

2018년도 한국소성가공학회
추계 학술대회 초록집

일 시 : 2018년 10월 11일(목)~12일(금)

장 소 : 제주 칼호텔

주 최 : 한국소성가공학회



사단
법인

한국소성가공학회

제 1 발표회장

2018. 10. 11(목)

▶▶ 2층 로즈

○ 특별세션 3 – 소성가공 공정 및 공정 최적 설계		
(13:00~14:15)		좌 장 : 정완진(서울과학기술대)
13:00~13:15	소성가공 공정 및 변수의 최적화에 관한 고찰	전만수*(경상대)
13:15~13:30	단류선의 대칭성 고려 1세대 허브 베어링 단조공정의 최적설계	문호근*, 김민철(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
13:30~13:45	단류선의 표면 친화성 고려 플랜지 불이 테이퍼 롤러 베어링 단조 공정의 최적설계	정석환*, 김민철(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
13:45~14:00	단류선의 국부함몰 회피를 고려한 폴리형 축대칭 열간단조 공정의 최적설계	김민철*(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
14:00~14:15	분리력 극대화를 위한 클린칭 공정의 최적설계	R. Sekar*(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
14:15~14:30	Coffee Break	
○ 특별세션 3 – 소성가공 공정 및 공정 최적 설계		
(14:30~15:30)		좌 장 : 홍석무(공주대)
14:30~14:45	다단 딥드로잉 성형에서 제품 성형 하중 최소화를 위한 금형 최적 설계	이창희*, 구본준, 홍석무(공주대)
14:45~15:00	최적화 기법을 이용한 피스톤 알루미늄 단조 공정 중 마찰계수의 규명	이성원*, 조재환, 이정민(한국생산기술연구원), 김민철*(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
15:00~15:15	최적화 기법을 이용한 재결정 영향을 강조한 유동응력의 실용적 획득 및 응용	모하마드카스완디라자리*, 이라니 미쌈, 전만수(경상대)
15:15~15:30	최적화 기법을 이용한 Jominy 시험 중 미시구조 및 경도의 수치적/실험적 연구	이라니 미쌈*, 문선영, 전만수(경상대), 정석환(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)
15:30~15:50	Coffee Break	
15:50~16:50	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 개회(성원보고) - 회장인사 - 2018년도 업무 및 가결산 - 감사보고 - 2019년도 사업계획 및 수지예산 - 제22회 상우학술상 수상식 - 제15회 기술상 수상식 - 제7회 신진기술상 수상식 - 제7회 학술상 수상식 - 차기임원 및 감사 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회 [초청강연] - 이기안 교수(인하대) 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 소재의 미세조직과 물성 그리고 제언	2층 로즈
16:50~17:00	Coffee Break	
17:00~18:30	포스터 발표 (2층 로비)	
18:30~	만찬	그랜드

제 2 발표회장

2018. 10. 11(목)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 특별세션 2 – 타이타늄 응용기술		
(13:00~14:15)		좌 장 : 최정묵(쥬진합)
13:00~13:15	압출용 타이타늄 빌렛 제조기술 및 스크랩의 활용	이형욱*(한국교통대)
13:15~13:30	주조방식에 따른 타이타늄 중공빌렛주조제의 기계적 특성 분석	윤창석*, 이용재, 이동근(순천대), 이형욱(쥬피디텍)
13:30~13:45	무결함 타이타늄 튜브 압출을 위한 중공빌렛 예열기술 연구	신영철*, 정대관, 최호준, 임성주(한국생산기술연구원), 배성환, 오상호(쥬선우엔지니어링)
13:45~14:00	유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 압출 다이 최적화 연구	유광재*, 최병진, 강성훈, 오영석, 이호원(재료연구원)
14:00~14:15	글래스 패드를 적용한 압출공정의 유한요소해석	송영남*, 윤종현(한양대), 강성훈, 이호원(재료연구소)
14:15~14:30	Coffee Break	
○ 특별세션 2 – 타이타늄 응용기술		
(14:30~15:30)		좌 장 : 이기안(인하대)
14:30~14:45	Selective laser melted Ti-6Al-4V 합금의 미세조직, 상-고온 압축 및 크립 변형 거동	이기안*, 김영균(인하대), 박순홍(포항산업과학연구원), 양상선(재료연구소)
14:45~15:00	외경 100 mm 이하급 타이타늄 무계목관 제조를 위한 압출공정 연구	배성환*, 최선묵, 오상호(쥬선우엔지니어링)
15:00~15:15	X-ray line profile을 이용한 CP 타이타늄의 온간 변형 분석	김명훈*, 손현우, 이지운, 김상욱, 이경서, 정택균, 현승균(인하대)
15:15~15:30	Linear evaporation source chamber(Ti grade2) 제작 개선을 위한 진공접합 공정 연구	박현준*, 문경일(한국생산기술연구원), 이성환(새한진공열처리쥬), 유인석(쥬엠이아이), 김상섭(인하대)
15:30~15:50	Coffee Break	
15:50~16:50	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 개회(성원보고) - 회장인사 - 2018년도 업무 및 가결산 - 감사보고 - 2019년도 사업계획 및 수지예산 - 제22회 상우학술상 수상식 - 제15회 기술상 수상식 - 제7회 신진기술상 수상식 - 제7회 학술상 수상식 - 차기임원 및 감사 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회 [초청강연] - 이기안 교수(인하대) 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 소재의 미세조직과 물성 그리고 제언	2층 로즈
16:50~17:00	Coffee Break	
17:00~18:30	포스터 발표 (2층 로비)	
18:30~	만찬	그랜드

제 3 발표회장

2018. 10. 11(목)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 특별세션 1 – 설계기반 미래성형기술

(13:00~14:30)

좌 장 : 구태완(부산대)

13:00~13:15	미세표면 거칠기를 고려한 마찰 모델 평가 및 스프링백 해석 적용	이기정*(고려대), 이명규(서울대)
13:15~13:30	2단 롤 다이 포밍 공정의 정밀도 향상에 관한 연구	류재창*, 김병민, 고대철(부산대), 이현석(주나라애플앤디)
13:30~13:45	CFRP 제품의 벤딩강성 예측방법	정기현*, 이정민, 김병민, 고대철(부산대)
13:45~14:00	Polyethylene Terephthalate 필름의 부하-제하 반복 거동	정재봉*, 윤수환, 김지훈(부산대), 정지용(LG Electronics)
14:00~14:15	셀프 피어싱 리벳의 접합강도 유한요소해석 및 접합강도 예측 모델 개발	김찬양*, 이명규(서울대), 고세진(현대자동차), 김형중(강원대)
14:15~14:30	마이크로파 경화 공정을 이용한 CFRP의 기계적 물성치에 관한 실험적 연구	박오뜸*, 이영현, 김 정, 강범수, 송우진(부산대)
14:30~14:45	Coffee Break	

○ 일반발표 – 경량금속

(14:45~15:30)

좌 장 : 김세호(대구대)

14:45~15:00	이종 마찰교반용접 알루미늄 판재의 성형성 평가	노우람*, 송정한, 장인제, 곽수현, 김철희(한국생산기술연구원), 정철영(대우공업)
15:00~15:15	용체화 처리한 Al7075 합금의 시효시간에 따른 스프링백 거동 연구	박지영*, 정선호, 김용배, 이종섭(한국생산기술연구원)
15:15~15:30	Al-6.5Mg-1.5Zn합금 빌렛 내 수지상간격과 균질화처리에 따른 용질원소의 확산거동간의 상관성 고찰	양현민*, 김명균(포항산업과학연구원)
15:30~15:45	다이캐스팅 공정에서 용탕충진 및 응고 과정 수치해석 정확도 향상을 위한 기법 및 사례소개	임영훈*, 김성빈, 윤종목(주애니캐스팅소프트웨어)

15:45~15:50	Coffee Break	
-------------	--------------	--

15:50~16:50	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 개회(성원보고) - 회장인사 - 2018년도 업무 및 가결산 - 감사보고 - 2019년도 사업계획 및 수지예산 - 제22회 상우학술상 수상식 - 제15회 기술상 수상식 - 제7회 신진기술상 수상식 - 제7회 학술상 수상식 - 차기임원 및 감사 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회 [초청강연] - 이기안 교수(인하대) 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 소재의 미세조직과 물성 그리고 제언	2층 로즈
-------------	---	-------

16:50~17:00	Coffee Break	
-------------	--------------	--

17:00~18:30	포스터 발표 (2층 로비)	
-------------	----------------	--

18:30~	만찬	그랜드
--------	----	-----

제 4 발표회장

2018. 10. 11(목)

▶▶ 2층 무궁화

○ 특별세션 5 – 철계 구동부품 온간정밀단조 기술개발

(13:00~14:15)

좌 장 : 정기호(한국생산기술연구원)

13:00~13:15	응력집중계수와 피로응력집중계수 간의 관계에 따른 냉간단조 금형수명 예측과정	서정환*, 정기호(한국생산기술연구원), 서영호(포스코㈜)
13:15~13:30	고온환경에서의 단조금형용 코팅층 마모에 관한 연구	고은실*, 지세현, 임남혁, 서정환, 정기호(한국생산기술연구원)
13:30~13:45	유한요소 해석을 이용한 철계 자동차 구동 부품의 온간단조 공정설계 및 온간 단조품의 특성분석	김기한*, 배성준, 이영선, 윤은유(한국기계연구원), 김태구(코리아메탈)
13:45~14:00	Effect of remelting temperature on the microstructure and impact resistance of flame-sprayed self-fluxing alloy coatings	변웅선*, 이성훈, 남옥희, 이영선(재료연구소), 김이호(일진금속)
14:00~14:15	Controls of dimension and microstructure of ferrous driven part by warm precision forging	이영선*, 윤은유(재료연구소), 노태두(프로솔), 문영훈(부산대)
14:15~14:30	Coffee Break	

○ 일반발표 – 단조

(14:30~15:45)

좌 장 : 강성훈(재료연구소)

14:30~14:45	차량 MDPS용 Input shaft 금형응력해석에 관한 연구	조아라*, 정명식, 이상곤, 황선광(한국생산기술연구원), 김병민(부산대), 황태민(㈜성진포머)
14:45~15:00	방전면을 갖는 금형을 이용한 초소수성 알루미늄 합금 표면 제작 기술	문인용*, 이호원, 오영석, 김세종, 강성훈(재료연구소)
15:00~15:15	다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100과 AA6061의 미세조직	정효태*, 권상철, 김순태, 김다빈(강릉원주대), 김민성, 이성음, 최시훈(순천대), 이 성(국방과학연구소)
15:15~15:30	실험계획법을 적용한 라이너 단조 공정의 유한요소해석(2)	김용관*, 강경필, 이경훈(솔루션랩), 서승재, 이재근(㈜풍산), 윤태식(광운대)
15:30~15:45	열간자유단조와 링롤링공법을 이용한 실린더형 블레이드 루트 제조공정에 관한 연구	권용철*, 윤영섭(한국건설생활환경시험연구원), 김상석(㈜피에스엠), 강중훈(중원대)
15:45~15:50	Coffee Break	

15:50~16:50	[개회식 및 정기총회](사회: 총무이사) - 개회(성원보고) - 회장인사 - 2018년도 업무 및 가결산 - 감사보고 - 2019년도 사업계획 및 수지예산 - 제22회 상우학술상 수상식 - 제15회 기술상 수상식 - 제7회 신진기술상 수상식 - 제7회 학술상 수상식 - 차기임원 및 감사 선출 - 기타 토의 사항 - 연구 윤리 관련 규정 - 폐회 [초청강연] - 이기안 교수(인하대) 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 소재의 미세조직과 물성 그리고 제언	2층 로즈
16:50~17:00	Coffee Break	
17:00~18:30	포스터 발표 (2층 로비)	
18:30~	만찬	그랜드

제 5 발표회장 - 포스터 발표

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

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

2018. 10. 11(목)

▶▶ 2층 로비

(17:00~18:30)

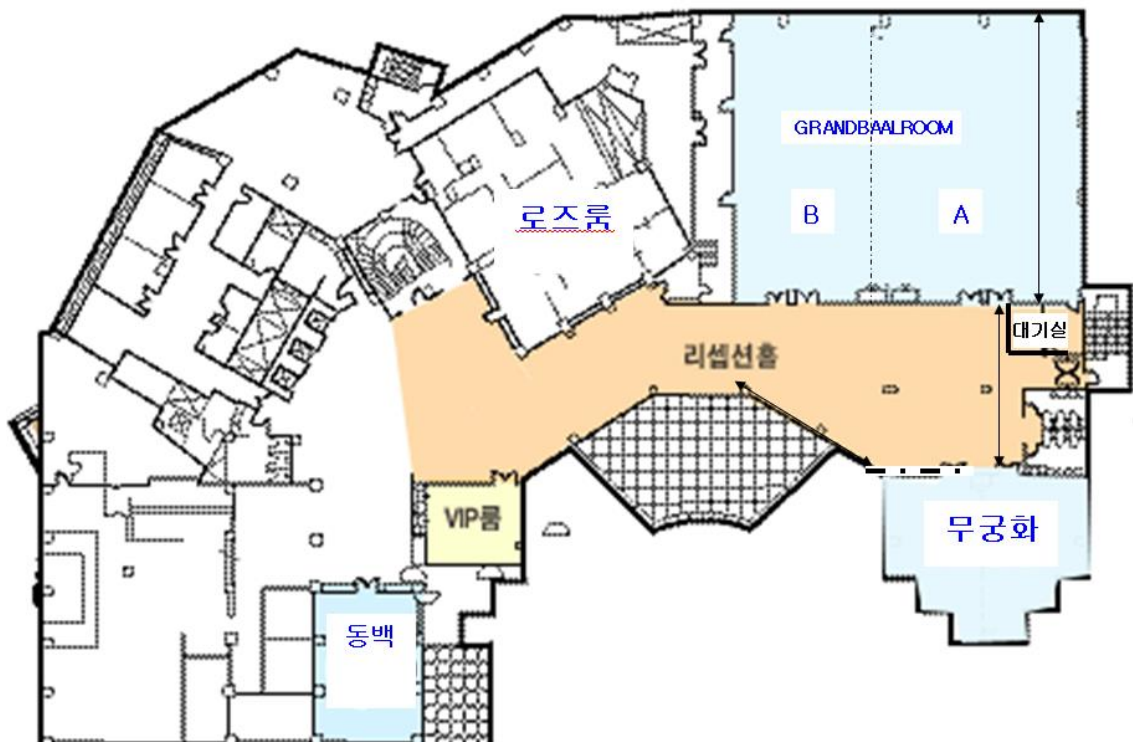
좌 장 : 권용남(재료연구소), 송우진(부산대)

17:00~17:40	P 01	이중소재 금속 적층가공시 모재예열 효과에 따른 잔류 응력 변화에 대한 연구	홍명표*, 성지현, 김우성, 이민규, 이윤선(한국생산기술연구원), 배기만(㈜일지테크), 김영석(경북대)
	P 02	예각을 가진 비정질 소재의 형성능 및 연마	최광수*, 양원철, 김선진, 정지현, 박준식(한밭대), 이승준(㈜캡프다이하)
	P 03	판재 성형 공법을 이용한 경량화 브레이크 디스크 개발	이성민*, 김봉준(경창산업)
	P 04	롤 포밍 공정을 이용한 자동차 부품 제조기술 개발	김동규*, 이철환, 강용기(㈜디케이솔루션), 전형준(명진테크㈜)
	P 05	유한요소해석을 통한 고강도 차체부품의 롤포밍 공정 설계	이철환*, 김동규, 강용기(㈜디케이솔루션), 박광수(포항산업과학연구원), 전형준(명진테크㈜)
	P 06	장구형 기어가공을 위한 워 호브 설계에 관한 연구	강신준*(영진금속공업㈜), 윤덕재(한국생산기술연구원), 김용환(충남대)
	P 07	영상분석기법을 이용한 극저탄소강의 소둔조건별 가공성 평가	전성진*(동국제강㈜)
	P 08	Selective laser melting 공정으로 제조된 AISI 316L 합금의 고주기 및 저주기 피로 특성	함기수*, 이기안(인하대), 박순홍(포항산업과학연구원), 양상선(재료연구소)
	P 09	건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석	강용기*, 이철환, 김동규(㈜디케이솔루션), 김봉준(㈜경창산업)
	P 10	신경망 알고리즘을 활용한 터빈로터 교정모델 개발	김정환*, 박현구, 장용희, 박준수, 박광하(한국전력연구원)
	P 11	프리폼 두께 최적화를 위한 블로우 몰딩 해석	홍석관*, 윤길상, 이상용, 김옥래(한국생산기술연구원), 권창오(동아정밀공업)
	P 12	판재성형에서 소재강도에 따른 스프링백 산포 인자의 영향	손민규*, 김세호(대구대)
	P 13	연성파괴 기준에 따른 고강도강의 1-패스 인발 감면한계 비교	조동혁*, 이영석(중앙대)
	P 14	차량용 금속 브라켓 성형을 위한 프로그레시브 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주체연구	나경목*, 전승훈, 박영규, 손민규, 김세호(대구대)
	P 15	정밀 절삭가공에서 단면 형상에 따른 비절삭 에너지 변화	송기형*, 최영재(한국생산기술연구원), 이용신(국민대)
	P 16	DED 공정에서 모재 온도변화에 따른 열전달 특성에 관한 수치해석 연구	백경윤*(전남대), 신광용, 이기용(한국생산기술연구원), 심도식(한국해양대학교)
	P 17	냉간 단조 부품의 경도와 변형률의 관계에 관한 연구	박석현*, 안목탄, 하성훈, 박준홍(동아대)
	P 18	핀치볼트요크 냉간단조 편치의 수명 개선	송하늘*, 황태민, 김광민, 이운학, 박휘동(㈜성진포머), 전만수(경상대)
	P 19	유한요소해석을 통한 발전기용 코일 웨지의 인발 공정 재설계	배성준*, 이광석, 김세종, 정중은(재료연구소), 남궁정(포항산업과학연구원), 김성민, 김성인(㈜광진실업)
	P 20	Al 7055 합금의 최적 시효 조건 예측 모델	손영일*(국방과학연구소), 이석재(전북대)
	P 21	자동차 캘리퍼 경량화를 위한 엔지니어링 플라스틱 사출성형기술 개발	차경제*, 이종현, 한지수(한국생산기술연구원), 이종현(경창산업㈜)
	P 22	슬라이드 모션제어에 의한 초고강도강관의 드로잉 성형성 평가	송재선*, 윤국태, 허재영, 윤일재, 박춘달((재)대구기계부품연구원), 김용환(충남대)
	P 23	탄원용접공정에 따른 T-bar 형강류 용접부 형상 및 열변형 예측	원찬희*, 김형규, 김광운, 최승호, 윤종현(한양대), 이상익, 공경열(㈜기득산업)
	P 24	인덕션 열처리에 의한 국부경화에 관한 연구	최병현*, 김양수, 노재동(㈜화신), 김영석(경북대)

	P 25	좌굴 성능 향상을 위한 국부경화 전륜 로어암 개발	김양수*, 최병현, 노재동(㈜화신), 김영석(경북대)
	P 26	발전용 고효율 로터용 조합금재 선정을 위한 단조특성 및 평가 연구	김영득*, 배현나, 김정옥(두산중공업)
	P 27	나노압입시험을 활용한 고망간강의 입계 강화 특성 평가	정병석*, 조우진, 이재은, 김황선, 한홍남(서울대), 조원태(POSCO)
17:50~18:30	P 28	고주파 유도 가열 프레스 기법을 이용한 마그네슘 AZ31 합금 엔진 커버 성형 시스템에 관한 연구	김진봉*, 허광호((재)경북하이브리드부품연구원), 이재열(㈜화진), 이승명(㈜세창)
	P 29	비전을 이용한 선체 외판 곡가공 자동화에 관한 연구	이상익*, 박성진, 공형열, 공경열(기득산업(주))
	P 30	다단패스 연속성형 프로파일 링밀 시스템 개발	신준호*, 강성욱, 이찬주(한국생산기술연구원), 성낙문, 박창규(칼텍㈜)
	P 31	스텝핑공정에서의 드로비드 영향에 관한 연구	김승현*, 정지훈, 권순덕(아진산업)
	P 32	ERW인발강관의 열처리에 따른 잔류응력 변화에 관한 연구	이석배*, 신종인, 전민우(한국화학융합시험연구원)
	P 33	차량용 알루미늄 일체형 루프랙 부품 개발에 관한 연구	심규호*, 박철진, 김태원, 천진혁, 박해주(에코플라스틱㈜)
	P 34	신선 니티놀 와이어의 스텐트 가공을 위한 응력 및 권선력에 관한 연구	이기동*, 박건영, 이재훈, 변상민(동아대)
	P 35	열간 전단변형한 알루미늄 판재의 집합조직	보보무로드*, 이철우, 김인수(금오공과대)
	P 36	강관의 전단변형과 집합조직 변화	이철우*, 김인수(금오공과대), 이동녕(서울대)
	P 37	무작위 깊이를 갖는 피치 고정 연속 프리즘 정량용적 미세패턴의 제조	장요아*, 정지영, 이재령, 문승환, 최두선, 제태진(한국기계연구원)
	P 38	열처리 생략 CHQ 적용 자동차 조향부품 개발을 위한 요소기술 연구	서영호*(POSCO), 송우진(부산대), 정기호(한국생산기술연구원)
	P 39	조정밀 평삭 공정을 이용한 고정피치 높이가변 피라미드 패턴 제조	정지영*, 장요아, 이재령, 문승환, 최두선, 제태진(한국기계연구원)
	P 40	메타구조체 적용을 위한 PMMA 소재의 마이크로 채널 엔드밀링 가공 연구	문승환*, 이재령, 정지영, 제태진(한국기계연구원), 최성대(금오공과대), 정준교, 신종화(한국과학기술원), 전은채(울산대)
	P 41	등가 회로 모델을 이용한 단순 구조의 메타표면 설계 및 제작	제태진, 이재령, 문승환(한국기계연구원), 정준교, 신종화(한국과학기술원), 전은채(울산대)
	P 42	DED공정을 이용한 보수 과정에서 과적층을 통한 균열 발생 억제에 관한 연구	오욱진*, 김민섭, 심도식(한국해양대학교), 손종윤(한국생산기술연구원)
	P 43	초음파 나노 표면개질 기술을 이용한 DED 적층 고속도 공구강의 경도변화 관찰	김민섭*, 오욱진, 심도식(한국해양대학교), 백경윤(한국생산기술연구원)
	P 44	일체형 Plate Lower 개발을 위한 Progressive 공정설계에 관한 연구	박민철*, 이윤혁(경상대), 김동환(한국국제대)
	P 45	Actuator Bull Nut 압입 냉박음 형상에 따른 금형 수명 연구	이윤혁*, 박민철(경상대), 김동환(한국국제대)
	P 46	사다리꼴 나사 전조공정의 성형특성 연구	윤덕재*, 김응주(한국생산기술연구원), 강신준(영신금속공업주식회사)
	P 47	인장강도 700MPa, 연신율 7%를 갖는 건설기계 공용 주조제품에 관한 연구	이지호*, 양동욱((재)자동차융합기술원), 송수영(㈜진흥주물)
	P 48	극후판 CrMoV 리액터 단관의 굽힘 가공 설계	권일근*(동의과학대)
	P 49	초고강도 체결용 부품의 제조 방법에 따른 기계적 물성 및 체결 특성 평가	이인제*, 송승우, 이유환(태양금속공업㈜)
	P 50	플라즈마 전자빔을 이용한 금속 적층 제조 공정의 재용융 해석 모델 개발	안동규*, 이호진, 류아빛리(조선대)

P 51	초고장력강관 전단용 금형의 내구성에 미치는 금형 강종 및 슬라이드 모션의 영향	허재영*, 윤국태, 송재선, 박춘달, 이재동(대구기계부품연구원), 신현일, 조준행(㈜세원물산)
P 52	극박판 스텐리스 판재의 점진적 성형공정 특성	정문성*, 이건일, 이준호, 유제형, 정규석, 이창환(서울과학기술대)
P 53	판재의 인장/압축 시험용 좌굴방지 장치개발	박진기*, 송재선, 윤국태, 박춘달(대구기계부품연구원)
P 54	탄소 발열사 이중압출코팅 및 소재 배합기술에 관한 연구	성소희*, 성도현(㈜에스에이치테크), 문지훈, 김정호(경북하이브리드부품연구원)

◆ 제주칼호텔 발표회장(2층) 안내 ◆



제 1 발표회장

2018. 10. 12(금)

▶▶ 2층 로즈

○ 특별세션 4 - 유한요소 모델링 기술과 응용 (09:00~10:00)			좌 장 : 전만수(경상대)
09:00~09:15	전단공정 해석 기법 및 응용	전만수*(경상대), 이민철(㈜엠에프알씨)	
09:15~09:30	유한 요소법을 이용한 경화 모델이 판재 성형에서 스프링백에 미치는 영향에 관한 연구	조성민*, 이창환, 정완진(서울과학기술대)	
09:30~09:45	프레스 양산 가동 중 발생하는 금형 파손 원인 분석을 위한 3차원 초고속 측정 및 유한요소 구조 해석	홍석무*(공주대), 김준영(㈜엠에프알씨)	
09:45~10:00	플로우포밍 공정 해석에서 주변형 구간의 설정 및 설정 각도가 미치는 영향	엄재근*, 정석환(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)	
10:00~10:15	Coffee Break		
○ 특별세션 4 - 유한요소 모델링 기술과 응용 (10:15~11:30)			좌 장 : 황태민(㈜성진포머)
10:15~10:30	예취날의 판단조 공정 해석 및 검증	방지영*(우성정공㈜), 정승원(㈜엠에프알씨), 전만수(경상대)	
10:30~10:45	성형해석 기술을 이용한 진동 모터 베이스 플레이트의 판단조 프로그래시브 공정의 설계	정규석*, 정완진(서울과학기술대)	
10:45~11:00	알루미늄 요크 자동다단냉간단조 공정의 비등온해석	김광민*, 전만수(경상대), 유재동(㈜성진포머)	
11:00~11:15	소성가공 중 피어싱 및 트리밍 공정의 3차원 유한요소해석	장성민*, 정승원, 이민철(㈜엠에프알씨), 박영태(조은공업㈜), 전만수(경상대)	
11:15~11:30	진동 부과 중공 축방향 성형 공정에서 진동 부과의 효과에 관한 고찰	변종복*, 전만수(경상대)	
	점심	2층 사라	

제 2 발표회장

2018. 10. 12(금)

▶▶ 2층 그랜드 B

○ 일반발표 – 박판성형 (09:00~10:00)			좌 장 : 박동환(경북하이브리드부품연구원)
09:00~09:15	두꺼편차를 갖는 Tailor-Layered Tube 액압 성형 공정에 관한 연구	한상욱*, 우영윤, 황태우, 오일영, 문영훈(부산대)	
09:15~09:30	셸 엘리먼트를 이용한 두꺼운 판재에서의 넥킹 예측	위민수*, 최재현, Fereferic barlat(포항공과대학교)	
09:30~09:45	유한요소법을 이용한 SLM공정의 용융풀 해석	우영윤*, 한상욱, 오일영, 황태우, 문영훈(부산대)	
09:45~10:00	비선형 변형 경로 실험을 통한 HAH 모델 평가	이신영*, 김진환, Frederic Barlat(포항공과대학교)	
10:00~10:15	Coffee Break		
○ 일반발표 – 박판성형 (10:15~11:15)			좌 장 : 김지훈(부산대)
10:15~10:30	Homogeneous Anisotropic Hardening 모델을 활용한 초고강도 강 롤 포밍 공정에서의 스프링백 예측	최선용*, 이종섭, 이상교, 노우람(한국생산기술연구원), 김근호(㈜아산)	
10:30~10:45	온도 및 시간을 고려한 마그네슘 합금 판재의 스프링백 특성 분석	유제형*, 김현우, 이창환(서울과학기술대)	
10:45~11:00	굴삭기 캐빈의 Sunroof 부품 성형시 뒤틀림방지를 위한 공정설계	양종훈*, 이상교, 이종섭, 허영무(한국생산기술연구원), 윤여한(㈜성미에스테크)	
11:00~11:15	성형공정에 따른 점진성형의 단면 형상에 대한 연구	정규석*, 정완진, 이창환(서울과학기술대)	
	점심	2층 사라	

제 3 발표회장

2018. 10. 12(금)

▶▶ 2층 그랜드 A

○ 일반발표 – 박판성형 (09:00~10:00)			좌 장 : 이상곤(한국생산기술연구원)
09:00~09:15	직접 레이저 용융 공정을 이용한 다양한 mesh pattern 제작	황태우*, 한상욱, 문영훈(부산대)	
09:15~09:30	마그네슘 합금판재 (AZ31)의 온도에 따른 블랭킹 공정 및 전단면 형성에 대한 연구	피에만 파질리*, 유제형, 이창환(서울과학기술대)	
09:30~09:45	박판 성형 해석을 활용한 강건하고 전략적인 스프링백 보정 프로세스 제안	문명수*, 곽종환, 이찬호(오토폼엔지니어링코리아(주))	
09:45~10:00	항복합수가 홀 확장성 예측에 미치는 영향	김진재*, 팜콕투안, 김영석(경북대)	
10:00~10:15	Coffee Break		
○ 일반발표 – 박판성형 (10:15~11:15)			좌 장 : 정동원(제주대)
10:15~10:30	초경 다단 다이를 적용한 냉간 압조용 선재 인발 기술	박동환*, 탁윤학(경북하이브리드부품연구원), 이명준(주)우신스틸), 권혁홍(대진대)	
10:30~10:45	Effect of Material Characteristics and Process Parameters on Wrinkling During Redraw Process of a Beverage Can Using FEM Simulation	응웡푸반*, 김진재, 김영석(경북대)	
10:45~11:00	초고장력강관 냉간 프레스금형용 Ti, Cr계 PVD 코팅 및 용사 코팅의 내구성 평가	윤국태*, 허재영, 송재선, 윤일채, 박춘달(대구기계부품연구원), 이현석, 김보환(나라엠앤디(주))	
11:00~11:15	금형 정열 및 클리어런스 평가를 위한 스마트 비전 시스템 개발	최승호*, 송영남, 이원주, 정유형, 윤종현(한양대), 이재호((유)종로과학상사)	
	점심	2층 사라	

제 4 발표회장

2018. 10. 12(금)

▶▶ 2층 무궁화

○ 일반발표 – 압연 (09:00~10:00)			좌 장 : 정효태(강릉원주대)
09:00~09:15	CEM® 연연속압연 공정 유도가열기 온도 분포 해석 모델 개발	조용석*, 고영주, 이혁준(포스코)	
09:15~09:30	CEM® 사상압연기 워크롤 마모 분산 최적화	이혁준, 정제숙, 고영주, 조용석(포스코)	
09:30~09:45	전산유체해석(CFD)과 셀룰러 오토마타(CA) 기법 연계를 통한 주조재 미세조직 해석	이원주*, 정유형, 원찬희, 윤종현(한양대), 강성훈, 이호원(재료연구소)	
09:45~10:00	Coffee Break		
○ 일반발표 – 플라스틱 가공, 압출 및 인발 (10:00~10:45)			좌 장 : 유영은(한국기계연구원)
10:00~10:15	플랜지 형상 링롤링 공정의 결함 분석	오일영*, 한상욱, 우영윤, 황태우, 문영훈(부산대)	
10:15~10:30	혈액시료 전처리를 위한 플라스틱 미세유로 소자 성형	유영은*, 이상원(한국기계연구원)	
10:30~10:45	미세 로둑 와이어 다단 인발공정 설계	이성윤*, 이인규, 김다혜, 정명식, 황선광, 이상곤(한국생산기술연구원)	
	점심	2층 사라	

목 차

1.초청강연

- 3D 프린팅 공정으로 제조된 금속 소재의 미세조직과 물성 그리고 제언
..... 이기안

2. 특별세션 - 소성가공 공정 및 공정 최적 설계 (제 1 발표회장)

- 소성가공 공정 및 변수의 최적화에 관한 고찰
..... 전만수* / 23
- 단류선의 대칭성 고려 1 세대 허브 베어링 단조공정의 최적설계
..... 문호근*, 김민철, 전만수 / 24
- 단류선의 표면 친화성 고려 플랜지 붙이 테이퍼 롤러 베어링 단조 공정의 최적설계
..... 정석환*, 김민철, 전만수 / 26
- 단류선의 국부함몰 회피를 고려한 폴리형 축대칭 열간단조 공정의 최적설계
..... 김민철*, 전만수 / 28
- 분리력 극대화를 위한 클린칭 공정의 최적설계
..... R. Sekar*, 전만수 / 30
- 다단 딥드로잉 성형에서 제품 성형 하중 최소화를 위한 금형 최적 설계
..... 이창희*, 구본준, 홍석무 / 32
- 최적화 기법을 이용한 피스톤 알루미늄 단조 공정 중 마찰계수의 규명
..... 이성원*, 조재환, 이정민, 김민철, 전만수 / 33
- 최적화 기법을 이용한 재결정 영향을 강조한 유동응력의 실용적 획득 및 응용
..... 모하마드카스완디라자리*, 이라니 미쌈, 전만수 / 34
- 최적화 기법을 이용한 Jominy 시험 중 미시구조 및 경도의 수치적/실험적 연구
..... 이라니 미쌈*, 문선영, 전만수, 정석환, 전만수 / 36

3. 특별세션 - 유한요소 모델링 기술과 응용 (제 1 발표회장)

- 전단공정 해석 기법 및 응용
..... 전만수*, 이민철 / 41
- 유한 요소법을 이용한 경화 모델이 판재 성형에서 스프링백에 미치는 영향에 관한 연구
..... 조성민*, 이창환, 정완진 / 43
- 프레스 양산 가동 중 발생하는 금형 파손 원인 분석을 위한 3 차원 초고속 측정 및 유한요소 구조 해석
..... 홍석무*, 김준영 / 44
- 플로우포밍 공정 해석에서 주변형 구간의 설정 및 설정 각도가 미치는 영향
..... 엄재근*, 정석환, 전만수 / 45
- 예취날의 판단조 공정 해석 및 검증
..... 방지영*, 정승원, 전만수 / 47
- 성형해석 기술을 이용한 진동 모터 베이스 플레이트의 판단조 프로그래시브 공정의 설계
..... 정규석*, 정완진 / 49

- 알루미늄 요크 자동다단냉간단조 공정의 비등온해석
.....김광민*, 전만수, 유재동 / 50
- 소성가공 중 피어싱 및 트리밍 공정의 3 차원 유한요소해석
.....장성민*, 정승원, 이민철, 박영태, 전만수 / 52
- 진동 부과 중공 축방향 성형 공정에서 진동 부과의 효과에 관한 고찰
.....변중복*, 전만수 / 54

4. 특별세션 - 타이타늄 응용기술 (제 2 발표회장)

- 압출용 타이타늄 빌렛 제조기술 및 스크랩의 활용
.....이형욱* / 59
- 주조방식에 따른 타이타늄 중공빌렛주조재의 기계적 특성 분석
.....윤창석*, 이용재, 이동근, 이형욱 / 60
- 무결함 타이타늄 튜브 압출을 위한 중공빌렛 예열기술 연구
.....신영철*, 정대관, 최호준, 임성주, 배성환, 오상호 / 61
- 유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 압출 다이 최적화 연구
.....유광재*, 최병진, 강성훈, 오영석, 이호원 / 62
- 글래스 패드를 적용한 압출공정의 유한요소해석
.....송영남*, 윤종현, 강성훈, 이호원 / 63
- Selective laser melted Ti-6Al-4V 합금의 미세조직, 상-고온 압축 및 크립 변형 거동
.....이기안*, 김영균, 박순홍, 양상선 / 64
- 외경 100 mm 이하급 타이타늄 무게목관 제조를 위한 압출공정 연구
.....배성환*, 최선목, 오상호 / 66
- X-ray line profile을 이용한 CP 타이타늄의 온간 변형 분석
.....김명훈*, 손현우, 이지운, 김상욱, 이정서, 정택균, 현승균 / 67
- Linear evaporation source chamber(Ti grade2) 제작 개선을 위한 진공접합 공정 연구
.....박현준*, 문경일, 이성환, 유인석, 김상섭 / 69

5. 일반 논문 발표(제 2 발표회장)

○ 박판성형

- 두께편차를 갖는 Tailor-Layered Tube 액압 성형 공정에 관한 연구
.....한상욱*, 우영윤, 황태우, 오일영, 문영훈 / 73
- 셀 엘리먼트를 이용한 두꺼운 판재에서의 넥킹 예측
.....위민수*, 최재현, Frederic barlat / 75
- 유한요소법을 이용한 SLM공정의 용융풀 해석
.....우영윤*, 한상욱, 오일영, 황태우, 문영훈 / 76
- 비선형 변형 경로 실험을 통한 HAH 모델 평가
.....이신영*, 김진환, Frederic Barlat / 78
- Yoshida-Uemori 모델을 활용한 고강도강 롤 포밍 공정에서의 스프링백 예측
.....최선용*, 이종섭, 이상교, 노우람, 김근호 * / 79
- 온도 및 시간을 고려한 마그네슘 합금 판재의 스프링백 특성 분석
.....유제형*, 김현우, 이창환 / 80

- 굴삭기 캐빈의 Sunroof 부품 성형시 뒤틀림방지를 위한 공정설계
.....양종훈*, 이상교, 이종섭, 허영무, 윤여한 / 81
- 성형공정에 따른 점진성형의 단면 형상에 대한 연구
.....정규석*, 정완진, 이창환 * / 82

6. 특별세션 - 설계기반 미래성형기술 (제 3 발표회장)

- 미세표면 거칠기를 고려한 마찰 모델 평가 및 스프링백 해석 적용
.....이기정*, 이명규 / 85
- 2 단 롤 다이 포밍 공정의 정밀도 향상에 관한 연구
.....류재창*, 김병민, 고대철, 이현석 / 86
- CFRP 제품의 벤딩강성 예측방법
.....정기현*, 이정민, 김병민, 고대철 / 87
- Polyethylene Terephthalate 필름의 부하-제하 반복 거동
.....정재봉*, 윤수환, 김지훈, 정지용 / 88
- 셀프 피어싱 리벳의 접합강도 유한요소해석 및 접합강도 예측 모델 개발
.....김찬양*, 이명규, 고세진, 김형중 / 89
- 마이크로파 경화 공정을 이용한 CFRP의 기계적 물성치에 관한 실험적 연구
.....박으뜸*, 이영현, 김 정, 강범수, 송우진 / 90

7. 일반 논문 발표(제 3 발표회장)

○ 경량금속

- 이중 마찰교반용접 알루미늄 판재의 성형성 평가
.....노우람*, 송정환, 장인제, 곽수현, 김철희, 정철영 / 93
- 용체화 처리한 Al7075 합금의 시효시간에 따른 스프링백 거동 연구
.....박지영*, 정선호, 김용배, 이종섭 / 94
- Al-6.5Mg-1.5Zn합금 빌렛 내 수지상간격과 균질화처리에 따른 용질원소의 확산거동간의 상관성 고찰
.....양현민*, 김명균 / 95
- 다이캐스팅 공정에서 용탕충진 및 응고 과정 수치해석 정확도 향상을 위한 기법 및 사례소개
.....임영훈*, 김성빈, 윤중목 / 96

8. 일반 논문 발표(제 3 발표회장)

○ 박판성형

- 직접 레이저 용융 공정을 이용한 다양한 mesh pattern 제작
.....황태우*, 한상욱, 문영훈 / 101
- 마그네슘 합금판재 (AZ31)의 온도에 따른 블랭킹 공정 및 전단면 형성에 대한 연구
.....피에만 파질리*, 유제형, 이창환 / 103
- 박판 성형 해석을 활용한 강건하고 전략적인 스프링백 보정 프로세스 제안
.....문명수*, 곽종환, 이찬호 / 104
- 항복함수가 홀 확장성 예측에 미치는 영향
.....김진재*, 팜콕투안, 김영석 / 105

- 초경 다단 다이를 적용한 냉간 압조용 선재 인발 기술
..... 박동환*, 탁윤학, 이명준, 권혁홍 / 107
- Effect of Material Characteristics and Process Parameters on Wrinkling During Redraw Process of a Beverage Can Using FEM Simulation..... 응웡푸반*, 김진재, 김영석 / 109
- 초고장력강판 냉간 프레스금형용 Ti, Cr계 PVD 코팅 및 용사 코팅의 내구성 평가
..... 윤국태*, 허재영, 송재선, 윤일채, 박춘달, 이현석, 김보환 / 112
- 금형 정열 및 클리어런스 평가를 위한 스마트 비전 시스템 개발
..... 최승호*, 송영남, 이원주, 정유형, 윤종현, 이재호 / 113

9. 특별세션 - 철계 구동부품 온간정밀단조 기술개발 (제 4 발표회장)

- 응력집중계수와 피로응력집중계수 간의 관계에 따른 냉간단조 금형수명 예측과정
..... 서정환*, 정기호, 서영호 / 117
- 고온환경에서의 단조금형용 코팅층 마모에 관한 연구
..... 고은실*, 지세현, 임남혁, 서정환, 정기호 / 118
- 유한요소 해석을 이용한 철계 자동차 구동 부품의 온간단조 공정설계 및 온간 단조품의 특성분석
..... 김기한*, 배성준, 이영선, 윤은유, 김태구 / 119
- Effect of remelting temperature on the microstructure and impact resistance of flame-sprayed self-fluxing alloy coatings
..... 변응선*, 이성훈, 남옥희, 이영선, 김이호 / 120
- Controls of dimension and microstructure of ferrous driven part by warm precision forging.
..... 이영선*, 윤은유, 노태두, 문영훈 / 121

10. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 단조

- 차량 MDPS용 Input shaft 금형응력해석에 관한 연구
..... 조아라*, 정명식, 이상근, 황선광, 김병민, 황태민 / 125
- 방진면을 갖는 금형을 이용한 초소수성 알루미늄 합금 표면 제작 기술
..... 문인용*, 이호원, 오영석, 김세종, 강성훈 / 127
- 다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100 과 AA6061 의 미세조직
..... 정효태*, 권상철, 김순태, 김다빈, 김민성, 이성음, 최시훈, 이 성 / 128
- 실험계획법을 적용한 라이너 단조 공정의 유한요소해석(2)
..... 김용관*, 강경필, 이경훈, 서승재, 이재근, 윤태식 / 129
- 열간자유단조와 링롤링공법을 이용한 실린더형 블레이드 루트 제조공정에 관한 연구
..... 권용철*, 윤영섭, 김상석, 강종훈 / 131

11. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 압연

- CEM® 연연속압연 공정 유도가열기 온도 분포 해석 모델 개발
..... 조용석*, 고영주, 이혁준 / 135
- CEM® 사상압연기 워크롤 마모 분산 최적화
..... 이혁준*, 정제숙, 고영주, 조용석 / 136

- 전산유체해석(CFD)과 셀룰러 오토마타(CA) 기법 연계를 통한 주조재 미세조직 해석
.....이원주*, 정유형, 원찬희, 윤종현, 강성훈, 이호원 / 137

12. 일반 논문 발표 (제 4 발표회장)

○ 플라스틱 가공, 압출 및 인발

- 플랜지 형상 링롤링 공정의 결함 분석
.....오일영*, 한상욱, 우영윤, 황태우, 문영훈 / 141
- 혈액시료 전처리를 위한 플라스틱 미세유로 소자 성형
.....유영은*, 이상원 / 143
- 미세 로둡 와이어 다단 인발공정 설계
.....이성윤*, 이인규, 김다혜, 정명식, 황선광, 이상곤 / 145

13. 포스터 발표 (제 5 발표회장)

- 이종소재 금속 적층가공시 모재예열 효과에 따른 잔류응력 변화에 대한 연구
.....홍명표*, 성지현, 김우성, 이민규, 이윤선, 배기만, 김영석 * / 149
- 예각을 가진 비정질 소재의 형성능 및 연마
.....최광수*, 양원철, 김선진, 정지현, 박준식, 이승준 / 150
- 관재 성형 공법을 이용한 경량화 브레이크 디스크 개발
.....이성민*, 김봉준 / 152
- 롤 포밍 공정을 이용한 자동차 부품 제조기술 개발
.....김동규*, 이철환, 강용기, 전형준 / 154
- 유한요소해석을 통한 고강도 차체부품의 롤포밍 공정 설계
.....이철환*, 김동규, 강용기, 박광수, 전형준 / 155
- 장구형 기어가공을 위한 워프 호브 설계에 관한 연구
.....강신준*, 윤덕재, 김용환 / 156
- 영상분석기법을 이용한 극저탄소강의 소둔조건별 가공성 평가
.....전성진* / 157
- Selective laser melting 공정으로 제조된 AISI 316L 합금의 고주기 및 저주기 피로 특성
.....함기수*, 이기안, 박순홍, 양상선 / 159
- 건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석
.....강용기*, 이철환, 김동규, 김봉준 / 161
- 신경망 알고리즘을 활용한 터빈로터 교정모델 개발
.....김정환*, 박현구, 장용희, 박준수, 박광하 / 162
- 프리폼 두께 최적화를 위한 블로우 몰딩 해석
.....홍석관*, 윤길상, 이상용, 김옥래, 권창오 / 164
- 판재성형에서 소재강도에 따른 스프링백 산포 인자의 영향
.....손민규*, 김세호 / 166
- 연성과파괴 기준에 따른 고강도강의 1-패스 인발 감면한계 비교
.....조동혁*, 이영석 / 167
- 차량용 금속 브라켓 성형을 위한 프로그레시브 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주제연구
.....나경목*, 전승훈, 박영규, 손민규, 김세호 / 169

• 정밀 절삭가공에서 단면 형상에 따른 비절삭 에너지 변화	송기형*, 최영재, 이용신 / 171
• DED 공정에서 모재 온도변화에 따른 열전달 특성에 관한 수치해석 연구	백경운*, 신광용, 이기용, 심도식 / 173
• 냉간 단조 부품의 경도와 변형률의 관계에 관한 연구	박석현*, 안목탄, 하성훈, 박준홍 / 174
• 펀치볼트요크 냉간단조 펀치의 수명 개선	송하늘*, 황태민, 김광민, 이운학, 박희동, 전만수 / 176
• 유한요소해석을 통한 발전기용 코일 웨지의 인발 공정 재설계	배성준*, 이광석, 김세중, 정중은, 남궁정, 김성민, 김성인 / 178
• Al 7055 합금의 최적 시효 조건 예측 모델	손영일*, 이석재 / 179
• 자동차 캘리퍼 경량화를 위한 엔지니어링 플라스틱 사출성형기술 개발	차경제*, 이종현, 한지수, 이종현 / 181
• 슬라이드 모션제어에 의한 초고강도강관의 드로잉 성형성 평가	송재선*, 윤국태, 허재영, 윤일채, 박준달, 김용환 / 183
• 탄템용접공정에 따른 T-bar 형강류 용접부 형상 및 열변형 예측	원찬희*, 김형규, 김광윤, 최승호, 윤종현, 이상익, 공경열 / 184
• 인덕션 열처리에 의한 국부경화에 관한 연구	최병현*, 김양수, 노재동, 김영석 / 185
• 좌굴 성능 향상을 위한 국부경화 전론 로어암 개발	김양수*, 최병현, 노재동, 김영석 / 186
• 발전용 고효율 로터용 초합금재 선정을 위한 단조특성 및 평가 연구	김영득*, 배현나, 김정욱 / 187
• 나노압입시험을 활용한 고망간강의 입계 강화 특성 평가	정병석*, 조우진, 이재은, 김황선, 한홍남, 조원태 / 189
• 고주파 유도 가열 프레스 기법을 이용한 마그네슘 AZ31 합금 엔진 커버 성형 시스템에 관한 연구	김진봉*, 허광호, 이재열, 이승명 / 190
• 비전을 이용한 선체 외판 곡가공 자동화에 관한 연구	이상익*, 박성진, 공형열, 공경열 / 192
• 다단패스 연속성형 프로파일 링밀 시스템 개발	신준호*, 강성욱, 이찬주, 성낙문, 박창규 / 193
• 스템핑공정에서의 드로비드 영향에 관한 연구	김승현*, 정지훈, 권순덕 / 195
• ERW인발강관의 열처리에 따른 잔류응력 변화에 관한 연구	이석배*, 신종인, 전민우 / 196
• 차량용 알루미늄 일체형 루프랙 부품 개발에 관한 연구	심규호*, 박철진, 김태원, 천진혁, 박해주 / 198
• 신선 니티놀 와이어의 스텐트 가공을 위한 응력 및 권선력에 관한 연구	이기동*, 곽건영, 이재훈, 변상민 / 199
• 열간 전단변형한 알루미늄 판재의 집합조직	보보무로드*, 이철우, 김인수 / 201

- 강판의 전단변형과 집합조직 변화
.....이철우*, 김인수, 이동녕 / 202
- 무작위 깊이를 갖는 피치 고정 연속 프리즘 정량용적 미세패턴의 제조
.....장요아*, 정지영, 이재령, 문승환, 최두선, 제태진 / 203
- 열처리 생략 CHQ 적용 자동차 조향부품 개발을 위한 요소기술 연구
.....서영호*, 송우진, 정기호 / 204
- 초정밀 평삭 공정을 이용한 고정피치 높이가변 피라미드 패턴 제조
.....정지영*, 장요아, 이재령, 문승환, 최두선, 제태진 / 206
- 메타구조체 적용을 위한 PMMA 소재의 마이크로 채널 엔드밀링 가공 연구
.....문승환*, 이재령, 정지영, 제태진, 최성대, 정준교, 신종화, 전은채 / 207
- 등가 회로 모델을 이용한 단순 구조의 메타표면 설계 및 제작
.....제태진, 이재령, 문승환, 정준교, 신종화, 전은채 / 208
- DED공정을 이용한 보수 과정에서 과적층을 통한 균열 발생 억제에 관한 연구
.....오욱진*, 김민섭, 심도식, 손종윤 / 209
- 초음파 나노 표면개질 기술을 이용한 DED 적층 고속도 공구강의 경도변화 관찰
.....김민섭*, 오욱진, 심도식, 백경윤 / 210
- 일체형 Plate Lower 개발을 위한 Progressive 공정설계에 관한 연구
.....박민철*, 이윤혁, 김동환 / 211
- 사다리꼴 나사 전조공정의 성형특성 연구
.....윤덕재*, 김웅주, 강신준 / 212
- 인장강도 700MPa, 연신율 7%를 갖는 건설기계 공용 주조제품에 관한 연구
.....이지호*, 양동욱, 송수영 / 213
- 극후판 CrMoV 리액터 단관의 굽힘 가공 설계
.....권일근* / 215
- 초고강도 체결용 부품의 제조 방법에 따른 기계적 물성 및 체결 특성 평가
.....이인제*, 송승우, 이유환 / 216
- 플라즈마 전자빔을 이용한 금속 적층 제조 공정의 재용융 해석 모델 개발
.....안동규*, 이호진, 추아빛리 / 217
- 초고장력강판 전단용 금형의 내구성에 미치는 금형 강종 및 슬라이드 모션의 영향
.....허재영*, 윤국태, 송재선, 박춘달, 이재동, 신현일, 조준행 / 218
- 극박판 스텐리스 판재의 점진적 성형공정 특성
.....정문성*, 이건일, 이준호, 유제형, 정규석, 이창환 / 219
- 판재의 인장/압축 시험용 좌굴방지 장치개발
.....박진기*, 송재선, 윤국태, 박춘달 / 220
- 탄소 발열사 이중압출코팅 및 소재 배합기술에 관한 연구
.....성소희*, 성도현, 문지훈, 김정호 / 222

1. 초 청 강 연

3D 프린팅 공정으로 제조된 금속
소재의 미세조직과 물성 그리고
제언

- 이기안 교수(인하대학교) -

2. 특 별 세 셴

소성가공 공정 및 공정 최적 설계
(제 1 발표회장)

소성가공 공정 및 변수의 최적화에 관한 고찰

전만수^{1#}

Consideration on optimization of process and parameter in metal forming

M. S. Joun

요약

최근 30년간 소성가공 공정의 해석기술의 발전이 급속도로 이루어져 왔으며, 관련 소프트웨어의 사용이 필수화되었다. 소성가공 공정의 특징은 고체에 소성변형을 가하여 원하는 제품으로 만드는 것으로 기술자의 창의적 요소가 그 공정의 성패를 좌우하는 면이 있다. 소성가공 공정의 시뮬레이션 기술은 이러한 특징적 문제의 해결에 수많은 기여를 해 왔다.

소성가공 최적화 기술 역시 오래전부터 연구되었으나[1], 여러가지 요인으로 적용하는 데는 뚜렷한 한계가 있었다. 그 원인 중의 하나가 산업현장에서 중시하는 단류선을 고려하는데 한계가 있기 때문이다. 대부분의 기존 연구가 하중을 최소화시키거나 변형률 및 그 파생 상태변수 등을 고려했을 뿐이다. 최근 저자의 연구그룹에서 단류선의 가시화 및 정량화 기술을 개발하였다[2]. 이 기술을 이용하면, 단류선의 품질을 수치적으로 표현할 수 있기 때문에 단류선을 고려한 최적설계의 길을 열었다.

이 이외에도 최적화를 저해하는 요인들이 있다. 아직 3차원 공정의 경우, 계산시간 때문에 적용이 실용적 측면에서 한정되어 있다.

최적화의 기술은 공정정보와 재료의 물성치 획득 등의 목적으로 널리 사용되어 왔다. 최근 금속학적 예측 분야에서 이 기술은 해석 기술의 적용 확대에 크게 기여하고 있다[3]. 이론적 접근 방법에만 의존할 경우, 고가의 비용과 거시적 관점에서의 오차 확대 등의 이유로 소재의 금속학적 물성치 획득이 용이하지 않다. 최적화 기술은 이론과 실제의 현상 사이의 공백을 메워 줄 수 있기 때문에 이론의 실용성을 높이는 데 크게 기여할 전망이다.

이 발표에서는 최근 AFDEX를 활용한 다양한 최적화 문제를 소개하고, 발전 방향을 제시한다. 소성가공 공정설계 단계에서 고려해야 할 핵심 요소들을 사례를 통하여 설명하며, 특히 단류선의 정량화 방법과 그 응용 방안을 새로운 목적함수의 창조적 설정 과정을 통하여 소개한다. 아울러 재료의 물성치 획득 및 공정변수의 결정을 위한 각종 최적화 기술의 적용 사례를 종합적으로 소개함으로써 소성가공 기술의 발전을 선도할 최적화 기술의 활용 방안을 제시한다.

참고문헌

- [1] M. S. Joun, S. M. Hwang, 1998, Die shape optimal design in three-dimensional shape metal extrusion by the finite element method, Int. J. Num. Methods Eng, pp. 311-335.
- [2] M. S. Joun, M. C. Lee, 2017, Quality of grain flow of metal formed products, KSTP Fall Meeting 2017, pp. 53-54.
- [3] M. Irani, M. S. Joun, 2018, Determination of JMAK dynamic recrystallization parameters through FEM optimization, Computational Material Science, pp. 178-184.

1. 경상대학교 기계항공공학부

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

단류선의 대칭성 고려 1세대 허브 베어링 단조공정의 최적설계

문호근¹ · 김민철¹ · 전만수[#]

Optimal design of forging process of the first generation hub bearing outer race considering the symmetry of metal flow lines

H. K. Moon, M. C. Kim, M. S. Joun

Abstract

In this paper, optimal design of forging process of the first generation hub bearing outer race is conducted to obtain the symmetric metal flow lines between upper and lower sides. In this study, a simple but fundamental metal flow function itself is employed for the objective function. That is, if the values of metal flow line function defined at two points lying symmetrically in the final shape are equal, the metal flow lines in the final shape satisfies the requirement on the symmetry with respect to the central horizontal line. AFDEX 2D is employed with an optimization program, HyperStudy to accomplish optimization of the process.

Key Words : Optimal Design (최적설계), First Generation Hub Bearing (1세대 허브 베어링), Metal Flow Lines (금속 유동선, 단류선)

1. 서론

소성가공 공정의 최적설계에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있지만 주로, 성형조건 및 금형 형상 등에 국한되어 있다. 소성가공 공정의 최적설계에서 중요한 고려 요소가 성형하중, 부품의 단류선, 결육이나 접힘 등의 형상 품질 등인데, 공정 해석 기술을 활용한 단조 공정 설계 기술의 발전으로 성형하중, 결육 및 접힘 등과 같은 단조품의 기본 품질 문제에 대한 대응력은 크게 향상되었으나, 단류선의 품질은 육안으로 밖에 확인할 수밖에 없었다. Moon 등[1]은 소성가공 시뮬레이터를 이용하여 소성가공 공정을 최적설계 하는데 있어 문제를 정의할 때, 단류선을 직접적으로 목적함수나 구속조건으로 취급할 수가 없었다.

최근 Joun 등[2]은 과학적인 단류선 품질 평가지수 및 단류선 정량화 기법을 개발하였다. 단류선 밀도함수와 단류선 겹침 지수를 최소화시키거나 구속조건으로 통제함으로써 단류선의 겹

침 현상을 방지하거나 개선시킬 수 있었다. 또한 단류선 가시화 기능을 바탕으로 정량화 기법은 수치로 단류선의 품질을 평가할 수 있게 해 주기 때문에 최적 공정설계 및 실수 방지에 효과적이다.

이 연구에서는 단류선 품질평가지수 및 단류선 정량화 기법[2]을 바탕으로 1세대 허브 베어링 외륜의 3단 단조공정의 단류선을 최적화하기 위한 공정 최적설계를 상용화된 최적설계 프로그램 HyperStudy와 AFDEX를 이용하여 실시한다.

2. 단조공정의 최적화 및 결과

Fig. 1은 연구 대상의 3단 1세대 허브 베어링 단조공정 및 설계변수를 나타낸다. 블로커 공정의 행정거리(s)를 설계변수로 정의한다. 소재는 STB2이며, 유동응력은 참고문헌 [1]로 대신한다. 금형의 속도는 200mm/s이며, 금형과 소재 사이의 마찰계수는 0.2로 가정하였다.

베어링 외륜 단류선의 상하 대칭성을 만족하기 위하여 Fig. 2 (a)와 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 PA1점과 PA2점의 차이를 목적함수로 정하여

1. ㈜엠프알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

최소화를 수행하였다.

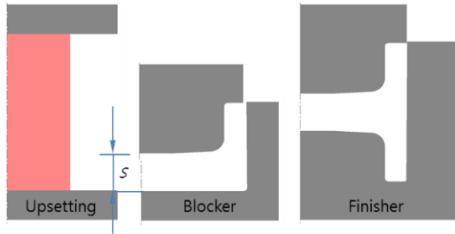
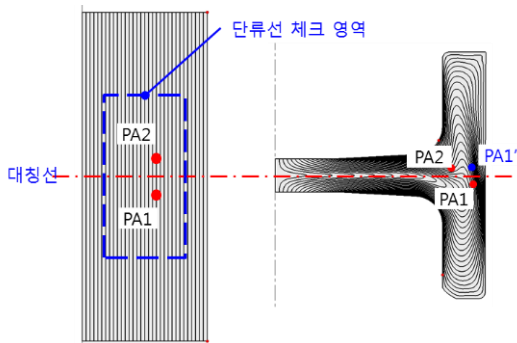
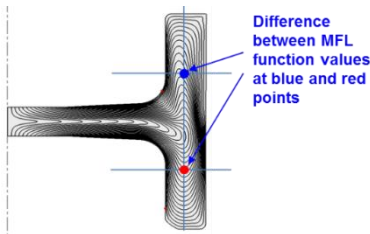


Fig. 1 Forging process and design parameter



(a) Reason of non-symmetric metal flow lines



(b) Objective function

Fig. 2 Definition of the objective function

Fig. 3은 최적화의 진행 그래프를 나타내며, 최소화되는 과정, 즉 해의 수렴 과정을 보여주고 있다. Fig. 4(a)는 공정 최적화 설계전의 해석결과이며, Fig. 4(b)는 최적화된 공정해석결과를 보여주고 있다. 최적설계 결과에서 볼 수 있듯이 단류선 최적화 기술이 상당히 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결론

이 논문에서는 단류선의 대칭성이 엄격히 요구되는 1세대 허브 베어링 외륜의 단조공정 최적화를 실시하였다. 단류선 함수를 이용하여 대칭성을 정량화하였다. 적용 예를 통하여 단류선

을 고려한 최적공정설계의 실현 가능성이 확인되었다.

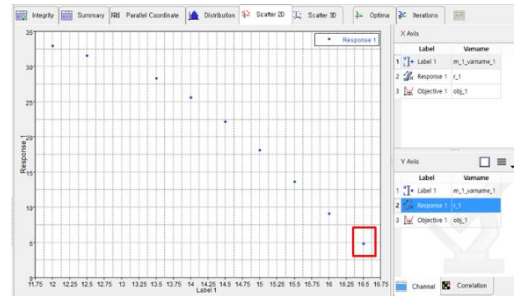
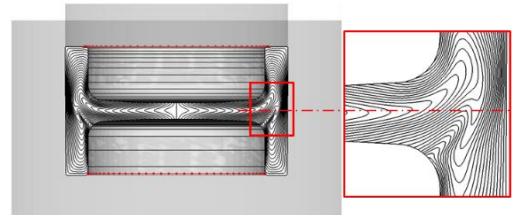
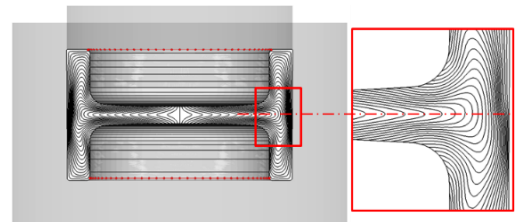


Fig. 3 Convergence characteristics of optimal design



(a) Before



(b) After

Fig. 4 Comparison of initial and optimized process designs

후기

이 연구는 과학기술인재진흥원의 연구개발 서비스업 혁신역량강화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] H. K. Moon, S. C. Moon, J. G. Eom, M. S. Joun, 2005, Optimization of a hot forging process using six sigma scheme and computer simulation technology considering required metal flow lines, Trans. Mater. Procc., Vol. 14, pp. 798~803
- [2] M. S. Joun, M. C. Lee, 2017, Quality of grain flow of metal formed products, KSTP Fall Meeting 2017, pp. 53~54.

단류선의 표면 친화성 고려 플랜지 붙이 테이퍼 롤러 베어링 단조 공정의 최적설계

정석환¹ · 김민철¹ · 전만수[#]

Optimal design of forging process of tapered roller bearing considering surface affinity of metal flow line

S. H. Chung, M. C. Kim and M. S. Joun

Abstract

Quantification of metal flow line of forged part is important in terms of process optimization, where it is known that the cross angle of metal flow lines after forging and surface direction of product crucially affects the life cycle of the product. In this paper, a methodology to quantify the degree of distortion of metal flow lines against the tangential direction of product surface, cutting index, was introduced and the cutting index was applied to optimize the forging process of tapered roller bearing.

Key Words : Metal flow line (단류선), Cutting index (단절지수), Optimal design (최적설계), Forging (단조)

1. 서론

단조 공정은 자동차 부품과 같이 고부하가 걸리고 고내구성을 필요로 하는 부품의 대량 생산을 위해 다양한 분야에 적용되어 자동차, 선박, 중장비 등의 산업분야의 경쟁력을 결정 짓는 대단히 중요한 공법으로 인식되어 왔다. 근래에는 자동차 경량화와 같은 이슈에 대응하기 위해 고강도 알루미늄과 같은 경량 소재를 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 단조품의 경쟁력 향상을 위한 공정 최적화의 필요성이 더욱 중요해지고 있다.

단류선은 단조품의 수명과 직결되기 때문에 단류선을 고려한 단조 공정 설계 능력이 단조품의 경쟁력을 좌우하나 단류선의 정량화 기술 부재로 공정 설계자의 경험에 의존하고 있는 실정이다.

전만수 등 [1]은 함수화 된 단류선의 2 차구배를 이용한 단류선 접힘 지수 (MFL Overlapping Index)를 제안함으로써 단류선 품질을 정량화하였으며, 본 연구는 이를 보

다 발전시켜 단조품 내구성과 직결되는 단류선 단절 지수 (MFL cutting index)를 제안하였다.

2. 단류선 단절 지수

Ito [2]등의 연구에서 Fig. 1 과 같이 단류선 형성 방향과 절단면의 각도에 따라 수명 차이가 최대 6 배 이상 차이가 남을 보였다.

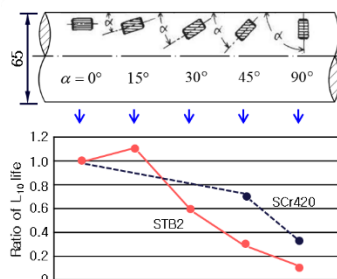


Fig. 1 Effect of metal flow line on product life cycle

위 연구 결과를 바탕으로 Fig. 2 의 제품 표면 법선 방향과 단류선 1 차구배를 이용해서 단류선 단절지수를 Eq. 1 과 같이 정의

1. ㈜ 엠에프알씨

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

하였다.

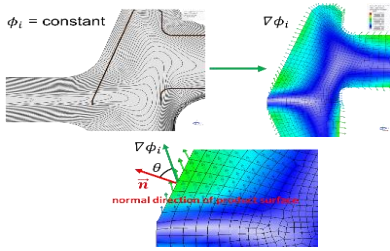


Fig. 2 Definition of MFL cutting index

$$\text{MFL cutting index} = |\nabla \phi_i| \sin \theta \quad (1)$$

3. 플랜지 불이 테이퍼 베어링 단조 공정 최적화

본 연구에서 제안한 단류선 단절지수를 이용하여 Fig. 3 과 같이 업셋팅, 블록커, 피니셔 공정으로 이루어진 플랜지 불이 테이퍼 베어링 단조 공정의 단류선 품질 최적화를 수행하였다. 그림에서 보듯이 1 차 설계안의 경우 빨간색으로 표시된 제품면, 특히 타 부품과 마찰이 발생하는 부위에서 단류선의 단절 현상이 발생하였다.

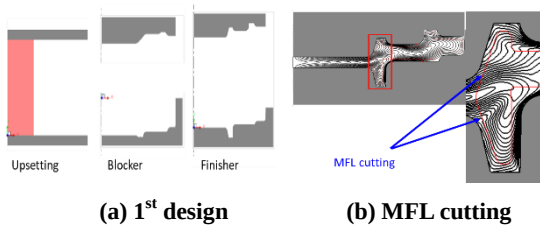


Fig. 3 Forging process of tapered roller bearing

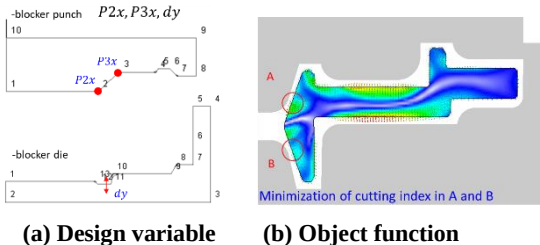


Fig. 4 Definition of design variable and object function

제품 표면에서 단류선 단절 현상을 개선하기 위해서 Fig. 4(a)의 블록커 공정 상하 금형 형상 중 P2X, P3X, DY 를 설계변수로

선택하여 최적화 소프트웨어인 HyperStudy 와 연계하여 최적화를 수행하였다. 목적함수는 Fig. 4(b) 에서 표시된 마찰이 주로 발생하는 관심영역 A 와 B 에서의 단류선 단절지수의 표면적분값을 이용하였다.

Fig. 5 는 초기 설계 대비 최적화를 통한 블록커 금형 형상의 변화와 단류선 단절 현상 개선 정도를 보여 주는데 Fig. 5(b)에서 보는 바와 같이 관심영역에서 단류선 단절 현상이 개선된 것을 확인할 수 있다.

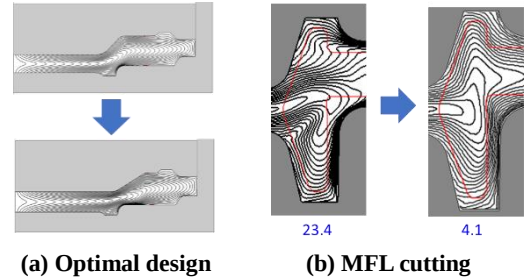


Fig. 5 Optimal design of metal flow line

4. 결론

본 연구에서는 단류선의 표면 친화성을 개선하기 위한 단류선 단절지수를 제안하였고 플랜지 불이 테이퍼 베어링 단조 공정 최적화를 수행하였으며, 본 연구에서 제안한 단류선 단절지수가 단조품 수명 향상을 위한 공정 최적화에 효과적임을 확인하였다.

후기

이 연구는 과학기술일자리진흥원의 연구 개발서비스업 혁신역량강화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] M. S. Joun, M. C. Lee, 2017, Quality of grain flow of metal formed products, KSTP Fall Meeting, pp. 53~54.
- [2] 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.

단류선의 국부함몰 회피를 고려한 폴리형 축대칭 열간단조 공정의 최적설계

김민철¹, 전만수[#]

Optimal design of an axi-symmetric forging process of pulley-like product to avoid local sinking of metal flow lines

M. C. Kim, M. S. Joun

Abstract

In this paper, optimal design of an axi-symmetric forging process of pulley-like product is conducted to avoid local sinking of metal flow lines, which is different from overlapping of metal flow lines. A fully automatic forging simulator, AFDEX 2D is employed with an optimization program, HyperStudy to accomplish optimization of the process. A typical application example of a pulley-like forging is given, which is exposed to local indentation of metal flow lines around the corners.

Key Words : Process Design (공정설계), Optimal Design(최적설계), Local Sinking of Metal Flow Lines (국부 단류선 함몰)

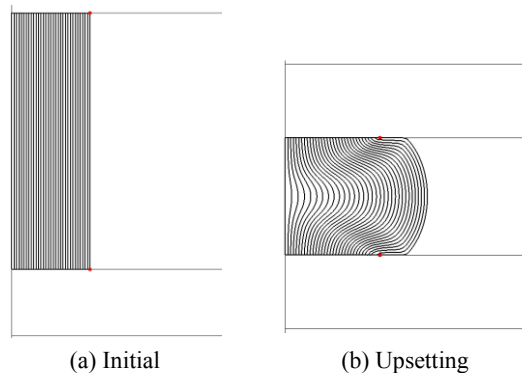
1. 서론

단조공정에서 소성유동선도, 즉 단류선의 국부적 단류선 함몰은 치명적인 설계 또는 생산 결함이다. 이러한 결함은 단조품의 오목한 모서리 부위에서 발생하며, 축대칭 제품의 경우, 유동의 비대칭성이 이러한 결함을 더욱 증폭시키는 경향이 있다. 모서리는 필연적으로 응력집중이 발생하기 때문에 단조품에서 국부적 단류선 함몰은 매우 엄격하게 배제되어야 할 결함으로 취급되고 있다.

열간단조의 경우, 오목한 모서리에서 국부 단류선 함몰에 노출되어 있다. 이러한 결함적 요소는 소재 충전의 불균형에 기인하며, 마지막 순간에 발생하는 경향이 있다. 이러한 결함은 예비형상의 적절한 설계를 통하여 피할 수가 있다. 어떤 경우에는 간단히 업세팅 양의 조절을 통하여 크게 개선될 수도 있다. 물론 1세대 허브 베어링 외륜의 단조공정[1]과 같이 매우 정교한 공정설계가 요구되는 경우도 있다.

비록 단순한 방식으로 적절한 공정설계를 획득할 수 있는 문제일지라도 경우에 따라서는 공정설계 기술자에게는 큰 부담이 되는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하는데 있어 단조 시뮬레이션 기술과 최적화기법의 연계를 통한 체계적 접근이 절실하다. 이 연구에서는 국부 단류선 함몰을 고려한 공정최적설계 사례를 제시한다.

2. 국부 단류선 함몰 결함을 고려한 단조공정 최적설계



1. (주)엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

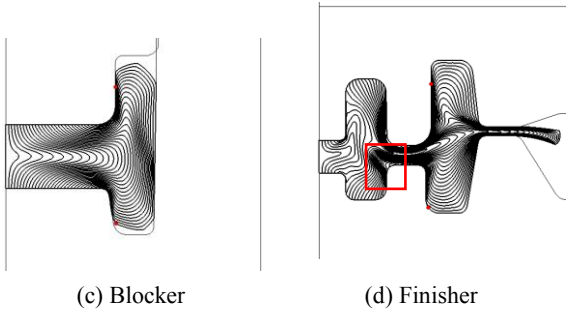


Fig. 1 Typical locally-sunk metal flow lines defect of the initial process design to be optimized

Fig. 1은 이 연구의 연구 대상인 폴리형 축방향 열간단조 공정의 최적화를 위한 공정을 나타낸다.

이 공정은 초기설계로써 Fig. 2에서 보는 바와 같이 국부 단류선 함몰이 발생하고 있다. 국부 단류선 함몰은 순간적으로 발생하기 때문에 그 특징은, 그림 Fig. 2에서 보는 바와 같이, x-축과 y-축 단류선이 동시에 급격한 변화를 겪는다는 것이다.

국부 단류선 함몰 지역의 특징은 그림 Fig. 2에서 보는 바와 같이 x와 y 두 방향 모두 비교적 단류선 밀도가 작다는 점이다. 따라서 두 방향의 단류선 밀도의 크기의 지수승(이 연구에서는 자승)이 일반 겹침지수가 큰 경우와 구별될 수 있다.

따라서 이 연구에서는 다음의 함수를 국부 단류선 함몰 지수 ψ_0 를 제안한다.

$$\psi_0 = \bar{\varepsilon}^a \times \max(\bar{G}^x, \bar{G}^y)^b \times \min(\bar{G}^x, \bar{G}^y)^c / A_{xy} \quad (1)$$

여기서

$$A_{xy} = \max(A_x^p A_y^q, A_x^q A_y^p) \quad (2)$$

이고, 여기서

$$A_x = \sqrt{\nabla \phi_x \cdot \nabla \phi_x} = |\nabla \phi_x| \quad (3)$$

$$A_y = \sqrt{\nabla \phi_y \cdot \nabla \phi_y} = |\nabla \phi_y| \quad (4)$$

이다. a, b, c, p, q 등은 상수이며, 이 연구에서는 각각 2.0, 1.0, 2.0, 1.0, 3.0을 사용하였다.

Fig. 3은 Eq. (1)을 이용하여 획득된 최적 단조공정설계에 대한 해석결과이다.

3. 결론

이 논문에서는 국부 단류선 함몰의 정량화를 위한 지수를 제안하였으며, 그 지수가 제안된 배경을 상술하였다. 단조공정 최적설계의 적용을 통하여 그 유용성을 입증하였으며, 소성가공 공정 최적설계의 실현에 한걸음 다가서는 유의미한 진전이 이루어졌다고 사료된다.

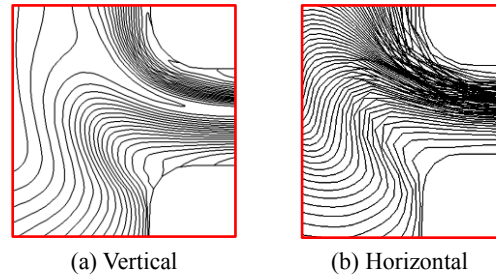


Fig. 2 Metal flow lines around the locally-indented metal flow lines in Fig. 1(d)

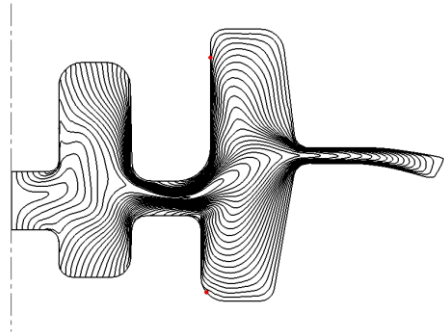


Fig. 3 Optimized process design with emphasis on metal flow lines predicted

후기

이 연구는 과학기술일자리진흥원의 연구개발서비스업 혁신역량강화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] H. K. Moon, S. C. Moon, J. G. Eom, M. S. Joun, 2005, Optimization of a hot forging process using six sigma scheme and computer simulation technology considering required metal flow lines, Trans. Mater. Procc., Vol. 14, pp. 798~803

분리력 극대화를 위한 클린칭 공정의 최적설계

R. Sekar¹ · 전만수[#]

Optimal design of clinching process for maximizing joint strength

R. Sekar, M. S. Joun

Abstract

In this paper, the influential process parameters in a clinching process are considered and the process is optimized for maximizing the joint strength using deterministic optimization method in HyperStudy with an elastoplastic finite element method in AFDX, showing that in the case of metal forming, the synergy of the forming simulation software and an optimization tool is very important in reducing the development time of the process, eventually saving time and cost

Key Words: Clinching Process (클린칭 공정), Multi-Body Simulation (다물체 시뮬레이션), Process Optimal Design (공정 최적설계)

1. Introduction

Among the different joining methods that are available, welding is not suitable because of a natural oxide layer surface formation as well as the high thermal conductivity of the material [1]. The clinching process was found to be an economic alternative for welding process as well as the riveting process. But cost is not the only main parameter. Contrastingly, it was also observed that the clinched joint was 50-70% weaker compared to the spot welded one. So, it is important to increase the joint strength of the clinching process if it is being looked at as a viable alternative for the welding process. This is probably the reason for a lot of research happening in this arena where researchers usually investigate the relationship between the clinching process parameters, the tool geometry and the strength of the mechanically clinched joint. In this work, a suitable FE analysis model of the clinching process is first formulated. After establishing the influential geometrical parameters in the process, the global response surface method is used to maximize the joint strength.

2. Setup of a FE model

The actual clinching process consists of only one stage. For the sake of testing and improving the joint strength, a second stage is included in this study. The first stage is where the actual deformation happens to clinch the two sheets together. And the second stage consists of applying a tensile load that will pull the two clinched sheets apart. Higher this force, greater is the joint strength. The joint strength, which is the tensile load or the second stage forming load will be used as an objective function which ought to be maximized.

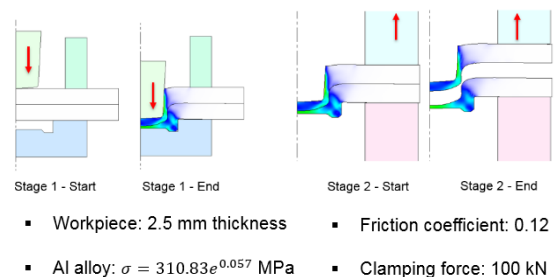


Fig. 1 FE model of a clinching process and details of the simulation

3. Setup of optimization problem

Optimization is effective only if the objective

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

function, constraints, design variables and the search algorithm are chosen properly. Based on literature survey and further verification by carrying out FE simulations, the most influential parameters affecting the joining strength of a clinching process are considered as design variables (Fig. 2).

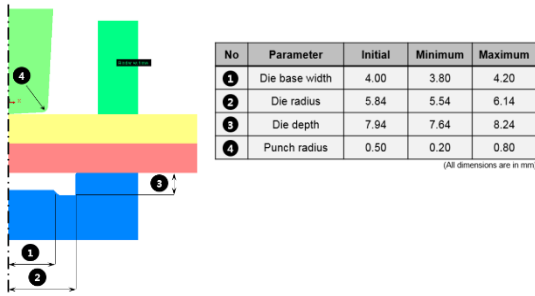


Fig. 2 Design variables of clinching process

The forming load in the finishing stage of the clinching process in which the punch moves backward with the other dies or tools fixed, is considered the objective function which needs to be maximized. The global response surface method (GRSM) in HyperStudy is chosen as the optimization method. This deterministic global search method generates a set of designs for every iteration and these are solved in parallel. The response surface is nothing but an algebraic or numeric expression describing the model's response as a function of the design variables. Several evaluations are carried out within the feasible design space and the optimized values of the design variables are presented in Fig 3.

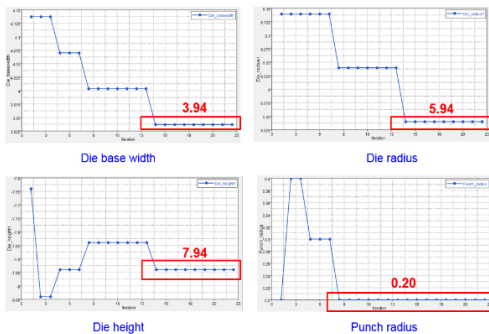


Fig. 3 Optimizing the design variables

The optimized(maximized) joint strength values are also plotted in Fig 4 with respect to the iterations.

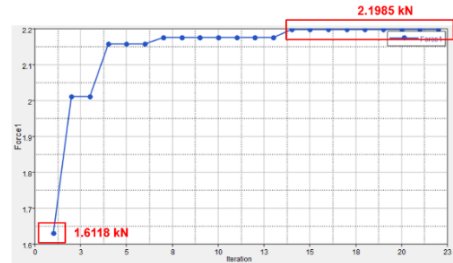


Fig. 4 Optimized joint strength

Optimized design variables as well as the joining force are presented in Table 1. It can be observed that the strength of the joint has been increased by a significant 36.4% through this optimization.

Table 1 Result before and after optimization

No	Parameter	Initial	Minimum	Maximum	Optimized Value
1	Die base width	4.00	3.80	4.20	3.94
2	Die radius	5.84	5.54	6.14	5.94
3	Die depth	7.94	7.64	8.24	7.94
4	Punch radius	0.50	0.20	0.80	0.20
Initial joining force		1.6118 kN		Optimized joining force	
				2.1985 kN	

Summary

The joining strength of the clinching process of two aluminium alloy sheets of 2.5 mm thickness was maximized to be increased up to 36.4% using elastoplastic finite element method with deterministic optimization approach in this work.

후기

이 연구는 과학기술일자리진흥원의 연구개발서비스업 혁신역량강화 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] C. J. Lee, J. Y. Kim, S. K. Lee, D. C. Ko, B. M. Kim, 2009, Design of mechanical clinching tools for joining of aluminium alloy sheets, Materials and Design 31(2010), 1584-1861.

다단 딥드로잉 성형에서 제품 성형 하중 최소화를 위한 금형 최적 설계

이창희¹ · 구본준¹ · 홍석무^{2#}

Optimal design of die for minimizing product forming load from multi-stage deep drawing ironing forming

Chang Hoe Lee¹, Bonjoon Gu¹ and Seokmoo Hong^{2#}

Abstract

일상 생활에서 흔히 사용되는 스마트 폰 또는 최근 개발이 활발히 이루어지고 있는 전기 자동차 등에는 사각 혹은 원형 배터리 캔이 주로 사용된다. 배터리 캔은 제품의 경량화와 배터리 캔 자체의 강성이 요구될 뿐만 아니라 높은 치수 정밀도를 요구하기 때문에, 소재의 높이가 충분히 확보될 수 있어야 하며 동시에 두께를 얇게 해주는 딥드로잉(Dep Drawing)과 아이어닝(Ironing) 공정이 수반된다. 딥드로잉과 아이어닝이 동시에 적용되는 공정을 D.D.I 공정이라고 한다. 이러한 D.D.I 공정은 일반 드로잉으로 생산하는 제품보다 더 깊고 두께가 얇은 제품을 생산할 수 있는 장점이 있지만, 드로잉과 아이어닝이 동시에 적용되는 복합 공정이기 때문에 제품을 생산하는 과정에서 더 많은 문제가 발생하게 된다. 또한 D.D.I공정을 이용하여 실제 제품을 생산함에 있어 발생하는 여러 문제들은 작업자의 현장 경험을 통해 해결하는 경우가 많고, 육안으로 찾아내기가 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 D.D.I 공정에서 발생하는 문제 중 하중의 불 균일화를 해결하기 위해 Fig. 1.과 같이 D.D.I 공정에서 펀치와 다이의 간격(Punch & Die interval), 아이어닝 다이의 각도(Angle of Ironing Die), 펀치의 곡률 반경 (Radius of Punch)과 같은 매개 변수들이 D.D.I 공정에서 발생하는 최대 하중에 미치는 영향을 조사하고, 실험 계획법(Design of Experiment)과 유한요소해석 (Finite Elements Method) 이용하여 생산 공정에서 발생하는 최대 하중의 균등화를 위한 최적설계를 진행하려고 한다. 최적설계를 통해 얻어진 해석 결과는 D.D.I 각 공정에서 하중의 균등화를 보여주었다.

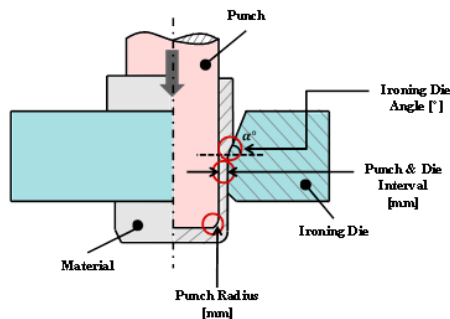


Fig. 1. Process and characteristics of DDI

Key Words : Multi-stage deep drawing, Optimization, Die design automation

1. Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University, Rep. of Korea

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University, Rep. of Korea

*E-mail: smhong@kongju.ac.kr,

최적화 기법을 이용한 피스톤 알루미늄 단조 공정 중 마찰계수의 규명

이성원¹, 조재환¹, 김민철², 이정민¹, 전만수[#]

Investigation of coefficient of friction for the piston aluminum forging process using optimal method

S. W. Lee, J. W. Jo, M. C. Kim, J. M. Lee, M. S. Joun

Abstract

In this paper, optimal design of the piston aluminum forging process is conducted to fill a local area. The friction is assumed to be affected by strain. A fully automatic forging simulator, AFDEX 3D is employed with an optimization program, HyperStudy to accomplish optimization of the process.

Key Words : Piston Forging (피스톤 단조), Optimal Design(최적설계), coefficient of friction (마찰 계수)

1. 서론

마찰현상은 매우 복잡하다. 마찰응력은 법선응력 또는 압력, 소재의 상대속도, 온도, 윤활상태 등에 크게 영향을 받는다. 그 이외에도 마찰응력에 영향을 주는 요소는 많다.

일반적으로 상온에서 저압력 상태에서는 마찰응력은 압력에 선형적으로 비례하는 반면, 고압하에서는 압력의 증가에 따른 마찰응력이 감소하는 비선형적인 관계로 발전하는 것으로 알려져 있다.

수치해석에서 상대속도의 방향 변화에 따른 수치적 불안정성을 감소시키기 위하여 순화함수를 사용한다. 이 순화함수는 상대속도의 영향을 반영할 수가 있다. 만약 열간 또는 온간단조에서 고압이 작용하는 접촉면에서 수렴해를 얻었을 경우, 마찰응력이 일정 이상이 될 수 없기 때문에, 이 수렴해는 접촉조건 또는 접촉조건에 가까운 결과를 얻게 되고, 순화함수는 1보다 작은 값을 제공한다. 따라서 전술한 바와 같이 저압에서의 선형적 관계와 고압하에서의 비선형적 관계를 자동적으로 표현하게 된다.

알루미늄 열간단조는 소재의 표면에 윤활제를 코팅하는 경우가 일반적이다. 따라서

윤활상태, 즉 윤활막의 변형 정도에 따라 윤활 특성이 다소 변할 수 있다. 이러한 경향은 변형경화가 작을수록 증폭될 수가 있다.

최근 이성원 등[1]은 일정전달마찰법칙을 이용하여 마찰상수가 접촉면의 변형의 정도의 함수로 간주하여 여러가지 경우의 수에 대하여 해석을 수행하여, 마찰상수와 접촉면의 변형률 간의 함수관계에 있음을 밝혔다. 유재동 [2]은 Coulomb 마찰법칙을 이용하여 냉간 알루미늄 단조공정에서 압력, 온도, 변형률 등이 마찰에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

이 연구에서는 알루미늄 피스톤의 열간단조에서 발생한 해석결과와 실험결과의 불일치를 통하여 기존의 마찰법칙의 불합리성을 강조하고, 적합한 마찰법칙 또는 마찰조건을 제시한다.

참고문헌

- [1] S. W. Lee, J. M. Lee, J. W. Jo, M. S. Joun, 2018, Effect of friction conditions on Material Flow in FE analysis of Al Piston forging process, PRESM 2018, Sapporo-Japan, pp. 184-190.
- [2] J. D. Yoo, K. M. Kim, T. M. Hwang, M. S. Joun, 2017, Study on friction in aluminum cold forging, KSTP Fall Meeting 2017, pp. 67-68

1. 한국생산기술연구원

2. (주)엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

최적화 기법을 이용한 재결정 영향을 강조한 유동응력의 실용적 획득 및 응용

모하마드카스완디라자리¹ · 이라니 미쌈¹ · 전만수[#]

Practical Acquisition and Application of Flow stresses Emphasizing on Influence of Recrystallization Using Optimization Technique.

M. K. Razali, M. Irani, M. S. Joun

Abstract

New mathematical model to express the flow stress curve at elevated temperature applied to upsetting process design. The approach was apply to common steel AISI1020 whereby the constants were determined using Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear optimization technique. The influences of the new model on recrystallization effects quantitatively criticized compared with another model studied. The deformation behavior in term of effective strain rate, effective strain, effective stress and fraction of recrystallization were focus on to see the validity of the new mathematical model. The new model with optimal constants described the behavior of dynamic recrystallization during the deformation process which showing the real mechanical phenomena in metal forming industry.

Key Words : Flow stress curve, Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear, Recrystallization

1. Introduction

The comprehension of disfigurement practices of metals and alloys at the elevated temperature is of incredible significance for process configuration builds in metal framing since it can give them a few bits of knowledge on defining process outline. Amid hot metal framing, the materials subjected to complex disfigurement history under strain, strain rate and temperature, which causes diverse metallurgical wonders [1], for example, microstructural advancement and heat treatment.

Plastic deformation at the raised temperature are excessively entangled, making it impossible to be uncovered essentially by the application engineers, for instance, on the grounds that the hot materials are solidified at little strain underneath the peak strain and recrystallize at the bigger strain because of dynamic recrystallization, i.e., the prevailing rebuilding process in

microstructural development.

In this paper, two different models criticized in terms on influence of recrystallization effect during deformation process. The Generalized Reduced Gradient (GRG) method used to determines the constants for the new models. The GRG code has been proven in use over many years as one of the most robust and reliable approaches to solve difficult nonlinear problem.

2. Material model studied

Two model studied which are Model 02 and Model 28.

$$\sigma = \max(a\dot{\epsilon}^b, a\dot{\epsilon}_{min}^b) \quad (1)$$

Model 02 as in eq. 1 based on three constants a, b and $\dot{\epsilon}_{min}$ which are strength coefficient, strain rate hardening exponential, and minimum yield strain rate respectively.

$$\sigma = \sigma_p \left[\left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_p} \right) \exp \left(1 - \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_p} \right) \right]^{C_h} \quad \text{if } \dot{\epsilon} \leq \dot{\epsilon}_p \quad (2)$$

1. 경상대학교 기계항공공학부

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

$$\sigma = \sigma_s + (\sigma_p - \sigma_s) \exp \left[C_s \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon_p}{2} - \frac{\varepsilon^2}{2\varepsilon_p} \right) \right] \quad \text{if } \varepsilon \geq \varepsilon_p \quad (3)$$

Model 28 as in eq. 2 and 3 required five constant for specific material. The constants σ_p , ε_p , C_h , σ_s and C_s are peak stress, peak strain, hardening coefficient, steady state stress and softening coefficient respectively. The constants C_h and C_s determine using GRG Nonlinear optimization technique and the remaining three constant extracted from experimental data. This solver method looks at the slope of the objective function as the input values change and determines that it has reached an optimum solution when the partial derivatives equal zero.

3. Application of two different models

The two models applied to common upsetting process design. The flow stress curve in Model 02 did not show recrystallization behavior whereby Model 28 shows that the recrystallization take over after the deformation reach the peak strain. These based on the flow stress curve for each mathematical model studied.

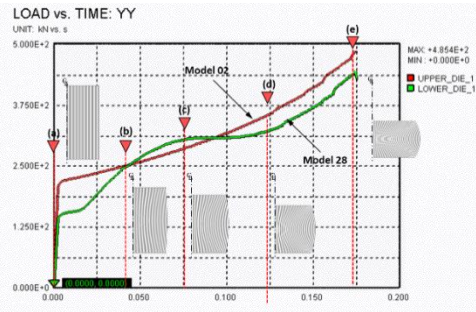


Fig. 1 Load vs Time: YY.

Fig. 1 shows Load vs Time in y-axis. Model 28 fluctuated due to recrystallization effects. The effective stress quantitatively compared to see the recrystallization effect during deformation process between two models as shown in Fig. 2. Recrystallization defined as the process in which grains of a crystal structure come in a new structure or new crystal shape. Fig. 3 shows the fraction of recrystallization predicted using JMAK model. At higher fraction of recrystallization, the effective stress prediction

should be low. Based on effective stress distribution, Model 28 prediction are in a good agreement with JMAK model.

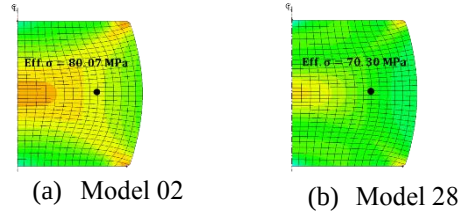


Fig. 2 Effective stress.

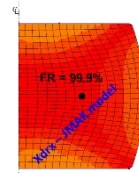


Fig. 3 Fraction of recrystallization.

4. Conclusion

In this paper, mathematical Model 28 predicting recrystallization phenomena, which cannot presented using Model 02 with application of steel AISI 1020 whereby the constant can be well-determined using GRG optimization technique.

Acknowledgement

이 연구는 산업통상자원부의 경량소재 국가전략 프로젝트 산업기술혁신사업(과제번호: 10081334)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] P. Opěla, I. Schindler, P. Kawulok, F. Vančura, R. Kawulok, S. Rusz, and T. Petrek, 2015, Hot flow stress models of the steel C45, *Metalurgija*, 54(3), 469-472.
- [2] M. K. Razali, M. Irani, M.S. Joun, Consideration of Voce's flow stress model and its variants, *KSTP Spring Meeting 2018*: pp. 138–139.
- [3] M. Irani, M. Joun, Determination of JMAK dynamic recrystallization parameters through FEM optimization techniques, *Comput. Mater. SCI.* 142 (2018) 178-184. Doi: 10.1016/j.commater.2017.10.007.

최적화 기법을 이용한 Jominy 시험 중 미세구조 및 경도의 수치적/실험적 연구

이라니 미쌘¹ · 문선영¹ · 정석환² · 이광오³ · 전만수^{1#}

Numerical and experimental study on microstructure and hardness using optimization technique

M. Irani, S. Mun, S. H. Chung, K. O. Lee, M. S. Joun

Abstract

An optimization technique has been employed to improve the accuracy of FE prediction of microstructure and hardness during the Jominy end-quenched test of bearing steel. First, the difference between the predicted and associated measured temperatures was minimized through optimizing the heat transfer coefficients, which were applied to predict the microstructure and hardness. A secondary optimization was carried out to minimize the difference in error between the predicted and measured phase fractions by varying the adjustment parameters in the Kirkaldy-Venugopalan (K-V) model. Using the optimized adjustment parameters, the hardness distribution at the final stage of the Jominy test was predicted and compared with the associated measured values at sample points showing a good agreement between them.

Keywords: Hardness prediction, Phase prediction, Jominy test, Optimization

1. Introduction

In the Jominy end-quenched test, a standardized cylindrical specimen of the steel is heated until the austenitizing temperature and then cooled at one end with sprayed water. Numerical models are being developed to simulate the cooling curves and predict the phase fractions as well as hardness [1].

In this study, a finite element optimization technique is used to obtain the heat transfer coefficient during spray cooling (α_s) minimizing the error between the predicted cooling curves and experimental values from the literature [1]. α_{s1} to α_{s5} (heat transfer coefficients at sampled temperatures) are the design variables in the optimization. The optimized values of α_s are then applied to the simulation to predict the phase fraction during the Jominy test. At this stage, the adjustment parameters (β_{p1} to β_{p7} and β_{B1} to

β_{B6}) in (K-V) model are considered as design variables:

Pearlite transformation:

$$f_p(G, T) = 2\beta_{p1}(G-1)^{1/2}(Ae_1 - T)^{3\beta_{p2}D} \quad (1)$$

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{\exp(-\beta_{p3} \frac{27500}{RT})} + \beta_{p5} \frac{0.01C_C + 0.52C_{Mo}}{\exp(-\beta_{p4} \frac{37000}{RT})} \quad (2)$$

$$f_p(Comp) = \beta_{p6}(1.79 + 5.42(C_{Cr} + C_{Mo} + 4C_{Mo}C_{Ni})) \quad (3)$$

$$f(X) = X^{2\beta_{p7}(1-X)/3}(1-X)^{2\beta_{p7}X/3} \quad (4)$$

Bainite transformation:

$$f_b(G, T) = 2\beta_{B1}(G-1)^{1/2}(B_s - T)^{2\beta_{B2}} \exp(-\beta_{B3} \frac{27500}{RT}) \quad (5)$$

$$f_b(Comp) = 0.0001\beta_{B4}(2.34 + 10.1C_C + 3.8C_{Cr} + 19C_{Mo}) \quad (6)$$

$$f(X) = X^{2\beta_{B5}(1-X)/3}(1-X)^{2\beta_{B5}X/3} \quad (7)$$

$$Z(X) = \exp(\beta_{B6}X^2 \left(\frac{1.9C_C + 2.5C_{Mn} + 9C_{Ni}}{+1.7C_{Cr} + 4C_{Mo} - 2.6} \right)) \quad (8)$$

1. 경상대학교 기계항공공학부

2. MFRC

3. 부산대학교 기계기술연구소

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

For more information about the abovementioned equations refer to Ref. [2]. To simplify the optimization all of the adjustment parameters except β_{P2} , β_{B2} , β_{B3} , β_{B5} and β_{B6} are given as 1.0.

2. Material and methods

The Jominy test was carried out on cylindrical specimen of 100CrMnSi6 steel. Fig. 1 shows the schematic diagram of the Jominy test used in the experimental procedure. AFDEX and HyperStudy are utilized to perform the simulations and optimizations [3], respectively.

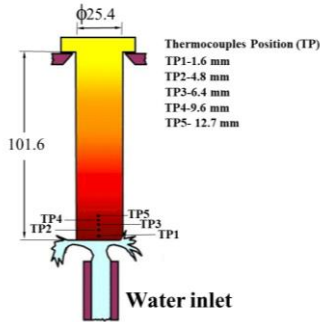


Fig. 1 Schematic diagram of the Jominy test

3. Results and discussion

Fig. 2 compares the measured and predicted cooling curves using the optimized α_s (Table 1) indicating a good agreement between them.

The optimized values of adjustment parameters are listed in Table 1. Table 2 shows the measured and predicted phase fractions at the sample points.

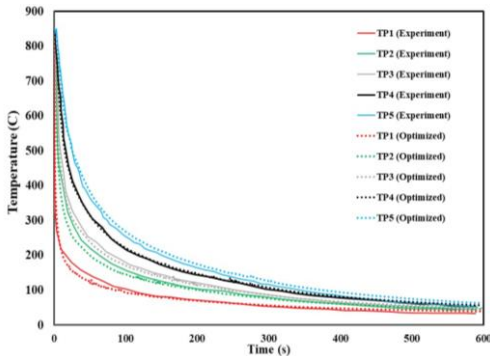


Fig. 2 Predicted and measured cooling curves

Table 1. Optimized heat transfer coefficients

Temperature (°C)	400	580	650	850
α_s (Wmm ⁻¹ K ⁻¹)	3.24×10 ⁻²	3.15×10 ⁻²	1.06×10 ⁻²	0.2×10 ⁻²

Table 2. Optimized adjustment parameters

β_{P2}	β_{B2}	β_{B3}	β_{B5}	β_{B6}
0.98	1.024	0.736	0.843	0.936

Table 3. Measured and predicted phase fraction at the sample points

Sample point	Distance from quench end (m)	Measured Mar.	Predicted Mar.	Measured Bai.	Predicted Bai.	Measured Pea.	Predicted Pea.
1	1.5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.0	0.84	0.95	0.16	0.05	0.00	0.00
3	7.0	0.79	0.62	0.21	0.33	0.00	0.05
4	9.0	0.50	0.63	0.50	0.33	0.00	0.03
5	13.0	0.00	0.31	0.49	0.00	0.51	0.67
6	25.0	0.00	0.00	0.20	0.00	0.80	1.00
7	35.0	0.00	0.00	0.09	0.00	0.91	1.00
8	40.0	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96	1.00

Mar: martensite, Bai: Bainite, Pea: pearlite

Acknowledgement

이 연구는 중소기업청의 WC300 프로젝트 기술개발지원사업(과제번호: S2415560)과 산업통상자원부의 경량소재 국가전략프로젝트 산업기술혁신사업(과제번호: 10081334)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] C.R.N Nunura, Carlos A dos Santos, Jaime A Spim, Numerical-experimental correlation of microstructures, cooling curves and mechanical properties of AISI 1045 steel during the Jominy end-quench test, Mat. Des, Vol. 76, pp. 230~243.
- [2] H. H. Bok, M.G Lee, E. J. Pavlina, F. Barlat, H. D. Kim, Comparative study of the prediction of microstructure and mechanical properties for a hot-stamped B-pillar reinforcing part, Int. J. Mech. Sci, Vol 53, pp744~752.
- [3] M. Irani, M.S. Joun, Determination of JMAK dynamic recrystallization parameters through FEM optimization techniques, Comp. Mat. Sci, Vol. 142, pp. 178~184. Alloys. Mathematical and Computational Applications, Vol.2, No.2, pp. 71~77.

3. 특 별 세 셴

유한요소 모델링 기술과 응용
(제 1 발표회장)

전단공정 해석 기법 및 응용

전만수^{1#}, 이민철²

Shearing analysis and its application

M. S. Joun, M. C. Lee

Abstract

A novel scheme of conducting shearing, piercing and trimming of bulk material in three-dimensional finite element analysis is introduced with two typical application. The scheme is based on traditional theory of ductile fracture assisted by mesh refinement technique. Element degradation scheme is employed to soften the damaged material before separation of material to be sheared, pierced and/or trimmed. Two application shows the characteristics of the scheme.

Key Words : Shearing (전단), Piercing/Trimming (피어싱/트리밍), Finite Element Analysis (유한요소해석), 요소밀도 제어 (Mesh Density Control)

1. 서론

3차원 전단공정의 해석은 여전히 소성가공 연구자와 기술자들의 주요 관심사로 남아 있다. 판재 및 후판재를 활용하는 공정에서 전단공정의 필연적이다. 체적소성 가공에서 소재의 절단과 피어싱 또는 트리밍 등도 광의의 전단 공정에 속한다. 전단공정은 재료의 선행 파괴를 동반한다. 따라서 해석 기술의 관점에서 전단은 성형중 재료 파단과도 동질의 문제에 속한다.

재료의 파단 해석은 크랙의 전파 방식, 손상 요소 제거 방식, 손상 요소 퇴화 방식으로 이루어지고 있다. 전단은 필연적으로 파단 이후에 거칠어진 단면이 소재 또는 금형에 접촉하여 기하학적으로 복잡한 상태에 이르게 된다. 일반적으로 소재 기법이 광범위하게 사용되고 있으나, 그 방식에 연구한 이유로 파단이 지연되어 나타나는 경향이 있으며, 실험을 통하여 현실을 반영하는데 한계가 뚜렷함을 손쉽게 확인할 수 있다. 2차원 경우, 이러한 문제를 크랙 전파 방식으로 개선이 가능하지만, 3차원으로 확장하는데 한계가 있다.

따라서 손상 요소 퇴화 방식에 의한 역학적 현상의 충분한 반영과 최종 단계에서 소재를 분

리하는 복합적 접근 방법이 실용적이다. 이 방법은 Kim 등[1]에 의하여 딥피어싱 공정의 해석 목적에 적용되었다.

이 연구에서는 3차원 전단공정의 실용적 해석 기법을 제시하며, 적용 사례를 소개하고자 한다.

2. 절단공정의 해석

상온에서 소성가공용 금속은 손상도의 증가에 따라 연화가 발생하며, 이러한 연화 현상은 전단 띠를 형성하는데 촉매제가 된다. 유한요소법을 이용한 전단공정의 해석에서 근본적으로 요소의 제약을 벗어날 수가 없다. 이러한 문제를 최소화시키는 방법으로 소재 연화 현상이 유효할 수 있다. 특히 전단에 따른 소재의 분리가 발생하지 않은 경우, 이 방법은 질량불변의 법칙 측면에서도 긍정적 요소가 있다. 전단공정에서 소재가 분리되는 부분은 국부적인 영역에 한정되어 나타나며, 전단된 단면은 반대편의 단면과 압축 응력 상태에 놓이게 되며, 비교적 큰 마찰응력을 겪게 된다. 물론 손상 요소 퇴화 방식은 요소의 기하학적 문제로부터 자유로울 수가 있다. 따라서 연화율을 적절히 고려하면, 손상 요소 퇴화 방식은 다른 방식에 비하여 유리한 면이 있다.

퇴화된 요소들이 전단 띠를 형성하면, 소재를

1.# 교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

2 MFRC, 유나시스

분리해야 한다. 그런데 분리된 단면은 매우 복잡하기 때문에 절단된 소재의 파단면을 활용하거나 평가하는 것이 용이하지 않다. 이 연구에서는 분리된 이후에 소재단면의 평탄화를 실시하였다. 평탄화 이후에 절단 소재를 이용하여 단조 등을 실시하고자 할 경우, 요소망재구성을 실시하였다.

Fig. 1은 후판재의 피어싱 공정을 해석한 것으로 손상도의 증가에 따라 함수값이 감소하는 연화함수를 사용하였다. 연화된 재료의 유동응력은 원래의 유동응력과 연화함수를 곱한 값으로 정의된다. 연화함수에 의하여 강조된 전단 띠가 파단면에 적절히 발달했을 때, 손상된 요소를 제거하였다. 이 때 필연적으로 파단면에서 재료의 상실이 발생한다. 이러한 소재 상실을 최소화하기 위해서 전단면에서 극도로 조밀한 요소의 사용이 바람직하다. 이 예제에서 전단부의 요소밀도가 평균요소밀도에 비하여 약 20배 크도록 하였다. 그 결과, 전단면에서의 상실된 소재의 두께가 0.08mm 이내로 나타났다.

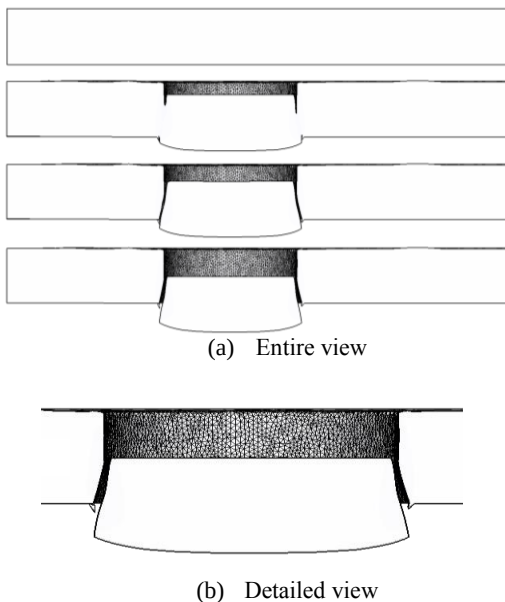
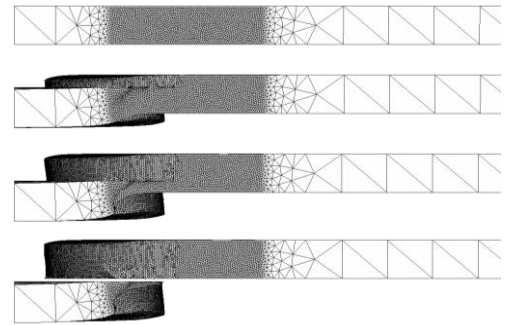
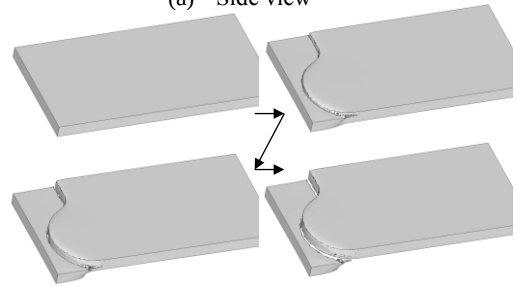


Fig. 1 Application example 1

Fig. 2는 Fig. 1의 예제와 역학적으로 특징이 다른 문제이다. Fig. 1의 예제는 전단이 거의 동시에 발생하는 문제인 반면, Fig. 2는 모서리 일부분이 점진적으로 트리밍된다.



(a) Side view



(b) Bird eye's view

Fig. 2 Application example 2

3. 결론

이 논문에서는 전단공정의 해석 기법을 제안하였으며, 후판재의 전단공정 해석에 적용하였다. 전단면이 다소 클 때, 소재의 초기 파단에서부터 최종 분리에 이르는 동안 다소의 행정이 필요한 경우, 손상 요소 퇴화 방식과 소재의 분리 및 파단면의 순탄화 기법을 사용하였다. 이 기법은 후속된 소성가공 공정의 해석 측면에서 유리한 점이 강조되었다.

후기

이 연구는 산업통상자원부의 경량소재 국가전략 프로젝트 산업기술혁신사업(과제번호:10081334)의 지원을 받아 수행된 연구이며, KODIMA가 적용 예제를 지원하였음.

참고문헌

- [1] M. C. Kim, W. J. Chung, J. H. Kim, M. S. Joun, 2014, Finite element analysis of a deep piercing process, KSTP Spring Meeting, pp. 186-189.

유한 요소법을 이용한 경화 모델이 판재 성형에서 스프링백에 미치는 영향에 관한 연구

조성민¹ · 이창환² · 정완진[#]

A Study on the Effect of Hardening Models in Spring-back of Sheet Metal Forming using Finite Element Method

S. M. Cho¹, C. W. Lee², W. J. Chung[#]

Abstract

판재 성형에서 스프링백은 성형 후 변형된 소재가 금형에서 제거된 후, 탄성 변형에 의해 소재의 형상이 바뀌는 현상이다. 최종 제품에 요구되는 치수 정밀도를 얻기 위하여 스프링 백 현상은 반드시 고려되어야 하는 결정적인 요인이다. 그러므로 초기 금형 설계 단계에서 소재의 성형 시 발생하는 스프링백 현상을 예측하여 정확히 보정하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 판재 성형 해석에서 경화 모델이 스프링 백 현상에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 또한 재료 구성 모델을 내연적 유한 요소법에 기반한 subroutine으로 작성하기 위한 수치적 응력 적분 방법에 대하여 연구하고 비교 및 분석하였다. 등방 경화 모델, 선형 이동 경화 모델, 비선형 이동 경화 모델, 등방-비선형 이동 경화 결합 모델 및 Yoshida-Uemori 모델을 Hill의 1948년 항복 함수와 결합하여 사용하였다. 각 경화 모델 별 특성을 비교 및 분석하기 위하여 단축 인장-압축-인장, 단순 전단 및 순수 굽힘 공정의 성형 해석을 수행하고, ABAQUS v2017의 해석 결과와 비교하여 작성한 subroutine의 신뢰성 및 정확성을 검증하였다. NUMISHEET 93' benchmark 문제로 제시되었던 U-draw 굽힘 공정의 3차원 유한 요소 해석을 수행하여 경화 모델 별 스프링백 양상을 비교 및 분석하였다. 비선형 이동 경화 모델을 이용한 해석 결과가 스프링백이 가장 적게 발생하였고, 등방-비선형 이동 경화 결합 모델, 등방 경화 모델 순으로 스프링 백이 많이 발생함을 확인하였다.

Key Words : Hardening rule, Stress integration, Spring-back

1. 서울과학기술대학교 일반대학원 기계디자인금형공학과

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

E-mail : wjchung@seoultech.ac.kr

프레스 양산 가동 중 발생하는 금형 파손 원인 분석을 위한 3차원 초고속 측정 및 유한요소 구조 해석

홍석무^{1#} · 김준영²

3D High Speed Measurement and Finite Element Structural Analysis for Analyzing the Causes of Die Damage during Press Mass Production

S. M. Hong, J. Y. Kim

Abstract

양산 작업 중인 노후 프레스에서 종종 예기치 않은 금형 부품의 파손이 보고된다. 예상되는 파손 원인이 너무 다양하기 때문에 현장에서는 근본적 원인 분석 및 처방보다는 갭 단초 조절 등 조치를 통해 단순 대응을 하고 있다. 설계 및 해석적 측면에서 구조 설계를 수행하기 위해서는 각 부품의 3차원 도면과 경계조건 등을 설정하는데 한계가 있기 때문에, 해석적 접근은 거의 불가능하거나 제한적 해석을 수행하고 있다. 본 연구에서는 초고속 카메라와 DIC(Digital Image Correlation)기법을 이용하여 수백 SPM으로 가동 중인 프레스 장비 및 금형 부품의 3차원 측정을 수행하였다. 측정된 결과를 분석으로 금형 부품의 파손 원인을 과학적으로 분석하고, 측정 대상물의 3차원 구조설계를 수행하여 근본적 해결책을 제안하였다.

Key Words : 3D measurement, DIC(Digital Image Correlation), Structure analysis

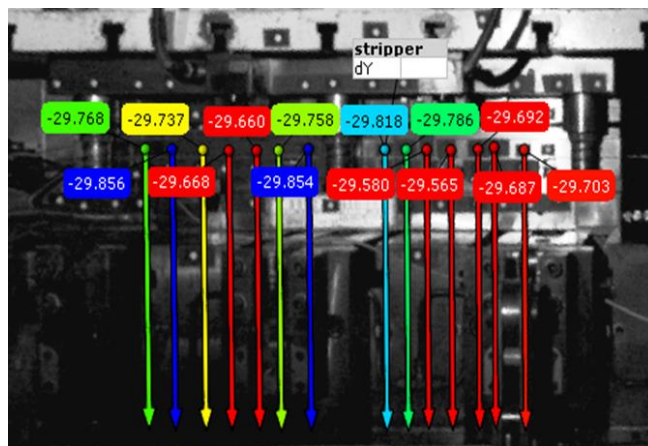


Fig. 1 Measurement of die displacement

1. 공주대학교 기계자동차공학부

2. ㈜엠에프알씨

교신저자 E-mail: smhong@kongju.ac.kr

플로우포밍 공정 해석에서 주변형 구간의 설정 및 설정 각도가 미치는 영향

엄재근¹ · 정석환¹ · 전만수[#]

Influence of the size of severely deforming region on the predictions of flow forming process

J. G. Eom, S. H. Chung, M. S. Joun

Abstract

In this paper, a practical approach to finite element analysis of a flow forming process, which needs much computational time in the conventional approach, is presented, based on a rigid-thermoviscoplastic finite element method. The approach defines the deforming region or sector by the input angle and the nodes outside of the deforming region are constrained to decrease total degrees of freedom. A flow forming process found in the literature is solved and the effect of the deforming region on the predictions is revealed.

Key Words : Flow Forming(플로우포밍), Incremental Forming(점진성형), Deforming Region or Sector (변형 구역)

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 사용하는 방법이 일반적이다[1].

그러나 전체의 해석모델에 의존한 공정해석은 계산시간은 물론이고 잦은 요소망재구성에 노출되어 계산 결과의 정확도를 손상시킨다. 그리고 가상의 두 개의 대칭면을 활용한 실용적 해석모델을 사용하는 방법[2]도 제한적으로 플로우포밍 공정 해석에 활용은 가능하다.

이 연구에서는 전체의 해석 모델을 사용하되, 주변형 영역을 설정하여 계산 시간을 줄이는 방법을 제시한다.

위에 양쪽으로 클램핑하여 플레이트를 회전시키고, 롤러는 플레이트의 안쪽 방향으로 병진운동과 회전운동을 동시에 한다.

해석관점에서 이 공정의 특징은 매우 큰 해석 시간이 소요된다는 점이다. 소성변형 영역이 일부 영역에 국한되어 있지만, 회전하면서 소재가 성형되기 때문에 대칭면을 활용한 해석모델도 적합하지 않다.

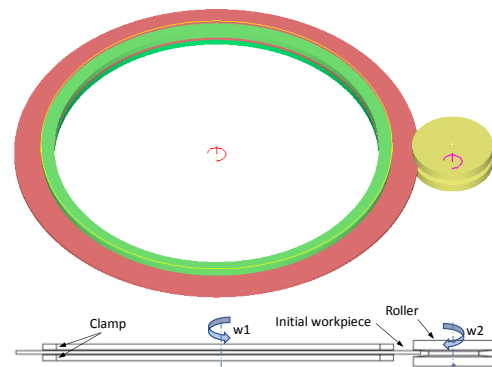


Fig. 1 Flow forming process

2. 해석 모델 및 결과

Fig. 1은 연구대상의 플로우포밍 공정을 개념적으로 나타낸 것이다. 이 공정은 중심 부

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경성대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

따라서 이 연구에서는 전체의 해석모델을 사용하되, 입력 각도로 정의된 주변형 영역 이외의 영역에 속한 절점의 자유도를 구속함으로써 계산 효율을 도모하였다. Fig. 2는 플로우포밍 공정의 근사해석모델을 나타내고 있다. 이 해석모델에서는 입력 각도에 의하여 정의되는 주변형 영역 이외의 절점의 자유도를 구속하는 것이 특징이다.

이 때 주변형 영역의 범위, 즉 입력 각도의 크기에 따라 해석결과가 달라질 수가 있다. 따라서 주변형 영역의 설정, 즉 입력각도가 미치는 영향을 분석하였다. 시험 입력각도는 네 가지로 15°, 30°, 60°, 90° 이다.

주요 공정변수는 다음과 같다.

- 소재 종류: AISI 1035
- 기초 소재의 내경, 외경: 240mm, 300mm
- 기초 소재의 높이: 2.5mm
- 롤러의 회전속도: 200rpm
- 롤러의 이동속도: 1mm/s

사면체요소의 수를 10000개 내외로 구성하였고, 요소망재구성을 위한 밀도조건은 회전체임을 감안하여 토러스 형(torus type) 밀도부과 함수가 적용되었다.

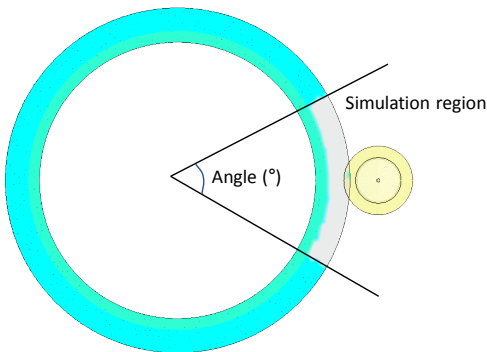


Fig. 2 Analysis model composed of major deforming region and the constrained region

Fig. 3은 해석결과를 나타내고 있다. Table 1에 주변형 영역의 각도에 따른 계산시간 및 해석결과를 비교하였다. 계산 시간 및 해석결과는 360°를 기준으로 하여 최대 변형률의 비율로 하였다.

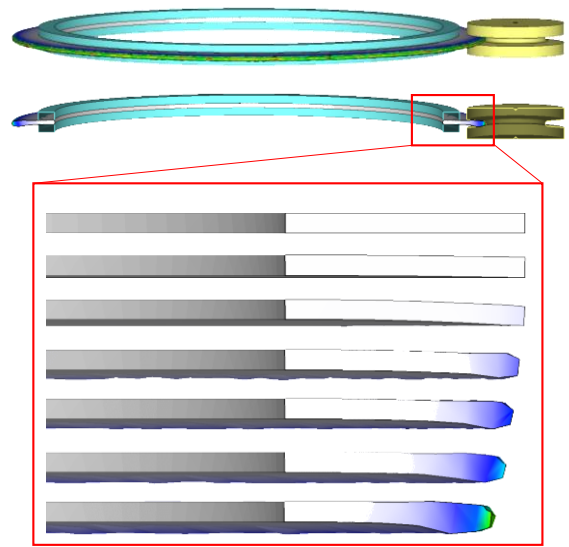


Fig. 3 Predictions of the 60° case

Table 1. Calculation time according to deforming angle

Angle (°)	Calculation time (%)	Results (%)
15	35.8	73.4
30	38.2	89.7
60	46.1	95.9
90	51.1	96.9
360	100.0	100.0

3. 결론

이 연구에서는 플로우포밍 공정 해석 시 계산 시간을 절약하기 위한 실용적인 유한요소 해석 모델을 제안하였다.

이 해석 모델의 특징은 주변형 구간 이외의 영역에 존재하는 절점의 자유도를 구속함으로써 해석결과의 손상을 최소화하고 계산 효율을 극대화한 것이다. 적용 예제를 통하여 결과의 타당성과 그 유용성을 입증하였다.

참고문헌

- [1] C. D. Cho, 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. G. Eom, S. M. Hong, M. S. Joun, 2017, Practical finite element analysis of a flow forming process, KSTP Fall conference, pp. 201~202.

예취날의 판단조 공정 해석 및 검증

방지영¹ · 정승원² · 전만수[#]

Finite element prediction of plate forging process of a combine-harvester knife and its verification

J. Y. Bang, S. W. Jeong, M. S. Joun

Abstract

In this paper, elastoplastic finite element analysis of a plate forging process of combine-harvester knife is conducted to reveal the behaviors of plastic deformation of the global shape as well as of the major deforming region of teeth in the knife edge. The predictions are compared with experiments in terms of plastic deformation of the hole in the less deforming zone to verify the validity of the analysis model for process design improvements.

Key Words : Plate Forging(판단조), Combine-Harvester Knife (컴바인-수확용 날), Elastoplastic FEM(탄소성 유한 요소법)

1. 서론

판단조 공정 기술이 다양하게 응용되고 있다 [1]. 판단조 기술은 일부의 제품군에서 품질과 제조단가 측면에서 유리한 면이 있으며, 최근 선진국을 중심으로 눈부신 발전을 이룩하였다. 판단조는 고급의 후판 소재를 사용하여 후가공을 최소화시킬 수 있다는 점에서 주목되고 있다. 최근 후판에 국부적으로 돌출부가 붙은 제품이나 무게를 줄이는데 유리한 판단조품의 적용이 광범위하게 이루어지고 있다.

이 연구에서는 경험적으로 개발된 컴바인에 사용되는 수확용 상날, 즉 예취상날(Upper knife of combine-harvester)의 판단조 공정에서 발생한 공정 상의 문제의 원인을 규명하기 위하여 탄소성 유한요소법을 이용하여 해석을 수행하며, 그 결과의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 예취날 공정 및 성형 공정해석

Fig. 1은 이 연구의 연구 대상인 자탈형 콤바인용 예취상날이다. 이 제품은 용도상 소재는 고강도 및 고품질을 요구하며, 기초 소재는 판재로부터 블랭킹된 후 판단조 공정에 의

하여 생산된다. 재료는 공구강 SK5이다. 날부의 반대편의 구멍은 블랭킹 공정에서 동시에 성형된 것이다.



Fig. 1 Combine-harvester upper knife to be studied

이 제품의 제조공정에서 문제가 되는 것은 날부의 미충진, 금형의 조기 파손, 구멍의 변형 등을 들 수 있다. 날부의 정밀도 및 금형의 수명과 함께 구멍의 변형이 주 관심사이다. 하부의 구멍은 성형 이전에 원에 가깝다. 이 원의 소성변형은 공정 개발 중에 무시될 가능성이 높다. 그러나 날부의 경사가 소재를 반대편으로 밀기 때문에 절 못된 공정설계에서 구멍이 변형되어 불량으로 연결된다. 이 연구

1. 우성정공㈜

2. ㈜엠에프알씨 기술연구소

교신저자: 경상대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

에서는 결과의 인과 관계의 규명이 명확한 구멍의 변형을 중점적으로 다루고자 한다.

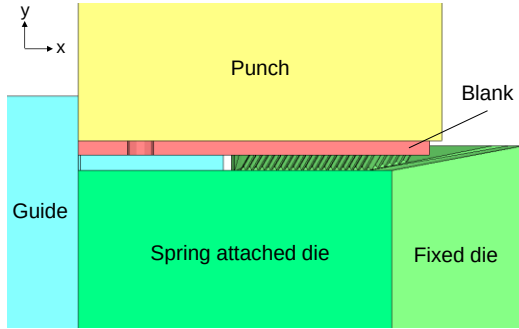
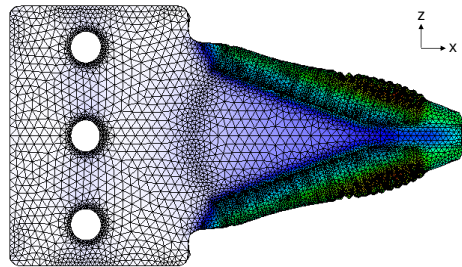


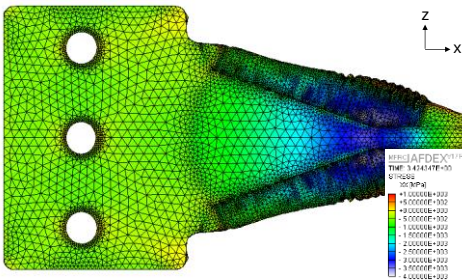
Fig. 2 Schematic drawing of the process to be studied

Fig. 2는 공정을 나타내고 있다. 이 공정은 펀치, 가이드, 패드, 하부의 날부 금형으로 이루어져 있다. 패드는 스프링에 의하여 지지되고 있다.

Fig. 3은 해석결과로 획득된 변형을 및 구멍을 변형시키는 직접적 원인인 σ_{xx} 의 응력 분포를 나타내고 있다. Fig. 3(a)의 변형을 분포에서 보는 바와 같이, 대부분의 변형이 날부에 집중되어 있다. 이것은 판단조의 일반적 특징 중의 하나이다.



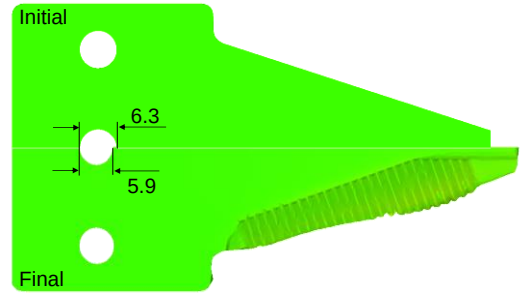
(a) Effective strain



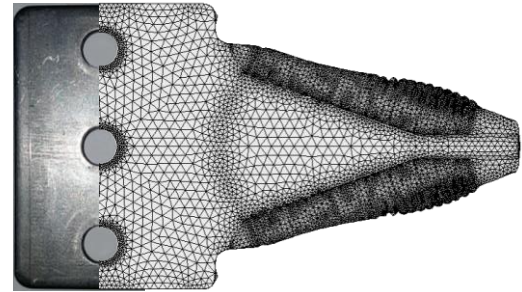
(b) Stress component σ_{xx}

Fig. 3 Finite element predictions

Fig. 3(b)에서 보는 바와 같이 경사진 날부의 형상적 특징으로 인하여 소재가 가이드 방향으로 밀리게 되는데, 이를 저지하는 하중이 소재에 가해진다. 이러한 이유로 비성형부에서 압축변형이 발생하며, 이것이 원형 단면 구멍을 타원으로 변형시키게 된다. Fig. 4는 해석결과와 실험결과를 비교하고 있다.



(a) Predictions with hole deformation



(b) Experiments

Fig. 4 Comparison of predictions with experiments of the elliptical hole

3. 결론

이 논문에서는 컴바인-수확용 날의 판단조 공정을 탄소성 유한요소해석하여, 공정 상의 문제 발생 원인을 분석하였다. 실험결과와 비교를 통하여 결과의 타당성을 검증하였다.

참고문헌

- [1] M. S. Joun, J. K. Eom, W. J. Chung, 2014, Finite element analysis of springback phenomenon and residual stress in plate forging, KSTP Spring Meeting 2014, pp. 182-185.
- [2] J. H. Kim, S. M. Hong, 2015, Process and die design of square cup drawing for wall thickness, J. Kor. Aca. Ind. Coop. Soc., pp. 5789-5794.

성형해석 기술을 이용한 진동 모터 베이스 플레이트의 판단조 프로그레시브 공정의 설계

정규석¹ · 정완진[#]

Process design of Plate forging progressive of Vibration motor base plate using Forming analysis

K. S. JUNG, W. J. CHUNG

Abstract

프로그레시브 공정은 둘 이상의 공정이 순차적으로 진행되면서 성형하는 복합가능 공정으로 가공속도가 향상되어 대량생산에 적합하고 작업능률이 높다. 또한 판단조는 단조기법을 이용하여 판재의 두께를 변화시키는 새로운 하이브리드 공법이고 최근 자동차, 전자산업에 각광을 받고 있는 공법이다. 판단조 프로그레시브 공정은 우리나라를 포함한 많은 선진국의 프레스 산업에서 연구되고 있는 신기술이다.

본 연구에서는 생산한 제품을 체적성형해석에 최적화된 성형 해석프로그램인 AFDEX_V7R00를 이용하여 핸드폰에 사용되는 진동 모터 베이스 플레이트를 해석하고 실제 형상과 비교하였다. 또한 탄소성 해석과 강소성 해석의 최대유효응력과 최대유효변형율을 비교하였다. 소재는 SPCC이다. 해석은 1/4 3D 모델을 사용하였다. 초기의 시편 크기는 성형할 때의 두께증가율을 고려하여 체적 130mm^3 , 두께 1.2mm로 설정하였다. 해석 결과 10번의 포밍과 3번의 리스트라킹을 사용한 총 13단의 공정으로 진동 모터 베이스 플레이트의 성형 가능함을 도출하였다. 형상 정밀도는 실제 제품과 비교했을 때 우수함을 확인하였다. 특히 가장 성형하기 어려운 부분인 제품의 가장 높은 부분의 오차율 2%이내로 실제 제품과 비교했을 때 매우 흡사하다는 것을 도출하였다. 탄소성 해석과 강소성 해석의 최대유효응력과 최대유효변형율의 비교 결과 차이가 있음을 확인하였다. 또한 상부 금형에 작용하는 하중을 비교한 결과 강소성 해석이 탄소성 해석보다 높은 것을 도출하였다.

본 연구를 통해 AFDEX_V17R00를 이용하여 진동 모터 베이스 플레이트를 제작하기 위한 다공정해석이 가능함을 도출하였고 그 결과로 제품의 공정 설계가 가능함을 확인하였다.

Key Word: Simulation(FEM), Progressive process, Plate forging, Rigid-plastic, Elasto-plastic, AFDEX

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

알루미늄 요크 자동다단냉간단조 공정의 비등온해석

김광민¹ · 유재동² · 전만수[#]

Non-isothermal analysis of an aluminum forging process of yoke in room temperature

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

Abstract

Investigation into behaviors of aluminum alloy to be metal formed at the room temperature is conducted. An index is proposed to evaluate the sensitivity of temperature, that is, index of relative normalized temperature rise to steel. An aluminum material found from the literature shows that the index of aluminum to steel is quite high, implying that temperature effect as well as rate-dependence effect on the forming processes of aluminum alloy at the room temperature cannot be neglected.

Key Words : Non-Isothermal Analysis (비등온 해석), Aluminum Alloy (알루미늄 합금), Forging (단조), Room Temperature (상온)

1. 서론

단조 재료의 특성, 특히 변형경화능은 재료의 변형에 매우 큰 영향을 미친다. 뿐만 아니라 유동응력 및 변형률의 크기, 열용량과 열전도계수, 변형률속도 및 열적 경계조건 등은 소재의 온도변화와 직결되며, 이것은 재료의 유동응력 및 재료학적 특성에 영향을 준다. 일반적으로 강의 냉간단조에서 열적 상태변화는 최종적으로 큰 변화를 발생시키는 것으로 간주되어 왔다. 그러나 고강도 재료의 고속성형에서 상승된 국부의 온도는 재료의 국부적 파손의 원인이 될 수 있다는 점이 보고된 바 있다.

알루미늄의 경우, 변형경화가 작고 단류선이 충분히 발전되어 있지 않기 때문에 냉간 성형 중 재료의 거시적 및 미시적 특성 변화가 심한 것으로 알려져 있다. 특히 일부의 알루미늄 합금은 항복강도에 비하여 응점이 냉간단조용 강에 비하여 매우 높고, 온도의 변화에 따른 거시적 거동 특성도 비교적 크게 변한다. 이러한 이유로 알루미늄 합금의 냉간단조 시에 예기치 못한 문제에 봉착하는 경우가 흔하다. 자동다단 냉간단조의 경우, 이 문제는 보다 심각할 수밖에

에 없다. 연속된 고속공정으로 인하여 냉각의 기회가 없기 때문이다. 그러나 이에 관한 실용적 연구가 미흡하다. 유재동 등[1]은 온도변화를 무시한 상태에서 상온에서 실험적으로 획득한 유동응력 정보를 이용하여 요크 자동다단 냉간단조 공정을 해석하였으며, 온도의 상승이 470도에 이르는 다소 현실에 부합되지 않는 결과를 예측하였다. 이것은 이 알루미늄 합금의 유동응력이 온도와 밀접한 관계를 가지고 있음을 암시한다.

이 연구에서는 알루미늄 합금 소재의 온도에 따른 변형 특성을 실험적으로 규명하고 이를 이용하여 요크 자동다단 냉간단조 공정의 비등온 유한요소해석을 실시하고자 한다.

2. 알루미늄 합금의 변형경화 특성과 성형에 미치는 영향

알루미늄 합금 6082-T6의 유동응력을 획득하기 위하여 다양한 온도(25°C, 100°C, 200°C, 300°C)와 다양한 변형률속도(0.10/s, 1.00/s, 5.00/s, 10.0/s, 20.0/s)에 대한 압축실험을 실시하였다. 그 결과의 일부를 Fig. 1에 나타내었다.

1. 경상대학교 기계항공공학부

2. ㈜성진포머

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

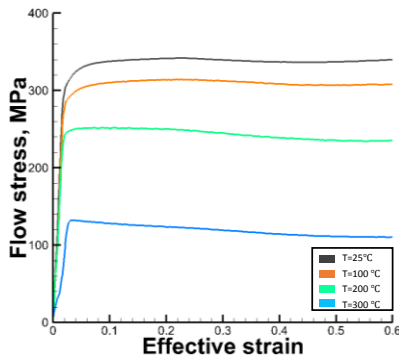


Fig. 1 Flow stresses at the sampled strain-rate of 0.10 /s

이 곡선에서 보는 바와 같이, 유동응력은 상온으로부터 300°C에 이르는 구간의 온도 범위내에서도 비교적 민감하게 변함을 알 수 있다. 선행연구에서 상온에서 압축실험으로 획득한 유동응력(변형률 0.15 직후의 유동응력 413.0 MPa)을 사용하여 이 연구에서 사용된 공정과 동일한 요크의 자동다단 냉간단조 공정을 해석한 결과 470 °C의 최대온도가 예측되었다. 기존연구에서 획득한 변형률 0.15 직후의 유동응력 413.0 MPa 이 Fig. 1의 실험에서 획득한 것에 비하여 약 22% 정도 크다는 점을 고려하더라도, 기존연구에서 실시한 등온해석의 결과는 약 250°C 내외의 온도이다. 이 수치 역시 알루미늄 합금의 낮은 용융온도를 고려할 때 매우 큰 것이다.

Fig. 2는 이 연구에서 규명하고자 하는 요크 자동다단 냉간단조 공정을 나타낸다. 이 공정은 선행연구에서 사용한 것과 동일하다. 선행연구 [1]에서 사용한 동일한 해석조건으로 비등온해석을 실시하였으며, 그 결과중에서 단류선을 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 4에 온도의존 유동응력과 온도비의존 유동응력의 해석결과를 비교하고 있다.

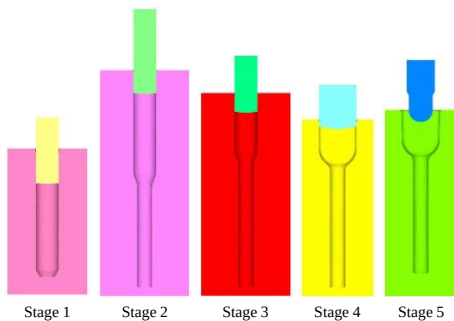


Fig. 2 Process design

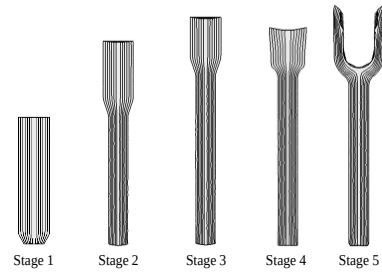
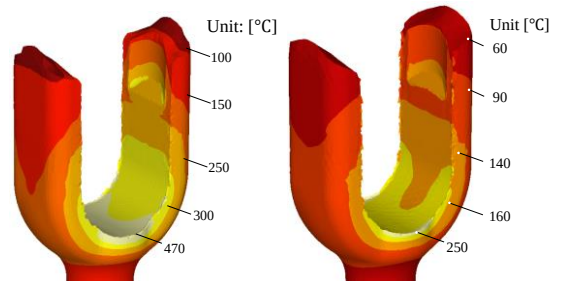


Fig. 3 Metal flow lines



(a) T -independent (b) T -dependent
Fig. 4 Comparison of temperatures

3. 결론

이 논문에서는 알루미늄 합금의 온도에 따른 유동응력 특성을 실험적으로 규명하였으며, 실험적으로 획득한 유동응력을 이용한 해석결과와 온도비의존 가정 하에서의 해석결과를 비교함으로써 알루미늄의 냉간단조 공정해석에서 온도 영향을 필수적으로 고려해야 함을 강조하였다.

후기

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

참고문헌

- [1] J. D. Yoo, H. N. Song, K. M. Kim, T. M. Hwang, M. S. Joun 2018, Discussion on flow stress of aluminum to be cold forged, KSTP spring Meeting 2018, 49-50.
- [2] J. D. Yoo, K. M. Kim, T. M. Hwang, M. S. Joun, 2017, Study on friction in aluminum cold forging, KSTP Fall Meeting 2017, 67-68.
- [3] J. G. Eom, S. K. Kang, J. W. Kim, M. C. Kim, K. H. Park, S. J. Jung, M. C. Lee, M. S. Joun, 2010, finite element analysis of a sequence of high yield compound forming processes for an aluminum lower arm, KSTP Fall Meeting 2010, 242-245.

소성가공 중 피어싱 및 트리밍 공정의 3차원 유한요소해석

장성민¹ · 박영태² · 정승원¹ · 이민철¹ · 전만수[#]

Three-dimensional finite element analysis of piercing and trimming processes in metal forming

S. M. Jang, Y. T. Park, S. W. Jeong, M. C. Lee, M. S. Joun

Abstract

In this paper, three-dimensional elastoplastic or rigid-plastic finite element analyses of a clod shearing process of rod material for automatic multi-stage cold forging process and three-dimensional trimming process are conducted using a new scheme of shearing, piercing and trimming simulation in metal forming, which is based on an appropriate way of element deletion of degraded elements due to accumulated damage coupled with traditional ductile fracture approach. Predictions of the shearing process are compared with experiments in terms of sheared pattern and shape, indicating that the predictions reflect the experiments quite well.

Key Words : Finite Element Analysis(유한요소해석), Shearing Process(전단 공정), Element Degradation Scheme(요소퇴화기법)

1. 서론

소성가공 중 피어싱 및 트리밍, 전단 공정은 필수적이다. 특히 자동다단 냉간 및 열간 단조공정에서 대부분의 소재는 코일 또는 봉재이며, 자동 이송장치에 의하여 공급되므로 소성가공 방식에 의한 전단이 불가피하다. 재료의 전단공정은 필연적으로 재료에 손상을 가하며, 형상의 변화를 초래한다. 피어싱 및 트리밍 공정 역시 재료의 형상 변화와 거친 단면을 야기시킬 수 있다.

전단 현상은 역학적, 기하학적, 재료학적 특성에 영향을 받는다. 해석 관점에서 3차원 전단 공정은 매우 까다로운 문제이며, 해석 기법의 영향을 크게 받는다. 이러한 이유로 실용적 관점에서 전단 공정의 해석 기술의 발전이 여전히 요구되고 있다. 최근 저자의 연구그룹에서 전단 공정의 해석 기법으로 손상도 연계 요소퇴화 기법과 소재 제거 기법에 근거한 실용적 방법이 제안되었다.

이 논문에서는 연성파괴 이론과 연계하여 요소퇴화기법(Element degradation scheme)을 적용한 후 전단파단 영역이 형성된 시점에서 소재 제거기법을 적용한 3 차원 전단공정, 피어싱 공정, 트리밍 공정의 해석 기법을 사용하여 전단 및 트리밍 공정 해석을 실시하며, 실험결과와의 비교를 통하여 그 타당성을 검증한다[1].

2. 전단공정, 피어싱 및 트리밍 공정의 해석

Fig. 1은 첫번째 적용 예제인 봉재의 전단공정을 나타내며, 자동다단 냉간단조 중 소재의 절단공정이다. 주요 공정변수는 두 칼날 사이의 간격이며, 실험 및 해석에 사용된 간격의 크기는 0.5mm이다.

소재의 유동응력은 AFDEX의 고유 소재모델인 $\bar{\sigma} = K(\bar{\epsilon})\bar{\epsilon}^n$ 으로 가정하였으며, 마찰계수로 0.05가 사용되었다. 손상도 추적에 따른 연화 현상을 반영하기 위하여 손상연화함수를 사용하였다.

1. ㈜엠에프알씨 기술연구소

2. 조은공업㈜

교신저자: 경성대학교, E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

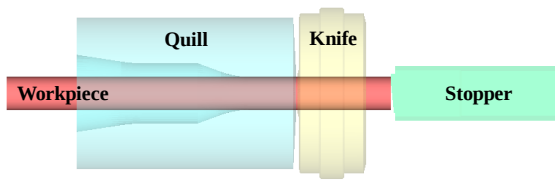
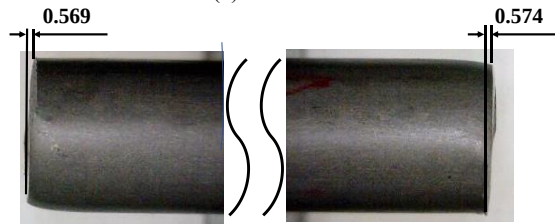


Fig. 1 Shearing process to be studied



(a)Predictions



(b)Experiments

Fig. 2 Comparison of predictions with experiments

탄소성 유한요소법을 적용하여 획득한 해석 결과와 실험결과를 각각 Fig. 2(a)와 Fig. 2(b)에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 해석결과와 실험결과와 정성적으로 잘 일치하고 있다. 단면의 기울기를 결정하는 상하단의 축방향 좌표는 차이가 무시 가능하다. 따라서 정량적으로도 유의미한 결과를 확인할 수 있다.

여기서 강조할 점은 전단해석 결과로 획득된 단면은 매우 거친 특징이 있지만, 이 연구에서 적용한 기법에서는 거친 형상의 국부적 순화가 적용되었기 때문에 별다른 요소 개선 작업을 거치지 않고 연속된 단조 공정의 해석에 투입이 될 수 있다는 점이다.

전술한 전단공정에서 파단은 순간적으로 발생하기 때문에 전단면이 충분히 형성되기 이전에는 손상도의 누적에 따른 연화를 반영하였다. 손상도 및 변형률속도 또는 소재의 속도 정보를 이용하여 소재를 해석결과에 근거하여 순차적으로 두 부분으로 분리하고 분리된 면은 국부적으로 표면 평탄화를 거쳤다.

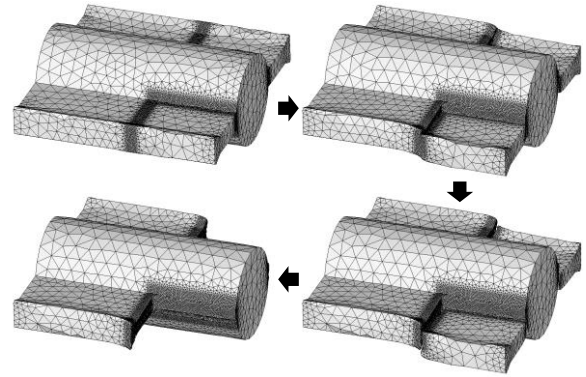


Fig. 3 Prediction of a trimming process

한편, Fig. 3은 전단이 순차적으로 발생하는 것으로 간주한 상태에서 획득된 트리밍 공정의 해석결과를 나타내고 있다. 사용자에게 지정된 일정 지점 또는 일정 손상도에 이르면, 손상된 요소가 순차적으로 제거된다. 이 때, 단면의 품질을 고려하여 손상된 요소의 제거 여부를 순차적으로 결정하며, 최종적으로 단면에서 변형률속도가 0으로 떨어지는 순간, 분리된 불필요한 소재를 제거한다.

3. 결론

이 논문에서는 냉간단조 중 전단공정과 트리밍 공정에 관한 3차원 유한요소해석을 실시하였으며, 자동다단냉간단조 공정의 실험결과와의 비교를 통하여 결과의 타당성을 정성적으로 검증하였다.

적용 예제를 통하여 유한요소해석에서 난제로 남아 있는 전단, 피어싱/트리밍 해석의 실용성이 입증되었다.

후기

이 연구는 산업통상자원부의 경량소재 국가전략프로젝트 산업기술혁신사업 (과제번호: 10081334)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] M. C. Kim, W. J. Chung, J. H. Kim, M. S. Joun, 2014, Finite element analysis of a deep piercing process, KSTP Spring Meeting, pp. 186-189.

진동 부과 중공 축방향 성형 공정에서 진동 부과의 효과에 관한 고찰

변종복¹, 전만수[#]

Effect of vibration induced by an oscillatory splining die in recursive axial forming of splined end of a hollow stepped bar

J. B. Byun, M. S. Joun

Abstract

In this paper, elastoplastic finite element analysis of a spline forming process by an oscillatory die to reveal its characteristics in terms of deformed shape. The predictions are compared with those obtained by elastoplastic finite element method with constant velocity die, revealing that local plastic deformation in the early contact at each striking stroke causes the greater spline teeth height and lower forming load, which can be predicted only by the elastoplastic finite element method with oscillatory die.

Key Words : Vibration(진동), Spline(스플라인), Elastoplastic FEM(탄소성 유한요소법)

1. 서론

진동 부과 축방향 성형공정이 중공 축의 스플라인 성형 목적으로 사용되고 있다[1]. P. Grupp [1]에 의하면, 축방향 성형공정에서 진동 부과는 축방향 성형 공정에서 성형하중 감소를 초래하는 것으로 보고하였다. 그 원인을 상세하게 밝히지는 않았지만, 역학적 현상과 함께 진동 부과에 따른 마찰의 저감의 영향이라고 주장하였다.

J. C. Hung [2]등은 마찰의 감소를 무시한 상태에서 중공 축의 끝에 스플라인을 성형하는 공정에서 진동 부과에 따라 약 13%의 하중 감소가 발생하며, 그 역학적 배경을 밝힌 바 있다. 그러나 진동 부과에 따라 금형 응력의 최대치가 다소 증가하여 금형 수명에는 유리하지 않음을 밝혔다. 이것은 실제의 현장에서 경험하고 있는 현상과도 같은 결과이다.

이 연구에서는 두께가 작은 중공 축의 끝에 가해지는 하중의 감소가 공정 전체에 미치는 영향을 분석함으로써 진동 부과의 효과를 정량적

으로 밝히고자 한다.

2. 축방향 성형공정에서 진동 부과 효과

Fig. 1은 연구 대상인 중공 축의 축방향 성형 해석 결과를 나타낸다[1]. Fig. 2는 선형연구에서 밝힌 축방향 성형공정에서 진동 부과의 영향을 나타내고 있다. Fig. 2(a)에서 보는 바와 같이, 진동 부과는 하중의 저감을 발생시키는 반면, Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 금형의 성형하중을 증가시켜 금형 수명을 감소시키고 있다.

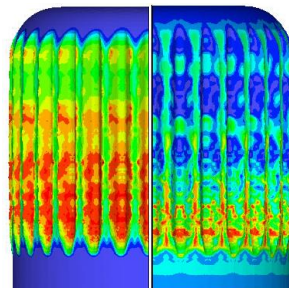
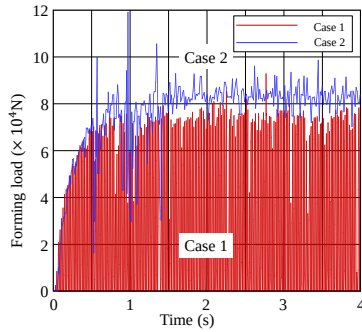


Fig. 1 Predictions of an axial forming process to be studied

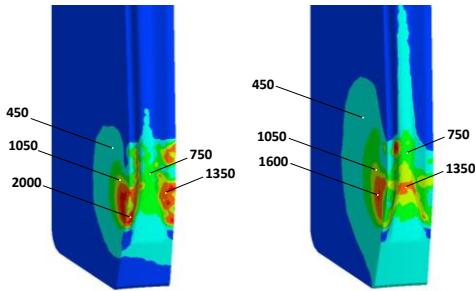
1. 경상대학교 기계항공공학부

교신저자: 경상대학교 기계항공공학부

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr



(a) Forming load



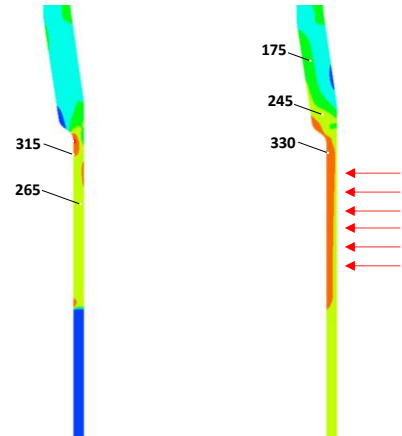
(b) Die stress

Fig. 2 Effect of oscillatory motion of punch in axial forming of spline

Fig. 3(a)에서 보는 바와 같이 그림을 고려하지 않은 상태에서 소재에 작용하는 응력을 해석한 결과, 비록 중공축의 벽 두께가 작아도 불구하고 응력이 항복강도 이하에 머무르고 있다. 그러나 만약 중공 축이 긴 경우, 구조적 안정성을 위하여 중간에서 소재를 잡아 주어야 한다. 이 영향을 정교하게 고려하기 위하여 2차원 탄소성 유한요소해석을 실시하였다.

동일한 조건 하에서 2개의 다른 경계조건을 사용하여 해석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 3(b)와 Fig. 3(c)에 나타내었다. Fig. 3(b)에서 그림에 의하여 축의 원주 방향으로 0.02 mm 변위를 가하였다. 그 결과, 최대 유효응력이 338 MPa에 도달하였으며, 이것은 항복강도에 매우 가까운 것으로 공정의 비대칭성이 중공축의 국부적 소성변형을 야기시키게 된다. 따라서 이 경우 15% 내외의 하중 감소로도 성형 중 국부 소성가공 발생에 따른 불량률의 발생을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 진동 부과에 따른 금형 수명의 감소는 금형 소재 및 강도 설계의 최적화를 통하여 개선될 수 있다면, 진동 부과 축방향 성형공정은 이 적용 예제에서는 유용하다

고 사료된다.



(a) No clumper case (b) Clumper case

Fig. 3 Effect of oscillatory motion on the effective stresses

3. 결론

이 논문에서는 진동이 부과된 펀치에 의한 스플라인 제조 공정을 탄소성 유한요소법을 이용하여 해석하였으며, 펀치에 부과된 진동의 효과를 정량적으로 밝혔다. 벽의 두께가 작아 구조적으로 취약한 중공축에 스프라인을 성형하기 위한 공정에서 소재고정 장치에 의한 초기응력과 성형하중에 의해 가해진 응력이 중첩되어 증가한 유효응력은 제품의 국부 소성가공으로 연결될 수 있다. 따라서 이러한 경우에는 10-20%의 성형하중 감소가 불량률의 감소에 매우 큰 효과가 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] P. Grupp, 2012, Lightweight design innovations in the passenger car gear production, Proc. 45th Plenary Meeting (ICFG 2012), Nagoya Japan, 9-12.
- [2] J. C. Hung, Y. C. Tsai, C. Hung, 2007, Friction effect of ultrasonic-vibration on upsetting, Ultrasonic 46, 277.
- [3] C. M. Suh, G. H. Song, M. S. Suh, Y. S. Pyoun, 2007, Fatigue and mechanical characteristics of nano-structured tool steel by ultrasonic cold forging technology, Mat. Sci. Eng. A, 443, 101-106.

4. 특 별 세 셴

타이타늄 응용기술
(제 2 발표회장)

압출용 타이타늄 빌렛 제조기술 및 스크랩의 활용

이형욱¹

Manufacturing technique of Titanium billet for extrusion and application for a scrap

H. W. Lee

Abstract

비중이 철의 3/5수준으로 비강도가 우수하고 고내식성을 갖는 타이타늄은 발전산업, 생체재료 및 항공 우주산업에서 각광받고 있는 소재로서 그 사용이 점차적으로 증가하고 있는 추세이다. 타이타늄 제품은 CNC가공, 압출, 단조 등의 공정으로 제조되고 있는 상황이며, 본 연구에서는 압출공정에서 사용되는 타이타늄 빌렛을 진공유도용해방식을 이용한 중력주조법과 원심주조법으로 제조하였으며, 그 차이를 명확히 분석하고자 하였다. 또한, 타이타늄 잉곳을 빌렛으로 가공할 때 발생하는 스크랩을 강제산화하여 자외선 조사에 따른 공기정화에 활용할 수 있는 방법에 관해서도 연구하여 그 결과를 도출하였다.

Key Words : VIM, Extrusion, Titanium Billet, Titanium scrap



1. (주)피디텍, 소장

주조방식에 따른 타이타늄 중공빌렛주조재의 기계적 특성 분석

윤창석¹ · 이용재¹ · 이형욱² · 이동근[#]

Analysis of Mechanical Properties of Titanium Hollow Billet Castings by Casting Method

C. S. Youn, Y. J. Lee, H. W. Lee, D. G. Lee

Abstract

내부식성과 내열성이 우수하고, 낮은 탄성계수와 높은 비강도 등의 두드러진 특성으로 인해 타이타늄 소재는 해수담수화, 해양 플랜트 등 주력 산업용 핵심소재로 사용 중이며, 그 외의 다양한 분야에서 사용되고 있다. 상대적으로 저렴한 용접관이 플랜트 시장 대부분을 차지하지만 용접부에서 내식성이 가장 큰 문제가 된다. 그에 따라 고가임에도 불구하고 심리스튜브의 수요가 증가하는 추세이다. 기존의 튜브 제조 공정에서는 중간의 여러 가공으로 소재손실이 발생하게 되는데 이를 보완하고자 테이퍼 가공, 확관 공정 등을 생략하여 재료회수율을 극대화할 수 있는 기술이 부각되고 있다. 본 연구에서는 순수 타이타늄 소재를 이용하여 압출공정을 통해 심리스튜브를 제조하기 위한 타이타늄 중공빌렛주조재를 진공 유도용해와 원심주조를 이용하여 제조하였다. 각각의 제조 방법에 따른 상온 기계적 특성과 미세조직학적 특징을 평가하였고 상관관계 분석을 통해 요구되는 성능을 확보할 수 있는 효율적인 무계목관 제조공정을 위한 기초 기술을 습득하였다.

Key Words : Titanium, Hollow billet, Centrifugal casting

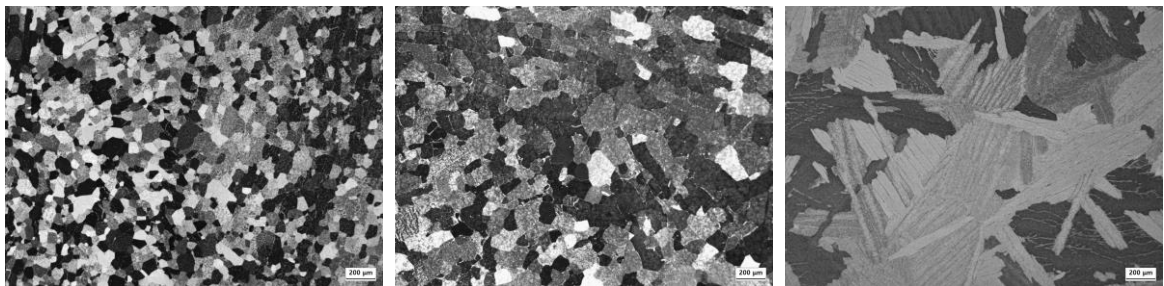


Figure 1. Microstructure of titanium hollow billet castings

1. 순천대학교 신소재공학과

2. (주)피디텍

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

무결함 타이타늄 튜브 압출을 위한 중공빌렛 예열기술 연구

신영철^{1#} · 정대관¹ · 최호준¹ · 임성주¹ · 배성환² · 오상호²

A study on Preheating Technology of Titanium Hollow Billet for Seamless Tube Extrusion without Surface Defects.

Y. C. Shin, D. K. Joung, H. J. Choi, S. J. Lim, S. H. Bae, S. H. Oh

Abstract

Extrusion is a typical manufacturing process of titanium seamless tubes. Unlike typical extrusion processes, seamless tube is extruded using hollow billets and a double action controlled mandrel in extrusion press. Because high material loss occurs when solid billets are processed into the hollow billets by drilling, we are researching a system that minimizes titanium material loss in the tube extrusion process by using the hollow billets which are manufactured by centrifugal casting. In this study, we propose a technology to prevent scratches on the billet surface during pre-heating and transfer process of hollow billets for the purpose of improving the surface quality of extruded titanium tube. In the existing horizontal moving type billet induction heater, in general, some contacts are occurred between billet surface and rod shape rails during the billet move inside the heater by the force of pneumatic cylinder. When titanium billets are preheated to over 800℃, a large amount of oxide scales are inevitably occurred on the surfaces of titanium billets. Furthermore, scratches are generated on the billet surface due to line contact with rails during billet pull out of the induction heater. If the titanium extrusion was conducted by cone-shape extrusion dies, the scratch is likely to remain on the extruded tube surface by material flow. In order to prevent scratches on the billet surface during billet transfer process, until now, vertical type induction heater or low friction coated rails have been applied. However, in this study, new billet transfer system is proposed which uses the center hole of a hollow billet to transfer billets into the induction heater and pull out it outward without line contact with the transfer rails. Through the proposed billets transfer system, it is expected that the surface quality of the titanium seamless tube can be improved and the damage of extrusion dies caused by the scratches of the billet surface can be reduced.

Key Words : Titanium Seamless Tube, Hollow Billet, Scratch, Induction Heater, Billet Transfer System

1. 한국생산기술연구원

2. ㈜선우엔지니어링

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

유한요소해석을 이용한 심리스 타이타늄 압출 다이 최적화 연구

유광재¹ · 최병진¹ · 강성훈² · 오영석³ · 이호원[#]

Optimization of extrusion dies design for seamless titanium tube using finite element analysis

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

Abstract

본 연구에서는 유한요소해석을 통해 심리스 타이타늄 압출 공정을 연구하여 압출 다이의 공정 변수를 설계하고자 한다. 압출 중 공정 변수의 영향을 조사하기 위해 FORGE 프로그램을 사용하여 탄소성 성형 해석을 수행하였다. 성형해석에서 사용된 소재의 유동 응력은 다양한 온도와 변형률속도를 기준으로 고온 압축 시험을 통해 얻어졌다. 압출 공정 중 다이의 수명 분석을 위하여 탄성 구조해석을 수행하였다. 해석의 결과로 금형에 가해지는 응력을 분석하여 압출 다이의 수명을 극대화 시키기 위한 최적의 설계를 연구하였다.

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

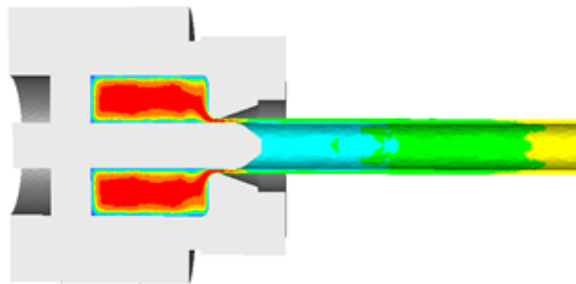


Fig. 1 The image of titanium seamless tube extrusion process conducted by finite element method(FEM)

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소, 연구원

2. 한국기계연구원 부설 재료연구소, 책임연구원

3. 한국기계연구원 부설 재료연구소, 선임연구원

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

글래스 패드를 적용한 압출공정의 유한요소해석

송영남¹ · 강성훈² · 이호원² · 윤종현^{3,#}

Finite element analysis of extrusion process with glass pad

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

Abstract

고강도 합금의 열간 압출공정에서 압출재의 표면에 지속적으로 유리 윤활제를 도포하여 다이와 압출재 사이의 마찰력을 줄여 압출하중을 낮추고 제품의 표면성능을 향상시키기 위하여, 압출 전에 압출금형과 빌렛 사이에 고상의 유리 패드를 위치시킨다. 열간 압출이 진행되는 상황에서 압출재의 표면에 지속적으로 유리 윤활제를 도포를 해주면서 다이 각도를 결정짓는 중요한 요소이기 때문에, 유리 패드는 압출이 완료되기까지 압출금형 내 잔류하기 위해서 충분한 두께가 확보되어야 한다. 본 논문에서는 유리패드를 적용한 열간 압출상황에서 시간에 따른 유리 패드의 소모량을 평가하기 위하여, 유리 패드와 빌렛이 동시에 압출되는 유한요소해석 모델을 개발하였으며, 유리 패드의 열·기계적 성질에 따라서 손실되는 양을 확인하였다.

Key Words : 열간 압출공정, 유리 패드

후기: 본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 산업소재핵심기술개발사업(no.N10063269)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. 한국기계연구원 부설 재료연구소

3. 한양대학교 ERICA 기계공학과

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

Selective laser melted Ti-6Al-4V 합금의 미세조직, 상-고온 압축 및 크립 변형 거동

이기안^{1*}, 김영균², 박순홍³, 양상선⁴

Microstructure, room- and high-temperature compression and creep deformation behavior of selective laser melted Ti-6Al-4V

K. A. Lee^{1*}, Y. K. Kim², S. H. Park³, S. S. Yang⁴

Abstract

Metal additive manufacturing 기술은 금속 분말을 도포 후 선택적인 영역을 용융시키는 방식(powder bed fusion, PBF)과 분말 및 레이저를 동시에 조사하는 방식(direct energy deposition, DED)으로 구분되고 있다. 이번 연구에서는 PBF 방식 중 하나인 selective laser melting(SLM) 공정을 이용하여 Ti-6Al-4V 합금 소재를 제조하고 이에 대한 미세조직 및 상-고온 압축, 충격 특성, 고온 크립 변형 거동에 대하여 조사하였다. 이와 함께 열처리에 따른 기계적 물성 및 미세조직의 변화에 대하여 알아보았다. 초기 미세조직 관찰 결과, as-fabricated의 경우 fully α' -martensite 조직이, stress relieved의 경우 α' 와 함께 α , β 조직이, heat-treated(above β -transus)의 경우 widmanstatten 조직이 관찰되었다. 압축 시험 결과, SLMed Ti-6Al-4V 합금은 매우 뛰어난 기계적 특성을 보였으며 특정 온도 이상에서부터는 유사한 변형 거동을 나타냈다. 또한, 고온 크립의 경우 martensite 조직에 비해 widmanstatten 조직이 동일 응력 범위에서 상대적으로 느린 크립 속도를 나타냄으로써 가공없이 열처리 만을 이용하여 크립 특성을 개선할 수 있는 것으로 확인되었다. 상기 결과들을 토대로 SLMed Ti-6Al-4V 합금의 미세조직과 상, 고온 기계적 물성의 상관 관계를 알아보고 향후 additive manufactured 소재의 연구 방향에 대해 토의하고자 하였다. [본 연구는 재료연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.]

Keywords : Selective laser melting, Ti-6Al-4V, microstructure, compression, creep

1.인하대학교 신소재공학과, 교수

2.인하대학교 신소재공학과, 학생

3.포항산업과학연구원, 책임연구원

4.한국기계연구원 부설 재료연구소, 책임연구원

* 교신저자: 인하대학교 신소재공학과, 교수, keeahn@inha.ac.kr

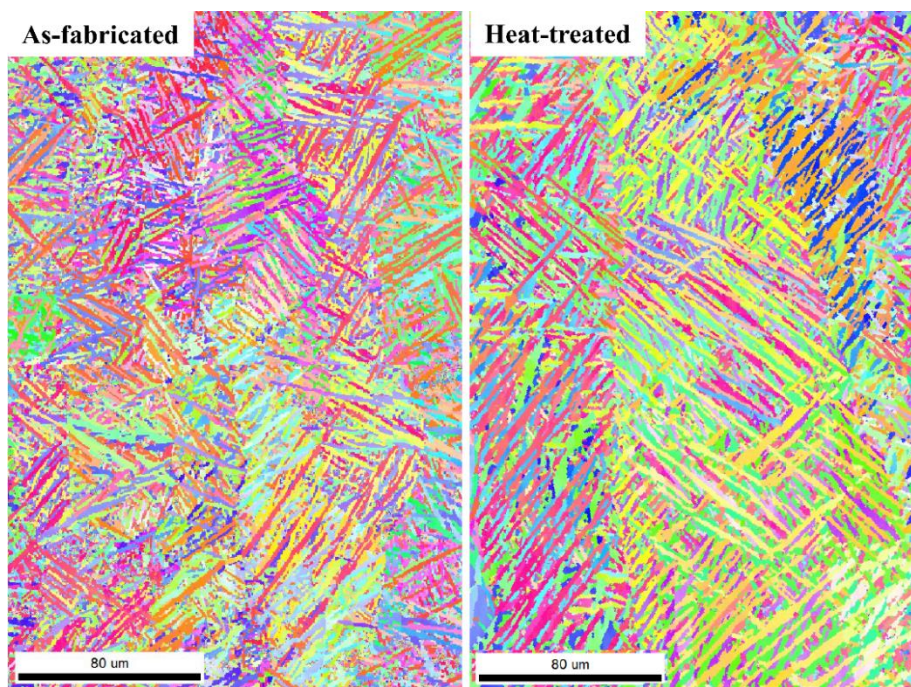


Fig. 1 Initial microstructure of selective laser melted Ti-6Al-4V

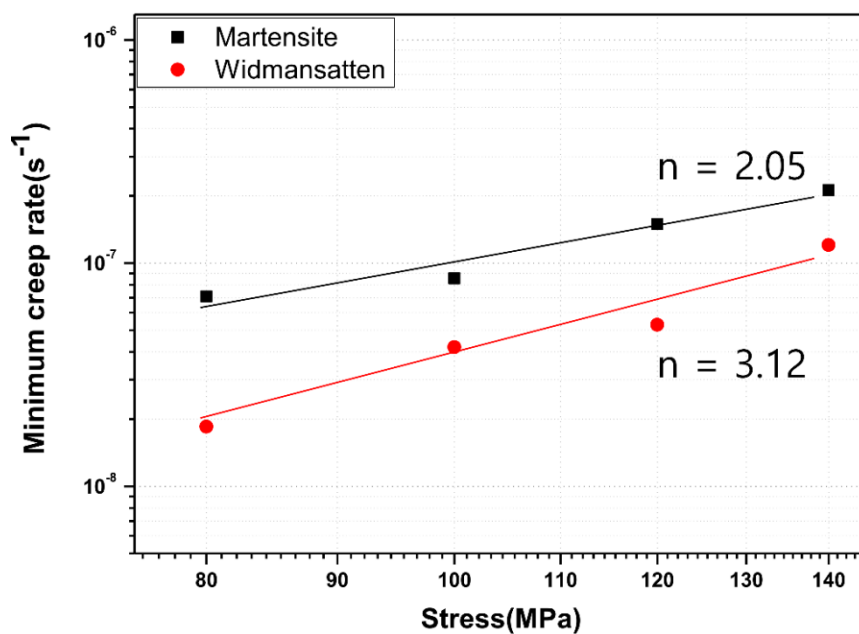


Fig. 2 Stress dependences of the minimum creep rate of the as-fabricated and heat-treated specimens.

외경 100 mm 이하급 타이타늄 무게목관 제조를 위한 압출공정 연구

배성환 · 최선목 · 오상호[#]

A study on extrusion process for manufacturing of titanium seamless tube below 100 mm outer diameter

S. H. Bae, S. M. Choi, S. H. Oh

Abstract

Titanium (Ti) alloys have received much attention to date for their high specific strength, corrosion and erosion resistance. Ti seamless tube has depended entirely on imports. The reason for this is that, at the level of domestic technology, it is possible to manufacture only a welded pipe by welding a plate. This study focuses on development of seamless tube production process by reducing process steps and improving the quality of tubes. The reduced process could replace on extrusion process by a designed simple double-acting system which can be driven dependently the main cylinder and mandrel, instead of rolling, hole/taper process, pre-heating and tube expanding. The outer diameter size of tube is produced to 80 mm by a extrusion dies and its wall thickness is controlled to 5 mm by a mandrel in the extrusion process. The maximum size of the surface profile, length and its wall thickness for seamless tube was 80/2500/5 mm, respectively. And an error tolerance of outer diameter is ± 0.2 mm. In the extrusion process, the significant parameters such as entrance angle of dies, billet temperature and ram velocity are investigated and considered. The aim of this study is to localize the manufacturing technology of Ti seamless tube and provides a foundation for manufacturing the seamless tube

Key Words : Titanium alloy, Grade 2, Seamless tube, Extrusion process, Double-acting cylinder

1. 서론

타이타늄 합금은 우수한 비강도, 고내부식성 등의 특성으로 무게목관 형태로 제작하여 해양담수화 설비, 방산분야에 널리 사용되고 있지만 국내 기술력 부족으로 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 본 연구에서는 타이타늄 무게목관의 공정기술을 개발하여 기술의 국산화를 도모하고 나아가 제조기술의 기초자료로 제공하는데 목적이 있다.

2. 고찰

본 연구에서는 타이타늄 무게목관을 생산

하기 위한 공정기술 개발을 확립하고자 한다. 개발된 공정은 기존의 공정기술을 크게 단축시킨 원심주조, 압출, 인발, 직진화교정 이렇게 4단계로 진행되며, 여기서는 압출 공정 기술에 대해 논의하고자 한다. 원심주조에 의하여 제작된 중공 빌렛 150 mm, 길이 300 mm를 압출 공정을 수행하여 외경 80 mm, 두께 5 mm, 길이 2,500 mm를 갖는 무게관을 제작하였다. 이로써 100 mm 이하급 타이타늄 무게관 제조 기술을 확립하고 기존 공정 대비 소재 손실량을 최소로 하여 제조 원천 기술로 적용될 것으로 기대된다.

1. ㈜선우엔지니어링, 선임연구원

㈜선우엔지니어링, 소장, sunwoornd@hanmail.net

X-ray line profile을 이용한 CP 타이타늄의 온간 변형 분석

김명훈¹ · 손현우² · 이지운³ · 김상욱² · 이경서¹ · 정택균³ · 현승균[#]

Warm deformation of cp titanium using X-ray line profile analysis

M. H. Kim, H. W. Son, J. W. Lee, S. W. Kim, G. S. Lee, T. K. Jung, S. K. Hyun

Abstract

In this study, warm deformation characteristics of cp titanium were investigated by torsion test and x-ray line profile analysis. The torsion test was conducted at 473 – 673K and deformation behavior was determined by x-ray diffraction. The flow stress obtained by the torsion test was increased with decreasing temperature and flow strain showed the opposite tendency. Slip activity of $\langle a \rangle$ and $\langle c+a \rangle$ dislocations and twin frequency were calculated by the eCMWP method and the microstructure and texture were analyzed by EBSD.

Key Words : X-ray line profile analysis, cp titanium, warm deformation, deformation twin

1. 서론

최근 대두하고 있는 에너지 저감의 요구와 환경문제로 인해 높은 비강도 특성을 갖는 타이타늄 및 그 합금에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이들의 부품 및 제품의 가공기술에 대한 수요도 증가하고 있다. 이에 따라 X선 회절을 이용한 line profile 분석법은 재료의 가공성을 평가하는 지표로서 이용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 eCMWP 법을 이용하여 X-ray line profile을 육방정계에 적용함으로써 cp 타이타늄의 온간 변형 거동을 파악하고자 하였다.

2. 실험방법

CP 타이타늄 주조재를 473 – 673K의 온도조건과 $0.1 - 10s^{-1}$ 의 변형 속도조건에서 비틀림 시험을 진행하였다. 비틀림 시험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 유동곡선을 도출하였으며 각 변형 조건에서의 시편을 150°까지 XRD 분석을 실시하고 이를 eCMWP분석법을 적용하여 슬립 활동도와 쌍정분율을 계산하고 미세조직을 분석하여 이를 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

각각의 변형 조건에서 극대응력과 변형률은 온도가 감소할수록 경향을 보였으며, 변형 온도가 증가할수록 전체적인 전위밀도가 감소하였고 $\langle a \rangle$ 전위성분의 감소 및 $\langle c+a \rangle$ 전위 성분의 증가를 나타내었다. 또한 쌍정분율은 변형온도가 증가할수록 전체적으로는 감소하였으나 (10-11) 쌍정분율은 증가하는 경향을 보였다.

1. 인하대학교, 석사과정

2. 인하대학교, 박사과정

3. 인하대학교, 연구교수

인하대학교, 교수, skhyun@inha.ac.kr

4. 결론

비틀림 시험 및 X선 line profile 분석법을 이용하여 CP 타이타늄의 온간변형을 분석하였다. 변형온도의 증가는 전체적인 전위밀도 및 쌍정분율의 감소를 가져오나 <c+a> 전위 및 (10-11) 쌍정의 분율을 증가시키는데 이와 같은 변화가 집합조직의 강도약화를 가져옴으로써 높은 변형률을 수용할 수 있음을 확인하였다.

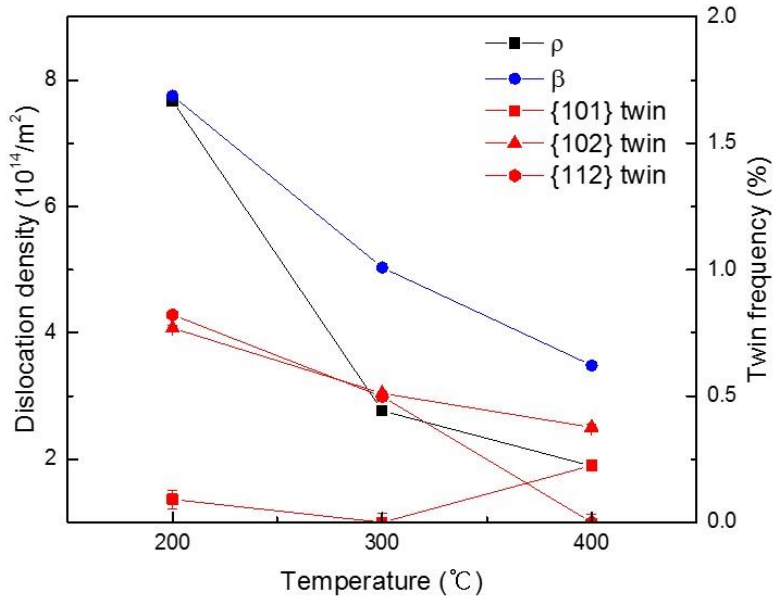


Figure1. The twin frequency and the dislocation density of cp titanium as a function of temperature at strain 1

참고문헌

Balogh, Levente, Géza Tichy, and Tamás Ungár, Journal of Applied Crystallography, 2009, 42.4: 580-591

Ungár, T, Scripta Materialia, 2004, 51.8: 777-781

Linear evaporation source chamber(Ti grade 2) 제작 개선을 위한 진공접합 공정 연구

박현준^{1,4}, 이성환², 유인석³, 김상섭⁴, 문경일[#]

Brazing Process for The Production of Linear Evaporation Source Chamber(Ti grade 2)

H. J. Park, S. H. Lee, I. S. Yoo, S. S. Kim, K. I. Moon

Abstract

반도체 공정에 사용되는 Linear evaporation source chamber는 OLED 증착공정에 핵심 부품으로 티타늄, graphite 등의 내식성, 내화학성이 우수한 소재를 사용한다. 특히 공정특성상 빠르게 이동할 수 있도록 경량화하기 위해 티타늄 소재의 쓰임이 확대되고 있는 상황이다. 기존의 Linear evaporation source chamber는 티타늄 소재를 가공하여 형상화하거나 티타늄 판을 용접하여 사용하여 왔지만 높은 가공비와 공정시간으로 인해 높은 생산단가가 발생하는 단점을 지니고 있다.

본 연구에서는 티타늄 판과 접합체의 반응성을 높이기 위해 티타늄 판 표면의 젖음성을 향상시키는 전처리 공정연구와 접합체에 따라 기존 사용되는 티타늄 접합체의 공정온도보다 낮은 온도에서 접합이 가능한 연구를 진행하고자 하였다. 전처리 공정은 약산, 약산 + UV(Ultra Violet), 약산 + 염기성 용액에서 처리를 통해 water-drop 방식에서의 접촉각이 현저히 저하되는 것을 확인하였다. 그리고 기존 TiCuNi 접합체를 비롯한 ZrTiNiCu 등의 접합체를 이용하여 기존 공정온도보다 약 100℃ 이상 낮은 온도에서 접합이 가능한 공정을 개발하였다. 접합특성을 확인하기 위해 인장시험과 접합조직 분석을 진행하였다.

Key Words : English Key Word: Times New Roman 9pt (한글 바탕체9pt), Ti grade 2, Linear evaporation source chamber, Brazing , Surface pre-treatment

1. 서론

Ti grade 2 소재는 항공부품 뿐만 아니라 가볍고 우수한 내화학성 특성을 요구하는 OLED 증착 공정에 사용되는 Linear evaporation source chamber 등 다양한 분야에 널리 사용되어 지고 있다. 특히 OLED 증착 공정에서는 고진공하에서 유독한 화학물질을 대면적의 OLED 패널에 빠르게 증착해야 되는 특성을 요함에 따라, 가볍고 우수한 내화학성과 밀폐성을 지니고 있어야 한다.

기존 Linear evaporation source chamber 제작을 위해서는 graphite 소재가 널리 사용되었지만 제작의 어려움이 있어서 Ti 소재의 사용이 확대되고 있는 실정이다. 하지만 주로 Ti 소재를 가공하여 사용함에 따라 생산성이 저하되고 생산단가가 높아지는 단점을 지니고 있다.

그에 따라, 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 티타늄 판을 접합하여 생산성 향상 및 생산단가를 낮추고자 하였다. 이를 위해 티타늄 판과 접합체의 젖음성을 향상시키기 위해 전처리 공정연구와 접합체에 따른 접합 특성을 비교하였다. 전처리 공정은 젖음성 향상을 위한

1. 한국생산기술연구원
2. 새한진공열처리㈜
3. ㈜엠이아이
4. 인하대학교

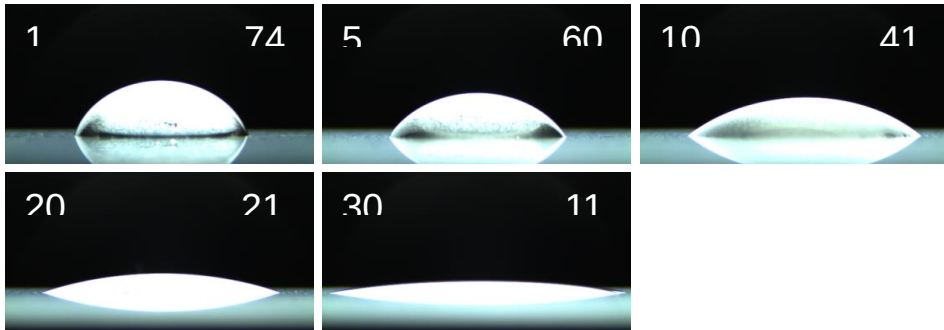
산처리, UV처리 및 염기성처리를 진행하여 접촉각 특성을 분석하였다. 그리고 접합제 특성 확인을 위해 상용화된 TiCuNi를 비롯한 ZrTiNiCu 등의 접합제를 이용하여 공정온도에 따른 특성을 확인하였다.

2. 실험방법

전처리에 따른 접촉각 변화를 확인하기 위해 200ml의 증류수에 불산 1ml를 혼합하여 약산용액을 만들고 약산, 약산 + UV(Ultra Violet), 약산 + 염기성 용액처리 시간에 따라 접촉각 및 조직 변화를 확인하였다. 또한 3가지 Ti 접합제를 사용하여 접합온도 750~940℃ 에서 1시간 접합하여 접합단면조직 및 경도, 인장강도 등을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

전처리를 하기 전 약 80° 의 접촉각을 지니는 Ti 모재는 전처리시간에 따라 접촉각이 약 10°로 초친수성을 가지는 것을 확인하였다.



접합제에 따른 접합결과에서는 ZrTiNiCu 접합제를 이용하여 기존 TiCuNi 접합제보다 낮은 온도에서 접합특성이 우수한 결과를 확인하였다.

4. 결론

Ti 모재는 친수성을 지니고 있는데, 표면개질을 통해 초친수성의 특성을 보이는 것을 확인하였다. 또한 ZrTiCuNi 접합제가 기존 접합제보다 낮은 온도에서 접합 가능하고, 우수한 접합특성을 나타내는 것을 확인하였다. 이에 따라 접합시 제품의 변형을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다. 이에 따라 앞으로 항공부품등에 대한 적용이 확대될 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Duo Donga, Dongdong Zhua, Huixia Zheng, Gang Wang, Haitao Xu, Feng Lin, Qin He, Chengyuan Ni: Brazing TiC/Ti matrix composite using Ti-Ni eutectic braze alloy. Vacuum, 156 (2018)411-418
2. Yongjuan Jing, Xingqiang Gao, Diyao Su, Chong Zhao, Jun Jiang : The effects of Zr level in Ti-Zr-Cu-Ni brazing fillers for brazing Ti-6Al-4V. Journal of Manufacturing Processes 31 (2018) 124-130

5. 일반 논문 발표

(제 2 발표회장)

두께편차를 갖는 Tailor-Layered Tube 액압 성형 공정에 관한 연구

한상욱¹ · 우영윤² · 황태우² · 오일영² · 문영훈[#]

Studies on Tailor-Layered Tube Hydroforming with Dissimilar Thickness

S. W. Han, Y. Y. Yun, T. W. Hwang, I. Y. Oh, Y. H. Moon

Abstract

Tube hydroforming is a material forming process that utilizes pressurized fluid and the axial feeding force to manufacture products in the shape of a die cavity with complicated cross-sectional geometries. This study suggests for tailor-layered tube hydroforming which can fabricate hollow tubular parts with dissimilar thicknesses without joining by welding process. The proposed tailor-layered tube is composed of outer, center and inner tube with homogeneous material AISI 304, and it is divided into two and three-layered tube segments according to the combination of tubes. The effectiveness of the proposed tailor multi-layered tube was experimentally verified by analysis of the formed shape and thickness profiles. The results show that the proposed tailor-layered tubes are sufficiently capable of achieving the tailored properties with dissimilar thicknesses without joining by welding process unlike tailor welded tube.

Key Words : Tailor-layered tube, Tailor-welded tube, thickness distribution.

1. 서론

튜브 액압 성형(tube hydroforming) 공정은 튜브 내부에 정수압을 작용시키는 동시에, 튜브의 축방향으로 압축 하중을 가하여 외부 금형의 형상에 따라 점차적인 소성변형을 발생시켜 성형하는 가공 기술이다[1]. 용접방식으로 생산된 Tailor-Welded Tube(TWT)는 기계적 특성, 합금, 두께등을 변화시킬 수가 있어, 제품의 성능을 극대화 할 수가 있으며, 경량화 또한 가능하다. 하지만, 용접에 의한 접합방식으로 생산되기 때문에 용접부에서의 응력집중으로 인해 용접비드에서의 다양한 결함들이 문제시 되고 있다[2]. 이에 본연구에서는 용접에 의한 접합 없이도 서로 다른 두께편차를 가질 수 있는 Tailor-Layered Tube(TLT)의 액압 성형 공정을 제안하였다. 액압 성형 실험 이후의 형상과 두께 거동 분석을 통해 TLT 액압 성형 공정의 타당성을 검증 하였다.

2. Tailor-Layered Tube 액압 성형 공정

Fig. 1은 서로 다른 두께 편차를 갖는 TLT의 액압 성형에 관한 공정도를 보여준다. TLT의 경우, 외부, 가운데, 외부 튜브로 구성되어 있으며, 삼중관 부분과 이중관 부분으로 나뉘게 된다. 각 튜브들의 소재는 동일 재질인 AISI 304를 이용하여 실험을 수행하였다.

1. 부산대학교, 박사과정

2. 부산대학교, 박사과정

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

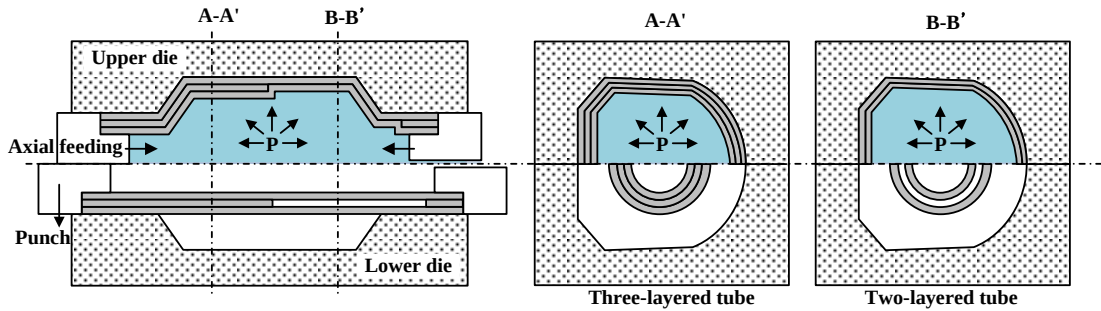


Fig. 1. Schematic of tailor-layered tube hydroforming process

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 액압성형 이후에 TLT 튜브의 형상을 보여준다. TLT의 정확한 성형 특성을 평가하기 위해 튜브의 길이방향으로 절단하여 두께 거동을 분석한 것을 Fig. 3에 나타내었다. 삼중관 부분은 약 3.6mm, 이중관 부분은 약 2.7mm의 두께 분포를 보였다. 두께 분포의 결과는 TLT의 액압성형공정이 서로 다른 두께 편차를 갖는 중공 부품을 충분히 제조 가능하다는 것을 보여준다.



Fig. 2. Final shape after hydroforming

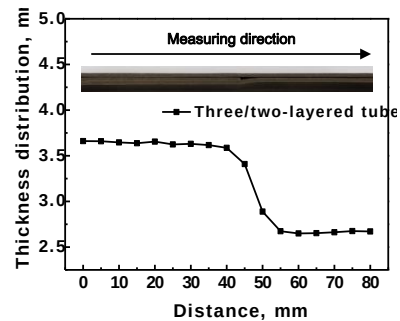


Fig. 3. Thickness distribution

4. 결론

기존의 TWT와는 달리, 제안된 TLT 액압 성형공정은 용접 공정 없이도 서로 다른 두께 편차를 갖는 테일러 특성(Tailored properties)을 충분히 구현해 낼수 있음을 형상, 두께분포를 통해 확인할 수 있었다.

후기

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

참고문헌

- [1] J. Y. Park, S. W. Han, H. S. Jeong, J. R. Cho, Y. H. Moon, 2017, Advanced sealing system to prevent leakage in hydroforming, J. Mater. Process. Technol. Vol. 247, pp. 103~110.
- [2] M. Merklein, M. Johannes, M. Lechner, A. Kuppert, 2014, A review on tailored blanks—Production, applications and evaluation, J. Mater. Process. Technol. Vol. 214 No. 2, pp. 151~164.

셸 엘리먼트를 이용한 두꺼운 판재에서의 넥킹 예측

위민수¹ · 최재현² · Frederic barlat[#]

Prediction of plastic flow localization with shell element in thick AHSS sheets

Minsu Wi, Choi, Frederic barlat

Abstract

2.85mm의 두께를 가진 DP780 재료를 이용하여 일축 인장과 plane strain 인장 실험을 진행하였다. 또한 일축 인장 물성을 바탕으로, 앞의 두 실험에 대한 성형 해석을 shell과 solid 요소를 이용하여 진행하였다.

Solid 요소를 이용한 일축 인장 성형해석에서 실험값과 비슷한 힘-변위 그래프를 확인 할 수 있었다. 그러나 shell 요소를 이용한 일축 인장 성형해석에서는, UTS 이후 갑작스런 힘의 감소 현상이 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 현상은 실제 재료의 거동과는 매우 다른 현상이었다. 또한 이러한 현상이 일어날 때, shell요소의 stress triaxiality가 0.58값으로 수렴되며, 해석 상에서 변형이 특정 요소에만 집중되는 것을 확인 할 수 있었다. UTS이후 갑작스런 힘의 감소 현상 및 그에 따른 현상들은 shell 요소를 이용한 plane strain 성형해석에서도 확인 할 수 있었다.

이러한 현상이 나타나는 원인을 확인하기 위하여, necking 발생시, 재료 안에서 발생하는 응력 분포와 stress triaxiality의 증가 거동에 대한 분석이 이루어졌다. 그 결과, Shell 요소는 plane stress 가정을 이용하는 데, 이 영향으로 necking 발생 시 나타나는 stress triaxiality 증가 거동을 solid 요소와 비교하여 충분히 모사하지 않는다는 사실을 알 수 있었다. 이를 보완하여, 인장이 작용하는 응력 상태에서 necking 이후의 재료 거동을 shell 요소를 이용하여 모사하고자 하는 것이 이 연구의 목적이다.

Key Words : FE simulation, Shell element, Plasticity, Necking, Uniaxial tension

1. 포항공과대학교 철강대학원, 통합과정

2. 포항공과대학교 철강대학원, 박사과정

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

유한요소법을 이용한 SLM공정의 용융풀 해석

우영윤¹ · 한상욱¹ · 오일영¹ · 황태우¹ · 문영훈[#]

Analysis of the molten pool of SLM process of using finite element method

Y. Y. Woo, S.W. Han, I.Y. Oh, T. W. Hwang and Y. H. Moon

Abstract

A three-dimensional finite element model for the selective laser melting process was developed to analyze the melting behavior of H13 steel powder. In the model, DFLUX and USDFLD user sub-routine were used to consider the moving Gaussian surface heat flux and phase change of the material. The transient temperature distribution was investigated, a very high temperature gradient occurred in the molten pool. The temperature gradient at the front of the moving laser beam was much steeper than that in the rear side. The temperature of the powder bed was elevated rapidly under the action of absorbed energy. The maximum temperature in the molten pool was above the melting temperature of H13 steel.

Key Words : Additive manufacturing, SLM process, Molten pool, Finite element method, H13 steel.

1. 서론

금속 3D 프린팅 기술(additive manufacturing)은 레이저 열원을 이용하여 금속 분말을 용융 및 응고를 반복하여 적층시켜 3차원 부품을 생산할 수 있는 공정 기술이다[1]. SLM(selective laser melting)공정은 분말층을 이용한 3D 프린팅 기술 중 하나로, 분말을 도포하여 분말층을 만들어 레이저를 주사하여 분말을 용융 및 응고시킨다. 이 일련의 과정을 반복적으로 수행하여 복잡한 형상 부품을 층별로 제작한다. SLM공정은 대류, 전도, 복사 등의 복잡한 물리적 현상이 동반되고 매우 좁은 영역에서 빠른 시간 내에 공정이 진행되기 때문에 실험적으로 공정특성에 따른 온도 분포를 파악하기에는 한계가 있다[2]. 따라서 본 연구에서는 유한요소법(finite element method)을 이용한 SLM공정 해석모델을 개발하고 용융풀에서의 온도 분포를 분석하였다.

2. FEM 모델링

SLM 공정 해석은 상용해석 소프트웨어인 ABAQUS/Standard를 이용하여 진행하였다. 공정의 대칭성을 이용하여 해석 시간을 단축시키기 위해 Fig. 1과 같이 분말층의 절반만 모델링하여 대칭 경계조건을 설정하였다. 분말층의 크기는 $200\ \mu\text{m} \times 1200\ \mu\text{m} \times 150\ \mu\text{m}$ 이며, $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ 의 6면체(hexahedral)요소로 이루어져 있다. 분말층 상부 표면에 이동하는 레이저 열원을 묘사하기 위하여 식(1)과 같이 Gaussian distribution heat flux를 DFLUX user-subroutine을 사용하여 구현하였다. 해석에 사용된 H13 steel의 물성치는 Table. 1에 나타내었으며, 본 연구에서 분말층의 porosity를 40%로 가정하여 분말의 밀도(density) 및 열전도도(conductivity)를 H13 steel의 60%로 사용하였다.

1. 부산대학교 기계공학부

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

Table 1 Thermal properties for H13 steel[2], T is temperature in kelvin.

Temperature, K	Density, g/ m ³	Latent heat, J/kg	Thermal conductivity, W/m ·K	Specific heat, J/kg ·K
298 ~ 1873	7650 ~ 7000	280000	18.29 + 7.5 × 10 ⁻³ T	18.29 + 7.5 × 10 ⁻³ T

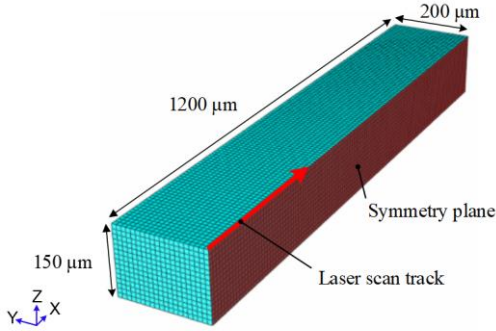


Fig. 1 Modeling of flexible roll forming with leveling roll

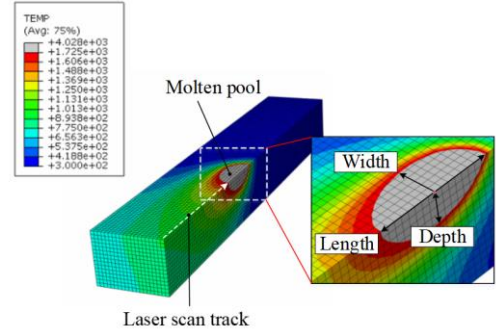


Fig. 2 Temperature distribution and molten pool of FEM simulation

$$I(r) = \frac{fAP}{\pi r_0^2} \exp\left(-f \frac{r^2}{r_0^2}\right) \quad (1)$$

식(1)에서 I 는 laser intensity, f 는 distribution factor, A 는 absorption coefficient, P 는 레이저 파워, r_0 는 열원의 반지름, r 은 레이저 중심과의 거리이다. 본 해석에서는 $f=2$, $A=0.3$, $P=100W$, $r_0=40 \mu m$ 로 해석이 진행되었으며, 레이저 스캔 속도는 150mm/s이다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2에 SLM공정해석의 온도분포 결과를 나타내었다. 레이저 스캔 방향으로 온도구배가 크게 형성되고 뒤쪽으로는 온도구배가 낮다. 이 이유는 레이저 스캔이 지나온 영역은 기존의 분말에서 용융 및 응고를 거쳐 고체로 물성이 바뀔에 따라 열전도도가 높아지기 때문이다. 온도분포의 회색영역은 H13 steel의 녹는점(1725K)이상의 영역으로 용융풀 영역을 나타낸다.

4. 결론

본 연구에서는 SLM공정의 용융풀 거동을 분석하기 위해 SLM공정의 유한요소해석 모델을 개발하였다. 서브루틴을 이용하여 움직이는 열원을 Gaussian distribution heat flux로 묘사하였고 분말층의 열원으로 인해 분말에서 용융되어 고체로 되는 일련의 상변화를 구현하였다.

후기

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R75201600010003003, 다종소재 융복합 적층 3D프린팅 솔루션 기술개발).

참고문헌

1. Li Y, Gu D, 2014, "Parametric analysis of thermal behavior during selective laser melting additive manufacturing of aluminum alloy powder," Mater Des; Vol 63, pp. 856-867
2. DebRoy T, Wei HL, Zuback JS, Mukherjee T, Elmer JW, Milewski JO, Zhang W, "Additive manufacturing of metallic components—process, structure and properties," Prog Mater Sci, Vol 92, pp. 112-224

비선형 변형 경로 실험을 통한 HAH 모델 평가

이신영¹ · 김진환² · Frederic Barlat[#]

Verification of HAH model by nonlinear strain path experiment

Shinyeong Lee, Jinhwan Kim, Frederic Barlat

Abstract

During sheet metal forming processes, the sheet undergoes a nonlinear strain path change as well as a linear strain path change. This nonlinear strain change causes large fluctuation in the hardening behaviors such as baushinger effect, transient behavior and permanent softening. Therefore, it is very important to describe these hardening behaviors for accurate forming simulation. Recently, Homogeneous Anisotropic Hardening (HAH) model has been proposed to describe hardening behaviors under nonlinear strain path [1]. Unlike conventional kinematic hardening, HAH model predicts hardening behaviors based on distortion of yield surface.

To verify the validity of the HAH model, a nonlinear strain path experiment is required. First strain path was selected by tension of transverse direction (TD) which is inclined 90 degrees from rolling direction of the plate. Large tensile specimens and grip systems were used to obtain a sufficient size area with a uniform strain distribution [2]. After the tension in the TD direction, the experiments proceeded in three strain path directions which are tension, shear and biaxial strain path. The results predicted from each experiment were compared with the results simulated by HAH model. These comparisons show accuracy and shortage of the HAH model. Comparisons with these experimental results will be helpful in improving HAH model.

Key Words : Homogenous Anisotropic Hardening, Nonlinear strain path change experiment, sheet metal forming, yield surface

Reference

- [1] Frédéric Barlat, José J. Gracio, Myoung-Gyu Lee, Edgar F. Rauch, Gabriela Vincze, “An alternative to kinematic hardening in classical plasticity” International Journal of Plasticity 27, 1309-1327 (2011).
- [2] Shakil Bin Zaman, Frédéric Barlat, Jin-Hwan Kim, “Deformation-induced anisotropy of uniaxially prestrained steel sheets” International Journal of Solids and Structures 135, 20-29 (2018).

1. 포항공과대학교 철강대학원, 석사과정

2. 포항공과대학교 철강대학원

교신저자: 포항공과대학교 철강대학원, f.barlat@postech.ac.kr

Yoshida-Uemori 모델을 활용한 초고강도강 롤 포밍 공정에서의 스프링백 예측

최선용¹ · 이종섭^{1#} · 이상교¹ · 노우람¹ · 김근호²

Prediction of the springback on the roll forming process with ultra high strength steel using Yoshida-Uemori model

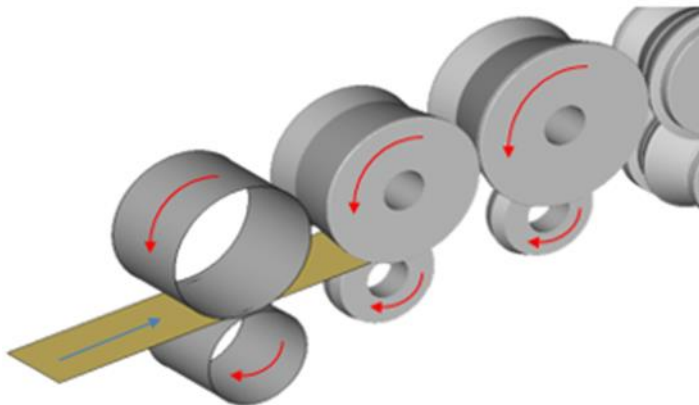
S. Choi¹, J. Lee^{1#}, S. Lee¹, W. Noh¹, G. Kim²

Abstract

The application ratio of high-strength steels for lightweighting of vehicles in the automotive industry is increasing. However, excessive springback occurs when ultra high strength steel (UHSS) is used. The high yielding point and nonlinear hardening behavior of the UHSS make it difficult to predict the springback accurately.

In this study, Yoshida-Uemori model was selected since it can express the hardening behavior of DP980 steel accurately. To determine parameters of the model, several material tests were performed. The tensile-compression test and loading-unloading test were performed to investigate the hardening behavior and the elastic degradation. The finite element analysis was performed based on the Yoshida-Uemori model and the springback prediction result was analyzed. It was verified that the FEA using Y-U model can produce better springback prediction efficiently. Because DP980 steel has noticeable hardening behaviors, applying a hardening model that accurately expresses them can predict springback effectively.

Key Words : Cold roll forming process, Springback, Yoshida-Uemori model, Y-U model



1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜아산

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

온도 및 시간을 고려한 마그네슘 합금 판재의 스프링백 특성 분석

유제형¹ · 김현우¹ · 이창환^{1, #}

An analysis on springback characteristics of Magnesium Alloy Sheet considering temperature and time

J.H Yu, H.W Kim, C.W Lee

Abstract

마그네슘 합금 판재는 낮은 비강성으로 수요가 크게 증가하고 있다. 하지만 상온에서의 낮은 성형성과 큰 스프링백 발생의 문제가 있다. 마그네슘 합금 판재는 성형온도가 증가할수록 항복응력과 최대응력 등이 낮아진다. 또한 금형 내 유지 시간이 증가함에 따라 열적연화 현상으로 인해 잔류 응력이 제거되며, 미세구조변화에 의해 스프링백이 감소한다. 이와 같은 재료의 특성을 이용하여 마그네슘 합금 판재의 스프링백을 감소할 수 있다.

본 연구에서는 마그네슘 합금 판재의 온도 및 시간에 따른 스프링백 특성을 분석하였다. 마그네슘 합금 판재를 이용하여 L-굽힘 및 V-굽힘 실험을 수행하였다. 성형 실험 후 하사점에서 성형지속시간의 경우, 0s부터 1000s에서 진행하였고 각 하사점에서 성형지속시간에 따라 온도를 고려하여 스프링백 변화를 분석하였다. 실험 결과 온도가 증가할수록 스프링백 양이 감소하였다. 또한 성형 후 하사점에서 성형지속시간이 증가할수록 마그네슘 합금의 스프링백이 감소하였다.

Key Words: Warm bending Forming, Magnesium Alloy Sheet, Time-dependency, Punch holding time, Springback

후 기

본 연구는 정부의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행 되었습니다.
(과제 번호: NRF-2017R1C1B5017648)

1. 서울과학기술대학교 기계디자인금형공학과

Corresponding Author: Seoul National University of Science and Technology, Department of Mechanical system and Design Engineering, E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

굴삭기 캐빈의 Sunroof 부품 성형시 뒤틀림방지를 위한 공정설계

양종훈¹ · 이상교¹ · 이종섭^{1,#} · 윤여한² · 허영무³

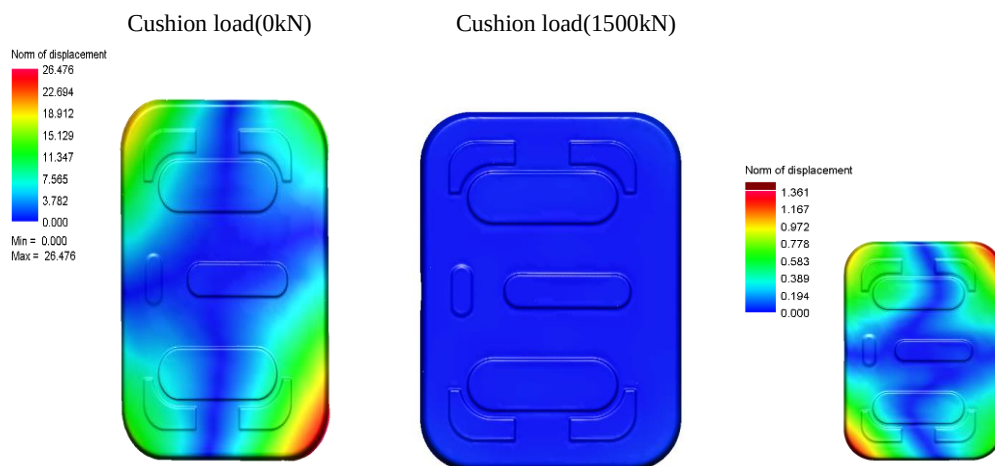
Process design to prevent distortion of sunroof parts of excavator cabin

J. H. Yang¹, S. K. Lee¹, J. S. Lee^{1,#}, Y. H. Yoon², Y. M. Heo³

Abstract

In this paper, numerical analysis on the deformation after press forming in press forming of the sunroof part among the cabin frame parts for excavator was investigated. Many parts, such as part shape and process change, can cause post-distortion of the product. In the case of Sunroof parts, springback occurred at both corners in the actual process. In order to analyze the cause of the springback occurring during the press forming, the forming analysis was performed using the commercial finite element analysis program PAM-STAMP. As a result of the analysis, it was confirmed that the uneven stress distribution around the embossment was the cause of the springback. To alleviate the uneven stress distribution around the embossment, it is expected that the springback will be reduced when cushion load is increased during the process conditions. Therefore, the analysis was performed by increasing the cushion load. As a result, it was analytically confirmed that the springback was reduced from approximately 26mm to 1.3mm when the cushion load was increased to 1500KN.

Key Words : stress, cushion force, Press forming, springback, cabin frame components for excavator.



1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. ㈜성미에스텍 연구개발부

3. 한국생산기술연구원 금형기술그룹

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

성형공정에 따른 점진성형의 단면 형상에 대한 연구

정규석¹ · 정완진² · 이창환[#]

A study on the Cross-sectional shape of Incremental sheet forming according to the Forming process

K. S. JUNG, C. W. Lee

Abstract

판재 점진적 성형 (Incremental sheet forming)은 작은 공구와 소재의 접촉에 의해 발생하는 작은 변형을 누적시켜 다양한 형상을 제작할 수 있는 성형 기술이다. 일반적으로 판재 성형을 하기 위해서는 다이의 제작이 필수적이지만 점진성형은 기본적으로 다이(Dieless)를 필요하지 않는다. 그렇기 때문에 복잡한 제품이나 시제품을 더 빠르게 제작할 수 있는 장점이 있다. 또한 3축 CNC가공기에 공구를 장착해 가공을 할 수 있어 판재를 성형하기 위한 비용적인 측면도 절약할 수 있다. 하지만 점진성형에서 소재를 고정시켜주는 블랭크 홀더의 힘과 공구의 누르는 힘에 의해 소재가 인장되어 경사각에 처짐이 발생하고 원하는 형상을 제작할 수 없다.

본 연구에서는 3가지의 성형공정을 이용하였다. 다이를 사용하지 않는 공정, 성형 후 발생하는 처짐 부위를 다시 가공하는 공정 그리고 다이를 제작하여 성형 시 처짐의 발생을 막아주는 공정이다. 위의 공정들을 이용하여 점진성형시 판재에 발생하는 처짐을 비교 분석하였다. 소재는 알루미늄(Al3003)을 사용하였다. 시편의 크기는 150mm x 150mm이고 두께는 1mm이다. 하지만 바인더의 크기 때문에 실제 성형 가능한 범위는 100mm x 100mm이다. 공구의 지름은 8mm이다. 형상은 성형 경사각 60°의 원뿔 형상이다. 성형을 하기위한 Tool path는 Matlab을 이용하였다. 원뿔 형상에서 회전 시 내려가는 z축의 거리(Δz)는 0.1로 하였다. 3축 CNC가공기를 사용하였고 이동속도는 2000mm/min, 공구 회전속도는 200rpm으로 하였다. 또한 시뮬레이션을 위해 ABAQUS를 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. 요소는 솔리드 요소를 사용하였다. 변형률 속도, 공구의 회전속도, 마찰은 고려하지 않았으며 성형해석 시에는 explicit code, 스프링 백 해석 시에는 implicit code를 사용하였다. 그 결과값을 시험결과와 비교 분석하였다.

Key Words : Incremental sheet forming, Dieless, Deflection, Al3003, Sectional shape, Forming process, Simulation(FEM),

1. 서울과학기술대학교 기계디자인금형공학과

2. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

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

6. 특 별 세 셴

설계기반 미래성형기술
(제 3 발표회장)

미세표면 거칠기를 고려한 마찰 모델 평가 및 스프링백 해석 적용

이기정¹ · 이명규^{2,#}

Surface asperity based contact friction model and its applications to springback simulation

K. J. Lee^{1,2}, M.G. Lee^{2,*}

Abstract

Finite element (FE) simulation has been the most useful numerical methods for optimizing sheet metal forming process. To predict formability and springback of sheet metals in FE simulations with accuracy, advanced numerical techniques and constitutive models have been critical issues and thus they were investigated significantly. However, in most of forming simulations friction behavior has not been thoroughly studied although it is one of major factors affecting the overall accuracy of prediction. For instance, sheet metal forming simulations often employ the Coulomb friction law with a constant friction coefficient, but experimental observations show that the friction is a function of contract pressure, surface condition and sliding velocity. In this study, a surface asperity based on microscale friction model [1] was evaluated and modified by introducing additional realistic contact conditions. The modified friction model was used to predict the friction coefficients in consideration of contact pressure and sliding velocity, and the calculated friction results were compared to experiments. Finally, the FE simulation of U-draw bending was conducted by applying the proposed friction model and the accuracy of the springback was evaluated.

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

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

1. 고려대학교 신소재공학부

2. 서울대학교 재료공학부

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

2단 롤 다이 포밍 공정의 정밀도 향상에 관한 연구

류재창¹· 이현석²· 김병민³· 고대철[#]

A Study on Improvement of Dimensional Accuracy in Two Stage Roll-Die-Forming Process

J. C. Ryu, H. S. Lee, B. M. Kim, D. C. Ko

Abstract

Recently, the transmission is required to minimize size and weight in order to improve the fuel efficiency and reduce the weight of the vehicle. Therefore, it is important to improve the transmission efficiency by adding minimal planetary gear and clutch/brake to the limited mounting area. Roll die forming (RDF) is a plastic forming process that can manufacture the precise transmission parts with complex shape such as the drum clutch by using a fixed die and movable rollers. The process design of the drum clutch is very difficult owing to the problems of dimensional accuracy caused by spring-back and unfilling defect. Especially, the degradation of dimensional accuracy is occurred due to the mold temperature increase in the continuous process. In this study, the effect of temperature on the dimensional accuracy of the product in the continuous RDF process was evaluated and then the limit temperature of the molds was proposed to satisfy the dimensional accuracy of the product. First, the amount of elastic deformation of the mold at room temperature was measured by finite element (FE) analysis. The load applied to the area where the maximum load occurred during the forming process was measured and the amount of elastic deformation of the roll was calculated. The compensation method considering the elastic deformation of the mold was applied to design the roll. Next, the FE analysis of 5 cycle for continuous RDF process was performed to accurately predict the mold temperature increase amount. The curve of the measured temperature increase for each nodes of the mold was used to predict the amount of temperature increase to the target temperature depending on the nodes of the mold. Dimensional accuracy of the first and second tooth for the drum clutch was evaluated when the maximum temperature of the mold was 100℃, 200℃, 300℃, 400℃, and 500℃. Finally, the effectiveness of this prediction method was verified by comparing the dimensional accuracy with the manufactured drum clutch.

Key Words : Roll die forming(롤 다이 포밍), FE-simulation(유한요소해석), Drum clutch(드럼 클러치), Dimensional accuracy(치수 정밀도), Structural analysis(구조 해석)

후 기

본 연구는 2016년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 중소기업청의 지원(No. S2415617)으로 수행된 연구 결과입니다.

1. 부산대학교 융합학부

2. ㈜나라엠앤디

3. 부산대학교 기계공학부

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

CFRP 제품의 벤딩강성 예측방법

정기현¹ · 이정민² · 김병민² · 고대철[#]

Prediction of Bending Stiffness for CFRP Components

K. H. Jeong, J. M. Lee, B. M. Kim, D. C. Ko

Abstract

Recently, Carbon fiber reinforced plastics (CFRP) are used widely in number of composites applications owing to the growing concerns about reducing energy consumption and protecting the environment. Various attempts have also been made to apply automotive parts with CFRP composite because of the superior mechanical properties of CFRP composites such as specific strength and stiffness than metal alloys. In the prepreg compression forming (PCF) process which can manufacture the CFRP product by simple press stroke, the shear angle caused by twist of fabric occurs owing to the friction between the laminate and mold. Since the mechanical properties of strength and stiffness change according to the shear angle, the method for predicting mechanical properties of CFRP considering the shear angle is required. The aim of this study is to predict the directional mechanical properties of CFRP according to shear angle using finite element (FE) analysis. First, the fabric CFRP is divided into two layers of unidirectional (UD) CFRP to apply the mechanical properties according to the shear angle to the FE analysis. The FE analysis of 3-point bending applying mechanical properties of UD-CFRP was performed and compared with experiment using the specimen with shear angle to verify the this method. Finally, this method is verified by applying it to the S-rail with various shear angles.

Key Words : Carbon fiber reinforced plastics (CFRP), CFRP components, Prepreg Compression Forming (PCF), Shear Angle, Finite Element Analysis

후 기

본 연구는 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 지원(No.2012R1A5A1048294) 및 2017년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원 산업용 무인배행장치 전문인력양성사업의 지원(No.G02N05660000601)을 받아 수행된 연구임.

1. 부산대학교 융합학부

2. 부산대학교 기계공학부

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

Polyethylene Terephthalate 필름의 부하-제하 반복 거동

정재봉¹ · 윤수환¹ · 정지용² · 김지훈[#]

Cyclic Behavior of Polyethylene Terephthalate Film

J. Jung, S. H. Yun, J. Y. Jeong, J. H. Kim

Abstract

Polyethylene terephthalate (PET) is a semi-crystalline polymer with the crystallinity depending on thermal and deformation history. PET films with higher crystallinity have strength and stiffness over the films with lower crystallinity, but show reduced elongation or early breakage. The change of crystallinity during deformation complicates the analysis of forming processes of PET films. In this work, cyclic loading-unloading-reloading tests were conducted using PET films. In Fig. 1, the PET films exhibited complex nonlinear cyclic behavior with varying elastic moduli depending on the stress state and deformation history. In order to describe the complex cyclic behavior of PET films, the Quasi-Plastic-Elastic model was modified to account for the change of mechanical properties with crystallinity. The developed model was validated by the springback test of the PET coated sheet metal.

Key Words : Polyethylene Terephthalate (PET), Film, Crystallization, Constitutive Equation, Springback

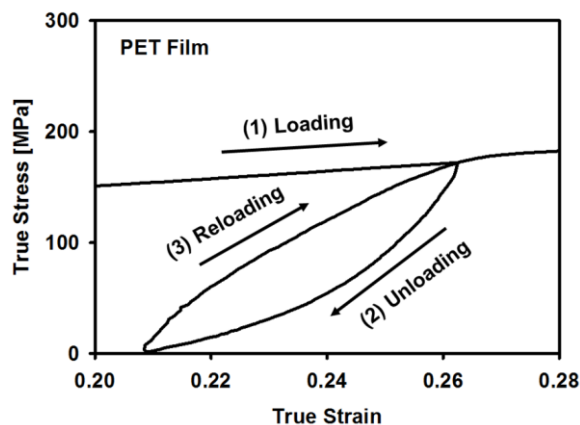


Fig. 1 Cyclic stress-strain curve of PET film

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

2. Metal & Ceramic Solution Team, LG Electronics

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

E-mail: kimjh@pusan.ac.kr

셀프 피어싱 리벳의 접합강도 유한요소해석 및 접합강도 예측 모델 개발

김찬양¹ · 고세진² · 김형중³ · 이명규^{!#}

Analytical model for predicting joint strength of self-piercing riveted sheets

C. Y. Kim¹, S. J. Ko², H. J. Kim³, M. G. Lee^{!#}

Abstract

Self-piercing riveting (SPR) is one of mechanical joining techniques for sheet materials. Joining performance of an SPR joint can be validated with several mechanical tests such as a lap-shear or a cross-tension test. In this study, an analytical model for predicting aluminum-steel hybrid SPR joint strength was proposed based on analysis of finite element simulations in the SPR zones. Finite element simulation of SPR joining and performance tests were conducted to observe local deformation behavior during the riveting process and joint performance test. In the axisymmetric self-piercing riveting simulation, ductile fracture criteria were adapted to simulate piercing of an upper sheet with a rivet leg. As validation, geometries of riveted zone with the fracture criteria were compared to those of measured shapes. For the FE simulation of joint performance tests, the calculated geometry of riveted specimen was transferred to 3-D lap-shear test model. Material deformation history was also updated using user material subroutines. Geometric features and material properties of the riveted zone were simplified and parameterized with observation of the finite element analysis. Stress distribution near rivet zone during the joint performance test was also considered in the proposed analytical model. Model parameters were optimized with experimental joint strengths resulted from different combinations of sheet materials, thicknesses, rivet shape. Joint strengths predicted by the developed analytical model showed good agreements with experimental data.

Key Words : Self-piercing riveting, SPR joint strength (SPR 접합강도), Mechanical joining(기계적 접합), FE simulation, Analytical model

후기

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

1. 서울대학교 재료공학부

2. 현대자동차

3. 강원대학교 기계의용공학과

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

마이크로파 경화 공정을 이용한 CFRP의 기계적 물성치에 관한 실험적 연구

박으뜸¹ · 이영현¹ · 김 정¹ · 강범수¹ · 송우진[#]

Experimental Study on Mechanical Properties of CFRP Cured by Microwave Heating Process

E. T. Park, Y. H. Lee, K. Kim, B. S. Kang, W. J. Song

Abstract

The conventional curing processes such as the autoclave and the hot-press plate require long processing time and yield an expensive cost since the composite prepreg is cured by indirect heating. Microwave heating process cure the composite prepreg by indirect heating as well as direct heating. For these heating mechanism, the microwave heating process can reduce the processing time and costs. The objective of this paper is to validate that the conventional curing process can be replaced by the microwave curing process. Firstly, the mold was comprised of a PTFE (polytetrafluoroethylene) plate and two quartz glass plates. Next, the flame test was conducted to check the generation of the sparks in the mold. The carbon/epoxy composite specimen was manufactured by the microwave curing process and then the mechanical properties were obtained by the uniaxial tensile tests. Finally, the mechanical properties of the microwave-based composite specimen were compared with the conventional curing process. As a result, the microwave heating process can reduce the processing time effectively and suitable mechanical properties of the composite specimen were obtained by the experiments

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

Acknowledgement

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012R1A5A1048294).

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

7. 일반 논문 발표

(제 3 발표회장)

이종 마찰교반용접 알루미늄 판재의 성형성 평가

노우람¹ · 송정환^{1#} · 장인제¹ · 곽수현¹ · 김철희¹ · 정철영²

Formability Evaluation for the Friction Stir Welded Tailor Blank of a Dissimilar Combination of Aluminum Alloy Sheets

W. Noh, J. H. Song, I.J. Jang, S. H. Gwak, C. H. Kim, C. Y. Jung

Abstract

Application of tailor welded blanks (TWBs) is being expanded in car body structure as an efficient way to achieve reduction of vehicle weight without compromising structural integrity of a vehicle. Non-ferrous metal sheets especially for aluminum alloy ones have been somewhat problematic to join with such a conventional method as resistance spot welding process so that friction stir welding (FSW) process recently receives much attention as an alternative joining method for TWBs of light-weight metal sheets. In this study, formability for the friction stir welded tailor blank (FSWTB) of a dissimilar combination of aluminum alloy sheets was investigated by both experimental and numerical approaches. A tensile specimen of the FSWTB was designed to involve FSW region and local variation of deformation across the FSW region during its tensile test was measured by digital image correlation (DIC) method. Based not only on the tensile test results but on the hardness distribution along with metallographic observation, the FSW region was discretized into several characteristic zones and the flow stress-strain curve of each zone was characterized in an analytical sense. In addition, formability of each zone was numerically calculated by utilizing the Marciniak-Kuczynski model whose calculation of forming limit is known to be susceptible to flow stress-strain curve. Furthermore, a finite element (FE) model was developed for the FSWTB in order to incorporate aforementioned inhomogeneous characteristics of the FSW zone. The FE model was validated by the limiting dome height (LDH) test, in which the FE simulation of the LDH test showed good agreement with experimental result in terms of failure location as well as LDH index.

Key Words : Aluminum alloy sheet, Friction stir welding, Formability, M-K model, Local property

1. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소

2. 대우공업

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

용체화 처리한 Al7075 합금의 시효시간에 따른 스프링백 거동 연구

박지영^{1,2} · 정선호¹ · 김용배¹ · 이종섭^{1, #}

Spring back behavior according to natural aging time of solution treated Al7075 alloy.

J. Park^{1, 2}, S.H. Jung¹, Y. B. Kim¹, J. Lee^{1, #}

Abstract

Recently, the application of Al7075-T6 alloy is increasing due to the weight reduce in auto body and improvement in passenger safety. However, Al7075-T6 alloy has a few disadvantages such as low formability at room temperature and spring back after forming. Therefore, the W-temper-forming method that cold-forms a solution-treated Al 7075-T6 alloy draws attention. The mechanical properties of Al7075-W alloys change according to the natural aging time at room temperature. In this study, the changes in the mechanical properties and the spring back behavior of Al7075-T6 alloy solution according to the natural aging time were investigated. For the solution treatment conditions, the Al7075-T6 alloy was heat-treated at 475 °C for 35 minutes and then quenched in cold water (~ 10 °C). The max natural aging time is 24 hours. The effects of the natural aging time on the mechanical properties of solution treated Al7075 alloy were investigated by the hardness and tensile tests. U-draw bending experiments were performed to verify spring back behavior due to natural aging time. The spring back analysis modeling with the natural aging time was also performed and compared with the experimental results. The W-tempering improves the cold-formability of high-strength aluminum alloy. And then, it has been confirmed that it is preferable to perform the forming within 6 hours after the solution treatment.

Key Words : Al7075-T6 alloy, W-temper forming, U-draw bending, spring back, natural aging

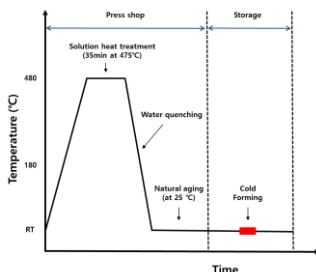


Fig. 1 Solution heat treatment condition Fig. 2 U-draw bending 1/4 model

1. 한국생산기술 연구원 성형기술그룹

2. 한양대학교 기계설계공학과

교신저자: 한국생산기술 연구원 성형기술그룹, E-mail: jongsup@kitech.re.kr

Al-6.5Mg-1.5Zn합금 빌렛 내 수지상간격과 균질화처리에 따른 용질원소의 확산거동간의 상관성 고찰

김명균¹, 양현민²

Study on the relationship between dendrite arm spacing and the diffusion behavior of the solute element in Al-6.5Mg-1.5Zn alloy billet during homogenization treatment

M. G. Kim, H. M. Yang

Abstract

수송기기 분야에서 환경규제의 강화에 따라 경량소재의 채용이 활발히 진행되고 있는 가운데, 고특성을 갖는 알루미늄 전신재 합금에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 특히, 고용질 알루미늄 전신재 합금의 경우, 연속주조시 많은 용질함유량에 의해 응고과정 중 큰 고액공존구간이 존재하며, 이로 인해 편석 및 주조결함을 유발한다. 이들 결함은 일반적으로 균질화처리 과정 중 제거되는데, 개발합금의 경우 최적의 균질화처리 조건설정이 필요하다. 일반적으로 균질화처리는 액상선 직하에서 미세편석된 용질원소가 확산되는 과정으로 설명되는데, 충분한 균질화처리가 되지 않는 경우에는 압출성의 저하와 압출재 품질에 영향을 미친다.

본 연구에서는 합금설계된 Al-6.5Mg-1.5Zn합금을 선정하고, 약 1.5m길이의 7인치 빌렛을 연속주조 하였는데, 연주 과정 중 내부품질 향상을 목적으로 전자기 교반을 인가한 경우(EMS)와 인가하지 않은 경우(DC)로 대별하여 빌렛을 연주하였다. 주조된 빌렛은 DSC분석으로 균질화처리 온도를 설정하였고, 최대 12시간까지 균질화처리 하였다. 절단, 마운팅, 폴리싱 과정을 거쳐 연속주조 조건에 따라 수지상간격을 측정하였고, 주조 빌렛의 용질원소 확산거동을 균질화처리 유지시간에 따라 분석하였다. 합금설계 프로그램(JMatPro 10.2) 및 Homogenization kinetic equation을 이용하여 최적의 균질화처리 시간에 대하여 고찰하였고, 최종적으로 수지상간격과 확산속도의 관계를 통하여 압출공정에 맞는 균질화처리 조건을 제시하고자 한다.

Key Words : Al-Mg-Zn alloy, High Solute Element, Homogenization Treatment, Dendrite Arm Spacing

1. 포항산업과학연구원 금속소재연구그룹
2. 포항산업과학연구원 금속소재연구그룹

다이캐스팅 공정에서 용탕충진 및 응고 과정 수치해석 정확도 향상을 위한 기법 및 사례소개

임영훈¹ · 김성빈² · 윤종묵³ .

Case Study of Higher Accuracy in Mold Filling and Solidification

Y.H. Yim, S.B. Kim, J.M. Yoon

Abstract

다이캐스팅 제품은 경량화 및 모듈화 등의 요구에 따라 제품은 얇아지면서 더욱 복잡해지고, 요구 품질 수준은 높아지는 추세이다. 이러한 요구사항을 충족하기 위해서는 금형설계 단계에서 구조해석을 통한 정확한 품질 예측을 통하여 금형 방안 및 공정조건을 최적화 하는 것이 필요하며, 구조해석의 정확도 향상을 위한 수치해석 기법이 지속적으로 개발되고 있다. 본 연구에서는 용탕 충진의 정확도 향상을 통한 유동해석 정확도 향상기법, 제품의 미성형 예측, 진공 다이캐스팅에서의 유동 현상 및 응고과정 중의 미세기공 예측 기법 및 실제 적용사례에 대하여 소개하고자 한다.

Key Words : Hybrid Method, Partial Squeezing, Gas Porosity, Vacuum

1. 서론

다이캐스팅 공정은 용융금속을 금형 내에 고속, 고압으로 사출하는 공정으로 매우 빠른 용탕의 유속에 의한 난류가 발생하며, 기포, 가스, 개재물 등이 제품내에 혼입되는 현상이 발생한다. 또한 모듈화 및 경량화 요구에 따라 제품의 형상이 얇아지면서 미성형 및 제품 두께편차에 따른 응고시 미세기공 등이 많이 발생하고 있다. 본 연구에서는 유동해석의 정확도 향상, 미세수축 예측 및 국부가압을 통한 미세수축 제거, 박육 제품의 미성형 예측 및 진공다이캐스팅의 용탕 유동 정확도 향상에 대한 연구를 진행하였다.

2. 실험방법

1. 용탕충진의 정확도 향상(hybrid Method)
2. 국부가압에 의한 미세수축 예측(Partial Squeezing)
3. SIGAP(shrinkage Induced Gas Porosity)
4. 미성형 예측 (Fluid Stop)
5. 진공다이캐스팅 (Vacuum Diecasting)

상기의 항목에 대한 수치해석 알고리즘을 개발하고, 정확도에 대한 평가를 진행하였다.

1. (주)에니캐스팅소프트웨어, 대표이사

2. (주)에니캐스팅소프트웨어, 대표이사

교신저자: (주)에니캐스팅소프트웨어, 이사, jmyoon@anycasting.com

3. 결과 및 고찰

실제 다이캐스팅 제품에 발생하는 불량과 해석결과를 비교하였을 경우 매우 유사한 결과를 나타내는 것을 알수 있었고, 정확한 현장 조건만 측정되어 반영된다면 해석의 정확도는 더욱 향상될 것으로 사료된다.

4. 결론

다이캐스팅 부품 품질향상을 위하여 국부가압, 진공다이캐스팅 등의 공법이 개발되어서 적용되고 있으며, 주조해석을 통하여 실제 공정을 유사하게 예측 가능한 것으로 판단된다. 따라서 개발품의 금형설계 및 양산공정의 불량개선에 대하여 주조해석을 통한 실제적인 적용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] Campbell, J. (2015) Complete Casting Handbook (2nd ed.), pp.564-569, Butterworth-Heinemann.
- [2] Winardi, L. Littleton, H.E. and Bates, C.E. (2005) New Technique for Measuring Permeability of Cores Made from Various Sand, Binders, Additives, and Coatings, Trans. AFS, vol. 113, pp. 393-406.
- [3] Foundry Management & Technology (May 2007) Core and Mold Gas Evolution, p.17.

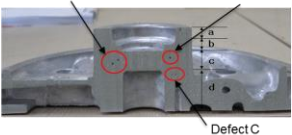
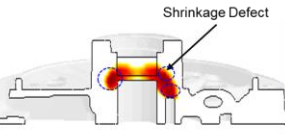
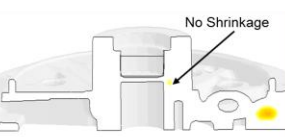
	Experimental Result	Simulation Result
Before Local Squeeze		
After Local Squeeze		

Fig.1 국부가압 적용 전후의 미세수축 예측

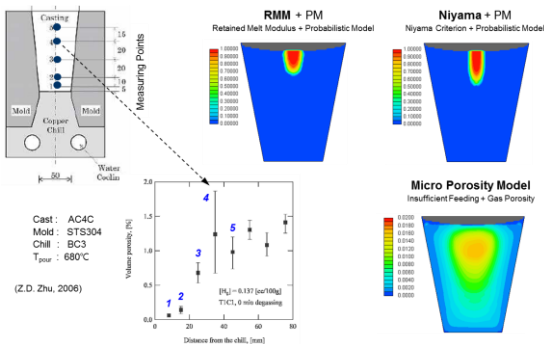


Fig.2 응고 과정에서 용탕내부 가스배출에 의한 미세기공 예측

8. 일반 논문 발표

(제 3 발표회장)

직접 레이저 용융 공정을 이용한 다양한 mesh pattern 제작

황태우¹ · 한상욱² · 문영훈[#]

Fabrication of various mesh patterns using direct laser melting process

T. W. Hwang, S. W. Han, Y. H. Moon

Abstract

The direct laser melting (DLM) process can be applied to the additive building of complex metal parts using melting metal powder with laser scanning. A metal mesh is a common type of metal screen consisting of parallel rows and intersecting columns. It is widely used as transportation, industrial, agriculture, machine protection sector and construction. This study used the DLM process to fabricate various mesh pattern parts with AISI 304 stainless steel powder. The formation of a variety of mesh patterns can be increased cost efficiency and the ability of the DLM process. To fabricate a thin mesh patterns, feeding the powder on the copper base plate and thin laser layering was conducted. The high thermal conductivity of copper allows heat to pass through it quickly, and prevents the adhesion of a thin laser melted layer. Laser process parameters such as laser power, scan rate, scan direction affect to the size and accuracy of mesh patterns. As the analysis results indicate, a part with a mesh pattern was successfully obtained, and the application of the proposed method was shown to be feasible with a high degree of reliability.

Key Words : Direct laser melting, Mesh pattern, Copper plate, AISI304 powder.

1. 서론

직접 레이저 용융(DLM) 프로세스는 레이저빔 스캐닝으로 금속 분말을 용융시켜 층층이 적층하는 공정이다. DLM 공정의 장점은 다이아 공구를 사용하지 않고도 완전 밀도, 고성능, 복잡한 금속 부품을 제작 할 수 있다[1]. 레이저 빔이 각 층을 스캔하여 분말 입자를 국소적으로 녹여 용융풀을 형성 한다. 이 용융풀은 레이저 빔이 이동하면서 순간적으로 응고된다. 따라서 레이저 공정 변수인 레이저 출력, 주사 속도, 분말 도포 두께, 빔 직경과 같은 부품의 기계적 특성에 영향을 미치는 공정변수를 최적화 하는 것이 중요하다[2]. 농업, 산업, 운송 및 기계 보호 분야에서 널리 사용되는 Mesh는 평행 한 라인과 교차하는 라인으로 구성된 일반적인 유형이다. Mesh는 일반적으로 용접 또는 직물로 함께 접합하여 와이어를 교차시켜서 만든다[3]. 본 연구에서는 DLM 공정을 이용하여 금속망을 제작 하였으며, 치수 정확도가 높고 빠르고 쉬운 공정의 장점이 있다. 또한 3D CAD 모델링을 통해 단일 공정으로 다양한 형태의 금속망을 제작할 수 있다. DLM 공정을 이용한 다양한 형상의 Mesh 제조는 다른 공정과 비교시 비용과 효율성을 높일 수 있다. DLM 공정시에 단일 분말 도포로 얇은 형상의 Mesh를 제작하기 위해 구리로된 합금을 소재로 이용하였다. 구리는 높은 열전도로 열을 빠르게 이동시키고 레이저빔 주사시에 용융층의 접착을 방지한다. 레이저 공정 변수인 레이저 주사 속도와 주사 방향이 Mesh의 크기 및 치수 정확도에 영향을 미친다. 분석 결과 다양한 모양을 가진 금속망을 성공적으로 얻었으며, 제안된 방법이 높은 신뢰도를 기반으로 실현 가능하다.

1. 부산대학교, 박사과정

2. 부산대학교, 박사과정

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

2. 실험방법

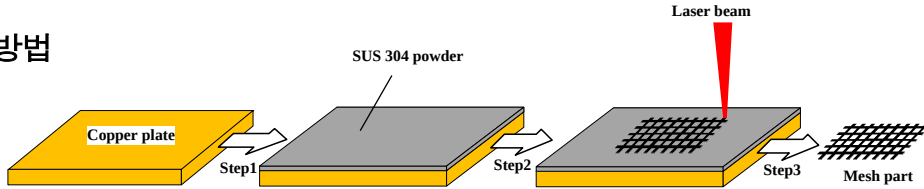


Fig. 1. Schematic drawing of mesh fabrication method.

DLM 공정 시 적용된 실험 공정 변수로 레이저 출력 200W, 주사 속도 110mm/s, 선간 간격은 0.06 mm로 수행하였다. Fig.1은 DLM 공정을 이용한 금속 mesh 제작 방법을 나타내었다. 첫번째로 금속 분말이 0.5 mm 도포 된다. 그 다음 공정으로 레이저 빔이 모델링 된 CAD 형상을 따라서 주사 된다. 레이저 빔 주사가 끝나면 분리된 Mesh를 얻을 수 있다.

3. 결과 및 고찰

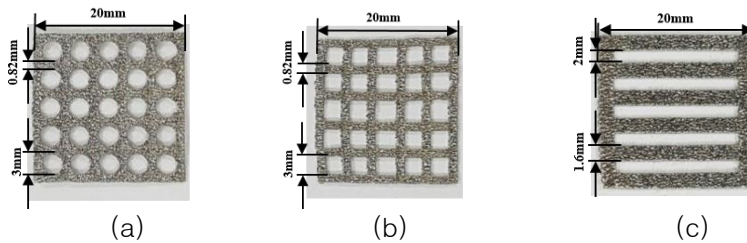


Fig.2. Fabricated mesh parts; (a) Circular hole, (b) square hole, (c) rectangular hole.

Fig. 2는 DLM 공정을 이용하여 적층 된 정사각형, 원형, 직사각형 모양의 Mesh의 형태를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 DLM 공정을 이용하면 원하는 사이즈의 단일 형상 Mesh를 빠르고 연속적으로 얻을 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 DLM 공정을 이용하여 구리 플레이트 위에 단일 층의 금속 mesh 제작을 성공적으로 수행하였다. 적층용 모재로 구리를 이용함으로써 높은 열전도로 인한 모재와 용융층의 용착을 방지시켰으며, 3D CAD 모델링을 통해 단일 공정으로 다양한 형태의 Mesh를 제작할 수 있었다

후기

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R75201600010003003, 다중소재 융복합 적층 3D프린팅 솔루션 기술개발).

참고문헌

- [1] J. H. Jang, B. D. Joo, S. M. Mun, M. Y. Sung, Y. H. Moon, 2011, Application of direct laser melting to restore damaged steel dies, Met. Mater. Int. Vol. 17, No. 1, pp. 167-174.
- [2] T. W. Hwang, Y. Y. Woo, S. W. Han, Y. H. Moon, 2018, Functionally graded properties in directed-energy-deposition titanium parts. Opt Laser Technol. Vol. 105, pp. 80-88.
- [3] N. Bönninghoff, J. P. Chu, C. W. Chang, M. Mehretie, B. Z. Lai, 2018, Preparation and characterization of micron-scale molybdenum metal mesh electrodes. Surf Coat Technol. Vol. 349, pp. 224-232.

마그네슘 합금판재 (AZ31)의 온도에 따른 블랭킹 공정 및 절단면 형성에 대한 연구

피에만 파질리¹ · 유제형¹ · 이창환[#]

A Study on the Sheared Edge of Magnesium Alloy (AZ31) Sheet Blanks at Warm Temperatures

P. Fazily, J.H. Yu, C.W. Lee

Abstract

블랭킹 공정은 판재를 원하는 형상으로 절단하는 공정으로, 판재의 탄성 및 소성 변형과 파단을 수반하는 공정이다. 판재의 절단면은 눌림면, 전단면, 파단면 및 버로 구성되며, 절단면의 형상 및 치수는 다양한 공정 변수의 영향을 받는다. 특히 제조 관점에서 눌림면과 버는 중요한 요인이다. 본 연구에서는 틸새의 크기 및 열적 효과에 따른 절단면의 특성을 알아보기 위하여 다양한 틸새 및 온도에 따른 전단 공정을 수행하였다. 소재는 AZ31 마그네슘 합금 판재를 이용하였으며, 만능 재료 시험기(UTM)를 사용하여 실험을 수행하였다. 절단된 판재의 단면을 관찰하기 위하여 에폭시 수지로 콜드 마운팅 후 자동 연마기를 사용하여 기계 연마를 수행하였다. 판재의 절단면은 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다. 온도가 상승함에 따라 전단 영역, 눌림면의 깊이 및 버의 높이는 증가하였고, 반대로 파단 영역은 감소하였다. 또한 일정 온도 이상에서는 교차균열이 발생하지 않았고, 온도의 증가에 따라 파단면의 크기에 대한 틸새의 영향이 상대적으로 감소하였다.

Key Words: Blanking Process, Cold mounting, Sheared edge, Blanked edge, Magnesium AZ31, Warm Temperatures

후기

본 연구는 정부의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행 되었습니다.
(과제 번호: NRF-2017R1C1B5017648)

1. Department of Mechanical Design and Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Graduate Student

Corresponding Author: Dept. of Mechanical System and Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Professor, E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

박판 성형 해석을 활용한 강건하고 전략적인 스프링백 보정 프로세스 제안

문명수^{1#} · 곽종환¹ · 이찬호¹

Proposal of a Robust and Strategic Springback Compensation Process using Sheet Metal Forming Simulation

M. S. Moon, J. H. Kwak, C. H. Lee

Abstract

Springback in sheet metal forming is one of the most difficult to manage among forming defects and one of the most chronic reasons for the increase in additional costs to achieve desired levels of dimensional quality. In practice, correction processes are actively applied to predict and resolve these problems in advance.

In this study, the cause of troubles were analyzed that are likely to occur in practical work process through several cases, and a complementary procedure through simulation method is suggested. If a large number of operations are proceeded, additional plastic deformation may occur in the post operations, which is one of the factors that adversely affects the stable compensation operation. The effects were analyzed by applying scaling and drawing shells as an additional simulation strategy to minimize such plastic deformation.

In addition, we proposed a strategic correction method for the compensation of multi operational processes which shows various trends. When applying this process, the accuracy required for the die development process can be guaranteed and cost reduction can be expected. The application effect is analyzed in several cases.

Key Words : Sheet Metal Forming, FE Simulation, Springback, Compensation, Scaling, Drawshell, AutoForm

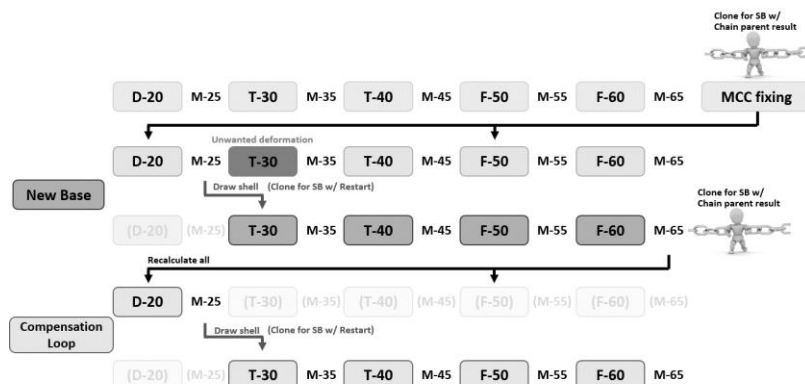


Fig. Compensation strategy loops applying scaling & drawshell

1. 오토폴엔지니어링코리아㈜ 기술지원팀
 # 교신저자: 오토폴엔지니어링코리아㈜ 기술지원팀
 E-mail:myungsoo.moon@autoform.kr

항복함수가 홀 확장성 예측에 미치는 영향

김진재¹ · 팜콕투안¹ · 김영석[#]

Effect of Yield Function on Formability Prediction of The Hole Expansion Test

J. J. Kim, Q. T. Pham, Y. S. Kim

Abstract

In sheet metal forming, hole expansion test is one of the most important test used to estimate the formability of the tested material. This study presents the effect of yield function on formability prediction of the hole expansion test for DP980 sheet. To achieve this goal, different yield functions including Mises, Hill48, and YLD2000 functions are adopted to describe the material's anisotropy. In addition, Kim-Tuan hardening function is employed to capture the stress strain relation until large strains. According to simulation results of the hole expansion test, it is seen that the sensitivity of punch force on the selected yield function is negligible whereas formability predictions such as failure position and thickness distribution on the hole edge are significantly depended on the accuracy of yield function. As a conclusion, the yld2000 yield function calibrated by a conventional strategy for its parameters provided an unsatisfactory prediction for hole expansion test of the examined material.

Key Words : Hole expansion, Yield function, FE-simulation, DP980

1. 서론

Numisheet 컨퍼런스의 주최측에서는 올해 벤치마크로 DP980 재료에 대한 홀 확장성 예측을 선정했다. 이러한 재료는 공칭 변형률 기준으로 약 10% 내외의 짧은 연신율을 나타내지만, 파단 까지는 소성변형률 기준 약 0.9로 큰 변형률을 나타낸다. 이것은 홀 확장성 시험에서의 예측을 어렵게 만드는 이유 중에 하나이며, 실제 부품에서도 마찬가지이다. 따라서, 본 연구에서는 항복함수가 홀 확장성 예측에 미치는 영향을 FE-simulation을 통해 평가하였다.

2. 해석방법

Fig. 1은 2018 Numisheet [1]에서 제공한 홀 확장 실험에 대한 개요도를 나타냈다. Fig. 2에는 DP980 재료에 대한 상당 응력-상당 변형률 실험 그래프 및 대변형의 재료거동을 잘 묘사하는 Kim-Tuan 식[2]을 이용하여 얻은 그래프를 함께 나타냈다. 본 연구에서는 연합유동법칙을 사용했기 때문에 3가지 다른 항복함수인 Mises, Hill48 및 YLD2000를 이용했다. 또한, VUMAT 서브루틴을 이용하여 해석을 수행했으며, 파단조건은 Numisheet에서 제공한 Bao-Wierzbicki 모델[3]을 기반으로 얻은 데이터를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3에 3가지 다른 항복함수가 DP980 재료의 항복응력, 이방성 및 항복곡면에 어느 정도 일치

1. 경북대학교 기계공학과

교신저자: 경북대학교 기계공학부, E-mail: caekim@knu.ac.kr

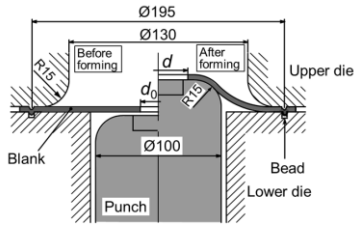


Fig. 1: geometries of the hole expansion test

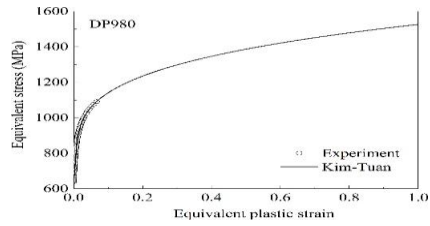


Fig. 2: Stress-strain curve of DP980 sheet

하는지에 대해 나타냈다. (a)는 0도부터 90도까지 총 7가지의 각도별 단축인장으로 얻은 항복응력 결과와 항복함수를 이용하여 얻은 그래프를 나타낸 것이다. Hill48 및 YLD2000은 실험결과를 대체로 잘 나타내었다. (b)는 이방성계수로, YLD2000을 제외하고는 실험결과를 잘 예측하지 못한다는 것을 알 수 있다. (c)는 항복곡면에 대한 결과를 나타낸 것으로, 세 가지 항복함수 모두 정확히 예측하지 못함을 알 수 있다.

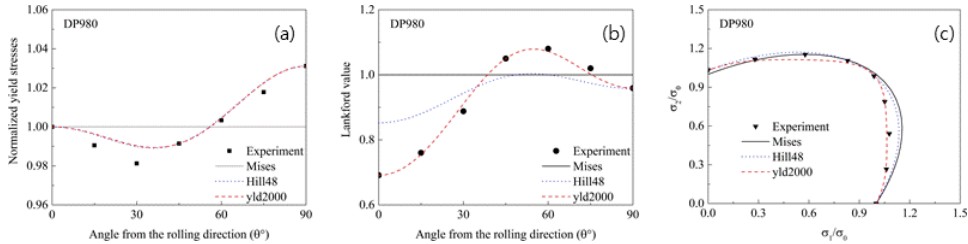


Fig. 3 Directionally anisotropic predictions of various yield functions for DP980 sheet

Fig. 4에는 해석 결과를 나타냈다. (a)는 해석의 펀치 하중 및 위치, (b) 및 (c)는 실험 및 해석의 파단 위치, 두께 변형을 각각 나타낸다. 펀치 하중 및 위치는 Hill48, 파단 위치는 yld2000, 두께 변형은 모든 항복조건이 잘 예측하지 못했다.

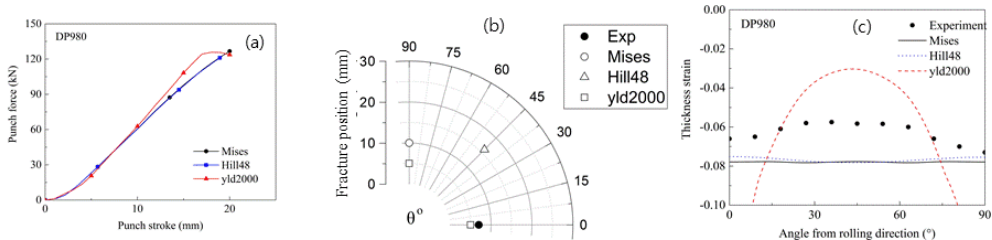


Fig. 4: Comparison results between FE predictions and experimental measurements

4. 결론

본 연구에서는 항복함수가 홀 확장성 예측에 미치는 영향을 평가하기 위하여 3가지 다른 항복함수를 사용한 해석과 실험 결과를 비교했다. 그 결과, YLD2000 항복함수가 대체적으로 실험결과를 잘 예측하였다. 그러나, 정확한 예측을 위해서는 YLD2000 모델에서 파라미터의 정확한 설정 방법이 개발 되어야 할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 산업통상자원부 산업기술거점 기관지원사업 (대구튜닝지원센터, R0003356) 성과물로써 관계자 제위께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Numisheet conference, Benchmark 1, 2018
- [2] Q. T. Pham, B. H. Lee, K. C. Park, Y. S. Kim, "Influence of the post-necking prediction of hardening law on the theoretical forming limit curve of aluminium sheets", International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 140, pp. 521-536, 2018
- [3] Y. Bao, T. Wierzbicki, "A comparative study on various ductile crack formation criteria", J. Eng. Mater. Technol., Vol. 126, No. 3, pp. 314-324, 2004

초경 다단 다이를 적용한 냉간 압조용 선재 인발 기술

박동환^{1#} · 탁윤학¹ · 이명준² · 권혁홍³

Development of Wire Drawing Technology for Cold-Rolled Steel using Multi-Stage Die of Hard Metal

D. H. Park, Y. H. Tak, M. J. Lee, H. H. Kwon

Abstract

The wire drawing die for cold rolling is to produce a wire rod with desired diameter by drawing. Drawing lubricant was applied for producing a wire rod of desired diameter through the drawing die. Existing cold rolled drawing die has friction and abrasion due to contact pressure and sliding motion. In order to solve this problem, multi-stage die was developed to manufacture wire rods with good quality. In this study, we developed manufacturing technology that can reduce the deviation and bending of a wire rod due to friction and abrasion caused by the wire manufacturing process in the case of drawing for cold rolled steel.

Key Words : Wire Drawing, Cold Rolling, Wire Rod, Multi-Stage Die, Friction

1. 서론

본 연구는 냉간 압조용 인발 다이를 다단으로 적용하여 선재를 인발하여 원하는 직경의 선재로 생산하고자 한다. 냉간 압조용 인발 신선기는 선재 피딩을 위해 3단계의 예비교정기가 구성되어 있으며, 신선 윤활제(압조용 파우더)가 선재에 도포되어 인발 다이를 통과하면서 원하는 직경의 선재가 생산되고 있다. 기존 냉간 압조용 인발 다이는 1개의 초경 다이가 사용되어 선재를 생산하는 과정에서 인발 다이와 선재 간의 접촉 압력과 미끄럼 운동에 의해 마찰과 마모가 발생되어 인발 후 선재는 선경 편차와 굴곡 등의 불량 발생되고 있다. 이를 해결하기 위해 고수명의 초경 다단 다이를 개발하였다.

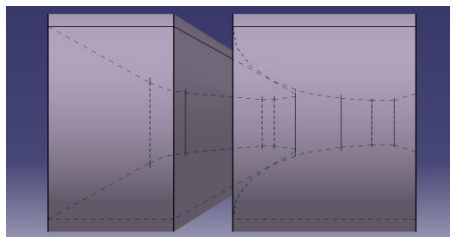


Fig. 1 Multi-stage die model of hard steel

1. 경북하이브리드부품연구원

2. (주)우신스틸

3. 대전대학교

교신저자: 경북하이브리드부품연구원,

E-mail: pdh@ghi.re.kr

2. 실험방법

냉간 압조용 인발 다이를 다단으로 적용하여 선재를 인발하여 원하는 직경의 선재로 생산하기 위하여 다단 다이에 대한 인발 성형해석을 수행하였다. 해석은 Simufact forming S/W를 활용하여 마찰계수에 따라 인발 성형해석을 수행하고, 인발 다단 다이를 초경으로 제작하였다.

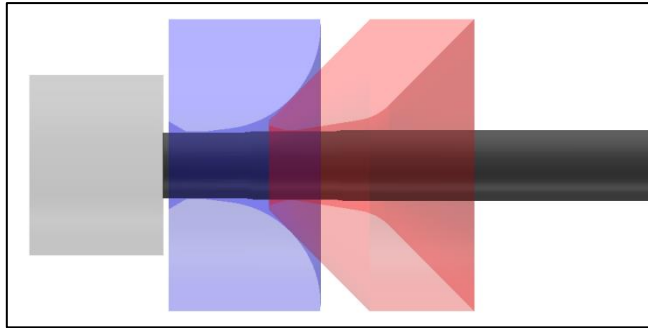


Fig. 2 Simulation model of multi-stage die

3. 결과 및 고찰

냉간 압조용 인발 가공은 봉재, 선재, 관재를 인발하여 원하는 형상으로 가공하는 것으로 테이퍼 구멍을 가진 다이에 지름이 큰 소재를 통과시켜 가느다란 형상의 재료로 당겨 뽑는 가공이다. 소재는 인장응력과 다이 내면으로부터 강한 압축력으로 소성변형이 되어 기계적 성질 향상과 표면거칠기가 정교하고 외관 품질이 향상된다. 냉간 압조용 다단 다이를 초경으로 개발하기 위하여 해석과 실험을 수행하였다.

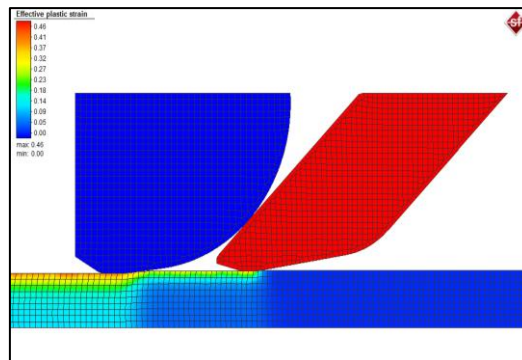


Fig. 3 Analysis results of multi-stage die

참고문헌

- [1] 고필성, 김정훈, 김병민, "다양한 종횡비의 직사각바 다단 인발공정에서 치수정도 향상을 위한 프로세스 맵," 한국소성가공학회지, 제27권, 제3호, pp. 154-159, 2018.
- [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, Vol. 3, No. 2, pp. 179-184, 2016.

Effect of Material Characteristics and Process Parameters on Wrinkling During Redraw Process of a Beverage Can Using FEM Simulation

Phu-Van Nguyen¹, Jin-Jae Kim¹, Young-Suk Kim[#]

Abstract

Wrinkling of beverage cans continues to be experienced by can manufacturers and some aluminum material suppliers. Wrinkling in the bottom of aluminum can occurs when the material is subjected to compressive stresses during the forming process. Many factors such as material characteristics of the aluminum sheet and process parameters impact to wrinkling including the effects of sheet thickness, coefficient of friction and punch profile height. This paper indicates the effect of material characteristics such as can thickness and process parameters as friction coefficient, and punch profile height on wrinkling during redraw process of a beverage can.

Key Words: friction coefficient, can thickness, punch profile height, wrinkling, wrinkle factor.

1. Introduction

Finite element model were assembled together including cup locator, redraw sleeve, redraw die, punch and material to investigate the wrinkling during the redraw process (fig.1). Manufacturing experience indicates that redraw wrinkling is impacted by many factors such as mechanical properties of the aluminum sheet (yield stress, r-values) and process parameters including contact conditions, tooling geometry et al [2, 3]. This paper uses main factors such as friction coefficient, can thickness, punch profile height to investigate the wrinkling as shown in fig.2

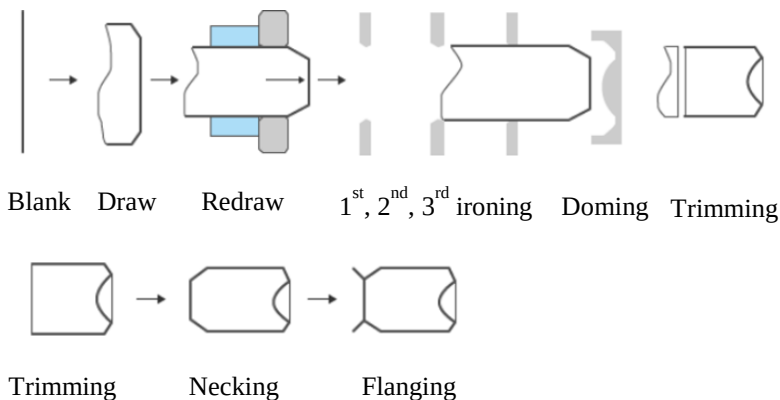


Figure 1. Drawing and ironing can (D&I can)



Figure 2. Real can shows wrinkle occurrence

1. Graduate School, Kyungpook National University, Daegu 41566, South Korea
Corresponding Author: School of Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, South Korea,
Email: caekim@knu.ac.kr, Tel: +82-53-9505580

2. FEM simulation

A method for measuring the redraw wrinkling from ABAQUS/standard finite element analysis is employed. The dimensions of tool and can are followed by commercially available steel D&I can (355 ml capacity). The material is aluminum AL3104, the can geometry is assumed to be idealized and uniform thickness.

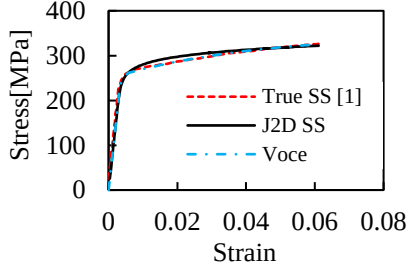


Figure 3. Stress strain curve of real can AL3104

The can material properties: Young modulus 69GPa, Poisson's ratio 0.33 and density $\rho=2700 \text{ kg/m}^3$ et al [1]. This study compares application of the J2 flow theory (J2F) and J2 deformation theory (J2D) on simulating the can redraw processes to predict the wrinkling behavior. In the J2F theory, the flow stress was described using the Voce equation: $\sigma=A-B.exp(-C\varepsilon)$, where A, B, C are the Voce material constants. In contrast, in J2 deformation theory, material model is applied as follow (fig.3):

$$E\varepsilon = \sigma + \alpha \left(\frac{|\sigma|}{\sigma_0} \right)^{n-1} \sigma$$

Where σ is the stress, ε is the mechanical strain, E is Young's modulus, α is the yield offset and n is the hardening exponent for the "plastic" (nonlinear) term: $n>1$.

The wrinkle factor is used to measure wrinkling and compare results together, the wrinkle factor is calculated as the percentage of the maximum normalized arc length relative to the unit length calculated from each contour based on the radial coordinate plot data et al [2,3]. A wrinkle factor of zero indicates no wrinkling.

3. Results and discussions

From the FEM simulation for the redraw process (fig.4), in the J2 flow theory, 4 wrinkles for a quarter section were predicted. However, in J2 deformation theory, 10 wrinkles were predicted for a quarter section (fig.5). In real can, 11 wrinkles for a quarter section are observed in the bottom of can as shown in figure 2. It is clear that J2 deformation theory is better than J2 flow theory to simulate wrinkling for redraw process of a beverage can.

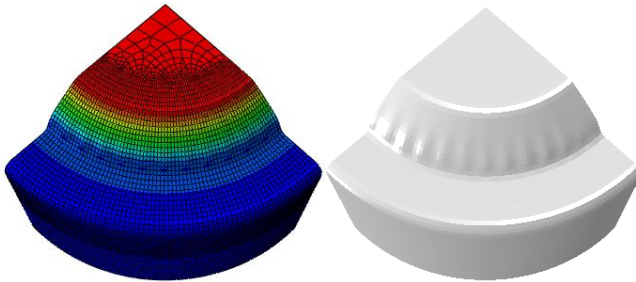


Figure 5. FEM simulation shows wrinkling for J2D

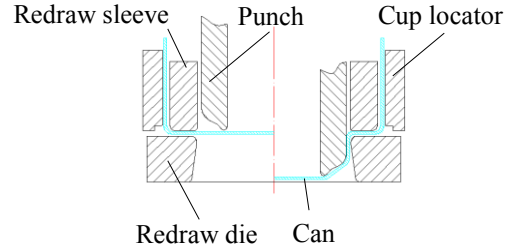


Figure 4. Schematic of can redraw process

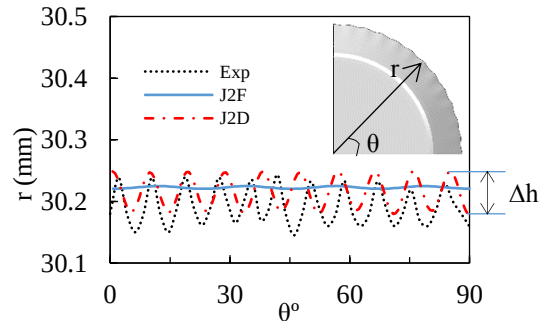


Figure 6. Radial distance contour plot at friction $\mu=0.05$, thickness $t=0.3 \text{ mm}$, punch profile height $h=9.3 \text{ mm}$

Maximum distance between two points for each line in figure 6 is called wrinkle deviation (Δh), $\Delta h = 0.005\text{mm}$ in the J2F, $\Delta h = 0.07\text{mm}$ in the J2D and $\Delta h = 0.108\text{mm}$ in the real can. Besides that, the friction coefficient also impacts to wrinkling, the result indicates that friction coefficient increases from 0.02 to 0.05, the wrinkle decreases. The thickness increases from 0.28 mm to 0.32 mm, the wrinkle also decreases. The punch profile height varies from 8.8 mm to 9.8 mm, the result indicates that the punch profile height increases, the wrinkle also increases.

4. Conclusion

Due to the space limit, we omit the conclusion.

Acknowledgement

This work was supported by Priority Research Center Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (2010-0020089) and a grant No.R0003356 (Tuning Professional Support Center in Daegu Metropolitan City) from the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE).

References

- [1] Jaesuk Park, "Development of optimized can making process to improve the dome wrinkles in aluminum 2 piece D&I beverage can", Master thesis, Kyungpook National University, December 2014.
- [2] Dick. R.E. "Improvements to the beverage can redraw process using LSDYNA", 7th International LS-DYNA Users Conference, 22 July 2014.
- [3] Dick. R.E, "Effect of material characteristics on wrinkling during dome forming of a beverage can using LS-DYNA", 10th International LSDYNA Users Conference
- [4] Jaebok Nam, "Finite element analysis of deep drawing and ironing process in the steel D&I can making process", ISIJ International, Vol. 40, No. 12 (2000).

초고장력강판 냉간 프레스금형용 Ti, Cr계 PVD 코팅 및 용사 코팅의 내구성 평가

윤국태[#] · 허재영¹ · 송재선¹ · 윤일채¹ · 박춘달¹ · 이현석² · 김보환²

Evaluation of Durability in Ti & Cr based PVD and Thermal Spray Coating on Cold Work Tool Steel for UHSS Forming Die

K. T. Youn, J. Y. Heo, J. S. Song, I. C. Yoon, C. D. Park, H. S. Lee, B. H. Kim

Abstract

친환경 자동차의 급성장과 이에 따른 연비강화 및 차체 경량화의 요구로 다양한 소재의 개발과 함께 성형기술의 기술난이도도 높아지고 있으며, 특히 초고장력강판은 최근 1.5GPa 급까지 냉간성형하여 적용되는 사례가 있다. 초고장력강판 성형시 발생하는 금형 수명의 현저한 감소로 최근 국내외에서 ESR(Electro Slag Remelting) 공법을 적용하거나 기타 합금설계와 개재물 제어 등을 통해 다양한 금형강이 개발되고 있으며, 실제 성형소재에 의해 마찰 및 마모가 발생하는 금형 표면의 고성능화를 위해 성분을 다양화 하거나 코팅층을 다층화하는 방법도 제안되고 있다.

본 연구에서는 냉간 프레스금형에 적용 가능한 경질 피막 코팅의 내구성 평가 방안을 제시하고, 시험기구를 다양화하여 내구성을 비교평가하고, 모사시험의 적정성을 검토하였다. 대상 시험재는 고안된 내구성평가 시험을 기준하여 STD11 금형재를 동일 조건으로 열처리를 실시하고 마찰 및 마모시험편 형태로 최종 가공한 후 실제 제조사 공정으로 PVD 와 용사 코팅을 실시하였다. 기초 물성확인을 위해 각 코팅층의 두께 및 성분, 경도 그리고 모재와 코팅층의 밀착력 등을 확인하였다. 내구성 평가 모사시험 방법은 일반적인 Ball on Disc 마모시험과 함께, 성형소재를 대상으로 금형재를 마찰시키는 Pin on Disc 마모, 그리고 새로운 면에 지속적으로 마찰시켜 마모거동을 관찰하는 Spiral 마모시험, 면접촉 마모를 모사한 Ring on Disc 마모시험을 각각 실시한 후 특성을 고찰하고 비교평가하였다.

기초 물성평가 결과, TiAlN 코팅층의 경도가 가장 높았고, 피막 파괴 임계하중값은 윤활층+CrTiAlN 코팅이 가장 크게 나타났다. Pin on Disc 마모시험 후 각 코팅 금형재 핀의 마모 면적과 깊이를 측정된 결과 코팅층 경도가 상대적으로 높은 TiAlN 코팅이 가장 우수하였으며, Spiral 마모시험에서는 최상층에 윤활층을 가진 윤활층+CrTiAlN 코팅층이 우수한 미끄럼 특성을 나타내었다. 각 코팅층의 Ring on Disc 마모시험 평가는 시험 전·후의 마모정도를 접촉식 3 차원측정기로 정해진 마모구간내 Point 로 높이를 측정하는 방법과 비접촉식 3D 스캐닝 장비를 이용하여 마찰면 전체 면분석을 통해 높이 편차 분율을 비교하는 방식을 병행하였다. Ring on Disc 마모시험 결과 Multi-CrN, TiAlN, CrWTiN 코팅은 내마모성이 우수하였고, CrAlTiN 과 윤활층+CrTiAlN 코팅은 내소착성이 양호한 것으로 나타났다.

Key Words : UHSS(Ultra high Strength Steel), PVD Coatings, Scratch Test, Adhesion, Pin/Spiral/Ring-on-Disc Wear Test

Acknowledgment : 본 연구는 WC300프로젝트 기술개발지원사업(과제명 : 자동차 경량화에 대응한 초고장력강의 냉간성형 금형기술 개발, 과제번호 : S2315965) 및 지역주력산업육성사업(과제번호: P0002501)의 일환으로 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원

2. 나라엠앤디㈜

DMI, E-mail: younkt@dmire.kr

금형 정렬 및 클리어런스 평가를 위한 스마트 비전 시스템 개발

최승호¹ · 송영남¹ · 이원주¹ · 정유형¹ · 이재호² · 윤종현[#]

Development of smart vision system for mold alignment and clearance inspection

S. H. Choi¹, Y. N. Song¹, W. J. Lee¹, Y. H. Jeong¹, J. H. Lee², J. H. Yoon[#]

Abstract

이 논문은 주로 금형 정렬 및 클리어런스를 측정하는 실시간 이미지 처리 기술에 관한 것입니다. 초고장력강은 낮은 성형성을 보일 뿐만 아니라 엣지 크래킹(edge cracking)에 대한 저항성이 낮아 전단공정(블랭킹, 펀칭, 노칭 공정 등)시에 전단면의 품질과 과도한 버(burr)의 발생을 엄격하게 관리할 필요가 있으며, 전단 표면의 품질은 금형 정렬 및 금형 마모에 의해 제어되므로 금형 정렬은 우수한 전단 품질을 보장하기 위해 실시간으로 관리되어야 합니다. 따라서, 우리는 CCD(Charge Coupled Device) 카메라와 적응형 이진화 기법을 활용하여 실시간으로 금형간 클리어런스를 검사할 수 있는 시스템을 개발하였습니다.

Key Words : CCD camera, image processing, AHSS, Vision system

후기: 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2018년도 지역유망중소기업 지원사업(No.S2604056)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. (유) 종로과학상사

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

9. 특 별 세 셴

철계 구동부품 온간정밀단조 기술개발
(제 4 발표회장)

응력집중계수와 피로응력집중계수 간의 관계에 따른 냉간단조 금형수명 예측과정

서정환^{1,2} · 정기호^{1,#} · 서영호³

Cold forging fatigue life prediction process by relationship between stress concentration factor and fatigue stress concentration factor

J. H. Seo^{1,2} · K. H. Jung^{1,#} · Y. H. Seo³

Abstract

상온에서 소성가공을 하여 작업자가 원하는 제품을 성형하게되는 냉간단조는 가공 중에 변형 저항이 적어 높은 가공성과 치수정밀도를 갖는 장점을 지니며 주로 볼트 또는 너트류 제품 생산에 적용된다. 특히 냉간단조는 고온에서 발생하는 금형의 마모 및 소성변형과는 달리 상온에서 공정이 진행됨에 따라 단조품의 형상을 결정시켜주며 일정 하중을 견디는 코어 금형에서 발생하는 피로 파괴로 인해 금형이 파손되는 경우가 잦다. 이는 작업자가 원하는 제품의 형상을 확보하지 못하게 될뿐만아니라 목표했던 기계적 강도에 다다르지 못하는 결과를 가져오며 금형의 교체 및 제작 비용에 따라 공정 전체의 원가상승을 불러일으키는 요인이 된다. 이에 피로 파괴가 발생하는 코어 금형의 취약부에 응력집중 이론을 적용시켜 간단하면서도 정확한 금형수명 예측이 가능하다면 더욱 효율적인 단조 공정을 기대할 수 있을 것이다. 본 연구에서는, 실제 냉간단조 공정 중 WC-Co 합금으로 구성된 코어 금형에서 발생하는 피로 파괴에 초점을 맞춰 재료의 grain size와 cobalt 함량에 차이를 보이는 서로 다른 금형재에 대하여 노치가 적용된 시험편을 인장, 피로 시험하여 S-N 선도를 도출하였고 유한요소해석을 일부 진행, 금형수명 예측에 필수 요소인 응력집중계수와 피로응력집중계수를 확보하였으며 그 결과 두 계수 간의 관계를 정리하여 일정 기율기를 갖는 1차 선도를 얻을 수 있었다. 응력집중 이론에 근거한 해당 선도를 활용한다면 작업자는 간단한 계산으로 얻어지는 응력집중계수만으로도 손쉽게 금형수명 예측을 실현시킬 수 있을 것이며 이는 금형수명 평가에 있어 기존 공정 대비 더욱 높은 정확성과 신뢰성을 지닐 것이다.

Key Words : Cold forging, Fatigue test, WC-Co, S-N curve, Stress concentration, Fatigue stress concentration

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. 고려대학교 신소재공학부

3. 포스코(주) 선재마케팅실 선재솔루션그룹

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

고온환경에서의 단조금형용 코팅층 마모에 관한 연구

고은실^{1,2}, 지세현^{1,3}, 임남혁^{1,3}, 서정환^{1,4}, 정기호^{1,#}

Wear of Coatings for Forging Dies at High Temperatures

E. S. Go^{1,2}, S. H. Ji^{1,3}, N. H. Yim^{1,3}, J. H. Seo^{1,4}, K. H. Jung^{1,#}

Abstract

고온환경에서 수행되는 온간 및 열간단조의 경우 금형의 피로파괴보다는 마모가 더 큰 비중을 차지하게 되므로 금형의 내마모성이 금형수명에 지대한 영향을 미치게 된다. 따라서, 금형의 모재에 비하여 경도가 높은 코팅을 적용하여 금형수명을 향상시키거나 금형 모재의 표면층 경도를 높이는 질화처리 등이 주로 사용되고 있다. 그러나, 고온환경에서 코팅층의 내마모 성능을 측정하여 비교평가한 연구결과를 찾기는 쉽지 않은 상황이다. 본 연구에서는 pin-on-disk 타입의 고온마모시험기를 이용하여 실제로 현장에서 적용되고 있는 2가지 코팅과 이황화텅스텐(WS_2) 코팅을 700℃ 이상의 고온환경에서 내마모성능을 측정하고, 비교하였다. 또한, Archard 모델에서 코팅층을 적용했을 때의 K값을 도출하고, 이를 유한요소해석에 적용하여 실제 금형수명과 비교를 통해 고온마모수명 예측결과를 검증하고자 하였다.

Key Words : Die coating, Wear, High temperature, Pin-on-disk, Archard model

1. 한국생산기술연구원 성형기술그룹

2. 인하대학교, 신소재공학과

3. 인하대학교, 기계공학과

4. 고려대학교 신소재공학부

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

유한요소 해석을 이용한 철계 자동차 구동 부품의 온간단조 공정설계 및 온간 단조품의 특성분석

김기한¹ · 배성준¹ · 이영선¹ · 김태구² · 윤은유[#]

Warm forging process design of steel-based car-driven parts by using finite element analysis and characterization of warm forging parts properties

K. H. Kim, S. J. Bae, Y. S. Lee, T. G. Kim, E. Y. Yoon

Abstract

정밀단조기술 산업에서 향상된 기계적 특성의 제품 및 우수한 치수 정밀도를 가지는 복잡한 형상을 성형하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있다. 또한, 저원가, 고품질의 제조기술을 통해 선진국과의 경쟁에서 우위를 점하기 위한 정밀 온간단조 공정 기술연구의 적용이 활발히 이루어지고 있다. 온간단조 공정은 열간과 냉간의 중간온도에서 실시하는 성형공정으로 강도 향상을 위한 추가적인 공정 수를 줄이고, 복잡한 형상 및 고강도 합금의 성형에 유리하다. 온간단조 공정은 열간과 냉간의 장점을 취하기 때문에 저원가 고품질의 부품을 생산할 수 있다. 반면, 온간단조 공정은 낮은 금형 수명과 조직 제어가 어렵기 때문에 공정 설계 및 미세조직 예측에 관한 수치해석과 단조품의 특성 평가 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기존의 열간단조 공정으로 생산된 철계 자동차 구동부품 중 하나인 pulley 제품에 온간단조 공정을 적용하였다. 소재의 열간과 온간에서의 특성을 분석, 유한요소법을 이용하여 소재의 열간과 온간 특성을 고려한 금형을 설계하고 열간단조 공정과 온간단조 공정에 따른 미세조직의 변화를 예측, 비교 분석한 후 온간단조 공정을 실시하였다. 부품 생산 후 치수 정밀도 확인을 위해 3D scan을 이용하여 도면과 실제 성형품을 비교하였다. 열간 단조품과 온간 단조품의 기계적 특성 및 미세조직을 비교 분석하였다. 또한, 단조품의 미세조직과 유한요소법을 이용해 예측한 미세조직을 비교 분석하였다.

Key Words : Warm forging process, Finite elements method, Low carbon steel, Microstructure prediction, Mechanical properties

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 코리아메탈

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

Effect of remelting temperature on the microstructure and impact resistance of flame-sprayed self-fluxing alloy coatings

Eungsun Byon¹, Sunghun Lee¹, Uk-Hee Nam¹, Youngseon Lee¹, Lee-Ho Kim²

Abstract

Many industrial machinery parts including automotive parts are being mass-produced by means of forging dies. To meet the demand for improvement of quality and production efficiency, surface hardening and/or coatings on the surface of the dies has become an interesting issue.

Nitriding is one of the surface hardening processes in which nitrogen is added into alloy surface to increase the surface hardness resulting in longer die life. The nitride layer shows brittle nature resulting in chipping during the service.

In this study, self-fluxing alloy coatings which have high hardness and toughness are applied on the surface of dies using flame spray and remelting processes. The effect of remelting temperature on the microstructure and impact resistance of flame-sprayed self-fluxing alloy coatings is investigated.

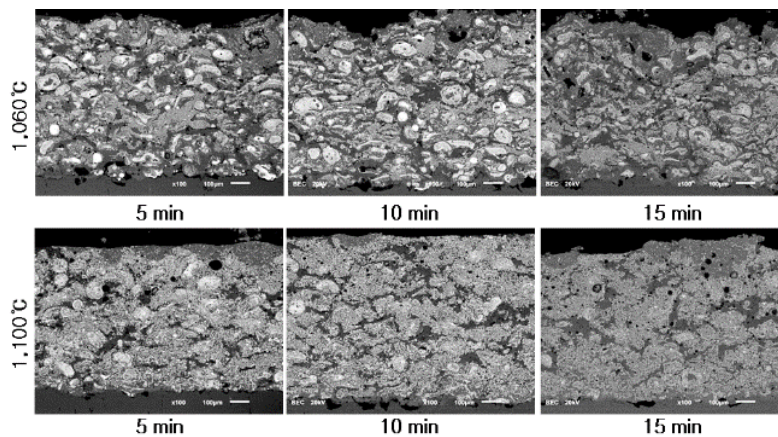


Fig. 1 Microstructures of the remelted self-fluxing alloy coatings at various temperatures and holding times.

References:

1. Jae-Hong Lee and Yeong-Sik Kim, *J. of the Korean Society for Power System Engineering*, **2014**, 106–111
2. M. R. Karimi, H. R. Salimijazi and M. A. Golozar, *Surface Engineering*, **2016**, 238–243

1. Korea Institute of Materials Science, 66 Sangnam, Changwon, Korea
2. Iljin Metal Ind. Co. Ltd., 9-40 Wanam-Ro, Changwon, Korea
E-mail: esbyon@kims.re.kr

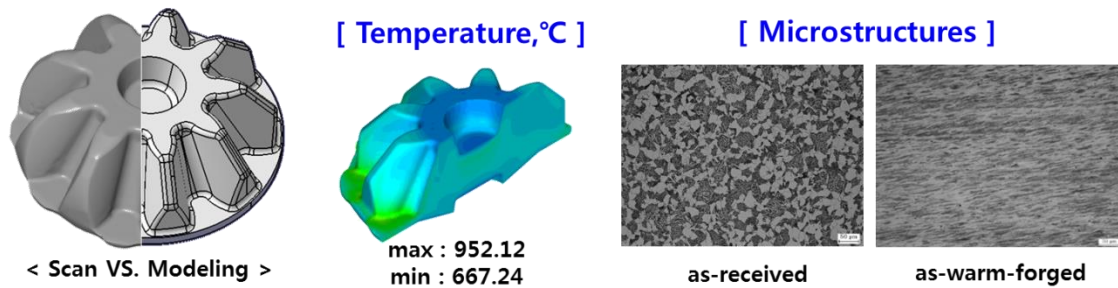
Controls of dimension and microstructure of ferrous driven part by warm precision forging

Youngseon Lee¹, Eunyoo Yoon¹, Taedoo Nho², Younghoon Moon³

Abstract

Warm forging is the one of the good processes for near net shaping since the warm forged parts have good microstructure, surface quality and others. Moreover the process gives some advantages to reduce and eliminate following steps compared to the conventional hot forging. However, it is essential to have appropriate process parameters and then control the related metallurgical phenomena. Additionally, the control of dimensional accuracy of warm forged part is very important to reduce the following process, such as cold sizing or machining.

In this study, straight bevel gear for automobile differential unit is used to investigate the microstructures and dimensional change of warm forged part. SAE4130 is used as the material for bevel gear forging and high speed steel is used as die material. The hot compression tests are performed to select an appropriate warm forging temperature. A bevel gear is fabricated practically by warm forging using crack press. According to the microstructure evolution and dimension measurement of forged part, the effective process data can be obtained.



References:

1. P. Springer, U. Prah, J. of Materials Processing Technology, 2016, 237, 216–234.
2. J.Y.Lee, Y.S.Lee, etc., Annual Proceeding of KSTP, 2001, 321–325

1. 1Korea Institute of Materials Science, 66 Sangnam Changwon Kyungnam R.O.Korea

2. Prosol Co. Ltd., Sachun Kyungnam R.O.Korea

3. Pusan National University, Busan, R.O.Korea

Email address of presenting author: lys1668@kims.re.kr

10. 일반 논문 발표

(제 4 발표회장)

차량 MDPS용 Input shaft 금형응력해석에 관한 연구

조아라^{1,2} · 정명식¹ · 김병민² · 이상곤¹ · 황태민³ · 황선광^{1,#}

A study on die stress analysis for input shaft of vehicle MDPS

A. R. Jo, M. S. Jeong, B. M. Kim, S. K. Lee, T. M. Hwang, S. K. Hwang

Abstract

Input shaft는 자동차 조향장치인 Motor drive power steering의 주요 부품 중 하나로 주로 기계가공을 통해 제조되어 왔다. 그러나 낮은 생산성과 높은 재료손실로 인해 Input shaft 제조의 공정 전환이 지속적으로 요구되고 있다. 이 요구를 충족시키기 위해 본 연구에서는 다양한 공정 중 다단 냉간단조를 통한 공정 설계를 하고자 한다. 공정 설계에 있어서 금형의 파손을 예측하고 수명을 향상시키는 것은 중요한 설계 요소 중 하나이다. 따라서, 차량 MDPS용 Input shaft 제조 시 유한요소해석을 활용한 금형응력 분석 및 금형 파손 예측 등을 통해 응력링의 Shrink fit 제어에 따른 금형 수명 향상 방안을 제안하였다. 해석 결과를 통해 필요한 Shrink fit 값을 제안하였으며, 이를 통해 차량 MDPS용 Input shaft 제조 시 금형 수명 향상을 기대할 수 있다.

Key Words: Multi-stage Cold forging (다단 냉간단조), Finite Element Analysis(유한요소해석), Die stress analysis(금형응력해석)

1. 서론

Input shaft는 자동차 조향장치인 MDPS(Motor Drive Power Steering)의 주요 부품 중 하나로 구 동력을 전달하는 주요 기능을 가지고 있으며 기계가공으로 제조되어 왔다. 하지만 기계가공의 특성상 낮은 기계적 강도와 생산성, 높은 재료손실을 유발하기 때문에 이를 대체 가능한 새로운 공정이 요구된다. 다양한 공정 중 생산성이 높고 재료손실이 적은 다단 냉간단조를 통해 공정 전환을 하고자 한다.

일반적으로 냉간단조시 금형과 소재의 마찰, 반복적인 생산 등의 여러 가지 변수들로 인해 금형의 파손 및 마모 될 가능성이 크다. 따라서 미리 예측하여 결함이 발생하지 않도록 공정을 설계 하는 것은 매우 중요하다. 파손은 크랙이 시작된 후 그 크랙으로부터 미소크랙이 성장하여 진전된 후 파손에 이르게 되어 파손은 주로 반복적인 인장응력에 의해 발생하여 최대 주응력을 분석하는 것이 중요하다[1]. 주로 산업현장에서는 인서트, 응력링, 케이스로 구성된 금형으로 설계를 하며 응력링에 압축응력을 가해 금형의 수명을 향상시키는 방법을 사용한다. 그러나 산업현장에서는 설계 기술의 부족으로 적절한 압축응력 확보에 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 논문에서는 금형응력해석을 통해 금형의 파손을 예측하고 적절한 Shrink fit 제어를 통해 효율적인 금형을 설계하고자 한다.

1. 한국생산기술연구원 대경지역본부 국한가공기술그룹

2. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템 전공

3. ㈜성진포머

교신저자: 한국생산기술연구원 대경지역본부 국한가공기술그룹, E-mail: skhwang@kitech.re.kr

2. 금형응력해석

Fig.1은 Input shaft를 제조하기 위한 총 6공정의 진행과정에 따른 변형률을 나타내며 금형응력 해석은 가장 변형률이 높은 6단계 공정을 기준으로 인서트만 있는 경우, 인서트와 응력링만 있는 경우, 인서트와 응력링과 케이스가 모두 있는 경우로 구분하여 해석을 진행하였다. 해석결과 Fig.2 와 같이 인서트만 있는 경우 Table 1 에 나와 있는 인서트의 항복강도 2,683 MPa 보다 낮은 치수를 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 비교적 높은 응력값인 1,960 MPa 을 나타내어 응력링과 케이스가 추가적으로 요구되는 것을 확인 할 수 있었다. 응력링과 케이스를 모두 결합하였을 때 응력 값이 낮아지는 것을 확인 할 수 있으며 금형이 받는 응력 값이 낮아져 금형 수명 또한 향상될 것으로 예상된다[2].

효율적인 금형설계를 위해 3가지의 Shrink fit에 따른 금형응력해석을 진행하였다. 해석결과 0.3% 내외의 shrink fit일 때 인서트와 응력링의 응력 분포가 적절하게 분산된 것을 확인할 수 있었다.

Die material	Elastic modulus	Yield stress
Insert (W/C)	468 GPa	2683 MPa
Stress ring (SKD61)	215 GPa	1380 MPa
Case (SCM440)	205 GPa	1110 MPa

Table 1 Material properties of the forging die.

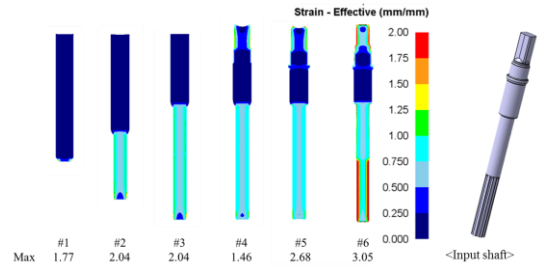


Fig.1 Numerical results of the effective strain

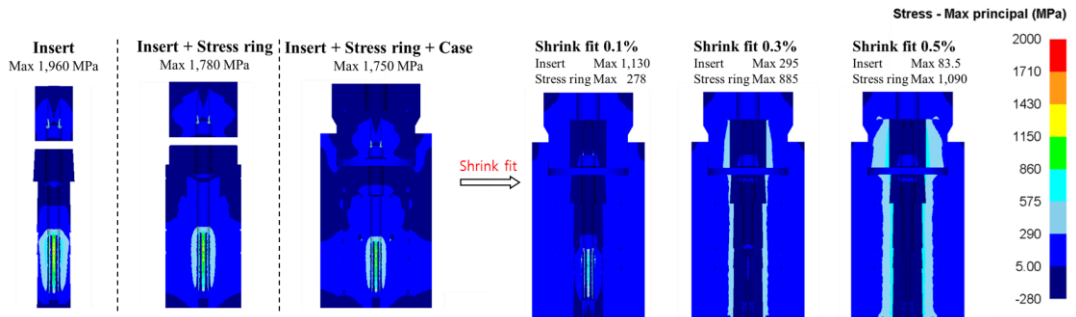


Fig.2 The effect of stress ring and case in the forging die and comparison of the die stress among various shrink fit conditions.

3. 결론

본 연구를 통해 Input shaft 금형 설계 시 Shrink fit 제어를 통해 금형에 가해지는 응력 분포를 조절할 수 있었다. 그 중 Shrink fit 값이 약 0.3%일 때 금형에 가해지는 응력 분포가 금형 수명 향상에 긍정적 영향을 미칠 것으로 보이며, 금형 파손 측면에서 상대적으로 유리할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J. C. Choi, B. M. Kim, 1994, Tool life in Metal Forming Processes, Trans. Mater. Process. Vol. 3, No. 2, pp. 147~155.
- [2] S. C. An, Y. T. Lee, 2002, Optimal Design of Dimension of Extrusion Die with Multi Stress Rings, J. Kor. Soc. Mech. Eng. Vol. 26, No. 10, pp. 2211~2218.

방전면을 갖는 금형을 이용한 초소수성 알루미늄 합금 표면 제작 기술

문인용 · 이호원 · 오영석 · 김세종 · 강성훈[#]

Hot imprinting process using electrical discharge textured mold for superhydrophobic Al6061 surface

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

Abstract

최근 들어 다양한 재료에 대한 초소수성 표면 제작 기술에 대한 연구가 활발히 일어나고 있다. 일반적으로 초소수성표면은 금속, 폴리머, 섬유와 같은 소재 표면에 미세구조를 형성함으로써 제작되곤 하는데, 이 중 금속의 경우 높은 내구성을 갖는 장점이 있다. 금속 표면에 대한 초소수성 제작 방법으로는 레이저 가공, 코팅, MEMS 공법 그리고 방전가공등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 이러한 방법들은 대량생산 및 대면적에 대한 적용이 어렵다는 단점을 갖고있다. 금형을 이용한 초소수성 제작 방식은 대량생산에 적합하다는 장점으로 인해 폴리머와 같은 소재에 대한 공법으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만 금속의 경우 변형에 대한 강한 저항성과 성형시 필요한 높은 열에 의하여 소성가공을 통하여 표면에 미세구조를 제작하는 것은 상당한 난이도를 요구하는 공법이며 이에 따라 관련 연구가 미미한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 소성가공을 통하여 알루미늄 6061합금 표면을 초소수성으로 제작하는 공법을 개발하고자 하였다. 금형의 높은 강도와 열에 대한 내구성을 확보하기 위하여 AISI H13 금형강을 사용하였으며, 이를 와이어방전가공을 통하여 표면에 이중 구조의 패턴을 형성하였다. 제작된 금형을 사용하여 최적의 공정 조건에서의 임프린팅 공정을 수행하였으며 그 결과 알루미늄 표면에 효과적으로 초소수성 성질을 부여하였다.

Key Words: Superhydrophobicity, Multi-scale structure, Electrical discharge textured, Plastic deformation.

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

다축대각단조(MADF) 가공한 AA1100과 AA6061의 미세조직

정효태^{1#} · 권상철¹ · 김순태¹ · 김다빈¹ · 김민성² · 이성음² · 이성³ · 최시훈² ·

Microstructure of AA1100 and AA6061 by Multi-Axial Diagonal Forging(MADF)

H. T. Jeong, S. C. Kwon, S. T. Kim, D. V. Kim, M. S. Kim, S. E. Lee, S. Lee, S. H. Choi

Abstract

최근에 개발된 강소성 가공법인 사전이력 초기화 다축대각단조(MADF-IPH, Multi-Axial Diagonal Forging - Initialization of Prior manufacturing History, 이하 MADF) 가공법은 기존의 강가공법들과 비교하여 공정 중 재료의 손실이 거의 없고 가공전후의 형상변화가 없으므로 반복적으로 가공이 가능하다. MADF의 전체 공정은 12 pass를 1 cycle로 구성되어있으며, 이 연구에서는 면심입방정(FCC) 결정구조인 AA1100과 AA6061을 25 mm길이의 정육면체로 제작한 후 1, 2 cycles 가공하였다. MADF 공정은 위 아래의 램이 동시에 작용하는 복동 프레스를 사용하였으며, 두께감소를 30%의 수직단조와 대각단조각 135°의 대각단조로 구성하였다.

이 연구에서는 극미세립 미세구조와 무질서 집합조직을 발달시키는 특징을 갖는 MADF 공정을 적용하여 가공한 AA1100과 AA6061에 대하여 소재의 위치별 EBSD와 XRD측정을 통하여 미세조직과 집합조직 발달을 비교 분석하였으며, MADF공정에 의한 결정립 미세화 효과를 해석하였다.

Key Words : AA1100, AA6061, MADF, XRD, EBSD, Texture

1. 강릉원주대학교

2. 순천대학교

3. 국방과학연구소

교신저자: 강릉원주대학교, E-mail: htjeong@gwnu.ac.kr

실험계획법을 적용한 라이너 단조 공정의 유한요소해석(2)

김용관¹ · 강경필¹ · 서승재² · 이재근² · 윤태식³ · 이경훈[#]

DOE approach in the FEA of Liner Forging Process(2)

Y. G. Kim, K. P. Kang, S. J. Seo, J. K. Lee, T. S. Yoon, K. H. Lee

Abstract

라이너는 성형작약탄의 탄두를 구성하는 부품으로 성형과정 동안 내부조직을 미세화하면서 물성의 편차를 작게 하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 라이너 단조 공정의 유한요소해석에 실험계획법을 적용하여 제품 위치에서의 변형률 편차가 가장 작은 설계 변수 조합을 선정하였다. 기존 연구에서 2단계의 라이너 단조 공정의 금형 형상을 설계변수로 선정하여 연구한 바 있으며 본 연구에서는 예비 단조품의 형상을 추가 변수로 선정하여 공정 전반에 걸친 설계변수의 영향도를 평가하였다.

Key Words : DOE(Design of Experiment, 실험계획법), Finite Element Analysis(유한요소해석), Forging(단조), Optimization(최적화)

1. 서론

최근에는 제조공정상 다양한 설계변수의 영향을 유한요소법을 활용한 실험계획법을 통해 분석하여 최적의 조건을 선정하는 연구들이 시도되고 있다.

본 연구에서는 수치적 실험계획법을 효율적으로 적용하도록 고안된 DEFORM 시스템을 사용하여 라이너 단조 공정의 금형 설계에 적용하였다. 라이너는 성형과정 동안 내부조직을 미세화하면서 물성의 편차를 작게 하기 위해 변형률의 균질화를 이루어야 한다. 따라서 라이너 단조공정에서 예비 단조품 형상, 단조 금형 형상을 설계변수로 선택하여 제품 위치에서의 변형률 편차가 가장 작은 변수 조합을 선정하였다. 기존 연구[1]에서는 2단계의 라이너 단조 공정의 금형형상을 설계변수로 선정하여 연구한 바 있으며 본 연구에서는 예비 단조품의 형상을 추가 변수로 선정하여 공정 전반에 걸친 설계변수의 영향도를 평가하였다.

2. 수치적 DOE 적용

2.1 라이너 단조 개요

라이너는 2 단계의 단조 공정을 거쳐 최종 단조품을 만든 후 절삭 과정을 거쳐 완성하게 되는데, 원소재의 형태에 따라 공정이 추가될 수 있다. 보통 원소재는 강소성 가공법으로 제조됨으로 직사각형 또는 원통형으로 가공된다. 본 연구에서는 원소재가 직사각형의 바(bar) 형태로 가공됨에 따라 이를 원통형으로 성형하는 1 차 단조 공정과 절단 공정이 추가되어 총 4 개의 공정으로 구성된다(Fig. 1).

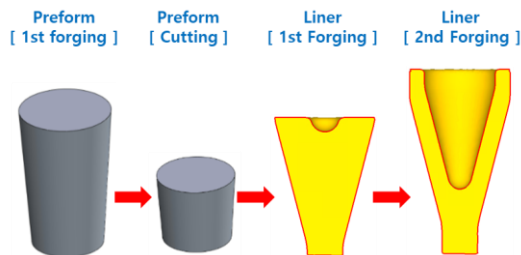


Fig. 1 Liner forging process

1. ㈜ 솔루션랩

2. ㈜ 풍산

3. 방산기술지원센터, 광운대, 방위사업학과 박사과정

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

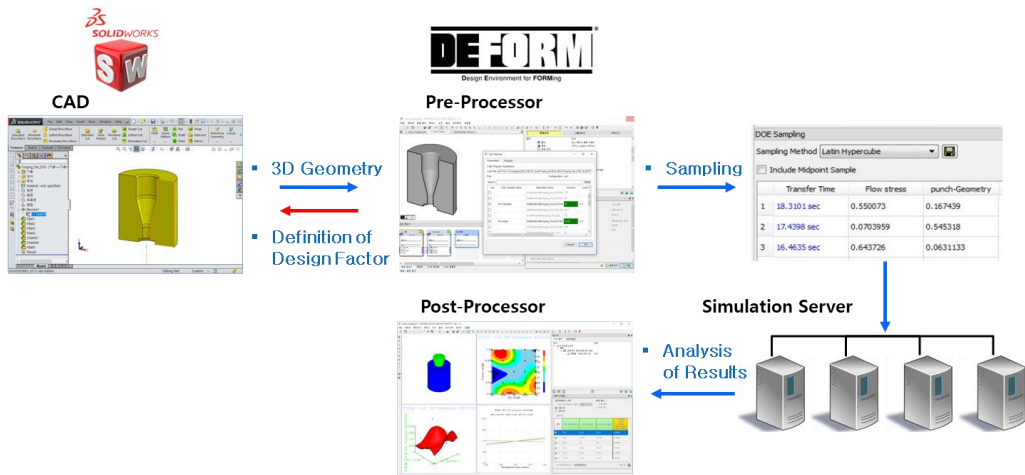


Fig. 2 The flow chart of DOE analysis

2.2 연구 방법

Fig. 2 는 라이너 단조공정의 수치적 DOE 해석 절차를 나타낸 것으로, 주 유한요소해석 프로그램으로 DEFORM 을 사용하였다. 3 차원 단조 문제의 수치적 DOE 적용에서는 CAD 프로그램과 연동하여 변수에 따라 3 차원 형상이 자동으로 생성되며, 각각의 변수 조합에 의한 샘플링은 내장된 샘플링 기법(라틴 하이퍼큐브, 완전요인, 다구찌, 사용자정의)을 선택하여 결정할 수 있다. 수십 개의 샘플 해석이 완료되면 DOE 후처리기에서 각 변수의 민감도 분석, 반응 표면 분석, 토네이도 차트 등의 결과를 산출하여 가장 적합한 변수 조합을 결정할 수 있다.

2.3 설계변수의 선정 및 샘플링

본 연구에서 고려된 라이너 성형 공정 범위는 총 4 단계이며 예비 단조품 형상과 관련된 설계변수는 1 번 공정의 하부금형 원뿔면 각도(A1)와 절단 높이(A2)이며, 라이너 단조 금형의 형상에서 선택된 설계변수는 3 번 공정 하부 금형의 그림부 반경(B)과 원뿔면 각도(C), 최종 단조 펀치의 원뿔면 각도(D)이다.

설계변수는 앞서 언급된 것처럼 소재 형상 변수와 금형 형상 변수의 2 그룹으로 나눌 수 있는데, 먼저 소재 형상 변수 그룹의 샘플링은 변수 A1 과 변수 A2 가 동시에 결

정됨에 따라 총 3 개의 샘플로 결정하였으며, 금형 형상 변수 그룹은 각 인자의 최대/최소 범위에서 5 단계로 설정하고 다구찌(Taguchi)의 직교배열표를 이용하여 총 25 개의 샘플을 구성하였다. 소재 형상 변수 그룹과 금형 형상 변수 그룹의 조합은 완전요인(Full Factorial)법으로 조합하여 총 75 개의 샘플을 구성하였다.

3. 결론

해석결과 평가기준으로는 최종제품(절삭품) 위치에서의 유효 변형율로 선택하였고 단조품의 균질화 여부를 판단하기 위해 최대/최소 유효 변형율을 추출하여 편차 수준을 분석하였으며, 편차가 가장 작은 변수의 조합을 얻을 수 있었다.

후 기

본 연구는 방위산업기술지원센터로부터 연구비를 지원받아 수행되었습니다(계약번호: UC160008D).

참고문헌

- [1] 김용관, 이경훈, 2018, 실험계획법을 적용한 라이너 단조 공정의 유한요소해석, 2018 년도 한국소성가공학회 춘계학술대회 초록집, pp. 113.

열간자유단조와 링롤링공법을 이용한 실린더형 블레이드 루트 제조공정에 관한 연구

권용철¹ · 윤영섭¹ · 김상석² · 강종훈^{3#}

A Study on Manufacture Process of Blade Cylinder Root using Open-die forging and Ring-rolling Method

Y. C. Kwon, Y. S. Yoon, S. S. Kim, J. H. Kang

Abstract

The mechanical components for wind turbine are mainly manufactured using open-die forging. The blade cylinder roots is one of the key components connecting the blade and pitch bearing of a wind turbine and accounts for 20% of the manufacturing cost of the blade. Typically, blade cylinder roots are manufactured by open-die forging method using steel alloy. However, the blade cylinder root for 750KW class wind turbine is manufactured using AA 5083 casted material in order to reduce the weight. Recently, blade cylinder root were manufactured through hot open-die forging using AA5083 alloy. This research introduces an advanced forging method to produce the blade cylinder root. The advantages of this new forging method are an increase in the raw material utilization ratio and a reduction in energy cost. In this paper, the forging process was designed by applying the open-die forging and ring-rolling method. Hot compression tests were carried out to obtain the flow stress of cast microstructure at different temperature and strain rates. The measured data were used to simulate the forging process of cast ingot using the practical material properties. The control parameters of each forging process, such as temperature, damage value, strain and stress, were analyzed and compared to predict the suitability of the proposed process. Finally, high productivity, internal quality, shapes and dimension was verified by the prototypes manufactured by the proposed forging process for blade cylinder root.

Key Words : Open Die Forging(자유단조), Ring-Rolling(링롤링), Flow Stress(유동응력), Wind Turbine(풍력발전기)

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역산업 창의융합 R&D 사업으로 수행된 결과입니다. (과제번호:R005924)

1. 한국건설생활환경시험연구원 영남미래산업본부

2. ㈜피에스엠 기술연구소

3. 중원대학교 항공기계공학과

중원대학교 항공기계공학과, jhkang@jwu.ac.kr

11. 일반 논문 발표

(제 4 발표회장)

CEM[®] 연연속압연 공정 유도가열기 온도 분포 해석 모델 개발

조용석[#] · 고영주¹ · 이혁준¹

Development of Temperature Distribution Analysis Model for the CEM[®] Induction Heater

Y. S. Cho, Y. J. Ko, H. J. Lee

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 heating device to obtain the temperature for the rolling. To achieve the metallurgical properties of product which are substantially affected by the desired temperature (FDT), the highly efficient induction heater was developed for the CEM[®] process.

In this paper, mathematical model is presented for the prediction of the temperature distributions during the heating and the cooling. The model in the air cooling regions considers the radiation and the convection. The model at the induction heater considers the heat generation due to the induced eddy current. The types of induction heater are LF (longitudinal flux) type and TF (transverse flux) type according to the direction of magnetic field. There exists the difference in the distribution of heat generation depending on the type of induction heating.

From the combination of these mathematical models, the temperature distributions can be predicted in the inductive heating regions. The prediction accuracy of the proposed model is examined through comparison with actual data.

Key Words : CEM[®], endless rolling, temperature distribution, induction heater, longitudinal flux, transverse flux

1. 포스코

포스코, E-mail:ozinda@posco.com

CEM[®] 사상압연기 워크롤 마모 분산 최적화

이혁준[#] · 정제숙¹ · 고영주¹ · 조용석¹

Optimization of the Work Roll Shift Pattern for the CEM[®] Finishing Mill

H. J. Lee, J.S.Chung, Y. J. Ko, Y. S. Cho

Abstract

CEM[®]은 연속주조와 압연이 하나의 라인으로 직결된 공정으로, 포스코에 의해서 성공적으로 개발되었다. 평균 6.5 m/min 의 속도의 고속주조와 함께 고품질의 극박열연재를 생산하는 것이 가장 큰 특징이다. 장기간 연속압연을 수행하면 압연기의 워크롤에서 마모가 발생하게 된다. 워크롤 마모는 소재 모서리와 접촉된 곳에서 가장 크게 일어나 소재 모서리부의 형상이 급격히 변화하는, 이른바 edge build up 현상이 발생하게 된다. 이에 대부분의 압연공장에서는 워크롤을 좌우로 움직이는 방식을 통하여 이를 분산시키는 방법을 사용한다.

본 논문에서는 소재 폭방향으로의 압연하중과 마모 프로파일을 간략하게 가정하여 계수를 찾는 방법과 최적화하는 방법에 대해 소개한다.

Key Words : CEM[®], high speed casting, endless rolling, work roll shift, optimization, genetic algorithm

1. 포스코

포스코, E-mail:ozinda@posco.com

전산유체해석(CFD)과 셀룰러 오토마타(CA) 기법 연계를 통한 주조재 미세조직 해석

이원주¹ · 정유형¹ · 원찬희¹ · 강성훈² · 이호원² · 윤종현[#]

Microstructural analysis based on coupling CFD and cellular automata for casting process

W. J. Lee¹, Y. H. Jeong¹, C. H. Won¹, S. H. Kang², H. W. Lee², J. H. Yoon[#]

Abstract

대부분의 철강제품은 용융 상태의 용탕을 고체 상태로 응고시켜 생산하는 주조공법을 통해 생산되고 있다. 주조재의 미세조직은 해당 소재의 기계 물성과 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라 이어지는 제조 공정에 따른 소재의 성형성에 영향을 미치는 주요 인자이다. 따라서, 주조공정 과정에서 형성되는 미세조직 예측 및 성장제어 방안도출을 위한 해석방안을 구축하는 것이 중요하다. 셀룰러 오토마타(Cellular Automata, CA) 기법은 물리적 메커니즘을 기반으로 응고 과정에서 나타나는 핵 생성, 결정립 성장을 모사할 수 있는 분석법으로 널리 활용되고 있다. 하지만, CA기법은 주조 파라미터에 따른 응고 경로(solidification path)를 계산하는데 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 2차원 전산유체해석(CFD)과 셀룰러 오토마타 기법을 연계하여 주조재의 미세조직을 예측 및 평가에 대한 연구를 수행하였다.

Key Words : Casting simulation, Microstructure, Computational fluid dynamics (CFD), Cellular automata (CA), Growth kinetics

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

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. 한국기계연구원 부설 재료연구소

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

12. 일반 논문 발표

(제 4 발표회장)

플랜지 형상 링롤링 공정의 결함 분석

오일영¹ · 한상욱¹ · 우영윤¹ · 황태우¹ · 문영훈[#]

Defect analysis of ring rolling process with flange shape

I. Y. Oh, S. W. Han, Y. Y. Woo, T. W. Hwang, Y. H. Moon

Abstract

In the profile ring rolling process, various shapes of ring products having asymmetrical cross sections can be manufactured. The ring shape of the asymmetric cross section causes various defects because the force applied by the die is locally different. In this paper, the defects occurring in the ring rolling process of the flange shape are analyzed. FEM was used to analyze defects occurring at flange corners. Defects occurring at the flange corners of the blank were improved by modification of the blank shape. FEM results were verified through physical modeling using lead.

Key Words : Flange shape, Profile Ring Rolling, Finite Element Method, Physical Modeling, Defect Analysis

1. 서론

링롤링 공정은 맨드릴과 구동롤 사이에서 소재가 회전하여 단면이 점진적으로 변형된다[1]. 따라서 제품의 이음매가 없고 가공경화로 인해, 일반 단조 및 절단가공으로 제작된 링 제품에 비해 생산성 및 기계적 물성치가 뛰어나다[2]. 그러나 일반 사각 단면의 링 제품과 달리, 상하 또는 좌우 비대칭 단면의 링 제작 시 금형과 소재 사이에 발생하는 힘이 국부적으로 다르기 때문에 여러가지 결함이 발생하게 된다[3].

본 논문에서는 Fig. 1과 같이 플랜지 링과 같은 좌우 비대칭 단면을 갖는 형상의 결함에 대해서 분석하였다. 소재의 플랜지 코너 부분에서 구동롤의 돌출된 형상으로 인해 표면이 접히거나, 구동롤의 외곽형상을 따라 소재가 다 채우지 못하는 경우가 발생된다. 따라서 소재의 형상을 수정하여 소재 유동을 원활하게 하는 것이 중요하다.

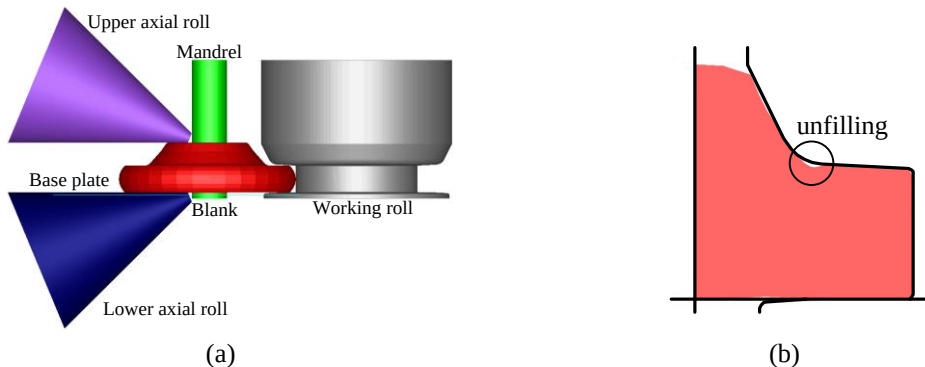


Fig. 1. Schematic diagram of ring rolling with flange shape; (a)ring rolling process, (b)defect in the corner.

1. 부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공

교신저자: 부산대학교 기계공학부, 교수

yhmoon@pusan.ac.kr

2. 실험방법

Fig. 2의 (a)와 같이 FEM을 통해 플랜지 형상의 링롤링 공정을 분석하였다. 블랭크의 플랜지 부분은 구동롤의 형상을 따라 두께가 점차 증가하지만 플랜지 코너 부분에서 소재가 유동되지 못한 채 상부 경사면이 구동롤에 닿게 된다. 따라서 초기 블랭크의 플랜지의 각도를 Fig. 2의 (b)와 같이 수정하여 블랭크의 플랜지 코너가 공정 중 구동롤에 닿을 수 있도록 설계하였다.

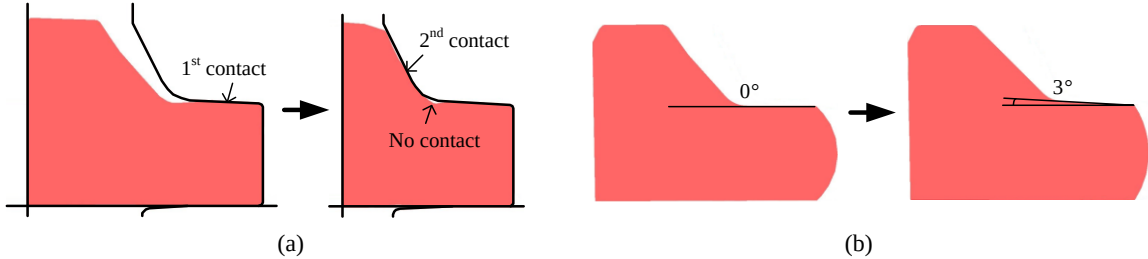


Fig. 2. Changing the blank shape considering the order of contact between the blank and the driving roll; (a)contact order, (b)modified blank.

3. 결과 및 고찰

블랭크의 형상을 수정한 결과, Fig. 3과 같이 블랭크의 플랜지 코너 부위의 소재가 충분히 구동롤에 닿는 것을 확인할 수 있고, 12:1의 축소비율로 납시험을 수행한 피지컬 모델링 또한 동일한 결과가 나타났다.

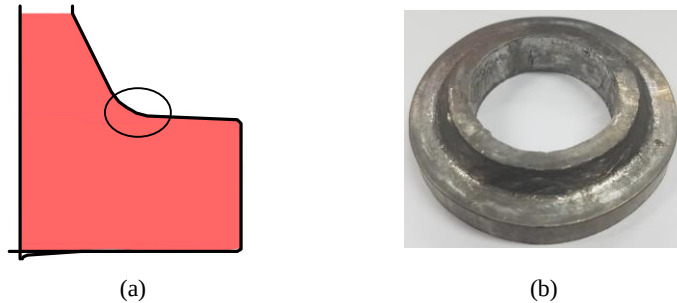


Fig. 3. Results of FEM and physical modeling; (a)FEM, (b)physical modeling.

4. 결론

본 논문에서는 플랜지 코너에서 발생하는 결함을 블랭크와 구동롤의 접촉 순서를 분석하였고, 블랭크 플랜지의 경사각을 변경하여 결함을 해결하였다. 따라서 링롤링 공정에서 초기 블랭크의 형상은 최종 형상의 결함에 중요한 영향을 미치므로 블랭크의 소재 유동을 분석하여 블랭크 형상의 최적 설계가 필요하다.

참고문헌

- [1] Z. M. Hu, I. Pillinger, P. Hartley, S. McKenzie, P. J. Spence, 1994, Three-dimensional Finite-element Modelling of Ring Rolling, J. Mater. Process. Technol., Vol. 45, No. 1~4, pp. 143~148.
- [2] J. B. Hawkyard, W. Johnson, J. Kirkland, E. Appleton, 1973, Analyses for Roll Force and Torque in Ring Rolling, with some Supporting Experiments, Int. J. Mech. Sci., Vol. 15, No. 11, pp. 873~893.
- [3] K. H. Kim, H. G. Suk, M. Y. Huh, 2007, Development of the Profile Ring Rolling Process for Large Slewing Rings of Alloy Steels, J. Mater. Process. Technol., Vol. 187, pp. 730~733.

혈액시료 전처리를 위한 플라스틱 미세유로 소자 성형

유영은^{1, #}, 우상원²

Injection Molding of a Plastic Micro-fluidic Device for Blood Sample Preparation

Y.-E. Yoo, S. W. Woo

Abstract

소량의 혈액이나 체액 등의 시료를 이용한 병원균이나 질병의 현장에서의 진단 혹은 분석 과정에서 요구되는 시료의 전처리를 위한 미세유로 소자[1]의 설계를 적용하여 양산이 가능하도록 플라스틱 소재 및 사출 성형 공정을 이용하여 소자를 제작하였다. 미세유로 소자에 적용된 미세유로는 폭 500um, 깊이 150um의 크기로, 60mm x 60mm 크기의 기판에 사행배열로 설계되었다. 혈액 시료와 혈구세포 파쇄(Lysis)를 위한 버퍼 용액 공급을 위한 2개의 포트를 미세유로 상류에, 파쇄된 혈구세포가 혼합되어 있는 혈액 시료의 희석을 위한 버퍼 용액 주입을 위한 1개의 포트가 하류 부분에, 희석된 시료를 배출하기 위한 포트가 미세유로 끝 부분에 적용되었다. 미세유로 기판의 성형을 위한 금형은 마이크로 밀링 공정에 의해 가공되었으며, COC 및 TPU 등의 열가소성 플라스틱 소재를 이용하여 사출성형에 의해 미세유로 기판을 성형하였다. 사출성형된 미세유로 기판을 이용한 소자 제작 후 2개의 액상 시료를 공급하여 혼합 특성을 평가하였다.

Key Words : micro-channel, micro-fluidic device, plastic, injection molding, blood sample, lysis, mixing

1. 서론

소량의 혈액이나 체액 등의 시료를 이용하여 병원균이나 질병을 다양한 현장에서 간편하고 신속하게 진단하거나 분석하기 위한 미세유로 기반의 진단 소자에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다[1,2]. 이때 사용되는 혈액 등의 시료는 혈구 세포, 단백질 등 다양한 성분이 혼합된 상태로 정밀한 진단/분석을 위해서는 다양한 성분을 분리하는 전처리 공정이 필요하다. 일반적으로 혈액과 같은 시료의 성분 분리 등의 전처리는 원심분리에 의해 이루어지고 있으나, 한두 방울의 혈액과 같이 시료의 양이 적고, 분석실이 아닌 일반 현장에서의 전처리가 필요한 경우 원심분리 공정은 적용이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 미세유로 등의 구조 및 관련된 유동 특성을 이용하여 성분을 분리하는 등의 전처리 기술 및 소자에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 유의미한 결과가 보고되고 있어 실용화에 대한 기대가 커지고 있다. 그러나, 미세유로를 기반으로 한 전처리 소자의 실용화를 위해서는 양산이 가능하고 저비용으로의 공급이 가능한 소자 및 이의 제조기술 개발도 매우 중요하나, 대부분의 연구는 PDMS나 실리콘과 같은 양산이 어려운 소재 및 공정에 의해 수행되어, 실용화 단계에서 많은 어려움에 부딪히고 있다.

1. 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원

2. 한국기계연구원, 연구생

교신저자: 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원, E-mail:yeyoo@kimm.re.kr

본 연구에서는 문헌[1, 2]에 발표된 혈액 시료의 전처리를 위한 미세유로 적용 소자를 선정하여, 양산이 가능한 형태로 제작할 수 있도록 플라스틱 소재 및 사출 성형 공정을 이용하여 제작하고 소자에 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

혈액 시료 전처리를 위한 미세유로를 문헌[1,2]을 참고하여 아래와 같이 설계하였다. 미세유로는 단면이 폭 500 μ m, 깊이 100 μ m인 사각형상이며, 단위 면적당 채널의 밀도를 높이기 위해 사행구조로 배열하여 약 1,000mm의 길이가 되도록 하였다. 설계된 미세유로가 적용된 플라스틱 기판의 성형을 위하여, 마이크로 밀링 공정을 이용하여 금형 코어를 가공하였다. 가공된 미세유로 금형 코어를 이용하여 TPU, COC, PC 등의 주요 열가소성 플라스틱 소재를 이용하여 사출 성형을 수행하였다. 사출 성형기는 스미토모의 전동식 사출성형기 (SE-50D)를 사용하였다.

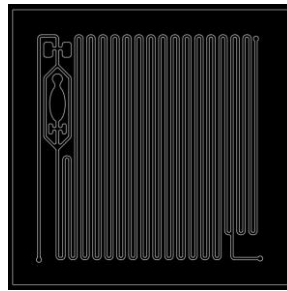


Fig. 1 Micro-channel design for lysis of blood sample

3. 결과 및 고찰

열가소성 플라스틱을 이용한 사출 성형 공정을 통하여 미세유로 기판을 성형한 결과 금형 온도 및 사출 속도, 보압 등의 공정 조건 최적화를 통하여 미세유로 형상에 대하여 95% 이상의 전사성을 1분 이내의 사이클 타임의 공정에서 구현함으로써, 양산 적용이 가능함을 확인하였다. 성형된 미세유로 기판을 이용하여 덮개 기판을 패키징 한 후 서로 다른 색의 용액을 공급하여 미세유로를 통한 유동 중 혼합 특성에 대한 평가 및 분석을 수행하였다.

4. 결론

혈액 등 시료의 전처리를 위한 미세유로 소자의 양산에 대한 가능성을 금형 가공 및 성형을 통하여 확인하였으며, 양산이 가능한 소자를 이용한 소자 기능 및 성능에 대한 특성 평가를 통하여 실용화에 가능성을 확인하였다. 이를 기반으로 실제 혈액을 이용한 진단 과정에 대한 적용 특성 분석 및 최적화를 수행 중이다.

참고문헌

- [1] Palaniappan Sethu, etc. Anal. Chem. 2006, 78, 5453-5461
- [2] Sergey Zelenin etc. 15th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences, October 2-6, 2011, Seattle, Washington, USA, 518-520

미세 로듐 와이어 다단 인발공정 설계

이성윤¹ · 이인규¹ · 김다혜¹ · 정명식¹ · 황선평¹ · 이상곤[#]

Design of Wire Drawing Process for Fine Rhodium Wire

S. Y. Lee, I. K. Lee, D. H. Kim, M. S. Jeong, S. K. Hwang, S. K. Lee

Abstract

희소금속의 일종인 로듐(Rhodium) 미세 와이어는 최근 반도체 관련 전자 부품을 포함하여 그 적용이 확대되고 있다. 본 연구에서는 반도체 동작을 검사하기 위하여 반도체 칩과 테스트 장비를 연결하는 장치인 프로브 카드(probe card)의 핀(pin) 제조를 위한 미세 로듐 와이어 다단 인발공정을 설계하였다.

균일 단면감소율을 적용하여 다단 인발 패스설계를 수행하였으며, 설계된 패스의 타당성은 탄소성 유한요소해석을 통해 검증하였다. 유한요소해석을 통해 인발하중과 와이어의 인발응력을 평가하였으며, 각 패스의 와이어 직경을 평가하였다.

최종적으로 설계된 패스에 대한 인발실험을 수행하였다. 실험을 위해 단 패스(single pass) 정밀 인발기를 제작하였으며, 설계된 패스와 동일한 치수의 미세 와이어 인발용 천연 다이아몬드 다이를 제작하였다. 초기 로듐 와이어 직경은 80 μm 이며, 최종 목표 와이어 직경은 50 μm 이다. 인발실험을 통해 확보된 각 패스의 와이어 직경을 측정하였으며, 측정결과 각 패스의 직경은 유한요소해석 결과와 잘 일치하였다.

Key Words : Wire Drawing, Rhodium, Finite Element Analysis, Drawing Experiment

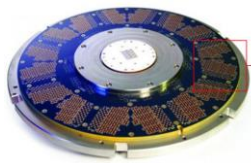


Fig. 1 Probe card and pins

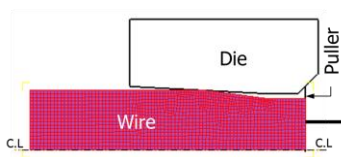
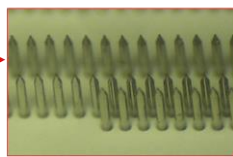


Fig. 2 FE analysis

Conditions	Value
Number of passes	8
Wire material	Rh (99.9%)
Initial wire diameter (mm)	0.080
Final wire diameter (mm)	0.050
Bearing length of die (mm)	$0.3 - 0.5 \times \text{initial wire diameter}$
Semi-die angle (°)	$7.0 - 9.0$
Flow stress of initial wire (MPa)	$\bar{\sigma} = 2100 \cdot \bar{\epsilon}^{0.08}$
Young's modulus (GPa)	359.0
Poisson's ratio (ν)	0.26
Friction coefficient (μ)	0.05

Pass No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Wire								
Diameter(mm)	0.0747	0.0714	0.0672	0.0630	0.0600	0.0562	0.0529	0.0501

Fig. 3 Result of wire drawing experiment

* 본 연구는 산업기술혁신사업(벤처형 전문소재기술개발사업(10067248))의 지원으로 수행되었음

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹

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

13. 포스터 발표

(제 5 발표회장)

이종소재 금속 적층가공시 모재예열 효과에 따른 잔류응력 변화에 대한 연구

홍명표¹ · 성지현¹ · 김우성¹ · 이민규¹ · 이윤선¹ · 배기만² · 김영석[#]

A Study on the Residual Stress Change due to Preheating Effect of Base Material in Metal Additive Manufacturing of Heterogeneous Material

M. P. Hong, J. H. Sung, W. S. Kim, M. G. Lee, Y. S. Lee, K. M. Bae, and Y. S. Kim

Abstract

최근 금형산업 분야에서는 금속적층가공 기술을 이용한 고효율 기능성 금형제작 기술에 대한 관심이 날로 증가 하고 있다. 금속적층가공 기술은 기존 절삭가공기술과 비교하여 제작속도나 비용측면에서 불리한 측면이 있지만 이종소재 적층가공 기술을 적용할 경우 금형제작시 기능 부와 비기능부를 구분하여 제작이 가능하며, 또한 핫스탬핑 금형이나 사출금형에서 필요로 하는 제품형상과 동일한 등각형상의 냉각채널 제조가 가능해 필요한 기능 부에만 적절하게 적용할 경우 많은 장점이 있다. 금형의 기능 부에 기계적 물성 향상을 위한 금속적층가공 기술은 일반적으로 고경도의 금속을 적층가공하는 방식으로 이루어지며, 이를 위해서는 적층가공시 잔류응력에 의한 크랙발생 문제에 대한 해결이 필요하다. 본 연구에서는 기존의 핫스탬핑 금형의 기능 부에 적용되고 있는 H13소재와 비교하여 적층가공 및 열처리 후 유사한 경도에서 열전도도가 40%이상 우수한 HTCS-150, HTCS-230소재를 대상으로 고경도 소재의 대면적 적층가공 기술 개발을 위해 적층가공시 실시간 모재 예열기술을 적용해 잔류응력 최소화 방안에 대해 연구하였다.

Key Words : Hard-facing Technology, Additive Manufacturing, Residual Stress, Die & Mold, Metal Powder

후 기

본 연구는 한국산업기술진흥원 국제공동기술개발사업 과제번호(NK 170095)의 지원으로 수행 되었으며, 관계자 분들께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Hong, M. P., Kim, W. S., Sung, J. H., Kim, D. H., Bae, K. M., Kim, Y. S., et al., “High-Performance Eco-Friendly Trimming Die Manufacturing Using Heterogeneous Material Additive Manufacturing” International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Vol. 5, No. 1, pp. 133-142

1. 한국생산기술연구원 국한가공기술그룹, 연구원

2. ㈜일지테크 선행개발팀, 팀장

교신저자: 경북대학교 기계공학부, 교수, E-mail: kimcae@knu.ac.kr

예각을 가진 비정질 소재의 형성능 및 연마

최광수¹, 양원철¹, 김선진¹, 정지현¹, 이승준², 박준식[#]

Formability and abrasion of amorphous materials

K. S. Choi¹, W. C. Yang¹, S. J. Kim¹, J. H. Jung¹, S. J. Lee², J.S. Park[#]

Abstract

기존에 상용화 되고 있는 스테인레스 외과 수술용 나이프는 소재의 특성상 가공 후에도 칼날의 결함이 많고 첨예하지 않아 성형수술 및 각막과 같은 세밀한 수술에 사용하기에는 한계가 있다. 따라서, 스테인레스 소재 보다 예각을 가지는 가공이 가능한 소재의 나이프가 필요하다. 본 연구에서는 우수한 기계적 특성, 내식성, 생체 적합성을 가지는 Zr 기지의 $Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ 비정질 벌크 합금의 연마 조건 최적화와 연마 정도를 분석하였다. $Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ 비정질 나이프는 SEM 이미지를 통하여 칼날 반경을 제시하고 XRD 분석으로 가공 이후에도 결정화 없이 비정질 소재가 유지되는 것을 증명하였다.

Key Words : Bulk Metallic glass, Scalpel blade, Blade radius, Zr-based BMG

1. 서론

일반적으로 수술용 나이프의 칼날 반경이 작으면 작을수록 상처의 회복시간이 짧아지며, 수술의 후유증 및 흉터가 생길 가능성을 낮출 수 있다고 알려져 있다. 스테인레스 나이프는 저렴한 가격과 우수한 내식성으로 많은 수술에 사용되고 있지만, 스테인레스 소재의 높은 연성으로 현재 상용화 되고 있는 칼날 보다 첨예한 칼날을 가공하기 어려워 가공 기술의 향상으로는 정교한 스테인레스 수술용 나이프를 제작하기 어렵다. 최근 국외 문헌에서 생체 적합성이 높으며 소재의 우수한 기계적 성질을 유지하는 Zr 및 Ti 기지의 벌크 비정질 합금을 통한 공구강 및 나이프 제작 연구결과가 발표 되었다.

본 연구에서는 기계적 물성과 생체 친화성이 우수한 $Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ (at.%) 조성의 벌크 비정질 합금을 제조하고 특수 제작한 연마 장치를 이용한 기계적 연마를 통해 Zr 기지의 비정질 소재의 수술용 나이프를 제작하였다. 기존의 스테인레스 나이프와 비정질 수술용 나이프를 비교하여 고찰하였다.

2. 실험방법

$Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ (at.%)의 화학 조성을 갖는 합금은 Ar 분위기 하에서 비 소모성 아크 용해에 의해 제조되었다. 이 때, 합금의 균질성을 위해 5회 재 용해하였다. 합금을 금속 판재 진공 감압장비를 이용하여 $Zr_{48}Cu_{32}Ni_4Al_8Ag_8$ (at.%) 조성의 T자 모양의 디스크 형태인 벌크 비정질 합금을 제작하였다. 벌크 비정질 합금의 직경은 $\varnothing$ 40 mm, 두께는 3 mm이다. 이러한 벌크 비정질 합금을 특수 제작된 연마장치를 이용한 기계적 연마를 통해 가공하여 비정질 나이프를 제작하였다. 비정질 나이프의 첨예성과 상 안정성은 XRD(X-ray Diffraction), OM(Optical microscope), SEM(Scanning Electron Microscope)를 이용하여 분석하였다.

1. 한밭대학교, 연구원

2. ㈜웹프다이어, 이사

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

3. 결과 및 고찰

$\text{Zr}_{48}\text{Cu}_{32}\text{Ni}_4\text{Al}_8\text{Ag}_8$ (at.%) 조성의 벌크 비정질 합금을 그림 1과 같은 특수 제작된 연마장치를 통해 가공하여 비정질 나이프를 제조하였다. 비정질 나이프의 상 안정성을 확인하기 위해 XRD 분석을 하였다. XRD 분석결과 그림 2를 통하여 가공된 나이프가 비정질임을 확인하였다. 그림 3과 그림 4는 스테인레스 나이프 보다 비정질 나이프의 첨예성과 치핑이 우수하다는 것을 확인하였다

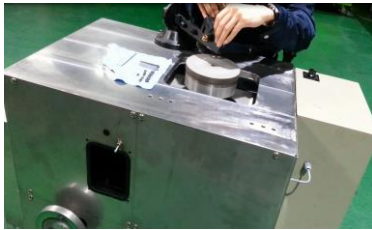


그림 1. 특수 연마장치 외관사진

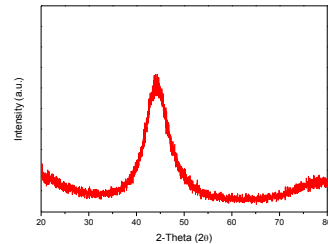


그림 2. Zr기지의 비정질 나이프의 XRD분석결과

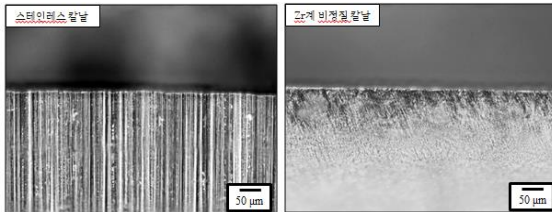


그림 3. 스테인레스 및 비정질 나이프의 OM 분석결과

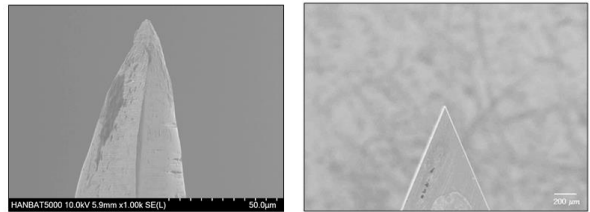


그림 4. 스테인레스 및 비정질 나이프의 SEM 분석결과

4. 결론

본 연구에서는 기존 문헌에서 알려진 비정질 나이프의 제조 방법과는 달리 특수 연마장치를 이용한 기계적 연마법으로 예각을 가진 $\text{Zr}_{48}\text{Cu}_{32}\text{Ni}_4\text{Al}_8\text{Ag}_8$ 조성의 비정질 나이프를 제조한 결과, 기존의 스테인레스 보다 우수한 첨예성과 치핑 특성을 확인하였다. 또한, 벌크 비정질 합금의 상안정성을 위하여 합금의 유리전이온도를 고려하여 가공하였고, 가공된 비정질 나이프의 상 안정성을 XRD와 DSC 분석을 통하여 확인하였다. 기계적 물성, 생체 친화성 및 예각을 가진 Zr 기지의 비정질 나이프를 실제 정교함이 필요한 박막 수술 및 성형 수술에 적용 가능성이 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Shujie Pang, Ying Liu, Haifei Li, Lulu Sun, Yan Li, Tao Zhang, 2015, "New Ti-based Ti-Cu-Zr-Fe-Sn-Si-Ag bulk metallic glass for biomedical applications", Journal of Alloys and Compounds, pp. 323-327.
- [2] K.M. Cole, D.W. Kirk, C.V. Singh, S.J. Thorpe, 2017, "Optimizing electrochemical micromachining parameters for Zr-based bulk metallic glass", Journal of Manufacturing Processes Vol 25, pp. 227-234.
- [3] P.H. Tsai, Y.Z. Lin, J.B. Li, S.R. Jian, J.S.C. Jang, C. Li, J.P.Chu, J.C. Huang, 2012, "Sharpness improvement of surgical blade by means of ZrCuAlAgSi metallic glass and metallic glass thin film coating", intermetallics, vol. 31, pp. 127-131.

판재 성형 공법을 이용한 경량화 브레이크 디스크 개발

이성민¹ · 김봉준[#]

Development of Lightweight Two Piece Brake Disc using Sheet Forming Process

S. M. Lee, B. J. Kim

Abstract

Recently, there are the various efforts to counter environmental regulations such as the fuel efficiency and CO₂ emission of automobiles. The light weight of the suspension, called the unsprung mass which takes up most part of the automobile, can help increase the ride and steering of the vehicle. It is also a good area for reducing fuel efficiency and emissions as well as for accelerating and braking of the automobile due to its lighter weight. In this study, two piece type light-weight brake disc is proposed. It maintains the equivalent performance against with existing type, that is one piece type brake disc of gray cast iron and reduces weight by approximately 10%. It is a shape made by mechanical coupling of steel hat and disc of gray cast iron. For the design of the proposed product, optimal disc shape is implemented through FEM thermal/structural analysis. Also, an assessment of the proposed product is conducted by making the trial product, testing brake disc through dynamometer test and verifying their performances against one piece type brake disc of gray cast iron.

Key Words : Brake Disc, Clinching, Sheet Forming , Light-Weight , Unsprung mass

1. 서론

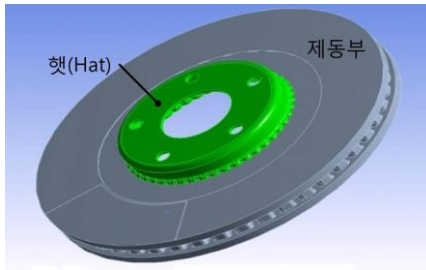
자동차용 브레이크 디스크는 브레이크 패드를 압착시켜 제동효과를 발생시켜 차량을 정지시키는 것으로 운전자의 안전 및 차량의 성능에 큰 영향을 주는 중요한 부품이다. 현재 자동차에 적용되는 브레이크 디스크는 대부분 회주철 소재를 사용한 일체형 구조로 되어있다. 이러한 회주철 일체형 부품은 중량이 무거워 최근 이슈가 되고 있는 차량의 경량화와 연비문제에 안좋은 영향을 미치는 부품으로 이러한 부품에 대한 경량화 연구가 필수적으로 이루어져야 한다. 본 연구에서는 기존 회주철 일체형으로 적용 중인 브레이크 디스크 부품을 경량화 소재로 대체하고, 이를 소성가공을 통한 기계적 체결방식으로 경량화 시킬 수 있는 방법을 제안하였다.[1]~[2]

2. 제품 제작

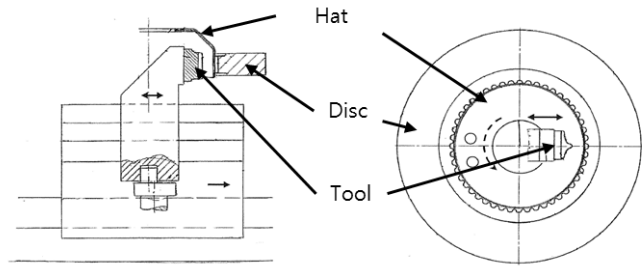
본 연구에서 제안하는 브레이크 디스크는 Fig. 1 (a)에 나타난 형상과 같으며, 차량의 구동 축 및 휠(Wheel)과 연결되는 핫과 마찰재와 마찰을 일으켜 제동 역할을 하는 제동부로 구분한다. 제동부는 기존 일체형 디스크와 동일한 회주철 소재를 사용하였으며, 핫 부분은 경량화를 위해 기존 회주철 소재를 강판(Steel)으로 대체하였다.

1. 경창산업 중앙연구소, 과장

교신저자: 경창산업 중앙연구소, 이사, E-mail:bjkim@kc.co.kr



(a) Geometry of Brake Disc



(b) Schematic of Clinching Process

Fig. 1 Two piece Brake Disc

햇과 제동부의 결합은 Fig. 1 (b)에 나타난 클린칭(Clinching) 공법을 적용하였고, 이는 제동부(Disc) 체결부에 스플라인 형상을 구현한 후 햇(SGAPH440)을 제동부(FC200D)에 압입 후 디스크를 회전시키며 Tool로 햇을 타격하여 강제 체결하여 제작하였다.[3]

3. 성능 검증

제작된 Two piece 브레이크 디스크에 대해서 기존 회주철 일체형 디스크와 중량 비교를 실시하였고 또한 다이نام 테스트(Dynamo Test)를 진행하여 그 성능을 검증하였다. 다이نام 테스트는 토크내구 강도 시험을 통하여 Two piece 디스크의 강건성을 검증하였고 고속 저더시험, 알파인 등을 통해서 다양한 성능에 대한 검증을 진행하였다.



Fig. 2 Dynamo Test

4. 결론

본 연구에서 제안한 판재 성형 공법을 적용한 경량화 브레이크 디스크의 경우 기존 회주철 일체형 디스크 대비 약 10% 정도의 경량화 효과가 발생된 것을 확인하였다. 이는 $\varnothing 305 \times 25t$ 디스크의 경우로 디스크의 크기가 증가할수록 경량화 효과는 더 증가할 것으로 판단된다. 또한 다이نام 테스트 결과 전 테스트 항목에서 기존 회주철 일체형 디스크와 동등 또는 그 이상의 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Y. C. Kim, S. J. Kim, J. Y. Lee, J. K. Kim, S. H. Lee, K. D. Yi, K. J. Kim, 2013, Development of light weight brake disc using hybrid type material, Trans, Kor. Soc. Automot. Eng, Vol. 2013, No. 11, pp.1161~1162
- [2] J. Y. Yoo, 2012, Lightweight for automobiles disk brake simulation, J. Adv. Eng. Technol, Vol. 5, No. 4, pp.355~358
- [3] ERNST GROB AG(CH), PCT Patent WO 2015058314 A2, Oct, 22, 2014

롤 포밍 공정을 이용한 자동차 부품 제조기술 개발

김동규¹·이철환¹·전형준² 강용기[#]

A study on the Development of bumper rail manufacturing for technology applying high strength material by roll forming process

D. K. Kim, C. H. Lee, H. Jeon, Y. K. Kang

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, High-strength steel, Bumper rail, Spring back,

1. ㈜디케이솔루션

2. 명진테크㈜

교신저자: ㈜디케이솔루션, 기술연구소장, E-mail:ykkang@dksolution.co.kr

유한요소해석을 통한 고강도 차체부품의 롤포밍 공정 설계

이철환¹ · 김동규¹ · 박광수² · 전형준³ · 강용기[#]

Roll Forming Process Design of High Strength Car Body Parts by Finite Element Analysis

C. H. Lee, D. K. Kim, K. S. Park, H. J. Jeon, Y. K. Kang

Abstract

Recently, in the automobile industry, it is required to develop a high safety lightweight body in order to satisfy the characteristics of lighter weight for energy saving and higher strength for safety improvement. For the purpose of accommodating these demands, the use ratio of high-strength steel plates is continuously increasing. At the same time, the weight saving effect can be obtained by reducing the number of parts by integrating parts. The roll forming process is a 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. If the material has high strength, problems due to the forming load may be caused, such as device breakage or dimensional accuracy degradation. In this study, the problem of the bumper beam forming process was predicted through FEA and the process design was carried out based on this prediction.

Key Words : Roll forming, High-strength steel, Cross-sectional shape, Bumper beam, Finite Element Analysis(FEA)

1. ㈜디케이솔루션
2. 포항산업과학연구원(RIST)
3. ㈜명진테크

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

장구형 기어가공을 위한 웜 호브 설계에 관한 연구

강신준^{1#} · 윤덕재² · 김용환³

A study on the design of worm hob for machining double enveloping gear

S. J. Kang, D. J. Yoon, Y. H. Kim

Abstract

이 논문에서는 Ruled(Non-developed) surface인 장구형 기어의 치형을 호빙공구를 이용하여 가공하는 경우 장구형 웜 호브의 설계에 대해 논의하고자 한다. 일반적으로 원통형 기어를 절삭하는 호빙공구는 표준화 및 최적화되어 제조공정이 규격화되어 있지만, 장구형 기어를 절삭하는 호빙공구는 제조사들의 영업 비밀에 해당되어 표준화와 규격화 하는 것이 매우 어려운 현실이다. 따라서 본 연구를 통하여 장구형 기어용 호빙공구에 대한 설계 및 톨패스 가공 방법을 개발하고자 한다. 호빙공구의 모델과 절삭가공 경로를 생성시키는 소프트웨어는 텍스트 파일로 장구형 웜 호브 설계에 필요한 파라미터들을 입력과 실행한 결과로 계산된 황삭과 정삭 톨패스가 각각 텍스트 파일(.csv)로 출력된다. 또한 장구형 웜과 기어 치형 설계 시에는 백래시와 블랭크의 파라미터를 추가 입력받는 것이 중요하다. 이와 같이 호빙공구 치형 설계에서 계산된 톨패스를 이용하여 웜 치형을 설계함으로써 장구형 기어가공을 위한 호브공구 개발 가능성을 살펴보고자 한다. 여기서 치형 모델링은 중심거리 120mm, 기어잇수 70개, 웜 줄수 1, 물림잇수 6개, 백래시 0.18mm 이다.

Key Words : Enveloping Gear(장구형 기어), Cylindrical Gear(원통형 기어), Ruled surface(Non-developed surface), Worm hob(웜 호브), Tool path(톨패스), Backlash(백래시)

후 기

이 논문은 2018년(3차년도) 정부(산업통상자원부·중소벤처기업부) World Class 300 R&D 프로젝트 기술개발지원사업 지원을 받아 수행된 연구임(S2428843)

1. 영신금속공업(주) 기술연구소
2. 한국생산기술연구원 성형기술그룹
3. 충남대학교 공과대학 기계공학부
교신저자: 영신금속공업(주) 기술연구소,
E-mail: sinjun_k@ysmic.com

영상분석기법을 이용한 극저탄소강의 소둔조건별 가공성 평가

전성진^{1#}

Evaluation of Press Formability on Annealing Conditions of Low Carbon Steel using Image Process Method

S. J. Jeon

Abstract

Formability is one of the most important factors for cold rolled metal steel sheet. The analysis methods used for determination of sheet metal formability were investigated and compared in terms of their usability and accuracy. We experimental evaluated a BAF simulator to estimate the effect on the press formability for BAF conditions. Conditions for the batch annealing process consist of same annealing time and different annealing temperature are 15hr of soaking time and 710℃ to 730℃ of heating temperature at Δ10℃. For evaluation of formability used the Automated Strain Analysis and Measurement Environment (ASAME). It is strain-measuring system is used for detect deformations in deep-drawn parts and calculate material strain using optical measuring techniques. To analysis of quantitative strain after press forming applied a grid marking by silk screen. It is one of the common experimental methods for deformation measurements by press forming. In this study, strain energy of metallic cold rolled metal steel sheet for electronic appliance such as drum front after press forming was studied.

Key Words : Electronic Appliance(가전제품), BAF(상자소둔), Annealing Conditions(열처리조건), Sheet metal forming(박판성형), Soaking Time(유지시간), Formability(성형성)

1. 서 론

판재의 성형성이란 프레스 가공중 재료가 국부 넥(Localized Neck) 또는 파단(Crack)을 발생시키지 않고 소성 변형할 수 있는 가공능력을 의미한다. 대부분의 최종 수요 Maker 는 개발 모델에 대한 적정 소재선정 및 최적 금형설계를 통해 프레스 가공성을 확보하고, 성형부품 제작 및 설계단계에서 실제 프레스 작업 전 또는 금형설계 단계로부터 선정된 소재의 성형성 평가를 통해 성형가부를 사전에 판단하는 과정을 수행하게 된다. 이를 위해 최종 제품의 품질보증, 소재 불량으로 인한 Claim & Complaint 감소, 가공성 측면의 명확한 품질 분류 및 관리 등을 목적으로 단순하고 축소된 작은 금형을 사용하여 실험적으로 손쉽게 성형하여 보는 것이 프레스

Model 성형시험이다. 실제 프레스 가공의 성형모드는 복합적으로 발생하며, 가공으로 인한 터짐 현상을 대상으로 하는 성형한계를 평가할 경우에는 가공의 주된 변형 형태가 이들 복합성형모드 중 어느 것에 해당되는지 판단하여 가장 적합한 Model 을 선정하여 시험하고 평가하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 BAF 열처리 시뮬레이션에 적용된 극저탄소강 1.0t의 소둔조건별 프레스 가공특성을 ASAME 영상분석기법을 활용하여 프레스 성형 후 가공부에 대한 3차원 변형률을 분석하여 열처리 조건에 따른 가공성 영향을 분석하고자 하였다.

2. ASAME 3차원 변형률 분석 결과

2.1 분석 방법

1. 동국제강㈜ 기술연구소

1# 교신저자 : sungjin.jeon@dongkuk.com

ASAME Target Model(Automated Strain Analysis and Measurement Environment)은 프레스 성형 공정에 의한 금속판재의 소성변형을 측정하는 영상분석기법이다.[1] 박판성형으로 인한 소재의 Crack 발생원인을 손쉽게 찾고자 할 경우에 사용되며, 소성변형 이후 가공형상에 대한 기하학적 표면 형상정보 및 변형률 분포를 3차원 형상으로 측정 할 수 있다. ASAME 영상분석기법을 활용하여 생활 가전용 건조기 Drum Panel용 소재의 BAF 상자소둔 열처리 조건별 프레스 가공특성 평가를 수행하였다.

2.2 분석 조건

Fig.1은 Drum Front Panel용 소재의 상자소둔장치 및 ASAME 분석용 프레스 가공 샘플이다. 해당 샘플은 150톤 유압프레스 및 X-Die 금형을 이용하여 Lab test 제작하였다. Table 1은 상자소둔조건이다.

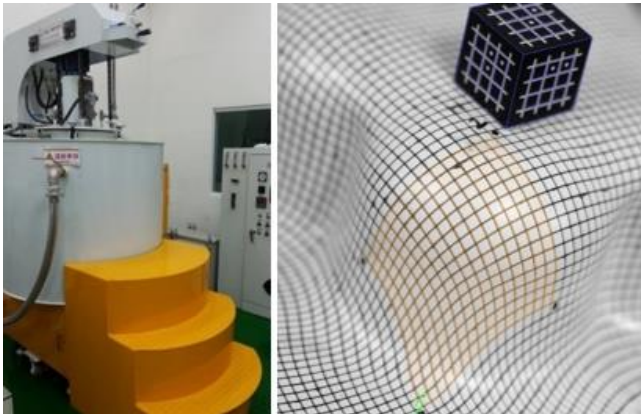


Fig. 1 BAF annealing lab tester & ASAME sample

Table 1 Conditions of BAF Annealing Simulation

Index	Annealing Simulation Conditions
Temperature	710℃, 720℃, 730℃
Time	BAF Soaking Time

2.3 분석 결과

Fig.2는 X-Die 프레스 가공 이후 Actual Thickness, Effective Strain, FLC 성형한계선도에[2] 대한 소성가공 변형률 현황을 3차원으로 분석한 결과이다.

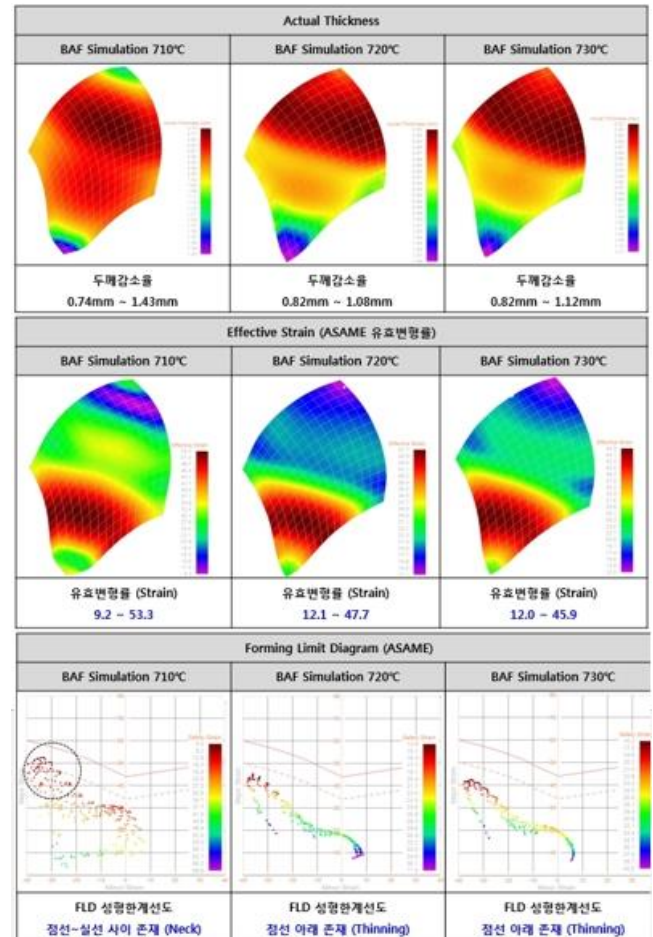


Fig. 2 Results of ASAME analysis for BAF samples

3. 결 론

ASAME 3차원 변형률 분석 결과 다음과 같다.

- (1) 온도가 높을수록 두께감소율이 작게 발생되었다.
- (2) 온도가 높을수록 유효변형률이 작게 발생되었다.
- (3) 온도가 높을수록 FLC 안전영역 이내 분포한다.

REFERENCES

- [1] ASAME (Automated Strain Measurement Analysis Environment) Instruction Manual.
- [2] ASTM E 2218-02, 2002, Standard Test Method for Determining Forming Limit Curves.

Selective laser melting 공정으로 제조된 AISI 316L 합금의 고주기 및 저주기 피로 특성

함기수¹ · 박순홍² · 양상선² · 이기안[#]

High Cycle and Low Cycle Fatigue Properties of AISI 316L Alloy Fabricated by Selective Laser Melting Process

G. S. Ham, S. H. Park, S. S. Yanh, K. A. Lee

Abstract

본 연구에서는 금속 3D 프린팅 공정 중 하나인 selective laser melting 공정을 이용하여 AISI 316L 합금을 bulk type(20cmX5cmX5cm) 으로 제조를 하고, 제조된 SLMed AISI 316L 합금의 미세조직, 인장, 고주기 및 저주기 피로 특성에 대해 조사하였다. 금속 3D 프린팅 공정은 빠른 냉각속도에 기인한 잔류응력이 존재로 기계적 특성 저하가 야기되어 열처리가 필수적으로 요구된다. 따라서 stress relieving (650℃/2hr) 열처리를 수행하였다. SLMed 316L 합금은 laser 열원방향으로 미세조직이 발달하였으며, molten pool이 관찰되었다. 열처리를 수행하였음에도 molten pool은 사라지지 않았으나, low angle boundary 분율이 감소하고 high angle boundary 분율이 증가하는 것으로 확인되었다. 또한 열처리를 수행함에 따라 항복강도는 476.8 MPa에서 433.2MPa로 감소하였으나, 인장강도는 543.4MPa에서 567.1MPa, 연신율은 30%에서 33.5%로 소폭 증가하였다. 고주기 피로 시험의 경우 피로한이 350MPa로 측정되어 SLMed 316L 합금은 conventional 316L 소재보다 우수한 고주기 피로 특성을 지닌 것을 확인 할 수 있었다. 저주기 피로 시험의 경우 SLMed 316L 소재는 annealed 316L 합금보다 낮은 특성을 보였으며, coldworked 316L 합금과 유사한 저주기 피로 특성을 지닌 것을 알 수 있었다. 상기의 결과와 더불어 파단면 분석을 통해 SLMed 316L 합금의 고주기 및 저주기 변형 거동에 대해 미세조직과 연계하여 고찰해 보았다. [본 연구는 KIMS의 일반사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.]

Key Words : Selective laser melting process, AISI 316L, High cycle fatigue, Low cycle fatigue

1. 인하대학교 신소재공학과, 학생
2. 포항산업과학연구원, 책임연구원 3. 재료연구소, 책임연구원
교신저자: 인하대학교 신소재공학과, 교수, keeahn@inha.ac.kr

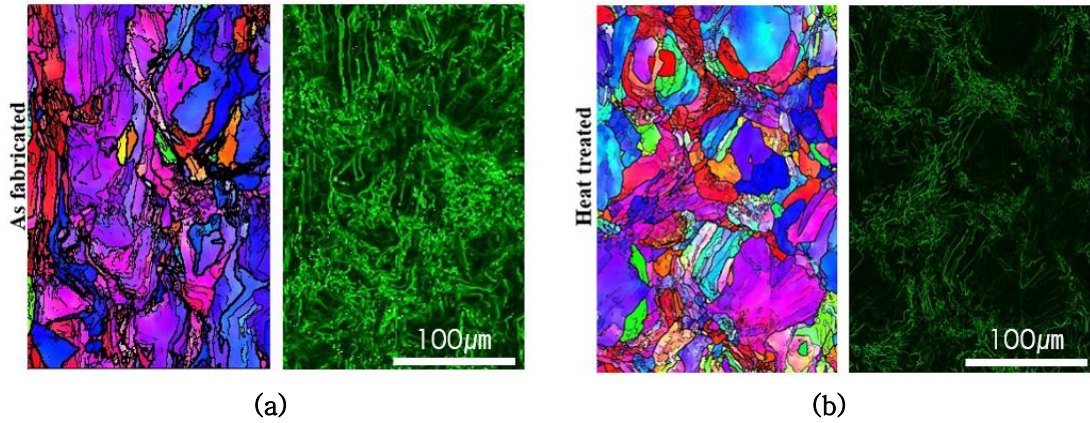


Fig. 1. Microstructures of SLMed AISI 316L alloys; (a) as fabricated, (b) heat treated

Table 1. Tensile properties of SLMed AISI 316L alloys

	<i>Hardness [Hv]</i>	<i>Y.S. [MPa]</i>	<i>U. T. S. [MPa]</i>	<i>El. [%]</i>
As fabricated	200	476.8	543.4	30
Heat treated	196	433.2	567.1	33.5

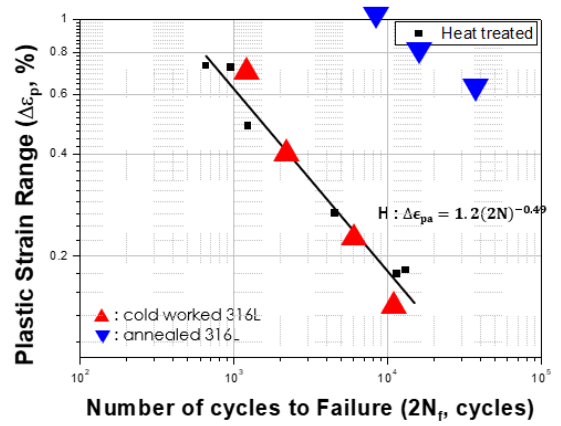
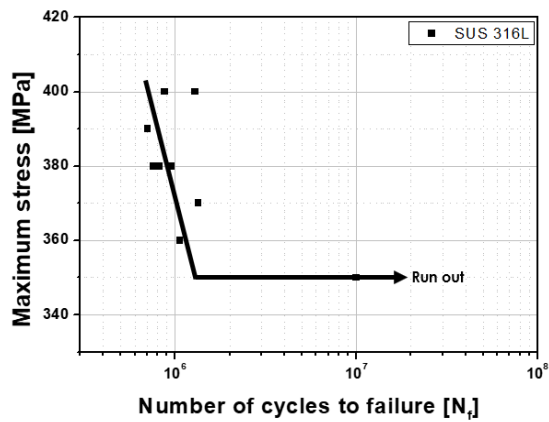


Fig. 2. (a) High cycle fatigue and (b) Low cycle fatigue properties of SLMed AISI 316L alloys

건축용 프레임의 롤포밍 공정 해석

강용기¹ · 이철환¹ · 김봉준² · 김동규[#]

Roll forming process analysis of the architectural frame by Finite Element Analysis

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

Abstract

In recent years, standards for fire safety and disaster safety have been gradually strengthened in the US / EU, and the process and control technology for manufacturing fire resistant parts to improve fire safety and structural safety of building is urgently needed. Therefore, the development of curtain wall products for building using high-safety fire-resistant steel materials is being studied. The roll forming process is a 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. In addition, it is advantageous for low investment cost compared with the press process and for manufacturing the shape of a closed cross section, especially for manufacturing high strength material with low elongation and high strength. In this study, the roll forming optimization process for manufacturing steel curtain wall for building and the process analysis for roll design were carried out by Finite Element Analysis.

Key Words : Roll forming, High-safety fire-resistant steel, Architectural frame, Finite Element Analysis(FEA)

1. ㈜디케이솔루션

2. ㈜경창산업

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

신경망 알고리즘을 활용한 터빈로터 교정모델 개발

김정환¹ · 박현구² · 장용희¹ · 박준수¹ · 박광하[#]

Development of Rotor Straightening Process using Neural Network Algorithm

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

Abstract

Rotor straightening tests were performed. In these experiments, specimen made of 1.25CrMo steel with 240mm diameter rod was used. The experimental results were compared with the predicted results by using the finite element analysis. The result was well agreed with predicted one. The database of the calculated results were organized for the purpose of using neural network algorithm. A neural network algorithm was employed to predict the bending deflection of turbine rotor using input parameter for diameter, length, heating time. Finally, rotor straightening procedure for bending deflection was well-established.

Key Words : Rotor bending, Straightening, Neural Network, Finite Element Analysis, Pilot test, Steam turbine Rotor

1. 서론

터빈은 전기를 생산하는 발전소의 핵심 부품으로서 더욱 세밀하게 관리되어야 한다. 터빈은 3600RPM으로 회전을 하기 때문에 미세한 축변형에 의해서도 고진동이 발생할 수 있다.[1] 실제 발전소에서는 0.08mm 이상 축변형이 발생하여도 문제가 된다. 이러한 로터의 축변형이 발생하는 주요 요인은 러빙(Rubbing)이다. 러빙이란 증기흐름을 막기 위해 로터와 근접하게 붙어있는 설비인 패킹과 로터와의 마찰로 열이 발생하는 현상이다. 과거에는 토치를 활용하여 임의로 벤딩을 교정하였다. 하지만, 토치를 활용할 경우에는 온도를 제어할 수 없는 단점이 있다. Esmail Poursaeidi[2] 유한요소해석을 활용하여 국부적으로 열을 주었을 때 교정되는 형태에 대해 연구를 하였다.

본 연구자는 로터의 형태에 따라 국부적으로 가열 하였을 때 변화되는 양에 대해서

실험과 유한요소해석을 활용하여 경향을 분석하였고, 불완전한 데이터를 활용해서 최적점을 예측할 수 있는 신경망 알고리즘 이용하여 로터를 교정하기 위한 가열 최적 조건을 계산하였다.

2. 로터 교정 실험

2-1 실험장비

본 연구자는 로터의 국부적인 열을 주기 위해 고주파 유도가열장비를 활용한 교정 장비를 개발 하였다. Fig. 1은 개발 완료된 장비를 나타내고 있다.

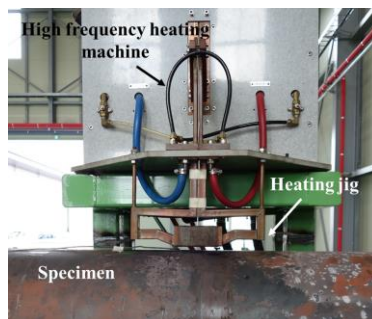


Fig. 1 High frequency heating machine

1. 한국전력연구원, 일반연구원

2. 한국전력연구원, 선임연구원

교신저자: 한국전력연구원, 책임연구원, pkha@kepco.co.kr

본체에서 고주파를 발생시키고, 지그와 소재와의 간격, 가열시간에 따라서 표면에 발생하는 열이 다르다.

2-2 실험 내용 및 결과

굽힘이 발생되지 않은 초기의 시편이기 때문에 교정테스트가 아닌 고주파 가열을 통한 굽힘 테스트를 진행하였다. 굽힘량을 제어할 수 있으면 교정 또한 문제 없이 될 것이라 판단하였다. 시편의 크기는 $\Phi 240 \times 2500\text{mm}$ 이다. 강종의 경우에는 500MW급 표준화력 로터에서 사용되는 1.25CrMo강을 활용하여서 실험하였다. 실험 조건 및 결과에 대해서는 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Test Result (Amount of displacement)

Heating time	Max Temperature	Displacement
50 Sec	480 °C	0.15 mm
60 Sec	520 °C	0.17 mm
100 Sec	1040 °C	0.31 mm

3. 유한요소해석

시편을 활용한 실험의 경우에는 한계가 있기 때문에 유한요소해석을 활용하여서 데이터 베이스를 작성하였다. 신경망 알고리즘에 적용하기 위해서는 대량의 데이터가 필요하기 때문이다. 유한요소해석모델 Fig.2에 나타내었다.

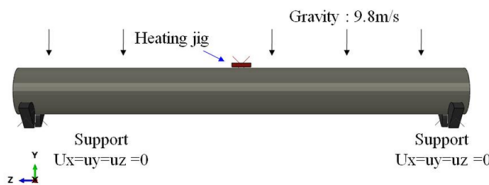


Fig. 2 Boundary condition on the rotor

4. 신경망 알고리즘 적용

본 연구자는 1986년에 러멜하트(Rumelhart)등이 제안한 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)을 이용하였다. 신경망 알고리즘은 선형/비선형 문제를 해결하기 위해 적용되는 알고리즘이다. 이러한 신경망 알고리즘의 기능 중의 하나인 함수 근사화 기능을 통해서 교정량 조절에 활용하였다. Fig. 3에 모형도를 표시하였다. 고주파 가열의

경우 로터의 직경과 길이, 가열시간에 영향을 받기 때문에 이와 같은 변수를 설정하였다.

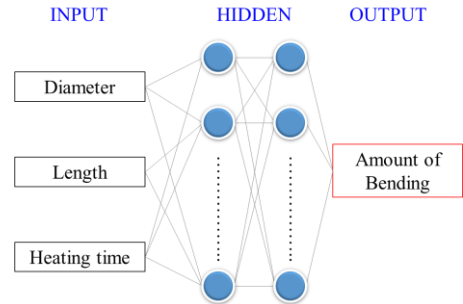


Fig. 3 Model for neural network

5. 결론

본 연구에서는 신경망 알고리즘과 유한요소해석을 활용하여 최적의 로터교정 방법을 제안하였다. 본 연구자가 개발한 방법을 활용하면 현재 제시된 조건 외에 추가적으로 가열지그의 크기, 로터 강종의 변화등 다양한 변수 추가에 대해서도 적용가능할 것이라 판단하였다. 향후 추가적인 실험을 더 진행하여서 로터 교정에 미치는 영향인자를 확인할 예정이다.

6. 후기

본 연구는 한국중부발전, 서부발전, 남부발전, 동서발전에서 수행하는 연구사업의 지원을 받았습니다.

참고문헌

- [1] O.A. Volokhovskaya, O. V. Barmina, 2016, Effect of Initial Bending and Residual Eccentricity of a Turbine Rotor on Its Transient Vibration Amplitudes, J. Machinery Manufacture and Reliability, Vol. 45, No. 2, pp. 113-121
- [2] Esmaeil Poursaeidi, Mostafa Kamalzadeh Yazdi, 2011, Causes of Rotor Distortions and Applicable Common Straightening Methods for Turbine Rotors and Shafts, International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, Vol. 5, No.7
- [3] D. E Rumelhart, G. E. Hinton, R. J. Williams, 1986, Learning Representations by Back-propagating Errors, Nature, Vol. 323, No. 9, pp. 533~536.

프리폼 두께 최적화를 위한 블로우 몰딩 해석

홍석관^{1#} · 윤길상¹ · 이상용¹ · 김옥래¹ · 권창오²

Numerical Simulation of Blow Molding for Optimization of Preform Thickness

S. K. Hong, G. S. Yoon, S. Y. Lee, O. R. Kim, C. O. Kwon

Abstract

블로우 몰딩(blow molding)은 성형 과정이 비교적 단순하기 때문에 프리폼(preform)의 설계가 성형 품질을 결정한다고 해도 과언이 아닐 것이다. 하지만 실제 현장에서는 이러한 프리폼의 설계를 아직까지도 경험에 의존하고 있다. 여기에 CAE를 활용하면 금형을 수정하는 시간을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 Polyflow의 parison program을 이용하여 프리폼의 최적 두께를 예측하였다. 해석결과는 실험결과와 비교하여 검증하였으며 목표 두께는 총 4회의 최적화 해석을 통해 수립되었다.

Key Words : Blow molding, Preform design, CAE, Optimization

1. 서론

블로우 몰딩(blow molding) 공법은 압출이나 사출에 의해 튜브상으로 예비성형(Parison)을 한다. 그리고 이것을 금형에 끼워서 내부로 공기를 불어 넣어 부풀게 함과 동시에 냉각 고화시켜 특정한 형태의 고형물을 만드는 방법이다. 그 과정이 단순하기 때문에 초기 프리폼의 두께에 의해 최종 용기의 두께가 결정된다[1]. 본 연구에서는 CAE를 활용하여 프리폼 최적의 두께를 예측하였다.

2. 해석방법

본 해석에 사용된 제품은 길이 188 mm, 지름 64 mm의 용기이며 축방향 신장률(SR_{axial})은 약 2.0, 원주방향 신장률(SR_{hoop})은 약 3.0으로 총 신장률($SR_{Blow-up}$)은 6.0을 갖는다. 블로우 공정은 Injection Blow Molding (IBM)방식으로 사출성형의 열을 이용하여 블로우 하게 된다.

$$\text{Stretching ratios: } SR_{Blow-up}(6.0) = SR_{axial}(2.0) \times SR_{hoop}(3.0)$$

본 해석에서는 해석 간소화의 목적으로 사출성형 단계를 생략하였다. 이는 이전 연구의 결과를 근거로 일정 크기의 프리폼은 일정 범위의 사출공정 조건에 의해 온도분포가 민감하게 변하지 않기 때문에 사출성형에서 발생한 온도분포를 등온상태로 가정하였다. 따라서 블로우 성형 온도는 130°C로 설정하였고, PET 소재의 거동은 Cross-WLF 점도식을 적용하였다. 실험결과와 비교한 해석결과를 Fig. 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

최적화 후 얻은 프리폼 최적 두께(newH0)는 다음과 같은 식으로 구한다.

$$newH0 = oldH0 + \alpha((hc/hf) - 1)oldH0$$

1. 한국생산기술연구원, 금형기술그룹

2. 동아정밀공업

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

여기서 oldH0는 이전 단계에서 구한 프리폼 초기 두께이며, α 는 완화계수, hf는 해석종료 시 두께, hc는 목표두께를 의미한다. 완화계수는 0.4, hc는 1 mm를 설정하였을 때 초기 해석 결과부터 4회 최적화한 결과까지 프리폼과 성형품의 두께변화를 Fig. 2(a)에 나타내었다. 용기의 바닥부터 용기의 상단까지 두께 분포를 보여준다. Fig. 2(b)에서는 최적화 단계를 지나면서 예측된 프리폼의 두께를 보여준다.

4. 결론

본 연구는 프리폼의 설계자동화를 위해 진행되고 있으며 최대한 간소화를 목표로 현장에 보급되길 기대한다.

참고문헌

- [1] F. Thibault, A. Malo, B. Lanctot, and R. Diraddo, "Preform shape and operating condition optimization for the stretch blow molding process," *Polym. Eng. Sci.*, vol. 47, no. 3, pp. 289–301, 2007.

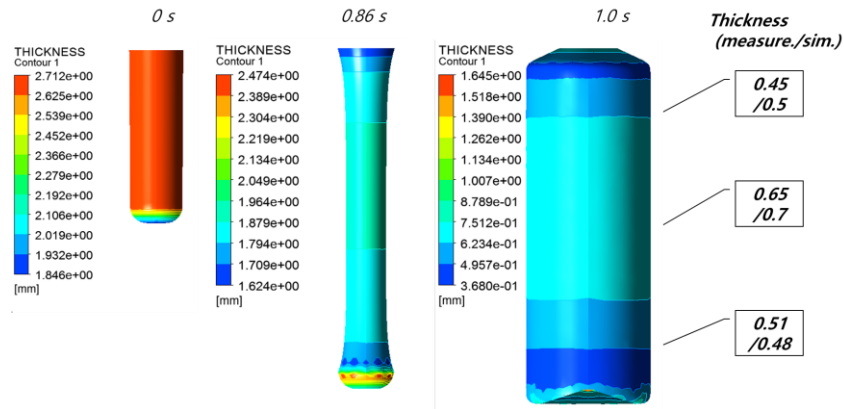


Fig. 1 Blow molding simulation result

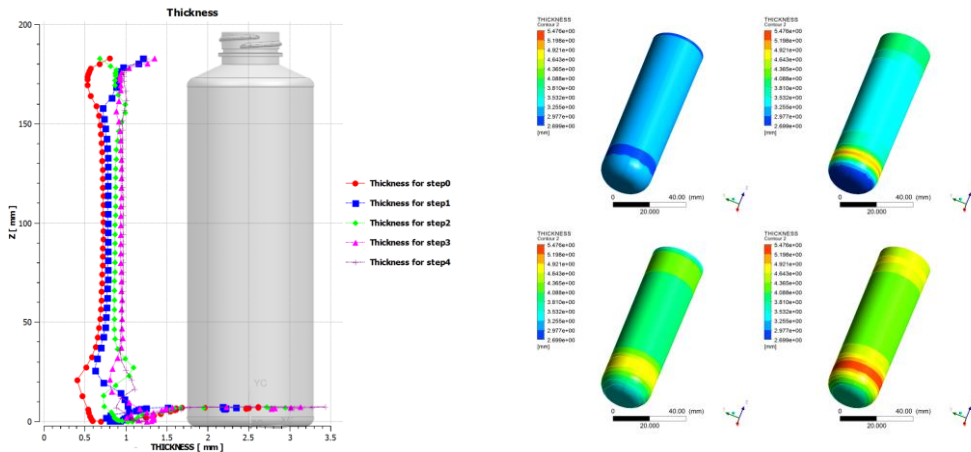


Fig. 2 Optimum thickness result (a)bottle & (b)preform

판재성형에서 소재강도에 따른 스프링백 산포 인자의 영향

손민규¹ · 김세호[#]

Influences of the Process Parameters on the Scattering of Springback Amounts according to the Material Strength in the Sheet Metal Forming Process

M. K. Son, S. H. Kim

Abstract

판재부품 경량화를 위한 판재소재 경량화에 따라 파단과 스프링백 등 공정 중에 발생하는 불량은 물론 소재 및 공정산포에 의한 성형제품의 형상정밀도의 산포도 크게 나타나고 있다. 본 논문에서는 U 형상 채널 성형의 유한요소 성형해석을 실시하고 고강도강 성형 시 발생하는 스프링백 양의 산포를 정량화하고 소재강도에 따라 발생하는 스프링백 양의 경향을 분석하였다. 판재 소재는 590, 780, 980, 1180, 1470MPa의 인장강도를 가지는 경우를 고려하였다. 판재의 생산과정에서 발생하는 산포를 반영하기 위하여 인장강도, 항복강도, 소재두께 등의 소재 산포를 해석상에서 고려하였으며, 마찰계수 및 패딩력 등의 공정변수 산포도 해석에 고려하였다. 산포 발생 시 스프링백이 발생할 수 있는 최대, 최소값을 추출하기 위하여 각 변수의 입력을 최대, 최소, 평균으로 부과하고 실험계획법(Design of Experiment)을 활용하여 각 변수의 산포에 따른 스프링백 양의 회귀식을 도출하였다. 소재의 강도가 증가할 때 산포의 양을 비교하여 초고강도강의 냉간 성형 시 발생하는 산포의 크기를 정량화하고 리스트라이킹 등 중간공정의 추가가 스프링백 산포의 저감에 미치는 영향을 분석하였다.

Key Words : Scattering, Material Strength, Sheet Metal Forming Process, Design of Experiment(DOE)

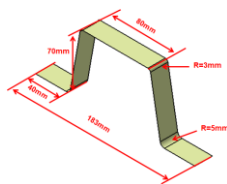


Fig. 1 Shape of U-Bending Channel

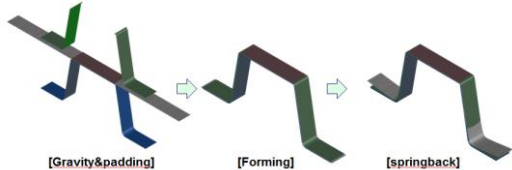


Fig. 2 Procedure of the stamping operation

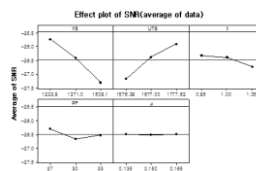


Fig. 3 SN ratio according to the design variables

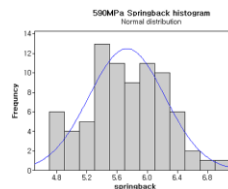


Fig. 4 Stochastic distribution of the springback amount of the SPRC590 sheet

1. 대구대학교 대학원 기계공학과, 석사과정

교신저자: 대구대학교 기계공학부, 교수

E-mail: mvksh@daegu.ac.kr

연성 파괴 기준에 따른 고강도강의 1-패스 인발 감면한계 비교

조동혁¹ · 이영석[#]

Comparison of reduction limit of single pass drawing for high strength steel according to ductile fracture criterion

D.H. Cho, Y Lee

Abstract

The drawing limit of high strength special steels is investigated. When the bar or wire is formed by the drawing process, mechanical properties such as the strength of the material is improved. In order to improve the mechanical properties of the material, it is desirable to reduce the diameter of the material as much as possible. However, if the reduction ratio is excessively high, rupture or internal cracks may occur. In this study, the internal damage of the material after a single pass drawing process was calculated by drawing experiments and the finite element analysis. Four types of ductile fracture criteria were used. Some criteria show good agreement with the experimental results. The results of this study propose appropriate ductile fracture criterion when high - strength steel is drawn. This criterion present that when reduction ratio of drawing process is high, lubrication is important and die-semi angle should between $7^{\circ} \sim 10^{\circ}$.

Key Words : High strength special steel, Ductile fracture criterion, Drawing process, ABAQUS, VUSDFLD

1. 서론

인발 공정은 봉 혹은 와이어 형태의 소재를 직경이 작은 다이스 사이로 통과시키며 소재를 가공하는 소성가공법이다. 봉재를 인발 하는 목적은 형상제어와 조직제어로 분류 할 수 있다. 형상제어의 목적은 봉재를 원하는 직경으로 가공하는 것이다. 반면 조직제어는 소재에 높은 변형률을 유도하여 소재의 기계적 성질을 향상시키는 것이다.

본 연구에서는 고강도 특수강인 SUJ2Z강을 내부의 손상 혹은 단선없이 인발 할 수 있는 한계에 대하여 연구하였다. 감면율, 다이각 등이 인발공정에 미치는 영향을 파악하기 위해서 서로 다른 15개의 공정으로 인발 실험을 수행하였다. 실험을 통해 공정조건에 따른 소재의 파괴여부를 파악하였다. 또한 소재 내부의 손상도를 유한요소해석을 통해 계산하였다. Cockcroft & Latham(1972), Chaouadi et al(1994), RTCL(2002), Ko(2007) 의 연성 파괴 기준이 사용되었다.

연구결과 봉재에 발생하는 손상도 및 단선발생 여부가 정확하게 예측되었다. 사용된 연성 파괴 모델 중에서 Ko 연성 파괴 기준이 실험 결과와 가장 잘 일치하였다. 다이각이 10° 이상일때는 소재 중심부의 파괴 위험이 매우 높았다. 반면 다이각이 작을 때는 소재와 다이의 윤활상태에 따라 단선 여부가 달라졌다. 어떠한 조건으로든 한번에 50% 이상 감면하는 것은 불가능하였다.

2. 실험방법

인발 중 공정변수 (다이반각, 감면율)에 따라 봉재의 파괴를 예측하기 위해 20ton 용량의 drawbench machine을 사용하여 인발실험을 수행하였다. 시편은 열간 압연된 직경 13mm의 coil형

1. 중앙대학교 기계공학부

중앙대학교 기계공학부, E-mail: ysl@cau.ac.kr

태의 봉재를 별도의 직진공정 없이 사용하였다. 열간 압연된 시편의 표면 처리를 위하여 인발 전 염산을 이용하여 산세처리를 하였다. spray형태의 윤활제를 소재에 분사하여 소재와 다이스 사이의 마찰을 줄였다.

유한요소해석은 ABAQUS가 사용되었다. 연성 파괴 기준 별 손상도를 계산하기 위하여 user subroutine중 VUSDFLD가 사용되었다.

3. 결과 및 고찰

Figure.1은 연성파괴 기준별로 계산된 인발 후 소재 중앙부의 손상도이다. 사용된 연성 파괴 모델 중에서 Ko 모델이 인발 실험 결과와 가장 잘 일치하였다. 감면율이 15%, 다이반각이 10° 이상이라면 중심부 파괴가 발생하는 반면 감면율 15% 이하에서는 중심부 파괴가 발생하지 않았다. 또한 감면율이 30%이상 일 때, 다이반각이 작으면 figure.2와 같이 과도한 인발력으로 인해 단선이 발생하였다. 하지만 윤활이 잘 된 상태라면 단선 발생 위험을 크게 낮출 수 있었다. 또한 어떠한 공정 조건으로도 50%이상 감면하는 것을 불가능하였다

4. 결론

본 연구를 통해 공정 조건에 따른 고강도강의 인발 후 손상도를 예측 할 수 있었다. 사용된 연성파괴 기준의 상수들은 모두 단축 인장시험으로 쉽게 구할 수 있다. 따라서 다른 강종 혹은 압축 위주의 소성가공 공정에도 사용되기에 적합한것으로 보인다. 전통적으로 많이 사용되던 연성파괴 기준보다 최근 개발된 파괴기준들이 보다 실험결과와 잘 맞았다.

감면율이 높을 때 감면율(35% 이상) 마찰계수에 따라 손상도가 달라지기 때문에 윤활이 매우 중요하다. 또한 다이반각이 지나치게 작으면 과도한 인발력으로 단선이 발생하고, 높으면 소재 변형의 불균형으로 내부크랙이 발생한다. 따라서 적절한 다이반각(7°~10°)이 선정되어야 한다.

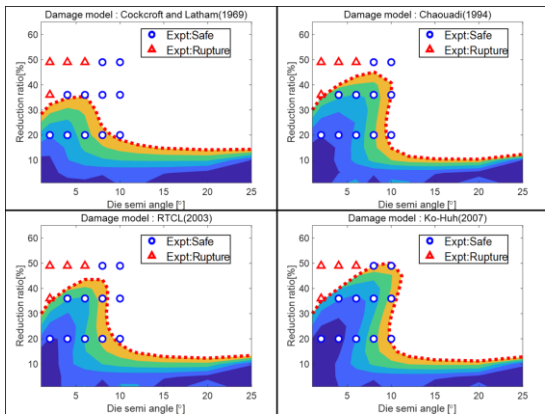


Figure 1 comparison of damage index on the centerline of drawn bar ($\mu=0.09$)

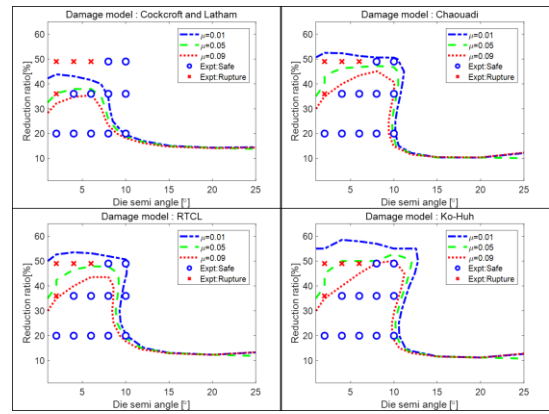


Figure 2 comparison of reduction limit of drawing

참고문헌

- [1] Chaouadi, R., P. De Meester, and W. Vandermeulen. "Damage work as ductile fracture criterion." International Journal of Fracture 66.2 (1994): 155-164.
- [2] Ko, Youn Ki, et al. "Prediction of fracture in hub-hole expanding process using a new ductile fracture criterion." Journal of materials processing technology 187 (2007): 358-362.
- [3] Lou, Yanshan, and Hoon Huh. "Prediction of ductile fracture for advanced high strength steel with a new criterion: Experiments and simulation." Journal of Materials Processing Technology 213.8 (2013): 1284-1302.

차량용 금속 브라켓 성형을 위한 프로그레시브 금형 설계 및 시제품 제작 : 대학 연구동아리 주제연구

나경목¹ · 전승훈¹ · 박영규¹ · 손민규² · 김세호[#]

Progressive Die Design and Prototype Fabrication for an Automotive Steel Bracket

K. M. Na, S. H. Jeon, Y. G. Park, M. K. Son, S. H. Kim

Abstract

This paper deals with the design and fabrication procedure of the progressive die for the bracket part of an automobile carried out by a research group of the undergraduate students. The forming process is consisted of the shearing process such as piercing with notching and forming process such as bending with restriking. Tool shapes are designed from the information given from some equations in design handbook and the finite element forming analysis. The sound bracket product can be fabricated with the proposed designed progressive die and several operations.

Key Words : Progressive die, Tool design, Stamping analysis, Tool fabrication, Prototype

1. 서 론

프로그레시브 가공은 다수의 공정을 순차적으로 이송시키며 연속 작업을 하는 프레스 가공방식으로 소형 정밀 부품의 대량생산에 효과적이고 소재 스크랩이 적으며 자동화함으로써 작업자의 안전이 확보된다. 본 논문에서는 대학 내 프레스 금형 관련 연구 동아리에서 수행되었던 자동차 부품을 성형하기 위한 프로그레시브 금형 설계 및 제작에 관련한 실무적인 내용을 소개하고자 한다.

2. 공정 및 금형 설계

2.1 제품 설계

본 논문의 대상인 차량용 브라켓 형상 및 치수를 Fig. 1에 도시하였다. 소재로는 냉간 압연 강판인 SPCC를 사용하였고, 두께는

1.2mm이다. 대상 부품을 실측하여 2차원 도면화 및 3차원 CAD 모델링하였다.

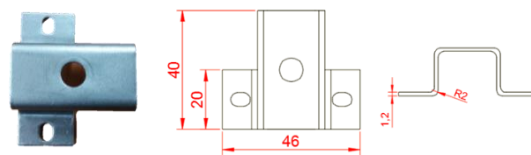


Fig. 1 Shape and dimensions of the bracket

2.2 공정 설계

본 논문에서 대상으로 한 프로그레시브 공정 순서를 Fig. 2에 도시하였다. 공정은 크게 전단공정과 변형공정으로 나눌 수 있다. 전반부에는 피어싱(Piercing)과 Notching(노칭) 공정이 제1~3공정으로 구성되며, 후반부에 굽힘가공과 리스트라이킹(Restriking) 등의 추가공정이 제5~9공정으로 구성된다. 전반부 전단금형 설계를 위한 공정변수로 전단력, 스트리핑력 등 각 변수들을 예측하기 위해 이론식[1]을 참고하였다. 스프링에 의한 탄성력은 스트리핑력보다 높아야 전단 시 펀치에 붙은 스크랩

1. 대구대학교 기계공학부, 학사과정

2. 대구대학교 대학원 기계공학과, 석사과정

교신저자: 대구대학교 기계공학부, 교수,

E-mail: mvksh@daegu.ac.kr

을 제거할 수 있어 스트리퍼의 행정길이, 스프링 밀착길이 등을 함께 고려하여 중하중용 코일 스프링 6개를 사용하였다. 금형 조립 시 스프링에 5mm의 초기 압축력을 부과하였고 최종적으로 하사점에서 6.23kN의 압축력이 부과되도록 설계하였다. 이를 토대로 성형해석 프로그램인 AutoForm[2]을 사용하여 성형해석을 진행하였고 순차적 변형형상을 Fig. 3에 도시하였다.

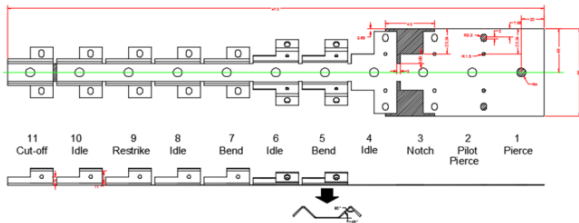


Fig. 2 Process layout of the stamping process

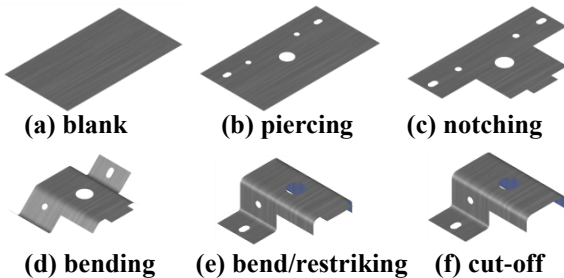


Fig. 3 Subsequent deformed shape of the blank with finite element analysis

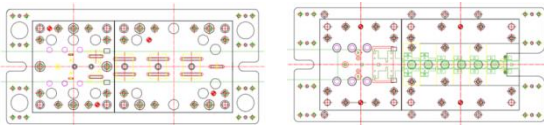


Fig. 4 Shapes of the upper and the lower die

2.3 금형 설계

선정한 공정과 금형 설계안 등을 바탕으로 2차원 금형 구조도를 설계하였고 이를 Fig. 4에 도시하였다. 상·하형 플레이트에 서로 간섭이 일어나지 않는 선에서 가이드 핀, 스트리퍼 볼트, 파일럿 핀, 리FTER 핀 등을 위치시켰다. 비용 절감을 위해 다이 플레이트와 다른 재질의 펀다이를 사용하였다.

3. 금형 및 시제품 제작

소재로는 높은 하중을 받는 상·하형 백킹 플레이트는 SKD11을 사용하였고 그 외 플레이트들은 S45C를 사용하였으며 그 중 펀치와 펀 다이는 열처리를 하여 강도를 높였다.

조립된 금형의 3차원 형상과 제작 완료한 금형 형상을 Fig. 5에 도시하였다. 이를 이용해 시제품을 제작하였고 성형해석 결과와 비교·분석하였다. 치수의 최대 오차율이 6.52%로 양측 급힘부의 불균일한 스프링백에 의한 것으로 판단된다.

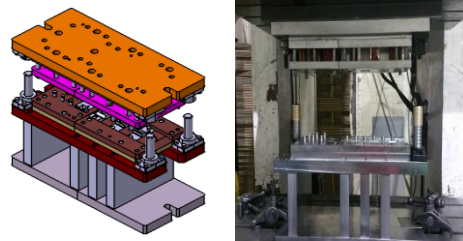


Fig. 5 Shape of the fabricated progressive tool

4. 결 론

본 연구를 통하여 차량용 부품의 실측 및 형상화, 성형공정 설계 및 성형해석에 의한 보완, 금형 및 시제품 제작을 통하여 차량부품 양산에 많이 사용되는 프로그레시브 공정과 금형에 대한 실무적인 지식 및 경험을 함양하였다.

후 기

본 논문은 교육부에서 지원하는 지방대학특성화사업(CK-I)의 지원으로 대구대 지역밀착형 뿌리산업 선도인력 양성사업단의 프로그램으로 수행된 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] S. H. Kim, Illustration Data Book For Die Design, Daegwang seorim, 2004
- [2] AutoForm^{plus} R7, Software Manual, 2016

정밀 절삭가공에서 단면 형상에 따른 비절삭 에너지 변화

송기형¹· 최영재²· 이용신[#]

Change of Specific-cutting Energy According to Sectional Shape in Precision Cutting

K. H. Song, Y. J. Choi, Y. S. Lee

Abstract

특정한 성능을 얻기 위하여 표면에 미세구조물을 생성하는 기술은 다양한 부품에 적용될 수 있다. 초정밀 가공장비를 이용하는 정밀절삭 기술은 이러한 미세구조물을 평면뿐만 아니라 곡면상에도 높은 형상정밀도를 갖도록 구현할 수 있어서 앞으로의 활용이 주목된다. 본 논문에서는 초정밀 공작기계를 이용하여 미세 패턴을 가공하는 기술에 대한 내용을 다루었다. 서로 다른 절삭단면의 형상을 갖는 정밀 절삭가공에서 각각의 경우에 대한 비절삭에너지의 크기를 살펴보았다. 실험을 통해 단위 시간당 소재제거율이 동일한 경우에도 절삭단면의 형상이 다른 경우에 비절삭에너지의 크기에 차이가 발생함을 확인하였다.

Key Words : Precision Machining, Microstructure, Specific Cutting Energy

1. 서론

제품의 표면에 미세구조물을 형성하는 기술은 미세구조물의 형상이나 크기에 따라 다양한 방향으로의 활용이 가능하다. 발수 성능을 갖는 기능성 표면이나, 빛을 파장의 크기에 따라 분광할 수 있는 렌즈 등이 한 예가 될 수 있다. 초정밀 가공기를 이용한 정밀 절삭가공 기술은 평면뿐만 아니라 다양한 형태의 곡면에도 양호한 표면 품질을 갖도록 미세구조물을 생성할 수 있어서 앞으로의 활용이 더욱 주목되고 있다. 정밀 절삭가공을 이용한 미세구조물의 형성에 있어서는 버(Burr)나 변형과 같은 문제들이 발생하며, 이의 원인을 명확히 이해하고, 해결하기 위한 방법을 연구하는 것은 매우 중요하다[1]. 본 논문에서는 초정밀 가공기를 통한 미세구조물의 가공시 가공단면의 형상 변화에 따른 현상을 살펴보았다.

2. 실험방법

초정밀 가공기를 이용하여 가공단면의 형상이 사다리꼴을 갖는 경우와 V형상을 갖는 경우에 대하여 정밀가공 실험을 실시하면서 공구동력계를 이용하여 절삭력을 측정하였다. 측정된 절삭력을 바탕으로 각 가공단면 형상에 대하여 비절삭 에너지를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

아래의 Fig. 1의 그래프는 실험을 실시하면서 측정한 절삭력을 바탕으로 계산된 비절삭 에너지

1. 한국생산기술연구원 IT융합공정그룹, 연구원

2. 한국생산기술연구원 IT융합공정그룹, 수석연구원

교신저자: 국민대학교 기계공학부, 교수, yslee@kookmin.ac.kr

를 나타낸 것이다. 단면 형상이 서로 다르므로 인하여 Feed 방향으로의 가공깊이 조절에 따른 실제의 칩의 두께가 다를 것을 감안하여 절삭으로 인한 소재의 제거율을 기준으로 그래프를 그린 것인데, 소재 제거율이 동일한 경우에도 절삭단면의 형상이 사다리꼴일 때보다 V 형상일 때의 비절삭 에너지가 더 크게 나타났다.

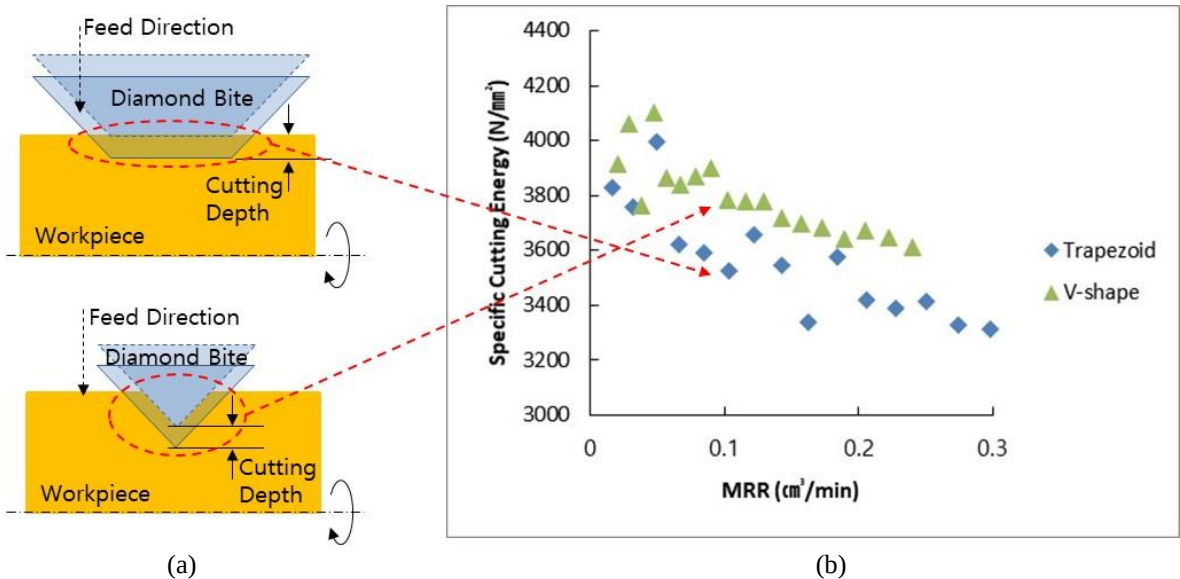


Fig. 1 Machining Results : (a)Sectional Shape of Cutting, (b)Specific Cutting Energy

4. 결론

서로 다른 단면 형상을 갖는 조건에 대하여 단위 시간당의 소재제거율이 동일하여도 절삭 가공시의 비절삭 에너지에 차이가 발생하였다. 이는 절삭단면의 형상이 가공후 칩으로 생성되는 과정에서 겪게되는 변형의 과정이 같지 않은 것이 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 차후의 연구를 통해 이러한 차이가 가공시에 미세 구조물의 변형 등에 미치는 영향에 대하여 추가적으로 살펴보고자 한다.

후기

본 연구는 공통수요기반생산기술개발사업인 “생산시스템의 자가최적화를 위한 학습기반 가공성 진단·제어시스템 개발사업”의 지원을 받아 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

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.

DED 공정에서 모재 온도변화에 따른 열전달 특성에 관한 수치해석 연구

백경윤^{1,2}, 신광용², 이기용^{2, #}, 심도식^{3, #}

Numerical study of heat transfer according to variation of substrate temperature in direct energy deposition

G. Y. Baek, G. Y. Shin, G. Y. Lee, D. S. Shim

Abstract

최근 금형의 표면강화와 국부적으로 손상된 부분을 보수하기 위하여 Direct energy deposition (DED) 기술이 활발히 적용되고 있다. 일반적으로 DED 공정은 고출력 레이저 열원이 조사되는 동시에 공급되는 분말이 용융 및 응고되면서 적층부가 형성된다. 또한, 레이저가 조사되는 모재 표면도 국부적으로 용융되어 혼합층 (Dilution)과 열영향부 (HAZ)가 형성된다. 이러한 혼합층과 열영향부는 모재에 가해지는 입열량에 따라, 형상과 크기가 결정되며, 적층부와 모재 간의 접합강도 및 기계적 물성에 큰 영향을 미치게 된다. 이에 따라, DED 공정에서 우수한 기계적 물성을 확보하기 위해서는 혼합층과 열영향부를 예측하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 열전달해석을 통하여 DED 공정을 수치해석기법으로 시뮬레이션 하였으며, DED 공정에서 혼합층과 열전달 특성을 예측하고, 실제 실험과 비교 검증하였다. 또한, 적층과정에서 연속적으로 적층이 진행됨에 따라, 모재의 온도 조건은 지속적으로 상승하게 된다. 따라서, 모재의 조건을 상온과 100℃, 200℃, 300℃, 400℃, 500℃로 설정하여, 열전달 특성에 대해 관찰하였다. 해석결과, 열전달해석을 통하여 모재에 형성되는 혼합층과 열전달 과정을 예측 가능하였으며, 모재의 온도가 상승됨에 따라, 혼합층의 면적이 넓어지는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 열전달해석 결과를 기반으로 DED 공정에서 발생하는 열응력해석도 가능할 것으로 판단된다.

Key Words : DED, 예열, 열전달해석, 혼합층, 열영향부

1. 전남대학교 기계공학부
2. 한국생산기술연구원 스마트가공공정그룹
3. 한국해양대학교 해양신소재융합공학과
한국해양대학교 해양신소재융합공학과, E-mail: think@kmou.ac.kr

냉간 단조 부품의 경도와 변형률의 관계에 관한 연구

박석현¹ · 안목탄¹ · 하성훈¹ · 박준홍[#]

A Study on the Relationship between Hardness and Strain of Cold Forged Parts

S. H. Park, M. T. Ahn, J. H. Park

Abstract

The hardness of each part of the parts is different due to the uneven strength and hardness of the initial material during cold forging. This not only interrupt the continuous process in the forming process but also causes a problem that the mechanical properties of the desired parts are obtained. Therefore, in this study, we compared the Vickers hardness data with the effective strain through FEM. By analyzing the relationship between Vickers hardness and effective strain, we tried to predict the hardness of parts in cold forging.

Key Words : Hardness, Strain, FEM(Finite Element Method), Cold Forging

1. 서론

냉간 단조 공정의 헤딩공정은 원소재의 손실을 최소화하며 원하는 형상을 가공하는 공법이다. 일반적으로 냉간 단조 부품은 우수한 치수정밀도, 기계적 강도, 생산성을 가지지만 원소재의 불균일한 강도 및 경도의 증가로 인해 부품의 부분별 강도 및 경도가 다르게 나타나는 문제점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 현재 고압연료관의 시편을 통한 마이크로 비커스 경도 시험을 진행하여 측정한 DATA와 FEM을 통한 실제 성형공정 해석을 통해 유효 변형률을 도출함으로써 마이크로 비커스 경도와 유효 변형률 사이의 관계를 분석하여 냉간 단조 부품의 부분별 경도를 예측하고자 한다.

2. 실험방법

유효 변형률과 비커스 경도와와의 관계를 분석하는 방법은 Fig.1 측정 Point는 Fig.2와 같다. 냉간 단조 공정의 FEM 해석을 통하여 성형된 부품의 각 포인트에서 유효 변형률을 구하였다. Micro Vickers 시험 Data와 FEM 해석을 통한 유효 변형률을 비교 분석하였다.[1-2]

1. 동아대학교 기계공학과 대학원, 연구원

2. 동아대학교 기계공학과, 부교수

교신저자: 동아대학교 기계공학과, 부교수, E-mail: acttom@dau.ac.kr

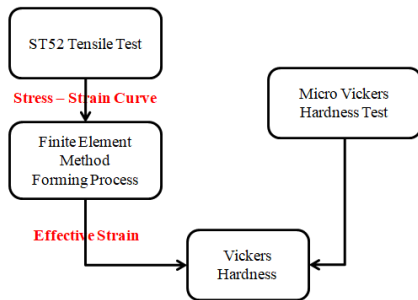


Fig.1 변형률과 경도의 관계분석 방법

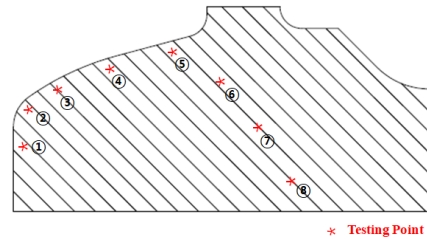


Fig.2 비커스 경도 측정 지점

3. 결과 및 고찰

원소재의 시편을 통한 비커스 경도와 FEM 해석을 통한 유효 변형률을 Fig.3에 나타내었다. Point 6에서 가장 높은 경도 값인 286HV, 유효 변형률은 0.92로 나타났다. 비커스 경도와 유효 변형률은 매우 유사한 경향성을 보였으며 이는 비커스 경도와 유효 변형률 사이의 관계를 통해 FEM 해석을 통한 비커스 경도 예측이 가능할 것으로 판단된다.

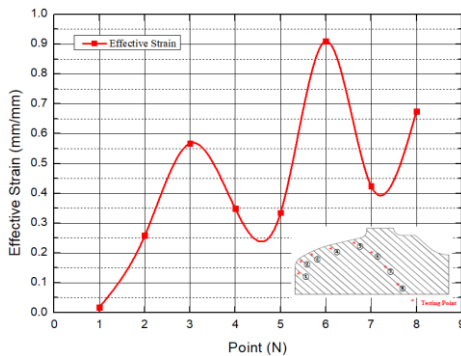


Fig.3 유효 변형률

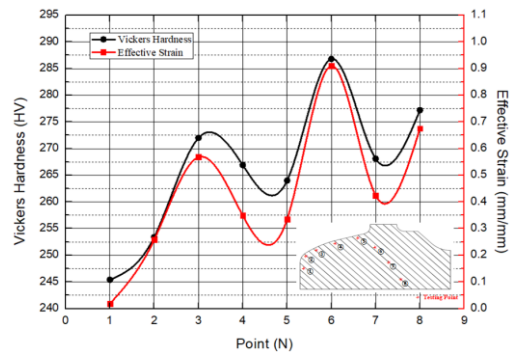


Fig.4 측정지점별 유효 변형률 비커스 경도 비교

4. 결론

시편제작을 통한 비커스경도 측정 Data와 FEM을 통한 유효 변형률을 구함으로써 경도와 유효 변형률 사이의 관계에 대해 유사한 경향성을 확인, 반복적인 시험진행 없이도 경도 값을 예측할 수 있으며, 추가적으로 정확한 경도값 도출을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학협력 기술개발 사업(No.S2517823)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] Fazil O. Sonmez 2007, "Analytical relations between hardness and strain for cold formed parts" Journal of Materials Processing Technology, Vol. 186, Issue 1-3, pp.163~173
- [2] Wei Liu. 2012, "Simulation on Pressure Control of Common Rail Line in High Pressure Fuel Injection System" IPCSIT, Vol 51, pp.508~514

핀치볼트요크 냉간단조 펀치의 수명 개선

송하늘^{1,2}, 황태민¹, 김광민¹, 이운학¹, 박휘동¹, 전만수^{2#}

Improvement in life span of cold forging of a pinch bolt yoke.

H. N. Song, T. M. Hang, K. M. Kim, U. H. Lee, H. D. Park, M. S. Joun

Abstract

In this paper, we propose an improvement model for the breakage of pinch bolt yoke, which was revealed in the previous research, pinch bolt yoke cold forging punch, and compared it with the existing punch using finite element method. The finite element analysis method is elasto - plastic finite element method and die structure finite element analysis.

Key Words: Cold forging(냉간단조), Die Fracture (금형 파손), Elastoplastic Finite Element Method (탄소성 유한요소법), Die structure finite element analysis(금형 구조 해석)

1. 서론

소성가공에서 금형의 파손은 생산성과 가격 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소이다. 최근 자동화 및 자동다단단조의 적용 확대와 함께 단조 시뮬레이션 기술의 발전으로 금형 수명의 과학적 예측과 적절한 관리가 산업 현장에서 핵심적 문제로 부각되어 왔다.

지난 연구에서 핀치볼트 요크 냉간단조 펀치에 발생한 파손 현상은 소재의 탄성복원 현상과 FRETING FATIGUE 현상으로 발생되었음을 확인하였다.

지난 연구인 핀치볼트 요크 냉간단조 펀치의 파손에 대한 원인분석[1]에서는 펀치의 파손부위에 지속적인 인장압축응력으로 인한 파괴가 발생함을 유한요소 해석을 통해 확인을 하였고, 이 논문에서는 핀치볼트 요크 펀치의 파손 개선 모델을 제안하고, 개선 모델을 금형 변형을 고려한 탄소성 유한요소법을 이용하여 확인하고, 기존 금형에서 파손된 부위의 응력 변화를 비교하여 응력의 변화를 확인 해본다.

2. 금형의 파괴에 원인 분석

2.1 공정 정보 및 실험적 정보

공정은 지난 연구와 같이 2단으로 구성되어 있으며, Fig. 1에 공정의 개념도를 나타내었다.

또한 Fig. 2는 제안 모델과 기존모델을 나타내었다.

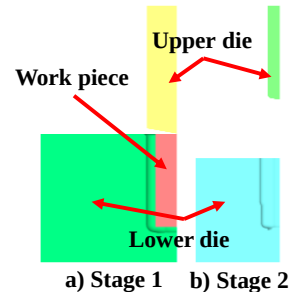


Fig. 1 Concept of process design

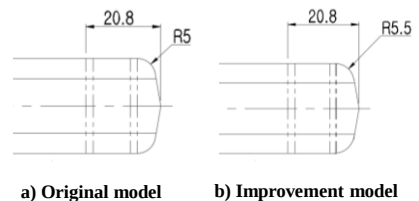


Fig. 2 Concept of original model, improvement model.

2.2 공정 해석 및 금형의 구조해석

냉간 단조이므로 온도의 영향을 무시하였으며, 재료의 속도 의존성도 무시하였다. 해석에 사용된 소재의 유동응력 식은 $\sigma = Y_0(1 + \frac{\epsilon}{a})^b$ 이며, 재료상수는 $Y_0 = 300 \text{ MPa}$, $a = 0.206$, $b = 0.012$ 이다. 따라서 해석에 사용된 펀치의 속력은 1.0으로 간주하였다. 윤활유 분위기에서 단조가 행해지고 윤활막이

1. (주) 성진포머
2. 경상대학교 기계항공공학부
교신저자: 경상대학교 기계항공공학부,
E-mail: msjoun@gnu.ac.kr

잘 입혀진 소재를 사용하므로 마찰계수를 0.025로 가정하였다. 소재 재료의 탄성계수와 포아송비는 각각 199.9GPa와 0.29이고, 상형과 하형의 탄성계수 및 포아송비는 각각 200GPa 및 0.3과 679.9GPa 및 0.25이다.

Fig. 3(a)는 펀치가 하강 운동을 종료하는 시점에서 작용하는 응력성분 σ_{yy} 를 나타내고 Fig. 3(b)는 펀치가 상승하기 시작하는 시점에서 발생하는 응력성분 σ_{yy} 의 분포를 나타내고 있다.

Fig. 4에서는 Fig. 3에서 표시된 점 A의 응력변화를 나타낸 그래프이다.

2.3 파단 개선 제안

Fig. 2에서 제안한 펀치에서 소재를 성형 중에는 기존과 동일하게 압축력이 작용하지만, 펀치가 상승을 시작할 무렵의 응력성분 σ_{yy} 는 기존에는 인장상태로 바뀌었으나, 제안된 모델에서는 기존과 다르게 압축상태를 유지하고 있다. 기존 모델과 제안된 모델의 각각의 응력의 값은 fig.5에서의 그래프와 같이 발생 하고, 파손부위의 응력은 일정하게 압축응력을 형성하지만 버와 탄성복원 현상예의해 점 B에서 응력이 급격하게 변하는 것을 fig.6을 통해 확인 된다, 이부분이 제안한 펀치의 파손에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 사료된다.

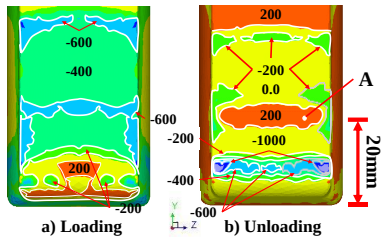


Fig.3 Stress distribution at σ_{yy} [MPa]

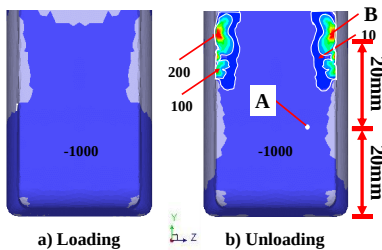


Fig.4 Stress distribution for improvement model at σ_{yy} [MPa]

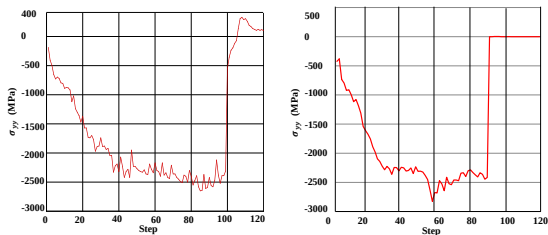


Fig.5 Stress variation of mark A

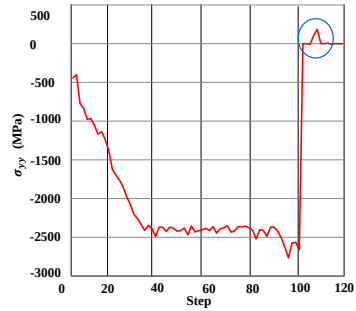


Fig.6 Stress variation of mark B

3. 결론

이 연구에서는 기존의 연구에서 밝힌 금형의 파손을 개선하기 위한 제안한 모델링을 사용하여 펀치볼트요크의 자동다단냉간단조에서 발생한 금형의 조기 파손 문제가 얼마나 개선 되었는지 금형의 탄성변형을 고려한 탄소성 유한요소법을 이용하여 규명하였다.

기존의 파단은 FRETTING FATIGUE 현상으로 밝혀졌고, 개선된 펀치는 기존의 파단 부위에 지속적인 압축응력으로 인해 파손되지 않았으나, B점에서 스프링 고현상에 의해 응력이 급격하게 변하는 것을 확인하였고, 압축응력과 인장응력의 반복적 작용으로 피로 파괴가 일어날 것으로 판단되었다.

이 문제의 해소를 위한 다양한 금형 형상에 관한 해석적 연구가 실시되고, 또한 실험을 통해 점 B에서 파괴가 일어나는지 확인을 해 볼 계획이다.

후기

본 연구는 중소벤처기업부 WC300(World Class 300 / 과제번호 : S2367820)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] M. C. Kim, M.S. Joun, 2013, AFDEX /MAT, an acquisition program of flow stress of material at room or elevated temperature, 2013 Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp.225-228
- [2] H. N. Song, T. M. Hang, K. M. Kim, U. H. Lee, J. B. Byun, M. S. Joun, 2018 Causes of premature punch fracture in automatic multi-stage cold forging of a pinch bolt yoke, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 29~30.
- [3] W. J. Chung, M. S. Joun, 2013, Elastoplastic module of AFDEX 2D, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 57~60.
- [4] H. T. Jin, M. C Kim, D. S. Min, T. M. Hwang, M. S. Joun, 2016, Precision analysis of a yoke forging process considering elastic deformation of dies, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf., pp. 147~148.

유한요소해석을 이용한 발전기용 코일 웨지의 인발 공정 재설계

배성준¹ · 김세종¹ · 정중은¹ · 남궁정² · 김성민³ · 김성인³ · 이광석^{1, #}

Redesign of Cold Drawing Process of Coil Wedge by Finite Element Method

S. J. Bae, S. J. Kim, J. E. Jung, J. NamKung, S. M. Kim, S. I. Kim, K. S. Lee

Abstract

다단 형상 성형 제품 개발을 위한 공정 설계는 최종 제품의 사양을 결정하는 주요한 역할을 하며, 원하는 품질의 최종제품을 성형하기 위해서는 적절한 공정 설계가 필요하다.

발전기용 코일 웨지의 경우 회전 운동 및 기자력등으로 인한 코일의 진동을 감쇄하기 위해 사용하는 코일 고정용 부품으로 비자성 특성과 낮은 잔류응력을 요구한다. 일반적으로 코일 웨지는 비자성체인 오스테나이트계 스테인리스 강으로 치수정확도가 높은 냉간 인발 공정을 이용하여 제조된다.

본 연구는 기존 냉간 인발 공정의 부품 치수 정밀도를 높이기 위해 다단 이형인발공정의 중간 패스 단면형상을 설계하였다. 유한요소해석을 통해 재설계 공정 인발품의 진직도, 치수정밀도, 잔류응력 특성을 예측하고 실험을 통해 재설계 공정을 검증하였다.

Key Words : Cold drawing process, Finite elements method, Coil wedge, Austenite stainless steel

1. 한국기계연구원 부설 재료연구소

2. 포항산업과학연구원

3. ㈜광진산업

Corresponding author : Korea Institute of Materials Science,

E-mail: ksl1784@kims.re.kr

Al 7055 합금의 최적 시효 조건 예측 모델

손영일¹, 이석재^{2,#}

Predictive Model for Optimal Aging Condition of Al 7055 Alloy

Y. I. Son, H. Maeng, S. J. Lee

Abstract

The effect of aging treatment on mechanical properties in Al 7055 was investigated in the present work. The two-stage aging treatment conditions were systematically varied. Room temperature tensile tests were carried out and hardness values were compared. The microstructural feature was observed by means of OM, FE-SEM, and TEM. The precipitate particles were experimentally analyzed through XRD, EDS, EBSD and were quantitatively evaluated by using the thermodynamic calculations. Three different models were proposed and the process map based on the proposed models was suggested to find the optimal aging condition to achieve the maximum properties.

Key Words : AA7055, Predictive Model, Aging Condition, Precipitation, Mechanical Properties

1. 서론

7XXX계 알루미늄 합금은 항공기 산업뿐만 아니라 자동차, 방산 분야에서도 필수적으로 요구되는 높은 강도와 낮은 밀도 즉, 고비강도의 장점을 가진다. 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, 최적의 기계적 성질을 얻기 위한 시효 조건을 도출할 수 있는 모델에 관해 연구하였다.

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.

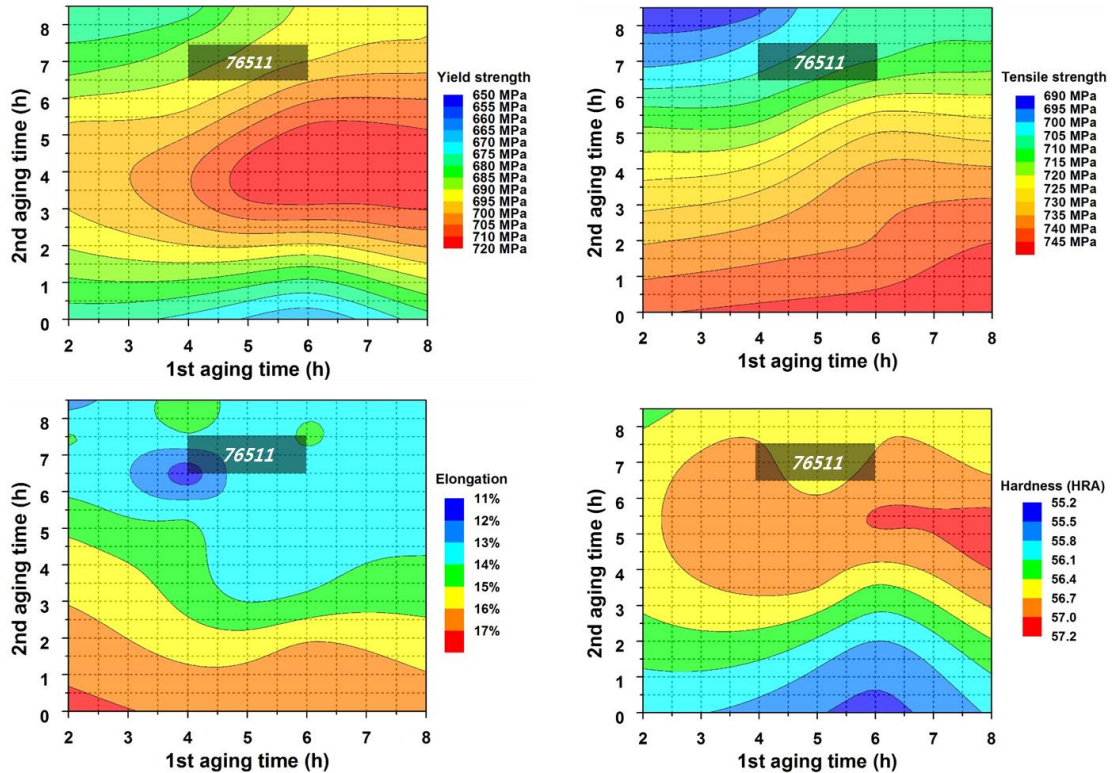
1. 국방과학연구소

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 μ m로 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 MgZn₂로 기존 문헌과 잘 일치했다.



4. 결론

본 연구에서는 Al 7055 합금의 AMS 규격 T77511에 해당하는 기계적 성질을 얻기 위한 시효 열처리 조건을 실험과 모델링 해석을 통해 밝히고자 하였다. 실험 분석 결과 1차 시효시간이 증가할수록 항복강도가 증가하였고, 2차 시효시간이 증가할수록 항복강도가 감소였다. 열역학 계산에 기반한 직간접 방법의 항복 강도 예측 모델과 실험 데이터를 바탕으로 항복 강도 예측 모델을 제시하고, Voce 수식을 기초로 한 소성 거동 예측 모델을 제시하였다.

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.

자동차 캘리퍼 경량화를 위한 엔지니어링 플라스틱 사출성형기술 개발

차경제^{1, #}, 이성민², 이종현¹, 한지수¹

Development of Injection Molding Technology with Super Engineering Plastic for Lightweight of Caliper in Automobile

K. J. Cha, S. M. Lee, H. H. Lee, J. S. Han

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 (Super) engineering plastic. 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, we tried to develop the parts of the caliper manufactured by the casting process as the PEEK which is one kind of super engineering plastic.

Key Words : Super engineering plastic, Injection molding, Caliper, Lightweight

1. 서론

최근 자동차 경량화 추세에 따라 자동차 내 플라스틱 사용 비중이 증가하고 있다. 특히, (슈퍼)엔지니어링 플라스틱은 금속 부품을 대체할 수 있는 소재로 각광 받고 있다. 하지만 성형 가공의 어려움과 고가의 소재비용으로 인해 이를 활용한 부품개발에 있어서는 어려움이 있다. 본 연구에서는 주물공정으로 제작되고 있는 캘리퍼 부품을 슈퍼 엔지니어링 플라스틱의 한 종류인 PEEK 소재로 개발하고자 하는 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 기아자동차 소렌토 차종에 적용이 되고 있는 디스크브레이크 시스템의 캘리퍼를 선정하여 이를 PEEK 소재를 이용한 사출성형공정을 통해 경량화하고자 하였다. 캘리퍼는 브레이크 부품들을 지지해주는 역할을 하며, 특히 브레이크 허브와 패드 사이에 발생하는 고온의 환경에 견뎌야 하는 부품이다. 이에 내열성이 강한 슈퍼 엔지니어링 플라스틱 중에 하나인 PEEK 소재를 선택하였으며 강도를 향상시키기 위해 카본 화이버가 함유된 Solvay社의 KetaSpire KT-880 CF30 grade를 최종 선정하였다. 실제 캘리퍼 부품을 역설계하고 사출성형해석을 통한 사출금형 제작 및 시사출을 통해 슈퍼 엔지니어링 플라스틱을 활용한 캘리퍼 부품의 경량화 가능성을 확인하고자 하였다.

1. 한국생산기술연구원 극한가공기술그룹

2. 경창산업(주), 중앙연구소

교신저자 E-mail: kjcha@kitech.re.kr

3. 결과 및 고찰

그림 1과 같이 디스크 브레이크를 구성하는 캘리퍼 어셈블리 부품들 중 캘리퍼 부분을 분리하여 3D 스캐너를 통해 3D CAD 정보를 얻은 후 사출금형에 적용하기 힘든 언더컷 부분이나 불필요한 기계가공부위는 삭제하여 캘리퍼 모델을 수정하였다.

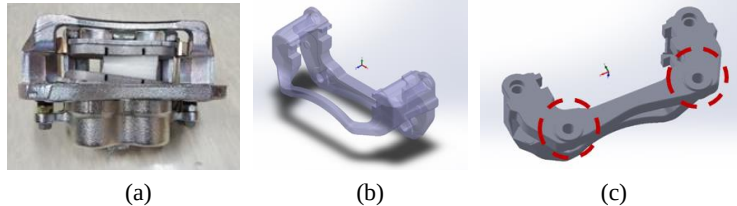


Figure 1. (a) Caliper, (b) scanned 3D CAD data of caliper, and (c) modifying 3D CAD data for mold design

그림 2와 같이 수정된 캘리퍼 3D CAD 정보와 사출성형해석을 바탕으로 사출금형 설계 및 힘 최소화를 위한 최적 성형조건을 도출하였다. 수지의 유동을 예측하여 사출금형의 게이트 위치 및 사출에 필요한 형체력, 보압 등에 대해 분석하였으며, 실험계획법을 적용하여 사출 후 힘을 최소화 할 수 있는 금형온도, 수지온도, 보압시간, 보압에 대한 조건을 최적화 하였다.

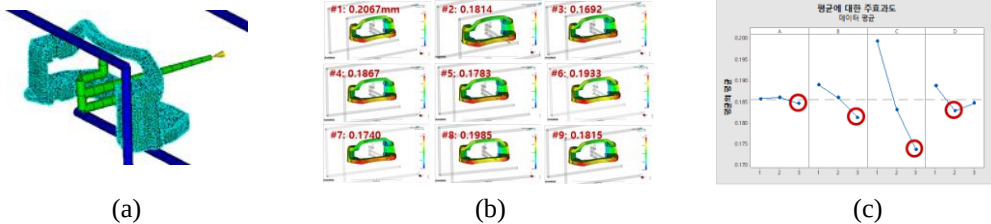


Figure 2. (a) Finite elements of the caliper, (b) result of deflection by experiment design, and (c) significant parameter about deflection and optimized condition

그림 3은 성형해석 결과를 바탕으로 설계 및 제작된 사출금형과 힘을 최소화하는 성형조건에서 사출한 캘리퍼 사진이다. 주물로된 캘리퍼의 대비 무게를 약 60% 이상 경량화하였으며, 추후 고온 온도환경에서의 성능을 평가하여 PEEK 소재 캘리퍼의 가능성을 확인할 계획이다.

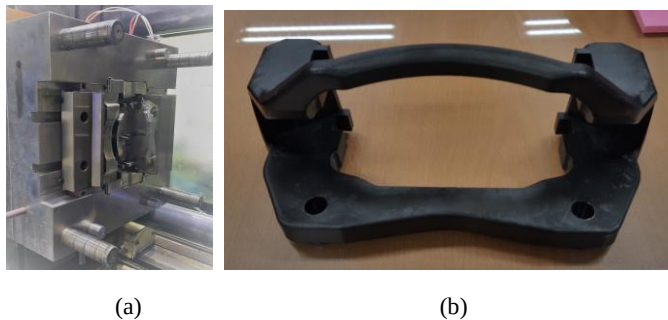


Figure 3. (a) Injection mold for caliper and (b) injection molded caliper with PEEK

4. 결론

본 연구에서는 슈퍼엔지니어링 플라스틱을 활용한 경량화된 캘리퍼 개발을 위해 기존의 캘리퍼를 역설계하고 사출성형해석 연구를 통해 사출금형 설계 및 힘 최소화를 위한 성형조건 최적화 연구를 수행하였다. 이를 바탕으로 최종 금형을 제작하고 사출성형해석 연구를 수행하였다. 성형해석을 통해 유동과 냉각 등을 확인하여 설계된 금형에 대한 검증을 할 수 있었다.

슬라이드 모션제어에 의한 초고강도강판의 드로잉 성형성 평가

송재선^{1#} · 윤국태¹ · 허재영¹ · 윤일채¹ · 박춘달¹ · 김용환²

Evaluation of Drawability of Ultra High Strength Steel by Slide Motion Control

J. S. Song, K. T. Youn, J. Y. Heo, I. C. Yoon, C. D. Park, Y. H. Kim

Abstract

최근 자동차 산업은 높은 연비효율과 높은 안전성을 요구하고 있어 경량화와 고강도화의 상반되는 성능을 요구하고 있다. 하지만 경량화와 충돌 안전성 확보를 위한 고강도강판, 알루미늄합금, 마그네슘합금 등과 같은 경량/고강도의 난성형 소재 적용 증가에 따라 다양한 문제들이 발생하였으며, 일반적인 금형을 이용한 프레스 성형의 한계로 새로운 성형공법에 대한 수요가 산업계 전반에서 증가하고 있다. 자동차 전체 무게의 30% 이상을 차지하고 있는 차체(body)의 경량화와 충돌 안전성 확보를 위해서 고강도강판의 적용이 증가하고 있으나, 고강도강판은 강도가 높아질수록 연신율이 작아지기 때문에 성형성은 낮아지고 스프링백은 증가하는 등 성형이 어렵고, 높은 성형하중으로 인해 금형의 수명 또한 저하된다. 서보프레스는 이러한 난성형 소재의 성형에 대응 및 가공정도 향상, 금형의 수명 향상, 소음과 진동의 저감 효과 향상 등을 위해 도입되었으며, 자동차 차체부품의 드로잉 가공에서 서보프레스의 슬라이드 모션 설정에 의한 성형성 향상은 실용적으로 가치가 높고, 더불어 공정 수의 삭감으로 금형비를 절감할 수 있기 때문에 실용화 가능성이 높다. 그럼에도 불구하고 최적 조건 설정 검토에 많은 시간을 필요로 하고 있어 현재까지는 적용성이 높지 않은 실정이다.

본 연구에서는 인장강도 1.0GP 급 이상의 초고강도강판에 서보프레스의 슬라이드 모션을 제어하여 드로잉(drawing) 성형시험을 진행하였다. 슬라이드 모션 적용으로 드로잉성을 향상시키기 위하여 일반적인 기계/유압식 프레스와 동일한 크랭크모션으로부터 과단 없이 성형 가능한 성형한계깊이를 선정하고, 초기 시험편의 형상 및 크기로 성형이 가능한 최대 성형 깊이까지의 성형을 위하여 성형 중 슬라이드의 위치를 제어하여 여러 단계를 거쳐 하사점까지 하강하는 멀티스텝의 모션을 적용하였으며, 슬라이드모션 제어시 적용되는 각각의 공정변수가 드로잉성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 드로잉 성형시험에 적용된 슬라이드 모션과 동일한 인출거리 및 동일한 속도에서의 마찰시험을 수행하여 슬라이드 모션의 특성을 마찰의 관점에서 분석하였으며, 서보프레스의 슬라이드 모션제어에 의한 성형시 금형과 소재 간 마찰특성의 개선으로 성형성이 향상됨을 확인하였다.

Key Words : Servo Press, Slide Motion Control, Ultra High Strength Steel, Drawability, High Speed Friction Test

1. (재)대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부

2. 충남대학교 기계공학부

교신저자: (재)대구기계부품연구원 뿌리산업혁신본부,

E-mail: jssong@dmr.re.kr

탄뎀용접공정에 따른 T-bar 형강류 용접부 형상 및 열변형 예측

원찬희¹, 김형규¹, 김광윤¹, 최승호¹, 이상익², 공경열², 윤종현[#]

Prediction of thermal deformation and weldment shape of T-bar in tandem welding process

C. H. Won¹, H. G. Kim¹, K. Y. Kim¹, S. H. Choi¹, S. I. Lee², K. L. Kong², J. H. Yoon[#]

Abstract

두 개의 후판을 double-fillet 방식으로 용접하여 제작하는 T-bar 형강류는 조선해양플랜트 산업에서 선박 건조용 구조체로 널리 사용되고 있다. 하지만 용접을 이용한 T-bar 생산 공정은 용접 공정 중 발생하는 용접열로 인한 열변형으로 정밀한 치수 정밀도를 확보하는데 어려움이 있다. 또한 T-bar 용접부의 건전성 확보를 위해선 용접 공정 중 충분한 입열량을 확보해야 하기 때문에 용접속도에 한계가 있으며 이에 따라 생산성 향상에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하나의 용접 경로에 선행과 후행 두개의 토치를 사용하여 입열량을 증가시켜 용접속도를 향상시킬 수 있는 탄뎀용접 방식을 비선형전산해석으로 구현하여 선·후행 토치의 전류와 전압, 토치 간 이격거리, 용접속도 등의 공정변수 조합에 따른 T-bar의 열변형 및 용접부 형상의 예측 및 평가에 대한 연구를 수행하였다.

Key Words : T-bar, Offshore plants, Welding analysis, Tandem welding process, Thermal deformation

후기: 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업(사업과제명: 조선해양플랜트용 T-bar 및 Angle과 같은 형강류 제조를 위한 융복합형(IT+소성가공+자동화)핵심기술 개발, 과제번호 R0004926)으로 수행된 연구결과입니다.

1. 한양대학교 일반대학원 기계설계공학과

2. ㈜기득산업

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

인덕션 열처리에 의한 국부경화에 관한 연구

최병현¹ · 김양수¹ · 노재동¹ · 김영석[#]

A Study On Partial Hardening by Induction Heat Treatment

B. H. Choi¹, Y. S. Kim¹, J. D. Rho¹, Y. S. Kim[#]

Abstract

최근 자동차 연비 향상과 배출가스 저감 규제, 운전자의 안전이 강화되면서 자동차부품 경량화 및 안전 강화 방안으로 초고강도강의 적용이 필수사항이 되었다. 제품의 초고강도화는 금형 손상을 초래하고, 높은 성능이 요구되지 않는 부분에 높은 강도를 가지게 되며, 낮은 연신율로 인해 불리한 성형성 및 설계자유도 제약 등 많은 문제를 발생시킨다.

본 연구에서는 상기 문제를 해결하기 위한 방안으로 고주파 유도가열 기술에 대한 시편단위의 기초연구를 진행하였다. 60K급 고강도강 제품에 유도가열을 통한 국부적인 열처리로 100K급 이상의 성능을 낼 수 있는 가능성을 보기 위해 "ㄷ자 형상"의 시편에 고주파 유도가열 열처리 실험 및 해석을 진행하였으며, 경화부분의 경도, 온도분포 등의 분석을 통하여 고주파 유도가열에 대한 기초해석 기법을 확보하였다.

Key Words : High Strength Steel, Partial Hardening, Induction Heat Treatment

1. ㈜화신 기술연구소

#. 교신저자 : 경북대학교, caekim@knu.ac.kr

좌굴 성능 향상을 위한 국부경화 전륜 로어암 개발

김양수¹ · 최병현¹ · 노재동¹ · 김영석[#]

Development of Partial Hardening Front Lower Arm for Improving Buckling Performance

Y. S. Kim¹, B. H. Choi¹, J. D. Rho¹, Y. S. Kim[#]

Abstract

최근 자동차 산업은 지구 온난화 및 환경문제의 적극적 개선을 위하여 자동차의 연비 향상과 배출가스 저감 등에 많은 노력을 기울이고 있다. 이의 효과적인 방법으로 초고강도강의 적용이 확대되고 있으며, 초고강도강은 고강도강을 적용한 동일 모델에서 보다 얇은 두께로 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있어 경량화 방안으로 널리 활용되고 있다. 그러나 초고강도강은 낮은 연신율로 인해 성형이 어려우며, 금형 손상 및 내구수명 저하를 야기시킨다. 본 연구에서는 상대적으로 높은 연신율을 가지는 60K급 고강도강 판을 상온에서 성형 후, 인덕션 하드닝 공업의 국부 열처리를 통해 초고강도강의 성능을 얻을 수 있도록 하였다.

본 연구의 대상 제품은 전륜 로어암으로 위시본형 서스펜션의 하단에 장착되는 암으로써, 주행 시 노면 충격과 조향 기구 작용에 따른 높낮이와 각도 변화 그리고 진동을 흡수하여 승차감을 좋게 하는 역할을 한다. 현재 80K급 초고강도강을 적용한 로어암이 생산되고 있으나 설계 자유도가 낮으며, 성형에 많은 애로사항이 있다. 따라서 본 연구에서는 상온에서 성형된 60K급의 전륜 로어암에 국부 열처리하여 기존 제품과 동등 수준 이상의 좌굴 성능을 가지면서 보다 경량화할 수 있도록 하였으며, 해석과 시험을 통해 제안된 공법에 대한 유효성을 검증하였다.

Key Words : Front Lower Arm, High Strength Steel, Partial Hardening, Buckling

1. ㈜화신 기술연구소

#. 교신저자 : 경북대학교, caekim@knu.ac.kr

발전용 고효율 로터용 초합금재 선정을 위한 단조특성 및 평가 연구

김영득[#], 배현나¹, 김정욱¹

A Study of Hot-Forging Properties and Evaluation to Superalloy Material Selection for Power Plant High Efficiency Rotor

Y. D. Kim[#], H. N. Bae, J. W. Kim¹

Abstract

발전효율 증가를 위한 기본요건은 터빈의 증기온도 증가가 이루어져야 한다. 그러나, 높은 증기온도에 따른 관련소재는 고온에 견딜 수 있어야 하며, 이러한 가동조건에 적합한 최적의 소재선정이 필요하다. 세계적으로 발전증기 온도는 현재 600°C급의 USC Rotor가 최고 사양이며 더 높은 효율증대를 위하여 증기온도 700°C이상을 추진 중이다. 본 연구에서는 초고온 조건하에서 사용 가능성 있는 4종의 Ni-기 초합금 후보재를 선정하고, VIM+ESR 특수용해 공정을 통해 Lab.급, Prototype 및 Mockup 강괴를 제작하였다. Mockup을 제외한 강괴는 열간단조, 및 열처리공정을 통해 단조성형 특성과 물성특성을 종합평가 하여 가장 적합한 1종을 제안하였다.

Key Words : HSC Rotor, Ni-base superalloy, VIM, ESR, Inconel 263, 282, 740H, 617, Forging ability

1. 서론

전 세계 발전시장에서 개발되어 사용하는 터빈증기 온도는 최대 600°C급의 USC Rotor로서 사용소재는 고크롬강 소재이다. 그러나, 선진사에서는 700~750°C급을 목표로 HSC(High Super Critical) or AUSC Rotor 개발을 추진 중이며 이미 Demo운전을 하였고 650°C급은 상용화 직전이다. 한국은 '15년부터 로터 및 케이싱에 개발을 시작하여 개발 중이다[1]. 본 연구에서는 4종의 로터 후보소재를 선정하고 VIM+ESR 특수용해공정을 통해 Lab.급(0.12톤), Prototype(1톤급) 및 Mockup(4톤, 7톤급) 강괴를 제작하였다. 이어서 0.12톤짜리 4종에 대해 단조, 열처리 평가를 통해 2종으로 압축하였고, 1톤급 2종에 대해서도 단조, 열처리 공정개발 및 특성평가를 통해 1종으로 압축하여 최종 후보소재를 제안하였으며, 최종 선정된 초합금재에 대해서는 Mockup으로 4톤 및 7톤급 강괴를 제작하여 평가할 예정이다.

2. Ni기 초합금 강괴 제작

후보소재에 대한 성분함량에 준하여 용해 및 재용해 작업을 수행하였다. ESR 공정은 주요 합금원소들의 상평형과 최저용점 등을 고려하여 조성비 및 Slag량에 대한 조업조건을 설정하여 제작하였다. Lab.급의 4개강종은 $\phi 250 \times L290\text{mm}/0.12\text{톤}$, Prototype은 2개강종 $\phi 380 \times L1020\text{mm}/0.98\text{톤}$ 이고 Mockup은 $\phi 550 \times L180\text{mm}/3.6\text{톤}$ 과 $\phi 800 \times L1800\text{mm}/7.6\text{톤}$ 으로 제작하였다. 제작된 강괴는 그림1에서 보여주고 있다. 각 사이즈 별 강괴에 대해서는 비 건전부 절단과 성분검사를 실시하였으며 최종 선정한 소재의 성분함량은 표1과 같다.

[#]: 교신저자: 두산중공업 기술연구원 소재기술개발팀, 책임

E-mail: youngdeak.kim@doosan.com

¹: 두산중공업 기술연구원 소재기술개발팀, 선임



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

그림 1은 재용해 후 균질화 열처리를 수행한 강괴 상태로서 양호한 표면상태의 강괴를 확보하였다.

Table 1 Chemical composition of manufactured superalloy ingot

Item	Composition(wt.%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe	Al	Ti	Co
Inconel 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

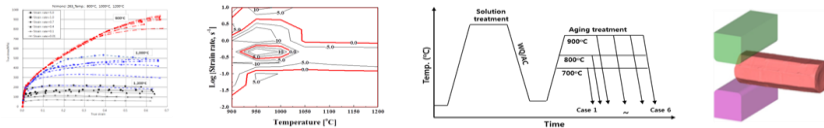


Fig. 2 Set-up of forging and heat treatment process factors for superalloy manufacturing

그림 2는 고온유동응력시험 데이터, DMM 이론[2]에 의한 단조온도구간 및 열처리변수 시험 및 단조공정 해석을 통해 최적 공정조건들을 설정하였다.

4. 초합금 단조 및 특성검토

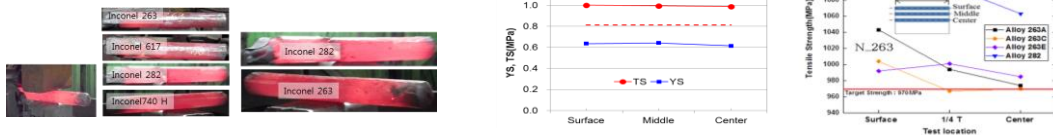


Fig. 3 Actual forging product and property test results for HSC rotor superalloy

그림 3은 공정개발 인자에 기준하여 단조비 약3.5S의 단조품과 그에 대한 물성결과이다. 단조크랙, 온도범위, 가열차수 및 요구물성(TS≥980MPa) 등을 종합적으로 고려할때 가장 양호한 소재는 Inconel 282가 가장 유리한 것으로 분석된다.

5. 결론

HSC 로터용 Ni기 초합금 후보재 4종에 대한 크기 및 중량증가를 통한 순차별 공정연구를 통해 얻어진 결론은, 단조성형 측면, 물성 및 경제성 측면 등을 종합 고려할 때 가장 유리한 최종 후보소재로 Inconel 282를 선정하였다.

후기

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

참고문헌

- [1] Y. D. Kim, J. W. Kim, S. T. Kang, 2017, A Study of Hot-Forging Properties on the 1-ton class Ni-base Superalloy for 700°C HSC Rotor Material Selection, KSTP, pp.79~80
- [2] Y.V.R.K. Prasad, Metall. Mater. Trans. 27A (1996) 235~236

나노압입시험을 활용한 고망간강의 입계 강화 특성 평가

정병석¹, 조우진¹, 이재은¹, 김황선¹, 조원태², 한홍남^{1#}

Evaluation on Grain Boundary Strengthening of High Mn TWIP Steel by Nano-indentation Tests

B. S. Jeong¹, W. J. Cho¹, J. E. Lee¹, H. S. Kim¹, W. T. Cho², H. N. Han^{1#}

Abstract

As regulations for environmental protection have been strengthened around the world, there is a growing demand for high strength and lightweight steel used as automobile parts. In accordance with this demand, a high Mn TWIP steel is promising material for vehicle because of its high strength and elongation ratio attributed to mechanical twinning formed during deformation. However, high Mn TWIP steel has not sufficiently high yield strength to be used as an automotive body material. In order to overcome this problem, lots of researches have been actively carried out to increase the yield strength using grain refinement and precipitation hardening. In this study, to confirm the effect of increasing the yield strength by grain refinement, the Hall-Petch coefficient of high Mn TWIP steel with no precipitates was evaluated using pop-in phenomenon (elasto-plastic transition) observed by nano-indentation tests. And the Hall-Petch coefficient obtained from nano-indentation tests was compared with that from the uniaxial tensile tests and we confirmed that the values of two coefficients are similar each other. Next, the nano-indentation tests on grain boundaries were performed on the high Mn TWIP steel containing 0.3 wt% Vanadium. The result showed that larger pop-in stress was required for dislocation nucleation in grain boundaries with precipitates comparing to no precipitates. Based on these results, the Hall-Petch coefficient of high Mn TWIP steel containing 0.3 wt% Vanadium was evaluated using the maximum shear stress value obtained by nano-indentation tests. It was confirmed that Hall-Petch coefficient increases when precipitates exist at grain boundaries.

Key words : High Mn TWIP steel; Hall-Petch relationship, Nano-indentation test

1. 서울대학교, 연구원

2. POSCO, 연구원

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

고주파 유도 가열 프레스 기법을 이용한 마그네슘 AZ31 합금 엔진 커버 성형 시스템에 관한 연구

허광호¹ · 김진봉² · 이재열[#] · 이승명[#]

A Study on Magnesium Alloy Engine Cover Molding System using High-frequency Induction Heating Press Technology

K. H. Hur, J. B. Kim, J. Y. Lee, S. M. Lee

Abstract

Magnesium provides more advantages compared to aluminum, as it is more lightweight and boasts higher stiffness. For this reason, it has traditionally been used in cylinder head covers, transmission cases and oil pans for automobiles, and its application range has been continually expanded for the purpose of reducing the weight of vehicles to enhance fuel efficiency and minimizing noise and vibration. Magnesium alloy material has poor productivity due to long molding cycle time. To improve this, a system is developed to produce engine room cover by applying 100~150℃ of medium-low temperature mold after heating material using high frequency heating system. Basic configuration of high frequency induction molding system can be divided into 4 main parts - uncoiler and leveler feeder that are peripheral devices of press, high frequency induction heating system, mold, and press device. Also, temperature analysis & measurement module is added to measure heating temperature distribution of magnesium plate

Key Words : Magnesium engine cover; Induction heating device; Warm Molding Mold; PEO surface treatment; Lightweight material

1. 서론

마그네슘 판재의 프레스 성형이 실제 대량 생산에 적용될 수 있도록 판재의 성형 성을 개선할 필요가 있다. 시편을 준비하여 실온 및 고온에서 성형 시험을 실시하여 마그네슘 엔진 커버의 기계적 성질을 분석한다. 마그네슘 합금 소재는 성형 사이클 시간이 길기 때문에 생산성이 떨어진다. 이를 개선하기 위해 고주파 가열 시스템을 이용하여 가열 재료를 투입한 후 100 ~ 150℃의 중저온 금형을 적용하여 엔진룸 커버를 제작하는 시스템을 개발하였다.

2. 실험방법

고주파 유도 성형 시스템의 기본 구성은 프레스의 주변 장치인 언코일러 및 레벨 피더, 고주파 유도 가열 시스템, 금형 및 프레스 장치의 4가지 주요 부분으로 나눌 수 있다. 또한 마그네슘 판의 가열 온도 분포를 측정하기 위해 온도 분석 모듈이 추가되었다. 고주파 유도 가열은 전자기 현상을 이용하여 코일 내에 위치한 마그네슘 판재의 표면에 저항 손실을 발생시켜 가열하는 기술이다. 표면만 가열이 가능하며 발열체의 온도 제어를 전력제어로만 가능하므로 온도의 원격제어 및 감시가 가능하다

1. (재)경북하이브리드부품연구원, 선임연구원, E-mail:hor0514@ghi.re.kr

2. (재)경북하이브리드부품연구원, 연구원, E-mail:kkk00704@ghi.re.kr

교신저자: ㈜화진, 수석연구원, E-mail:dsweh5@hwajin-corp.com

교신저자: ㈜세창, 선임연구원, padres@naver.com

Blanking	Piercing 1차	Forming 1차	Forming 2차	Piercing 2차
				

구 분	프레스사양(ton)	프레스속도(spm)	소재가열온도(℃)	생산수량(ea/min)
Blank	300	40	20	40
Piercing-1	300	40	20	40
Forming-1	300	20	130	20
Forming-2	300	40	130	20
Piercing-2	300	40	20	40

3. 결과 및 고찰

마그네슘 엔진 커버 시제품 금형은 5 가지의 프레스 공법을 적용한 Tandem 방식의 금형의 제작 되어지고 제조 공정은 블랭크-피어싱 1 차-포밍 1 차-포밍 2 차-피어싱 2 차 순으로 구성되며 각각의 금형 사진과 공정 판넬은 포밍 1,2 차 공정의 경우 금형 온도를 130℃까지의 금형 가열을 위하여 금형 상하형의 펀치와 다이에 금형 크기와 승온 속도를 고려하여 5kW 사양의 Ø28 의 Heater 를 3EA 씩 설치하여 성형하였다.

공정명	Blanking	Piercing- 1차	Forming-1차	Forming-2차	Piercing- 2차
금형 사진					
공정 판넬					

4. 결론

마그네슘 엔진커버 성형 결과 상온 성형시 크랙이 발생하였으며, 고주파 유도가열 장치 사용시 프레스 사양 300ton, 속도 40spm, 소재가열온도 130℃에서 성형이 원활히 이루어졌다.

후기

이 연구는 경제협력권산업육성사업(비즈니스협력형 R&D) 한국 산업 기술 진흥원 (KIAT)이 경제 협력 지역 산업 장려 프로그램을 통해 지원했다. (No. R0004924)

참고문헌

B.L Mordike, T. Ebert, 2001, “Magnesium properties- application-potenti al Materials Science & Engineering

비전을 이용한 선체 외판 곡가공 자동화에 관한 연구

이상익^{1#} · 박성진¹ · 공형열¹ · 공경열¹

A study on Ship Hull Plate Forming Automation using Vision

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

Abstract

선체는 다양한 곡면으로 이루어져 있어 곡판을 제작하기 위해 프레스 성형과 작업자의 수작업 가스열원 가열로 3차원 곡면형상으로 성형하고 있다. 이러한 곡가공은 수작업 가스열원을 이용하여 최종 제품으로 성형하기 위해 많은 시간이 소요되고 있다. 수작업 가공효율을 향상시키기 위해 많은 연구가 이루어 지고 있다. 본 연구는 비전기술을 이용하여 대면적 후판을 인식하여 선체 외판 곡가공 자동화 연구를 수행하였다. 곡가공을 위한 작업자가 마킹라인을 비전기술을 활용하여 대상표면을 인식하여 2D 에서 3D 형상화를 통해 산업용 로봇이 자동 가열을 수행하게 된다. 산업용 로봇 구동은 기존에는 티칭펜턴트 기반에서 유연하게 대응할 수 있도록 비전기술을 활용하여 작업자의 가열선을 시작화 하는 디스플레이상에 작업자가 포인트를 지정하여 원하는 위치로 이동하며 가열작업하게 된다. 따라서 작업자의 가열선 마킹을 이미지화 할 수 있는 대면적인식이 가능한 비전기술을 적용하여 곡가공 자동화가 가능함에 따라 공정을 개선함으로써 작업자의 편의성을 제공하고 작업환경을 개선할 수 있었다.

Key words : Ship Hull Plate(선체 외판), Vision(비전), Plate forming(곡가공), Automation(자동화).

후 기

본 논문은 중소기업기술정보진흥원의 “중소기업기술혁신사업”의 지원으로 이루어 졌으며, 이에 감사드립니다.

1. 기독산업㈜

1# 교신저자: 기독산업㈜, E-mail: dltkdr1star@gmail.com

다단패스 연속성형 프로파일 링밀 시스템 개발

신준호¹· 성낙문²· 박창규²· 강성욱¹· 이찬주[#](돌움 10pt)

Development of multi-pass profile ring mill system

J. H. Shin, N. M. Sung, C. K. Park, S. W. Kang, C. J. Lee

Abstract

The purpose of this study is to develop a new type ring mill system, as called "Multi-pass profile ring mill system". In this ring mill system, profile rings are continuously formed by the multi-pass ring rolling process. This system can improve productivity because it reduces time loss caused by tool changes. Also, production cost can be reduced because the process is carried out without reheating. A new ring mill system consists of a transport table and a ring mill system without axial rolls. The transport table has been developed to enable horizontal feed for material transfer during ring roll and vertical feed to be moved to the next phase of the profile ring rolling process. In ring mill system, the axial rolls, which interferes with the vertical feed of the transport table, was removed, and instead the guide roll was used to control the vertical flow during ring roll. The two-pass profile ring rolling experiment for bearing outer shape was carried out to verify the effectiveness of multi-pass profile ring mill system.

Key Words : Multi-pass profile ring rolling, Ring mill system, Continuous profile ring rolling, Profile ring, Bearing outer

1. 서론

복잡한 단면을 가진 형상링은 다단패스 프로파일 링 롤링 공정을 통해 생산된다^(1~3). 기존 다단패스 프로파일 링 롤링은 각 패스간 재가열 및 금형교체 등에 의한 시간소요로 생산성이 저하되며, 재가열에 의한 생산단가가 상승하는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 다단패스 프로파일 링 롤링 공정의 문제점을 해결하기 위해 연속성형이 가능한 새로운 타입의 프로파일 링 밀 시스템을 개발하였다. 개발된 링 밀 시스템은 패스간 이송을 위한 이송테이블과 수직롤이 없는 링 밀 시스템으로 구성된다. Fig. 1에 나타난 것과 같이 이송테이블은 링 롤링시 소재이송을 위한 수평방향 움직임과 패스간 이송을 위한 수직방향 움직임이 가능하도록 설계하였다. 기존 링 밀 시스템에서 이송테이블의 수직방향 움직임을 방해하는 수직롤을 제거하고, 대신에 가이드롤을 이용하여 링 롤링시 수직방향 소재 유동을 제어하도록 설계하였다.

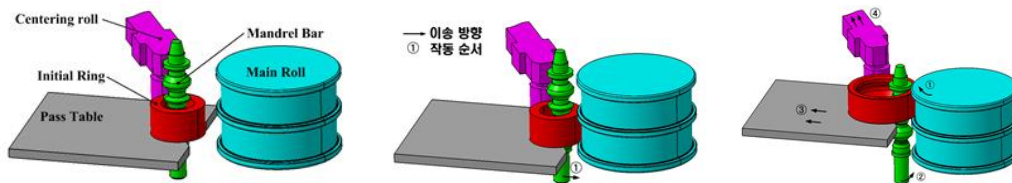


Fig. 1 다단패스 연속성형 프로파일 링밀 시스템의 개요

1. 한국생산기술연구원, 전주뿌리기술지원센터

2. 칼텍(주)

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

2. 실험방법

개발된 다단패스 연속성형 프로파일 링 밀 시스템의 유효성을 검증하기 위해 Fig. 2에 나타난 베어링 아웃터 형상에 대한 성형실험을 실시하였다. 2패스 프로파일 링 롤링공정으로 설계하였으며, 1패스에서는 링 외경을 확장하고, 2패스에서는 베어링 홈을 성형한다.

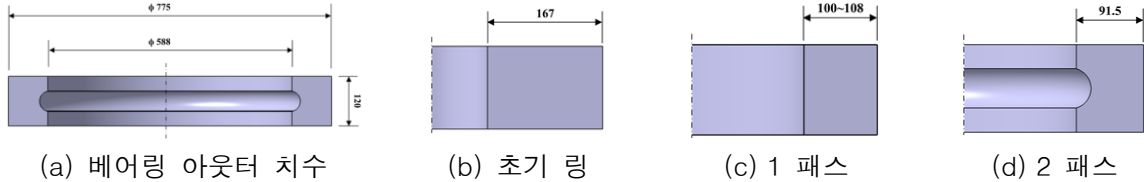


Fig. 2 베어링 아웃터 공정별 소재 치수

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 성형실험결과를 나타낸 것이다. 성형실험을 통해 베어링 아웃터에 대한 2패스 프로파일 링 롤링이 연속적으로 성형 가능함을 확인하였다. 또한 성형품에 대한 단면치수를 측정하여 5mm 이내 치수편차를 만족하는 치수정밀도를 확인하였다.



Fig. 3 베어링 아웃터 다단패스 연속성형 프로파일 링 롤링 성형실험결과

4. 결론

본 연구에서는 다단패스 연속성형이 가능한 프로파일 링밀 시스템을 개발하고, 이를 베어링 아웃터 프로파일 링 롤링공정에 적용하여 개발된 링밀 시스템의 유효성을 검증하였다. 그 결과를 통해 다단패스 연속성형이 가능함을 확인하였다. 기존 링밀 시스템과 비교하여 재가열 및 금형교체가 없이 연속성형함으로써 생산성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 성형 중 소재냉각에 대한 문제는 성형시간과 압하속도 관계를 이용하여 적절히 조절할 필요가 있다. 또한 수직방향 유동이 많을 경우, 가이드롤에 대한 설계가 중요하다.

참고문헌

- 성낙문, 천세환, "유한요소해석을 활용하여 굴삭기 아이들러 림의 프로파일링 롤링 공정 및 금형 설계," 한국소성가공학회 학술대회 논문집, 2016.10, 110-110.
- 문호근, 이민철, 엄재근, 전만수, "최적 사면체요소망을 이용한 링롤링 공정의 유한요소해석," 한국소성가공학회 학술대회 논문집, 2017.5, 92-93.
- 진호태, 김경률, 김응주, 최무호, 전만수, "가이드 롤의 모델링 및 이를 이용한 링롤링 공정의 해석," 한국소성가공학회 학술대회 논문집, 2015.5, 94-97.

스탬핑공정에서의 드로비드 영향에 관한 연구

김승현¹ · 정지훈¹ · 권순덕[#]

A Study on the Influence of DrawBead in Stamping Process

S. H. Kim, J. H. Jung, S. D. Kwon

Abstract

As the shape of stamped part is complicated and as the trend toward light eight continues, the higher level of difficulty is required in making stamping die because of inevitably poor formability. The poor formability can be improved if the material flow during the stamping is carefully controlled. Application of drawbead became commonsense used to retard metal flow of blank into the die cavity at the region where wrinkle is expected. In the study, the concept of beadless stamping process is proposed and the method how to realize the beadless stamping process is presented. The validity of the proposed method is confirmed by the application of the real auto part.

Key Words : Optimal Blank , Stamping, Drawbead, Digital Tryout, Radius Vector Method

1. 서 론

박판성형에서는 소재 유동은 블랭크 형상에도 크게 영향을 받는다. 제품형상에 비해 과도하게 큰 블랭크를 사용하면 금형의 캐비티(Cavity)로 소재가 적절히 유입되지 못해 파단의 가능성이 높아진다. 반면에, 적절한 크기보다 작은 블랭크를 사용할 경우 편치진행속도에 비해 소재유압속도가 빨라져 주름 가능성이 높아진다. 제품의 전 부위에 걸쳐서 블랭크 크가 적절한 크기로, 즉 적절한 형상의 블랭크가 선정되었다면, 성공적으로 제품을 성형할 가능성이 높아진다.

따라서 성공적인 스탬핑 공정조건은 금형형상, 드로비드 형상과 위치, 뿐만 아니라 블랭크 형상도 매우 중요한 영향을 미친다. 일반적으로 블랭크 형상은 트라이아웃 단계에서 시행착오 과정을 통해 금형의 수정과 더불어 결정되는데 인건비가 비교적 높은 숙련된 기술자의 경험을 바탕으로 이루어지는 경우 대부분이며 이 때문에 원가절감과 개발기간 단축에 어려움을 주고 있다.

스탬핑금형을 개발하는 업체에서는 주로 드로비

드를 사용하여 유동을 조절하고 있다. 드로비드 인축력은 비드의 형상이나 크기 등에 따라 달라 지기 때문에 제품의 형상이나 유동특성 등을 감안하여 부위별로 적절하게 선정할 필요가 있다.

하지만 금형설계 단계에서는 드로비드를 포함한 공정변수들의 영향을 모두 감안하기에는 아직 결정되지 않는 공정변수들이 많기 때문에 대부분 금형수정 가능성을 고려하여 설계를 하고, 트라이아웃 단계에서는 소재유동에 민간하게 영향을 미치는 드로비드 조절과 블랭크 형상 결정이 동시에 이루어진다. 이 때문에 트라이아웃 단계에서 조절하는 변수가 많아져서 최적 공정조건을 찾는 데 어려움을 가중시키고 있다. 뿐만 아니라 비드위치가 성형후 형상의 기준이 되기 때문에 블랭크 크기도 증가시키는 문제점이 있다.

조건으로 시행하였다.

1. 아진산업

Corresponding Author : AJIN INDUSTRIAL CO., LTD. E-mail : zcv0823@eamc.co.kr

ERW인발강관의 열처리에 따른 잔류응력 변화에 관한 연구

이석배^{1#}, 신종인², 전민우³

A Study on the Residual Stress Change due to Heat Treatment of Drawing ERW Steel Pipes.

S. B. Lee^{1#}, J. I. Shin², M. O. Jeon³

Abstract

In general, steel pipe was satisfied dimensional and mechanical properties by drawing process, which was a kind of plastic working. Such plastic deformation has an effect of increasing mechanical properties such as tensile strength and hardness, but there is a problem that durability of the product is lowered due to an increase of residual stress. Therefore, this study discusses the change of residual stress due to heat treatment of drawn steel pipe.

Key Words : Residual Stress, Steel pipe, Heat Treatment, Drawing, Plastic Working.

1. 서론

일반적으로 강관의 치수와 기계적 특성은 소성가공의 일종인 인발공정을 통하여 맞추어지고 있으나, 이러한 소성가공은 잔류응력의 증가를 일으켜 강관의 내구성 저하를 초래한다. 이에 인발 공정 후에는 열처리를 통하여 잔류응력을 제거하고 있으나, ERW 강관과 같이 용접부가 존재하는 시료에 대한 모재부와 용접부 잔류응력의 변화에 관한 연구는 전무하다. 이에 본 연구에서는 용접부와 모재부의 잔류응력 및 경도를 측정하여 잔류응력을 변화를 확인하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서는 기본적으로 원소재 및 열처리 전-후의 기계적 물성치 값인 인장강도, 경도를 KS B 0802, KS B 0811, 잔류응력은 ASTM E1928를 통하여 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

[표 1] 기계적 물성치

	인장강도(MPa)	비커스경도(HV 10)	잔류응력(MPa)(3회평균)
원소재(모재)	511	155	96
원소재(용접부)	-	-	116
열처리전(모재)	743	221	113
열처리전(용접부)	-	-	118
열처리후(모재)	640	199	36
열처리후(용접부)	-	-	35

1, 2. 한국화학융합시험연구원 금속플랜트팀
E-mail:Seokbae81@ktr.or.kr

[표 2] 잔류응력 측정 결과값

	절개 후 외경(mm)	절개 전 외경(mm)	두께(mm)	잔류응력(MPa)
원소재(모재)	76.69/76.68/76.72	76.28/76.28/76.28	6.03/6.01/6.05	94.7/92.1/102.0
원소재(용접부)	76.75/76.85/76.73	76.28/76.28/76.28	6.07/6.10/6.08	109.2/133.0/104.8
열처리전(모재)	58.40/58.42/58.42	57.99/57.99/57.99	4.22/4.21/4.22	114.5/119.8/120.1
열처리전(용접부)	58.34/58.42/58.42	57.99/57.99/57.99	4.22/4.23/4.23	97.9/120.4/120.4
열처리후(모재)	57.87/57.91/57.82	57.99/57.99/57.99	4.20/4.21/4.25	33.7/22.5/48.3
열처리후(용접부)	57.86/57.86/57.87	57.99/57.99/57.99	4.23/4.22/4.23	36.7/36.7/33.9

*시험편 길이 : 약 100 mm

$$S = \pm \frac{E \times t}{1 - \mu^2} \times \frac{D_f - D_0}{D_f \times D_0}$$

S = Minimum and Maximum residual circumferential stress

E = Modulus of elasticity (204 GPa)

μ = Poisson's ratio (0.3)

(식 1) 잔류응력 계산식

인발 후(열처리 전)에는 인장강도가 증가하면서 잔류응력이 증가하는 경향을 보이거나, 용접부 쪽 보다는 모재부 쪽에서의 증가량이 높음을 알 수 있다. 이는 강관의 인발 시 모재측에서 소성가공이 많으며, 상대적으로 용접부쪽의 기계적 물성치 값이 크기 때문에 소성가공이 크지 않음을 의미하는 것으로 사료된다. 하지만 열처리 후 모재부와 용접부의 잔류응력은 감소하는 경향을 보이며, 최종적으로 유사한 잔류응력 결과값을 보였다.

4. 결론

인발시 잔류응력은 증가하나, 열처리 후 잔류응력이 감소하는 경향을 보이며, 용접부와 모재부 측의 잔류응력의 결과값은 유사함을 알 수 있다. 이를 바탕으로 잔류응력이 용접강관의 용접부와 모재부에 미치는 영향을 차이가 없음을 확인하였다.

참고문헌

ASTM E 1928-07, Standard Practice for Estimating the Approximate Residual Circumferential Stress in Straight Thin-walled Tubing

차량용 알루미늄 일체형 루프랙 부품 개발에 관한 연구

심규호¹· 박철진¹· 김태원¹· 천진혁¹· 박해주[#]

Study on the Development of Aluminum Integrated Roof rack for Automobile

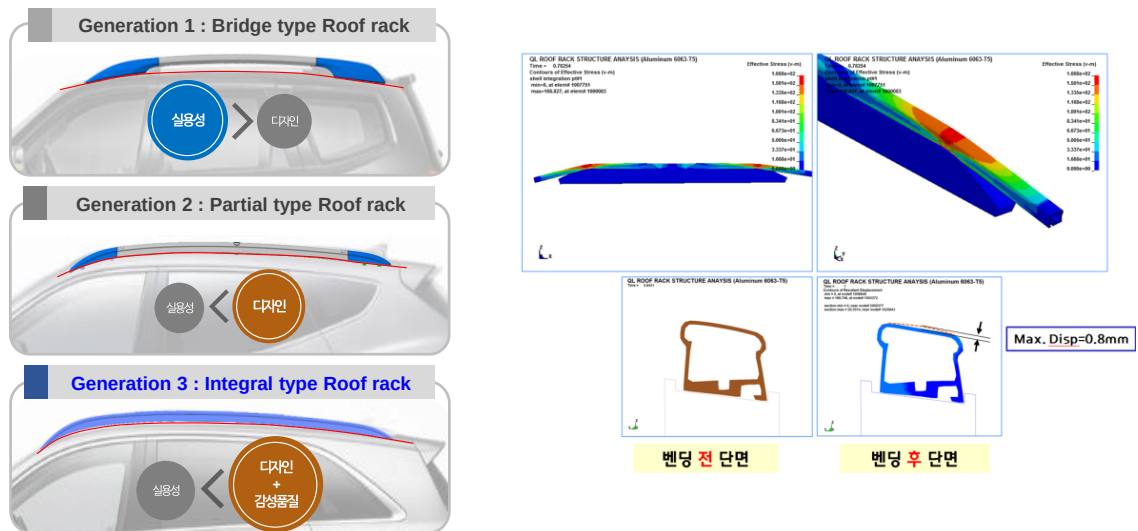
G. H. Shim, C. J. Park, T. W. Kim, J. H. Chun, H. J. Park

Abstract

In the recent automobile industry, researches on high strength and light weight products have been actively carried out in order to satisfy enhanced environmental and safety regulations. In addition, demand for SUV(Sports Utility Vehicle) has increased due to the diverse needs and safety of consumers.

In this study, a roof rack for automobile was developed as an integral type using aluminum extrusion and 3D-bending process. The roof rack of integral type is excellent in terms of design. However, it is difficult to manufacture because various processes are used in combination such as extrusion and bending. Firstly, the section of the roof rack was selected for aluminum extrusion, and the extrusion section was further optimized through the DFSS(Design For Six Sigma) methodology. Also, to verify the formability of the bending process, the final cross section and the bending radius were determined by FE-simulation. The product was manufactured with the determined cross section, and verification was completed through measurement deformation of FE-simulation and experiment.

Key Words : Roof rack (루프랙), Extrusion (압출), Bending(굽힘), Design For Six Sigma(DFSS), FE-simulation(유한 요소해석)



1. 에코플라스틱㈜

교신저자: 에코플라스틱㈜,

E-mail: 50wangja@myeco.co.kr

신선 니티놀 와이어의 스텐트 가공을 위한 응력 및 권선력에 관한 연구

이기동¹, 궤건영¹, 이재훈¹, 변상민^{1, #}

A Study on Stress and Winding Force for Stent Processing of Drawn Nitinol Wire

G. D. Lee, G. Y. Kwak, J. H. Lee, S. M. Byon

Abstract

와이어 스텐트는 통상적으로 핀이 장착된 원통형 지그를 이용하여 제작된다. 와이어를 핀에 감으면서 나선 원통 형상으로 제작하기 위해서는 와이어에 텐션을 가해야 한다. 본 연구에서는 적정 텐션을 가하면서 와이어 스텐트를 제작할 수 있는 권선력을 계산하였다. 먼저, 와이어와 원통형 지그의 CAD 모델을 구현하고 유한요소해석을 수행하기 위한 격자를 생성하였다. 권선력 계산의 기준으로 와이어에 작용하는 적정 평균 텐션량을 정의하고 적정 텐션 비율을 항복응력의 20%로 선정하였다. 선정한 텐션 비율하에서 권선력을 계산하였으며, 와이어에 작용하는 모든 응력수준은 단선에 대해 안전한 것으로 나타났다.

Key Words : Wire Stent(와이어 스텐트), Nitinol(니티놀), Winding Force(권선력), Cylindrical Jig(원통형 지그), Finite Element Analysis(유한요소해석)

1. 서론

니티놀(Nitinol)[1~2] 와이어는 탁월한 형상 복원력으로 인해 스텐트(Stent) 제작에 많이 사용된다. 와이어를 엮어서 제작한 스텐트를 특히 와이어 스텐트[3]라고 하는데 주로 폐쇄된 내부 장기(Organ)를 열어 주어 원래 기능을 회복하도록 하는 역할을 담당한다. 와이어 스텐트 제조는 핀을 원통 주위에 장착하고 핀을 와이어가 교차하면서 엮는 방법을 대표적으로 사용하고 있다. 본 연구에서는 와이어가 적절한 텐션을 유지하면서 원통에 감기게 하는 권선력(Winding force)을 고찰하고자 한다. 또한, 권선력이 작용할 때 와이어에 유발되는 응력의 크기 및 분포도 고찰하였다. 이를 위해 먼저, 핀이 장착된 원통형 지그(Zig) 및 와이어의 기하학적 형상을 3차원 CAD로 구현하였다. 구현된 CAD 형상에 와이어의 격자를 구성하여 유한요소해석을 수행하였다.

2. 공정 및 해석모델

Fig. 1은 니티놀 와이어를 엮기 위해 제작된 핀이 장착된 원통형 지그를 나타내고 있다. 와이어를 상하 핀을 기준으로 위 아래로 접착하면서 인장력을 가해 한 층을 형성하고, 그 다음에 기존 층의 와이어와 겹침 및 꼬임을 형성하면서 또 다른 층을 형성하도록 되어 있다. 와이어의 꼬인 부분을 통해 와이어가 서로 분리가 되지 않으면서도 움직임 거동이 비교적 자유롭기 때문에 매우 유연한 스텐트 성능을 발휘한다.

1. 동아대학교 기계공학과

교신저자: 동아대학교 기계공학과, 교수,

E-mail: smbyon@dau.ac.kr

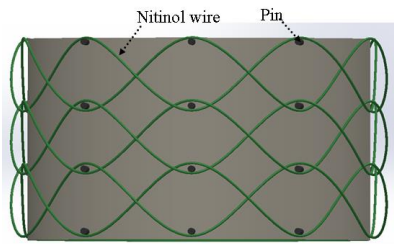


Fig. 1 Cylindrical jig to wind nitinol wires

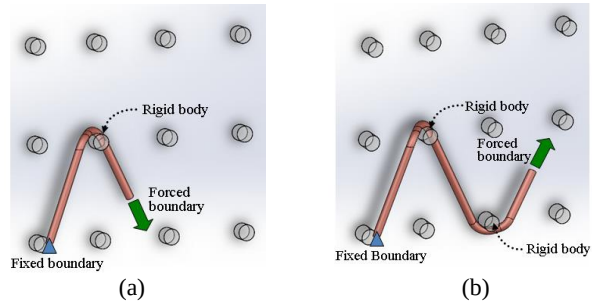


Fig. 2 Boundary conditions applied to wire

Fig. 2는 권선력 및 응력분포를 고찰하기 위해서 와이어가 핀에 걸쳐 있는 CAD모델 및 경계조건을 나타낸 것이다. 와이어의 한쪽 끝은 고정시키고 나머지 한쪽 끝에 하중을 주어 와이어의 길이 방향으로 응력상태를 고찰할 수 있도록 하였다. Fig. 2(a)는 와이어가 핀 하나에 걸쳐 있는 상태를 나타내고 있고, Fig. 2 (b)는 와이어가 2개의 핀을 거쳐갈 때의 상태를 나타내고 있다. 핀은 강체로 처리하여 변형 및 움직임이 없는 것으로 처리하였다. 와이어와 핀 사이에 마찰은 없는 것으로 가정하여 와이어에 수직력만 작용하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

와이어가 버클링 없이 핀의 일정부분을 감으면서 형상이 유지되기 위해서는 적절한 텐션이 작용해야 한다. 본 연구에서는 적절한 평균 텐션량을 식 (1)과 같이 항복응력의 20% 정도 되도록 하였다.

$$T_m = \alpha \cdot \sigma_Y \quad (1)$$

여기서, T_m 및 σ_Y 는 목표 평균 텐션량 및 니티놀 와이어의 항복응력을 나타내고, α 는 적정 텐션 비율 즉, 0.2를 나타낸다. 와이어의 중간에 핀이 힘을 가하기 때문에 와이어의 길이방향으로 응력의 변화가 존재한다. 평균 텐션량이 항복응력의 20%를 유지하더라도 와이어의 최대응력은 평균 텐션량과 큰 차이가 존재할 수 있다. 최대응력이 항복응력을 초과할 경우에는 단선을 유발할 수 있으므로 적정 텐션 비율을 잘 결정하는 것이 중요하다.

4. 결론

핀이 장착된 원통형 지그를 이용하여 와이어 스텐트를 제작시 요구되는 권선력을 계산하기 위해서 CAD 모델링과 유한요소해석을 수행하였다. 권선력 계산의 기준으로 와이어에 작용하는 적정 평균 텐션량을 정의하고 적정 텐션 비율을 0.2로 선정하였다. 본 적정 텐션 비율하에서 와이어에 작용하는 모든 응력이 단선을 유발하지 않는 안전한 영역내에 존재하였다.

후기

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1D1A1B03936247).

참고문헌

- [1] H. Kim, I. Shin, D. Kim, S. Kim, J. Lee, B. Ki, T. Suh, S. Kim, 2009, A Study on Fatigue Characteristic of Stent Using Finite Element Analysis, Korean Journal of Medical Physics, Vol. 20, No. 3, pp. 119~124.
- [2] J. Kim, W. Jung, D. Jeon, I. Shin, H. Kim, D. Shin, S. Kim, T. Suh, 2009, The Verification of Computer Simulation of Nitinol Wire Stent Using Finite Element Analysis, Korean Journal of Medical Physics, Vol. 20, No. 3, pp. 139~144.
- [3] L. Pierot, 2011, Flow Diverter Stent in the Treatment of Intracranial Aneurysms: Where Are We?, J. of Neuroradiology, Vol. 38, pp.40~46.

열간 전단변형한 알루미늄 판재의 집합조직

보보무로드¹, 이철우¹, 김인수¹

Texture of hot shear deformed Al alloy sheets

Abstract

압연에서 전단변형은 롤과 금속판재가 마주하는 면에서 마찰에 의하여 일어난다. 마찰력 이외에 금속판재는 이와같은 전단변형 방법에 의하여 집합조직을 다양하게 변시킬 수 있다. 전단변형을 일으키는 방법은 ECAP (equal-channel angular pressing), HPT (high pressure torsion), 비대칭 압연 (asymmetry rolling) 등 다양하게 많이 알려져 있다.

그러나 금속판재에서 일반적이고 실용성 있는 전단변형을 얻기 위한 방법은 비대칭 압연 (asymmetry rolling)이 이용되고 있다.

지구 온난화 문제를 해결하기 위하여 자동차 업계에서는 경량화 하고자 하는 노력을 계속하고 있다.

알루미늄은 강의 약 1/3 정도의 비중으로 자동차 경량소재로 각광을 받고 있다.

그러나 알루미늄 합금은 판재 성형성이 낮다는 단점등 가지고 있다. 그 이유는 성형성이 낮은 집합조직 때문에 일어난다.

알루미늄 합금에서 이 문제를 해결하기 위하여 성형성을 낮추는 입방(Cube) 집합조직을 감소시켜야 한다.

본 연구에서는 알루미늄 합금의 성형성을 향상시키기 위하여 전단변형을 주는 비대칭압연 방법을 도입 하였고 상온보다 열간 압연을 도입하였다.

알루미늄 합금 판재를 전단변형을 줄 때 상온부터 고온까지 열간 압연을 하였다.

열간 전단변형한 알루미늄 합금 판재를 두께 층의 변화에 따라 X-선 회절을 이용하여 극점도를 측정하였다. 그리고 방위분포함수(ODF)로 전개하여 하였다.

열간 전단변형한 알루미늄 합금은 집합조직이 변하였으며 성형성이 증가하는 결과를 얻었다.

Key Words : Al alloy sheet, Hot shear deformasiom, Pole figure, Deep drawability.

1. 금오공과대학교 신소재공학부

강판의 전단변형과 집합조직 변화

이철우¹, 이동녕², 김인수^{1#}

Abstract

금속판재는 전단변형에 의하여 집합조직을 다양하게 변할 수 있다.

전단변형을 일으키는 방법은 ECAP (equal-channel angular pressing), HPT (high pressure torsion), 비대칭 압연 (asymmetry rolling) 등 다양하게 많이 있다.

일반적으로 금속판재에서 전단변형을 얻기 위한 방법은 비대칭 압연 (asymmetry rolling)이 이용되고 있다.

강판을 비대칭 압연을 하면 전단변형에 의하여 다양한 집합조직을 얻을 수 있다. 이 때 흥미로운 결과로 {110}<001>, Goss 집합조직이 잘 발달한다고 알려져 있다.

강판의 {110}<001>, Goss 집합조직은 M-H 자화 이력곡선에서 보자력이 낮으며 좁은 히스테리시스 루프 (Hysteresis loop)를 나타내서 연자성의 특성을 가지는 집합조직으로 에너지 손실을 낮출 수 있는 집합조직이다.

강판에서 {110}<001>, Goss 집합조직은 G.P. GOSS가 1935년도에 제조방법을 제시하였다.

G.P. GOSS가 제안한 제조방법은 매우 공정이 복잡하고 높은 온도에서 장시간 열처리하는 공정이다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 강판을 비대칭압연을 통해 전단변형을 주어 집합조직의 변화를 주기로 하였다.

강판에서 비대칭압연으로 판재 전 두께층에 전단변형을 주고 {110}<001>, Goss 집합조직을 얻을 수 있는지를 XRD를 이용해서 측정하여 알아보았다.

강판을 전단변형을 줄 수 있는 비대칭압연을 상온에서 행하여 {110}<001>, Goss 집합조직을 얻는 좋은 결과를 얻게 되었다.

Key Words : Texture, Shear deformation, Asymmetry rolling

1. 금오공과대학교 신소재공학부

2. 서울대학교 재료공학부

무작위 깊이를 갖는 피치 고정 연속 프리즘 정량용적 미세 패턴의 제조

장요아¹, 정지영^{1,2}, 이재령^{1,3}, 문승환¹, 최두선¹, 제태진^{1,2,#}

Fabrication of Volume-Controlled Micro Prism Pattern Having Random Depth and Fixed Pitch

Y. A. Jang, J. Y. Jeong, J. R. Lee, S. H. Moon, D. S. Choi, T. J. Je

Abstract

다양한 형상의 마이크로 패턴이 성형된 광학필름은 디스플레이 제품에 적용되어 광특성을 향상시키는 기능을 한다. 디스플레이 제품의 휘도를 상승시키기 위하여 규칙적인 형상의 연속 프리즘 패턴이 많이 사용되지만, 동일한 형상이 반복되는 패턴은 사용자에게 시인되는 광학적 결함을 가지며, 무아레와 같은 광간섭 현상을 발생시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 일환으로 초정밀 평삭공정을 이용하여 무작위 깊이를 갖는 연속 프리즘 미세패턴을 제조하기 위한 연구를 수행하였다. 평삭공정에 의한 미세패턴의 형상은 절삭깊이, 피치 및 공구의 형상에 의하여 결정되며 가공좌표의 생성 조건에 따라 랜덤성의 제어가 가능하다. 무작위 깊이의 연속 프리즘 패턴을 제조하기 위하여 절삭 깊이는 25~35 μm 범위에서 평균 30 μm (표준편차 5 μm)의 정규분포를 갖도록 생성되었으며, 공구의 이송간격은 50 μm 으로 고정하여 전체 구간의 용적량을 정량적으로 제어하였다. 본 연구의 가공에는 이송정밀도 10nm의 초정밀 3축 평삭가공기가 사용되었으며, 절삭 공구는 형상각 90°의 단결정 다이아몬드, 피삭재는 황동소재가 사용되었다. 무작위로 생성된 가공좌표와 가공시스템을 적용하여 가공한 결과, 불규칙적인 높이를 갖는 연속 프리즘 패턴이 가공되었음을 확인하였다. 프리즘 패턴의 깊이는 피삭재의 상측면을 기준으로 프리즘 패턴의 골까지 깊이는 평균 약 29 μm (표준편차 약 3 μm), 프리즘 패턴의 간격은 50 μm 으로 설계값과 약 1 μm 이내의 오차로 정밀하게 가공되었다. 프리즘 패턴의 폭은 약 41~58 μm 으로 무작위 하게 가공되었다. 이는 공구의 이송간격이 50 μm 으로 고정되었더라도 절삭 깊이가 무작위 하게 적용되어 발생하는 중첩가공에 의한 영향으로 분석된다.

추후 연구에서는 연속 프리즘 패턴의 랜덤성 제어를 위하여 무작위 절삭 깊이 외에 공구의 이송간격, 피삭재에 대한 상대적인 각도의 불규칙 변화 등을 적용하고 그 특성을 분석할 예정이다.

Key Words : Volum-Controlled Micro Prism Pattern(정량용적 미세 프리즘 패턴), Random Cutting Depth(무작위 절삭 깊이), Planing Process(평삭 공정)

1. 한국기계연구원 나노공정연구실

2. 과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학부

3. 고려대학교 전자및정보공학과

4. 금오공과대학교 기계시스템공학과

교신저자: 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원, E-mail: jtj@kimm.re.kr

열처리 생략 CHQ 적용 자동차 조향부품 개발을 위한 요소기술 연구

서영호^{1, #}, 송우진², 정기호³

Study on Element Technology for Development of Automotive Steering Parts using Non-heat treatment CHQ

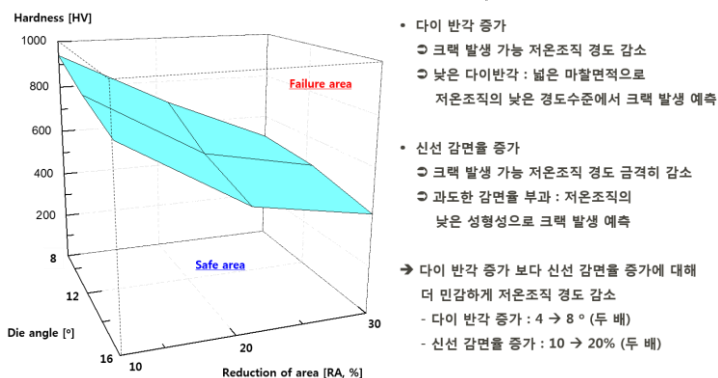
Y. H. Seo, W. J. Song, K. H. Jung

Abstract

최근 자동차 조향부품 산업현장에서는 부품 원가절감을 통한 원가 경쟁력 제고를 위하여 CHQ 소재의 신선 열처리(SA, LA, QT)의 생략이 요구되고 있다. 열처리 생략에 따라 소재 고강도화로 인해 신선 및 단조 공정 중 가공크랙 발생이 우려되고 있으며, 성형하중 상승으로 인한 금형수명 저하가 예상된다. 성형성 및 금형수명 저하는 공정비용 상승을 초래하여 열처리 생략에 따른 비용절감 효과를 상쇄시킬 우려가 존재하므로, 이에 대한 정확한 예측기술과 성형성 및 금형수명 향상 기술 개발이 요구된다. 열처리 생략 CHQ 적용 저원가 자동차 조향부품 개발을 위한 신선 chevron 크랙 예측, 단조 성형한계 예측, 단조 금형수명 예측, 단조 공정비용 예측 및 금형수명 향상 등 요소기술 개발을 수행하였다.

Key Words : Non-heat treatment CHQ, Automotive steering part, Formability evaluation, Die life cycle estimation, Cost saving

1. 신선공정에서의 chevron crack 예측 가이드라인 개발



1. POSCO 철강솔루션마케팅실 성형연구그룹, 책임연구원

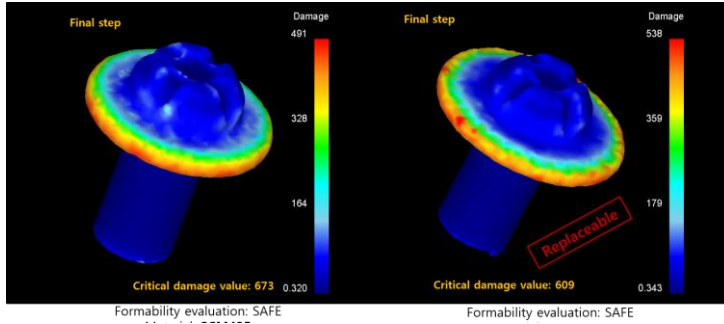
2. 부산대학교, 정교수

3. 한국생산기술연구원 성형기술연구그룹, 수석연구원

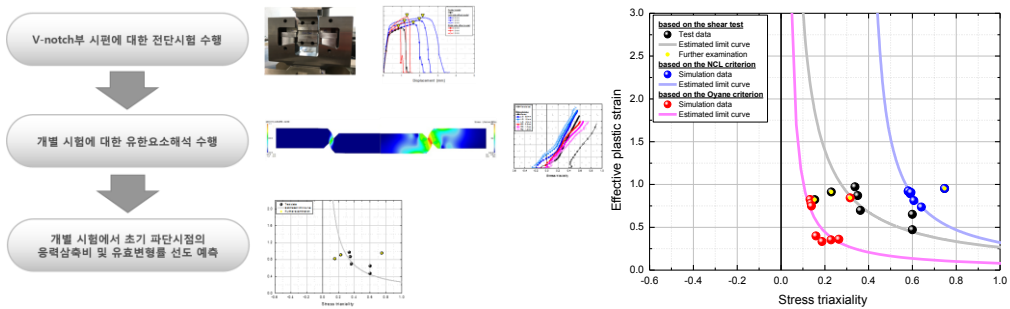
교신저자: POSCO 철강솔루션마케팅실, 책임연구원,

E-mail:yhseo0@posco.com

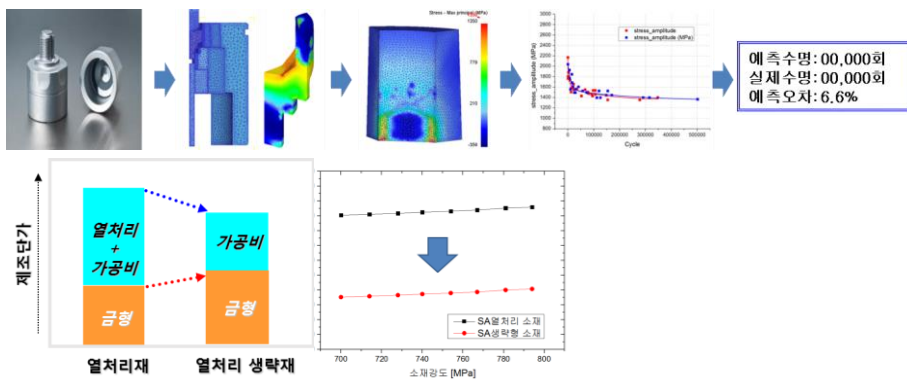
2. 자동차 조향부품의 다단 냉간단조 성형성 예측기술



3. 응력삼축비 기반 bulk 성형성 평가기준 개발



4. 다단 냉간단조 금형의 정량적 수명예측을 통한 조향부품 원가에측



5. 단조 성형성 및 금형수명 향상을 위한 CHQ 선재 인산염 피막 평가기술



초정밀 평삭 공정을 이용한 고정피치 높이가변 피라미드 패턴 제조

정지영^{1,2} · 장요아¹ · 이재령^{1,3} · 문승환^{1,4} · 최두선¹ · 제태진^{1,2,#}

Fabrication of Pyramid Array Pattern Having Variable Height and Fixed Pitch Using Ultra-Precision Planing Process

J. Y. Jeong, Y. A. Jang, J. R. Lee, S. H. Moon, D. S. Choi, T. J. Je

Abstract

다양한 형상의 마이크로 패턴 어레이는 디스플레이, 카메라, 측정기기, 렌즈 등의 광학제품들에 적용되어 광학적 성능을 향상시키는 기능을 한다. 이러한 어레이 중에 마이크로 피라미드 어레이는 광추출을 통한 휘도 향상과 광확산 기능을 동시에 갖는다. 그러나, 동일 형상 및 크기의 단일 구조를 통하여 확산된 빛은 패턴이 배열된 규칙성에 의하여 중첩되는 영역과 중첩되지 못하는 영역이 반복되게 된다. 이러한 현상으로 인하여 광확산 거리가 짧은 초박형 광학제품에서는 불균일한 광분포의 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구의 일환으로 평삭 가공을 이용한 불규칙적인 형상 높이를 갖는 피라미드 패턴 어레이의 제조 공정에 대한 연구를 수행하였다. 평삭 공정에서 피라미드 패턴은 연속된 프리즘 패턴을 교차가공함으로써 제조 되어진다. 따라서, 불규칙한 높이를 갖는 연속 프리즘 패턴을 피삭재 표면에 가공하고 90도 회전시킨 후 다시 연속 프리즘 패턴을 교차함으로써 최종적으로 피라미드 패턴을 제조하였다. 가공에는 이송정밀도 10 nm, 회전정밀도 0.0001°의 초정밀 4축 평삭 시스템이 사용되었다. 절삭공구는 형상각 90°의 단결정 다이아몬드 공구, 피삭재는 황동소재를 이용하였다. 가공경로는 범위 25~35 μm에서 표준편차 3μm의 정규분포를 갖도록 생성된 무작위로 절삭높이와 고정된 이송간격 50 μm를 적용하였다. 가공결과 가공된 피라미드 패턴의 높이는 약 23~27μm 범위에서 불규칙적으로 형성되었으며, 피라미드 패턴의 네개의 측면 중 면적이 같은 두 쌍을 이루는 것 확인하였다. 이는 무작위로 변하는 절삭 깊이에 의하여 가공된 각각의 프리즘 측면의 면적이 다르기 때문이므로, 피라미드 사면의 무작위성을 위해서는 피삭재의 회전 이후 적용되는 무작위 절삭깊이 가공경로를 기 가공경로와 다르게 적용하는 것이 필요할 것으로 사려된다. 추후 연구에서는 가공된 피라미드 패턴의 광추출 경로의 무작위성을 높이기 위하여 각도를 무작위로 가변할 수 있는 가공경로 설계, 가공 및 제조된 패턴의 광학특성 분석을 수행할 것이다.

Key Words : Varying Height Micro Pyramid Pattern(높이 가변 미세 피라미드 패턴), Ultra-precision Planing Process(초정밀 평삭 공정), Random Cutting Depth(무작위 절삭 깊이)

1. 한국기계연구원 나노공정연구실

2. 과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학부

3. 고려대학교 전자및정보공학과

4. 금오공과대학교 기계시스템공학과

교신저자: 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원, E-mail: jtj@kimm.re.kr

메타구조체 적용을 위한 PMMA 소재의 마이크로 채널 엔드밀링 가공 연구

문승환^{1,2}, 이재령^{1,3}, 정지영^{1,5}, 정준교⁴, 신종화⁴, 전은채⁶, 최성대², 제태진^{1,5,#}

Micro Channel End-milling of PMMA Material for Metamaterial Structure

S. H. Moon, J. R. Lee, J. Y. Jeong, J. K. Jeong, J. H. Sin, E. c. Jeon, S. D. Choi, T. J. Je

Abstract

최근, 고성능의 메타 구조체 제조를 위한 다양한 패턴 형상들과 그 제조방법들이 연구되고 있으며, 마이크로/나노 가공기술을 이용한 메타 구조체 제조에 대한 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 폭이 다른 이중 정사각 미세 채널 형상을 갖는 메타구조체의 제조를 위해 비전도성 소재인 PMMA(Polymethyl methacrylate)를 모재로 하여 마이크로 엔드밀링 공정을 이용한 미세 채널 가공실험을 수행하였다. 이중 정사각형 채널의 외곽 폭은 144 μm , 내부 채널의 폭은 350 μm 이며, 가공해야 하는 총 깊이는 40 μm 이다. 각각의 채널 폭을 고려하여 외곽 채널의 가공에는 직경 100 μm 의 엔드밀 공구가 사용되었고, 내부 채널의 가공에는 직경 200 μm 의 공구가 사용되었다. 또한, 본 실험에는 100nm의 이송정밀도를 갖는 X, Y, Z의 3축 가공기를 기반으로, Z축에 마이크로 엔드밀 공구를 장착할 수 있는 고속 회전 스피들을 부착하여 사용하였다. 내외부 채널의 가공 조건은 동일하며 공구 회전속도 50,000 rpm, 이송속도 3mm/s, 1회 절삭깊이 10 μm 을 적용하였다. 이러한 PMMA 소재의 사각 마이크로 채널 엔드밀 가공 실험을 통해 다양한 가공 특성을 파악하고 정밀도를 저해하는 요소 분석 및 그 향상을 위한 대책이 연구되었다. 정밀한 마이크로 사각 구조체를 가공하기 위해서는 코너부의 R을 제어 하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해 적정 이송 조건 선정을 위한 연구가 수행되었다. 또한, 채널 폭보다 작은 직경의 공구를 사용하기 때문에 하나의 채널 폭을 완성하기 위해서는 중첩가공이 불가피하다. 이에 따라 제거되는 재료의 절삭량에 차이가 생기고 이로 인한 가공표면의 상태 및 버가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 가공 실험을 통하여 PMMA 소재의 마이크로 사각 채널 형상 정밀 가공기술이 확립되었으며, 또한 고성능의 메타구조체를 정밀하게 가공할 수 있는 마이크로 엔드밀 가공 기반기술이 확립되었다.

Key Words : Meta-structure(메타구조체), Micro End-milling(마이크로 엔드밀 가공), PMMA Material Machining(PMMA 재료 가공)

1. 한국기계연구원 나노공정연구실
2. 금오공과대학교 기계시스템공학과
3. 고려대학교 전자 및 정보공학과
4. 한국과학기술원 신소재공학과
5. 과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학부
6. 울산대학교 첨단소재공학부

교신저자: 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원, E-mail: jtj@kimm.re.kr

등가 회로 모델을 이용한 단순 구조의 메타표면 설계 및 제작

제태진^{1,2#}, 이재령^{1,3}, 문승환^{1,4}, 정준교⁵, 신종희⁵, 전은채⁶

Fabrication and Design of Meta Surface of Simple Structure Using Equivalent Circuit

T. J. Je, J. R. Lee, S. H. Moon, J. K. Jeong, J. H. Shin, E. c. Jeon

Abstract

메타표면이란 자연계에서는 존재하기 어려운 물리적 성질을 가지는 물질로서 대표적으로는 스텔스가 있다. 스텔스란 모든 탐지 기능에 대항하는 은폐 가능한 기술이다. 이 중 함정용으로 사용되는 스텔스 메타표면은 광대역 폭에서 은폐 기술을 가지기 위해 페라이트 소재를 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 페라이트 소재는 비중이 높아 함정에 부착했을 때 연료 소모가 증가하고 함정의 속도가 저하되는 문제점들이 있다. 본 연구에서는 가벼운 폴리머 소재와 전도성 잉크를 이용하여 함정용으로 사용 가능한 광대역폭에서 스텔스 성능을 가지는 메타표면을 설계 및 제조하고자 하였다. 광대역에서 스텔스 성능을 보이는 메타표면의 설계에는 RLC 회로 이론 및 어드미턴스 모델이 적용되었다. RLC 회로란 저항, 인덕터, 축전기로 이루어진 전기 회로로, 물리학에서는 주로 교류전압이 가해진 직렬회로를 의미한다. 이를 이용하여 최적화 과정을 통해 메타표면을 설계 할 때, 전도체로 쓰이는 전도성 잉크와 비전도체로 쓰이는 폴리머의 두께를 결정할 수 있다. 또한, RLC 회로에 대응하면서도 제조가 쉬운 형상의 메타표면에 대한 설계가 필요하다. 본 연구에서는 이중 링 형태의 단순형상 구조체를 설계하고 이에 대한 제조방법을 연구하였다. 이중 링 구조체 단위격자의 크기는 4.791mm*4.791mm이고, 전도성 잉크의 두께는 25 μ m이며, 폴리머 두께는 2.5mm이다. 이중 링 구조 중 안쪽 패턴의 폭은 144 μ m, 바깥쪽 패턴의 폭은 350 μ m로 설계되었다. 메타표면의 가공에는 공구회전 스핀들이 부착된 X-Y-Z의 3축 구동 초정밀 가공기가 사용되었고, 가공 소재는 아크릴, 가공 공구는 직경 100 μ m 및 직경 200 μ m의 엔드밀이 사용되었다. 총 가공면적은 150mm*150mm로 총 가공 패턴의 개수는 1024개이다. 가공된 패턴 위에 전도성 잉크를 채워 메타표면을 제작하며 그 제조공정을 확립하였다.

추후 연구에서는 제작된 메타표면에 대해 벡터 네트워크 분석기를 활용하여 메타 표면의 반사도를 측정하여 스텔스 성능을 평가하고 이를 설계 데이터와 비교 분석하는 연구를 수행 할 예정이다.

Key Words : Meta Surface(메타표면), Equivalent Circuit (등가회로), Stealth(스텔스)

1. 한국기계연구원 나노공정연구실
2. 과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학부
3. 고려대학교 전자및정보공학과
4. 금오공과대학교 기계시스템공학과
5. 한국과학기술원 신소재공학과
6. 울산대학교 첨단소재공학과

교신저자: 한국기계연구원 나노공정연구실, 책임연구원, E-mail: jtj@kimm.re.kr

DED공정을 이용한 보수 과정에서 과적층을 통한 균열 발생 억제에 관한 연구

오욱진¹ · 김민섭¹ · 손종윤² · 심도식^{1#}

Study on suppressing cracking with excess deposition in repairing of parts by using direct energy deposition(DED) process

W. J. Oh, M. S. Kim, J. Y. Son, D. S. Shim

Abstract

본 연구는 레이저 직접 에너지 적층 (direct energy deposition, DED) 기술을 이용한 부품 보수 과정에서 과적층을 통한 계면 균열 억제에 관한 연구이다. DED 공정을 이용한 보수 과정에서, 모재와 보수영역간의 계면에서는 기공이나 크랙 등의 결함이 나타나기도 한다. 특히, 계면의 균열은 직접 레이저 용융 적층 공정에서 급속 용융과 응고의 반복에 따른 위치별 온도구배와, 열팽창계수의 차이로 발생하는 열응력에 의한 것이다. 이러한 균열은 보수된 부품의 기계적 특성에 좋지 않은 영향을 끼친다. 따라서, 본 연구에서는 계면에서의 균열을 억제하기 위해, 보수가 필요한 체적 이상으로 과적층 (excess deposition) 하여 온도 구배와 열응력을 낮추고자 한다. 실험을 위해 SUS316L의 분말과 모재를 사용하였으며, 모재는 부품의 마모나 파손을 가정하여 1mm 깊이의 사다리꼴 groove를 갖도록 기계 가공하였다. 과적층에 따른 변화를 관찰하기 위해, 동일한 과적층 부피에 대하여 폭과 너비를 변화시켜 적층하였고, 침투탐상법과 광학현미경을 통해 표면 및 계면에서의 균열 발생을 관찰하였다. 그 결과, 과적층을 이용한 보수 샘플의 경우에는 계면에서의 균열이 발생하지 않음을 확인하였다. 또한 열전대를 통해 적층 과정 동안 적층부의 온도 변화를 관찰하였고 과적층 높이가 커질수록 냉각속도가 낮아짐을 알 수 있었는데, 이것이 계면에서의 균열이 억제된 원인이라고 할 수 있다. 마지막으로 보수 시편에 대한 인장 특성 분석을 위해 인장 시험을 진행하였고, 그 결과 계면에 균열이 발생한 시편에 비해 과적층을 적용한 샘플은 인장강도와 연신율이 각각 10%, 15% 향상됨을 확인하였다. 이를 통하여 과적층에 의한 균열 억제 효과를 확인할 수 있었다.

Key Words : DED, Repair, Crack, Excess deposition, Tensile test

1. 한국해양대학교 해양융합신소재공학과
2. 한국생산기술연구원 서남지역본부 스마트가공공정그룹
교신저자: 한국해양대학교 해양융합신소재공학과, think@kmou.ac.kr

초음파 나노 표면개질 기술을 이용한 DED 적층 고속도 공구강의 경도변화 관찰

김민섭¹, 오욱진¹, 백경윤², 심도식^{1#}

Study on hardness variation of DED processed high-speed tool steel using ultrasonic nanocrystal surface modification (UNSM) technology

M. S. Kim, W. J. Oh, K. Y. Baek, D. S. Shim

Abstract

고속도 공구강 (high-speed tool steel) AISI M4는 경도가 높고 내마모성이 높으므로 레이저 용융 적층 (direct energy deposition, DED) 공정을 통해 냉간 프레스 금형의 국부 강화 (hardfacing)에 적용할 수 있다. 그러나 냉간 프레스 금형은 마찰에 의한 마모와 균열이 발생하기 쉬운 환경에 노출되며, 금형의 수명 또한 단축이 되어 손상을 유발한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 진행된 많은 연구 중에서 초음파 나노 표면개질 기술 (ultrasonic nanocrystal surface modification, UNSM)은 초음파 진동 에너지를 이용하여 금속 표면에 강소성 변형 (severe plastic deformation, SPD)을 유도하여 표면 결정 구조를 변형시키고 동시에 표면의 경도를 증가시킨다. 본 연구에서는 금형 강의 국부적인 표면 강화로써 사용된 고속도 공구강에 초음파 나노 표면개질 기술을 통하여 표면 특성을 향상시키고, 경도의 변화에 대해서 비교 분석하였다. 이를 위해 KS STD11을 모재로 선정하여 DED 공정을 통해 AISI M4 금속분말을 적층한 뒤, 그 표면에 UNSM 공정 인자들을 변화시켜 적용하였다. 시편의 단면 경도를 측정한 결과, UNSM 처리했을 경우 표면으로부터 깊이 약 410 μm 까지 경도가 향상되었으며, 그보다 더 깊은 적층 영역에서는 약 780HV, 혼합 부분에서 경도가 감소하다가 모재 부분의 경도는 252.6HV로 관찰되었다. UNSM 공정 인자 중 이송속도만 변화시켰을 때의 경도는 최대 940.6HV였으며, 정적 하중만 변화시켰을 때의 경도는 최대 954.6HV였다. 이송속도가 느릴수록, 정적 하중이 커질수록 표면에 가해지는 충격에너지밀도가 증가하여 경도가 상승하는 경향이 나타났다. 두 가지 변수를 조합하여 에너지밀도에 대한 경도 변화를 관찰했을 때, 최대 979.0HV였으며 이는 UNSM 처리하지 않은 소재의 경도보다 약 25.5% 향상되었음을 알 수가 있었다. 이를 통하여 UNSM을 적용하는 데에 있어서 공정 인자들에 따른 최적 조건을 도출해야 함을 확인할 수 있었다.

Key Words : 레이저 용융 적층 기술 (DED), Hardfacing, AISI M4, 초음파 나노표면개질 (UNSM), Micro-hardness

1. 한국해양대학교 해양융합신소재공학과
2. 한국생산기술연구원 서남지역본부 스마트가공공정그룹
교신저자: 한국해양대학교 해양융합신소재공학과, think@kmou.ac.kr

일체형 Plate Lower 개발을 위한 Progressive 공정설계에 관한 연구

박민철¹, 이윤혁², 김동환[#]

A Study on the Progressive Process Design for the Development of Integrated Plate Lower

M. C. Park, Y. H. Lee, D. H. Kim

Abstract

최근, 글로벌 아웃소싱에 의하여 부품 제조단가 경쟁력 우위 확보가 중요한 실정이다. 제조단가 저감을 위해서 공정수 단축, 자동차 등 기술이 개발되고 있다. 본 논문은 부품의 제조단가 경쟁력 강화를 위하여 공정수 단축을 목표로 하고 있다. 연구 대상인 Plate Lower 부품은 냉장고 하부에 설치되어 이동 및 하중을 지지하는 핵심부품이다. 기존의 Plate Lower 부품의 제조방법은 두벌의 금형을 이용하여 2PCS Plate를 제조하고 용접작업을 이용하여 일체화로 수행하였다. 이러한 과정은 용접불량과 부식이 발생하여 품질과 생산성을 저하시키는 요인이 되었다. 따라서, 본 연구에서는 고품질과 생산성을 확보하기 위하여 Plate Lower 부품의 일체형 제조방법을 제안하였다. 일체형 제조방법은 한 벌의 Progressive 금형을 이용하여 일체형 Plate Lower를 제조하는 방법이다. 연구내용은 일체형 Plate Lower 부품의 제조를 위하여 공정설계를 수행하고 유한요소해석을 이용하여 검토 및 분석하였다. 공정설계는 Plate Lower 부품 형상을 고려하여 치수, Damage, 성형하중을 고려하여 수행하였다. 최종적으로, 유한요소해석결과를 바탕으로 일체형 Plate Lower 부품 제조를 위한 Progressive 금형을 제작할 수 있었고, Progressive 금형을 이용하여 일체형 Plate Lower를 제조할 수 있었다. 일체형 Plate Lower 부품의 외관 및 치수를 분석한 결과, 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

Key Words : Progressive, Process design, Finite element analysis, Integrated Plate Lower

1. 경상대학교 대학원 기계공학과

2. 경상대학교 대학원 재료공정융합과

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

사다리꼴 나사 전조공정의 성형특성 연구

윤덕재^{#1} · 강신준² · 김응주¹

Deformation Characteristic of Trapezoidal Thread Rolling Process

D. J. Yoon, S. J. Kang, E. Z. Kim

Abstract

사다리꼴 나사는 이 뿌리 부위가 두꺼워 치 강도 높아 큰 힘 전달용으로 널리 사용되고 있다. 사다리꼴 나사의 골이 깊어 일반적으로 절삭공법을 이용하여 제조한다. 이러한 가공방법은 소량 생산에만 강점을 보인다. 반면, 전조공정은 소재의 수율, 제품표면, 생산성 등의 장점과 더불어 대량생산 및 고정밀 부품제조에 유리함에 따라 널리 활용되고 있다. 이와 같은 전조방식의 대량생산은 대부분 규격 나사의 제조에 이용이 되고 있다. 최근 자동차 운전자의 안전과 편의를 증대시키기 위한 부품의 기능성과 성능향상이 요구되고 관련부품 개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 원 나사와 유사한 사다리꼴 나사에 대한 전조 성형특성을 파악하고자 한다. 여기서 사다리꼴 나사의 피치는 4.9에 외경 $\phi 20\text{mm}$ 이고 2줄나사이다. 전조금형은 평형을 활용한 전조공정 변수에 따른 나사산의 성형한계 및 성형특성을 조사하였다. 또한 사다리꼴 나사의 전조공정 유한요소해석을 실시하여 성형특성 분석에 활용하였다.

Key words: Trapezoidal thread, Thread rolling, Finite Element Method, Rolling limit, Thread pitch

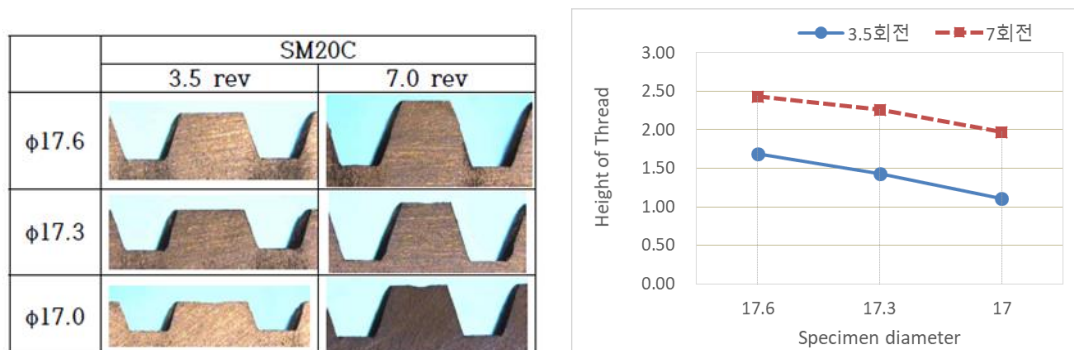


Fig. 1 Thread height in accordance with the rolling conditions

후기

본 연구는 중소벤처기업부의 World Class 300 R&D 기술개발지원사업의 지원으로 수행된 결과임 (S2428843).

1. 한국생산기술연구원 뿌리산업기술연구소
2. 영신금융공업주식회사
한국생산기술연구원, E-mail: ydj@kitech.re.kr

인장강도 700MPa, 연신을 7%를 갖는 건설기계 공용 주조제품에 관한 연구

이지호¹ · 송수영² · 양동욱[#]

The Study on Valve Casting Construction Machine with The Tensile Strength of 700MPa and Elongation of 7%

J. H. Lee, S. Y. Song, D. U. Yang

Abstract

The current excavator is composed of a traveling body and the upper revolving body which is mounted on the traveling body. It is rotated 360 degrees along with a working device. The hydraulic device excavator is divided into a swing device, a traveling device, a hydraulic pump, and a hydraulic valve. The swing device is an accessory for rotating the upper swivel of the excavator 360 degrees. Basically, it is divided into Hydraulic Motor, Valve Casing and Bearing. Among them, the Valve Casing intends to develop heavy-duty Valve Casing. The Valve Casing plays an important role in prevention of cavitation and overload prevention while providing supply and recovery of hydraulic oil to the swing motor and connection with external piping. The need for such development is largely due to the downturn of the energy industry in 2016. Due to the drop in oil prices, resulting in a significant decline in exports of medium and large excavators over 20 tonnes. In preparation for such market conditions, heavy equipment manufacturers will try to reduce costs through component integration by developing new technologies to maximize common use of construction machinery parts platforms. In this paper, the mechanical properties of the valve casing were confirmed by the initial test and the casting method was optimized through the solidification analysis to confirm whether shrinkage defects occurred.

Key Words : Valve Casing(밸브 케이싱), Construction Machinery(건설기계), Development of Technology(주조기술 개발), Solidification Analysis(응고해석),

1. 서론

선회 디바이스는 굴삭기의 상부 선회체 회전을 담당하는 부속품이며, 그 중 Valve Casing을 개발하고자 하며 선회 모터부에 대하여 작동유의 공급과 회수 및 외부배관과의 연결기능을 가지면서 케비테이션 방지, 과부하 방지 등의 기능을 수행한다. 소형급 시장의 상대적인 수요 집중에 따른 중대형급 건설기계 부품의 통합화가 요구되고 있으며 시장 상황에 대비하여 건설기계 완성품 업체에서는 중대형급 부품 플랫폼을 최대한 공용화 하여 원가 절감을 하려고 한다. 따라서, 부품의 물리적인 형상을 유지하면서 고강도 및 고인성화를 요구하는 합금 설계 및 공정 기술개발이 필요하다. 본 논문에서는 주조기술에 배합된 Valve Casing을 개발하고 응고해석을 통하여 주조방안의 최적화 및 수축결함이 발생하는지 검증하였으며 물성을 확인하였다.

2. 본론

현 Valve Casing은 내부 유로가 복잡하여 압탕, 탈가스 배출이 어려워 응고수축결함이 발생하고 있어 균질한 내부건전성 확보를 통한 품질향상이 요구된다. 따라서, 기술특성은 합금의 기계적 성질 향상으로 합금 성분계 조절 뿐만 아니라 공정 디자인이 필수적이며 소재 설계부터 공정기술까지 연구가 필요하다. 주조 결정립 제어 고강도/고인성 Valve Casing의 주조해석은

1. (재)자동차융합기술원, 연구원

2. ㈜진흥주물, 상무

교신저자: (재)자동차융합기술원, 선임연구원, E-mail: ydongy812@jiat.re.kr

합금성분/응고속도별 기계적 물성을 확인하고 주조응고/유동해석 기반 주조결함 예측을 통한 사형주조 공정변수를 최적화하였다. 또한, 접종제 및 구상화제의 투입 방법에 따른 결정립 미세화 변화 양상을 확인하고 응고해석을 통한 주조방안 설계를 검증하였다. 중자는 제외하고 해석을 진행했으며 TOP RISER 사이즈별 기존 및 상하반전 방안으로 해석을 진행하였다.

표1. 해석조건

재질 (FCD)	단중 (kg)	CAV	주입중량(kg)(회수율)			MESH	주입 온도	주입 시간
			B11	B9	B7			
500	32.3	2	102(63%)	94(68%)	90.7(71%)	1,000만	1,400℃	16초

3. 결과 및 고찰

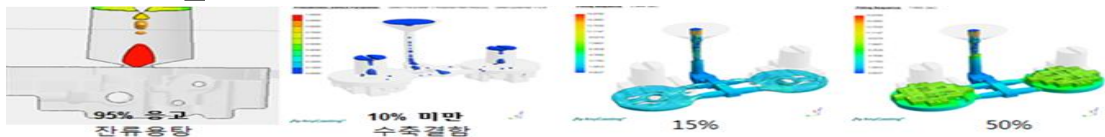


그림1. 응고해석 및 유동해석 결과

그림1의 상하반전 방안 응고해석결과 B11 사이즈별 / Ø30 NECK 사이즈 일 때 소재 내 용탕 고립지역이 없으며 뚜렷하게 수축확률을 보이지 않고 전체적으로 10% 미만의 결함확률로 가장 양호하다. 상하반전 방안 NECK 사이즈별 경우 베어링 조립부의 매움처리를 하지 않기 위해서 압탕 위치를 이동하여 응고해석을 추가로 진행하였고 양쪽 CAV의 압탕 위치는 서로 다르며 좌측 CAV가 우측에 비해 양호하다. NECK 사이즈별 비교했을 시 Ø30의 경우가 제일 양호하며 해당 방안으로 금형제작이 가능하다. B11 사이즈의 유동해석에서 Filling Sequence는 양쪽 CAV가 모두 균일하게 용탕 충전이 되었으며 주입시간은 15.8sec로 측정되었다. 인장강도 및 연신율을 측정하였으며 또한, 브리넬 경도시험을 진행하였다. 측정결과 인장시험 5개 시료중에서 2개 시료만이 700MPa 이상 측정되었다. 연신율은 5개의 시료 중에서 4개의 시료가 7%이상 도달하였으며 경도는 5개 시료 모두 결과치 이상 도달하였다.

4. 결론

Valve Casting을 개발하기 위해 초기시험으로 응고해석과 인장시험을 진행하였으며 응고해석 시 TOP RISER를 적용하지 않고 칼퍼 방안만 적용했을 시 용탕응고는 소재 내부에서만 진행되며 결함 확률도 10~60% 정도 소재 내부에 존재하므로 부적절 하다고 판단되어 NECK 사이즈별 조립부에 매움처리를 하지 않고 압탕 위치를 이동하여 해석을 추가로 진행한 결과 결함확률이 10% 미만으로 양호하게 나왔고 보완하여 물성치를 재측정할 것이다.

5. 후기

본 과정은 전라북도 R&D지원사업의 지원(2018-가-4)에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

- [1] J. H. Yu, H.R. Lee, J. A. Joo, Y. J. Hwang, B. S. Shin, S. H. Park, 2016, Study on Effects of Foam-Filter for Reduction of Air- Trapping in Large-Size Sand Gravity Casting, Vol. 33, No. 6, PP. 469-475
- [2] J. I. Yoon, J. H. Moon, J. J. Lee, 2015, Solidification Analysis Characteristics of Back Flow Prevention Check Valve, Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 19, No. 3, pp. 69-74
- [3] D. M. Kang, 2017, Solidification Analysis of Car Turbo Charger Casting Part using CAE, KSMPE, pp.53

극후판 CrMoV 리액터 단관의 굽힘 가공 설계

권일근¹

Design of Press brake Process for Cr-Mo-V Heavy Wall Reactor

I. K. Kwon

Abstract

Cr-Mo-V 극후판 리액터의 제작시에 단관의 분할 방안은 전체 생산 원가에 큰 영향을 미친다. 특히 리액터의 길이 방향의 분할 개수는 그 영향이 크며 분할 단관의 길이를 가능한 크게 함으로써 용접 및 취부 작업 비용을 낮출 수 있다. 그러나, 단관의 분할 길이가 길수록 벤딩 작업시 성형 하중이 증가하므로 굽힘 가공 온도, 프레스 최대 하중을 고려해서 굽힘 작업이 가능한 최대 절단 길이를 결정하는 것이 요구된다. 본 연구에서는 CrMoV 재질 단관의 굽힘 가공시 굽힘 하중 예측 정확도 확보 차원에서 두께 195mm, 분할 길이 2m 내외인 2.25Cr-1Mo-0.25V 합금강 리액터 제품을 대상으로 온간 굽힘 가공에 대하여 목업 시험을 실시하였다. 목업 시험에서 측정된 성형 하중과 성형 해석 결과를 비교하여 향후에 리액터 단관의 분할 방안 설계시 성형 해석을 이용한 성형 하중 평가의 타당성을 확인하였다.

Key Words : Cr-Mo-V Reactor(CrMoV 반응기), Segmented Shell(분할 단관), Press brake(굽힘 가공), Forming Load(성형 하중), Forming simulation(성형 해석), Mockup test(목업 시험)

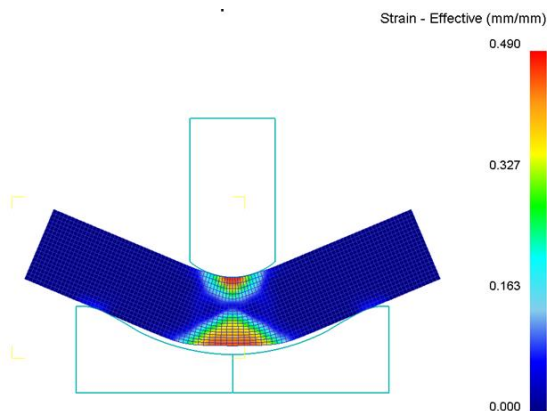


그림 1 리액터 단관의 굽힘 가공 해석

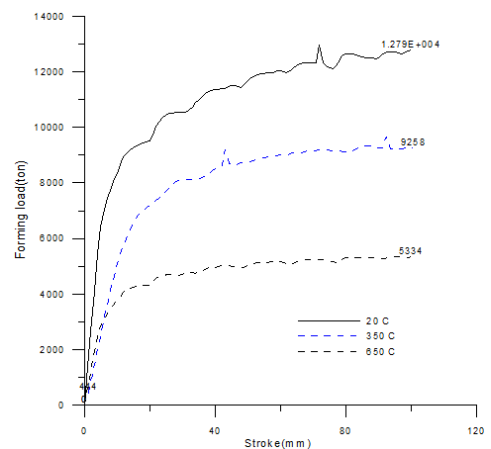


그림 2 소재 온도별 성형하중

1, # 교신저자: 동의과학대학교, 교수, E-mail:kik@dit.ac.kr

초고강도 체결용 부품의 제조 방법에 따른 기계적 물성 및 체결 특성 평가

이인제¹, 송승우², 이유환[#]

Evaluation of the Mechanical and Fastening Properties on the Super High Strength Fasteners according as the Manufacturing Processes

I. J. Lee, S. W. Song, Y. H. Lee

Abstract

차량 중량 감소 및 연비 향상의 요구에 따라 거의 극한에 이르는 엔진 다운사이징이 요구되고 있는 것이 현실이다. 그러나 엔진의 중량 또는 부피 감소와는 반대로 고출력이 요구되기 때문에 엔진 부품은 높은 부하 또는 열악한 작동 환경에 놓여있게 된다. 따라서 엔진의 주요 요소를 연결하는 체결 부품은 지속적인 중량 감소 및 높은 내구성이 요구되고 있다. 이에 따라 국내/외 주요 체결 부품 제조사는 다양한 종류의 초고강도 체결 부품 개발에 경주 중이다. 체결 부품에서 가장 중요한 요소는 최초 설계 단계 또는 구동 환경 중 가해지는 진동 및 외력에 대한 저항성 확보 및 부품의 결합 유지 목적으로 정확한 체결이 이루어져야만 한다.

그러나 정확한 체결 조건을 선정하기 위해서는 해당 체결 부품의 체결 특성을 잘 이해하여야 하며, 그 체결 특성은 체결 부품의 기계적 특성으로부터 결정된다는 것은 두말할 나위가 없을 것이다. 또한 체결 부품의 기계적 특성은 합금 성분과 열처리 및 기타의 제조방법에 따라 결정되기 때문에 최적의 체결 조건에 대한 이해 및 설정을 목적으로 하는 경우, 상기 나열된 거의 모든 부분을 이해함으로써 정확한 정보가 얻어질 수 있을 것이다.

따라서 본 연구발표에서는 동일한 초고강도 즉, 인장강도 1400MPa 수준을 가지면서 서로 다른 제조공정에 따라 제조된 두 가지 체결 부품에 대한 기계적 특성과 각각의 체결 특성에 대한 평가 결과에 대하여 논의될 것이다. 이것은 통상 최종 quenching 및 tempering 열처리를 거치지 않는 비열처리형 체결 부품과, quenching 및 tempering 열처리를 거쳐 제조되는 열처리형 체결 부품에 대하여 주요한 기계적 특성을 평가하고, 실제 체결에 요구되는 다양한 특성을 평가함으로써 체결 특성에 미치는 다양한 기계적 특성의 효과 및 상호관계가 고찰될 것이다.

Key Words : Super High Strength(초고강도), Fastener(체결 부품), Engine Bolt(엔진 볼트), Clamping force(체결력), Microstructure(미세조직)

1. 태양금속공업(주) 기술연구소 소재연구실/팀, 주임
2. 태양금속공업(주) 기술연구소 소재연구실/팀, 사원
#. 태양금속공업(주) 기술연구소 소재연구실/팀, 부장,
E-mail: youhwan.lee@taeyangmetal.com

플라즈마 전자빔을 이용한 금속 적층 제조 공정의 재용융 해석 모델 개발

안동규^{#1} · 이호진¹ · 쉐아빗리¹

Development of Re-melting Analysis Model for the Metal Additive Manufacturing Process Using Plasma Electron beam

D.G. Ahn, H.J. Lee, B.L. Chua

Abstract

금속 적층 제조 공정 기술에 대한 수요가 증대됨에 따라 적층 공정 개발과 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 국내에서 플라즈마 전자빔을 이용한 분말 베드 용해형 금속 적층 제조 공정이 제안되었다. 플라즈마 전자빔을 이용한 분말 베드 용해형 금속 적층 제조 공정은 예열, 적층 및 재용융 단계를 순차적으로 진행되어 적층을 수행하는 공정이다. 재용융 단계는 일정한 두께를 가지는 적층부에 집속된 전자빔을 조사하여 국부적으로 재용융하여 적층 제품의 밀도, 표면 품질 및 기계적 특성을 개선하기 위하여 제안되었다. 그러나 재용융시 전자빔의 출력, 시편의 이송속도 및 적층부의 두께에 따라 용융 특성이 변화하기 때문에 이 변수들의 영향성을 분석하기 위한 연구가 필요하다. 이 연구에서는 플라즈마 전자빔을 이용한 금속 적층 제조 공정의 재용융 해석 모델을 개발하여 재용융 공정의 특징을 고찰하고자 한다. 플라즈마 전자빔을 이용한 금속 적층 제조공정은 분말 베드 용해형 적층 제조 공정이다. 이를 고려하여 해석 모델을 기저부와 적층부로 나누어서 설계 하였다. 기저부와 적층부의 재료는 각각 SM45C 및 Stellite21 이다. 해석 변수로 적층부의 두께와 시편 이송속도를 선정하였다. 해석에 적용된 적층부 두께의 범위는 0.5 mm - 5.0 mm 이며 이송속도는 0.5 mm/s - 10 mm/s 이다. 해석 모델에 적용된 이동열원은 Fortran 으로 코딩하여 ABAQUS user subroutine 인 DEFLUX 로 연동하여 사용 하였다. 제안된 해석을 이용하여 재용융 단계 열전달 해석을 수행하였다. 해석 결과를 이용하여 적층 두께 및 이송속도에 따른 재용융 풀의 지수변화를 분석 및 고찰 하였다. 또한 이 결과들을 이용하여 재용융 공정에서의 주요 결함 모드인 적층부 절단 비용융과 재용융 공정변수와 상관관계를 분석하였다. 최종적으로 플라즈마 전자빔을 이용한 분말 베드 용해형 금속 적층제조 공정에 적합한 재용융 조건을 제시하였다.

Key Words : Re-melting, Moving heat source, Heat transfer analysis, FEM, Metal additive manufacturing

1. 조선대학교 기계공학과

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

초고장력강판 전단용 금형의 내구성에 미치는 금형 강종 및 슬라이드 모션의 영향

허재영[#] · 윤국태¹ · 송재선¹ · 박춘달¹ · 이재동¹ · 신현일² · 조준행²

The Effect on Die Material and Slide Motion Control on the Durability of Shear Die for Ultra High Strength Steel

J. Y. Heo, K. T. Youn, J. S. Song, C. D. Park, J. D. Lee, H. I. Shin, J. H. Cho

Abstract

자동차 경량화를 위한 차체용 초고장력강판 적용이 점차 확대되고 있으며, 이에 따른 프레스 성형 후 트리밍을 위한 전단 금형의 wear, chipping, cracking 등 결함이 증가하고 있어 고성능의 전단 전용 금형 재료가 적용 및 검토되고 있다.

본 연구에서는 1.5GPa 급 초고강도강판 전단용 국내외 냉간금형 소재와 각 강종별 열처리에 따른 미세조직, 경도 및 충격시험 그리고 마모시험을 통한 특성 등을 분석하고, 전단시험 금형을 통해 직접 타발시험을 실시하여 전단내구성을 평가하였다.

전단금형 소재는 각 소재공급사에서 권장하는 열처리 공정을 기준하여 Austenitizing 및 Tempering 을 실시하였으며, 광학 및 주사전자현미경을 통한 미세조직 관찰과 로크웰 경도를 확인하였다. 또한 전단금형의 특성상 인성의 중요도가 높을 것으로 예상되어 10R notch 샤르피 충격시험을 실시하였다. 수명 비교 모사시험을 위해 Al₂O₃ Ball 상대재를 활용하여 Ball on Disc 마모시험과 각 금형 강종별로 Pin 을 별도로 제작하여 초고강도강판에 대한 Pin on Disc 마모시험을 수행하였다. 또한 200 톤 Servo Press 및 NC Feeder 기를 활용하여 1.5GPa 초고장력강판을 연속 전단하는 실제 전단 타발시험을 실시하여 전단인부의 마모도와 chipping, cracking 등을 비교 고찰하였다. 전단 모션은 일반적인 crank 모션과 Servo Press 의 모션제어를 통해 전단시점 속도를 5 spm 까지 저속화하여 타발하는 방식의 효용성을 검토하였다.

일반적으로 경도가 높아지면 인성은 떨어지지만 열처리 공정에 의한 미세 carbide 의 matrix 내 고른 분포 등 미세조직의 최적화로 경도와 인성을 동시에 확보함으로써 전단내구성을 확보할 수 있었다. 마모시험 후 마모 감량, 마모 트랙의 폭 및 깊이를 측정된 모사시험 결과와 전단 타발시험에 의한 비교평가에서 1.5GPa 급 초고장력강판 전단내구성을 100,000 타 이상 확보할 수 있는 강종을 선별하고, 타발 모션제어를 통해 수명을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

Key Words : UHSS(Ultra high Strength Steel), Wear Test, Shear Test, Impact Test

Acknowledgment : 본 연구는 산업기술혁신사업(과제명 : 1.5GPa급 초고강도 차체부품 변형제어 냉간 정밀 프레스 성형 기술 개발, 과제번호 : 10053026) 및 지역주력산업육성사업(과제번호: P0002501)의 일환으로 수행되었습니다.

1. 대구기계부품연구원
2. ㈜세원물산
DMI, E-mail: jyheo@dmire.kr

극박판 스테리스 판재의 점진적 성형공정 특성

정문성¹· 이건일¹· 이준호¹· 유제형²· 정규석²· 이창환^{1, #}

A study on the incremental forming process of the ultra thin stainless steel sheets

M. S. Jung, K. I. Lee, J. H. Lee, K. S. Jung, C. W. LEE

Abstract

극박판 스테인리스 판재는 스마트폰, 오디오 등 각종 전자기기와 통신기기의 소형화 및 경량화에 필수인 재료 중 하나이다. 극박판 스테인리스 판재는 재료의 낮은 연신율로 일반적인 판재 성형이 어려운 실정이다. 재료의 성형성을 극대화 하기 위해 점진적 성형 공정을 적용하여 재료의 성형성을 분석 하였다. 점진적 성형 공정은 툴이 이동하면서 소재와 접촉하는데, 여기서 발생한 반력으로 소재에 작은 변형이 누적된다. 툴이 원하는 경로를 따라 이동하면서, 변형이 누적되어 판재는 원하는 형상으로 성형된다. 스테인리스 극박판을 이용한 점진적성형은 성형조건에 따라 형상 내 주름부터 완전 파단까지 성형성에 있어서 큰 차이가 나타난다. 성형성을 높이기 위해서는 공구 직경, 각도, 소재두께, 이송속도, 스핀들 속도 등 다양한 변수를 고려해야한다.

본 연구에서는 SUS304 극박판 소재를 이용하여 점진적성형 실험을 수행하였다. 제품의 형상은 sine법이 적용가능한 원뿔로 선정하였다. 먼저, 원 뿔 형상의 성형 각도 변화에 따른 실험을 하였다. 3축 CNC를 이용하여 원뿔의 각도는 30도~70도까지, 소재의 두께는 0.03~0.1mm까지 변화시키며 성형하였다. 그리고 공구 직경에 따른 성형성 실험을 진행하였다. 공구 직경을 4mm, 8mm, 10mm로 변경하며 최적의 성형조건을 만족하는 적절한 공구 직경을 찾는 실험을 하였다. 이송속도(feed rate), 스핀들 속도에 따른 성형성 실험을 하였다. 이송속도를 800~1200rpm 스핀들 속도를 500~6000rpm까지 변화시키며 소재 두께에 따라 반복적으로 성형함으로써 SUS304 극박판의 점진적 성형성을 파악하였다.

실험 결과, 각도가 낮을수록 소재의 두께가 두꺼워질수록 성형성이 좋았고 공구직경은 8mm일 때, 이송속도는 1600rpm, 스핀들 속도는 6000rpm일 때 성형성이 우수했다. 마지막으로 소재의 크기가 클수록 성형 후 발생하는 스프링백이 적었다.

Key Words : Incremental Forming, Thin Sheet metal, SUS304 Sheet, Syllus, Tool Path, Feed rate, Spindle Spring back, 3axis CNC machine

후 기

이 논문은 서울과학기술대학교 CK-II 21세기 다빈치형 인재양성사업단 지원에 의하여 작성되었음

1. 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

2. 서울과학기술대학교 기계디자인금형공학과

교신저자: 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과,

E-mail: cwlee@seoultech.ac.kr

판재의 인장/압축 시험용 좌굴방지 장치개발

박진기^{1#}, 송재선¹, 윤국태¹, 박춘달¹

Development of bucking prevention device for Cyclic Tension and Compression Test of Sheet Metal

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

Abstract

Recently, as global warming and environmental pollution become a social issue, demand and sales of electric vehicles are increasing in the automobile industry. As results, ultra high strength steels and non-ferrous metals such as aluminum and magnesium have been actively applied in order to satisfy the demand for weight reduction on the vehicle body. There are various problems such as wrinkles, breakage, and mold wear when cold forming of aluminum and ultrahigh strength steel, and springback is recognized as the most important issue for shape fixability. Numerous studies have been conducted to accurately predict springback. In particular, the YU model is widely used for precise springback prediction through sheet metal press forming simulation. The material constants of the YU model are obtained by cyclic test of tension and compression; however it is difficult to obtain accurate material constants due to the buckling occurring in the compressing test of the sheet metal. In this study, cyclic tension and compression tests were performed by installing a simple jig on the uniaxial tensile test machine and the test results were compared with the test results of various dedicated test machine.

Key Words : Cyclic Tension and compression, Sheet metal, Springback, YU model, buckling,

1. 서론

최근 지구온난화와 환경오염이 사회적 이슈로 부각되면서 자동차 산업에서는 전기자동차 수요와 판매가 증가하고 있으며, 이에 따라 차체 경량화 요구를 만족시키기 위해 알루미늄, 마그네슘 등과 같은 비철금속과 초고강도강의 적용이 활발히 추진되고 있다. 알루미늄과 초고강도강 등의 냉간 성형시에 주름, 파단, 금형 마모등의 다양한 문제들이 있으며 특히 스프링백은 형상동결성을 위한 가장 중요한 요소로 인식되고 있다. 스프링백을 정밀하게 예측하기 위해 많은 연구들이 진행되고 있으며, 특히 성형해석을 통한 정밀한 스프링백 예측을 위하여 YU[1] 모델이 널리 사용되고 있다. YU모델의 재료 상수는 인장/압축의 반복시험을 통해 얻어지는데, 판재의 면내 압축 시험 중에 발생하는 좌굴 때문에 정확한 재료 상수를 구하기가 쉽지 않다. 좌굴을 방지하면서 압축 시험을 하기 위한 방법에는 크게 두 가지 방법이 있는데, 면외 방향 즉 판재의 두께 방향으로 하중을 부여하여 좌굴을 방지하는 방법과[2] 두께 방향으로 변위 구속을 하여 좌굴을 억제 하는 방법이[3] 있다. 첫 번째 방법은 판재의 수직 방향으로 하중을 부여하여 좌굴을 용이하게 제어 하여 비교적 안정적으로 시험을 할 수 있고 상대적으로 큰 압축 변형률을 구현 할 수 있다.

1. 대구기계부품연구원, 선임연구원

교신저자: 대구기계부품연구원, 선임연구원, E-mail: caepark@dmire.kr

그러나 고가의 전용 장비를 구매하거나 별도의 장치를 구성해야 하는 불편함이 있으며, 시험 소재에 따라 적절한 좌굴 방지 하중을 시행착오를 통해 구해야 하는 번거로움이 따른다. 반면, 두께 방향으로 변위구속을 하는 방법은 인장시험기에 변위구속 장치를 부착하여 시험하는 방법으로 비교적 시험방법이 간단하나, 대변형의 인장/압축 데이터를 확보하기가 어려우며, 변위 구속 방법에 의해 평면변형 압축모드가 발현되거나 좌굴이 발생할 여지가 높다. 본 연구에서는 두께 방향 변위구속 방법을 적용한 간단한 시험지그를 구성하여 여러 가지 금속판재에 대해 인장/압축 반복 시험을 수행하였다. 또한, 상용으로 사용되는 인장/압축 시험기로 동일한 시험을 수행하여 그 결과를 비교 평가하였다.

참고문헌

- [1] F. Yoshida, T. Uemori, 2002, A model of large-strain cyclic plasticity describing the Bauschinger effect and workhardening stagnation, *Int. J. Plast.*, vol. 18, pp. 661~686
- [2] T. Kuwabara, Y. Kumano, J. Ziegelheim, I. Kurodaki, 2009, Tension-compression asymmetry of phosphor bronze for electronic parts and its effect on bending behavior, *Int. J. Plast.*, vol. 25, pp. 1759~1776.
- [3] S. Toros, 2016, Parameters determination of Yoshida Uemori model through optimization process of cyclic tension-compression test and V-bending springback, *L. A. J. Sol. Struc.*, vol. 13, pp. 1893~1911

탄소 발열사 이중압출코팅 및 소재 배합기술에 관한 연구

성소희¹ · 성도현² · 문지훈[#] · 김정호[#]

A Study on the technology of double extrusion coating and material mixing of carbon heater

S. H. Sung, D. H. Sung, J.H. Moon, J. H. Kim

Abstract

Recently, functional heating products (exothermic mat, outdoor clothing, heating sheet) utilizing carbon heat-generating fibers with high thermal conductivity have been widely developed and applied in various fields. It is coated with polyethylene (PE) resin in order to secure the protection of the carbon heating fiber and the electric insulation, and the graphite dispersion technology is applied to the PE material to apply the graphite dispersion technique to the material and silicon to maximize the thermal conductivity, Development. In order to solve the problem of the flexibility of the carbon heating functional mat, a coating technique using a double extrusion device is secured in order to apply the nano carbon material dispersion technology.

Key Words : Carbon heating, Double extrusion, Quilting, Carbon coating

1. 서론

최근 열전도율이 높은 탄소 발열섬유를 활용한 기능성 온열제품 (ex. 발열매트, 아웃도어 의류, 난방시트)이 다양한 분야에서 폭넓게 개발되어 적용되고 있다. 탄소발열사의 보호 및 전기 절연성을 확보하기 위해 폴리에틸렌(PE) 수지로 코팅하며, PE 소재에 그래파이트 분산 기술을 적용하여 열전도율을 극대화하기 위한 소재 및 실리콘에 그래파이트 분산 기술을 적용하여 저주파가 발생하는 기능성 소재 개발을 진행한다. 또한, 탄소발열 기능성 매트의 유연성 문제점을 해결하기 위해 나노 탄소소재 분산 기술을 적용하기 위해 이중압출장치를 적용한 코팅기술을 확보하고, 최종적으로 에너지효율 향상 및 기능성 탄소 발열사를 원하는 패턴으로 디자인 가능한 퀼팅 기술을 적용하고 생산성 증대하기 위해 싱글헤드-멀티퀼팅 방식으로 원하는 원단에 다양한 패턴으로 직접 퀼팅 하여 제품군에 적용 가능한 공정 기술을 개발하고자 한다.

2. 실험방법

탄소 발열사에 최적화된 배합 연구를 위해 PE 수지에 Graphite 를 분산하여 압출코팅의 온도압출 컨트롤을 통한 수지 Flow 및 Melting point 를 개선한다. 카본재료를 실린더에 부착된 호퍼에 넣어서 회전하는 스크루에 의해서 열을 공급받아 가열, 용융이 이루어져 일정한 형상을 연속적인 길이 방향으로 탄소 발열사를 생산할 수 있는 연구를 통해 기어의 회전에 의하여 정확한 양의 수지를 공급하고, 제어를 통해 최종 다이(die)에 공급하는 것으로 일정한 분산배합과, 발열사 두께의 치수 정밀도를 생산 할 수 있는 공정기술을 연구한다.

1. (주)에스에이치테크, 대표, E-mail:shtech2011@naver.com

2. (주)에스에이치테크, 선임연구원, E-mail:danke911@naver.com

(재)경북하이브리드부품연구원, 선임연구원, E-mail:rainbow@ghi.re.kr

(재)경북하이브리드부품연구원, 책임연구원, E-mail:jhmun@ghi.re.kr



Fig 1. Combination of carbon heating material and double extrusion process

3. 결과 및 고찰

탄소발열사 텐션 제어를 위해 장비를 활용하여 퀀팅시험을 실시하였다. 이후 발열사가 디자인될 수 있도록 데이터 값을 획득하였다. 시제품에 관한 온도상승 시험에 전류, 전압, 저항을 측정하여 탄소발열사 열 손실을 최대한 줄일 수 있도록 열전도를 개선하였다.

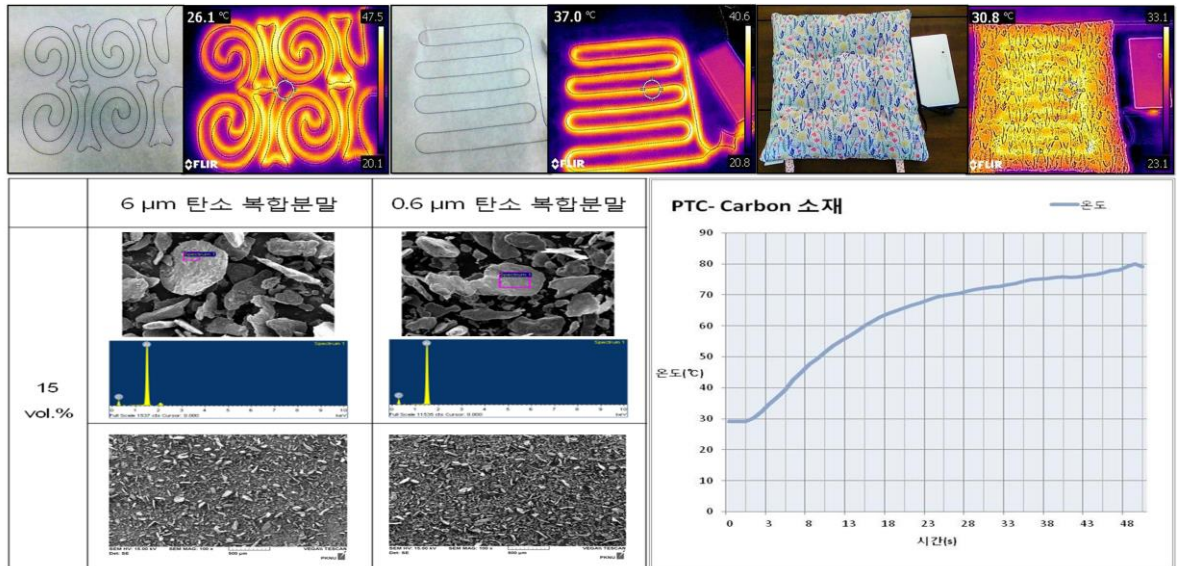


Fig 2. Temperature change by carbon mixture ratio

4. 결론

탄소복합분말소재 배합 및 압출후 배터리DC 5V, 2A의 열분포도를 보면 최초 10sec 일 때 50~55℃ 까지 올라 갔으며 30sec 경과시 80 ℃까지 열분포가 형성되었다

후기

이 연구는 논문은 산업통산자원부에서 지원하는 지역주력산업육성사업(R0005161)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

M.P. Wagner, "Rubber Technology", ed by M. Mor-ton p86, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987



사단
법인

한국소성가공학회

2018 년도 추계학술대회

◎ 조 직 위 원 장 : 전 만 수 부회장 (경상대학교)