensile test, Fractographies

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 국방과학연구소

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

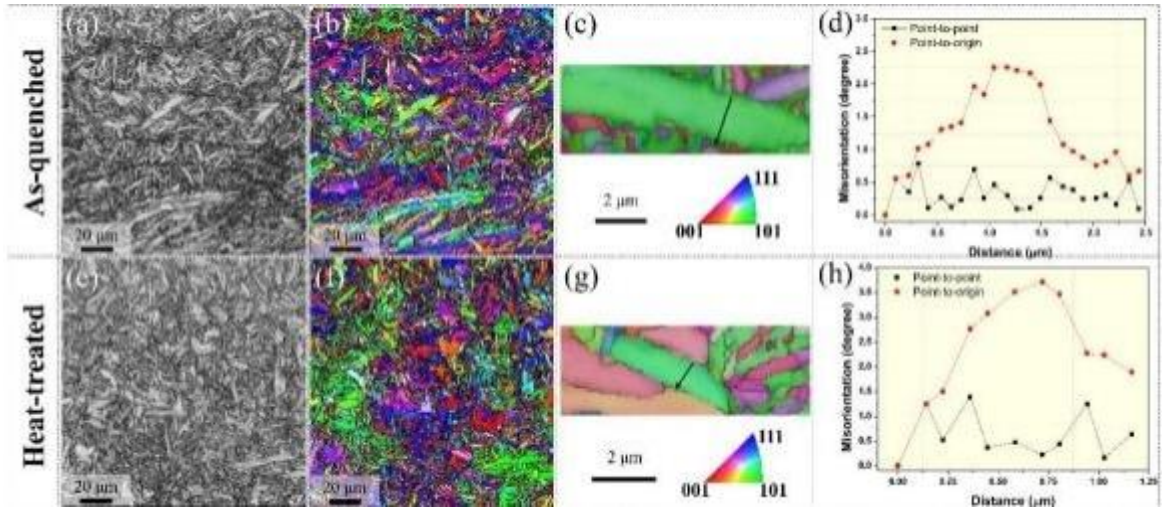


Fig. 1. EBSD analysis results: (a,e) band contrast maps, (b,f) grain orientation maps. (c,g) grain orientation maps of lenticular martensite and (d,h) corresponding misorientation profiles across the lenticular martensite.

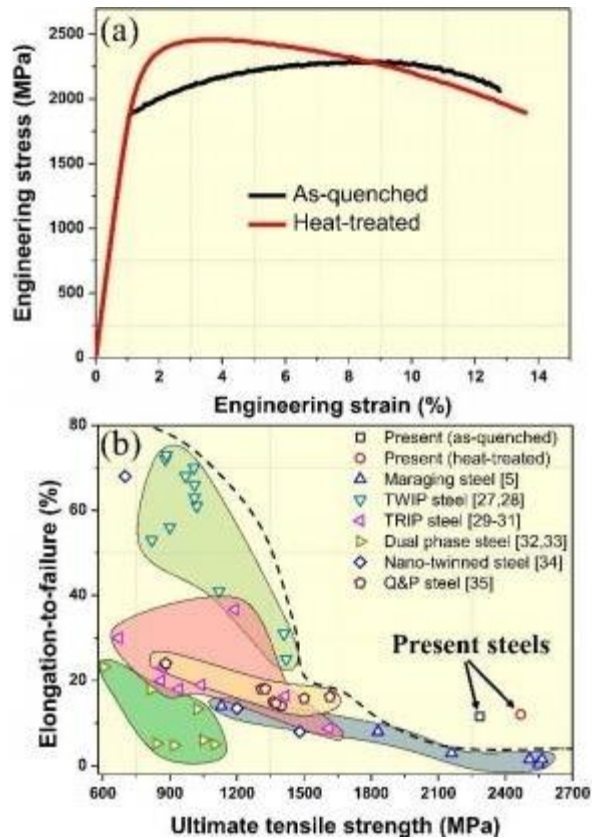


Fig. 2. (a) Tensile stress-strain curves, and (b) tensile properties of present steels compared with those of other reported high strength steels.

Effect of Hydrogen on Mechanical Behavior of Pilgered Zr-based Alloy tube at High Temperature

D. J. Park^{1,#}, Y.I. Jung¹, J. H. Park¹, Y.H. Lee¹, B. K. Choi¹, S.C Yoo¹, H. G. Kim¹

Abstract

For the safety evaluation of fuel cladding during the injection of emergency core coolant, simulated loss-of-coolant accident (LOCA) test was performed by using Zr alloy fuel cladding samples. To better understand high burn-up effects, study of hydrogen effects on LOCA-related behavior of high burn-up fuel cladding and their database on experimental results are essentially required. In particular, ballooning and burst behaviors of pressurized Zr alloy tube samples with and without hydrogen pre-charging were mainly investigated under various ramp rate conditions. As a result, pre-hydrided cladding sample showed a lower deformation in ballooned area and lower rupture temperature than as-received cladding sample. In addition, pre-hydrided cladding showed an increase in maximum load with increasing heating rate. Strong relationship between hydrogen content and burst behavior during loss-of-coolant accident was analyzed and the mechanism of hardening by hydrogen in zirconium alloy was explained.

Key Words : Zr alloy, Hydrogen, Microstructure, Mechanical property, Pilgering

1. Introduction

The nuclear fuel cladding should maintain good performance without serious degradation under not only normal operating conditions, but also various accident condition. Integrity of fuel cladding can be significantly affected by ballooning and rupture. Therefore, integral test that can simulate pressure difference should be carried out for comprehensive safety analysis. Although a number of researches have been conducted, most investigations of them were performed using as-received cladding specimens. In this study, mechanical behavior of zirconium based alloys cladding was investigated by high temperature test and high burnup effects on the ballooning behavior of fuel cladding were also examined using H charged cladding sample.

2. Experimental

400 mm long cladding sample was used and the pressure was injected through stainless tube at the top and the cladding specimen was supported at the top to minimize specimen bowing. Steam flow and 300°C of sample temperature were stabilized within 180 s. Heating rate was 28 °C /s from 300°C to 1200°C. After oxidation at 1200°C with hold time of 300s, the tube was cooled slowly and quenched at ≈800°C by bottom flooding.

3. Results & Discussion

Cross-sectional images of the test samples of Zr alloy cladding were obtained at burst midplane and shown in Fig. 1. Figs. 1 (a) and (b) show a burst behavior with heating rate of

¹. Korea Atomic Energy Research Institute

[#] Corresponding author: Korea Atomic Energy Research Institute. pdj@kaeri.re.kr

28C/s. As received and prehydrided (300 wppm) sample shows similar circumferential strain at burst midplane. On the other hand, Zr alloy claddings with heating rate of 1C/s show a significant difference in circumferential strain [Figs. 1(c) and (d)]. Prehydrided (300 wppm) sample shows a lower circumferential strain than that of as-received sample.

As the heating rate decreased, the rupture temperature decreased, while the circumferential strain tended to increase. As the heating rate slowed, the rupture temperature decreased, while the circumferential strain tended to increase [Fig. 2].

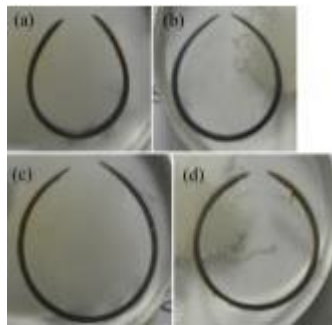


Fig. 1. Cross-sectional optical micrographic images at burst midplane for (a) as-received cladding with heating rate of 28C/s, (b) prehydrided (300 wppm) cladding with heating rate of 28C/s, (c) as-received cladding with heating rate of 1C/s, and (d) prehydrided (300 wppm) cladding with heating rate of 1C/s.

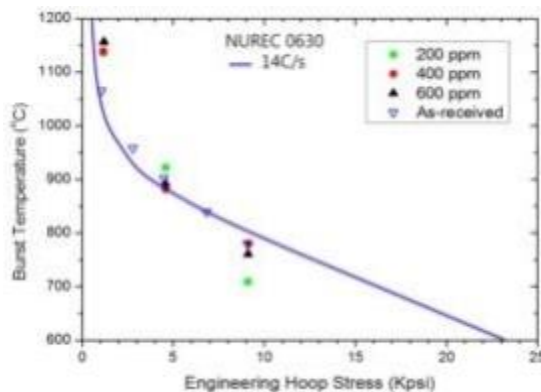


Fig. 2. Burst strain as a function of hoop stress of ruptured Zr tube samples with and without hydrogen

4. Conclusions

To investigate the high burnup effects on rupture behavior of fuel cladding at high temperature, H charged claddings were examined. Prehydrided cladding shows the lower burst temperature and circumferential strain than that of as-received cladding. These results indicate that hydrogen uptake in high burnup fuel cladding may affect significantly on the burst behavior at high temperature.

TRIP1180 판재의 성형공정에서 PVD CrN 코팅 금형의 연속성형 실험을 통한 정량적인 금형 마모 거동 평가

방준호^{1,2}, 송정한[#], 배기현¹, 박남수¹, 이명규², 김홍기³

Quantitative evaluation of experiment-based wear behaviors for CrN coated tool with PVD method in sheet metal forming process of TRIP1180

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

Abstract

최근 자동차 산업의 연비 규제 및 충돌성능 향상을 위해 차체의 경량화 및 고강도화에 대한 관심이 증가하고 있다. 이로 인해 초고강도(Ultra high strength steel) 강판의 차체 적용 비율이 점차 증가하는 추세이다. 초고강도 강판의 성형공정 시 높은 성형 반력으로 인해 예상보다 이른 금형 손상이 발생하게 된다. 이는 금형의 유지보수 비용 증가와 생산성 감소 등의 문제를 유발하기 때문에 금형 마모 예측에 대한 요구가 증가하고 있다. 이번 연구에서는 CrN (Chromium Nitride) PVD (Physical Vapor Deposition) 코팅 금형 금형의 TRIP1180 판재 성형 공정 시 타수당 마모 거동을 정량적으로 평가하였다. 연속 성형 시험을 위해선 많은 시간과 인력이 필요하기 때문에 Progressive die set 을 활용하여 금형 마모 실험을 수행하였다. 금형 형상 별, 금형 강종 별 CrN 코팅 금형의 마모실험을 수행하였으며, 금형의 마모깊이 및 표면 거칠기, 그리고 제품의 표면 거칠기 측정을 통해 타수당 정량적 마모 거동 데이터베이스를 구축하였다. 이를 통해 마모 특성을 확인하였으며, 실험적 금형 마모수명 예측 및 이를 기반한 설계 가이드를 확인하였다.

Key Words: Tool wear, Sheet metal forming process, CrN PVD coating, Ultra high strength steel (UHSS)

1. 한국생산기술연구원

2. 서울대학교 재료공학과

3. 포스코

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

연속주조에 의한 Round Bloom 제조시 연주속도와 냉각수 분사량이 미치는 영향

최창영^{1*} · 이재욱¹ · 김건우¹ · 장진석¹ · 송혜진¹ · 이진모² · 조용재^{1#}

Effect of Casting Speed and Injection Spray Quantity on Manufacturing Round Bloom by Continuous Casting Process

C. Y. Choi, J. W. Lee, W. G. Kim, J. S. Jang, H. J. Song, J. M. Lee, Y. J. Cho

Abstract

금속부품의 소재로 사용되는 Bloom, Slab 등은 연속주조공정을 통해 생산되고 있으며, 이들 소재에 대한 품질요구는 점점 높아지고 있는 실정으로, 제조사들은 고품질 소재를 개발하기 노력하고 있다. 연속주조공정에서 주조속도 및 냉각수 분사량은 Round Bloom의 응고거동에 가장 큰 영향을 미치는 인자로, 공정설계가 최적화되지 않을 경우 Bulging, Hot Tear, Shrinkage 등 Round Bloom 내외 부에 다양한 결함을 유발한다. 본 연구는 다양한 주조속도 및 스페이 분사량에 따른 Round Bloom 내외의 표면온도, 내부온도, Solid Fraction을 분석하였다. 공정해석 결과 냉각수 분사량의 변화량 보다 주조속도가 응고거동에 미치는 영향이 더 크게 나타났다.

Key Words : Finite Element Analysis, Drawing Experiment, Casting, Round Bloom, Casting Speed, Spray Quantity

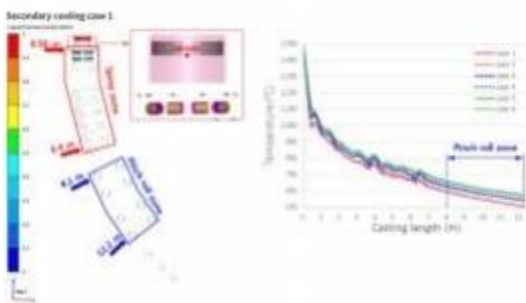


Fig. 1 Surface temperature variation according to casting speed and injection spray quantity

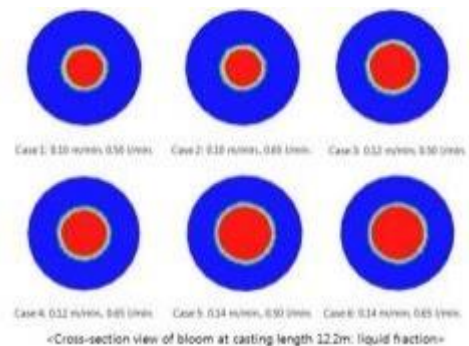


Fig. 2 Solid Fraction according to the casting speed and injection spray quantity

1. 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹
2. (주)태웅 기업부설연구소

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

Selective laser melting 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 인장 및 극저온 충격 인성에 미치는 후열처리의 영향

박소연¹, 김규식¹, 김민철², 이기안[#]

Effect of Post-Heat Treatment on Tensile and Cryogenic Impact Toughness of Inconel 718 alloy Manufactured by Selective Laser melting

S. Y. Park¹, K. S. Kim¹, M. C. Kim², K. A. Lee^{1#}

Abstract

본 연구에서는 selective laser melting 3D 프린팅 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 극저온 충격인성 및 상온 인장 특성에 미치는 후 열처리 효과를 조사하였으며, 이를 상용 Inconel 718 합금(이후 wrought 718 소재로 명명)과 비교했다. 금속 3D 프린팅 Inconel 718 합금의 후열처리는 1. 열간 정수압 공정 후 표준 이중 시효 처리(이후 HIP 718 소재로 명명한 것과 2. 용체화 처리 후 표준 이중 시효처리(이후 Solution 718 소재로 명명한 것으로 각각 나누어 수행하였다. 비교 재인 wrought 718 소재의 후열처리는 Solution 718 소재의 조건과 같은 방식으로 수행하였다. 후열처리에 조건(1. HIP 718 소재, 2. Solution 718 소재)에 따른 미세조직의 변화는 FE-SEM, XRD, EBSD 을 이용하여 분석하였다. 그 결과, HIP 718 소재는 열간 정수압 공정을 수행함에 따라 소재 내부에 존재하는 결함(기공, 균열)이 대부분 사라지고 등방형의 결정립으로 완전 재결정이 발생하였다. 또한 HIP 718 소재는 미세한 M(Nb, Ti)C 탄화물의 고른 분포를 보였다. 반면 Solution 718 소재의 경우, 일부 결함이 여전히 남아 있으며 재결정이 발생되지 않아 레이저 용융으로 인한 용융 풀(molten pool) 조직이 유지되었고 결정립계와 용융 풀 경계에서는 높은 분율로 δ 상이 관찰되었다. 극저온 충격 시험 결과, HIP 718 소재(16.88 J/cm²)의 극저온 충격인성은 wrought 718 소재(22.88 J/cm²)의 약 80% 수준으로 확인되었다. 반면 Solution 718 소재(13.88 J/cm²)의 극저온 충격인성은 가장 낮은 값을 나타냈다. 상온 인장 시험 결과, HIP 718 소재(1,314 MPa)의 인장 강도는 wrought 718 소재(1,322 MPa)와 유사하게 측정되었으나 Solution 718 소재(1,286 MPa)는 상대적으로 낮게 얻어졌다. 상기 결과들과 함께 후열처리에 따른 미세조직의 차이, 그리고 기계적 특성을 연계하여 금속 3D 프린팅 공정으로 제조된 Inconel 718 합금의 변형 및 파괴 거동을 규명하고자 하였다.

Key Words : Selective laser melting, Inconel 718, Cryogenic impact toughness, Tensile property, Post-treatment, Deformation behavior

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 한국원자력연구원

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

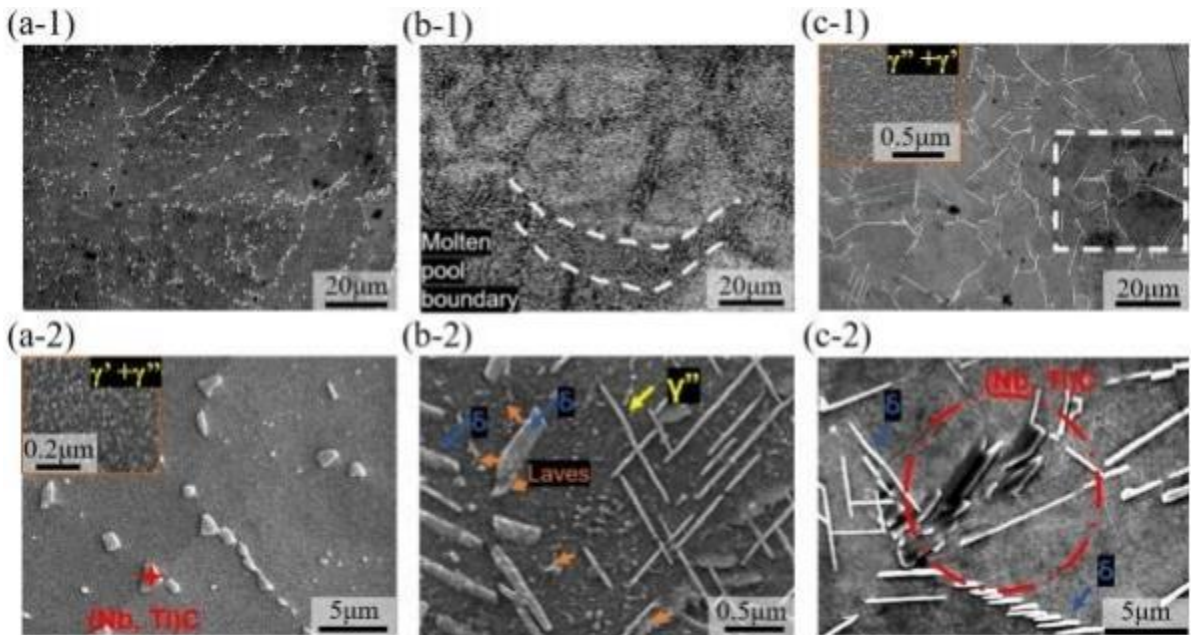


Fig. 1 FE-SEM observation results showing microstructural features of (a) SLM HIP, (b) SLM Solution and (c) wrought alloys.

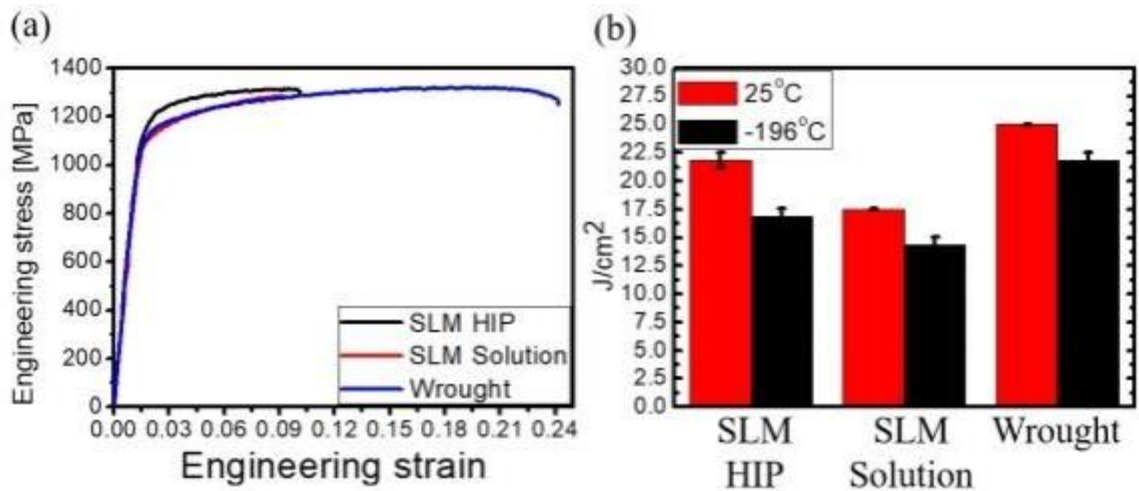


Fig. 2 Results of mechanical test : (a)Tensile stress-strain curves at room temperature and (b) Charpy impact tests at room temperature (black bars) and at cryogenic temperature (red bars).

2020 년도 추계 소성가공학회 (제주, 10/15~16)

발표분야: 일반금속가공

발표형식: 포스터 발표

전자빔 적층가공한 Ni 기 초합금 소재의 적층방향의 의존성

(Dependence of build direction in electron-beam additively

manufactured Ni-based superalloys)

박근태^{1,2}, 이해진¹, 하태권², 민석홍², 이병수^{1*}

¹한국생산기술연구원 강원지역본부 기능성소재부품연구그룹

²강릉원주대학교 신소재금속공학과

*교신저자 이메일주소 : leebs@kitech.re.kr

Abstract

본 연구에서는 EBAM (Electron-Beam Additive Manufacturing)으로 제작한 Ni 기 초합금의 미세조직 및 기계적 특성에 대한 적층방향의 영향을 연구하였다. Ni 기 초합금 조형체의 Z 축과 적층방향 사이의 각도를 0°, 15°, 45°, 90°로 하였으며, 조형체의 크기는 Ø15 × 80 mm 원기둥형상으로 제작하였다. 미세조직 분석을 위해 FE-SEM, EBSD, EPMA, 그리고 TEM 을 이용하였으며, 고온 기계적 특성 평가를 위해 650 °C에서 크립시험(하중 700 MPa)을 수행하였다. 조형체의 Z 축과 적층방향이 45°인 시편에서 50 µm 이하의 불균일한 형상을 갖는 수축기공(Shrinkage porosity)들이 형성되었다. 적층방향으로 두 층 (Layer) 사이의 접합면적이 감소할수록 하단의 Layer 까지 용융열의 전달이 충분히 이루어지기 힘들며 그 결과로 불균일한 수축기공이 접합계면에서 발생한다. 모든 조형체들은 적층방향을 따라 강한 $[0\ 0\ 1]_y$ 집합조직을 갖는 수지상 결정립들이 형성 되어있으며 조형체의 Z 축과

적층방향 사이의 각도가 증가할수록 용융되지 않은 금속분말들(Unmelted metal powders)로 인하여 $[001]_V$ 집합조직의 강도는 감소하였다. 더욱이 MC (metal carbide)와 Laves 상과 같은 석출물들이 적층방향을 따라 평행하게 배열되어 있으며, 대부분 결정립계를 따라 분포되어 있다. 적층방향과 하중방향이 평행한 경우, 결정립계에서 균열이 전파되기 힘들기 때문에 가장 우수한 크리프 수명을 나타내었다. 조형체의 Z 축과 적층방향 사이의 각도가 증가할수록 크리프 수명은 감소하였으며 이는 석출물과 함께 결정립계의 미세한 Dimple 생성기구에 의하여 입계를 따라 쉽게 파괴가 진행되기 때문이다. Inconel718 초합금의 강화기구인 γ'' 상의 형상과 크기는 조형체의 Z 축과 적층방향 사이의 각도가 증가할수록 평균 크기는 감소하였으나 90° 인 시편에서 다른 시편에 비해 γ'' 상의 분율이 상대적으로 높음에도 불구하고 매우 낮은 크리프수명을 나타내었다. 이는 적층방향에 따라 크리프 특성에 미치는 강화기구의 효과는 미미하다는 것을 알 수 있다. 따라서 결정립계의 성장방향이 전자빔 적층가공으로 제작한 Ni 기 초합금의 크리프수명에 가장 중요한 요인이다.

Key Words : 전자빔적층가공, Ni 기 초합금, 적층방향, 방향성 응고조직, 크리프시험

대형 플라스틱 부품의 무도장 사출성형 기술에 관한 연구

정의철^{1,2}·윤언경²·손정언²·이성희^{2,#}

A Study on the Non-Painting Molding Technology for Large Sized Injection Products

E. C. Jeong^{1,2}, E. G. Yun², J. E. Soun², S. H. Lee^{2,#}

Abstract

일반적인 도장 작업을 적용하는 사출 성형품의 경우 페인트로 제품의 외관을 덮어버리기 때문에 사출 조건에 따라 영향을 받는 제품의 외관 품질을 페인트가 보완해 주지만 무도장 사출 성형품의 경우 외관에 사출 품질이 그대로 드러나게 된다. 이에 본 연구에서는 자동차 대형 사출 성형품 중 하나인 범퍼 스킴(Skid) 제품을 대상으로 사출성형 CAE 해석을 통해 제품 외관 품질 저해 요인인 웰드 라인, 게이트 자국, 싱크 마크 등을 최소화하기 위한 금형 구조 설계 및 공정 조건 최적화를 수행하였다. 사출성형 해석에 앞서 대상 제품에 대하여 형상 분석 및 원재료의 유변 물성 분석을 진행하였고 측정된 유변 물성을 DB 화하여 해석에 적용하였다. 대상 모델의 평균 두께는 약 2.76 mm로 사출성형에는 적합한 두께 분포를 지녔으나 제품 양 측면에 존재하는 홀 구조로 인하여 성형 시 발생하는 웰드 라인에 취약한 구조이다. 제품에 적용할 게이트 수와 게이트 위치 선정을 위하여 Gate Location Analysis 를 수행하였으며, 사출성형 시 발생하는 스크랩을 줄이기 위하여 Semi-hot Runner 구조를 적용하였다. 3 점 게이트를 적용하였을 때 단일 게이트를 적용할 때 보다 약 51.7% 낮은 18.52 MPa 의 매우 낮은 최대 사출압력을 보였으며 다점 게이트를 적용하였을 때 발생하는 웰드 라인 문제를 해결하기 위하여 사출 유동 해석도 함께 진행하였다. 유동 해석 결과 가운데 게이트에서의 충전이 다른 양 사이드 게이트에서의 충전 보다 충분치 않다는 결과를 확인할 수 있었으며 이를 개선하기 위하여 가운데 게이트를 기준으로 양 측면 게이트를 약 1 초 후에 여는 Sequence Valve Gate Control 을 적용하였다. 유동 흐름 순차 제어를 통해 웰드 라인 제어 및 제품 변형 감소 효과를 확인할 수 있었다. 또한 성형 과정에서 발생하는 금형 내의 불균일한 온도 분포 및 금형 내 Hot spot 은 제품 변형과 싱크 마크를 초래하게 되는데, 이에 배플 구조를 이용한 고효율 냉각회로를 설계하고 냉각 성능을 검증하기 위한 냉각 해석을 수행하였다. 냉각 해석 결과 성형 과정에서의 금형 내 온도 편차는 약 1.4℃ 이하로 비교적 균일한 온도 편차를 보였으며, 사출성형 해석과 냉각 해석 결과를 토대로 시험 사출을 위한 최적 사출성형 공정을 도출하고 시험 금형 제작과 시험 사출성형을 통하여 무도장 사출 성형품 제작이 가능하였다.

Key Words : Non-painting, Injection molding, Bumper skid, Sequence valve gate control, Surface appearance

후기 : 본 연구는 “일본 수출규제 대응 금형부품 국산화 개발지원 사업(IZ200025)”에 의해 수행되었습니다.

1. 단국대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원 형상제조연구부문

birdlee@kitech.re.kr

강화 학습 기반 덕트 청소 로봇 주행 및 CNN 기반 먼지 정량화 알고리즘 개발

이사람¹ · 노은솔¹ · 홍석무[#]

Development of a Combined Reinforcement Learning-based Duct Cleaning Robot Driving and CNN-based Dirt Quantification Algorithm

S. Yi, E. Noh, S. Hong

Abstract

실내 공기 정화를 위한 건물 내 덕트는 장기간 사용 시 내부에 먼지가 축적되며 이는 실내 공기 오염 및 화재의 위험이 존재하므로 정기적인 먼지 제거가 필수적이다. 기존 덕트는 인력이 투입되거나 사람에 의해 조작되는 로봇을 통해 청소를 진행한다. 그러나 시간 및 비용적으로 비효율적이며 청소 상태 또한 기준에 미치지 못한다. 이런 단점을 극복하기 위해 이전 연구에서 머신 러닝을 활용하여 먼지를 정량적으로 판단 가능한 알고리즘을 제안했다. 이전 연구에서 수행된 먼지 정량화 알고리즘은 실제 환경에서의 구동을 위해 자율주행이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 강화 학습을 덕트 청소 로봇의 자율주행에 적용하고, 딥러닝 모델을 활용하여 먼지를 단계별로 정량화했다. 먼지 가상의 3D 환경에서 I 형, C 형 및 S 형 등 다양한 덕트 형상을 모델링하여 덕트 환경에서 강화 학습했다. 이는 덕트 청소 로봇이 벽과 충돌하지 않고 최적의 경로 탐색을 가능케 한다. 먼지는 먼지량 높이에 따라 3 단계로 분류했으며, SVM (Support Vector Machine)과 CNN (Convolutional Neural Networks) 결과를 비교 분석했다. 그 결과 CNN 이 높은 정확도를 획득했으며 먼지 정량화 알고리즘으로 사용했다. 본 연구에서 제시한 알고리즘은 주행 가능한 로봇에 탑재하여 실제 주행으로 검증했다. 이를 통해 강화학습을 적용한 자율 주행과 먼지 정량화 알고리즘이 효과적으로 적용 및 주행 가능함을 확인했다.

Key Words : Air duct (공조 덕트), Autonomous Driving (자율 주행), Duct cleaning (덕트 청소), Convolutional neural networks (합성곱 신경망), Reinforcement Learning (강화 학습)

1. 공주대학교 대학원 미래융합공학과 석사과정

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

코팅 볼트 선별을 위한 CNN 기반 불량 시각화

노은솔¹·이시량¹·홍석무[#]

Screening of Bolt Coating Defects by CNN based Visualization

E. Noh, S. Yi, S. Hong

Abstract

자동차 부품의 상당부분은 볼트로 체결되며, 외부 진동이나 하중으로 인한 풀림을 방지하기 위해 풀림 방지 코팅이 적용된다. 풀림 방지 코팅은 자동 또는 수동으로 도포될 때 코팅액 분사 속도나 점도 등에 의해 품질 유지가 어려우므로 불량 제품 선별을 위해 비전 또는 수동 검사를 진행한다. 그러나 기존 비전 선별은 색상의 유무만을 판단하므로 선별에 한계가 있다. 이에 본 연구는 코팅 볼트 선별을 위해 이미지 전처리 기법과 딥러닝을 사용하며, 불량 제품을 시각화한다. 딥러닝 기법 중 CNN 을 사용했으며, convolutional, 비선형 활성화 함수 및 pooling 계층을 반복한 16 개의 층을 거쳐 활성화 함수 softmax 로 학습했다. 이 때 코팅 볼트 선별을 시각화한 결과 풀림방지 코팅 외 볼트 지그 및 배경 등 주변 다른 요인이 CNN 결과에 영향을 미침을 확인했다. 이를 개선하기 위해 이미지 전처리 기법을 적용하여 볼트와 배경을 분리 적용했다. 주변 요인의 영향도를 재확인하고자 이미지 데이터를 사용하여 동일 구조에서 학습하여 초기 학습 모델과 정확도를 비교했다. 결과적으로 정확도 차이는 거의 없으나 불량 판단 기준과 위치를 시각적으로 판단할 때 분류 기준과 유사한 결과를 얻었다.

Key Words : Bolt with anti-loosening coating (풀림 방지 코팅 볼트), Convolutional Neural Networks (합성곱 신경망), Image preprocessing (이미지 전처리), Class Activation Map (시각화 기법)

1. 국립공주대학교 미래융합공학과, 석사과정

교신저자: 국립공주대학교 기계자동차공학부, 부교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

용착 조형 공정을 이용한 압출기의 온도와 압출 길이에 따른 재료 별 압출 시 열전달 특성 분석

백선호¹, 안동규[#]

A Study on Heat Transfer Characteristics during Extrusion for Material According to the Extruder Temperature and Extrusion Length Using a Fused Deposition Modeling Process

S. H. Baek, D. G. Ahn

Abstract

재료 압출 (Material Extrusion, ME) 공정 중 하나인 용착 조형 (Fused Deposition Modeling, FDM) 공정은 필라멘트 형태의 재료를 압출기를 통해 공급, 가열 및 압출시켜 3D 제품을 제작하는 공정이다. FDM 공정을 이용하여 재료 적층 시 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이에 따라 압출되는 재료가 적층 되는 영역의 유리전이온도에 충분히 도달시키지 못하여 적층 되지 않는 문제가 발생한다. 따라서 Extruder의 설정 조건에 따라 압출되는 재료별 필라멘트의 온도 도출이 필요하다. 본 연구에서는 용착 조형 공정을 이용하여 PLA, ABS 및 PC 재료의 필라멘트의 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이에 따른 열전달 특성을 분석하고자 한다. 압출 실험은 MakerBot Replicator를 이용하였으며 Extruder의 설정 온도를 210℃, 230℃ 및 250℃로 적용하여 실험을 진행하였다. 압출 중 노즐을 통해 압출된 필라멘트의 온도를 측정하기 위하여 데이터 로거 34970A와 Omega J-type 열전대를 이용하여 측정하였다. FDM 공정 중 노즐에서 압출되는 필라멘트의 열전달 특성을 분석하기 위하여 상용 해석 프로그램인 ABAQUS 6.12를 사용하여 3차원 유한요소 해석 (Three-Dimensional Finite Element Analysis) 모델을 도출하였고 해석시간 감소를 위해 Axisymmetric 모델을 적용하였다. 실험을 통해 도출된 온도와 3차원 유한요소 해석의 비교 분석을 통해 재료 별 압출 해석 모델을 도출하고 3차원 유한요소 해석을 통해 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이가 노즐을 통해 압출되는 PLA, ABS 및 PC 재료 필라멘트의 온도 분포에 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

Key Words: 3D printing, Fused Deposition Modeling, Finite Element Analysis, Heat Transfer Characteristics

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2019R1A2C1006741)

1. 조선대학교 기계공학과, 석사과정

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

FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 유성 기어 개발

김동규¹ · 이철환¹ · 서명관¹ · 김봉준² · 강용기[#]

Development of Planetary Gear by Analyzing Behavior of Hot Forming FRP Material

D. K. Kim, C. H. Lee, M. G. Seo, B. J. Kim, Y.K. Kang

Abstract

It aims to reduce the weight and improve the vibration damping rate by replacing the FRP material of the helical gear applied to the existing planetary gear module. The shape of the planetary gear is a gear part corresponding to the existing 8-speed transmission, and the FRP preform will be hot-formed and machined in consideration of the FRP material molding characteristics and the shape of the helical gear. In this study, the basic physical properties and molding conditions of FRP material for the development of lightweight, high-performance planetary gears were set, and based on this, a helical type planetary gear prototype molding test applied to the planetary gear module was conducted.

Key words : FRP(Fiber Reinforced Plastic), Hot forming, Planetary gear

후기

본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원이 지원하는 구매조건부신제품개발사업(R&D S2765729)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. 경창산업㈜

교신저자 : ㈜디케이솔루션, ykkang@dksolution.co.kr

롤 포밍 공정을 이용한 건축용 프레임 개발

강용기¹ · 이철환² · 서명관¹ · 김봉준¹ · 김동규¹ #

Development of the architectural frame using roll forming process

Y.K. Kang, C. H. Lee, M. G. Seo, B. J. Kim, D. K. Kim

Abstract

The roll forming process applied to the steel curtain wall forming method is a continuous forming process, and design optimization for the forming pattern (roll flower) is very important. The existing design method produces products through trial and error based on the designer's experience. However, as the demand for the roll forming process increases, the shape of the product becomes complicated and the difficulty of the process increases, so design methods using FEM are increasing. In this study, pattern design and process analysis for steel curtain wall forming was performed using the Profil and Abaqus programs, which are dedicated roll forming programs, and a steel curtain wall prototype using pre-coated steel was developed through the optimization process setting.

Key Words : Roll forming, roll flower, Steel curtain wall

후기

본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원이 지원하는 구매조건부신제품개발사업(R&D S2544360)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. 경창산업㈜

교신저자 : ㈜디케이솔루션, dkkim@dksolution.co.kr

FRP 소재의 열간 성형시 거동 분석을 통한 캠 기어 개발

이철환¹ · 서명관¹ · 김상현² · 김봉준² · Kang Y.K.[#]

Development of Cam Gear by Analyzing Behavior of Hot Forming FRP Material

C. H. Lee, M. G. Seo, S. H. Kim, B. J. Kim, Y.K. Kang

Abstract

The material in this study is a fiber-reinforced composite material (FRP) that uses a sheet made of high-tech high-performance fibers such as aramid fiber and carbon fiber in a wet-laid method as a reinforcing material. Currently, the application of FRP material is partially applied as NVH material to various parts such as undercover, headliner, and trunk lid in the domestic and foreign vehicle interior and exterior materials market, but the application of engineering parts for the driving part (powertrain) part is still in the preliminary research stage. In this study, FRP cam gears with excellent vibration damping ability were developed by analyzing the behavior of FRP materials during hot forming.

Key Words : FRP(Fiber Reinforced Plastic), Hot forming, Cam gear

후기

본 연구는 산업통산자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 광역협력권산업육성사업(R&D P0002124)으로 수행된 연구결과입니다.

1. ㈜디케이솔루션

2. 경창산업㈜

교신저자 : ㈜디케이솔루션, ykkang@dksolution.co.kr

소형 가스스프링 조립을 위한 롤러 성형 공정 설계

김현우¹, 서영호¹, 김기풍^{1,#}

Roller Forming Process Design for Assembling Small Gas Spring

H. W. Kim, Y. H. Seo, K. P. Kim

Abstract

가스스프링은 자동차, 금형, 산업용 기기 등의 다양한 분야에 적용되는 부품이다. 가스스프링은 일반적으로 실린더(cylinder), 피스톤 로드(Piston rod), 커버(cover), 실마운트(seal mount) 등으로 구성되어 있다. 가스스프링의 실린더와 커버를 조립하기 위해서는 일반적으로 용접이나 나사산 구조가 적용된다. 소형 가스스프링은 실린더 벽의 두께가 얇은 제한 때문에 기존의 용접이나 나사산 구조를 이용하여 조립하기 어렵다. 소형 가스스프링은 실린더 내측에 커버를 위치시킨 후 커버의 홈에 실린더가 압입되도록 실린더 외부를 가압하는 롤러 성형 공정을 이용하여 조립한다. 소형 가스스프링의 롤러 성형 공정에서는 효율적인 성형 메커니즘 및 공정변수들의 설계가 필요하다.

본 논문에서는 소형 가스스프링 체계적인 제작 및 롤러성형기의 개발을 위하여 롤러 성형공정 해석을 적용하여 롤러 성형 공정 설계를 수행하였다. 롤러 성형 해석 수행을 위하여 구조용 강관의 인장시험을 수행하고 기계적 물성을 분석하였다. 소성변형의 비압축성 조건 및 유한요소 롤러 성형 공정 해석을 이용하여 롤러 홈의 형상, 위치 및 깊이 등의 롤러 성형 공정 변수를 설계하였다. 제안된 공정 조건을 이용하여 롤러 성형기를 제작하였고, 최적화된 롤러 성형공정을 이용하여 소형 가스 스프링의 시제품을 제작하였다. 최종적으로 3차원 형상 측정을 이용하여 제작된 가스스프링의 치수정밀도도 분석하였다.

Key Words : Small Gas Spring, Roller Forming, Process Design, Forming Roller, Structural Steel Pipe

1. 한국생산기술연구원

Corresponding Author : KITECH, E-mail: keepkim@kitech.re.kr

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-4619-8986>

SKD11-나노다이아몬드 혼합분말의 레이저 클래딩 표면처리

도레미^{1#}, 문지훈², 신원대³, 주성욱⁴

Laser cladding surface treatment of SKD11-nanodiamond mixed powder

R. M. Do, J.H.Mun, W. D. Shin, S. W. Joo

Abstract

레이저 클래딩 기술은 오버레이 용접법(Overlay Welding)의 한 종류로서 레이저를 이용한 표면 개질의 한 형태로 분류되는데, 모재 표면에 금속분말 또는 와이어를 보조가스와 함께 공급하고 이를 레이저 열원으로 용융시켜 모재 표면에 수 mm 이상의 두께로 내마모성, 내식성 및 내열성 등이 우수한 금속 코팅층을 형성하는 기술을 말함. 본 연구에서는 개발하고 있는 금형 제품의 금속 도금법의 문제점을 보완하기 위해 레이저 클래딩을 이용한 표면처리 방법을 연구함.

Key Words : Laser Cladding, Skd 11, NanoDiamond, Surface Treatment, Coating

1. 서론

레이저 클래딩 기술은 오버레이 용접법(Overlay Welding)의 한 종류로서 레이저를 이용한 표면 개질의 한 형태로 분류되는데, 모재 표면에 금속분말 또는 와이어를 보조가스와 함께 공급하고 이를 레이저 열원으로 용융시켜 모재 표면에 수 mm 이상의 두께로 내마모성, 내식성 및 내열성 등이 우수한 금속 코팅층을 형성하는 기술을 말함. 코팅 후에 요구되는 재료의 표면 특성에 따라 니켈계, 코발트계, 철계의 금속분말 또는 와이어가 사용됨. 레이저 클래딩 공법은 플라즈마 용사(PTA 공법)기술이나 아크 용접에 비하여 전체적인 입열량이 적어 냉각 및 응고속도가 빠르며 모재와의 희석률이 낮고 결정립이 미세한 특징이 있음. 편석이 없는 균일한 조직을 만들 수 있으며 국부적으로 코팅이 가능하기 때문에 금형의 보수 및 육성, 기계부품의 수리, 자동차 및 선박 부품 제작 및 철강산업에서의 표면 코팅에 이르기까지 점차 그적용범위가 확대되고 있음. 금속 도금법의 문제점을 보완하기 위해 레이저 클래딩을 이용한 표면처리 방법을 연구하였으며, 레이저 클래딩을 이용한 표면처리의 목적은 모재 자체의 기본적인 성질을 유지하면서 외부의 격

한 환경에 견딜수 있는 표면층을 형성하는 것임. 레이저 합금화와는 달리 용가재의 성질을 잘 살릴수

1. 도레미, 경북하이브리드부품연구원, 팀장

2. 문지훈, 경북하이브리드부품연구원, 본부장

3. 신원대, 경북하이브리드부품연구원, 연구원

4. 주성욱, 경북하이브리드부품연구원, 팀장

교신저자: 도레미, 경북하이브리드부품연구원, 팀장,
sla99@ghi.re.kr

있으며 모재의 표면층만 녹여 용융접합을 하므로 모재의 변형을 줄일 수 있음. 본연구를 통해 1,000℃ 이상의 온도 조건에서도 성질이 변하지 않는 나노다이아몬드 분말을 활용하여 제품 성형이 이루어지는 프레스 금형 성형부위에 나노다이아몬드 분말 Laser 용접으로 국부적인 적층을 통한 금형 강도 확보함.

)

2. Laser Cladding Test

금형 원소재 SKD11과 나노다이아몬드 분말의 혼합을 위해 Resodyn acoustic Mixers 장비를 활용하여 분말 혼합을 실시함. 본장비는 회전력, 압력, 고주파를 이용하여 분말 혼합하는 장비임. SKD11과 나노다이아몬드 비율은 95:5 Volume%로 혼합했던 분말을 300g 준비하여 장비에 장착시킨 후 중력 가속도 값을 조절하여 Mixing 환경을 설정함. 중력 가속도 값이 80G 이상으로 혼합 될 때 일정 시간 이후 용기 표면에 그을음 현상이 확인되었음.

1,000℃ 이상의 온도 조건에서도 성질이 변하지 않는 나노다이아몬드 분말을 활용하여 제품 성형이 이루어지는 프레스 금형 성형부위에 나노다이아몬드 분말 Laser 용접으로 국부적인 적층을 통한 금형 강도를 확보하였으며, 개발하고 있는 프레스 금형 소재에 고강도 분말 코팅 처리하여 전/후 물성 비교(마모시험 및 마찰계수 측정)를 실시함.

3. 결과 및 고찰

나노다이아몬드 분말 10% 및 5% 비율로 SKD11과 혼합하여 샘플 제작 시 마찰계수가 낮게 측정되었으며, 프레스 금형에 코팅 시 금형의 마모도가 적을 것으로 예상됨.

기존 소재와 코팅 후 소재의 마모 부피 비교 결과 기존대비 약 6.05% 향상된 내마모성을 확인함.

4. 결론

본 연구를 통해 1,000℃ 이상의 온도 조건에서도 성질이 변하지 않는 나노다이아몬드 분말을 활용하여 제품 성형이 이루어지는 프레스 금형 성형부위에 나노다이아몬드 분말 Laser 용접으로 국부적인 적층을 통한 금형 강도 확보함.

이 논문은 2018년도 산업통상자원부의 '광역협력권산업육성사업(P0002312)'의 지원을 받아 연구되었음.

참고문헌

- [1] Tae-Hoon Kang¹, Kyu-Sik Kim¹, Soon-Hong Park², and Kee-Ahn Lee, 2018 Microstructure and Room Temperature Wear Properties of a Ni-Cr-B-Si-C Coating Layer Manufactured by the Laser Cladding Process, Korean J. Met. Mater Vol. 56, No. 6 (2018), pp. 423~429.
- [2] Gi-Su Ham, Chul-O Kim,^a Soon-Hong Park,^b Kee-Ahn Lee, 2017, Manufacturing of Ni-Cr-B-Si + WC/12Co Composite Coating Layer Using Laser Cladding Process and its Mechanical Properties **Journal of Korean Powder Metallurgy Institute Vol.24 No.5 pp.370-376**
- [3] Majumdar J.D. Manna I. (2003) Sadhana-Acad. , P.Eng. S., Vol.28 ; pp.495

다이블록에 장착된 압조 센서를 활용한 냉간다단 단조기의 금형수명 파손 모니터링

강성록 #¹ · 강기주 ¹ · 염승록 · 이광희 · 김찬용 ¹

Monitoring of tool life in multi-stage cold forging machine using piezo-sensors implanted in die block

S. M. Kang, K. J. Kang, S. R. Yeom, K. H. Lee, J. Y. Kim

Abstract

냉간 다단 단조(Multi-stage cold forging) 설비에서 단조 금형 수명 파손을 실시간으로 모니터링하여 설비 비가동, 금형 파손 Trouble로 인한 설비 데미지 감소 및 생산력 증대를 위한 노력이 진행 중이다. 본 연구에서는 압조센서(piezo-sensor)를 기존의 펀치블록이 아닌 다이블록 내부에 장착하여 금형 파손에 대한 모니터링 성능의 차이점을 평가하였다.

Key Word: Cold Forming Process, piezo sensors, Tool life, in-situ monitoring, Die block

1. 서론

냉간 단조(Cold Forging)는 금속 소재를 재결정 온도 이하의 온도 또는 상온에서 금형 등으로 압력을 가해 소성 변형시킴으로써 원하는 형상의 제품을 만드는 기술로서 냉간 단조로 형성된 제품은 단류선이 연속적이고 조직이 치밀해 주조 기술로 제조된 제품보다 강도가 뛰어나고, 비교적 높은 치수 정밀도와 부드러운 표면의 제품 제작이 가능하다[1~4]. 이러한 냉간 단조(Cold Forging)에 많이 사용되는 냉간 다단 단조기(Multi-stage cold forging)는 일정한 형(틀, 금형)을 장착하여 고속으로 제품을 만들어 내는 단조 설비이며, 본 연구에서는 압조 센서를 설비 다이블록에 설치하여 금형의 파손 여부를 실시간으로 모니터링하였다.

2. 실험방법

냉간 다단 단조기(Multi-stage cold forging)의 펀치블록 및 다이블록에 각각 압조 센서(Piezo-sensors)를 설치하여 펀치와 금형 타격시 발생하는 성형하중을 전기 신호로 변환하여 모니터링 장치에서 금형 수명 파손 여부를 검출하였다.



Fig. 1 System summary

¹ 주식회사 풍강

Corresponding Author : smollkang@pungkang.co.kr

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 진행한 냉간 다단 단조기(Multi-stage cold forging)의 금형 수명 파손 모니터링 결과 다음과 같이 검출됨을 알 수 있었다.

3-1. 펀치 블록 불량 검출 결과 미 검출됨.

3-2. 금형 블록 불량 검출 결과 금형 진입 구간의 압조력 변화를 감지하여 불량이 검출됨.

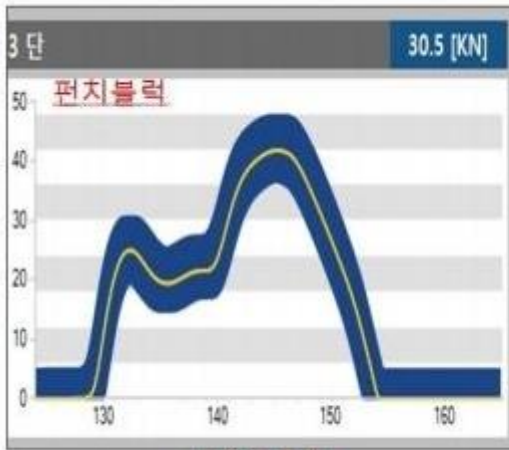


Fig. 2 punch test result



Fig. 3 die test result

4. 결 론

본 연구에서 진행한 압조 센서(Piezo-sensors)를 활용한 냉간 다단 단조기(Multi-stage cold forging)의 공정 모니터링 결과 기존의 펀치블록보다 다이블록에 압조센서를 장착할 경우 금형에 발생하는 미세한 압조 변화를 감지하여 금형파손 및 공정 모니터링이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 산업소재핵심기술개발-첨단뿌리기술(과제 번호: 20003950) 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] S. M. Kang, K. J. Kang, S. R. Yeom, K. H. Lee, J. Y. Kim, 2020, Monitoring of tool life in multi-stage cold forging machine using piezo-sensors implanted in die block, KSTP Spring Meeting 2020, pp. 103~104
- [2] The Engineering Committee Division II, Small Products Industrial Fasteners Institute, 1984, "Cold formed parts yield impressive cost benefits", Manufacturing Eng., pp.43~48
- [3] Thoma j. Drozda, 1983, "Money saving innovation in automatic forming", Manufacturing Eng., pp.32~39
- [4] Nada Shojiro, 1984, "Accurately forged parts by modern super-multistate parts former", Metal working Eng. Marketing, pp. 98~100

D6AC 강의 기계적 성질에 미치는 오스테나이트 처리 영향

손영일¹, 이석재^{2,#}

Effect of austenitizing condition on mechanical properties of D6AC steel

Y.I. Son, S. J. Lee

Abstract

In the present study, the effect of austenitizing treatment condition on the mechanical properties of low-alloyed medium carbon D6AC steel was investigated. Different austenitizing temperatures with various holding times were designed to control the dissolution and formation of carbides. Also the austenite grain size was measured depending on the austenitizing conditions. Optical microscope and transmission electron microscope were used to observe the characteristics of carbides and microstructure. Room temperature tensile test and hardness measurement were carried out for samples with different austenitizing conditions. In addition, the spheroidizing treatment was performed to evaluate the ductility related to cold formability. As increasing the austenitizing time, the average size of prior austenite grain was increased and VC precipitate was dissolved, resulting in the decrease in strength and hardness. The total elongation was increased as increasing the spheroidizing time, which could be used to determine optimal condition for cold formability.

Key Words : Austenitization, Mechanical Properties, Carbide Precipitation, D6AC

참고문헌

- [1] G. Golański, P. Wiczorek, Precipitation of carbides in Cr-Mo-V cast steel after service and regenerative heat treatment, Arch. of Foundry Eng., 9 (2009) 97.
- [2] Y.W. Lee, Y.I. Son, S.J. Lee, Microstructure and mechanical properties of spheroidized D6AC steel, Mater. Sci. Eng. A, 585 (2013) 94.

1. 국방과학연구소

2. 전북대학교

교신저자: 전북대학교, seokjaelee@jbnu.ac.kr

국소 변형 측정 비탄성 PP 복합재의 동적 인장거동 조사

김민수¹, 홍석무^{2, #}

Investigation of the dynamic tensile behavior of PP composites based on local strain measurement

M. Kim, S. Hong

Abstract

플라스틱 재료의 동적 거동 특성을 조사할 때 표점거리나 신율계를 사용하면 파단점의 편차가 심해 파단까지의 거동에 대해 정량화할 수 없다. 본 논문에서는 취성과 연성을 갖는 대표적 PP 복합재 (TRC-2010, HG41TSA)에 대해 변형률 속도별 대표 유동응력식을 계산하기 위한 변형률 측정법을 제안한다. 0.01 ~ 100 s⁻¹의 변형률 속도 범위에 대해 표점거리를 사용해 얻어진 변형률은 편차가 심해 반복성이 없다. 이를 해결하고자 DIC 방법을 이용해 국부 파단점의 변형률을 추적하고 이를 표점거리에서 얻어진 값과 비교했다. 확산 네킹까지의 변형률은 획득 방법에 상관없이 동일하지만, 네킹 이후 변형률은 시편 파단면 위치에 매우 의존적이기 때문에 시편 중앙에서 파단이 일어나지 않으면 표점거리로 얻어진 변형률은 실제 보다 과소 평가되며 편차도 크다. 취성 재료는 네킹 직후 파단이 일어나기 때문에 이 같은 문제점이 보이지 않지만 연성 재료에서는 응력 연화 구간이 길어 파단까지의 대표 응력-변형률 관계를 결정지을 수 없다. 본 연구에서 제안한 방법인 DIC를 이용해 파단점의 국부 변형률을 추적하면 PP 복합체에 대해 기존 방법으로는 할 수 없었던 파단 변형률의 정량적 결정이 가능함을 보였다. 제시된 PP 복합재의 파단점까지 명확히 결정된 변형률 속도별 실험 데이터들은 손상 모델과 접목되어 충돌, 낙하시험 해석 및 검증에 사용할 수 있다.

Key Words : Polypropylene Composite (폴리프로필렌 복합재) Digital Image Correlation (디지털 이미지 상관관계), Strain Measurement (변형률 측정), Dynamic Tensile Behavior (동적인장거동)

1. 국립공주대학교 기계자동차공학부, 박사 후 연구원

2. 국립공주대학교 기계자동차공학부, 교수

교신저자: 국립공주대학교 기계자동차공학부, 교수. smhong@kongju.ac.kr

금형구조해석을 이용한 트리밍 금형 응력집중 예측

김세호 #

Prediction of the Stress Concentration in the Trimming Tools with Structural Analysis of Dies

S. H. Kim

Abstract

Finite element structural analysis of the trimming die is carried out in order to evaluate the stress concentration during the trimming process of the lower arm product. Stress and displacement are predicted quantitatively from the information of the contact force between the tools and the blank. The result show that the excessive contact force leads to the high amount of the stress and the displacement of the lower die, which explains that shape of the weak region should be modified with the aid of tool analysis.

Key Words : Stress Concentration, Trimming Tools, Structural Analysis of the Die

1. 서론

자동차 사시부품은 경우 차량 경량화를 위하여 고강도강이 지속적으로 적용 확대되고 있다. 고강도강을 적용할 경우 소재의 강도 증가와 후판 소재의 특성상 전단 공정에서 금형 접촉에 의한 하중이 크게 증가하게 되며, 편심 하중의 가능성도 매우 높으므로 금형의 안정성에 문제가 발생하는 경우가 많다. 본 논문에서는 자동차 로우어 암(Lower Arm) 트리밍 공정에서 발생하는 금형 파손을 금형구조해석을 통하여 분석하여 금형의 국부 응력 집중을 완화하는 개선안을 도출하고 이를 해석을 통하여 비교 검증하였다.

2. 대상물 및 전단공정해석

파단이 발생하는 금형의 해석을 위하여 Fig. 1 과 같이 전단성형 해석모델을 구성하였다. 상용 프로그램인 FORGE[1]를 이용하여 전단해석을 실시하였고, 추출된 접촉하중을 활용하여 금형 연계해석을 수행하였다. 해석결과 Fig. 2 와 같이 매우 큰 응력집중이 발생하고 있으며, 0.3 mm 이상의 변위가 발생하여 내구성에 큰 문제가 있음을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 자동차 부품의 트리밍 성형 시 발생하는 금형파손 문제를 정량적으로 파악하기 위한 전단해석 연계 금형구조해석을 실시하였으며, 금형 국부 응력집중의 문제를 확인하였다. 본 기법이 전단금형 구조의 설계변경 검토에 적용된다면 시행오차를 줄일 것으로 기대된다.

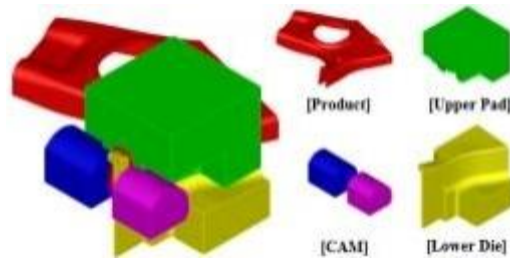


Fig. 1 Shape of the tools and the blank for the analysis of the trimming process

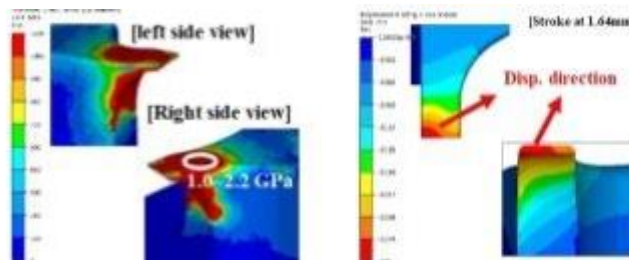


Fig. 2 Predicted stress and displacement from the structural analysis of the trimming die

참고문헌

[1] Transvalor, 2011, FORGE NxT 1.0, Users' Manual.

L-PBF 공정에 의해 제조된 규칙적 다공 구조체의 압축특성평가

이진명¹ · 김상우[✉]

Evaluation of Compressive Properties of Periodic Cellular Structures Fabricated by L-PBF Process

J. M. Lee, S. W. Kim

Abstract

특정한 형상의 단위 셀이 반복적으로 배열되어 있는 규칙적 다공 구조체는 우수한 경량성, 에너지흡수율, 열전달 특성을 갖는 다 기능성 구조체이다. 최근, 금속 분말을 이용한 적층 제조 기술의 발전과 함께 복잡한 형상의 제품 제작이 가능해짐에 따라 금속 적층제조기술을 활용한 규칙적 다공 구조체의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 L-PBF(Laser powder bed fusion) 공정을 이용하여 스테인레스 스틸 316L 분말 소재의 피라미드, 테트라헤드럴 단위 셀로 구성된 다공 구조체를 제작하였다. 주사전자현미경과 광학현미경을 이용하여 조형된 다공 구조체의 기하학적 특성을 분석함으로써 설계치수와의 오차범위 및 원인을 분석하였다. 또한, 단위 셀을 구성하는 설계 변수에 따른 기계적 특성 차이를 관찰하기 위해 트러스 요소의 기울임 각 및 상이한 두께를 갖는 규칙적 다공 구조체를 제작하여 단축 압축 시험을 수행하였다. 압축 시험 결과를 통해 구조체의 등가 탄성 계수, 초기 피크 응력, 에너지 흡수율 및 평균 응력을 계산하여 평가하였다. 그 결과, 동일한 상대 밀도를 가진 구조체는 특정 기울임 각도에서 등가 탄성 계수, 초기 피크 응력, 에너지 흡수율 및 평균 응력이 최대로 나타났으며, 동일 기울임각에서는 상대 밀도가 증가함에 따라 압축 물성이 선형적으로 증가하는 경향을 보였다.

Key Words : Laser powder bed fusion (L-PBF), Selective laser melting(SLM), Periodic cellular structure, Additive manufacturing, 3D printing, Tetrahedral truss, Pyramidal truss, Stainless steel 316L

후 기

본 연구는 재료연구소 주요사업(PNK7060)의 지원으로 수행되었음.

1. 재료연구소 재료공정혁신연구본부 변형제어연구실
교신저자: 재료연구소, 책임연구원, E-mail: kimsu@kims.re.kr

1.5GPa 급 센터플로어어퍼 멤버 열간 금형 설계에 관한 연구

차승훈^{1#}, 소범식¹, 김중희¹, 임정식²

Study on hot forming die of center floor upper member with 1.5GPa steel grade

S. H. Cha, B. S. So, J. H. Kim, J. S. Lim

Abstract

전 세계적인 자동차 산업에서 안전 법규 및 환경 규제는 동시에 강화되고 있는 추세이다. 이러한 실질적인 목적을 동시에 달성하기 위해서는 초고강도 강판 적용은 필수적이나 성형성 및 형상 동결성 확보의 어려움으로 기가스틸급 강판은 냉간 성형이 어려워 대부분의 자동차 업계에서는 열간 성형 기술이 확대되고 있다. 열간 성형 공정은 기존 냉간 성형 공정과 다르게 금형 내부에서 열간 성형과 동시에 냉각되며 열간 성형성을 고려한 성형 공법 설계와 생산성을 고려한 냉각 채널 설계가 중요하다. 본 연구에서는 센터 플로워 모듈의 최전방에 위치하여 차체의 앞쪽과 중간을 연결해주는 부품으로 차량 충돌 시, 승객의 안전과 직결될 수 있는 구조적 또는 성능적으로 초고강도가 필요한 차체 핵심 부품인 센터플로어 어퍼 멤버의 열간 금형 설계에 적용하고자하였다. 열간 금형 설계는 우선적으로 열간 성형 해석을 통해 상부 금형과 하부 금형으로 구성되어 있는 크래쉬 폼 타입으로 성형 공법을 결정하였고, 초기 제품 형상을 고려하여 블랭크 형상을 최적화 하였다. 또한 냉각 채널 설계는 금형의 열용량을 계산하여 냉각홀 사이즈 직경 8.5mm, 냉각홀과 냉각홀 간격 약 15mm 및 금형면과 냉각홀 간격 약 7mm를 결정하였고, 금형면의 형상을 고려하여 라인타입의 냉각 채널을 구성하였다. 설계된 냉각 채널은 유동 및 냉각 해석을 통해 요구하는 냉각 성능을 검증하였다. 최종적으로 센터플로어 어퍼 시제품을 제작하여 본 연구의 유효성을 평가하였다.

Key Words : Hot forming, Center floor upper member, Die design, Cooling channel, CAE



그림 1 1.5GPa 급 센터플로어 어퍼 멤버 형상

후기

본 연구는 기계산업핵심기술개발사업-제조기반생산시스템의 R&D 과제 (과제번호 : 20010513, 과제명 : 에너지 효율 50% 향상을 위한 고강도 차체 부품 생산용 열간 성형 공정 시스템 개발)의 지원으로 진행되었습니다.

1. 경북테크노파크

2. 신영

교신저자: 경북테크노파크, E-mail:shcha@gbtp.or.kr

고강도 차체부품 성형용 전도가열장치의 열변형 특성 연구

김중희^{1#}, 차승훈¹, 임정식²

Study on thermal deformation of heating device for forming high strength parts

J. H. Kim, S. H. Cha, J. S. Lim

Abstract

This study relates to a hot press process and system for molding high-strength automobile body parts. In order to form high-strength steel plate parts, induction heating is used to heat a heating sheet(kanthal). An iron plate is inserted between the heated sheets to conduct heat. At this time, the heating element undergoes thermal expansion at a high temperature of 1200 degrees, and thermal contraction occurs due to product heating. In conclusion, we intend to study the thermal deformation characteristics so that the heating element can achieve equilibrium.

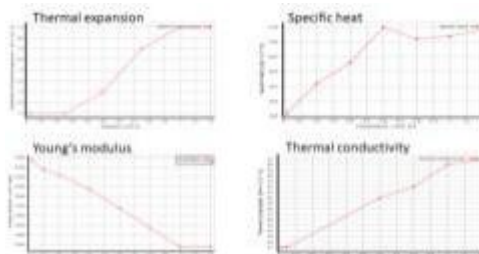
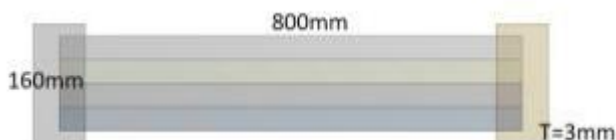
Key Words : Heat deformation, Heat transfer, CFD, Heating element, High Strength Body part

1. 서론

핫스탬핑 공정은 고강도강을 성형하기 위한 일반적인 기술로 전기 및 가스 가열로 내부의 분위기열을 통해 블랭크를 가열한 후, 성형하는 방식이다. 이는 25m 이상의 공간을 필요로 하고, 많은 전력을 소모하며, 세라믹 재 롤러를 통한 블랭크 이송공정으로 유지보수비용이 지속적으로 소모되는 단점이 있다. 본 과제에서는 이러한 에너지 과다 소모 문제를 해결하기 위해 전도가열 공정을 적용하여 기존 가열로 대비 50% 이하, 설치면적 30% 수준의 강도 차체부품 성형공정을 구축하고 이 때 발생하는 발열체 팽창/수축에 따른 문제 해결을 위한 kanthal 소재 열변형 특성을 연구하고자 한다.

2. 실험방법

상온 상태의 발열체는 양 끝단이 모터장치와 연결되어 있으며, 가열/냉각 시 변형 양에 따라 평평한 상태를 유지하기 위해 모터가 작동된다. 가열로 인한 팽창은 발열체 전체에서 균일하게 발생하지만 제품 전도가열로 인한 냉각은 발열체마다 달라 수축량에 차이가 있어 개별 모터 제어를 통해 수축량을 반영해주어야 한다.



1. 경북테크노파크, 전임연구원 직위(비탕, 8pt.)

2. 신영, 연구원

Corresponding Author : GBTP, E-mail: kimjh@gbtp.or.kr

3. 결과 및 고찰

발열체가 22 도에서 1200 도까지 가열될 때 이론적 팽창길이는 13.1936mm, 해석결과는 13.167mm 이면, 반대로 1200 도에서 1000 도까지 냉각될 때 이론적 수축길이는 2.2769mm, 해석결과는 2.4236mm 이다. 이때의 수축 반력은 이론적으로 18.96 ton, 해석결과는 19.22ton 이었다. 이 결과를 500mm*200mm 제품 전도가열에 적용하면 Fig. 1 과 같은 형상 및 온도 조건에서 각 발열 sheet 마다 다른 수축 응력을 계산할 수 있다.

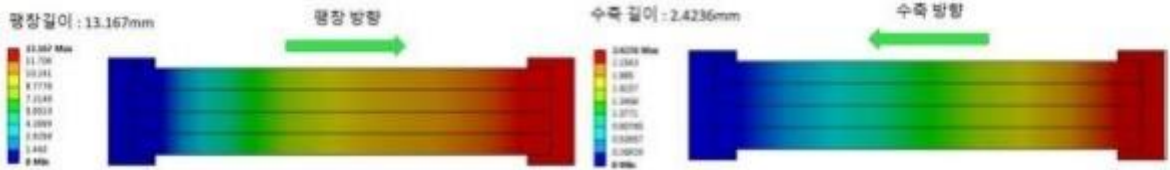
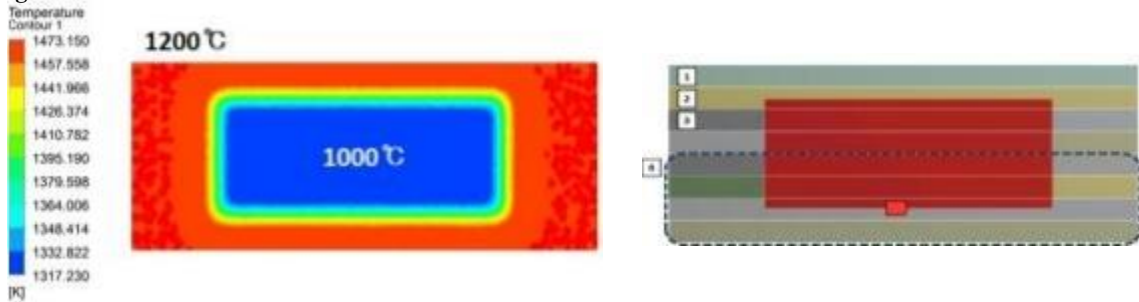


Fig. 1 발열체 가열에 따른 팽창 및 수축



Sheet 1	Sheet2	Sheet 3	Sheet 4
0 ton	1.34 ton	2.92 ton	7.17 ton

Fig. 2 발열체 온도 분포 및 각 sheet 별 수축응력

4. 결론

고강고강 차체부품을 성형하기 위한 전도가열 장치 설계에 대해 연구하였다. 상온에서 발열체를 1200 도까지 가열할 경우, 약 13mm 의 팽창이 발생하고, 전도가열 시 최대 2.28mm 의 수축이 발생하여 이때의 응력은 7.17ton(개당) 수준이다.

후기

본 연구는 기계산업핵심기술개발사업-제조기반생산시스템의 “에너지효율 50% 향상을 위한 고강도 차체 부품 생산용 열간 성형 공정 시스템 개발”(과제번호:20010513) 과제지원으로 수행되었습니다.

Ca의 첨가가 AZ61 마그네슘 합금의 미세조직 형성 거동에 미치는 영향

김기범¹ · 이정훈² · 이종엽² · 김권후^{1,2}

Effect of Ca concentration on Microstructure formation behaviors in AZ61 magnesium alloy

K.B. Kim, J.H. Lee, J.Y. Lee, K.H. Kim

Abstract

Magnesium alloys have been paid attention as lightweight materials in various industrial fields. However, their use is limited by poor formability at room temperature which was caused by the limited number of slip systems. The texture control plays an important role in plastic workability of magnesium. Addition of Ca as alloying element is known to improve the general corrosion resistance and mechanical integrity of magnesium alloys in chloride environment. In order to investigate the Ca concentration on microstructure formation behaviors, Ca addition on AZ magnesium alloy were experimentally investigated by high-temperature uniaxial compression. Uniaxial compression test was conducted at 673K and 723K with a strain rate of $5.0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$. The working softening was observed and the main component of texture and the sharpness of basal texture in two kinds of specimens varies depending on the deformation conditions.

Key Words : AZX611, Ca concentration, Magnesium, microstructure, recrystallization

1. 서론

비강도가 높은 마그네슘 합금은 자동차 및 전자 제품의 경량 소재로 알려져 있다. 그러나 HCP 구조의 부족한 슬립 시스템으로 인해 실온에서 낮은 성형성은 산업적 적용을 제한시켜왔다. 이 문제를 개선하기 위해 집합조직 제어에 대하여 지속적으로 많은 연구가 수행되어 왔으며 Ca의 첨가에 의해 성형성이 향상된다는 것이 보고된 바 있다. 그러나 AZ 계열 마그네슘 합금의 집합조직 형성 거동에 대한 Ca 첨가의 효과에 관련된 연구는 여전히 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 변형 조건 하에서 Ca가 첨가된 AZ61 마그네슘 합금의 조직형성 거동을 조사하였다.

2. 실험방법

재료는 AZ61 및 AZX611 마그네슘 합금을 사용하였다. 두 시편 모두 673K에서 30%의 압하율로 압연을 진행하였으며 높이 10mm, 직경 12mm의 원통형으로 가공하였다. 모든 표본은 균일한 입자 크기를 얻기 위해 1H 동안 723K에서 어닐링되었다. 그 후 변형률 $5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2}$, 온도 673K 및 723K, 변형률 -0.4 ~ -1.0의 조건으로 고온 단축 압축 시험을 수행하였다. 미세조직은 광학 현미경을 통해 관찰하였다.

1. 부경대학교 대학원 미관융합디자인공학과

2. 부경대학교 공과대학 금속공학과

3. 결과 및 고찰

고온 단축 압축 결과 동적 재결정이 발생하였으나 AZX611의 경우 C14,15,36 등의 2 상 석출이 관찰되었다. 또한 SS 곡선에서 두 시편 모두 최대 응력을 나타내었으며 AZX611의 곡선은 AZ61 보다 낮게 나타났다.

4. 결론

고온 변형 시 AZ61 및 AZX611 마그네슘 합금의 미세 구조 형성 거동에 대한 추가 Ca의 영향을 조사하기 위해 AZ61 및 AZX611 마그네슘 합금을 단축 압축을 통해 연구를 진행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 연구에서 수행된 모든 AZ61 및 AZX611 마그네슘 합금에서 동적 재결정이 발생하였다.
- (2) 두 종류의 시편은 서로 다른 형성 거동을 보인다.

참고문헌

- [1] Park M, Park H, Choi J and Kim K 2016 *Mater. Sci. Forum* **879** 1449
- [2] Kim K, Okayasu K and Fukutomi H 2015 *Mater. Trans.* **56** 17

노즐의 배열조건에 따른 열간 가변금형의 냉각성능 예측

이인규¹ · 이성윤¹ · 정명식¹ · 박동용¹ · 고대철² · 이상곤[#]

Prediction of Cooling Performance according to Nozzle Arrangement of Hot Reconfigurable Die

I. K. Lee, S. Y. Lee, M. S. Jeong, D. Y. Park, D. C. Ko, S. K. Lee

Abstract

열간 가변금형은 판재성형에서 발생하는 스프링백과 성형하중을 효과적으로 감소시킬 수 있는 다품종 소·대량 생산기술이다. 열간 가변금형은 가열된 소재의 냉각을 위해 성형편치 내부에 노즐이 설치되어 있으며, 제품의 치수정밀도와 생산성을 고려하여 선택적으로 성형편치와 노즐을 배열할 수 있는 구조적 특징을 가진다. 열간 가변금형의 생산성을 고려한 노즐 배열을 설계하기 위해서는 다양한 노즐 배열조건에서 발생하는 소재의 냉각성능을 예측할 수 있는 방안이 요구된다.

본 연구에서는 열간 가변금형에서 발생하는 자연대류열전달, 강제대류열전달, 계면연전달에 의한 냉각 효과를 집중용량법(lumped capacitance method)에 적용하여 소재의 시간에 따른 온도변화를 예측하였다. 냉각성능을 예측하기 위한 열간 가변금형 조건은 노즐 간격(25mm), 노즐 배열(1×1, 3×3), 블록형상(R500, R1000, R1500), 안장형상(Rx900-Ry500, Rx1200-Ry800, Rx1500-Ry1100)으로 설정하였다. 또한 수치해석에도 동일한 조건을 적용하여 예측결과를 수치해석적으로 검증하였다. 430°C에서 35°C까지 냉각시간은 블록형상과 안장형상에서 서로 유사한 결과를 보였다. 하지만 노즐 배열(3×3)은 노즐 배열(1×1)보다 빠른 냉각성능을 보였다. 예측결과와 해석결과는 블록형상(R500), 노즐 배열(3×3) 조건에서 35°C에 도달하는 511s 시점에 4.07°C의 최대 상대오차를 보였으며, 전반적으로 잘 일치하는 결과를 보였다.

Key Words : Sheet Metal Forming, Reconfigurable Die, Lumped Capacitance Method, Cooling Nozzle

* 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 "Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정 기술개발(kitech EO-20-0017)"과 "에너지 효율 및 내화성능이 우수한 건축창호 frame 제조공정 기술개발(kitech IR-18-0042)의 지원으로 수행한 연구입니다

1. 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹

2. 부산대학교 융합학부

교신저자: 한국생산기술연구원 기계소재부품연구그룹, 수석연구원

E-mail: sklee@kitech.re.kr

정규화 범위에 따른 인공신경망을 활용한 사출성형품 치수 의 예측성능 차이에 관한 연구

양동철¹ · 김종선[#]

A Study on the Difference in Prediction Performance of Length of Injection Molded Product Using Artificial Neural Networks According to the Normalization Range

D. C. Yang, J. S. Kim

Abstract

In recent years, researches on applying Artificial Neural Network(ANN) in many industrial fields are actively being conducted. In the field of injection molding, research is being conducted to predict the quality of injection molded products using ANN. If the range of the input parameters of the ANN are different, the convergence speed of learning is slowed down and the possibility of falling into a local optimal state increases. Therefore, a normalization process is required so that the range of the input parameters are reflected equally. In general, the normalization range is adjusted from 0 to 1. But in some cases, the range of 0.1 to 0.9 or 0.2 to 0.8 makes the model's performance and accuracy better than the range of 0 to 1. In this study, the length of the injection molded product was measured through actual injection molding experiment using a Lego-shaped mold, and data to train the model were generated. Then, the prediction performance of ANN was compared for three normalization candidates. For each candidate group, the training data group was learned and the verification data group was used to compare with predicted length and experiment length.

Key Words : Artificial Neural Network, Injection Molding, Length, Normalization

후기

산업통상자원부의 기계산업핵심기술개발사업(Project No. KM190170, 10067766)의 지원으로 진행되었습니다.

1. 한국생산기술연구원 형상제조연구부문, 학연협동과정생
교신저자: 한국생산기술연구원 형상제조연구부문, 수석연구원, E-mail: libra74@kitech.re.kr

프레스 펀치의 잔여수명을 예측하기 위한 기계학습용 데이터 획득 실험

홍석관^{1#}, 전용준²

Machine learning data acquisition experiment to predict the remaining life of press punch

S. K. Hong, Y.J. Jeon

Abstract

The demand for contacts that transmit electrical signals is increasing rapidly with the expansion of electric vehicles. The contact is produced through a progressive die, and the press speed determines the productivity. On the other hand, wear of punches and dies is an inevitable phenomenon, so an appropriate replacement cycle is very important for reducing production costs. The purpose of this study is to predict the remaining useful life (RUL) of the punch and perform predictive maintenance (PDM). An experiment was conducted to obtain learning data of artificial intelligence to predict RUL.

Key Words : Artificial intelligence, Remaining useful life, Predictive maintenance, Progressive die

1. 서론

전기적 신호를 전달하는 컨택트(contact)는 전기차의 보급 확대와 더불어 수요가 급격하게 증가하고 있다. 컨택트는 프로그레시브 금형(progressive die)을 통해 생산되며 프레스 속도가 생산성을 좌우한다. 한편, 펀치(punch)와 다이(die)의 마모는 필연적 현상으로 그것의 적절한 교체주기가 생산비용 절감에 매우 중요하다. 본 연구의 목적은 펀치의 잔여수명(remaining useful life, RUL)을 예측하여 예지보전(predictive maintenance, PDM)을 하고자 하는 것이다. 잔여수명을 예측하기 위한 인공지능의 학습 데이터를 얻기 위한 실험이 수행되었다.

2. 실험방법

펀치 형상과 소재는 실제 전기차 커넥터 제품군을 고려하여 결정하였다. 펀치형상은 원, 사각, 삼각형 3 가지이며 크기는 3 mm 로 동시에 타발된다. 소재는 인청동(C519RH) 0.3 mm 두께를 사용하였다. 가속도 센서는 3 개의 펀치 상부에 설치하였으며 1 개는 다이부에 설치하였다. 펀치와 다이의 소재는 가속수명을 위해 탄소강을 사용하였다. 프레스 성형기는 서보프레스(KOMATSU H1F200)이며 타발속도는 13 spm 으로 테스트하였다.

3. 결과 및 고찰

가속도 센서(PCB: 603C01, sensitivity 100 mV/g)는 펀치의 상부에 결속되어 수직방향(타발방향)의 가속도만 측정된다. 샘플링 속도는 2,560 Hz 로 설정하였으며 소재 전단 시 진동을 구분하기 위해 소재가 있는 상태와 없는 상태의 가속도 신호를 비교하였다.

1. 한국생산기술연구원 산업연구원

2. 한국생산기술연구원 연구원

교신저자 E-mail: skhong@kitech.re.kr

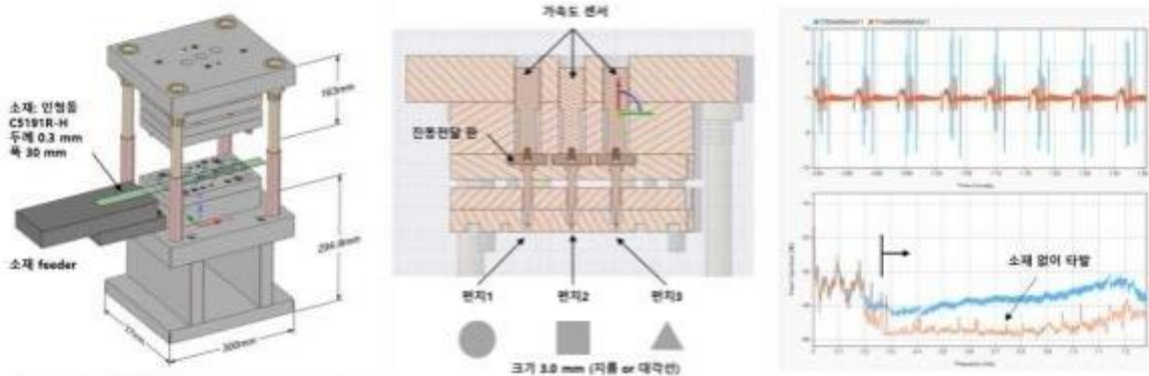


Fig. 1 Press die, punch set and signal of time domain and frequency domain acquired in experiment.



Fig. 2 Vibration signal according to punch shape and photo of shear plane according to number of punches

주파수 도메인에서 신호분석을 위해서 MATLAB 을 사용하여 FFT(fast Fourier transform)변환을 진행하였다. 소재 없이 타발한 진동 신호와 비교를 통해 소재의 전단은 200 Hz 이상부터 특징을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 펀치의 형상에 따른 특징은 200 ~ 400 Hz 영역에서 차이를 보였다. 전단면 사진에서 타발이 진행됨에 따라 버(burr) 형성의 차이가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다.

4. 결론

인공지능 학습용 데이터를 얻기 위한 금형을 제작하였으며 성형실험을 통해 진동신호와 전단면 사진을 획득하였다. 후속으로 연속 전단면 자동 측정을 위한 금형제작과 이미지 프로세스를 통해 버 측정이 수행되면 기계학습을 위한 데이터가 준비될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Sari, D. Y., Wu, T. L., & Lin, B. T. (2017). Preliminary study for online monitoring during the punching process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(5–8), 2275–2285.
2. Djavanroodi, F., Pirgholi, A., & Derakhshani, E. (2010). FEM and ANN analysis in fine-blanking process. *Materials and Manufacturing Processes*, 25(8), 864–872.
3. Ubhayaratne, I., Pereira, M. P., Xiang, Y., & Rolfe, B. F. (2017). Audio signal analysis for tool wear monitoring in sheet metal stamping. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 85, 809–826.

시뮬레이션을 통한 시출성형 중 멀티 캐비티 금형에서 캐비티별 충전에 따른 금형의 변형량 변화에 대한 연구

이준한¹ · 김종산[#] (libra74@kitech.re.kr)

A study on the mold deformation according to filling of each cavity in multi-cavity mold by simulation during injection molding

J. H. Lee¹, J. S. Kim[#]

Abstract

The injection molding process is one of the representative processes in the plastic manufacturing industry that has various advantages such as short production time, and mass production. The process converts the plastic resin into a melt state by heating it to a temperature above the melting point, and then injects into cavity of mold by controlling speed and pressure. Due to these process characteristics, the behavior of melt resin filled in the mold vary according to process variables such as melt temperature, mold temperature, and injection speed in the injection molding process. Therefore, the process of monitoring and reflecting the behavior of melt resin to the process is very important factor in terms of quality management of the injection-molded product. Also, in the case of producing product from multiple cavities in the mold with a one shot of injection molding process, the behavior and characteristics of the melt resin to be filled may vary according to each cavity, so it is necessary to monitor the filling of each cavity. Therefore, in this study, in order to understand the behavior of melt resin for each cavity in the multi-cavity mold, the change of mold deformation for each cavity during injection molding process was analyzed using flow analysis and structural analysis. A mold consisting of four cavities was used to analysis the change of the mold deformation according to the number of cavities to be filled through simulation during injection molding process. In the case of where one of the four cavities is filled and three cavities are filled, the injection molding analysis was conducted and the mold deformation was analyzed by applying the melt pressure result over time as the load of structural analysis. In the structural analysis the platen and tie bar of injection molding machine were modeled and clamping force was applied to them. The mold deformation was analyzed at the point near the gate in the cavity area projected to the surface of movable mold base. As a result, when only one cavity was filled, the mold deformation was the largest in the filled cavity. Then, the mold deformation was analyzed to be smaller as the cavity was farther from the gate of the filled cavity. Also, when three cavities was filled, the mold deformation in the filled cavities was larger than that of the unfilled cavity. Among the three filled cavity, the mold deformation was different depending on the distance from the gate of each cavity to analysis point and the largest mold deformation was confirmed at the point closet to each gate.

Key Words : Injection molding, Multi-cavity, Mold deformation, Simulation, Filling pattern

Acknowledgment : This research is supported by the project (No. KM200224, 10067766) from Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea

1. 한국생산기술연구원 형상제조연구부문, 학연협동과정생

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

역설계를 이용한 드로잉 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주제연구

이지호¹ · 김민구¹ · 김세호^{1, #}

Design and Fabrication of Drawing Dies with Reverse Engineering

J. H. Lee, M. G. Kim, S. H. Kim

Abstract

본 논문에서는 차량용 트렁크 보강재인 브라켓 제작을 위해 역설계를 통한 금형 설계 과정을 요약하였다. 역설계를 통해 얻은 CAD 데이터를 기반으로 제작한 금형에서 제작된 시제품과 실제 양산 제품과의 오차율을 측정하여 분석하였으며, 양산 제품과의 비교에 중점을 두었다. 설계를 위해 상용 유한 요소 프로그램인 Auto-Form 을 활용하여 성형 해석을 실시하고 시제품과 형상 정밀도를 비교하였다.

Key Words: 3D Scanning, Reverse Engineering, Draw die, Tool Design

1. 서 론

역설계란 기존에 있는 제품으로부터 3 차원 측정을 통하여 얻은 데이터를 기반으로 CAD 모델을 생성하는 기술이다. 본 논문에서는 실제 양산 중인 판재 성형 제품을 대상으로 3D 스캐닝 기술을 이용한 역설계를 실시하고, 해당 부품을 성형할 수 있는 드로잉 금형의 설계 및 제작을 수행하였으며, 금형을 이용하여 성형한 실제 제품의 형상과 성형해석 결과에서 얻은 형상과 비교 분석한 내용을 소개하고자 한다.

2. 금형 설계 및 제작

2.1 제품 설계

본 논문의 대상인 차량 트렁크 보강재용 브라켓(Bracket)의 형상 및 치수를 Fig. 1 에 도시하였다. 제품의 길이, 너비, 높이는 각각 338mm, 138mm, 59mm 였다. 블랭크 소재로 냉간 압연 강판인 SPCC 를 사용하였으며, 초기

두께는 1.0mm 이다. CAD 모델링을 위한 데이터 추출을 위해 ATOS III Triple Scan 장비를 이용하였다.



Fig. 1 Shape and dimensions of the bracket

2.2 금형 설계

본 논문에서의 제품 형상 및 금형의 역설계를 위하여 스캐닝 장비를 이용하여 스캐닝 작업을 진행 후 얻은 3D CAD 데이터를 기반으로 상용 해석 프로그램인 Auto-Form R7[1]을 이용하여 성형성을 판단하고 이를 바탕으로 펀치와 다이 및 블랭크 홀더의 형상을 설계 및 수정하였다. 형상 모델링은 CATIAV5 를 이용하여 수행하였으며, 높은 제작 비용으로 인해 동아리에서 기존 제작되었던 금형을 분해하여 재사용 하였고 전체 6 공정 중 드로잉 공정의 금형을 1/2 축소하여 설계하였다. 기타

¹. 대구대학교 기계공학부

[#] 교신저자: 대구대학교 기계공학부, E-mail: mvksh@daegu.ac.kr

금형 부품의 설계는 프레스 금형 설계집[2]을 참고하였다. 설계가 완료된 금형의 형상은 Fig. 2 와 같다.

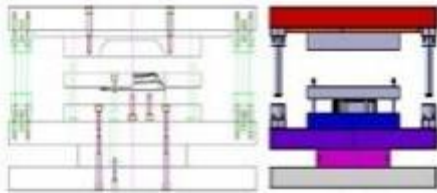


Fig. 2 Designed tool shapes

2.3 금형 제작

이상의 과정으로 설계된 금형 데이터를 바탕으로 금형을 제작하였다. 금형 소재로는 높은 하중을 받는 상하형 배킹 플레이트(backing plate)는 STD11 을 사용하였고, 그 외 부품들은 S45C 를 사용하였다. 제품 성형을 위해 사용할 프레스 장비의 사양을 고려하여 펀치 행정, 하사점 및 성형력을 고려하여 블랭크 홀더용 코일 스프링을 선정하였다. 제작 및 조립이 완성된 금형의 형상을 Fig. 3 에 도시하였다.



Fig. 3 Fabricated and assembled die shapes

3. 시제품 성형 및 정확도 비교

제작된 금형을 이용하여 시제품을 성형하였으며, 블랭크의 변형 형상을 성형해석의 결과와 함께 Fig. 4 에 도시하였다. 시제품의 형상 정밀도 확인을 위해 초음파 측정 장치를 사용하여 형상을 측정하였다. Fig. 4 에 도시한 제품의 주요 형상변수에 대하여 시제품과 실제 제품 오차를 측정하였으며, Table 1 에 도시된 바와 같이 최대 오차는 2.09%로 측정되었다. 오차의 발생 이유는 드로잉 공정만을 대상으로 해석 및 제작을 진행하였기 때문으로 판단되며, 해석에서 스프링백을 정확하게 예측하지

못하여 추가적인 보정이 어려웠기 때문으로 판단된다.

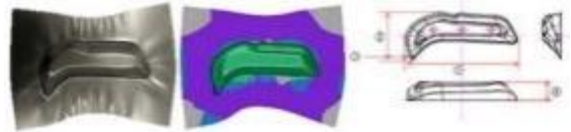


Fig. 4 Comparison of the blank shape between the prototype and analysis

Table 1 Comparison of the shape parameters between the prototype and analysis

X	Analysis (mm)	Prototype (mm)	Error (%)
①	169.1	169.5	0.23
②	69.3	71.5	3.08
③	7.91	8.2	3.54
④	30.53	31	1.52

4. 결 론

본 논문에서는 금형 역설계를 통해 전반적인 금형 설계 과정을 기술하였으며, 성형해석 결과를 바탕으로 설계한 금형에서 제작한 시제품의 형상과 실제 제품과의 오차의 원인을 분석하였다. 대학생 동아리 주제연구로 금형에 대한 실무적인 지식 및 경험을 얻을 수 있는 좋은 기회가 되었다.

후 기

본 논문은 교육부의 대학혁신지원사업의 지원으로 수행된 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] AutoForm^{plus} R7, Software Manual, 2017
- [2] S. H. Kim, Illustration Data Book for Die Design, Daegwang Seorim, 2004

용착 조형 공정을 이용한 압출기의 온도와 압출 길이에 따른 재료 별 압출 시 열전달 특성 분석

백선호¹, 안동규[#]

A Study on Heat Transfer Characteristics during Extrusion for Material According to the Extruder Temperature and Extrusion Length Using a Fused Deposition Modeling Process

S. H. Baek, D. G. Ahn

Abstract

재료 압출 (Material Extrusion, ME) 공정 중 하나인 용착 조형 (Fused Deposition Modeling, FDM) 공정은 필라멘트 형태의 재료를 압출기를 통해 공급, 가열 및 압출시켜 3D 제품을 제작하는 공정이다. FDM 공정을 이용하여 재료 적층 시 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이에 따라 압출되는 재료가 적층 되는 영역의 유리전이온도에 충분히 도달시키지 못하여 적층 되지 않는 문제가 발생한다. 따라서 Extruder의 설정 조건에 따라 압출되는 재료별 필라멘트의 온도 도출이 필요하다. 본 연구에서는 용착 조형 공정을 이용하여 PLA, ABS 및 PC 재료의 필라멘트의 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이에 따른 열전달 특성을 분석하고자 한다. 압출 실험은 MakerBot Replicator를 이용하였으며 Extruder의 설정 온도를 210℃, 230℃ 및 250℃로 적용하여 실험을 진행하였다. 압출 중 노즐을 통해 압출된 필라멘트의 온도를 측정하기 위하여 데이터 로거 34970A와 Omega J-type 열전대를 이용하여 측정하였다. FDM 공정 중 노즐에서 압출되는 필라멘트의 열전달 특성을 분석하기 위하여 상용 해석 프로그램인 ABAQUS 6.12를 사용하여 3차원 유한요소 해석 (Three-Dimensional Finite Element Analysis) 모델을 도출하였고 해석시간 감소를 위해 Axisymmetric 모델을 적용하였다. 실험을 통해 도출된 온도와 3차원 유한요소 해석의 비교 분석을 통해 재료 별 압출 해석 모델을 도출하고 3차원 유한요소 해석을 통해 Extruder의 설정 온도 및 압출 길이가 노즐을 통해 압출되는 PLA, ABS 및 PC 재료 필라멘트의 온도 분포에 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

Key Words: 3D printing, Fused Deposition Modeling, Finite Element Analysis, Heat Transfer Characteristics

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2019R1A2C1006741)

1. 조선대학교 기계공학과, 석사과정

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

3D 프린팅으로 제작한 금형의 마그네슘 굽힘 성형 공정

윤형원¹ · 경준현² · 유제형¹ · 박 근 · 이창환[#]

Study on the bending deformation of AZ31B using the 3D printed die-set

H. W. Youn, J. H. Kyung, J. H. Yu, K. Park, C. W. Lee

Abstract

3D 프린팅은 모델링 후 다양한 형상의 제품을 직접 제작할 수 있어 최근 활용이 증가하고 있다. 3D 프린팅 제품의 산업적 활용을 증가시키기 위해 고강도 재료를 활용한 3D 프린팅을 활용한다. 본 연구에서는 3D 프린팅 재료를 마그네슘 합금 판재의 온간 굽힘 공정에 적용하여 마그네슘 합금 판재의 굽힘 변형 특성을 분석하였다. 일반 금속 금형과 달리 폴리머 재료의 3D 프린팅 금형은 낮은 열전도도를 갖는다. 이 특성을 마그네슘 합금 판재의 온간 성형에 적용하였다. 마그네슘 합금 판재는 150 도로 가열 후 굽힘 실험을 진행하였다. 실험과 해석을 통해 일반 금속 금형과 3D 프린팅 금형의 온도 감소 특성, 재료 변형 특성을 분석하였다. 굽힘 실험은 V-굽힘, U-굽힘의 두 가지 굽힘 변형을 적용하였다. V-굽힘 공정을 통해 성형 중 시편의 온도 변화를 측정하였다. 이를 통해 온도 변화와 성형성의 관계를 분석하였다. V-굽힘 실험은 굽힘각 90도의 금형에서 진행하였으며, 성형온도는 25°C, 100°C, 150°C 이다. 성형이 완료된 후 30 초간 금형 내에 유지한 후 스프링백 발생 특성을 분석하였다. 재료를 150 도로 가열한 경우, V-굽힘에서 재료의 스프링백 각 차이는 6 도로, 3D 프린팅 금형을 사용한 경우 스프링백 각도가 더 작았다. U-굽힘에서도 3D 프린팅 금형을 사용한 경우 스프링백 각도가 5 도 더 낮았다. 굽힘 실험 결과, 3D 프린팅 금형을 사용한 경우 재료의 온도 감소가 낮아 스프링백이 감소한 것을 확인하였다. 그리고 유한요소 해석을 통해 금형 내 온도 분포를 분석하였다.

Key Words : AZ31B, Magnesium alloy sheet, 3D printing, Bending deformation

1. 서울과학기술대학교 기계디자인공학부

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

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

강화 학습 기반 덕트 청소 로봇 주행 및 CNN 기반 먼지 정량화 알고리즘 개발

이사람¹ · 노은솔¹ · 홍석무[#]

Development of a Combined Reinforcement Learning-based Duct Cleaning Robot Driving and CNN-based Dirt Quantification Algorithm

S. Yi, E. Noh, S. Hong

Abstract

실내 공기 정화를 위한 건물 내 덕트는 장기간 사용 시 내부에 먼지가 축적되며 이는 실내 공기 오염 및 화재의 위험이 존재하므로 정기적인 먼지 제거가 필수적이다. 기존 덕트는 인력이 투입되거나 사람에 의해 조작되는 로봇을 통해 청소를 진행한다. 그러나 시간 및 비용적으로 비효율적이며 청소 상태 또한 기준에 미치지 못한다. 이런 단점을 극복하기 위해 이전 연구에서 머신 러닝을 활용하여 먼지를 정량적으로 판단 가능한 알고리즘을 제안했다. 이전 연구에서 수행된 먼지 정량화 알고리즘은 실제 환경에서의 구동을 위해 자율주행이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 강화 학습을 덕트 청소 로봇의 자율주행에 적용하고, 딥러닝 모델을 활용하여 먼지를 단계별로 정량화했다. 먼지 가상의 3D 환경에서 I 형, C 형 및 S 형 등 다양한 덕트 형상을 모델링하여 덕트 환경에서 강화 학습했다. 이는 덕트 청소 로봇이 벽과 충돌하지 않고 최적의 경로 탐색을 가능케 한다. 먼지는 먼지량 높이에 따라 3 단계로 분류했으며, SVM (Support Vector Machine)과 CNN (Convolutional Neural Networks) 결과를 비교 분석했다. 그 결과 CNN 이 높은 정확도를 획득했으며 먼지 정량화 알고리즘으로 사용했다. 본 연구에서 제시한 알고리즘은 주행 가능한 로봇에 탑재하여 실제 주행으로 검증했다. 이를 통해 강화학습을 적용한 자율 주행과 먼지 정량화 알고리즘이 효과적으로 적용 및 주행 가능함을 확인했다.

Key Words : Air duct (공조 덕트), Autonomous Driving (자율 주행), Duct cleaning (덕트 청소), Convolutional neural networks (합성곱 신경망), Reinforcement Learning (강화 학습)

1. 공주대학교 대학원 미래융합공학과 석사과정

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

코팅 볼트 선별을 위한 CNN 기반 불량 시각화

노은솔¹·이시량¹·홍석무[#]

Screening of Bolt Coating Defects by CNN based Visualization

E. Noh, S. Yi, S. Hong

Abstract

자동차 부품의 상당부분은 볼트로 체결되며, 외부 진동이나 하중으로 인한 풀림을 방지하기 위해 풀림 방지 코팅이 적용된다. 풀림 방지 코팅은 자동 또는 수동으로 도포될 때 코팅액 분사 속도나 점도 등에 의해 품질 유지가 어려우므로 불량 제품 선별을 위해 비전 또는 수동 검사를 진행한다. 그러나 기존 비전 선별은 색상의 유무만을 판단하므로 선별에 한계가 있다. 이에 본 연구는 코팅 볼트 선별을 위해 이미지 전처리 기법과 딥러닝을 사용하며, 불량 제품을 시각화한다. 딥러닝 기법 중 CNN을 사용했으며, convolutional, 비선형 활성화 함수 및 pooling 계층을 반복한 16개의 층을 거쳐 활성화 함수 softmax로 학습했다. 이 때 코팅 볼트 선별을 시각화한 결과 풀림방지 코팅 외 볼트 지그 및 배경 등 주변 다른 요인이 CNN 결과에 영향을 미침을 확인했다. 이를 개선하기 위해 이미지 전처리 기법을 적용하여 볼트와 배경을 분리 적용했다. 주변 요인의 영향도를 재확인하고자 이미지 데이터를 사용하여 동일 구조에서 학습하여 초기 학습 모델과 정확도를 비교했다. 결과적으로 정확도 차이는 거의 없으나 불량 판단 기준과 위치를 시각적으로 판단할 때 분류 기준과 유사한 결과를 얻었다.

Key Words : Bolt with anti-loosening coating (풀림 방지 코팅 볼트), Convolutional Neural Networks (합성곱 신경망), Image preprocessing (이미지 전처리), Class Activation Map (시각화 기법)

1. 국립공주대학교 미래융합공학과, 석사과정

교신저자: 국립공주대학교 기계자동차공학부, 부교수, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

Simultaneous forging and joining of a magnesium/aluminum bimetallic ring component via friction stirring

Mounarik Mondal¹, Soumyabrata Basak¹, Kun Gao¹, Hrishikesh Das², Sung-Tae Hong^{#1}, Howook Choi³,
Ju-Won Park³, Heung Nam Han³

Abstract

A concept of friction stir assisted forging (FS-forging) is demonstrated by fabricating a bimetallic ring component. A bimetallic blank, a cylindrical magnesium AZ31 core (Mg core) tightly fitted inside a tubular aluminum 6061-T6 skin (Al skin), is used. In the FS-forging process, the frictional heat and stirring of the rotating tool forges the blank into the desired shape, while simultaneously generating solid state joint between the Mg core and the Al skin without the need of external heating. The frictional heat and plastic flow provide a condition for diffusion bonding and induced intermetallic phases along the interface of the core and skin.

Key Words: Forging; Solid-state joining; Intermetallics; friction stir welding

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A2C2009939, No. 2020R1A5A6017701).

1. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan

2. Applied Materials and Manufacturing Group, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA, USA

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

교신저자: E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

Friction stir butt welding of aluminum clad aluminum thin sheets

Soumyabrata Basak¹, Mounarik Mondal¹, Kun Gao¹, Thi Anh Nguyet Nguyen¹, Sung-Tae Hong^{1,#},
Ji-Woo Lee², Hoon-Hwe Cho²

Abstract

The influence of welding parameters on FSW of roll clad AA 3003 (core) clad AA 4343 (surface layer) 1.5 mm thin sheets is investigated. The process is optimized in variation with tool rotation and travel speed, where the depth of penetration is kept constant. Microstructural investigations of weld joints confirm that the surface cladding layer is mixed into the substrate in the stir zone (SZ) and outside the SZ, no delamination between the clad layer and substrate is observed. This solid-state joining evades the materialization of defects during welding. The formation of dynamically recrystallized grains in the weld joint is also characterized in comparison with the base material. Future more, the mechanical properties through uniaxial tension and microhardness are also analyzed.

Keywords: friction stir welding; aluminum clad aluminum thin sheet; solid-state joining

Acknowledgment

This work was also supported by the Technology Innovation Program (20006974) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

1. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan

2. Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University, South Korea

교신저자: E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

Electrically assisted pressure joining of aluminum clad aluminum sheets

Thi Anh Nguyet Nguyen¹, Soumyabrata Basak¹, Thanh Thuong Do¹, Zhang Shengwei¹, Sung-Tae Hong^{1,#},
Ho-Wook Choi², Heung Nam Han²

Abstract

The electrically assisted pressure joining (EAPJ) of aluminum (3003, 1.5 mm) clad aluminum (4343, 1.5 mm) sheets is experimentally investigated. Prior to application of electric current, the pre-force is applied to the specimen assembly to create a good contact between two aluminum clad aluminum sheets, thus avoiding sparks, which may occur during joining process. After that, a compressive displacement is applied to the sheets to induce plastic deformation of joining area, while a pulsed electric current with varying current density is applied. The results of microstructural analysis confirm that the clad sheets are successfully joined in solid-state at temperatures significantly lower than the melting temperature of the selected alloys. Future more, the mechanical properties through uniaxial tension and Vickers hardness tests are also briefly evaluated.

Key Words: electrically assisted pressure joining; aluminum clad sheet, solid-state joining

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A2C2009939, 2020R1A5A6017701). This work was also supported by the Technology Innovation Program (20006974) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

1. School of Mechanical Engineering, University of Ulsan

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

교신저자: E-mail: sthong@ulsan.ac.kr

자동차 에어 서스펜션 튜브 설계를 위한 후방 압출 공정의 유한요소 해석

김현성¹ · 임성한^{2, #} · 황종일³

Finite Element Analysis of Backward Extrusion Process for Automotive Air Suspension Tube

H. S. Kim, S. H. Rhim, J. I. Hwang

Abstract

In the automobile industry, research on weight reduction of automobiles is being conducted more actively due to strengthening of fuel economy and regulation of emissions. In addition to traditional lightweight parts such as body (body in white, BIW) and chassis, it is expanding to entire automotive parts such as power units and suspensions. In this study, a tensile test was conducted on Al6061 material to analysis the backward impact extrusion molding of air suspension parts. The data obtained at the low strain rate was simulated the behavior of high strain rate data through the Backofen flow stress model. The backward impact extrusion analysis was carried out by dividing into a single-stage process and a two-stage process. The selection criteria for the process are the satisfaction of the thickness design requirements ($2.5\text{mm} \pm 0.2$) and the value of the low process factors (effective stress, effective strain, temperature, etc.) that occur during molding. As a result of the molding analysis, it was confirmed that the average thickness of the single-stage tube was 2.32mm and that of the two-stage tube was 2.43mm. In addition, the two-stage process produced relatively small process factor values compared to the single-stage process.

Key Words: Flow stress model, Backward Impact Extrusion, Finite Element Analysis

1. 서 론

대기환경 오염 증가에 따른 연비강화 및 배출가스 규제 확대가 이루어지며, 자동차 경량화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 고전적인 차량 경량화는 차체를 기반으로 하여 경량소재 사용이 주를 이루었지만, 현재는 차체를 포함한 차량의 부품 경량화를 위한 경량소재 연구 및 개발이 이루어지고 있다. [1-2]

본 연구에서는 Al6061 소재의 거동을 모사하기 위해 유동응력 모델을 제안하고 고속변형시의 유동응력 데이터와 비교하였다. 에어 서스펜션 튜브 성형 해석에 적용하여, 후방충격 압출 공정의 최적 설계를

를 진행하였다.

2. 본 론

2.1 후방충격 압출 성형해석을 위한 저속 인장시험 및 고속 인장 물성확보

Al6061 소재의 저속 인장시험을 통해 얻은 데이터는 기존 Backofen 유동응력 모델의 수정을 통해, 후방충격 압출 성형해석에 적합한 고속 물성데이터를 확보하였다. 기존의 Backofen 유동응력 모델은 식 (1), 수치 해석적인 보간을 통해 수정된 유동응력 모델은 식(2)~(5)와 같이 표현할 수 있다. [3-5]

1. 단국대학교 일반대학원 기계공학과, 석사

2. 단국대학교 기계공학과, 교수

3. 나이스 랩앤엑스, 실장

Sung-Han Rhim: Dankook University Mechanical Engineering

E-mail: shrhim@dankook.ac.kr

Table 1 Tensile test conditions

Material	Al6061
Heat treatment	Al6061-0
Strain rate	$10^{-2}\text{s}^{-1}, 5 \times 10^{-3}\text{s}^{-1}, 10^{-3}\text{s}^{-1},$ $5 \times 10^{-4}\text{s}^{-1}, 10^{-4}\text{s}^{-1}$
Specimen temperature	25°C, 60°C, 90°C, 120°C
Number of repetitions	3

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 * \dot{\epsilon}_1 * \dot{\epsilon}_2 \quad (1)$$

$$\sigma(\dot{\epsilon}, T) = K(\dot{\epsilon}, T) * \dot{\epsilon}^n * \dot{\epsilon}^m \quad (2)$$

$$K(\dot{\epsilon}, T) = 2.37 \times 10^{-2} + 74.1 * \exp\left(-\frac{T}{41.3}\right) * \exp\left(-\frac{\dot{\epsilon}}{2}\right) \quad (3)$$

$$\sigma(\dot{\epsilon}, T) = 3.55 \times 10^3 - 3.55 \times 10^7 * \exp\left(-\frac{T}{1.22 \times 10^7}\right) * \exp\left(-\frac{\dot{\epsilon}}{9}\right) \quad (4)$$

$$m(T) = 2.18 \times 10^{-1} + 1.29 \times 10^{-2}$$

$$-5 \quad -2 \quad (5)$$

(K= Strength coefficient, n=work hardening exponent,
m=strain rate sensitivity index)

2.2 후방충격 압출 성형해석을 통한 최적 공정설계

후방충격 압출 성형해석을 위해 요소 수와 공정 조건(1 단, 2 단공정)에 따른 유효응력 결과값의 수렴성을 파악하였다. 요소 수가 3000 개 이상일 경우, 유효응력 값이 수렴하였다. 최적의 공정 선정은 두께 설계요구치($2.5\text{mm} \pm 0.2$)와 성형중 발생하는 낮은 공정인자(유효응력, 유효 변형률, 온도 등)값을 통해 선정하였다. 제품하단부 100mm 위치에서 250mm까지

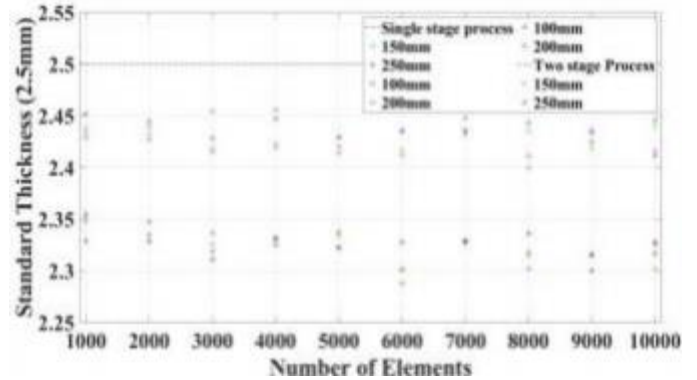
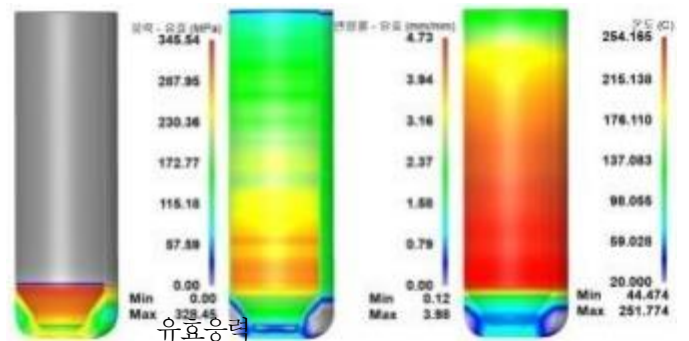


Fig. 2 Product Thickness results according to analysis conditions

유효요소해석 결과로, 2 단공정이 1 단공정에 비해 유효응력과 온도가 낮게 발생하였고, 유효 변형률은 동일하게 발생하였다. 1 단공정은 최대



369Mpa, 2 단공정은 345Mpa 가 발생하였다. 또한 성형 50mm 간격으로 측정하였다. 1 단공정 튜브의 평균두께는 2.32mm, 2 단공정 튜브의 평균두께는 2.43mm 로 2 단공정이 설계기준에 근사하였다.

2.5mm

Fig. 1 Product thickness by number of elements

공정 중 발생하는 최대 온도는 1 단공정이 285°C, 2 단공정이 254°C로 확인하였다.

Fig. 3 Finite element analysis result
(Two stage process)

3. 결 론

본 연구에서는 에어 서스펜션 튜브의 후방충격 압출 공정설계를 위한 고온, 고속 인장시험데이터를 Backofen 유동응력 모델을 통해 획득하였다. 유한요소 해석프로그램을 통해 요소 수와 공정종류(1 단공정, 2 단공정)에 따른 성형성을 파악하였다. 두께 설계요구 기준과 공정인자 결과값의 비교를 통해 최소 설계요건을 만족하는 공정을 선정하였다.

- (1)후방충격 압출 성형해석을 위한 물성 데이터는 Backofen 유동응력 모델을 통해 낮은 변형률 속도의 물성데이터로 높은 변형률 속도의 물성 거동을 모사하였다.
- (2)요소 수가 3000 개 이상일 경우 유효응력의 결과가 수렴하는 것을 확인하였으며, 유한요소해석 조건으로 선정하였다.
- (3)후방충격 압출 성형 해석 결과로 2 단공정의 제품 평균두께는 2.43mm, 1 단공정은 2.32mm 로 2 단공정이 설계 요구기준($2.5\text{mm} \pm 0.2$)에 근사한 결과를 보였다.
- (4)공정인자(유효응력, 유효 변형률, 온도 등) 값 중 유효응력, 온도는 2 단공정이 1 단공정에 비해 낮게 발생하였다.
- (5)2 단 공정의 경우 최소 설계요건($2.5\text{mm} \pm 0.2$)을 충족하였고, 후방충격 압출 성형공정으로 선정하였다. 하지만 최적의 결과를 얻기 위해서 후속연구가 필요하다.

후 기

본 논문은 2020년도 한국산업기술진흥원의 재원으로 광역협력권 산업 육성사업 지원을 받아 수행된 연구임. (R202000469)

REFERENCES

- [1] H. B. Cha, 2018, "A Study on Automation of Adhesive Process for Quality Improvement of Suspension Bushing for Passenger Car", Master's thesis, Jeonju University, Jeonju.
- [2] Y. Liu, 2008, "Recent Innovations in Vehicle Suspension Systems", Recent Patents on Mechanical Engineering, Vol. 1, No. 3.
- [3] H. S. Choi, 2014, "Failure Prediction Using Temperature and Strain Rate Dependant Forming Limit Diagram in Hot Stamping Process and Its Application", Doctoral thesis,

Busan National University. Busan.

- [4] D. S. Fields, W. A. Bachofen, "Determination of strain hardening characteristics by torsion testing, " Proceedings – American Society for Testing Materials, Vol. 57, pp.1259~1272, 1957.
- [5] E. G. Ji, 2020, "Modeling of aluminum material properties for the design of motor vehicle air suspension tubes", Master's thesis, Dankook University, Yongin

Liquid Metal Flex Spline의 주조 및 가공

유근희¹ · 김지영¹ · 박은수[#]

Casting and Machining of Liquid Metal Flex Spline

G. H. Yoo, J. Y. Kim, E. S. Park

Abstract

하모닉드라이브는 초정밀 위치제어, 고감속비, 소형경량화, 저소음과 같은 우수한 특성을 가지므로써 로봇 및 정밀 공작기계 등 차세대 핵심 산업분야의 활용이 기대되는 부품이다. 하모닉드라이브의 성능 및 신뢰성에 있어 부품의 설계 뿐만 아니라 소재의 물성이 큰 영향을 미치며, 특히 기어의 감속비를 결정함과 동시에 출력축에 동력을 전달하는 역할을 하는 하모닉드라이브의 주요 부품인 Flex spline은 구동시 타원형태로 탄성변형되면서 감속동력을 전달하기 때문에 지속적인 변형이 이루어져 소재 및 가공방법이 매우 중요하다. 본 연구에서는 고강도, 고탄성, 고성능을 가지는 비정질 합금 (Liquid metal)을 Suction casting을 통한 주조, 선반가공 및 방전가공을 활용한 정밀 가공을 통하여 Flex spline을 성공적으로 제조하였으며 제조한 Flex spline을 이용하여 특성을 평가하여 비정질 합금의 부품화 가능성을 검토하였다.

Key Words : Harmonic drive, Flex spline, Liquid metal, Casting, Precise machining,

1. 서론

하모닉드라이브는 초정밀 위치제어, 고감속비, 소형경량화, 저소음이 요구되는 로봇산업 및 정밀 공작기계 등에 사용되는 주요 부품으로써 향후 활용분야가 무궁무진하다. 그 중 하모닉드라이브의 핵심부품인 Flex spline은 구동시 타원형태로 탄성변형되면서 감속동력을 전달하는 독특한 거동을 보여 지속적인 변형이 가해지기 때문에 소재의 우수한 물성이 제품의 성능 및 신뢰성에 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 고강도, 고탄성, 고성능을 가지는 비정질 합금을 도입하여 Flex spline을 주조, 가공하여 최종적으로 비정질 Flex spline의 성능을 평가하고자 하였다.

2. 실험방법

Flex spline의 모형상인 Cup-shape의 원통형 벌크 비정질 시편을 제조하기 위하여 Arc-melting 장비를 이용하여 금속을 용융한 뒤 Suction-casting 방법을 활용하였다. 이를 위하여 주조된 시편이 비정질 구조를 가지게 하기 위하여 수냉이 이루어지는 Copper mold의 설계를 통하여 빠른 냉각속도를 가질 수 있도록 설계하였으며, 비정질 형성능이 최대 15mm로 우수한 $Zr_{57}Co_{28}Al_{15}$ 합금을 모합금으로 사용하였다. 주조한 모형상의 외경 및 내경을 초경합금을 이용한 선반 가공 및 연마 스톨을 이용한 연마가공으로 가공하였으며, 기어부분은 방전가공을 사용하여 정밀가공을 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 $Zr_{57}Co_{28}Al_{15}$ 합금을 Suction casting을 통하여 Cup-shape의 원통형 비정질 벌크 시편을 성공적으로 주조할 수 있었으며, XRD 분석을 통하여 비정질이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이후 제조된 시편에 대해 선반 가공 및 연마 가공을 통하여 내·외부 치수 정확도를 확보하였으며, 최종적으로 방전가공을 통하여 기어부분의 정밀가공을 진행하였다. 제조한 Liquid Metal Flex Spine의 경우 기존 Stainless steel을 활용한 경우 보다 상대적으로 우수한 피로 변형 저항특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에는 Liquid Metal Flex Spine을 성공적으로 주조 및 선반가공, 연마가공, 방전가공을 통하여 정밀가공하여 치수 정확도를 확보해 성능평가를 진행함으로써, 벌크 비정질 합금의 부품화·상용화를 위해 필수기반기술인에 관한 일반적인 가이드 라인을 제시할 수 있었다.



그림 1. 하모닉드라이브의 주요부품 및
가공한 비정질 Flex spline

1. 서울대학교 재료공학부, 신소재공동연구소

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

열역학적 계산을 통한 절삭성이 향상된 무연 황동 개발

예정원¹, 윤국노¹, 이시연², 박은수[#]

Development of Lead-free Brass with Improved Machinability through thermodynamic calculation

Jeongwon Yeh, Kook Noh Yoon, Si Yeon Lee, Eun Soo Park[#]

Abstract

납을 포함하는 구리-아연 합금인 유연 황동은 구형의 납 개재물을 형성시켜 절삭 가공성을 향상시켰다. 그러나 수도관 등으로 활용되는 황동 소재에 함유된 납은 다양한 환경 문제를 일으킬 뿐만 아니라, 중금속 오염 등의 문제로 인하여 세계적으로 사용이 금지되고 있는 추세이다. 따라서, 최근 대부분의 선진국에서 납이 거의 검출되지 않는 수준의 무연 황동 사용을 요구하고 있기 때문에 그 대체재의 개발이 절실히 필요하다. 이에 따라 비스무스 등을 활용하는 무연 황동 개발이 진행되어 왔으나 아직까지 확실한 대안이 제시되고 있지 못한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 열역학 데이터베이스 기반 시뮬레이션(CALPHAD) 방법을 통해 기존의 납이 하던 윤활 제2 상의 역할을 대체할 수 있는 새로운 윤활 제2 상을 포함하는 무연 황동 실험합금을 설계하였고, 강도/연성 등의 물성 평가, 경도 평가, 그리고 가공성 평가를 통해 재료의 복합적인 기계적 특성을 체계적으로 평가하였다. 본 연구를 통하여 환경문제로 사용 제약이 가시화되고 있는 유연 황동을 대체할 고절삭성 무연 황동 신소재 개발에 관한 새로운 가이드라인을 제시하고자 한다.

Keywords : Lead-free Brass, CALPHAD, Phase separation, Globule particle, Machinability

1. 서론

황동 소재는 구리(Cu)와 아연(Zn)의 합금으로 연성과 절삭성이 우수할 뿐만 아니라 부식 저항성이 커서 복잡한 가공이 필요한 배관설비, 수도꼭지, 가스 파이프 등 다양한 분야에 활발히 활용되고 있다. 특히 황동 소재의 경우 일반적으로 절삭성의 향상을 위해 소량의 납을 첨가하여 연질의 제 2 상 납 석출물을 형성시켜 절삭시 불연속적인 스크랩 형성으로 절삭 가공성을 향상시켰다. 그러나 수도관 등으로 활용되는 황동소재내 함유된 납 사용에 대한 부정적 인식이 증대되어 선진국을 중심으로 무연 황동 개발에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 하지만 우리나라에는 아직도 관련 소재기술에 대한 규제 등이 시행되지 않았고 대부분의 원소재를 수입에 의존하고 있는 실정이어서 선제적으로 관련 소재에 관한 연구개발이 필요한 시점이다.

2. 실험방법

황동 소재는 소재에 석출물의 형상과 미세구조에 따라 절삭성이나 가공 능력이 현저하게 변해된다고 알려져 있다. 따라서 급격한 취성 파괴를 야기하는 입계로의 석출물 형성을 방지하고, 절삭성 등의 향상을 위한 구형의 석출물을 형성시키고자 하였다. 이를 위해 제조된 합금에 대해 체계적인 조건에 맞추어 냉각 압연 혹은 소둔 처리 등을 통해 최적의 석출물 형상을 제어할 수 있는 합금 공정을 진행하였다. 이후 강도/연성 등에 대한 물성 평가를 수행하였고, 이와 동

시에 경도 평가와 가공능 평가를 수행함으로써 재료의 복합적인 기계적 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 납 사용량을 줄임과 동시에 절삭성을 극대화할 수 있는 신합금 개발을 행하고자 하였다. 이를 위하여, 우선적으로 합금화하였을 때 Cu와 편정 반응을 통해 상분리되는 원소 Fe를 열역학 데이터베이스 기반 시뮬레이션 (CALPHAD) 방법을 통하여 선정하였다. 이후 후가공 공정 조건의 제어 등을 통해 석출상의 형상을 제어하여 고강도 고연성의 신합금을 개발할 수 있었다. 특히 본 연구에서는 상대적으로 고가인 Cr, Ni 등의 스테인리스강 형성 원소들을 직접 첨가하는 대신 스테인리스강 스크랩을 활용함으로써 경제성을 극대화하였다. 이후 개발된 합금에서 Cu, Fe와 양의 혼합열을 갖는 Sn 또는 V을 소량 첨가하여 개발된 합금의 미세구조를 기존 유연 BRASS과 비슷하게 BRASS 기지 내에 제 2 석출상이 구형으로 존재하는 미세구조를 가진 신합금을 개발하였다. 인장실험 등을 통하여 항복강도 200 MPa 이상, 연신을 20% 이상의 우수한 기계적 특성 뿐 아니라 공구 가공을 통하여 절삭성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 BRASS 기지 합금에 SUS 304 합금 스크랩 및 Sn, V을 첨가하여 유해 원소인 Pb, Be 없이 우수한 강도, 부식 특성 및 냉간 가공성을 보이는 신합금을 개발하였다. 부연하면 본 연구를 통해 개발된 합금은 고강도/내부식성 석출물은 스테인리스강 석출을 통해 강도 및 내부식성이 향상된 특성을 나타내며, Sn과 V을 첨가하여 기존의 유연 황동이 가지는 구형 제 2 상 석출 미세구조를 가져 절삭성이 향상되었다. 특히, 주조 후에는 후처리 공정을 통해 도전적인 목표인 고강도 (200 MPa 이상), 고연신 (20 % 이상)의 특성을 달성하였으며 이러한 기계적 특성은 향후 상용화에 적합할 것으로 기대된다. 현재 Bi 기반의 무연 황동만이 전 세계적으로 무연 황동 개발의 방향으로 제시되고 있는 상황에서, 열역학적 계산을 통한 신합금 설계 전략을 적용한 무연 황동 신소재의 개발을 통해 소재 원천 기술 확보 및 향후 새로운 소재 시장의 개척이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] H. Imai, Y. Kosaka, A. Kojima, S. Li, K. Kondoh, J. Umeda, H. Atsumi, Characteristics and machinability of lead-free P/M Cu60–Zn40 brass alloys dispersed with graphite, Powder technology 198(3) (2010) 417-421.
- [2] C. Nobel, F. Klocke, D. Lung, S. Wolf, Machinability enhancement of lead-free brass alloys, Procedia CIRP 14(95-100) (2014) 118.
- [3] C. Vilarinho, J. Davim, D. Soares, F. Castro, J. Barbosa, Influence of the chemical composition on the machinability of brasses, Journal of materials processing Technology 170(1-2) (2005) 441-447.

1. 서울대학교 재료공학부
 2. 원진 금속
 # 박은수: 서울대학교 재료공학부, 정교수. E-mail: espark@snu.ac.kr

다축대각단조(MADF) 1G 및 2G 공정에 따른 IF 강의

미세조직 및 집합조직 변화에 대한 연구

정효태^{*}, 권상철^{*}, 김순태^{*}, 이철우^{*}, 조유연^{****}, 김민성^{**}, 김정균^{**}, 이성^{***}, 최시훈^{**},

^{*}강릉원주대학교, ^{**} 순천대학교, ^{***}국방과학연구소, ^{****}주식회사솔루션소재

다축대각단조(multi-axial diagonal forging second generation, 이하 MADF) 가공법은 기존의 강가공법들과 비교했을 때 공정 중 재료의 손실이 거의 없고 가공전후의 형상변화가 없으므로 반복적으로가공이 가능한 강소성 가공법이다. MADF 2G의 전체 공정은 기존 MADF 1G 공정에서 두께감소율이 30%인 면단조(plane forging, PF)와 복귀 면단조(return-plane forging, R-FP)공정을 제외한, 대각단조(diagonal forging, DF)와 복귀 대각단조(return-diagonal forging, R-DF)로 구성되며 총 12 패스(1 cycle)로 구성되어 있다. IF 강의 MADF 1G 및 2G 공정은 상하 복동식 프레스를 사용하여 상온에서 윤활 상태로 가공하였다.

이 연구에서는 체심입방정(BCC) 결정구조인 IF 강을 25 mm 길이의 정육면체로 제작한 후, MADF 1G 공정과 MADF 2G 공정을 적용하여 1 사이클 가공한 IF 강을 비교하였으며, MADF 2G 공정을 적용하여 중간 열처리 없이 1, 2, 3, 4 사이클(cycles) 가공하였다. MADF 2G 공정으로 4 사이클을 가공한 IF 강가공재는 외부 균열 없이 건전하게 소성가공 된 것을 확인하였다. MADF 가공한 IF 강의 EBSD 측정을 통하여 소재의 위치별로 미세조직과 집합조직의 발달을 비교 분석하였으며, MADF 공정에 의한 결정립 미세화 효과를 해석하였다.

keyword: Interstitial-Free Steel, MADF 2G, EBSD, Texture, Microstructure

금형의 수명 향상을 위한 열 표면처리기술

박현준¹ · 안기원² · 문경일[#]

Heat & Surface Technologies for the Life improvement of Dies and Molds

Hyun Jun Park, Kee Won Ahn, Kyoung Il Moon (Times New Roman 10pt)

일반적으로 금형 손상은 소착 및 용손, 마모 그리고 파손에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 또한, 반복적인 열과 하중에 의한 표면부의 히트 체크는 대
상품의 표면 품질을 저하시키는 대표적인 원인이며 최종적으로 파괴의 원인이
된다. 최종적으로 금형의 손상의 양상은 몇 가지 범주에서 결정되지만, 이러한
결과에 도달하게 되는 원인은 그림 1 과 같이 다양한 문제에서 발생하게 된다.
결국, 문제의 원인에 따른 대응책도 다양해질 수밖에 없을 것이다. 따라서, 금
형 종류별 파손의 종류를 확인하고 사용조건에 따른 최적의 대응책을 마련하는
것이 매우 중요할 것이다.

금형을 조기에 보수하거나 교체하는 것은 생산 코스트 및 보수 경비의 증가와
생산 중단을 가져와 제조 원가 상승의 가장 큰 원인이 된다. 이러한 중요성을
가진 금형의 수명을 결정하는 요인을 정리하면 그림 1 과 같다.

1. 한국생산기술연구원 연구원(바탕, 7pt)

2. 한국생산기술연구원 사흥뿌리기술지원센터, 학생연구원

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

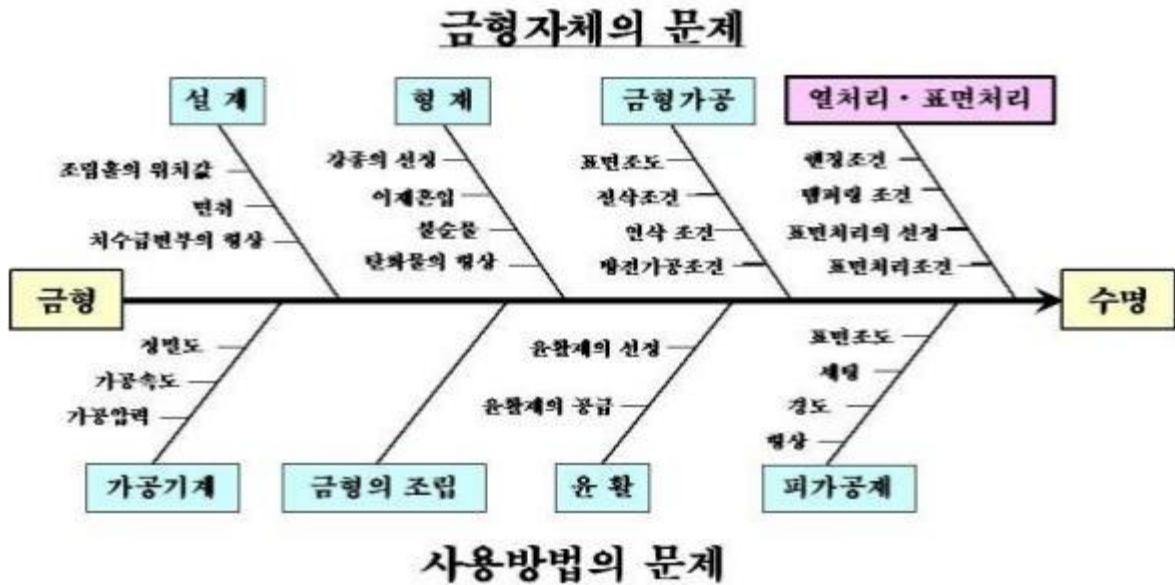


그림 1. 금형 수명에 영향을 미치는 중요 인자

결국 금형의 수명을 향상시키기 위해서는 소재의 선택, 최적 설계, 가공, 공정 선택 등 다양한 분야에 대한 복합적인 검토가 필요하지만, 최종 품질을 결정하는 기술이 열처리, 표면처리기 때문에 관련기술에 대해 잘 이해하고 정확한 대응만 하여도 보다 우수한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

본 발표에서는 금형의 수명 향상을 위한 열처리, 표면처리 기술의 국내외 현황을 소개하고, 한국생산기술연구원 시흥뿌리기술지원센터의 보유 원천 기술을 소개함과 동시에 소성가공분야의 금형 수명향상을 위한 향후 협력방안을 도출하고자 한다.

열기계가공 공정을 통한 $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 고엔트로피 합금의 가공성 및 기계적 물성 극대화

구강희¹, 문종언^{1,2}, 박정민¹, 배재웅³, 이병주^{1,2}, 이성학^{1,2}, 김형섭^{1,2,4,#}

Enhancing workability and mechanical properties of $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ high-entropy alloy via thermo-mechanical process

G. H. Gu¹, J. Moon^{1,2}, J. M. Park¹, J. W. Bae³, B. J. Lee^{1,2}, S. Lee^{1,2}, H. S. Kim^{1,2,4,#}

Abstract

본 연구에서는 연질의 face-centered cubic (FCC) 기지상과 경한 ordered body-centered cubic (B2) 상의 복합상을 나타내는 $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 고엔트로피 합금에 대한 열-기계가공 공정 적용을 통해 미세조직 제어 기반 가공성 및 기계적 물성 극대화를 유도하였다. 주조재의 조대한 주조 조직을 파괴하기 위해 냉간 압연이 적용되었다. 이러한 가공 공정을 위해 고온에서의 용체화 열처리가 사전 수행되었으며, 우수한 냉간 압연성을 확보하였다. 또한, 냉연재에 대해 어닐링 열처리를 수행함으로써 등축정의 미세한 FCC 결정립과 B2 상이 혼재된 미세조직을 얻어내 별도의 조성 변화 없이 석출상 분율 및 기지상 미세조직의 효과적 인 제어를 통해 기존에 보고된 합금계 인장 물성 대비 우수한 상온 항복강도-연신율 조합을 얻어내었다.

Key Words : High-entropy alloy (HEA), Thermo-mechanical process, Phase transformation, Microstructural optimization, Mechanical properties

1. 서론

대표적인 face-centered cubic (FCC)계 고엔트로피 합금(high-entropy alloy, HEA)인 CoCrFeMnNi 합금은 우수한 극저온 파괴인성 및 내식성 등 많은 장점에도 불구하고 상용 소재 대비 상대적으로 낮은 항복 강도로 인해 실산업 적용이 어려운 단점을 지닌다. 이때, CoCrFeMnNi 합금은 Al 함량이 증가함에 따라 경량화의 효과와 더불어 FCC 단상에서 석출되는 AlNi-rich ordered body-centered cubic (B2) 분율이 증가해 연신율의 감소와 함께 항복 강도의 향상이 일어나는 것으로 알려져 있다. 특히, 8-11 at%의 Al을 함유한 합금은 FCC 기지상에 적절한 B2 함량을 나타내어 양호한 강도-연신을 조합을 나타내는 것으로 보고된다 [1]. 한편, 소재의 기계적 물성은 상분율 뿐만 아니라 이차상의 크기, 형상 및 분포에 의해 변한다. 특히, 소재 내 이차상 분율 및 특성 제어는 조성의 변화뿐만 아니라 적절한 소성가공 공정 및 열처리 조건 변화를 통해 충분히 제어가 가능하다. 본 연구에서는 $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 합금에 대한 다양한 조건에서의 열-기계가공 공정을 통한 미세조직 최적화 기반 가공성 및 인장 물성 극대화를 유도하였다.

2. 실험방법

본 연구에 활용된 $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 합금은 진공유도용해를 통해 제작되었다. 이때, 열기계가

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교 고엔트로피합금연구단

3. Max-Planck Institute für Eisenforschung

4. 포항공과대학교 철강대학원

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

공 공정 적용을 위한 가공성 확보를 위해 Thermo-calc 계산(그림 1. (a)) 기반 서로 다른 온도 (1000 °C, 1100 °C, 1200 °C)에서의 6 시간 동안의 균질화 열처리가 수행되었다. 이후, 해당 시편들에 대한 압하율 ~64%의 냉간 압연을 수행하여 가공 도중의 균열 성장 평가를 진행하였다. 이를 통해 도출된 최적 가공성의 균질화재에 대해 7.0 mm에서 1.5 mm로의 높은 압하율(~78%)의 냉간 압연이 수행되었으며, 적절한 연성 확보 및 상분을 제어하기 위해 1000 °C에서 15 분, 1100 °C에서 10 분, 1200 °C에서 5 분 조건의 어닐링 열처리가 수행되었다. 본 시편들의 미세조직학적 특성은 optical microscopy (OM), X-ray diffraction (XRD), field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) 기반 energy dispersive spectroscopy (EDS) 및 electron backscatter diffraction (EBSD) 분석을 통해 수행되었다. 상온 인장 시험은 Instron 장비 기반 10^{-3} s^{-1} 변형률 속도에서 digital image correlation (DIC) 기법을 활용하여 조건 별 3 회씩 반복 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

$\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 고엔트로피 합금 주조재에 대한 균질화 열처리 수행 결과, 1000 °C 및 1100 °C 균질화재는 B2가 혼재된 복합상을 나타내어 냉간 압연 시 edge crack이 발생하는 결과와 달리, 1200 °C 균질화재는 용체화 처리되어 FCC 단상을 나타내어 양호한 냉간압연성을 보여주었다(그림 1. (b)). 이러한 1200 °C 균질화재에 대한 냉간 압연 적용 및 어닐링 처리 수행 시, 마찬가지로 1200 °C 어닐링재는 조대한 FCC 단상의 미세조직을 나타내었으며 1000 °C, 1100 °C 어닐링재는 각각 ~11%, ~4%의 B2 분율과 Zener pinning effect로 인한 등축정의 FCC 결정립을 나타내었다(그림 1. (c)). 해당 시편들에 대한 인장 시험 결과, 1000 °C 및 1100 °C에서 어닐링을 진행한 시편은 Al 함유 CoCrFeMnNi 합금계 주조재 대비 월등히 우수한 항복강도-연신을 조합을 나타내었다(그림 1. (d)).

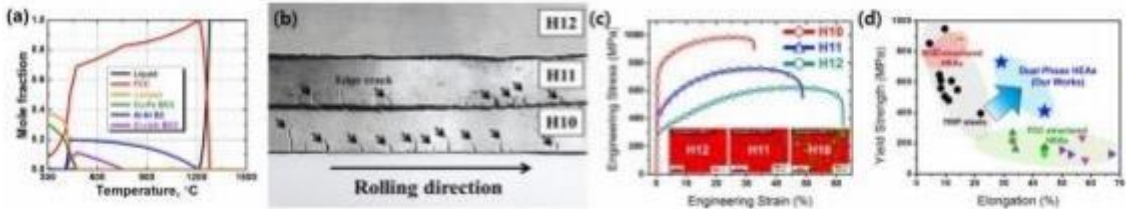


그림 1. (a) $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 합금의 온도에 따른 상분을 변화, (b) 균질화 온도에 따른 냉간 압연 시의 edge-crack, (c) 열처리 온도에 따른 미세조직 변화 및 인장 물성 변화 및 (d) FCC 계 및 BCC 계 단상 고엔트로피 합금 대비 향상된 항복강도-연신을 조합

4. 결론

$\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ 고엔트로피 합금의 AlNi-rich B2 상은 강도 향상에 도움을 주지만 취성으로 인해 가공성 및 연신율에 악영향을 끼침에 따라 B2 상의 적절한 분율 및 분포 제어가 필요하다. 이때, 1200 °C의 균질화 열처리는 경한 B2 상의 완전 고용을 통해 가공성을 향상시킬 수 있으며, 냉간 압연을 통한 재결정 구동력 부여 및 어닐링을 통한 이차상 재석출을 통해 한 조성 내에서도 사용자 맞춤형 물성을 얻어낼 수 있는 미세조직 제어가 가능하다.

참고문헌

- [1] J. W. He et al., Effects of Al addition on structural evolution and tensile properties of the FeCoNiCrMn high entropy alloy system, *Acta Mater.* 62 (2014) 105-113.
- [2] J. Moon et al., Effects of homogenization temperature on cracking during cold-rolling of $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ high-entropy alloy, *Mater. Chem. Phys.* 210, (2018) 187-191.
- [3] J. M. Park et al., Effect of annealing heat treatment on microstructural evolution and tensile behavior of $\text{Al}_{0.5}\text{CoCrFeMnNi}$ high-entropy alloy, *Mater. Sci. Eng. A.* 728, (2018) 251-258.

기계적 합금과 고압비틀림 공정으로 제작한 FeCuNi 합금

김은성¹ · Peyman Asghari-Rad^{1,3} · 김형섭^{1,2,3,#}

Abstract

본 연구에서 새로운 FeCuNi 중엔트로피 합금(Medium-entropy alloy, MEA)이 열역학적 상태도(CALPHAD)계산을 통해 설계되었다. FeCuNi MEA의 합금은 순수한 철, 구리 그리고 니켈 분말을 이용하여 기계적합금을 수행하여 제작되었다. 제작된 합금 분말은 고밀도의 합금으로 제작하기 위해 압축 및 소결 그리고 고압비틀림 공정이 세가지의 비교조건으로 수행되었다. 각각 저압으로 압축된 합금분말의 소결, 고압으로 압축된 합금분말의 소결 그리고 고압비틀림 후 열처리로 합금이 제작되었다. 각 공정으로 제작된 합금의 밀도는 고압비틀림 공정으로 제작한 합금에서 이론적 밀도의 99%로 가장 뛰어나게 제작되었다. 제작된 합금의 미세조직의 분석은 EBSD를 통해 수행되었으며 다양한 공정에서 미세조직 형성이 열역학적 계산과 일치되었습니다.

Key Words : Alloy design, Medium-entropy alloy (MEA), Mechanical alloying, High-pressure torsion (HPT)



참고문헌 (독움 12pt)

P. Asghari-Rad, H.S. Kim, 2020, Fabrication of FeCuNi alloy by mechanical alloying followed by consolidation using high-pressure torsion, J. Korean Powder Metall. Inst., Vol. 27, No.1, pp. 1-7

1. 포항공과대학교 신소재공학과, 대학원생

2. 포항공과대학교 철강대학원, 교수

3. 포항공과대학교 고엔트로피합금연구센터, 센터장

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

Interface characterization of layered material of 316L stainless steel and inconel 718 fabricated by laser metal deposition

사공만재¹, 박정민¹, 김은성¹, 김형섭^{1, #}

M. J. Sagong¹, J. M. Park¹, E. S. Kim¹, H. S. Kim^{1,2, #}

Abstract

Functionally Graded Material (FGM)은 서로다른 Material 을 융합시켜 이질된 두가지 Property 를 하나의 material 에서 구현할 수 있는 소재로, Graded zone 을 형성하여 Material 의 조성을 변화시키면서 동시에 Property 를 점진적으로 변형시킬 수 있는 것으로 특히, 극초음속에서 열 변형 및 팽창 특성에 영향을 받는 wall spacecraft 소재, 특성 환경에서 점진적으로 전도 특성이 바뀌는 반도체 등 여러분야에서 큰 관심을 받고있다 [1]. 한편, 이러한 FGM 은 Metal powder 의 분사와 레이저 조사를 동시에 수행하는 공정 특성을 바탕으로하는 금속 적층제조(Additive Manufacturing; AM) 공정의 한 방법인 Laser Metal Deposition (LMD)로 용이하게 구현할 수 있다.

본 연구에서는 적층제조용 소재로 가장 많이 활용되는 316L 스테인리스강 분말 및 Inconel 718 분말을 활용하여 가장 기본적인 FGM 의 형태인 layered structure 를 조형하고, Microstructure 분석하고 Interface 의 특성을 연구하고, 거시적인 석출물 발생 양상의 정량적으로 산출하여 분석하였다.

Keywords: Laser Metal deposition, Stainless Steel 316L, Inconel 718, Additive Manufacturing, Functionally Graded material

참고문헌

[1] Adda Hadj Mostefa, Slimane Merdaci, Noureddine Mahmoudi, An Overview of Functionally Graded Materials <<FGM>>, (2018).

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교, 고엔트로피합금연구단

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

마그네슘 브라켓 밀폐단조 공정설계

유재동¹ · 문호근¹ · 전만수[#]

Process design of flashless closed-die forging of magnesium bracket

J. D. Yoo, H. K. Moon, M. S. Joun

Abstract

In this study, a feasibility study of hot forging of magnesium forging is conducted using a rigid-thermoviscoplastic finite element method. The effect of non-isotropic flow behaviors is discussed for the feasibility study of fully closed die forging based on forging simulation techniques is tested, resulting in that isothermal analysis can give us engineering solutions especially in the stage of conceptual design.

Key Words : Anisotropy(이방성), Magnesium alloy(마그네슘 합금), Closed-die forging(밀폐단조)

1. 서론

마그네슘은 HCP 구조를 한 금속으로 제한된 슬립 시스템으로 인하여 냉간성형이 불가능하고, 고온에서도 다소의 유동의 이방성을 갖는다. 이 연구는 재료의 이방성이 재료의 변형에 미치는 영향과 함께 공정설계를 위한 단조 시뮬레이션 응용 사례를 제시한다.

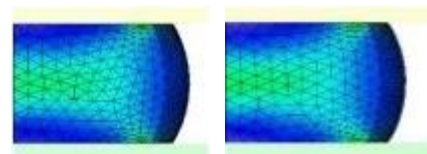
2. 전단공정의 이론적 및 수치적 연구

Fig. 1 은 재료의 이방성[1]과 등방성의 조건으로 해석한 업세팅 공정을 비교하고 있다. 마찰조건과 재료의 유동응력(이방성은 주축에 대한)은 동일하다고 가정하였다. 해석결과, 형상과 하중의 측면에서 차이가 크지 않다는 것을 확인하였다.

Fig. 2 는 전기차용 마그네슘 브라켓의 밀폐단조 공정의 개발을 목적으로 진행한 시험 공정 중의 하나를 나타낸다.

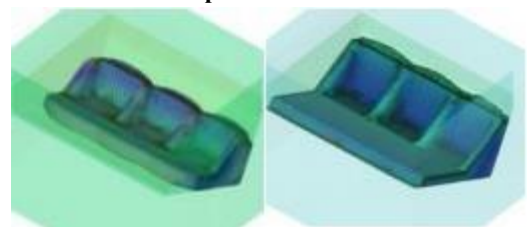
3. 결론

이 연구에서는 마그네슘의 열간단조 중에서 이방성의 영향을 분석하고 공학적으로는 등방성에 근거한 종래의 단조시뮬레이션 기술의 유용함이 입증되었다.



Max load-351 kN (a) Isotropic
Max load-358 kN (b) Anisotropic

Fig. 1 Comparison between isotropic and anisotropic results



(a) Stage 1 (b) Stage 2

Fig. 2 Mg bracket closed-die forging process

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국제공동기술개발사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과임. (과제번호 P0011877)

참고문헌

- [1] Q. Wang, Z.M. Zhang, X. Zhang, J.M. Yu, 2008, Precision forging technologies for magnesium alloy bracket and wheel, Trans. Nonferrous. Met. Soc. China, 18, 205-208.

1. (주)MFRC

교신저자: 경성대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

냉간단조에서 재료의 불안정성에 관한 실험적 연구

김광민¹ · 유재동² · 전만수[#]

Experimental study on instability of material in cold forging

K. M. Kim, J. D. Yoo, M. S. Joun

Abstract

In this study, flow behaviors of an aluminum alloy is studied with emphasis on their effect on macroscopic responses occurring in automatic multi-stage cold forging of aluminum yoke. Instability of material flow is experimentally observed in terms of non-symmetry of forging even though the process and material has two planes of symmetry.

Key Words : Aluminum alloy (알루미늄 합금), Flow Instability (유동의 불안정성)

1. 서론

알루미늄 합금 중에는 상온에서 변형경화능이 극히 작은 것들이 다수이다. 그리고 냉간단조 중, 온도변화에 따른 영향의 과다로 인하여 소재의 불안정성에 노출되는 경우가 빈번하다.

2. 본론

Fig. 1(a)는 승용차의 조향장치용 알루미늄 요크 단조공정 개발 중에 발생한 재료의 비대칭성을 가진 사례이다. Fig. 1(b)에서 확인할 수 있듯이 대칭성을 가진 제품임에도 불구하고, 재료의 비대칭성, 즉 좌우 두께차가 확대되는 결과로 나타났다. Fig. 2는 그 원인 분석을 위한 소재의 유동응력을 나타내고 있다. 변형을 및 온도의 증가에 따른 연화현상이 뚜렷하게 나타난다.

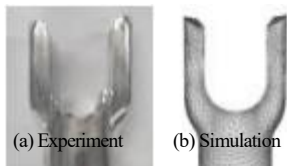


Fig. 1 Comparison of Aluminum yoke between experiment and simulation

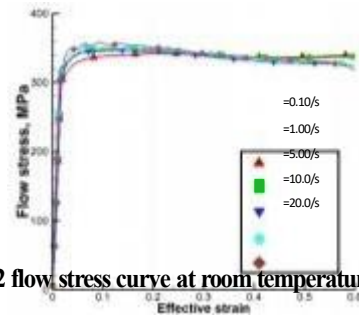


Fig. 2 flow stress curve at room temperature

3. 결론

이 연구에서는 알루미늄 냉간단조 시 온도상승과 상온에서의 연화현상과 재료 유동의 불안정성에 관한 실험적 연구를 실시하였다.

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국제공동기술개발사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과임. (과제번호 P0011877)

참고문헌

- [1] J. D. Yoo, T. M. Hwang, M. S. Joun, 2019, Finite Element Prediction of Temperature Variation of Material and Dies in Aluminum Forging, Key Engineering Materials, 2019, 830, 93-100.

1. ㈜성진포머

2. ㈜MFRC

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

AL 납작관의 부식관통 저항성에 영향을 미치는 제조공정 유효인자 분석

전영호¹ · 김우성² · 이승철[#]

Analysis of effective factors in manufacturing process affecting corrosion penetration resistance

Y.H. Jeon, W. S. Kim, S. C. Lee

납작관(flat tube)은 에어컨용 PFC(Parallel Flow Condenser, 평행관류응축기)의 핵심부품으로 압축기에서 보내온 고온, 고압의 냉매를 응축 액화하기 위해 냉매의 열을 외부 공기중으로 방출하는 역할을 수행하는 핵심 열교환 부품으로써, 염수분무시험 1,800 시간 이상 부식관통 저항성을 갖는 히트싱크용 납작관 미세압출기술 개발 과제 중 납작관의 부식저항성에 영향을 미치는 제조공정의 유효인자 분석과 그 결과에 따른 회피기술 개발에 관련하여, 부식관통 저항성 요구수준을 만족하는 알루미늄 합금소재 선정하였으며, 부식관통 저항성에 영향을 미치는 제조 공정 유효인자 분석 및 개선안 도출 하였고, 압출품질 및 생산성 향상을 위한 납작관 제조 공정 요소기술에 대하여 연구하였다.

. The flat tube is a core part of the PFC (Parallel Flow Condenser) for air conditioners. It is the core that discharges the heat of the refrigerant into the outside air to condense and liquefy the high temperature and high pressure refrigerant sent from the compressor. As a heat exchange part, in the development of micro-extrusion technology for flat pipes for heat sinks that have corrosion resistance for more than 1,800 hours in salt spray test, analysis of effective factors in the manufacturing process that affects the corrosion resistance of flat pipes and development of avoidance technologies according to the results Relatedly, an aluminum alloy material that satisfies the required level of corrosion penetration resistance was selected, an effective factor in the manufacturing process that affects the corrosion penetration resistance and an improvement plan were derived, and a study on the element technology of the flat pipe manufacturing process to improve extrusion quality and productivity.

마그네슘 합금 판재의 평면 DIC 측정을 위한 지그 개발과 이를 활용한 단축 변형 특성 분석

강정은¹ · 유지윤¹ · 최인규¹ · 유제형² · 이창환[#]

Development of tens of jigs for planar measurement with DIC and determination of magnesium material properties using jigs

J. E. Kang, J. Y. Yoo, I. G. Choi, J. H. YU, C. W. Lee

Abstract

마그네슘 합금의 비강도는 철의 4 배, 알루미늄의 1.5 배이다. 이로 인해 경량화를 추진하고 있는 운송산업에서 활용이 증가하고 있다. 마그네슘 합금은 상온에서 비교적 슬립면이 적은 HCP (Hexagonal closed packed) 구조로 상온에서 성형성이 낮다. 하지만 성형 온도가 증가함에 따라 마그네슘 합금은 부가적인 다른 슬립계의 활성화로 인하여 성형성이 크게 향상되며, 온도에 따라 유동응력, 연신율이 큰 차이를 보인다. 또한 마그네슘 합금은 인장 거동과 압축 거동이 다른 비대칭 거동을 보인다. 본 연구에서는 온간에서 마그네슘 합금의 인장, 압축 실험에서 재료의 표면에서 평면 변형 거동을 측정할 수 있는 지그를 개발하였다. 인장 및 압축 실험에 적용하기 위해 일정 압력을 가하여 압축실험에서 발생하는 좌굴을 방지하도록 지그를 설계하였다. 그리고 개발한 지그와 DIC 장비를 사용하여 마그네슘의 온도별 인장 압축거동을 파악하였다. 각 실험 시 변형률 속도 조건은 준정적 변형률속도인 0.01/s 로 설정하였다. 변형 온도의 경우 상온, 100°C, 150°C, 200°C, 250°C 이다. 실험 결과 온도가 상승할수록 유동응력은 감소하는 경향을 보였다. 최대응력의 경우 상온대비 250°C 에서 60% 낮아졌다. 특히 마그네슘 합금의 재결정 온도인 150°C 이상에서 가공연화 현상이 발생하였다. 연신을 또한 변형온도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 상온대비 250°C 에서 60% 증가하였다. 압축 실험에서도 온도가 증가할수록 최대응력이 감소하는 것을 확인하였다.

Key Words: AZ31B, Digital Image Correlation (DIC), Tension-compression test

1. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

2. 서울과학기술대학교 기계디자인금형공학과

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

광폭 압연클래드 후판 국산화 제조 및 강관/압력용기 적용기술 개발

심호섭^{1#}, 조수철², 박병규³

Development of Manufacturing Technology for Wide Width Rolled Clad Plate and Linepipe/Pressure Vessel

H. S. Sim, S. C. Cho, B. G. Park

Abstract

클래드는 성질이 다른 이종(異種) 소재를 대면적 접합하여, 구성 소재 각각의 장점을 극대화하는 기술이다. 에너지 산업에서 후판 클래드는 부식환경의 정도에 따라 내식합금 (CRA, Corrosion-Resistant Alloys) 과 탄소강 소재를 금속학적으로 접합함으로써 내식성과 고강도를 동시에 만족하는 한편, 소재 제조비용 저감의 장점이 있다. 그러나 국내에는 클래드 후판 공급처가 전무함에 따라 유럽, 미국, 일본 등 일부 국가에서 수입에 의존하고 있는 실정이다. 본 기술개발은 해외 의존도가 높은 에너지 플랜트용 광폭 압연 클래드 판재에 대해 국내 공급망 구축 및 수요산업연계 사업화를 목표로 추진하고 있다. 최종 개발목표는 일반강에 스테인리스강/니켈합금 등을 클래드 접합하여 내열/내식 특성을 높인 고부가가치 판재 제품을 압연 기반으로 광폭으로 제조하고, 성형 용접공정을 연계하여 강관/압력용기를 부품화하는 것이다. 소재는 기초소재(CRA 계 슬라브) - 가공소재(CRA 계 광폭 압연클래드 판재)를 개발하고, 부품은 소재-부품 간 수요 연계를 위한 강관 및 압력용기를 제조하여, 세부과제별 독립적인 기술개발이 이루어짐과 동시에 효율적이고 능률적인 연구가 이루어질 예정이다. 본 연구를 통해 수입의존도가 높은 CRA 계 클래드 후판 소재의 국산화를 통해 소재 자립화가 가능하여 클래드 기초소재 - 압연 - 강관 및 압력용기 적용 등의 통합적인 국내 생산 기반을 확보할 계획이다.

Key Words: 압연 클래드 판재, 니켈합금, 스테인리스 강, 압력용기용 소재, 강관용 소재

1. 동국제강, 특수강사업팀, 차장

2. 동국제강, 특수강사업팀, 과장

3. 동국제강, 특수강사업팀, 부장

E-mail: hoseop.sim@dongkuk.com

전기차 배터리 모듈용 쿨링 블록 패턴 형상 최적화

정희석¹ · 조홍영¹ · 손성만^{1, #}

Optimization of cooling block pattern design for electric vehicle battery module

J. Y. Jeong¹, Y.H. Cho¹, S. M. Son^{1, #}

Abstract

The performance of high-energy battery cells utilized in electric vehicles (EVs) is greatly improved by adequate temperature control. An efficient thermal management system is also desirable to avoid diverting excessive power from the primary vehicle functions. In a battery cell stack, cooling can be provided by including cooling plates: thin metal fabrications which include one or more internal channels through which a coolant is pumped. Heat is conducted from the battery cells into the cooling plate, and transported away by the coolant. The operating characteristics of the cooling plate are determined in part by the geometry of the channel; its route, width, length, etc.

In this study, a cooling block applied to an electric vehicle battery pack was studied. In order to analyze the effect of the cooling block pattern, the cooling performance analysis was conducted. The cooling block pattern was selected in six shapes pattern design and optimization was performed through FE analysis.

Key Words : English Key Word: Electric vehicles, Battery, Cooling System, Cooling Block

1. 성우하이텍

교신저자: E-mail: sonsm@swhitech.com

API 강 파이핑 공정 후 강도예측 유한요소해석

최홍진¹ · 문찬미¹ · 이명규[#]

Finite element simulation for strength prediction of API steel after pipe forming process

Hongjin Choi, Chanmi Moon, Myoung-Gyu Lee

Abstract

API 강의 성형 후 방향별 강도는 파이프강 디자인의 중요한 요소이다. 파이프의 방향별 강도를 정확하게 예측하기 위해서는 성형 공정에서의 변형 이력과 파이프로부터 시편을 제작하기 위한 절단 후 평탄화 과정을 고려해야한다. JCOE 공정 중 강판은 굽힘과 확관 그리고 물성 측정 전 파이프로부터 절단 후 평탄화 과정 중 역으로 굽힘의 경로를 겪게된다. 따라서 파이프의 기계적 거동은 경로에 크게 의존한다. 금속 재료가 변형 이력의 변화를 겪게 되면 Bauschinger effect, Transient behavior, permanent softening 또는 cross-loading 조건에서 latent hardening/softening 과 같은 이방경화거동을 보이게 된다. 본 연구에서는 왜곡경화를 기반으로한 이방경화모델을 이용하여, JCOE 공정 이후 파이프의 종/횡 방향의 항복 강도 예측을 유한요소해석을 통하여 진행하였다.

Key Words: 왜곡경화, JCOE 공정, 강도 예측

1. 서울대학교

교신저자: 서울대학교, myounglee@snu.ac.kr

프레스 펀치의 잔여수명을 예측하기 위한 기계학습용 데이터 획득 실험

홍석관^{1#}, 전용준²

Machine learning data acquisition experiment to predict the remaining life of press punch

S. K. Hong, Y.J. Jeon

Abstract

The demand for contacts that transmit electrical signals is increasing rapidly with the expansion of electric vehicles. The contact is produced through a progressive die, and the press speed determines the productivity. On the other hand, wear of punches and dies is an inevitable phenomenon, so an appropriate replacement cycle is very important for reducing production costs. The purpose of this study is to predict the remaining useful life (RUL) of the punch and perform predictive maintenance (PDM). An experiment was conducted to obtain learning data of artificial intelligence to predict RUL.

Key Words : Artificial intelligence, Remaining useful life, Predictive maintenance, Progressive die

1. 서론

전기적 신호를 전달하는 컨택트(contact)는 전기차의 보급 확대와 더불어 수요가 급격하게 증가하고 있다. 컨택트는 프로그레시브 금형(progressive die)을 통해 생산되며 프레스 속도가 생산성을 좌우한다. 한편, 펀치(punch)와 다이(die)의 마모는 필연적 현상으로 그것의 적절한 교체주기가 생산비용 절감에 매우 중요하다. 본 연구의 목적은 펀치의 잔여수명(remaining useful life, RUL)을 예측하여 예지보전(predictive maintenance, PDM)을 하고자 하는 것이다. 잔여수명을 예측하기 위한 인공지능의 학습 데이터를 얻기 위한 실험이 수행되었다.

2. 실험방법

펀치 형상과 소재는 실제 전기차 커넥터 제품군을 고려하여 결정하였다. 펀치형상은 원, 사각, 삼각형 3 가지이며 크기는 3 mm 로 동시에 타발된다. 소재는 인청동(C519RH) 0.3 mm 두께를 사용하였다. 가속도 센서는 3 개의 펀치 상부에 설치하였으며 1 개는 다이부에 설치하였다. 펀치와 다이의 소재는 가속수명을 위해 탄소강을 사용하였다. 프레스 성형기는 서보프레스(KOMATSU H1F200)이며 타발속도는 13 spm 으로 테스트하였다.

3. 결과 및 고찰

가속도 센서(PCB: 603C01, sensitivity 100 mV/g)는 펀치의 상부에 결속되어 수직방향(타발방향)의 가속도만 측정된다. 샘플링 속도는 2,560 Hz 로 설정하였으며 소재 전단 시 진동을 구분하기 위해 소재가 있는 상태와 없는 상태의 가속도 신호를 비교하였다.

1. 한국생산기술연구원, 전담연구원

2. 한국생산기술연구원, 연구원

교신저자 E-mail: skhong@kitech.re.kr

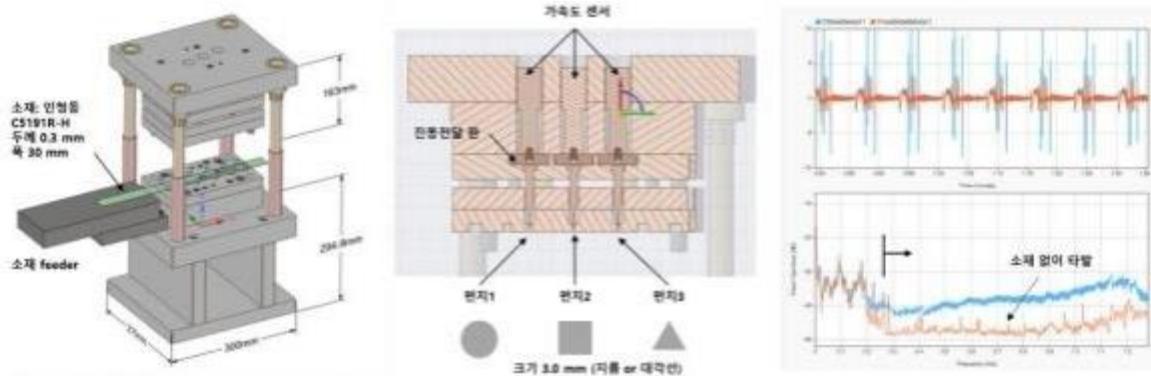


Fig. 1 Press die, punch set and signal of time domain and frequency domain acquired in experiment.



Fig. 2 Vibration signal according to punch shape and photo of shear plane according to number of punches

주파수 도메인에서 신호분석을 위해서 MATLAB을 사용하여 FFT(fast Fourier transform)변환을 진행하였다. 소재 없이 타발한 진동 신호와 비교를 통해 소재의 전단은 200 Hz 이상부터 특징을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 펀치의 형상에 따른 특징은 200 ~ 400 Hz 영역에서 차이를 보였다. 전단면 사진에서 타발이 진행됨에 따라 버(burr) 형성의 차이가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다.

4. 결론

인공지능 학습용 데이터를 얻기 위한 금형을 제작하였으며 성형실험을 통해 진동신호와 전단면 사진을 획득하였다. 후속으로 연속 전단면 자동 측정을 위한 금형제작과 이미지 프로세스를 통해 버 측정이 수행되면 기계학습을 위한 데이터가 준비될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Sari, D. Y., Wu, T. L., & Lin, B. T. (2017). Preliminary study for online monitoring during the punching process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(5–8), 2275–2285.
2. Djavanroodi, F., Pirgholi, A., & Derakhshani, E. (2010). FEM and ANN analysis in fine-blanking process. *Materials and Manufacturing Processes*, 25(8), 864–872.
3. Ubhayaratne, I., Pereira, M. P., Xiang, Y., & Rolfe, B. F. (2017). Audio signal analysis for tool wear monitoring in sheet metal stamping. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 85, 809–826.

해양환경에서 Cr-Fe 계 합금의 마모 및 부식거동

박정환^{1#}, 이영호², 박동준², 정양일², 최병권³, 김현길²

Wear and Corrosion Behavior of Cr-Fe alloy in the Marine Environment

J. H. Park, Y. Lee, D. J. Park, Y. I. Jung, B. K. Choi, H. G. Kim

Abstract

Cr-Fe 계 합금의 해양환경하에서의 적용성을 검토하기 위하여 마멸시험과 임피던스 시험을 수행하였다. 진공아크로에서 Cr 함량에 따른 3종의 Cr-Fe 계 합금을 제조하였으며, XRD, SEM 분석을 통해 금속간화합물 및 이차상은 형성되지 않을 것을 확인하였다. 해양환경하에서의 마모특성을 분석하기 위해 3.5% Salt water를 적용하여 마멸시험을 진행하였다. 또한 해수분위기에서 임피던스 시험을 수행하여 해양환경하에서의 내부식성이 우수한 Cr-Fe 계 합금을 개발하고자 하였다.

Key Words : Cr-Fe alloy, Wear resistance, Marine environment

1. 서론

고내구성 재료 개발은 항공기, 선박추진체 및 발전기에 사용되는 가스 터빈 엔진등과 같이 극한환경에서 작동하는 장비의 수명확보 및 안전성 보장을 위해 관련 산업계의 지속적인 연구 개발이 요구되고 있는 분야이다. 특히 강전해질의 해양환경 중에서 기계적인 침식과 함께 전기 화학적인 부식이 동시에 발생하는 경우 침식과 부식이 상호간에 가속하여 기계장치 및 설비의 수명에 치명적인 영향을 미친다[1]. 해양환경에서 침식 부식 손상을 방지하기 위해, Ni 계합금이나 Ti 계 합금이 많이 이용되고 있다. 그러나, Ti, Ni 계 합금의 경우 가격이 비싸고 절삭 및 주조가공 시 손실되는 양이 많아 경제적으로 효율적이지 않다.

따라서, 본 연구에서는 해양환경 중에서 적합한 합금소재를 연구하기 위하여, Cr-Fe 계 합금을 제조하여 해양환경중에서 마멸시험과 전기화학적 부식시험을 실시하였다. 이러한 실험결과를 기반으로 하여, 기계적 침식 거동 및 전기화학적 부식 거동에 대해 규명하고, 해양환경에 적합한 소재를 개발하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 합금은 진공아크로에서 제조하였다. 각 합금들은 고순도의 재료들을 사용하여 필요한 무게만큼 평량하여 용해로 바닥에 장입하고 10^{-4} torr 에서 아르곤 분위기내에서 텅스텐 전극봉과 시료사이에 아크를 발생시켜 Cr-Fe 계 합금 3종의 시료를 제조하였다.

제조된 합금의 마모특성을 분석하기 위해 수행한 마멸시험은 ASTM G99 규격에 의거하여 시험을 수행하였다. 해수부식 조건에 맞추기 위해 3.5% Salt water를 적용하였으며, Al_2O_3 ball을 동일하게 적용하여, 시료간의 상대적 마멸부피차이를 비교 분석하였다.

1. 한국원자력연구원, 전담연구원(박정환, 7pt)

2. 한국원자력연구원, 책임연구원

교신저자: 한국원자력연구원, 선임연구원, E-mail: junghwan@kaeri.re.kr

식거동을 살펴보기 위해 임피던스 (electro chemical impedance spectroscopy, EIS)을 수행하였다. 임피던스 실험은 0.1~ 106Hz의 주파수 범위에서 1mV/s의 스캔속도로 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림3와 그림4는 각각 제조된 시편의 마멸부피를 나타낸 결과이다. 결과에서 알 수 있듯 마모부피는 Cr 함량이 높아짐에 따라 마멸부피가 증가함을 알 수 있다. 임피던스 실험은 수행예정이며 임피던스 결과와 마모시험결과를 종합하여 최적의 Cr-Fe 합금을 설계하고자 한다.

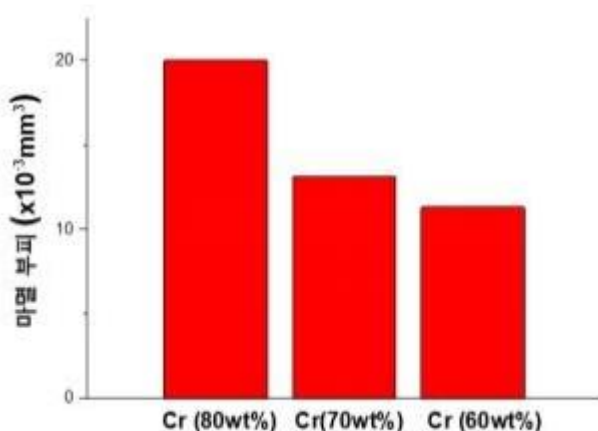


그림 3. Cr-Fe 계 합금의 마모시험후 마모부피

4. 결론

본 연구에서는 해양환경에서 내마모 및 내부식성이 우수한 신합금을 개발하기 위하여 Cr-Fe 계 합금을 제조하였으며, 해수부식 조건에서 마모시험을 수행하였다. 마모시험 결과 Cr 함량에 따른 내마모성을 분석하였다. 향후 임피던스시험을 수행하여 해양환경에 적합한 Cr-Fe 계합금을 개발하고자 한다.

참고문헌

1. Sture Hogmark and Per Hedenqvist, "Tribology Characterization of Thin, Hard Coatings," Proceeding of the 6th Nordic on tribology, Vol 3, pp. 735-747, 1994

신선 인발된 in-situ MgB₂ 초전도 선재 내 CP-Ti barrier의 미세조직 변화 연구

박상용^{1, 2*}, 현승균¹, 황덕영³, 이종범², 정하국²

A study of change in microstructure of CP-Ti barrier in drawn in-situ MgB₂ wire

S.Y. Park^{1, 2*}, S.K. Hyun¹, D.Y. Hwang³, J.B. Lee², H.G. Jung²

Abstract

Power in tube(PIT)법으로 만들어진 In-situ MgB₂의 내부 구조는 mixed Mg+B core/diffusion barrier/sheath로 구성되며, 최대 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ s⁻¹의 빠른 변형속도로 성형이 가능한 신선 인발(wire drawing)공정을 적용하여 수 km 급의 선재로 제조된다. 피복(sheath)으로 주로 사용되는 금속은 우수한 기계적 강도 및 연신 특성을 가진 무산소동(OFHC; oxygen free high conductivity copper)이 사용된다. 확산방지층으로 사용되는 금속은 신선 인발과정에서 Mg 혹은 B와 반응이 없고, mixed Mg+B core를 보호할 수 있는 적절한 강도를 가져야 하며, 최근 순수 타이타늄(CP-Ti; commercial pure titanium)을 확산방지층으로 사용되고 있다. 하지만 PITed In-situ MgB₂를 신선 인발하는 과정에서 CP-Ti의 미세조직 변화 및 기계적 특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. Von-Mises 기준에 의하면, 연속적인 소성변형은 적어도 5개의 독립된 슬립을 가져야 하지만, 육방밀집구조를 가진 CP-Ti는 4개의 독립 슬립 시스템을 가진다. 모든 온도에서 슬립 외에도 변형 쌍정(deformation twin)은 다결정체의 임의의 소성 유동(plastic deformation)을 보장하는데 중요한 역할을 한다. 상온에서 변형된 CP-Ti는 일반적으로 {1012} extensive twin과 {1122} contraction twin이 활성화 된다. CP-Ti의 slip 및 쌍정 시스템에 대한 critical resolved shear stress (CRSS) 비율은 $\tau_{prismatic}=3$: $\tau_{basal}=15$: $\tau_{contraction\ twin}=12$: $\tau_{extension\ twin}=12$ 보고되었으며, 이는 상온변형에서 prismatic slip 다음으로 압축쌍정(CT; contraction twin) 및 인장쌍정(ET; extension twin)이 활성화된다는 것을 의미한다. 활성화된 변형쌍정들은 쌍장들간의 교차를 유도하며 결정립들을 미세화시키고, 유효 슬립 길이(effective slip length)를 감소시켜 가공경화속도를 급격히 증가시키는 문제점이 있다.

본 연구는 초기 지름이 33 mm인 Mg+B core/CP-Ti/OFHC clad를 신선 인발하여 최종 지름 7.24mm까지 감소시켰다. 특정 구간에서 샘플을 채취한 후, MgB₂ clad의 내부분을 변화 및 CP-Ti barrier의 미세조직 거동을 관찰하였다.