

2017년도 한국소성가공학회
추계 학술대회 초록집

일 시 : 2017년 10월 19일(목)~20일(금)

장 소 : 제주 칼호텔

주 최 : 한국소성가공학회



사단
법인

한국소성가공학회

제 1 발표회장

2017. 10. 19(목)

▶▶ 2층 로즈

○ 특별세션 1 - 800 MPa급 고강도 스테인리스강의 인발 기술

(13:00~14:40)

좌 장 : 이광석(KIMS)

13:00~13:20	스테인리스강 인발공정 도포형 윤활 첨가제 연구	남궁정*, 이영주, 박중철(포항산업과학연구원), 이광석(KIMS), 김정훈, 김병민(부산대)
13:20~13:40	고강도 스테인리스강 Fuel Rail Pressure Sensor 적용을 위한 2단 인발공정 단면형상 최적 설계 방안	배성준*, 이광석(KIMS), 남궁정(RIST), 김정훈, 김병민(부산대), 홍성박, 홍성규(부곡스텐레스), 천세환(FMK)
13:40~14:00	다이 보상을 이용한 다단 형상 인발 공정의 중간 다이 설계에 관한 연구	김정훈*, 김병민(부산대)
14:00~14:20	인발 공정을 이용한 고강도 스테인리스 fuel rail pressure sensor의 제조와 미세조직 연계 잔류응력 측정 및 분석	김세종*, 정중은, 배성준, 이광석(KIMS), 홍성박, 홍성규(부곡스텐레스)
14:20~14:40	인발 공정에 따른 고강도 스테인레스강 (304N)의 미세조직 및 특성 변화	정중은*, 김세종, 배성준, 이광석(KIMS), 남궁정(포항산업과학연구원), 김성민, 김성인(㈜광진실업)
14:40~15:00	Coffee Break	

○ 특별세션 2 - 철계 구동부품의 미세조직제어를 위한 정밀 온간단조기술 개발

(15:00~16:40)

좌 장 : 이영선(KIMS)

15:00~15:20	온간단조에 의한 베벨기어 정형단조를 위한 유한요소해석	신민주*, 이영선, 윤은유, 배성준, 김대근(KIMS), 노태두(㈜프로솔)
15:20~15:40	철계 자동차 부품의 온간단조 성형을 통한 미세조직 및 기계적 특성	김대근*, 윤은유, 이영선(KIMS), 김태구(코리아메탈 (주)), 이상용(안동대)
15:40~16:00	온간단조제품의 금형수명 향상을 위한 단조실험	오영석*, 윤은유, 이영선(KIMS), 김이호(일진금속공업(주)), 손동민(세아창원특수강)
16:00~16:20	온간단조 금형의 질화처리 종류에 따른 내마모성 및 경도 비교	고은실*, 정기호(생기원)
16:20~16:40	TMCP 압연 공정 해석을 통한 HSLA 극후물 강재의 결정립 크기 예측	최창혁*, 임정숙, 천세환(㈜에프엠케이)
16:40~17:00	온간 단조용 KCW1 개발 현황	손동민*, 박순근, 박주환(세아창원특수강)
17:00~17:20	Coffee Break	

17:20~18:20	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 추계학술대회 개회식 - 제21회 상우학술상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진기술상 수상식 - 제6회 학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 차기임원 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	2층 로즈
18:30~	만찬	그랜드

제 2 발표회장

2017. 10. 19(목)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 특별세션 3 - 초전도 소재의 제조기술

(13:00~14:40)

좌 장 : 황덕영(KAT)

13:00~13:20	Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 초전도 MgB_2 조인트 설계	오영석*, 이호원, 박선명, 문인용, Mahipal Ranot, 강성훈(KIMS), 황덕영(KAT)
13:20~13:40	다양한 소성가공 공정 적용에 따른 MgB_2 초전도 정수압 압출재의 기계적 특성 및 미세조직 변화 연구	이종범*, 박상용, 정하국(생기원), 황덕영(KAT)
13:40~14:00	PIT 방식에 의한 MgB_2 초전도 선재의 인발 가공시 Mg, B분말의 입자변형 거동 연구	장세훈*, 김효성, 임재덕, 황덕영(KAT)
14:00~14:20	Cu-Nb-NbTi로 결합된 이중소재의 면적 비율에 따른 인발 가공 특성 연구	김효성*, 이광진, 임재덕, 황덕영(KAT), 오영석, 박선명, 강성훈(KIMS)
14:20~14:40	ECAP을 적용한 NbTi의 초전도 특성 향상에 관한 연구	박선명*, 문인용, 오영석, 이호원, 강성훈(KIMS), 김효성, 황덕영(KAT)
14:40~15:00	Coffee Break	

○ 특별세션 4 - 가변 단면 튜브를 적용한 구동축 제조 기술

(13:00~16:40)

좌 장 : 이호원(KIMS)

15:00~15:20	가변단면 튜브를 이용한 중공 구동축의 개발에 대한 연구	이호원*, 오영석, 강성훈(KIMS), 이종섭(생기원), 신승만(한국프랜지), 조국래(성우하이텍)
15:20~15:40	물 포밍에 의한 변형 잔류응력이 레이저 하이브리드 용접 잔류응력에 미치는 영향 분석	임수범*, 이영석(중앙대)
15:40~16:00	일체형 장구동축 제조를 위한 스웨이징 공정 개발	김용배*, 이상교, 임성주, 이종섭(생기원)
16:00~16:20	성형 공정에 따른 중공축 단조품의 조직학적 분석	손승우*, 이종훈(울산과학기술원)
16:20~16:40	콤팩트 조인트와 중공축 개발	신승만*(한국프랜지공업)
16:40~17:20	Coffee Break	

17:20~18:20	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 추계학술대회 개회식 - 제21회 상우학술상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진기술상 수상식 - 제6회 학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 차기임원 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	2층 로즈
18:30~	만찬	그랜드

제 3 발표회장

2017. 10. 19(목)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 특별세션 5 - 설계기반 미래성형기술

(13:00~16:20)

좌 장 : 구태완(부산대)

13:00~13:20	스테인리스 409L 후판을 이용한 대곡면 성형에 대한 해석적·실험적 연구	곽봉석*, 강범수, 구태완(부산대), 윤만중, 전재영(과워옴엔씨㈜)
13:20~13:40	SAPH440 강판의 구멍 가공 조건에 따른 구멍 확장성 평가 및 예측	서기영*, 김병민(부산대)
13:40~14:00	펄스 조정 기법을 이용한 SHPB 실험 동적 응력 평형의 해석적 및 실험적 검증	김용희*, 강범수, 김 정(부산대)
14:00~14:20	마찰교반접합을 이용한 패치워크 블랭크의 핫포밍렌칭 공정 적용	조덕상*, 김병민(부산대)
14:20~14:40	인공신경망 기법을 활용한 자기 강화형 폴리프로필렌 기반 섬유금속적층판의 유동응력 예측에 관한 연구	박으뜸*, 김 정, 강범수, 송우진(부산대)
14:40~15:00	Mechanical properties of a heat treated aluminum alloy 7075 sheet	최유미*, 이명규(고려대), 이석규(삼성전자)
15:00~15:20	단축인장시험에서의 전기소성효과 메커니즘에 대한 실험적 및 해석적 검증	박형규*, 강범수, 김 정(부산대)
15:20~15:40	상변태를 고려한 TRIP강의 구성방정식 개발	정재봉*, 전성욱, 이현석(나라엠앤디), 김병민, 김지훈(부산대)
15:40~16:00	비정형롤판재성형 공정의 실험과 유한요소해석 결과 비교에 관한 연구	길민규*, 박지우, 윤준석, 강범수(부산대)
16:00~17:20	Coffee Break	
17:20~18:20	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 추계학술대회 개회식 - 제21회 상우학술상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진기술상 수상식 - 제6회 학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 차기임원 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	2층 로즈
18:30~	만찬	그랜드

제 4 발표회장

2017. 10. 19(목)

▶ 2층 무궁화

○ 특별세션 6 - 정밀 소성가공 시뮬레이션의 기술과 그 응용 1

(13:00~16:00)

좌 장 : 홍석무(공주대)

13:00~13:20	소성가공품 단류선의 품질	전만수*(경상대), 이민철(엠에프알씨)
13:20~13:40	Jominy시험에 대한 시뮬레이션	이광오*(부산대), 정석환(엠에프알씨)
13:40~14:00	피부요소를 이용한 비등온 유한요소해석 결과의 타당성에 관한 고찰	M. K. Razali*, 전만수(경상대)
14:00~14:20	자동변속기용 인너레이저와 보스 동시 열간단조공정의 완전유한요소해석	정승원*(엠에프알씨), 문호근, 윤진훈, 배명한, 전만수(경상대)
14:20~14:40	삼축 응력 상태를 고려한 재료의 파단 연구	홍석무*(공주대), 전만수(경상대)
14:40~15:00	열간단조공정에서 금형 수명 예측	R. Sekar*, 전만수(경상대)
15:00~15:20	Coffee Break	

○ 특별세션 6 - 정밀 소성가공 시뮬레이션의 기술과 그 응용 2

(13:00~16:00)

좌 장 : 이광오(부산대)

15:20~15:40	반복해석에 의한 단조 중 금형의 온도변화 예측	송하늘*, 전만수(경상대), 김광민, 황태민(성진포머)
15:40~16:00	스프링 부착 다이 모션제어를 통한 알루미늄 재질 플랜지형 35R 허브클러치 정밀 냉간단조 공정 해석	허영민*, 홍의창(호창MF), 김봉준, 이성민(경창산업), 이광오(부산대), 김준안(경남정보대)
16:00~16:20	알루미늄 냉간단조에서 마찰에 관한 고찰	유재동*, 전만수(경상대), 김광민, 황태민(성진포머)
16:20~16:40	스테인리스강 무게목 강관의 확관 공정의 정밀 유한요소해석	이정현*, 박진만(세아창원특수강), 정승원(엠에프알씨), 전만수(경상대)
16:40~17:00	다단 개방 압출 공정 중 발생한 세브론 크랙의 예측	이요셉*(엠에프알씨), 황현석(한일단조), 홍석무(경상대), 전만수(경상대)
17:00~17:20	고속정밀 반경단조 공정의 시뮬레이션	문호근*, 김민철(엠에프알씨), 조재민, 이성철(현대위아), 전만수(경상대)
17:20~18:20	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 추계학술대회 개회식 - 제21회 상우학술상 수상식 - 제14회 기술상 수상식 - 제6회 신진기술상 수상식 - 제6회 학술상 수상식 - 특별회원사패 전달식 - 차기임원 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회	2층 로즈
18:30~	만찬	그랜드

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. 10. 19(목)

▶▶ 2층 로비

(13:00~15:00)		좌 장 : 권혁홍(대진대), 최정목(㈜진합)	
13:00~13:15	P 01	리브를 가진 강관 성형을 위한 4단 롤포밍공정에 대한 유한요소해석	정동원*(제주대)
	P 02	점진진성형을 적용한 차량용 자동변속기 부품 제조 방법에 대한 연구	박은수*, 이광진, 이성민, 정은영, 주원광, 김봉준(경창산업㈜)
	P 03	유한요소법을 활용한 볼 조인트 하우징 냉간단조 정밀 성형 금형설계에 관한 연구	박희찬*, 김동배, 김주엽(대구기계부품연구원), 서창민, 정해석, 김동희(㈜신도하이텍)
	P 04	실시간 투과전자현미경 및 분자동역학을 이용한 TiAl 합금의 소성거동 분석	김성웅*, 김승언(KIMS), 정병관, 김재민, 유승화(KAIST)
	P 05	충돌 특성을 고려한 리어플로어 컴플 설계에 관한 연구	차승훈*, 김중희, 소범식(경북테크노파크), 권순덕, 이휘용(아진산업)
13:15~13:30	P 06	롤 성형공정에서 판재의 과도한 두께 얇아짐을 방지하기 위한 롤 설계기술	정동원*(제주대)
	P 07	롤포밍공정에서 바우절합과 스프링백	정동원*(제주대)
	P 08	과공정 Al-15wt.%Si 압출 소재의 미세조직 및 마모 특성에 미치는 TiO2 첨가의 영향	강연지*, 허준영, 이기안(인하대), 김종호(포항산업과학연구원), 황종일(LMS㈜)
	P 09	과공정 Al-15wt.%Si 압출재의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 TiO2 첨가의 영향	허준영*, 백민석, 이기안(인하대), 김종호(포항산업과학연구원), 황종일(LMS㈜)
	P 10	열분사를 통한 타이어 금형소재의 표면개질	최광수*, 이종원, 김민규, 박준식(한밭대)
13:30~13:45	P 11	전기장 해석법을 이용한 이형 선재의 다단 형상성형 공정 설계	이정훈*, 박성철(한국해양대), 지세인, 김병민(부산대)
	P 12	Al6061 합금 볼트 제조를 위한 통합 성형 공정의 설계	박성철*, 이정훈(한국해양대), 동와룡(㈜유진코메탈)
	P 13	FCEV용 고압 연료 탱크 연결 파이프 피팅부 성형해석	이정민*, 박준수, 전문수, 이형욱(한국교통대), 정화정, 추성화(㈜한일튜브)
	P 14	FCEV용 고압 밸브 실링부의 간극 및 압력해석	박근영*, 박준수, 전문수, 이형욱(한국교통대), 양갑진, 노의동(UNICK), 김현철(자동차부품연구원)
	P 15	다기능성 판재(VCM)의 파단 특성 및 성형성 평가	윤종현*, 김광웅(한양대)
13:45~14:00	P 16	펄토초 레이저를 이용한 금형 소재의 미세패턴 제작에 관한 연구	임현욱*, 윤경환(단국대), 황택용, 라문우, 홍석관, 강정진(생기원)
	P 17	초정밀 가공에서 미세 구조물의 변형 특성	송기형*, 최영재(생기원), 이용신(국민대)
	P 18	전기저항 가열 조건에 따른 스틸강관의 코팅층 분석	김동욱*, 정경근, 명재곤(자동차부품연구원), 송현섭, 강병준(KSM)
	P 19	사각형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정 개발	정동원*(제주대)
	P 20	원형형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정 개발	정동원*(제주대)
14:00~14:15	P 21	수도관용 이중링 압착식 조인트(SR II-JOINT) 개발 및 하중의 최소화	김 송*, 이영섭, 홍석무(공주대), 강정식(㈜서원기술 연구소)
	P 22	과공식 강선에서 인장파괴에 영향을 미치는 미세조직 인자	안강석*, 이찬혁, 박정훈, 남원종(국민대), 김진호, 정진영(고려제강)
	P 23	이트륨 편석이 타이타늄의 기계적 성질 및 집합조직에 미치는 영향	김효규*, 박종민, 조용수, 민석홍, 하태권(강릉원주대), 박형기(생기원)
	P 24	CAE해석을 활용한 매거진 탑의 가스사출성형에 대한 연구	김옥래*, 김종덕, 이상용, 이성희(생기원), 강세호(㈜건화)
	P 25	성형 이력을 고려한 AI 오일 팬의 정강성 비교	최보성*, 김재철(울산테크노파크), 김일철(코디마), 이덕영(대구대)

14:15~14:30	P 26	스프링백 해석을 통한 원형파이프 굽힘 보정 각도 예측	최보성*, 김재철(울산테크노파크), 오성국(택트), 이덕영(대구대)
	P 27	차체 경량화-고강도를 위한 금속-복합재 하이브리드 부품 개발	안민수*, 김동권, 도상현, 남재두, 서종덕(신영)
	P 28	교차전단 가공법을 통한 고강도/고연성 마그네슘 합금의 미세조직 제어	주용환*, 마헨드라다니아가스티아, 김민준, 다나세사파라딘다푸트라, 고영건(영남대)
	P 29	결정립 크기 의존성을 갖는 금속 산화물의 표면특성	민지훈*, 시티파티마, 무하마드프리슬라카밀, 고영건(영남대), 송종범, 최일경(경명문텐탈)
	P 30	Al 7055 합금의 기계적 성질 예측 모델 연구	손영일*(국방과학연구소), 맹한술, 이석재(전북대)
14:30~14:45	P 31	극저온 전단가공된 알루미늄 합금의 미세조직 변화 및 기계적 물성 향상	양해웅*, 위디안타라아이, 오쥬드이푸트리, 이용환, 고영건(영남대)
	P 32	자동차 DCT 기어 Actuator Ball Nut의 단조 성형성 평가	이윤혁*, 김동환(한국국제대), 김병철(경상대)
	P 33	DED 기술을 이용한 고속도공구강 적층부의 후열처리에 따른 미세조직 관찰	백경윤*(전남대), 신광용, 이기용(생기원), 심도식(한국해양대)
	P 34	사출성형 후 언더컷의 강제 취출 시 변형 해석	홍석관*, 김영근, 윤언경, 김상윤, 이상철(생기원), 이정택(㈜케이알)
	P 35	변형률 분포에 기반한 냉간 롤 포밍 공정 설계	김동규*, 강용기(㈜디케이이솔루션), 박광수(포항산업과학연구원), 전형준(명진테크), 문영훈(부산대)
14:45~15:00	P 36	3점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면형상 설계 제안	이철환*, 김동규, 강용기(㈜디케이이솔루션), 박광수(포항산업과학연구원), 전형준(명진테크)
	P 37	후판 절단시 톱날끼임 방지를 위한 판재 변형 거동에 관한 연구	박광수*(포항산업과학연구원), 강용기(㈜디케이이솔루션), 최창혁(㈜FMK), 문영훈(부산대)
	P 38	핫스탬핑 기술을 적용한 인장강도 1.5GPa급 차체 Sideouter 정동강성 해석적 평가에 관한 연구	김민근*, 이현철(자동차부품연구원), 한승남(현성테크노)
	P 39	기계구조용 인조흑연의 제조 조건 별 기계적 물성 연구	김종원*(경북테크노파크), 고재식(극동셀테크㈜)
	P 40	이트륨 편석이 타이타늄 부식에 미치는 영향	원소리*, 하태권(강릉원주대), 서보성, 김효규, 박광석(생기원)
15:00~15:15	Coffee Break		
(15:15~17:09)			좌 장 : 홍석무(공주대), 최정목(㈜진합)
15:15~15:30	P 41	핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터 성형 공정 해석에 관한 연구	김민근*, 이현철, 고건영, 박승연(자동차부품연구원), 한승남(현성테크노)
	P 42	후방압출을 이용한 비대칭 사각너트의 단조 성형 예측	서재윤*, 박종혁, 설주연, 이광희, 김진용(풍강)
	P 43	핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터의 충격강성에 미치는 냉각속도의 영향	김민근*, 이현철, 고건영, 박승연(자동차부품연구원), 한승남(현성테크노)
	P 44	순 Al의 양극산화에 미치는 집합조직의 영향	김인수*, 이철우(금오공대), 박병현(OCI)
	P 45	강판의 비대칭 압연 집합조직과 열처리에 따른 집합조직 변화	김인수*, 남수권, 이철우(금오공대), 이동녕(서울대)
15:30~15:45	P 46	유한요소해석을 이용한 Steering Rod 분말성형품의 변형양상 예측	정명식, 최용진, 이인규, 이성윤, 이상곤, 황선광, 차경제, 조아라(생기원)
	P 47	저탄소강의 제어냉각에 따른 기계적 특성 및 미세조직	배성준*, 윤은유, 이영선, 이창길, 신민주, 김대근(KIMS)
	P 48	접합압력 향상을 위한 알루미늄 포트홀 압출 웰딩챔버 설계	이성윤*, 이인규, 이재욱, 조용재, 이상곤(생기원)
	P 49	자유단조 공정의 피어싱 편치의 형상최적설계	김민철*, 정석환(엠에프알씨), 전만수(경상대)
	P 50	플로우포밍 공정의 실용적 유한요소해석	엄재근*(엠에프알씨), 홍석무(공주대), 전만수(경상대)

15:45~16:00	P 51	유한요소법과 최적화 기법을 이용한 압축시험으로부터의 유동응력 획득	김민철*, 전만수(경상대), 박상균, 김광민(성진포머)
	P 52	화력발전용 오스테나이트계 보일러튜브 ASTM S30432의 결정립 미세화 및 미세크랙 제어 연구	이정현*, 김덕령, 박진만(세아창원특수강)
	P 53	열간-냉각 가변성형공정에 관한 연구	이인규*, 이상곤(생기원), 이성윤, 정명식, 황선광, 김병민(부산대)
	P 54	스프링백을 고려한 자동차용 AI 7075-T6 임팩트빔의 롤플라워 설계 방법	이상교*, 최선용, 이종섭, 송정환, 최석우(생기원), 김근호(㈜아산)
	P 55	GISSMO 데미지 모델을 이용한 AI 7075-T6 냉간 롤 포밍 공정의 파손 예측	박지영*, 노우람, 이상교, 최선용, 이종섭, 송정환, 최석우(생기원), 김근호(㈜아산)
16:00~16:15	P 56	로듐 세션 다단 인발공정 설계	이상곤, 이인규, 이성윤, 김다혜, 차경제, 성지현, 최 영(생기원)
	P 57	Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 내판의 성형공정 해석	곽정환*, 강병욱, 송정환(생기원), 김세호(대구대), 정철영(㈜대우공업)
	P 58	침탄 열처리 공정에서의 침탄깊이 및 열처리 변형에 대한 실용적 예측방법	이광오*(부산대), 정석환, 전만수(엠에프알씨)
	P 59	사출성형기의 구조를 이용한 고 전단속도 구간에서의 수지 점도 측정에 대한 연구	이준한*, 김종선(생기원)
	P 60	고온 진공 브레이징을 적용한 연속용융금속도금조용 고수명 이중재질 내마모 부품 개발	탁윤학*, 박동환(경북하이브리드부품연구원), 이희록(㈜피엠티), 홍진태(㈜부강특수산업)
16:15~16:30	P 61	롤 포밍 공정을 이용한 고강도 차체 부품 제작 및 특성화 분석	강용기*, 김동규(㈜디케이솔루션), 박광수(포항산업과학기술연구원), 전형준(명진테크), 문영훈(부산대)
	P 62	자동차 조향 시스템의 아웃터 세레이션 튜블러 샤프트 냉간 성형공정 연구	신영철*, 최호준, 임성식, 이상교, 임성주(생기원), 김연구, 신익철(㈜대림엠티아이)
	P 63	공정특성에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 및 스프링백 특성 분석	김현우*, 이창환(서울과기대)
	P 64	5182 Al과 7075 Al 합금의 온간변형거동과 프로세싱맵	김우진*, 장동혁(홍익대)
	P 65	장구형 워 나사의 엔드밀 공구 형상에 따른 치형 정밀도 분석	강신준*(영신금속공업), 윤덕재(생기원), 김용환(충남대)
16:30~16:45	P 66	이중 금속소재를 복합 적용한 용융금속도금 설비 침지 부품 Roll용 고수명 내마모 부품 개발	정상우*, 홍진태(㈜부강특수산업), 이희록(㈜피엠티), 박동환(경북하이브리드부품연구원)
	P 67	Al 인서트 사출성형을 통한 컨트롤암 개발을 위한 사출성형 해석연구	차경제*, 이성윤, 정명식, 황선광, 성지현, 조용재, 이재욱, 이상곤, 김다혜(생기원)
	P 68	스웨이징공정에서 Cu-Nb이중금속의 성형특성 연구	윤덕재*, 김웅주(생기원)
	P 69	진동 모터 베이스 플레이트의 프로그래시브 판단조 공정 해석	조성민*, 박래원, 이종호, 황찬웅, 정완진(서울과기대)
	P 70	고강도강관의 성형성에 미치는 슬라이드모션의 영향	송재선*, 윤국태, 박준달, 허재영(대구기계부품연구원), 김용환(충남대)
16:45~17:00	P 71	핀 형상에 따른 에어백 하우징 사이드 홀 피어싱 핀 내구성 영향 평가	윤일채*, 윤국태, 허재영, 전강국(대구기계부품연구원), 박원호, 박유현(㈜전우정밀)
	P 72	Surface Texturing 및 PVD 코팅에 따른 초고강도강관 성형용 금형의 마찰 및 내구특성 분석	임형철*, 윤국태, 허재영, 송재선, 전강국, 박준달, 이현식, 김보환(대구기계부품연구원)
	P 73	사다리롤 나사 전조공정 유한요소해석	송하늘*(경상대), 김웅주, 윤덕재(생기원), 강신준(영신금속공업)
	P 74	레이저 용융 기술로 적층된 내열합금의 고온경도 특성 분석	손종윤*, 윤희석(전남대), 이기용(생기원), 심도식(한국해양대)
	P 75	자동차 EPB Spindle 냉간단조공정 설계	서영호*, 이기호(포스코), 최신동, 이승준(태양금속공업㈜)
17:00~17:09	P 76	316LN 소재 곡면 구조물의 냉간 성형 제조 기술 개발	권일근*(동의과학대)
	P 77	가변 두께 강관 적용 부품의 열간성형 기술	박종규*, 김양수(㈜화신), 김영석(경북대)
	P 78	스퍼터링공정을 이용한 세라믹 코팅 볼트의 특성 연구	김동민*, 진영구, 서현우(홍익대)

제 1 발표회장

2017. 10. 20(금)

▶▶ 2층 로즈

○ 일반발표 – 단조 1

(08:40~10:20)		좌 장 : 박동환(경북하이브리드부품연구원)
8:40~9:00	냉간단조에서의 금형수명 예측기법 개발	권인우*, 정기호(생기원), 서영호(포스코), 이승준, 최신동(태양금속공업㈜)
9:00~9:20	원가절감형 해상풍력발전기용 Main shaft 제조 기술	김남용*, 이진모, 이채훈, 주병돈, 허상현, 윤선룡, 장희상(㈜태웅)
9:20~9:40	Cr강의 열간단조 및 열처리 공정 후의 미세조직변화가 피로 및 파괴 특성에 미치는 영향	김민석*, 이동준, 구가은, 권용남(KIMS), 허상현, 김남용, 이진모 (㈜태웅)
9:40~10:00	700°C급 HSC 로터용 소재선정을 위한 1톤급 Ni기초합금의 열간단조특성 연구	김영득*, 김정욱, 강성태(두산중공업)
10:00~10:20	소성변형 기반 표면 패턴의 초소수성 영향 분석	문인용*, 이호원, 오영석, 강성훈(KIMS)
10:20~10:40	Coffee Break	

○ 일반발표 – 단조 2

(10:40~12:00)		좌 장 : 김영득(두산중공업)
10:40~11:00	다축대각 단조 시 알루미늄 합금의 변형거동 예측에 관한 연구	신지환*, 김시운, 김민성, 최시훈(순천대), 권상철, 김순태, 정효태(강릉원주대), 이 성(국방과학연구소)
11:00~11:20	소형 봉재의 냉열간 단조기술을 적용한 캠링기어 부품 최적화 연구	박동환*, 탁윤학(경북하이브리드부품연구원), 이승수, 권기진(㈜동서)
11:20~11:40	고효율 급속냉각을 적용한 열간 자유 단조품의 특성 연구	윤선룡*, 이진모, 김남용, 이채훈, 주병돈, 허상현, 장희상(㈜태웅)
11:40~12:00	AI 박육 후크형 단조부품 개발을 위한 열간단조 공정에서의 최적 Preform 설계에 관한 연구	홍순곤*, 윤상길, 이진우, 이정환(KIMS)
12:00~	점심	2층 사라

제 2 발표회장

2017. 10. 20(금)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 일반발표 – 재료기술 1

(09:00~10:20)		좌 장 : 최시훈(순천대)
9:00~9:20	에비변형률 효과를 고려한 알루미늄 합금의 통전 인장물성	김민기*, 허 훈(KAIST), 송정환(생기원)
9:20~9:40	십자형 시편을 이용한 알루미늄 7075-T6 합금 판재의 항복곡면에 대한 연구-1	김장수*, 김유석, 투완, 김영석(경북대), 김진재(DYTEC), 박진기(㈜현대제철), 배문기(㈜현대자동차)
9:40~10:00	유한요소법과 최적화기법을 이용한 동적 재결정 현상 이론의 변수 결정	이라니 미쌤*, 전만수(경상대)
10:00~10:20	경량철강의 기계적 물성 변화에 미치는 냉각속도 및 Al 함량의 영향 분석	박준영*, 박성준(KIMS), 한홍남(서울대)
10:20~10:40	Coffee Break	

○ 일반발표 – 재료기술 2

(10:40~12:00)		좌 장 : 정석환(엠에프알씨)
10:40~11:00	A study of correlation between intergranular fracture and plastic deformation in tungsten using nanoindentation.	오연주*, 이근호, 광노준, 한홍남(서울대), 고원석(울산대), 성현민(LG전자)
11:00~11:20	Ti-Al-Fe 계열 타이타늄 합금의 온간소성 변형거동 및 기계적 물성	이용문*, 이종수(포항공대), 원종우, 염종택(KIMS), 이기영(KPCM)
11:20~11:40	오스테나이트계 Fe-Mn-Al-C 경량철강의 κ -carbide 석출거동에 따른 강화 효과 분석	이재은*, 박시욱, 김황선, Phaniraj Madakashira, 한홍남(서울대), 박성준(KIMS)
11:40~12:00	Mo 무첨가 Lean Duplex Stainless강의 Aging 거동	신익수*, 정기채, 박경태(한밭대), 최점용(포스코)
12:00~	점심	2층 사라

제 3 발표회장

2017. 10. 20(금)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 일반발표 - 판재성형 1

(09:00~10:20)		좌 장 : 정영웅(창원대)
9:00~9:20	셀프 피어싱 리벳에 의해 접합된 이종소재 판재의 접합강도 예측 모델	김찬양*, 이명규(고려대), 고세진(현대자동차), 김형중(강원대)
9:20~9:40	Ti-6Al-V4 합금의 고온 변형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구	김현지*, 권용남(KIMS)
9:40~10:00	변형률 속도를 고려한 구성방정식을 이용한 변형모드에 따른 유한요소해석	김효동*, 정완진(서울과기대)
10:00~10:20	변형률 속도를 고려한 7000계 알루미늄 합금 판재의 고온 성형 한계 측정	유동훈*, 홍종화, 김민석, 권용남, 이영선, 김대용(KIMS)
10:20~10:40	Coffee Break	

○ 일반발표 - 판재성형 2

(10:40~12:00)		좌 장 : 정동원(제주대)
10:40~11:00	PET 코팅 강판의 파단 예측	윤수환*, 전성욱, 정재봉, 김지훈(부산대), 정지용, 고상진, 소현우(LG전자)
11:00~11:20	결정 소성 모델을 활용한 성형 한계 곡선 예측	정영웅*(창원대)
11:20~11:40	Tee-pipe 피어싱 공정에서 펀치파손을 방지하기 위한 피어싱 펀치 최적 설계	이영섭*, 송철호, 홍석무(공주대), 강정식(원기기술 연구소)
11:40~12:00	미세표면 거칠기를 고려한 마찰계수 예측 및 모델 평가	이기정*, 이정연, 이명규(고려대학교)
12:00~	점심	2층 사라

제 4 발표회장

2017. 10. 20(금)

▶▶ 2층 무궁화

○ 일반발표 - 압연 및 가공 1

(09:20~10:20)		좌 장 : 정효태(강릉원주대)
9:00~9:20	CEM® 공정을 이용한 고급 고강도강 생산기술 개발	정제숙*, 공종판, 조용석(포스코)
9:20~9:40	CEM® 연연속압연 공정 압연 온도 해석 모델 개발	조용석*, 정제숙, 공종판(포스코)
9:40~10:00	열간선재압연의 조압연 공정에서 발생하는 소재의 손상 조사	김동현*, 김태용, 이영석(중앙대)
10:00~10:20	선재 RSM 공정에 있어 압연재 장력제어를 위한 기초연구	김동환*, 강윤희, 문창호(포스코)
10:20~10:40	Coffee Break	

○ 일반발표 - 압연 및 가공 2

(10:40~12:00)		좌 장 : 정제숙(포스코)
10:40~11:00	광폭 마그네슘 압연기 프로세스 설계기술	김용기*, 김세혁, 박현진(포스코건설)
11:00~11:20	회전 밴딩 공법을 적용한 선박용 커플링(미들링)의 개발	배선민*, 전만수(경상대), 김동환(한국국제대)
11:20~11:40	DLM 공정 시 철 분말의 크기와 형상이 공극형성에 미치는 영향	전태준*, 황태우, 윤혜정, 문영훈(부산대)
11:40~12:00	4륜 구동 다목적 관리차용 고강도 플라스틱 연료탱크의 개발	김병철*(경상대), 김동환(한국국제대)
12:00~	점심	2층 사라

제 5 발표회장

2017. 10. 20(금)

▶ 2층 동백

○ 일반발표 - 소성이론 및 가공 1

(09:20~10:20)		좌 장 : 송우진(부산대)
9:00~9:20	비산화 분위기에서 미끄럼 마멸 시험 중 형성된 강소성가 공증과 층 내부의 크랙 전파	구분우*, 권혁우, 김용석(국민대)
9:20~9:40	결정 소성 모델을 이용한 변형 경로 변경시 판재의 이방성 경화 예측	김휘건*, Frederic Barlat(포항공대), 정영웅(창원대)
9:40~10:00	실시간 마찰 및 윤활 조건을 고려한 판재 성형 해석 시스템 개발	문명수, 이찬호, B. Carleer(오토폴엔지니어링), J. Hol(TriboForm Engineering)
10:00~10:20	섬유강화복합재 손상 모델(FRC)에 대한 적분형 비국부 모델 적용	박준용*, 윤정환(KAIST), 윤수진(국방과학연구소)
10:20~10:40	Coffee Break	

○ 일반발표 - 소성이론 및 가공 2

(10:40~12:00)		좌 장 : 문창호(포스코)
10:40~11:00	유한요소 해석을 통한 튜브단 시 발생하는 슬라브 소재의 변형 예측	최창혁*, 임정숙, 천세환(㈜FMK), 박광수(포항산업과학연구원)
11:00~11:20	인공신경망 및 유전자 알고리즘을 이용한 인발 공정의 다목적 최적설계	조동혁*, 김광겸, 오제택, 박용남, 최현규, 이영석(중앙대)
11:20~11:40	액압성형 공정을 이용한 나사 형상을 갖는 판재 제작 및 체결	정희석*, 나재현, 문영훈(부산대)
11:40~12:00	철근 제조 공정에서의 상변태 및 강도 예측을 위한 유한요소 해석 모델	Kaushik Bandyopadhyay*, 이준호, 이명규(고려대)
12:00~	점심	2층 사라

목 차

1. 특별세션 - 800 MPa급 고강도 스테인리스강의 인발 기술 (제 1 발표회장)

- 스테인리스강 인발공정 도포형 윤활 첨가제 연구
..... 남궁정*, 이영주, 박중철, 이광석, 김정훈, 김병민 / 20
- 고강도 스테인리스강 Fuel Rail Pressure Sensor 적용을 위한 2 단 인발공정 단면형상 최적 설계 방안
..... 배성준*, 이광석, 남궁정, 김정훈, 김병민, 홍성박, 홍성규, 천세환 / 22
- 다이 보상을 이용한 다단 형상 인발 공정의 중간 다이 설계에 관한 연구
..... 김정훈*, 김병민 / 24
- 인발 공정을 이용한 고강도 스테인리스 fuel rail pressure sensor의 제조와 미세조직 연계 잔류응력 측정 및 분석
..... 김세중*, 정중은, 배성준, 이광석, 홍성박, 홍성규 / 25
- 인발 공정에 따른 고강도 스테인레스강 (304N)의 미세조직 및 특성 변화
..... 정중은*, 김세중, 배성준, 이광석, 남궁정, 김성민, 김성인 / 26

2. 특별세션 - 철계 구동부품의 미세조직제어를 위한 정밀 온간단조기술 개발 (제 1 발표회장)

- 온간단조에 의한 베벨기어 정형단조를 위한 유한요소해석
..... 신민주*, 이영선, 윤은유, 배성준, 김대근, 노태두 / 27
- 철계 자동차 부품의 온간단조 성형을 통한 미세조직 및 기계적 특성
..... 김대근*, 윤은유, 이영선, 김태구, 이상용 / 28
- 온간단조품의 금형수명 향상을 위한 단조실험
..... 오영석*, 윤은유, 이영선, 김이호, 손동민 / 29
- 온간단조 금형의 질화처리 종류에 따른 내마모성 및 경도 비교
..... 고은실*, 정기호 / 30
- TMCP 압연 공정 해석을 통한 HSLA 극후물 강재의 결정립 크기 예측
..... 최창혁*, 임정숙, 천세환 / 31
- 온간 단조용 KCW1 개발 현황
..... 손동민*, 박순근, 박주환 / 32

3. 특별세션 - 초전도 소재의 제조기술 (제 2 발표회장)

- Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 초전도 MgB_2 조인트 설계
..... 오영석*, 이호원, 박선명, 문인용, Mahipal Ranot, 강성훈, 황덕영 / 33
- 다양한 소성가공 공정 적용에 따른 MgB_2 초전도 정수압 압출재의 기계적 특성 및 미세조직 변화 연구
..... 이종범*, 박상용, 정하국, 황덕영 / 34
- PIT 방식에 의한 MgB_2 초전도 선재의 인발 가공시 Mg, B분말의 입자변형 거동 연구
..... 장세훈*, 김효성, 임재덕, 황덕영 / 35
- Cu-Nb-NbTi로 결합된 이중소재의 면적 비율에 따른 인발 가공 특성 연구
..... 김효성*, 이광진, 임재덕, 황덕영, 오영석, 박선명, 강성훈 / 36
- ECAP을 적용한 NbTi의 초전도 특성 향상에 관한 연구
..... 박선명*, 문인용, 오영석, 이호원, 강성훈, 김효성, 황덕영 / 37

4. 특별세션 - 가변 단면 튜브를 적용한 구동축 제조 기술 (제 2 발표회장)

- 가변단면 튜브를 이용한 중공 구동축의 개발에 대한 연구
..... 이호원*, 오영석, 강성훈, 이종섭, 신승만, 조국래 / 38
- 롤 포밍에 의한 변형 잔류응력이 레이저 하이브리드 용접 잔류응력에 미치는 영향 분석
..... 임수범*, 이영석 / 39
- 일체형 장구동축 제조를 위한 스웨이징 공정 개발
..... 김용배*, 이상교, 임성주, 이종섭 / 40
- 성형 공정에 따른 중공축 단조품의 조직학적 분석
..... 손승우*, 이종훈 / 41
- 컴팩트 조인트와 중공축 개발
..... 신승만* / 42

5. 특별세션 - 설계기반 미래성형기술 (제 3 발표회장)

- 스테인리스 409L 후판을 이용한 대곡면 성형에 대한 해석적·실험적 연구
.....곽봉석*, 강범수, 구태완, 윤만중, 전재영 / 43
- SAPH440 강판의 구멍 가공 조건에 따른 구멍 확장성 평가 및 예측
..... 서기영*, 김병민 / 45
- 펄스 조정 기법을 이용한 SHPB 실험 동적 응력 평형의 해석적 및 실험적 검증
.....김용희*, 강범수, 김 정 / 46
- 마찰교반점용접을 이용한 패치워크 블랭크의 핫포밍렌칭 공정 적용
..... 조덕상*, 김병민 / 47
- 인공신경망 기법을 활용한 자기 강화형 폴리프로필렌 기반 섬유금속적층판의 유동응력 예측에 관한 연구
.....박으뜸*, 김 정, 강범수, 송우진 / 48
- Mechanical properties of a heat treated aluminum alloy 7075 sheet
.....최유미*, 이명규, 이석규 / 49
- 단축인장시험에서의 전기소성효과 메커니즘에 대한 실험적 및 해석적 검증
.....박형규*, 강범수, 김 정 / 50
- 상변태를 고려한 TRIP강의 구성방정식 개발
.....정재봉*, 전성욱, 이현석, 김병민, 김지훈 / 51
- 비정형롤판재성형 공정의 실험과 유한요소해석 결과 비교에 관한 연구
.....길민규*, 박지우, 윤준석, 강범수 / 52

6. 특별세션 - 정밀 소성가공 시뮬레이션의 기술과 그 응용 (제 4 발표회장)

- 소성가공품 단류선의 품질
..... 전만수*, 이민철 / 53
- Jominy시험에 대한 시뮬레이션
..... 이광오*, 정석환 / 55
- 피부요소를 이용한 비등온 유한요소해석 결과의 타당성에 관한 고찰
.....M. K. Razali*, 전만수 / 57
- 자동변속기용 이너레이서와 보스 동시 열간단조공정의 완전유한요소해석
.....정승원*, 문호근, 윤진훈, 배명한, 전만수 / 59

• 삼축 응력 상태를 고려한 재료의 파단 연구	홍석무*, 전만수 / 61
• 열간단조공정에서 금형 수명 예측	R. Sekar*, 전만수 / 62
• 반복해석에 의한 단조중 금형의 온도변화 예측	송하늘*, 전만수, 김광민, 황태민 / 64
• 스프링 부착 다이 모션제어를 통한 알루미늄 재질 플랜지형 35R 허브클러치 정밀 냉간단조 공정 해석	허영민*, 홍의창, 김봉준, 이성민, 이광오, 김준안 / 66
• 알루미늄 냉간단조에서 마찰에 관한 고찰	유재동*, 전만수, 김광민, 황태민 / 67
• 스테인리스강 무계목 강관의 확관 공정의 정밀 유한요소해석	이정현*, 박진만, 정승원, 전만수 / 69
• 다단 개방 압출 공정 중 발생한 세브론 크랙의 예측	이요셉*, 황현석, 홍석무, 전만수 / 71
• 고속정밀 반경단조 공정의 시뮬레이션	문호근*, 김민철, 조재민, 이성철, 전만수 / 73

7. 일반 논문 발표 (제 1 발표회장)

○ 단조

• 냉간단조에서의 금형수명 예측기법 개발	권인우*, 정기호, 서영호, 이승준, 최신동 / 75
• 원가절감형 해상풍력발전기용 Main shaft 제조 기술	김남용*, 이진모, 이채훈, 주병돈, 허상현, 윤선룡, 장희상 / 76
• Cr강의 열간단조 및 열처리 공정 후의 미세조직변화가 피로 및 파괴 특성에 미치는 영향	김민석*, 이동준, 구가은, 권용남(KIMS), 허상현, 김남용, 이진모 / 77
• 700°C급 HSC 로터용 소재선정을 위한 1톤급 Ni기초합금의 열간단조특성 연구	김영득*, 김정옥, 강성태 / 79
• 소성변형 기반 표면 패턴의 초소수성 영향 분석	문인용*, 이호원, 오영석, 강성훈 / 81
• 다축대각 단조 시 알루미늄 합금의 변형거동 예측에 관한 연구	신지환*, 김시운, 김민성, 최시훈, 권상철, 김순태, 정효태, 이 성 / 82
• 소형 봉재의 냉열간 단조기술을 적용한 캠링기어 부품 최적화 연구	박동환*, 탁윤학, 이승수, 권기진 / 83
• 고효율 급속냉각을 적용한 열간 자유 단조품의 특성 연구	윤선룡*, 이진모, 김남용, 이채훈, 주병돈, 허상현, 장희상 / 85
• AI 박육 후크형 단조부품 개발을 위한 열간단조 공정에서의 최적 Preform 설계에 관한 연구	홍순곤*, 윤상길, 이진우, 이정환 / 86

8. 일반 논문 발표 (제 2 발표회장)

○ 재료기술

• 예비변형률 효과를 고려한 알루미늄 합금의 통전 인장물성	김민기*, 허 훈(KAIST), 송정환 / 87
----------------------------------	----------------------------

- 십자형 시편을 이용한 알루미늄 7075-T6 합금 판재의 항복곡면에 대한 연구-1
..... 김장수*, 김유석, 투완, 김영석, 김진재, 박진기, 배문기 / 89
- 유한요소법과 최적화기법을 이용한 동적 재결정 현상 이론의 변수 결정
..... 이라니 미쌤*, 전만수 / 91
- 경량철강의 기계적 물성 변화에 미치는 냉각속도 및 Al 함량의 영향 분석
..... 박준영*, 박성준, 한홍남 / 93
- A study of correlation between intergranular fracture and plastic deformation in tungsten using nanoindentation.
..... 오연주*, 이근호, 박노준, 한홍남, 고원석, 성현민 / 94
- Ti-Al-Fe 계열 타이타늄 합금의 온간소성 변형거동 및 기계적 물성
..... 이용문*, 이종수, 원종우, 염종택, 이기영 / 95
- 오스테나이트계 Fe-Mn-Al-C 경량철강의 κ -carbide 석출거동에 따른 강화 효과 분석
..... 이재은*, 박시욱, 김황선, Phaniraj Madakashira, 한홍남, 박성준 / 96
- Mo 무첨가 Lean Duplex Stainless강의 Aging 거동
..... 신익수*, 정기채, 박경태, 최점용 / 98

9. 일반 논문 발표 (제 3 발표회장)

○ 판재성형

- 셀프 피어싱 리벳에 의해 접합된 이중소재 판재의 접합강도 예측 모델
..... 김찬양*, 이명규, 고세진, 김형중 / 100
- Ti-6Al-V4 합금의 고온 변형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구
..... 김현지*, 권용남 / 101
- 변형률 속도를 고려한 구성방정식을 이용한 변형모드에 따른 유한요소해석
..... 김효동*, 정완진 / 102
- 변형률 속도를 고려한 7000 계 알루미늄 합금 판재의 고온 성형 한계 측정
..... 유동훈*, 홍종화, 김민석, 권용남, 이영선, 김대용 / 104
- PET 코팅 강판의 파단 예측
..... 윤수환*, 전성욱, 정재봉, 김지훈, 정지용, 고상진, 소현우 / 105
- 결정 소성 모델을 활용한 성형 한계 곡선 예측
..... 정영웅* / 106
- Tee-pipe 피어싱 공정에서 펀치파손을 방지하기 위한 피어싱 펀치 최적 설계
..... 이영섭*, 송철호, 홍석무, 강정식 / 107
- 미세표면 거칠기를 고려한 마찰계수 예측 및 모델 평가
..... 이기정*, 이정연, 이명규 / 108

10. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 압연 및 가공

- CEM® 공정을 이용한 고급 고강도강 생산기술 개발
..... 정제숙*, 공종판, 조용석 / 109
- CEM® 연연속압연 공정 압연 온도 해석 모델 개발
..... 조용석*, 정제숙, 공종판 / 111

- 열간선재압연의 조압연 공정에서 발생하는 소재의 손상 모사
.....김동현*, 김태용, 이영석 / 112
- 선재 RSM 공정에 있어 압연재 장력제어를 위한 기초연구
.....김동환*, 강윤희, 문창호 / 113
- 광폭 마그네슘 압연기 프로세스 설계기술
.....김용기*, 김세혁, 박현진 / 114
- 회전 벤딩 공법을 적용한 선박용 커플링(미들링)의 개발
.....배선민*, 전만수, 김동환 / 115
- DLM 공정 시 철 분말의 크기와 형상이 공극형성에 미치는 영향
.....전태준*, 황태우, 윤혜정, 문영훈 / 116
- 4륜 구동 다목적 관리차용 고강도 플라스틱 연료탱크의 개발
.....김병철*, 김동환 / 118

11. 일반 논문 발표 (제 5 발표회장)

○ 소성이론 및 가공

- 비산화 분위기에서 미끄럼 마멸 시험 중 형성된 강소성가공층과 층 내부의 크랙 전파
.....구분우*, 권혁우, 김용석 / 119
- 결정 소성 모델을 이용한 변형 경로 변경시 관재의 이방성 경화 예측
.....김휘건*, Frederic Barlat, 정영웅 / 121
- 실시간 마찰 및 윤활 조건을 고려한 관재 성형 해석 시스템 개발
.....문명수, 이찬호, B. Carleer, J. Hol / 123
- 섬유강화복합재 손상 모델(FRC)에 대한 적분형 비국부 모델 적용
.....박준용*, 윤정환, 윤수진 / 124
- 유한요소 해석을 통한 톱절단 시 발생하는 슬라브 소재의 변형 예측
.....최창혁*, 임정숙, 천세환, 박광수 / 125
- 인공신경망 및 유전자 알고리즘을 이용한 인발 공정의 다목적 최적설계
.....조동혁*, 김광겸, 오제택, 박용남, 최현규, 이영석 / 126
- 액압성형 공정을 이용한 나사 형상을 갖는 관재 제작 및 체결
.....정희석*, 나재현, 문영훈 / 127
- 철근 제조 공정에서의 상변태 및 강도 예측을 위한 유한요소 해석 모델
.....Kaushik Bandyopadhyay*, 이준호, 이명규 / 129

12. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 리브를 가진 강관 성형을 위한 4 단 롤포밍공정에 대한 유한요소해석
.....정동원* / 130
- 점접진성형을 적용한 차량용 자동변속기 부품 제조 방법에 대한 연구
.....박은수*, 이광진, 이성민, 정은영, 주원광, 김봉준 / 131
- 유한요소법을 활용한 볼 조인트 하우징 냉간단조 정밀성형 금형설계에 관한 연구
.....박희찬*, 김동배, 김주엽(대구기계부품연구원), 서창민, 정해석, 김동희 / 133
- 실시간 투과전자현미경 및 분자동역학을 이용한 TiAl 합금의 소성거동 분석
.....김성웅*, 김승언, 정병관, 김재민, 유승화 / 134

• 충돌 특성을 고려한 리어플로어 컴플 설계에 관한 연구	차승훈*, 김중희, 소범식, 권순덕, 이휘용 / 135
• 롤 성형공정에서 판재의 과도한 두께 얇아짐을 방지하기 위한 롤 설계기술	정동원* / 137
• 롤포밍공정에서 바우결합과 스프링백	정동원* / 138
• 과공정 Al-15wt.%Si 압출 소재의 미세조직 및 마모 특성에 미치는 TiO ₂ 첨가의 영향	강연지*, 허준영, 이기안, 김종호, 황종일 / 139
• 과공정 Al-15wt.%Si 압출재의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 TiO ₂ 첨가의 영향	허준영*, 백민석, 이기안, 김종호, 황종일 / 141
• 열분사를 통한 타이어 금형소재의 표면개질	최광수*, 이종원, 김민규, 박준식 / 143
• 전기장 해석법을 이용한 이형 선재의 다단 형상성형 공정 설계	이경훈*, 박성철, 지세인, 김병민 / 145
• Al6061 합금 볼트 제조를 위한 통합 성형 공정의 설계	박성철*, 이경훈, 동와룡 / 146
• FCEV용 고압 연료 탱크 연결 파이프 피팅부 성형해석	이정민*, 박준수, 전문수, 이형욱, 정화정, 추성화 / 147
• FCEV용 고압 밸브 실링부의 간극 및 압력해석	박근영*, 박준수, 전문수, 이형욱(한국교통대), 양갑진, 노의동, 김현철 / 149
• 다기능성 판재(VCM)의 파단 특성 및 성형성 평가	윤종현*, 김광윤 / 151
• 펄토초 레이저를 이용한 금형 소재의 미세패턴 제작에 관한 연구	임현욱*, 윤경환(단국대), 황택용, 라문우, 홍석관, 강정진 / 152
• 초정밀 가공에서 미세 구조물의 변형 특성	송기형*, 최영재, 이용신 / 154
• 전기저항 가열 조건에 따른 스틸강관의 코팅층 분석	김동욱*, 정경근, 명재곤, 송현섭, 강병준 / 156
• 사각형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정개발	정동원* / 157
• 원형형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정개발	정동원* / 158
• 수도관용 이중링 압착식 조인트(SR II-JOINT) 개발 및 하중의 최소화	김 송*, 이영섭, 홍석무, 강정식 / 159
• 과공식 강선에서 인장파괴에 영향을 미치는 미세조직 인자	안강석*, 이찬혁, 박정훈, 남원중, 김진호, 정진영 / 160
• 이트륨 편석이 타이타늄의 기계적 성질 및 집합조직에 미치는 영향	김효규*, 박종민, 조용수, 민석홍, 하태권, 박형기 / 162
• CAE해석을 활용한 매거진 탑의 가스사출성형에 대한 연구	김옥래*, 김종덕, 이상용, 이성희, 강세호 / 164
• 성형 이력을 고려한 AI 오일 팬의 정강성 비교	최보성*, 김재철, 김일철, 이덕영 / 166

• 스프링백 해석을 통한 원형파이프 굽힘 보정 각도 예측	최보성*, 김재철, 오성국, 이덕영 / 168
• 차체 경량화-고강도를 위한 금속-복합재 하이브리드 부품 개발	안민수*, 김동권, 도상현, 남재두, 서종덕 / 170
• 교차전단 가공법을 통한 고강도/고연성 마그네슘 합금의 미세조직 제어	주용환*, 마헨드라다니아가스티아, 김민준, 다나세샤파라단다푸트라, 고영건 / 171
• 결정립 크기 의존성을 갖는 금속 산화물의 표면특성	민지훈*, 시티파티마, 무하마드프리슬라카밀, 고영건, 송종범, 최일경 / 172
• Al 7055 합금의 기계적 성질 예측 모델 연구	손영일*, 맹한솔, 이석재 / 173
• 극저온 전단가공된 알루미늄 합금의 미세조직 변화 및 기계적 물성 향상	양해웅*, 위디안타라아이, 오쥬드이푸트리, 이용환, 고영건 / 175
• 자동차 DCT 기어 Actuator Ball Nut의 단조 성형성 평가	이윤혁*, 김동환, 김병철 / 176
• DED 기술을 이용한 고속도공구강 적층부의 후열처리에 따른 미세조직 관찰	백경윤*, 신광용, 이기용, 심도식 / 177
• 사출성형 후 언더컷의 강제 취출 시 변형 해석	홍서관*, 김영근, 윤언경, 김상윤, 이상철, 이정택 / 178
• 변형률 분포에 기반한 냉간 롤 포밍 공정 설계	김동규*, 강용기, 박광수, 전형준, 문영훈 / 180
• 3 점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면형상 설계 제안	이철환*, 김동규, 강용기, 박광수, 전형준 / 181
• 후판 절단시 톱날끼임 방지를 위한 판재 변형 거동에 관한 연구	박광수*, 강용기, 최창혁, 문영훈 / 182
• 핫스탬핑 기술을 적용한 인장강도 1.5GPa급 차체 Sideouter 정동강성 해석적 평가에 관한 연구	김민근*, 이현철, 한승남 / 184
• 기계구조용 인조흑연의 제조 조건 별 기계적 물성 연구	김종원*, 고재식 / 186
• 이트륨 편석이 타이타늄 부식에 미치는 영향	원소리*, 하태권, 서보성, 김효규, 박광석 / 188
• 핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터 성형 공정 해석에 관한 연구	김민근*, 이현철, 고건영, 박승연, 한승남 / 189
• 후방압출을 이용한 비대칭 사각너트의 단조 성형 예측	서재윤*, 박종혁, 설주연, 이광희, 김진용 / 191
• 핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터의 충격강성에 미치는 냉각속도의 영향	김민근*, 이현철, 고건영, 박승연, 한승남 / 192
• 순 Al의 양극산화에 미치는 집합조직의 영향	김인수*, 이철우, 박병현 / 194
• 강판의 비대칭 압연 집합조직과 열처리에 따른 집합조직 변화	김인수*, 남수권, 이철우, 이동녕 / 195
• 유한요소해석을 이용한 Steering Rod 분말성형품의 변형양상 예측	정명식, 최용진, 이인규, 이성윤, 이상곤, 황선광, 차경재, 조아라 / 196

- 저탄소강의 제어냉각에 따른 기계적 특성 및 미세조직
.....배성준*, 윤은유, 이영선, 이창길, 신민주, 김대근 / 197
- 접합압력 향상을 위한 알루미늄 포트홀 압출 웰딩챔버 설계
.....이성윤*, 이인규, 이재욱, 조용재, 이상곤 / 198
- 자유단조 공정의 피어싱 펀치의 형상최적설계
.....김민철*, 정석환, 전만수 / 199
- 플로우포밍 공정의 실용적 유한요소해석
.....엄재근*, 홍석무, 전만수 / 201
- 유한요소법과 최적화 기법을 이용한 압축시험으로부터의 유동응력 획득
.....김민철*, 전만수, 박상균, 김광민 / 203
- 화력발전용 오스테나이트계 보일러튜브 ASTM S30432 의 결정립 미세화 및 미세크랙 제어 연구
.....이정현*, 김덕령, 박진만 / 205
- 열간-냉각 가변성형공정에 관한 연구
.....이인규*, 이상곤, 이성윤, 정명식, 황선광, 김병민 / 207
- 스프링백을 고려한 자동차용 AI 7075-T6 임팩트빔의 롤 플라워 설계 방법
.....이상교*, 최선용, 이종섭, 송정환, 최석우, 김근호 / 208
- GISSMO 데미지 모델을 이용한 AI 7075-T6 냉간 롤 포밍 공정의 파손 예측
.....박지영*, 노우람, 이상교, 최선용, 이종섭, 송정환, 최석우, 김근호 / 209
- 로딩 세션 다단 인발공정 설계
.....이상곤, 이인규, 이성윤, 김다혜, 차경제, 성지현, 최 영 / 210
- Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 내판의 성형공정 해석
.....곽정환*, 강병욱, 송정환, 김세호, 정철영 / 211
- 침탄 열처리 공정에서의 침탄깊이 및 열처리 변형에 대한 실용적 예측방법
.....이광오*, 정석환, 전만수 / 212
- 사출성형기의 구조를 이용한 고 전단속도 구간에서의 수지 점도 측정에 대한 연구
.....이준한*, 김종선 / 214
- 고온 진공 브레이징을 적용한 연속용융금속도금조용 고수명 이중재질 내마모 부품 개발
.....탁윤학*, 박동환, 이희록, 홍진태 / 216
- 롤 포밍 공정을 이용한 고강도 차체 부품 제작 및 특성화 분석
.....강용기*, 김동규, 박광수, 전형준, 문영훈 / 218
- 자동차 조향 시스템의 아웃터 세레이션 튜블러 샤프트 냉간 성형공정 연구
.....신영철*, 최호준, 임성식, 이상교, 임성주, 김연구, 신익철 / 219
- 공정특성에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 및 스프링백 특성 분석
.....김현우*, 이창환 / 220
- 5182 Al과 7075 Al 합금의 온간변형거동과 프로세싱맵
.....김우진*, 장동혁 / 222
- 장구형 워 나사의 엔드밀 공구 형상에 따른 치형 정밀도 분석
.....강신준*, 윤덕재, 김용환 / 224
- 이중 금속소재를 복합 적용한 용융금속도금 설비 침지부품 Roll용 고수명 내마모 부품 개발
.....정상우*, 홍진태, 이희록, 박동환 / 225
- AI 인서트 사출성형을 통한 컨트롤암 개발을 위한 사출성형 해석연구
.....차경제*, 이성윤, 정명식, 황선광, 성지현, 조용재, 이재욱, 이상곤, 김다혜 / 227

• 스웨이징공정에서 Cu-Nb이종금속의 성형특성 연구	윤덕재*, 김응주 / 229
• 진동 모터 베이스 플레이트의 프로그래시브 판단조 공정 해석	조성민*, 박래원, 이종호, 황찬웅, 정완진 / 230
• 고강도강판의 성형성에 미치는 슬라이드모션의 영향	송재선*, 윤국태, 박춘달, 허재영, 김용환 / 231
• 핀 형상에 따른 에어백 하우징 사이드 홀 피어싱 핀 내구성 영향 평가	윤일채*, 윤국태, 허재영, 전강국, 박원호, 곽유현 / 232
• Surface Texturing 및 PVD 코팅에 따른 초고강도강판 성형용 금형의 마찰 및 내구특성 분석	임형철*, 윤국태, 허재영, 송재선, 전강국, 박춘달, 이현석, 김보환 / 233
• 사다리꼴 나사 전조공정 유한요소해석	송하늘*, 김응주, 윤덕재, 강신준 / 234
• 레이저 용융 기술로 적층된 내열합금의 고온경도 특성 분석	손중윤*, 윤희석, 이기용, 심도식 / 236
• 자동차 EPB Spindle 냉간단조공정 설계	서영호*, 이기호, 최신동, 이승준 / 237
• 316LN 소재 곡면 구조물의 냉간 성형 제조 기술 개발	권일근* / 238
• 가변 두께 강판 적용 부품의 열간성형 기술	박종규*, 김양수, 김영석 / 239
• 스퍼터링공정을 이용한 세라믹 코팅 볼트의 특성 연구	김동민*, 진영구, 서현우 / 240

스테인리스강 인발공정 도포형 윤활 첨가제 연구

남궁정^{1#} · 이영주¹ · 박종철¹ · 이광석² · 김정훈³ · 김병민³

Study on the Additives of the Paint type Lubricant for the Stainless Steel Drawing Process

J. Namkung, Y. J. Lee, J. C. Park, K. S. Lee, J. H. Kim, B. M. Kim

Abstract

스테인리스강의 인발공정중 윤활방법은 대량 연속적인 인발제품 생산공정에서는 수산염 전처리 피막을 형성하고 인발다이 통과 전에 건식윤활제 및 습식 윤활제를 연속도포 하지만, 소량 다품의 스테인리스 인발제품 생산현장에서는 수산염 피막처리를 생략하고 원재료 표면에 직접 도포형 윤활물질 만을 도포하여 인발가공을 실시하고 있다. 도포형 윤활제는 윤활성 이외에 세정성, 분산성, 휘발성, 무독성 등 다양한 요구사항이 있으나 만족스럽지 못한 실정이다. 또한 개별기업 자체적인 경험으로 윤활물질발굴 및 배합기술을 독자적으로 개발하여 사용하고 있으며 윤활성능 향상을 위한 윤활첨가 물질 발굴연구 및 스테인리스 강 소재와 인발다이 소재와의 마찰특성평가에 대한 공개된 연구는 미약한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내 중소 스테인리스 인발제품 생산기업에서 소량 다품 인발제품에 유용한 도포형 윤활제의 저마찰 특성을 확보 할 수 있는 윤활 첨가제의 발굴과 물질의 배합조건에 따른 마찰특성연구 결과를 공유하고 활용방안을 논의 하고자 한다.

Key Words: 스테인리스강, 인발, 도포형, 윤활제, 저마찰, 첨가제

1. 서론

스테인리스 소재 인발공정에서 도포형 윤활피막은 일반적인 수산염 전처리 피막처리와 같은 염 피막처리를 생략하여 인발가공을 가능케 하는 소량 다품 인발제품 생산공정에 사용되고 있다. 이러한 도포형 윤활 피막제는 윤활물질, 분산용매, 바인더, 윤활성능 개선 첨가물질로 구성된다. 본 연구에서는 도포형 윤활피막제의 주요 구성성분 이외에 윤활첨가제를 발굴하여 제조하고 이들 물질에 대한 마찰계수를 평가하여 첨가물질들과 마찰계수의 상관성에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

도포형 윤활제는 용제는 휘발성이 강한 MEK(methyl ethyl ketone)를 사용하고 윤활제성분은 Ca-S(calcium stearin acid)을 바탕으로 하여 윤활제의 저마찰, 내열성, 세척성을 고르게 확보하기 위하여 여러 종류의 첨가제 물질을 발굴하고 물질들의 비율을 조정하여 실험계획법을 사용하여 샘플을 제조하였다.

이들 샘플의 마찰계수 측정시험 상대재는 일반적인 인발다이 재질, 초경합금으로 제작한 마찰면적 약 10X10mm 팁(tip)사용하였다. 마찰 시험재는 스테인리스 304 냉연강판(W35 x L200 x t1.5mm)을 사용하고 측정표면에 각각의 도포형 윤활제 샘플을 2~3회 도포한 후 약 1분이상 대기중 건조한 후 마찰계수를 측정하여 비교하였다.

1. 포항산업과학연구원, 2. 재료연구소, 3. 부산대학교 기계공학부

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

3. 결과 및 고찰

실험계획법에 의해 설계된 윤활 첨가제들의 배합비 조건에 따라서 제조된 8종의 샘플에 대하여 마찰계수를 비교 측정하여 아래 그래프와 같이 나타내었다. 첨가제들 배합비율에 따라 마찰계수 값이 최대 약 2배 정도 차이를 나타내는 윤활특성에 편차를 보이고 있다.

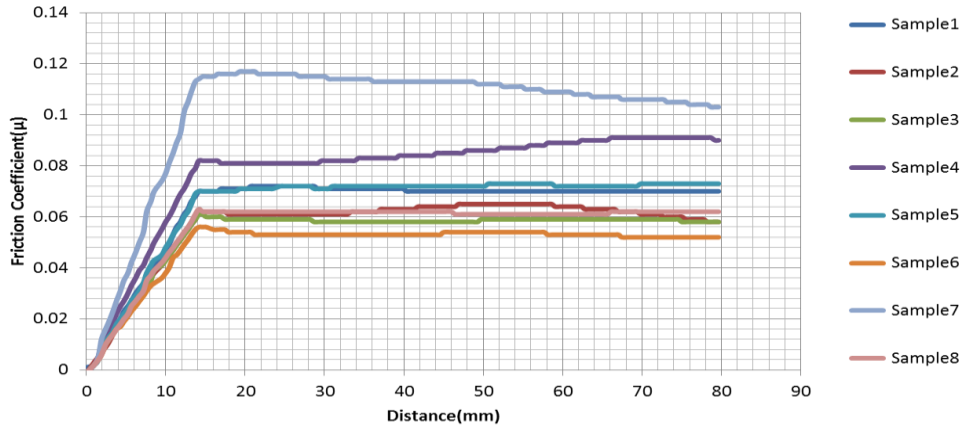


그림. 윤활첨가제 배합비 변화 샘플들에 대한 마찰시험 그래프

4. 결론

스테인리스강 인발용 도포형 윤활피막제의 윤활첨가제 물질발굴과 적정 배합비 조건으로 분산성, 세정성이 확보된 저마찰 계수의 윤활 피막제를 발굴 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Obi, A. I. and A.K. Oyinlola (1996). Frictional Characteristics of Fatty-Based Oils in Wire Drawing, *Wear*, 194, 30-37.
- [2] Gzesh, David P., "Dry wire drawing lubricants.", *United States Patent 5593956*, (1997)

후 기

본 연구는 2017년도 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업의 지원에 의해 수행되었음 (GRANT NO. 10063258).

고강도 스테인리스강 Fuel Rail Pressure Sensor 적용을 위한 2단 인발공정 단면형상 최적 설계 방안

배성준¹ · 남궁정² · 김정훈³ · 김병민³ · 홍성박⁴ · 홍성규⁴ · 천세환⁵ · 이광석^{1#}

An Optimum Cross-sectional Design Technology of Two-step Drawing Process for Fuel Rail Pressure Sensor Made of High-strength Stainless Steel

S.J. Bae¹, J. Namkung², J.H. Kim³, B.M. Kim³, S.B. Hong⁴, S.K. Hong⁴, S.H. Chun⁵, K.S. Lee^{1#}

Abstract

In this study, the influence of cold drawing process variables such as cross-sectional shape and the friction coefficient on the microstructure, hardness, and residual stress of the cold-drawn fuel rail pressure sensor made of STS304 was systematically investigated.

Key Words : Stainless Steel, Cold Drawing, Cross-section, Finite Element Analysis

가솔린 직접분사식(GDI) 연료분사시스템 제조 업계의 요구사항은 자동차 배기가스 중 온실가스(CO₂) 배출량 저감, 엔진 출력특성 및 토크 향상, 다운사이징 등으로 특징지어지며, 결국 경량화/고내압/고강도 동시 구현 소재부품 기술 지원이 필수적이다. 현재 GDI 엔진 분사압 범위인 150~250 bar 유지를 위해 주로 오스테나이트계 고강도 스테인리스강으로 제조한 fuel rail 부품이 활용되고 있으며, 최종 형상 및 물성은 냉간 인발 공정으로 확보 가능하다. 최종 fuel rail pressure sensor 인발품의 고강도화, 수율 향상, 내압특성 향상, 잔류응력 저감 등 수요가 요구 물성 확보를 위해서는 인발 공정 설계 기술 개발이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 2단 인발 공정에 있어서 단면 형상, 마찰계수 등 주요 공정변수가 인발재의 미세조직, 경도, 잔류응력 등에 어떠한 영향을 미치는지 해석 및 분석하고, 수요가의 요구 수준에 맞춘 잔류응력 및 강도연신율지수 확보를 위한 최적 중간 단면 형상을 제시하고자 한다.

후 기

본 연구는 2017년도 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업의 지원에 의해 수행되었음 (GRANT NO. 10063258).

1. 재료연구소, 2. RIST, 3. 부산대학교, 4. 부곡스텐레스, 5. FMK

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

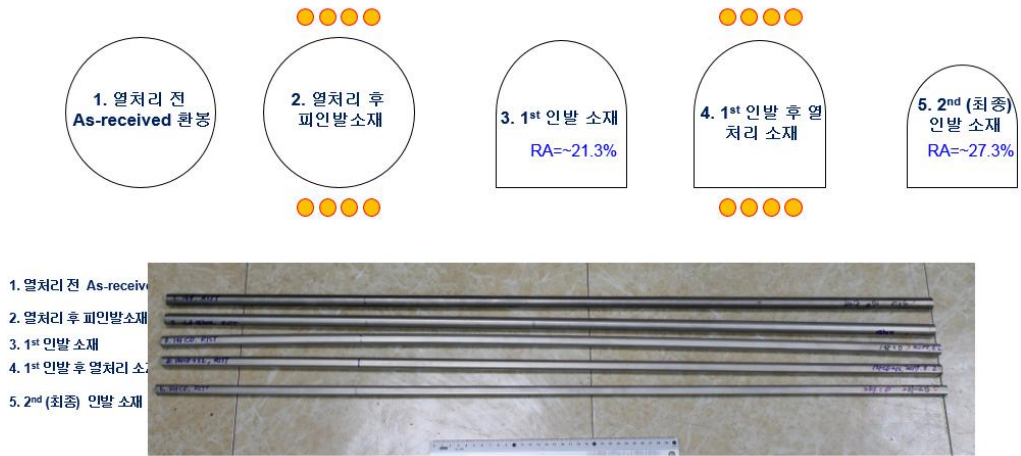


Fig. 1. Schematics of two-step cold-drawing process and representative specimens photo.

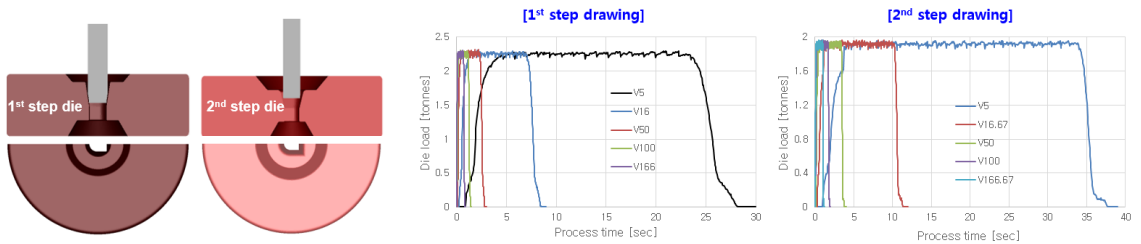


Fig. 2. Modeling and expected time-load curves for two-step cold drawing under different drawing speed.

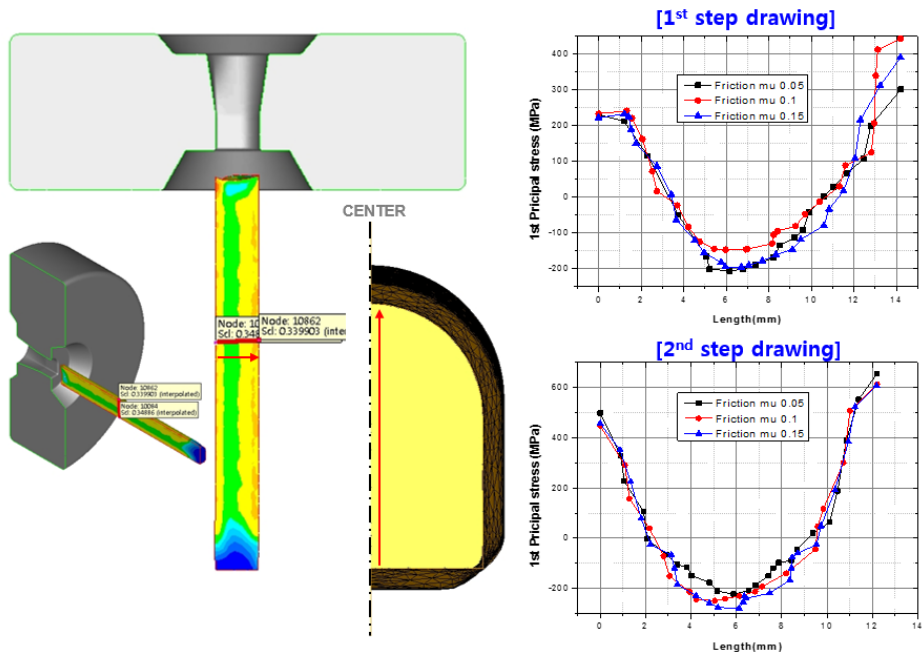


Fig. 3. Principal stress variation for two-step cold drawing with different friction coefficient.

다이 보상을 이용한 다단 형상 인발 공정의 중간 다이 설계에 관한 연구

김정훈¹ · 김병민[#]

Design method for the intermediate die in multi-stage shape drawing process using die compensation

J. H. Kim, B. M. Kim

Abstract

The shape drawing allows excellent surface finished and closely dimensions to obtain in long products that have constant cross sections. The unfilled defects occur easily on the corner of complex cross section because of differences of the velocity of material by position. Therefore, in order to drawing for the rod having complex cross section such as ball spline or cross roller guide, the intermediate die should be designed for corner filling of drawn product.

In this study, the intermediate die design of shape drawing using die compensation was carried out for corner filling of ball spline and cross roller guide. The method of die compensation is to reduce of difference of the velocity by position in deformation zone. The velocity of material in deformation zone can lead the radius of material by position based on the upper bound theory. Therefore, the die compensation was performed by considering the velocity of material in the deformation zone. FE-analysis was performed to verify that the difference of velocity of material was reduced through the method of die compensation. And then the multi-stage shaped drawing experiments were carried out to verify the effectiveness of the corner filling. As a result, the cross sectional shape had the good dimensional accuracy with allowable tolerance ± 0.1 mm.

Key Words : Multi-stage shape drawing process(다단 이형 인발 공정), Intermediate die(중간 다이), Corner filling(코너 채움), Die compensation(다이 보상)

후 기

이 논문은 2016년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원('10063258') 및 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(no.2012R1A5A1048294).

1. 부산대 대학원 정밀가공시스템 전공
교신저자: 부산대학교 기계공학부,
E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

인발 공정을 이용한 고강도 스테인리스 fuel rail pressure sensor의 제조와 미세조직 연계 잔류응력 측정 및 분석

김세종¹, 정중은¹, 배성준¹, 홍성박², 홍성규², 이광석^{1#}

Production of high strength stainless steel fuel rail pressure sensor using drawing and analysis of microstructure and residual stress of it

S.-J. Kim, J.-E. Jung, S. J. Bae, S.-P. Hong, S. G Hong, K.-S. Lee

Abstract

Fuel rail sensor는 fuel rail 내부의 압력을 측정하는 장치로 측정된 정보를 바탕으로 엔진 제어 장치는 fuel rail에 공급되는 연료 공급량을 조절하여 적당량의 연료가 엔진에 공급되게 한다. 자동차 온실가스 배출에 대한 규제가 강화되고 동시에 엔진 출력 및 토크 향상에 대한 요구가 증가함에 따라 fuel rail의 요구 내압이 증가하고 있다. 이로 인해 fuel rail sensor의 고내압 고강도 특성의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 2단계 인발 공정을 통해 고강도 스테인레스 fuel rail pressure sensor를 제조 하였다. 인발 공정 중 시편 부위별 인장 특성, 경도 및 잔류 응력을 평가하였다. 또한 공정 별 미세조직 변화 및 상변태를 분석하여 기계적 특성과의 상관 관계에 대해 분석하였다.

Key Words : fuel rail sensor, drawing, stainless steel, microstructure, residual stress

1. 재료연구소

2. 부곡 스테인레스

재료연구소, ksl1784@kims.re.kr

인발 공정에 따른 고강도 스테인레스강 (304N)의 미세조직 및 특성 변화

정중은¹, 김세종¹, 배성준¹, 남궁정², 김성민³, 김성인³, 이광석¹

Abstract

본 연구에서는 304N 스테인리스 강의 인발 공정에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화에 대해 알아보았다. 대상 부품은 발전기용 코일 고정용도로 사용되는 coil wedge로, 일정 수준 이상의 경도, 강도, 연신율 등의 기계적 특성과 비자성을 요구하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 304/304N 스테인리스 강은 일축 인장 변형에 따라 변형유기 마르텐사이트 변태가 발생하는 것으로 보고되고 있는데, 부품의 비자성 특성을 만족하기 위해서는 인발 공정과 후 열처리 공정에서 변형유기 변태를 제어하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 304N 스테인리스 강에 총 2회의 인발 및 광휘 소둔 열처리를 적용하여 인발 공정에 따른 기계적 특성과 미세조직 변화에 대해 알아보았다.

1. 재료연구소 (KIMS)
2. 포항산업과학연구원
3. ㈜광진실업

온간단조에 의한 베벨기어 정형단조를 위한 유한요소해석

신민주¹ · 이영선[#] · 윤은유¹ · 배성준¹ · 김대근¹ · 노태두²

FEM analysis to develop the net-shape forging of bevel gear by warm forging

M.J. Shin, Y.S. Lee, E.Y. Yoon, S.J. Bae, D.G. Kim, T.D. Nho

Abstract

기어는 정밀 단조기술의 최상위 개발 대상으로 제품성능을 위한 요구조건과 원가절감을 위한 요구조건이 더해져 기존 냉간단조공정에서 온간단조를 통해 냉간사이징 공정을 제거하고자 하는 개발 욕구가 증대되고 있다. 그 중에서도 직선형 벨기어는 자동차의 차동장치에 주로 사용되는 부품으로 설계, 제조, 운전 요인으로 인해 진동 및 소음 등이 제어되어야 하기 때문에 높은 치수 정밀도와 조직안정성을 요구하고 있다. 현재 주로사용되고 있는 냉간단조에 의한 치수정밀도 확보는 안정적인 단계이기는 하나 공정수가 많기 때문에 원가절감을 위한 온간단조 공정이용에 대한 관심이 높아지고 있다.

온간단조는 하중의 경감, 금형 수명 향상 측면에서 냉간단조보다 우수하며, 또한 열간단조보다 정밀한 치수를 얻을 수 있고 기계 가공량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 즉, 냉간단조품의 품질과 열간단조의 장점을 동시에 얻을 수 있는 온간단조의 장점이 경제적인 부품제조를 가능하게 하며 산업 경쟁력을 확립하는데 보다 유리한 공정이라 할 수 있다.

본 연구에서는 열간단조 후 냉간 사이징을 통하여 치수 정밀도를 향상시키는 기존 공정 대비 동일 소재를 이용한 단일 온간단조 성형공정을 개발하고자, 첫단계로 유한요소해석을 통하여 기존의 열간+냉간 단조 공정과 온간단조 공정을 비교 분석 하였다. 보다 정확한 해석을 위해 베벨기어의 SCM420H 소재의 초기 미세조직 및 경도를 분석하였으며 열팽창 실험을 통해 상변화 온도를 분석한 데이터를 유한요소해석에 적용하여 조직변화를 예측하고 그에 따른 영향을 분석하였다. 그 결과 베벨기어 성형 공정에 온간단조 적용 시 냉간단조 대비 잔류응력 완화 및 미세조직의 균질화 효과를 나타남을 확인하였다. 또한, 그에 따른 냉간단조와 온간단조에 따른 단조품의 치수변화량의 변화를 분석하고 있다.

Key Words : Bevel gear, Warm forging, Process Design, FEM, Residual Stress

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. (주)프로솔

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

철계 자동차 부품의 온간단조 성형을 통한 미세조직 및 기계적 특성

김대근¹ · 윤은유[#] · 이영선¹ · 김태구² · 이상용³

Microstructures and Properties of Ferrous Auto Part using Warm Forging Forming Process

D. G. Kim¹, E. Y. Yoon[#], Y. S. Lee¹, T. G. Kim², S. Y. Lee³

Abstract

현재 자동차 부품에 주로 사용되고 있는 열간 단조의 경우 높은 유동성과 낮은 성형 하중을 가지는 장점이 있다. 하지만, 낮은 치수 정밀도 및 미세조직의 제어에 한계가 있어 낮은 기계적 특성을 가지게 되고, 이를 보완하기 위하여 추가적인 열처리 공정이 필요하다. 높은 치수 정밀도를 가지는 냉간 단조의 경우 높은 성형 하중과 금형 수명이 낮다는 단점이 존재한다. 그러므로, 열간 단조품의 기계적 특성 향상 및 치수 정밀도 냉간 공정과 비교하여 낮은 성형 하중을 가지고 있는 온간 공정을 단조품 성형에 적용하고자 한다. 또한, 온간 공정으로 단조 온도의 감소에 따라 증가된 성형 하중을 감소 시킬 수 있는 공정으로 변경하고자 한다.

본 연구에서는 에너지 절감을 위하여 열간 성형하는 자동차 구동 부품 Pulley에 온간 성형을 적용하여 그 효과를 알아보고자 한다. 온간 단조 성형 시 소재 온도 감소에 따른 성형 하중 증가 발생으로 이를 보완하기 위하여 공정 개선을 통하여 성형 하중 감소 효과를 보고자 하였다. 첫번째로, 유한요소법을 이용하여 개선 공정의 금형 설계에 활용하였으며, 온간 단조 성형 후 성형품의 기계적 특성 및 미세조직을 분석하였으며, 열간단조품의 특성과 비교 분석하였다.

Key Words : warm forging, hot forging, finite element method, micro structure, hardness

1. 기계 연구소 부설 재료연구소

2. 코리아메탈 (주)

3 안동대학교 신소재 공학부

교신저자:eyyoon@kims.re.kr

온간단조품의 금형수명 향상을 위한 단조실험

오영석¹ · 김이호² · 손동민³ · 윤은유¹ · 이영선[#]

Experiments for Improving Tool Life of Warm Forging Product

Y.S. Oh, L.H. Kim, D.M. Son, E.Y. Yoon and Y.S. Lee

Abstract

온간단조는 냉간과 열간의 중간온도에서 소재를 가공함으로써 냉간단조와 같은 치수정밀도를 확보할 수 있고 상온에서 가공경화가 극심한 재료 및 복잡한 형상의 제품 성형할 수 있는 등 냉간단조와 열간단조의 장점을 취하고 단점은 배제할 수 있는 기술이다. 그러나 온간단조는 온간단조품의 제작 측면에서 많은 이점을 가지지만, 소재의 변형저항이 냉간단조의 40~50% 수준으로 열간단조에 비해 높고 비교적 높은 온도에서 성형이 이루어지기 때문에 냉간단조보다 금형이 가혹한 조건에서 사용되어 금형의 수명이 떨어지는 단점이 있다. 금형의 마모는 제품의 생산단가를 증가시키고 치수정밀도를 저하시키는 직접적인 요인이기 때문에 온간단조품을 생산할 시 중요하게 고려되어야 한다. 본 연구에서는 온간단조품인 tripod housing 생산용 금형의 수명 향상을 위한 실험적인 연구를 수행하였다. Tripod housing 은 전륜구동형 자동차의 핵심장치인 CV joint 의 부품으로 800℃ 이상의 성형온도에서 총 4 단 공정을 통해 제작되는데 마지막 후방압출 공정이 다른 공정에 비해 금형과 소재에 높은 압력 작용하고 소재의 압출량이 상대적으로 많아 금형의 마모에 취약하다. 마지막 후방압출 공정의 문제점 파악을 위해 기존 공정 조건에서 실험을 수행한 뒤 금형소재의 성분 및 미세조직을 분석을 수행하였다. 선행실험 결과 금형의 인성이 후방압출 단계에서 작용하는 압력을 견디지 못하여 금형이 손상됨을 확인하고 금형의 인성을 증가시키기 위해 열처리 조건을 변경하여 추가 실험을 수행하였다. 열처리 조건을 바꾼 실험 결과 기존 공정에 비해 금형수명이 4 배이상 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

Key Words : Warm forging, Tripod housing, Tool life

1. 재료연구소

2. 일진금속공업㈜

3. 세아창원특수강

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

온간단조 금형의 질화처리 종류에 따른 내마모성 및 경도 비교

고은실^{1,2} · 정기호^{1#}

Comparison of wear resistance and hardness depending on types of nitriding for warm forging die

E.S.Go^{1,2} · K.H.Jung¹

Abstract

온간단조는 열간단조와 냉간단조의 중간온도로 성형하는 단조방법으로, 보통은 200℃~800℃ 온도범위에서 이루어지나 경우에 따라 1000℃까지 확대되기도 한다. 온간단조는 열간단조와 냉간단조의 장점을 조합한 기술로, 열간단조보다 제품 정밀도와 재료 회수율 등이 높으며, 냉간단조보다 단조재의 변형능이 향상되고 공정 단계가 줄어들어 따라 경제성을 확보하는 이점이 있다. 이러한 온간단조에서 금형의 마모가 발생하게 되면, 제품의 치수정밀도가 감소되고 금형 교체비가 발생될 뿐만 아니라 그에 따른 일시적인 라인 중단에 의한 손실을 가져오게 되어 금형의 내마모성 향상이 중요하다. 본 연구에서는 온간단조 공정에서의 금형 마모량을 예측하기 위해서 고온 pin-on-disk 시험을 기반으로 하여 단조재와 금형의 마찰계수를 측정하였다. 실제 생산현장에서는 단조재의 온도에 비해 금형의 온도를 낮게 설정함으로써 금형이 텀퍼링 되어 강도가 낮아지는 일이 없도록 하여 금형의 수명을 확보하고 있으며, 본 연구에서는 이러한 단조재와 금형의 온도차이를 구현하기 위해 고온마모시험기를 제작하여 pin-on-disk 시험을 진행하였다. 유한요소해석을 통해 실제 공정과 유사하게 마모 시험의 하중, 회전속도, 온도 조건을 설정하였으며, 금형소재로 제작된 마모핀에는 실제 금형에 적용할 질화처리와 코팅을 추가적으로 실시하였다. 질화처리는 질소를 강에 침투시켜 내식성, 내마모성, 피로강도 등을 향상시키는 표면경화법의 일종으로, 질화처리를 적용시키지 않은 마모핀, 이온질화처리한 마모핀, 침류질화처리한 마모핀을 이용하여 마모시험을 실시한 후 마모량과 마찰계수를 결정하였다. 또한, 상온과 온간단조재와 금형의 접촉면 온도인 580℃ 환경에서 질화처리에 따른 단면경도와 표면경도를 파악하기 위해 별도의 시편을 제작하여 1차 열처리 후 이온질화와 침류질화를 실시한 후, 나노인덴테이션을 이용하여 표면부터 중심부까지 10나노 간격으로 단면경도를 측정하였고 미쓰도요 고온경도계를 이용하여 상온부터 800℃까지 100℃간격으로 표면경도를 측정하였다. 고온마모시험 및 고온경도 결과를 바탕으로 온간단조 금형의 질화처리 종류 및 공정조건에 따른 내마모성 및 경도를 비교하였다.

Key Words : Warm forging, High temperature wear, Pin-on-disk, Nitriding, Hardness

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 성형기술그룹
2. 인하대학교 신소재공학부
교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 성형기술그룹

TMCP 압연 공정 해석을 통한 HSLA 극후물 강재의 결정립 크기 예측

최창혁^{1#} · 임정숙¹ · 천세환¹

Prediction of grain size during TMPC (Thermo-Mechanical Control process) rolling for heavy steel plates of HSLA (High-Strength Low-Alloy) steels

Changhyok Choi, Jeong-Suk Lim, Se-Hwan Chun

Abstract

고강도 저합금강은 탄소강에 비해 기계적 성질 우수함에도 불구하고 합금성분이 적어 용접성이 좋은 특징을 제공함으로써 조선 및 에너지 산업에 적용을 위해 개발 되었다. 150mm 를 초과하는 두께를 가진 극후물 강재의 경우 일반적으로 연속 주조의 슬라브를 통하여 원소재를 제조하고, 판재 열간 압연 및 자유단조, 후 열처리의 공정을 통하여 제조되는데, 일반강에 비해 좋은 용접성을 유지하면서 상대적으로 높은 강도가 요구된다. 이를 위해서는 합금성분을 줄이는 대신 나이오븀, 바나듐, 등의 일부 합금원소를 미소량 첨가하여 결정립 크기 미세화하여 높은 강도를 확보한다.

본 연구에서는 유한요소 해석을 통한 결정립 크기 예측모델을 활용하여, TMCP 롤링 공정 조건에 따른 결정립 크기를 예측하였다. 이를 통하여 설계자는 설계된 공정조건에 대한 유한요소 해석을 통하여 제품에서 요구하는 강도를 만족 시킬지 여부를 해석을 통하여 미리 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Plate rolling process (압연공정), Grain size (결정립크기), Heavy section steel plate (극후물강재), High-strength low-alloy steel (고강도저합금강)

1. ㈜에프엠케이 기술연구소(Forge Master Korea)

교신저자: ㈜에프엠케이, E-mail: support@forgemaster.co.kr

온간 단조용 KCW1 개발 현황

손동민¹ · 박순근¹ · 박주환¹

Development of KCW1 for Warm Forging Tool Steel

Dongmin Son, Soonkeun Park, Joohwan Park (SeAH Changwon Integrated Special Steel)

Abstract

최근 금형소재를 활용한 소성가공 기술은 제조원가 절감, 생산성 향상 등의 요구로 인해 고속화, 자동화가 진행되어 가혹한 조건에 놓이고 있다. 또한 피가공재는 고강도화 및 가공성이 저하 되는 경향이 있고, 더욱이 정삭가공의 간소화를 위한 온간단조의 적용이 증가하는 추세이다. 이러한 가공기술의 변화된 환경은 금형수명을 단축시켜 생산성 저하 및 제조원가 상승으로 연계되어, 산업현장에서는 금형수명의 향상이 가능한 금형재료를 요구하고 있다. 그러나 국내에서 생산되는 금형재료는 대부분 합금공구강 계열인 STF4, STD61 및 STD11 등의 한정으로 인해 수요산업의 요구 수준을 만족하지 못하여, 수입품을 사용하는 실정이었다.

세아창원특수강에서는 이러한 제품의 국산화를 위해 신규합금설계 및 고청정의 ESR (Electroslag Remelting) 공정을 적용한 KCW1을 개발하였다. 개발된 제품은 기존 제품 대비 충격인성 및 내마모성의 기계적특성이 향상되었으며, 실제 현장의 수명 평가를 통해 제품의 우수성을 검증하였다.

Key Words : Warm Forging, High Alloy Tool Steel, ESR (Electroslag Remelting)

1. 세아창원특수강

Drucker-Prager Cap 모델을 이용한 초전도 MgB_2 조인트 설계

오영석¹ · 이호원¹ · 박선명¹ · 문인용¹ · Mahipal Ranot¹ · 황덕영² · 강성훈[#]

Design of MgB_2 superconducting joint using Drucker-Prager Cap model

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

Abstract

Persistent current joints are an indispensable component for large-scale applications of superconducting wires. The superconducting performance of joints is influenced by joint structure such as the relative position and current transfer length of parent wires in the joint. In the fabrication of magnesium diboride (MgB_2) superconducting joint, the pressure applied on the intermediate material is of critical importance to the superconducting performance because it attributed to the connectivity between parent wires and intermediate material. In this work, the structure of MgB_2 superconducting joint was designed using finite element (FE) analysis. In the FE analysis, the effect of relative position of parent wires and applied pressure on density distribution was investigated. For this, unreacted magnesium and boron powder mixture was considered as a continuum material and Drucker-Prager Cap (DPC) model was applied to simulate pressure-dependent constitutive model for powder mixture. The parameters of DPC model were obtained by die compaction test and cold isostatic pressing. From above investigation, the optimum design of MgB_2 superconducting joint considering internal density distribution was suggested.

Key Words : MgB_2 , Superconducting Joint, Drucker-Prager Cap model

1. 재료연구소

2. (주) KAT

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

다양한 소성가공 공정 적용에 따른 MgB₂ 초전도 정수압 압출재의 기계적 특성 및 미세조직 변화 연구

이종범^{1#} · 박상용¹ · 황덕영² · 정하국¹

Mechanical properties and microstructure change in hydrostatically extruded MgB₂ superconductive materials by various processes

J. B. Lee, S. Y. Park, D. Y. Hwang, H. G. Jeong

Abstract

MgB₂ 초전도소재는 임계온도 (T_c=39K)이어서 저온 초전도소재와 달리, 값비싼 액체헬륨을 사용하지 않고 냉동기기로 냉각하여 초전도 특성을 구현할 수 있다. 또한, MgB₂ 초전도소재는 고온초전도소재와는 달리 상대적으로 화학조성, 결정구조, 낮은 이방성 및 원소재가 저렴하다. MgB₂가 갖는 전기적 특성으로 MRI의 마그넷 부품으로 사용이 가능하며, 적용하기 위해서는 MgB₂ wire로 제조하여야 한다. MgB₂ wire 제조는 일반적으로 in-situ 및 ex-situ PIT (powder in tube) 공법으로 제조하여 인발 공정에 의해 선재를 제조한다. 여기서, in-situ는 Mg 분말과 B 분말을 튜브에 넣는 것이고, ex-situ는 MgB₂를 튜브에 삽입하는 방법이다. 인발 공정은 압하율이 작아서 분말 충전율을 높이는데 한계가 있다. 분말 충전율이 낮으면 열처리 공정에서 MgB₂ 생성과 동시에 기공의 분율이 높아져서 낮은 임계 전류 값을 나타나게 된다.

본 연구에서는 in-situ PIT 공법으로 Nb 튜브에 시스재는 Cu를 사용한 빌렛을 제조하고 분말의 충전율을 높이기 위해 정수압 압출 공정으로 Mg₂B core/Nb/Cu sheath 압출재를 제조하였다. 단면적 감소하기 위해서 후 공정으로, 스웨이징, 공형압연 공정을 적용하여 다양한 가공 공정 적용에 따른 압출재의 기계적 특성, 미세조직 변화등을 분석하였다. Cu layer는 hall-petch식을 따르지 않았으며, Nb layer에서는 단면적 감소에 의해 <100>, <110> fiber가 형성되었다.

Key Words : MgB₂, hydrostatic extrusion, swaging, caliber rolling, hardness, microstructure

1. 한국생산기술연구원

2. (주) K.A.T.

교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: ljb01@kitech.re.kr

PIT 방식에 의한 MgB_2 초전도 선재의 인발 가공시 Mg, B분말의 입자변형 거동 연구

장세훈¹ · 김효성¹ · 임재덕¹ · 황덕영[#]

Study on the deformation behavior of Mg, B particles during the drawing process of MgB_2 SC wire by PIT method

Se Hoon Jang, Hyo Sung Kim, Jae Duk Im and Duck Young Hwang

Abstract

39K 임계온도 특성을 가지는 MgB_2 초전도체는 고가의 액체 헬륨을 사용하지 않고도 일반 냉동기로 초전도 특성을 나타내며 저렴한 원료분말, 상대적으로 쉬운 가공공정 등의 장점을 가지고 있다. 이로 인해 차세대 의료 및 전력기기 분야의 상용화에 적합한 초전도체로 각광 받고 있으며 초전도 응용기기에 적용하기 위해선 고특성과 더불어 균일성이 확보된 수 km 급 장선재 개발이 요구되고 있다.

일반적으로 MgB_2 선재는 PIT(Powder-In-Tube)법을 이용하여 원료분말의 형태에 따라 In-situ 방식과 Ex-situ 방식으로 제조되며 MgB_2 /확산방지층/최외곽시스 구조의 다수의 필라멘트로 구성된 다심 선재로 제조된다. 하지만 소성가공에 의한 In-situ 방식으로 제조되는 MgB_2 다심 선재의 원료 분말인 Mg, B는 연성이 부족하고 가공한계에 의한 단선과 소세징 현상과 같은 균일성 및 건전성 저하로 인해 MgB_2 장선재의 제조에 많은 어려움이 있다. 소세징 현상은 초전도면적 감소로 인해 임계전류 특성을 저하시키며 이는 분말의 입자크기, 형상, 입도 분포와 초기 충전밀도, 다이스 설계 인자, sheath 소재 등에 많은 영향을 받는다고 알려져 있다.

본 연구에서는 인발 가공시 MgB_2 선재의 불균일을 야기시키는 요인을 확인하기 위하여 MgB_2 원료분말 중 Mg 입자크기, 초기 충전밀도, 단위 감면율에 따른 Mg 입자 변형 거동과 확산 방지층의 계면 변화에 대한 연구를 수행하였다. 또한 인발가공과 비교 분석하기 위해, 스웨이징 공정을 적용하여, 소성가공방식에 따른 분말의 변형 거동 및 확산방지층과의 계면 변화에 대한 비교 연구를 실시하였다. 분말의 크기에 따른 선재 가공시, 확산 방지층과 분말의 계면 특성을 관찰하기 위해 45~300 μm 의 크기를 갖는 Mg 분말을 사용하였다. MgB_2 선재는 in-situ process에 의해 초기 Mg, B 혼합 분말을 Nb tube에 충전한 후, Cu tube와 조립한 후 인발 공정을 통해 $\Phi 1mm$ 까지 단심 선재를 제조하였다. 인발 가공후 선재의 단면을 절단하여 분말의 변형 형상 및 확산방지층 계면의 특성을 관찰하였고 확산방지층의 표면조도를 분석하였다. MgB_2 선재의 인발 가공을 진행함에 따라 Mg 입자는 섬유상 입자형태로 가공방향으로 연신되었고 입자 크기가 클수록 확산 방지층의 계면이 불균일하게 변화되며, 표면조도가 증가되는 현상을 나타내었다. 또한 초기 충전밀도, 감면율, 소성가공 방식에 따라 입자 배열, 변형과 같은 분말 압축 단계가 변화였고 이로 인해 Mg 입자 변형 거동과 확산 방지층 계면에 영향을 주었다.

Key Words : MgB_2 wire, drawing, swaging, In-situ PIT, Nb barrier, Mg and B powders, deformation

1. KAT(Kiswire Advanced Technology)

교신저자: KAT(Kiswire Advanced Technology), E-mail: dyhwang74@kiswire.com

Cu-Nb-NbTi로 결합된 이종소재의 면적 비율에 따른 인발 가공 특성 연구

김효성¹ · 이광진¹ · 임재덕¹ · 오영석², 박선명² · 강성훈² · 황덕영[#]

¹Kiswire Advanced Technology Ltd, Daejeon, Korea,

²Korea Institute of Materials Science, Changwon, Korea

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

Hyo Sung Kim¹, Kwang Jin Lee¹, Jay Dee Im¹, Young Seok Oh², Seon Myung Park², Seong Hoon. Kang², Duck Young Hwang¹

초전도 선재는 작동온도에 따라, 저온초전도(LTS, Low Temperature Superconductivity) 선재와 고온초전도(HTS, High Temperature Superconductivity) 선재로 구분된다. 현재 상용화된 저온 초전도 선재로는 NbTi 와 Nb₃Sn 가 있는데, NbTi 초전도체는 임계온도 9.4K 이하 극저온에서 초전도 특성을 나타내고 가공성이 좋고 변형에 강하기 때문에 가장 많이 사용되어 왔다. NbTi 초전도 선재의 사용 분야는 의료용 MRI, 핵융합에너지, 대형가속기, 분석용 NMR, 모터, 발전기 등에 활용되고 있다. 특히 MRI 마그넷용 NbTi 선재가 일반적으로 상용화되어 있다. NbTi 선재는 Cu-Nb-NbTi 로 결합된 이종 소재 구조로 되어있고 NbTi 필라멘트가 다심으로 형성되어 있는 복잡한 구조를 가지고 있어 장선화에 대한 공정 최적화가 결국 선재 가격을 결정하는 중요한 요소가 되고 있다. 특히 임계전류의 특성을 향상시키기 위해서는 단위면적당 NbTi 의 비율을 증가시켜야 하고 결국 최외각층에 있는 Cu 의 비율을 감소시켜야 한다. 이러한 Cu/Sc 비율을 낮추게 되면 인발 가공시 스웨이징 부위의 손실이 증가하여 수율 저하를 야기시키게 된다.

본 연구에서는 Cu-Nb-NbTi 로 결합된 이종 소재를 Cu/Sc 면적 비율에 따른 인발 가공 특성에 대한 연구를 수행하였다. 특히 인발 가공시 중요한 요소가 되는 다이스 설계 인자(감면율, 다이각 및 베어링 길이)에 대한 검토를 수행하였다. FEM 해석을 통해 다이스 설계 인자에 따른 Drawing force, Stress-Strain 변화를 분석하였으며, 인발 가공시 측정되는 Drawing force 변화에 따른 이종 소재 변형 거동 분석 및 최적 조건 실험을 진행하였다.

실험 결과, Cu/Sc 면적 비율 저감에 따른 스웨이징 및 인발 가공간 피복부(Cu) 손상률이 높아져 후속 공정인 인발 가공간 불균일 변형 문제점이 발생하였다. 이는 피복부 Cu 대비 내부 코어 소재인 초전도체 경도값이 높으며, 소재별 계면 접합이 발생하지 않은 상태에서 피복부 중심으로 가공이 집중되면서 발생하였다.

Key Words : NbTi, superconducting wire, swaging process, drawing process, damage of sheath

1. Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT]

교신저자: Kiswire Advanced Technology Ltd.[KAT],

E-mail: dyhwang74@kiswire.com

ECAP을 적용한 NbTi의 초전도 특성 향상에 관한 연구

박선명¹ · 문인용¹ · 오영석¹ · 이호원¹ · 김효성² · 황덕영² · 강성훈^{1#}

Study on improving superconducting properties of NbTi applying ECAP.

S. M. Park, I. Y. Moon, Y. S. Oh, H. W. Lee, H. S. Kim, D. Y. Hwang, S. H. Kang

Abstract

The critical current density (J_c), major performance parameter of NbTi superconducting wires, can be improved by fine precipitates of α -phase which serves as a pinning center. The fine precipitates can be achieved by cumulative strain which makes more grain boundary triple points for nucleus of precipitates and repetitive heat treatment. In this study, we fabricate wires with improved superconducting properties by applying the equal channel angular pressing (ECAP) to refine grains of NbTi billet. Then repetitive heat treatment and drawing was applied. Firstly, the finite element analysis of ECAP were performed to check the strain distribution according to number of passes. The NbTi billet ($\emptyset$ 44) with a cumulative strain of about 4 after 4passes of ECAP was assembled into mono wire (Cu-Nb-NbTi). Then, the wire was drawn until its diameter reach 1mm to measure the critical current density. The α -precipitation fraction and the critical current density of NbTi superconducting wire made with and without ECAP process were analyzed.

Key Words: NbTi Superconducting wire, Equal channel angular pressing (ECAP), Drawing, Critical current density (J_c), Finite element analysis

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 케이.에이.티. (주)

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

가변단면 튜브를 이용한 중공 구동축의 개발에 대한 연구

이호원¹ · 이종섭² · 신승만³ · 조국래⁴ · 오영석¹ · 강성훈[#]

Development of Hollow Drive Shaft using Tailor Rolled Tube

H. W. Lee, J. Lee, S. Shin, K.R. Cho, Y. S. Oh, S. H. Kang

Abstract

본 연구에서는 자동차 구동축의 중량 절감을 위한 중공축의 새로운 제작 방법을 개발하였다. 본 연구에서는 기존의 방법과 다르게 중앙부와 끝 부의 두께가 다른 튜브를 제작하여 새로운 중공축을 만드는 방법을 제안하였다. 두께가 다른 튜브는 가변 단면을 만들기 위한 열간 압연 공정과 이를 튜브로 만들기 위한 롤포밍, 인라인 하이브리드 용접 공정을 거쳐 제작 되었다. 이 후 중공구동축을 제작하기 위하여 스테르브 부의 외경을 방사단조를 통하여 축관하고 기계가공하여 최종 제품을 완성하였다. 이러한 공정을 통하여 기존 제품 대비 약 20% 이상의 무게가 절감된 중공축을 개발하였다

Key Words: Tailor rolled tube, Drive shaft, Hot Rolling, Roll forming, swaging, Hybrid welding

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 한국생산기술연구원

3. 한국프랜지

4. 성우하이텍 기술연구소

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소,

E-mail:kangsh@kims.re.kr

롤 포밍에 의한 변형 잔류응력이 레이저 하이브리드 용접 잔류응력에 미치는 영향 분석

임수범¹ · 이영석[#]

A Study on how residual stress caused by roll forming process affects Laser arc hybrid welding condition

Subum Yim, Youngseong Lee

Abstract

The purpose of this study is to analyze the effect of strain residual stress on the setting conditions of laser hybrid welding in the roll forming process for manufacturing variable section tubes. The conditions of laser hybrid welding are welding sequence and welding speed. The strain residual stress and weld residual stress in the roll forming process and the laser hybrid welding process were calculated by the finite element method. The material used is ST35nB and the methods used for residual stress measurement are x-ray diffraction, instrumental pressure method, and hole drilling method. The validity of the weld FE model was verified by comparing the calculated residual stress with the measured residual stress. The effect of welding residual stress on the welding conditions was analyzed by comparing the residual stress with the residual stress due to roll forming. The laser hybrid welding conditions were investigated to minimize the welding residual stress distribution

본 연구에서는 가변단면튜브 제조용 롤 포밍 공정에서 소재에 발생하는 변형 잔류응력이 레이저 하이브리드 용접조건설정에 어떠한 영향을 미치는 정도를 분석하고자 하였다. 레이저 하이브리드 용접의 조건은 용접순서와 용접속도이다. 롤 포밍 공정과 레이저 하이브리드 용접공정에서 발생하는 변형 잔류응력과 용접잔류응력은 유한요소법을 통해 계산하였다. 사용된 소재는 ST35nB 이고 잔류응력 측정에 사용된 방법은 x선 회절법, 계장화압입법, 홀 드릴링 공법이다. 계산된 잔류응력과 측정된 잔류응력을 비교하여 용접 FE모델의 유효성을 검증하였다. 롤 포밍에 의한 잔류응력의 유무에 따라 용접잔류응력이 어떻게 변화하는지 비교 후 용접조건 설정에 미치는 영향을 분석하였다. 용접잔류응력 분포가 최소화 되기 위한 레이저 하이브리드 용접조건을 찾았다.

Key Words : Laser welding, Gas metal arc welding(GMAW), Hybrid laser-GMA welding, Finite elements method(FEM), Residual stress, Heat affected(HAZ), Roll forming, X-ray diffraction, instrumented indentation, hole drilling

1. 중앙대학교 기계공학과

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

일체형 장구동축 제조를 위한 스웨이징 공정 개발

김용배¹ · 이상교¹ · 임성주¹ · 이종섭^{1#}

Development of Swaging Process for Forging of a One-piece Drive Shaft Assembly

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

Abstract

차량 경량화를 위한 노력의 일환으로서 국내외 완성차 및 부품 업체의 일체형 부품 적용 확대가 증가하고 있다. 특히, 소성가공기술을 활용한 튜브 성형품의 제조와 마찰교반 용접을 이용한 조립이 시도되고 있으나 낮은 경제성과 내구성 부족이 문제점으로 제기되고 있다. 본 연구에서는 일체화 장구동축 (one-piece drive shaft assembly) 제조를 위한 가변 단면 튜브 (variable cross-section tube) 스웨이징 성형공정을 개발하고 성형 정밀 치수 및 내외경의 형상을 분석하였다. 금형 형상을 변화시켜가며 스웨이징 성형 공정 시험을 수행하고 공정 변수에 따른 가변단면 튜브의 후육화 및 형상/치수 정밀도를 분석하였다. 더하여 가변단면 튜브의 후육화 향상과 형상 정밀도를 위한 공정방안을 연구하였다.

Key Words : swaging process, one-piece drive shaft assembly, variable cross-section tube

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소,

E-mail:jongsup@kitech.re.kr

성형 공정에 따른 중공축 단조품의 조직학적 분석

손승우¹ · 이종훈^{1,#}

Analysis on microstructure of hollow shaft during forming processes

S. Son, Z. Lee

Abstract

To weight reduction of car, our research group have been trying to compose a hollow shaft as variable cross section. We analyzed each part of the variable cross section plate made by KIMS. With this material, effects of forming processes were studied. After forming processes, a laser-arc hybrid welding effects were observed. The arc welding process is easy and convenient when an object is thick. The laser welding process has merits of deep fusion depth and fast welding speed. With those advantages of the arc and the laser welding processes, industrial field tried to combine the arc and the laser welding processes as hybrid welding. The variable conditions such as laser power, arc current and welding speed will be used for manufacturing variable thickness hollow drive shaft for automobile. This study investigated the microstructure of the hollow shaft during forming processes. Additionally, the effects of heat treatment with the hybrid welding parameters were investigated to find suitable conditions for stable forming process.

Key Words : Microstructure Analysis, Variable cross section plate, Rolling, Forming

1. 울산과학기술원 신소재공학부

교신저자: 울산과학기술원 신소재공학부, E-mail: zhlee@unist.ac.kr

콤팩트 조인트와 중공축 개발

신승만

Development of Tubular Shaft and Compact Joint

Seungman. Shin

Abstract

구동축(H/Shaft)은 엔진에서 나온 출력을 회전속도와 토크의 변동 없이 휠축에 전달하는 부품이다. 일반적으로 엔진과 트랜스미션을 좌우간 직렬 배치로 인하여 트랜스 미션의 위치가 좌 또는 우측으로 편중될 수밖에 없고 이에 따라 구동축의 좌우 길이와 그 꺾이는 각도가 다르기 때문에 차량의 급출발 시 모멘트 차이로 인한 좌 또는 우로 쏠리는 토크스티어 현상이 발생한다. 현재 개발 적용되고 있는 구동축은 인너 샤프트를 적용하여 좌/우 구동축의 길이와 꺾임각을 동일하게 하거나 우측 샤프트의 경을 증대하여 좌/우 강성비를 맞추고 있지만, 부품의 중량이 증가하여 연비가 떨어지는 문제가 여전히 숙제로 남아 있다. 고유가 시대에 경쟁력 있는 차량 개발을 위해 부품경량화를 통한 연비 향상과 원가 절감이 중요한 화두가 되고 있으며 부품의 최적화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이중에서도 샤시 부품의 최적 설계와 경량화는 매우 중요한 분야이다. 일반적으로 10%의 차체 중량 감소는 8~10% 정도의 연비 향상 효과가 있다고 한다 그러나 구동 부품 중 스프링 아래쪽의 경량화는 위쪽의 10배의 효과가 있다고 한다 즉 스프링 아래쪽에 있는 구동 부품인 구동축의 경량화는 타부품에 비해 연비 향상 효과가 배로 많다는 것을 의미한다. 알루미늄 소재, 하이드로 포밍 프레임, 중공 구조물 등 중량 절감을 위한 연구개발이 이뤄지고 있다. 본 논문에서는 최적화 설계와 고내구 신뢰성 설계 및 평가 기술을 적용하여 구동축의 진동 특성을 향상 시킬 수 있는 중공 구동축을 개발하여 기술 경쟁력을 확보하고 해외 수출의 기반을 갖추고자 한다

Key Words : Tubular Shaft(중공축), H/Shaft(구동축), CVJ(등속조인트), Torque steer(토크스티어)

스테인리스 409L 후판을 이용한 대곡면 성형에 대한 해석적·실험적 연구

곽봉석¹ · 윤만중² · 전재영² · 강범수³ · 구태완[#]

Numerical and Experimental Study on Large Curved Surface Forming using 409L Stainless Thick Plate

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

Abstract

Nowadays, electricity is one of essential resource to live human being. It comes from steam power plant mostly. Because of ecological problem, carbon emission quantity is strictly limited. Steam power plant works by combustion of fuel so it is critical problem. Raising efficiency may be one of the solutions. But high efficiency makes low temperature exhausting steam. It is dangerous since water droplet erosion phenomenon. In low pressure steam turbine, steam have low pressure and temperature. It leads to condensation in the turbine and creation of water droplets. These droplets impact turbine blades and erode it. Eroded blade cannot control steam flow properly and the turbine needs more frequent maintenance. All of it reduces efficiency of steam power plant. To avoid this problem, many solutions are suggested. Turbine blade with suction slots is one of them. The suction slots absorb water droplets and discharge to the outside. To provide passage for suction slots to outside, hollow blade is needed. This paper deals with forming method of hollow turbine blades with suction slots. It has multi-curved shape and undergoes deformation after forming caused by elastic recovery. It makes manufacturing of hollow-partitioned turbine blade difficult and geometrical error treatment such as overbending.

Key Words : Steam Turbine, Water Droplet, Hollow-Partitioned Turbine Nozzle, Suction Slot, Multi-Curved, Elastic Recovery, Manufacturing, Overbending

1. 서론

오늘날 전기는 현대인의 일상생활에 필수적인 자원 중 하나가 되었다. 현재 전력 생산량의 대부분은 화력 발전소에서 나오는데, 환경 문제로 인하여 이산화탄소 배출량이 제한되고 있기 때문에 연료를 태우는 방식으로 발전하는 화력 발전소는 직접적인 타격을 입게 되었다. 신재생 에너지는 현재 경제적으로 화력 발전의 대안이 될 수 없기 때문에 화력 발전소의 효율을 올리는 쪽이 더 현실적이다. 그러나 화력 발전소의 효율이 올라가면 터빈 출구의 증기압과 온도가 낮아지는데, 이는 저압 터빈에서 수증기의 응결을 일으켜 터빈 날개에 심각한 침식 현상을 유발할 수 있다. 터빈 날개의 손상은 터빈 효율 저하와 정비 주기 감소로 전체 화력 발전소의 효율을 떨어뜨린다. 이를 막기 위한 대책 중의 하나가 중공형 터빈 날개이다. 표면에 습분 흡입구를 설치하여 습분을 흡수하여 외부로 배출하는 방법을 통해 침식 현상을 해결하는 것이다. 이를 위한 통로를 제공하기 위해 터빈 날개는 중공형으로 제작되는데, 중공 부품은 몇 개의 파트

1. 부산대학교 항공우주공학과 대학원

2. 파워엔씨(주)

3. 부산대학교 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 설계기반미래성형기술센터

E-mail: longtw@pusan.ac.kr

로 분할되어 결합된다. 터빈 날개의 형상이 3차원적 곡면이기 때문에 분할된 스테인리스 강판도 곡면 형상이며, 이는 성형 과정 후에 탄성 회복이 일어나면서 형상 오차를 유발하므로 보정을 필요로 한다.

2. 유한 요소 모델

Fig.1과 같은 유한 요소 모델을 구성하였다. 금형은 강체로 가정하였으므로 전체 형상을 사용하지 않고 판재와 접촉하는 면만 모델링하였으며, 대형 후판에서 블랭크 홀더를 사용하지 못함으로 인하여 발생하는 지지 구조 문제를 해결하기 위하여 도입한 가이드 암과 가이드 핀을 모델링에 반영하였다.

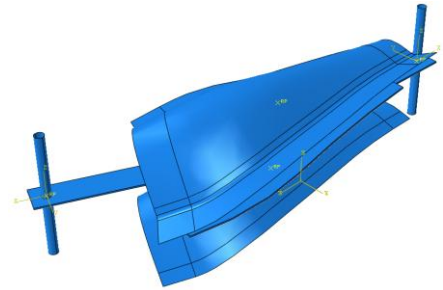


Fig 1. Configuration of finite element model

3. 결과 및 고찰

Fig.2가 성형 및 탄성 회복이 완료된 형상과 목표 형상을 비교한 그림이다. 성형 형상 치수 요구도인 $\pm 1.0\text{mm}$ 이내로 성형이 완료되었다.

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.

Acknowledgements

This work was supported by Materials and Components Technology Development Program of the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) grant funded by the Korea government, Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) (No. 10052835). And this work was partially supported by the Basic Science Research Program (NRF-2017R1D1A1B03032741) and the Engineering Research Center Program (NRF-2012R1A5A1048294) through the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government.

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.

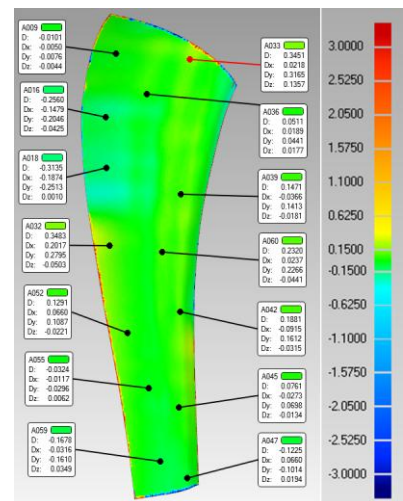


Fig 2. Geometric accuracy of final product

SAPH440 강판의 구멍 가공 조건에 따른 구멍 확장성 평가 및 예측

서기영¹ · 김병민[#]

Evaluation and prediction of hole expandability according to hole processing conditions of SAPH440 steel sheet

K. Y. Seo, B. M. Kim

Abstract

A hole expansion ratio(HER) of steel sheets has become an important performance index for manufacturing automotive component. In this study, hole expansion tests and finite element analysis 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. In the case of punching, six different punching clearances and the burr direction generated in the punching process were used to compare each condition. In particular, the hole expansion ratio was evaluated by performing the chamfering on sheared edge according to each clearance. FE-analysis with EWK rupture model were also performed to investigate prediction of the HER. From the results, It was found that the Chamfering of the sheared edge is effective in improving the HER of SAPH440 steel sheet and Fe-analysis results were helpful to predict the HER. 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), Chamfering process(챌퍼링 공정), Hole processing condition(구멍 가공 조건), SAPH440, 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

펄스 조정 기법을 이용한 SHPB 실험 동적 응력 평형의 해석적 및 실험적 검증

김용희¹ · 강범수² · 김정[#]

Numerical and Experimental Verification of Dynamic Stress Equilibrium in SHPB Experiment using Pulse Shaping method

Y. H. Kim, B. S. Kang, J. Kim

Abstract

In the analysis of high-speed forming such as electromagnetic forming and electrohydraulic forming, dynamic material properties are required. The split Hopkinson pressure bar(SHPB) experiment was suggested for measuring dynamic material properties in 1000~10000/sec strain rate. In the SHPB experiment, the engineering strain and stress of the specimen are derived assuming that specimen reached the dynamic stress equilibrium. A pulse shaping method was used to improve the stress equilibrium of specimen in the SHPB experiment. A pulse shaper attached at the front of incident bar is used for dynamic stress equilibrium of specimen through stress wave control. Numerical analysis was performed to verify that pulse shaper affects the dynamic stress equilibrium about Johnson-Cook constitutive model of copper. In addition to analysis, SHPB test were performed to demonstrate stress equilibrium about copper and Al6061 specimen. The result of SHPB test and numerical analysis show that the pulse shaper contributes to the dynamic stress equilibrium. Based on the improved stress equilibrium using a pulse shaper, the flow stress curves about copper and Al6061 materials were obtained at strain rate of 1344.4/sec and 1291.6/sec, respectively.

Key Words: Split Hopkinson pressure bar, Pulse shaping method, Dynamic stress equilibrium, stress wave control

1. 후기

이 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 선도연구센터지원사업(No. 2012R1A5A1048294)과 중견연구자지원사업(No. NRF-2014R1A2A1A11054473)의 지원을 받아 수행된 연구임. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

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

마찰교반점용접을 이용한 패치워크 블랭크의 핫포밍퀀칭 공정 적용

조덕상¹·김병민[#]

Application of Hot Forming Quenching on Patchwork blank using Friction Stir Spot Welding

D. S. Jo, B.M. Kim

Abstract

The objective of this study is to investigate the advantage of applying Hot Forming Quenching(HFQ) on patchwork blank using friction stir spot welding(FSSW). Firstly, the Design Of Experiment(DOE) was used to optimize the Friction Stir Spot Welding(FSSW) process parameters to make a patchwork blank. The results showed that the optimal levels of the rotational speed, dwell time and plunge depth were 1400rpm, 8seconds and 2.6mm. Secondly, a patchwork blank was made using the optimal process parameters. And then, hat shape forming test was experimentally performed to find out feasibility of applying HFQ. And then, T6 heat treatment was performed.

The hardness of the weld zone was measured to confirm the degradation in mechanical property compared with the conventional forming method, which shows the validity of the application of HFQ to patchwork blank using FSSW. Finally, the 3-point bending test was performed in this study to find out the advantage of HFQ, which was then compared with those of the conventional forming method.

Key Words: Friction stir spot welding(마찰교반점용접), Hot Forming Quenching(핫포밍퀀칭), hat shape(모자형상), Design of Experiment(실험계획법), Patchwork blank(패치워크블랭크)

후 기

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

1. 부산대학교 정밀가공시스템 전공
#교신저자: 부산대학교 기계공학부,
E-mail:bmkim@pusan.ac.kr

인공신경망 기법을 활용한 자기 강화형 폴리프로필렌 기반 섬유금속적층판의 유동응력 예측에 관한 연구

박으뜸¹ · 김정¹ · 강범수¹ · 송우진[#]

Numerical Study on Prediction of Flow Stress of Fiber Metal Laminate based on Self-Reinforced Polypropylene using Artificial Neural Network method

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

Abstract

The flow stresses have been required to the numerical simulations to simulate the deformation behavior of the materials. In order to obtain the flow stresses, the uniaxial tensile tests should be conducted. However, the fiber metal laminate based on the self-reinforced polypropylene should consider the temperature effect due to the stress drop as compared with the conventional metallic materials. To predict the flow stresses of the fiber metal laminate, the flow stress model considering the temperature effect should be constructed with more accuracy and simple procedure. In this study, the artificial neural network has been constructed to predict the temperature-dependent flow stresses of the fiber metal laminate. Firstly, the flow stresses data were obtained by the uniaxial tensile tests at four cases of the temperature condition. Next, weighting value of each neuron in the artificial neural network was calculated by the Levenberg-Marquardt method. Finally, the artificial neural network was evaluated by comparing the coefficient of determination. In addition, the numerical results of the artificial neural network were compared with the suggested models at the previous study. It is noted that the artificial neural network showed accurate prediction of the flow stresses with low costs beside the previously-suggested models.

Key Words : Artificial Neural Network, Fiber Metal Laminate, Flow Stress, Flow Stress Model, Temperature-Dependent Flow Stress

Acknowledgement

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

1. 부산대학교 항공우주공학과
교신저자: 부산대학교 융합학부,
E-mail: woodysong@pusan.ac.kr

Mechanical properties of a heat treated aluminum alloy 7075 sheet

최유미¹ · 이석규^{1,2} · 이명규[#]

Y. M. Choi¹, S. K. Lee², M. G. Lee³

Abstract

As the vehicle light-weighting becomes an important issue, high strength aluminum alloys have received great attention as an alternative to advanced high strength steels (AHSS). An aluminum alloy 7075-T6 exhibits superior strength, but has technical challenges for sheet forming at room temperature due to its limited formability. Therefore, numerous trials for heat treatments during or before forming have been made as alternative to conventional room temperature or warm forming. This study aims to characterize mechanical properties of the heat treated aluminum 7075-T6 sheet, which include basic elastic-plasticity, anisotropy and formability. Using the measured mechanical properties, the constitutive equations for (initial) anisotropic yield functions and hardening laws are suggested for future sheet forming simulations.

Key Words : Aluminum alloy, AA7075-T6, heat treatment, mechanical properties

1. 고려대학교

2. 삼성전자

교신저자 : 고려대학교, myounglee@korea.ac.kr

단축인장시험에서의 전기소성효과 메커니즘에 대한 실험적 및 해석적 검증

박형규¹ · 강범수² · 김정[#]

Experimental and Numerical Verification of Electro-plastic Effect Mechanism in Uniaxial Tensile Test

H. G. Park, B. S. Kang, J. Kim

Abstract

The electro-plastic effect (EPE) is a phenomenon that instantaneously reduces flow stress when an electric current is applied to a material during plastic deformation of the material. The electrically assisted forming, which combines the EPE with a general forming process, has attracted attention as a process for improving the formability by decreasing the forming load by using the momentarily reduced flow stress. but so far the mechanism of the EPE remain still unclear, and some researchers are still arguing about the existence of a pure EPE. Therefore, in this study, the mechanism of EPE and the relationship between EPE and temperature were investigated by tensile test, numerical analysis, and microstructure observation with electric current pulse in high strength steel. a uniaxial tensile test with an electric current pulse was carried out using a self-designed device; this device can apply a 2kA electric current pulse to the specimen for a short period (>100ms). The experimental result reveals the stress-strain curves, thermal variation and micrographs of tested specimen. By using the finite element method (FEM), the simulation of tensile test with an electric current pulse was conducted for comparison with the stress-strain curve of the experimental result. The comparison with experimental results show that flow stress drops by a maximum of 350MPa and temperature increase by maximum 150K in DP980 with electric current pulse: four different conditions. Changes in the microstructure were not observed, and actually the increase of the temperature was in the range not affecting the phase change.

Key Words: Electro-plastic effect, Uniaxial tensile test with electric current, Micrograph, FEM

후기

이 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 선도연구센터지원사업(No. 2012R1A5A1048294)과 중견연구자지원사업(No. NRF-2014R1A2A1A11054473)의 지원을 받아 수행된 연구임. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 부산대학교 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 항공우주공학과,

E-mail: greatkj@pusan.ac.kr

상변태를 고려한 TRIP강의 구성방정식 개발

정재봉¹ · 전성욱¹ · 이현석² · 김병민¹ · 김지훈[#]

Development of Constitutive Equations for TRIP Steels Considering Phase Transformation

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

Abstract

Transformation induced plasticity (TRIP) steels have excellent strength and ductility in which retained austenite in ferrite matrix transform into hard martensite during deformation. TRIP steels exhibit the strength-differential effect which is known to be caused by the dependence of the transformation rate on deformation modes. In this work, a material model that accounts for the phase transformation was developed by introducing the phase transformation-strain tensor. The model parameters of the proposed models were determined from the uniaxial tension and compression, and cyclic tests for using a TRIP steel with a tensile strength of 1180 MPa and a thickness of 1.0 mm. The developed model was validated by the 3-point bending and U-bending tests.

Key Words : Transformation induced plasticity (TRIP), Springback, Martensitic Transformation, 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 Nat'l University

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

Corresponding Author: School of Mechanical Engineering, Pusan Nat'l University,

E-mail: kimjh@pusan.ac.kr

비정형롤판재성형 공정의 실험과 유한요소해석 결과 비교에 관한 연구

길민규¹ · 박지우¹ · 윤준석¹ · 강범수[#]

Comparative Study of Experimental and Numerical Results using Flexibly-reconfigurable Roll Forming

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

Abstract

The existing sheet metal forming processes are economically limited to form the diverse figure of sheet metals due to the fixed shape of the apparatuses. To resolve the limitation, flexible forming processes have been suggested in recent years. As one of the flexible forming process, flexibly-reconfigurable roll forming (FRRF) has been suggested. FRRF produces the multi-curvature sheet metals using a couple of flexible rollers and the guides which can be controlled the height of its own. Since the FRRF makes from the 2D configurations to 3D results, it is hard to predict the outputs. Therefore, forecasting the results using the numerical simulations is important to reduce the materials consumed for experiments. However, because the conditions between the experiments and the numerical simulations are not same, the results are different. To make it similar the results of the experiments and numerical simulations, in this research, the conditions of the numerical simulation such as mesh, friction coefficient, and so forth are changed. The numerical simulation was conducted by ABAQUS, commercial program to figure out how the conditions effects on the results. The results from the numerical simulations were compared with the experimental results to find out specific conditions. Finally, reasonable results were derived so that the experimental results can be predicted by the numerical simulation.

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

2. 부산대학교 항공우주공학과

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

소성가공품 단류선의 품질

전만수^{1, #}, 이민철¹

Quality of grain flow of metal formed products

M. S. Joun^{1, #}, M. C. Lee¹

Abstract

In this paper, quality of grain flow is studied to be evaluated. The grain flow is defined by a state variable, which is a vector function of coordinates. Each component of the vector function at a point is that of its initial coordinates which can be calculated with ease in finite element analyses of metal forming processes. The gradient of the vector function, defined as grain flow density is proposed to evaluate the quality of grain flow.

Key Words: Metal Forming (소성가공), Grain flow (단류선), Quality (품질)

1. 서론

결정 및 결정경계에 의하여 형성된 단류선 혹은 금속유동선이라 불리고 연마한 단조품의 단면을 에칭하여 가시화될 수 있다. 전통적으로, 거시적인 단조품의 내부 품질은 단조품의 에칭된 단면인 단류선을 육안으로 검사함으로써 평가되어왔다. 소성유동선과 이들이 소성가공 제품의 품질에 끼치는 영향에 대한 많은 연구가 있었다. Ito 등 [1]은 테이퍼 롤러 베어링의 수명에 대한 테이퍼 롤러의 소성유동의 영향을 입증하기 위해, 단류선의 방향이 테이퍼 롤러의 길이 방향과 수직인 테이퍼 롤러의 수명이 우수한 소성유동선을 가진 테이퍼 롤러의 수명의 거의 1/6임을 밝힘으로써 소성유동선의 중요성을 강조했다.

소성유동선은 단조시뮬레이션 기술에 의해 예측되어왔다 [2]. 전통적으로, 지정한 메시는 소성유동을 나타내기 위해 추적된다. 전통적인 수치 접근법은 소성유동의 품질을 정량화하기 위한 어떠한 해결책도 제공할 수 없다. 소성유동의 정량화는 단조 시뮬레이터와 함께 공정 설계 최적화를 실현하는 데 필수적이므로 가까운 시일안에 매우 중요해질 것이다.

최근 저자는 소성유동함수의 등고선을 그리

는 방법으로 입자 흐름이나 소성유동선을 예측하는 특화된 방법[4]을 제시했다. 이 논문에서는 소성유동선을 정량화하기 위한 소성유동밀도 및 그 밀도 구배에 대한 새로운 개념을 제시한다.

2. 단류선의 정량화

제시할 이론을 설명하기 위해 사용된 실험 공정을 Fig. 1에 나타내었다. 이 실험은 축대칭이고 유동응력은 $\bar{\sigma} = 320.0(1.0 + \frac{\epsilon}{0.05})^{0.15}$ 로 가정한다. 쿨롱 마찰계수는 0.05로 하고, 소재가 속도 비의존적이므로 펀치속도는 1.0 mm/s로 가정한다. 8000 사각형 유한요소 해석모델을 사용하여 얻어진 소성유동의 유한요소 예측결과를 Fig. 2에 나타내었다.

변형된 소재의 점에 해당하는 초기 좌표는 유한요소해석을 통해 쉽게 계산할 수 있다. 절점 초기 좌표는 유한요소보간에 따라 소성유동함수를 정의하는 데 사용할 수 있다. 소성유동함수는 좌표의 벡터 함수이다. 따라서 소성유동은 소성유동함수의 등고선으로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 그림 2 (a)는 소성유동함수의 x- 성분 윤곽의 변화를 거리로 보여준다. 그리고 원형소재의 조대편석영역은 소성유동함수로 쉽게 정의할 수 있다. 2차원 문제에서 소성유동함수의 x-성분은 조대편석영

1. ㈜엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

역, 즉 2.16 mm 반경 (반경의 1/4)으로 정의된 중앙 영역을 정의하는 데 사용할 수 있다 (Fig. 2(b) 참조).

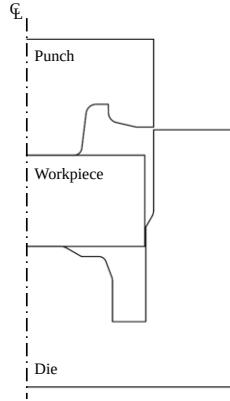
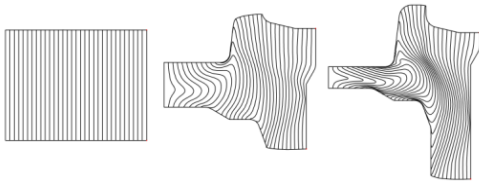
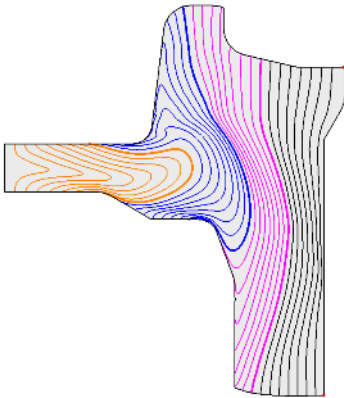


Fig. 1 Geometry of test process



(a) Contours of x-component of grain flow functions



(b) Macro-segregation region with grain flow

Fig. 2 Grain flow of the test process

소성유동 밀도구배는 그림 3에서와 같이 윤곽의 밀도를 평가하는 데 사용할 수 있다. 예를 들어, 한 점에서 소성유동 밀도의 크기가 작고 조대편석영역에 속해있는 경우, 제품 품질이 좋지 않은 것으로 간주할 수 있다. Fig. 3

에서 비교적 작은 밀도의 약한 영역은 조대편석영역에 나타나있다. Fig. 3에서와 같이 소성유동밀도 벡터의 방향은 한 지점에서의 정확한 소성유동을 제공하기 때문에 분석과 평가 모두에 사용될 수있다.

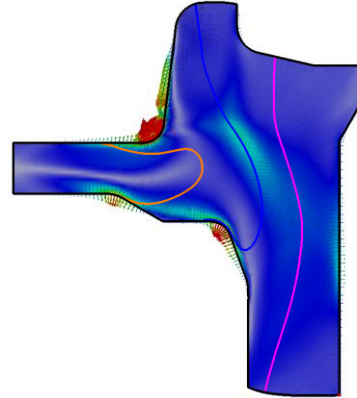


Fig. 3 Grain flow density at the stroke corresponding to Fig. 2(c)

3. 결론

이 논문에서는 소성유동함수를 도입하여 소성유동의 품질을 평가하기 위한 소성유동밀도, 소성유동 밀도구배에 대한 새로운 개념을 제시했다. 소성유동 또는 금속유동선은 소성유동함수의 구배에 의해 정의되었다.

소성유동함수의 구배로 정의된 소성유동밀도는 그 밀도와 구배를 평가하기 위해 제안되었다. 이 논문에서 제안된 지표는 가까운 장래에 소성가공 분야에서 난제였던 공정 설계 최적화 문제를 해결하는데 기준이될것이다.

참고문헌

- [1] S. Ito, N. Tusuhima, H. Muro, 1982, Accelerated rolling. Contact fatigue test by a cylinder-to-ball ring, Rolling contact fatigue testing of bearing steels, ASTM STP 771, Ed. by J. J. C. Hoo, American society for testing and materials, pp. 125-135.
- [2] M. S. Joun, S. W. Lee, J. H. Jung, 1998, Finite element analysis of a multi-stage axisymmetric forging process having a spring-attached die for controlling metal flow lines, Int. J. Mach. ToolsManu., pp. 843-854.
- [3] Japanese patent 5967493..

Jominy시험에 대한 시뮬레이션

이광오¹ · 정석환[#]

A numerical simulation of the Jominy end-quench test

K. O. Lee¹, S. H. Chung[#]

Abstract

A computational model of the Jominy end-quench test is developed. Scheil's additivity rule and Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov(JMAK) model was used to model the diffusional phase transformation. And the diffusionless phase transformation model of Koistinen and Marburger(KM) was adapted to predict the transformed volume fraction of martensite phase. The model was implemented in a commercial finite element code of AFDEx-HEAT. Temperature history, volume fraction of microstructural phases of a S45C steel during the Jominy test were calculated. The simulation results was verified by experiments.

Key Words: Jominy, Quenching test, Hardness, Phase transformation

1. 서론

최근 열처리 공정에 대한 시뮬레이션은 연구적인 측면뿐만 아니라 산업에서의 적용이라는 측면에서도 그 중요한 점점 커지고 있다. 퀴칭 공정에 대한 시뮬레이션은 여러가지 인자들(열적-물리적-상변태-열적-기계적 인자) 뿐만 아니라 퀴칭매체의 특성도 고려해야 하기 때문에 일정 이상의 정밀도로 시뮬레이션하는 것이 대단히 어려운 일이다. 강의 경화능을

결정하는 가장 흔한 방법중의 하나가 조미니 시험이며, 따라서 열처리 공정의 시뮬레이션 결과를 테스트하기에도 대단히 유용한 시험이다. 본 연구에서는 조미니 시험중의 상변태를 예측할 수 있도록 유한요소 상용코드를 개발하였으며, S45C 강종에 대한 조미니 실험과 비교함으로써 개발된 코드의 타당성을 검증하고자 하였다.

2. 실험방법

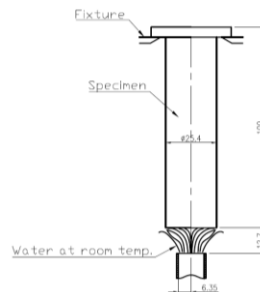


Fig. 1 Equipment for Jominy test

1. 부산대학교 기계기술연구원

2. ㈜MFRC

교신저자: ㈜MFRC, shchung@afdex.com

3. 결과 및 고찰

한쪽 끝 켄칭공정(Jominy end-quench)에 대한 2차원 축대칭 시뮬레이션 수행을 통해 Jominy시험 후 변태된 상분율(페라이트, 펄라이트, 베이나이트, 마르텐사이트 상) 및 위치별 HV경도값등을 예측하였으며, 실험값과 비교하였다.

이트, 베이나이트, 마르텐사이트 상) 및 위치별 HV경도값등을 예측하였으며, 실험값과 비교하였다.

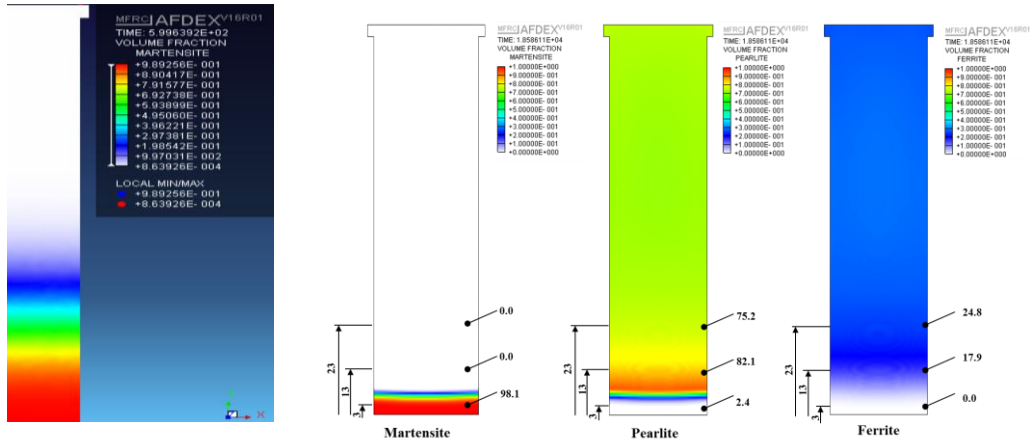


Fig. 2 Results of simulation for the Jominy end-quench test(Transformed phase fractions)

4. 결론

열처리 중의 상변태, 열처리 후의 경도를 예측할 수 있는 모듈을 상용툴인 AFDEX-HEAT에 구현하였하였으며, 2차원 Jominy시험에 대한 시뮬레이션을 통해 구현된 모듈의 타당성을 검증하였다. 열전달계수(HTC, Heat Treatment Coefficient), TTT선도, 경도 모델 등에 대단히 민감하게 변화하였으며, 따라서 본 연구와 같이 실용적으로 적용할 수 있는 방법을 고안하는 것이 중요한 과제인 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] M. Victor Li, David V. Niebuhr, Lemmy L. Meekisho,

and David G. Atteridge, 1998, A computational model for the prediction of steel hardenability, Metallurgical and materials transactions B, Vol. 29B, pp. 661~672

[2] M. Hunkel, Th. Lubben, F.Hoffman and P.Mayr, 2004, Using the jominy end-quench test for validation of thermos-metallurgical model prarmeters, J. Phys. IV France, Vol. 120, pp. 571~579

[3] M. Eshraghi Kakhki, A Kermanpur and M A Golozar, 2009, Numerical simulation of continuous cooling of a low alloy steel to predict microstructure and hardness, Modeling Simul. Mater. Sci. Eng. Vol. 17, pp. 1~21

피부요소를 이용한 비등온 유한요소해석 결과의 타당성에 관한 고찰

M.K. Razali¹, 전만수[#]

Consideration of validity of non-isothermal analysis using skin-element

M. K. Razali¹, M. S. Joun[#]

Abstract

In this paper, accuracy of non-isothermal finite element analysis of an upsetting process is discussed using a special finite element mesh system with skin elements. Effects of number of skin elements and depth of total skin elements on the temperature of material and dies are examined. It has been revealed that proper skin elements can improve solution accuracy in non-isothermal analysis of hot forging processes of steel.

Key words: Non-Isothermal Analysis (비등온해석), Skin Element (피부요소), Temperature Gradient (온도구배)

1. 서론

최근 소성가공 공정의 해석 목적으로 이론적인 측면에서 실공정에 보다 더 가까운비등온해석이 널리 행해지고 있다. 이러한 추세는 금속학적 예측 기술의 발전과 함께 점증할 것으로 사료된다.

비등온해석 기술[1]은 1970년대에 이론적으로 확립되었지만, 여전히 응용에 앞서 선결되어야 할 문제가 남아 있다고 사료된다. 실용성을 높이기 위해서 고정도의 열적 정보의 확보와 함께 수치적 문제[3]에 관한 이해가 선행되어야 한다.

비등온해석 문제에서 금형과 소재의 접촉면에서의 역학적 불명확성은 매우 크다. 두 접촉면 간의 열전달을 대류 조건으로 일반적으로 수식화하고 있는데, 열전달계수의 불명확성은 매우 높다. 뿐만 아니라대류열유동과 표면에서의 전도열유동이 동일해야 하지만, 이 조건을 만족시키기 위해서 적합한 요소망이 사용되어야 한다. 대류열유동은열전달계수와 온도 차이로 초기값은 기지의 값으로 그 크기가 작지 않다. 이것을 만족시키는 온도열유동이 발생하기 위해서는 일정 크기의 온도구배가 표현될 수 있는 요소망이 사용되어야 한다. 극단적으로 조대한 요소를 사용할 경우, 경계조건

에서 오차를 크게 발생할 수밖에 없다.

이 연구에서는 피부요소(skin element)를 사용하여 요소망과비등온해석 결과의 인과 관계를 밝힘으로써 고정도의 비등온해석 결과를 획득하기 위한 직관을 확립하고자 한다.

2. 피부요소의 온도 분포에 미치는 영향 분석

이 연구에서 사용한 열간업세팅 공정이며, 피부요소가 적용된 소재와 금형을 온도의 해석결과와 함께Fig. 1에서 나타내었다. 이 그림의 요소망에서 피부요소 층의 전체 두께가 0.6mm이며, 층의 수는 5개이다. 이 그림 상에 소재와 금형의 온도 측정점을 표시하였다. 온도의 측정점은 소재의 유동과 함께 이동한다. 소재는 AISI 1020이며, 유동응력은 참고문헌[2]로대신한다.마찰계수는 0.2로 가정하였다. 금형의 소재는 금형강이다.초기의 소재와 금형의 온도는 각각 1100°C와 300°C이다. 펀치의 속도를 200mm/s로가정하였다.

접촉면에서의 경계조건은 다음 수식으로 표현된다.

$$-k \frac{\partial \phi}{\partial n} = \bar{h}(T - T_{\infty}) \quad (1)$$

여기서 $\bar{h}$ 는 열전달계수이며, k 는 열전도계수이다. T_{∞} 는 대기의 온도이다. 최초의 접촉 시, 시간증분

1.경상대학교 기계항공공학부

#교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

이 매우 작을 경우, $\frac{\partial T}{\partial n}$, 즉 온도구배를 제외한 모든 값은 고정되어 있다고 간주할 수 있다.

그러므로 소재와 대기 온도 차이가 커 온도구배가 클 경우, 표면 요소망의 품질에 결과가 크게 의존적일 수가 있다. 가령, 온도의 변화가 크게 발생하는 박판열간압연의 경우, 압연을 표면에서 발생하는 큰 온도변화를 표현하기 위해서는 롤 표면에 밀집한 고밀도 요소망을 사용해야 한다.

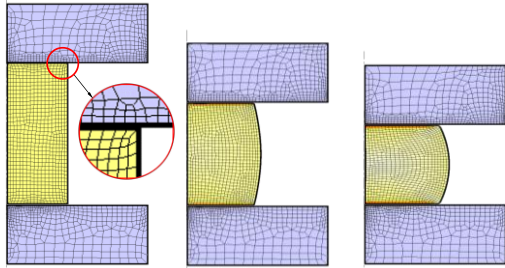
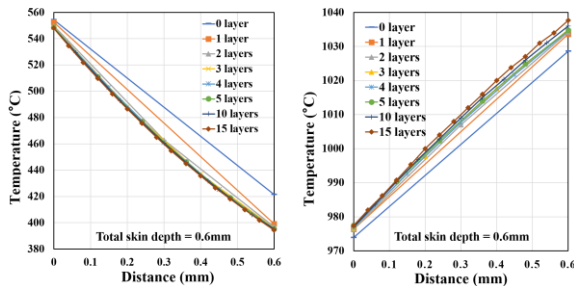


Fig. 1 Finite element model of a test upsetting process and definition of measurement points on material and die

다양한 구조 요소 층의 전체 두께, 즉 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5 (mm)에 대하여 조사를 하였으며, 다양한 구조 요소의 층 수, 즉 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15에 대한 해석을 실시하였다. 요소망재구성을 허용하였다.

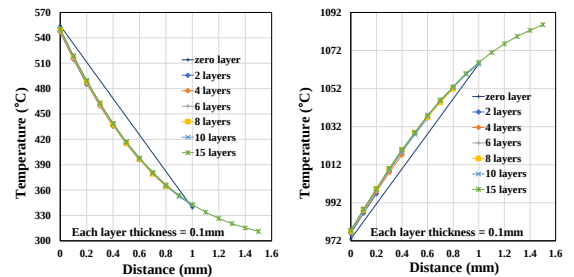
Fig. 2는 피부요소를 사용하지 않고 구한 해석 결과와 전체 두께가 0.6mm인 피부요소 층을 수가 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15개인 피부요소를 사용하여 획득한 해석 결과들을 비교하고 있다. 이 그림으로부터 피부요소 미 사용의 경우는 온도 분포 측면에서 2층 이상의 피부요소와 비교할 때, 분명한 차이를 보이고 있다. 1층의 피부요소는 2층 이상의 피부요소와는 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 그리고 10층 이상의 피부요소는 고형상비로 인한 해석결과 상의 수치적 진동을 발생시킴을 알 수 있다.



(a) Material (b) Die

Fig. 2 Effect of thickness of skin elements with fixed total thickness of skin elements on predictions

피부요소 층의 전체 두께의 영향을 파악하기 위하여 두께가 0.1mm인 동일한 피부요소 층의 수를 2개씩 확대함으로써 다양한 전체의 피부요소 층의 두께의 문제에 대하여 해석하여 그 결과를 Fig. 3에 나타내고 있다. 그림의 결과에서 보는 바와 같이 두께를 증가시키면, 해가 수렴해 가는 특성을 보이고 있다. Fig. 1의 대상 예제에서는 두께 0.1mm의 6층의 피부요소 이후부터 큰 차이가 발생하지 않음을 알 수 있다.



(a) Material

(b) Die

Fig. 3 Temperature variation near the surface of material and upper die

3. 결론

이 논문에서는 피부요소를 이용한 열간소성가공의 정밀 시뮬레이션 기법을 이용하여 열간압연 공정 정밀해석을 수행하여 피부요소의 효과를 정량적으로 측정하였으며, 적절한 피부요소를 제안하였다. 피부요소는 온도 분포의 예측 결과에 상황에 따라 무시할 수 없을 정도의 영향을 미치며, 적절한 두께의 2개 이상의 피부요소 층은 비교적 안정적인 해를 예측하였다.

후기

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

참고문헌

- [1] N. Rebello and S. Kobayashi, "A coupled Analysis of Viscoplastic Deformation and Heat Transfer – I & II," *Int. J Mech. Sci.*, Vol. 22, 1980, pp. 699-718.
- [2] Material database of AFDEX, www.afdex.com

자동변속기용 INNER레이서와 보스 동시 열간단조 공정의 완전 유한요소해석

정승원¹ · 문호근¹ · 윤진훈² · 배명한² · 전만수[#]

Complete FE analysis of a simultaneous hot forging process of inner race and boss of auto transmission

S. W. Jeong, H. K. Moon, J. H. Yoon, M. H. Bae, M. S. Joun

Abstract

In this paper, a complete analysis of an axi-symmetric hot forging process is conducted, which is a fully coupled analysis between die elastic deformation and material plastic deformation as well as between flow and temperature problems. An complicated hot forging process which is exposed to excessive die deformation is solved and the predictions are discussed in terms of the effect of die deflection.

Key Words : Complete analysis(완전해석), Hot forging(열간단조), Finite element method(유한요소법)

1. 서 론

대부분의 단조 시뮬레이션에서 금형은 강체로 가정되고 있다. 이러한 강체 금형의 가정 하에서 획득된 대다수의 예측 결과는 공학적으로 유의미하다. 이러한 해석결과에 경험이 더해진다면, 실제의 현장에서 발생하는 복잡한 문제를 해결하는데 매우 효과적이다.

최근 정밀단조 기술의 발전으로 금형의 탄성변형을 반영한 해석의 필요성이 부각되고 있고, 단조 시뮬레이션 기술도 이에 부응하기 위하여 발전해 왔다. 최근 Hwang 등[1-3]은 금형을 일체형으로 가정한 상태에서 금형의 탄성변형을 고려한 단조 시뮬레이션을 수행하였으며, 밀폐단조의 경우 성형하중 측면에서 약 30% 내외의 차이가 예측되었다.

이 논문에서는 금형의 탄성변형의 영향이 큰 자동변속기용 INNER레이서와 보스 동시 열간단조 공정의 완전해석을 실시한다. 이 완전해석에서는 금형을 실제의 형상 그대로 사용하며, 금형과 금형 간의 접촉 문제를 동시에 해석한다.

2. INNER레이서와 보스 동시 열간단조 공정의 완전해석

Fig. 1은 이 연구에서 분석 대상으로 삼은 자동변속기용 INNER레이서와 보스 동시 열간단조 공정을 나타내고 있다. 이 공정은 그림에서 보는 바와 같이 형상적으로 비교적 복잡하다. 금형이 여러 조각으로 분리되어 있어 금형 부품 간의 접촉 상태를 고려한 유한요소해석의 측면에서도 난해한 문제이다.

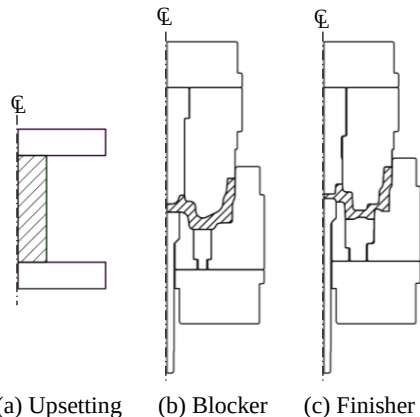


Fig. 1 Test process

1. ㈜엠에프알씨

2. ㈜젬텍

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

금형은 재우프레스 1600ton 프레스이며, 하이브리드마찰 법칙을 사용하여 마찰계수 0.2, 마찰상수 0.6이다. 금형 소재의 탄성계수와 포아송비는 각각 210GPa과 0.3이다. 금형과 금형 사이의 열전달계수는 0.01이다. 금형 부품 간의 열전달계수는 0.01이다.

Fig. 2는 단류선의 해석결과와 함께 최종 단계에서 주요 부위의 치수를 나타내고 있다. 괄호 속의 숫자는 강체 금형을 사용했을 때의 치수를 나타낸다. 즉, 최대 0.7 mm의 차이가 발생한다. 강체금형과 탄성금형에 의한 해석 결과의 차이는 대칭축에 가까울수록 크다. 그 이유는 금형의 바깥쪽에 비하여 안쪽에 작용하는 금형의 압력이 크며, 이것으로 인하여 금형의 탄성변형이 커지기 때문이다.

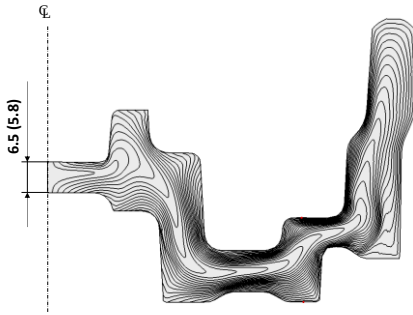


Fig. 2 Metal flow line at final stroke

Fig. 3은 금형의 탄성변형을 고려한 예측 결과의 일부이며, 금형에 작용하는 응력과 변위를 나타내고 있다.

3. 결 론

이 논문에서는 금형의 탄성변형을 고려한 단조 시뮬레이션 기술을 활용한 단조 시뮬레이션 기술, 즉 완전해석 기법을 실제의 공정에 적용한 사례를 제시하였다. 이 기술을 자동변속기용 인터레이서와 보스 동시 열간단조공정의 해석에 성공적으로 적용되었다. 이 공정의 특징은 비교적 두께가 얇고 형상이 복잡한 관계로 내부의 금형 압력이 상대적으로 크며, 이로 인하여 금형의 탄성변형량이 크다는 점이다. 해석결과 최대 0.7 mm의 금형 변형량이 예측되었으며, 이는 금형설계 단계에서 반영되어야 할 사항이다.

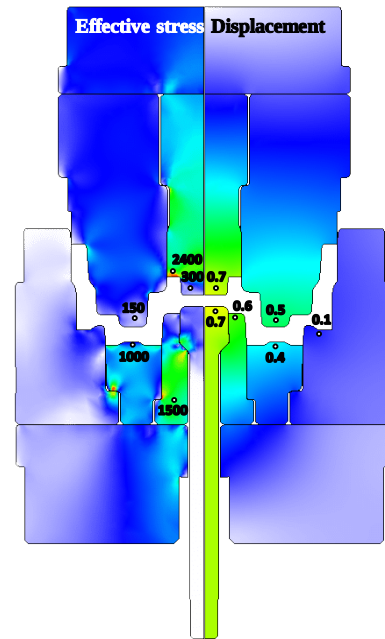


Fig. 3 Effective stress (left) and displacement (right) at final stroke

후 기

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] H. Y. Hwang, S. W. Jeong, M. S. Joun, 2016, Numerical and experimental study on die deformation in hot forging by rigid-thermoviscoplastic finite element method, KSTP Autumn, pp. 27-28.
- [2] S. W. Jeong, M. S. Joun, 2016, Rigid-viscoplastic finite element analysis of an axis-symmetric hot forging process considering elastic deformation of dies, KSTP Spring, pp. 34-36.
- [3] J. G. Eom, S. H. Chung, W. J. Chung, M. S. Joun, 2016, Elastoplastic finite element analysis of axis-symmetric cold forging process considering elastic deformation of dies, KSTP Spring, pp. 30-33.

삼축 응력 상태를 고려한 재료의 파단 연구

홍석무^{1#} · 전만수²

Study on Ductile and Shear Fracture during Metal Working Considering Stress Triaxiality

S. Hong^{1#}, M. S. Joun²

Abstract

최근 고장력 강판의 사용이 증가함에 따라 고장력 강판에 대한 성형성 연구도 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 강도와 연신률은 반비례하기 때문에 고장력 강판은 낮은 연신율을 갖게 된다. 낮은 연신률의 고장력 강판을 사용한 판재 성형에서 편치부위에서의 연성파단이 아닌 다이 어깨부(다이 R 부)에서 전단 파단이 발생하는 경우가 종종 보고된다. 상용 해석 프로그램에서 적용하는 연성파단 모델의 경우 대부분 인장 시험에서 구한 파단변형률과 인장강도를 활용하기 때문에 이러한 전단 파단에 대한 시뮬레이션 파단 예측은 불가능 하거나 실제와 다른 거동을 보여주게 된다. 본 연구에서는 고강도 저연신 소재의 3 축 응력 상태의 파단예측을 위하여 각 응력 상태에서 파단곡선을 실험적으로 구한 TFD(Triaxiality Failure Diagram)를 작성하고 시뮬레이션에서 3 축 응력 상태에서의 파단을 예측하였다. 3 축응력 파단 커브는 평균응력과 유효응력의 비인 삼축응력 지수 n 와 주응력과의 각도 $Lode$ 각을 고려한 파단 변형률 예측 곡선이며 이를 활용해 후판 드로잉 공정을 통해 파단 곡선의 유용성을 검증하였다.

Key Words : TFD(Triaxiality Failure Diagram), Shear fracture, HSS(High Strength Steel)

1. 공주대학교 금형설계공학과

2. 경상대학교 기계공학부

교신저자 E-mail: smhong@kongju.ac.kr

열간단조공정에서 금형 수명 예측

R. Sekar¹, 전만수[#]

Die life prediction in hot forging

R. Sekar¹, M. S. Joun[#]

Abstract

In this paper, the three different failure mechanisms of a hot forging die are introduced. Functional relationships between the number of cycles of a hot forging die and the significant influencing factors are discussed. These equations are employed in a metal forming simulator and tested with an industrial hot forging process of a crankshaft. Based on the research carried out, suggestions are provided to generally enhance the die life in a hot forging process.

Key words: Abrasive die wear, thermo-mechanical fatigue, die life, hot forging, non-isothermal analysis, crankshaft

1. Introduction

Abrasive die wear (70%), failure due to plastic deformation (2%) and die fracture because of thermo-mechanical fatigue (28%) are the three established die failure mechanisms in a hot forging process [1]. The wear is gradual in the case of first two mechanisms and can be detected from the workpiece shape. On the contrary, fracture due to thermo-mechanical fatigue happens suddenly as the cracks keep growing on the die and reach a specific macro depth. The fact that this is not reflected on the workpiece shape emphasizes the importance of a method to predict the die life also based on thermo-mechanical fatigue. In this paper, functional relationships on factors influencing the die life have been identified and have been implemented in a forging simulator for an industrial hot forging process of a crankshaft. The process design, geometry and operating conditions are as presented in [2]. As the wear due to plastic deformation occurs very rarely, it is not described here.

2. Die wear prediction

Archard's wear model [3] has always been the reference equation for predicting the depth of die wear. Over the years, researchers have made the

model closer to reality by including actual process phenomenon. For example, the die's hardness was formulated to be a function of temperature and process duration. The modified Archard's wear model is presented in Eq.1.

$$\omega = k \int_0^t \frac{\sigma_n}{H(T, p)} v_{rel} dt \quad (1)$$

Where w is the wear depth, s_n is the normal contact stress, the die hardness H is represented as a function of temperature T and process duration time p and v_{rel} is the relative velocity between the workpiece and die. The value of the wear coefficient k is very crucial to the accuracy as this acts as a calibrating factor between the predictions and actual process. Figure 1 shows the die wear predictions of the finisher die of the crankshaft.

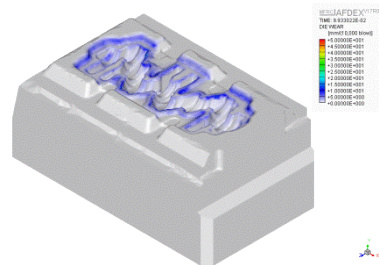


Fig. 1 Die wear prediction – Finisher die

1. ㈜엠에프알씨기술연구소

교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

3. Prediction of thermo-mechanical fatigue fracture

A statistical approach using the response surface modelling technique [4] was used to predict the die fracture due to thermo-mechanical fatigue. The methodology consists of three steps. First, the significant factors influencing fatigue are identified and their responses are detected. After using statistical methods like ANOVA, maximum and minimum die temperature (T_{max} and T_{min}) during the forming phase and the ratio of von Mises stress (σ_{eq}) to yield strength (Y) were identified as the significant factors. The second step involves characterizing these factors as shown in in Eq. 2 using the response surface methodology. N , the predicted number of cycles to failure is given by Eq. 2, was implemented in a commercial forging simulator and the prediction of number of cycles can be seen in Fig. 2. It was also observed that maximum temperature and the ratio $\sigma_{eq}/Y(T)$ had equal impact on the thermo-mechanical fatigue life.

$$N = 1.384 \cdot 10^6 - 3376.982 T_{max} - 450.922 T_{min} - 4.372 \cdot 10^5 \cdot \sigma_{eq}/Y(T) + 2.317 \cdot T_{max}^2 + 0.904 \cdot T_{min}^2 + 82713.342 \cdot (\sigma_{eq}/Y(T))^2 - 0.259 T_{max} T_{min} + 439.219 T_{max} (\sigma_{eq}/Y(T)) + 22.656 T_{min} (\sigma_{eq}/Y(T)) \quad (2)$$

The last step will be the validation of the developed model by comparing the predictions with experiment results. Literature [4] reports that the predictions obtained using this method are more than 90% accurate. In this example, as can be observed from Fig. 2, the number of cycles to fracture seem to be very high when compared with the real process. This can be because the dies of crankshaft predominantly fail due to the die wear (first mechanism). The effect of thermo-mechanical fatigue is expected not to be very significant. Nevertheless, the model needs to be improved extensively in the near future based on proper alignment with industrial processes.

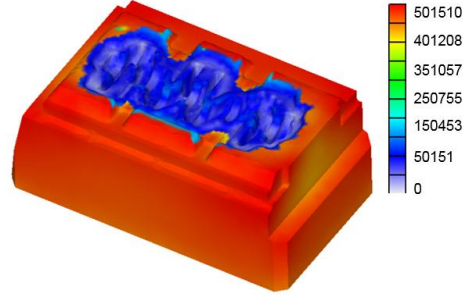


Fig.2 Number of cycles for die fracture

4. Summary

Research on die life mainly revolves around the phenomenological approach, which means, experiments are required to calibrate the prediction results. This is inevitable. Mathematical models for prediction of die wear and fracture due to thermo-mechanical fatigue have been presented along with their implementation in a commercial forging simulator. Further improvements can be made in these models and the accuracy can be improved by calibrating the predictions with experiments. Some suggestions for an enhanced die life would be reducing the resting time of the forged part in the die and using a cooling system without a drastic effect on die temperature. Increasing the initial temperature of the workpiece also plays a key role in die life as it improves the workpiece deformation ability thereby reducing the normal stress on the die.

References

- [1] E. Doege, B.-A. Behrens, 2010, Handbuch Umformtechnik: Grundlagen, Technologien, Maschinen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
- [2] J. G. Eom, M. C. Lee, J. H. Lee, Y. G. Choi, D.H. Kim, M. S. Joun, 2015, Finite element prediction of die wear in hot forging of a crankshaft, KSTP, pp.259~262
- [3] J.F. Archard, 1953, Contacts and rubbing of flat surfaces, J. of Applied Physics, Vol. 24, pp. 981~988.
- [4] G. A. Berti, M. Monti, 2005, Thermo-mechanical fatigue life assessment of hot forging die steel, Fatigue FractEngg Mater Struct, Vol. 28, pp.1025~103

반복해석에 의한 단조중 금형의 온도변화 예측

송하늘¹, 김광민², 황태민², 전만수[#]

Estimation of temperature change of mold during forging by repeated analysis

H. N. Song¹, G. M. Kim², T. M. Kim², M. S. Joun[#]

Abstract

In this paper, recursive non-isothermal analysis of a hot upsetting process is conducted to reveal temperature change of dies and its effect on the predictions. Finite element analysis model with skin elements is employed. It has been shown that the temperature of dies drastically changes with time within 10 strokes while the change of die temperatures becomes slower and it changes linearly with time.

Key words: Recursive Analysis(반복해석), Non-isothermal Analysis(비등온해석), Upsetting Process(업세팅 공정)

1. 서론

열간 소성가공 공정의 해석 시에 금형의 온도변화를 고려한 해석, 즉 비등온해석 기법의 사용이 점증하고 있다. 특히 금속학적 예측 기술의 발전과 함께 에너지 절감 및 친환경 생산의 요구로 이 기법의 활용은 지속적으로 증가할 전망이다.

그런데 이 기술의 활용에 있어 한 가지 큰 문제가 있다. 소재의 초기온도는 일정한 반면, 금형의 초기온도는 위치마다 다르고 시간에 따라 다르다. 금형은 다수의 제품을 제작한 이후에 온도의 큰 변화가 없는 정상상태라고 볼 수 있는 온도 상태에 도달한다. 그 이전까지 제작된 소성가공품은 불량품으로 처리하는 경우가 일반적이다. 정상상태와 크게 다른 온도 조건하에서 생산된 소성가공품의 기계적 성질이 정상 제품과 다소 차이가 존재하기 때문이다. 장비를 일시적으로 정지할 때도 금형의 온도를 유지하기 위하여 금형을 가열하는 것이 일반적이다. 물론 온도의 초기치는 소재의 온도변화를 야기한다.

해석적인 측면에서도 정상상태에 도달했을때의

온도 분포가 매우 중요하다. 재료학적 특성을 파악하기 위한 목적은 물론이고, 금형의 파손, 특히 표면 뜯김 현상과 마모를 예측하기 위한 목적으로도 중요하다. 이러한 점을 고려한 열간압연 공정의 해석은 산업계의 요구에 따라 많은 연구자들에 의하여 실행되었다. 그러나 단조 공정을 위한 반복해석의 사례는 흔하지 않다.

이 논문에서는 축대칭업세팅 공정의 반복해석을 통하여 소성가공품의 생산 수에 따른 금형 및 소재의온도의 변화 특성을 조사하고자 한다.

2. 업세팅 공정의 반복해석

Fig. 1은 이 연구에서 사용한 열간업세팅 공정이며, 피부요소를 적용한 소재와 금형의 유한요소 해석모델을 나타내고 있다.(두께: 0.6 mm, 3층) 성형을 실시한 이후 0.1초 동안 체류하며, 0.8초 동안 이송하는 것으로 간주하였다. 성형 중에 소재와 금형의열전달계수는 $0.01 \text{ W/mm}^2\text{°C}$ 로 간주하였고, 금형과 대기와의 열전달계수는 $3 \cdot 10^{-6} \text{ W/mm}^2\text{°C}$ 로 간주하였다. 그러나 체류 및 이송 공정 중 열전달계수는 $0.003 \text{ W/mm}^2\text{°C}$ 로 간주하였다. Stefan-Boltzmann상수는 $\sigma = 3.968 \cdot 10^{-14} \text{ W/mm}^2\text{°C}^4$ 로 간주하였다.

소재의 유동응력은 참고문헌 [2]에 수록된 값을

1. 경상대학교 기계항공공학부

2. ㈜성진포머

#교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

사용하였고, 설명하는 바와 같으며, 마찰계수는 0.025로 가정하였다. 초기의 소재 온도와 금형의 온도는 각각 1100℃와 150℃이며, 대기중 온도는 20℃이다. 속도는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 높이 수축율은 50%이다. 참고문헌[2]의 열적정보를 사용하였다.

Fig. 3는 1개와 50개의 소성가공품을 생산한 직후의 소재 및 상형과 하형의 온도 분포를 나타내고 있다. Fig. 4는 반복 해석의 수에 따라 상형과 하형의 온도 분포의 변화를 나타내고 있다.

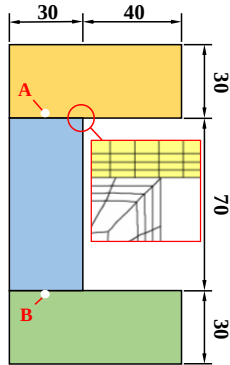


Fig. 1 Finite element model of a test upsetting process and definition of measurement points on material and die (mm)

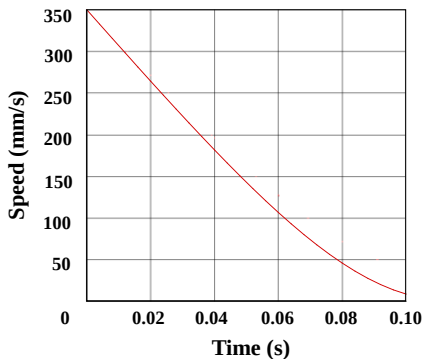
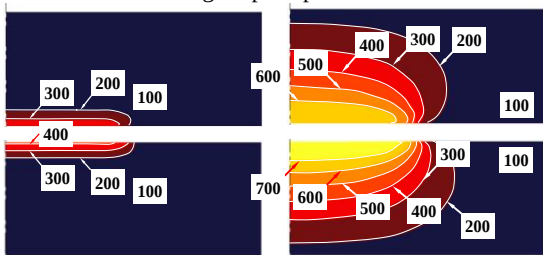


Fig. 2 Speed profile



(a) Just after one stroke (b) Just after 50 strokes
Fig. 3 Die temperature (°C)

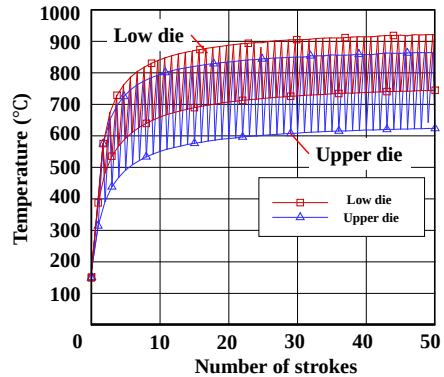


Fig. 4 Variation of temperature along the upper and lower die surfaces with number of strokes

3. 결론

이 논문에서는 열간업세팅 공정을 정상상태에 이를 때까지 반복적으로 등온해석을 실시함으로써 금형의 실제 온도 분포를 예측하였으며, 그 결과가 공정에 미치는 영향을 분석하였다.

가정된 연구대상 공정에서 40 개의 소성가공품이 제작된 이후에 금형의 온도 분포가 공학적으로 정상상태에 도달하였다.

후기

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

참고문헌

- [1] M. C. Lee, J. H. Cho, I. S. Choi, S. M. Jang, M. S. Joun, 2008, Finite Element Simulation of a Pore Closing Process during Upsetting in Open Die Forging, KSTP, August, pp. 79-83.
- [2] Material database of AFDEX, www.afdex.com

스프링 부착 다이 모션제어를 통한 알루미늄 재질 플랜지 형 35R 허브클러치 정밀 냉간단조 공정 해석

허영민^{1#} · 홍의창¹ · 김봉준² · 이성민² · 이광오³ · 김준안⁴

Computer simulation of precision cold forging process for 35R hub clutch made of aluminum by controlling the spring attached die motion

Y. M. Huh, E. C. Hong, B. J. KIM, S. M. Lee, G. O. Lee, J. A. Kim

Abstract

자동차 자동변속기 구성에 필수적 부품인 35R드럼 허브 클러치(Hub Clutch of 35R Drum)는 강도를 요하는 부품인 동시에 경량화 대상이다. 35R드럼 허브 클러치는 역클러치 드럼의 회전력을 디스크판에 전달 받아 선기어로 연결된 피니어 기어를 회전시켜 옮겨지는 회전력 즉, 샤프트(Shaft) 회전력을 역회전시키는 역할로 3단, 5단, R단 변속시 동력의 전달과 차단을 하는 핵심 부품이다. 본 연구에서는 기존 제조공법인 Flow-forming으로 제작되었던 드럼 허브클러치 제품에 대하여 냉간단조 금형구조에서 스프링을 부착하여 다이의 모션제어를 통한 알루미늄 재질 적용된 이 적용된 공정해석을 통하여 스프링 부착 다이의 스프링력 설정 및 냉간단조 금형 구조 설계를 결정 하였다.

Key Words : Computer Simulation, Spring Force, Cold Forging, Aluminum

참고문헌

[1] H.K. Kim and T. Altan, "Computer-Aided Part and Processing-Sequence Design in Cold Forging", Journal of Materials Processing Technology, Vol.33. pp.57-74. 1992

후기

본 연구는 중소기업청 민관공동투자기술개발사업[S2363867] 지원으로 수행되었습니다.

1. ㈜호창MF 기업부설연구소
2. ㈜경창산업
3. 부산대학교 기계기술연구원
4. 경남정보대학교 기계설계과
교신저자: ㈜호창MF, E-mail:hcmf1@naver.com

알루미늄 냉간단조에서 마찰에 관한 고찰

유재동¹ · 김광민² · 황태민² · 전만수[#]

Study on friction in aluminum cold forging

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

Abstract

In this paper, a general formulation of coefficient of Coulomb friction is introduced and its effect on plastic deformation behaviors in cold upsetting of aluminum is studied. Various frictional conditions, which are constant or functions of strain or/and pressure, with a wide range of strain hardening exponents are tested to reveal their effects on the plastic deformation of a cold upsetting process in terms of bulged shape. It has noted that effect of normal pressure on the barreling of the test aluminum specimen is distinct. The predictions are compared with experiments in a qualitative way.

Key Words: Friction (마찰), Effect of normal pressure (압력의 영향), Aluminum upsetting (알루미늄업세팅)

1. 서론

최근경량화의시대적요구에따라알루미늄냉간단조가활발하게시도되고있다. 그러나알루미늄냉간단조에관한체계적인연구결과는많지않다. 실제로알루미늄은재료의조성과활용여건에따라기계적성질측면에서민감한점이있다. 따라서아직경험적요소가크게작용하는특징이있다.

흔히알루미늄단조에서마찰은강의단조와다소차이가있다고경험적으로알려져있다. 이것은알루미늄이강에비하여일반적으로작은변형경화능과작은유동응력에따른금형과소재의접촉특성의차이에기인하는것으로판단된다. 이로인하여해석결과가국부적으로실제의현상에충족하지못하는사례가보고되었다[1].

이논문에서는알루미늄의냉간업세팅공정을대상으로다양한소재와마찰조건에대하여소재의배럴링현상을조사하였으며, 이에측결과와실험결과를바탕으로알루미늄의냉간소성가공의마찰특징을고찰한다.

2. 마찰의 영향 분석

1.경상대학교 기계항공공학부

2.㈜성진포머

#교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail:msjoun@gnu.ac.kr

Fig. 1은이연구에서사용한냉간업세팅공정의초기요소망과최종스트로크에서의단류선을나타낸다.

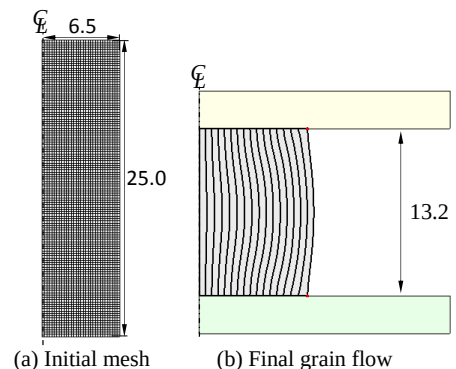


Fig. 1 Upsetting process and initial mesh

재료는 A6082-T6이다. 단조직전의이재료의유동응력은인장시험과압축시험에의해서획득되었으며, Fig. 2에서각각 Case A와 Case B로표시되어있다. 여기서 n 은변형경화능이다. 이그림에서보는바와같이, 이연구에서사용된알루미늄은초기에는변형경화의특성을보이다가변형률 0.1 내외에서변형경화능을잃거나변형연화의특성을

보이고있다. 이러한소재의압축변형특성은다음
장에서보는바와같이원형소재의압축시험의동심
도가불량해지는결과로나타난다.

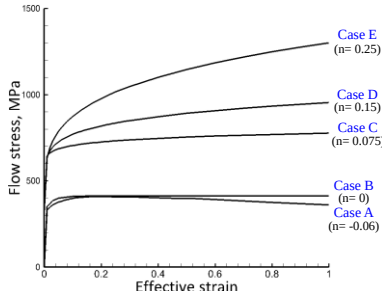


Fig. 2 Flow stress of the study

마찰조건이 변형형상에 미치는 영향을 확인
하기 위하여 다음의 일반적인 마찰계수 표현
방법을 사용하였다.

$$\mu = \mu_0 W_p(P) W_T(T) W_E(\epsilon) (1)$$

여기서 μ 는마찰계수이며, μ_0 는기준마찰계수이
다. $W_p(P)$, $W_T(T)$, $W_E(\epsilon)$ 는각각마찰계수의온도,
압력, 소재의유동변형률의함수관계를나타낸다.
유동변형률은윤활막의파손정도를반영하는것으
로사용하였다.

이연구에서사용된총 10개의마찰조건 (Case
1~10)을 Fig. 3에나타내었다. $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ 는
Case 1~4로, $\mu_p^1(P)$ 와 $\mu_p^2(P)$ 는 Case5와6
로, $\mu_E^1(\epsilon)$ 와 $\mu_E^2(\epsilon)$ 는 Case7와8로, $\mu_p^1(P)\mu_E^1(\epsilon)$ 와
 $\mu_p^2(P)\mu_E^2(\epsilon)$ 는 Case 9와10으로표시하였다.그리고
실험적으로획득된두개의소재의유동응력이외에
Fig. 2에제시된총5개의유동응력 (Case A~E)에
대한해석을실시하였다. 따라서총50개의경우에
대하여유한요소해석을실시하였다. Fig. 4에
 $\mu = 0.100$ 인경우에대한변형형상에관한해석결과
를나타내었다.

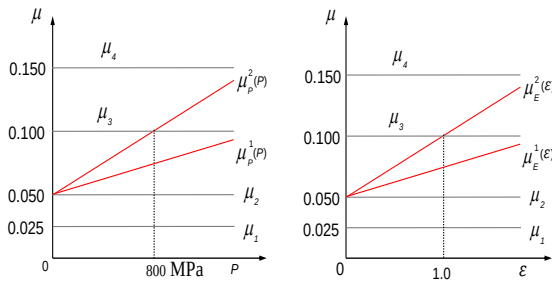


Fig. 3 Frictional conditions of the study

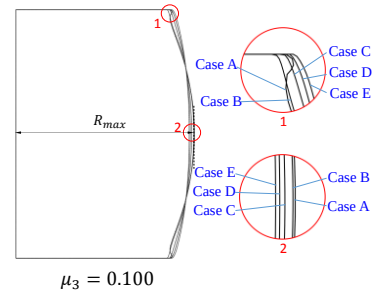


Fig. 4 Barreled shape (Case 3)

모든해석결과에대하여 Fig. 4에정의된배럴링
부의최대반경, R_{max} 를조사하였다.Fig. 5는마찰
계수와유동응력또는변형경화능과 R_{max} 와의함
수관계를나타내고있다. Fig. 5(e), 5(f), 5(i), 5(j)
로부터압력의영향이크게나타남을확인할수있다.

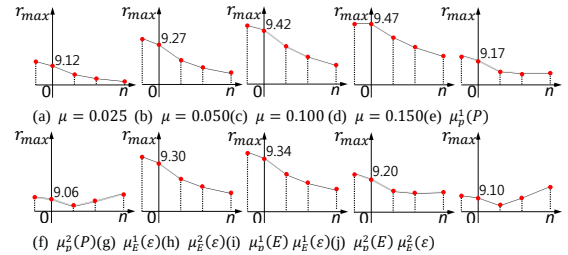


Fig. 5 Relation between flow stress and R_{max} according to frictional coefficient

3. 결론

이 논문에서다양한 마찰 및 유동응력 조건
하에서 배럴링 량을 예측하여 실험 결과와 비
교한 결과, 마찰에 미치는 압력의 뚜렷한 영
향을 확인하였다.이것은 항복응력이 작은 소
재와 이보다 훨씬 강한 금형 소재의 접촉에
따른 것으로 판단된다. 즉, 압력의 증가에 따
라 마찰계수가 크게 됨을 의미한다.

후기

이 연구는 중소기업청의 WC300프로젝트 기술개
발지원사업(과제번호:S2415560)의지원을 받아 수행
된 연구임.

참고문헌

- [1] H. T. Jin, S. D. Choi, M. S. Joun, 2015, Experimental and numerical studies on cold forging of an aluminum auto part, KSTP Fall Meeting 2015, Jeju, pp. 109-112.

스테인리스강 무계목 강관의 확관 공정의 정밀 유한요소해석

이정현¹ · 박진만¹ · 정승원² · 전만수[#]

Precision finite element analysis of an inner diameter expansion process for stainless seamless pipe

J. H. Lee, J. M. Park, S. W. Jeong, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an inner diameter expansion process to fabricate preforms of its related extrusion process for stainless seamless pipes is studied using a rigid-thermoviscoplastic finite element method. Considering the process characteristics, an optimized finite element mesh system is proposed to predict sharp change of plastic deformation mode at the region where the material separates from the die. The validity of the finite element predictions are discussed in various ways.

Key Words : Inner diameter expansion (확관), Seamless pipe (무계목 강관), Finite element method (유한요소법)

1. 서론

무계목 장파이프의 압출에 앞서 예비형상을 위한 확관, 즉 내경의 팽창 작업이 행해진다. 확관은 압출용 소재를 준비하는 전처리 과정인 보링공정에서 소재 손실을 최소화하기 위한 목적으로 이루어진다. 확관 공정에 의하여 생산된 예비형상의 내경의 품질은 최종 제품의 내경 품질을 좌우하므로 매우 중시되고 있다.

확관 공정 그 자체는 단순하지만 펀치의 장수명을 위한 유리패드의 사용과 큰 제품의 부피로 인한 장비 및 금형의 기하학적 제약으로인하여 여러 가지 문제가 발생한다. 이로 인하여 확관 공정 그 자체는 일반 단조 공정과 같이 최적화하는데 한계가 있다.

해석의 관점에서 볼 때, 확관 공정은 결코 쉬운 문제가 아니다. 소재에 비하여 금형이 매우 작으며, 소성유동이 국부적으로 발생하고, 설계자의 관심사가 표면의 품질에 있다는 점이다. 일반 열간단조에서 표면 그 자체는 설계자의 관심사에서 벗어나 있는 것이 대부분이다[1]. 따라서 단조 공정에 관한 해석의 경험으로 확관 공

정을 해석하는 것은 바람직하지 않다.

이 연구에서는 확관 공정의 정밀해석용 유한요소해석모델을 제안하고 그 결과를 분석하였다.

2. 파이프제조용 확관 공정의 유한요소해석

Fig. 1(a)의 확관 공정의 특징은 소성변형을 주로 발생시키는 상형이 소재에 비하여 매우 작다는 점이다. 소재의 유동응력 곡선은 Fig. 1(b)에서 보는 바와 같으며, 펀치의 속도를 200mm/s로 간주하였고, 펀치 및 금형과 소재 사이의 마찰계수를 0.3으로 가정하였다. 펀치 및 금형과 소재 사이의 열전달계수를 0.01로 가정하였으며, 열전달 해석 정보는 Table 1에서 보는 바와 같다.

확관 공정의 특징은 소재의 크기에 비하여 펀치의 크기와 소재의 접촉영역이 매우 작다는 점이다. 반면 형상이 단순한 금형은 소재의 변형을 구속하는 역할만 수행한다. 그리고 소성변형이 소재가 Fig. 1(b)의 C 표시 지점을 통과하면서 급격하게 발생하는 특징을 지니고 있다. 이러한 문제의 해결을 위해서 최적화된 요소밀도의 유한요소 해석모델을 사용해야 한다.

이러한 점을 감안하여 펀치와 접촉영역에서 극단적인 조밀요소를 사용한 유한요소 해석모델을 사용하였으며, 그 사례를 Fig. 2에 나타내었다.

1. ㈜세아창원특수강

2. ㈜엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/㈜엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

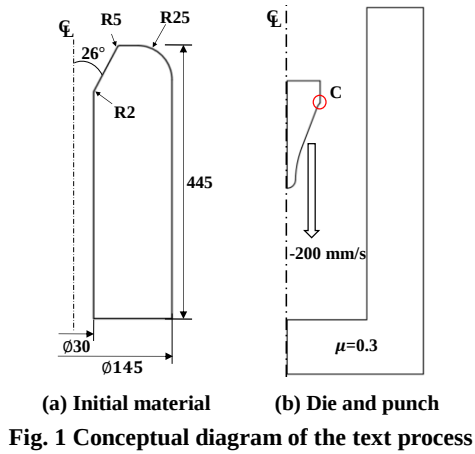


Table 1 Thermal information

Die	Heat transfer coefficient	0.01 W/mm ² °C
	Thermal capacity	0.005 J/mm ³ °C
Initial temperature	Punch	25 °C
	Container	400 °C

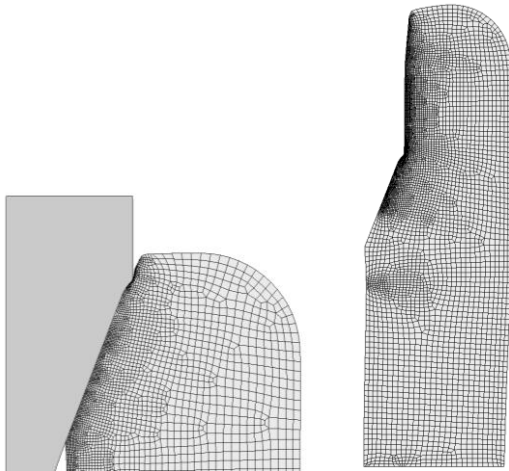
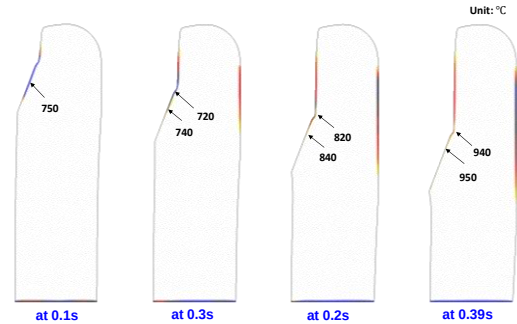
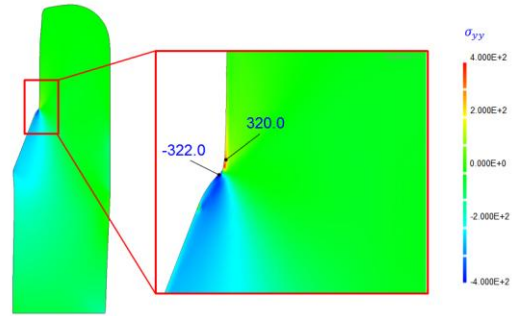


Fig. 3은 응력성분 σ_{yy} 의 분포를 나타내고 있다. 단류선은 비교적 건전하게 나타나고 있다. 그러나 σ_{yy} 를 보면, 소재가 펀치로부터 분리되는 시점에서 압축상태에서 급격하게 인장상태로 천이되고 있다. 이러한 현상의 정확한 예측을

위해서 Fig. 2와 같은 좌우측 경계 영역에서 극조밀 요소의 사용이 적절함을 알 수 있다. Fig. 4의 온도의 분포 역시 표면에서 수치가 급격하게 작아진다. 이러한 해석 결과를 얻기 위해서 요소망의 품질이 매우 중요하다. Fig. 3 및 Fig. 4의 결과는 표면 품질을 예측하는데 중요한 요소이며, 고정도의 해석이 요구되는 것이다.



3. 결론

이 논문에서는 강관 압출 목적의 예비형상을 제작하기 위한 확관 공정의 특징을 고려한 정밀 유한요소해석을 위한 최적화된 유한요소 해석모델을 제시하였다.

적용 예제를 통하여 공정의 특징, 즉 대형 중공 소재의 내경에서의 국부적인 소성변형 및 열전달 현상의 규명하였으며, 사용된 해석모델의 타당성을 검증하였다.

참고문헌

- [1] ManSoo Joun, 2014, Forging simulation, Jinsaem Media.

다단 개방 압출 공정 중 발생한 세브론 크랙의 예측

이요셉¹ · 황현석² · 홍석무³ · 전만수[#]

Prediction of chevron crack during a multi-stage open cold extrusion process.

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

Abstract

In this paper, a chevron crack during a multi-stage open cold extrusion process is predicted using theory of ductile fracture and compared with experiments. Oyane et al. damage model is employed the process. A difference between the predictions and experiments of the crack is observed, revealing that the Oyane et al. model predicts better solutions.

Key Words : Ductile fracture theorem(연성파괴 이론), Chevron crack(세브론 크랙), Open extrusion(개방 압출), Oyane et al. model (Oyane 등의 모델)

1. 서론

선행연구[1]에 따르면 많은 연구자들이 압출과 인발 공정에서 세브론 크랙 발생에 관하여 많은 연구와 실험을 하였지만 아직까지 실제 발생하는 결함과 이론적 예측에는 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. 실험에 부합하는 세브론 크랙의 예측은 파단이론의 정당성 확보 측면에서 중요하다.

이 연구에서는 세브론 크랙을 Oyane et al. 손상도 모델[2]을 이용하여 예측 및 검토하였으며, 분석 결과를 바탕으로 후속 연구의 방향을 제시하고자 한다.

2. 세브론 크랙 유한요소해석

Fig. 1의 4단 개방냉간압출 공정 중 발생한 세브론 크랙을 유한요소법을 이용하여 해석하고자 한다. Fig. 1에서 3단의 단면은 중심에서 약간 벗어나 절단된 것이다.

이 연구에 사용된 공정도를 Fig. 2에 나타내었으며, 그 외 해석조건은 다음과 같다.

- 초기 소재 직경: $\varnothing 48$, 길이: 140 mm
- 유동응력 [3]
- 유한요소: 3780개 (요소의 종횡: 1.26x0.70 mm)

1. ㈜에프알씨
2. 한일단조
3. 공주대학교 금형설계공학과
경상대학교 기계항공공학부/㈜에프알씨
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

- 마찰계수: 0.1 (Coulomb 마찰법칙)
- 금형 반각: 15°
- 임계손상도: 0.535
- Oyane et al. 손상도 모델[1]



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

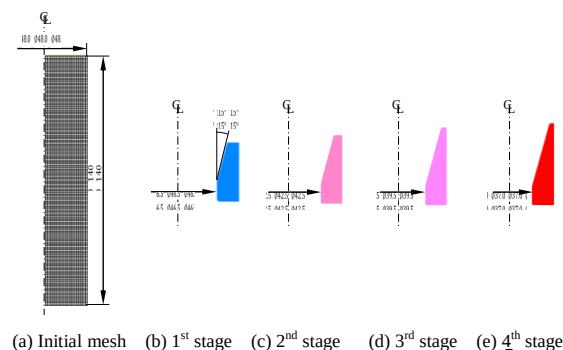
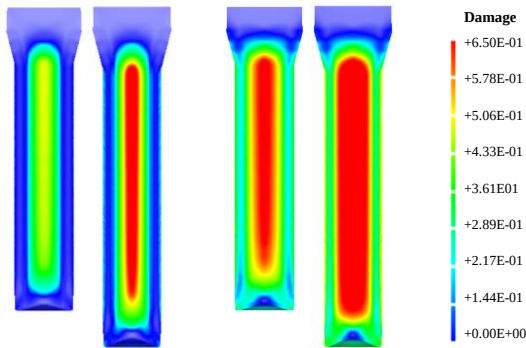


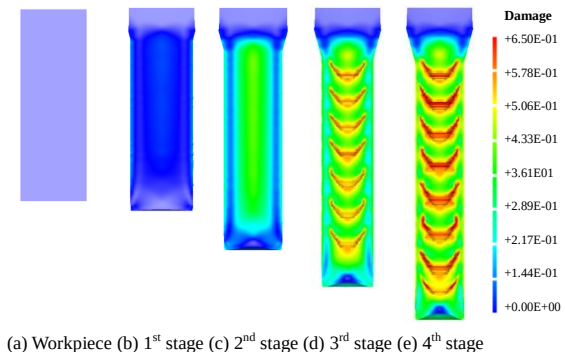
Fig. 2 The 4-stage open-die extrusion process

해석에 이용된 정규화된 Cockcroft-Latham 손상도 모델은 압축상태를 소재의 변형과 파단에 고려되지 않는 손상도 모델이다. 그에 반해 Oyane et al. 손상도 모델은 인장상태와 평면변형뿐만 아니라, 압축상태를 고려하는 손상도 모델이다.

Oyane et al. 손상도 모델을 이용하여 세브론 크랙 발생 예측 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 손상도 모델에서 실험과 유사한 예측을 위해 Oyane 상수의 값은 1로 설정하였다. 크랙의 간격과 가로 길이 등 전체적인 형상은 매우 유사하지만 마지막 공정을 마친 후 세브론 크랙의 크기가 실험보다 큰 것을 Fig. 5에서 확인할 수 있다.



(a) Normalized Cockcroft-Latham (b) Oyane et al.
Fig. 3 Comparison of Oyane et al. with normalized Cockcroft-Latham damage model.



(a) Workpiece (b) 1st stage (c) 2nd stage (d) 3rd stage (e) 4th stage
Fig. 4 Chevron crack predicted by Oyane et al. damage model

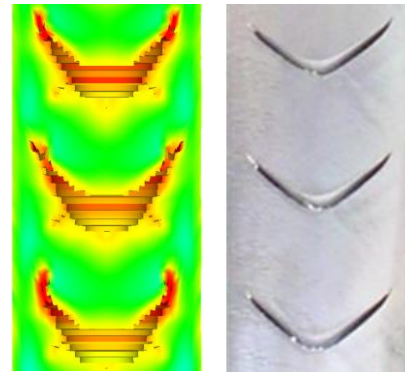


Fig. 5 Comparison of experiment with prediction

3. 결론

이 연구에서 Oyane et al. 손상도 모델을 이용하여 4단 개방냉간 압출 중 발생하는 세브론 크랙을 예측하였다.

압축상태의 고려가 필요한 손상도 해석에서는 많은 연구자들이 주로 사용하는 정규화된 Cockcroft-Latham 손상도 모델보다 Oyane et al. 손상도 모델을 이용하였을 때 실험과 더 유사한 결과를 얻을 수 있었지만, 세브론 크랙의 크기에서 다소 차이를 보였다.

후기

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 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, J. Manuf. Sci., MSEC2011-50148, pp. 1~6.
- [2] M. Oyane, T. Sato. K. Okimoto, S. Shima, 1980, Criteria for ductile fracture and their applications, J. Mech. Working Technol., Vol. 4, No. 1, pp.65~81.
- [3] Thesis: H. S. Hwang, 2017, M. S. Thesis, Gyeongsang National University, Jinju.

고속정밀 반경단조 공정의 시뮬레이션

문호근¹ · 김민철¹ · 조재민² · 이성철² · 전만수[#]

Simulation of High-speed and Precision Radial Forging Process

M. K. Moon, M. C. Kim, J. M. Cho, S. C. Lee, M. S. Joun

Abstract

Radial forging is a special open die and an incremental forming process using four tools on the same plane, where the total deformation is achieved by successive individual forming steps. Radial forging is a cost-effective, better product quality and material saving forming process for reducing the round, square and rectangle cross-sections of rods, tubes, and shafts. In this paper, an analysis model of a high-speed radial forging process is presented for non-isothermal finite element analysis. An application example is given, which shows the characteristics of the high-speed precision radial forging process.

Key Words :High-speed Radial Forging (고속 반경단조), Non-isothermal(비등온해석), Analysis Model (해석모델)

1. 서론

반경단조는 자유단조로부터 발전된 것으로 주로 대형의 축류 제품을 고정도와 단시간에 제작할 목적으로 발전되어 왔다[1]. 반경단조는 고정수압 하에서 제품을 성형하기 때문에 자유단조품의 생산 관점에서 많은 강점을 지니고 있다.

최근 자동차의 경량화 목적으로 반경단조를 이용한 소형 중공 축대칭 제품의 대량생산이 이루어지고 있다[2]. 이러한 공정의 특징은 소형으로 인하여 고속 및 정밀 성형이 이루어질 수가 있고, 타격 수가 매우 많으며, 수천 개에 이르는 경우도 있다. 이러한 특징은 유한요소 해석 측면에서도 고려되어야 한다.

이 논문에서는 해석모델을 제안하고 적용 예제를 소개하고자 한다. 제안된 해석모델은 기존의 자유단조는 물론 반경단조 및 스웨이징을 취급할 수 있도록 고안되었다.

2. 고속 반경단조 공정의 해석

반경단조는 기본적으로 네 개의 금형이 동

시에 원주방향으로 주기적으로 움직이며, 매 타마다 스트로크가 다를 수가 있다. 그리고 매 타격 직전에 소재가 이송되며, 그 이송 거리도 매 타격마다 다를 수도 있다. 원소재가 중공축일 경우, 맨드렐이 삽입되어 내경의 치수를 통제할 수 있다. 매 타격마다 메니폴레이터에 의하여 소재를 이동해야 하며, 타격과 타격 사이에서 소재가 회전한다.

공정의 해석 관점에서는 전술한 요소들이 고려되어야 하고, 자동해석이 가능하도록 하기 위해서 고정밀 해석 기능이 필요하다. 메니폴레이터는 반력을 소재의 운동방향과 반대 방향으로 부과한다. Fig. 1 은 전술한 특징과 요구조건을 반영하기 위한 유한요소 해석모델을 나타내고 있다.

Fig. 2 는 적용 예제의 소재의 초기 외형과 중간 및 최종 외형을 나타내고 있다. 중간 및 최종 형상은 유한요소해석 결과를 나타낸다. 두 형상이 크게 차이가 난다. 이 점이 고속정밀 반경단조의 강점이다. 소재는 부분적으로 가열되며, 일부분은 상온에 머무르며, 성형 구간은 온간단조의 영역에 속한다.

Fig. 3 은 내부 소성유동선을 나타낸다. 해석결과와 실험결과는 서로 잘 일치하고 있다.

1. 주식회사 엠에프알씨

2. 현대위아

교신저자: 경상대학교 기계공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

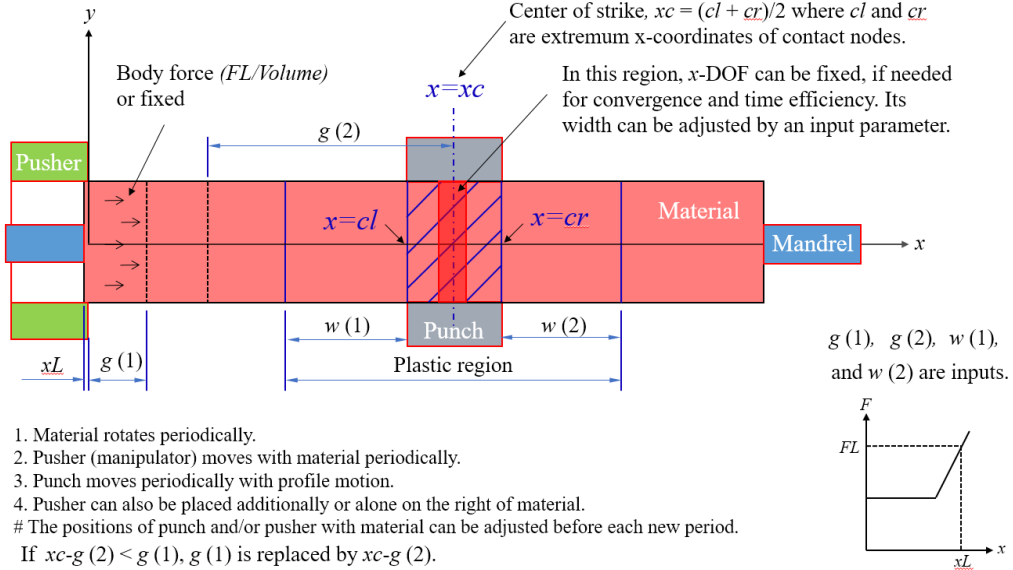


Fig. 1 General analysis model of radial forging

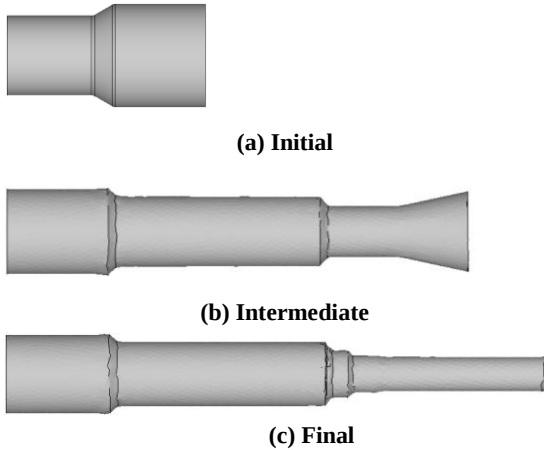


Fig. 2 Shape of workpiece

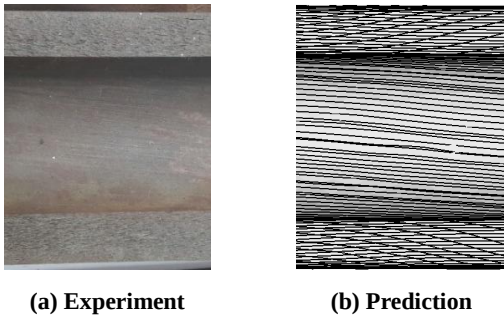


Fig. 3 Comparison of flow lines

3. 결론

이 논문에서는 고속정밀 반경단조 공정의 유한요소해석을 위한 해석모델이 제시되었다. 이 해석모델은 소재, 금형, 맨드렐, 메니폴레이터 등이 매 타격마다 위치 조정이 가능하며, 매 주기의 시간을 조절할 수가 있다. 메니폴레이터는 소재의 이동을 저지하는 방향으로 반력을 작용할 수 있으며, 복잡한 형상의 축류 제품의 반경단조 공정의 자동해석이 가능하도록 설계되었다.

제시된 해석모델을 이용하여 약 1000 여 타격이 요구되는 실공정의 자동 해석 목적에 성공적으로 사용되었다.

참고문헌

- [1] A. Ghaei, M.R. Movahhedy, A Karimi Taberi, 2005, Study of the effects of die geometry on deformation in the radial forging process, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 170, pp.156~163.
- [2] A. Abedian, M. Poursina, H. Golestanian, 2007, A comparison between the properties of solid cylinders and tube products in multi-pass hot radial forging using finite element method, NUMIFORM, pp. 963-968

냉간단조에서의 금형수명 예측기법 개발

권인우^{1,2}·정기호^{1#}·서영호³·이승준⁴·최신동⁴

A development of fatigue life prediction technique of cold forging die

I.W.Kwon^{1,2} ·K.H.Jung¹·Y.H.Seo³·S.J.Lee⁴·S.D.Choi⁴

Abstract

냉간단조는 열간 또는 온간단조와 달리 별도의 가열과정 없이 상온에서 성형이 이루어지는 단조공법으로 높은 재료회수율, 치수정밀도 및 표면품질이 장점이며, 주로 볼트류 또는 하우징류 제품 생산에 적용되고 있다. 여타 단조공정과 마찬가지로 냉간단조에서의 금형수명은 생산수량과 비례하여 금형의 제작비용 및 주기적인 금형교체에 따른 원가상승을 야기하기 때문에 현장에서는 중요한 고려대상이다. 일반적으로 단조금형의 수명은 금형의 마모, 금형의 소성변형 및 피로하중에 의해 주로 결정되는 것으로 알려져 있는데, 냉간단조의 경우 단조재 및 금형의 가열과정이 없으므로 상대적으로 고온환경에서의 쉽게 발생할 수 있는 금형의 마모 및 소성변형보다는 주로 피로파괴에 의해 금형이 파손되는 경우가 빈번한 것으로 알려져 있다. 실제 현장에서 신규 제품의 단조공정 개발과정은 주로 제품의 형상 및 기계적 강도를 목표로 하기 때문에 단조공정 개발 후 양산단계에 이르러서야 금형의 수명을 파악하게 되며, 금형수명의 향상을 위한 공정개선은 마지막에 이루어지는 것이 일반적이다. 만일 냉간단조 공정개발시 금형의 설계단계에서부터 피로파괴에 취약한 정확한 위치 및 금형설계안의 수명을 정량적으로 예측하는 것이 가능하다면 신규 제품의 단조공정 개발단계부터 금형수명까지 고려한 최적의 공정설계안을 선택할 수 있게 되어 양산 후 금형수명을 개선하는데 소요되는 기간 및 공정변경을 위한 투자비용을 획기적으로 절감할 수 있으나 아쉽게도 현재까지는 몇몇 연구자들이 제한한 제한적인 결과만 있을 뿐 실증적이면서 실질적인 연구 결과를 찾기는 어려운 상황으로 본 연구에서는 정량적으로 냉간단조에서 코어금형의 수명을 예측하는 기법을 개발하고 실제 금형수명과 비교하였다. 냉간단조에 사용되는 코어금형은 주로 WC-Co 합금으로 제작되는데, WC-Co 합금은 취성이 강하고 압축강도가 큰 반면, 인장강도가 작은 특징을 가지고 있고, 냉간단조 과정에서 코어금형의 곡률 반경이 작은 위치에 인장응력이 집중되며, 반복적인 인장응력에 의해 결과적으로 코어금형에 피로파괴가 발생하게 된다. 본 연구에서는, 실제 냉간단조로 생산되고 있는 하우징 제품 1 종과 볼트 제품 1 종을 선택하여 WC-Co 합금으로 제작된 냉간단조 코어금형의 피로파괴 위치를 분석하고, 금형수명의 예측기법을 개발하고자 하였다. 예측기법은 크게 WC-Co 소재의 피로시험과 실제공정의 유한요소해석으로 구분되는데 먼저 노치피로시험을 통하여 WC-Co 소재의 S-N 선도를 확보한 후 제품별 단조해석을 실시하여 최대주응력의 분포와 인장응력이 집중되는 위치를 확인한 후 이를 S-N 선도와 비교하여 금형의 수명을 예측하고, 실제 현장에서 수집한 금형수명과 비교하여 개발된 예측기법의 타당성과 정확도를 검증하였다.

Key Words : Cold forging, Fatigue life, Fatigue test, WC-Co, Stress concentration, S-N curves

1. 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 성형기술그룹
2. 인하대학교 기계공학과
3. 포스코㈜ 선제마케팅실 선제솔루션그룹
4. 태양금속공업㈜
교신저자: 한국생산기술연구원 뿌리기술연구소 성형기술그룹

원가절감형 해상풍력발전기용 Main shaft 제조 기술

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

Manufacturing technologies of main shaft for cost saving use of off shore wind turbine

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

Abstract

최근 전 세계적으로 해상풍력발전의 단가가 인하되는 추세에 따라 풍력발전기를 구성하는 부품의 원가절감 기술의 연구가 필수적이다. 특히, 해상풍력발전기용 주요 핵심단조부품인 Main shaft는 고강도, 고인성 등의 탁월한 기계적 특성을 요구하기 때문에 고품질을 유지하면서 가격경쟁력을 확보해야 한다.

본 연구에서는 Main shaft의 제조공정의 분석하여 각 공정별 원가절감 효과를 극대화할 수 있는 방안을 도출하였다. 원소재부터 단조부품까지 일관제조가 가능한 공정을 보유함으로써 원소재의 재질 개선을 통한 Ni 함량 최적화와 주조 시 압탕비율을 최소화함으로써 원가절감효과를 기대하였다. 또한, 후속공정 중에 가열시간 감축과 원소재 투입중량 감소를 위한 가열조건 및 금형설계 등의 연구를 통해 기존의 일반적인 Main shaft의 제조공정에 비해 원가절감효과를 극대화 하였다.

Key Words : Off shore wind turbine, Main shaft, Cost saving, Semi-die forging, Riser ratio, Alloy design

1. (주) 태웅

Cr강의 열간단조 및 열처리 공정 후의 미세조직변화가 피로 및 파괴 특성에 미치는 영향

김민석¹ · 이동준^{1#} · 구가은¹ · 권용남¹ · 허상현² · 김남용² · 이진모²

Effect of microstructural changes on fatigue and fracture characteristics after hot forging and heat treatment of Cr steel

M. S. Kim, D. J. Lee, G. E. Ku, Y. N. Kwon, S. H. Heo, N. Y. Kim, J. M. Lee

Abstract

Cr강은 저온인성과 내충격 성이 우수하고, 내식성도 충분한 구조용 강제로 열처리 과정을 통해 요구되는 기계적성질을 부여한다. 본 연구는 Cr강 열간단조 및 열처리 공정을 통한 미세조직의 변화가 피로 및 파괴 특성에 미치는 영향을 분석하였다. Cr강의 열간단조 후 미세조직은 베이나이트와 펄라이트, 페라이트 혼합상으로 높은 인장강도를 가지나, 낮은 파괴 인성의 기계적 특성이 나타났고, 열처리 공정의 미세조직의 경우 템퍼드 마르텐사이트조직이 관찰되며, 높은 파괴인성의 기계적 특성을 나타냈다.

Key Words : Cr steel, Hot forming, Heat treatment, Fracture toughness, Fatigue test , Microstructure, Tempered Martensite,

1. 서론

Cr강은 저온인성과 내충격 성이 우수하고, 내식성도 충분한 구조용 강제로 탁월한 기계적 특점으로 인해 자동차 부품, 베어링, 샤프트 등에 주로 사용된다. 담금질(Quenching)과 뜨임(Tempering)의 열처리 과정을 통하여 부품에 요구되는 기계적 성질을 부여한다.[1-4] 또한, Cr합금강에 Mo, Ni를 첨가하여 Cr-Ni, Cr-Ni-Mo합금등 높은 내식성과 강도가 요구되는 부품에 적용되고 있다.

2. 실험방법

본 연구는 Cr강의 제작은 (주)한국진공야금에서 가로 470mm, 세로 490mm, 두께 90mm의 크기로 주조하였다. 주조품을 지름80mm, 높이 140mm의 원통형 형상의 단조시편을 제작하였고, 1,250℃의 온도에서 압하율 50%로 열간단조하여 공랭 하였다. 열간단조 시편을 860℃ 에서 2시간유지 후 수냉을 한 후, 655℃에서 2시간 유지 후 공랭 하였다. 각 공정의 미세조직변화를 확인하기 위해 2% nital 용액을 이용한 광학현미경 관찰과 주사전자현미경의 EBSD를 통해 미세조직 분석을 진행하였다. 또한, 기계적 특성을 분석하기 위한 인장시험과 파괴인성시험을 실시 하였다. 인장시험은 ASTM E8에서 규정한 substandard규격의 1/2크기로 준비하였다. 파괴인성 실험은 ASTM E339와 ASTM E1820규격에 준하여, 시편의 너비(w) 25.4mm 두께(B) 12.7mm의 C(t)(compact tension) 시편을 준비하였다.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소(KIMS)

2. ㈜태웅 기업부설연구소

교신저자: 한국기계연구원 부설 재료연구소(KISM), E-mail: djlee@kims.re.kr

3. 결과 및 고찰

주조품의 결함 및 미세조직상태를 확인하기 위해 정략적인 기공 및 결함 상태를 관찰하였다. 시편 내부에 수 μm 에서 수백 μm 의 크기를 가지는 기공들을 확인 할 수 있었다. 펄라이트(Pearlite)와 페라이트(Ferrite)의 혼합상을 가지며, EBSD를 통한 평균 결정립도는 $131\ \mu\text{m}(\pm 75\mu\text{m})$ 를 가지는 것으로 나타났다. 열처리 후 조직은 마르텐사이트(Martensite) 조직 내에 시멘타이트(cementite)로 석출되어 미세한 석출상이 페라이트 조직 내에 존재하는 템퍼드 마르텐사이트(Tempered martensite) 조직을 형성하게 된다.

인장실험을 통해 기계적 특성을 분석해 보면 주조, 단조, 열처리 공정 후의 물성은 표 1에서 나타내었고, 열간단조 후 시편이 가장 높은 강도를 보였고, 연신율은 열처리 후 시편에서 가장 높은 값을 나타내었다. 각 시편의 인장파면을 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다. 주조 시편과 열간단조 시편에서는 벽개(Cleavage) 파면형상의 입계 파괴 현상을 보였고, 이는 펄라이트와 베이나이트(Bainite) 위주의 미세조직을 가지고 있어 페라이트와 시멘타이트의 층판(Lamellar) 구조의 계면으로 크랙이 전파되어 파단이 일어나는 것으로 판단된다. 열처리 후 시편의 경우 미세한 딴플(Dimple)이 주를 이루는 연성파괴가 이루어진 것을 확인 할 수 있다. 이는 시멘타이트가 페라이트 내에 미세하게 석출되어 있으므로 연성파괴가 발생하는 것으로 판단된다. 파괴 인성실험에서의 주조 시편과 열간단조 시편의 경우 파괴 인성 실험을 실시하기 어려울 정도로 크랙의 진전이 빠르게 이루어 졌고, 열처리 시편은 J-integral 시험을 통해 JIC 값이 154.12kJ/m^2 으로 측정되었다. 파괴인성 시험 시편의 파단면을 분석해보면, 주조 및 단조 시편에서는 벽개 파괴의 표면을 관찰 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 Cr강 주조제의 열간단조 및 열처리 공정에 따른 미세조직 변화를 확인하였고, 인장 및 피로시험, 파괴 인성 시험을 토대로 기계적 특성 분석을 실시 하였다. 열간단조 후의 시편은 미세조직은 베이나이트와 펄라이트, 페라이트 혼합상으로 높은 인장강도를 가지나, 낮은 파괴 인성이 나타났고, 열처리 공정을 거친 시편의 경우 템퍼드 마르텐사이트조직을 가지며, 높은 파괴인성을 나타냈다. 이러한 높은 파괴 인성은 펄라이트, 베이나이트 조직에서 나타나는 벽개 파괴 모드에 비해 템퍼드 마르텐사이트 조직에서 보이는 연성 파괴에 의한 파괴지연에 따른 다른 것 분석된다.

감사의글

본 연구는 신재생에너지기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. A. Salemi and A. Abdollah-zadeh, Mater. Characterization 59, 484 (2008).
2. X. Z. Zhand and J. F. Knott, Acta Mater. 47, 3483 (1999).
3. K.-H. Lee, S.-G. Park, M.-C. Kim, B.-S. Lee, Mater. Sci. Eng. A 534, 75 (2012).
4. S.-Y. Lee, S.-I. Lee, and B. Hwang, Korean J. Met. Mater. 54, 637 (2016).

Table 1. the result of tensile test

	Yield Strength (MPa)	Error ($\pm$)	Tensile Strength (MPa)	Error ($\pm$)	Elongation (%)	Error ($\pm$)
As-cast	468.8	9.8	600.3	41.2	1.9	0.6
Forging	756.9	14.2	1000.6	11.3	8.0	1.4
Forging + Heat treatment	726.3	1.3	845.6	2.5	19.3	1.1

700°C급 HSC 로터용 소재선정을 위한 1톤급 Ni기 초합금의 열간단조특성 연구

김영득[#] · 김정욱¹ · 강성태¹

A Study of Hot-Forging Properties on the 1-ton class Ni-base Superalloy for 700°C HSC Rotor Material Selection

Y. D. Kim[#], J. W. Kim¹, S. T. Kang¹

Abstract

발전소 증기온도에 따라 발전효율이 영향을 받는다. 최근까지 산업현장에서 적용되고 있는 증기온도는 610°C급 USC가 있다. 더 큰 효율증대를 위해 선진사를 중심으로 700°C급 HSC 개발이 추진 되고 있지만 이에 견딜 수 있는 로터 소재개발이 따라 주어야 한다. 이미 고온 하에 견딜 수 있는 4가지 후보소재에 대해 120kg Lab. scale 기초연구를 통해 2가지로 축약 되어 졌다.

본 연구에서는 선정 된 2가지 후보소재(Nimonic 263, Haynes 282)에 대하여 약1톤급 Prototype 연구를 통해 최종 1가지 소재를 선정하고자 한다. 이를 위하여 VIM+ESR 강괴 제작, 열간단조 및 열처리 조건도출과 실 단조품 제작을 수행하였고, 단조성형특성을 중심으로 종합분석 하여 가장 유리한 초합금으로 Haynes 282를 제안하였다.

Key Words : HSC Rotor, Ni-base superalloy; Candidate material, Nimonic 263, Haynes 282, Forging ability

1. 서론

발전효율 증대를 위한 운전증기의 온도는, 과거 500°C급(SC), 600°C급(USC) 이지만 최근 700°C급(HSC) 이상으로 1996년경 유럽을 시작으로 대규모 투자, 개발이 추진되고 있다. 특수 공정을 거친 일부 소재만이 가스터빈의 700°C급에 사용 되지만, 일반 공정에 따른 소재는 고온의 증기온도에서 사용하지 못해 기존 소재의 개량 및 공정개발이 필요하다. HSC 로터의 주요 후보 소재로 CCA617, Inconel 740H, Nimonic 263, Haynes 282가 Candidate material로 선정 되었고, 이미 120kg급 Lab. scale 연구를 통해 4개 강종에서 2개로 후보소재를 축약하여 제안한바 있다[1]. 본 연구에서는 VIM+ESR 공정을 거친 2개 강종을 제작하여 약 1톤급 Prototype 규모의 연구를 통해 단조성형 특성 및 평가를 중심으로 하고 그 외 종합분석을 통하여 운전조건 700°C급에서 가장 유리한 후보소재 1종을 제안하였다.

2. Ni기 초합금 강괴 제작

후보소재의 일반 성분 조성표를 기준으로 VIM+ESR 공정으로 제작 후 비 건전부를 제외하고 약750kg 강괴를 확보 하였다. 2차 정련 시 주 합금원소(Ti, Al, 및 B)의 상평형 상태와 최저용점 등을 고려하여 적정 조성 및 Slag량으로 제작하였다. 그림 1은VIM Electrode $\phi 280 \times L(mm)$ 에서 $\phi 380 \times L(mm)$ 로 제작 후 균질화 열처리한 ESR 강괴를 보여주고 있다. 표면결함 없이 양호한 강괴를 확보하였다. 아래 표 1은 제작한 강괴 소재의 성분검사표이다.

[#]: 교신저자: 두산중공업 기술연구원 소재기술개발팀,

E-mail: youngdeak.kim@doosan.com

¹: 두산중공업 기술연구원 소재기술개발팀



Fig. 1 Photograph of manufactured ingots by using the VIM+ESR process for HSC rotor

Table 1 Chemical composition of manufactured superalloy ingot

Item	Composition(wt.%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe	Al	Ti	Co
N_263	0.054	0.157	0.727	0.004	0.001	Bal.	19.687	5.773	0.010	0.269	0.426	2.059	20.615
H_282	0.057	0.122	0.209	0.007	0.001	Bal.	20.045	8.160	0.176	0.551	1.364	2.216	9.261

3. 단조 및 열처리 조건 도출

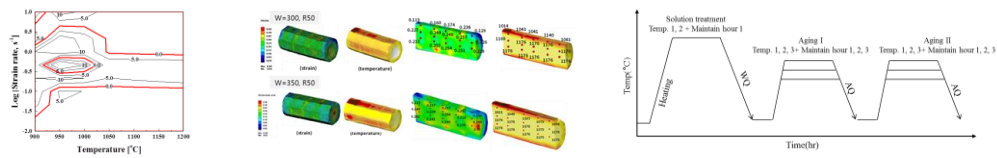


Fig. 2 Set-up of forging and heat treatment process factors for superalloy manufacturing

그림 2는 DMM(Dynamic Materials Model) 이론[2]과 단조공정 해석 및 열처리 변수 별 시험을 통해 공정조건들을 설정하였다.

4. 초합금 단조 및 특성검토

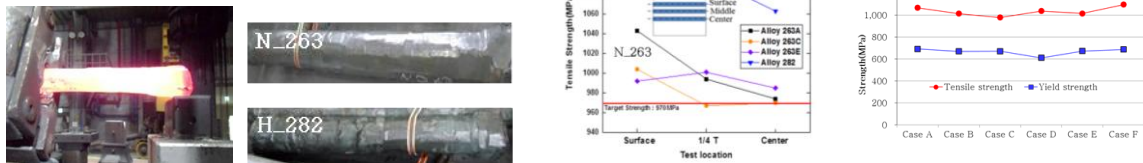


Fig. 3 Actual forging product and test results for HSC rotor superalloy

그림 3은 도출한 공정연구 결과에 따라 작업한 Dia.210xLmm 단조품과 특성결과이다. 단조 크랙, 온도범위, 가열차수 및 요구물성(TS≥980MPa) 등을 종합하여 고려 할 때 2가지 후보소재 중 단조성, 물성만족 등이 양호한 Haynes 282가 가장 유리한 것으로 분석된다.

5. 결론

HSC 로터용 Ni기 초합금 후보재 2종을 Prototype 1톤급 강괴 제작 후 단조 및 열처리 공정연구를 통해 얻어진 결론은 첫째, 단조성형 측면에서 Haynese282>Nimonic 263순이다. 둘째, 물성 및 경제성 등을 종합 고려할 때 Haynese282이 가장 유리하다.

후기

본 연구는 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. : 10052860)

참고문헌

- [1] Y. D. Kim, J. W. Kim, S. T. Kang, 2016, A Study of Hot-Forging Properties on Ni-base Superalloy for HSC Rotor, KSTP, pp.106~107
- [2] Y.V.R.K. Prasad, Metall. Mater. Trans. 27A (1996) 235~236

소성변형 기반 표면 패턴의 초소수성 영향 분석

문인용 · 이호원 · 오영석 · 강성훈[#]

Facile fabrication of superhydrophobic metallic surfaces using plastic deformation process

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

Abstract

Superhydrophobic surfaces(SHSs) have been received much attention because of its many applications. The superhydrophobic property is caused by the micro/nano pattern of the surface. Techniques such as lithographic patterning, chemical deposition, electrospinning and imprinting have been applied to make these surface artificially. However, these processes are expensive, complicated and can be adopted almost non-metallic materials. In order to overcome these limitation, facile fabrication using plastic deformation process have developed. On the die surface, sinusoidal patterns were fabricated via wire electrical discharge machining(WEDM). This EDMed surface has micro-scale wave and also nano-scale discharge craters pattern so called multi-scale pattern. This multi-scale pattern contributes to the water repellent property. Using this die surface, aluminum 7075 alloy were pressed so multi-scale pattern was replicated from die to workpiece surface. The contact angle was measured by using the fabricated workpiece. As a result, it was confirmed that the hydrophobic property was presented.

Key Words: Superhydrophobicity, Multi-scale structure, EDMed surface, Plastic deformation, Die press

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

다축대각 단조 시 알루미늄 합금의 변형거동 예측에 관한 연구

신지환¹, 김시온², 김민성¹, 권상철³, 김순태³, 이성⁴, 정효태³, 최시훈^{1#}

A Study on the Prediction of Deformation Behavior in Aluminum Alloy during Multi-axis Diagonal Forging

J.H. Shin¹, S.O. Kim,² M. S. Kim¹, S. C. Kwon³, S. T. Kim³, S. Lee⁴, H. T. Jeong³, S. H. Choi^{1#}

Abstract

본 연구에서는 다축대각 단조(multi-axial diagonal forging, MADF) 시 공정 단계별 금형의 형상에 따른 알루미늄 합금의 변형거동을 이론적으로 예측하였다. MADF는 지금까지 알려진 강가공법(severe plastic deformation, SPD)과는 달리 시편 전체에 균일한 변형을 부과할 수 있는 신개념 가공공정이다. 전체 공정은 12 패스로 구성되어 있으며, 업셋단조(upset forging)와 켜기단조(wedge forging)로 구분할 수 있다. 업셋단조와 켜기단조의 금형 형상에 따라 각 공정에서 알루미늄 합금의 변형률 분포가 달라진다. 유한요소 해석 기술을 사용하여 최적화된 금형 형상을 도출한 후 MADF 시 각 공정별 알루미늄 합금의 변형거동을 이론적으로 예측하였다. 사전이력초기화(initialization of prior history, IPH)된 알루미늄 합금의 집합조직 발달을 예측하기 위하여 초기 결정학적 방위를 XRD로 측정한 후 다결정 모델의 초기 데이터로 부여하여 변형집합조직 발달을 이론적으로 예측하였다. 또한 MADF-IPH된 알루미늄 합금의 초기 미세조직과 각 단계에서의 미세조직을 비교 분석하였다. 본 연구를 통하여 MADF의 각 공정시 알루미늄 합금에 발달하는 미세조직의 발달거동과 변형거동을 실험 및 이론적으로 이해할 수 있었다.

Key Words : Severe Plastic Deformation, Multi-axial diagonal forging, Al alloy, Polycrystal model, Microstructure

1. 국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과

2. 국립 순천대학교 신소재공학과

3. 국립 강릉원주대학교 신소재금속공학과

4. 국방과학연구소

교신저자 : 국립 순천대학교 대학원 인쇄전자공학과, E-mail : shihoon@scnu.ac.kr

소형 봉재의 냉열간 단조기술을 적용한 캠링기어 부품 최적화 연구

박동환^{1#} · 탁윤학¹ · 이승수² · 권기진²

Study on the Optimization of Cam Ring Gear Parts using Hot-Cold Forging Technology of Small Bar

D. H. Park, Y. H. Tak, S. S. Lee, G. J. Kwon

Abstract

This paper is to develop cam ring gear forging parts by cutting and welding a small bar with circular shape. Conventional cam ring gear parts have a problem of waste of raw material and durability life due to many chips generated by machining round bar material. In order to solve the waste of raw material and durability of the product, we developed cam ring gear parts using hot-cold forging technology.

Key Words : Cam Ring Gear, Hot-Cold Forging, Small Bar, Optimization, Welding

1. 서 론

소형 봉재를 원형으로 절단하고 용접하여 대구경 캠링기어 단조부품 기술을 개발하는 것으로 기존 캠링기어는 환봉 소재를 절삭 가공하여 칩 발생이 많아 원소재 낭비와 내구 수명 문제가 상존하였다. 즉, 기존의 열간 단조 가공법은 원소재로부터 원하는 형상의 중공형 부재를 얻기 위해서 원소재에 상당량의 압축 하중이 가해져야 한다. 제조되는 중공형 부재의 크기가 큰 경우 원소재의 크기도 커지고, 압축 하중도 커야 하므로 프레스 용량이 커야 한다. 이에 원소재 낭비와 내구 수명 문제를 해결하기 위하여 공정설계, 성형해석, 시제품 제작 등 최적화 기술을 적용하여 소형 봉재를 이용한 상용차용 클러치의 대구경 캠링기어 단조 부품을 개발하고자 한다.

상용차용 클러치의 대구경 캠링기어는 엔진과 변속기 사이에 결합되는 부품으로 압력판 조립

부품의 높이를 설정하는 역할을 한다. 본 연구는 냉열간 단조기술을 적용하여 소형 봉재를 이용한 상용차용 클러치의 대구경 캠링기어 부품을 개발하였다. Fig. 1은 상용차용 압력판 조립부와 캠링기어 부품을 보여주고 있다.

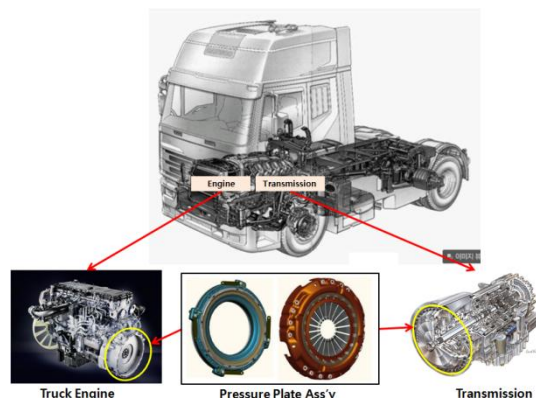


Fig. 1 Cam ring gear parts of truck

1. 경북하이브리드부품연구원

2. (주)동서

교신저자: 경북하이브리드부품연구원

E-mail : pdh@ghi.re.kr

2. 성형해석

본 연구의 대상은 Fig. 4와 같이 상용차용 클러치의 캠링기어 부품으로 열간단조, 열간 트리밍, 냉간단조 등의 총 3공정으로 금형 공정설계를 진행하였다. Fig. 2는 캠링기어 단조 성형해석을 위한 3차원 모델을 보여주고, Fig. 3은 열간단조 금형을 보여준다. 성형해석은 열간단조, 냉간단조 공정을 대상으로 성형해석을 수행하였다. 열간단조 공정에서 1,100℃와 1,200℃에 대해 성형해석을 수행하여 마찰계수 변화에 따른 하중, 변형율, 응력, 온도변화 결과를 확인할 수 있었다. 1,100℃, 1,200℃에 대한 마찰계수 증가에 따라 하중이 증가됨을 알 수 있고, 응력이 증가되어 나타난다. 즉, 온도와 마찰계수가 하중의 증가에 따라 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

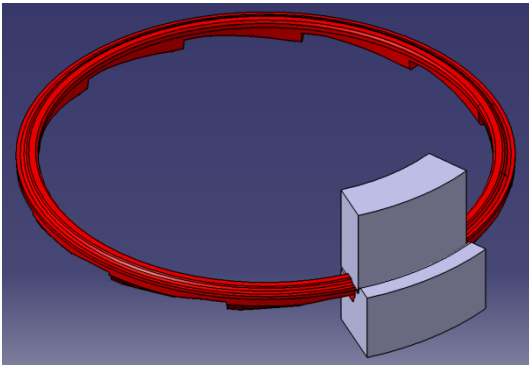


Fig. 2 3D model for forging analysis of cam ring gear

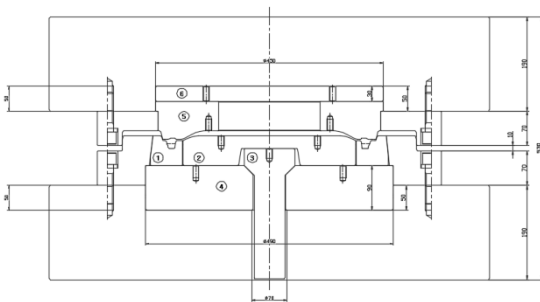


Fig. 3 Hot forging die

3. 실험 결과 및 고찰

상용차용 클러치의 캠링기어 금형 제작은 열간단조, 열간 트리밍, 냉간단조 등의 총 3공정으로 구성하였다. 시제품 생산은 열간단조 1,500톤 프레스, 냉간단조 1,000톤 프레스에서 소형 봉재 직경 22mm의 SM45C 소재를 단조 성형하여 대구경(386mm) 캠링기어를 제작하였다. 단조 공정의 성형해석과 실험 결과가 거의 유사함을 확인할 수 있었다.



Fig. 4 Cam ring gear product

4. 결 론

본 연구는 소형 봉재를 원형으로 절단하고 용접하여 열냉간 복합단조 공법을 적용하여 대구경 캠링기어 부품을 개발하였다. 캠링기어 단조 부품을 생산하기 위해 여러 번의 금형 수정과 Try-Out을 실시하여 캠링기어 단조 부품에 대한 치수 측정 결과 모두 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] 박동환, 한성철, "냉열간 단조기술을 적용한 농기계용 클러치 Jaw 부품 일체화 성형 기술," 한국생산제조시스템학회지, 제24권 제5호, pp. 489-495, 2015.
- [2] D. H. Park, H. H. Kwon, "Development of Automobile Engine Mounting Parts Using Hot-Cold Complex Forging Technology," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Volume 3, Issue 2, pp. 179-184, 2016.

고효율 급속냉각을 적용한 열간 자유 단조품의 특성 연구

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

A Study on the Property of Hot Forging Product Applied Intensive Quenching Method

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

Abstract

급속냉각 열처리 (Intensive Quenching, 이하 IQ) 기술은 열처리 대상인 금속 소재를 매우 높은 냉각능을 갖는 고속의 Water flow에 의해 표면 온도를 급속으로 냉각시켜 소재 표면에 매우 균일한 마르텐사이트 조직과 잔류압축응력을 발생시킴으로써, 균열을 방지하고 열처리 과정에서 발생하는 변형을 최소화 할 수 있는 고부가가치 열처리 기술이다. 그러나 국내에서는 IQ 열처리에 대한 기술이 전혀 개발되어 있지 않고 열처리 대상 소재의 표면 온도 및 금속 미세조직 변화에 관한 체계적 연구도 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 열처리 대상 소재는 고장력 기계구조용 합금강에서 고주파 담금질 및 침탄 등의 표면 경화를 통해 강의 내부에는 인성을 유지하고, 표면층은 내마모성을 유지하여 대형축, 기어류 등 광범위한 산업 분야에 적용되는 Ni-Cr-Mo 합금강을 선정하였다. Ni-Cr-Mo 합금강을 단조공정 설계를 통해 시제품을 제작하고, IQ 와 Water quenching, Oil cooling 을 통해 급랭하여 냉각 속도를 측정하여 비교하고 각 냉각 조건에 따른 표면의 Bainite 분율을 측정하여 비교하였다.

각 냉각 방법에 따른 기계적 특성을 평가하기 위하여 경도 및 인장시험을 실시하였다. 경도시험은 Quenching시의 미세조직과의 비교를 위해 As-quenched 상태에서 측정하였고 인장시험은 600℃에서 Tempering 처리하여 시험하였다.

Key Words : Heat Treatment, Quenching, Intensive Quenching, Martensite

1. (주) 태웅

Al 박육 후크형 단조부품 개발을 위한 열간단조 공정에서의 최적 Preform 설계에 관한 연구

홍순곤¹ · 윤상길¹ · 이진우¹ · 이정환[#]

Investigation of Optimization Preform design in hot forging process for development of Thin-walled Hook Al alloy component

S.G. Hong, S.G. Yoon, J. Lee, J.H. Lee

Abstract

본 연구에서는 3~4공정으로 제작하는 알루미늄 열간단조를 최적 Preform 해석을 바탕으로 1-2회 공정 단축과 생산성 향상 및 품질 향상을 고려한 열간 단조공정 기술 개발을 수행하였다. 안전 장비로 활용하는 후크 (Hook)와 카라비너 (Carabiner)의 소재는 Al 7075를 이용하였다. 열간 단조 공정 프로세스는 유한요소해석 프로그램을 바탕으로 진행하였다. 금형과 소재의 성형성에 대한 data base를 구축하며, 열간 단조 시제품과 해석 결과 또한 비교 분석하였다. 열간 단조에서 최적 윤활제 설정을 위해 두 종류의 윤활제를 이용한 시제품 제작 및 기계적 물성 분석을 수행하였다. Hook 형 박육 단조품에서의 성형 결함 방지를 위해 기계적 물성 및 정밀도를 비교 분석하였고, 그 결과 유한요소해석과 열간단조 시제품의 유사함을 확인하였다. 또한 공정의 개선을 통한 생산성 향상과 품질 향상을 구축하였다.

Key Words : Aluminum alloy, Hot forging, Finite element method, Mechanical property

본 논문은 과학기술정보통신부와 국가과학기술연구회 “K-MATE 기업 전주기 통합지원사업”의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사 드립니다.

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

예비변형률 효과를 고려한 알루미늄 합금의 통전 인장물성

김민기¹ · 송정환² · 허 훈[#]

Tensile Properties of Aluminum Alloy under an Electropulsing Condition Considering Pre-strain effect

M. Kim, J. Song, H. Huh

Abstract

Tensile properties of Al5052-H32 under an electropulsing condition were evaluated considering the pre-strain effect. In order to confirm the formability and the electroplasticity, material properties of Al5052-H32 were investigated focused on the level of flow stress and the elongation at fracture. Tensile tests were conducted under a test condition containing pre-straining without the electropulsing and tensile testing continuously with the electropulsing. Under the test condition, tensile tests with the electropulsing were carried out at the quasi-static of 0.001 s^{-1} to verify the effect of the starting point for applying electric current. The levels of the pre-strain were determined based on the uniform elongation of Al5052-H32 obtained from tensile tests without the electropulsing. To measure the strain of each specimen, the DIC method was used with the ARAMIS system. The temperature history of a specimen during the test was measured by utilizing the infra-red thermal imaging camera of FLIR-T621. Experimental results reveal that the elongation is enhanced as the pre-strain increases with delaying the starting point of applying electric current.

Key Words : Electroplasticity, Tensile Property, Aluminum Alloy, Electropulsing

1. 서론

최근 자동차 산업에서는 차체 경량화와 연비향상을 위하여 알루미늄 합금과 같은 경량금속의 적용이 요구되고 있다. 알루미늄 합금은 연강에 비하여 낮은 성형성을 보이기 때문에 알루미늄 합금을 차체 설계에 적용하기 위하여 알루미늄 합금의 성형성을 개선하는 것이 매우 중요하다. 성형성을 개선하기 위한 성형기술 중 통전성형(Electrically Assisted Forming)은 상온에서 전류를 인가하여 경량금속의 연신율을 향상시키고 성형에 필요한 하중용량을 감소시킬 수 있어 기존의 열간성형법의 대안으로서 개발되고 있다. 알루미늄 합금의 성형성을 향상시키기 위한 펄스 통전조건에서의 인장물성 변화와 관련된 다양한 연구⁽¹⁻³⁾가 이루어졌으나 통전에 따른 물성변화의 메커니즘과 주요한 인자들은 아직 정확히 정립되어 있지 않다. 통전성형을 이용한 성형공정이 정립되기 위하여 통전조건에서의 인장물성에 영향을 미치는 주요 변수들에 대한 정확한 이해가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 예비변형률 효과를 고려한 알루미늄 합금 5052-H32의 통전 인장물성을 평가하였다. 예비변형률의 양에 따라 후속 통전 인장시험 시 전류인가 시점이 알루미늄합금의 인장물성에 미치는 영향을 관찰하였다.

1. KAIST 기계항공공학부 기계공학과

2. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소

교신저자: KAIST, E-mail:huh@kaist.ac.kr

2. 실험방법

본 연구에서는 1mm 두께의 알루미늄 합금 5052-H32 판재에서 표점부 길이 25mm, 폭 6mm의 인장시험 시편을 채취한 후 MTS810을 이용하여 준정적 인장시험을 수행하였다. 펄스 통전조건은 Roh⁽³⁾ 등이 제안한 공칭 전류밀도 120A/mm^2 , 통전 지속시간 0.5s, 통전 주기 30s로 설정하였다. 통전조건 없이 예비변형률을 0, 2, 4, 6%를 부과한 후 통전조건하에서의 후속 인장시험을 수행하였다. Fig. 1과 같이 표점부의 변형률과 온도 측정을 위해 ARAMIS 시스템과 FLIR-T621 적외선 카메라를 이용하였다.



Fig. 1. Experimental set-up

3. 결과 및 고찰

Fig. 2와 Fig. 3과 같이 예비변형률이 증가함에 따라 연신율이 증가하고 전류인가 시 표점부의 온도상승의 양도 증가한다. 이는 전류인가 시점이 지연됨에 따라 연신율이 증가함을 나타낸다.

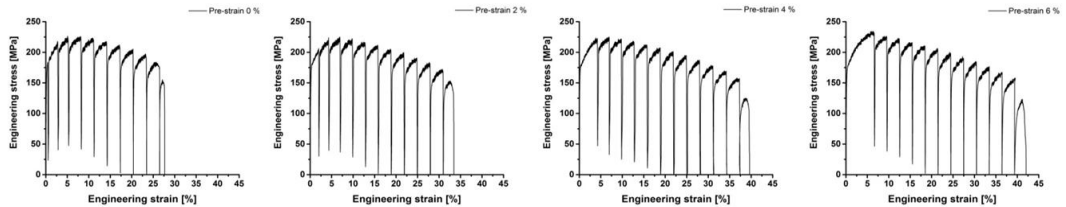


Fig. 2. Stress-strain responses under electropulsing condition with pre-strain

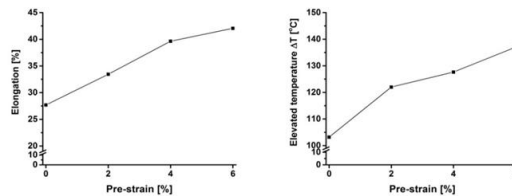


Fig. 3. Elongation and elevated temperature at first peak w.r.t. the pre-strain

4. 결론

본 연구에서는 예비변형률 효과를 고려한 알루미늄 합금 5052-H32의 통전 인장물성을 관찰하였다. 예비변형률 및 전류인가 시점이 지연됨에 따라 알루미늄 합금의 연신율과 전류인가 시 표점부의 온도상승 양이 증가하고 이에 따라 성형성이 증가하는 경향을 확인하였다.

참고문헌

- (1) J.T. Roth, I. Loker, D. Mauck, M. Warner, S.F. Golovashchenko, A. Krause, 2008, Enhanced formability of 5754 aluminum sheet metal using electric pulsing, Trans. NAMRI/SME. Vol. 36, pp. 405~412.
- (2) W.A. Salandro, J.J. Jones, T.A. Mcneal, T.A. Roth, S.-T. Hong, M.T. Smith, 2010, Formability of Al 5xxx sheet metals using pulsed current for various heat treatments, J. Manuf. Sci. Eng. ASME. Vol. 132, No. 5, pp. 051016-1~11.
- (3) J.-H. Roh, J.-J. Seo, S.-T. Hong, M.-J. Kim, H.N. Han, J.T. Roth, 2014, The mechanical behavior of 5052-H32 aluminum alloys under a pulsed electric current, Int. J. Plast. Vol. 58, pp. 84~99.

십자형 시편을 이용한 알루미늄 7075-T6 합금 판재의 항복곡면에 대한 연구-1

김장수¹ · 김진재² · 박진기³ · 배문기⁴ · 김유석¹ · 투완¹ · 김영석[#]

Study on the Yield Locus of Aluminum 7075-T6 Alloy Sheet Using Cruciform Specimens

J. S. Kim, J. J. Kim, J.G. Park, M.K. Bae, Y.S.Kim, P.Q. Tuan, Y. S. Kim

Abstract

차량의 경량화를 위해 경량소재의 하나인 알루미늄 합금 판재가 자동차의 내외 판넬에 적용되고 있다. 본 연구에서는 고강도 AL7075-T6 판재의 단축인장 실험을 통해 가공경화특성을 규명하고, 이축인장실험을 통해 항복곡면을 도출하고, 그 결과를 Von-Mises 항복식, Hill48 항복식, YLD2000 항복식과 비교하였다.

Key Words : Yield Locus, Aluminum 7075-T6 Sheet, Biaxial Cruciform Specimens, Anisotropic Property

1. 서론

차량의 경량화 목적으로 고강도소재와 경량 알루미늄 소재의 채용이 증가하고 있다. 특히 5000계열(Al-Mg)과 6000계열(Al-Mg-Si) 알루미늄 소재가 차량 내외 판넬로 사용되고 있는 가운데 항공기용 알루미늄 소재인 7000계열 (Al-Zn-Mg-Cu) 고강도 알루미늄 판재가 최근에 주목을 받고 있다. Al7075-T6 판재는 상온 소성 가공성이 낮아 200°C 전후에서 가열하여 사용되고 있다.[1]

본 연구에서는 Al7075-T6 소재의 판재가공성 평가를 목표로 기초적인 물성 평가를 수행하였다. 이를 위해 단축인장 실험을 통해 가공경화특성을 파악하였고, 2축인장 시험을 통해 소성항복 거동을 파악하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용한 시편은 두께 1.0mm의 Al7075-T6 판재이다. 인장실험은 KS B 0801 13B 시편을 이용하여 KS B 0802 규격에 따라 10mm/min의 속도로 실험하여 탄성계수, 이방성계수, 가공경화특성을 파악하였다. 2축인장시험은 중앙부의 두께를 얇게한 시편을 ISO1684[2] 규격으로 제작하여 2축 인장시험기로 응력비 1:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:1 하중 모드하에서 실험을 수행하여 항복곡면을 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 Al7075-T6 판재에 대해서 압연방향에 0°방향과

90°방향에서 구한 응력-소성변형률 선도이다. Al7075-T6 판재의 탄성계수는 $E=79.7\text{GPa}$, 항복응력은 $\sigma_y=473\text{MPa}$, 소성이방성 계수는 $R_0=0.485$, $R_{90}=0.798$ 으로 평가되었다. 0도 방향의 가공경화특성은 Kim-Tuan 경화식[3]으로 다음과 같이 나타내진다.

$$\sigma = 457 + 470 \cdot \{1 - \exp(2869 \epsilon)\} (\epsilon + 0.002)^{0.594} \quad (1)$$

Fig. 2는 응력비 1:1과 2:1에 대한 응력-소성변형률 선도이다. 등가소성일의 원리[3]를 적용하고 각 응력비에서 수행한 실험결과와 단축인장에서의 실험결과를 소성변형률 0.01, 0.015, 0.02에서 단위체적당소성일 $w_p = 3.305$, 5.783, 8.2549(MPa)에 대응하는 항복응력을 Table. 1에 나타내었다.

Table. 1의 결과를 Fig. 3의 응력공간에 나타내었다. Fig. 3에서 얻어진 항복응력값들을 무차원하여 Von-Mises 항복식, Hill48 항복식 그리고 YLD2000 항복식으로 피팅한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Al7075-T6 판재의 경우는 등 2축인장모드에서 코너형상을 갖는 YLD2000 항복식보다 Hill48 항복식이 실험결과를 더 잘 나타낸다는 것을 알 수 있다. Hill48 항복식에서는 F,G,H의 이방성 매개변수 값을 항복응력값 $\sigma_0, \sigma_{90}, \sigma_b$ 로 평가하였다.

Fig.3의 각 항복응력점에서 소성변형률 벡터를 나타낸 결과로부터 소성변형률 벡터는 항복곡면에 수직인 것을 보이고 있어 구성식에 있어서 연합 유동법칙(associated flow rule)이 성립하는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 Al7075-T6 판재를 대상으로 단축인장 및 2축인장실험을 실시하여 항복곡면을 도출하였으며 그 결과를 Von-Mises 항복식, Hill48 항복식 및 YLD2000 항복식과 비교하였다.

1. 경북대학교 대학원

2. DYTEC 연구원

3.(주)현대제철

4.(주)현대자동차

교신저자: 경북대학교 기계공학부,

E-mail: caekim@knu.ac.kr

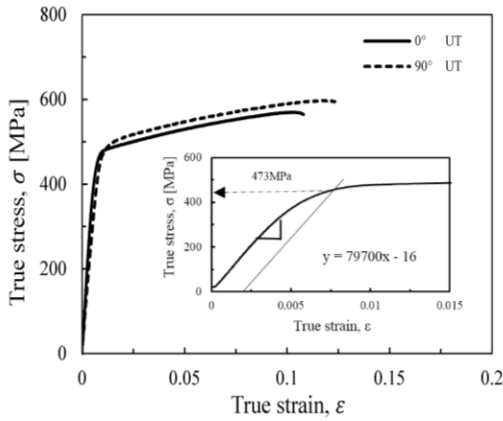


Fig. 1 Al7075-T6 판재의 응력-변형률 선도

Table. 1 소성변형률에 따른 항복 응력 [MPa]

SR \ ϵ_0^p	0.01		0.015		0.02	
	X	Y	X	Y	X	Y
1:0	489.2	0	495.5	0	501.3	0
2:1	553.3	276.0	569.8	283.8	582.8	289.0
1:1	505.2	504.3	514.2	513.8	523.0	522.0
1:2	276.0	553.3	283.8	569.8	289.0	582.8
0:1	0	485.0	0	493.7	0	500.4

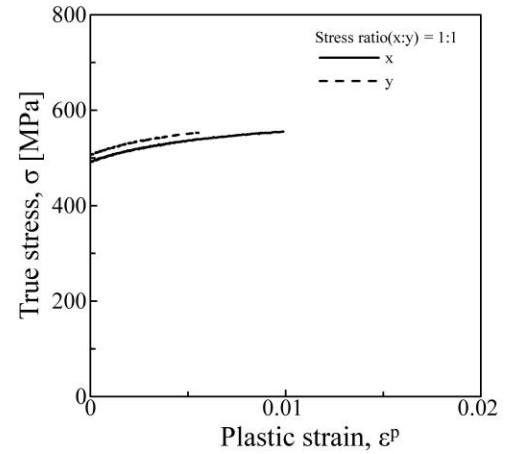
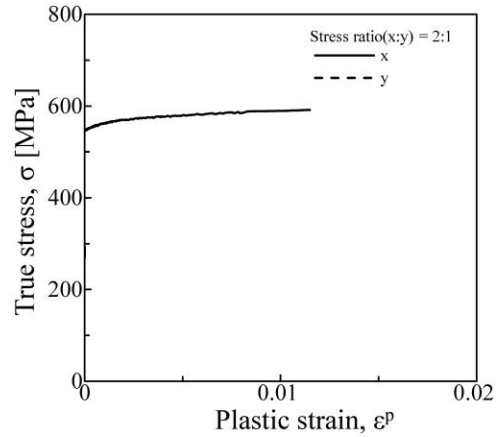


Fig. 2 Al7075-T6 판재의 응력-소성변형률 선도

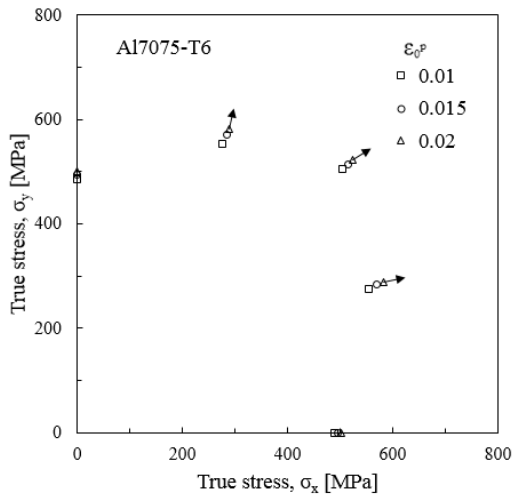


Fig. 3 Al7075-T6 판재의 변형모드별 항복응력과 소성변형률 백터

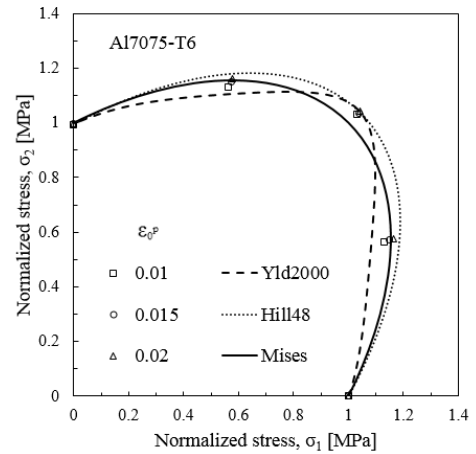


Fig. 4 Al7075-T6 판재의 항복곡면
참고문헌 (생략)

유한요소법과 최적화기법을 이용한 동적 재결정 현상 이론의 변수 결정

이라니 미쌤¹·전만수[#]

Obtaining parameters of dynamic recrystallization kinetics using FEM and optimization technique.

M. Irani, M. S. Joun

Abstract

A new method for obtaining the coefficients of Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) equations for dynamic recrystallization (DRX) kinetics is presented. The method consists of finite-element analysis and optimization techniques. An optimization tool minimizes the error between experimental values and corresponding finite-element solutions iteratively. Isothermal backward extrusion of AA6060 aluminum alloy was used to acquire the main coefficients of the kinetics equation. A good agreement was observed between the optimized coefficients and reference values from the literature.

Key Words : Dynamic recrystallization (동적 재결정), Material identification (재료 성질규명)

1. Introduction

Various types of empirical, semi-empirical, and mesoscopic models of grain evolution are employed to predict the DRX ratio. Phenomenological modeling is an empirical approach that has been used frequently [1,2]. The kinetics of recrystallization are classically addressed using the Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov(JMAK) equation [3]. The coefficients of the equations in the model are typically obtained from experimental observations using the regression techniques [4]. According to JMAK model, the DRX ratio is expressed as [5]:

$$r_{drx} = 1 - \exp \left[-\beta \left(\frac{\varepsilon - a\varepsilon_p}{\varepsilon_{0.5}} \right)^k \right] \quad (1)$$

where $\varepsilon, \varepsilon_p, \varepsilon_{0.5}$ are effective strain, strain at which the flow stress reaches its maximum, strain for 50% recrystallization, respectively. a, β and k are the coefficients of kinetics equation 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 coefficients and reduce the experiment costs.

2. Material and methods

A metal forming simulator AFDEX 2D with an optimization software HyperStudy is utilized to predict DRX ratio in an isothermal backward extrusion process. AA6060 aluminum alloy is extruded at temperature of 350°C and forming rate of 0.1 mm.s⁻¹. In the initial run, the material parameters of DRX were extracted from the literature [5]. The objective function is as follows:

$$\varphi_1 = \sum_{i=1}^n (r_{DRX,tar(i)} - r_{DRX,pre(i)})^2 \quad (2)$$

where $r_{DRX,tar(i)}$ and $r_{DRX,pre(i)}$ are the predicted DRX ratio at ith sample point using the reference and optimized coefficients. The constraints are

$$0.0 < a < 2.0 \quad (3)$$

$$0.0 < \beta < 2.0 \quad (4)$$

1. 경상대학교 대학원 기계공학과

경상대학교 기계항공공학부/썬엠에프알씨

E-mail:msjoun@gnu.ac.kr

$$0.0 < k < 2.0 \quad (5)$$

Note that ε_p , and $\varepsilon_{0.5}$, in Eq. 1 are given as 0.05 and 0.15 respectively [5].

3. Results and discussion

The variation of objective function with iteration is depicted in Fig.1, showing the value converges to 0.015 after 35 iterations.

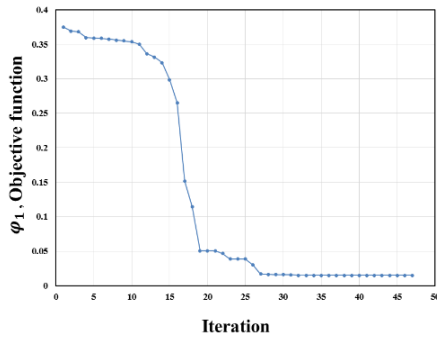


Fig. 1 Variation of objective function

The optimized and reference values of the coefficients are represented in Table 1. The result shows a good agreement between optimized and reference values.

Table 1. Comparison between optimized and reference coefficients.

Coefficient	Reference	Optimized
α	0.100	0.113
β	1.000	1.026
k	1.000	0.998

Fig. 2 illustrates the predicted DRX ratio at final stroke of extrusion process using both reference and optimized coefficients, showing that the coefficients acquired by the proposed method are reliable.

4. Conclusion

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

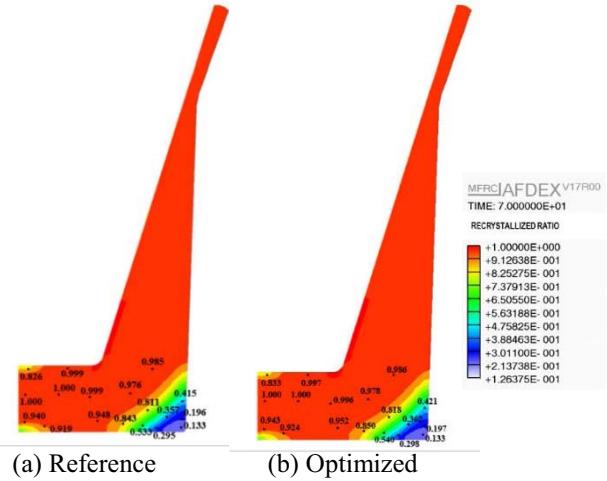


Fig. 2 Predicted DRX ratios at final stroke

Acknowledgement

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

References

- [1] S.M. Abbasi, A. Shokuhfar, Prediction of hot deformation behaviour of 10Cr–10Ni–5Mo–2Cu steel, Mater. Lett. 61 (2007) 2523–2526.
- [2] F. Chen, Z. Cui, D. Sui, B. Fu, Recrystallization of 30Cr2Ni4MoV ultra-super-critical rotor steel during hot deformation. Part III: Metadynamic recrystallization, Mater. Sci. Eng. A. 540 (2012) 46–54.
- [3] H. Hallberg, Approaches to Modeling of Recrystallization, Metals. 1 (2011) 16–48.
- [4] F. Chen, Z. Cui, J. Chen, Prediction of microstructural evolution during hot forging, Manuf. Rev. 1 (2014) 6.
- [5] 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.

경량철강의 기계적 물성 변화에 미치는 냉각속도 및 Al 함량의 영향 분석

박준영¹ · 박성준^{1#} · 한흥남²

Effect of cooling rate & Al contents on mechanical properties of low-weight steel

J. Y. Park, S.-J. Park, H.N. Han

Abstract

자동차 연비규제 강화로 차체경량화 기술의 중요성이 증가하고 있다. 특히, Al을 첨가하여 밀도를 낮춘 FeMnAlC계 경량철강은 높은 강도와 우수한 연성을 나타내는 경량화 소재로 많은 연구자의 관심을 받고 있다. 그러나 400-950 °C에서 κ -탄화물, β -Mn 등의 상이 형성되어 연성이 크게 저하될 수 있는 강종으로, 대형소재로 제작할 시 표면과 중심부의 냉각속도가 달라 국부적 연성저하 현상이 발생할 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 냉각속도 및 Al 함량 차이에 따른 FeMnAlC계 경량철강의 기계적 특성 변화에 대해 조사하였다. 각 합금을 1050 °C에서 2시간 균질화 열처리 후 수냉, 공냉, 로냉으로 냉각하고, 냉각속도에 따른 각 합금의 기계적 물성 변화를 측정하였다. Al 함량이 높고, 냉각속도가 작을수록 경도는 증가하고, 충격흡수에너지는 감소하는 경향을 보였다. XRD, TEM을 통한 미세조직 분석 결과, 냉각속도 감소에 따라 κ -탄화물 석출이 증가하고, Al 함량 증가에 따라 입계 κ -탄화물 크기가 증가하기 때문으로 확인되었다. 하지만 9.0 wt.% Al 함량의 합금 경우, 경도 및 충격흡수에너지의 경향과 달리, 공냉조건에서 냉각한 시편이 수냉조건에서 냉각한 시편보다 높은 항복강도, 인장강도와 함께 높은 연신율을 보이는 것으로 확인되었다. 12.8 wt.% Al 함량의 합금의 경우, 로냉으로 냉각하였을 시, 입계와 상경계에 β -Mn이 형성되어 연신율과 충격흡수에너지가 크게 감소하였다. 대형 단조재의 균질화 열처리 후 중심부와 표면부의 공냉/수냉 조건에서의 냉각속도를 유한요소해석을 통해 계산하였고, 실험 결과와 계산결과를 토대로 대형소재 제작 시, 연성저하를 방지하기 위한 냉각 조건에 대해 고찰하였다.

Key Words : light-weight steel, cooling rate, mechanical properties, κ -carbide, β -Mn

1. 재료연구소 철강재료연구실

2. 서울대학교 재료공학부

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

A study of correlation between intergranular fracture and plastic deformation in tungsten using nanoindentation

Yeonju Oh¹, Keunho Lee¹, Hyun-Min Sung², Nojun Kwak¹, Won-seok Ko^{3,*} and Heung Nam Han^{a,*}

Abstract

Tungsten has been considered as the most promising candidate for plasma-facing materials(PFMs) in a next generation fusion reactor. However, tungsten is well known to exhibit serious brittleness after recrystallization. Therefore, it is necessary to establish the cause of degradation in toughness after recrystallization for developing tungsten as structural applications. In this presentation, a fracture behavior of tungsten was investigated by micro/nanoindentation at room temperature for both thermo-mechanical processed and recrystallized specimens. After micro-indentation, cracks along grain boundaries were observed in recrystallized specimens, while only highly deformed regions were visible at the indented area in thermo-mechanical processed specimens. In order to quantitatively understand this distinction, the maximum shear stresses at pop-ins on nanoindentation load-displacement curves, which are corresponding to yield stress, were compared with theoretical fracture stress calculated by molecular dynamics simulation. The microstructural difference between the specimens was observed from the Kernel average misorientation (KAM) and grain boundary maps measured by electron backscattered diffraction (EBSD). This study proves that the pre-existing mobile dislocations could increase the ductility of tungsten by improving the capacity of plastic deformation before cracks initiate at grain boundaries.

1. Department of Materials Science and Engineering & Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University, Seoul 151-744, Republic of Korea

2. LG Production engineering Research Institute, LG Electronics Inc. Pyeongtaek-Si, Gyeonggi-do, 451-713, Republic of Korea

3. School of Materials Science and Engineering, University of Ulsan, Ulsan 44610, Republic of Korea

* Corresponding author: Prof. Heung Nam Han

Address: Department of Materials Science and Engineering & Research Institute of Advanced Materials, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, 151-744, Republic of Korea, E-mail: hnhan@snu.ac.kr

Ti-Al-Fe 계열 타이타늄 합금의 온간소성 변형거동 및 기계적 물성

이용문¹ · 원종우² · 염종택² · 이기영³ · 이종수[#]

Warm Deformation Behavior and Mechanical Properties of Ti-Al-Fe alloy

Y. Lee, J. W. Won, J. T. Yeom, K. Y. Lee, C. S. Lee

Abstract

Ti-Al-Fe based alloys were recently developed receiving a great attention as a replacement of Ti-6Al-4V alloy due to its cost efficiency and higher formability. This study was focused to enhance mechanical properties of this alloy utilizing warm deformation. Warm-rolling was progressed up to reduction ratio of 80% at 973 K and annealing at 1103K was subsequently progressed. Electron backscattered diffraction(EBSD) was used to measure microstructure characteristics such as grain size, aspect ratio and phase fraction. The results showed that warm rolled Ti-Al-Fe alloy exhibits great combination of strength and ductility, which was superior to warm rolled Ti-6Al-4V alloy. The effects of rate-limiting solute partitioning and boundary characteristics on mechanical properties were discussed in this study.

Key Words : Titanium alloy; warm deformation; texture; Mechanical properties

참고문헌

- [1] C.H. Park, J.W. Won, J.W. Park, S.L. Semiatin, C.S. Lee, Mechanisms and kinetics of static spheroidization of hot-worked Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si with a lamellar microstructure, Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science 43(3) (2012) 977-985.
- [2] S. Zherebtsov, M. Murzinova, G. Salishchev, S.L. Semiatin, Spheroidization of the lamellar microstructure in Ti-6Al-4V alloy during warm deformation and annealing, Acta Materialia 59(10) (2011) 4138-4150.
- [3] J.W. Won, Y. Lee, J.T. Yeom, G.Y. Lee, C.S. Lee, High temperature deformation behavior and microstructure evolution of Ti-4Al-4Fe-0.25Si alloy, Journal of Korean Institute of Metals and Materials 54(5) (2016) 338-346.

1. 포항공과대학교 철강대학원

2. 재료연구소

3. KPCM

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

오스테나이트계 Fe-Mn-Al-C 경량철강의 κ -carbide 석출거동에 따른 강화 효과 분석

이재은¹, 박시욱¹, 김황선¹, 박성준², Phaniraj Madakashira¹, 한흥남¹

Abstract

철강소재의 강도 증가를 위한 연구 개발이 오랫동안 진행되어 왔지만, 강도가 증가할수록 강성 및 충격 특성이 저하되어, 강재와 부품의 두께 감소를 통한 경량화는 점차 한계에 이르고 있다. 이에 대응하여 Fe 원자보다 원자량이 작은 치환형 원소인 Al 등을 첨가하여 밀도를 낮춘 경량철강 소재가 제안되었다. 경량철강 소재 중 오스테나이트계 경량철강은 우수한 기계적 물성과 밀도 감소 효과를 보인다. 이 강재를 적정한 온도 및 시간에서 시효처리 하였을 때, κ -carbide와 같은 석출상이 형성되는데, 이 때 강도가 크게 향상되는 데에 반해 충격특성이 급격히 저하되는 것을 확인하였다. 그러므로 κ -carbide 석출 거동을 예측하여 경량철강 소재의 기계적 물성 변화를 분석하는 것이 매우 중요하다. 하지만 κ -carbide의 크기가 나노 단위이므로 투과전자현미경 등을 사용하여 확인해야 하므로 분석 상의 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 상용 석출 계산 프로그램을 사용하여 시효처리 시 나타나는 κ -carbide 석출물의 생성 거동을 분석하였다. 이 때 열역학 데이터베이스와 kinetic 데이터베이스를 기반으로 하여 석출물의 핵생성 모델, Nearest-neighbor broken-bond 모델, 평균장 이론 등을 바탕으로 석출 계산을 진행하였다. 또한, 예측한 데이터를 검증하기 위하여 투과전자현미경의 암시야상을 바탕으로 특정 시효열처리 시간의 석출물 크기 및 비율을 확인하여 계산한 데이터와 비교하였다.

마지막으로 석출물의 양과 크기를 통해 석출 경화 거동을 항복 강도와 연관 지어 예측하였다. 석출 경화 거동은 크게 전단(shearing) 거동, 우회(bypassing) 거동으로 나뉘며, 주 석출 경화 거동은 두 가지 거동 중 필요로 하는 응력 변화량이 작은 거동에 의해 지배된다. 특정 열처리 시 석출물의 반지름을 확인해 보았을 때, 1000분까지의 시효 열처리 시 전단 거동이 주 석출 경화 거동임을 확인하였다.

Key Words : Low density steel, κ -carbide, numerical simulation, precipitation hardening

1. 서울대학교 재료공학부
2. 재료연구소

참고문헌

- [1] C.H. Park, J.W. Won, J.W. Park, S.L. Semiatin, C.S. Lee, Mechanisms and kinetics of static spheroidization of hot-worked Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si with a lamellar microstructure, *Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science* 43(3) (2012) 977-985.
- [2] S. Zherebtsov, M. Murzinova, G. Salishchev, S.L. Semiatin, Spheroidization of the lamellar microstructure in Ti-6Al-4V alloy during warm deformation and annealing, *Acta Materialia* 59(10) (2011) 4138-4150.
- [3] J.W. Won, Y. Lee, J.T. Yeom, G.Y. Lee, C.S. Lee, High temperature deformation behavior and microstructure evolution of Ti-4Al-4Fe-0.25Si alloy, *Journal of Korean Institute of Metals and Materials* 54(5) (2016) 338-346.

Mo 무첨가 Lean Duplex Stainless강의 Aging 거동

신익수¹ · 정기채¹ · 최점용² · 박경태^{1#}

Aging behavior of a Mo-free Lean Duplex Stainless Steel

I.S. Shin¹, K. C. Chung¹, J. Y. Choi², K.-T. Park^{1#}

Abstract

The σ phase usually precipitates during aging of stainless steels (STS) and is known to deteriorate mechanical properties of STS. Cr and Mo promote σ phase precipitation. In order to suppress σ phase precipitation, a Mo-free lean duplex STS was prepared and its precipitation behavior was studied by aging the STS at 600-1000 C for 5 min. Because of the absence of Mo, no σ phase precipitation occurred. Instead, Cr_2N precipitated in the vicinity of the austenite/ferrite interphases and correspondingly the Cr and N depleted zone was formed. Upon quenching, Cr and N depleted zone transformed to martensite consuming the primary austenite. As the aging time and temperature increased, the martensite fraction increased and the deformation mode changed gradually from transformation induced plasticity to dual phase mode.

Key Words : Duplex Stainless Steel, Aging, Precipitation, Martensitic Transformation, Tensile Deformation

1. 서론

σ 상은 스테인레스강(STS)의 고온 시효 시 석출되는 Cr과 Mo가 많이 함유된 금속간화합물로써 기계적 성질에 악영향을 미친다 [1]. 최근 기존 STS강 대비 합금원소 함량을 감소시키며, 변태유기소성을 이용하여 기계적 특성 및 부식 특성을 개선시킨 lean duplex STS 개발이 활발히 진행되고 있다 [2,3]. 이에 따라 본 연구에서는 σ 상 석출을 억제하기 위해 Mo 무첨가 lean duplex STS강을 제조하고 강의 고온 시효 시 석출 거동과 석출 조건에 따른 상변태 및 기계적 거동 변화를 조사하였다.

2. 실험방법

Fe-0.03C-20Cr-3Mn-1Ni-1Si-0.25N 성분의 lean duplex STS 열연재를 1100 C에서 5분간 용체화 처리 및 급냉 후, 600-1000 C에서 5분간 시효 처리를 행하였다. 시효 처리재의 시효조건에 따른 석출물과 상변화를 광학현미경, EBSD, TEM 및 HAADF를 이용하여 관찰하였다. 각 시효 조건에 따라 상온인장시험을 10^{-3} s^{-1} 의 변형속도로 행하였다.

3. 결과 및 고찰

시효 시 석출되는 제 2 상은 주로 상경계 주위에서 관찰되었으며, HAADF 분석 결과 대부분 Cr_2N 이었으며 (Fig. 1a), 시효 시간 혹은 온도 증가에 따라 Cr_2N 석출량은 증가하였다 (Fig. 1b). EBSD phase map 에서 보이는 바와 같이 Cr_2N 석출량 증가에 따라 상경계에서

1. 한밭대학교 신소재공학과

2. POSCO 기술연구원 STS Product Team

교신저자: 한밭대학교 신소재공학과, ktpark@hanbat.ac.kr

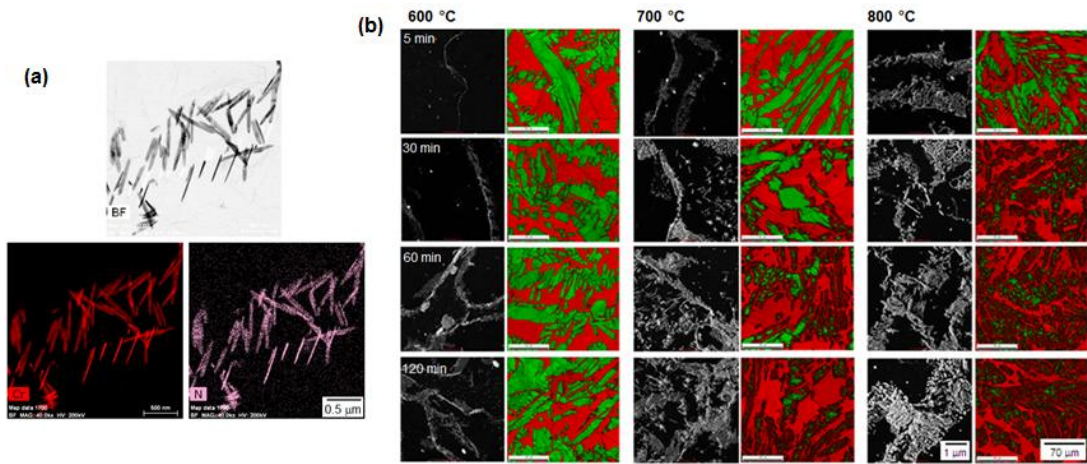


Fig. 1 (a) Cr_2N precipitated in the STS aged 800 °C for 5 min, (b) HAADF images showing Cr_2N and EBSD phase maps showing the phase change under various aging conditions.

새로운 상이 나타났으며, TEM 분석 결과 이는 lath martensite 인 것으로 확인되었다 (fig. 1b 의 EBSD phase map 에서 연두색은 모스테나이트, 붉은색은 페라이트, 자주색은 martensite 이다). 이러한 martensite 는 주로 primary austenite 에서 일어났으며, 이는 Cr_2N 석출에 의해 생성된 Cr 및 N 희석대의 primary austenite 안정성이 낮아졌기 때문이다. Fig. 2 에 보인 바와 같이 martensite 분율이 증가함에 따라 인장곡선은 전형적인 TRIP 효과를 나타내나 (30 min, 60 min 시효재), 미세조직이 거의 martensite 와 ferrite 로 구성되는 120 min 시효재의 경우 낮은 항복강도, 소성변형 초기 높은 가공경화, 연속 항복 등 martensite/ferrite dual phase 강에서 관찰되는 전형적인 인장 특성을 나타내었다.

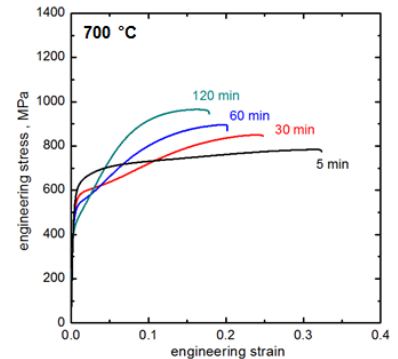


Fig 2. Tensile curves of the steel aged at 700 °C.

4. 결론

Mo 무첨가 lean duplex STS 의 경우 시효 시 $\sigma_{\text{상}}$ 석출은 억제되었으며, 대신 Cr_2N 석출과 이에 따른 martensite 변태가 일어났다. 시효 온도 및 시간 증가에 따라 Cr_2N 석출량과 martensite 분율이 증가하였다. 이와 같은 미세조직 변화에 의해 소성변형 거동은 martensite 분율이 상대적으로 낮을 경우 TRIP 에 의해 지배되나, martensite 분율이 높을 경우 Dual phase 효과가 지배적이었다.

REFERENCES

- [1] J. Maetz, S. Cazottes, C. Verdu, X. Kleber, Metall. Mater. Trans. A., 47 (2016) p.239
- [2] J. Y. Choi, J. H. Ji, S. W. Hwang, K. -T. Park, Mater. Sci. Eng. A., 534 (2012) p.673
- [3] J. Y. Choi, J. Lee, K. Lee, J-Y. Koh, J-H. Cho, H. N. Han, K. -T. Park, Mater. Sci. Eng. A., 666 (2016) p.280

셀프 피어싱 리벳에 의해 접합된 이종소재 판재의 접합강도 예측 모델

김찬양¹ · 고세진² · 김형종³ · 이명규^{1#}

Analytical Model Development for Predicting Joint Strength of Al-Fe Sheets Joined by Self-Piercing Rivet Technology

C. Y. Kim, S. J. Ko, H. J. Kim, M. G. Lee

Abstract

In this study, analytical models for predicting joint strength of aluminum-steel hybrid sheet joined by the self-piercing rivet (SPR) technology were developed and validated. The predicted joint strengths include lap-shear and cross-tension methods. To investigate the deformation mechanisms in the constituent metal sheets during the SPR process, finite element simulations were used. The simulations consist of axisymmetric riveting step, which is followed by the 3D lap-shear or cross-tension simulations. Between the two steps, the state variables such as material's hardening and damage indicator were transferred to increase the accuracy of the prediction during the second step simulation. The analytical models approximated the geometries and mechanical properties of the rivetted regions, which are inspired from the finite element analyses. Then, their model parameters were optimized from the measured joint strengths of selected SPR sheets with different combinations of sheet thicknesses, rivet shape, sheet thicknesses etc. Finally, the prediction accuracy of the developed analytical models was evaluated by comparing experimental data, which showed significant improvement in comparison with existing analytical models.

Key Words : Self-Piercing Rivet, SPR joint strength (SPR 접합강도), hybrid sheet joining(판재 이종접합), mechanical joining (기계적 접합), analytical model

후기

본 연구는 2016-2017년도 현대자동차의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

1. 고려대학교 신소재공학부

2. 현대자동차

3. 강원대학교 기계의용공학과

교신저자 : 고려대학교 신소재공학부, E-mail:myounglee@korea.ac.kr

Ti-6Al-V4 합금의 고온 변형 후 기계적 물성 변화에 관한 연구

김현지¹ · 권용남²

A Study on the Mechanical Properties of Ti-6Al-V4 Alloy after High Temperature Deformation

H. J. Kim, Y. N. Kwon

Abstract

높은 강도를 가지는 Ti-6Al-4V 합금은 상온 성형성이 낮아 초소성 현상이 일어나는 고온에서 성형이 이루어진다. Ti 합금은 온도가 높아짐에 따라 표면으로부터 산화가 진행되며 성형 후 기계적 물성이 낮아지게 된다. 이러한 물성변화를 막기 위해 Ti 합금의 성형은 불활성 분위기나 진공 상태에서 진행되고 있다. 하지만, 불활성 분위기에서 사용하여도 표면 산화가 발생할 가능성이 존재한다.

본 연구에서는 Ti-6Al-4V 합금의 고온 성형조건을 고려하여 875~900°C의 온도에서 노출시간을 60~120 분, 변형량을 0~50%로 변화시키는 방식으로 예비시편을 제작 및 고온 변형하였다. 이후 각 조건에 따른 미세조직 변화, 표면 산화층의 두께 및 수소농도를 측정하였으며 이후 인장, 피로, 경도 시험을 통해 성형 조건이 기계적 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 고온에서 노출시간이 증가함에 따라 표면 산화층의 두께는 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 표면 산화층은 인장 연신율 및 피로 수명을 큰 수준으로 감소시켰다.

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

1. 재료연구소
2. 재료연구소

변형률 속도를 고려한 구성방정식을 이용한 변형모드에 따른 유한요소해석

김효동¹ · 정완진[#]

Finite Element Analysis by Deformation Mode Using Constitutive Equation Considering Strain Rate

H. D. Kim¹, W. J. Chung[#]

Abstract

종전 연구[1]에서 자동차 판넬 소재로 사용되는 SGACUD와 DP590 강판에 대하여 3SPM과 30SPM의 두 가지 속도 하에서 2축인장시험, 평면변형시험 그리고 원형 컵 드로잉 실험적 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 DP590 1.0t 소재에 대하여 변형률 속도를 고려한 구성방정식을 이용한 변형모드에 따른 유한요소 해석을 진행하였다. 또한, 고속인장시험 데이터센터의 실험데이터에 기반한 Swift model, 실험데이터 연장 모델 그리고 Lim-Huh model[2]의 세 가지의 물성구성방정식을 사용하였다. 그리고 세 가지 구성식 모델에 대하여 성형성 및 변형결과에 대하여 비교 분석하였다.

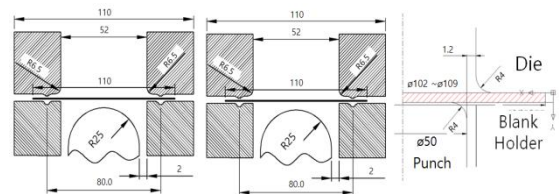
Key Words : Strain rate, Constitutive Equation, Formability, Deformation modes, Sheet metal forming, DP590

1. 서 론

Kim[1]등은 종전의 연구에서 자동차 판넬 소재로 사용되는 DP590 1.0t소재에 대하여 세 가지의 변형 모드에 따른 변형률 속도가 성형성에 미치는 영향에 대한 실험적 연구를 진행하였다. 또한, Lim[2]등은 중변형률 속도에서 재료의 거동을 표현할 수 있는 물성구성방정식을 제안한 바 있다. 본 논문에서는 LS-DYNA 3D를 사용하여 변형률 속도에 따른 물성구성방정식을 고려한 유한요소 해석을 진행하였다.

2. 연구 방법

해석에 사용된 금형은 Fig. 1에 나타내었고, DP590 1.0t에 대한 이방성을 고려하기 위해 R-value를 사용하였으며 Table. 1에 나타내었다. 또한 실험에 사용된 서보프레스의 크랭크모션을 구현하기 위해 3SPM과 30SPM의 프레스속도를 테이블 형태로 입력



하여 사용하였다.

(a) (b) (c)

Fig. 1 Die and Punch for the formability test
(a) Biaxial stretch test (b) Plane strain stretch test (c) Drawing test

Table. 1 R-value of DP590

Direction	0	45	90
R-value	0.94	0.89	1.11

구성방정식에 따른 성형성을 비교하기 위해 고속인장시험 데이터센터[3]의 전체 실험데이터를 기반으로 하여 피팅한 Swift model과 실험데이터에 추가하여 Swift model

1. 서울과학기술대학교 일반대학원 기계디자인공학학과
교신저자:서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과
E-mail: wjchung@seoultech.ac.kr

로 보간한 연장모델을 사용하였고, Lim[2]이 제안한 Lim-Huh model을 피팅하여 세 가지 구성식 모델에 대한 해석을 진행하였다.

3. 연구 결과

이축인장모드의 유한요소해석의 경우 종전의 실험결과와 마찬가지로 변형률속도가 느린 경우 성형성이 향상되었다. 평면변형모드의 경우 역시 실험결과와 마찬가지로 변형률속도가 성형성에 있어서 큰 영향을 미치지 않았다. 원형 컵 드로잉 모드의 경우 변형률속도와 물성구성방정식에 따라 성형성의 차이가 발생했다. 같은 성형 높이에서의 비교를 위해 종전의 실험데이터[1]를 참고하였으며 Table.2에 나타내었다.

Table. 2 Formability Comparison in Circular cup drawing [1]

		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
Drawing	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

동일한 마찰계수일 때, 변형률속도가 느릴수록 해석 결과가 향상되는 경향을 보였다. 이는 성형해석에 있어 변형률속도와 상대마찰력의 영향으로 인해 성형성에 차이가 발생하기 때문이다. 따라서 원형 컵 드로잉 모드의 유한요소해석에서의 신뢰성을 증가시키기 위해서는 변형률속도가 증가할수록 상대적으로 작은 마찰계수를 적용시키는 것이 필요하다. 또한 30SPM의 경우 세 가지 구성식 모델에 따라 해석의 경향이 달라졌으며, 해석 결과는 Fig.2~Fig.4에 나타내었다. 실험데이터에 추가하여 Swift model로 보간한 연장모델과 Lim-Huh model에서는 크랙이 발생하지 않았지만, 고속인장시험 데이터센터[3]의 전체 실험데이터를 기반으로 하여 피팅한 Swift model의 경우 크랙이 발생하였다. 이는 구성식 모델이 성형성 및 변형결과에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

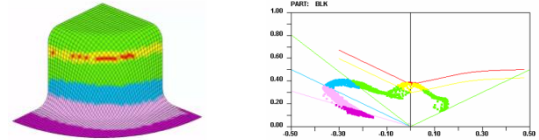


Fig. 2 Formability by Swift model

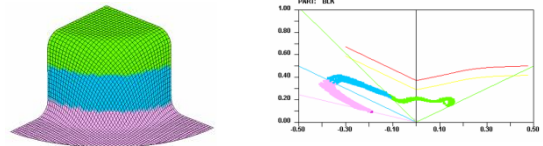


Fig. 3 Formability by (Experiment Curve + extension by Swift model)

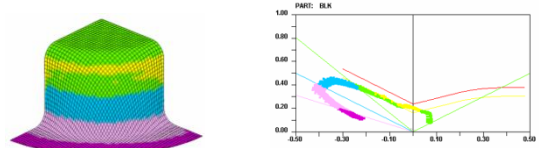


Fig. 4 Formability by Lim-Huh model

4. 결론

본 연구에서는 DP590 1.0t 소재의 변형률 속도를 고려한 구성방정식을 이용한 변형모드에 따른 유한요소해석을 진행하였다. 원형 컵 드로잉 모드의 경우 변형률 속도와 구성식에 따라 성형성에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. D. Kim, S. M. Cho, C. D. Park, W. J. Chung, 2016, An Experimental Study of Strain-rate Influence on the Formability of SGACUD and DP590 Steel Sheet according to Deformation modes, KSTP, Spring conference, pp. 135-136
- [2] J. H. Lim, H. Huh, 2007, Material Constitutive Equation for Dynamic Behavior of Material at the Intermediate Strain Rate, The Korean Society Of Automotive Engineers, pp. 1742-1747
- [3] Standard Reference Data (Property of High Speed) KSRD.01.2010.004.003: 국가참조표준센터

변형률 속도를 고려한 7000계 알루미늄 합금 판재의 고온 성형 한계 측정

유동훈¹ · 홍종화^{1,2} · 김민석¹ · 권용남¹ · 이영선¹ · 김대용[#]

Measurement of Strain-rate Dependent Forming Limit for 7000 Series Aluminum Alloy Sheet at Elevated Temperature

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

Abstract

알루미늄 합금 판재의 변형률 속도에 따른 고온 성형성을 평가하기 위해 일축 인장 시험과 가스 부풀림 시험을 이용하여 다양한 변형 모드에서 네킹 성형 한계 변형률(Forming Limit Curve at Necking, FLCN)과 파단 성형 한계 변형률(Forming Limit Curve at Fracture, FLCF)을 측정하였다. 본 연구에서는 1.27mm 두께의 7075-T6 알루미늄 합금 판재를 사용하여 성형 온도 400℃, 470℃에서 성형 한계를 평가하였다. 일축 인장 변형 모드의 변형률 측정을 위해 0.1/s, 0.01/s, 0.001/s의 변형률 속도로 일축 인장 시험을 수행하였다. 이축 신장 변형 모드의 변형률 측정을 위해 원형 및 타원형 금형을 이용하였고 다양한 변형률 속도 조건을 확보하기 위해 세 가지 다른 가스 압력으로 가스 부풀림 시험을 수행하였다. 네킹 성형 한계 변형률을 측정하기 위해 일축 인장 변형 모드 시험편은 3D 스캐너를 이용하여 두께 분포를 측정하였다. 측정된 시험편의 두께분포를 2차 역포물곡선으로 내삽하여 성형 한계 변형률을 정하였다. 이축 신장 변형 모드 시험편의 경우 3차원 광학 변형률 분석 장치(ARGUS)를 이용하여 판재 파단부 주위에서 변형률을 측정하고 ISO/DIS 12004-2 규정에 따라 성형 한계 변형률을 정하였다. 파단 성형 한계 변형률은 3D 스캐너를 이용하여 일축 인장, 이축 신장 변형모드 시험편의 파단 형상 및 치수를 측정하고 비례 변형 이력을 가정하여 변형 모드에 따른 성형 한계 변형률을 분석하였다. 일축 인장 변형 모드와 이축 신장 변형 모드의 성형 한계 변형률은 동일한 변형률 속도 조건하에 비교하기 위해 이축 신장 변형 모드의 성형 한계 변형률을 외삽하였다. 7075-T6 알루미늄 합금 판재는 다양한 변형 모드에서 470℃에서의 성형 한계 변형률이 400℃에서의 성형 한계 변형률보다 감소하는 거동을 보였으며, 동일 온도 조건 하에서는 변형률 속도가 증가할 수록 성형 한계 변형률이 증가하였다.

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

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소 소재성형연구실

2. 서울대학교 재료공학부

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

PET 코팅 강판의 파단 예측

윤수환¹·전성욱¹·정재봉¹·정지용²·고상진²·소현우²·김지훈[#]

Prediction of Fracture in PET Coated Sheet Metal Forming

S. H. Yun, S. W. Jun, J. Jung, J. Y. Jung, S. J. Go, H. W. So, J. H. Kim

Abstract

In the polyethylene terephthalate (PET) coated sheet metal, the coating layer is often damaged during sheet metal forming processes. Especially, cracks occurring in the PET layer during drawing and bending are major defects. In this work, the fracture limits of the PET film was measured for various loadings. For validation, finite element simulations were performed for the drawing and bending process. Using the fracture limits of the PET film, fracture of the PET coated sheet metal was predicted. The predicted location of the cracks agreed well with the measurements.

Key Words : PET film(PET film), Sheet Metal forming(판재 성형), finite element analysis(유한 요소 해석), Fracture(파단)

1. School of Mechanical Engineering, Pusan National University

2. Metal & Ceramic Solution Team, LG Electronics

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

결정 소성 모델을 활용한 성형 한계 곡선 예측

정영웅¹

Forming limit diagram prediction using crystal plasticity

Y. Jeong

Abstract

Forming limit diagram provides a convenient measure of sheet formability in a wide range of strain paths, which is also often incorporated into finite element analysis for forming operations. Nevertheless, the experimental procedure for forming limit test is prohibitively exhaustive in that it requires repetitive operations of multiaxial loading and preparation of various sample geometries. Moreover, since the forming limit strain is dependent on the loading path, it is almost impossible to experimentally measure all the desired loading scenarios diverged from proportional loading. To that end, predictive models for accurate forming limit diagram are highly demanded, which can prevent unwanted failures and help to achieve early prototype production of the desired components. In this study, a predictive model based on crystal plasticity framework is presented. This model employs crystallographic texture and is able to capture its evolution with respect to plastic deformation. The computing time of crystal plasticity is slower than that of phenomenological approach, which makes its application for industrial problems difficult. For the current model, this drawback has been significantly reduced by means of multi-threaded run using the multiprocessing package of Python. The predictive capability of the model is estimated in comparison with the experimental data obtained for interstitial-free steel and magnesium alloys.

Key Words : Forming limit, Crystal plasticity, VPSC, texture, Marciniak-Kuczynski.

1. 창원대 신소재공학부, E-mail: yjeong@changwon.ac.kr

Tee-pipe 피어싱 공정에서 펀치파손을 방지하기 위한 피어싱 펀치 최적 설계

이영섭¹ · 송철호¹ · 강정식² · 홍석무[#]

Optimization of Piercing Punch to Prevent Punch Breakage in Tee-pipe Piercing Process

Y. S. Lee¹, C. H. Song¹, J. S. Kang², S. Hong[#]

Abstract

최근 도시 건축물이 증가함에 따라 건축물에 가스를 공급하기 위해선 가스 배관의 공급이 필수적이다. 가스 배관은 무수히 많은 종류가 있다. 그중에서 본 논문에서는 Tee-pipe를 연구하였다. Tee-pipe는 파이프와 파이프를 연결해주는 파이프 이음쇠로 T자 모양으로 3개의 배관을 연결한다. Tee-pipe를 생산하는 방법은 하이드로포밍과 프레스 금형을 사용하는 2가지이며, 그중 대량 생산이 가능한 프레스 금형을 사용하였다. 프레스 금형은 원통 파이프에 타원형의 구멍을 뚫고, 그 구멍을 구(球)형의 펀치를 밀어 올려 버링(Burring)을 하는 공정이다. 사전 연구에서는 버링 공정에서 생기는 상단부 찢어짐 문제를 해결하고 목표 높이를 만족하는 최적 설계를 진행하였다. 그러나 양산 적용 시 첫 번째 공정인 원통 파이프에 구멍을 뚫는 피어싱 공정에서 펀치가 국부적으로 파손되는 문제점이 발생하였다. Tee-pipe의 피어싱 공정을 유한 요소 해석을 수행한 결과 피어싱 펀치에 국부적으로 최대 주응력이 높은 것을 확인하여 펀치 파손의 문제점을 파악하였다. 최대 주응력에 대한 원인 인자를 파악하기 위해 클리어런스, 펀치의 XY 평면 곡률, YZ 평면 곡률, 마찰계수에 대해 민감도 분석을 하였다. 그 결과 XY 평면의 곡률, YZ 평면의 곡률이 주요 원인 인자임을 파악하여 최적의 펀치 형상을 설계하였다. 최적의 펀치 형상으로 현장에 양산 적용하였더니 펀치 파손의 문제가 해결되었다.

Key Words : Piercing, Tee-pipe, Design of experiments, Optimization, Pareto chart

1. 공주대학교 금형설계공학과

2. ㈜ 서원기술 연구소

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

미세표면 거칠기를 고려한 마찰계수 예측 및 모델 평가

이기정¹ · 이정연¹ · 이명규[#]

Prediction of Friction Coefficient using Surface Asperity Contact Model under Different Assumptions

K. J. Lee¹, J.Y.Lee¹, M.G. Lee^{1,*}

Abstract

For the optimization of sheet metal forming process, finite element (FE) simulation has been often used in the automotive industry. In order to increase prediction capability for the formability and springback of sheet metals in the FE simulations, advanced numerical technique and constitutive modeling have been investigated by numerous researchers. However, friction behavior has not been thoroughly studied although it is one of major factors influencing the accuracy of the simulations. For example, most of the sheet metal forming simulations for predicting sheet formability and springback employed Coulomb friction law with constant value. But, it is commonly accepted that the friction is highly dependent on the normal pressure, surface quality, sliding velocity and so on. In this study, based on the understanding of the friction mechanism at micro-scale, an asperity deformation model proposed by Westeneng [1] was used to predict the friction coefficient under different conditions. In particular, various underlying assumptions for the analytical solutions were theoretically evaluated. As a future work, the developed model will be validated by proper friction experiment with different sheet metals.

Key Words: Friction model, surface asperity, sheet metal forming

[1] J. D. Westeneng, *Modelling of contact and friction in deep drawing processes*. PhD thesis, University of Twente, 2001.

1. 고려대학교 신소재공학부

교신저자: 고려대학교, E-mail: myounglee@korea.ac.kr

CEM[®] 공정을 이용한 고급 고강도강 생산기술 개발

정제숙[#] · 공종판¹ · 조용석¹

Development of Manufacturing Technology for Advanced High Strength Steels using CEM[®] Process

J. S. Chung, J. P. Gong, Y. S. Cho

Abstract

The CEM[®] technology, the innovative strip making process, has been developed by POSCO over the last couple of years. CEM[®] means compact endless casting and rolling mill. In order to develop a new competitive process of thin slab endless rolling against conventional hot or cold rolling mill in thin gauge production, POSCO accomplished the highest casting speed of 8.0 m/min with 80 mm slab thickness and high throughput continuous casting facilitates smooth production of ultra-thin gauge hot coils through endless rolling. Many technologies were developed to overcome the general problems in the high-speed casting and endless rolling operation. In the end, CEM[®] technology was developed to produce thin gauge products with high productivity for various steel grades like low carbon, medium carbon, high carbon, HSLA(High Strength Low Alloy), AHSS(Advanced High Strength Steel) and etc. In this paper, the AHSS manufacturing method of CEM[®] endless rolling is investigated in detail.

Key Words : CEM[®] , High Speed Casting, Endless Rolling , Advanced High Strength Steel

1. 서론

1996년부터 연간 1.8백만톤 일반강 생산이 가능한 미니밀 설비가 포스코 광양제철소에서 가동되어 왔다. 그러나, 초기 건설된 미니밀 설비로는 고강도 박물 제품 등의 고급강을 생산하는데 어려움이 있었다. 기존 미니밀 설비를 활용하여 고급 박물 제품을 안정적으로 생산하기 위해서는 연연속압연이 필요하였다. 두 개의 연주기는 고속주조가 가능한 한 개의 연주기로 개조되었고, 중간 소재 승온장치, strip 절단장치 등이 추가로 설치되어서 최종적으로 그림 1과 같이 연주기와 압연기가 직결된 연연속압연이 가능한 CEM[®]으로 개조되었다. 연연속압연을 통한 박물 제품생산을 위해서는 무엇보다 빠른 연속주조 속도가 요구되었다. 일반적인 미니밀 공정에서 주조속도는 5.0m/min 수준이지만 CEM[®]에서는 최대 8.0m/min까지 생산 가능한 기술을 개발하였다. 이러한 고속주조와 연연속압연 기술을 바탕으로 2013년부터 상업 생산을 시작하였고, 등속, 등온 압연의 장점을 활용한 다양한 제품을 개발하였다. 본 연구에서는 CEM[®] 공정을 이용한 AHSS 제품 생산 기술개발을 수행하였고 개발된 제품의 생산 결과들을 설명하였다.

2. CEM[®] 기술 및 제품

그림1과 같이 CEM에서는 제품의 두께에 따라 배치압연과 연연속압연을 선택적으로 사용하여 제품을 생산할 수 있다. 후물재는 배치압연 방법을 사용하고 박물재는 연연속압연 방법을 사용하여 제품을 생산한다. 고객의 주문에 따라 저탄, 중탄, 고탄, HSLA 및 AHSS 등 다양한 종류의 제품이 생산된다. 또한 CEM[®] 공정은 연연

1. 포스코

포스코, E-mail:jschung2@posco.com

속압연으로 박물재를 생산하므로 최소 0.8mm 두께의 치수, 형상, 표면품질이 우수한 열연제품을 안정적으로 생산할 수 있다.

CEM[®] 기술은 고속주조 기술, 연연속압연 기술 및 제품제조 기술로 구성되어 있다. 고속주조 기술의 요소기술은 몰드 내 유동 제어, 탕면제어, 균일 응고제어, 몰드 윤활, breakout 예측 및 방지, 2차 냉각제어, 비정상 벌징 방지기술 등이 있다. 연연속압연 기술의 요소기술로는 장력제어, 온도 엄밀 예측 및 제어, 고속절단 및 coiler 변경, 온도모델 기반 유도가열 제어, 두께 및 폭 제어, work roll 열 크라운 및 마모제어, 판 형상제어, 표면 scale 제거기술 등이 있다.

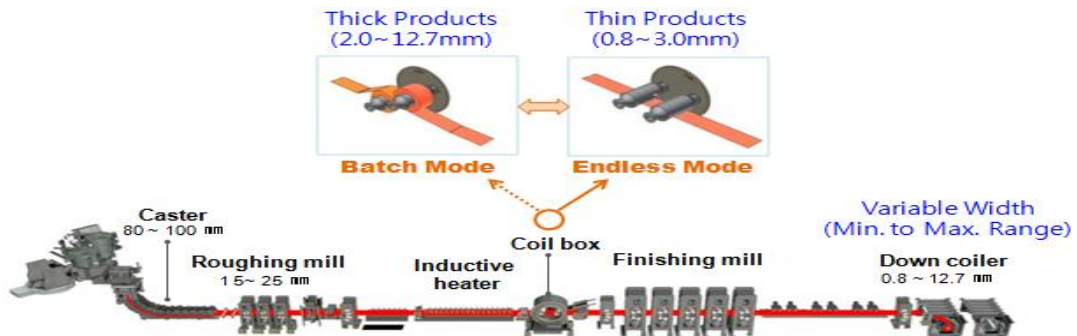


그림 1. 광양 CEM Layout

3. AHSS 제품 생산기술

AHSS강은 주로 자동차 소재용으로 사용되는데, 종류로는 Dual Phase(DP), Transformation-Induced Plasticity(TRIP), Ferritic-Bainitic(FB), Complex Phase(CP) 및 Martensitic (MART)강 등이 있다. AHSS강이 일반적인 고강도강과 차이점은 Run Out Table(이하 ROT)에서 상변태를 이용한 강화 가구를 사용하는 것이다. 모든 AHSS강은 세밀한 성분 설계와 더불어 ROT에서 온도 제어가 아주 중요하다. 엄밀한 온도제어는 제품의 기계적 성질 확보에 필수적이며, 또한 제품 수율에도 큰 영향을 미친다. 전통적인 방식의 배치압연에서는 가열로 추출 후 압연에 소요되는 시간차에 기인한 길이방향 온도 차를 극복하기 위하여 그림 2(a)와 같이 가속압연을 실시하여 압연 종료 온도(FDT)를 확보한다. 이 경우 제품 길이방향 전 구간에 걸쳐서 균일한 온도를 확보하기 어렵고, FB강의 경우 생산에 요구되는 400℃ 근처의 코일링 온도(CT)를 확보하기 어렵다. 반면에 CEM[®]의 경우 연연속압연을 이용하여 AHSS강을 생산할 때 등속, 등온 조업이 가능하여 그림 2와 같이 제품 전 구간에서 동일한 온도의 제품을 생산할 수 있으므로 고품질 및 실수율이 높은 AHSS강을 안정적으로 생산할 수 있다.

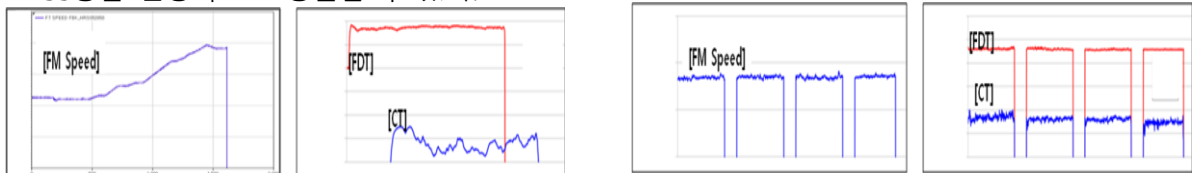


그림 2. (a) 배치압연 1매

(b) CEM 연연속압연 4매

4. 결론

고속주조 기술을 기반으로 연주기에서부터 압연기까지 직결되어 연연속압연이 가능한 CEM[®] 공정을 개발하였다. CEM[®] 공정의 통하여 일반 고로밀에서 생산되는 거의 모든 강종을 생산할 수 있으며, 특히 ROT상에서 온도 제어가 중요한 AHSS강 생산 시 CEM[®] 공정이 유리하다. CEM[®] 공정을 통하여 생산된 다양한 AHSS강을 이용한 제품들은 고로밀에서 생산된 제품들과 비교하여 CEM[®] 연연속압연이 AHSS강 생산에 매우 효율적인 공정임을 증명하였다.

CEM[®] 연연속압연 공정 압연 온도 해석 모델 개발

조용석[#] · 정제숙¹ · 공종판¹

Development of Rolling Temperature Analysis Model for the CEM[®] Endless Rolling Process

Y. S. Cho, J. S. Chung, J. P. Gong

Abstract

The compact endless casting & rolling mill (CEM[®]), the energy saving steel making process which directly links a single continuous caster and a single hot rolling mill, has been successfully developed by POSCO. From the direct linking of high speed caster and endless rolling mill, CEM[®] is able to manufacture ultra-thin-gauge hot-rolled products of high and uniform quality. Endless rolling mill includes the rolling stands for the reduction of the thickness and the induction heater to obtain the temperature for the rolling. For the CEM[®] process, sound prediction of the temperature is vital for achieving the desired temperature (FDT) because the metallurgical properties of product are substantially affected by it.

In this paper, mathematical model is presented for the prediction of the temperature distributions during the rolling, the cooling and the heating. The model consists of a model for the prediction of temperature distributions in bite zone, a model for the prediction of temperature distributions in the cooling regions and a model for the prediction of temperature distributions at the induction heater. The model in bite zone considers the energy terms of deformation, friction and the heat transfer from the strip to the roll. The model in the cooling regions considers the radiation and the convection. The model at the induction heater considers the heat generation due to the induced eddy current.

From the combination of these mathematical models, the temperature distributions can be predicted in the whole regions between the exit of the continuous caster and the exit of the finishing mill. The prediction accuracy of the proposed model is examined through comparison with actual data.

Key Words : CEM[®], high speed casting, endless rolling, temperature model, induction heater

1. 포스코

포스코, E-mail: ozinda@posco.com

열간선재압연의 조압연 공정에서 발생하는 소재의 손상 모사

김동현¹ · 김태용¹ · 이영석[#]

Simulation of material damage in roughing mill of hot caliber rolling

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

Abstract

Many types of surface defects on material are frequently created by diverse causes in caliber rolling process. These material surface defects are most often found in roughing mill of hot caliber rolling. So, in this study, we investigated the occurrence of surface defects in roughing mill of hot caliber rolling. Finite element analysis was performed to simulate damage on material in the roughing mill in caliber rolling process. Element deletion method coupled with the Bao-Wierzbicki ductile fracture locus was employed to simulate the occurrence of surface defects. In this study, damage of the material passing through the 5 - stand, the roughing mill process, was simulated. We also compared how the damage to the material changes depending on the initial temperature of the material and the worn roll geometry.

선재압연 공정에서 다양한 원인으로 인해 많은 유형의 소재 표면흠이 발생된다. 그리고 이러한 소재 표면흠은 선재 조압연 공정에서 가장 많이 발견된다. 그래서 본 연구에서는 선재 조압연 공정에서 소재 표면흠 발생을 연구하였다. 유한요소법을 사용하여 선재 조압연 공정에서 소재의 손상을 모사하였다. 소재 표면의 손상을 모사하기 위해 Bao-Wierzbicki 연성파괴곡선을 결합한 요소제거법을 사용하였다. 본 연구에서는 선재 조압연 공정인 5스탠드를 지나는 소재의 손상을 모사하였다. 그리고 소재의 초기온도와 마모된 롤 공형에 따라 소재가 받는 손상이 어떻게 변화하는지 비교해 보았다.

Key Words : Caliber Rolling(선재압연), Surface Defects(표면흠), Damage(손상), Ductile Fracture Locus(연성파괴곡선), Stress Triaxiality(삼축응력비), Strain To Fracture(파괴 변형률)

1. 중앙대학교 기계공학과

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

선재 RSM 공정에 있어 압연재 장력제어를 위한 기초연구

김동환¹ · 강윤희² · 문창호[#]

Study on the tension control of RSM stand for wire rod rolling

D. H. Kim¹, Y. H. Kang², C. H. Moon[#]

Abstract

RSM Stand (Reducing and Sizing Mill)는 Siemens-VAI 사에서 개발한 선재 Coil 용 고속압연 Stand로, 선재 Coil Maker에서 널리 쓰이고 있는 정밀압연기이다. RSM Stand는 1개의 모터로 4개의 Stand가 Gear로 연동되어 구동하는 방식으로, 개별적으로 Roll 회전속도를 제어할 수 없기 때문에 Stand간의 장력을 쉽게 조정하지 못하는 문제가 있으며, 충분한 장력을 확보하지 못할 경우 Loop로 발전한다. RSM 내부에는 고속 회전중인 Roll에 대한 소재 치입성 확보 및 유도를 위하여 Guide 및 Roller 부품이 설치되는데, 이 때 Loop로 인한 진동이 Guide 및 Roller에 가해질 경우 진동에 의한 Damage로 인하여 Roller 회전불량이 조기에 발생하는 문제가 있었다.

본 논문은 선재 고속압연 RSM Stand의 공형 변경을 통한 장력제어 기초연구로써, 압연 Simulation을 통하여 기존 공형 및 개선 공형에 의한 Stand별 출측소재 단면적, 속도, 장력 등을 예측하였다. 장력 증대에 따른 소재단면적 변화에 대응하기 위하여 Roll 공형 변경에 필요한 Concept을 도출하였으며, 장력을 증대하여 Stand간에 발생하고 있던 Loop가 감소하는 효과를 확인하였다.

Key Words : 선재, 공형, RSM, 고속압연, 장력, Tension, Loop, 단면적, 속도, 방입, 방출

1. POSCO 기술연구원 엔지니어링솔루션실, E-Mail : dexto@posco.com

2. POSCO 기술연구원 엔지니어링솔루션실, E-Mail : yhkang@posco.com

교신저자 : POSCO 기술연구원 엔지니어링솔루션실, E-mail : chmun@posco.com

광폭 마그네슘 압연기 프로세스 설계기술

김용기^{1#} · 김세혁¹ · 박현진¹ ·

Process design technique for magnesium rolling mill

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

Abstract

마그네슘 판재가 특정 자동차 회사 스포츠카 지붕에 적용되는 등 자동차 및 전자기기의 경량화 요구가 증대됨에 따라 향후 마그네슘 수요 증가가 예상되고 있다.

이에 수요처의 요구 대응 및 생산량 증대를 위해 마그네슘 광폭 압연기 신설이 추진 중에 있고 압연기 설계의 최초 단계인 압연기 용량 산정이 필요하여 생산 계획 마그네슘 소재의 폭, 두께에 따른 롤포스(Roll Force), 모터파워(Motor Power) 등을 예측하는 수식모델을 개발하였고 기존 조업 결과와 예측결과를 비교하여 정확성을 입증하였다. 그리고 압연기 용량, 모터 감속기 선정을 위한 프로세스를 정리하였다.

Key Words : Magnesium rolling, Roll force, Motor power, On-line model

1. 서론

마그네슘은 비중이 철의 1/4정도 이며 비강도는 철의 6배해 달해 가벼우면서도 튼튼한 소재로 알려져 있고 미래에 자동차 소재, 스마트폰, 노트북 등 전자기기의 경량화 추세에 맞춰 많은 수요 증가가 예상되고 꾸준한 광폭 마그네슘 판재 생산 공장 신설 또한 기대되고 있다.

최소의 투자비용으로 요구하는 제품 생산 공장 신설을 위해서는 정확한 압연 패스스케줄을 예측하여야 하고 여기에는 압하력, 모터파워, 압연온도, 감속기 선정 등이 필요하다. 그리고 고정밀도 예측모델이 있으면 판 형상, 온도 등을 고려한 최적의 롤 갭 설정 모델인 Level2 수식 모델에 적용이 가능하다.

압하력 예측을 위한 기초모델로는 Orowan 모델[1], Sims 모델[2] 등이 있다. 하지만 이러한 모델들은 근사해석으로부터 유도되어 정확성 측면에서 부족한 점이 많다고 판단된다. 이에 Hwang 모델[3] 방법을 적용하여 유한요소해석을 통해 여러 압연 공정조건들에 대하여 압하력을 예측하고 이를 수식모델화 하는 방법을 소개하고자 한다. 그리고 기존 조업 데이터와의 비교로 모델의 정확성을 검증한다.

1. 포스코건설

kykplant@poscoenc.com

회전 벤딩 공법을 적용한 선박용 커플링(미들링)의 개발

배선민¹ · 전만수² · 김동환[#]

The Development of Ship Couple Ring(Middle Ring) Using Rotate Bending Process

S. M. Bae, M. S. Joun, D. H. Kim

Abstract

선박용 커플링은 선박에 사용되는 파이프를 용접 없이 연결시켜주는 제품이다. 현재 선박용 커플링의 핵심부품인 미들링은 내부 양 끝단에 형상을 가지는 중공부품으로 주물 제작되고 있으며, 최종 제품 치수를 위한 후 가공이 수행되어진다. 미들링의 주물 제작 시 직경이 증가할수록 제품 생산성 및 비용 문제로 생산에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 중공 소재를 이용한 내부 양 끝단 형상만 성형하는 회전 벤딩 공법을 고안하였다. 회전 벤딩 공법은 기존의 링 롤링 공법을 바탕으로 소재와 금형을 회전시켜 성형부위에 국부 가열 후 성형하는 방법이다. 본 연구에서 제시하는 회전 벤딩은 소재 양 끝단에 멘드렐이 분할되어 존재하여 내부 형상에 구속 받지 않는 성형공법이다. 또한, 국부 가열 및 성형을 통해 성형하중을 줄일 수 있으며, 초기 장치 제작 비용 및 공정 시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 회전 벤딩 공법을 적용한 선박용 커플링을 개발하고자 하였으며, 유한요소해석을 통하여 기초설계 및 해석 결과를 바탕으로 성형성을 평가하는 연구를 수행하였다.

Key Words : Rotate Bending, Middle Ring, Roll Forming, FE-Simulation

1. 경상대학교 재료공정융합공학과

2. 경상대학교 기계항공공학부

교신저자 : 한국국제대학교 항공부품공학과, E-mail: dhkim@iuk.ac.kr

DLM 공정 시 철 분말의 크기와 형상이 공극형성에 미치는 영향

전태준¹ · 황태우¹ · 윤혜정¹ · 문영훈[#]

Effect of Powder Size and Shape of iron powder on porosity form during DLM

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

Abstract

Direct laser melting (DLM), layer by layer melting can lead to porosity defects caused by lack of fusion, balling. Machine process parameter optimization becomes a very important task and is usually accomplished by producing a large amount of experiment. 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, Powder Size, Processing Parameters

1. 서론

DLM 공정은 금속 분말을 이용하여 부품을 생산할 수 있는 고속 제조 공정 기술이다. 근래에는 자동차, 의학용품, 우주항공, 기계부품 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 다공질 재료는 충격 및 충격 흡수재, 분진 및 유체필터, 액체 냉각 열교환, 매우 낮은 밀도, 높은 비 표면적 및 큰 비 표면적과 같은 특정 특성으로 인해 3차원 조직의 재생으로 널리 사용되고 있다. 그러나 다공성 금속 부분의 다공도 밀도를 정밀하게 하는 것은 어렵다고 알려져 있다. 또한 다공성 형성에 대한 연구는 제한적이다. 본 연구에서는 DLM공정을 통해 아토타이징 된 분말과 기계적 볼 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 순수 철 분말을 사용하였고 레이저 출력, 빌드 실린더 높이 변화 실험의 공정변수를 Table 1에 나타내었다.

1. 부산대학교 기계공학과

교신저자: 부산대학교 기계공학과,

E-mail: yhmooon@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
Powder 3	20 μ m (50%)	40 μ m (50%)	-3, -1, 0, 1, 3	150, 200	110
Powder 4	20 μ m (50%)	60 μ m (50%)	-3, -1, 0, 1, 3	150, 200	110

3. 결과 및 고찰

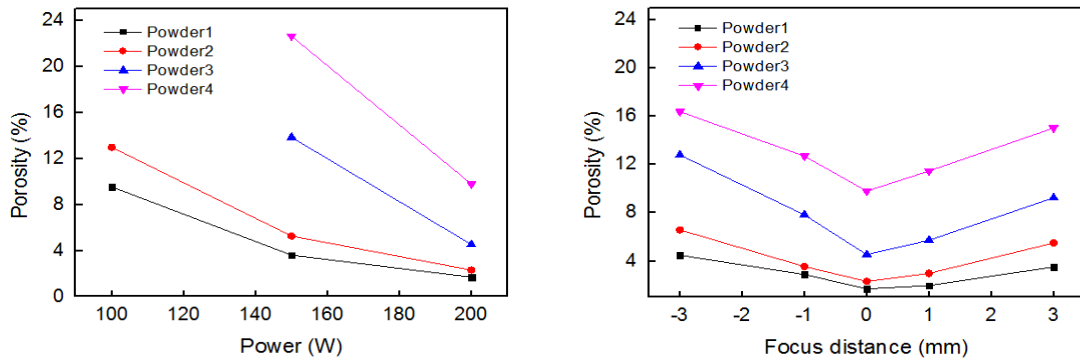


Fig. 1 Influence of DLM process parameters on the total porosity

구형 · 비구형 혼합 철 분말을 멀티트랙으로 용융 시켜 사각형태의 DLM 적층 공정을 수행하였다. 레이저 출력 100W로 주사 하였을 때 분말 3,4는 입열량이 부족해 적층이 불안정하였다. 비구형 분말의 크기가 커질수록 공극률이 높아졌다.

분말에 관계없이 레이저 출력이 높고 레이저 빔의 초점이 맞을 때 공극률이 낮아졌다.

4. 결론

혼합 분말의 경우, 비 구형 분말의 크기가 증가함에 따라 충전 밀도가 감소하고 다공성이 증가한다. 레이저 용융층의 공극률은 입열량에 크게 의존하므로 빔의 초점 거리가 멀어질수록 입열량이 감소하여 공극률이 증가한다.

참고문헌

- [1] G. Kasperovich, J. Haubrich, J. Gussone, G. Requena, Correlation between porosity and processing parameters in TiAl6V4 produced by selective laser melting, Materials & Design, Vol. 112, 2016, pp. 160~161
- [2] Chunlei Qiu, On the role of melt flow surface structure and porosity development during selective laser melting, Acta Mater., Vol. 96, 2015, pp. 72~79.

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. Kim¹, D. H. Kim[#]

Abstract

최근 세계 4륜 구동 다목적 차량 시장은 신흥시장의 급격한 수요 증가에 따라 아시아 업체들의 시장 지배력이 강화되고 있다. 국내 농촌에는 농촌인구의 지속적 감소, 노령화가 급속도로 진행되는 것이 현실이기 때문에, 생산비를 줄이고 효율적인 기계화 영농을 실현하기 위하여 자동차 및 고효율화가 시급한 실정이다. 최근 관련 업계에서는 환경공해 문제와 동시에 연비향상을 위해 다양한 연구개발을 하고 있다. 특히 차체 경량화는 엔진효율을 높여 자동차의 성능향상을 극대화시키고 그로 인해 연비향상을 도모할 수 있다. 결국 소재의 경량화는 환경오염 방지와 연료절감에 가장 적합하고 효과적인 방법이다. 현재 연료탱크는 강판에서 플라스틱으로 소재 변경되고 있다. 본 연구에서는 정사각형 중공품의 성형해석을 통하여 패리슨의 적정 직경을 알아보기 위해 3차원 유한요소 해석을 수행하였다. 패리슨의 적정 지름을 확인하기 위하여 최종 제품의 최대길이인 대각선을 기준으로 패리슨의 지름을 결정하여 해석을 진행하였다. 최종 제품의 적정 지름을 결정한 후 금형의 위치에 따른 성형 해석을 진행하였다. 해석 결과 최종 제품의 최대 길이에 따른 패리슨의 적정 지름을 찾을 수 있었으며, 금형의 위치에 따른 최종 제품의 두께 변화를 확인 하여 적정 금형의 위치를 찾을 수 있었다.

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

1. 경상대학교 재료공정융합공학회

[#] Corresponding Author : Dept. of Aircraft Parts Engineering, International University of Korea,
E-mail:dhkim@iuk.ac.kr

비산화 분위기에서 미끄럼 마멸 시험 중 형성된 강소성가 공층과 층 내부의 크랙 전파

구본우¹ · 권혁우² · 김용석[#]

Highly deformed layer formed during the sliding wear test in repressed oxidation and crack propagation.

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 미끄럼마멸 시험을 steel ball과 Al₂O₃ ball을 상대로 일반 대기 중과 Ar gas 분위기에서 행하고, 각 조건에서 형성된 표층의 차이를 보고하였다[3]. 연구 결과, Ar gas 분위기에서 Al₂O₃ ball을 상대로 미끄럼 마멸된 순철 시편의 표층에는 고경도 변형층이 형성되었다. 이 층은 그 경도가 890 HV_{0.3}로, 하중 100 N, 미끄럼속도 0.1 m/sec, 미끄럼 거리 300

1,2. Kookmin University.

Corresponding Author: Kookmin University

E-mail: ykim@kookmin.ac.kr

m의 조건에서 70 μm 두께로 형성되었다. 본 연구에서는 선행 연구와 동일하게 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.

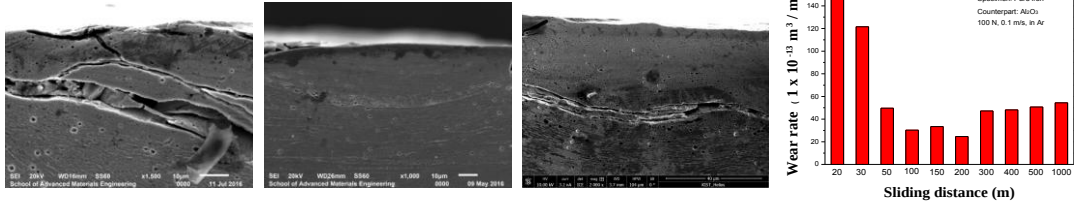


Fig. 1

Fig. 2 (a)

Fig. 2(b)

Fig.

Fig. 1 Cracks found in the highly deformed layer of the pure iron specimen tested in an Ar atmosphere (applied load: 100 N, sliding speed: 0.1 m/sec, sliding distance: 300 m).

Fig. 2 Cross sections of the tested pure iron specimens at different sliding distances: (a) 150 m, (b) 300 m (applied load: 100 N, sliding speed: 0.1 m/sec).

Fig. 3 The variation of wear rate of the pure iron specimen as a function of sliding distance (applied load: 100 N, sliding speed: 0.1 m/sec, Ar atmosphere).

그림 1은 Ar gas 분위기에서 시험된 순철의 고경도 변형층 내부에 형성된 균열을 보여준다. 균열면을 SEM을 통해 관찰한 결과, 무수히 많은 공공(cavity)들이 균열면에서 확인되었다. 이 같은 공공들의 생성과 공공이 마멸에 미치는 영향을 밝히기 위해, 미끄럼 거리에 따른 고경도 변형층의 변화를 관찰하였고 그 결과를 그림 2와 그림 3에 보였다. 미끄럼거리 100 m, 150 m 시편 단면(그림 2 (a))에서 관찰된 고경도 변형층의 두께는 40 μm 이었고, 200 m와 300 m 미끄럼거리에서 관찰된 고경도 변형층의 두께는 각각 60 μm 와 70 μm 였다 (Fig. 2 (b)). 미끄럼 거리가 증가할수록 고경도 변형층의 두께는 증가하였고, 미끄럼 거리를 달리하여 관찰된 단면에서 거리의 길고 짧음에 무관하게 고경도 변형층과 일반 변형층 경계에서 무수히 많은 공공(cavity)들이 관찰되었다. 100 m, 150 m의 미끄럼거리에서는 두 변형층의 경계에서 공공(cavity)들만이 관찰되고 균열은 확인되지 않았다. 이들 거리에서의 미끄럼마멸 속도는 $30.253 \times 10^{-13} \text{ m}^3/\text{m}$, $33.418 \times 10^{-13} \text{ m}^3/\text{m}$ 로 매우 낮았다. 그러나 미끄럼거리 200 m 이후에서는 경계에 위치한 공공들이 합쳐져 균열로 발전하며 마멸속도가 증가하기 시작하였고, 미끄럼거리 300 m 시편 단면에서도 공공 합체의 의한 균열이 동일하게 관찰되었다. 마멸 시험을 500 m, 1000 m까지 수행한 결과 동일한 단면과 거의 변하지 않는 $50.719 \times 10^{-13} \text{ m}^3/\text{m}$ 의 마멸속도가 측정되어, 일정한 깊이에서의 공공(cavity)의 합체에 의한 균열 생성과 성장이 Ar gas 분위기 하에서 순철의 정상상태 마멸 기구임이 확인되었다.

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.

결정 소성 모델을 이용한 변형 경로 변경시 판재의 이방성 경화 예측

김휘건¹ · Frederic Barlat² · 정영웅[#]

Crystal plasticity model for describing anisotropic hardening behavior of steel sheet during strain path changes.

Hwigeon Kim, Frederic Barlat, Youngung Jeong.

Abstract

During sheet metal forming processes, a material experiences non-linear complex strain path changes, which may lead to large fluctuation in the hardening behavior such as Bauschinger effect, hardening with high rate or stagnation, and permanent softening. Many studies have shown that this phenomena has to be accounted for an accurate modelling of springback, that is, the unwanted shape distortion of a formed part after the forming load is removed.

In order to capture this type of complex features using finite element (FE) simulations, a precise description of the constitutive model is highly desirable. Many macro-mechanical constitutive descriptions were successfully developed for the analysis of hardening under strain path changes, but these models are not directly related to microstructural features such as crystallographic texture, slip/twin systems and dislocation evolution in individual grains.

As an alternative method, micro-mechanical models based on crystal/dislocation plasticity [1-4] have been proposed to model strain path changes. Some of these models are closely linked to microstructural features in particular, the accumulation and annihilation of dislocations due to slip and slip reversal, and the building-up of a back-stress. Although micro-mechanical models are not suitable for FE simulations of forming due to high computational cost, they provide a finer physical description of the plastic deformation mechanisms and can be used to improve macroscopic description through virtual experiments. The study of dual-phase steel with crystal/dislocation plasticity models is an important topic at the present time because most modern steels are multi-phase alloys. However, not many studies have dealt with the behavior of these materials under strain path changes, which is different from that of single-phase steels. In this work, the yield surface changes predicted by a micro-mechanical model, VPSC-RGVB, under non-linear loading is used to develop proper evolution equations of the state variables in the macro-mechanical model.

Key Words : Crystal plasticity, Dislocation, Microstructures, Strain path change.

1. 포항공과대학교 철강대학원

2. 포항공과대학교 철강대학원

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

Reference

- [1] E.F. Rauch, J.J. Grácio, F. Barlat and G. Vincze, “Modelling the plastic behaviour of metals under complex loading conditions” *Model. Simul. Mater. Sci. Eng.*, 19, 035009 (2011).
- [2] K. Kitayama, C.N. Tomé, E.F. Rauch, J.J. Grácio and F. Barlat, “A crystallographic dislocation model for describing hardening of polycrystals during strain path changes. Application to low carbon steels” *Int. J. Plast.*, 46, 54-69 (2013).
- [3] W. Wen, M. Borodachenkova, C.N. Tomé, G. Vincze, E.F. Rauch, F. Barlat and J.J. Gracio, “Mechanical behavior of low carbon steel subjected to strain path changes: Experiments and modeling” *Acta. Mater.*, 111, 305-314 (2016).
- [4] Y. Jeong, F. Barlat, C.N. Tomé and W. Wen, “A comparative study between micro- and macro-mechanical constitutive models developed for complex loading scenarios” *Int. J. Plast.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijplas.2016.07.015>.

실시간 마찰 및 윤활 조건을 고려한 판재 성형 해석 시스템 개발

문명수¹ · 이찬호^{1#} · J.Hol² · B.Carleer³

Development of stamping simulation system by accounting for realistic friction and lubrication conditions

M. S. Moon, C. H. Lee, J. Hol, B. Carleer

Abstract

Friction modeling is the one of the most important variant for improving accuracy of sheet metal forming. Most common standard is currently to apply the Coulomb friction model with a constant coefficient of friction.

The actual friction conditions, on the other hand, are determined by the tribology system, which depends on the blank materials, coatings, die materials, lubrication and process conditions used in the real process.

In this paper, newly development of a stamping system applies various tribology systems in real process is introduced. There are various effectiveness of simulation can be improved through the newly developed system, such as formability accuracy by increasing draw-in difference, springback accuracy and punch force etc. compared with tryout results. The results of the validation project with several automotive company confirmed the expected effect of applying the new method.

Key Words : Sheet metal forming, Friction modelling, FE simulations, Tribology systems

1. 오토폴엔지니어링코리아㈜ 기술지원팀

2. TriboForm Engineering, Netherlands

3. AutoForm Engineering, Dortmund, Germany

교신저자: 오토폴엔지니어링코리아 기술지원팀,

E-mail:chanho.lee@autoform.kr

섬유강화복합재 손상 모델(FRC)에 대한 적분형 비국부 모델 적용

박준용¹ · 윤정환^{1,2#} · 윤수진³

Application of a integral-type nonlocal model to fiber reinforced composite damage model(FRC)

J. Y. Park, J. W. Yoon, S. J. Yun

Abstract

본 연구에서는 3차원 섬유강화복합재(Fiber reinforced composite) 손상 모델(FRC)에 대해 적분형 비국부 모델(Integral-type nonlocal model)을 적용하여 요소 크기 의존성 문제를 해결했다. 현재 상용 해석 프로그램 ABAQUS에서는 섬유강화복합재 손상 모델로 Hashin 손상 모델[1,2]을 제공하고 있으며 Hashin 손상 모델은 섬유(Fiber) 손상과 기지(Matrix) 손상으로 구성된 두 개의 손상 변수로 섬유강화복합재료의 섬유의 파열이나 좌굴(Buckling), 킥(kinking) 손상 거동과 기지의 크래킹(Cracking), 파쇄(Crushing) 손상 거동을 모사한다. 하지만 상업용 소프트웨어 ABAQUS에서 제공하는 모델은 2차원 해석에 제한된 모델이며 이에 Yoon과 Karabin[3]은 Hashin 손상 모델을 3차원으로 확장시키는 연구를 수행했다. 본 연구에서는 Yoon과 Karabin[3]에 기반한 3차원 섬유강화복합재 손상 모델의 섬유, 기지 손상 변수를 비국부 변수로써 다루며 손상 변수에 대해 적분형 비국부 이론을 적용했다. 비국부 이론(Nonlocal theory)은 인접 영역과의 상호 작용을 설명하며 점 단위(Pointwise) 구성식에 기반한 유한 요소 해석(Finite Element Analysis)에서 발생하는 요소 크기 의존성 문제를 보완할 수 있다. 또한 ABAQUS 내 사용자 서브루틴(User subroutine)을 활용해 수치 모사를 수행하고 예제 해석을 통해 개발된 코드(Code)의 타당성과 개발된 모델의 해석 수렴성을 확인했다.

Key Words : Nonlocal theory, Damage mechanics, Fiber reinforced composite, Finite Element Analysis(FEA), Mesh dependency

참고문헌

- [1] Hashin, Z. 1980, Failure Criteria for Unidirectional Fiber Composites, Journal of Applied Mechanics, v.47, pp.329-334
- [2] Matzenmiller, A., J. Lubliner and R.L. Taylor, 1995, A Constitutive model for Anisotropic Damage in Fiber-Composites, Mechanics of Materials, v.20, pp.125-152
- [3] ALCOA Corp. Proprietary information. Letter Report No. 11-83

1. 한국과학기술원(KAIST) 기계항공공학부 기계공학과
2. Deakin university
3. 국방과학연구소
교신저자: 한국과학기술원, E-mail: j.yoon@kaist.ac.kr

유한요소 해석을 통한 톱절단 시 발생하는 슬라브 소재의 변형 예측

최창혁¹ · 임정숙¹ · 천세환¹ · 박광수[#]

Prediction of deformation of a slab for continuous casting process during saw cutting process by the finite element analysis

Changhyok Choi, Jeong-Suk Lim, Se-Hwan Chun, Kwang-Su Park

Abstract

철강의 반제품의 하나인 슬라브는 연속 주조공정에서 액체 상태의 용강을 래들과 턴디쉬를 거쳐서 주형에 주입되고, 주형에서 나온 주편에 대하여 중심부 응고를 위하여 냉각수를 표면에 분사하며 가이드 롤, 벤딩 디바이스, 핀치롤들을 통과하며 액체에서 고체로 응고되며, 굽어진 주편은 교정기에서 똑바로 펴서 가스 절단기에서 원하는 길이로 절단되어 공급된다. 적용된 슬라브는 폭이 2000mm, 두께가 250mm, 길이가 5000mm이고, 재질은 주로 사용되는 SS400의 저 합금강과 C45의 탄소강을 대상으로 하였다. 일반적으로 반제품 슬라브는 극후물 강재나 판재의 제조를 위한 열간 롤링에도 적용되고, 자유단조를 통하여 여러 분야의 대형 단조품 제조에도 적용된다.

본 연구에서는 슬라브를 단순히 톱 절단을 통하여 표준 사이즈로 만들어 여러 분야에 적용하게 된다. 톱 절단 과정에서 슬라브의 변형이 발생하는데 절단 두께 방향으로의 압축 변형으로 인하여 톱의 전진을 방해하여 톱 끼임 현상으로 인한 불량 발생하기도 한다. 이러한 변형의 원인을 슬라브의 제조공정에서 발생한 내부의 잔류응력으로 가정하고, 이러한 잔류응력을 해석하기 위하여 슬라브의 냉각과정에서의 결정립 크기와 상변태를 유한요소 해석하였고, 이를 통하여 절단 시 발생하는 슬라브의 변형을 예측하고자 한다.

Key Words : Slab(슬라브), Continuous casting(연속주조), Saw cutting(톱절단), phase transformation(상변태), grain size(결정립크기), residual stress(잔류응력)

1. ㈜에프엠케이 기술연구소(Forge Master Korea)

교신저자: 포항산업과학연구원, E-mail: winter@rist.re.kr

인공신경망 및 유전자 알고리즘을 이용한 인발 공정의 다목적 최적설계

조동혁¹ · 김광겸² · 오제택² · 박용남² · 최현규² · 이영석[#]

Multi-objective optimal design of bar drawing process base on Artificial Neural Network and Genetic Algorithm

D.H Cho, K.K Kim, J.T Oh, Y.N Park, H.K Choi, Y Lee

Abstract

In this study, optimum conditions of bar drawing are derived through finite element analysis, artificial neural network and genetic algorithm. As the objective function, strain, strain deviation, drawing force, residual stress, etc. were selected and the occurrence of cracks in the material was restricted as the constraint condition. Base on design of experience approach reduction of area, die angle, and friction coefficient were selected as process parameter. The properties of material (strength, ductility, fracture properties) were also considered as parameter by compare FEA result of the five materials with different properties.

The parameters were combined and sampled using the latin hypercube sampling. The objective functions were calculated by finite element analysis and the predictive model was generated by artificial neural network.

Based on the predictive model, optimum conditions that could optimize the strain, strain rate, drawing force, residual stress, etc. without crack were derived by using genetic algorithm. By analyzing the optimized results of different materials, optimum solution which varies by property of material were proposed.

Key Words : Drawing(인발), chevron crack(쉐브론 크랙), Multi-object optimization(다목적 최적화), Artificial Neural Network(인공신경망), Genetic Algorithm(유전자 알고리즘)

1. 중앙대학교 기계공학부

2. 중앙대학교 기계공학부

교신저자: 중앙대학교 기계공학부, ysl@cau.ac.kr

액압성형 공정을 이용한 나사 형상을 갖는 관재 제작 및 체결

정희석¹ · 나재현¹ · 문영훈[#]

Manufacturing and Fastening of Tube with Screw shape using Hydroforming

H. S. JUNG, J. H. Ra, Y. H. Moon

Abstract

Tube hydroforming technology is a process to obtain desired shape by using hydraulic pressure. The hydroforming process is being used in various fields such as pipe parts, household pipes, accessories, exhaust pipes and structural parts. In this study, a method of manufacturing a pipe with screw shape using hydroforming technology was investigated. The method includes a fastening step through the rotation of the two pipes after fabricating an inner tube and an outer tube each having screw shape. In this process, it is important to determine the dimensions of each pipe and set the proper loading path to facilitate the fastening of pipes with different diameters. The compression test was performed to confirm the durability of the tube having the screw shape.

Key Words : Tube hydroforming, Loading path, Screw shape

1. 서론

관재액압 성형 기술은 액압을 이용하여 원하는 형상을 얻는 공정으로 제품의 구조적 무결성, 생산 비용 절감, 재료 절감, 접합 공정 수 감소 및 제품 신뢰성 향상 측면에서 많은 이점을 갖는다. 이러한 장점들로 인해 다양한 관재 부품, 가정요 배관, 부속품, 배기관 및 구조용 부품 등의 여러 분야에 활용되고 있으며 지속적인 수요 증가가 예상된다[1,2]. 본 연구는 서로 다른 외경을 갖는 관재를 나사형상으로 액압 성형하여 나사산에 의해 체결된 구조용 관재를 제작하는 것에 있다. 구조용 관재 제작은 액압 성형 공정 시 내부 압력 설정을 달리함으로써 확관 정도를 제어하여 두 관재 사이의 마찰을 줄이는 공정 설계가 중요하다.

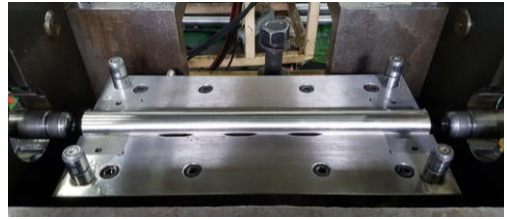
2. 실험방법

나사형상을 갖는 구조용 관재를 제작하기 위해 SUS304 관재를 사용하였다. 실험에 사용된 내부 관재의 크기는 외경 48.6mm, 두께 1.1mm 이며, 외부 관재의 크기는 외경 50.8mm, 두께 0.8mm 이다. 그림 1은 나사 형상을 갖는 관재 제작을 위한 액압성형 금형과 액압 성형을 위한 셋업 상태를 보여준다. 액압성형 실험은 금형의 공동에 튜브를 장착시킨 후 금형을 닫고 펀치의 축 이동을 통해 관재의 끝단부가 펀치에 의해 밀봉되면 관재를 유압 오일로 채운 후 진행된다.

1. 부산대학교 기계공학과
교신저자: 부산대학교
E-mail: yhmoon@pusan.ac.kr



(a)

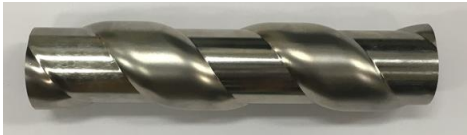


(b)

Fig. 1 Hydroforming die set for manufacturing tube with screw shape

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 액압성형 공정을 이용하여 복잡한 나사형상을 갖는 관재를 제작하였다. 그림 2는 액압성형 공정을 이용하여 제작된 나사형상을 갖는 관재를 보여준다. 관재의 체결을 용이하게 하기 위하여 외관의 확관률 보다 내관의 확관률이 작도록 성형하였다. 그림 2의 (a)와 (b)의 비교를 통해 확관 정도의 차이를 확인할 수 있다. 그림 2(c)는 관재의 체결을 통해 연장된 관재의 모습이다. 나사 형상으로 인해 관재는 체결 시 고정이 용이하며, 나사산의 개수나 길이에 따라 조절이 가능하다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2 Final hydroformed shape : (a) Outer tube, (b) Inner tube, (c) Tube extension by fastening inner tube and outer tube

4. 결론

본 연구에서는 액압성형 공정을 이용하여 나사형상을 갖는 관재를 제작하여 관재가 나사산에 의해 체결된 구조용 관재를 제작하는 것에 있다. 액압성형 공정을 이용하여 복잡한 나사형상을 갖는 관재를 쉽게 제작할 수 있으며, 내관과 외관의 체결을 통한 구조용 관재 제작이 가능하다. 또한 액압성형을 통해 성형된 최종 제품은 높은 강도로 인해 구조관에 적용이 더욱 용이하다.

참고문헌

- [1]B. Teng, K. Li, S. Yuan, 2013, Optimization of loading path in hydroforming T-shape using fuzzy control algorithm, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 69, pp. 1076~1086
- [2]T. Zribi, A. Khalfallah, H. BelHadjSalah, 2013, Experimental characterization and inverse constitutive parameters identification of tubular materials for tube hydroforming process, Vol. 49, pp. 866~877

철근 제조 공정에서의 상변태 및 강도 예측을 위한 유한요소 해석 모델

Kaushik Bandyopadhyay¹ · 이준호¹ · 이명규^{1#}

Modeling for prediction of phase transformation in steel bar

Kaushik Bandyopadhyay, J. H. Lee, M. G. Lee

Abstract

In modern days, reinforcing steel bars are very essential material in the construction industry to impart strength in the concrete. Different specialized heat treatment techniques are followed to produced steel of desired material quality. However, prior prediction of transformed phase fraction at the end of the process is necessary for efficiency in the planning stage. In this present study, FE modeling of phase transformation kinetics of steel bar subjected to two different heat treatment processes were performed implementing a user defined subroutine. The Johnson–Mehl–Avrami–Kolmogorov (JMAK) type equations were considered for diffusional transformation of ferrite, pearlite and bainite from austenite. On the other hand, Koistinen-Marburger equation was utilized for modelling diffusion less transformation of martensite from austenite. Along with modeling of phase transformation kinetics, the related thermo-mechanical issues were addressed. The heat transfer condition during quenching and heat generation due to phase transformation were incorporated in the model. Similarly, strain increment associated to temperature change, phase transformation and plastic deformation were also considered in the FE modeling. Finally, the model was equipped to estimate evolution in hardness and strength in the steel bar during the complete heat treatment processes. The developed FE model was validated comparing the FE predicted phase fraction and hardness with corresponding experimental results.

Key Words Phase transformation, JMAK model, FE simulation, Hardness, Strength

후기

본 연구는 산업통상자원부가 지원하는 산업핵심기술개발사업의 “사회 안전 확보를 위한 700 MPa 급 철근 활용 내진용 철근콘크리트 개발” (No. 10063488)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다

1. 고려대학교 신소재공학부

교신저자: 고려대학교 신소재공학부, E-mail:myounglee@kroea.ac.kr

리브를 가진 강관 성형을 위한 4단 롤포밍공정에 대한 유한요소해석

정동원^{1,#}

Finite element analysis for the 4-stand roll forming process for steel tube with rib

D. W. Jung

Abstract

Roll forming is a continuous profile production process to form sheet metal progressively into the desired shape with closer tolerances. The process offers several advantages such as complex geometrical shapes, high strength, dimensional accuracy, closer tolerances, better quality and consistency, high production rate, improved conformity, and good surface finish. Several parts of automobile body are produced with this process. Nowadays roll forming technology draws more attentions than before in the automotive industry. In this paper, A Finite Element Method applied to study von mises stress, equivalent plastic strain, thickness, plastic strain, longitudinal strain and spring back of the metal sheet with ribs formed by roll forming process. The thickness variation was almost -6.144%.

Key Words : Roll forming process, Steel tube, Stress distribution, Thinning strain, Thickness, Finite Element Method, Spring Back

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학협력 기술개발사업 (No.C0444580)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] S. Panton, S. Zhu, J. Duncan, Fundamental deformation types and sectional properties in roll forming, International journal of mechanical sciences, 36 (1994) 725-735.
- [2] F. Heislitz, H. Livatyali, M.A. Ahmetoglu, G.L. Kinzel, T. Altan, Simulation of roll forming process with the 3-D FEM code PAM-STAMP ,Journal of Materials Processing Technology, 59 (1996) 59-67.

1. 제주대학교 기계전공

교신저자: 제주대학교 기계전공, E-mail: jdwcheju@jejunu.ac.kr

점진성형을 적용한 차량용 자동변속기 부품 제조 방법에 대한 연구

박은수¹ · 이광진¹ · 이성민¹ · 정은영¹ · 주원광¹ · 김봉준^{1#}

Study on the produce technology of the automatic transmission parts by using flow control forming method

E. S. Park, K. J. Lee, S. M. Lee, E. Y. Jung, W. K. Joo, B. J. Kim

Abstract

This study is a research on the manufacturing of automatic transmission parts using flow control forming of aluminum material. In this study, optimization studies were carried out on forming characteristics, heat treatment conditions, and molding parameters for each material. In addition, optimum conditions for each variable were derived and conditions for immediate application in mass production were derived. The results of this study will be helpful for the implementation of aluminum parts for automotive parts.

Key Words : Automatic Transmission Parts, Aluminum, Flow Control Forming

1. 서론

차량 기본 성능, 연비 개선 분야에 있어 부품 경량화는 매우 효과적인 수단이며, 이를 위해 자동차 부품 제작에 경량소재인 알루미늄, 마그네슘등의 적용에 많은 연구개발을 진행하고 있다.

현재까지 알루미늄 부품제작에 가장 많이 사용되는 공법은 다이 캐스팅이다. 다이 캐스팅은 알루미늄 제품 제작에 관해서는, 현존 공법중 최고의 생산성을 가지고 있으며, 가장 넓은 분야에 걸쳐 적용 되어 있다.

그러나, 기포 잔류에 의한 내부 주조 결함 및 적용 소재의 물성적 한계를 가지고 있어 내구성을 필요로 하는 부품, 고경도가 요구되는 부품에는 적용에 한계를 가지고 있다.

이러한 일반적인 다이 캐스팅의 한계를 극복하기 위해 냉간 점진성형을 이용한 알

루미늄 소재 성형기술을 개발하여 내구성을 확보한 경량화 부품을 개발하고자 하였다.

2. 실험방법

열처리가 가능하며, 대량 공급이 가능한 소재를 조건으로 하여, 최초 선정된 소재는 6013, 6056, 6082MF 총 3 종이었다. 성형에 앞서, 각 소재별 사전 열처리 이후 3 종의 연신율을 측정하였다. (Table 1)

연신율을 6013 이 상대적으로 가장 높았으나, 측정값의 편차가 컸다. 이를 분석하기 위해, 조직분석을 시행하였다. (Fig1)

분석결과, 6082MF 결정립의 크기가 평균 16 μm 로 매우 미세하며, 사전 열처리에 의한 조직 조대화 발생하지 않은 것으로 분석, 6082MF 를 최적 소재라 판단하였다. 단, 비교군이 필요하였으므로, 3 종의 소재에 대한 테스트를 진행하였다.

1. 경창산업㈜

교신저자 : 경창산업㈜, parkes@kc.co.kr

구분	A6082MF	A6013	A6056
주요 성분	Al 99.5, Mg 0.6~1.2, Cu 0.7~1.3, Cr 0.2~0.4, Fe 0.25max wt(%)	Al 99.5, Mg 0.8~1.2, Cu 0.8~1.0, Fe 0.1max wt(%)	Al 99.5, Mg 0.8~1.2, Cu 0.7~1.2, Fe 0.1~0.25 wt(%)
기계적 특성	YS(MPa) 140, UTS(MPa) 227, EL(%) 29~28	YS(MPa) 158, UTS(MPa) 282, EL(%) 18~32	YS(MPa) 186, UTS(MPa) 336, EL(%) 16~19
표면	표면 연삭 후 연삭	연삭 후 연삭	광도 / 연삭
조직	조직 균일	일부 조직 불균일	조직 미세

Table 1. 소재별 사전 열처리 후 물성

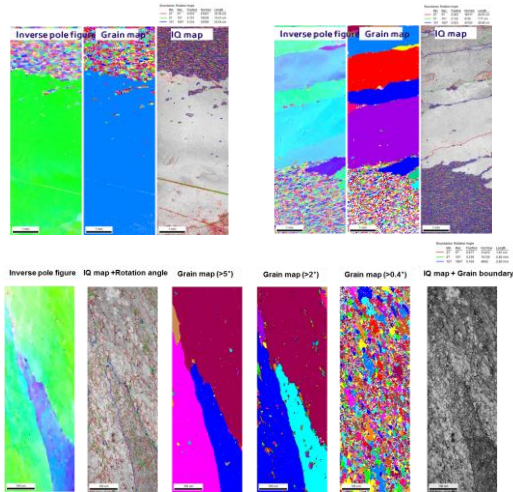


Fig 1. 6013(상) & 6082(하) 조직 사진

또한, 냉각 방법에 대하여, 최소 변형 조건을 도출하였다. (Fig2)
상기의 데이터를 기준으로, 최적 조건을 도출하였으며, 최적 조건을 기준으로 성형성 평가를 진행하였다. 성형성 평가는 비교 데이터 확보를 위해, 3 종의 소재 모두 진행하여 결과를 얻었다.(Table2)

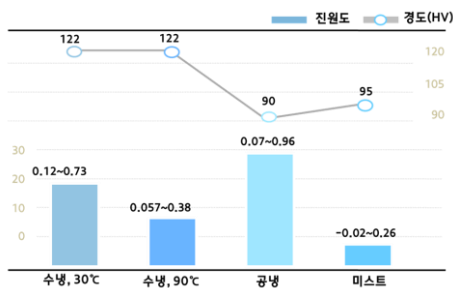


Fig 2. 냉각방법 별 변형률

NO	구분	A6082MF	A6013	A6056
1	열처리 조건	TMT (530°C, 2HR ~ 100°C, 2HR)		
2	성형 결과	OK	NG	NG
3	치수	적합	-	-
4	기타 사항	결함 없음	스플라인 시작부 Crack	스플라인부 종단부 Crack
5	성형물 사진			
6	결론	최적 조건 선정	개선 예정 없음	6013 대비 상대적 양호

Table 2 최종 테스트 결과

최적 조건 도출 후, 성형성 평가를 완료하였으며, 제품을 구현하였다.

아울러, 양산에 즉시 적용 가능한 조건을 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

6082MF 소재 기준, Spindle 회전 속도 400RPM, Feed 500, 미스트 방식의 냉각조건이 양산적용에 있어 최적조건임을 알게 되었다. 상기의 조건을 기준으로, 최적 양산조건을 도출하였다.

4. 결론

6082MF 소재, 점진 성형 적용 차량용 동력 전달 부품을 구현하였다. 이 실험의 결과는 추후 각종 동력전달용 알루미늄 부품 구현에 크게 도움이 될 것으로 생각한다.

참고문헌

- [1] H. N. Nagarajana, H. Kotrappaa, C. Mallannaa, V. C. Venkatesha, 1981, Mechanics of Flow Forming, CIRP Ann., Vol. 30, pp. 159~162.
- [2] 권용남, 김상우, 김봉준, 박은수, 차달준 2011, 유동성형을 이용한 중공형 부품 제조공정 개발, 한국소성가공학회지, 제 20 권, 제 8 호, pp. 611~618.
- [3] B. J. Kim, E. S. Park, W. Y. Byeon, D. J. Cha, 2012, Study of Manufacturing Technology of The Drum Clutch for Automatic Transmission, Steel Research International, Proceedings of the 14th International Conference on Metal Forming 2012, pp. 1415~1418.

유한요소법을 활용한 볼 조인트 하우징 냉간단조 정밀성형 금형설계에 관한 연구

박희찬^{1#} · 김동배¹ · 김주업¹ · 서창민² · 정해석² · 김동희²

Study on the Design of Cold Forming Precision Molding of Ball Joint Housing Using Finite Element Method

H. C. Park, D. B. Kim, J. E. Kim, C. M. Seo, H. S. Jeong, D. H. Kim

Abstract

The ball joint has a function of connecting the steering knuckle and the suspension control arm, and functioning as a rotation center shaft of the steering knuckle when the steering wheel rotates, so that the vehicle can be turned freely. The ball joint consists of ball stud, seal, polymer and ball joint housing. In the case of a ball joint housing, mechanical strength is demanded as a component directly receiving impact transmitted from the road surface. In the case of existing products, it takes a lot of time and expense to produce products by including heat treatment for improvement of moldability and strength, and processing for securing precision of inner diameter dimension. Therefore, the optimal design of the product was studied by using the finite element program to improve the productivity of the ball joint housing and the internal machining process to be omitted.

Key Words : Precision Cold Forming, Ball joint, Finite Element Method, Optimization

1. (재)대구기계부품연구원

2. (주)신도하이텍

박희찬:(재)대구기계부품연구원, E-mail:parkhc@dmi.re.kr

실시간 투과전자현미경 및 분자동역학을 이용한 TiAl 합금의 소성거동 분석

Seong-Woong Kim^{1,*}, Byungkwan Jeong², Jaemin Kim², Seung-Hwa Ryu^{2,*} and Seung-Eon Kim¹

Abstract

TiAl 합금은 매우 가볍고 강도가 우수하며 고온 크리프 특성 등이 우수하여, 자동차 및 항공기 등의 수송기기 뿐만 아니라 발전용 터빈휠 등에 적용 가능한 소재이다. 그러나, 상온에서 취약하여 실용화에 걸림돌이 되고 있다. TiAl 합금은 DO19구조를 갖는 알파2 상 (Ti3Al)과 L10 구조를 갖는 감마상 (TiAl)으로 이루어져 있는데, 이 중 TiAl 감마상은 전위를 통한 슬립 및 변형 쌍정을 통해 2 - 5% 정도의 소성 변형이 가능하다. 따라서, TiAl 합금의 상온 연성 발현 기구 분석을 위해서는 구성상인 감마상의 변형 거동을 제대로 이해하고 이것을 2상 구조인 모합금에 적용해야한다.

본 연구에서는 실시간 투과전자현미경 관찰 및 분자동역학 계산을 통해 TiAl 상의 변형 거동을 확인하였으며, 조성에 따른 적층결합 에너지와 Schmid Factor로 설명하였다. 또한, 상온 연성 개선을 위한 연성 발현 기구를 제시하였다.

Key Words : TiAl; 실시간 투과전자현미경; 분자동역학; 전위; 변형 쌍정; 적층결합 에너지

1. Titanium Department, Korea Institute of Materials Science, Changwon 642-831, South Korea

2. Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305-701, South Korea

Corresponding author: S. -W. Kim (mrass@kims.re.kr), S. H. Ryu (ryush@kaist.ac.kr)

충돌 특성을 고려한 리어플로어 컴플 설계에 관한 연구

차승훈¹ · 김중희¹ · 소범식¹ · 권순덕² · 이휘용²

Study on the Design of Rear Floor Assembly Considering Crash Characteristics

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

Abstract

The Rear floor assembly is located in the lower part of the vehicle body, and it is essential that the safety of the passenger and the design not damaged at the fuel tank and electric battery in the event of a rear-end collision. Although most of the studies have been applied to the rear floor assembly design by performing the crash analysis for the entire BIW, it takes a long time to perform the crash analysis, which limits the evaluation of various design variables. In this study, the rear floor assembly design is applied in consideration of various load directions. The rear floor assembly deformation pattern and load-displacement graph are compared and analyzed after the crash analysis. This study is used in LS-DYNA software.

Key Words : Vehicle body, Rear floor assembly, rear-end collision, oblique-end collision, Load-Displacement Graph

1. 서론

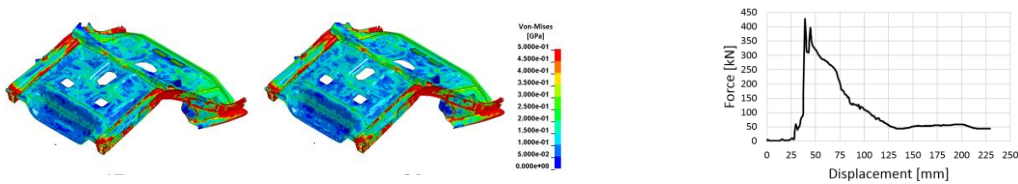
리어플로어 컴플은 자동차 차체의 하부에 위치하고 있으며, 자동차 후방 충돌 시 탑승객 안전을 고려할 필요가 있으며, 또한 리어플로어 컴플에 부착되어 있는 연료 탱크 및 전기 배터리가 손상되지 않는 설계가 필수적이다[1]. 대부분의 연구는 BIW(Body In White) 전체를 대상으로 충돌 해석을 수행하여 리어플로어 컴플 설계에 반영하였지만, 200개 이상의 부품을 가진 BIW를 기준으로 후방 충돌 해석 수행 시 많은 시간이 소요되며 이로 인해 다양한 형상 설계 변수 및 여러 방향의 하중 조건을 모두 고려하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 리어플로어 컴플을 기준으로 다양한 하중 방향을 고려한 리어플로어 컴플 충돌 해석을 수행하여 하중 방향에 따른 변형양상 및 하중-변위 그래프를 분석하여 리어플로어 설계에 반영하고자 하였다.

2. 리어플로어 컴플 후방 충돌

리어플로어 컴플의 후방 충돌 해석은 LS-DYNA MAT 24(PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY) 활용하여 변형을 속도를 반영하여 수행하였다. 충돌 해석 조건은 900kg인 강체벽을 45km/hr의 속도로 리어플로어 방향으로 향하게 하였고, 강체벽의 반대편에서는 차량 본체와 연결되는 부분이기 때문에 X, Y, Z 방향을 모두 고정하여 해석을 수행하였다. 그림 1과 같이 해석 결과 리어플로어 컴플의 후방 충돌 시 리어사이드멤버가 양쪽에서 힘을 견디다가 리어사이드멤버 부품에 좌굴이 발생하기 시작하며 리어플로어 컴플 전체적으로 변형이 확대되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 하중-변위 그래프에서 리어사이드멤버가 좌굴이 발생하기 전 최대 하중은 400kN, 변위 50mm로 확인할 수 있었다.

1. (재)경북테크노파크 그린카부품기술연구소

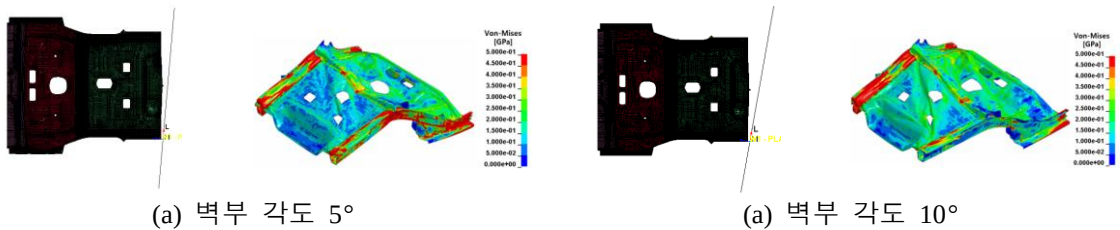
2. 아진산업



(a) 리어플로어 컴플 변형 양상 (b) 하중-변위 그래프
그림 1. 리어플로어 컴플 후방 충돌 해석 결과

3. 리어플로어 컴플 경사 충돌

리어플로어 컴플의 경사 충돌은 후방 충돌과 하중 방향이 다르며 실제 주행 중 사고가 후방에서 정면으로 부딪혀 일어나는 사고 보다 후방 측면방향, 즉 대각 방향에 일어나는 충돌사고가 더 많으므로 경사 충돌해석을 수행하고자 하였고, 후방에서 측면으로 5°와 10° 방향으로 회전시켜 해석을 수행하였다. 그림 2 와 같이 강체벽의 각도가 5°일 때 보다 10°일 때가 더 큰 변형을 보이며, 각도가 클수록 리어플로어 컴플이 버티기 힘든 것을 확인하였고 경사 충돌 해석에서도 동일하게 리어사이드멤버가 가장 큰 힘을 받았고 좌굴이 일어나고, 후방 충돌과 동일하게 리어플로어 컴플 중간 부분이 위로 올라가면서 변형이 일어나는 것을 확인할 수 있었다.



(a) 벽부 각도 5° (a) 벽부 각도 10°
그림 2. 리어플로어 컴플 경사 충돌 해석 결과

4. 결론

본 논문에서는 후방 충돌 및 경사 충돌 해석을 통해 리어플로어 컴플 변형 양상을 비교 분석하여 리어플로어 설계에 반영하고자 하였으며, 후방 충돌 해석 시 대부분의 하중은 리어사이드 멤버에 집중되며 리어사이드 멤버 좌굴 변형 후 하중이 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 경사 충돌의 경우 벽부 각도가 증가할수록 변형은 증가하며 경사 충돌 해석에서도 동일하게 리어사이드 멤버가 가장 큰 힘을 지지하는 것을 확인할 수 있었다. 향후에는 BIW 후방 충돌 변형 양상을 파악하여 후방 충돌 및 경사 충돌의 경계 조건을 결정하고 리어플로어 컴플 단품으로 해석 결과를 파악 가능할 수 있는 충돌 해석 모델을 정립할 것이다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 산업소재핵심기술개발사업 “CFRP-금속 Hybrid 일체화 고속 성형고정기술 및 이를 적용한 40%이상 경량화된 자동차 Underbody structure” 과제 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] S.H. Hesse, D.H.-J.A.Lukaszewicz, F.Duddeck, 2015, Composite Structures, A method to reduce design complexity of automotive composite structures with respect to crashworthiness, 129, pp. 236~249.

롤 성형공정에서 판재의 과도한 두께 얇아짐을 방지하기 위한 롤 설계기술

정동원^{1,#}

A new design technique to prevent thinning of sheet in roll forming process

D. W. Jung

Abstract

롤포밍, 드로잉 및 스탬핑과 같은 금속박판 성형공정에서 해결해야 하는 중요한 도전 과제는 일부 판재영역에서 금속판재의 과도한 두께 얇아짐을 적절히 조절하는 것이다. 산업현장에서는 박판제품의 과도한 두께얇아짐을 줄이기 위해 스탬핑 공정 대신 롤 성형공정이 제안된다. 과도한 두께감소변형율은 금속판재의 불량요인인 네킹, 터짐 또는 주름을 야기한다. 본 연구에서는 롤성형 공정에서 박판의 과도한 두께얇아짐을 방지하기 위한 새로운 엔지니어링 기법을 제안한다. 해석결과는 제안된 설계기법이 판재의 두께얇아짐에 상당한 영향을 미치고 과도한 두께얇아짐을 크게 줄일 수 있음을 보여준다. 새로운 설계기법 효과의 이유들도 아울러 논의되었다.

Key Words : Roll Forming Process, Thinning Strain, Finite Element Method

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업 (No.C0444580)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] H. Wang, Y. Yan, F. Jia, F. Han, 2016, Investigations of fracture on DP980 steel sheet in roll forming process, Journal of Manufacturing Processes, Vol. 22, pp.177~184.
- [2] S. Curtze, V.-T. Kuokkala, M. Hokka, P. Peura, 2009, Deformation behavior of TRIP and DP steels in tension at different temperatures over a wide range of strain rates, Materials Science and Engineering: A, Vol. 507, pp.124~131.
- [3] D. Wowk, K. Pilkey, 2013, An experimental and numerical study of prestrained AA5754 sheet in bending, Journal of Materials Processing Technology, Vol.213, pp.1-10.

1. 제주대학교 기계전공

교신저자: 제주대학교 기계전공, E-mail: jdwcheju@jejunu.ac.kr

롤포밍공정에서 바우결함과 스프링백

정동원^{1, #}

The bow defect and spring back in roll forming process

D. W. Jung

Abstract

With the development of the automotive industry, the automotive industry put forward a new appeal of safety, environmental protection and energy saving. The emergence of high-strength steel meets the requirement of those highly impact factors. High strength steel not only can achieve the same strength but also effectively reduce the material thickness. High strength steel forming technique has been widely recognized on the market, so the insiders pay close attention to this technology. However, with the increase of strength, the elongation and plastic property of the sheet have been reduced, the forming performance decreased and it is difficult to make deformation at room temperature. At the same time, because of the work hardening, the product is easy to crack and have a large spring back angle. To solve this problem, some researchers come up a method to apply the pre-heat to the sheet before the forming process. With the preheat process, the microstructure of the steel has been changed, thereby affecting the phatic property and the elongation of the sheet, reduce the deformation resistance and make the sheet easier to deform. In this paper, we have set up a roll forming model with the high strength steel using ABAQUS software The sheet in these models have been measured the contour bow defect of displacement and the stress are used to analysis the deformation of the sheet. The spring back also has been developed in the simulations. At last, experiments were carried out to verify the validity of the proposed models.

Key Words : Roll forming process, Finite Element Method, Bow defect, Spring back

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업 (No.C0444580)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

[1] J. R. Cho, S. J. Moon, Y. H. Moon, S. S. Kang, 2003, Jou. of Mat. Pro. Tech. Vol.141, pp.109~118.

1. 제주대학교 기계전공

교신저자: 제주대학교 기계전공, E-mail: jdwcheju@jejunu.ac.kr

과공정 Al-15wt.%Si 압출 소재의 미세조직 및 마모 특성에 미치는 TiO₂ 첨가의 영향

강연지¹ · 허준영¹ · 김종호² · 황종일³ · 이기안^{1, #}

Effect of TiO₂ Addition on Microstructure and Wear Property of Extruded Al-15wt.%Si Alloy

Y. J. Kang, J. Y. Heo, J. H. Kim, J. I. Hwang, K. A. Lee

Abstract

과공정 Al-Si 합금에서 응고 중 정출되는 조대한 초정 Si상의 크기 및 분포 제어를 위해 미세화제의 사용이 일반적이지만, 기존 합금 내 초정 Si상의 핵생성 site를 제공하는 미세화 방식은 초정 Si상 내 심각한 결함을 유발하여 합금의 기계적 특성에 악영향을 줄 수 있다. 그에 따라 본 연구에서는 새로운 in-situ 방식으로 TiO₂를 첨가 후 초정 Si상 성장 억제를 피하였으며, 열간 압출 공정 후 미세하고 고른 초정 Si상 분포를 갖는 과공정 Al-Si 합금을 제조하였다. 기존의 초정 Si상 미세화 mechanism을 따르는 CuP 미세화제를 첨가한 같은 조성의 합금을 비교재로 선정하였으며, 합금의 미세조직, 내마모 특성을 비교/평가하였다. 미세조직 관찰 결과, 초정 Si상의 size는 CuP 첨가 소재에서 47.6 μ m으로 나타난 반면 TiO₂ 첨가 소재는 31.9 μ m로 대폭 감소하였으며 공정 Si 상 크기는 유사하였다. XRD를 통한 상분석 결과, Al 기지와 Si상을 비롯하여 Al₂Cu상 등 석출물상들이 검출되었으며, XPS 분석으로부터 Al₂O₃상의 존재를 확인할 수 있었다. 마모 시험은 Pin-on disk 장비를 이용하여 wet 조건으로 2, 3, 4kgf, 1h 수행하였다. 그 결과 초정 Si상이 미세하고 고르게 분포하였던 TiO₂ 첨가 소재의 wear loss가 모든 하중 조건에서 현격히 감소하였다. 추가적으로 미세조직과 연계한 마모 거동 해석을 위해 마모흔 표면 SEM을 통해 관찰하였으며, 과공정 Al-Si 합금에서 서로 다른 두 미세화 방식이 합금의 마모 거동에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.]

Key Words : Hyper-eutectic Al-Si, Primary Si, Wear property, Pin-on disk test

1. 인하대학교 신소재공학과

2. 포항산업과학연구원

3. LMS(주)

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

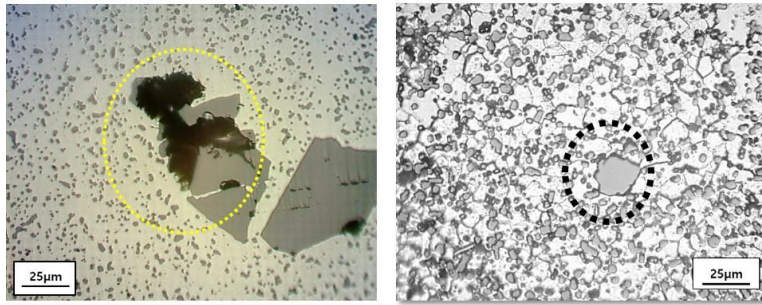


Fig. 1. Microstructures of extruded Al-15wt.%Si refined by

(a) CuP, (b) TiO_2

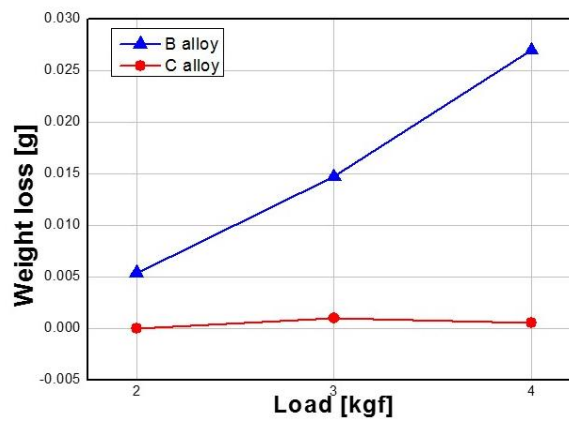


Fig. 2. Weight loss of extruded Al-15wt.%Si alloy

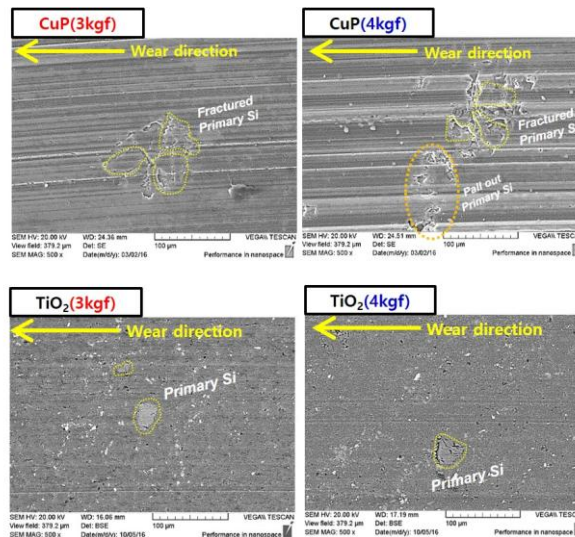


Fig. 3. Worn out surface of extruded Al-15wt.%Si alloy

tested at 3, 4kgf

과공정 Al-15wt.%Si 압출재의 미세조직, 인장 및 피로 특성에 미치는 TiO₂ 첨가의 영향

허준영¹ · 백민석¹ · 김종호² · 황종일³ · 이기안[#]

Effect of TiO₂ addition on the Microstructure, Tensile and Fatigue Properties of Extruded Hyper-eutectic Al-15 wt.%Si alloy

J. Y. Heo, M. S. Baek, J. H. Kim, J. I. Hwang, K. A. Lee

Abstract

본 연구는 과공정 Al-15wt.% Si 압출한 소재에 CuP 및 TiO₂ 첨가에 따른 미세조직과 인장 및 피로 특성에 대하여 조사하였다. 자동차 부품의 경량화를 위한 대체재로써 Al-Si 합금의 이목이 집중되고 있다. 이에 따라 최근 Al-Si 합금의 인장, 마모, 피로 특성을 규명하기 위한 연구들은 많이 진행되고 있으나 대부분 주조재에 대한 연구이며, 압출 공정으로 제조된 소재에 대한 연구는 부족한 실정이다. Al-Si 합금에서 일반적으로 Primary Si 의 Size 는 기계적 특성에 기여도가 크다. 본 연구는 미세화제인 CuP 또는 TiO₂ 를 첨가를 통하여 초정 Si 의 제어를 통하여 얻어진 미세조직 및 인장 및 피로 특성에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 상기 실험에 사용된 소재들의 XRD 및 EPMA 상 분석 결과 CuP 첨가 소재 및 TiO₂ 첨가 소재 모두 Al 기지에 Si, Al₂Cu, Al₆(Mn,Fe), Mg₂Si 상들이 관찰되었다. 초기 미세조직에서 primary Si 크기는 CuP, TiO₂ 각각 40~60 μ m, 30~35 μ m 이다. Hot-extrusion 후 CuP 첨가 소재는 초정 Si 이 깨어져 나타나는 반면, TiO₂ 첨가 소재는 초정 Si 이 깨지지 않았다. 기계적 특성을 알아보기 위해 상온 인장 시험을 수행하였으며, INSTRON 8501 장비를 이용하여 strain rate 10⁻³/s 조건으로 진행하였다. CuP 첨가 소재의 항복강도 391 MPa, 인장강도 426 MPa 이었으며 TiO₂ 첨가 소재의 항복강도 394.4MPa, 인장강도 431.2MPa 으로 TiO₂를 첨가한 소재가 더 우수한 강도를 나타내었다. 고주기 피로 시험 결과 CuP 를 첨가한 소재의 피로한은 130 MPa, TiO₂ 를 첨가한 소재의 피로한은 160 MPa 로 TiO₂ 를 첨가한 소재의 고주기 피로특성이 더 우수하였다. 상기 결과들과 함께 본 연구에서는 과공정 Al-Si 과공정 합금에서 초정 Si 크기 및 형상 제어 방안에 대해서도 토의해보고자 하였다. [본 연구는 민군기술협력사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

Key Words : Hyper-eutectic Al-Si, Tensile, Fatigue, Hot extrusion, Refiner(CuP, TiO₂)

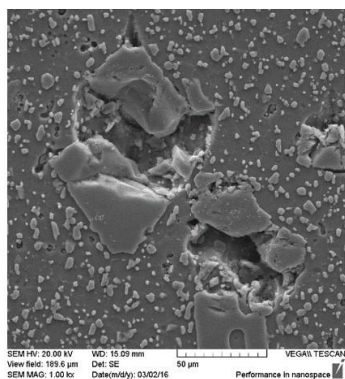
1. 인하대학교 신소재공학과

2. 포항산업과학연구원

3. LMS㈜

Corresponding Author : Kee-Ahn Lee, Inha Univ., E-mail: keeahn@inha.ac.kr

Hyper-eutectic Al-Si (CuP)



Hyper-eutectic Al-Si (TiO₂)

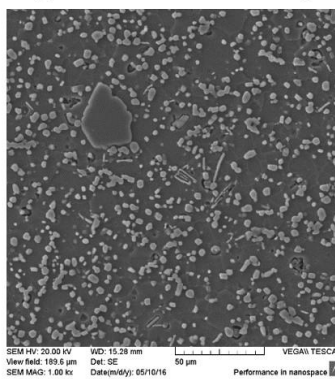


Fig. 1 Results of SEM of

Hyper-eutectic Al-Si (CuP) and Hyper-eutectic Al-Si (TiO₂) alloys.

Table 1 Tensile properties of Hyper-eutectic Al-Si (CuP) and (TiO₂) alloys

	Y.S.[MPa]	U.T.S.[MPa]	El.[%]
CuP	391	426	3
TiO ₂	394	431	3

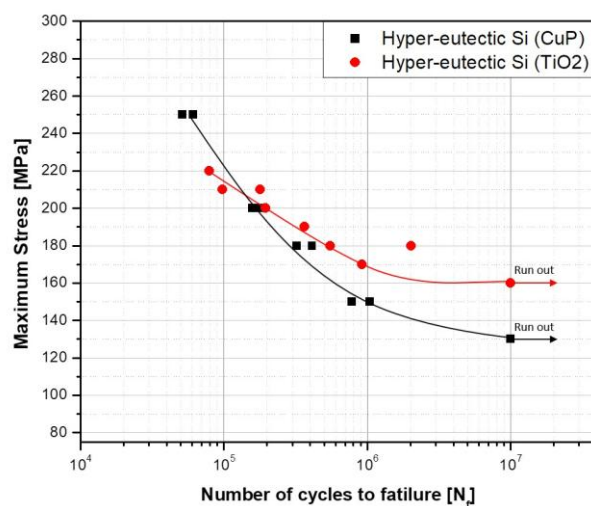


Fig. 2 Results of high-cycle fatigue test

열분사를 통한 타이어 금형소재의 표면개질

최광수¹ · 이종원¹ · 김민규¹ · 박준식[#]

Surface Modification of Die Materials for Tire Fabrication via Thermal Plasma Coatings

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

Abstract

타이어 금형에 사용되는 AI금형은 장기간 사용 후 마모에 의한 손상 시에 아크용접 공정과 후처리 공정을 통하여 재사용이 가능하지만, 복원 시에 열 변형이 동반된다. 따라서, 보다 간단한 복원과정과 후처리 공정의 간소화가 필요한 실정이다. 본 연구에서 모재를 손상 시키지 않는 이격거리를 정립하여 열 변형이 동반되지 않고, 아크용접의 비드보다 얇은 코팅층을 얻을 수 있어, 후처리 공정을 간소화 시킬 수 있는 열분사공정을 선정하였다. 본 연구에서는 취약한 밀착강도를 향상시키기 위하여 코팅층과 모재 사이에 중간층을 형성시키는 공정을 수행하였다. 실험결과 중간층을 형성시킨 시험편은 밀착강도가 월등히 향상되었고 높은 밀착력의 기구를 고찰하였다.

Key Words : Die, Thermal plasma coatings, bond strength

1. 서론

고온플라즈마 용사법은 일반적으로 금속기지의 표면에 분말을 높은 열원으로부터 용융 액상으로 만들어 모재표면에 부착시켜 피막을 형성하는 기술로서, 특히 고융점의 금속이나 세라믹 분말을 플라즈마 화염 내에서 빠르고 효율적으로 코팅을 할 수 있는 기술이다. 또한 기존의 CVD (Chemical Vapor Deposition), PVD (Physical Vapor Deposition), 전기도금과 같은 공정에서의 제한성이 크고 환경오염 및 비용을 상승시키는 표면처리 기술에 비해 고온플라즈마 용사코팅 공정은 적용재료의 폭이 넓어 모재의 부족한 성질을 부분적으로 강화시키기 위한 수단으로 널리 사용되고 있다 [1]. 고온플라즈마 용사코팅은 최근 내마모성과 부식/산화 저항성을 높이는 효과에 중점을 둔 연구가 활발하고, 특히 대형 부품의 경우 내마모성을 향상시키기 위해 분말야금법을 통한 공정을 수행할 수 없으므로 보다 효과적으로 경제적인 측면에서 플라즈마 용사코팅을 통해 내마모성을 실현시킬 수 있다 [2, 3].

본 연구에서는 플라즈마 용사법을 이용하여 알루미늄합금 금형에서 채취된 모재에 Al-Al₂O₃ 분말을 용사하여 기지와 코팅층의 밀착력 노즐의 이동속도(Spraying rate)의 차이에 따라 밀착력을 평가하였고, 더욱 높은 증착력 향상을 위한 일환으로 순수한 알루미늄 층을 중간층

1. 한밭대학교

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

(bond coat layer)으로 용사하여 중간층 (bond coat layer)의 효과와 알루미늄 중간층의 두께에 따른 증착강도를 측정하여 최적의 중간층 두께에 따른 밀착력의 개선의 기구에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법

타이어 금형으로 사용되는 Al 합금 금형을 절단 후, 15 x 10 x 60 mm (가로, 세로, 높이) 으로 와이어 가공하고 알루미늄 분말을 이용하여 표면을 연마하였다. 준비된 시험편들은 표면의 산화물 제거를 위해 전처리 (샌드블라스팅)를 수행하였다. **Fig. 1**은 개략적인 플라즈마 용사기를 표시한 모식도와 실제 코팅되는 과정의 사진이다. 플라즈마 용사는 **Fig.1 (b)**와 같이 시험편을 세로로 플라즈마의 불꽃전방에 위치시킨 후에 용사코팅을 수행하였다.

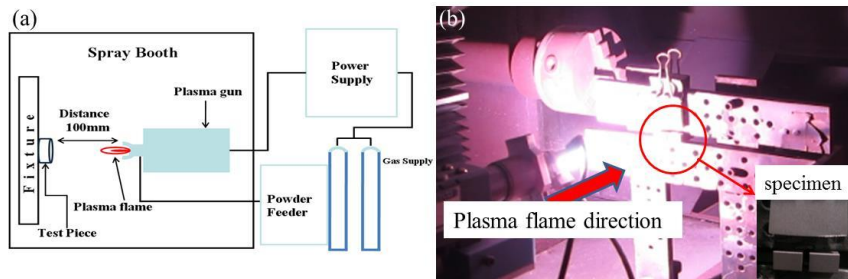


Fig. 1 플라즈마 용사기 모식도 및 용사 장면 사진

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 손상된 알루미늄 금형의 복원을 위해 고온플라즈마 용사법을 이용하여 금형의 표면에 Al/Al₂O₃ 혼합분말을 용사한 후 코팅층과 모재의 밀착강도에 대한 평가를 수행하였다. 증착강도의 평가는 분사노즐의 이동속도, 순수한 알루미늄 bond coat 층의 유무에 따라 평가되었으며, bond coat 층을 생성시키지 않았을 때, 코팅층의 두께는 열팽창에 의한 잔류인장응력의 감소를 위해 두껍지 않아야 하지만 일정두께 이상이 되어야 최대의 밀착강도를 얻을 수 있음이 나타났다.

참고문헌

- [1] Handbook of Thermal Spray Technology, ed. J. R. Davis, ASM international, USA, (2004).
- [2] Lutz-Michael Berger, Int. J. Refract. Met. H. Int., 49 (3), (2015) 350.
- [3] D. Chicot, H. Ageorges, M. Voda, G. Louis, M.A. Ben Dhia, C.C. Palacio, S. Kossman, Surface & Coatings Technology, in press (2015).

전기장 해석법을 이용한 이형 선재의 다단 형상성형 공정 설계

박성철¹ · 지세인² · 김병민² · 이경훈[#]

Process Design for Multi-Stage Profile Forming of Shaped Wire by Electric Field Analysis

S. C. Park, S. I. Ji, B. M. Kim, K. H. Lee

Abstract

In this study, the design method of multi-stage profile forming process has been developed to manufacture the shaped wire with both upper and lower surface contours by the electric field analysis. The multi-stage shape rolling process is designed by the three-dimensional electric field analysis, and then more suitable intermediate roll profiles are obtained by additional metal flow analysis. To verify the proposed design method, we carried out FE analysis by developing reliable 3D-FE models using DEFORM software, a commercially finite-element platform and shape rolling experimentation using high carbon steel wires. The proposed roll design method gives the sound wire shape and correct dimensions within an allowable tolerance. Therefore, it can be concluded that the proposed design method can be widely used to design roll profiles in the actual shaped wire production.

Key Words : Multi-Stage Profile Forming, Shaped Wire, Intermediate Die Profile, Electric Field Analysis

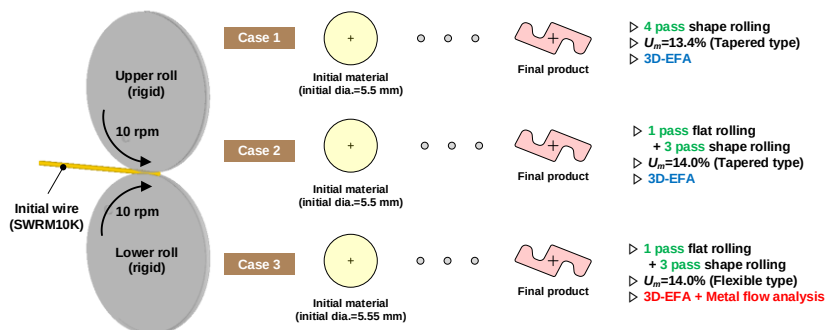


Fig. 1 3D-FE model for multi-stage profile forming process

후 기

이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5017016).

1. 한국해양대학교 기관공학과 기계융합기술전공

2. 부산대학교 기계공학부

교신저자: 한국해양대학교 기관공학부, E-mail: submarine@kmou.ac.kr

Al6061 합금 볼트 제조를 위한 통합 성형 공정의 설계

박성철¹ · 동와룡² · 이경훈[#]

Design of Integrated Forming Process for Manufacturing Al6061 Alloy Bolt

S. C. Park, W. R. Dong, K. H. Lee

Abstract

This study presents the design method of an integrated forming process including bolt heading and thread rolling to manufacture aluminum alloy bolts with Mg-Si as its major alloying elements. This design method consists of three stages; fundamental design, optimization, and verification. At the first step, initial process conditions were determined by theoretical equations and basic principles. And then process variables were selected to optimize preliminary design through design of experiment(DOE). According to DOE, we conducted numerical study by FE analysis using DEFORM, a commercially finite-element software and derived optimum process condition. To verify the proposed optimized process, aluminum bolt forming experiments were performed and the results meet mechanical property requirements and dimensional accuracy within an allowable tolerance. Thus, it is considered that the proposed integrated design method could be widely used to design bolt manufacturing process.

Key Words: Al6061 Alloy Bolt, Bolt Heading, Thread Rolling, Design of Experiment, FE Analysis

후 기

이 성과는 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학협력 기술개발사업(No. C0443333)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

1. 한국해양대학교 기관공학과 기계융합·재료공학전공
2. ㈜유진코메탈 기업부설연구소
교신저자: 한국해양대학교 기관공학부, E-mail: submarine@kmou.ac.kr

FCEV용 고압 연료 탱크 연결 파이프 피팅부 성형해석

이정민¹ · 정화정² · 추성화² · 박준수³ · 전문수³ · 이형욱^{3#}

Deformation analysis of the fitting end of a connecting pipe of the hydrogen fuel tank for FCEV

J. M. Lee, J. H. Jeong, S. H. Choo, J. S. Park, M. S. Chon, H. W. Lee

Abstract

In this study, the deformation analysis of the pipe fitting end of the hydrogen storage device was performed. The changes of shape of pipe end, contact pressure on the plug and axial force of the nut were analyzed. In order to satisfy the axial force criterion of 10 kN, an axial displacement of at least 0.34 mm should be given. The maximum pressure of the contact surface on the plug was predicted about 700 MPa or more at the upper end, and the contact pressure at the lower end was predicted about 530 MPa.

Key Words: Pipe fitting end, Hydrogen fuel tank, FCEV, Surface pressure

1. 서론

친환경 연료로 기대되는 수소를 자동차에 효율적으로 이용하기 위해서는 저장장치에 높은 압력으로 저장되어야 할 필요가 있다. 수소저장장치의 연결부와 관 내부에 고압이 형성됨으로 파이프 및 연결부의 안정성이 보장되어야 한다. 또한 수소는 휘발유와 경유에 비해 매우 작은 분자를 가지므로 이음새에서 누출의 위험성이 기존의 연료보다 증가하게 된다. 그러므로 기존 연료탱크 연결파이프의 설계변경에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 연결 파이프 피팅부의 안정성과 누출에 대한 정도를 분석하기 위하여 전산구조해석을 이용하여 피팅부가 체결되었을 때 발생하는 탄성 및 소성변형을 예측하고 이를 바탕으로 피팅부의 변형 형상 및 기밀을 위한 표면압력을 파악하도록 하였다.

2. 해석방법 및 결과

Fig. 1과 같은 형상의 파이프, 너트, 플러그를 축대칭으로 모델링하였고, SUS 재료의 파이프와 플러그는 재료 비선형으로 탄소성 모델을 적용하였다. 상용 유한요소 프로그램인 ABAQUS/Standard를[1] 사용하였고, 너트와 플러그 사이의 회전을 모사하기 위하여 접촉조건으로 처리하였고, 너트의 축력은 10 kN 이상을 기준으로 하기 때문에, 너트를 0.2 mm ~ 0.4 mm까지 전진시켜 형상 및 접촉압력을 비교하였다.

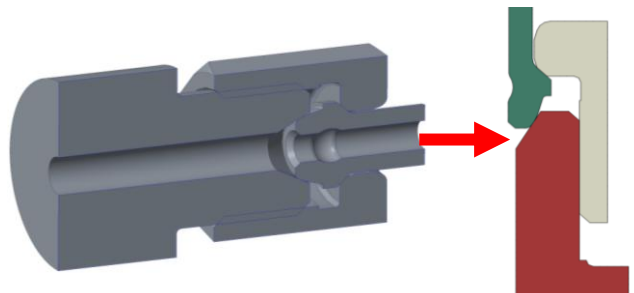


Fig. 1 Axisymmetric model of fitting end

1. 한국교통대학교 자동차공학과 석사과정

2. ㈜ 한일튜브

3. 한국교통대학교 자동차공학과

교신저자: 한국교통대학교 자동차공학과, E-mail: hwlee@ut.ac.kr

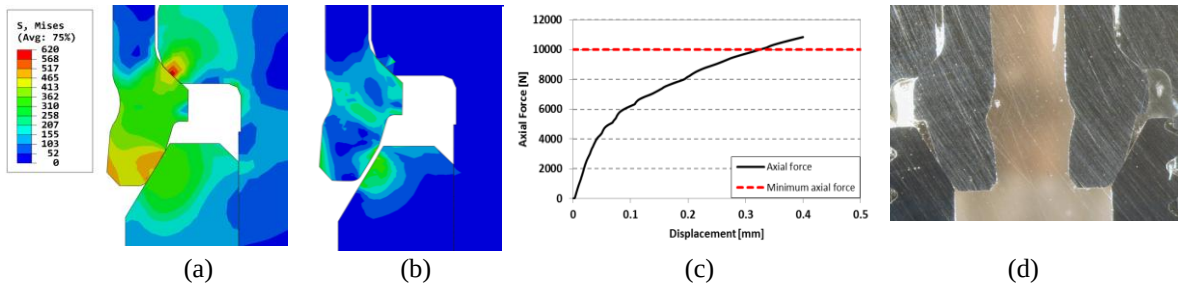


Fig. 2 Deformed shapes and distribution of von Mises stress of displacement of 0.4 mm: (a) loading, (b) unloading, (c) load curve, (d) experimental result

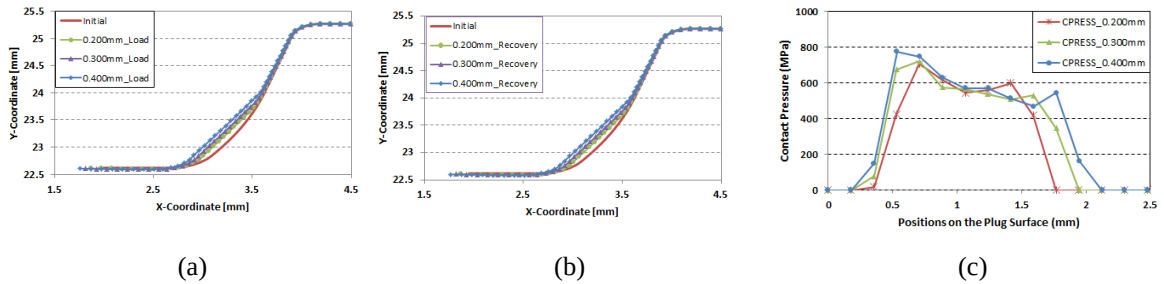


Fig. 3 Deformed shapes and contact pressure of pipe end with respect to the displacement of nut: (a) loading, (b) unloading, (c) contact pressure on the plug surface.

Fig. 2에는 압하량 0.4 mm로 너트를 죄었을 때의 응력을 (a)에, 너트를 다시 풀었을 때의 응력을 (b)에 도시하였다. (c)에는 변위에 따라 너트에 걸리는 축력을 도시하였고, (d)는 실험을 통하여 얻은 (a)에 해당하는 형상이다. (c)에서 축력 10 kN을 넘기 위해서는 압하량이 0.34 mm 이상이 되어야 한다. Fig. 3의 (a)와 (b)에는 압하량 0.2, 0.3, 0.4 mm일 때 하중이 걸렸을 때와 다시 회복되었을 때의 형상을 비교하였다. 탄소성의 영향으로 회복되고 있으나, 그 양은 아주 작은 것을 확인할 수 있으며, (c)에 도시된 플러그 표면에서의 최대 접촉압은 708 MPa (0.2 mm), 722 MPa (0.3 mm), 775 MPa (0.4mm)로 플러그 상단부에서 나타나며, 0.2에서 0.3 mm의 압하량에서 보다는 0.3에서 0.4 mm의 압하량에서 더 크게 증가한다. 수소압이 직접 적용될 하단부는 압하량에 따라 닿는 면적이 달라지는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 수소연료전지차량의 수소저장장치 연결부의 파이프 피팅부에 대한 변형해석을 통하여 파이프 끝단의 형상변화와 접촉압, 축력의 변화에 대하여 분석을 수행하였다. 축력 기준 10 kN을 만족하기 위해서는 최소 0.34 mm 이상의 축방향 변위를 주어야 하며 피치 0.7 mm인 경우 약 180도의 너트회전이 필요하다. 이 때, 플러그와의 접촉면의 최대 압력은 약 700 MPa 이상으로 상단부에서 나타나며, 하단부에는 약 530 MPa의 접촉압이 걸리게 된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부에서 지원한 산업핵심기술(No.10070218)의 수행결과입니다.

참고문헌

[1] ABAQUS User's Manual.

FCEV용 고압 밸브 실링부의 간극 및 압력해석

박근영¹ · 양갑진² · 노의동² · 김현철³ · 박준수⁴ · 전문수⁴ · 이형욱^{4#}

Surface pressure and gap analysis of sealing rings of a high pressure manual valve for FCEV

G. Y. Park, K. J. Yang, E. Ro, H. C. Kim, J. S. Park, M. S. Chon, H. W. Lee

Abstract

The design of sealing structure of a manual pressure valve was conducted with FE analysis in solenoid valve module for hydrogen fuels charge/discharge system of FCEV. The damage of the O-ring was predicted by the gap analysis of the backup ring according to the internal pressure. It was found that the contact with the cylinder body was started at the internal pressure of 18.5 MPa and the gap was completely closed at the internal pressure of 29.7 MPa. Considering the deformed shape of the O-ring, it can be predicted that the O-ring would not be damaged under the gap between the backup ring and the cylinder.

Key Words : FCEV, High pressure valve, sealing rings

1. 서 론

FCEV의 수소저장시스템의 수소탱크 제어용 솔레노이드 밸브에는 수소누설을 최소화 하기 위하여 고무재질의 오링(O-ring)과 플라스틱 재질의 백업링(Backup ring)을 삽입한다. 수소압이 가해지면 오링이 변형하면서 백업링을 밀고 백업링이 기밀을 유지하도록 되어있다. 고압이 가해질 때 오링이 백업링과 실린더 사이의 틈새에 끼어 손상이 일어나는 현상이 발행하여 오링이 파손되는 경우가 있는데, 이를 예방하기 위하여 내부 압력에 따른 백업링과 실린더 간의 간극을 예측하는 것이 중요하다[1]. 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 875 bar의 내압이 가해질 때, 오링의 변형, 백업링의 간극, 표면압력 등 실링과 관계된 영향을 분석하도록 하였다.

2. 해석방법 및 결과

수소저장시스템의 제어용 밸브 중 수동밸브에 있는 오링과 백업링, 밸브, 실린더를 대상으로 유한요소모델을 축대칭으로 구성하였고, 오링에 875 bar를 부과하였다. 압력해석은 상용유한요소 프로그램인 ABAQUS/Standard를 사용하였다. 초기에 오링이 밸브에 삽입된 상태를 구현하기 위하여 Interference-fit 접촉조건[2]을 사용하였고, 이후 오링의 표면에 압력을 부과하였다. EPDM계열의 고무재질은 현재 단계의 해석에서는 선형탄성으로 가정하였다. 압력이 증가하게 되면 오링이 백업링 방향으로 이동하며, 두 개의 링이 접촉하여 백업링이 밸브와 실린더와 접촉하게 된다. Fig. 1에 해석모델, 오링의 초기 접촉결과, 백업링이 실린더와 접촉하는 형상, 875 bar의 내압에서의 변형형상을 응력과 함께 도시하였다.

1. 한국교통대학교 에너지시스템공학과 학사과정

2. 주식회사 UNICK

3. 자동차부품연구원

4. 한국교통대학교 자동차공학과

교신저자: 한국교통대학교 자동차공학과, E-mail:hwlee@ut.ac.kr

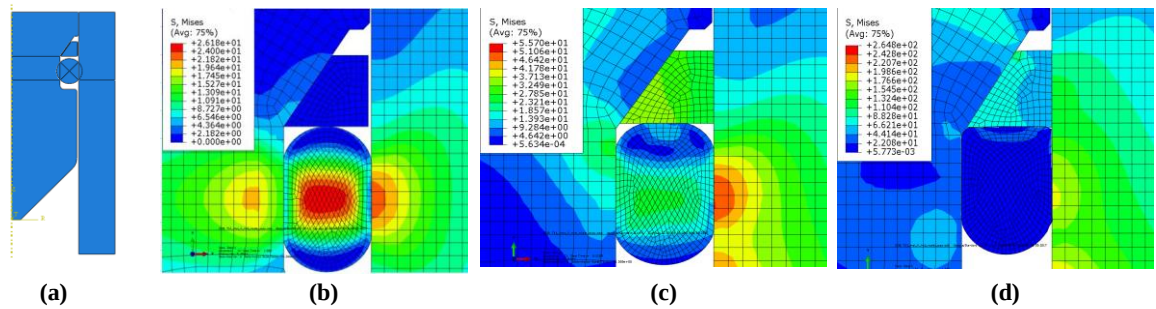


Fig. 1 Distributions of von Mises stress: (a) initial, (b) inserted, (c) pressure of 180 bar, (d) pressure of 875 bar

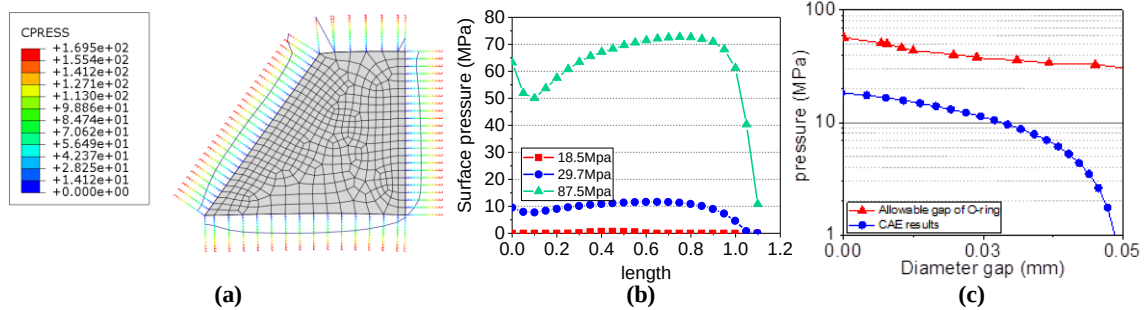


Fig. 2 Surface pressures on the backup ring: (a) distributions, (b) surface to the cylinder side, (c) diameter gap between the backup ring and the cylinder with respect to the internal pressure

Fig. 2에는 백업링의 표면에 작용하는 접촉압력을 도시하였다. (b)에는 실린더와 접촉하는 우측면의 표면압력을 우측면의 상단을 0으로 하고, 하단방향으로 길이를 표시하여 도시하였다. 내압 18.5 MPa일 때 가운데 부위에서 접촉이 시작되며, 내압 29.7MPa일 때 우측의 모든 면이 접촉한다. (c)에는 본 해석에서 계산된 백업링의 접촉간극을 내부압력에 따라 도시한 결과이다. 오링의 허용간극은 참고문헌 [1]을 참고하였다. 내압 18.5MPa일 때 백업링과 실린더가 접촉하고, Fig. 1의 (b)를 참조하면 오링의 변형형상에서는 백업링과 실린더 사이의 간극에서 파손되지 않는 것을 예측할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 수소연료전지차량의 수소충방전시스템용 솔레노이드 밸브 모듈의 수동밸브 기밀구조 설계를 위한 연구를 수행하였다. 내부압에 대한 백업링의 간극분석을 통하여 오링의 파손예측을 수행하였고, 내압 18.5MPa에서 실린더와의 접촉이 시작되고, 내압 29.7MPa에서 완전히 접촉되는 것을 알 수 있다. 향후, 오링과 백업링의 재료를 선정하고 초탄성 물성을 이용하여 보다 정밀한 해석을 수행하여야 할 것이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부에서 지원한 산업핵심기술(No.10070218)의 수행결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Asano, K. Kato, H. Ozaki, and M. Wada, 2016, Development of 70MPa In-Tank Solenoid Valve for FCV, 2016年春季大会 学術講演会 講演予稿集 文献番号: 20165375, pp.2003-2008 (in Japanese).
- [2] ABAQUS User's Manual.

다기능성 판재(VCM)의 파단 특성 및 성형성 평가

김광윤¹ · 윤종현^{1#}

Evaluation of fracture characteristic and formability of hybrid sheet material(VCM)

K. Y. KIM, J. H. Yoon

Abstract

다기능성 판재인 VCM은 Vinyl Coated Metal의 약자로 모재층인 아연강판에 PET film을 코팅하여 제작한 하이브리드 강판이다. PET film으로 코팅 처리된 VCM 강판은 부식과 습기 방지 및 표면품질 측면에서 매우 우수하며 PET film층 위에 사용된 'hair line'이라 불리는 빗금 처리로 인해 외적 미관 또한 뛰어난 강판이다. 하지만 모재층으로 사용되는 아연강판과 비닐층인 PET film의 성형성이 다르며, 심미적 효과를 위해 사용된 'hair line'으로 인하여 다단 성형 공정(drawing, trimming, flange down etc.)중 변형경로에 따른 의존도가 매우 높으며 아연강판과 PET film의 접합 경계층에서 PET film의 파단 및 박리 현상과 같은 문제점이 복합되어 VCM 강판의 성형성 판별이 어려운 문제점을 가진다. 본 논문에서는 이러한 VCM 강판의 성형성을 평가하기 위해 비선형 전산 해석을 이용하여 Nakazima test의 모사를 통해 변형 경로 별 시편 폭을 선정했으며, 해석 결과를 기반으로 Nakazima test를 진행하여 ARAMIS를 활용한 3차원 영상 분석을 통해 다양한 변형 경로에 따른 아연도금 강판 및 PET film의 FLD curve를 도출하는 실험을 진행했다. 또한 기존에 널리 사용되는 strain-based FLD의 변형경로 의존도에 의한 문제점을 개선하기 위하여 PEPS diagram으로의 적용을 고려했다.

Key Words : Vinyl Coated Metal, 다단 성형 공정, FLD

1. 한양대학교 ERICA 기계공학과

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

펄초 레이저를 이용한 금형 소재의 미세패턴 제작에 관한 연구

임현욱^{1,2} · 황택용² · 라문우² · 홍석관² · 강정진^{2, #} · 윤경환^{1, ##}

Fabrication of micro-nano pattern on mold material using femtosecond laser

H. U. Lim, T. Y. Hwang, M. W. La, S. K. Hong, J. J. Kang, K. H. Yoon

Abstract

Recently, it has been demonstrated that the technological difficulties in engineering can be overcome by mimicking phenomena in nature, and the number of cases itself keeps increasing with the advancements of technology. One of the most pronounced examples is a hydrophobic effect observed at the surface of a lotus leaf [1]. Actually, the hydrophobic effect is originated from the micro-nanoscale hierarchical surface structures at the leaf. A lot of efforts have been made to apply these properties to various commercial products requiring a clean surface. Currently the representative processing methods are lithography, metal anodization, and laser ablation. In our experiments, using femtosecond laser ablation, we first fabricate various sizes of conical structures at the mold surface, and then imprint these structures to PMMA. By controlling the size of conical structures, we observe changes in the wetting properties of the PMMA.

Key Words: Femtosecond laser, Conical-microstructure, Hot-stamping forming, Contact angle measurement

1. 서론

최근 들어 공학기술의 연구적 한계를 자연의 현상으로부터 아이디어를 얻어 문제를 해결하고, 이를 실제 공학기술에 응용한 사례가 증가하고 있다. 그 대표적인 사례로 연꽃잎 표면에서 볼 수 있는 발수효과이다[1]. 발수효과는 마이크로-나노 계층구조로 인해 발생하는 현상으로, 이러한 특성을 청정표면이 요구되는 제품에 적용하기 위한 연구가 진행되었으며, 이러한 미세패턴 제작방법에는 리소그래피, 금속양극산화방식, 레이저 가공법 등이 있다. 본 실험에서는 펄초 레이저를 이용하여 원뿔형태의 패턴(Conical microstructure)을 가공한 뒤 PMMA 소재에 미세패턴을 전사하여 형상변화에 따른 표면특성변화를 관찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 장비는 Ti:sapphire femtosecond laser system이며 레이저로는 120-fs의 펄스폭을 가지는 800 nm 파장 영역의 레이저 장비를 사용하였으며, 펄스 당 최대에너지는 5 mJ/pulse 이고 1kHz 의 반복률을 가진다. 실험에 사용된 금속 샘플은 정밀금형소재로 사용되는 STAVAX ESR [25*25*1 mm] 의 스테인리스 계열 금속을 사용하였으며 가공 초점거리를 동일하게 하기 위해 80 nm-grade colloidal silica polishing 전처리를 하여 9.4 nm 의 평균거칠기를 갖도록 하였다. 선편광된 광원을 사용하고 샘플 이동 형식의 마이크로-나노 위치제어시스템을 이용하여 연속가공을 실시하였다. STAVAX ESR 가공 면적은 SEM(scanning electron microscope) 장비로 패턴의 크기와 높이를 측정하여 분석하였다.

1. 단국대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원 금형기술그룹

교신저자: 한국생산기술연구원, 금형기술그룹

##교신저자: 단국대학교 기계공학과, khyoon@dankook.ac.kr

3. 결과 및 고찰

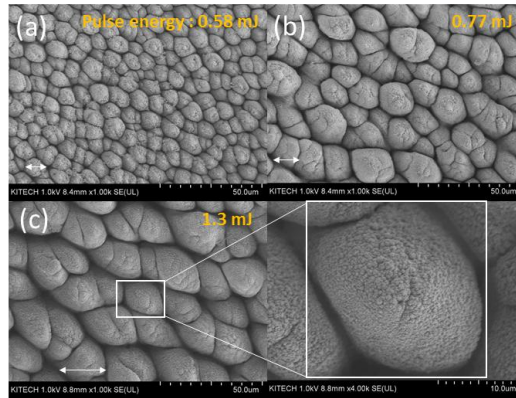


Fig.1 The SEM images of fabricated micro-nano pattern using femtosecond laser with different fluences at 2mm/s scan speed. (a) the size of pattern is 7~10 μm with 0.58 mJ pulse energy. (b) 15~20 μm pattern size with 0.77 mJ pulse energy. (c) 20~28 μm pattern size with 1.3 mJ pulse energy.

대면적 가공을 위한 공정조건을 선정하기 위해 1.5*1.5 mm 면적에 초점크기 526 μm , 스캔속도는 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 mm/s, 펄스 에너지는 0.58, 0.77, 1.12, 1.3 mJ의 총 20개 가공조건으로 실험을 진행하였다. 그 결과 패턴의 지름(diameter, D)은 스캔속도가 느릴수록, 펄스 에너지가 높을수록 큰 경향을 보이며 공정조건 내에서 최소 7.1 μm , 최대 85.5 μm 의 패턴 크기를 보였다. 패턴의 높이(height, H)도 같은 경향을 보였고 최소 3.9 μm , 최대 62.9 μm 의 패턴 높이를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 핫스탬핑 공법을 이용하여 STAVAX ESR에 가공된 미세패턴을 PMMA 소재 [25*25*1 mm]에 전사하였으며 패턴형상에 따른 표면특성변화는 접촉각 측정을 통해 관찰하였다. 미세패턴이 전사된 PMMA의 접촉각은 3 point 측정의 평균값을 사용하였고 액적량은 6 μl 이다. 접촉각 측정 결과, 펄스에너지가 0.58 mJ로 가공한 미세패턴은 126.1°, 0.77 mJ의 경우 132°, 1.12 mJ의 경우 134°, 그리고 1.3 mJ의 경우 141.6°로 측정되었으며, 공정조건 중 펄스에너지가 높을수록 접촉각이 증가하는 경향을 보였다. 원기둥 형태의 미세패턴에서 종횡비(aspect ratio, H/D)가 클수록 접촉각이 높아진다는 기존 연구를 토대로[2], 이번 결과는 펄스에너지가 증가함에 따라 패턴의 지름과 높이는 증가하지만 높이의 증가 폭이 더 크기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 금형산업에 주로 사용되는 소재에 펄초 레이저를 이용하여 미세패턴을 가공하였으며 공정변수는 패턴형상변화에 영향을 미치는 조건(스캔속도, 펄스에너지 등)을 고려하였다. 핫스탬핑 공정을 통해 금속표면의 미세패턴을 PMMA 소재에 전사하였으며, 접촉각을 측정하여 미세패턴의 형상에 따른 표면특성변화의 경향성을 확인할 수 있었다.

5. 후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 지원(과제번호: EO170013, JA170021)을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Lee, Seung-Mo, and Tai Hun Kwon. "Effects of intrinsic hydrophobicity on wettability of polymer replicas of a superhydrophobic lotus leaf." *Journal of Micromechanics and Microengineering* 17.4 (2007): 687.
- [2] Yeo, Jihoon, and Dong Sung Kim. "The effect of the aspect ratio on the hydrophobicity of microstructured polydimethylsiloxane (PDMS) robust surfaces." *Microsystem Technologies* 16.8-9 (2010): 1457-1463.

초정밀 가공에서 미세 구조물의 변형 특성

송기형¹ · 이용신[#] · 최영재¹

Deformation Characteristics of Microstructure in Ultra Precision Machining

K. H. Song, Y. S. Lee, Y. J. Choi

Abstract

렌즈의 형상은 기술의 발달과 함께 필요 특성에 부합하기 위하여 평면에서 구면, 비구면, 자유곡면으로 바뀌어 왔다. 최근에는 극한의 광학적 특성을 추구하는 제품들의 개발 요구에 발맞추어, 렌즈의 기본 형상면에 미세한 패턴을 추가하기 위한 기술 개발이 시도되고 있다. 이러한 미세 패턴의 크기는 크기는 수십 마이크로미터부터 작게는 서브마이크론까지의 범위를 가지는데, 설계된 형상으로 정확하게 가공하는 것은 정밀가공 중에서도 극한의 영역으로 여겨지고 있다. 본 논문에서는 초정밀 공작기계를 이용하여 이러한 미세 패턴을 가공한 내용을 정리하였다. 수 마이크로미터 크기의 미세패턴을 가공하면서 국부적인 소재의 변형이 발생함을 확인하였고, 공구의 형상과 가공되는 미세 구조물의 형상에 따라 변형의 발생 형태가 달라짐을 알 수 있었다.

Key Words : Ultra Precision Machining, Microstructure, Deformation

1. 서론

최근에 각광 받고 있는 AR, VR, HUD와 같은 새로운 형태의 정보 표현 장치들은 공통적으로 고성능 렌즈 개발이라는 주요한 기술적 이슈를 가지고 있다. 렌즈의 형상은 기술의 발달과 함께 필요 특성에 부합하기 위하여 평면에서 구면, 비구면, 자유곡면으로 바뀌어 왔으며, 최근에는 앞에서 열거한 것과 같은 극한의 광학적 특성을 추구하는 제품들의 개발 요구에 발맞추어, 렌즈의 기본 형상면에 미세한 패턴을 추가하기 위한 기술 개발이 시도되고 있다. 이러한 미세 패턴의 형성은 그 동안에는 재료 제거 공정 중에서는 리소그래피와 같은 기술을 통하여 많이 이루어져 왔는데, 근래의 정밀 공작기계 관련 기술을 발전으로 최근에는 절삭가공을 이용하여 미세 패턴을 형성하기 위한 시도가 이루어지고 있다[1]. 미세 패턴의 크기는 크기는 수십 마이크로미터부터 작게는 서브마이크론까지의 범위를 가지는데, 설계된 형상으로 정확하게 가공하는 것은 정밀가공 중에서도 극한의 영역으로 여겨지고 있다. 본 논문에서는 초정밀 공작기계를 이용하여 이러한 미세 패턴을 가공한 내용을 정리하였다.

2. 실험방법

미세 패턴 형성을 위한 절삭가공 실험은 정밀선반과 초정밀 가공기를 이용하여 이루어졌으며, 공구는 미세 다이아몬드공구를 이용하였다. 정밀 가공기와 다이아몬드공구를 이용하여 광학 렌

1. 한국생산기술연구원 IT융합공정그룹

교신저자: 국민대학교 기계공학부, yslee@kookmin.ac.kr

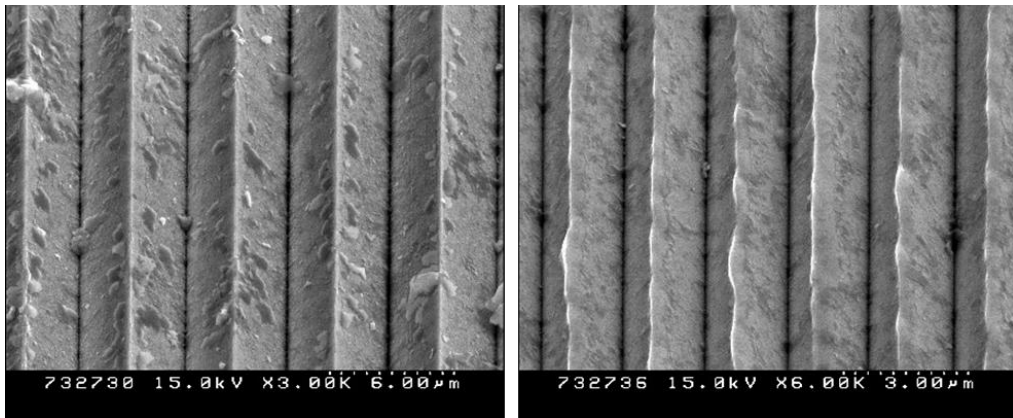


Fig. 1 Machining Results of V-groove

즈에서 주로 사용되는 사각 채널과 V형 채널 형상을 가공하였다.

3. 실험결과 및 고찰

수 마이크로 이하의 미세 패턴의 가공에서는 버(Burr)인지 변형인지의 구분이 모호한 국부적인 형상 오차의 형태로 소재의 변형이 발생하였다. V형 채널의 경우에는 동일한 형태로 가공을 하더라도 더 작게 가공하는 경우에 이러한 소재의 변형이 발생하였다. 사각형 채널의 경우에는 이러한 소재의 변형 발생 위치가 공구의 이송 방향과 연관성이 있는 것으로 보이는데, 공구와 접촉하는 면들 중에서 먼저 가공된 패턴이 있는 방향보다는 패턴이 아직 가공되지 않은 방향에 주로 소재의 변형이 발생하였다. 이는 공구와 접촉하는 소재의 모양을 살펴볼 때 지지 강성이 더 클 것으로 기대되는 위치인데, 공구와 소재와의 접촉이 더 강하게 일어나는 경우에 소재의 변형이 더 활발하게 발생하는 것으로 사료된다.

4. 결론

수 마이크로 크기의 미세 구조물을 형성하기 위하여 초정밀 가공기와 다이아몬드공구를 이용하여 절삭가공공정으로 실험을 수행하였다. 실험 결과 수 마이크로 크기의 미세패턴의 가공 시에는 국부적인 소재의 변형이 발생하였는데, 공구의 형상과 가공되는 미세 구조물의 형상에 따라 다른 형태의 결과를 보였다. 사각형 채널의 경우를 보았을 때, 공구의 이송 방향과도 연관성이 있는 것으로 확인 되었다. 정밀 절삭가공 공정을 통한 미세 패턴 가공에서 미세 구조물의 형상 정밀도를 높이기 위해서는 추가적인 연구를 통하여 여러 공정 변수들이 소재의 변형에 미치는 영향을 면밀히 분석하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] R. Kobayashi, S. Xu, K. Shimada, M. Mizutani, T. Kuriyagawa, 2017, Defining the Effects of Cutting Parameters on Burr Formation and Minimization in Ultra-precision Grooving of a Amorphous Alloy, Prec. Eng. Vol. 49, pp. 115-121.

전기저항 가열 조건에 따른 스틸강판의 코팅층 분석

정경근¹ · 명재곤¹ · 송현섭² · 강병준² · 김동옥[#]

The Study of Coating Layer of 22MnB5 Steel with Direct Electrical Resistance Heating

K. G. Jung, J. G. Myung, B. J. Kang, H. S. Song, D. O. Kim

Abstract

자동차 충돌안전 부품에 사용되는 초고장력 강판은 핫프레스포밍 공법을 통하여 부품이 제작되고 있으며, 가열 시 소재 산화방지와 부품의 부식 방지 등을 위해 아연도금 강판을 활용하고 있다. 일반적으로 소재 가열은 이송방식의 연속가열 방식이 사용되고 있으나, 최근 시작품 및 소량다품종 생산에는 직접 전기저항 가열방식이 일부 사용되고 있다. 그러나, 직접 전기저항 가열방식은 급속가열에 따른 코팅층의 확산시간 부족으로 코팅층 용융문제가 대두되어 상용화에 어려움이 제기 되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 전류 및 통전시간 등 가열 조건에 따른 코팅층 분석을 통해, 향후 직접 전기저항 가열 방식의 적용성을 검증하고자 하였으며, 향후에는 코팅소재 종류별로 적용 가능성에 대한 검증을 하고자 한다.

Key Words : Electrical resistance heating(전기저항가열), Galvanized steel iron(아연도금강판), Ultra high strength steel(초고장력강)

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성사업으로 수행된 “고효율 스마트 가열시스템을 통한 초고강도 언더바디 멤버 사이드 센터 개발”의 결과로써 관계자 여러분께 감사드립니다.

1. 자동차부품연구원 소재공정연구센터

2. KSM 기술연구소

교신저자: 자동차부품연구원 소재공정연구센터, E-mail:dokim@katech.re.kr

사각형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정개발

정동원^{1, #}

A development of roll forming process for steel tube with quadrilateral shape rib

D. W. Jung

Abstract

Roll forming is increasingly used in the automotive industry to form High Strength Steel (HSS) and Advanced High Strength Steel (AHSS) for structural components. Increased product performance, higher quality, and lower cost with other advantages has made roll forming process suitable to form any shapes in the sheets. In this study, A Finite Element Method applied to study stress, strain and thickness distribution in the metal sheet with quadrilateral shape ribs formed by roll forming process. Stress distribution was almost uniform hence maximum 15.5 thinning strain achieved.

Key Words : Roll forming process, Quadrilateral shape rib, Steel tube, Stress distribution, Thinning strain, Finite Element Method

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업 (No.C0444580)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] A. Abvabi, B. Rolfe, P. Hodgson, M. Weiss, 2015, The influence of residual stress on a roll forming process, International Journal of Mechanical Sciences, Vol.101, pp.124~136.
- [2] J.-C. Park, D.-Y. Yang, M. Cha, D. Kim, J.-B. Nam, 2014, Investigation of a new incremental counter forming in flexible roll forming to manufacture accurate profiles with variable cross-sections, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol.86 , pp.68~80.
- [3] F. Heislitz, H. Livatyali, M.A. Ahmetoglu, G.L. Kinzel, T. Altan, Simulation of roll forming process with the 3-D FEM code PAM-STAMP ,Journal of Materials Processing Technology, 59 (1996) 59-67.

1. 제주대학교 기계전공

교신저자: 제주대학교 기계전공, E-mail: jdwcheju@jejunu.ac.kr

원형형상의 리브를 가진 강관 성형을 위한 롤포밍공정개발

정동원^{1, #}

A development of roll forming process for steel tube with round shape rib

D. W. Jung

Abstract

Roll forming process, due to increased product performance, higher quality, and lower cost with other advantages, has been made suitable process to form any shapes in the sheets. In this paper stress, strain and thickness distribution in the steel galvanized hot coil commercial (SGHC) sheet with Round shape ribs formed by roll forming process was investigated by a Finite Element code, ABAQUS software. The stress and strain distributions are considered during forming. Since in round shape ribs the flow of material is easier than quadrilateral one, the Stress distribution was more uniform and thinning strain was concentrated in the ribs with maximum value of 14.5% while this value in quadrilateral shape rib forming is 15.5%. The results show that this method is applicable in reducing the thickness strain.

Key Words : Roll forming process, Round shape rib, Steel tube, Stress distribution, Thinning strain, Finite Element Method

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학협력 기술개발사업 (No.C0444580)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] A. Abvabi, B. Rolfe, P. Hodgson, M. Weiss, 2015, The influence of residual stress on a roll forming process, International Journal of Mechanical Sciences, Vol.101, pp.124~136.
- [2] J.-C. Park, D.-Y. Yang, M. Cha, D. Kim, J.-B. Nam, 2014, Investigation of a new incremental counter forming in flexible roll forming to manufacture accurate profiles with variable cross-sections, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol.86 , pp.68~80.

1. 제주대학교 기계전공

교신저자: 제주대학교 기계전공, E-mail: jdwcheju@jejunu.ac.kr

수도관용 이중링 압착식 조인트(SR II-JOINT) 개발 및 하중의 최소화

김 송¹ · 이영섭¹ · 강정식² · 홍석무[#]

Development of Dual Ring Compression Joint (SR II-JOINT) for Water Pipes and Minimization of Load

S. Kim¹, Y. S. Lee¹, J. S. Kang², S. Hong[#]

Abstract

최근 도시 건축물의 지속적인 증가에, 가스 배관, 수도 배관의 수요도 증가하고 있다. 배관과 배관 사이를 연결해주는 연결 부위에는 관 이음쇠가 사용되는데, 내부 유체의 유입을 방지하여 부식을 발생시키지 않는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재 생산되는 제품인 SR I-JOINT는 내부에 금속링과 고무링이 인접하게 설치되어 압착, 성형하는 관 이음쇠이다. 하지만 SR I-JOINT를 사용함에서 압착 후 고무링이 금속링의 함몰 부위에 밀려들어 가서 생기는 품질 불량, 수밀효과 저감, 반복적 외력에 의하여 접속 부가 이완되면서 생기는 누수 등의 문제점이 발생한다. 이러한 문제점들은 관과 고무링의 접촉부의 잔류응력으로 인하여 발생한다. 잔류응력이 높으면 관 외측 부에 부식이 생겨 균열이 일어나게 되는데, 잔류응력을 낮추기 위해서는 금속링과 고무링을 이격시켜야 한다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해, 본 연구에서는 금속링과 고무링을 이격시켜 설치하는 SR II-JOINT를 개발하였다. 이격거리가 커지면 잔류응력은 감소하고, 하중은 증가하기 때문에 최적점을 찾아 적용하였고, 또한 압착 공구가 성형할 때 받는 하중을 최소화하기 위하여 제품에서 금속링의 외경과 모서리의 R 부를 설계 변수로 두었고, 압착 공구에서 제품과 닿는 면적을 줄이기 위하여 압착 공구의 형상을 변경하여 유한 요소 해석을 진행하였다. 유한 요소 해석을 진행한 결과, SR I-JOINT와 SR II-JOINT를 비교하였을 때, 관에 발생하는 잔류응력 한계치 이하의 값을 만족시키면서, 압착 공구에 작용하는 하중이 최소화되는 효과가 나타났다.

Key Words : Minimization, Dual ring compression joint(SR II-JOINT), Finite element analysis, Parameter study, Water pipe, Residual stress, Water leak, Watertight

1. 공주대학교 금형설계공학과

2. ㈜ 서원기술 연구소

Corresponding Author : Department of Metal mold Design Engineering, Kongju National University, E-mail: smhong@kongju.ac.kr

과공석 강선에서 인장파괴에 영향을 미치는 미세조직 인자

안강석¹ · 이찬혁¹ · 박정훈¹ · 김진호² · 정진영² · 남원종[#]

Effects of microstructural factors on the tensile fracture in hyper-eutectoid steel wires

K. S. An, C. H. Lee, J. H. Park, J. H. Kim, J. Y. Jeong, W. J. Nam

Abstract

과공석 강선에서 열처리 조건이 인장파괴 시 파단면과 단면감소율의 관계에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 열처리는 가열온도 900℃, 1000℃로 3분 가열했으며, 상변태 온도를 580℃, 620℃로 변화하여 3분 동안 항온변태를 실시하였다. 파단면의 유형은 균열형성과 전파로 구분하여 총 4가지로 분류하였다: 딥플파괴, 전단파괴, 결정립계 파괴, 벽개파괴. 인장강도는 가열 조건에 해당하는 오스테나이트 결정립 크기의 영향은 없었으며 항온변태조건에서 온도 저하에 따른 층상간격 미세화 효과로 증가하였다. 반면, 단면감소율은 가열온도와 항온변태온도가 상승함에 따라 저하되었으며, 이는 균열형성지역에서의 전단크래킹과 전파지역에서의 벽개파괴의 빈도 및 분율의 증가에 의한 것으로 판단된다. 결론적으로, 오스테나이트 결정립 크기와 층상간격에 따른 파면 유형 변화는 단면감소율과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

Key Words : Steel wires; Surface fracture; Austenite grain size; interlamellar spacing; Ductility;

1. 서론

신선 가공한 펄라이트 강선에 있어 연성 증가는 신선가공성 확보로 인하여 생산력을 증가시킬 뿐만 아니라 고강도 강선의 제조를 용이하게 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 고탄소 강선에 적용되는 연성은 단면감소율, 연신율, 연회값, 박리파괴 발생 등이 있으며, 특히 단면감소율의 경우 신선가공성과 밀접한 관련이 있다.

펄라이트 강에서 열처리 조건에 따른 강도와 관련된 미세조직 인자에 관한 문헌들은 많이 보고되었으나, 강선의 연성에 미치는 인자와 관련된 문헌은 상대적으로 적게 알려져 있다. [1]

따라서 본 연구에서는 파단면 분석을 통해 열처리 조건이 단면감소율에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용된 소재는 열간압연 후 스텔모아 방식의 냉각을 실시한 선재로서 화학조성은 Fe-0.92C-1.3Si-0.6Mn-0.3Cr (wt%)이다. 13mm의 선재를 4.9mm까지 건식신선을 실시한 소재를 이용하여, 페이턴팅의 열처리 조건이 기계적 성질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 시편을 가열온도 900℃, 1000℃로 3분 가열했으며, 상변태 온도를 580℃, 620℃로 변화하여 3분 동안 항온변태를 실시하였다.

Table. 1 initial microstructural parameters

Sample	Austenizing Temp. (℃)	Trans. Temp. (℃)	AGS (μm)	Block size (μm)	Sp (nm)
Steel A	900	580	11.9	9.82	65.3
Steel B	900	620	11.9	11.36	72.6
Steel C	1000	620	20.2	13.54	72.7

1. 국민대학교 신소재공학부

2. 고려제강 기술개발 연구원

교신저자: 국민대학교 신소재공학부

E-mail: wjnam@kookmin.ac.kr

인장시험은 상온에서 10mm/min 의 초기 변형속도로 인장시험을 실시하였다. 단면감소율의 측정은 파단된 시편의 직경을 확대기(projector)를 이용하여 확대하여 측정하였다. 인장시험 후 시편의 파단면을 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)을 통해 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

과공석 강선의 인장파괴과정은 시편 중앙 부분에서 균열 형성 후 주변부에 균열전파되었다. 파면유형은 균열형성지역과 전파지역이 차이를 보였으며, 균열형성지역에서는 딴플(Fig. 1-(a)), 전단 크래킹(Fig. 1-(b)), 균열전파지역에서는 계면 파괴(Fig. 1-(c)), 벽개 파괴(Fig. 1-(d))의 총 4 가지의 파면유형이 관찰되었다.

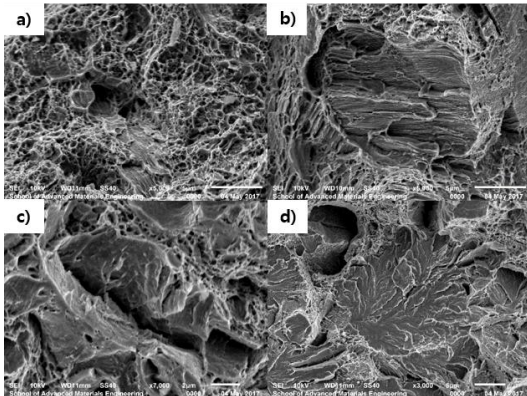


Fig. 1 Types of surface fracture: (a) dimple, (b) shear cracking, (c) boundary fracture, (d) cleavage fracture

열처리 조건 별 신선 가공 전 파단면을 관찰한 결과 가열온도와 항온변태온도의 상승에 따라 전단크래킹의 분율과 크기가 증가하였으며, 이는 균열형성을 하는데 있어 층상간격뿐만 아니라 오스테나이트 결정립 크기 또한 많은 영향을 미친다는 것을 의미한다. 이와 같은 맥락으로 균열전파지역에서는 상대적으로 연성을 저하시키는 유형인 벽개파괴의 빈도와 크기가 증가하였고, 균열전파하는데 있어 높은 항온변태온도로 인한 블록 크기의 증가 또는 조대한 층상간격으로 인한 입내 인성 저하, 오스테나이트 결정립 조대화으로 인한 블록 크기 증가에

의한 것으로 판단된다.

열처리 조건에 따른 기계적 성질을 그림 2에 나타내었다. 인장강도는 가열로 조건에 해당하는 오스테나이트 결정립 크기의 영향은 거의 없었으며 항온변태조건에서 온도저하에 따른 층상간격 미세화 효과로 증가하였다. 반면, 단면감소율은 가열온도와 항온변태온도가 상승함에 따라 저하되었으며, 이는 균열형성지역에서의 두꺼운 시멘타이트 두께로 인한 전단크래킹의 영역과 전파지역에서의 벽개 유형의 파괴의 빈도 및 분율의 증가에 의한 것으로 보인다. [2, 3]

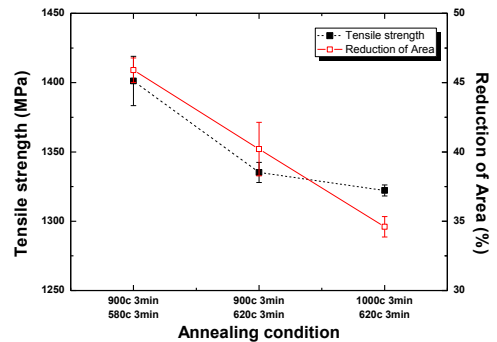


Fig. 2 Mechanical properties of steel wires

4. 결론

위의 결과로부터 신선 가공한 펄라이트 강선에서 열처리 조건 별 단면감소율을 변화 거동을 인장 파면과 비교하여 밀접한 관련이 있는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] J. M. Hyzak and I. M. Bernstein, 1976, The role of microstructure on the strength and toughness of fully pearlitic steels, Metall. Trans. A, Vol. 7, No. 8, pp. 1217~1224.
- [2] L. E. Miller and G. C. Smith, 1970, Tensile fractures in carbon steels, J. Iron Steel Inst., Vol. 208, pp. 998~1005
- [3] D. J. Alexander and I. M. Bernstein, 1983, Microstructural control of flow and fracture in pearlitic steels, Phase trans. in Ferrous alloy, Vol. 243, pp. 243~257.

이트륨 편석이 타이타늄의 기계적 성질 및 집합조직에 미치는 영향

김효규^{1,2}, 박종민^{1,2}, 조용수^{1,2}, 박형기², 민석홍¹, 하태권^{1#}

Abstract

Binary titanium alloys intend to develop with high strength and elongation compared to pure titanium. In this study, experiments were carried out on the effect of grain boundary segregation of solute element on the mechanical properties and texture. In order to segregate the grain boundaries in titanium, yttrium was selected as a positive enthalpy of mixing by thermodynamic calculation. Solute Segregation reduces the total free energy of the defect and system in the material, and also reduces the grain boundary mobility due to the solute drag effect, thereby inhibiting rate of grain growth. To prepare the titanium-yttrium alloy, yttrium was prepared from 0.1, 0.5, 1, and 3 wt%, respectively. Titanium-yttrium alloy ingots were prepared with 600 μ m plate and recrystallization heat treatment was carried out at 873K to 1123K for 30 minutes. To confirm the microstructure according to the yttrium content, it was analyzed by optical microscope and electron backscattering diffraction method. As a result, the grain refinement effect was confirmed as the yttrium content was increased. The mechanical properties of the titanium-yttrium alloys were confirmed by tensile tests. The texture was analyzed by electron backscattering diffraction and X-ray diffractometer(XRD). In addition, transmission electron microscopy and 3-Dimensional atom probe analysis were performed to confirm the formation of secondary phase of yttrium and the presence of yttrium segregation in titanium.

Key Words : grain boundary segregation; yttrium; mechanical properties; texture

1. 서론

판형 열교환기(Plate type heat exchanger)란 액체의 온도를 조절함으로써 예열 및 냉각을 할 수 있는 장비이다. 판형 열교환기는 Fig. 1에 나타내었다. 판형 열교환기는 기존 튜브형 열교환기에 비해 고효율 및 고밀도 열교환기로 식품, 화학, 석유, 조선, 의약품, 발전 설비 등 모든 분야에 널리 쓰이고 있으며, 수리나 보수가 비교적 쉽게 설계되어있다.

판형 열교환기에 쓰이는 전열판으로 Grade 1,2 순수 타이타늄을 주로 이용하고 있다. 하지만, 열교환기의 열효율을 높이려면 유속을 빠르게 해야 하므로 그에따라 유압이 높아지기 때문에 고강도의 타이타늄 합금 개발이 필요하다. 따라서 이번 연구의 목적은 기존 순수 타이타늄 대비 고강도 고연신율의 2원계 타이타늄 합금 판재를 개발하여 판형 열교환기에 적용하기 위함이다.

2. 실험방법

타이타늄과 혼합 엔탈피가 양수인 이트륨을 선정하여 이트륨 함량을 0.1wt%, 0.5wt%, 1wt%, 3wt%인 합금을 진공 아크 용해장비로 제조하였으며, 균질화 열처리를 1000도에서 10 시간동안 열처리를 실시하였다. 타이타늄-이트륨 합금의 기계적 성질 평가를 위해 열간압연과 냉간압연 및 재결정 열처리를 통해 판재를 제조하였고, 600도에서 850에서 재결정 열처리를

1. 강릉원주대학교

2. 한국생산기술연구원

교신저자: 강릉원주대학교, E-mail: tkha@gwnu.ac.kr

30분간 진행하였다. 이트륨 함량과 재결정 열처리에 따른 미세조직 관찰 및 기계적 물성을 측정하기 위해 인장시험을 실시하였다. 그리고 타이타늄-이트륨 합금의 결정립 크기와 집합조직 분석을 위해 전자현미경에 장착된 전자후방산란회절을 이용하여 측정하였다. 그리고 이트륨 편석에 의한 이트륨 2차상 형성을 분석하기 위해 투과전자현미경 분석을 실시하였으며, 이트륨 입계편석 유/무를 확인하기 위해 3D APT를 이용하여 800도에서 재결정 열처리를 실시한 이트륨 함량 0.5wt%소재를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

이트륨 함량이 증가할수록 항복 및 인장강도가 80~90%로 증가하였고, 그에 반해 연신율은 감소하였다. 집합조직의 경우 랜덤한 방향으로 무질서하게 발달하였고, TEM 분석을 통해 이트륨 2차상을 확인하였다. 그리고 3D APT로 분석 결과 입계에 이트륨이 편석된 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

타이타늄-이트륨 합금의 결정립 미세화 거동은 3D atom probe의 이트륨 편석 결과를 보면 이트륨 편석이 입계 에너지를 낮춰 결정립 성장의 구동력을 낮춘 것과 Solute drag에 의해 결정립계 속도를 감소시켜 결정립 성장이 억제된 것으로 해석된다. 또한, TEM 분석결과를 보면 순수 이트륨의 2차상을 확인하였는데, 이트륨의 2차상이 결정립 내부에 편석이 되어 결정립 성장이 억제된 것으로 설명 될 수 있다.

참고문헌

- [1] Jackson. B. W. and Troupe. R. A. "Plate Heat Exchanger Design by NTU Metho". Chemical Engineering Progress Symposium Series. No. 64, Vol. 623. pp. 1966. 185~190
- [2] Smith. V. C. and Troupe. R. A. "Pressure Drop Studies in a Plate Heat Exchanger", A.I.Ch.E. Journal, Vol. 11, No. 3. pp. 1965, 487-491
- [3] R. Boyer, G. Welsh, E.W. Collings, Materials Properties Handbook—Titanium Alloys, ASM International, Materials Park, OH, 1994.

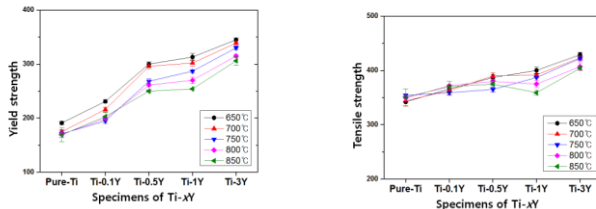


그림 1. 이트륨 함량과 열처리 온도에 따른 항복강도 및 인장강도

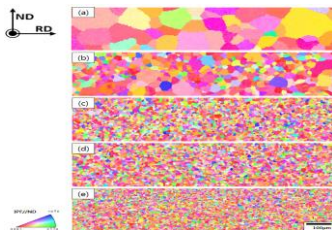


그림 2. 800도 에서 재결정 열처리한 미세조직

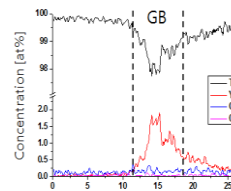


그림 3. 3D APT 분석결과

CAE해석을 활용한 매거진 탑의 가스사출성형에 대한 연구

· 강세호¹ · 김종덕² · 이상용² · 이성희² · 김옥래[#]

A Study on Gas Injection Molding of Magazine Top Using CAE Analysis

S.H. Kang, J.D. Kim, S.Y. Lee, S.H. Lee, and · O.R. Kim

Abstract

Since gas injection molding is a method of injecting gas into the inside of the product, there is no need for a hot runner system and a mechanical slide. Accordingly, since the degree of freedom of design increases, there is an advantage that various finished products with higher strength can be obtained. In this thesis, we selected products of CD case which adhered much ribs to products with injection molded product thickness of 2 mm. CAE(Computer Aided Engineering) was carried out after confirming the optimum conditions such as mold temperature of gas injection molding, molding temperature of raw material, charging time, raw material injection amount, gas injection timing, gas pressure, gas pressure holding time, etc. moderate bending occurs on the walls on both sides on the outside after gas injection molding, and the assembling accuracy of the CD case is It improved.

Key Words : injection molding, injection molding analysis, gas injection molding, molding accuracy

서론

플라스틱 원재료는 지난 수세기 동안 사용이 증가하여 왔으며, 그 활용도 역시 계속 확대되고 있다. 초기에 플라스틱은 금속, 목재, 유리, 도자기, 피혁 등의 대용품으로 등장했으나, 경량성, 강인성, 내부식성, 착색성, 대량생산 가능성, 그리고 우수한 가공성 등의 장점을 통해 최근 급속한 발전이 이루어지고 있는 휴대폰, 디스플레이 및 전기자동차 내외장 등의 각종 산업 분야에서 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 이는 각종 제품의 소형화, 슬림화 추세에 요구되는 경박성 및 내구성을 충족시킬 수 있는 플라

스틱 사출성형(injection molding) 공정 기술의 개발과 연관이 있다[1].

일반적으로 플라스틱 사출성형제품은 2~4mm 두께의 박판으로 구성되어 있으며, 요구 성능에 따라 구조적 두께가 두꺼워 지기도 하고 얇아지기도 한다. 다만, 제품이 매우 두껍거나 얇아지는 부분 출성형 시 문제가 되었던 수축, 휨 변형 등의 개선을 위하여 기존 사출성형의 보압 공정을 고압가스의 질소가스를 주입하는 것에 의하여 성형 중 제품에서 발생하는 수축, 휨, 변형 등의 개선이 가능하도록 하는 사출성형이 가스사출성형 (gas assisted injection molding)이다[2-3].

1. ㈜건화

2. 한국생산기술연구원

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

여러 가지 변수를 토대로 실험계획법을 활용하여 가스사출성형해석(CAE)을 수행하였고, 가스사출성형 제품의 가스유로에 대한 검토를 실시하여, 해석에서 나타나는 조건에 따른 가스유로의 형태를 분석하여 트러블이 발생되는지에 대한 경향을 파악하였다. 또한 가장 중요한 인자인 가스사출성형조건에 따른 제품 힘에 대한 경향을 분석하였으며, 해석 제품의 중량도 파악하여 고찰해 보았다.

실험방법

사출성형 해석을 수행하기 위해서는 빔 요소(beam element) 격자와 삼각형 요소(triangular element) 격자를 적용하였다. 제품의 성형해석을 위한 메시(mesh)의 크기는 3mm이며 노드의 수는 293,604개이고 총 요소의 수는 1,729,683개이다.

이어서 가스채널이 되는 부위에 가스 주입구와 스프루 입구에 본 연구에 해당하는 성형용 원재료인 Lupoy를 주입하는 입구를 부여하였다. 각각의 원재료에 대해서 해석을 위한 성형조건으로 원재료 온도의 변화는 250, 265, 280℃로 하였고, 사출 충전 시간은 1, 1.5, 2초로 하였으며, 금형 온도는 60, 70, 80℃로, 제품 충전량은 98.5, 99, 99.5%로, 원재료를 충전 후 가스휴지 시간은 1, 1.5, 2초로, 가스압력 컨트롤은 30, 45, 60psi에 대하여 해석을 수행하였다. 가스수입시간은 2초이며, 가스홀딩 압력은 700, 600, 400(psi)이며, 홀딩시간은 10, 5, 3초로 설정하여 해석을 수행하였다.

결과 및 고찰

가스 양이 많이 들어가는 조건은 금형 온도가 높고, 원재료 용융 온도가 높고 가스압력이 높을 때 가스 양이 많이 유입되었다. 원재료의 온도가 낮고 가스압력이 낮을 경우 가스 양이 가장 적게 유입되는 것으로 나타나고 있다.

제품의 중량을 그래프로 보여주고 있으며,

G16, 17, 18, 25, 26, 27은 제품무게가 적게 나타나고 있다.

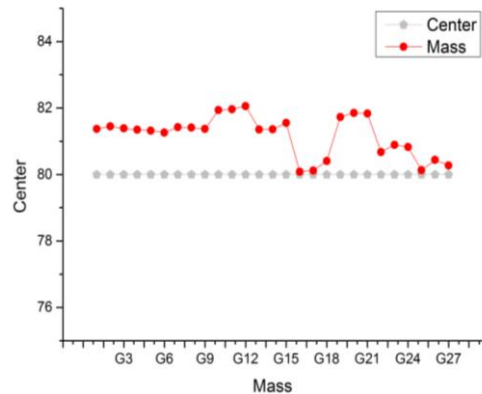


Fig. 1 Mass of G1-G27

결론

- 1) 사출성형조건에 따른 온도분포 및 압력에 따른 영향을 고찰해 볼 때 온도변화는 20℃ 이내로 유지하고, 사출성형 압력은 75.61MPa로 나타나고 있어 기준치에 비해 약간 높으나 양호하다고 보여진다.
- 2) 일반 사출성형해석을 했을 경우 RH쪽은 1.54mm, LH쪽은 0.96mm가 안쪽으로 힘이 발생하는 것으로 나타나고 있다.
- 3) 가스 양이 많이 들어가는 조건은 금형 온도가 높고, 원재료 용융온도가 높고 가스압력이 높을 때 가스 양이 많이 유입되었다

참고문헌

- [1] Mikell, K. (2002), "Water Injection Molding Makes Hollow parts Faster", *Plastics Technology*, 48(1), pp. 42-47.
- [2] H. S. Lee, 2001, "A Study on the Unified Molding for a Box shaped Thick part Using Gas-Assisted Injection Molding", *Transactions of Materials Processing* Vol.10, No.5, pp. 402~410.
- [3] H. P. Heim and H. Potente, 2000, *Specialized Molding Techniques*, *Plastics Design Library*, USA.

성형 이력을 고려한 Al 오일 팬의 정강성 비교

최보성¹ · 김재철¹ · 김일철² · 이덕영[#]

Static Stiffness of Al Oil Pan Considering Forming Effect

B. S. Choi, J. C. Kim, I. C. Kim, D. Y. Lee

Abstract

To reduce the weight of automotive oil pan panel, aluminum can be used instead of steel. Usually it is recommended that the thickness of aluminum should be increased more than half of steel's to replace steel. If the forming effect is going to be considered, the static stiffness of considering it can be increased than that of without considering it because work hardening effect is added. To confirm the results of forming effect, the static stiffness of 1.6 t of aluminum oil pan panel are compared to that of 1.2 t steel after analyzing all forming processes using PamStamp CAE software.

Key Words : Static Stiffness, Oil Pan, Aluminum Oil Pan, Forming Effect

1. 서론

자동차 부품의 경량화는 차량의 연비 개선을 위해 지속적으로 추진해야 하는 과제이다. 경량화를 위해서는 부품에 미치는 부하를 정확히 예측하고 최적화 설계를 하는 시도 외에, 재료 교체를 통한 경량화도 시도하게 된다. 강(steel) 소재를 알루미늄으로 대체할 때, 알루미늄의 두께는 통상 강의 1.5배를 일반적인 설계 기준으로 권장한다. 오일 팬(oil pan)과 같이 프레스 성형되는 부품의 경우, 프레스 성형 과정에서 가공 경화가 발생하므로 성형 이력을 고려한 알루미늄 오일 팬의 경우 어느 정도 두께를 높이면 적절한지를 정강성 해석으로 확인해 보고자 한다.

2. 실험방법

오일 팬의 성형 해석 및 스프링 백(spring back) 해석은 전체 공정에 걸쳐 기존의 강(steel) 소재와 알루미늄 소재에 대하여 수행하였다. 다음 그림들은 각 공정의 금형 모델이다.

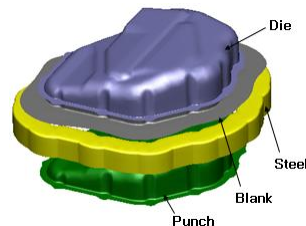
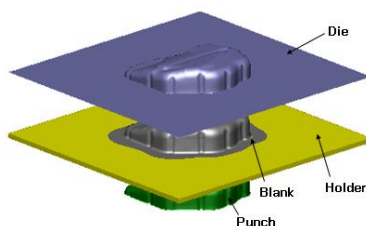
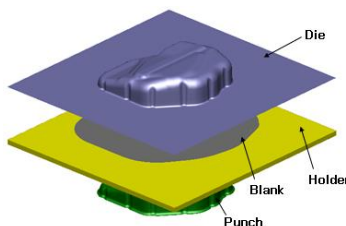


Fig. 1 OP 10 tool model of oil pan Fig. 2 OP 20 tool model of oil pan Fig. 3 OP 30 tool model of oil pan

1. (재)울산테크노파크

2. (주)코디마

교신저자: 대구대학교, E-mail:dylee@daegu.ac.kr

오일 팬의 경우 알루미늄 온간 성형법을 이용하여 제품을 생산하고자 하는 연구⁽¹⁾도 시도되고 있으나 본 연구에서는 연속 생산성을 고려하여 냉간 성형법을 시도하였다. 제품전체 공정은 블랭킹 후, 1 공정 드로잉(drawing), 2 공정 드로잉, 트리밍(trimming)과 피어싱(piercing) 후, 3 공정 플랜징(flanging) 공정으로 구성되며, 1.2 t 강 소재 및 1.6 t 알루미늄 소재의 각 공정에 대하여 성형 해석 및 스프링 백 해석을 수행하였다. 성형한계도에 대한 개념은 Keeler와 Bachofen⁽²⁾에 의해 제시되었으며 본 연구의 파단 평가 또한 Keeler식을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

성형 해석 및 스프링 백 해석이 완료된 강 소재 및 알루미늄 소재에 대하여 다음 Fig. 4 및 Fig. 5와 같이 두 지점에서 정강성을 비교하였다. 강구(steel ball)의 스트로크(stroke)는 20mm, 오일 팬과의 마찰계수는 0.12, 성형 속도는 1m/s로 해석을 수행하였으며, 반발력을 비교하기 위해 강구에 대한 접촉력(contact force)을 분석하였다.

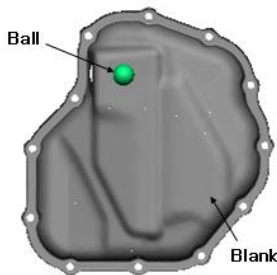


Fig. 4 1st location of ball
for checking static stiffness

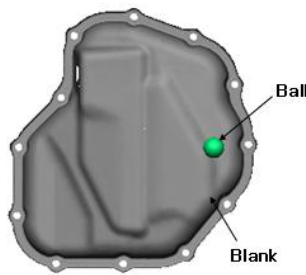


Fig. 5 2nd location of ball
for checking static stiffness

Table 1 Contact Forces between Al & Steel

Ball Location	Contact Force (kgf)	
	Al	Steel
1 st point	721	652
2 nd point	930	850

오일 팬의 프레스 성형 과정의 성형 이력을 고려하여 Fig. 4 및 Fig. 5와 같이 두 지점에 강구로 눌렀을 때, 1.6 t 알루미늄 오일 팬의 강구의 접촉력은 두 지점 모두 1.2 t 강 오일 팬보다 약 10% 정도 더 높게 나왔다.

4. 결론

성형 이력을 고려하여 오일 팬의 정강성을 해석으로 비교해 본 결과, 1.2 t 강 소재를 1.6 t 알루미늄 소재로 변경해도 동등 수준 이상의 정강성을 얻을 수 있음을 확인하였다. 따라서 경량화를 위해 알루미늄으로 소재를 변경할 때, 부품이 프레스 성형으로 제작된다면 약 1/3 정도 두께를 증가시켜도 정강성은 동등 수준 이상으로 확보되므로 이를 추후 실 제품으로 검증하면 유용한 설계 기준으로 정립할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) 이항수, 오영근, 최치수, 2000, "오일팬용 재료의 온간 성형한계도에 관한 연구", 한국소성가공학회지, 제9권, 제6호, pp. 670~680.
- (2) Keeler, S. P. and Bachofen, W.A., 1963, "Plastic instability and fracture in sheets stretched over rigid punches", Trans. ASM, Vol. 56, pp.25~48.

후 기

본 연구는 (주)코디마의 경제협력권산업육성사업과제 “다단계 딥드로잉 프레스금형 공법 적용 고성형성 알루미늄 오일팬 개발”의 지원을 받았음.

스프링백 해석을 통한 원형파이프 굽힘 보정 각도 예측

최보성¹ · 김재철¹ · 오성국² · 이덕영[#]

Prediction of Angle Compensation in Circular Pipe Bending using Springback Analysis

B. S. Choi, J. C. Kim, S. G. Oh, D. Y. Lee

Abstract

After bending process, elastic recovery, that is, springback phenomenon, causes dimensional defects. If the bending process is not performed at an accurate angle, the productivity of the connecting work process may be extremely reduced. Therefore, it is necessary to predict the amount of springback in the bending process and to perform bending process by revising value. The material used in this study is SUS316L 1.5t, $\Phi 15$ pipe which is widely used in pneumatic and hydraulic seamless pipes in the ship. The bending process and the springback analyses were performed to predict the compensation amount by springback, and the analysis results were verified in comparison with the actual product.

Key Words : Angle Compensation, Pipe Bending, Spring back Analysis

1. 서론

기계가공 중 벤딩 가공에는 수공구를 사용한 방법부터, 테이블식, 유압식 등 다양한 방법들이 있다. 어떤 방법을 사용하더라도 소성변형이 일어나므로 벤딩 성형 후 탄성회복, 즉 스프링백(springback) 현상^(1~3)으로 각도 변형에 의한 치수 불량이 발생한다. 정확한 각도로 벤딩 성형이 이루어지지 않으면 연결 작업 공정의 생산성이 극히 저하되는 문제가 발생할 수 있으므로 벤딩 성형 과정에서 스프링백 발생량을 사전에 예측하고, 이를 보정하여 벤딩 성형을 실시할 필요가 있다. 본 연구에서 사용한 소재는 조선 구조물 내의 의장부분과 관련된 유공압 배관용 심레스 파이프에서 널리 사용되고 있는 SUS316L 1.5t, $\Phi 15$ 파이프이다. 이에 대하여 15° 벤딩각을 시작으로 180° 까지 15° 간격으로 벤딩 공정 및 스프링백 해석을 수행하여 스프링백 각도 보정량을 예측하고 실제 제품과 비교하여 해석 결과를 검증하였다.

2. 실험방법

벤딩 공정 금형 툴(tool) 구성은 다음 Fig. 1과 같다. 베이스 툴(base tool)의 크기는 R50이며, 클램프(clamp)는 파이프 표면의 찌힘을 방지하기 위하여 고정형이 아닌 회전형(rotation type)으로 하였다. 벤딩 툴의 회전 각속도는 0.05rad/min 이며, 각도는 15° 벤딩각을 시작으로 180° 까지 15° 간격으로 해석을 수행하였다. 벤딩 성형은 클램프가 지지하고 있는 상태에서 벤딩 툴이 베이스 툴의 중심을 기준으로 회전하면서 이루어진다. 파이프의 요소는 길이방향 4mm, 원주방향 0.87mm의 균일한 크기(uniform mesh)로 모델링하였다.

1. (재)울산테크노파크

2. 랙트

교신저자: 대구대학교, E-mail:dylee@daegu.ac.kr

Fig. 2는 90° 벤딩시 해석에서 예측한 2.89°의 보정치를 적용한 후 스프링백 전·후 상태이며, Fig. 3은 벤딩이 완료된 후 회전형 클램프의 위치를 나타낸다.

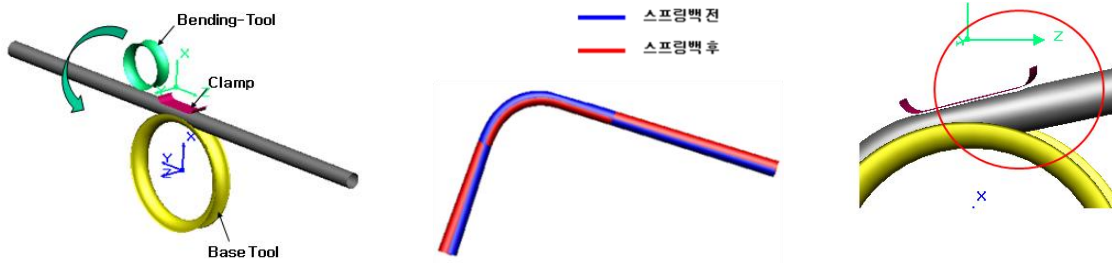


Fig. 1 FE-model of pipe bending tool Fig. 2 States before, after Springback Fig. 3 Final state of clamp

3. 결과 및 고찰

Table 1에 15° ~ 180° 까지 벤딩시 보정각을 정리하였으며 보정각에 대한 추세선을 Fig. 4에 나타내었다. 벤딩 공정 해석 및 스프링백 해석 결과를 검증하기 위하여 보정각을 2.89° 적용하여 90° 벤딩 성형하였으며, 3차원 스캐너를 사용하여 스캔 후 벤딩각을 측정하였다. 측정결과 89.74°의 각도를 보였으며, 해석 모델에서 2.89°보정을 한 경우 89.71°의 결과를 보여 실제 측정 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

Table 1 Compensation angle

Bending Angle	Compensation angle
15°	1.46°
30°	1.67°
45°	1.79°
60°	2.21°
90°	2.89°
120°	3.43°
180°	4.6°

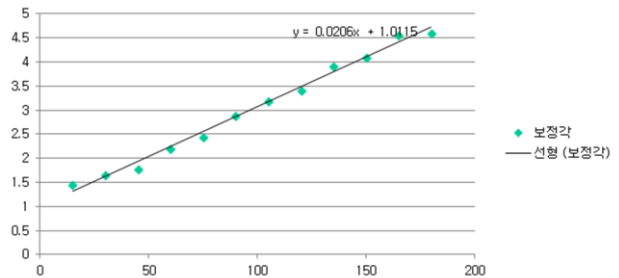


Fig. 4 Trend line of Compensation angle

4. 결론

본 연구에서는 SUS316L 1.5t, $\Phi 15$ 파이프에 대한 벤딩 공정 해석 및 스프링백 해석을 통해 벤딩 각도별 보정량을 예측하였고, 이를 반영한 실 제품을 제작하여 측정, 비교함으로써 해석 결과와 거의 일치함을 확인하였으며 스프링백 보정량 예측 및 적용의 타당성을 검증하였다.

참고문헌

- (1) He, N. and Wagoner, R. H., 1996, "Springback simulation in sheet metal forming", NUMISHEET'96, pp.308~315.
- (2) Leu, Daw-Kwei, 1997, "A simplified approach for evaluation bendability and springback in plastic bending of anisotropic sheet metals", Journal of Materials Processing Technology. Vol. 66, pp.9~177.
- (3) Samuel, M., 2000, "Experimental and numerical prediction of springback and side wall curl in U-bending of isotropic sheet metals", Journal of Materials Processing Technology. Vol. 1.5, pp.382~393.

후 기

본 연구는 택트의 민·군기술적용연구사업과제 “백래시 보정기술을 적용한 SMART BENDING SYSTEM 개발”의 지원을 받았음.

차체 경량화-고강도를 위한 금속-복합재 하이브리드 부품 개발

안민수¹ · 김동권¹ · 도상현¹ · 남재두¹ · 서종덕¹

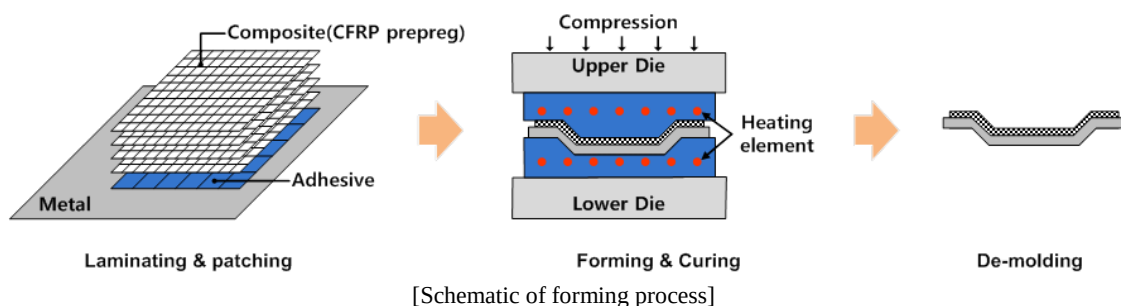
Development of Metal-Composite Hybrid Part for light weight reduction and high strength

M. S. Ahn, K. D. Kim, K. D. Lee, S. H. Do, J. D. Nam, J. D. Seo

Abstract

자동차 업계에서는 지구 온난화와 대기 오염으로 차량 CO₂ 배출 및 연비 규제 강화에 따른 차량 경량화와 승객 안전을 위한 차량 충돌 안정성은 오랜 시간 동안 지속되어 온 화두이다. 차량 경량화를 실현하기 위하여 기존 금속 소재에서 비철금속(Al, Mg), 복합재(CFRP, GFRP) 소재 등으로 대체하고 있으면, 충돌 안전성을 확보하기 위해 핫 스탬핑, 롤 포밍 공법을 이용한 초고장력 강판을 적용하고 있다. 최근 자동차 업계에서는 차량 경량화와 안전성을 동시에 극대화 시킬 수 있는 방안으로 금속과 복합재 두 소재를 동시에 성형하는 기술에 대한 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 두 소재 간에 발생하는 갈바닉 부식을 방지하고 접합력을 향상 시키기 위해 시트형 접착제를 적용한 금속-복합재 하이브리드 부품을 제작하였다.

Key Words : Metal-Composite, Hybrid part, Light weight reduction, High strength, CFRP Prepreg, Compression Molding



1. ㈜신영 기술연구소

교신저자: ㈜신영 기술연구소, E-mail: msahn@shym.co.kr

[Schematic of manufacturing process]

교차전단 가공법을 통한 고강도/고연성 마그네슘 합금의 미세조직 제어

주용환¹ · 마헨드라다니아가스티아¹ · 김민준¹ · 다나세샤파라딘다푸트라¹ · 고영건[#]

Effect of Cross-Shear Deformation on Microstructure and Mechanical Properties of Magnesium alloy

Y. H. Joo, A. P. Mahendradhany, D. P. Putra, M. J. Kim, Y. G. Ko

Abstract

경량 소재 중 하나인 마그네슘 합금은 우수한 비강도 및 기계가공성 진동 감쇠능 등 다양한 장점을 가지기 때문에 자동차, 우주항공 및 특수방산용 부품으로 각광받고 있다. 하지만 마그네슘은 조밀육방결정구조(hexagonal closed packed structure, HCP)로 슬립계가 기저면 슬립으로 한정되어 상온에서 소성변형이 어려운 단점이 있다. 본 연구에서는 교차전단가공(cross-shear)을 통한 AZ31 마그네슘 합금의 상온강도와 연성 향상을 위한 연구를 하였다. 전단가공을 위해 AZ31 마그네슘 합금을 이속압연 시 시편을 압연 방향으로 180° 회전을 통해 가공을 하였다. 기저면 집합조직 약화를 통해 평균 결정립크기 1.2 μm 으로 균일한 미세결정립을 얻을 수 있었다. 또한 상온 인장실험 수행을 통해 인장강도 ~333 MPa, 연신율 ~21%의 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 결정립 미세화를 통해 고강도를 달성하였으며, 기저면 집합조직 약화를 통해 고연성을 달성하였다.

Key Words : 교차전단가공법, 마그네슘합금, 미세조직, 고강도, 고연성

1. 영남대학교

교신저자:영남대학교, younggun@ynu.ac.kr

결정립 크기 의존성을 갖는 금속 산화물의 표면특성

민지훈¹ · 시티파티마² · 무하마드프리슬라카밀³ · 송종범⁴ · 최일경⁵ · 고영건⁶

Effect of grain size on surface properties of metal oxide

J. H. Min, S. Fatimah, M. P. Kamil, J. B. Song, I. K. Choi, Y. G. Ko

Abstract

본 연구는 알칼리 규산염 전해질에서 플라즈마 전해 산화법을 통해 금속 결정립의 차이로 인한 표면특성에 대하여 연구하였다. 이를 위해 두 가지 다른 결정립 크기를 가지는 시편을 사용하였고, 각 시료에 대해 100mA/cm²의 전류 밀도, 교류 조건 하에서 연구를 수행하였다. 각 시편 결정립 크기는 1 μ m, 50 μ m이며 각각 미세결정립, 거대결정립이라 명하였다. 플라즈마 전해 산화법을 통해 거대 결정립에서 플라즈마 방전이 낮은 항복전압 조건하에 미세결정립 보다 먼저 일어났다. 미세구조적 관찰을 통해 미세결정립이 초기 산화층 생성시 거대결정립 보다 더 균일하고 미세하게 나타났다. 따라서 미세결정립 산화층은 거대 결정립 산화층 보다 다공성이 적고 두꺼워지는 경향이 있으며, 3.5 wt. % NaCl 용액 하 동전위분극실험을 통해 부식거동 경향성을 확인하였다.

Key Words : 결정립 크기, 플라즈마 전해산화법, 항복전압, 부식거동

1. 민지훈, 시티파티마, 무하마드프리슬라카밀, 소속: 영남대학교
2. 송종범, 최일경, 소속: ㈜명문덴탈
3. #Y.G.Ko: 영남대학교, E-mail: younggun@ynu.ac.kr

Al 7055 합금의 기계적 성질 예측 모델 연구

손영일¹, 맹한솔², 이석재[#]

Prediction Model for Mechanical Properties of Al 7055 Alloy

Y. I. Son, H. Maeng, S. J. Lee

Abstract

In this study, we investigated the relationship between precipitation behavior and mechanical properties of aluminum 7055 under heat treatment conditions and predicted yield strength and tensile behavior based on this. In order to control the fraction and size of the precipitates, a two-stage aging was carried out, and the first and second times were different. The fraction and size of the precipitates were measured by the analytical instrument and compared with the actual results by thermodynamic calculations. The predicted yield strength and tensile behavior agreed well with the data.

Key Words : AA7055, Aging, Precipitation, Mechanical Properties, constitutive model

1. 서론

알루미늄 합금은 1920년 이래로 가볍고, 좋은 내구성 그리고 손상에 내성이 있어 항공기 프레임 재료로써 널리 사용되어오고 있다. 항공기 산업뿐만 아니라 자동차, 방산 분야에서도 필수적으로 요구되는 높은 강도와 낮은 밀도 즉, 고비강도의 장점으로 대별되는 알루미늄 합금은 7XXX계 알루미늄 합금이다. 이 합금은 Al-Mg-Zn계로 기지 내에 미세한 석출상을 형성시킴으로써 재료를 강화시키는 석출경화형 합금이다. 이 중에서 7055 알루미늄 합금의 경우 비교적 최근 개발된 합금으로 다른 널리 알려진 7075와 같은 7XXX계열에 비해 연구가 비교적 덜 된 상태이다. 석출경화형 합금으로 2XXX, 6XXX계 알루미늄 합금도 존재하나 지금까지의 많은 연구들이 시효 처리시 생성되는 석출상 자체에 대한 분석이나 석출상과 기계적 성질에 대한 정성적인 관계 분석이 치중되어있는 반면 시효 처리시 관찰되는 석출상의 거동과 석출상이 기계적 특성에 미치는 영향에 대한 정량적인 연구가 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 7055 알루미늄 합금에서 실험과 열역학 모델을 이용한 시효 석출상을 정량적으로 분석하고 기계적 특성에 영향을 미치는 효과를 연구하여, 석출 거동과 기계적 특성의 상호 관계 예측을 위한 구성 모델을 제시하고자 한다.

2. 실험방법

압출된 모재 7055 알루미늄 합금을 ASTM E8 sub-size 규격으로 가공하여 열처리를 진행하였다. 용체화처리는 471℃에서 50분, 시효처리는 120℃에서 2~8시간, 160℃에서 5.5~8.5시간 실시했다. 열처리 된 시편을 $1.0 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ 의 속도로 인장 시험을 진행하고, 로크웰 경도기로 경도를 측정했다. 미세조직 관찰을 위해 OM, FE-SEM, EBSD, TEM을 분석하였고, XRD 측정 후 전위밀도를 계산했다. 각 열처리에 따라 MatCalc 5.61이라는 열역학 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 석출상의 분율과 크기 그리고 고용 원소의 농도를 계산했다.

1. 국방과학연구소

2. 전북대학교

교신저자: 전북대학교, seokjaelee@jbnu.ac.kr

3. 결과 및 고찰

1차 시효시간이 증가할수록 항복강도가 증가했으며, 이 이유는 작은 크기의 η 수 증가로 인한 분산강화 효과이다. 2차 시효시간이 증가할수록 항복강도가 감소했으며, 이 이유는 7XXX계에서 주요 강화상이라고 알려진 η' 과 GP zones 수의 감소 그리고 모든 석출상의 조대화 때문이다. 결정립 크기는 OM, FE-SEM 그리고 EBSD로 관찰한 결과 16~18 μm 로 유사했고, 석출상의 분율은 EDS, EBSD 그리고 열역학 시뮬레이션 결과 0.02~0.04로 유사했다. 석출상의 크기는 HR-TEM, STEM 그리고 시뮬레이션 결과 10~37nm로 관찰 및 분석되었으며, η 와 η' 의 성분은 Spectrum 분석과 Line 분석 결과 MgZn_2 로 기존 문헌과 잘 일치했다.

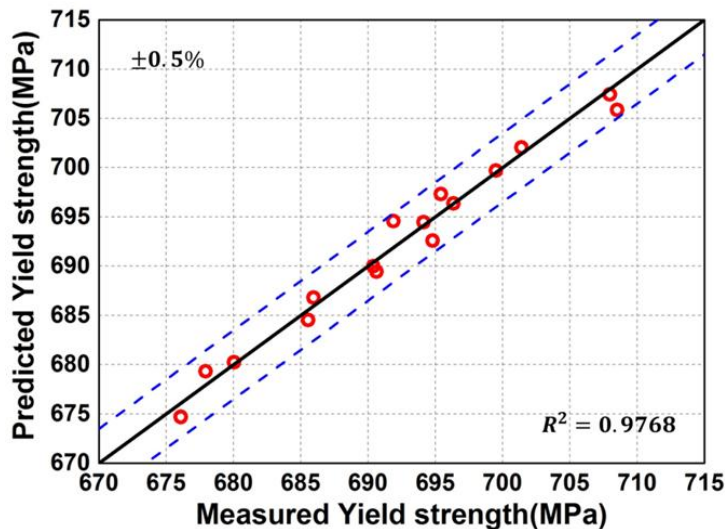


Fig. Comparison of measured & predicted yield strength with constitutive model.

4. 결론

본 연구에서는 7055 알루미늄 합금에서 시효 시간에 따른 석출상의 분율과 크기를 열역학 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 계산하고 이 데이터를 바탕으로 기계적 성질을 예측할 수 있는 구성방정식 모델을 제시했다. 분석 장비를 통한 실제 측정값과 열역학 계산 값은 유사하였으며, 제시한 구성방정식을 사용한 항복강도 모델은 실제 실험데이터와 오차범위 0.5%이내로 매우 유사했고 실제 인장 거동 또한 매우 높은 정확도를 보여주었다.

참고문헌

- [1] S. Liu, C. Li, S. Han, Y. Deng, X. Zhang, Effect of natural aging on quench-induced inhomogeneity of microstructure and hardness in high strength 7055 aluminum alloy, J. Alloys Compd. 625 (2015) 34.
- [2] K.C. Ho, J. Lin, T.A. Dean, Constitutive modeling of primary creep for age forming an aluminum alloy, J. Mater. Process. Tech., 153-154 (2004) 122.

극저온 전단가공된 알루미늄 합금의 미세조직 변화 및 기계적 물성 향상

양해웅¹ · 위디안타라이¹ · 오츠티이푸트리¹ · 이용환¹ · 고영건[#]

Microstructure Evolution and Mechanical properties of Al alloy Fabricated by Cryogenic Shear Deformation

H. W. Yang, I. P. Widianlara, O. D. Putri, Y. H. Lee, Y. G. Ko

Abstract

This paper reports the correlation between microstructure evolution and mechanical properties of Al 6061 alloy fabricated by cryogenic differential speed rolling (CDSR). The combination of cryogenic treatment with differential speed rolling (DSR) effectively increased mechanical properties without an appreciable decrease in ductility through the ultrafine grained the Al 6061 alloy. For this purpose, the Al 6061 alloy has been subjected to DSR process at a cryogenic temperature of 90 K and the results were compared with that processed via DSR. Microstructural analyses using optical image (OM) and electron backscattered diffraction (EBSD) measurements showed that the samples with CDSR resulted in ultra-fine grain with improved uniformity as compared to that processed with DSR. In addition, uniformity of vickers microhardness for the samples via CDSR was higher than that via DSR.

Key Words: Al alloy, Differential Speed Rolling, Cryogenic, EBSD (electron backscattered diffraction), Microstructure, Mechanical Property

1. 영남대학교 신소재공학부

교신저자: 영남대학교 신소재공학부,

E-mail: younggun@ynu.ac.kr

자동차 DCT 기어 Actuator Ball Nut의 단조 성형성 평가

이윤혁¹ · 김병철² · 김동환[#]

Evaluation of Forging Formability for DCT Gear of Actuator Ball Nut

Y. H. Lee, B. C. Kim, D. H. Kim

Abstract

Ball Nut는 자동차 수동 변속기의 효율성과 자동 변속기의 편리성을 모두 갖춘 변속시스템의 주요 구동장치인 DCT(Dual Clutch Transmission) Gear Actuator의 핵심 부품 중 하나이다. 최근 더욱 강화된 환경관련 규제로 인하여 고성능, 고연비, 친환경 문제를 개선하고자 8속 DCT 개발이 끊임없이 진행되고 있다. 현재 개발 진행중인 친환경 하이브리드 자동차, 전기자동차와 DCT 탑재 자동차 생산량이 증가함으로써 Ball Nut의 대량 생산 및 제작 생산단가 절감이 요구된다. 하지만 기존 주조 공정방법은 많은 후 가공 공정으로 인한 수요 공급 문제, 단가 문제, 생산 공정 시 환경 유해물질이 발생하는 문제가 있다. 이러한 문제는 냉간 단조 공정으로 가공 공정을 줄이고 제품의 원가 절감 및 생산 효율을 크게 높여 수요 공급 문제를 크게 줄일 수 있다. 본 연구에서는 성형 해석 시뮬레이션을 이용하여 Ball Nut 냉간 단조 성형성 평가를 수행하고자 한다. 상용 소프트웨어인 DEFORM-3D를 이용하여 냉간 단조 해석을 수행 하였다. 최적의 Ball Nut 금형 구조는 기초 실험 및 CAE 해석 결과를 토대로 금형의 구조를 설계 하였고 Ball Nut의 단조 성형 가능성을 확인하고자 한다.

Key Words : Ball Nut, Cold Forging, Forging Process Finite Element Analysis

1. 한국국제대학교 기계자동차공학과

2. 경상대학교 재료공정융합공학과

김동환: 한국국제대학교 항공부품공학과, E-mail:dhkim@iuk.ac.kr

DED 기술을 이용한 고속도공구강 적층부의 후열처리에 따른 미세조직 관찰

백경윤¹ · 신광용² · 이기용² · 심도식^{3#}

Microstructure Observation on Post-heat Treatment of Deposited AISI M4 layer Using DED Technology

Gyeong Yun Baek¹, Gwang Yong Shin², Ki Yong Lee², Do Sik Shim^{3,*}

Abstract

최근, 다양한 금속분말을 Direct energy deposition(DED) 기술을 이용하여 금형에 국부적으로 적층시켜 표면강화(Hardfacing) 나 보수(reparing) 에 적용되고 있다. 그 중에서 고속도공구강 분말은 고경도와 고내마모 특성을 나타내기 때문에 표면강화에 적합하다. 하지만, DED 기술을 이용하여 탄소 함량이 높은 고속도공구강을 적층하기는 쉽지 않으며, 반복적인 열이 가해짐에 따라, 내부의 균열이나 박리나 현상이 발생하게 된다. 또한, 적층 후 높은 경도를 나타내지만, 충격에 취성파괴 거동을 나타내기 때문에 높은 내구성을 기대하기 어렵다. 이에 따라, 본 연구에서는 고경도를 유지하면서 충격인성을 향상시키기 위한 목적으로 DED 기술을 이용한 고속도공구강을 적층 후 후열처리를 수행하였다. 실험을 위해 냉간금형 소재로 가장 널리 쓰이는 SKD11 모재에 고속도공구강재 중 인성이 높은 AISI M4 분말을 이용하여 적층하였다. 후열처리조건으로는 산업적으로 공구강의 인성을 향상시키기 위해 사용되는 퀴칭과 템퍼링 방식을 조합하여 전체 4가지 조건(1050°C 가열 후 공냉 그리고 1050°C 가열 후 노냉, 1050°C 가열 공냉 후 550°C 템퍼링, 1050°C 가열 노냉 후 550°C 템퍼링)으로 후열처리공정을 수행하였다. 후열처리 전의 적층부 조직은 오스테나이트화 된 후 급속냉각으로 인하여 마르텐사이트로 변태하고, 모재와 적층부 경계부에서는 수지상정(dendrite)조직이 관찰되었다. 이러한 미세조직은 1050°C 가열 후 재결정으로 인하여 풀림현상이 나타났으며, 적층부와 모재간의 경계라인이 사라지고, 수지상정 조직도 관찰되지 않았다.

Key Words : 후열처리, 표면강화, 금속분말 적층, 고속도공구강, 금형

1. 전남대학교 기계공학부

2. 한국생산기술연구원 그린가공공정그룹

3. 한국해양대학교 기계공학부

교신저자: 한국해양대학교 기계공학부, E-mail: think@kmou.ac.kr

사출성형 후 언더컷의 강제 취출 시 변형 해석

홍석관¹ · 이정택² · 김영근¹ · 윤언경¹ · 김상윤¹ · 이상철[#]

Deformation Simulation of Undercut during Forcible Ejection at Injection Molding

S. K. Hong, J. T. Lee, Y. K. Kim, E. G. Yun, S. Y. Kim, S. C. Lee

Abstract

When designing an undercut in an injection molding product, it is necessary to consider not only the function but also the method of ejection from the injection mold. In addition, the injection molding condition is also an important variable to finally meet the design dimension. In this study, CAE analysis was carried out to understand the process of deformation of the molded part during forced ejection in injection molding. To simulate the thermo-mechanical response of the amorphous thermoplastic polymer, a parallel network model was applied to the material model. As a result, the deformation shape and deformation amount of the undercut were predicted similar to the experimental results.

Key Words : Injection Molding, Undercut, CAE Analysis, Amorphous Thermoplastic Polymer, Acrylonitrile butadiene styrene

1. 서론

사출성형 제품에서 언더컷(undercut)을 설계할 때는 그 기능뿐만 아니라 금형에서 취출(ejection)하는 방식도 동시에 고려해야 한다. 또한 최종적으로 설계치수를 만족하기 위해서는 사출성형 조건도 중요한 변수가 된다. 본 연구에서는 불가피하게 언더컷을 강제로 취출하는 경우 성형품의 변형과정을 이해하고 적절한 성형공정 조건을 얻기 위해서 CAE 해석을 수행하였다.

2. 해석방법

해석모델은 펜(pen)형태의 제품이며 언더컷은 펜 내부에 형성되어 있다. 본 연구에 적용된 언더컷은 각 부품들이 조립될 때 고정하는 역할과 기밀성을 유지하는 역할을 한다. 해당 소재는 Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)로 무정형 열가소성 고분자(amorphous thermoplastic polymer)이다. 취출 단계에서 소재는 비등온, 대변형 상태를 겪음으로 재료 모델의 구성방정식은 온도-변형률속도-변형률 함수로 고려되어야 한다. 이를 위해 소재의 인장시험은 온도별, 속도별로 수행하였으며 인장시험은 사출성형을 통해 제작하였다. 해당 고분자의 인장시험결과를 fig. 1(a)에서 점선으로 보여주고 있다. 낮은 온도의 고분자에서 일반적으로 나타나는 intrinsic softening 거동을 보이고 있으며 온도와 변형률 속도에 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 이와 같은 거동을 모사하기 위해 재료모델은 parallel network model을 적용하였다. 이는 탄성 거동을 대표하는 스프링요소와 점소성 거동을 나타내는 스프링-대쉬포트 요소를 병렬로 연결하는 재료 모델이다.

1. 한국생산기술연구원 금형기술그룹

2. ㈜케이알 금형부

한국생산기술연구원 금형기술그룹, E-mail: leesc@kitech.re.kr

이 모델의 각 계수는 실험데이터를 기반으로 곡선 적합(curve fitting) 최적화를 통해 구하였다[1]. 적합의 정도를 fig. 1(a)에서 실선으로 나타내었다. 취출 해석은 MSC.Marc를 사용하였으며 취출 온도는 60°C, 취출속도는 30 mm/s로 가정하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1(b)에 해석결과를 나타내었다. 먼저, 언더컷 형상을 보면 취출 전 언더컷 형상은 좌우 대칭인 반구 형태이지만 취출 과정에서 심한 변형으로 인해 편측으로 함몰된 것으로 예측되었다. 이와 같은 경향은 실험결과와 잘 일치한다. 한편, 언더컷의 높이는 부품 간의 체결력과 기밀성을 좌우하는 핵심 인자이다. 이것은 취출 전 대비 약 37% 감소하는 것으로 예측되었다. 실험결과와 약 20%의 오차를 보였다. 본 오차의 주요 요인으로는 사출성형 과정에서 부여되는 보압의 결과가 무시되었기 때문으로 추정된다.

4. 결론

수치해석을 통해서 강제 취출 시 무정형 열가소성 고분자의 변형량을 예측하였다. 본 해석 기법을 이용하여 취출 온도별, 속도별 변형량을 분석하면 언더컷 설계에 가이드가 될 것으로 기대한다.

5. 후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 지원(과제번호: JF170045)을 받아 수행되었습니다.

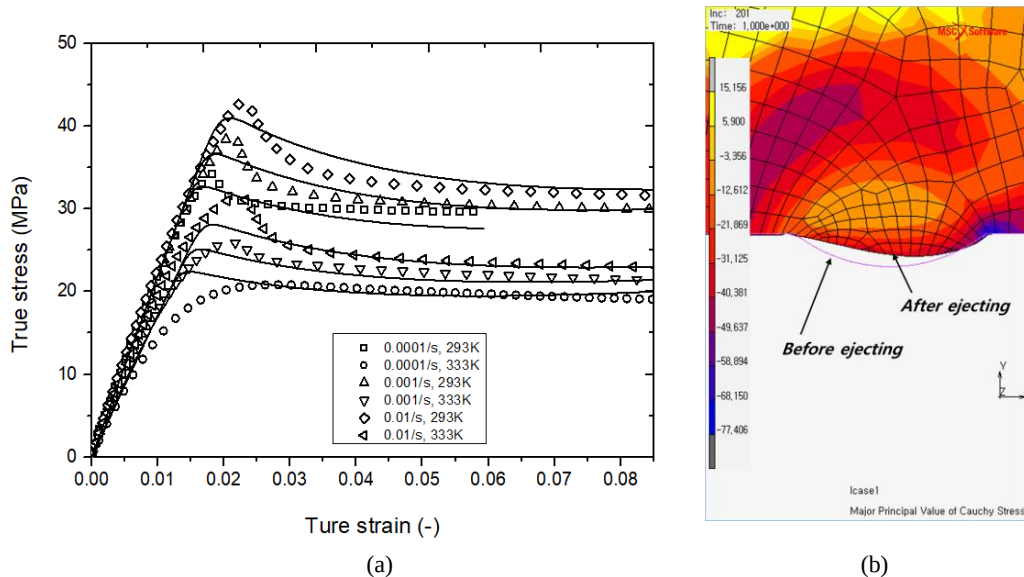


Fig. 1 Comparison of experiment data for ABS and response of parallel network model(a), predicted deformed shape(b)

참고문헌

- [1] L. C. A. Van Breemen, T. A. P. Engels, E. T. J. Klompen, D. J. A. Senden, and L. E. Govaert, "Rate- and temperature-dependent strain softening in solid polymers," *J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys.*, vol. 50, no. 24, pp. 1757–1771, 2012.

변형을 분포에 기반한 냉간 롤 포밍 공정 설계

김동규¹ · 강용기¹ · 박광수² · 전형준³ · 문영훈[#]

Pass Design for Cold Roll Forming Based on Strain Distribution

D. K. Kim, Y. K. Kang, K. S. Park, H. J. Jeon, Y. H. Moon

Abstract

During roll forming, sheet metal is continuously and progressively formed into a product with the required cross-section and longitudinal shape. Roll forming occurs by passing the sheet through a series of forming rolls that are arranged in tandem. Each pair of forming rolls in the roll forming line plays a particular part in obtaining the required cross-section and longitudinal shape of the product. In the current study, pass design method based on strain distribution was proposed by considering the longitudinal strain and total effective strain occurring during the roll forming process. The feasibility of proposed method has been estimated through the fabrication of automotive Bumper Beam. On the viewpoint of the shaping accuracy and process stability, the proposed method based on strain distribution is proved to be useful in the process design of roll forming process.

Key Words : Roll Forming, Roll Flower, Longitudinal strain, Total effective strain, Strain limit, Over bending

1. 서 론

자동차 산업은 연비 개선 및 유해가스 배출량 저감을 위한 경량화와 승객의 안전성 강화라는 두 가지 목표를 위해 고강도 소재를 이용한 자동차 부품 개발에 박차를 가하고 있다. 하지만, 일반적으로 자동차 차체 부품의 성형공법은 대부분 프레스 (Stamp) 공법을 적용하고 있으며, 프레스 공정의 경우 탄성 회복량(Spring back) 증가에 의한 품질저하 및 성형 부하량 증가에 따른 금형 수명 저하 등의 문제점을 가지고 있으므로, 이에 대한 대체 성형 공법으로 롤 포밍(Roll Forming)기술을 이용한 성형기술이 활성화 되었다.

롤 포밍 공법은 연속적인 굽힘 가공을 이용하여 부품을 성형하는 대표적인 소성가공 방법으로 프레스 공정 대비 낮은 투자 비용

과, 폐 단면(Close section) 형상을 성형할 수 있는 특성, 특히 연신율이 낮고 항복 강도(Yield stress)가 높은 고강도 소재성형에 유리하여 차체 부품 중 충돌 부재(Bumper rail/Side sill/Impact beam/Cross member) 등의 제품화에 적합하다.

이러한 추세에도 불구하고 현재 롤 포밍 공정에 대한 설계는 설계자의 경험에 의존하는 실정이며, 시행착오에 따른 문제점을 해결하고 공정에 대한 설계 효율성과 신뢰성을 높이기 위해 유한요소 해석을 이용한 최적화 공정 제안이 중요하다.

본 연구에서는 1.7GPa급의 초고강도 냉연 박판소재를 이용하여 자동차 범퍼 빔(Bumper beam)을 개발하는 목적으로 롤 포밍 공정시 발생하는 길이 방향 변형률(Longitudinal strain), 유효변형률(Total effective strain)을 예측하여 범퍼 빔 성형에 적합한 공정 변수 및 금형 설계방안을 제안하였다.

1. ㈜디케이솔루션/부산대학교 기계공학

2. 포항산업과학기술연구원

3. 명진테크

교신저자: 부산대학교 정밀기계공학

E-mail:yhmoon@pusanac.kr

3점 굽힘 해석을 이용한 차체부품 단면형상 설계 제안

이철환¹ · 김동규¹ · 박광수² · 전형준³ · 강용기[#]

Proposal of cross-sectional shape design of car body part using Finite Element Analysis for 3-point bending

C. H. Lee, D. K. Kim, K. S. Park, H. J. Jeon, Y. K. Kang

Abstract

In recent years, vehicle parts using high strength materials have been developed to lighten the vehicle weight and improve impact resistance in the automobile field. Among the car body parts using high strength steel, the bumper beam is mainly produced through the roll forming process. The roll forming process is a part forming method using continuous bending, and is a process of passing a material through a continuous forming roll to form a part having a desired cross-sectional shape. Especially, it is very important to optimize the material and cross-sectional shape because the rigidity of the material and the cross-sectional shape determine the rigidity of the bumper beam. In this study, 3-point bending method was applied to evaluate the rigidity of bumper beam. For the purpose of optimizing the bumper beam cross section, FEM(Finite Element Method) of the 3-point bending for each bumper beam section was performed, and the repulsive force was measured for each section, the cross-sectional shape was determined through comparison evaluation.

Key Words : roll forming, cross-sectional shape design, 3-point bending, finite element method, rigidity, repulsive force

1. ㈜디케이솔루션
2. 포항산업과학연구원(RIST)
3. ㈜명진테크

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

후판 절단시 톱날끼임 방지를 위한 판재 변형 거동에 관한 연구

박광수¹ · 강용기² · 최창혁³, 문영훈[#]

Study of Thick Steel Plate Deformation Behavior during Cutting Process

K. S. Park, Y. K. Kang, Y. H. Moon

Abstract

In the slab cutting process using the cutting saw, clamping the saw is caused by deformation of the cut part. This is assumed due to the residual stress of the material during the manufacture of the slab plate.

In this paper, we investigated the deformation of the slab due to the residual stress when cutting the top cutting area instead of saw cutting analysis. In order to prevent the deformation of the slab, a clamping device was fabricated and the optimum deformation resistance cutting method was studied by calculating the clamping force and torque.

Key Words : Slab Plate, Residual Stress, Circular Saw Cutting, Plate Deformation, Cutting Force, Clamping Force.

1. 서론

탄소강(SS400 및 SM45C)소재의 slab 를 고속으로 회전하는 원형톱(circular blade saw)으로 절단하는 공정 중에 톱의 몸체가 slab에 물리는 문제가 종종 발생 한다. 톱 물림이 발생하는 원인으로 slab 냉각시 내외부 온도차에 기인하여 생성되는 slab 내부의 잔류응력 때문으로 추측되고 있다. 잔류응력이 초기응력으로 존재하고 있는 slab 의 절단 시 구속도가 변화하면서 응력방향에 따라 curl, wave, gutter, camber 등 여러 가지 치수 변화를 유발하게 된다.

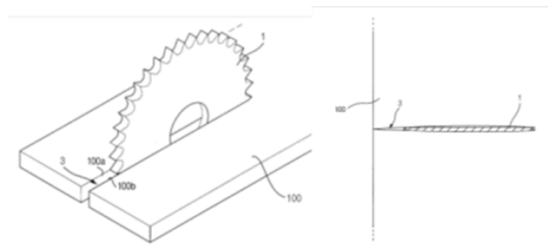


그림 1. Slab 냉각시 발생하는 내외부 온도차 및 절단시 발생하는 톱 물림현상 개요도

1. 포항산업과학연구원

2. ㈜DK솔루션

3. ㈜FMK

부산대학교, yhmoon@pusan.ac.kr

2. Slab 절단시 절단변형 및 변형방지 클램프 실험

Slab 절단시 판재의 변형을 방지하기위해 톱날의 끼임을 방지 할 수 있는 클램핑력을 계산하여 클램핑 장치를 제작하였으며, 이를 통한 끼임방지 성능이 어떻게 나타나는지에 관해 실험하였다.

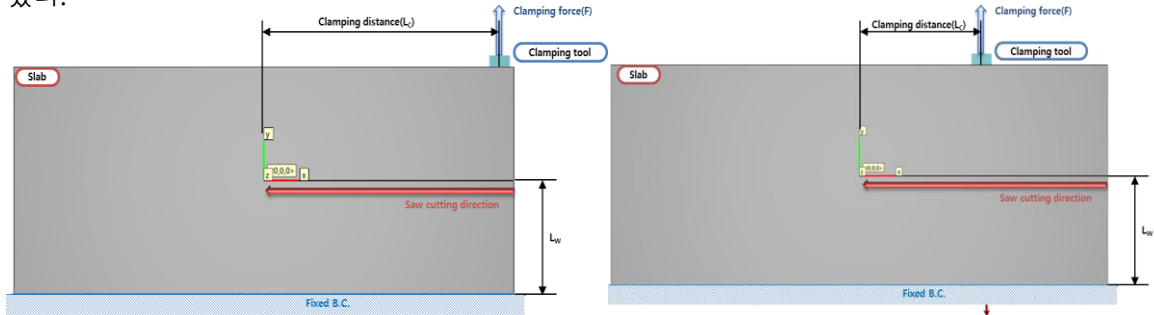


그림 2. 톱날끼임 방지 클램프 장착시 잔류응력에 의한 변형하중 계산

3. 결과 및 고찰

Slab 내부 잔류응력으로 인한 절단시 판재의 변형거동을 알아보고, 이를 방지하기위한 변형방지 클램프를설계 제작하였다. 이를 통해 잔류응력으로 인한 판재 변형거동과 클램핑력과의 상관관계를 실험을 통해 확인하였으며, 내부 잔류응력의 크기가 더 큰 C45강재에 비해 SS400에서 클램핑력이 더 크게 나옴을 확인할 수 있었다. 이는 최대 변형량의 비교결과 초기 잔류응력 대비 절단에 의해 해소된 잔류응력이 상대적으로 SS400이 많았고, 이것이 굽힘변형의 차이로 나타난 것으로 판단되어 진다.

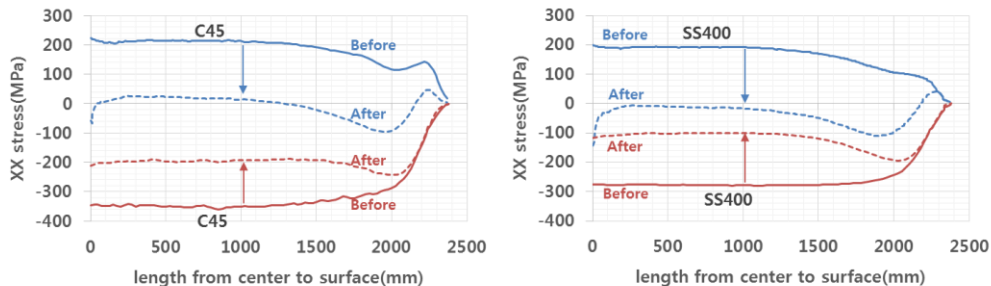


그림 3. 초기 잔류응력과 절단후 응력 비교

참고문헌

1. Luo, Sin-Jie, et al. "EBSD analysis of magnesium addition on inclusion formation in SS400 structural steel." Materials Characterization 82 (2013): 103–112.
2. Serajzadeh, S., Thermomechanical Modelling of Hot Slab Rolling. Materials Science and Technology, 2005. 21(1): p. 93–102.
3. Hodgson, P.D., R.E. Gloss, and G.L. Dunlop, in 32nd Mechanical Working and Steel Processing Conference Proceedings. 1991, ISS-AIME. p. 527.

핫스탬핑 기술을 적용한 인장강도 1.5GPa급 차체 Sideouter 정동강성 해석적 평가에 관한 연구

김민근¹ · 이현철^{1#} · 한승남²

A Study on static & dynamic stiffness analysis of the sideouter applied hot stamping process

M. G. Kim¹, H. C. Lee^{1#}, S. N. Han²,

Abstract

최근 자동차 전장화에 따라 차량의 무게가 점차 증가하고 있다. 이에 따라 연비 및 환경규제 대응을 위해 차량의 경량화는 선택이 아닌 필수가 되고 있다. 하지만 경량화부품의 개발에 있어 선행되어야 하는 것이 경량화 대상 부품의 안전 및 성능 등의 요구조건을 충족시켜야 한다. 최근 차체 경량화를 위해 기존 Steel 소재를 Hot stamping성형기술을 이용하여 고강도화를 통해 경량화 실현하는 기술이 차체에 다수 적용되고 있다.

본 논문에서는 해석적 방법을 통하여 구조최적화에 의한 Hot stamping 공정기술을 적용한 경량화된 차체 Sideouter의 굽힘, 비틀림 정동강성향상 여부에 대한 검증을 수행하였다.

Key Words : Bending Static Stiffness, Torsional Static Stiffness, Dynamic Stiffness, Modal analysis

1. 서론

최근 자동차의 안전 및 편의성 향상의 트렌드에 따라 보강부품의 추가, 편의장치의 증가 등으로 인한 차량의 중량이 점차 증가하고 있다. 이에 따라 각국의 연비 및 배기가스 규제에 대응하기 위해서 차량의 경량화는 선택이 아닌 필수가 되었다. 하지만 이러한 경량화 부품의 개발에 있어 선행되어야 하는 것이 경량화 대상 부품의 안전 및 성능 등의 요구조건을 충족시켜야 한다. 따라서 본 논문에서는 핫스탬핑 기술을 적용한 경량 구조최적화 고강도 경량 차체 Sideouter의 정/동강성 해석적 평가를 통해 강성 향상 여부를 검증하였다.

2. 해석방법

굽힘정강성 해석은 Sideouter에 전체적인 굽힘 변형 특성을 구현하기 위하여 판재형태의 지그 형상을 모델링하여 Sideouter하부 4곳 고정조건에서 200kgf의 수직하중을 부여하여 그 때 발생한 최대변위를 측정하여 작용한 힘에 대한 변위(kN/mm)를 계산하여 굽힘 정강성 해석을 수행하였다

비틀림 정강성은 Sideouter 하단부 4곳 중 3곳을 고정하고 다른 1곳에 상방으로 100kgf의 하중을 부여하여 그 때 발생한 비틀림 값과 변형각을 측정하여 비틀림 정강성(kNm/deg)해석을 수행하였다.

동강성은 Sideouter 하단부 4곳 고정조건에서 Sine Sweep파형으로 외력을 인가했을 때 인가된

1. 자동차부품연구원

2. ㈜현성테크노

교신저자: 자동차부품연구원, E-mail: hcllee@katech.re.kr

주파수와 Sideouter의 고유진동수(Natural Frequency)와 일치하는 공진주파수(Resonance Frequency) 발행 주파수 대역을 검출하여 성능을 검증하였으며 시제품의 변위 조건은 모든 방향으로 변위가 발생한다는 조건으로 설정하였다.



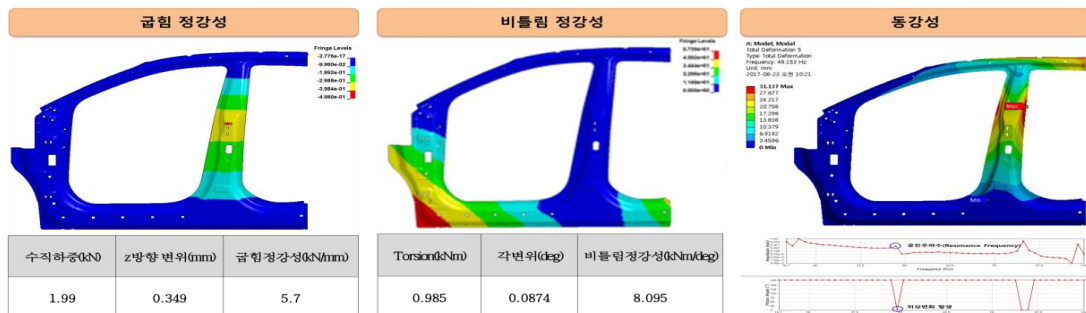
그림 1 정동강성 해석조건

3. 결과 및 고찰

위와 같이 제시된 해석방법에 따라 해석을 수행한 결과, 굽힘정강성의 경우, 굽힘정강성값이 5.7kN/mm로 기존 3.2kN/mm의 목표를 상회하는 결과를 보였다.

비틀림 정강성 해석결과, 최대 비틀림변형이 발생한 부분의 비틀림정강성 값이 8.09kNm/deg값으로 기존 3.2kNm/deg의 목표를 상회하는 결과를 보였다.

동강성 해석결과, 공진주파수 발생값은 48.2Hz로 기존 25Hz의 목표를 상회하는 결과를 보임



4. 결론

구조최적화를 통한 핫스탬핑 공정 적용 인장강도 1.5Gpa급 Sideouter의 정동강성 평가 결과, 기존대비 강성의 향상된 결과를 확인하였다.

일반적으로 판재에 굽힘 및 비틀림이 작용 시 비강성은 밀도와 탄성계수의 함수로 정의되는데 일반강재에서 고장력강으로 소재치환에 따른 밀도 및 탄성계수의 변화가 거의 없으므로 동일형상 조건에서 소재 치환에 따른 강성(Stiffness)의 향상은 없으며 구조최적화를 통해 강성의 향상이 가능함을 확인하였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.(A0128 00158)

참고문헌

- 1) “Development of a Test Stand for Determining the Torsional Rigidity of a Formula SAE Space Frame”, ASEE’s 123rd Annual Conference & Exposition New Orleans, LA June 26-29, 2016
- 2) “GLOBAL STIFFNESS ANALYSIS OF BIW STRUCTURE”, International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume: 05 Issue: 06 Jun-2016

기계구조용 인조흑연의 제조 조건 별 기계적 물성 연구

김종원^{1#} · 고재식²

Mechanical Properties of Artificial Graphite for Mechanical Structures

J. W. Kim, J. S. Go

Abstract

In this study, it was found that the process conditions of high viscosity Pitch Binder synthesis and the high viscosity Pitch Binder and Cokes composition ratio with optimal strength characteristics were obtained, and Pitch carbon fiber powder (CHOP) Mechanical properties (hardness, strength, density, friction coefficient). Viscous Pitch Binder for Molding was 403cp at the polycondensation reaction temperature of 300℃ and reaction time of 5 hours. 300g of Pitch Binder and 1,000g of Cokes were mixed and tested for moldability at a molding pressure of 0.4 ton/cm². As the CHOP content increased, the strength increased from 39MPa to 42MPa, and the density increased from 1.40 g/cm³ to 1.43g/cm³, the hardness decreased from 86Hs to 80Hs, and the coefficient of friction decreased from 0.185 to 0.140.

Key Words : Graphite, CHOP, Carbon composite, Viscosity pitch, polycondensation

1. 서론

전 세계적으로 기계구조용 인조흑연은 우수한 특성 때문에 진공펌프, 베어링, 메카니컬 셀 등의 핵심부품으로 그 사용범위가 넓어지고 있다[1]. 현재까지 주로 국내에서 사용되고 있는 기계구조용 인조흑연 제품은 성형체 내 유독성 물질인 안티모니(Antimony, Sb)나 베비트(Babbitt, 주성분 납(Pb))와 같은 중금속을 함침(Impregnate)시킨 블록형태의 중간단계 소재를 만든 후 절삭가공하여 원하는 최종형상을 만들고 있다.

함침재로 사용되는 안티모니와 납은 각각 폐와 장기에 흡수되는 유독성 물질이며 장시간 노출될 경우 중추신경계에 장애를 일으키는 국제적인 규제대상 물질이기 때문에 이들 중금속을 함침재로 사용하지 않고도 기계적 물성을 우수하게 유지할 수 있는 소재 개발이 필요하다. 본 연구에서는 서로 다른 종류의 탄소재를 혼합하여 기계적 물성이 우수할 뿐만 아니라 Mold성형이 가능한 기계구조용 인조흑연 소재를 제조하고 물리적 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 기초 소재 준비를 위해 석탄계 Coal tar를 조쇄한 다음 중축합반응하여 다양한 반응조건에서 점성 Pitch Binder를 추출하고 비점성의 하소 Cokes와 Ball Mill 공정을 통해 중간 소재를 제조하였다. 구체적으로 조쇄공정은 Coal tar 40kg을 90분간 분쇄하여 입자크기가 7±2mm가 되도록 하였다. 중축합반응공정은 온도를 250℃, 300℃로 하고 각각의 온도마다 1시간, 3시간, 5시간씩 반응공정 시간을 제어하여 다양한 Pitch Binder시료를 확보 하였다. Cokes와 Pitch Binder 시료의 이상적인 배합비를 찾기 위해 Cokes의 무게를 1kg으로 고정하고 Pitch Binder를 150g, 200g, 250g, 300g씩 배합하여 특성을 비교하였다.

다음으로는 이렇게 제조한 중간소재와 일본 Kureha사에서 생산한 CHOP을 무게함량(5wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt%)별로 배합하여 성형특성 및 기계적 특성을 비교하였다.

1. 김종원(경북테크노파크(그린카부품기술연구소))

2. 고재식(극동셀테크㈜)

교신저자: 김종원(경북테크노파크(그린카부품기술연구소)), kimjw@gbtp.or.kr

3. 결과 및 고찰

기계구조용 인조흑연 소재의 물리적 특성을 향상시키기 위해 고점성의 Pitch Binder를 제조하기 위해 중축합반응 온도 및 시간을 제어하여 6개의 Pitch Binder 시료를 확보하였고 점도 및 강도를 Table 1에 나타내었다. Pitch Binder의 점도가 높을수록 강도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 1. Pitch Binder 제조를 위한 중축합반응 조건별 물리적 특성 비교

시료명	반응조건		점도측정조건			점도 (cp)	강도 (kgf/cm ²)
	반응온도 (°C)	반응시간 (Hour)	온도 (°C)	시간 (min)	회전수 (rpm)		
A	250°C	3	200°C	15	20	30.9	313.7
B	250°C	5	200°C	15	20	42.0	389.6
C	300°C	1	200°C	15	20	37.1	368.3
D	300°C	3	200°C	15	20	73.2	356.3
E	300°C	5	200°C	15	3	227.3	548.1

Table 2. 배합비율에 따른 성형여부 비교

시료명	Pitch Binder(g)	Fill용 Cokes(g)	성형여부
E-1	150	1,000	X
E-2	200	1,000	X
E-3	250	1,000	X
E-4	300	1,000	O

가장 물성이 우수한 Pitch Binder(E 시료)와 이상적인 Cokes 배합비율을 도출하기 위해 Table 2의 조건으로 실험하여 특성을 비교한 결과 Pitch Binder 300g, Cokes 1,000g 배합했을 때 몰드성형이 가능함을 확인할 수 있었다.

앞선 연구에서 도출한 결과를 바탕으로 E-4 시료와 CHOP을 무게함량(0wt%, 5wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt%)별로 배합하여 각각의 밀도, 경도, 꺾임강도, 마찰계수를 비교하였다.

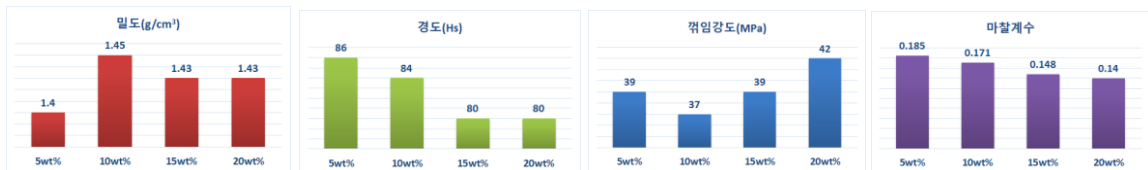


Fig. 1. CHOP함량에 따른 기계적 물성 비교

밀도와 꺾임강도는 CHOP 함량이 증가할수록 대체적으로 증가함을 알 수 있고, 경도와 마찰계수는 CHOP함량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결론

기계적 특성이 우수한 인조흑연 소재를 개발하기 위해서는 Pitch Binder의 점성이 매우 중요한 요소임을 확인할 수 있었다. 또한 Pitch Binder와 Cokes의 배합비에 따라서 몰드성형 가능여부가 결정될 수 있기 때문에 최적의 배합비를 찾는 것이 매우 중요하다. 마지막으로 CHOP 함량에 따라 밀도와 꺾임강도, 마찰계수는 기계적 특성이 향상되지만 경도는 낮아짐을 확인 하였다. 소재를 선택할 때 사용되는 환경에 맞게 적절히 선택할 필요가 있다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 청정생산기반전문기술개발사업의 연구비지원(10062265)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] K.Y. Cho, D.H. Riu, S. H. Hui, H. S. Kim, Y. J. Chung, Y. S. Lim, 2007, The Characterization of the Resin Bonded Graphite Composite Bipolar Plate using Isotropic Graphite Powder for PEM Fuel Cell, Carbon Letters Vol. 8, No. 4 December 2007, pp. 326~334.

이트륨 편석이 타이타늄 부식에 미치는 영향

원소리^{1,2} · 서보성² · 김효규² · 박광석² · 하태권^{#1}

Effect of yttrium segregation on corrosion of titanium

Sori Won^{1,2}, Bosung Seo², Kim Hyo Kyu², Kwangsuk Park², Tae Kwon Ha¹

Abstract

해수에서 사용되는 판형 열 교환기는 해수에 대한 우수한 내부식성이 요구되어 타이타늄 소재가 사용된다. 또한 전열판 가공과 열 교환 효율을 높이기 위하여 고연신율과 고강도가 요구된다. 금속의 여러 강화기구 중 결정립 미세화는 연신율의 감소를 최소화 하면서 재료의 강도를 높일 수 있는 강화기구이다. 열역학적으로 혼합 엔탈피가 양수인 합금원소는 입계에 편석 되거나 석출되며, 이러한 입계편석을 통하여 결정립 성장의 구동력을 감소시켜 결정립을 미세화할 수 있다. 하지만 일반적으로 결정립 미세화와 편석은 부식성 저하의 우려가 있다. 그러므로 본 연구에서는 타이타늄에 입계 편석 원소인 이트륨을 첨가하여 결정립을 미세화 시켰으며, 결정립 미세화와 편석이 부식에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 탄소 레플리카(Carbon replica) 법을 이용하여 편석된 이트륨 석출물의 분포와 크기를 확인하였고, 침지 실험과 분극 실험을 진행하여 편석과 미세화가 부식에 미치는 영향을 확인하였다

Key Words : segregation, corrosion, Titanium alloy, grain refinement, Yttrium

1. 강릉원주대학교 신소재공학과

2. 한국생산기술연구원

교신저자: 강릉원주대학교 신소재공학과, E-mail: tkha@gwnu.ac.kr

핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터 성형 공정 해석에 관한 연구

김민근¹ · 이현철^{1#} · 고건영¹ · 박승연¹ · 한승남²

Investigation of Integral Side Outer Using Forming Analysis for Hot Stamping Process

M. G. Kim, H. C. Lee, G. Y. Go, S. Y. Park, S. N. Han

Abstract

최근 자동차 산업은 강화되는 배기규제에 대응하기 위해 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있다. 그 중에서 차량의 경량화는 안정성 및 연비 향상 등 고객의 요구와도 상응하여 매우 각광받는 분야이지만 부품의 경량화와 동시에 기존 부품 대비 동등 수준의 성능을 확보해야 하는 이슈가 남아있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 핫스탬핑 공법을 적용한 초고장력강 강판에 대한 연구가 점차 진행되어 몇몇 부품에 적용되고 있으나 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 초고장력 강판의 고강도 및 고성형성을 구현하는 핫스탬핑 공법의 효율적인 적용 및 생산성 향상을 위해 사이드아우터의 성형 공정 해석을 통해 핫스탬핑 소재 온도변화 및 냉각속도를 예측하였으며 시제품과의 두께 비교를 통해 정확도를 확인하였다.

Key Words : Hot stamping, Cooling rate, Integral side outer

1. 서론

최근 전 세계적으로 자동차 산업은 강화되는 환경 및 배기가스 규제 및 고객의 요구에 따른 차량 안정성 문제에 대응하기 위한 방법으로 차체 및 샤시 등 부품의 경량화 연구개발을 진행하고 있다. 경량화 및 안정성 문제를 동시에 해결하기 위한 방안으로 많은 부품에 초고장력 강판이 사용되었으나 성형성에 한계가 있어 적용 범위가 매우 적은 문제가 있다. 그러나 이에 대한 해결방안으로 고강도 및 고성형성을 확보하는 핫스탬핑 공법 기술이 개발되어 꾸준한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 유한요소해석 프로그램인 LS-Dyna를 이용하여 핫스탬핑 공정 성형해석을 진행하였으며 핫스탬핑 소재의 온도변화 및 냉각속도를 예측하여 성형 공정 가이드라인을 제시하였다.

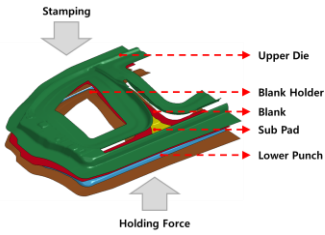
2. 해석방법

일체형 사이드아우터의 성형 공정 모사를 위해 아래와 같이 각 파트별 모델링을 진행하였다. 사용한 유한요소해석 프로그램은 LS-Dyna 이고 비등온 해석 시 상당한 해석시간이 소요되므로 해석 시간 단축을 위해 Shell 요소로 모델링을 진행하였으며 해석에 적용되는 열전달 계수는 아래와 같다.

1. 자동차부품연구원

2. ㈜현성테크노

교신저자: 자동차부품연구원, E-mail: hcllee@katech.re.kr



	Node	Element
Upper Die	19249	19782
Blank Holder	8254	7886
Blank	4910	4715
Sub Pad	1155	1085
Lower Punch	14711	15031

	Specific Heat (J/kg°C)	Thermal Conductivity (W/m°C)
Blank	650	32
Hot Stamping Mould	560	28

핫스탬핑 소재는 가열로 안에서 950℃까지 가열되나 금형에 이송하는 과정에서 온도가 하강하게 되므로 금형 이송 후 소재의 온도를 750, 800, 850℃로 설정하였고, 금형 하강시간을 각각 2초로 하여 핫스탬핑 소재의 온도변화 및 냉각속도를 예측하였고 시제품과 성형 후 두께를 비교하여 해석정확도를 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

설정된 조건에 따른 성형해석 결과를 아래에 도시하였다. 금형이 하강하여 완전히 성형이 된 후 냉각 완료시점을 10초 후로 가정하고 소재의 온도 및 냉각속도를 계산하였고 소재의 냉각속도는 제품의 고강도 확보를 위해 35℃/s 이상으로 설정하였다. 성형해석 결과, 금형에 이송된 소재의 초기 온도가 높아질수록 빠른 냉각속도가 나타났으며 초기 온도가 800℃ 이상일 때 냉각속도 35℃/s 이상 확보가 가능할 것으로 예측되었다. 한편, 냉각 완료 시점의 소재 온도는 300℃ 이상으로 마르텐사이트 변태 온도보다 높아 10초 이상의 냉각시간 확보가 필요하다.

금형 하강 시간(2초)			
소재온도	750	800	850
성형완료 시점			
온도범위 (°C)	590.4~662.9	629.0~709.4	663.3~758.7
냉각완료 시점			
온도범위 (°C)	300.4~328.5	315.9~349.6	331.4~370.2
냉각속도 (°C/s)	29.0~33.4	31.3~36.0	33.2~38.9

실험		해석											
위치		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
두께 (mm)	실험	1.160	1.180	1.160	1.202	1.172	1.138	1.174	1.190	1.210	1.126	1.100	1.108
	해석	1.159	1.162	1.181	1.183	1.129	1.151	1.184	1.176	1.192	1.122	1.093	1.113
오차(%)		0.086	1.525	1.810	1.581	3.669	1.142	0.852	1.176	1.488	0.355	0.636	0.451
위치		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
두께 (mm)	실험	1.008	1.084	1.176	1.204	1.208	1.216	1.210	1.190	1.126	1.030	1.058	1.170
	해석	1.160	1.104	1.081	1.151	1.177	1.180	1.167	1.114	1.095	1.063	1.111	1.189
오차(%)		15.08	1.845	8.078	4.402	2.566	2.961	3.554	6.387	2.753	3.204	5.009	1.624

4. 결론

핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 구조 사이드아우터의 성형공정 해석을 진행한 결과, 금형에 이송 후 소재 온도가 800℃ 이상인 경우, 냉각속도 35℃/s 이상 확보가 가능하였다.

35℃/s 이상의 냉각속도 및 마르텐사이트 변태 온도 이하를 확보하기 위해서는 금형에 이송된 초기 소재 온도 800℃ 이상, 냉각시간 10초 이상의 공정이 필요할 것으로 예측하였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력관산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.(A0128 00158)

참고문헌

- [1] H. Y. Kim, J. K. Park, and M. G. Lee, 2012, "Finite Element Simulation of Hot Stamping of Tubular Beam and Its Application to Die Channel Design," Journal of Materials Transactions, Vol. 53, No. 5, pp. 838~846.
- [2] P. Namklang and V. Uthaisangsuk, 2014, "A Study of Hot Stamping Process for Producing Ultra-High Strength Steel Part," SAE Technical Paper, 2014-01-2014.

후방압출을 이용한 비대칭 사각너트의 단조 성형 예측

서재윤^{1,#} · 박종혁¹ · 설주연¹ · 이광희¹ · 김진용¹

Prediction of Asymmetric Square Nut Forging by Backward Extrusion

J. Y. Seo, J. H. Park, J. Y. Seol, K. H. Lee, J. Y. Kim

Abstract

The important point in this study is to produce a product with a clogged structure using a stronger material than ordinary mild steel. This product is an asymmetrical square column shape with one corner part having different shape and it is produced by cold forging. It is important to apply the backward extrusion technique to some processes and to predict and prevent breakage of molds and tools due to stress concentration during asymmetric molding

Key Words : Cold Forming Process, Forging analysis tool (AFDEX), Asymmetrical square nut

1. (주) 풍강

교신저자: seojy72@pungkang.co.kr

핫스탬핑 공법을 적용한 일체형 사이드아우터의 충격강성에 미치는 냉각속도의 영향

김민근¹ · 이현철^{1#} · 고건영¹ · 박승연¹ · 한승남²

Effects of Crashworthiness of Hot-Stamped Side Outer depending on Different Cooling Rates

M. G. Kim¹, H. C. Lee^{1#}, G. Y. Go¹, S. Y. Park¹, S. N. Han²

Abstract

최근 완성차업체에서는 연비 및 환경규제 대응을 위한 차량 경량화기술에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 이 중 차체 경량화기술에 있어서 비용상승을 최소화하면서 경량화를 극대화할 수 있는 방안을 다각도로 검토하고 있다. 이러한 경량화기술 중 강재에 핫스탬핑 기술을 적용하여 경량화 및 비용절감을 통한 경량화가 다수 채용되고 있다. 핫스탬핑은 소재를 변태온도 이상의 고온(Ac3)으로 가열한 후 급형으로 급냉하여 고강도화하는 기술이다. 급냉이 되면 BCT(Body centered tetragonal) 결정구조를 가진 마르텐사이트(Martensite)로 변태하게 되는데, 냉각속도에 따라 조직의 변태가 달라지게 되며 이는 부품의 강도 및 강성에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구는 핫스탬핑이 적용된 사이드아우터의 낙하충격시험(Drop-test) 및 해석을 통해 냉각 속도에 따른 충격강성의 영향을 분석하였다.

Key Words : Hot stamping, Cooling rate, Crashworthiness

1. 서론

최근 자동차 산업이 발전함에 따라서 연비향상 및 운전자의 안전이 중요시 되고 있다. 이를 만족하기 위해 경량화 및 고강도화의 개발이 진행되고 있으며, 이를 구현하기 위한 기술로 핫스탬핑 기술이 다양하게 적용되고 있다. 핫스탬핑 기술의 핵심은 급냉을 통한 고강도화이다. 냉각속도의 증가는 마르텐사이트 조직의 변태를 빠르게 하여 전체적으로 고강도화를 이루며, 충격성능에 영향을 준다. 이러한 충격성능은 사고 시 운전자의 안전에 직접적인 관련이 있으므로 매우 중요하다.

본 논문에서는 인장시험을 통해 냉각속도에 따른 소재의 강도를 측정하였으며, 사이드아우터의 낙하충격시험 및 낙하시험 모사 유한요소해석을 통해 해석을 통한 강도에 따른 충돌량을 비교하였으며, 냉각속도 증가에 따른 소재의 강도향상이 충격강도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험 및 해석 방법

핫스탬핑을 통한 소재의 강도 증가 및 냉각 속도에 따른 강도 분석을 위해 기초물성 시험인 인장시험을 통해 기계적 물성을 확보하였고 급형냉각, 수냉을 적용하여 냉각속도를 측정하여 냉각속도에 따른 물성데이터를 확보하였다.

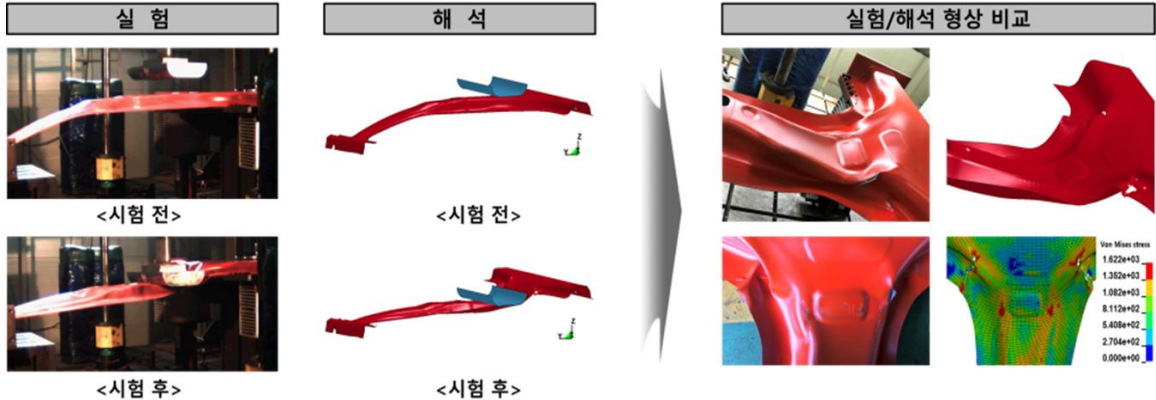
낙하 충격시험 및 해석은 IIHS 측면충돌시험법을 모사하여 B-필러의 상, 하부를 고정하고

1. 자동차부품연구원

2. ㈜현성테크노

교신저자: 자동차부품연구원, E-mail: hcllee@katech.re.kr

400 kg의 낙하 추를 0.75 m 위에서 자유 낙하하여 그 때 발생한 변형량을 측정하였다. 시험을 위한 대상 제품의 냉각속도는 35 °C/s를 확보한 제품을 시험에 적용하였으며 냉각속도 27, 40 °C/s조건에서 인장시험을 통해 얻은 물성데이터를 data curve fitting을 통해 23~37 °C/s 냉각속도 조건의 물성데이터 산출하여 해석에 적용하여 냉각속도에 따른 영향성을 해석적으로 확인하였다.



3. 결과 및 고찰

ASTM E8M 인장시험 규격에 의거하여 인장시험 진행결과, 핫스탬핑 전 소재는 인장강도 550 MPa 이며 냉각효과에 따라 약 25 °C/s 에서 1550 MPa, 약 40 °C/s 에서 1750 MPa의 인장강도를 보였다.

냉각속도 35 °C/s를 확보한 시제품의 낙하충격시험 결과, 123.6 mm의 변형량이 측정되었으며 냉각속도 35 °C/s의 물성을 적용한 낙하충격해석 결과, 123.8 mm로 0.2%의 오차로 해석의 신뢰도를 확보하였다.

냉각성능에 따른 충격강성을 확인하기 위하여 냉각속도를 23~37 °C/s까지 변화하면서 냉각속도에 따른 해석을 진행한 결과, 냉각속도가 증가함에 따라 강도가 향상되면서 침투량(37 °C/s , 123.8 mm)이 개선됨을 확인하였다.

4. 결론

낙하충격시험을 통해 시험과 해석 간 비교 검증 결과, 0.2%의 오차로 해석의 신뢰도를 확보하였으며, 고정도로 검증된 해석프로세스를 토대로 냉각속도에 따른 충격강성 향상에 대한 검증 결과, 냉각속도 증가에 따라 충격강성이 증가함을 해석적으로 확인하였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.(A0128 00158)

순 Al의 양극산화에 미치는 집합조직의 영향

박병현¹, 이철우², 김인수^{2*}

Abstract

순 알루미늄의 산화 층에 생기는 AAO Nano pore의 배열 정확도는 집합조직에 의하여 크게 변하지 않는다고 알려져 있다.

본 연구에서는 순 Al의 집합조직이 AAO의 나노 pore의 변화와 정렬도에 미치는 영향을 알아보았다.

집합조직이 다른 순 Al을 이용하여 AAO를 제조하였으며 제조한 AAO의 Nano pore template에서 pore의 형태와 기타 여러 가지 특성에 대하여 비교 실험 하였다.

순 Al은 단결정을 이용하였으며 각기 다른 집합조직을 갖는 시편을 XRD를 측정하여 집합조직의 발달 여부를 확인하였다.

AAO를 만들기 위해 평활한 면을 얻기 위해 다이아몬드분말로 미세연마 하였다.

AAO는 집합조직이 다른 순 Al의 시편을 2단계공정을 적용하여 Nano pore 를 만들었다.

제작된 AAO는 Nano pore의 변화를 측정하기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 이용하였다.

측정 결과 Nano pore 의 형태가 집합조직에 따라 AAO Nano pore의 배열 정확도는 유사한 결과를 나타냈으나 기타 약간 다른 특성들이 있었다.

Key Words : Pure Al, AAO, Texture, Nano pore

1.OCI, 2.금오공과대학교 신소재공학부, * 교신저자

강판의 비대칭 압연 집합조직과 열처리에 따른 집합조직 변화

남수권¹, 이철우¹, 이동녕²김인수^{1*}

Abstract

비대칭 압연은 압연시 금속판재에 전단변형을 가하여 전단변형 집합조직을 쉽게 얻을 수 있다.

전기강판은 {110}<001>집합조직(Goss 집합조직)이 잘 발달해야 하는데 이 집합조직을 강판에서 비대칭 압연으로 얻을 수 있는지 본 연구를 통하여 알아 보았다.

또한 강판을 비대칭 압연 후 얻어진 {110}<001>집합조직(Goss 집합조직)이 열처리하여 열처리 후에 집합조직이 어떻게 변화하는지 알아보았다.

본 연구에서는 상온과 열간에서 비대칭 압연을 이용하여 강판을 전단변형하고 {110}<001>집합조직(Goss 집합조직)이 잘 형성되었다.

강판을 비대칭 압연하여 얻어진 {110}<001>집합조직(Goss 집합조직)이 열처리 후에도 잘 유지되었다.

Key Words : 강판, 비대칭 압연, 열처리, 집합조직

1. 금오공과대학교 신소재공학부, * 교신저자

2. 서울대학교 재료공학부

유한요소해석을 이용한 Steering Rod 분말성형품의 변형양상 예측

최용진¹· 이인규¹· 이성윤¹· 이상곤¹· 황선희¹· 차경제¹· 조아라¹· 정명식[#]

Prediction of Distortion patterns of Steering Rod for Powder Products Using FEA.

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

Abstract

분말압축공정은 분말제품을 생산하기 위한 여러 공법 중 하나이다. 분말압축공정은 생산하고자 하는 분말 원소재를 금형에 충전 후, 프레스와 같은 압축기계를 이용해 성형체를 제조한다. 제조된 성형체는 기계적 물성치와 경도, 밀도등을 충족시키기 위해 소결공정을 거친다. 분말압축공정으로 제조되는 성형체는 공정과 원소재의 특성상 성형체에 밀도구배가 발생한다. 불균일한 밀도구배는 소결시 뒤틀림, 크랙과 같은 결함에 지배적인 영향을 끼친다. 따라서 성형체의 밀도구배는 최종제품의 정밀도를 크게 좌우한다. 분말성형체의 유동을 예측하기 위해 많은 연구자들에 의해 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 선행연구로 인해 분말압축공정을 CAE 방식으로 모사할 수 있게 되었다. 그러나 소결공정의 CAE방식 모사는 공정의 특성상 여러 변수들로 인해 소결 후 성형체의 거동을 예측하는데 큰 어려움이 있다. 본 연구에서는 FEA 방식을 이용하여 분말 성형체의 소결공정 시 거동을 예측하고자 하였다. 선행된 연구에 의해 Single Action(S.A) 방법보다 Double Action(D.A) 방법의 공정이 보다 균일한 밀도구배를 가지는 것이 확인되었다. FEA방식을 이용해 Steering Rod 분말제품을 S.A 그리고 D.A 방식으로 각각의 다른 밀도구배를 가지는 성형체로 모사하였다. 소결거동은 성형체의 밀도, 소결온도, 분말형태등의 변수에 따라 다르게 나타난다. 그러나 본 연구에서는 소결거동이 성형체의 모든면에서 동일한 압력을 받는 등방압이 작용한다고 가정 한 후 기존의 FEA로 예측된 성형체에 적용하였다. 그 결과 S.A 방법의 성형체가 D.A 방법의 성형체보다 큰 뒤틀림을 보였다. 또한 성형해석 결과를 실험 결과와 비교분석 하였다.

Key Words : Distortion, Finite Element Analysis, Powder Metallurgy

1. 한국생산기술연구원

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

저탄소강의 제어냉각에 따른 기계적 특성 및 미세조직

배성준¹ · 윤은유[#] · 이영선¹ · 이창길¹ · 신민주¹ · 김대근¹

Microstructures and Mechanical Properties of Low Carbon Steel by Controlled Cooling

S. J. Bae¹, E. Y. Yoon^{1#}, Y. S. Lee¹, M. J. Shin¹, D. G. Kim¹

Abstract

자동차 부품사업은 품질향상과 원가절감을 동시에 실현하기 위해 지속적인 기술개발을 하고 있으며, 이를 위해서는 공정개선뿐만 아닌 소재단위에서부터 기술개발이 필요하다. 단조공정을 통해 부품을 성형하는 경우 단조 또는 기계가공 전 조질 열처리와 가공 후 담금질과 뜨임을 통하여 부품의 강도를 제어하는 방법이 통용되고 있으나, 기존의 방식을 개선하여 열처리 비용을 절약할 수 있고, 조질 열처리 시 발생하는 치수변화를 고정해야 하는 문제점을 해결 할 수 있는 방법에 대한 필요성이 높아지고 있다. 현재 비열처리 소재들이 효과적인 소재로 사용되고 있으나, 자동차 경량화 요구에 맞춰 부품을 소형화 되면서 1000~1200 MPa급 고강도 강종을 성형해야 하므로, 고강도 부품제조 시 금형수명 저하 및 생산성 저하 등의 문제점이 발생하고 있다.

본 연구에서는 냉간비조질강으로 인장강도 800~1000 MPa를 나타내며 항복강도는 상대적으로 낮은 저항복비의 특성을 보이는 자동차 부품소재에 대한 연구를 수행하였다. 저항복비강의 특성은 열처리 시 제어냉각을 통하여 원하는 항복비 특성을 보일 수 있도록 하였으며, 제어냉각 조건에 따른 상온인장 특성과 미세조직을 분석을 하였다.

Key Words : Low yield ratio, low carbon steel, controlled cooling, tensile test, microstructure

1. 기계 연구소 부설 재료연구소
교신저자:eyyoon@kims.re.kr

접합압력 형상을 위한 알루미늄 포트홀 압출 웰딩 챔버 설계

이성윤¹ · 이인규¹ · 이재욱¹ · 조용재¹ · 고대철² · 이상곤[#]

Design of Al Porthole Extrusion Welding Chamber to Improve Welding Press

S. Y. Lee, I. K. Lee, J. W. Lee, Y. J. Cho, D. C. Ko, S. K. Lee

Abstract

포트홀 압출(Porthole extrusion)공정은 단면이 복잡한 형상의 제품을 길이방향으로 성형하는 대표적인 소성가공이다. 주로 알루미늄, 마그네슘과 같은 비철금속의 경량화 소재를 이용하며 새시, 조향장치, 범퍼빔, 열교환기, 태양광 모듈 등을 다양한 산업분야에 적용되고 있다.

포트홀 압출금형은 크게 포트홀 금형(Porthole die)과 웰딩챔버 금형(welding chamber die)으로 구성되어 있다. 포트홀 압출공정은 고온에서 성형이 이루어지며 내부 소재유동이 매우 복잡하다. 포트홀 압출 금형의 내부 소재유동은 램(Ram)이 전진함에 따라 초기 빌렛(Billet)이 포트홀 금형의 홀 개수만큼 나누어진다. 나누어진 소재는 접합 금형에 의해 접합이 이루어지며, 소재가 만나는 부분에 접합면(Welding plane)이 생성된다. 생성된 접합면의 품질은 소재간의 접합 시 접합압력에 의해 결정되며, 충분한 접합압력이 확보되지 않을 경우 접합불량으로 인해 낮은 하중에서도 접합 면의 파손 및 크랙(Crack)이 발생한다.

본 연구에서는 접합 압력 향상을 위해 유한요소 해석을 통한 금형 설계를 수행하였다. 먼저, 고온 압축 시험을 통해 알루미늄합금 6063의 고온 유효응력-변형률 곡선을 도출하였다. 이후 유한요소해석을 통해 금형의 형상 변화조건에 따른 접합압력을 평가하였다. 최종적으로 금형 형상에 따른 접합면 형상, 접합 압력, 압출온도, 압출하중 등을 평가 하였다.

Key Words : Porthole extrusion, Welding Plane, Extrusion Die Design, FE Analysis

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹

2. 부산대학교 일반대학원 융합학부

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

자유단조 공정의 피어싱 펀치의 3차원 형상최적설계

김민철¹, 정석환¹, 전만수[#]

Optimization of piercing punch in an open-die forging

M. C. Kim, S. H. Chung, M. S. Joun

Abstract

In this paper, an approach of optimizing punch geometry by using AFDEX 3D and optimization software, HyperStudy is presented. Optimization target was die shape parameters, radii of certain corners determining punch shape of an open-die forging process, to minimize forming load. The punch shape for three-dimensional finite element analysis is modelled by a cylindrical description scheme of an axi-symmetric die in three-dimensional space, defined by an axis of symmetry and die profile. The methodology of optimizing the three-dimensional metal forming process is established in this study.

Key Words : Three-Dimensional Forging Process (3차원 단조공정), Die Profile Optimization (금형 외곽형상 최적화)

1. 서 론

소성가공 공정의 개발에는 장시간과 고비용이 동반된다. 이러한 고질적 문제는 경험기술 축적이 작은 집단이나 국가가 관련 산업을 발전시키는데 많은 큰 어려움으로 작용해 왔다. 1970년대부터 연구된 유한요소해석 기술은 공정설계의 사전 검증을 가능하게 하였다. 그 결과, 공정 개발비용이 획기적으로 절감되었다 [1].

시뮬레이션을 활용한 최적화 기법과 관련해서는 90년대 중반부터 설계민감도 기반 최적화 기법, 유전알고리즘, 실험계획법 등의 다양한 기법을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되었으며 [2, 3], 근래에 들어서는 공정해석 시뮬레이터와 최적화 전용 소프트웨어와의 연계를 통한 실적용 연구가 진행되고 있다[4]. 이러한 연구 활동을 통하여 소성가공 공정의 최적설계 기술이 크게 발전하였으나, 3차원 금형형상의 최적화는 금형형상의 설계변수화에 따르는 수치적 문제가 아직 남아 있다.

이 연구에서는 소성가공 공정해석 S/W인 AFDEX 3D와 Altair의 최적 설계 S/W인 HyperStudy를 이용한 3차원 공정설계 최적화 기법을 확립하였다. 금형의 형상변수를 설계변수로 표현하는데 용이한 3차원 자유 단조공정 중의 축대칭 금형을 사용자의 개입없이 최적화하였다.

2. 단조 금형 형상 최적화 적용

연구 대상의 공정은, 먼저 펀치로 피어싱될 부위를 성형한 후, 평다이를 이용하여 변형된 윗면을 평평하게 만들고, 소재를 뒤집어서 피어싱 다이에 올린다. 최종적으로 피어싱 펀치를 이용하여 구멍을 뚫는다. 이 연구에서는 제1공정에서 하중을 최소화하기 위해 최적화 기법을 적용하여 적은 하중으로 구멍을 뚫는 것이 주 관심사이다.

이 공정에서 펀치의 형상이 성형하중과 함수 관계에 있으며, 성형하중의 최소화 목적으로 Jang 등[5]이 이에 관한 연구를 실시하였다. 이들이 연구한 것과 동일한 공정이므로 공정에 관한 상세 소개는 생략하였다.

1. 주식회사 엠에프알씨
교신저자: 경상대학교 기계항공공학부
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

이를 위하여 펀치의 형상을 축대칭 프로파일과 대칭축으로 정의되는 3차원 금형 표현법을 사용하였다. 따라서 설계 대상의 금형이 적절한 수의 기하변수로 수식화되어 실질적인 3차원 금형형상 설계가 이루어질 수 있게 되었다. Fig. 1은 최적화 과정에서 수행된 해석 결과의 한 단면을 나타내고 있다.

사용된 최적화 알고리즘은 HyperStudy에서 제공하는 GRSM (Global Response Surface Method)이다. 최대 해석 실행 수를 50회로 제한하였고 초기 샘플 포인트는 4개로 설정하였다.

Fig. 2는 최적화 반복 계산에 따른 성형하중의 변화를 나타내었다. 4 회의 반복설계까지 하중의 감소가 급격하게 일어났으며, 그 이후로는 하중의 감소 속도가 극감하였다. 총 14 회의 반복설계 이후에 최적화된 설계가 획득되었다. 이 최적설계는 Jang [5] 등의 연구결과와 합치된다. 최적화된 설계를 이용한 공정해석 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

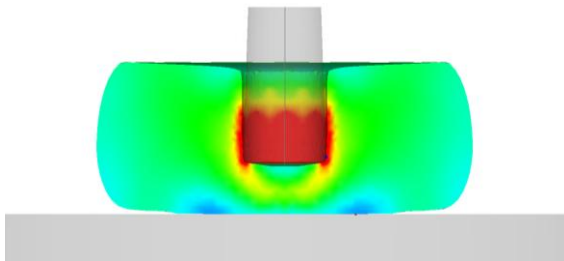


Fig. 1 Analysis result during the optimization process

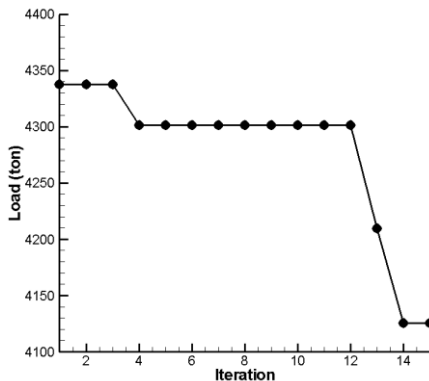


Fig. 2 Optimization characteristics

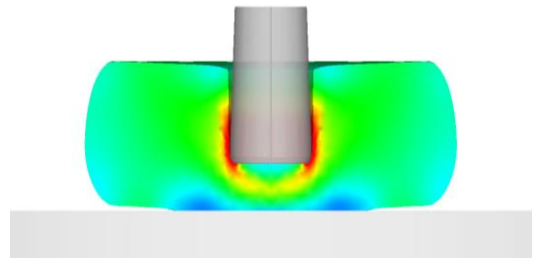


Fig. 3 Analysis result of the optimized process design

3. 결론

이 연구에서는 소성가공 공정 해석 프로그램인 AFDEX 3D와 범용 최적화 프로그램인 HyperStudy를 연계하여 3차원 단조공정에서 성형하중을 최소화시키는 금형형상 설계를 실시하였다.

비록 설계변수가 최소화된 특수한 형태의 금형형상에 대한 최적화가 연구되었지만, 3차원 금형형상의 최적화에 진일보한 연구결과라고 사료된다.

참고문헌

- [1] M. S. Joun, 2017, Metal Forming Simulation Technology, Jinsaem Media.
- [2] S. H. Chung and S. M. Hwang, 1998, Optimal process design in non-isothermal non-steady metal forming by the finite element method, Int. J. Num. Meth. Eng., Vol. 42, pp. 1343-1390.
- [3] D. H. Kim, D. J. Kim, D. C. Ko, B. M. Kim and J. C. Choi, 1998, The application of the artificial neural network and Taguchi method to process sequence design in metal forming processes, Metals and Materials, Vol. 4, pp. 548-553.
- [4] S. H. Chung, M. C. Kim, H. G. Kim, W. T. Kim, 2016, A study on optimization of die shape parameters of a forging process using AFDEX and HyperStudy, KSTP Fall Conf., pp. 108~109.
- [5] S. M. Jang, H. T. Kim, H. K. Moon, M. S. Joun, 2013, Optimized die shape for precision process of large forgings in open die forging by finite element analysis, KSTP Fall Conf., pp. 298-302.

플로우포밍 공정의 실용적 유한요소해석

엄재근¹ · 홍석무² · 전만수[#]

Practical finite element analysis of a flow forming process

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

Abstract

In this paper, a practical approach to finite element analysis of a flow forming process, which has needed much computational time in the conventional approach, is presented, based on a rigid-plastic finite element method. The approach uses a part of solution domain defined two artificial planes of symmetry to reduce computational time. A flow forming process found in the literature is solved.

Key Words : Flow Forming(플로우포밍), Incremental Forming(점진성형), Finite Element Analysis(유한요소해석)

1. 서론

플로우포밍 공정은 점진성형의 일종으로 유한요소해석의 관점에서 보았을 때 해석 시간이 많이 걸리는 문제를 가지고 있다. 해석 시간을 줄이기 위하여 전체의 해석모델을 사용하면서 국부적으로 조밀한 유한요소 해석모델을 하는 방법이 일반적이다[1]. 전체의 해석모델에 의존한 공정해석은 계산시간은 물론이고 잘못된 요소망재구성에 노출되어 계산 결과의 정확도를 손상시킨다.

이 연구에서는 후판 소재의 냉간 굽힘 변형이 지배적인 칩리스 성형공정(chipless forming process)에 성공적으로 적용된 바 있는 실용적 유한요소해석 방법[2]을 열간 플로우포밍 공정에 적용하고자 한다.

2. 해석 모델 및 결과

Fig. 1은 연구대상의 플로우포밍 공정을 개념적으로 나타낸 것이다. 이 공정은 중심 부위에 양쪽으로 클램핑하여 플레이트를 회전시키고, 롤러는 플레이트의 안쪽 방향으로 병진운동과 회전운동을 동시에 한다.

해석관점에서 이 공정의 특징은 소성변형

영역이 일부 영역에 국한되기 때문에 전체 영역을 대상으로 해석을 실시하는 것은 계산시간 측면에서 바람직하지 않다. 요소 수를 줄여서 해석하는데도 한계가 있다.

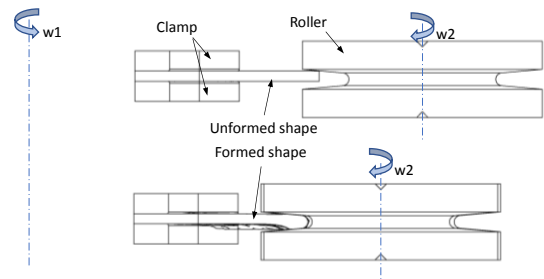


Fig. 1 Flow forming process

따라서 본 연구에서는 가상의 두 개의 대칭면을 활용한 실용적 해석모델을 사용하여 이 문제를 해결하였다. Fig. 2는 플로우포밍 공정의 근사해석모델을 나타내고 있다. 이 해석모델에서는 두 개의 대칭면을 사용하고 있는 것이 특징이다. 사면체요소의 수를 50000개 내외로 구성하였고, 요소망재구성 조건은 회전체임을 감안하여 토러스 형태(torus type)가 적용되었다.

주요 공정변수는 다음과 같다.

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소
2. 공주대학교 금형설계공학과
교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

- 소재 종류: AISI 1035
- 기초 소재의 내경, 외경: 240mm, 300mm
- 기초 소재의 높이: 2.5mm
- 롤러의 회전속도: 200rpm
- 롤러의 이동속도: 1mm/s

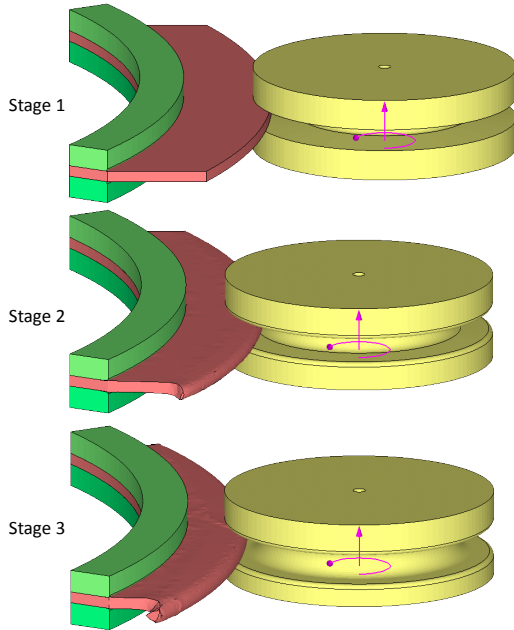


Fig. 2 Analysis model of a flow forming

4. 결론

이 연구에서는 플로우포밍 공정 해석을 실용적인 유한요소해석 모델을 제안하였다. 이 해석 모델의 특징은 두 개의 가상의 대칭면을 이용함으로써 해석 영역을 크게 줄여 계산시간을 절약하였다. 적용 예제를 통하여 결과의 타당성과 그 유용성을 입증하였다.

참고문헌

- [1] C. D. Cho and Y. J. Kim, 2012, Study of forming properties for an edge thickening model using the finite element method, KSTP, Vol. 21, No. 4, pp. 234~239.
- [2] J. M. Cho, Y. D. Jung, M. C. Lee and M. S. Joun, 2011, Finite element model of simulating a chipless forming process based on flow forming, KSTP spring conference, pp. 143~146.

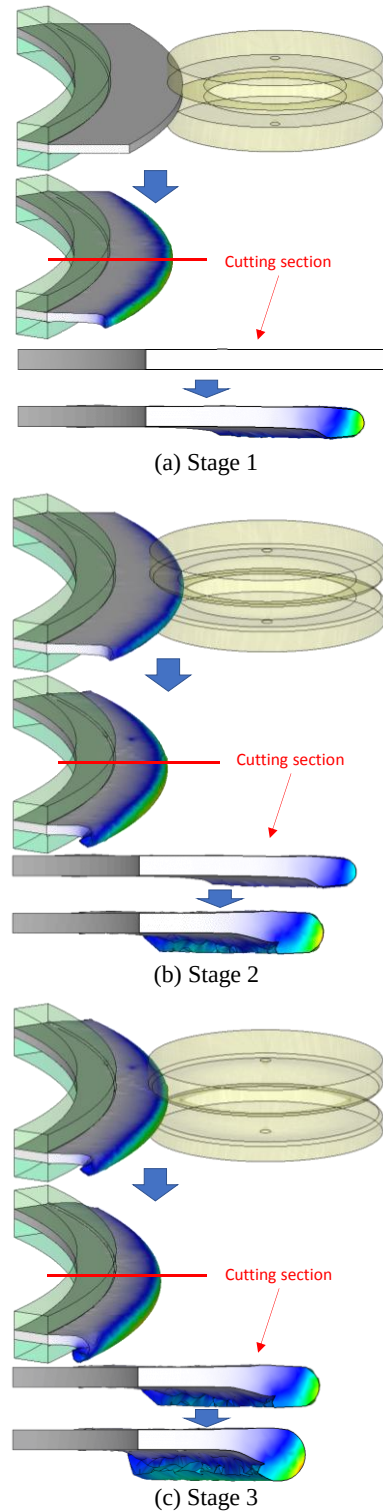


Fig. 3 Analysis result of a flow forming

유한요소법과 최적화 기법을 이용한 압축시험으로부터의 유동응력 획득

김민철¹, 박상균², 김광민², 전만수[#]

Flow stress identification from cold compression test using finite element method and optimization technique

M. C. Kim, S. K. Park, K. M. Kim, M. S. Joun

Abstract

In this paper, a practical approach to reveal flow stress of an aluminum at the room temperature from compression test is introduced, which employs finite element method and optimization technique. The flow stress is expressed by a piecewise linear function of effective strain. The flow stress obtained from compression test data with that from tensile test. The optimized flow stress curve and the numerical characteristics are discussed to verify their validity.

Key Words : Material identification (소재 특성 규명), Compression test (압축시험), Optimization technique (최적화 기법), Finite element method (유한요소법)

1. 서론

등방성 경화에 바탕을 둔 소성역학의 이론적 배경과는 달리 압축상태의 유동응력 특성은 인장상태의 그것과 다소 차이가 난다. Joun [1,2]등은 인장시험 결과를 이용한 고변형률에 대한 유동응력 획득 기술을 개발하였다.

인장시험에 근거한 방식과는 달리 압축시험에 의한 유동응력 획득법은 마찰의 영향을 크게 받는 문제가 있다. SCM435의 경우, 인장시험에 의한 유동응력이나 압축시험에 의한 유동응력은 공학적으로 유사하다는 점이 관찰되었다. 알루미늄의 경우, 이러한 특징이 밝혀져 있지 않다.

이 논문에서는 압축시험 결과로부터 유한요소법과 최적화 기법을 이용한 유동응력의 획득 방식을 확립하고, 알루미늄 소재의 소성변형 특성을 논하고자 한다.

2. 압축시험 및 유동응력 획득

Fig. 1은 시험 공정을 나타내고 있다. 시험 시편의 크기, 즉 직경과 높이는 각각 13.0 mm와 25.0 mm이다. 시험은 세 개의 시편에 대하여 실시되었고, 압하율은 50%이다.

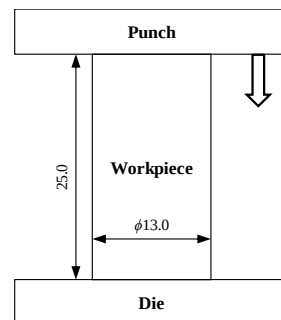


Fig. 1 Compression test

세 개의 시편은 공학적으로 동일한 결과를 낳았으며, Fig. 2에 성형하중과 압축된 거리를 시편의 초기단면적과 높이를 각각 나눈 공칭변형률-공칭응력 곡선을 나타내었다.

1. (주)경상대학교 기계공학부

2. (주)성진포머

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부/(주)엠에프알씨

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

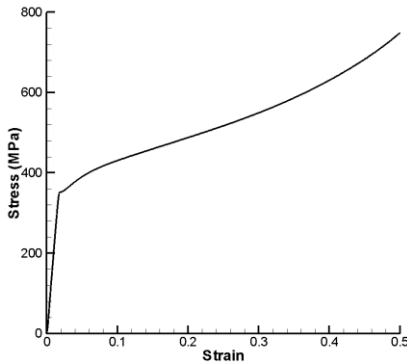


Fig. 2 Experimental engineering strain-stress curve

AFDEX 2D와 HyperStudy를 연계한 공정 최적화 시스템을 이용하여 유동응력의 획득을 시도하였다. 유동응력은 (유효변형률, 유동응력)의 점 데이터로 표현하였고, 고정된 유효변형률에 대한 유동응력을 공정설계 변수로 간주하였다. 목적함수는 실험에 의하여 획득된 성형하중과 예측된 성형하중의 차이로 수식화하였다. 속도의 영향은 무시되었으며, 시편과 시험기 사이는 충분히 윤활처리가 되었으므로 금형과 소재 접촉면에서의 마찰계수는 0.05으로 간주하였다.

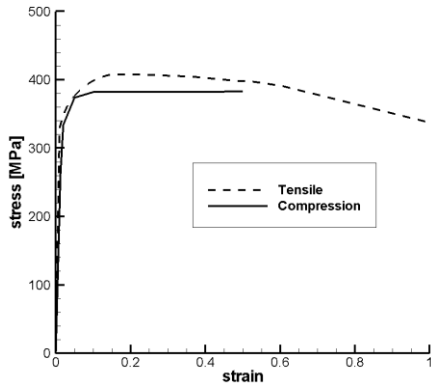


Fig. 3 Optimized compressive flow stress and tensile flow stress

Fig. 3은 37회의 자동 최적화 기능에 의한 반복개선 이후에 획득된 유동응력 곡선이다. 이 유동응력 곡선으로 구한 시간-성형하중 예측 곡선과 함께 실험적으로 획득된 곡선을 Fig. 4에서 비교하고 있다. 한편, Fig. 3에는 인장시험[1]으로부터 획득된 유동응력을

압축시험으로부터 구한 값과 비교하고 있다. 압축시험 결과는 초기의 짧은 변형경화 구간을 제외한 대부분의 변형률에 대해서 완전 소성체와 유사한 변형거동 특성을 보이고 있다. 물론, 이 그림으로부터 인장시험 결과는 압축시험에 비하여 연화가 더욱 크게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

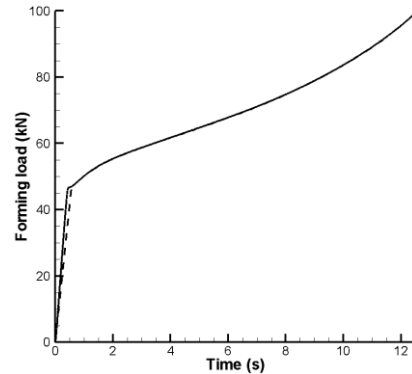


Fig. 4 Comparison of time-forming load for compression test

3. 결론

이 논문에서는 공정 최적화 목적으로 개발된 최적화 기능에서 유동응력을 미지 변수, 즉 설계변수로 간주하여 실험에 의하여 획득된 시간-성형하중 곡선과 가장 근접한 곡선을 예측하는 유동응력을 결정하였다.

동일한 재료에 관한 인장시험으로부터 획득된 유동응력과 비교를 통하여 정성적으로 그 타당성을 입증하였다.

후기

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] M.S.Joun, J.G.Eom, M.C.Lee, 2008, A new method for acquiring true stress-strain curves over a large range of strains using a tensile test and finite element method, Mech. Mater., 40(7), 586~593.
- [2] <http://www.afdex.com>

화력발전용 오스테나이트계 보일러튜브 ASTM S30432의 결정립 미세화 및 미세크랙 제어 연구

이정현¹ · 김덕령² · 박진만[#]

A study on fine grain size and small crack control of austenitic stainless steel boiler tubes ASTM S30432

J. H. Lee, D. W. Kim, J. M. Park

Abstract

화력발전 설비는 에너지 효율 증대 및 온실가스 감축을 위해서 고압/고온의 가혹한 환경에서 내구성을 갖는 고효율의 소재 개발과 사용이 필요하다. 최근에는 화력발전소 증기온도가 약 600~650℃에 이르고 있으며, 이에 따라 소재도 기존 페라이트계에서 오스테나이트계 스테인레스 재질로 대체되었다. 고온 증기에 의한 산화스케일 형성은 보일러튜브 내부에 부착되어 연소가스의 열전달 효율을 저하시키고, 박리된 산화스케일은 고속의 증기와 함께 충돌되어 손상을 일으켜 사용수명 저하의 원인이 된다.

본 연구에서는 보일러튜브의 사용수명 향상을 위한 고온증기 산화저항성 향상 목적으로 열-기계적 공정(Solution Heat Treatment + Cold Drawing)을 통한 결정립 미세화와 냉간인발 공정의 소성가공 시 가공응력에 의한 미세크랙 제어를 위한 인발용 Tool(Dies/Plug) Design 설계를 진행하였다.

Key Words : Oxidation resistance(산화저항성), Cold drawing(냉간인발), Micro-structure control(미세구조 제어), Stress concentration(응력집중)

1. 서론

산화저항성은 크롬함량에 따른 크롬산화물(Cr_2O_3) 형성에 상관관계가 있으며, 보일러튜브 내부에 산화스케일 단면구조에 영향을 미친다. 산화스케일은 외부의 마그네타이트(Fe_3O_4 , Magnetite)와 내부의 Fe-Cr스피넬($\text{FeFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$)의 이중층으로 구성되며, 이때 Fe-Cr스피넬 층에서 크롬함량이 증가할수록 고온증기 산화저항성은 증가한다. 보일러튜브 소재와 Fe-Cr스피넬 계면을 따라 공급되는 크롬함량에 따라 Fe-Cr스피넬의 두께는 불균일해진다. 따라서 결정립 미세화 같이 확산경로의 밀도가 증가하게 되면 Fe-Cr스피넬의 불균일 정도는 감소하게 되므로 고온증기 산화저항성이 향상된다.

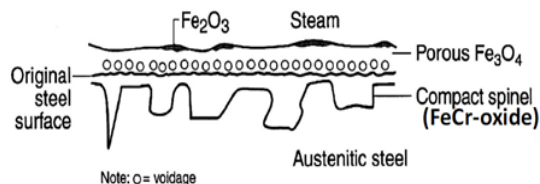


Fig. 1 Oxide layer structure (Austenitic stainless steel)

2. 실험방법

결정립 미세화를 위한 열-기계적 공정으로는 보일러튜브 소재의 합금성분 내 C(탄소)와 Nb(니오비움)의 석출/고용 제어를 통한 열처리 조건(Fig. 2)과 냉간가공(인발)의 단면감소율(Reduction, %)을 증가하였다. 냉간가공의 변형량, 즉 단면감소율이 클수록 결정립 미세화에는 유리하나 반대로 보일러튜브 소재와 인발용 Tool간 마찰력 증가에

1. 세아창원특수강 기술연구소 공정연구센터
2. 세아창원특수강 기술연구소 제품연구센터
세아창원특수강 기술연구소, E-mail: mee0315@seah.co.kr

다른 가공응력 증가문제로 보일러튜브 소재 내 탄화물 및 Nb 석출물 등이 미세크랙 결함으로 진전되는 원인이 된다. 냉간가공은 오스테나이트계 스테인레스 재질 특성상 최대 단면감소율 35%를 반영하여 모재와 최종재의 튜브 규격을 설정하였고, 냉간가공 단면감소율 증대에 따른 보일러튜브 소재 내 미세크랙 결함 발생문제는 인발용 Tool 인 Dies(외경부 가공)와 Plug(내경부 가공)의 가공구간(Fig. 3) 분리를 통한 가공응력을 감소하였다.

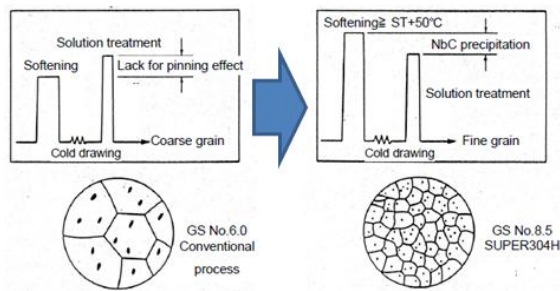


Fig. 2 Fine grain size with thermo-mechanical process

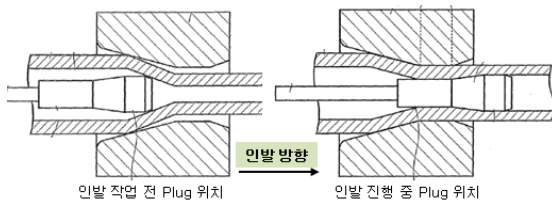


Fig. 3 Cold drawing tool(dies/plug) design

3. 결과 및 고찰

평균 결정립 크기는 ASTM No. 8.0 이며, ASTM S30432 소재의 650℃ 및 700℃ 크립 시험 Data(50,000 시간)를 확보하였다. 산화시간에 따른 산화스케일 무게 증량 및 두께변화 측정, 고온증기 노출시간에 따른 산화스케일 미세구조 분석 결과 650℃급 오스테나이트계 스테인레스 보일러튜브 소재 개발을 위한 합금 설계부터 제강, 압연, 강관 공정의 생산기술 확보 및 일관 생산 Process 구축으로 국산화 개발에 성공하였다.

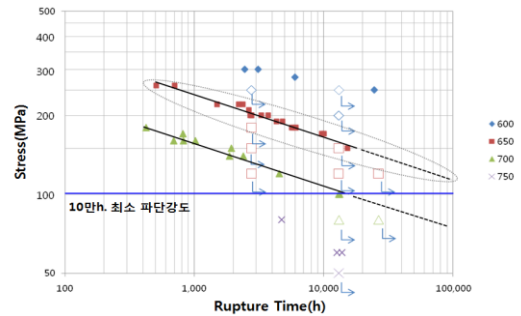


Fig. 4 Creep test (Stress-Fracture, 650 & 700℃)

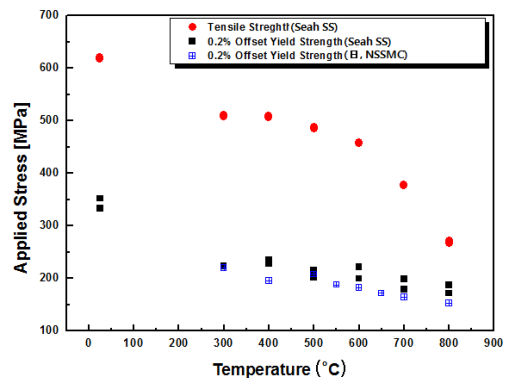


Fig. 5 High temperature tensile test

4. 결론

650℃급 오스테나이트계 스테인레스 보일러튜브 소재의 개발 및 상용화로 수입제품 대체와 화력발전 설비 초기 건설비용 및 유지보수 비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 또한 화력발전 설비의 에너지 효율 증대는 원자력발전 설비의 노후화에 따른 사고 위험 및 안전 불감증에서 벗어날 수 있는 국가 기간산업의 핵심기술이다.

참고문헌

- [1] 유봉근, 보일러튜브 소재 증기산화 물성평가 보고서
- [2] A. Iseda H. Okada H. Semba M. Igarashi, Long-term creep properties and microstructure of SUPER304H, TP347HFG and HR3C for advanced boilers

열간-냉간 가변성형공정에 관한 연구

이인규^{1,2} · 이성윤¹ · 정명식¹ · 황선평¹ · 김병민³ · 이상곤[#]

A Study on hot-cold multi-point forming process

I. K. Lee, S. Y. Lee, M. S. Jeong, S. K. Hwang, B. M. Kim, S. K. Lee

Abstract

후판을 이용한 다양한 형상의 곡면성형을 위해 최근 가변금형을 이용한 성형기술이 주목 받고 있다. 하지만 높은 성형하중에 의해 금형 강도 확보가 어려우며, 탄성회복에 의한 치수정밀도 확보가 어려워 산업현장에 적용하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 금형강도 및 치수정밀도 확보를 위해 가변금형을 이용한 열간-냉간 가변성형공정 개발을 목적으로 한다. 열간-냉간 가변성형공정은 일반적인 가변금형과는 달리 각 펀치 내부에 냉각노즐이 설치 되어있으며, 선택적으로 펀치 및 냉각 노즐로 변환되어 사용된다. 열간-냉간 가변성형공정에서 펀치 개수가 증가할수록 성형정밀도는 증가하지만 냉각 노즐 개수는 감소하게 되어 냉각시간이 증가하게 되며, 생산성은 감소하게 된다. 따라서 성형정밀도 및 생산성을 확보하기 위해서는 펀치-냉각노즐 배열설계가 요구된다. 본 연구에서는 펀치 배열 조건에 따른 형상오차를 예측하기 위해 Navier's solution 사각형 판재 처짐 예측 모델을 중첩의 원리로 수정하여 적용하였다.

본 연구에서 제안된 펀치-냉각노즐 배열설계의 유효성을 평가하기 위해 펀치 배열거리 50mm, 100mm, 200mm 및 목적성형곡률 R500, R1000, R1500의 조건으로 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석 결과는 펀치-냉각노즐 배열설계의 형상오차 예측결과와 같이 후판의 중심에서 멀어질수록 형상오차가 커지는 결과를 보였다. 또한 유한요소해석과 펀치-냉각노즐 배열설계의 형상오차 결과는 최대 0.56mm로 나타났으며 비교적 잘 일치하는 결과를 보였다.

Key Words : Hot multi-point forming process, Cooling system, LNG-tank, Thick plate

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹

2. 부산대학교 정밀가공시스템전공

3. 부산대학교 기계공학부

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

스프링백을 고려한 자동차용 Al 7075-T6 임팩트빔의 롤 플라워 설계 방법

이상교¹ · 최선용¹ · 이종섭¹ · 송정환¹ · 최석우^{1#} · 김근호²

A design method for the roll flower considering spring back property for an Aluminum 7075-T6 automotive impact beam.

S. Lee¹, S. Choi¹, J. Lee¹, J. Song¹, S. Choi^{1#}, G. Kim²

Abstract

This paper investigates the roll flower design method for the cold roll forming process of an automotive impact beam using Al 7075-T6. When Al7075-T6 material is applied in an empirically designed roll flower design based on steel material, there were some problems such as the coil did not enter the roll or fractured at the bending region. Firstly, the dynamic explicit analysis was performed for the whole roll forming process by using commercial finite element code, LS-DYNA. And the implicit analysis for the spring-back was performed for each roll forming step considering that it was caused by the spring-back characteristics of the al7075-T6 material. Through the comparison between shapes obtained numerical analyses and initial roll-flower design, the cause of problems occurred in actual roll forming process was investigated. It figured out that In addition to the deformation caused by the bending in width direction considered in designing the roll flower, it was necessary to consider the strain factor in the thickness direction and the longitudinal direction due to the spring-back. As a result, a modified roll design was proposed, and the results of the roll forming simulation by applying it was judged to be satisfactory about previously occurred problems.

Key Words : Cold roll forming process, Roll flower design, Aluminum 7075 T6 , Spring back

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜아산

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

GISSMO 데미지 모델을 이용한 Al 7075-T6 냉간 롤 포밍 공정의 파손 예측

박지영¹ · 노우람¹ · 이상교¹ · 최선용¹ · 이종섭¹ · 송정한¹ · 최석우^{1#} · 김근호²

A failure prediction of Al7075-T6 cold roll forming process using GISSMO damage model

J. Park¹, W. Noh¹, S. Lee¹, S. Choi¹, J. Lee¹, J. Song¹, S. Choi^{1#}, G. Kim²

Abstract

The purpose of this study is to predict the fracture of Al7075-T6 cold roll-forming process using finite element analysis. In order to predict the fracture, a GISSMO damage model (Generalized Incremental Stress State Dependent Damage model) was used. The tensile test was conducted on various load paths to derive fracture strains according to triaxiality. The material behavior of Al7075-T6 was analyzed by DIC (Digital Image Correlation) technique. Because the GISSMO model has mesh dependent properties. Numerical analysis for the uniaxial tensile test was conducted in order to correlate element deletion along to element size with load drop obtained by experiments. By applying GISSMO model to the Al7075-T6 roll-forming simulation, the fracture phenomenon occurred in actual roll forming process was compared with the numerical results

Key Words : Cold roll-forming process, GISSMO, Aluminum 7075-T6 alloy, Finite element analysis

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜아산

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

로듐 세션 다단 인발공정 설계

이상곤[#] · 이인규¹ · 이성윤¹ · 김다혜¹ · 차경제¹ · 성지현¹ · 최영²

Multi-pass Drawing Process Design for Fine Rhodium Wire

S. K. Lee, I. K. Lee, S. Y. Lee, D. H. Kim, K. J. Cha, J. H. Sung, Y. Choi

Abstract

로듐(rhodium)은 대표적인 백금족 금속으로 귀금속, 화학반응 촉매, 전자부품 등 다양한 산업분야에 적용되고 있는 희소금속이다. 특히, 로듐 극세선은 반도체 프로브 핀(probe pin) 와이어, 리드선, 접점 등에 사용되고 있다. 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 반도체 등의 전기적 특성 평가를 위한 프로브 카드에 내장되는 핀 소재로 적용되는 로듐 극세선 제조를 위한 다단 인발공정 설계를 수행하였다. 먼저, 인장시험을 통해 초기 로듐 와이어의 물성치 및 유효응력-변형률 곡선을 도출하였다. 이후, 다단 인발공정 패스는 균일 단면감소율을 적용하여 설계하였으며, 설계된 패스의 타당성은 유한요소해석을 통해 평가하였다. 해석을 통해 각 패스 별 와이어 유효변형률 분포, 인발하중, 인발응력 등을 평가하였다.

Key Words : Fine Rhodium Wire, Multi-pass Drawing, Process Design, FE Analysis

후기 : 본 연구는 산업기술혁신사업(벤처형전문소재기술개발사업: 10067248)의 지원으로 수행되었습니다.

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹

2. 한국생산기술연구원 탄소경량소재응용그룹

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

Al-Mg-Si 합금을 적용한 자동차 도어 내판의 성형공정 해석

곽정환¹ · 강병욱¹ · 송정한^{1#} · 김세호² · 정철영³

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

J. H. Kwak, B. W. Kang, J. H. Song, S. H. Kim, 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 경량화율 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 내판 공정에 적용하기 위하여 프레스 성형공정을 유한요소해석 수행하고 이를 분석하였다. 해석을 위한 소재의 기계적 물성은 압연방향 대비 각도에 따라 수행한 일축인장시험 결과를 분석하여 결정하였다. 각도에 따른 항복강도와 소성변형률비를 바탕으로 결정한 Hill 1948 이방성 항복함수를 사용하여 소재의 이방성을 해석모델에 구현하였다. 초기 블랭크 크기, 블랭크 홀딩력 및 다단성형의 단수를 주요 공정변수로 설정하고 실성형공정의 가용 범위 안에서 변경하며 해석을 수행하였다. 계산된 도어 내판의 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

1. 한국생산기술연구원
2. 대구대학교 기계공학부
3. ㈜대우공업

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

침탄 열처리 공정에서의 침탄깊이 및 열처리 변형에 대한 실용적 예측방법

이광오¹ · 정석환² · 전만수[#]

Prediction of carburized case depth and distortion during carburization heat treatment

K. O. Lee¹, S. H. Chung², M. S. Joun[#]

Abstract

본 연구에서는 상용 해석 툴인 AFDEX-HEAT를 이용해 침탄/퀀칭 열처리 공정에 대한 시뮬레이션 수행하였고, 침탄깊이 및 표면경도를 예측하는 실용적인 방법을 제시하였고, 열처리 시 발생하는 변형을 열변형과 상변태 변형측면으로 구분하여 분석하였으며, 이를 토대로 열처리 변형을 줄일 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

Key Words : Carburization, Heat treatment, Case depth, Distortion, AFDEX-HEAT

1. 서론

일반적으로 열처리는 부품의 내마모성 및 내피로성 등의 기계적 성질을 향상시키는 유효한 수단으로 널리 사용되고 있으며, 특히 상호 습동을 하는 기어류의 경우 표면경도 및 열처리 후의 변형이 제품의 수명을 결정짓는 중요한 인자가 된다.

침탄열처리의 경우 부품의 표면에만 탄소농도를 높여 내마모성과 내피로성을 대단히 향상시킬 수 있는 열처리 방법이지만, 냉각 시 열수축과 상변태로 인한 체적팽창이 부품의 각 위치별 온도변화와 연결되어 전체적인 처리품의 변형을 필연적으로 나타내게 된다. 이러한 열처리 변형을 줄이려는 노력은 열처리 업계에서 오랜기간 동안의 목표가 되고 있다. 특히 기어류의 높은 치수 정밀도(즉, 적은 열처리 변형)는 기어의 소음을 줄일뿐만 아니라

기어 치면의 마무리 가공시간도 현저히 줄일 수 있다.

본 연구에서는 상용 해석 툴인 AFDEX-HEAT를 이용해 침탄/퀀칭 열처리 공정에 대한 시뮬레이션 수행하였고, 침탄깊이 및 표면경도를 예측하는 실용적인 방법을 제시하였고, 열처리 시 발생하는 변형을 열변형과 상변태 변형측면으로 구분하여 분석하였으며, 이를 토대로 열처리 변형을 줄일 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

2. 실험방법

자동차 스타터 모터용 피니언 기어에 대한 침탄열처리 공정에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며, 피니언기어의 형상과 열처리 사이클은 아래의 그림에 나타내었다.

1. 부산대학교 기계기술연구원

2. ㈜MFRC

교신저자: ㈜MFRC, msjoun@afdex.com

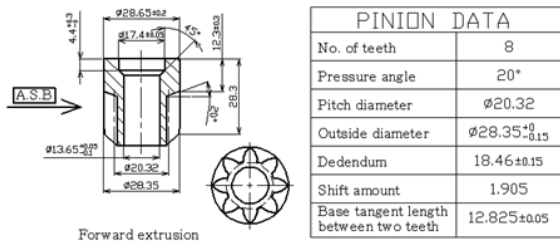
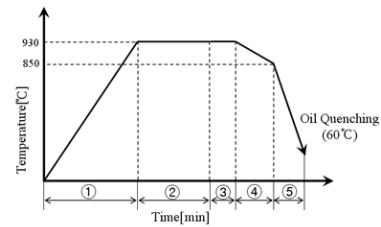


Fig. 1 Geometry of pinion gear for start motor



Symbol	Description	Time	Temp. [°C]	Remark
①	Furnace heating	2hr 30min	R/T→930	
②	Carburizing	1hr 30min	930	C.P = 1.0
③	Diffusion	20min	930	C.P = 0.95
④	Furnace cooling	30min	930→850	
⑤	Oil quenching	10min	850→60	

Fig. 2 Carburized quenching heat treatment cycle

3. 결과 및 고찰

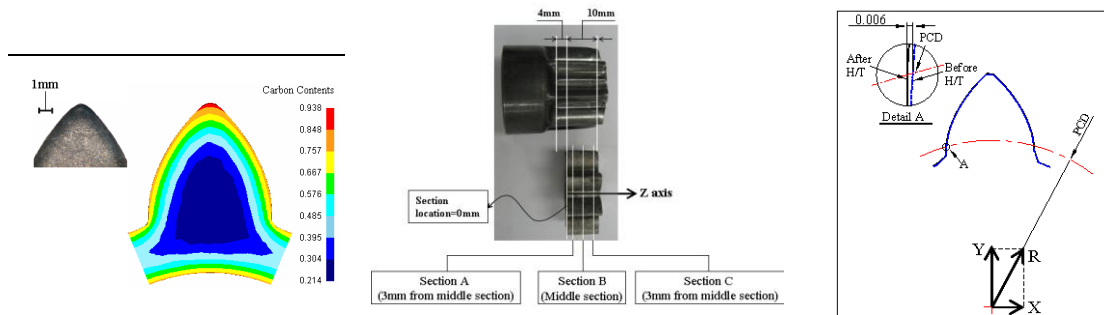


Fig. 3 Distribution of carbon concentration & distortion after carburization heat treatment

4. 결론

기어의 침탄열처리 공정에 대한 시뮬레이션을 수행하였고, 탄소농도 분포, 표면경도 및 열처리 후의 변형량을 실제 열처리 공정에 대한 값과 비교검토하였고, 해석결과의 정밀도를 높일 수 있는 실용적인 방법을 제안하였다.

heat treatment Quenching Method, J. of the Korean Society for Heat Treatment, Vol. 28, No. 1, pp. 24~31

- [3] J.T.Kim, Y.S.Choi, S.Y.Kwak, J.K.Choi, 2005, Heat treatment analysis on Low-Alloy steel, Transactions of Materials Processing, Vol. 14, No.3, pp.215~223

참고문헌

- [1] A. Sugianto, M.Narazaki, M.Kogawara, A.Shirayori, S.Y.Kim and S.Kubota, 2009, Numerical simulation and experimental verification of carburizing-quenching process of SCr420H steel helical gear, Journal of materials processing technology, Vol. 209, pp. 3597~3609
- [2] J.H.Byun, S.D. Byun, C.H. Yi, 2015, A study on SCr420HB Helical gear Deformative Simulation by

사출성형기의 구조를 이용한 고 전단속도 구간에서의 수지 점도 측정에 대한 연구

이준한^{1,2} · 김종선[#]

A study on the measurement of melt viscosity at high shear rate using structure of injection molding machine

J. H. Lee^{1,2}, J. S. Kim[#]

Abstract

본 연구에서는 모세관 점도계와 사출성형기의 구조적 유사성에서 착안하여 사출성형 중 수지의 점도 측정 가능성에 대해 평가하였다. 모세관 점도계의 피스톤 역할은 사출성형기의 스크류로, 모세관 역할은 사출노즐로 대체하여 점도 계산식을 적용하였으며 직경 1mm의 직선 홀을 가진 사출노즐을 제작하여 수지의 점도를 측정하였다. PC, PP, SAN, PMMA에 대해 용융온도 범위에서 5, 10, 30, 60, 100 mm/s의 사출속도로 점도측정을 진행하였으며 모세관 점도계로 측정한 점도와 비교하였다. 측정 결과, 사출성형기로 측정한 점도는 모두 전단속도와 사출온도가 증가할수록 감소하였으며 이는 모세관 점도계로 측정한 점도의 경향을 따르고 비슷한 수준의 값이 측정되었다. 또한 사출성형기를 이용한 점도 측정은 모세관 점도계의 전단속도 범위보다 더 높은 전단속도에서도 가능하다는 것을 확인하였다.

Key Words : Melt viscosity, High shear rate, Injection molding, Capillary rheometer,

1. 서론

사출성형에서 수지의 유동성은 제품의 품질을 결정하는 중요한 요소로 성형조건 설정 시 보편적으로 고려하는 요소이다. 그러나 동일한 수지라도 생산일자나 생산공정에 따라 유동성이 다르기도 하며 사출성형 중 내외부적인 요인에 따라서도 변한다. 이는 성형품의 품질에 좋지 않은 영향을 주어 생산을 방해하는 요소로 작용한다. 따라서 사출성형 중 수지의 유동성을 파악하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 인몰드 코팅 사출성형 시 적용 플라스틱 수지의 특성을 파악하기 위해 사출노즐의 구조를 이용하여 사출성형기에서 수지의 유동성을 측정하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 모세관 점도계와 사출성형기의 구조적 유사성을 이용하여 사출성형기에서 점도를 측정하였다. 모세관 점도계의 피스톤은 사출성형기의 스크류로, 모세관은 사출노즐로 대체하고 사출압력과 수지의 유량을 계산하여 점도를 산출하였다. 지름 1mm의 직선 홀이 가공된 사출노즐을 사용하여 모세관 점도계의 점도 산출식을 사출성형기에 용이하게 적용할 수 있게 하였고, 사출성형 중 점도 측정의 가능성을 평가하였다. 실험은 사출노즐을 금형에 접촉시키지 않고 대기 중에 수지를 사출하는 방식으로 진행하였으며 PC, PP, SAN, PMMA를 사용하였다. 실험조건은 각 수지의 용융온도 범위 내에서 5, 10, 30, 60, 100 mm/s의 속도로 사출을 진행하였다.

1. 한국생산기술연구원 금형기술그룹

2. 단국대학교 기계공학과 대학원

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

3. 결과 및 고찰

Figure 1에 사출성형기를 이용하여 측정한 PC, PP, SAN, PMMA의 점도를 나타내었으며 모세관 점도계로 측정한 점도와 비교하였다. 사출성형기로 측정한 수지의 점도는 모세관 점도계로 측정한 점도의 경향을 따라 전단속도와 사출온도가 증가할수록 감소하였으며 모세관 점도계와 비슷한 수준의 값을 보였다. 또한 사출성형기를 이용한 점도의 측정은 기존 모세관 점도계의 전단속도 범위보다 높은 전단속도에서 수지의 점도를 측정할 수 있음을 확인하였다.

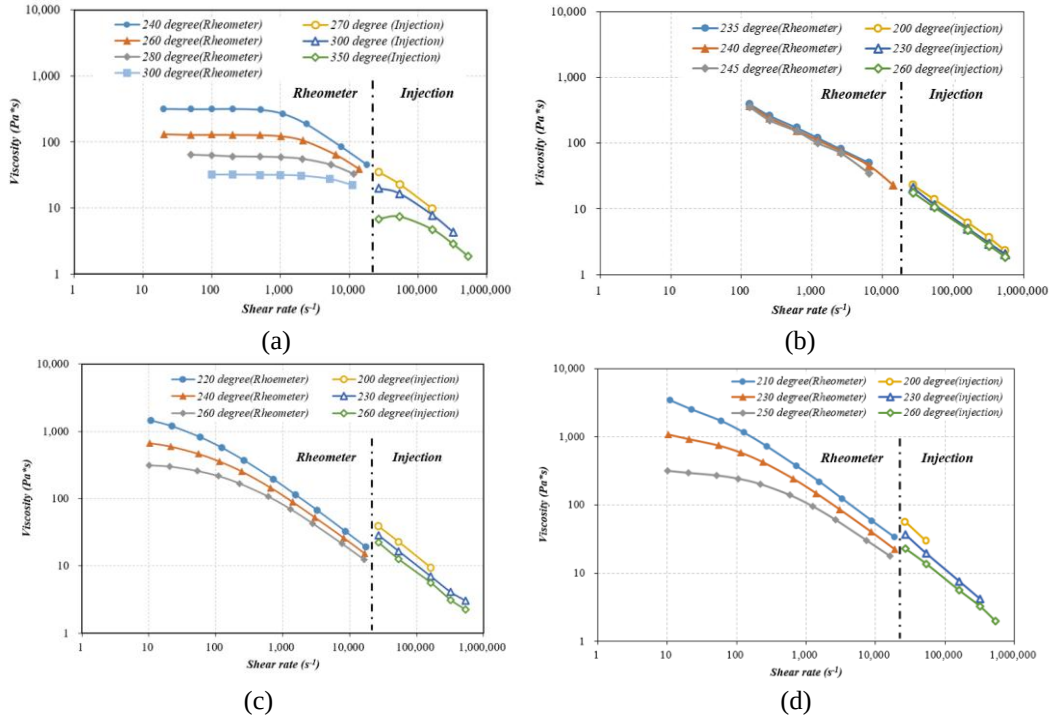


Fig. 1 Measured viscosity vs shear rate of (a) PC, (b) PP, (c) SAN and (d) PMMA by injection molding machine and rheometer

4. 결론

본 연구에서는 지름 1mm의 직선 홀을 가진 사출노즐을 제작하고 사출성형기를 이용하여 PC, PP, SAN, PMMA의 점도 측정하였다. 사출성형기로 측정한 수지의 점도는 모세관 점도계로 측정한 수지 점도의 경향과 수준이 유사한 것을 확인하였으며 모세관 점도계보다 높은 전단속도에서도 측정이 가능하였다. 따라서 본 연구를 통해 사출성형 중 사출성형기를 이용한 수지의 유동성 측정에 대한 가능성을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업통산자원부의 산업핵심기술개발사업에 지원으로 진행되었습니다. (Project No. KM170040, 10063340, 자동차 내장부품 고감성화를 위한 리얼소재 적용 인몰드 클리어 코팅 복합금형 및 성형기술 개발)

참고문헌

- (1) ASTM, Stand test method for determination of properties of polymeric materials by means of a capillary rheometer, D3835

고온 진공 브레이징을 적용한 연속용융금속도금조용 고수명 이중재질 내마모 부품 개발

탁윤학¹ · 박동환^{1#} · 이희록² · 홍진태³

Development of Wear Resistant Parts of Different Materials for Continuous Molten Metal Plating Bath with High Temperature Vacuum Brazing

Y. H. Tak, D. H. Park, H. R. Lee, J. T. Hong

Abstract

In this paper is to develop bush parts of continuous molten metal plating bath by using wear resistant alloy steel and tungsten carbide material. Conventional bush has problems of high material cost and durability life due to high load and molten zinc. In order to overcome the cost reduction and durability of products, wear resistant bush parts made of wear resistant alloy cast steel and tungsten carbide materials were developed.

Key Words : Continuous molten metal plating bath(연속용융금속도금조), Sink roll(싱크롤), Tungsten carbide(초경), Wear resistant alloy(내마모합금)

1. 서론

용융아연도금은 철강도금의 한 종류로 침지법과 전기아연도금법이 있다. 침지법은 도금조 내에 아연을 용융시킨 후 냉연 및 열연 강판을 침지시켜 표면을 도금하는 방법이며, 전기아연도금법은 양극과 음극을 구분하여 양극에는 도금액을 음극에는 철강을 연결시킨 후 전해로 아연을 부착하는 방법이다. 용융아연도금을 통해 생산되는 용융아연도금강판은 내식성과 가공성, 윤활성 등이 향상되어 자동차와 전자제품, 건축자재, 금속기구 등 다양한 분야에 적용되고 있다[1, 2].

용융아연도금강판의 생산공정은 탈지세정과 소둔, 용융아연도금조 침지, 합금화 처리, 후처리, 검사 및 권취로 생산되고 있다. 이중 용융아연도금조에는 싱크롤(sink roll)과

스타브롤(stab roll), 코렉트롤(correct roll) 등으로 구성되어 있으며, 롤의 양측에 부쉬와 슬리브가 적용되어 있다. Fig. 1은 연속용융금속도금조의 구조를 보여주고 있다. 용융아연도금조의 도금환경으로는 500℃의 용융된 아연과 강판 이송을 위한 하중 발생 등으로 열악한 환경에서 금속이 도금되고 있다. 이러한 환경을 극복하기 위해 부쉬와 슬리브에는 내마모합금주강인 스텔라이트 6종과 스텔라이트 20종, T800과 세라믹 등 다양한 재료가 적용되고 있다. 그러나 용융아연도금조의 열악한 환경으로 인해 부쉬와 슬리브는 5일 간격으로 교체되고 있으며, 교체하지 않고 지속적으로 사용할 경우 마모된 부위에 의해 싱크롤의 흔들림으로 도금 균일도가 일정하지 않아 불량 발생되고 있다. 또한 세라믹을 사용할 경우 소재의 원가로 인해 제한적으로 사용되고 있다. 본 연구는 내마모합금주강이 적용된 부쉬 구조를 변경하여 마모가 심한 부분을 초경합금으로 추가하고, 각 재료의 경도실험을

1. 경북하이브리드부품연구원

2. (주)피엠티

3. (주)부강특수산업

교신저자: 경북하이브리드부품연구원

E-mail: pdh@ghi.re.kr

통해 마모부위 재료선정 후 부쉬와 슬리브의 마모량을 감소시키고자 한다.

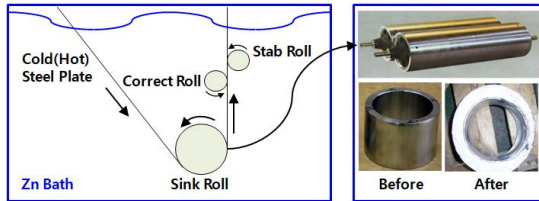


Fig. 1. Parts of continuous molten metal plating bath

2. 경도 실험

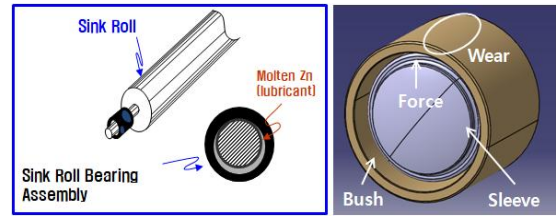
내마모합금주강과 초경합금의 경도실험을 위해 로크웰 경도기를 사용하여 경도실험 전 압흔면적의 꼭지각 120° 에 선단 반지름 0.2mm인 원뿔형 다이아몬드 압자를 활용해 눌림하중 10kgf로 설정한 후 CRM 소재로 보정하였다. 경도는 시편 당 5회 실험하여, 스텔라이트 6종은 HRC 38.7, 스텔라이트 20 종은 HRC 48.4, Tribaloy T800은 HRC 55.6, 초경합금(WC, Tungsten Carbide)은 HRC 68.5로 확인되었다. 실험결과는 Table1에 나타내었다.

Table 1. Hardness of wear resistant alloy

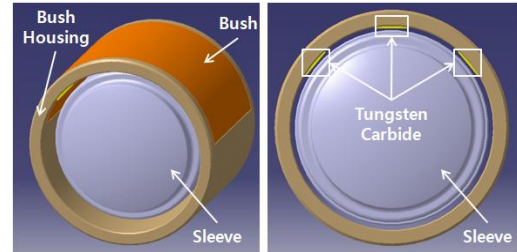
material	HRC
Stellite #6	38.7
Stellite #20	48.4
Tribaloy T800	55.6
Tungsten Carbide	68.5

3. 내마모 부품 설계

냉연강판을 도금하기 위해 연속용융금속 도금조에서 회전되는 싱크롤의 부쉬와 슬리브를 설계하였다. 기존 부쉬는 내마모합금 주강소재가 적용된 원형 부쉬가 사용되어 편마모가 발생되었다. 이를 해결하기 위해 3점지지의 형상으로 변경하고, 부쉬와 슬리브가 접촉되는 3점지지에 초경을 적용해 부쉬의 마모량을 감소시켜, 부쉬의 수명이 향상되도록 설계하였다.



(a) Bush before improvement



(b) Bush after improvement

Fig. 2. Bush parts of tungsten carbide and wear resistant alloy

4. 결론

본 연구를 통해 내마모합금주강과 초경합금에 대해 경도실험을 수행하고, 부쉬의 마모부위를 보완할 소재를 선정하였다. 또한 연속용융금속도금조 부쉬의 설계 변경을 통해 기존 원형 부쉬에서 3점지지 설계로 마모량을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

5. 참고문헌

- [1] D. H. Park., J. T. Hong., H. H. Kwon., 2017., Development of Sleeve Parts for Continuous Hot Zinc Plating Roll Applied to Wear-Resistant Alloy Cast Steel., J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., Vol. 26., No. 4., page. 357-364.
- [2] D. H. Park., J. J. Yun., J. T. Hong., H. H. Kwon., 2017., Sand Casting Process Design for the Bush Parts of the Continuous Hot Zinc Plating Roll Applied to Wear-Resistant Alloy Cast Steel., JKSMPE., Vol. 16., No. 4., page. 104-112.

롤 포밍 공정을 이용한 고강도 차체 부품 제작 및 특성화 분석

강용기¹ · 김동규¹ · 박광수² · 전형준³ · 문영훈[#]

Fabrication and Characterization of Roll-Formed Bumper Beam

Y. K. Kang, D. K. Kim, K. S. Park, H. J. Jeon, Y. H. Moon

Abstract

A recent car parts trend is to use high performance and high strength steel in light of stricter environmental regulations and a fuel-efficiency improvement. Accordingly, high strength steel and forming technology have been developed. Roll forming process used in this study is a technology with a constant section and it is used to fabrication car body part products. Because this technology has benefits of improving qualities and high production rates, it is applied automotive, shipbuilding, and architecture industries. In this study, we propose an optimized manufacturing process technology for bumper beam that protects passengers in the event of a car collision. For the reason, the parameter analysis of 1.7GPa high strength bumper beam fabrication and characterization was performed..

Key Words : Roll Forming, High strength steel, Roll pass, Bumper beam, Longitudinal strain

1. ㈜디케이솔루션
2. 포항산업과학기술연구원
3. 명진테크

교신저자: 부산대학교 정밀기계공학, E-mail:yhmoon@pusanac.kr

자동차 조향 시스템의 아웃터 세레이션 튜블러 샤프트 냉간 성형공정 연구

신영철¹ · 최호준¹ · 임성식¹ · 이상교¹ · 김연구² · 신익철² · 임성주^{1#}

Study on the Cold Forming Process of Outer Serration Tubular Shaft Assembled in Vehicle Steering System

Y. C. Shin¹, H. J. Choi¹, S. S. Lim¹, S. Lee¹, Y. K. Kim², I. C. Shin², S. J. Lim^{1#}

Abstract

An outer serration tubular shaft is one of the steering functional components assembled in steering column shaft of an automotive vehicle. The outer serration tubular shaft which is considered for steering performance and stability characteristics in the automotive steering system has a lubrication surface for smooth longitudinal movement after assembly. In particular, the outer serration tubular shaft having thin thickness involves stringent forming requirements and it is very difficult to form a high dimension precision and geometrical accuracy under a cold extrusion process due to folding and buckling.

The present study was performed to optimize parameters influencing on cold extrusion process such as reduction ratio of area, number of forming process, dimension of specimen, friction factor, length of die land to form an outer serration of shank and head part of anti-symmetry. As the experimental and finite element analyses results, the optimized forming conditions to get a final product with good dimensional accuracy and surface quality were like these, length of die land was 3~5mm, area reduction ratio of three steps was about 14%, 22.6%, 41% respectively and die entrance angle was range 33~35 deg.

Key Words : Tubular shaft, precision forming, serration, cold forming, FEA

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜대림엔티아이 소성가공연구실

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

공정특성에 따른 마그네슘 합금 판재의 성형성 및 스프링백 특성 분석

김현우¹ · 이창환[#]

Study of Formability and Springback Characteristics of Mg alloy sheet by Process Characteristics

H.W Kim, C.W Lee

Abstract

Recently, as pollution caused by automobile exhaust gas is considered as a big environmental problem of society, many researches have been conducted on the forming processing technology of magnesium alloy sheet to reduce body weight of vehicles. Magnesium has a lower specific gravity than steel and has a higher specific strength. Mg alloy sheet has low formability and a lot of springback due to its high yield strength and low young's modulus. As the temperature increases, the yield strength of the material decreases. Warm forming increases formability and minimizes springback by heating material and die to reduce the required load at forming. In this study, Temperature of the AZ31B sheet was controlled to reduce springback and increase formability. The load and springback amount required for forming according to the temperature and forming time in the bending deformation were analyzed.

Key Words : Warm Forming(온간 성형), Formability(성형성), Process Characteristics(공정 특성), Springback(스프링백), Magnesium Alloy Sheet(마그네슘 합금 판재)

1. 서론

현재 자동차 배기가스에 의한 공해가 사회의 커다란 문제로 거론되면서 연비절감 및 차체 경량화 대상으로 마그네슘 소재의 성형 가공 기술에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 마그네슘 소재의 경우 철의 비해 비중은 낮고, 비강도는 높은 장점이 있다. 하지만 마그네슘 합금 판재는 조밀육방격자(HCP) 구조를 가짐으로써 철과 같은 면심입방격자(FCC) 구조의 재료와는 상이한 기계적 거동을 나타내며 소성가공 능력이 현저히 떨어지고 많은 스프링백이 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 온도가 증가

할수록 소재의 항복강도가 감소한다는 점을 이용하여 소재 및 금형을 가열 시켜 가공 시 필요한 하중을 감소시키고 스프링백으로 인한 치수 불량을 최소화 하는 온간 성형 방법은 성형성을 좋게 만드는 방법 중 하나이다.

본 연구에서는 온도 제어장치를 이용하여 금형 및 소재를 가열시켜 V굽힘 공정에서 온도 및 성형시간에 따른 소재의 스프링백을 분석하였다.

2. 실험방법

2.1 시험 소재

시험 소재로 AZ31B 마그네슘 합금 판재와 열간 금형소재에 많이 적용되고 있는 SKD-61 합금을 사용하였다. AZ31B 합금 시편은 두께 1mm, 길이 200mm, 폭 30mm로 가공 되었다.

1. 서울과학기술대학교 기계디자인금형공학과

교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

2.2 V굽힘 공정

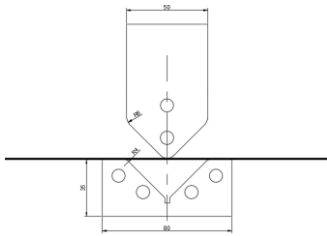


Fig. 1 Schematics diagram of punch, die and sheet

시험에 사용한 V굽힘 타입의 금형은 Fig. 1과 같다. 각각의 금형에 온도 제어 장치를 설치하여 상온, 100°C, 150°C, 200°C, 250°C 에서 성형속도 2mm/s로 성형하였다.

하사점에서의 성형 각도는 90°이다. 펀치 반지름 (1,2,4,6mm)에 대해 온도 별 소재의 스프링백을 측정 하였으며 상온에서 성형 후에 금형을 가열 해준 뒤 성형시간(1, 100, 250, 500s)에서 스프링백을 측정하였다.

스프링백 변화는 스프링백 후 각도와 성형 후 각도 차이로 정의하였다. ($\Delta\theta = \theta_s - \theta_f$)

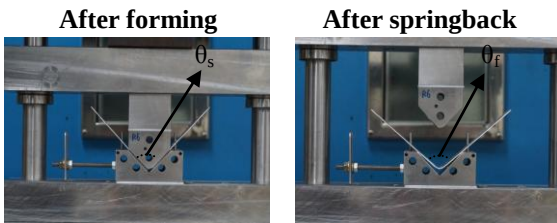


Fig. 2 Degree after forming and springback

3. 결과 및 고찰

실험결과 상온에서의 $\Delta\theta$ 은 11.24도이며 250°C에서는 0.61도로 측정되었다. 펀치의 R값에 따른 스프링백 변화는 fig. 3과 같다. R/t 값이 감소함에 따라 $\Delta\theta$ 는 감소하며 R=4 이하에서는 스프링고 현상이 발생하였다.

성형시간에 따른 스프링백 변화는 fig. 4와 같다. 다양한 온도에서 1초 간 성형시간에 비해 500초간 성형시간을 가진 소재의 스프링백 변화는 감소하였으며 이는 성형시간 동안 미세구조의 변화로 인해 스프링백 변화가 감소한 것으로 판단된다.

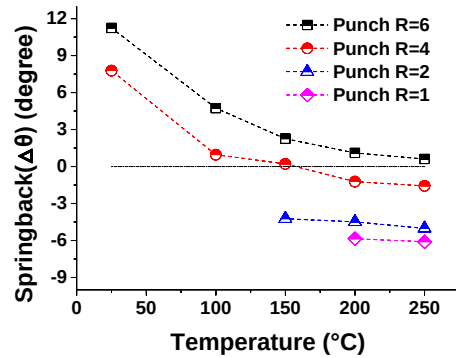


Fig. 3 springback change with temperature

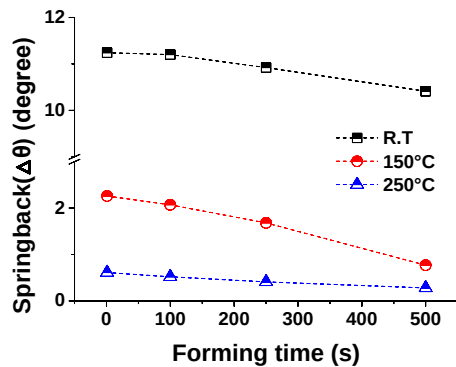


Fig. 4 springback change with forming time

4. 결론

본 연구에서는 마그네슘 판재 및 금형을 가열 시켜 굽힘 공정에서 스프링백 변화를 분석하였다.

성형 온도가 증가함에 따라 스프링백은 감소하였으며 특정 R값 이하에서는 스프링고 현상이 발생하였다. 또한 성형시간이 증가함에 따라 스프링백이 감소하였다.

따라서 마그네슘 판재 성형 시 온도 및 성형시간의 제어를 통해 스프링백 현상을 최소화 함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] J.H Kim, D.Y Kim, Y. S. Lee, M. G. Lee, 2013, Stress Relaxation and Springback of Magnesium Alloy Sheets, Spring meeting of KSPE, pp.1387~1388

5182 Al과 7075 Al 합금의 온간변형거동과 프로세싱맵

장동혁 · 김우진[#]

Warm temperature deformation behavior and processing maps of 5182 and 7075 aluminum alloys

D. H. Jang, W. J. Kim

Abstract

The tensile deformation behavior and processing maps of commercial 5182 and 7075 aluminum alloy sheets with similar grain sizes (about 8 μm) were examined and compared over the temperature range of 423-723 K. The 5182 alloy with equiaxed grains exhibited larger strain rate sensitivity exponent (m) values than the 7075 alloy with elongated grains under most of the testing conditions. The fracture strain behaviors of the two alloys as a function of strain rate and temperature followed the trend in their m values. In the processing maps, the power dissipation parameter values of the 5182 Al alloy are larger than those of the 7075 alloy and the instability domain of the 5182 Al alloy are smaller compared to that of the 7075 alloy, implying that the 5182 alloy has a better hot workability than the 7075 alloy.

Key Words : aluminum alloys, warm temperature, mechanical properties

1. 서론

The present work aims to study the warm tensile deformation behaviors and the processing maps of 5182 and 7075 alloy sheets over a wide range of temperature and strain rates. The differences between the two alloys are discussed.

2. 실험방법

The uniaxial tensile tests were conducted to evaluate the mechanical properties of the 5182 and 7075 alloy sheets in a range of strain rates from 5×10^{-4} to $1 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ and a range of temperatures from 423 to 723 K.

3. 결과 및 고찰

The 5182 alloy exhibited larger m values than the 7075 alloy under all conditions. As a result, the 5182 alloy exhibited superior tensile ductility compared to the 7075 alloy. The contribution of grain boundary sliding to the total plastic flow is higher in the 5182 alloy compared to the 7075 alloy at high temperatures because the former has a more equiaxed grain shape and a higher fraction of high-angle boundaries, which favor activation of grain boundary sliding. In the processing maps, the power dissipation (η) values of the 5182 alloy were larger than those of the 7075 alloy under all conditions. The instability domain of the 5182 alloy was smaller compared to that of the 7075 Al alloy.

1. 신소재공학과, 홍익대학교

교신저자: 신소재공학과 홍익대학교, E-mail:kimwj@hongik.ac.kr

4. 결론

5182 alloy exhibits a better hot workability than the 7075 alloy below 723 K.

참고문헌

1. O. D. Sherby and P. M. Burke, *Prog. Mater. Sci.* 13, 323 (1968).
2. X. Yang, H. Miura and T. Sakai, *Mater. Trans.* 43, 2400 (2002).
3. S. Gourdet, E. V. Konopleva, H. J. McQueen and F. Montheillet, *Mat. Sci. Forum* 217, 441 (1996).

장구형 웜 나사의 엔드밀 공구 형상에 따른 치형 정밀도 분석

강신준^{1#} · 윤덕재² · 김용환³

Analysis of tooth profile accuracy of enveloping worm thread depending on end mill tool shape

S. J. Kang, D. J. Yoon, Y. H. Kim

Abstract

이 논문에서는 Ruled(Non-developed) surface인 장구형 웜 나사의 치형을 3종류의 엔드밀 공구로 가공하는 경우 각각의 공구 형상에 대한 치형 정밀도를 평가하는 것에 대해 논의 한다. 일반적으로 원통형 웜 감속기는 산업 전반에 걸쳐 다양한 분야와 형태로 이용되며, 산업의 필수 부품으로 수요가 증가하고 있다. 시장동향은 고하중·고정밀 부품이 요구되는 추세이고, 또한 크기는 작으면서 부하가 큰 감속기를 필요로 하고 있다. 원통형 웜 감속기를 사용하는 경우 동일한 출력 토크를 유지하면서 중심거리가 감소한 감속기를 설계하는 것은 기어의 마모를 가져오기 때문에 장구형 웜 감속기 개발을 통해서 기어의 내마모 향상 및 강도를 향상시키고자 한다. 따라서 장구형 웜기어 치형을 Hindley방식에 따른 3D 모델링을 실시하는 경우 엔드밀 형상에 따른 치형의 정밀도에 미치는 영향을 분석하였다. 이때의 치형 평가는 피치원 지름, 치형 정밀도, 치면 조도, 치면 가공시간 등에 대해 분석하였다. 정삭가공에서의 절삭가공 조건은 공구 회전수 11,000rpm, 이송 속도 2,000mm/min, 절입량 0.07mm이다.

Key Words : Enveloping Worm(장구형 웜), Cylindrical Worm(원통형 웜), Ruled surface(Non-developed surface), End mill(엔드밀), Tooth profile(치형), Pitch diameter(피치원 지름), Spindle speed(공구 회전수), Feed(이송 속도), Depth of cut(절입량)

후 기

이 논문은 2016년도 정부(중소기업청) World Class 300 R&D 프로젝트 기술개발지원사업 지원을 받아 수행된 연구임(S2428843)

1. 영신금속공업㈜ 기술연구소
2. 한국생산기술연구원 성형기술그룹
3. 충남대학교 공과대학 기계공학부
교신저자: 영신금속공업㈜ 기술연구소,
E-mail: sinjun_k@ysmic.com

이종 금속소재를 복합 적용한 용융금속도금 설비 침지부품 Roll용 고수명 내마모 부품 개발

홍진태^{1#} · 정상우¹ · 이희록² · 박동환³

Development of wear-resistant parts for long life applied the two dissimilar metal alloy materials to the continuous Hot dipping line

J. T. Hong, S. W. Jeong, H. L. Lee, D.H Park

Abstract

Continuous molten metal plating is widely used as a kind of steel type plating. In particular, zinc and aluminum plating plays a major role in steel consumption, and demand for automobile exterior materials, exterior materials for home appliances and exterior materials is increasing day by day. The purpose of this study is to improve the service life and life time of bearings immersed in plating baths by using the characteristics of tungsten carbide materials with superior abrasion resistance. In addition, it is possible to reduce the cost by selectively applying the tungsten carbide, which is relatively expensive compared to the wear-resistant steel, to the worn portion, and to develop the high-precision parts by positioning the different materials under optimum conditions.

Key Words : Bush (부시), Stellite (스텔라이트), Continuous Hot Dipping Line(연속 열간 도금라인), Wear Resistant(내마모)

1. 서론

연속 용융금속도금은 철강방식도금의 한 종류로써 광범위하게 사용되고 있다. 특히 아연 및 알루미늄도금은 철강 소모에 큰 역할을 수행하고 있으며, 자동차 외장재 건축 외장재 가전제품 외장재로 그 수요가 나날이 증가되어 가고 있는 실정이다. 이러한 연속용융금속도금 공정에서 도금이 되는 공정의 부품은 대부분 고온의 액체 금속중의 가혹한 환경에서 일을 수행하고 있다. 이러한 도금조에 침지되는 부품은 롤과 베어링 역할을 하는 슬리브와 부쉬, 하우징, 그리고 위 부품들이 거치 되어있는 ARM의 부품들이 있다.

도금조 내에서의 베어링은 고온의 액체 금속 상에서 구동 되므로 부쉬형 미끄럼 베어링 형태를 하고 있다. 이러한 침지부품들의 수

명에 따라 연속공정을 중단하고 부품을 교체하는 작업이 진행되는데 고온의 액체 금속속에서 회전하는 부품이므로 마모와 부식의 속도가 빨라 약 5~7일 주기로 부품을 교체한다. 이에 마모와 부식의 정도를 줄여 공정중단 및 손실을 최소화 하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다.

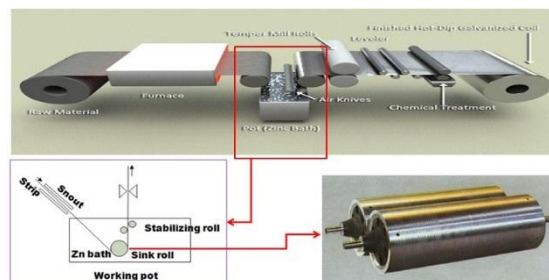


Fig. 1 Continuous galvanizing line parts.

1. ㈜부강특수산업

2. ㈜피엠티

3. 경북하이브리드부품연구원

교신저자: ㈜부강특수산업

E-mail: hong@bkcoalloy.co.kr

본 연구에서는 내마모성이 우수한 초경재질의 특성을 이용해 도금조에 침지되는 베어링에 적용, 수명을 개선 하고자 한다. 또한 내마모강에 비해 상대적으로 고가인 초경을 마모부위만 선택적으로 적용 하여 비용을 절감하도록 하며, 이종소재를 최적의 조건으로 위치하여 고수명의 부품을 개발하고자 한다. 본 연구의 대상으로 하는 아연도금조의 베어링 부품은 일반적으로 사용하는 원통형이 아닌 3점 지지 방식의 형태를 갖추고 있는데 이는 Roll의 구동 시 특정부위만 마모되는 점을 착안하여, 마모되는 부위만 내마모성이 우수한 초경재질을 사용, 비용을 절감하면서 Roll의 구동 시 안정성을 유지할 수 있도록 하였다.

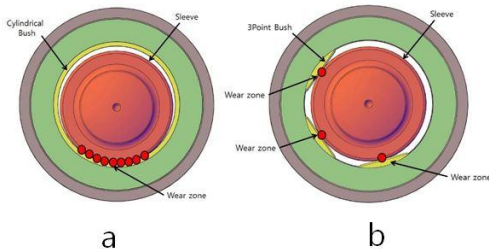


Fig. 2 Structure of bearing parts

Bearing parts before development (a) /

Bearing parts after development (b)

2. Pin on Disk 마모 테스트

이번 연구에서 적용 하고자 하는 초경 부품과 기존 스텔라이트 계열 부품 간의 마모 정도를 확인하기 위한 Pin on Disk 시험을 진행하였다.



Fig. 2 After Pin on disk test of Specimen
Pin의 재질은 동일한 성분의 초경(WC), Disk의 재질은 실제 설비에서 사용하는 Stellite6, T-800, Stellite20으로 하였으며, 660°C 의 온도와 10kgf의 하중, 150rpm, 7200sec로 테스트 조건을 설정하였다. 테스트 방법은 마모시험기 상부에 Pin을 고정,

하부에 Disk를 고정한 후 Pin에 10kgf의 하중을 부여하고, 660°C 의 온도 상에서 Disk의 회전에 따른 마모 감량을 관찰 하였다

Fig. 3 High temperature Pin on disk Test



3. 결과 및 고찰

	Average disk wear(g)
WC(Pin)-#6	0.0351
WC(Pin)-T800	0.0342
WC(Pin)-#20	0.2534

Table1. Average disk wear

테스트 결과 초경(Pin)의 마모 감량은 전체적으로 큰 차이가 없었으나 Disk의 마모감량의 편차가 크게 나타났다. Stellite20(Disk)과 초경(Pin)간의 마모 감량이 가장 많았으며, T-800(Disk)과 초경(Pin)간의 마모 감량이 가장 적게 나타났다. 위 결과를 바탕으로 Stellite20 재질은 고온의(660°C) 상태에서 내마모성이 타 재질에 비해 현저히 떨어지는 것으로 보이며, T-800재질의 슬리브와 초경 부위 조합의 내마모성이 가장 좋은 것으로 도출되었다.

4. 결론

내마모성을 필요로 하는 침지 베어링 부품의 재질 선정을 위한 마모테스트를 실시하였다. 실험결과 T-800의 재질이 초경과의 마모정도가 가장 적었음을 확인하였다.

본 연구는 2017년도 산업통상자원부/지역주력산업육성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 A014401050).

참고문헌

(1) DOE award DE-FC36-01ID14042 West Virginia University 2005: Development of improved Materials for continuous steel Hot Dipping Process

AI 인서트 사출성형을 통한 컨트롤암 개발을 위한 사출성형 해석연구

차경제^{1#} · 이성윤 · 정명식 · 황선광 · 성지현 · 조용재 · 이재욱 · 이상곤 · 김다혜

Injection Molding Analysis for Development of Control Arm through AI Insert Injection Molding Process

K. J. Cha, S. Y. Lee, M. S. Jeong, S. K. Hwang, J. H. Sung, Y.-J Cho, J. W. Lee, S. K. Lee, D. H. Kim

Abstract

Recently, weight reduction of automobile materials and parts is interesting with the trend of international environmental regulations and fuel economy regulations and raising the price of energy resources. Among the automobile weight reduction methods, improving the physical properties of existing materials and developing and applying new materials are representative. Especially, weighting effect can be expected by maximizing the advantages of metallic materials such as Al and Mg, etc. and polymeric materials and applying it to parts suitable for the right material. However, depending on parts, manufacturing process should be different for material change, so it is also should be conducted research on molding analysis for decreasing trial and error. In this study, optimization of gate design was conducted for development of control arm through AI insert injection molding process.

Key Words : Weight Reduction, AI Insert Injection Molding, Control Arm, Flow Analysis, Gate Design,

1. 서론

최근 국제 환경 규제 강화 및 연비규제 강화 추세와 에너지 자원의 가격 상승으로 자동차 소재 및 부품의 경량화에 대한 관심이 높아지고 있다. 자동차 경량화 방안 중 기존 소재의 물성을 향상시키거나 새로운 소재를 개발하여 적용하는 기술이 대표적이며, Al, Mg 등의 금속재료와 고분자 재료의 장점을 최대화하여 적재적소의 부품에 적용함으로써 경량화 효과를 기대할 수 있다. 하지만 부품에 따라서는 재료의 변화로 제조 공정을 달리 해야 되기 때문에 시행착오를 줄이기 위한 성형해석 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 AI 인서트 사출성형을 통한 컨트롤암 사출성형에 있어 유동해석을 통한 게이트의 설계를 최적화 하였다.

2. 컨트롤암 유동해석 개요

본 연구에서 해석하고자 하는 컨트롤암은 Fig. 1과 같다. 상부는 AI으로 구성되어 있으며, 이를 사출금형에 위치시키고 PA6 (fiber 40%)를 사출성형하여 컨트롤암 하부 보강대를 구성하게 된다. 제품의 형상은 약 35 cm 너비에 약 23 cm 높이를 가진다. 유한요소 해석을 위해 dual domain mesh를 이용하여 분할하였으며, 약 7만개 요소를 이용하여 해석을 진행하였다. 이때 사용한 수지는 Ultiamid8233 (PA6)를 적용하여 해석을 진행하였다.

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹
교신저자 E-mail: kjcha@kitech.re.kr



(a)



(b)

Figure. 1 (a) Automobile control arm part, (b) Finite elements

특히, Fig. 2와 같이 컨트롤암 사출성형을 위해서 게이트 위치와 개수에 따른 사출성형 해석 연구를 진행하여 충전과정을 예측하고 충전 후 압력을 비교하여 게이트 설계를 결정하였다. (gate design #1 and #2)

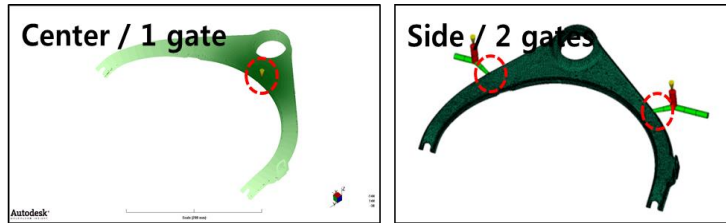


Figure 2. Flow analysis for gate design #1 and #2

3. 결과 및 고찰

사출성형 유동해석결과는 충전해석과 충전 후 압력을 예측하여 사출성형시 발생하는 문제점에 대해서 확인하고 이를 개선하고자 하였다. 게이트 설계 #1의 경우 충전 후 게이트와 가장 먼 부분에서 미충진이 발생하였으며, 반면에 충전 후 압력을 확인한 결과 게이트와 가까운 부분에서 높은 사출압력에 의해 오버몰딩(over-molding)이 발생할 우려가 있었다. 게이트 설계 #2의 경우에는 미충진 해결되었으며, 충전 후 압력도 약 65% 이상 감소 시킬 수 있어서 오버몰딩의 가능성 및 잔류응력에 의한 휨을 감소시킬 수 있었다.

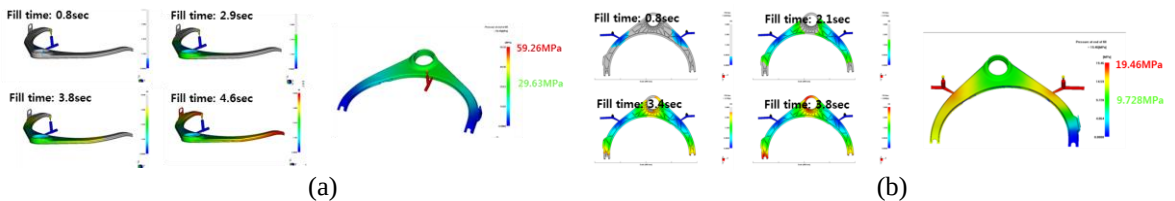


Figure 3. Results of filling analysis and pressure at end of fill through the gate design (a) #1 and (b) #2

4. 결론

본 연구에서는 기존의 스틸 재료로 생산되는 자동차 컨트롤암을 AI 인서트 사출성형을 통해 경량화를 구현하기 위한 사출금형을 개발하고자 하였다. 사출성형 해석을 통해 인서트 사출성형 시 발생하는 오버몰딩과 미성형의 문제점을 미연에 방지할 수 있는 게이트의 위치와 개수를 선정할 수 있었다.

스웨이징 공정에서 Cu-Nb 이종금속의 성형특성 연구

윤덕재^{1#} · 김응주¹

Deformation Characteristic of Cu-Nb Clad bar in Swaging Process

Duk Jae Yoon and Eung-Zu Kim

Abstract

이종금속 소재는 두 종류 이상의 특성이 다른 금속을 적층하여 사용하는 것으로 단일 금속 소재만으로는 얻기 어려운 물리적 특성을 확보하게 된다. 그러나 이종금속 선재의 제조 공정에 있어서 두 금속이 완전하게 접합되지 않은 상태에서 기존의 단순 인발이나, 직·간접 압출과 같이 적층 소재를 당기거나, 미는 방식으로 성형할 경우 이종 소재간의 다른 변형거동으로 인하여 성형공정상 문제가 발생하게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 단조 성형과 같이 반경 방향으로 두드림과 동시에 축 방향으로 밀어내는 방식이 가능한 스웨이징 공정을 적용하고자 한다. 스웨이징 공정은 점진 성형의 대표적 공정으로 스펀들과 롤러의 상대 운동으로 인한 분할 금형의 반경 방향 왕복운동을 이용하게 된다.

본 연구에서는 스웨이징 공정에서 Cu-Nb 이종금속 소재의 성형특성을 파악하기 위해 무산소동(Oxygen Free Copper) 튜브에 Nb를 코어로 조합한 봉재를 대상으로 성형 공정 실험을 수행하였다. 여기서 스웨이징 공정변수는 성형속도와 금형 입력각이고 무산소동 튜브의 두께에 따른 변형 특성을 분석하였다.

Key Words : Swaging Process, Clad Bar, Incremental Forming, Oxygen Free Copper(OFC), Niobium,

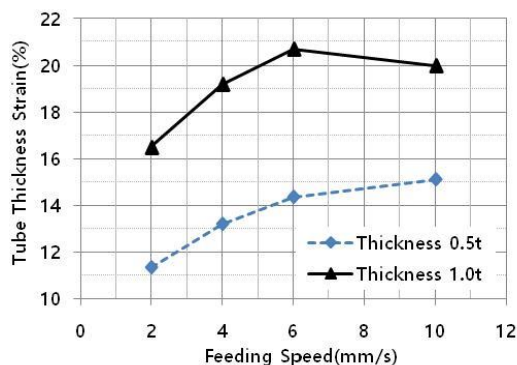


Fig. 1 Comparison of Cu clad tube thickness change

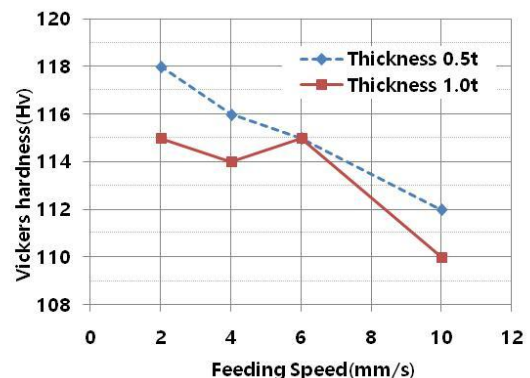


Fig. 2 Comparison of hardness for tube thickness change

1. 한국생산기술연구원

교신저자: E-mail: ydj@kitech.re.kr

진동 모터 베이스 플레이트의 프로그레시브 판단조 공정 해석

조성민¹ · 박래원² · 이종호² · 황찬웅² · 정완진[#]

Progressive Plate Forging Analysis of a Vibration Motor Base Plate

S. M. Cho¹, R. W. Park², J. H. Lee², C. W. Hwang², W. J. Chung[#]

Abstract

본 연구에서는 금속성형 전용 유한요소해석 프로그램인 AFDEX를 활용하여 진동 모터 베이스 플레이트를 제작하기 위한 프로그레시브 공정의 탄소성 유한 요소 해석을 수행하였다. 프로그레시브 공정은 금형 안에서 소재를 순차적으로 이송하며 형상을 성형하는 공정이며, 생산성이 우수한 장점이 있다. 본 연구에서는 프로그레시브 공법을 이용하여 생산한 제품을 역설계 하기 위한 성형 해석 연구를 진행했다. 본 연구에서 사용한 소재는 SPCC 1.2t 이고, 초기 블랭크의 형상 및 치수는 제품의 형상과 체적을 고려하여 설정하였다. 총 공정수는 13단으로 설정하였다. 먼저 1~10차 포밍 공정을 진행한 후, 11~13차 공정에서 리스트라이킹 공정을 수행하였다. 유한요소해석은 AFDEX V17R00_3D를 사용하였다. 그 결과 최종 해석 형상이 실제 제품과 유사했다. 특히 제품의 가장 얇은 부분($t=0.35\text{mm}$)과 가장 두꺼운 부분($t=1.85\text{mm}$)의 목표 치수를 달성했고, Cockcroft-Latham 모델을 이용하여 평가한 손상도 역시 합리적인 수치임을 확인하였다. 또한 AFDEX V17R00_3D를 이용하여 진동 모터 베이스 플레이트의 성형공정 해석이 가능함을 확인하였다.

Key Words : Elasto-plastic FEM(탄소성 유한요소해석), Progressive Process(프로그레시브 공정), AFDEX

1. 서울과학기술대학교 대학원 기계디자인금형공학과
2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과
교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과,
E-mail:wjchung@seoultech.ac.kr

고강도강판의 성형성에 미치는 슬라이드모션의 영향

송재선¹ · 윤국태¹ · 박춘달¹ · 허재영¹ · 김용환[#]

Effects of Slide Motion on the Formability of High Strength Steel

J. S. Song, K. T. Youn, C. D. Park, J. Y. Heo, Y. H. Kim

Abstract

최근 화석연료의 고갈과 온실가스 및 CO₂ 배출 등 환경 규제와 충돌안전성 강화에 따라 자동차의 중량을 감소시키면서 동시에 충돌안전성을 동시에 만족시키기 위해 고강도 강판의 적용 비중이 증가되고 있다. 자동차 전체 무게의 약 40%를 차지하고 있는 차체(body)의 경량화가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 10%의 중량 감소 시 6-8%의 연비 개선 효과를 가져온다. 차체를 성형하는 가장 일반적인 방법은 프레스에 의한 성형가공으로 복잡한 형상의 제품을 재료손실이 적게 연속고속생산이 가능하지만, 항복강도가 높고 연실율이 적은 고강도강판 성형의 경우 스프링백, 비틀림, 용접성 저하, 금형 수명의 저하되는 단점이 있다. 고강도강판의 적용비중이 증가하고 있음에도 불구하고 아직까지는 성형성의 문제로 인해 일부 부품에 대해 특공공법만으로 생산을 하는 등 기존의 문제점을 전부 해결하지 못하고 있는 실정이다. 서보프레스는 난성형에 대처하기 위해 도입되어 생산성향상, 가공 정도 향상, 금형 수명 향상, 소음진동 저감 등을 목표로 하고 있으며, 최근 고강도강판, 마그네슘 등 난성형 소재의 고정도 가공, 공정 단축, 복합성형 등 고부가가치 성형을 위해 서보프레스의 도입이 급속도로 진행되었다. 그러나, 성형에 최적화된 슬라이드모션의 설정에 많은 시간을 필요로 하고 있으며, 현재 국내에서 서보프레스를 이용한 성형성 평가 등에 대한 연구는 진행 중이지만 가시화된 연구결과는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 980MPa 급 이상의 고강도강판에 서보프레스의 슬라이드모션을 적용하여 Bending 과 Drawing 등 성형시험을 진행하였다. 일반적인 기계식 프레스에 적용되는 모션, 하사점 도달 시 유지시간을 부여하는 모션, 하사점 도달회수를 증가시킨 모션, 하사점 도달전 슬라이드를 상승시키는 모션 등을 적용하였으며, 슬라이드모션 제어시 적용되는 각각의 공정변수가 성형성에 미치는 영향을 분석하였다.

Key Words : High Strength Steel, Slide Motion, Servo Press, Formability, Springback

1. 대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부

교신저자: 충남대학교 기계공학부, E-mail:yonghkim@cnu.ac.kr

핀 형상에 따른 에어백 하우스징 사이드 홀 피어싱 핀 내구성 영향 평가

윤일채^{1#} · 윤국태¹ · 허재영¹ · 전강국¹ · 박원호² · 곽유현²

The influence of durability properties on piercing pin for side hole in air-bag housing depend on pin shape

I. C. Yoon, K. T. Youn, J. H. Heo, K.K.Jeon, W.H.Park, Y.H.Kwak

Abstract

차량용 에어백 인플레이터 하우스징의 경우 에어백 작동시 고압의 가스가 분출되어 에어백이 팽창하게 되며, 이때 하우스징의 측면 Hole을 통해 균일하게 가스가 분사되어야 에어백이 원활히 작동할 수 있다. 에어백이 작동할 시, 에어백 인플레이터 하우스징 내측에서 외측으로 고압의 가스 유동이 발생하므로 하우스징 홀의 가공 방향은 반드시 내측에서 외측으로 가공이 되어야 하며, 이는 홀 가공 시 발생하는 Burr 방향이 내측에서 외측으로 향하도록 하여 가스 유동을 방해하지 않기 위함이다. 이는 에어백 하우스징 사이드 홀 가공용 피어싱 핀 제작 및 내구성 확보에 있어 상당히 고난이도의 기술이며 최근에는 보다 원활한 가스 유동을 고려하여 타원형상의 홀과 원형 홀이 복합적으로 적용되고 있다. 본 연구에서는 사이드 홀 피어싱 핀의 내구성에 미치는 영향인자 분석을 위해 타발 시험용 프레스 금형 제작을 통해 피어싱 핀의 내구 특성을 평가하였다. 금번 연구에서는 핀 형상에 따른 에어백 하우스징 사이드 홀 형성용 피어싱 핀의 내구 특성에 대해 평가하였으며 영향인자로써는 핀의 형상, 표면처리 및 재질이 적용되었다. 타발 시험 중 1,000타 단위로 해당 핀의 마모 상태를 분석하였으며, 시험에 적용된 핀의 형상은 타원 및 원형 형상이었으며, 표면처리는 TiCN 과 Multi-CrN 이 적용되었다. 핀의 재질은 SKD11 과 SKD51 중이 적용되었다.

Key Words : Piercing, Pin, Air-bag inflator housing, Side cam-piercing, Tool life, Tool wear

후 기

이 논문은 중소기업기술개발사업(과제번호 :S240923)의 지원으로 수행된 연구임.

1. (재)대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부

2. ㈜전우정밀 기술연구소

교신저자: (재)대구기계부품연구원, E-mail: icyoon@dmi.re.kr

Surface Texturing 및 PVD 코팅에 따른 초고강도강판 성형용 금형의 마찰 및 내구특성 분석

임형철[#] · 윤국태¹ · 허재영¹ · 송재선¹ · 전강국¹ · 박춘달¹ · 이현석² · 김보환²

Analysis of Tribological Properties of Cold Forming Dies for UHSS according to the Surface Texturing and PVD Coating

H. C. Lim, K. T. Youn, J. Y. Heo, J. S. Song, K. K. Jeon, C. D. Park, H. S. Lee, B. H. Kim

Abstract

In this study, the properties of die steel according to the surface treatments were analyzed to improve the formability and service life when cold press forming was conducted with UHSS(Ultra High Strength Steel) sheet. It was applied on the SKD11 that each of surface treatments is the surface texturing and PVD coating. In order to analyze friction property according to whether or not to apply surface texturing on the dies, intaglio pattern of cross and stripe shapes each were carved on the die tips will be used on plane friction test. PVD coatings are TiCN, AlCrN, CrN, TiN(O), Multi-CrN, CrTiAlN, TiAlN and TiN(I) and experimental works such as hardness test, scratch test, the plane friction test, pin-on-disc wear test and spiral test were carried out to evaluate the durability of PVD coating. Specially, additional spiral test was conducted to compare coated and not.

The results show that friction coefficients when surface texturing was applied on the die tip are lower than not applied. And when stripe shapes are carved on the die tip, friction coefficients decrease while contact pressure increase. However, friction coefficients of carved die tip with cross shapes and die tip without intaglio pattern increase because of the edge effect and durability of based material each. Also, thickness and hardness of coating layers without TiCN are above 4 μm and 2000 HV0.05 and critical load for delamination of TiAlN, AlCrN and CrTiAlN coating layers is above 60 N. As a result of spiral test with coated specimens, the value of torque doesn't change even if the number of cycles increases. On the other hand, when using uncoated specimen, torque increase gradually. Because wear and galling occurred on the boundary between specimen and UHSS sheet, while spiral tests are conducted. The results of pin-on-disc and spiral test according to the kind of PVD coating show that tribological properties of TiAlN, AlCrN are excellent than other.

Key Words : PVD coating, Surface Texturing, Spiral Test, Pin-on-Disc Wear Test, UHSS(Ultra high Strength Steel)

Acknowledgment : 본 연구는 중소중견지원사업 WC300(과제명 : 자동차 경량화에 대응한 초고장력강의 냉간성형 금형기술 개발, 과제번호 : S2315965)의 일환으로 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원
DMI, E-mail: lhc@dmire.kr

사다리꼴 나사 전조공정 유한요소해석

송하늘^{1,2}, 김응주², 강신준³, 윤덕재^{2,#}

Finite element analysis of a trapezoidal thread rolling process

H. N. Song^{1,2}, E. Z. Kim², S. J. Kang³, D. J. Yoon^{2,#}

Abstract

In this paper, finite element analysis of a trapezoidal thread rolling process is conducted to make it certain that special conditions, i.e., trapezoidal thread with deep teeth and small number of threads, can be formed by thread rolling. An investigation about plastic deformation characteristics and mechanical stability with respect to the stroke, effect of die shapes on the process and forming load characteristics is conducted.

Key words: Thread Rolling(나사전조), Finite Element Method(유한요소법), Analysis Model(해석모델), Trapezoid Shape Crest(사다리꼴 나사산), Cross-wedge Rolling(크로스웨지 롤링)

1. 서론

사다리꼴 나사는 나사 골이 깊어 일반적으로 절삭공법을 이용하여 제조한다. 이러한 가공방법은 소량 생산에만 강점을 보인다. 반면, 전조는 소재의 수율, 제품표면, 생산성 등의 장점이 있기 때문에 대부분 규격의 나사의 생산에 이용이 되고 있다. 본 연구에 이용할 전조 형상은 평 금형이며, 중심축을 기준으로 금형이 각각 상대운동을 통해 나사산을 냉간 성형한다.

나사의 전조는 역학적으로 비교적 복잡한 문제이며, 해석적 방법의 적용에 많은 어려움이 있다 [1].

2. 나사전조 공정의 유한요소모델

Fig. 1 은 사다리꼴 나사 전조공정 유한요소에 사용되는 소재에 적용된 요소망이다.

전조 공정 시뮬레이션을 위해 Fig. 2에 전조 공정 개념도 및 소재와 금형의 형상을 나타냈다. 원통형 소재의 길이와 직경은 각각 60.0 mm, 20.0 mm이며,

성형을 3초 동안 실시한다. 상형과 하형의 속도는 각각 100 mm/s 이며, 금형 이동방향은 접착 조건으로 설정하였으며 법선 방향은 쿨롱마찰계수 0.3으로 설정하였다.

소재의 재질은 S10C이며, 유동응력은 $\bar{\sigma} = 260(1 + \frac{\bar{\epsilon}}{0.01138})^{0.22676}$ 와 같다. 성형 중 속도장 분포는 Fig. 3에 나타냈다.

Fig. 4는 성형 시간에 따른 유효변형율과 변형형상을 볼 수 있다. Fig. 4(c)는 성형 후 소재의 길이 변화를 나타내고 있으며, Fig. 5는 성형시간에 따른 하중변화를 나타내고 있다.

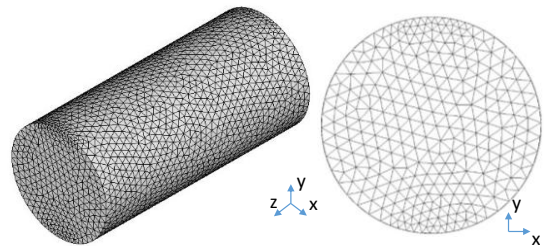


Fig.1 A typical finite element mesh system employed

1. 경상대학교 기계항공공학부

2. 한국생산기술연구원

3. 영신금속공업주식회사

교신저자: 한국생산기술연구원

E-mail: ydj@kitech.re.kr

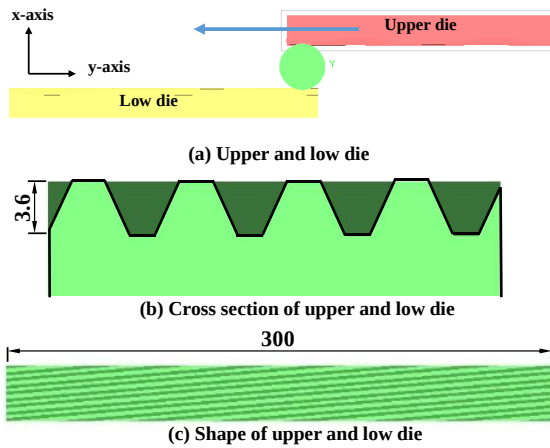


Fig. 2 Upper and low die (mm)

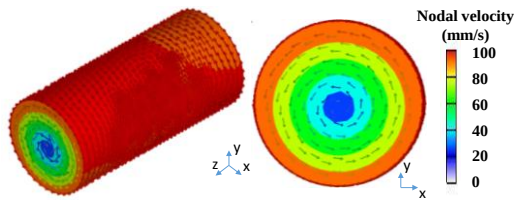


Fig. 3 Nodal velocity of workpiece

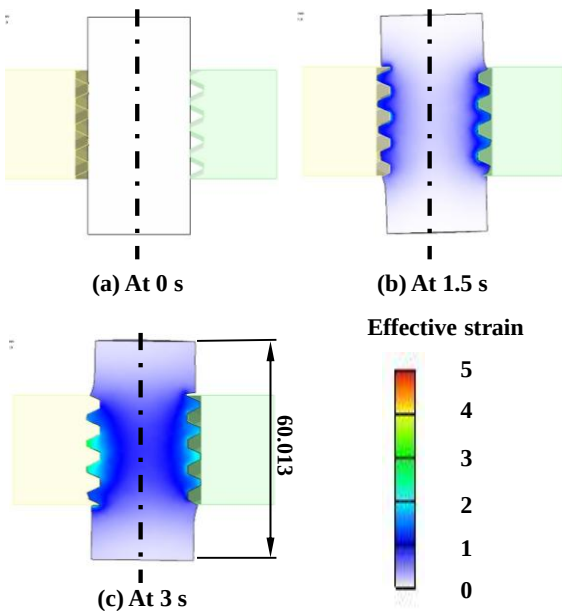


Fig. 4 Effective strain of workpiece and length change of workpiece

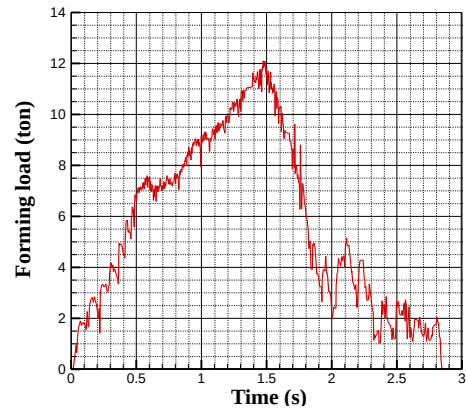


Fig. 5 Graph of load change in x-axis

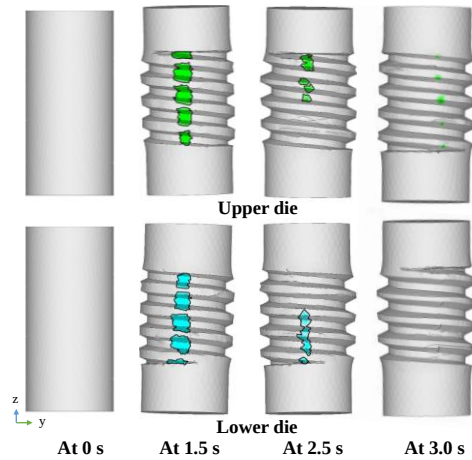


Fig. 6 Die contact

3. 결론

본 논문에서는 냉간 전조공정을 적용하여 원 나사 성형공정에 대한 유한요소 해석을 수행하였다. 원통형 소재를 이용한 해석결과 나사산 깊이 목표치인 3.6mm의 전조가능성과 성형 하중 변화를 예측하여 성형실험을 수행할 수 있었다.

후기

이 연구는 중소기업청 WC300 R&D 기술지원사업의 지원으로 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] S. J. Jang, M. C. Lee, S. H. Shim, Y. H. Son, D. J. Yoon, M. S. Joun, Finite Element Analysis of Manufacturing Process of a 12 Point Flange Head Bolt with Emphasis on Thread Rolling Process, 2010, KSTP, Vol 19, No 4, pp248-249

레이저 용융 기술로 적층된 내열합금의 고온경도 특성 분석

손종윤¹ · 윤희석¹ · 이기용² · 심도식^{3#}

Investigation of high-temperature hardness of super alloy powder deposited by laser melting

J. Y. Son, H. S. Yoon, K. Y. Lee, D. S. Shim

Abstract

주조(die casting)와 열간단조(hot forging) 등과 같은 열간 성형공정에서는 작업온도가 높고 금형의 온도변화가 심하기 때문에 마모와 열피로로 인한 금형파손이 쉽게 발생하며, 일반적으로 금형의 수명이 짧다. 이에 산업현장에서는 금형제조비용 저감을 위해 금형의 마모 및 파손발생 부위를 용접으로 재 육성하여 보수하고 있지만, 이는 균일한 품질확보가 어렵고 과도한 후 가공과 작업자의 숙련도에 의존적인 단점이 있다. 본 연구에서는 내열합금 분말을 금형에 국부적으로 적층시켜 금형의 품질을 육성하고 보수할 수 있는 기술에 대하여 연구하고자 하였으며, DED(Direct energy deposition) 기술을 이용하여 대표적 내열합금인 AISI H13재질의 모재에 H13, IN718, 그리고 H13과 IN718 혼합 분말을 적층하였다. 적층된 금속 시편의 경도를 상온, 200℃, 400℃, 600℃, 800℃에서 측정한 결과, H13 적층 시편의 경도값은 상온과 고온에서 별크 소재와 동일한 경향을 보인 반면, IN718 적층 시편과 H13과 IN718의 혼합 적층 시편은 상대적으로 낮은 경도값 보이고 있다. 이는 열처리를 통한 석출경화로 소재의 강도를 향상시키는 IN718 소재의 특성에 기인한 결과로 사료되며, IN718 재질의 시편은 고용화 열처리와 시효 열처리로 비자성의 석출물을 생성시키는 석출경화로 강도를 충분히 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words : Super Alloy, DED, Direct Energy Deposition, Hot Hardness

1. 전남대학교 기계공학과

2. 한국생산기술연구원 그린가공공정그룹

교신저자: 한국해양대학교 기계공학부, E-mail: think@kmou.ac.kr

자동차 EPB Spindle 냉간단조공정 설계

서영호^{1,#} · 최신통² · 이승준² · 이기호¹

Cold Forging Process Design for EPB Spindle Part

Y. H. Seo, S. D. Choi, S. J. Lee, K. H. Rhee

Abstract

자동차 조향부품에 사용되는 CHQ 선재(Cold heading quality wire)는 최종부품의 요구특성에 맞게 선선, SA, LA 열처리 등의 작업을 거치게 된다. 단조 성형성을 확보하기 위하여 SA 및 LA 열처리 작업을 하는데 이는 소재 원가 상승에 직결된다. 열처리 생략을 통하여 원가절감을 달성할 수 있지만 단조 성형성이 확보되지 않으면 가공불량이 발생할 가능성이 있다. 이는 유한요소해석을 이용하여 사전검증이 가능하며, 성형성을 판단하는 기준으로 기존에 폭넓게 적용되는 연성파괴기준을 사용할 수 있다. 본 연구에서는 노치형상을 가지는 시편의 압축시험을 수행하고, 유한요소해석과 연계하여 소재의 연성파괴기준을 도출하였다. 다양한 연성파괴기준 중에서 가장 범용적으로 사용되고 있는 Cockcroft Latham 식을 사용하였다. 유한요소해석을 이용하여 열처리 생략형 소재의 단조 성형성이 검증되었다면 금형 수명 향상을 통하여 추가적인 원가절감이 가능하다. 부품 T/O 진행과정에서 발생하는 금형 조기파손 문제에 대하여 성형해석결과를 활용하여 원인을 분석하고 수명 향상을 위한 대책 마련이 가능하다. 결과적으로 소재의 열처리 생략을 통한 소재비 절감, 금형 수명 향상을 통한 공정비용 절감으로 자동차 조향부품의 원가절감에 기여할 수 있다는 결론에 도달하였다. 그 결과를 다음과 같이 요약하였다.

(1) EPB spindle 부품의 성형성 확보를 위하여 최초 PA 및 SA 열처리가 적용되는 SCM435 (PASAIP) 소재를 적용하였지만 소재원가를 절감하기 위하여 PA 열처리가 생략된 SAE 10B35 (SAIP)를 검토하였다. 연성파괴이론에 근거한 두 소재의 성형한계를 도출하여 이를 성형성 평가에 적용하여 SAE10B35 소재를 사용하여도 단조 성형공정 중 가공 크랙이 발생하지 않음을 확인하였다.

(2) 최종 부품의 헤드부 및 토글부의 형상 동결성 확보를 위하여 헤드부 예비 성형형상 및 토글부 형상 설계 변경을 수행하였으며, 결과적으로 헤드부 와 토글부의 결육이 발생하지 않음을 확인하였다. 또한 헤드부의 성형 중 단힌공간 발생 및 토글부 카운터 펀치에 작용하는 과도한 성형하중을 금형의 조기파손 원인으로 예측하였다. 금형 에어홀 가공 및 금형 재질 변경을 통하여 금형 수명 향상에 기여하였다.

Key Words : 냉간단조(Cold Forging), 연성파괴이론(Ductile Fracture Theory), 성형성(Formability), 금형수명(Die Life Cycle)

1. POSCO 철강솔루션마케팅실 성능연구그룹

2. 태양금속공업㈜

POSCO 철강솔루션마케팅실 성능연구그룹,

E-mail: yhseo@posco.com

316LN 소재 곡면 구조물의 냉간 성형 제조 기술 개발

권일근^{1#}

Development of cold forming technology for the 316LN curved plate components

I. K. Kwon

Abstract

Cold forming process was developed for manufacturing of the 316LN curved plate components for power plant equipment. For three dimensionally curve plate components, 2-step forming were applied. In 2-step forming, the plates are firstly formed into spherical shape and finally formed into 3-D curved plate shape. Radius of sphere for preliminary are determined using anticlastic curvature phenomenon of beam theory and the final forming dies were designed considering springback. Forming tests were carried out to check if the dimensional accuracy, mechanical properties and the microstructure of the formed products satisfy the requirements.

Key Words : the 316LN curved plate (316LN 곡판), 2-step forming(2단 성형), die design(다이 설계), forming test(시험 성형)

1#. 동의과학대학교 기계계열, kik@dit.ac.kr

가변 두께 강판 적용 부품의 열간성형 기술

박종규¹ · 김양수¹ · 김영석[#]

Hot stamping technology of automotive part applying tube with variable thickness

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

Abstract

According to vehicle safety and environmental regulations, the vehicle industry has been researching light weight parts in terms of the structure, materials, and methods by applying ultrahigh strength steel (UHSS) plates. Especially for hot stamping, it solves quality concerns such as cracking and springback that could happen during cold forming, and are caused by the low elongation and high yield strength of high strength steel. As they realize their ultrahigh strength through phase transformation, UHSS plates have become very effective for weight reduction and their application range has quickly and widely expanded to vehicle body parts as well as chassis parts. The hot stamping process is divided into a direct method and an indirect method according to forming sequence and quenching method, so called die quenching and water quenching. Each of these methods has limitations in the aspect of dimensional accuracy and strength. Hybrid quenching is a new quenching method to simultaneously perform die and water quenching during hot stamping. In this study, direct hot stamping with hybrid quenching was applied to develop an automotive tubular type torsion beam. The proposed hybrid quenching method was evaluated through a variety of analysis and experiments for such temperature distribution, phase transformation, mechanical properties and thermal deformation. Additionally, tailor rolled tubes were applied to the hot stamping for the additional weight reduction of tubular beams. Through the thickness optimization, tubular beam could be reduced the weight around 1 kg. The hybrid quenching method has been found very effective in applying tailor rolled tubes as well as uniform thickness tubes through a variety of experiments. If the hybrid quenching is applied to hot stamping items, it will improve the productivity and product quality.

Key Words : Hot stamping, Die quenching, Hybrid quenching, Tailor rolled tube

1. ㈜화신 기술연구소

교신저자: 경북대학교 기계공학부, E-mail: caekim@knu.ac.kr

스퍼터링을 이용한 세라믹 코팅 볼트의 특성 연구

진영구¹ · 서현우¹ · 김동민[#]

Study on the Characteristics of Sputtered Coating Bolt

Y. K. Jin, H. W. Seo, D. M. Kim[#]

Abstract

금속으로 이루어진 패스너의 표면에 세라믹 필름을 코팅함으로써 마모를 방지하거나, 강도, 표면특성, 절연능력, 열 및 화학적 부식에 대한 내성을 향상시킬 수 있다. 세라믹 물질 중에서도 특히 Al_2O_3 는 경도, 마모저항 및 화학적 안정성이 우수하여 보호 코팅으로 자주 사용된다. 본 연구에서는 스퍼터링 공정을 이용하여 금속 재료 위에 Alumina 코팅을 수행하고 스퍼터링의 압력, 증착온도, 기하 등 공정변수의 최적 조건을 확립하며, 코팅 박막의 성분 및 미세구조 분석을 수행한다.

Key Words : 세라믹, Al_2O_3 , 패스너, 스퍼터링, 표면특성, 미세구조

1. 홍익대학교

교신저자: 홍익대학교



사단
법인

한국소성가공학회

2017 년도 추계학술대회

◎ 조 직 위 원 장 : 박 경 태 부회장 (한밭대학교)

◎ 조 직 위 원 : 최 시 훈 사업이사 (순천대학교)

박 준 식 기술이사 (한밭대학교)