

2017년도 한국소성가공학회

춘계 학술대회 초록집

일 시 : 2017년 5월 11일(목)~12일(금)

장 소 : 청풍리조트(제천)

주 최 : 한국소성가공학회

후 원 : 한국과학기술단체총연합회



사단
법인

한국소성가공학회

제 1 발표회장

2017. 5. 11(목)

▶▶ 2층 그랜드 볼룸 B

○ 특별세션－ 설계기반 미래성형기술

(13:00~16:00)

좌 장 : 구태완(부산대)

13:00~13:20	Levenberg-Marquardt 기반 역해석 기법을 이용한 섬유금속 적층판의 모드 I 접착 거동 예측에 관한 수치적 연구	박으뜸*, 김 정, 강범수, 송우진(부산대)
13:20~13:40	동일 면적비를 적용한 다단 형상 압연 공정의 롤 설계	정현석*, 김병민(부산대)
13:40~14:00	직사각바 인발공정에서 중횡비에 따른 충전률 확보를 위한 프로세스맵 도출	고필성*, 김정훈, 김병민(부산대), 남궁정(포항 산업과학연구원), 이광석(KIMS)
14:00~14:20	리스트라이크 공정을 이용한 초고강도 Extension Rear Side Members 부품의 스프링백 저감	한성준*, 김재홍, 김병민(부산대), 강병준, 송현섭(㈜케이에스엠)
14:20~14:40	다구찌 기법을 이용한 Al6061-T6의 2단계 마찰교반점용접 공정변수 최적화	조덕상*, 김재홍, 고대철, 김병민(부산대)
14:40~15:00	구멍 가공 조건이 SAPH440 강판의 구멍 확장성에 미치는 영향	서기영*, 김재홍, 김병민(부산대), 이현석(나라엠앤디㈜)
15:00~15:20	비정형롤판재성형 공정의 통계적 예측을 위한 실험적 연구	박지우*, 김민규, 윤준석, 김 정, 강범수(부산대)
15:20~15:40	Al2024, AZ31B와 C1220 판재의 비정형롤판재성형에 대한 수치적, 실험적 연구	김민규*, 박지우, 윤준석, 강범수(부산대)
15:40~16:00	중공 분할형 터빈 노즐의 후판 프레스 성형 공정에 대한 해석적·실험적 연구	곽봉석*, 강범수, 구태완(부산대), 윤만중, 전재영(과워엠엔씨㈜)
Coffee Break		
17:30~18:20	[개회식 및 임시총회](사회: 총무이사) - 춘계학술대회 개회식 - 제16회 논문상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 2016년도 결산승인 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	난초
18:30~	만찬	그랜드볼룸

제 2 발표회장

2017. 5. 11(목)

▶▶ 2층 난초

○ 특별세션 - 타이타늄 튜브제조를 위한 공정단축형 주조-압출 복합성형기술

(13:00~15:20)

좌 장 : 민경호(선우엔지니어링)

13:00~13:20	`	윤종현*, 송영남(한양대), 강성훈, 이호원(KIMS)
13:20~13:40	타이타늄 심리스 튜브 제조를 위한 복합공정 기술 개발	배성환*, 최선목, 민경호(주선우엔지니어링)
13:40~14:00	유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 튜브 인발 공정 설계	최병진*, 강성훈, 오영석, 이호원(KIMS)
14:00~14:20	티타늄 빌렛 스크랩을 활용한 광촉매 필터 제조	이형욱*(주피디텍)
14:20~14:40	타이타늄 중공빌렛 예열을 위한 유도가열기술 개발	신영철*, 최호준(생기원), 민경호, 최선목(주선우엔지니어링)
14:40~15:00	타이타늄 진공용해 주조제의 조직과 물성의 상관관계	박양균*, 윤창석, 황유진, 이동근(순천대)
15:00~15:20	비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 고온 가공성 평가	김명훈*, 이지운, 정택균, 현승균(인하대), 임춘섭(주휴스틸), 최호준, 신영철(생기원)
15:20~15:40	Coffee Break	

○ 일반발표 - 판재성형

(15:40~17:20)

좌 장 : 이명규(고려대)

15:40~16:00	초고장력 강판의 2단 U-draw bending 성형 스프링백 해석에 관한 연구	최지식*, Frederic Barlat(포항공대), 이진우(KIMS), 이명규(고려대)
16:00~16:20	알루미늄 판재의 Rubber-pad 성형 공정 유한 요소 해석 모델링	이진우*, 박현일, 권용남, 김대용(KIMS), 김성욱, 김수환(대화항공산업주식회사)
16:20~16:40	비선형 탄성 모델이 스프링-링 스프링백 예측에 미치는 영향 분석	최유미*, 이기정, 최홍진, 이정연, 이명규(고려대), 배기현, 안덕찬(POSCO)
16:40~17:00	미끄럼 속도가 공구와 강판 사이의 마찰 특성에 미치는 영향 및 이에 따른 강판의 덩 드로잉 성형성 변화	박기철*, 김석년(POSCO)
17:00~17:20	고무링을 적용한 하이드로포밍 공정의 실링 효과	정희석*, 한상욱, 나재현, 문영훈(부산대)
17:20~17:30	Coffee Break	

17:30~18:20	[개회식 및 임시총회](사회: 총무이사) - 춘계학술대회 개회식 - 제16회 논문상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 2016년도 결산승인 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	난초
18:30~	만찬	그랜드볼룸

제 3 발표회장

2017. 5. 11(목)

▶▶ 2층 동백

○ 일반발표 - 공구금형, 단조

(13:00~15:00)

좌 장 : 홍석무(공주대)

13:00~13:20	전단금형을 이용한 PCB depaneling 공정에 관한 연구	최현석*, 최우천(고려대), 전용준, 김동연(생기원)
13:20~13:40	프로파일 맨드릴 분할금형 구조적 특성 연구	박민철*, 이정민, 김형익, 이찬주(생기원), 성낙문(칼텍㈜)
13:40~14:00	Tee-Pipe 버링 공정에서 찢어짐 방지를 위한 피어싱 펀치 형상 최적 설계	홍석무*, 이영섭, 이상훈(공주대), 강정식(㈜서원기술)
14:00~14:20	라운드블룸을 적용한 풍력발전기용 Main shaft의 열간단조 공정설계	허상현*, 장희상, 이진모, 김남용, 이채훈, 주병돈, 윤선룡(㈜태웅)
14:20~14:40	헬노징 공정 중 발생한 선단부 파단의 원인	변상운*(한일단조공업㈜), 정승원(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
14:40~15:00	재료회수율 극대화를 위한 자동변속기 부품의 복합단조 기술 개발	김현수*(㈜용암금속)
15:00~15:20	Coffee Break	

○ 일반발표 - 소성이론 및 해석

(15:20~17:20)

좌 장 : 이광석(KIMS)

15:20~15:40	A Study on the Collision Characteristic of the Side Crash Simulation with Three Dimensional structure	이민식*, J. H. Whang, C. G. Kang(부산대)
15:40~16:00	중성자회절법과 유한요소법을 이용한 등통로각압축 공정된 구리 시편에서의 잔류응력 분석	이학현*, Kapil Dev Gangwar, 김형섭(포항공대), 박경태(한말대), 우원측(한국원자력연구원)
16:00~16:20	소재유동특성이 변형공정지도에 미치는 영향도 분석	박지영*, 오일영, 문영훈(부산대)
16:20~16:40	유한요소법을 이용한 롤 포밍(Roll Forming) 공정 해석 연구	김용관*, 강경필, 이경훈(㈜솔루션랩)
16:40~17:00	초고강도강 합체박관 용접부의 인장 거동 측정	허용찬*, 정재봉, 김병민, 강정윤, 김지훈(부산대), 김대용(KIMS), 이명규(고려대)
17:00~17:20	Modified Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 마그네슘과 보론 혼합분말의 압분공정 해석	오영석*, 박선명, 이호원, Mahipal Ranot, 강성훈(KIMS), 황덕영(KAT)
17:20~17:30	Coffee Break	

17:30~18:20	[개회식 및 임시총회](사회: 총무이사) - 춘계학술대회 개회식 - 제16회 논문상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 2016년도 결산승인 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	난초
18:30~	만찬	그랜드볼룸

제 4 발표회장

2017. 5. 11(목)

▶▶ 2층 매화

○ 일반발표 - 판재성형

(13:00~15:00)

좌 장 : 송정환(생기원)

13:00~13:20	3차원 미세조직에 기반한 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동에 미치는 결정학적 방위의 영향	김은영*, 최시훈(순천대), 김성일(POSCO), 김수현(KIMS)
13:20~13:40	관재의 구멍확장성과 일축 인장 성질과의 관계	김재형*, 권영진, 이종수(포항공대), 이기안(인하대)
13:40~14:00	TRIP강의 인장-압축 비대칭 거동 모사를 위한 경화 모델 개발	전성욱*, 정재봉, 김병민, 김지훈(부산대), 이현석(나라엠앤디)
14:00~14:20	CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 이방성 및 디프드로잉 거동 연구	배재웅*, 문종언, 장민지, 임다미, 김형섭(포항공대), 서민홍(POSCO)
14:20~14:40	Al/STS 이종금속 관재의 구성 모재 조합에 따른 기계적 특성 및 성형성 연구	배병범*, 배우주, 김대용, 어광준, 이광석(KIMS), 김민중(한국클래드텍)
14:40~15:00	교차전단법을 통한 고강도 고연성 마그네슘 합금소재 개발	고영건*, 양해웅(영남대)
15:00~15:20	Coffee Break	

○ 일반발표 - 압출 및 인발

(15:20~17:20)

좌 장 : 이영석(중앙대)

15:20~15:40	MgB ₂ 초전도 선재의 충전 분말에 따른 barrier의 변형 및 계면 변화 연구	나신혜*, 장세훈, 임재덕, 황덕영(KAT)
15:40~16:00	Cu-Nb-NbTi로 결합된 이종소재의 다이스 설계에 따른 인발가공 특성 연구	김효성*, 이광진, 임재덕, 황덕영(KAT), 박선명, 강성훈(KIMS)
16:00~16:20	이형 냉간인발제품 형상 정밀도 향상을 위한 다이스 최적화	이승훈*, 이익균(현대종합특수강㈜)
16:20~16:40	기존 연성파괴 이론에 의한 세브론 크랙의 예측 가능성과 한계	황현석*, 이요셉, 전만수(경상대)
16:40~17:00	냉간압출공정의 수치적 한계에 관한 연구	M. Akash*, 전만수(경상대)
17:00~17:20	선재압연 공정에서 질량배출량 불일치에 의한 소재 표면 흠 발생 모사	김태용*, 김동현, 노용훈, 이영석(중앙대)
17:20~17:30	Coffee Break	

17:30~18:20	[개회식 및 임시총회](사회: 총무이사) - 춘계학술대회 개회식 - 제16회 논문상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 2016년도 결산승인 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	난초
18:30~	만찬	그랜드볼룸

제 5 발표회장 - 포스터 발표

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

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

2017. 5. 11(목)

▶▶ 2층 로비

(14:30~16:30)		좌 장 : 김지훈(부산대), 최정묵(㈜진합)	
14:30~14:45	P 01	알루미늄 판재 부품의 주름 저감 및 전단 재단용 플렉스 포밍 금형 개발	김성옥*, 김경환, 김수환, 박현식(대화항공산업㈜), 김대용, 이진우(KIMS)
	P 02	하중 경로에 따른 알루미늄 합금 판재의 파괴 연신률 변화	방준호*, 장인제, 박수현, 노우람, 이종섭, 송정환(생기원)
	P 03	Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 외판의 성형공정 해석	강병욱*, 장인제, 박정환, 노우람, 송정환(생기원), 김세호(대구대), 남성우, 정철영(대구공업)
	P 04	Al5083 및 Al6061 마찰교반용접 맞춤재단판재의 성형특성 평가	장인제*, 방준호, 김용배, 박수현, 노우람, 송정환(생기원)
	P 05	SGACUD와 DP590 강판의 변형 모드에 따른 변형률 속도가 성형성에 미치는 영향에 대한 실험적 연구	김효동*, 조성민, 정완진(서울과학기술대), 박춘달(대구기계부품연구원)
14:45~15:00	P 06	Ti-6Al-4V 합금의 성형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구	김현지*, 권용남(KIMS)
	P 07	TRB소재를 사용한 공법설계 및 성형해석	오인석*, 황상희(한국이에스아이), 박현경, 정지원(동해금속)
	P 08	실험계획법 및 유한요소해석을 이용한 판단조부품의 공정설계	박민철*, 이찬주(한국해양대), 전만수(경상대), 김동환(한국국제대), 신현집(㈜상아피에스)
	P 09	Mini V-bending 시험 시 Mg합금 판재의 굽힘성에 관한 연구	김민성*, Jaiveer Singh, 최시훈(순천대)
	P 10	구리 판재의 비대칭 압연과 집합조직	이철우*, 김인수(금오공대), 이동녕(서울대)
15:00~15:15	P 11	강의 비대칭 템퍼 압연과 집합조직 변화	이철우*, 김인수(금오공대), 이동녕(서울대)
	P 12	STS 2205 질화와 내부식특성과 표면 변화	이철우*, 김인수(금오공대)
	P 13	유한 요소 해석을 이용한 조선해양플랜트용 T-bar 성형 공정 변수에 관한 연구	홍순곤*, 최동환, 윤상길, 이진우, 이정환(KIMS), 윤종현(한양대), 이상익(기특산업㈜)
	P 14	스파이더 온간단조 공정의 유한요소해석을 이용한 금형수명 예측	서정환*, 정기호(생기원)
	P 15	링 압축시험을 이용한 온간단조 공정에서의 마찰계수 측정	고은실*, 정기호(생기원)
15:15~15:30	P 16	선박 엔진용 크랭크샤프트의 켄칭 후 변형량에 관한 연구	전웅배*, 정상인, 송보경, 한중윤(현진소재), 오상균, 전효원(대구기계부품연구원)
	P 17	대형 알루미늄 플랜지의 점진 단조 공정 개발	남지원*, 조종래(한국해양대), 이경훈(국방과학연구소), 장창범(알코닉 코리아㈜), 이인환(㈜PSM)
	P 18	유한요소법을 이용한 자동차 구동부품 Pulley의 열간 및 온간 단조 성형해석과 미세조직 예측 및 비교	김대근*, 이영선, 윤은유(KIMS), 김태구(코리아메탈㈜)
	P 19	열간단조 중 발생한 공기 갇힘의 영향	노동일*(한호산업), 문호근(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
	P 20	볼조인트케이스 열간단조용 프리폼의 제조를 위한 크로스롤링 공정의 실용적 설계	하수진*(㈜동양메탈), 엄재근(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
15:30~15:45	P 21	요크 자동다단 정밀냉간단조 공정의 스프링백 해석 및 검증	김민철*, 송하늘, 전만수(경상대), 김광민, 황태민(㈜성진포머), 정완진(서울과학기술대)
	P 22	단조 후 소재 절삭에 따른 탄성회복 변형의 유한요소예측	전만수*(경상대), 정완진(서울과학기술대), 정승원(㈜엠에프알씨)
	P 23	비축대칭 제품의 냉간단조에서 원형구멍 성형 시 진원도에 관한 연구	김광민*, 황태민(성진포머), 김민철, 정석환(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
	P 24	DC casting 및 EMS 공정으로 제조된 과공정 Al-15wt.%Si 합금의 미세조직 및 마모 거동	강연지*, 허준영, 이기안(인하대), 김종호(RIST), 황종일(LMS㈜)

	P 25	알루미늄 롤-포밍 공정에서 발생하는 지그재그형상 균열에 대한 고찰	이상교*, 이종섭, 최석우, 김용배(생기원), 김근호(㈜아산)
15:45~16:00	P 26	경화거동에 따른 TRIP1180 강판의 스프링백 특성 분석	곽정환*, 장인제, 강병욱, 김용배, 노우람, 송정한(생기원), 김세호(대구대), 박두현, 이정흙, 정철영(㈜대우공업)
	P 27	잔공크기에 따른 파이프 포밍 가공 경향성 분석	김민호*, 전재혁(한국화학융합시험연구원), 문기태(금성볼트공업㈜), 서영진(금오공대)
	P 28	복합형 34ton급 주행디바이스 구조설계 및 강도해석	배선민*, 김병철(경상대), 김동환(한국국제대)
	P 29	일축인장 시 3차원 미세조직에 기반한 이종합금 용접부의 소성 불균일 변형거동 해석	박기성*, Nabeel Jahanzeb, 최시훈(순천대)
	P 30	순철의 미끄럼마멸 중 형성된 고경도 변형층과 변형층의 파괴 거동 분석	구본우*, 권혁우, 김영규, 김용석(국민대)
16:00~16:15	P 31	Twin Roll Strip Casting 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성	허준영*, 백민석, 이기안(인하대), 어광준, 임창동(KIMS)
	P 32	압연 접합된 클래드 판재에서 압연 전 표면처리에 따른 접합강도의 변화	박정훈*, 남원중(국민대)
	P 33	열간 압출 기술을 활용한 이종소재 패턴형 동합금 제조 기술에 대한 연구	김주홍, 임재덕, 황덕영(KAT), 이종현(생기원), 손현택(충남대)
	P 34	알루미늄 압출 공정시 금형 설계에 관한 연구	송가형*, 곽호택(㈜씨에이이테크놀로지)
	P 35	고온-고압 수소 주입된 고망간강의 인장 거동에 미치는 표면 조건의 영향	백한솔*, 임현석, 이승용, 황병철(서울과학기술대)
16:15~16:30	P 36	상용 600MPa 급 고강도 일반 및 내진용 철근의 미세조직과 인장특성	서하늘*, 이상인, 황병철(서울과학기술대)
	P 37	수소환원법을 이용한 미세 폴리브텐 분말제조 공정조건의 최적화 연구	임성식*, 임성주, 김용배(생기원), 윤지석(엔에이티엘㈜), 조종두(인하대)
	P 38	STS 304 소재를 적용한 Hex Socket Bolt의 단조 성형성에 관한 연구	윤영섭*, 정현주(경남테크노파크), 안규희(㈜태정기공), 권용철(한국건설생활환경시험연구원), 강중훈(중원대)
	P 39	유한요소해석 및 중성자회절법을 통한 등통로각압축 공정 시편의 잔류응력분포	이학현*, Kapil Dev Gangwar, 김형섭(포항공대), 박경태(한밭대), 우완측(한국원자력연구원)
	P 40	CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 실험 및 유한요소해석을 통한 판재 성형성 평가	배재용*, 문종언, 장민지, 임다미, 김형섭(포항공대), 서민홍(POSCO)

제 1 발표회장

2017. 5. 12(금)

▶▶ 2층 그랜드볼룸 A

○ 일반발표 - 판재성형 (09:20~11:20)		좌 장 : 윤종현(한양대)
09:20~09:40	금속판재의 성형한계 결정을 위한 시간의존적 방법의 제안	김성곤*, 김형중(강원대)
09:40~10:00	부풀림 성형을 이용한 이축 신장변형에서의 성형한계 측정	유동훈*, 김민석, 권용남, 이영선, 김대용(KIMS), 홍종화(서울대)
10:00~10:20	기가급 강재의 편칭 시 발생하는 금형편 파손분석 및 예측	원찬희*, 윤종현(한양대), 이석렬(POSCO)
10:20~10:40	유한요소해석을 이용한 가변률성형 시 길이방향 휨 저감 연구	우영윤*, 오일영, 강필규, 문영훈(부산대)
10:40~11:00	자동차 차체를 위한 하이브리드 점진판재성형기술	도반주용*, 샤오샤오, 김영석(경북대)
11:00~11:20	경량 차체시작부품의 판재성형 기술에 관한 연구	배병범*, 윤은유, 이영선(KIMS), 남재현, 정성훈(이레CS)
점심		2층 목련

제 2 발표회장

2017. 5. 12(금)

▶▶ 2층 그랜드볼룸 B

○ 일반발표 - 재료기술 (09:20~11:20)		좌 장 : 강경필(솔루션랩)
09:20~09:40	점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금의 열간단조 변형량에 따른 기계적 특성 연구	구가은*, 이동준, 권용남(KIMS), 김휘준(생기원), 문중화(명화공업)
09:40~10:00	FEM을 이용한 대형 일체형 크랭크 샤프트의 열처리 변형 예측에 관한 연구	전효원*, 서창희, 박춘달, 오상균(대구기계부품연구원), 정상인, 전용배(현진소재), 강경필(솔루션랩)
10:00~10:20	이중주파수 유도가열 장비를 이용한 변속기용 평기어의 권투어 경화 기술 개발	서창희*, 권태하, 정윤철(대구기계부품연구원), 김용달, 김수경(㈜영풍열처리), 성환진(㈜피에스텍)
10:20~10:40	곡선형 냉각채널을 금형을 적용한 핫스탬핑 후변형 연구	서창희*, 권태하, 박춘달(대구기계부품연구원), 임용희, 김진학, 석주성(㈜신화에스티), 이경훈(솔루션랩)
10:40~11:00	DLM 공정 시 분말 형상과 공정변수가 공극형성에 미치는 영향	전태준*, 황태우, 윤혜정, 문영훈(부산대)
11:00~11:20	일체화 장구동축 개발을 위한 가변단면 튜브의 열간 스웨이징 공정 연구	김용배*, 이상교, 백종현, 최연택, 임성주, 이종섭(생기원)
점심		2층 목련

제 3 발표회장

2017. 5. 12(금)

▶▶ 2층 난초

○ 일반발표 - 소성이론 및 해석

(09:20~11:20)		좌 장 : 송우진(부산대)
09:20~09:40	4륜 구동 다목적 관리차용 고강도 플라스틱 연료탱크의 개발	김병철*(경상대), 김동환(한국국제대)
09:40~10:00	Collaborative Optimization을 이용한 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적설계	한재호*, 정명기, 김영준, 이해곤, 이준상, 이종수, 강신일(연세대), 이한기, 김대식(현대자동차 R&D연구소)
10:00~10:20	최적 사면체요소망을 이용한 링롤링 공정의 유한요소해석	문호근*, 이민철, 엄재근(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
10:20~10:40	금형변형 및 소재온도의 연계해석이 결과에 미치는 영향에 관한 정량적 분석	전만수*, 김영신, 송하늘(경상대)
10:40~11:00	Simulation of friction stir welding process using ALE and CEL method	명동준*, 이명규(고려대), 노우람(생기원)
11:00~11:20	다중 재료 구조물의 기계적 접합 방법	Julian Litzkow*, Markus Raabe, Ingo Neubauer, Ralph Bernhardt(Simufact Engineering GmbH), 황인혁(한국엠에스씨소프트웨어㈜)
점심		2층 목련

제 4 발표회장

2017. 5. 12(금)

▶▶ 2층 매화

○ 일반발표 - 재료기술

(09:20~11:20)		좌 장 : 이종섭(생기원)
09:20~09:40	DIC 기법을 이용한 Al5083 및 Al6061 마찰교반 용접부의 국부 물성특성 평가	곽수현*, 장인제, 김용배, 방준호, 노우람, 송정한(생기원)
09:40~10:00	미세조직예측을 위한 소재 정보의 획득을 위한 실용적 기법	M. Irani*, 전만수(경상대)
10:00~10:20	스테인레스강의 수소취화	백승욱*, 백운봉, 이해무(한국표준과학연구원), 송은주(미국 Sandia 국립연구소), 김정현(한밭대)
10:20~10:40	DSC 분석을 통한 Al 7075합금의 사전변형에 따른 시효거동에 관한 연구	정선호*, 김용배, 이종섭(생기원)
10:40~11:00	마그네슘 합금의 소성 거동에 전류가 미치는 영향 분석	박주원*, 정해진, 진성우, 한홍남(서울대), 김문조(생기원), 김재중(POSCO)
11:00~11:20	유한요소법을 이용한 풍력발전기용 Main Shaft 제조공정해석	이동준*, 권용남, 김민석(KIMS), 이진모(㈜태웅)
점심		2층 목련

“이 발표초록집은 2017년도 정부재원(과학기술진흥기금 및 복권기금)으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 발간되었습니다”

목 차

1. 특별세션 - 설계기반 미래성형기술 (제 1 발표회장)

- Levenberg-Marquardt 기반 역해석 기법을 이용한 섬유금속적층판의 모드 I 접착 거동 예측에 관한 수치적 연구.....박으뜸*, 김 정, 강범수, 송우진 / 21
- 동일 면적비를 적용한 다단 형상 압연 공정의 롤 설계.....정현석*, 김병민 / 22
- 직사각바 인발공정에서 중형비에 따른 충전률 확보를 위한 프로세스맵 도출.....고필성*, 김정훈, 김병민, 남궁정, 이광석 / 23
- 리스트라이크 공정을 이용한 초고강도 Extension Rear Side Members 부품의 스프링백 저감.....한성준*, 김재홍, 김병민, 강병준, 송현섭 / 24
- 다구찌 기법을 이용한 Al6061-T6 의 2 단계 마찰교반점용접 공정변수 최적화.....조덕상*, 김재홍, 고대철, 김병민 / 25
- 구멍 가공 조건이 SAPH440 강판의 구멍 확장성에 미치는 영향.....서기영*, 김재홍, 김병민, 이현석 / 26
- 비정형롤판재성형 공정의 통계적 예측을 위한 실험적 연구.....박지우*, 길민규, 윤준석, 김 정, 강범수 / 27
- Al2024, AZ31B와 C1220 판재의 비정형롤판재성형에 대한 수치적, 실험적 연구.....길민규*, 박지우, 윤준석, 강범수 / 28
- 중공 분할형 터빈 노즐의 후판 프레스 성형 공정에 대한 해석적· 실험적 연구.....곽봉석*, 강범수, 구태완, 윤만중, 전재영 / 29

2. 특별세션 - 타이타늄 튜브제조를 위한 공정단축형 주조-압출 복합성형기술 (제 2 발표회장)

- 열간 압출공정에서 유리패드 열기계적 특성평가.....윤종현*, 송영남, 강성훈, 이호원 / 33
- 타이타늄 심리스 튜브 제조를 위한 복합공정 기술 개발.....배성환*, 최선목, 민경호 / 34
- 유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 튜브 인발 공정 설계.....최병진*, 강성훈, 오영석, 이호원 / 35
- 티타늄 빌렛 스크랩을 활용한 광촉매 필터 제조.....이형욱* / 36
- 타이타늄 중공빌렛 예열을 위한 유도가열기술 개발.....신영철*, 최호준, 민경호, 최선목 / 37
- 타이타늄 진공용해 주조재의 조직과 물성의 상관관계.....박양균*, 윤창석, 황유진, 이동근 / 38
- 비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 고온 가공성 평가.....김명훈*, 이지운, 정택균, 현승균, 임춘섭, 최호준, 신영철 / 40

3. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 판재성형

- 금속판재의 성형한계 결정을 위한 시간의존적 방법의 제안
..... 김성곤*, 김형중 / 45
- 부풀림 성형을 이용한 이축 신장변형에서의 성형한계 측정
..... 유동훈*, 김민석, 권용남, 이영선, 김대용, 홍종화 / 46
- 기가급 강재의 편칭 시 발생하는 금형편 파손분석 및 예측
..... 원찬희*, 윤종현, 이석렬 / 47
- 유한요소해석을 이용한 가변률성형 시 길이방향 휨 저감연구
..... 우영윤*, 오일영, 강필규, 문영훈 / 48
- 자동차 차체를 위한 하이브리드 점진판재성형기술
..... 도반추용*, 샤오샤오, 김영석 / 50
- 경량 차체시작부품의 판재성형 기술에 관한 연구
..... 배병범*, 윤은유, 이영선, 남재현, 정성훈 / 51

4. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 판재성형

- 초고장력 강판의 2 단 U-draw bending 성형 스프링백 해석에 관한 연구
..... 최지식*, Frederic Barlat, 이진우, 이명규 / 55
- 알루미늄 판재의 Rubber-pad 성형 공정 유한 요소 해석 모델링
..... 이진우*, 박현일, 권용남, 김대용, 김성욱, 김수환 / 56
- 비선형 탄성 모델이 스프릿-링 스프링백 예측에 미치는 영향 분석
..... 최유미*, 이기정, 최홍진, 이정연, 이명규, 배기현, 안덕찬 / 57
- 미끄럼 속도가 공구와 강판 사이의 마찰 특성에 미치는 영향 및 이에 따른 강판의 딥 드로잉 성형성 변화
..... 박기철*, 김석년 / 58
- 고무링을 적용한 하이드로포밍 공정의 실링 효과
..... 정희석*, 한상욱, 나재현, 문영훈 / 60

○ 재료기술

- 점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금의 열간단조 변형량에 따른 기계적 특성 연구
..... 구가은*, 이동준, 권용남, 김휘준, 문중화 / 62
- FEM을 이용한 대형 일체형 크랭크 샤프트의 열처리 변형 예측에 관한 연구
..... 전효원*, 서창희, 박춘달, 오상균, 정상인, 전용배, 강경필 / 63
- 이중주파수 유도가열 장비를 이용한 변속기용 평기어의 컨투어 경화 기술 개발
..... 서창희*, 권태하, 정윤철, 김용달, 김수경, 성환진 / 64
- 곡선형 냉각채널을 금형을 적용한 핫스탬핑 후변형 연구
..... 서창희*, 권태하, 박춘달, 임용희, 김진학, 석주성, 이경훈 / 65

- DLM 공정 시 분말 형상과 공정변수가 공극형성에 미치는 영향
.....전태준*, 황태우, 윤혜정, 문영훈 / 66
- 일체화 장구동축 개발을 위한 가변단면 튜브의 열간 스웨이징 공정 연구
.....김용배*, 이상고, 백종현, 최연택, 임성주, 이종섭 / 68

5. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 공구금형, 단조

- 전단금형을 이용한 PCB depaneling 공정에 관한 연구
.....최현석*, 최우천, 전용준, 김동언 / 71
- 프로파일 맨드렐 분할금형 구조적 특성 연구
.....박민철*, 이정민, 김형익, 이찬주, 성낙문 / 72
- Tee-Pipe 버링 공정에서 찢어짐 방지를 위한 피어싱 펀치 형상 최적 설계
.....홍석무*, 이영섭, 이상훈, 강정식 / 73
- 라운드블룸을 적용한 풍력발전기용 Main shaft의 열간단조 공정설계
.....허상현*, 장희상, 이진모, 김남용, 이채훈, 주병돈, 윤선룡 / 74
- 웰노징 공정 중 발생한 선단부 파단의 원인
.....변상운*, 정승원, 전만수 / 75
- 재료회수율 극대화를 위한 자동변속기 부품의 복합단조기술 개발
.....김현수* / 77

○ 소성이론 및 해석

- A Study on the Collision Characteristic of the Side Crash Simulation with Three Dimensional structure
.....이민식*, J. H. Whang, C. G. Kang / 78
- 중성자회절법과 유한요소법을 이용한 등통로각압축 공정된 구리 시편에서의 잔류응력 분석
.....이학현*, Kapil Dev Gangwar, 김형섭, 박경태, 우완측 / 80
- 소재유동특성이 변형공정지도에 미치는 영향도 분석
.....박지영*, 오일영, 문영훈 / 82
- 유한요소법을 이용한 롤 포밍(Roll Forming) 공정 해석 연구
.....김용관*, 강경필, 이경훈 / 84
- 초고강도강 합체박판 용접부의 인장 거동 측정
.....허용찬*, 정재봉, 김병민, 강정윤, 김지훈, 김대용, 이명규 / 86
- Modified Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 마그네슘과 보론 혼합분말의 압분공정 해석
.....오영석*, 박선명, 이호원, Mahipal Ranot, 강성훈, 황덕영 / 88

○ 소성이론 및 해석

- 4륜 구동 다목적 관리차용 고강도 플라스틱 연료탱크의 개발
.....김병철*, 김동환 / 89
- Collaborative Optimization을 이용한 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적설계
.....한재호*, 정명기, 김영준, 이해곤, 이준상, 이종수, 강신일, 이한기, 김대식 / 90

- 최적 사면체요소망을 이용한 텅몰링 공정의 유한요소해석
.....문호근*, 이민철, 엄재근, 전만수 / 92
- 금형변형 및 소재온도의 연계해석이 결과에 미치는 영향에 관한 정량적 분석
.....전만수*, 김영신, 송하늘 / 94
- Simulation of friction stir welding process using ALE and CEL method
.....명동준*, 이명규, 노우람 / 96
- 다중 재료 구조물의 기계적 접합 방법
.....Julian Litzkow*, Markus Raabe, Ingo Neubauer, Ralph Bernhardt, 황인혁 / 97

6. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 판재성형

- 3 차원 미세조직에 기반한 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동에 미치는 결정학적 방위의 영향.....김은영*, 최시훈, 김성일, 김수현 / 101
- 판재의 구멍확장성과 일축 인장 성질과의 관계
.....김재형*, 권영진, 이종수, 이기안 / 102
- TRIP강의 인장-압축 비대칭 거동 모사를 위한 경화 모델 개발
.....전성욱*, 정재봉, 김병민, 김지훈, 이현석 / 104
- CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 이방성 및 디프드로잉 거동 연구
.....배재웅*, 문종언, 장민지, 임다미, 김형섭, 서민홍 / 105
- Al/STS 이중금속 판재의 구성 모재 조합에 따른 기계적 특성 및 성형성 연구
.....배병범*, 배우주, 김대용, 어광준, 이광석, 김민중 / 107
- 교차전단법을 통한 고강도 고연성 마그네슘 합금소재 개발
.....고영건*, 양해웅 / 109

○ 압출 및 인발

- MgB_2 초전도 선재의 충전 분말에 따른 barrier의 변형 및 계면 변화 연구
.....나신혜*, 장세훈, 임재덕, 황덕영 / 110
- Cu-Nb-NbTi로 결합된 이중소재의 다이스 설계에 따른 인발가공 특성 연구
.....김효성*, 이광진, 임재덕, 황덕영, 박선명, 강성훈 / 112
- 이형 냉간인발제품 형상 정밀도 향상을 위한 다이스 최적화
.....이승훈*, 이익균 / 114
- 기존 연성과괴 이론에 의한 세브론 크랙의 예측 가능성과 한계
.....황현석*, 이요셉, 전만수 / 116
- 냉간압출공정의 수치적 한계에 관한 연구
.....M. Akash*, 전만수 / 118
- 선재압연 공정에서 질량배출량 불일치에 의한 소재 표면흠 발생 모사
.....김태용*, 김동현, 노용훈, 이영석 / 120

○ 재료기술

- DIC 기법을 이용한 Al5083 및 Al6061 마찰교반 용접부의 국부 물성특성 평가
.....곽수현*, 장인제, 김용배, 방준호, 노우람, 송정한 / 121
- 미세조직예측을 위한 소재 정보의 획득을 위한 실용적 기법
.....M. Irani*, 전만수 / 122
- 스테인레스강의 수소취화
.....백승욱*, 백운봉, 이해무, 송은주, 김정현 / 124
- DSC 분석을 통한 Al 7075 합금의 사전변형에 따른 시효거동에 관한 연구
.....정선호*, 김용배, 이종섭 / 125
- 마그네슘 합금의 소성 거동에 전류가 미치는 영향 분석
.....박주원*, 정혜진, 진성우, 한홍남, 김문조, 김재중 / 126
- 유한요소법을 이용한 풍력발전기용 Main Shaft 제조공정해석
.....이동준*, 권용남, 김민석, 이진모 / 127

7. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 알루미늄 판재 부품의 주름 저감 및 전단 재단용 플렉스 포밍 금형 개발
.....김성욱*, 김경환, 김수환, 박현식, 김대용, 이진우 / 131
- 하중 경로에 따른 알루미늄 합금 판재의 파괴 연신률 변화
.....방준호*, 장인제, 곽수현, 노우람, 이종섭, 송정한 / 132
- Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 외판의 성형공정 해석
.....강병욱*, 장인제, 김정환, 노우람, 송정한, 김세호, 남성우, 정철영 / 133
- Al5083 및 Al6061 마찰교반용접 맞춤재단판재의 성형특성 평가
.....장인제*, 방준호, 김용배, 곽수현, 노우람, 송정한 / 134
- SGACUD와 DP590 강판의 변형 모드에 따른 변형률 속도가 성형성에 미치는 영향에 대한 실험적 연구
.....김효동*, 조성민, 정완진, 박춘달 / 135
- Ti-6Al-4V 합금의 성형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구
.....김현지*, 권용남 / 137
- TRB소재를 사용한 공법설계 및 성형해석
.....오인석*, 황상희, 박현경, 정지원 / 138
- 실험계획법 및 유한요소해석을 이용한 판단조부품의 공정설계
.....박민철*, 이찬주, 전만수, 김동환, 신현집 / 139
- Mini V-bending 시험 시 Mg합금 판재의 굽힘성에 관한 연구
.....김민성*, Jaiveer Singh, 최시훈 / 141
- 구리 판재의 비대칭 압연과 집합조직
.....이철우*, 김인수, 이동녕 / 142
- 강의 비대칭 템퍼 압연과 집합조직 변화
.....이철우*, 김인수, 이동녕 / 143
- STS 2205 질화와 내부식특성과 표면 변화
.....이철우*, 김인수 / 144

- 유한 요소 해석을 이용한 조선해양플랜트용 T-bar 성형 공정 변수에 관한 연구
..... 홍순곤*, 최동환, 윤상길, 이진우, 이정환, 윤종현, 이상익 / 145
- 스파이더 온간단조 공정의 유한요소해석을 이용한 금형 수명 예측
..... 서정환*, 정기호 / 146
- 링 압축시험을 이용한 온간단조 공정에서의 마찰계수 측정
..... 고은실*, 정기호 / 147
- 선박 엔진용 크랭크샤프트의 켄칭 후 변형량에 관한 연구
..... 전용배*, 정상인, 송보경, 한종윤, 오상균, 전효원 / 148
- 대형 알루미늄 플랜지의 점진 단조 공정 개발
..... 남지원*, 조종래, 이경훈, 장창범, 이인환 / 149
- 유한요소법을 이용한 자동차 구동부품 Pulley의 열간 및 온간 단조 성형해석과 미세조직 예측 및 비교
..... 김대근*, 이영선, 윤은유, 김태구 / 151
- 열간단조 중 발생한 공기 갇힘의 영향
..... 노동일*, 문호근, 전만수 / 152
- 볼조인트케이스 열간단조용 프리폼의 제조를 위한 크로스롤링 공정의 실용적 설계
..... 하수진*, 엄재근, 전만수 / 154
- 요크 자동다단 정밀냉간단조 공정의 스프링백 해석 및 검증
..... 김민철*, 송하늘, 전만수, 김광민, 황태민, 정완진 / 156
- 단조 후 소재 절삭에 따른 탄성회복 변형의 유한요소예측
..... 전만수*, 정완진, 정승원 / 158
- 비축대칭 제품의 냉간단조에서 원형구멍 성형 시 진원도에 관한 연구
..... 김광민*, 황태민, 김민철, 정석환, 전만수 / 160
- DC casting 및 EMS 공정으로 제조된 과공정 Al-15wt.%Si 합금의 미세조직 및 마모 거동
..... 강연지*, 허준영, 이기안, 김종호, 황종일 / 162
- 알루미늄 롤-포밍 공정에서 발생하는 지그재그형상 균열에 대한 고찰
..... 이상교*, 이종섭, 최석우, 김용배, 김근호 / 164
- 경화거동에 따른 TRIP1180 강판의 스프링백 특성 분석
..... 박정환*, 장인제, 강병욱, 김용배, 노우람, 송정환, 김세호, 박두현, 이정흙, 정철영 / 165
- 잔공크기에 따른 파이프 포밍 가공 경향성 분석
..... 김민호*, 전재혁, 문기태, 서영진 / 166
- 복합형 34ton급 주행디바이스 구조설계 및 강도해석
..... 배선민*, 김병철, 김동환 / 168
- 일축인장 시 3 차원 미세조직에 기반한 이중합금 용접부의 소성 불균일 변형거동 해석
..... 박기성*, Nabeel Jahanzeb, 최시훈 / 169
- 순철의 미끄럼마멸 중 형성된 고경도 변형층과 변형층의 파괴 거동 분석
..... 구본우*, 권혁우, 김영규, 김용석 / 170
- Twin Roll Strip Casting 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성
..... 허준영*, 백민석, 이기안, 어광준, 임창동 / 172
- 압연 접합된 클래드 판재에서 압연 전 표면처리에 따른 접합강도의 변화
..... 박정훈*, 남원중 / 174
- 열간 압출 기술을 활용한 이중소재 패던형 동합금 제조기술에 대한 연구
..... 김주홍, 임재덕, 황덕영, 이중현, 손현택 / 175

- 알루미늄 압출 공정시 금형 설계에 관한 연구
..... 송가형*, 곽호택 / 176
- 고온-고압 수소 주입된 고망간강의 인장 거동에 미치는 표면 조건의 영향
..... 백한솔*, 임현석, 이승용, 황병철 / 178
- 상용 600MPa 급 고강도 일반 및 내진용 철근의 미세조직과 인장특성
..... 서하늘*, 이상인, 황병철 / 180
- 수소환원법을 이용한 미세 몰리브덴 분말제조 공정조건의 최적화 연구
..... 임성식*, 임성주, 김용배, 윤지석, 조종두 / 182
- STS 304 소재를 적용한 Hex Socket Bolt의 단조 성형성에 관한 연구
..... 윤영섭*, 정현주, 안규희, 권용철, 강종훈 / 183
- 유한요소해석 및 중성자회절법을 통한 등통로각압축 공정 시편의 잔류응력분포
..... 이학현*, Kapil Dev Gangwar, 김형섭, 박경태, 우완측 / 185
- CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 실험 및 유한요소해석을 통한 판재 성형성 평가
..... 배재웅*, 문종언, 장민지, 임다미, 김형섭, 서민홍 / 186

1. 특 별 세 셴

설계기반 미래성형기술
(제 1 발표회장)

Levenberg-Marquardt 기반 역해석 기법을 이용한 섬유금속 적층판의 모드 I 접착 거동 예측에 관한 수치적 연구

박으뜸¹ · 김 정¹ · 강범수¹ · 송우진[#]

Numerical Study on Prediction of Mode I Adhesive Behavior in Fiber Metal Laminate using Inverse analysis based on Levenberg-Marquardt Method

E. T. Park, J. Kim, B. S. Kang, W. J. Song

Abstract

Fiber metal laminate is a type of hybrid composite materials consisting of the metallic and the fiber-reinforced plastic sheets. In order to apply the fiber metal laminate to the product in the industry, the numerical analysis should be conducted to evaluate the performance of the product. Before the numerical analysis, the adhesive behavior between the metallic and the fiber-reinforced composite sheet in the fiber metal laminate should be identified because the delamination may introduce the performance degradation of the fiber metal laminate using the experimental procedures. The double cantilever beam test has been conducted to identify the mode I adhesive behavior by obtaining the mode I energy release rate. The mode I energy release rate can be calculated by observing the delamination length, the grip stroke, and the axial load. However, the visualization of delamination length is difficult when the environmental temperature is high. Therefore, the objective of this study is to develop the inverse analysis technique which can predict the mode I adhesive behavior of the fiber metal laminate. First, the mode I energy release rate was obtained by the double cantilever beam test. Next, the inverse analysis was carried out to search the mode I nominal stress and energy release rate of cohesive element using the Levenberg-Marquardt method. Finally, the load history has been compared with the experimentally obtained load history. It is noted that the proposed inverse analysis technique can predict the mode I adhesive behavior efficiently.

Key Words : Cohesive Element (응집 요소), Double Cantilever Beam Test (이중 외팔보 시험), Energy Release Rate (에너지 해방률), Fiber Metal Laminate (섬유금속적층판), Levenberg-Marquardt Method

Acknowledgement

이 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A5A1048294).

1. 부산대학교 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 일반대학원 융합학부,

E-mail: woodysong@pusan.ac.kr

동일 면적비를 적용한 다단 형상 압연 공정의 롤 설계

정현석¹ · 김병민[#]

Roll design of Multi-stage Rolling Process Applying same area ratio

H. S. Jung, B. M. Kim

Abstract

The design of intermediate roll profiles in shape rolling is important as a key role in improving product quality and dimensional accuracy. Multi-stage shape rolling process is more complex than the plat rolling due to many geometrical parameters. These geometrical parameters include spread and elongation of the material by width reduction. This study proposed a multi-stage rolling process applying the same area ratio. The profile of virtual roll that makes equal the rolling forces of all passes was designed using A.Geleji's equation. The effectiveness of the designed roll profiles was verified by FE-simulation and experiment with plasticine. The material properties of plasticine was measured experimental verification. The proposed method was applied to the shape of Cross-shape wire. From the results of the FE-simulations and experiment with plasticine, the proposed design method led to a rolled product with a sound shape. The dimensional tolerances of the product were within the allowable specified tolerances.

Key Words : Shape Rolling(형상 압연), Metal Flow(재료유동), Intermediate Roll Profile(중간 롤 형상), FE-simulation(유한요소해석), Plasticine(플라스틱신)

후 기

이 논문은 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012R1A5A1048294).

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공

교신저자: 부산대학교 기계공학부

E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

직사각바 인발공정에서 종횡비에 따른 충진률 확보를 위한 프로세스맵 도출

고필성¹ · 김정훈¹ · 남궁정² · 이광석³ · 김병민[#]

Derivation of Process map for Filling rate according to the Aspect ratio of the Rectangular bar in Drawing process

P. S. Ko, J. H. Kim, J. Namkung, K. S. Lee, B. M. Kim

Abstract

The rectangular bars can be classified as aspect ratio, and the shape complexity of drawing process is determined by the aspect ratio. In general, the rectangular bar with a low aspect ratio is manufactured only by the drawing process. In other hand, the rectangular bar with a high aspect ratio is manufactured by drawing process after the rolling process. In this study, a process map for filling rate according to the aspect ratio was derived in the drawing process of rectangular bar. FE-simulation of the multi-stage shape drawing process was carried out with 4-type of rectangular bar. The result of FE-simulation were trained to learn the nonlinear relationship between the shape parameters using Artificial Neural Network(ANN), and the process maps were derived from them. The optimum half die angles were determined from the process maps on the filling rate. The optimum die half angle was determined in the process map of filling rate. The validity of the process map was verified through FE-simulation and experiments.

Key Words : Multi-Stage Shape Drawing(다단형상인발), Rectangular Bar(직사각바), Process Map(프로세스 맵), Filling Rate(충진률), FE-simulation(유한요소해석), Aspect Ratio(종횡비)

후 기

이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('10063258')

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공

2. 포항산업과학연구원

3. 재료연구소

교신저자: 부산대학교 기계공학부,

E-mail:bmkim@pusan.ac.kr

리스트라이크 공정을 이용한 초고강도 Extension Rear Side Members 부품의 스프링백 저감

한성준¹ · 김재홍¹ · 강병준² · 송현섭² · 김병민[#]

Springback Reduction of UHSS Extension Rear Side Member Using Restrike Process

S. J. Han, J.H.Kim, B. M. Kim

Abstract

Prediction of springback has become important issue due to the recent trend of application of high strength steels in automotive body parts. In addition, many researchers are actively studying to improve dimensional accuracy of high strength parts. In this study, restrike process was applied to achieve excellent dimensional accuracy in manufacturing process for extension rear side member using DP980 sheet. Various experiments were performed to obtain the material constants of the Yld2000-2d yielding function and the Yoshida-Uemori hardening model. Determined material constants were implemented into the FE-analysis for prediction of springback. The amount of springback which was generated after cold stamping was compensated using change in gap between tools and sheets or bending radius. In order to verify the designed restrike process, the experiment was performed and its result showed that As a result, dimension of extension rear side member was satisfied for the target tolerance of ± 1.0 mm.

Key Words : Restrike process(리스트라이크 공정), Ultra high strength steel(초고강도강), Yoshida-Uemori model(요시다 우에모리 모델) FE-analysis(유한요소해석), Extension Rear Side Member Parts(익스텐션 리얼사이드 맴버 부품)

후 기

이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('10052779').

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공
2. ㈜케이에스엠 연구개발팀
교신저자: 부산대학교 기계공학부
E-mail: hanry19@pusan.ac.kr E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

다구찌 기법을 이용한 Al6061-T6의 2단계 마찰교반점용접 공정변수 최적화

조덕상¹·김재홍¹·고대철²·김병민[#]

Optimization of Process Parameters using Taguchi method In Two-stage Refilled Friction Stir Spot Welding of Al6061-T6

D. S. Jo, B. M. Kim

Abstract

Two-stage refilled friction stir spot welding(TFSSW) is a novel process based on conventional friction stir spot welding(FSSW). This process consists of two stages. The first stage is a conventional FSSW process and second stage is a refilling process. In this study, the shear strength of the welded joints produced by TFSSW is investigated for various process parameters such as tool rotational speed, dwell time and plunge depth. The parameters were optimized by Taguchi method. Taguchi method was used to minimize the number of experiments and applied to draw maximum shear strength of the welded joints. The analytical results based on experiment showed that the tool rotational speed in first stage and plunge depth in second stage is the most important parameter in TFSSW. The experimental results showed that the optimal levels of the rotational speed, dwell time and plunge depth were found to be 1400rpm, 8seconds and 2.6mm in first stage and 1400rpm, 4seconds and 0mm in second stage.

Key Words : Two-stage refilled friction stir spot welding(2단계 마찰교반점용접), Optimization(최적화), Shear strength(전단강도), Taguchi method(다구찌 기법)

후 기

이 논문은 2012 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No.2012R1A5A1048294)

1. 부산대학교 정밀가공시스템 전공

2. 부산대학교 융합학부

교신저자: 부산대학교 기계공학부,

E-mail:bmkim@pusan.ac.kr

구멍 가공 조건이 SAPH440 강판의 구멍 확장성에 미치는 영향

서기영¹ · 김재홍¹ · 이현석² · 김병민[#]

Effect of Hole Processing Conditions on the Hole Expansion Ratio of SAPH440 steel sheet

K. Y. Seo, B. M. Kim

Abstract

A hole expansion ratio of steel sheets has become an important performance index for manufacturing automotive component. In this study, hole expansion tests were carried out to investigate effect of the hole processing conditions on the hole expansion ratio of SAPH440 steel sheet. Experiments were performed with various hole processing conditions such as laser cutting, wire-EDM and punching. In the case of punching, three different punching clearances were used to compare each condition. The burr direction generated in the punching process and the presence of chamfer were also considered. The hole expansion ratio was compared with according to experimental conditions of SAPH440 steel sheet. In this study, a polynomial fitting method was used to determine the onset of crack for specimen of hole expansion test.

Key Words : Hole Expansion Ratio(구멍 확장성 비), Hole processing condition(구멍 가공 조건), SAPH440, Punching clearance(펀치 간극), Polynomial fitting method(다항식 피팅 방법)

후 기

이 논문은 산업통상자원부의 재원으로 중소기업청의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.S2315965)

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공
2. 나라엠앤디(주) PD연구팀
교신저자: 부산대학교 기계공학부,
E-mail:bmkim@pusan.ac.kr

비정형롤판재성형 공정의 통계적 예측을 위한 실험적 연구

박지우¹ · 길민규¹ · 윤준석¹ · 김정¹ · 강범수[#]

Experimental Study on Flexibly-reconfigurable Roll Forming Process for Statistical Prediction

J. W. Park, M. G. Kil, J. S. Yoon, J. Kim, B. S. Kang

Abstract

Flexibly-reconfigurable roll forming (FRRF) process is a flexible forming technology which can be applied to manufacture the curvature sheets. The array of curvature adjusting rods could be implemented curvature of the roller. The final shape is determined by the curvature of the reconfigurable rollers and varying gap between rollers. It is hard to predict the results of FRRF, because 3-dimensional curved surface is formed by the 2-dimensional curve in FRRF process. Therefore, statistical model is utilized to predict the curvature of the sheet. The input parameters of the model are compression ratio, curvature radius of the transverse direction and blank width. The output parameter is longitudinal curvature after forming. To utilize as sample data, the experiments are carried out using FRRF equipment in this study, and the regression analysis is carried out. The goodness-of-fit tests are conducted to verify the reasonability of this model.

Key Words : Flexibly-Reconfigurable Roll Forming, Regression Analysis, Experiments

후 기

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 선도연구센터지원사업(No. 2012R1A5A1048294)과 중견연구자지원사업(No. 2015R1A2A2A01005494)의 지원을 받아 수행된 연구임. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 부산대학교, 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 항공우주공학과, E-mail: bskang@pusan.ac.kr

Al2024, AZ31B와 C1220 판재의 비정형롤판재성형에 대한 수치적, 실험적 연구

길민규¹ · 박지우¹ · 윤준석¹ · 강범수[#]

Numerical and Experimental Studies on Flexibly-reconfigurable Roll Forming of Al2024, AZ31B, and C1220 Sheets

M. G. Kil, J. W. Park, J. S. Yoon, B. S. Kang

Abstract

Existing sheet metal forming processes have economical limitations for use in small quantity batch production processes due to the fixed shape of the device. As a way of resolving these limitations, flexibly-reconfigurable roll forming (FRRF) has been proposed. FRRF creates multiple curved sheet metals using punches which can control the height of its own, and a couple of flexible rollers. As the demand for sheet metal in various fields continues to increase in recent years, the applicability of FRRF to various materials is needed. In addition, the formability of diverse materials is necessary to be compared. This study investigated the applicability of FRRF to various materials such as aluminum, magnesium and copper alloy sheets and the formability of these materials. First, numerical analysis under the same conditions was conducted by using ABAQUS, a commercial software, and the experiments using FRRF apparatus were carried out to verify the simulation results. Finally, the applicability of FRRF for chosen materials and the formability of these materials on FRRF were ascertained through the results of experiments and simulations

Key Words : Flexibly-reconfigurable roll forming, FE simulation, Experiment

후 기

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 선도연구센터지원사업(No. 2012R1A5A1048294)과 중견연구자지원사업(No. 2015R1A2A2A01005494)의 지원을 받아 수행된 연구임. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 부산대학교, 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 항공우주공학과, E-mail: bskang@pusan.ac.kr

중공 분할형 터빈 노즐의 후판 프레스 성형 공정에 대한 해석적·실험적 연구

곽봉석¹ · 윤만중² · 전재영² · 강범수³ · 구태완[#]

Numerical and Experimental Study on Press Forming of Thick Plate for Hollow-Partitioned Turbine Nozzle

B. S. Kwak, M. J. Yoon, J. Y. Jeon, B. S. Kang, T. W. Ku

Abstract

Most of electricity is generated from steam power plant or nuclear power plant still these days. Steam turbine is crucial part for power plant's efficiency and service life. Steam turbine consists high pressure turbine and low pressure turbine generally. In the last stage of low pressure turbine, because of low vapor pressure and enthalpy, water droplet is formed. This droplet impacts next rotor blade and causes serious erosion problems. To solve this problem, hollow-partitioned turbine nozzle is suggested. This type of nozzle has suction holes for remove the droplets and internal passage to drain it. To view of manufacturing, hollow-partitioned nozzle has advantages of low cost and faster processing time since press forming. Existing turbine nozzle made by cutting from forged solid steel makes much scrap and requires long time to work. But press forming have critical disadvantage of elastic recovery. It makes the accuracy of final product lower so causes assembling problem or efficiency problem. To resolve this problem, overbending technique is applied to reduce geometrical error from spring-back phenomenon.

Key Words : Steam Turbine, Water Droplet, Hollow-Partitioned Turbine Nozzle, Suction Hole, Manufacturing, Elastic Recovery, Multi-curved, Overbending, Spring-back

1. 서론

오늘날에도 여전히 화력 발전소와 원자력 발전소에서 생산된 전기가 전력 생산량의 대부분을 차지하고 있다. 증기 터빈은 이러한 발전소의 효율과 수명에 지대한 영향력을 가진다. 증기 터빈은 일반적으로 고압 터빈과 저압 터빈으로 구성되어 있으며, 저압 터빈의 마지막 고정단에서는 낮은 증기 압력과 에너지로 인하여 물방울이 형성된다. 이러한 물방울은 다음 회전단의 날개에 충돌하여 심각한 침식 현상을 야기한다. 이 문제를 해결하기 위하여 중공형 터빈 노즐이 제시되었다. 이 노즐은 물방울을 빨아들이는 구멍을 갖고 있으며, 내부 유로를 통해 물방울을 배출한다. 제조적 측면에서 보면 중공형 노즐은 프레스 공정으로 생산하기 때문에 저렴하고 단시간 내에 생산이 가능하다. 기존의 터빈 노즐은 강철을 단조한 다음 절삭하여 제작하기 때문에 원 소재에서 버리는 부분이 많으며 시간이 오래 걸린다. 다만 프레스 공정을 통하게 되면 탄성 회복이 일어난다는 것이 가장 큰 문제이다. 이로 인해 최종 생산품의 형상이 부정확해지

1. 부산대학교 항공우주공학과 대학원

2. 파워엠엔씨(주)

3. 부산대학교 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 설계기반미래성형기술센터, E-mail: longtw@pusan.ac.kr

고, 조립 단계에 문제가 발생하거나 터빈의 효율성이 낮아지게 된다. 스프링백 현상으로 인한 형상 오차 문제를 해결하기 위하여 오버벤딩 기법이 적용되었다.

2. 유한 요소 모델

우측 그림과 같은 유한 요소 모델을 제작하였다. 편치와 다이는 강체로 가정하였기 때문에 전체 형상을 모델링하지 않고 블랭크와 접촉하는 면 만을 사용하였으며, 대형 후판이기 때문에 발생하는 지지 구조 문제를 해결하기 위하여 가이드 핀을 도입하였는데 이를 모델링에 반영하였다.

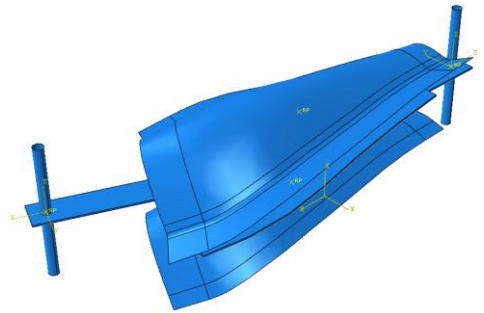


Fig 1. Configuration of finite element model

3. 결과 및 고찰

요구사항인 형상 오차 0.5mm 이내를 달성하였으며 대다수의 영역에서는 그보다 훨씬 더 작은 오차를 보인다.

4. 결론

40인치 중공 분할형 터빈 노즐의 국내 제작기술을 확보하기 위하여 상판 성형 공정에 대한 해석을 수행하였으며 실험을 통하여 해석 결과의 타당성을 확보하였다. 목적 형상으로부터 역설계 및 이방성을 고려한 초기 블랭크를 설계하였으며 블랭크 홀더 대신 가이드 암과 핀을 사용하여 지지 구조를 설계하였다. 언더컷이 발생하지 않는 성형 방향을 선정하고 탄성 회복으로 인한 형상 변형을 보정하기 위하여 오버벤딩 기법을 적용하였다. 현재 독일에서만 제조 가능한 중공 분할형 터빈 노즐의 국내 제작을 위한 발판을 마련하였다.

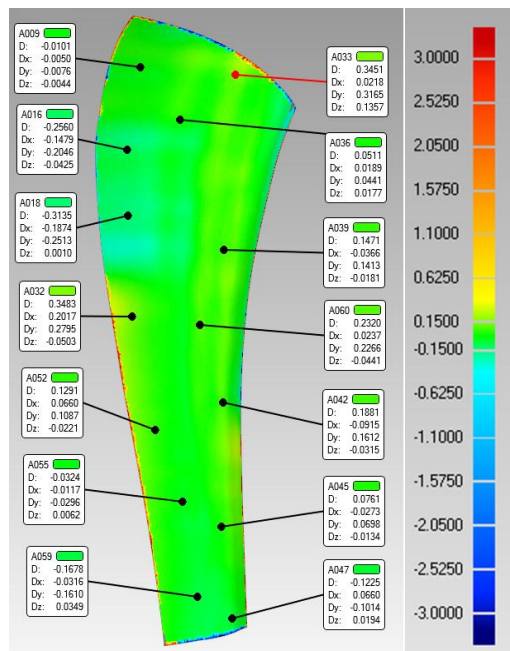


Fig 2. Geometric accuracy of final

후기

본 연구는 산업통상자원부의 투자자연계형 소재부품기술개발사업(No. 10052835)의 일환으로 수행되었습니다. 또한, 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A5A1048294).

참고문헌

- [1] B. Staniša, V. Ivušić, 1995, Erosion behavior and mechanisms for steam turbine rotor blades, Wear, Vol. 186~187, pp. 395~400.
- [2] B. E. Lee, K. J. Riu, S. H. Shin, S. B. Kwon, 2003, Development of a Water Droplet Erosion Model for Large Steam Turbine Blades, KSME International Journal, Vol. 17, Issue 1, pp. 114~121.
- [3] B. K. Kang, B. S. Kwak, M. J. Yoon, J. Y. Jeon, B. S. Kang, T. W. Ku, 2016, Tool Design and Numerical Verification for Thick Plate Forming of Hollow-Partitioned Steam Turbine Nozzle Stator, Transactions of Materials Processing, Vol. 25, No. 6, pp. 379-389.

2. 특 별 세 셴

타이타늄 튜브제조를 위한 공정단축형
주조-압출 복합성형기술
(제 2 발표회장)

열간 압출공정에서 유리패드 열기계적 특성평가

송영남¹ · 강성훈² · 이호원² · 윤종현^{1#}

Evaluation of thermo-mechanical properties of glass pad in hot extrusion process

Y. N. Song, S. H. Kang, H. W. Lee, J. H. Yoon

Abstract

고강도 합금의 열간 압출공정에서 금형과 빌렛 사이에 발생하는 마찰력을 줄이기 위해서 유리 윤활제를 사용한다. 유리 윤활제의 한 형태인 고상의 유리패드는 압출금형과 빌렛 사이의 공간에 위치하여 고온의 빌렛과 접촉함에 따라 액상의 유리 윤활제가 되어 지속적으로 빌렛 표면에 도포된다. 액상으로 상변화 된 유리 윤활제는 빌렛과 다이 사이의 마찰력을 줄이는 윤활제 역할 뿐만 아니라 단열재 역할도 할 수 있어서 압출재의 조직과 표면특성을 향상시키는 중요한 역할을 하게 된다. 하지만 유리 윤활제는 소재의 구성에 따라서 사용온도와 나타내는 기계적 특성이 다르기 때문에 빌렛의 압출성형 온도에 적합한 유리 윤활제를 선택해야한다. 본 논문에서는 유리패드의 열기계적 특성인 점성계수를 평가하기 위해서 parallel plate viscometry (PPV)의 실험을 할 수 있는 시험장비를 구축하였으며 유리 윤활제의 구성에 따른 실험을 진행하였다.

Key Words : 열간 압출공정, 유리 패드, 점성계수

1. 한양대학교 ERICA 기계공학과

2. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

타이타늄 심리스 튜브 제조를 위한 복합공정 기술 개발

배성환¹ · 최선목¹ · 민경호[#]

Development of the technology of an integrated process for manufacturing titanium seamless tube

S. H. Bae, S. M. Choi, K. H. Min

Abstract

This study discusses the integrated methods of a simple extrusion for manufacturing Titanium seamless tube. The manufacturing process of Ti seamless tube comprised three steps: the first step is extrusion process by a designed simple double-acting system which can be driven dependently the main cylinder and mandrel. Subsequently, the outer diameter size of tube is reduced to 50 mm by a drawing dies and its wall thickness is controlled to 2 mm by a cylindrical mandrel and a pipe bell in the drawing process. Finally, straightening process is a roll process to straighten the long range curvature of mill annealed tubes. It is known that the state of residual stress of the final tube depends on specific details of the straightening process and OD grinding. The maximum size of the surface profile, length and its wall thickness for seamless tube was 50/6000/2 mm, respectively. And an error tolerance of outer diameter is ± 0.1 mm. In the control extrusion process, the most significant parameters such as temperature of billet, ram velocity and extrusion ratio are investigated and considered. The aim of this study is to localize the manufacturing technology of Ti seamless tube which depends on the whole import and provides a foundation for manufacturing the seamless tube in the future.

Key Words : Titanium alloy, Simple double-acting extrusion, Seamless tube, Drawing, Straightening.

1. 서론

타이타늄 심리스 튜브는 고내부식성, 저중량/고강도 등의 소재 특성으로 해양담수설비, 방산, 화학 분야 등 주력 산업에서 널리 사용되고 있지만 국내 기술력 부족으로 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 본 연구에서는 심리스 튜브의 독자적인 제조공정 기술을 확립하여 기술의 국산화를 도모하고 나아가 공정기술의 기초자료 제공을 목적으로 한다.

2. 고찰

본 연구에서는 타이타늄 심리스 튜브의 제조를 위한 독자적인 공정기술을 확립하였다. 개발된 공정 기술은 크게 압출, 인발,

직진화 교정 기술, 이렇게 3가지로 정의된다. 1차 압출 공정을 통해 외경 60 mm, 두께 5 mm, 길이 2000 mm를 갖는 심리스 튜브를 성공적으로 제조하여 압출가능성을 확인하였다. 이는 국내에서는 최초로 시도되는 기술이며, 기존 공정이 갖고 있는 소재 손실량의 문제도 동시에 해결할 수 있어 국가 경쟁력 증대를 위한 원천기술로 적용될 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Y. G. Gulyayev, Y. I. Shyfrin, I. Mamuzic, D. Y. Garmashev, N. A. Maximova, 2010, The modern trends of development of the pipe and tube industry, METALURGIJA, V. 49, pp. 187-190.

1. ㈜선우엔지니어링 기업부설연구소

교신저자: ㈜선우엔지니어링, E-mail: sunwooRND@hanmail.net

유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 튜브 인발 공정 설계

최병진¹ · 강성훈¹ · 오영석¹ · 이호원[#]

Design of drawing process for seamless titanium tube using finite element analysis

B. J. Choi, S. H. Kang, Y. S. Oh, H. W. Lee

Abstract

플랜트 시장에 주로 쓰이는 타이타늄 용접관은 용접부 응력부식균열(stress corrosion cracking)의 발생으로 인해 내식성이 급격히 저하되는 단점이 있다. 이러한 문제점으로 인해 환관, 압출 및 인발 등의 새로운 공정을 적용한 심리스 튜브 제작에 대한 관심이 증대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 냉간 인발 공정을 적용한 심리스 튜브를 생산하기 위한 최적 인발 공정을 설계하고자 한다. 이를 위하여 압축시험 및 유한요소해석을 통하여 초기 소재의 임계연성파괴값(Critical Damage Value)을 예측하고, 인발 공정 시에 발생하는 최대연성파괴값과 비교하여 최적의 인발 금형을 설계하였다. 유한요소해석을 통해 인발 금형의 설계인자 중 다이 각도, 다이 도입부 곡률, 랜드부의 길이 등이 인발 공정 중 소재의 변형 거동 및 성형 하중에 미치는 영향을 분석하였으며, 이를 토대로 소재의 파단을 방지하고 균일한 두께를 가지는 심리스 튜브를 제작하기 위한 인발 공정을 설계하였다.

Key Words : Seamless tube, Titanium, Finite Element Analysis, Drawing

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

티타늄 빌렛 스크랩을 활용한 광촉매 필터 제조

이형욱¹

Fabrication of Photocatalyst filter Using Ti scrap

H. W. Lee

Abstract

생체재료, 항공우주 및 발전산업에 적용되는 티타늄 및 티타늄합금 부품의 대부분은 수입한 원자재를 CNC와 같은 가공공정으로 제조되고 있다. 고내식성, 생체적합성으로 인하여 티타늄 및 티타늄합금의 사용이 증가함에 따라 가공 중 발생하는 스크랩의 양도 점차적으로 증가하고 있다. 가공 중 발생하는 스크랩들은 재사용하기에 어렵고 폭발의 위험성이 존재하여 폐기되는 현시점에 티타늄 스크랩을 재활용하기 위한 연구개발이 필요하다. 본 연구에서는 폐기되고 있는 티타늄 스크랩을 재활용하기 위하여 강제산화된 티타늄 광촉매(photocatalyst)와 자외선(UV)의 조사에 따른 휘발성 유기화합물 분해능을 분석하여 그 기능성을 살펴보고자 한다.

Key Words : Titanium, Scrap, Photocatalyst, UV

1. ㈜피디텍

타이타늄 중공빌렛 예열을 위한 유도가열기술 개발

신영철¹ · 민경호² · 최선목² · 최호준[#]

Development of induction heating technology for preheating of titanium hollow cylinder billets

Y. C. Shin, K. H. Min, S. M. Choi, H. J. Choi

Abstract

The aim of this study is to develop mass production type induction heating technology for the preheating of titanium hollow cylinder billets used in the extrusion process of seamless titanium tubes. Titanium is rapidly oxidized at temperatures of more than 800℃, thereby a thicker oxide scale is formed on the billet surfaces. The formation of oxide scale reduces the material utilization rate and deteriorates extrusion quality. Therefore, oxidation prevention technology should be applied during and after preheating process of billet for successful titanium tube extrusion. In this study, we will minimize preheating time up to 1 min, and develop oxidation preventing system using inert gas. Moreover, we are considering the development of the glass powder uniform application system to minimize oxidation during billet transport to extrusion press.

Key Words : Titanium, Hollow billet, Induction heating, Oxide scale, Extrusion process,

1. 한국생산기술연구원

2. (주)선우엔지니어링

교신저자: 한국생산기술연구원, hjoon@kitech.re.kr

타이타늄 진공용해 주조재의 조직과 물성의 상관관계

박양균¹ · 윤창석¹ · 황유진¹ · 이동근[#]

Relations of microstructures and properties of titanium fabricated by high vacuum casting

Y. K. Park, C. S. Youn, Y. J. Hwang, D. G. Lee

Abstract

This study investigated microstructures and mechanical properties relation of titanium ingot fabricated by high vacuum casting. To evaluate titanium ingot, we divided by three parts that is Top, Middle, Bottom. Results of microstructures, side of ingot is chilled zone and center of ingot is equiaxed structures. Hardness of side is higher than hardness of center, because microstructure of center is bigger than side. Therefore side's hardness have high hardness. Tensile properties of titanium ingot have UTS 363 MPa, YS 289 MPa, El 18%. Through this, titanium ingot fabricated by high vacuum casting was able to confirm the soundness.

Key Words : Titanium, High vacuum casting, Microstructure-properties relation

1. 서론

타이타늄 소재는 높은 비강도와 우수한 내식성으로 인해 에너지, 발전분야, 해수담수화 분야등에 널리 사용되고 있다. 주로 튜브 형태로 사용되고 있어 판재를 사용한 조관 공정과 열처리 공정 등을 거쳐 제조하게 된다. 이러한 판재를 활용한 공정은 초기 잉곳에서 단조, 압연 등의 공정을 거치게 되므로 비용절감이 용이하지 않다. 또한, 용접부의 내식성 저하와 균열파괴 등에 대한 저항성 약화 등으로 인해 극심한 환경하에서는 사용에 제약을 따를 수 있다. 이에 진공용해주조를 통한 마더튜브 형태의 빌렛을 바로 제조하고 압출 등의 공정을 통해 심리스튜브를 제조할 수 있는 공정을 개발하여 가격경쟁력과 성능향상을 확보할 필요가 있다. 본 발표는 이러한 공정의 초기 단계인 고진공 용해 및 주조를 통해 마더튜브형 빌렛을 제조하고 그 위치별 조직 및 기계적 특성에 대해 평가 분석하여, 진공용해공정에 대한 안정화와 요구물성의 확보를 위한 사전연구결과를 제시하고자 한다.

2. 실험방법

각 위치별 조직 및 기계적 특성을 평가하고자 잉고트를 세로로 절단 후, 잉고트의 Top, Middle, Bottom 부에서 판상의 조직 관찰용 시편과 봉상의 인장시험용 시편을 채취하였다.

1. 순천대학교 신소재공학과

이동근: 순천대학교 신소재공학과, leechodg@scnu.ac.kr

마이크로조직을 통해 위치별 응고조직의 특성을 파악하고, 상온인장시험을 통해 잉고트의 건전성을 평가하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

마이크로조직 관찰결과, 전체적으로 잉고트의 side 부에는 chilled zone이 나타났으며, center 부에는 equiaxed 조직이 나타났다. 경도 측정결과, 잉고트의 side부가 높게 나타났으며 center부의 경도값은 CP titanium의 경도값과 유사하게 나타났다.

상온인장시험 결과, Bottom부에서 가장 낮은 기계적 특성치를 나타냈지만, 전체적인 잉고트의 인장특성 결과, 평균적으로 인장강도 363 MPa, 항복강도 289 MPa, 연신율 18%로 양호한 특성을 나타냈다. 따라서 진공용해로 주조한 타이타늄 잉고트가 건전하게 주조되었으며, 양호한 특성들을 가지는 것을 확인 할 수 있다.

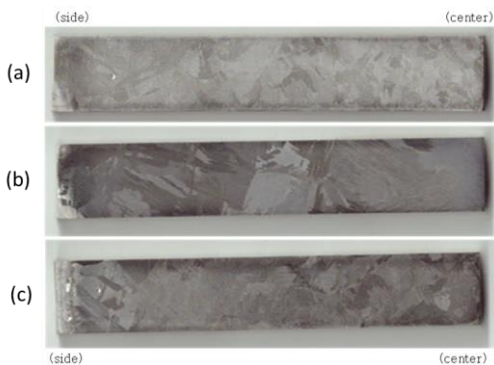


Fig. 1 Macrostructures of CP titanium ingot.((a): Top, (b): Middle, (c): Bottom)

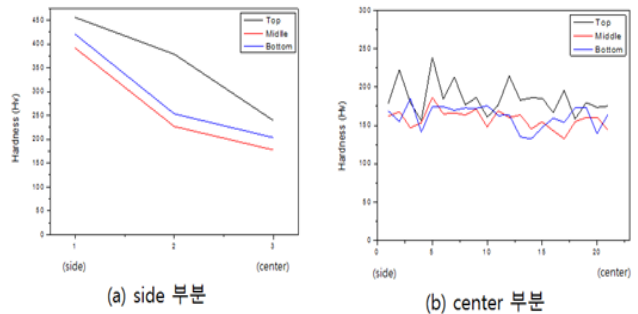


Fig. 2 Hardness of each positions (Top, Middle, Bottom) of titanium ingot.((a): side, (b): center)

4. 결론

타이타늄 진공용해 주조재의 건전성을 확인하고자 주조재의 side부, center부 등의 조직을 관찰한 결과, 양호한 미세조직을 나타내었고, 위치별 부위별 기계적 특성도 오차범위내에서 일정한 범위의 값을 나타내어 양호한 주조 빌렛임을 확인하였다. 구체적으로 경도는 185.5 Hv, 상온인장 특성은 UTS 363 MPa, YS 289 MPa, El 18%로 양호한 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 진공용해주조를 통한 마더튜브 형태의 빌렛을 바로 제조할 수 있어, 후속 압출 등의 공정을 통해 가격경쟁력과 성능을 확보한 심리스튜브를 제조하는 공정에 적극 활용할 수 있다.

비틀림 시험을 통한 CP 타이타늄의 고온 가공성 평가

김명훈¹ · 이지운¹ · 정택균¹ · 임춘섭² · 최호준³ · 신영철³ · 현승균[#]

Evaluation of the hot workability of CP titanium using the torsion test

M. H. Kim, J. W. Lee, T. K. Jung, C. S. Lim, H. J. Choi, Y. C. Shin, S. K. Hyun

Abstract

In this study, optimal processing conditions were derived by evaluating high temperature characteristics of commercially pure titanium using hot torsion test. Hot torsion test was conducted at the temperature range from 1073K to 1273K and the strain rates range from 0.1 to 10s⁻¹. The flow stress obtained by the torsion test increased with decreasing temperature and increasing strain rate. To determine the optimal process conditions, the activation energy map and the processing map were derived through the flow curves and the microstructure was observed by an optical microscope.

Key Words : Hot torsion test, CP titanium, Processing map, Activation energy

1. 서론

CP 타이타늄은 높은 비강도와 친환경성, 상온에서의 우수한 내식성으로 인해 비행기의 동체, 열교환기 등에 주로 쓰인다. 고온에서 내식성이 떨어지지만 상변태로 인한 슬립계 변화와 동적 연화기구의 활성화 등으로 인해 더 우수한 가공 특성을 보일 수 있다.

본 연구에서는 각 변형조건에 따라 비틀림 시험을 시행하여 CP 타이타늄의 고온 성형 특성을 분석하고 최적의 공정조건을 도출하였다.

2. 실험방법

CP 타이타늄 주조재를 비틀림 시험편으로 제작한 후 진공 중에서 700℃ 2시간 열처리를 실시하였다. 비틀림 시험은 800℃에서 1000℃까지의 온도조건과 0.1/s, 0.2/s, 1/s, 5/s, 10/s의 변형속도조건에서 시행하였다. 비틀림 시험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 식을 통해 유동곡선과 활성화에너지지도 및 공정지도를 도출하였으며, 최고 효율 및 불안정 소성영역에서의 미세조직을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

각각의 변형 조건에 따른 응력 및 변형률은 온도가 감소할수록, 변형속도가 증가할수록 유동 응력이 증가하였고, 최대응력에 도달한 후 고온 변형 중 동적 연화 현상으로 인해 유효응력이 감소하는 경향을 보였다. 변형률이 1일때의 공정지도를 도출한 결과 최고효율은 950℃ 0.1/s에서 나타났다.

4. 결론

실험을 통해 얻은 유동곡선에서 극대 응력은 온도가 낮을수록, 변형속도가 높을수록 증가하

1. 인하대학교 신소재공학과

2. ㈜휴스틸

3. 한국생산기술연구원

인하대학교 신소재공학과, skhyun@inha.ac.kr

는 경향을 보이며 공정지도를 도출하여 가공효율과 불안정 소성영역을 확인하였다. 950°C 0.1/s에서 최대가공효율을 나타내었으며 이는 동적 재결정에 의한 미세조직 변화에 기인한다.

참고문헌

R. Horiuchi, J. Kaneko, A. B. Elsebai, M. M. Sultan, 1970, ISAS report, Vol. 35(1), No. 443

J. Zhang, H. Di, H. Wang, K. Mao, Y. Cao, 2012, Journal of Materials Science, pp. 4000-4011

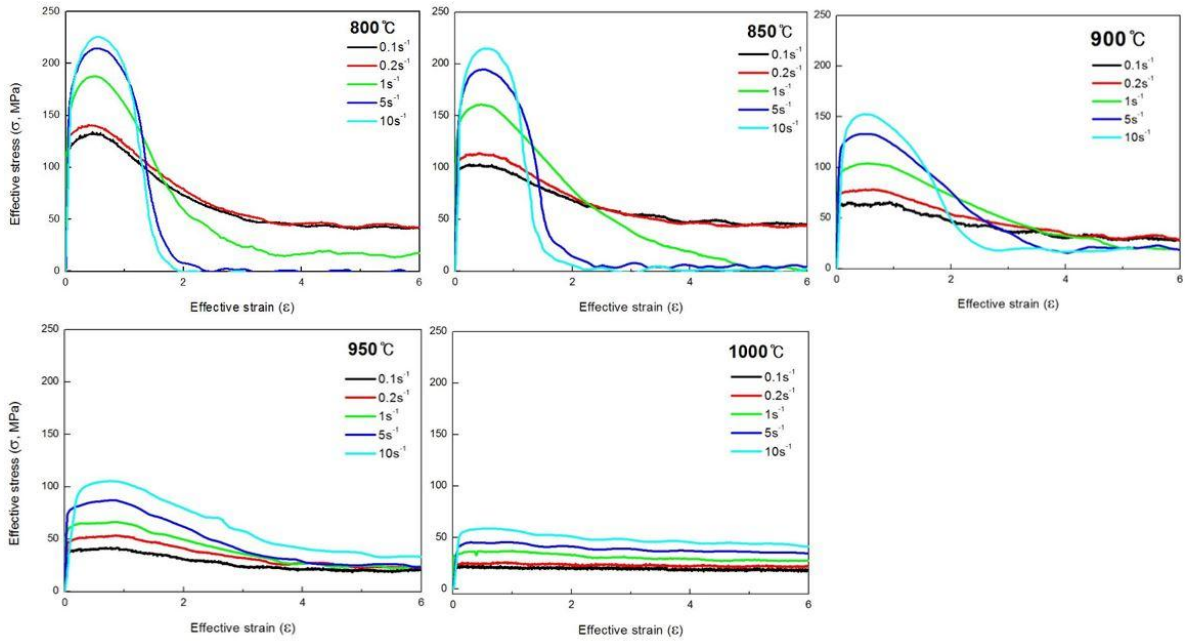


Figure 1. Flow curves of CP titanium at various deformation conditions

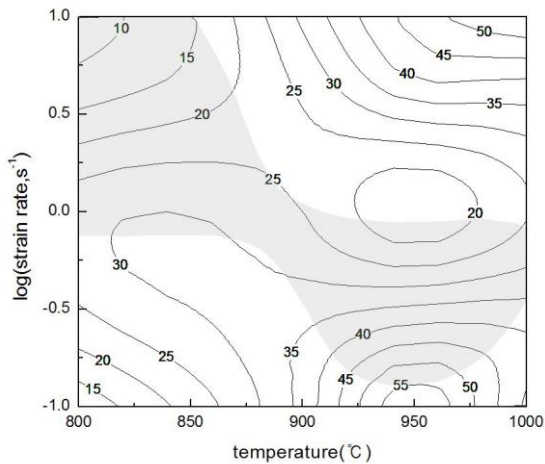


Figure 2. The processing map of hot torsioned CP titanium at strain of 1

3. 일반 논문 발표

(제 1 발표회장)

금속판재의 성형한계 결정을 위한 시간의존적 방법의 제안

김성곤¹ · 김형종[#]

A Suggestion on the Forming Limit Determination of Sheet Metals by the Time Dependent Method

S. G. Kim, H. J. Kim

Abstract

판재성형 분야의 제품설계, 금형설계, 공정설계 과정에서 보편적이고 유용한 재료 파단 기준으로 성형한계도(forming limit diagram, FLD)가 가장 널리 사용되고 있다. 성형한계변형률을 실험적으로 결정하는 방법을 규정한 표준규격들 중 ISO 12004-2(2008)가 가장 선진화된 것이라 할 수 있다. 국제표준 ISO 12004-2는 대부분의 국가별 규격들과 마찬가지로 파단 또는 네킹 후의 변형률을 측정하여 성형한계를 결정하는 위치의존적(position-dependent) 방법이다. 위치의존적 방법은 재료의 성형성을 대체로 낮게 평가하는 경향이 있는 것으로 알려져 있으며, 결과에 영향을 주는 다양한 변수들을 내포하고 있어 실험실 간 편차가 상당한 경우가 많이 보고되고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 국제표준의 다음 버전으로 시간의존적(time dependent) 방법이 채택될 것으로 예정되어 있다. 시간의존적 방법은 시험이 진행되는 동안 연속적으로 변형률 측정을 수행하므로 파단에 의해 발생하는 다양한 변수들의 영향을 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 재료, 시편 형상, 윤활조건 등에 시험 조건에 따른 편차를 최소화하고 데이터 처리의 표준화와 자동화가 가능한 상관계수(correlation coefficient) 기반의 새로운 성형한계 결정법을 제안하고, 강판 재료의 성형한계도와 그 결과 도출의 안정성에 대하여 선행 연구된 시간의존적 방법 및 위치의존적 방법과 비교·분석하였다.

Key Words : Time-dependent Method, ISO 12004-2, Forming Limit Diagram (FLD), Correlation Coefficient

1. 강원대학교 대학원 융합시스템공학과, (주) 광진

[#] Corresponding Author: Dept. of Mechanical and Biomedical Eng., Kangwon National University, E-mail: khjong@kangwon.ac.kr

부풀림 성형을 이용한 이축 신장변형에서의 성형한계 측정

유동훈¹ · 홍종화² · 김민석¹, 권용남¹, 이영선¹, 김대용[#]

Measurement of Forming Limit at Biaxial Tensile Modes using Blow Forming Process

D. Yoo, J.-H. Hong, M. S. Kim, Y.-N. Kwon, Y. S. Lee, D. Kim

Abstract

알루미늄 합금 판재의 이축 신장변형 모드에서 고온 성형성을 평가하기 위해 가스 부풀림 성형 기술을 이용하여 성형 한계 변형률을 측정하였다. 본 연구에서는 1.27mm 두께의 7075-T6 알루미늄 합금 판재를 사용하였으며, 고온에서 이축 신장 변형 모드를 유도할 수 있는 가스 부풀림 성형 금형을 제안하여 평가하였다. 성형 한계 변형률 측정을 위하여 판재 표면에 1mm의 원형 점을 2mm 간격으로 전기화학적 에칭한 후, 성형 온도 400℃, 470℃에서 성형 속도 0.1/s, 0.01/s, 0.001/s에 상응하는 압력으로 가스 부풀림 성형을 수행하고, 판재 파단으로 가스가 누설되어 가압력이 감소하였을 때 성형을 중단하였다. 3차원 광학 변형률 분석 장치(ARGUS)를 이용하여 판재 파단부 주위에서 변형률을 측정하고 ISO/DIS 12004-2 규정에 따라 성형 한계 변형률을 정하였다. 성형 한계 변형률의 신뢰도를 검증하기 위해 3D 스캐너를 이용하여 성형 높이를 측정하고, 조건에 따른 성형 한계 변형률의 경향과 성형 높이 경향을 비교하였다. 7075-T6 알루미늄 합금 판재는 이축 신장변형 모드에서 470℃에서의 성형 한계 변형률이 400℃에서의 성형 한계 변형률보다 감소하는 특이 거동을 보였으며, 동일 온도 조건 하에서 성형 속도가 증가할수록 성형 한계 변형률이 증가하였다.

Key Words : Biaxial Tensile Formability (이축 신장 성형성), Blow Forming (부풀림 성형), Forming Limit (성형 한계), Aluminum Alloy Sheet (알루미늄 합금 판재), 7075-T6

1. 재료연구소 소재성형연구실

2. 서울대학교 재료공학부

교신저자: 재료연구소, daeyong@kims.re.kr

기가급 강재의 펀칭 시 발생하는 금형핀 파손분석 및 예측

원찬희¹ · 이석렬² · 윤종현[#]

Evaluation of punching pin failure with GPa-grade steel

C. H. Won, S. R. Lee, J. H. Yoon

Abstract

최근 극심해진 환경규제로 인해, 자동차산업에서는 연비를 향상시키기 위해 인장강도 1.0 GPa 이상의 기가급 강재를 차체에 적용하여 차체의 무게를 감소뿐 아니라 탑승자의 안전을 보장하기 위해 적용을 시도하고 있다. 하지만 기가급 강재의 높은 강도로 금형핀에 높은 접촉압력이 발생하여 기존 일반강종에 사용되었던 펀칭핀이 좌굴현상으로 파손이 발생하고 있으며, 스프링백으로 인한 불안정한 접촉으로 마모가 발생하여 기가급강재의 차체 적용에 제한이 되고 있다. 본 연구에서는 기가급 강재의 좌굴 파손을 방지하기 위해 수치해석 및 실험을 연계하여 펀칭핀 최적의 종횡비를 제안하였다. 또한, 기가급 강재가 적용된 패널의 측벽부를 펀칭 후 펀치회수 공정에서 스프링백에 의한 펀칭핀 파손을 방지하기 위해 유한요소해석을 통해 공정을 분석하였으며, 최적의 블랭크 가압력을 제시하였으며, 최적화된 공정조건을 이용하여 펀칭핀의 수명을 약 10만회까지 연장 할 수 있다.

Key Words : GPa-grade steel, DP980, Buckling, stripping failure, Pre-strain

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. POSCO 철강기술혁신마케팅실

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

유한요소해석을 이용한 가변롤성형 시 길이방향 휨 저감연구

우영윤¹ · 오일영¹ · 강필규¹ · 문영훈[#]

A Study on Reduction of the Longitudinal Bow during Flexible Roll Forming using Finite Element Analysis

Y. Y. Woo, I. Y. Oh, P. G. Kang and Y. H. Moon

Abstract

Flexible roll forming is an advanced sheet metal forming process that allows the production of variable cross-section profiles. Longitudinal bow is one of the major shape defects found in roll-formed products. There is required longitudinal deformation in the flange according to the blank shape during flexible roll forming process. Longitudinal bowing occurs when required longitudinal deformation is not sufficient. To reduce the longitudinal bow, leveling roll system is proposed. Leveling roll system consists of two idle rolls designed to move vertically to web plane. The relationship between leveling roll position and the longitudinal strain. The result shows that longitudinal strain decrease with increasing leveling roll height.

Key Words : Flexible roll forming, longitudinal bowing, finite element method, leveling roll

1. 서론

롤성형 공정은 연속적인 굽힘 가공을 이용하여 부품을 성형하는 방법으로 소재를 연속적인 성형롤에 통과시켜 원하는 단면형상을 가지는 부품을 성형하는 공정이다.⁽¹⁾ 롤성형 공정은 전통적인 스탬핑 공정에 비해 투자비가 작고, 냉간에서 공정이 진행되기 때문에 깨끗한 표면의 제품제작이 가능하다. 또한 롤성형 공정은 고강도강과 같은 난성형재의 복잡한 형상의 부품제작이 가능하다. 하지만 전통적인 롤성형공정은 길이 방향으로 일정한 단면형상의 제품 제작만이 가능하다. 이를 극복하기 위해 가변롤성형은 성형롤이 고정되어 있지 않고 폭방향 이송 및 회전을 하여 성형롤이 가변의 롤 궤적을 따라 움직여 가변단면의 제품의 성형이 가능하다.⁽²⁾ 가변롤 공정에 있어서 길이방향 휨은 공정 중 발생하는 주요결함 중 하나로 공정 중에 블랭크 끝단에서 과도하게 발생한 길이방향 변형률에 의해 발생한다. 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 상하로 움직이는 레벨링 높이와 길이방향 변형률에 대한 관계를 분석하였다.

2. 유한요소해석

레벨링롤을 이용한 가변롤성형 해석은 상용해석 소프트웨어 ABAQUSTM-Standard를 이용하여 진행하였다. 모델링은 Fig.1과 같이 레벨링 롤과 한쌍의 30° 성형롤로 구성되어 있다. 해석

1. 부산대학교 기계공학부

문영훈: 부산대학교, E-mail: yhmaoon@pusan.ac.kr

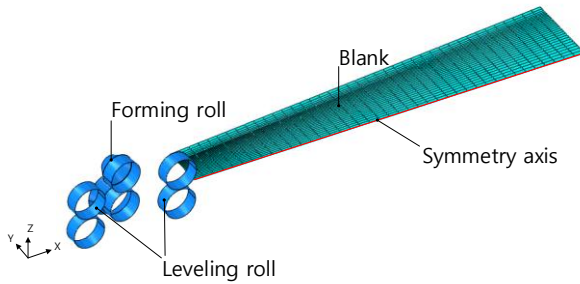


Fig. 1 Modeling of flexible roll forming with leveling roll

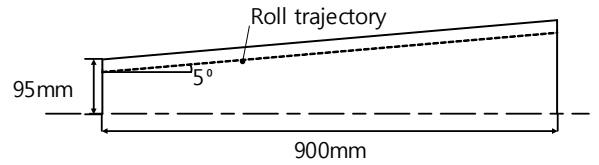


Fig. 2 Geometrical characterizations of half blank

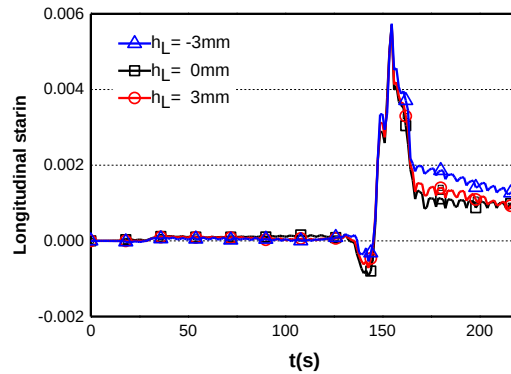


Fig. 3 Longitudinal strain during flexible roll forming analysis

효율을 높이기 위해 대칭축을 기준으로 판재의 절반이 모델링 되었다. 성형롤은 판재의 롤궤적을 따라서 가변단면의 판재를 성형하게 된다. 판재 형상은 사다리꼴 형태로 Fig.2에 나타냈으며, 사용된 물성치는 마일드강으로 항복강도는 170MPa, 인장강도는 339MPa, 연신율은 33.3%이다.

3. 결과 및 고찰

레벨링롤 높이가 변함에 따라 나타나는 공정 중 길이방향 변형률을 Fig. 3에 나타냈다. 길이방향 변형률은 판재 끝단부위에서 측정하였으며 레벨링롤 높이가 -3mm, 0mm, 3mm으로 증가함에 따라 성형롤을 빠져나온 판재의 끝단부위의 길이방향 변형률은 감소하였다. 이는 소재 끝단부위에 발생한 과도한 길이방향 변형률에 의해 발생하는 길이방향 힘이 레벨링 롤 높이 제어를 통해 변형률을 감소시켜 저감 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 가변롤 성형공정에서 발생하는 길이방향 힘을 저감시키기 위해 레벨링롤을 도입한 가변롤 성형 공정을 유한요소법을 이용한 해석방법을 제안하였으며, 해석결과 레벨링 롤 높이가 증가함에 따라 판재 플랜지 끝단부에 발생하는 길이방향 변형률은 감소 하였다.

참고문헌

- (1) Lindgren M, 2007, "Cold roll forming of a U-channel made of high strength steel," J Mater Process Technol, Vol. 186, No. 1-3, pp. 77-81
- (2) Groche P, Arnd Z, Berner S, Schneider G, 2011, "Development and verification of a one-step-model for the design of flexible roll formed parts," Int J mater Form, Vol. 4, No. 4, pp. 371-377

자동차 차체를 위한 하이브리드 점진판재성형기술

도반추웅¹ · 샤오샤오¹ · 김영석^{2, #}

Hybrid incremental sheet forming for car body

V. C. Do, X. Xiao, Y. S. Kim[#]

Abstract

점진판재성형기술은 시제품이나 다품종 소량 제품의 빠른 생산을 위해 특화된 기술(rapid prototyping technology)로 기존의 프레스 현장에서와 같이 대 용량의 대형 프레스와 상하 금형을 사용하지 않는다. 그 대신에 공구의 경로를 제어할 수 있는 기능을 갖는 CNC 머신이나 로봇 등을 이용하고 구형공구가 제품의 외부 형상의 궤적을 따라 이동하고 가압하면서 국부적인 소성을 유도하는 것에 의해 제품을 축차적으로 장출성형하는 혁신적인 기술이다. 또한 상하금형을 사용하지 않고 공구의 이동경로(tool path)만을 제어하는 것에 의해 다양한 축대칭 혹은 비축대칭 제품을 신속히 낮은 가격으로 생산할 수 있는 유연한 생산기술(flexible manufacturing)이기 때문에 최근에 자동차 내외판, 고속전철의 선단, 항공기 외판부품, 치과용 부품 등의 시제품 제작에 국내외에서 널리 이용되고 있다. 그러나 동 기술은 프레스 공정에 의해 생산된 제품과 비교하면 성형할 수 있는 형상에 대한 제약과 형상정밀도 등에 있어 개선해야 할 문제점을 내포하고 있어 구멍 뚫기를 이용한 하이브리드 성형기술 등이 활발히 연구되고 있다.

In previous studies of incremental sheet forming (ISF), the blank sheet perimeter was fixed to prevent it from drawing during the forming process. As the results, the main deformation mode is stretching and the thickness distribution is described by the sine law. This study we proposed hybrid incremental sheet forming which combines stretching and drawing mode in forming area by hole lancing in the flange area. In detail, the application of hybrid ISF for car body part was performed numerically and experimentally. Simulation process was done first to predict the forming process and thickness distribution of the part. The simulation clarified the effect of hole lancing on improvement of formability and thickness homogeneity. Based on the simulation results, the hole lancing strategy was defined and cut off on the sheet before experiment. The experiment was done to clarify the effect of hole lancing on the springback minimization and thickness distribution.

Key Words : Car body, Hybrid incremental sheet forming, Hole lancing, Fracture, Thickness distribution

1. Graduate school, Kyungpook National University

2. School of Mechanical Engineering, Kyungpook National University

교신저자: E-mail: caekim@knu.ac.kr

경량 차체시작부품의 판재성형 기술에 관한 연구

배병범¹ · 윤은유¹ · 남재현² · 정성훈² · 이영선[#]

The Study on Sheet Metal Forming for Prototype Lightweight Body Part

B. B. Bae, Y. E. Yoon, J. H. Nam, S. H. Jung, Y. S. Lee

Abstract

In the automotive industry, for proper response to strengthening of emission standards, fuel cost regulation and crash regulation; automobile companies have significantly increased applications of high strength Al alloy. In this study, Steel and High strength aluminum alloy were applied to cold sheet forming for Center Floor Tunnel and finite element analysis was progressed. Mechanical properties of both materials were analyzed for FEM and effective plasticity and failure prediction were performed. FLD of both materials were compared and design modification of cold forming die were studied to supplement low elongation of high strength aluminum alloy. When compared to FEM and forming conditions, cold forming conditions show severe friction characteristics, real fracture area were coincide with severe thinning prediction part from FEM.

Key Words : Cold forming (냉간 성형), Sheet metal forming (판재 성형), Finite element analysis (유한 요소 해석), Al7075 alloy (알루미늄 7075 합금)

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소 소재성형연구실

2. 이레CS

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소 실용화연구단,
E-mail: lys1668@kims.re.kr

4. 일반 논문 발표

(제 2 발표회장)

초고장력 강판의 2단 U-draw bending 성형 스프링백 해석에 관한 연구

최지식^{1#} · 이진우² · 이명규³ · Frederic Barlat¹

Abstract

The reduction of springback for a U-shaped channel using a double drawing process was investigated. In this test, the punch strokes of the 1st and 2nd stamping steps were controlled and followed by unloading. The simulations were conducted using kinematic and distortional hardening models, which were implemented into a finite element (FE) code to describe the Bauschinger effect and its associated anisotropic hardening effects during strain path change. In addition to the usual mechanical characterization tests, in-plane compression-tension experiments were conducted on DP980 and TWIP980 to determine the constitutive parameters. Experimental and FE simulated results of the channel shape were compared for both materials to understand the effect of anisotropic hardening under non-proportional loading on springback. The advantages and drawbacks of the kinematic and distortional hardening models for the prediction of springback were discussed.

Key Words : Springback, Finite element, AHSS, anisotropic hardening

1. 포항공과대학교
2. 재료연구소 (KIMS)
3. 고려대학교
Jisik0806@gmail.com

알루미늄 판재의 Rubber-pad 성형 공정 유한 요소 해석 모델링

이진우¹ · 박현일¹ · 권용남¹ · 김성욱² · 김수환² · 김대용[#]

Finite element modeling of rubber-pad forming process for Al 2024 sheet

J. Lee, H.I. Park, Y.N. Kwon, S.W. Kim, S.H. Kim, D. Kim

Abstract

Rubber-pad forming process is a multi-purpose sheet metal forming process used in commercial aircraft applications. This process is well suited for the production of small quantities of sheet metal parts. In this study, a rubber-pad forming process of aircraft component to reduce wrinkles on Al2024-O sheets is investigated using finite element analysis. In order to perform a finite element modeling, various experiments are conducted on elastomer and Al2024-O aluminum alloy materials. The nonlinear mechanical properties of elastomer materials are reproduced using a hyper-elastic material model. The plastic deformation and fracture behaviors of Al2024-O sheets are also taken into account. From a comparison of experimental results, the finite element prediction of rubber-pad forming provides reliable and robust simulated results.

Key Words : Finite element (유한 요소), Rubber-pad forming (고무 패드 성형), Sheet metal forming (판재 성형)

후 기

본 논문은 산업통산자원부와 한국산업단지공단 “생산기술화 지원사업 - 현장맞춤형 기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사 드립니다.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 대화항공산업주식회사

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

비선형 탄성 모델이 스플릿-링 스프링백 예측에 미치는 영향 분석

최유미¹ · 이기정¹ · 최홍진¹ · 이정연¹ · 배기현² · 안덕찬² · 이명규[#]

Influence of nonlinear elasticity models on springback prediction in split-ring tests

Y.M.Choi, K.J.Lee, H.J.Choi, J.Y.Lee, G.H.Bae, D.C. Ahn, M.G. Lee

Abstract

The elastic moduli of sheet metals have been conventionally assumed as constant in most forming and structural analyses. However, experimental observations have revealed that the elastic modulus decreases with plastic deformation for many kinds of steel sheets. Because the elastic modulus strongly influences the springback prediction, it is necessary to include this nonlinear elasticity in constitutive modeling for forming and springback analyses to improve the prediction accuracy. In this study, the nonlinear elastic behaviors of two kinds of advanced high strength steel (AHSS) sheets were experimentally investigated and characterized using three different elasticity models: conventional Hooke's law with constant Young's modulus, chord modulus and multi-surface models. The elasticity models were implemented into a commercial finite element (FE) program and applied to cylindrical cup drawing and subsequent split-ring simulations. Comparison between the measured and predicted split-ring results demonstrated that the prediction accuracy could be significantly improved by using the nonlinear elasticity models.

Key Words : Springback; Elastic model; Multi-surface elasticity model; Split-ring test

1. 고려대학교

2. 포스코

교신저자: 고려대학교, myounglee@korea.ac.kr

미끄럼 속도가 공구와 강판 사이의 마찰 특성에 미치는 영향 및 이에 따른 강판의 딥 드로잉 성형성 변화

박기철^{1#} · 김석년¹

Effect of Sliding Speed on Frictional Behavior between Tool and Steel Sheet and Related Change in Deep Drawing Formability

Keecheol Park, Seoknyeon Kim

Abstract

In order to investigate the effect of sliding speed on frictional characteristics between tool and steel sheets, a friction tester which is able to control sliding speed up to 200mm/s accurately is developed. Cold rolled steels (including mild steel and high strength steels) and coated steels are tested by using the friction tester at sliding speed between 10mm/s and 200mm/s. Friction coefficients are rapidly reduced as increasing sliding speed and the rate of friction reduction is influenced by the viscosity of lubricant. At high viscosity lubricant (drawing oil) cases friction coefficient at 200mm/s is about 20% of friction coefficient at 10mm/s. But at low viscosity (washing oil) cases friction coefficient at 200mm/s is about 75% of friction at 10mm/s.

Key Words: Friction Coefficient, Sliding Speed, lubricant, Viscosity, Deep Drawing, Formability

1. 서론

판재 성형용 강판에서 기계적 특성만큼 성형성에 중요한 인자가 금형과 소재의 마찰특성이 나, 그 중요성에 비하여 그 특성이 잘 알려지지 않고 있다. 마찰 특성과 가공 조건에 대하여 장성호등[1]과 김남진등[2]이 고강도 강판에 대하여 금형 표면처리, 가압력과 드로잉 속도 영향에 대한 실험적인 연구를 수행하였으나, 시험 압력과 드로잉 속도가 실제 가공과는 차이가 있다. 본 연구에서는 실제 프레스 가공에서 발생할 수 있는 마찰 속도까지 시험할 수 있는 시험기[3]를 제작하여 냉연강판 및 도금 강판으로 마찰과 속도 변화 성형성 시험을 수행하였다.

2. 실험방법

판재 성형에서 나타나는 마찰특성을 정확히 파악하기 위하여 실제 프레스 가공과 같은 조건에서의 마찰특성을 평가할 수 있도록 미끄럼 속도 200mm/s 가 안정적으로 가능한 평면마찰 시험기[3]로 시험하였다. 마찰계수(μ)는 $\mu = (\text{DrawingForce} - \text{BackTension}) / (2 \times \text{NormalForce})$ 로 계산하였다. 후방 장력은 0 또는 20kgf 으로 하였으며 시험하중은 10MPa 로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 냉연강판의 속도변화 마찰특성

냉연강판 4종의 마찰특성 비교를 10~200mm/s 범위서 수행한 결과를 Fig.1 에 나타내었다.

1. 포스코 철강술루션마케팅실 성형연구그룹

교신저자, E-mail: parkkc@posco.com

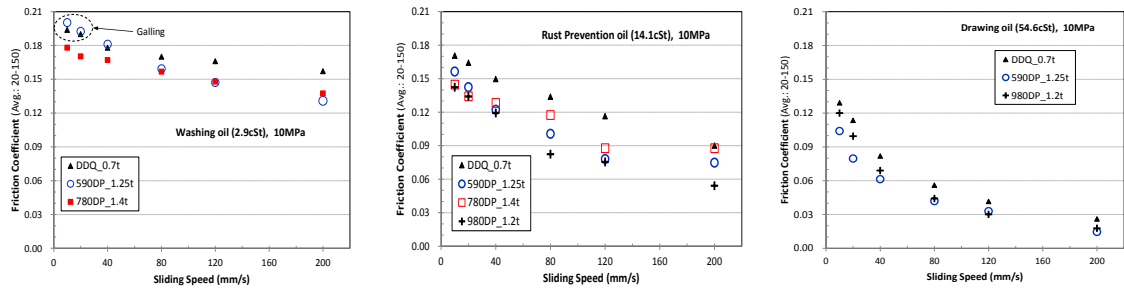


Fig.1 Relation between friction coefficient of cold rolled sheet steels and drawing speed.

점도가 작은 세정유 조건에서는 미끄럼 속도 10mm/s 에 비하여 200mm/s 에서는 평균 25% 정도로 감소하였고, 방청유 조건에서는 약 50% 가 감소하였다. 그리고 드로잉유 조건에서는 약 84% 정도 감소하였다.

3.2 도금강판의 속도변화 마찰 특성

점도가 낮은 방청유 (14.1cSt) 의 경우는 10mm/s 에서 200mm/s 로 속도가 증가함에 따라서 대강 53% 정도로 마찰이 감소하나, 점도가 높은 드로잉유 (54.6cSt) 조건에서는 82% 감소하여 냉연강판보다 변화가 크며, 특히 GI 의 경우가 가장 크게 마찰이 감소 하였다 (Fig.2).

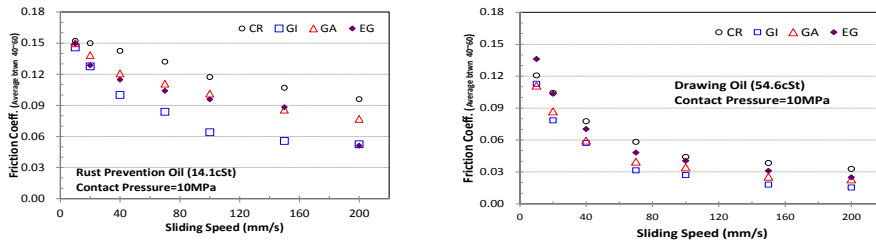


Fig.2 Relation between friction coefficient of cold rolled sheet steels and drawing speed.

0.45mm 두께의 흑색수지강판(DDQ급) 120x120 의 직사각형 시편으로 직경 50mm 의 컵을 38mm 높이로 성형하는 실험에서 성형 속도가 증가함에 따라서 성형가능 범위가 급격히 넓어 지는데, 이는 미끄럼 속도 증가에 따라서 급격히 마찰 계수가 감소하는 것 때문으로 보인다.

4. 결론

10mm/s 에서 200mm/s 로 미끄럼 속도가 증가하면 마찰계수는 급격히 감소하는데, 세정유 조건에서는 약 25%, 방청유 조건에서는 약 50% 드로잉유 조건에서는 약 80% 마찰이 감소하여 점도가 높은 가공유에서 마찰 감소가 크게 발생하였다. 이러한 미끄럼 속도 증가에 따른 마찰계수의 감소는 프레스 가공속도 증가에 따라서 성형 가능 범위가 넓어지는 실험 결과를 잘 설명하고 있다.

참고문헌

- [1] 장성호, 신광호, 전용준, 허영무, 2012, 980MPa 급 고강도 강판의 프레스 마찰특성에 관한 실험적 연구, 한국 소성가공학회 2012년도 춘계학술대회 논문집, pp. 538-541.
- [2] 김남진, 김상헌, 정경환, 박성호, 금영탁, 2009, 초고강도 강판의 마찰특성에 관한 연구, 한국 소성가공학회 2009년도 추계학술대회 논문집, pp. 250-253.
- [3] (주)알앤비, 2016, 박판종합마찰시험기 매뉴얼.

고무링을 적용한 하이드로포밍 공정의 실링 효과

정희석¹ · 한상욱² · 나재현³ · 문영훈[#]

Effect of Rubber-ring on The Sealing Efficiency of Hydroforming Process

H. S. Jeong, S. W. Han, J. H. Ra, Y. H. Moon

Abstract

The tube hydroforming (THF) process is a manufacturing process that use a pressurized fluid as the forming mechanism. Sealing of the fluid is an important parameter affecting the formability in the hydroforming process. In this study, a methodology improving the hydroformability by preventing the pressure leakage from the end of tube was investigated. In order to enhance the sealing problem, rubber rings designed for the die are located at the both ends of the tube and compressed by the axial feeding of the punch. The reaction force acting on the rubber ring contributes to the prevention of pressure leakage occurring at the end of the tube by keeping the feeding pressure constant. The sealing effect of the tube hydroforming process using the rubber ring was confirmed by comparing the experimental results with the conventional hydroforming process.

Key Words : Tube Hydroforming, Sealing, Leakage, Rubber-ring.

1. 서론

튜브 액압성형 공정은 튜브 내부의 액압을 이용하여 원하는 형상을 얻는 공정으로 자동차 및 항공기와 같은 다양한 부품에 사용되며, 변형 부품의 마감 비용 절감, 다이 비용 절감, 우수한 소재 활용 효과를 얻을 수 있다[1~2]. 액압성형 공정에서 유체의 누수로 인한 압력 손실은 목표 형상의 성형성에 중요한 영향을 준다. 튜브와 펀치 사이에 발생하는 실링 문제는 튜브 끝단부와 펀치 사이의 불완전한 접촉으로 인해 발생한다. 액압성형 공정을 위한 실링 방법으로 O-ring 이 사용되었으며, 맞춤형 실링 방식을 사용하여 저압에서도 실링이 가능하도록 하였다[3]. 본 연구에서는 고무링을 적용한 튜브 액압성형 공정을 이용하여 튜브 끝단부에서의 압력 누수를 방지하여 성형성을 향상시키는 방법을 연구하였다.

2. 실험방법

고무링을 적용한 액압성형 공정의 실링 효과를 검증하기 위하여 기존의 액압성형 공정과 고무링을 적용한 액압성형 공정 실험을 수행하였다. Fig. 1은 고무링을 적용한 액압성형 공정을 도식적으로 나타내었다. 고무링을 적용한 액압성형 공정은 먼저 목표 형상에 적합하게 절단된 튜브에 원통형 슬리브와 고무링을 장착 시킨다. 슬리브와 고무링이 장착된 튜브를 다이 공동에 넣은 후 다이를 닫고 액압 성형을 시작한다. 액압성형의 단계를 거치는 동안의 튜브 내압을 측정하였으며, 튜브 내압의 비교를 통하여 고무링을 적용한 액압성형 공정의 실링 효과를 검증하였다.

1. 부산대학교 기계공학과

교신저자: 부산대학교 기계공학과

E-mail: yhmaon@pusan.ac.kr

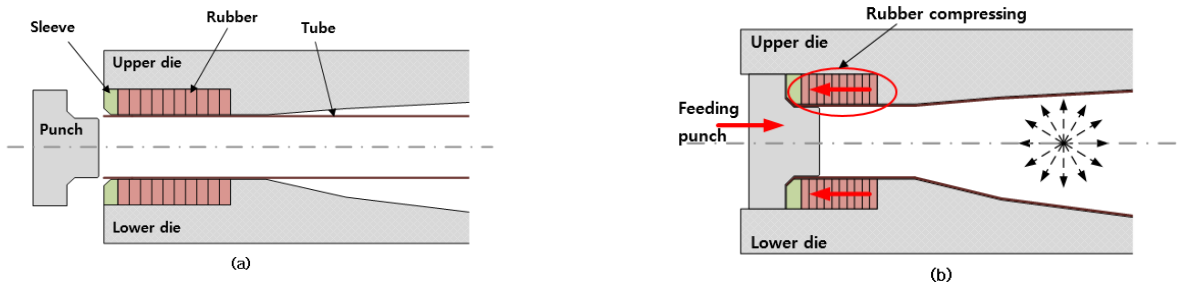


Fig. 1 Schematic drawings of the tube hydroforming with rubber ring

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 기존의 액압성형 공정과 고무링을 적용한 액압성형 공정 시 튜브 내부에 발생하는 압력을 비교하였다. 고무링을 적용한 액압성형 공정의 경우 기존의 액압성형 공정보다 10MPa 이 더 높게 나타난다. 실험결과를 통해 고무링을 적용한 공정의 실링 효과를 확인 할 수 있다. 고무링에서 작용하는 반력은 펀치의 피딩 압력을 일정하게 유지시키는 것에 기여하며, 펀치의 일정한 압력은 튜브 끝단부에서 발생하는 누수를 예방한다.

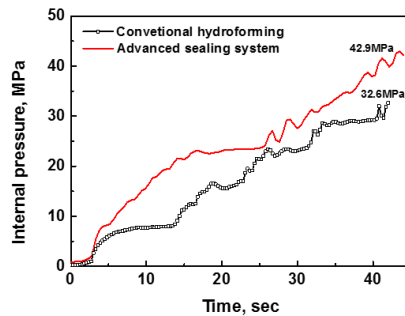


Fig. 3 Comparison of internal pressure between conventional THF and THF with rubber ring

4. 결론

본 연구에서는 고무링을 적용한 액압성형 공정의 실링효과에 관한 연구를 수행하였다. 액압성형 시 발생하는 실링 문제는 압력 누수로 인해 성형성을 저하시키는 원인이 된다. 기존의 액압성형 공정에 고무링을 적용함으로써 튜브에 작용하는 내압을 증가시키고 이로 인해 복잡한 부품의 액압 성형 시 부품의 형상 정확성을 증가시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] Dohmann F, Hartl Ch, 1996, Hydroforming – a method to manufacture light-weight parts, J Master Proc Technol, Vol.60, pp. 669~676
- [2] Koç M, Aue-u-lan Y, Altan T, 2001, On the characteristics of tubular materials for hydroforming – experimentation and analysis, Int J Mach Tools Manu, Vol.41, pp. 761~772
- [3] Fatemi A, Biglari F, Morovvati MR, 2010, Influences of inner pressure and tube thickness on process responses of hydroforming copper tubes without axial force, Proc IMechE, PartB : J Engineering Manufacture Vol.224, pp. 1866~1878

점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금의 열간단조 변형량에 따른 기계적 특성 연구

구가은¹ · 이동준¹ · 김휘준² · 문중화³ · 권용남[#]

G. E. Ku, D. J. Lee, H. J. Kim, J. H. Moon, Y. N. Kwon

Abstract

본 연구에서는 점진응고법으로 제조한 Al-Mg-Si 합금 잉곳을 제조한 후 열간단조를 실시하여 변형량 크기에 따른 기계적 특성 변화를 조사하였다. 합금성분의 변화에 따른 영향을 평가하기 위하여 3가지 다른 조성의 합금을 점진응고법으로 주조하였으며 각 주조 잉곳은 한번의 단조를 통해 부위별로 변형량을 10, 15, 20, 30%로 변화시킬 수 있는 금형을 이용하여 열간단조를 실시하였다. 열간 단조를 실시한 후 3가지 조성의 합금은 미세조직 관찰 및 경도측정을 통하여 최적 열처리 조건을 선정하여 T6 열처리를 실시하였다. 열처리된 시편은 인장시험, 피로시험을 실시하여 단조시 변형량 변화에 따른 인장 및 고주기 피로 특성을 평가하였다.

Al-Mg-Si 주조 잉곳은 변형량이 증가할 수록 기계적 특성이 향상 되었고, 변형량 20~30%에서 최대 380MPa의 인장강도, 12% 이상의 연신율을 나타내었다. 각 합금의 인장 및 피로 특성의 차이는 조성 변화에 따른 금속간 화합물 분포의 차이와 주조시 생긴 결함의 영향인 것으로 확인하였다.

Key Words : Aluminum alloy(6xxx), Incrementally Cast, Hot forging, Forging ratio, Mechanical properties

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 한국생산기술연구원

3. 명화공업

한국기계연구원 부설 재료연구소, E-mail: kyn1740@kims.re.kr

FEM을 이용한 대형 일체형 크랭크 샤프트의 열처리 변형 예측에 관한 연구

전효원¹ · 서창희¹ · 박춘달¹ · 정상인² · 전용배² · 강경필³ · 오상균[#]

A study on prediction of heat treatment deformation of integral type crankshaft by FEM

H. W. Jeon, C. H. Seo, C. D. Park, W. B. Jeon, K. P. Kang, S. G. Oh

Abstract

The existing marine crankshaft manufacturing process is to connect one throw after manufacturing. Conventional working methods have several drawbacks such as forging and assembling work, which leads to low efficiency. In order to improve the existing working method, a method of continuous operation of the crankshaft thrown has been development. It is important to control the heat treatment deformation during the developed manufacture of crankshafts. In this study, the heat treatment deformation of integral type crankshaft is predicted through finite element analysis. For the prediction of heat treatment deformation, the heat treatment experiment of laboratory unit was performed. Through the heat treatment experiment of the laboratory unit, the cooling rate according to the material thickness was measured. Convective heat transfer coefficients were derived from J-mat pro based on experimental data. The measured convective heat transfer coefficients were analyzed to derive the heat transfer coefficient of an integral crankshaft. The deformation of the heat treated crankshaft was predicted using the derived heat transfer coefficient. The DEFORM-3D finite element analysis program was used to predict the heat treatment deformation.

Key Words : Crankshaft, Heat treatment Deformation, cooling rate, Finite element method

* 이 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 경제협력권산업 육성사업(Groove 단조 공법을 이용한 12,000kW급 대형 일체형 크랭크샤프트 제조 기술 개발)으로 수행된 연구결과입니다.

1. 대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부 금형기술연구팀

2. 현진소재

3. 솔루션랩

Corresponding Author : Daegu Mechatronics & Materials Institute, E-mail: rglee@dmri.re.kr

이중주파수 유도가열 장비를 이용한 변속기용 평기어의 컨투어 경화 기술 개발

서창희[#] · 권태하¹ · 정윤철¹ · 김용달² · 김수경² · 성환진³

Development of contour hardening technology by dual-frequency induction heating system for transmission spur gear

C. H. Suh, T. H. Kwon, Y. C. Jung, Y. D. Kim, S. K. Kim, H. J. Sung

Abstract

Carburizing is normally applied for improving abrasion and fatigue resistant of transmission gears. However, carburizing has some disadvantage like thermal distortion occurred during carburizing process. To overcome this disadvantage, contour hardening process using dual-frequency induction heating is developed. In this study, high power dual-frequency induction heating system is developed. Thermo-mechanical simulation is carried out to predict thermal distortion of spur gear during contour hardening and bending fatigue test performed to evaluate fatigue characteristic of spur gear. The results show that the thermal distortion is well predicted by the coupled simulation and fatigue life of contour hardened gear by dual-frequency induction heating is excellent.

Key Words : Spur gear(평기어), Contour hardening(윤곽 경화), Dual-frequency induction heating(이중주파수 유도가열), Thermal distortion(열변형), Fatigue(피로)

본 연구는 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업(1MW 급 이중주파시스템 및 컨투어 표면경화 적용 고내구성 동력전달부품 제조기술 개발)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원

2. ㈜영풍열처리

3. ㈜피에스텍

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

곡선형 냉각채널을 금형을 적용한 핫스탬핑 후변형 연구

권태하¹ · 서창희[#] · 박춘달¹ · 임용희² · 김진학² · 석주성² · 이경훈³

Study of deformation after hot stamping using die with curved type cooling channel

T. H. Kwon, C. H. Suh, C. D. Park, Y. H. Lim, J. H. Kim, J. S. Sung, K. Lee

Abstract

The cooling channel of the hot stamping die is generally linear but the linear type cooling channel has a disadvantage that uniform cooling of the blank is somewhat difficult. In order to overcome this disadvantage, it is required to develop a curved type cooling channel capable of keeping uniform distance between the forming surface and the cooling channel. Therefore, in this study, the formability and the deformation after forming in the hot stamping process using the die with the curved type cooling channel were investigated. The prototype of automobile front pillar was manufactured by hot stamping process using die with curved cooling channel. The formability and the deformation after forming of prototype were compared with the simulation.

Key Words : Hot stamping(열간성형), Curved type cooling channel(곡선형 냉각채널), Deformation(변형), Die(금형)

본 연구는 산업통상자원부 지역주력산업육성 기술개발사업(대구)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원

2. ㈜신화에스티

3. 솔루션랩

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

DLM 공정 시 분말 형상과 공정변수가 공극형성에 미치는 영향

전태준¹ · 황태우¹ · 윤혜정¹ · 문영훈[#]

Effect of Powder Shape and Processing Parameters on porosity form of iron during DLM

T. J. Jeon, T. W. Hwang, H. J. Yun, Y. H. Moon

Abstract

Direct laser melting (DLM) is a high-speed manufacturing process technology that can produce parts by depositing metal powder by layer. The characteristics of the manufactured parts are greatly influenced by the characteristics of the metal powder. Parts manufactured in DLM have generally used spherical shaped powder. The purpose of this research is to investigate the influence of powder form on the formation of porosity in the DLM process. DLM experiments evaluated laser processing parameters such as laser output, laser focus and line spacing. In this study, we discussed the effects of powder form and laser processing parameters on the formation of voids in the DLM process.

Key Words : Direct laser melting, Porosity, Powder Shape, Processing Parameters

1. 서론

DLM 공정은 3차원 모델을 이용해 복잡한 형상의 시제품을 생산하는데 이용 되었다. 근래에는 자동차, 의학용품, 우주항공, 기계부품 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 다공질 금속 부품은 전자 제품, 생화학, 생체 적합 물질 등을 포함한다. 이러한 다공질 금속 부품은 전도성, 높은 기체 투과도 및 낮은 비중을 가진다. 그러나 다공성 금속 부분의 다공도 밀도를 정밀하게 하는 것은 어렵다고 알려져 있다. 본 연구에서는 DLM공정을 통해 아토파이징 된 분말과 기계적 불 밀링 된 분말을 사각형상 용융실험 하여 공극률을 비교분석 하였다.

2. 실험방법

DLM의 절차는 다음과 같다. 먼저, 얇은 분말 층이 시편에 레이저링 바에 의해 도포된다. 둘째로, 금속 분말을 레이저 빔으로 용융해 시편에 부착 또는 하부 금속 층으로 응고된다. 마지막으로 다음 도포를 준비하고 빌드 실린더를 기준면에서 분말 층 하나의 두께만큼 하강시킨다. 상기 절차를 반복하여 목표 형상을 갖는 부품을 DLM공정으로 제조하게 된다. 본 연구에서는 20 μ m 크기의 철 분말을 사용하였고 레이저 출력, 빌드 실린더 높이 변화 실험의 공정변수를 Table 1에 나타내었다.

1. 부산대학교 기계공학과

교신저자: 부산대학교 기계공학과,

E-mail: yhmoon@pusan.ac.kr

Table 1 Processing parameters of experiment

	Size of spherical powder (mixing %)	Size of non-spherical powder (mixing %)	Focus Distance (mm)	Laser Power (W)	Scan rate (mm/s)
Powder 1	20 μ m (100%)	-	-3, -1, 0, 1, 3	100, 150, 200	110
Powder 2	20 μ m (50%)	20 μ m (50%)	-3, -1, 0, 1, 3	100, 150, 200	110

3. 결과 및 고찰

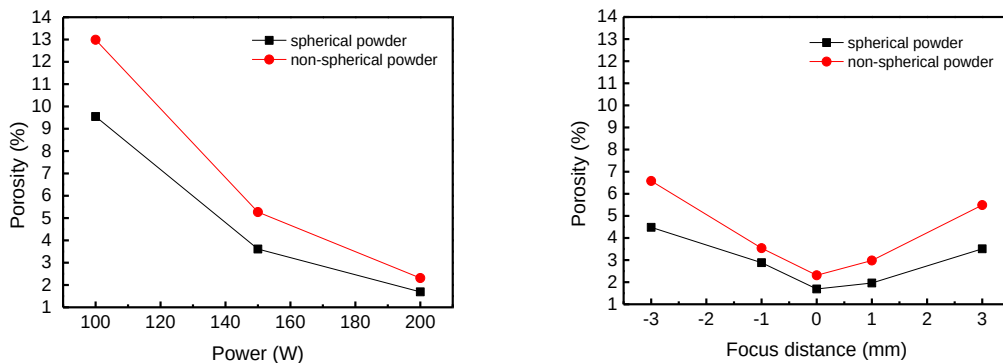


Fig. 1 Influence of DLM process parameters on the total porosity

구형 · 혼합 철 분말을 멀티트랙으로 용융 시켜 사각형태의 DLM 적층 공정을 수행하였다. 레이저 출력 100W로 주사 하였을 때 구형, 비구형 공극률 차이가 가장 크게 나타났고, 레이저 출력이 높을수록 공극률이 적게 나타났다. 빔의 초점 거리 변화를 준 실험에서는 초점 거리가 멀어졌을 때 공극률이 커졌고 빔의 초점 잘 맞을수록 공극률이 적게 나타났다.

4. 결론

입열량이 증가함에 따라서 구형 분말과 혼합 분말의 공극률의 차이가 감소하며, 빔의 초점으로 부터 거리가 멀어질 수록 공극률의 차이가 증가한다. DLM 공정 기술을 이용하여 레이저 출력 및 빔의 초점 등의 공정변수에 따라서 다공성 금속의 성형이 가능하다.

참고문헌

- [1] B. D. Joo, J. H. Jang, H. S. Yim, Y. H. Moon, 2009, Effect of Process Parameters on Forming Characteristics of Selective laser Sintered Fe-Ni-Cr Powder, Trans. Mater. Process., Vol. 18, No. 3, pp. 262~267
- [2] G. Kasperovich, J Haubrich, J Gussone, G Requena, 2016, Correlation between porosity and processing parameters in TiAl6V4 produced by selective laser melting, Materials & Design, Vol. 112, pp. 160~161

일체화 장구동축 개발을 위한 가변단면 튜브의 열간 스웨이징 공정 연구

김용배¹ · 이상교¹ · 백종현¹ · 최연택¹ · 임성주¹ · 이종섭^{1#}

Study on Hot Swaging Process of Variable Cross-section Tube for Integrated Drive Shaft Assembly

Y. B. Kim, S. Lee, J. Baek, Y. Choi, S. J. Lim, J. Lee

Abstract

차량 경량화를 위한 중공(中空)형 구동축의 개발과 적용이 선진 제조사 중심으로 확대되고 있다. 특히 일체화 장구동축은 공정 효율의 향상과 부품 완성도의 제고가 가능하므로 개발 적용을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 일체화 장구동축 공정 설계를 위한 기반기술로서 열간 스웨이징(hot swaging)공정을 가변단면(variable cross-section)튜브 성형공정에 적용하고 성형 완성도를 분석하였다. 금형 형상 및 다단 성형 횟수를 변화시켜가며 열간 스웨이징 성형 공정 시험을 수행하고 공정 변수에 따른 가변단면 튜브의 후육화 및 형상/치수 안정도를 분석하였다. 더하여 스웨이징 공정의 유한요소해석 모델을 개발하고 전산모사 결과를 분석하여 소재의 후육화에 미치는 스웨이징 개별 공정변수 민감도를 정량적으로 분석하였다.

Key Words : Hot swaging process, Variable cross-section tube, Sensitivity analysis, Finite element analysis

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

5. 일반 논문 발표

(제 3 발표회장)

전단금형을 이용한 PCB depaneling 공정에 관한 연구

최현석^{1,2} · 전용준² · 김동언^{2,#} · 최우천^{1,#}

Study on Depaneling of PCB Using Blanking Dies

H. S. Choi, Y. J. Jeon, D. E. Kim, W. C. Choi

Abstract

Depaneling 공정은 대량생산된 PCB 를 원하는 제품 형상에 맞게 최종 제품으로 분리해내는 공정이다. 가공법으로는 라우터 밀링, 레이저 절단, 금형에 의한 전단 등임. 금형에 의한 전단가공은 절삭가공과 달리 소재에 파단면과 버어가 발생하여 단면 품질이 저하된다. 따라서 본 연구에서는 전단금형을 이용하여 고품위 전단면 확보가 가능한 PCB depaneling 공정에 관하여 연구하였다. PCB 를 금형으로 전단 시 파단된 유리섬유의 잔사가 불규칙적으로 돌출된다. 본 연구에서는 돌출된 유리섬유의 잔사를 버어로 정의하였고, 전단면 품질 평가의 기준으로 설정하였다. 버어의 발생을 최소화 시키기 위하여 공정변수로 틈새와 유리섬유의 배향각도를 선정하였다. 버어의 길이는 유리섬유 배향각도에 따라 뚜렷한 경향을 나타내지 않으며, 소재 두께 별로 상이한 결과를 나타냈다. 두께 1.6mm 소재의 경우 틈새 증가에 따라 버어의 길이가 감소하는 경향을 나타냈다. 이 원인을 파악하기 위하여 시편의 단면을 관찰한 결과, 소재두께의 중심부근에서 계단형상으로 파단 되는 형상을 확인할 수 있었고, 틈새의 증가 따라 계단형상의 폭이 증가하였다.

Key Words : PCB, Depaneling, Trimming, Dies, Clearance, Burr, Glass Fiber, Fiber Orientation, Composite

후기

본 연구는 안산시, 강소기업 육성 지원사업 Rigid-Flex PCB 멀티제품 제조를 위한 고효율 금형 제작의 연구비로 수행되었음.

1. 고려대학교 기계공학부 대학원

2. 한국생산기술연구원 금형기술그룹

한국생산기술연구원 금형기술그룹, Kdu0517@Kitech.re.kr

프로파일 맨드렐 분할금형 구조적 특성 연구

박민철¹ · 이정민¹ · 김형익¹ · 성낙문² · 이찬주[#]

A Study on Structural Characteristics of Split Mold for Profile Mandrel

M. C. Park, J. M. Lee, H. I. Kim, N. M. Sung, C. J. Lee

Abstract

본 연구는 프로파일 링 롤링 공정시 프로파일 맨드렐 분할금형에 미치는 구조적 특성에 관한 연구를 수행하였다. 일반적인 일체형 프로파일 맨드렐 금형의 경우, 프로파일 링 롤링시 형상링의 단면특성에 의해 서로 다른 회전반경을 가진다. 이로 인해 성형부위별 접선속도가 다르기 때문에, 형상링의 튀틀림 또는 프로파일 맨드렐 금형 파손이 발생하게 된다. 따라서, 접속속도를 동기화하기 위해 분할금형을 적용하였다. 일체형 금형과 분할 금형 비교분석을 위해 구조해석을 수행하였다. 구조해석 결과 분할형 금형의 응력분포 상태가 좋은 것을 확인할 수 있었다. 이로써, 튀틀림 및 파손을 방지하기 위한 분할금형 구조를 유한요소해석적으로 검증하였다.

Key Words : Split Mold(분할금형), Structural Analysis(구조해석), Profile Mandrel(프로파일 맨드렐), Tangential speed(접선속도)

1. 한국생산기술연구원

2. 칼텍㈜

교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: cjlee80@kitech.re.kr

Tee-Pipe 버링 공정에서 찢어짐 방지를 위한 피어싱 펀치 형상 최적 설계

이영섭¹ · 이상훈¹ · 강정식² · 홍석무[#]

Optimization of Piercing Punch Profile to Prevent Tearing During Tee Pipe Burring

Y. S. Lee, S. H. Lee, J. S. Kang, S. Hong[#]

Abstract

A tee, the most common pipefitting, is used to combine or divide fluid flow. Tees can connect pipes of different diameters or change the direction of a pipe run. In order to manufacture this tee type of stainless steel pipe, combinations of punch piercing and burr forming have been widely used in industry. However, this method is considerably time consuming with regard to performing the empirical work necessary to attain the process conditions able to prevent upper end tearing of the tee product and to meet the target tee height. It was shown from numerous experiments that the piercing profile is the main cause of the defects mentioned above. Furthermore, the mold design is formed through trial and error according to the pipe diameters and changes in requirements. Thus, the proposed study performed piercing and burring process analysis via finite element analysis using DYNAFORM in order to resolve the aforementioned problems. An optimization design method was used to determine the piercing punch profile. Three radii of the piercing punch, i.e., large, small, and joined radii, were selected as design variables to minimize thinning of a tee pipe. Based on the analytical results, using correlation and multiple regression analyses, we developed a predictive approximation model able to satisfy the requirements for both thickness reduction and target height. The new piercing punch profile was applied to the actual tee forming using the developed prediction equation; model results were found to be in good agreement with the experimental results.

Key Words : Burring, Optimization, TEE-pipe, Coefficient of correlation, Multiple regression analysis

1. 공주대학교 금형설계공학과

2. ㈜서원기술 연구소

[#] Corresponding Author : Department of MetalMold Design Engineering,
Kongju National University, E-mail:smhong@kongju.ac.kr

라운드블룸을 적용한 풍력발전기용 Main shaft의 열간단조 공정설계

허상현¹ · 장희상¹ · 이진모¹ · 김남용¹ · 이채훈¹ · 주병돈¹ · 윤선룡¹

Hot forging process design of main shaft for wind turbine using round bloom

S. H. Heo, H. S. Chang, J. M. Lee, N. Y. Kim, C. H. Lee, B. D. Joo, S. R. Yoon

Abstract

최근 장기적인 경제 불황의 여파로 다수의 기업들이 어려움을 겪고 있는 가운데, 기업이 살아남기 위해서는 원가절감을 통한 가격경쟁력의 확보가 중요하다. 이러한 이유로 ㈜태웅은 2016년 11월 제강사업에 착수하여 잉곳 및 라운드 블룸 등 단조용 소재의 생산을 시작하였으며, 품질 최적화를 위해 노력 중이다.

본 연구에서는 당사의 주력 생산품인 Main shaft의 원가 절감을 목표로 단조용 원소재를 기존 잉곳에서 라운드 블룸으로 대체, 공정수를 줄여 생산 하기 위한 사전 연구를 수행하였다. 전산모사를 통한 라운드 블룸 업세팅 가능 치수를 설계하였으며, Main shaft 시제품 제작에 앞서 전산모사를 통해 열간 단조공정 설계를 수행하였다. 도출된 결과를 적용하여 라운드 블룸 형상의 빌렛을 사전 제작한 후 실물 크기의 풍력발전용 Main shaft 제품 제작에 성공하였으며, 기존 잉곳 소재의 공정과 비교 분석을 수행하였다. 또한 제작된 Main shaft에 대해 UT, MT 등 비파괴검사 및 기계적 특성평가, 미세조직 분석 등의 제품평가를 수행하였으며, 세계 각국의 풍력발전기 제조사의 요구조건에 만족하는 결과값을 확인할 수 있었다.

Key Words : 라운드블룸, Main shaft, 열간단조, FEM해석

Acknowledgement

본 연구는 산업기술혁신사업 에너지기술개발사업비로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

1. ㈜태웅
E-mail:sanghyun.heo@taewoong.com

셸노징 공정 중 발생한 선단부 파단의 원인

변상운¹·정승원²·전만수[#]

Causes of fracture occurring at the exit in a cold shell nosing process

S. W. Byun, S. W. Jeong, M. S. Joun

Abstract

In this study, causes of a fracture occurring in a cold shell nosing process are revealed by finite element methods. The material is identified using a tensile test based on material identification technique which gives fracture information as well as flow stress at large strain. It has been shown that the sound material near the fracture region is ductile enough to be cold forged. Various well-known damage models are applied to reveal reasons of the fracture, showing that the damage models have nothing to do with the fracture because all models have predicted much less damage values than the critical damages. The comparison between the experiments and predictions has shown that the fracture is due to higher maximum principal stress than the strength of the material around the fracture region.

Key Words : Shell nosing(셸노징), Fracture(파괴), Principal stress(주응력), Brittleness(취성)

1. 서론

연구자들에 의해 연성파괴 이론에 관한 연구가 많이 이루어졌다[1-2]. 그 결과, 응용 연구자들이 파괴 원인을 객관적으로 찾으려고 하지 않고 무비판적으로 연성파괴 이론을 적용하여 문제를 해결하려는 경향이 없지 않다.

한편, 실제 냉간단조 중에는 취성파괴가 자주 발생한다. 압축 변형된 소재의 취성은 증가한다. 부절적인 열처리도 취성파괴의 한 원인이다. 바우싱거(Bauschinger) 효과도 이러한 현상을 증폭시킨다. 인장된 소재에 압축 변형을 가하면, 소성변형이 등방성 경화 조건을 따르지 않고 초기에 파단에 이르게 된다. 물론 압축 변형된 소재에 인장응력이 가해지면, 이 문제는 더욱 심해질 것이다.

이 논문에서는 냉간셸노징(cold shell nosing) 공정 중 발생한 파단 현상을 대상으로 기존의 연

성파괴 이론을 비판하고, 그 원인 및 대책을 탄소성 이론과 취성파괴 이론에 근거하여 규명하고자 한다.

2. 연구 대상 문제의 분석

이 논문에서의 연구 대상은 냉간 셸노징 공정으로 재질은 AISI 9260이다. 초기 소재는 열간단조에 의하여 준비된 것으로 단조 이전에 구상화 소둔 처리 및 인산염 피막처리를 거친다. 이 공정에서는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 냉간 성형 후에 앞측 끝 부분에서 20~30 mm 정도 원주방향의 파단이 발생하였다.

파단정보는 소재의 유동응력 및 인장시험을 통하여 획득하였다[3].

Fig. 2는 탄소성 유한요소 해석결과로부터 획득한 결과를 최대주응력의 분포로 나타내고 있다.

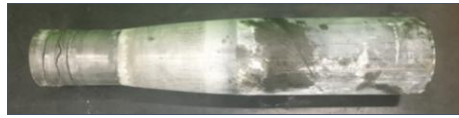
Fig. 3은 최대주응력이 최대가 되는 시점에서 최대주응력, 유효응력, 강도를 비교하고 있다. 강도는 재료의 상태변수에 상응하는 유동응력에

1. 한일단조공업㈜

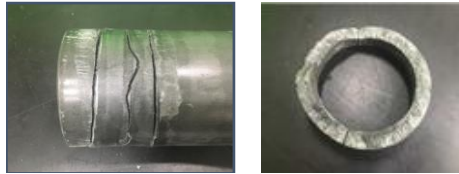
2. ㈜엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr



(a) Overview



(b) Detailed view

Fig. 1 Fracture occurring in a cold shell nosing process

의하여 결정되는 것으로 소재가 항복영역에 존재하지 않을 때 유효응력보다 클 수가 있다.

Fig. 3의 최대 주응력은 소재가 압출구를 통과하면서 그 아래의 지점에서 커지다가 하부에서 약 30 mm 지점에 도달하는 순간, 최대값 930 MPa에 도달한다. 그리고 이 최대주응력의 최대값은 그 점에서의 강도 817 MPa에 비하여 113 MPa 높다. 취성파괴 이론에 따르면, 취성 재료의 파단은 주응력 축에 수직한 방향으로 발생한다. 주응력의 방향이 y-축과 거의 일치하므로 원주 방향으로 파단이 발생한 것이다.

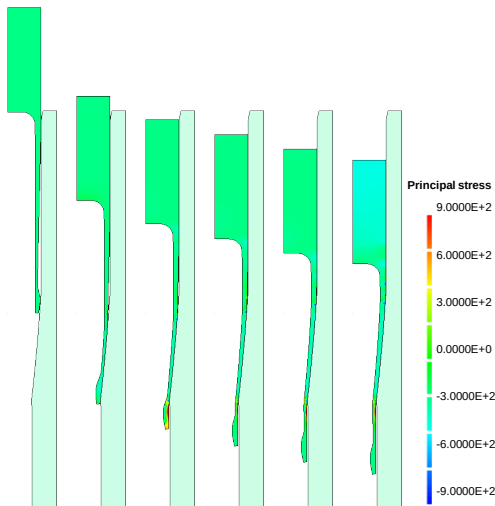


Fig. 2 History of deformation

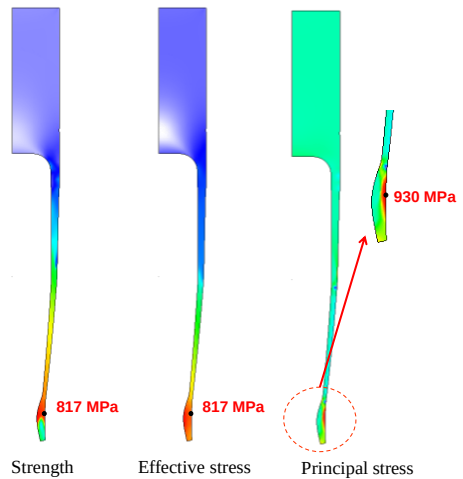


Fig. 3 Elastoplastic finite element predictions

3. 결론

이 연구에서는 탄소성 유한요소해석을 이용한 탄성회복의 예측을 통하여 파괴 원인이 취성파괴임을 밝혔다.

탄소성 유한요소해석으로 획득된 최대 주응력의 크기와 방향을 재료의 변형률 및 강도 등을 관점에서 분석한 결과, 압출구를 통과하면서 급격하게 발생한 탄성회복으로 최대 주응력이 강도보다 커지는 결과를 확인하였다. 취성파괴 이론에 의하면, 이것은 재료가 취성일 경우, 주응력 축에 수직한 파단으로 연결된다. 이 논문에서 연구한 예제는 일종의 튜브 압출로 볼 수 있으며, 선단부의 내측 반경이 국부적으로 작아 역학적 관점에서 재료의 파단 문제를 연구하는데 적합한 사례라고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] M. G. Cockcroft, D. J. Latham, 1968, Ductility and the workability of metals, J. Inst. Met., Vol. 96, pp. 33~39.
- [2] F. A. McClintock, 1968, A criterion for ductile fracture by the growth of hole, J. Appl. Mech., Vol. 35, pp. 363~371.
- [3] M. S. Joun, J. G. Eom, M. C. Lee, 2007, A new method for acquiring true stress-strain curves over a large range of strains using a tensile test and finite element method, Mech. of Mater., Vol. 40.

재료회수율 극대화를 위한 자동변속기 부품의 복합단조기술 개발

김현수¹

Development of a composite forging technique for components of an automatic transmission in order to maximize material recovery

H. S. Kim

Abstract

이너레이스는 자동변속기의 일방향 클러치에 장착되는 부품이며, 보스는 오버 드라이브 클러치에 장착되어지는 부품이다. 이러한 이너레이스와 보스는 열간단조 공정에서 업셋, 블로커, 피니셔의 3단계로 밀폐 단조하고, 피어싱 공정을 통해 내경부 스크랩을 제거한 후 최종 단조품을 얻을 수 있다.

이너레이스의 경우 내경부 치수가 크기 때문에 피어싱 량이 많으며, 약 3.4kg의 원소재를 투입하여 1.8kg 정도의 최종 단조품을 얻고, 0.6kg 정도의 피어싱 스크랩이 발생하게 되어 소재 회수율이 극히 낮아 소재 손실이 크다.

본 개발에서는 보스 단조품의 외경 치수가 이너레이스 단조품의 내경보다 작은 특성을 활용하여, 이너레이스 단조품의 내경부에 보스 단조품을 배치하여 이너레이스의 피어싱 되어지는 스크랩을 최대한 활용함으로써 재료의 투입 중량을 절감하고 또한, 1회의 단조 공정에 의해 이너레이스 및 보스 두 개의 단조품을 얻을 수 있는 복합단조 기술을 개발하였다.

복합단조 공정으로 이너레이스와 보스의 단조품을 얻기 위해서는 열간단조 이후, 보스의 외경 트리밍, 보스의 내경 피어싱 및 이너레이스 내경 피어싱의 3회에 걸친 트리밍/피어싱 과정이 필요하여, 이 과정에서 단조품의 변형이 발생하게 된다. 본 개발에서는 시뮬레이션을 통해 트리밍/피어싱 과정에서의 단조품의 변형을 예측하고 변형된 량을 금형설계에 역설계 반영함으로써, 단조품의 정밀도를 더욱 향상시키고 재료 회수율을 극대화 할 수 있는 기술을 개발하였다.

Key Words : composite forging(복합단조), inner-race(이너레이스), boss(보스), substitution die design(역설계)

1. ㈜용암금속

교신저자: ㈜용암금속, E-mail:kimhs0828@daum.net

A Study on the Collision Characteristic of the Side Crash Simulation with Three Dimensional structure

M. S. Lee¹, J. H. Whang¹, C. G. Kang[#]

Abstract

Recently in the automobile industries, the development of environment friendly materials for improving the safety and fuel efficiency of automobiles has come to the fore. As the demand for the technological development to achieve high performance and high efficiency increases, the research on applying advanced high-strength steel to parts manufactured by the hot press process has progressed. Further, research and development for fuel efficiency through additional weight reduction using tailor welded blanks (TWBs) and partial quenching (PQ) has quickly spread in the automobile industry. Moreover, lighter materials than those currently used, materials having a high strength-weight-ratio and specific strength, are required such as hybrid steel/CFRP composites. Many car components have been replaced with various materials to improve collision toughness and safety during car crash. However, the standard of evaluation to replace auto part is still lacking. The standard needs to depend on mechanical properties of tensile and bending. The car crash test was conducted at IIHS to evaluate safety. But it's expensive and hard to evaluate collision toughness each car component. In this study, the side crash test was conducted by simulation and the collision characteristic of the center-pillar was evaluated. Fracture toughness was compared according to materials to propose a standard of collision test condition. As a result, the correlation between mechanical properties, weight reduction and collision toughness was investigated.

Key Words : English Key Word: Times New Roman 9pt (한글 바탕체9pt), Carbon Fiber, Cutting Force , Carbon Fiber , Cutting Force

1. Introduction

Since safety regulations are being further strengthened, the automobile industry have been interested in passenger's safety the during side crash. The car crash test was conducted at IIHS to evaluate safety. The information of car crash is still lacking such as how much car part absorb during side crash. Now, the standard of collision test just depends on mechanical properties of tensile and bending test. However, it's hard to evaluate collision toughness and safety. In this study, the side crash test was conducted by simulation and the collision characteristic of the center-pillar was evaluated. Fracture toughness was compared according to sedan parts to propose a standard of collision test condition.[1]

In this study, simulations were performed using the ABAQUS/explicit software. Fig.1 shows the modeling of the monocoque body. The A-pillar, B-pillar and C-pillar are red, green and blue color respectively. The simulated part had the same dimensions as the actual car. The dimensions of the sedan are $4,580 \times 1,820 \times 1,250$ mm as shown in Fig.1. The shell model was used. Because the shape of the sedan was complex, it was curved and had many holes. The sedan part was also meshed using a bottom-up mesh technique. Correspondingly, the element type was SR4. The collision region was finely meshed, while the region distant from the collision area was roughly meshed to reduce the analysis time, as shown in Fig.1.

Fig. 2 shows a schematic diagram of the side crash simulation. The weight of the impactor was 1360 kg, and the initial speed was 13.8 m/s (approximately 50 km/h) according to IIHS crash conditions

1. 부산대학교 기계공학부 minsik2@pusan.ac.kr

교신저자: 부산대학교 기계공학부

, E-mail:cgkang@pusan.ac.kr

2. Simulation

2.1 Geometry and modeling of center-pillar reinforcement

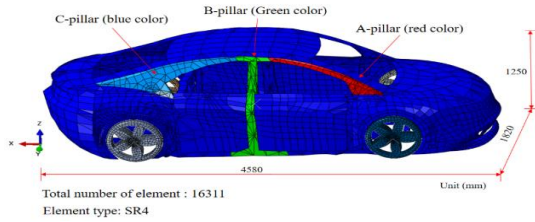


Fig. 1. Modeling and geometry of sedan car

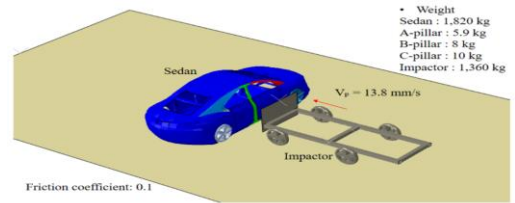
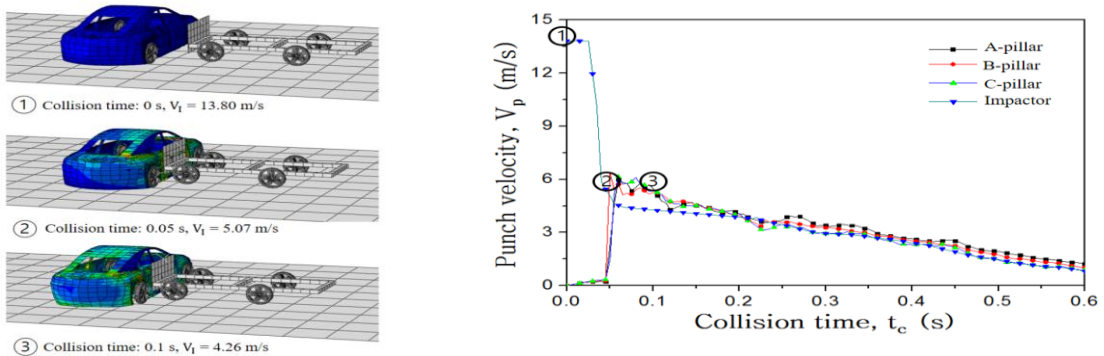


Fig. 2. Boundary conditions and schematic diagram

3. Test result and discussion

Fig. 5 shows the changes in the velocity during collision according to the sedan parts and impactor, in accordance with time.

Fig.5 Changes of the velocity according to sedan parts



Acknowledgements

This work was supported by the Technological Innovation R&D Program[S2454666] funded by the Small and Medium Business Administration(SMBA, Korea) and a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) through GCRC-SOP (No. 2011-0030013).

References

- [1] M. S. Lee, S. C. Baek, C. G. Kang, Investigation of thin boron steel sheet formability in hot deep-drawing processes according to process parameters, Journal of engineering manufacture, 226(5) (2012) 898–908.

중성자회절법과 유한요소법을 이용한 등통로각압축 공정된 구리 시편에서의 잔류응력 분석

이학현¹ · Kapil Dev Gangwar¹ · 박경태² · 우완측³ · 김형섭^{1, 4, #}

Neutron diffraction and finite element analysis of the residual stress distribution of copper processed by equal-channel angular pressing

Hak Hyeon Lee¹, Kapil Dev Gangwar¹, Kyung-Tae Park², Wanchuck Woo³, Hyoung Seop Kim^{1, 4, #}

Abstract

강소성가공법의 대표적인 공정인 등통로각압축(Equal channel angular pressing, ECAP) 공정은 공정 전후 시편의 단면적 형상이 유지되는 독특한 특징으로 인해 강소성가공법 중 벌크 초미세립 금속재료의 산업화 및 실용화에 대한 가장 큰 가능성을 가진다. 하지만 다른 금속 가공법과 마찬가지로 ECAP 공정을 거친 재료 역시 불균일 변형에 의한 잔류응력이 재료 내부에 발생하며, 소성가공을 거친 재료의 성능과 신뢰성에 부정적 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 본 연구는 유한요소해석과 중성자 회절법을 이용해 ECAP 공정 시 재료에 유발되는 잔류응력분포를 분석하였고 추가적으로 원통형 시편의 ECAP 공정 시 유발되는 평균 유효소성변형률의 특징에 대해서도 고찰하였다. 유한요소해석에 의해 도출된 재료내의 잔류응력분포는 중성자회절법을 이용한 측정값과 전반적으로 좋은 합치도를 보였고 분석 결과, ECAP 공정을 거친 시편 꼭대기 영역(채널각과 맞닿는 부분)은 축 방향으로 강한 인장 잔류응력을 받는 반면, 반경 방향과 원주 방향으로의 압축 잔류응력을 받는다. 또한 이와는 상이하게, 시편의 바닥 영역(모서리각과 맞닿는 부분)은 반경, 원주 방향으로 강한 인장 잔류응력을 받으나, 축 방향으로의 미미한 인장 잔류응력이 존재함을 확인하였다. 이와 같이 ECAP 공정은 재료의 불균일한 잔류응력분포를 야기시키나, 반복 공정을 통해 시편의 잔류응력 조절이 가능할 것이라 예측한다. 따라서 ECAP공정에서 유발되는 잔류응력분포 고찰에 대한 본 연구가 향후 강소성공정의 산업화에 관하여 잔류응력에 의한 공학적 문제를 해결할 수 있는 기반을 제공할 것이다.

Key Words: Residual stress distribution; Equal channel angular pressing; Finite element method; Neutron diffraction method;

1. 서론

강소성가공법은 금속재료에 강한 정수압 및 전단변형을 가함으로써, 기존의 조대한 결정립을 결정립도 1 μm 이하의 나노결정립 (nanocrystalline) 상태로 미세화시킴과 동시에, 이를 통해 금속재료의 기계적 성질 및 다양한 기능적 특성 등을 향상시키는 대표적인 소성가공법이다. 그 중, 가장 대표적인 공정인 등통로각압축(Equal channel angular pressing, ECAP) 공정은 공정 전, 후 재료의 단면적 형상이 유지되는 특징으로 인해, 다양한 경로로의 반복공정으로 재료의 초미세립화 및 집합조직 조절이 가능하며 무엇보다도 강소성가공법 중 가장 큰 규모의 벌크소재 형성

1. 포항공과대학교, 신소재공학과

2. 한밭대학교, 신소재공학과

3. 한국원자력연구원, 중성자과학연구부

4. 포항공과대학교, 고엔트로피합금센터

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 포항공과대학교 고엔트로피합금센터, hskim@postech.ac.kr

이 가능하다. 위와 같은 ECAP 공정의 장점으로 인해, 강소성가공법의 실용화 및 산업화에 가장 큰 가능성을 지니고 있지만, 다른 금속 가공법과 마찬가지로 ECAP 공정을 거친 재료 역시 불균일 소성변형으로 인한 잔류응력이 재료 내부에 발생하며, 이러한 잔류응력은 재료의 성능 및 신뢰성에 부정적 영향을 끼칠 수 있다.

따라서 본 연구에서는 중성자회절법 및 유한요소해석법을 통해 ECAP 공정을 거친 구리재료의 잔류응력 분포를 분석함과 동시에, 잔류응력분포에 영향을 미치는 ECAP 공정의 주요 변수에 대해 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구는 약 $264.3\ \mu\text{m}$ 의 초기 결정립을 가진 길이 130 mm, 직경 17.8 mm의 무산소구리(Oxygen-free high-conductivity copper) 봉재를 이용하여 채널각 90° , 모서리각 32° 로 설계된 ECAP 금형을 통해 ECAP 공정을 실시하였다. 1회 공정 이후, 시편의 정상영역에서의 단면적에 대한 바닥 영역(모서리각과 맞닿는 영역)으로부터 꼭대기 영역(채널각과 맞닿는 영역)까지의 잔류응력을 중성자회절법을 통해 측정하였고, 각 측정부분에서 축(axial), 반경(radial), 원주(hoop) 방향으로의 잔류응력을 $8\ \text{mm}^3$ ($2 \times 2 \times 2\ \text{mm}^3$)의 관찰영역으로 측정하였다. 또한, 재료의 전반적인 잔류응력분포를 확인하고, 잔류응력분포에 영향을 미치는 인자를 고찰하기 위해 Abaqus/Standard ver 6.12를 이용하여 유한요소해석을 진행하였다.

3. 결과 및 결론

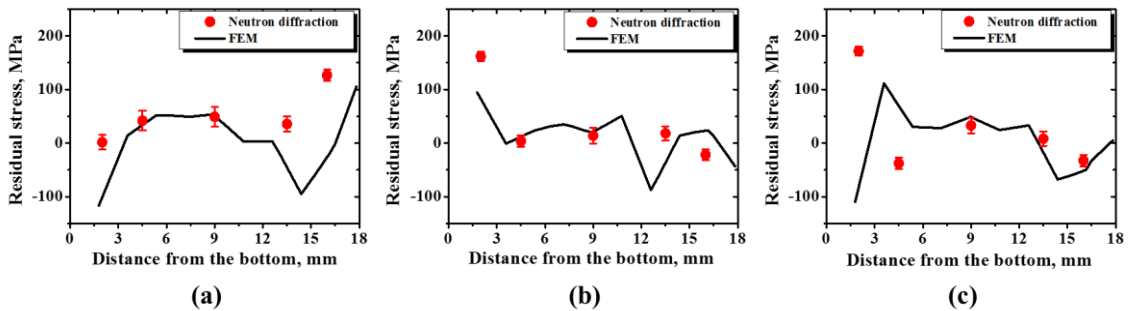


Figure 1. Residual stress path plots from bottom to top region of workpiece in (a) axial, (b) radial, (c) hoop direction measured by neutron diffraction and finite element method.

중성자회절법 및 유한요소해석법을 통해 ECAP 공정을 거친 구리재료의 잔류응력분포를 측정 및 계산한 결과, 위와 같은 좋은 합치도를 보였다. 또한, 이를 통해 ECAP 공정을 거친 재료의 꼭대기 영역은 축 방향으로 강한 인장 잔류응력(126.33 MPa)을 받는 반면, 반경 방향과 원주 방향으로의 압축 잔류응력(-21.82 MPa, -32.58 MPa)을 받고, 시편의 바닥 영역은 반경, 원주 방향으로 강한 인장 잔류응력(161.50 MPa, 171.33 MPa)을 받으나, 축 방향으로의 미미한 인장 잔류응력(1.48 MPa)이 존재함을 확인하였다.

참고문헌

[1] H.H. Lee, K.D. Gangwar, K.-T. Park, W. Woo and H.S. Kim: Mater. Sci. Eng. A 682 (2017) 691.

소재유동특성이 변형공정지도에 미치는 영향도 분석

박지영¹ · 오일영² · 문영훈[#]

Parametric analysis on the effect of material flow on the deformation processing map

J. Y. Park, I. Y. Oh, Y. H. moon

Abstract

In this study, the effect of metal flow on the deformation processing map is analyzed. Deformation process maps are based on dynamic material models and created by hot compression test. By using the efficiency factor and the instability factor, the deformation processing map is created and the formability in high temperature is analyzed. As parameters, such as strain, strain rate, and temperature change the material flow, and the effect of these parameters on the deformation processing map has been analyzed. Also, the possibility is analyzed that replacing the compression test data with the tensile test data in the deformation map.

Key Words : Deformaiton processing map(변형공정지도), SUS304L, Hot compression test, Hot tensile test

1. 서론

고온에서의 성형성 평가 지표에는 여러 가지가 있는데 대표적인 것으로 변형공정지도(deformation processing map)가 있다[1]. 본 연구에서는 변형공정지도에서 소재 유동 특성이 변형공정지도에 미치는 영향을 분석해보고자 한다.

2. 실험 방법

연구에 사용된 소재는 SUS304L이며 고온 압축 Gleeble 시험은 온도조건 900℃, 1000℃, 1100℃, 1200℃ 에서 각각 변형률 속도 0.01, 0.1, 1.0, 10(s⁻¹), 인장시험은 같은 온도조건에서 변형률속도 0.01, 0.1, 1.0(s⁻¹) 으로 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 변형공정지도를 이용한 고온 성형성 평가

변형공정지도는 Prasad[2]가 제안하였다. 변형률 속도 민감도(strain rate sensitivity, m), 파워 분산 효율 인자(eficiency factor, η), 소성 불안정 인자(instability factor, ξ)[3]가 각각 정의된다. 변형공정지도는 η 값으로 나타내어지는 power dissipation map과 ξ 으로 나타내어지는 instability map을 겹쳐서 나타내며, η 이 클수록 안정한 구간이며 ξ 이 음수이면 소성불안정 구간이다.

3.2 소재유동특성이 변형공정지도에 미치는 영향도 분석

같은 변형률, 변형률 속도 조건에서 고온일수록 m 값과 m 값과 비례하는 η 값이 높아지는 경향을 보이며 더 안정하다(Fig. 1(a),(b)). ξ 값도 고온일수록 안정구간이 확대된다. 같은 변형률,

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템/ 정밀정형 및 금형가공 연구센터

2. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템/ 정밀정형 및 금형가공 연구센터

Corresponding Author : School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea, E-mail: yhmoon@pusan.ac.kr

온도 조건에서 변형률 속도는 높아질수록 ξ 값이 감소하여 불안정 구간이 확대된다.

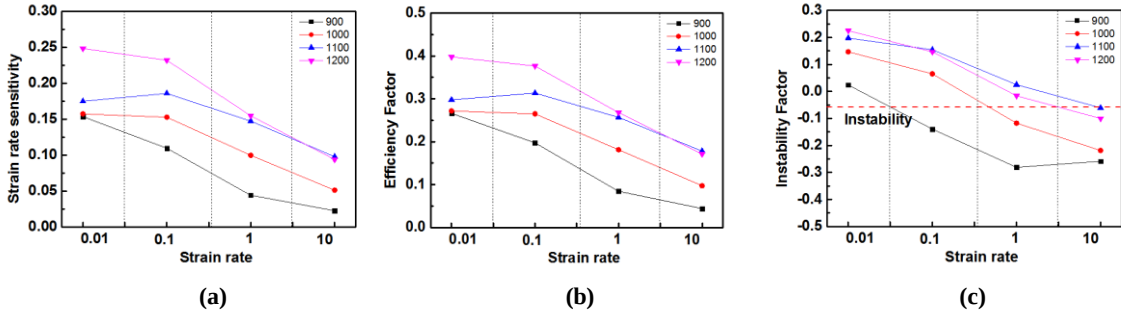


Fig. 1 (a)Strain rate sensitivity, (b)efficiency factor, (c)instability factor of SUS304L at 30% deformation

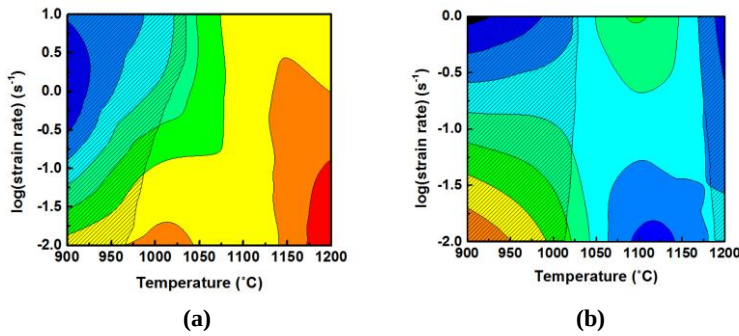


Fig. 2 Deformation processing maps (a)based on compression test (b)based on tensile test

3.3 인장시험 데이터를 이용한 변형공정지도

본래 변형공정지도는 압축시험 데이터를 이용해 작성되지만(Fig. 2(a)) 인장시험 데이터로 대체해보았다(Fig. 2(b)). 빛금이 쳐진 부분이 소성불안정 영역($\xi < 0$)이며, 900~1000도 구간에서 소성 불안정 영역은 비슷하게 나타났으나 1200도 부근에서 오차가 발생하였다. 또한 η 값도 오차가 발생하였다. 인장 데이터는 변형특성의 차이로 인해 압축 데이터와 다른 특성을 보였다.

4. 결론

- (1) 온도가 높을수록 높은 변형률 속도 민감도(m)와 높은 파워 분산 효율 인자(η)를 가지는 경향을 보이며 더 안정하다.
- (2) 변형률 속도가 높을수록 불안정 인자(ξ) 값이 감소하는 경향을 보이며, 소성 불안정 영역이 커진다.
- (3) 변형공정지도에 사용되는 압축시험 데이터를 인장시험 데이터로 대체해 보았으며, 인장과 압축의 변형 특성의 차이로 인해 다른 특성을 보여 오차가 발생하였다.

참고문헌

- [1] E. J. Jung, J. T. Yeom, J. H. Kim, D. G. Lee, N. K. Park, C. S. Lee, 2006, Evaluation of High Temperature Workability of A350 LF2 Using the Deformation Processing Map, Trans. Mater. Process., Vol. 16, pp. 333~339
- [2] Y. V. R. K. Prasad, S. Sasidhara, 1991, Hot working guide: a compendium of processing maps, ASM, America, pp.5~8
- [3] H. Ziegler, 1963, Progress in solid mechanics, John Wiley and sons, New York, pp.93

유한요소법을 이용한 롤 포밍(Roll Forming) 공정 해석 연구

김용관¹ · 강경필¹ · 이경훈[#]

Analysis of Roll Forming Process using Finite Element Method

Y. G. Kim, K. P. Kang, K. H. Lee

Abstract

롤 포밍(roll forming)은 다단의 회전롤 사이에 금속 판재를 통과시켜 점진적인 굽힘을 가하여 두께 변화를 최소화하면서 단면 형상이 일정하고 길이가 긴 제품을 효율적으로 생산하는 공법이다. 대표적인 롤 포밍 제품으로 용접강판이 있으며, 판재에 초기 폭방향 벤딩을 가하는 브레이크다운(breakdown) 공정과 핀 접착을 통해 판재 엣지면(edge)의 청정도를 확보하여 안정적인 용접이 가능하도록 하는 핀패스(pin pass) 공정이 있으며 이후 용접공정과 사이징(sizing) 공정 등이 이어진다. 이러한 강판의 롤 포밍 성형 기술의 핵심은 엣지부의 좌굴을 막고 공정중에 발생하는 가공경화를 최소화하는 것이다. 여기서 좌굴현상은 성형 중 엣지부가 늘어나서 용접시 파도모양의 주름이 나타나는 현상을 말하며 직경 대 두께비가 크고 소재의 강도가 높을수록 발생률이 높은 것으로 알려져 있다.

그러나 대부분의 롤 포밍 관련 기술을 외국에 의존하고 있으며 현장에서 작업자의 경험이나 시행착오에 의존하여 제품을 생산하고 있기 때문에 체계적인 기술 축적이 미흡한 상태이다. 그에 따라 최적화 기법 및 유한요소해석을 이용하여 강판 롤 포밍 공정을 정량화하려는 연구가 진행되어 왔으며, 초기 소재의 폭과 엣지 형상, 롤 성형시 소재의 굽힘각도, 패스수에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 또한 최근에는 고강도 제품의 수요가 지속적으로 요구됨에 따라 성형부하로 인한 설비의 한계용량에 대한 관심도가 증가하고 있으며, 국내에서도 유정용 강판에 대해 소성 굽힘 변형식을 사용하여 롤 성형에 필요한 성형하중과 변형량을 계산하여 설비의 안정성을 확인한 연구사례가 있다.

본 연구에서는 강판 롤 포밍 공정의 유한요소해석에서 ALE 해석법과 Lagrangian 해석법을 비교하였으며, Lagrangian 해석법에서는 롤이 회전하고 소재가 취입되는 경우(Case 1)와 소재는 고정되어 있고 롤이 지나가는 경우(Case 2)를 각각 비교 해석하였다. 이러한 롤 포밍 공정의 유한요소해석을 통해 소재의 변형률, 롤 성형하중 등을 예측하고 비교 검토하였으며, 효율적인 조관해석 기법을 제시하고자 하였다.

Key Words : Roll Forming(롤 포밍), FEM(유한요소법), ERW Pipe(전기저항용접 강판), ALE(arbitrary Lagrangian Eulerian), Lagrangian(라그랑지안)

1. ㈜ 솔루션랩

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

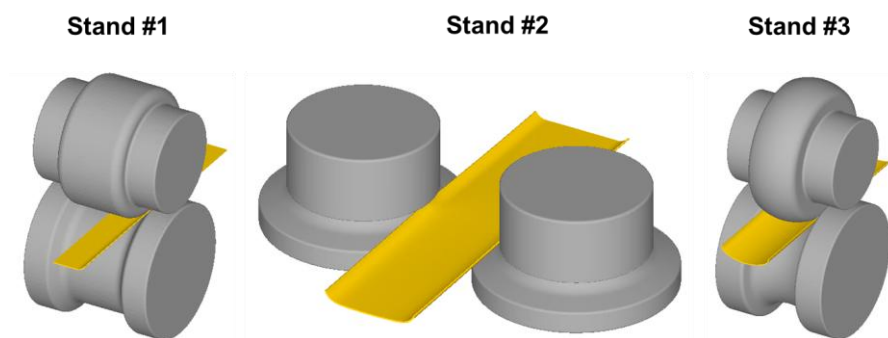


Fig. 1 Analysis model of roll forming using ALE(Arbitrary Lagrangian Eulerian) method

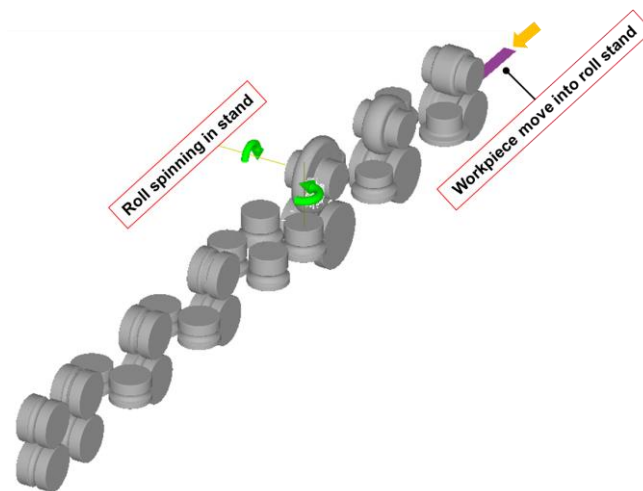


Fig. 2 Case 1 model of roll forming FEM analysis using lagrangian method

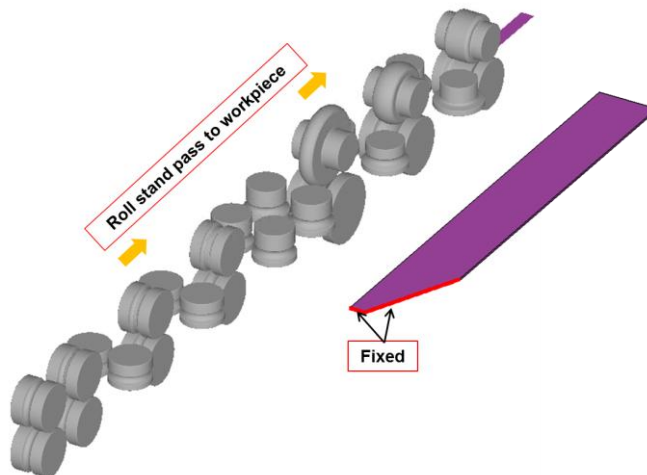


Fig. 3 Case 2 model of roll forming FEM analysis using lagrangian method

초고강도강 합체박판 용접부의 인장 거동 측정

허용찬¹ · 정재봉¹ · 김대용² · 김병민¹ · 강정윤³ · 이명규⁴ · 김지훈[#]

Measurement of Advanced High Strength Steel Tailor Welded Blank Weld Zone Tensile Behavior

Y. C. Hur, J. B. Jung, D. Y. Kim, B. M. Kim, C. Y. Kang, M. G. Lee, J. H. Kim

Abstract

Tensile behavior of advanced high strength steel that is used at car body, was measured. Because of small region and high energy density, it is difficult to get mechanical behavior of weld zone property. A digital image correlation system used to measure character of tailor weld blank. Notched specimens, which have weld line size notch, were designed for tension experiments. Heat affected zone and fusion zone compose weld zone and they indicate different flow stress from base material in tension mode.

Key Words : laser welding, digital image correlation, advanced high strength steel, flow stress, tailor welded blank

1. 서론

현재 레이저 용접을 이용한 초고강도강 합체박판은 연비와 안전성을 동시에 충족 시키는 재료로 주목 받고 있다.[3] 하지만 판재의 전체부분에 비해서 굉장히 작은 부분을 차지하는 용접부위의 특성 때문에 합체박판 용접부의 정확한 기계적 특성을 알기는 쉽지 않다. 이 연구에서는 Digital Image Correlation (DIC) 기법으로 초고강도강인 DP980과 DP590 합체박판의 국소 부위인 용접 영향부의 기계적 특성을 측정하였다.

2. 실험방법

DP980과 DP590 합체박판(Fig. 1) 용접부위는 DP590쪽 열영향부, DP980쪽 열영향부, 융합부로 분류할 수 있으며 비커스 경도 실험으로 구역을 나눌 수 있었다.[1] 나뉘어진 각 용접부를 포함한 홈이 들어가있는 시편을 제작하였고 상용 DIC로 만능재료시험기로 수직방향 인장하는 시편의 변형률을 측정하였다.[2] 나머지 부위는 각 모재의 일축인장실험을 통해 물성을 얻었다. (Fig. 2)

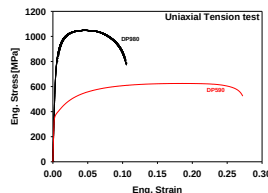


Fig. 1. 초고강도 강 합체판재 Fig.2. DP980, DP590 모재의 공칭응력-변형률 선도

1. 부산대학교 기계공학부
2. 재료연구소
3. 부산대학교 재료공학부
4. 고려대학교 신소재공학부

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

3. 결과 및 고찰

인장실험 과정에서 관측한 수직방향과 수평방향의 변형률 (Fig. 3) 데이터를 아래의 그래프(Fig. 4)로 나타내었다. 그 결과 DP590쪽 열영향부 강도가 가장 작게 나타났으며 다음으로는 DP980 쪽 열영향부, 용합부 순으로 강도가 강해지는 것을 볼 수 있었다.

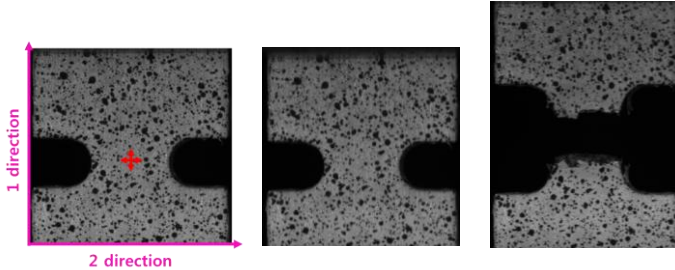


Fig. 3. Digital image correlation 사진과 변형률 측정 방향

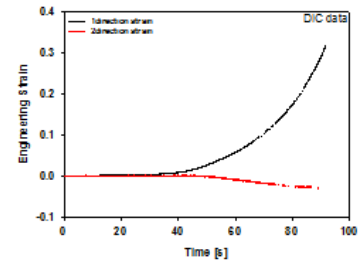


Fig. 4. 수직수평방향의 변형률 그래프

4. 결론

노치 시험편의 형태로 인해 이축응력이 작용하는 유효변형률과 유효응력 데이터를 이방성을 고려한 항복방정식을 사용해서 구했으며 합체박판의 용접부 인장 기계적 거동을 측정할 수 있었다.

참고문헌

1. Guangyong Sun, Fengxiang Xu, Guangyao Li, Xiaodong Huang and Qing Li., "Determination of mechanical properties of the weld line by combining micro-indentation with inverse modeling," Computational Materials Science., Vol. 85, pp. 347-362, 2014
2. H. Smith and B. Eng "Microstructure and mechanical properties of the fusion and heat-affected zones of a laser welded DP780 steel," McMaster University., 2015.
3. Fengxiang Xu and Chao Wang, "Dynamic axial crashing of tailor-welded blanks (TWBs) thin-walled structures with top-hat shaped section," Vol. 96, pp. 70-82, 2016.

후기

이 논문은 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A5A1048294).

Modified Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 마그네슘과 보론 혼합분말의 압분공정 해석

오영석¹ · 박선명¹ · 이호원¹ · Mahipal Ranot¹ · 황덕영² · 강성훈^{1,#}

Die Compaction Simulation of Mg and B powder mixture using Modified Drucker-Prager Cap Model

Y. S. Oh, S. M. Park, H. W. Lee, Mahipal Ranot, D. Y. Hwang and S. H. Kang

Abstract

In this study, numerical simulation of die compaction of magnesium and boron powder mixture was simulated using a modified Drucker-Prager Cap (DPC) model. In order to obtain cap parameters of DPC model which represent hardening behavior of mixed powder, uniaxial die compaction experiments with various loading conditions were conducted. After compacts of mixed powder ejected from the die, diametrical and uniaxial compression tests were carried out to measure shear failure strength of the compacts with different stress state. The modified DPC model was implemented into commercial finite element method software ABAQUS to predict densification behavior of compacts during die compaction test. The predicted density distribution of compacts was validated by experimental one measured by optical image analysis.

Key Words : Modified Drucker-Prager Cap model, Magnesium diboride (MgB_2), Powder compaction

1. 재료연구소

2. Kiswire Advanced Technology

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

4륜 구동 다목적 관리차용 고강도 플라스틱 연료탱크의 개발

김병철¹ · 김동환[#]

Development of High Strength Plastic Fuel Tank for 4WD Multi-purpose Management Car

B. C. Kim, D. H. Kim

Abstract

본 연구에서는 4륜 구동 다목적 관리차용 연료탱크 개발에 관한 유한요소 해석을 수행하였다. 3차원 연료탱크의 블로우 포밍 성형 해석을 수행하였다. 설계 프로그램을 사용하여 금형과 패리손을 Surface 형상으로 설계를 한 후 유한요소 프로그램으로 조건에 따른 해석을 진행하였다. 성형 해석 결과는 적정 두께를 평가하기 위한 구간별 두께 측정을 수행하였으며, 금형의 위치에 따른 연료탱크 벽면의 두께 분포 또한 측정하였다. 해석 결과 패리손의 분사 압력에 의하여 두께의 변화 및 블로우 압력 등을 측정하였으며, 금형의 위치에 따른 패리손의 두께 차이 또한 측정하였다. 이 해석을 통하여 다목적 관리차용 플라스틱 연료탱크의 금형을 제작하였으며, 해석을 통한 압력을 주어 제품을 생산하였다.

Key Words : Blow forming, FE-Simulation, Parison, Extrusion Blow Molding, Diameter.

1. 경상대학교 재료공정융합공학과

Corresponding Author : Dept. of Aircraft Parts Engineering, International University of Korea,

E-mail:dhkim@iuk.ac.kr

Collaborative Optimization을 이용한 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적설계

한재호¹ · 정명기¹ · 김영준¹ · 이해곤¹ · 이한기² · 김대식² · 이준상^{1#} · 이종수^{1#} · 강신일^{1#}

Multidisciplinary Optimization of integrated inside door handle housing using Collaborative Optimization

J. H. Han, M. K. Jung, Y. J. Kim, H. G. Lee, H. K. Lee, D. S. Kim, J. S. Lee, J. S. Lee, S. I. Kang

Abstract

본 연구에서는 다분야통합설계 방법론 중 하나인 CO(Collaborative Optimization)를 이용하여 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적 설계를 수행하였다. 초기 설계된 부품에서 핸들접촉부에서 발생하는 응력이 인장강도를 초과하여 이를 허용응력 이하로 줄임과 동시에 힌지부에서 발생하는 최대 Shrinkage 및 warpage를 감소시키며 경량 설계를 위한 최적 설계 문제를 정식화 하였다. 직교배열표를 사용하여 평균 분석을 통해 성능지수에 대한 설계 변수의 민감도를 확인하였다. 새로 분류된 파라미터를 이용하여 부품의 무게를 최소화하는 목적함수와 구조 및 표면 품질의 제한조건함수를 만족하는 반응표면 근사 모델을 생성하고 R²값을 통해 정확도를 평가하였고, Active set 알고리즘으로 구성된 CO를 적용하여 최적화를 수행하였다. CO를 통해 선정된 최적 설계 파라미터를 적용한 모델에 대해 구조해석과 사출성형해석을 통해 설계 프로세스 및 최적 설계 결과를 검증하였다.

Key words : Multidisciplinary Optimization, Collaborative Optimization, Response surface methodology

1. 서 론

플라스틱 부품은 사출성형을 통해 제작되며 성형조건에 따라 성형성, 표면품질, 기계적 물성이 다르게 나타나기 때문에 이를 최적화하기 위한 연구가 활발히 이루어졌다. 기존 사출 성형품에 대한 최적화의 연구는 주로 성형조건 최적화, 금형 냉각 최적화, 게이트-러너 최적화 등 사출성형 조건을 최적화하는 연구가 주로 수행되었으나, 구조적 안정성을 고려하지 않았으므로 이를 고려한 통합 최적 설계가 요구된다.

본 연구에서는 다분야통합설계 방법론 중 하나인 CO(Collaborative Optimization)¹⁾를 이용하여 자동차 내장재인 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적 설계를 수행하였다. CO 최적화 알고리즘을 통해 도출된 설계 파라미터를 적용하여 구조해석과 사출성형해석을 수행하고 결과를 비교함으로써 설계 프로세스 및 최적 설계 결과를 검증하였다.

2. 근사최적설계 정식화

2.1 결함 부위 분석

2.1.1 구조해석

ANSYS 16.1를 이용하여 초기 설계된 일체형 하우징 부품에 대한 구조해석을 수행하였다. 해석 결과, 핸들과 하우징이 접촉하는 부분에서 발생하는 응력이 122.61 MPa로 기준 인장강도를 초과하는 결과를 확인하였다.

2.1.2 사출성형해석

Moldflow 12를 이용하여 구조해석에 사용된 동일한 모델에 대해 사출성형해석을 수행하였다. 해석 결과, 핸들과 하우징을 핀으로 고정하는 힌지 부분에서 Shrinkage와 Warpage가 발생함을 확인하였다.

2.2 최적설계 정식화

핸들접촉부에 발생하는 응력과 힌지부에서 발생하는 Shrinkage와 Warpage를 감소시키는 최적 설계를 수행하기 위해 핸들접촉부 후면의 리브 구조물 치수와 힌지부 치수를 설계 변수로 선정하

1. 연세대학교 기계공학과

2. 현대자동차 R&D연구소

교신저자: 연세대학교 기계공학과,

E-mail: joonlee@yonsei.ac.kr, jleej@yonsei.ac.kr,

snlkang@yonsei.ac.kr,

였다. 부품 무게를 목적함수로, 응력, Warpage, Shrinkage를 제한조건함수로 다음과 같이 나타냄으로써 최적 설계 정식화를 수행하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } f_{\text{weight}} \\ & \text{Subject to } g_{\text{stress}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \leq 101.3\text{MPa} \\ & \quad g_{\text{warpage}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \leq 0.4\text{mm} \\ & \quad g_{\text{shrinkage}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \leq 10.5\% \end{aligned}$$

Table 1. Design parameter & parameter range

Variable	Description & Range
x_1	Hinge height (7mm $\leq x_1 \leq$ 8mm)
x_2	Fillet radius (0.5mm $\leq x_2 \leq$ 1mm)
x_3	Housing thickness (2.75mm $\leq x_3 \leq$ 3.25mm)
x_4	Wall thickness (3mm $\leq x_4 \leq$ 4mm)
x_5	Rib thickness (1mm $\leq x_5 \leq$ 2mm)
x_6	Rib height (5.6mm $\leq x_6 \leq$ 9.6mm)

2.3 직교배열법 및 민감도 분석

설계 변수가 성능지수에 미치는 영향을 분석하기 위해 직교배열법을 이용하였다. 설계 변수에 대해 6인자 3수준 직교배열표를 이용하여 실험계획을 수립하였으며, 각 18개의 Case에 대하여 구조해석과 사출성형해석을 수행하여 응력, Warpage, Shrinkage에 대한 성능지수를 얻었다. 각 성능지수 결과에 대한 평균분석을 통해 6개 파라미터의 민감도를 분석하였다. 응력에서는 x_1 , Warpage 및 Shrinkage에서는 x_4 , x_5 가 낮은 민감도를 보였고, 3개의 파라미터는 상한, 하한 값의 중간 값으로 고정하였다.

3. Collaborative Optimization

최적화 수행을 위해 직교배열법 기반의 반응표면모델(RSM)을 생성하였고, RSM의 정확성을 확인하기 위해 R^2 평가를 수행하였다. 목적 함수 및 제한조건함수의 R^2 값이 모두 0.99임을 확인하였다. Active set 최적화 알고리즘을 통해 반응표면모델 내에서 목적함수 및 제한조건을 만족하는 각 설계 변수와 응력, shrinkage, warpage 값을 획득하였다. CO 최적 설계의 유효성을 검증하기 위해 도출된 최적 설계 변수를 적용한 일체형 하우징 모델에 대해 구조해석과 사출성형해석을 수행하였다. 응력의 경우 98.24 MPa로 제한조건을 만족하며, Shrinkage와 Warpage는 각

10.86%, 0.4092mm로 제한 조건을 만족하지 못하였으나, 각 결과가 매우 근사한 차이이며, 초기 모델의 결과보다 감소하였음을 확인하였다.

Table 2. Collaborative optimization result

Variable	Optimum parameter
x_1	7.00 mm
x_2	0.51 mm
x_3	3.25 mm
x_4	3.72 mm
x_5	1.00 mm
x_6	8.52 mm

Table 3. Verification of CO and FEA

Function	Collaborative Optimization	FEA Result
f_{weight}	145.52 g	145.15 g
g_{stress}	102.91 MPa	98.24 MPa
g_{warpage}	0.4045 mm	0.4092 mm
$g_{\text{shrinkage}}$	10.51 %	10.86 %

4. 결 론

본 연구에서는 CO 기법을 이용하여 인사이드 도어 핸들 일체형 하우징 최적 설계를 수행하였다. 직교배열법을 이용하여 파라미터의 민감도 분석을 수행하였으며, Active set 알고리즘으로 적용하여 최적화를 수행하였다. 알고리즘을 통해 도출된 파라미터를 적용한 모델에 대해 구조해석과 사출성형해석을 수행하고 최적 설계 결과를 검토하였다. 응력 제한조건은 만족하였으며, Shrinkage, Warpage 제한조건은 만족하지 못하였으나 매우 근사한 범위내의 결과를 보이고 있으며 초기모델 결과 보다 감소함을 확인 할 수 있었다. 또한 목적함수인 부품 무게 최소화를 달성하는 것을 확인함으로써 최적 설계의 타당성을 검증하였다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2015R1A5A1037668)

참 고 문 헌

- [1] I. P. Sobieski and I. M. Kroo, Collaborative Optimization using response surface estimation, AIAA Journal, Vol 39, pp 1931-193

최적 사면체요소망을 이용한 링롤링 공정의 유한요소해석

문호근¹ · 이민철¹ · 엄재근¹ · 전만수[#]

Finite element analysis of ring rolling processes using optimized tetrahedral finite element

H. K. Moon, M. C. Lee, J. G. Eom, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an optimized finite element mesh system for profile ring rolling simulation is proposed and finite element analysis is conducted using the optimized tetrahedral finite element. The mesh system is optimized in terms of number of finite elements and reduced number of remeshings. Several typical applications are given with experiments, showing the validity of the approach from standpoint of application.

Key Words : Optimized Mesh System (최적 요소망), Ring Rolling (링롤링)

1. 서론

링롤링 공정은 기하학적 단순함에도 불구하고 매우 작은 접촉영역에 따른 역학적 및 수치적 문제와 계산시간 등의 문제로 인하여 적용의 일반성이 보장되지 않는 문제가 있다. 과거의 연구는 계산시간과 관련된 것이 주를 형성하였다. 대표적인 예가 이원적 요소망[1]이며, ALE 방식의 접목도 시도되었다. 사면체 요소망을 사용하되, 소성변형의 방향성을 감안한 방향성을 지닌 요소망도 개발되었다[2]. 그러나 모든 방법들이 근본적인 문제 해결에 한계를 노출하였다. 특히 요소망재구성으로 인한 형상의 인위적 변경으로 인한 부피의 변화 및 경계조건의 변화에 따른 링의 수치적 흔들림 등을 해결하기 위하여 다수의 수치적 기법에 의존해야 하는 문제가 있었다.

최근 컴퓨터의 계산속도의 꾸준한 증가에 따라 이러한 불명확성을 줄이는데 적합한 요소망의 필요성이 제기되어 왔다. 이 연구에서는 링롤링 공정에 특화된 최적요소망을 제안하고 그 활용 사례를 실험결과와 함께 제시한다.

2. 요소밀도 분포

링롤링의 유한요소해석에 적합한 요소 중 하나는 롤 바이트에서의 접촉을 감안한 환상 조밀요소이다. 일반 사면체요소망 생성기법에 다 접촉영역에 의하여 정의되는 소재의 회전 중심축을 중심축으로 하는 환상의 조밀요소밀도 부과기법을 접목하면, 접촉영역에서 요소 밀도가 높은 환상의 조밀요소망이 생성될 수 있다. 이러한 요소망을 사용하면, 요소망재구성의 빈도를 크게 줄일 수가 있다.

Fig. 1(a)는 적용 대상의 링롤링 제품이다. 이 제품의 특징은 외경에 ‘산’자 모양의 프로파일이 성형된 것이다. 이 프로파일의 성형해석을 위해서 적절한 요소망 조밀화가 필요하다. 내경은 직선이기 때문에 비교적 작은 수의 절점으로도 맨드렐과 소재의 접촉을 유지시킬 수 있는 반면, 외경은 이와 크게 다르다. 만약 Fig. 2와 같이 요소망을 조밀화시키면, 잦은 요소망재구성으로 인한 경계치 문제의 인위적 변경이 불가피하며, 삼각형 조각으로 정의된 환상의 물체를 다른 삼각형 조각으로 표현하는 것으로부터 발생하는 수치적 오차로 인한 인위적 부피변화가 극심하다. 따라서

1. ㈜엠피알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

Fig. 2의 의미를 살리면서 전술한 문제와 계산 시간 문제를 동시에 해결하는 방법으로 Fig. 3과 같은 접촉면을 고려한 환상 조밀요소망을 이 논문에서 제안한다.

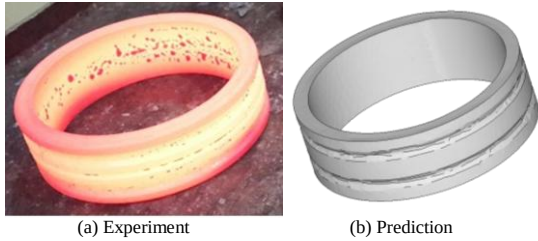


Fig. 1 Ring rolled part

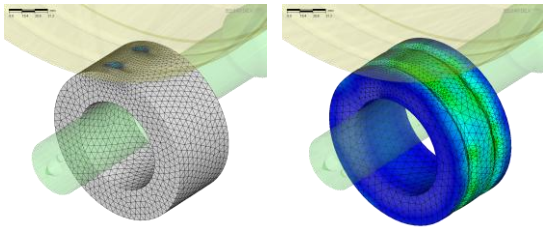


Fig. 2 Conventional locally refined mesh system

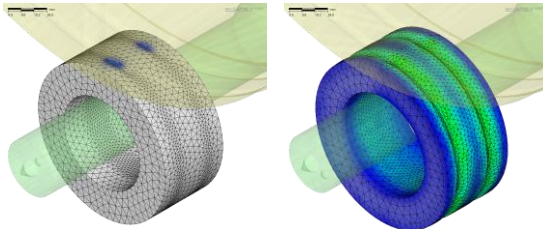


Fig. 3 Optimized mesh system with torus-type refined region

Fig. 1(b)와 Fig. 4는 환상 조밀요소망을 사용하여 획득한 Fig. 1(a) 제품의 링롤링 공정의 해석 결과이다. 이 요소망을 사용함으로써 Fig. 2의 요소망을 사용했을 때보다 안정적인 해를 구할 수 있다. 계산시간은 약간 증가하지만 요소망의 수와 부피변화율 측면에서는 개선된 효과를 확인하였다. Fig. 5는 다른 공정에 적용한 사례를 나타내고 있다.

3. 결론

이 연구에서는 링롤링 공정해석에 적합한 최적화된 요소망을 제안하였다. 이 요소망은

롤바이트에서 접촉면을 포함하는 환상의 조밀 요소망을 사용하는 것이 특징이다.

이 요소망을 이용함으로써 접촉영역에서 비교적 많은 절점이 금형과 접촉조건을 유지할 수가 있을 뿐만 아니라 요소망재구성의 수를 최소화함으로써 요소망재구성에 따르는 수치적 문제를 최소화시키는 효과가 나타났다. 물론 계산시간의 증가가 발생할 수밖에 없으나, 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 발전으로 계산시간 문제는 점점 부차적인 문제로 변해가고 있다.

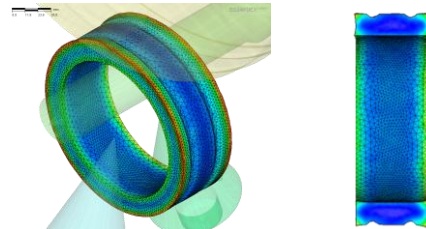


Fig. 4 Predictions

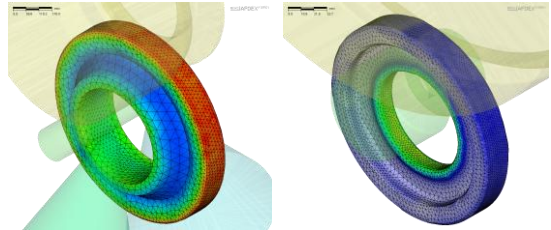


Fig. 5 Typical applications

후기

본 연구는 산업통상자원부 엔지니어링 기술진흥 사업 엔지니어링SW 기술개발 기반구축(N0517000 01)과제의 지원으로 수행되었음. 예제를 제공한 한 호산업(주)의 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] N. S. Kim, S. Machida and S. Kobayashi, 1990, Ring rolling process simulation by the three dimensional finite element method, Int. J. Mach. Tool manuf., Vol. 30, No. 4, pp. 569~577.
- [2] M. H. Choi, S. W. Jeong, B. S. Kim, K. H. Kim and M. S. Joun, 2014, Finite element analysis of a ring rolling process using a full three-dimensional model of tetrahedral elements, KSTP spring conference, pp. 69~72.

금형변형 및 소재온도의 연계해석이 결과에 미치는 영향에 관한 정량적 분석

김영신¹ · 송하늘¹ · 전만수[#]

Quantitative study on effect of coupled analyses of die deformation and temperature on the predictions

Y. S. Kim¹ · H. N. Song¹ · M. S. Joun[#]

Abstract

In this paper, the effects of theoretical models of material and die on finite element predictions of a hot forging process are presented to give process design engineers and researchers some insights on the theoretical approaches on which they are relying. The material is assumed rigid-viscoplastic or rigid-thermoviscoplastic and dies are assumed rigid or elastic. An example problem of die fracture occurring in hot forging of aluminum fixed scroll is studied, which is sensitive to the theoretical models.

Key Words : Coupled analysis of material and die(소재-금형 연계해석), Fixed scroll(고정 스크롤)

1. 서론

소성가공 해석 기술의 중요성이 크게 부각되고 있다. 이론적으로 많은 발전이 이루어져 이제 금형의 탄성변형의 영향을 고려한 해석이 이루어지고 있다. 재료의 측면에서도 마찬가지다. 보다 현실에 가까운 재료 모델의 개발과 적용이 활성화되었다.

복잡한 소재 모델의 사용에 앞서 많은 활용 기술의 축적과 경험과의 혼합 과정이 필수적이다. 이 연구에서는 소재를 점소성 및 열점소성으로 가정하고, 금형을 강체 및 탄성체로 가정하여 얻은 4개의 조합에 대하여 유한요소 해석을 실시하여 그 결과를 비교함으로써 소재 및 금형의 해석 모델이 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 본론

Fig. 1은 이 연구에서 해석 대상으로 하는 고정 스크롤 단조공정의 해석을 위한 소재 및

금형의 요소망이다. 이 공정은 금형이 조기에 파괴된 사례이며, 그 원인은 랩(wrap) 좌우의 소재 총진의 차이에 따른 축력의 발생으로 랩 끝의 뿌리 부분에 과도한 인장 응력에 가해진 것이다 [1]. 소재는 알루미늄으로 그 유동응력은 $\bar{\sigma} = C\dot{\epsilon}^m$ 으로 표현되었다[2]. 금형 속도를 -200mm/s으로, 마찰계수를 0.2로 가정하였다. 금형 재료의 탄성계수와 포아송비는 각각 210 MPa과 0.28이다. 소재 및 금형 재료의 초기 온도는 각각 450°C와 180°C이다. 재료의 열적 조건 및 열전달계수는 참고문헌으로 대신한다.

Table 1에서 소재와 금형의 변형모델을 근거로 네 가지의 서로 다른 방식의 해석 조건 및 경우를 정의하였다. Table 1의 네 가지 경우에 대하여 시뮬레이션을 실시한 결과, 대체적으로 유사한 결과가 나왔다. 그러나 금형의 파단에 초점을 맞추어 상세하게 조사해 보면, Fig. 2에서 보는 바와 같이, 네 가지의 결과가 취약 부분에서 최대의 인장 응력에 이르는 과정에서 뚜렷한 차이를 보인다.

1. 경상대학교 일반대학원 기계항공공학부
교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,
E-mail: msjoun.gnu.ac.kr

Table 1 Material and die models of each simulation

	Material	Die
Case 1	Viscoplastic	Rigid
Case 2	Viscoplastic	Elastic
Case 3	Thermoviscoplastic	Rigid
Case 4	Thermoviscoplastic	Elastic

Fig. 3 은 소재가 파괴된 랩 주위에 충전되는 과정을 보여 주고 있다. 0.0068 초에 이르면, 좌편의 충전이 완료되는데, 이 시점에서 금형에 작용하는 인장 응력이 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 급격하게 증가한다. 이것은 금형 파괴의 직접적 원인이며, 네 경우 모두 동일하다. 그러나 그 시점 측면에서는 뚜렷한 차이가 있다. 금형의 탄성을 고려하면, Fig. 4 에서 보는 바와 같이, 측력에 기인하는 금형의 탄성변형의 심화로 유동의 불균일을 확대한다. Fig. 5 에서 보는 바와 같이, 온도를 고려할 경우, 파단된 랩의 우편 소재의 온도 강하가 좌편에 비하여 0.0068 초 경과 시점에서 약 39℃ 더 크다. 이 역시 불균형 유동을 증가시키는 방향으로 작용하며, 이것은 곧 금형의 조기 파괴를 예측한다.

3. 결론

이 연구에서는 소재 및 금형 재료의 변형모델이 해석결과에 미치는 영향을 분석하였다. 비교적 소재 및 금형의 변형에 공정이 민감하게 변하는 고정 스크롤 열간단조 공정을 대상으로 연구하였다.

그 결과 랩의 좌우의 소재 충전 불균형으로 인하여 바깥으로 작용하는 측력이 작용하고, 이것은 금형의 탄성변형 고려 여부와 소재의 온도의 영향 고려 여부에 따라서 비교적 크게 영향을 받았다.

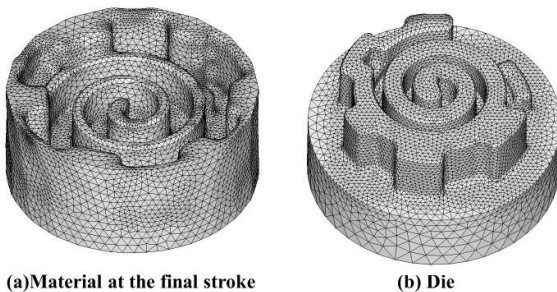


Fig. 1 Finite element mesh systems employed

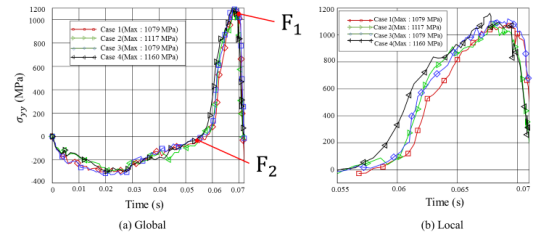


Fig. 2 Stress component σ_{vv}

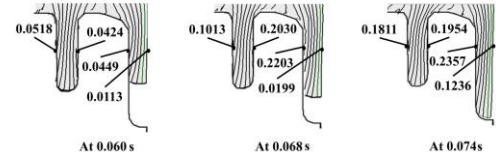


Fig. 3 Material filling into left and right cavities of the fractured part of wrap

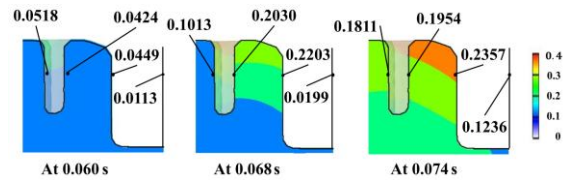


Fig. 4 Displacement of the die (mm)

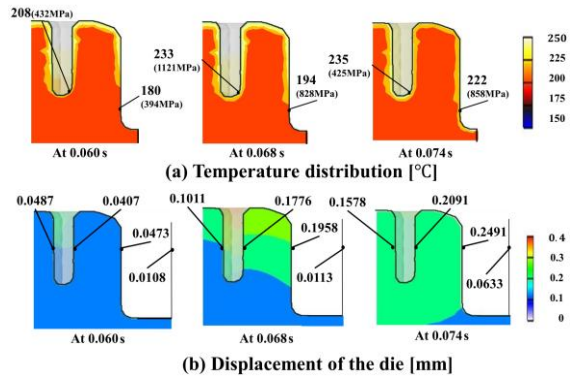


Fig. 5 Temperature distribution

참고문헌

- [1] Y. S. Kim, S. W. Jeong, J. G. Lim, M. S. Joun, 2015, Die fracture in hot forging of a fixed scroll, Proceedings of the 13th Asian Symposium on Precision Forging (ASPF2015), pp.85-87.
- [2] M. C. Kim, M.S. Joun, 2013, AFDEX /MAT, an acquisition program of flow stress of material at room or elevated temperature, 2013 Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.225-228

Simulation of friction stir welding process using ALE and CEL method

D.J. Myung¹, W.R. Noh², M.G. Lee^{1,#}

Abstract

Friction stir welding (FSW) is a joining method which can be applied to hard-to-weld metal like aluminum alloys. The FSW process has a complicated mechanism involving simultaneous thermal, mechanical, and metallurgical phenomena. In this study, fully coupled thermal-mechanical finite element model was used for the simulation of the FSW process. To prevent severe mesh distortion and to avoid non-physical modeling of temperature-rate-dependent flow behavior, Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) and Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL) methods were used instead of fluid dynamics based method. Comparative study on the computational methods and their influences on the prediction of the FSW process are presented in this study for a model material, AA2024-T3. Sensitivity simulations were also performed to evaluate the effect of main process variables on temperature field and its resultant mechanical properties of the welded joint.

Key Words : Friction stir welding, Arbitrary Lagrangian-Eulerian, Coupled Eulerian-Lagrangian, Thermo-mechanical process

1. Department of materials science and engineering, Korea university

2. KITECH

교신저자: Department of materials science and engineering, Korea university, E-mail: myounglee@korea.ac.kr

다중 재료 구조물의 기계적 접합 방법

Julian Litzkow¹ · Markus Raabe¹ · Ingo Neubauer¹ · Ralph Bernhardt¹ · 황인혁²

Mastering the challenges of joining of multi-material structures

J. Litzkow, M. Raabe, I. Neubauer, R. Bernhardt, I. H. Hwang

Abstract

The still unbroken trend and the environmental need for further weight reduction in vehicles favors more and more the development and manufacture of hybrid components and systems. Although joining techniques such as mechanical joining with all its variants or even resistance spot welding are established technologies in the body-in-white manufacturing, new materials, coatings and material-thickness combinations make it a challenge to get the right process set-up in continuously shorter development cycles. Up to now, each connection needs to be investigated by physical tests in order to find suitable parameters of the joining process itself. By using numerical process simulation, physical testing can be shifted to virtual models, saving both development time and costs. In this case provide the nonlinear finite-element methods a suitable way to most realistic modelling of mechanical joining.

To validate the variety of potential joining variants under efficiently, a powerful optimization infrastructure for mechanical joining in Simufact Forming is available - the so-called “joining process optimizer” tool. It allows to automate the simulations around the mechanical joining process. This software provides a complete joint feasibility study on a click, allowing to find the best suited joining layout for a particular combination of materials and thicknesses (so-called “stack”). By employing an upfront loop on multiple stacks, the most appropriate joining layout for all these joints, manufactured with one joining system, can be derived based on pre-defined quality criteria. As well as a fully automatic 6-step structural welding simulation for the resistance spot welding in Simufact Welding.

Both approaches will presented and discussed using examples of this.

Key Words : Weight Reduction, Mechanical Joining, Body-In-White, Numerical Process Simulation, Simufact Forming, Joining Process Optimizer, Resistance Spot Welding, Simufact Welding, Nonlinear Finite Element Method

1. Simufact Engineering GmbH

2. 한국엠에스씨소프트웨어㈜

교신저자: 한국엠에스씨소프트웨어㈜, inhyuck.hwang@mscsoftware.com

6. 일반 논문 발표

(제 4 발표회장)

3차원 미세조직에 기반한 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동에 미치는 결정학적 방위의 영향

김은영, 김성일*, 김수현**, 최시훈

Eun-Young Kim, Sung-Il Kim*, Su-Hyeon Kim**, Shi-Hoon Choi

Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University, Sunchon, Jeonnam, 540-742, South Korea

*Sheet Products & Process Research Group, POSCO Technical Research Laboratories, Gwangyang 545-090, South Korea

** Korea Institute of Materials Science, 797 Changwondaero, Seongsan-gu, Changwon, Gyeongnam, 642-831, South Korea

Abstract

본 연구에서는 페라이트 기지 내 10% 부피 분율의 마르텐사이트로 구성된 열연 590DP강의 일축인장 시 구성상에 발생하는 균열 생성 및 파괴거동을 분석하였다. 디지털 이미지 상관기법(digital image correlation, DIC)을 일축인장 시험에 적용하여, 열연 590DP강 소재 균일 연신 및 네킹 구간에서 변형률을 각각 결정하였다. 다양한 변형률 단계 및 파괴 인장 시험편의 중심부에서 시험편을 채취한 후, 열연 590DP강에 발생하는 균열 생성 위치와 전파 양상을 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)으로 분석하였다. 일축인장 시 열연 590DP 내 균열 발생은 마르텐사이트 공간 분포 및 형상과 매우 밀접한 연관이 있기 때문에 구성상 내 균열 발생 및 전파를 이론적으로 정확하게 예측하기 위해서는 시험편 두께방향으로 미세조직의 정보가 반드시 필요하다. 따라서 RoboMet.3D을 이용하여 순차적 박리(serial sectioning)법으로 일정한 간격에서 2차원 미세조직을 얻었다. 이미지 처리(image processing) 소프트웨어를 이용하여 두께방향으로 측정된 2차원 미세조직을 3차원으로 재구성 및 각 구성상을 분리하여 최종적으로 3차원 열연 590DP강 미세조직을 측정하였다. 실험과 동일한 일축인장 시험편을 사용한 거시적 유한요소해석으로부터 열연 590DP강의 일축인장 시 일축인장 시험편의 중심부에 발생하는 변형과 응력 이력을 추출하였으며, 이를 3차원 미세조직을 고려한 미시적 유한요소해석의 경계조건으로 사용하였다. 열연 590DP강의 구성상 내 균열 발생 및 파괴에 미치는 결정학적 방위 영향을 조사하기 위해 각 구성상에 결정방위를 랜덤하게 맵핑하였다. 3차원 미세조직 및 결정학적 방위에 기초한 열연 590DP강 일축인장 유한요소해석을 수행하고 이를 실험적인 결과와 비교함으로써, 미시적 관점에서 열연 590DP강의 구성상 내 발생하는 균열 생성 및 파괴 거동을 유발하는 주요 원인 인자와 결정방위 고려 유무에 따라 구성상 내 발생하는 소성 불균일성 및 균열생성의 차이를 이해할 수 있었다.

Key Words : Dual Phase Steel, 3D Microstructure, Damage Initiation, Finite Element Analysis (FEA), Crystallographic Orientation

순천대학교 대학원 인쇄전자공학과
* POSCO 기술연구소 박관연구그룹
** 한국기계연구원 부설 재료연구소

판재의 구멍확장성과 일축 인장 성질과의 관계

김재형¹ · 이기안² · 권영진¹ · 이종수[#]

Correlation between Uniaxial Tensile Properties and Hole Expansion Ratio of Sheet Materials

J. H. Kim, K. Lee, Y. J. Kwon, C. S. Lee

Abstract

A new approach to predict the hole expansion ratio (HER) of machined hole in sheet material using uniaxial tensile properties was proposed. Lower HER in twinning-induced plasticity (TWIP) steel than interstitial-free (IF) steel was explained with this approach. The width strain (ϵ_w) calculated using average normal anisotropy (r_m) and total elongation (TE) showed a linear relation with the HER of machined hole, and therefore it is possible to predict the HER of machined hole with uniaxial tensile properties. In addition, the HER of TWIP steel is lower than that of IF steel in spite of large TE, because TWIP steel has lower r_m than IF steel. In conclusion, simultaneous improvement of r_m and TE is needed to enhance the HER of machined hole in sheet material.

Key Words : Stretch-flangeability (신장 플랜지성), machined hole (기계가공 구멍), punched hole (편치가공 구멍), width strain (폭방향 변형율), TWIP (쌍정 유기 소성강)

1. 서론

판재의 구멍확장성 (hole expansion ratio, HER)은 판재의 성형성을 나타내는 하나의 지표로 사용되고 있으며, 최근 자동차용 부품 개발에 있어 필수적으로 요구되는 성형 지표이다. HER는 판재에 구멍을 만들고 그 구멍을 확장시킴으로써 초기 지름과 나중 지름의 비율로 그 값을 계산한다.

구멍이 확장될 때 구멍 주위의 응력 상태가 일축 인장 때와 동일하다는 문헌 보고가 있으며[1], 이를 바탕으로 많은 연구자들이 일축 인장 성질과 판재의 HER와의 상관 관계를 알아보고자 노력하였으나, 일축 인장 성질과의 단순 비교만으로는 명확한 상관 관계를 얻기 어렵다.

또한 흔히 성형성이 좋다고 알려져 있

는 쌍정 유기 소성강 (TWIP)의 경우 높은 총연신율에도 불구하고 interstitial-free (IF) 강 대비 낮은 HER를 갖는다고 보고되고 있다[2]. 그 원인으로는 post uniform elongation의 부재, negative strain rate sensitivity, 구멍 주변의 thermal notch로 인한 재료의 연화 등[2]이 있지만 정확한 원인은 알려지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 일축 인장 성질로 판재의 HER를 예측할 수 있는 새로운 관계를 도출하고, 이를 TWIP강에 적용하여 그 의미를 알아보고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 생산 이력, 재료 두께, 그리고 미세구조가 서로 다르고, 기계적 성질이 다양하게 분포되어 있는 5종의 판재를 사용하였다: IF강, 스테인리스강, TWIP강, 이상강, 그리고 이상 경량강.

1. 포항공과대학교 철강대학원

2. 인하대학교 신소재공학부

포항공과대학교 철강대학원, E-mail: cslee@postech.ac.kr

일축 인장 성질과 소성 이방성은 Instron 8801 장비를 사용하여 변형률 속도 $5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 로 측정하였으며, 시편은 ASTM 규격에 맞는 gage 25 mm 인장 시편을 사용하였다.

구멍확장 실험은 $90 \times 90 \text{ mm}^2$ 정사각형 시편에 기계 가공으로 구멍을 만든 시편을 가지고 진행하였다. 원뿔 모양 (conical)의 punch를 $0.25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 속도로 올려 구멍을 확장하였으며, 두께 방향으로 crack이 완전히 관통될 때까지 punch를 올린 후 실험을 정지하였다. HER는 다음과 같은 식으로 계산하였다:

$$HER = (d_1 - d_0) / d_0 \times 100 (\%) \quad (2)$$

d_0 와 d_1 은 각각 초기 구멍 지름과 나중 구멍 지름을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

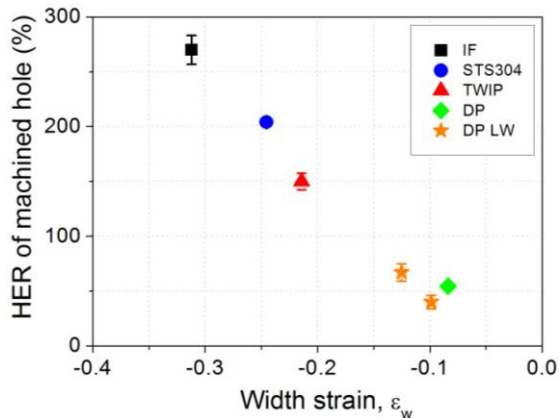


Fig. 1 Correlation between HER of machined hole and width strain ϵ_w from uniaxial tensile test

구멍확장 실험 시 구멍 주변의 재료는 얇아지는 동시에 지름이 커지는 방향으로 소성 변형을 하게 된다. 하지만 구멍확장 실험이 끝난 IF강, 스테인리스강, TWIP강의 두께 감소율을 측정해보니 재료별로 크게 차이가 나지 않았다. IF강이 수백 %의 구멍확장성을 가지기 위해서는 두께 변형보다는 반경 변형 (radial strain, ϵ_r)이 더 중요하다

고 판단하였다. 구멍이 확장될 때의 응력 상태는 일축 인장과 동일하므로 [1], 구멍확장성 시편 위에 접선 방향으로 일축 인장 시편을 놓을 수 있다. 이렇게 되면 구멍확장성 시편의 ϵ_r 은 일축 인장 시편에서의 폭방향 변형률 (width strain, ϵ_w)로 대체할 수 있다. ϵ_w 은 소성 이방성의 정의에 의해 다음과 같은 식으로 계산한다:

$$\epsilon_w = (-r_m) / (1 + r_m) \times \ln(1 + TE(\%) / 100) \quad (1)$$

여기서 r_m 과 TE 는 각각 평균 소성 이방성과 총연신율을 나타낸다. 이 ϵ_w 은 기계가공된 구멍의 HER와 선형 관계를 가지는 것을 확인하였다 (Fig. 1). 총연신율에 비해 HER가 낮다고 보고되는 TWIP강의 경우에도 이러한 경향을 따라가는 것을 볼 수 있고, 결국 TWIP강의 낮은 HER는 TE 대비 낮은 r_m 에 기인하는 것으로 판단할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는, 기계가공 구멍의 구멍확장성은 일축 인장 성질 중에서 소성 이방성, 총연신율로 계산한 폭방향 변형률과 선형 관계를 갖는다는 것을 제안하였으며, 이를 통해 기계가공 구멍의 구멍확장성은 일축인장 성질로 예측할 수 있음을 확인하였다. 또한 쌍정 유기 소성강의 낮은 구멍확장성은 총연신율 대비 낮은 소성 이방성에 기인하는 것으로 판단하였다. 결국 판재의 구멍확장성을 향상시키기 위해서는 총연신율의 증가뿐만 아니라 평균 소성 이방성의 동시 증가가 필요하다.

참고문헌

- [1] S. K. Paul, 2014, Non-linear Correlation Between Uniaxial Tensile Properties and Shear-Edge Hole Expansion Ratio, J. Mater. Eng. Perform., Vol. 23, pp. 3610~3619.
- [2] L. Chen, J.K. Kim, S.K. Kim, G.S. Kim, K.G. Chin, B.C. De Cooman, 2010, Stretch-Flangeability of High Mn TWIP steel, steel research international, Vol. 81, pp. 552~568.

TRIP강의 인장-압축 비대칭 거동 모사를 위한 경화 모델 개발

전성욱¹ · 정재봉¹ · 이현석² · 김병민¹ · 김지훈[#]

Development of a hardening model for describing asymmetric behavior of TRIP steels

S. W. Jun, J. B. Jung, H. S. Lee, B. M. Kim, J. H. Kim

Abstract

The cyclic hardening behavior of transformation-induced plasticity (TRIP) steels showed tension-compression asymmetry, which is known to be attributed to the transformation of the retained austenite into martensite during deformation. In this work, the asymmetric cyclic behavior of TRIP1180 steel was measured using a sheet tension-compression tester. The role of the transformation was examined by measuring the transformed martensite volume fraction using a ferritescope. In order to represent the asymmetric hardening behavior of the TRIP1180 steel, a cyclic hardening model was proposed by modifying the Armstrong-Frederick type combined isotropic-kinematic hardening model. The proposed hardening model showed better accuracy in describing cyclic behavior compared to conventional hardening models.

Key Words : Martensite transformation, TRIP steel, Advanced High Strength Steel, Bauschinger effect, tension-compression asymmetry

후 기

This work was supported by the Small and Medium Business Administration of Korea (SMBA) grant funded by the Korea government (MOTIE) (No. S2315965) and the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (No. 2012R1A5A1048294).

1. School of Mechanical Engineering, Pusan National University

2. Press Die Research Team, NARA Mold & Die Co., Ltd., Korea

Corresponding Author: School of Mechanical Engineering, Pusan National University, kimjh@pusan.ac.kr

CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 이방성 및 디프드로잉 거동 연구

배재웅^{1,2} · 문종언^{1,2} · 장민지^{1,2} · 임다미^{1,2} · 서민홍³ · 김형섭^{1,2,#}

Plastic anisotropy and deep drawing behavior of CoCrFeMnNi high-entropy alloys

J. W. Bae, J. Moon, M. J. Jang, D. Yim, M. H. Seo, H. S. Kim

Abstract

Herein, anisotropy and deep drawing behavior of an equiatomic CoCrFeMnNi HEA and its microstructure and texture evolution are first studied for future applications. The CoCrFeMnNi HEA is successfully drawn to a limit drawing ratio (LDR) of 2.14 while the planar anisotropy of the drawn cup specimen is negligible. The moderate combination of strain hardening exponent and strain rate sensitivity, and the formation of deformation twins in the edge region play important roles in the successful deep drawing. In the meanwhile, the texture evolution of CoCrFeMnNi HEA has similarities with conventional fcc metals.

Keywords: High-entropy alloys, Deep drawing, Microstructure, Texture

1. 서론

고엔트로피합금 (high-entropy alloy, HEA)은 다성분계의 주요원소를 5~35 at%를 혼합함에도 불구하고 높은 배열엔트로피에 의해 단일 고용체를 형성한다. 대만의 Yeh 등[1], 영국의 Cantor 등 [2]에 의해 보고된 이후 단상 고용체를 이루는 새로운 합금계 개발과 이들의 미세조직, 기계적 특성 등에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 이들 중 대표적인 합금인 CoCrFeMnNi HEA는 낮은 적층 결함 에너지를 가져 극저온 변형 간에 변형 쌍정이 활발히 일어나고, 이에 따라 강도와 연신율이 동시에 상승하는 우수한 기계적 특성을 나타낸다. 또한 열전도도, 열안정성 등의 열적 특성 연구와 상 변화, 내부식성 등 향후 산업화 적용으로의 적합성에 대한 보고가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 구조재료로서의 적용에 필수 요소인 성형성과 관련하여 인장 실험을 통해 성형성 지배 인자를 획득하고, 디프드로잉 실험으로부터 한계드로잉비 (limit drawing ratio, LDR), 귀결함 (earing defect), 디프드로잉 거동을 미세조직 분석 결과와 비교하였다. 또한 응력 및 변형률 분포 등의 분석을 위하여 디프드로잉 실험을 유한요소해석 결과와 함께 분석하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 진공유도용해 (vacuum induction melting)로 CoCrFeMnNi HEA 잉곳을 제작 후, 열간 압연 및 1100 °C에서 6 시간 소둔 처리를 진행하여 등축정 결정립계를 가진 판재를 제작

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교 고엔트로피합금 연구단

3. POSCO

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 포항공과대학교

고엔트로피합금 연구단, E-mail: hskim@postech.ac.kr

하였다. 이 판재에 대하여 XRD 및 EBSD를 통하여 초기 미세구조를 분석하였으며, 10^{-3} s^{-1} 변형률속도로 인장 실험을 진행하여 인장 물성 및 성형성 지배 인자를 획득하였다. 또한, 디프드로잉 실험을 통하여 LDR 및 귀결함을 측정하고, 드로잉된 컵의 edge, wall, shoulder, bottom 영역에서의 미세구조 변화를 EBSD를 통하여 관찰하였다. 초기 및 드로잉 후의 방위분포함수 (orientation distribution function, ODF) 분석을 통하여 변형 거동을 분석하였다. 또한, 드로잉 간의 응력 및 변형을 분포를 확인하고자 Abaqus/Standard ver. 6.9를 이용하여 유한요소해석을 진행하였다.

3. 결과 및 결론

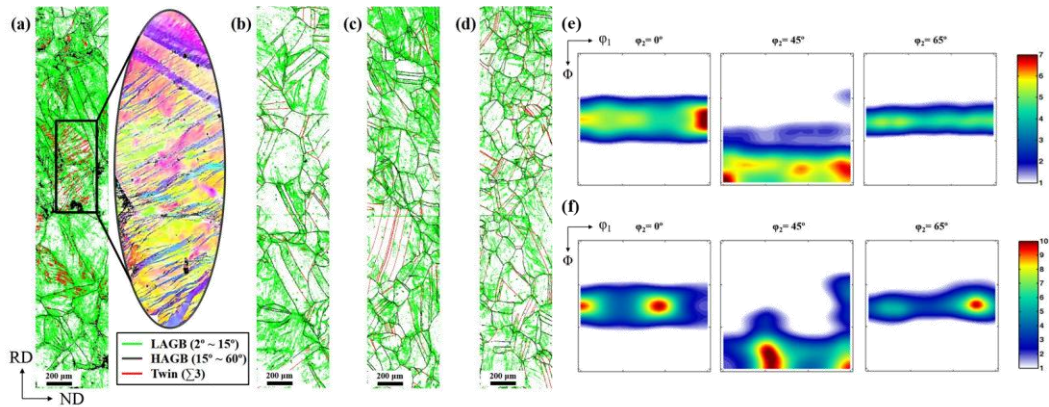


Figure 1. EBSD grain boundary maps in the (a) edge, (b) wall, (c) shoulder, and (d) bottom regions of the drawn cup specimen. Orientation distribution functions (ODFs) in Euler space $\phi_2 = 0^\circ, 45^\circ$, and 65° sections for the (e) annealed and (f) drawn cup specimens.

CoCrFeMnNi HEA의 LDR은 약 2.14로 높은 값을 나타냈으며, 원주방향으로의 균일한 컵 높이를 나타냄에 따라 귀결함이 매우 약하게 나타나는 것을 확인하였다. 마찬가지로 디프드로잉 간 발생하는 변형을 및 응력분포 또한 원주방향으로의 균일하게 분포된 것을 유한요소해석을 통하여 확인하였다. 디프드로잉 간 미세구조 변화 거동의 경우, 영역 별 다른 변형율로 인하여 edge 영역에서는 상온 변형 임에도 불구하고 추가적인 변형 경화를 유발하는 변형 쌍정이 관찰되었다. 한편 집합조직의 경우, 초기 상태에서 $\langle 110 \rangle \langle 100 \rangle$ Goss, $\{110\} \langle 110 \rangle$ rotate-Goss를 포함하는 $\langle 011 \rangle // \text{ND}$ α -fiber, $\{123\} \langle 634 \rangle$ S component를 포함한 전형적인 low-stacking fault energy 재료와 유사한 형태를 나타내었다 [3]. 또한 디프드로잉 후에는 $\{011\} \langle 211 \rangle_D$ P, $\{110\} \langle 100 \rangle_D$ Goss 및 $\{123\} \langle 634 \rangle_D$ S component가 형성되어 α_D -drawing fiber 및 β_D -drawing fiber가 발전하는 반면, Brass 및 rotate-Goss는 거의 소멸되었다.

참고문헌

- [1] J. W. Yeh *et al.*, Adv. Eng. Mater. 6 (2004) 299-303.
- [2] B. Cantor *et al.*, Mater. Sci. Eng. A 375-377 (2004) 213-218.
- [3] P. P. Bhattacharjee *et al.*, J. Alloys Compd. 587 (2014) 544-552.

Al/STS 이종금속 판재의 구성 모재 조합에 따른 기계적 특성 및 성형성 연구

배병범¹ · 배우주¹ · 김대용¹ · 어광준¹ · 김민중² · 이광석^{1#}

A Study on the Mechanical Properties and Deformation Behavior of Various Al/STS Clad Sheets

B.B. Bae¹, W. Bae¹, D. Kim¹, K. Euh¹, M.J. Kim², K.S. Lee^{1#}

Abstract

Deformation behavior and formability of various Al/STS dissimilar metal sheets were investigated through tensile and drawing tests. After performing a series of room-temperature tensile test for Al3004/Al1050, Al1050/STS439, and Al3004/Al1050/STS439 clad sheets, it should be noted that anisotropy was affected mechanical properties between Al1050 and Al3003. The influence of ground tamping and heat treatment on the roundness and ground flatness of the cold-drawn 3-ply clad sheets were also discussed.

Key Words : Aluminum, Stainless Steel, Clad Sheets, Annealing, Drawing

1. 서론

이종 금속은 성질이 다른 구성 금속 모재들을 적층하여 계면 확산을 통한 새로운 금속조직을 제어함으로써 단일소재로 충족시킬 수 없는 다양한 특성을 배타적으로 동시에 구현하고자 하는 복합 소재의 일종이다. 대표적으로 Al/STS 이종금속 판재는 내염성, 내산성 및 내식성이 뛰어난 STS의 특성과 경량 열전도율 특성이 우수한 알루미늄의 특성을 동시에 갖는 소재 조합으로 주방기기, 자동차 부품 등 다양한 분야에 적용 중이다. 본 연구에서는 온간 롤 본딩법으로 제조된 다양한 Al/STS 이종 금속 판재의 인장 특성을 확인한 뒤, 실제 냉간 드로잉 실험을 수행하여 비틀림 및 바닥 평탄도에 소재 조합 및 제조 공정이 미치는 영향을 평가하였다.

2. 실험방법

본 연구에 적용된 구성 모재 조합은 Al3003/Al1050 (AA) 2-ply, Al1050/STS439 (AS) 2-ply, Al3004/Al1050/STS439 (AAS) 3-ply로, 열처리 전후 이종 금속 판재의 물성 확보를 위해 gage length가 20 mm인 인장 시편(ASTM-E8M-01, sub-size)을 방향별로 가공한 뒤, 일련의 인장 실험을 변형률 속도 10^{-3} /s의 조건에서 수행하였다. 또한, 각 소재 조합의 스프링백 분석을 위해 성형속도 17 mm/min, 테플론 0.1t 사용 유무의 조건으로 U-bending 실험을 수행하였다. 더불어 U-bending 된 시편을 3d scanner로 측정하여 평탄부와 bending이 시작되는 변곡점을 기준으로 바닥 평탄도를 측정하였다.

1. 재료연구소

2. 한국클래드텍

교신저자: 재료연구소, E-mail: ksl1784@kims.re.kr

3. 결과 및 고찰

각 소재 조합별 일축 인장 시험 결과는 Fig. 1(a)과 같고, AA 클래드의 방향별 연신율 차이가 크게 나타났다. 이러한 경향성을 바탕으로 최종 AAS 판재의 방향별 일축 인장 결과에 AA 클래드 조합이 이방성 영향인자임을 예상할 수 있다. 열처리 후 인장 물성의 변화는 Fig. 1(b)와 같다. AA조합의 경우 45°, 90° 방향의 연신율이 거의 동일하게 나타났으나, 여전히 방향별 인장 물성 차이가 가장 심하게 나타나 열처리만으로 이방성 개선이 어려움을 확인하였다. 다만 최종적으로 AAS 3-ply 클래드 판재의 인장 연신율이 10% 이상 개선되었다.

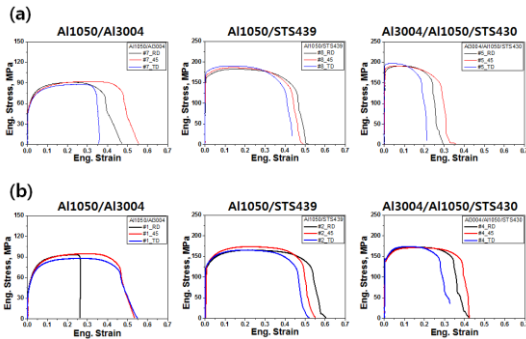


Fig. 1. Nominal stress-strain curves of (a) only roll bonded and (b) annealed AA, AS and AAS clad sheets obtained by tensile tests.

AAS 클래드 판재를 실제 부품 크기로 냉간 성형시 롤 본딩 이후 공정변수가 진원도 및 바닥 평탄도에 미치는 영향을 분석한 결과는 Figs. 2 및 3과 같다. Fig. 2로부터 바닥다짐 시험편의 경우 방향별 진원도 편차가 0.61 mm로 가장 크게 나타났으며, 이는 열처리를 통해 편차를 0.23 mm까지 감소, 개선할 수 있음을 확인하였다.

Fig. 3(a)는 AAS 클래드 판재들의 방향별 단면 형상을 겹쳐 도시한 그림으로, 바닥 평탄도의 방향별 편차를 확인할 수 있는데, 바닥 다짐 또는 바닥 다짐 후 열처리를 수행함으로써, 열처리만 했을 경우 대비 바닥 평탄도를 개선할 수 있었다.

4. 결론

- (1) 구성 소재 조합에 따라 이종금속의 방향별 물성 차이를 확인하였는데, 최종적으로 Al3004/Al1050/ STS439 3-ply의 판재의 이방성은 열처리 유무와 무관하게 Al3003/Al1050 2-ply의 방향별 물성 차이로부터 기인하는 것으로 판단된다.
- (2) Al3004/Al1050/ STS439 3-ply의 판재의 실제 부품 크기 성형품의 경우 방향별 진원도 및 바닥 평탄도는 각각 열처리 및 바닥다짐 공정을 통해 개선 가능함을 확인하였다.



소재명	진원도 측정을 위한 방향별 직경, mm			편차, mm (최대값-최소값)
	RD0	RD45	RD90	
#5. No 후처리	282.76	282.59	282.90	0.31
#4. 열처리	283.24	283.10	282.82	0.42
#5B. 바닥다짐	283.13	282.83	282.52	0.61
#5. 열처리 + 바닥다짐	282.98	282.75	282.76	0.23

Fig. 2. Influence of post roll bonding treatment such as annealing and ground tamping on the roundness of the drawn AAS.

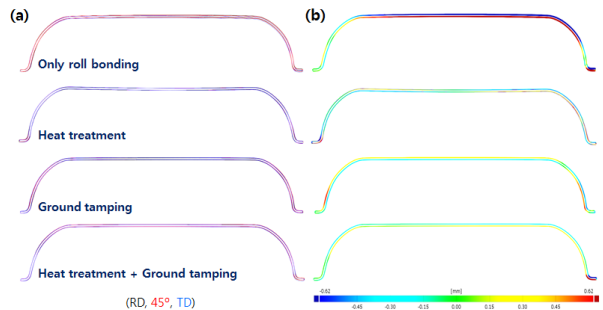


Fig. 3. Influence of post roll bonding treatment such as annealing and ground tamping on the ground flatness of the drawn AAS.

교차전단법을 통한 고강도 고연성 마그네슘 합금소재 개발

양해웅¹ · 고영건[#]

Achieving High Strength and Ductility via Cross-Shear Deformation in AZ31 Magnesium Alloys

H. W. Yang, Y. G. Ko

Abstract

Magnesium alloys have recently attracted great interest due their lightweight and high specific strength. However, because of their hexagonal close-packed structure, they have few active slip systems, resulting in poor ductility and high mechanical anisotropy at room temperature. In the present work, we used a cross-shear deformation imposed by a differential speed rolling (DSR) technique to improve the room temperature strength and ductility of AZ31 magnesium alloy sheets. To introduce the cross-shear deformation, the sheets were rotated 180 deg. around their longitudinal axis between the adjacent passes of DSR. The sheets of the AZ31 alloy subjected to the cross-shear deformation showed a uniform fine microstructure with weak basal textures. The fabricated sheets showed a simultaneous high ultimate tensile strength and elongation-to-failure, i.e., ~333 MPa and ~21%, respectively. These were explained based on the structural features evolved due to the cross-shear deformation by DSR. The high strength was attributed to the uniform fine microstructure, whereas the high ductility was explained based on the basal texture weakening.

Key Words : Magnesium Alloy, Differential Speed Rolling, Strength, Ductility, Cross-Shearing

1. 영남대학교 신소재공학부

교신저자: 영남대학교 신소재공학부,

E-mail: younggun@ynu.ac.kr

MgB₂ 초전도 선재의 충전 분말에 따른 barrier의 변형 및 계면 변화 연구

나신혜¹ · 장세훈¹ · 임재덕¹ · 황덕영[#]

Study on the variations of the deformation and interface in the barrier by filling powder of the MgB₂ superconducting wire

S. H. Na, S. H. Jang, J. D. Im, D. Y. Hwang

Abstract

MgB₂ 초전도체는 초전도 임계온도(Tc) 39K, 상부임계자기장(Hc2) 16T, 구성원소가 2 개인 2 원계 금속 형태로 고가의 액체 헬륨을 사용하지 않고도 일반 냉동기로 초전도 특성의 구현이 가능하다. 또한 고온 초전도체에 비해 원료의 가격이 저렴하고 가공 방법이 단순해서 초전도 기기산업의 응용이 가능하므로 현재 MgB₂ 선재의 상용화를 위한 연구들이 수행되고 있다.

MgB₂ 선재는 PIT(Powder-In-Tube)으로 불리는 제조공정으로 선재를 제조하는데, 제조방법에 따라 Mg, B 분말을 튜브에 장입하여 선재 가공 후 열처리 공정을 통해 MgB₂ 를 형성시키는 In-situ 방식과 MgB₂ 분말을 튜브에 장입하여 선재 가공하는 Ex-situ 방식으로 구분된다.

MgB₂ 초전도 선재의 원료 분말인 Mg, B 및 MgB₂ 는 모두 연성이 부족하여 MgB₂ 선재의 장선화에는 여러 가지 문제점이 있다. 또한 실용 초전도 선재는 열적 안정성의 향상이나 교류 손실의 감소 관점에서, 단심 보다는 다수의 필라멘트가 조립된 다심의 초전도 선재를 사용하는 것이 일반적이고 다심 선재의 경우, 장선재로 가공시 균일성 및 건전성 저하로 인해 초전도 특성이 급격히 저하되는 문제점을 갖고 있다.

일반적으로 가장 많이 사용되는 In-situ 방식에서 선재의 제조공정에 큰 영향을 미치는 인자는 초기 분말 충전밀도, 분말의 크기 및 형상, 모듈 수 및 다이스 조건 등이 있으며, 해당 요소들은 선재 제조 공정 중에 불균일 성형에 의한 선재의 단면 형상 및 변화 초전도 특성에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 초기 충전 분말의 크기 및 형상에 따라 선재 가공시 확산 방지층으로 사용되는 Nb 와 Mg, B 분말 사이의 계면에서 발생하는 마찰로 인해 확산 방지층이 손실되어 단선이 발생하는 문제를 야기시킨다.

본 연구에서는 MgB₂ 초기 충전 분말의 종류 및 사양에 따른 확산 방지층의 변형 및 계면 변

1. Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT]
교신저자: Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT],
E-mail: dyhwang74@kiswire.com

화에 대한 연구를 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 MgB_2 선재의 초기 충전 분말 종류 및 사양에 따른 barrier 의 변형 및 계면 변화에 대한 연구를 수행하였다. MgB_2 선재는 in-situ process 에 의해 초기 Mg, B, MgB_2 분말을 각각 튜브에 장입한 후, 인발 공정을 통해 $\Phi 1\text{mm}$ 까지 단심 및 다심 선재를 제조하였다. 분말의 충전밀도는 0.3~0.6 으로 변화시켜 실험을 실시하였고, 분말의 크기에 따른 선재 가공시 확산 방지층과 분말의 계면 특성을 관찰하기 위해 25~150 μm 의 크기를 갖는 Mg 분말을 사용하였다. 충전밀도가 증가함에 따라 반복적인 인발가공에 의한 true strain 의 증가로 인해 확산 방지층으로 사용되는 Nb 의 경도가 급격히 증가하여 선재 길이 방향에 따라 소세징 현상 및 단선 발생 빈도가 증가하였다. 또한 Mg 분말의 크기가 증가함에 따라 확산 방지층의 계면이 불균일하게 형성되었고, MgB_2 분말을 사용하여 인발가공을 실시한 경우에는 확산 방지층의 손상 및 두께 불균일이 심하게 발생하였다.

Key Words : MgB_2 , Superconducting wire, in-situ, PIT process, Drawing process, Niobium barrier, Interface, Microstructure, Magnesium powder, Boron powder

Cu-Nb-NbTi로 결합된 이종소재의 다이스 설계에 따른 인발가공 특성 연구

김효성¹ · 이광진¹ · 임재덕¹, 박선명², 강성훈², 황덕영[#]

¹Kiswire Advanced Technology Ltd, Daejeon, Korea,

²Korea Institute of Materials Science, Changwon, Korea

Study for drawing process properties by dies designs of different materials combined into a Cu-Nb-NbTi

H. S. Kim¹, K. J. Lee¹, J. D. Im¹, S. H. Kang², S. M. Park², D. Y. Hwang¹

Abstract

상용화된 LTS 중 NbTi 초전도체는 저온 초전도체(LTS)로서 임계온도 9.4K 이하 극저온에서 초전도 특성을 나타낸다. NbTi 초전도 선재의 적용 분야는 의료용 MRI, 핵융합에너지, 대형가속기, 분석용 NMR, 모터, 발전기 등에 활용되고 있다. 국내의 NbTi 선재 생산 기술은 경쟁사와 유사한 특성을 구현할 수 있는 수준까지 도달하였으나, 선재 제조 공정에서 Cu/Sc 비율 저감에 따른 스웨이징 및 인발 가공시 피복 손상 문제점으로 인해 장선화에 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 다이스 설계 인자 최적화에 대한 연구가 요구된다.

Cu-Nb-NbTi 로 결합된 이종소재의 장선화 제조에 영향을 미치는 인자들 중 본 연구에서는 이종소재 제조 공정중 모노 소재 인발 가공간 Cu/Sc 저감시 발생하는 가공 특성에 대해 연구하였다.

본 실험에 앞서 이종 소재의 인발시, 다이스 어프로치 접촉 지점에 따른 Stress-Strain 거동 분석을 위해 FEM 해석을 진행 하였다. 소재 사이즈는 Cu-Nb-NbTi 이종 소재의 면적 비율 0.42 (Cu 면적/NbTi 초전도 면적)로 선정 하였으며, 초기 이종 소재간 계면이 접촉되지 않았다는 조건으로 진행 하였다. 해석 결과 Cu 및 Nb tube 는 1 pass 인발 후 계면 접촉이 발생 하였으며, 어프로치 접촉 지점에 관계없이 Cu 와 Nb tube 두께는 동일하게 나타났다. 또한 어프로치 100% 대비 50% 접촉 시, Drawing force, Von- Mises stress 가 낮게 나타나며 이와 반대로 Effective strain 은 유사하게 나타났다.

FEM 해석 결과를 바탕으로 이종 소재의 인발 다이스 내부 어프로치 접촉 지점에 따른 실험을 진행하기 위해 FEM 해석에 적용한 이종 소재 면적 비율과 동일한 Cu-Nb-NbTi 소재를 적용

1. Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT]

2. Korea Institute of Materials Science[KIMS]

교신저자: Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT], E-mail: dyhwang74@kiswire.com

하였다. 실험 조건은 1 dies 용 70m Draw bench 설비를 사용하였으며, 선속 5m/min, 윤활제는 습식 타입으로 적용 하였다. 실험 결과, 인입 소재가 인발 다이스 내부 어프로치의 100% 지점에 접촉하여 가공 되는 경우, 내부 NbTi 코어와 피복부의 소재 물성 차이로 인해 피복부 감면률이 상대적으로 높으며, 또한 이종 소재간 계면 접합이 이루어 지지 않은 상태에서 윤활성 부족에 따른 마찰력 증가로 인해 국부적으로 피복부만 손상되는 문제점이 발생하였다. 이와 반대로 인발 다이스 내부 어프로치의 50% 지점에 접촉하여 인발 가공 되는 경우, 윤활성 향상에 따른 마찰력 감소로 계면 접합 및 인발 가공 개선이 가능하였다.

본 실험은 Cu-Nb-NbTi 로 결합된 이종 소재의 인발 가공 시 발생하는 가공 문제점을 해결하기 위해 다이스 설계 변경에 따른 유한요소해석을 진행하였다. 동일 감면률 및 어프로치 각도 조건에서도 금형 내부에 인입 소재가 접촉하는 지점에 따라 소재에 부여되는 인발가공 특성에 영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 Cu/Sc 면적 비율이 낮은 이종 소재의 인발 가공에서 소재에 부여되는 Drawing force 및 Stress 감소를 위해서는 다이스 어프로치의 50% 지점에 접촉하여 윤활성을 확보 하는 것이 중요하다.

Key Words : NbTi, superconducting wire, drawing process, design of dies

이형 냉간인발제품 형상 정밀도 향상을 위한 다이스 최적화

이승훈^{1#} 이익균¹

The Optimization of Drawing Dies for Improvement of Shape Accuracy of shaped Drawing Product

S. H. Lee, I. K. Lee

Abstract

During the cold drawing process of shaped products the corner filling is very important, unlike the round product drawing. It has also influence on the shape accuracy of shaped drawing product. In this paper, the shaped drawing process has been simulated by the finite element method(AFDEX) in order to investigate the effect of drawing dies angle to the under filling. And compared with FEM and actual measurement data.

Key Words : Cold drawing process(냉간 인발 공정), Shaped products (이형제품), Drawing dies angle (다이스각도), Under filling(결육), FEM (유한요소해석)

1. 서 론

냉간 인발 가공은 CHQ Wire(선재) 및 CD Bar(봉재)의 제조 목적으로 널리 사용되고 있는 소성 가공 방법 중 하나 이다. 기본적으로 단면적을 감소시켜 길이 및 형상을 변형시키는 방법으로 외부의 인장력에 의해 다이스와 소재간에는 압축력이 발생하게 된다. 최근에는 단면형상이 복잡한 이형제품의 수요가 증가하고 있는 추세다. 이런 경향에 따라 이형제품 냉간 인발에 대한 연구가 필요하다. 이형 냉간 제품은 대부분 습식 인발을 통해 생산되는 봉재(CD-Bar: Cold Drawing Bar)제품으로 우수한 직진성을 기본적으로 갖춰야 한다. 그리고 이형 인발제품에서 무엇보다 품질에 큰 영향을 미치는 인자인 치수정밀도, 즉 형상 정밀도 관리가 중요하다.

본 연구에서는 실험계획법과 유한요소해석(AFDEX)프로그램을 활용하여 최종 제품의 형상 정밀도 향상을 위한 냉간인발 다이스의 최적화를 설계하였다. 그리고 실제 CDM(Combined Drawing Machine)에서 인발 후 그 타당성을 검정하여 제품 양산에 적용하였다.

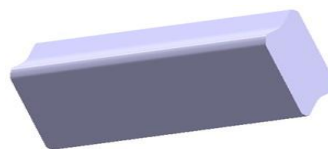


Fig. 1. 제품형상

1. 현대중합특수강㈜ 공정기술팀

교신저자: 현대중합특수강㈜ 공정기술팀,

E-mail : lsh3832@hyundai-specialsteel.com

2. 실험 방법

2.1 Dies Approach angle 변경

실제 인발공정에 영향을 미치는 변수로는 소재의 물성, Dies의 내부 조건, 제품선경(단면감소율), 윤활조건 등 다양한 인자가 복합적으로 영향을 미치고 있지만, 본 연구에서는 그 중에서도 형상 정밀도에 가장 영향력이 큰 Dies 내부 조건을 변수로 두었다. 그중에서도 Dies 각도(Approach)를 최종 조건으로 설계하였다.

고정 변수로 단면감소율, 소재 물성, Dies Bearing길이를 사용하였다. 유한요소해석(AFDEX)을 사용하여 Dies 통과 시 받게 되는 유효응력과 Drawing Force(인발력), 형상 정밀도(결육 정도)를 확인하였다.

실험에 사용된 소재는 AISI1010K으로 탄성변형 및 회복이 작은 강종을 적용하였으며, 감면율 35%, 제품선경 9.45x7.90mm이다.

Table1.은 실험에 사용되어진 조건이다.

Table 1. Conditions of test

구분	Reduction (%)	Dies Bearing length(mm)	Dies Approach angle(°)
Case1	35	7	28
Case2	35	7	32
Case3	35	7	36

2-2 유한요소해석

Table 2.형상 정밀도(결육)측정을 위해 유한요소 해석프로그램인 AFDEX를 사용한 결과이며, Table3.은 실제 인발 후 결육 정도를 관찰하여 나타낸것이다.

Table 2 Comparison of measured FEM data

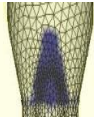
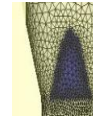
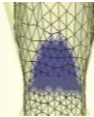
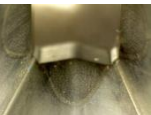
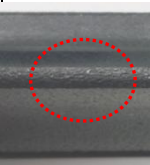
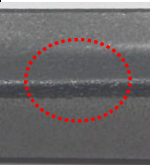
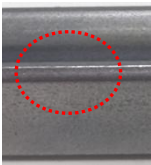
Dies Approach angle(°)	28	32	36
Under filling (%)			
	20%	15%	3%

Table 3 Comparison of Actual measurement data

Dies Approach angle(°)	28	32	36
Internal of Dies			
Under filling (%)			
	17~20%	10~12%	2~3%

3. 결론

본 연구는 인발 Dies 내부 형상을 변경하여 이형제품의 형상 정밀도를 향상시키는 실험을 하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) AISI1010K 강종의 경우 인발 Dies Approach angle값이 커질수록 모서리 결육 정도가 적어져서 형상 정밀도가 올라감을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Atienza, J. M., et al., 2005, "Residual Stresses in Cold Drawn Ferritic Rods," Scripta Materialia, Vol.52, pp.
- [2] J.G. Wistreich(1958) – The fundamentals of wire drawing
- [3] T. Maxwell(1996) – Modern die finishing and design-Impact on wire quality
- [4] B.M.Kim 2007, "The Opotimization of Drawing Die Angle for Improvement of Dimensional Accuracy of The Shaped Drawing Product
- [5] Drawing and Ironing, in Handbook of Metalforming, ed. K. Lange, p. 14.27, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985.

기존 연성파괴 이론에 의한 세브론 크랙의 예측 가능성과 한계

황현석¹ · 이요셉² · 전만수[#]

Predictability of chevron crack by conventional ductile fracture theorem and its limitation

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

Abstract

In this paper, a chevron crack is predicted by conventional ductile fracture theorem and compared with experiments. The process is a 4-stage open cold extrusion and normalized Cockcroft-Latham damage model is employed. A great difference between the predictions and experiments of the crack is observed, which reveals the limitation of the approach based on the conventional theory of ductile fracture. Based on the observation, the direction of a new approach of predicting the chevron crack occurring in the process tested is proposed.

Key Words : Ductile fracture theorem(연성파괴 이론), Chevron crack(세브론 크랙), Extrusion(압출)

1. 서론

연성파괴의 이론[1]에 따르면, 누적된 손상도가 임계손상도에 이르면 파괴가 발생한다. 이러한 이론을 바탕으로 압출 및 인발 공정 중 발생하는 중심파괴 결함을 예측하기 위해서 다양한 실험 및 해석적 연구가 이루어졌다.

선행연구[2]의 분석 결과에 따르면, 많은 연구자들이 유한요소법을 이용한 중심파괴의 형상을 예측하였다. 그러나 대부분의 연구자들이 중심파괴 결함의 형상을 고정도로 표현하는데 실패했다[2].

이 연구에서 기존의 연성파괴 이론을 비판하고 수정된 연성파괴 이론의 연구 방향을 제안한다.

2. 기존 연성파괴에 근거한 세브론 크랙 예측

Fig. 1은 실제 4단 개방냉간압출 공정 중 발생한 세브론 크랙을 나타낸다. 공정도는 Fig.

2에 도시화하였으며, 소재의 유동응력을 Fig. 3에 나타내었다. 소재의 초기 직경은 48.0mm이다. Coulomb 마찰계수는 0.1이며, 금형의 반각은 15°이다. Cockcroft-Latham 손상도 이론[2]과 0.54의 임계손상도를 사용하였다.



Fig. 1. Experimental chevron defects found in open-die extrusion process

공정의 세브론 크랙 발생 예측을 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 압출에 따른 압축응력이 벽의 중심과 외피 사이에 나타나며, 실제 이 영역에서 최대 주응력은 약 -2485.0 MPa 에 이른다.

1. 경상대학교 대학원 재료공정융합공학과
2. 경상대학교 대학원 기계항공공학부
경상대학교 기계항공공학부, E-mail:msjoun@gnu.ac.kr

예측 및 실험 결과를 비교하는 Fig. 4를 보면, 두 결과는 형상 면에서 큰 차이를 보인다.

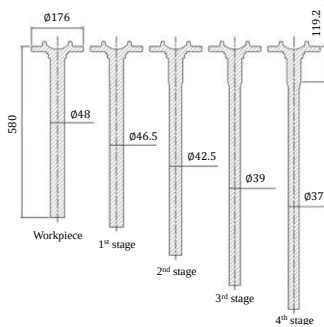


Fig. 2 Process design of the extrusion process

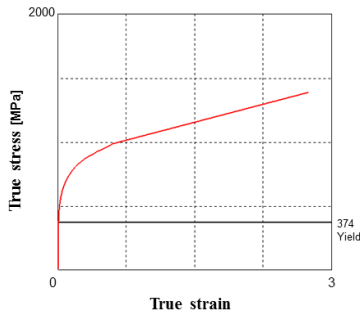


Fig. 3 Flow stress curve

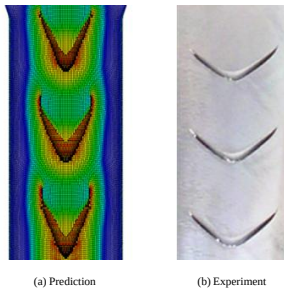


Fig. 4 Experiments and predictions obtained by constant critical damage value

3. 연성파괴 이론의 발전 방향

해석에 사용된 정규화된 Cockcroft-Latham 손상도 모델은 압축상태에서의 소재의 변형은 파단에 영향을 미치지 않는 손상도 모델이다. 이 연구에서 사용된 공정의 특징은 표면 주위에 강한 음수의 주응력 띠가 형성된다는 점이다. 이것이 Fig. 4의 차이를 유발한다고 사료된다.

손상도의 초기 값을 부여하여 예측한 결과

를 Fig. 5에 나타내었다. 해석결과와 실험결과와 유사한 형태를 예측하도록 유도한 결과이다.

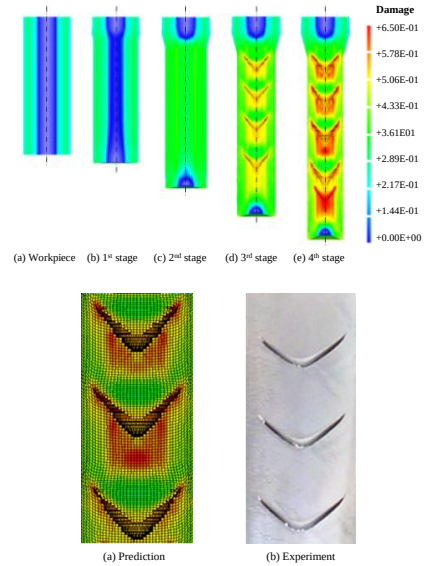


Fig. 5 Crack predictions obtained by a modified critical damage value and experiments

4. 결론

이 연구에서 Cockcroft-Latham 연성파괴 이론의 한계를 4단 개방냉간 압출 공정 중 발생한 중심파괴 현상을 통하여 강조하였다. 그 원인은 이 파괴이론이 압축응력의 영향에 취약하기 때문이다. 이를 바탕으로 연성파괴 이론의 발전 방향을 제안하였다.

후기

본 연구는 중소기업청의 WC300프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] Kachanov, L. M., 1986, Introduction to Continuum Damage Mechanics, Mechanics of Elastic Stability, Kluwer Academic Publishers, USA.
- [2] M. S. Joun, M. C. Kim, D. J. Yoon, H. J. Choi, Y. H. Son, 2011, Finite element analysis of central bursting defects occurring in cold forward extrusion, MSEC2011, MSEC2011-50148, pp. 1~6.

냉간압출공정의 수치적 한계에 관한 연구

M. Akash¹ · 전만수[#]

Study on extreme cases of various numerical approaches to open cold extrusion

M. Akash, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an open cold extrusion process is studied to reveal the effects of material and die models on the reduction of area. The four cases are studied, which are combination of two material models of rigid-plasticity and elastoplasticity and two die models of rigid and linear elasticity. Effects of number of elements and solution steps on the predictions are examined and the maximum reductions of area for the four cases are obtained, revealing that elastoplastic material model and elastic die model give the largest allowable reduction of area.

Key Words : Rigid-Plastic Finite Element Method (강소성 유한요소법), Elastoplastic Finite Element Method (탄소성 유한요소법), Open Cold Extrusion (개방 냉간단조)

1. Introduction

Information about limitation of reduction of area in open cold extrusion is very important to conduct successful process design with optimized reductions of area and reduced number of stages. It has been well known that there are some difference between experiments and predictions [1, 2] and that the predictions are much dependent on applied theories of the approaches, that is, material model and die model. Many CAE engineers are curious about the effect of die deformation during extrusion and elastoplastic material model on the allowable reduction of area. Because of high dependence of the results on the schemes, application engineers usually employ a frictionless die to prevent bulging or rigid-zone deformation removing scheme [2], which may cause big problem in many cases.

In this study, the effects of material model and

die model on the allowable reduction of area in open extrusion are revealed.

2. Analysis of an extrusion process

Fig. 1 shows predictions together with process geometries. The unloaded die radius at the die exit is fixed 15 mm and half die conical angle 30. It is assumed that the flow stress is $Y_o(1.0 + \epsilon/b)^a$ MPa where $Y_o = 451$ Mpa is strength coefficient, $b = 0.0167$ is strain reduction ratio, $a = 0.1341$ is strain hardening exponential and that the coefficient of Coulomb friction is 0.025. Die velocity is assumed unity because of rate-independence of the material.

Table 1 Cases of models of material and die

Cases	Material	Die
Case 1	Rigid-plastic	Rigid
Case 2	Elastoplastic	Rigid
Case 3	Rigid-plastic	Elastic
Case 4	Elastoplastic	Elastic

1. 경상대학교 일반대학원 기계공학과

교신저자: 경상대학교 기계공학과/공학연구원

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

The aim of this study is to find the maximum radius of initial material for the four cases of material model and die model, which allows normal extrusion without any material contact with die in the entry side, are listed in Table 1.

As seen in Table 1, Case 3 and Case 4 need coupled analysis of material and dies for deformation. Four different finite element mesh systems composed of 1500, 3000, 4500 and 6000 quadrilateral finite elements for the material are used to reveal the sensitivity of the predictions with respect to numerical scheme. The mesh systems together with effective stresses are shown in Fig. 1. The state variables in the extruded material show residual effective stresses.

Fig. 1 shows the effective stresses of die and material of Case 4 at the elapsed time 26.0s when steady-state condition is reached.

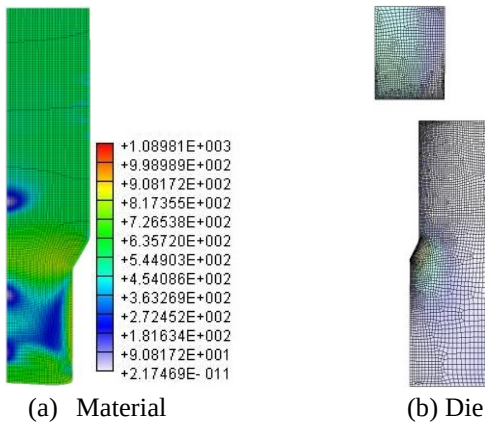


Fig. 1 Effective stresses of Case 4

Fig. 2 shows the effect of number of elements and solution steps for the all four combination of die and material models on the limit initial radius. Elastoplasticity predicted larger possible reduction of area than rigid-plasticity by almost 0.78%, which cannot be neglected. Also elastic deformation of die increases the reduction of area by 0.37% for both theories compared to rigid die case. Limit initial radius increases with increase in the number of element. Although, the difference of increment is keep reducing as the number of element increases. Solution steps has

influence on the shape of extruded part. The chances of distortion at the entrance is more at the lower number of solution steps.

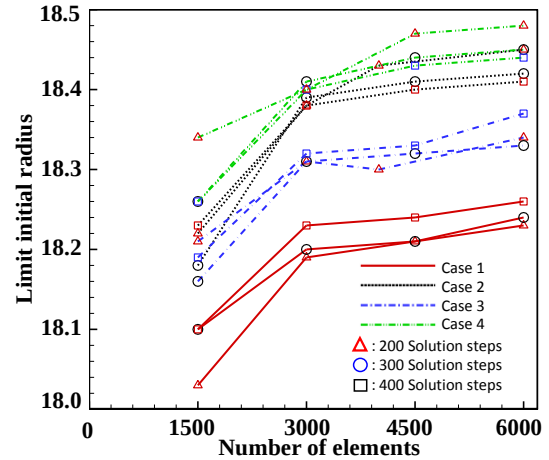


Fig. 2 Limit reduction analysis with respect to number of elements and solution steps.

3. Conclusion

In this paper, an open cold extrusion process is quantitatively studied to reveal the effects of material and die models on the reduction of area. The results of this study showed the sensitivity of allowable reduction of area in open extrusion with respect to applied models of material and die as well as the number of elements and the number of solution steps.

Acknowledgement

This work is supported by the BK 21 plus project and the project for industry-university cooperative research of the Korean Small and Medium Business Administration.

Reference

- [1] M. S. Joun, 2009, Metal Forming CAE 2008.
- [2] S. S. Han, J. G. Eom, S. M. Jang, M. C. Lee, M. S. Joun, S. J. Kang, Y. H. Song, 2009, Special simulation technique of multi-faced long bolt forging process, 2009 Spring Meeting of KSTP, 44-47.

선재압연 공정에서 질량배출량 불일치에 의한 소재 표면흠 발생 모사

김태용¹ · 김동현² · 노용훈³ · 이영석[#]

FE Simulation of surface defects such as *seam* in caliber rolling process with a fracture locus model

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

Abstract

Many types of surface defects on material are frequently created by diverse causes in caliber rolling process. One of them is a mismatch of mass flux (roll speed multiplied by cross sectional area of outgoing material) at each stand (pass) attributable to roll wear. In this study, surface defect such as 'seam' was investigated. Finite element analysis was performed to simulate surface defects on material usually in the roughing mill in caliber rolling process. Element deletion method coupled with the Bao-Wierzbicki fracture locus was employed to simulate the occurrence of surface defects. The validity of the approach proposed in this study was verified by comparing the surface profile of material obtained from an actual caliber rolling mill with FE simulation. Results reveal that the surface defects such as 'seam' always occur whenever mass balance between stands is incorrect due to roll wear in caliber rolling process.

선재압연 공정에서 다양한 원인에 의해 많은 유형의 소재 표면흠이 발생한다. 원인 중 하나는 롤 마모로 인한 각 스탠드에서의 질량배출량 불일치이다. 본 연구에서는 심(seam)과 같은 표면흠을 조사하였다. 유한요소법을 통해 선재 조압연 공정에서 소재 표면흠을 모사하였다. 표면흠을 모사하기 위해 Bao-Wierzbicki 파괴곡선을 결합한 요소제거법을 사용하였다. 본 연구에서 제안한 접근법의 타당성은 실제 선재압연에서 얻은 소재 표면윤곽과 FE 모사를 비교하여 입증하였다. 본 연구의 결과는 선재압연 공정에서 롤 마모로 인하여 질량배출량이 불일치할 때마다 항상 심(seam)과 같은 표면흠이 발생한다는 것을 보여준다.

Key Words : Caliber rolling(선재압연), Surface defects(표면흠), SCM435 steel, Mass flux(질량배출량), Fracture locus(파괴곡선), Stress triaxiality(삼축응력비)

1. 중앙대학교 기계공학과

2. 중앙대학교 기계공학과

3. 중앙대학교 기계공학과

교신저자: 중앙대학교 기계공학과, E-mail: ysl@cau.ac.kr

DIC 기법을 이용한 Al5083 및 Al6061 마찰교반 용접부의 국부 물성특성 평가

곽수현^{1,2} · 장인제^{1,3} · 김용배¹ · 방준호^{1,2} · 노우람¹ · 송정환^{1,#}

Local Mechanical Properties of Friction Stir Welded Al5083 and Al6061 using Digital Image Correlation Method

S. H. Gwak, I. J. Jang, Y. B. Kim, J. H. Bang, W. Noh, J. H. Song

Abstract

차량 경량화를 위한 알루미늄 소재의 차체 적용법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 알루미늄 합금은 낮은 비저항과 정교한 합금 특성으로 인해 기존의 용융 접합법이 아닌 고상 및 기계적 접합법의 적용을 차체 부품 조립에 확대하고 있다. 본 논문에서는 고상 접합법 중 하나인 마찰교반용접(friction stir welding)을 이용하여 알루미늄 합금 판재의 용접을 수행하고 마찰교반용접이 소재의 기계적 물성에 미치는 영향을 평가하였다. 두 종류의 알루미늄 합금 판재 Al5083과 Al6061을 대상으로 각 종류에 대하여 이중 및 동중 두께의 마찰교반용접을 수행하였다. 용접된 소재의 국부 물성 평가를 위한 응력-변형률 선도를 측정하고자 일축인장시험을 수행하였다. DIC(digital image correlation)기법을 통해 측정된 용접부의 변형률장을 이용하여 일축인장의 하중 정보로부터 용접부의 응력을 분석하였다. 본 연구에 사용된 알루미늄 합금은 이중 및 동중 두께에 무관하게 종류에 따라 강도 특성의 편차가 적었으며, Al5083 용접부의 경우 모재 대비 약 90%의 인장강도를 보였으며 Al6061 용접부의 경우 모재 대비 약 76%의 인장강도를 나타내었다.

Key Words : Friction stir welding, Dissimilar welding, Local strength evaluation, Aluminum alloy

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 산업소재핵심기술개발사업 “일반강 대비 자동차 프런트바디 40% 경량화를 위한 다종소재 일체화 (Multi-Materials Integration) 기술개발”의 결과로써 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소

2. 고려대학교 신소재공학부

3. 인하대학교 기계공학부

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

미세조직예측을 위한 소재 정보의 획득을 위한 실용적 기법

이라니 미쌤¹ 전만수[#]

Practical Approach to Determining Material Parameters in Microstructure Evolution

M. Irani, M. S. Joun

Abstract

A method composed of simulation, optimization techniques and experimental studies is presented to determine the material parameters in microstructural evolution. An isothermal hot compression test is modeled to investigate the accuracy of the method. In this regard, dynamic recrystallization of AA6060 aluminum alloy is studied at temperature of 350°C. Three main material parameters in Kolmogorov–Johnson–Mehl–Avrami relation obtained using the proposed practical approach. A good agreement is observed between the material parameters obtained using this method and experiments.

Key Words : Dynamic recrystallization, material parameters, aluminum, simulation, optimization

1. Introduction

During metal forming processes, different metallurgical phenomena such as static recrystallization, dynamic recrystallization (DRX) and grain growth may take place [1]. The kinetics and grain size of recrystallization are classically addressed using the Kolmogorov – Johnson – Mehl – Avrami (KJMA) relation [2]. The coefficients in this model are typically obtained by extensive experimental observations [3]. According to KJMA relations, the DRX grain size is expressed as [4]:

$$d_{drx} = a d_0^n \varepsilon^n \dot{\varepsilon}^m \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) + c \quad (1)$$

where d_0 , ε , $\dot{\varepsilon}$, Q , R and T are initial grain size, effective strain, effective strain rate, activation energy of recrystallization, gas constant and

temperature respectively. a , h , m , n and c are material parameters conventionally determined through a set of experimental tests. In this study, a combination of finite element analysis and optimization techniques is employed to acquire these parameters and reduce the experiment costs.

2. Material and methods

2D-AFDEX metal forming simulator with HyperSTUDY is utilized to predict DRX grain size in an isothermal hot compression test. AA6060 aluminum alloy is compressed at temperature of 350°C and strain rate of 0.1 mm.s⁻¹. In the initial run, the material parameters of DRX were extracted from the literature [1,4]. The objective function is as follows:

$$\Delta = \sum_{i=1}^n (d_{DRX,exp(i)} - d_{DRX,opt(i)})^2$$

where $d_{DRX,exp(i)}$ and $d_{DRX,sim(i)}$ are the predicted DRX grain size at i^{th} sample point using the experimental

1. 경상대학교 대학원 기계공학과

경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

and optimized material parameters. The constraints are

$$6 \times 10^{12} < a < 8 \times 10^{12}$$

$$-1 < m, n < 0 \quad (3)$$

The values of h , c , d_0 , Q and R are given as one, zero, 137 (μm), 161 (kJ/mol) and 8.314472 (J/kmol), respectively.

3. Results and discussion

The variation of objective function with iteration is depicted in Fig.1, showing the value converges to 2.1 after 50 iterations.

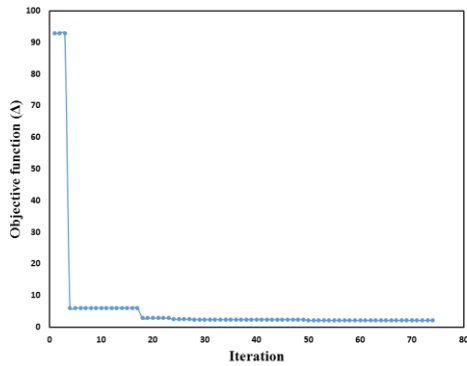


Fig. 1 Variation of objective function

The optimized and experimental values of material parameters are represented in Table 1. The result shows a good agreement between optimization and experiments.

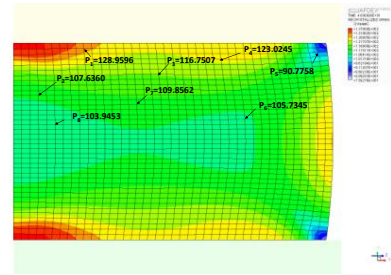
Table 1. Comparison between optimization and experiments

Parameter	Experimental	Optimized
a	7.22×10^{12}	7.4×10^{12}
m	-0.105	-0.107
n	-0.985	-0.929

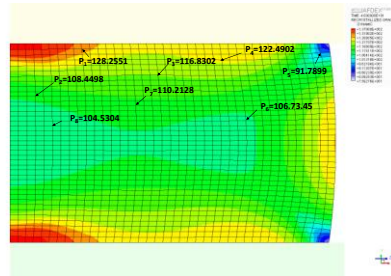
Fig. 2 illustrates the predicted DRX grain size at final stroke of hot compression test using both experimental and optimized material parameters, showing that the material parameters acquired by the proposed method are reliable.

2. Conclusion

In the present study, a practical method of determining the material parameters for microstructural evolutions is proposed. The results show that the material parameters of dynamic recrystallization can be obtained successfully and economically.



(a) Experimental



(b) Optimized

Fig. 2 Predicted DRX grain size (μm) at final stroke

Acknowledgement

This work is supported by the BK 21 plus project and Korean SMBA.

References

- [1] L. Donati, J.S. Dzwonczyk, J. Zhou, L. Tomesani, Microstructure Prediction of Hot-Deformed Aluminium Alloys, Key Eng. Mater. 367 (2008) 107–116.
- [2] H. Hallberg, Approaches to Modeling of Recrystallization, Metals. 1 (2011) 16–48.
- [3] F. Chen, Z. Cui, J. Chen, Prediction of microstructural evolution during hot forging, Manuf. Rev. 1 (2014) 6.
- [4] M. Schikorra, L. Donati, L. Tomesani, A.E. Tekkaya, Microstructure analysis of aluminum extrusion: Prediction of microstructure on AA6060 alloy, J. Mater. Process. Technol. 201 (2008) 156–162.

스테인레스강의 수소취화

백승욱¹ · 송은주² · 김정현^{3#} · 백운봉¹ · 이해무¹

Hydrogen Embrittlement of Stainless Steel

S.W. Baek, E.J. Song, J.H. Kim, U.B. Baek, H.M. Lee

Abstract

We report hydrogen embrittlement (HE) behavior in austenitic stainless steel (STS) for hydrogen service. Conventional HE phenomena of cold-rolled STS are introduced with the various HE theories. In present research, HE resistance of powder metallurgy (PM) processed STS was discussed in terms of *in situ* tensile test results, fractography and dislocation behavior. A 120-MPa gaseous hydrogen environment materials testing system at KRISS was used to investigate the effect of hydrogen on mechanical properties under pressurized gaseous hydrogen. Under gaseous hydrogen, PM-processed STS samples showed small dimples and a cup-cone shaped ductile fracture with depressed phase transformation.

Key Words : Mechanical property, Deformation, Fracture, Austenitic stainless steel

1. 한국표준과학연구원

2. 미국 Sandia 국립연구소

3. 한밭대학교

교신저자: 한밭대학교, E-mail: jhkim2011@hanbat.ac.kr

DSC 분석을 통한 Al 7075합금의 사전변형에 따른 시효거동에 관한 연구

정선호^{1,2} · 김용배¹ · 이종섭^{1,#}

A Study on the aging behavior during pre-strain of Al 7075 through DSC analysis

S. H. Jung, Y. B. Kim, J. Lee

Abstract

최근 국제 환경 규제 강화 및 연비규제 강화에 대한 중요도가 증가함에 따라, 자동차 소재 및 부품의 경량화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 고강도강 보다 가볍고 우수한 비강도가 높은 Al 7xxx계 합금이 주목 받고 있으나 상온에서의 낮은 성형성으로 인하여 복잡한 형상의 부품으로 적용이 어렵고 비용도 상승하여 실적용이 어려운 실정이다. 이를 극복하기 위해, 고강도강에 적용하던 핫 스탬핑공정을 이용하여 성형성 및 시효강도를 확보하고자 하는 연구가 주목 받고 있다. 하지만, 핫 스탬핑공정에 의한 사전변형이 Al7075합금의 시효거동에 미치는 영향에 관한 연구가 미비하다.

본 연구에서는 핫 스탬핑공정을 모사하여 용체화 처리 중 냉각 전에 사전변형과 용체화 처리 후 사전변형에 따른 시효거동을 분석하였다. 이를 위해 시효시간에 따른 경도를 측정하였고 DSC 분석을 통해 GP-Zone, η' 상, η 상의 생성거동을 분석하였다. 실험결과, 사전변형량이 증가함에 따라 최대시효경도를 위한 시효처리시간이 감소함을 확인하였다.

Key Words: Al 7075 alloy, hot stamping, pre-strain, aging behavior, DSC

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 한양대학교 신소재공학부

교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소,

E-mail: jongsup@kitech.re.kr

마그네슘 합금의 소성 거동에 전류가 미치는 영향 분석

박주원¹, 정혜진¹, 진성우¹, 김문조², 김재중³, 한홍남^{1#}

Electric current-induced phenomena of magnesium alloys during plastic deformation

J.-W. Park¹, H.-J. Jeong¹, S.-W. Jin¹, M.-J. Kim², J.J. Kim³, H.N. Han^{1#}

Abstract

최근 경량 소재에 대한 수요가 증가함에 따라 알루미늄 합금 소재와 더불어 마그네슘 합금 소재에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 마그네슘 합금은 낮은 상온 성형 특성을 갖기 때문에 온간 성형 등 추가적인 공정이 필수적이고, 이로 인해 공정 비용이 크다는 단점이 있다. 최근 들어 이러한 단점들을 극복하기 위해 변형 도중 전류를 인가하는 성형 방법이 새로이 제안되었고, 연신율을 증가시키거나 유동 응력을 낮춘다는 보고가 이루어져있다. 본 연구에서는 마그네슘 합금의 상온 성형 특성에 전류가 미치는 영향에 대해 평가하기 위해 펄스 전류를 인가하며 인장 시험과 굽힘 시험을 실시하여 전류 인가 시의 물성 변화에 대하여 분석하였고, 미세조직 관찰을 통하여 물성 변화와 연계 분석을 실시하였다. 또한 변형 없이 통전 처리를 실시하여 미세조직 변화에 전류가 미치는 영향에 대하여 평가하였다.

Key Words : 마그네슘 합금; 성형성; 통전 소성; 통전 처리;

1. 서울대학교

2. 생산기술연구원(KITECH)

3. POSCO

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

유한요소법을 이용한 풍력발전기용 Main Shaft 제조공정해석

이동준^{1#} · 권용남¹ · 김민석¹ · 이진모²

Finite Element Analysis for Manufacturing Process of Main Shaft for Wind Power Generator

D. J. Lee, Y.-N. Kwon, M. S. Kim, J.-M. Lee

Abstract

최근 무공해 대체에너지로 각광받고 있는 풍력발전기에 대한 수요가 늘어남에 따라 대용량 발전기에 대한 개발도 활발히 이루어 지고 있다. 특히, 풍력발전기에서 Main Shaft는 blade 에서 전달되는 회전에너지를 발전기로 전달하는 핵심적인 부품으로, 고강도, 고인성 및 고내구성의 높은 품질이 요구된다. Main Shaft에 사용되는 재료는 주로 CrNiMo 합금강으로 아시아에서는 중국, 인도, 한국에서 가장 많이 제조되고 있고, 세계적으로는 미국과 유럽에서 제조되고 있다. Main Shaft의 제조는 주조된 잉곳이나 라운드블룸을 열간단조-열처리-기계가공 등의 공정을 거치면서 이루어 지는데, 열간단조 공정에서 주조조직의 파괴와 제품형상을 만들고, 열처리 공정을 통하여 미세조직 균질화를 이루는 방식으로 공정이 전개가 된다. 이러한 제조공정의 특상상 주조된 원소재에서 발생한 결함들이 단조공정에서 제거되지 않았을 때 많은 품질적인 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 Main Shaft의 품질향상 및 성능안정화를 위하여 제조공정해석에 대한 이해뿐만 아니라, 공정 중 재료의 미세조직적 변화에 대한 연구도 필요하다.

본 연구에서는 주조-열간단조-열처리로 이루어지는 Main Shaft의 제조공정에 대하여 유한요소법을 이용하여 해석하였다. 특히 주조에서 발생할 수 있는 결함들이 단조공정에서 어떻게 변화하는지에 대하여 해석하였다. 또한, 주조된 42CrMo4 합금강을 이용하여, Main Shaft 제조공정과 유사한 단조 및 열처리 실험을 통하여, 각 공정 후 미세조직과 기계적 특성의 변화에 대하여 연구하였다.

Key Words : Wind Power Generator, Main shaft, casting, forging, mechanical properties

후 기

이 연구는 신재생에너지기술개발사업의 후원으로 이루어 졌습니다.

1. 재료연구소

2. ㈜태웅

교신저자: 재료연구소, E-mail: djlee@kims.re.kr

7. 포스터 발표

(제 5 발표회장)

알루미늄 판재 부품의 주름 저감 및 전단 재단용 플렉스 포밍 금형 개발

김성욱¹ · 김경환^{#1} · 김수환¹ · 박현식¹ · 김대용² · 이진우²

Development of flex-forming dies for wrinkle reduction and shear cutting of Al sheet part

S. W. Kim¹, S. H. Kim¹, H. S. Park¹, D. Y. Kim², J. W. Lee², K. H. Kim[#]

Abstract

Flex-forming 공정은 금형과 연신율이 뛰어난 우레탄을 이용한 성형 공정이며 Fluid cell press, Bladder press 등 다양한 명칭으로 부른다. 다품종 소량생산이 주를 이루는 항공산업에 매우 적합한 공정으로, 한번의 성형으로 다양한 형상의 부품을 동시 제작이 가능하다. 또한 성형을 위한 Tool 제작이 간단하고 성형품의 기계적 및 물리적 물성이 우수하다. 당사 Flex-forming 공정에 적용중인 알루미늄 판재를 이용한 chord 부품의 경우 성형 후 심한 주름 발생으로 성형 이후 주름을 펴는 작업 및 찢진 부위를 절삭하는 작업이 필수적이어서 완제품 생산에 많은 시간이 소요된다. chord 제품 생산성 향상을 위해 금형 형상을 변경하여 주름을 저감하고 발생된 주름 부위를 성형과정 중 재단 되도록 설계하여 1회 성형으로 완제품 형상에 가깝게 만들고자 금형 형상 및 성형 조건에 따른 성형 결과를 확인하였다. 주름 저감과 전단 재단을 발현시키기 위해서는 성형 중 판재에 적절한 인장력이 부과되어야 하며 이는 금형의 형상과 마찰조건이 성형 결과에 미치는 주요 인자들이다. 본 연구를 통해 금형의 형상을 변경하고 마찰 조건을 달리하여 주름 저감 및 전단재단 발현 가능성을 살펴보았다.

Key Words : 플렉스포밍, 주름 저감, 전단 재단, 판재 성형, 항공기

English Key Word: Flex-forming, Wrinkle reduction, Shear cutting, Sheet forming, Air craft

후 기

본 논문은 산업통산자원부와 한국산업단지공단 “생산기술화 지원사업 - 현장맞춤형 기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사 드립니다.

1. 대화항공산업㈜

2. 재료연구소

교신저자: 대화항공산업㈜, project@daicoaero.com

하중 경로에 따른 알루미늄 합금 판재의 파괴 연신률 변화

방준호¹ · 장인제¹ · 객수현¹ · 노우람¹ · 이종섭¹ · 송정한^{1#}

Influence of a Loading Path on the Strain at Onset of Fracture for Aluminum Alloy Sheets

J. H. Bang, I. J. Jang, S. H. Kwak, W. Noh, J. S. Lee, J. H. Song

Abstract

차량 경량화를 달성하기 위한 알루미늄 합금의 부품 단위 적용이 지속적으로 증가하고 있다. 알루미늄 합금은 높은 이방성과 낮은 성형성으로 인해 판재 성형 공정 적용이 쉽지 않으므로 실험 및 수치해석적 접근을 통한 성형 공정 개발과 최적화가 진행 중이다. 본 연구에서는 알루미늄 합금 Al-6061 판재의 일반적 성형성 평가를 위하여 연성 파괴(ductile fracture)이론에 기초한 하중 경로에 따른 파괴연신률 변화를 분석하였다. 표준규격의 일축 인장 시편을 압연 방향 대비 다양한 방향을 따라 제작하고 인장시험을 수행하여 기초적인 기계적물성인 방향별 항복응력과 소성변형률비 등 소재의 소성 특성을 측정하였다. 평면변형에서 삼축응력도로 대표되는 하중 경로의 변화를 위해서 파괴연신률 측정용 시편의 형상과 치수를 네 가지로 다양화하였다. 각각의 시편은 순수전단(pure shear), 평면변형(plane strain), 일축인장(uniaxial tension), 이축인장(biaxial tension)의 하중 경로 유도를 의도하였다. 파단까지 인장하며 DIC(digital image correlation)시스템을 이용하여 변형률을 측정하였고 이를 통해 파괴 연신률 및 최대주변형률(major strain)과 최소주변형률(minor strain) 비인 변형률 경로를 분석하였다. 항복함수의 선결과 이에 따른 관계유동법칙을 사용해 변형률 경로를 하중 경로로 변환하고 하중 경로에 따라 파단부의 파괴 시작점에서 유효소성변형률 변화를 평가하였다. 알루미늄 합금 판재의 이방성을 고려한 보다 정확한 하중 경로와 파괴연신률 분석을 위해 Hill 1948 항복함수를 사용하여 평가하였으며 이를 등방 항복함수인 von Mises 항복함수의 경우와 비교 분석하였다.

Key Words: Strain to onset of fracture, Loading path, Plastic yielding, Plastic flow rule, Aluminum alloy sheet

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

Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 외판의 성형공정 해석

강병욱¹ · 장인제¹ · 곽정환¹ · 노우람¹ · 송정한^{1#} · 김세호² · 남성우³ · 정철영³

Numerical Analysis of Press Forming of an Al-Mg-Si Alloy Sheet for Automotive Door Outer Panels

B. W. Kang, I. J. Jang, J. H. Kwak, W. Noh, J. H. Song, S. H. Kim, S. W. Nam, C. Y. Jung

Abstract

완성차 제조 관련 산업은 연비 향상 및 승객 안전 보장을 위하여 차량에 경량화용 소재 적용을 위한 다양한 노력을 경주하고 있다. 알루미늄 합금은 비용대비 높은 경량화를 달성이 가능해 여러 부품에 적용이 시도되고 있지만 기존의 철강 대비 떨어지는 성형성으로 인해 공정 설계 단계에서 전산모사를 이용한 공정최적화가 필수적이다. 본 연구에서는 Al-Mg-Si 합금을 자동차 도어 외판 공정에 적용하기 위하여 프레스 성형공정을 유한요소해석 수행하고 이를 분석하였다. 해석을 위한 소재의 기계적 물성은 압연방향 대비 각도에 따라 수행한 일축인장시험 결과를 분석하여 결정하였다. 알루미늄 소재의 이방성 거동을 해석에 고려하기 위하여 각도에 따른 항복강도와 소성변형률비를 바탕으로 결정한 Hill48 및 Yld2000 이방성 항복함수를 사용하여 그 영향을 비교하였다. 그리고 초기 블랭크 크기, 블랭크 홀딩력 등을 주요 공정변수로 설정하고 실성형공정의 가용 범위 안에서 변경하며 해석을 수행하였다. 계산된 도어 외판의 두께감소율, 주름 및 스프링백 분석을 통해 주요 공정 변수들이 성형성에 미치는 민감도를 분석 도출하였다.

Key Words: Finite element analysis, Formability evaluation, Al alloy sheet, Press forming

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 기관고유사업 중 기업주문형 기술개발 사업의 결과로써 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 한국생산기술연구원
2. 대구대학교 기계공학부
3. ㈜대우공업

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

Al5083 및 Al6061 마찰교반용접 맞춤재 단판재의 성형특성 평가

장인제^{1,2} · 방준호^{1,3} · 김용배¹ · 곽수현^{1,3} · 노우람¹ · 송정환^{1,#}

Formability Evaluation of Al5083 and Al6061 Tailored Blanks by Friction Stir Welding

I. J. Jang, J. H. Bang, Y. B. Kim, S. H. Gwak, W. Noh, J. H. Song

Abstract

차량 경량화를 위한 비철금속 중 하나인 알루미늄 합금 판재의 부품 단위 적용은 지속적으로 늘어나고 있다. 특히, 마찰교반용접(friction stir welding)을 이용한 맞춤재단용접판재(tailor welded blank)는 경량화 효과가 뛰어날 뿐만 아니라 공정 단계의 감소로 효율성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 돔장출시험(hemispherical dome stretch test)을 이용하여 마찰교반용접된 알루미늄 합금 재단판재의 성형성을 평가하였다. 먼저, 용접 대상인 Al5083-H32와 Al6061-T6 판재의 이방성 항복특성 및 경화거동 분석을 위하여 압연방향 대비 각도를 변경하며 단축 인장 시험을 수행하였다. 두 종류의 알루미늄 합금 판재는 각 종류별로 2mm와 3mm의 이중두께 마찰교반용접을 수행 후 돔장출시험을 통해 한계돔높이(limit dome height)를 측정하였다. 로드셀과 DIC(digital image correlation)를 이용하여 한계돔높이까지의 하중과 변형률장 프로파일 역시 기록하였다. 측정된 시험 정보로부터 이방성 항복함수를 적용한 유한요소해석모델을 검증하였으며 돔장출 시험 전산모사 결과를 분석하여 용접부의 국부 응력 및 변형률 특성과 성형성을 모재와 비교 분석하였다.

Key Words : Friction stir welding, Tailor welded blank, Aluminum alloy sheet, Formability, Hemispherical dome stretch test

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 산업소재핵심기술개발사업 “일반강 대비 자동차 프런트바디 40% 경량화를 위한 다중소재 일체화 (Multi-Materials Integration) 기술개발” 의 결과로써 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소

2. 인하대학교 기계공학부

3. 고려대학교 신소재공학부

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

SGACUD와 DP590 강판의 변형 모드에 따른 변형률 속도가 성형성에 미치는 영향에 대한 실험적 연구

김효동¹ · 조성민¹ · 박춘달² · 정완진[#]

An Experimental Study of Strain-rate Influence on the Formability of SGACUD and DP590 Steel Sheet according to Deformation Modes

H. D. Kim¹, S. M. Cho¹, C. D. Park², W. J. Chung[#]

Abstract

본 논문에서는 자동차 판넬 소재로 사용되는 SGACUD와 DP590 강판의 변형 모드에 따라 변형률 속도가 성형성에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하였다. 2축인장시험, 평면변형시험 그리고 원형 컵 드로잉 시험을 통해 서로 다른 변형률 속도 하에서의 결과를 비교하였다. 2축인장시험에서의 SGACUD강판은 변형률 속도가 느릴수록 성형성이 향상되었으며 DP590강판은 성형성에 큰 영향을 미치지 않았다. 평면변형 모드의 경우 SGACUD와 DP590강판 모두 변형률속도가 성형성에 있어 크게 영향을 미치지 않았다. 또한 원형 컵 드로잉 시험의 경우 두 강판 모두 변형률 속도가 빠를수록 성형성이 향상되는 경향을 보였다. 전반적으로 SGACUD가 DP590에 비해 변형률속도에 더 민감하였다.

Key Words : Strain rate, Formability, Deformation modes, Sheet metal forming, DP590, SGACUD

1. 서 론

SGACUD 0.7t와 DP590 1.0t소재를 사용하여 2축인장시험과 평면변형시험 그리고 원형 컵 드로잉 시험을 통해 세 가지의 변형 모드가 변형률속도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 성형실험을 수행하였다.

2. 실 험

SIMPAC사의 200톤 서보프레스로 Fig. 1의 세 가지 금형을 사용하여 2축인장시험과 평면변형시험, 원형 컵 드로잉 시험을 수행하였다. 사용된 금형은 Kim[1]에서 사용한 금형과 동일한 금형을 사용하였다.

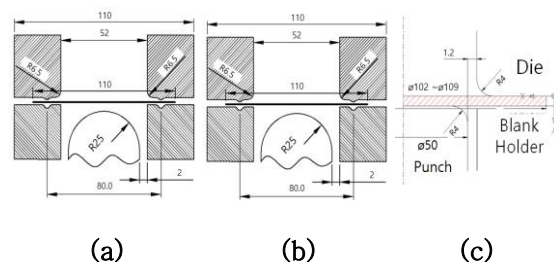


Fig.1 (a) Biaxial stretch test (b) Plane strain stretch test (c) Drawing test

서보프레스는 크랭크 모션을 사용하였다. 또한 크랭크의 총 행정거리는 250mm이며 2축인장시험과 평면변형시험의 BHF(Blank Holding Force)는 16.51kN, 원형 컵 드로잉 시험의 BHF는 6.605kN로 실험을 진행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Table1~3는 SGACUD의 실험결과이다. 2축인장시험의 경우 변형률속도가 느릴수록 성

1. 서울과학기술대학교 일반대학원 기계디자인금형공학과
2. 대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부
교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과
E-mail: wjchung@seoultech.ac.kr

형성이 향상되었으며 평면변형시험의 경우 변형률속도에 따른 차이가 크지 않았다. 한편, 원형 컵 드로잉 시험의 경우 변형률 속도가 증가할수록 성형성이 좋아지는 경향을 보였다.

Table 1. Formability Comparison in biaxial stretching (SGACUD)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Stroke (mm)	20.5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	21.0	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N		
	21.5	S	S	S	S	S	N	F	F	N	N		
	22.0	N	N	S	S	S	F	F	F	F	F		
	22.5	F	F	N	N	F	F	F	F	F	F		
	23.0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		

Table 2. Formability Comparison in plane strain stretching (SGACUD)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Stroke (mm)	21.5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	22.0	S	S	N	N	N	N	S	N	N	N		
	22.5	F	F	N	F	F	N	F	F	F	F		
	23.0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		

Table 3. Formability Comparison in Circular cup drawing (SGACUD)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Limit	2.24	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2.26	F	F	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S
Drawing	2.28	F	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	S
	2.30	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

Table 4. Formability Comparison in biaxial stretching (DP590)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Stroke (mm)	15.0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	15.5	S	S	N	S	S	N	S	S	S	S		
	16.0	N	F	S	N	S	F	S	F	N	S		
	16.5	F	F	F	F	N	F	F	F	F	F		
	17.0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		

Table 5. Formability Comparison in plane strain

stretching (DP590)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Stroke (mm)	20.5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	21.0	S	S	S	N	N	S	N	F	S	S		
	21.5	S	S	S	S	N	S	S	N	S	S		
	22.0	N	F	S	S	N	F	N	S	S	F		
	22.5	F	F	F	S	F	N	N	N	F	F		
	23.0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		

Table 6. Formability Comparison in Circular cup drawing (DP590)

		Results(S:Success,F:Fail,N:Necking)											
Speed		3 SPM						30 SPM					
Limit	2.06	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2.08	F	F	F	F	S	S	S	S	S	F		
Ratio	2.10	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		

Table4~6은 DP590의 실험결과이다. 2축인 장시험과 평면변형시험 모두 SGACUD에 비해 변형률 속도에 크게 영향을 받지 않는 결과를 보였다. 한편, 원형 컵 드로잉 시험에서는 변형률 속도가 증가함에 따라 성형성이 조금 향상됨을 알 수 있었지만, SGACUD에 비해 LDR(Limit Drawing Ratio)가 작은 곳에서 파단이 일어남을 알 수 있다. SGACUD의 경우 DP590 강판에 비해 변형률 속도에 따라 성형성에 영향을 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. D. Kim, E. H. Jang, W. J. Chung, A Study on the Influence of the Strain-rate on the Formability in Automobile Steel Sheet Forming according to Deformation modes, 2016,pp 257~258

Ti-6Al-4V 합금의 성형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구

김현지¹ · 권용남²

Abstract

높은 강도를 가지는 Ti-6Al-4V 합금은 상온 성형성이 낮아 부품 성형은 고온 상태에서 이루어진다. Ti 합금은 온도가 높아짐에 따라 표면으로부터 산화가 진행되며 수소 고용도가 높아져 성형 후 기계적 물성이 낮아지게 된다. 이러한 물성변화를 막기 위하여 Ti 합금의 성형은 불활성 분위기나 진공 상태에서 진행되고 있다. 하지만, 불활성 분위기를 사용할 경우에도 산화 및 수소농도의 증가는 발생할 가능성이 존재한다.

본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금의 고온 성형조건을 고려하여 875~925°C의 온도에서 노출 시간을 60~120분, 성형량 0~50%로 변화시키는 방식으로 예비 시편을 제작하였다. 이후 각 조건에 따른 표면 산화층의 두께, 수소 농도 및 미세조직 변화를 측정하였으며 이후 인장 및 피로 시험을 통해 성형 조건이 기계적 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 고온에서 노출 시간이 증가함에 따라 표면 산화층의 두께와 수소농도는 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 표면 산화층은 인장 연신율 및 피로 수명을 큰 수준으로 감소시켰다.

Key Words : Ti-6Al-4V 합금, 표면 산화층, 수소농도

1. 재료연구소

2. 재료연구소

TRB소재를 사용한 공법설계 및 성형해석

오인석¹ · 황상희² · 박현경³ · 정지원⁴

Dieface design and Forming simulation using TRB

I. S. Oh, S. H. Hwang, H. K. Park, J. W. Jung

Abstract

In the automotive industry, TWB(Tailor Welded Blank), TRB(Tailor Rolled Blank) stamping process are broadly adapted to reduce weight of the car and improve impact capability. TWB process should need welding process to get variable thickness blank, but TRB process could omit welding process to get variable thickness blank. In this paper studies the die face design for TRB using Diemaker for CATIA v5 and forming simulation progress for Formability using PAM-STAMP 2G.

Key Words : TRB, Tailor Rolled Blank, Die face design, Diemaker for CATIA v5, PAM-STAMP 2G

1. 한국이에스아이㈜
2. 한국이에스아이㈜
3. 동해금속
4. 동해금속

실험계획법 및 유한요소해석을 이용한 판단조부품의 공정설계

박민철¹ · 전만수² · 김동환³ · 신현집³ · 이찬주[#]

Process Design of Plate Forging Component using Design of Experiment and Finite Element Analysis

M. C. Park, M. S. Joun, D. H. Kim, H. J. Shin, C. J. Lee

Abstract

본 연구는 알루미늄 판단조 공정시 제품 표면에 발생하는 형상결함인 접힘과 주름에 관한 연구를 수행하였다. 제품 표면에 형상결함이 발생하면, 판단조 부품 특성상 작동압력을 균일하게 받지 못한다. 따라서, 형상결함을 최소화하기 위하여 실험계획법과 유한요소해석을 이용한 최적설계를 수행하였다. 공정변수로는 형상결함을 방지하기 위한 금형 형상 및 초기소재 폭과 길이의 비를 선정하였다. 실험계획법에 따라 유한요소해석을 수행하였고, 형상결함을 최소화하는 설계변수를 선정할 수 있었다. 최종적으로 최적의 설계변수를 적용하여 실험성형을 수행하였고, 유한요소해석과 잘 일치함을 확인 할 수 있었다.

Key Words : Design of Experiment (실험계획법), Finite Element Analysis(유한요소해석), Process Design(공정설계), Plate Forging(판단조)

1. 서론

최근, 이차전지(Secondary Battery) 산업은 연평균 10%의 고성장을 하고 있는 산업으로 휴대폰 및 노트북 IT기기 중심에서 하이브리드 자동차(Hybrid Vehicle) 및 전기자동차(Electronic Vehicle) 탑재를 목적으로 하는 이차전지가 시장을 주도하고 있다.

본 연구에서는 이차전지의 핵심부품인 벤트(Vent) 부품의 Fig. 1과 같이 표면에 발생하는 형상결함인 접힘(Folding)과 주름(Wrinkle)을 최소화하기 위한 연구를 수행하였다. 형상결함을 최소화하기 위하여 금형의 형상과 초기소재의 형상에 대하여 실험계획법과 유한요소해석을 이용하여 최적의

설계변수를 제안했다.[1]

2. 실험방법

Table 1에 실험계획법 및 유한요소해석을 위한 설계변수를 나타내었다. 공정 변수 A는 상, 하부 S/T INS의 갭(Gap)이고, B는 미충만을 방지하기 위한 금형의 소재 유출부의 기울기이다. 그리고 C는 초기 소재의 폭과 길이의 비이다.



Fig. 1 The shape defect of vent part

1. 한국생산기술연구원

2. 경상대학교 기계공학과

3. 한국국제대학교 항공부품공학과

4. ㈜상아피에스

교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: cjlee80@kitech.re.kr

Table 1 The levels of design parameters

Design Parameters	Level		
	1	2	3
A h (mm)	0.2	0.23	0.26
B θ ($^{\circ}$)	40	45	50
C a/b	2.2	2.3	2.4

3. 결과 및 고찰

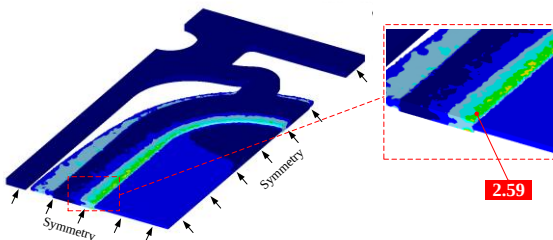
Table 2에 실험계획법에 의한 유한요소해석결과를 나타내었다. No.9일때 유효변형률이 가장 낮게 나타났다. 이러한 성형 인자들이 유효변형률과 어떠한 경향이 있는지 알아보기 위하여 ANOVA(Analysis of Variance) 분산분석을 실시하였다. ANOVA 분산분석결과를 Table 3에 나타내었다. ANOVA 분산분석 결과 설계변수 A, B, C의 순으로 영향력

Table 2 $L_9(3^3)$ orthogonal array for FE-analysis

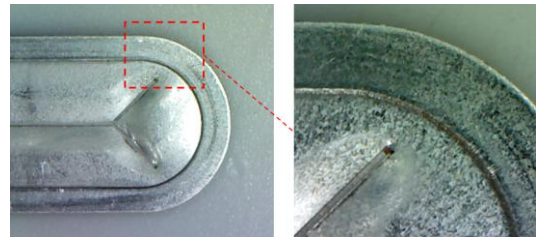
No	Design Parameters			FE-analysis
	A	B	C	Strain-Effective
1	1	1	1	3.73
2	1	2	2	3.41
3	1	3	3	3.75
4	2	1	2	3.36
5	2	2	3	2.91
6	2	3	1	3.14
7	3	1	3	3.36
8	3	2	1	3.01
9	3	3	2	2.78

Table 3 ANOVA table for objective function

Design Parameters	Level			F-value
	1	2	3	
A	3.63	3.13	3.05	6.82
B	3.48	3.11	3.22	2.55
C	3.29	3.18	3.23	0.21

**Fig. 2 The result of FE-analysis using optimal design values**

을 보였다. 이를 검증하기 위해 최적 인자 즉, 설계변수 A의 3수준, B의 2수준, C의 2수준으로 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 해석 결과, 유효변형률 Table 2의 No. 9보다 0.19의 유효변형률이 감소하였다. 이를 바탕으로 실험성형을 수행하였고 시험성형 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 시험성형 결과, 제품 표면에 접힘 및 주름이 기존 제품에 비해 발생하지 않은 것을 확인할 수 있다.

**Fig. 3 The result of experiment using optimal design values**

4. 결론

본 연구에서는 판단조 부품 성형시 표면에 발생하는 형상결함을 최소화하기 위하여 실험계획법과 유한요소해석을 이용하여 최적의 설계변수를 도출하였다. 도출된 최적의 설계변수를 통해 시험성형을 수행하였고, 기존 제품에 비해 형상결함 발생이 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 이에 실험계획법과 유한요소해석을 이용한 공정설계가 실험성형과 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발(No. C0405616)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] S. J. Park, S. G. Lee, D. H. Kim, 2016, Studies on Precision Bending of Motor Spring, Trans. Mater. Process, Vol. 25, No. 6, pp. 366~372.

Mini V-bending 시험 시 Mg합금 판재의 굽힘성에 관한 연구

김민성, Jaiveer Singh, 최시훈

Abstract

Mg합금 판재의 상온 성형성 향상을 위한 연구에서는 주로 최소 굽힘각도(minimum bending radius) 및 에릭슨 지수(Erichsen index)를 측정하여 성형성을 평가하고 있다. 본 연구에서는 기존 굽힘 시험법의 시간적·경제적 측면의 단점을 보완하기 위하여 mini V-bending 시험법을 제안하였다. 일반 V-bending 시험과 mini V-bending 시험 시 E-form Mg합금 판재에 두께방향으로 발생하는 변형쌍정(deformation twins) 및 미시집합조직(microtexture)의 불균일성을 비교하기 위하여 EBSD를 이용하여 실험적으로 분석하였고, 유한요소해석(finite element analysis, FEA)을 이론적으로 비교·고찰하였다. 이론적 해석 결과를 토대로 V-bending 시험 시 변형율과 굽힘반경(bending radius) 및 펀치 이동거리(punch stroke)의 상관관계를 규명하고자 하였다. 시험 소요시간 및 재료 손실 감소에 적합한 mini V-bending 기술을 적용함으로써 Mg합금의 굽힘성에 대한 즉각적인 평가가 가능하여, 향후 상온 성형성이 향상된 Mg합금 판재 제조 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

Key Words : Mg alloy, Bendability, FEM, Twin, Mini forming

구리 판재의 비대칭 압연과 집합조직

이철우¹, 이동녕², 김인수^{1*}

Abstract

구리 판재는 FCC 결정 구조를 가지고 있기 때문에 전성이 좋고 성형이 잘되는 소재이다. 구리 판재의 디프드로잉 성형성 변화를 알아보기 위하여 비대칭 압연을 이용하여 보기로 하였다.

이러한 구리 판재를 우선 비대칭 압연기를 이용하여 비대칭 압연을 실시하였다.

비대칭 압연한 구리 판재는 열처리를 한 후 비대칭 압연 전과 비대칭 압연 후 열처리한 구리 판재를 XRD를 이용하여 집합조직을 측정하였다.

집합조직을 측정한 구리 판재는 Bunge 모델을 이용하여 방위분포함수를 계산하고 계산한 방위 분포함수를 이용하여 방향에 따른 소성변형비(R), 평균소성변형비 ($\bar{R}$) 및 $|\Delta R|$ 을 계산하였다.

또한 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 비대칭 압연과 비대칭 압연 후 열처리한 구리 판재의 조직사진을 관찰하여 비교하였다.

구리 판재를 비대칭 압연 후 열처리하여 디프드로잉 성형성이 향상되는 성과를 이루었다.

Key Words: 구리 판재; 비대칭 압연; 집합조직; 디프드로잉 성형성

1. 금오공과대학교 신소재공학부.

2. 서울대학교 재료공학부

* 교신저자

강의 비대칭 템퍼 압연과 집합조직 변화

이철우¹, 이동녕², 김인수^{1*}

Abstract

변압기에 사용하는 전기강판의 집합조직은 고스(Goss) 집합조직, $\{110\}<001>$ 이다. 전기 강판에서 이 고스(Goss) 집합조직, $\{110\}<001>$ 을 얻는 방법을 복잡하고 많은 시간이 요구되는 공정이다.

최근에 비대칭 압연과 조질 압연으로 고스(Goss) 집합조직, $\{110\}<001>$ 을 얻는 방법을 이용하여 쉽게 얻는 방법을 알아냈다.

본 연구에서는 저탄소강을 상온에서 비대칭 압연으로 템퍼 압연하고 템퍼 압연한 강판을 열처리하고 고스(Goss) 집합조직, $\{110\}<001>$ 을 얻는 방법을 조사하였다.

비대칭 템퍼 압연과 열처리한 시편은 XRD와 EBSD를 이용하여 집합조직을 측정하였으며 압연 조건과 열처리 조건에 따라 고스(Goss) 집합조직, $\{110\}<001>$ 의 발달 정도를 비교하고 최적 조건을 알아 보았다.

Key Words: 저탄소강; 비대칭 압연; 템퍼 압연; 고스(Goss) 집합조직

1. 금오공과대학교 신소재공학부.

2. 서울대학교 재료공학부

* 교신저자

STS 2205 질화와 내부식특성과 표면 변화

이철우¹, 김인수^{1*}

Abstract

STS 2205 stainless steel은 강도, 경도, 내마모성 및 내부식성 특성이 좋은 재료의 하나이다. 그러나 보다 좋은 강도, 경도, 내마모성 및 내부식성 특성이 좋은 재료를 만들기 위하여 2상 중에 질화(Nitriding)하는 방법을 적용하여 보았다.

질화(Nitriding) 한 STS 2205 stainless steel은 경도와 기계적 성질을 측정하여 원소재와 비교하였다.

또한 질화(Nitriding) 한 STS 2205 stainless steel은 potentiostat를 이용하여 내부식성을 측정하고 부식된 부분의 표면을 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다.

질화(Nitriding) 한 STS 2205 stainless steel이 질화에 의하여 경도 및 기계적 성질의 변화가 내부식성 특성의 변화가 어떻게 달라지는지를 연구하고 비교하였다.

뿐만 아니라 질화(Nitriding) 한 STS 2205 stainless steel이 질화에 의하여 경도 및 기계적 성질의 변화가 부식표면이 어떻게 변화하는지를 알아보았다.

Key Words : STS 2205; Nitriding; Corrosion resistance; Mechanical Property; Hardness; SEM

1. 금오공과대학교 신소재공학부.

* 교신저자

유한 요소 해석을 이용한 조선해양플랜트용 T-bar 성형 공정 변수에 관한 연구

홍순곤¹ · 최동환¹ · 윤상길¹ · 이진우¹ · 윤종현² · 이상익³ · 이정환[#]

Investigation of T-bar forming process parameters for shipbuilding offshore plant using FE analysis

S.G. Hong, D.H. Choi, S.G. Yoon, W.J. Lee, J.H. Yoon, S.I. Lee, J.H. Lee

Abstract

T-bar is used for forming a skeleton on a large ship and has a demand of 30 % or more of the raw material form ship building. Two plates of the thick plate are manufactured by butt welding together and then using the bending process the T-bar is manufactured. However, the proposed process is performed by the manual operation of the operator, which cases a problem of the working time and precision. In this paper, the influence of the process parameters on the finite element results in the forming process is investigated. The finite element model used in this study has been already evaluated in terms of accuracy and robustness by comparing the experimental results. The material thickness, friction coefficient, holding pressure and displacement of the punch are considered as the process variables. The effects of the process parameters on the prediction of springback are also studied.

Key Words : Finite element (유한 요소), forming process parameters (성형 공정 변수), Bending process (굽힘 성형 공정)

후 기

본 논문은 산업통산부와 한국산업기술진흥원 “경제협력권산업육성사업” 의 지원으로 이루어 졌으며, 이에 감사 드립니다.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 한양대학교 ERICA

3. 기독산업 (주)

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소, E-mail: ljh1239@kims.re.kr

스파이더 온간단조 공정의 유한요소해석을 이용한 금형 수명 예측

서정환^{1,2} · 정기호^{1,#}

Predicting mold life by using finite element analysis in Spider warm forging process

J. H. Seo, K. H. Jung

Abstract

온간단조는 열간단조와 냉간단조의 장점을 취하고 단점은 제외하는 단조법이다. 온간단조의 장점을 극대화하는 데 필요한 핵심기술로는 가공 시의 온도조건 유지 및 금형 수명 향상 기술 등이 중요한 기술항목에 해당한다. 본 연구에서는 일련의 단조 공정이 진행됨에 따라 발생하는 금형의 응력집중 분석과 그에 따른 금형 수명 예측을 단조해석프로그램(DEFORM)을 이용하여 수행하였다.

공정은 밀폐식으로 이루어졌고, 금형 수명 예측에 앞서 더욱 정확한 결과값을 도출하기 위해 단조해석 프로그램(DEFORM)으로 구성시킨 해석 조건들을 실제 공정과 유사하게 구현하였다. 또한 온간단조가 이루어지는 온도(650~950℃)에서 예상되는 금형의 부피 팽창에 따른 열박음(Shrink Fit)량을 적용시켜 실제 단조 공정과의 유사성을 향상시켰다. 금형 수명을 산정하는데 있어 가장 중요한 1회 단조 후 마모 깊이는 Spider 제품의 body로부터 분기하는 지점에서 1.66×10^{-7} mm로 확인되었고, 이를 바탕으로 Archard model은 마모량과 Archard model의 K값 사이에 선형관계가 있음을 이용하여 Spider 온간단조 금형 수명과 K값에 따른 마모량을 도출하였다.

Key Words: warm forging, mold life, finite element method, archard model, mesh, shrink fit

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소
2. 고려대학교 신소재공학부
교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소,
E-mail: jh_seo@kitech.re.kr

링 압축시험을 이용한 온간단조 공정에서의 마찰계수 측정

고은실^{1,2} · 정기호^{1,#}

Measurement of friction coefficient for warm forging process using ring compression test

E. S. Go, K. H. Jung

Abstract

온간단조는 냉간단조와 열간단조의 장점을 취하고 단점을 배제할 수 있는 기술로서, 냉간과 열간의 중간온도에서 가공되는 방식이다. 온간단조는 냉간단조와 비교하였을 때, 공정 온도가 높아 성형 하중이 상대적으로 적게 필요하고, 복잡한 형상의 제품을 생산하기에 용이하며, 열간단조에 비해 치수정밀도가 양호할 뿐만 아니라 스크랩 양이 현저하게 줄어들어 생산 원가를 절감시킬 수 있다. 본 연구에서는 온간단조 공정의 해석을 위해 단조재와 금형 소재간 마찰계수를 측정하고자 링 압축시험과 마찰보정선도를 이용하였다.

기존 고온 링 압축시험들과는 달리 금형 소재와 단조재의 온도가 각각 서로 다르게 가열되도록 재료물성시험기(Material Test System)에 퍼니스와 인덕션 코일을 조합한 가열 시스템을 설치하여 퍼니스로는 금형 링 압축 온도를 맞추고 인덕션 코일은 단조재만 가열하여 고온 링 압축시험을 진행하였다. 고온 링 압축 시험 시 금형온도는 250℃, 350℃이며, 단조재의 온도는 700℃, 800℃로 변형률 속도는 0.1/s, 0.3/s로 선정하였고, 시편크기는 문헌을 참고하여 외경:내경:높이=6:3:2 비율에 맞추었으며, 각 조건에서 압축 후 내경과 높이의 감소율을 측정하였다. 또한, 상용유한요소해석 프로그램인 DEFORM을 사용한 고온 링 압축시험 축 대칭 해석을 통해 마찰보정선도를 도출하고, 실험 결과값과 비교하여 마찰계수를 결정하였으며, 700℃, 800℃범위에서의 마찰계수는 온도에 비례하고 변형률 속도에 반비례하는 경향을 확인할 수 있었다.

Key Words: warm forging, hot ring compression test, friction calibration curve, friction coefficient

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

2. 인하대학교 신소재공학부

교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소,

E-mail: think111@kitech.re.kr

선박 엔진용 크랭크샤프트의 퀀칭 후 변형량에 관한 연구

전웅배^{1#} · 정상인¹ · 송보경¹ · 한종윤¹ · 오상균² · 전효원²

A study on deformation after quenching of Crankshaft shape for Marine Engine

W. B. Jeon^{1#}, S. I. Jeong¹, B. K. Song¹, J. Y. Han¹, S. K. Oh², H. W. Jeon²

Abstract

Crankshaft which is seated in crank case of marine and generator engine and changed from a reciprocating motion to a rotary motion of Piston, is significant component of an internal combustion engine. Crankshaft is quenched to meet mechanical properties and after quenching, that is causing the deformation of the product is essential. If it makes a lot of setting the machining allowance, that should not be efficient on many machining, reduction of the mechanical properties, and etc. Therefore, this study determines the best machining allowance to anticipate deformation of Crankshaft after quenching using Fe-analysis.

Key Words : Crankshaft; Marine Engine; Quenching; Deformation; Fe-analysis

* 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원(KIAT)의 경제협력권산업육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

1. 현진소재㈜

2. (재)대구기계부품연구원

교신저자: 현진소재㈜, E-mail: wbjeon32350@hjgr.co.kr

대형 알루미늄 플랜지의 점진 단조 공정 개발

남지원¹ · 이경훈² · 조종래^{1#} · 장창범³ · 이인환⁴

Development of Incremental Forging Process for Large Aluminum Flange

J. W. Nam, K.H. Lee, J.R. Cho, C.B. Jang, I.W. Lee

Abstract

Flange is a component that connects two hollow cylinders. Large forging load is required to manufacture the flange by closed die hot forging, even though it is aluminum. Two kinds of incremental forging process are suggested to reduce forging load, and preforms are designed. Forging loads and deformed shapes are compared in three forging cases. The optimal process and preform are proposed.

Key Words : Flange, Incremental Forging, Aluminum, Preform

1. 서론

항공분야 및 미사일 부품으로 사용되는 원통형 실린더를 연결하는 부품인 대형 플랜지를 밀폐형 단조공정으로 제조할 때 10,000 ton 급 이상의 고용량 유압프레스가 필요하다. 이러한 단조 하중을 감소시키기 위한 모델 실험을 통한 연구가 진행되었고[1], 공정을 분할하는 연구도 진행되었다.[2] 본 논문은 분할 금형으로 점진단조를 통하여 단조 하중을 감소시키고 자유단조에 필요한 적절한 예비형상(preform)을 제시하고자 한다.

2. 공정 설계

단조 공정의 개략도를 Fig. 1 에 나타내었다. Fig. 1(a)는 밀폐형 단조를 나타낸 것으로, 금형의 형상은 목표 형상에 가공여유를 적용한 형상을 고려하여 설계하였다. 예비성형체의 형상은 공정의 초반에 낮은 단조하중으로 소재가 굽힘성형을 하도록 중공디스크 형상으로 설계하였다. 단조하중을 감소시키기 위하여 Fig. 1(b) 와 Fig. 1(c)와 같이 점진단조를 설계하였다. Fig. 1(a)는 목표 형상을 고려하여 설계한 상부 금형을 수직방향으로 분할한 형상이고, Fig. 1(c) 는 상부금형을 수평방향으로 분할하여 cone 형상 금형과 평금형으로 분할한 형상이다. 금형을 분할하여 기존의 수직방향 공정에서 회전-다단 공정으로 설계하였다. 해석 조건은 Table.1 에 나타내었다.

1. 한국해양대학교 기계공학부
교신저자: 한국해양대학교 기계공학부,
E-mail:cjr@kmou.ac.kr
2. 국방과학연구소
3. 알코닉 코리아 (주)
4. (주) PSM

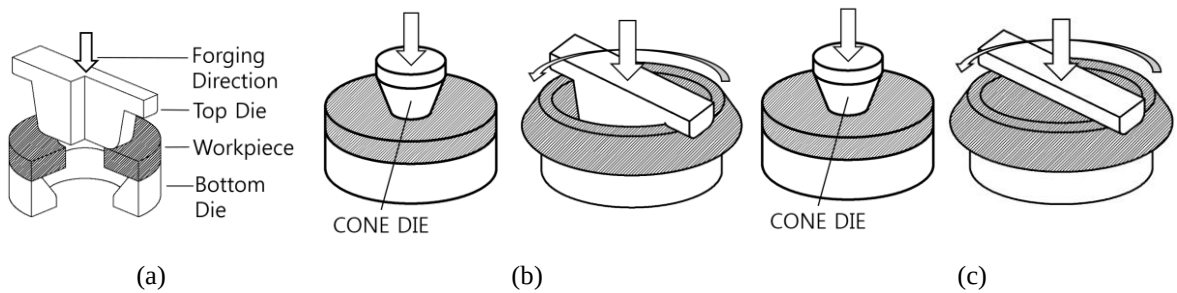


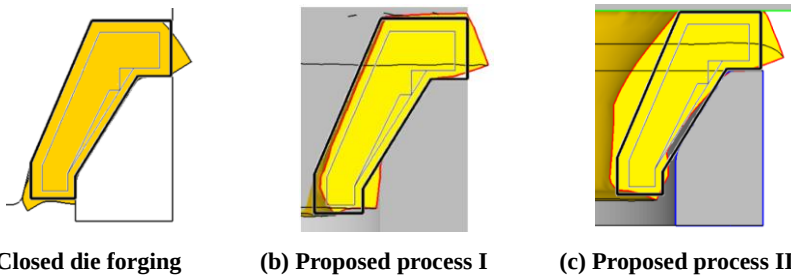
Fig. 1 Schematic diagram of forging processes (a) closed die forging (b) incremental forging process I (c) incremental forging process II

Table 1 Forging conditions

Workpiece temp.	Die temp.	Friction factor
400 °C	300 °C	0.5

3. 결과 및 고찰

각 공정의 유한요소해석 결과는 단면 형상으로 Fig. 2 (a), (b), (c)에 나타내었으며, 목표형상 확보율은 (a) > (c) > (b) 이고, 최대 단조 하중은 (a) > (b) > (c) 이다. 제안공정 II를 통하여 목표형상 확보와 단조 하중을 최적화 할 수 있다.



(a) Closed die forging

(b) Proposed process I

(c) Proposed process II

Fig. 2 Comparison of deformed shapes

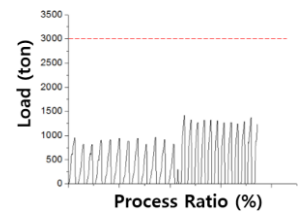


Fig. 3 Forging load of process II

4. 결론

알루미늄 플랜지의 3가지 제조공정을 유한요소해석을 통하여 비교하였다. 분할 금형으로 점진단조를 적용하고 이에 따른 최적의 예비형상을 설계하여, 작은 용량의 유압프레스로 대형 플랜지 제도가 가능하였다. 시제품을 제작으로 그 결과를 확인하였다.

참고문헌

- [1] H.S. Kim, E.D. Chu, Y.T. Im, S.H. Lee and J.S. Lee. "An Experimental Study on Cup-Type Heavy-Forging by Physical Modeling" The Korean Society for Technology of Plasticity, (1993)
- [2] W.B. Bae, S.I. Wang, M.G. Seo, J.R. Cho "A Study on the Development of Large Aluminum Flange using Casting/Forging Process", Korean Society for Precision Engineering, (2001)

유한요소법을 이용한 자동차 구동부품 Pulley의 열간 및 온간 단조 성형해석과 미세조직 예측 및 비교

김대근¹ · 이영선¹ · 김태구² · 윤은유[#]

Analysis of Hot and Worm Forging and For Pulley in Part of Automobile Using of FEM

D. G. Kim¹, Y. S. Lee¹, T. G. Kim², E. Y. Yoon[#]

Abstract

단조를 이용한 성형 시 온도에 따라 냉간, 온간, 열간 단조로 나뉜다. 냉간 단조의 경우 높은 치수 정밀도를 가지지만, 성형 시 높은 하중을 요구하여 금형의 수명이 짧다. 열간 단조의 경우 냉간과 반대로 비교적 낮은 성형 하중과 소재의 유동성이 높아 성형하기는 쉬우나, 냉각 후 열수축으로 인하여 낮은 치수 정밀도를 가지게 된다. 온간 단조의 경우 이러한 냉간 성형시의 치수 정밀도와 열간 성형의 낮은 성형 하중과 유동성을 동시에 가지게 된다. 따라서, 온간 단조 시 온도 설정과 부품의 특성 제어 및 향상을 위한 미세조직 균일화 등 기존의 열간 및 냉간 단조와 차이를 필요로 한다.

그러므로, 본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 자동차 구동부품 Pulley의 단조품 성형해석을 기존 공정인 열간 단조와 새로운 온간 단조 공정을 해석하였으며 비교 분석 하였다. 단조품의 성형공정은 Heating, Up-set, Brocker, Finisher, Cooling 순서로 5 공정으로 해석을 진행하였다. 각 공정에서의 소재 온도변화, 결정립 크기, 상변화와 성형 시 필요 하중을 예측하고 결과를 비교 분석하였다.

Key Words : Worm Forging, Hot Forging, FEM, Microstructure, Carbon Steel

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소(KIMS)

2. 코리아메탈㈜

한국기계연구원 부설 재료연구소(KIMS), E-mail:eyoon@kims.re.kr

열간단조 중 발생한 공기 갇힘의 영향

노동일¹ · 문호근² · 전만수[#]

Effect of air trapping occurring in hot forging

D. I. Roh, H.K. Moon, M. S. Joun

Abstract

In this paper, a three-stage gear blank hot forging process is simulated with emphasis on prediction of under-filling defects due to air trapping phenomena in the cavities enclosed by material, dies or tools and plane of symmetry. The basic approach is introduced to deal with air trapping phenomena. The volumetric strain of each cavity is traced when the air pocket has no air hole and its pressure that is a function of the volumetric strain and maximum normal stresses of the neighboring contact interfaces is exerted onto the surface of material inside the air pocket. The presented approach is applied to a three-stage plate forging process in which the air trapping phenomena can be sensitive to the plastic deformation of material. Predictions are compared with experiments, showing that they are in excellent agreement with each other.

Key Words : Air Trapping (공기갇힘), Hot Forging (열간단조), Metal Flow Line (소성유동선도)

1. 서 론

공기갇힘 현상 때문에 발생하는 문제를 피하기 위한 쉬운 방법은 금형 또는 금형 분리선에 적절한 공기구멍을 설치하는 것이다. 물론 단조 시뮬레이션 기술을 이용하여 공기구멍과 분리선의 최적화된 위치를 쉽게 찾을 수 있다. 즉, 공기갇힘을 고려하지 않은 유한요소 예측은 공기구멍 설계를 위한 정보를 준다. 그러나 이를 방지하기 위한 공기구멍은 비용을 증가시키고 금형의 강성을 훼손할 수 있다. 따라서 실제 상황에서 공기갇힘 현상을 고려한 소성가공의 유한요소해석은 매우 중요하다. 폐공간이 공정 및 제품을 악화시키지 않거나 공정들은 공기구멍이 허락되지 않는 특별한 금형들을 포함할 수 있다.

이전 연구에서 Joun 등[1]은 단조공정 중 발생하는 공기갇힘 현상의 유한요소법을 제시하였고 판단조공정에 적용하였다. 이 논문에서 이 접근

방식을 공기갇힘 현상으로 인해 발생하는 미충진결함에 쉽게 노출될 수 있는 기어블랭크 열간단조 공정에 적용하여 예측결과와 실험결과를 비교함으로써 접근방식의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 공기갇힘의 유한요소해석

3단으로 구성된 기어블랭크의 축대칭 열간단조 공정에 공기갇힘 예측기법을 적용하였다. Fig. 1은 적용예제의 공정도이며, 1단의 업셋팅 공정, 2단의 브로커 공정, 3단의 피니셔 공정으로 구성되어 있다. 기어블랭크의 열간단조 공정에서 소재는 반경방향으로 거동하는 경향이 있기 때문에 공기갇힘 현상에 민감하다.

해석에 사용된 체적탄성계수는 선행연구[2]에서 실험결과로부터 측정된 공기갇힘의 크기를 다양한 범위의 체적탄성계수를 적용하여 예측된 값을 사용하였다.

금형에 에어홀이 있는 최종형상과 에어홀이 없는 최종형상을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 3에서

1. 한호산업

2. ㈜엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

는 공기간힘 조건을 적용하지 않은 상태에서의 유한요소해석 결과와 공기간힘 조건을 적용한 유한요소해석 결과를 비교하였다.

Fig. 3(a)의 공기간힘 조건을 적용한 해석에서는 Fig. 2(b)의 좌측 “x” 영역에 미충진 결함이 발생하였고, Fig. 3(b)의 공기간힘 조건을 적용하지 않은 해석에서는 Fig. 2(b)의 우측 “x” 영역과 같이 미충진이 발생하지 않았다. 두 경우 모두 실험과 해석이 매우 흡사한 결과를 나타내고 있다.

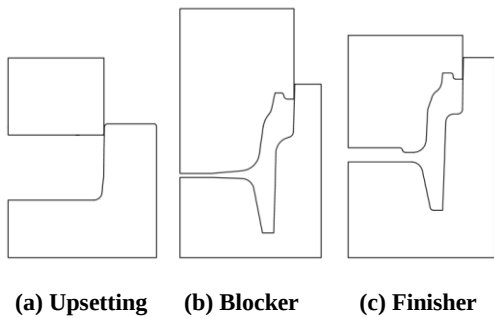


Fig. 1 Process design

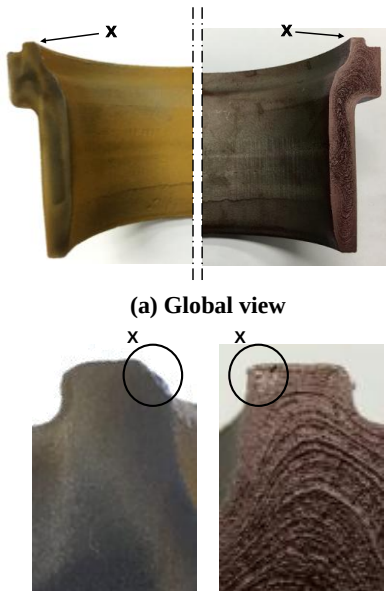


Fig. 2 Comparison of experiment with(right) and without(left) air hole

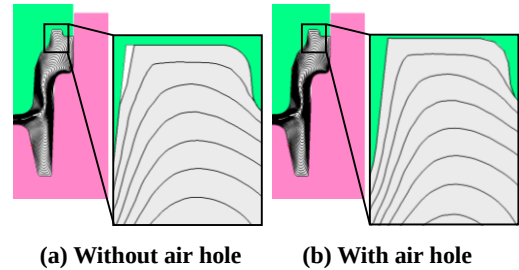


Fig. 3 Comparison of the cases with and without air hole

3. 결 론

본 논문에서는 유한요소법을 이용한 공기간힘 현상을 고려한 기어블랭크 열간단조 공정의 해석 기법이 제시되었으며, 기어블랭크 열간단조 공정 중 발생한 미충진 결함의 발생 원인의 규명 목적에 적용되었다.

이 접근방식은 AFDEX[3]로 수행되어졌으며 금형 모서리 근처에서의 미충진 결함의 이유를 밝히기 위해 기어블랭크 축대칭 열간단조 공정에 적용하였다. 타당성을 적용 예제의 실험결과와 해석결과의 비교를 통해 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. G. Eom, J. H. Chung, B. S. Kim, S. W. Lee, M. S. Joun, 2012, Finite Element Analysis of a Plate Forging Considering Air Pocketing Phenomena, 15th International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies, Australia
- [2] B. S. Kim, J. H. Chung, S. W. Lee, J. G. Eom, M. S. Joun, 2014, Int. J. Material and Product Technology, Vol. 48, No. 1/2/3/4, pp. 205-216.
- [3] M. S. Joun, M. C. Lee, J. G. Eom, 2011, Intelligent metal forming simulation, Proceedings of the ASME 2011 international Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2011, USA

볼조인트케이스 열간단조용 프리폼의 제조를 위한 크로스롤링 공정의 실용적 설계

하수진¹ · 엄재근² · 전만수[#]

Engineering design of a cross-wedge rolling process of hot-forging preform of a ball-joint case

S. J. Ha, J.G. Eom, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an engineering design of a preform of hot forging of two pieces of ball-joint case at single stroke is presented with emphasis on its effect on improved yield rate and decrease in forming load. A rigid-thermoviscoplastic finite element method is employed. A cross-wedge rolling process for the preform is proposed and its possibility is studied using the finite element method.

Key Words: Cross-wedge Rolling (크로스롤링), Ball-joint(볼조인트), Finite Element Method (유한요소법)

1. 서론

자동차 및 기계부품 산업의 경쟁력 향상을 위해 경량화, 고품질화, 생산성 향상 및 제조원가 절감을 위한 기술의 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 특히 복잡한 형상의 부품에 있어 성형성을 높여면서도 재료회수율을 향상시키기 위한 공정 설계가 단조 분야의 최대 화두이다. 형상이 복잡하고 체적변화가 큰 부품의 열간단조에 있어서 양산공정을 안정화시키기까지 일반적으로 수차례의 금형수정과 시제품 생산의 반복을 거치게 된다.

이러한 시행착오를 줄이고 소재의 유동 및 금형 내부 채움 정도, 성형하중, 재료 수율 등 원가와 직결되는 요소들을 사전에 점검하는 목적으로 단조 공정 시뮬레이션 기술의 사용이 일반화되었다. 그리고 해석기술은 설계기술과 연계되어 공정개발의 혁신을 선도하고 있다[1, 2, 3].

이 논문에서는 볼조인트케이스의 경제적 제조를 위한 프리폼을 제안하고 그 효과를 점검하고 이를 제조하기 위한 CWR 공정[4-7]에 관한 선행연구 결과를 소개한다.

2. 볼조인트케이스 열간단조 공정 해석 및 검증

연구대상 제품인 볼조인트케이스는 자동차 조향장치 핵심부품으로서 서스펜션과 바퀴너클부를 연결해 주는 관절 역할을 한다. 이것은 1150 °C로 가열된 S45C의 환봉을 열간단조한 후 냉간 사이징하여 생산된다. 볼조인트케이스는 한 번에 2개 또는 4 개가 동시에 생산되는 경우도 있다.

Fig. 1은 열간단조는 블로커 공정과 피니셔 공정을 거쳐 단 공정으로 생산된 두 개의 제품이다. 이

제품에서 보는 바와 같이 길이 방향으로 단면의 차이가 크고 소재의 반경이 최대 단면을 기준으로 결정되기 때문에 특히 중심 부분에서 단조덧살이 과도하게 큰 문제가 있다. 이것은 소재회수율(Fig. 1의 공정은 약 69%임)을 감소시키고 성형하중의 증가를 초래하여 공정의 경쟁력을 저하시키는 요인이 되고 있다.



(a) Initial material (b) Blocker (c) Finisher

Fig. 1 Conventional forging process of two ball-joint cases at single stroke

먼저 공정의 특징을 파악하고 사용된 소재 및 공정 정보의 타당성을 검증하기 위하여 유한요소해석을 실시하였다. 공정해석에 사용된 조건은 다음과 같다.

- 초기 투입소재 직경: 34.0 mm, 길이 185.0 mm
- 마찰계수: 0.3 (Coulomb 마찰법칙)
- 프레스: 1350 톤 기계식 열간단조 프레스
- 유동응력: AFDEX의 S45C 재질

Fig. 2는 블로커 공정의 해석결과를 온도의 관점에서 나타난 것이다. 해석결과는 Fig. 1의 실험과 매우 유사하며, 공학적으로 유의미한 결과라고 사료된다.

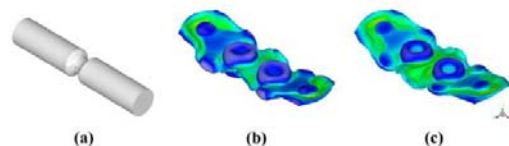


Fig. 2 Predictions of the conventional forging process
(a) Initial material (b) Blocker (c) Finisher

1. ㈜동양메탈

2. ㈜엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

3. 예비형상을 사용한 단조공정의 평가 및 제조 방안

Fig. 3(a)의 예비형상은 소재 수율을 약 6% 증가시킨 것으로 기존 공정과 동일한 직경의 소재를 사용하여 크로스웨지롤링 공법으로 제작한 것을 전제로 한 것이다. Fig. 4는 예비형상을 사용한 공정의 해석결과와 실험결과를 비교하고 있다.

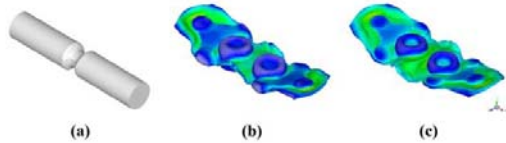
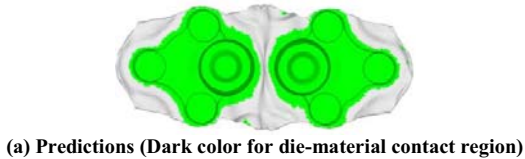


Fig. 3 Predictions of the new forging process
(a) Preform proposed (b) Blocker (c) Finisher



(b) Experiments

Fig. 4 Comparison of predictions with experiments of the new process

개선공정은 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 금형에 작용하는 최대응력도 최대 3800 MPa에서 2300 MPa로 떨어뜨리는 효과가 있다. 이것은 최대 성형하중이 1720톤에서 1150톤으로 감소한 것에 따른 것이다.

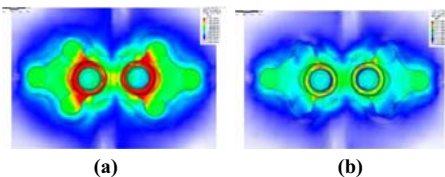


Fig. 5 Die stresses in non-isothermal analysis
(a) Conventional (maximum 3800 MPa)
(b) New (maximum 2300 MPa)

문제는 경제적으로 예비형상을 제조하는 기술이다. Fig. 6은 예비형상을 제조하기 위하여 제안한 크로스웨지롤링 공정의 해석결과이다. 이 공정은 어느 정도의 스트로크를 가진 단조기를 이용하는 것을 전제로 구성된 것이다. 이 그림에서 분포는 유형변형률을 의미한다.

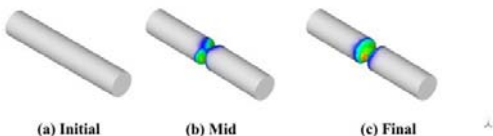


Fig. 6 Analysis results of preform process using cross-wedge

4. 결론

이 연구에서는 형상이 복잡하고 체적변화가 큰 볼 조인트케이스를 대상으로 일반적으로 프레스에서 행해지는 열간단조의 기본 공정의 한계에 머무르지 않고 엠셋팅 공정에 크로스웨지를 금형을 설계하여 효과적인 체적배분을 실현한 실용적 프리폼을 제조해 단조하였을 때 최적 공정 도출의 가능성을 AFDEX3D 시뮬레이션 해석을 통해 검증하였다.

실제 적용 과정에서 크로스웨지롤링 금형을 이용한 업세팅 공정의 실제 생산공정에서의 양산성 문제, 작업의 용이성 및 마찰 조건의 통제 등 현실화 과정에서 발생하는 문제의 해결이 필요하며, 생산성 저해 가능성 문제, 단조금형을 이용한 단순한 업세팅으로도 어느 정도의 성형하중과 응력의 감소효과는 가져올 수 있기 때문에 그에 비해 상대적으로 설계가 어렵고 조건이 까다로운 크로스웨지롤링 공정의 경제적 효율성이 있는가 하는 부분들은 향후 더 연구되어야 할 부분이다.

참고 문헌

- [1] S. H. Yeom, J. H. Lee, H. G. Woo, 2007, A Study on the Optimal Preform Shape Design using FEM and Genetic Algorithm in Hot Forging, Trans. of the Kor. Society of Mech. Tool Eng., Vol. 16 No.4, pp. 29 ~ 35.
- [2] M. C. Kim, H. G. Kim, W. T. Kim S. H. Joung, 2016, A Study on Optimization of Die Shape Parameters of a Forging Process Using AFDEX and HyperStudy, 2016, Trans. Mater. Process, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.108-109
- [3] I. S. Kim, A Study on the shape Design of the Forward Forming Region in Cross Rolling of Multi - Step Shaft, 1999, Trans. Mater. Process, Vol 8 No.2, pp. 178~187.
- [4] G. Fang, L. P. Lei, P. Zeng, 2002, "Three-dimensional rigid-plastic finite element simulation for the two-roll cross-wedge rolling process", J. Mater. Process. Technol., Vol. 129, pp. 245-249.
- [5] J. Bartnicki and Z. Pater, 2004, "The aspects of stability in cross-wedge rolling processes of hollowed shafts", J. Mat. Proc. Tech., Vol. 155-156, pp. 1867-1873.
- [6] M. Wang, X. Li, F. Du and Y. Zheng, 2005, "A coupled thermal-mechanical and microstructural simulation of the cross wedge rolling process and experimental verification", Mat. Sci. and Eng. A, Vol.391, pp.305-312.
- [7] M. C. Lee, J. H. Cho, J. H. Park, M. S. Joun, 2008, Finite Element Simulation of a Cross-Wedge Rolling Process Considering Detailed Geometry of Dies, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 252~255.

요크 자동다단 정밀냉간단조 공정의 스프링백 해석 및 검증

김민철¹ · 김광민² · 송하늘¹ · 황태민² · 정완진³ · 전만수[#]

Analysis of springback and its verification of an automatic multi-stage precision cold forging process of a yoke

M. C. Kim, K. M. Kim, H. N. Song, T. M. Hwang, W. J. Chung, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an automatic multi-stage precision cold forging process of a yoke is simulated with emphasis on springback analysis using an elastoplastic finite element method. The unloading process is simulated to reflect real situation in analyzing the springback. The distance between two ears is measured at the final stroke and it is compared with experiments, revealing that they are in a good quantitative agreement.

Key Words : Spring back(스프링 백), Elastoplastic FEA(탄소성 유한요소해석)

1. 서론

스프링백 및 금형의 변형은 무절삭 단조 및 정밀단조에 최대한 걸림돌이 되고 있다. 대부분의 단조품은 약간의 절삭을 불가피하게 요구하기 때문에 일반적인 단조품에서 이러한 요소들을 크게 고려하지 않아도 크게 문제될 것이 없다. 그러나 요크와 같이 정밀성형을 요구하면서 가치를 가진 부품이거나 판단조품의 단조에서 스프링백의 영향은 결코 무시할 수 없다.

요크는 스템(stem)과 두 귀(ear)부로 이루어져 있다. 귀부는 동일 위치의 소재가 분리되어 성형되고, 최종단계에서 귀부에 단을 성형하기 때문에 스프링백에 노출되어 있으며, 정치수에서 벗어나면, 후가공으로 개선하기가 용이하지 않다. 따라서 스프링백을 고려한 공정설계를 통하여 형상공차 조건을 만족시켜야 한다.

이 연구에서는 탄소성 유한요소법[1]을 이용하여 스프링백량을 예측하여 실험과 비교한다.

2. 본론

Fig. 1은 이 연구에서 해석 대상으로 하는 요

크를 나타내고 있다. 이 제품은 6단의 자동 냉간단조공정에 의하여 생산된 것이다. 이 공정의 탄소성 유한요소해석 조건은 다음과 같다.



Fig. 1 Yoke to be studied, cold forged.

- 소재의 유동응력: $\bar{\sigma} = 741.5\bar{\epsilon}^{0.135}$ MPa
- 소재의 탄성계수 및 포아송비:
 $E = 210$ GPa, $\nu = 0.3$
- 마찰조건: $\mu = 0.025$
- 속도: -1.0 mm/s 의 등속으로 간주함
- 요소망: 90000개 내외의 사면체 요소망
- 금형: 강체

Fig. 2는 펀치의 복귀 과정을 포함한 마지막 공정의 탄소성 유한요소해석 결과를 나타내고 있다. 이 그림에서 표시되어 있는 바와 같이 스프링백에 의하여 귀부의 두 점 간의 거리 변화가 0.58 mm로 나타났다. 이것은 실측치 0.5 mm에 근접한 것으로 실험치 대비16%의 오차를 기록하였다.

1. 경상대학교 기계공학과 일반대학원
2. ㈜성진포머
3. 서울과학기술대학교 자동설계금형공학과
교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

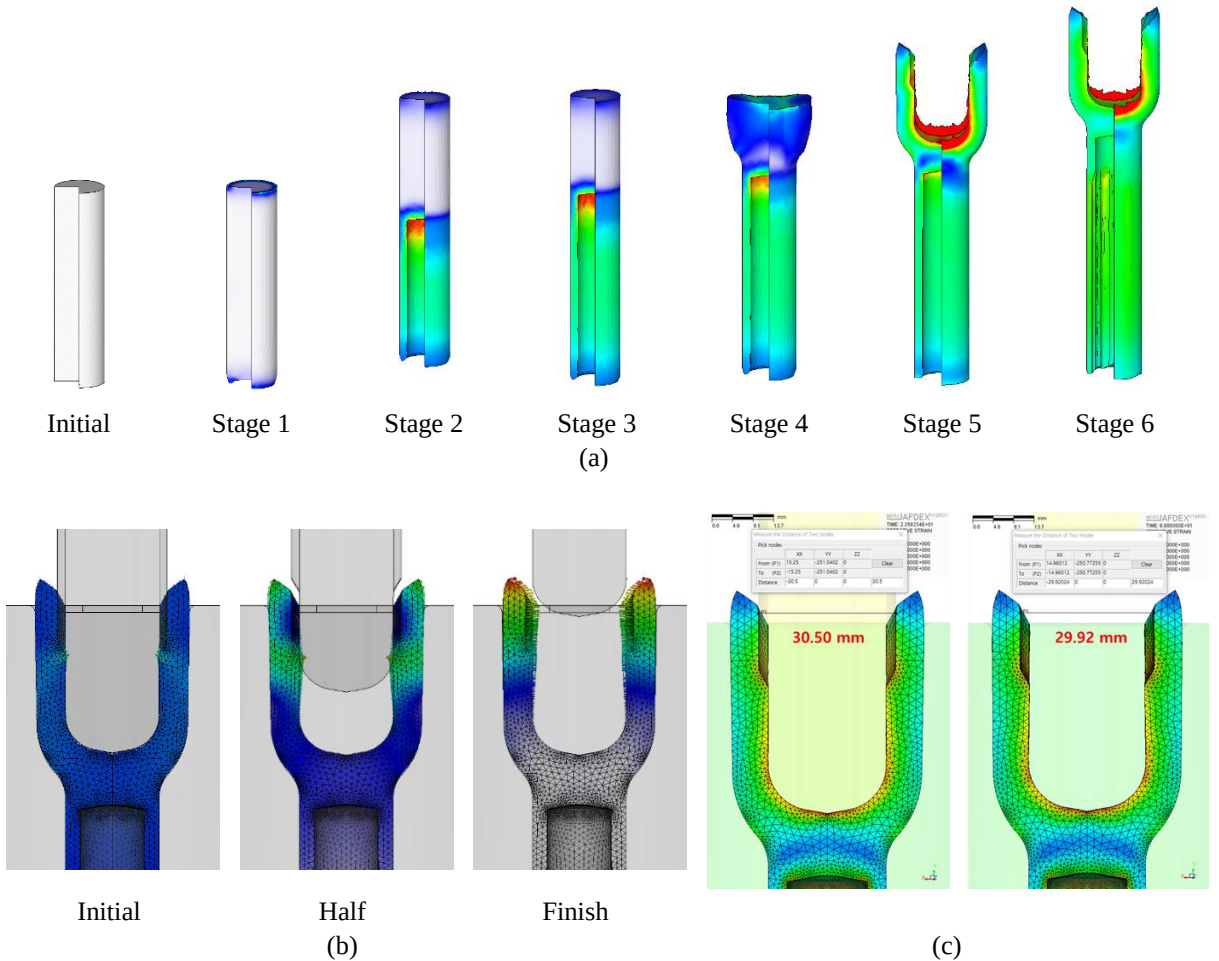


Fig. 2 Elastoplastic finite element predictions : (a) Whole process, (b) Punch returning process in Stage 5 (nodal velocity), (c) Measurement of distances between measuring points at ears before and after the punch returning process

3. 결론

양 귀부의 변위에 대한 예측결과와 실험결과와는 약 16%의 차이를 보였다. 이것은 예측결과가 정밀단조 공정설계에서 요구하는 충분한 정도의 의미를 가진 것을 의미한다.

후기

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] W. J. Chung, M. S. Joun, 2013, Elastoplastic module of AFDEX 2D, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 57~60.

단조 후 소재 절삭에 따른 탄성회복 변형의 유한요소예측

전만수^{1#} · 정완진² · 정승원³

Finite element prediction of deformation of material due to springback after material removal of a forging

M. S. Joun, W. J. Chung, S. W. Jeong

Abstract

In this paper, finite element prediction of deformation of material due to springback after material removal of an axis-symmetric forging fabricated at the room temperature is conducted. An elastoplastic finite element method is employed considering die plastic deformation. The predictions of springback analysis conducted after the final stroke of an axis-symmetric cold forging process containing residual stresses are utilized to be mapped onto the final material after the material removal.

Key Words : Springback(스프링백), Axi-symmetric Cold Forging(축대칭 냉간단조), Material Removal(절삭)

1. 서 론

단조품의 절삭에 따른 변형의 예측은 매우 중요한 문제이다. 그러나 실제 절삭 또는 인위적 잔류응력의 제거에 따른 제품의 변형을 예측하는 것은 단순한 문제가 아니다. 물론 연속적인 절삭 과정에서 발생하는 점진적인 스프링백을 고려한다면, 그 난이도는 훨씬 높아진다. 잔류응력을 비롯한 상태변수를 사상하는 과정에서 다소의 오류가 개입될 수밖에 없고, 특히 단조 시 물레이션 중에서 불가피한 요소망재구성에 의한 상태변수, 특히 탄소성 관련 변수들의 인위적 변화는 해석 결과의 정확도를 크게 떨어뜨리는 요인이다.

최근 Lee 등[1]은 단순한 업세팅 공정을 대상으로 스프링 백의 영향을 변위의 발생 및 잔류응력의 변화 등으로 가시화함으로써 접근방법을 확립하였다. 이 논문에서는 단조 이후 소재의 제거로 발생하는 가공품의 치수변화를 예측하고

그 결과를 실험결과와 비교함으로써 접근방법의 타당성을 조사한다.

2. 공정의 유한요소해석

Fig. 1 (a)는 연구 대상 공정의 형상을 나타내고 있다. 재료는 SCM420H이며, 단조 목적으로 충분히 풀림처리되었다. 소재는 탄소성의 변형 특성을 따르고 금형은 탄성체로 간주하였다. 따라서 소재-금형 연계해석이 이루어졌다.

단조 이후의 절삭공정은 순간적으로 이루어지는 것으로 간주하였다. 실제 이 가정에 가깝도록 하기 위하여 절삭 과정 그 자체에 영향을 작게 받는 부위의 각도 변화를 측정하였다. 즉, Fig. 1 (b)에 표시된 모서리 각도 θ 가 예측 및 실험과의 비교 대상이다. Fig. 1 (b)에서 소재를 제거하는 방식을 개념적으로 설명하고 있다. 즉, 종료 시점에서 박스에 의하여 정의된 소재 제거 영역에 속하는 모든 절점을 삭제하였다.

소재의 물성치는 인장시험으로부터 구하였다. 소재의 탄성계수와 포아송 비를 각각 200 GPa와 0.29로 간주하였고, 금형의 재료는 SKD11이며, 탄성계수와 포아송 비가 각각 200 GPa와 0.3이다.

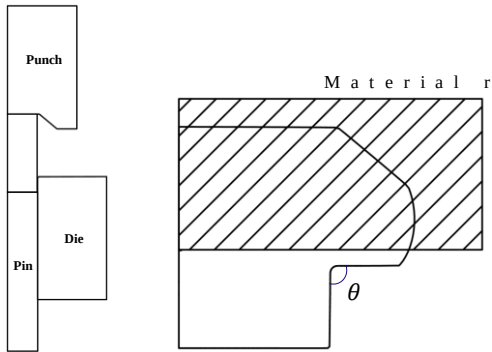
1. 경상대학교 기계항공공학부/㈜에프알씨

2. 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과

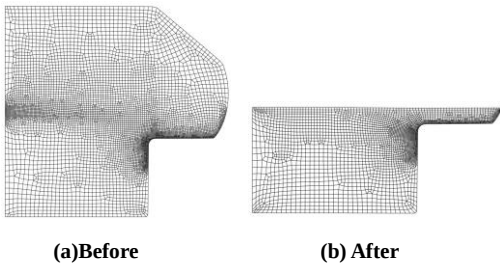
3. ㈜에프알씨

교신저자: 경성대학교 기계항공공학부/㈜에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr



(a) Process design (b) Concept of material removal
Fig. 1 Process definition.



(a) Before (b) After
Fig. 2 Finite element mesh system at the final stroke

Fig. 2(a)와 2(b)는 각각 절삭 직전과 직후의 요소망을 나타낸다.

Fig. 3은 절삭 직전의 유효응력의 상태를 나타낸다. 단조공정의 탄소성 유한요소해석을 실시한 이후에 탄성회복을 해석한 결과이다. 탄성회복에 의한 최대 잔류응력은 847.2 MPa이며, 이것은 절삭공정에 의한 형상변화를 초래한다. 탄성회복 해석 과정에서 발생하는 모서리 부의 각도 θ 의 변화는 약 0.006° 로 절삭공정에 기인하는 각도 변화에 비하여 무시 가능하다.

Fig. 4는 절삭공정에 따른 탄성회복의 해석결과이다. 이 그림에서 보는 바와 같이, 절삭선에서 멀리 떨어진 영역의 잔류응력은 이전과 크게 차이가 없는 반면, 절삭선 주위에서는 비교적 큰 차이가 발생한다. 물론 절삭과 무관한 영역에서의 잔류응력 변화는 요소망재구성에 따른 순화현상으로 불가피하다. 이 해석을 통하여 예측된 측정 대상의 모서리 부위의 각도 변화는 0.14° 이다. 이것은 실험치 0.18° 에 근접한 값이다.

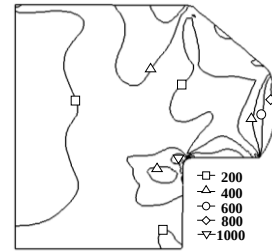
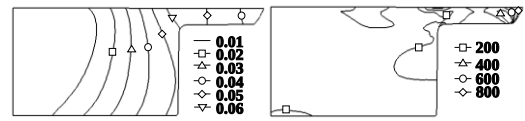


Fig. 3 Residual effective stress due to springback after



(a) Displacement (mm) (b) Residual effective stress (MPa)
Fig. 4 Finite element predictions of material removal process

3. 결 론

이 논문에서는 단조 후 절삭공정 중에 발생하는 스프링백에 의한 잔류응력의 변화와 제품의 형상치수 변화를 예측하고 그 결과를 실험치와 비교하는 전 과정을 제시하였다. 탄소성 유한요소법 및 소재-금형 변형 연계해석 기법을 사용하였으며, 절삭공정은 재료의 순간적 제거로 처리하였다.

시험공정에서 절삭의 영향이 비교적 작을 것으로 예상되는 모서리 각도의 변화에 대한 예측치와 실험치를 비교한 결과, 예측치가 실험치에 비하여 약 25% 작게 나타났다.

후 기

이 논문은 2014년 중소기업청의 혁신기술개발사업 (S2227273) 및 2014년도 경상대학교 연구년제연구교수 연구지원비에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Y. S. Lee, W. J. Chung, M. S. Joun, 2015, Analysis of change of residual stress and shape of an axisymmetric forging due to turning, Proc. Kor. Manu. Eng. Conf., pp. 98.

비축대칭 제품의 냉간단조에서 원형구멍 성형 시 진원도에 관한 연구

김광민¹ · 김민철² · 정석환², 황태민¹, 전만수[#]

Study on roundness of cylindrical hole formed by non-axi-symmetric cold forging

K. M. Kim, M. C. Kim, S. H. Chung, T. M. Hwang, M. S. Joun

Abstract

In this paper, causes of formation of elliptical cross-section in the cylindrical hole cold formed or backwardly extruded by cylindrical punch with round cross-section are presented. An automatic multi-stage cold forging process of pinch-yoke is simulated to reveal the reason of formation of elliptical cross-section. The predictions are compared with experiments. It has shown that backward extrusion for a round hole onto the material with non-axi-symmetric cross-section including rectangle is exposed to formation of elliptical cross-section because of non-uniform deformation due to the incompressibility.

Key Words : Roundness (진원도), Cylindrical Hole (원형 구멍), Non-Axi-Symmetry(비축대칭)

1. 서론

냉간단조 중 비대칭 단면에 원형의 구멍을 피어싱할 경우, 진원도를 맞추는데 어려움이 따른다. 정밀단조에서 진원도 불량은 추가적인 절삭 가공을 필요로 하므로 제조원가의 증가를 초래한다. 따라서 타원 또는 비진원이 만들어지는 메커니즘의 이해는 매우 중요하다. 진원도를 고려한 단조에 관한 다수의 연구 사례[1]가 있으나, 이 연구와 중복되지 않는다.

이 연구에서는 핀치요크의 자동다단 냉간단조에서 발생한 진원도의 형상공차 오류에 관하여 유한요소해석을 실시하고, 그 원인을 밝히는데 있다.

2. 유한요소해석 및 검증

Fig. 1 은 이 연구에서 해석 대상으로 하는 핀치 요크이다. 이 단조품은 내경 성형 공정에서 요구된 형상공차를 만족시키는 것을 목표로 하고 있다. 시행착오법에 의존하여 이 제품의 냉간단조 개발 과정에서 발생한 다수의 공정 개발 실패 사례가 구멍의 진원도 결

함으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 타원의 형성 이유를 밝히고, 그 대책을 제안하고자 한다.



Fig. 1 Cold forged pinch yoke to be studied

핀치요크의 제조공정에서 진원도에 직접적인 영향을 미치는 것은 제 4단이다. 따라서 이 논문에서는 제4단까지의 결과를 소개한다.

Fig. 2 는 핀치요크 단조공정에 대한 탄소성 유한요소해석 결과이다. 이 결과를 얻는데 사용된 조건은 Fig. 1 의 제품을 생산한 실제의 단조 조건과 동일하도록 하였다.

제4단의 결과에서 아랫부분의 단면은 타원과 유사하게 나타났으며, 장축과 단축의 비가 약 1.03으로 나타났다. 이것은 실험치 1.038과 정성적으로 일치하고 있다. 정량적으로도 유의한 결과이다.

1. ㈜성진포머

2. ㈜엠피알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

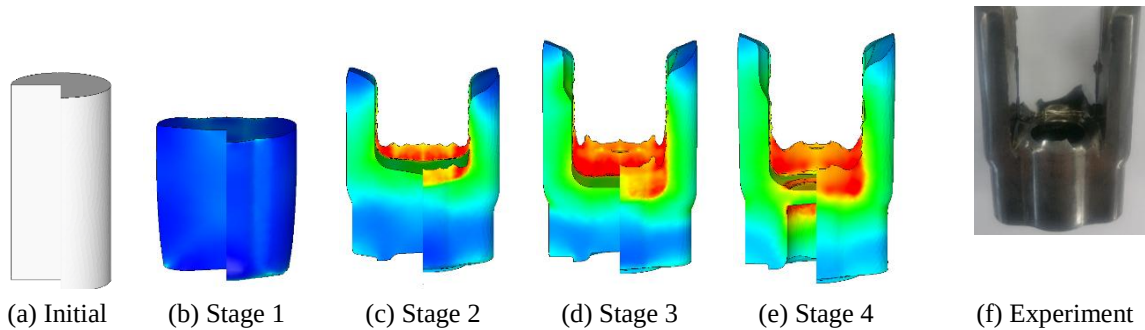


Fig. 2 Predictions of the pinch yoke process and experiment

이상적인 공정에서는 펀치의 하강에 따라 단면이 유지된 상태로 성형이 이루어지는 것이다. 이 경우에는 피어싱 방향의 변형률속도 성분이 모두 동일해야 한다. 만약 성형 깊이가 작거나 중심에 구멍이 나 있을 경우에는 이 조건은 쉽게 충족될 수 있다. 그러나 깊이가 깊은 중심축의 피어싱 또는 후방압출에서는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 소재의 표면과 금형의 접촉으로 인하여 법선방향으로의 유동이 제한되므로 동일한 소재의 유동에 따른 성형 방향의 변형률 증분은 상이할 수밖에 없다.

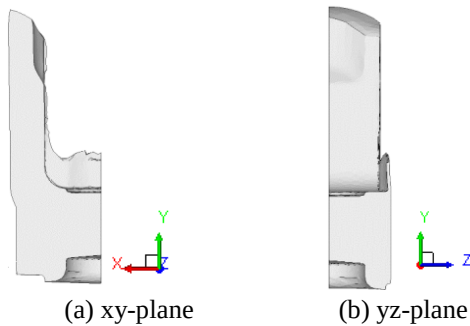


Fig. 3 Deformation on planes of symmetry

만약 소재의 외곽이 모두 금형에 접촉하고 있다면, 이상적인 유동 조건을 유지하기 위하여 함몰된 소재가 성형 방향으로 동일한 속도로 유동해야 하지만, 반경방향의 소재 두께가 다르므로 인하여 이러한 유동은 일어날 수가 없다. 즉, 반경방향의 소재의 두께가 작은 부위에서 성형 방향의 법선변형률속도의 증가는 주변의 소재에 의하여 저지되고 대칭면에 수직한 법선변형률의 증가를 초래한다.

이것은 타원도를 증가시키는 직접적인 원인이 된다. 따라서 반경방향의 두께가 작은 경우에는 반경방향의 변형률속도 증가가 억제되도록 소재와 금형 간의 공간을 상대적으로 크게 만들어주어야 한다. 그 양은 경험적으로 결정된 값으로부터 시작하여 단조 시뮬레이션을 통하여 최적화할 수가 있다.

3. 결론

이 연구에서는 외곽선이 비축대칭인 소재의 원형 구멍 피어싱에서 발생하는 타원 형상의 결함의 발생 원인과 그 대책에 관하여 연구하였다.

단면의 외곽선이 원인 펀치로 비축대칭의 단면을 피어싱할 때, 고려해야 할 점은 부위별 변형률속도의 분포이다. 직교하는 세 방향의 법선변형률속도 성분의 합은 0이 되어야 하며, 대칭면에 수직한 법선 변형률속도 성분이 0이 되도록 외곽선의 접촉조건을 최적 설계해야 한다.

후기

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] K. Tamura, M. Akiyama, J. Tajima, 2005, Optimization of anvil design for ensuring dimensional precision of forged round billet without forging defects by three-dimensional rigid-plastic finite element analysis, J. Mech. Eng. Sci., Vol. 219, pp. 461~475.

DC casting 및 EMS 공정으로 제조된 과공정 Al-15wt.%Si 합금의 미세조직 및 마모 거동

강연지¹ · 허준영¹ · 김종호² · 황종일³ · 이기안^{1#}

Study on Microstructure and Wear Property of Hyper-eutectic Al-15wt.%Si alloy manufactured by DC casting and EMS processes

Y. J. Kang, J. Y. Heo, J. H. Kim, J. I. Hwang, K. A. Lee

Abstract

본 연구에서는 DC(direct chill) Casting 및 EMS(electromagnetic stirrer) 공정으로 제조된 과공정 Al-Si 합금의 미세조직 및 마모 거동을 조사하였다. 상기 두 소재의 XRD 및 EPMA 상 분석 결과에서 Al 기지에 Si, Al₆(Mn,Fe), Mg₂Si, Al₂Cu 상들이 분석되었다. 미세조직 관찰결과 DC 소재에서 약 84.6 μ m 수준의 조대한 초정 Si상의 존재를 확인하였으며, 결정립의 크기는 18.5 μ m로 측정되었다. 반면 EMS 소재에서는 초정 Si상의 크기가 32.9 μ m, 결정립 크기가 13.7 μ m로 EMS 공정에 따라 초정 Si상의 크기와 결정립 크기가 상당히 감소한 결과를 확인하였다. 마모시험은 Pin-on disc 장비를 이용하여 wet 조건으로 3, 4, 6kgf, 1h 수행하였다. 일반적으로 과공정 Al-Si 합금의 내마모 특성은 초정 Si상의 크기, 형상 및 분포에 큰 영향을 받는다고 알려져 있다. 그에 따라 본 연구에서는 상기 미세조직적 특성을 바탕으로 과공정 Al-Si 합금의 내마모 특성에 미치는 초정 Si상의 크기, 형상 및 분포의 영향을 알아보려고 하였다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

Key Words : Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, Wear property, Pin on disk test

1. 서론

최근 자동차나 항공기 등 운송수단의 연비 절감, 환경보호 차원에서의 기구의 경량화가 요구되고 있다. 과공정 Al-Si계 합금은 비중이 주철의 약 1/3에 해당하는 2.6g/cc로 경금속인 알루미늄에 가벼운 반금속 원소인 Si이 12.6% 이상 첨가된 경량합금이다. 그러므로 우수한 경량성을 지니면서도 높은 성형성과 낮은 열팽창성, 높은 부식저항성을 가지며, Al기지에 공정 및 초정 Si상이 균일하게 분포함으로써 뛰어난 경도와 내마모 특성을 지닌다고 알려져 있다.[1] 특히 Si 원소의 함량이 증가할수록 합금의 내마모 특성이 향상된다고 보고되고 있으며[1-2], J. W. Yeh et al.에서는 압출비에 따라 초정 Si상이 제어되고 기계적 특성 또한 향상된다고 밝혔다.[3] 본 연구에서는 DC casting과 EMS process로 제조된 과공정 Al-Si 합금의 미세조직에 기반한 마모 거동을 해석하고자 하였으며, 초정 Si상의 크기에 따라 내마모 특성이 달라지는 원리를 규명하였다.

2. 실험방법

내마모 특성은 Pin-on disk tester를 사용하여 평가하였으며, STD11 steel을 pin 소재로 채택하였다. 마모 시험은 각 합금에 대해 3kgf, 4kgf, 6kgf 하중에서 0.5m/s 속도로 1시간 동안 wet 조건에서 수행하였다.

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 포항산업과학연구원, RIST

3. LMS(주)

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

3. 결과 및 고찰

두 합금 내 존재하는 미세조직들의 대략적인 형상, 크기, 분포를 알아보기 위해 OM 관찰을 수행하였으며, Fig.1에 나타내었다. DC 소재 내 분포하는 미세상들의 크기는 초정 Si상이 84.6 μm , 공정 Si상이 4.34 μm , 결정립은 13.7 μm 로 측정되었다. 반면 EMS 공정으로 제조된 합금의 경우 초정Si상의 크기가 32.9 μm 로 약 2.5배 감소하였으며 공정 Si상과 결정립 크기도 각각 3.78 μm , 13.7 μm 로 DC 소재보다 현격하게 감소한 결과를 확인하였다.

두 합금의 내마모 특성 비교를 위해 pin on disk 시험을 시행하였으며, 그 결과를 Fig.2에 도시

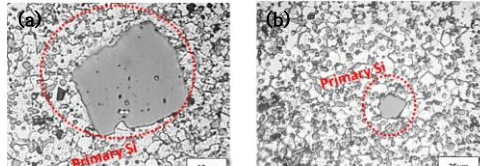


Figure 1. Microstructure of Hyper-eutectic Al-Si alloy manufactured by (a)DC casting, (b)EMS

하였다. 과공정 Al-Si 합금은 모두 현재 자동차 엔진 부품에 적용되고 있는 상용 주철 소재에 비해 우수한 wear loss 값을 나타냈으며 3kgf와 4kgf에서는 마모량이 거의 나타나지 않았다. 과공정 Al-Si 합금의 마모량은 6kgf 하중에서부터 발생하기 시작하였는데 EMS 소재의 경우 마모량의 증가가 미미한 반면 초정 Si상의 크기가 조대했던 DC 소재의 마모량이 6kgf 하중에서 급격히 증가하였다.

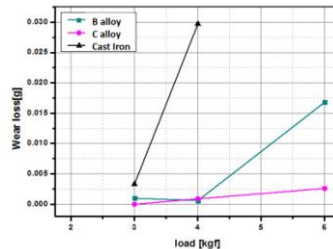


Figure 2. wear loss value against increasing load of cast iron, DC alloy and EMS alloy

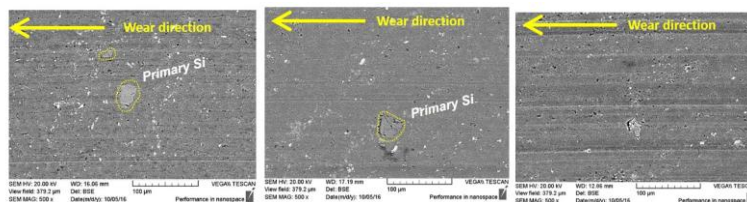


Figure 3. worn out surface of EMS alloy

4. 결론

본 연구에서는 과공정 Al-Si 합금 내 미세조직과 내마모 특성에 미치는 EMS 공정의 영향에 대해 조사하였으며, 내마모 특성은 초정 Si상의 크기에 크게 영향을 받는 것으로 분석되었다.

참고문헌

- [1]S. Tomida, K. Nkata, S. Shibata, I. Zenkouji, S. Saji, 2003, Improvement in wear resistance of hyper-eutectic Al-Si cast alloy by laser surface remelting, Surf. Coat. Tech., Vol. 169~170, pp.468~471
- [2]F. U. Ozioko, 2012, Synthesis and study on effect of parameters on dry sliding wear characteristics of Al-Si alloys, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Vol. 20, pp.39~48
- [3]J. W. Yeh, S. Y. Yuan, C. H. Peng, 1998, A reciprocating extrusion process for producing hypereutectic Al-20wt.%Si wrought alloys, Mat. Sci. Eng. A, Vol.252, No. 2, pp. 212~221

알루미늄 롤-포밍 공정에서 발생하는 지그재그형상 균열에 대한 고찰

이상교¹ · 이종섭¹ · 최석우^{1#} · 김근호² · 김용배¹

A study on occurring zig-zag shape crack during aluminum roll-forming process

S. Lee¹, J. Lee¹, S. Choi^{1#}, G. Kim², Y.B. Kim¹

Abstract

The objective of this paper is to investigate zig-zag shape crack occurred in cold roll forming process of aluminum 7075-T6 sheets. In automotive industry, the use of aluminum alloys is increasing for lightweight. Especially T6 aged aluminum 7075 has good specific strength but poor formability. So various ways are being considered in forming of Aluminum 7075 T6 currently. But the best way economically is cold forming. In this study W shape bumper beam was cold formed by 20 stages roll forming process practically. And the numerical analyses were conducted by commercial finite element code, LS-DYNA. The zig-zag cracks were observed during forming process. The cause of zig-zag cracks and their propagation were explained with numerical analysis results.

Key Words : Cold roll forming process, Zig-zag shape crack, Aluminum 7075 T6 alloy, Finite element analysis

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜아산

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

경화거동에 따른 TRIP1180 강판의 스프링백 특성 분석

곽정환¹ · 장인제¹ · 강병욱¹ · 김용배¹ · 노우람¹ · 송정환^{1#} · 김세호² · 박두현³ · 이정흙³ · 정철영³

Influence of Work Hardening Characteristics on Springback of the TRIP1180 Steel Sheet

J. H. Kwak, I. J. Jang, B. W. Kang, Y. B. Kim, W. Noh, J. H. Song, S. H. Kim, D. H. Park, J. H. Lee,
C. Y. Jung

Abstract

초고장력강의 프레스 성형 가공품의 형상 정밀도 향상을 위해 성형 공정 및 스프링백 현상을 유한요소 해석 방법으로 분석하였다. 프레스 성형 시 발생하는 굽힘/펴짐의 경화거동 특성 파악을 위해 인장압축 시험을 수행하고 바우싱거효과, 전이경화거동, 영구연화현상을 관찰하였다. 이러한 경화거동의 특성은 이동경화모델의 하나인 Yoshida-Uemori 모델을 해석 모델에 적용하였다. U 드로우 굽힘 시험을 수행 스프링백을 측정하고 해석 결과와 비교하여 해석 모델의 타당성을 검증하였다. 검증된 해석 모델을 사용해 실부품 성형공정 및 스프링백을 전산모사하고 시험결과 비교를 통하여 소재의 경화거동이 스프링백에 미치는 영향과 예측 한계를 정량적으로 분석하였다.

Key Words : Isotropic hardening, Kinematics hardening, Springback, Ultra high strength steel, Finite element analysis,

후 기

본 연구는 중소기업청 산연기술개발사업 과제의 결과로써 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 한국생산기술연구원
2. 대구대학교 기계공학부
3. ㈜대우공업

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

잔공크기에 따른 파이프 포밍 가공 경향성 분석

김민호¹ · 전재혁¹ · 문기태² · 서영진[#]

Tendency Analysis of the Pipe Forming Process according to the Size of the Drill Hole

M. H. Kim, J. H. Jeon, G. T. Moon, Y. Seo

Abstract

배관은 유체수송에 필수적인 역할을 하기 때문에 산업 전반에서 없어서는 안 되는 요소이다. 이러한 배관은 사용 목적에 따라 분기가 필요하다. 고전적인 분기 방식은 두 개의 배관을 U 자 형태로 가공 후 맞대기 용접을 하는 방식이다. 현재 흔히 사용되는 포밍 기술은 핀을 특수 제작하여 회전시켜 가며 끌어올리는 방식이다. 본 연구에서 사용되는 포밍 기법은 원뿔형의 지그를 드로잉하여 포밍시키는 방법으로 포밍 시간이 5 초 이내로 짧으며 포밍 지그의 단가 또한 저렴하기 때문에 큰 경제적 이익을 창출할 것이라고 예상되어지는 기술이다. 본 연구에서는 분기배관의 성형 과정 중 잔공 크기(펀칭 길이)가 분기배관 성형에 미치는 영향 및 경향성을 알아보기 위하여 유한요소법을 이용한 성형의 전산모사를 진행하였다.

Key Words : Forming, Pipe, Drill Hole, Forming Jig, Residual Stress

1. 서론

배관은 유체수송에 필수적인 역할을 하기 때문에 산업 전반에 걸쳐 없어서는 안 되는 요소이다. 이러한 배관은 사용 목적에 따라 분기가 필요하다. 본 연구에서 사용되는 포밍 기법은 파이프를 분기시킬 때 사용하는 소성 가공 방법 중 하나로 원뿔형의 지그를 드로잉하여 포밍시키는 방법이다. 본 연구에서는 포밍 가공 시 분기배관의 성형 과정 중 잔공 크기(펀칭 길이)가 분기배관 성형에 미치는 영향 및 경향성을 알아보기 위하여 유한요소법을 이용한 성형의 전산모사를 진행하였다.

복조건을 사용하였으며, 해석의 지배 방정식은 다음과 같다.

$$[K^{ep}]\{\Delta U\} = \{\Delta F\}$$

해석은 분기면의 크기에 따라 65A, 80A 두 가지 규격의 파이프 해석으로 이루어지며, 잔공 길이 L을 변수로 두어 5개씩 총 10가지 해석을 진행하였다. 해석에 사용된 3D CAD는 CATIA V5를 이용하였으며, DEFORM을 사용하여 해석을 진행하였다. 이때, 타당성 확인 후 1/4모델을 사용하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 재료는 AISI 304 Stainless Steel이다. 항복조건은 Von Mises 항

3. 결과 및 고찰

잔공 길이에 따른 z방향 하중 분석 결과, 드로잉 작업 시 8 ton 이상이면 분기관 성형에 문제가 없는 것으로 판단되었다. 잔류응력의 경우, 잔공 길이가 길어질수록 배관 둘레의 잔류응력이 낮아지는 것을 확인할

1. (재)한국화학융합시험연구원

2. 금성볼트공업㈜

교신저자: 국립금오공과대학교, E-mail: yjseo@kumoh.ac.kr

수 있었으며, 잔공길이가 길어질수록 분기부의 높이가 줄어드는 경향이 있음을 알 수 있었다.

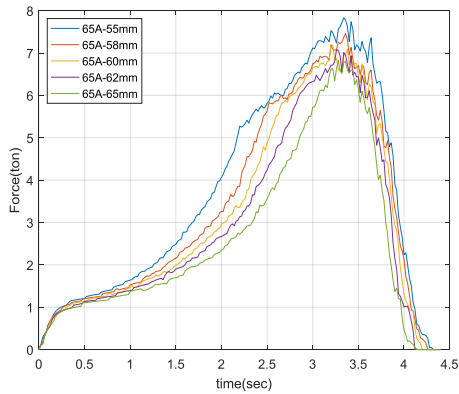


Fig.1 위치에 따른 잔류응력(65A)

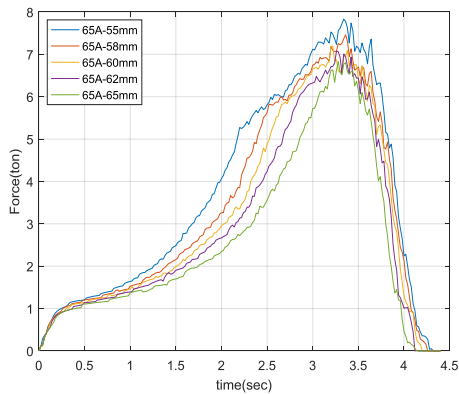


Fig.2 위치에 따른 잔류응력(65A)

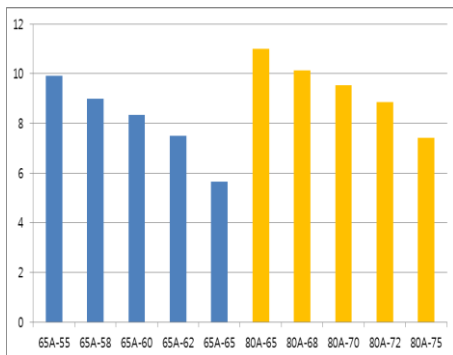


Fig.4 잔공 길이에 따른 분기 높이

4. 결론

두 종류의 분기배관에 대하여 각각 다섯 가지 잔공 길이에 따라 총 10가지 케이스에 대한 성형해석을 진행하였다. 해석 결과, 지그에 걸리는 하중은 7 ~ 8 ton으로 8 ton 이상의 포밍 머신이 있다면 성형에 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 잔공 길이가 늘어남에 따라 포밍 후 분기부 1.5 mm에서의 잔류응력 분포가 낮아지는 것을 확인하였다. 잔류응력이 낮을수록 좋다고 판단되나 잔공 길이가 늘어나면 분기부 높이가 줄어들기 때문에 적정 길이의 잔공 길이를 선택하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Sung-Ho Lee, Hei-Song Kim. (2008). A study on the safety of TBP(150A) with forming analysis and strength test. *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 32, No. 7, pp. 610-616
2. Engineering Plasticity Theory and Application to Metal Forming Process, R.A.C Slater, The Macmillan Press LTD, pp.149-150

복합형 34ton급 주행디바이스 구조설계 및 강도해석

배선민¹ · 김병철² · 김동환[#]

Structural Design and Strength Analysis of 34ton-class Composite Driving Device

S. M. Bae¹, B. C. Kim², D. H. Kim[#]

Abstract

현재, 대형 굴삭기 등 일반 굴삭기를 이용해 광산 작업 및 가파른 경사에서 작업 시 제동력 및 토크(출력)가 부족하여 크롤러 밀림현상이 발생한다. 이러한 문제점을 개선하고자 광산 및 가파른 경사로 작업을 위한 감압장치를 이용해 경사로 및 산업용 모두 사용 가능한 주행디바이스를 개발하고자 한다. 기존 주행디바이스에 비해 경사로 작업 시 불필요한 속도를 감소하면서 토크(출력)를 이용해 경사에서 미끄러짐을 방지하며 제동력 또한 높여 광산 및 경사로 작업에 효율적이며 안전성 또한 향상시키고자 한다. 본 연구에서는 앞서 산업용 및 광산작업에 모두 사용이 가능한 주행 디바이스 개발을 위한 각 부품의 구조설계 및 강도해석을 수행하여 안정성을 평가하였다. 연구 방법으로는 주행디바이스의 유로부 및 토크전달부 등의 각 주요 부품을 설계하였으며, 최대 사용 압력 및 출력에 대한 부품들의 구조강도해석을 통해 안정성을 평가하였다.

Key Words : Excavator, Driving Device, Strength Analysis, Structural Design, FE-simulation

1. 경상대학교 재료공정융합공학과

2. 경상대학교 재료공정융합공학과

교신저자: 한국국제대학교 항공부품공학과, E-mail: dhkim@iuk.ac.kr

일축인장 시 3차원 미세조직에 기반한 이종합금 용접부의 소성 불균일 변형거동 해석

박기성, Nabeel Jahanzeb, 최시훈

Ki-Seong Park, Nabeel Jahanzeb and Shi-Hoon Choi

Department of Printed Electronics Engineering, Sunchon National University, Suncheon, Jeonnam, 540-742, South Korea

Abstract

TIG(tungsten-inert gas) 용접한 페라이트계 SS400강과 오스테나이트계 316L 스테인리스 강의 이종합금 용접부(weld zone, WZ)내 발생하는 소성 불균일성(strain heterogeneity)에 미치는 미세조직의 영향을 이론적으로 이해하고자 하였다. 본 연구에서는 TIG 용접한 이종합금의 각 영역별 용접부, 열영향부(heat affected zone, HAZ) 및 모재(base metal, BM)의 비커스 경도(Vickers Hardness, H_V)와 항복강도, 가공경화계수 및 가공경화지수의 상관관계(Correlation)를 고려하여 일축인장 유한요소해석을 수행하였다. EBSD(electron back-scattered diffraction) 및 전계방사형주사현미경(FE-SEM)을 이용하여 이종합금 용접부의 두께 방향으로 연신된 주상정 조직(columnar structure)을 관찰하였다. DREAM3D 소프트웨어를 이용하여 주상정 조직의 형상(morphology) 및 결정학적 방위(crystallographic orientation)에 대한 통계적(statistical) 데이터를 추출하여 가상의(synthetic) 3차원 미세조직 및 각 결정립에 대한 3차원 요소(3-dimensional element)를 생성하였다. 결정학적 방위에 기초하여 얻어진 Taylor Factor 및 3차원 미세조직을 고려한 유한요소해석을 수행하여, 일축인장 시 용접부내 결정립들의 소성 불균일성을 모사 할 수 있었다.

Key Words : TIG welding, Strain heterogeneity, Columnar structure, Synthetic 3D microstructure, Taylor factor

순철의 미끄럼마멸 중 형성된 고경도 변형층과 변형층의 파괴 거동 분석

구본우¹ · 권혁우² · 김영규³ · 김용석[#]

Analysis of the high-hardness layer formed during the sliding wear of pure iron in an Ar atmosphere.

B. W. Gu, H. W. Kwon, Y. K. Kim, Y.-S. Kim

Abstract

During the sliding wear of a ferrous metal, a subsurface layer is formed, which has different properties from those of the original wearing metal. Since the wear occurs at the layer and material properties in the layer are different from the underlying body, it is important to understand how the wear rate varies with the character of the layer. Our previous work reported a subsurface layer with very high hardness in a pure iron specimen, which was sliding wear tested against an alumina ball in an Ar atmosphere. The character of the layer was observed to vary depending on sliding-wear test conditions and environmental conditions. However, the formation mechanism of the layer was not understood. This study was conducted to investigate the formation mechanism of the highly deformed, high-hardness layer in the pure iron under the Ar environment condition. Sliding wear tests of the pure iron were carried out in an Ar atmosphere at various sliding speeds and distances. After the sliding wear test, worn surfaces, debris and cross sections were analyzed by SEM and TEM. Wear rates of the specimens tested at different speeds and distances were analyzed considering the effects of the severely deformed subsurface layer with different thickness and distribution.

Key Words: Sliding wear, Pure iron, Counterpart, Subsurface layer, Environment

철강 재료의 미끄럼 마멸 특성에 미치는 미세조직의 영향은 일반적으로 그 기계적 특성 차이를 통해 나타난다[1]. 그러나 철강 재료의 미끄럼 마멸 중에는 마멸면 직하에 산화층, MML (Mechanically Mixed Layer), 소성변형층 등과 같이 초기 조직과는 매우 다른 특정한 층(이하 표층으로 표기함)이 형성된다. 이들 특정 표층들은 재료의 미끄럼 마멸속도의 변화를 단순한 기계적 특성으로 설명하기 어렵게 한다. 따라서 재료의 미끄럼 마멸 특성을 명확히 규명하기 위해서는 마멸 표층에 형성되는 특정 층의 형성 기구와 이들이 마멸에 미치는 영향을 이해하는 것이 매우 중요하다. 표층의 형성 기구에는 마멸 상대 재질, 시험 하중 그리고 미끄럼속도 등의 미끄럼마멸 시험조건과 습도, 온도, 그리고 gas 분위기 등의 시험 환경이 영향을 미친다 [2]. Gu 등은 순철의 미끄럼 마멸시험을 steel ball과 Al₂O₃ ball을 상대로 일반 대기 중과 Ar gas 분위기에서 행하고, 각 조건에서 형성된 표층의 차이를 보고하였다[3]. 보고된 연구에서 주목할 만한 결과는 Ar gas 분위기에서 Al₂O₃ ball 을 상대로 미끄럼 마멸된 순철 시편의 표층에 형성된 고경도 변형층이었으며, 이 층은 경도가 890 HV_{0.3}로, 하중 100 N, 미끄럼속도 0.1

Corresponding Author: Kookmin University
E-mail: ykim@kookmin.ac.kr

m/sec, 미끄럼 거리 300 m의 조건에서 70 μm 두께로 형성되었다. 본 연구에서는 선행연구에서 관찰된 고경도 변형층의 형성 기구와 이 층이 미끄럼마멸 거동에 미치는 영향을 좀 더 고찰하였다.

선행 연구와 동일하게 본 연구에서는 ferrite 단상조직을 갖는 순철을 사용하였다. 가공된 시편의 표면을 SiC 연마지로 연마한 후, 입도 3 μm 다이아몬드 suspension으로 polishing 하고, ball-on-plate 마멸시험기를 이용하여 상온에서 시험하였다. 마멸 상대재로는 세라믹 소재인 alumina ball을 사용하였고, 시험 하중은 100 N, 미끄럼 속도는 0.1 m/s 로 하였고, 미끄럼 거리를 변화시켜 미끄럼거리에 따른 표층의 변화를 비교 분석 하였다.

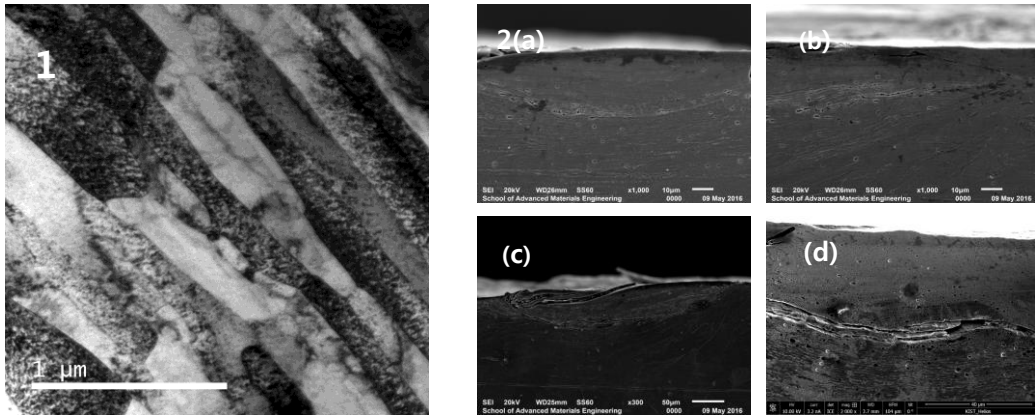


Fig. 1 TEM micrograph of the high hardness deformation layer.

Fig. 2 Cross sections of the tested specimens of different sliding distances: (a) 100 m, (b) 150 m, (c) 200 m, and (d) 300 m (applied load: 100 N, sliding speed: 0.1 m/sec).

그림 1은 70 μm 두께의 고경도 변형층 일부를 FIB를 이용하여 채취한 후, 그 조직을 TEM으로 관찰한 결과다. 이 층은 250 nm 크기의 결정립들로 이루어져 있음을 알 수 있고, 이 같은 미세조직은 강소성가공(SPD)된 조직과 매우 유사하다. 이 결과로 마멸면의 고경도변형층이 SPD 조직의 형성과 비슷하게 극심한 변형에 의해 형성 된 것을 알 수 있다. 그림 2는 미끄럼거리의 변화에 따른 순철 시편의 단면 조직의 변화를 보여주고있다. 미끄럼거리 100 m, 150 m 시편 단면(그림 2 (a), (b))에서 고경도 변형층의 두께는 40 μm 이고, 고경도 변형층과 일반 변형층 경계에 수많은 cavity들이 관찰 되고 있다. 그림 2(c)는 미끄럼 거리 200 m 시편 단면으로, 60 μm 두께의 변형층 내부와 일반 변형층과의 경계에서 균열이 관찰된다. 그림 2(d)는 미끄럼 거리 300 m 시편의 단면으로, 70 μm 두께의 고경도 변형층이 보인다. 그림 2 (d)에서는 고경도 변형층과 일반 변형층이 균열로 뚜렷이 경계 지어졌고, 균열면(crack surface)에서 수많은 cavity들이 관찰되었다. 이들 결과는 고경도 변형층의 내부 혹은 또는 일반 변형층과의 경계에 형성된 균열은 수많은 cavity에 의해 형성되고, 고경도 변형층의 파괴와 이에 수반된 마멸이 이 균열의 성장과 연관되어 있음을 나타낸다.

참고문헌

- [1] N. Jin, 1997, Effect of microstructure on rolling, sliding wear of low carbon bainitic steels, Wear 202, pp. 202~207
- [2] D. A. Rigney, 1997, Comments on the sliding wear of metals, Tribol. Int., Vol. 30, No 5, pp.361~367
- [3] B. W. Gu, H.W. Gwon, Y.-S. Kim, 2016, The influence of the counterpart on the sliding-wear rate variation in a pure iron, KSTP Spring conference, pp. 146~149.

Twin Roll Strip Casting 공정으로 제조된 Al-7075 합금의 미세조직, 인장 및 피로 특성

허준영¹ · 백민석¹ · 어광준² · 임창동² · 이기안^{1#}

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

J. Y. Heo¹, M.S. Baek¹, K. J. Euh², C. D. Yim², K. A. Lee^{1#}

Abstract

본 연구는 Twin Roll Strip Casting(TRC) 공정으로 제조된 Al-7075 T6 소재의 인장 및 피로 특성에 대하여 조사하였다. 이와 함께 상용소재로 사용되고 있는 Direct Chill(DC) 공정의 Al-7075 T651 소재와 함께 비교 분석하였다. TRC 공정은 용탕에서부터 직접 판재를 생산할 수 있는 공정으로, 기존 공정의 중간 열처리와 압연이 생략될 수 있어 경제적 장점이 있고 또한 상대적으로 높은 주조 속도를 유지할 수 있으므로 편석이 억제되고, 결정립 크기가 감소하며 주조 조직이 균일해지는 장점 또한 가질 수 있다. 본 연구에서 TRC 공정을 이용하여 두께 9 mm, 폭 400 mm 의 Al-7075 합금 스트립을 제조, T6 열처리 후 사용하였다. TRC Al-7075 T6 소재에서는 급냉응고 조직으로 여러 상들이 분포되어 관찰되었다. DC Al-7075 T651 소재는 상대적으로 균일하고 미세하게 분포된 것을 확인할 수 있었다. TRC 및 DC Al-7075 소재의 XRD 및 EPMA 분석 결과 Al 기지에 η/η' (MgZn₂), Al₇Cu₂Fe, Mg₂Si 및 θ (Al₂Cu) 상들이 관찰되었다. 기계적 특성 평가를 위하여 먼저 상온 인장 시험을 수행하였다. TRC 소재의 항복 강도는 464.5MPa, 최대 인장 강도는 568.3MPa 그리고 연신율은 15.5%로 얻어졌다. DC 소재의 항복 강도는 TRC 소재보다 39.6 MPa 더 높았고 최대 인장 강도는 4.9MPa 더 낮았으며 연신율은 19.4%로 나타났다. 고주기 피로 시험은 INSTRON 8501 장비를 이용해 stress ratio(R) = 0.1, frequency(F) = 10Hz로 상온에서 수행하였다. 피로 시험 결과 TRC 소재가 DC 소재보다 피로 특성이 우수하게 나타났다. 이와 함께 인장 및 피로 파단면 관찰을 통해 TRC 공정으로 제조된 Al-7075 T6 합금의 미세조직 및 기계적 특성 DC 공정으로 제조된 Al-7075 T651 합금과 비교 분석해보고자 하였다. [본 연구는 산업통상자원부의 금속소재종합솔루션센터 구축사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

Key Words : Twin roll Strip Casting, Al-7075, T6 Heat treatment, High cycle fatigue, Tensile test

1. 인하대학교 재료공정공학과

2. 한국 기계연구원 부설 재료연구소

Corresponding Author : Kee-Ahn Lee, Inha Univ., E-mail: keeahn@inha.ac.kr

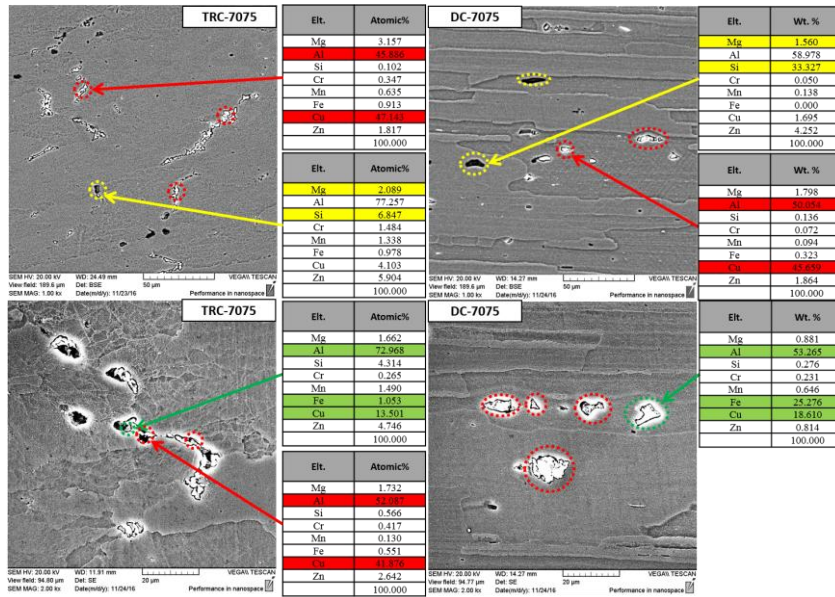


Fig. 1 Results of SEM observation for TRC and DC Al-7075 alloys.

Table 1 Tensile properties of TRC and DC Al-7075 alloys.

	Y.S.[MPa]	U.T.S.[MPa]	EL.[%]
TRC alloy	464.5	568.3	15.5
DC alloy	504.1	559.4	19.4

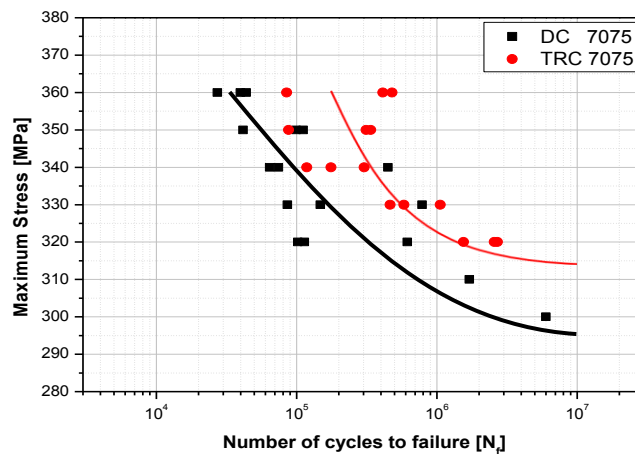


Fig. 2 Results of high-cycle fatigue tests for TRC and DC Al-7075 alloys.

압연 접합된 클래드 판재에서 압연 전 표면처리에 따른 접합강도의 변화

박정훈¹ · 남원종[#]

Abstract

클래드 판재는 동종 또는 이종 금속을 압연하여 접합한 제품으로써, 이종 금속 각각의 성질을 동시에 누릴 수 있는 장점이 있기 때문에 가정용 기기, 자동차, 주방기구, 전자재료 등 다양한 산업분야에 사용되고 있다. 클래드에서 중요한 접합강도는 접합 전에 실시하는 표면처리가 주된 요소로 작용하며, 가장 값싸고 쉬운 방법으로 스틸브러시 형태의 그라인더를 사용한다. 본 연구에서는 보다 균일한 표면처리를 위하여 일정한 패턴으로 표면을 깎아낼 수 있는 방법에 대해 모색하였고, 박리 시험을 통하여 균일한 표면처리의 결과로 일정한 접합강도를 나타낼 수 있는지 확인하였다. 또한, 다양한 표면처리 방법에 따른 결과를 확인하기 위하여 주사전자현미경으로 표면부를 관찰하였고, 표면조도측정기를 이용하여 거칠기를 측정하였다.

Key Words : clad, CRB, surface treatment, bonding strength

1. 국민대학교 신소재공학과

#. 국민대학교 신소재공학부, wjnam@kookmin.ac.kr

열간 압출 기술을 활용한 이종소재 패턴형 동합금 제조기술에 대한 연구

김주홍¹ · 이종현² · 손현택³ · 임재덕¹ · 황덕영[#]

Study on the dissimilar material of Cu alloy fabricated by pattern type and hot extrusion

J. H. Kim, J. H. Lee, H. T. Son, J. D. Im, D. Y. Hwang

Abstract

기존의 압인제품은 금, 은, 동 및 동합금 단일 소재의 압연판재에 단순히 압인 공정을 적용한 2 차원 형태로 제조되고 있다. 이러한 압인 제품은 독창성, 차별성 및 심미성의 강화를 위해 다양한 디자인의 표현을 위해 표면 코팅 및 도금 기술을 접목하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 단순 패턴(ring-disk)에 대한 기계적 조립을 적용한 이종 소재의 Bi-metal 제품으로도 제조되고 있다. 그러나 이러한 표면도금 및 기계적 조립으로 제조된 압인 제품은 디자인 적용의 제한성 및 표면 손상에 의한 디자인 왜곡 등과 같은 단점으로 내구성 및 제품 디자인의 다양화에 어려움이 있다.

패턴형 동합금 소재는 압인 및 기계적 가공을 통해 제품으로 제작되기 때문에 높은 기계적 특성 및 동 및 동합금 간 계면접합성이 요구된다. 본 연구에서는 패턴형 조립과 열간압출 기술을 이용해 동 및 동합금 고유의 색상으로 디자인 표현이 가능한 패턴형 동합금 제조에 대한 연구를 실시하였다. 동합금 소재는 3 가지 색상 적용을 위해 C1220, C2600 및 C7060 을 선정하였다.

이종소재 패턴형 동합금은 레이저 절단을 적용한 패턴가공, 패턴 적층구조의 빌렛 제조, 열간 압출 공정이 적용되었다. 적층구조의 빌렛은 caning 을 통해 진공 EB 용접을 실시 후 열간 압출을 적용하였다. 레이저에 의해 형성된 패턴 가공면의 산화스케일과 계면 접합성의 관계 분석하기 위해 electro-polishing 및 sanding 을 적용하여 잔류산화스케일에 대한 영향을 평가하였다. 또한 압출 온도 조건(700℃, 800℃, 900℃)에 따른 디자인 패턴 정확도(진원도) 분석을 실시하여 압출조건을 최적화하였다.

이종소재 패턴형 동합금의 계면접합성은 광학현미경과 전자주사현미경을 이용해 분석하였으며, 인장강도 test 를 실시하여 기계적 강도를 확인하였다. 동합금의 잔류 산화스케일은 계면 접합성 및 인장강도를 감소시키며, 열간 압출 성형의 온도에 따라 형성되는 Metal flow 는 설계된 패턴 디자인의 정확도에 상당한 영향을 주는 것으로 조사되었다.

Key Words : Cu alloy, composite material, Coining product, Hot extrusion, Oxide scale, Dissimilar material

1. Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT]

2. Korea Institute of industrial technology [KITECH]

3. Chungnam National University [CNU]

교신저자: Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT],

E-mail: dyhwang74@kiswire.com

알루미늄 압출 공정시 금형 설계에 관한 연구

송가형¹ · 곽호택[#]

A Study on Effect of Die Design in Extrusion Process for Aluminum

G. H. Song, H. T. Kwak

Abstract

We studied effect of die bearing on aluminum profile extrusion process using QForm VX. Checked effect of the die bearing on results. And having comparative analysis on result after modify of bearing degree and length. Modify process was simple thanks to QExDD(QForm Extrusion Die Designer).

Key Words : Extrusion(압출), Die design(금형 설계), Die bearing(금형 베어링), QForm VX, QExDD(QForm Extrusion Die Designer)

1. 서론

알루미늄 압출 공정은 복잡한 단면 형상을 가진 소재를 생산하는데 가장 효과적이고 경제적인 공정이다. 근래에 알루미늄 프로파일 시장에서 고품질의 제품이 요구되고 있다. 하지만 고품질의 프로파일을 성공적으로 생산하기 위해서는 압출 시 균등한 속도 분포의 압출이 가능한 금형 설계가 필요하다. 균등한 속도 분포를 위해 금속유동의 조절이 필요한데 그 방법으로는 웹(web), 플로우 가이드(flow guide), 초크(choke), 금형 베어링(die bearing)등을 이용하는 방법이 있다.[1] 기존 금형 베어링부의 설계는 현장에서 경험과 직관에 많이 의존해왔다. 하지만 근래에 컴퓨터, 유한요소해석 기술의 발전으로 금속유동 및 속도 분포의 예측이 가능해 금형 설계에 큰 도움을 줄 수 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 상용해석 소프트웨어인 QForm VX[2]를 사용하여 웹, 초크, 베어링이 알루미늄 프로파일 생산에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 유한요소해석

해석은 초기 모델(case 1), 웹 수정 모델(case 2), 초크 수정모델(case 3), 베어링 길이 수정 모델(case 4) 총 4가지 case에 대해 진행하였다. 웹, 베어링 등의 금형설계는 QExDD(QForm Extrusion Die Designer)를 사용하였다. Fig. 1 (a)는 case 1, Fig. 1(b)는 case 2의 해석 결과이다. 웹의 설계 변경으로 초기 모델보다는 속도 분포가 균등하고 더 긴 프로파일 압출이 가능하다. Fig. 2 (a)는 case 3, Fig. 2(b)는 case 4의 해석 결과이다. 초크의 수정으로 균등한 속도 분포의 압출이 가능하고, 베어링 길이까지 수정한 최종모델에서는 속도 분포는 물론이고 프로파일이 직선으로 압출된다.

1. (주)씨에이이테크놀로지

교신저자: (주)씨에이이테크놀로지,

E-mail: htkwak@caetech.co.kr

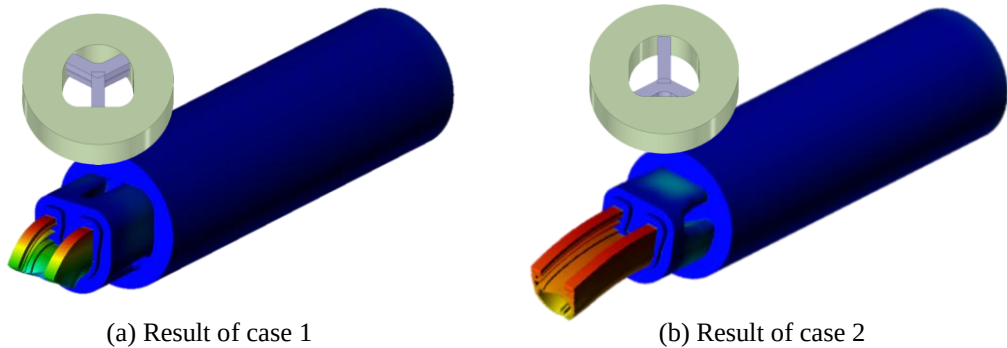


Fig. 1 Effect of change the die web

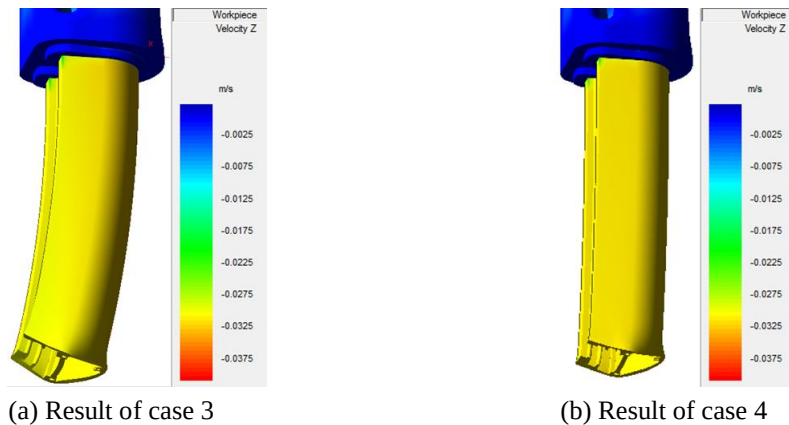


Fig. 2 Effect of change the die bearing

4. 결론

QForm VX를 이용하여 알루미늄 프로파일 압출공정 해석을 진행하였다. 금형 웹, 초크, 베어링의 설계를 변경하여 프로파일 생산에 미치는 영향을 확인했다.

실제 현장에서 설계자의 경험이나 직관에만 의존하기 보다 유한요소해석을 통한 사전검증과 적절한 금형설계가 이루어진다면 경제적으로 큰 이득이 될 것이라고 판단된다.

참고문헌

- [1] Yang D. Y., Kang Y. S., 1996, "A Three-Dimensional Finite Element Analysis of Hot Square Die Extrusion Considering the Effect of Die Bearing", KSTP 1996 Fall Annual Meeting, pp. 185~191.
- [2] QForm VX User's manual, QFX Simulation Ltd, www.qform3d.com.

고온-고압 수소 주입된 고망간강의 인장 거동에 미치는 표면 조건의 영향

백한솔, 임현석, 이승용, 황병철[#]

Effect of surface condition influencing tensile property of high temperature-high pressure hydrogen charged high-Mn steels

Han-sol Baek, Hyun-Suk Lim, Seung-Yong Lee, Byoungchul Hwang

Abstract

In this study Fe-30Mn-0.2C-(1.5Al) high-Mn steels with varying surface condition were charged at high temperature-high pressure hydrogen atmosphere, followed by tensile testing in air at room temperature. Yield strength of 30Mn-0.2C specimen increased with decreasing surface roughness by polishing, but that of 30Mn-0.2C-1.5Al specimen was not affected by surface condition. On the other hand, tendency of hydrogen embrittlement of two high-Mn steels was not sensitive to hydrogen charging and surface condition in terms of decrement of elongation and fracture behavior. By EBSD analysis, only small decrement of elongation of charged specimens was attributed to the enhanced dislocation pile-up around grain boundary by hydrogen.

Key Words : high-Mn steel, hydrogen embrittlement, high temperature-high pressure hydrogen charging, surface condition, tensile property

1. 서론

다양한 금속 재료들의 수소 시스템 하 사용 가능성 평가와 저가의 내수소성 금속 재료 개발 연구가 활발하게 진행되고 있다. 저렴한 가격의 Mn 으로 대체한 200 계 스테인리스 합금과 질소를 추가 첨가한 고질소강, 적절한 적층 결함 에너지를 갖도록 설계된 고망간강 등 우수한 기계적 특성을 갖는 다양한 합금들이 개발되어 여러 분야에서 적용되고 있다. 최근 고망간 TWIP(twinning-induced plasticity) 강의 수소 지연 파괴(hydrogen delayed fracture) 현상에 미치는 Al 첨가 영향에 대해서 활발하게 연구된 바 있다. 이들 연구자들은 Al 첨가가 고망간강의 수소 취화를 억제시킨다고 보고하였으나 전기화학적 수소 주입 방식이 주로 이뤄졌으며 수소 주입 방식에 따라 수소 주입 거동 및 주입량 등이 달라질 수 있다. 본 연구에서는 다양한 표면 조건의 Fe-30Mn-0.2C-(1.5Al) 고망간강을 고온-고압 수소 주입 후 인장 시험을 통하여 인장 거동과 변형 및 파괴 거동에 대해서 조사하였다.

2. 실험방법

재료는 900 °C이상 온도에서 30 mm 두께로 열간 압연된 판재로 30Mn-0.2C 시편과 Al이 1.5 wt% 추가 첨가된 30Mn-0.2C-1.5Al 시편을 활용하였다. 표점 거리 10 mm, 너비 1 mm, 두께 0.6 mm의 소형 인장 시편으로 압연 방향과 평행하게 가공하고 최종 연마 조건을 달리하여 산화막 및 스케일을 제거해주었다. 인장 시험은 1.6×10^{-2}

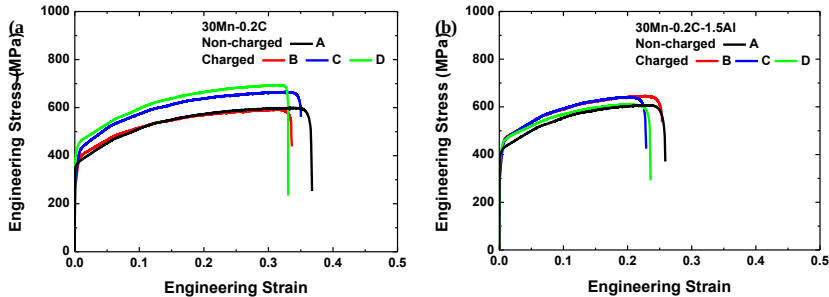
소속 : 서울과학기술대학교 신소재공학과

교신저자: 서울과학기술대학교 신소재공학과

E-mail: bhwang@seoultech.ac.kr

4 s^{-1} 의 변형률 속도로 상온에서 이루어졌다. 그 후 파면은 SEM으로, 파단 부근 변형 조직은 EBSD를 활용하여 측정하였다

3. 결과 및 고찰



30Mn-0.2C 시편과 30Mn-0.2C-1.5Al 시편 모두 수소가 주입됨에 따라 항복 강도가 증가하였으나 그 증가량은 서로 상이하였다. 30Mn-0.2C 시편의 경우 최종 연마 조건에 의해 표면이 미려할수록 항복 강도가 증가하는 반면 30Mn-0.2C-1.5Al 시편은 연마 조건과 관계없이 항복 강도의 증가량은 같았다. 두 시편 모두 수소 주입에 따라 연신율의 감소는 5% 이내로 비교적 크지 않았으며, 30Mn-0.2C 시편에서 표면 연마 조건 차이에 따른 수소 주입량 변화도 거시적인 차이를 나타내지 못하였다.

본 연구에서도 이러한 경향을 찾아보았으나 딴플들의 깊이는 크게 변하지 않았으며 유사 벽 개 파면 또한 나타나지 않으므로 이러한 파면 결과는 인장 곡선과 일치함을 알 수 있다.

수소 주입된 시편의 EBSD 사진을 자세히 살펴보면 결정립계 주변에서 기쿠치 패턴(Kikuchi pattern)이 워히지 않은 포인트의 비율이 높는데 이는 변형이 집중된 곳으로 생각될 수 있다. 따라서 수소는 인장 시험 간 시편 내 전위의 이동을 도와 결정립계 주변에 보다 빠른 집적을 유발한 것으로 판단되며 이로 인해 약간의 연신율 감소가 일어난 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 고망간강을 각기 다른 표면 조건에서 고온-고압 수소 분위기 하에서 주입한 후 상온 이장시험을 진행하여 수소 취화 특성을 비교하였다. 수소 주입이 일어나 이에 따른 항복강도가 증가하였다. 30Mn-0.2C-1.5Al 시편의 경우 표면 조건과 상관없이 항복 강도가 증가한 것을 보아 Al 첨가에 의한 영향으로 보인다. 두 시편 모두 연신율과 파면에 큰 변화가 관찰되지 않았다. EBSD 분석을 통해 변형 기구 변화는 발생하지 않았으나 결정립계 주위에서 과도한 소성 변형의 흔적이 나타난 것이 확인 됨으로써 수소가 전위의 이동을 도와 보다 빠른 집적을 유발하여 조금의 연신율 감소가 나타난 것으로 보인다.

참고문헌

B. C. De Cooman, J. K. Kim and K. H. Chin, High Mn TWIP Steels for Automotive Applications, INTECH Open Access Publisher (2011).

상용 600 MPa 급 고강도 일반 및 내진용 철근의 미세조직과 인장특성

서하늘¹ · 이상인¹ · 황병철[#]

Microstructure and Tensile Properties of High Two 600 MPa Grade Strength Reinforcing Steel

H. N. Seo, S. I. Lee, B. C. Hwang

Abstract

최근 건물의 고층화와 세계 곳곳에서 발생하는 지진으로 인해 건축물에 대한 안전의 중요성이 커지고 있다. 최근에는 지진 안전지대라고 여겨왔던 한국에서도 규모 3 이상의 지진이 2000년도 이전 평균 19.3 회에서 2000년 이후 평균 47.4 회로 급격히 증가했다. 또 2016년 09월 경주시에서 발생한 규모 5.8 지진도 한반도에서 관측된 역대 최대 규모의 지진이다. 이런 현황에 따라 내진용 소재 및 내진용 구조 설계에 대해 관심이 집중되고 있으며, 그 중 구조 설계의 필수 요소인 철근의 경우 우수한 내진 성능이 요구되고 있다. 이에 따라 국내 철강회사들은 템프코어 공정을 도입하여 철근의 표면부는 빠른 냉각 속도로 인한 경한 저온변태상(마르텐사이트 또는 베이나이트) 내부는 비교적 느린 냉각속도와 변태 잠열로 인한 펄라이트-페라이트상의 복합 조직으로 구성된 내진용 철근을 개발하여 제조하고 있다. 이러한 복합 조직의 내진용 철근은 연한 페라이트에서의 초기 항복 거동과 강한 저온 변태 상으로의 응력 전달 과정에서 일어나는 가공 경화 거동에 의해 높은 변형 경화능을 가지기 때문에 우수한 내진 성능과 함께 고강도를 가지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 상용 내진용 철근의 미세조직 및 경도를 분석함으로써 향후 내진용 초고강도 철근의 개발 방향을 소개하고자 하였다. 실험은 600 MPa 급 일반 및 상용 내진용 철근을 길이 방향의 수직으로 절단한 후 절단면을 연마하고 3% 나이탈로 에칭하여 광학현미경으로 표면부터 중심까지 미세조직을 일정 간격으로 관찰하였고, 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 자세한 미세조직을 관찰하였다. 비커스 경도시험기로 경도를 일정한 간격으로 측정하였고, 만능인장시험기로 Crosshead Speed를 각각 2 mm/min, 20 mm/min, 200 mm/min 으로하여 인장시험을 실시하였다.

Key Words : English Key Word: Seismic Resistant Reinforced Steel Bar, Tempcore, Hardness Microstructure

1. 서론

본 연구에서는 SD 600 규격과 SD 600 S 규격을 미세조직, 경도특성, 인장특성을 비교함으로써 미세조직과 인장 특성의 상관관계를 해석하고자 한다. 내진용으로 설계된 철근은 항복강도 대비 인장강도(TS/YS 비)가 1.25이상이어야 하는데 재료가 항복한 후에 소성변형이 일어나면서 재료에 가해지는 에너지를 많이 흡수할 수 있어 지진에 의한 건물의 붕괴를 막기 위함이다. 초고층, 초대형 건축물에 대한 안전성 확보와 지진에 대비하기 위해 내진성능을 향상시킨 철근 개발이 필요하며, 다른 냉각공정에 의해 상이한 미세조직에 따른 인장특성의 관계를 해석하여 철근 개발에 도움이 되고자 한다.

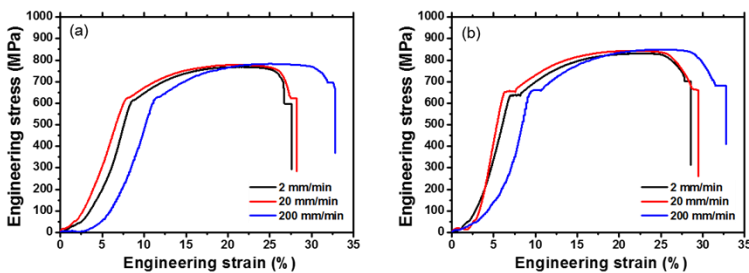
1. 서울과학기술대학교 신소재공학과

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

2. 실험방법

본 연구에서 사용된 시편은 A사로부터 공급받은 600 MPa급 일반 고강도 철근시편과 V의 함량을 증가시킨 내진용 고강도 철근시편이며 각각 'SD600'과 'SD600 S'로 표기한다. 이들 합금은 1,100 °C이상에서 재가열하고, 800 °C 이상에서 두께 16 mm로 열간압연 하였다. SD600 시편은 압연 후 템프코어라는 수냉을 실시하였다. 이 두개의 제조된 시편을 연마하고 3% 나이트랄 용액으로 에칭 후 광학현미경으로 표면부터 중심까지 미세조직을 일정 간격으로 관찰 후 주사 전자현미경으로 생성된 조직을 확대하여 관찰하였다. 또한 비커스 경도시험기로 실험 하중은 500kgf, 15초씩 1mm 간격으로 경도를 측정하였다. 인장시험은 KS인장법[KS D 3504]에 따라 지름 16mm 인 시편의 공칭단면적을 1.986 cm² 으로 가공하고, 최대하중 100톤의 만능재료 시험기를 사용하여 각각 다른 cross-head 속도로 상온에서 인장 시험 하였다.

3. 결과 및 고찰



인장시험을 각 강종별로 cross head 조건을 변화시키며 각각 200 mm/min, 20 mm/min, 2 mm/min 조건에서 진행하였다. 경화층이 형성된 SD600 보다 V의 함량을 증가시켜 공랭한 SD600 S 이 항복강도, 인장강도, 항복강도 대비 인장강도, 연신율값 모두 높다. 항복강도, 인장강도는 C, Si, Mn 등의 첨가원소 함량이 증가되어 연한 페라이트에서 항복거동이 일어남에도 고용강화 효과로 증가된 것으로 보이며 높은 페라이트 분율에 의해 연신율은 높고 항복강도 대비 인장강도는 높은 것으로 판단된다. 같은 SD600 시편을 각기 다른 cross head 조건으로 실험했을 때 가장 빠른속도인 200 mm/min 조건에서 항복강도, 인장강도, 연신율이 가장 높았고 항복강도 대비 인장강도는 가장 낮았다. SD600 S 시편 또한 같은 양상을 보이는데 Cross head 속도가 빠를수록 강도가 증가하는 것은 Cross head 속도는 $v=dL/dt$ 이며 공칭 변형률 속도는 크로스 헤드의 속도와 비례한다. 전위가 슬립도중에 만나는 장애물을 극복하기 위해 필요한 에너지는 유동응력과 가해지는 변형률 속도와 깊은 관계가 있는데 전위가 장애물을 만날 때저항응력이 생성된다. 격자 원자의 열적 진동은 전위가 장애물을 넘는데에 도움을 줄 것이며, 이런 조건에서 주어진 strain rate 의 감소는 flow stress 를 감소시켜 cross head 속도 증가에 따른 강도의 증가를 나타내는 위의 실험 결과와 일치한다.

4. 결론

공랭한 SD600 S가 경화층이 형성된 SD600보다 인장강도, 항복강도대비 인장강도, 연신율이 높은 경향을 띄었다. 항복강도 대비 인장강도가 높은 것은 첨가된 C, Si, Mn, V의 고용강화의 효과로 보이며 항복비가 높은 것은 SD600 S는 페라이트-펄라이트로 구성되어 비교적 연한 페라이트상에서 항복거동이 일어나기 때문이다. 또 변형률 속도가 빠를수록 항복강도와 인장강도가 높고 항복강도 대비 인장강도는 낮아지는 양상을 보였다.

참고문헌

항복강도 600, 700, 800MPa급을 갖는 고강도 철근 및 내진철근의 개발(이상윤, 콘크리트 학회지, 22(5), 2010)

수소환원법을 이용한 미세 몰리브덴 분말제조 공정조건의 최적화 연구

임성식^{1,3} · 임성주¹ · 윤지석² · 조종두^{#,3}

A study on optimization of process condition to obtain micro molybdenum powder by hydrogen reduction method

S. S. Lim^{1,3}, S. J. Lim¹, Y. B. Kim¹, J. S. Yoon², C. D. Cho[#]

Abstract

The hydrogen reduction method which is composed of 2 stages to obtain micro molybdenum powder is carried out at temperature between 600 °C and 1100 °C under hydrogen atmosphere. Raw material MoO₃ is reduced to MoO₂ at the first stage and micro molybdenum powder is finally obtained by reducing MoO₂ at the second stage. Various parameter conditions during the reduction process not only directly affect the microstructural characteristics of the reduced powder but also determine particle size of the molybdenum powder obtained after final stage. In general sintering process, small size powder is very important because the sintering force is improved and the time for full densification can be shortened as the powder size becomes smaller.

In order to obtain the finest molybdenum powder through the hydrogen reduction process, this study shows combination of the process conditions such as hydrogen flow rate, hot zone temperature, loading volume and molybdenum oxide size at the first stage.

Key Words : Molybdenum powder, Hydrogen reduction method, Sintering, Molybdenum oxide reduction

1. 한국생산기술연구원소속

2. 엔에이티엠(주)

3. 인하대학교

교신저자: 인하대학교, E-mail: cdcho@inha.ac.kr

STS 304 소재를 적용한 Hex Socket Bolt의 단조 성형성에 관한 연구

윤영섭¹ · 정현주¹ · 안규희² · 권용철³ · 강종훈⁴ #

Abstract

채결용 부품인 볼트 및 너트로 대표되는 화스너(Fastener) 시장은 세계적으로 매년 지속적인 성장을 보이고 있다. 국내의 세계시장 점유율은 3% 수준으로 산업규모에 비해 점유율이 낮은 수준에 머물고 있으며, 해외 선진사 대비 개발이 뒤처지고 있다. 현재 화스너 시장은 해양 플랜트의 발전으로 인해 기존 구조용강에서 스테인리스 강을 이용한 내부식성 화스너가 필요하다. 본 연구에서는 열간 단조에 적합한 STS304 소재의 화학조성 선정에 대해 3 Case에 대해 합금설계를 하였으며, 현재 산업에서 일반적으로 적용되는 STS304 소재와 Mo, Cu 및 N를 포함한 화학조성에 대해 Case 별로 상온 및 고온 물성치를 평가하여 최적의 합금 조성을 선정하고 고온물성계산용 JMatPro S/W를 이용해 성형성을 평가하였다. 최종 선정된 소재를 이용하여 온도 및 변형을 속도에 따라 열간압축실험을 수행하였고, 획득한 고온유동응력을 이용하여 변형공정지도를 통한 최적의 단조온도 및 변형률 속도를 선정하였다. 단조 작업 시 발생할 수 있는 소재의 가열 온도 변화에 따른 성형성을 확인하였으며, 본 결과를 적용하여 Hex Socket Bolt 시제품을 제작 후, 파단실험을 통해 경도 및 결정입도를 분석하여 계산치와 비교하였다.

Key Words : STS304, Fastener, Hot flow stress, Alloy design, Deformation processing map

1. 서론

산업용 화스너 시장은 해양 플랜트의 발전으로 내부식성 재료를 이용한 부품의 요구가 급격히 증가하고 있으며, 고부가 특수합금 화스너 개발이 필요하다. 스테인레스 강종인 STS304 합금은 내식성 및 내열에 강한 강종으로 기계적 성질이 우수한 비자성 합금이며, 스테인레스 볼트와 너트의 경우 중국 및 대만의 가격경쟁력으로 인해 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 내식성 소재인 STS304 소재를 이용한 합금설계 및 변형공정지도를 통한 최적의 단조 조건을 선정하여 단조 작업 시 온도가열에 따른 성형성을 확인하고, M30 Hex Socket Bolt의 시제품을 제작하여 부품의 품질 및 기계적 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

열간 성형성 증대를 위해 3 Case에 대해 합금설계를 하였다. 표 1에 나타난 STS 304 소재의 최적 화학조성 선정을 위해 JMatPro S/W를 이용하여 합금설계를 하였다.

표 1. STS304 합금의 화학조성

구분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
Case 1	0.053	0.288	1.758	0.029	0.027	8.04	18.49	0.145	0.572	0.074
Case 2	0.034	0.424	1.629	0.031	0.003	8.06	18.43	0.190	0.414	-
Case 3	0.028	0.390	1.796	0.031	0.005	8.05	19.09	-	2.029	-

선정된 Case 1 소재를 이용하여 열간압축실험을 수행하였다. 시험조건은 온도 800℃, 900℃, 1,000℃, 1,200℃에서 변형률 속도 1/sec, 5/sec, 10/sec으로 시험하였다. 실험결과를 이용하여

1. 경남테크노파크 지능기계소재부품센터
2. ㈜태정기공 기술연구소
3. 한국건설생활환경시험연구원 영남미래산업본부
4. # 중원대학교 메카트로닉스학과, jhkang@jwu.ac.kr

변형공정지도를 나타내었고, 최적의 열간 단조 조건을 선정하였다. 열간 단조 공정 시 발생할 수 있는 온도 편차에 의한 영향을 확인하고자

1,173℃, 1,185℃, 1,205℃, 1,250℃에서 시제품을 제작하여 성형성을 확인하였다. 또한, 파단실험을 통한 부위별 경도 및 결정입도(Grain size)를 분석하였으며, 계산치와 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

JMatPro를 이용한 각 합금 설계에 대한 분석 결과, Case 1 이 고온 강도가 높으면서, 연신율도 Case 2, Case 3 에 비해 약 30% 높게 나타났다. 선정된 Case 1 소재에 대한 고온물성결과, 일반적으로 변형을 속도의 증가 및 온도 하강에 따라 강도는 증가하고, 인성은 감소함을 본 결과를 통해 재확인하였다. 고온유동응력 실험결과를 이용하여 온도와 변형률 속도조건에 따른 Strain rate sensitivity(m) 및 Ziegler parameter(ξ) 값을 계산하여 변형공정지도를 그림 1에 나타내었다. STS304 소재의 안정화영역은 1,000℃ ~ 1,200℃에서 변형률 속도 5/s임을 확인하였고, 불안정한 변형 조건에 해당하는 영역은 850℃ 이하 및 900℃(5/s) 조건 부근임을 확인하였다.

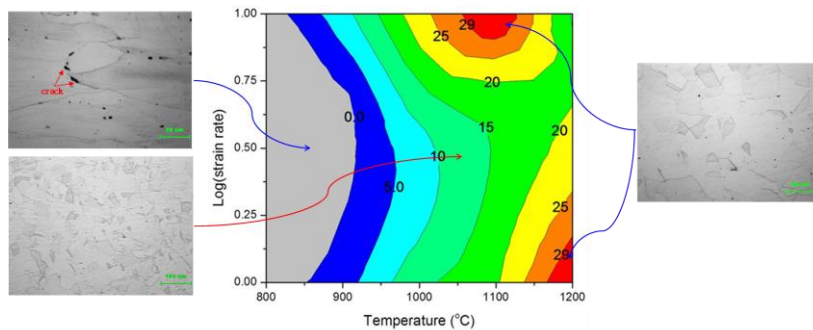


그림 1. STS304 소재의 변형공정지도 및 미세조직

최종적으로 시제품에 적용하기 위한 화학성분은 Case 1 로 선정하였으며, 가열 온도 1,200℃, 마무리 온도 1,000℃로 최적의 단조 조건을 선정하였다. 분석 결과에 따라 단조 작업 시 발생할 수 있는 시제품의 가열 온도 변화에 따른 영향을 그림 2에 나타내었다. 1,173℃ 설정 시 저온으로 인한 미성형이 발생, 1,185℃ 설정 시 단조 표면 굽힘 발생, 1,250℃ 설정 시 성형불가를 보였으며, 1,205℃ 설정 시 연속 단조성 확보할 수 있었다. 최적화된 조건을 통해 제작된 시제품에 대해 경도 및 결정입도를 분석하였으며, 계산치와 실험치와 거의 일치함을 확인 할 수 있다.



그림 2. 초기가열온도에 따른 시제품 제작 결과

4. 결론

본 연구에서는 상용화되는 STS304 소재에 Mo, Cu 및 N 합금을 포함하였을 때 고온특성이 가장 우수하였으며, 변형공정지도를 통한 최적의 단조 조건은 가열 온도 1,200℃, 마무리 온도 1,000℃로 선정하였다. 단조 작업 시 초기 소재 가열 및 성형 온도에 의한 영향을 확인한 결과, 1,205℃에서 연속성형이 이루어졌으며, 제작된 M30 Hex Socket Bolt의 시제품에 대해 경도 및 결정입도를 분석하여 계산치와 실험치가 거의 일치함을 확인하였다.

유한요소해석 및 중성자회절법을 통한 등통로각압축 공정 시편의 잔류응력분포

이학현¹ · Kapil Dev Gangwar¹ · 박경태² · 우완측³ · 김형섭^{1, 4, #}

Residual stress distribution of equal-channel angular pressed copper using neutron diffraction method and finite element analysis

Hak Hyeon Lee¹, Kapil Dev Gangwar¹, Kyung-Tae Park², Wanchuck Woo³, Hyoung Seop Kim^{1, 4, #}

Abstract

등통로각압축(Equal-channel angular pressing, ECAP) 공정은 공정 전, 후 시편의 단면적 형상이 유지되고, 큰 규모의 Bulk nano-structured materials 를 제작할 수 있다는 특징으로 인해 강소성가공법 중 실용화 및 산업화의 큰 가능성을 가진다. 허나 ECAP 공정은 시편 단면적에 대한 불균일 소성변형에 의해 어느 금속 가공법과 마찬가지로 재료내의 잔류응력이 발생하고, 이는 재료 내부 결함 및 표면균열과 같이 부정적인 영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 본 연구는 유한요소해석법 및 중성자회절법을 이용해 ECAP 공정을 거친 재료의 잔류응력 및 유효소성변형률 분포에 대해 고찰하여, 향후 강소성가공법의 산업화에 관하여 잔류응력에 의한 공학적 문제해결의 기반을 제공하고자 한다.

Key Words: Residual stress distribution; Equal channel angular pressing; Finite element method; Neutron diffraction method;

1. 포항공과대학교, 신소재공학과

2. 한밭대학교, 신소재공학과

3. 한국원자력연구원, 중성자과학연구부

4. 포항공과대학교, 고엔트로피합금센터

교신저자: 포항공과대학교 신소재공학과, 포항공과대학교 고엔트로피합금센터, hskim@postech.ac.kr

CoCrFeMnNi 고엔트로피합금의 실험 및 유한요소해석을 통한 판재 성형성 평가

배재웅^{1,2} · 문종언^{1,2} · 장민지^{1,2} · 임다미^{1,2} · 서민홍³ · 김형섭^{1,2,#}

Finite element and experimental analyses on sheet formability of CoCrFeMnNi high-entropy alloys

J. W. Bae, J. Moon, M. J. Jang, D. Yim, M. H. Seo, H. S. Kim

Abstract

우수한 열적 특성 및 기계적 성질을 나타내는 고엔트로피합금 (High entropy alloys, HEA)은 다성분계의 주요원소가 주원소로 작용하여 높은 배열엔트로피에 의해 단일 고용체를 형성하는 합금으로서, 최근 기존 상용 합금들을 대체할 차세대 합금계로 활발한 연구가 진행되고 있다. 한편, 금속 판재의 성형성은 재료가 Necking이나 파단이 일어나지 않고 원하는 형상으로 가공될 수 있는 능력을 의미하며 이는 구조재료로서의 향후 산업 적용에 필수적인 요소이다. 본 연구에서는 일축인장 실험, 디프드로잉 시험, 에릭슨 시험 및 유한요소해석을 활용하여 CoCrFeMnNi HEA의 판재 성형성을 분석 평가 하였다.

Keywords: High-entropy alloys; Formability

1. 포항공과대학교 신소재공학과

2. 포항공과대학교 고엔트로피합금 연구단

3. POSCO

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

한국소성가공학회
2017 년도 춘계학술대회

◎ 조 직 위 원 장 : 남 원 중 수석부회장 (국민대학교)



Leading Innovation with Virtual Prototyping



Software and Engineering Services



한국이에스아이(주) ESI KOREA

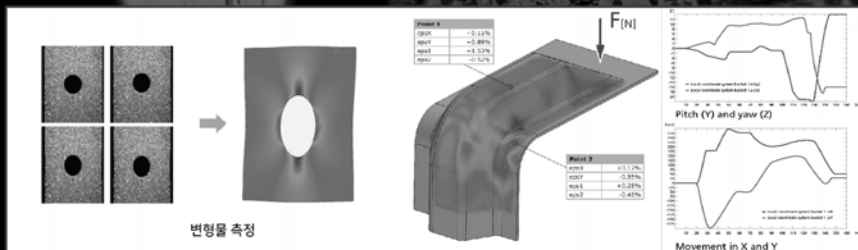
07530 서울특별시 강서구 양천로 357, 4층 (가양동, 러산빌딩) TEL. 02-3660-4500 FAX. 02-3662-0084

www.esi-group.com

ARAMIS

ARAMIS는 독일 GOM社의 최신 소프트웨어인 GOM Correlate 2017를 이용하며 물체 표면에 있는 랜덤한 패턴을 바탕으로 구조물의 변형 및 3차원 변위를 측정합니다. 전체 구조물의 변형을 측정하므로 구조물의 문제점을 찾는 것은 더 이상 어려운 일이 아닙니다.

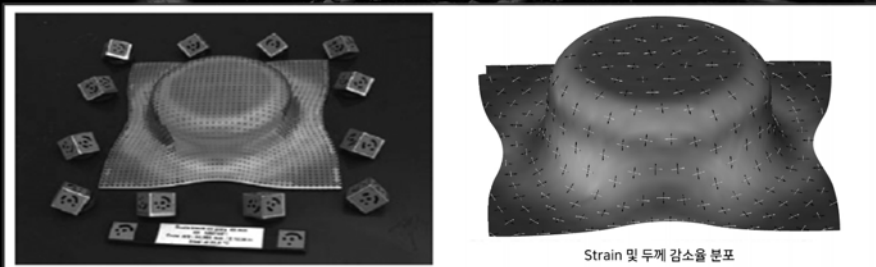
- 2D/3D Digital Image Correlation (DIC) 프로그램
- 구조물 전체 영역의 Strain, Displacement, 3D coordinates
- Material research, component testing, analysis and so on
- PNG, JPG 등 이미지 파일과 AVI 등 동영상 파일 분석 기능



ARGUS

ARGUS는 성형성 평가 시스템으로서 sheet panel의 전체 형상의 성형 분포도를 얻을 수 있습니다. FLD, 두께감소율 등의 결과를 얻을 수 있으며 성형해석결과를 실측치와 비교하는 자료로 활용할 수 있습니다.

- 다양한 카메라 모델과 파일 양식을 지원하는 통합 인터페이스
- 3D 표면 좌표, strain, thickness reduction의 자동 계산
- Calculation of the stress values based upon Flow Curve



홈페이지 : www.omagom.co.kr
문의메일 : support@omagom.co.kr
전화번호 : 042) 822-9501~3

gom

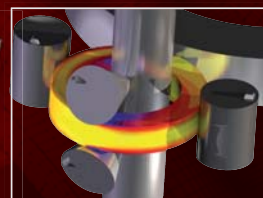
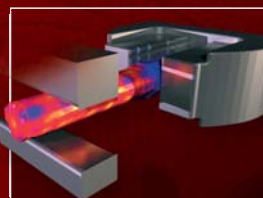
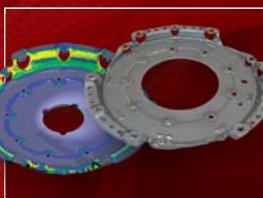
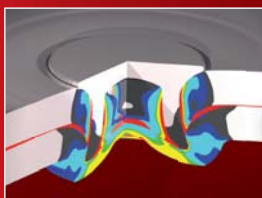
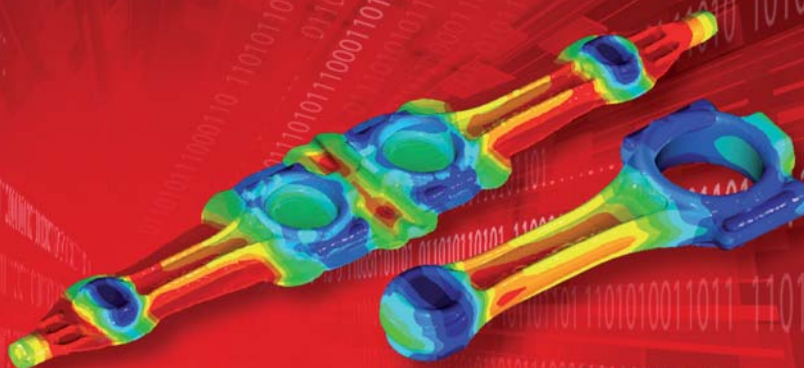
certified
partner

OMA
www.omagom.co.kr

simufact.forming

Knowing the outcome before you begin

Simulation of Manufacturing Processes



Hot Forging · Cold Forming · Sheet Metal Forming · Ring Rolling · Mech. Joining · Open Die Forging · and more

Simufact.forming
helps you optimize your
forming processes:

- Ensure feasibility and process stability
- Reduce the number of trial runs
- Reduce material usage and rework
- Increase die life
- Develop new products more efficiently
- Document knowledge and expertise

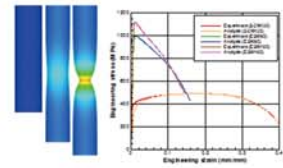
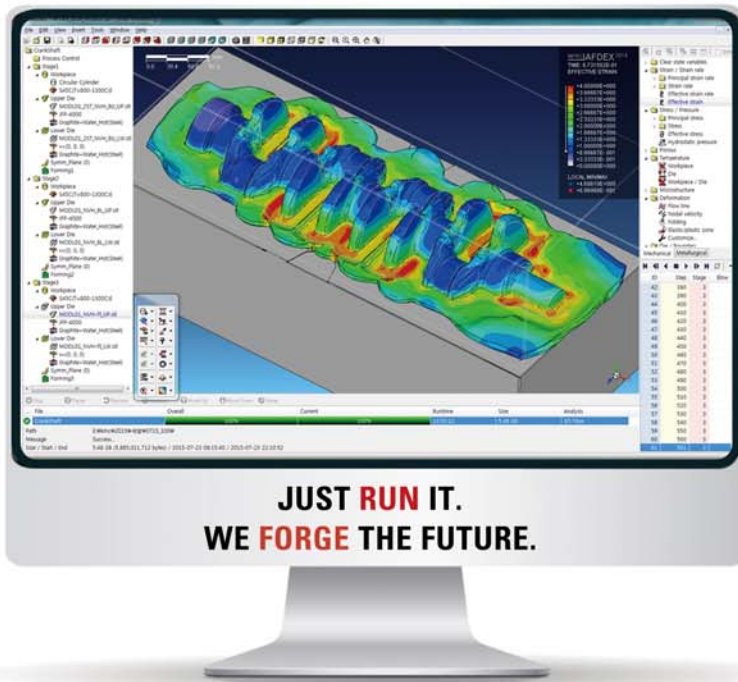
Replace time-consuming
tryouts with proven simulation
methods and earn

- higher process profitability
- more quality and robustness

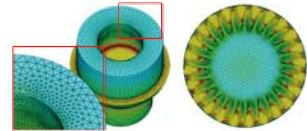


Read more benefits here:
www.simufact.com

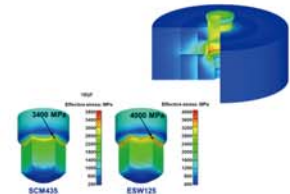
 **simufact**
Simulating Manufacturing
MSC Software Company



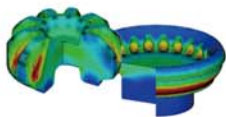
Material



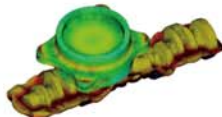
Intelligent remeshing



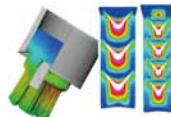
Die structural analysis



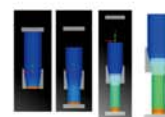
Cold forging



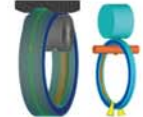
Hot forging



Extrusion



Drawing



Ring rolling

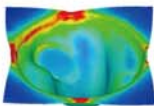
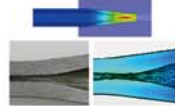
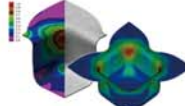


Plate forging



Swaging



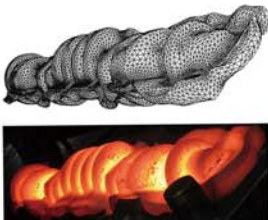
Sheet forming



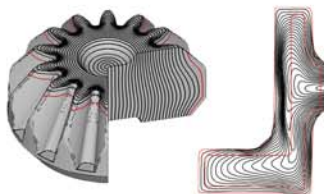
Roll forging



Open-die forging



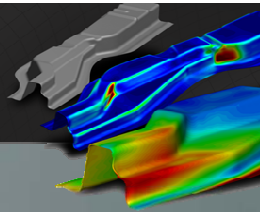
Accuracy



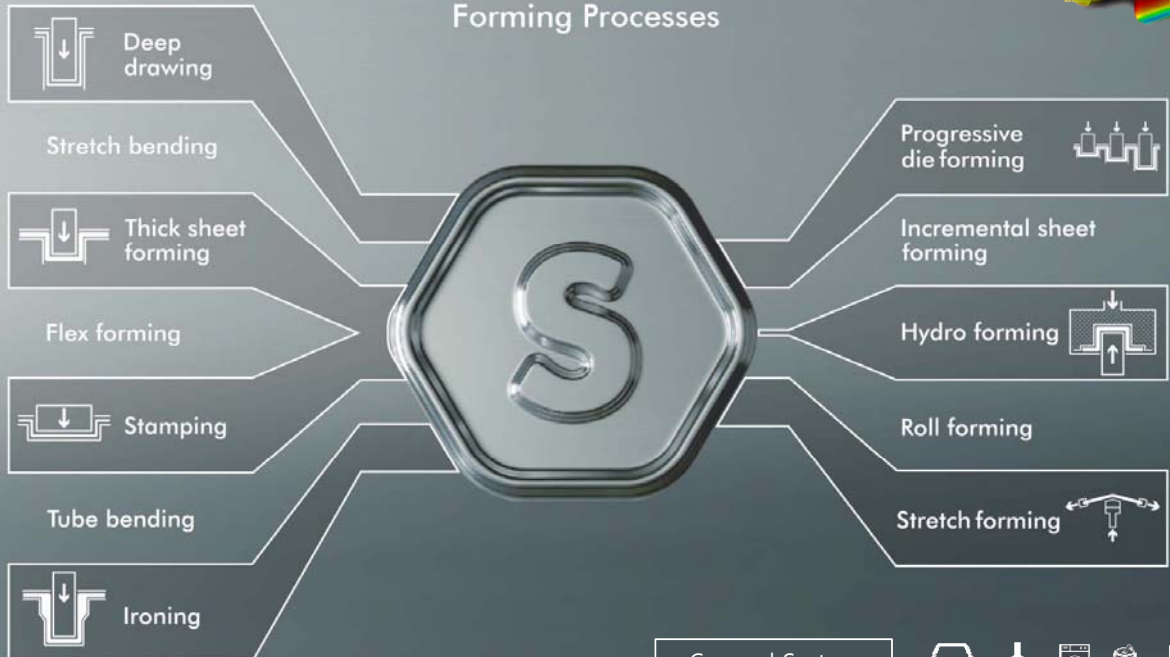
Detailed metal flow lines



2D/3D combined



Forming Processes

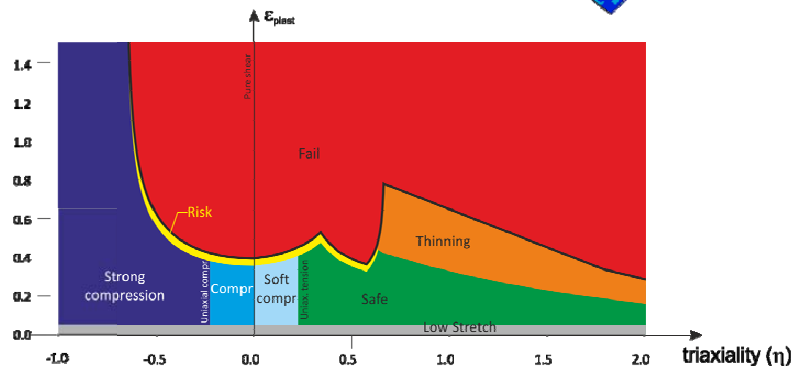
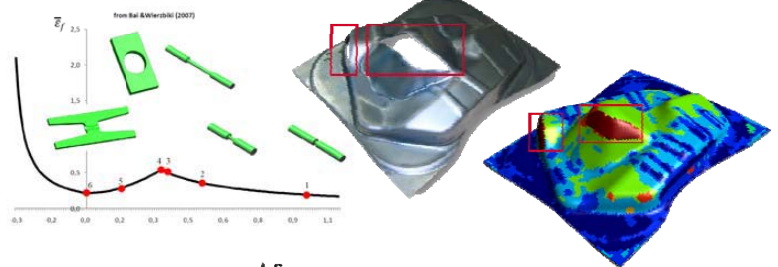
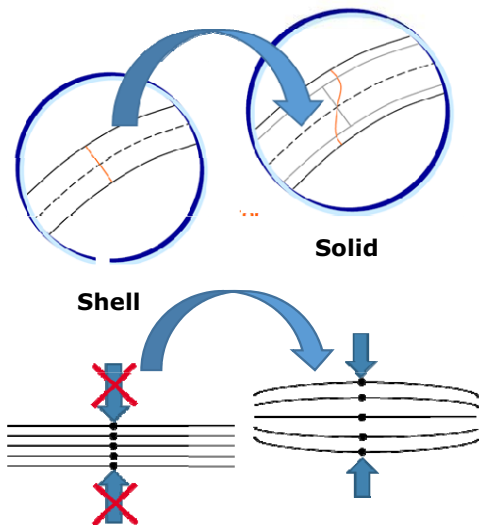


Covered Sectors



3D Solid 요소 기반의 성형해석

3축 방향 변형을 고려한 파단 예측



New 3D Failure Criteria, **TFD**(Triaxiality Failure Diagram)

3D프린터 전문기업 (주)영일교육시스템

TOTAL SOLUTION for 3D PRINTING

학부교육 및 연구용에서 산업용까지 3D프린팅 통합 솔루션을 제공합니다.



전세계 10만대 이상 판매된 3D프린터
700시간 동안 일괄적인 성능유지
친환경 인체무해 필라멘트사용
메이커봇 모바일 앱을 통해 모니터링가능



SMARTTECH 3D
Optical measurement systems

학부에서 전문가까지 사용가능한 3D 스캐너
삼각메쉬 및 파라메트릭 자동 생성(NVRBS)
단시간에 스캔 데이터 처리
유명 CAD 포맷과 호환가능
2D 섹션 생성 모델 크기 체크



mcor technologies
unfettered innovation™

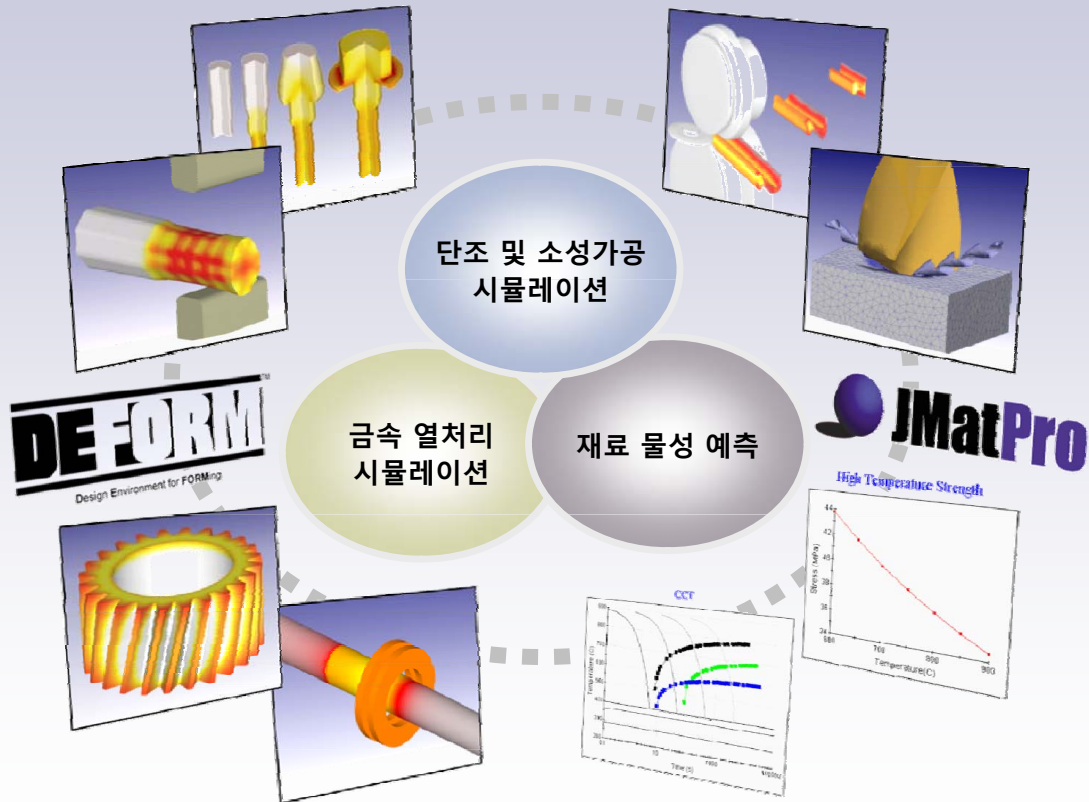
풀컬러 100만화소 종이재료 3D프린터
저렴한 비용과 포토리얼리티 HD컬러
무독성 친환경적인 종이재료 사용

한국공식
판매처

(주)영일교육시스템

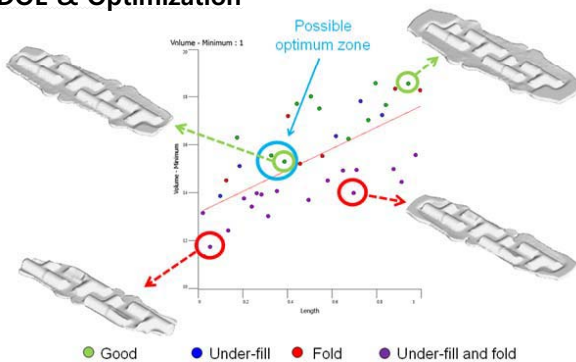
02)2024-0077(내선번호 1)
color3dp.co.kr/ yrobot.co.kr

금속성형해석의 첨단 기술

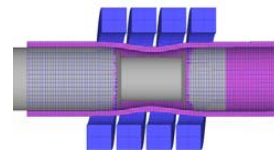


The Applications of DEFORM System

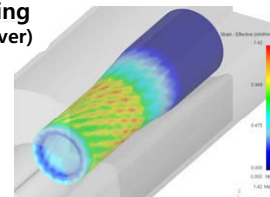
DOE & Optimization



EM Forming



Rotary Swaging (w/ Explicit Solver)



>> 설계 변수 최적화 / ALE 압연 및 압출 / 가공 압착 / 고주파 가열 / 미세 조직 예측 / 병렬 계산 등

동시 개최 : 코리아 컴포짓쇼, 한국기계전, 서울 국제공구전

www.korea-metal.com

ufi
Approved
Event

신입상자위원회

대한민국 대표 금속 산업 전시회
자동차·조선·항공 및 IT분야의 핵심산업!

금 / 속 / 산 / 업 / 대 / 전 KOREA 2017 METAL WEEK

2017. 10. 24(화) ▶ 27(금) 10:00~17:00
고양 킨텍스(KINTEX) 제 2전시장 7, 8홀



2회 부리 산업전

- 소성가공 : 단조, 압출, 프레스, 인발, 압연, 전조, 분말야금
- 주물&주조 : 철강 주물&주조, 비철 강주물&주조
- 용접 : 용접, 용접/접합재료 및 시스템
- 금형 : 프레스금형, 사출금형, 기타금형
- 표면처리 : 도금, 도장, 환경, 분석장비
- 열처리 : 기계설비, 부자재



17회 프레스 & 단조 산업전

- 열간, 냉간 단조 : 자동차용 열간/냉간단조품, 발전소/군사용단조품, 기타 설비 및 제품
- 프레스 : 유압프레스, 고속프레스, 서보프레스, 기계프레스, 열전사프레스, 프레스/해머 기계



18회 파스너 & 와이어 산업전



13회 다이캐스팅 산업전



11회 자동차 및 기계부품 산업전



18회 튜브 & 파이프 산업전



5회 금속 도금 & 도장 산업전



4회 3D 기술 산업전



3회 알루미늄 산업전



2회 레이저 및 용접 산업전



1회 펌프 기술 산업전



5회 코리아 컴포짓 쇼

할인 및 부스 문의

한국전람(주) / 최영민 팀장 02-783-8261 fair@ktfairs.com

TriboForm[®]

마찰, 윤활 해석을 위한 소프트웨어

TriboForm 소프트웨어는 툴 코팅, 윤활제, 소재 표면의 특성뿐 만 아니라, 새로운 판재 소재의 마찰 효과가 제품 품질에 미치는 영향을 빠르게 시뮬레이션 해줍니다.

TriboForm[®] Analyzer :

박판 성형 산업의 가장 보편적인 판재와 툴링 소재 및 윤활제의 일반적 마찰학(tribology)을 반영하는 TriboForm Library 탑재.

유저가 마찰과 윤활 조건을 효율적으로 가시화하여 시뮬레이션 및 평가할 수 있습니다.

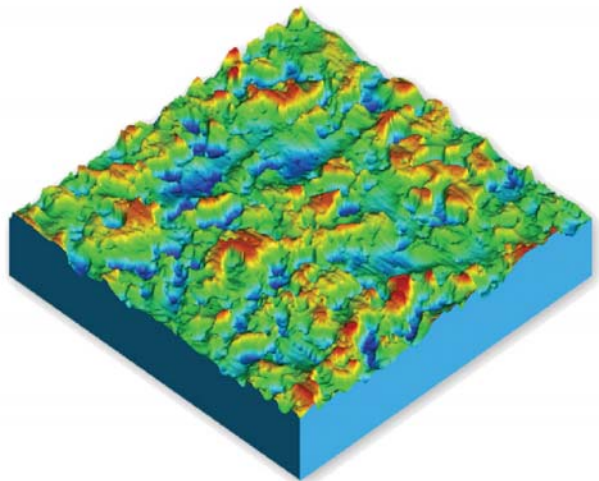
TriboForm[®] FEM Plug-In :

TriboForm 결과를 AutoForm, Pam-Stamp 및 LS-Dyna 등과 같은 상업적인 FEM 시뮬레이션 소프트웨어 환경으로 통합시켜 줍니다.

TriboForm[®] 소프트웨어의 특징점 :

- 복잡한 마찰 현상을 사용하기 쉬운 소프트웨어로 정확히 표현
- 마찰 및 윤활 조건의 효율적인 시뮬레이션, 가시화 및 평가
- 보편적인 박판 성형 시뮬레이션 소프트웨어로의 쉬운 통합
- 박판 성형 시뮬레이션의 정확도 향상
- 트라이아웃이나 생산 중 발생하는 툴 수정 비용 감소

NEW



THERCAST

SIMULATION OF CASTING PROCESSES

FORGE

SIMULATION OF HOT AND COLD FORGING



ARCELORMITTAL LE CREUSOT



www.transvalor.com



SHEFFIELD FORGEMASTERS

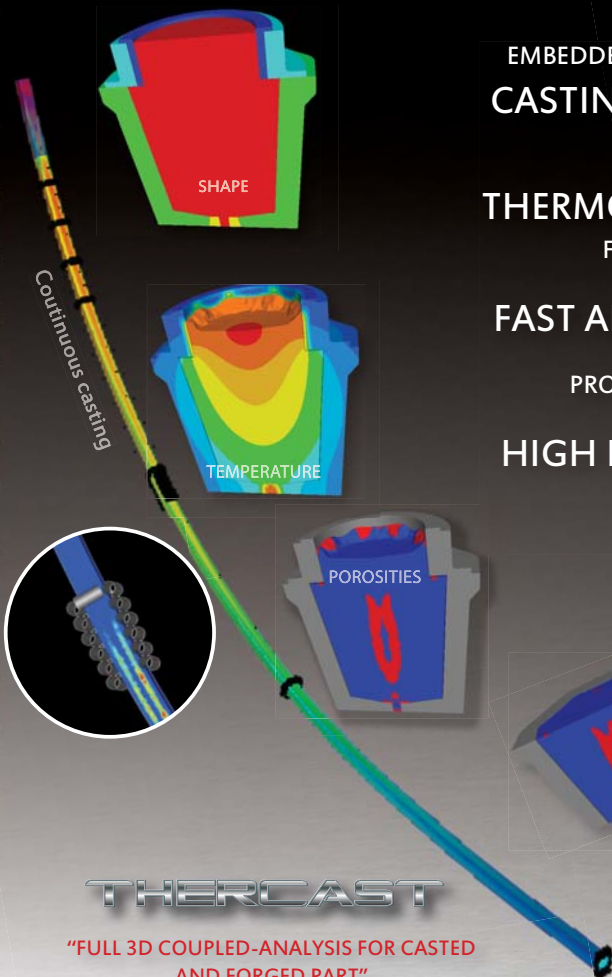
EMBEDDED TRANSITION FORM
CASTING TO FORGING

UNIQUE
THERMO-MECHANICAL
FOUNDATION

FAST AND EASY SETUP

PROVEN ACCURACY

HIGH PERFORMANCE
AND
SCALABILITY



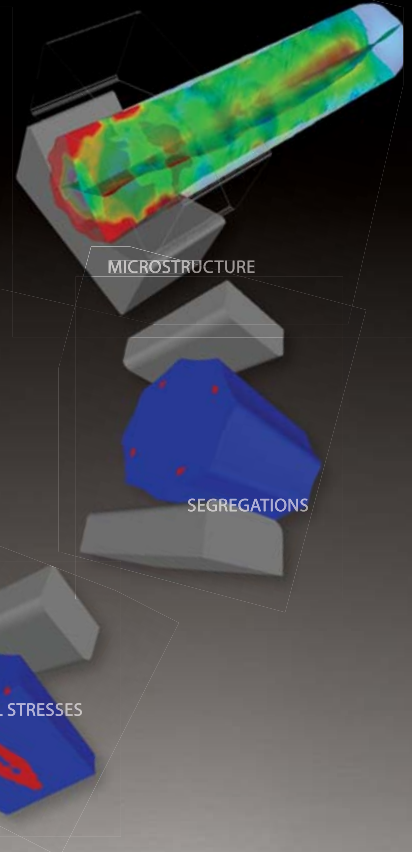
Continuous casting

SHAPE

TEMPERATURE

POROSITIES

TRANSITION



MICROSTRUCTURE

SEGREGATIONS

RESIDUAL STRESSES

THERCAST

"FULL 3D COUPLED-ANALYSIS FOR CASTED
AND FORGED PART"

Steel mill / Heavy industry / Automotive /
Electronic / Machine tool

Continuous casting, ingot casting / Metal casting,
High and low pressure casting / Sand casting, lost
foam casting / Replica casting / Lost wax casting

FMK
FORGE MASTER KOREA

www.forgemaster.co.kr

FORGE MASTER KOREA Co., Ltd.

FORGE

"THE REFERENCE SIMULATION TOOL FOR 2D
AND 3D BULK METAL FORMING"

Automotive / Heavy industry / Aerospace /
Electronic / Fasteners / Defense

Hot, warm and cold forging / Ring rolling, hot-
cold spinning / Open die forging, mandrel forging /
Machining, induction heating, heat treatment analysis

1F-2Room, BUSINESS INCUBATOR CENTER, CHANGWON MOONSUNG UNIVERSITY
91, CHUNHON-RO, UICHANG-GU, CHANGWON-SI, GYEONGSANGNAM-DO, KOREA
TEL : 070-4496-4370, FAX : 055-277-4376
MOBILE : 010-8865-1003, 010-3223-6411, MAIL : support@forgemaster.co.kr

Human Technology

우리는 **Global Top**을 향해 가고 있습니다.

우리는 작품을 만드는 예술가의 길을 가고 있습니다.

인간을 위한 미래형 자동차부품 개발

우리가 도전합니다.



For the Best

- 1 성서 본사 전경 / Sungseo Head Office
- 2 진량공장 전경 / Jinryang Factory
- 3 냉간단조 부품 / Cold Forging Parts
- 4 자동-수동T/M 부품 / AT/MT Parts
- 5 엔진부품 / Engine Parts
- 6 실차축 부품 / Real Axle Parts
- 7 특수볼트 / Special Bolts
- 8 허브볼트 / Hub Bolts
- 9 연구개발실 / Research and Development



금속소재종합솔루션센터

www.metalsbank.com test-bed.kims.re.kr

개요

국산 소재의 사업화를 촉진하기 위하여 맞춤형 소재정보제공, 소재양산화검증, 부품화 적용 등 소재개발에서 실용화까지 전주기에 걸쳐 지원하는 국가차원의 종합지원 인프라



역할

소재정보은행과 Test-Bed의 운영 및 전산해석 지원을 통한 소재 상용화 개발의 종합적인 지원 거점으로서 소재기업이 최소의 비용과 시간으로 사업화에 성공할 수 있도록 지원하는 동반자

금속소재정보은행

- 수요자 맞춤형 금속소재정보 DB 구축 (정보 수집/가공/생성, 보급)
- 국제협력 네트워크 구축 (공동활용 국제협력망 구축, 기술협력)
- 맞춤형 금속소재 전문인력 양성 (현장인력 교육, e-learning)

전산해석 지원

- 금속소재 및 공정 설계 지원 (전산재료공학 기반 설계/해석 지원)
- 기업 전산해석 인력양성 지원 (전산해석인력 교육 지원)
- 기업 전산해석 기반구축 지원 (전산해석 인프라 구축 기술 지원)

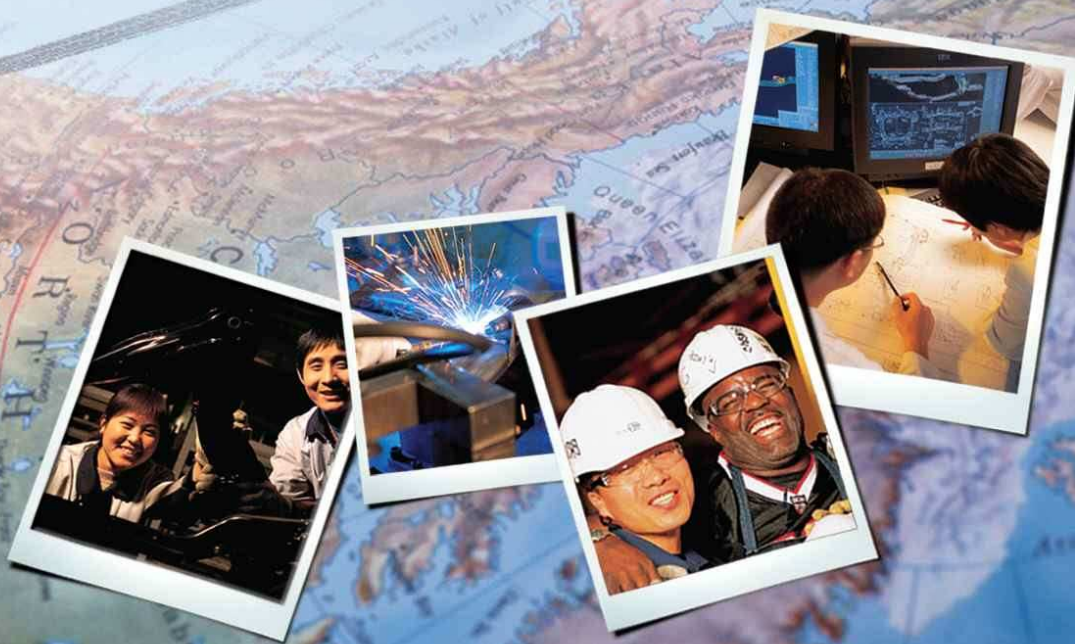
금속소재 Test-Bed

- 금속소재 상용화 기반기술 지원 (Pilot Plant 규모 핵심설비 구축/활용)
- 중량산화 실증/공정개발 기술 지원 (PP 규모 양산화 실증)
- 기업 애로해소 지원 (현장애로기술 지원)

금속소재기업의 기술역량 강화를 통한 국가 소재경쟁력 제고

문의처

- 재료연구소 연구6동 3층 6301호 금속소재종합솔루션센터 사무국
- TEL : 055-280-3273 / FAX : 055-280-3279 / E-mail : metalsbak@kims.re.kr
- Homepage : www.metalsbank.com, test-bed.kims.re.kr



세계최고의 자동차가 달리는 곳에, 화신이 있습니다!

최고의 자동차를 완성하는 것은 바로 최고의 부품!
한 세대를 지나온 역사와 기술력, 제품력을 바탕으로
더 큰 미래, 더 행복한 미래를 만드는 화신이 되겠습니다.

21C 자동차부품산업의 글로벌 리더 -  **HWASHIN**

국내계열사 화신, 기술연구소(경북 영천) · 세화신(충남 예산) · 화신정공(경북 영천) 해외계열사 인도법인(첸나이) · 중국법인(베이징) · 미국법인(알라바마) · 브라질법인(상파울로)

MAIN PRODUCTS | CHASSIS PARTS_ SUBFRAME · LOWER ARM · CROSS MEMBER · REAR TORSION BEAM AXLE
BODY PARTS_ FENDER APRON · CENTER FLOOR · REAR FLOOR · COWL COMPL etc.

HomePage : <http://ssaul.net>

Tel. 02-2636-7580 Fax. 02-2636-6340

서울 금천구 가산동 SK트윈타워 B동 206호



Cutting

다이아몬드 컷팅M/C
정밀 자동 컷팅M/C
대형 자동 컷팅M/C



Mounting

1 or 2 실린더 성형기
전자동 마운팅프레스
동시 4개 시편 몰딩



Polishing

Single/Dual 폴리셔
초정밀 시편연마기
소형/대형 폴리셔



U.T.M

인장/압축시험기
재료시험기, 피로시험기
경도기, 주문제작시험기

