

2016 한국생산제조시스템학회 춘계학술대회

장소 | **DCC-대전컨벤션센터**

일시 | **2016년 4월 27일(수) ~ 29일(금)**

2016년 4월 27일(수) : 리셉션

4월 28일(목) : 논문발표, 특별세션(R&D 성과발표), 명사초청강연, 산업체 콜로퀴움,
드론경진대회, 생산제조기술혁신대회, 생산제조기술 포럼, 만찬 및 시상식

4월 29일(금) : 논문발표, 생산제조기술혁신대회, Manufacturing Tutorial, 특별강연

주요 행사

- 논문발표(구두 및 포스터)
- 특별세션(R&D 성과발표)
- 명사초청강연
- 산업체 콜로퀴움
- 만찬 및 시상식
- Manufacturing Tutorial
- 생산제조기술혁신대회(전시회)
- 생산제조기술 포럼
- 리셉션
- 드론경진대회
- 특별강연

발표 부문

- 첨단공작기계
- 초정밀/나노가공
- 로봇 및 자동화
- 금형 및 공구
- 광에너지응용
- IT-BT 융합 시스템
- 진동 및 제어
- 나노마이크로시스템
- 그린생산시스템
- 설계 및 CAE
- 해양플랜트
- 메디컬
- 프린터블일렉트로닉스
- 그린에너지응용
- 탄소융합
- 특별세션
- 기타



www.ksmte.kr

KSMTE
한국생산제조시스템학회

2016 한국생산제조시스템학회 춘계학술대회

장소 | DCC-대전컨벤션센터

일시 | 2016년 4월 27일(수) ~ 29일(금)

2016년 4월 27일(수) : 리셉션

4월 28일(목) : 논문발표, 특별세션(R&D 성과발표), 명사초청강연, 산업체 콜로퀴움,
드론경진대회, 생산제조기술혁신대회, 생산제조기술 포럼, 만찬 및 시상식

4월 29일(금) : 논문발표, 생산제조기술혁신대회, Manufacturing Tutorial, 특별강연

주요 행사

- 논문발표(구두 및 포스터)
- 특별세션(R&D 성과발표)
- 명사초청강연
- 산업체 콜로퀴움
- 만찬 및 시상식
- Manufacturing Tutorial
- 생산제조기술혁신대회(전시회)
- 생산제조기술 포럼
- 리셉션
- 드론경진대회
- 특별강연

발표 부문

- 첨단공작기계
- 초정밀/나노가공
- 로봇 및 자동화
- 금형 및 공구
- 광에너지응용
- IT-BT 융합 시스템
- 진동 및 제어
- 나노마이크로시스템
- 그린생산시스템
- 설계 및 CAE
- 해양플랜트
- 메디컬
- 프린터블일렉트로닉스
- 그린에너지응용
- 탄소융합
- 특별세션
- 기타

www.ksmte.kr

KSMTTE
한국생산제조시스템학회



“이 발표논문집은 2016년도 정부재원(과학기술진흥기금 및 복권기금)으로
한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 발간되었음”

“This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology
Societies(KOFST) Grant funded by the Korean Government.”



KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2016

과학과 미래의 도시 DCC 대전컨벤션센터에서 오는 4월 27일부터 29일까지 2016년도 한국생산제조시스템학회 춘계학술대회를 개최하게 되었습니다, 생산제조시스템 분야의 전문가 및 연구자 여러분을 정중하게 초대합니다.

본 춘계학술대회에서는 모두가 인식하고 있는 우리나라 제조업의 위기상황을 극복하고자 산·학·연 전문가를 초청하여, 최근 기술 정책 및 미래 신기술을 소개하고자 합니다. 또한 산·학·연의 협력을 통한 생산제조기술의 혁신을 이루고자 다양한 분야의 연구개발 사례와 혁신기술을 소개하고, 회원님들께서 연구하신 생산제조기술에 관한 학술적 결과를 발표하고 토론할 수 있는 기회를 제공하고자 합니다.

이번 학술대회에서는 250여편의 논문발표를 비롯한 생산제조기술혁신대회-전시회, Manufacturing Tutorial, 드론경진대회, 산업체 콜로퀴움, 산학정책위원회 특별강연, 명사초청강연 및 생산제조기술 포럼 등의 다양한 행사가 진행됩니다. 생산제조기술혁신대회-전시회에서는 50여개의 기관이 참가하여, 산업체 콜로퀴움을 비롯한 여러기관들의 생산제조 연구기술을 소개합니다. Manufacturing “조정밀 광 기계기술”이라는 주제로 4분의 강연을 준비하였습니다. 산학정책위원회 특별강연은 산학정책위원회의 김창훈 위원장을 비롯한 총 5분의 전문가가 “R&D와 사업화 전략”이라는 주제로 강연을 진행 할 예정이며, 명사초청에서는 “중소중견기업 정책패러다임 전환”을 주제로 한 중소기업 차장님의 강연이 진행 될 예정입니다.

특히, 금번 학술대회에서는 산업통상자원부 이규봉 과장의 “스마트팩토리 제조기술의 전개”와 한국기계연구원 이창우 박사의 “3D 프린팅 제조기술의 전개”를 주제로 “생산제조기술 포럼”을 개최 할 예정입니다.

끝으로, 이번 학술대회에 참석해주신 회원님들과 생산제조기술 분야 종사자 모든 분들께 학회를 대신하여 깊이 감사드립니다. 또한 대회 준비에 수고하시고 도움을 주신 조직위원회, 학술·총무 분과위원회 위원님들과 오랫동안 이번 학술대회 준비에 만전을 기한 사무국 직원들의 노고에도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

2016년 4월

사단법인 한국생산제조시스템학회

회장 장 동 영

2016 춘계학술대회

조직위원장 강 신 일

목 차

4월 28일 [목]

● Track 1 : 탄소부품소재

CNT 도포에 따른 전자파 차폐 성능 분석	3
전술아, 신희재, 김유빈, 김경수, 김홍건, 박이구(전주대학교)	
수분함량에 따른 탄소복합재의 기계적 특성 저하 분석	4
김유빈, 신희재, 알렉산드레, 전술아, 권진영, 김홍건(전주대학교)	
탄소섬유 윈드서핑 마스트의 성형방법에 따른 기계적 물성분석	5
고선호, 알렉산드레, 김유빈, 김경수, 전술아, 김용택, 박이구(전주대학교)	
금속메쉬 응용 탄소복합재의 전자파차폐 특성 분석	6
이민상, 이정진, 이준형, 김경수, 박이구, 김홍건(전주대학교)	

● Track 1 : 100nm-100um급 복합표면구조 금형 가공 및 성형기술 개발

구조색 구현을 위한 다단 나노구조 가공 및 사출성형	7
유영은(한국기계연구원), 이상원(한국기계연구원, 서울과학기술대학교), 김정환, 윤재성, 최두선(한국기계연구원), 김선경(서울과학기술대학교), 김종수(네오나노텍)	
금형내압제어 사출성형의 마이크로 패턴 전사성 향상 해석	8
박성호, 유형민, 이우일(서울대학교)	
원형 나노구조물을 이용한 표면의 광학적 특성 제어에 관한 연구	9
여은주(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교(UST)), 육근무(한국기계연구원), 김정환, 유영은, 윤재성(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교(UST))	
다양한 광원에 따른 거울반사구조색 효과	10
장웅기, 김병희, 서영호(강원대학교)	

● Track 1 : 나노-마이크로 스케일 코팅/성형 공정 및 응용

전도성 코팅 PTFE 멤브레인을 이용한 선택적 이온 이송 제어 연구	11
김정환(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 조상훈, 정선아(한국기계연구원), 윤재성, 유영은(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교)	
열전도성 복합재료 LED Lighting Module의 방열특성에 관한 해석적 연구	12
박시환(울산과학기술대학교), 조재혁, 김태양((주)아데소), 유영은(한국기계연구원)	
코팅층을 이용한 그래핀 전사공정 개발 및 특성 분석	13
권기환(연세대학교), 유영은(한국기계연구원), 강신일(연세대학교), 김명호(한남대학교)	
초음파 융착 및 기계적 접촉에 의한 마이크로 채널 패키징	14
이상원(한국기계연구원, 서울과학기술대학교), 정령진, 김진환, 한상빈(한국기계연구원), 김선경(서울과학기술대학교), 유영은(한국기계연구원)	
나노입자의 적층을 통한 나노입자 멤브레인 제작 및 수렴한적 특성에 관한 연구	15
넌 티 푸영, 김정환, 최두선, 유영은, 윤재성(한국기계연구원(KIMM), 과학기술연합대학원대학교(UST))	

◎ Track 2 : 모바일 공작기계 핵심기술

모바일 가공시스템을 위한 다공구 밀링가공에서의 절삭력 저감효과	16
허세곤, 심종엽, 황주호, 노승국(한국기계연구원)	
3차원 공간좌표측정을 위한 레이저 트래킹 기반 다중 절대거리측량	17
김승만, 오정석(한국기계연구원), 이근우, 한성흠, 장윤수, 김승우(한국과학기술원)	
모바일 가공시스템 인치웜 방식 이송기구의 성능평가	18
김창주, 윤진원, 노승국(한국기계연구원)	
모바일 가공 측정 및 보정을 위한 간이 테스트베드 구성	19
김동훈, 송준엽(한국기계연구원)	

◎ Track 2 : 미래산업 먹거리를 위한 해양플랜트 산업 I

Tension Leg Platform(TLP) Tendon 파이프 용접 자동화 시스템	20
박재홍, 배성택, 안창민, 강지원, 이종각((주)동주웰딩), 문형순(한국생산기술연구원)	
선박용 배연 탈질 시스템 개발 동향	21
서문혁, 천상규((주)파나시아), 김남경, 임동하(한국생산기술연구원)	
Mini LNG 플랜트 기술 개요 및 동향	22
임동하, 이영철, 박경태(한국생산기술연구원)	
고농도 염수 및 해수에 적용 가능한 비멤브레인형 수처리 플랜트 기술개발	23
이주동, 강경찬, 홍상연, 조성준, 김동현(한국생산기술연구원)	
Loop System 적용을 위한 다상유동 Separator 설계에 관한 연구	24
정재훈(경남과학기술대학교(원)), 오성룡, 김숙희, 이용훈(태경중공업(주))	

◎ Track 2 : 미래산업 먹거리를 위한 해양플랜트 산업 II

해양환경용 차세대 경량 고분자 복합소재의 기계적 특성	25
강영정, 장광주, 이규창, 이영철(한국생산기술연구원)	
아킬레스를 통한 PQ문서 생성 및 해양플랜트 벤더등록 절차	26
이규창, 장광주, 강영정, 이영철(한국생산기술연구원)	
해양플랜트용 고인성 주강소재의 열처리에 따른 기계적 특성	27
장광주, 이규창, 강영정, 이영철(한국생산기술연구원)	
Single Point Mooring 제어시스템의 동적모사 및 원격모니터링 시스템	28
김민주, 백대현, 이승민, 문형순(한국생산기술연구원)	
비전통자원기술 실증 플랫폼 융합클러스터 소개	29
김영주, 우남섭(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	
2단 In-line 타입 해저 세퍼레이터 설계 연구	30
우남섭, 김영주, 김현지(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	

◎ Track 3 : 탄소융합 I

탄소섬유 와인딩을 이용한 송전암 제조 및 시험에 관한 연구	31
신현충, 김 신(한국탄소융합기술원)	
반응융합을 이용한 나일론/탄소섬유 복합재 성형 및 특성 연구	32
허몽영, 이학성, 김선율, 강신재(한국탄소융합기술원), 기현준, 윤석일(상명대학교)	
석고-탄소섬유 복합재료 제조 및 특성평가	33
박나라((재)한국탄소융합기술원, 고려대학교), 신현충((재)한국탄소융합기술원), 이병현 (한국과학기술연구원), 이재철(고려대학교), 송준혁((재)한국탄소융합기술원), 강신재(전북대학교)	
3D 프린터용 CNT-고분자 복합재 필라멘트 개발	34
유명환, 송준혁, 이민구, 문민석, 오제하(한국탄소융합기술원), 강신재(전북대학교)	
슈퍼커패시터의 높은 방전 속도를 위해 탄소나노튜브를 이용한 전극의 표면저항 향상	35
박규순((재)한국탄소융합기술원), 채민수(전주대학교), 조세호, 이상원((재)한국탄소융합기술원), 송은솔, 박승현, 곽이구, 이해성(전주대학교), 강신재((재)한국탄소융합기술원)	

◎ Track 3 : 탄소융합 II

자성입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성 및 특성 연구	36
구민예(한국탄소융합기술원, 전북대학교), 이교우(전북대학교), 김원석(한국탄소융합기술원)	
하이브리드 복합재 CNG 용기 개발	37
정근성(한국탄소융합기술원), 조민식(전북대학교), 고관호, 이민구, 장지만, 오상엽(한국탄소융합기술원), 강신재(전북대학교)	
고인성 수지를 적용한 복합재 LLB 개발	38
이민구, 오상엽(한국탄소융합기술원), 박남규(주대산플랜트), 최재호(엔에스시스템), 이준영(다이텍연구원), 강신재(전북대학교)	
자동적충용 토우 프리프레그 특성 연구	39
박길영, 박승일, 국윤수, 안계혁, 강신재(한국탄소융합기술원), 정용식(전북대학교)	

◎ Track 3 : 탄소융합 III

표면처리된 탄소나노튜브/고분자 복합재료의 물리화학적 특성 연구	40
서민강, 송범근, 강신재, 안계혁(한국탄소융합기술원)	
탄소계 필러가 고분자 방열복합재에 미치는 영향	41
한 용, 김관우, 안계혁, 강신재, 김병주(한국탄소융합기술원)	
미분쇄 탄소섬유/카본블랙/천연고무 복합재료의 물리화학적 특성 연구	42
서민강, 송범근, 강신재, 안계혁(한국탄소융합기술원)	
전면가공 AI 휠 산화피막용 나노탄소 코팅 용액 개발	43
이상원(한국탄소융합기술원), 김민수(한국탄소융합기술원, 전주대학교), 박현기(동강홀딩스), 김원석, 박규순, 강신재(한국탄소융합기술원)	

● Track 4 : 첨단공작기계

볼스크류, LM가이드를 사용한 2축 스테이지의 유연체 기반 모델링 기법	44
김병섭, 딘시트롱(한국기계연구원)	
해석적 실험계획법을 이용한 터닝센터 주축 설계에 관한 연구	45
김두리, 이강재, 이효진(두산인프라코어)	
머시닝센터용 채터 저감 시스템 개발	46
이세원, 김승우, 조재익, 김동현, 이강재(두산 인프라코어)	
전자기 하이드로포밍 시스템 개발	47
심지연(한국생산기술연구원), 박동환((주)웰메이트), 강봉용(한국생산기술연구원)	
절대위치 검출을 위한 마그네틱-옵티컬 엔코더 개발	48
김형준, 이석(부산대학교), 이정창(부경대학교)	

● Track 4 : 진동 및 제어

성능지표의 민감도를 반영한 이송계 제어시스템 자동튜닝	49
강정모(단국대학교), 송창규, 이찬홍(한국기계연구원), 지성철(단국대학교)	
가변예압기구 채용 스피들 특성 분석을 위한 유압시스템 연동 시뮬레이션 접근방법	50
심종엽, 황주호, 오정석(한국기계연구원)	
유한요소해석을 이용한 표면처리용 초음파 장치 설계 및 제작	51
김현세, 이양래, 임의수(한국기계연구원)	
LM가이드 내부 전동체의 구름저항 해석 및 시험 검증	52
장동국, 김영흠(서울과학기술대학교), 권혁도((주)원에스티), 이치범(서울과학기술대학교)	

● Track 4 : 금형 및 공구

엘라스토머 사출성형품의 보압에 관한 실험적 연구	53
임경규, 태준성, 정태준, 이병욱(아주대학교)	
광원 일체형 금형을 이용한 UV-curable LSR 성형	54
태준성, 이병욱(아주대학교), 곽재복(삼성전자), 염현호, 임경규, 김동한(아주대학교)	
다층 사출성형 공정에서 1차 층의 표면조도가 층간 접합에 미치는 영향	55
이병욱, 김봉주(아주대학교)	
MLCC적층용 초경합금 칼날가공의 날세움 가공	56
강병욱, 신건휘(경남과학기술대학교), 강종무(21세기(주)), 곽태수(경남과학기술대학교)	

◎ Track 5 : 설계 및 CAE

실험계획법을 이용한 노즐 형상 변화에 따른 공동유동 해석	57
이성호, 이현승, 양현익(한양대학교)	
사출압축 성형에서 압축시작 시간과 사출속도가 Weld 형성에 미치는 영향	58
공기환, 곽태수, 신건휘(경남과학기술대학교)	
곡면 부품 절단을 위한 롤 포밍 장비 개발	59
박홍석, 웬충탄, 이진복(울산대학교)	
제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 위상최적화	60
박기현, 한석영(한양대학교)	

◎ Track 5 : 그린에너지응용 I

Nanostructural transformation of Co3O4 by Mg-substitution leads to supercapacitor electrode material	61
N. M. Shinde, Seong Chan Jun(Yonsei University)	
단일벽 탄소나노튜브 엑시톤 안테나 제조와 상온 양자전송특성	62
한재희, 김홍석, 김대운, 정다운(가천대학교), Michael S. Strano(Massachusetts Institute of Technology)	
A binder free approach to fabricate hybrid 2D MoS2/Graphene oxide composite electrodes for an asymmetric supercapacitors with ultra-high energy and power density	63
Umakant M. Patil, Seong Chan Jun(Yonsei University)	
자가전파 연소 반응을 통한 나노구조체의 상 및 표면 제어 연구	64
최원준, 황하영, 여태한, 조용환, 신동준, 이승현, 신중호, 서병석(고려대학교)	

◎ Track 5 : 그린에너지응용 II

물리적 박리를 이용한 그래핀 복합체 제조 및 이를 기반으로 한 전기화학 커패시터 전극	65
윤현석(전남대학교)	
분리판 물질과 형상에 따른 고체산화물 연료전지 스택의 열적 거동 수치해석	66
이상혁(한국과학기술연구원, 고려대학교), 박만수, 김형철, 윤경중, 손지원, 이종호, 김병국(한국과학기술연구원), 최원준(고려대학교), 홍종섭(한국과학기술연구원)	
전기영동을 이용한 양자점 대량 정제	67
김덕중, 임호섭(한국기계연구원)	
그래핀 플레이크-Bi _{0.5} Sb _{1.5} Te ₃ 복합재의 열전도도-전기전도도 상관관계	68
서대우, 이상훈, 문현아(성균관대학교), 박성훈(삼성전자종합기술원), 이규형(강원대학교), 김성웅, 최재영, 백승현(성균관대학교)	

◎ Track 6 : 첨단 레이저 및 광 에너지 가공

부식 금속 표면에 대한 레이저 유도 플라스마 분광분석법 적용 연구	69
강동찬, 김주한(서울과학기술대학교)	
AMOLED 디스플레이에 사용되는 진동자 이용 Invar합금 펄초 레이저 홀 드릴링 테이퍼 각도	70
조절에 대한 연구	
최원석(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 강희신, 안상훈(한국기계연구원), 김재구, 최지연, 김훈영(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 전진우, 황경현(한국기계연구원), 조성학(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원)	
펄초 레이저를 이용한 투명전극 가공 깊이 조절에 대한 연구	71
김훈영, 최원석(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교(UST)), 전진우(한국기계연구원), 조성학(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교(UST))	

◎ Track 7 : 나노마이크로시스템

관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 표면처리를 통한 극성 분자의 여과	72
한의돈, 김병희, 서영호(강원대학교)	
세포 파쇄를 위한 나노스파이크 구조가 표면에 형성된 다공성 알루미늄 필터 제작 및 특성 평가	73
이용훈, 한의돈, 장창식, 김병희, 서영호(강원대학교)	
나노 기술 경쟁력 지수 개발에 관한 연구	74
배성훈, 신헌민, 윤진선, 김준현, 강상규(한국과학기술정보연구원), 신민수(한양대학교)	
써멧 나노구조의 활용을 통한 고효율 연료전지 성능 향상에 관한 연구	75
안지환(서울과학기술대학교)	
나노 입자를 이용한 피커링 에멀전의 유변학적 특징에 대한 수치해석 연구	76
최세빈, 이준상(연세대학교)	
분자동역학을 이용한 액체, 고체, 기체, 세 가지 상이 만나는 contact line force 에 대한 연구	77
윤홍민, 이해곤, 이준상(연세대학교)	

◎ Track 7 : 기계산업핵심기술개발사업

차세대 하이브리드 연삭시스템 개발	78
최현중(한국생산기술연구원)	
고밀도 전자빔 피니싱 장비 및 공정기술개발	79
강은구(한국생산기술연구원)	
(복합환경)Hybrid Dynamometer 시험장비 개발	80
박종원, 최병오, 이기욱, 지경열(한국기계연구원)	

4월 29일 (금)

◎ Track 1 : 스마트밴드 제조핵심 원천기술

압전 나노섬유 및 탄성고분자 박막을 이용한 고감도 유연 압력센서 개발	83
박석희, 이한빛, 연시모, 윤예지, 박진호, 이낙규(한국생산기술연구원)	
스마트 밴드용 리튬 이온 배터리 기술 개발	84
현승민, 오민섭, 심형철, 우창수(한국기계연구원)	
피부온도 및 GSR 생체신호측정을 위한 섬유접합형 스마트밴드용 FPCB 설계	85
김동순, 황태호(전자부품연구원), 박선화, 송재용(한국표준과학연구원), 박진호, 유의상, 이낙규(한국생산기술연구원), 박준식(전자부품연구원)	
Ag 코어 나노선을 이용한 유연 센서 합성 및 특성	86
박선화, 박지혜, 송재용(한국표준과학연구원)	
섬유기반 유연/신축성 손목형 스마트밴드의 제조 및 성능 신뢰성 평가	87
이현경, 이재경, 김은주, 오승식, 임대영, 유의상(한국생산기술연구원)	
웨어러블 생체계측 정보를 이용한 스트레스 자동분류기 개발	88
조동래, 함진실(광주과학기술원), 박지호, 이낙규(한국생산기술연구원), 이보름(광주과학기술원)	

◎ Track 1 : 프린터블일렉트로닉스 공정개발

전용액 공정으로 제조한 고분자 발광 다이오드	89
윤홍석(한밭대학교)	
게코프린팅: 프린터블 일렉트로닉스를 위한 반도체 소자 전사	90
조성범, 유병석, 이종호(광주과학기술원)	
2차원/3차원 프린팅용 금속나노소재 제조기술	91
정선호, 조예진, 김주영 김태곤, 류병환, 최영민(한국화학연구원)	
롤투롤 그라비아 인쇄 공정 및 응용 소자	92
이동진, 박장훈, 이종수, 구연호안독(건국대학교)	
전기방사기법을 이용한 Zeolite가 적용된 PVDF film 형성 및 응용에 관한 연구	93
강동희, 강현욱(전남대학교)	

◎ Track 2 : 제품 생산/설계 및 CAE

대형 텔레비전 스탠드에 가스스프링 적용 범례	94
이정익, 고병갑, 여문수(인하공업전문대학)	
리사이클링이 가능한 마이크로파일용 확공 비트의 개발(2차)	95
이정익, 고병갑, 여문수(인하공업전문대학)	
제동력 강화 Caliper의 Spindle Assembly 단조 공법 개발(2차)	96
고병갑, 이정익, 여문수(인하공업전문대학)	

◎ Track 2 : 마찰교반 접합기술(하이브리드 FSW 기술)

고주파유도가열을 통한 마찰교반용접공정 향상에 관한 연구	97
윤진영(한국생산기술연구원, 한양대학교), 김철희(한국생산기술연구원), 이세현(한양대학교), 송문섭(서진산업)	
용접공정변수가 이종재(AI5083/DP590)마찰교반점용접에 미치는 영향	98
정수옥, 방한서, 방희선(조선대학교)	
TIG assisted 마찰교반용접을 이용한 이종재(AI5052/DP590)Tailored Blank의 용접성에 관한 연구	99
정민우, 방한서, 방희선(조선대학교)	
마찰교반용접의 CFD해석에서 마찰열원을 고려하기 위한 톨 표면 추적기법에 대한 연구	100
김수덕, 한상우, 나석주(한국과학기술원)	
병렬구조형 자동차 차체부품 제작용 마찰교반접합 복합기공기 개발	101
김영표, 나승표(화천기공(주)), 김철희(한국생산기술연구원)	

◎ Track 3 : 나노마이크로시스템

마이크로 광 커플러를 이용한 공초점 이미징 시스템 구현	102
이진형, 조익현, 강신일(연세대학교)	
표면 젖음성 정도에 따른 버블역학의 대류열전달에 대한 영향 분석	103
이준상, 김종현(연세대학교)	
초소형 나노다공성 알루미늄 튜브제작을 위한 고순도 알루미늄 와이어 양극산화 공정	104
최승원, 장웅기, 김형진, 신태환, 김병희, 서영호(강원대학교)	
레이저를 이용한 후면 도선 패터닝	105
김한글, 신인주, 황석민, 박민수(서울과학기술대학교)	
원통형 알루미늄의 양극산화공정에서 대전극 면적에 따른 나노포어 형상에 대한 연구	106
류인곤, 한의돈, 강유수, 김병희, 서영호(강원대학교)	

4월 28일 (목) 13:30~14:00

[포스터세션 II]**금형 및 공구**

Clad재료를 이용한 리플렉터 성능 평가	109
김병석, 최성대(금오공과대학교), 박철수(나래그린)	
대면적 에어컨 전면판넬의 국부 사출압축성형을 위한 사출성형해석 연구	110
이희철, 류호연, 이희진(한국생산기술연구원), 김정호, 황재영, 김영식(경성정밀(주))	
에어컨 전면판넬 디스플레이부의 국부 사출압축성형에 대한 구조설계	111
이희진, 류호연, 이희철(한국생산기술연구원), 김정호, 황재영, 김영식(경성정밀(주))	
롤 포밍 톨의 내마모성 향상을 위한 CrN plus 코팅의 저마찰 특성 평가	112
손재환, 강해동(대구기계부품연구원), 최시근(경북대학교), 김철홍, 최호근((주)한독하이테크)	

첨단소재 가공시스템

극저온 간접냉각 방식 선삭공구의 정온 특성	113
강명구, 민병권(연세대학교), 김태곤, 박경희, 이석우(한국생산기술연구원)	
에너지빔 기반 표면처리 통한 금속 젖음성 특성 변화 연구	114
김지수, 박형욱(울산과학기술원)	
CFRP 고속 검사용 초정밀 스테이지의 반력 보상 기구 설계	115
서창훈, 이문구(아주대학교), 이석우, 김효영(한국생산기술연구원)	
티타늄합금(Ti-6Al-4V) 마이크로 드릴링 프로세스의 공구상태 모니터링 및 진단에 관한 연구	116
이지웅, 남정수, 최현정, 이상원(성균관대학교)	

탄소융합

C/GFRP 투광 복합재 적용 태양광 LED 볼라드 개발	117
신형곤, 유승현, 방박, 임철승(전북대학교), 이한교(한국폴리텍V대학), 오제하(한국탄소융합기술원)	
열가소성 복합재용 Commingled CF/PP Yarns 제조를 위한 장치설계에 관한 연구	118
이학성(전북대학교, 한국탄소융합기술원), 허몽영, 윤재영, 권기철(한국탄소융합기술원), 김늘새롬((주)라지), 강신재(전북대학교)	
식기세척기 유량제어용 Carbon 원소재 제조공정 최적화	119
김정호, 문지훈, 허광호((재)경북하이브리드부품연구원), 고재식, 이재원((주)극동셀테크)	

수평형 밀링헤드 틸팅 타입의 복합가공기 최적설계

- 공작기계의 오차 요인 분석에 관한 연구 120
 김기환((재)경북차량용임베디드기술연구원), 신재훈, 박희락, 최상준, 윤재웅(대구대학교)
- 수평형 밀링헤드 틸팅 타입 가공기의 최적 설계 121
 신흥철, 조성기, 박우상((주)기흥기계), 김승기(한국생산기술연구원), 김지훈, 김세호, 윤재웅(대구대학교)

주축헤드 자동교환 장치를 부착한 150톤 이상의 대형 복합가공기 개발

- 주축헤드 자동교환 장치를 부착한 150톤 이상의 대형 복합가공기 개발 122
 신흥철, 송석홍((주)기흥기계), 홍성욱(금오공과대학교), 이호철(한밭대학교)
- 복합 공작기계 대형 칼럼 구조의 정강성 설계 개선 123
 장지박, 장종원, 이호철(한밭대학교), 박우상, 신흥철, 송석홍((주)기흥기계)
- 수평형 밀링 새들 구조의 위상최적화 방법 124
 장종원, 이호철, 장지박(한밭대학교), 박우상, 신흥철, 송석홍((주)기흥기계)
- 대형 복합 공작 기계의 기계 구조 설계 최적화 전개 방안 125
 장종원, 이호철, 장지박(한밭대학교), 박우상, 신흥철, 송석홍((주)기흥기계)
- 대형 복합 가공기용 로터리 테이블의 베어링 모델링 126
 홍성욱, 통반간(금오공과대학교), 박우상(기흥기계(주))
- 대형 복합 가공기용 램 모델링 및 해석 127
 오현일(금오공과대학교), 조성기(기흥기계(주)), 홍성욱(금오공과대학교)

제조기반산업핵심기술개발사업(생산시스템)

- LS 가변피스톤펌프 AMESim 모델구축 및 특성분석 128
 이인규, 류하오, 이재천, 윤권수(계명대학교)

첨단 레이저 및 광 에너지 가공

- 액체 내 레이저 빔을 이용한 은 나노 입자 생성 연구 129
 윤상우, 김주한(서울과학기술대학교)

광에너지응용

- 실리콘 나노 파티클의 펄스 레이저 반응성 연구 130
 백승현, 권승갑, 강봉철(금오공과대학교)
- Stellite 21 분말의 레이저 클래딩 공정 분석 131
 봉성재, 김동섭, 오광환, 홍희송, 이유리, 오재용(전남TP 레이저시스템산업지원센터)

해양플랜트

Acrylic separator를 이용한 offshore topside separator 최적 설계 연구	132
이진우, 구윤장, 박경태(한국생산기술연구원), 박치균, 이병돈((주)전진엔텍), 임동하(한국생산기술연구원)	
해저파이프라인 설치용 통합 자동용접시스템 개발	133
김민주(한국생산기술연구원), 정진한, 변재욱, 장윤석, 김동관((주)에이디), 문형순(한국생산기술연구원)	

그린에너지응용

효율성 향상과 소비전력 절감을 위한 EMS 개발	134
허영준, 황재민, 최성대(금오공과대학교), 홍일곤((주)스마트앤디지털)	

진동 및 제어

초정밀 Hybrid 가공기용 능동 자기에압 공기베어링 이송계의 운동오차 능동보정	135
노승국(한국기계연구원), 윤종원(한양대학교), 박종권(한국기계연구원)	
패시브 보링바에 대한 유한 요소 모델 및 충격 시험	136
곽양양, 박종권(한국기계연구원), 홍준희(충남대학교), 송두상(대명테크)	
배전반의 지진응답 배율 최소화를 위한 내진 마운트계의 동적 최적설계	137
최영휴, 강민규, 홍민기(창원대학교), 안한열((주)나산전기사업)	
할바흐 자석 배열이 적용된 3자유도 능동형 제진대	138
이진호, 김기현, 이양희, 정명진(한국산업기술대학교), 김효영(한국생산기술연구원)	
가진 시험법을 이용한 고정밀 나사연삭기 강성 평가	139
최영휴, 김철민(창원대학교), 심지호((주)SMSB)	
전기-유압 액추에이터 고장허용 제어 시스템 개발	140
조수봉, 김훈모(성균관대학교), 박종권, 이승우(한국기계연구원)	

설계 및 CAE

경기장 고정용 지붕 모델의 지지특성 해석에 관한 연구	141
김성민, 맹희영, 박근(서울과학기술대학교)	
제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 형상최적화	142
박기현, 한석영(한양대학교)	
비대칭 MT 곡선을 이용한 이중정류용 캠 설계	143
권순만, 신흥철(창원대학교)	
i-PGS 지지 베어링의 수명예측	144
권순만, 신흥철(창원대학교)	
내마멸 특성을 갖는 디젤차량용 연료펌프	145
권순만(창원대학교)	
부품조립공정용 인간협업양팔보조로봇 설계 및 해석	146
이재구, 김현태((주)케디엠), 조지승, 김경호(대구기계부품연구원), 박인규, 김민규(한국로봇융합연구원)	

열전반도체를 이용한 환경적응형 LED 조명	147
조영태, 이충호(전주대학교)	
COMSOL을 이용한 대기압 마이크로파 플라즈마 공진기 설계	148
안찬훈, 이정연(한국생산기술연구원, 울산대학교), 최준(한국생산기술연구원)	
자동차 머플러의 조립성 향상을 위한 용접변형 해석에 관한 연구	149
이승호(한국생산기술연구원, 울산대학교), 김억수, 박진영, 최준(한국생산기술연구원)	
소기압력에 따른 2행정 압축점화 디젤엔진의 연소특성에 관한 연구	150
김기복(르노삼성자동차), 김치원, 윤창식(경남대학교)	
디젤엔진에서 연료분사시기가 연소특성에 미치는 영향에 관한 연구	151
김기복(르노삼성자동차), 김두범, 김치원, 윤창식(경남대학교)	

로봇 및 자동화 특별세션

무인 농작업기 작업경로 생성 알고리즘 개발	152
신범수, 김기동(강원대학교)	
이족보행로봇의 실시간 작업동작 구현에 관한 연구	153
김민성, 조상영, 구영목, 양준석, 한성현(경남대학교)	
수직다관절로봇의 작업경로 및 작업공간 시뮬레이터 설계에 관한 연구	154
김민성, 조상영, 이창빈(경남대학교), 원종범((주)SMEC), 이준경, 한성현(경남대학교)	
역전파알고리즘에 의한 다관절 로봇의 학습제어에 관한연구	155
조상영, 김민성, 김정현, 박성원, 한성현(경남대학교)	
고온환경용 수직다관절로봇 아암의 관절공간 제어의 알고리즘 개발	156
조상영, 김민성(경남대학교), 강정석((주)SMEC), 나언주, 한성현(경남대학교)	
뉴럴 네트워크 기반 휴머노이드 로봇의 지능제어에 관한 연구	157
박근덕, 조상영, 김민성, 박지원, 한성현(경남대학교)	
헬스케어용 지능로봇의 설계에 관한 연구	158
하언태((주)미래기술연구소), 심현석((주)동산테크), 신행봉((주)SG서보), 정양근(신라정보기술(주))	
보행 로봇의 안정한 작업동작생성에 관한 연구	159
정양근(주)신라정보기술), 김민성, 조상영, 박지원, 한성현(경남대학교)	
휴머노이드 로봇의 유연 작업동작 학습제어에 관한 연구	160
정양근(신라정보기술(주)), 황원준(경남TP), 이우송((주)성산암테크), 박인만((주)인템)	

로봇 및 자동화

스마트 팩토리 응용을 위한 정밀 초음파 유량계 개발	161
박민영, 양지훈, 강영준, 박찬형, 김주희, 장동영, 심동하(서울과학기술대학교)	
산업안전관리를 위한 비전시스템 개발	162
한지희, 옥상훈, 송규, 장동영(서울과학기술대학교)	
아두이노를 이용한 대학생들의 융합 교육 작품 사례	163
김성일, 김용성, 신혜리, 정도희(세한대학교)	
정전 분말 코팅된 피사체 표면의 3D 스캐닝 감응 특성에 관한 연구	164
이주봉, 맹희영(서울과학기술대학교), 이명상((주)태성에스앤이)	
프레스 공정 공작유(타발유)의 자동 균일 공급장치 개발에 관한 연구개발	165
허영준, 최성대, 김기만(금오공과대학교), 조수호((주)우진WTP)	
골절 수술용 외고정 장치 로봇의 자세 제어	166
이동준, 윤태선(한국외국어대학부속고등학교), 박태곤(프레스토솔루션), 이치범(서울과학기술대학교)	

비파괴검사 및 시뮬레이션

적외선 열화상을 이용한 열전반도체 결함 검사	167
조영태(전주대학교), 마상동(에이티엠)	
오일필터용 볼트의 미세크랙 검출을 위한 비전검사기술 개발	168
나승우, 황우채((주)서울금속), 김성용(서정대학교)	
GFRP복합재의 두께측정을 위한 T-ray 기법	169
임광희, 김반석, 전승원, 이근용, 박재영, 우용득(우석대학교)	
차량 진동완충용 쇼크업서버 부품 인장시험 및 특성평가	170
임광희, 박재영, 유상민, 이근용, 우용득(우석대학교), 이호석(Hanyang Energy Tech.)	
차량용 볼트 내부표면균열 탐상을 위한 와전류 시스템개발	171
임광희(우석대학교), 이슬기, 김학준, 송성진(성균관대학교), 박재영, 유상민, 전승원, 우용득(우석대학교), 나승우, 황우채((주)서울금속)	

나노마이크로시스템

Fanout기반 반도체 검사 소켓의 내부 충전제 물성 분석	172
최종하, 홍석기, 양시은, 김대호(서울테크노파크)	
반도체 유기물 제거모듈의 신뢰성 예측	173
홍원표(한국생산기술연구원)	
스퀴즈모델 보정을 통한 나노임프린트 리소그래피 공정 해석 연구	174
류지형, 이재종, 임형준(한국기계연구원), 이상호(원광대학교)	
표면 모폴로지 형상에 따른 TENG의 출력에 관한 연구	175
마무드(과학기술연합대학원대학교), 이재종, 최기봉(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원)	

3D 프린팅 기술 기반 이종소재 복합프린팅 장비 개발	176
천승우(한국생산기술연구원, 한국교통대학교), 박성준(한국교통대학교), 박진호, 이혜진, 박석희, 이낙규(한국생산기술연구원)	
정전형 스캔 플레이트의 전압원 특성	177
임선중(한국기계연구원)	
비휘발성 레진-휘발성 용매 혼합액의 에어브러싱을 통한 나노박막 코팅 및 잔막두께 조절 가능한	178
롤투롤 나노임프린팅에의 응용 김정대(서울과학기술대학교), 이성호(경북대학교), 구성관, 이재혁(서울과학기술대학교), 홍정구(경북대학교), 박형원(성균관대학교), 곽문규(경북대학교), 옥종걸(서울과학기술대학교)	
격자볼츠만 시뮬레이션을 통한 풀비등의 임계열속 및 열전달률 개선	179
이정신, 조재용, 이준상(연세대학교)	
마이크로폰내 스퀴즈 에어 필름 댐핑의 모델링	180
이쉬파크 아쉬프, 김병기(한국기술교육대학교)	

4월 29일 (금) 11:00~11:30

[포스터세션 III]**광에너지응용**

- 2차 전지용 니켈 다층 박판의 레이저 용접에서 보호가스 영향 183
 유영태(조선대학교), 이가람(전남테크노파크 레이저시스템산업지원센터), 김진우(조선대학교)

IT-BT 융합 시스템

- 루프형 블레이드 형상 최적화를 위한 수치해석적 연구 184
 전원영(금오공과대학교), 김영원, 박진호(한국생산기술연구원), 서영진(금오공과대학교)
- 진공청소기 흡입노즐 내의 유동소음 저감을 위한 실험적 연구 185
 전원영, 김병규, 김범준, 서영진(금오공과대학교)
- 인쇄 중첩 정밀도를 위한 Soft-Cliche 패턴 위치 보정에 관한 기초 연구 186
 송동하, 김현태(한국기계연구원), 조영태(창원대학교), 강동우, 이택민, 권 신(한국기계연구원)
- FDM 3D 프린팅 적층조건에 따른 Bio PC 기계적 물성 고찰 187
 이지은, 박성제(한국생산기술연구원, 서울과학기술대학교), 박진호(한국생산기술연구원), 류민영,
 박근(서울과학기술대학교), 이지선(한국생산기술연구원)
- 3D 프린팅을 활용한 수부 보조기의 설계 및 제작 188
 박창순(단국대학교), 박진호, 이혜진(한국생산기술연구원), 나경환(단국대학교)
- FDM 방식 3D Printing에서 Raster Overlap에 따른 조형물의 인장강도 비교 189
 박성제, 이지은(한국생산기술연구원, 서울과학기술대학교), 박진호(한국생산기술연구원),
 류민영(서울과학기술대학교), 이낙규(한국생산기술연구원), 이성민, 구명술(㈜삼양사)
- 유속센서에 영향을 주는 온도에 대한 실험적 연구 190
 최대근(서울과학기술대학교, 한국생산기술연구원), 박진호, 박석희(한국생산기술연구원),
 이상훈(서울과학기술대학교)
- 소형 풍력발전기 블레이드의 최적 형상 설계 및 해석적 연구 191
 김영원, 정한섭, 박진호(한국생산기술연구원), 윤종현(한양대학교), 이혜진, 이낙규(한국생산기술연구원)

스마트밴드 제조핵심 원천기술

- 신축가능한 전자파차폐재의 두께에 따른 특성 연구 192
 김은주(한국생산기술연구원, 한양대학교), 강영종(한양대학교), 유의상(한국생산기술연구원)
- 섬유 기반 에너지 하베스팅 적용을 위한 유무기 하이브리드 압전 재료 특성 연구 193
 오승식(한국생산기술연구원, 고려대학교), 주병권(고려대학교), 유의상(한국생산기술연구원)
- 3D 프린터를 이용한 Health monitoring device 개발 194
 이한빛, 박진호(한국생산기술연구원), 윤종현(한양대학교), 이낙규, 박석희(한국생산기술연구원)

300mm 대응 대구경 다층구조의 복합 패키지 공정 및 장비 기술 개발

FOWLP C2W 열압착 본딩장비 개발에 관한 연구	195
이재학, 송준엽, 김용진, 김승만(한국기계연구원), 김태경, 여원재((주)에스티)	
이온빔 밀링공정에서 커튼효과 저감을 위한 공정기술	196
박만진, 원종한, 김기환(한국전자기계융합기술원)	
라인 스캔 카메라를 활용한 다이 시프트 관측 장비	197
기대간, 박성준(한국교통대학교), 이재향, 이해진(한국생산기술연구원)	
듀얼 타입 웨이퍼 레벨 몰딩시스템 개발	198
연시모, 박진호, 손용, 이해진(한국생산기술연구원)	
이종 패키지 적용 3D FOWLP 모듈 개발	199
김일환, 이용주, 오동훈, 마준성, 문승준, 김태원((주)네페이스)	
미세공공이 Sn-3.0Ag-0.5Cu/Cu 접합부의 전단강도에 미치는 영향	200
박재용(한양대학교), 박세훈(전자부품연구원), 김영호(한양대학교)	
PDMS를 이용한 미세피치 솔더볼 패키지 테스트 소켓 개발	201
양시은, 홍석기, 최종하, 김대호(서울테크노파크), 장동영(서울과학기술대학교)	

Eco/Bio 산업 기능성 부품용 복합 가공시스템

50L 발효용기에 의한 오미자(<i>Schisandra chinensis</i>) 발효 평가	202
김미자, 테스트아니 수페아노, 최혜진, 최원식(부산대학교)	
Fast Tool Servo를 활용한 원통내경 미세 패턴 가공	203
최수창, 박종권, 노승국, 김병섭, 곽양양(한국기계연구원)	
표면 회전가공을 위한 마이크로 가공 예측 정적 모델	204
부이광탄(과학기술연합대학원대학교), 노승국, 박종권(한국기계연구원)	
A study on thermally-assisted micro-forming process for Bulk Metallic Glass material	205
T.L. Nguyen(Korea University of Science and Technology), S.C. Lee, S.K. Ro, J.K. Park(Korea Institute of Machine and Materials)	
초음파 가시성 향상 패터닝을 위한 의료바늘의 마이크로 성형장치 개발	206
노승국(한국기계연구원), Bui, Quang-Thanh(한국과학기술연합대학원대학교), 박종권(한국기계연구원)	
연삭을 이용한 Surface Texturing에서 패턴의 기율기 변화에 관한 연구	207
정지용, 위전, 사하르, 곽예인, 고태조(영남대학교), 박종권(한국기계연구원)	
할바흐 배열을 이용한 선형 모션에서의 와전류 감쇠기 설계	208
이문구, 전용호, 홍민성, 이수훈, 조재훈, 심성환(아주대학교)	
CW 레이저와 펄스 레이저를 이용한 금형강 표면연마의 유한요소해석	209
조해용, 이인환, 추연근, 김승환(충북대학교), 이제훈(한국기계연구원), 김영표((주)화천기공)	
Eco/Bio 산업 기능성 부품용 복합 가공시스템 5차년도	210
이성철, 박종권(한국기계연구원)	
3D Scanner를 이용한 PCD/PCBN 칩브레이커 가공	211
정재홍, 김용준, 정우섭((주)테크맥)	

자기윤활 효과를 이용한 마찰 마모 저감 특성을 갖는기능경사형 재료의 제조 방법	212
박용진, 김현준, 석종원(중앙대학교)	
B/C 축을 갖는 5축 레이저 패턴 가공기 개발	213
김형일, 김영표, 박대유, 박창우(화천기공(주)), 신동식, 이제훈(한국기계연구원), 조해용(충북대학교)	
Photo lithography공정에 의한 자연모사 기반 표면 패턴의 향균효과 연구	214
김미루, 이득우, 이승준, Li Liang, 손길호(부산대학교)	

프린터블일렉트로닉스

은 나노선 용액의 용매에 따른 슬롯 다이 코팅 박막 개선	215
정하경, 강휘재, 박장훈, 이종수, 이동진(건국대학교)	
인쇄전자용 롤투를 장비에서 건조 조건의 인쇄 패턴 품질 영향에 대한 실험적 연구	216
이상윤, 김충환(충남대학교)	
유연전자소자 반복 변형 테스트 장치 설계	217
김철, 전성웅, 김충환(충남대학교)	

Multiscale Test and Evaluation

SKD 61 공구강의 곡률반경에 따른 초음파 피로시험에 관한 연구	218
염현호, 심성환, 이수훈, 홍민성, 이문구, 전용호(아주대학교)	
미세단조 공정의 표면에 대한 유한요소 해석과 잔류응력 측정	219
정창호, 노현규, 이문구, 이수훈, 홍민성, 전용호(아주대학교)	
비선형 자기 스프링을 갖는 공진 액츄에이터의 모델링	220
천두호, 이문구, 홍민성, 이수훈, 전용호, 최영만(아주대학교)	
모바일 기기의 낙하 충격 방향 조절용 시험기 제작	221
최병주, 조혁상, 이수훈, 홍민성, 전용호, 이문구(아주대학교)	
롤투를 공정에서 유연기판의 장력 산포에 관한 연구	222
강유성, 이문구, 전용호, 이수훈, 홍민성, 심성환(아주대학교), 권신(한국기계연구원)	

메디칼

치과공정에서 드릴링의 절삭특성에 관한 연구	223
김해득, 박민석, 정의식(한밭대학교)	

그린생산시스템

스테인리스 망과 시트의 전기화학 폴리싱 가공특성 비교분석	224
김옥수, 박정우(조선대학교)	
시뮬레이션을 이용한 금형소재의 Down milling 가공 연구	225
백승엽, 공정식, 정성택, 김현정, 송병관, 이용근(인덕대학교), 김성현(인하대학교)	

컨테이너형 식물공장 양액공급기 구동 BLDC모터의 인버터 FET PAD Area 표면발열에 관한 연구	226
강언욱, 변재영, 최원식(부산대학교)	
터미널 클리핑을 위한 고전기에너지 제어시스템 개발	227
강봉용, 심지연(한국생산기술연구원)	
자동차용 컴프레서 피스톤 부품 친환경 표면처리를 위한 최적의 전해산화 전해액 개발	228
김기정, 김정호, 문지훈((재)경북하이브리드부품연구원), 윤상호((주)화인)	
실시간 미들웨어를 활용한 생산자원 4M 통합화 방안	229
차석근, 윤재영, 이성근, 조현찬((주)에이시에스)	

설계 및 CAE

30단 롤 포밍 공정에서의 롤 갭에 따른 고장력강판 성형해석에 관한 연구	230
김동홍, 정동원, 누웬 하 풍(제주대학교)	
예열공정이 적용된 롤 포밍 공정에서 성형변수의 영향에 대한 분석 연구	231
김동홍, 정동원, 누웬 하 풍(제주대학교)	
비접촉 공중 초음파 탐상기법을 이용한 기어 신뢰성 평가 기법	232
김재열, 이경일, 정운수(조선대학교), 박의현, 김인주(서암기계공업(주))	
Foam Sealing Machine의 장비능력 평가 방법 연구	233
홍원표(한국생산기술연구원)	
소형 발전기용 디젤엔진 오일펌프에 관한 수치해석	234
이중섭, 이치우(경남과학기술대학교), 이태의((주)티젠)	
Encircling ECT & Immersion UT 검사용 Dead Zone Extension Tube 개발	235
송 일, 안형근, 오세현((주)오름)	
비공기압 타이어 강성 해석	236
김희철, 정희수, 김도현, 김종봉(서울과학기술대학교)	
3,000PSI급 CNG 충전소 제어시스템용 자동차단밸브에 관한 수치해석	237
안희학, 김홍태(디케이락(주)), 이중섭(경남과학기술대학교)	

초정밀/나노가공

두 가지 형태를 가지는 LED 가로등 광학계 연구	238
박도연, 남유진, 유경선, 노명재, 현동훈(한국산업기술대학교), 박순황, 박용준((주)전우정공)	
300W 고출력 LED 조명 히트싱크에 대한 연구	239
임지은, 문덕영, 윤철용, 현동훈(한국산업기술대학교), 조민진, 김백현, 김상옥((주)유양디앤유)	
LED패키지 비율 변화에 따른 배광 변화 연구	240
정치훈, 이수영, 이창수, 김장윤, 현동훈(한국산업기술대학교), 김은일, 전광진((주)유평로닉스)	
전자빔 검사 장비의 기능 설계	241
임선중(한국기계연구원)	

기체분사를 이용한 전해방전가공의 속도향상	242
채기운(연세대학교), 한민섭(한국산업기술대학교), 민병권(연세대학교)	
Al6061-T6의 마이크로밀링가공에서 AE신호를 이용한 미세버 특성 파악	243
김현중, 구준영, 황문창, 김영준, 김정석(부산대학교)	
인코넬 718 밀링가공에서 절삭 가공면 상태 감시를 위한 연구	244
최용기, 구준영, 김영준, 박강휘, 김정석(부산대학교)	
고속밀링가공에서 Al7075-T651 소재의 가공표면특성에 관한 연구	245
황문창, 구준영, 김영준, 박강휘, 김정석(부산대학교)	
티타늄 합금(Ti-6Al-4V)의 고속밀링가공에서 표면건전성 평가	246
구준영, 김현중, 황문창, 김정석(부산대학교)	
미세복합패턴 가공에서 버의 발생 메커니즘	247
진동현, 안주은, 강대민, 김태완, 오창호, 김병탁, 곽재섭(부경대학교)	
마이크로 유동채널의 초음파 진동이 부가된 자기 디버링	248
강경아, 이다솜, 김주권(부경대학교), 이승호(선린대학), 김광희, 곽재섭(부경대학교)	
미세 방전 드릴링에서 파일럿 홀이 미치는 영향	249
이평안, 김보현(숭실대학교)	

첨단공작기계

뿌리산업 설비보전 체계분석 및 기반연구	250
김동훈, 송준엽(한국기계연구원)	
Improvement of Intermittent Advancing Accuracy of Pneumatic Cylinder Driven Roll Feeder	251
J. D. So(Jeonju University)	

마찰교반 접합기술(하이브리드 FSW 기술)

마찰교반용접을 이용한 이종소재적용 자동차용 샤시부품 개발	252
이병룡, 송문섭, 최원철, 홍종빈(서진산업(주))	
이종소재 마찰교반용접을 이용한 자동차 차체 부품	253
조준행, 오강세, 신현일, 최원호, 김근영, 박진석, 이창훈(세원물산)	
마찰교반용접에 적용되는 용접툴의 재료의 차이에 따른 수명평가방식의 개발	254
김대하, 이원혁, 황금철((주)대화알로이테크), 윤진영, 김철희(한국생산기술연구원)	

4월 28일 [목]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2016

CNT 도포에 따른 전자파 차폐 성능 분석

전술아¹, 신희재², 김유빈¹, 김경수¹, 김홍건³, 박이구^{4*}

Performance Analysis of Electromagnetic shielding of CNT concentration

S. A. Jeon, H. J. Shin, Y. B. Kim, K. S. Kim, H. G. Kim, L. K. Kwac*

전주대학교 탄소융합공학과¹, 전주대학교 기계공학과², 전주대학교 기계자동차공학과³, 전주대학교 기술융합디자인공학과⁴

Key Words : Carbon Nano Tubes, Electronic Products, Frequency Range, Network Analyzer

1. 서론

최근 전자·전기 통신 제품의 수요에 따른 전자파 노출에 대한 방안에
으로 전자파 차폐재의 필요성이 대두되고 있으며 이에 따라 차폐 효과
와 방법에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

본 연구에서는 최근 주요 통신사들의 통신망과 Handset, TV 등의
기기 등에 많이 쓰이는 0.8~1.2GHz 구간에 대하여 기존의 탄소복합
재의 전자파 차폐 특성을 파악하고자 하며 특히, CNT를 도포하여 농
도에 따른 전자파 차폐 효과의 경향성을 파악하고 각 시편들의 성능을
비교하였다.

2. 시편 제작 및 전자파 차폐 실험

본 연구에서 사용된 탄소복합재의 경우 탄소섬유 3K 프리프레그이
며 CNT의 농도에 따른 전자파 차폐 효과를 파악하기 위하여 탄소섬
유 3K 프리프레그 2Ply에 각각 1~3% 액상 CNT를 도포하였으며 아
래의 Fig. 1과 같은 모식도로 표현하였다.

또한 성형은 Autoclave 성형법을 통해 제작하였으며 제시된 차폐실험
중 재현성이 가장 뛰어난 ASTM D 4935 규격에 의거하여 제작하
였으며 Fig. 2에 이의 시편을 나타내었다.



Fig. 1. Specimen Preparation



Fig. 2. Electromagnetic wave shielding specimen

전자파 차폐 실험은 Fig.3의 EM-2107A의 전자파 네트워크 분석기
로 시스템을 구성하였으며 치구의 유효범위인 500Mhz ~ 1.5Ghz 의
주파수 범위 내에서 실험하였다.



Fig. 3. Network Analysis EM-2107A

3. 실험 결과 및 고찰

실험 결과 모든 시험편에서 주파수 영역이 증가할수록 점차적으로
차폐효과도 증가하는 경향성을 보였으나 도포농도의 증가에 따라 이
의 현상이 전 구간에서 안정적 차폐효과로 이어지는 것을 알 수
있었으며 이는 아래의 Fig. 4에 나타내었다.

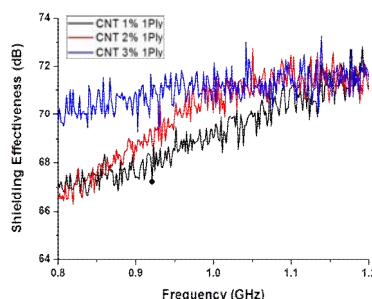


Fig. 4. Electromagnetic Shielding Effect Result

Table 1 The average SE and thickness

CNT(%)	Average SE (dB)	Thickness of CNT (micro)
1	69.23	0.2672
2	70.03	0.3340
3	71.05	0.4008

주파수 0.8~1.2GHz의 범위에서 CNT의 농도별로 전자파 차폐 효
과를 위의 Table 1에 분석한 결과, 1% 액상 CNT를 도포한 시편의 경
우 평균 69.23dB, 2% 액상 CNT를 도포한 시편은 평균 70.03dB, 3%
액상 CNT를 도포한 시편은 71.05dB로서 1%의 도포량 증가는 약
1dB 가량의 전자파 차폐효과 상승을 보였다.

하지만 1.1GHz 이후의 주파수 영역에서는 도포농도의 증가가 차폐
효과에 별다른 영향을 끼치지 않았으며 이에 대하여 주파수 영역을 확
장하여 추가적인 실험을 진행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 일반 연구자지원사
업 (NO. 2013R1A1A2061581)과 2014년도 정부(미래창조과학부)
의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.
2014R1A2A1A11053533).

참 고 문 헌

- (1) Pyeong yeol, Park, 2011, *Preparation and characterization of polymer nanofiber for EMI shielding*, Keimyung University.
- (2) Doo hee, Han and seog gyu, Yoon, 1998, *The electromagnetic shielding effectiveness of anti-reflection filter with various ITO thickness*, PYONGTAEK REVIEW, 235~245.

수분함량에 따른 탄소복합재의 기계적 특성 저하 분석

김유빈¹, 신희재², 알렉산드레², 전솔아¹, 권진영¹, 김홍건^{3*}

Analysis of reduced mechanical properties of the carbon composites according to the water content

Y. B. Kim, H. J. Shin, A. Tugirumubano, S. A. Jeon, J. Y. Gwon, H. G. Kim*

전주대학교 탄소융합공학과¹, 전주대학교 기계공학과², 전주대학교 기계자동차공학과³

Key Words : Carbon Fiber Reinforced Plastic(CFRP), Water Content, Tensile Strength, Flexible Strength

1. 서론

일반적으로 탄소섬유강화플라스틱은 경량성이 우수하고 고강도이기 때문에 구조재로서 혹은 항공기, 헬리콥터, 로켓과 같은 항공우주용 재료로서 상당한 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 이러한 탄소섬유강화플라스틱 제작전 탄소섬유에 수분을 함침시켜 수분량에 따른 탄소섬유강화플라스틱의 기계적 특성 저하에 대한 분석을 하고자 하였다.

2. 시험편 제작 및 기계적 물성 시험

본 연구에 사용된 소재는 직물형 탄소섬유 3K이며 에폭시 수지 및 경화제는 (주)국도화학의 Bisphenol-A형 Epoxy 수지의 기본 액상 수지인 YD-114와 고광택 상재용인 변성 지환족 아민 경화제 KH-816을 사용하였으며 에폭시 수지에 대한 성분 특성을 Table 1에 나타내었다.

시험편 제작의 경우 Hand Lay Up 후 Vacuum Molding 공법을 이용하였으며 3가지 Type(수분함량 0%, 10%, 30%)에 대하여 제작하여 아래의 Fig. 1과 같은 기계적강도 시험편을 제작하였다.

Table 1 Properties of Epoxy Resin

EEW (g/eq)	Viscosity (g/cm · s)	Specific Gravity (kg/m ³)
190-210	500-700	1.14



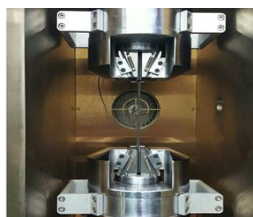
(a) Tensile Test Specimen



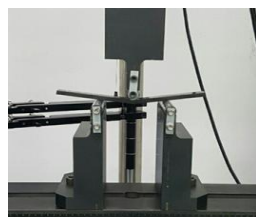
(b) Flexible Test Specimen

Fig. 1. Manufactured Test Specimen

인장시험의 경우 ASTM D 5083 규격에 의거하여 진행하였으며 굽힘시험의 경우 ASTM D 790 규격에 의거하여 시험편에 맞추어 Cross Head Speed를 조절하여 시험을 수행하였으며 아래의 Fig. 2에 이를 나타내었다.



(a) Tensile Test



(b) Flexible Test

Fig. 2. Picture of Test Progress

3. 실험결과 및 고찰

각각의 수분함유량에 따른 Type별로 기계적 강도 평가를 분석한 그래프는 아래의 Fig. 3과 Fig. 4와 같으며 인장강도의 경우 수분량에 따라 각각 평균 562.33MPa, 560.45MPa, 502.78MPa로서 10%와 30%간에 약 60MPa의 큰 강도 차이를 보였다. 또한 굽힘강도의 경우 수분량에 따라 각각 평균 350.28MPa, 348.21MPa, 204.08MPa로서 10%와 30%간에 약 140MPa의 큰 강도 차이를 보였다.

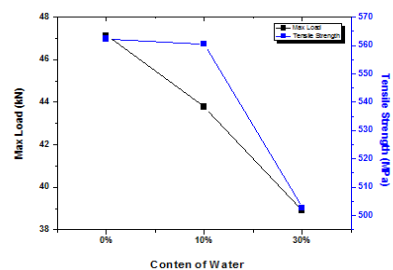


Fig. 3. Results of Tensile Test

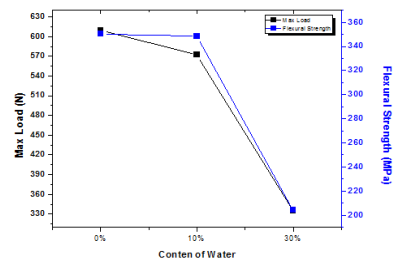


Fig. 4. Results of Flexible Test

이처럼 이는 수분함유량에 증가에 따라 기계적 강도가 저하됨을 알 수 있었으며 특히, 10% 이상부터 급격하게 이러한 현상이 발생하는 것을 판단할 수 있었다. 이는 수분이 시험편의 기계적 강도를 저하시키는 다양한 요인들을 촉진시키는 변수로서 작용하는 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 일반 연구지원사업 (NO. 2013R1A1A2061581)과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014R1A2A1A11054594).

참 고 문 헌

- (1) Jang Y. S, 2015, *A Study on the Comparison of Material Properties between the Hand Lay-Up and Vacuum Infusion Methods among the UV curable FRP molding Methods*, Jeonju University
- (2) Gwon. J. Y, 2016, *Mechanical Strength Properties Analysis in Accordance with the Curing Conditions of Carbon Fiber*, Jeonju University.

탄소섬유 윈드서핑 마스트의 성형방법에 따른 기계적 물성분석

고선호¹, 알렉산드레¹, 김유빈², 김경수², 전솔아², 김용택³, 박이규^{4*}

Analysis of mechanical properties of carbon fiber windsurfing masts according to molding methods

S. H. Go, A. Tugirumubano, Y. B. Kim, K. S. Kim, K. S. Kim, S. A. Jeon, Y. T. Kim, L. K. Kwac*

전주대학교 기계공학과¹, 전주대학교 탄소융합공학과², 전주대학교 탄소나노복합소재공학과³, 전주대학교 기술융합디자인공학과⁴

Key Words : Windsurfing Masts, Carbon Composites, Tensile Test, Flexible Test, Autoclave Molding

1. 서론

윈드서핑 마스트는 고비강도 특성뿐만 아니라 가벼우면서도 기계적 강도, 재질 자체의 강도도 높아야 한다. 그리고 하중의 전달과 반발 탄성의 관계에서 마스트가 갖는 반발 탄성력 및 변형을 또한 중요하다. 그리하여, 본 논문에서는 윈드서핑 마스트에 CFRP를 적용하여 오븐 성형법과 오토클레이브 성형법을 적용하였을 때의 기계적 강도를 분석하고자 하였다.

2. 탄소섬유 윈드서핑 마스트의 기계적 물성시험

시험편은 윈드서핑 마스트와 근접한 파이프 형태로 제작하였으며, 두께는 1.7mm로 적중하였다. 오븐성형법과 오토클레이브 성형법으로 성형된 시험편을 인장시험편과 굴곡 시험편으로 나누어 기계적 물성을 분석하였다. 시험편은 T사의 일방향 프리프레그 제품을 이용하였으며, 오븐성형법의 시험편은 프리프레그를 환봉에 적중하고 수축테이프를 테이핑하여 마무리한 후 녹는점 온도 70℃에서 30분, 경화점 온도 120℃에서 경화시간 90분의 조건으로 오븐(Oven) 성형하여 제작하였다. 또한, 오토클레이브 성형법의 시험편은 프리프레그를 파이프에 적중하고 수축테이프를 테이핑하여 녹는점 온도 70℃에서 60분, 경화점 온도 130℃에서 경화시간 120분의 조건으로 오토클레이브(Auto Clave) 성형하였다. 인장시험편은 파이프 형태로서 인장그립에 바로 물릴시 그립압력에 의해 그립부의 파손을 방지하고자 시험편 내측 지름에 맞게 길이 50mm의 금속 코어를 끼운 뒤 인장시험을 실시하였으며 각 시험편의 사이즈는 아래의 그림과 같다.

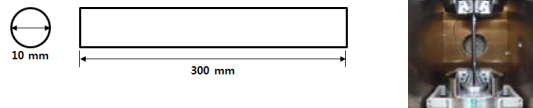


Fig. 1. Tensile Test specimen and test setting

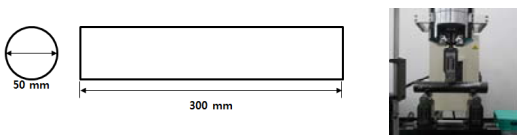
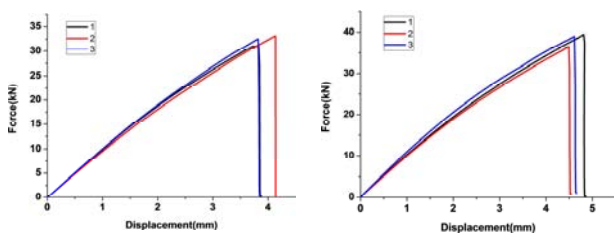


Fig. 2. Flexible Test specimen and test setting

3. 실험 결과 및 고찰

인장시험과 굴곡시험은 각각의 성형방법대로 3개씩 시험을 진행하였다. Table 1과 Table 2는 인장, 굴곡시험 결과를 표로 나타낸 것이다. 성형조건 별 인장시험 결과를 비교하면, 오븐성형보다 오토클레이브로 성형된 파이프가 약 19%의 강도향상을 보이며, 변형은 약 18%의 향상을 보이는 것을 확인하였다.

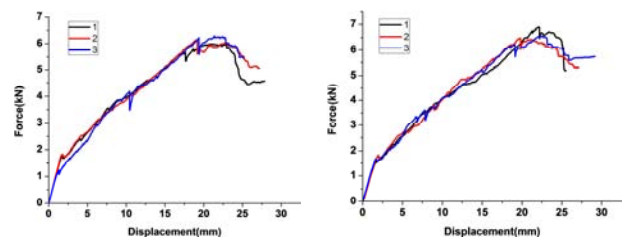


(a) Test results of Tensile(oven) (b) Test results of Tensile(Auto Clave)

Fig. 3. Tensile test results of Pipe

Table 1 Tensile test results of Pipe

Method	specimen	Max. Force (kN)	Max. Displacement (mm)
Oven	1	31.211	3.832
	2	33.172	4.136
	3	32.537	3.817
	Average	32.31	3.93
Auto Clave	1	39.565	4.81
	2	36.492	4.492
	3	39.009	4.613
	Average	38.36	3.93



(a) Test results of Flexure(oven) (b) Test results of Flexure(Auto Clave)

Fig. 4. Flexure test results of Pipe

Table 2 Flexure test results of Pipe

Method	specimen	Max. Force (kN)	Max. Displacement (mm)
Oven	1	5.985	27.85
	2	6.130	27.178
	3	6.287	25.144
	Average	6.13	26.72
Auto Clave	1	6.894	25.501
	2	6.476	27.084
	3	6.558	29.148
	Average	6.13	26.72

굴곡시험의 결과 오븐성형보다 오토클레이브로 성형된 파이프의 굴곡강도가 약 8.3% 향상되었으며, 변형은 약 2%가 늘어난 것을 확인할 수 있었다. 이는 오토클레이브 성형시 오븐성형보다 성형온도 및 성형압력의 분포가 균일하여 내부의 휘발물질 및 기공제거효과, 경화도가 우수하여 위 같은 결과가 나타났을 것 이라고 판단된다.

서핑시 다각에서 불어오는 풍향과 예측할 수 없는 파도에 대한 마스트의 변형률과 강도는 큰 상관관계를 이루어야 하므로 탄소섬유 윈드서핑의 성형법은 오븐성형보다 강도 및 변형률이 우수하게 나타난 오토클레이브 성형이 더 적합하다고 사료된다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 일반 연구자지원사업 (NO. 2013R1A1A2062899)과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014R1A2A1A11053533).

참고문헌

- (1) Jeon. U. J, 1992, *Molding Method of Composites*, The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 32, No. 1, pp. 18~27.
- (2) Kim. Y. T, 2016, *Mechanical Characteristic Analysis of CFRP Laminatin Layer in Wind Surfing Mast Application*, Jeonju University.

금속메쉬 응용 탄소복합재의 전자파차폐 특성 분석

이민상¹, 이정진², 이준형², 김경수², 박이구³, 김홍건^{4*}

Analysis of Electromagnetic shielding properties of the carbon composites with a metal mesh

M. S. Lee, J. J. Lee, J. H. Lee, K. S. Kim, L. K. Kwac, H. G. Kim*

전주대학교 기계공학과¹, 전주대학교 탄소융합공학과², 전주대학교 기술융합디자인공학과³, 전주대학교 기계자동차공학과⁴

Key Words : Carbon Fiber 3K Prepreg, Metal Wire Mesh, Electromagnetic Shielding,

1. 서론

본 연구에서는 기존의 전자파 차폐재의 주를 이루고 있는 금속소재의 대안으로서 기계적 특성이 우수하며 낮은 비중을 가져 그 사용량이 점차적으로 증대되고 있는 탄소복합재를 이용하여 금속메쉬와의 하이브리드 적층 시험편을 제작하여 탄소복합재 및 메쉬의 응용에 대한 전자파 차폐 특성을 집중적으로 분석하고자 한다.

2. 시험편 제작 및 EMI 실험

본 연구에서는 직조형태의 탄소섬유 3K 프리프레그 2Ply에 직경 0.05mm의 200Mesh X 200Mesh 금속메쉬(Copper, Nickel, Stainless Steel) 3종을 각각 1Ply 적층하여 탄소복합재의 전자파 차폐 특성과 금속메쉬의 하이브리드 형태에 대한 특성 및 각 재질별 특성 등을 분석하고자 하며 아래의 Table 1은 본 연구에 사용된 탄소섬유 3K 프리프레그의 물성을 나타내고 있다.

Table 1 Composition of carbon fiber prepreg (WSN3K)

Weave Style	Fiber Areal Wt.(g/m ²)	Resin Content (%)	Fiber Volume (%)
Plain	203	40	50.1

탄소복합재 시험편은 Autoclave Molding 성형을 통해 제작하였으며 차폐 시험의 경우 국제적으로 제시된 차폐율 측정 시험 중 가장 재현성이 뛰어난 ASTM D 4935- 규격에 의거하여 진행하였으며 제작된 시험편은 아래의 Fig. 1과 같다. 또한, 전자파 차폐 실험은 본 규격에서 가장 신뢰성 있는 500MHz~1.5GHz의 주파수 범위에 대하여 실험하였으며 아래의 Fig. 2와 같다.



Fig. 1. Electromagnetic wave shielding specimen



Fig. 2. EMC Test(ASTM D 4935)

3. 실험 결과 및 고찰

전자파 차폐 실험 결과는 아래의 Fig. 3과 같으며 탄소복합재만으로 제작된 시험편의 경우 주파수 대역이 증가할수록 점차적으로 차폐효과가 증가하는 경향을 보였으며 금속메쉬가 삽입된 시험편의 경우 850MHz, 1.4GHz 부근에서는 차폐효과가 증가하고 1.15GHz 부근에서는 차폐효과가 줄어드는 특성을 보였으며 이는 일정 차폐 효과 수준에서 나타나는 탄소복합재의 특성 혹은 금속메쉬 삽입을 통해 나타나는 현상으로 추가 분석이 필요할 것으로 판단된다.

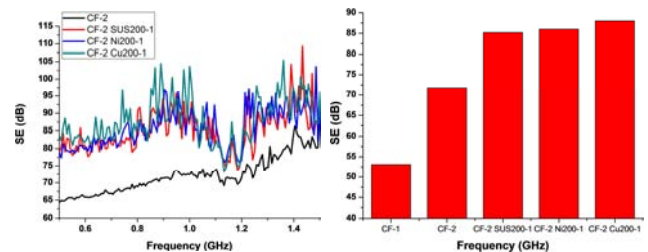


Fig. 3. Linear and average graph of Electromagnetic Shielding Effectiveness

전 구간에 대한 평균 차폐효과와 경우 일반적인 탄소복합재 시험편은 71.8dB, Stainless Steel 금속메쉬 삽입 시험편은 85.2dB, Nickel 금속메쉬의 경우 86dB, 구리 금속메쉬의 경우 88dB를 나타내었다.

이를 통해 적층 시 금속메쉬의 삽입은 기존 대비 13.4dB~16.2dB의 차폐효과를 상승을 보여주며 재질 간의 특성의 경우 Cu > Ni > Stainless Steel 순으로 전자파 차폐효과가 높음을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 일반 연구자지원사업(NO. 2013R1A1A2062899)과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014R1A2A1A11054594).

참 고 문 헌

- (1) Song, D. H, 2010, *A Study on Electromagnetic interference shielding effectiveness of the metal Mesh/Fiber reinforced composites*, University of Josun.
- (2) Lee, M. S, 2016, *Analysis of electromagnetic shielding and mechanical strength properties using carbon material and wire mesh*, Jeonju University.
- (3) ASTM D 4935-99 : *Standard test method for measuring the electromagnetic shielding effectiveness of planer materials*

구조색 구현을 위한 다단 나노구조 가공 및 사출성형

유영은^{1*}, 우상원^{1,2}, 김정환¹, 윤재성¹, 최두선¹, 김선경², 김종수³

Fabrication and Injection Molding of Multi-step Nanostructure for Structural Colors

Y.-E. Yoo*, S. W. Woo, J.-H. Kim, J.-S. Yoon, D.-S. Choi, S.-K. Kim, J. S. Kim

한국기계연구원 나노공정연구실¹, 서울과학기술대학교², 네오나노텍³

Key Words : Multi-step, nanostructures, micro-structure, structural color, injection molding

1. 서론

주변에서 볼 수 있는 공학적 제품에서의 색상은 안료나 염료 등과 같이 특정한 색의 발현이 가능한 화학적 물질을 이용하는 것이 일반적이다. 이러한 안료나 염료에 의한 색상은, 관련 기술의 발전에 따라, 더욱 정교하고 다양해지고 있다. 그러나, 이러한 안료 등은, 특히 외관에 피막을 형성시키는 도장 공정이 적용되는 경우, 용제 등의 사용으로 인해 제품 생산이나 사용 과정에서 작업자나 사용자, 혹은 환경에 미치는 부정적인 영향이 큰 문제를 가지고 있다.

이에 비해서, 나비의 날개[1]나 진주조개껍질 등에서 볼 수 있는 색상은 안료나 염료가 아닌, 나노 및 마이크로 크기의 복합적인 구조에 의해 발현된다(Fig. 1). 이러한 복합구조를 공학적으로 구현하는 경우 유사한 색상의 발현이 가능할 것으로 보이나, 자연에서의 이와같은 구조는 대량으로 제작하기에는 어려움이 매우 크다.

본 연구에서는 구조색을 대량으로 제작이 가능한 공학적인 제품에 적용하기 위하여, 자연에서의 구조색 발현 구조에 대한 등가 구조 설계, 구조색 등가 구조 마스터 및 스탬퍼 제작, 스탬퍼를 이용한 사출 성형에 대한 일련의 연구를 수행하였으며, 이에 구조색 효과를 확인하였다.

2. 나노복합구조 설계, 가공 및 성형

Fig. 1과 같이 구조색이 발현되는 자연에서의 나노마이크로 복합구조체를 가공 혹은 성형성을 고려하여 Fig. 2와 같이 나노 및 마이크로 크기의 구조가 여러 층으로 중첩된 다단 구조로 설계하였다. 이의 가공을 위하여 실리콘 웨이퍼에 산화층 및 폴리실리콘 층을 교대로 성장시킨 후 각각의 층에 선택적인 식각 특성을 가지는 용액을 이용하여 다단 구조 마스터를 가공하였다(Fig. 3). 이를 이용하여 니켈 도금 공정을 수행하여 두께 0.5mm 정도의 스탬퍼를 제작하였다. 이를 사출성형 금형의 캐비티에 장착한 후 사출 성형 공정을 통하여 나노마이크로 복합 구조가 표면에 구현된 플라스틱 기판을 성형하였다.

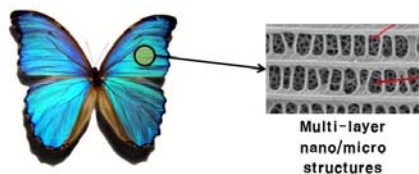


Fig. 1. The structural color from the morpho butterfly and the nano/micro-structures on the scale of the wing[2]

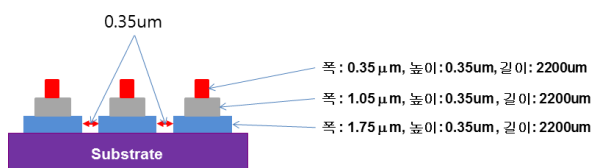


Fig. 2. A multi-step nano/micro-structure design equivalent to the multi-layer structure of the butterfly

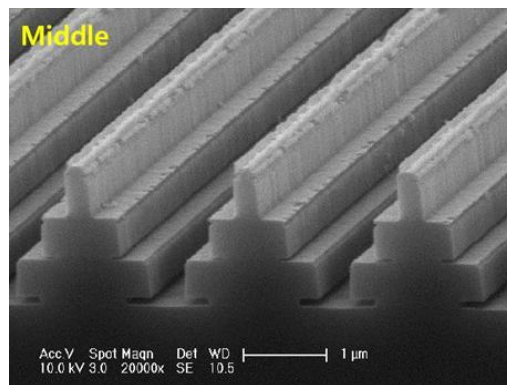


Fig. 3. The image of the multi-step nano/micro-structure fabricated on the Si-wafer

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3에 나타난 바와 같이 다단의 나노마이크로 복합구조가 4인치 웨이퍼 상에 가공되었으며, 이를 기반으로 한 니켈 도금 공정에 의한 니켈 스탬퍼도 Fig. 4와 같이 제작되어 표면에 구조에 의한 색상이 발현되고 있음을 확인하였다. 이를 기반으로 성형한 플라스틱 기판에서도 구조색이 발현되어, 플라스틱 제품에서도 안료나 염료의 적용 없이 색상 구현이 가능함을 확인하였다.

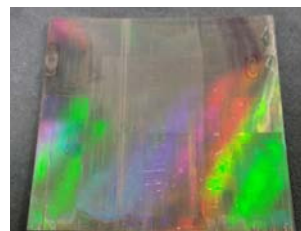


Fig. 4. The image of the Ni-stamper electroplated from the Si pattern master

후기

본 연구는 산업통상자원부의 산업핵심기술개발사업의 지원으로 수행되었음[과제명: 100nm~100μm 나노복합구조물 응용제품 생산을 위한 금형 가공 및 에너지 10% 절감 성형시스템 개발(과제번호: 10042797)]

참고 문헌

- (1) Pete Vukusic and J. Roy Sambles, "Photonic structures in biology", *Nature*, 2003, Vol. 424 14
- (2) L. P. Biró et al. "Role of photonic-crystal-type structures in the thermal regulation of a Lycaenid butterfly sister species pair", *Physical Review*, 2003, E 67, 021907

금형내압제어 사출성형의 마이크로 패턴 전사성 향상 해석

박성호, 유형민, 이우일*

Numerical Analysis on Micro-pattern Replication by Injection Molding Process with Cavity Air Pressure

S.H. Park, H.M. Yoo, W.I. Lee*

서울대학교 기계항공공학부

Key Words : Micro injection molding, Pressurized cavity, Micro-patterns, Numerical analysis

1. 서론

사출성형 공정은 고분자 수지를 활용하여 플라스틱 소재의 성형품을 반복적인 생산 과정을 통하여 대량 생산하기에 적합하다. 최근에 마이크로/나노 사이즈의 패턴을 가지는 성형품의 수요가 증가함에 따라, 사출성형 공정을 통하여 이러한 성형품을 제작하려는 노력이 꾸준히 이루어지고 있다. 본 연구에서 사용한 금형내압제어 사출성형 공정은 금형 내부에 일정한 공기 압력을 적용하여 성형을 진행한다. 이상원 외(한국기계연구원)는 2012년 금형내압제어 공정을 적용한 표면전사특성 실험을 통하여 비교적 큰 굴곡이 있는 평판 성형품에 미치는 가스의 영향을 분석하였다[1]. 본 연구에서는 금형내압제어 적용 마이크로 패턴 성형 시 전사성에 미치는 공기 압력의 영향을 수치 해석을 통하여 분석하였다.

2. 금형내압 적용 효과

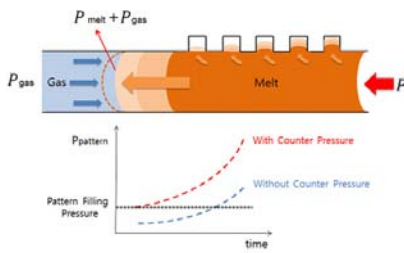


Fig. 1. Pressure gradient and replication characteristic change by cavity counter air pressure

용융수지가 변하는 두께를 가진 캐비티로 사출될 때 혹은 마이크로 패턴을 가지는 캐비티 내부로 사출될 때, 수지는 두껍고 저항이 적은 부분을 우선 채우고 난 후 다시 정제된 수지가 움직이게 될 것이다. 따라서 마이크로 패턴을 충전하는 방향으로 흐름이 발생하기 전에 고화가 발생하면 마이크로 패턴 미성형이 야기된다[2]. Fig. 1과 같이 마이크로 패턴 수지 유동 선단 부에 반대로 공기의 압력을 가하면 전제적인 흐름의 압력 구배는 낮아지고, 선단부의 압력은 증가하는 효과를 일으켜 정제 현상을 완화 시켜 준다. 이를 통하여 수지의 고화가 일어나기 전에 패턴 방향으로의 충전을 향상시킬 수 있다.

3. 해석 결과 및 고찰

해석에 사용한 모델은 60um 폭을 가지는 리브 형상의 마이크로 라인 패턴이므로 2차원 해석 모델을 설정하였다. 오른쪽을 주입구로 가정하고 윗부분을 몰드, 나머지 부분은 대칭 경계 조건을 설정하였다.

Table 1 Cross-WLF viscosity model coefficients

n	Tau*(Pa)	D1(Pa-s)	D2(K)	D3(K/Pa)	A1	A2(K)
0.2065	57861	2.25304E+14	263.15	0	34.12	51.6

해석에 적용한 수지는 Polypropylene(PP)이며, 사용한 점도모델은 Table 1에 나타내었다[3]. 해석은 ANSYS Fluent를 사용하였고, 금형

캐비티에 적용한 내압은 4MPa이다. 수지 유동이 패턴을 지나갈 때 압력 분포를 Fig. 2에 나타내었다. 좌측의 내압 미적용 경우와 우측의 내압 적용 경우에 대하여 압력을 비교해보면, 내부의 공기 압력에 의하여 선단의 압력이 증가하고 패턴 충전 방향으로의 압력 구배가 형성된 것을 확인할 수 있다. 이를 토대로 수지 유동이 패턴을 지나갈 경우에 금형 내부 공기 압력에 의하여 패턴 충전 방향으로의 흐름이 발생함을 예상할 수 있다. 해석 결과중 마이크로 패턴 내부의 충전 정도를 수치적으로 비교해 보면 금형내압을 적용 할 경우가 미적용 경우보다 약 20%의 전사성 향상이 있음을 Fig. 3에서 확인할 수 있다.

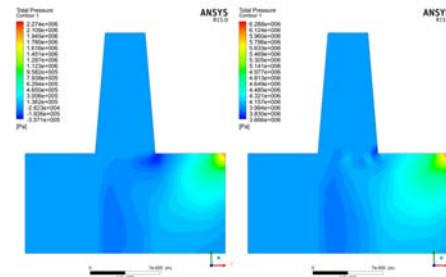


Fig. 2. Pressure distribution of melt resin near the micro-patterns; (a) non-pressure, (b) 4MPa air pressure

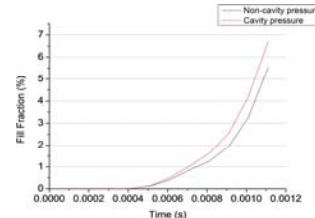


Fig. 3. Comparison of micro-pattern fill fraction

후기

“본 논문은 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업(No.10042797, 100nm~100um 나노복합구조물 응용제품 생산을 위한 금형가공 및 에너지 10% 절감 성형시스템 개발)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No.20104010100490)입니다.

참고문헌

- (1) Woo SW, Yoo YE, Choi DS, Yoon JS, Kim SK, Cho SJ, 2012, *An Experiment on the air pressure of the pressurized cavity for injection molding*, Proceedings of 2012 fall conference of the Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 379-380.
- (2) Attia UM, Marson S, Alcock JR, 2009, *Micro-injection moulding of polymer microfluidic devices*, Microfluidics and Nanofluidics, 7(1), pp. 1~28.
- (3) Wang, J., Xie, P., Ding, Y., Yang, W., 2010, *Online pressure-volume-temperature measurements of polypropylene using a testing mold to simulate the injection molding process*, Journal of Applied Polymer Science, Vol.118, No.1, pp. 200~208.

원형 나노구조물을 이용한 표면의 광학적 특성 제어에 관한 연구

여은주^{1,2}, 육근무¹, 김정환^{1,2}, 유영은^{1,2}, 윤재성^{1,2*}

An investigation on the optical characteristics of surface using circular nano structures

E. J. Yeo, G. M. Yuk, J. H. Kim, Y. E. Yoo, J. S. Yoon*

한국기계연구원(KIMM) 나노공정연구실¹, 과학기술연합대학원대학교(UST) 나노메카트로닉스²

Key Words : Stepper process, nanostructure, DRIE, structural color

1. 서 론

최근 나노기술이 각광 받으면서, 다양한 분야에서 나노기술의 응용연구가 이루어지고 있다. 또한, 그만큼 보다 정밀하고, 다양한 공정 기법을 활용하여 나노구조물을 제작한다 [1,2]. 이 연구에서는 여러 방법 중 스텝퍼(Stepper) 공정을 통하여 나노구조물을 제작하였다. 스텝퍼 공정은 포토리소그래피 공정 중의 하나로써, 기존 포토리소그래피 공정에서 마스크와 웨이퍼 사이에 렌즈를 추가하여 기존 마스크 패턴을 일정 비율로 줄여 노광하는 방식을 말한다.

2. 실 험

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 스텝퍼 공정을 이용하여 웨이퍼 위에 지름 500nm 크기의 원형 패턴을 현상하였다. 이 후, 건식 식각(DRIE) 공정을 통하여 동일 직경의 음각 원형 구조물을 제작하였다. 또한, 식각 깊이를 500 및 750nm 두 가지로 각각 제작함으로써 구조물의 깊이에 따른 광학적 특성의 변화를 고찰하고자 한다.

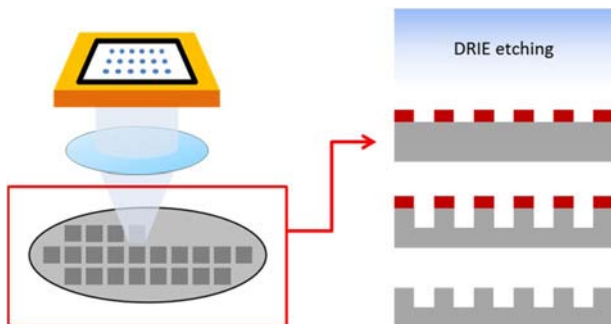


Fig. 1 A schematic of stepper and DRIE processes

3. 실험 결과 및 고찰

상술한 바와 같이 제작된 실리콘 기판을 이용하여 기판의 방향과 각도를 달리하여 반사되는 빛을 관찰하였다. 각도에 따라 Fig. 2와 같이 녹색과 보라색 사이의 빛을 보이는 것을 확인하였고, 이를 통하여 표면의 구조물에 의해 일정한 파장 범위 내의 구조색이 발현된다는 것을 확인하였다.

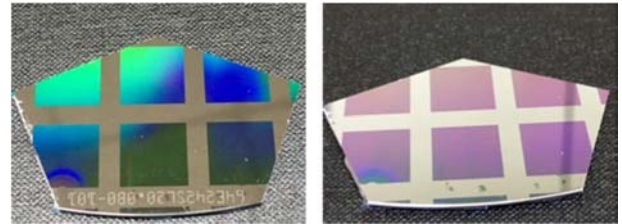


Fig. 2 Images of surface structural color depending on various angle

향후, 구조물의 기하학적 형상에 따른 광학적 특성을 보다 정밀하게 파악하기 위한 해석 연구를 수행할 예정이다. 또, 현재의 음각 구조물을 몰드로 사용하거나, 이를 복제하여 양각의 구조물에 대한 광학 특성을 파악하기 위한 실험을 진행 중이다.

후 기

이 연구는 산업통상자원부 산업융합원천기술개발사업 (No. 10042797, 100nm~100 μ m 나노복합구조물 응용제품 생산을 위한 금형가공 및 에너지 10% 절감 성형시스템 개발), 한국기계연구원 주요사업(NK196B) 및 미래창조과학부의 미래유망융합 파이오니어 사업(NRF-2012-0009574)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참 고 문 헌

- (1) Guo, L. J., 2007, Nanoimprint Lithography: Methods and Material Requirements, Adv. Mater., 19, 495-513
- (2) Emoto, A., Uchida, E., Fukuda, T., 2012, Fabrication and optical properties of binary colloidal crystal monolayers consisting of micro- and nano-polystyrene sphere, Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp., 396, 189-194

다양한 광원에 따른 거울반사구조색 효과

장응기, 김병희, 서영호*

Specular reflection structural colors by various light sources

W.K. Jang, B.H. Kim, Y.H. Seo*

강원대학교 기계융합공학과

Key Words : Specular reflection, Structural colors, Nanoholes

1. 서론

색상은 일반적으로 안료 또는 색소(chromophores)에 의해 선택적인 빛을 흡수 또는 방출하여 색을 나타내었다. 그러나 회절, 산란, 간섭 등의 물리적 효과에 의해서 나타나기도 한다.^[1] 이러한 효과는 자연에서 많이 목격되며 지난 수 년 동안 자연을 모방한 감지센서 및 디스플레이들이 많이 보고되었다. 최근 나노포토닉스 분야에서는 신개념 및 기술들로 구조적 색을 나타내는 기술이^[2] 연구되어 왔다. 그 중에서 마이크로미터 이하 구조의 주기적인 배열에 의해서 색이 발현되는 연구도 이루어 졌다.^[3] 이것은 반사표면상에 마이크로미터 이하 구조의 상부 및 하부에 반사 파장이 회절에 의해 서로 유도되어 상호 간섭에 의해 색상이 나타난다. 본 논문에서는 알루미늄 양극산화공정을 이용하여 불규칙하게 배열된 다양한 깊이의 나노홀을 제작하였으며, 제작된 나노홀의 표면에 알루미늄을 증착 후 4가지 광원을 조사하여 불규칙한 나노홀의 깊이에 따른 구조색을 확인 하였다.

2. 불규칙한 나노홀 제작

본 연구는 불규칙하게 배열된 나노홀을 제작하기 위하여 알루미늄 양극산화공정을 수행하였다. 알루미늄 양극산화공정은 1 μ m 두께의 순수 알루미늄(99.999%)이 증착된 6인치 웨이퍼에 제작하였다. 전해액은 0.1M의 인산을 사용하였으며 공정온도는 -10°C에서 수행을 하였다. 균일한 나노홀을 제작하기 위하여 2차에 걸친 양극산화공정을 수행하였다. 1차 공정은 20 V의 저전압을 5분간 인가 후 200 V의 고전압을 5분간 인가하였다. 제작된 알루미늄 나노홀층을 제거하기 위하여 65°C의 크롬산(1.8wt%)과 인산(6wt%) 혼합용액에서 2시간 동안 식각 하였다. 이 공정은 알루미늄이 균일하게 생성될 수 있도록 베이스를 형성하기 위함이다. 2차 공정 역시 5V의 저전압에서 5분간 패시베이션을 수행 후 200 V의 고전압을 인가한다. 이때 인가되는 고전압의 총 전하량을 변경하며 공정을 수행 하여 깊이가 다른 나노홀을 제작하였다. 마지막으로 35°C의 0.1M 인산에서 60분간 식각하여 나노홀의 직경을 증가 시켰다. 불규칙한 배열로 제작된 나노홀의 표면에 스퍼터 공정을 이용하여 약 10 nm의 알루미늄을 증착 시켰다. 알루미늄이 증착된 표면에 태양모사 광, 주광색 광, 할로겐 광, 주백색 광의 4가지 광원을 조사하여 반사되는 구조색을 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

알루미늄 양극산화공정을 통하여 제작된 불규칙한 배열 나노홀 어레이의 깊이는 265 nm ~ 670 nm 로 제작 되었으며, 직경은 200 nm 로 제작하였다. 제작된 샘플의 표면에 태양모사 광, 주광색 광, 할로겐 광, 주백색 광의 4가지 광원을 조사하여 반사되는 구조색을 확인하였다. 광을 조사한 결과 Fig.1에서 보는 것과 같이 나노홀의 깊이에 따라 녹색, 파랑색, 보라색, 붉은색 계열의 구조색들이 나타났으며 광원의 종류에 따라서도 다른 구조색들이 나타났다. 주광색 광과 주백색 광은

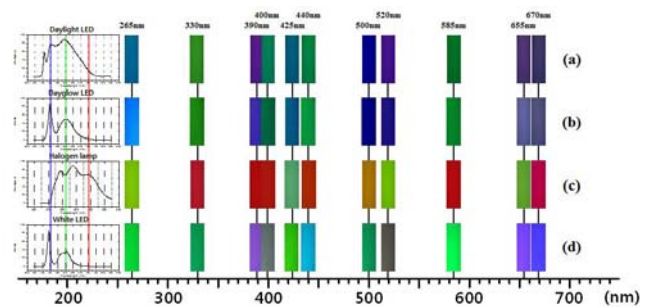


Fig. 1. Specular reflection structural colors for various light sources (a) daylight LED, (b) dayglow LED, (c) halogen lamp, (d) white LED

광원의 파장은 440 nm ~ 450 nm 영역의 파랑색 성분과 550nm 영역의 녹색 성분은 다량 포함하고 있지만 650nm이상 영역 붉은색 계열의 파장성분은 소량 포함하고 있어 반사되는 구조색 역시 붉은색 계열의 색은 나타나지 않았으며 파랑색, 녹색, 보라색 계열의 구조색이 나타났다. 이에 반해 할로겐 광은 450 nm의 파랑색과 650 nm의 녹색 계열의 성분 뿐 아니라 700 nm의 붉은색 계열의 파장성분을 다량 포함하고 있어 반사되는 구조색이 700 nm의 붉은색 성분이 영향이 높아 붉은색이 강하게 나타남을 확인하였다. 이와 같이 동일한 깊이의 나노홀이라도 조사되는 광원에 포함되어있는 성분의 특성에 따라 구조색이 다르게 나타남을 확인 하였다. 나노홀의 깊이를 다양하게 제조하여 조사되는 광원의 성분을 조절하면 더욱 다양한 구조색의 표현이 가능할 것으로 예상되며, 또한 선택적인 영역에 무도장 방법을 통해 다양한 모양과 색의 구현이 가능 할 것으로 예상된다. 다양한 색과 모양의 구현이 가능하면 기존의 환경, 변색과 같은 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 산업통상자원부의 “100nm ~ 100 μ m 나노복합구조물 응용제품 생산을 위한 금형가공 및 에너지 100% 절감 성형시스템 개발”과 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20134030200240)입니다.

참고 문헌

- (1) Yoon, K.S, Choi, S.J, Peak, J.Y, Im, D.J, Roh, J.Y, Kwon, J.B, Kim H, 2014, *Iridescent Specular Structural Colors of Two-Dimensional Periodic Diffraction Gratings*, Journal of the Optical Society of Korea, Vol. 18, No. 5, pp 616~622.
- (2) K. Kumar, H. Duan, R.S. Heged, S.C.W. Koh, J.N. Wei, K.W. Yang, 2012, *Printing colour at the optical diffraction limit, nature nanotechnology letter*, Vol 7, pp 557~561.
- (3) Lezec, H.J, McMahon, J.J, Nalamasu, O, Ajayan, P.M, 2007, *Submicrometer Dimple Array Based Interference Color Field Displays and Sensors Gratings*, Nano Letters, Vol. 7, No. 2, pp 329~333.

전도성 코팅 PTFE 멤브레인을 이용한 선택적 이온 이송 제어 연구

김정환^{1,2*}, 조상훈¹, 정선아¹, 윤재성^{1,2}, 유영은^{1,2}

Selective Ion Transportation using Conductive layer coated PTFE membrane

J. H. Kim*, S. H. Cho, S.-A. Jung, J.-S. Yoon, Y.-E. Yoo

한국기계연구원 나노공정연구실¹, 과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스공학과²

Key Words : PTFE membrane, Ion transportation, Electrical bias, Conductive layer coating

1. 서론

현재 다기능성 고분자 멤브레인 소재에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 수행되고 있다. 그 중에서도 특히 해수담수화나 특정 이온추출, 혈액 순환 암세포 검사 등과 같이 에너지 산업, 의학 산업에서의 적용으로 다기능성 고분자 멤브레인에 대한 수요가 더욱 급증하고 있다. 그 중 고분자 PTFE 멤브레인은 우수한 내화학성 및 내마모성으로 수처리 장치 등에 활용되고 있다. 하지만 PTFE 소재는 고분자 물질이기에 금속과 비교하여 강도와 열에 약하며, 또한 부도체이기 때문에 전기적 능동여과(Electrically active filtration)를 하기에는 부적합하다.

따라서 본 연구에서는 PTFE멤브레인에 금속 박막 코팅을 함으로써 금속/PTFE 융합 멤브레인을 제작하여 전기를 이용한 특정 이온 이송 제어 기능을 연구하고자 한다

2. 실험방법 및 측정

Pt는 귀금속으로 전성과 연성이 다른 금속에 비해 뛰어나며 공기나 물에서도 매우 안정하며 산/알칼리에도 강하다. 그래서 본 실험에서는 전기 인가를 위한 전도층 소재로 Pt를 선택하였다. 코팅 박막의 접착력을 향상시키기 위해 PTFE 멤브레인과 Pt 박막 사이에 전자빔증발법을 이용해 형성한 Ti 박막 30nm를 삽입하였으며, 그 후에 스퍼터링을 이용해 200nm 두께의 Pt 박막을 증착하였다. 포어 사이즈 분석은 Image Pro 프로그램을 이용하였다.

특정 이온 이송제어기능 작동여부 확인을 위해서 본 실험에서는 약 30~40ppm 농도의 NaCl용액을 제조하였다.[1] 그 후에 용해가 잘 되도록 24시간 동안 마그네틱 교반기에서 200rpm으로 교반시켰다. 또한 이온 이송제어 특성을 평가하기 위해 아래와 같이 능동적 전압인가가 가능한 멤브레인 여과장치를 제작하였다. 이온 농도는 Metler Toledo 사의 perfectION™ 전극을 사용하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 Pt 금속박막의 코팅 전/후의 PTFE 멤브레인 표면 형상을 나타낸다. Pt 금속박막 코팅을 통해 PTFE 멤브레인의 포어 사이즈가

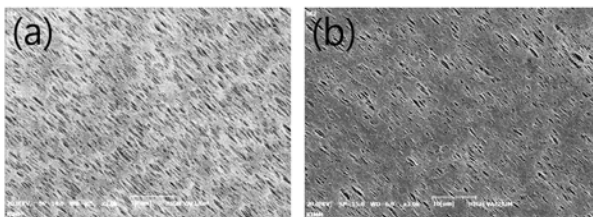


Fig. 1. SEM images of PTFE membranes (a) before and (b) after Pt film deposition

크게 감소한 것을 알 수 있으며, 분석 프로그램을 이용해 측정한 평균 포어사이즈는 코팅 전은 $0.52 \mu m^2$ 이었으며, 코팅 후에는 $0.27 \mu m^2$ 로 감소하였다.

Fig. 2는 전도성 코팅층에 -150 V의 전압을 가하며, 전도성 코팅 멤브레인 투과 전후의 Na^+ 과 Cl^- 이온 농도를 측정한 결과를 나타낸다. 여과 횟수가 증가함에 따라 Na^+ 의 농도는 증가하였으며, 5회 여과 결과 54ppm으로 초기 농도대비 약 40%의 농도 증가율을 보였다. Cl^- 이온의 경우에는 여과횟수가 증가함에 따라 이온농도가 급격히 감소하였으며, 초기농도대비 약 55%의 농도 감소율을 보여주었다.

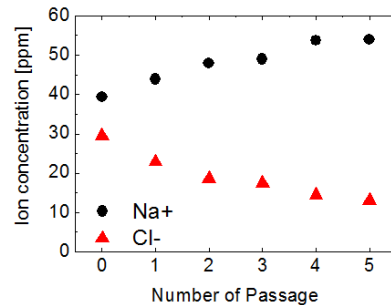


Fig. 2. Change in Na^+ and Cl^- concentrations according to number of passage

Table 1은 여과횟수당 이온 농도 변화를 나타낸다. 이온별로 여과횟수당 이온 이송율 및 배제율이 다른 이유는 이온별로 사이즈 및 이동도가 다르기 때문으로 생각된다.

Table 1 Comparison of ion transportation under electrical bias

	Average ion transportation rate per passage
Na^+	+8%
Cl^-	-11%

참고문헌

- (1) Maria J. Arize, Toribio F. Otero., 2007, "Nitrate and Chloride transport through a smart membrane", *Journal of Membrane Science*, Vol. 290, pp. 241~249

열전도성 복합재료 LED Lighting Module의 방열특성에 관한 해석적 연구

박시환^{1*}, 조재혁², 김태양², 유영은³

Analysis of thermal dissipation characteristics of the LED Lighting Module made of a heat-conductive composite

S. H. Park*, J. H. Jo, T. Y. Kim, Y. E. Yoo

울산과학기술대학교 기계공학부¹, (주)아데소², 한국기계연구원³

Key Words : Heat-conductive composite, Injection Molding, Insert Molding

1. 서론

최근 전기전자 및 자동차 분야에서 사용되는 전자기기가 박형화, 소형화, 다기능화로 인하여 소자의 고집적화가 이루어지고 있고 이로 인한 발열문제는 전자기기의 치명적 고장 원인이다. 또한 제품의 경량화 요구 및 디자인의 다양성을 위하여 열발산이 필요한 부품에 사용되고 있는 금속재료를 대체할 수 있는 플라스틱 재료의 개발 및 성형 공정에 대한 연구가 연구되고 있다. 일반적으로 열전도성 고분자는 우수한 가공성인하여 사출성형 공정을 이용하여 LED 조명기구 등의 방열판에 적용되는 연구[1,2] 진행되고 있으나 1~10W/mK 정도인 열전도율은 이런 용도에 충분히 사용할 수 있는 성능을 갖추고 있지 못하여 금속 인서트를 오버몰딩하는 사출공정의 적용이 필요하며 이에 대한 성능 평가가 필요하다.

본 연구에서는 AI인서트 사출 성형을 적용한 차량 25W/m·K LED 조명기구의 방열판을 대상으로 STAR-CD를 이용하여 방열특성을 분석하였다.

2. Simulation을 이용한 방열특성 분석

본 연구에서 기준이 AI으로 제작되었던 25W/m·K LED 조명기구의 heatsink를 PBT base의 열전도성 고분자를 사용한 사출성형이 가능한 금형 구조를 가질 수 있는 구조를 기준으로 방열판 구조 및 AI insert 사출 성형의 효과를 검증하기 위하여 Fig. 1과 같이 각 case별로 simulation을 수행하였다.

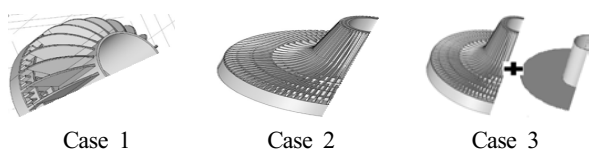


Fig. 1. LED bulb heatsink model

Case 1의 경우 기존 AI 다이캐스팅로 제작된 heatsink의 설계 변경을 최소화하여 열전도성 복합재료의 물성을 부여하였으며 Case2의 경우는 방열핀의 개수를 증가시키고 사출성형이 가능하도록 방열핀의 높이를 낮추었으며 case3의 경우 heatsink면상으로 열전달을 극대화하고자 AI판을 insert하여 사출하는 방식을 채택하였다.

해석을 위한 기본 조건을 Table 1과 같고 내·외부조건은 자연대류 상태로 설정하여 해석을 수행하였다.

Table 1 Condition of heat sink modeling

Item	Spec	
Heat Source	SMPA	1.0W
	LED	18.0W(total)
Heat sink	Composite	1~11W/mK
AI insert	AL	137W/mK

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 heatsink의 해석 case 별 열해석 결과이다. 열전도성 복합재료의 열전도도는 case1,2는 1.1, 4, 10, 11 W/mK로 수행하였으며,

case 3의 경우는 0.2, 0.5, 1.0, 1.1W/mK로 해석을 진행하였다. 그 결과 1.1W/mK의 동일 전도도를 가질 경우에 열전도성 복합재료 방열판의 최고 온도는 case3이 가장 낮다. 이는 실제 방열 효과는 case 2와 같이 방열핀의 설계의 영향 뿐 아니라 AI insert의 효과도 매우 큼을 알 수 있다.

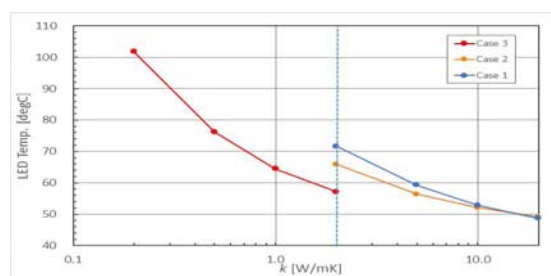


Fig. 2. Comparison with temperature of the LED

AI insert 구조물의 방열 효과를 분석하기 위하여 Fig. 3과 같이 단면에서의 온도 분포를 확인하여 보면 실제 insert 구조물로의 열전달로 heatsink의 비교적 많은 면에서 외부로의 방열이 일어남을 알 수 있다. 따라서 AI heatsink를 열전도성 복합재료를 사용하여 대체하기 위하여서는 방열핀 설계 뿐 아니라 평면방향의 열확산을 개선할 수 있는 insert 사출 공정도입이 필요하다고 할 것이다.

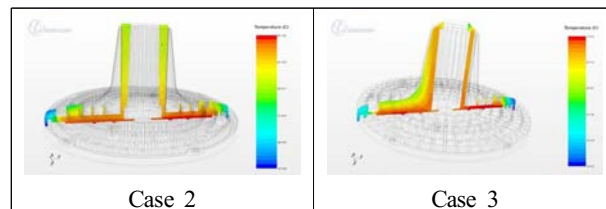


Fig. 3. Thermal analysis of LED bulb heat sink

후기

이 논문은 미래창조과학부·산업통상자원부가 공동 지원한 ‘나노융합2020사업(www.nanotech2020.org)’으로 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: 25W/m·K 급 고열전도성 나노분산-고분자 복합소재 개발 및 제품화 기술 개발].

참고문헌

- (1) Doo-Ho Choi, Won-Ho Choi, Ju-Ung Jo, and Dae-Hee Park, 2015, *Comparative Analysis of Thermal Dissipation Properties to Heat Sink of Thermal Conductive Polymer and Aluminum Material*, J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng, Vol. 28, No. 2, pp. 137-141
- (2) Jae-hyun Kwon, Keon-jun Park, Tae-hyung Kim, Yong-kab Kim, 2014, *Thermal Characteristics of the Optimal Design on 15W COB LED Down Light Heat Sink*, J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng, Vol. 18, No. 2 : 401~407

코팅층을 이용한 그래핀 전사공정 개발 및 특성 분석

권기환¹, 유영은^{2*}, 강신일¹, 김명호³

Manufacturing Graphene transfer process using UV coating layer

K. H. Kwon, Y. E. Yoo*, S. I. Kang, M. H. Kim

연세대학교 기계공학과¹, 한국기계연구원 나노공정연구실², 한남대학교 신소재공학과³

Key Words : Graphene, transfer, Coating process,

1. 서론

최근들어 터치스크린, OLED(organic light emitting diode), 스마트 윈도우, 유기태양전지 등 유기전자 공정으로 전자제품을 이용하는 연구들이 많아짐에 따라 유기물질을 이용한 새로운 공정들이 개발되고, 이를 이용한 연구들이 많이 이루어지고 있다.¹⁻² 그 중에서도 그래핀을 이용한 연구들이 많이 이루어지고 있는데, 그래핀은 Cu나 Ni과 같은 metallic 소재에서 성장이 이루어지기 때문에 이것을 사용하기 위해서는 polymer 기판으로 옮겨 주어야한다. 이를 전사과정이라고 한다. 전사를 하기 위해서는 그래핀층을 잘 옮겨줄 수 있는 carrier film을 사용하게 된다. 이러한 공정을 통해서 graphene은 폴리머 필름과 van der waals force에 의해서 접착되어진다. 하지만 이러한 전사공정에서 그래핀과 기판의 접착은 주요인자로 작용한다. 이는 터치 센서로 적용될 기판의 신뢰성 확보에 아주 중요한 요소로 작용되기 때문이다. 본 논문에서는 코팅층을 이용한 그래핀 전사공정을 제시하고 그에 따른 그래핀 소자의 특성을 확인하였다.

2. 그래핀 전사공정

Cu foil에 그래핀을 성장시키기 위한 공정은 Fig. 1과 같다. 먼저 Cu foil을 세척, 건조 후 dilute H₂ 분위기에서 annealing 시켜준다. 그리고 methane(CH₄)을 carbon source gas로 노출시켜 그래핀 seed를 성장시키고, 이후에 온도를 상온으로 낮추어준다. 이를 통해 Cu foil위에 그래핀층을 만들 수 있다.

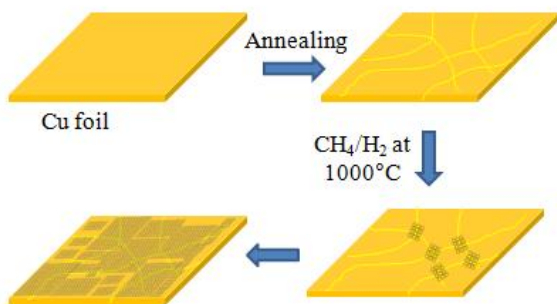


Fig. 1. Schematic of Graphene growth mechanism on Cu foil by CVD Process(3)

이렇게 만들어진 그래핀을 폴리머 기판으로 옮겨 주어야하는데 Gr/Cu foil을 PET필름과 바로 laminating시킨 후, Cu를 에칭하면 etchant에 Cu뿐만 아니라, 그래핀층도 씻겨져 나간다. 이를 방지하기 위해 carrier film이 필요하다. carrier film으로 PMMA, TRT(Thermal Release Tape), Protective film들이 사용되고 있는데, 그중 대면적에 적합한 방법으로 TRT film이 많이 사용되고 있다. Fig. 2는 TRT film을 이용한 그래핀 전사공정이다. CVD로 만든 Gr/Cu foil을 TRT필름과 1차 laminating해준다. 그리고 Cu를 에칭해주면 그래핀이 TRT film위에 남게 된다. 이를 다시 PET film에 2차 laminating해준다. 이때 열을 가해줌으로서 TRT의 접착력을 상해시켜주고 이를 통해 그래핀이 PET film에 전사되는 방식이다. 하지만 여기서 그래핀은 PET film과 van der waals force에 의해서 붙어있게 된다. 이는 터치센서 소자로 적용 시, 내구성 문제가 발생 할 수 있다.

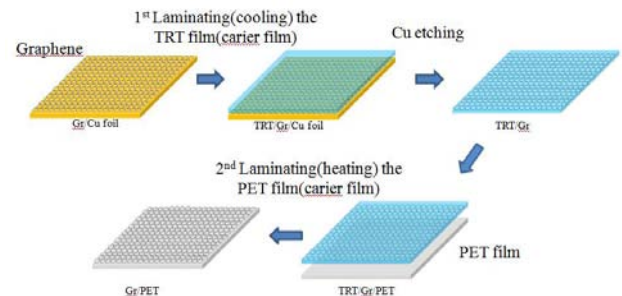


Fig. 2. Schematic of transfer process of graphene grown on Cu foil on to substrate using TRT film(4)

이러한 부분을 개선하기 위해 그래핀과 PET film사이에 접착층을 도포하는 방식으로 소자 구조를 변경하였다. Fig. 3은 접착층을 코팅하고 그래핀층을 전사해주는 공정을 나타낸 것이다. 앞서 CVD를 통해 만든 Cu foil과 UV 레진을 도포한 PET film을 laminating하면서 동시에 UV경화를 시켜준 후 copper를 에칭해주면 Gr/UV resin/PET film을 얻을 수 있다.

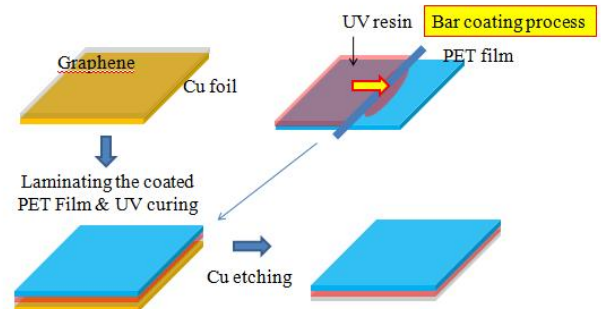


Fig. 3. Schematic of transfer process of graphene grown on Cu foil on to a coated substrate

이를 통해 얻은 그래핀 소자와 기존의 TRT를 이용한 그래핀 소자의 성능을 분석하기 위해 기계적, 전기적, 광학적 특성을 비교 분석 하였다. 기계적 특성은 소자의 내구성 평가를 측정하는 방법으로 scratch test 장비를 이용하여 shear force에 의한 접착력을 측정하였다. 전기적 특성은 투명 전도성 필름의 전도성을 측정 하는 장비인 표면저항 측정 장비를 이용하였다. 마지막으로 광학적 특성은 FT-10RT라는 장비를 이용해서 각 소자의 transmittance와 scattered 값을 측정하였다.

참고 문헌

- (1) S. Bose, T. Kuila, M. E. Uddin, N. H. Kim, A. K. T. Lau, and J. H. Lee, Carbon, 51, 5921(2010)
- (2) Q. Wu, Y. X. Xu, Z. Y. Yao, A. R. Liu, and G. Q. Shi, ACSNano, 4, 1963(2010)
- (3) Mattevi C, Kim H, Chhowalla M. A review of chemical vapour deposition of graphene on copper. Journal of Materials Chemistry 2011;21(10): 3324-34.
- (4) J. D. Caldwell et al., "Technique for the dry transfer of epitaxial graphene onto arbitrary substrate", ACS nano 4, 1108 (2010).

초음파 용착 및 기계적 접촉에 의한 마이크로 채널 패키징

우상원^{1,2}, 정령진¹, 김진환¹, 한상빈¹, 김선경², 유영은^{1*}

Packaging of Micro-channel by Ultrasonic welding and Mechanical Contact

S. W. Woo, J. R. Jeong, J. H. Kim, S. B. Han, S. K. Kim, Y. E. Yoo*

한국기계연구원 나노융합기계연구본부¹, 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원²

Key Words : Ultrasonic welding, Micro-channel, Packaging, Injection molding, Micro-fluidic device

1. 서론

마이크로 유체소자는 마이크로 크기의 채널 등을 이용하여, 소량의 시료를 분리 혹은 혼합하거나 특성을 분석하는 소자를 의미한다. 이러한 소자는 크게 표면에 마이크로 채널 등의 구조물이 형성된 채널기판과 액체 혹은 기체 상태의 시료가 누출되지 않고 채널 등을 따라 흘러갈 수 있도록 채널기판의 채널이 형성된 면을 덮어주는 덮개기판으로 구성된다. 이때 두 기판을 일체화하여 하나의 소자로 만드는 과정을 패키징 공정이라고 할 수 있는데, 이 공정에서 기판 사이에 미세한 틈이 형성되거나 채널의 막힘 현상이 발생하여 소자의 정상적인 사용을 매우 어렵게 할 수 있다[1~3].

최근 마이크로 미세유체 소자 양산화에 대한 필요성이 커지고 있으나, 실험실에서 일반적으로 사용하는 실리콘, 유리 혹은 PDMS 기반의 소자 제작은 긴 제작 시간과 비용 등으로 인해 적용에는 큰 어려움이 따른다. 경제성, 생산성 및 수율 등을 고려한 마이크로 미세유체 소자의 양산화를 위해서는 플라스틱 소재 및 사출성형공정의 적용이 유력한 방안이나, 미세 구조물의 미성형이나 패키징 공정에서의 미세구조물 변형 및 누액 등의 해결이 선행되어야 한다. 특히 플라스틱 소재에 대한 주요 패키징 공정인 초음파 용착, 열용착, 점착제 혹은 용제 적용에 의한 접착 등의 공정은 미세채널의 변형이나 막힘, 혹은 미세채널에 적용되는 생화학적 소재에 대한 부정적 영향 등이 발생할 수 있어, 미세구조물 및 생화학적 소재에 적합한 패키징 공정 기술은 양산형 미세유체 소자의 개발에 매우 중요하다.

본 연구에서는 사출성형으로 제작된 미세채널 기판 및 이를 중간에 감싸기 위한 상하측으로 구성된 덮개기판에 대해서, 미세채널 및 이에 적용된 생화학적 소재에 대한 영향을 최소화할 수 있도록, 두 개의 덮개 기판의 외곽 부분은 초음파 용착에 의해서 미세채널 기판과 덮개기판은 기계적 접촉에 의한 하이브리드 패키징 공정에 대한 실험 및 최적화를 수행하였다.

2. 마이크로 채널 패키징 공정

미세유체 소자에 적용된 미세채널의 높이 및 폭은 각 $100\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$ 이며, 열가소성 우레탄 소재(TPU)로 두께 1mm 정도의 기판 형태로 성형된 후, PMMA 소재로 성형된 상하측 덮개기판 사이에 삽입하여 초음파 용착에 의해 미세유체 소자를 제작하였다(Fig. 1).

초음파 공정에서 적용 에너지가 너무 높을 경우 용착을 위한 용착산 이외에 기판까지 용융시켜 마이크로 채널이 변형 되거나, 낮을 경우 용착산이 용융이 원활하게 이뤄지지 않아 덮개 기판과 채널기판이 정확하게 접촉되지 못하고 틈이 형성되어 소자의 정상적인 활용이 어려워진다. Fig. 2에는 초음파 용착공정에서 채널의 변형 및 틈새로 인한 문제점을 나타내었다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 상측덮개/미세채널기판/하측덮개 구조로 부분적 초음파 용착 공정에 의해 패키징 된 미세유체소자의 단면을 나타내었다.

그림에서 볼 수 있듯이 마이크로 채널을 형성하는 측벽의 상측 면과 덮개 기판이 정확하게 접촉되어 있음을 확인할 수 있다.

이와 같이 초음파 용착산만을 정확하게 용융시켜 채널 기판과 덮개 기판을 정확하게 접촉시키기 위한 최적화 조건을 도출 하였으며, 이를 통하여 채널의 변형이나 누액 등의 문제가 없는 미세유체 소자의 제작이 가능하였다.



Fig. 1. A schematic of micro fluidic device



Fig. 2. Deformation of micro channel on the ultrasonic welding

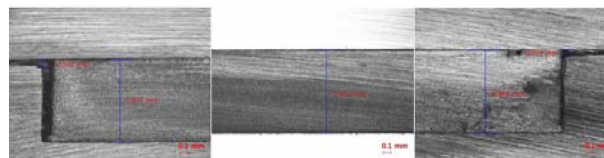


Fig. 3. Cross section of the ultrasonic welding product

참고 문헌

- (1) Yoo, Y.E, Woo, S.W, Kim, Y.S, Lee, K. H, Chang, S. H, Kim, J. Y, 2013, *A Study on Injection molding and packaging of plastic microfluidic device*, Korean Society for Precision Engineering. 2013.5 pp. 207~208.
- (2) S. W. Woo, J. S. Jung, J. Y. Kim, H. H. Park, S. H. Park, S. K. Kim, Y. E. Yoo., 2015, "Fabrication of Plastic Bio-chip Employing Micro-channels," KSMTE. Vol. 4, pp. 266
- (3) A.A. Adams, P.I. Okagbare, J. Feng, M.L. Hupert, D. Patterson, J. Gottert, R.L. McCarley, D. Nikitopoulos, M.C. Murphy, and S.A. Soper, 2008, J. Am. Chem. Soc. 130, pp. 8633~8641

나노입자의 적층을 통한 나노입자 멤브레인 제작 및 수렴한적 특성에 관한 연구

넌 티 푸엥^{1,2}, 김정환^{1,2}, 최두선^{1,2}, 유영은^{1,2*}, 윤재성^{1,2*}

A study on the fabrication and hydraulic characteristics of membranes with nanoparticles

Nguyen Thi Phuong, Jeong Hwan Kim, Doo-Sun Choi, Jae Sung Yoon*, Yeong-Eun Yoo*

한국기계연구원(KIMM)¹, 과학기술연합대학원대학교(UST)²

Key Words : Nanoparticles, anodic aluminum oxide (AAO), charge, embedded

1. Introduction

Fabrication of membranes in nano scale has recently gained much research attention because of numerous potentials toward biological and medical filtration applications [1-2]. In this study, we present a novel principle for filtration in nanoscale dimension, which consists of nanoparticles and anodic aluminum oxide (AAO) template. The nanoparticles are embedded within the pores of the AAO template, so that cavities between the particles can be regarded as effective pores for filtration.

2. Experimental set up

First, as the preparation step, the polystyrene nanoparticles with various sizes of 150 nm, 60 nm and 24 nm have been treated with the Phenylalanine/Arginine functional group (RF4) in order to improve the screening performance. Then, the nanoparticles have been injected into the pore of commercial AAO templates (Fig. 1), whose diameters are about 200 nm on top side and about 100 nm on the bottom side using syringe pump at the injection rate of 0.3 ml/min.

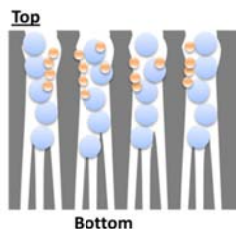


Fig. 1 A schematic of AAO membrane and nanoparticles.

3. Results

The mixture of functionalized nanoparticles with various sizes (150 nm, 60 nm and 24 nm) is embedded in AAO template (Fig. 2a). Moreover, filtration passages, which are formed by confinement of nanoparticles inside AAO pores, can be qualitatively characterized using hydraulic tests. Physically, the pressure of liquid flowing through a narrow passage is higher than that of liquid passing through a wider passage at the same testing conditions. In other words, the higher pressure of liquid indicates the narrower flowing passage. Base on this mechanism, we measure the pressure of water flow through the

nanoparticle embedded AAO template at various injection speed (Fig. 2b). It shows that the pressure of water flow increased when more nanoparticles of different sizes were filled, indicating narrower flowing passages in the pores.

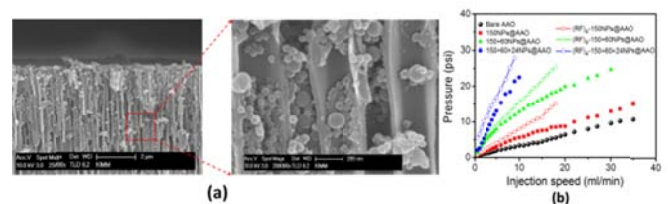


Fig. 2. (a) SEM images of the mixed functionalized nanoparticles embedded within the AAO template; (b) pressure profile of nanoparticles embedded in AAO template at various injection speed.

4. Conclusions

The particles are embedded within the pores of the AAO, so that the gap between the particles could be used as the new, smaller filtration dimension.

Acknowledgement

This research was supported by the Pioneer Research Center Program through the NRF of Korea funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (grant number: NRF-2012-0009574), the Institute Project (NK196B) and the Industrial Strategic technology development program (No.10042797, Development of master machining system and 10% energy saving molding system for 100nm~100μm nano hybrid structures) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea.

References

- (1) H. Strathmann, Introduction to membrane science and technology, Wiley, (2011).
- (2) V. Abetz, T. Brinkmann, M. Dijkstra, K. Ebert, D. Fritsch, K. Ohlrogge, D. Paul, K.-V. Peinmann, S. P. Pereire-Nunes, N. Scharnagl, and M. Schossig, Development in membrane research: from material via process design to industrial application, *Adv. Eng. Mater.* **8**, 328-358 (2006).

모바일 가공시스템을 위한 다공구 밀링가공에서의 절삭력 저감효과

허세곤*, 심종엽, 황주호, 노승국

Cutting force reduction effect in multitool milling for mobile machining system

S. Heo*, J.Y. Shim, J.H. Hwang, S. K. Ro

한국기계연구원 첨단생산장비연구본부

Key Words : Multitool milling, cutting force

1. 서 론

최근 대형 공작물 가공을 위해 프레임 없이 공작물 표면을 따라 이동하며 가공을 수행하는 모바일 가공 플랫폼 개발이 이루어지고 있다.¹ 또한, 모바일 가공 플랫폼을 위한 저절삭력 가공기술인 다공구 밀링가공의 개념이 제시되었다.² 세 개의 공구를 이용하여 각 공구의 회전방향을 달리함으로써 각 공구에서 발생하는 절삭력을 서로 상쇄하여 절삭 합력을 줄일 수 있음을 시뮬레이션을 이용하여 보여주었다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 이용하여 절삭력 상쇄효과가 큰 가공조건을 도출하고 절삭력 저감효과를 분석하였다.

2. 다공구 밀링가공의 절삭력 저감효과

밀링가공에서 절삭력에 영향을 미치는 인자인 이송속도, 공구 회전속도, 공구의 날 수, 날의 헬릭스(helix) 각, 축방향 및 반경방향 절삭 깊이에 대해 절삭력 경향을 시뮬레이션으로 분석하였으며, 이를 기반으로 다공구 밀링가공을 위한 조건을 도출하였다.

도출된 조건에 의한 다공구 밀링가공의 절삭력 저감효과를 확인하기 위해 다공구 밀링가공과 단일 공구 밀링가공에 대한 절삭력 시뮬레이션을 수행하였다. Table 1과 Table 2는 각각 다공구 밀링과 단일 공구를 사용하는 기존 밀링의 시뮬레이션 조건을 나타낸다. Fig. 1(a)는 다공구 밀링가공의 공구 배치, 회전방향 및 절삭력의 방향을 도식적으로 보여주며, Fig. 1(b)는 시뮬레이션을 통해 예측된 세 공구에 의한 절삭 합력의 크기와 방향을 보여준다. 공구 2와 3에서 발생하는 절삭력은 서로 상쇄되며, 다공구 밀링의 절삭 합력은 공구 1의 절삭력과 동일하다.

다공구 밀링 예와 비슷한 절삭 폭을 가지는 공구의 권장조건으로 단일 공구 밀링 시뮬레이션을 수행하였으며, Fig. 2는 단일 공구 밀링

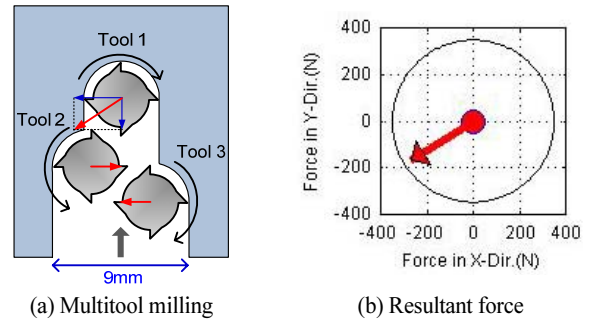


Fig. 1 Schematics and resultant force in multitool milling

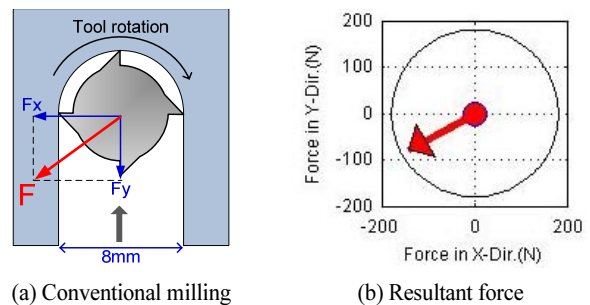


Fig. 2 Schematics and resultant force in conventional milling

과 예측된 절삭력의 크기와 방향을 보여준다. 단일 공구 밀링에서의 평균 절삭력은 313N이며, 다공구 밀링에서의 평균 절삭합력은 166N으로 단일 공구 밀링가공 대비 재료제거율은 다소 줄어들지만 다공구 밀링가공의 절삭력이 약 47% 줄어든 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

이 연구에서는 모바일 가공 플랫폼을 위한 저절삭력 가공기술인 다공구 밀링가공에서의 절삭조건을 도출하고 그 때의 절삭력 저감효과를 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 모바일 가공 플랫폼으로 전달되는 절삭력의 크기가 단일 공구 밀링 대비 현저히 줄어드는 것을 확인하였다. 향후에는 이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 다공구 밀링 가공헤드를 설계 및 제작하고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) Ro, S.-K., 2015, Introduction to development of core technologies for mobile machining platform, Proc. of the KSMTE Annual Autumn Conference 2015, p. 143.
- (2) Heo, S., Shim, J.Y., Hwang, J.H., Ro, S.-K., 2015, Multitool milling simulation to reduce cutting force, Proc. of the KSMTE Annual Autumn Conference 2015, p. 146.

Table 1 Multitool milling simulation conditions

Parameters	Values
Tool (Endmill)	Φ5mm, 6 flute, Helix 45°
Workpiece	Aluminum 2014-T6
Spindle Speed	4500 RPM
Feedrate	1100mm/min
Axial depth of cut	2mm
Radial depth of cut (Tool #2 and #3)	2mm (40% of tool Dia.)

Table 2 Conventional milling simulation conditions

Parameters	Values
Tool (Endmill)	Φ8mm, 6 flute, Helix 45°
Workpiece	Aluminum 2014-T6
Spindle Speed	3400 RPM
Feedrate	1560mm/min
Depth of cut	2mm

3차원 공간좌표측정을 위한 레이저 트래킹 기반 다중 절대거리측량

김승만^{1*}, 오정석¹, 이근우², 한성훈², 장윤수², 김승우²

Multiple absolute distance measurements based on laser tracking for 3D coordinate

S. M. Kim*, J. S. Oh, K. Lee, S. Han, Y. -S. Jang, S. -W. Kim

한국기계연구원¹, 한국과학기술원²

Key Words : Multilateration, 3D coordinate, Laser tracking, Absolute distance

1. 서 론

최근 항공, 조선, 에너지/플랜트 산업에서 대형 복합구조물을 제조하기 위해 공간 한계를 극복하고 대연역, 정밀 가공을 구현할 수 있는 모바일 가공 기술이 요구되고 있다. 모바일 가공을 구현하기 위해서는 기존 고정형 구조의 공작기계, 3D 프린터를 가이드 및 프레임 구속 없이 가공대상 위에서 이동하며 가공을 수행할 수 있는 기술이 필요하다. 이를 구현하기 위한 요소기술 중 모바일 가공 시스템의 3차원 공간상의 위치 및 동선을 인식할 수 있는 기술이 필요하며, 최근 공간에 구애 없이 고속으로 정밀 3차원 공간좌표를 측정할 수 있는 광학기반의 측정기술이 소개되고 있다. 대표적인 기술로는 레이저 트래커, 인도어 GPS, 다중 비전 시스템 등이 있으며 각 기술의 측정 방식 및 시스템 구조에 의해 정해진 측정 정밀도, 측정 속도, 측정 영역 및 활용성에 대한 장, 단점을 고려하여 적합한 응용분야에 적용되고 있다. 본 연구에서는 정밀 절대거리 측정 기술과 레이저 트래킹 기술을 기반으로 한 다중 절대거리측량법을 통해 대 영역의 산업환경에서 정밀측정이 가능한 3차원 공간좌표측정 시스템 기술을 개발하고자 한다.

2. 3차원 공간좌표 측정 개념 및 시스템

모바일 가공 시스템의 공간 위치를 인식하기 위한 3차원 공간좌표 측정 시스템을 구현하기 위해, 환경 외란에 강한 특성을 갖는 절대거리 측정과 기계구동 오차를 최소화 할 수 있는 다변거리측량(Multilateration)을 결합한 다중 절대거리 기반의 3차원 공간좌표 측정 개념을 도출하였다. 절대거리 측정법은 측정 중 빔이 끊겨도 거리정보 값을 잃지 않고 다시 연속적인 측정이 가능하여 산업환경 적용에 적합하다. 최근 극초단 레이저를 적용하므로 기존 절대거리 간섭계의 측정 정밀도의 한계를 극복하므로 정밀 공간좌표 측정에 적용하기 적합한 특성을 보유하고 있다. 다변측량법은 4개 이상의 거리정보를 통해 측정대상의 공간좌표를 획득하는 방법으로 넓은 영역에서 정밀한 공간좌표의 도출이 가능하다. 그림1은 본 연구에서 개발 하고자 하는 다중 절대거리측량 시스템의 개념도이다. 4개의 절대거리 간섭계는 레이저 트래커에 장착되어 이동하는 대상을 추적하므로 실시간으로 절대거리를 측정할 수 있으며, 측정된 4개의 거리정보는 다변측량법 알고리즘을 통해 최종 공간좌표를 도출한다. 레이저 트래커는 기계구동오차를 최소화하는 구조로 구성되며 절대거리 간섭계는 트래커 구동 중심을 기준으로 장착 및 정렬된다. 절대거리 간섭계는 펄스 레이저를 광원으로 하는 컴팩트한 구조의 광학계로 구성되고, 트래킹 제어 신호를 생성하는 위치검출기를 포함한다.

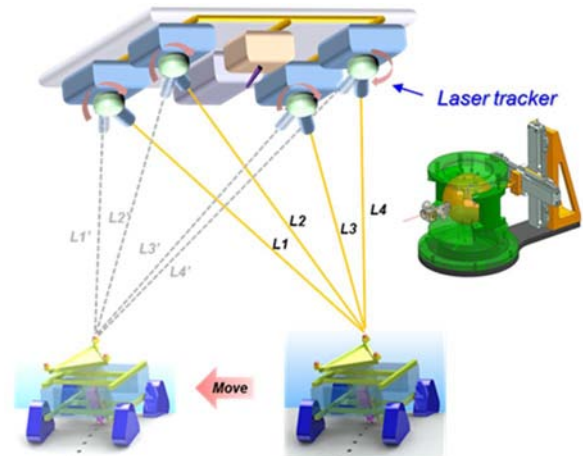


Fig. 1. 다중 절대거리측량 시스템 개념도

참 고 문 헌

- (1) W. Gao, S.W. Kim, H. Bosse, H. Haitjema, Y.L. Chen, X.D. Lu, W. Knapp, A. Weckenmann, W.T. Estler, H. Kunzmann, 2015, Measurement technologies for precision positioning, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 1407, 24.
- (2) B. Muralikrishnan, S. Phillips, D. Sawyer, 2016, Laser trackers for large-scale dimensional metrology: A Review, Precision Eng., 44, 13-28.
- (3) Y.-S. Jang, K. Lee, S. Han, J. Lee, Y.-J. Kim, and S.-W. Kim, 2014, Absolute distance measurement with extension of non-ambiguity range using the frequency comb of a femtosecond laser, Opt. Eng, 53, 122403.

모바일 가공시스템 인치웸 방식 이송기구의 성능평가

김창주*, 윤진원, 노승국

Performance evaluation of a inch-worm type moving mechanism for mobile machining systems

C.J. Kim*, J.W. Yun, S.K. Ro

한국기계연구원

Key Words : Mobile machine, Inch-worm mechanism, Large part

1. 서론

항공기 동체, 선박, 풍력발전기 등에 필요한 대형 공작물을 가공하기 위해서는 가공물보다 1.5배에서 2배 이상 큰 가공장비를 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 이러한 대형 가공장비는 구조적 강성이 높은 장점이 있는 반면 높은 투자비용, 넓은 설치공간, 낮은 에너지 효율, 공작물 사양 변화에 유연한 대응이 어려움 등의 문제점을 가지고 있다. 대형 가공장비에 대한 대안으로 가공물보다 크기가 작으면서 가공물을 타고 다니면서 드릴링이나 밀링 등의 절삭가공을 할 수 있는 이동형(모바일) 가공시스템에 대한 연구가 진행되어 왔다[1,2]. 본 논문에서는 모바일 가공시스템의 핵심요소 중 하나인 이송기구의 새로운 설계개념을 소개하고 시제작 제작 및 성능평가 방법에 대해 설명하였다.

2. 인치웸 방식 이송기구의 구조

모바일 가공시스템의 이송기구는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 하부 프레임(하늘색)과 상부 프레임(초록색)으로 나뉘지며, 상/하부 프레임 사이를 X, Y축 방향 직선 이송계와, C축 방향 회전이송계가 연결하고 있다. 하부 프레임에는 세 개의 외곽 위치에 바닥과의 고정을 위한 고정부 모듈이 직결되어 있으며, 상부 프레임에는 이들 고정부 모듈의 높이조절을 위해 직선 이송축 Z_1 , Z_2 , Z_3 (파란색)을 통해 부착되어 있다. 각 고정부 모듈은 세 개의 진공패드나 On/Off가 가능한 자석블록을 포함하고 있다. 평평하지 않고 곡률을 가진 가공물에 고정이 가능하도록 고정부 모듈은 볼조인트를 이용해 프레임에 상대적으로 최대 15도 범위 내에서 각도 조절이 가능하며, 대응 가능한 가공물의 최소 곡률 반경은 2.5m로 설계되었다. 밀링 또는 구멍가공을 위한 주축(빨간색)은 Z_3 직선이송계에 부착되어 있다.

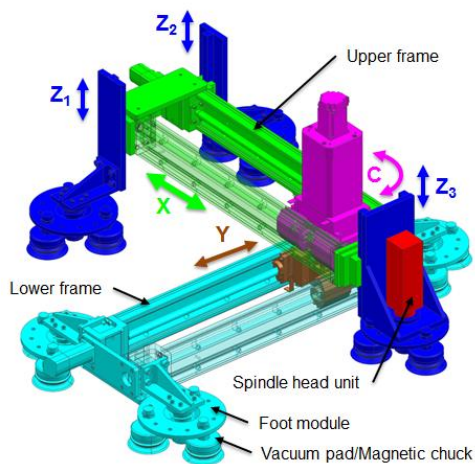


Fig. 1. Construction of the moving mechanism



Fig. 2. Prototype of mobile machining system

3. 이송기구의 성능평가 방법

앞에서 설명된 이송기구의 성능평가를 위해 Fig. 2와 같이 시작기를 제작하였다. 개발 중인 모바일 가공시스템 이송기구에서 평가해야 할 가장 기본적인 성능은 진공패드로 구성된 고정부의 흡착성능과 위치별 정/동적 루프강성이다. 고정부 흡착성능은 가공물에 해당하는 바닥면의 경사도를 45도, 90도로 증가시킬 때 이송기구가 안정적으로 고정되어 있는지 확인하는 것이 선행되어야 한다. 그 다음 단계로 동적인 이송부하 조건에서의 안정성을 확인하기 위해서 각 이송축을 최대 허용가속도로 움직이는 상황에서의 흡착 안정성 및 고정위치 변화를 관찰할 예정이다. 본 모바일 가공기와 일반 공작기계의 가장 큰 차이점은 비교적 유연한 진공패드로 가공물에 고정되어 있고 주변부 가공을 위해 주축이 베이스 구조물로부터 상당히 떨어져 있다는 점이다. 따라서 전체적으로 가공물과 공구 사이의 루프 강성이 비교적 낮을 뿐만 아니라 축 위치에 따라 강성이 크게 변한다는 점이 가공성과 정밀도에 영향을 줄 것으로 판단된다. 이와 관련해 축 위치에 따라 정/동적 강성의 변화와 백래쉬(Backlash)와 같은 비선형 현상에 대한 실험적 평가가 요구된다.

4. 결론

대형 가공물 가공을 위한 이동형 모바일 가공시스템에 사용될 수 있는 인치웸 방식의 새로운 이송기구를 개발하였다. 제작된 시작기를 이용한 흡착 및 구조강성 등의 기초 성능실험 방법을 제시하였다.

참고문헌

- (1) Yang, H., Baradat, C., Krut, S., & Pierrot, F., 2013, *An agile manufacturing system for large workspace applications*, Robotics in Smart Manufacturing, pp.57-70, Springer Berlin Heidelberg
- (2) Kim, C., Yun, J., Ro, S., 2015, Design of an Inch-worm Type Moving Mechanism for Mobile Machining Systems, Proc. of KSMTE, Oct. 2015, p.144.

모바일 가공 측정 및 보정을 위한 간이 테스트베드 구성

김동훈*, 송준엽

Basic test-bed for mobile machining and inspection

D. H. Kim*, J. Y. Song

한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key Words : Mobile machine-tool, Machining, Inspection

1. 서론

본 논문에서는 모바일 가공기 개발을 위한 선행 요소기술 중 하나인 모바일 가공을 위한 초기 가공원점 자율인식을 위한 관련 기초연구에 대해서 소개하고자 한다. 모바일 가공시 고정된 위치에서만 가공이 이루어지는 것이 아니라 이동하면서 다시 원점 본귀하여 이전 작업하던 가공을 이어서 할 경우가 많다. 이를 위해서는 초기가공 원점의 자율 인식 및 보정기술이 반드시 필요하다. 우선 본 고에서는 자율인식 메커니즘 및 기반실험을 위한 간이 테스트베드 구성에 대해서 소개하고자 한다.

2. 자율인식 메커니즘 개선 및 구성

초기 가공원점 자율인식 및 보정 기술을 구현하기 위해서는 먼저 Non-frame구조의 가공기 원점보정조건 부여방법을 검토해야 된다. 일례로 초기 가공좌표 값을 기준으로 임의 위치에서의 포지션 피드백 제어와 임의 가공위치에 생성되어지는 값을 기준으로 포지션 피드백 제어를 생각해 볼 수 있다. 이 때 고려할 점으로는 가공재질 및 상황별 빛의 난반사고려, 가공 공정별 발생할 수 있는 센서의 약조건 고려(칩 발생 등), 대형가공시 미세한 곡면값에 대한 정밀도 고려가 있다.

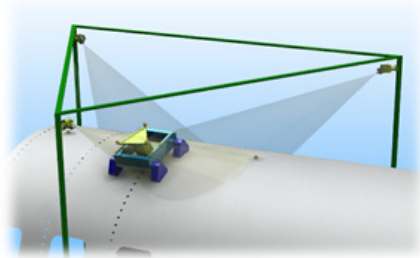


Fig. 1. Example of mobile machining environment

이러한 고려할 항목들을 참조 대응할 기본적인 센싱 메커니즘을 컨셉 디자인 해 보고자 한다. 결과적으로는 본 논문에서 제안하는 센싱 구조로는 비전센서 및 갭센서를 이용한 듀얼 센싱구조를 제시하고자 하였다. 그 이유로는 비전을 통한 오토포커싱 선명도 제어 메커니즘을 구성하여 근접한 초기가공 원점을 계측한 뒤 정밀한 계측을 위해서 계측된 포인트인 Spot의 센터인지 가장자리인지를 갭센서를 통한 Depth 측정을 하는 듀얼구조 센싱 메커니즘을 구성하였다.

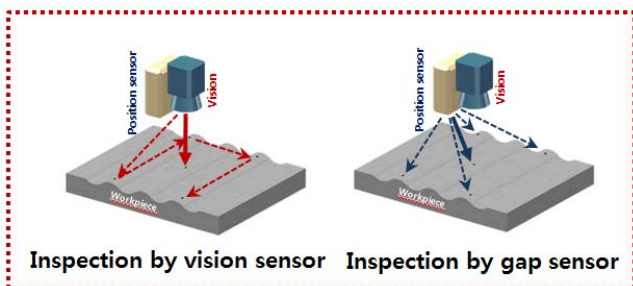


Fig. 2. Measurement structure

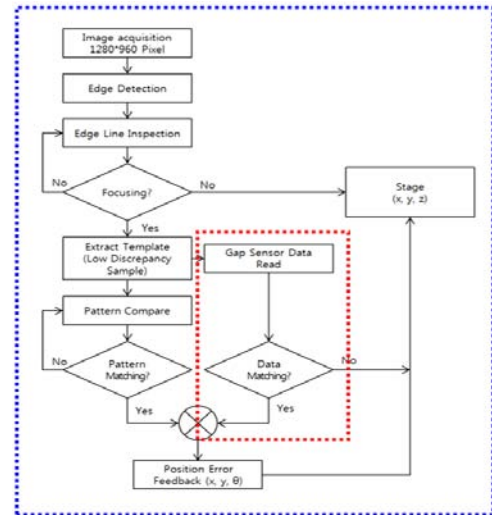


Fig. 3. Detection process

3. 간이테스트베드 구성 및 고찰

실험은 다음과 같은 간이 정반을 설계 제작하여 우선 심플한 플로우에 의해서 기본 진행되었으며 아직은 초기 실험단계이다. 다음 응용연구 논문에서 결과를 가시화하여 제시 예정이다.

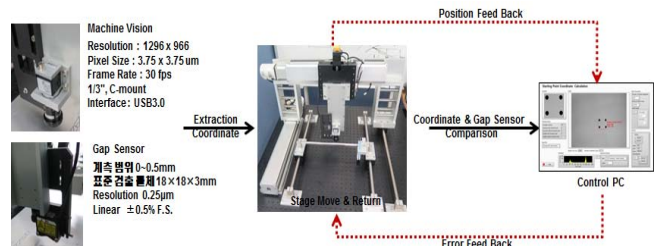


Fig. 4. Design of basic test-bed

후기

이 논문은 정부재원(산업부 산업핵심기술개발사업비)으로 한국산업기술평가원의 지원을 받아 연구되었음 (10052927, 0049075)

참고문헌

- (1) Kim, D. H. and Song, J. Y., 2006, *Ubiquitous-Based Mobile Control and Monitoring of CNC Machines for Development of u-Machine*, Journal of Mechanical Science and Technology, 20 (4), 455-466.
- (2) Lin, C. J. and Yau, H. T., 2013, *System identification and semiactive control of a squeeze-mode magnetorheological damper*, IEEE/ASME Trans. Mechatronics, 18(6), 1691 - 1701.

Tension Leg Platform(TLP) Tendon 파이프 용접 자동화 시스템

박재홍¹, 배성택¹, 안창민¹, 강지원¹, 이종각¹, 문형순^{2*}

Tendon Pipe Welding Fabrication System for Tension Leg Platform

J.H. Park*, S.T. Bae, C.M. ahn, J.W. Kang, J.G. Lee, H.S. Moon

(주)동주웰딩¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : Tension Leg Platform, Tendon Pipe, Welding

1. 서론

TLP는 심해의 자원개발에 적합하도록 설계된 부유식 해양구조물로 인장력을 받고 있는 여러 개의 인장각(tension leg)에 의해 지지된다. 이 구조물은 연직면상의 운동(heave, roll, pitch)에 대해서는 아주 단단히 구속되도록 설계된 반면, 수평면상의 운동(surge, sway, yaw)에 대해서는 외력의 영향을 완화시킬 수 있도록 어느 정도 움직임을 허용하게 설계되어 있어 동적 특성이 매우 우수한 구조물이라 할 수 있다¹. 이러한 구조형식이 TLP 전체의 구조계의 안전성 분석에 있어 인장각의 안전, 특히 인장각의 용접문제는 매우 중요하다 할 수 있다. 본 연구에서는 인장각 용접을 위한 생산제조 시스템에 관하여 연구를 수행하였다.

2. 실험

인장각 용접시스템은 파이프 적취, 끝단 가공, 이동, 첫 번째 용접, 용접된 파이프와 일반 파이프 정렬, 두 번째 용접 그리고 용접부 검사의 순으로 설계되었다.

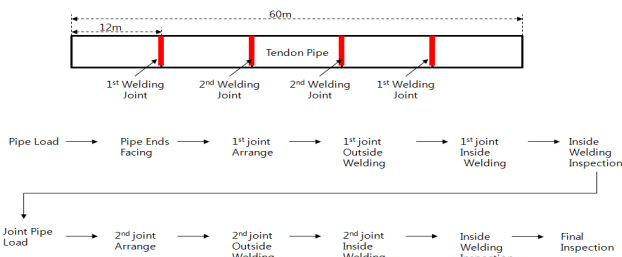


Fig 1. Tension Pipe Welding Work flow

인장각의 외부 용접은 메뉴플레이트를 활용하여 SAW로 용접하였으며, 내부 클램프를 이용하여 인장각의 내부를 평창시킴으로써 용접부 단차를 최소화 할 수 있게 하였다.

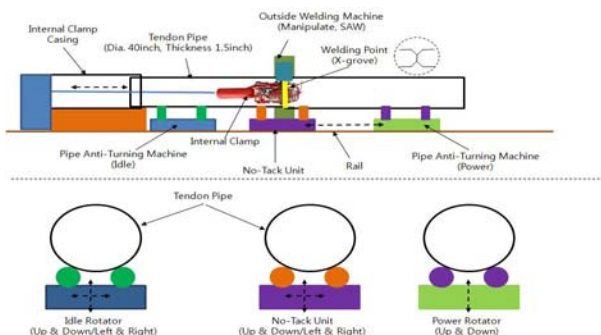


Fig 2. Tension Pipe Outside Welding System

인장각의 내부 용접은 SAW로 용접하였으며, 비접촉식 용접선추적 시스템, 용접토치 상하 및 좌우 이동시스템 그리고 용접부 모니터링 시스템등과 결합하여 안정적인 용접을 구현할 수 있게 제작하였다.



Fig 3. Tension Pipe Inside Welding System

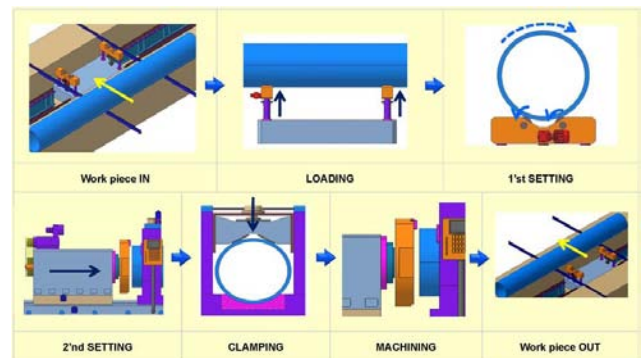


Fig 4. Pipe Facing System

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 인장각 용접시스템의 생산효율 및 용접의 안정성을 기하기 위해 용접 메뉴플레이트, 내부 클램프, 비접촉식 용접선 추적 시스템, 용접부 모니터링 시스템 등을 활용하였다.

또한 이러한 생산시스템이 일체의 흐름을 보이도록 공정설계를 함으로써 인장각을 단일 공장에서 One-Stop으로 생산 가능하게 할수 있어 향후 국내 강관 용접산업 분야에 응용가능 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) Woo-Sun Park and Chung-Bang Yun, Reliability Analysis of Tension Leg Platforms for Severe Storm Waves, The Korean Society of Ocean Engineers, 5(1)16-24 (1991).

선박용 배연 탈질 시스템 개발 동향

서문혁¹, 천상규¹, 김남경², 임동하^{2*}

Development Trends of the NOx Reduction System on the Maritime Application

M.H. Seo, S.G. Cheon, N.G. Kim, D.-H. Lim*

(주)파나시아¹, 한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹²

Key Words : 국제해사기구, 환경규제, 배연탈질, 선택적촉매환원, 촉매,

1. 서론

IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)는 1973년 MARPOL로 알려진 선박으로부터 배출되는 오염을 방지하기 위한 협약을 채택하였고, 이후 관련 규약들이 개정되고 강화되어 왔다. 그 중 선박에서 추진, 발전용 내연기관과 보일러 등의 여러 연소원에서 발생하는 질소산화물(NOx, Nitrogen Oxides)과 황산화물(SOx, Sulfur Oxide) 그리고 그 외 오존층 파괴물질(ODS, Ozone Depleting Substances)과 휘발성 유기화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds)에 대한 배출규제인 MARPOL Annex VI⁽¹⁾를 1997년 처음 제정하였으며, 2016년 1월 1일 NOx 배출에 대한 Tier III 기준이 발효되었다.⁽²⁾

2016년 이전 Tier I 기준의 NOx 배출량은 내연기관의 연소조건을 변경함으로써 만족할 수 있는 수준이었으나, Tier III 배출허용기준은 Tier II의 기준보다 80% 절감된 수준으로 후처리 설비나 가스연료를 사용하지 않고 만족하기 어려운 수준까지 낮아졌다. 따라서 Tier III 기준을 만족하기 위한 다양한 배기가스 후처리 설비에 관한 적용이 검토되고 상용화되었다. 가장 대표적인 NOx 저감 상용화 기술로는 선택적촉매환원(SCR, Selective Catalytic Reduction)이 있다.

SCR은 1973년 일본에서 처음으로 상용화 되었으며, 이후 40 여년의 역사를 가진 기술이다. 그러나 선박환경에서는 강한 진동, 지속적이지 않은 부하운전, 외부온도의 변화, 그리고 높은 습도를 극복해야 한다는 문제를 가지고 있으며, 또한 한정된 공간에 설치되어야 하므로 집약적 공간 활용도가 높아야 한다.

2. 개발 동향

서론에서 언급한 바와 같이, 선박의 특수성을 극복하기 위하여 선박엔진, SCR 시스템 엔지니어링社 및 촉매 제조社는 선박용 배연탈질 시스템 개발에 심혈을 기울이고 있다. 선박용 SCR 기술은 크게 추진기관용과 발전기관용 SCR로 나뉘며, 설치 위치에 따라 HP-SCR(고압-SCR)과 LP-SCR(저압-SCR)로 나뉘어져 있다. 발전기관용 SCR은 주로 터보차저 후단에 설치되는 LP-SCR을 적용하고 있으며, 추진기관용은 HP-SCR과 LP-SCR 모두 적용되고 있다. 추진기관용 SCR은 부하변동이 크고 연소가스 온도가 상대적으로 낮은 열악한 운전조건을 가지고 있다. 또한 선박용 연료에 함유된 황 성분으로 인해 촉매 수명이 낮아지는 특징이 있으며, 황 함량이 높은 경우 주로 요소수를 사용하는 선박용 SCR의 특성상 요소수로부터 분해된 암모니아와 황산화물이 반응하여 발생하는 황산수소암모늄(ABS, Ammonium Bisulfate)으로 인하여 부속배관에 피해를 주는 경우가 발생한다. 따라서 황 함량이 높은 연료를 사용하는 기관의 경우 ABS에 대한 방지책 연구가 활발히 진행되고 있다.

선박용 SCR 시스템은 한정된 선박 내부에 설치되기 때문에 설치장소가 협소하여 이에 대한 소형화 및 집적화 기술개발에 대해서도 활발히 진행되고 있다. 선박용 SCR 시스템의 주요 구성품은 크게 촉매를 설치하는 반응기와 요소수를 공급하는 공급설비로 이루어져 있다.

주로 2행정 기관이 주를 이루는 추진기관용 HP-SCR은 터보차저와 엔진 사이의 고압배관에 설치되며 높은 압력과 강한 진동에 견딜 수 있는 구조로 개발되고 있다 (Fig. 1).

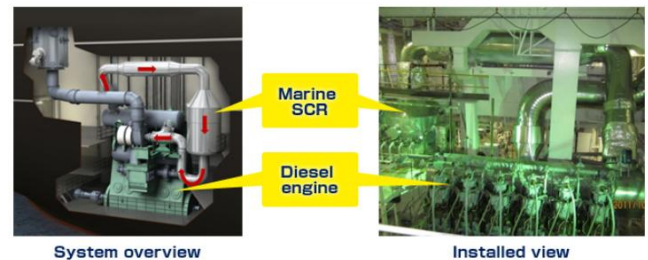


Fig. 1. Example of HP-SCR (HITACHI ZOSEN)



Fig. 2. Example of LP-SCR (두산엔진)

2행정 기관의 LP-SCR은 연소가스 온도가 낮기 때문에 연소가스를 승온하는 버너 기술과 200 ~260 °C에서 활성을 보이는 저온촉매기술(두산엔진社)이 개발되고 있다 (Fig. 2).

주로 4행정 기관이 주를 이루는 발전기관용 SCR은 주로 LP-SCR이 적용되고 있으며, 통상 운전온도는 260~360 °C에서 운전되도록 개발되고 있다. 4행정 기관은 대체로 연소 후 배출가스의 온도가 높아 별다른 부속설비가 없다는 장점이 있으나 극지방을 운행하는 경우 외기의 조건에 따라 220~280 °C 정도의 조건을 가지는 촉매가 요구되기도 한다.

3. 결과 및 고찰

선박용 SCR 촉매는 공간속도, 면속도에 한계를 가지고 있어 반응기 크기를 크게 줄일 수 없고, 기관의 허용배압을 초과하지 않아야 한다. 이러한 한계로 인하여 선박용 SCR의 크기는 획기적으로 줄어들지 않고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 앞으로의 선박용 배연탈질설비는 새로운 패러다임을 제시해야 할 것이다.

참고 문헌

- (1) IMO, 1997, MEPC.75(40) Amendments to the annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (amendments to regulation 10 and new regulation 25A of Annex I of MARPOL 73/78), MEPC 40th session.
- (2) IMO, 2011, MEPC.198(62) Guidelines addressing additional aspects to the NOx technical code 2008 with regard to particular requirements related to marine diesel engines fitted with selective catalytic reduction (SCR) systems, MPEC 62th session.

Mini LNG 플랜트 기술 개요 및 동향

임동하*, 이영철, 박경태

Technological Introduction and Trends of Mini-scale LNG Plant

D.H. Lim*, Y.C. Lee, K.T. Park

한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Key Words : Mini LNG, Plant engineering, Pretreatment, Liquefaction, Natural gas

1. 서론

전세계적으로 강화되는 환경규제 및 국제유가 상승으로 청정연료인 액화천연가스(LNG, Liquefaction Natural Gas)를 에너지원으로 사용하는 가스산업이 발달함에 따라 천연가스의 수요는 지속적으로 증가할 전망이다. 최근 들어 북미, 러시아, 중동 등 세계 곳곳의 육상과 해상에서 새로운 천연가스전이 개발되고 있으며, 발전소, 선박, 차량 등으로 이용되는 산업 범위가 점차 확대되고 있다. 이러한 천연가스 산업은 가스전 개발부터 액화, 수송, 기화, 판매까지 높은 부가가치를 얻을 수 있다.

LNG 액화플랜트는 가스전의 천연가스를 전처리한 후, -162°C 의 초저온 상태로 액화시켜 부피를 1/600로 줄임으로써 수송과 저장이 용이하도록 만드는 플랜트이다. 특히, LNG 가치사슬 중 천연가스 액화가 핵심기술이며, 미국, 유럽, 일본의 극소수 선진기업들에 의해 주도적으로 대형 및 중소형 LNG 액화플랜트 프로젝트를 수행하여 왔다. 액화 분야는 고난이도의 기술로 한국뿐만 아니라 대부분의 국가에서도 기술 확보를 하지 못하고 있어 고부가 LNG 액화플랜트 산업으로의 진출이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 일부 선진사들이 점유하고 있는 대형 및 중소형 LNG 액화플랜트 시장으로의 진입을 위한 첫걸음 단계로, 선진사들의 관심이 적은 Mini-scale LNG 틈새시장으로의 진출을 위해 Mini LNG 액화플랜트 기술 동향에 대하여 기술하고자 한다.

2. Mini LNG 공정 기술 및 동향

LNG 액화플랜트는 규모에 따라 크게 Baseload, Mid scale, Small scale, Mini scale로 구분되어 진다. 특히, Mini LNG 액화플랜트의 용량은 일반적으로 300 톤/일 이하 또는 0.1 백만톤/년 이하를 말한다. 현재 Mini LNG 플랜트는 전세계적으로 약 100 여개가 운영되고 있으며, 전체 LNG 플랜트에서 생산되는 양의 약 5%를 차지하고 있다. 일반적으로 가스전에서 생산되는 천연가스는 크게 전처리 공정과 액화공정을 통해 최종적으로 LNG로 액화된다. 천연가스를 액화하기 위하여 가스전에서 생산되는 천연가스 내에 포함되어 있는 불순물을 제거하기 위하여 Acid gas removal, Dehydration, Mercury removal 공정을 거치면서 이산화탄소, 황화합물 등 산성가스를 제거하고, 수분 및 수은을 제거한다.

다음은 분리공정을 통해 중질분을 제거하는 공정으로 프로판과 부탄은 LNG 열량 조절, 혼합냉매 액화공정에서의 냉매제, 고가로의 상업적 가치가 높아 NGL extraction 공정과 Fractionation 공정을 통해 분리된다. 앞선 공정을 거친 천연가스는 액화공정을 통하여 -162°C 까지 온도를 낮추어 액화하는 공정으로 주로 미국 APCI 액화기술이 전체 약 80%를 차지하고 있다.

Mini scale LNG 플랜트는 일반적인 LNG 플랜트 공정 구성과 매우 유사하나, 플랜트 사이즈를 줄이거나 복잡한 공정을 간소화하여 건설 비용 및 시간을 줄일 수 있다. 이러한 이유로 인하여 Fig. 1과 같이, NGL extraction 공정과 Fractionation 공정은 상황에 따라 생략되어 전처리 공정과 액화공정만으로 구성될 수 있다.

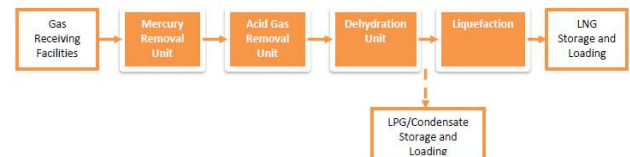


Fig. 1. Typical Small scale LNG plant simple block scheme

Mini scale LNG 플랜트의 전처리 공정은 일반적인 LNG 플랜트 전처리 공정과 동일하며, 이를 통하여 액화공정 효율 및 요구되는 LNG 스택을 얻을 수가 있다. 특히, 파이프라인 가스를 사용할 경우에는 일반적인 전처리 공정보다도 간소화할 수도 있다.

Mini scale LNG 액화공정은 N_2 expansion cycle 공정과 Single mixed refrigerant 공정을 주로 사용하며, 일부 pre-cooling 단계를 상기 두 가지 공정에 적용하는 예도 있다.

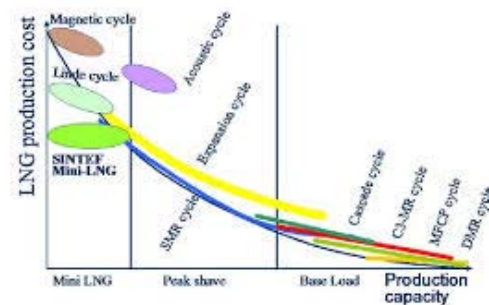


Fig. 2. Mini LNG cost challenge

대부분 Mini Scale LNG 플랜트는 적은 건설 비용 및 엔지니어링 스케줄을 통해 소규모 가스전에 적용이 가능하고, 스킵 모듈 또는 컨테이너 형태로 제작이 가능하다. 또한 일반적인 LNG 플랜트에 비해 경제적인 이익은 적으나, 플랜트 크기가 작으며 간단하기 때문에 특수한 장비와 기반시설이 필요하지 않은 장점이 있다.

Mini scale LNG 플랜트는 낮은 CAPAX와 단기간 내에 새로운 기술을 개발할 수 있기 때문에 기술 장벽이 높은 대형 및 중소형 LNG 플랜트 시장으로의 진출보다는 Mini scale LNG 시장으로의 진출을 통하여 기술적 경험 및 Track record를 축적하여 향후 대형 및 중소형 LNG 플랜트 시장으로의 진출을 꾀하는 것이 현재로서 최선의 방안일 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) World LNG Report 2014 edition, International Gas Union.
- (2) Small scale LNG liquefaction plants, SINTEF Energy Research, 22nd IIR International Congress of Refrigeration, Beijing, China, August 21-26, 2007.

고농도 염수 및 해수에 적용 가능한 비멤브레인형 수처리 플랜트 기술개발

이주동*, 강경찬, 홍상연, 조성준, 김동현

Development of water treatment process without membrane in high salinity brines and seawater desalting

J.D. Lee*, K.C. Kang, S.J. Cho, S.Y. Hong, D.H. Kim

한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Key Words : Gas hydrate, High salinity brines, Wastewater treatment, Desalination, Formation

1. 서론

고농도의 염성분이 포함된 물(농축된 해수 포함)의 경우 기존 수처리 공정으로 처리하기 위해서는 증발법 외에는 특별한 대안이 없는 것이 현실이다. 하지만, 이로 인해 처리 비용이 과다하게 소요되므로 이를 완화시켜줄 수 있는 공정이 요구되고 있다. 가스하이드레이트는 순수한 물분자로 이뤄진 격자내에 가스 분자가 포집되어 형성되는 고체상의 물질로써 염수와 특정 가스를 이용하여 가스하이드레이트를 형성시킬 때 염성분은 자연스럽게 배제되고 순수한 물분자와 가스로 하이드레이트가 형성되므로 이러한 특성을 고농도 염수처리 공정에 적용할 수 있다. 본 연구에서는 가스하이드레이트 방법을 이용한 고농도의 염수 및 해수의 탈염용 수처리 공정의 가능성을 확인하기 위해 관련 연구를 수행하고자 한다.

2. 하이드레이트 제조 장치

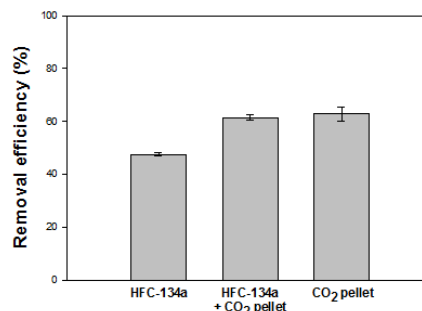
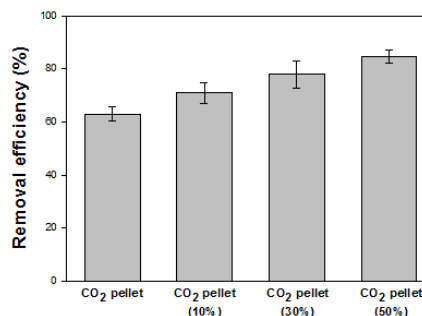
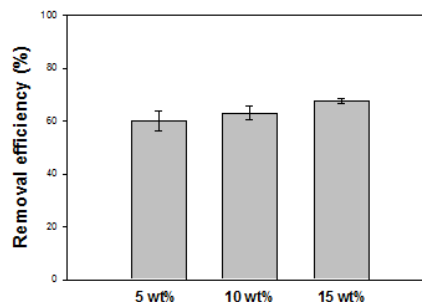
하이드레이트 고농도 염수처리 실험을 수행하기 위해 본 연구에서 사용된 장치는 이중실린더 방식으로 특수 제작된 것으로 반응기 내에서 하이드레이트를 형성/탈수/펠릿화 시키고, 외부로 펠릿 샘플을 배출시킬 수 있도록 구성되어 있다. CaCl_2 를 이용하여 제조된 고농도 염수와 냉매가스(HFC-134a) 및 이산화탄소를 이용하여 반응기 내에서 하이드레이트를 형성시켰다. 반응기 내에서 펠릿화 시킨 다음 배출된 하이드레이트 펠릿 샘플은 ICP-AES와 IC를 이용하여 양이온과 음이온 농도를 분석한후 염제거율을 확인하였다.



Fig. 1. Desalination test unit and dual cylinder type hydrate reactor

3. 실험 결과 및 고찰

하이드레이트 형성 가스에 따라서는 반응장치에서 펠릿 성형이 잘 되는 CO_2 펠릿에서 가장 높은 제거율을 보였다. 동일한 염농도에서 형성된 CO_2 펠릿을 중량 대비 해리시키는 정도에 따라 제거율이 증가하는 것을 볼 수 있었는데, 이는 펠릿 표면 및 내부에 포함된 염성분이 추가로 제거되기 때문인 것으로 사료된다. 동일한 가스를 이용할때 원수의 염농도가 증가하여도 유사한 염제거율을 나타내었다.

Fig. 2. Removal efficiency of CaCl_2 depending on guest gases.Fig. 3. Removal efficiency of CaCl_2 depending on pellet dissociation.Fig. 4. Removal efficiency of CaCl_2 depending on salinity.

참고문헌

- (1) Kang, K. C., Praveen Linga, Park, K. N., Choi, S. J., and Lee, J. D., 2014, Seawater desalination by gas hydrate process and removal characteristics of dissolved ions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , B^{3+} , Cl^- , SO_4^{2-}), Desalination, 353, 84-90.
- (2) Long, Z., Zha, L., Liang, D.,* and Li, D., 2014, Phase Equilibria of CO_2 Hydrate in CaCl_2 - MgCl_2 Aqueous Solutions, Journal of Chemical & Engineering Data, 59, 2630-2633.

Loop System 적용을 위한 다상유동 Separator 설계에 관한 연구

정재훈¹, 오성룡², 김숙희², 이용훈^{2*}

Study on Multiphase Flow Loop Separator Design for Loop System Application

J. H. Jeong, S. R. Oh, S. H. Kim and Y. H. Lee

경남과학기술대학교(원)¹, 태경중공업(주) 기술연구소²

Key Words : Multiphase, Separator, Internal, Flow Loop, CFD

1. 서론

해양 유전 및 가스전의 생산 공정에서 오일, 가스, 물 등의 다상유동 형태로 이동되는 유체와 해양 환경 사이의 상호작용에 의해 발생하는 유동 패턴은 동 안정성 기술 확보와 해양플랜트 기자재의 소재 부식 등 부품 신뢰성 검증기술 확보 등의 연구를 위하여 Flow Loop의 구축은 필수적이라고 할 수 있으며, Fig. 1에 국내·외에서 적용되고 있는 Loop System 시험 설비를 나타내었다.

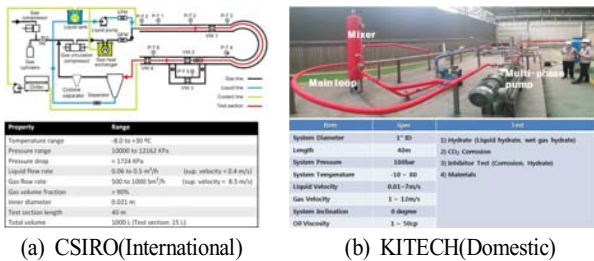


Fig. 1. Application Field of Multiphase Flow Loop System

Loop System 공정 설계에 있어 가장 중요한 설비가 Separator라고 할 수 있다. 본 연구에서는 물, 오일, 가스가 혼합된 3상 유체를 각각 분리할 수 있는 Separator의 설계에 앞서 내부 유동 특성에 대하여 전산유체해석(CFD)을 통하여 예측해보고자 하며, 차후 시험을 진행하게 되면 실제 시험 Data와 비교 분석을 실시하여 최적의 Separator를 설계하고자 한다.

2. Multiphase Separator

다상유동 Separator를 제작하여 Loop를 순환시키고 Separator 내부로 유입되는 Slugging(Annual) 형태의 Flow를 1차적으로 분리할 수 있도록 기-액 분리를 목적으로 Cyclone을 설치, 2차 기-액 분리를 위한 Foam Breaker 및 서로 다른 밀도를 가진 Liquid - Liquid의 층 분리를 위한 Coalescer Filter와 같은 Internal을 설치하여 내부의 유동이 안정적이고 균일하게 된다고 할 수 있다. Separator의 측면에는 열교환기 일종이라고 할 수 있는 Water Jacket이 장착되어 있다.

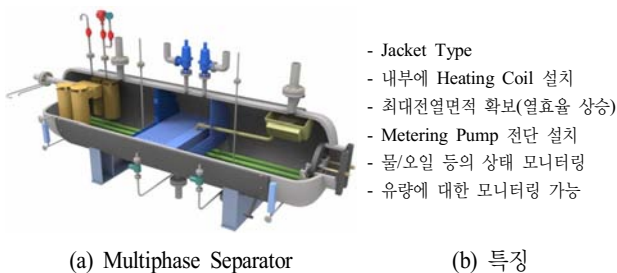


Fig. 2 3D Drawing and Specification of Multiphase Separator

3. 수치해석 검증

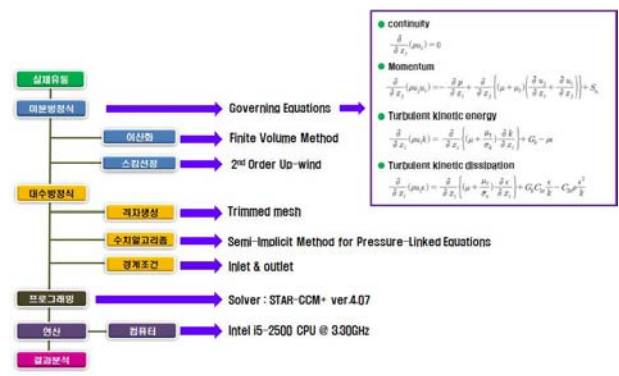


Fig. 3. CFD Process and Governing Equation

본 연구는 상용코드인 Star-CD CCM+을 이용하여 3차원 비압축성 유동에 대한 해석을 수행하였고, Separator 내부로 유입되는 Multi Phase는 난류유동이라고 가정하고 계산을 위해서는 내부의 복잡한 형상인 Internal을 고려하여 검토가 이루어져 하므로 기본적으로 계산정도와 계산부하가 다소 적어 유동해석을 하기 위해서 적용된 공학 해석 공정 및 지배방정식을 Fig. 3에 나타내었으며, Table 1에는 해석에 적용된 해석조건 및 해석기법을 나타내었다.

4. 수치해석 결과 및 검토

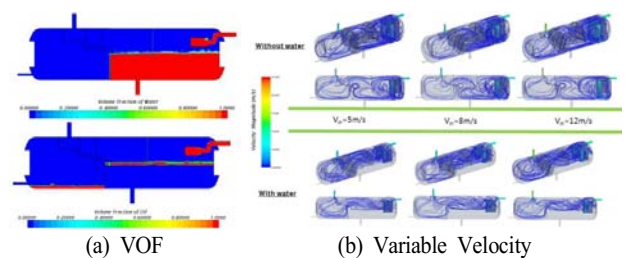


Fig. 4. CFD Result of Variable Condition

Fig. 4의 (a)는 시간에 따른 내부 유체가 층 분리가 이루어지는 현상을 가시적으로 나타낸 결과 값이며 (b)는 Separator 내부에 Water가 있는 Case와 없는 경우에 대하여 유속 조건을 5 ~ 12m/s로 변경한 결과 값을 나타낸 것이다.

참고문헌

- (1) Maurice Stewart and Ken Arnold, 2008, Gas-Liquid and Liquid-Liquid Separators, Gulf Publishing, United Kingdom.
- (2) American Petroleum Institute, 1989, Specification for Oil and Gas Separators, API Specification 12J, Seventh Edition.

해양환경용 차세대 경량 고분자 복합소재의 기계적 특성

강영정, 장광주, 이규창, 이영철*

Characteristics of Lightweight Polymer Composite Materials for Ocean Applications

Y. J. Kang, G. J. Jang, K. C. Lee, Y. C. Lee*

한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Key Words : Thermoset Plastic, Composite Material, Offshore Plant

1. 서론

미세기공강화 엔지니어링 플라스틱은 유사 소재에 비교하여 비중이 작고 비강도가 우수하여 우주항공, 해양환경용 구조재료로 최근 널리 사용되고 있다. 미세기공강화 엔지니어링 플라스틱의 구조는 유리, 금속, 폴리머로 제작된 구와 같은 비중을 최소화한 재료를 고분자 기지에 분포한 복합소재 형태로 제작되며, 우수한 부력과 충격흡수능력, 단열능력을 바탕으로 심해저에 적용되는 첨단 부력소재에 적용이 되고 있다.

본 연구에서는 해외 해양강국에서만 상용화 기술을 보유하고 있는 미세기공강화 엔지니어링 플라스틱의 제조공정을 최적화하기 위한 연구를 진행하였으며 이에 따른 물질 분석을 통해 미세기공강화 엔지니어링 플라스틱의 국산화 개발을 위한 연구를 하였다.

2. 미세기공 강화 플라스틱 제조 실험

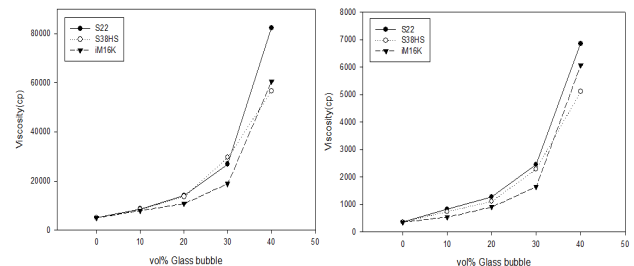
본 미세기공강화 플라스틱 제조실험에서 사용되어진 고분자 기지는 열경화성 고분자 수지로 bisphenol A형인 에폭시를 사용하였다. 밀도는 1.1 g/cm^3 이며 수지와 경화제의 혼합비율은 중량비 2:1이다. 복합재료는 3M사의 Glass bubbles를 사용하였으며, 직경과 밀도가 각각 다른 종류를 사용하였다. 고분자 수지와 복합재의 혼합조건은 수지에 복합재를 넣고 교반속도 50 rpm으로 충분히 교반 후 100 rpm으로 속도를 높여 추가 교반을 하였다. 수지 내의 미세기공 함유량은 0, 10, 20, 30, 40 vol%로 설정하였다. 이후 경화제를 첨가하여 서서히 교반 속도를 높여주면서 교반시킨다. 발열반응이 시작되고 점도가 상승되기 시작하면 몰드에 부어 상온에서 4시간, 70 °C에서 12시간동안 1차 경화를 시킨 후 다시 상온에서 24시간동안 2차 경화를 시켜 물성을 측정하였다. 임펄서의 종류는 교반 중 발생하는 기포를 최소화하기 위해 plate 형태를 사용하고 저속교반을 하였다. 점도측정은 경화제 투입 전 미세기공이 혼합되어있는 수지의 점도를 측정하였다. 점도계는 Brookfield사의 DV3T를 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

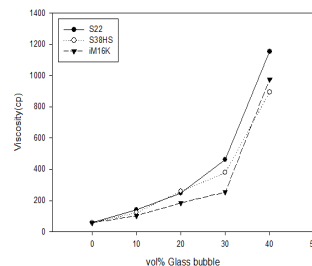
Table 1에는 실험에 사용된 미세기공의 특성을 나타내었으며, 입자 크기는 전자주사현미경(FE-SEM)을 통해 관찰하였다. 미세기공은 비중이 낮고 완벽한 구의 형상으로 동일부피에서 타 필러 대비 레진의 점도상승을 최소화 시켜준다. 또한 볼-베어링 효과로 인하여 흐름성이 좋아 많은 양을 충전 할 수 있다.

Table 1 Glass bubble density/strength/size

	Density (g/cc)	Strength (psi)	Particle size (μm)
S22	0.22	400	35
S38HS	0.38	5500	45
iM16K	0.46	16500	20



(a) Composite viscosity at 25 °C (b) Composite viscosity at 45 °C



(c) Composite viscosity at 65 °C

Fig. 1. Composite viscosity at three different glass bubble type and temperature in the volume fraction glass bubble range 0 and 40 vol%

Fig. 1 미세기공의 종류, 함량, 측정 온도에 따른 점도측정 결과이다. 미세기공의 부피함량이 증가할수록 모든 종류에서 점도 값이 증가하였으며 특히 미세기공의 함량이 40 vol%일 때 급격히 증가함을 알 수 있었다. 미세기공의 종류별 점도결과를 보면 S22는 S38HS와 iM16K에 비해 더 높은 점도 값을 가졌으며 이는 상대적으로 미세기공의 크기가 작아 표면적이 증가했기 때문이다. 따라서 미세기공의 크기에 따라 점도 값의 차이가 있음을 확인하였다. 또한, 온도가 25 °C에서 45, 65 °C로 증가함에 따라 점도 값이 큰 폭으로 감소한 것을 확인하였다. 이는 온도가 증가함에 따라 수지의 점도가 감소되기 때문이다.

점도측정 결과를 통해 상온에서 미세기공강화 플라스틱 제조시, 미세기공의 함량이 점차 증가함에 따라 수지와의 혼합효율이 떨어지는 문제점은 가공온도를 45 °C로 승온시켜 혼합하는 것으로 해결할 수 있었으며 입자크기가 다른 미세기공의 점도차이를 확인함으로써 충전제와 수지의 표면적 변화를 고려할 수 있는 충전제 크기 변화에 대한 효과를 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) Hanemann, T., 2008, *Journal of Ceramics International*, 34 . 2099~2105.
- (2) Karthikeyan, C.S., KSankaran, S., 2001, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 20, 982~990
- (3) Anderson, T.F., Walters, H.A. 1970, *Journal of Cellular plastics*. 6, 171~180.

아킬레스를 통한 PQ문서 생성 및 해양플랜트 벤더등록 절차

이규창, 장광주, 강영정, 이영철*

The Formation of PQ Documentation and Process of Offshore Vendor Registration by Achilles

K.C. Lee, G.J. Jang, Y.J. Kang, Y.C. Lee*

한국생산기술연구원

Key Words : Achilles, PQ(Pre-Qualification), Documentation, Offshore Vendor

1. 서론

에너지 수요 증가와 이에 따른 해상 광구 개발 증가가 자명하기 때문에 최근의 유가 하락에도 불구하고 중장기 해양플랜트 시장은 성장세가 예견되고 있다. 해양플랜트 분야는 전통적으로 전문기업 중심의 특수한 산업 생태계를 형성하고 있어 국내 기업의 진출이 어려운 분야이며, 대표적인 전문기업이 그동안 특화된 역량과 오랜 사업경험을 기반으로 관련 분야의 사업을 영위하고 있어 신규 기업의 기술 진입장벽이 높다. 해양플랜트 시장진입을 위해서는 PQ 및 벤더등록이 필수적이며, 이는 Oil&Gas분야 프로젝트 입찰을 위한 기본조건이라 볼 수 있다. 이에 본 논문에서는 아킬레스를 중심으로 PQ문서 생성 및 벤더등록 프로세스를 고찰해보고자 한다.

2. 아킬레스를 통한 PQ문서 생성 및 등록절차

Oil Major에 제품 공급 및 서비스 제공을 위해 Oil Major의 벤더 목록에 등록되어야 하며 여러 주요 오일메이저사에서도 벤더 등록 대행업체(Agent)인 아킬레스(Achilles)를 중심으로 공급자(Supplier)를 관리하고 있다. 오일메이저 등에서 요구하는 PQ문서는 다양하여 표준화된 형태는 없지만, Achilles에서 Oil&Gas분야의 PQ Agent 역할을 하기 때문에 거의 표준화된 PQ양식을 보유하고 있다.

아킬레스의 Oil&Gas분야의 커뮤니티는 Fig. 1과 같이 9개가 있으며, 지역별, 기업별로 나누어져 있다. 최근 슈퍼메이저(정부소유가 아닌 세계에서 가장 큰 7~8개 석유회사; 엑슨모빌, 로열 더치 쉘, BP, 세브론, 코노코필립스, 토탈, ENI 등) 중 하나인 미국의 코노코필립스도 PQ 등록을 아킬레스에 대행하여 시행하고 있으며, 시스템이름은 ConocoPhillips SQS(Supplier Qualification System)이다. 로열 더치 쉘의 경우 잠재적인 기업(Potential Supplier)에게는 등록할 수 있는 기회를 주지 않고 있지만, 코노코필립스는 잠재적인 기업에게도 PQ프로세스 및 벤더등록을 할 수 있는 기회를 주기 때문에 Track-Record가 부족한 국내 기자재 기업이 PQ부터 Audit, 벤더(AVL, Approved Vendors List)등록을 시도할 수 있다.

코노코필립스 SQS의 등록은 Fig 2와 같이 Registration, Pre-qualification, Audit 프로세스로 총 세 단계로 구성된다. 즉, Audit까지 통과되면 코노코필립스의 AVL에 등재되는 것이다. SQS에 입력한 정보는 아킬레스 뿐만 아니라, 코노코필립스에도 정보를 검토 후,

Community	Sector	Community	Sector
SQS	ConocoPhillips사	FPAL	유럽
Supply-Line	Irish	Siclar	남미
East Africa Oil&Gas Community	동아프리카	SQS	Shell사
FPS	아시아태평양	THQS	Trading House사
JQS	북해		

Fig. 1. The Community of Achilles in Oil&Gas industry

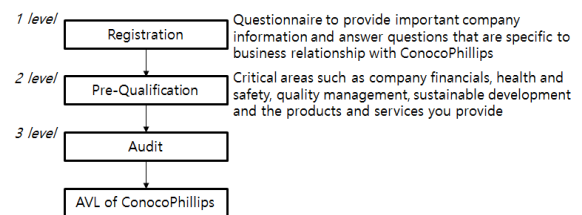


Fig. 2. ConocoPhillips SQS Process

최종 등록 결정되기 때문에, 오일메이저가 실제 요구하는 수준의 PQ Documentation이 가능하므로 PQ를 대응하는 기자재기업에게 좋은 기회가 될 것으로 보인다.

Fig. 3은 SQS에 입력해야 하는 PQ정보들을 나타낸다. 회사의 일반 현황에서부터, 재무, 위치, 보험, 공급망, 품질 등 전사적인 정보를 입력해야 하며, 탄소경영에 대한 정보 또한 입력해야 한다.

Company Information	Supply Chain Management
Contact Details	Quality Management
Company Profile	Health Safety and Environment
Products and Services	Corporate Social Responsibility
Management Team	Local Content
Group Information	Carbon Management
Financial Information	Skills, Competencies and Training section
Locations	Export Compliance
Contract Reference	Buyer Specific Questions
Insurance	Declaration

Fig. 3. The necessary information of SQS(in level2)

3. 결과 및 고찰

아킬레스 ConocoPhillips SQS를 중심으로 PQ문서 생성 및 벤더등록 절차를 알아보았다. 특히 SQS는 Audit를 통해 코노코필립스의 AVL등재까지 가능하므로 국내 기자재기업에게 좋은 기회로 판단된다. 저유가로 해양플랜트 시장이 침체기이지만 미국, 이란, 동남아시아를 중심으로 시장이 다시 성장세를 보일 것으로 판단된다. 또한 원가 절감을 위해 해양플랜트 기업들이 벤더기업들을 재정리하면서 기존 해외 전문기업 제품을 대체할 한국 제품에 대한 수요가 증가해 오히려 벤더등록 기회가 창출 될 것으로 보인다. 이에 국내 기자재기업들은 PQ문서 생성 및 지속적인 관리를 통해 벤더등록을 진행함으로써 해양플랜트 시장 진출을 위한 준비를 해야 할 것이다.

참고문헌

- (1) J.H. Kim, Status and Participation Plan of Offshore Industry, KOTRA, 2015
- (2) www.Achilles.com
- (3) www.ConocoPhillips.com

해양플랜트용 고인성 주강소재의 열처리에 따른 기계적 특성

장광주, 이규창, 강영정, 이영철*

Mechanical Properties of High Toughness Cast Steel with Heat Treatment for Offshore Plant Applications

G. J. Jang, K. C. Lee, Y. J. Kang, Y. C. Lee*

한국생산기술연구원 에너지플랜트그룹

Key Words : EBSD, A487, Toughness, Tempering, Grain Size

1. 서론

국제 해양플랜트 건조기술은 세계최고 수준으로 인정받고 있으나, 소재부품 및 설계기술 분야는 해외에 전적으로 의존하고 있는 실정이다. 극지 해양플랜트와 관련한 원천기술 중 강재 개발이 강력한 기술 권리가 될 수 있다. 극지 해양플랜트용 강재는 저온, 내충격 및 고강도의 특성이 요구된다. 특히 저온(-40 °C)에서 Ductile Brittle Transition Temperature(DBTT)가 발생하여, 강이 연성파괴에서 취성파괴로 변화되는 문제를 가지고 있다. 따라서 극지 해양플랜트용 강재에서 상분율과 미세조직을 제어시키며, 저온취성이 방지하는 열처리 온도선정은 매우 중요하다. 본 연구에서는 ASTM A487 합금에서 열처리가 미세조직과 물리적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험 방법

ASTM A487 재료는 충격특성 시험이 -46 °C의 온도에서 실시되므로 저온특성이 중요하며, 항복강도 또한 높아야 한다. 따라서 저탄소강에 Mn, Ni, Cr 등의 원소를 첨가하여 저온 특성을 향상시킬 필요가 있다. Table 1과 같이 조성을 설계한 후 시험을 실시하였다.

Table 1 ASTM A487 Composition

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	CE
wt%	0.199	0.414	0.858	0.781	0.516	0.192	0.540

주조 후 나타나는 조직의 불균일을 균질화하기 위하여 910 °C의 온도에서 Normalizing을 실시하였다. 충격특성이 -46 °C에서 실시되어 Tempered Martensite와 Acicula Ferrite의 조직이 인성 향상에 적합할 것으로 판단되었다. 따라서 Martensite양을 조절하기 위하여 910 °C, 950 °C에서 Quenching을 실시하였으며, Tempered Martensite와 Acicula Ferrite의 분율을 조절하기 위하여 610 °C, 630 °C, 650 °C에서 Tempering을 실시하였다. Fig. 1은 열처리 공정을 나타내었다.

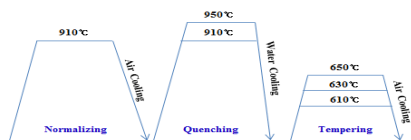


Fig. 1. Heat Treatment Process

Grain Size의 변화를 수치적으로 나타내기 위하여 EBSD (Electron BackScatter Diffraction)를 이용한 집합조직을 분석하였다. EBSD 분석방법은 연마된 시료를 기울여 전자빔을 조사하여 Kikuchi Pattern을 형성 후 분석되어 결정립의 구조 및 결정방위 그리고 그에 따른 Grain Size를 알 수 있다. 또한 열처리에 따른 물리적 특성을 알아보기 위하여 만능시험기를 이용하여 인장시험, 저온 챔버를 이용하여 -46 °C 온도에서 충격시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

각 열처리에 따른 EBSD 분석을 Fig. 2에 나타내었으며, Grain Size, 항복강도, 저온충격특성은 Fig. 3에 나타내었다. 열처리에 따라 미세조직 및 기계적 특성을 비교한 결과, Quenching 후 인장강도는 향상되고 Grain Size가 감소되며, Tempering 후 인장강도가 감소하지만 Grain Size와 저온 충격강도는 증가하였다.

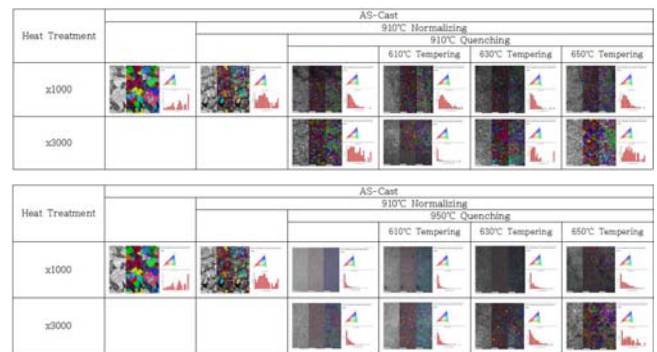


Fig. 2. EBSD Result by Heat Treatment

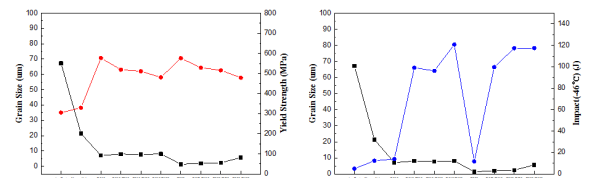


Fig. 3. Grain Size, Yield and Impact Strength by Heat Treatment

이는 Quenching 공정에서 Austenite상이 Martensite상으로 변태되어 조직이 미세화 되어 인장강도가 향상되며, Tempering 공정에서 Martensite 조직이 Tempered Martensite와 Acicula Ferrite로 변태되어 인장강도는 감소하지만 인성이 증가하여 충격특성이 향상되는 것으로 판단된다. 또한 Quenching 온도가 상승함에 따라 Grain Size가 감소되는데, 이는 고온에서 Austenite 분율이 높아져 Martensite 양이 증가하는 것으로 판단된다. 그리고 Tempering 온도가 상승함에 따라 Grain Size가 증가하는데, 이는 온도상승에 따른 Tempered Martensite와 Acicula Ferrite의 변태 분율이 증가함에 의한 것으로 판단된다.

참고 문헌

- (1) Pasi P. Suikkanen, Cyril Cayron, 2011, *Journal of Materials Science and Technology*, 27(10) . 920~930.
- (2) A. Mandal, T. K. Bandyopadhyay, 2015, *Materials Science and Engineering A*, 620, 463~470.

Single Point Mooring 제어시스템의 동적모사 및 원격모니터링 시스템

김민주, 백대현, 이승민, 문형순*

Dynamic modeling and remote monitoring of Single Point Mooring control module

M. J. Kim, D. H. Baek, S. M. Lee and H. S. Moon*

한국생산기술연구원

Corresponding author : hsmoon@kitech.re.kr

Key Words : Single Point Mooring(SPM), Dynamic modeling, Human-Machine Interface(HMI)

1. 서 론

SPM(Single Point Mooring)이란 항만 밖 외해에 부유식 하역장치로 설치되어 초대형 원유 운반선(VLCC, Very Large Crude Carrier)의 계류와 동시에 원유 및 가스 등 유류 화물의 선적과 하역을 위한 해양플랜트의 일종이다. 기존 해저파이프라인을 통한 자원 수송은 설치 및 철거과정에서 해저 환경이 불가피한 단점이 있어 최근에는 SPM과 같은 해상 부유체 시설을 이용한 원유의 상/하역 시스템의 도입이 각광받고 있다.

본 연구에서는 SPM내의 PLEM 밸브 제어의 동적 모사(dynamic modeling) 및 현장 운용자의 편의성 도모를 위한 원격 모니터링 시스템의 개발을 통해 해양환경에서 SPM 운용의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. PLEM 밸브 제어의 동적 모사

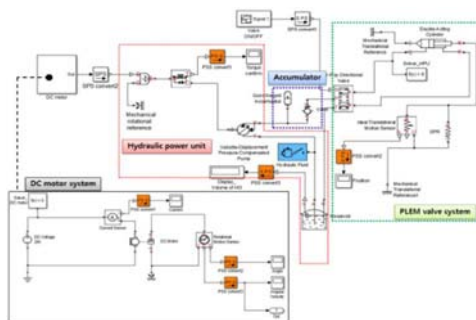


Fig. 1 Simulation model of PLEM valve system in SPM

본 연구에서는 MATLAB 2015a Simulink 및 Stateflow 모듈을 이용하여 SPM의 주요 기능인 PLEM (Pipeline End Manifold) 밸브 개폐를 구동하는 유압시스템 및 제어시스템의 동적 모사가 가능한 시뮬레이션 모델을 개발하였다.

PLEM 밸브의 개폐 동작 모사 시뮬레이션 모델은 DC 모터, 어큐뮬레이터, HPU (Hydraulic Power Unit) 등 각 개별 제어시스템 간 입력/출력 변수에 의한 핸드셰이킹 (Handshaking)을 고려한 연동시스템을 Fig. 1과 같이 구성하였다.

PLEM 밸브의 동적 모사 시뮬레이션 모델은 밸브 개폐 시의 자가 고장진단과 같은 제어 로직을 모사한 Stateflow 시뮬레이션 모델(Fig. 2)과 연동함으로써 SPM 시스템의 하드웨어 및 제어시스템의 연계 구동을 모사하여 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다. 이러한 연동 시뮬레이션 모델의 개발은 실제 시스템과 같은 환경에서의 시뮬레이션을 제공함으로써 시스템의 안정성 및 신뢰성을 확보할 수 있었다.

3. Portable HMI 개발

본 연구에서는 원유 운반선 상에서 SPM 상태정보를 모니터링하고 원유수송 파이프라인 끝단인 PLEM(Pipe Line End Manifold)내의 밸브 개폐 제어를 위한 HMI(Human-Machine Interface)를 개발하고자 한다. Fig

3에서와 같이 WIFI 무선통신을 통해 SPM내의 RTU(Remote Terminal Unit)로부터 SPM의 전원계통, PLEM 밸브 상태, Fog horn 상태 등의 정보를 받아들이어 운용자가 선상에서 이를 실시간으로 확인하고 상황에 맞게 제어하는 것이 HMI시스템의 기본 기능이다.

본 HMI는 Windows OS 기반으로 개발되었으며, Portable(tablet) Pc에 최적화된 레이아웃 구성을 가지며, SPM RTU로부터 알람 수신, 자가 고장진단 기능, PLEM 밸브 개폐제어 기능, 수신값의 트렌드 표기 등을 포함하고 있다.

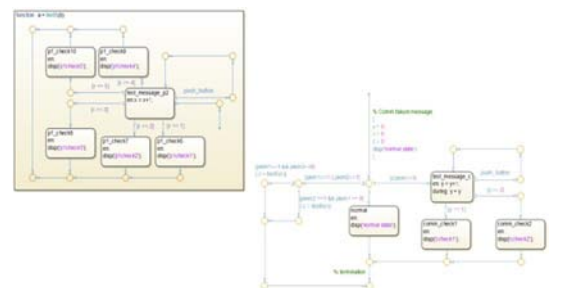


Fig. 2 Dynamic modeling of PLEM valve system using Stateflow

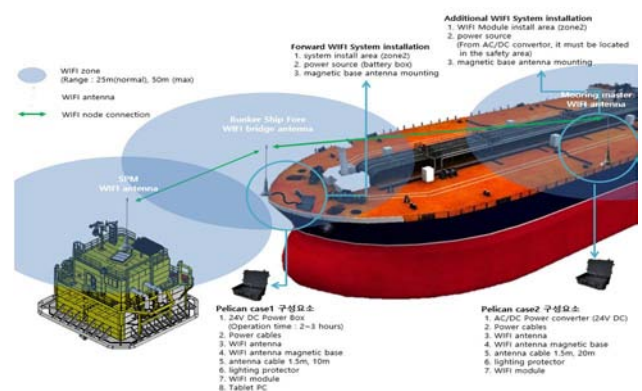


Fig. 3 Wireless communication between RTU and HMI

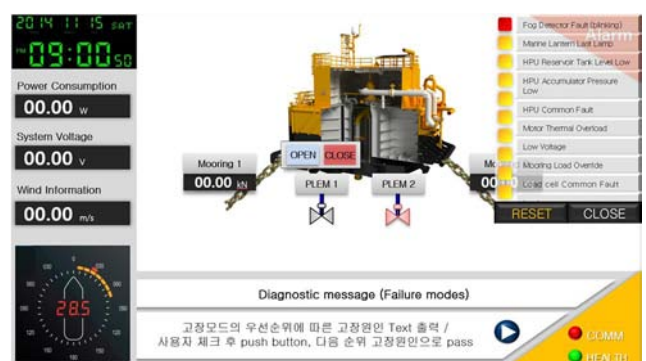


Fig. 4 Layout of HMI for remote monitoring and control of SPM

비전통자원기술 실증 플랫폼 융합클러스터 소개

김영주, 우남섭

Introduction of Demonstrating Platform Convergence Cluster for Conventional Resources Technology

Young Ju Kim and Nam Sub Woo

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

Key Words : Unconventional resources, Shale gas, Oil and Gas development

1. 서론

셰일이란 우리말로 혈암이라고 하며 입자 크기가 작은 진흙이 묻쳐져서 형성된 퇴적암의 일종으로 셰일가스는 이 혈암에서 추출되는 가스를 말한다. 셰일가스는 전통적인 가스전과는 다른 암반층으로부터 채취하기 때문에 비전통자원으로 불린다. 우리나라는 에너지·자원개발 분야의 후발국으로 글로벌 에너지자원 차세대 시장진입이 가능한 신기술 기획 및 향후 R&D를 통하여 비전통자원 개발 기술에 대한 독자기술 확보, 글로벌 자원 탐사 개발 기술시장 진입 및 경쟁력 확보가 필요한 실정이다. 따라서 비전통자원개발 기술 중 현장실증이 필요한 탐사, 시추, 생산 운영 서비스 및 시스템 등 관련 기자재를 국내 발달된 기계, IT, 제어 등 기술과 융합하여 선진기술을 뛰어 넘는 신기술 기획의 필요성이 대두되어 왔다. 이에 비전통자원기술 실증 플랫폼 융합클러스터 사업이 시작되었으며, 이에 대해서 소개하고자 한다.

2. 비전통자원기술 실증 융합클러스터

비전통자원 관련 기술 및 기자재 개발과 관련한 기존 기술은 미국 등 선진국이 상당부분 보유하고 있는 실정으로 우리나라의 경우 일부 중소기업이 기술개발을 시도하고 있으나 기술력이 부족하고 위험(Risk)이 큰 분야로 대규모 투자가 이루어지지 못하는 실정이다. 현재 우리나라의 에너지·자원개발 E&P 기업 및 기술서비스 기업의 수가 적으며 전문인력이 부족한 실정으로, 비전통자원개발로의 글로벌 패러다임의 변화에 대응하기 위한 국내 관련 산업의 인력 및 기술기반 확충 필요하다. 또한 우리나라는 에너지·자원개발 후발주자로 정부 주도의 리더쉽과 비전통자원 관련 기술을 일정부분 보유하고 있는 출연(연)들이 산업계와 학계 등과 유기적인 연구체계를 구축하여 산업간/기술간 융합하는 새로운 개념의 기술을 개발한 후, 현장실증을 거쳐 해외시장에 진입하는 시도가 필요하다. 산학연 각 분야 전문가들로 구성된 융합클러스터 활동을 통해서 핵심기술 도출, 연구범위 설정, 기술개발전략 수립, 타당성 조사 등의 업무를 수행하는 융합연구과제 기획이 시작되었다.

비전통자원기술 실증 융합클러스터는 국가과학기술연구회의 지원으로 비전통자원기술 분야 산업화 촉진을 위한 산·학·연 교류 촉진 및 산업밀착형 기술 기획을 2년에 걸쳐 수행하는 것으로 목표로 2015년 9월에 시작되었다. 주관과 1분과는 한국지질자원연구원이 담당하며 탐사기술 및 생산설비 운용과 관련된 내용을 기획하고 있다.

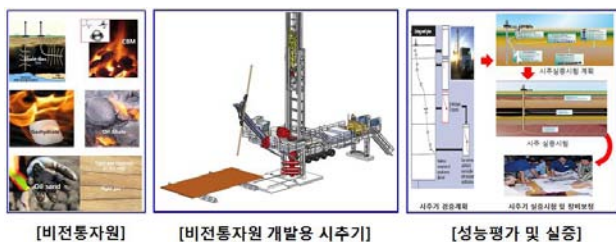


Fig. 1. Developing process of the convergence cluster.

2분과는 한국기계연구원 주관으로 시추장비 개발을 담당하고 있으며, 3분과는 한국건설기술연구원에서 정보화기반 시추정보 최적 활용 기술 개발을 담당하고 마지막으로 4분과는 한국생산기술연구원에서 수압파쇄장비 및 기술과 환경관리기술을 개발에 대한 기획을 진행하고 있다. 또한 총 14개 관련 기업이 각 분과별로 배치되어 기획연구를 진행하고 있다.

본 융합연구단의 최종 목표는 아래 그림에 보이는 바와 같이 국내 조선해양산업분야의 저부가가치 기자재 제작·조립에서 벗어나 고부가 엔지니어링 서비스시장으로 진출하는 것으로 해양에 비해서 상대적으로 시장진입이 용이한 육상 시추시스템 개발과 중앙·동남아시아 중심의 저개발 자원부국에 자원개발 서비스시장에 진출하고자 하는 것이다. 또한 시장진출의 가장 중요한 요소 중의 하나인 Track Record 확보를 위해서 해외 테스트베드 운용을 위한 준비작업도 진행하고 있다.



Fig. 2. Target of the convergence cluster.

3. 결론

비전통자원기술 실증 융합클러스터는 에너지·자원개발 분야의 후발국으로 글로벌 에너지자원 차세대 시장진입이 가능한 신기술 기획 및 향후 R&D를 통하여 비전통자원 개발 기술(탐사, 시추, 시스템)에 대한 독자기술 확보, 글로벌 자원 탐사 개발 기술시장 진입 및 경쟁력 확보를 목표로 시작되었다. 최근 저유가 상황과 국내 해외자원개발사업의 일부 문제로 인해서 어려움이 있지만, 에너지·자원개발 기술의 자립화는 반드시 필요하며 또한 국가적 차원의 협력이 필요한 분야이기 때문에 여러 관련 분야의 많은 관심과 협조가 필요하다.

참고문헌

- (1) *Emerging Unconventional Resources Overview - Regulatory Environment, Industry Developments and Key Challenges*, 2014, GlobalData.
- (2) *Global Unconventional Gas Market 2015-2019*, 2015, TechNavio - Infiniti Research Ltd..

2단 In-line 타입 해저 세퍼레이터 설계 연구

우남섭, 김영주, 김현지

A Study on the Design of 2 Stage In-line type Subsea Separator

Nam Sub Woo, Young Ju Kim, and Hyun Ji Kim

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

Key Words : Subsea processing, Subsea Separator, Offshore installation

1. 서론

전 세계적인 에너지 소비 증가로 인해 원유에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 반면, 점진적인 육상 유전 고갈로 인해 심해 유전 탐사 개발에 대한 관심이 증폭되고 있다. 본 연구는 심해 유전 세퍼레이션 시스템의 내부 다상 유동의 거동 특성을 분석하기 위해 수치 해석 연구를 수행하였다. 세퍼레이션 시스템에 유입된 혼합물은 기-액 2상 분리에 집중되고 있으며, 본 연구를 통해 세퍼레이션 시스템의 신뢰성을 확보하는 동시에 효율성을 향상시키기 위한 방안을 모색하는데 집중하였다. 이를 통해서 2단 In-line 타입 세퍼레이터의 설계를 수행하였다.

2. 수치해석

2단 세퍼레이터는 관 내에 ISE가 2개 위치하며, 각각 1, 2차 분리를 진행한다. ISE(Internal Swirl element)를 포함한 전체 세퍼레이터의 길이는 3000 mm, 내부 pipe의 직경은 100 mm 그리고 기상(gas phase)이 분리되는 pick-up tube는 nose부 시작 지점으로 부터 1700 mm에 위치하였다. 1차 ISE는 관 입구로부터 약 150mm 안쪽에 위치하고 있고, 2차 ISE의 경우 pick-up tube 내에 위치하고 있다.

Fig. 1은 본 연구의 수치해석 경계조건을 나타내고 있다. 세퍼레이터 입구는 심해 유전으로부터 생산되는 혼합물이 유입된다 가정하여 원유와 천연가스를 8:2의 체적 분율로 구성하였다. 혼합물의 유입속도는 7 m/s이고, 출구는 0Pa로 설정하였다. 선회 유동(swirl flow)을 발생시켜 기-액을 분리하기 위한 장치인 ISE 모델은 고정형으로 설정하였다. Slot 등⁽¹⁾은 in-line type 오일-물 세퍼레이터의 수치해석 연구에서 선회 유동에서 Reynolds stress 모델의 장점을 입증하였으며, 이에 본 연구에서도 동일 난류 모델을 적용하였다.



Fig. 1. Boundary condition of in-line type separator.

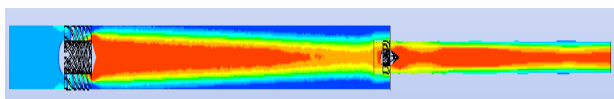


Fig. 2. Numerical results of mixture flow inside separator.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 수치해석 결과를 나타내고 있다. ISE에 의한 선회유동이 발생해 2차 세퍼레이팅 지점에 가깝도록 원유의 체적 분율이 벽면을 따라 움직이는 것을 확인할 수 있다.

또한 1차 세퍼레이션 시스템에서 미처 분리되지 못한 혼합물은 2차 ISE를 통과하여 발생한 선회유동에 의해 원유와 천연가스가 분리됨을 확인할 수 있다.

최종적으로 설계된 ISE 형상을 바탕으로 2단 In-line 타입의 해저 세퍼레이터를 아래 Fig. 3과 같이 설계하였다. 설계된 세퍼레이터의 분리 효율은 78.6% 정도의 성능으로 분석되었다. 본 세퍼레이터는 세퍼레이터 실험장치에 장착되어 Fig. 4와 같이 다상유체의 회전유동에 의해서 상 분리가 진행되는 성능평가가 진행되었고, 현재 문제점 개선 및 최적화 연구가 진행되고 있다.

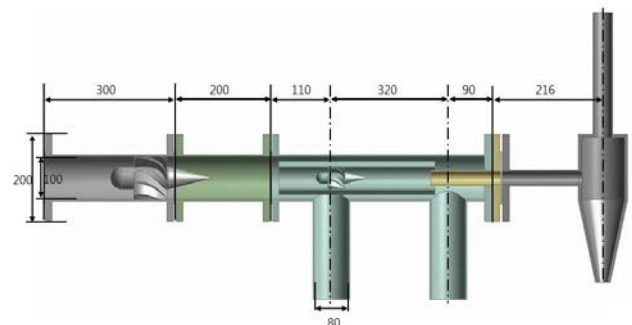


Fig. 3. Design of 2 stage in-line type subsea separator.



Fig. 4. Experimental result; swirl flow inside separator.

참고 문헌

- (1) Slot, J. J., 2013, *Development of a centrifugal in-line separator for oil-water flows*. Drukkers.
- (2) Waard, W. D., 2013, *Innovative compact processing solutions for increasing production and recovery*.
- (3) SLOT, J., CAMPEN, L., HOEIJMAKERS, L., MUDDE, R., 2011, *In-line oil-water separation in swirling flow*, 8th International Conference on CFD in Oil & Gas, Metallurgical and Process Industries at Trondheim NORWAY, CFD11-121

탄소섬유 와인딩을 이용한 송전암 제조 및 시험에 관한 연구

신현충*, 김 신

Carbon fiber filament wound pylon arm and cantilever test

H. C. Shin*, S. Kim

한국탄소융합기술원

Key Words : Filament winding, Pylon arm, Composites pole

1. 서 론

섬유강화복합재료를 이용한 전주(Electric pole)는 주로 인발(Pultrusion), 필라멘트 와인딩(Filament winding) 또는 원심함침(Centrifugal) 방법으로 제조하며, 크로스 암(Cross arm)은 인발공법을 사용한다. 하지만 송전탑용 송전암(Pylon arm)은 매우 큰 하중에 견뎌야하기 때문에 탄소섬유가 길이방향(0°)으로 배열되어야 하고, 크기가 대형이어서 인발공법으로는 한계가 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 해결하기 위하여 필라멘트 와인딩공법으로 탄소섬유를 길이방향(0°)으로 배열하였고, 외팔보 시험을 실시하여 파괴하중, 처짐량과 파괴경향을 분석, 원인과 개선방향을 제시하고자 한다.

2. 탄소섬유 길이방향(0°)필라멘트 와인딩

본 필라멘트 와인딩은 탄소섬유(24K, T700), 유리섬유(E-glass, 2400TEX), 에폭시 수지(SE-700A)와 경화제(SH-709)를 사용하였다. 먼저 탈형이 용이하도록 맨드릴(Mandrel)에 이형필름을 감고 유리섬유로 후프와인딩(Hoop winding, 90° 방향)을 한 후 탄소섬유를 0° 방향으로 지나가면서 적층하였다. 이 때 맨드릴 끝단에는 일정 간격으로 핀을 설치하여 탄소섬유가 맨드릴 끝단을 지나 반대쪽으로 넘어갈 때 탄소섬유가 이탈하지 않도록 하였다. 0° 방향으로 계속 적층할 경우 후프방향으로 장력이 없고 수지의 무게 때문에 섬유가 아래로 처지는 형상이 생기므로 3~4mm정도 적층 후 60° 와인딩을 하여 처짐을 개선한다. 위와 같이 2회 정도 반복한 후 이번에는 90° 와인딩으로 장력을 강하게 주어 섬유 처짐을 완전히 억제하고 과다한 수지를 제거해주는 역할을 한다. 위의 과정을 수 회 반복하여 목표두께인 16mm를 이루고, 마지막 바깥층에는 절연을 위하여 유리섬유로 와인딩을 끝낸다. 이렇게 와인딩이 완료되면 수축필름(OPP)을 감아서 잔여 수지를 제거하면서 밀도를 높이고, 표면조도를 개선한다. Fig 1은 일련의 와인딩 공정을 보여준다.

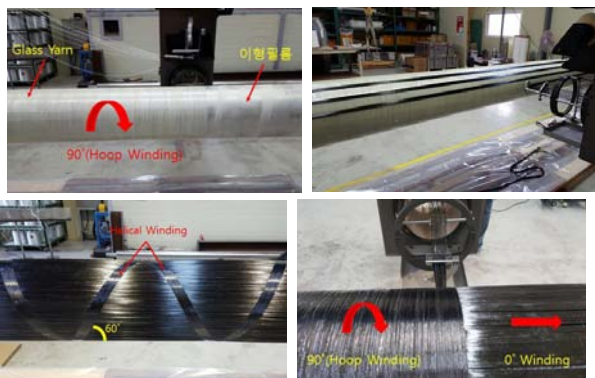


Fig. 1. Filament winding

와인딩 후에는 에폭시 수지의 경화를 위하여 건조기 내에서 110°C 에서 1시간 경과 후 다시 130°C 에서 2시간 정도 유지시켜 경화를 완료한다.

3. 외팔보 시험(Cantilever test)

본 송전암의 외팔보 시험을 위하여 Fig. 2와 같이 한 쪽 끝단을 고정하고 반대쪽 끝단에서 수직방향으로 하중을 작용하도록 시험기를 설치하였다. 로드셀의 하중은 최대 3.5톤, 변위량은 220mm 범위 내에서 속도 1mm/sec로 시험조건을 세팅하고, 파단이 발생하는 시점의 하중과 변위량을 측정하였다.



Fig. 2. Experimental setup

4. 실험 결과 및 고찰

하중 2,640kg에서 파단이 발생하였고 이때의 변위는 167mm였다. Fig. 3에서와 보는바와 같이, 파단 지점이 외팔보의 중간이나 시작/끝 지점에서 일어나지 않고 고정부 끝단에서 발생했으며, 파단 형태도 절단(Cut)이 아닌 층간분리(Delamination)형태로 나타났다. 이는 필라멘트 와인딩의 끝단에 해당하는 부분으로 공정상 섬유밀도가 적고 수지함침 불량에 기인한 것으로 판단할 수 있다. 또한 시험세팅 시 고정부를 시험편 끝단이 아니고 여유 길이가 있었다면 응력이 끝단에 집중되지 않아 더 높은 파괴하중 값을 얻었을 것으로 판단된다.



Fig. 3. Fracture of the end

후 기

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 광역경제권거점기관지원사업의 지원으로 수행한 연구과제임.(R0003396)

참 고 문 헌

- (1) NGCC/NCN Case Review 07/07, FRP telecom mast, utility poles and airport fences
- (2) Sriram Kalaga, Ph.D., PE, "Composite Transmission and Distribution Pole: A New Trend", energy central, Oct. 16, 2013

반응중합을 이용한 나일론/탄소섬유 복합재 성형 및 특성 연구

허몽영¹, 이학성¹, 김선율¹, 강신재¹, 기현준², 윤석일^{2*}

Characterization and manufacturing of nylon/carbon fiber composites by reactive process

M. Y. Huh, H. S. Lee, S. Y. Kim, S. J. Kang, H. J. Ki, S. I. Yun*

한국탄소융합기술원¹, 상명대학교 화공신소재학과²

Key Words : Anionic polyamide-6, Composites, Reactive process

1. 서론

고유가와 환경오염 문제로 인해 연비 및 CO2 배출 법규가 강화됨에 따라 고효율 고안전 경량 차량 개발(에너지 세이빙)이 요구됨에 따라 차량경량화가 큰 이슈로 대두되면서, 차량에 주로 적용중인 금속소재를 섬유강화 복합재로 대체하는 연구 개발이 활발히 진행중이다. 그러나 섬유직물이나 단방향 연속 섬유로 보강된 연속섬유강화 복합재는 열경화성 수지를 중심으로 개발 및 적용되고 있는데, 수지 경화에 따른 긴 성형시간과 재활용의 어려움이 자동차산업으로의 진입을 가로막고 있다. 또한 연속섬유강화 열가소성 복합재는 내충격성과 재활용성이 우수하여 구조용 자동차 부품소재로 적합하나, 용융시 점도가 높아 함침성이 낮다는 단점이 있다. 본 논문에서는 점도가 매우 낮아 함침성이 용이한 카프로락탐 이용 반응중합 공정으로 나일론/탄소섬유 복합재를 성형하고 특성을 파악하고자 한다.

2. 재료 및 실험

나일론의 섬유 함침성을 증대시키기 위해 monomer 상태인 Caprolactam 에서 Activator와 Initiator를 첨가하여 음이온 개환반응 중합을 사용하여 합성하였다.

본 실험에서 사용된 시약은 Monomer로 AP nylon Caprolactam과 activator로 difunctional hexamethylene-1,6-dicarbamoylcaprolactam(BRUGGOLEN® C 20), initiator로 sodium caprolactamate(BRUGGOLEN® C 10)를 사용하였다. 사용된 시약들은 Brüggemann Chemical에서 구입하였다.

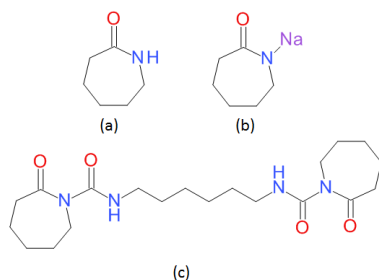


Fig. 1 (a) Caprolactam (b) Hexamethylene-1,6-dicarbamoylcaprolactam (c) Sodium caprolactamate

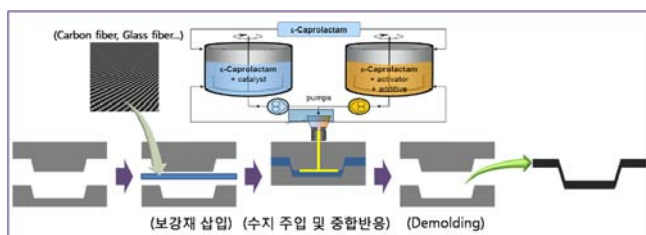


Fig. 2 Preparation of carbon fiber reinforced anionic polyamide 6 thermoplastic composites

3. 실험 결과 및 고찰

반응 완료된 sample의 무게를 측정 후 증류수에 24시간 환류시킨 후 무게를 측정하여 반응 전환율을 측정하였다.

$$X = \frac{m_{pol}}{m_{tot}} \times 100$$

중합온도 및 개시제/활성제 비율에 따른 반응 전환율 측정하였다. 중합온도가 높을수록 전환율이 증가하였으며 개시제/활성제 비율에 따라라도 변화하였다.

음이온 개환중합으로 중합된 Polyamide-6의 특성을 분석하기 위하여 FT-IR과 DSC, TGA를 사용하였다.

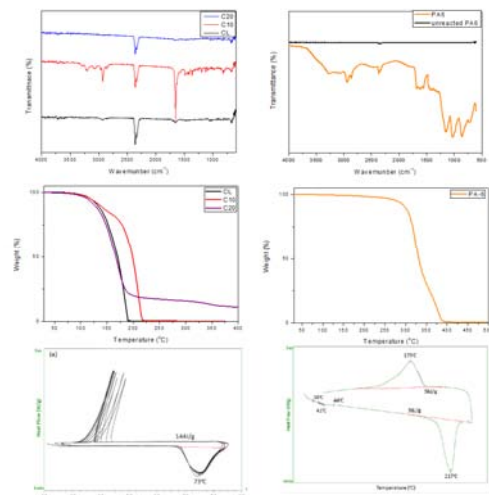


Fig. 3 Characterization of anionic polymerization PA6

FT-IR과 DSC, TGA 분석결과 나일론이 잘 중합됨을 확인할 수 있었고 기존 나일론과 유사한 거동을 보였다.

반응중합을 통해 제조된 나일론/탄소섬유 복합재의 중합온도 및 개시제/활성제 농도에 따른 기계적 물성을 측정하였다.

참고 문헌

- (1) K. van Rijswijk, J.J.E. Teuwen, H.E.N. Bersee, A. Beukers, 2009, *Textile fiber-reinforced anionic polyamide-6 composites. Part 1: The vacuum infusion process*, Composites: Part A, 40, 1~10.
- (2) Goich Ben, Kazuhiro Sakata, 2015, *Fast fabrication method and evaluation of performance of hybrid FRTPs for applying them to automotive structural members*, Composite structure, 133, 1160~1167.
- (3) K. van Rijswijk, H.E.N. Bersee, W.F. Jager, S.J. Picken, 2006, *Optimisation of anionic polyamide-6 for vacuum infusion of thermoplastic composites: choice of activator and initiator*, Composites: Part A, 37 949~956.

석고-탄소섬유 복합재료 제조 및 특성평가

박나라^{1,3}, 신현충¹, 이병현², 이재철³, 송준혁¹, 강신재^{4*}

Fabrication of gypsum-carbon fiber composite and its mechanical properties

N. R. Park, S. H. Shin, B. H. Lee, J. C. Lee, J. H. Song, S. J. Kang*

(제)한국탄소융합기술원¹, 한국과학기술연구원², 고려대학교³, 전북대학교⁴

Key Words : Carbon fiber, Gypsum, Mechanical properties, composite, interior building material

1. 서 론

현재 국내외에서는 well-being시대에 맞춰 친환경 건축물에 대한 관심이 높아지고 있으며 친환경 건축 시공이 주를 이루고 있다. 이러한 현상은 현대인의 평균 실내 주거시간이 증가하고 이에 따라 실내 오염환경에 노출되는 시간이 증가하여 발병률이 증가하기 때문이다. 이러한 질병은 일반적으로 내장재, 마감재, 접착제, 가구 등에서 방출하는 포름알데히드 및 실내 오염물질에 노출되어 발생하는 것으로 코, 목, 기관지, 피부 등을 자극하여 질병을 유발한다. 이와 같은 질병을 예방하기 위해서는 방출된 유해물질을 제거해야 할 필요성이 요구된다.

석고의 경우 표면에 존재하는 미세한 기공들이 방출된 유해물질을 정화하는 기능을 하기 때문에 건축 내장재 분야에서는 활발하게 연구가 진행 중이다. 하지만 석고의 경우 다공성 재료로써 기계적 특성이 낮은 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 탄소섬유를 분산시킨 고강도 석고블록을 제조하여 기계적 특성을 향상시키려고 한다.

2. 석고-탄소섬유 복합재료 제조

본 연구에서 석고는 문교산업사의 SH-2000를 사용하였으며, 섬유는 탄소섬유 도레이사의 T700(1200K)을 사용하였다. 물과 석고의 혼수비는 1:1(vol.%)이었으며, 강화제로 사용된 탄소섬유는 석고기준 2wt.%를 첨가하였다. 탄소섬유의 분산시키기 위하여 일정 배합비율에 따라 석고, 물, 탄소섬유를 넣고, stirrer machine을 이용하여 약 10분간 혼합하였다. 이후 혼합물은 300 mm X 300mm X 50mm 실리콘 몰드를 이용하여 경화시켰다. 상온에서 ~분 경화시킨 후, 혼합물은 가열 건조기를 통하여 80℃에서 24시간 유지시켜 완전 경화된 석고블록을 제조하였다.



Fig. 1 Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

경화된 석고블록의 기계적 특성 평가를 위하여 3-point bending test와 Charpy impact test를 실시하였으며, 결과값은 Table 1에 나타내었다. 3-point bending test는 Universal Testing Machine(UTM)을 이용하였으며, Fig. 2에 나타내었다. 탄소섬유가 첨가되지 않은 석고와 탄소섬유가 첨가된 석고의 굽힘강도는 각각 1 MPa와 2.1 MPa이었다. Charpy impact test

시험장비는 Fig. 3에 나타내었다. 3-point bending test와 마찬가지로 탄소섬유가 첨가되지 않은 석고와 탄소섬유가 첨가된 석고의 충격강도는 각각 2.1J와 4.1J이었다. 이러한 탄소섬유 유무에 따른 기계적 특성 향상은 다음과 같은 현상에 기인된 것으로 분석된다.

- 1) 탄소섬유 유무에 따른 외부응력을 dissipation하는 mechanism
- 2) 외부응력을 dissipation 하는 탄소섬유의 길이 및 함량
- 3) 탄소섬유와 석고의 이중재료의 계면 접합성
- 4) 계면접합성과 dissipation 역할을 하는 탄소섬유 함량의 상관관계

Table 1 Comparison of mechanical properties between Gypsum and Gypsum-2wt.%CF

	Gypsum	Gypsum-2wt.%CF
Charpy impact test (J)	2.1	4.1
3-point bending test (MPa)	1	2.1



Fig. 2 3-point bending test apparatus Fig. 3 Charpy impact test apparatus

참 고 문 헌

- (1) XU, H. H. K., Eichmiller, F. C. and Barndt, P. R., 2001, Effects of fiber length and volume fraction on the reinforcement of calcium phosphate cement, Journal of Materials Science : Materials in Medicine, 12 57-65.
- (2) Li, G., Yu, Y., Zhao, Z., Li, J. and Li, C., 2003, Properties study of cotton stalk fiber/gypsum composite, Cement and Concrete Research, 33 43-46.
- (3) Singh, M. and Garg, M., Glass Fibre Reinforced Water-Resistant Gypsum Based Composites, Cement & Concrete Composites, 14 23-32

3D 프린터용 CNT-고분자 복합재 필라멘트 개발

유명한¹, 송준혁¹, 이민구¹, 문민석¹, 오제하¹, 강신재^{2*}

Development of CNT-Polymer Composite Filament for 3D Printer

M.H. Yoo, J.H. Song, M.G. Lee, M.S. Moon, J.H. Oh, S.J. Kang,*

한국탄소융합기술원¹, 전북대학교²

Key Words : 3D Printer, FDM, CNT Polymer, Filament

1. 서론

3D 프린팅 기술은 3차원의 설계 데이터에 따라 고체 필라멘트, 광경화성 액체 또는 파우더 형태의 폴리머나 금속 등의 재료를 적층하여 쌓아올림으로써, 입체물을 Bottom-up 방식으로 제조하는 기술로 가공 적층 방식에 따라 FDM, SLA, DMLS, 3DP 등으로 나눌 수 있다. FDM 방식은 고체 필라멘트 형태의 플라스틱이나 왁스 원료가 가열된 노즐을 통해 분사되어 얇은 막을 형성하고 노즐을 통과한 원료는 신속하게 경화되어 아래 막 부분에 층층이 쌓이게 된다. PLA 외에 열가소성 수지를 재료로 사용이 가능하나 원재료의 물성구현이 제대로 되지 않고 낮은 인장강도를 갖고 있어 간단한 시제품 생산용으로만 사용되고 있다. 따라서 자동차 부품 등 고강도 부품에 적용하기 위해서는 강도를 향상시키기 위한 복합재료에 대한 연구가 요구된다. CNT는 표면적이 크고 종횡비(aspect ratio)가 높으며 강도와 탄성율이 탁월하여 고분자 복합재료의 유망한 강화재로 적용되고 있다. 본 연구에서는 FDM 3D프린터에 가장 널리 사용되고 있는 PLA 소재에 CNT를 강화재로 적용하여 기계적 물성을 향상시킨 CNT 강화 PLA 필라멘트를 개발하였다.

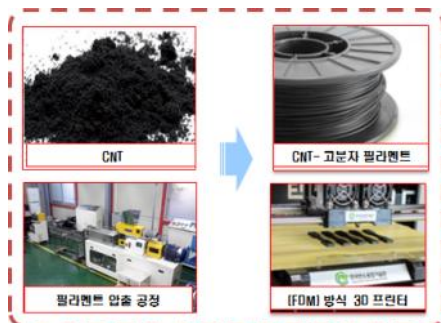


Fig. 1. Extruder Machine and CNT Reinforced PLA Filament

2. 실험 방법

CNT는 PLA와 분산이 쉽도록 CNT 분말의 펠렛화를 통한 마스터 배치를 제작하고, 중량비율로 혼합한 후 압출기를 이용하여 프린팅이 가능한 필라멘트를 제조하였다.

CNT와 고분자의 결합성을 향상시키기 위하여 산처리를 통한 관능기를 도입하였으며 분산제를 이용하여 1차적인 기계적 분산을 실시하였다.

균일한 배합과 두께를 얻기 위하여 압출기의 온도조건을 결정하고 냉각시간 및 공정별 압출속도를 선정하여 Table 1과 같이 최적공정조건을 확립하였다.

압출 온도는 170°C에서 215°C까지 온도를 조절하여 필라멘트의 표면조도를 기준으로 온도를 정하였다. 공정별 모터 속도를 조절하여 압출속도 및 와인딩 속도를 조절하고, 냉각온도를 조절하여 필라멘트의 직경이 균일하도록 공정조건을 확립하였다.

필라멘트의 두께는 3D프린터로 프린팅 할 때 균일한 출력물을 얻기 위하여 균일한 두께를 유지하여야 한다. 필라멘트의 직경은 프린터 노즐을 고려하여 $1.75 \pm 0.05\text{mm}$ 로 관리되어야 한다. 필라멘트 100m를 제조하여 1m 간격으로 20회 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다. 본 연구에서 필라멘트 평균직경은 1.75mm이고, 표준편차는 0.05004이다.

Table 1. Extrusion Process

	PLA	CNT-PLA
Barrel 1~6 온도(°C)	160~200	170~215
Motor1 (RPM)	16~18	15~17
Motor2(RPM)	0.6~1.1	0.4~1
Motor3(RPM)	16~24	15~22
필라멘트직경(Ø)	1.65~1.81	1.70~1.80

3. 실험 결과 및 고찰

필라멘트의 기계적 물성을 평가하기 위해 기존 수지필라멘트와 제조된 필라멘트를 가지고 FDM 3D 프린터를 이용하여 인장시편(ASTM D 638)을 제작하여 기계적 물성을 평가하였다. 시편은 동시에 5개씩 10개를 만들어 인장강도와 굽힘강도를 평가하였다.

Table 2. Mechanical Properties

	PLA	CNT-PLA
Tension Strength (MPa)	65.3	82.9
Flexural Strength (MPa)	24.29	79.97

시험결과 PLA로 프린팅한 시편보다 CNT 강화 PLA의 경우 인장강도는 82.9MPa로 21% 증가하였고, 굽힘강도는 329% 증가하였다.

참고 문헌

- (1) Synthesis of aligned and length-controlled carbon nanotubes by chemical vapor deposition : Young Soo Park, Hyung Suk Moon, Mongyoung Huh, Byung-Joo Kim, Yun Su Kuk, Sin Jae Kang, Seong Hee Lee and Kay Hyeok An, Carbon Letters, Vol. 14, No. 2, 99-104, 2013.
- (2) Experimental Investigation on Relationship of Winding Process Variables and Mechanical Properties for Filament Wound Composites Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers/ Yun. S.H, Kim J.Y. and Hyung T.K., 1999, V3, no.2 pp. 56~65.

슈퍼커패시터의 높은 방전 속도를 위해 탄소나노튜브를 이용한 전극의 표면저항 향상

박규순¹, 채민수², 조세호¹, 이상원¹, 송은솔³, 박승현³, 곽이규², 이해성³, 강신재^{1*}

Improved surface resistance of supercapacitor electrode with CNT for high discharge current rate

K. S. Park, M. S. Chae, S. H. Cho, S. W. Lee, E. S. Song, S. H. Park, L. K. Kwak, H. S. Lee, S. J. Kang*

(계)한국탄소융합기술원¹, 전주대학교 탄소융합공학과², 전주대학교 나노신소재공학과³

Key Words : Supercapacitor, CNT, Activated Carbon

1. Introduction

Recently, electric double layer capacitor (EDLC) has received much attention due to its high power capability and long cycle life. To be widely used in automobile, renewable energy and other industrial applications, electrochemical performances should be improved such as internal resistance and capacity retention. In this work, addition of CNTs into electrode can form the inter-penetrating network structure with other electrode compositions, which can lower the surface resistance and equivalent serial resistance (ESR) and higher capacity retention in the pouch cell because of its high aspect ratio and electrical conductivity.

2. Experiment

We controlled the electrode composition ratio by adding carbon nanotube for electrode fabrication with different CNT ratio from 5% to 10%. For comparison the dispersion effects, CNT powder and solution in water are used. YP-50F is used as activated carbon and other electrode compositions are polybutadiene, PTFE and carbon black for binding polymer and conductive agent, respectively.

As shown in Fig. 1, CNTs can form a network structure between electrode materials. To investigate the CNT effects on surface properties, surface resistance and SEM are measured. Electrochemical properties are measured at different discharge current density.

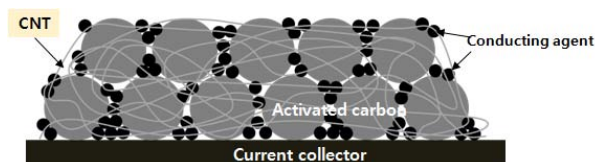


Fig. 1. Schematic structure of electrode materials

3. Results and Discussion

As shown in Fig. 2, surface resistance decreases with addition of CNT into electrode composition, which results from high aspect ratio and electrical conductivity of CNT.

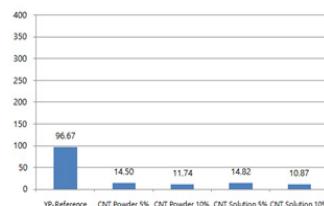
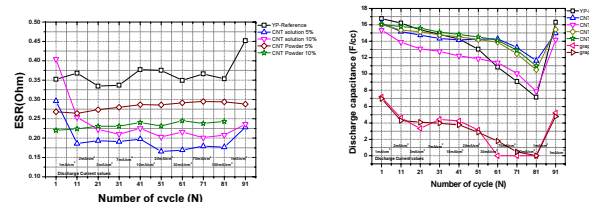


Fig. 2. Surface resistance with CNT ratio



(a) DC-ESR with number of cycle

(b) Change of discharge capacitance with cycle

Fig. 3. Electrochemical properties of pouch cells

Fig. 3 show DC-ESR and change of discharge capacitance at different current density with number of cycle. Addition of CNT into electrode can form the inter-penetrating network structure with other electrode compositions, which can lower equivalent serial resistance (ESR) and higher capacity retention in the pouch cell because of its high aspect ratio and electrical conductivity. We will further investigate the cycle life and electrochemical properties with temperature.

참고 문헌

- (1) Shukla, A., Sampath, S. and Vijayamohan, K., 2000, *Electrochemical supercapacitor; Energy storage beyond batteries* Current Sci., 79, 1656-1661
- (2) Vilatela, J. and Eder, D., 2012, *Nanocarbon Composites and Hybrids in Sustainability: A Review*, ChemSusChem, 5, 456-478
- (3) Davies, A. and Yu, A., 2011, *Materials advancement in supercapacitors: From activated carbon to carbon nanotube and graphene*, The Canadian Journal of Chemical Engineering., 89, 1342-1357
- (4) Choi, N., Chen, Z., Freunberger, S., Ji, X., Sun, Y., Amine, K., Yushin, G., Nazar, L., Cho, J. and Bruce, P., 2012, *Challenges facing lithium batteries and electrochemical double-layer capacitor*, Angew. Chem. Int. Ed. 51, 9994-10024

자성입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성 및 특성 연구

구민예^{1,2}, 이교우², 김원석^{1*}

Synthesis and Study on MWNTs Decorated with Magnetic Particles

M. Y. Koo, G. W. Lee, W. S. Kim*

한국탄소융합기술원¹, 전북대학교 기계설계공학과²Key Words : MWNTs, $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$, TEM

1. 서론

전자파를 차폐하기 위한 방법으로는 전자파 반사, 흡수, 다중 반사 등이 있지만, 구리 등을 포함한 대부분의 금속은 위의 차폐방법 중에서 주로 반사성을 보유하고 있다. 전자파의 반사 뿐만 아니라 흡수를 위해 사용되는 금속으로는 Fe, Ni 또는 이들의 합금 등이 사용된다. 이들 금속은 자구의 변화에 의한 에너지 흡수에 의한 전자파 흡수가 가능하며, 이 중에서 Fe대 Ni의 구성비가 2:8 합금인 퍼멀로이(permalloy)가 대표적인 물질이다^(1,2).

본 논문에서는 종횡비(aspect ratio)와 전기전도성이 우수한 MWNTs에 강자성체인 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 를 코팅하여, 전자파 차폐 복합재료용 필러를 제조 및 이의 특성을 조사하였다. 코팅 방법으로 금속 함침 방법을 사용하였고, Fe와 Ni를 비율별, 무게별로 코팅하여 특성을 관찰하였다.

2. 제작방법

MWNTs(NC 7000, Nanocyl company)는 catalytic chemical vapor deposition (CVD)방법으로 합성되었다. MWNTs의 평균 지름과 길이는 각각 9.5nm, 1.5 μm 이며, 순도는 90wt% 이상이였다. 습식 함침 방법(wet-impregnation)으로 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 합금을 코팅하였으며, 시약은 Fe nitrate($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)와 Ni nitrate($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)를 사용하였다. Fig. 1은 MWNTs 표면에 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 입자를 코팅한 방법을 나타낸 모식도이다. Fe nitrate와 Ni nitrate를 증류수(300g)에 용해시킨 후, MWNTs 15g을 넣고 planetary mixer (T.K.HIVIS MIX, 2P-1, Primix Inc.)를 사용하여 80rpm으로 10분 동안 섞어 슬러리 형태의 혼합물을 만들었다. 이 슬러리를 150°C 오븐에서 24시간동안 건조시켜, 수분을 증발시켰다. 그 후, 불필요한 유기물을 제거하고, Fe nitrate와 Ni nitrate를 산화시키기 위하여 400°C, 아르곤 분위기(3SLM)에서 1시간동안 처리했다. 마지막으로 600°C, 수소(3SLM), 아르곤 분위기(1SLM)에서 1시간 동안, 산화된 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 입자를 환원시켰다. MWNTs에 코팅된 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 입자의 무게 16.7wt%, 33.3wt%로 각각 제작되었으며, Fe대 Ni 비율 2:8, 5:5, 8:2로 금속 구성을 조절하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

MWNTs 표면에 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 합금 입자가 형성된 것을 확인하기 위하여 transmission electron microscope(TEM, JEM-2200FS)으로 표면 관찰을 진행하였다. Fig. 2은 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 입자가 코팅된 MWNTs의 TEM 사진이다. Fig. 2(a)는 처리하지 않은 MWNTs이며, 합성 시 사용된 Fe 촉매가 탄소나노튜브 중간에 위치함을 알 수 있다. Fig. 2(b)는 16.7wt%, Fig. 2(c)는 33.3wt%의 결과이며, 대표적으로 Fe대 Ni 구성 비율 2:8로 코팅된 MWNTs를 나타내었다. MWNTs 표면에 금

속 입자가 형성되었으며, 고배율인 Fig. 2(d)를 통하여 표면에 붙어있는 금속 입속입자의 형상을 확인할 수 있었다.

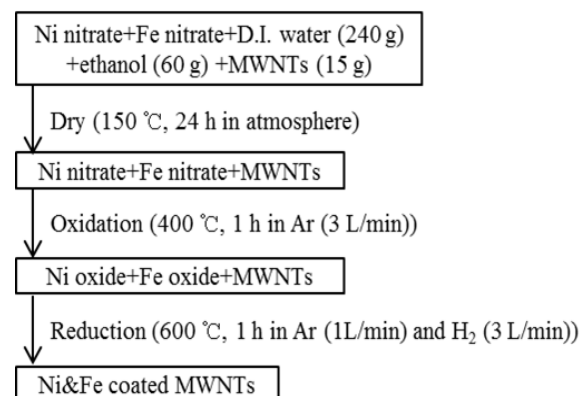


Fig 1. A schematic diagram for the decorating process of MWCNTs with $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ alloys

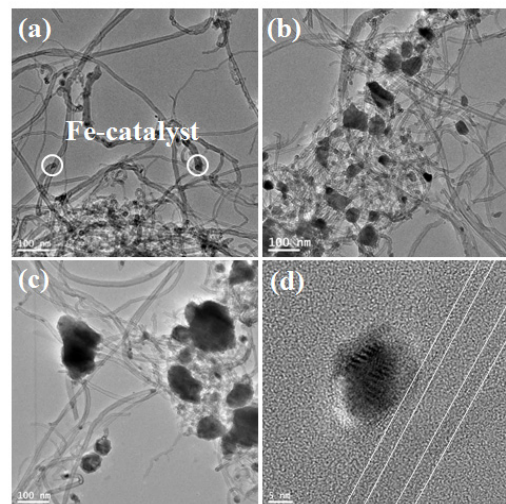


Fig. 2. TEM images of (a) pristine MWCNTs, MWCNTs decorated with (b) 16.7 wt% $\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}$ (c) 33.3 wt% $\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}$, and (d) high magnification of $\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}$ alloys.

참고 문헌

- (1) Jiles D, "Introduction to Magnetism and Magnetic Materials", CRC Press, pp. 354, 1998.
- (2) Berthault A, Rousselle D, Zerah G, "Magnetic properties of permalloy microparticles", Journal of magnetism and magnetic materials, Vol. 112, pp. 477, 1992.

하이브리드 복합재 CNG 용기 개발

정근성¹, 조민식² 고관호¹, 이민구¹, 장지만¹, 오상엽¹, 강신재^{2*}

Development of composites LLB by apply to high toughness

K. S. Jung, James Cho, K. H. Ko, M. G. Lee, J. M. Jang, S. Y. Oh, S. J. Kang*

한국탄소융합기술원¹, 전북대학교 기계설계학과²

Key Words : Pressure Vessels, Composite, Carbon Fiber, CNG, Hybrid

1. 서론

복합재료를 적용하여 Filament winding 공법으로 제조하는 고압 가스 압력용기는 CrMo강 소재의 압력용기에 비해서 가볍고, 피로내구성, 내부식성이 우수하여 고가의 가격에도 널리 활용되고 있다.

그러나 사용압력이 낮은 LPG 압력용기의 경우 glass fiber로 설계 및 제작이 가능하지만 사용압력이 높은 CNG나 수소압력 용기의 경우

Carbon fiber를 적용해야 하는데, 최근 상대적으로 고가의 Carbon fiber 소재비용을 최소화하기 위하여 Glass Fiber와 Carbon Fiber를 동시에 적용하는 Hybrid type의 압력용기 개발이 다양한 방법으로 시도 되고 있다.

2. 압력 용기 설계

Hybrid type의 복합재 압력용기는 크게 glass fiber와 carbon fiber를 동시에 winding하여 압력 하중을 분담하는 경우와, carbon fiber를 winding 한 후 마지막에 glass fiber를 winding 하여 압력하중을 carbon fiber가 전담하고, glass fiber는 외부의 충격으로부터 carbon fiber를 보호하는 역할을 하는 두 가지 경우가 있다.

본 연구에서는 glass fiber가 압력 하중의 분담과 외부 충격으로부터 carbon fiber를 보호하는 두 가지 역할을 동시에 할 수 있도록 개발하고자 하였다.

압력용기의 돔형상은 등장력 돔(Isotenoid dome) 형상식을 적용, 구성 하였으며, glass fiber와 carbon fiber는 각각 S-glass, T700을 활용하였다.

$$\frac{d\zeta}{d\rho} = - \frac{\rho^3(1-\rho_o^2)^{1/2}}{[\rho^2-\rho_o^2-(1-\rho_o^2)\rho^6]^{1/2}}$$

ρ : Cylinder Radius

ζ : Dome Height

ρ_o : Opening ratio (Boss Radius / Cylinder Radius)

Fig. 1. Isotenoid dome shape expression

Glass fiber 및 carbon fiber의 winding 패턴은 Netting analysis와 CLT(Classical Laminate Theory)를 적용하여 초기 값을 설정하였으며, 이를 바탕으로 전산 구조해석을 수행하면서 패턴의 최적화를 수행하였다.

Table 1 Winding pattern

Material	Type	ply
Carbon fiber	Hoop	6
Carbon fiber	Helical	10
Glass fiber	Hoop	1
Glass fiber	Helical	2

압력용기의 전산 구조해석은 미국 Alpha-star社의 GENOA를 이용하여 점진적 파손해석(Progressive Failure Analysis)을 수행하였다.

Carbon fiber만으로 와인딩 된 경우와 carbon fiber 위에 glass fiber를 hoop winding 1 ply, helical winding 2 ply를 추가 한 경우, 압력용기의 파열압은 각각 512bar, 575bar로 glass fiber를 추가 한 경우 약 10% 정도 파열압이 높아진 것을 확인하였다.

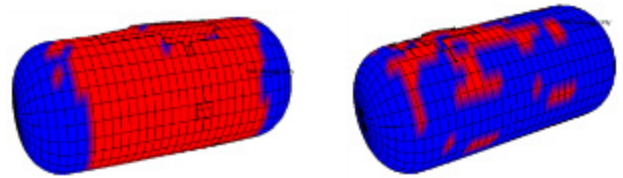


Fig. 2. Carbon fiber only vs Hybrid winding

3. 결과 및 고찰

Hybrid winding 압력용기는 파열압시험(Burst test)에서 전산해석의 파열압보다 약 10% 정도 낮은 값을 보였으나 carbon fiber만 winding을 한 경우에 비해서 전체적으로 높은 파열압을 보였다.

파열압 시험 외에도 충격시험 및 반복가압시험 등 추가적인 시험을 통해서 Hybrid 복합재 압력용기의 정확한 성능 개선 값을 도출할 수 있으리라 생각된다.



Fig. 3. Burst test

후기

본 연구는 산업통상자원부의 탄소밸리구축사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

- (1) J. Zickel, "Isotenoid Pressure Vessels," *ARS Journal*, June, 1962, pp 950-951.
- (2) S.T. Peters, "Composite Filament Winding" *ASM International*, 2011, pp 120-135.

고인성 수지를 적용한 복합재 LLB 개발

이민구¹, 오상엽¹, 박남규², 최재호³, 이준영⁴, 강신재^{5*}

Development of composites LLB by apply to high toughness

M. G. Lee, S. Y. Oh, N. K. Park, J. H. Choi, J. Y. Lee, S. J. Kang*

한국탄소융합기술원¹, ㈜대산플랜트², 엔에스시스템³, 다이텍연구원⁴, 전북대학교 기계설계학과⁵

Key Words : AFO, Knee Brace, CFRP Composites, High toughness

1. 서론

보행을 위해선 각 근육 및 관절의 원활한 상호작용이 이루어져야 하며 근육 및 관절 손상, 인대 파열, 근력 부족은 보행에 심각한 장애를 초래하며 다양한 병명 및 형태로 발생한다. 특히 고령화에 따른 하체의 근력부족 인구의 증가나 교통사고나 축구, 등산 등의 스포츠레저 활동 중 쉽게 발생하는 무릎의 관절 손상, 뇌졸중, 척추손상 등 질환의 원인으로 보행에 문제가 생기거나 하지의 지지가 필요한 인구가 증가하고 있는 실정이다. 이를 위해 Low Limb Brace는 하체의 기능이 약해져 있을 때 도와주는 역할과 과다한 힘이 들어가거나 변형이 생겼을 경우 신체를 적절한 형태로 바로잡아주는 역할을 수행한다.

2. 설계 및 공정

본 기술의 특징은 고인성 수지를 적용한 프리프레그를 제작한 다음 맥동가압성형 공법을 이용하여 재활보조기인 LLB(AFO + Knee Brace)를 CFRP로 대체하는 것이다. 고인성 수지를 제조하기 위해 HTBN을 10phr를 첨가하여 에폭시 탄소섬유 프리프레그를 제조하였고 수지의 고인성화를 측정하기 위해 GIC 테스트를 수행하였다.

설계 및 구조해석을 통해 LLB의 최종 제품을 디자인하였고, 기존 제품 대비 34%의 경량화를 달성하였으며, 맥동가압 성형을 통해 각 제형별 금형을 제작하여 제품을 생산하였다.



Fig. 1. Final LLB

3. LLB 보행 반복 시험

재활 보조기의 특성상 맞춤형 제품이기 때문에 일반적으로 통용되는 시험방법은 없기 때문에 자체적으로 시험방법을 강구하여 국가 시험연구원의 입회하에 시험을 수행하였다. 아래 그림과 같이 Knee Brace의 경우 사용자의 체중에 의한 지지가 전혀 없는 제품으로 무릎의 움직임에 따라 움직이며 가도기의 결함에 이상의 유무를 확인하는 검사를 시행하였고 AFO의 경우 중족지절관절의 굴곡 각도인 35~45도를 구현하면서 12만회의 연속반복 굴곡 테스트를 자체 측정하였다.



Fig. 2. Method of LLB Test

4. 실험 결과 및 고찰

실제 장애를 가지고 계시는 환자를 대상으로 복합재 AFO와 Knee Brace를 동시에 착용한 후 보행을 분석한 결과 AFO 보조기 착용 후 중심이동의 변화는 크게 없으나, 무릎보조기 착용 후 변화는 평균 1.8%~13.4%로 중심이동이 병변이 없는 측에서 병변이 있는 측으로 중심이 이동하는 결과를 얻었다. 또한 실험 대상자는 AFO 착용으로 발걸음이 가벼워지고 Knee Brace 착용으로 안정감이 느껴져 보행시 병변이 있는 하체에도 체중을 줄 수가 있었다. 즉 보행기를 착용하고 1년동안 생활한 결과 보행의 안정화가 향상됨을 알 수 있었다.

Table 1 Comparison of Analysis Walking

CISP		착용전	착용후
ML(%)			
Mean	L	26.157	1.562
Mean	R	31.743	2.055
Ratio	L/R	0.824	0.76

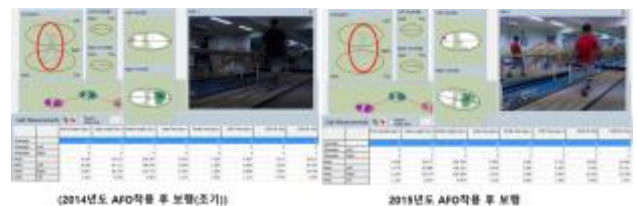


Fig. 3. The result of Walking test

참고문헌

- (1) Young-Bok Jung, Youn-Seuk Lee 2008, Comparative Study of ACL Double-bundle reconstruction with and without functional Knee brace, J Korean orthop Assoc, 43 : 738~745.
- (2) Pil-Byeong Choi Effect of the capabilities isokinetic muscular on degenerative arthritis of the environment by rehabilitation exercise body composition and bone mineral density levels, Master's Thesis, National Sport University, National University of Technology Institute, 2004

자동적층용 토우 프리프레그 특성 연구

박길영^{1*}, 박승일¹, 국윤수¹, 안계혁¹, 강신재¹, 정용식^{2*}

A Study of Tow-Prepreg Properties for Automated Fiber Placement

G. Y. Park*, S. I. Park, Y. S. Kuk, K. H. An, S. J. Kang, Y. S. Chung*

한국탄소융합기술원¹, 전북대학교 유기소재파이버공학과²

Key Words : Carbon Fiber, Tow-prepreg, Automated Fiber Placement

1. 서론

고부가가치 선박 건조에 있어 재작업 공수를 줄이고 생산량 향상 및 가공비 절감 등의 요구조건을 충족시키기 위해 최근 AFP(Automated Fiber Placement)의 하이테크형 기술 개발이 요구되고 있다. 그러나 AFP 성형기술을 적용한 복합재 설계 요소기술과 적용되는 Tow-prepreg의 국내 원천기술이 취약하여 해외기술에 대한 경쟁력 확보가 필요하다. 본 논문에서는 기제품의 구조 및 열적 특성 분석을 통하여 AFP 장비에 적용 가능한 국산 Tow-prepreg를 개발하고자 한다.

2. 토우 프리프레그 특성 분석

본 실험에서 사용된 Tow-prepreg는 M사의 Film type(12K)와 T사의 Non-Film type(12K)의 제품을 사용하였으며, HPLC(High-Performance liquid chromatography)분석과 DSC(Differential Scanning Calorimetry)분석을 통해 수지 구조 해석을 진행하였다. HPLC의 경우 클로로포름(CHCl₃)을 이용하여 수지 희석액 제조 후 순간적인 열(620°C)을 시료에 가하여 고분자 사슬을 절단한 후 기화를 통해 시간에 따라 시료성분의 구조적 정보를 토출하였으며, DSC의 경우 승온조건(25~200°C, 5°C/min)과 등온조건(130°C, 60min)하에 실험을 진행하여 수지의 경화성 패턴 분석을 진행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

HPLC 분석을 통한 시간에 따른 휘발성분 검출 시 주로 4,4'-(1-methylethylidene)bis-Phenol, p-Isopropenylphenol, Phenol 등 에폭시 계열의 수지에 첨가되어 있는 물질로 구성되어 있으며, 추가적으로 수지의 점성 및 분자량에 영향을 주는 2,3-dihydroxypropyl(α -glycol) group과 aliphatic hydroxyl group을 확인하였다. Table 1과 Fig. 1에 HPLC 데이터를 나타내었다.

Table 1 HPLC Analysis Data

ingredient	Type (weight percentage%)	
	Film	Non-Film
4,4'-(1-methylethylidene)bis-Phenol	13.53	12.69
p-Isopropenylphenol	14.63	17.75
Phenol	17.96	18.39

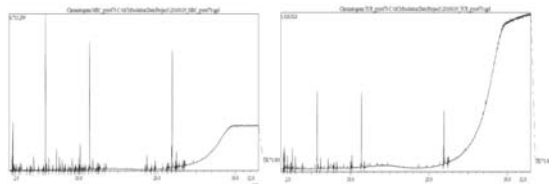


Fig. 1. HPLC Analysis Graph(Left; film type Right; non-film type)

DSC 분석을 통해 Film type의 경화 온도는 135.1~179.4°C, 총 경화시간은 14.8min로 확인되었으며, Non-Film type의 경화온도는 128.4~185.4°C, 총 경화시간은 16.6min로 확인되었다. Table 2와 Fig.2에 DSC 승온 및 등온 분석 데이터를 나타내었다.

Table 2 DSC Analysis Data

Type	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	Curing time (min)
Film	135.17	147.42	179.38	14.82
Non-Film	128.39	149.76	185.43	16.57

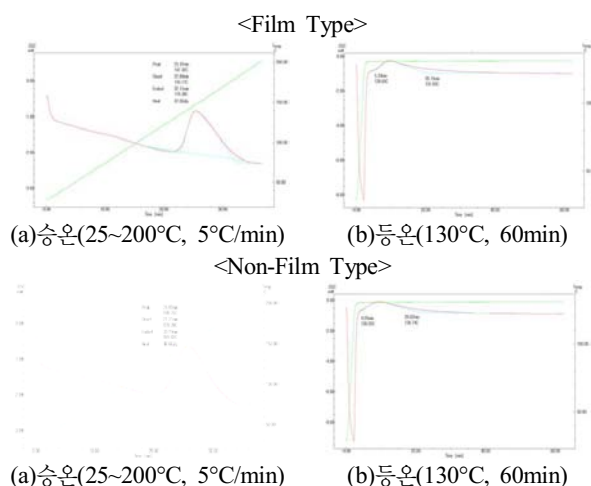


Fig. 2. DSC Analysis Graph

AFP 장비에 적용 가능한 Tow-prepreg를 개발하기 위하여 기제품을 이용하여 시간에 따라 휘발되는 성분 검출을 통한 수지 구조 분석 및 승온, 등온 조건 하에 따른 경화패턴 분석을 진행하였으며, 향후 개발 Tow-prepreg의 film 사용 유무 및 수지의 대략적인 비율을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 지원 해양융합복합소재산업화사업으로 수행된 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) S.Podzimek, A. Kastanek, 1999, Characterization of Bisphenol A-Based Epoxy Resins by HPLC, GPC, GPC-MALLS, VPO, Viscometry, and End Group Analysis, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 74, 2432-2438.
- (2) Mitsubishi, 2015, Tow Prepreg, 2015-98584

표면처리된 탄소나노튜브/고분자 복합재료의 물리화학적 특성 연구

서민강*, 송범근, 강신재, 안계혁

Studies on Physicochemical Properties of Surface Treated Carbon Nanotube/Polymer Composites

M. K. Seo*, B. K. Song, S. J. Kang, K. H. An

한국탄소융합기술원

Key Words : Carbon nanotubes, Functional groups, Mechanical properties, Thermal properties, Polymer composites

1. 서론

탄소나노튜브가 고분자 복합재료에서 강화재로서의 역할을 최대한 발휘하기 위해서는 고분자 매트릭스 내에서 분산과 최적화된 계면특성이 매우 중요하다. 하지만 탄소나노튜브의 외벽은 불활성 C-H 결합에 의해 소수성을 띠고 있으며 반데르발스 힘 때문에 응집하려는 경향이 있어 수지 내에서 분산이 어렵고 탄소나노튜브와 고분자 수지 사이의 낮은 결합력이 하중전달의 효율성에 영향을 미친다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기계적 분산방법으로 3축-롤-밀(three-roll-mill), 초음파 분산, 플라즈마, 오존처리가 활용되고 화학적 개질방법으로는 계면활성제, 산/염기 처리 등이 일반적이다.

따라서 본 연구에서는 탄소나노튜브를 산처리하여 탄소나노튜브와 고분자 수지 사이의 계면결합력 향상에 기인하는 산소 관능기의 형태를 정량적으로 측정하였고 탄소나노튜브의 산처리 조건에 따른 관능기형태가 탄소나노튜브/고분자 복합재료의 물성에 미치는 영향을 인장강도, 굴곡강도, 열전도도를 통해서 고찰하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 탄소나노튜브는 catalytic carbon vapour deposition(CVD) 공법으로 합성된 다중벽 탄소나노튜브 (TMC100-10, Nano Solution Co., Korea)로 순도 90% 이상이고 길이는 10~20 μ m이며 직경은 10 nm이다. 복합재료의 기지재료는 에폭시 수지(DGEBA, diglycidyl ether of bisphenol A, YD-128, Kukdo Chemical Co., Korea, E.E.W=186.8 g/eq)와 비닐에스터 수지(RF-1001MV, CCP Composites, Korea)를 사용하였다. 에폭시 경화제는 아민계 액상경화제인 KFH-150(Kukdo Chemical Co., Korea)를, 비닐에스터 경화제는 methyl ethyl ketone peroxide(MEKPO)를 각각 사용하였다. 탄소나노튜브의 산처리는 8 M 질산, 12 M 질산, 황산/질산(v/v, 3/1)을 이용하여 각각의 수용액에 탄소나노튜브를 첨가하고 교반기를 이용하여 교반속도 200 rpm 으로 10시간 동안 교반한 후 PTFE 멤브레인 필터에 여과하여 증류수로 시료의 pH가 중성이 될 때까지 수세한 다음 진공오븐 90 °C에서 12시간 동안 건조하였다. 기계적 물성은 인장강도를 만능시험기(universal testing machine, LR5K, Lloyd, England)를 사용하여 ASTM D638 방법에 따라 측정하였다. 탄소나노튜브/고분자 복합재료의 열전도도는 열전도를 측정기(ThermoCom Tester M100, Metrotech Co. Ltd., Korea)를 사용하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

탄소나노튜브 산처리 농도에 따라 변화되는 관능기의 함량이 탄소나노튜브/고분자 복합재료의 인장강도와 상관관계를 Fig. 1에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 8 M과 12M 질산으로 표면처리된 탄소나노튜브를 첨가한 에폭시 복합재료는 전반적으로 순수 에폭시에

비해 물성이 증가한 것으로 확인하였다. 8M 질산으로 처리된 탄소나노튜브의 카르보닐기(C=O)의 함량이 미처리 탄소나노튜브의 함량 4.6%에서 7.0%로 가장 크게 증가된 결과로 보았을 때 탄소나노튜브의 C=O의 증가가 탄소나노튜브 에폭시 복합재료의 계면결합력의 향상에 기여한 것으로 판단된다. 탄소나노튜브/비닐에스터 복합재료의 인장강도 결과는 미처리된 탄소나노튜브를 첨가한 비닐에스터 복합재료와 질산으로 처리된 탄소나노튜브를 첨가한 비닐에스터 복합재료에서 낮은 물성이 측정된 반면 황산/질산으로 처리된 탄소나노튜브를 첨가한 비닐에스터 복합재료의 인장강도는 41MPa로 순수 비닐에스터에 비해 4% 증가를 확인하였다. 이는 황산/질산 혼합액으로 처리된 탄소나노튜브 표면의 카르복시기(O-C=O) 함량이 미처리 탄소나노튜브의 함량인 3.9% 대비하여 황산/질산으로 처리된 탄소나노튜브가 6.7%로 가장 크게 증가된 결과로 O-C=O의 증가가 탄소나노튜브/비닐에스터 복합재료의 계면결합력에 영향을 미친 것으로 판단된다.

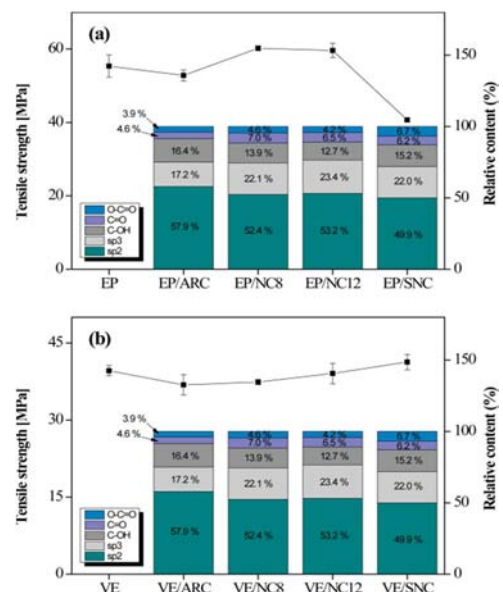


Fig. 1 Tensile strength of the composites: (a) carbon nanotubes/epoxy composites; (b) carbon nanotubes/vinyl ester composites.

참고 문헌

- (1) Park, S. J., Seo, M. K., Park, M. L., Kim, H. Y., 2015, 1st ed., 31-202, Carbon Materials, Myoungmoon, Seoul, Korea.
- (2) Park, S. J., Seo, M. K., 2011, Hubbard, A. ed., Vol.18, Interface Science and Technology. Interface Science and Composites, Elsevier.

탄소계 필러가 고분자 방열복합재에 미치는 영향

한 웅, 김관우, 안계혁, 강신재, 김병주*

Effects of chop carbon fibers and graphite content on thermal properties of thermally conductive polymer composites

W. Han, K. W. Kim, K. H. An, S. J. Kang, B. J. Kim*

한국탄소융합기술원 연구개발본부

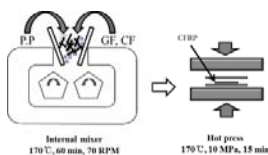
Key Words : thermal conductivity, carbon filler, composites

1. 서론

전자기기에서의 열방출은 기기의 성능과 수명에 직접적으로 영향을 미치는 아주 중요한 인자이다. 전통적인 방열소재는 금속이나 세라믹 등이 주로 쓰이고 있었지만, 최근에는 열전도성 고분자 재료의 사용을 위한 노력이 증가하고 있다. 열전도성 고분자 재료는 대량생산에 유리하고, 경량성, 내산화, 내약품성이 좋기 때문에 많은 산업에서 사용을 원하고 있다. 하지만 고분자 재료의 열전도도 한계로 인하여 고열전도성 고분자복합재료에 대한 요구가 크게 증가하고 있다. 본 논문에서는 열전도성 필러인 탄소소재 함량이 폴리프로필렌 복합재의 열전도에 미치는 영향에 대하여 연구 하였다.

2. 시험준비

실험에 사용된 Polypropylene(PP)은 LOTTE. Chem., Korea 제품과 Graphite flake(GF)는 sigma-aldrich. Chem., USA 제품, 그리고 Carbon fiber(CF)는 T-300, Toray. Co., Japan 제품을 1 in (2.54 cm) 로 균일하게 chopping 하여 사용하였다. 또한, 매트릭스(PP)와 필러(CF/GF)의 혼합을 원활하게 하고자 Fig.1 과 같이 자체 제작한 lab규모의 인터널믹서를 사용하였으며, 170℃의 온도에서 70 RPM으로 60 min동안 혼합하였다. 혼합된 복합소재의 특성을 분석하기 위해 핫프레스에서 170℃의 온도로 10 MPa의 압력을 가한 후 15 min 동안 알맞은 모형으로 성형하였다.



(a) Internal mixer and hot-press

PP : CF : GF	Sample name
100 : 40 : 10	C40 : G10
100 : 30 : 20	C30 : G20
100 : 25 : 25	C25 : G25
100 : 20 : 30	C20 : G30
100 : 10 : 40	C10 : G40

(b) Sample name

Fig. 1 Experimental setup

열전도성 복합재는 Fig. 1 (b)와 과 같은 필러 함량으로 복합재를 제작하였으며, 샘플명은 다음과 같이 명명하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 수직·수평 열전도도는 대표적인 측정방법인 Laser flash (LFA447, Netzsch, Germany) 방법을 이용하여 측정하였으며, CF와 GF의 함량비에 따른 열전도도 차이를 측정하였다. 측정결과 C30:G20 샘플이 10.12 W/mK으로 높은 열전도도 값을 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 탄소섬유보다 열전도도가 높은 graphite flake의 양이 많을 때보다 매트릭스와 필러의 조성비가 적절히 혼합되어 복합재 내에서 열적 네트워크형성 하는 것이 열전도성 복합재의 성능 향상에 영향을 미친다고 판단된다.

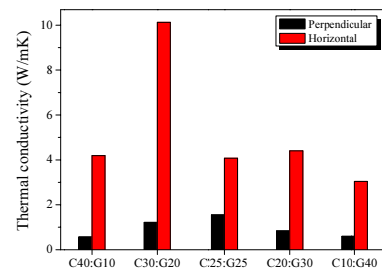


Fig. 2 Thermal conductivity of polymer composites with carbon filler contents

열전도성을 증가시킨 비율별 복합재의 충격강도를 알아보기 위해 Charpy 충격강도 시험을 진행하였다. Charpy pendulum impact tester는 CEAST® Resil Impactor, CEAST, USA 제품을 사용하였으며, ISO 167 에 의거하여 측정하였다.

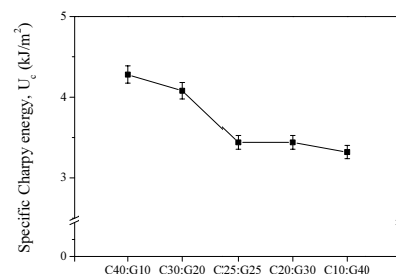


Fig. 3 Mechanical properties (Charpy pendulum impact test) of thermally conductive polymer composites with carbon filler contents.

열전도성 복합재료의 충격강도를 측정한 결과 C40G10 샘플이 가장 높은 충격강도 값을 나타냈으며, 이는 탄소섬유 비율의 영향으로 충격강도가 증가되었으며 탄소섬유의 비율이 감소할수록 매트릭스와 필러의 바인딩 효과가 감소하여 충격강도 값도 감소하는 것으로 판단되었다.

결론적으로 탄소섬유와 graphite flake로 강화된 열전도성 복합재료는 고분자기지 안에서 두 필러의 최적의 네트워크를 형성했을 때, 높은 열전도도 값과 기계적물성 값을 나타냄을 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

- (1) L.C. Sim, S.R. Ramanan, H. Ismail, K.N. Seetharamu, and T.J. Goh, 2005, Thermal characterization of Al₂O₃ and ZnO reinforced silicone rubber as thermal pads for heat dissipation purposes, Thermochim. Acta, 430, 155~165.
- (2) T. Oya, T. Nomura, M. Tsubota, N. Okinaka, and T. Akiyama, 2013, Thermal Conductivity Enhancement of Erythritol as PCM by Using Graphite and Nickel Particles, Appl. Therm. Eng., 61, 825~828.

미분쇄 탄소섬유/카본블랙/천연고무 복합재료의 물리화학적 특성 연구

서민강*, 송범근, 강신재, 안계혁

Studies on Physicochemical Properties of Milled Carbon Fibers/Carbon Blacks/Natural Rubber Composites

M. K. Seo*, B. K. Song, S. J. Kang, K. H. An

한국탄소융합기술원

Key Words : Natural rubber, Carbon blacks, Milled carbon fibers, Mechanical properties, Thermal properties, Compounds

1. 서 론

일반적으로 카본블랙과 미분쇄 탄소섬유를 고무의 강화제로 첨가하였을 때 인장강도와 탄성률이 강화된다고 보고되는데, 탄소섬유 형태의 강화제는 중형비가 크기 때문에 고무의 탄성력 향상에 효과가 있으며, 이러한 연구 결과를 바탕으로 고탄성의 탄소섬유를 고무에 첨가한다면 탄소섬유를 이용하여 탄성률이 향상된 탁구라켓용 고무 개발이 기대된다.

따라서 본 연구에서는 미분쇄 탄소섬유/카본블랙/천연고무 복합재료를 미분쇄 탄소섬유의 함량을 달리하여 제조하였으며, 인장강도, 100%, 300% 모듈러스, 인열강도, 쇼아경도를 통해 기계적 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험

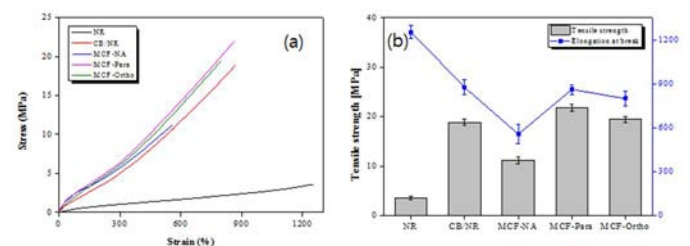
본 연구에 사용된 고무는 천연고무 (SVR10, Hoangdung, Co. of Vietnam)를 매트릭스로 사용하였고 강화제로는 160 μm 미분쇄 탄소섬유 (CF-LSMLD 160, Apply Carbon SA Co. of French)와 카본블랙 (N330, OCI Co. of Korea)을 사용하였다. 미분쇄 탄소섬유/카본블랙/천연고무 복합재료는 40 phr 카본블랙과 0~17 phr 미분쇄 탄소섬유를 첨가하여 제작하였으며, 각 샘플에 대한 배합조건은 Table 1과 같이 하였다. 미분쇄 탄소섬유/카본블랙/천연고무 복합재료의 인장특성은 ASTM D 412 방법에 따라 실시하였으며 고무용 시편절단기를 이용하여 아령형 시편을 제작하였고 만능시험기 (universal testing machine, LR5K, Lloyd, England)를 사용하여 크로스헤드 속도 500 mm/min에서 수행하였다. 인장특성 실험 후 미분쇄 섬유의 배향성을 측정하기 위해 파단면을 전계방출주사전자현미경(FE-SEM, field emission scanning electron microscopy, S-4800, Hitachi, Japan)을 사용하였다.

Table 1. Formulas of materials (phr-parts per hundred part of NR)

	Loading [phr]				
	NR	CB/NR	MCF-NA	MCF-Para	MCF-Ortho
Natural rubber	100	100	100	100	100
Carbon black	0	40	40	40	40
Milled carbon fiber	0	0	6	6	6
Sulfur	2	2	2	2	2
Zinc oxide	5	5	5	5	5
Stearic acid	2	2	2	2	2
CBS	3	3	3	3	3
Process oil	5	5	5	5	5

3. 실험 결과 및 고찰

Figs. 1과 2에 인장-응력 그래프와 인장강도 및 신장률을 나타내었다. 실험 결과, 미분쇄 탄소섬유가 수직으로 정렬된 복합재료 (MCF-Para)의 인장강도가 22 MPa로 가장 높게 측정되었으며, 미분쇄 탄소섬유가 수평으로 정렬된 복합재료 (MCF-Ortho)의 인장강도는 20 MPa로 미분쇄 탄소섬유를 수직으로 정렬하였을 때 보다 감소하였다. 또한, 미분쇄 탄소섬유의 정렬방향을 제어하지 않은 복합재료 (MCF-NA)의 인장강도가 11 MPa로 천연고무에 비해 증가되었지만 천연고무 (NR)과 카본블랙/천연고무 복합재료 (CB/NR)에 비해 크게 감소되었다.

**Fig. 1 Stress-strain curves (a) and tensile strength and elongation at break (b) of the compounds with aligning directions of milled carbon fibers.**

참 고 문 헌

- (1) Park, S. J., Seo, M. K., Park, M. L., Kim, H. Y., 2015, 1st ed., 31-202, Carbon Materials, Myoungmoon, Seoul, Korea.
- (2) Park, S. J., Cho, K. S., Zaborski, M., Slusarski, L., Filler-Elastomer Interactions. 10. Ozone Treatment on Interfacial Adhesion of Carbon Blacks/NBR Compounds, Elastomer, 38, 139-146.
- (3) Park, S. J., Seo, M. K., 2015, Carbon Fibers: Chap. 6 Manufacture of Carbon Fiber Composites, Springer Netherlands.

전면가공 Al 휠 산화피막용 나노탄소 코팅 용액 개발

이상원^{1*}, 김민수^{1,2}, 박현기³, 김원석¹, 박규순¹, 강신재¹

Properties of anti corrosion nanocarbon coating solution for Al wheel

S. W. Lee*, M. S. Kim, H. K. Park, W. S. Kim, K. S. Park, S. J. Kang

한국탄소융합기술원¹, 전주대학교², 동강홀딩스³

Key Words : Anti corrosion, Nano carbon solution, Graphene Oxide

1. 서론

자동차 디자인변경에 맞춰 안전성을 중요시하는 Wheel 또한 디자인이 변화하고 있다. 최근 사용되고 있는 전면가공 Wheel의 경우 휠에 칼라도장 후 디자인 전면을 가공하여 알루미늄 고유 색상을 드러내는 공법을 사용하고 있다. 뿐만 아니라 내식성 개선을 위해 아크릴 계열의 분체 클리어 도장작업을 하지만 수평부와 수직부 모서리에 도장이 형성되지 않아 부식이 발생하는 문제점이 발생되었다.[1] 본 논문에서는 박막의 산화 방지를 하기 위해 나노 탄소 물질을 사용한 산화방지용 코팅액을 개발하고 특성을 평가하고자 한다.

2. 나노탄소 분산 및 코팅 후 특성 확인

본 산화피막용 나노탄소소재는 Al과 접착성도 중요하지만 산소의 침투를 막을 수 있는 결정성이 좋은 나노탄소 구조체를 형성하는게 중요하다. 결정성이 좋은 Graphite를 가지고 샘플을 $\text{NaClO}_3(17\text{g}) + \text{Fuming Acid}(500\text{g})$ 을 혼합하여 Graphite 층간사이의 공간을 만들며, Na 분자들을 투입 시켜 주었다. 이후 고주파 열처리 장비를 통하여 150°C , 3min 처리를 진행해 주면 Na 분자들이 진동을 하여 Graphite 층간 사이를 밀어주게 되어 Fig. 1과 같은 박막의 Graphite Oxide가 형성 되었다. 또한 Graphite의 결정성을 확인해 본결과 D/G ratio 1.12로 결정성이 높은 것으로 확인이 되었음. 이는 현재 상용화되어지고 있는 소재를 이용하는 방법으로 단가적 계산시 가장 낮은 부분을 고려하여 진행하였다. 이렇게 제조된 Graphite Oxide를 수계 혹은 유기계 용매에 분산하고 분산된 용액을 Al Wheel에 코팅하여 CASS 내식성, 부착성, 내염수분무성 테스트를 실시하였다.

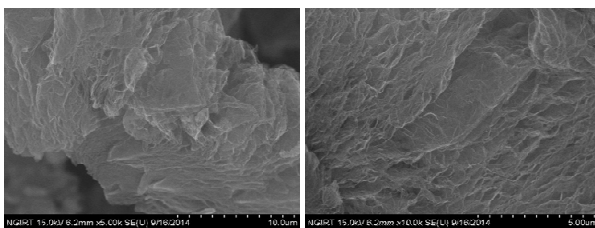


Fig. 1 SEM image of exfoliated graphene oxide (GO)

3. 실험 결과 및 고찰

Graphite의 결정성을 확인해 본 결과 D/G ratio 1.12로 결정성이 높은 것으로 확인이 되었음. 이는 현재 상용화되어지고 있는 소재를 이용하는 방법으로 단가적 계산시 가장 낮은 부분을 고려하여 진행하였다. 이렇게 제조된 Graphite Oxide를 수계 혹은 유기계 용매에 분산하고 분산된 용액을 Al Wheel에 코팅하여 CASS 내식성, 부착성, 내염수분무성 테스트를 실시하였다.

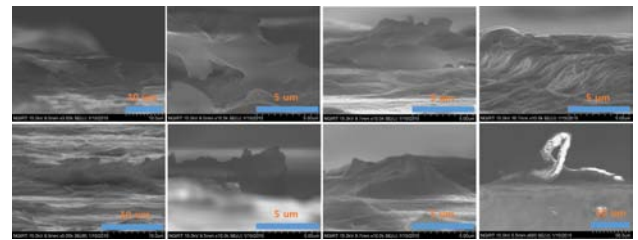


Fig. 2 Deposition of GO on Al block surface

Flake Graphite oxide를 Al 표면에 균일하게 도포해주기위해서 최대의 GO함량을 구현하였다. 또한 공정에서의 GO Spray도포에서 사용되어질 수 있는 시간이 5분으로 한정되어 있기 때문에 5분안에 100°C 조건에서 건조를 수행할 수 있는 MEK용제를 선택하였다. Fig 4는 다양한 용매에 분산된 GO 용액을 나타내고 있다.[2]

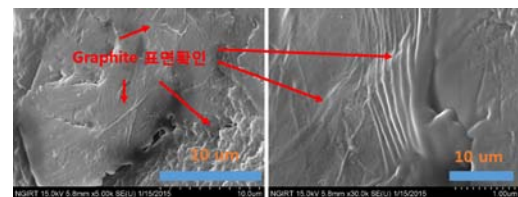


Fig. 3 Surface image of GO on Al block

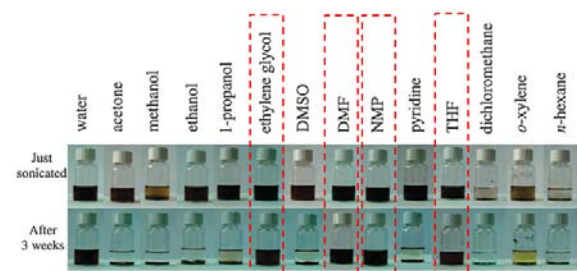


Fig. 4 Graphene oxide dispersion in various solvents

참고 문헌

- (1) Chen, S., et al., 2011, *Oxidation Resistance of Graphene Coated Cu and Cu/Ni Alloy*, ACS Nano 5(2). 1321~1327.
- (2) Paredes JI et al, 2008, *Graphene Oxide Dispersion in Organic Solvents*, Langmuir, 24(19), 10560~10564.

볼스크류, LM가이드를 사용한 2축 스테이지의 유연체 기반 모델링 기법

김병섭*, 단시트롱

Flexible multi-body modeling and simulation of a two-axis stage with ball-screw drives and LM guides

B. S. Kim*, D. S. Truong

한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key Words : Ball screw, LM guide, Flexible multi-body dynamics

1. 서론

유연체 기반 다물체 동역학 해석에 사용될 수 있는 볼스크류와 리니어 모션 가이드를 사용하는 이송시스템의 모델링 기법을 소개한다. 스테이지의 유연 모델 부품은 ANSYS를 이용하여 구현하였고 유연 부품 사이에서 동역학적 관계 기술이 필요한 LM가이드와 볼스크류는 ADAMS에서 결합부 강성을 사용자 함수로 처리하여 전체 해석모델을 구축하였다. 주파수 영역에서의 응답선도 (FRF, Frequency Response Function)와 운동 시뮬레이션을 통하여 구축된 유연체 기반의 모델의 유용성을 소개한다.

2. 유연체 기반 스테이지 모델 및 해석

유연 다물체 해석용 2축 스테이지는 $1,055 \times 725 \times 190 \text{ mm}^3$ 크기로 Fig. 1과 같은 구성을 갖고 있다. 일반적으로 기계요소로 널리 사용되고 있는 볼스크류와 LM가이드로 구성된 스테이지이며 유연체 부품 모델링은 고정부인 베이스를 제외하고 X축 스테이지, Y축 이송용 볼스크류, Y축 스테이지를 대상으로 하였다. ANSYS 환경에서 볼스크류와 LM가이드는 BEAM188요소와 각각 원형, 사각 단면으로 모델링하였고 나머지 부분은 SOLID185요소를 사용하였다. 각각의 유연 모델 부품들은 ADAMS 환경에서 읽을 수 있도록 모드해석 정보를 가지고 있는 MNF(Modal Neutral File) 파일 형식으로 생성하였다.

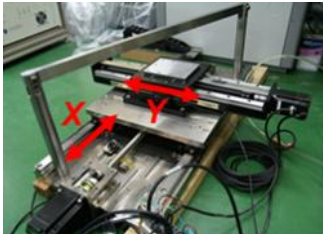


Fig. 1. A 2-axis XY stage used for flexible multi-body dynamic analysis

유연체로 모델링된 Y축 구동용 볼스크류는 ADAMS 내장함수가 아니라 사용자 C언어로 프로그래밍하여 동적인 결합 특성을 기술하였다. 볼스크류의 동특성을 나타내는 6자유도 강성 행렬을 구한 후, 볼스크류 절점들에 작용하는 힘은 너트와의 결합부에서 스크류의 절점들에 갑작스런 힘에 의해 특정 모드가 가진되지 않도록 포물선 형태의 하중 분포로 모델링하였다.

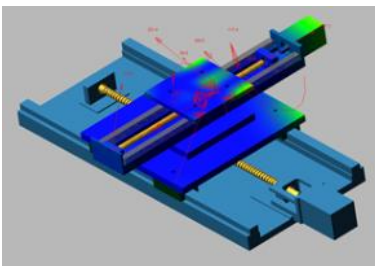


Fig. 2. Flexible Multi-body modeling of a 2-axis XY stage with ball screws and LM guides

3. 시뮬레이션 결과

이송체의 위치에 따른 볼스크류의 동특성을 FRF로 나타내었다. FRF의 입력은 볼스크류의 회전토크이고 출력은 이송 테이블의 변위이다. 볼스크류의 직경은 35 mm, 길이는 1,500 mm, 이송 테이블의 무게는 500 kg로 가정하였으며, Fig. 3의 위에 그림은 테이블이 토크가 가해지는 볼스크류의 선단에서 100 mm 떨어진 위치에 있을 때이고 아래 그림은 1,500 mm 끝단에 있을 때이다. 유연체 기반 모델은 볼스크류의 비틀림이 나타나는 주파수가 테이블의 위치에 따라 변하면서 100 Hz 이상에서 동특성이 달라짐을 보여준다.

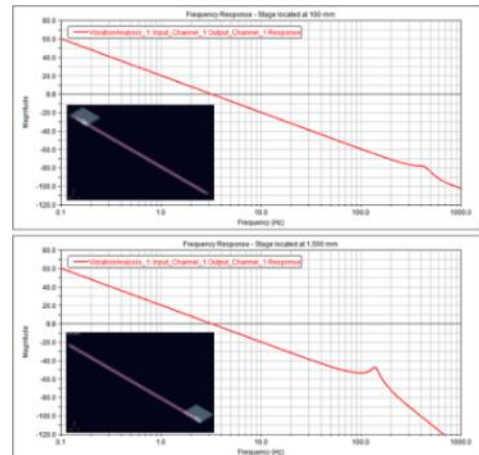


Fig. 3. Comparison of FRFs of ball-screw dynamics

Y축 볼스크류가 0.2초 동안 2회전하여 테이블을 10mm 이송하면서 반대 방향으로 테이블을 100N의 힘으로 당길 때의 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 유연체로 구현된 Y축 볼스크류의 중심좌표는 너트의 힘작용 위치가 바뀌면서 늘어나는 스크류의 길이가 달라져 중심좌표가 약 $0.5 \mu\text{m}$ 변화하였으며 테이블의 무게중심 변위는 베어링과 테이블의 기울어짐으로 인하여 -1.4 mm 이송 미달이 발생하였다.

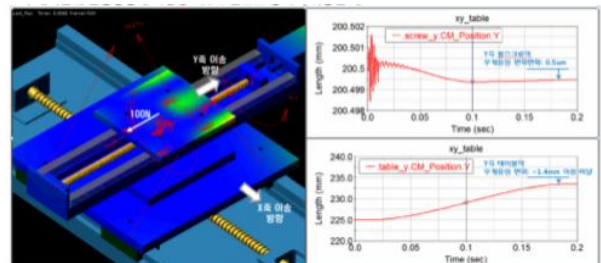


Fig. 4. Simulation result: stage motion with a dragging force

참고문헌

- (1) ANSYS Mechanical APDL Theory Reference, Release 15.0, ANSYS Inc., 2013
- (2) ADAMS/FLEX ADM710 Course Notes, MSC.Software Corp. 2009.

해석적 실험계획법을 이용한 터닝센터 주축 설계에 관한 연구

김두리*, 이강재, 이효진

A study on the design of turning center spindles using analytic design of experiment

D. R. KIM*, K. J. Lee, H. J. Lee

두산인프라코어 공작기계BG

Key Words : Spindle, Machine tools, Lathe, Design of experiment

1. 서 론

일반적인 NC 선반 주축은 소재와 함께 회전하고, 절삭력이 매우 크기 때문에 베어링이 많은 하중을 받는다. 이러한 가공 특성으로 인하여, 베어링과 주축의 강성 및 수명 등이 매우 중요하다. 본 논문에서는 해석적 실험계획법을 적용하여, 주축 설계 변수의 민감도를 분석하고, 주요 성능지표를 선정하였다. 또한, 그 결과를 바탕으로 당사 주축의 개선 설계 안을 제시하였다.

2. 민감도 분석

본 연구에서는 베어링 조합과 구동방식이 다른 3가지 종류의 주축을 대상으로 선정하고, Table 1에 나타내었다.

Table 1 Configuration of spindles

	1 st bearing	2 nd bearing	3 rd bearing	구동방법
A type	단열 롤러베어링	2 열 슬리스트 각접촉 볼베어링	복열 롤러베어링	Belt type
B type	복열 롤러베어링	2 열 슬리스트 각접촉 볼베어링	단열 롤러베어링	Direct type
C type	3 열 각접촉 볼베어링	복열 롤러베어링		Belt type

같은 범주 내에서 인자의 민감도를 비교하기 위하여 인자는 구조 변경 변수와 조립 공차로 나누어 선정하고, 외란은 조립 공차와 가공 조건으로 나누어 선정하였으며, Table 2에 나타내었다. 구조 변경 변수와 조립공차의 인자 개수에 따라, 3³ 또는 3⁴ L9 다구치 실험계획법을 수행하였다.

Table 2 Factors and Noises

	Factors	Noises
실험계획법 1	구조 변경 변수	조립 공차
실험계획법 2	구조 변경 변수	가공 조건
실험계획법 3	조립 공차	가공 조건

민감도 분석을 통하여 인자에 민감하고 주축 성능에 중요한 지표를 도출하고, 그와 인자의 관계성을 Table 3에 일부만 나타내었다. +는 성능과 강건성에 긍정적, -는 부정적을 나타낸다.

Table 3 Results of sensitivity study

	수명	반경방향 변위	베어링 최대면압	고유 진동수
샤프트 내경 증가	+	--	+	-
샤프트 전방 길이	-	--		-
샤프트 중간 길이	+	--		
샤프트 후방 길이	-	-		
1 st 베어링 휨새 감소	++	-	++	-
2 nd 베어링 휨새 감소	++	-	++	-
3 rd 베어링 휨새 감소	++	-		

3. 개선 설계 안 도출 및 고찰

민감도 분석을 한 B타입 주축을 대상으로 Table 3을 따라 개선한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 척 반경방향 변위가 7% 감소하고, 스피들 수명과 베어링 수명은 200 % 이상 증가하는 설계 안을 도출하였다.

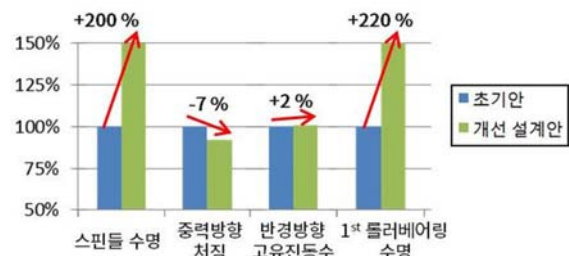


Fig. 1 Results of the improved design

본 연구를 통하여, 설계 인자가 여러 성능 지표에 끼치는 영향성을 파악하고 주축 설계에 참고할 수 있는 결과를 제시하였다.

참 고 문 헌

- (1) Taguchi, G, Jugulum, R, Taguchi, S., 2004, Computer-based Robust Engineering, Asq Press.
- (2) Lee, K. J., Gil, B. S., Yeo, J. M., Lee, M. H., 2015, Robust optimization of high-torque spindle based on analytic DFSS methodology, KSMTE, 28.

머시닝센터용 채터 저감 시스템 개발

이세원*, 김승우, 조재익, 김동현, 이강재

Development of chatter avoidance system for machining center

Sewon Lee*, Suengwoo Kim, Jaek Cho, Donghyun Kim, Kangjae Lee

두산 인프라코어

Key Words : Chatter, stability lobe, self-excited vibration

1. 서 론

절삭 공정 중 발생하는 채터는 비와 공구의 수명, 가공 품질에 악영향을 주는 요인 중 하나이다. 특히 공구에서 발생하는 자력 진동(self-excited vibration)에 의한 공구 채터는 위와 같은 영향뿐만 아니라 고주파의 소음을 동반하여 작업자의 업무 환경을 저하시킨다. 본 연구에서는 머시닝센터에서 가공 중 공구 채터를 자동으로 감지하여 주축 회전수 변경을 통해 채터를 회피하고 진동을 저감시키는 채터 저감 시스템을 개발하였다.

2. 채터 안정 선도를 통한 채터 회피

본 시스템은 채터 회피를 위해 채터 안정 선도(chatter stability lobe)를 이용하였다.⁽¹⁾ 채터 안정 선도는 장비와 공구의 고유 주파수와 절삭 계수를 측정하여 도출할 수 있고, 이를 통해 Fig. 1과 같이 가공 깊이와 주축 회전수에 따른 채터 발생 여부를 나타낼 수 있다.

Fig. 1을 통해 알 수 있듯이 채터가 발생하는 경우, 축 방향 가공 깊이 혹은 주축 회전 수를 조정함으로써 채터를 회피할 수 있다. 이 중 축 방향 가공 깊이는 형상 인자로서 가공 경로와 연관이 있다. 가공 경로는 가공 중에 자동으로 변경하기 어렵기 때문에, 본 시스템에서는 그림과 같이 주축 회전수 변경을 통해 채터를 회피하였다.⁽²⁾

3. 시스템 구성

본 시스템은 Fig. 2와 같이 가속도 센서와 진단 보드로 구성되어 머시닝센터와 연결된다. 진단 보드는 채터 검출 및 회피 조건 연산을 위한 정보로서 가속도 센서로부터 진동 신호, 장비의 PLC로부터 현재 적용된 주축 회전수, CNC로부터 사용자 설정값을 전달받는다.



Fig. 1 Simplified stability lobe



Fig. 2 System configuration of chatter avoidance system

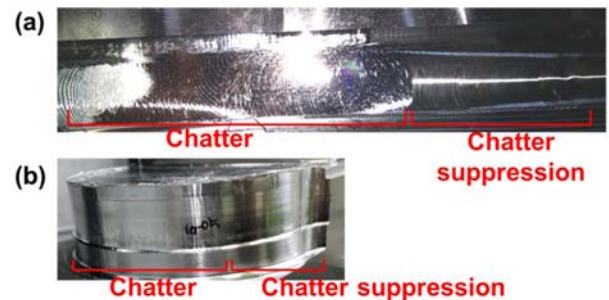


Fig. 3 Chatter avoidance examples: (a) SM45C, face-mill, linear tool path, (b) SM45C, solid end-mill, arc tool path

진단 보드는 전달받은 신호들을 바탕으로 FFT 연산 및 채터 검출, 회피 알고리즘을 수행하여, 채터 발생 여부, 채터 주파수, 채터의 크기, 회피를 위한 주축 회전수를 얻게 된다. 이 때, 채터를 판정하기 위한 threshold값은 공정이나 사용자에게 따라 판정 기준이 상이할 수 있기 때문에, 사용자가 선택할 수 있는 기능을 구현하였다.

4. 결과 및 고찰

본 연구를 통해 개발한 시스템을 적용하여, 채터를 자동으로 회피하는 결과를 볼 수 있었다. Fig. 3 (a)와 같이 페이스밀을 이용한 상면 가공에서 채터 회피를 통해 가공면의 채터 마크가 사라진 것을 확인할 수 있다. 또한 Fig. 3 (b)에서는 솔리드 엔드밀을 이용한 측면 가공에서 채터로 인하여 표면 품질이 낮은 가공이 최적 주축 회전수의 자동 적용을 통해 표면 품질이 향상되는 것을 나타내었다.

예시로 표시한 경우 외에도 공구 길이, 반경, 종류, 룽 홀더의 적용, 소재 변경 (금형강, 알루미늄), 절삭유 유무와 같은 가공 환경을 적용하여 시스템 강건성을 확보하였다.

본 연구에서는 머시닝센터에서 공구 불안정성에 기인하는 채터를 감지하여 회피하는 시스템을 개발하였다. 이를 통하여 별다른 사전 지식 없이 채터를 회피할 수 있으며, 가공 품질을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- (1) Y. Altıntaş, E. Budak., 1995, Analytical Prediction of Stability Lobes in Milling, CIRP Annals - Manufacturing Technology, volume 44, issue 1, 357~362.
- (2) H. J. Shin, Y. T. Hyun, S. W. Kim, S. H. Lee, D. H. Kim, K. J. Lee, J. I. Cho, K.H. Hong, 2013, A Study on the Chatter Detection in Milling Process, KSPE 2013 Autumn Conference, 10, 405~406.

전자기 하이드로포밍 시스템 개발

심지연¹, 박동환², 강봉용^{1*}

Development of electro-hydraulic forming system

J. Y. Shim, D. H. Park B. Y. Kang*

한국생산기술연구원 전북지역본부 탄소경량소재응용그룹¹, (주)엘메이트²

Key Words : Electro-hydraulic forming, Chamber, Forming system

1. 서론

신제품을 개발 시 과거에는 엔지니어링 관점에서 설계를 한 후 이에 적합한 디자인을 결정하였으나 최근 소비자의 제품 선택 기준이 기술 중심에서 인간중심으로 변화함에 따라, 제품의 디자인이 중요시되고 있다. 따라서 경량소재의 고품질 sharp edge 성형 기술 개발이 요구되고 있다. 본 논문에서는 전자기 하이드로포밍(Electrohydraulic Forming) 공정을 이용한 경량소재 sharp edge 성형을 위한 전자기 하이드로포밍 시스템을 개발하고자 한다.

2. 전자기 하이드로포밍 시스템 개발

전자기 하이드로포밍 기술은 콘텐서에서 수십kJ의 전기에너지를 충전 후, 챔버 내 전극에 수십 us 이내에 방전하였을 때 챔버 내에서 발생하는 전자기 충격파와 함께 버블 펄스에 의하여 성형재가 금형에 고속 충돌하며 성형이 이루어지는 성형 기술이다. 성형속도는 500m/s 이상의 고속 성형 기술로서, 성형재에 고속의 액압이 작용하였을 때, 소재의 성형성이 개선되며 정밀한 성형부 확보가 가능한 기술이다.

전자기 하이드로포밍 시스템은 프레스, 고압챔버, 전극, 금형으로 구성되며, 고압챔버는 충격파와 버블펄스에 의해 성형이 이루어지는 주요 구성부로서 Fig. 1과 같이 구성된다.

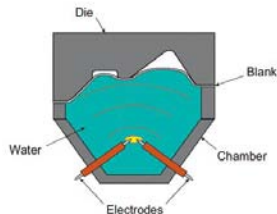


Fig. 1. Electro-hydraulic forming chamber

고압챔버는 설계 기준에 근거하여 가장 가혹한 조건에서 설계되었으며, 사용압력인 10kJ의 전기에너지 충·방전시 챔버 내 발생 액압인 300Mpa를 고려하여 설계하였다. 고압챔버는 탄소강을 이용하였으며, 부식여유를 고려하여 35mm의 두께로 제작하였다. 챔버 내, 전극은 고 전기에너지가 방전되는 구성부로서, 전기전도도 및 충격과 발생시 발생하는 전극의 마모를 고려하여야 한다. 이를 위하여 Table 1과 같이 동, 베릴륨 동, 알루미늄을 이용하여 예비시험을 수행하였으며, 전기전도도 및 강도를 고려하여 베릴륨 동을 선정하였다.

Table 1. Mechanical and electrical properties for electrodes

Material	Hardness (Vickers)	Electrical Resistivity (ohm-m)	Permeability (μ)
Al 6061	75	4.32e-8	1
Cu1220	50	1.70e-8	1
Becul 7000	90	2.94e-8	1

금형은 성형 깊이 측정을 위하여 Fig. 2와 같이 cone형상의 금형을 설계하였다.

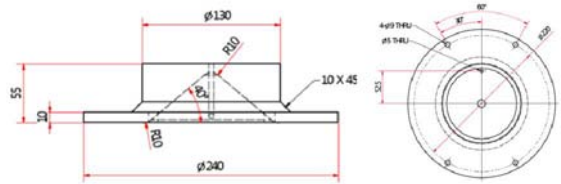


Fig. 2. Electro-hydraulic forming conical die

3. 실험

제작된 고압챔버, 전극 및 금형을 프레스에 설치하여 전자기 하이드로포밍 실험을 실시하였다. 성형재는 0.5mm두께의 A5052-H32를 사용하였으며 Fig. 3과 같이 고압챔버 상부에 성형재를 위치시키고, 금형을 성형재 상부로 이동시킨 후, 고 전기에너지를 충전하여 전극에 방전하여 실험을 수행하였다. 충전에너지는 1kV, 2kV, 3kV로 변화시켰으며, 성형 후, 성형높이를 측정하였다.

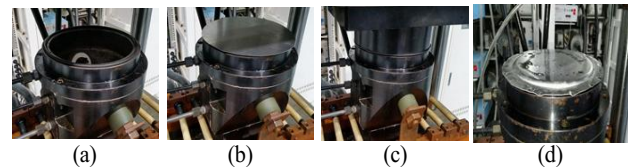


Fig. 3. Electro-hydraulic forming process

4 실험 결과 및 고찰

개발된 전자기 하이드로포밍 시스템을 이용한 전자기 하이드로포밍 성형결과 Fig. 4와 같이 충전에너지가 증가함에 따라 성형높이는 증가하였으며, 개발된 시스템은 경량소재의 고속성형에 적용 가능 할 것으로 생각된다.

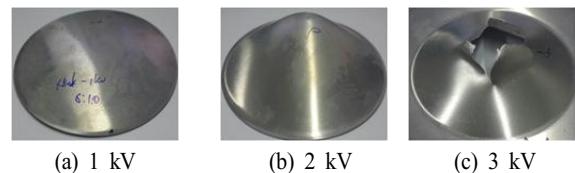


Fig. 4. Electro-hydraulic formed specimens

후 기

본 연구는 중소기업청이 지원하는 중소기업 산학연협력사업으로 수행된 연구결과입니다. (C0296402)

참 고 문 헌

- (1) Aashish Rohatgi, Elizabeth V. Stephens, Ayoub Soulami, Richard W. Davies, Mark T. Smith, 2011, *Experimental characterization of sheet metal deformation during electro-hydraulic forming*, JMPT, 1824~1833

절대위치 검출을 위한 마그네틱-옵티컬 엔코더 개발

김형준¹, 이석¹, 이경창^{2*}

Development of Magneto-Optical Encoder for Detecting Absolute Position

H. J. Kim, S. Lee, G. C. Lee*

부산대학교 기계공학부¹, 부경대학교 제어계측공학과²

Key Words : Magneto-Optical encoder, Magnetic encoder, Optical encoder, Hall sensor, Absolute position

1. 서론

대부분 자동화 산업기기 및 로봇기에서 구동부의 정밀한 위치 측정은 기기의 성능과 관련된 중요한 요소이다. 이러한 구동부의 위치를 측정하기 위해 시스템의 특성에 따라 광학식 엔코더(optical encoder)와 자기식 엔코더(magnetic encoder)를 주로 사용하고 있으며 각 엔코더의 정밀도를 향상시키고 절대위치를 검출 및 소형화를 위한 연구가 진행되고 있다. 광학식 엔코더의 경우 고속 회전 시 위치 검출이 가능하며 높은 분해능을 가지고 있으나, 진동, 충격과 같은 외부 환경에 영향을 많이 받고 광학렌즈 및 슬리트와 같은 구조물로 인해 소형화가 어렵다는 단점이 존재한다. 이와 반대로 자기식 엔코더의 경우 충격, 습도, 먼지와 같은 외부 요인에 강인하고 소형화가 가능하다는 장점이 있으나, 광학식에 비해 분해능이 낮고 고속 회전에 적합하지 않다는 단점이 있다.

본 논문에서는 광학식 엔코더와 자기식 엔코더의 장점을 융합하여 절대 위치 측정이 가능한 마그네틱-옵티컬 엡솔루트 엔코더를 설계하였다.

2. 마그네틱-옵티컬 엔코더의 구조

본 논문에서 설계한 마그네틱-옵티컬 엔코더는 초기 절대위치를 측정하는 마그네틱 부와 그 후 고속회전 시 위치를 측정하는 옵티컬 부로 나뉜다. 마그네틱 부는 회전축과 네오뎴 자석을 조립하여 구성되며, 두 개의 베어링과 결합되어 있는 회전축을 몸체에 고정된 후 회전축 중심에 네오뎴 자석을 장착하였다. 이때 홀센서와 네오뎴 자석이 일직선상에 위치해야만 엔코더의 정도오차를 방지할 수 있다. 절대 위치 측정 후 광학식에 추가한 회전 슬리트를 통하여 고속 회전 시 측정이 가능하고 고분해능의 회전각을 측정할 수 있도록 설계하였다.

마그네틱-옵티컬 엔코더의 동작 순서는 Fig. 1과 같다. 최초 전원 공급 후 2극 네오뎴 자석이 회전하면 4개의 마그네틱 홀 센서가 자기장의 방향에 따라 $\sin\theta$, $\cos\theta$ 두 신호를 만들어 낸다. 이 두 신호를 삼각함수법과 선형 테이블 보상법을 적용하여 절대위치를 계산 할 수 있다. 이렇게 계산된 절대위치는 초기값으로 사용되며 인크리멘탈 슬리트 카운트 값을 이용하여 고속, 고분해능의 엡솔루트 데이터를 출력한다. 하지만 설계된 마그네틱-옵티컬 엔코더는 네오뎴 자석과 홀센서의 특성에 따라 정도 오차가 발생한다. 이러한 정도오차를 보상하기 위해 마그네틱-옵티컬 엔코더의 홀 센서 출력 신호를 최적화하고 엔코더 출력의 신호처리가 필요하다.

3. 마그네틱 엔코더의 신호처리

마그네틱-옵티컬 엔코더의 절대위치는 마그네틱과 홀 센서의 간격에 따라 자기장의 크기에 영향을 받는다. 또한, 자기장은 자석의 두께(T)와 크기(R)에 영향을 받으므로 홀 센서의 특성에 맞도록 마그네틱을 선정해야 한다. 마그네틱 부에서는 지름 6mm, 두께 2.5mm의 자석을 이용하였고 자석과 홀센서의 간격은 3mm, 보자력(bHc) 11kGs 마



Fig. 1. Flow chart for magneto-optical encoder

그네틱을 이용하여 이상적인 초기 출력 신호를 획득하였다.

또한, 마그네틱 엔코더가 높은 정확도를 얻기 위해 선형 테이블 보상법을 통하여 정도 오차를 최소화하였다. 선형 테이블 보상법은 특정 메모리에서 미리 저장해놓은 기준 엔코더 값을 이용하여 오차를 보상하는 방법으로 엔코더의 10,000 펄스, 5,000rpm까지 정확한 위치정보를 구할 수 있다. 본 논문에서는 캐논사에서 제작한 기준 엔코더를 통해 테이블 보상법을 만들었으며, 이를 이용하여 마그네틱-옵티컬 엔코더의 누적오차를 보상하여 정확한 위치 데이터를 획득 할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 마그네틱-옵티컬 엔코더를 설계하였으며 마그네틱 부의 절대위치 오차에 큰 영향을 미치는 홀 센서의 위상오차와 오프셋 오차를 선형 데이터 테이블 보상법을 통해 보상하였다. 이를 통해 절대위치 측정과 소형화가 가능하며 고속 회전에도 적용할 수 있음을 확인하였다. 향후 로봇 또는 소형 장치에 적용하여 성능을 검증하고 이를 응용한 제품에 대한 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국 기술진흥원의 지역주력산업 육성 사업으로 수행된 결과입니다.(과제번호 : R0003654)

참고문헌

- (1) Kim, H. J., Lee, S., Lee, K. C., 2015, Structural Design of Converged Absolute Encoder based on Magnetic Sensor, KSMTE 2015 Spring Conference, 32
- (2) Hwang, J. H., Chung, C. S., 2015, DSP Implementation of a Sinusoidal Encoder using linear Hall Sensor, KIEE, 61:2, 298-302

성능지표의 민감도를 반영한 이송계 제어시스템 자동튜닝

강정모¹, 송창규², 이찬홍², 지성철^{1*}

Auto-tuning of a feed drive control system based on the sensitivity of performance indices

J. M. Kang, C. K. Song, C. H. Lee, S. C. Jee*

단국대학교 기계공학과¹, 한국기계연구원 초정밀시스템연구실²

Key Words : Auto-tuning, Servo gains, Feed drive system, Performance indices, Weighting factors

1. 서론

공작기계 이송계 제어시스템의 서보 게인은 이송계의 특성에 무관하게 설정될 경우 공작기계의 성능저하를 야기할 수 있다. 일부 상용 CNC에서 서보 게인의 자동튜닝 기능이 제공되고 있으며, 기존의 연구에서 유전자 알고리즘 기반의 서보 게인 자동튜닝 방법⁽¹⁾과 다축 이송계의 모델에 대해 성능지표의 가중치 자율설정⁽²⁾에 의한 서보 게인 자동튜닝 방법⁽²⁾이 제시된 바 있다. 본 논문에서는 서보 게인 자동튜닝 시 성능지표에 대한 기존의 가중치 자율설정⁽²⁾에 성능지표의 민감도를 반영하여 효율성을 개선한 방법을 제시한다.

2. 성능지표의 민감도를 반영한 자동튜닝 방법

기존의 유전자 알고리즘을 이용한 서보 게인 자동튜닝은 식 (1)과 같은 형태의 목적함수를 구성하는 성능지표의 모든 가중치(w_1, w_2, w_3) 조합에 대해 자동튜닝을 통한 응답을 비교하여 가장 우수한 성능의 가중치 조합을 택하는 경험적인 방법⁽¹⁾이 수행되었으나, 이러한 방법은 제어기 또는 이송계 모델에 따라 가중치 조합을 재설정해야 하는 단점이 있다. 이 문제점을 해결하기 위해 성능지표의 가중치 자율설정 방법⁽²⁾이 제시된 바 있으나, 최적화가 진행되는 동안 도출되는 서보 게인과 그에 따른 성능지표 중에서 가장 낮은 성능을 나타내는 성능지표에 의해 최대의 목적함수 값을 갖는 가중치 조합을 결정하는 과정에서, 매번 모든 경우의 가중치 조합에 대한 목적함수를 계산하므로 경우의 수가 많아질수록 알고리즘의 효율성이 저하될 수 있다. 본 연구에서는 유전자 알고리즘 기반의 최적화 진행 시, 각 세대(Generation)별 최적의 서보 게인들에 대하여 목적함수 값을 가장 크게 증가시키는 성능지표의 가중치를 최대화시킴으로써 다음 세대의 서보 게인을 설정할 때 성능 저하에 주요 원인이 되는 성능지표를 계속적으로 개선하는 방향의 가중치 조합 자율설정 방법을 제시한다. 제시된 방법의 알고리즘을 Fig. 1에 도시하였다.

$$I = w_1 \int_0^t |e(t)| dt / ITAE_{\text{default}} + w_2 (\text{Vel. Overshoot}) / (\text{Vel. Overshoot})_{\text{default}} + w_3 \int_0^t u^2(t) dt / ISCO_{\text{default}} \quad (1)$$

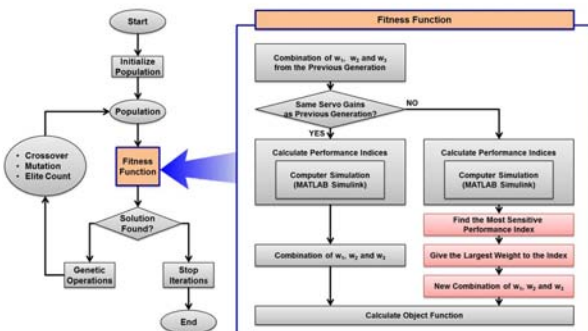
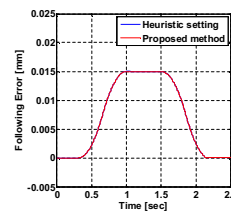


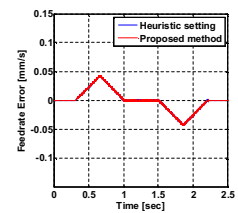
Fig. 1. Flowchart of the proposed algorithm

Table 1 Comparison of optimized servo gains

	Kp	Vp	Vi
Heuristic setting	9998	332	32766
Proposed method	9993	386	25676



(a) Following error



(b) Feedrate error

Fig. 2. Comparison of control performance

Table 2 Comparison of performance indices

	ITAE	Maximum following error (μm)	Velocity overshoot (μm/sec)
Heuristic setting	228.0	15.1	43.5
Proposed method	227.1	15.1	43.5

3. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

기존의 경험적 방법과 제시된 방법을 각각 단축 직선 이송에 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이송조건은 이송속도 0.1 m/min, 이송거리 2 mm로 설정하였으며, 사용된 목적함수는 식 (1)과 같이 응답시간과 추종오차 절대값의 곱의 적분(ITAE), 속도 오버슈트 및 제어기 출력 제곱의 적분(ISCO)의 조합으로 정의하였다. Fanuc 제어기 및 이송계 Simulink 모델을 이용하여 각 방법에 따른 위치 게인(Kp), 속도 비례 게인(Vp) 및 속도 적분 게인(Vi)의 자동튜닝 결과를 Table 1에 나타내었다. Fig. 2와 Table 2는 각 제어기 게인 설정에 대한 제어 성능을 보여주며, 이 결과는 제시된 방법이 각 성능지표에 대한 가중치 조합을 자율적으로 설정함과 동시에 최적의 서보 게인을 구할 수 있음을 입증해준다.

참고 문헌

- (1) Yang, Y.J, Jee, S.C, and Song, C.K, 2014, Servo Gain Auto-Tuning for Feed Drive Systems Based on Genetic Algorithm, Proceedings of KSPE 2014 Spring Conference, p. 1029.
- (2) Yang, Y.J, Song, C.K and Jee, S.C, 2014, Auto-Tuning of Servo Gains Using Autonomous Setting of Weighting Factors for Performance Indices, Proceedings of the KSMTE 2014 Autumn Conference, p. 82.

가변예압기구 채용 스�핀들 특성 분석을 위한 유압시스템 연동 시뮬레이션 접근방법

심종엽*, 황주호, 오정석

Simulation method for spindle characteristic with hydraulic variable preloading system

J. Y. Shim*, J. Hwang, J. S. Oh

한국기계연구원 첨단생산장비 연구본부

Key Words : Simulation method, Variable preload, Spindle characteristic, Hydraulic preload

1. 서론

머시닝센터 등 공작기계에 사용되는 스톱들은 많은 응용에서 각접 축 볼베어링이 장착되며 일반적으로 예압기구가 사용된다. 예압은 스톱들의 정/동강성의 증가 및 회전운동 정밀도 향상 등을 목적으로 하나 예압의 증가는 베어링볼과 베어링 레이스면의 마찰을 증가시켜 구동에 따른 열발생을 촉진하며 베어링 수명을 단축시키는 요인이 된다. 예압을 가하는 방법으로는 정위치예압 및 정압예압이 일반적으로 사용되며 정위치예압의 경우 동특성 및 신뢰도 측면에서 선호되나 스톱들 발열에 의한 축의 팽창 및 고속회전 시의 베어링 접촉점 변화로 인하여 예압 증가에 따른 문제가 발생하게 된다. 따라서, 고속회전 응용의 경우 일반적으로 정압예압 방식이 사용된다.

또한, 최근의 고품질 스톱들에 대해서는 중절삭 가공을 수행하는 낮은 회전수 영역과 상대적으로 경절삭 가공을 수행하는 높은 회전수 영역 모두를 만족 시키는 제품을 요구하고 있다. 정압예압 방식에서 회전수에 따라 예압량을 변화시키는 기구를 추가하여 이러한 요구에 대응하기도 하며 높은 수준 정밀도의 지그머시닝센터의 경우 유압을 사용한 가변예압기구를 채택하고 있으며 회전속도에 따라서 예압을 연속적으로 변화시키고 있다.

예압이 가해진 베어링을 채용한 스톱들의 경우 회전속도, 기대 수명 및 가공조건에 따라서 최적의 예압이 존재하게 된다. 설계단계에서 이러한 예압량을 고려한 스톱들 및 가변예압기구를 설계하기 위해서는 스톱들의 정/동특성을 예측할 수 있는 시뮬레이션 기법이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이러한 유압을 이용한 가변예압기구가 적용된 스톱들에 대하여 정/동특성을 시뮬레이션 할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 유압방식 가변예압기구 채용 스톱들 모델링

유압방식 가변예압기구의 경우 유압시스템을 사용하며 유압시스템은 일정 압력을 공급하는 유압회로를 구성하여 베어링 예압챔버에 압력을 가하게 된다. 일반적으로 정압예압 방식의 경우 물리적인 구성에 따라서 예압기구를 기계적인 스프링 요소로 모델링하여 전체 스톱들의 특성을 시뮬레이션 하게 된다. 유압방식 가압의 경우 이상적으로는 일정한 예압력을 전달한다고 생각할 수 있으나 실제적으로는 유압시스템이 동적 특성을 가짐으로써 이러한 이상적인 가정은 잘 못된 응답 예측을 야기할 수 있고 특히 높은 수준의 정밀도 및 안정성을 요구하는 지그머시닝센터 등 응용에서 설계단계에서 예측하지 못한 스톱들 특성을 보일 수 있다.

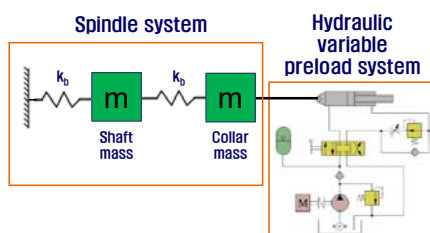


Fig. 1. Spindle system model with hydraulic variable preload system

유압방식 예압의 경우 유체 특성에 의하여 기계적 감쇠성능이 발생하여 스톱들의 예압 성능에 장점으로 작용할 것으로 직관적으로 예상 가능하나 실제 스톱들이 유압시스템과의 상호작용으로 인하여 발생할 응답특성에 대하여 모델링 및 시뮬레이션을 수행하여야 설계 단계에서 스톱들 구동 환경에 따른 최적의 예압량을 고려할 수 있을 것이다.

Fig. 1에서는 스톱들의 축, 베어링 및 예압챔버 질러 등을 기계적 요소로 단순화하고 유압시스템을 연동하여 모델링하는 개념도를 보이고 있다. 유압시스템의 각 구성요소들이 모델링의 대상이며 특히 압력제어밸브와 챔버/유압라인에서의 유체 특성이 중요한 파라미터가 될 것이다.

이러한 제안된 모델을 이용하여 절삭력에 의한 스톱들의 예압량 변화를 시뮬레이션한 1차 결과를 Fig. 2에 보이고 있다. Fig. 2(a)는 스톱들 후단 베어링의 예압량 변화이며 Fig 2(b)는 스톱들 전단 베어링의 경우이다. 축방향으로 약 300N의 부하가 가해지는 상황에서 가변예압기구가 직접적으로 연결된 후단 베어링의 경우 유압시스템의 영향으로 예압량의 변화가 상대적으로 적은 것은 알 수 있으나 본 1차 결과에서는 압력제어밸브의 동특성을 고려하지 않는 등 실제 시스템과 차이가 존재하여 추후 수행될 시뮬레이션에서 이러한 요소 특성들을 추가 고려하게 되면 다른 양상을 보일 것이라 판단되며 오히려 후단베어링의 예압량이 시스템 요소 설계 상태에 따라서 더 크게 변할 수도 있다고 판단된다.

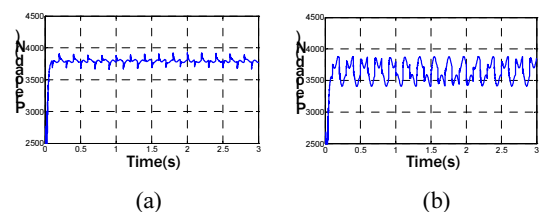


Fig. 2. Spindle preload variation due to the machining process: (a) rear bearing (b) front bearing

참고문헌

- (1) G. Hagi, 2003, Reliable high speed spindles by optimum bearings preload, International Journal of Applied Mechanics and Engineering, 8, 57-70.
- (2) Jiang, S. and Mao, H., 2010, Investigation of variable optimum preload for a machine tool spindle, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 50, 19-28.

유한요소해석을 이용한 표면처리용 초음파 장치 설계 및 제작

김현세*, 이양래, 임의수

Design and Fabrication of a Ultrasonic Device for Surface Treatment using Finite Element Methods

Hyunse Kim*, Yanglae Lee, Euisu Lim

한국기계연구원 극한기계연구본부

Key Words : Ultrasonic Device, Surface Treatment, Finite Element Methods

1. 서론

근래에 초음파를 이용한 금속 소재의 표면처리에 대한 연구가 이루어지고 있다 [1-2]. 초음파의 진동을 가해 주게 되면 금속표면의 경도를 높여주는 효과가 있으며, 또한 마찰계수의 감소 효과도 얻을 수 있다 [1]. 이러한 표면처리용 초음파 장치를 제작하기 위해서는 해석을 통한 최적 설계 과정이 필요하며, 본 연구팀에서 세정장치의 제작에 이용한 결과가 발표되었다 [3]. 그러나 아직 표면처리용 초음파 장치의 설계에 대한 연구는 미진한 상황이다.

본 논문에서는 20 kHz 급 표면처리용 초음파 장치를 설계하고 제작하는 과정을 설명하였다. 그리고 해석결과와 제작한 장치의 임피던스를 측정하여 비교 분석하였다. 마지막으로 마찰계수의 감소량을 측정하여 성능을 평가하였다.

2. 초음파 장치 설계 및 제작

제작한 표면처리용 초음파 장치가 Fig. 1에 나와 있다. 본 장치의 설계를 위해 유한요소해석 프로그램인 Ansys를 사용했으며, 해석 결과 임피던스가 최대일 때의 주파수는 19.8 kHz (Fig. 2)로 나와 실제 제작하여 측정한 결과인 20.4 kHz (Fig. 3)와 3%의 오차로 잘 일치함을 알 수 있었다.

성능평가를 위해 Chromium Molybdenum Steel (SCM) 435 시편으로 마찰계수의 감소량을 측정하였으며, 실험 결과 표면처리 전에는 0.14 였지만 처리 후 0.02가 되어 86%의 감소 효과가 있었다.

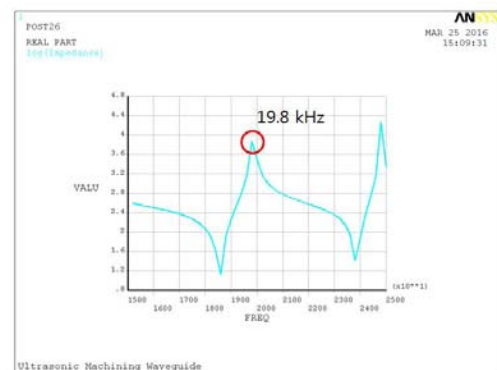


Fig. 2. Finite element analysis result

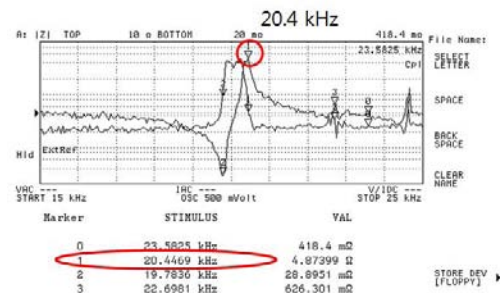


Fig. 3. Measured result

이러한 결과로 미루어 볼 때, 본 초음파 장치는 나노표면개질 효과가 있어서 마찰계수 감소에 효과적으로 보여 진다.

참고 문헌

- (1) Amanov, A. et al., 2014, *Effects of ultrasonic nanocrystalline surface modification on the tribological properties of AZ91D magnesium alloy*, Tribology International, 72, 187~197.
- (2) Amanov, A. et al., 2012, *Fretting wear and friction reduction of CP titanium and Ti-6Al-4V alloy by ultrasonic nanocrystalline surface modification*, Surface and Coatings Technology, 207, 135~142.
- (3) H. Kim et al., 2013, *Design and Fabrication of a Horn-Type Megasonic Waveguide for Nanoparticle Cleaning*, IEEE Trans. on Semicon. Manuf., 26, 221~225.



Fig. 1. Fabricated ultrasonic device

3. 결론

본 연구에서는 20 kHz 급 표면처리용 초음파 장치를 설계하고 제작하였다. 해석 결과 임피던스가 최대일 때의 주파수는 19.8 kHz로 측정값인 20.4 kHz와 3%의 오차로 잘 일치하였다. 마찰계수의 감소량을 측정하여 성능을 평가한 결과 SCM 435 시편의 마찰계수 감소량은 표면처리 전에는 0.14, 처리 후 0.02로 86%의 감소 효과가 있었다.

LM가이드 내부 전동체의 구름저항 해석 및 시험 검증

장동국¹, 김영흠¹, 권혁도², 이치범^{1*}

Rolling Resistance Analysis and Test Verification of Rolling Elements within LM Guide

D.K. Jang, Y.H. Kim, H.D. Gwon, C.B. Lee*

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과¹, (주)원에스티²

Key Words : LM Guide, Hertz Contact, Rolling Elements

1. 서론

공작기계, 반도체 장비, 로봇 등 기계장비에 널리 사용되는 LM 가이드는 높은 강성과 정밀도를 갖는 직선운동요소이다. 특히 LM 가이드 내부의 전동체는 LM 가이드를 제작 및 사용하는데 중요한 요소이다. 또한, LM 가이드의 소음, 진동과 내구성에 관련되어 있다. 본 논문은 Hertz 접촉 이론을 기반으로 LM 가이드를 모델링하여 실제 모델의 시험 결과와 비교하여 내부 전동체의 동역학적 거동을 확인한다.

2. LM 가이드 동역학 해석 모델

LM 가이드 동역학 해석 모델은 WonST 사의 H45R 제품을 기본으로 하였다. H45R 제품은 내부 전동체로 볼을 사용한다. 해석은 다물체 동역학 해석 프로그램인 MSC.Adams를 이용하였다. LM 가이드의 모델은 Fig. 1과 같다. LM 가이드는 하나의 볼에 볼과 볼, 블록, 레일, 리턴캡과 접촉하고 있다. 해석 모델링 시에 중요한 접촉 관계식은 Hertz 접촉 이론을 이용하여 도출하였다. 그 식은 다음과 같다.

$$P = \frac{2\rho_s E^*}{3} \left(\frac{2}{\rho_s \delta^*} \right)^{\frac{3}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$

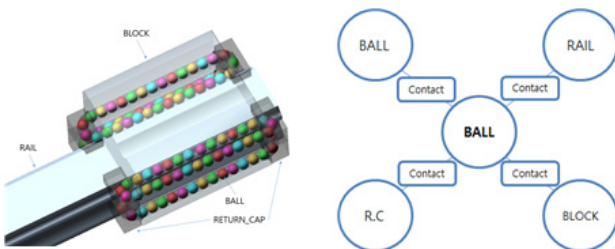


Fig. 1 LM Guide Model

3. Solver 선정

해석의 정확성과 속도를 고려하기 위해서 Solver 선정을 위한 테스트를 진행하였다. 테스트는 하나의 볼과 하나의 평면으로 Impact 접촉을 테스트하였다. 테스트 모델과 결과는 Fig. 2와 같다. 이를 통해서 정확성과 속도를 만족하는 Solver를 선정하였다.

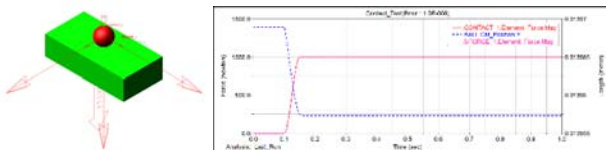


Fig. 2 Solver Test

4. LM 가이드 시험

LM 가이드 동역학 해석 모델의 해석이 타당한지를 확인하기 위해

로드셀을 이용한 시험을 하였다. Fig. 3의 장치를 이용하여 수직 하중을 해석 모델과 동일하게 30kN으로 하여 시험을 진행하였다.



Fig. 3 LM Guide Test Bench

5. 결과 비교 및 결론

LM 가이드 동역학 해석 모델에 대한 결과와 시험을 통한 결과는 Fig. 4와 같다.

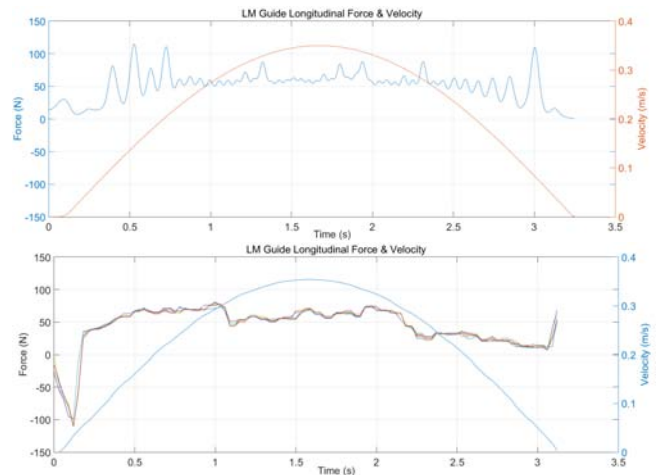


Fig. 4 Dynamic Analysis and Test Analysis

해석시 구동 마찰력은 62N, 시험시 구동 마찰력은 최대 65N으로 나타났다. 해석모델의 결과에서 피크값이 발생하는 이유는 강성의 이론적 값과 실제 값의 차이, 해석과정에서 발생하는 수치적인 오차로 인해 발생된다. 또한 시험모델의 결과도 볼과 블록, 레일의 형상 정밀도 오차와 가공표면의 조도와 그리스의 영향 등이 있다.

참고 문헌

- (1) Harris. T.A, Kotzalas. M.N, 2006, Rolling Bearing Analysis, CRC Press, London.
- (2) Johnson. K.L, 1985, Contact Mechanics, Cambridge University Press, London.
- (3) H.A. Lee, D.K. Jang, H.D. Gwon, C.B. Lee, 2015, A Study on Behavior of Ball inside LM Guide According to Diameter, KSMTE Annual Spring Conference, 81~81.

엘라스토머 사출성형품의 보압에 관한 실험적 연구

임경규, 태준성, 정태준, 이병욱*

A study on the holding pressure for the thermoplastic elastomer injection-molded product

K. G. Yim, J. S. Tae, T. J. Jeong, B. O. Rhee*

아주대학교 기계공학부

Key Words : Thermoplastic elastomer, Holding pressure, Cavity pressure, Injection molding

1. 서론

열가소성 엘라스토머(thermoplastic elastomer; TPE)는 우수한 기계적 물성과 재활용 가능성, 사출성형 공정으로 복잡한 형상을 구현할 수 있는 장점에 의해 고무를 대체할 수 있는 재료로서 적용범위가 넓어지고 있다[1]. 하지만 TPE 재료가 가지고 있는 탄성특성에 의해 충전 및 보압 패턴이 기존의 열가소성 플라스틱과는 다른 특성을 가진다.[2]. 일반적으로 TPE 재료를 사출 성형할 때 보압을 넣지 않거나 작은 크기를 넣는 것이 추천되고 있다.

본 연구에서는 충전 말단부에 압력센서를 설치하여 보압의 크기에 따른 형상 및 압력 패턴을 분석하였다. ABS를 대조군으로 TPE의 사출시 공정조건 중 보압이 제품 형상과 압력 전달에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 공정조건 및 실험

본 연구에서 olefin계 TPE(화승소재 B70E)를 사용하였다. 사용한 사출기는 LS Mtron Inc.의 150 ton 전동식 사출기를 사용하였으며, Kistler Inc.의 압력센서(6183A)와 COMO injection을 이용하여 캐비티 내압을 측정하였다. 제품 형상은 Fig. 1과 같으며, 말단부에 센서를 설치하여 측정하였다. 기본 공정 조건은 사출 속도 49.1 cc/s, 용융 온도 200°C, 금형온도 30°C로 설정하였으며, 보압의 크기를 0, 220, 450 bar로 실험을 진행하였다. ABS와 TPE의 보압의 크기에 따라 충전 말단부의 형상을 확인하였으며, 충전 말단부의 센서에서 측정된 압력 값을 이용하여 형상과 비교 분석하였다. 또한 중량 측정을 통하여 보압의 크기에 따른 중량 변화를 알아보았다.

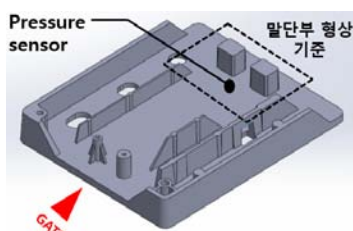


Fig. 1. Test specimen

3. 실험 결과 및 고찰

충전 말단부의 사각 형상을 기준으로 보압 전달성을 분석하였다. Fig. 2는 보압 크기에 따른 TPE와 ABS의 말단부 형상이다. ABS에 비해 TPE는 보압이 샘플의 말단부 충전에 크게 영향을 미치지 않았다. Fig. 3는 보압 크기에 따른 말단부 압력 신호를 측정된 그래프이다. ABS의 보압 크기에 따른 압력을 나타내는 Fig. 3(b)는 보압 크기에 따른 압력 값 변화가 적었다. TPE의 보압 크기에 따른 압력을 나타내는 Fig. 3(a)에서 보압 크기가 커짐에 따라 측정된 압력 신호 값 변화가 커졌다. Fig. 2와 Fig. 3(b)에서 ABS의 0 bar일 때는 미충전 현

상에 의한 것이며 비교를 위해 제시하였다. TPE 재료의 보압 크기(0, 225, 450 bar)에 따른 중량은 30.37 g, 31.095 g, 31.68 g 으로 보압 크기가 커질수록 증가하였다.

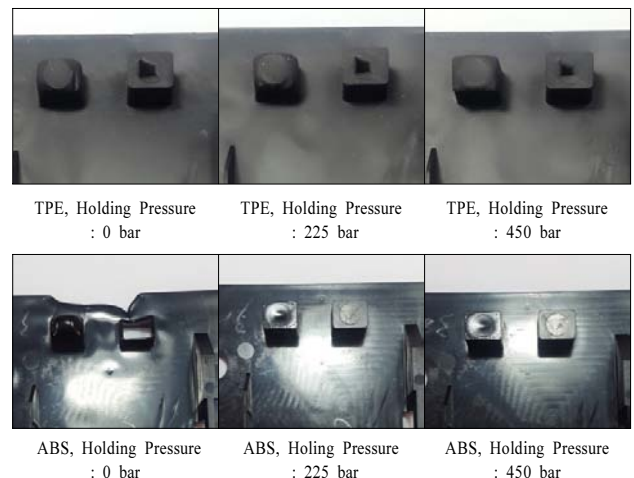


Fig. 2 Transmissibility of holding pressure

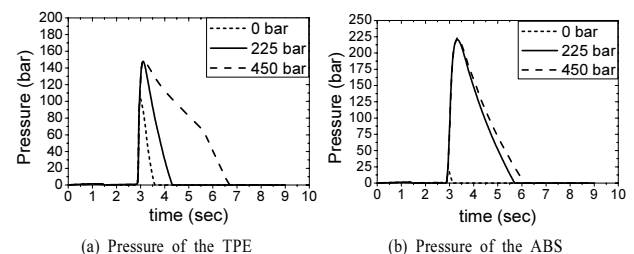


Fig. 3 Pressure profile

TPE의 경우, 보압의 크기가 샘플 말단부의 충전에 영향을 적게 주지만 충전 말단부에서 측정된 압력은 보압의 크기에 따라 커지고 중량이 늘어났다. 이는 보압에 의한 재료의 추가 유입이 말단부까지 전달되지 않아서 발생한 것으로 추정된다. 이러한 이유로 TPE 사출공정에서 유동거리를 짧게 할 필요가 있다고 판단한다.

참고 문헌

- (1) Guru S. Rajan, Yen T. Vu, James E. Mark, Charles L. Myers, 2004, *Thermal and mechanical properties of polypropylene in the thermoplastic elastomeric state*, European Polymer Journal 40, 63-71.
- (2) S. R. Han, J. H. Kim, S. G. Jeon, G. H. Lee, Y. D. Jeong, 2006, *Comparison of CAE Flow Analysis and Practical Molding on Elastomer Injection Molding*, Korean Society Of Precision Engineering, 375-376.

광원 일체형 금형을 이용한 UV-curable LSR 성형

태준성¹, 이병욱^{1*}, 박재복², 염현호¹, 임경규¹, 김동한¹

UV-curable LSR molding using light source integrated mold

J. S. Tae, B. O. Rhee*, J. B. Kwak, H. H. Yeom, K. G. Yim, D. H. Kim

아주대학교 기계공학과¹, 삼성전자²

Key Words : UV-curable silicone, Transparent mold, Built-In light source

1. 서론

광경화성 LSR 성형 공정은 상온에서도 경화가 가능하므로 온도에 민감한 재료와의 복합 공정이 가능하다[1]. 하지만 광원으로 사용되는 할로겐램프 또는 메탈할라이드 램프 등은 내구성과 광 시스템의 크기 문제 등으로 금형에 내재하여 적용하는 데 한계가 있다[2].

본 연구에서는 UV-LED로 제작한 광원을 이용하여 경화 반응에 따른 점도 변화를 측정하였으며, 광원별 적산 광량에 따른 경도 변화와 점탄성 물성 분석을 통하여 광원 일체형 금형에 설치될 광원의 경화 성능을 확인하였다. 또한, 광 투과성 재료를 이용하여 방수 구조물 형상 제조가 가능한 금형을 설계하여 경화 완료 후의 형상 정밀도를 평가하였다.

2. 광원제작 및 경화 물성 분석

UV-LED를 이용하여 자체 제작한 광원 및 측정 제작도는 Fig.1과 같다. 시판되는 LG Innotek 385nm 및 400nm UV LED(12W, 20W)를 이용하였으며, 수냉식 구리판에 LED를 부착하여 방열하였다. 해당 광원을 회전식 점도 측정기 하단부의 고정된 거리에 설치하고, 측정 시작 후 1분 후에 광조사를 시작하였으며, 데이터 분석은 광조사 시작 시간을 기준으로 분석하였다.

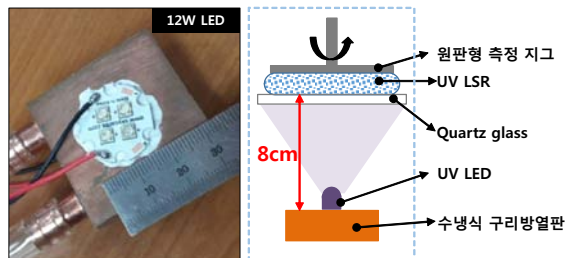


Fig. 1. Diagram of UV light source attachment for rheometer

광조사 시간에 따른 점탄성 물성 변화와 경화 완료 시점을 비교 분석하기 위하여 적산광량에 따른 Shore A 경도를 측정하였다. Fig. 2(a)에 의하면, 광조사 개시 약 3~4분 이후에 더 이상 점탄성 물성의 변화가 없는 구간이 발생하였으며, 적산광량에 따른 Shore A 경도를 측정된 결과와 비교하였을 때 저장 탄성률(Storage modulus)이 일정 값으로 수렴하는 시간을 경화 완료 시점으로 판단할 수 있었다. 또한, 12W 385nm LED를 이용한 광원이 가장 좋은 경화 성능을 보여준 것을 확인할 수 있었다.

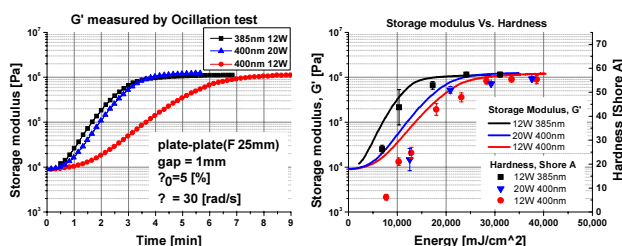


Fig. 2. Rheological property changes after UV light emission

3. 광 투과 금형 설계 및 전사성 분석

본 연구에서는 스마트폰의 USIM tray(플라스틱 또는 알루미늄)의 방수 구조물을 형상화하였으며 금형 내재형 광원을 이용하여 LSR 재료를 경화시키기 위해 Fig. 3과 같은 광 투과 금형을 설계하였다.

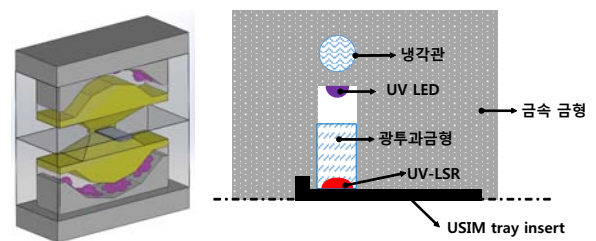


Fig. 3. Schematic diagram of transparent mold

경화 완료된 제품의 금형 대비 전사성을 측정하기 위하여 공초점 레이저 주사 현미경(Confocal Microscope) 및 광학 현미경을 이용하여 금형과 LSR 제품의 형상을 측정하였으며, 전사성 분석 결과는 Fig. 4와 같다.

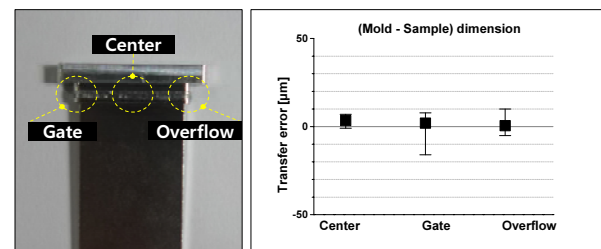


Fig. 4. Replication characteristics of sealing structure

측정 결과, 금형 대비 형상 전사성 오차는 게이트 및 충전 말단부에서 최대 20μm의 오차가 나타났으며, 모든 형상부에서 평균 10μm 이내의 전사오차를 보였다. 이것은 최초 계획하였던 ±50μm 이내 형상 정밀도를 만족하는 수치로, 광 투과성 금형을 이용한 LSR 성형 지그가 가능하다고 판단하였다.

참고 문헌

- (1) Ganter, B., Boßhammer, St., Irmer, U., 2013, *UV-curable silicone rubbers open up new fields*, International Polymer Science and Technology, 40:7, P1
- (2) Ryoo, J.H., Lee I.B., Yoo H.M., Kim M.J., Seok C.I., Kwon H.C., 2004, *The polymerization rate and the degree of conversion of composite resins by different light sources*, Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry, 29:4, 386~398.

다층 사출성형 공정에서 1차 층의 표면조도가 층간 접합에 미치는 영향

이병욱*, 김봉주

The effect of the 1st layer surface roughness on layer interface adhesion at Multi layer injection molding

B. O. Rhee*, B. J. Kim

아주대학교 기계공학부

Key Words : injection molding, Multilayer injection molding, surface roughness, adhesion

1. 서론

다층 사출성형 공정(Multilayer injection molding)은 두꺼운 광학 제품을 빠른 시간에 효과적으로 생산하기 위하여 개발된 공정이다. 이 공정은 하나의 제품을 여러 층으로 나눠 각각의 층을 순차적으로 사출한다. 이를 통해 제품의 냉각시간을 줄이고 형상정확도를 향상시킨다.

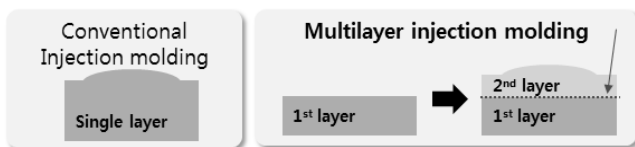


Fig. 1. Schematic illustration of the multilayer injection molding

이 공정으로 생산된 제품은 필연적으로 각 층 사이에 계면을 가지게 되는데, 투명한 제품에서는 이러한 층간 계면이 보이지 않도록 계면의 접합을 향상시켜야 한다. 본 연구에서는 1차 층의 표면상태가 층간 접합에 미치는 영향을 조사하고, 층간 접합을 향상시킬 수 있는 방안을 파악한다. 이를 통하여 다층 사출성형 공정을 위한 1차 층 금형의 제작 시에 필요한 캐비티 표면상태의 가공정도를 파악하고자 한다.

2. 실험 장비 및 방법

다층 시편은 층간 계면의 관찰이 파팅라인에 의해 방해받지 않도록 설계했다. 먼저 1차 층을 사출하고 2종류의 연마지(#1500, #3000)로 수작업하여 표면조도(Ra)를 조절했다. 여기에 2차 층을 오버몰딩하여 세 종류의 다층 시편을 제작하고 (Table. 1.), 이들의 층간 접합성을 측정 비교했다. 층간 접합성은 광학적인 방법을 적용하였다. 시편의 접합면에 수직방향으로 빛을 비추고 접합면에 평행한 방향에서 광도(light intensity)를 측정하면, 접합면의 상태에 따라 빛이 산란하게 되면서 접합면 부근에서 광도의 분포가 달라진다. 광도분포의 최대값으로 층간 접합성을 판단했다.



(a) A first layer specimen (b) A multi layer specimen

Fig. 2. Specimens shape

Table 1. Cases of specimens

	Case1	Case2	Case3	Case4
시편 층 수	2	2	2	1
사용 사포#	#1500	#3000	X	X
평균 표면조도 Ra [μm]	1.24	0.952	0.103	X
시편 개수	30	30	30	10

3. 실험 결과 및 고찰

실험결과와 신뢰성을 확보하기 위해 각각의 Case 마다 30개의 시편을 제작하였다. 이들의 광도분포도(light intensity graph)는 Fig. 3.를 통해 확인할 수 있다. 이를 살펴보면, 1차 층 시편의 표면조도가 최대 광도에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 1차 층의 표면조도가 낮아질수록 층간 계면에서 더 낮은 광도를 보이는데, 이러한 경향은 Fig. 4.를 통해 명확하게 확인할 수 있다. 이를 통해 1차 층의 표면조도가 높으면, 층간 접합이 저하되고 층간 계면이 더 관찰되기 쉬워진다는 것을 알 수 있었다. 1차 층의 표면조도가 0.1 μm 정도 인 경우는 층간 접합성이 매우 향상되었다. 이 경우 단일층 사출공정으로 생산한 단층 시편(single layer specimen)과 큰 차이를 보이지 않을 정도의 매우 낮은 광도를 보였다. 이처럼 다층 사출성형 공정에서 층간접합은 1차 층 표면조도의 영향을 받기 때문에, 이를 위한 금형의 캐비티는 정면까지는 아니라도 가능한 표면조도를 낮게 가공하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

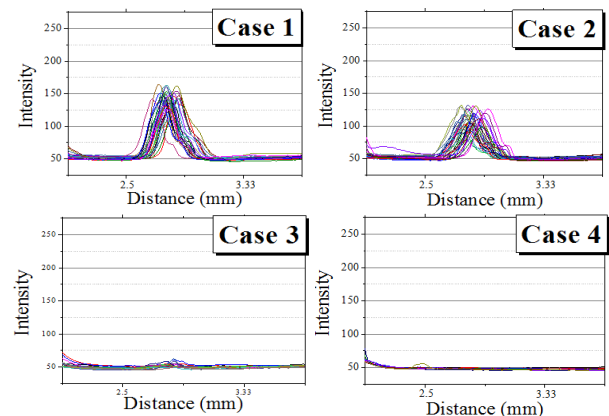


Fig. 3. Intensity graph of each cases

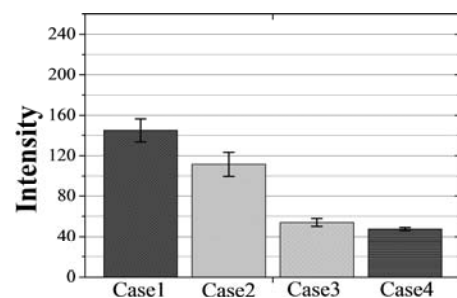


Fig. 4. Intensity value at layer interface

참고 문헌

- (1) Ch. Hopmann, 2014, Multilayer injection moulding of thick-walled plastics parts, AIP Conference proceedings, 2593. 146-149.
- (2) Ch. Maier, J Geissauf, G Steinbichler, 2013, Efficient production of Thick-Walled Parts, Kunststoffe international

MLCC적층용 초경합금 칼날가공의 날세움 가공

강병욱¹, 신건휘¹, 강종무², 곽태수^{1*}

ELID Grinding Machining Properties in Sharpening Process of Tungsten Carbide Material for MLCC Lamination

B. Kang, G. Shin, J. Kang T. Kwak*

경남과학기술대학교 기계공학과¹, 21세기(주)²

Key Words : MLCC, ELID Grinding, Tungsten carbide

1. 서론

전자 제품의 다양한 기능과 크기가 향상됨에 따라 MLCC의 크기가 더욱 작고 고용량의 성능을 가지도록 요구하고 있다. MLCC 제조 공정에서 시트를 절단하는 칼날은 MLCC 부품의 크기가 작아짐에 따라 더욱 예리해 져야하며, 날카로운 인선을 가지기 위해서 칼날의 각도가 줄어들어야 한다. 또한, 적층한 후에는 이를 손상 없이 절단하여 분리하여야 한다. 따라서 절단에 사용되는 공구인 칼날은 매우 얇으며 정밀하게 가공되어야 할 것이다. 본 연구는 MLCC 절단시 사용되는 초경합금 칼날을 다이아몬드 지립의 스톤과 CBN 지립의 스톤으로 각각 ELID연삭하여 가공 특성을 비교 및 평가하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

자성이 없는 초경합금 칼날을 고정하기 위해 자성을 띄는 지그에 시편을 부착하였다. 그 후 각도 조절 지그에 시편을 부착하여 얻고자 하는 각도 18도만큼의 경사를 주어 날 세움 가공을 진행 하였다. 가공에 사용된 스톤은 SD#2,000 스톤과 CBN#2,000스톤이다. 지그의 유무와 스톤의 연마입자종류가 날 세움 가공에서 칩핑발생에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 하였다. 절입깊이는 1회 1 μ m로 하여 실험을 진행하였다. 측정은 모바일 표면조도 측정기와 광학 현미경을 이용하였다. Table.1은 실험에 사용된 장치의 실험 조건을 나타낸 것이다.

Table 1 Experimental setup

Grinding wheels (mesh no.)	SD#2,000
	CBN#2,000
Wheel speed [rpm]	1500
Feed rate [mm/sec]	0.33
Reciprocal velocity [mm/sec]	186
ELID voltage [v]	120
Angle [°]	18

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 연마입자별 연삭 수직방향의 표면조도 Ra값과 Rt값을 나타낸 것이다. SD#2,000스톤을 사용 하였을 경우의 표면조도가 평균적으로 Ra값이 0.01이상 차이를 보였고 Rt값이 0.05이상의 차이를 보였다. SD#2,000스톤을 사용하여 가공할 경우 표면 조도가 더 우수하다는 사실을 확인할 수 있었다. 또, SD#2,000스톤로 가공하였을 경우 탄성지그가 있는 부분의 표면조도가 비탄성지그 부분의 표면조도 보다 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 또한, SD#2,000스톤로 가공한 초경합금의 칼날부에서 칩핑이 CBN#2,000스톤로 가공한 초경합금의 칼날부에서 칩핑보다 적게 일어나는 것을 확인할 수 있었다.

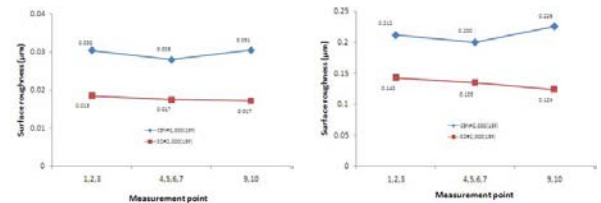


Fig. 1 Comparison of surface roughness by grinding wheel abrasive

Fig. 2는 연마입자별 칼날부의 칩핑 을 비교할 수 있는 사진이다. (a)는 CBN#2,000스톤을 사용하였을 때 칼날부의 칩핑이고 (b)는 SD#2,000스톤을 사용하였을 때의 칼날부 칩핑이다.

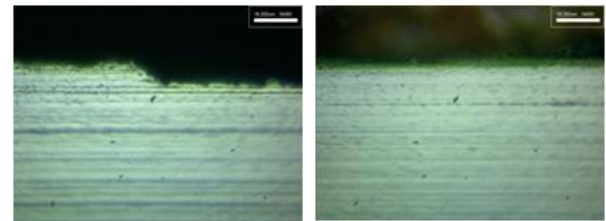


Fig. 2. Magnified ground surface of tungsten carbide blade

초경합금 칼날가공에서 SD#2,000스톤을 사용하여 가공하였을 경우와 CBN#2,000스톤을 사용하여 가공하였을 경우를 비교하였다. 그 결과 SD#2,000스톤을 사용하여 가공 하는 것이 표면조도가 더 우수하다는 결과를 얻었다. 또, SD#2,000스톤로 가공하였을 경우 탄성지그의 연삭 수직방향 표면조도가 비탄성 지그의 연삭 수직방향의 조도 보다 높게 나타났다. 본 연구는 초경합금 칼날 가공 시 SD#2,000스톤을 사용하여 가공하고 탄성지그를 사용하는 것이 가장 적합하다는 결과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

1. Yong-Chul Lee, Gun-Hwi Shin, Tea-Soo Kwak 2015, *Deburring Technology of Vacuum Plate for MLCC Lamination Using Magnetic Abrasive Polishing and ELID Process* Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.14 No.3, p.149~154.
2. Tea-Soo Kwak, Gyung-Nyun Kim and Ihn-Sil Kwak, 2013, *Development of ELID Monitoring System and its Application to ELID Grinding of Structural Ceramics*, J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 30, No. 12, pp. 1245-1251.

실험계획법을 이용한 노즐 형상 변화에 따른 공동유동 해석

이성호¹, 이현승², 양현익^{3*}

Numerical Analysis of Cavitation Flow for Various Nozzle Geometries Using the Experimental Design Method

Seongho Lee, Hyun-seung Lee, Hyun Ik Yang*

한양대학교 융합시스템학과¹, 한양대학교 기계설계공학과², 한양대학교 기계공학과³

Key Words : Cavitation, Design of Experiment, Phase Change, Narrow Channel

1. 서론

최근 음파발광 현상 및 플라즈마를 동시에 발생시키는 공동에너지 이용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 현상은 공동현상의 발생 정도와 비례하여 일어나며, 노즐의 형상은 이를 위한 중요한 설계 인자이다. 본 연구에서는 노즐의 형상 변수가 공동에너지 발생에 미치는 영향을 분석하여 공동현상이 증대되는 노즐의 형상변수를 결정하였다.

2. 수치해석

해석 대상인 실험 장치에서 공동현상의 반응로 역할을 하는 셀(Cell)과 팁(Tip)의 형상 및 수치는 Fig. 1에 나타내었다. 실험 장치는 고압의 유체가 좁은 채널을 통과하게 되면서 압력강하로 인해 공동현상이 발생하는 폐순환 구조로 되어있다.

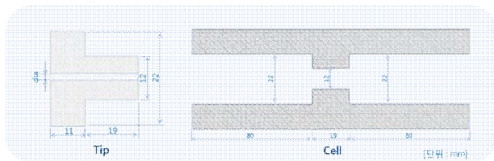


Fig. 1. Cross-section of the tip and cell

해석영역의 수치해석을 위한 격자 생성은 ICEM-CFD를 이용하였고 FLUENT를 통해 CFD해석을 수행하였다. 해석 비용을 줄이기 위해 1/4 symmetric 조건으로 격자를 생성하였으며, 유동의 변화가 클 것으로 예측되는 영역에 격자를 조밀하게 구성하였다. 또한 격자 수 대비하여 해석의 정확도를 향상시키기 위해 노즐 벽면 및 입·출구 부분의 격자 조밀도를 높여 생성시켰다. 작동 유체는 물을 사용하였으며 inlet과 outlet의 압력조건은 각각 6.25MPa, 0.25MPa이다.

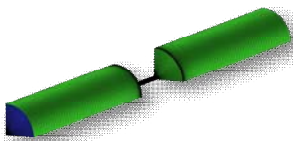


Fig. 2. Grid for numerical simulation

Table 1. Orthogonal arrays for DOE(L16)

Exp. No.	Factors			
	Hole 개수	Hole 길이	Hole 직경	Hole 간격
1	4	25	1.0	1d
2	4	25	1.5	2d
3	4	30	2.5	3d
4	4	30	2.0	4d
5	4	35	2.0	1d
6	4	35	2.5	2d
7	4	40	1.5	3d
8	4	40	1.0	4d
9	5	25	2.0	3d
10	5	25	2.5	4d
11	5	30	1.5	1d
12	5	30	1.0	2d
13	5	35	1.0	3d
14	5	35	1.5	4d
15	5	40	2.5	1d
16	5	40	2.0	2d

- Hole 개수 : 1, 4, 5

- Hole 직경 : (1.0, 1.5, 2.0, 2.5)mm

- Hole 간격 : 1d, 2d, 3d, 4d
(Diameter/5 = 1d)

- Hole 길이 : (25, 30, 35, 40)mm

고압분사 노즐의 형상 변수를 확인하기 위해 유동에 영향을 줄 것이라고 판단되는 4개의 변수를 선정하였다. 이 중에서 기존 단공노즐을 제외한 다공 노즐에 대해 실험계획법에 따라 L16(2⁴) 혼합 직교배열 표를 작성하여, 16개의 실험점을 얻어냈고 해석 결과를 단공 노즐과 비교하였다. Table 1은 본 해석에 사용된 설계 변수 및 수준이다.

3. 결과 및 고찰

노즐의 형상 설계 변수에 따른 공동에너지 발생에 대한 영향을 파악하기 위해 수치해석적 방법을 사용하였다. 공동에너지에 대한 주 영향은 Hole 개수, 직경, 길이, 간격 순으로 나타났고, Hole의 간격은 기준 거리 2d일 경우 가장 좋은 경향을 보였다.

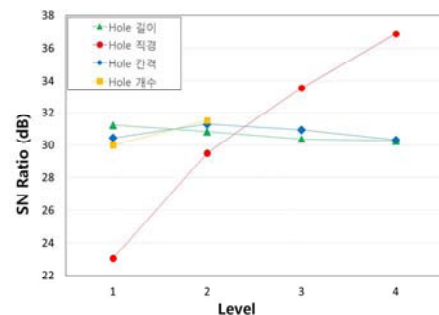


Fig. 3. Main effects plot for SN ratio of the turbulence kinetic energy

설계민감도와 신호대 잡음비를 고려하여 각 인자의 수준을 선택하였다. 공동에너지를 최대화 할 수 있는 설계변수로 hole 5개, 직경 2.5mm, 간격은 기준 거리 2d, 노즐의 길이는 25mm를 도출하였다.

후기

이 논문은 2015년 YK FUSION(주) 연구기금과, 2016년도 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인재양성사업'의 지원을 받아 연구되었음. [N000717]

참고문헌

- (1) C.E. Brennen, 1995, *Cavitation and Bubble Dynamics*, Oxford University Press, pp. 47~50.
- (2) JEAN-PIERRE FRANC and J.-M. MICHEL, 2004, *Fundamentals of Cavitation*, Kluwer Academic Publishers, pp. 1~23
- (3) W. B. McNamara III, et al., 1999, "Sonoluminescence temperatures during multi-bubble cavitation," *Nature*, Vol. 401 pp.772~775.
- (4) J. Cho, 2009, *Analysis of Cavitation Effect in a Narrow Channel*, A Thesis for a Master, Hanyang University, Republic of Korea
- (5) D. Kang, 2010, *Numerical Modeling of the Mathematical Model of Single Spherical Bubble*, A Thesis for a Master, Hanyang University, Republic of Korea

사출압축 성형에서 압축시작 시간과 사출속도가 Weld 형성에 미치는 영향

공기환, 곽태수*, 신건희

The Effects of Compression Start Time and Injection Speed On the Formation of Weld Line in Injection-Compression Molding Process

G. Gong, T. Kwak*, G. Shin

경남과학기술대학교 기계공학과

Key Words : CAE analysis, Injection-compression molding, Weld line, Plastic optic lens

1. 서론

플라스틱 광학렌즈는 유리렌즈에 비해 가볍고 저렴하며, 특히 비구면의 렌즈형상을 재현하기 용이하여 카메라용 렌즈, 안경, 콘택트 렌즈 등의 다양한 제품에 적용되고 있다. 하지만 광학렌즈의 성능요구가 증가되면서 렌즈형상이 복잡해져 사출조건 또한 매우 까다로워지고 있는 실정이다. 특히 렌즈크기의 최소화화 고해상도를 모두 만족시키기 위해서는 렌즈의 중심부와 외주부 사이의 두께 차이가 매우 클 수 밖에 없으며, 이러한 형상에서는 유효경 부분의 Weld생성이 쉽게 발생한다. 본 연구는 사출압축 성형 시뮬레이션 (3D TIMOMN)을 사용하여 사출압축 공정에서 압축시작 시간과 사출속도가 렌즈 유효경 내 Weld 형성에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

2. 사출압축 성형 CAE

본 연구는 중심부와 외주부 사이의 두께비가 큰 플라스틱 비구면 광학렌즈를 대상으로 Weld형성 저감을 위해 유동흐름이 원활한 사출압축성형을 적용하여 시뮬레이션 하였다. 대상 렌즈는 CAD 프로그램을 이용해 모델링 하였으며, Hyper Mesh 프로그램을 이용하여 Mapped mesh법과 Brick(6면체)으로 요소분할 하였다. 이 후 사출압축 성형 시뮬레이션 3D TIMON으로 런너 레이아웃을 필요소를 이용하여 설계하고, 유동패턴해석 결과로 Weld 생성을 평가하였다. Fig. 1는 플라스틱렌즈의 CAE 해석을 위한 모델링이다.

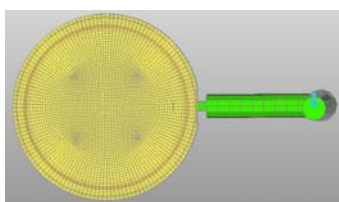


Fig. 1 Modeling for CAE analysis of plastic lens

압축시작 시간 해석에서 사용된 플라스틱 재료 OKP4_E48R(OGC)을 사용하였고 기타성형조건은 금형온도 70℃, 수지온도 210℃, 냉각 시간 20 sec, 보압시간 5 sec, 보압크기 20 MPa, 압축량 3 mm, 압축 속도 10 mm/s, 압축시작 시간 0.5 sec, 0.7 sec이다. 사출속도에 사용된 플라스틱 재료 ZEONEX_E48R(NIHON_ZEON)을 사용하고 기타 성형 조건은 금형온도 120℃, 수지온도 265℃, 냉각시간 150 sec, 보압크기 305 kgf/cm², 보압시간 15 sec, 압축속도 100 mm/s, 사출속도가 11.5 mm/s일 때 압축시작 시간은 1.1 sec, 사출속도가 25 mm/s일 때 압축시작 시간은 0.5 sec이다. 사출속도에 따른 압축시작시간이 다른 이유는 사출속도가 빨라질수록 유동속도가 빨라져 수지의 충전

시간이 줄어들기 때문에 압축시작 시간을 수지충전 시간의 70%를 기준으로 하였다. Fig. 2는 압축시작 시간이 0.5 sec일 때와 0.7 sec일 때이다.

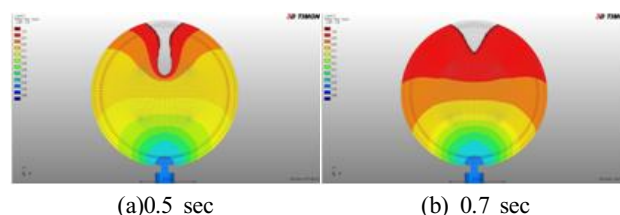


Fig. 2 Compression Start Time

3. 해석 결과 및 고찰

본 해석은 압축시작 시간과 사출속도가 Weld 형성에 미치는 영향에 대해 해석하였으며, 압축시작 시간에 따른 해석 결과 Fig. 2와 같이 압축시작 시간을 제외한 동일한 조건에서 압축시작 시간이 지연될수록 Weld 라인이 저감되는 것을 확인 하였다. 압축시작 시간이 느려질수록 수지 충전 되는 시간이 길어지면서 수지가 렌즈에 사출되는 시간이 증가하기 때문에 Weld 라인이 형성이 지연되는 것을 알 수 있었다. 또한 사출속도에 따른 해석결과 사출속도 제외한 동일한 조건에서 사출속도가 빠를수록 Weld라인이 저감되는 것을 확인하였다. 사출압축 성형시 사출속도는 사출압과 상호 연관관계에 있기 때문에 사출 속도가 빨라지면 사출압도 같이 커지고, 수지 흐름도 빨라진다. 수지 흐름이 빨라지면 사출압축 성형시 압축이 이루어지기 전에 사출압에 의해 수지가 렌즈 캐비티에 더 많이 충전되기 때문에 Weld라인을 형성을 저감할 수 있다.

참고 문헌

- (1) Soo-Hyun Park, Tae-Kyu Kim, Tae-Soo Kwak, 2015, *Retardation Analysis of Plastic Optic Lens according to InjectionSpeed Variation*, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers 93~98.
- (2) Mikio Yamanoi, Tae-Soo Kwak, Jong-Kyo Jung, 2012, *Application of Birefringence CAE in Mould Design of Optic Lens Injection Molding Process*, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers 1~6.
- (3) M.-Y. Lyu, J.-G. Choi and Y. Pae, 2003, *Investigation of the Jetting Phenomena in Injection Molding for Various Injection Speeds, Resins and Mold Shapes*, The Korean Society For Technology of Plasticity 3~10.

곡면 부품 절단을 위한 롤 포밍 장비 개발

박흥석*, 웬충탄, 이진복

Development of a roll forming machine for cutting curved parts

H.S. Park*, N.T.Thanh, J.B. Lee

울산대학교 기계공학부

Key Words : Flexible cutting machine, Roll forming, Curved product, Simulation

1. Introduction

This paper presents the simulation-based investigation to predict the static and dynamic behavior of roll cutting machine for curved products. The 3D machine model was designed in SOLIDWORK environment, and ANSYS workbench was used to simulate the machine behavior under working conditions.

2. Static analysis

The designed functionalities using five axis of the roll cutting machine are shown in Fig. 1. During cutting process, the base, turn, up-down, and slide unit are fixed, while we only consider the shearing die and head unit movement.

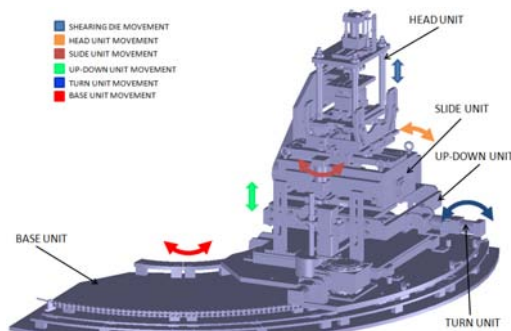


Fig. 1. The roll cutting machine

A static analysis calculates the effects of steady load conditions on a structure, while ignoring inertia and damping effects caused by time-varying loads. Static analysis is used to determine the displacements, stresses, strains in whole structures or components caused by loads that do not induce significant inertia and damping effects. Fig. 2 shows the stress and deformation results when the HEAD UNIT is at the end of the movement. The static analyzed results indicated that the machine has small displacement and stress. In other words, the machine is safety under heaviest load.

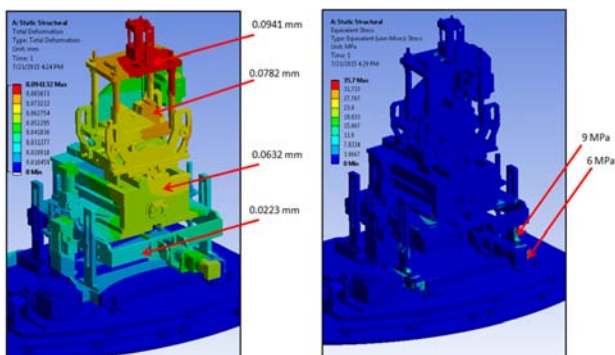


Fig. 2. The static analysis

3. Dynamic analysis

We use the ANSYS tool to solve modal analysis problem. Six modes are considered. The modal results are shown in Fig. 3. The free vibration frequencies are higher than the operating frequency (1/9 Hz). There is no resonant vibration.

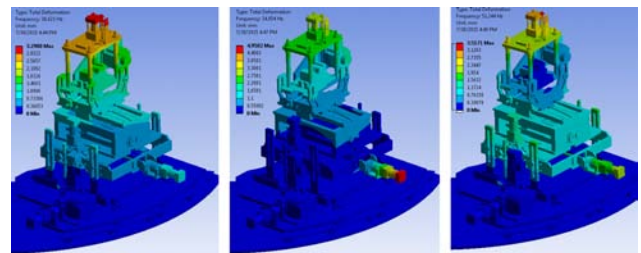


Fig. 3. Modal analysis results

We used ANSYS workbench to simulate the transient analysis. The step end time is 1 sec and the step time is 0.05 sec. The load acting on the machine is approximately 4000 N. The transient analysis using ANSYS workbench is shown in the Fig. 4

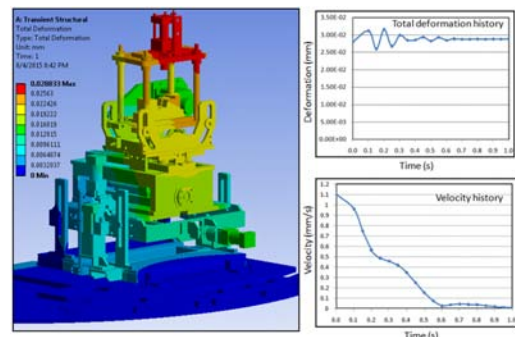


Fig. 4. The transient analysis results

4. Conclusion

The static and dynamic analysis of roll cutting machine were carried out in this study. The research results show that the machine is safety under the working load. The physical experiments will be conducted after building the prototype machine.

Acknowledgement

This work was supported by the Technology Innovation Program funded By the Ministry of Trade, industry & Energy (MI, Korea).

Reference

- (1) Y. Altintas, C. Brecher, M. Weck, S. Witt, Virtual machine tool, CIRP annals-Manufacturing Technology, 54, 115-138
- (2) Y. Altintas, Y. Cao, Virtual Design and Optimization of Machine Tool Spindles, CIRP annals-Manufacturing Technology 54, 379-382
- (3) Aini Abdul Kadir, Xun Xua, Enrico Hämmerle, Virtual machine tools and virtual machining-A technological review, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 27, 494-508

제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 위상최적화

박기현¹, 한석영^{2*}

Topology optimization using imperialist competitive algorithm

K.H. Park, S.Y. Han*

한양대학교 대학원 융합기계공학과¹, 한양대학교 융합기계공학과²

Key Words : Imperialist competitive algorithm, Static structural problem, Topology optimization

1. 서론

제국주의는 제국이 식민지의 정치 및 문화적 지배를 통해 국가의 영향력을 확대하는 사상을 의미하는 것으로, 제국주의 경쟁 알고리즘(imperialist competitive algorithm: ICA)은 19세기에서 20세기까지 일어난 사회-정치적 구조인 제국주의에 영감을 받아 만들어진 알고리즘이다. 제국주의 경쟁 알고리즘은 전역해의 탐색에 대한 높은 수행능력으로 다양한 문제에 제안되었으나, 구조물의 위상최적화에 적용된 사례는 없다. 따라서 본 논문에서는 제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 위상최적화를 제안하였으며, 그 성능을 확인하기 위해 몇 가지 예제를 통하여 기존의 인공 벌군집 알고리즘(artificial bee colony algorithm: ABCA)을 이용한 위상최적화 기법과 비교하였다.

2. 제국주의 경쟁 알고리즘

제국주의 경쟁 알고리즘은 크게 각 제국에서 해를 탐색하는 과정과 제국간의 경쟁 과정으로 나뉜다.

각 제국에서 해를 탐색하는 과정은 다음의 3단계로 이루어진다.

1 단계: 동화

동화는 식민지의 위치를 원점으로 제국의 위치를 향한 벡터에 대해 임의의 거리비율과 회전비율을 적용한 곳으로 옮기는 과정이다.

2 단계: 혁명

혁명은 식민지들의 위치를 임의의 위치로 옮기는 과정이다. 기존 식민지들의 수에 대해 혁명비율을 적용하여 혁명이 일어나는 식민지의 수를 결정하며, 연산이 반복될수록 혁명 비율은 감소한다.

3 단계: 위치교환

위치교환은 제국의 위치값과 식민지들의 위치값을 비교하여 더 나은 값을 나타내는 식민지와 제국의 위치를 교환하는 과정이다.

제국간의 경쟁 과정은 식 (1)을 통해 계산된 각 제국의 총 목적값을 이용한다.

$$T.C_n = Cost(imperialist_n) + \xi \cdot \text{mean}\{Cost(colonies \text{ of } empire_n)\} \quad (1)$$

여기서 $T.C_n$ 은 n 번째 제국의 총 목적값, ξ 는 총 목적값에 포함하는 식민지들의 평균 위치값에 대한 비율이다.

제국간의 경쟁 과정은 각 제국에서 해를 탐색한 이후 진행되며, 다음의 2단계로 이루어진다.

4 단계: 유사 제국의 흡수

유사 제국의 흡수는 서로 다른 제국의 위치가 가까운 경우 총 목적값이 큰 제국이 다른 제국과 식민지들을 모두 흡수하는 과정이다.

5 단계: 식민지 경쟁

식민지 경쟁은 총 목적값이 가장 나쁜 제국의 식민지 한 개를 다른 제국이 흡수하는 과정이다.

제국주의 경쟁 알고리즘은 총 5단계로 전역해를 탐색하며, 수렴기준인 최대 반복횟수에 도달할 때 알고리즘이 종료된다.

3. 적용 예제 결과 및 고찰

제국주의 경쟁 알고리즘을 위상최적화 문제에 적용하여 예제를 통해 수행능력을 확인하였다. 정적 구조물의 위상최적화는 식 (2)와 같이 정식화된다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize : } U &= \frac{1}{2} f^T u \\ \text{Subject to : } f &= Ku \\ V^* - \sum_{i=1}^N V_i x_i &= 0, \quad x_i = \begin{cases} 1 & (\text{for solid element}) \\ x_{\min} & (\text{for void element}) \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 U 는 총 변형에너지, f 는 하중벡터, u 는 변위벡터, K 는 전역강성행렬, V^* 는 체적 제한조건, V_i 는 i 번째 요소의 체적, x_i 는 i 번째 요소의 밀도이다.

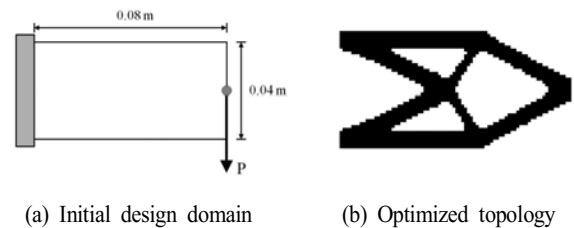


Fig. 1. A cantilever beam problem

Table 1 Numerical data of the results

Method	Iteration	Objective function (J)
ICA	25.6	4.311
ABCA	47.3	4.358

문제 조건과 위상최적화 결과는 Fig. 1과 같으며, 10회의 반복수행에 따른 반복횟수와 목적함수의 평균값을 Table 1에 나타내었다. 이를 통해 ICA를 이용한 위상최적화가 가능하며, 기존의 ABCA를 이용한 위상최적화 기법에 비해 높은 수행능력을 나타내는 것이 확인되었다.

참고문헌

- (1) Atashpaz-Gargari, E., Lucas, C., 2007, *Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition*, Proceedings of the IEEE congress on evolutionary computation (CEC2007), pp. 4661-4667.
- (2) Park, J. Y., Han, S. Y., 2013, *Swarm intelligence topology optimization based on artificial bee colony algorithm*, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.14, No.1, pp. 115-121.

Nanostructural transformation of Co_3O_4 by Mg-substitution leads to supercapacitor electrode material

N. M. Shinde*, Seong Chan Jun*

Nano ElectroMechanical Device Laboratory, School of Mechanical Engineering, Yonsei University

1. Introduction

Supercapacitors are attracting lot of interest in the field of energy storage devices for high power challenging applications such as hybrid vehicles, consumer electronic products, memory back-up systems, public transportation etc. On the basis of charge storage mechanisms, supercapacitors are classified into two categories, one is electrochemical double layer capacitors (EDLCs): charge stored at the electrolyte/electrode (carbonaceous material) interface electrostatically and other is pseudocapacitors (PC): charge stored at the active electrode materials (metal oxides and conducting polymers) by faradic reaction. The PC electrode materials possess larger capacitance due its electrochemical reversibility, availability of an array of oxidation states and higher electrical conductivity.

We report controlled nanostructure growth of Mg substituted Co_3O_4 thin films by cost effective chemical bath deposition (CBD) method. The Mg substitution into Co_3O_4 thin film leads to different series of

nanostructure morphologies such as nanorods (NRs), Nanoflakes (NFs), nanofibers (NFBs), nanocactus leaves (NCLs), nanowire (NWs) and nanobelts (NBs). The morphology of Co_3O_4 thin films strikingly changes with substitution of different concentrations of Mg (5 to 80 %) which results in excellent supercapacitive performance. The nanostructure modification of Mg substituted Co_3O_4 thin film were systematically characterized by different characterization techniques such as field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), Transmission electron microscopy (TEM), X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The electrochemical studies show significant enhancement in supercapacitive properties for Mg substituted Co_3O_4 thin films. The maximum specific capacitance value of 1230 F.g^{-1} for NFBs nanostructure of Mg substituted Co_3O_4 (20 % Mg) is much higher than other nanostructures. The high performance of present hierarchical nanostructures can be attributed to synergetic effect of morphology and chemical composition of deposit.

단일벽 탄소나노튜브 엑시톤 안테나 제조와 상온 양자전송특성

한재희^{1*}, 김흥석¹, 김대윤¹, 정다윤¹, Michael S. Strano²

Single-walled carbon nanotube exciton antennas and their room temperature quantum transports

J. H. Han*, H. S. Kim, D. Kim, D. Jung, M. S. Strano

가천대학교 에너지IT학과¹, Department of Chemical Engineering, Massachusetts Institute of Technology²

Key Words : Micro endmilling, Acoustic emission, Surface texture

1. 서론

본 초록에서는 두 가지 주제에 대해 논의해보고자 한다. 첫째, 밀도구배법(density gradient method)과 겔 크로마토그래피법(gel chromatography)을 이용하여 용액 상에서 분리된 반도체성 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbon nanotube, SWNT)를 교류 전기영동법(AC dielectrophoresis)을 통해 단일 파이버(fiber) 형태로 자기조립하여 신개념 태양전지의 핵심원소라 할 수 있는 SWNT 엑시톤 안테나(exciton antenna)를 제조하고자 한다[1]. 둘째, 위의 방법으로 분리된 반도체성 SWNT 혹은 분리되지 않은 SWNT를 역시 파이버로 자기조립하여 이들로부터의 상온 양자전송특성을 구하고자 한다[2, 3].

2. SWNT 엑시톤 안테나 제조 및 상온 양자전송특성 측정 실험

밀도구배법과 겔 크로마토그래피법(Fig. 1(a), 1(b))을 이용하여 용액 상에서 반도체성 SWNT를 분리하고, 이를 교류 전기영동법을 통해 직경이 수 마이크로미터 수준의 SWNT 파이버를 제조하였다. Fig. 1(c)에서는 이러한 자기조립법을 통해 제조된 SWNT 파이버의 광학 이미지와 그것의 광발광(photoluminescence, PL) 특성을 보여주고 있다[1]. 또한 Fig. 1(d)에서는 상온 양자전송특성을 측정하기 위해 자체적으로 제작된 측정 장치의 설계도를 나타내고 있다[2, 3].

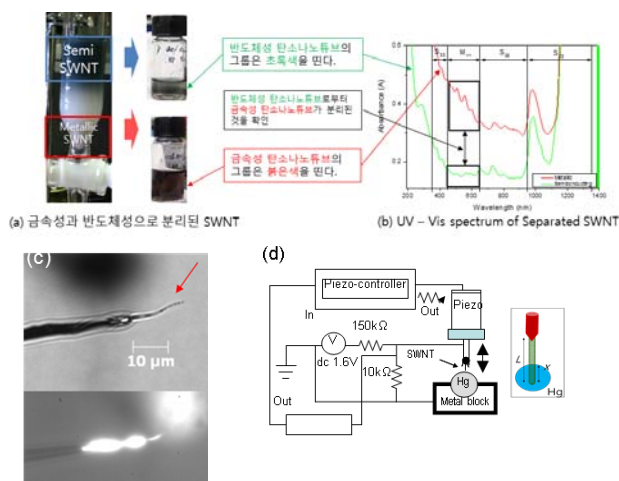
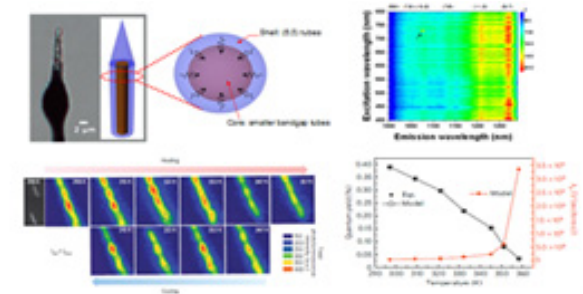


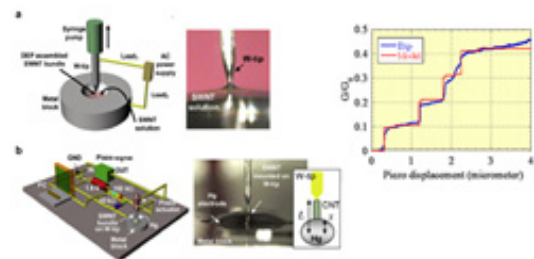
Fig. 1. Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2(a)에 제조된 SWNT 파이버와 그것의 광발광(PL) 특성을 나타내었다. 또한 Fig. 2(b)에는 이러한 SWNT 파이버의 상온 양자전송특성을 측정하기 위한 실제 장치의 모식도와 그들의 전자전송특성의 예를 나타내었다.



(a) Fabrication and characteristics of SWNT exciton antenna structures



(b) Room temperature electrical properties of SWNT fibers

Fig. 2. SWNT exciton antennas and their quantum transports

위 연구결과들로부터 (1) UV(자외선)부터 near-IR(근적외선) 영역의 분포를 가지는 조사된 빛에너지에 대하여 코어-셸 구조의 반도체성 SWNT 엑시톤 안테나에서는 거의 대부분의 에너지가 엑시톤 형태로 셸에서 코어로 전달될 수 있음이 밝혀졌다[1]. 또한 (2) 제조된 파이버의 mean free path는 4.3 ~ 18.6 nm이며, 이는 이상적인 (6,5) SWNT가 가지는 22 nm와 거의 유사함을 실험적으로 증명하였다[2, 3].

참고 문헌

- [1] J. -H. Han, G. L. C. Paulus, R. Maruyama, D. A. Heller, W. -J. Kim, P. W. Barone, C. Y. Lee, J. H. Choi, M. -H. Ham, C. Song, C. Fantini, M. S. Strano, 2010, *Exciton antennae and concentrators from core-shell and corrugated carbon nanotube filaments of homogeneous composition*, Nature Materials 9, 833~839.
- [2] R. Maruyama, Y. W. Nam, J. -H. Han, M. S. Strano, 2011, *Well-defined single-walled carbon nanotube fibers as quantum wires: ballistic conduction over micrometer-length scales*, Current Applied Physics 11, 1414~1418.
- [3] J. -H. Han and M. S. Strano, 2014, *Room Temperature Carrier Transport through Large Diameter Bundles of Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotube*, Materials Research Bulletin 58, 1~5.

A binder free approach to fabricate hybrid 2D MoS₂/Graphene oxide composite electrodes for an asymmetric supercapacitors with ultra-high energy and power density.

Umakant M. Patil^{*}, Seong Chan Jun^{*}

Nano ElectroMechanical Device Laboratory, School of Mechanical Engineering, Yonsei University

1. Introduction

Present confrontation of energy crisis and environmental problems, the exploration of clean and renewable energy materials as well as their devices are urgently demanded. The ever-increasing energy and power demands in the applications such as, cordless electric tools, hybrid electric vehicles, day/night storage, and industrial energy management. So, over the past few years, intense efforts have been made to develop high-energy and power supercapacitors due to their faster charge and discharge processes (seconds) compared to batteries. However, supercapacitors suffers from low energy density compared to batteries and low power density compared to capacitors. Accordingly, innovation of new materials is essential to offer enhanced energy and power densities in energy storage devices.

Two-dimensional (2D) atomically thick materials, graphene oxide (GO) and layered Molybdenum disulfide (MoS₂) nanosheets have been potentially investigated as novel energy storage materials due to their unique physicochemical properties. Present manuscript describes a facile binder-free approach to fabricate large scale hybrid 2D

MoS₂/GO nanosheets based electrodes using electrophoretic deposition (EPD) method on conducting substrate (Nickel foam) for supercapacitor device application. Structural and morphological analysis reveals that, uniform decoration of electrophoretically assembled 2D MoS₂/GO nanosheets over entire substrate surface. The electrochemical supercapacitive measurements of MoS₂/GO hybrid electrode exhibit a high specific capacitance of ~613 F g⁻¹ at low scan rate. Moreover, MoS₂/GO//GO electrodes based asymmetric supercapacitor device, reveals ultra-high energy (23 Wh kg⁻¹) with power (17 kW kg⁻¹) density. The superior electrochemical properties of 2D MoS₂ synergist with high surface area offered by conducting GO and mutually MoS₂/GO, improves electrochemical capacitive performance with charge transport and storage. The direct hybrid electrode fabrication by EPD method (a binder approach) eliminates drawbacks offered by resistive binders in conventional electrode. The present experimental findings can evoke scalable binder free synthesis of MoS₂/GO hybrid electrodes with enhanced supercapacitive performance in energy storage devices.

자가전파 연소 반응을 통한 나노구조체의 상 및 표면 제어 연구

최원준*, 황하영, 여태한, 조용환, 신동준, 이승현, 신중호, 서병석

Phase and Surface Transformation of Nanostructured Materials via Combustion Waves

W.J. Choi*, H.Y. Hwang, T.H. Yeo, Y.H. Cho, D.J. Shin, S.H. Lee, J.H. Shin, B.S. Seo

고려대학교 기계공학부

Key Words : Combustion wave, Chemical fuel, Nanostructured material, Phase transformation

1. 서론

용액 침전법을 활용하여 나노구조물과 화학연료로 구성되어 있는 복합재를 제작할 수 있으며 이의 화학 반응을 일으켰을 때 나노구조체의 표면을 따라 반응이 전파되는 자가전파 연소반응을 일으킬 수 있다. 이러한 반응은 개별 나노구조체의 표면을 따라 전파되며 동시에 모든 노출 표면에 물리적-화학적-전기적인 성질 변화를 유도할 수 있다. 본 연구에서는 개별 나노구조체의 표면을 따라 연쇄적으로 일어나는 구조기반 자가전파 연소반응을 통해 금속산화물의 상(Phase)을 변화시키거나 표면(Surface)을 제어, 또는 표면에 유기물질로 구성된 코팅층을 실시간으로 제작할 수 있음을 보이려 한다. 이 공정 과정은 기존의 나노구조체의 상 및 표면 제어 공정에 비해 저비용-고속-대면적 처리가 가능한 공정이라는 측면에서 다양한 금속 산화물 제어 공정에 널리 활용될 수 있다. 또한 제어한 금속 산화물들은 전기화학 응용분인 배터리, 커패시터 등의 전극 및 자기장 차폐 소재 등으로 사용 가능할 것이다.

2. 자기전파 연소반응을 통한 Nanoporous Bismuth Oxide Rod 제작

$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 로드 표면에 니트로셀룰로오스 (Nitrocellulose) 화학 연료를 개별적으로 코팅한 후 자가전파 연소반응을 일으켜 Fig. 1에 나타난 형태의 Nanoporous Bismuth Oxide를 제작하였다.

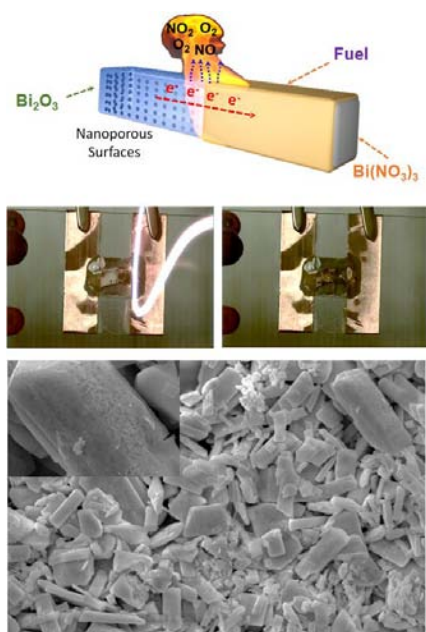


Fig. 1. Phase and surface transformation of bismuth oxide via structure-guided, self-propagating combustion waves

3. 자기전파 연소반응을 통한 Iron Oxide @ Carbon 코어-셸 구조 제작

Fe_2O_3 입자들의 표면에 니트로셀룰로오스 화학 연료를 개별적으로 코팅한 후 자가전파 연소반응을 일으켜 Fig.2에 나타난 형태의 Fe_3O_4 로 산화상태를 수초만에 변화시켰으며, 이와 동시에 표면에 탄소막을 코팅할 수 있는 공정 제어를 통해 Fe_3O_4 @Carbon의 코어-셸 나노구조체를 합성하였다.

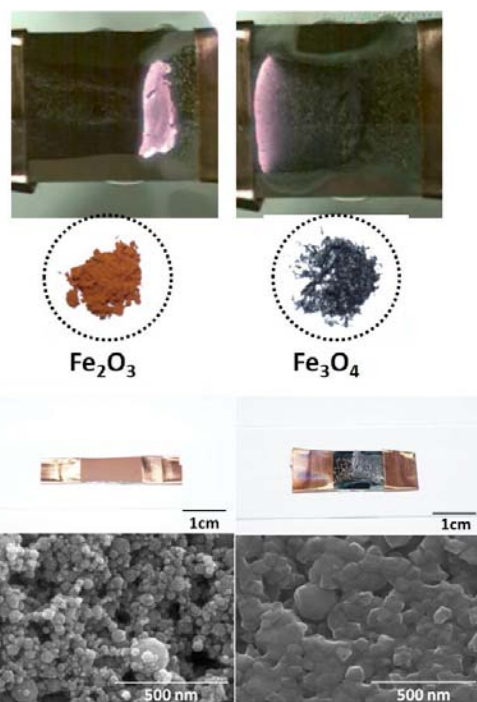


Fig. 2 Manipulation of oxidation state of iron oxide and coating of carbon layer via structure-guided, self-propagating combustion waves.

참고 문헌

- (1) Lee, K., Hwang, H, et al. ,2016, *Enhanced Photocatalytic Activity of Bismuth Precursor by Rapid Phase and Surface Transformation Using Structure-Guided Combustion Waves*, ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 8, No. 5, pp. 3366~3375.
- (2) Shin, J., Lee, K, et al. ,2016, *Facile One-pot Transformation of Iron Oxides from Fe_2O_3 Nanoparticles to Nanostructured Fe_3O_4 @C Core-Shell Composites via Combustion Waves*, Scientific Reports Vol. 6, pp. 21792.

물리적 박리를 이용한 그래핀 복합체 제조 및 이를 기반으로 한 전기화학 커패시터 전극

윤현석^{1,2*}

Fabrication of graphene nanohybrids by physical exfoliation and their electrode application

Hyeonseok Yoon*

전남대학교 고분자융합소재공학부¹, 전남대학교 대학원 고분자공학과²

Key Words : Conducting polymers, graphene, exfoliation, supercapacitors

1. 서론

그래핀은 고성능 전기화학적 커패시터용 고에너지, 고전력 밀도를 갖는 신규 전극 후보물질로 꾸준한 관심을 받아왔다. 본 연구에서는 그래핀 나노복합체료를 기능성 물질을 이용한 그래파이트의 물리적 박리(exfoliation)를 통해 간단하게 제조하였다. 폴리아닐린, 폴리피롤과 같은 전도성 고분자를 포함해서, 소수성기를 포함한 수용성 합성 고분자 등을 이용해서 성공적으로 박리된 그래핀 복합체를 제조할 수 있었다. 순환 전압 전류법과 충방전 실험을 통해 해당 그래핀 나노복합체재료의 전기화학적 특성을 체계적으로 연구하였다. 결과적으로 해당 소재를 전극 물질로 이용한 플렉시블 커패시터 셀을 제조할 수 있었고, 높은 전기용량과 뛰어난 수명 안정성을 구현할 수 있었다.

2. 실험

2.1 전도성 고분자/그래핀 나노복합체 제조

수용액 상에서 전도성 고분자 폴리피롤 나노입자를 이용하여 그래파이트를 박리시킴으로써 독특한 3차원적 구조의 폴리피롤 나노입자/그래핀 나노하이브리드(nanohybrid)를 성공적으로 제조하였다. 물리적 방법을 이용하여 GPPys 나노하이브리드를 제조함으로써 그래핀의 주요 물성 손상을 최소화 하였고, 이는 라만 분광분석법 등을 통해 확인되었다. 폴리피롤 나노입자 크기와 함량을 변수로 두고 GPPys 나노하이브리드의 전기화학적 특성을 체계적으로 조사하였다.

2.2 수용성 고분자/그래핀 나노복합체 제조

수용액 상에서 중합된 안정제들을 이용하여 그래핀 제조를 위한 하향식 물리적 접근 방식을 제시한다. 폴리비닐알코올과 텍스트란과 같은 수용성 고분자 물질을 기본으로 하여 그래핀과 부분적으로 비슷한 구조를 갖는 페닐과 파이레닐 관능기 결사를 부착을 통해 4개의 다른 고분자를 합성하였다. 그래파이트로부터 그래핀을 박리하는 합성 고분자의 성능은 체계적으로 분석되었다. 수용액상에서 초음파 분산을 이용한 그래파이트의 간단한 분산은 원심분리 이후에도 안정한 그래핀 분산액 수득을 가능하게 하였다. 특히, 페닐 폴리비닐알코올은 10 중량%의 농도에서 46.7%의 bilayer 그래핀, 26.7%의 3-4 layer 그래핀을 생산하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 전도성 고분자/그래핀 나노복합체 제조

그래파이트 대비 폴리피롤 나노 입자 무게비가 8이었을 때, 산화환원 거동, 전하이동 저항 및 전기용량 측면에서 가장 우수한 전기화학적 성능을 나타내었고, 이는 하이브리드 전극 소재 및 3차원적 구조적 특성에 기인한 것으로 판단된다. 또한 해당 나노하이브리드 전극의 충전밀도는 나노입자의 함량에 따라 조절 가능하기 때문에 높은 부피당 커패시턴스(volumetric capacitance) 구현이 가능할 것으로 판단된다. 최종적으로 제조된 나노하이브리드를 전극 소재로 이용하여, 유전 한 전고체(all-solid-state) 전기화학적 커패시터 셀은 최대 전력밀도가 3.2 kW/kg 일 때, 8.4 Wh/kg 의 최대 에너지 밀도 값을 나타내었고, 기계적 변형 하에서도 우수한 성능 안정성을 나타내었다.

3.2 수용성 고분자/그래핀 나노복합체 제조

밀도 함수 이론 및 MMFF94 계산 도구를 사용하여 용액상에서 그래핀과 고분자 사이의 반응성에 대한 이해를 통해 심층된 연구결과를 도출할 수 있었다. 흔히 말하는 환원된 그래핀 옥사이드와는 대조적으로, 합성된 고분자를 이용한 물리적 방법은 수용액상에서 탄소 결합의 파괴 없이, 그래파이트로부터 그래핀을 효과적으로 박리할 수 있게 하였다. 마지막으로, 그래핀/고분자 수용액의 응용 가능성은 하이드로젤의 합성을 통해 성공적으로 증명되었다. 본 연구를 통해 고분자와 관능기의 적절한 조합을 통해 층수와 크기 제어가 된 그래핀을 수용액 상에서 물리적 방법을 통해 원활하게 제조할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- (1) Y. Lee, H. Choi, M. -S. Kim, S. Noh, K. -J. Ahn, K. Im, O. S. Kwon, H. Yoon, *Sci. Rep.*, 2012, 6, 19761.
- (2) H. W. Shim, K. -J. Ahn, K. Im, S. Noh, M. -S. Kim, Y. Lee, H. Choi, H. Yoon, *Macromolecules*, 2015, 48, 6628.

분리판 물질과 형상에 따른 고체산화물 연료전지 스택의 열적 거동 수치해석

이상혁^{1,2}, 박만수¹, 김형철¹, 윤경중¹, 손지원¹, 이종호¹, 김병국¹, 최원준², 홍종섭^{1*}

Numerical analysis of the effect of interconnects' materials and geometry on heat transfer mechanism of solid oxide fuel cell stacks

S. Lee, M. Park, H. Kim, K.J. Yoon, J.W. Son, J.H. Lee, B.K. Kim, W. Choi, J. Hong*

한국과학기술연구원 고온에너지재료연구센터¹, 고려대학교 기계공학과²**Key Words** : Solid oxide fuel cells, 3D model, Electrochemistry, Thermo-fluid dynamics

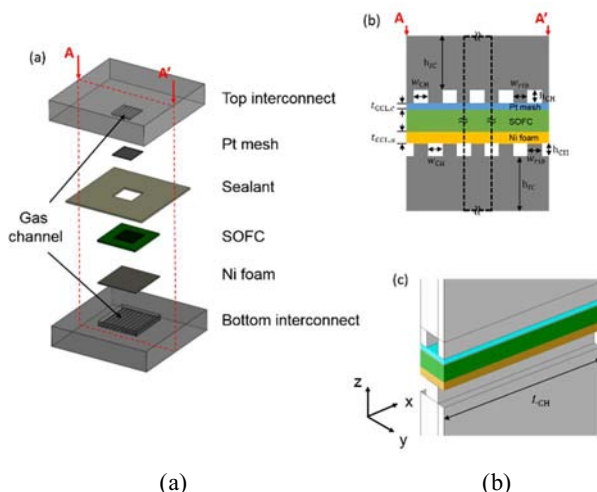
1. 서 론

고체산화물 연료전지(SOFC)는 높은 에너지 변환효율과 적은 설치 면적을 가지고 있어 분산 발전용 전력공급원으로 많이 연구가 되고 있다. 발전 시스템으로 이용하기 위해서는 대면적의 단전지를 적층하는 스택구조를 이루어야 하며, 이를 위해 금속 분리판이 활용되고 있다. 금속은 높은 전자전도도를 가지고 있으며, 이는 단전지 간의 직렬연결이 가능하게 해준다. 하지만 금속 물질은 높은 열 전도율 또한 가지는 것이 특징이다. 그러므로 내부의 열적 거동은 분리판의 형상이나 재료의 열적 특성에 의해 결정 될 것이다. 분리판에 의한 열적 거동의 메커니즘을 분석하기 위해 3D 모델링을 이용하였다. 이를 통해 각각 전극에서의 열 흐름 특성을 관찰하였으며, 이에 따라 내부 온도 구배가 어떻게 변하는지 또한 관찰하였다.

2. 3D 모델링

3D 모델은 고체산화물 연료전지 내에서 발생하는 복잡한 물리·화학적 현상을 해석하기 위해 5가지 물리 보존법칙(mass, momentum, species, charge, energy conservation)과 전기화학반응을 적용하였다. 전기화학반응은 기초반응들을 고려하고, 속도 제한 단계(rate-limiting step)를 적용하여, 버틀러 볼머 형식(Butler-Volmer form)의 반응속도 식을 적용하였다. 전산해석은 유한요소법을 적용한 COMSOL Multiphysics v5.2을 이용하였으며, 해석기법은 PARDISO를 사용하였다.

3D 모델에 적용한 형상은 Fig. 1에서 확인 할 수 있다. (c)는 전체 형상에서 반복되는 형상을 쪼개어 반복 경계조건을 적용하여 해석하였다. 모델에 적용한 단전지의 크기는 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 로 유효면적은 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 인 단전지를 모사하였다. 작동조건은 0.5 A/cm^2 인 고정전류 조건에서 진행하였다.

Fig. 1. The schematic illustration (from Lee⁽¹⁾)

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 분리판 열전도율

분리판의 열전도율을 변화 시키며 다양한 매개변수 연구(parametric study)를 진행하였다. 수치해석은 고정 전류조건에서 진행되어 거의 같은 발열량을 보였으나, 내부의 온도 구배는 크게 차이나는 것을 확인하였다(Fig. 2). 이는 분리판을 통한 열전도가 내부의 열을 전달 시키는데 중요한 역할을 하는 것을 확인하였다.

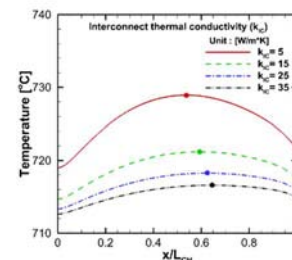


Fig. 2. Electrolyte temperature via thermal conductivity of interconnects

3.2 분리판 두께

분리판은 중요한 열 매개체로서 주로 유동방향으로 열을 전달하는 것을 확인하였다. 그러므로 분리판의 유동방향 단면의 면적을 변화 시키며 결과를 관찰해 보았다. 단면적이 작아지게 되면서 유동방향으로의 전달되는 열저항이 커지므로 온도 구배가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 분리판 두께는 고체산화물 연료전지 시스템의 설치 면적과 부피를 결정하는 주요 인자 이므로, 적절한 디자인 연구가 필요할 것이다.

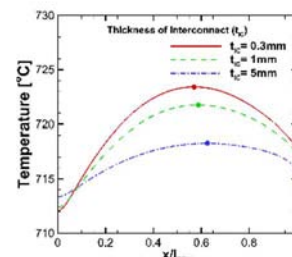


Fig. 3. Electrolyte temperature via thickness of interconnects

참 고 문 헌

- (1) Lee, S., Kim, H., Yoon, K. J., Son, J.W., Lee, J.H., Kim, B.K., Choi, W. and Hong, J., 2016, The effect of fuel utilization on heat and mass transfer within solid oxide fuel cells examined by three-dimensional numerical simulations, International Journal of Heat and Mass Transfer, 97, 77-93.

전기영동을 이용한 양자점 대량 정제

김덕종*, 임호섭

Large-scale Electrophoretic Purification of Quantum Dots

D. Kim*, H. Lim

한국기계연구원 나노역학연구실

Key Words : Quantum dot, Purification, Continuous flow, Electrophoresis, Scale up

참 고 문 헌

1. 서 론

반도체 양자점은 지름이 2-10 nm 크기인 반도체 결정으로 양자구속효과에 의해 크기에 따라 광학적, 전기적 특성이 변화하기 때문에 디스플레이, 태양전지, 바이오 표시자 등에 적용되어 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있다.¹⁻²

양자점은 보통 용액 내 화학적 합성 공정을 통해 만들게 되는데 합성 과정에 투입되었다가 반응이 완료되지 않은 반응물들은 불순물로 남아 양자점의 특성을 저하시키는 것으로 알려져 있다.³⁻⁵ 이러한 불순물을 제거하기 위하여 기존에는 합성 원액 내의 양자점을 인위적으로 침전시킨 후 이를 모아 용매에 재분산하는 과정을 수차례 반복하는 정제 과정을 거쳤다.⁶ 이러한 방법은 반복 과정에서 다량의 유기 용매가 버려지므로 환경친화적이지 않고, 작업자에 따른 결과의 차이가 커서 산업적으로 활용될 만한 균일한 품질의 양자점을 대량으로 확보하기에는 어려움이 있었다. 기존 방법의 문제점을 해결하고자 본 연구팀에서는 합성 원액으로부터 원하는 용매로 나노입자를 전기영동 방법으로 이동시키는 방법을 제안하여 가능성을 보인 바 있으나 투입된 나노입자 전부를 정제하기는 어려운 실정이었다.⁷

이에 본 연구에서는 대량의 양자점을 보다 높은 수율로 정제하는데 적합한 기술을 개발하였다. 즉, 양자점 합성 원액이 통과하는 유로 내부에 다공성 전극을 설치하여 전기영동 방법으로 양자점을 다공성 전극 표면에 부착시킨 후 원하는 용매 흐름에 재분산하여 결과적으로는 불순물 없는 양자점 분산액을 연속적으로 얻을 수 있는 방식이다. 이 방식을 사용하게 되면 유기 용매 소모를 최소화하여 친환경적이고, 연속방식이라 대량의 합성 원액에 신속히 대응 가능하며, 공정 전반의 자동화가 용이하여 향후 양자점의 산업적 활용에 있어 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 여기서는 미세유체 칩보다는 확장된 규모의 장치를 이용한 연속정제 기술 가능성 확인 실험 내용 및 향후 발전 방향에 대해 간략히 논의하고자 한다.

- (1) A. P. Alivisatos, W. Gu and C. Larabell, *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, 2010, 7, 55-76.
- (2) A. Nozik, *Physica E*, 2002, 14, 115-120.
- (3) S. Jeong, M. Achermann, J. Nanda, S. Ivanov, V. I. Klimov and J. A. Hollingsworth, *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, 127, 10126-10127.
- (4) W. C. Chan and S. Nie, *Science*, 1998, 281, 2016-2018.
- (5) H. T. Uyeda, I. L. Medintz, J. K. Jaiswal, S. M. Simon and H. Mattoussi, *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, 127, 3870-3878.
- (6) C. Murray, D. J. Norris and M. G. Bawendi, *J. Am. Chem. Soc.*, 1993, 115, 8706 - 8715.
- (7) D. Kim, H. K. Park, H. Choi, J. Noh, K. Kim and S. Jeong, *Nanoscale*, 2014, 6, 14467-14472.

그래핀 플레이크-Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 복합재의 열전도도-전기전도도 상관관계서대우¹, 이상훈², 문현아², 박성훈³, 이규형⁴, 김성웅^{2,5}, 최재영⁶, 백승현^{1,5*}The correlation of thermal and electrical conductivities of graphene flake-Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ composites

D.W. Suh, S.H. Lee, H.A. Mun, S.H. Park, K.H. Lee, S.W. Kim, J.Y. Choi, S.H. Baik*

성균관대학교 기계공학부¹, 성균관대학교 에너지과학과², 삼성전자종합기술원³, 강원대학교 나노응용공학과⁴,
성균관대학교 IBS 나노 구조 물리 연구단⁵, 성균관대학교 신소재공학부⁶**Key Words** : Bismuth antimony telluride, Graphene, Thermoelectric, Composites, Lattice thermal conductivity

1. 서 론

용액 공정 기반의 열전물질은 대량 합성 가능 및 나노 사이드로 인한 낮은 격자 열전도도로 인하여 기존의 고체반응 기반 열전물질을 대체할 수 있는 열전소재로써 많은 관심을 받아왔다 [1,2]. 하지만, 나노 사이드로 인해 전자 전송에 방해되는 결정립 경계가 많아지면서 전기전도도 또한 낮아 최종 열전변환 효율 (ZT) 이 낮다는 문제점을 가지고 있었다 [1,2]. 본 발표에서는 마이크로파 기반의 용액 공정으로 합성된 Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 매트릭스에 그래핀 플레이크를 첨가하여 전기전도도는 향상되고 동시에 열전도도는 감소된 열전복합재료 연구 내용에 대하여 소개하고자 한다 [2].

2. 그래핀-Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 열전복합재료 합성

마이크로파 오븐을 이용한 용매열합성 방법에 의하여 Bi₂Te₃와 Sb₂Te₃ 나노구조체로 구성되어 있는 Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 파우더를 합성하였다 [1,2]. 한편, graphite intercalation compound (GIC)에 마이크로파를 조사하여 층간 사이의 intercalated molecule을 빠른 시간안에 가열하여 팽창 시킴으로써, 결함이 적고 전기전도도가 높은 고품질의 expanded graphene (EG) 을 얻어낼 수 있었다 [2]. 위와 같이 얻어낸 p형 열전물질인 Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 와 EG를 볼밀링 공정을 통하여 파우더 상에서 혼합하고, spark plasma sintering (SPS) 공정을 통하여 pellet 형태의 복합체 시편을 준비하였다 [2].

3. 실험 결과 및 고찰

높은 캐리어 농도와 캐리어 이동도를 가지고 있는 그래핀은 복합체의 전기전도성을 향상 시키는데 효율적인 물질로써 많은 주목을 받아왔다 [3,4]. 하지만, 기존의 열전물질 보다 낮은 Seebeck 계수로 인하여 열전소재로의 적용에는 한계가 있어왔다 [5]. 본 연구에서는 최

적량의 EG를 첨가하여 매트릭스의 캐리어 농도 조절 및 이동도를 향상 시킴으로써 Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 열전복합체의 전기전도도를 상온에서 효율적으로 향상시킬 수 있었다 [2]. 또한, 소량의 그래핀 첨가는 그래핀 본래의 높은 열전도도에도 불구하고, 복합체 내에서는 물질상 경계면에서의 포논 산란을 효율적으로 유도하여 격자열전도도를 감소시킬 수 있었다. 이에 따라 최종적으로 EG 첨가를 통하여 Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃ 매트릭스의 ZT 를 향상시킬 수 있었다 [2]. 본 연구를 통하여, 2차원 형태의 그래핀 소재가 열전 소재의 성능 향상을 위한 효율적인 첨가 물질이 될 수 있다는 것을 실험적, 이론적으로 입증하였다 [2].

참 고 문 헌

- (1) Mehta, R.J., Zhang, Y., Karthik, C., Singh, B., Siegel, R.W., Borca-Tasciuc, T., Ramanath, G., 2012, A new class of doped nanobulk high-figure-of-merit thermoelectrics by scalable bottom-up assembly, *Nat. Mater.*, 11, 233~240.
- (2) Suh, D.W., Lee, S.H., Mun, H.A., Park, S.H., Lee, K.H., Kim, S.W., Choi, J.Y., Baik, S.H., 2015, Enhanced thermoelectric performance of Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te₃-expanded graphene composites by simultaneous modulation of electronic and thermal carrier transport, *Nano Energy*, 13, 67~76.
- (3) Hong, S.H., Kim, E.S., Kim, W.Y., Jeon, S.J., Lim, S.C., Kim, K.H., Lee, H.J., Hyun, S.M., Kim, D.J., Choi, J.Y., Lee, Y.H., Baik, S.H., 2012, A hybridized graphene carrier highway for enhanced thermoelectric power generation, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 14, 13527~13531.
- (4) Kim, K.S., Zhao, Y., Jang, H., Lee, S.Y., Kim, J.M., Kim, K.S., Ahn, J.H., Choi, J.Y., Hong, B.H., 2009, Large-scale pattern growth of graphene films for stretchable transparent electrodes, *Nature*, 457, 706~710.
- (5) Xu, Y., Li, Z., Duan, W., 2014, Thermal and thermoelectric properties of graphene, *Small*, 10, 2182~2199.

부식 금속 표면에 대한 레이저 유도 플라즈마 분광분석법 적용 연구

강동찬, 김주한*

Analysis of laser-induced breakdown spectroscopy for metal corrosion surfaces

DongChan Kang, Joohan Kim*

서울과학기술대학교 일반대학원 기계공학과

*Corresponding author: joohankim@seoultech.ac.kr

Key Words : laser-induced breakdown spectroscopy, corrosion, material properties

1. 서론

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy(LIBS)는 레이저 조사 시 발생하는 플라즈마를 이용하여 그 재료의 성분을 분석하며 전처리 없이 많은 종류의 원소분석을 동시에 할 수 있으며 단순하며 실시간으로 관찰 할 수 있다는 장점이 있다. 레이저 플라즈마 신호는 파장 스펙트럼으로 나타나며, 이 때 나타나는 스펙트럼은 원소의 에너지 준위에 따라 다르며 피크 파장으로 원자 구성 특성을 파악할 수 있다. 본 기법은 재료를 분석할 때 전처리 없이 많은 종류의 원소분석을 동시에 할 수 있고, 실시간 및 상온 상압에서 재료표면의 깊이방향으로 원소 분포를 측정할 수 있는 장점이 있다. 최근 LIBS 연구 중 기계적 물성 특성 연구가 수행되어지고 있다.¹⁾ 본 연구에서는 LIBS를 이용하여 금속 재료의 표면 부식 특성에 대하여 연구하였으며 본 기법의 장단점을 제시하였다.

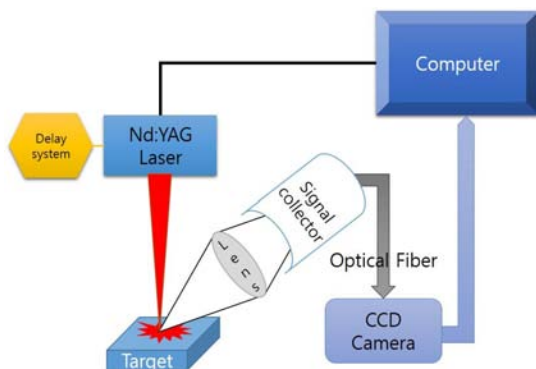


Fig. 1 Laser-induced Breakdown Spectroscopy(LIBS) setup

2. 실험방법

재료는 여러 분야에서 사용되어지고 있는 경량 마그네슘 합금인 AZ91D를 선택하였고, 재료 조성은 Table 1에 나타나있다. AZ91D의 부식특성에 대하여 LIBS를 이용한 스펙트럼 분석을 실시하였다. NaSO₄ 1mol에서 24시간, 건식 24시간을 1사이클로 하여 부식을 실시하였고, 열 충격을 주어 부식을 가속하였다. 열 충격은 진공로에서 재결정 온도인 420℃에서 24시간동안 수행하였다. 기본 시료와 부식된 시료의 LIBS 산소 피크인 777 nm 파장(Fig. 2)으로 분석하였다.

Table 1 AZ91D Chemical Composition (%)

Mg	Al	Mn	Zn	Si	Fe	Cu	Ni
bal.	9.1	0.12	0.74	<0.2	0.005	0.015	0.001

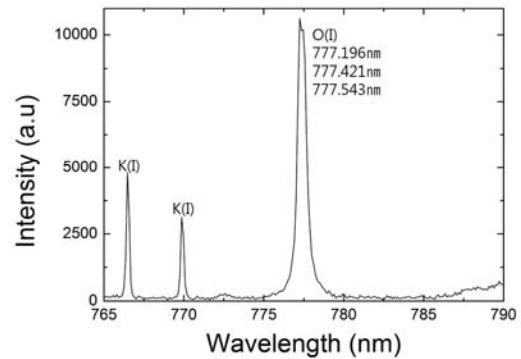


Fig. 2 LIBS spectrum

3. 실험 결과 및 고찰

실험을 통해 레이저 조사 당 약 2μm의 깊이의 부식층 측정이 가능하였다. 부식이 진행된 재료들에 대해서는 약 7μm 정도의 부식층 깊이를 보여 주었다(Fig. 3). 산소 피크의 유무를 통해 부식층의 유무 및 특성에 대한 분석이 가능하였다.

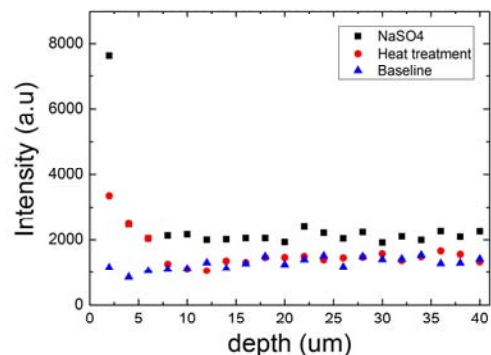


Fig. 3. Peak intensity at 777 nm vs. depth

후기

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2055132).

참고문헌

- (1) Z.A. Abdel-Salam, A.H. Galmed, E. Tognoni, M.A. Harith, 2007, Measurement of stress of Ti6Al4V by laser induced breakdown spectroscopy, Spectrochimica Acta Part B, 62 1343-1347

AMOLED 디스플레이에 사용되는 진동자 이용 Invar합금 펄초 레이저 홀 드릴링 테이퍼 각도 조절에 대한 연구

최원석^{1,2}, 강희신², 안상훈², 김재구^{1,2}, 최지연^{1,2}, 김훈영^{1,2}, 전진우², 황경현², 조성학^{1,2*}

A study of vibration assisted taper angle control in femtosecond laser hole drilling for Invar alloy in AMOLED application
Wonsuk Choi, Heeshin Kang, Sanghoon Ahn, Jaegu Kim, Jiyeon Choi, Hoon-Young Kim, Jin Woo Jeon, Kyoungyun Whang, Sung-Hak Cho*

과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학과¹, 한국기계연구원²

Key Words : Femtosecond laser, Vibration, Taper angle Control, Invar alloy, Hole drilling

1. INTRODUCTION

One of display trends today is development of high pixel density. To get high PPI, a small size of pixel must be developed. RGB pixel is arranged by evaporation process which determines pixel size. Fig. 1. shows RGB evaporation process of AMOLED production. Normally, a fine metal mask (FMM; Invar alloy) has been used for evaporation process and it has advantages such as good strength, and low thermal expansion coefficient at low temperature[1]. A FMM has been manufactured by chemical etching which has limitation to controlling the pattern shape and size. One of alternative method for patterning FMM is laser micromachining. Femtosecond laser is normally considered to improve those disadvantages for laser micromachining process due to such short pulse duration[2,3]. In this paper, a femtosecond laser drilling for thickness of 13 μm FMM is examined. Additionally, we introduce experimental results for controlling taper angle of hole by vibration module adapted in laser hole drilling system.

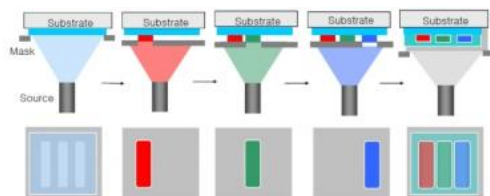


Fig. 1. RGB evaporation process of AMOLED production

2. EXPERIMENTAL SETUP

We used Ti:Sapphire based femtosecond laser with attenuating optics, co-axial illumination, vision system, 3-axis linear stage and vibration module. Fig. 2. shows schematic of vibration assisted femtosecond laser machining system.

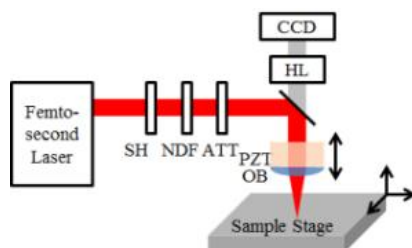


Fig. 2. Schematic of vibration assisted femtosecond laser machining system

3. EXPERIMENTAL RESULT

Fig. 3. shows vibration assisted femtosecond laser hole drilling result. By controlling vibration amplitude, entrance and exit diameters are controllable.

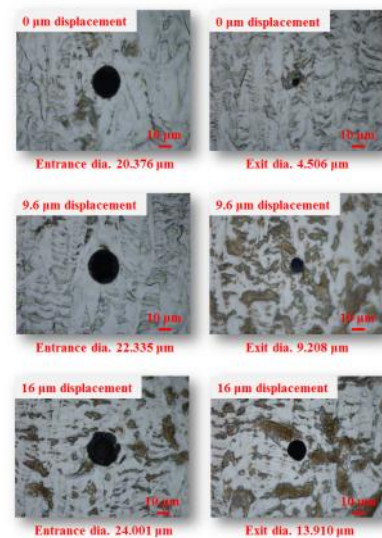


Fig. 3. Experimental result of vibration assisted femtosecond laser hole drilling

Using vibrating objective lens, we can control taper angle when femtosecond laser hole drilling by moving focusing point. The larger amplitude of vibration we control, the smaller taper angle will be carried out.

참 고 문 헌

- (1) F. Ono, Y. Hamatani, Y. Mukumoto, S. Komatsu, N. Ishikawa, Y. Chimi, A. Iwase, T. Kambara, C. Muller, and R. Neumann, 2003, Modification of Fe-Ni Invar alloys by high-energy ion beams, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, vol. 206, pp. 295-298.
- (2) C. Momma, S. Nolte, B.N. Chichkov, F. von Alvensleben, and A. Tunnermann, 1997, Precise laser ablation with ultrashort pulses, Applied Surface Science, vol. 109-110, pp. 15-19.
- (3) B.N. Chichkov, C. Momma, S. Nolte, F. von Alvensleben, and A. Tunnermann, 1996, Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids, Appl. Phys. A: Material Science and Processing, vol. 63, No. 2, pp. 109-115.

펄초 레이저를 이용한 투명전극 가공 깊이 조절에 대한 연구

김훈영^{1,3}, 최원석^{1,3}, 전진우², 조성학^{2,3*}

A study of ablation depth control of transparent electrode using femtosecond laser

H. Y. Kim, W. S. Choi, J. W. Jeon, S.H. Cho*

한국기계연구원 나노공정연구실¹, 한국기계연구원 광응용기계연구실², 과학기술연합대학원대학교(UST) 나노메카트로닉스학과³

Key Words : ablation depth control, transparent electrode, femtosecond laser

1. 서론

정보통신기술이 발전은 다양한 용도의 컴퓨터 기반 시스템과 휴대용 모바일 기기의 개발로 이어지고 있으며, 이에 따른 디스플레이 장치는 사람과 전자기기와 연결을 담당하는 중요한 기능을 하고 있다. ITO는 플랫패널 디스플레이, 터치 패널과 같은 광전자 소자에 쓰이는 투명전도성산화물(TCO) 중 가장 널리 쓰이는 소재로써, 높은 전기전도성과 우수한 투과도를 가지고 있기 때문에 모바일 디스플레이에 크게 주목되고 있다. 광 투과율의 향상과 저항성 축소는 반드시 풀어야 할 숙제로써, 이에 대한 기초연구로 본 연구에서는 ITO 박막의 가공 깊이를 제어하기 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험

실험에 사용된 ITO 박막은 150nm의 두께로 1.1mm두께의 유리 기판 위에 증착되어있으며, 본 연구에서는 1030nm의 중심파장, 30kHz의 반복률, 200fs의 펄스폭과 최대 출력 3.5W를 가지는 펄초 레이저가 사용되었으며, 0.42의 NA값을 갖는 50배율의 Objective lens를 사용하였다. 방출된 레이저 빔은 직선편광을 가지며 빔의 profile은 가우시안 형태를 가진다. 방출된 가우시안 분포를 가지는 빔을 슬릿을 구성하여 통과하도록 하였으며 사각형 모양을 갖는 quasi-flat top 형태로 셰이핑 하였다. 셰이핑 된 빔을 이용하여 가공 깊이를 제어하는 실험을 수행하였으며, 얻어진 가공 실험 결과 특성의 측정을 위하여 광학현미경, AFM, EDS를 이용하였다. 실험장치의 구성도를 Fig.1에 나타내었다.

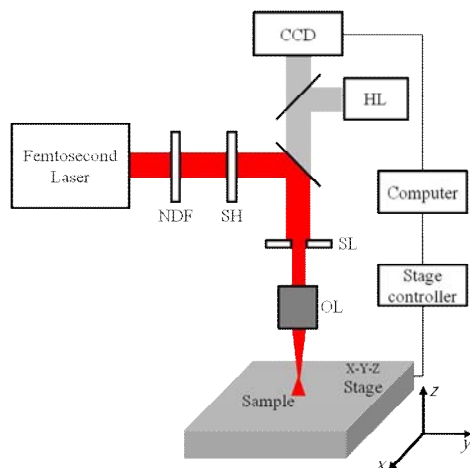


Fig. 1. Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

슬릿을 통과한 quasi-flat top 빔을 이용하여 유리 기판 위에 증착되어 있는 ITO의 가공 깊이를 제어하기 위하여 펄스의 수를 늘려가며 실험을 수행하였다. $2.8\text{TW}/\text{cm}^2$ 로 인텐시티를 고정하여 실험을 진행하였으며, 펄스 수를 조절하여 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 의 크기로 가공된 결과의 광학현미경 사진과 AFM 측면 profile을 Fig.2(a)-(d)에 나타내었다.

가공이 시작되는 펄스 수 1발부터 선택적 가공이 이루어진다고 예측되는 6발까지 펄스 수 조절을 하여 실험을 수행하였으며, Fig.2(a)-(d)는 각각 1shot, 2shot, 3shot, 6shot의 결과를 나타낸다. 실험 결과, 가공된 ITO박막의 깊이는 상이한 차이가 있었으며, 1shot부터 6shot까지 펄스 수를 달리 하였을 때, 각각 얻어진 ITO 박막의 가공 깊이는 (a) $36 \pm 0.5\text{nm}$ (b) $79 \pm 0.5\text{nm}$ (c) $110 \pm 0.5\text{nm}$ (d) $150 \pm \text{nm}$ 로 점점 깊어짐을 AFM측정을 통해 알 수 있었고, 깊이의 변화로 보아 약 40nm급의 가공 깊이 조절이 가능함을 확인 할 수 있었다.

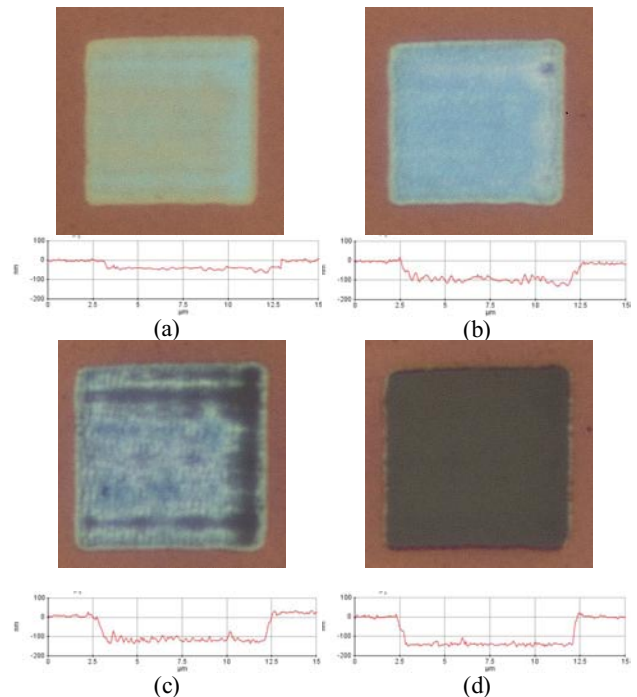


Fig. 2. Optical microscope images and AFM cross-sectional graph of ablated ITO films by pulse number : (a) 1shot (b) 2shot (c) 3shot (d) 6shot

패턴 가공 깊이 조절이 어려운 가우시안 분포를 가지는 빔을 슬릿 빔 셰이핑 기술을 사용하여 가공 깊이 조절에 대한 연구를 진행하였다. 펄초 레이저를 이용하여 ITO glass에 대해 선택적 가공을 수행하였으며, Display device에 접목가능한 사각 패턴을 구성하였다. 실험 결과, 40nm급의 가공 깊이를 제어가 가능함을 확인하였으며, 본 연구로 얻어진 결과를 토대로 Display에 이용되는 TCO에 대한 응용 연구를 진행하여 핵심요소기술을 확보한다면 산업발전에 큰 보탬이 될 것으로 생각 된다.

참고 문헌

- (1) C. Wang, H. Wang, C. Luo, J. Leu, 2012, *Anisotropic optical transmission of femtosecond laser induced periodic surface nanostructures on indium-tin-oxide films*, Appl. Phys. Lett., 101, pp. 1~4

관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 표면처리를 통한 극성 분자의 여과

한의돈, 김병희, 서영호*

Filtration of polar molecule using surface treated thru-hole nanoporous alumina filter

E. D. Han, B. H. Kim, Y. H. Seo*

강원대학교 기계융합공학과

Key Words : Thru-hole nanoporous alumina filter, carboxy-silane, methyl blue, filtration

1. 서론

나노다공성 필터를 이용한 분자의 분리, 여과 또는 정수처리를 위해 나노스케일의 구조는 필수적이며, 나노다공성 필터는 가장 에너지 소모가 적고 효율적인 방법이다. 그 중 나노다공성 알루미늄 필터는 유기 소재 나노다공성 필터보다 높은 균일도와 기계적 강성을 가지며 생체적합성이 뛰어나 다양한 분야에 적용할 수 있다. (1) 나노다공성 필터를 통한 이온 및 분자의 여과를 위해 전기영동의 원리를 이용하거나 엔트로피, 정전기력, 유체역학적 방법 등이 사용되어져 왔다. (2) 이러한 방법들은 비싸고 복잡한 제작 공정을 필요로 하거나 주변장치의 도움을 필요로 한다. 본 연구에서는 알루미늄 양극산화 공정을 통해 관통형 나노다공성 알루미늄 필터를 제작하고 표면처리를 통해 동일한 전하의 극성분자를 전기적 척력으로써 여과하는 새로운 분자 여과 방법을 제안하고 실험을 통해 검증하였다.

2. 제작 및 실험

경면처리된 99.999%의 고순도 알루미늄 기판의 표면을 -5°C , 0.3M의 수산($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 용액에서 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류를 가하여 5분간 1차 알루미늄 양극산화 공정을 수행한 뒤 형성된 알루미늄층을 65°C 의 $\text{H}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$ 용액에서 제거하였다. 1차 알루미늄 양극산화 공정과 동일한 조건을 통해 24시간 동안 2차 알루미늄 양극산화 공정을 수행한 뒤 상온의 $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 용액에서 알루미늄을 제거하였다. 마지막으로 나노다공성 알루미늄층의 막혀있는 장벽층 부분을 35°C , 0.1M의 인산(H_3PO_4) 용액으로 식각하여 관통형 채널 형상을 완성하였다. 제작된 관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 표면처리를 위하여 1mM의 3-(triethoxysilyl)propylsuccinic anhydride (TEPSA)가 용해되어 있는 톨루엔에 담가 자가조립단분자막(self-assembled monolayer)을 형성하였다. 표면처리를 통해 카르복시기 형성된 나노다공성 알루미늄 필터는 극성분자인 메틸블루를 여과하기 위해 상용필터홀더와 주사기에 결합된 후 주사기펌프를 사용하여 $10\mu\text{L}/\text{min}$ 의 유량으로 10mM의 메틸블루 수용액을 이송하였다. 여과된 메틸블루 수용액의 농도는 메틸블루의 최대흡광파장인 600nm에서의 흡광도를 측정하여 계산되었다.

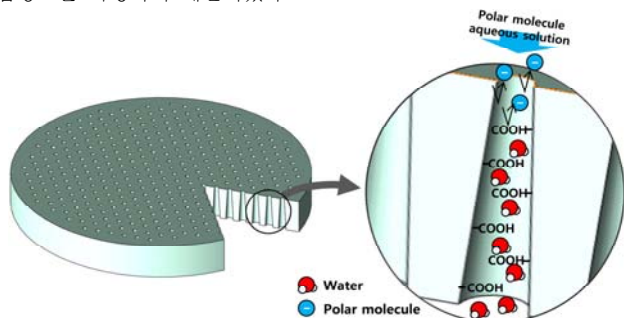


Fig. 1 Schematic of polar molecule filtration principle using surface treated thru-hole nanoporous alumina filter

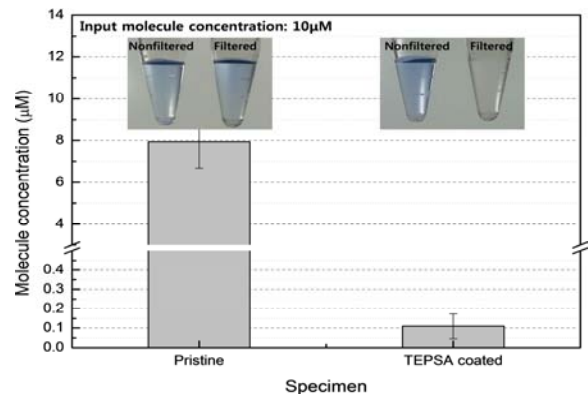


Fig. 2 Molecule concentration change by polar molecule filtration using surface treated thru-hole nanoporous alumina filter

3. 결과 및 토의

Fig. 1은 관통형 나노다공성 알루미늄 필터 표면에 코팅된 카르복시기 의한 극성분자의 여과를 나타내는 개략도이다. 그림과 같이 표면처리를 통해 관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 표면에 형성된 카르복시기는 음전하를 띠고 있으며 음전하를 띠고 있는 극성분자 수용액을 관통형 나노다공성 알루미늄 필터를 통하여 이송시킬 경우 수용액의 극성분자는 전기적 척력에 의해 나노채널 내부로 들어가지 못한다. Fig. 2은 표면처리 전후의 관통형 나노다공성 알루미늄 필터를 통하여 극성분자 여과 실험을 수행한 후 수용액의 몰농도를 비교한 그래프이다. 비처리 상태의 관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 경우 여과된 수용액의 몰농도가 18% 감소한 것을 알 수 있으며 이는 극성분자가 관통형 나노다공성 알루미늄 필터 표면에 흡착하여 발생한 것으로 분석된다. 반면 표면처리된 관통형 나노다공성 알루미늄 필터의 경우 여과된 수용액의 몰농도는 약 99%가 감소함으로써 표면처리를 통해 관통형 나노다공성 알루미늄 표면에 형성된 카르복시기의 전기적척력에 의해 극성분자가 여과되는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 미래융합기술 파이오니어사업(NRF-2012-0009575)으로부터 지원받아 수행되었으며 부분적으로 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No.20134030200240)입니다.

참고문헌

- (1) Stroeve, P., Ileri, N., 2011, *Biotechnical and other applications of nanoporous membranes*, Trends Biotechnol, 29, 259-266.
- (2) Han, J., Fu, J., Schoch, R., 2007, *Molecular sieving using nanofilter: Past, present and future*, Lab chip, 8, 23-33.

세포 파쇄를 위한 나노스파이크 구조가 표면에 형성된 다공성 알루미나 필터 제작 및 특성 평가

이용훈, 한의돈, 장창식, 김병희, 서영호*

Nanospike-integrated porous alumina filter for mechanical cell lysis

Y. H Lee, E. D Han, C. S Jang, B. H Kim, Y. H Seo*

강원대학교 기계융합공학과

Key Words : Cell lysis , Aluminum Anodic Oxidation

1. 서론

세포 파쇄(Cell lysis)란 세포외피 및 세포핵을 파쇄해 세포로부터 DNA와 단백질을 분리하여 분석하기 위한 필요한 과정이다.(1)대표적인 세포 파쇄방법으로 초음파 분쇄기, 균질기, 세포파쇄 용액, 효소를 이용한 파쇄법 등이 사용되고 있다. 하지만 전용 장비가 필요하고 세포파쇄 시간이 길며 세포파쇄를 위해 다양한 약품을 첨가해야 하는 단점을 가지고 있다. 이보다 더 간단하고 효율적인 시스템을 위한 선행연구가 수행되었지만, 필터 간격이 2~6 μm 로 제작된 마이크로 채널로 6 μm 내외의 세포핵 외피 파쇄율은 낮거나 거의 파쇄 되지 않는다.(2) 본 연구에서 세포 파쇄를 위해 나노스파이크 구조가 표면에 형성된 다공성 알루미나 필터를 제작하고 이를 이용하여 단순한 주사기 주입으로 1분 이내에 세포외피 뿐만 아니라 세포핵 까지 제거할 수 있는 기계적 세포 파쇄 다공성 알루미나 필터를 제작하고 성능을 평가 하였다.

2. 제작 및 실험방법

고순도(99.999%)알루미늄 기판 상에 기계연마와 전해연마 공정을 수행하고 -5 $^{\circ}\text{C}$, 0.3M 의 인산(H_3PO_4)용액에서 180V 전류를 가하여 30분간 1차 알루미늄 양극산화 공정을 수행한 뒤 $\text{H}_2\text{CrO}_4+\text{H}_3\text{PO}_4$ 용액에서 식각하였다. 1차와 같은 조건으로 2차 알루미늄 양극산화 공정을 수행 해 알루미나 층을 성장시킨 후 35 $^{\circ}\text{C}$, 0.1M의 인산(H_3PO_4)용액으로 2시간동안 와이드닝 하였다. 3차 알루미늄 양극산화 공정을 40시간 수행하여 80 μm 두께의 필터를 제작하였고 불필요해진 알루미늄 층은 $\text{HCl}+\text{H}_2\text{O}+\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 를 통해 제거하였다. 마지막으로 알루미나 층의 막혀 있는 장벽층을 35 $^{\circ}\text{C}$, 0.1M의 인산(H_3PO_4)용액으로 식각하여 관통형 채널을 완성하였다. 만들어진 나노스파이크 일체형 나노다공성 필터를 결합한 필터홀더에 주사기를 연결한 후 쥐 섬유아세포(NIH3T3) $1\times 10^6/\text{mL}$ 가 포함된 완충 용액을 공압(5bar)을 가하여 이송시켜 세포를 파쇄 한 후 용출된 용액으로 부터 DNA는 260nm에서 빛을 흡수하는 특징과, 단백질은 쿠마시블루 시약으로 염색해 595nm에서 빛을 흡수하는 특징을 이용하여 분광 광도계로 측정하였다.

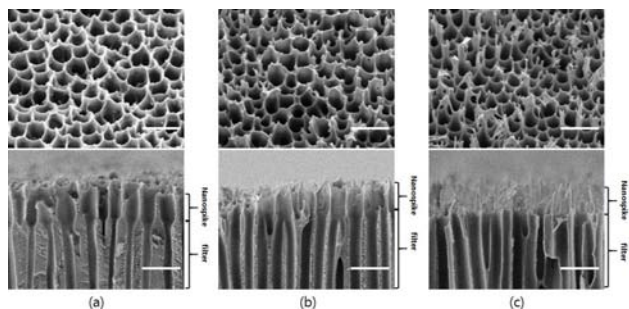


Fig. 1 SEM images of nanospike-integrated porous alumina filter (Scale bar 1 μm); (a) 70nm wall, (b) 50nm wall, (c) 30nm nanospikes

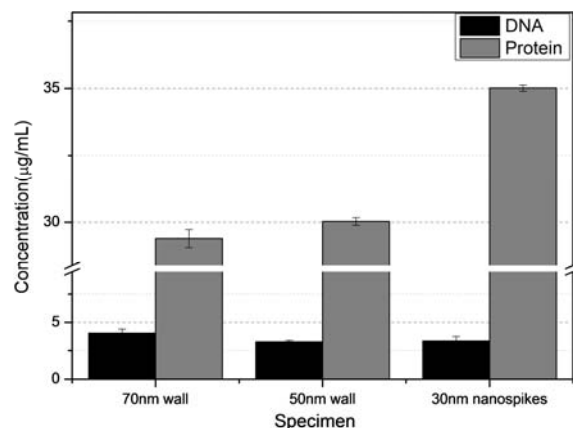


Fig. 2 DNA and protein concentration lysate after cell lysis

3. 실험 결과 및 고찰

Fig.1 은 다단계 알루미늄 양극산화공정을 통한 나노스파이크 일체형 나노다공성 필터의 전자현미경 사진이다. Fig .1(a) 와 (b)는 각각 70,50nm 의 벽 두께를 갖는 형상이며 Fig .1(c) 는 벽이 제거되고 나노스파이크 형상을 갖는 모습이다. Fig .2 는 나노스파이크 일체형 나노다공성 필터로 세포파쇄 후 용출된 용액을 분리하여 분광 광도계로 측정한 결과이며 세포외피 및 세포핵 모두 파쇄하는 것을 확인할 수 있다. DNA와 단백질의 검출을 통해 벽이 얇아지거나 벽이 제거 된 나노스파이크의 형상이 되면 DNA와 단백질 검출량이 많아지는 것을 확인할 수 있는데 이는 벽이 얇아지거나 나노스파이크 형상이 세포외피와 접촉 시 에 세포막에 가하는 집중 하중이 높아지기 때문에 세포 파쇄에 더 효율적이라고 판단된다.

후 기

본 연구는 2014 년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었으며(NRF-2014R1A1A2057692) 또한 부분적으로 2015 년 도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20154030200950)입니다.

참 고 문 헌

- (1) Seung-Ki Baek , Hee-Jung Kim , Min-Jun Hong , Jung-Hwan Park(2008). Wireless induction heating system for cell lysis, The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, 2321-2321(2008)
- (2) Di Carlo, D., Jeong, K.H., and Lee, Reagentless mechanical cell lysis by nanoscale barbs in microchannels for sample preparation, LabChip, vol. 3, pp. 287-291(2003)

나노 기술 경쟁력 지수 개발에 관한 연구

배성훈¹, 신광민¹, 윤진선¹, 김준현¹, 강상규¹, 신민수^{2*}

A Study on Nanotechnology Competitiveness Index Calculation

S. H. Bae, S. K. Shin, Y. S. Yoon, J. H. Kim, S. K. Kang, M. S. Shin*

한국과학기술정보연구원 국가나노기술정책센터¹, 한양대학교 경영대학²

Key Words : Nano, Competitiveness Index, Nanotechnology

1. 서론

나노기술의 영향력은 기술 개발 단계뿐만 아니라 사용 과정에서의 부가되는 영향력도 매우 크기 때문에 이를 반영할 수 있는 평가 방법론이 필요하다. 이를 위해 나노기술 개발 관련 지수의 개발이 필요하며, 이러한 지수를 다양한 국가에 적용함으로써 국가별로 나노기술 개발을 위해 어떤 측면에 더 신경을 써야하는지를 평가할 수 있음은 물론, 세계적인 공조가 필요한 분야가 어떤 분야인지를 판단할 수 있다. 본 연구에서는 과학기술 경쟁력 지수에 관련된 선행 연구 분석을 통해 각 과학기술 경쟁력 지수의 개발 목적 및 운영 현황, 구성 요인 및 개발 방법론에 대해 분석하여 나노기술의 다면적 가치 측정방법을 통한 지수 개발을 연구함과 동시에 나노기술의 발전을 위한 산업, 인프라, 사회경제 등 주요 영역에 대한 지표들을 규명하여 나노기술의 정책 수립에 기여함을 목표로 한다.

2. 나노 지수의 구성 및 산출방법

나노 지수는 나노기술에 관련된 수준에 대한 총체적인 파악과 그 변화 추이를 예측하기 위하여 직접 측정하기 어려운 수량의 변동을 기준 시점 값의 상대 값으로 나타낸 것이다. 그리고 나노기술 발전의 개념에서 이미 논의된 바와 같이 기술적인 의미와 경제적 의미뿐만 아니라 소비자의 생활에도 영향을 미치는 사회적 의미까지 내포하고 있다.

나노 지수의 하위지수와 세부지표는 개발되어 있는 지수가 없기 때문에 앞서 유사한 목적의 지수들의 선행연구를 진행하였고, 해당 지수들인 과학기술 분야의 디지털지수(DOI), 네트워크준비지수(NRI), ICT 발전지수(IDI) 등 과학기술 경쟁력 지수들의 공통된 하위지수들을 추출하여 인프라(Infrastructure)와 산업(Industry)을 하위지수로 선정하였다. 나노와 유사한 일반목적의 녹색산업 기술경쟁력 지수, 방송통신 발전지수, 부품·소재산업 경쟁력 지수, 부품·소재 기술성숙도(TRL) 평가지표, 기술 수준 평가지수, 해양바이오 연구 동향 보고서의 하위지수 및 지표를 추출하여 기술(Technology), 사회경제(Socioeconomy) 부문을 선정하였다.

본 연구에서 사용한 가중치 부여 방법은 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방식으로, 상대적 중요성을 측정하기 위해 나노 관련 분야에 종사하고 있는 전문가들을 대상으로 각 평가요인별 지표의 우선순위와 가중치를 도출하였다.

Table. 1 Nano Index

sub Index	Detail index			
Technology	Research activation level	Nano-paper activity	Revitalization of the investment	Nano-technology investment ratio (In National technology development investment)
		Impact of Nano paper		Nano-technology investment ratio (In National & Private technology development investment)
		Research level of Nano paper		
	Impact of Patent	Number of Nano triad Patent Families	Market share	World market share
		Impact of Nano triad Patent Families		
	Commercialization	Number of Commercialization		
Infra	Human resources level	Number of Researcher	Level of using nano technology	Activation level of consumer product
		Number of high-quality HRD		Usability concentration
	Level of agencies	Number of Enterprise	Nanotechnology level fusion	Level of Industry convergence capabilities
		Number of Fab		
	Level of Education	Number of University	Level of Nano EHS	Environmental Concentration
		Number of Government-funded research		Safety concentration

Table 2 Weighting results (ranks and weights)

First dimension		Secondary dimension		
Rank(weight)			Rank	weight
Technology	1 (0.661)	Nano-paper activity	3	0.193
		Impact of Nano paper	4	0.172
		Research level of Nano paper	2	0.209
		Number of Nano triad Patent Families	1	0.270
		Impact of Nano triad Patent Families	5	0.156
Infra	2 (0.163)	Number of Enterprise	1	0.744
		Number of Fab	2	0.256
Industry	3 (0.109)	World market share	3	0.155
		Nano-technology investment ratio (In National technology development investment)	1	0.536
		Nano-technology investment ratio (In National & Private technology development investment)	2	0.309
Social & Economic	4 (0.067)	Activation level of consumer product	3	0.206
		Usability concentration	4	0.184
		Safety concentration	1	0.230
		Environmental Concentration	5	0.161
		Level of Industry convergence capabilities	2	0.219

3. 결론: 활용 방안 및 향후 과제

본 연구에서는 가능한 한 객관적 자료수집이 가능한 지표를 활용하고자 노력하였다. 그러나 한 국가의 수준을 측정하는데 양적 지표만으로 충분하지 않기 때문에 질적 지표도 포함되어야 한다. 이 때 질적 지표의 값을 객관적으로 측정할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이다.

나노 지수는 우리가 국제사회에서 선도모형 역할을 하는 부분도 있겠지만, 다른 국가의 경험과 제도를 배워오는 기회로도 삼아야 할 것이다. 융합으로 인해 나노기술의 복잡성이 매우 급속히 증대되는 환경에서 국내 및 국제적으로 나노기술의 발전정도를 측정하는 지수의 개발은 상당히 중장기적인 시간프레임 하에 나노기술 관련 정책과 국제협력정책, 그리고 이용자 조사관련 정책간의 긴밀한 협의 하에 진행되어야 할 것이다.

따라서 한 나라 나노기술의 수준을 올바르게 측정하고, 비교하기 위해서는 다양한 측면에서 종합적이고 객관적인 방법으로 측정하고, 체계적으로 지수화 할 수 있는 방법에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다. 결국, 어떠한 정보화 지수모델 및 지표라도 한계점을 갖고 있기 때문에 각기 처한 상황에 따라 적합한 정보화지표를 선택하여 활용해야 할 것이다.

참고 문헌

- (1) NNPC., 2014, 2014 Nanotechnology Patents No. 13.
- (2) Nano Statistics., Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. <http://statnano.com/>.
- (3) NANOWERK., 2014 www.nanowerk.com.
- (4) Project on Emerging Nanotechnologies., <http://www.nanotechproject.org/cpi/>
- (5) Thomson Reuters., <http://apps.webofknowledge.com/>
- (6) UNESCO, 2014, www.data.uis.unesco.org

써멧 나노구조의 활용을 통한 고효율 연료전지 성능 향상에 관한 연구

안지환*

Study on the Fabrication of High-Efficiency SOFC with Nanostructures

J. An*

서울과학기술대학교 생산시스템설계(MSDE) 전공

Key Words : SOFC, Nanostructure, Energy Conversion

1. 서론

저온 구동 SOFC(구동온도 <500°C)는 기존 고온 구동 SOFC와 비교했을 때 열적 안정성 및 물질 선택의 자유도가 높아 차세대 휴대용 전원으로서의 활용도가 높다. 그러나 저온 구동 SOFC는 상대적으로 효율 및 성능이 낮다는 문제점이 있다. 저온 구동 SOFC를 이루고 있는 전해질, 계면, 촉매 등의 파트 제작에 나노구조를 이용하면 효율을 크게 증가시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 저온 구동 SOFC에 써멧(cermet) 나노구조의 활용을 통하여 셀의 효율 및 전력 밀도를 개선하고자 한다.

2. 실험 방법

저온 구동 SOFC는 200-300um의 single crystal 및 polycrystalline YSZ(yttria-stabilized zirconia) 전해질 기판 상에 제작이 되었다. YSZ 기판의 양쪽면은 각각 연료극 및 공기극으로서 스퍼터링 증착법을 이용하여 약 80-100nm 두께의 다공성 백금이 증착되었다. 써멧 나노구조를 가진 박막은 원자층 증착법(ALD)을 이용하여 전해질과 공기극 백금 사이의 계면에 삽입되었다. 써멧 구조의 열적 안정성을 평가하기 위하여 2시간 구동후 AFM 표면 측정을 시행하였다. 성능 평가는 potentiostat을 이용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

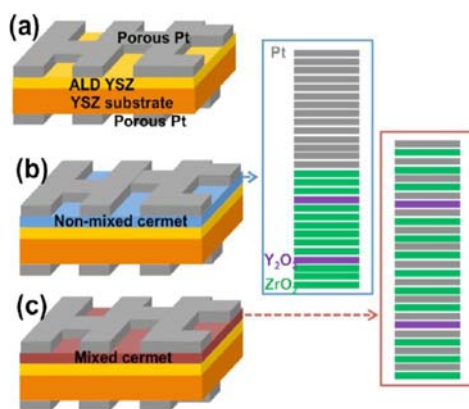


Fig. 1 Schematics of the samples w/ and w/o cermet interlayers: (a) w/o interlayer, (b) w/ non-mixed interlayer, and (c) w/ mixed interlayer (Reprinted from Ref.1)

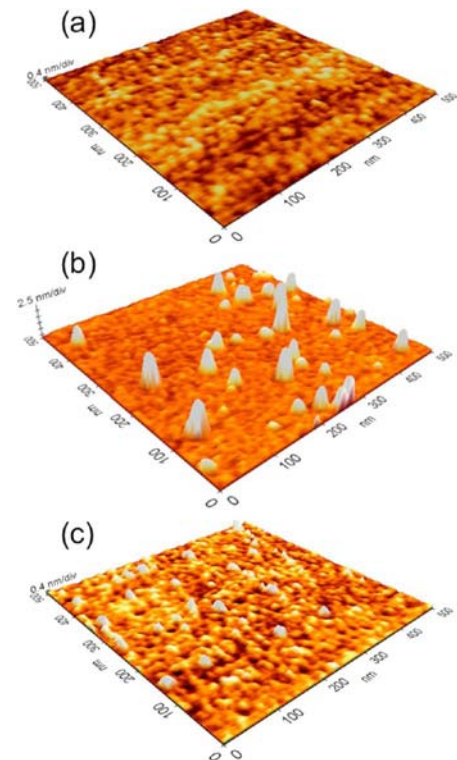


Fig. 2 AFM images of the samples w/ and w/o cermet interlayers after 2hrs of operation at 450°C: (a) w/o interlayer, (b) w/ non-mixed interlayer, and (c) w/ mixed interlayer (Reprinted from Ref.1)

Fig. 1과 같이 써멧 중간층이 없는 샘플(a), 섞이지 않은 써멧 중간층이 삽입된 샘플(b), 섞인 써멧 중간층이 삽입된 샘플이 제작되었다. 세라믹 물질인 YSZ와 금속 물질인 Pt의 ALD 공정 상에서의 섞임의 정도는 ALD YSZ 및 ALD Pt의 개별 사이클의 순서를 조절함으로써 조정되었다.(Fig.1) 이렇게 제작된 써멧 중간층 샘플들은 450°C에서 2시간 동안 셀을 구동후 AFM을 이용하여 표면 측정을 하였을 때, Fig.2와 같이 매우 다른 표면 상태를 나타냈다. 섞인 써멧 중간층은 섞이지 않은 써멧 중간층보다 우수한 열적 안정성을 나타냈다. 전류-전압 평가에서도 섞인 써멧 중간층이 삽입된 셀이 섞이지 않은 중간층이 삽입된 셀 및 써멧 중간층이 삽입되지 않은 셀에 비하여 최대 2.7배 우수한 전력 밀도를 나타내었다.

참고 문헌

- (1) An, J. et al., 2012, Enhanced Enhancing Charge Transfer Kinetics by Nanoscale Catalytic Cermet Interlayer, ACS Appl. Mater. Interfaces, 4, 6790-6795.

나노 입자를 이용한 피커링 에멀전의 유변학적 특징에 대한 수치해석 연구

최세빈, 이준상*

Numerical study for rheological characteristics of Pickering emulsion stabilized by nanoparticles

S. B. Choi. and J. S. Lee*

연세대학교 기계공학부

Key Words : Nanoparticle, Pickering emulsion, Rheology, Lattice Boltzmann method

1. 서론

피커링 에멀전(Pickering emulsion)은 기존 에멀전에서 사용하는 계면활성제 대신 나노 입자(Nanoparticle)를 이용하여 서로 섞이지 않는 두 유체를 혼합한 시스템을 일컫는다. 이 때 나노 입자는 두 유체의 계면에 위치하여 서로간의 인력으로 밀집하게 되고 이것은 안정적인 시스템을 가능하게 한다. 계면을 모두 덮을 만큼 충분한 양의 나노 입자 농도에서 액적은 기존의 액적과는 다른 독특한 물리적 현상을 보여주는데 그 중 하나가 두 액적의 융합 시 발생하는 비등방성 형태(Anisotropic shape)이다. 액적의 비등방성 형태 형성은 실험을 통해 많이 관찰되어 왔지만 시뮬레이션을 통해서도 나노 스케일과 마이크로 스케일을 모두 사용하는 멀티스케일 기법을 이용하여야 하기 때문에 많은 연구가 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 액적 계면에서 나노 입자 농도 변화를 시각화하고 액적의 비등방성 융합 현상을 구현하였다.

2. 시뮬레이션

2.1. 3차원 격자 볼츠만 모델

$$f_i(\mathbf{x} + \mathbf{c}_i \delta_t, t + \delta_t) - f_i(\mathbf{x}, t) = -\frac{1}{\tau} [f_i(\mathbf{x}, t) - f_i^{eq}(\mathbf{x})] \quad (1)$$

여기서 f 는 단일 입자 분포함수이고, $\mathbf{c}_i$ 는 입자의 속도, i 는 방향, τ 는 충돌에 의한 완화시간, f^{eq} 는 평형분포함수를 나타낸다. 식(1)의 우변은 충돌 연산자에 의한 입자의 충돌 과정을 나타내고, 좌변은 입자의 이류과정을 나타낸다. 식(1)의 평형 분포함수 f^{eq} 는 다음과 같이 표현된다.

2.2. 나노 입자 대류-확산 방정식

$$\partial_t \Gamma + \nabla_s \cdot (u_s \Gamma) + k \Gamma u_n = D_s \nabla^2 \Gamma \quad (2)$$

여기서 Γ 는 나노입자 밀도이고, u_s 는 접선 속도, u_n 은 수직 속도, k 는 곡률, D_s 는 확산 계수를 나타낸다.

3. 실험 결과 및 고찰

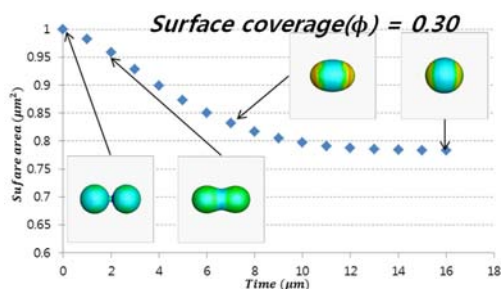
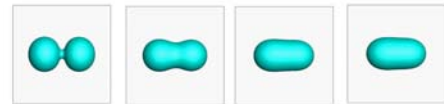
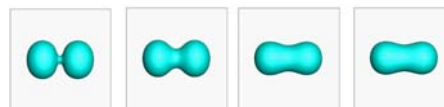
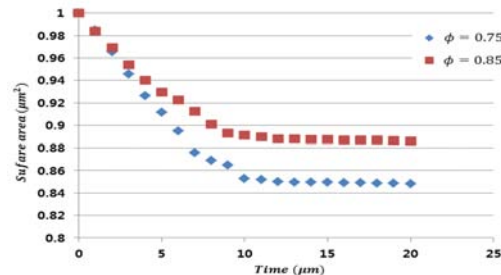


Fig. 1. Surface area change along the time evolution

Surface coverage (ϕ) = 0.75(a) Elliptic-shaped coalesced Pickering droplets at $\phi = 0.75$ Surface coverage (ϕ) = 0.85(b) Dumbbell-shaped coalesced Pickering droplets at $\phi = 0.85$ 

(c) AE RMS at spindle speed 70,000rpm and feed 140mm/min

Fig. 2. Arrested coalescence in different surface coverages

Fig. 1에서 완전히 융합된 이후에도 계면에서의 나노 입자는 작은 확산계수의 영향으로 평형상태로 확산되지 않는 것을 확인할 수 있다. 표면적은 시간이 흐름에 따라 감소하여 $78.3 \mu\text{m}^2$ 에서 일정하게 유지된다.

Fig. 2에서 준평형상태에서 surface coverage가 0.75, 0.85일 때 각각 타원형과 아령형태의 액적이 유지되는 것을 확인할 수 있다. 즉, surface coverage가 클수록 평형상태에서의 표면적이 커지게 된다.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (MSIP) (No. 2015R1A5A1037668)

참고문헌

- (1) Amar B. Pawar, Marco Caggioni, Richard W. Hartel and Patrick T. Spicer, 2012, *Arrested coalescence of viscoelastic droplets with internal microstructure*, Faraday Discuss., 158, 341.
- (2) Amar B. Pawar, Marco Caggioni, Roja Ergun, Richard W. Hartel and Patrick T. Spicer, 2011, *Arrested coalescence in Pickering emulsions*, Soft Matter, 7, 7710.

분자동역학을 이용한 액체, 고체, 기체, 세 가지 상이 만나는 contact line force에 대한 연구

윤홍민, 이해곤, 이준상*

Molecular dynamics study of the contact line force of gas/liquid/solid three-phase boundary zone

H. M. Yoon, H. G. Lee, J. S. Lee*

연세대학교 기계공학부

Key Words : Molecular dynamics, Contact line friction, Dynamic wetting, spreading

1. 서론

시스템 내부에 기체, 액체, 고체와 같이 여러 가지 상이 동시에 존재하는 다상 시스템 (multi-phase system)은 에너지 하베스팅, 잉크젯프린팅, 코팅, 셀프클리닝 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 한다. 다상 시스템의 거동을 이해하기 위해서는 세 가지 상이 만나는 경계선 또는 접촉선(contact line)에 대한 연구가 필수적이기 때문에 이와 관련한 연구가 활발하게 진행되고 있다. Fig. 1에 나타난 것과 같은 관련 연구는 크게 접촉선의 움직임, 접촉선 관련 힘, 접촉선 내부의 분자 운동으로 구분이 가능하다. 현재까지 slip, thin film, interface formation과 같은 방식을 적용하여 접촉선의 움직임을 직접적으로 모사하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 이와 같은 직접적인 방식으로는 접촉선의 이동이라는 현상에 대한 모사는 가능하지만, 실제 접촉선 근방에서 발생하는 물리적인 메커니즘에 대한 고려가 이루어지지 않기 때문에 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 분자동역학을 이용하여 접촉선 근방에서의 힘 성분에 대한 계산을 실시하고, 이것과 접촉선의 이동과 접촉선 영역에서 발생하는 분자운동과의 관계를 규명함으로써, 접촉선 이동관련 연구에 대한 물리적 근거를 제시한다.

2. 모델링 방법

시스템은 액체원자와 고체원자로 이루어져 있다. 액체의 직경은 최초로 3.6nm로 구축하였다. 총 2단계의 모델링을 거친다. 1단계에서는 액적과 고체 평판과의 접촉을 제외하고 전체 시스템의 relaxation 단계이다. 2단계에서는 액적에 고체 평판 방향으로의 힘을 적용시킨 후 퍼짐현상을 모사하고, 접촉선 근방에서의 힘성분에 대한 계산을 실시하였다.

Lennard-Jones potential 을 통해서 액체-액체, 액체-고체 원자 간 상호작용을 모사하였다. 시스템의 젖음성을 변화시키기 위해 액체원자-고체원자의 상호작용의 크기를 조절하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

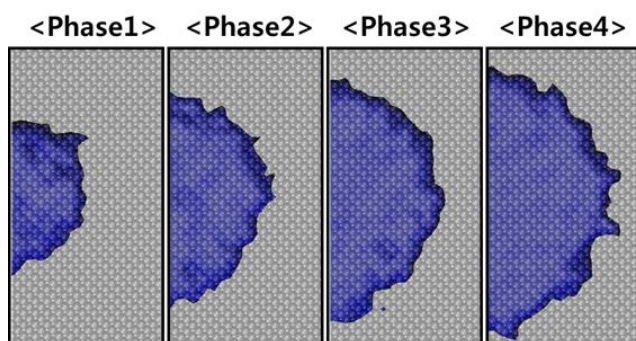


Fig. 1. Location of contact line for 4 spreading stages

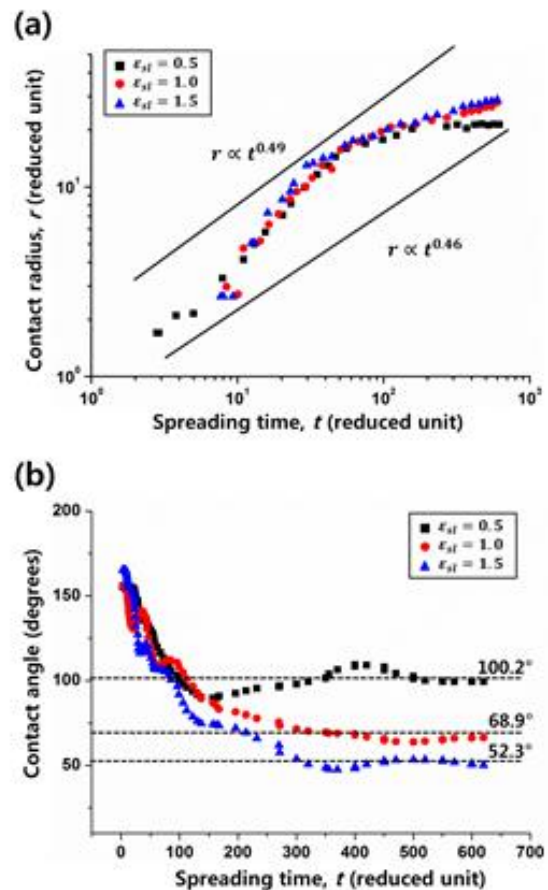


Fig. 2. Variation in (a) contact radius and (b) contact angle

Fig. 1은 고체표면 각 퍼짐 단계에 따른 접촉선의 위치변화를 나타낸 것이다. 퍼짐단계에 따라 퍼짐속도가 점차 변화하게 된다. Fig. 2(a)를 통해 퍼짐의 최종단계에 갈수록 그래프의 기울기가 감소한다. 이는 퍼짐속도가 점차 감소하는 것을 나타낸다. Fig. 2(b)를 통해 액적의 퍼짐 간 접촉각의 변화를 나타내었다. 고체-액체 상호작용의 크기가 증가할수록 접촉각의 크기가 감소한다.

참고 문헌

- (1) Kwon, S. H., Park, J. W., Kim, K. W., Yang, Y. J., Lee, E. K., Han, C. J., Park, S. Y., Lee, J. N., Kim, S. Y., 2014, *An effective energy harvesting method from a natural water motion active transducer*, Energy & Environmental Science, 39, 517~521.

차세대 하이브리드 연삭시스템 개발

최헌종*

Development of Next-generation Hybrid Grinding System

H.Z. Choi*

한국생산기술연구원 IT융합공정연구그룹

Key Words : Ultrasonic Grinding, Grinding machine, Crankshaft multi Grinding, Centerless grinding, Hybrid vertical multi Grinding

1. 서론

최근 정밀 가공 기술의 발전으로 인하여 고정밀, 고성능 장비의 요구는 물론, 가공 효율과 경제성 향상까지 요구되는 추세이다. 이에 전통적인 가공 방식을 탈피하여 특수한 정밀 가공 기법이 연구되고 있으며, 다양한 기술이 복합적으로 적용된 하이브리드 기술에 대한 연구가 주목받고 있다. 본 논문에서는 기존 가공기술 및 장비에 초음파를 적용한 하이브리드 시스템을 개발하여, 연삭 가공기술과 더불어 멀티 휠을 이용한 크랭크샤프트 연삭 가공기, 광폭의 센터리스 연삭 가공기, 수직형 절삭, 연삭 복합 가공기에 대한 기술 개발을 진행하였다.¹⁾

2. 하이브리드 연삭 시스템

본 논문에서는 초음파 연삭 시스템, 크랭크샤프트 연삭시스템, 광폭 센터리스 연삭 시스템, 수직형 멀티 연삭시스템의 네 가지 하이브리드 연삭 시스템에 대한 개발을 진행하였다. 초음파 연삭 시스템 개발을 위해, 3D modeling 과 FEM 해석을 통해 20/40kHz 급 초음파 가진에 적합한 공구 형상을 도출하고, 이를 기반으로 공구를 제작하였다. 초음파 진동은 압전소자를 BLT Type 으로 결합하여 진동 에너지를 발생시켜, 목표 주파수에서 공진할 수 있도록 하는 것이 주요 기술이다. 본 논문에서는 초음파 연삭, 절삭, 드릴링, 드레싱 공구를 설계 제작하였으며 공구 선단에서주파수 20/40kHz 모두 초음파 진동이 발생됨을 확인하였다. 본 연구 결과는 멀티 연삭시스템에 적용되어 가공 성능평가가 수행되었다.^{1,2)}



Fig. 1. Ultrasonic assisted tools

크랭크샤프트 연삭 시스템은 하나의 연삭 휠을 사용하는 시스템에서 두 개의 연삭 휠을 사용하여 연삭 효율을 향상시킨 더블 헤드 시스템으로 현재 두 개의 멀티 휠을 적용한 연삭기 시제품 개발이 완료되어 가공 테스트가 진행된 상태이며, 초음파 기술은 휠의 드레싱 장치에 적용되었다.¹⁾

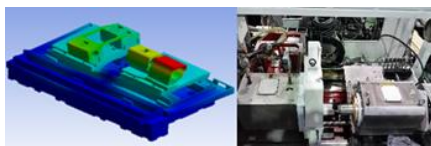


Fig. 2. Crankshaft multi grinding machine

광폭 센터리스 연삭 시스템은 기존 센터리스 연삭 시스템을 스톱 폭을 600mm의 광폭으로 제작하고, 인피드, 트루피드 연삭기 가능한 시스템으로 개선된 시스템이다.¹⁾

캠샤프트 등의 부품 연삭 공정 시 여러 단계의 공정을 하나의 공정으로 압축하는 기술을 적용하였다. 현재 스톱 폭 600mm 급 연삭 시스템을 제작하였고, 800mm 급 장비의 구조 특성 해석 및 설계, 시제품 제작이 완료되어 가공테스트 및 성능평가를 진행하였다.¹⁾



Fig. 3. Centerless grinding machine

수직형 멀티 연삭 시스템은 5축 가공 시스템과 유사한 형태의 수직형 가공 시스템이며 절삭 및 연삭이 동시에 가능하도록 하는 복합 연삭 시스템이다. 주요 제품 타겟은 스피드 기어 등의 자동차 부품이며 현재 절삭 가공 및 연삭 가공이 복합적으로 수행될 수 있는 시스템을 설계, 제작 완료하였다. 향후에는 시스템의 완전 자동화를 구현하며 특히 연삭 시스템에는 초음파 연삭 기술이 접목될 수 있도록 기술 적용을 진행하였다.¹⁾



Fig. 4. Hybrid vertical grinding machine

3. 결론

본 논문에서는 초음파를 이용한 연삭 가공 기술에 대한 연구를 수행하였으며 하이브리드 기술을 적용한 멀티 휠이 적용된 크랭크샤프트, 800mm 까지 대응 가능한 센터리스 연삭 시스템 시제품을 개발하였다. 향후 개발 완료된 하이브리드 연삭 시스템의 사업화 및 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발을 진행 할 예정이다.

참고 문헌

- (1) H.Z. Choi, Development of Nest-generation Hybrid Grinding System, KSMTE.
- (2) Amin, S. G., Ahmed, M. H. M., and Youssef, H.A., Computer-aided design of acoustic horns for ultrasonic machining using finite-element analysis, JMPT, pp. 254-260

고밀도 전자빔 피니싱 장비 및 공정기술개발

강은구*

High Speed Ecological Finishing Process Technology Development of High Density Electron Beam for Precision Machine Parts Processing

E. G. Kang*

한국생산기술연구원 IT융합공정연구그룹

Key Words : Plasma Electron Beam, Metal Surface Heat Treatment, Surface Roughness, Corrosion Resistance, Finishing Process

1. 서 론

본 연구는 기존 열전자 빔 방식의 전자빔 표면피니싱 (표면조도개선, 표면경도개선, 내식성 향상 등)장비의 수명 향상 및 장비의 저가화 등을 목적으로 플라즈마 방식의 전자빔 소스를 비롯하여 전자빔 스캔, 전자빔 집속렌즈 및 진공용 이송스테이지 등의 장비개발과 다양한 메탈 소재의 표면 피니싱 공정을 개발하고 있다.

플라즈마 방식의 전자빔 건은 기존 열 전자빔 건과 다르게 고출력의 전자빔 방출이 가능하고, 전자빔 건의 수명이 더 길며, 저가화가 가능하다는 장점이 있다. 반면 열 전자빔의 안정적이고 균일한 운동 에너지 방출특성에는 못 미치는 단점이 있다. 이러한 플라즈마 건은 세가지 종류의 방전방식이 개발되고 있으며, 그 중 펄스형 아크 방전 방식의 전자빔을 이용한 표면처리 연구결과로 표면조도, 내식성 및 경도향상의 매크로 한 기계적 특성에 대해 보고되고 있다. 반면 본 연구내용과 같은 비정상 글로우 영역에서의 40kV이상의 고밀도 전자빔 기술의 연구는 매우 부족한 상황이다.

전자빔 열처리 공정은 레이저 표면열처리 공정과 열원 측면에서 유사할 것으로 판단되지만, 입자 측면에서 전하를 가지고 소재에 침투하거나, 진공에서 공정이 이루어 지는 등의 차이로 인해 엄밀한 물리적 또는 재료적인 설명은 현재 수준에서 어렵지만 표면경도 특성과 내식성 등에서 많은 차이점이 발생된다.

2. 실험 장비 및 실험결과

비정상 글로우 영역에서의 전자빔의 가속장치 기술은 펄스형 아크 방전기술에 비하여 전원전압의 선택과 전자빔의 제어를 통한 보다 폭은 응용분야의 적용 측면에서 더 유연성이 있을 수 있다. 그러나 비정상 글로우 영역에서 가속전압을 향상 시키는 것은 항상 아크방전을 초래하는 위험한 요소가 있다. 본 연구는 이러한 아크방전을 제거하고 가속전압과 고밀도의 전류를 얻기 위한 기술이 개발되었다.

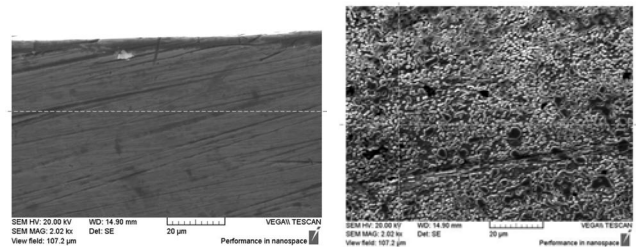
개발된 전자빔 소스를 통하여 메탈소재의 표면피니싱 연구를 진행하였으며, 저탄소강(0.1 w.t%)에서 고탄소강(3 w.t%)에 이르기 까지 경도향상이 2~3배 이상 향상되는 것을 알 수 있었으며, 내식성 향상을 확인 할 수 있었다.

표면 1mm 까지는 표면피니싱 깊이의 제어가 가능하며, 그 이상의 소재 내부는 원소재가 가지고 있는 연성을 그대로 보존하고 있는 특징이 있다. 또한 표면 피니싱 공정 중 변형을 최소화하면서 표면조도를 0.3um 이내 공정이 가능하였다.

Gas		N2, Ar, He etc.
Beam Control Systems		CL/OL lens modules, Scan modules, Shutter modules Alignment modules, Pattern generator etc.
Motion Systems	mm degree degree	310x310x100(linear motion) 360° (Rotational motion) 15° (Tilting motion)



Fig. 1 Photograph of low vacuum high voltage e-beam equipment for metal heat treatment



(a) E-beam treated region (b) No e-beam treated region
Fig. 2 SEM photograph of cross section of SK3 after ebeam processing

후 기

본 연구는 산업통산자원부 산업융합원천기술 개발 사업의 일환인 “정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 Finishing 공정 기술개발” 사업의 도움으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Kang, E.G., Kim, J.S., Lee, S.W., Min, B.K., and Lee, S.J., “Emission characteristics of high-voltage plasma diode cathode for metal surface modification,” Int. J. of Precision Engineering and Manufacturing, 16/1, 13-19, 2015.
- (2) Sari, A. H. et al., “Concave Cold Cathode Electron Gun Using Obstructed Discharge,” 31st EPS Conference on Plasma Physics, 2004.

Table 1 Specifications of low vacuum high voltage e-beam system for surface heat treatment

Specifications	Units	Descriptions
Acceleration Voltages	kV	50(Max.)
Emission Current	mA	100(Max.)

(복합환경)Hybrid Dynamometer 시험장비 개발

박종원*, 최병오, 이기욱, 지경열

(Combined environment)Hybrid dynamometer test equipment development

J. W. Park*, B. O. Choi, K. W. Lee, K. Y. Ji

한국기계연구원 신뢰성평가센터

Key Words : Combined environment, Hybrid dynamometer, Test equipment, One-stop test service, Reliability growth

1. 서론

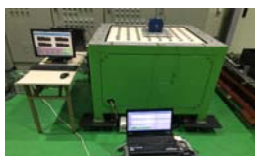
과거와는 달리 진보된 기계 기술력으로 인하여, 단순한 기계장비의 고장 발생은 현저하게 줄었으나, 복합적인 외부 환경요건 변화에 따른 기계시스템의 고장 현상이 늘어나고 있는 추세이며, 제품의 높은 신뢰성을 확보하기 위해서 단순한 반복 작동의 내구시험을 탈피하여, 제품의 운용시 노출되는 환경 인자를 고려한 복합 환경 내구 시험이 자동차 산업 분야와 항공우주산업분야를 중심으로 하여 전 세계적으로 대두되고 있다. 그러나, 아직까지 국내에서는 실제 차량이 주행 시 차량으로 입력되는 외부 환경요소(고온, 저온, 습도, 염수, 열 충격 등)와 동역학적 진동 신호를 충분히 모사해 줄 수 있는 유압 액추에이터를 이용한 복합 환경 시뮬레이터의 설계와 기구학적 해석 및 동특성에 대한 연구와 시험장비 개발은 아직 기대에 미치지 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 실제 차량 및 기계류 부품 작동시 입력되는 외부 환경(고온, 저온, 습도, 염수분무, 열 충격 등)요소와 동역학적 가진 현상을 충분히 모사하여 주요 구동부인 Hybrid Dynamometer, 유압 액추에이터, 환경 챔버를 동시에 제어함으로써 실제 현장 작동 조건을 재현 할 수 있는 (복합환경)Hybrid Dynamometer 시험장비를 개발하였다.

2. 주요 구성 시스템

(복합환경)Hybrid Dynamometer 시험장비의 주요 구성 시스템으로는 부품 및 장비의 실험을 이용한 모달 시험(Experimental modal test), 부품 및 장비의 진동피로 (Vibration fatigue test)를 수행할 수 있는 대용량의 가진력을 가진 High Frequency Hydrostatic actuator 시스템(Fig. 1 (a)), Pneumatic Hammer를 가진원으로 하여, 높은 진동 주파수의 랜덤 가진 값을 구현할 수 있는 초고주파 공압 가진 시스템(Fig. 1 (b)), 유압시스템을 적용한 가진 시스템으로 6면체를 감싸고 있는 커버 안에 6개의 서보 액추에이터가 장착되어 6자유도의 진동을 시험대상품에 가할 수 있는 소형 6축 가진 시스템(Fig. 1 (c)), 전기식 Dynamometer와 유압모터(유압펌프)를 기어박스에 연결하여, 두 가지 동력원을 하나의 동력으로 취합하며, 시험조건에 맞도록 고토크 혹은 고속의 조건을 전기식 Dynamometer와 유압모터(유압펌프)를 조합하여 효율적인 동력을 제공하는 Hybrid Dynamometer 시스템(Fig. 1 (d)), 하나의 챔버에서 고온, 저온, 습도, 염수분무 등 초가속시험 환경 요소를 동시에 또는 각각 구현할 수 있는 복합환경 챔버 시스템(Fig. 1 (e)), 압력과 유량을 액추에이터에 공급하기 위한 친환경 유압 공급 제어 시스템(Fig. 1 (f))의 서브시스템으로 구성하였다.



(a) High frequency hydrostatic actuator system



(b) High frequency vibration pneumatic systems



Fig. 1. Main component systems

3. (복합환경)Hybrid Dynamometer 시험장비 개발

서브시스템 6종 개별운용 및 서브시스템별 조합으로 Modular Design 실현을 통한 시장 수요에 부합되는 맞춤형 복합 시험 시스템을 구현하였으며, 10여종의 개별 시험장비에서 순차적으로 수행하던 시험을 1개의 복합시험장비로 한번에 재현하여 개별 장비 구축시 필요한 공간의 최소화 및 시험시간 및 개발시간을 단축할 수 있는 One-Stop Service 시험 평가를 가능하도록 시험장비를 개발하였다.



Fig. 2. (Combined environment)Hybrid dynamometer test equipment

(복합 환경) Hybrid Dynamometer 시험장비 개발을 통해 다양한 환경 인자를 부여한 내구 시험 및 성능시험을 실시 할 수 있으며, 현재까지 밝혀내지 못했던 기계 시스템 의 정확한 성능 및 고장원인 파악, 분석 등을 통해 제품의 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 국내 가진, 진동, 피로 시험 시스템 시장의 국산화 및 시장 확대에 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) Park, J.W., Choi, B.O. and Lee, K.W., 2014, *Development of Hybrid Dynamometer Test System for Reproduction of Combined Environment*, KSFC Spring Conference, P9, 169~172.

4월 29일 [금]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2016

압전 나노섬유 및 탄성고분자 박막을 이용한 고감도 유연 압력센서 개발

박석희*, 이한빛, 연시모, 윤예지, 박진호, 이낙규

Development of highly sensitive flexible pressure sensor using piezoelectric nanofibers and ultrathin elastomer membrane

S.H. Park*, H.B. Lee, S. Yeon, Y.J. Yoon, J.H. Park, N.K. Lee

한국생산기술연구원 마이크로나노공정그룹

Key Words : Piezoelectricity, nanofiber, Flexible pressure sensor, Wearable device

1. 서론

최근 압전체를 박막으로 제작하여 활용하는 센서, 에너지 디바이스 등이 다각도로 연구되고 있다. 일반적으로 세라믹 계열의 압전소재에 비하여 고분자 계열의 압전소재는 쌍극자 형성 및 압전특성이 상대적으로 약한 반면, 고분자 특유의 우수한 유연성, 인성 등을 활용하여 유연소자 제작 등에 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중, P(VDF-TrFE)의 경우 이러한 β -결정 특성이 높게 나타나므로 압전성질을 이용한 센서나 에너지소자에 다양하게 활용될 수 있다.¹ 본 연구에서는 전기방사 공정을 활용하여 P(VDF-TrFE)를 나노섬유 매트릭스로 성형하고 이를 PDMS 박막으로 패키징하여 고감도 유연압력센서 개발 연구를 수행하였다.

2. 압전나노섬유 및 맥박센서제작

전기방사 공정은 P(VDF-TrFE) 고분자 용액을 전기장에 의해 나노섬유 수준으로 연신시키면서 자연적인 전기장 환경에 의해 쌍극자화한다. Fig. 1에서와 같이 전기방사 공정에 의하여 평균 520 nm 정도의 직경을 갖는 나노섬유 매트릭스를 얻을 수 있었다.

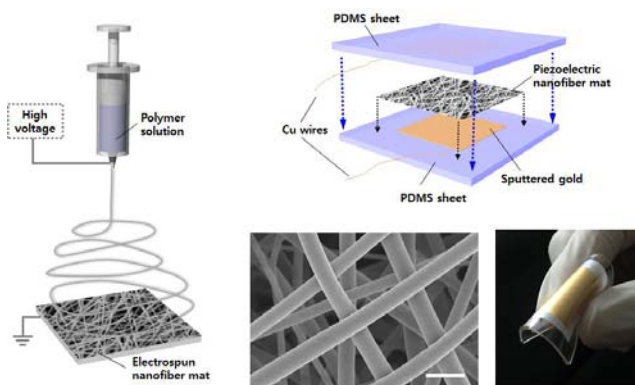


Fig. 1. Schematic diagrams, SEM images and photographs of fabrication of electrospun nanofiber mat and flexible sensor

본 연구에서는 압전나노섬유의 유연 센서소자로의 활용을 위해 PDMS sheet를 이용하여 패키징하였다. PDMS 표면을 masking하고 gold sputtering을 수행하여 유연한 전극을 제작하였고, 이를 압전 나노섬유 매트릭스 양쪽 면에 구리도선과 함께 패키징하여 센서소자를 제작하였다. Fig. 2와 같이 제작된 센서에서 측정된 신호가 가해진 하중 또는 하중에 의한 변위에 대해 선형적인 응답특성을 보였다. 변위 기준으로 보았을 때 약 1 μm 수준의 미세한 자극에 반응하는 것을 확인하였다. 일반적으로 맥박에 의해 피부로 전달되는 변위가 20~50 μm 수준으로 보았을 때 이는 맥박센서로의 활용하기에 충분한 수준으로 볼 수 있다.

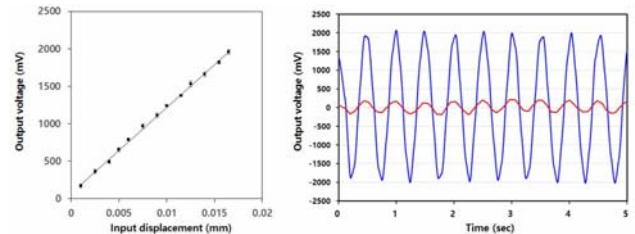


Fig. 2. Output signal tendency measured from flexible sensor versus periodic input displacement

PDMS 탄성체를 액상에서 스핀코팅을 하여 20~30 μm 수준으로 제작하여 활용하였다. 이럴 경우 전체 센서의 두께를 100 μm 이하로 제작할 수 있으며 이는 반데르발스 힘만으로도 피부에 고르게 부착될 수 있다. Fig. 3과 같이 얇게 제작된 센서를 맥박이 감지되는 손목 및 경동맥 피부 부위에 부착한 결과 맥박이 잘 측정됨을 관찰할 수 있었다.

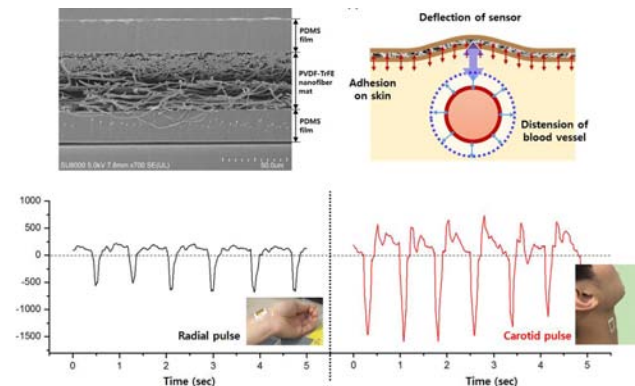


Fig. 3. Ultrathin flexible sensor and its application to measurement of heart pulse

후기

본 연구는 미래창조과학부/국가과학기술연구회 융합연구사업, “스마트밴드 제조 핵심원천기술개발” 사업 및 한국생산기술연구원 내부 역량강화사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- (1) Ren, G., Cai, F., Li, B., Zheng, J. and Xu, C., 2013, *Flexible Pressure Sensor Based on a Poly(VDF-TrFE) Nanofiber Web*, *Macromol. Mater. Eng.*, 298, 541-546.

스마트 밴드용 리튬 이온 배터리 기술 개발

현승민*, 오민섭, 심형철, 우창수

Development of Lithium-ion battery for smart band applications

S. Hyun*, M.S Oh, H. C. Shim, C. S. Woo

한국기계연구원 나노역학실

Key Words : Lithium, Battery, Smart band

1. 서론

최근 신체에 탈 부착이 가능한 웨어러블 기기 이용하여 생체신호를 측정하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 이러한 기기의 원활한 작동을 위하여 용량이 높은 에너지 저장 소자에 대한 연구가 많아지고 있다 (1). 리튬 이온 배터리는 스마트폰 등 휴대용 전자 제품에 에너지 원으로 많이 사용되고 있는데, 배터리 사용 시간을 높이기 위하여 작은 면적에 많은 용량을 낼 수 있는 소재에 대한 연구를 많이 진행하고 있다 (2). 본 연구에서는 실리콘 및 실리콘 합금 기반의 리튬 이온 배터리를 제조한 후 성능 평가를 하였다.

2. 리튬 이온 배터리 제조

리튬이온 배터리를 half-cell 과 파우치 형태의 full cell로 제작하였다. 음극 재료로 실리콘 및 실리콘 합금을 사용하고, counter 전극으로 리튬 포일을 이용하여 Half cell을 제작하였다. 전해질로는 1M LiPF₆ FEC:DEC을 이용하였고, 사용된 실리콘 합금은 AJA International의 스퍼터링 시스템을 사용하여 0.3mTorr Ar 조건에서 구리 집전체 위에 증착하였다. full cell은 파우치 형태로 제작하였고, 음극 소재로 실리콘 합금, 양극 재료로 리튬코발트 산화물을 사용하여 제작하였다. 전해질로는 1M LiPF₆ FEC:DEC을 이용하였다. 양극인 리튬코발트 산화물은 파우더와 PVDF등 바인더를 섞어서 6 μ m 두께로 제작되었다. 음극과 양극 사이에 전해액을 도포하여 알루미늄 파우치 배터리를 제작한 후, 성능 평가를 진행하였다. 실리콘 음극 소재와 실리콘 합금 소재의 배터리 충방전 후 전자현미경을 이용하여 표면 분석을 하였고, 배터리의 충방전 신뢰성을 평가하였다.

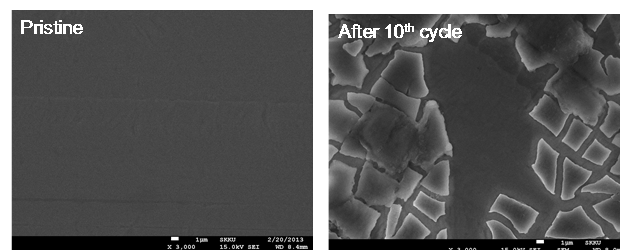
3. 실험 결과 및 고찰

실리콘과 실리콘 합금 기반의 리튬 이온 배터리의 충방전 특성과 충방전 후의 소재의 변화를 측정 평가 하였다. Fig. 1에서 전자현미경으로 측정 한 실리콘과 실리콘 합금의 충방전 전 후의 전극 구조 변화를 보여 주고 있다.

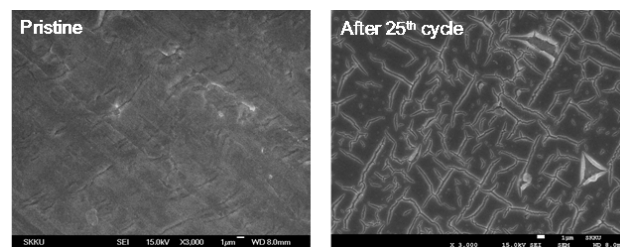
실리콘 음극 보다 실리콘 합금으로 제작된 배터리가 충방전 후 음극 구조 변화가 적음을 알 수 있다.

Fig. 2 는 실리콘 합금 음극과 리튬 코발트 산화물 양극을 이용하여 제작한 full cell의 사이클 특성을 나타낸다.

실리콘 합금과 리튬 코발트 양극을 이용하여 full cell을 제작 후 특성 평가시 충방전이 100 사이클 정도 지속되었음을 알 수 있다.



(a) Images of Silicon anode before and after cycling



(b) Images of Silicon alloy anode before and after cycling

Fig. 1. Image of Silicon anode (a) and Silicon alloy anode (b) before and after cycling

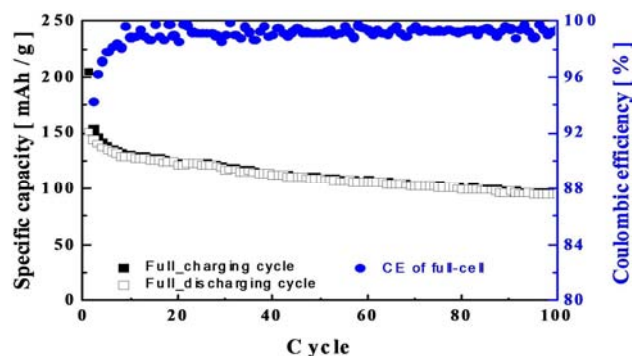


Fig. 2 Cycle performance of silicon alloy anode and Li-Co cathode full cell

참고 문헌

- (1) Tarascon, J. M. and Armand, M., 2001, Nature, 414, pp. 359 - 3677.
- (2) Liu, N., et. al., 2014, A pomegranate-inspired nanoscale design for large-volume-change lithium battery anodes, Nature Nanotechnology, 187.

피부온도 및 GSR 생체신호측정을 위한 섬유융합형 스마트밴드용 FPCB 설계

김동순¹, 황태호¹, 박선화², 송재용², 박진호³, 유의상³, 이낙규³, 박준식^{1*}

Design of FPCB for smart band combined with textile to monitor skin temperature and GSR physiological signals from human body

D. S. Kim, T. H. Hwang, S. H. Park, J. Y. Song, J. H. Park, E. S. Yoo, N. K. Lee, J. S. Park*

전자부품연구원¹, 한국표준과학연구원², 한국생산기술연구원³

Key Words : Smart band, Physiological Signal, Skin Temperature, GSR, FPCB, Module, Textile

1. 서 론

인체로부터 생체신호를 측정 모니터링하는 것은 인간에게 영향을 줄 수 있는 원인과 결과의 상관관계를 구하는데 도움이 될 수 있다. 최근 생체신호를 측정하기 위한 웨어러블 (Wearable) 디바이스 관련 연구가 매우 활발하다. 생체신호를 모니터링하기 위해서는 Photoplethysmogram (PPG), Electrocardiogram (ECG), Heart rate (HR), Skin Temperature (SKT), Galvanic Skin Response (GSR), 펄스 등을 측정하게 된다 [1, 2, 3]. 이를 위하여 다양한 형태의 웨어러블 디바이스가 적용되는데, 밴드형과 패치형이 가장 대표적 사례들이다.

본 논문에서는 다양한 생체신호측정 중 피부온도 및 GSR 특성을 측정하기 위한 섬유융합형 스마트밴드에 적용하기 위한 핵심 기술 중 하나인 FPCB 설계에 대한 연구 내용을 기술하고자 한다.

2. 스마트밴드용 FPCB 설계

피부온도 및 GSR의 생체신호측정을 위한 섬유융합형 FPCB는 센서 모듈의 착용 시 이질감을 줄이기 위해 신호처리통신모듈과 센서모듈을 분리하여 전도성 원사를 통해 유연센서모듈을 연결이 가능하도록 설계하였다. 제작된 FPCB 모듈의 기능을 검증하기 위한 실험 환경은 유연온도 센서와 GSR 센서의 측정 데이터는 센서 신호 증폭 단계를 거쳐 ADC (Analog-to Digital Converter)를 거쳐 Bluetooth를 통해 데이터를 호스트 PC에 전송되도록 하였으며, UI (User Interface) 소프트웨어를 통해 실시간으로 전송되는 결과를 확인할 수 있도록 설계하였다.

3. 스마트밴드용 FPCB 제작

Fig. 1은 본 협동 연구 그룹의 선행 연구들로부터 제작된 피부 온도 및 GSR 생체 신호 측정을 위한 섬유 융합형 FPCB 모듈을 위한 프로토타입 사진이다. 그림의 왼쪽이 신호처리통신모듈이며, 오른쪽이 유연온도센서와 GSR센서를 포함하는 유연센서모듈로 구성된다. 두 모듈 사이에는 전도사와 같은 전도성 배선 등으로 연결하여 유연성과 착용성이 용이하도록 확보하도록 설계, 제작되었다.

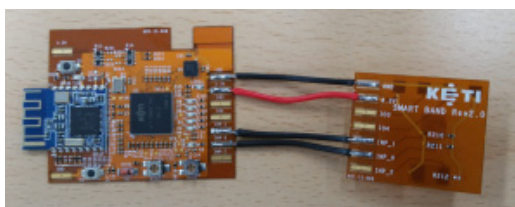


Fig. 1. Top view of the fabricated FPCB module for smart band: (left-hand side) signal processing and communication module and (right-hand side) flexible sensor module including temperature sensor and GSR sensor.

4. 스마트밴드용 FPCB 연동 UI 소프트웨어 설계

Fig. 2와 같이 구현된 UI (User Interface) 소프트웨어를 통해 스마트밴드용 FPCB를 통해 측정된 결과가 실시간으로 전송되는 결과를 확인할 수 있다. 그림 왼쪽은 제작된 유연온도와 GSR 등의 센서들로부터 측정된 신호들의 그래프 예시이며, 오른쪽은 상용 3축 가속도센서를 적용하여 측정된 신호 획득에 대한 그래프 예시이다.

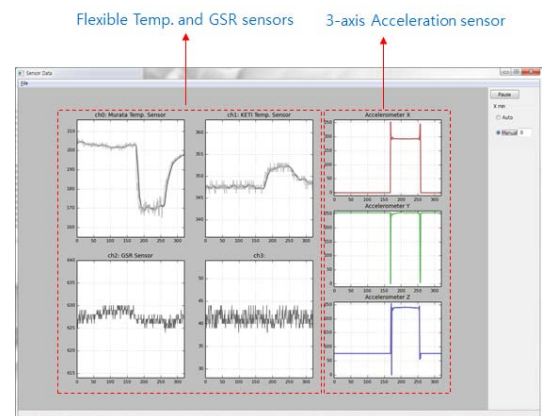


Fig. 2. UI software for monitoring signal from the fabricated FPCB module for smart band: (left-hand side) flexible sensors including temperature sensor and GSR sensor and (right-hand side) 3-axis acceleration sensor.

향후 이상에서와 같이 본 연구에서 설계와 제작된 스마트밴드용 FPCB와 UI를 활용하여 인체로부터의 생체신호 측정과 상관관계에 대하여 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 국가과학기술연구회 창의형융합연구사업의 지원으로 수행되었습니다 (과제번호: CAP-13-1-KITECH). 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Banaee, H, Ahmed, M. U, Loutfi, A, 2013, *Data Mining for Wearable Sensors in Health Monitoring Systems: A Review of Recent Trends and Challenges*, Sensors, 13, 17472~17500.
- (2) Vijaya, P.A, Shivakumar, G, 2013, *Galvanic Skin Response: A Physiological Sensor System for Affective Computing*, International Journal of Machine Learning and Computing, 3:1, 31~34.
- (3) Chung, S.J, 2012, *Diagnosis and treatment of hand tremor*, J Korean Med Asso 55:10, 987~995.

Ag 코어 나노선을 이용한 유연 센서 합성 및 특성

박선화, 박지혜, 송재용*

Fabrication of flexible Sensors based on Ag core nanowires

S.H. Park, J.H. Park, J.Y. Song*

한국표준과학연구원

Key Words : GSR sensor, Skin conductance, Nanowire

1. 서론

생체신호를 나타내는 전기적 센서로 GSR(Galvanic skin response)을 들 수 있는데, 이는 심리적 요인에 의해 자극되어진 땀샘이 피부전도도에 미치는 영향을 측정하는 장치이다. 일반적으로 두 개의 손가락에 전극을 끼우고 피부전도도를 측정하지만, 본 연구에서는 박막형 전극으로 제작하여 인체 표면의 높은 곡률과 상관없이 피부전도도를 평가하는 필름을 제작 평가하였다. 특히 전극을 나노선 기반으로 제작하여 박막의 두께를 최소화 하였고, GSR 센서로 이용되는 후보물질들 2가지로 선정하여 그 특성을 평가하였다.

2. GSR 센서 제작

코어셸 나노선 기반 GSR 센서는 먼저, 무주형 전해도금을 이용하여 기판에 수직으로 정렬된 일차원 Ag 나노구조체를 성장시킨 후 Au 또는 AgCl로 표면을 제작한다.[1,2] 그리고 이를 폴리머에 함침한 후 경화시키고, 기판으로부터 분리시킨다. 제작된 Ag-Au 코어셸 나노선 기반 GSR 센서와 Ag-AgCl 코어셸 나노선 기반 GSR 센서의 모식도는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

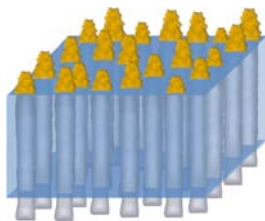


Fig. 1. Schematic diagram of GSR sensor based on Ag-Au core-shell nanowires



Fig. 2. Schematic diagram of GSR sensor based on Ag-AgCl core-shell nanowires

3. 실험 결과 및 고찰

위와 같이 제작한 두 가지 타입의 코어셸 유연 GSR 센서의 민감도를 비교하기 위해 Fig. 3과 같이 제작하였다. 각 센서의 수직적 방향과 수평적 방향의 전기적인 특성을 평가 하였고, 인체에 부착하여 외부 변화와 심리적인 변화에 따른 피부전도도를 평가하였다.



Fig. 3. Photograph of GSR sensor composed of core-shell nanowires

Fig. 4(a)와 (b)는 Ag-Au 코어셸 나노선 기반 GSR센서와 Ag-AgCl 코어셸 나노선 기반 GSR센서의 NaCl solution에 대한 일정 전류에 따른 각각의 전압 변화를 나타내었다. 정량적 특성을 평가하기 위해, 이온의 농도 변화에 따른 민감도를 비교 평가하였으며, 이를 상용화 장치의 민감도와 비교 평가를 진행하였다.

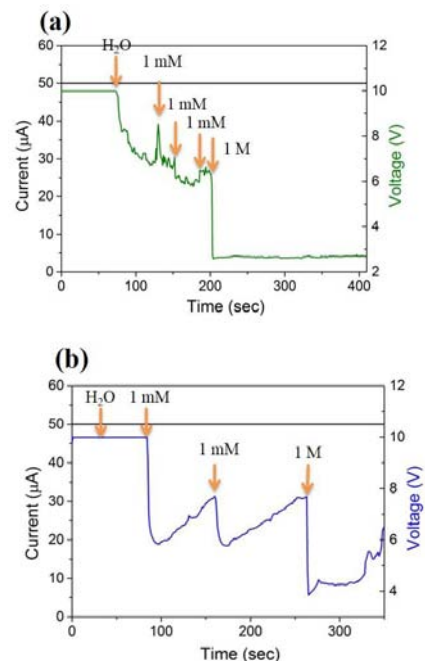


Fig. 4. Variations of voltage with the concentration of NaCl solution for each GSR sensor based on Ag-Au core-shell nanowires and Ag-AgCl core-shell nanowires

참고 문헌

- (1) Au, L., Lu, X. and Xia, Y., 2008, *A Comparative Study of Galvanic Replacement Reactions Involving Ag Nanocubes and AuCl₂⁻ or AuCl₄⁻*, Adv. Mater., 20, 2517-2522.
- (2) Bi, Y. and Ye, J., 2009, *In-situ oxidation synthesis of Ag/AgCl core-shell nanowires and their photocatalytic properties*, Chem. Commun., 6551-6553.

섬유기반 유연/신축성 손목형 스마트밴드의 제조 및 성능 신뢰성 평가

이현경, 이재경, 김은주, 오승식, 임대영, 유익상*

Fabrication of fiber-based Flexible/stretchable wrist type smartband and its performance reliability assessment

H. K. Lee, J. K. Lee, E. J. Kim, S. S. Oh, D. Y. Lim, E. S. Yoo*

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소 휴먼문화융합그룹

Key Words : Flexible, Stretchable, wrist smartband, performance reliability assessment

1. 서론

최근 웨어러블 스마트 기기의 획기적인 발달과 함께 생체신호를 간단히 모니터링 할 수 있는 손목밴드 또는 시계 타입의 제품들이 다양하게 출시되고 있다. 하지만 대부분 인체굴곡에 적합하지 않은 고정된 형태로만 제작되고 있다. 이를 해결하기 위한 유연하고 착용이 편리하며 신축 가능한 섬유기반의 스마트 밴드 제품 개발은 아직 미흡한 실정이다. 섬유기반 스마트밴드 제조는 내부에 장착되는 모듈간의 원활한 신호전달에 의한 신뢰성 있는 생체신호 확보, 편안한 착용감을 위한 구조설계, 기재와 모듈간 연결기술 및 내구성 등 기타 기능성 부여 기술이 매우 중요한 요소기술이 된다.

따라서 본 연구에서는 소형 환편기를 사용하여 원사의 사용밀도 차이를 통해 구간별 신축성이 다른 항균섬유 기반의 유연하고 신축성 있는 편물기재를 설계하였고, 전도성 섬유회로를 밴드 내부에 직접 구현하였다. 또한, 제작된 맥박 센서와 온도 센서가 장착된 유연 처리모듈을 밴드 내부에 탑재하여 섬유기반의 유연/신축성 손목형 스마트 밴드를 제조하였다. 이 스마트밴드의 신장/수축 반복과 세탁에 따른 성능 신뢰성 평가를 진행하였다.

2. 실험

편물을 기재로 하는 스마트밴드를 제조하기 위해 항균사로 은 담지 섬유(주효성, 75/36 DTY)를 사용하였고, 탄성사로 고무사(80's)와 스판덱스(Spandex 4075)를 사용하였다. 스마트밴드 내부의 직접 섬유회로 구현을 위해 구리사($\Phi 0.05\text{mm}$) 3가닥을 아라미드(Aramid, 2d/38mm)로 커버링(Covering)한 전도성 섬유를 제작하였다. 유연 모듈과 전도사 회로의 연결을 위해 전도사에 커버링 된 섬유를 연소시킨 후 구리 금속도선에 남아있는 이물질질을 알코올로 제거하여 사용하였고, 연결부위에 실링용 필름을 사용하여 접착하였다.

제작된 스마트 밴드의 신장/수축 반복에 의한 내구성 평가를 위해 피로 시험기(Fig. 1)를 사용하여 반복속도 1Hz, 신장률 20%, 반복횟수 200회의 조건으로 밴드를 처리하고, 처리 전·후의 맥박과 온도를 측정하여 평가하였다. 또한 세탁에 의한 내구성평가를 위하여 센서 모듈이 장착된 밴드를 세탁건뢰도 시험법(KS K ISO 3759 (2007) : 5077 (2007) / 6330 (2011))의 세탁법으로 30℃, 6회 세탁하여 세탁 전·후의 맥박과 온도를 측정하여 평가하였다.

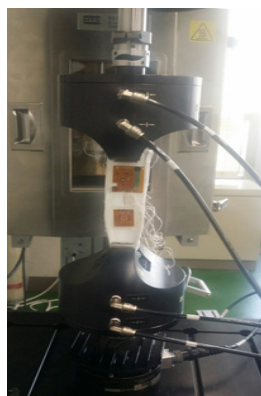


Fig. 1. Photograph of fatigue testing machine

3. 실험 결과 및 고찰

원사의 종류와 사용밀도 차이를 이용하여 성공적으로 내부 구간별 신축성을 제어하였고, 전도성 섬유를 함께 편직하여 밴드 내부에 섬유회로를 직접 배치하였다. (Fig. 2) 또한, 자체 개발된 열 프레스를 사용하여 실링용 필름을 유연모듈과 전도성 섬유 회로 연결에 활용함으로써 간편한 연결공정으로 단선 없이 정상 작동함을 확인하였다.

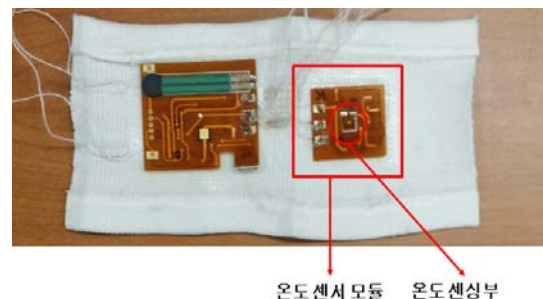


Fig. 2. Photograph of fiber-based flexible/stretchable wrist type smartband with temperature sensor

압력 온도 센서가 장착 된 밴드의 신장/수축 반복 및 세탁에 따른 센서의 정상작동여부 확인 결과는 Table 1과 같다. 신장/수축 반복에 의한 맥박 센서의 신뢰도는 100%, 온도 센서의 신뢰도는 97.89%이고, 세탁에 의한 신뢰도는 맥박센서의 경우 100% 온도센서의 경우 97.32%를 나타내었다.

Table 1. Result of performance reliability assessment

	맥박센서(mV)	온도센서(℃)
신장/수축 전	29.0	11.62
신장/수축 후	29.0	11.87
세탁 전	29.0	11.62
세탁 후	29.0	11.94

후 기

본 연구는 미래창조과학부/국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업의 지원으로 수행되었음. (과제번호 CAP13-1-KITECH)

참 고 문 헌

- (1) Stephanie J. B., Chao W., Jeffrey B. H. T. and Zhenan B., 2013, *Stretchable and self-healing polymers and devices for electronic skin*, Progress in Polymer Science, 38, 1961~1977.
- (2) L. Guo, L. Berglin, U. Wiklund and H. Mattila, 2012, *Design of a garment-based sensing system for breathing monitoring*, Textile Research Journal, 83(5), 499~509.
- (3) M. Z. Poh, N. C. Swenson, R. W. Picard, 2010, *A wearable sensors for unobtrusive long-term assessment of electrodermal activity*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 57(5), 1243~1252.

웨어러블 생체계측 정보를 이용한 스트레스 자동분류기 개발

조동래^{1*}, 함진실¹, 박지호², 이낙규², 이보름^{1†}

Development of the automatic stress classifier using wearable biometric information

D. Cho*, J. Ham, J.H. Park, N.K. Lee, B. Lee

광주과학기술원 의생명공학과¹, 한국생산기술연구원 마이크로나노공정그룹²

Key Words : Wearable device, Stress evaluation, Heart rate variability, Approximate entropy, Machine learning

1. 서론

최근 연예인들은 방송을 통해서 공장장애와 불안증과 같은 증세로 인해 병원을 내원하는 사례가 크게 이슈를 불러일으키며 현대인들의 스트레스를 조절하기 위한 진단방법 및 치료에 대해 큰 관심이 모이고 있다. 하지만 현대인들이 스트레스를 조절하기 위해 가까운 병원 및 기타 의료기관을 내원하고 시간 및 금전적 제약이 따른다. 이와 같은 문제점으로 인해 본 논문에서는 웨어러블 디바이스를 이용하여 생체 신호를 계측하고 이를 이용하여 현대인들의 스트레스를 평가하기 위한 자동분류기를 개발하여 객관적으로 스트레스 상태를 나타낼 수 있는 하드웨어 및 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험을 진행하기 위해서 먼저 생체신호를 측정할 수 있는 하드웨어를 구성하였다. 착용자의 불편함을 줄이기 위해 40×40mm 사이즈로 PCB를 제작하였으며 손목에서 광용적맥파(photo-plethysmography, PPG), 체온 및 습도를 측정할 수 있도록 제작하였다. 추가적으로, 아날로그-디지털 변환(ADC) 및 블루투스 통신을 이용하기 위해서 아두이노 나노(Arduino NANO)를 이용하였으며 획득한 생체계측 정보를 이용하여 스트레스 평가를 위한 전처리 과정 및 기계학습 알고리즘 적용을 위해서 MATLAB 소프트웨어를 사용하였다.

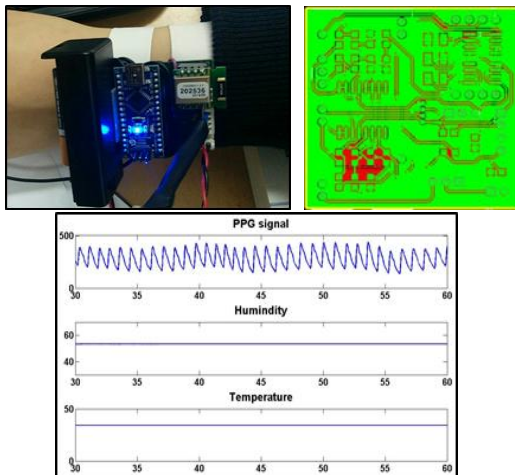


Fig. 1. Hardware setup and measured signals

본 실험의 참가자는 총 4명이며 각각 12분씩 두 번의 생체신호를 측정하였다. 첫 번째 측정은 일상적인 활동을 하는 동안 측정하였으며 두 번째 측정은 이어폰으로 참가자에게 소음자극을 주어 스트레스를 유발 하도록 하였다. 보통 임상에서는 Heart rate variability (HRV) 분석을 이용하여 교감과 부교감신경사이의 변화를 간접적으로 측정한다(1). 교감/부교감의 변화는 스트레스와 밀접한 관련이 있으므로 본 실험에서는 HRV parameters를 이용하여 스트레스를 평가하였다.

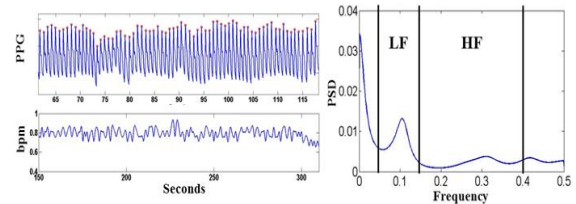


Fig. 2. Estimate HRV parameters from PPG signal

객관적인 심박수의 변화를 관찰하기 위해 HRV parameter를 이용하여 Approximate entropy (ApEn)를 계산하였다. ApEn는 시계열 데이터가 주어졌을 때 얼마나 규칙적인 패턴을 지니고 있는지 또는 예상치 못한 변동을 정량적으로 파악하기 위해 쓰인다(2). ApEn를 적용한 값들은 교감/부교감신경의 변화양상을 반영하고 있으며 스트레스로 인한 생리적 변화를 객관적으로 평가 할 수 있는 지표가 될 수 있다. 마지막으로 기계학습방법중의 하나인 Support vector machine (SVM)을 이용하여 HRV parameters, ApEn결과, 체온 및 습도를 feature로 이용하여 학습시킨 후 스트레스의 유무를 평가하는 분류기를 구현하였다(3).

3. 실험 결과 및 고찰

총 3개의 feature 조합법을 이용하여 SVM을 학습시킨 뒤 자동분류하였다.

Table 1 Classification result (Normal VS Stress)

Features	sub 1	sub 2	sub 3	sub 4
LF/HF	57.09%	66.06%	84.96%	68.51%
ApEn(LF/HF)	57.54%	56.82%	64.28%	65.92%
LF/HF ApEn (LF/HF)	100%	100%	100%	100%
Humi Temp				

전반적으로 HRV parameter 및 ApEn만을 써서 분류하였을 때는 전반적으로 분류가 낮게 나왔지만 체온 및 습도 등을 이용하여 SVM을 학습하였을 때 매우 높은 분류율을 보였다.

참고 문헌

- (1) Eur. Heart J., 1990, *Guidelines Heart rate variability*, Guidelines 17, 354~381.
- (2) S. Pincus., 1991, *Approximate entropy as a measure of system complexity*, Proc. Natl. Acad. Sci. 88, 2297~2301.
- (3) Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang., 2008 *A Practical Guide to Support Vector Classification*, BJU Int. 101, 1396~400.

전용액 공정으로 제조한 고분자 발광 다이오드

윤홍석*

All-solution processed polymer light-emitting diodes

Hongseok Youn*

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Solution process, PLED, Layer transfer

1. 서론

최근 디스플레이(Displays) 뿐만 아니라, 조명(Lighting) 분야에서도 유기발광다이오드(organic light-emitting diodes: OLED)가 차세대 디바이스로서 많은 주목을 끌고 있다.

현재, 대부분의 OLED 제조공정은 진공에서 가열증착(thermal evaporation)공정을 사용하여 고순도의 물질을 성막하고 있으나, 제품의 가격경쟁력을 확보하기 위해 국내외 많은 산학연 연구자들이 롤투롤(roll-to-roll)^[1] 등의 용액공정을 활용하려 하고 있고 용액공정과 증착공정을 혼용하는 하이브리드(hybrid) 공정을 그 첫 단계로 진행하고 있다.

한편, 고분자 LED인 PLED(polymer light-emitting diodes)는 효율은 높지 않지만, 전극을 제외한 기능성층(functional layers)들이 고분자여서, 유기용매에 쉽게 용해되어 인쇄가 가능하다는 큰 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 투명 양극을 제외하고 금속 전극(electrode)을 포함한 모든 기능성 층을 액상으로 제조가 가능하도록 소자의 구조와 재료를 설계하였고, 그 성능 및 가능성을 조사하였다.

2. 소자제조 및 원리

고분자 LED의 소자구조는 Fig. 1과 같으며, 200 nm 두께의, 10 ohm/sq. 면저항의 ITO(indium tin oxide) 양극 위에 PEDOT:PSS 정공주입물질 용액을 50 nm 두께를 스핀코팅(spin coating)으로 2,000 rpm, 60초 수행하여 성막한 뒤 150℃ 10분 대기 중에서 핫플레이트(hot plate) 위에서 건조 및 어닐링(annealing)하였다.

그린 형광의 발광층, F8BT(Poly[(9,9-di-n-octylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(benzo[2,1,3]thiadiazol-4,8-diyl)])를 50nm의 두께로 제조한다. 발광층 소재는 ADS(american die source)로부터 구입 하였으며, 톨루엔 용매에 0.5w%로 희석하여 용액을 만들어 2000rpm에서 20초 회전 후, 60℃ 가열된 핫플레이트에서 30분간 건조하였다.

용액형의 효과적인 전자주입을 위한 물질인 PFN(Poly[(9,9-di(3,3'-N,N'-trimethyl-ammonium)propylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-co-(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)])은 대표적인 알콜 혹은 물에 용해 가능한(alcohol or water soluble) 이온성(ionic) 고분자이며, 밴드갭(band gap)이 상대적으로 큰 블루형광 물질이다. 이 물질은 DMF(demethyl-formamide)와 메탄올(methanol) 혼합용매에 0.4w%의 농도로 용해하여 고속인 4000rpm에서 20초 스핀코팅 한다. 코팅 후 80℃에서 5분 건조 후, 금속전극인 실버페이스트(silver paste) 혹은 환원형(reduction type) 실버용액을 도포하거나 다른 기판에 고상으로 제조 후 전사하여 소자의 제조를 마무리한다. Fig. 2는 소자의 플랫폼 에너지 다이어그램(flat energy diagram)을 나타내고 있으며, 정공(hole)은 투명 양극인 ITO로부터 주입되어 발광층으로 이동된다.(파란색 화살표) 그러나 전자는 정공과 달리 음극인 실버잉크, 실버 페이스트의 일함수가 높아 적절한 전자주입물질이 없으면, 금속과 반도체의 정션(junction)에 쇼트키 배리어(schottky barrier)가 발생하여 전자가 발광층 내부로 진입이 어렵다. 그러면, 발광층 내에 전자와 정공의 농도의 불균형으로 인하여 발광층에서의 재결합(recombination)에 문제가 발생하여 소자의 내부양자효율(internal quantum efficiency)의 큰 저하를 초래하게 된다.

이 문제를 근본적으로 해결하기 좋은 방법은 액상형으로 계면쌍극자(interface dipole)를 형성하여 일함수를 낮추는 방법인데(그림 2. 참고), 다양한 후보군 중에 PFN물질을 선정하였다. 그러나 극성을 띠게 되는 PFN 용액은 소수성의 발광층에 균일한 품질의 코팅막을 얻기 어려워 본 연구에서는 ZnO 나노파티클(nanoparticle)^[2] 레이어를 삽입하기도 하였다.

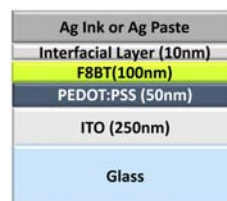


Fig. 1. Device structure

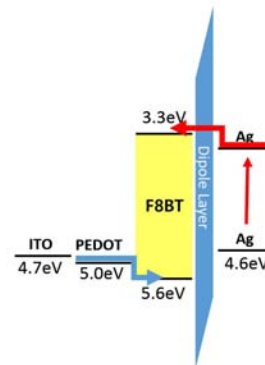


Fig. 2. Flat energy diagram of the device and carrier injection pathways from the electrode. (blue arrow represents holes, red arrow represents electrons)

3. 실험결과

제작한 소자는 총 3가지이며, 비교군으로 기능성 반도체 층은 모두 용액으로 제조하고, 음극만 알루미늄, 실버(증착), 환원형 실버잉크(용액) 제조한 소자의 최대효율은 증착한 알루미늄 1.2cd/A, 증착한 실버는 0.9cd/A, 액상의 실버잉크는 0.5cd/A의 효율을 기록하여 가능성을 확인하였다.

참고 문헌

- (1) S. Shin, M. Yang, L. Guo and H. Youn, 2013, *Roll-to-Roll Cohesive Coated Flexible High-Efficiency Polymer Light-Emitting Diodes Utilizing ITO-Free Polymer Anode*, Small, 9, 4036-4044.
- (2) H. Youn and M. Yang, 2010, *Solution-processed polymer light-emitting diodes utilizing a ZnO/organic ionic interlayer with Al cathode*, Applied Physics Letters, 97, 243302.

게코프린팅: 프린터블 일렉트로닉스를 위한 반도체 소자 전사

조성범, 유병석, 이종호*

Geckoprinting: Transfer-printing of semiconductor devices for printable electronics

S. Cho, B. Yoo, J. Lee*

광주과학기술원 기계공학부

Key Words : Transfer-printing, Gecko, reversible adhesion

1. 서론

게코다마뱀은 수평면은 물론 수직면에 자유자재로 붙어서 생활한다. 이는 게코다마뱀의 발바닥을 몸 쪽으로 당기면 접착력이 높아지고 반대쪽으로 밀면 접착력이 낮아지는 가역적 접착력 때문이다. 더불어, 최근 딱딱한 웨이퍼에서 제작된 반도체 소자를 웨어러블 기기나 삽입형 기기에 응용할 수 있도록 유연한 표면으로 전사하는 연구가 활발하다. 본 논문에서는 게코 다마뱀의 가역적 접착력을 모사해 추가적인 접착제가 필요 없는 전사 공정을 소개하고자 한다.

2. 마이크로 패턴 탄성중합체 제작

게코 다마뱀과 같은 방향에 따른 가역적 접착력을 내기 위해 SU-8 감광막을 두 번 패터닝 해서 주형을 만들고 일정량의 탄성중합체(PDMS)를 부어 양생시켰다. Fig. 1 (d)에서 두 번의 패터닝을 통해 얻은 마이크로 크기의 기울어진 탄성중합체 플랩은 두께(t), 높이(h), 너비(w)가 각각 25, 70, 500 μm 이다.

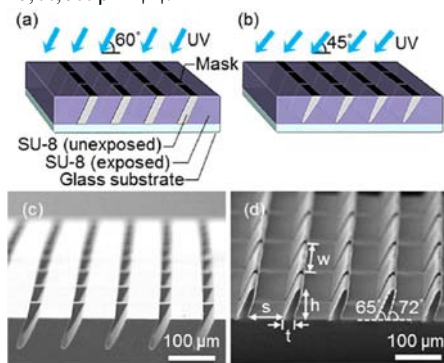
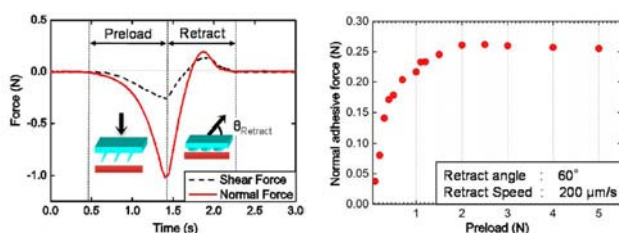


Fig. 1 Fabrication of micro patterned flap

3. 실험 결과 및 고찰

가역적 접착력의 특성을 알아보기 위해 6축 Load cell (ATI Industrial Automation) 위에 마이크로 패턴 탄성중합체를 두고 기울어진 방향과 반대방향으로 움직였을 때의 힘을 측정했다 (Fig. 2 (a)). 또한 탄성중합체를 떼어내는 방향에 따른 접착력을 정량화했다 (Fig. 2 (b)).



(a) Measurement of normal and shear forces of micro patterned flaps

(b) Normal force depending on preload

Fig. 2 Mechanical characteristics of micro patterned flap

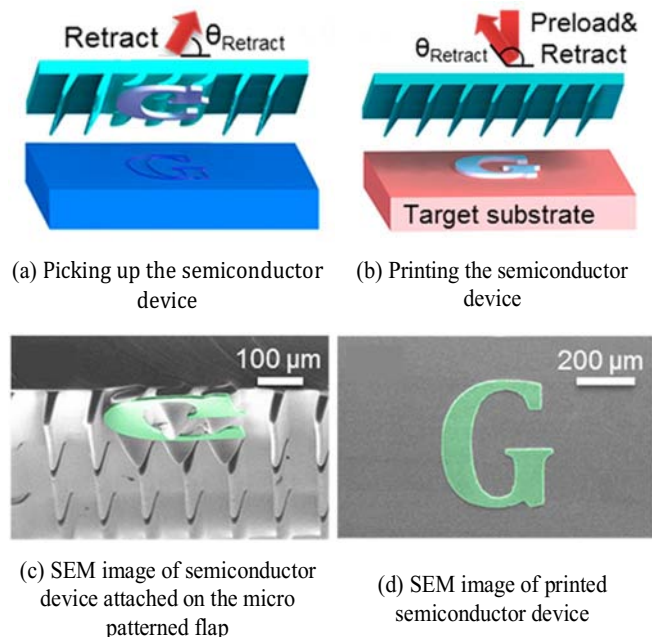


Fig. 3 Transfer-printing process of a semiconductor device with micro patterned flaps

Fig. 3 (a)와 (b)는 마이크로 패턴 탄성중합체를 이용해 반도체 소자를 전사하는 모식도이다. Fig. 3 (a)에서 페이널 수 있게 약하게 지지된 반도체 소자를 마이크로 패턴 탄성중합체로 높은 접착력을 내서 들어올리고 있다. Fig. 3 (b)는 반대방향으로 마이크로 패턴 탄성중합체를 밀어서 접착력을 감소시킴으로써 원하는 표면에 반도체 소자를 전사하는 과정이다. 들어올리기와 내려놓기에 해당하는 SEM image는 각각 Fig. 3 (c), (d)에 나타나있다.

이로써 추가적인 접착제 없이 탄성중합체의 구조와 당기는 방향만으로 접착력을 조절할 수 있었고, 반도체 소자의 손상 없이 다른 표면으로의 전사가 가능했다.

참고 문헌

- (1) Murphy, M. P.; Aksak, B.; Sitti, M. Gecko-Inspired Directional and Controllable Adhesion. *Small* **2009**, 5, 170-175.
- (2) Rosqvist, T.; Johansson, S. Soft Micromolding and Lamination of Piezoceramic Thick Films. *Sens. Actuators, A* **2002**, 98, 512-519
- (3) del Campo, A.; Greiner, C. SU-8: A Photoresist for High-Aspect-Ratio and 3D Submicron Lithography. *J. Micromech. Microeng.* **2007**, 17, R81-R95.

2차원/3차원 프린팅용 금속나노소재 제조기술

정선호*, 조예진, 김주영 김태곤, 류병환, 최영민

Novel Conductive Nanomaterials and Their Application to 2D/3D Printed Electronics

S. Jeong*, Y. Jo, J. Y. Kim, T.-G. Kim, B.-H. Ryu, Y. Choi

한국화학연구원 그린화학소재연구본부

Key Words : Conductive, Nanomaterial, Printed Electronics

1. 서론

인쇄공정을 이용한 다양한 응용소자를 제작함에 있어서 고전도성 금속나노소재는 전극형성을 위해 필수적으로 요구되는 핵심소재이다.[1-2] 최근, 기존의 2차원 프린팅을 통한 전극형성 기술의 개발과 더불어 3차원적 구조물 기반의 전극을 형성하기 위한 소재 및 공정기술의 개발이 큰 각광을 받고 있다. 본 논문에서는 신규 금속나노소재를 개발 및 이를 이용한 3차원 전극형성 기술에 대한 내용을 다루고자 한다.

2. 3차원 프린팅용 고전도성 나노금속 소재 개발

3차원프린팅이 가능한 고전도성 금속전극을 형성하기 위한 핵심소재로서 금속나노입자 기반의 소결형 소재와 건조소성형 소재를 개발하고자 한다. 소결형 소재의 경우 저온공정성을 위해 기존의 열처리공정이 아닌 금속광소성 열처리를 진행하고자 하며, 건조소성형 소재의 경우 건조후 입자간의 충진으로 인한 전도성 경로를 부여함으로써 높은 전도성을 확보하고자 한다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 표면산화막 형성거동이 제어된 구리나노입자를 이용하여 제조된 3차원 프린팅이 가능한 유체소재를 기반으로 제작된 3차원 전극의 형상이다. 첨가된 폴리머와 구리나노입자간의 상호작용으로 인해 노즐 프린팅 후 형태의 변형이 없이 적층형 구조물이 잘 형성되는 것을 확인할 수 있었으며, 소결공정 후 $15 \times 10^{-6} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 의 비저항이 발현되는 것을 확인하였다.

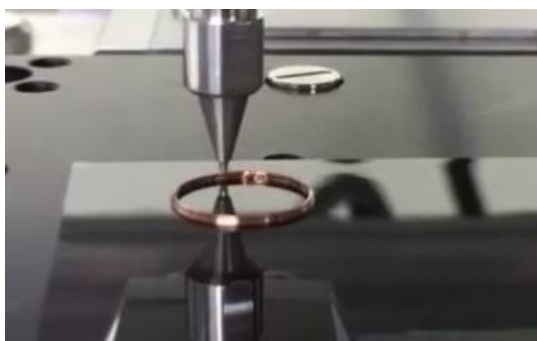


Fig. 1 3D printing of highly conductive, Cu nanoparticle-based paste with a sintering mechanism

Fig. 2는 2차원 은소재를 기반으로 제조된 유체소재의 3차원 프린팅 후 적층구조를 보여준다. 2차원 은소재, 카본나노튜브 및 폴리머를 이용하여 복합소재를 제조하였다. 전도성 필러로 첨가된 2차원 소재 및 카본나노튜브의 상호작용으로 인해 복합체 내부에 충분한 전도성 경로가 형성되고, 이로 인해 20,000 S/cm내외의 고전성이 발현되는 것을 확인하였다.

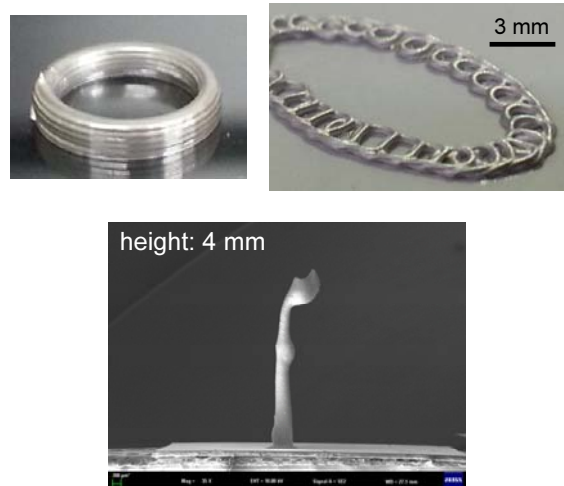


Fig. 2 3D Printing of highly conductive, Ag flake-based pastes with a percolation mechanism

참고문헌

- (1) Jo, Y. Oh, S.-J., Lee, S. S., Seo, Y.-H., Ryu, B.-H., Choi, Y., Jeong, S. 2015. Crystalline Structure Tunable, Surface Oxidation Suppressed Ni Nanoparticles: Printable Magnetic Colloidal Fluids Compatible with Flexible Electronics. J. Mater. Chem. C, 3, 4842 .
- (2) Chae, C., Seo, Y.-H., Jo, Y., Kim, K. W., Song, W., An, K.-S., Choi, S., Choi, Y., Lee, S. S., Jeong, S. 2015. 3D Stacked Carbon Composites Employing Networked Electrical Intra-Pathways for Direct-Printable, Extremely Stretchable Conductors. ACS Appl. Mater. Interfaces, 7, 4109.

롤투롤 그라비어 인쇄 공정 및 응용 소자

이동진^{1,2*}, 박장훈³, 이종수³, 구옌호안득²

Roll-to-roll gravure printing process and its applications

D. Lee*, J. Park, J. Lee, H. A. D. Nguyen

건국대학교 기계공학부¹, 건국대학교 유엔디스플레이연속공정연구소², 건국대학교 기계설계학과³

Key Words : Printable electronics, Roll-to-roll, Gravure printing, Micro pattern

1. 서 론

롤투롤(roll-to-roll) 인쇄 기술은 대량 생산의 이점을 가지고 산업현장에서 폭 넓게 사용되어 왔다. 특히, 본 기술은 인쇄전자(printed electronics) 분야에서 활용되고 있어 대면적, 대량 생산, 그리고 친환경적 생산 가능성의 관점으로 차세대 생산기술로서의 상당한 가능성을 보여주고 있다.¹ 롤투롤 기반 인쇄 및 코팅 공정은 다양한 기법으로 구현되어 왔으며 그라비어(gravure), 플렉소그라피(flexography), 로터리스크린(rotary screen), 슬롯-다이(slot-die), 잉크젯(inkjet) 등이 주로 연구되었다.² 본 연구는 그 중 미세 패턴(micro pattern) 구현에 가장 높은 가능성을 보여주고 있는 그라비어 기술을 소개한다. 그라비어 인쇄의 수학적 모델을 제안하고, 미세패턴 도출을 위한 최적화 그리고 이에 따른 공정 영역(operating window)을 요약했다. 또한 본 기술을 활용한 미세 패턴 공정 기반의 유연 인쇄 회로기판(flexible printed circuit board), 인쇄 기반 센서(printed sensor), 무선 주파수 인식태그(radio frequency identification tag) 등의 다양한 인쇄전자 소자 제작을 구현하였다.

2. 본 론

롤투롤 그라비어 인쇄에 영향을 주는 요소(factor)는 다양하다. 그라비어 롤의 가공 구조 즉, aspect ratio가 있으며 공정 요소로서 압동 롤(nip roll) 및 닥터 블레이드(doctor blade)의 압력, 인쇄 속도, 마지막으로 사용되는 전도성 잉크와 폴리머 소재의 표면 에너지(surface energy)가 있다. 미세 패턴 인쇄를 위해 Fig. 1과 같이 이론적 및 실험적 접근 방법으로 공정 영역을 matching window로써 제안하였다.

미세 패턴은 약 $15\mu\text{m}$ 부터 $700\mu\text{m}$ 까지의 폭을 가지며 인쇄되었으며 이를 활용하여 다양한 인쇄전자 소자를 Fig. 2과 같이 제작하였다. 인쇄된 소자들은 인쇄성, 전도성, 그리고 제작된 소자의 기능적 요소(functionality)를 만족하는지 평가되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 롤투롤 기반의 그라비어 인쇄 기술을 소개하였다. 그라비어 인쇄 시 고려되어야 할 다양한 시각들을 수학적 모델, 실험적 모델을 기반으로 제안하였으며 이를 matching window로서 나타내었다. 또한 롤투롤 그라비어 인쇄를 이용한 다양한 인쇄전자 소자를 제작하였으며 평가하였다. 이러한 진보된 인쇄 기법 및 소자 제작은 기존 진공공정을 일부 대체하고 특히 미세 패턴 제작에 필요한 다양한 공정 단계와 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

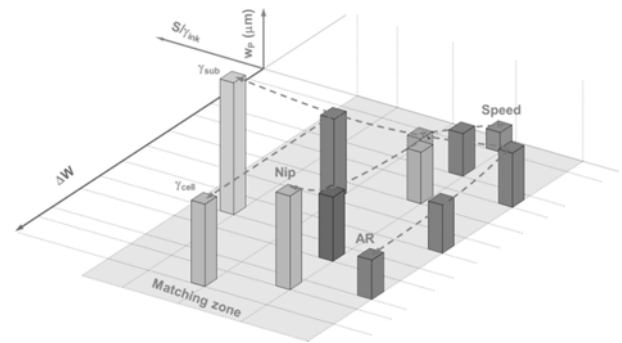


Fig. 1 Matching window for roll-to-roll gravure printing

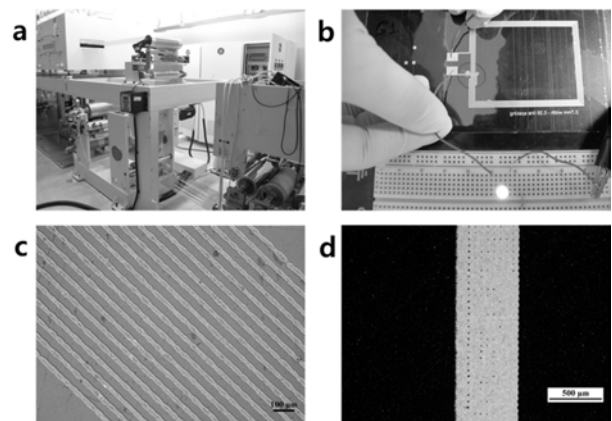


Fig. 2 Roll-to-roll gravure printing process and its applications (a) roll-to-roll gravure printing machine, (b) flexible printed circuit board, (c) micro pattern printing with 30-μm-pattern width, (d) micro pattern printing with 500-μm-pattern width

참 고 문 헌

- (1) Khan, S., Lorenzelli, L., and Dahiya, R. S., 2015, Technologies for printing sensors and electronics over large flexible substrates: a review, Sensors Journal, IEEE 15:6 3164-3185.
- (2) Krebs, F. C., 2009, Fabrication and processing of polymer solar cells: a review of printing and coating techniques, Solar energy materials and solar cells 93:4 394-412.

전기방사기법을 이용한 Zeolite가 적용된 PVDF film 형성 및 응용에 관한 연구

강동희, 강현욱*

Zeolite embedded PVDF film generation using electrospinning technique and its applications

D. H. Kang, H. W. Kang*

전남대학교 기계공학부

Key Words : Electrospinning, Morphology fabrication, Zeolite, Polyvinylidene fluoride (PVDF)

1. 서 론

나노직경의 섬유를 제작하기 위한 단순한 방법 중 하나인 전기방사기술은 단위부피당 표면적이 매우 넓은 다공성 구조체를 형성한다. 전기방사기술을 이용하여 제작된 섬유는 유연성을 가지며, 제작공정이 단순하여 다양한 산업 및 연구 분야에서 응용 및 활용에 관한 연구가 진행되고 있다. [1] 특히 나노크기의 공극을 통하여 미세먼지, 세균 등의 제거를 위한 필터제작 및 조직공학에서 세포배양시 필요한 지지체로서의 활용에 관한 연구가 활발하다. [2]

최근에는 전기방사의 용액 제조 과정 중 기능성 나노물질이 첨가된 폴리머 섬유제작에 관한 연구가 다수 제시되고 있다. 이는 폴리머 섬유 자체에 기계적 물성 및 전기적 보강을 위한 것으로, 공정상에서 CNT, AgNW와 같은 nanowire 및 TiO₂ NP를 첨가시켜 전기방사 하므로서 공정이 이루어진다. [3]

본 연구에서는 소수성의 PVDF를 기반으로, 흡습 특성의 zeolite 입자를 첨가시킨 폴리머 용액을 통해 습도 조절기능 및 먼지를 거를 수 있는 필터 응용에 관한 기초적인 연구를 수행하였다. 전기방사 공정에서 적용되는 공정변수를 조절하여 제작된 나노섬유의 표면특징을 SEM을 통해 관찰하며, 필터로의 활용을 위한 흡습특성을 접촉각 측정을 통하여 분석하였다.

2. 실험

전기방사에 사용되는 용액은 12 wt%의 PVDF powder를 DMF/Acetone (3:7) 비율로 혼합된 용매에 혼합하여 제조하였다. DMF는 상온에서 PVDF를 녹이기 위해 active solvent로 사용되었고, Acetone은 전기방사 과정에서 용매의 증발을 돕기 위해 latent solvent로 사용된다. 첨가된 zeolite (<45 µm)는 powder type을 사용하였다. PVDF용액은 30 ~ 40°로 유지되는 수조에서 Sonicator로 48시간 동안 완전히 녹이고, zeolite 입자는 용액 내에서 균일하게 퍼지도록 분산시켰다.

전기방사 장비는 high voltage supply, syringe pump, collector 3부분으로 구성되어있다. (Fig. 1A) PVDF 용액은 50 µl/min으로 syringe pump를 통해 플라스틱 주사기 밖으로 토출된다. 토출된 용액은 PTFE 튜브를 따라 끝에 연결된 metal needle (25G, inner diameter : 260 µm)의 끝 meniscus를 형성한다. High voltage source에서 인가된 +12.5 KV 전압에 의해 metal needle에서 토출된 폴리머 용액에 전하가 쌓이게 되고 동시에, 바늘 끝에 한 용액의 표면장력을 정전기적 반발력이 이를 극복하게 되면서 폴리머 섬유가 연신 된다. 연신된 용액은 공기 중에서 용액내에 포함된 acetone이 증발하며 고형화가 이루어지고, collector에 연속적으로 누적된다.

본 실험에서는, 12 wt% PVDF 용액을 기반으로 zeolite의 질량비 및 전기방사 조건을 조절하여 섬유의 평균직경 및 박막필름의 형상을 변화시켰다.

3. 실험 결과 및 고찰

전기방사 공정은 30% 상대습도, 실온에서 실시하였다. Fig. 1B

에 나타난 PVDF 섬유는 zeolite particle이 1 wt% 첨가된 용액을 사용했을 때 촬영한 Scanning electron microscopy (SEM) image 이다. PVDF 박막 필름의 표면은 연속적으로 적층된 섬유로 인해 다공성의 구조를 보이며, 전기방사 거리 조절 변수에 의해 섬유 사이에 얇은 막의 구조도 형성되었다. Zeolite particle은 PVDF 표면에 전반적으로 분포되어 있으며, 입자 크기는 2 ~ 10 µm 이다. Particle은 섬유 사이에 위치 하거나, PVDF 표면에 두드러져 나타난 모습이다.

전체적인 표면 형상은 전기방사 거리에 의해 영향을 받고 있음을 확인하였으며, 전기방사 거리가 용매가 증발되기에 충분한 시간조건 하에서는 fiber의 형태를 형성하며, 용매가 충분히 증발되지 못한 상태에서 형성된 박막은 공극이 없는 필름 형태로 형성됨을 확인하였다.

4. 결 론

zeolite 입자가 첨가된 PVDF 용액을 전기방사 시켜, 박막 필름을 성공적으로 제작하였다. 본 연구를 통해, 전기방사 거리에 의해 변화된 형상적인 특징은 PVDF 박막 필름의 표면에 노출된 zeolite의 비율에 영향을 주는 것으로 드러났으며, jetting에 기초한 공정 및 기능성 나노물질의 첨가가 가능한 특징을 바탕으로 인쇄전자공정에서 다양한 활용이 가능함을 알 수 있다.

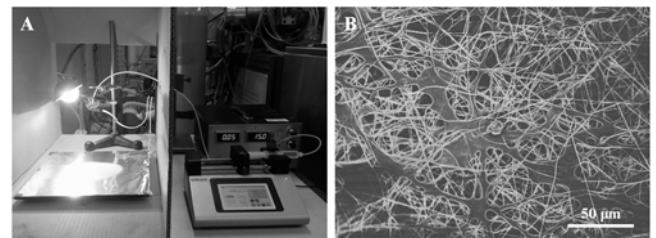


Fig. 1 (A) Experiment apparatus set up image (B) Electrospun PVDF membrane with 1 wt% zeolite ratio.

참 고 문 헌

- (1) Sahay, R., Kumar, P. S., Sridhar, R., Sundaramurthy, J., Venugopal, J., Mhaisalkar, S. G., and Ramakrishna, S., 2012, "Electrospun composite nanofibers and their multifaceted applications," *Journal of Materials Chemistry*, 22(26), 12953-12971.
- (2) Agarwal, S., Joachim H. W. and Andreas G., 2008, "Use of electrospinning Technique for Biomedical Applications," *Polymer*, 49(26), 5603-5621.
- (3) Zhang, C. L. and Yu, S. H., 2014, "Nanoparticles meet electrospinning: recent advances and future prospects," *Chemical Society Reviews*, 43(13), 4423-4448.

대형 텔레비전 스탠드에 가스스프링 적용 범례

이정익^{1*}, 고병갑², 여문수³

Application example of gas spring for large television stand

J. I. Lee*, B. K. Koh, M. S. Yeo

인하공업전문대학 기계설계과¹, 기계과², 자동차과³

Key Words : Piston, Orifice, Elevation, Friction

1. 서론

Elevation TV는 별도의 거실장이 필요 없는 독립적인 스탠드 구조가 특징이며 높낮이 제약에 따른 시야 확보의 필요성으로 인해 TV용 가스스프링을 적용할 예정이다. 따라서 본 연구에서 개발할 제품은 TV Elevation용 가스스프링으로서 긴(200~300mm) Stroke에 따른 Display Up/Down 시 가스스프링의 Piston Velocity를 제어하여 초과 외력으로 인하여 사용자가 의도한 높낮이 조절이 어려운 문제를 해결하고 가스스프링 부피보상 장치를 개발하여 긴 길이변위에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생하는 문제를 보완하고자 한다. 즉, 기존의 가스스프링과 차별되는 기술의 TV Elevation 전용 가스스프링으로서 소비자 감성품질 향상에 기여하게 되는 기술을 개발하고자 하는 것이다. 또한 자동차와 주방용 가구 등에 집중되어 있는 가스스프링 시장 구조에서 TV 시장의 새로운 활로를 개척하고 궁극적으로 해외 Maker 업체의 독과점 구조인 가스스프링 시장에 맞춤형 기술개발을 통하여 경쟁력을 갖추 수 있을 것이라 판단된다.

2. 높이 조절 동작용 가스스프링 개발의 목표 및 내용

2.1 기술개발목표

가스스프링은 가스질과 가스(N_2)의 압력작용으로 마찰력이 발생하고 마찰력은 외력의 방향과 반대방향으로 작용하며 마찰력은 다시 정지마찰력과 운동마찰력으로 구분된다. 가스스프링은 이 정지마찰력으로 인하여 사용자가 Elevation 동작을 위해 외력을 가할 시 가스스프링의 반발력과 마찰력의 합보다 더 많은 외력을 필요로 하게 된다. 따라서 마찰력이 정지마찰력에서 운동마찰력으로 전환될 때 초과 외력이 발생하게 되고 초과 거리가 발생하게 된다. 이에 사용자는 원하는 위치에 TV 본체를 이동시키기가 어렵게 되는 것이다. 또한 가스스프링은 가스스프링 내부에 압축되는 피스톤 로드와 부피만큼 내부 부피가 감소하게 되어 압력이 상승하게 된다. 따라서 가스스프링이 압축될수록 반발력이 상승하여 변위에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생한다. 결국 본 개발 제품은 위 과제 해결에 대한 기술연구 및 개발을 수행하여 기존의 가스스프링과 차별되는 TV Elevation 전용 가스스프링을 개발하고 소비자 감성품질 향상에 기여하게 되는 기술을 연구하는데 목적이 있다. 따라서 본 연구는 주관기관의 50인치 이상 대형 텔레비전 스탠드의 높이조절 동작용 가스스프링 개발에 있고, 다른 참여1 회사는 가스스프링 부피보상용 중공로드의 개발, 마지막으로 참여2인 학교는 피스톤 구조 설계 및 유동해석으로 역할을 나눌 수 있다.

2.2 기술개발내용(피스톤 속도 제어 기술, 마찰력 감소 기술, 가스스프링 부피보상 장치, 가스유출 감지기술)

Fig.1은 가스스프링의 Piston Package의 단면을 나타낸 그림이다. 가스스프링의 실린더 내부는 크게 압축실과 인장실로 나뉘지며 피스톤이 두 저장조를 나누는 역할을 한다. 피스톤에는 피스톤외벽과 실린더 내벽 사이에서의 가스의 누출을 막기 위해 오리피스가 장착되어 있

며, 두 저장조 사이에서 가스이동을 위한 통로로서 오리피스 역할을 하는 미로가 피스톤 앞, 뒷면에 형성되어 있다. 이는 압력강화를 발생시켜 가스누출 속도에 감쇠를 주기 기능을 하며 감쇠효과를 다르게 줄 수 있도록 서로 다른 미로 형상을 가지고 있다.

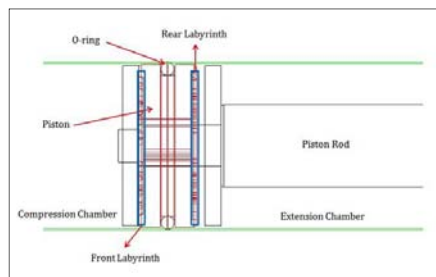


Fig. 1 Schematic diagram of Piston Package

이상은 피스톤 속도 제어 기술이며, 실험을 위한 설계 파라미터들을 이용하여 오리피스 단면적과 오리피스 길이에 따른 압력구배를 계산하고, 마찰력 감소 기술의 적용을 위해 Gas seal rip과 Gas seal cross section을 연구한다. 중공축과 중실축을 이용한 가스스프링 보상 장치를 연구하며 마지막으로 실제 가스보상이 잘 이루어졌는지 테스트를 위해 가스유출 감지기 기기를 넣어서 가스유출(He)량을 전수 조사해 본다.

3. 결론

본 연구개발을 통해 가스스프링의 디지털 TV 스탠드 적용에 있어서 가스스프링의 피스톤 속도를 제어함으로써 긴 Stroke (200~300 mm, TV Elevation 길이변위) 조건하에 가스스프링 동작 시 사용자가 의도한 높낮이 조절이 가능하게 하고 Stroke에 따라 사용자 외력의 차이가 크게 발생하는 문제를 별도의 장치를 개발하여 TV용 Elevation 기능에 감성품질 최적화를 시도하고자 한다.

후기

본 과제는 한국산업단지공단 생산기술사업화 지원사업(2013.06.01.~2014.05.31.)에 “50” 이상 대형 TV 스탠드의 Elevation 동작용 가스스프링 개발”[주관:(주)와이제이티, 참여1:부성스틸(주), 참여2:인하공전산학협력단]에 대한 사업 수행 내용입니다.

참고문헌

- (1) Han, I. S., Choi, K. J, Kim, J. Y and Lee, Y. B, 2013, 1 and Kim, D. H, 2013, “The numerical analysis and experimental verification of the heat transfer effect on the highly pressured gas spring”, Transactions of KSAE, 21, 2, pp.87~97.,

리사이클링이 가능한 마이크로파일용 확공 비트의 개발(2차)

이정익^{1*}, 고병갑², 여문수³

Development of recyclable micro-pale expansion drilling bit(The Second)

J. I. Lee*, B. K. Koh, M. S. Yeo

인하공업전문대학 기계설계과¹, 기계과², 자동차과³

Key Words : Expansion drilling, Guide device, Main, Wing bit, Shank

1. 서론

일반적으로 각종 건설현장에서 천공을 하는 공구를 비트(Bit)라 하며, 비트는 지반 굴착기로부터 구동력과 공압을 제공받으며 해머 몸체 내에 장착되는 것으로 토사층 및 암반층을 굴착하는 용도로 사용된다. 고속도로 주변의 사면 보강(돌, 흙 등이 흘러내리는 것을 방지함), 도로나 철도의 터널 공사 등에 널리 사용되는 천공 장비의 소모품이라고도 한다. 기존의 링 비트는 가이드레일을 따라 자력의 무게에 의하여 작동되는 원리인데 이 경우 가이드레일에 불순물이 낄 경우 작동 불능 상태가 된다. 케이싱 천공 후 사장되는 링 비트 없이 비트 전체가 회수되는 친환경적이며 경제적인 비트의 개발이 필요하게 되었다. 이에 기존 회수용 비트의 단점을 개선하고, 값비싼 사장용 링 비트가 없는 경제성을 향상시킨 천공과 동시에 케이싱이 가능한 회수용 비트를 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 마이크로파일용 확공 비트 연구의 목표

링 비트, 하우징 비트, 링 가이드, 디바이스로 제품이 구성되어 있고 각각의 부품은 간단하게 조립 및 해체 가능 구조 개발되었다. 천공과 동시에 케이싱 삽입 작업을 함에 있어서 기존의 링 비트를 대신하여 케이싱 직경보다 2~3mm 큰 확공 전용 링 비트를 사용하며, 또한 필요에 따른 확공을 지반에 따라 선택적으로 할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

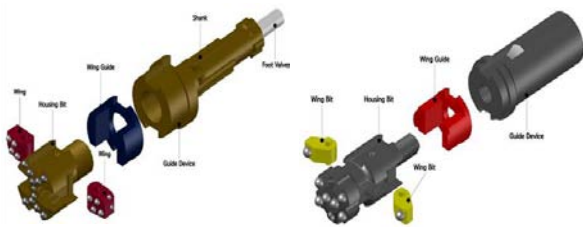


Fig. 1. Concept design stage (exploded view) of large and small mirror drilling bit

3. 마이크로파일용 확공 비트 연구 내용

제품개발의 개념도는 정립된 상태이며 링 비트의 상세도도 어느정도 준비된 상태이다. 링 비트 및 조경 위치(깊이 9 mm로 고정)이고 하우징 비트의 상세도도 준비되어 있다. 하우징 비트 및 조경 위치는 쇼울더 및 캠 파트 상세도와 샹크 상세도로 되어 있다. 샹크에 대한 연구 내용에는 가이드 디바이스 및 가이드 디바이스 연결 핀 상세도와 가이드 디바이스 및 가이드 디바이스 연결 핀이 3차원 AutoCAD 모델링 도면으로 연구되어 있다. 링 비트의 유한요소(Finite Element Analysis)는 다음과 같다. AutoCAD의 STEP file에 의한 NX Nastran part file 변환으로 준비하여 해석한다.

Table. 1 FEM condition (material properties and analysis conditions) of Wing bit

Material	AISI_410_SS	Length of Wing Bit	46mm	66mm	86mm
Mass Density	7.710-6kg/mm ³	Solver	NX NASTRAN		
Elasticity modulus	219GPa	Element Type	3D Tetra10		
Poisson's ratio	0.27	Number of Node	33,477	48,624	62,546
Yield strength	483.1MPa	Number of Element	21,863	32,132	41,544
Tensile strength	678.0MPa				

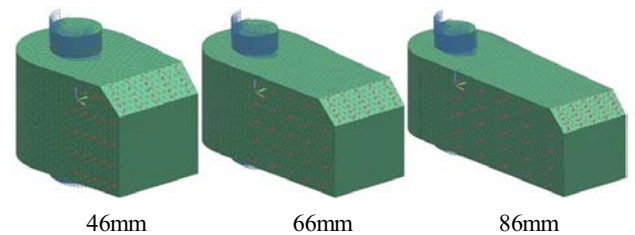


Fig. 2. Wing bit according to length

이들에 따른 링 비트의 Table 1 조건에 의한 변형 해석과 응력 해석을 수행한 후 가장 적절한 46 mm에 대한 변형 및 응력변화 선도는 다음과 같다.

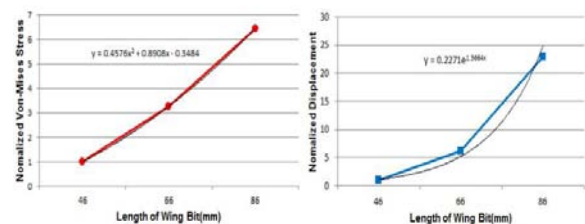


Fig. 3. Normalized displacement and Von-Mises stress for wing bit (46 mm)

후기

본 과제는 한국산업단지공단 생산기술사업화 지원사업(2015.07.01. ~2016.06.30.)에 “리사이클링이 가능한 마이크로 파일용 확공 비트의 개발”[주관:동림산업(주), 참여1:서원공구, 참여2:인하공업전문대학협력단]에 대한 사업 수행중인 내용입니다.

참고문헌

- (1) Lee, J. M and Kim, D. H, 2014, “A study on the Strength Evaluation of Micropile with Expanded Drill Hole”, Jol. of the Korea Society of Safety, 29, .74~81.

제동력 강화 Caliper의 Spindle Assembly 단조 공법 개발(2차)

고병갑^{1*}, 이정익², 여문수³

The development of forging engineering in spindle assembly of caliper for braking power enhancement (The Second)

B. K. Koh*, J. I. Lee, M. S. Yeo

인하공업전문대학 기계과¹, 기계설계과², 자동차과³

Key Words : Caliper, Forging, Axle force measuring device, Brake, Forging simulation, Spindle, Nut spindle, Rolling dice, Tap

1. 서론

자동차 산업의 환경변화로 미래자동차 기술개발의 패러다임은 친환경, 친에너지, 안전과 편의, 정보통신기술을 융합으로 발전될 것으로 예상하고 있으며 친환경 및 안전을 고려한 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 시장의 변화에 따라 세계 자동차 산업의 주차 브레이크시스템은 기존의 와이어 방식의 주차 브레이크시스템에서 지능형 주차 브레이크시스템인 전자식 주차 브레이크시스템으로 전환되고 있다. 현재 개발업체에서도 전자식 주차 브레이크시스템개발에 성공하여 i40(현대자동차) 차종에 적용 중에 있다.



Fig. 1 Comparison of parking brake system



Fig. 2 Electronic parking brake system for demanded company

수요기업의 이와 같은 기술력을 인정받아 GM으로부터 GM의 전륜차종인 3,000CC 이상 급의 세단(O1XX) 및 SUV(C1XX) PROJECT를 수주하여 개발 중에 있다. 수요기업에서 당사로 전자식 주차 브레이크시스템의 핵심 부품인 Spindle과 Nut Spindle을 개발해 줄 것을 의뢰받았고 이는 개발착수통보서로 의뢰받은 상태이다. 국내 경쟁사에서는 Spindle과 Nut Spindle을 가공품으로 개발하여 적용하고 있으나 본 연구개발을 통해 Spindle과 Nut Spindle의 단조 공정 기술개발, Spindle과 Nut Spindle의 금형설계기술, 전자식 주차브레이크시스템의 축력(제동력) 신뢰성 확보 기술, Spindle과 Nut Spindle의 단조 및 형상설계 시뮬레이션을 개발기술 항목으로 두고 과제를 수행하고자 한다.

2. Caliper의 Spindle Assembly 단조공법 개발 현황

국내 경쟁사의 경우 제조단가가 높고 생산제조공정이 복잡하여 다소 낙후된 제조공정을 가지고 개발하고 있으며, 제조현장에서 품질불량 등의 문제점이 나타나고 있다. 해외 경쟁사의 경우 제동 부품 분야의 해외 글로벌 업체인 TRW사에서는 본 연구 개발 대상 부품인 Nut Spindle에 대해 단조 성형 공법이 아닌 수 가공에 의존한 공법을 적용

하여 부품을 공급하고 있는 중이다. 전자식 주차 브레이크 시스템의 모터 용량이 증가함에 따라 Spindle Assembly의 축력 또한 증대될 필요가 있다. 따라서 본 개발 제품의 차별화된 기술력(단조 공법)과 개발 제품의 신뢰성 검증을 위한 간이축력측정장치 제작을 통하여 제조 원가 감소 및 제품 품질 안정을 공략하는 것이 필수 과제를 주지하여야 한다.

3. 연구목표 및 결론

기술개발의 평가방법 및 평가항목은 다음과 같다. 스핀들에서는 스핀들 경도, 직각도, 표면조도를 세계 목표 또는 개발 목표치로 끌어올리며, 너트 스핀들은 너트 스핀들 경도, 내식성(너트스핀들), 단조 성형단수 등을 평가하며, 금형은 열처리 정도, 직각도(이중 열박음부)를 어셈블리에서는 축력(스핀들 어셈블리)을 측정한다. 따라서, 결론적으로 제동력 강화를 위한 Caliper의 Spindle Assembly의 단조공법 개발을 수행하고 이를 측정하기 위한 축력장치의 개발에 결론을 두고 연구한 내용이다.

4. 표면측정 System 개발 및 내용 및 방법

Spindle Ass'y는 전자 제어식 캘리퍼의 구동을 위한 핵심 안전부품으로 상대 부품간의 나사 체결력에 따른 축력의 크기는 제동력에 큰 영향을 미친다. 요구되는 축력 확보를 위한 전조 다이스 및 TAP을 개발하기 위해서는 다양한 설계안(시뮬레이션)에 대한 축력 검증 과정 필요하다.(시작품 제작 때마다 축력 측정 가능) 따라서 Spindle과 Nut Spindle의 축력 검증을 위해 간이축력측정장치 제작이 필요하다.

후기

본 연구는 산업단지공단 생산기술사업 일환인 현장맞춤형 기술개발사업의 [“제동력 강화 Caliper의 Spindle Assembly 단조 공법 개발”(개발기간 : 2014. 11. 01. ~ 2015. 10. 31.)] 일환으로 연구 수행 하였습니다.

참고문헌

- (1) Lee, J. M and Kim, D. H, 2014, “A study on the Strength Evaluation of Micropile with Expanded Drill Hole”, Jol. of the Korea Society of Safety, 29, 74~81.
- (2) Shin, K. S, 2014, Effect of Surface Roughness on Cutting Conditions in CNC lathe C-Axis Milling Arc Cutting, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, 13:4, 99~105.
- (3) Kim, J. M, Lee, K. O, and Kang, S. S, 2005, A study on the forming process and formability improvement of clutch gear for vehicle transmission, Proceedings of the Korean Society for Technology of Plasticity Conference, 184~187.

고주파유도가열을 통한 마찰교반용접 공정 향상에 관한 연구

윤진영^{1,2}, 김철희^{1*}, 이세현², 송문섭³Improvement of the friction stir welding process
by the additional high frequency induction heating

Jin Young Yoon, Cheolhee Kim, Sehun Rhee, Moon Seob Song

한국생산기술연구원¹, 한양대학교², 서진산업³

Key Words : Friction stir welding, Induction heating, Process Capability

1. 서론

마찰교반용접은 회전하는 비소모성 툴을 이용하여 소재에 마찰열을 발생시키고 연화된 소재를 교반하여 접합하는 고상용접 방식이다. 기존의 마찰교반 용접은 툴의 한계로 인하여 알루미늄, 마그네슘과 같은 저강도 소재에 주로 적용이 되었으나 최근에는 툴 제조기술이 향상됨에 따라 고강도 소재로 범위가 확대되고 있다. 하지만 고강도 소재의 경우 용접속도 저하, 툴의 손상 및 마모가 발생하는 문제점이 발생한다. 본 연구에서는 마찰교반 용접에 동축 인덕션 코일을 적용하여 툴 주변의 소재를 예열함으로써 항복강도를 떨어뜨리고 빠르게 교반이 가능한 상태를 만들어 용접속도의 향상과 툴의 손상을 감소시키는 연구를 진행하였다.

2. 인덕션 FSW 하이브리드 용접

본 연구에서는 철강소재의 겹치기 용접을 대상으로 실험을 실시하였으며 실험장치는 Fig. 1과 같이 구성하였다. 소재는 두께 1 mm, 인장강도 440 MPa급 소재인 SAPH440를 사용하였다. 용접조건은 용접속도: 4~9 mm/s, 툴의 회전속도: 600 rpm, 휴지시간: 5 s, 툴 틸팅각: 3°로 설정하였으며, 인덕션은 최대출력: 10 kW, 주파수: 145 kHz 가지는 장비를 사용하였다. 인덕션은 소재로부터 2 mm간격을 두고 소재를 400 °C로 가열을 하도록 설정하였다.



Fig. 1. Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

실험에서 예열을 하지 않은 조건에서는 최고속도 4 mm/s까지 용접이 가능하였으며, Fig. 2를 보게 되면 6 mm/s의 용접 조건에서 비드의 형상은 건전하게 보이나 핀이 손상된 상태로 용접을 진행하여 실질적인 용접은 이루어지지 않았다. 하지만 인덕션 히팅을 이용하여 예열을 실시한 상태에서는 9 mm/s 까지 툴의 파손은 발생하지 않았으며 용접부의 비드형상도 양호한 상태를 보인다.

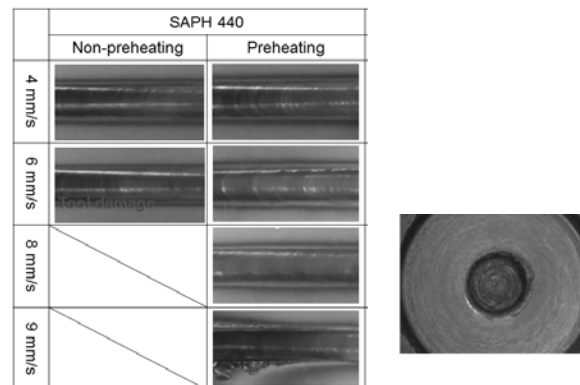


Fig. 2. Welding bead & Tool damage

용접부의 인장시험 실시 결과 예열을 하지 않았을 경우 4 mm/s 용접속도에서 모재파단이 발생하였으나 그 보다 빠른 용접속도에서는 용접이 이루어지지 않았다. 하지만 인덕션 예열을 사용한 경우에는 용접속도 8 mm/s까지 모재파단이 발생하였으며 9 mm/s에서 351 N/mm로 계면에서 파단이 발생하였다.

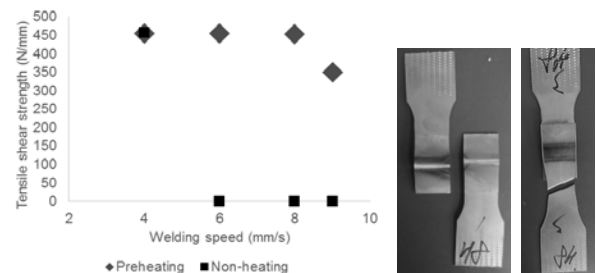


Fig. 3. Tensile shear strength for lap joint

인덕션 히팅을 추가적인 열원으로 사용할 경우 틀삽입전 접합물의 온도를 400 °C 이상으로 예열효과가 발생하고 마찰교반용접 수행 시 용접속도 증가가 가능하고 툴 파손의 방지가 가능함을 확인하였다.

참고 문헌

- (1) T. J. Lienert, W. L. Stellwang, JR., B. B. Grimmer, and R. W. Warke, 2003, *Friction Stir Welding Studies on Mild Steel*, Welding Journal, 1s-9s.
- (2) W. M. Thomas, E. D. Nicholas, 1997, *Friction stir welding for the transportation industries*, Materials & Design, 269-279.
- (3) R. S. Mishra, Z. Y. Ma, 2005, *Friction stir welding and processing*, Materials Science and Engineering: R: Reports, 1-78.

용접공정변수가 이종재(AI5083/DP590)마찰교반점용접에 미치는 영향

정수옥¹, 방한서², 방희선^{2*}

Effects of friction spot joining on dissimilar materials(AI5083/DP590) with welding parameters

S. O. Jeong, H. S. Bang, H. S. Bang*

조선대학교 용접접합과학공학과 대학원¹, 조선대학교 용접접합과학공학과²

Key Words : Friction spot joining, Dissimilar materials

1. 서론

최근 자동차산업에서 환경규제 강화 등의 이유로 고연비, 경량화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 특히, 차체 경량화를 위해 알루미늄, 마그네슘 등과 자동차용 강판을 접합하는 이종재 접합기술 연구가 주목받으면서 마찰교반점용접(Friction spot joining)이 개발, 적용되기 시작했다. FSJ는 마찰교반용접(Friction stir welding)공정을 응용한 기술이며, 마찰열과 가압력, 소성유동을 이용한 고상용접으로 기존 용융용접의 어려움을 해결할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 이종재(AI5083/DP590) 마찰교반점용접으로 알루미늄과 고강도강을 마찰교반점용접 후 접합부의 강도 및 특성을 고찰하였다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

본 실험에 사용된 소재는 Table 1과 같은 기계적 물성을 가지고 있는 AI5083-O와 SGAF C DP590강판이며 Fig. 1에 나타난 것과 같이 50x150mm 면적에 각각 3, 2mm의 두께의 시편을 사용하고 상판은 알루미늄, 하판은 강판으로 겹치기(lap joint) 마찰교반점용접을 실시하였으며, Shoulder 직경 14mm, Pin 길이 3mm, Smooth Frustum형 상에 오목각이 3°인 툴을 사용하였다.

Table 1. Mechanical properties of AI5083-O and DP590

Mechanical properties			
	Tensile Strength (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
AI5083-O	316.9	143.1	23
DP590	593.0	375.0	29

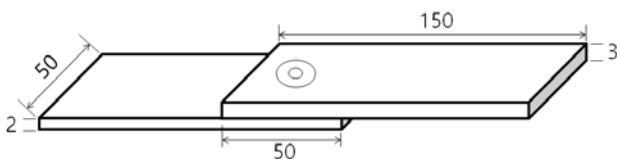


Fig. 1. Dimensions and geometry of welding part of sheets specimen used

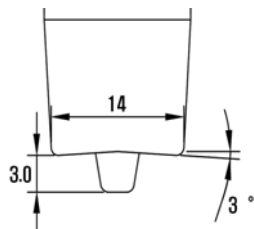


Fig. 2. Schematic view of tool used for FSJ

툴의 삽입깊이는 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5mm로 조건을 달리하여 실험하여 용접변수가 용접부에 미치는 영향을 관찰하였고 실험 후, 접합부 단면과 미세조직을 광학현미경으로 관찰하였고, KS B 0851규격으로 인장시편을 제작해 만능재료시험기(UT100F)로 접합부의 인장전단강도를 평가하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

삽입깊이 (mm)	Cross section	Fracture appearance	
		Steel	Al
0.2			
0.5			
0.7			
1.0			
1.5			

Fig. 3. Cross section after welding and fracture appearances after tensile shear test

실험결과, 대부분의 조건에서 외관형상은 양호하고 결함 없었으며, 인장전단시험 결과에서는 툴의 삽입깊이가 0.7mm일 때까지 인장전단값이 높아지다가 0.7mm를 기준으로 깊이가 깊어질수록 그 값이 떨어지는 것을 결과가 나왔다. 이런 이유는 용접부에 열이 골고루 분포되지만, Fig. 3에서는 나타나는 것과 같이 알루미늄 상판의 두께가 얇아져서 알루미늄에서 파단이 나는 것을 알 수 있었다. 알루미늄의 두께를 고려했을 때, 0.7mm 일 때 가장 적절한 툴의 삽입깊이이며 툴의 shoulder 끝에서도 변형 없이 유지됨을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) Fujimoto, Mitsuo, et al., 2005, *Development of friction spot joining*, Welding in the World 49.3-4. 18-21.
- (2) Teuk Ki Kim, et al., 2007, *Fracture mode of friction spot joined Aluminum alloy used in automobile industry*, The Korean Welding & Joining Society, 48-48. 316-318.
- (3) Pan, T., et al., 2004, *Spot friction welding for sheet aluminum joining*, Proceedings of the 5th international symposium of friction stir welding, Metz, France. Vol. 1416.

TIG assisted 마찰교반용접을 이용한 이종재 (Al5052/DP590) Tailored Blank의 용접성에 관한 연구

정민우¹, 방한서², 방희선^{2*}

A study on the weldability of dissimilar (Al5052/DP590) Tailored Blank by TIG assisted Friction Stir Welding

Min-Woo Jung, Han-Sur Bang and Hee-Seon Bang*

조선대학교 용접·접합과학공학과 대학원¹, 조선대학교 용접·접합과학공학과²

Key Words : TIG assisted Friction Stir Welding, Tailored blank, Dissimilar materials

1. 서론

이종소재(Al5052/DP590) Tailored welded blank(TWB)를 제작함에 있어서 기존의 용융용접은 열 변형, 잔류응력, 균열 등의 용접 결함뿐만 아니라 금속간화합물로 인해 접합부의 강도저하가 되어 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 본 연구에서는 Friction Stir Welding을 이용한 TWB에서 발생하는 용접성, 용접속도, 톨의 마모도를 향상시키기 위하여 스틸 판재에 TIG에열을 적용한 마찰교반용접법을 사용하여 스틸 알루미늄 TWB를 제작하였다.

2. 실험소재 및 실험방법

본 TIG-FSW Hybrid TWB 실험에서 사용되어진 소재는 Al5052 2.5T와 SPFC DP590 1.4T으로 시험편의 제원은 (L)=200mm, 폭 (B)=100mm 면적을 가지고 있다. 각 시험편의 기계적 물성치는 Table 1에 나타내었다

Table 1 Mechanical property of materials

Material	Y.S(MPa)	T.S(MPa)	E.I(%)
Al5052	168	227	11
SPFC590	380	629	30

TIG를 보조열원으로 철강판재(SPFC DP590) 판재에 조사함으로써 물리적 특성이 상이한 접합부의 소성유동을 증가시켜 접합성을 높이는 방법으로 용접조건은 톨의 회전수 300, 400, 500rpm이며, 이송속도는 1.2, 1.6, 2.0mm/s로 정하였다. Fig. 1은 실험장치 사진 및 실험 모식도를 보여주고 있다.

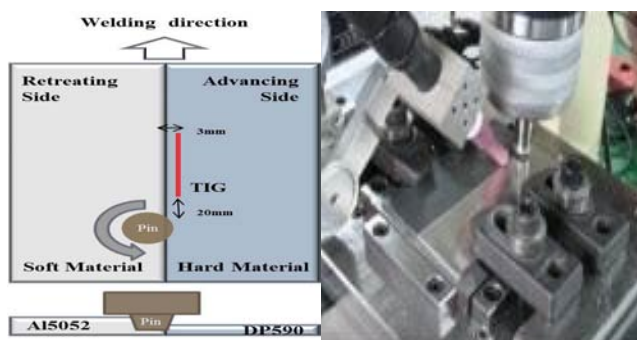


Fig. 1 Schematic illustration of applied TIG-FSW Hybrid

TIG-FSW Hybrid TWB 접합부의 강도 평가를 위하여 ASTM E8M-04 규격으로 인장시험을 수행하였으며 광학현미경을 이용하여 접합부 단면을 관찰하였고 비커스 경도 시험기를 사용하여 하중 500gf, 하중시간 10sec 조건으로 경도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 Dissimilar tailored blank by TIG-FSW Hybrid 접합 시험편에서 각 접합변수에 따른 비드외관과 단면을 나타낸 것이다. 알루미늄과 steel의 두께 차이로 인하여 발생하는 알루미늄 burr가 모든 용

접조건에서 나타나고 있다. 단면부의 모든 형태는 비슷한 양상을 보이고 있지만 높은 회전수로 갈수록 더 많은 양의 스틸이 알루미늄 쪽으로 교반되는 것으로 보인다.

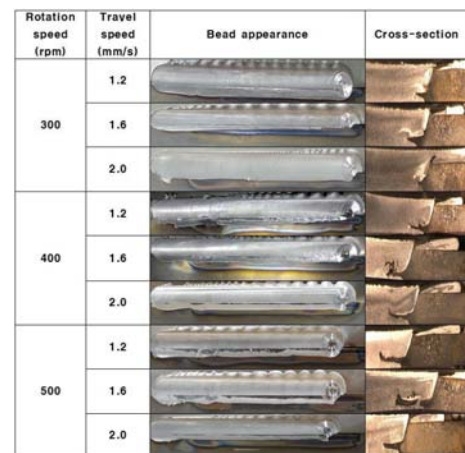


Fig. 2 Weld beads and cross-section images of dissimilar tailored blank by TIG-FSW Hybrid

Fig. 3는 Dissimilar tailored blank by TIG-FSW Hybrid 접합 시험편의 접합부 인장강도를 나타낸 것이다. 300rpm-1.6mm/s에서 183MPa로 최대 인장 값을 보여주었으며 이는 알루미늄 모재 대비 80%의 강도에 해당되는 것이다. 회전수가 높아질수록 모든 조건에서 상대적으로 회전수가 낮은 접합부보다 인장강도 값이 낮아지는 경향을 보인다. 이는 여러 가지 영향이 있겠지만 단면에서 관찰된 것과 같이 회전수가 증가할수록 스틸이 알루미늄쪽에 더 많이 접촉하게 되어 금속간 화합물의 생성정도가 많아져 인장 강도 값에 영향을 미치는 것으로 생각된다

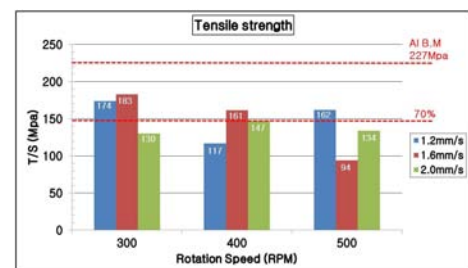


Fig. 3 Relation between the rotation speed and tensile strength

참고 문헌

- (1) Merklein, M., & Giera, A. (2008). Laser assisted Friction Stir Welding of drawable steel-aluminium tailored hybrids. International Journal of Material Forming, 1(1), 1299-1302.
- (2) Geun-Hong Jeon, Hee-Sun Bang, Han-Sur Bang, Sung-Min Joo, 2009, A study on Weldability of TIG Assisted Friction Stir Dissimilar Welding of Al6061 and STS304 Sheet, KWJS 2009-Autumn, 161-161

마찰교반용접의 CFD해석에서 마찰열원을 고려하기 위한 툴 표면 추적기법에 대한 연구

김수덕, 한상우, 나석주*

A study on an interface tracking method to consider the interface heat in FSW based on CFD analysis

S. D. Kim, S. W. Han, S. J. Na*

한국과학기술원 기계공학과

Key Words : FSW, CFD, Open Area Method, Interface tracking

1. 서론

마찰교반용접에서는 툴과 모재간의 상대운동으로 인해 접촉면에서 마찰열이 발생하게 된다[1]. 실제 공정에서는 툴이 회전하면서 용접방향으로 이동하기 때문에, 마찰열원을 보다 정확히 표현하기 위해서는 실시간으로 모재와 접촉하는 툴의 표면을 추적하는 기법이 필요하다. 본 논문에서는 Open Area Method를 통해 모재와 접촉하는 툴의 표면을 추적하고, 마찰열원을 실시간으로 고려할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 한다.

2. 툴 표면 추적기법

툴 표면을 추적하기 위해 Open Area Method를 이용하였고 그 원리는 다음과 같다. 먼저 정육면체 모양의 3차원 cell에서, +x, +y, +z 방향의 3개의 표면을 선택하고, 3개의 표면 중 적어도 하나의 표면이 툴과 접촉하면 그 cell을 표면 cell로 인식한다. 그리고 계산된 툴과 모재의 총 접촉면적을 접촉표면으로 인식되는 cell의 개수로 나눈다. 이와 같은 알고리즘을 통해 하나의 표면 cell에 포함되는 평균 접촉면적을 계산하고, 이를 기반으로 마찰열원을 부가한다.

3. 해석 결과 및 고찰

해석결과를 검증하기 위해서 analytic solution[2]이 계산 가능한 툴 형상이 선택되었고, 그 형상은 Fig. 1(a)와 같다. 또한 보다 정확한 검증을 위해서 툴과 모재가 만나는 면적을 Fig. 1(b)와 같이 각각 shoulder, pin side, pin tip으로 나누어 계산하였다. 해석은 툴이 0.012s 동안 진행하도록 수행 되었으며, 이 시간은 툴이 정확히 한 cell의 크기만큼 이동하는 시간을 의미한다. Fig. 2의 결과와 같이 0.012s 동안 마찰열원에 의해 모재에 부가되는 열 입력 양이 매 순간 변하는데, 이는 매 time-step마다 모재와 접촉하는 툴 표면 cell의 개수가 변하기 때문이며, 이러한 변화는 0.012s를 주기로 반복되게 된다. 따라서 numerical solution은 이 0.012s동안 모재에 부가된 열 입력 양의 평균값을 이용하였으며, 그 값과 analytic solution과의 비교는 Table 1과 같다.

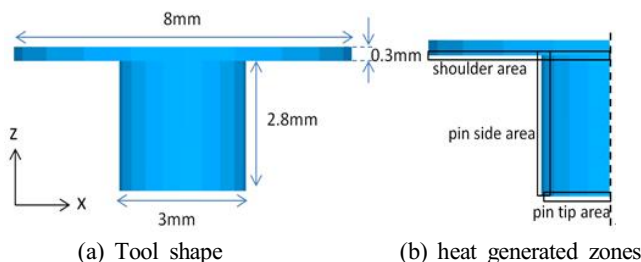


Fig. 1 Tool shape used and the three heat generated zones

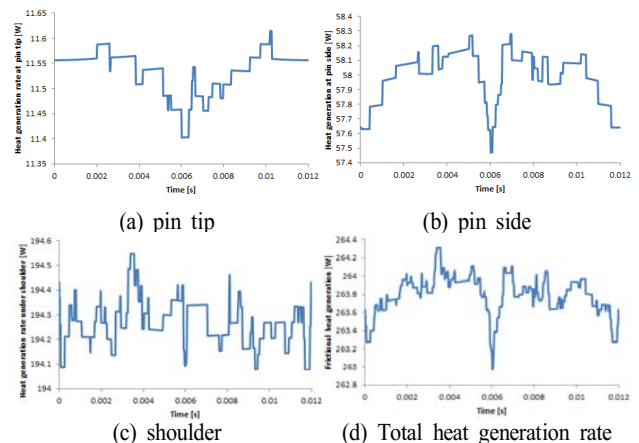


Fig. 2. Heat generation rate

Table 1 Comparison with the analytical solution

	shoulder interface	pin side interface	pin tip interface	total heat generation
numerical solution	194.26[W]	57.96[W]	11.54[W]	263.76[W]
analytic solution	191.47[W]	55.56[W]	10.66[W]	257.69[W]
error[%]	1.46 %	4.14 %	8.26[%]	2.36%

Table 1에서 확인 할 수 있듯이 shoulder에서의 오차는 약 1.46%임에 비해, pin side와 tip으로 갈수록 오차의 크기가 상대적으로 커지는 경향이 있는데, 이는 열 입력 양의 절대적인 크기가 줄어들기 때문이다. 마찰교반용접에서의 마찰열원으로 인해 발생하는 열 입력은 대부분 shoulder에서 발생함을 감안하면, pin side와 tip에서의 오차는 수용할 만 하다고 할 수 있다. 이는 total heat generation을 통해 다시 한 번 확인할 수 있으며, 약 2.36%의 오차가 이를 뒷받침한다. 전체 열 발생량은 analytic solution과 유사한 값을 가지며 이를 통해 제안된 추적기법을 검증 할 수 있었다. 향후 제안된 알고리즘을 보다 일반적인 툴 형상에 적용하여 최종 검증하는 연구를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Nandan, R., Roy, G. G., Lienert, T. J., & Debroy, T. (2007). Three-dimensional heat and material flow during friction stir welding of mild steel. *Acta Materialia*, 55(3), 883-895.
- [2] Schmidt, H., Hattel, J., & Wert, J. (2003). An analytical model for the heat generation in friction stir welding. *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, 12(1), 143.

병렬구조형 자동차 차체부품 제작용 마찰교반접합 복합기공기 개발

김영표^{1*}, 나승표¹, 김철희²

Development of Multipurpose Friction Stir Welding Machine with Parallel Kinematic Structure for Automotive Parts Production

Y. P. Kim*, S. P. Na, C. H. Kim

화천기공(주)¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : Fric Stir Welding, Parallel Kinematic Structure, Automotive Parts Production

1. 서 론

자동차용 차체 부품의 생산을 위한 마찰교반접합 가공기의 적용사례를 보면 일본의 마쓰다, 혼다 및 유럽의 랜드로버 등에서 마찰교반접합 공정을 이용하여 자동차 차체 부품을 제작하여 사용하고 있다. 특히 일본의 경우 현재 활발하게 기술을 적용함을 알 수 있었으며 마쓰다 사의 경우는 다관절 로봇에 마찰교반접합 헤드를 부착하여 점용접에 기술을 적용하고 있으며, Fig. 1에 보인 바와 같이 혼다 사의 경우는 다관절 로봇을 이용하여 라인 용접에 대응할 수 있도록 접합 시스템을 구성하는 등 현재 다양한 시도가 이루어지고 있다.



Fig. 1. Friction Stir Welding System of Honda (Japan)

2. 병렬구조형 마찰교반접합 복합기공기 개발

위의 예에서 보인 바와 같이 기존에 자동차 회사에서 주로 사용하는 직렬연결 구조의 다관절 로봇은 통상 가공과 고정지지부의 거리가 길어 장비에 가해지는 힘에 대한 모멘트 저항력에 취약해 일반적으로 크기에 따라 가반하중의 제약을 가지는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 3차원적인 접합부 배치를 갖는 자동차 차체 부품의 마찰교반접합 및 마무리 기계가공을 목적으로 일반적인 3축 장비와 다관절 로봇의 장/단점을 분석하여 각각의 장점(높은 가공 자유도, 강성)을 만족하도록 병렬 구조형 로봇 형태의 다목적(마찰교반접합+기계가공) 마찰교반접합 복합기공기를 개발하게 되었다. 마찰교반접합 공정시 장비에 요구되는 고 부하특성을 고려하여 각 축별 프레임과 주축이 높은 강성을 갖도록 하였으며, 본 장비를 이용하여 생산되는 자동차 차체 부품의 품질 및 정밀도를 고려하여 마이크론급 반복정밀도 및 위치정밀도를 만족하도록 장비를 Fig. 2와 같이 설계 및 제작 하였다.



Fig. 2. Developed FSW machine with parallel kinematic structure

더불어 마찰교반접합의 경우는 기존의 가공용 주축에 손쉽게 탈/장착이 가능한 고 토크용 부가 주축을 장착하였으며 장비의 가공영역 확대를 위해 Table이 좌/우로 움직일 수 있도록 부가 직선축을 이용하여 자동차용 차체 부품인 Al-Steel 이중재 Rear cross member의 제작이 가능하도록 하였다(Fig. 3)



Fig. 3. Friction stir welding of Al-Steel rear cross member

3. 고 찰

향후 실 제품에 대한 수요기업의 부품제작 및 검증을 통하여 자동차 차체부품의 제작에 마찰교반접합기술 및 복합기공기가 사용될 수 있도록 실증 연구를 지속적으로 추진할 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) M. K. B. Givi, and P. Asadi, *Advances in Friction-Stir Welding and Processing*, Woodhead Publishing in Mechanical Engineering, 713~721.
- (2) Y. P. Kim, S. P. Na, C. H. Kim, Y. G. Kim, 2015, *Development of multi-purpose friction stir welding machine with parallel kinematic structure for automotive parts*, KWJS Spring Conference, 103.

마이크로 광 커플러를 이용한 공초점 이미징 시스템 구현

이진형, 조익현, 강신일*

Development of a confocal imaging system using a micro optical coupler

J. Lee, E. Cho, S. Kang*

연세대학교 기계공학부

Key Words : Micro optical coupler, Confocal microscopy, UV imprinting

1. 서론

광 서큘레이터는 광 파이버 내부에서 반대 방향으로부터 진행하는 빛의 진행을 막고 한쪽 방향으로만 광신호를 전달하는 역할을 수행하는 디바이스로써, 광통신 분야 뿐만 아니라 내시경, OCT(Optical coherence tomography) 등 imaging 분야에서 그 활용도가 증가하고 있다. 하지만 상용화되어 있는 광 서큘레이터는 optical fiber를 비롯하여 bulk optics 기반의 waveplate, polarized beam splitter, faraday rotator 등으로 구성되어 있으며, 가격이 고가이므로 적용 범위의 다양화에 한계가 있다.

본 연구에서는 저가의 UV 임프린팅 공정을 이용한 폴리머 기반의 마이크로 광 커플러 설계 및 제작을 통해 wave plate, faraday rotator 등의 부품을 사용하지 않고 waveguide의 기하학적 구조를 기반으로 circulator와 유사한 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 또한, 마이크로 광 커플러가 적용된 공초점 시스템을 구축하고 획득한 이미지를 확인함으로써 이미징 시스템의 구현 가능성을 확인하였다.

2. 마이크로 광 커플러 설계 및 제작

본 연구에서는 광학 시뮬레이션을 통해 설계된 마이크로 광 커플러의 저가 구현을 위해서 UV 임프린팅 공정을 이용한 단일 복제 공정을 수행하였다.

Circulator의 단방향 광신호 전달 효과 구현을 위해서 광학 시뮬레이션을 통해 Y-branch 구조를 모델링한 후 입사광의 각도를 조절함으로써 전반사 효과에 의한 최대 coupling efficiency를 갖는 waveguide 구조를 디자인 하였으며, UV 임프린팅 공정을 통해 monolithic 방식으로 초소형 마이크로 광 커플러를 제작함으로써 저가의 패터닝 공정으로 광 서큘레이터를 대체할 수 있는 가능성을 확인하였다.

UV 임프린팅 공정을 이용한 coupler 제작을 위해서는 coupler와 반대 형상을 갖는 몰드 제작이 필요하다. 따라서 반도체 공정을 이용해 실리콘 기판 상에 마스터 패턴을 형성한 후 polydimethylsiloxane (PDMS)를 사용하여 몰드를 제작하였다. 이후 제작된 PDMS 몰드를 이용하여 UV 임프린팅 공정을 수행함으로써 단일 복제 방식으로 마이크로 광 커플러를 복제하였다.

실리콘 마스터 패턴은 waveguide, fiber fixture, trench로 구성되며, 포토리소그래피 공정과 reactive ion etching (RIE) 공정을 통해 제작되었다. 실리콘 마스터 제작을 위한 첫번째로 waveguide 형성을 위한 PR 패터닝을 진행하였다. 패터닝된 PR을 barrier로 실리콘 에칭 (RIE)을 진행함으로써 폭 11 μm , 높이 7 μm target의 asymmetric Y-branch 형태를 갖는 waveguide를 제작하였다. 이후 fiber fixture 제작을 위한 두번째 포토리소그래피 및 RIE 공정을 진행하였다. Mask aligner (MA6)를 이용하여 첫번째 패턴과 align 후 노광을 진행하였으며, 이후 RIE 공정을 통해 폭 128 μm , 높이 67 μm 에 해당하는 fiber fixture를 제작하였다. 동일한 방식으로 세번째 포토리소그래피 및 RIE 공정을 진행하여 trench 제작함으로써 마이크로 광 커플러용 실리콘 마스터를 제작하였다.

제작된 실리콘 마스터 패턴을 이용하여 몰드 제작 공정 및 UV 임프린팅을 통한 마이크로 광 커플러 제작 공정을 수행하였다. 몰드 소재는 PDMS를 이용하였으며, 경화재 비율을 10%로 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 curing을 진행하였다. 이후 글라스 기판 상에 UV 임프린팅 공정을 진행하여 마이크로 광 커플러 구조물을 제작하였다. Surface profile 측정 결과 fiber fixture 높이는 66 μm , waveguide 높이는 7 μm 로 실리콘 마스터 패턴과 동일하게 제작되었다. 최종적으로 fiber fixture 상에 optical fiber를 삽입한 후 waveguide 및 클래딩에 해당하는 영역을 포토폴리머로 채운 후 UV 경화시킴으로써 마이크로 광 커플러를 완성하였다.

3. 공초점 이미징 시스템 구현

본 연구에서는 제작된 마이크로 광 커플러의 이미징 적용 가능성을 검증하기 위해 fiber-optic 기반의 공초점 현미경 시스템을 구현하여 이미징 테스트를 수행하였다. 나노스테이지를 통해 1 μm step으로 해당 위치에서의 intensity 정보를 스캐닝함으로써 100 μm X 100 μm 영역에 대한 샘플(60 μm 와 4 μm 선폭을 갖는 라인 패턴) 이미지를 획득하였으며, 획득한 이미지를 통한 분해능을 확인하기 위해 intensity profile을 plot하여 분석하였다. 라인과 두 라인 사이의 값의 intensity차이가 50% 이상인 결과를 통해 해당 공초점 현미경 시스템을 적용함으로써 3 μm 간격으로 정렬되어 있는 라인 패턴에 대하여 분해가 가능함을 확인하였다.

후기

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

참고문헌

- (1) T. Mizumoto, H. Chihara, N. Tokui, and Y. Naito, 1990, *Verification of waveguide-type optical circulator operation*, Electron. Lett. 26 . 199~200.
- (2) Wenjun Qiu, Zheng Wang, and Marin Soljacic, 2011, *Broadband circulators based on directional coupling of one-way waveguides*, OPTICS EXPRESS, 19, 22248~22257.
- (3) Arthur F. Gmitro and David Aziz, 1993, *Confocal microscopy through a fiber-optic imaging bundle*, Optics Letter, 18, 565~567.

표면 젖음성 정도에 따른 버블역학의 대류열전달에 대한 영향 분석

이준상*, 김종현

Effects of sliding bubble dynamics induced by surface wettability on convective heat transfer

Joon Sang Lee*, Jonghyun Kim

연세대학교 기계공학과

Key Words : Sliding bubble, Convective heat transfer, Surface wettability

1. 서론

비등열전달 중 가열된 표면에서 버블의 미끄러짐 현상은 버블과 열 경계층 사이의 상호작용에 의해 열전달을 증대시키는 요인이 된다. 이전 비등열전달에 대한 연구들은 주로 전열면에서 버블의 성장과 분리에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 전열면에서 버블이 분리된 후 버블의 움직임에 의해 열전달에 큰 영향을 미친다고 알려져 있기 때문에 비등열전달에서 버블역학에 대한 이해는 중요하다.

버블의 미끄러짐 현상에서 버블과 표면사이의 상호작용은 열전달에 중요한 역할을 한다. 버블과 표면사이의 상호작용은 표면 젖음성으로 조절이 가능하다. 본 논문에서는 표면 젖음성 정도에 따라 버블의 움직임을 관찰하고 그에 따른 대류열전달에 대한 영향을 분석하고자 한다.

2. 수치해석 기법 및 경계조건

본 연구의 지배방정식으로 Navier-Stokes 식과 에너지 식을 사용하였고 이 지배방정식은 유한체적법(FVM)으로 차분화되었다. 다상유동을 표현하기 위해 VOF(Volume Of Fluid)기법을 사용하였다. 마이크로로채널의 치수는 $80 \times 20 \times 20 \mu\text{m}$, 채널의 기울기는 45° , 그리고 버블의 지름은 $1.4 \mu\text{m}$ 이다. 표면 접촉각은 10° 부터 170° 까지 20° 간격으로 모델링되었다. Fig. 1은 버블의 충돌, 튀어 오름, 미끄러짐 현상을 경계조건과 함께 보여주는 개략도이다.

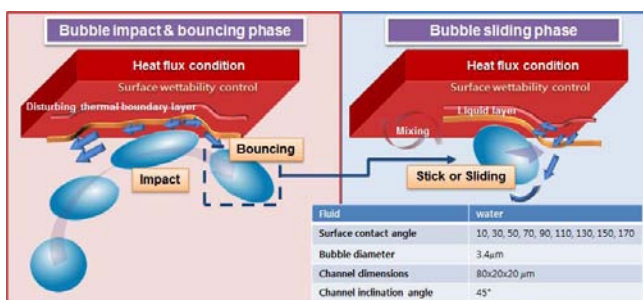


Fig. 1. Schematic diagram with boundary conditions

3. 수치해석 결과 및 고찰

다음 Fig. 2는 접근(approach), 충돌(impact), 튀어오름(bounce) 또는 밀착(attachment) 그리고 미끄러짐(sliding) 단계로 분류된 버블의 움직임을 3개의 다른 접촉각에 대해서 비교했다. 버블 역학에 대한 표면 젖음성의 효과는 접근과 충돌 단계에서는 별 다른 차이를 보이지 않지만 튀어오름 또는 밀착과 미끄러짐 단계에서는 큰 차이를 보인다. 접촉각 30° 에서 버블은 벽에 충돌 후 튀어오름 현상을 보이지만 접촉각이 70° 이상에서 버블은 벽에 밀착한다. 이때, 접촉각 70° 에서 110° 사이에서는 버블과 벽 사이에 마이크로 층이 형성되고, 그 이상의 접촉각에서 버블은 벽에 완전히 밀착된다.

Fig. 3은 접촉각에 따른 평균 누셀트 수와 버블의 평균 미끄러짐 속도를 나타낸다. 마이크로 층 단계에서 버블의 표면장력 약화와 표면과의 흡착력 증가는 버블의 속도를 감소시키고 이는 평균 누셀트 수의 감소를 야기한다. 접촉각이 커지면서 버블의 변형성이 커지게 되어 더 넓은 지역에 영향력을 미치게 된다. 접촉각 170° 에서 평균 누셀트 수는 접촉각 50° 와 110° 에서의 평균 누셀트 수보다 각각 약 29%, 58% 높게 나타났다.

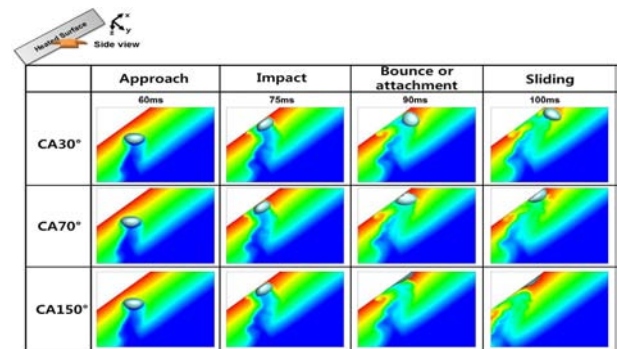
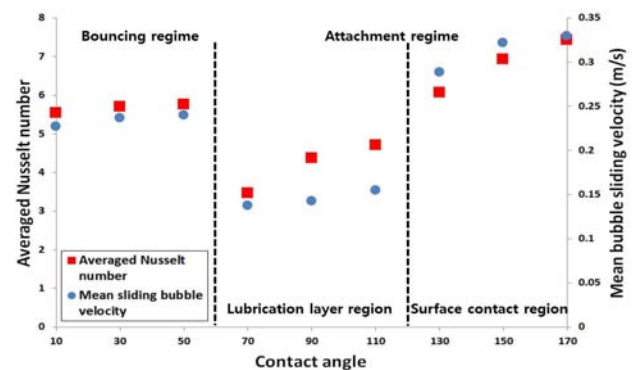
Fig. 2. Comparison of dynamics of bubble impinging on heated surface with 30° , 70° and 150° contact angles

Fig. 3. Average Nusselt number (left axis) and mean sliding bubble velocity (right axis) as function of contact angle

참고문헌

- (1) Donnelly B., O'Donovan T. S., Murray D. B., 2009, *Surface heat transfer due to sliding bubble motion*, Applied Thermal Engineering, 29. 1319~1326.
- (2) Senthilkumar S., Delaure Y.M.C., Murray D.B., Donnelly B., 2011, *The effect of the VOF-CSF static contact angle boundary condition on the dynamics of sliding and bouncing ellipsoidal bubbles*, Int. J. Heat and Fluid Flow, 32. 964~972.

초소형 나노다공성 알루미늄아 튜브제작을 위한 고순도 알루미늄 와이어 양극산화 공정

최승원, 장웅기, 김형진, 신태환, 김병희, 서영호*

Investigation of anodic oxidation of high purity aluminum wire for nanoporous alumina micro-tube

S. W. Choi, W. K. Jang, H. J. Kim, T. H. Shin, B. H. Kim, Y. H. Seo*

강원대학교 기계융합공학과

Key Words : Alumina tube, Aluminum wire anodization

1. 서론

최근 양극산화 공정기술의 발달로 인하여 다양한 미세구조의 형상을 제작하는 것에 대해 관심이 높아지고 있다. 양극산화를 통해 형성되는 구조물은 초소수성, 접착력 향상, 유체저항 감소, 구조색 구현, 광 확산 등의 다양한 특성들이 검증되고 있다.[1] 이런 구조물들은 조건에 따라 기공의 크기와 깊이 등의 특성을 조절할 수 있고, 기공의 크기를 균일하고 규칙적으로 배열할 수 있어 새로운 미세구조를 제작하는데 많이 이용되고 있다.[2] 하지만, 지금까지 고려되고 있는 양극산화 공정기술은 대부분 평판형 알루미늄 플레이트를 이용한 제작 방식들로써 원통형인 알루미늄 튜브를 제작하는데 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 원통형인 알루미늄 와이어에 양극산화를 진행함으로써, 기존의 방식으로 제작되어지는 평판형 알루미늄 구조 층의 제한적인 영역에서 벗어나 알루미늄 튜브를 제작하는 방법을 제안하였다. 또한, 와이어 표면에 알루미늄 층을 형성하고, 내부에 남아있는 알루미늄을 식각을 통해 제거하여 속이 빈 원통형 알루미늄 튜브구조를 제작하는 방법을 제안하였다.

2. 알루미늄 양극산화 공정 실험

본 연구에서 양극산화를 하기 위하여 사용된 와이어는 고순도 알루미늄(99.999%)을 사용하였으며 직경 $500\mu\text{m}$ 를 사용하였다. 알루미늄 플레이트를 기반으로 실험하는 기존의 방식과는 달리 원통형인 와이어에 양극산화를 진행해야하기 때문에, 새로운 실험 장치를 제작하였다. 실험 장치의 Count-electrode는 원통형 와이어 전면에 균일한 전류를 공급하기 위해 원통형으로 제작하였고, STS304 재질을 사용하였으며, 전해액의 균일한 유동의 흐름과 와이어에 전류 집중현상이 일어나지 않도록 고려하여 표면적비가 원형 홀에 비해 상대적으로 작은 사각형의 홀이 뚫린 구조로 제작하였다. 본 연구에서는 알루미늄 튜브를 제작하기 위해 인가전압과 공정시간을 변화해 가면서 알루미늄 층의 두께를 조절하여 실험을 진행하였다. 전해액의 균일한 온도분포를 위하여 외부에 부동액이 흐르는 이중비커(Jacked beaker)를 사용하였으며, 전해액은 0.07M의 수산을 사용하였다. 전해액의 온도는 -5°C 로 설정을 하였으며 인가전압이 60V일 때는 21시간, 100V일 때는 24시간동안 양극산화를 진행하여 같은 두께의 튜브형 알루미늄 포어 층을 제작하여 비교하였다. Fig. 1은 알루미늄 와이어에 양극산화를 진행하였을 때 순차적으로 변하는 와이어의 표면을 모식도로 나타낸 그림이다. Fig. 1(a)는 양극산화 공정을 하기 전의 알루미늄 와이어 사진이며, Fig. 1(b)는 양극산화 공정을 통해 제작된 알루미늄과 남은 알루미늄 층을 나타내었다. Fig. 1(c)는 알루미늄 튜브를 제작하기 위하여 와이어 내부에 남아있는 알루미늄을 식각한 후, 남아있는 알루미늄 층을 나타내었다.

3. 실험 결과 및 고찰

실험 결과, Fig. 2(a)는 100V의 인가전압에서 알루미늄을 식각 하지 않은 상태로, 24시간 동안 2차 양극산화를 진행하였고, 알루미늄 층의 두께는 약 $40\mu\text{m}$ 로 나타났으며 생성된 알루미늄이 와이어의 결 방향으로 균열이 나타났다. Fig. 2 (c)는 알루미늄의 균열을 방지하기 위해 인가전압을 60V로 수정하여 21시간 동안 양극산화를 진행하여 약 $40\mu\text{m}$ 의 알루미늄 층의 두께를 제작하였다. 양극산화 공정결과, 인가전압이 60V일 때 알루미늄 층에 균열이 생기지 않고 튜브형 구조가 성공적으로 제작되었으며, 각각의 구조물 표면 전면에는 나노구조물이 형성됨을 확인하였다.

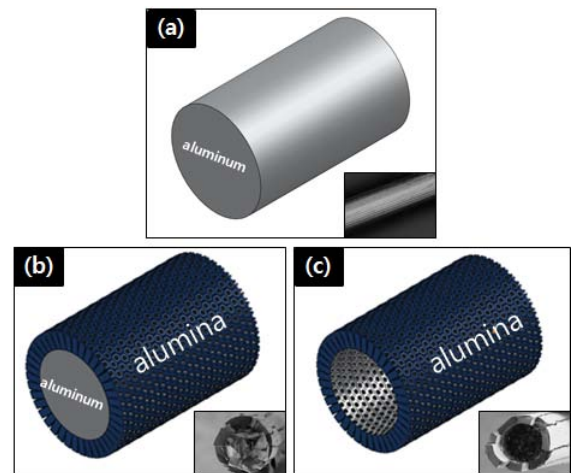


Fig. 1. Schematics of fabrication process of alumina micro-tube (a) before processing (b) after the AAO (c) after aluminum etching

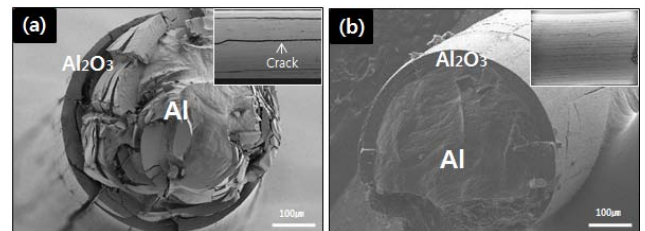


Fig. 2. SEM images of anodized aluminum wire, applied voltage of (a) 100V (b) 60V

본 연구에서는, 알루미늄 와이어에 양극산화를 하여 원통형 알루미늄 튜브 제작공정 방법을 제안하였다. 알루미늄 와이어에 알루미늄 층이 형성되는 과정에서 원통형인 알루미늄 층이 결방향대로 균열이 생기는 현상을 해결하기 위하여 전압을 변화해가면서 실험을 진행하였다. 실험 결과, 같은 크기의 알루미늄 층에서 인가전압 100V는 알루미늄에 균열이 나타났지만 60V에서는 균열이 나타나지 않은 튜브형 알루미늄 구조를 제작할 수 있었다. 결론적으로, 알루미늄 와이어에서 양극산화를 진행하여 생기는 알루미늄 층의 균열은 인가전압에 영향을 받는다는 사실을 알게 되었다. 제안된 방법은 원통형 알루미늄 튜브를 제작하는 방법으로 특정성분을 선택적으로 통과시켜 혼합물을 분리하는 멤브레인 필터의 기능을 수행할 수 있을 것으로 기대되는 등, 바이오 응용분야에 적용이 가능할 것이다. 본 연구는 산업통상자원부의 “100nm~100 μm 나노복합구조물 응용제품 생산을 위한 금형가공 및 에너지 10% 절감 성형시스템 개발”의 지원과 2015년도 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20154030200950)입니다.

참고 문헌

- (1) Y. M. Park, M. Gang, Y. H. Seo and B. H. Kim, Artificial petal surface based on hierarchical micro and nanostructures, Thin Solid Films, 520, 362 (Jul. 2011)
- (2) Hideki Masuda and Kenji Fukuda, Science 268, 1466 (1995).

레이저를 이용한 후면 도선 패터닝

김한글¹, 신인주¹, 황석민², 박민수^{2*}

Backside conductive patterning using laser

H. G. Kim, I. J. Shin, S. M. Hwang, M. S. Park*

서울과학기술대학교 나노IT디자인융합기술대학원¹, 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과²

Key Words : Conductive patterning, Laser activation

1. 서 론

광투과성 재료 중 대표적인 유리는 우수한 투과성 뿐만 아니라 내화학적, 고경도 등의 특징들을 지니고 있어 많은 용도로 널리 활용되고 있다. 최근 invisible pattern에 대한 수요가 증가하면서 유리나 같은 투명 재료에 대한 미세 정밀 회로 패턴의 요구가 크게 증가하고 있으며 기존 ITO나 인쇄전자의 단점인 자유 형상에 대한 회로 패터닝을 가능케 할 기술 개발에 대한 요구가 증가하고 있다.¹ 이에 본 연구에서는 다양한 형상에 적용 가능한 액상 용액을 활용하여 유리에 미세 패턴 형성을 가능케 하는 연구를 수행하였다.²

2. 장치 구성

본 연구에서의 주 공정은 레이저 활성화 공정과 무전해 증착 공정으로 나눌 수 있다. 레이저는 1064 nm 파장을 지니는 SPI 사의 Pulsed Fiber Laser를 사용하였으며 갈바노미터와 F-theta 렌즈를 활용하여 패터닝을 수행하였다. 충분한 초점거리를 지니는 렌즈를 사용하여 Fig. 1과 같이 후면에서 용액이 반응하여 원하는 곳에 증착을 위한 시드 형성이 가능하도록 실험을 수행하였다. 이와 같은 공정을 통해 제작된 시편은 추가 무전해 도금을 통해 최종 전도성 회로를 형성하게 된다. 실험에 사용한 시편은 0.7 mm 두께의 Pyrex 유리를 사용하였으며 편의상 25 mm 정사각형 크기를 사용하였다.

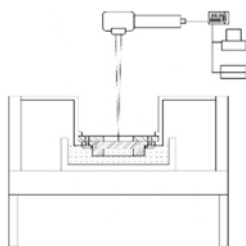
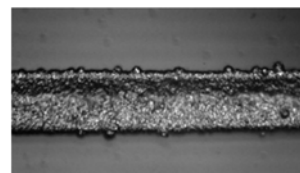


Fig. 1 Experimental setup

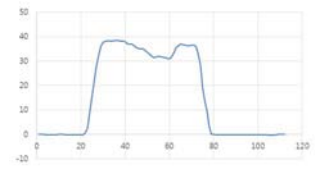
3. 실험 결과 및 고찰

원활한 공정 반응을 위해 시편 표면에 화학 처리를 수행한 후 형성되는 시드층과 모재 사이의 결합력 강화를 위해 모재를 투과한 레이저가 모재 하부에서 시드 용액과 반응하도록 장치를 구성하여 실험

하였다. 적절한 시드층 형성을 위해 갈바노미터를 활용하여 스캔 루프를 수행하였으며 모재 손상을 최소화하기 위해 레이저 조건을 선정하였다. 부가적인 증착을 억제하고 선명한 전도성 라인을 얻기 위하여 표면 코팅을 통한 선택적 증착이 가능토록 하였다. 이러한 공정을 통해 시드층 용액이 에너지를 흡수한 후 광반응을 통해 모재에 밀착하여 차후 증착을 위한 시드를 형성하게 하였다. 공정 후 무전해 도금 용액을 순차적으로 적용하여 도금 두께를 점진적으로 증가시켜 단계별 적층이 가능케 하였다. 그 결과 Fig. 2에 보인 바와 같이 최종적으로 폭 60 μm , 두께 40 μm 의 전도성 도선 제작이 가능하였다.



(a) Deposited line



(b) Line profile

Fig. 2 Deposited line

본 공정에서 얻어진 광화학적 반응에 의한 시드층은 모재와의 밀착성이 매우 우수하며 회로로서 사용 안정성도 우수한 편이다. 최종적으로 얻어진 도선의 전기 저항은 0.5 Ω/cm 이하이며 사용 기간이 경과하여도 특별한 성능 저하는 관찰되지 않았다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (NRF-2013R1A1A1010468)

참 고 문 헌

- (1) Kim, K. H. and Kwon, S. J., 2008, Direct Patterning Technology of Indium Tin Oxide Layer using Nd:YVO₄ Laser Beam, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, 45:11 8~12
- (2) Lee, I. J., Hwang, S. M., Lee, J. H. and Park, M. S., 2015, Glass micro milling laser-induced backside wet etching, 2015 KSMTE Annual Autumn Conference, 48.

원통형 알루미늄의 양극산화공정에서 대전극 면적에 따른 나노포어 형상에 대한 연구

류인곤, 한의돈, 강유수, 김병희, 서영호*

Investigation of nanopore shape to counter-electrode area in anodic oxidation of cylindrical aluminum roll

I. G. Ryu, E. D. Han, Y. S. Kang, B. H. Kim, Y. H. Seo*

강원대학교 기계융합공학과

Key Words : cylindrical aluminum roll, nanopore shape, counter-electrode area

1. 서론

마이크로 나노 구조를 이용하여 많은 연구가 진행되고 있는데, 그중 나노구조물을 이용한 AR(Anti-Reflection) 효과를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노구조물을 이용한 AR기술은 넓은 파장 영역, 넓은 입사각에 구애 받지 않는다는 장점이 있다.⁽¹⁾ 이러한 나노 구조를 만들기 위하여 고가의 리소그래피 기술이 필요하고 평면 기판에만 패턴의 구현이 가능하기 때문에 알루미늄 양극산화 공정을 통하여 간단한 공정과, 저가의 공정비용으로 나노포어를 형성하고, 임프린트 공정을 통해 나노 구조물을 성형할 수 있다. 본 연구에서는 원통형 롤에 알루미늄 양극산화공정을 진행하기 때문에 나노 구조물을 성형하기 위한 공정인 롤 투롤(roll to roll) 임프린트 공정을 이용한다. 이 공정은 원통형 롤을 회전시켜가며 연속적으로 필름상에 나노패턴을 성형 할 수 있고, 연속 공정이기 때문에 그 비용 효율성과 높은 처리량의 장점을 갖는다⁽²⁾. 그러나 원통형 롤 알루미늄 양극산화공정 시 하나의 베이스패턴에 단일포어가 형성되지 않고, 다중포어가 형성되어 임프린트 공정을 수행 할 경우 나노 구조물이 균일하지 못해 투과율 및 반사율의 효율이 낮아진다. 본 논문에서는 원통형 롤 알루미늄 양극산화 공정을 수행 할 때 대전극의 면적이 나노포어의 균일도에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

2. 실험

Fig. 1(a)는 원통형 롤에 알루미늄 호일(순도 99.35%)을 부착한 사진이고, 이 알루미늄 호일 위에 양극산화 공정을 진행한다. 실험 시 사용한 대전극(counter electrode; STS316L)은 원통형 롤 면적 대비 대전극 면적의 비율이 0.4%, 0.7%, 7%, 14%, 21%, 42% 가 되는 대전극으로 실험을 진행하였다. 용액은 0.07M의 수산(oxalic acid)을 전해액으로 사용하였으며 5℃의 공정온도에서 수행하였다. 또한 원통형 롤에 균일하게 나노포어를 형성하기 위하여 60RPM으로 원통형 롤을 회전시켰다. 1차공정은 180V의 전압을 인가하여 0.5nm/A·s의 성장률로 전하량을 컨트롤하여 나노포어 깊이가 150nm가 될 때까지 공정을 진행하였다. 나노 포어는 알루미늄과 산화막의 경계층에서 균일하고, 산화막의 표면에서는 균일도가 저하되므로 알루미늄 산화막을 식각하기 위하여 크롬산(1.8wt%)과 인산(6wt%)의 혼합용액인 에칭액에 65℃에서 2시간 동안 담가져 표면에 생성된 알루미늄(Al_2O_3)을 식각하였다. 2차공정은 생성된 베이스패턴에 균일한 나노포어의 깊이를 형성하기 위하여 1차공정과 동일한 조건에서 180V의 전압을 인가하여 수행하고, 35℃의 0.1M 인산에서 45분간 식각하였다.

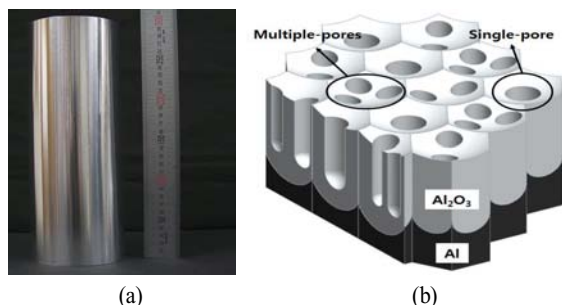


Fig. 1. (a) Aluminum foil attached to the cylindrical alloy roll, (b) Schematic of nanopores with multiple-pores and single-pore

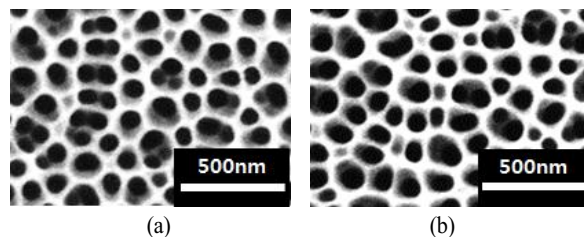


Fig. 2. SEM image of nanoporous alumina; Aerial ratio of counter-electrode (STS316L) to working electrode (Al) 0.4% (a), 42% (b)

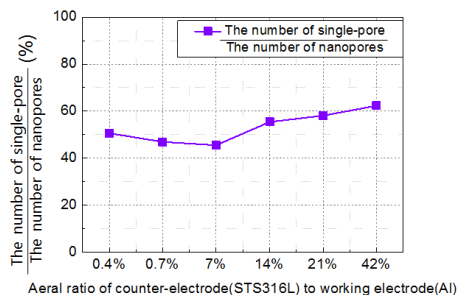


Fig. 3. The ratio of the single-pore against overall nanopores

3. 결과 및 토의

Fig. 1(b)에서 하나의 베이스패턴에 나노포어가 여러개 형성되는 것을 다중포어(Multiple-pores), 나노포어가 하나만 형성되는 것을 단일포어(Single-pore)라 한다. Fig. 2(a) (b)는 원통형 롤 면적 대비 대전극 면적인 0.4%, 42%를 나타낸 것이다. 전자현미경 사진을 분석한 결과 각각 원통형 롤 면적 대비 대전극 면적에 따른 단일포어의 개수는 0.4%, 0.7%, 7%, 14%, 21%, 42% 순으로 각각 $21.1ea/\mu m^2$, $22.6ea/\mu m^2$, $22.9ea/\mu m^2$, $28.9ea/\mu m^2$, $32.7ea/\mu m^2$, $25.5ea/\mu m^2$ 이고, 다중포어의 개수는 $20.6ea/\mu m^2$, $25.6ea/\mu m^2$, $27.4ea/\mu m^2$, $23.3ea/\mu m^2$, $23.6ea/\mu m^2$, $15.5ea/\mu m^2$ 이다. Fig. 3은 이 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 각 대전극 면적에 따른 총 포어 개수와 단일포어 개수의 비율은 50.6%, 46.9%, 45.5%, 55.4%, 58.1%, 62.3%로 단일포어의 수가 많아지는 것을 확인하였다. 원통형 롤 알루미늄 양극산화공정 시 대전극의 면적이 증가함에 따라 단일포어가 형성되는 비율이 증가하는 경향을 보인다는 결과를 얻었다. 본 논문은 산업통상자원부 글로벌전기술개발사업으로 지원된 연구과제(NO. 10048697)이고, 또한 부분적으로 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(NO. 20154030200950)입니다.

참고 문헌

- (1) Stuart A. Boden, Darren M. Bagnall, "Optimization of moth-eye antireflection schemes for silicon solar cells", Wiley InterScience, Vol.18, PP. 195-203, 2010.
- (2) J Han, S Choi, J Lim, B S Lee and S Kang, "Fabrication of transparent conductive tracks and patterns on flexible substrate using a continuous UV roll imprint lithography", JOURNAL OF PHYSICS D : APPLIED PHYSICS, Vol.42, pp. 115503, 2009. 5. 7.

4월 28일 [목]

포스터 I 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2016

13:30~14:00

Clad재료를 이용한 리플렉터 성능 평가

김병석¹, 최성대^{2*}, 박철수³

Reflective performance evaluation using the clad material

B. S. Kim, S. D. Choi*, C. S. Park

금오공과대학교 지능기계공학과¹, 금오공과대학교 기계시스템공학과², 나래그린³

Key Words : Clad, Smartphone, reflector, LED

1. 서론

다양한 모바일 기기에 장착되는 리플렉터는 LED하나를 이용하여 2개의 LED를 사용하는 것과 같은 역할을 하여 보조광을 제공하는 제품으로 플래시 모듈에는 중요핵심 부품이다. 이는 현재 다이캐스팅 타입으로 제작되어 사용이 많이 되고 있으며 이 논문에서는 프레스 단조를 이용하여 Clad재료를 이용한 리플렉터의 성능을 평가하려 한다.

2. 리플렉터 가공

Clad재료란 Al 95%, Cu 5%로 구성되어진 재료로 윗부분은 Al로 아랫부분은 Cu로 이루어진 재료이다. 프레스 단조를 이용하여 개발하여 4개의 금형부로 이루어져 있다. 각각의 금형부를 가지고 있는데 각각의 금형부는 Fig. 1의 지그 도면과 같이 되어 상부와 하부 지그를 가지고 있으며 단계별로 외형형성, 홀형성, 반사면형성, 분리 순으로 가공을 하여 배출하여 리플렉터를 가공 한다.

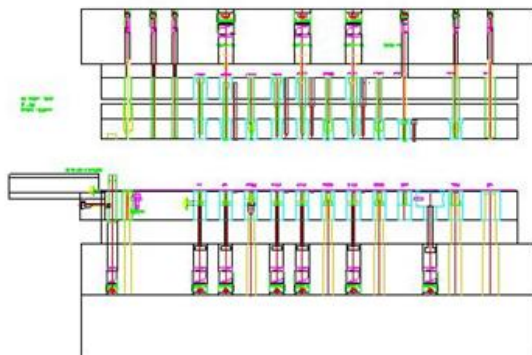


Fig. 1. Jig drawings

3. 실험 방법

리플렉터의 성능이라 함은 보조광을 제공하는 것이다. 조도계를 이용하여 광량을 측정하는 실험을 준비하였다. 먼저 광량을 측정하기 위해 암실 0.5 Lux이하로 어둡게 해준 뒤 파워 서플라이를 이용하여 전압을 5V, 전류를 1200mA로 맞춘 뒤 타이머를 0.5sec로 셋팅하여 측정시간을 맞춘다. 다음 리플렉터를 LED에 간이 조립한 뒤 측정하고자 하는 point에 조도계를 고정시킨다. 조도계는 센터로 고정시켰다. 타이머 버튼을 누른 후 조도계 값을 읽어 기존에 쓰이던 리플렉터의 기준값과 Clad재료를 이용하여 제작한 리플렉터를 비교하였다.

4. 실험 결과

실험방법을 준수하여 총 5회 광량 측정을 실시 한 후 기존의 기준값인 160 Lux 이상의 값이 나와야 기준을 만족한다. 다음 Table 1은 광량을 5회 측정한 측정값이다.

Table 1 Determination of the amount of light aspherics (Lux)

	illumination
1	152.843
2	154.124
3	155.244
4	152.373
5	151.627

Table 1의 값은 평균으로 153.2422 Lux의 값을 가진다. 이는 기준이 되는 160Lux에 비해 약 7%정도 부족함을 보여준다.

5. 결론

기존 제품은 도금을 따로 하였을 때의 값으로 도금을 하지 않은 조건으로 판단 시 결과가 양호하나 아직 광량이 부족하다는 결과가 나왔다. 이를 보완하기 위해서는 금형부의 반사면형성하는 금형부인 비구면 Punch에 랩핑을 진행하여 해결하거나, 비구면에 타발유를 분사하도록하여 화학연마를 실시하여 표면광택을 증가시키는 방법으로 해결하려 한다.

후기

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학협력 기술개발사업(No. C0298525)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) I. H. Jeong, 2012, *Study on Improvement of the Luminous Intensity Uniformity using Aspheric Reflector Optical LED Lighting*, KOREA POLYTECHNIC UNIVERSITY, 74~79.
- (2) S. H. Jeong, 2005, *Design of Hybrid Aspheric Lens for Mega Pixel Mobil Phone*, KOREA POLYTECHNIC UNIVERSITY, 36~39.

대면적 에어컨 전면판넬의 국부 사출압축성형을 위한 사출성형해석 연구

이희철¹, 류호연^{1*}, 이희진¹, 김경호², 황재영², 김영식²

Injection molding analysis for local injection compression molding of large-area air-conditioner front panel

H. C. Lee, H. Y. Ryu*, H. J. Lee, K. H. Kim, J. Y. Hwang, Y. S. Kim

한국생산기술연구원¹, 경성정밀(주)²

Key Words : Large-area, Air-conditioner, Front panel, Local injection compression molding

1. 서 론

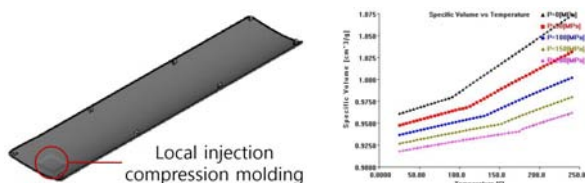
일반적인 사출압축성형은 불균일한 수축과 잔류응력에 따라 복굴절을 일으켜 광학적 물성을 저하시키는 등의 많은 불량원인을 일으키고 있다.⁽¹⁾ 일정한 두께의 성형품이나 비구면의 충전공정은 국내외에서 많은 연구가 진행되고 있으나 성형품 전체에 대한 사출압축성형이 대부분이다.⁽²⁾ 국부 사출압축성형의 경우 유동선단이나 제품의 두께가 감소되면서 미충전, 웰드라인 등이 발생하여 국부 금형가열로 불량원인을 최소화하고 강도를 보강하는 연구도 진행되었다.⁽³⁾ 본 논문에서는 에어컨 전면판넬에 적용되는 대면적 사출성형품에서 리모컨 수신을 향상 및 디스플레이부의 가시성 확보에 따른 국부 사출압축성형을 위해 사출성형해석을 수행하고 그 결과를 고찰하고자 한다.

2. 사출성형해석

사출성형해석은 AMI(Autodesk Moldflow Insight)를 활용하여 Table 1과 같은 성형조건으로 수행하였으며, 국부 사출압축성형을 위한 압축코어와 제품 두께의 단차에 따라 게이트의 위치가 웰드라인 및 미성형 등에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 제품의 크기는 900×220×2mm이며 국부 사출압축성형의 두께는 0.8mm이다. 적용대상 사출기는 L사의 850톤 직압식 수평형 사출기이며, 수지는 L사의 HIPS SG970이다. Fig. 1은 제품 형상 및 성형수지의 PVT선도를 나타내었다. 게이트의 형상은 크고 얇은 제품을 균형충전하는데 적합한 팬게이트를 적용하였고 Fig. 2와 같이 게이트 위치를 설계하였다.

Table 1. The conditions of injection molding analysis

Variable	Unit	Condition
Melt temperature	℃	230
Mold temperature	℃	55
Injection pressure (Max. 1730kg/cm ²)	%	60
Glass transition temperature	℃	92
Injection temperature	℃	83



에어컨 전면판넬 디스플레이부의 국부 사출압축성형에 대한 구조설계

이희진¹, 류호연^{1*}, 이희철¹, 김경호², 황재영², 김영식²

Structural design for local compression molding of display area in air-conditioner front panel

H. J. Lee, H. Y. Ryu*, H. C. Lee, K. H. Kim, J. Y. Hwang, Y. S. Kim

한국생산기술연구원¹, 경성정밀(주)²

Key Words : air-conditioner front panel, local compression molding, display area, structural design

1. 서 론

최근 가전제품은 고객의 요구품질, 디자인, 사양 등이 지속적으로 높아짐에 따라 생산성 향상을 위하여 금형에 고기능을 부여하고 있다. 제품을 성형하고 발생되는 후공정이나 난형상 제품의 생산을 금형으로 처리하기 위한 기술이 요구된다. 일반적으로 에어컨 디스플레이부는 하단에 조립되어 리모컨 적외선을 수신하고 작동여부를 디스플레이하는 기능을 수행하는데, 전면판넬에 위치시키기 위해서는 디스플레이부를 슬림하게 압축하는 금형기술이 필요하다. 본 논문은 에어컨 전면판넬의 디스플레이부를 사출압축성형하기 위한 구조설계 연구를 제안하고자 한다.

2. 국부 사출압축성형 구조설계

에어컨 전면판넬의 디스플레이부는 리모컨 적외선의 수신과 디스플레이 가시성을 확보하기 위하여 최소 0.8t의 두께가 요구되고 있다. 기존 에어컨의 디스플레이부는 Fig. 1과 같이 하단측면에 별도 제작된 부품을 조립하여 제품화되고 있다. 일부 투명 전면판넬에 디스플레이를 내장한 제품의 경우는 필름처리가 필요하며 리모컨 수신구가 개방되어야 하므로 단순공정을 취하기가 어렵다. 그러나 에어컨 전면판넬에 디스플레이부를 성형압축하는 방식은 기존 제품과 달리 한번의 성형공정으로 0.8t의 슬림한 디스플레이부 구현이 가능하므로 생산성 향상과 원가절감 효과가 크다고 할 수 있다.



Fig. 1. Types of display area

디스플레이부와 같이 국부를 사출압축성형하는 금형기술은 수지가 고화되기 전에 프레스 유압장치를 이용해 성형면을 압축하는 기술로서, 유압장치에 의한 디스플레이부 압축코어가 작동하지 않고 Fig. 2와 같이 캐비티 내에 고정적으로 위치하게 되면 수지흐름이 원활하지 않아 불량 발생하게 된다. 급격한 살두께 변화에 의한 웰드라인 발생과 미성형에 의한 성형압력 상승으로 이어지고, 살두께를 증가시키면 디스플레이 및 리모컨 감도가 저하되므로 제품기능에 문제가 된다. 유로 가공을 통하여 문제점을 보완하더라도 외관 품질이 저하되고 살두께 편차에 의해 국부적인 수축이 발생될 것이다.



Fig. 2. Defect in the case of fixed core

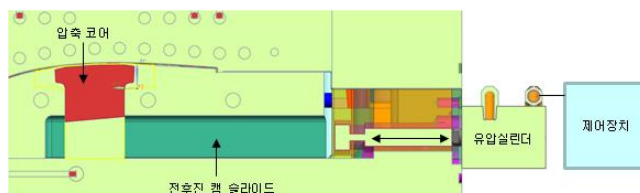


Fig. 3. Structural design concept of local compression molding

따라서 금형에 Fig. 3과 같이 유압장치 및 캠 슬라이드를 설치하고 사출성형시 수지가 완전히 고화되기 전에 압축코어를 작동시키는 방식으로 구성하여 디스플레이부 압축으로 인한 웰드라인이나 미충전 등을 차단하도록 하였다. 유압작동은 시간설정이 가능한 제어장치를 설치하여 압축코어의 작동시간을 조절할 수 있다.

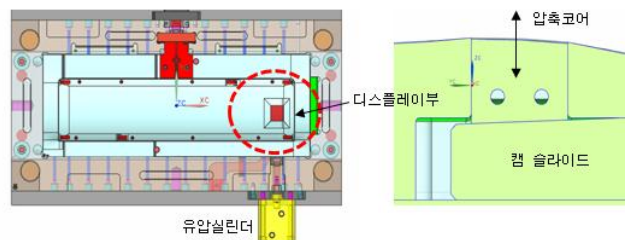


Fig. 4. Mold design of air-conditioner front panel

금형의 디스플레이부 압축구간에 히터 카트리지를 적용하여 수지 유동성을 개선하였고, 수지의 고화를 방지하기 위하여 압축코어에 냉각채널을 적용하였다. 그리고 압축코어 모서리를 각이 있게 구조설계하면 성형품에 압축 경계부의 형상이 전면판넬 외관에 뚜렷이 나타나므로 압축코어 모서리의 각을 라운드 처리하였다.

3. 결 론

에어컨 전면판넬 디스플레이부의 사출압축성형에 대한 구조설계를 통하여 최소 0.8t로 슬림압축하기 위한 특수목적의 금형개발이 가능할 것이다. 따라서 국부 사출압축성형이 필요한 플라스틱 제품 전반에 다양하게 적용 가능하므로 제약이 크지 않으며 그 활용범위가 넓다.

참 고 문 헌

- (1) Kazmer, D. and Barkan, P., 1997, *Multi-cavity pressure control in the filling and packing stages of the injection molding process*, Polymer Engineering & Science, 37:11 1865~1879.
- (2) Lee, D. B., Nam, Y. H. and Lyu, M. Y., 2014, *Investigation of molding characteristics in injection compression molding according to molding conditions through birefringence*, Polymer(Korea), 38:2 193~198.
- (3) Lin, A. C. and Quang, N. H., 2014, *Automatic generation of mold-piece regions and parting curves for complex CAD models in multi-piece mold design*, Computer-Aided Design, 57 15~28.

롤 포밍 툴의 내마모성 향상을 위한 CrN plus 코팅의 저마찰 특성 평가

손재환^{1*}, 강해동¹, 최시근², 김철홍³, 최호근³

Low Friction Characteristics Evaluation on CrN Plus Coating for Wear Resistance of Roll Forming Tool

J. H. Son^{*}, H. D. Kang, S. G. Choi, C. H. Kim, H. G. Choi

대구기계부품연구원¹, 경북대학교 기계공학부², (주)한독하이테크³

Key Words : Low friction, Roll forming, Wear resistance, CrN, Coating

1. 서론

롤 포밍(Roll forming) 공정은 연속된 롤 스텐드 사이에 금속판을 통과시켜 일정한 형상의 제품을 제조하는 공법으로 길이가 길고 단면이 복잡한 형상의 제품을 가공하는데 사용되어 지고 있다⁽¹⁾. 롤 포밍 공정 시 연속적으로 철판 코일의 밴딩에 고압이 작용하며, 이로 인한 크랙이나 마모로 인해 불량률이 상당히 높다. 내마모성을 향상시키기 위해 형상최적화 설계가 선행되어야 하며, 롤러 툴의 저마찰 기술을 적용하여 내구 수명을 증대시키는 것도 중요하다. 롤러 툴의 내구성을 향상시키기 위해서는 마찰계수가 낮아야 하기 때문에 이러한 성능에 부합하는 이온 플레이팅 코팅이 가장 널리 연구되고 있고, 단가 및 저마찰 기술로 공구재료에 적용되어 트라이볼로지 특성을 향상시키는 것으로 알려진 CrN 코팅이 널리 사용되고 있다⁽²⁾.

따라서 본 연구에서는 롤 포밍 툴 소재인 SKD11에 CrN plus 코팅을 적용하고 마찰시험을 통해 저마찰 특성을 평가하고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 Fig.1과 같이 표면개질을 하지 않은 SKD11 디스크 시험편 표면과, CrN Plus로 표면 개질한 SKD11 시험편을 준비 하였다. 모든 시험편은 표면거칠기를 0.4 μm 로 일정하게 제작하였으며 표면 연마 후 초음파 세척을 실시하였다.



Fig. 1 Schematic diagram of specimen

마찰시험은 Fig. 2와 같이 볼온디스크 형식으로 회전하는 디스크에 볼을 접촉시켜 마찰계수를 측정하였다. Tribo-meter는 저하중용 마찰 시험기로써, 최대하중 30 N, 최대속도 600 rpm이며, Ball on disc type의 시험기이다. LABVIEW를 이용하여 Tribo-meter의 마찰계수를 초당 3번 측정한다. 볼의 지름이 $\varnothing 8 \text{ mm}$ 인 SKD11이다. 수직하중은 1, 3, 5 N으로 달리하며, 미끄럼 속도는 실제 압출기 구동 속도인 100 rpm과 고속 구동을 가정하여 300, 500 rpm으로 달리한다. 온도는 상온에서 실시하며, 무윤활 조건에서 실험을 수행하였다.

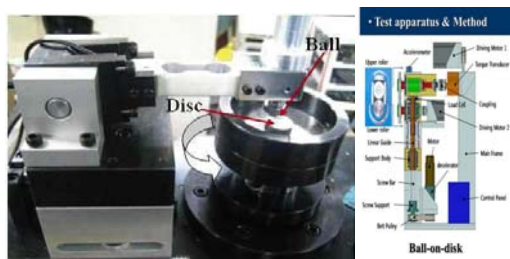


Fig. 2 Schematic diagram of friction test

3. 실험 결과 및 고찰

시험결과 Fig.3, 4와 같이 CrN Plus가 수직하중 미끄럼속도와 관계없이 낮은 마찰계수를 보였으며, 하중이 증가할수록 마찰계수는 낮아지며, 미끄럼속도가 증가할수록 저마찰 특성을 보였다.

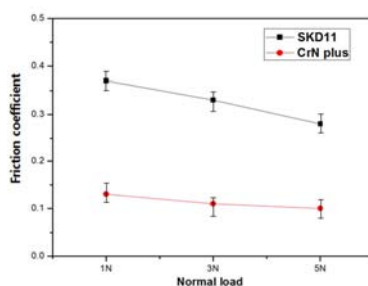


Fig. 3 Friction coefficient as changing normal load

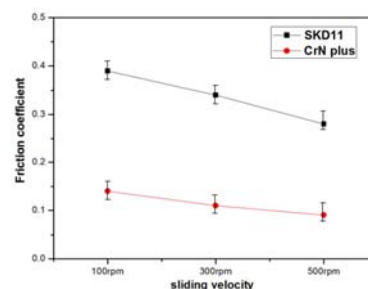


Fig. 4 Friction coefficient as changing sliding speed

4. 결론

본 연구에서는 롤 포밍 툴 소재로 사용되고 있는 SKD11의 저마찰 기술개발을 위해 CrN Plus 박막 처리를 실시하였다. 트라이볼로지적 특성을 알아보기 위해 각각의 시험편을 제작하였으며 SKD11 상대재료로 하여 마찰-마모 실험을 수행하였다. 본 실험은 실험조건 변화에 따른 SKD11의 마찰특성을 고찰하기 위하여, 수직하중은 1, 3, 5 N으로 변화시키고 미끄럼 속도는 100, 300, 500 rpm으로 변화시켜 각각의 경우에 고찰을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수직하중과 미끄럼속도의 증가에 따라 마찰계수가 낮아졌다.
2. CrN Plus 박막 증착이 무처리에 비해 2배 이상의 저마찰 특성을 나타내었다.

참고 문헌

- (1) Battacharyya, D. and Panton, S. M, 1989, nResearch and Computer-Aided Design in Cold Roll Forming, Academic Publishers-Pergamon, 464.
- (2) B. S. Kang, N. S. Kim, 2003, A study on Roll Wear in the Roll Forming Process, KSME, Vol. 27, No. 11, 1881~1888.

극저온 간접냉각 방식 선삭공구의 정온 특성

강명구¹, 민병권¹, 김태곤², 박경희², 이석우^{2*}

Insert temperature uniformity using indirect cryogenic cooling in titanium alloy turning

M. G. Gang, B.-K. Min, T.-G. Kim, K.-H. Park, S.-W. Lee*

연세대학교 기계공학과¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : Ti-6Al-4V machining, cryogenic machining, tool temperature

1. 서 론

티타늄 합금은 절삭가공 시 높은 절삭열이 발생하여 공구마모가 크므로 효과적인 냉각을 위해 액체질소를 분사하는 극저온 가공 연구가 수행되고 있다¹. 액체질소 제트분사 방식은 고온에서의 티타늄의 높은 활성으로 인한 응착에 의한 크레이터 마모를 줄이기 위해 노즐을 사용하여 액체질소를 경사면에 분사한다. 탱크에서 나온 액체질소는 이송관을 지나 노즐을 통해 분사되는데 탱크와 이송관 내부에서의 이뤄지는 액체질소의 불균일한 기화는 분사압력의 변화를 야기한다. 액체질소 분사압력의 변화는 분사 속도와 유량의 변화를 통해 냉각량을 변화를 일으킨다. 또한 가공 중 발생하는 칩이 액체질소 제트를 방해하면서 경사면의 불균일한 냉각이 이뤄질 수 있다. 이러한 과정은 절삭 특성의 불균일을 초래하여 가공품질에 영향을 미친다.

따라서, 극저온 가공 시의 가공품질 향상을 위해서는 공구의 정온 냉각이 요구된다. 액체질소 제트분사를 사용하는 대신 인서트에 접촉해 있는 액체질소 챔버를 통해 공구를 전도냉각 하는 공구간접냉각 방식²은 공작물이 액체질소에 의해 과냉각되는 것을 감소시키는 목적으로 개발되었으나 공구의 정온 냉각에도 효과가 있다.

본 연구에서는 티타늄 합금의 극저온 선삭가공에 액체질소 제트분사와 간접냉각 방식을 적용하고 공구의 경사면 온도를 측정함으로써 냉각 방식이 공구 냉각의 균일성에 미치는 영향을 실험적으로 평가하였다.

2. 실험장치 및 방법

냉각 방식에 따른 공구 온도특성을 비교하기 위해 CNC 선반을 사용하여 Ti-6Al-4V 봉재를 외경가공 하였다. 가공 방식으로는 건식가공, 액체질소 제트분사 냉각가공, 간접냉각가공을 적용하였다.

액체질소 제트분사 방식의 실험에는 절삭유 분사 공구(PCLNR 2020K 12HP, Sandvik)를 사용하였으며, 절삭유 분사 노즐을 통하여 4 bar의 압력으로 액체질소를 분사하였다.

간접냉각방식의 실험에는 본 연구에서 직접 제작한 공구를 사용하였다. 인서트 하단에 액체질소 챔버를 설치하여 인서트를 전도냉각 하도록 하였다. 액체질소는 스테인리스 스틸로 제작된 챔버의 측면 주입구를 통해 공급되며 챔버 냉각 후 하단의 배출구를 통해 가공물에 영향을 주지 않고 대기 중으로 기화된다. 극저온 간접냉각 시 액체질소는 20 bar의 압력으로 챔버에 공급하였다. 분사압력은 노즐 앞에 장착된 압력센서로 실시간으로 측정하였다.

가공 중에 인서트 경계면의 온도를 측정하기 위해서 K-타입 열전대를 사용하였다. 열전대는 절삭날에서 1 mm 떨어진 위치에 직경 0.5 mm의 구멍을 가공하여 삽입하였다. 시편은 코팅된 초경 인서트(CNMG 120408 SM 1105, Sandvik)를 사용하여 절삭속도 60 m/min, 이송량 0.25 mm/rev, 절삭깊이 2.0 mm의 조건으로 가공하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

공구에 삽입한 열전대를 이용한 경사면 온도 측정 성능을 평가하기 위해 열전대를 설치한 공구로 시편을 건식가공하면서 동시에 레이저 온도계를 이용하여 측정한 값을 비교하였다. Fig. 1은 냉각방법 별로 가

공시간에 따른 인서트 온도를 측정한 결과 그래프이다. 건식가공 시 레이저 온도계를 이용한 측정 방법과 열전대를 이용한 방법 모두 절삭시간 25초 이후의 정상상태에서 온도가 약 340°C로 비슷하게 측정되었다.

Table 1은 정상상태 인 절삭시간 25초부터 5초 동안 공구 내부에 삽입된 열전대로 측정한 평균온도와 표준편차이다. 액체질소 제트 분사 시 정상상태에서 온도 평균값은 99.3°C였으며, 표준편차는 11.9°C로 측정되었다. 공구간접냉각 방식의 경우는 정상상태에서 온도 평균값은 158.0°C였으며, 표준편차는 0.3°C로 측정되었다. 실험결과에서 보듯이 간접냉각 방식이 액체질소 제트분사 방식에 비해 정온특성이 우수함을 알 수 있다. 현재 이러한 결과를 바탕으로 온도의 균일도가 가공된 재료의 품질에 미치는 영향에 대한 실험적인 분석이 진행 중이다.

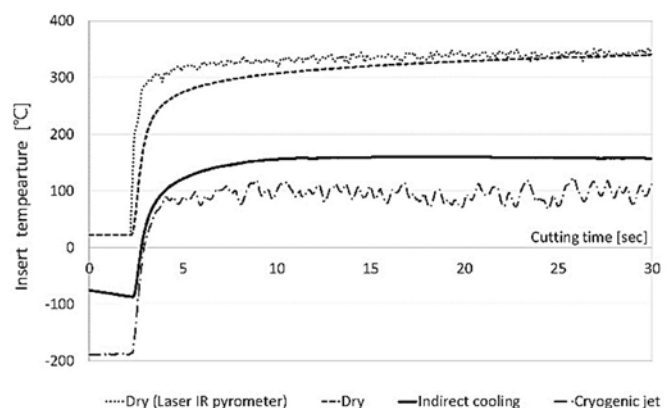


Fig. 1 Measured cutting tool temperature with respect to different cooling methods

Table 1 Mean and standard deviation of measured temperature at steady state (25 ~ 30 sec of Fig. 1)

	Dry (Laser IR)	Dry	Cryogenic jet	Indirect cooling
Average temp. [°C]	342.9	337.6	99.3	158.0
Standard deviation	4.66	1.51	11.86	0.30

후 기

본 논문은 산업통상자원부의 산업핵심기술개발사업으로 지원된 연구의 결과이다 [10048871, 과제명: 티타늄/CGI 가공을 위한 액체질소 적용 극저온 가공 공정 및 시스템 개발].

참 고 문 헌

- (1) Park, K.-H., Yang, G.-D., Lee, M.-G., Jeong, H., Lee, S.-W., Lee, D.Y., 2014, Eco-friendly face milling of titanium alloy, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 15, 1159-1164
- (2) Wang, Z. Y., Rajurkar, K. P., 2000, Cryogenic machining of hard-to-cut materials, Wear, 239, 168-175

에너지빔 기반 표면처리 통한 금속 젖음성 특성 변화 연구

김지수, 박형욱*

Experimental observation of the wettability on the metal surface using the energy beam surface treatment

J. Kim, H. W. Park*

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Energy beam, Metal surface, Wettability

1. Introduction

Engineering stainless steels are widely used alloys because of their excellent structural properties, machinabilities and superior chemical stabilities such as corrosion resistance. Among the engineering stainless steels, the AISI 304 stainless steel (SS304) alloy was specially developed for better corrosion resistance compared with general steels; it was achieved by adding chromium. Because it has a strong resistance to chemical reactions, it is commonly used in pipes, cylinders, pumps, vessels, automobile parts and building materials. Although engineering stainless steels have relatively good corrosion resistance, they are nevertheless subject to pitting corrosion under highly humid conditions because of their high wettabilities.

Superhydrophobic surfaces characteristic of certain metallic alloys have been intensively studied because of potential applications such as self-cleaning surfaces, for reduced liquid drag in pipes and microchannels, as the outer surface of vehicles, and for corrosion protection. The fabrication of superhydrophobic surfaces has significantly advanced through the use of techniques including layer-by-layer deposition, electrochemical treatment, photolithography and micro/nanofabrication processes. The layer-by-layer deposition of hydrophobic materials on metallic alloys is one way to produce superhydrophobic surfaces. However, the bonding force between the hydrophobic film and metals is rather weak because polymers are used as the deposited materials. Electrochemical treatments can form hydrophobic functional groups on surfaces; this is a suitable approach for products having complex surface shapes and textures that can tolerate liquid electrolytes. However, electrochemical treatments are generally useful only for polymers containing carbon or nitrogen chains that can lead to the formation of functional groups.

In this study, LPEB was used to irradiate WEDM-fabricated SS304 patterns and their surface characteristics including morphology, hydrophobicity and chemical stability were investigated. The results indicated that using this fabrication method can generate a superhydrophobic surface on the SS304 alloy and provide superior corrosion resistance and reduced surface roughness

2. Experimental results

Micropatterns were fabricated with various groove depths (d) on standard AISI 304 stainless steel using WEDM. The width (w) and pitch (p) of the patterns were fixed at 100 and 600 μm respectively. Brass wire of diameter 250 μm was used.

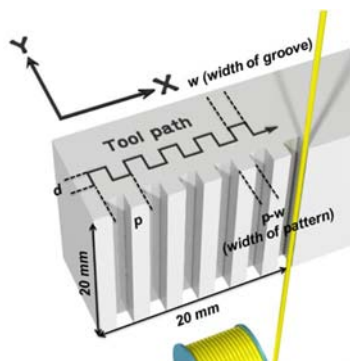


Fig. 1 Schematic diagram of wire electric-discharge machining

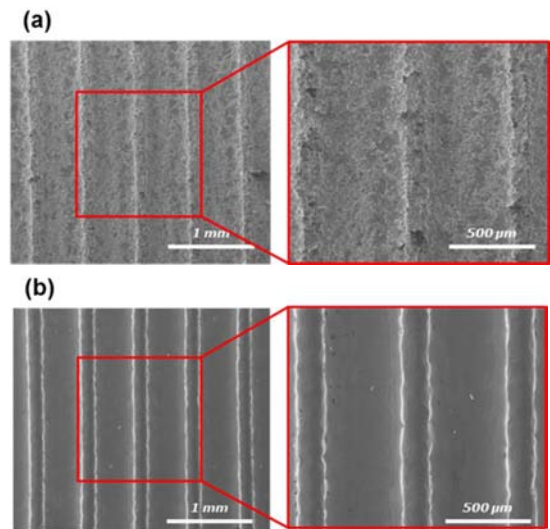


Fig. 2 Scanning electron microscopy (SEM) images of WEDM-fabricated patterns (a) before and (b) after LPEB irradiation

3. Conclusion

A superhydrophobic surface was fabricated on SS304 using WEDM and LPEB irradiation; the measured CA was 166.7° . Although the WEDM-fabricated patterns were superhydrophobic only for a groove depth of 250- μm , superhydrophobicity was obtained at a shallower 200- μm groove depth after LPEB irradiation. This water-repellent characteristic was attributed to the smoother surface caused by the LPEB irradiation.

Acknowledgement

This work was supported by the Mid-career Researcher Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2015R1A2A2A01005499)

References

- (1) J. Wang, C. Su, Z. Szklarska-Smialowska, Effects of Cl-concentration and temperature on pitting of AISI 304 stainless steel, *Corrosion*, 44 (1988) 732-737.
- (2) A. Pardo, M. Merino, A. Coy, F. Viejo, R. Arrabal, E. Matykina, Pitting corrosion behaviour of austenitic stainless steels—combining effects of Mn and Mo additions, *Corrosion Science*, 50 (2008) 1796-1806.
- (3) K. Liu, X. Yao, L. Jiang, Recent developments in bio-inspired special wettability, *Chemical Society Reviews*, 39 (2010) 3240-3255.

CFRP 고속 검사용 초정밀 스테이지의 반력 보상 기구 설계

서창훈¹, 이문구¹, 이석우², 김효영^{2*}

Design of reaction force compensator for precision stage of rapid CFRP inspection equipment

C. H. Seo, M. G. Lee, S. W. Lee, H. Y. Kim*

아주대학교 기계공학과¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : Reaction force compensator, Inspection equipment, Carbon fiber reinforced plastic

1. 서론

CFRP는 대표적인 난삭재로 드릴링 가공 시 치수, 형상, 위치 불량 외에 들뜸, 뜯김, 탄소섬유 미절삭 등의 불량이 발견되며, 이는 적층구조로 이루어진 탄소섬유와 폴리머 간의 물성치가 큰 차이를 보이기 때문이다. 기존의 2D 검사 시스템은 CFRP의 특성에 따라 발생하는 불량을 검출하는 데에 한계가 있으므로, 비전 카메라를 이용한 3D 검사 시스템에 대한 연구가 최근들어 활발하게 진행되고 있다. CFRP 검사 장비용 초정밀 스테이지는 정확한 3D 형상 측정을 위한 높은 정밀도와 함께 생산성 향상을 위한 고속 이송이 동시에 요구되는 특성이 있다. 검사 시간 단축을 위해 이송 장치를 고속 구동하는 경우, 높은 가속도로 인하여 스테이지에 충격력과 같은 형태의 외란이 작용하게 되며 이는 이송 완료 후 전체 검사 시스템의 미세한 잔류 진동을 야기한다. 시스템에 발생하는 미세 진동은 카메라 이미지를 불명확하게 하므로 이송 후 잔류 진동이 일정 수준 이하로 감소될 때 까지 대기시간을 요구하며, 이는 검사 시간 단축이라는 목적에 모순되는 문제가 있다. 본 논문에서는 이송속도 향상을 위한 고가속도 모션 수행을 위해 초정밀 스테이지가 수평방향 외란에 강한 특성을 갖도록 하는 반력 보상 기구를 제안하고자 한다.

2. CFRP 검사 장비용 초정밀 스테이지

보이스 코일 또는 리니어모터를 이용한 기존의 반력 보상 기구는 스테이지 외부에 부피가 큰 본체를 장착하거나, 석정반 하단에 기구를 장착하는 방식을 사용하였다. 그러나, 전자의 경우에는 공간 효율성 및 작업 편의성이 저하하여 실용화에 어려움이 있고, 후자의 경우에는 석정반의 회전을 증폭시켜 질량 중심이 높은 갠트리 시스템에는 부적절한 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 석정반 중심부에 공동을 갖는 형태의 초정밀 스테이지를 설계하였다. 반력 보상 기구가 석정반 중심부에 위치하므로 외부에 공간이 필요하지 않으며, 질량 중심에서 반력을 보상할 수 있다. 연직방향 행정거리 확보를 위하여 석정반 양단의 높이를 구동범위의 최상단까지 연장하였다. 이러한 구조는 LM가이드부의 낮은 강성으로 인하여 갠트리에 미소량의 회전이 발생했을 때, 측정 위치의 오차를 최소화할 수 있는 장점이 있다. CFRP 검사 장비용 초정밀 스테이지의 개념 설계안을 Fig. 1에 나타내었다.

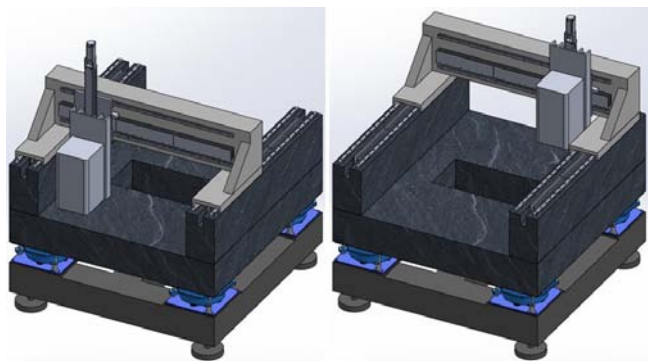


Fig. 1. Conceptual design of precision stage for CFRP inspection equipment

3. 반력 보상 기구의 설계

반력 보상 기구의 역할은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 리니어모터 구동 시 발생하는 반력에 대한 보상으로, 최대 1366N의 추력을 생성하는 리니어 모터보다 높은 출력을 갖는 구동기가 요구된다. 반력 보상 기구의 구동기는 보이스 코일 모터를 사용하였으며, 최대 1757.30 N의 구동력을 가지므로 반력을 충분히 상쇄할 수 있도록 하였다. 두 번째는 이송 종료 후 잔류 진동의 능동 제어로 아래 식(1)을 이용하여 진동 저감 성능을 계산할 수 있다. 석정반의 질량 $m=4,000$ kg, 공기스프링의 고유진동수 2.8 Hz를 고려하면, 제어 가능한 잔류 진동의 최대 진폭 d 는 약 1.42 mm이다.

$$F_{req} = (2\pi f)^2 \times m \times d \quad (1)$$

Fig. 2에 1축 이송 장치를 위한 반력 보상 기구가 적용된 초정밀 스테이지의 단면도를 나타내었다. 구동기의 파손 방지를 위해 석정반과 구동기는 점접촉을 하도록 설계하였으며, 비접촉식 변위 센서를 이용하여 스테이지의 진동으로부터 센서가 영향을 받지 않도록 하였다.

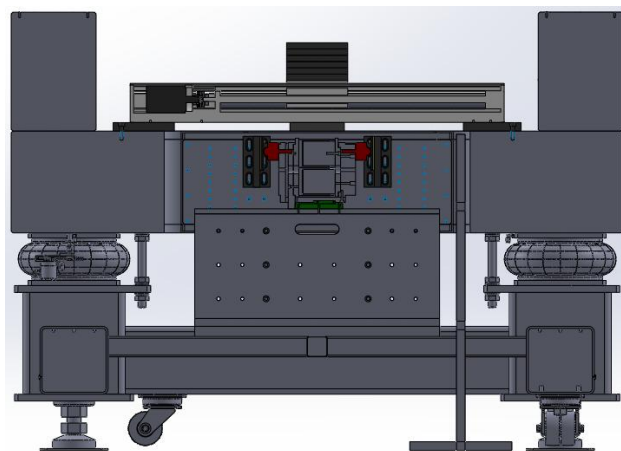


Fig. 2. Machined surface texture according to cutting condition

후기

본 연구는 산업통상자원부의 시스템산업미래성장동력사업의 일환으로 수행하였습니다. [10053248, 과제명: 탄소섬유복합재(CFRP) 가공시스템 개발]

참고문헌

- (1) Shahadat, M., Mizuno, T., Ishino, Y. and Takasaki, M., 2015, Active vibration isolation using negative stiffness and displacement cancellation controls: Comparison based on vibration isolation performance, Control Engineering Practice, 37 . 55~66.
- (2) Hong, S. T., 2016, A study on analysis of ultra precision stage and vibration reduction devise for design of reaction force compensator, Master thesis, Ajou university.

티타늄합금(Ti-6Al-4V) 마이크로 드릴링 프로세스의 공구상태 모니터링 및 진단에 관한 연구

이지웅¹, 남정수¹, 최현정¹, 이상원^{2*}

A Study on Tool Condition Monitoring and Diagnosis for Micro-Drilling Process of Ti-6Al-4V

J. W. Lee, J. S. Nam, H. J. Choi, S. W. Lee*

성균관대학교 기계공학과¹, 성균관대학교 기계공학부²

Key Words : Micro drilling process monitoring and diagnosis, Thrust force, Flank wear, Response Surface Methodology(RSM), K-fold Cross Validation

1. 서론

최근 스마트 생산기술에 대한 관심이 대두되면서 공정 모니터링 기술에 대한 중요성이 부각되었고, 특히 돌발고장이 많은 기계가공 공구의 상태를 효과적으로 모니터링하고 진단하는 연구의 수요가 증가하였다.(1-2) 따라서 본 연구에서는 마이크로 드릴링 시 발생하는 가공 신호의 특징요소를 도출하고 해당 공구의 플랭크 마모와 비교분석하여, 이를 바탕으로 공구상태를 진단하는 모델을 구축 및 검증하였다.

2. 실험장치 및 실험설계

본 실험에서 사용된 공구는 직경 1mm의 비코팅 텅스텐 카바이드 드릴이며, 30x30mm 티타늄합금(Ti-6Al-4V) 시편을 총 120홀 가공하였다. 절삭조건은 스핀들 속도 45,000rpm, 이송속도 200mm/min으로 고정하였다. Fig.1에서 볼 수 있듯이 시편 뒤에 압전센서(Kistler, 9345B)를 설치하여 드릴링 가공 시 발생하는 Thrust force에 대한 신호를 초당 20,000개 수집하였다.

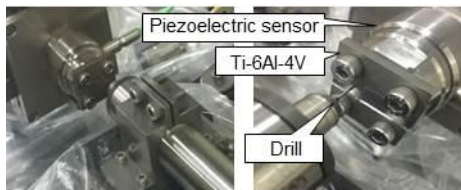


Fig. 1. Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

실험에서 획득한 데이터를 이용해 각 홀에 대한 Thrust force의 RMS(Root Mean Square) 값을 도출하였다. Fig. 2는 드릴링 가공이 진행됨에 따라 Thrust force RMS값이 어떻게 증가하는지 보여주고 있는데, 30홀과 80홀을 기준으로 증가율이 달라지는 것을 볼 수 있다. 또한 레이저 스캐닝 현미경(Keyence, VK-X250)을 사용하여 플랭크 마모를 측정하고 데이터와 비교하였을 때, 같은 구간에서 공구 마모의 증가율이 달라지는 것을 확인하였다.

따라서 30홀과 80홀을 기준으로 세 단계의 공구상태를 구분하였으며, 80홀 이후의 구간에서는 공구의 손상이 심하여 마모가 급속히 증가하고 불량품을 발생시키는 단계로 판단하였다.

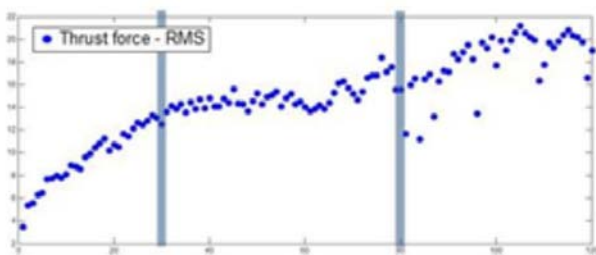


Fig. 2. RMS values of drilling thrust force with flank wear measurement

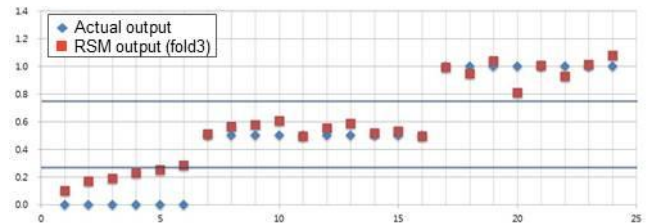


Fig. 3. Test result of RSM based micro drilling tool condition diagnosis model (fold3)

Table 1 RMSE and diagnosis rates in each fold

K-fold	RMSE	Diagnosis Rate
fold 1	0.352	66.7% (16/24)
fold 2	0.159	95.8% (23/24)
fold 3	0.122	95.8% (23/24)
fold 4	0.187	83.3% (20/24)
fold 5	0.323	54.2% (13/24)

공구상태 진단 모델을 구축하기 위하여, 앞서 구분한 마이크로 드릴링 공구상태의 세 구간에 각각 0점, 0.5점, 1점의 신뢰도 값을 부여하였다. Thrust force RMS 값과 세 구간의 신뢰도 값으로 반응표면방법론(RSM)을 적용하여 학습시킨 결과, 2차항의 공구상태 진단 모델이 추출되었다.

추출된 모델을 검증하기 위한 방법으로는 K-fold 교차검증법을 채택하였다. K-fold 교차검증법은 제한된 데이터를 이용해 효과적으로 모델을 학습 및 검증하는 방법으로써, 본 연구에서는 5개의 fold로 학습 및 검증을 실시하였다. Fig. 3과 같이 24개의 검증데이터 중 1~6번 데이터는 0.25점 이하, 7~16번은 0.25~0.75점, 17~24번은 0.75점 이상의 결과값이 나올 때, 공구상태를 맞게 진단하였다고 판단하였다. Table 1에서 각 fold 별 진단율 및 RMSE(Root Mean Square Error)값을 볼 수 있다.

그 중 fold 2와 fold 3의 진단율이 95.8%로 같지만, fold 3의 RMSE값이 더 낮으므로 fold 3 경우가 마이크로 드릴링 프로세스의 공구상태를 가장 우수하게 진단하였다고 볼 수 있다.

후 기

본 연구는 중소기업청의 기술개발사업(자율편성형) [C0297173, 공작기계 기계가공 모니터링 및 진단을 위한 IoT기반 스마트 임베디드 시스템 개발]과 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013R1A1A2012313).

참 고 문 헌

- (1) Jantunen. E., 2002, *A summary of methods applied to tool condition monitoring in drilling*, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42 . 997~1010.
- (2) Jeon. J. U., and Kim S. W., 1988, *Optical flank wear monitoring of cutting tools by image processing*, Wear, 127, 207~217.

C/GFRP 투광 복합재 적용 태양광 LED 볼라드 개발

신형곤^{1*}, 유승현¹, 방박¹, 임철승¹, 이한교², 오제하³

Development of Sunlight LED Bollard Based on C/GFRP Floodlight Composite

H. G. Shin*, S. H. Yoo, Pang Bo, C. S. Lim, H. G. LEE, J. H. Oh

전북대학교 기계시스템공학부¹, 한국폴리텍V대학 김제캠퍼스², 한국탄소융합기술원³

Key Words : bollard, Carbon/Glass Fiber Reinforced Plastics, sunlight

1. 서론

볼라드는 차량의 진입 및 통제가 필요하거나 보행자의 안전과 통행에 지장을 주는 것을 사전에 예방하고 주·정차 시 발생 할 수 있는 안전 사고 및 보도 파손의 원인을 제거하기 위한 기능을 갖는다. 기존의 볼라드는 화강암이나 금속 재질이 주를 이루고 있어서 충격 흡수가 쉽지 않으며 보행자를 보호하기 위한 용도의 볼라드가 오히려 피해를 입히는 사건 사고가 빈번히 발생하고 있다. 현재 볼라드의 추세는 차량과의 접촉 시 적절한 강성을 유지함으로 안전성을 확보하며, 주위 환경과의 적절한 조화를 통해 아름다움을 추구하고, 설치 시에는 작업자들이 손쉽게 교체 작업을 수행할 수 있도록 경량화 하는 추세다. 이러한 요구를 모두 충족시키기 위해 기존의 볼라드 재료를 복합소재로 변환하였으며, 이에 적절한 C/GFRP 복합재를 볼라드에 적용하는 기술을 개발함으로써 새로운 발광 볼라드를 개발하였다.

2. 연구 방법 및 결과

볼라드의 설계를 위해 C/GFRP 복합재 적용 볼라드에 대한 FE모델을 구성하여 충돌에 대한 해석을 진행하였으며 FE모델은 Fig.1과 같다. 충돌해석을 위해 Table 1과 같은 구성값을 적용하였으며 결과는 Table 2와 같다.

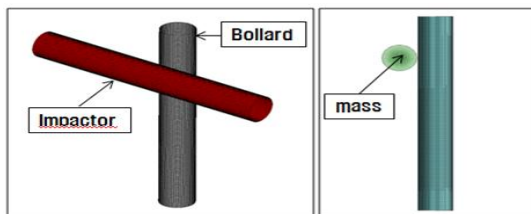


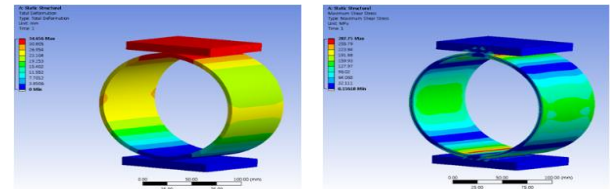
Fig. 1. Bollard FE model configuration

Table 1. FE model configuration value

	구분	값
Bollard Material Properties	Young's Modulus X	28400MPa
	Young's Modulus Y	28400MPa
	Young's Modulus Z	13760MPa
	Shear Modulus X	2960
	Shear Modulus Y	2960
	Shear Modulus Z	2960
Boundary Condition	Tensile Stress	480 / 80
	Mass node	Y-dir Free, 1800kg
Load Condition	Contact	마찰계수 0.15 적용
	Initial Velocity	277 mm/s (=1km/h)
	Mesh	5mm Hexa

Table 2. Result comparison

	Deformation [mm]	Stress [MPa]	Force [N]	Velocities [mm/s]
Case1 : 3t	10.6	500	1,117	234
Case2 : 5t	10	1,818	2,641	196
Case3 : 7t	9.8	3,853	3,434	169
Case4 : 9t	10.3	8,716	6,390	136

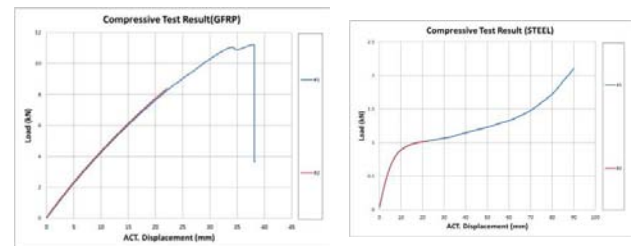


Total Deformation : 34.656mm

Maximum Shear Stress : 87.75MPa

Fig. 2. Analysis on compression test

Fig 2의 압축해석 결과 볼라드 파이프 두께는 5mm 이상이면 충분한 강성을 얻을 수 있는 것으로 파악되었다. 그리고 객관적인 강성비교를 위해 steel 파이프와 비교 압축 시험을 진행하였으며, 결과값으로 보면 steel 자재보다 C/GFRP 복합재가 우수한 성능을 보였다.



Max Load (C/GFRP) : 10.99kN

Max Load (Steel) : 1.086 kN

Fig. 3. GFRP and steel comparison compression test result graph

위의 결과를 적용하여 볼라드 형상을 설계하였으며, 필라멘트 와인딩 공정을 적용하여 제작하였다. Fig 4는 개발 완료된 시제품인 태양광 LED볼라드를 보여주고 있다.

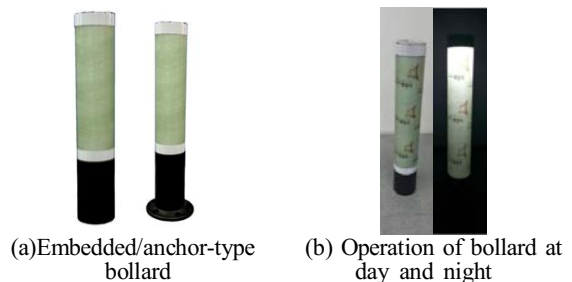


Fig. 4. Completion of prototype production

후기

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업 지원을 받아 수행된 것임(NRF-2014R1A1A2056369).

참고 문헌

- (1) Study on basic functions of electric-type bollard", Tae-jun Park et al., Korea Society of Mechanical Technology, 2011

열가소성 복합재용 Commingled CF/PP Yarns 제조를 위한 장치설계에 관한 연구

이학성^{1,2}, 허몽영², 윤재영², 권기철², 김늘새롬³, 강신재^{1*}

A Study on the Machining Design for Thermoplastic Composite Manufacturing with Commingled CF/PP Yarns

H. S. Lee, M. Y. Huh, J. Y. Yoon, K. C. Kwon, N. Kim, S. J. Kang*

전북대학교 기계설계공학부¹, 한국탄소융합기술원², (주)라지³

Key Words : Thermoplastic composite, Commingled Yarn, Carbon Fiber

1. 서론

섬유강화 복합재료는 우수한 비강도·비강성 및 피로수명을 지니고 있으며 항공, 선박 및 자동차 구조물에 널리 적용되고 있다. 강화재료로 탄소섬유, 유리섬유 및 아라미드섬유 등이 사용되고 있으며, 이러한 강화재를 일정한 형태로 잡아주기(binder) 위한 기지재로 열경화성 수지, 열가소성수지 등이 사용되고 있다. 열경화성 복합소재의 경우 고강도, 고강성이 우수한 반면, 열가소성 복합소재의 경우 내충격성, 재활용성 및 성형성 측면에서 열경화성 복합재료 대비 우수하여 최근 많은 연구들이 진행되고 있다. 하지만 열가소성수지의 경우 열경화성수지대비 용융시 높은 점성을 보여 함침성이 떨어지는 단점을 가지고 있기 때문에 중간재료의 형태인 프리프레그(Prepreg) 및 혼합사 형태 등으로 개발되고 있다.

이러한 함침성의 문제를 해결하기 위하여 하이브리드안(hybrid yarn)이 고안되었으며, 이는 강화 섬유사(reinforcing fiber)와 매트릭스사(matrix fiber)의 합사형태로 이루어져있다. 이러한 안(yarn)의 형태에 따라 Cospined Yarn, Commingled Yarn, Cowrapped Yarn, Cotwisted Yarn로 나뉜다. 이 논문에서는 탄소섬유와 열가소성 기지재인 폴리프로필렌(PP, Polypropylene)로 이루어진 Commingled Yarn을 제조하기 위한 장치설계 및 공정연구를 진행하였다.

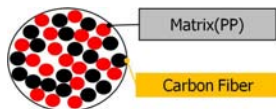


Fig. 1. Structure of Commingled Yarns

2. 실험장치 및 재료

Commingled Yarn을 제조하기 위하여 에어텍스처링(Air-Texturing) 장치를 설계하였으며, 섬유가 통과하는 통로에 공기를 사선으로 분사하여 합사하는 인터밍글방식(Intermingled Type)을 채택하였다. Commingled Yarn 제조에 Mitsubishi Rayon 12K 섬유, 폴리프로필렌(PP) 매트릭스 섬유가 사용되었다.

이 장치는 Commingled Yarn제조 후 일방향성시트(Uni-directional Sheet)형태로 제조하기 위하여 드럼와인더(Drum-winder) 및 커버링(Covering)장치를 연동하여 설계하였다.

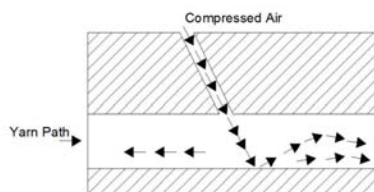


Fig. 2. Intermingled Nozzle Type

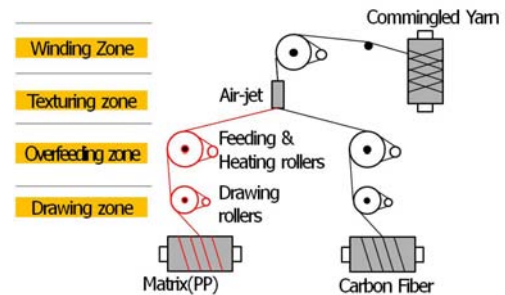


Fig. 3. Air-jet Texturing Process

Fig. 3는 Air-jet 텍스처링(Texturing) 공정을 보여주고 있으며, 드로잉존(Drawing Zone)에서는 피딩속도(Feeding Velocity)를 제어하고, 텍스처링존(Texturing Zone)에서는 공기압력(Air-Pressure)를 제어하고 있다. 오버피딩존(Overfeeding Zone)에서는 탄소섬유 사이징제거 및 습기제거를 위한 구간으로 섬유공급 온도를 조절하는 역할을 한다.

3. 실험결과 및 고찰

Commingled Yarn 공정조건으로 피딩속도, 공기압력, 롤러가열온도가 고려되었으며, 드럼와인더 및 커버링장치를 통한 일방향성시트(Uni-directional Sheet)를 성형하였다. 성형된 일방향성시트를 통하여 기계적 물성평가 및 전자현미경을 통한 합사의 혼합 균일도를 관찰하였다. 이러한 시험결과를 바탕으로 열가소성 복합재용 Commingled Yarns 제조를 위한 장치설계 인자를 분석하는 데이터(Data)로 활용될 수 있다.

후 기

본 논문은 산업기술혁신사업[산업핵심기술개발사업, 과제번호: 10049054]를 통해 연구된 결과입니다.

참 고 문 헌

- (1) Choi, O.D, P.O, Tusty, 1999, *Commingled CF-PEEK hybrid yarn for use in textile reinforced high performance rotors*, in: Proc. of the 12 intl. Conf. on Composite Materials, Paris.
- (2) H.M, P.P, 2009, *Study the effect of commingling parameters on glass/polypropylene hybrid yarns properties*, *AUTEX Research Journal*, 9:3, 70~73.
- (3) Lee, Kim, Ma, Park, Seo, 2003, *A Study on the Interlaminar Shear Strength of Thermoplastic Composites with Commingled Yarns*, *Journal of the Korean Fiber Society*. 40:2, 116~122.

식기세척기 유량제어용 Carbon 원소재 제조공정 최적화

김정호^{1*}, 문지훈¹, 허광호¹, 고재식², 이재원²

Optimization of carbon raw material manufacturing process for flow control of dishwasher

J. H. Kim*, J. H. Mun, K. H. Hor, J. S. Go, J. W. Lee

(재)경북하이브리드부품연구원¹, (주)동일테크²

Key Words : Carbon parts, Liquid control, Pitch binder, Graphite powder, Spray dry process

1. 서론

식기세척기 하부 회전축(Shaft)에 장착되어 누설을 방지하거나 유량을 제어하는 핵심부품으로 소음, 부식, 마찰 등의 환경조건으로 인해 금속이나 플라스틱과 같은 재질의 사용이 어려워 최근 Carbon 소재로 구성품을 성형하고 있다.

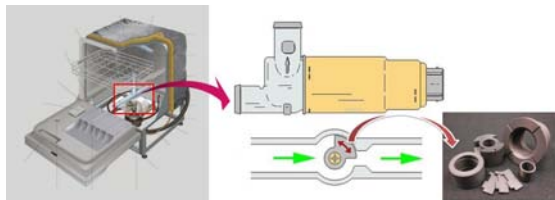


Fig. 1 Carbon parts for the dishwasher

식기세척기 유량제어용 Carbon 부품의 소재는 석탄계 고상피치의 중합반응공정을 통해 추출된 Pitch binder 등을 그래파이트 분말(Graphite powder)과 배합하여 제조하며 Spray dry 공정을 통한 최적화 과정이 중요하다.

2. Pitch binder 및 Fill-cokes 개발 공정

Pitch binder 개발은 고상피치(Coal tar Pitch)를 120분간 7mm크기로 분쇄공정을 거쳐 반응 후 볼밀공정에서 배합 가능한 상태로 조분쇄하여 제조한다. Pitch binder의 선정은 점도측정 결과와 Binder 성분이 없는 하소 Cokes와 Pitch binder, Ball-mill, 중탕하여 나온 소재를 성형, 소결 후 강도를 측정하여 결합력을 비교하여 선정한다.

Table 1 Comparison of viscosity measurements

시편종류	배합비		점도측정결과
	반응조건	점도측정조건	
1	Coal tar Pitch	-	22.2
2	KDC-1	150°C/1hr	300°C/15min
3	KDC-2	150°C/3hr	300°C/15min
4	KDC-3	150°C/5hr	300°C/15min
5	KDC-4	250°C/1hr	300°C/15min
6	KDC-5	250°C/3hr	300°C/15min
7	KDC-6	250°C/5hr	300°C/15min
8	KDC-7	300°C/1hr	300°C/15min
9	KDC-8	300°C/3hr	300°C/15min
10	KDC-9	300°C/5hr	300°C/15min

Fill-cokes는 석탄계 피치를 중축합반응을 통해 함유된 불순물의 정제공정을 거쳐 약 75%의 Fill-cokes를 얻었다.



Fig. 2 Manufacture process of Fill-cokes

3. 실험 결과 및 고찰

Pitch binder를 위해 점도가 높은 소재가 강도가 높게 나오는 것을 Table 2를 통해 확인할 수 있으며, 본 연구에서는 KDC-9 소재를 최종 선정하였다.

Table 2 Comparison of strength measurements (μm)

시편종류	배합비		강도측정결과
	하소 Cokes	Pitch Binder	
1	Coal tar Pitch		256.5
2	KDC-1		325.3
3	KDC-2		287.5
4	KDC-3		253.9
5	KDC-4		296.8
6	KDC-5		313.7
7	KDC-6		389.6
8	KDC-7		368.3
9	KDC-8		356.3
10	KDC-9		548.1

식기세척기용 Carbon 부품개발을 위해 석탄계 피치를 중축합반응을 통해 함유된 불순물을 정제공정을 거쳐 약 75%의 Fill-cokes를 얻을 수 있었으며, 기존 흑연재를 생산하는 방법보다 공정이 축소된 공법을 개발하였다.

후기

본 논문은 산업통상자원부에서 지원하는 글로벌 동반성장 R&BD사업(N0001141)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) J.H. Lee, H.H. Yum, M.S. Hong, 2012, *A Study on the Antiabrasion of the Aircraft Carbon Disk Brake*, Journal of KSMTE. Vol.21, No.6, pp. 968~975.

공작기계의 오차 요인 분석에 관한 연구

김기환¹, 신재훈^{2*}, 박희락², 최상준², 윤재웅²

A Study on the Analysis of Error Sources in Machine Tools

K.H. Kim, J.H. Shin*, H.R. Park, S.J. Choi, J.W. Youn

(재)경북차량용임베디드기술연구원¹, 대구대학교 기계공학부²

Key Words : Error Sources, Geometric error, Thermal error, Machining error, Machine tools

1. 서론

최근, 정밀가공에 대한 요구는 지속적으로 증가하고 있다. 가공에서 발생하는 오차는 다양한 오차 요인을 가지고 있지만, 그 중 대표적인 오차의 요인은 공작기계의 기하학적 오차, 열변형 오차 그리고 가공에서 발생하는 가공오차로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 정밀가공에서 발생할 수 있는 오차의 요인별 기여도를 측정하고 분석함으로써 공작기계 및 절삭가공 공정의 설계를 위한 기준을 제공하고자 한다. 또한, 공작기계의 기하학적 오차 및 열변형 오차의 측정 결과를 활용하여 오차를 보상함으로써 공작기계의 시스템 오차를 보정할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 공작기계 오차의 측정 및 분석

본 연구에서는 시편 가공을 통해, 해당 요인들의 오차를 규명하기 위하여 단순 마름모꼴 형태의 표준공작물을 3가지 오차요인을 유발하도록 가공조건을 선정하여 마름모 형태의 공작물을 가공하였다. 먼저, 가공된 공작물의 각 면에서 발생한 오차는 비접촉 변위센서를 통해 측정하였다. 시편의 측정 방식을 간략하게 설명하면 다음과 같다. 먼저 위치 보정작업이 완료된 변위센서를, 측정하고자 하는 면을 따라서 기하학적 오차를 측정하고, 다음으로 측정이 완료된 면을 주어진 조건으로 가공한다. 마지막으로 가공된 면을 다시 측정하여 발생된 오차를 측정한다. 이러한 순서는 각 면마다 진행되며, 한 면의 측정이 완료되면 다음 면에서 위와 같은 방법을 반복하여 4면을 모두 측정하도록 한다. 이러한 측정의 순서를 Fig. 1에 나타내었다.

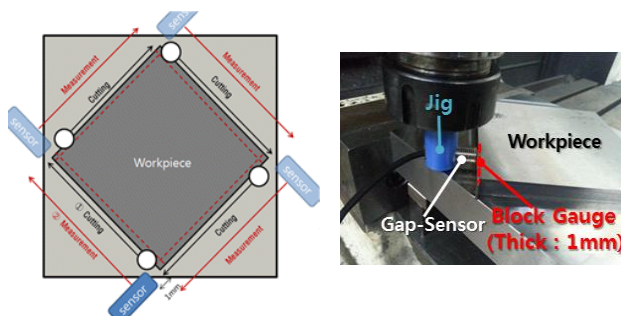


Fig. 1 Measurement of error profile

공작기계의 오차요인을 개별적으로 파악하기 위하여 기하학적 오차, 열변형 오차, 가공오차에 관한 실험의 가공조건을 각각 다르게 하였다.

열변형 오차는 주축계의 온도분포가 충분히 이루어 질 수 있도록 구동시간을 늘렸으며, 가공오차는 절삭폭을 깊게 하고, 공구의 날장을 길게하여 공구 끝단에서의 변형을 쉽게 일으킬 수 있도록 하였다. 측정된 오차의 프로파일은 Fig. 2에, 오차 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Measurement result of errors

Error source		Error(Before Compensation)	Error(After Compensation)
Geometric error	Average error(μm)	6.5	4.3
	Angular error(arcsec)	43.85	5.4
Thermal error	Average error(μm)	11.5	3.6
	Angular error(arcsec)	72.9	8.3
Machining error	Average error(μm)	11.2	7.7
	Angular error(arcsec)	98.6	5.9

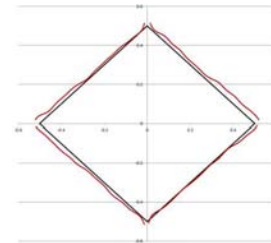


Fig. 2 Profile of thermal error

3. 공작기계의 오차 보상 및 결과 분석

일반적으로 3개의 축을 가지는 3축 공작기계에서 각 오차요인별로 발생할 수 있는 성분은 X, Y, Z 축에 대한 회전오차 성분 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ 와 X, Y, Z축에 대한 위치오차 성분 $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ 으로 나타낼 수 있다. 이때, 회전 및 위치오차 성분에 대한 오차파라미터 구성은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1 & -\theta_z & \theta_y & \delta_x \\ \theta_z & 1 & -\theta_x & \delta_y \\ -\theta_y & \theta_x & 1 & \delta_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x - \theta_z y + \theta_y z + \delta_x \\ \theta_z x + y - \theta_x z + \delta_y \\ -\theta_y x + \theta_x y + z + \delta_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

본 연구에서는 식 (1)과 같은 보상행렬을 이용하여 측정된 오차 요인들을 보상하였다. 보상 결과는 Table 1과 같다. 이와 같은 보상 결과, 보상 전에 비해 오차를 크게 줄일 수 있었다. 이러한 결과는 작업자 입장에서, 가공할 소재 별 절삭조건에 대한 오차 Data base를 구축하고 있다면 공작기계의 기하학적 오차, 열변형 오차 및 가공 오차를 보상할 수 있어 정밀 가공의 구현이 가능하리라 기대된다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 '신성장 동력장비 경쟁력 강화사업' 과제의 연구비 지원으로 수행되었음(10050929).

참고문헌

- (1) Y.L.Schmitz, J.C.Ziegert, J.S.Canning, R.Zapata, 2009, *Case study: A comparison of error sources in high-speed milling*, Precision Engineering, Vol.32, pp. 126~133.

수평형 밀링헤드 틸팅 타입 가공기의 최적 설계

신흥철^{1*}, 조성기¹, 박우상¹, 김승기², 김지훈³, 김세호³, 윤재웅³

Design Optimization of Multi-functional Horizontal Machining center with tilting-type milling head

H.C. Shin*, S.K. Cho, W.S. Park, S.G. Kim, J.H. Kim, S.H. Kim, J.W. Youn

(주)기흥기계¹, 한국생산기술연구원², 대구대학교 기계공학부³

Key Words : Static analysis, Design Optimization, Machining center, CAE analysis

1. 서론

본 논문에서는 5축 복합가공기의 설계 시 경험적인 설계 기법의 사용과 제한적인 유한요소해석의 적용으로 인해 가공오차에 영향을 미치는 하중 및 전단적 구조물의 강성이 고려되지 않는 문제를 해결하기 위한 목적[1]으로 최적설계를 수행하였다. 5축 복합가공기의 구성요소 중 주축과 결합되어 강성이 부족할시 가공오차에 큰 영향을 미치는 구성요소인 램(ram), 새들(saddle), 컬럼(column)을 대상으로 유한요소해석을 활용하여 자중과 절삭반력이 작용하는 상황에서 초기 설계안의 정강성을 평가하고, 위상최적화(Topology optimization)를 통해 각 구조물의 정강성을 높이고 자중을 감소시킬 수 있는 공작기계 구조의 최적설계를 수행하였다.

2. 복합가공기의 정강성 해석

5축 복합가공기의 정강성 예측 해석을 수행하기 위한 모델로는 아래 Fig. 1과 같으며, 해석 수행 대상 구조물로는 램(ram), 새들(saddle) 및 컬럼(column) 구조물이다. 주축(spindle)에서는 임의의 공구끝점을 생성하였으며, 이는 절삭반력이 작용하는 작용점인 동시에, 구조물들의 정강성을 평가하기 위한 기준점 역할을 한다. 또한, 복합가공기의 이송시스템으로는 LM가이드(guide)와 블록(block) 및 볼 스크류(ball-screw)로 연결되어 있다. 복합가공기 구조물의 최적설계를 위해 초기설계의 정적 강성평가를 진행하였으며, 해석에 활용된 소프트웨어는 Altair사의 Hyperworks 13.0이다.

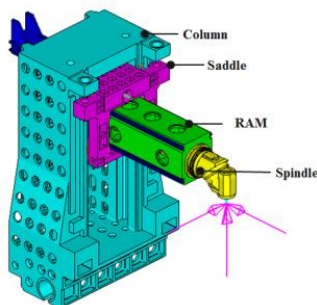


Fig. 1 Configuration of the multi-functional machining center

5축 복합가공기의 정강성 평가를 위해 위의 조건을 활용하여 해석을 진행하였다. 임의의 공구끝단에서 작용하는 각 축 방향에 대한 절삭부하 1,000N에 발생된 변형량을 나누어 강성을 계산하였다. 정강성 해석결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Calculated static stiffness for the initial designed structure

	X-Stiffness (N/μm)	Y-Stiffness (N/μm)	Z-Stiffness (N/μm)
Ram	55.16	36.76	10.61
Saddle	68.1	33.8	5.23
Column	23.93	26.22	4.415

3. 5축 복합가공기의 위상 최적화

5축 복합가공기 구조물은 주조를 통하여 제작된다. 따라서 주조공정을 고려하여 최소 구조물 및 리브두께 20mm, 리브간 최소간격 80mm, 리브 코어와 구조물의 최소간격을 20mm, 구조물 외벽부 최대 두께를 90mm로 제한하여 위상최적화 및 재설계를 진행하였다. 본 연구에서는 램과 새들 그리고 컬럼의 위상최적화를 수행하였다. 세가지 부품 모두 목적함수는 설계영역에서 컴플라이언스(compliance)가 최소화 되도록 설정하였고, 설계 목표의 중량 및 변형량을 초과하지 않도록 하는 제한조건을 만족하도록 하였다.

최적화 결과 램의 경우 밀도는 주로 주축이 결합되어 하중이 가해지는 전면부의 좌우 벽부에 집중분포 되었고, 상하 부의 벽부 및 후면부의 벽부는 밀도가 낮았다. 새들의 경우 주로 램과 주축 및 램의 전후 이송 스크류가 결합되어 하중이 가해지는 결합부에 밀도가 집중분포 되었다. 컬럼은 주로 램과 주축의 하중이 가해지는 전면부 리브 및 중앙 리브에 밀도가 집중분포 되어 보강이 필요한 것으로 나타났다.

5축 복합가공기의 위상최적화 결과와 앞절에서 명시한 리브 설계 기준 및 자중 설계 기준을 바탕으로 재설계를 실시하고 검증해석을 진행하였다. Fig. 2에 램에 대한 초기설계안과 재설계안의 형상을 예시로 도시하였다.

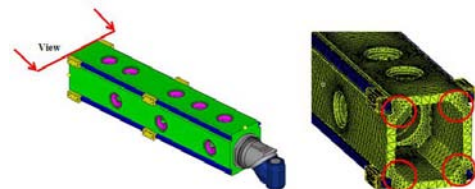


Fig. 2 Modification of the ram structure

Table 2 Calculated static stiffness after analysing topology optimization

	X-Stiffness (N/μm)	Y-Stiffness (N/μm)	Z-Stiffness (N/μm)
Ram	63.74	44.27	13.41
Saddle	87.95	52.00	10.07
Column	26.51	25.00	4.90

후기

본 연구는 산업통상자원부의 '신성장 동력장비 경쟁력 강화사업' 과제의 연구비 지원으로 수행되었음(10050929).

참고문헌

- (1) Haung, D. T., Lee, J. J., 2001, On obtaining machine tool stiffness by CAE techniques, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 41 . 1149~1163.

주축헤드 자동교환 장치를 부착한 150톤 이상의 대형 복합가공기 개발

신흥철^{1*}, 송석홍¹, 홍성욱², 이호철³

Development of floor type boring and milling machine(150 Ton) with automatic head changing system

H. C. Shin*, S. H. Song, S. W. Hong, H. C. Lee

(¹)기흥기계¹, 금오공과대학교², 한밭대학교³

Key Words : Automatic Head Change(AHC), Universal head, Boring spindle(quill), Rotary table with V-axis, Orthogonal head

1. 서 론

최근 기하학적 형상이 복잡한 대형부품을 가공할 수 있으며, 원-척킹 후 다면/다각/다기능 가공이 가능한 대형 복합가공기의 수요가 증대되고 있다. 본 연구에서는 다양한 종류의 헤드를 교환할 수 있으며, 로터리테이블 인덱싱을 통한 5면가공이 가능한 대형 복합가공기의 개발하고자 한다. 본 논문에서는 대형복합가공기의 제원을 확정하고 구조해석을 통하여 최적설계를 하였으며, 주요 유니트인 헤드를 제작하여 특성분석 결과를 고찰하고자 한다.

2. 대형복합가공기의 구성 및 주요 유니트 특성분석

2.1 대형복합가공기의 구성

본 가공기는 칼럼이송형장비이며, 가공 상황에 따라 헤드를 자동으로 교환할 수 있고, 로터리테이블을 구성하여 인덱싱이 가능하다. 기계의 구성은 Fig. 1에 나타내었고, 제원은 Table 1과 같다.

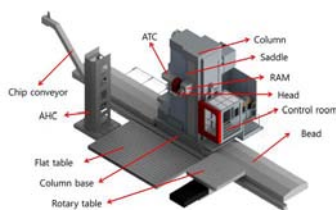


Fig. 1 Overview

Table 1 Specification

항목	제원
이송거리	X 12,000 mm
	Y 1,250 mm
	Z 5,000 mm
	W 800 mm
	V 1,500 mm
헤드	종류 Universal / Orthogonal / Extend / Extend angle
	최대회전수 2,500 rpm
로터리 테이블	크기 □ 3,000 x 3,000
테이블	최대회전수 5 rpm

2.2 설계 및 구조해석

전체적인 설계 프로세스는 기본 설계 후 구조해석을 수행하는 것이며, 이를 통하여 설계변수를 최적화하였다. 헤드는 램에 부착되어 Y축으로 이송되며 가공을 수행한다. 헤드의 안정성을 확인하기 위해 헤드가 부착되는 RAM 유니트의 정특성과 동특성을 확인하였다. 램 유니트의 구조는 Fig. 2에 나타내었다.

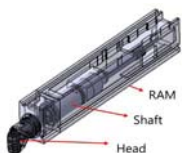


Fig. 2 RAM unit



(a) Universal head



(b) Orthogonal head

Fig. 3 Accuracy measure view

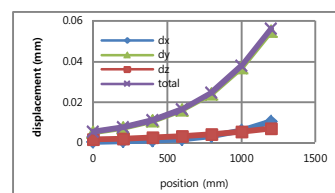
2.3 헤드 유니트 특성분석

유니버설헤드는 임의의 경사면 가공이 가능하게 구성되어 있으며, 오소고날헤드는 수직 및 수평면 가공에 유리한 구조로 구성되어 있다. 각 헤드는 평기어와 베벨기어의 조합으로 동력전달이 이뤄진다. Fig. 3과 같이 회전정밀도와 틸팅정밀도 측정에는 인디게이터를 사용하였으며, 각각 10번 반복 측정하였다.

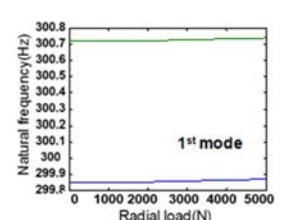
3. 실험 결과

3.1 구조해석 결과

RAM의 위치에 따라서 변화하는 처짐량과 RAM 내부 주축의 고유주파수는 Fig. 4에 나타내었다.



(a) Displacement of RAM



(b) 1st mode natural frequency of RAM

Fig. 4 Result of static and dynamic characteristic

구조해석 결과 정적 처짐량은 Y축 최대 스트로크에서 56 μ m로 확인되어 비교적 높은 정적 강성을 확보하였다. 1차 고유진동수의 경우 300Hz로 주축 최대속도인 3,000 rpm보다 높아 동적으로 안정된 것을 확인하였다. 1차 모드의 방향성은 Fig. 5에서 확인할 수 있다.

3.2 정밀도 측정 결과

매 측정 시 인디게이터를 재설정하여 측정하였으며, 회전정밀도는 측정 값의 최대값을 분석하였다. 측정된 결과는 Fig. 6과 같다.

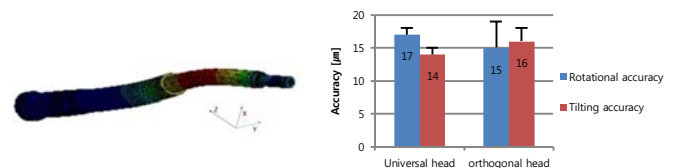


Fig. 5 1st mode natural frequency Fig. 6 Measurement of accuracy values

정밀도 측정 결과 회전정밀도와 틸팅정밀도는 각각 유니버설헤드의 경우 17 μ m, 14 μ m로 분석되었고, 오소고날헤드의 경우 15 μ m, 16 μ m로 분석되었다. 동력전달이 평기어와 베벨기어를 통하여 전달되는 구조를 고려하면 상당히 양호한 결과를 얻었음을 알 수 있다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 대형 복합가공기의 핵심 유니트인 헤드를 제작, 특성분석을 수행한 결과 양호한 성능결과를 얻었다. 램의 미세한 정적 처짐은 추후 보정을 통하여 성능향상을 도모할 것이다. 추후, 다른 주요 유니트와 구조물에 대한 연구/개발 결과를 논할 예정이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 주관 경제협력관산업육성사업의 지원을 받아 수행한 연구과제(No. R0003921)에 의해 수행되었습니다.

복합 공작기계 대형 칼럼 구조의 정강성 설계 개선

장지박^{1*}, 장종원¹, 이호철¹, 박우상², 신희철², 송석홍²

Stiffness improvement of the column of the horizontal machining center

Z.B. Zhang*, J.W. Jang, H.C. Lee, W.S. Park, H.C. Shin, S.H. Song

한밭대학교 기계공학과¹, (주)기흥기계²

Key Words : Machine tool design, Topology optimization, Machining center, Column stiffness

1. 서론

수평형 머시닝센터(machining center)에서의 칼럼(column)은 베드(bed) 위에서 수평으로 이동되는 고 하중의 기계구조이다. 따라서 칼럼은 최소의 무게와 최대의 강성을 보유하면서 공구 헤드 유닛, 새들, 램을 지지하는 역할이 필요하며, 이를 위한 무게 대비 강성이 효율적으로 구성되어야 한다[1]. 무게 대비 최적 강성을 확보하는 것은 강성을 유지하면서 강성이 중요하지 않는 부분을 제거하는 것으로 부피 밀도 분포를 효율적으로 구성하는 것이 전제되어야 하며, 본 논문에서는 위상최적화(topology optimization) 과정을 수행하여 제한 부피 설계 조건하에 칼럼 구조 강성 향상과정을 수행한다.

2. 복합 공작기계 칼럼 구조 분석

복합 공작기계에서 우선적으로 가장 기준이 되는 칼럼의 무게대비 정강성 개선이 수행되어야 한다. Fig. 1 과 같이 해석 소프트웨어의 위상 최적화 모듈을 사용하여 최적 구조 설계를 시도하였다. 공작기계의 사용 조건에 적합한 최적화 조건을 부여하고 부피 밀도 결과를 분석하여 칼럼 리브 구조 변경을 도출한다.

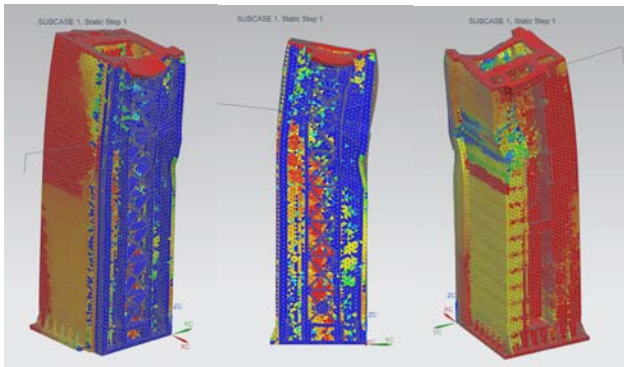


Fig. 1. Topology optimization process of the column

3. 칼럼 구조 강성 최적화

공작기계의 칼럼구조를 기본 설계 구조에서 리브구조와 두께의 변경과 위상 최적화 결과로 분석된 불필요한 구조의 무게 감소등 복합 공작기계 제작조건에 맞는 최적의 설계 조건을 찾는 과정을 거쳐 개발을 해야 한다.

Fig. 2에서와 같이 다양하게 칼럼 리브 구조를 변경하고 선형적인 정적 처짐 해석을 통해 그 해석 결과를 비교 분석하여 최적 칼럼 구조를 찾아 낼 수 있다.

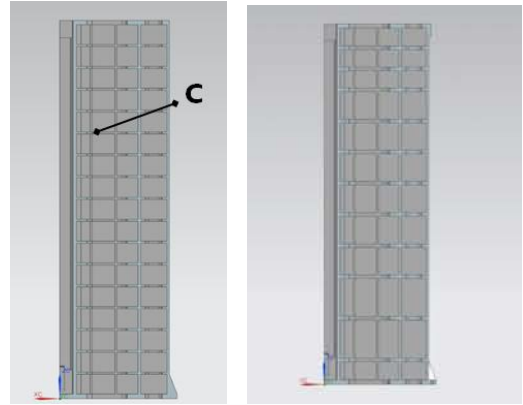


Fig. 2. The effective column rib structure

해석을 통해 비교 분석을 가능하게 하려면 경계 및 하중 조건을 동일하게 해야 한다. 공구 끝단에 절삭력을 각 축으로 1 kN을 부가하고 분석을 한다. 칼럼 강성 구조를 최적화 과정으로 다양하게 바꿔 무게 감소와 강성 증가의 최적 구조 확보를 시도하였다.

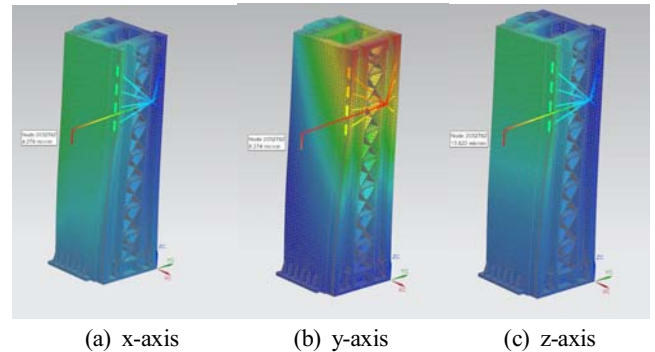


Fig. 3. The optimization of the column stiffness to its weight

Fig. 3의 결과에서와 같이 초기 설계 구조와 비교하여 재설계 구조는 무게 1.3% 감소와 강성 최대 11% 증가로 기존 설계 구조보다 최적화된 설계 방안을 제시하고 무게 감소와 강성 증가를 동시에 향상시킨 설계 개선 사례로 제시된다.

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력관산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

- (1) Weck, M, 1984, *Construction and mathematical analysis, Handbook of machine Tools Vol.2.*
- (2) NX 10.0 Nastran-advanced simulation manual.

수평형 밀링 새들 구조의 위상최적화 방법

장종원^{1*}, 이호철¹, 장지박¹, 박우상², 신흥철², 송석홍²

Topology optimization procedure of the saddle of the horizontal machining center

J.W. Jang*, H.C. Lee, Z.B. Zhang, W.S. Park, H.C. Shin, S.H. Song

한밭대학교 기계공학과¹, (주)기흥기계²

Key Words : Machine tool design, Topology optimization, Machining center, Saddle

1. 서론

수평형 머시닝센터(machining center)에서의 새들(saddle)은 공구를 장착하는 수평 램(ram)을 지지하며 상하로 칼럼 위에서 이동하는 기계구조이다. 따라서 칼럼 위에서 최소의 무게와 최대의 강성을 보유하면서 램을 지지하는 역할이 필요하며, 이를 위한 무게 대비 강성이 효율적으로 구성되어야 한다[1]. 무게 대비 최적 강성을 확보하는 것은 강성을 유지하면서 강성이 중요하지 않는 부분을 제거하는 것으로 부피밀도 분포를 효율적으로 구성하는 것이 전제되어야 하며, 본 논문에서는 위상최적화(topology optimization) 과정을 수행하여 제한 설계 조건하에 새들의 구조 최적화를 수행한다.

2. 공작기계 새들의 위상 최적화

Fig. 1과 같이 기존 기계 구조 최적화 시도로서 대부분의 설계해석 소프트웨어가 제공하는 위상 최적화 모듈을 사용하여 최적 구조 설계를 시도하였다[2]. 해석의 경계 조건 및 설정해주는 것으로 해석의 결과가 매우 다르게 형성되며 구조 설계에 있어서 또한 주물 방향과 하중, 구속 조건, 목적함수 정의를 설계 목적에 부합하게 설정하는 것이 효과적인 최적화 방법이다.

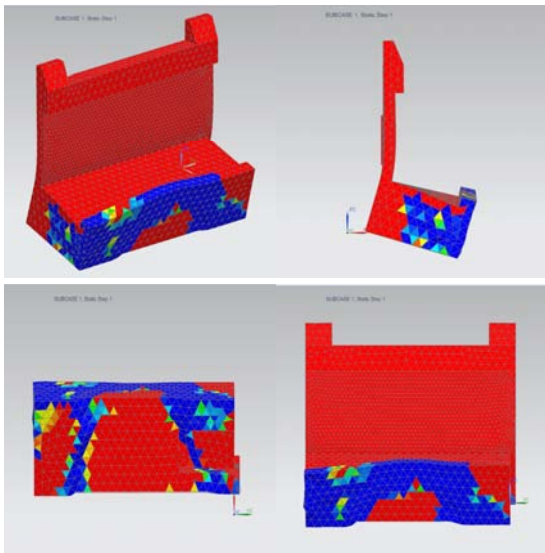


Fig. 1. Topology optimization process of the saddle

3. 새들 구조 최적화 및 수행 결과

공작기계의 새들 리브 구조는 실제 제조 현장에서 주조 과정을 반드시 고려하여 위상 최적화 및 설계 방향을 제시하고, 설계자는 해석 결과를 토대로 기계 구조를 변경하여 최적설계를 수행한다. Fig. 1의 위상최적화 결과로는 하부 리브구조의 변경이 우선적으로 필요하고 밀도 분포를 고려하여 재설계해야 한다.

Fig. 2에서와 같이 다양하게 새들 리브 구조를 변경하고 선형적인 정적 처짐 해석을 통해 그 해석 결과를 비교 분석하여 최적 새들(saddle) 구조를 찾아 낼 수 있다.

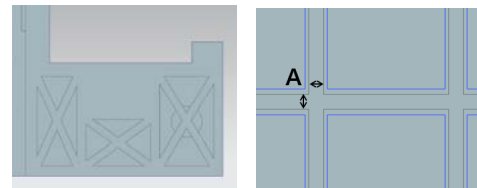


Fig. 2. The effective saddle rib structure

최적 구조 도출을 위하여 리브의 두께를 조절하는 방안과 리브 구조를 새들 사용 목적에 맞게 재설계 하는 방안으로서 새들 최적의 구조를 파악하는 것이 필요하다. 새들 구조 해석을 통해 비교 분석을 하려면 경계 및 작용 하중 조건을 계속 같게 유지하면서, 새들 강성을 알기 위해 공구 끝단에 절삭력을 각 축에 1kN을 부여하여 해석하고 결과를 비교 분석을 하였다.

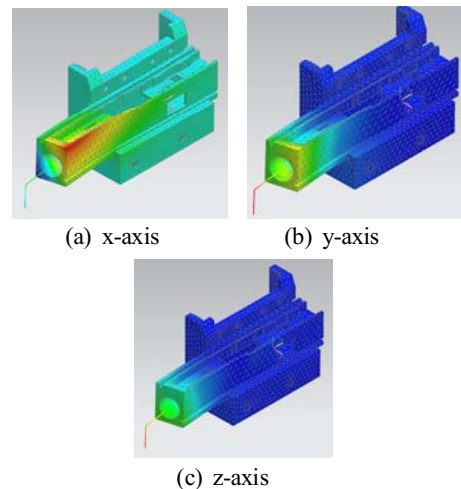


Fig. 3. The optimization of the saddle stiffness to its weight

Fig. 3의 결과로 초기 구조와 비교하여 최적으로 제시된 구조는 무게 7% 증가 대비 강성 최대 22% 증가로 기존 설계안보다 무게 대비 강성이 보다 향상된 새들 구조가 이론적으로는 가능성을 제시하였다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력관산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- (1) Weck, M, 1984, *Construction and mathematical analysis, Handbook of machine Tools Vol.2.*
- (2) NX 10.0 Nastran-advanced simulation manual.

대형 복합 공작 기계의 기계 구조 설계 최적화 전개 방안

이호철^{1*}, 장종원¹, 장지박¹, 박우상², 신흥철², 송석홍²

The optimizing procedure to improve the machine structure loop stiffness of the large machine tool

H.C. Lee*, J.W. Jang, Z.B. Zhang, W.S. Park, H.C. Shin, S.H. Song

한밭대학교 기계공학과¹, (주)기흥기계²

Key Words : Machine tool design, Optimization, Machining center, Loop stiffness

1. 서론

150ton 급의 대형공작기계의 최적의 강성을 확보하는 것은 공작기계 구조의 중요한 설계 요소이다. 독일을 중심으로 하는 가상물리시스템(cyber-physical system)와 같은 설계와 제조의 통합적 구현 환경의 혁신으로 공작기계에도 동시설계(concurrent engineering)의 중요성이 더욱 부각되고 있으며 이제는 현실화되고 있는 시점이다[1]. 본 논문에서는 기존의 대형공작기계의 기계구조의 강성을 높이는 방안에 대해서 최적화 기법을 중심으로 이를 구현하고자 하는 과정에 대해서 제시하고자 한다.

2. 공작기계 구조 최적화 한계

공작기계의 구조 최적화는 기계구조의 무게 대비 강성을 효과적으로 높이는 구조가 필요하며, 특히 기존의 기계구조에 있어서 외곽 치수를 유지하면서 내부의 치수의 최적화를 도모하는 것은 매우 어려운 과제이다. 대부분의 기계 구조는 오랜 기계설계의 경험으로 리브(rib) 등의 구조로서 이미 효율적으로 무게 대비 강성을 확보하고 있다[2]. 따라서 Fig. 1 과 같이 기존 기계 구조 최적화 시도로서 대부분의 설계 해석 소프트웨어가 제공하는 위상 최적화(topology optimization), 치수 최적화(geometry optimization)의 단순 적용에 의한 직관적 또는 수치적인 해답을 구하는 것은 용이하지 않은 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 경험적인 기계구조의 대형화의 문제를 찾아내고, 강성을 최적의 수준으로 보완하는 것이 대형 기계 구조 설계의 필요 요건이다.

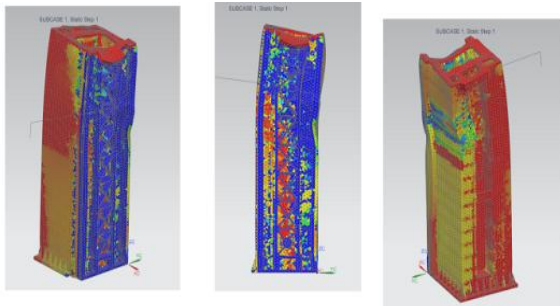


Fig. 1. An example of topology optimization process of the column to show the exiting rib structure again

3. 기계 구조 최적화 전개

공작기계의 루프강성(loop stiffness)은 각 개별 유니트(unit)의 강성의 최적의 배분으로서 달성하는 것이 경제적으로 효과적인 것으로 알려져 있다[3].

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_c} + \frac{1}{k_s} + \frac{1}{k_l} \quad (1)$$

예를 들어, 3개의 주요 유니트인 칼럼(column), 새들(saddle), 램(ram)으로 이루어진 공작기계에 있어서 각 유니트에 대한 작용 절삭력에 의해 힘의 작용점에서 변형이 직렬(serial)로 발생하는 구조에 대해서 Eq. (1)과 같은 루프 강성이 성립되며, 각 유니트의 강성을 균형적으로 배분하는 것이 무게 대비 강성확보에 당연히 효과적이다. 따라서 Fig. 2와 같이 기존 구조 강성의 수준을 파악하고 상대적으로 약한 축 방향의 강성 증가에 집중한 전략이 필요한 것으로 제시된다.

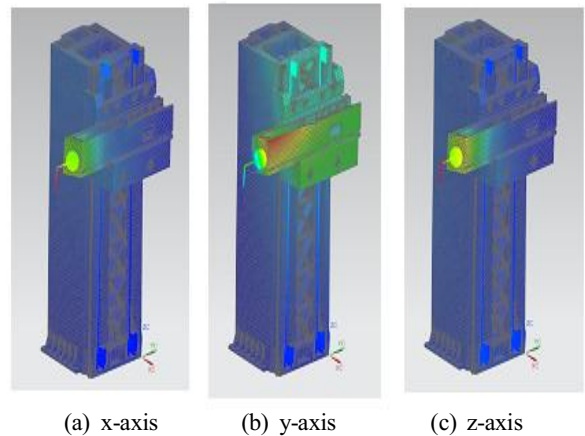


Fig. 2. The machine loop stiffness optimization by improving the weaker unit structures

Fig. 2의 초기 구조의 루프강성은 100N/um의 범위로 해석되었고, 특히 x축 방향의 강성이 상대적으로 약한 것으로 파악되었다. 따라서 x축 방향으로 새들을 제외한 칼럼과 램의 구조의 강성의 보완이 필요하며, 칼럼의 무게 대비 강성을 보완하는 방향으로의 최적화가 가장 용이할 것으로 판단되고 이에 대한 무게 대비 강성의 증가 과정이 수행되었으며, 전체 기계 무게의 증가 없이 강성을 최소 5%~10% 범위의 증가 확보가 가능하다.

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력관산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

- (1) Klopsch, G., *Future of manufacturing*, 2014, October 2014, 2014 International Forum Korea.
- (2) Weck, M., 1984, *Construction and mathematical analysis*, Handbook of machine Tools Vol.2.
- (3) Mi, L., Yin G., 2012, *Effects of preloads on joints on dynamic stiffness of a whole machine tool structure*, Journal of Mechanical Science and Technology, 26(2), 495~508.

대형 복합 가공기용 로터리 테이블의 베어링 모델링

홍성욱^{1*}, 통반칸¹, 박우상²

Modeling of bearing used for rotary table of a large machine tool

S. W. Hong*, V. C. Tong, W.S. Park

금오공과대학교 기계시스템공학과¹, 기흥기계²

Key Words : Rotary table, Thrust cylindrical roller bearing, Dynamic modeling, Stiffness

1. Introduction

This study presents the dynamic modeling and analysis of thrust cylindrical roller bearings (CRBs) for a large rotary table. The accuracy is confirmed by means of a commercial code program. The effect of axial load on stiffness and displacement of the bearing is then investigated.

2. Modeling of Thrust cylindrical roller bearing

Fig. 1(a) shows a thrust CRB with loading and displacements. The dynamic models of CRBs are derived based on the general 5 degree-of-freedom (DOF) bearing model outlined by de Mul et al. [1]. Because the thrust CRB can freely displace in two radial directions, only three DOFs are needed. The external load and displacement vectors of the bearing are $\{F\} = \{F_x, M_y, M_z\}^T$ and $\{\delta\} = \{\delta_x, \gamma_y, \gamma_z\}^T$, respectively.

In order to derive the equilibrium relations for the thrust CRB, equilibrium of each roller should be attained first. Fig. 1(b) shows the contact loads between a roller at an angle ϕ and the shaft-locating washer (SLW) and the housing-locating washer (HLW). The roller equilibrium equation is written as

$$\begin{Bmatrix} F_x \\ M_y \\ M_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q_i - Q_e \\ M_i - M_e \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

The roller contact forces and moments can be calculated using the slicing technique, which takes into account modified roller profile. Thereafter, summation of SLW contact loads at all z rollers $\{Q\}$ and external load give the global equilibrium equations of SLW as

$$\{F\} + \sum_{j=1}^z ([T_\phi]^T \{Q\})_j = \{0\}, \text{ where } [T_\phi] = \begin{bmatrix} 1 & r_p \sin \phi & r_p \cos \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

By solving these equations, the displacements of SLW are found. Due to both roller and global equilibrium equations are non-linear, this study adopts the iterative Newton-Raphson method as a solution method.

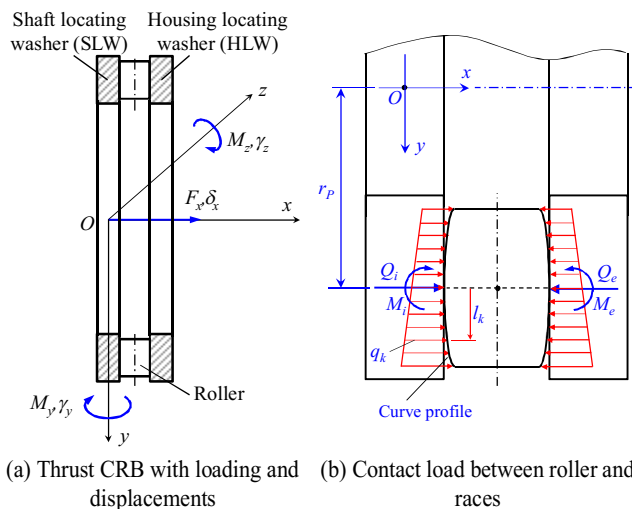


Fig. 1 Schematic of the large size rotary table system

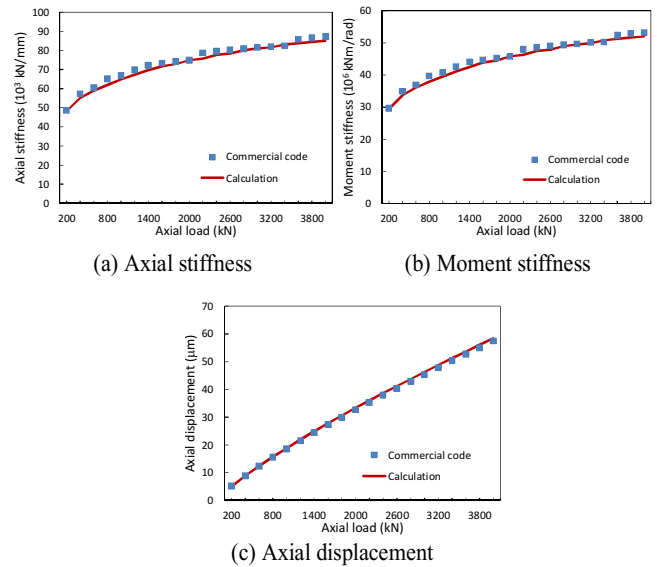


Fig. 2 Characteristics of a thrust CRB for a large rotary table as a function of axial load F_x

3. Numerical results

The proposed analysis method is applied for sample thrust CRB 810/2120-MB with outside diameter of 2300 mm, thickness of SLW and HLW of 43 mm, and roller diameter of 54 mm. This bearing is loaded by a concentric axial load varying from 200 to 4000 kN and the rotational speed of SLW is kept constant at 2 rpm. Fig. 2 shows the displacement and stiffness characteristics of the thrust CRB. The simulation results show a good agreement with those from a reference program. Fig. 2 demonstrates that axial and moment stiffness coefficients gradually increase with the applied axial load, similar to the axial displacement behavior. In addition, the axial displacement and axial load show an approximate linear relationship.

Acknowledgement

This research was financially supported by Daegyeong Institute of Regional Program Evaluation.

References

- (1) de Mul, JM., Vree, JM., Maas, DA., 1989, Equilibrium and Associated Load Distribution in Ball and Roller Bearings Loaded in Five Degrees of Freedom while Neglecting Friction-Part II: Application to Roller Bearings and Experimental Verification. Journal of Tribology, 111 149~155.

대형 복합 가공기용 램 모델링 및 해석

오현일¹, 조성기², 홍성욱^{1*}

Modeling and analysis of ram for large multi-objective machine tool

Hyeon-Il Oh, Seong-Gi Jo, and Seong-Wook Hong*

금오공과대학교 기계시스템공학과¹, (주)기흥기계²

Key Words : multi-tasking machine tool, stiffness

1. 서론

최근 산업의 고도화, 대형화 및 복합화로 인해 산업에서의 대형 공작 기계에 대한 수요가 점차 증가하고 있다. 특히 발전, 선박, 항공의 핵심 부품과 군수, 산업기계, 산업설비부품을 가공하는 대형 공작기계는 독일 등 일부 선진국에서 독점적인 우위를 확보하고 있다. 본 논문에서는 자체적으로 개발되는 대형 복합 공작기계에 사용되는 주축헤드 자동교환장치를 부착한 주축 시스템의 설계에 활용할 수 있도록 모델을 구성하고 정강성과 정적 처짐을 구하고자 한다.

2. 램의 구조 및 해석조건

본 연구에서 고려하고 있는 램은 Fig. 1과 같이 램 내부에 스피들이 장착된 구조로 새들(Saddle)에 부착되며, 각종 헤드 유닛을 연계하여 Y, Z 축 방향으로 이동되는 구조이다. 램은 스피들 축방향인 Z축으로 최대 1200mm로 돌출되어 헤드 교환 및 가공을 수행할 수 있다. 램에 대한 해석을 위해 새들과 컬럼(Column) 사이의 LM 가이드(LM guide)와 새들과 램의 슬라이드 가이드(Slide-guide)를 단순 고정으로 하여 가정하였고, 램과 새들 사이의 유격은 고려하지 않았다. 또한, 헤드 내부에 스피들로부터 회전 동력을 전달받는 기어 등의 메커니즘은 정적 특성에 대한 해석으로 한정하여 단순 원통형으로 가정하였다.

램과 연계되는 헤드 유닛의 회전축을 자체 베어링이 지지하고 있기 때문에 베어링 정보를 상용프로그램을 사용하여 얻었고 이를 유한요소 상용프로그램의 부싱 요소로 두고 강성 행렬을 입력하여 해석하였다. 램과 헤드 유닛의 정강성과 정적 처짐 측정 위치는 헤드 공구 끝단에서의 값을 고려하였다[1].

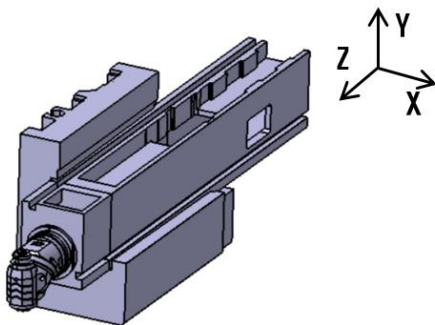
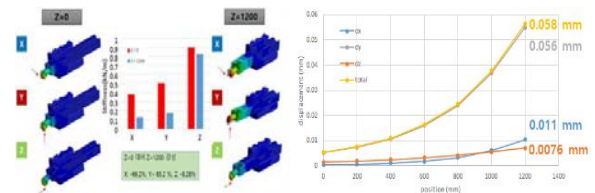


Fig. 1 Large-sized ram with a universal head

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 정적 해석을 수행하였다. 유한요소 해석 프로그램을 활용하여 유니버설 헤드와 연계된 램의 최소와 최대 돌출 위치인 $Z = 0$, 1200mm에서의 해석을 수행한 결과를 table 1에 나타내었다. Fig. 2(a)는 램 돌출에 따른 정강성 해석 결과를 나타내고 Fig. 2(b)는 중력에 의한 정적 처짐 결과를 나타내고 있다.



(a) Static stiffness analysis

(b) Static deflection analysis

Fig. 2 Static Characteristics analysis results

Table 1 Static characteristics of RAM depending on location

유니버설 헤드부착		정강성(kN/mm)		정적처짐(μ m)	
		0mm	1200mm	0mm	1200mm
램	X 축	382	129	0.513	11
	Y 축	507	176	5.7	56.2
	Z 축	989	823	1.726	7.75

해석 결과를 통해 가공 정밀도 개선을 위해서는 정적 특성에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다. 향후 본 연구의 결과는 대형 복합 가공기 개발의 후속 연구 진행 시 기초자료로 활용하여 램의 구조 변경을 통하여 하중 감소 및 단면 모멘트 증가를 통한 정적 처짐 개선과 정강성 증가를 위한 연구를 진행할 예정이다.

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성 사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

- (1) Choi, Y. H. and Hong, S. W., 2009, "CAE technology applications in the machine tool structure design field," Journal of the KSMTE, Vol.18, No.4, pp.442~457.

LS 가변피스톤펌프 AMESim 모델구축 및 특성분석

이인규^{1*}, 류하오², 이재천², 윤권수¹

AMESim modeling and feature analysis of Load Sensing variable piston pump

I. G. Lee*, Hao. Liu, J. C. Lee, G. S. Yoon

계명대학교 기계공학과¹, 계명대학교 기계자동차공학과²

Key Words : Load Sensing Regulator(LS 레귤레이터), Variable Piston Pump(가변피스톤펌프), AMESim

1. 서론

사판식 가변피스톤펌프의 LS(Load Sensing) 레귤레이터는 펌프 내부의 압력 변화에 따라 사판각을 변화시켜 토출유량을 조절할 수 있다. 본 논문에서는 AMESim 소프트웨어를 이용하여 레귤레이터와 피스톤펌프를 모델링 하였고, 레귤레이터의 주요 매개변수가 변화에 따라 변하는 응답특성을 분석하였다.

2. 피스톤펌프 AMESim 시뮬레이션

본 시뮬레이션의 참고 모델은 Rexroth사의 vno-45이며, 주요 제원은 Table. 1과 같다. 피스톤펌프의 제원을 바탕으로 AMESim 소프트웨어를 이용하여 LS 레귤레이터 피스톤펌프 통합 모델링을 하였다.

Table 1 Pistonpump model parameter

Displacement (cc/rev)	45
Max. speed (rpm)	2,900
Flow (l/min)	131
Swash-plate angle (deg)	20.5
Number of piston (ea)	9
Piston Diameter (mm)	17.1

다음으로 모델의 응답특성을 분석 하기 위해 레귤레이터의 변수를 설정하였으며, 해당하는 모델의 변수는 각각 번호를 정하여 Table. 2에 나타내었다. 모든 변수의 초기값을 100%로 설정하여 각 변수별 $\pm 15\%$ 씩 총 13회 시뮬레이션 하였다.

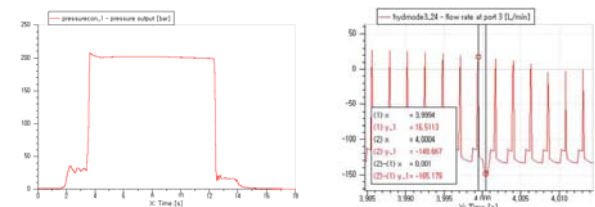
Table 2 LS Regulator parameter

(1) Load sensing V/V spool diameter (mm)	6.79
(2) Cut-off V/V spool diameter (mm)	6.79
(3) Load sensing V/V mass (g)	16.08
(4) Cut-off V/V mass (g)	13.2
(5) Load sensing V/V spring coefficient (N/m)	52,110
	5,831
(6) Cut-off V/V spring coefficient (N/m)	153,010
	92,400

모델에 입력되는 부하조건은 실제 피스톤펌프가 적용되는 트랙터의 작동실린더로부터 실험으로 구해지며 시간별 압력으로 표현되고 Fig. 1.(a)와 같이 4초에서 압력이 최대 205bar까지 증가한다.

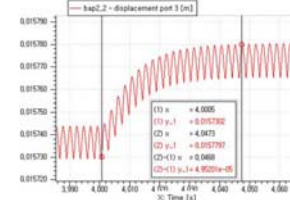
3. 실험 결과 및 고찰

시뮬레이션을 통해 4초 부근에서 발생하는 대표적인 오버슈트되는 유량맥동의 오버슈트는 Fig. 1(b)에, 사판각도의 응답시간은 Fig. 1(c)와 같다 총 13회의 시뮬레이션 결과를 Table 3에 정리하였다. Table 3의 결과를 살펴보면 2번째 실험인 컷오프 밸브의 스펙직경이 15% 작을 때 오버슈트가 -6% 감소되며 응답시간 역시 매우 빠른 것을 확인할 수 있다.



(a) Experimental Load condition

(b) Flow Overshoot



(c) Swash plate time response

Fig. 1 Simulation result

Table 3 Simulation result

Simulation NO.	Flow Overshoot (%)	Swash plate Time response (s)
1 [all-100%]	0	0.0468
2 [(1)-15%]	-6.2	0.0000
3 [(1)+15%]	-2.7	0.0493
4 [(2)-15%]	-0.5	0.0493
5 [(2)+15%]	-1.5	0.0195
6 [(3)-15%]	-0.2	0.0424
7 [(3)+15%]	-0.1	0.0424
8 [(4)-15%]	-0.1	0.0424
9 [(4)+15%]	0	0.0424
10 [(5)-15%]	-0.5	0.0424
11 [(5)+15%]	+0.2	0.024
12 [(6)-15%]	-1.6	0.0171
13 [(6)+15%]	-0.1	0.0448

후기

이 논문은 2016년도 한국산업기술평가관리원 제조기반산업핵심기술개발사업의 “통합부하제어기반 자동유압 변속식 자가고장진단형 110kW급 자율주행트랙터개발” 사업을 수행중 진행된 연구임.

참고문헌

- (1) M. Galal Rabie, 2012, Fluid Power Engineering, McGraw Hill, Korea
- (2) J.M. Lee, 2011, Simulation on Characteristics of Contant Power Regulator System in Variable Displacement Axial Piston Pump, Journal of the Korean Society for Power System Engineering, 15(2), 2011.4, 5-12(8 pages)

액체 내 레이저 빔을 이용한 은 나노 입자 생성 연구

윤상우, 김주한*

Synthesis of Ag nano particles in liquid using laser ablation

Sangwoo Yoon, Joohan Kim*

서울과학기술대학교 일반대학원 기계공학과

*Corresponding author: joohankim@seoultech.ac.kr

Key Words : laser, ablation, nano-particles, fragmentation

1. 서론

나노 입자 합성 및 적용은 그 다양한 응용분야로 많은 연구가 수행되고 있는 상태이다. 특히 최근 인체에 착용 가능한 웨어러블 장치 개발이 증가함에 따라 유연전기소자에 대한 관심도 증가하는 추세이며 이러한 분야에 나노 입자는 중요한 연구 소재로 여겨진다⁽¹⁾. 나노 입자 합성은 다양한 발생방법으로 가능한데 특히 레이저 광에너지를 이용한 나노입자 생성방법에 대한 연구도 활발히 진행중이다^(2,3). 본 연구는 적외선 펄스 레이저를 통해 수중에서 생성된 Ag 나노입자의 형상과 품질에 대해 연구를 수행하였으며, 이를 통해 합성된 나노입자의 미세 형상과 나노 입자를 폴리머에 합성하였을 때의 전기 소자의 특성 변화의 결과를 제시한다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용된 적외선 레이저 실험장치 셋업은 Fig. 1과 같다. 펄스 레이저의 공정변수와 나노입자 생성에 사용된 Ag 타겟의 특성은 Table 1에서 주어져 있다. 나노입자 생성을 위한 조사 면은 10 mm × 10 mm의 정사각형 면이다. 이렇게 액체 속에서 합성된 나노입자는 건조를 통해 고형 입자형태로 얻어질 수 있다.

Table 1 laser parameter and sample properties

Power density (MW/cm ²)	102
Repetition rate (kHz)	500
Pulse width (ns)	4
Wavelength (nm)	1,070
Scan speed (mm/s)	500
Progress time (min)	15
Target thickness (mm)	0.1

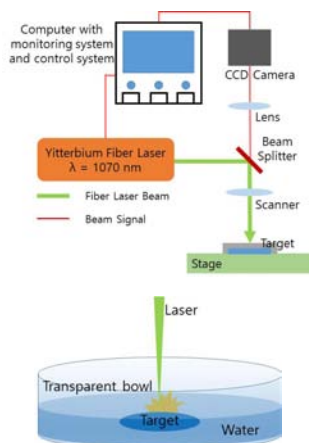
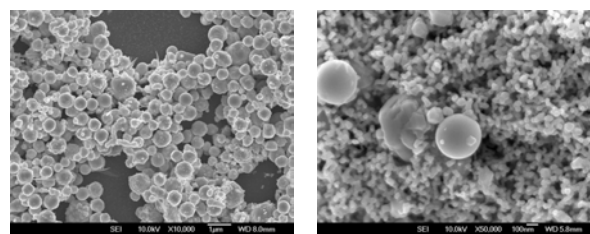


Fig. 1 Schematics of the laser setup and the target in water

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 18 mm × 18 mm 크기의 커버글라스 표면에서 건조를 통해 얻어진 나노입자의 주사전자현미경(SEM) 형상이다. 나노입자의 크기는 직경 50-700 nm 로 다양하게 나타나며 레이저에 의한 용융과 합성이 지속적으로 이루어지면서 평균 직경이 400 nm 로 측정되었다. 이렇게 합성된 나노 입자를 폴리머에 합성시킬 수 있었으며 이를 통해 폴리머의 전기적 특성을 변화시킬 수 있었다.



a) x10,000
b) x10,000
Fig. 2 SEM image of silver nano-particles

후기

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2055132).

참고 문헌

- (1) M Amjadi, A Pichitpajongkit, S Lee, S Ryu, I Park, 2014, *Highly stretchable and sensitive strain sensor based on silver nanowire - elastomer nanocomposite*, ACS Nano, 8(5) 5154-5163.
- (2) C. Rehbock, J. Jakobi, L. Gamrad, S. Meer, D. Tiedemann, U. Taylor, W.d Kues, D. Rath, S. Barcikowski, 2014, *Current state of laser synthesis of metal and alloy nanoparticles as ligand-free reference materials for nano-toxicological assays*, Beilstein Journal of Nanotechnology, 5 1523-1541.
- (3) D Zhang, S Barcikowski, 2015, *Rapid nanoparticle-polymer composites prototyping by laser ablation in liquids*, Encyclopedia of polymeric nanomaterials, 2131-2141.

실리콘 나노 파티클의 펄초 레이저 반응성 연구

백승현, 권승갑, 강봉철*

A study on femtosecond laser-induced reactivity of silicon nanoparticles

S. H. Back, S. G. Kwon, B. Kang*

금오공과대학교 기계시스템공학과

Key Words : Silicon nanoparticle, Femtosecond laser, Laser direct fabrication

1. 서론

실리콘은 반도체 특성을 나타내는 전자소자 핵심 소재로서 다양한 형태로 산업 전반에서 필수적으로 사용되고 있다. 또한 비교적 저렴하고, 화학적으로 안정할 뿐만 아니라, 도핑을 통하여 다양한 특성을 이끌어 낼 수 있다. 하지만 이러한 실리콘의 특성을 활용하기 위해서는 실리콘 잉곳을 만들거나, 폴리실리콘 로드를 제조 후 증착시키는 등의 복잡한 공정이 요구되며, 이는 많은 비용과 시간이 요구되기 때문에 공정 효율성이 저하되어 대체 공정이 절실히 요구된다. 따라서 본 연구에서는 용액화 된 실리콘 나노 파티클 (Si NP)을 코팅하고, 이에 초단파 레이저를 조사하여 실리콘 나노입자와 레이저의 반응성 및 소결 특성을 연구함으로써 향후 기존 실리콘 기반 소자 공정을 대체하여 비용과 시간측면에서 효율적이고 친환경적인 실리콘 공정의 단일 용액 공정화를 목표로 한다 [1].

2. 실험

유리 기판에 Laser pyrolysis 공법으로 합성한 Si NP를 methanol과 IPA 용액에 분산하고 스핀코팅을 이용하여 코팅한다. 펄스폭 320 fs, 1040 nm 파장, 최대출력 200 mW의 파이버 기반 펄초 레이저와 20배율의 objective lens를 이용하여 약 3~4 μm 초점으로 기판에 레이저를 조사하였다. 동시에 3축 정밀 스테이지를 이용하여 Fig.1에 보이는 바와 같이 기판상에 Si NP 용액의 국부적인 소결 반응을 유도하였다. Si NP의 반응성 및 소결 특성을 관찰하기 위하여 레이저의 출력 (30~150 mW)과 스테이지 이송속도(3~50 mm/s)를 변경하며 다양한 공정조건에서 실험하였다. 세척과정을 통하여 반응이 일어나지 않은 부분은 제거 하고 전자현미경을 이용하여 미세구조를 관찰하였다.

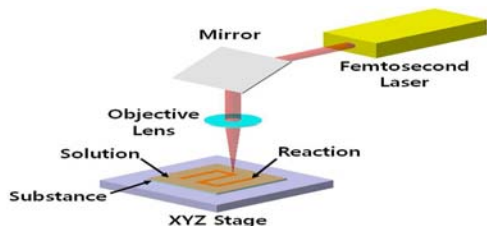


Fig. 1 Schematic diagram of experiment setup

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2-(a) 결과에서 표면에 Si NP이 일정 방향에 따라 소결반응과 함께 수평방향으로의 선형 박리 반응이 동시에 일어났음을 관찰하였다. 이는 레이저의 선형 편광특성으로 인한 편광반향으로 박리현상이 정렬된 것으로 판단하였다. Fig. 2-(b)는 레이저의 높은 출력으로 인하여 국부적으로 강력한 용융 및 소결반응이 발생하여 상대적으로 높은 밀도의 평판한 영역이 형성된 것으로 판단된다. 향후 성분 및 결정 구조 분석을 통하여 산화 및 미세 조직의 성장 기구를 확인할 필요가 있다.

출력이 약한 경우는 Fig. 2-(c)와 같이 적절한 소결반응이 원활하지 못하여 입자상 조직이 그대로 관찰되지만, Fig. 2-(d)와 같이 레이저 출력과 이송속도를 증가 시킨 경우에는 국부적으로 강한 용융 반응이 생성되고 이로써 박리 경계부위에 구형상의 용융조직이 관찰 되었다.

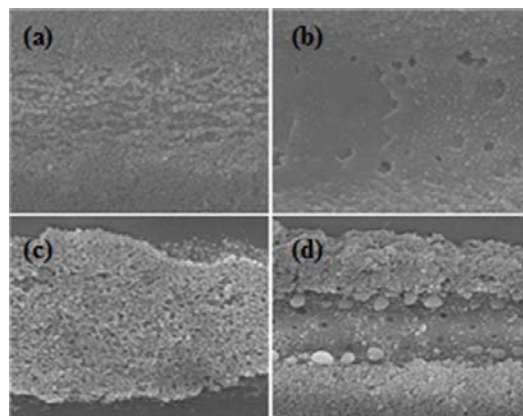


Fig. 2 SEM image (a) 40 mW, 3.5 mm/s, 1000 RPM 25 s, (b) 156 mW, 3.5 mm/s, 1000 RPM 25s, (c) 40 mW, 50 mm/s, 1000 RPM 30 s, (d) 150 mW, 50 mm/s, 1000 RPM 30 s

Si NP에 펄초 레이저를 다양한 조건에서 조사하였고, 이때 몇 가지 특징적인 반응이 관찰되었다. 선형 박리, 소결, 용융과 같은 본 연구에서 목표하는 고정기술의 세부 핵심 반응이 실질적으로 일어날 수 있음을 본 실험을 통하여 확인하였고, 향후 레이저의 편광에 따른 패턴링 특성 규명 및 출력과 이송 속도의 최적화를 통하여 최적의 다결정 실리콘 패턴을 형성 할 예정이다.

후기

이 논문 2014년 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2014R1A1A1004048)

참고 문헌

- (1) B. Kang, S. Han, J. Kim, S.H. Ko, M. Yang, 2011, One-Step Fabrication of Copper Electrode by Laser-Induced Direct Local Reduction and Agglomeration of Copper Oxide Nanoparticle, The Journal of Physical Chemistry C, 115(48), pp 23664-23670
- (2) S.B. Kim, C.H. Hwang, S.Y. Park, S.J. Ko, H.M. Park, W.C. Choi, J.B. Kim, D.S. Kim, S.J. Park, J.Y. Kim, H.K. Song, 2014, High-yield synthesis of single-crystal silicon nanoparticles as anode materials of lithium ion batteries via photosensitizer-assisted laser pyrolysis, Journal of Materials Chemistry A, 2, pp18070-18075

Stellite 21 분말의 레이저 클래딩 공정 분석

봉성재, 김동섭, 오광환, 홍희송, 이유리, 오재용*

Analysis on the laser cladding process using Stellite 26 powder

S. J. Bong, D. S. Kim, Kwang H. Oh, H. S. Hong, Y. R. Lee, J. Y. Oh*

전남TP 레이저시스템산업지원센터

Key Words : Laser cladding, Stellite 26, Additive manufacturing

1. 서 론

레이저 클래딩은 레이저를 열원으로 하여 금속 소재를 순간적으로 용융시켜 증착 또는 접합시키는 공정기술로서 모재에 내식성, 내열성, 내마모성 등의 성질을 부여할 수 있다.¹ 레이저 클래딩 기술은 용사, 아크용접 등의 방법보다 전체적인 입열량이 적고 국부적으로 가열처리가 되기 때문에 가공물의 변형을 최소화할 수 있다. 또한 양호한 표면을 얻을 수 있으며 자동화가 용이하다. 본 실험에서는 Stellite 21 분말을 이용하여 레이저 클래딩 공정을 수행하였으며, 공정 조건에 따른 Stellite 21 분말의 증착 특성을 실험적으로 분석하였다.

2. 실험

Fig. 1은 본 실험에 사용된 레이저 클래딩 시스템이며, Fig. 2는 클래딩용 노즐 구조 및 클래딩 공정의 개략도이다. 로봇 시스템에 클래딩용 노즐이 장착되며 노즐에는 레이저, 분말 공급 장치, 보호 가스가 연결된다. 레이저는 1,070 nm 파장을 가지는 최대 출력 6kW의 파이버 레이저를 사용하였으며 재료는 약 150 μ m의 직경을 가지는 Stellite 21 분말이다. 분말은 분말 공급 장치에 의해 일정한 유량으로 레이저 노즐부에 공급된다.

레이저 클래딩 공정은 분말 재료, 레이저 출력, 주사속도, 분말 공급 속도 등의 다양한 공정 조건을 고려하여야 하며 이에 따라 클래딩층의 형상 및 품질이 결정된다. 본 실험에서는 Stellite 21 분말의 레이저 클래딩을 위한 기초실험으로서 레이저 출력과 주사속도에 따른 Stellite 21 클래딩층의 표면 형상을 SEM으로 관찰하였다.



Fig. 1 Laser cladding system using multi-axis robot

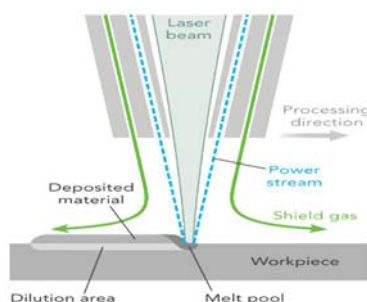
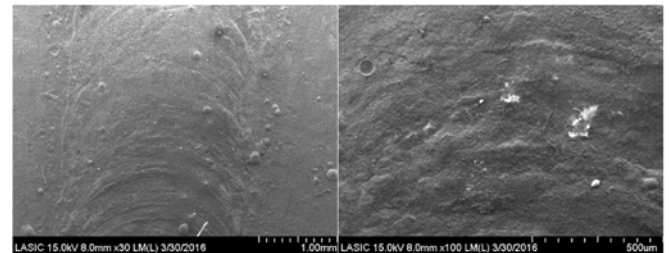
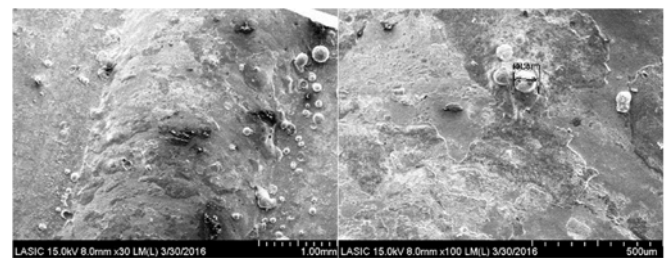


Fig. 2 Schematics of the laser cladding nozzle and processing

3. 실험 결과 및 고찰



(a) Laser power 550W and scan speed 1mm/sec



(b) Laser power 550W and scan speed 3mm/sec

Fig. 3 Morphologies on laser cladding areas

Figure 3은 레이저 출력 550W일 때, 주사속도에 따른 클래딩층의 표면형상이다. 클래딩층의 선폭은 약 2 mm로 이는 레이저 초점크기이며, 레이저 주사방향에 따라 물결 무늬가 관찰되었다. 주사속도가 1mm/sec의 경우 표면의 클래딩층은 비교적 균일하게 형성되었으나 3mm/sec인 경우 용융이 완전히 되지 못한 분말 입자들이 표면에 남아 있으며 표면도 매우 거칠게 형성되었다. 이는 레이저의 주사속도가 빠를수록 면적당 에너지 입열량이 낮아서 용융풀이(melt pool)가 잘 형성되지 못하고 공급되는 Stellite 21 분말 또한 충분히 용융되지 못하기 때문으로 판단된다. 향후 분말 공급량, 레이저 출력 및 주사속도에 따른 최적의 공정 조건 도출과, 클래딩층 두께, 미세조직 및 기계적 특성 등에 대한 분석도 필요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업 육성(R&D) 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- (1) 이제훈, 서무홍, 한유희, 2000, 레이저 클래딩, 대한용접접합학회지, 18, 27~35.
- (2) Ganesh, P., Moitra, A., Tiwari, P., Kukreja, L., 2010, Fracture behavior of laser-clad joint of Stellite 21 on AISI 316L stainless steel, Materials Science and Engineering A, 527, 3748~3756.

Acrylic separator를 이용한 offshore topside separator 최적 설계 연구

이진우¹, 구윤장¹, 박경태¹, 박치균², 이병돈², 임동하^{1*}

Study on design optimization of offshore topside separator using acrylic separator

J. W. Lee, Y. J. Gu, K. T. Park, C. K. Park, B. D. Lee, D. H. Lim*

한국생산기술연구원¹, (주)진진엔텍²

Key Words : Offshore Oil-field, Multi-phase Separator, Internal, Separation Efficiency, Design Factor

1. 서 론

해상 유전에서 원유를 얻는 과정에서 함께 채굴되는 가스, 물 등 다양한 성분들은 separator를 통해 분리되고 있다. separator로 유입되는 유체는 기체/액체/고체가 혼합된 상태로 각 성분을 분리하기 위해 설치된 내장품(internal)에 의해 분리되어 진다. 본 연구에서는 해상환경에 적합한 separator의 최적 설계 인자를 도출하기 위하여 다양한 내장품이 적용 가능하며, 각 성분의 분리과정을 가시화 할 수 있는 투명한 재질의 아크릴을 사용하여 설계 및 제작하였다. 장치를 통해 다양한 실험조건에서 분리효율을 측정해 보았으며, 얻어진 결과를 바탕으로 separator 제작을 위한 최적 설계 인자를 도출하고자 하였고, separator의 국산화 설계기술을 확보하고자 하였다.

2. Acrylic Separator를 이용한 다상 분리 실험

본 실험에 사용된 가시화 세퍼레이터는 내경 780mm × 길이 2660mm의 아크릴로 제작 되었으며 총 세 구역으로 분리가 가능하도록 설계하였다. 1구역은 Inlet device가 설치되며, 2구역은 액-액 분리가 이루어지는 Coalescer를 장착한 부분, 3구역은 Weir plate와 기-액분리가 진행되는 Demister가 장착된 부분으로 나누어진 다. 액상의 물과 오일은 펌프와 1/2" SUS316 배관을 통해 혼합기로 공급되고, 기체는 유전가스를 대신하여 Compressed Air로 대체하여 혼합기로 공급하였다. 세퍼레이터 Inlet에는 공급된 유체가 2 구역으로 바로 넘어가지 않도록 직사각형의 판을 보강하여 1구역 쪽으로만 공급되도록 하였다. Perforated Plate를 통과한 액체는 총 780mm, 5단으로 구성된 Vane-type의 Coalescer를 통과하도록 구성하였으며, 3구역 전단에 물이 분리되어 배출되는 포트를 설치하였다. 또한 물과 분리된 오일은 Weir Plate를 넘어 3구역으로 공급되고 수위계측에 의해 배출되도록 구성되었다. 또한 3구역에는 Mesh - type의 Demister가 설치되어 오일과 물이 기체와 함께 배출되는 것을 막아주는 역할을 하고 있다.

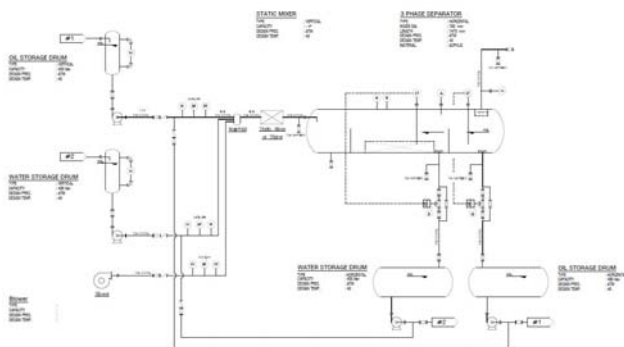


Fig. 1. P&ID for Acrylic Separator System

유체의 공급량은 최소 400kg/hr에서 최대 1,000kg/hr 까지 조절할 수 있으며, 기체와 액체, 물과 오일의 공급비율을 다양하게 조절하면서 각 성분의 분리효율을 분석하고자 하였다.



Fig. 2. Acrylic Separator

3. 실험 결과 및 고찰

물과 오일의 분리 효율은 3구역에서 배출되는 오일 내 물 함량을 분석하였고 기체와 액체의 경우에는 3구역의 demister 전 · 후단에 mist counter를 장착하여 배출되는 기체상에 분포되는 액적의 크기와 양을 분석하였다.

그 결과 Vane-type Coalescer를 통과한 오일과 물은 각각의 유량 조건에서 95% 이상 분리효율을 얻을 수 있었고, Demister를 통과한 기체에는 $4\mu\text{m} \leq X \leq 5\mu\text{m}$ 의 미립자가 97% 이상 제거되는 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 물과 오일의 공급비율이 6:4, 액체와 기체의 비율이 8:2인 경우로 고정하여 수행한 실험 결과를 얻었으며, 향후 물과 오일 및 액체와 기체의 혼합 비율을 변경하여 실험을 수행함으로써 다양한 유체 공급 조건에 따른 분리 효율의 변화를 관찰해 보고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) Hisham, T. E., Imad, A., 2000, *Performance of wire mesh mist eliminator*, Chem. Eng. Proc., 39(2), 129-139.
- (2) Todd, B. Jekel, Douglas T. Reindi, 2001, *Gravity separator fundamentals and design*, IIR 2001 Ammonia Refrigeration Convention & Exhibition, Long Beach, CA
- (3) Maurice Stewart, Ken Arnold, *Gas-Liquid and Liquid-Liquid separators*, 2008, Gulf Publishing, UK
- (4) Tamagna Uki, Subhash T. Sarda, Thomas Mathew, 2012, *Design of gas-liquid separator for complete degasing*, Int. J. Chem. Eng. Appl. 3(6), 477-480

해저파이프라인 설치용 통합 자동용접시스템 개발

김민주¹, 정진한², 변재욱², 장운석², 김동관², 문형순^{1*}

Development of automatic welding system for offshore pipeline installation

M. J. Kim, J. H. Jung, J. W. Byun, Y. S. Jang, D. K. Kim, H. S. Moon*

한국생산기술연구원¹, ㈜에이텍²

Corresponding author : hsmoon@kitech.re.kr

Key Words : Offshore pipeline installation, Automatic welding, Seam tracking, Weld pool monitoring

1. 서론

영국 Infield의 2013년 보고에 의하면 세계 해양파이프라인 설치 시장은 2009년 11,360백만 달러에서 5.2%의 연평균 성장률을 보이고 있으며 2018년에는 30,290백만 달러에 이르는 시장을 형성할 것으로 보인다. 해양 파이프라인 설치공사의 경우 공정을 초 단위로 관리하기 때문에 고 신뢰성 및 내구성이 확보된 자동화 시스템 개발기술이 매우 중요하다. 본 연구에서는 생산성 확보를 위한 협개선 자동추적 기술과 고품위 용접결과 확보를 위한 실시간 용융풀 모니터링 기술이 통합된 자동용접시스템을 개발하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 성능실험

본 통합형 자동용접시스템은 궤도주행(orbital) 자동용접 캐리지 및 가이드레일, 자가고장진단 기반 제어기, 와이어 피더박스, 토치 냉각기, DB 다운로드 및 모니터링 시스템, 원격조작용 리모트 펜던트 등으로 구성되며, 협개선 자동용접을 위한 용접선 좌우추적용 레이저 비전센서와 고품질의 용접결과물 확보를 위한 용융풀 모니터링 시스템을 추가하였다. 본 논문에서는 위 두 시스템의 각기 성능을 검증하기 위하여 기초실험을 수행하였다.



Fig. 1 Schematic diagram of integrated auto-welding system

3. 실험 결과 및 고찰

용접선 좌우추적용 레이저 비전센서는 구조화(structured)된 선형 레이저를 용접선에 직교하게 조사하고 이를 카메라로 받아들여 현 위치에서의 용접선의 형태 이미지를 획득한다. 이 이미지(영상)의 2원화(binartization)처리 및 용접선 그루브 형상인식 알고리즘을 이용하여 용접 중심선의 좌우 끝단 위치를 알아내고, 이를 통해 용접 중심선과 실제 용접토치의 상대적 위치를 파악한다. 변위가 존재하는 경우, 해

당하는 위치보정량을 실제 용접위빙폭에 반영하여 중심선을 추적하도록 한다. 본 연구에서는 V 및 U 그루브를 가지는 용접시편을 제작하여 개발된 레이저 비전센서의 성능 실험에 사용하였으며, 노이즈 인식 알고리즘을 통해 외부 노이즈 인입상황에서의 중심선 인식 여부를 확인하였다. 실험결과, 본 개발 센서의 좌우 추적오차는 $\pm 0.1\text{mm}$ 로 확인되었으며, Fig. 2에서와 같이 노이즈 인입 여부와 관계없이 용접중심선의 위치를 파악하는 것으로 확인되었다.

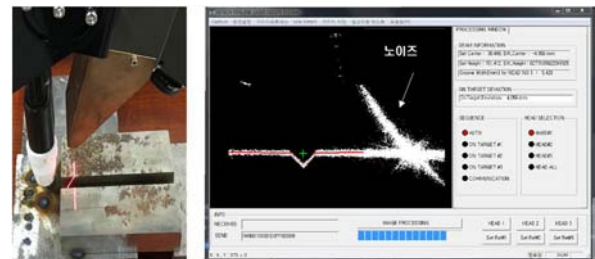


Fig. 2 Performance test image of laser vision sensor (L) and seam tracking test with invasion of noise(R)

본 연구에서 개발한 용융풀 모니터링 시스템은 용접 아크광의 분리식별 및 용융풀의 형상을 모니터링하기 위하여 카메라로 들어오는 아크광량 감소용 ND필터, 용접아크 외의 파장대의 이미지 차단을 위한 Band pass 필터 등을 추가하였다. 본 연구에서는 TIG용접 아크광을 기준으로 BP 필터 선정(690nm)을 하였으며, 현장 적용성 향상을 위해 Gige용 카메라를 적용하였다. ND필터, 조리개 개폐정도, 보조광 조사여부 등의 다양한 환경변수를 조절하여 최적 조건을 확보하였고, 이를 통해 Fig. 3에서와 같이 아크광 및 용융풀, 그리고 보호가스(Ar)가 적절히 분리식별됨을 확인할 수 있었다.

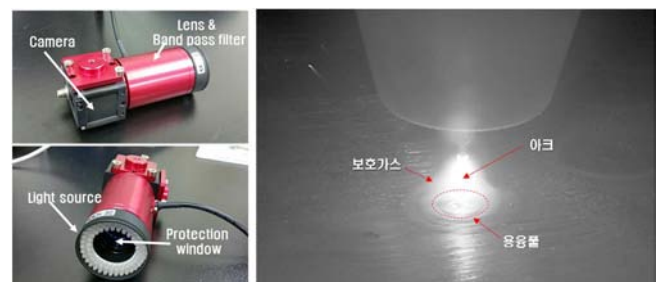


Fig. 3 System diagram of weld pool monitoring system (L) and test image (R)

참고 문헌

- (1) Dnyaneshwar S. Patil, 2012, Semiconductor Laser Diode Technology and Applications, INTECH, 241~262.
- (2) S.-B. Chen, J. Wu, Intelligentized Methodology for Arc Welding Dynamical Process, Lecture Notes in Electrical Engineering 29, Ch.2.

효율성 향상과 소비전력 절감을 위한 EMS 개발

허영준², 황재민¹, 최성대^{2*}, 홍일곤³

EMS development for the improvement of the reduction in power consumption efficiency

Y. J. Heo, J. M. Hwang, S. D. Choi*, Y. W. Choi

금오공과대학교 지능기계공학과¹, 금오공과대학교 기계시스템공학과², (주)스마트앤디지탈³

Key Words : EMS, EMG

1. 서론

연일 이어지는 신문, 인터넷 기사에서 ‘전기 의존도가 높은 고전력 실험장비, 냉·난방 시스템으로 전력 수급에 빨간불이 켜졌다. 한전을 비롯한 당국에서는 매일매일의 기온 변화에 촉각을 곤두세우고 있다.’고 말하고 있다. 발전소 건설지원, 에너지 가격 상승, 기온상승 등 다급한 대책마련이 이루어지기에는 많은 시간이 요구된다. 본 연구의 최종 목표는 에너지 경영 시스템(EMS)을 이용하여 실험실 연구 장비 및 여러 기기들의 실제 사용전력을 조사하고 기기별 DB정보를 이용하여 시간당 사용량을 측정함으로써 효율적인 에너지 관리 및 절약을 목표로 한다. 또한 이 연구의 결과물인 EMG를 구축 운영하여 최소한 낭비되는 전력을 불편하지 않게 저어함으로서 에너지 관리를 통한 국가 차원의 에너지 소비를 절제하고 연구 장비의 사용률 및 에너지 요금을 줄일 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

2. 기술 개발의 개요 및 필요성

에너지 경영 시스템(Energy Management System)은 최고책임자를 포함한 기업 및 개인 전체가 에너지 절약 및 효율개선과 관련된 방침, 목표 및 계획을 설정하고, 이를 이행하기 위한 일련의 활동을 계획하고 추진하는 전사적인 에너지 성과 개선활동이다. 에너지 경영시스템 구축을 위해서는 P(Plan)-D(Do)-C(Check)-A(Act)으로 이루어진 순서로 진행되며 P는 목표 및 실행계획의 수립, D는 실행 및 운영, C는 모니터링 및 점검, A는 경영검토의 피드백 단계를 의미한다. 따라서 EMS를 위한 구성요소로 가동상태(모니터링), 자동 제어시스템(컴퓨팅) 및 시스템 연동(커넥티드, 콜라보레이션) 행위를 요구하며, 합리적인 에너지 이용을 위한 최적의 운전 정보를 제공하여 최적 에너지 경영을 수립할 수 있는 시스템이 요구된다.

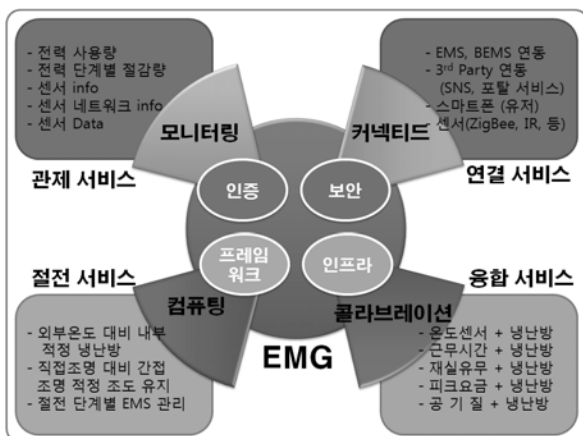


Fig. 1. The goal of the system

3. 기술 개발 계획

본 기술 개발의 결과물을 활용한 시스템을 제품화하고 테스트베드를 구축하여 반영하고, EMS기반의 최소 시스템 구축으로 연구장비 기반의 집중 시설인, 대학교 중앙기기실, 중소기업지원기관, 지방 자치 단체의 전원관리 및 사무실 환경에서 절전을 제공하여 개별 모니터링을 비롯하여 다양한 에너지 관리 시스템으로 구축을 제안한다. Fig.2에 EMS 기반의 제품을 나타내었다.



Fig. 2. EMS-based products

후기

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0297346)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) K. A. Yehia, 2007, A design of modified solenoid valve without diaphragm, J. Applied Sci. Research, 3 (8) pp. 741~746
- (2) Jeong, H. J, Seo, Y. S, Youn, C.S, Choi, M. J, "Fundamentals of Finite Element Analysis" Finite Element Method, 17, pp.1-17, 2006.

초정밀 Hybrid 가공기용 능동 자기예압 공기베어링 이송계의 운동오차 능동보정

노승국^{1*}, 윤종원², 박종권¹

Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

S.K. Ro*, J.W. Yun, J.K. Park

한국기계연구원 초정밀시스템 연구실¹, 한양대학교 기계공학과²

Key Words : Hybrid machine, active compensation

1. 서론

본 논문에서는, 초정밀 Hybrid 가공기 및 여러 측정 장비에서 사용되는 초정밀 능동 자기 예압 공기베어링 이송계의 운동오차를 수평축에 관하여 5자유도의 운동오차에 대한 동시 측정 및 보정에 대한 피드포워드 방식을 활용한 결과를 나타내고 있다. 수평축 선형 스테이지에 있어서 이송방향을 제외한 각 축을 기준으로 하는 수직 및 수평 진직도, 롤, 피치 및 요의 각 운동오차 등 5개의 운동오차가 발생하게 되는데, 이는 이송계 가이드의 형상오차에 기인하는 경향이 있다. 따라서 이러한 운동오차의 최소화를 위해서 이송계 가이드의 정밀한 가공이 필요로 한다. 그러나 이러한 이송계 가이드의 정밀 가공에 의한 운동정밀도 향상은 많은 시간과 비용이 발생하게 되며, 특히 장비의 대형화 또는 장거리 이송의 경우, 정밀도 향상 부분에 있어서 많은 제약이 발생한다.

이러한 이유로, 본 연구의 저자들은 공기베어링의 이송시 운동오차를 능동적으로 보상하기 위하여 전자기 액츄에이터를 포함하는 자기예압 공기베어링 스테이지를 설계하고 제작하였다. 본 시스템은 영구자석과 전자석으로 조합된 자기 액츄에이터 4개를 가지고 있어 공기베어링에 필요한 예압력을 발생시키면서 5자유도의 운동오차를 보정할 수 있는 제어력을 발생시킬 수 있도록 설계되었다. 본 논문에서는 제작된 Hybrid 가공기의 수평 방향의 5자유도 운동오차를 프로브 측정 방식과 광학방식을 이용하여 측정하고 피드포워드 능동보상을 통하여 반복 운동오차에 대한 5자유도 동시 능동 보상에 대한 결과를 나타내었다.

2. 능동보정형 스테이지의 5자유도 운동오차 측정

다음의 Fig.1은 제작된 Hybrid 가공기의 운동오차 측정을 위한 스테이지 셋업을 나타내고 있으며 Fig.2는 직선 운동오차의 분석 방법으로 사용한 혼합 축차 이점법을 나타내고 있다. 운동오차의 동시 측정을 위하여 레이저 간섭계를 이용한 광학식 측정법과 정밀 Straight Edge 및 다중의 용량형 프로브를 이용하는 다중 프로브 측정 방법을 결합하여 적용하였다. 이송계의 이송방향 위치와, 피치 및 요의 운동오차를 3개의 빔을 이용해 측정하는 레이저 간섭계 (SIOS)로 측정하며, 수평 진직도 및 롤 운동의 측정은 두 직각면이 코팅되어 있는, Straight Edge를 참조면으로 하고, 혼합 축차 이점법을 적용하는 용량형 센서 측정 장치로 구성되어 있다.



Fig. 1. Measurement set up for motion errors of hybrid machine

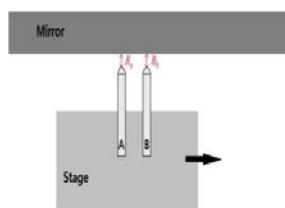


Fig. 2. Mixed 2-point method

3. 실험 결과 및 고찰

다음의 Fig.3는 수평방향의 측정된 5자유도 운동오차를 나타내고 있다. 측정은 각각 5회 이루어졌으며, 2개의 진직도 오차와 3개의 각 운동오차를 측정 하였고, 측정된 운동오차의 경우 5회 이상의 반복 실험을 통해 반복적인 성분이 나타나는 것을 확인하였다. 따라서 테이블의 위치에 따른 운동오차를 형상화 하여 능동 보상하는 방법이 가능함을 확인 하였다. 이후 이러한 능동 보상을 위하여 3차 함수를 이용하여 운동오차를 모델링 하였으며, 테이블의 이송 제어 시스템에 운동오차 보상시스템을 포함한 제어 시스템을 구성하였다. 제어시스템은 UMAC 시스템을 이용하였으며, 이송제어 부분은 서보 모터 제어로 1축 이송계를 사용하며, 테이블 위치에 따른 액츄에이터를 능동 보정하는 PLC 시스템을 적용하였다. Fig. 3의 결과를 통해서 -150~150mm의 테이블 이송위치에 따라 3차 함수로 모델링 하였으며, 피드포워드 보상 입력을 직접 인가하는 방법으로 적용하였다. 보상 결과, 직선 운동오차의 경우 $0.3\mu m$, 각운동오차의 경우 $0.3arcsec$ 수준으로 보정되고 있음을 확인할 수 있다.

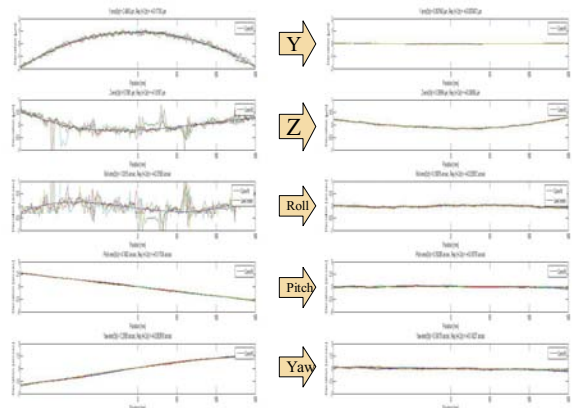


Fig. 3 Results of active compensation of motion errors

4. 결론

본 논문에서는 5자유도 운동오차의 능동보정이 가능한 공기베어링 스테이지에 대하여, 다자유도 운동오차를 측정하기 위해, 다중 레이저 빔을 이용한 간섭계와 용량형 프로브 센서의 측정과 복합 이점법을 결합한 방법을 적용하여, 운동오차를 측정하였으며, 3차 함수로 모델링된 오차에 대한 보상 결과를 나타내어 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

참고문헌

- (1) S.K. Ro, B.S. Kim, S.C. Lee, C.K. Song, "Modeling and Simulation of Servo Drive Systems for Machine Tools", Precision Engineering, Vol. 2012, No. 5, pp.75-76, 2012

패시브 보링바에 대한 유한 요소 모델 및 충격 시험

곽양양¹, 박종권¹, 홍준희^{2*}, 송두상³

FE Model & Impact Test for Passive Boring

Y.Y. Guo, J.K. Park, J.H. Hong, D.S. Song

한국기계연구원, 충남대학교 기계공학과, 대명테크

Key Words : Passive Boring, Modeling, FE Model, Impact Test

1. 서론

패시브 보링바를 설계하는 경우 보링바의 직경, 오버행 길이, 동흡진기 구성요소등 설계 변수에 따라 패시브 보링바의 동적 특성도 따라서 변화시킨다. 기존에 있는 연구에서 패시브 보링바의 동적 해석하기 위해 수학적 유한 요소 모델링을 만들었다⁽¹⁾. 이 수학적 모델은 유한 요소의 원리로서 티모센코 빔 이론에 의해 모델링을 만들었다. 패시브 보링바의 여러 설계 변수로 구성된 유한 요소 모델을 통해 패시브 보링바의 고유진동수를 해석하였다. 이 해석 결과는 CAE 프로그램의 해석 결과를 비교하여 해석 결과는 신뢰성을 확인하였다. 본 연구에서 기존의 유한 요소 모델의 해석 결과를 검증하기 위해 설계한 패시브 보링바를 제작하고 충격 시험을 하였다.

2. 패시브 보링바의 유한 요소 모델

보링바 및 동흡진기의 형상에 따라 다음 Fig. 1과 같이 패시브 보링바는 8개 요소로 나뉘질 수 있다.

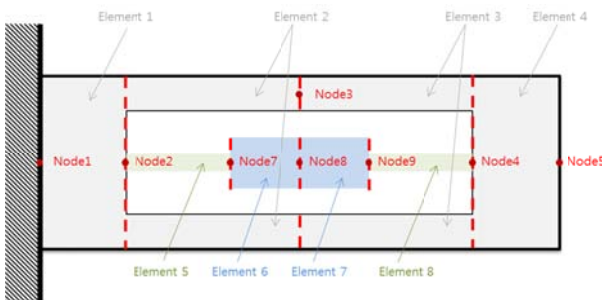


Fig. 1 Element of Passive Boring Bar

티모센코 빔 이론에 따라 각각 요소에 대한 운동 방정식을 얻을 수 있다. 각각 요소의 연결 조건에 따라 모든 요소의 운동방정식을 조립하면 다음 식1과 같이 패시브 보링바의 운동방정식을 얻을 수 있다.

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{v}} + \mathbf{K}\mathbf{v} = \mathbf{0} \quad (1)$$

여기서 질량 행렬 $\mathbf{M}$ 및 강성 행렬 $\mathbf{K}$ 는 16×16 인 행렬이다. 패시브 보링바의 운동방정식에 대해 고유치 해석을 통해 패시브 보링바의 고유진동수 및 모드형상을 해석할 수 있다.

3. 패시브 보링바에 대한 충격 시험

패시브 보링바는 다음 Fig. 2와 같이 지름25mm이고 오버행 길이 10D인 사이즈를 선정하여 제작하였다.



Fig. 2 Photo of Passive Boring Bar

충격 시험은 다음 Fig. 3과 같이 설치하여 실험을 하였다.

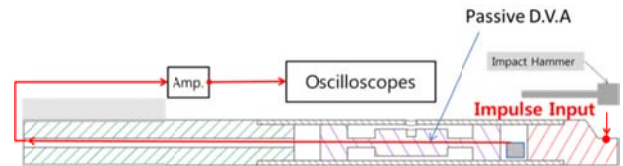
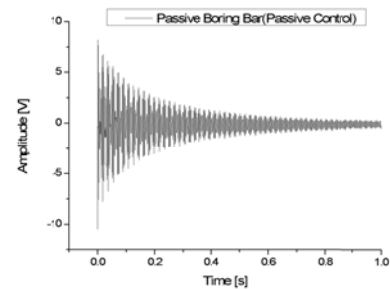
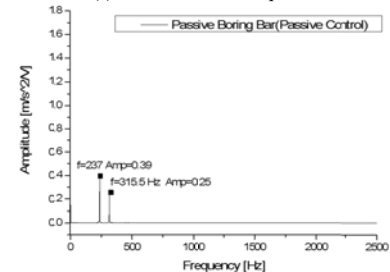


Fig. 3 Block Diagram of experimental Setup

충격 시험을 통해 얻은 실험 결과는 다음 Fig. 4과 같이 1차 고유진동수는 237Hz이고 2차 고유진동수는 315.5Hz를 나타낸다.



(a) Time Domain Response



(b) Frequency Domain Response

Fig. 4 Measurement Result in the Impact Test

4. 결과 비교

수학적 모델에 제작한 패시브 보링바와 일치한 치수를 대입하여 계산한 결과와 비교하였다. 충격 시험과 모델의 해석 결과는 다음 표1에 나타난다. 1차 고유진동수는 270Hz이며 충격 시험과 대비하여 13.95% 정도의 오차가 있다. 2차 고유진동수는 341Hz이며 8.36% 정도의 오차가 있다.

Table 1 Comparison between Natural Frequency Results

Natural Frequency	Impulse Test [Hz]	FEM Model [Hz]	Error [%]
1st	237	270	13.95
2nd	315	341	8.36

참고 문헌

- (1) Y.Y. Guo, J.K. Park, J.H. Hong, D.S. Song, "Modeling of Dynamic Characteristics on Passive Boring Structure by Timoshenko Beam Theory" KSMTE The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, p. 263-263, 2015,10.

배전반의 지진응답 배율 최소화를 위한 내진 마운트계의 동적 최적설계

최영휴^{1*}, 강민규², 홍민기², 안한열³Dynamic design optimization of a mounting system of an electric distribution panel
for minimum seismic response gain

Y. H. Choi*, M. G. Kang, M. G. Hong, H. Y. Ahn

창원대학교 기계공학부¹, 창원대학교 대학원², (주)나산전기사업³

Key Words : Seismic response, Response spectrum analysis, Optimization

1. 서론

배전반은 전력의 공급이 필요한 모든 부분에 필요한 장치로서 지진과 같은 외력에 의해 파손되면 관련된 시설물의 전력공급 및 시설 사용에 제한을 받게 된다. 따라서 지진에 대하여 보호하기 위해서 배전반에 내진 마운트를 설치하여 지진에 대한 응답을 최소화 하여야 한다. 본 연구에서는 내진 마운트가 설치된 배전반의 지진 응답을 FEM 해석하고, 유전 알고리즘을 이용한 내진 마운트계의 동적 최적설계 방법으로 지진응답 배율을 최소화하는 최적설계를 하고자 한다.

2. 유한요소 지진 응답 스펙트럼 해석

2.1 유한요소모델

ANSYS를 이용하여 배전반 내진 마운트 계의 모드 해석 및 응답 스펙트럼 해석을 수행하기 위하여 Shell63 요소와 Combination14 요소를 사용하여 Fig. 1과 같이 배전반 구조물을 FEM 모델링 하였다.

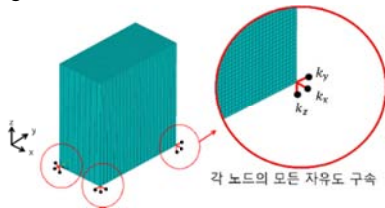


Fig. 1 FEM modeling

2.2 모드 해석

Fig. 2는 X, Y, Z 각 방향 별 기여도가 높은 모드를 나타내었다.

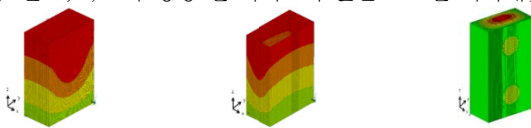
(a) 1st mode(7.5 Hz) (b) 2nd mode(15.05 Hz) (c) 7th mode(33.75 Hz)

Fig. 2 Modal analysis results

2.3 지진 응답 스펙트럼 해석

지진 응답 스펙트럼을 위하여 적용한 지표면 요구 응답 스펙트럼(Require Response Spectrum, RRS)은 Fig. 3과 같다.

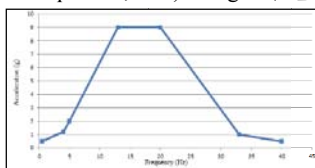


Fig. 3 Floor RRS for response spectrum analysis

Table 1 Response spectrum analysis results

Von Mises stress (MPa)	Acceleration Gain(G)
15.63	1.51

배전반-내진 마운트 계에 발생하는 최대 응력은 15.63 MPa로 허용 응력인 225 MPa의 6.9%로 구조 역학적으로 안전하다. 1차 고유진동수 10 Hz 이상, 가속도 응답 배율(Acceleration Gain, G) 1.5 이하의 설계 목표치는 달성하지 못하였다.

3. 최적설계

내진 마운트 스프링(Combination14 요소)의 강성(k_x, k_y, k_z) 값을 설계변수로 설정하여 유전 알고리즘을 이용한 최적설계를 수행하였다.

To minimize :

$$f(x) = w_1 \frac{\beta_1(X)}{\beta_1^*} + w_2 \frac{G(X)}{G^*} + w_3 \frac{\sigma_{\max}(X)}{\sigma_{\max}^*} \quad (1)$$

Subject to :

$$\beta(X) \leq \beta_a \quad (\beta_a = 1 / (10 \text{ Hz})) \quad (2)$$

$$G(X) \leq G_a \quad (G_a = 1.5)$$

$$\sigma(X) \leq \sigma_a \quad (\sigma_a = 15 \text{ MPa})$$

여기서 β 는 1차 고유 진동수의 역수, G 는 가속도 응답 배율, σ 는 최대 응력이며, β_a 는 허용 1차 고유 진동수의 역수, G_a 는 허용 가속도 응답 배율, σ_a 는 허용 최대 응력, w_1, w_2, w_3 는 가중치이다.

Table 2 Comparison of the before & after objectives

	Design variables			Objectives		
	k_x (N/m)	k_y (N/m)	k_z (N/m)	1 st Nature frequency (Hz)	Von Mises stress (MPa)	Acceleration Gain (G)
Before	750	3,000	12,000	7.59	15.63	1.51
After	2,300	14,000	23,000	11.89	18.81	1.36

4. 결론

최적설계 된 1차 고유진동수는 11.89 Hz로 10 Hz 이상 값을 만족, 가속도 응답 배율 또한 1.36으로 1.5 이하 값을 만족하였다. 최대 응력의 경우 3.18 MPa 증가하였으나 이것은 허용응력 225 MPa의 8.36 %이므로 배전반-내진 마운트 계는 지진에 대하여 구조 역학적으로 안전하다고 판단된다.

후기

본 연구논문은 중소기업청에서 지원하는 산학연협력기술개발사업 “자동 복귀 기능을 갖는 수배전반 내진 제어 시스템 개발(연구마을, 과제번호 : C0247500)”의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) H. T. Kim, “Seismic and Structure Analysis of a Temporary Rack Construction in a Nuclear Power Plant”, Transactions of KSME P. 1265-1271, 2011

할바흐 자석 배열이 적용된 3자유도 능동형 제진대

이진호¹, 김기현², 이양희², 정명진², 김효영³

3-DOF Active Vibration Isolator with Voice Coil Motors using Halbach Magnet Array.

J. H. Lee*, K. H. Kim, Y. H. Yee, M. J. Chung, H. Y. Kim

한국산업기술대학교 신기술융합학과¹, 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과², 한국생산기술연구원 생산시스템 그룹³

Key Words : Active Vibration Isolator, Compensator, Velocity Meter

1. 서 론

조정밀 장비에 있어서 진동은 성능 구현을 방해하는 무시할 수 없는 커다란 외란 중 하나이다. 그리하여 진동을 제거하기 위한 다양한 기법들이 활발히 연구되고 있는 상황이다.(1),(2)

본 논문에서는 할바흐 자석 배열이 적용된 보이스 코일 모터를 구비한 3자유도 능동형 제진대에 센서 보상기(compensator) 및 앞먹임 제어기를 적용하였다.

2. 능동 제진 실험

능동형 제진대는 그라운드와 제진대의 진동 측정을 위한 Geophone 속도계, 할바흐 자석 배열이 적용된 4개의 보이스 코일 모터, 보이스 코일 모터 구동을 위한 아날로그 앰프, 제어기 구현 및 신호 처리를 위한 dSPACE로 구성되어있다. Fig. 1은 능동형 제진대의 실험 장치를 보여주고 있다.

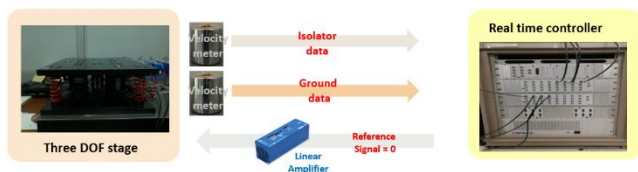
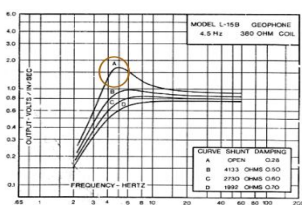
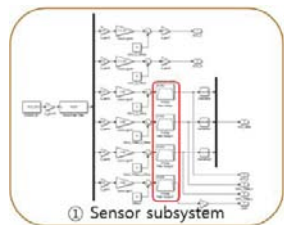


Fig. 1 Experimental setup

Geophone 속도계는 Fig. 2(a) 와 같이 저주파 영역에서 낮은 측정 성능을 갖고 있으며, 4.5 Hz에서 고유주파수를 갖는다. 특히, 고유주파수인 4.5 Hz 부근에서 센서 데이터의 왜곡이 심하다. 따라서, 본 논문에서는 그라운드의 진동에 의한 영향을 줄이기 위한 앞먹임 제어기 뿐만 아니라, Fig. 2(b)와 같이 속도계의 모델링을 통한 센서 보상기의 설계 및 적용을 수행하였다.



(a) Frequency response of Geophone GS-11D



(b) Compensator for Geophone GS-11D

Fig. 2 Geophone Velocity Meter

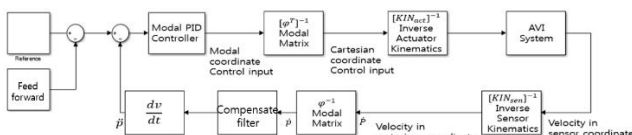


Fig. 3 Applied Feed Forward and Compensator

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구를 통하여 Fig. 4에서와 같이 그라운드 진동이 능동형 제진대를 통하여 35% 저감되는 것을 확인되었다. 또한, 제진 성능을 확인하기 위하여 Fig. 5와 같이 전달율(transmissibility)을 확인하였다.

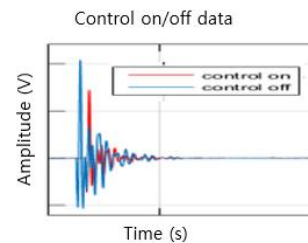


Fig. 4 Vibration Isolation Performance of Active Vibration Isolator

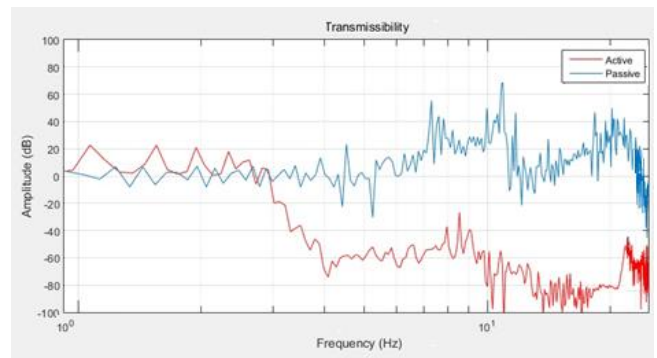


Fig. 5 Transmissibility of 3-DOF Active Vibration Isolator

3자유도 능동형 제진 시스템을 구성하기 위하여 모델링 및 시스템 식별을 수행하여 Fig. 5와 같이 3.5 Hz 부분의 저주파 대역부터 60 dB의 제진 성능이 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) J.H. Moon, H.S. Kim, and H.J. Park, 2006, A Study on the Signal Processing and Robust Control for a 3-DOF Active Vibration Isolator, Collection of dissertations of KSNVE.
- (2) Kim. M. H. 2012, Design and Control of a Six Degree of Freedom Active Vibration Isolator using Voice Coil Motor with Halbach magnet array, Thesis for Master's Degree, KAIST, pp5~8.

가진 시험법을 이용한 고정밀 나사연삭기 강성 평가

최영휴^{1*}, 김철민², 심지호³

Stiffness Evaluation of a High Precision Screw Grinding Machine Using Excitation Test Method

Y. H. Choi*, C. M. Kim, J. H. Sim

창원대학교 기계공학부¹, 창원대학교 기계설계공학과², (주)SMSB³

Key Words : Random Excitation Test (RET), Screw Grinding Machine, Stiffness, Compliance, Transfer Function

1. 서론

최근 공작기계산업, 자동차산업 등의 고정밀화 추세에 따라 고정밀 나사 연삭기의 수요도 획기적으로 증대되고 있다. 산업기계에서 정밀도는 가공기계의 강성에 의해 크게 결정되어진다. 일반적으로 강성은 공작물을 절삭하는 공구가 설치되는 공구대와 공작물을 고정하는 주축대의 강성이 가공기의 정밀도에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 고정밀 나사연삭기를 대상으로 시제품의 구조강성을 측정 및 평가한다. Fig.1은 고정밀 나사연삭기의 3D-CAD와 시제품 형상이다. 구조물의 재질은 스프링과 터렛은 SM45C, 베드는 GC300이며, 시제품 연삭기의 형상 크기는 3600×2042×2000 mm³ 이다.

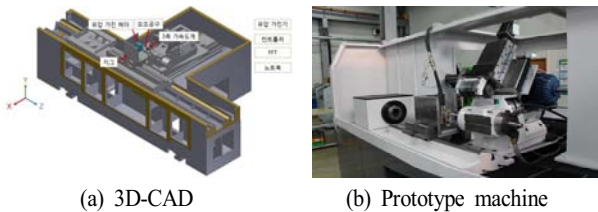


Fig. 1 The screw grinding machine

강성 측정은 가진 시험법을 이용하였으며, 측정된 강성값은 설계단계에서 FEM 구조해석으로 계산된 강성값과 비교 검토하였다. 본 연구는 제작된 시제품 연삭기의 강성을 측정 평가함은 물론, 설계단계에서 최적설계한 연삭기의 동특성과 강성이 시제품에서 어느 정도 정확하게 구현되었는지를 비교분석하는데도 필요하다.

2. 강성 측정 방법

가진 시험법을 이용한 강성측정 과정은 Fig. 2에 나타내었다. 3축 가속도계를 모조공구에 부착하고 모조공작물에 장착된 가진기를 이용하여 X-, Y-, Z-축 방향으로 가진시켜 각 방향에 대한 가진력과 가속도응답을 측정하여 컴플라이언스 응답함수를 구한 후 미리 수행하였던 FEM 결과와 비교하여 Table 1과 Fig. 4에 정리하였다.

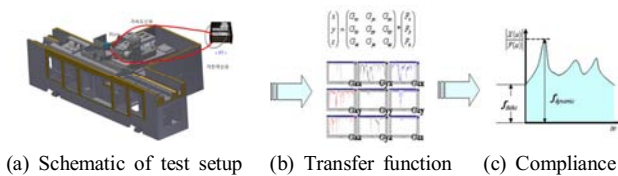


Fig. 2 Rigidity test & evaluation of the machine tools



Fig. 3 Measurement setup

가진 시험법에 사용된 모조공구의 사이즈는 60×60×90mm³이며, 지그는 297.5×295×315mm³이다. 유압 가진기(Xciter 1100-7-FT)는 총 4450N의 힘을 낼 수 있으며, 가속도계(Kistler Model 8795A50)는 0.5~5000Hz범위이다.

3. 결과

공작기계의 강성을 판단하는 기준은 각 축별 강성 중에서 최저값이 기준이다. 측정된 컴플라이언스로부터 역수인 강성을 환산하여 T.C.P에서 측정된 X-, Y-, Z-축 방향의 정강성은 각각 1250 N/μm, 909.1 N/μm, 169.5 N/μm으로 측정되었고, 동강성은 각각 10.59 N/μm, 19.27 N/μm, 6.39 N/μm으로 측정되었다.

Table 1 Comparison of measured & computed compliances at T.C.P.

Compliance, $(X/F)_{\omega \approx 0}$ ($\mu\text{m}/\text{N}$)		by Test	by FEM
Static	X-Dir.	0.0008	0.0014
	Y-Dir.	0.0011	0.0023
	Z-Dir.	0.0059	0.0082
Dynamic	X-Dir.	0.0944	0.1386
	Y-Dir.	0.0519	0.1253
	Z-Dir.	0.1566	0.1516

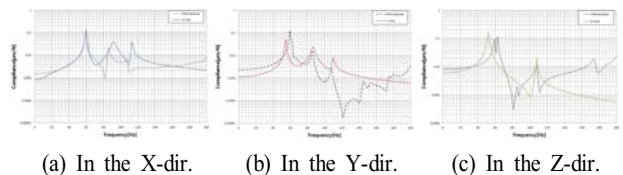


Fig. 4 Comparison of measured and computed compliances

4. 결론

본 연구를 통하여 나사연삭기의 강성측정 평가를 할 수 있었다. 측정된 시제품의 컴플라이언스와 FEM 해석 값을 비교해보면 컴플라이언스 선도의 공진 주파수 특성은 매우 비슷한 경향을 보인다.

측정 및 해석 결과로부터 구한 컴플라이언스의 역수인 강성을 최저 강성 기준으로 비교하면 정강성 오차 28 %, 동강성 오차 3.3 % 정도이다. 특히 가공정밀도에 가장 큰 영향을 미치는 동강성은 이론해석 결과와 측정치가 매우 근사하다.

후기

본 논문은 중소기업 기술개발지원사업인 “스크류 가공용 고정밀 외경 나사연삭기 개발”(Grant:S2139878) 과제의 일환으로 (주)SMSB의 지원에 의하여 연구되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Y. H. Choi, S. M. KIM, et al., “Dynamic Stiffness Evaluation of a 5-Axes Multi-tasking Machine Tool by using F.E.M. and Random Excitation Test,” KSME Conference, 2007, Korea

전기-유압 액추에이터 고장허용 제어 시스템 개발

조수봉^{1*}, 김훈모¹, 박종권², 이승우²

Development of Fault Tolerant Control system based on Electro-Hydraulic Actuator System

S. B. Cho*, H. M. Kim, J. K. Park, S. W. Lee

성균관대학교 기계공학부¹, 한국기계연구원²

Key Words : Sensor Fault Tolerance, Fault Control, Electro Hydraulic Actuator(EHA)

1. 서론

현대의 고도 산업화의 발달로 각종기계에는 많은 센서가 사용되고 있다. 그 중 전기모터와 양방향 유압펌프를 이용하여 실린더 액추에이터를 제어하는 전기유압액추에이터(Electro-hydraulic-actuator;EHA)는 많은 생산 시스템에 사용되고 있다. EHA는 고속으로 시스템을 제어하기 위해 센싱 신뢰성을 높이고 고장률을 낮춰야 한다. 이를 위해 Fault-Tolerant 기반의 고장진단, 복구 기술을 통해 오작동을 방지하고 복구할 수 없는 영구 고장이 발생하였을 때 동적시스템을 안정범위 내에 들게하여 2차사고를 예방할 수 있는 Fault-Tolerant 기반의 고장진단, 복구 기술을 개발하고자 한다.

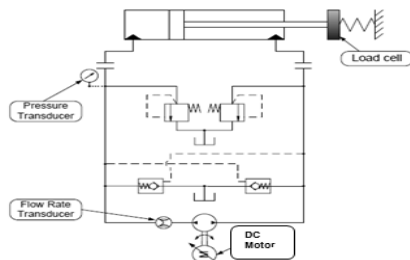


Fig. 1 Electro-Hydraulic Actuator; EHA

2. 센서고장 복구 실험

본 Fault-Tolerant 기반의 고장진단, 복구 실험에서 사용되어진 EHA의 전기 모터는 500W DC모터와 50cm의 실린더, $0.000097m^3/rev$ 의 펌프배재용적을 가지고 있다. Fig. 1은 EHA의 구성도를 나타내며, 시스템에 사용된 센서는 압력센서, LVDT 위치센서가 사용되었다.

고장의 종류는 노이즈에 의한 일시적 고장과 센서의 단선, 고착에 의해 영구적 고장으로 분류하였다. 일시적 고장의 복구는 Kalman-

Filter를 사용하여 정확한 파형을 획득하는데 목표가 있고, 영구적 고장은 Sliding-mode-observer(SMO)를 사용하여 모델링된 파형과 실제 파형을 비교하여 센서의 영구 고장을 판단하고 추정파형을 대체하여 시스템을 안정영역까지 작동하게 한다. Fig. 2는 Fault-Tolerant 기반의 고장진단, 복구 실험을 위한 실험 장치이다.

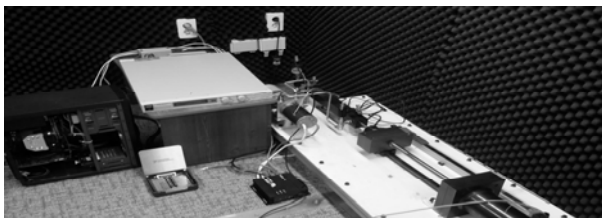


Fig. 2 Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

EHA는 20초 동안 1회 왕복운동을 하였으며 일시적 고장은 시스템 동작부터 White-Noise를 사용하였고, 영구적 고장은 위치센서는 6초, 압력센서는 압력변화가 큰 역방향에 고려해 15초부터 적용되었다.

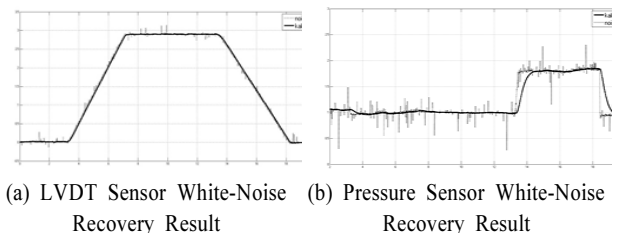


Fig. 3 Sensor Error Recovery Result

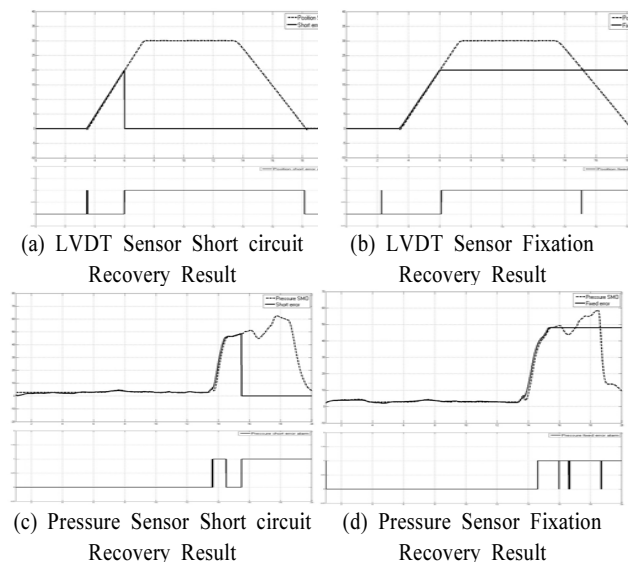


Fig. 4 Sensor Failure Recovery Result

Fig. 3 (a)와 (b)는 위치센서와 압력센서의 White-Noise의 파형과 복구된 파형을 나타낸다. 노이즈를 제거하였을 때 생기는 Time-delay는 시스템에 영향을 미치지 않는 범위이다.

Fig. 4 (a)와 (b)는 위치센서의 단선, 고착의 영구적 고장에 대한 복구 파형과 고장검출 알람을 나타낸다. 6초에 고장이 발생하였을 때 SMO를 통해 복구된 파형이 생성되고 알람을 통해 고장 시간을 알 수 있다. (c)와 (d)는 압력센서의 단선, 고착의 고장에 대한 복구 파형과 고장검출 알람을 나타내며 유압시스템의 특성상 정방향에 압력의 변화가 미비하여 부하가 큰 역방향에 고장을 주었다.

참고 문헌

- (1) S. S. Jo, J. K. Choi, and H. M. Kim, "A Comparison between Kalman Filter and Threshold Predictor for Correcting Sensor Noise of Smart Hybrid Powerpack" pp. 166-173, IRCITCS, Sep. 28-30, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013
- (2) Man Ho Kim, Suk Lee, Kyung Chang Lee "Kalman Predictive Redundancy System for Fault Tolerance of Safety-Critical Systems Industrial Informatics", IEEE Transactions on (Volume 6, Issue 1), 2010

경기장 고정용 지붕 모델의 지지특성 해석에 관한 연구

김성민^{1*}, 맹희영¹, 박근²

A study on Characteristics of support for the fixed-roof stadium

S. M. Kim*, H. Y. Maeng, K. Park

서울과학기술대학교 디자인기술융합프로그램¹, 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과²

Key Words : Fixed roof, CAE, Analysis, Truss

1. 서론

본 연구는 경기장 수요증가에 따른 구조적 신뢰성 및 안정성의 중요도를 증가하는 경향에 맞추어 축구경기장 고정지붕부를 설계 및 해석하는 연구를 하고자 한다. 또한 우리나라의 기후적 특성상 겨울에는 폭설로 인한 경기장 지붕 붕괴 사례들을 볼 수 있다. 이러한 기후적 특성을 고려하여 설계를 하여 안전하고 안정성 있는 구조를 연구하고자 한다.

2. 설계 및 해석조건

본 경기장은 FIFA규정에 부합하는 사이즈(68m*105m)로 설계하였으며, 그에 따른 고정지붕부를 Fig. 1과 같이 트러스(truss) 구조로 설계하였다. 트러스 구조는 일반 단일 형강보보다 역학적으로 우수하여 이를 채택, 설계에 활용하였다. 트러스 구조에 적용하는 재료로는 SPS 490, 지붕의 마감재로는 테프론(PTFE)을 적용하였다. SPS490은 실제 경기장 건축 재료로 많이 이용되고 있고, 테프론(PTFE)은 가볍고 열에 강하며 채광률이 높아 경기장 지붕의 마감재로 선정하였다.

각 재료에 관한 물성치는 Table 1과 같이 적용하였다. 또한 우리나라의 기후적 특성을 고려하여 겨울에 폭설로 인한 지역별 적설 하중(Table 2) 중, 가장 일반적인 50kg/m²을 적용하여 고정지붕의 1/4부분 해석을 진행하였다.

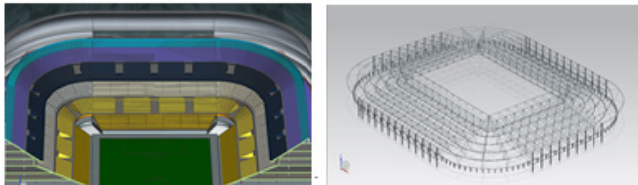


Fig. 1 Stadium(half) and Fixed roof

Table 1 Material property

	PTFE (테프론)	SPS 490 (강판)
Desity (kg/m ³)	2150	7860
Modulus of Elasticity (GPa)	0.5	203
Poison's Ratio	0.45	0.3
Tensile Yield Strength (MPa)	21.7	315
Tensile Ultimate Strength (MPa)	34.5	490

Table 2 Local snow load

Local	Snow load(kg/m ²)
서울 수원 춘천 서산 청주 대전 추풍령 포항 군산 대구 전주 울산 광주 부산 충무 목포 여수 제주 진주 울진 이천	50
정읍 울진	65
인천	80

3. 해석 결과 및 고찰

고정지붕은 Fig. 2와 같이 대칭을 이루고 있어 1/4 부분에 대한 해석을 진행하였다. Fig 2에서 볼 수 있듯이 고정지붕(1/4)의 Equivalent Stress의 최대값은 3.4456MPa이다. 고정 지붕의 Mass(는 3080.3(1/4)ton이었으며, 적설하중 조건 50kg/m²에서 0.99m의 처짐이 발생한다. 적설시 고정지붕의 안전계수(Fig. 3)는 10.0이 나와 일반적인 건축물의 허용안전계수인 3.0을 만족하는 안정적인 결과값을 얻을 수 있었다.

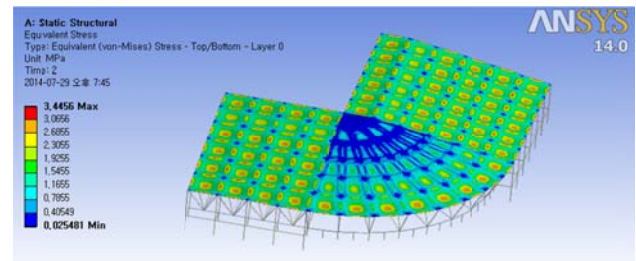


Fig. 2 Equivalent Stress of Fixed roof

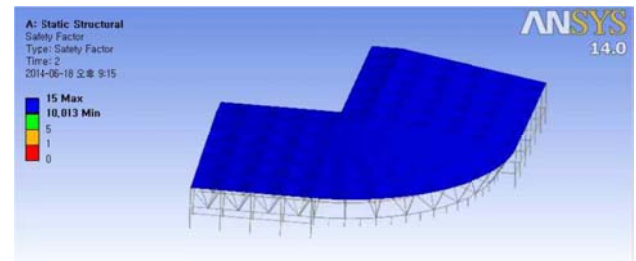


Fig. 3 Safety Factor of Fixed roof

참고 문헌

- (1) CSSE, "Jeonju World Cup Stadium Structure Design", Taerim, 2000, 82~167p.
- (2) Kim. S. H, "22 story of World Cup stadiums", HYPERLINK "http://www.hyundaiarchitects.com/" "t _blank" Hyundaiarchitects, 2002, 58~82p.
- (3) Kim. S. S, Yoon. S. K, "Steel Structure Design", Munundang, 2005, 25~35p, 302~319p.
- (4) Architectural Institute of Korea, "Building Materials", Kimoondang, 2003, 271~284p.
- (5) Kim. N. W, "Construction Structural Mechanics", Kimoondang, 2004, 91~111p.

제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 형상최적화

박기현¹, 한석영^{2*}

Shape optimization using imperialist competitive algorithm

K.H. Park, S.Y. Han*

한양대학교 대학원 융합기계공학과¹, 한양대학교 융합기계공학과²

Key Words : Finite element method, Imperialist competitive algorithm, Shape optimization

1. 서론

제국주의 경쟁 알고리즘(imperialist competitive algorithm: ICA)은 전역 최적화를 수행하기 위해 개발된 알고리즘으로 많은 분야에 적용되었다. 본 논문에서는 제국주의 경쟁 알고리즘을 이용한 형상최적화를 제안하였으며, 알고리즘의 탐색 영역을 이산형 영역(discrete space)에 적용하기 위한 식민지 탐색 영역(colonies search space: CSS)의 도입과 경계요소 지수(boundary element indicator: BEI)를 적용하였다. 그 성능을 확인하기 위하여 몇 가지 예제에 대해 기존의 인공 벌군집 알고리즘(artificial bee colony algorithm: ABCA)을 이용한 형상최적화 기법과 비교하였다.

2. 형상최적화를 위한 제국주의 경쟁 알고리즘

제국주의 경쟁 알고리즘은 제국이 식민지의 정치 및 문화적 지배를 통해 국가의 영향력을 확대하는 사상에서 영감을 받아 개발된 알고리즘으로, 동화, 혁명, 위치교환, 유사 제국의 흡수, 그리고 식민지 경쟁의 총 5단계로 전역해를 탐색한다.

2.1 식민지 탐색 영역

제국주의 경쟁 알고리즘에서 설계변수(design variable)가 탐색되는 범위는 연속형 영역(continuous space)에 해당된다. 따라서 본 연구에서 수행하는 유한요소로 구성된 설계영역에 적용하기에는 적합하지 않기 때문에 요소의 탐색을 수행하기 위해 탐색 영역을 이산형으로 변환시키는 식민지 탐색 영역을 도입한다.

$$\Omega_{CSS} = \Omega_{total\ domain} - \Omega_{nondesign} \quad (1)$$

여기서 CSS는 식민지 탐색 영역이며, 전체 탐색영역에서 비설계 영역을 제외시킨 이산형의 설계 영역을 의미한다. 식민지 탐색 영역은 알고리즘이 전역해를 탐색하는 모든 단계에 적용되며, 제국주의 경쟁 알고리즘의 탐색방식을 이산형으로 변환시킨다.

2.2 경계요소의 설정

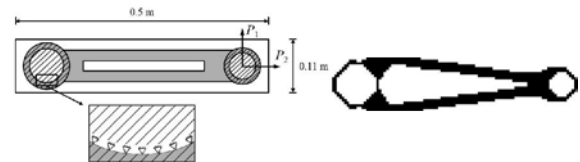
형상최적화에서 탐색되는 요소는 구조물의 경계면에 해당하는 영역이 된다. 이를 위해 기존 설계영역에 대해 유클리드(Euclidean) 기반의 이미지 프로세싱을 거쳐 경계요소에 대한 색인(index) 지도를 만들고, 경계요소 지수를 도입한다.

$$BEI_i = \begin{cases} +1 & (\text{경계요소일 경우}) \\ -1 & (\text{경계요소가 아닐 경우}) \end{cases} \quad (2)$$

여기서 BEI_i 는 i 번째 요소의 경계요소 지수이며, 탐색이 진행되는 전체 설계 영역에 대하여 BEI_i 가 +1인 요소만을 선정하여 형상을 결정하는 구조물의 경계를 탐색한다.

3. 적용 예제

제국주의 경쟁 알고리즘을 형상최적화 문제에 적용하여 예제를 통해 수행능력을 확인하였다. Fig.1(a)는 초기 설계영역을 표현한 토크 암(torque arm)이며, Fig. 1(b)는 ICA를 이용한 형상최적화 결과이다. 재료의 물성치는 탄성계수 210GPa, 프와송 비 0.3이 적용되었고, 전체 설계영역은 104×22개의 유한요소로 나누었다. 빗금친 영역은 비설계영역으로 설정되었으며, 구조물의 전체 변형률 에너지를 목적함수로 하였다.



(a) Initial design domain (b) Optimized shape

Fig. 1. A torque arm problem

4. 계산 결과 및 고찰

10회의 형상최적화를 수행하여, 반복수행에 따른 반복횟수와 목적함수의 평균값을 Table 1에 나타내었다. ABCA를 이용한 형상최적화 기법과 비교하여 반복횟수는 약 12.7%가 개선되었으며, 목적함수의 값은 약 1.17%가 개선되었다.

Table 1 Numerical of the results

Method	Iteration	Objective function (J)
ICA	26.2	0.0424
ABCA	30.0	0.0429

본 연구에서는 확률론적 최적화(stochastic optimization) 알고리즘의 하나인 ICA를 처음으로 형상최적화에 도입하였으며, 기존의 ABCA를 이용한 형상최적화 기법보다 더 좋은 성능을 나타내는 것이 확인되었다.

참고 문헌

- (1) Atashpaz-Gargari, E., Lucas, C., 2007, *Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition*, Proceedings of the IEEE congress on evolutionary computation (CEC2007), pp. 4661-4667.
- (2) Kim, Y. H., Han, S. Y., 2015, *A shape optimization procedure based on the artificial bee colony algorithm*, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.16, No.8, pp. 1825-1831.

비대칭 MT 곡선을 이용한 이중정류용 캠 설계

권순만^{1*}, 신흥철²

Double dwell cam design using skewed modified trapezoidal curve

S. -M. Kwon*, H. C. Shin

창원대학교 기계공학부¹, 창원대학교 대학원 기계설계공학과²

Key Words : Double dwell cam, Skewed modified trapezoidal acceleration curve

1. 서론

캠 기구 설계 시, 특히 고속 작동을 위해서는 적절한 가속도 곡선의 선정이 매우 중요하며, 이에 현재까지도 다양한 가속도 함수가 연구되고 있다. 하지만 개발된 거의 대부분의 캠 곡선은 일정 가속도비(가속도 곡선에서 피크 값의 비, 이하 R) 특성에 국한되어 있기에 양의 가속도와 음의 가속도를 각각 조절할 필요가 있을 경우, 설계자의 요구를 충족시키는 데 제약이 있다. 이에 본 논문에서는 임의의 가속도비 구현 및 저크(jerk) 특성을 조절할 수 있는 이중정류(double dwell)용 비대칭 MT(skewed modified trapezoidal, 이하 SMT) 가속도 곡선⁽¹⁾을 소개하고자 한다.

2. SMT 가속도 곡선

Fig. 1은 종동절 운동이 상승(rise)일 때의 SMT 가속도 곡선이며, 도시된 변수들은 가속도비 $R(=A/B)$ 과 n 에 의해 결정된다. 여기서 n 은 저크 조정계수이다.

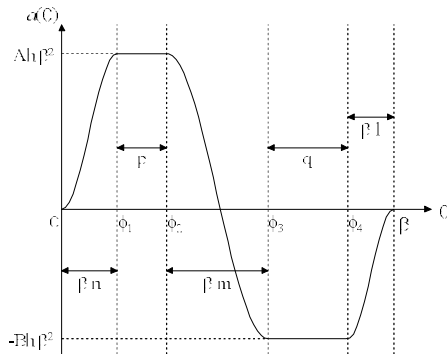


Fig. 1 SMT acceleration curve during the rise segment

3. 이중정류용 캠 형상 설계

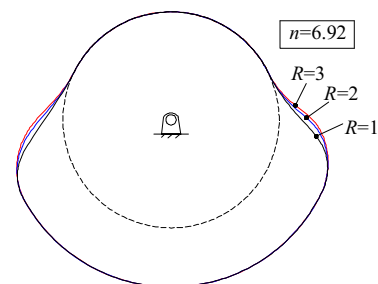
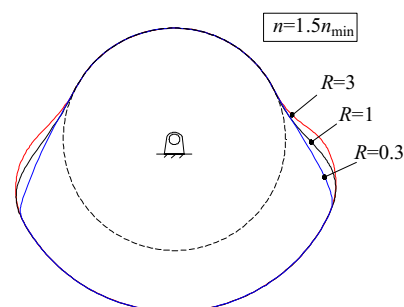
Table 1 Follower motion

Segment	Cam angle interval	Rise or Fall (degree)	Type of motion
1	0° - 120°	0	Dwell
2	120° - 180°	+25	SMT
3	180° - 300°	0	Dwell
4	300° - 360°	-25	SMT

Table 2 Geometric data for ORF

Base circle radius, R_b	63 mm
Roller follower radius, R_r	20 mm
Length of follower, Z_L	80 mm
Pivot coordinate, (Z_x, Z_y)	(-55, 120)

본 논문에서 고려한 요동운동용 롤러 종동절의 운동과 원판 캠 형상 설계를 위한 설계제원은 각각 Table 1과 Table 2와 같다. 가속도비 R 과 저크 조정계수 n 의 변화를 고려하여 설계된 캠 형상을 Fig. 2와 Fig. 3에 도시하였다. 도시된 그림에서 알 수 있듯이 R 값이 증가함에 따라 캠 형상의 곡률이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

Fig. 2 Effect of R Fig. 3 Effect of R and n

4. 결론

본 논문에서는 비대칭 MT 곡선의 설계제원인 R 과 n 에 따른 캠 형상 변화를 고찰하였으며, 가속도비 R 이 증가함에 따라 캠 형상의 곡률이 증가함을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 신산업기술 개발사업(과제번호 : 10044550)의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Forest W. Flocker, 2012, A Versatile Cam Profile for Controlling Interface Force in Multiple-Dwell Cam-Follower Systems, *Journal of Mechanical Design*, Vol. 134, p. 094501.

i-PGS 지지 베어링의 수명예측

권순만^{1*}, 신흥철²

Support bearing life prediction for i-PGS

S. M. Kwon*, H. C. Shin

창원대학교 기계공학부¹, 창원대학교 대학원 기계설계공학과²

Key Words : Support bearing, i-PGS, Contact force, Bearing life

1. 서론

내륜형 핀 휠 기어 쌍(internal-pinwheel gear set, i-PGS)은 대형 링 기어를 핀 또는 롤러로 대체하여 대형 링 기어의 제작 전반에 걸친 문제를 해소시킬 수 있는 내접기어 시스템(Fig. 1 참조)이다. 이 중 핀 휠의 구성 부품 중 하나인 지지 베어링은 핀 또는 롤러에 작용하는 접촉력을 수용하는 구조로 구성되어 있어 파손 발생 빈도가 높다. 본 논문에서는 핀 휠의 롤러에 작용하는 접촉력의 변화를 검토함으로써 지지 베어링의 부하용량을 고찰하고자 한다.

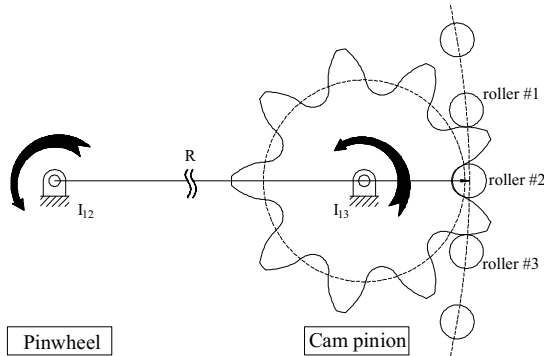


Fig. 1 Initial position of i-PGS

2. i-PGS 접촉력 특성

본 논문에서는 Fig. 1의 형상 제원⁽¹⁾을 바탕으로 핀 휠 롤러들의 접촉력 변화를 Fig. 2와 같이 도출하였다. 치의 접촉에 있어서 한 쌍 혹은 두 쌍의 접촉 구간의 규칙적인 패턴 변화를 관찰할 수 있었으며, 치의 유효접촉 개소가 전이될 때, 급격한 하중변화를 인지할 수 있었다.

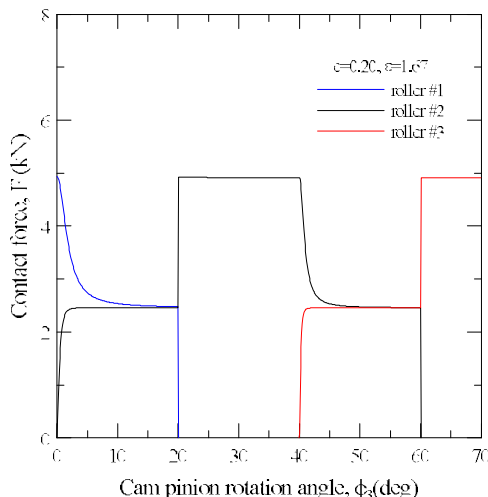


Fig. 2 Distribution of contact forces

3. 지지 베어링 하중

지지 베어링의 회전수 수명(L_n) 또는 시간 수명(L_h)은 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$L_n = \eta \left[a_1 a_2 a_3 \left(\frac{C}{a_f P} \right)^a L_R \right] \text{ (rev)} \quad (1)$$

$$L_h = L_n / (60N) \text{ (hr)} \quad (2)$$

여기서 $a_1, a_2, a_3, C, a_f, L_R$ 은 각각 신뢰도계수, 베어링 특성계수, 사용조건 계수, 기본 동정격하중, 하중계수, 정격수명(10^6 또는 90×10^6)을 나타낸다. 또, 볼 베어링일 경우 $a=3$, 롤러 베어링일 경우 $a=10/3$ 이다. 그리고 η 및 N 은 각각 접촉력이 작용하는 동안 지지 베어링의 회전수 및 평균 회전 각속도(rpm)를 나타낸다.

Fig. 2의 접촉력은 롤러 양단에 있는 2개의 지지 베어링에 고르게 전달되므로, 이를 고려하여 식 (1)의 베어링 하중 P 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P = \frac{1}{2} F_m = \frac{1}{2} \int_0^{\phi_{3a}} F(\phi_3) d\phi_3 / \phi_{3a} \quad (3)$$

여기서 ϕ_{3a} 는 치선연장계수를 고려한 캠 피니언 회전각을 의미하며, F_m 은 Fig. 2의 접촉력 분포를 고려한 평균 접촉력을 의미한다. 참고로 전위계수 $e=0.20$ 일 때를 고려한 식 (3)의 베어링 하중은 $P=1.68$ kN으로 평가되었다.

4. 결론

본 논문에서는 주기적인 패턴을 가진 접촉력 변화에 대한 지지 베어링의 부하용량을 고찰함으로써 지지 베어링의 수명을 평가하는 기준을 제시하였다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 신산업기술 개발사업(과제번호 : 10044550)의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Kwon, S. M., Shin, H. C., 2016, Contact Fatigue Strength Design of a Slewing Bearing Based on i-PGS, KSMTE, 25:1 21-29.

내마멸 특성을 갖는 디젤차량용 연료펌프

권순만*

Fuel pump with anti-wear characteristic for diesel engine

S. M. Kwon*

창원대학교 기계공학부

Key Words : Fuel pump, Gerotor, Wear rate proportional factor

1. 서론

자동차의 연료펌프(fuel pump)는 연료탱크로부터 연료를 빨아올려 고압펌프 또는 연료분사장치로 압송하는 역할을 담당하는 중요 부품으로서, 현재 디젤엔진 자동차에서는 지로터(gerotor) 타입 용적형 연료펌프가 주로 사용되고 있다. 하지만 현재 상용화되어 주로 사용되는 지로터 펌프는 로터 치형 특성으로 인한 마멸현상이 불가피하여 용적 효율이 저하되는 문제점을 안고 있다. 이에 본 논문에서는 로터재료의 선정 및 내마멸 형상설계를 위한 지표인 마멸률비례계수(wear rate proportional factor: WRPF)⁽¹⁾ 평가를 통하여 내마멸 특성을 갖는 자동차용 연료펌프를 개발하고자 한다.

2. 설계제원

본 논문에서 고려된 연료펌프는 정격 5,000 rpm(500 kPa)에서 210 lph 이상이고 지로터 외부로터 외경은 28 mm이다. 설계치형은 하이포 트로코이드 치형으로 내부로터의 잇수(N=8, 9, 10)에 따라 3종 설계안을 고려하였으며, 일례로 내부로터 잇수 9일 때의 형상 및 설계제원은 Fig. 1과 같다.

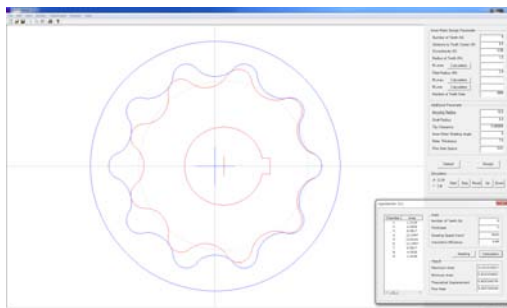


Fig. 1. Rotor profile design

3. 마멸률비례계수

3종 설계안(green, blue, red)과 기존설계 2종(black, pink)을 포함하여 총 5종의 지로터에 대한 WRPF를 Fig. 2와 같이 비교하였다. 이때 해석을 위한 입력 토크는 100(N·mm)이다.

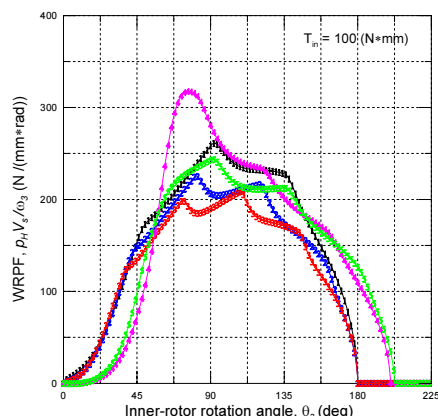


Fig. 2. Comparison of WRPF's

고려한 3종 설계안에 대한 이론토출량, 미끄럼속도, WRPF를 Table 1에 나타내었고, 이 중 (2안)과 (3안)의 시작품 및 지로터 수용을 위한 PPS 몸체 및 포트 플레이트(세라믹)를 각각 Fig. 3과 Fig. 4에 도시하였다.

Table 1 Performance results

	V_{th}	$(V_s/\omega_3)_{max}$	WRPF
(1안, N=8)	0.793	2.067	258.3
(2안, N=9)	0.787	1.936	224.3
(3안, N=10)	0.792	1.841	207.6

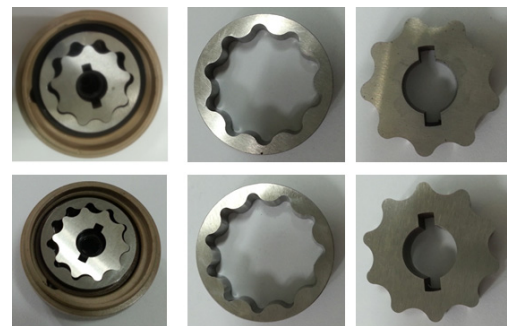


Fig. 3. Prototype (N=9 / N=10)

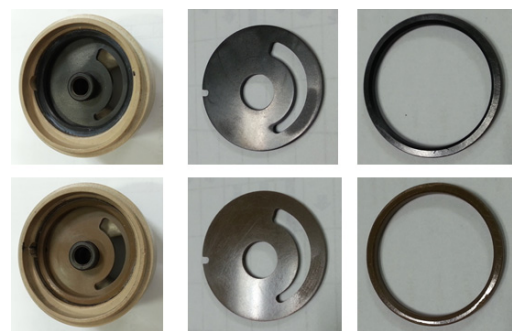


Fig. 4. PPS Cam-ring & plate

12V(dc) 입력 전압의 시험조건으로 성능평가 결과, 제시한 요구성능을 모두 만족하였으며, 향후 기존 제품과의 마멸 비교평가를 수행하여 내마멸 향상 정도를 평가할 계획이다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 '산업현장기술 지원인프라 조성사업'의 국고지원금으로 수행한 사업의 연구결과물입니다.

참고문헌

- (1) Kwon, S. M., Kim, M. S., Shin, J. H., 2008, *Analytical Wear Model of a Gerotor Pump without Hydrodynamic Effect*, JSME JAMDSM, 2:2 230-237.

부품조립공정용 인간협업양팔보조로봇 설계 및 해석

이재구^{1*}, 김현태¹, 조지승², 김경호², 박인규³, 김민규³

Design and analysis of dual-arm assistive robot for part assembly process

J. G. Lee*, H. T. Kim, C. S. Cho, K. H. Kim, I. G. Park, M. G. Kim

(주)케디엠¹, 대구기계부품연구원², 한국로봇융합연구원³

Key Words : Part assembly, Dual-arm assistance robot, Human-robot collaboration, Design and analysis

1. 서론

본 연구의 인간협업양팔보조로봇이란 중소제조업 부품조립 생산 작업 현장에서의 근로자 등의 대상으로 작업자가 같은 장소에서 반복적이고 장시간 작업 시 무리한 팔을 보조해 주는 양팔보조로봇제품으로서 취약계층(노인, 지체장애인, 여성, 현장근로자 등) 및 청년 일자리 창출에 기여하며 장시간 부품조립작업이 가능함에 의해 근로자 건강과 피로감 해소에 의한 작업집중력(30%이상), 생산성향상(20%이상)에 기여하는 장치이다. 기존의 인간협업로봇은 별개의 인간과 로봇이 개별적으로 수행하나 본 연구에서는 함께 수행하는 장치를 개발하고자 한다.

2. 인간협업양팔보조로봇 시스템 설계

일반적으로 3축 자유도 유닛이 적용되어지나 실제 작업현장에서 자주 반복적으로 사용되어지는 상하 모션만을 고려하여 1축 구동부 이동 유닛을 설계 하였다. 이동하고자 하는 제품의 가반하중은 최대 10kg이하에 맞게 상하 모션의 위치 제어를 가능하도록 설계하였으며, 이로써 부품조립 시 작업자는 편안하게 작업이 이루어지며 시스템설계는 다음의 Fig. 1과 같다.

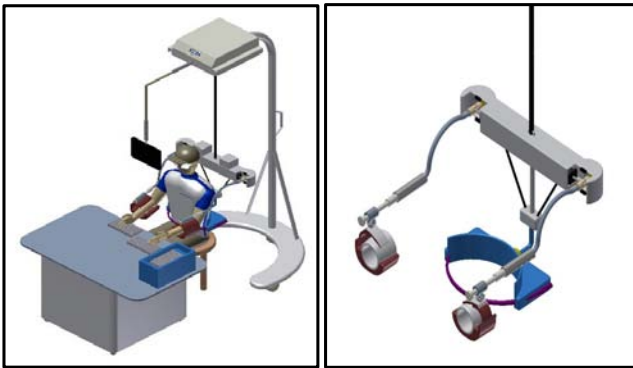


Fig. 1. Design of system

3. 양팔보조로봇 주요부품 해석

조인트 및 프레임부는 인간의 어깨로부터 손까지 연결되는 부분으로 프레임부 끝단에 인간의 손이 장착되어 일정한 하중이 부여되며, 이러한 조건에서 조인트와 프레임부에서 하중을 받게 되고 이로 인해 응력과 변형률이 발생하게 된다. 본 해석에서는 팔에 의한 하중이 부여되었을 때 조인트 및 프레임부의 구조 응력을 해석하여 안정성 특성에 대하여 연구하였다. 프레임 선단부에 작용하는 하중은 집중하중으로 100, 200, 300N으로 구분하여 하중을 부여하였으며 십자형 부품의 지름을 5, 7, 9 mm의 3가지 조건에 대해서 해석을 수행한 연구결과로는 부여하중 크기에 대한 변위 및 응력값은 십자형 부품의 지름을 5, 7, 9 mm의 3가지 조건에 대하여 반비례 하였다.

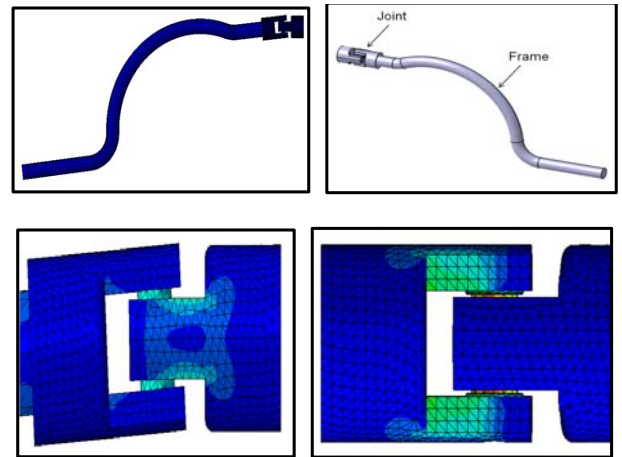


Fig. 2. FE model and result of joint, frame stiffness analysis

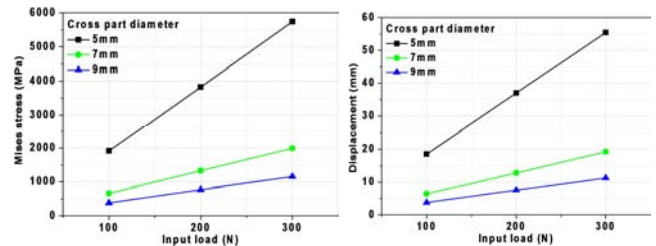


Fig. 3. Analysis result of stress and displacement

4. 결론

본 연구에서는 양팔보조로봇 유닛의 개발과정에서 전체 시스템의 설계 및 주요 핵심 부품의 구조해석을 수행하였다. 조인트 및 프레임부의 구조해석을 수행하여 현재 상태를 파악하였으며, 향후 강성 보강을 위해서 개발이 진행될 것이다.

후기

이 논문은 2015년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 광역경제권거점기관로봇산업클러스터조성사업 지원을 받아 수행된 것임(A012500002).

참고문헌

- (1) Song, C. Y., 2010, "Comparative Study of Approximate Optimization Techniques in CAE-Based Structural Design," Trans. of the KSME, Vol.34, No. 11, pp. 1603-1611.
- (2) S. Ziairad, "Finite element, modal testing and modal analysis of a radial flow impeller," Iranian J. SCI. & Techno l., Vol. 29, No. B2, pp. 157-169, 2005

열전반도체를 이용한 환경적응형 LED 조명

조영태*, 이충호

Adaptive environment LED light for a thermoelectric module

Y. T. Cho*, C. H. Lee

전주대학교 기술융합디자인공학과

Key Words : Adaptive Environment LED, Thermoelectric Module, Heat Radiation, Heat Sink

1. 서론

LED(Light-Emitting Diode) 기술의 발전이 급격한 속도로 빨라짐으로서 기존 정보표시소자로 주로 사용되던 LED는 그 응용분야가 크게 확대되면서 녹색성장의 새로운 동력으로서 신 시장을 창출할 수 있는 광원으로서 주목을 받고 있다. LED 조명은 기존 조명 대비 60~80%의 에너지 절약이 가능하므로 일반조명 뿐만 아니라 각종 특수목적용 조명, 산업용 등으로 적극적인 활용단계에 있다. LED 조명이 고효율, 친환경 조명이라는 장점 때문에 세계적으로 핵심기술 확보와 거대시장을 선점하기 위해 각국의 기술개발이 치열하고, 다양한 형태로 변화되고 있다. 또한 소형화를 위한 연구도 활발하게 진행되는데 이를 위해서는 모듈에서 발생하는 열을 방열하는 기술이 함께 발전해야 하는데 기존 방열판을 이용하는 방열기술로는 한계에 직면하고 있으며 소형화의 걸림돌이 되고 있어 다양한 강제방열 기술적용을 시도하고 있다. 열전반도체를 이용하는 강제방열도 이중의 한 방법이다. LED 모듈은 초기 점등 시의 모듈의 자체의 온도에 따라 그 성능이 충분하게 발휘되지 못하게 된다. 따라서 LED모듈이 최적의 성능을 발휘하도록 주위 환경 온도에 따라 MCPCB 판을 가열하거나 냉각하여 최적의 구동온도를 유지할 수 있도록 미소전력제어에 의한 열전소자를 이용하여 환경에 따라 최적의 구동조건을 구현하고자 한다.

2. 열전반도체를 이용한 강제 방열

열전반도체를 이용한 강제방열에 대한 기본 개념은 Fig. 1와 같다. 기존의 가로등과 같이 고출력 조명들은 과도한 방열판을 설치함으로써 크고 무거워 설치 등에 따른 많은 어려움이 수반 되었다. 열전반도체를 이용한 강제방열 시스템을 적용한다면 방열판의 소형화 경량화가 용이할 것이다. COB타입의 고출력 LED 조명에 대해 열전반도체를 이용한 강제방열을 실시하는 선행연구를 진행하여 방열 성능 및 가능성에 대해서는 이미 확인하였다.⁽¹⁾ 이때 강제방열을 위해 LED 모듈과 열전소자를 유닛화하고, 열전소자 구동을 위해 미소전력 공급을 통해 LED패키지의 발열을 흡수하여 방열효율을 향상시켰다. 이와 같이 열전소자를 강제 방열기능에 활용함으로써 방열판의 소형화 경량화가 용이할 것이다. 열전반도체는 직류전원에 의해 구동하는 반도체 소자로 한쪽 면에서는 흡열하고 반대쪽에서는 발열하는 특성을 가지고 있으며, 극성을 바꾸면 반대현상이 일어나는 특징을 갖고 있다.

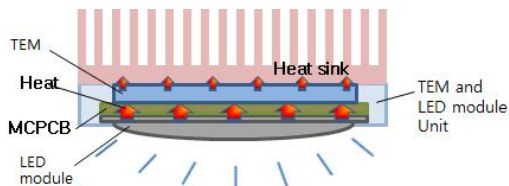


Fig. 1 Principle of a heat radiation for a thermoelectric

온도센서	-20도	0도	25도	50도	75도
DC출력전원기	ON(+1.5V)	OFF	ON(+2V)	ON(+2.5V)	ON(+3V)
소위칭 부	"H"(온바이어스)	"L"(온바이어스)	"L"(온바이어스)	"L"(온바이어스)	"L"(온바이어스)

Fig. 2 Temperature feedback control of the thermoelectric module

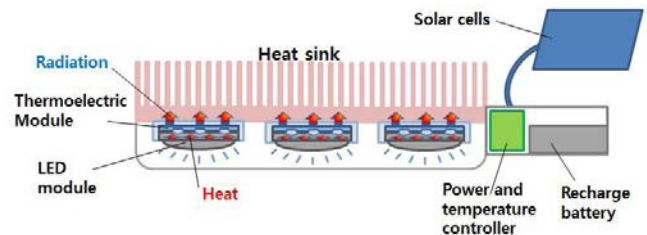


Fig. 2 Principle of adaptive environment LED

따라서 이 특징을 이용하여 LED 모듈에서 검출된 온도 기초로 Fig. 2와 같은 제어 개념으로 열전반도체 전류제어를 실시하여 강제 방열한다.

3. 열전반도체에 의한 환경 적응형 LED

LED는 설치 지역의 환경조건에 그 성능이 달라질 수 있다. 극한 또는 열대지역에서는 주위환경 온도에 따라 LED의 성능이 달라질 수 있으며, 동시에 수명에도 큰 영향을 미치게 된다. 이로 인해 그 기능을 최대로 발휘되지 못할 수 있는데 초기 구동조건을 최적의 조건으로 유지하는 것이 성능과 수명을 유지하는데 유리할 것이다. 이를 위해서는 Fig. 2와 같은 열전반도체의 구동 전류제어를 통해 냉각 또는 가열하여 LED의 최적 구동조건을 확보할 수 있다.

Fig. 3에 LED 조명이 설치된 환경 온도에 따른 LED 모듈의 최적구동온도 조건을 일정하게 유지하고자 열전반도체를 이용하여 냉각하거나 가열하게 되며, 최적의 상태에서는 미세전류제어를 통한 모듈에서 발열하는 열을 흡열하여 방열효과를 향상시키게 된다. 열전반도체의 구동 에너지를 확보하기 위하여 솔라셀에 의해 발전하고 배터리에 충전하여 열전반도체의 구동원으로 사용하게 되는 구조의 환경 적응형 LED 시스템을 개발한다.

4. 결론

고출력 LED 조명의 소형화를 위해서는 반드시 강제 방열이 필요하며, 이를 해소하는 방안의 하나로 열전반도체를 이용하는 것이다. 열전반도체의 미소전력제어를 통한 흡열기능이 가능하였으며, 열전반도체의 발열 및 흡열이 극성 변경에 따른 흡열 및 발열하는 특징을 활용하면 LED모듈 구동에 최적의 환경조건을 구현 할 수 있다.

후기

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발 사업(No. C0298483)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) Cho, Y. T., 2012, Heat Radiation of Multichip 10W LED Light Using Thermoelectric Module(TEM), KSMTE, 13:1 46~50.

COMSOL을 이용한 대기압 마이크로파 플라즈마 공진기 설계

안찬훈^{1,2}, 이정연^{1,3}, 최 준^{1*}

Design of resonator for microwave-induced atmospheric pressure plasma by using COMSOL

C. H. Ahn, J. Y. Lee, J. Choi*

한국생산기술연구원¹, 울산대학교 전기공학부², 울산대학교 물리학과³

Key Words : Microwave, COMSOL, Atmospheric pressure plasma, Coaxial Transmission Line Resonator

1. 서 론

대기압 마이크로파 플라즈마는 최근들어 표면처리 뿐만 아니라 불임치료, 세포치료, 해독 등 생물의학적인 분야에도 응용을 할 수 있다. 하지만, 대부분의 Plasma source는 비용이 많이 들고 효율이 낮다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 10 W 이하의 저전력 고 효율 플라즈마 발생 장치를 제작하기 위해 COMSOL을 이용하여 Coaxial Transmission Line Resonator(CTLR)를 설계했고, 그 장치의 E-field distribution과 반사계수(S_{11})를 계산하여 성능을 확인했다.

2. 공진기 설계

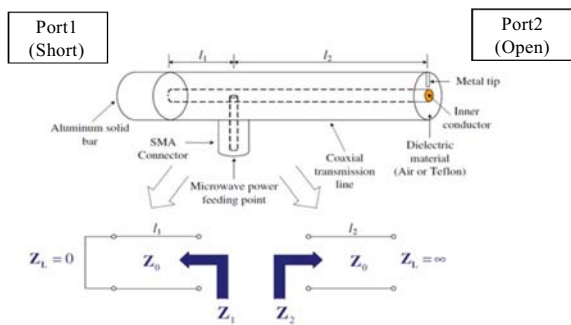


Fig. 1 Configuration of device and microwave model [1]

Fig. 1은 COMSOL을 이용하여 설계한 장치의 기본 구조이다. SMA connector에 연결되는 장비와 Resonator를 Impedance matching 하기 위해 Input impedance 값이 50Ω 으로 나오게 식을 계산해 본 결과 수식 (1)과 같이 l_1 에 대한 함수로 표현 할 수 있다. 즉, Matching network 없이도 정확한 Feeding point를 통한 Impedance matching을 할 수 있다. 수식 (1)을 이용한 결과는 Fig. 2와 같다.

$$Z_{in} \approx \frac{4Z_0 \sin^2(\beta l_1)}{\alpha l} \quad (1)$$

여기서, Z_{in} 은 Resonator의 입력 임피던스, Z_0 는 Coaxial transmission line의 특성 임피던스, l_1 은 Short-circuited port 부터 Feeding point까지의 거리, α 는 감쇠상수, $\beta = 2\pi/\lambda$ 는 위상상수, λ 는 파장이다

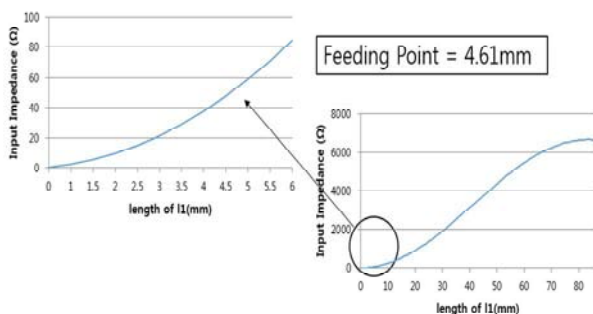


Fig. 2 Calculation of feeding point for impedance matching

3. 실험 결과 및 고찰

Table 1 Material of device

	Frequency	Coaxial line			Length of device
		Dielectric	Inner	Outer	
Device	900 MHz	Air	Brass	Brass	83.5 mm

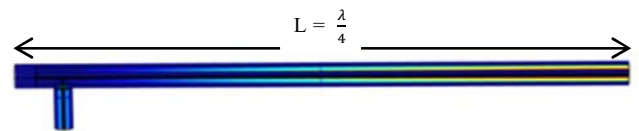


Fig. 3 Electric field distribution at resonance

Table 1의 data값을 COMSOL에 적용시킨 결과 Fig. 3과 같이 유전체를 통해 전기장이 전파되면서 공진하는 것을 확인하였다. 이 전기장은 $\lambda/4$ 만큼 sin그래프 형태로 전파된다.

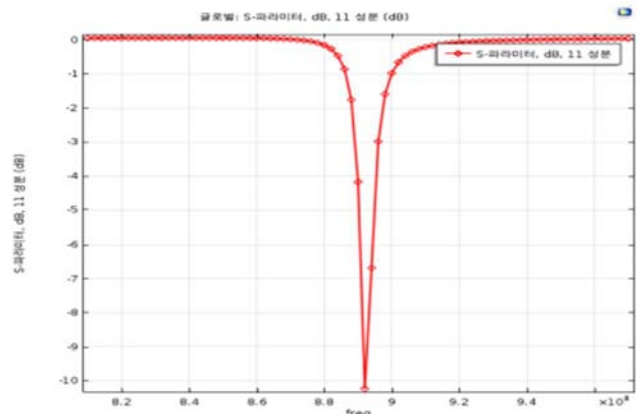


Fig. 4 Simulation results of S_{11} for device ($l_1=3.5$ mm, freq. step size = 2MHz)

Fig. 4를 보면 알 수 있듯이 특정 주파수(892 MHz)에서 S_{11} 값이 -10.2 dB로 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 바로 그 지점이 공진이 최대로 일어나는 지점이고, 가장 큰 효율을 낼 수 있는 지점이다. 이 결과는 수식 (1)을 이용하여 계산한 Fig. 2의 값과 유사한 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] J Choi, F Iza, H J Do, J K Lee, M H Cho, 2009, Microwave-excited atmospheric-pressure microplasmas based on a coaxial transmission line resonator.

자동차 머플러의 조립성 향상을 위한 용접변형 해석에 관한 연구

이승호^{1,2}, 김억수¹, 박진영¹, 최준^{1*}

Numerical analysis of thermal deformation for the optimization of manufacturing process of automotive muffler

S. H. Lee, E.S. Kim, J.Y. Park, J. Choi*

한국생산기술연구원 울산지역본부¹, 울산대학교 첨단소재공학부²

Key Words : SYSWELD, MIG Welding, Automotive muffler, Thermal deformation

1. 서론

머플러(Muffler)는 자동차의 배기소음을 줄이고 고온 고압의 배기가스를 저온 저압으로 만드는 역할을 한다. 이러한 머플러는 주로 MIG 용접으로 제작되고 있으나, 용접으로 인한 변형 때문에 부품 간의 결합 및 체결 부분에서 문제점이 자주 발생되고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 SYSWELD를 이용하여 열 변형을 해석하고 실제 용접 변형과 이를 비교 분석하였다.

2. 유한요소 모델링 및 해석 조건

해석을 수행하기 위해 실제와 동일한 크기의 머플러를 Fig. 1과 같이 유한요소모델로 생성했다. 열 변형에 큰 영향을 미치는 용접 비드(Bead) 및 용접 영향 부에는 Solid 요소, 용접부 이외의 제품 부에는 Shell 요소로 모델링 했다.^[1] 실제 용접공정과 같은 용접순서로 MIG 용접해석을 수행하였으며, 상세한 데이터는 Table. 1에 나타냈다.

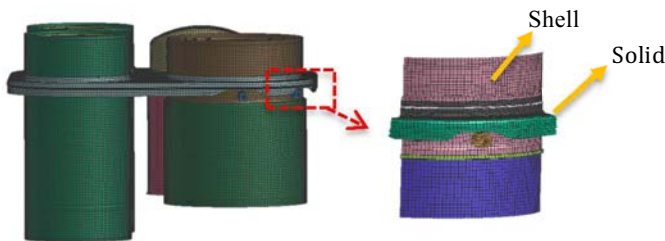
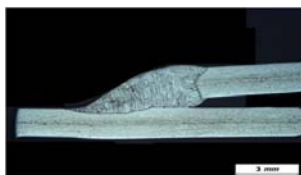


Fig. 1 FEM model for SYSWELD analysis

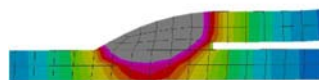
Table 1 Simulation condition for MIG welding

Parameter	Plate
Welding Type	MIG welding
Welding Velocity	9.5 mm/s
Heat Source Energy	272 J/mm
Material	SUS 436

해석의 정확도 향상을 위해 실제 용접부의 단면을 참조하여 Heat Source Fitting(HSF)을 수행하였고, 그 결과는 Fig. 2 (b)와 같이 실제 시편에서 측정된 용융부 크기와 유사한 크기를 얻었다.^[2]



(a) Cross-section macrograph of weld part



(b) Predicted molten zone using heat source fitting tool (region of weld above 1400 °C)

Fig. 2 Comparison of molten zone for experiment and simulation

3. 실험 결과 및 고찰

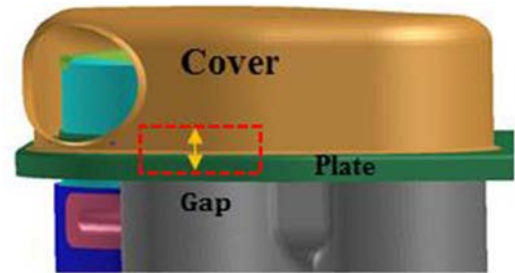


Fig. 3 Configuration of the automotive muffler

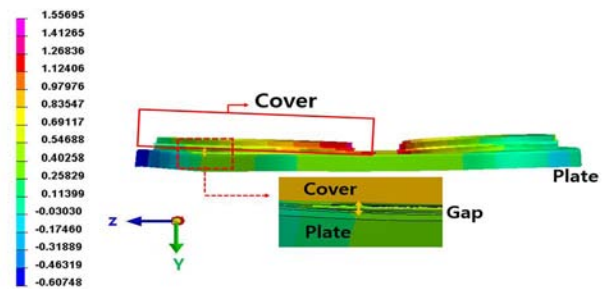


Fig. 4 Deformation of thermal in the y direction after completion of welding

머플러 Plate에 부품들을 용접할 때, 열 변형으로 인해 Fig. 3과 같이 Plate와 Cover 사이에 약 3 mm의 Gap이 발생하여 머플러 조립의 어려움이 발생하고 있다. 본 연구에서는 SYSWELD를 이용하여 머플러 조립 시 용접에 의한 열 변형을 해석하여 실제 변형과 비교 및 분석하였다. 용접 열 변형은 Cover 장착위치를 기준으로 변형을 평가하였으며, Fig. 4와 같이 나타내었다. 해석결과, 실제 변형과 동일한 위치에서 Gap이 발생한 것을 확인할 수 있으며, 변형량은 - 0.6 ~ + 1.47 mm으로 나타났다. 이때, ± 부호는 y 방향을 나타낸다. 이 결과로 Plate의 변형위치와 변형량은 해석결과와 실제 용접결과가 유사한 것을 확인할 수 있다. 향후에는 용접 순서를 최적화하여 용접에 의한 열 변형을 최소화하고 머플러 조립성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시할 예정이다.

4. 참고 문헌

- (1) ESI Group, "SYSWELD User Guide", 2008.
- (2) Suraj Joshi, Jörg Hildebrand, Abdulkareem S. Aloraierc, Timon Rabczuk "Characterization of material properties and heat source parameters in welding simulation of two overlapping beads on a substrate plate" Computational Materials Science, Volume 69, Pages 559–565, March 2013

소기압력에 따른 2행정 압축점화 디젤엔진의 연소특성에 관한 연구

김기복^{1*}, 김치원², 윤창식²

A Study on Combustion Characteristics by Scavenging Pressure in Two Stroke CI Diesel Engine

G. B. Kim*, C. W. Kim, C. S. Yoon

르노삼성자동차¹, 경남대학교 기계공학부²

Key Words : Fuel injection timing, Combustion characteristics, Scavenging Pressure

1. 서론

압축점화 디젤엔진은 높은 열효율, 고출력 및 내구성 등의 부분에서 스파크점화 가솔린 엔진에 비해 열효율이 우수하며, 탄소의 배출량을 줄일 수 있기 때문에 자동차용, 선박용 등의 동력원으로 다양한 분야에서 사용되고 있다. 2행정 디젤엔진은 4행정 디젤엔진에 비해 질소산화물의 생성은 낮은 수준이고 다른 배출가스 농도는 비슷하다.

본 연구에서는 공랭식 2행정 압축점화 디젤엔진으로 설계를 통해 제작하였고, 연료분사시기 제어가 가능하고 소기압력을 증가시켜 실린더 내로 유입되는 공기의 밀도를 높여 연소실의 압력변화에 따른 연소특성에 대해 실험을 통하여 분석 및 고찰 하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 실험에 사용된 실험장치의 설계 및 구성은 다음과 같다. 본 실험에 사용된 기관은 공랭식 2기통 2행정 직접분사식 압축점화 디젤엔진으로 기존의 디젤엔진에 사용되는 부품을 토대로 설계하여 제작하였다. 2행정 엔진에서 흡기는 엔진 외부와 크랭크실을 연결하는 흡기포트, 크랭크실과 실린더를 연결하는 소기포트(scavenging port)를 통해서 이루어지고, 배기는 실린더 측면에 뚫려있는 배기포트를 통해 이루어진다. Fig. 1은 소기압력에 따른 연소특성에 관한 연구를 위한 실험장치 시스템의 전체적인 구성도 이다.

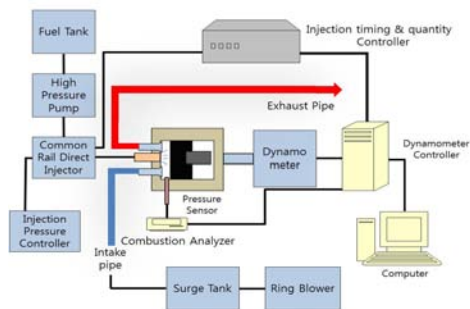


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup

커먼레일(Common Rail)시스템은 연료압력의 저압부 및 고압부가 연료의 압력형성과 연료분사 기능이 각각 독립적인 기능으로 작동하므로 연료의 분사압, 분사량, 분사율, 분사시기를 엔진의 회전속도와는 관계없이 독립적으로 전자제어부에 의하여 제어할 수 있다. 본 실험에서 인젝터는 커먼레일에서 공급되는 연료를 전기적 신호를 이용하여 제어분사를 한다.

2행정 디젤엔진의 소기압력 변화에 따른 연소특성에 대하여 연구를 수행하기 위하여 엔진을 설계 제작한 공랭식 2기통 2행정 디젤엔진을 실험엔진으로 사용하였고, 실험엔진에 연료 분사시기, 분사량, 분사압력을 제어할 수 있도록 컨트롤러를 설치하였다. 링블로워는 변환기(inverter)를 사용하여 주파수를 변화시켜 회전수를 제어할 수 있도록 하였다. 인버터의 주파수를 조절하여 링블로워로부터 실험엔진의 소기공에 공급되는 소기압력을 변화시키며 실험하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

압축점화 디젤엔진에서 연소특성을 해석하는 인자들은 크랭크 각도에 따른 실린더 내의 압력변화와 열 발생율 그리고 질량연소율 등이 있다. 이 연소반응은 실제로 다양한 반응들이 동시에 또는 차례로 일어나는 연쇄반응으로 이루어진다. 실린더 내에서 연소반응이 일어나는 화염 면에서는 여러 활성종과 중간생성물이 생성되기도 하고 소멸되기도 하는 상당히 복잡한 과정을 통하여 반응이 일어난다.

2행정 압축점화 디젤엔진에서의 소기압력 변화에 따른 실린더압력 변화, 압력상승율, 질량연소율등을 분석하여 엔진의 연소특성을 해석하였다. Fig. 2는 실린더 내 압력값으로 산출한 연소실 압력상승율을 크랭크각도 변화에 따라 나타낸 그래프이며, 엔진 무부하 조건에서 연소실 내부의 압력변화를 소기압력에 따라 연소압력을 나타내었다. 소기압력이 증가할수록 공기의 밀도가 증가하므로 연소실 내부의 압력은 공통적으로 상승하였다. Fig. 3은 연소에 의한 실린더 내 열발생율의 변화를 크랭크각도에 따라 나타낸 그래프이다. 무부하 조건에서 소기압력 1.35 kgf/cm^2 일 때 최고 열 발생율을 나타내었다. 소기압력이 증가할수록 열 발생율도 전체적으로 상승하였다.

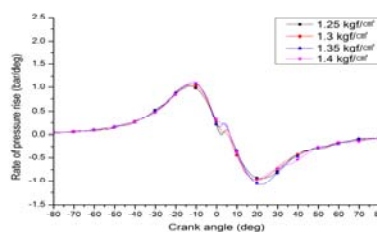


Fig. 2. Rate of pressure rise - crank angle for various scavenging pressure at operating conditions; unload, 1,500 rpm

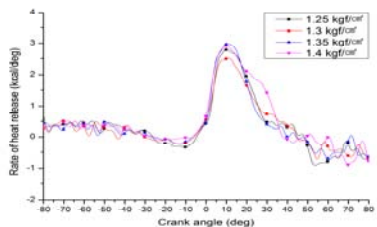


Fig. 3. Rate of heat release - crank angle for various scavenging pressure at operating conditions; unload, 1,500 rpm

참고 문헌

- (1) G. Borman, "Combustion Engineering", McGrawHill, 2005.
- (2) H.S. Kim, C.G. Kim, C.W. Kim, S.Y. Hon "Internal-Combustion Engine", CHEONG MOON GAK, 2009.
- (3) V. Ganesan, "Internal Combustion Engine", M.Grant, 2001.

디젤엔진에서 연료분사시기가 연소특성에 미치는 영향에 관한 연구

김기복^{1*}, 김두범², 김치원³, 윤창식³

A Study on the Effect of Fuel Injection Timing on Combustion Characteristics in Diesel Engine

G. B. Kim*, D. B. Kim, C. W. Kim, C. S. Yoon

르노삼성자동차¹, 경남대학교 첨단공학과², 경남대학교 기계공학부³

Key Words : Fuel injection timing, Combustion characteristics, Compression ignition

1. 서론

압축점화 디젤엔진은 스파크점화 가솔린엔진에 비하여 성능과 효율이 우수하기 때문에 자동차와 선박의 동력원으로 널리 사용되고 있다. 자동차 제작사들은 배기량을 작아지고 엔진출력은 더욱 증대시키는 다운사이징 엔진들을 제작하여 고출력 저연비를 도모하고 있다. 본 연구에서는 연소특성에 미치는 인자 중 ECU(Electronic Control Unit)에 의해 제어되는 연료의 분사시기를 맵핑 장비를 통하여 실시간으로 변화시킴으로써 연료분사시기가 디젤엔진의 연소특성에 미치는 영향을 실험을 통하여 분석 및 고찰하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 실험에 사용된 실험장치의 구성은 다음과 같다. 커먼레일 분사시스템 구성은 일반적으로 고압펌프, 압력조정밸브, 고압라인, 커먼레일 및 고압분사용 인젝터로 구성된다. 커먼레일(CR) 시스템의 핵심요소는 고압의 연료를 분사하는 인젝터를 전기적으로 제어할 수 있다는 것이며, ECU는 각종 센서로부터 들어오는 정보를 종합하여 운전조건에 따라서 적절한 연료분사량, 분사압력, 분사시기를 선택할 수 있다는 장점이 있다. Fig. 1은 디젤엔진에 터보과급기 중간냉각기 및 연료분사시기 조절을 위한 ECU 컨트롤 장치를 부착하여 엔진 연소특성에 관한 연구를 위한 실험장치의 구성도이다. 본 실험에서는 압축점화 디젤엔진의 연소특성에 관한 실험적 연구를 수행하기 위하여 기관 운전변수를 기관회전수, 분사시기 및 엔진부하로 하였으며, 기관회전수는 각 조건에서의 운전 가능한 범위 내에서 변화시키며 실험하였으며, 분사시기의 변화는 주분사시기(main injection timing)로부터 ATDC 5° ~ BTDC 15° 까지 5° 간격으로 실험하였다.

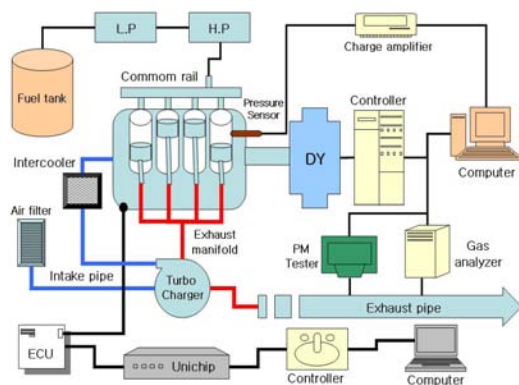


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

디젤엔진에서 연료의 분사시기가 연소특성에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위하여 100사이클 동안의 산술평균한 실린더 압력값을 이용하였으며, 실린더 내의 압력은 피스톤 변위에 의한 체적변화와 연소에 의한 열 발생율의 변화가 추가되어 나타나는 결과로서 연소특성을 실린더 내 연소압력으로 분석하였다.

연료 분사시기별 기관회전수 및 엔진부하 압력변화를 크랭크각도 BTDC 30° 부터 ATDC 70° 까지의 범위에서 실린더 최고압력, 압력 상승율, 열발생율, 질량연소율의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 2 ~ Fig. 3은 기관회전수 1,500rpm 30% 엔진부하에서 연료분사 시기를 진각 시킴에 따라 최대 압력값 및 압력 상승율이 전 영역에서 상승하였고, 최고압력 상승율이 나타나는 시기가 상사점 방향으로 이동됨을 볼 수 있었다. Fig. 4 ~ Fig. 5는 실린더 내 연료와 공기의 혼합기는 착화 후, 크랭크 각도의 변화에 따른 열발생율(rate of heat release)을 해석함으로써 혼합기의 질량연소율(mass burned fraction)을 유도할 수가 있으며, 이를 통하여 연소와 관련된 착화지연과 연소기간의 변화를 판단할 수 있게 된다.

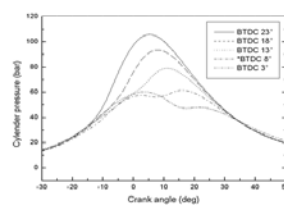


Fig. 2. Cylinder pressure - crank angle for various injection timing (1,500 rpm, 30% load)

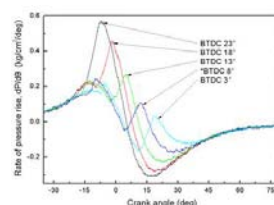


Fig. 3. Rate of pressure rise - crank angle for various injection timing (1,500 rpm, 30% load)

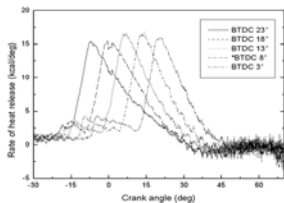


Fig. 4. Rate of heat release - crank angle for various injection timing (1,500 rpm, 30% load)

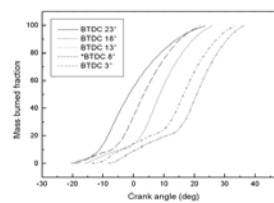


Fig. 5. Mass burned fraction - crank angle for various injection timing (1,500 rpm, 30% load)

실린더 내 연소압력 및 열 발생율에서도 판단할 수 있듯이 곡선의 기울기가 변화하였고, 연료의 분사시기가 진각 될수록 그 기울기가 급경사가 되고 있음을 알 수 있었다. 이것은 연소실 내의 연료의 질량이 급속히 연소하고 있다는 것을 확인할 수 있었고, 이는 피스톤 변위에 의한 체적변화와 더불어 연소에 의한 열 발생율의 변화가 압력 상승을 가져오는 요인이 됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) G. Borman, "Combustion Engineering", McGrawHill, 2005.
- (2) H.S. Kim, C.G. Kim, C.W. Kim, S.Y. Hon, "Internal-Combustion Engine", CHEONGMOON GAK, 2009.
- (3) Chiwon Kim, "Internal Combustion Engineering", Bookshill, 2014.

무인 농작업기 작업경로 생성 알고리즘 개발

신범수^{1*}, 김기동²

Path generation algorithm for autonomous agricultural machinery

B. S. Shin*, K. D. Kim

강원대학교 바이오시스템공학과^{1*}, 강원대학교 시스템경영공학과²

Key Words : Path generation, Autonomous agricultural machinery, TSP

1. 서론

농작업기 주행경로의 생성은 무인 농작업을 구현하기 위한 필수 요소이다. 전체 농경지 경작을 위한 최소 비용(최단 거리, 최단 시간 등) 경로가 무엇인지 밝히는 것이 본 논문의 목적이다. 결국 전체 소요 시간을 결정하는 것은 경로 선정 순서라고 볼 수 있다. 경로 선정에 따라 작업기의 선회 시간이 변화되며 이를 잘 고려하여 최적의 조합을 찾을 수 있다.

본 논문에서는 상기한 문제를 잘 알려진 TSP(Travelling Salesman Problem) 문제로 모형화하였다. TSP 최적해 문제의 경우 NP-hard로 알려져 있으며, 경로의 수가 증가하면 가능한 해의 조합이 기하급수적으로 증가하게 된다. 따라서 실시간 또는 참을 수 있는 시간 안에 경로를 생성하기 위한 휴리스틱 알고리즘을 개발하였다.

2. 수리 모형

직사각형 형태의 경작지를 가로 방향으로 경작을 하는 경우, 가로 방향의 직선 주행 거리는 항상 일정하며 경운 경로의 총 길이는 선회 방법에 따라 결정된다. 트랙터 이동 비용은 총 이동 거리 또는 총 이동 시간으로 간주 할 수 있는데 직선 주행의 속도와 곡선 주행의 속도가 다른 경우 각 속도를 고려하여 시간을 산정하여 계산한다. 이동 비용 최소화를 위해서는 경로 간 이동에 걸리는 비용(시간)의 총합을 최소화하는 선회 방법의 조합이 필요하다.

이 문제는 TSP(Traveling Salesman Problem) 문제의 특징을 모두 가지고 있다. x_{ij} 를 경로 i 주행 후 곧바로 경로 j 로 이동하면 1, 아니면 0 이라고 정의한다. 이때 소요되는 비용을 C_{ij} 로 둔다. 즉 경로 i 주행 후 곧바로 경로 j 로 이동하는 경우 걸리는 시간 또는 이동하는 거리로 정의한다. 마지막 경로를 제외하면 모든 경로에서는 반드시 다음 경로로 이동하여야 하며 이를 제약으로 나타내면 다음과 같다.

x_{ij} 를 경로 i 주행 후 곧바로 경로 j 로 이동하면 1, 아니면 0 이라고 정의한다. 마지막 경로를 제외하면 모든 경로에서는 반드시 다음 경로로 이동하여야 하며 이를 제약으로 나타내면 다음과 같다.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i, \text{ 단 } i \neq n$$

시작 경로인 경로 1을 제외하면 모든 경로는 반드시 바로 직전에 출발한 경로가 있어야 한다. 이를 제약으로 나타내면 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j, \text{ 단 } j \neq 1$$

sub tour를 방지하기 위해 다음 제약을 추가 한다.

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad \forall i, j \quad i \neq j$$

이상을 정리하면 다음과 같이 수리 모형을 수립할 수 있으며, 이 수리 모형의 최적해가 최적의 경로 조합이 된다.

$$\begin{aligned} &\text{Minimize} && \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} && \forall i, j && i \neq j \\ &\text{subject to} && \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 && \forall j, && \text{단 } j \neq 1 \\ &&& \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 && \forall i, && \text{단 } i \neq n \end{aligned}$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad \forall i, j \quad i \neq j$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ 0-1 integer variable; } u_i \geq 0$$

3. 결과 및 고찰

실제 문제를 이용하여 경로 선정과 관련된 실험을 수행했다. 이용된 트랙터의 작업 폭은 2m, 선회반경 3.4m이다. 이 트랙터의 경로 변경을 위해 선회하는 방법은 크게 2가지를 고려했다. 첫째로, Fig.1의 (a)와 같은 C형 선회 방법이 있다. 이 때 경로는 최소 3줄 띄고 진입을 해야 한다. 둘째로, Fig.1의 (b)와 같은 P형 선회 방법이 있다. P형은 3줄 이내의 경로를 진입할 때에 사용된다.

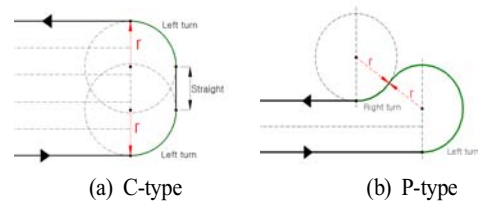


Fig. 1. Turning method for agricultural machinery

직사각형의 세로 방향의 길이가 20m, 즉 경로 $n = 10$ 인 경작지를 경작 할 때의 문제를 다음의 방법을 통해 풀이하고 결과를 비교했다.

- 1) 2절에서 제시한 수리 모형을 이용하여 최적해를 구하는 방법
- 2) TSP에 강점이 있는 Greedy 알고리즘을 이용하는 방법
- 3) Domain Expert의 경작 방법(가장 편한 선회를 이용, 본 문제의 경우 계속해서 3줄 또는 4줄을 띄우면서 경작)

비용함수로는 선회를 위해 트랙터가 이동하는 거리를 이용했다. 인접한 경로로 진입하는 경우 P형 선회를 선택하며 그 때의 비용은 $C_{i(i+1)} = 19.3328\text{m}$ 이다. 한 줄 또는 두 줄 띄우고 진입할 경우에도 P형 선회를 선택하며 $C_{i(i+2)} = 17.0865\text{m}$, $C_{i(i+3)} = 14.0131\text{m}$ 이다. 세 줄 이상이면 C형 선회를 선택하며 그 때의 거리는 $11.8814\text{m} + (\text{띄어진 줄 수} - 3) \times 2\text{m}$ 로 결정된다.

3.1. 수리모형 풀이를 통한 최적해

최적경로 : 1→5→9→4→8→3→7→2→6→10

최적해(거리) : 112.9326(m)

3.2. Greedy 알고리즘

경로 : 1→5→9→4→8→3→7→2→6→10

해(거리) : 112.9326(m)

3.3. Domain Expert의 방법

최적경로 : 1→6→2→7→3→8→4→9→5→10

최적해(거리) : 116.9326(m)

Greedy 알고리즘은 최적해를 찾았고 domain expert의 방법은 최적해보다 다소 열악했다. 이러한 차이는 domain expert의 경우 선회하기 편하고 시간이 덜 소요되는 방법을 선호하기 때문으로 판단된다. 실제 트랙터의 속도를 감안하고 비용함수를 시간으로 변경하면 또 다른 결과가 나올 것으로 판단된다. 또한 Greedy 휴리스틱의 효율성도 입증되었다고 볼 수 있다.

참고 문헌

- (1) Papadimitriou, C. H. and Steiglitz, K., 1982, *Combinatorial Optimization : Algorithms and Complexity*, pp. 7-10.

이족보행로봇의 실시간 작업동작 구현에 관한 연구

김민성^{1*}, 조상영¹, 구영목¹, 양준석¹, 한성현²

A Study on Real-Time Implement-Action of Working Motion of Biped Robot

M.S. Kim*, S.Y. Jo, Y.M Koo, J.S. Yang, S.H Han

경남대학교 첨단공학¹, 경남대학교 기계공학부²

Key Words : Biped Robot, Real-Time, Implement-Action, Working Motion

1. 서론

현재 이족보행로봇의 연구는 주로 인간과 비슷한 기구학적 메카니즘을 바탕으로 자연스러운 걸음새 구현 및 안정화, 다양한 센서를 사용한 인식 및 인지 의 지능적 기능 구현이 중점적으로 수행되고 있다. 안정된 정적보행을 바탕으로 적외선센서를 사용하여 장애물을 지능적으로 대처하는 이족로봇의 보행 방법, 동력학의 역모델링 기법을 이용하여 이족로봇의 제어를 설계하고 계층적 모듈라 신경망을 적용하는 방법, 이족보행로봇의 빠른 보행에 중점을 두고 로봇구조를 설계하는 방법, 기구학적 모델링과 ZMP 제어를 적용한 인간형 이족보행로봇의 정적보행 제어방법이 연구되었다. 또한 이족보행로봇을 손쉽게 구현하기 위해 필요한 여러가지 개발도구들을 지닌 통합개발환경 설계 및 구현하는 방법도 제안되었다.

2. 학습제어 기법

이족보행로봇은 Fig. 1과 같이 로봇 기구부, 주제어부, 모터 제어부, 센서처리부, 원격 제어부, 비전시스템으로 구성되어 있다. 로봇 기구부는 전체 21자유도로 21개의 RC서보모터를 사용하였으며, 다양한 형태의 장애물 인식과 계단, 경사지에서의 보행을 위하여 적외선센서와 FSR센서를 로봇발부분에 장착하였고, 원격제어를 위하여 무선 카메라를 머리 부분에 장착하였다.

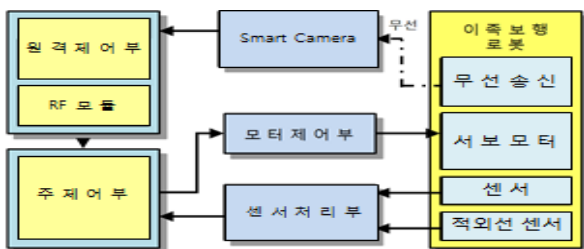


Fig. 1. Overall structure of a biped robot

이족보행로봇은 Fig. 2와 같이 상체 9자유도와 하체 16자유도로 전체 25자유도를 가지도록 구성하였다. 로봇 몸체는 알루미늄 링크로 구성, 각 관절에는 25개의 RC서보모터를 사용하였다.

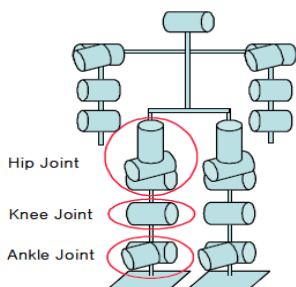


Fig. 2. Joint configuration of a biped robot

3. 실험 결과 및 고찰

이족보행로봇이 장애물에 발이 부딪히지 않고 넘어가기 위해서는 로봇과 장애물이 항상 일정한 거리범위 안에서 일정한 자세를 수행해야 한다. 따라서 이족로봇이 적외선 센서를 통해 장애물을 발견하면 일정 거리 범위를 유지하기 위해 거리보정을 수행한 후 적외선 센서로부터 받아들인 장애물 높이에 따라 지능적으로 장애물 넘어가기 알고리즘이나 장애물 회피 알고리즘을 수행한다.

이족보행로봇의 발에는 장애물 감지를 위한 적외선 센서가 6개 부착되어 있다. 적외선 센서와 장애물과의 거리측정 실험 결과는 Fig. 3과 같다. 적외선센서의 거리측정은 장애물과의 거리를 각각의 센서별로 실험을 하였고, 거리에 따라 NR(near), SD(short distance), MD(middle distance), LD(long distance)로 나누어서 장애물 회피 및 지능보행 알고리즘에 적용하였다.

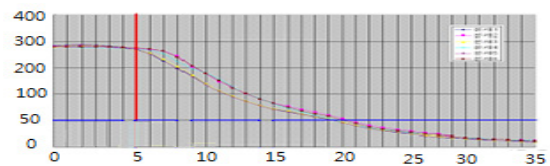


Fig. 3. Experimental results of distance measurement using infrared sensors

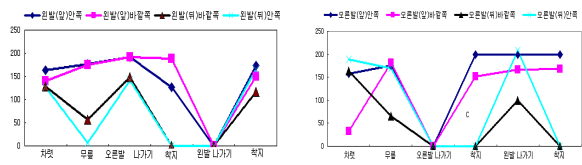


Fig. 4. The result of walking simulation

4. 결론

본 연구에서는 이족보행로봇의 실시간 작업동작 구현을 위한 자세 안정화 알고리즘을 제안하고, 실제 개발된 이족보행로봇을 다양한 환경에서 실험하여 성능을 검증하였다. 적외선센서와 토크센서를 사용하여 지능적인 보행 및 자세 안정화를 구현하였다. 그리고 25관절 로봇을 이용한 모의실험을 통한 성능 시험을 통해 가능성을 예측하였다

후기

본 논문은 로봇산업융합원천기술개발 사업의 일환으로 연구하였음.

참고 문헌

- (1) J. H. Kim, D. H. Kim, Y.J. Kim, K. H. Park, "Humanoid Robot Hansaram: Recent Progress and Developments", HNICE Int. Conference, pp. 1-11, 2003.

수직다관절로봇의 작업경로 및 작업공간 시뮬레이터 설계에 관한 연구

김민성^{1*}, 조상영¹, 이창빈¹, 원종범², 이준경³, 한성현³

A Study on Simulator Design of Working Path and Space of Vertical Type Robot with Six Joints

M.S. Kim*, S.Y. Jo, C.B. Lee, J.B. Won, J.K. Lee, S.H. Han

경남대학교 첨단공학과¹, (주)SMEC², 경남대학교 기계공학부³

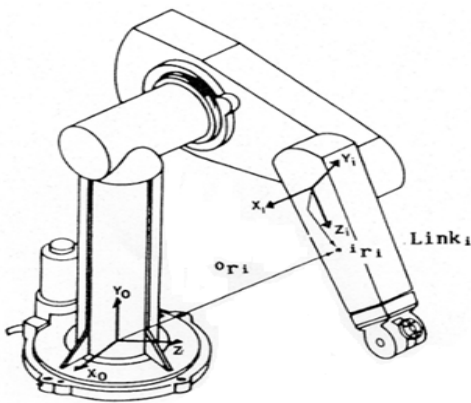
Key Words : Simulator Design, Working Path, Vertical Type Robot, Six Joints

1. 서론

고온내열환경의 주·단조작업공정에서는 생산공정에 많이 적용되는 로봇의 형태는 크게 저 부하, 단순 반복 작업에 속하는 조립작업에 적합한 스칼라 로봇 및 직교 로봇과 제품의 형상이 복잡하고 작업반경이 커질 경우 사용되는 다관절 로봇 매니퓰레이터로 나눌 수 있다. 스칼라, 직교 및 다관절 로봇은 구조상 고 부하가 요구되는 작업을 하기 위해서는 모터와 감속기의 용량과 부피가 커지고 이는 로봇 자체의 과열 등의 누적 부하로 작용한다. 기존의 산업용 로봇 매니퓰레이터는 이러한 연쇄적인 구조로 상기와 같은 문제점에서 벗어날 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 강성을 매뉴 높이는 고온내열환경에서 적합한 수직다관절로봇의 설계방법이 제안되었고, 이를 응용한 병렬구조의 6자유도 로봇 시뮬레이터를 설계하였다.

2. 시뮬레이터 설계

본 연구에서는 고온내열환경작업을 위한 고강성을 갖는 수직다관절 구조의 6축 로봇 매니퓰레이터 작업영역 및 경로해석을 위한 시뮬레이터 설계방법을 제안하였다. 이의 구조는 Fig. 1 같이 구성된다. 본 논문의 불나사 채용의 6절 링크기구로 구성된 고강성을 갖는 새로운 형태의 구동기를 제안하고 이를 다관절형 로봇 매니퓰레이터에 적용하였다.

Fig. 1. Point $i r_i$ in link i

일반적으로 관절 i 의 관절 변수는 회전관절의 경우에는 θ_i 가 변수이고 미끄럼관절의 경우에는 d_i 가 변수 이므로 회전관절 및 미끄럼관절에 대하여 동시에 적용 가능한 동적방정식을 유도하기 위하여 관절 i 에 대한 일반화된 좌표(generalized coordinate)를 나타내는 변수를 q_i 로 정의하면, 기준 좌표계에 대하여 표시된 링크 i 의 점 $i r_i$ 의 속도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} V_i &= \frac{d}{dt}({}^o r_i) = \frac{d}{dt}({}^o A_i {}^i r_i) \\ &= {}^0 \dot{A}_1 {}^1 A_2 \dots {}^{i-1} A_i {}^i r_i + {}^0 A_1 {}^1 \dot{A}_2 \dots {}^{i-1} A_i {}^i r_i + \dots \\ &= {}^0 A_1 \dots {}^{i-1} A_i \dot{{}^i r_i} + {}^0 \dot{A}_i {}^i r_i \\ &= \left[\sum_{j=1}^i \frac{\partial {}^o A_i}{\partial q_j} \dot{q}_j \right] \end{aligned} \quad (1)$$

동력 시뮬레이션 가 작동 시 최대로 압축되었을 때의 전단 응력과 스프링 자체가 완전 압축되었을 때의 전단 응력을 각각 제한하여 응력 관점에서 안전성을 확보하도록 하였다.

로봇의 반복적인 작업으로 인하여 동력 시뮬레이션의 스프링이 받는 피로하중에 대한 안전성 확보를 위하여, 동력 시뮬레이션의 스프링 각각에 대한 수명을 2,000,000시간 이상이 되도록 제약 조건을 부과하였다.

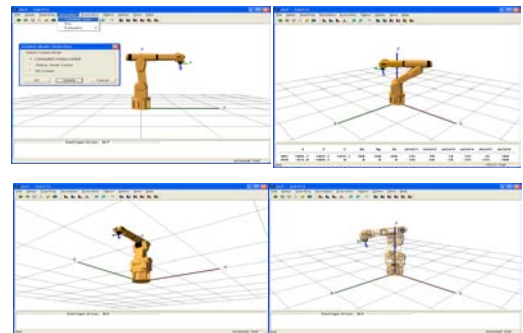


Fig. 2. Kinematic simulator

3. 결론

본 연구에서는 고온내열환경작업공정용 수직다관절 로봇의 다관절 로봇 시뮬레이터 설계에 관한 연구를 수행하였다. 최적설계의 목적함수는 수직다관절 로봇의 작업영역 중 주로 이용되는 작업경로 및 작업공간 해석 시뮬레이션의 설계 하였다.

후기

본 연구는 로봇비즈니스벨트 사업의 일환으로 연구되었음

참고문헌

- (1) Segla, S, Kalker-Kalkman, C. M. and Schwab, A. L., 1988, "Static Balancing of a Robot Mechanism with the aid of a Genetic Algorithm," Mechanism and Machine Theory, Vol. 33, pp. 163~174.

역전파알고리즘에 의한 다관절 로봇의 학습제어에 관한연구

조상영^{1*}, 김민성¹, 김정현², 박성원², 한성현²

A Study on Intelligent Control of Robot based on Backpropergation Algorithm

S.Y. Jo.^{*}, M.S. Kim., J.H. Kim, S.W. Park, S.H. Han경남대학교 첨단공학과¹, 경남대학교 기계공학부²

Key Words : Uncertain dynamics parameters. Flexibility, Learning control

1. 서론

지능 로봇에 대한 연구는 다양한 분야에서 오랜 역사만큼이나 다양한 연구가 진행되었다. 제어분야만 보더라도 최적제어, 견실제어, 적응제어뿐만 아니라 지능제어까지 산업용 로봇을 대상으로 연구되었다. 하지만 실제 산업현장에서 사용되고 있는 제어방법으로는 PID제어가 대부분이며 다이나믹스 물체를 해결하기 위한 제진제어기 그리고 일부 힘 제어 등이 적용되고 있다. 그 이유는 복잡한 제어기는 많은 계산 시간 및 경제적인 이유로 현장에서 사용할 수 없기 때문이다. 또한 일정한 조건을 만족하는 실험실에서만 가능한 연구도 많이 있다. 본 논문에서는 실제 로봇에의 적용성을 높이기 위해 제어기 변경 없이 역전파알고리즘에 의한 반복학습제어 알고리즘을 이용하여 로봇의 추종 궤적을 변경하고 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 향상시킨다. 로봇 끝단의 위치정보를 얻기 위해서는 외계센서를 이용하였으며 이를 로봇 하단 3자유도의 궤적을 변경 시키는데 이용하였다. 그리고 6자유도 산업용 로봇을 이용하여 제어 알고리즘의 성능을 확인하였다.

2. 학습제어 알고리즘

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의한 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 줄이기 위해 본 논문에서는 반복 학습 제어를 이용한 궤적 정보를 수정하게 된다. 반복학습제어란 반복된 일련의 작업에서 전번실행에서 발생한 오차를 다음번의 제어를 위해 이용하는 방식으로 여러 번의 반복된 학습제어에 의해 원하는 오차를 매우 작은 범위까지 줄일 수 있는 제어방식이다. 다음 그림은 반복학습 제어의 원리를 설명하고 있다. 제어 횟수가 반복될수록 제어 궤적은 오차가 감소하는 쪽으로 업데이트 된다. 결과적으로 제어기 변경 없이 만족하는 궤적오차 범위를 만족하는 제어궤적을 얻게 된다.

반복학습제어를 구조적으로 분류하면 크게 제어입력을 학습하는 방식과 추종궤적을 학습하는 방식이 있다. 본 논문에서는 제어기 자체의 변화 없이 제어 성능을 향상시키기 위해 후자의 제어 방식을 이용하게 된다. 본 논문에서는 Heuristic ILC를 이용한 6축 로봇의 제어로 로봇 추종 궤적이 매회 제어가 거듭 될수록 다음과 같이 변환된다.

$$\mu_{k+1}^{REF} = Q(\mu_k^{REF} + \epsilon_k)$$

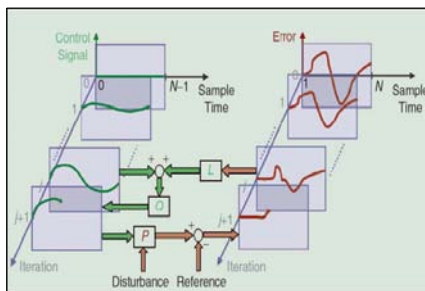


Fig. 1 Iterative Learning Control

여기서 L 은 학습 계인으로 0과 1사이의 값이며 또한 시간 지연을 하게 되며, $\text{butterworth filter}$ 로 외란을 제거하게 된다. 그리고 ϵ_k 는 궤적오차로 로봇 끝단의 궤적과 외계센서에 의해 지정된 실제 로봇의 위치의 차이이다. 식 1에서 μ_k^{REF} 는 k 번째 학습을 통해 얻어진 추가되는 궤적 변환 값이다. 결과적으로 $k+1$ 번째 궤적 정보 y_{k+1}^{REF} 는 다음과 같다.

$$y_{k+1}^{REF} = y_d + \mu_k^{REF} \quad (1)$$

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의해 로봇을 정밀하게 주어진 궤적에 대해 제어 하였을 때도 로봇 끝단의 위치는 원하는 위치로 가지 못하는 경우가 대부분이다. 그러한 이유로 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 위치 정보를 이용하여 역기구학을 통해 기존의 조인트별 궤적을 변경하게 된다. 본 논문에서 사용한 외계센서는 다음 Fig.3과 같은 Dynalog사의 Compu GaugeTM를 사용하였다.

외계 센서로부터 샘플링 주기 1000Hz 미만의 로봇 끝단의 위치 정보를 얻게 된다. 하지만 위치 정보만으로 일반적인 기구학적 해석 방식으로는 역기구학을 해석할 수 없다. 그러한 이유로 본 논문에서는 로봇 끝단의 오차를 마지막 피치방향의 회전 중심점의 오차로 변환하여 문제를 해결하였다. 비록 변형된 로봇의 하단 3개의 조인트로 인해 로봇 끝단의 방향벡터가 원하는 방향과 다를 수 있지만 로봇 끝단의 위치 오차가 작다면 그 변화도 작기 때문에 그로인한 방향벡터의 변화는 적을 것으로 예상된다.

3. 결론

수직다관절 로봇의 정밀한 제어를 하기 위해서는 좋은 제어기가 필요하다. 하지만 제어기의 교체없이 로봇의 파라미터 및 강성에 의한 로봇의 추종오차를 본 논문에서는 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 정보를 이용하여 반복 학습 제어 알고리즘으로 궤적을 변경함으로써 얻을 수 있었다. 학습 횟수가 증가할수록 로봇이 끝단 정밀도는 크게 증가하였다. 본 논문에서는 외계센서를 통해 얻어진 정보를 조인트 궤적의 변환 값으로 변경하는데 있어 위치 오차로의 환산만을 하였다. 앞으로는 적은 외계센서 데이터 개수로부터 로봇끝단의 회전 오차까지 줄일 것인가에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- (1) T.-J. Ha, J. Lee and J. H. Park, 2007, "Robust Control by Inverse Optimal PID Approach for Flexible Joint Robot Manipulator," Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, pp. 336 - 341.
- (2) M. krstic, I. Kanelakopoulos, and P. Kokotovic, 1995, "online and Adaptive Control Design," Wiley-Interscience Publication.

고온환경용 수직다관절로봇 아암의 관절공간 제어의 알고리즘 개발

조상영^{1*}, 김민성¹, 강정석², 나연주³, 한성현³

A Study on Development of Joint Space Motion Control Algorithm for Vertical Type Robot Arm in High Temperature Environment

S.Y. Jo*, M.S. Kim, J.S. Kang, U.J. Na, S.H. Han

경남대학교 첨단공학과¹, (주)SMEC², 경남대학교 기계공학부³

Key Words : Motion Control Algorithm, Vertical Type Robot, Arm, High Temperature Environment

1. 서론

최근 산업공정에서는 노동력 부족현상이 심하여 인력대체용으로 로봇을 효율적으로 사용하고, 생산라인의 작업중단을 방지하고, 복잡한 작업에의 적용을 용이 하게 하기 위해서는 오프라인 프로그래밍 시스템(Off-Line Programming system, OLPS)의 개발이 절실히 요구되고 있다. 오프라인 프로그래밍 시스템을 이용하면 작업변경에 따르는 시간과 비용을 절감할 수 있음은 물론이고 각종 문제나 위험요소를 사전에 제거할 수도 있다. 컴퓨터 상에서 구현된 로봇과 작업환경에서의 각종 시뮬레이션 결과를 현장의 작업에 적용하기 위해서는 이 결과와 실제 시스템과의 일치가 확인될 때만 가능하다.. 그러므로 본 연구에서는 3D정보를 이용한 보정기능을 갖는 오프라인 프로그래밍 시스템을 개발하여 로봇기반 무인 FA를 개발하고자 한다. 그리고 시각정보를 이용하여 시뮬레이션 결과를 현장에 직접 적용할 수 있다. 이 방법은 물체의 실제의 생산공정의 조립·검사라인의 자동화 기술에 크게 기여하리라 판단되므로 본 연구에서는 이대 한 기본연구를 수행하였다.

2. 오프라인 제어 구조

본 연구의 프로그램은 편리한 사용자 인터페이스를 위하여 다양한 그래픽 기능들을 보유한다. 이러한 기능들을 위해서는 3차원적 데이터 베이스 구축 및 그래픽 알고리즘의 구축이 필요하게 되었다.

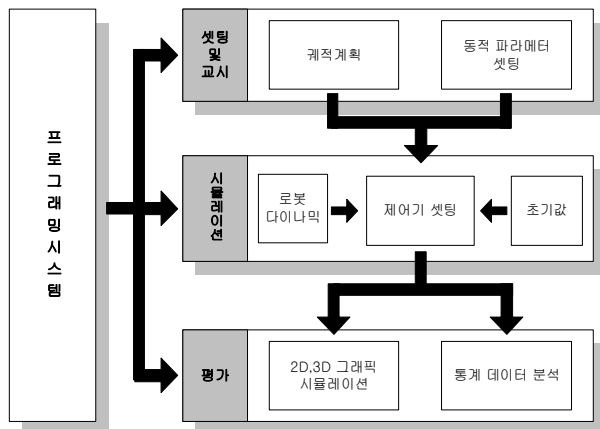


Fig. 1. Architecture of Off-Line Programming system

3차원적 그래픽을 위한 알고리즘의 개발로 시뮬레이션 결과를 3차원 영상으로 볼 수 있게 된다. 이를 위해서 실제 좌표계에서 시각 좌표계의 변환 및 원근 투영 기술이 포함되었다.

그래픽을 이용한 시뮬레이터의 경우 가장 빈번히 사용되는 기능중의 하나가 시각위치 변경기능이므로 본 연구에서는 보다 편리하게 시각위치를 변경할 수 있는 기능을 갖추었다.

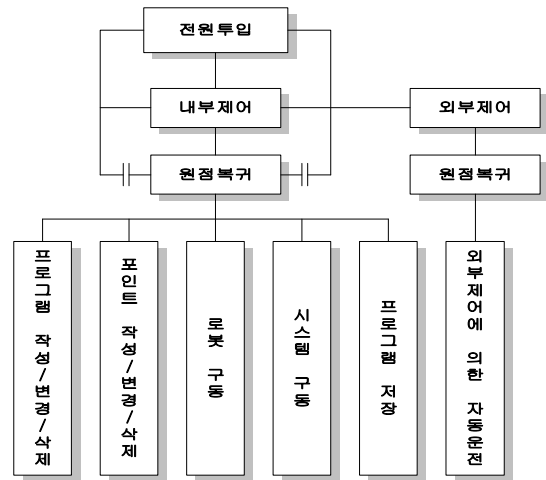


Fig. 2 The construction of robot operation

3. 컴퓨터 모의실험

카메라의 이동속도와 이미지의 특징점의 속도 간의 정확한 관계를 알아야 한다. 왜냐하면, 이미지 특징점의 속도에 기초한 매니퓰레이터의 피드백 명령을 발생하기 때문이다. 이미지 자코비안 형태로 표현할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 로봇 매니퓰레이터가 영상 피드백 제어에 대한 연구를 수행하면서 오프라인 프로그램 시스템을 사용하여 수행하고 하는 온라인 작업을 오프라인 상에서 미리 시뮬레이션하고 성능 평가할 수 있었고, 작업 자체와 제어 추종성능을 예상할 수 있었다.

후기

본 연구는 로봇비즈니스벨트 사업의 일환으로 연구되었음.

참고문헌

- (1) P. K. Allen, A. Timcenko, B. Yoshimi and P. Michelman, "Real-time visual servoing." in proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 1850-1856, 1992
- (2) D. B. westmore abd W. J. wilson. "Direct Dynamic control of a Robot Using and End-Point Mounted Camera and Kalman Filter Position Estimation", Proc IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp 2376-2384 1991.

뉴럴 네트워크 기반 휴머노이드 로봇의 지능제어에 관한 연구

박근덕^{1*}, 조상영¹, 김민성¹, 박지원¹, 한성현²

A Study on Intelligent Control of Humanoid Robot Based on Neural Network.

G.D Park*, S.Y Jo., M.S. Kim, J.W. Park, S.H Han

경남대학교 첨단공학과¹, 경남대학교 기계공학부²

Key Words : Improvement of Learning Performance, Adaptive Learning, Neural Network

1. 서론

본 연구에서는 뉴럴 네트워크 기반 로봇의 지능제어를 위한 새로운 학습 제어 방법을 제시하고, 본 연구실에서 개발한 25축을 갖는 2족보행 로봇에 적용, 공간상에서의 궤적 제어에 대한 실험결과와, 기존의 제어기를 사용한 경우의 결과를 비교하여 그 우수성을 확인하였다.

지능제어의 효율 최적을 위해 다양한 퍼지 테이블을 사용하는 퍼지 제어 방식을 사용할 수 있으나, 잦은 학습률의 변화는 오히려 학습의 에러를 증가시키는 결과를 초래하므로, 결과적으로 학습을 저하 시켜서 제작된 로봇의 시스템의 궤적 추종 특성을 저하 시킬 수 있다.

따라서 본 논문에서는 전문가의 경험 규칙을 이용하여 학습률을 변화시켜서 최소한의 학습률의 변화만을 가지는 적응학습률 구조를 만들었다. 전문가의 적응학습률 구조를 사용하는 것은 퍼지 테이블을 변환하는 과정이 별도로 필요하지 않기 때문에, 제어 방법을 간략화 할 수 있어서 실시간 제어를 할 수 있기 때문이다. 또한 제한한 제어가 학습에 사용된 궤적뿐만 아니라 로봇의 동특성도 학습하는 일반화(generalization)특성을 가짐을 학습에 사용되지 않은 궤적과 상황에 대한 실험 결과로 제시한다. 이러한 결과는 신경회로망 기반 학습제어 방법을 이용한 실시간 작업동작이 가능한 로봇의 지능 제어가 구현될 수 있음을 보여준다.

2. 지능제어 알고리즘

본 연구에 사용된 전연결(fully connected) 역전파 신경회로망의 일반적인 구조는 다음과 같다.

여기에서 각 변수는 다음과 같이 정의된다.

L, N, M: 각 층의 신경 세포의 수

$X_P = (X_{P1}, X_{P2}, \dots, X_{PN})^T$: P번째 입력 벡터

ω_{ji}^h : j 번째 은닉 신경세포와 I번째 입력 신경세포사이의 은닉층 가중치

ω_{kj}^o : k번째 출력 신경 세포와 j번째 은닉 신경 세포사이의 출력층 가중치

θ_j^h : 은닉층 j번째 신경 세포의 바이어스(bias)

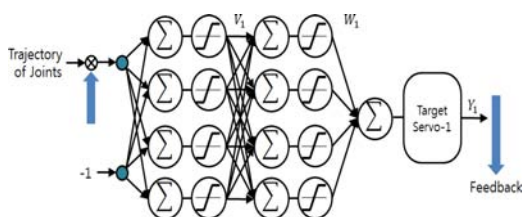


Fig. 1. Structure of neural network.

θ_k^o : 출력층 k번째 신경 세포의 바이어스(bias)

O_{pk} : p번째 입력벡터에 대한 출력층 k번째 신경세포의 출력값

따라서 은닉층의 j번째 신경 세포에 공급되는 실입력(net_{pj}^h)은 다음과 같이 표현되고

$$net_{pj}^h = \sum_{i=1}^N \omega_{ji}^h x_{pi} + \theta_j^h \quad (1)$$

이러한 일반적인 신경회로망의 학습방법은 지역 극소가 있는 경우 문제가 발생할 수 있다. 즉 지역 극소에 빠지면 전역 극소를 찾아 탈출하는 것이 불가능하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 관성항(Momentum)을 첨가한다. 관성항이란 과거의 가중치변화량을 일정비율 더하여 줌으로서 마치 관성이 존재하는 것처럼 동작하게 하는 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 기존의 PD제어와는 달리 다양한 궤적의 변화와 부하의 변동에 대응할 수 있는 적응 학습률을 이용한 신경회로망을 제안하였다. 따라서 제어대상의 구조적인 지식 없이도 최소화해야 할 오차항의 정의만으로 제어가 가능했고, 제어대상과 제어시스템에 대한 모델링도 필요없었다. 또한 기존의 신경회로망보다도 학습속도와 제어 성능 면에서 개선이 있었음을 알 수 있다. 제한한 신경회로망은 학습하지 않은 궤적이나 속도의 변동, 부하의 변동 등에도 훌륭히 제어를 수행하며, 기어의 백래쉬와 극소 근처에서 반복되는 학습으로 인한 고주파 출력 특성을 극복할 수 있음을 실험자료를 통해 보았다.

후기

본 논문은 로봇산업융합원천기술개발 사업의 일환으로 연구하였음.

참고문헌

- (1) W. Thomas Miller III, Filson H. Glanz and L. Gordon Kraft III, "Application of a general learning algorithm to the control of robotic manipulators," The International Journal of Robotics Research, vol. 6, no. 2, pp. 84-98, Summer, 1987.
- (2) Seul Jung and T. C. Hsia, "On reference trajectory modification approach for cartesian space neural network control of robot manipulators," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 575-580, 1995.

헬스케어용 지능로봇의 설계에 관한 연구

하연태¹, 심현석², 신행봉³, 정양근⁴

A Study on the Intelligent Robot Design for Health Care

U.T. Ha, H.S Shim, H.B. Shin, Y.G. Jung

(주)미래기술연구소¹, (주)동산테크², (주)SG서보³, 신라정보기술(주)⁴

Key Words : Intelligent Robot, Walking ability, Gait-phase information, Threshold-based classification

1. 서 론

본 연구에서 사용되는 인체센서는 보행단계구분 외에도 로봇의 자세 안정성 판단 등 다양한 기능을 구현하기 위해 보다 정밀한 압력센서를 사용해 지면반력을 측정한다. 정확성을 높이기 위하여 인체센서 장치를 통해 얻은 데이터를 사용해 보행단계별 특성을 분석하였으며, 그 결과 인체와 센서간 결합상태, 보행속도변화 등 여러 조건에 따라 측정되는 센서값의 큰 편차가 일어난다. 이와 같이 센서 값의 편차가 큰 상태에서도 보행 단계를 정확히 구분할 수 있는 방안으로 나이브-플렉시블 베이지안 보행단계구분 알고리즘을 제시하고, 이후 보행 단계구분 실험을 통해 제안하는 방법의 정확성을 비교 분석함으로써 보행단계 구분 및 관련 연구 소개와 보행단계와 근력 증강 로봇의 사이 버시스템 설계 및 센스장치의 특성 분석과 특성에 적합한 보행단계 분석을 한 뒤 결론을 도출한다.

2. 본 론

최근 개발된 근력증강로봇들은 대부분 제어 모드 전환을 위해 보행단계상태 정보를 사용하고 있으며, HAL(Hybrid Assistive Limb)은 신발 안쪽 바닥에 FRS센서를 구성하고, 보행단계 상태는 발이 지면에 받는 초기단계, 지면에 닿고 있는 단계, 발이 지면에 떨어지는 단계 등 3단계를 구분하고, BLEEX (Berkeley Lower Extremity Exoskeleton)은 착용자의 신발 바닥에 FSR 센서를 구성하고 보행 단계상태는 착용자가 걸을 때 발뒤꿈치 위치에서 지면반력이 관측되는 단계, 로봇의 하단에서 발바닥에서 지면반력이 관측되는 단계, 발을 지면에서 떼기 전 발가락 위치에서 지면반력이 관측되는 단계와 모든 센서에서 관측이 되지 않는 단계 등 총4단계로 구분하고 있으며 ROBIN은 신발바닥과 클러치 하단부위에 FSR 센서를 구성하고, 보행 단계상태는 일어서는 동작상태, 걷는 동작상태, 앉는 동작상태 등을 동작의 시작과 끝을 고려해 총7단계로 구분하는 등의 연구는 공통적으로 보행단계상태를 구분하기 위해 착용자가 보행시 발아래에 설치된 인체센서(이하 발센서 장치)를 통해 보행시 생성되는 지면반력을 감지하는 연구이다.

발 센서 장치와 지면 반력데이터 분석으로 발 센서 장치에는 가해진 힘을 전기적 신호로 바꾸는 로드셀(Loadcell) 센서가 착용자의 발바닥 부위 중 뒤꿈치(x_1), 발볼바깥(x_2), 발볼안쪽(x_2), 발가락(x_4) 등이 닿는 네 곳의 위치에 설치되어 있다.

지면 반력 데이터를 보행 단계별로 분류한 결과는 초기접촉단계에서 센서 x_1 의 값이 16 kg까지 상승하나, 다른 위치 센서에는 0.7 kg 정도의 값이 나타나며, 입각 단계에서는 x_1 의 값이 이전 단계보다 줄었으나, 다른 위치의 센서는 전체적으로 상승하는 것으로 나타나며, x_2 에서 최대 21 kgf가 측정되었다. 사전 유각 단계에서는 센서 x_1 의 측정치가 평균 0.2 kgf 정도의 값으로 줄어들었지만 나머지 위치에서는 평균 5 kgf 이상의 값이 계속 관측된다. 유각 단계에서는 모든 위치에서 센서값이 관측되지 않을 것으로 예상되었지만 x_2 와 x_3 에서 평균 2 kgf에서 최대 4 kgf의 값이 관측되고 있다.

Table 1 보행 단계 구분 상태표

State	x_1	x_2	x_3	x_4
Initial Contact	On	Off	Off	Off
Stance	On	On	On	On
Pre-swing	Off	On	On	On
Swin	Off	Off	Off	Off

상태표와 임계값을 기준으로 보행단계상태 정보를 구할 경우 착용자의 여러 조건 변화 마다 최적의 임계값을 달리 설정해야만 정확한 보행 단계 구분이 가능하여 이 기준으로 구분하는 방법은 모든 상황 조건 변화에 따라 보행 단계를 효과적으로 구분하기 어렵다. 따라서 확률적인 프로세스를 적용하여야 한다.

3. 실험 결과

3.1 실험 방법

근력증강로봇을 착용하고 트레이드밀 위를 걸을 수 있도록 구성하였다. 실험에 사용된 로봇은 최대 45 kg의 하중을 짊어진 상태에서 최고 4km/h의 속도로 보행할 수 있으며, 무릎과 엉덩이 관절부위에 각각 구성된 로봇 구동기를 통해 작동한다. 실험 데이터는 실험 인원이 로봇을 착용하고 트레이드밀 위에서 보행속도를 달리하며 걸을 때 발 센서 장치에서 나오는 데이터를 다음 표와 같이 획득하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 근력증강로봇의 제어를 위해 착용자의 보행단계를 구분하는 방법을 제시하였다. 먼저 센서 장치로부터 획득된 데이터를 보행단계별로 구분하여 분석하였다. 이 장치의 특성을 극복하면서 높은 정확도로 보행단계상태 정보를 제공할 수 있는 나이브-플렉시블 베이지안 보행단계구분 알고리즘을 제안하였다. 이 후 2단계 및 4단계 보행단계 구분 정확도 실험에서 제안하는 방법과 임계치 기반의 보행 단계 구분 방법 및 나이브 베이지안 구분 방법의 정확도성능을 비교분석하였다.

참 고 문 헌

- (1) E. A. Lee, "Cyber physical systems: design challenges," in Proc. IEEE Int. Symp. Object-Oriented Real-Time Distributed Computing(ISORC), pp. 363-369, Orlando, FL, May 2008.
- (2) E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach, Retrieved 2011, from <http://LeeSeshia.org>

보행 로봇의 안정한 작업동작생성에 관한 연구

정양근^{1*}, 김민성², 조상영², 박지원², 한성현³

A Study on Stable Working Action Generation of Biped Robot

Y.G. Jeong*, M.S. Kim, S.Y. Jo, J.W. Park, S.H. Han

(주)신라정보기술¹, 경남대학교 첨단공학과², 경남대학교 기계공학부³

Key Words : Stable, Working Action, Generation, Biped Robot

1. 서론

21C에 접어들면서 과학 기술과 산업의 비약적인 발달로 인해 인간의 삶에 굉장히 많은 발전이 있었다. 그 결과 기업체나 혹은 실생활에서도 환경에 제약이 없고 여러 가지 작업을 수행 할 수 있는 다양한 종류의 이동로봇들에 대해 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. 본 연구에서는 사람의 보행모습과 더 흡사하며 자연스럽게 안정적인 이족보행 로봇의 보행을 구현하기 위하여 26자유도의 이족보행 로봇을 3차원 공간상의 구속 다물체계로 구성하였으며, 보행간 팔의 움직임과 같은 상체의 동작을 고려한 작업동작생성 방법을 제시하였다.

2. 워킹 보행패턴 생성

2.1 작업동작생성

Fig. 1은 이족보행 로봇의 보행주기와 매개변수를 보여준다. 그림에서 y축은 한 발짝(step)의 길이로 나타내며, 보행 중 지면으로부터 올리는 발의 최대 높이를 H로 정의하였다. 또한 일반적인 보행동작의 경우 팔을 앞뒤로 자연스럽게 흔들게 되는데 이때 팔을 앞으로 올리는 각도와 뒤로 올리는 각도에 차이가 있다.

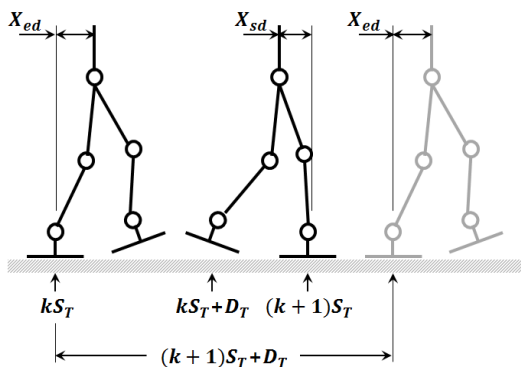


Fig. 1. Walking cycle of biped robot

x축은 보행 시 양 발의 거리인 보간을 나타낸다. 보편적으로 알고 있는 서 있는 자세에서의 보간은 어깨넓이이다. 그러나 보행 시에는 보간이 좁아지게 된다. 보간이 커지게 되면 ZMP의 아동이 커지기 때문에 보행 시 허리의 좌우 반동과 상하 진폭 또한 커지게 된다. 그러므로 불안정한 보행자세 또는 보행속도를 제한하게 된다. Fig.1과 같이 보행주기는 한발지기와 두발지기 구간으로 구분되며, 한걸음 동안의 소요시간인 보행주기를 γ 라 하였으며, 두발지기 시간을 γ_{DSP} 라 하였다. 보행 모션을 결정짓는 추가적인 보행 매개변수로 발목각도가 있으나, 인간에 비해 발바닥 면적이 큰 로봇의 경우 일반적으로 항상 평행을 유지하도록 하고 있다.

2.2 보행 로봇의 작업공간 좌표분석

Fig. 2는 일반적인 이족보행 로봇의 3차원 뼈대모델을 보여준다. 인간의 움직임과 가장 비슷한 자유도를 구사하기 위하여 많은 회전조인트가 사용되었으며, 총 26개의 강체로 구성된 다물체계이다. 하나의 물체에 대한 3차원 공간상의 자유도는 X,Y,Z 각 방향에 대한 병진과 각 축에 대한 회전운동을 포함한 6이 된다. 즉, 공간상의 물체의 형태를 정의하는 일반좌표의 수도 6이 된다. 따라서 물체가 많을수록 3차원 공간상의 기구해석이 복잡해지고 계산량 또한 방대해진다.

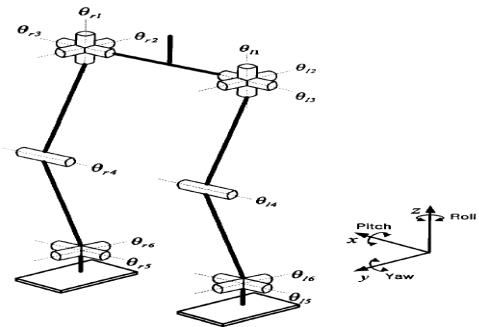


Fig. 2. The frame of biped robot system

3. 결론

3차원 평면 모델의 생성된 보행패턴과 본 연구에서 사용한 방법으로 생성된 작업동작을 비교한 결과, 본 연구에서 제안된 방법으로 생성된 작업동작이 기존 연구의 것보다 조금 더 안정성이 향상됨을 알 수 있다. 본 연구의 제안된 보행패턴 방법을 통하여 기구 해석을 3차원으로 직접 구한 것에서부터 오차가 감소된 것 뿐 아니라, 적절한 팔의 동작이 보행안정성 향상에 크게 영향이 미치는 것을 확인하였다.

후기

본 논문은 로봇산업융합원천기술개발 사업의 일환으로 연구하였음.

참고문헌

- (1) J.J Kuffner, S. Kagami, K. Nishiwaki, M. Inaba, and H. Inoue, "Dynamically-stable motion planning for hu
- (2) Shin,B. S, Choi, D. S, Je, T. J, Whang, K. H, Yang, D. Y, 2002, Development of rapid manufacturing process by high-speed machining with automatic fixturing, JMPT, pp. 363~371.
- (3) Lee, E.S, Je, T.j, Ohmori H, 2006, Development of cylindrical grinding technology with electrolytic in-process dressing method, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.1, No.1, pp. 127~132.

휴머노이드 로봇의 유연 작업동작 학습제어에 관한 연구

정양근^{1*}, 황원준², 이우송³, 박인만⁴

A Study on Learning Control of Bipeded Robot for Flexible Working Motion

Y.G J*, W.J Hwang, W.S Lee, I.M. Park

신라정보기술(주)¹, 경남TP², (주)성산암테크³, (주)인템⁴

Key Words : Stable Posture Control, Mobile Robot, Local Path Planner

1. 서론

Autonomous Robot Vehicle 은 다양한 용도에서 그 필요성이 증가되고 있고 각 분야별로 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 중요한 분야는 경로 계획과 그것을 충실하게 따라가게 제어하는 하위 레벨 제어기이며 이것은 자동 운행의 가장 기본적이고 필수적인 분야라고 볼 수 있다. 그리고 계획된 경로를 어떤 구조로 하위 제어 시스템으로 넘기는가 하는 문제, 어떤 계층으로 분리하는가 하는 문제, 그리고 어느 계층이 어떤 일을 분담하는가 하는 것은 중요한 관건이다. 이전의 연구들을 살펴보면, Tsumura[6]는 dense sequence로써 경로를 표시하고 매 제어 사이클마다 그 기준점과 미래의 위치를 비교하여 조향하는 방법을 제시했고, Kanayama[1]는 그런 dense sequence의 중복성(redundency) 문제를 피하기 위해 이동로봇이 경로를 모두 직선으로 표시하고 각 직선경로사이의 보간은 하위 제어기가 부드러운 곡선으로 대체하는 방법을 이용했다.

본 논문은 실내용 이동 로봇 ALiVE의 개발과정에서 선행된, 하위 제어 시스템의 실험 결과와 상위 제어 시스템과의 연결구조를 설명하고 있다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

Local Path Planner(LPP)는 Global Path Planner(GPP)로부터 받은 각 경로 데이터와 실시간 센서정보에 기초하여 Local Path를 만들어 낸다. 만약 GPP로부터 경로들이 센서정보에 비추어보아 이동 로봇이 갈 수 있는 경로일 때는 그 LPP는 단순히 GPP가 만든 경로를 그대로 Reference Trajectory Generator(RTG)에 넘겨주는 일만 하지만 그렇지 않은 경우, 즉 장애물 등으로 갈 수 없는 경로일 때는 센서 정보에 기초한 실시간 장애물 회피 기능을 실행하게 되고 그때는 새롭게 만든 경로를 RTG에 보낸다. 하지만 본 논문에서 다루고 있는 하위 제어 시스템을 실험하기 위해서는 그런 장애물 회피 기능은 부가하지 않고 단순히 GPP의 결과를 RTG 즉, 하위 제어 시스템에 전달하는 기능으로써 LPP를 이용했다. 여기서 한 가지 지적할 것은 GPP는 구체적으로 어떤 식으로 경로를 표현해서 LPP에 넘기는가 하는 것이다.

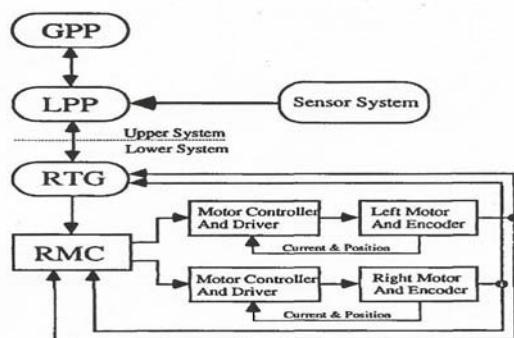


Fig. 1. The configuration of system

2.2 Reference Trajectory Generator 이론

Reference Trajectory Generator(RTG)는 RMC를 위한 적당한 기준 궤적을 만드는 기능을 한다. 뿐만 아니라 로봇의 위치 상태를 실시간으로 점검하고 그 상태가 명령과 큰 오차를 보였을 때는 긴급 상황임을 LPP에 알리기도 한다. RTG는 각 제어 사이클마다 경로의 기준 위치, 기준 조향각과 구동 속도, 현재 경로 구간의 끝까지의 거리 등을 계산한다. 구간의 끝점까지의 거리가 직전의 두 기준 위치 사이의 거리보다 작아졌을 때 LPP에 새로운 구간을 요구하게 된다. RTG에서 RMC로 넘기는 데이터는 가야할 위치, 자세, 선속도, 각속도로서, $(X_r, Y_r, \theta, V_r, \omega)$ 로 표시할 수 있다.

3. 실험 및 구현

앞에서 논의된 RTG, RMC 는 현재 실내용 이동 로봇으로 개발되고 있는 ALiVE 에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. ALiVE 의 하드웨어 시스템은 VME 버스 환경의 개방 구조(open architecture)를 가지고 있다.

차량의 부드러운 운영을 위해서는 적당한 가속과 감속으로 속도 값을 정해야 한다. 정지에서 출발, 또는 각 경로 구간에서의 속도 변화를 위해서 적당한 가속으로 선형적인 변화(ramp change)에 의한 기준 선속도를 만든다.

현재 update 시간 t에서 나아가야할 방향으로의 기준 위치와 방향은 t-T에서의(T:제어사이클) 위치와 방향, 현재 경로 구간의 형태, 그리고 기준 선속도 $V_r(t)$ 에 의해 계산된다. 새로운 기준 위치와 방향을 결정하기 위해서는 약간이 기하학적 계산이 요구된다.

4. 결론

본 논문에서는 이동 로봇의 효율적인 자세-속도 제어를 위한 새로운 제어 구조를 제시했다. RMC 는 자세-속도 오차를 정확히 계산하여 그 오차를 보상할 수 있는 최적 선속도와 각속도를 계산하여 양 모터가 내양할 속도 값을 모터제어기에 알려주므로, 모터 제어기가 그 속도 명령을 정확하게 수행한다는 보장(거의 보장됨)이 있다면 전체적으로 경로 계획기가 만들어 낸 경로대로 이동로봇을 정확하게 주행하게 된다. 이런 구조의 자세 제어 시스템에서는 이동로봇의 효율적 이고 정확한 자세-속도 제어를 얻을 수 있다.

후기

본 논문은 로봇산업융합원천기술개발 사업의 일환으로 연구하였음

참고문헌

- (1) Y. Kanayama et al "Vehicle Path Specification by a Sequence of Straight Lines", IEEE Journal of Robotics & Automation, Vol.4, No.3, 265-276, 1988

스마트 팩토리 응용을 위한 정밀 초음파 유량계 개발

박민영, 양지훈, 강영준, 박찬형, 김주희, 장동영*, 심동하

Development of Precision Ultrasonic Flow Meter for Smart Factory Application

M. Y. Park, J. H. Yang, Y. J. Gang, C. H. Park, J. H. Kim, D. Y. Jang*, D. Shim

서울과학기술대학교 스마트생산융합시스템공학과

Key Words : Ultrasonic Flow Meter, Smart Factory, Time Difference Method

1. 서 론

최근 미세공정이 요구됨에 따라 다양한 산업 현장에서 빠른 샘플링 시간에 대응 할 수 있고 미소 유량을 정확히 측정 할 수 있는 유량계의 기술 개발이 필요하며, 스마트 팩토리 구성을 위해 디바이스 간 통신이 가능한 센서의 중요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 이러한 산업 현장의 필요를 충족시키고자 무선 통신이 가능한 정밀 초음파 유량계 개발을 목표로 진행하게 되었다.

2. 정밀 초음파 유량계 개발

유량계 개발을 위한 유량 측정 방식은 초음파와 전달시간차법을 사용하였다. 초음파와 전달시간차법의 측정 원리는 유체가 흐르는 관로에 두 개의 초음파 센서를 마주보게 설치한 뒤, 유체의 속도 변화에 따라 발생하는 두 초음파 센서간의 신호 송수신의 전달시간차이를 이용하여 유속을 측정한 뒤 유량을 계산하는 방식이다.

유속을 측정하기 위해선 유량이 변화하는 관의 길이가 필요하고, 이를 통해 유량을 계산하기 위해선 관의 단면적이 필요하다. 따라서 초음파 센서에 신호를 송수신하고 전달시간차를 계산할 수 있는 컨트롤러를 제작하고, 초음파 센서가 부착될 관을 설계한 뒤, 실시간으로 유량정보를 확인 할 수 있는 휴대폰 어플리케이션을 개발하였다.

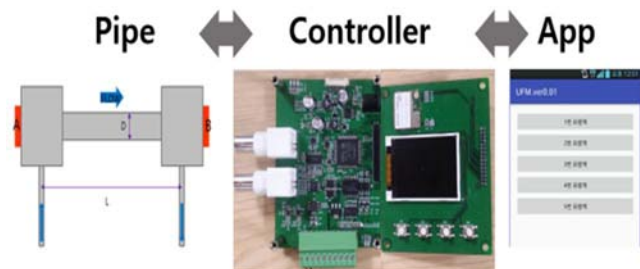
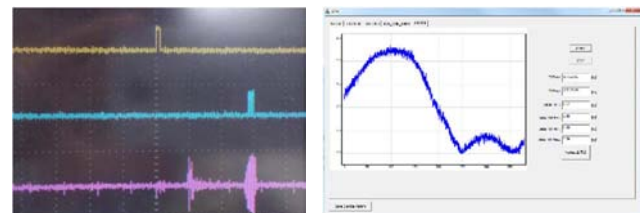


Fig. 1 Overall System Configuration

초음파 센서가 부착될 관은 분당 200mL/min 이하의 유량에서 $\pm 2\%$ 이내의 유량 측정이 가능하도록 설계하였다. 컨트롤러는 초음파 센서에 가진전압을 공급하는 회로를 구성하고, 분해능 55ps의 Time to Digital IC를 선정하여 제작하였다. 또한 유·무선 디바이스 연결을 위해 RS485통신과 Wi-Fi통신이 가능하도록 제작하였으며, 휴대폰 어플리케이션의 경우 여러 대의 유량계의 실시간 유량정보를 확인 할 수 있도록 개발하였다. 초음파 센서는 1Mhz 주파수를 가지는 Piezoelectric Ceramic Sensor를 선정하였다.

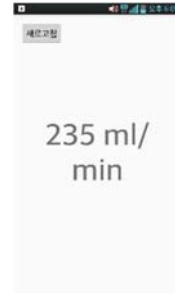
3. 실험 결과 및 고찰

초음파 유량계의 실험을 위해 MFC(Microsoft Foundation Class) 프로그램으로 자체 제작한 PC 소프트웨어로 실험을 진행하였다. 실험 결과 유량의 변화를 실시간으로 측정 할 수 있었으며, 250ml/min의 실험 설정 유량에서 2.1% 오차율을 얻을 수 있었다.



(a) Controller Oscilloscope Signal(Start Pulse, Stop Pulse, Ultrasonic Sensor Signal)

(b) MFC PC SW for Experiment



(c) Flow Meter Application for Smart Phone



(d) Measurement of Time of Flight

Fig. 2 Ultrasonic Flow Meter Controller Signal & System Picture

개발된 초음파 유량계의 신뢰성과 내구성을 검증하고 실험오차를 줄이기 위해 노력했지만 실험실 수준에서의 한계로 아직 극복하지 못한 요인들도 존재할 것이다. 추 후의 실험에서는 관로 내에서의 초음파 노이즈를 줄이기 위한 관의 최적 설계를 통해 기구부에 대한 보완을 진행 할 예정이다. 또한 노이즈 발생으로 인한 측정값의 변동을 줄이기 위한 필터링과 같은 데이터 처리 방법의 연구가 요구된다.

후 기

이 논문은 2016년도 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인재 양성사업'의 지원을 받아 연구되었음.(과제번호 N0000717)

참 고 문 헌

- (1) Keven Conrad and Larry Lynnworth., 2002, Fundamentals of Ultrasonic Flow Meters, American school of gas measurement technology, 52~61
- (2) Eung-Suk Lee, 2005, A Study on the Wet Tpye Ultrasonic Flow-meter System Development, Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers – A 29(12), 1638~1644

산업안전관리를 위한 비전시스템 개발

한지희, 옥상훈, 송규, 장동영*

Development of Vision System for Industrial Safety management

J. H. Han, S. H. Ok, K. Song, D. Y. Jang*

서울과학기술대학교 스마트생산융합시스템공학과

Key Words : Image Processing, CCTV, Industrial Safety, Vision

1. 서론

최근 안전관리에 대한 관심도와 중요성이 높아짐에 따라 CCTV는 단순 데이터 수집인 녹화기능에서 나아가 지능화된 영상분석기술의 방향으로 연구가 전개되고 있다. 본 연구에서는 산업현장에서 발생하는 사고 안전관리를 위한 영상처리 알고리즘 개발을 통해 실시간 사고 감지 및 인권보호를 위한 영상처리로 산업안전에 대한 통합적인 관리 방안을 제시하였다.

2. 비전시스템 구성 및 실험방법

본 비전시스템에서는 사고가 일어나지 않았을 때 Image Processing 을 통해 인권보호가 가능하도록 De-identified Image 영상으로 보이고, 사고가 발생했을 때 실영상으로 전환되어 사고 상황 판단이 가능하다. 이러한 과정은 순차적으로 영상저장과 삭제과정을 동반하면서 디바이스의 저장 공간을 확보하고 관리의 효율성을 높인다. 영상분석 과정을 통해 인권보호를 위한 Image Processing, 전도사고 Detection, 추락사고 Detection, 침입사고 Detection, Object Tracking 실험을 하여 각각 영상을 얻었다. 신뢰도를 평가하기 위한 실험 영상은 침입 사고 상황을 바탕으로 하여 21분 8초의 영상을 얻었다. 1초당 30프레임의 데이터를 획득하였으며, 프레임 단위로 사고인식과 물체추적 여부를 판단하였다. Fig. 1에서 비전시스템의 개념도를 나타내었다.

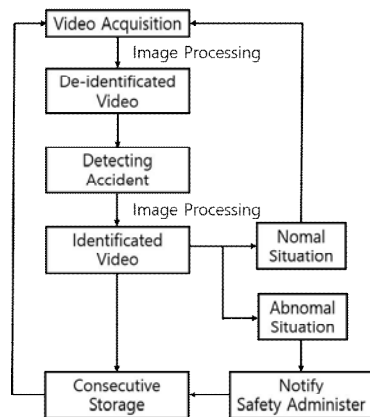


Fig. 1. Industrial Safety management Process

3. 실험 결과 및 고찰

Table 1 Success rate of Accident and Tracking recognition

	Recognition rate	
Detecting Accident	success	88 %
	failure	12 %
Object Tracking	success	85 %
	failure	15 %

실험은 넘어짐, 추락, 침입에 대한 시나리오를 수립하고, 시나리오에 대응하는 상황의 영상을 취득하였다. 상황에 따른 사고 판단은 객체의 X, Y 좌표와 프레임단위 속도를 기준으로 변수 조정을 하였다.

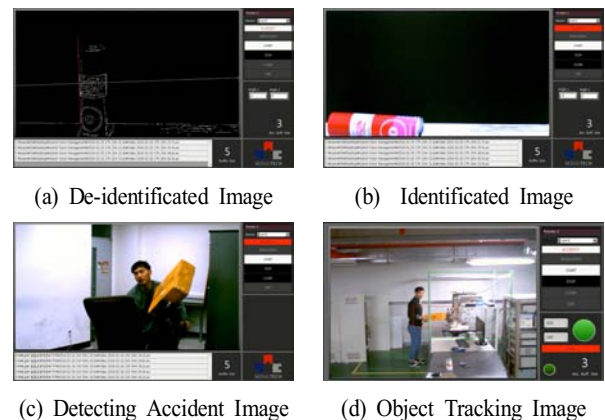


Fig. 2. Vision System Demo Screen

사고판단 신뢰도 분석 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 사고 발생 시 사고로 인식한 경우가 88%, 사고로 인식하지 못한 경우가 12%로 나타났다. Object Tracking의 신뢰도는 추적할 물체가 있을 때 추적한 경우가 85%, 물체 추적을 하지 못한 경우가 15%로 나타났다. 오차의 원인은 물체의 속도, 크기, 색상에 영향을 받는 것으로 나타났다. 오차를 줄이기 위해 사고 상황 분석과 상황에 따라 알고리즘의 변수들을 정량적으로 조정하여 사고인식 민감도를 높일 수 있는 연구가 추후 필요하다.

본 연구에서는 영상처리를 통해 산업현장에서 일어날 수 있는 사고를 비전으로 관리 할 수 있는 비전시스템을 구축하였다. 넘어짐, 추락, 침입사고 상황을 전제로 하였는데 산업현장에서 일어날 수 있는 다양한 사고 상황에 효과적으로 대응할 수 있도록 지속적인 영상 DB 축적과 신뢰도 확보가 요구된다.

후기

이 논문은 2016년도 산업통산부의 ‘창의 산업융합 특성화 인재양성사업’의 지원을 받아 연구되었음.(과제번호 N0000717)

참고문헌

- (1) Shim, Y. B, Park, H. J, 2015, *A Study on a Violence Recognition System with CCTV*, Journal of Digital Contents Society Vol. 16, No. 1, 25~32.
- (2) Choi, K.A, Lee, I.P, 2014, *Quantitative Evaluation on Surveillance Performance of CCTV Systems Based on Camera Modeling and 3D Spatial Analysis*, Journal of Korean Society of Surveying Vol. 32, No. 2, 153~162.

아두이노를 이용한 대학생들의 융합 교육 작품 사례

김성일, 김용성, 신혜리, 정도희

Fusion Education using Arduino Board of University Students

S.I. Kim, Y.S. Kim, H.R. Shin, D.H. Jeong

세한대학교 기술교육과

Key Words : Fusion Education, Arduino, program

1. 서론

최근 제조기술과 수송기술 분야의 제품이나 생산현장에서 급격하게 기술 혁신이 이루어지고 있다. 기술 혁신에서 앞서서고 분야가 IT 분야이고, IT 기술과 기존의 전통기술을 융합한 분야에서도 더욱 혁신적으로 기술이 개발되고 있다. 따라서 대학이나 중등학교의 교육에서도 이제는 하나의 학문 분야가 아닌 IT와 융합한 교육의 필요성이 대두되고 있다. 기존의 전통 기술과 s/w 기술을 접목하는 위한 연구가 진행되고 있고, s/w와 융합한 기술이 지속적으로 개발되고 있는 현실이다. 특히 제조업분야에서는 3D 프린터를 이용한 다양한 시제품의 제작은 혁신적인 기술혁신이라고 할 수 있다¹⁾. 3D 프린터 이외에 s/w와 기존의 전통기술과 융합할 수 있도록 개발된 제품이 아두이노 보드이다. 학교교육에서 아두이노 보드를 활용해 프로그래밍하고 제품의 움직임을 제어할 수 있다는 것이 융합교육의 한 예라 볼 수 있다²⁾. 따라서 본 연구의 목적은 대학이나 중등학교에서 IT와 융합한 창의설계교육을 위해 아두이노 보드를 활용한 작품 설계 융합교육을 실시한 결과의 사례를 제시함으로써 융합교육의 실천교육 도움이 되고자 하는 것이다.

2. 아두이노 소개

창의 공학설계 제품 제작을 위한 수업에서 제품의 제어에 아두이노 보드를 활용하고자 하였다. Fig. 1과 같이 아두이노는 오픈 소스를 지향하는 마이크로 컨트롤러(micro controller)를 내장한 기기 제어용 기판. 컴퓨터 메인보드의 단순 버전으로 이 기판에 다양한 센서나 부품 등의 장치를 연결할 수 있다³⁾. 컴퓨터와 연결해 소프트웨어를 로드하면 동작을 하게 되므로 제어용 전자 장치부터 로봇과 같은 것을 만들 수 있는 '오픈소스 하드웨어'라고 할 수 있다. 자유 소프트웨어 운동에서 출발한 오픈 소스라는 개념을 하드웨어 부문까지 확산시킨 것이다. 파워 공급은 USB 포트나 DC전원으로 할 수 있는데, DC잭으로 파워 어댑터나 배터리를 연결하면 컴퓨터에 연결하지 않아도 독립형으로 작동한다. 아두이노 보드를 연결하고 Fig. 2와 같은 sketch에서 프로그래밍하여 아두이노에 업로드한다.



Fig. 1 The Arduino board



Fig. 2 The sketch program

3. 작품 설계 및 제작

먼저 작품 주제를 선정하기 위해 확산적 사고기법인 브레인스토밍 방법으로 다양한 아이디어를 산출하였고, 수렴적 사고기법으로 설계의도와 맞는 제어가 가능한 청소용 로봇을 선정하였다. 구상과정과 작품

제작에서 여러 번의 시행착오를 거쳐 연구 목적에 맞는 모형을 구현하게 되었다. 오픈 소스를 활용하여 아두이노를 동작 시켜야함에 있어 프로그램 및 연결 부분에서 여러 번의 작동 실패를 거쳐 소스 응용까지 가능하게 되어 아두이노를 제어하고 조정 할 수 있는 수준까지 도달하게 되었고, 전동모터를 활용한 청소 기능까지 추가하여 제어가 가능한 아두이노를 이용한 이륜 청소 로봇을 제작하였다.

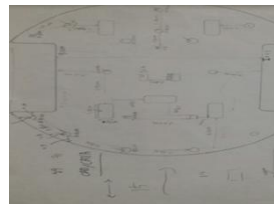


Fig. 3 Idea sketch

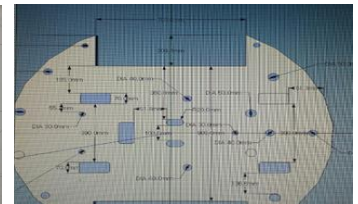


Fig. 4 Frame structure design

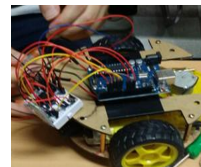


Fig. 5 The program design and robot assembling

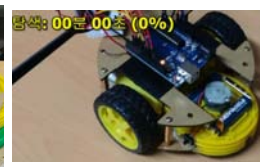


Fig. 6 Robot test

4. 결론 및 논의

학생들은 이론으로만 보고 들었던 지식을 직접 활용하기 위하여 창의설계 프로젝트를 실시하였고, 그 결과 알지 못했던 새롭고 흥미로운 사실에 대해서 배울 수 있는 기회가 되었고, 가지고 있는 능력을 조금이나마 높여준 듯하여 많은 성장과 발전 및 좋은 경험이 되었고 하였다. 추후 s/w와 h/w의 결합을 통한 융합 교육인 아두이노 보드를 이용하여 실용적으로 활용할 수 있는 분야가 다양을 알았고 재미와 즐거움까지 주는 역할을 제공하여 로봇을 제어하기 위한 연구를 추가적으로 할 계획이다. 제품 모델링 교육과 s/w 교육 등 추가적인 교육이 필요할 것이지만 관심과 흥미가 이끌어 낼 수 있는 만족도가 높은 융합교육이라고 판단된다.

참고 문헌

- (1) 3D printer(doopedia), <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1978613&cid=40942&categoryId=32374>
- (2) Won-Woong Kim and Jun-Seop Choi, 2016, *Design and Implementation of Actuator Module with Bluetooth Communication for Education using Arduino*, Journal of Korean Practical Arts Education, Vol. 22, No. 1, pp. 325~343.
- (3) Arduino(2016), <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2070907&cid=42346&categoryId=42346>

정전 분말 코팅된 피사체 표면의 3D 스캐닝 감응 특성에 관한 연구

이주봉¹, 맹희영^{1*}, 이명상²

A Study on Sensing Properties of 3D Scanning Electrostatic Powder Coated Subject

J.B. Lee, H.Y. Maeng*, M.S. Lee

서울과학기술대학교 디자인기술융합프로그램¹, (주)태성에스앤이²

Key Words : 3D Scanning, Coating Powder, Powder Adsorb Machine, Electrostatic powder coating

1. 서론

비 접촉 백색광 3D 스캐너(3D Scanner) 방식은 고정밀, 고속 측정이 가능하지만 피사체의 재질이 어둡거나 빛을 반사, 투과시키는 특성을 가지면 데이터의 구현이 어렵다. 피사체의 표면 반사 특성을 없애기 위해서 정전 분말 코팅 장비 시스템을 이용하였으며 보다 정밀한 3차원 데이터를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 정전 분말을 통해 코팅된 피사체 재료별 특성을 분석하고자 하였으며, 특히 분석된 데이터를 활용해 피사체 재질에 따른 적합한 분말 코팅 소재를 통해 3D 스캐닝시 발생하는 문제를 해결하고자 한다.

2. 피사체 표면의 정전 분말 코팅 실험

정전 분말 코팅은 피사체의 재질이 도체일 경우 코팅이 원활하지만 전기가 흐르지 않는 비도체인 경우에는 분말 코팅이 균일하지 않아 3D 스캔 데이터 획득에 어려움이 있다. 이를 위해서 피사체의 재질에 따른 적합한 분말 가루를 선정하기 위해 알루미늄, 황동, 목재, 고무, 유리, 아크릴, 유기물을 피사체로 선정하였다. 이때 분말은 Polyester, Polyester-epoxy(hybrid), Epoxy, Flour, Powder를 사용하여 실험을 수행하였다.

각 재질에 따른 적합한 분말을 찾기 위하여 Fig. 1에 도시한 바와 같이 코팅을 수행하였으며, 균일한 코팅을 위해 좌측 피사체와 분사부를 평행하게 위치시켰다. 이때 실험을 위한 분사거리와 공기압력은 200 mm와 2 psi로 설정하였다.



Fig. 1. Experiment method for electrostatic coating

3. 정전 분말 코팅 실험 결과 및 고찰

피사체 표면의 단위 면적에 대한 분말 비율을 Fig. 2와 같이 나누었으며, 피사체에 따른 재질별 코팅 결과를 Table 1에 요약하였다. 알루미늄의 경우 Polyester를 사용하였을 때 가장 좋은 코팅 결과를 나타냈으며, 황동의 경우 알루미늄과 반대되는 결과를 나타내었다. 고무 재질은 비도체이기 때문에 수증기로 전처리한 후에 코팅하였으며 Polyester-epoxy를 사용하였을 때 가장 좋은 결과를 나타내었다. 유리 및 아크릴의 경우 저온에서 보관한 뒤에 코팅을 진행하였으며 Flour를 사용하였을 때 좋은 코팅 결과를 얻을 수 있었다. 유기물의 경우에는 분말의 표면 접촉으로 피사체가 훼손될 수 있으므로 Flour가 가장 적합함을 알 수 있었다.

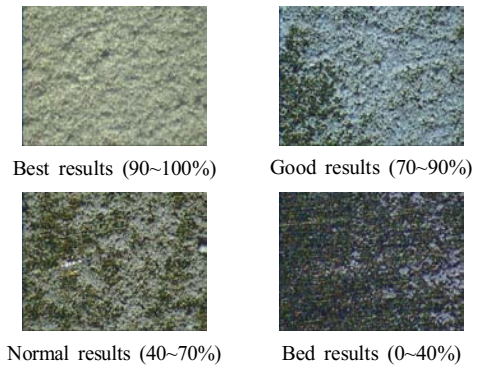


Fig. 2. Electrostatic coating ratio of the subject

Table 1. Electrostatic coating results

Material Substrate	Polyester	Polyester- epoxy (hybrid)	Epoxy	Flour	Powder
Aluminium	●	○	○	○	○
Brass	△	●	●	●	●
Wood	○	○	○	○	●
Rubber	○	●	×	△	×
Glass	△	○	△	●	△
Acrylic	△	○	×	△	×
Dried pollack	○	○	○	●	●

Remark) Best : ●, Good : ○, Normal : △, Bad : ×

후기

본 연구는 산업통상자원부의 “중소기업공동연구실 지원사업”의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Maeng, H.Y, Lee, M.S, 2015, *A Study on Electrostatic Powder Coating for 3D Scanning of Diffused Surfaces*, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers. 24:1 056-062.
- (2) Lee, M.S, Maeng, H.Y, Jo, S.H, Lee, T.S, 2013, *Scanning Methodology of Surface Texture with Diffused Reflection using White Light Type 3D Scanner*
- (3) Ann, J.H, Lee, M.S, Maeng, H.Y, Lee, T.S, 2014, *Electrostatic powder coating equipment about diffuse material surface for automated 3D scanning designed and manufacture*

프레스 공정 공작유(타발유)의 자동 균일 공급장치 개발에 관한 연구개발

허영준¹, 최성대^{1*}, 김기만¹, 조수호²

Research and Development on the Development of Automatic Uniform Supply Device of the Machine Tool Oil Pressing Process

Y.J. Heo, S.D. Choi*, G.M. Kim, S.H. Jo

금오공과대학교 기계시스템공학과¹, (주)우진WTP²

Key Words : machine tool oil, injectors, conveyors, flexible

1. 서론

기존 공정은 휘발성이 없는 타발유를 사용 하여 완제품에 묻어있는 오일을 세정하는 작업이 필요했다. 사람에게 유해한 세정액을 사용하는 과정을 없애고 또한 공정 process 중 생산공법의 변경 등 긴 공정 과정을 축소 시키고 타발유의 분사범위 확대와 효율적인 건조 효과, 이동성을 가진 flexible한 타발유 건조 시스템 개발을 위해 본 연구를 진행 하였다.

또한 사용하는 타발유의 종류에 따른 최적의 타발유를 선정하기 위한 실험을 통해 최적의 타발유를 선정 하였다.

2. 타발유 분사 장치 개발

본 연구의 시스템은 컨베이어의 건조시스템과 타발유 분사 장치의 두 공정이 한 시스템으로 이루어져 있다. 타발유 분사 장치는 오일통, 오일배관, 분사노즐, 컨트롤 장치로 구성 되어 있고 타발유 분사장치에 연결 되어 있는 분사노즐은 총 12가닥으로 2가닥이 한 channel로 제어 되며 각 channel마다 분사량, 분사각도를 조절 할 수 있다. 분사 노즐은 flexible 하게 제작되어 쉽게 각도를 조절 할 수 있으며 마그네틱을 부착하여 어떤 기계에도 부착을 할 수 있으며 타발유 분사장치에 바퀴를 설치하여 이동 가능 하도록 제작 되었다.

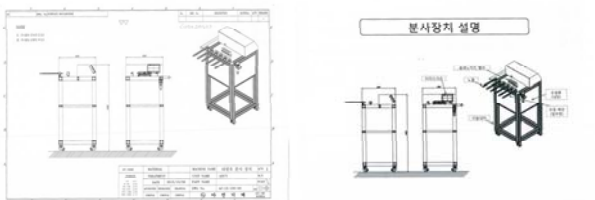


Fig. 1 Machine tool oil spray device drawing

두 종류의 컨베이어를 제작 하였는데 온풍기가 제작된 컨베이어에서는 제품의 이동간에 온풍기를 통해 제품에 도포된 타발유를 건조 시키고 온풍기가 장착 되지 않은 컨베이어는 온풍기가 장착된 컨베이어에 연결, 컨베이어를 연장 시킴으로써 타발유가 건조, 세척된 제품의 검사를 하는 과정을 한 공정 안에서 가능 하도록 하였다.

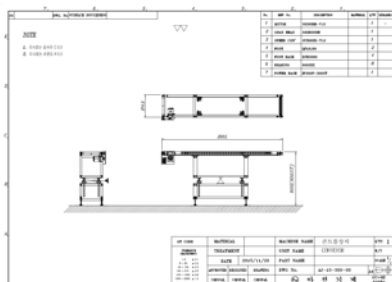


Fig. 2. Conveyor drawings

3. 타발유 선정 실험

타발유의 종류에 따라 타발유의 휘발시간에 차이가 있으므로 최적의 타발유를 선정 하는 실험도 진행 되었다.

Test용 타발유는 3가지 type의 타발유로 실험이 진행 되었으며 박스 적재시 휘발 시간, 원자재를 겹쳐 놓았을때의 휘발 시간 등을 체크 하였고 이 실험 결과를 table. 1에 나타내었으며 이를 바탕으로 타발유의 특성을 고려해 최적의 타발유를 선정 하였다.

Table 1 Machine tool oil volatile time

NO	Test oil	Method	Volatile time							
			0.5hr	1.0hr	1.5hr	2.0hr	2.5hr	3.0hr	3.5hr	4.0hr
1	G-6221F	loading box	1F							
			2F							
			3F							
			4F							
		raw overlap								
2	G-6231F	loading box	1F							
			2F							
			3F							
			4F							
		raw overlap								
3	G-6231FDS	loading box	1F							
			2F							
			3F							
			4F							
		raw overlap								

4. 결론

기존 공정을 단순화 시켰고 세정액을 사용하지 않으므로써 폐 세정액이 생기지 않아 환경적인 부분까지 넓은 범위에서의 긍정적인 효과를 볼 수 있었다.

또한 원자재에 타발유를 도포시킴으로써 금형의 손상을 줄였고 추가적인 타발유 휘발 test를 통해 본 연구를 통해 제작된 타발유 분사 시스템에 적합한 타발유를 선정하고 타발유 도포 범위 test를 통해 이전 공정보다 넓어진 타발유 분사 범위를 확인 할 수 있었다.

후기

본 논문은 LINC사업단에서 지원하는 2015학년도 산학 공동기술개발사업(2015-218-024)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) S.W. Kim, Y.H. Jo, "Design Low-Power Microthruster using Liquid Propellant with High Viscous Fluid Plug" Korea Advanced Institute of Science and Technology 2001 p. 28-30.

골절 수술용 외고정 장치 로봇의 자세 제어

이동준¹, 윤태선¹, 박태곤², 이치범^{3*}

Posture control of external robotic fixation for orthopedic surgery

D. J. Lee, T. S. Yoon, T. G. Park, C. Lee*

한국외국어대학교부속고등학교¹, 프레스토솔루션², 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과³

Key Words : Orthopedic surgical robot, Stewart Platform, Forward/Inverse Kinematics, Posture based control algorithm

1. 서 론

골절 정형 수술 시 의사들은 외고정장치를 이용하여 뼈에 고정시킨 뒤, 골절부위의 접합을 위해 반복적인 X-ray촬영을 통해 뼈를 조금씩 맞춰나가는 과정을 한다. 이러한 과정에서 정형외과 의료진들은 자주 방사능에 노출되는 위험을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 방사능 피폭을 방지하기 위하여 스튜어트 플랫폼을 이용한 원격 외고정 장치 로봇을 제안하고, 이의 자세 제어를 제시하였다.

2. 시스템 디자인

원격 정형 로봇시스템은 환자의 다리를 고정하는 수술로봇과 외부에서 외과 의사가 조작하는 조작부 그리고 제어기로 구성된다. Fig. 1은 전체적인 시스템을 보여준다. 의사가 원격 조작을 통해 정밀한 수술을 진행하므로, 수술 로봇과 조작장치는 운동이 자유로워야 하며, 최대한 동일한 자세를 이질감이 없이 유지하여야 한다. 이를 위하여 Fig. 2와 같이 6자유도 운동이 가능한 스튜어트 플랫폼을 이용하였으며, 조작부와 수술로봇이 동일한 구조로 설계제작 되었다. 조작부는 링크의 길이가 선형 엔코더로 측정가능하며, 이를 제어기에서 추종 신호로 간주하여 수술로봇의 링크길이를 조절하여 제어한다. 수술로봇의 링크에는 엔코더가 부착되어 피드백 제어가 가능하다.

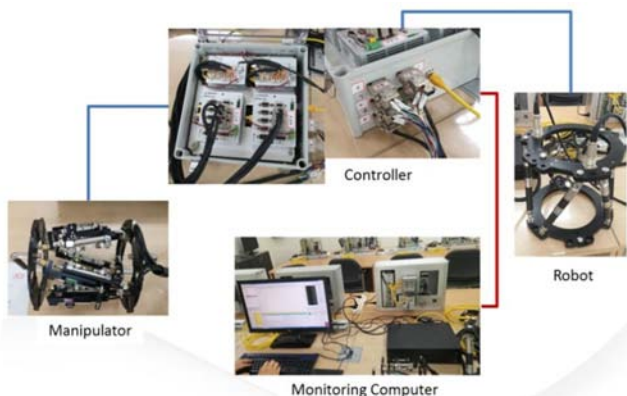


Fig. 1 System configuration of remote controlled external robotic surgery system.

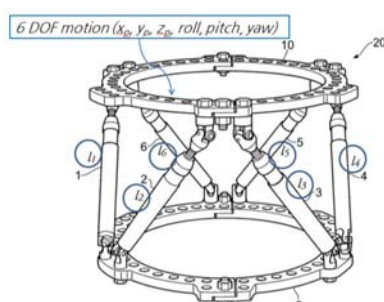


Fig. 2 Stewart platform design for surgical robot

3. 자세 제어 실험 및 고찰

본 시스템에서 중요한 것은 조작 편의성을 위하여 작게 제작된 조작부와 큰 수술 로봇이 동일한 자세를 유지하는 것이다. 이를 위해서 본 연구에서는 역기구학과 순기구학을 풀어서 자세를 동일하게 유지하는 방식의 제어를 이용하였다. 조작부의 측정된 길이를 이용하여 순기구학을 통하여 조작부 상판의 자세를 구하고, 제어부에서는 이를 이용하여 수술로봇의 상판 자세가 동일하도록 각 링크의 길이를 구하여 피드백 제어로 수술로봇의 운동을 구현한다.

Fig. 3은 실험을 통하여 수술로봇의 링크 길이와 조작부의 링크길이만큼 비례 관계로 제어한 결과로 나타난 자세이고, 조작부와 수술로봇의 자세에 차이가 큰 것을 볼 수 있다. Fig. 4는 연구에서 이용한 순기구학-역기구학 제어한 결과를 비교하였다.

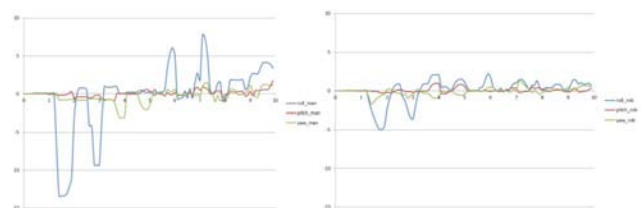


Fig. 3 Scale based control (manipulator vs. robot)

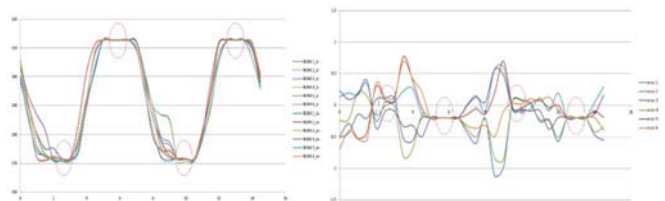


Fig. 4 Posture based control (manipulator and robot vs. error)

Fig. 4는 조작부와 로봇의 링크가 길이가 전구간에서 동일한 비례로 움직이지 않고, 다르게 변화하는 것을 알 수 있다. 우측의 자세의 에러를 살펴보면 길이 비례로 한 제어(Fig. 3)보다 순기구학-역기구학을 이용한 제어의 자세 에러가 크게 작은 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Zamani, A. R., Oyadiji, S. O., 2010, Theoretical and Finite Element Modeling of Fine Kirschner Wires in Ilizarov External Fixator, ASME. J. Med. Devices, 4:3, 031001-031001-9
- (2) Lee, S. H., Lee, J. H., Kim, W. K., Yi, B. J., 2014, Analysis on Kinematic Characteristics for Spatial 3-DOF Parallel Mechanisms Employing Stewart Platform Structure, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 22:8 118-127..
- (3) Gonzalez, H., Dutra, M. S., Lengerke, O., 2011, Direct and Inverse Kinematics of Stewart Platform Applied to Offshore Cargo Transfer Simulation, 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, 19-25.

적외선 열화상을 이용한 열전반도체 결함 검사

조영태^{1*}, 마상동²

Detecting defects of the thermoelectric module using infrared thermography

Y. T. Cho*, S. D. Ma

전주대학교 기술융합디자인공학과¹, 에이티엔²

Key Words : Infrared Thermography, IR Camera, Detecting, Thermoelectric Module, Defects

1. 서론

전자제품들은 박판의 초소형 및 경량화와 동시에 고성능화 되고 있다. 각종 산업 분야에서 융·복합화를 추구하고 이를 충족하기 위한 전자시스템의 초소형 및 고밀도화를 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이처럼 고성능화에 소형 및 집적화 되는 전자 장치와 많은 산업 장치들은 구동 시에 높은 발열이 발생하게 되며 이로 인해 장치들의 성능 및 수명이 큰 영향을 받게 된다. 따라서 발생하는 열원에 대한 고정도의 온도 제어를 위한 냉각 또는 방열 기술이 반드시 필요하다. 발열을 하는 모든 장치 및 제품들에 있어서 그 성능을 극대화하기 위해서는 발열부위의 방열을 실시하여 최적의 온도 조건을 유지하는 것이 제품의 성능 향상과 수명연장에 있어서 매우 중요하다. 기존의 냉각장치는 압축가스를 사용하여 강제 순환 냉각시키는 증기압축방식을 사용하므로 기계적인 구동장치의 구성 부피가 크고, 소형화가 곤란하다. 또한 고정도의 온도제어가 어렵고 작동 시 소음과 진동이 발생하고, 폐기 시에 환경에 심각한 악영향을 끼친다. 이러한 문제를 해결하기 위한 최근 들어 열전소자(Thermoelectric Module)를 활용한 냉각장치에 대한 연구 개발이 활발하게 진행되고 있다.⁽¹⁾ 특히 반도체산업의 웨이퍼 제조장치의 냉각장치인 칠러 및 메모리 테스트 장비들에 활용되고 있으며, 최근에는 LED웨이퍼의 영하 수십℃의 냉각 장비의 개발이 진행되고 있으며, 각종 전자제품 및 장비들의 냉각 방식으로 활용이 두드러지게 진행되는 등의 다양한 분야로 활용이 확대되고 있다.

2. 열전반도체

열전반도체 모듈은 Fig. 1과 같은 구조로 n, p type 열전반도체를 전기적으로는 직렬로 열적으로는 병렬로 되도록 π 형으로 연결한 모듈 형태로 사용하고, 여기에 DC 전류를 흘릴 때 열전효과에 의해서 모듈의 양면에 온도차가 발생하고, 세라믹 표면에 열을 가하면 발전현상이 일어난다. 일반적으로 열전모듈이란 Peltier 현상에 의해 나타나는 냉각효과를 이용하는 고체식 히트펌프라 한다. 열전소자는 반도체 표면을 통해 냉각시키는 방식으로 반영구적으로 사용이 가능하며 무소음, 무공해, 저 전력 소모를 구현하는 친환경, 그린에너지 부품으로 열전발전과 열전냉각에 사용되고 있는 반도체 부품이다. 이러한 열전반도체를 생산에는 현재 많은 노동력을 필요로 하고 있다. 생산메이커들에 따라 제조공정별 자동화 정도가 다르며, 불량률도 다르다. 특히 생산제품의 스펙에 따라 불량률의 정도가 크게 차이가 나게 된다. 이는 n, p 소자를 0~3(mm) 이내의 직사각기둥 형태의 셀 단위로 절단하여 육안에 의한 수차례의 불량검사를 거치고난 후 수십~수백 개의 셀을

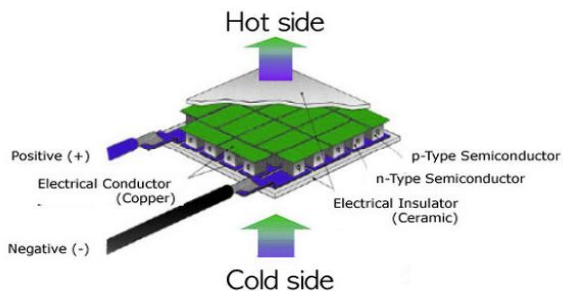


Fig. 1 Principles and structure of the thermoelectric module

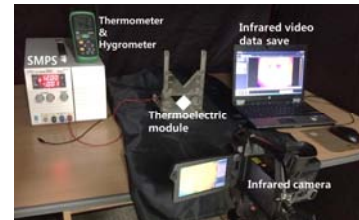


Fig. 2 Configuration of the test devices

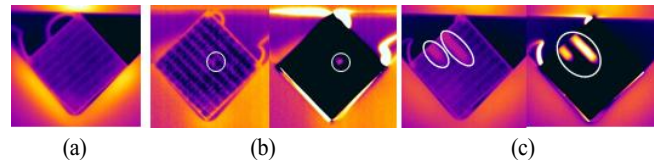


Fig. 3 Infrared thermography test

동시에 전극과 핫프레싱 용접하여 생산하게 된다. 생산된 제품은 초음파 세정 후 건조과정을 거쳐 외관의 육안 및 현미경검사, 절연검사, 하만법에 의해 제작된 계측기를 이용한 성능검사 등의 다양한 제품검사 과정을 거친다. 이러한 공정들에서 수작업과 자동화가 공존하는 과정에서 일정한 성능의 제품을 생산하는 것은 매우 힘든 상황이다. 또한 핫 프레싱에 의한 용접후의 제품은 내부를 육안 또는 광학현미경 등으로 용접의 신뢰성을 확인하는 것은 불가능하다. 특히 모듈내부의 셀과 전극과의 용접불량은 제품으로서의 기능을 상실하고, 신뢰성을 하락시키는 원인이 되므로 정확한 내부 불량 검사가 필요하다. 따라서 열화상 카메라를 이용한 정성적 검사를 통한 전수 검사를 실시함으로써 제품의 불량 제거하여 신뢰성을 향상시킬 수 있다. Fig. 2는 적외선 열화상카메라를 이용한 테스트 장치 구성이다.

3. 열전반도체의 적외선 열화상 테스트 및 고찰

열전반도체의 내부 결함평가를 위해 적외선 열화상 카메라를 이용한 테스트를 실시한다. 열전소자에 전원 사양의 DC전원을 가하면 1-2초 내에 한쪽 면은 흡열하고 반대 면을 발열하게 되는데, 흡열하는 면에 대해 적외선 카메라(IR Camera)를 이용하여 열화상 이미지 동영상을 저장하여 전용 R&D S/W를 활용하여 분석하게 된다. 이때 데이터는 정량적 온도 분포가 검출되는데 초기에는 흡열하다가 셀과 전극의 용접이 불량한 부분에서 열이 발생하여 확산되어 불량임을 확인할 수 있다. 이는 정성적으로 불량이 있음을 알 수 있다. Fig. 3은 40*40의 양품 및 불량품 열전모듈에 대한 적외선 열화상을 나타내었다. Fig. 3(b),(c)의 원안에 존재하는 셀이 용접 불량으로 전체 면의 온도가 균일하지 않고, (a)의 경우 초기에도 전체가 균일한 온도 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다. 적외선 열화상 카메라를 이용한 열전반도체의 불량검사는 정성적으로 매우 유용한 검사방법으로 수~수백만 개의 생산제품에 대한 단시간에 양품과 불량을 정확하게 전수 검사할 수 있는 유용한 비파괴 검사방법이다.

참고문헌

- (1) Cho, Y. T., Lee, C. Ho., 2010, *Cooling Performance Improvement by Packaging of Thermoelectric Module*, KSMTE Autumn Conference, 442-445.

오일필터용 볼트의 미세크랙 검출을 위한 비전검사기술 개발

나승우^{1*}, 황우채¹, 김성용²

Development of Vision Inspection Technology for Micro-Cracks Detection of Bolts used Oil Filter

S. W. Ra*, W. C. Hwang, S. Y. Kim

(국서울금속¹, 서정대학교²)

Key Words : Focal length, Illumination shapes, Oil filter bolts, Vision inspection

1. 서론

자동차 산업은 2만 여개의 부품으로 조립되는 대표적인 종합산업이며, IT 및 ET등 융합기술과의 파급효과 또한 큰 산업이다. 이중 자동차 엔진은 자동차에 동력을 공급하는 기관으로 자동차의 성능을 결정하는 핵심 장치이다. 엔진의 부품 중 오일필터(Oil Filter)는 오일이 되풀이해서 윤활에 사용하므로 마모된 금속 가루나 외부로 부터의 이물질이 섞일 경우 윤활 효과가 약해질뿐 아니라 오일도 열화하여 순환 도중에 정화하는 장치가 필요하게 된다. 이와 같은 역할을 하는 오일필터에 사용되는 볼트의 경우 외부의 크랙이 발생되면 오일 수명이 많은 영향을 미치게된다. 따라서 본 연구에서는 오일필터에 사용되는 볼트의 나사산 쪽힘이나 100 μ m급 크랙을 검출할 수 있는 비전검사기술을 개발하고자 한다.

2. 시험편 및 실험방법

본 연구에 사용된 오일필터용 볼트의 재질은 SWCH45F이며, 내경 14mm, 외경 16.5mm, 길이 49mm의 크기로 제작하였다. Fig. 1은 오일필터용 볼트의 사양과 3D Modeling을 보여주고 있다. 또한, 100 μ m급 미세크랙을 검출하기 위해 사용된 렌즈는 PCCD렌즈(Opto Eng.)로써 한번의 촬영으로 물체의 탑뷰와 사이드 뷰의 이미지 촬영이 가능한 360°렌즈 이다. Fig. 2는 렌즈와 조명의 구성을 나타내고 있다.

따라서, 본 연구에서는 PCCD렌즈와 조명을 이용하여 미세크랙을 검출할 수 있는 초점거리와 조명형태에 대하여 연구를 진행하였다.

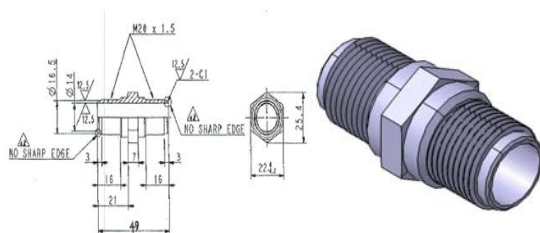


Fig. 1. Specification and 3D modeling of specimen

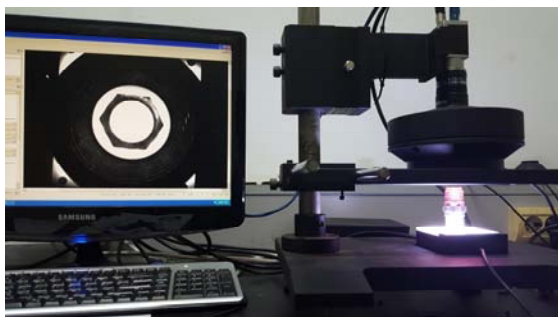
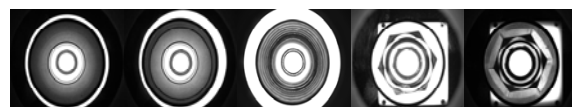


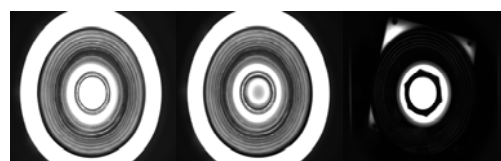
Fig. 2. Machined surface texture according to cutting condition

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 오일필터용 볼트의 미세크랙을 검출하기 위하여 PCCD렌즈의 초점거리 변화와(15 mm, 25 mm, 35 mm, 45 mm, 55 mm)와 조명형태(링조명(Ring light), 백라이트조명, 링+백라이트조명)에 따른 최적의 영상을 얻고자 하였으며, 실험의 분석결과를 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.



(a) 15mm (b) 25mm (c) 35mm (d) 45mm (e) 55mm
Fig. 3. Camera acquired image according to lens focal length



(b) Ring (c) Ring+back (d) Back
Fig. 4. Camera acquired image according to change of illumination shapes

본 연구에서는 오일필터에 사용되는 볼트의 미세크랙을 검출하기 위하여 PCCD렌즈의 초점거리의 변화와 조명형태에 따른 최적의 영상을 획득할 수 있는 비전검사기술을 연구하였다. 연구결과 초점거리 35 mm와 링+백라이트 조명을 사용할 경우 최적의 영상을 획득할 수 있었다.

후기

본 연구는 중소기업청의 글로벌전략기술개발 사업의 일환으로 수행하였음.[No.:S2175645]

참고문헌

- (1) Lim, Y. E, Lee, C. H, Park, K, Ra, S. W, 2013, *A Study on Improvement of Image Uniformity in Vision Inspection of Screw Parts*, Proceedings of KSPE 2013 Autumn Conference, 787~788.
- (2) Lee, C. H, Lim, Y. E, Park, K, Ra, S. W, 2013, *Design and Analysis of Illumination Optics for Image Uniformity in Omnidirectional Vision Inspection System for Screw Threads*, J. Korean Soc. Precis. Eng., 31:3 261~268..

GFRP복합재의 두께측정을 위한 T-ray 기법

임광희*, 김반석⁺, 전승원⁺, 이근용⁺, 박재영⁺, 우용득⁺

Thickness Measurements of T-ray in GFRP Composites

K. H. Im*, B. S. Kim⁺, S. W. Jeon⁺, K. Y. Lee⁺, J. Y. Park⁺, Y. D. Woo⁺

우석대학교 기계자동차공학과

Key Words : Cured/uncured CFRP, Composites, T-ray

1. 서론

최근에는 테라헤르츠파 (Terahertz wave : T-ray)의 기술적인 응용상의 중요성이 인식되고 있다. T-ray (테라 헤르츠 파) 기술과 계기들의 진보와 더불어 전자 스펙트럼에 의한 탐지 분야가 나타나게 되었으며 이는 테라헤르츠파가 갖는 마이크로 파 보다 더 짧은 파장과 비교적 높은 해상도를 가지고 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서 FRP 복합재료를 이용하여 비파괴 평가를 위해 사용된 테라헤르츠파에 대한 조사 결과를 나타냈다. 테라헤르츠파를 이용해 다양한 재료의 물성치로 나타내는 굴절계수(Refractive index : n)의 측정기법과 전도성 유무에 따른 GFRP 복합재료와 CFRP 복합적층판의 섬유방향과 전기장(E-field)의 상관관계를 각각 비교·검토하였다. 그리고 표준 두께를 가지고 있는 GFRP복합재를 테라헤르츠파를 이용해 두께측정값과 표준두께와 비교를 하였다.

따라서 테라헤르츠파를 이용해 GFRP 복합재의 두께를 측정하기 위해 비행주행시간(ToF)차를 이용하였으며 또한 시험편의 공진주파수(Resonance frequency)를 이용하여 각각 비교·검토하여 테라헤르츠파의 검사의 유효성을 평가하였다.

2. 실험방법

Fig. 1은 비파괴시험장치인 테라헤르츠 시간영역 분광학 (THz-TDS) 시스템을 나타낸다. 이 시스템은 시험편 재료특성과 스캔 이미지를 수집하기 위한 것이다. 본 연구에서 사용된 테라헤르츠 시스템은 영국 테라 뷰 (TeraView)사에서 제작 한 것이다. THz-TDS 시스템은 이미지를 획득하고 그리고 자료 획득을 높일 수 있으며 테라헤르츠파를 직접 조작하는데 있어 광학 장치의 특유의 구조상의 특성은 이미지 제조 실험상 의미를 갖고 있다.

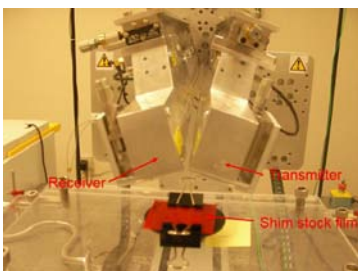


Fig. 1 Overview of THz measurement method

3. 실험 결과 및 고찰

재료의 물성치를 나타내는 T-ray 파라메타를 측정하기 위해 심스탁 (shim stock) 필름 및 GFRP 복합재의 반사모드에서 THz 펄스를 획득하였다. Fig. 5에서 시험편의 표면과 배면의 반사모드의 시간차를 명확히 볼 수 있다. 시험편은 GFRP이용을 했으며 두께가 대략 3.0 mm 이다. 시험편의 두께의 따라 시간차(Δt)를 구하면 42 ps이다.

따라서 Fig. 2는 테라헤르츠파 0.1 THz하에서 각도에 따라 GFRP 복합재의 각도 의존성의 투과력진폭을 측정하였다. GFRP 복합재의 방향성에 따른 테라헤르츠파 투과력 진폭을 0도 에서 90도 까지 측정하였다. 특히, GFRP복합재는 각도에 따른 투과진폭은 거의 변함이 없어 테라헤르츠파를 이용한 측정 시에는 방향성에는 의존하지 않을 알 수 있었다. Fig. 3은 시간 영역으로 나타낸 경우이며 이때 Δt 는 GFRP복합재의 두께와 상관관계를 가지고 있어 두께 계산을 할 수 있으며 또한 공진주파수(Resonance frequency: Δf)를 이용해 검토했으며 이때 TOF의 차인 Δt 는 Δf 와 역수의 관계이다. 즉 $1/\Delta t$ 는 Δf 이다. 그리고 이때 GFRP 복합재의 두께는 2.02 mm이다.

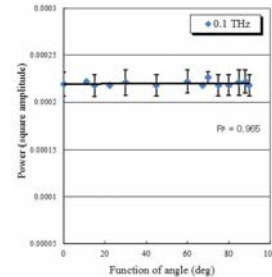


Fig. 2 Angular dependence of transmitted power of THz terahertz waves through a 24-ply glass composites

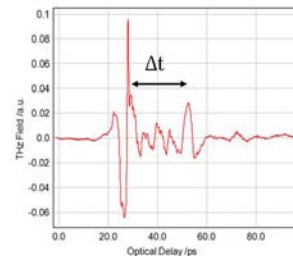


Fig. 3 A-scan image in GFRP composites for T-ray reflection mode (Thickness in GFRP composites is 2.02mm).

후 기

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1D1A3A01016775).

참 고 문 헌

- (1) Chiou, C. P., Blackshire, J.L., Thompson, R.B. and Hu B.B., 2009, "Terahertz Ray System Calibration and Material Characterizations," Review of QNDE, Vol. 28, pp.410-417.
- (2) Im, K.H., Lee, K. S., Yang, I.Y., Yang, Y.J., Seo, Y. H. and Hsu, D. K., 2013, "Advanced T-ray Nondestructive Evaluation of Defects in FRP Solid Composites", Int. J. of Precision Eng. and Manufacturing, Vol. 14, No. 6, pp. 1093-1098.

차량 진동완충용 쇼크업서버 부품 인장시험 및 특성평가

임광희^{1*}, 박재영¹⁺, 유상민¹⁺, 이근용¹⁺, 우용득¹⁺, 이호석²⁺⁺

Characteristic Evaluation and Tensile Testing on Parts of Shock Absorbers for a Vibration Damper of Vehicles

K. H. Im*, J.Y. Park⁺, S. M. You⁺, K. Y. Lee⁺, Y. D. Woo⁺, H. S. Lee⁺⁺

Mechanical & Auto Engineering, Woosuk University¹, Hanyang Energy Tech.²

Key Words : Shock absorbers, Parts, Vehicles

1. Introduction

Piston rod of shock absorber for vibration damper of vehicles is one of core elements of suspension system that absorbs impacts and vibration energy caused by the movement of vehicle for maintaining maneuvering stability and comfort in riding. It acts as binding piston to adjust attenuation of the damper. Recently, there is strong requests for improving fuel efficiency and shock absorbing property.

In this study, our effort was focused on securing uniformity in welding including easy removal of slag after welding, which is generally found in the production of shock absorber. Request for preventing slag in the shock absorber and evaluating defects in the welds is particularly high.

Therefore, our work is aimed at developing simple automatic control unit for preventing fly of welding slag, and further in developing simple automatic welder utilizing the motor control to be installed in the simple automation system, servo motor, solenoid valve and gear control. We have, therefore in this study, developed an automatic system that prevents fly of slag and a welding method of excellent reproducibility that produces good product of uniform welds in small and large quantities. Also fabricated specimen for tensile testing for evaluation of characteristics.

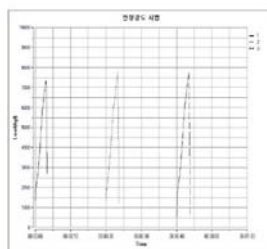


Fig. 1 Tensile test ing for shock absorbers



Fig. 2 Cap parts in Shock absorbers after tensile testing

2. System Preparation and Testing

Fig. 1 shows the result of tensile testing for cap part of the shock absorber, and Fig. 2 is the photo after the tensile testing. Particularly, it was found that the welding was properly done since the welded part was not broken but the material part (the part of arrow) broken.

3. Result and Discussion

Fig. 3 shows the result of FEM analysis for cap part of the shock

absorber. Software of ADINA-TMC was used. Young modulus of the steel material was 200GPa and Poisson Ratio 0.27. In order to observe stress distribution, a load of 25N/mm was applied. Number of modelling element were 110,976. Result of the simulation appeared highest in stress concentration in most part of the welds. Particularly in Fig.3, the part shown by arrow was realized as high stress concentration region.

For development of simple automatic system for preventing weld slag fly in this study, there was a requirement of conducting secondary welding since slag would keep generating in welding shock absorber actually in the production site. Assuming that using pertinent welding techniques with reduced work processes would end up producing good products and give benefit in work efficiency to workers in production line, we believe the completion of the system will be a good help to the secondary work in welding.

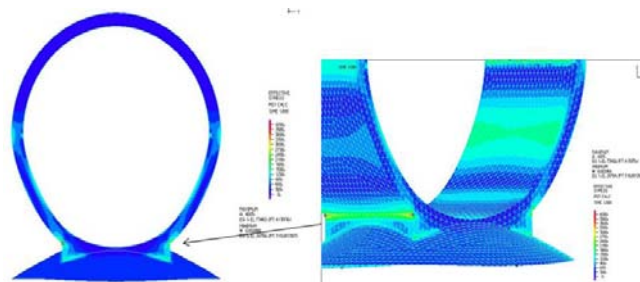


Fig. 3. Detailed FEM simulation for a cap part in shock absorbers

Acknowledgment

This work was sponsored by Business/Industry Cooperation Technical Fund of Medium Industry Ministry 2015.

References

- (1) Kim C. J., Lee, J. S., 1996, A Fundamental Study on the Heat Transfer Characteristics of Dewar-Type Evacuated Glass Tube Solar Collector with Heat Pipe Located at the Center, Journal of the Korean Solar Energy Society, 16-1, 39~49.
- (2) Hsu, D K., Thompson, D. O., and Thompson, R. B., 1986, "Evaluation of porosity in aluminum alloy castings by single-sided access ultrasonic back scattering," Review of Progress in QNDE, Vol. 5B, pp. 1633~1642.

차량용 볼트 내부표면균열 탐상을 위한 와전류 시스템개발

임광희^{1**}, 이슬기^{2**}, 김학준^{2**}, 송성진^{2**}, 박재영¹⁺, 유상민¹⁺, 전승원¹⁺, 우용득¹⁺, 나승우³⁺⁺⁺, 황우채³⁺⁺⁺

Development of ECT System for Inspection of Inner Surface Cracks in Bolts

K. H. Im^{**}, S. G. Lee^{**}, H. J. Kim^{**}, S. J. Song^{**}, J.Y. Park⁺, S. M. You⁺, S. W. Jeon⁺, Y. D. Woo⁺, H. H. Lee⁺⁺⁺

우석대학교 기계자동차공학과¹, 성균관대학교 기계공학과², (주)서울금속 연구소³

Key Words : Bolts, Surface crack, ECT sensors

1. 서론

자동차용 오일필터는 엔진의 고온과 냉각을 반복하는 가동환경 특성상 오일 필터용 볼트 내부에 결함뿐만 아니라 형상 변화와 같은 내부 손실이 발생할 가능성이 매우 높다. 또한 볼트 내부에 Fig. 2와 같이 발생한 결함을 육안으로 확인하는 것이 불가능하다. 이러한 결함은 엔진 가동 시 엔진 효율을 떨어뜨리며 초기 마모를 조기에 발견하고 더 큰 손상으로 진전되는 것을 미연에 방지하지 못하면 윤활유 속에는 다량의 마모입자들이 존재하게 되어 수명과 효율에 영향을 미치게 되며 경제적인 문제로 이어진다. 따라서 볼트 내부에 발생한 수백 μm 표면 결함 등을 검출하기 위하여 적용가능한 비파괴평가방법들 중 와전류 탐상시험이 볼트 표면에 발생한 미세 결함을 검출하는데 가장 적합하며 수백 μm 표면 크랙 등이 발생하여 주요한 품질 문제를 발생시키는 원인이 되어 비파괴검사 기법이 절실히 요구된다.

특히, 와전류 탐상 검사는 결함을 검사할 때 와전류의 흐름이 결함에 수직되게 흘러야 반응을 최대로 얻을 수 있는데, 만약 와전류가 결함에 평행하게 흐를 경우 와전류 흐름은 거의 왜곡되지 않게 되고 이에 따라 탐촉자 임피던스는 거의 변하지 않아 결함을 검출할 수 없어서 탐촉자에 따라 결함을 감지 할 수 없는 문제점이 발생 하며 기존의 와전류 검사 탐촉자는 Encircling Bobbin 탐촉자(외삽형과 내삽형)와 표면 탐촉자(Surface Probe)로 구분할 수 있는데, Encircling Bobbin 탐촉자는 검사가 빠르고 간편하나 원주방향(횡방향)의 결함 검사에 취약하며 미세한 결함의 검출에는 한계가 있다.

따라서 차량용 볼트 내부표면균열을 탐상하기 위하여 결함을 동시에 검사하고, 0.5 mm 이하의 미세한 결함을 신속하고 경제적으로 검사할 수 있는 기술이 절실히 요구되어 볼트 내부 표면균열 검사를 위한 배열 와전류 센서 설계 변수에 따른 최적의 센서를 개발하여 ECT 시스템을 구축하고자 한다.

2. 시스템 제작 및 실험

Fig. 1은 구축된 ECT 시스템을 나타냈다. 구성은 ECT 소프트웨어, A/D보드, 함수발생기, Differential 증폭기, ECT 센서 및 시험편 등이 있으며 ECT 배열센서를 구축하였다.

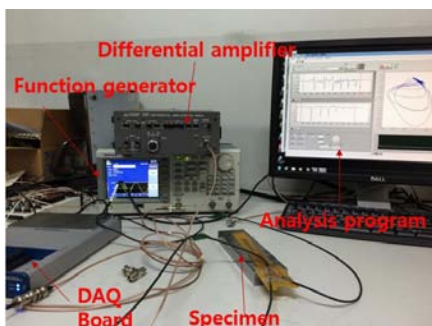


Fig. 1 ECT system for inspection of inner cracks in bolts

3. 결과 및 고찰

차량용 오일필터 표면 균열에 적용을 하기 위하여 참조결함시험편을 이용해 배열 ECT 센서를 이용해 Fig. 2에 결함탐상을 위한 민감도 ECT 신호를 나타냈다. 결함은 0.1mm에서 1.0mm 까지 주파수별로 진폭을 측정하였다. 저주파수에서는 크게 각 결함별로 변별력이 차이가 없었으나 대략 450 kHz에서 각결함에 따라 진폭 변별력이 차이가 나타나 결함타마사하기에 적합하다고 판단된다. Fig. 3은 차량용 볼트 내부표면균열을 탐상하기위한 ECT 센서이다.



Fig. 2 ECT sensor manufacture for detecting inner cracks

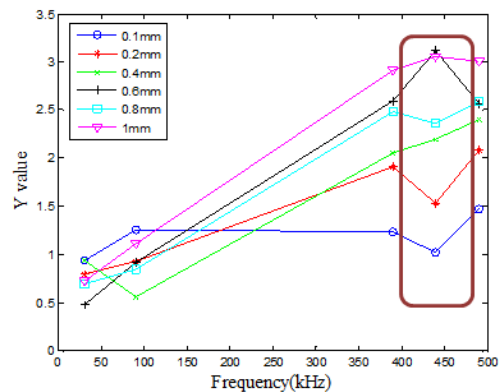


Fig. 3 Comparison between frequency and amplitude in ECT sensors

후기

본 결과물은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 글로벌 기술혁신 개발사업(No. S2175645)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) Hangemaier, D.J., 1990, Fundamentals of Eddy Current Testing, ASNT, 40-43.
- (2) Hsu, D K., Thompson, D. O., and Thompson, R. B., 1986, "Evaluation of porosity in aluminum alloy castings by single-sided access ultrasonic back scattering," Review of Progress in QNDE, Vol. 5B, pp. 1633~1642.

Fanout기반 반도체 검사 소켓의 내부 충진제 물성 분석

최종하, 홍석기*, 양시은, 김대호

Analysis on Material Properties of Inner Filler for Semiconductor Test Socket based on Fanout

J. H. Choi, S. K. Hong*, S. E. Yang, D. H. Kim

서울테크노파크

Key Words : Fanout, socket, PDMS

1. 서론

휴대기기 및 전자제품의 소형화로 인해 내부 전자부품은 경박단소화 추세에 있다. 주요 전자부품중 BGA(Ball Grid Array) 패키지 방식이 많이 사용되고 있다. BGA는 칩의 아랫면에 격자 모양으로 솔더볼이 배치되어 전기적으로 연결할 수 있는 패키지로 칩의 단위면적당 솔더볼의 밀도가 높고 전기적 접촉점이 짧기 때문에 인덕턴스와 커패시턴스가 낮아 전기적 성능이 우수하다. 이러한 반도체의 성능을 평가하기 위하여 가장 많이 쓰이는 테스트 소켓은 포고핀(Pogo-pin)을 사용한 형태이다. 포고핀을 이용한 소켓의 경우 한 핀당 고가의 가격과 미세간격 사이즈의 솔더볼에 대응이 어려워졌다. 이에 대응하기 위하여 세라믹 기판위에 다수의 캔틸레버 형상의 금속구조물이 배치되어있는 형태인 프로브카드의 기본구조를 바탕으로 Fanout 기반의 반도체 검사 소켓의 컨셉을 설정하였다. 본 연구에서는 금속 구조물을 지지해주고 탄성을 갖는 소켓을 이루는 주요 부분인 내부 충진제의 기초 물성 테스트를 진행하였다.

2. 실험 조건 및 방법

내부 충진제의 선정을 위한 재료의 하나로 PDMS (Polydimethylsiloxane)을 선택하여 물성 실험을 진행하였다. PDMS는 내구성이 매우 강한 탄성 중합체(elastomer)로서 가격이 저렴하며 제작이 용이하여 많이 사용되고 있다. 실험은 Dowcoring사의 Sylgard184의 주제와 경화제 기본 혼합비율인 10:1에서 6:1까지 경화제 비율을 변경하여 샘플을 제작하였고 타사의 PDMS 제품 2종(KCC社 SL9503, MPM社 xe-15-645)을 선정하여 샘플 제작 후 경도 및 인장강도를 측정하였다.

Table 1 PDMS specification

	Dow Corning (Sylgard184)	KCC社 (SL9503)	MPM社 (xe-15-645)
Mix ratio	6:1 to 10:1	10:1	1:1
Viscosity	5175cP	3000cP	56000cP
Elongation	120%	100%	380%
Color	Clear	Clear	Clear

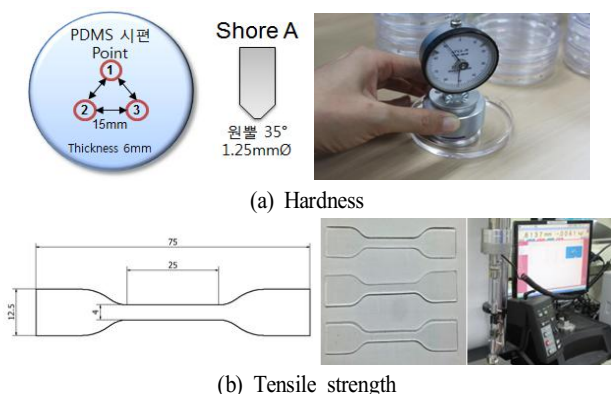


Fig. 1 Hardness and tensile strength measurement

3. 실험 결과 및 고찰

경도는 Sylgard184의 각 혼합비 및 KCC, MPM사의 PDMS샘플에 3포인트를 정하고 10회 반복하였으며 잔류응력의 영향을 최소화하기 위해 15초 후 측정하였다.

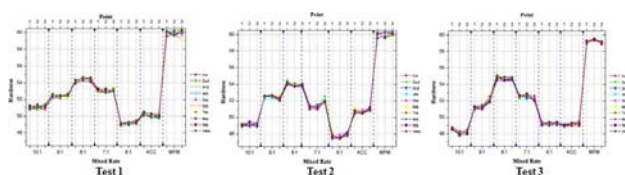


Fig. 2 Results of hardness measurement

혼합비율에 따른 경도 실험 결과 Sylgard184의 혼합비는 8:1에서 가장 경도가 높았으나 다른 혼합비와의 차이는 미미하였으며 MPM사의 경도는 약 60으로 가장 높게 측정되었다.

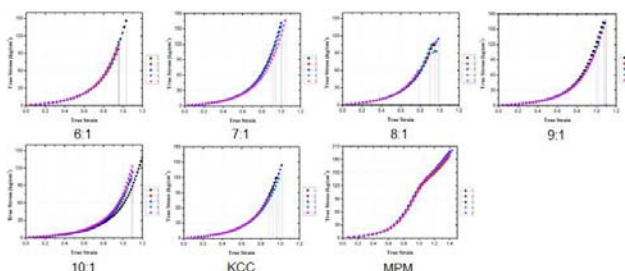


Fig. 3 Results of tensile strength measurement

인장강도 시험 측정결과 10:1(Sylgard184)는 True Strain 1.1이후, MPM사이의 경우 1.4이후에 시편의 파단이 일어났으며 나머지 혼합비율에서는 1.0전후로 시편의 파단이 일어났다. 높은 연신율일수록 PDMS 소켓에 과도한 힘이 걸릴 때 손상되지 않고 복원력이 우수했다. 측정결과 모든 PDMS의 소성변형영역은 다른 재질에 비해 매우 낮아 탄성회복력이 우수함을 알 수 있었다. 특히 MPM사의 탄성회복력은 매우 우수하지만 점도가 높아 디스펜싱과 퍼짐성으로 인해 제작 시간이 Sylgard184보다 더 걸렸다.

향후 CTE, Tg의 측정 및 분석을 통해 최적의 공정조건을 만족하는 요구 스펙을 정의 및 도출 할 예정이다.

후기

본 연구는 산업기술혁신 우수기술연구센터(ATC)사업 ‘100um 피치급 하이브리드 팬아웃 BGA 프로브 개발’ 과제의 일환으로 산업통상자원부의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- (1) N. Amin, Z.Y. Lam, "A Practical Investigation on the Root Causes of the Mechanical Damages of Pogo Pin Type Test Sockets to IC packages in Final Test", Proceeding of ICSE 2008, pp. 393-397, 2008.

반도체 유기물 제거모듈의 신뢰성 예측

홍원표*

Reliability Prediction of Organics Extraction Module for Semiconductor

W. P. Hong*

한국생산기술연구원 IT융합공정연구그룹

Key Words : Up down module, Reliability Prediction, FMEA, FTA, MTBF, Failure Rate

1. 서론

신뢰성이란 제품 또는 시스템이 요구하는 기간 동안 주어진 사용 환경 조건에서 정해진 신뢰수준을 원활하게 수행할 수 있는 능력을 말한다. 신뢰성 예측은 수명예측이라 할 수 있으며 부품 및 시스템의 고장률을 예측하는 것이다.^{1,2}

최근 제조업의 정밀화, 최첨단 신기술화 요구 증대에 따라 고속, 고정도, 고능률의 기능을 필요로 하면서 신뢰성이 강조되고 있다.

본 연구에서는 반도체 유기물 제거모듈의 개발 시 설계 단계에서 도면을 분석하여 신뢰성 예측 평가 방안을 제시하고자 하였다.

2. 신뢰성 예측 방법 및 대상

신뢰성 예측은 시스템의 설계도면 분석에서 시작하며 각 요소별 부품의 설계 특성을 기준으로 계층구조도를 작성한다. 신뢰성 예측규격 및 DB를 활용한 신뢰성 예측과 시스템의 고장률, FMEA(Failure Mode and Effects Analysis) 및 치명도 분석을 통하여 이 시스템의 취약부 보완과 신뢰성 향상 방안을 제시할 수 있다.

신뢰성 예측을 위한 분석도구로 Relx 소프트웨어를 사용하였으며, 기계류 부품의 고장률 산출을 위해 신뢰성 규격서인 NSWC와 미국 신뢰성 센터에 의해 만들어진 NPRD, EPRD의 규격서를 활용하여 분석하였다.³

신뢰성 예측 평가 대상은 반도체 유기물 제거 모듈(Up down module)로 하였다. Fig. 1(a) 회전형 타입은 글래스와 마스크를 합친 패턴으로 샤프트(Shaft) 부분이 계속 회전하면서 유기물을 빼내는 방식이다. Fig. 1(b) 비회전형 타입은 글래스와 마스크를 합친 패턴이 움직이지 않고 유기물만 빼내는 방식이다.

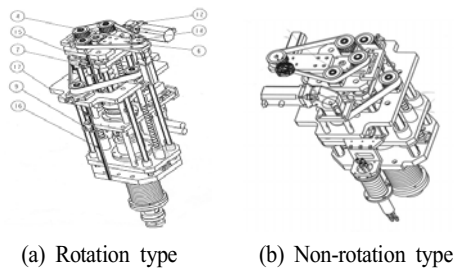


Fig. 1. Up down module

3. 신뢰성 예측 결과 및 고찰

계층구조는 크게 Motor, Rotation, UP-down의 세 가지로 분류되며 이와 관련된 부품요소들로 나뉜다. 설계 초기 사양을 기준으로 회전형 타입의 MTBF가 730시간으로 분석되었다. 취약부분인 베어링은 B10 Life 기준을 상향 조정하여 신뢰도를 높이고 볼베어링을 롤러베어링으로 변경하였다. 이를 통해 Fig. 2와 같이 고장률이 감소함을 확인하였다.

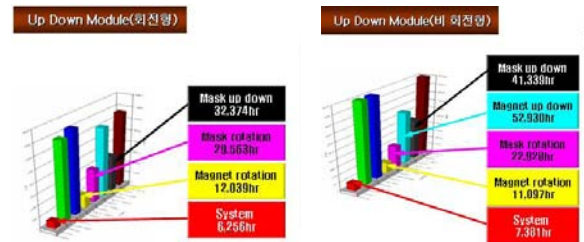


Fig. 2. MTBF and reliability over time

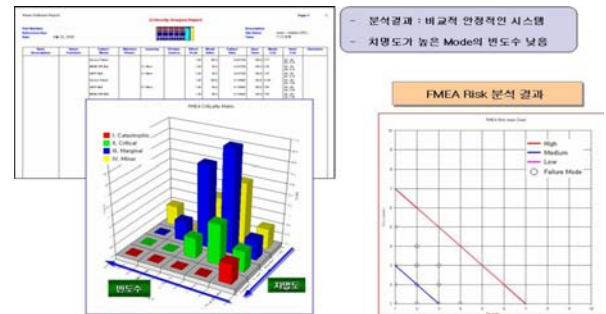


Fig. 3. FMEA results

Fig. 3은 FMEA 분석을 통해 각 고장모드와 빈도수, 치명도와의 관계를 분석한 결과이다. 빈도수가 높은 고장모드의 경우 치명도가 낮고, 치명도가 높은 고장 모드의 경우 빈도수 낮아 전체적으로 비교적 안정적임을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 반도체 유기물 제거 모듈의 신뢰성 예측 평가 방안을 제시하였다. 초기 설계 단계에서의 MTBF가 730시간으로 분석되었다. 취약부분인 Pulley, Deep groove ball bearing, Main shaft의 설계 사양 변경을 통해 6256시간으로 향상되었다.

추후 변경된 설계안을 바탕으로 실제 시스템을 제작한 이후 시스템의 신뢰성 평가 및 현장에서의 고장 데이터 확보를 통해 신뢰성 예측의 정확도가 더욱 향상될 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) Song, J. Y., Ha, Y. J., Lee, H. S. and Park, H. Y., 2000, *Reliability Assessment and Design Review for Mechanical part & System*, KSPE Spring Conference, 991~994.
- (2) Choi, H. Z., Lee, S. W., Choi, J. Y. and Kim, G. H., 2004, *Reliability prediction of Centerless grinding machine*, KSPE Spring Conference, 1105~1108.
- (3) Kyowoosa, 2002, *A Guide Book for Reliability Prediction*, ISBN 89-8172-322-2, 209~220.

스퀴즈모델 보정을 통한 나노임프린트 리소그래피 공정 해석 연구

류지형^{1*}, 이재종¹⁺, 임형준¹⁺, 이상호²⁺

Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

J.H. Ryu^{*}, J.J. Lee⁺, H.J. Lim⁺, S.H. Lee⁺한국기계연구원¹, 원광대학교²

Key Words : Nanoimprint lithography, Numerical method, Polymer filling

1. 서론

나노임프린트 리소그래피는 단순 공정으로 나노 구조물을 제작할 수 있는 차세대 리소그래피 기술이다. 하지만, 충진율을 예측하기 어렵기 때문에 공정시간이 필요 이상으로 증가하는 단점도 존재한다. 본 연구에서는 이 문제점을 개선하고자 해석적 방법을 이용하여 고분자의 유동 특성 및 충진율을 예측 하였다. 기존의 스퀴즈 모델을 보정하여 새로운 방정식을 획득 하였으며, 이 보정식을 이용하여 나노임프린트 리소그래피 공정 조건인 온도, 고분자 두께, 스탬프의 크기에 따른 충진율을 분석 하였다. 그 결과, 10 % 오차를 가지는 해석 결과를 도출하였다. 이러한 연구를 통해 앞으로 나노임프린트 리소그래피 공정에서 공정 조건을 최적화하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

2. 본론

본 연구에서 Fig. 1과 같이 스탬프의 패턴을 라인으로 가정하여 고분자를 비압축성 스퀴즈유동 모델을 사용하였으며, 비뉴턴 유체로 가정하여 Cross-WLF 모델을 수식화 하였다. VOF를 이용하여 두가지 상 공기는 압축성 유체, 고분자는 비압축성 비뉴턴 유체로 정의하여 해석을 진행 하였다. 기존의 스퀴즈 모델로 도출된 임프린팅 속도식을 영향인자들의 곱으로 보정을 한 후 이를 속도 경계조건으로 적용 하였다.

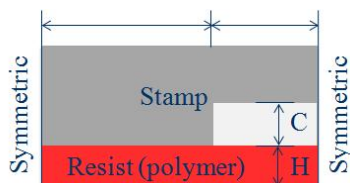


Fig. 1. Numerical domain for simulation

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 나노임프린트 리소그래피 공정 실험과 해석의 결과를 비교한 그림이다. 두 결과 모두 작은 임프린트 속도로 인한 모세관 유동 특성의 발달에 의해 오목한 형상을 지니는 유동 특성이 나타났다.

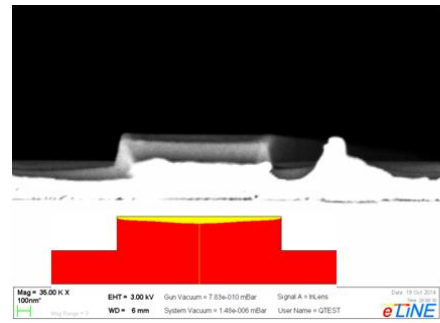
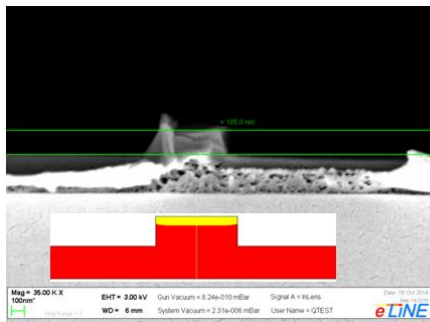


Fig. 2. Polymer filling behaviors with different dimensionless cavity size

이 결과를 바탕으로 온도, 고분자 두께 등에 대한 고분자 충진율을 예측하였다. Fig. 3는 고분자 두께에 대한 충진율을 나타내고 있다. 고분자 두께의 경우, 두께가 증가할수록 인가되는 임프린팅 속도가 증가되고 이에 따라 스퀴즈 유동이 더 발달되어 충진율이 증가됨을 보였다. 이러한 연구를 통해 나노임프린트 리소그래피의 공정조건 최적화 및 충진율 예측 분석에 도움이 될 것이라 기대한다.

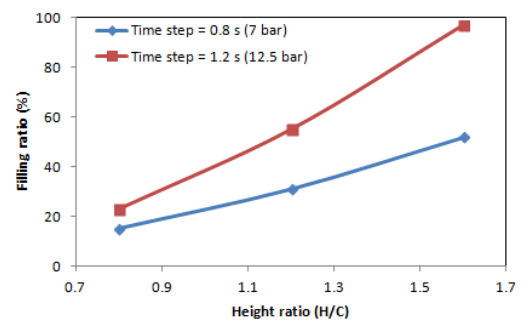


Fig. 3. Filling ratio according to the height ratio

참고문헌

- (1) Chou, S. Y., Krauss, P. R. and Renstrom, P. J., 1995, *Imprint of sub-25nm vias and trenches in polymers*, Appl. Phys. Lett. 67, pp. 3114-3116.
- (2) Kim, S. M., Kang, J. H. and Lee, W. I., 2011, *Analysis of polymer flow in embossing stage during thermal nanoimprint lithography*, Polymer Engineering & Sci. 51, pp. 209-217
- (3) Lee, E.S, Je, T.j, Ohmori H, 2006, *Development of cylindrical grinding technology with electrolitic in-process dressing method*, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.1, No.1, pp. 127~132.
- (4) Rowland, H. D., Sun, A. C., Schunk, P. R. and King, W. P., 2005, *Impact of polymer film thickness and cavity size on polymer flow during embossing: toward pocess design rules for nanoimprint lithography*, J. Micromech. Microeng. 15, pp. 2958-2962.

표면 모폴로지 형상에 따른 TENG의 출력에 관한 연구

마무드¹, 이재종^{1,2}, 최기봉^{1,2*}

A study on power of Triboelectric Nanogenerator according to surface morphology

M. A. Parvez Mahmud, J. J. Lee, K.-B. Choi*

과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스전공¹, 한국기계연구원 나노융합기계연구본부²**Key Words** : Triboelectric Nanogenerator, Surface morphology, Contact-separation mode, Nano pattern

1. 서론

마찰형 나노발전기 (TENG)[1,2]는 타 에너지 수확 방법에 비해 큰 파워를 발생시킬 수 있는 방법으로 알려져 있다. 에너지를 발생시킬 수 있는 모드 중 접촉-분리 모드는 단순함으로 인해 용이하게 구현할 수 있는 장점이 있는 모드로서, 재질이 상이한 두 표면을 접촉 후 분리를 되풀이하여 에너지를 발생시킬 수 있다.

본 연구에서는 PDMS와 PMMA 재질의 표면에 라인, 필러 및 육각 콘형 나노형상의 나노 패턴을 제작하여 접촉-분리형 모드로 에너지를 발생시켜 출력을 비교 실험한 후 분석해 보고자 한다.

2. 실험 및 고찰

열경화 나노 임프린트에 의해 라인 (line), 필러 (pillar) 및 육각 콘형 (Hexagonal cone type) 나노 형상을 Si 마스터 패턴으로부터 PMMA와 PDMS 기판 상에 전사하였다. 전사된 패턴의 크기는 Table 1과 같다.

Table 1 Dimensions of nano patterns

Pattern	Width (nm)	Height (nm)
Line	150	100
Pillar	200 (Diameter)	250
Hexagonal Cone	300 (height) 200 (width)	150

실험에 사용되는 이론적 모델은 Fig. 1과 같다. PMMA와 PDMS의 기판에서 나노형상이 있는 두 내측면은 서로 대향하여 배치하고 외측면은 Al과 Cu를 이용하여 전극을 형성하였다.[3]

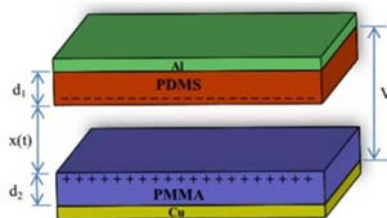


Fig. 1 Experimental model for contact-separation mode in TENG

PMMA와 PDMS 기판 사이의 발생 전하를 조사하기 위해 두 면 사이를 5 Hz로 접촉구동시켰다. 접촉을 하려는 순간 두 기판 사이의 내측면에는 서로 음과 양의 정전하가 분포되며, 이 후 접촉 후 분리되는 순간 분포되어 있는 정전하는 전극을 통해 흘러가게 된다. 이 때 큰 파워를 발생시키기 위해서는 큰 전하밀도가 요구되는데, 전하밀도는 나노형상과 밀접한 관계가 있다.[4]

실험을 통해 TENG에서의 최대 파워를 무패턴, 라인, 필러, 및 육각 콘형 패턴의 결과를 비교 분석하였다. 최대 발생 파워는 무패턴일 경우 4.87 mW, 라인 형상은 17.86 mW, 필러 패턴은 31.67 mW, 육각 콘형 패턴은 107.19 mW가 발생되었다. 또한 이 들은 외부 부하가 7 MΩ 일 때 가장 큰 파워가 발생되었다. 이 실험을 통해 표면에 있는 나노형상들이 전하밀도를 증가시키는데 역할을 했음을 알 수 있었다. 또한 육각 콘형 패턴의 경우 콘형 형상으로 인하여 두 면사이의 접촉면적이 증가함과 동시에 전하밀도가 증가함을 알 수 있었다.

3. 결론

PMMA와 PDMA의 표면에 무패턴, 라인, 필러 및 육각 콘형 나노 패턴을 갖는 표면을 형성하여 TENG의 접촉-분리 모드에 의해 발생되는 파워를 실험적으로 비교분석하였다. 실험결과 육각 콘형 패턴이 가장 큰 파워를 발생시켰으며, 이는 두 면사이의 접촉면적을 증가 시킴과 동시에 전하밀도를 증가시켰기 때문인 것으로 판단된다.

참고 문헌

- (1) Wang S., Lin L., Wang Z. L., 2012, Nanoscale triboelectric-effect enabled energy conversion for sustainably powering portable electronics, Nano Lett., 12, 6339~6346.
- (2) Fan, F. R., Tian, Z. Q., Wang, Z. L., 2012, Flexible triboelectric generator!, Nano Energy, 1, 328~334.
- (3) Niu, S., Wang, S., Lin, L., Liu Y., Zhou, Y., Hu, Y., and Wang, Z., 2013, Theoretical study of contact mode triboelectric nanogenerators as an effective power source, Energy & Environmental Science, 6, 3576~3583.
- (4) He, X., Guo, H., Yue, X., Gao, J., Xi, Y., and Hu, C., 2015, Improving energy conversion efficiency for triboelectric nanogenerator with capacitor structure by maximizing surface charge density, Nanoscale, 7, 1896~1903.

3D 프린팅 기술 기반 이중소재 복합프린팅 장비 개발

천승우^{1,2*}, 박성준², 박진호¹, 이혜진¹, 박석희¹, 이낙규¹

A study on the development of multi-material printing apparatus based on 3D printing technology

S.W. Chun*, S.J. Park, J.H. Park, H.J. Lee, S.H. Park, N.K. Lee

한국생산기술연구원¹, 한국교통대학교 기계공학과²

Key Words : FDM(Fused Deposition Modeling), SST, PVA, HIPS

1. 서론

최근에는 CAD로 디자인 된 3차원 모델을 빠른 시간에 입체형상으로 구현이 가능한 기술 중의 하나인 3차원 프린팅 기술이 산업 전반에 크게 활용되고 있다. 3D 프린팅 기술은 고분자 물질이나 플라스틱 및 금속성 분말등의 소재를 설계에 따라 적층 제조법(additive manufacturing)으로 3차원 입체물을 제조하는 방법이다. 본 논문에서는 3D 프린팅 공정중 FDM(Fused Deposition Modeling)공정 기반으로 듀얼노즐을 통한 이중소재를 복합 프린팅하여 SST(Soluble Support Technology)공정연구 및 듀얼익스트루더 장비를 제작 하였다.

2. 3D 프린팅 공정의 실험 장치 및 방법

기존 FDM공정에서 오버행 구조를 출력할 시에 단일소재로 서포트와 파트를 출력할 때 발생하는 접촉면의 품질과 형상에 따른 후공정이 불가능한 경우를 극복하기 위해 하드웨어와 소프트웨어의 수정으로 듀얼노즐을 통한 이중소재 및 수용성 서포트를 사용함으로써 SST(Soluble support technology)공정의 적용 가공 특성을 분석하고자 한다. 본 연구에서는 이중소재 압출이 가능한 3D 프린터의 필요성으로 인해 실험장치를 제작하였다. 기존의 단일노즐 프린터의 같은 성능의 노즐부를 추가 장착하고 동일한 제어를 위해 펌웨어 변경 명령어를 코딩하여 각각의 노즐에서 다른 온도조건을 통한 이중소재 압출명령을 수행하였다.



Fig. 1. Dual nozzle set for extruding model and soluble support material

3. 실험 결과 및 분석



Fig. 2. Overhanging structure supported by soluble HIPS structure

오버행 구조 및 서포트의 필요성에 대해 Fig.2에 설명하였다. HIPS를 서포트로 사용하여 지지대를 출력 후 용제에 노출시키게 되면 서포트로 사용된 HIPS소재만 용해되어 없어지게 되고 본래의 모델인 ABS소재만 남게되어 형상을 유지할 수 있다.

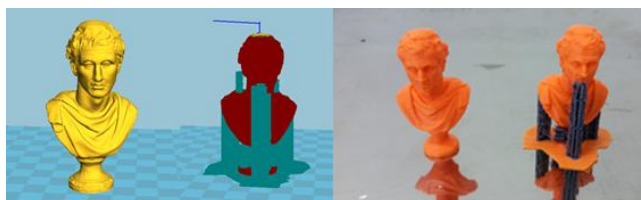


Fig. 3. Application of support structure to 3D arbitrary shape

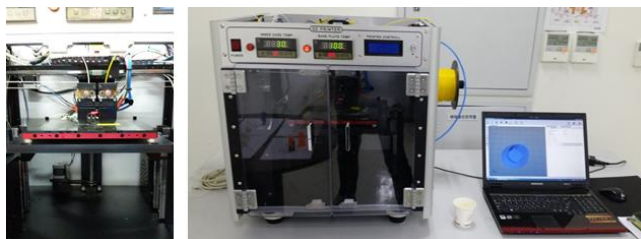


Fig. 4. 3D printing apparatus equipped with dual nozzle set

이중소재간의 계면을 어떻게 유지하느냐에 따라 출력물의 퀄리티가 상이하게 다를 수 있기 위해 실험을 진행하였다. 모델링의 형상에 따라 조건이 달라지지만 듀얼 익스트루더의 기본 오버랩 설정을 1~2mm 이내로 설정하여야 올바른 계면의 출력물 품질을 얻을 수 있다. 본 연구의 실험은 듀얼노즐을 통한 이중소재를 압출하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어를 구현함에 따라 이중소재를 압출하는 목적이 수용성 서포트를 사용하여 기존의 단일노즐에서 불가능 하였던 폐쇄형 구조물의 출력을 가능하게 하는데 있으며, 이상적인 출력을 위해 압출속도, 이송속도, 냉각유무, 노즐온도, 노즐이동 가감속조건이 모두 충족되어야 결합조건을 만족할만한 결과물을 얻을 수 있다. 서포트 소재로 사용된 HIPS와 PVA소재는 각각 용융온도가 250도, 230도로 ABS소재의 서포트로 사용시엔 HIPS 소재를 사용하고 PLA소재의 서포트로 사용할 시에는 PVA소재의 필라멘트가 적합하다. 서포트 용해시에는 초음파세척과 용제의 50도 온도조건이 유지된다면 제거시간을 절반가량 줄일 수 있음을 확인하였다. 본 개발장비는 오픈소스 사용으로 인한 다양한 세팅 변경이 가능하고 듀얼노즐로 수용성 서포트 및 이중소재 출력이 가능하지만 산업용장비 이상의 출력물 퀄리티를 향상시키기 위해 모터 및 컨트롤러 사양, 전용 소프트웨어 및 알고리즘 개발, 전용 소재 개발이 요구된다.

후기

본 연구는 중소기업청 기술혁신개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Lewis, J. A., 2000, "Colloidal processing of ceramics," J. Am. Ceram. Soc., Vol. 83, No. 10, pp.2341~2359.
- (2) Chrisey, D. B., 2000, "Materials processing: the power of direct writing," Science, Vol. 289, No. 5481, pp. 879~881.
- (3) Rao, M. P., Sanchez-Herencia, A. J., Beltz, G. E., McMeeking, R. M., Lange, F. F., 1999, "Laminar ceramics that exhibit a threshold strength," Science, Vol. 286, No. 5437, pp. 102~105

정전형 스캔 플레이트의 전압원 특성

임선종*

Characteristic of Voltage Source of Electrostatic Scan Plate

S. J. Lim*

한국기계연구원 광응용기계실

Key Words : Electrostatic scan plate, Voltage source, Electron beam scan

1. 서론

전자 렌즈의 스캔 플레이트 전압원은 제어 범위에서 입력 전압 변화에 대해 출력 전압의 변화가 일정해야 한다. 이것은 FOV의 변화율이 일정하게 유지되어야 하는 면에서 중요하다. 전압 변화율에 미치는 요인은 소자 특성, 주변 온도가 소자에 미치는 영향 및 입력 전압 특성 등이 있다.

본 논문은 동일한 변화율을 가진 FOV를 확보하기 위해 전자 컬럼용 정전형 스캔 플레이트 전압원의 출력 특성을 확인하였다. 또 오차를 개선하기 위한 보정 결과를 제시하고 있다.

2. 스캔 플레이트 전압원 특성 실험

스캔 플레이트는 8 극자 2단 스캔 플레이트이다. 플레이트 극의 배치는 Fig. 1과 같다.

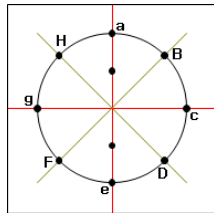


Fig. 1. Voltage arrangement of scan plate

플레이트에 대한 전압 배치는 A:X+Y, B:-X, C:-X-Y, D:-Y, E:+X-Y, F:+X, G:+X+Y 및 H:+Y 이다. B, D, F, H 극의 값을 배율별로 비교하였으며 error를 $(V_{max}-V_{min})/V_{min}$ 으로 정의하였다. V_{max} 는 4극중 최대값을 의미하며 V_{min} 은 4극중 최소값을 의미한다.

Table 1 Output voltage before correction

Mag	Mutual Symmetry Error (Max)			
	Error(%) = $(+V - -V) / +V $			
	$ +V(F) - -V(B) $	$ +V(D) - -V(H) $	$ +V(G) - -V(E) $	$ +V(A) - -V(C) $
17	0.17	1.69%	-0.08	0.77%
34	0.28	1.41%	-0.21	1.06%
51	0.39	1.31%	-0.35	1.18%
85	0.57	1.15%	-0.66	1.35%
119	0.65	0.94%	-1.07	1.56%
153	0.74	0.83%	-1.47	1.68%
187	1.13	1.03%	-1.57	1.46%
221	1.44	1.11%	-1.78	1.40%
255	1.6	1.07%	-2.03	1.38%
Error(max)		1.69%		1.68%
	$ +V(H) - -V(D) $		$ +V(B) - -V(F) $	
	Diff(V)	Error	Diff(V)	Error
	Diff(V)	Error	Diff(V)	Error
17	-0.08	0.85%	-0.33	3.41%
34	0.03	0.15%	-0.46	2.37%
51	0.13	0.45%	-0.6	2.06%
85	0.31	0.64%	-0.9	1.86%
119	0.41	0.60%	-1.28	1.89%
153	0.44	0.50%	-1.72	1.99%
187	0.72	0.67%	-1.92	1.81%
221	1.13	0.89%	-2	1.59%
255	1.29	0.88%	-2.3	1.59%
Error(max)		0.89%		3.41%

Table 2 Output voltage after correction

Mag	Mutual Symmetry Error (Max)			
	Error(%) = $(+V - -V) / +V $			
	$ +V(F) - -V(B) $	$ +V(D) - -V(H) $	$ +V(G) - -V(E) $	$ +V(A) - -V(C) $
17	0.04	0.40%	0.05	0.49%
34	0.03	0.13%	0.04	0.23%
51	0	0.01%	0.03	0.11%
85	-0.07	0.14%	-0.02	0.04%
119	-0.23	0.34%	-0.17	0.25%
153	-0.4	0.46%	-0.34	0.38%
187	-0.26	0.24%	-0.19	0.17%
221	-0.19	0.15%	-0.13	0.10%
255	-0.28	0.19%	-0.17	0.12%
Error(max)		0.46%		0.49%
	$ +V(H) - -V(D) $		$ +V(B) - -V(F) $	
	Diff(V)	Error	Diff(V)	Error
	Diff(V)	Error	Diff(V)	Error
17	-0.19	1.91%	-0.19	1.93%
34	-0.19	0.98%	-0.2	1.00%
51	-0.21	0.71%	-0.22	0.73%
85	-0.27	0.55%	-0.28	0.57%
119	-0.42	0.61%	-0.43	0.63%
153	-0.61	0.69%	-0.65	0.74%
187	-0.56	0.52%	-0.62	0.57%
221	-0.39	0.31%	-0.48	0.37%
255	-0.46	0.31%	-0.55	0.37%
Error(max)		1.91%		1.93%

Table 1은 보정 전의 출력값을 보이며 Table 2는 보정 후의 출력값 특성을 보인다.

3. 실험 결과

스캔 플레이트 각 극 별로 편차가 존재하며 일부 부품의 정밀도 오차, 커넥터 및 케이블의 감쇄 편차가 발생하고 있다. 이와 같은 오차는 전압원마다 다르게 나타난다. 개선 결과에 따르면 B-F 간의 최대 오차는 1.69 [%]에서 0.46 [%]로 감소하였다. 같은 플레이트의 ± 오차는 0.01 [%]에서 0.03 [%]로 증가하였다. D-H 플레이트는 최대 오차가 3.41 [%]에서 1.93로 감소하였고 같은 플레이트의 ± 오차도 2.52 [%]에서 0.02 [%]로 감소하였다.

4. 결론

Offset 조종이 가능한 OP-Amp, 사용 구간에서 오차율이 낮은 부품의 대체 및 오차율 보정 회로 추가 등으로 플레이트간 전압 오차를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 오차율은 항상 존재하는 것이므로 각 배율의 영상을 이용해 입력 전압을 보정하는 것도 방법이다.

컬럼 배열을 이용하는 경우 컬럼마다 스캔 입력 전압에 대해 같은 배율의 영상을 얻는 것이 이상적이다. 그러나 오차율로 인해 똑같은 배율의 영상을 얻는 것은 어렵다. 향후 배열된 컬럼에서 각 컬럼이 배율의 영상을 얻기 위한 연구가 진행될 예정이다.

참고 문헌

- (1) Lim, S.J, Lee, H.Y, Kim, H.S, 2013, Electron Beam Controller Design for Multi Electron Column(2x1), Korean Conference on Semiconductors.

비휘발성 레진-휘발성 용매 혼합액의 에어브러싱을 통한 나노박막 코팅 및 잔막두께 조절 가능한 롤투롤 나노임프린팅에의 응용

김정대^{1#}, 이성호^{2#}, 구성관^{1#}, 이재혁¹, 홍정구², 박형원³, 곽문규^{2*}, 옥종걸^{1*}

Airbrushing-based deposition of nanoscale thin films comprising non-volatile resin and volatile solvent and application in residual layer-controlled Roll-to-Roll nanoimprinting process

J. D. Kim[#], S. H. Lee[#], S. Koo[#], J. H. Lee, J. G. Hong, H. W. Baac, M. K. Kwak^{*}, J. G. Ok^{*}

서울과학기술대학교 기계·자동차공학과¹, 경북대학교 기계공학부², 성균관대학교 전자전기공학부³

E-mail: jgok@seoultech.ac.kr, mkkwak@knu.ac.kr # J. D. Kim, S. Koo, and S. H. Lee equally contributed to this work

Key Words : airbrushing, nanoimprint, roll-to-roll, continuous and uniform thin film coating

1. 서론

본 논문에서는 에어브러싱 방법의 특징과 높은 중형비를 갖거나 거칠기가 큰 표면에도 균일한 박막을 코팅할 수 있는 장점[1]을 활용하여, 비휘발성 레진을 휘발성 용매에 적절한 농도로 희석하여 에어브러싱을 통해 유연 기판에 도포하고 미세패턴의 임프린팅(imprinting)을 위한 레진 박막으로 연속적인 롤투롤(Roll-to-Roll; R2R) 나노임프린트(nanoimprint; NIL) 공정[2]에 적용하는 연구 결과를 제시한다. 이 때, 레진 농도 및 분사 시간, 압력 등 에어브러싱의 몇 가지 파라미터 조절만을 통해 균일한 박막 성형이 가능하고 NIL 공정에서 가장 중요한 관심사 중 하나인 잔막두께(residual layer thickness; RLT)조절을 용이하고 예측 가능하게 수행할 수 있음을 아울러 보인다.

2. 본론

2.1 공정 셋업 및 실험 조건

본 실험에 사용된 에어브러싱 셋업을 Fig.1(a)에 나타내었다. 기본 조건으로는 에어브러싱 노즐과 PET 기판 간에 15cm 떨어뜨린 높이에서 0.15MPa의 분사압력으로 수직 방향으로 분사한다. 분사하는 레진은 PAG 3%를 포함한 epoxy-silsesquioxane(SSQ)를 PGMEA에 적절한 농도(2-20%)로 정량 희석한 것을 사용하였다. 이렇게 제작된 레진 박막을 R2R NIL 시스템에 도입하여 Fig.1(b)에 나타난 유연 몰드(700 nm 주기를 갖는 1차원 나노그레이팅 패턴)를 이용해 NIL 공정을 수행하였다. 결과적으로 얻어지는 패턴의 형상과 RLT를 SEM을 바탕으로 평가 분석하였다.

2.2 레진 농도에 따른 에어브러싱 특성 평가

Fig. 2는 SSQ를 PGMEA에 희석시킨 농도를 달리하여 에어브러싱 후 R2R NIL을 수행한 결과이다. SSQ농도가 진하면 (20%) 고점성의 SSQ가 균일한 박막을 형성하지 못하여 NIL 시에 표면의 균일도가 떨어지며(Fig. 2(a)), SSQ 농도가 묽으면(2%) PGMEA가 휘발된 이후 SSQ 양이 부족하여 연속적인 박막 형성이 되지 않음을 알 수 있다.(Fig. 2(d)) 적정 농도(5-10%)의 SSQ 사용시 깨끗하고 균일한 패턴링 결과를 얻을 수 있다.(Fig. 2(b-c))

2.3 적절한 농도의 레진의 시간별 에어브러싱을 통한 균일 박막 형성 및 R2R NIL 공정 후의 잔막 두께 평가

Fig. 3은 상기 실험을 통해 확인된 적정농도(5% 및 10%)의 SSQ를 다양한 시간 동안(1초, 2초 및 3초) 에어브러싱하여 성형한 박막에 R2R NIL을 수행한 전후의 단면을 관찰하고 박막 두께 및 RLT를 측정한 결과를 나타낸다. 전반적으로 5% SSQ 박막보다 10% SSQ 박막의 에어브러싱 직후 두께 및 RLT가 두께가 나타나며, 에어브러싱 시간이 늘어날수록 박막 및 RLT 두께가 증가함을 알 수 있다.

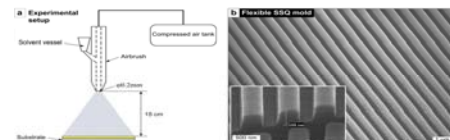


Fig. 1 (a) Airbrushing set up (b) R2R NIL Mold [3]

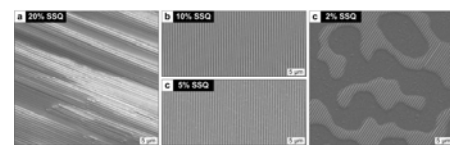


Fig. 2 R2R NIL result after each concentration by airbrushing [3]

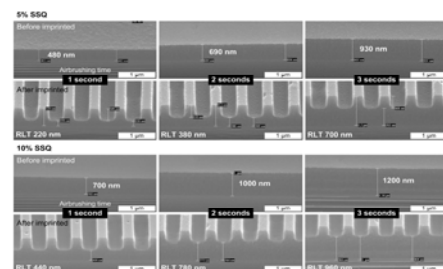


Fig. 3 Cross-section shape of pattern performed R2R NIL which airbrushed thin film on 5% and 10% SSQ concentrate 1s to 3s [3]

3. 결론

본 연구에서는 하나의 주요한 방법론인 에어브러싱 방법을 통해 두께 조절이 용이하게 마이크로나노스케일 박막을 형성할 수 있음을 보이고, 이러한 균일한 레진 박막을 R2R NIL 공정에 활용함으로써 예측 가능한 RLT를 갖는 신뢰도 높은 NIL 공정으로 이어갈 수 있음을 확인하였다. RLT 조절 및 최소화화를 통해 NIL 공정이 높은 생산성, 경제성을 갖는 성형 공정으로 발전해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

후기

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

참고 문헌

- (1) A. H. Lefebvre, Properties of sprays, Particle & Particle Systems Characterization 6, 176-186, (1989).
- (2) J. G. Ok, H. S. Youn, M. K. Kwak, K.-T. Lee, Y. J. Shin, L. J. Guo, A. Greenwald, and Y. Liu, Continuous and scalable fabrication of flexible metamaterial films via roll-to-roll nanoimprint process for broadband plasmonic infrared filters, Applied Physics Letters 101, 223102, (2012).
- (3) S. Koo, S. H. Lee, J. D. Kim, J. G. Hong, H. W. Baac, M. K. Kwak, and J. G. Ok, Controlled Airbrush Coating of Polymer Resists in Roll-to-Roll Nanoimprinting with Regimented Residual Layer Thickness, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, in press (2016).

격자볼츠만 시뮬레이션을 통한 풀비등의 임계열속 및 열전달률 개선

이정신, 조재용, 이준상*

Lattice Boltzmann approach to the increasing of critical heat flux and heat transfer rate of pool boiling with patterned wettability

J. S. Lee, J. J. Cho, J. S. Lee*

연세대학교 기계공학부

Key Words : Critical heat flux; Patterned wettability; Boiling heat transfer; Pool boiling; Radial area fraction control; Hot-spot.

1. 서론

습윤성은 표면의 미세구조, 유체의 모세관력에 따라 변화합니다. 이 습윤성은 액적과 기포의 거동뿐만 아니라 끓음에도 큰 영향을 끼칩니다. 기존 선행 연구에서는 균일한 습윤성을 가진 표면을 이용하여 끓음 특성을 보았는데 균일한 습윤성으로는 임계열속, 열속, 유효열전도계수를 개선하는데 한계가 있음이 밝혀졌습니다. 여기서 임계열속이란 핵비등이 막비등으로 전환되기 직전에 나타나는 열속의 극대값입니다. 이런 한계점을 돌파하고자 나온 개념이 습윤성 패턴입니다. 이 습윤성 패턴은 표면의 서로 다른 습윤성을 교차 배치하여 기포 생성 지점을 국부적으로 조절하는 것입니다. 습윤성의 국부적인 차이로 기포의 생성 및 병합 양상을 바뀌게 하여 유효열전도계수를 증가시키고자 도입된 개념입니다. 하지만 습윤성 패턴에는 임계열속이 낮다는 단점이 있습니다. 습윤성 패턴의 형상 변수 조절을 통해 임계열속이 충분히 높은 값을 가지도록 한다면 습윤성 패턴의 단점을 극복하고 실용적으로 열전달 기기에 적용할 수 있습니다.

2. 방사형 습윤성 패턴 설계

습윤성 패턴의 임계열속 향상의 한 방법으로 방사형 습윤 설계를 제안하였습니다. 국부적으로 온도 또는 열속이 높은 곳을 기준으로 온도 분포는 방사형을 띄게 됩니다. 그 온도 분포에 맞추어 이번 연구에서는 온도가 높은 중심부에서는 발수성 점의 면적비를 낮게 하고 상대적으로 온도가 낮은 변두리에서는 발수성 점의 면적비를 높게 하였습니다. 그리고 발수성 점의 집중도 조절 변수를 만들어 최적화가 가능하게 하였습니다.

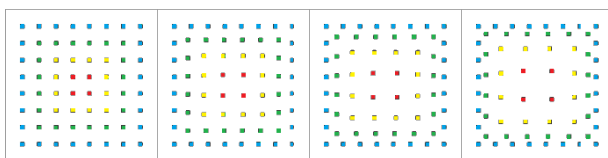


Fig. 1 Patterned wettability

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

온도가 매우 높아지면 상대적으로 온도가 높은 구역에서 막비등이 시작되어 전체 표면으로 기포막이 번지면서 열속이 크게 낮아지게 됩니다. 발수성 점의 집중도를 조절하지 않은 표면(그림 2의 제일 왼쪽표면)에서도 마찬가지로 현상이 나타났습니다. 발수성 점의 집중도를 조절한 나머지 세 개의 표면에서는 막비등이 사라지고 비등 현상이 핵비등에 가깝게 개선되었습니다. 네 개의 표면중에 집중도를 가장 크게 조절한 네 번째 표면보다 세 번째 표면이 핵비등에 가깝고 임계열속 또한 세 번째 표면이 제일 높았습니다. 그림 3을 보면 집중도

0, 8, 15, 22%중에 15%가 가장 높은 임계 열속을 보였습니다. 이것은 순수 발수성 표면의 임계열속에 근접한 값입니다. 또한 15% 표면의 표면온도는 순수 발수성 표면에 비해 절반 가까이 낮게 나타났습니다. 이를 통해 발수성 점의 집중도는 최적화가 가능한 변수임이 밝혀졌고 임계열속 개선에 효과가 있음이 입증되었습니다.

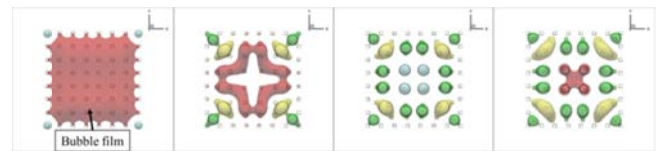


Fig. 2 Bubble merging behavior on the Mp-controlled surfaces.

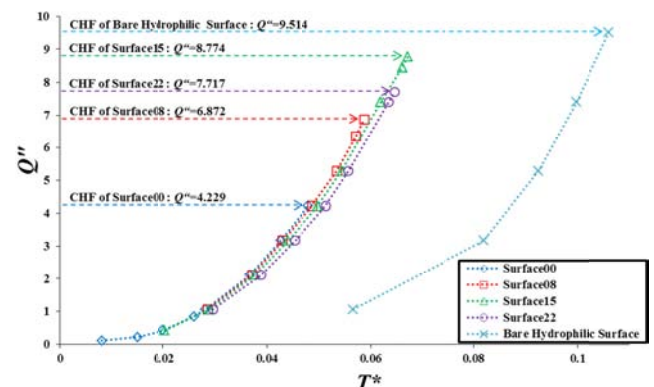


Fig. 3 Boiling curves with superheat and heat flux graphs for all surfaces.

후기

본 연구는 선도연구실지원사업(NRF-2015R1A5A1037668)의 지원을 받아 이루어졌습니다.

참고 문헌

- (1) Jo, H., Kim, S., Park, H.S., Kim, M.H., 2014. Critical heat flux and nucleate boiling on several heterogeneous wetting surfaces: Controlled hydrophobic patterns on a hydrophilic substrate, Int. J. Multiph. Flow 62, 101–109.
- (2) Takata, Y., Hidaka, S., Kohnno, M., 2006. Enhanced nucleate boiling by superhydrophobic coating with checkered and spotted patterns, In: Proceedings of the Sixth International Conference on Boiling Heat Transfer, Spoleto, New York: Curran Associates, Inc, pp. 240–244.

마이크로폰내 스퀴즈 에어 필름 댐핑의 모델링

이쉬파크 아쉬프, 김병기*

Modeling of squeezed air film damping in microphone

A. Ishfaq, B. Kim*

한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Microphone, Squeeze film damping

1. 서 론

멤스 마이크로폰의 설계 및 제작과정에서 가장 힘든 문제중의 하나는 진동판 밑에 존재하게 되는 공기층에 의한 댐핑의 영향이다. 본 논문은 이러한 공기층의 의해 발생하는 댐핑과 탄성을 이론적으로 모델링하는 과정을 소개한다.

2. 모델링

본 논문에 사용된 마이크로폰은 길이(L)가 1400 um이고 너비(W)가 1100um인 직각형 모양의 진동판을 가지고 있으며 두께(Tp)는 3.5um로 한다. 진동판밑의 공기층(h0)은 5um으로 가정한다. 공기의 입출이 진동판을 통해 일어날 수 있도록 63개(NH)의 구멍이 뚫려 있는 것으로 가정하고 진동판은 길이 중앙에 힌지가 있어 시소와 같이 진동판이 회전할 수 있는 것으로 본다. 이 공기층에 의한 진동판에 대한 영향은 modified Reynolds 식을 풀면 되는데 그 식은 아래와 같다.

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{PQ_{ch}h^3}{12\mu} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{PQ_{ch}h^3}{12\mu} \frac{\partial P}{\partial y} \right) \right\} - \frac{Q_{th}\beta^2 r^2}{8\mu T_{eff}\eta(\beta)} P(P - P_a) = \frac{\partial(P_h)}{\partial t}$$

여기서, P(x,y,t)는 공기층내 공기의 압력, r/r1은 perforation ratio, r은 구멍의 반지름이고 r1=0.525lp는 셀을 반지름을 나타낸다. 여기서, lp는 구멍의 주기이다. Teff=Tp+ (3π r/8)은 유효구멍의 길이(effective hole length)로 이는 구멍의 Tp와 구멍의 end effect를 나타내는 값의 합과 같다. h(t) is squeeze air film의 두께이고 μ는 공기의 점성이다. η(β) = (1 + (3r⁴K(β)Qth / 16Teff h³Qch)) 이고 K(β) = 4β² - β⁴ - 4 lnβ - 3인데 Qch와 Qth는 flow rate factors로, 각각 평면인 두판 사이를 흐르는 유체와 구멍을 통과하는 유체의 rarefaction effect를 감안한다. Qth=1+4Kn_{th} 이고 Qch는 참고문헌 [1]에 의하면 다음과 같다.

$$Q_{ch} = 1 + 3 \frac{0.01807 \sqrt{\pi}}{D_0} + 6 \frac{1.35355}{D_0^{1.17468}}$$

여기서, D0=√π/2Kn_{th}, Kn_{th}=λ/h, Kn_{th}=λ/r and λ= 0.0068/Pa. 여기서 Pa는 대기압이다.

진동판이 음압에 의해 시소와 같이 진동(rocking mode)한다고 가정하면 위의 modified Reynolds 식을 풀기위해 Green's function을 이용하면 아래와 같이 진동 주파수 ω에 따른 공기층에 의한 댐핑 상수(Cr)와 스프링 상수(Kr)를 구할 수 있다.

$$C_r = \frac{T_d}{\theta_0 \omega} = \sum_{\substack{m=even \\ n=odd}} \frac{16P_a L^3 W (-1)^{(m+n-2)}}{n^2 m^2 \pi^4 h_0} \frac{\left(k^2 + \frac{k_{mn}^2}{\alpha^2}\right)}{\left(k^2 + \frac{k_{mn}^2}{\alpha^2}\right)^2 + \omega^2}$$

$$K_r = \frac{T_s}{\theta_0} = \sum_{\substack{m=even \\ n=odd}} \frac{16P_a L^3 W (-1)^{(m+n-2)}}{n^2 m^2 \pi^4 h_0} \frac{\omega^2}{\left(k^2 + \frac{k_{mn}^2}{\alpha^2}\right)^2 + \omega^2}$$

참고 문헌

- (1) A. K. Pandey, R. Pratap, F. S. Chau, 2007, Analytical solution of the modified reynolds equation for squeeze film damping in perforated MEMS structures, Sensors and Actuators A: Physical 135 (2) 839~848

4월 29일 [금]

포스터 II 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2016

11:00~11:30

루프형 블레이드 형상 최적화를 위한 수치해석적 연구

전원영¹, 김영원², 박진호², 서영진^{1*}

A numerical study for loopwing blade optimization

W. Y. Jeon, Y. W. Kim, J. H. Park, Y. Seo*

금오공과대학교 기계공학과¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : CFD, wind turbine, renewable energy

1. 서론

신재생에너지의 필요성이 대두된 이후 풍력발전은 많은 발전을 이룩해왔다. 현재 풍력발전은 발전기 한 대당 MW급까지 에너지를 생산할 수 있도록 발전했다. 풍력발전기가 대형화 되어가면서 풍력발전기의 소음문제 또한 발생하였으며 소음이 인체에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 루프형 풍력발전기는 와류 발생을 줄이고 진동을 감소시켜 소음이 줄어드는 효과를 볼 수 있다. 본 연구에서는 전산유체역학을 이용하여 루프형 블레이드 설계단계에서 실제 제작될 블레이드의 성능을 예측하고자 한다.

2. 연구 방법

연구는 블레이드 표면에 걸리는 압력차를 이용하여 세 개의 모델 중 가장 효율이 높은 블레이드를 선정하고 이를 이용하여 터빈형상으로 모델링하여 특정 유속에서 터빈에 작용하는 토크 값을 예측하였다. 난류모델은 standard k-ε을 사용하였으며 입구와 출구조건은 각각 5 m/s와 0 Pa로 대기압 상태에서 유동이 생성되도록 하였다. 터빈의 해석조건은 입구속도 8 m/s, 회전속도 100 RPM으로 설정하였으며 터빈의 형상은 중심축을 기준으로 하여 반복되는 형태이기 때문에 해석 시간을 줄이기 위하여 유동장을 120°로 분할하여 periodic조건을 주었다. 터빈 유동장은 아래의 Fig. 1에 나타냈었다.

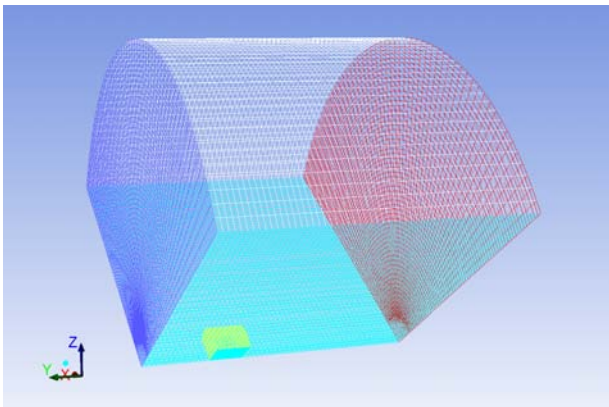


Fig. 1. Flow field for wind turbine

3. 연구 결과 및 고찰

블레이드 단계에서는 블레이드 표면에 걸리는 압력 값을 이용하여 양력 값을 예측하였다. Fig. 2는 각 블레이드의 압력 값을 나타낸 것이다. 루프형 풍력발전기는 2개의 블레이드가 한 쌍을 이루어 1개의 블레이드가 되므로 압력 값은 앞 블레이드의 앞뒷면과 뒷 블레이드의 앞뒷면 총 4면의 압력을 측정하여 전체 압력차를 계산하였다. 계산된 압력 값은 Fig. 3에 나타내었다.

그림에서 보는 것과 같이 압력차는 B가 가장 큰 것으로 나타났으며 다음으로 C, A 순으로 나타났다.

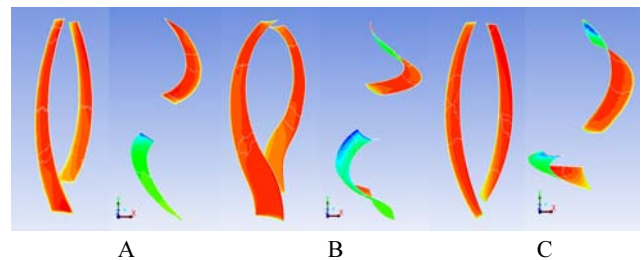


Fig. 2. Pressure contour of blade surface (Pa)

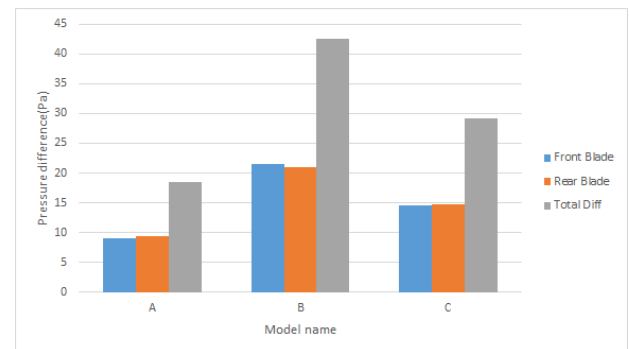


Fig. 3. Comparison of pressure difference (Pa)

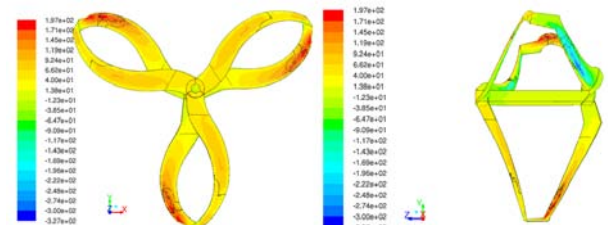


Fig. 4. Pressure contour of wind turbine surface (Pa)

위의 결과를 바탕으로 모델 B를 선정하였다. B의 블레이드를 이용하여 풍력 터빈을 모델링하여 8 m/s의 풍속에서 100 RPM으로 돌아가도록 한 결과 100.26 N·m로 풍력터빈에 작용하는 토크를 예측할 수 있었다. 본 연구를 통하여 향후 구체적 사양의 풍력발전 블레이드 설계에 적용할 예정이다.

후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- (1) Young Tae Lee, Hee Chang Lim, 2015, *Numerical study to Determine Optimal Design of 500W Darrieus-type Vertical Axis Wind Turbine*.

진공청소기 흡입노즐 내의 유동소음 저감을 위한 실험적 연구

전원영, 김병규, 김범준, 서영진*

Study of flow noise reduction in the vacuum cleaner suction nozzle

W. Y. Jeon, B. K. Kim, B. J. Kim, Y. Seo*

금오공과대학교 기계공학과

Key Words : Vacuum cleaner, Suction nozzle, Sound level meter, Sound absorbtion

1. 서론

진공청소기의 흡입 성능을 좋게 하기 위해서 단순히 출력인 강한 모터를 사용하면 되지만 그에 따른 전력과 소음의 증가는 피할 수 없다. 따라서 단순히 높은 출력의 모터를 이용한 청소기의 성능 증가에 대한 연구보다는 청소기 그 자체가 가지는 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 청소기는 실생활에서 가장 많이 사용되는 가전 제품이지만 청소기 가 사용된 지 100여년이 지난 지금까지도 청소기는 큰 소음으로 인하여 많은 사람들이 불편을 겪고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 노즐의 길이를 변화시켜 소음의 변화를 관측하고 더 나은 흡입노즐에 대해서 연구하려고 한다.

2. 실험 방법

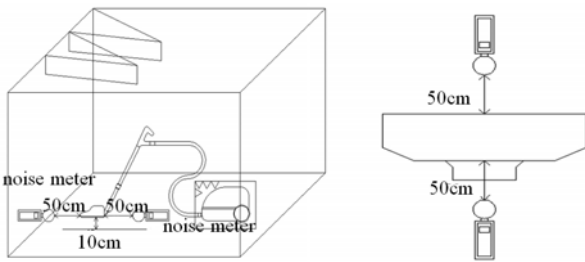


Fig. 1. experimental set-up for the sound level measure (L) location of the sound-level meter (R)

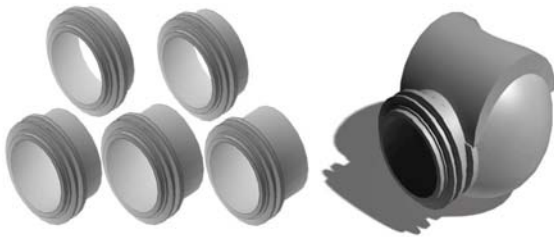


Fig. 2. modified suction nozzle (L) and suction nozzle of 3D shape (R)

기존 흡입노즐을 수정하기 위해 임의로 흡입구, 덮개, 몸통의 Part로 부위를 나누었고 cad 프로그램인 CATIA의 Part Design과 Generative Shape Design 기능을 이용하여 각각의 Part들을 Modeling 한 후 Assembly를 통해 최종 완성한다. 흡입노즐의 흡입구 부분에 길이 변화를 주어 추가적인 설계를 하되, 기존에 있던 흡입노즐의 형상과 동일하게 설계하여 청소기 본체와 완벽히 체결하여 완성한다. 흡입노즐의 길이를 변수로 두어 실험을 진행할 것이기에 기존 진공 청소기의 흡입노즐 길이를 토대로 각 흡입노즐의 길이를 +20%, +40%, +60%, +80%, +100%로 증가시켜 설계하였다. 설계한 흡입노즐의 전체적인 크기는 55*(45+)*65mm이다. 측정 시에 위치 변동을 막기 위해 각 위치의 바닥에 표식을 남기고 기존의 진공청소기 성능시험의 표준에 따르기 위해 3D프린터로 특수 제작한 직사각형의 상자를 시험실 중앙에 설치하여 바닥으로부터 10cm 높이에 흡입노즐을 위치하도록 한다.

실제 발생하는 소음값의 측정을 위해 TES사 1350A모델의 소음측정기를 해당 위치인 흡입노즐로부터 전방과 후방 50cm 지점에 설치한다. 흡입노즐마다 소음 변동을 최소화하기 위해 실험을 30회를 실시하되 그 측정 간격은 10초로 두어 진행한다.

3. 연구 결과

기존의 흡입 노즐은 흡입구 앞에서 71.52dB, 흡입구 뒤에서 70.85dB를 보였다. 설계한 흡입 노즐 중 40% 증가된 흡입 노즐이 흡입구 앞에서는 70.91dB, 흡입구 뒤에서는 72.62dB로 기존 흡입 노즐 대비 가장 적은 소음 값을 보였다. 앞에서는 0.61dB 감소하였으나 뒤에서는 1.77dB 증가하였다. 흡입 노즐 부착에 있어서 후면부의 빈 공간으로 바람이 빠져나가면서 앞뒤의 소음 차이가 크게 나타났다.

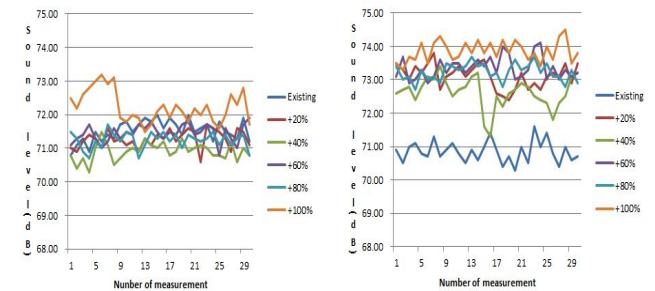


Fig. 3. Forward noise values of suction nozzle (L) Backward noise values of suction nozzle (R)

4. 결론

본 연구에서는 기존의 진공청소기 흡입노즐의 형상 변화에 따른 유동소음 변화를 측정해보고 가장 효과적인 흡입노즐을 찾아보고자 연구하였다. 전반적으로 큰 소음의 차이는 나타나지 않았다. 설계한 흡입노즐 중에서는 기존 흡입 노즐 대비 40% 증가된 흡입 노즐의 소음이 가장 작게 측정되었다. 이러한 결과를 통해 진공청소기를 설계할 때 최적의 흡입 노즐길이를 찾고 이를 반영한다면 현재 시판되고 있는 진공청소기의 흡입 노즐보다 더욱 유리할 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 금오공과대학교 공학교육혁신센터 주관의 일반 캡스톤디자인사업 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Jae Man Joo, Jun Hwa Lee, Seun Gee Hong, Jang Keun Oh and HwaGyu Song, 2007, *Low Noise Vacuum Cleaner Design*

인쇄 중첩 정밀도를 위한 Soft-Cliche 패턴 위치 보정에 관한 기초 연구

송동하^{*1}, 김현태¹, 조영태², 강동우¹, 이택민¹, 권 신^{1#}

A Preliminary study on the pattern position compensation with a soft-cliche for overlay printing accuracy

D. H. Song^{*}, H. T. Kim, Y. T. Cho, D. W. Kang, T. M. Lee, S. Kwon[#]

한국기계연구원¹, 창원대학교²

Key Words : UV Imprinting, Soft-cliche, Tension Control, Position Compensation

1. 서론

리버스옵셋 프린팅 공정은 수 마이크로 선폭의 미세 패턴링이 가능한 비노광/비에칭의 간단한 공정으로 인쇄전자 소자 생산 공정으로 많은 연구개발이 진행 중이다.⁽¹⁾ 블라켓 롤을 이용한 인쇄 공정에서 주요한 이슈 중의 하나는 패턴의 위치 정밀도를 확보하는 것으로 cliche 제작 시 발생하는 패턴의 위치 오차, 인쇄 롤과 스테이지 속도 오차, 롤 구동 압력 오차, 등 다양한 원인에 의해서 포지션 에러가 발생한다. 이를 보정하기 위한 비전 얼라인 적용 및 속도 동기화제어에 대한 연구가 수행되었으나, 롤투롤 공정의 유연 기판에서 발생하는 다양한 형태의 변형을 보정하는 데에는 제한적이다. 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 hard-wafer cliche를 대체하여 Soft-cliche를 사용하고, 다축 장력 제어를 통하여 Soft-cliche를 능동적으로 변형시켜 인쇄 패턴의 위치를 보정하는 가능성을 확인하고자 한다.

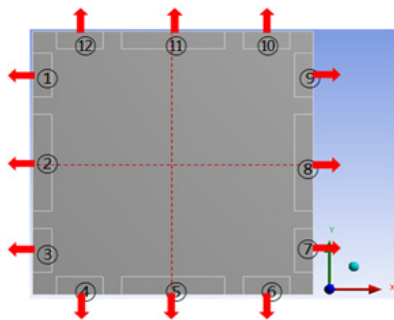


Fig. 1 Concept of a 3x3 array tension control

2. Soft-cliche 변형 시뮬레이션

UV 임프린트 공정을 이용하여 폭 110mm, 길이 300mm의 변형제어가 가능한 Soft-cliche를 제작하였다. 다자유도 장력제어를 통한 Soft-cliche의 패턴의 위치 보정 가능성을 확인하기 위해 Soft-cliche에 작용하는 하중에 대한 변형 해석 모델링을 수행하였으며, Fig. 2와 같은 다양한 형태의 보정이 가능함을 확인하였다.

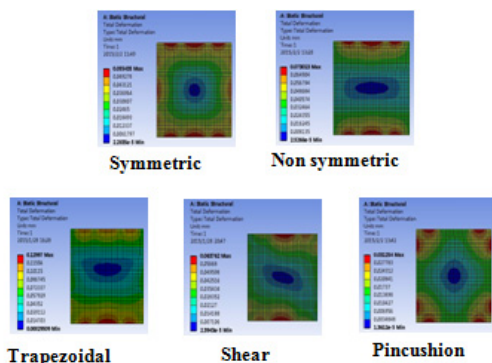


Fig. 2 Soft-cliche 패턴 위치 보정 simulation

3. 실험 결과 및 고찰

변형제어가 가능한 Soft-cliche를 제작하였고, 선행 시뮬레이션 결과를 기반으로 Soft-cliche 변형제어 Test bed를 구축하였다. 변형 계측을 위한 비전 시스템의 분해능 및 장력을 추가하는 리니어 액추에이터의 구동 성능을 확인하였으며, 구축한 Test bed에서 최소 하중 단위는 0.1kgf로 2μm 단위의 위치 보정 제어가 실제 가능함을 확인하였다. 적용한 soft-cliche의 두께 조절을 통하여 제어 분해능은 향상이 가능하며, 다축으로 확장한 위치 보정에 대한 연구를 진행 중이다.

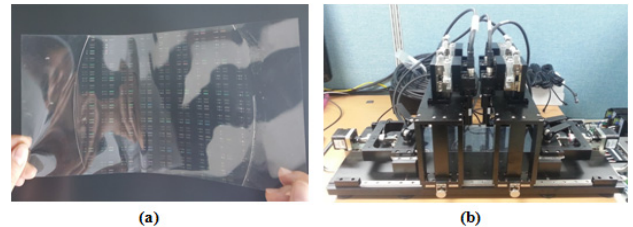


Fig. 3 Image (a) Soft-cliche (b) Soft-cliche 변형 제어 test bed

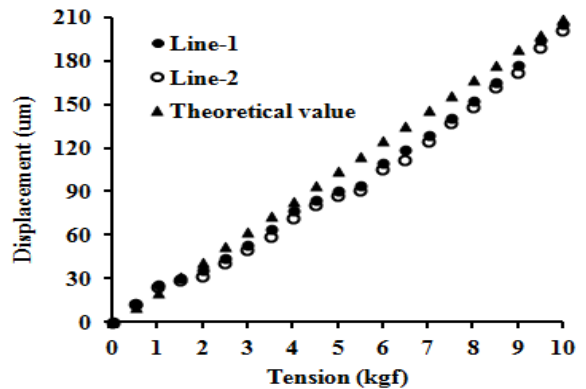


Fig. 4 Tension 증가에 따른 패턴의 위치 변화량

후 기

이 연구는 2016년도 한국기계연구원 주요사업(NK194C) 및 산업통상자원부의 산업핵심기술개발 사업(10052802)과제의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- (1) Taik-Min Lee, Hyun-Suk Han, Bongmin Kim, Sun-Woo Kwak, Jae-Ho Noh, Inyoung Kim, 2013, *Roll offset printing process based on interface separation for fine and smooth patterning*, Thin solid films, 548, 566571
- (2) Jaehyuk Chang, et. al, 2015, *Overlay accuracy on a flexible web with a roll printing process based on a roll-to-roll system*, Review of scientific instruments, 86, 5, 055108

FDM 3D 프린팅 적층조건에 따른 Bio PC 기계적 물성 고찰

이지은^{1,2}, 박성제^{1,2}, 박진호^{1*}, 류민영², 박근², 이지선¹

A Study of Bio-PC Mechanical Properties according to FDM 3D Printing Building Conditions

J. E. Lee, S. J. Park, J. H. Park*, M. Y. Ryu, K. Park, J. S. Lee

한국생산기술연구원¹, 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과²

Key Words : 3DPrinting, Mechanical properties, FDM

1. 서 론

최근 3차원 프린팅에 대한 관심이 높아지면서 수요가 증가하고 있는 추세이다. 3차원 프린팅을 이용하여 다양한 시제품을 만들어 사용하기 위해 제품의 기계적 물성의 평가가 필요하기 때문에 3차원 프린팅 방식마다 기계적 물성을 고찰한 연구가 진행되었다.^(1,2) 특히 FDM(Fused Deposition Modeling)방식의 장비경우 필라멘트를 녹여 경로를 따라 한층 한층 쌓아올리는 형식으로 누구나 쉽게 사용할 수 있는 장비이다. 또한 다양한 재료를 사용할 수 있기 때문에 그 수요에 맞춰 다양한 재료의 필라멘트(Filament) 개발이 진행되고 있다.

본 연구에서는 FDM 3차원 프린터를 사용하여 Bio PC 재료에 대한 3차원 프린팅 적층 방식에 따른 인장강도를 확인하고자 한다. 적층방식은 시편의 길이방향과 너비방향 두가지를 가지고 실험을 진행하였다.

2. 인장시편 제작

인장시편은 ASTM D638 Type4를 사용하였으며 Fig. 1에 인장시편 도면을 도시하였다. 재료는 삼양사에서 제공한 Bio-PC를 사용하였으며 프린팅 조건은 노즐온도 270°C, 베드온도 110°C, 챔버온도 120°C, 프린팅속도 70 mm/s, 필라멘트 압출속도 120 mm/s로 하였다. 필라멘트가 적층되는 경로 제어하기 위해 3차원 프린팅 오픈소스 프로그램인 Cura 슬라이서로 G-code 생성 후 시편 길이방향, 너비방향으로 경로를 수정하였다.

Fig. 2에 3차원 프린터로 제작한시편을 도시하였다. Fig. 2(a)는 인장시편 너비방향으로 적층된 시편이며, (b)는 길이방향으로 적층된 인장시편이다. 출력된 적층조건별 시편의 R부분을 확인하면 너비방향으로 적층된 시편은 잔여 필라멘트가 남지 않고 깨끗하게 출력된 반면 길이방향으로 적층된 시편은 필라멘트가 압출하다가 압출을 멈추고 다른 좌표방향으로 움직이면서 고온의 노즐에 의해 필라멘트의 잔여가 남게되면서 주변이 깨끗하지 않게 출력되었다.

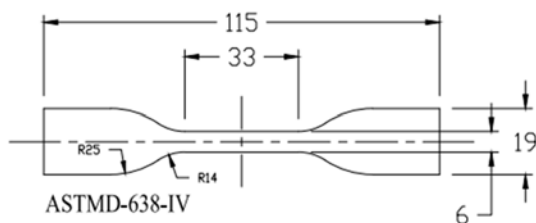


Fig. 1 Dimensions of the tensile test specimen

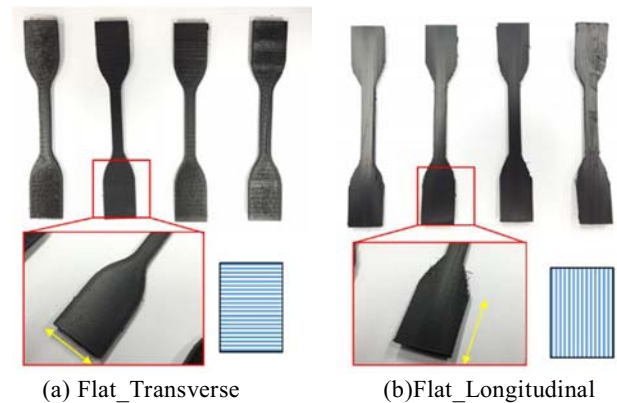


Fig. 2 Tensile specimen printing

3. 인장시험 결과

3차원 프린터로 출력한 인장시편을 가지고 인장시험을 진행하였다. ASTM D638 규격 기준에 따라 인장 시험속도는 5 mm/min로 적용하여 시험하였다.

Table 1에 인장시험 결과를 나타내었다. 길이방향으로 제작한 시편의 경우 인장강도가 50.93 MPa, 너비방향의 경우 25.47 MPa의 인장강도를 확인하였다. 길이방향으로 적층된 시편이 인장강도가 너비방향보다 2배 높게 나타남을 확인하였다. 길이방향 시편의 경우 길이방향으로 인장시험을 하기 때문에 강도가 높게 나타나지만, 이와 반대로 너비방향 시편의 경우는 시편적층방향과 인장시험방향이 수직이기 때문에 인장강도가 낮게 나타났다고 판단된다.

Table 1 Comparison of tensile strength

	Tensile strength (MPa)
Flat_Longitudinal	50.93
Flat_Transverse	25.47

참 고 문 헌

- (1) Park, K., Kim, Y. S. and Park, D. Y., 2008, Investigation into Directional Properties of Rapid Prototypes and Its Application to FE Analysis Considering Anisotropy, J of KSPE, Vol. 25, No. 11, pp.126~133.
- (2) Ahn, S. H., Montero, M., Odell, D., Roundy, S., and Wright, P. K., 2002, Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS, Rapid Prototyping Journal, Vol. 8, No. 4, pp. 248~257

3D 프린팅을 활용한 수부 보조기의 설계 및 제작

박창순¹, 박진호², 이해진², 나경환^{1*}

Design and Manufacturing of the hand orthosis using 3D printing

C. S. Pak, J. H. Park, H. J. Lee, K. H. Na*

단국대학교¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : 3D Printing, Hand Orthosis, Boutonniere Deformity

1. 서론

1980년대에 고안된 3D 프린팅 기술은 3차원 스캔/모델링을 통해 얻은 정보를 적층가공 방식으로 제작하는 가공기술이며, 최근 제조업의 혁신으로 많은 관심과 연구활동이 활발히 이루어지고 있다. 3D 프린팅 기술은 항공, 자동차, 선박, 의료 등 각종 산업 분야에 적용되고 있으며, 특히 의료 분야에서는 개인 맞춤형 장기, 보청기, 틀니, 의족, 보조기 등을 제작하는데 사용되고 있다.[1]

근골격계의 손상 중에 단추구멍변형(Boutonniere Deformity)은 수지의 신경전 중 중앙건(central tendon)의 기능이 소실되어 근위지절간 관절(PIP Joint)은 굴곡(Flexion)된 상태로 유지되고, 능동적으로 움직일 수 없다. 또한 원위지절간 관절(DIP Joint)은 과도하게 신전(Hyperextension)된 상태를 보인다.(Fig. 1) 이를 치료하기 위해 원위지절간 관절(DIP Joint)의 움직임을 제한하지 않으며, 근위지절간 관절(PIP joint)을 완전히 편 상태로 일정기간 고정을 시켜주는 개인 맞춤형 수부 보조기가 활용되고 있는 추세이다.[24]

본 논문에서는 근골격계의 손상을 치료수단인 석고붕대와 부목 등의 단점인 부피가 크고 무거운 점과 통풍이 안되고, 수분에 취약하므로 위생 및 청결 유지가 어려운 점을 개선하기 위하여 개인 맞춤형 수부 보조기를 설계 및 3D 프린팅 기법을 활용한 제작을 수행하였다.

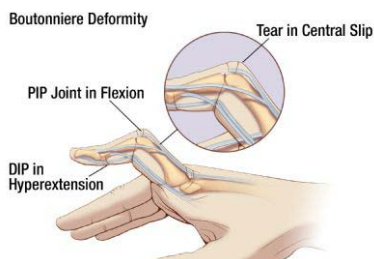


Fig. 1. Boutonniere Deformity [5]

2. 수부 보조기의 설계

손 부위의 3차원 스캐닝을 활용하여 개인 맞춤형 보조기 설계를 수행하였다. Fig. 2는 CAD 프로그램으로 설계한 수부 보조기의 3차원 설계 형상으로 근위지절간 관절(PIP Joint)을 완전히 고정하면서 원위지절간 관절(DIP Joint)의 움직임이 가능하도록 설계하였다. 기본적인 형태인 A type과 통기성 확보와 경량화를 위해 원형 패턴을 갖는 B type 수부 보조기 두 종류를 설계하였다. 수부보조기는 손가락 두 마디 크기와 비슷한 약 25mm(D)*42mm(H) 크기와 2mm를 두께를 갖도록 설계하였다.

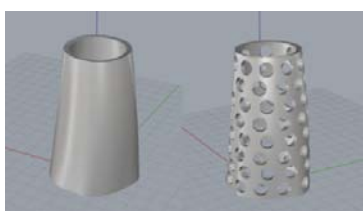


Fig. 2. 3D Model [left: A type, right: B type]

3. 3D 프린팅을 활용한 제작 및 결과

고분자를 용융하여 사출하는 ME(Material Extrusion) 3D 프린팅 기술을 활용하여 수부 보조기를 제작하였다. 소재는 PLA(Poly Lactic Acid)를 사용하였고, Fig. 3은 손가락 모형에 알맞게 제작된 개인 맞춤형 수부 보조기의 모습이다.



Fig. 3. Hand Orthosis [left: A type, right: B type]

Table 1. Comparison of Hand Orthosis

	Time (min : sec)	Weight(g)	Area(mm ²)
A type	44 : 20	4.5798	2971.66
B type	48 : 47	2.7903	1751.31

두 가지 설계 형상의 수부 보조기는 제작 시간, 경량화로 인한 재료 절감, 보조기의 바깥 면적의 감소에 따른 통기성 확보를 비교하였다.(Table 1) 제작 시간의 경우 B Type이 약 4분 정도 증가함을 확인하였고, B Type이 1.7895g 경량화되어 약 40%의 재료절감 효과와 1220.35 mm²의 면적 감소로 약 41% 가량 피부가 공기에 노출되어 통기성 확보가 되었다고 판단하였다. 결과적으로, 경량화와 통기성 확보로 환자의 사용 편의성을 증대 시켰다고 볼 수 있다.

4. 향후계획

본 논문에서 3D 프린팅을 활용한 개인 맞춤형 수부 보조기를 설계 및 제작하였다. 향후 위상최적화(Topology Optimization) 기법을 수부 보조기에 적용하여 최적설계를 수행하고 기존 보조기의 단점 개선과 평가를 통한 비교를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- (1) Park, S. H., Yim, S. G., Yang, S. Y., Kim, S. H., 2015 3D Printing Technology for Biomedical Applications. KIC News, 18(1), 67
- (2) Lee, E. W., Jung, Y. B., Kwon, Y. S., 1983. Boutonniere Deformity, 3 cases. The Journal of the Korean Orthopaedic Association, 18(6), 1213.
- (3) Yang, I., Choi, S. H., 2006. Ultrasonographic Diagnosis of the Hand and Wrist Joint. Korean Society of Ultrasound in Medicine, 25(4), 162
- (4) Seo, K. M., 2009, Elbow Disorder, HANYANG MEDICAL REVIEWS, 29(1), 61~62
- (5) 3Point Product, boutonniere deformity, <http://www.3pointproducts.com/boutonniere-deformity>, Online; accessed 5-April-2016.

FDM 방식 3D Printing에서 Raster Overlap에 따른 조형물의 인장강도 비교

박성제^{1,2}, 이지은^{1,2}, 박진호^{1*}, 류민영², 이낙규¹, 이성민³, 구명술³

Comparison of Tensile Strength according to Raster Overlap in Fused Deposition Modeling Type 3D Printing

S. J. Park, J. E. Lee, J. H. Park*, M. -Y. Lyu, N. K. Lee, K. Park, J. S. Lee, S.M. Lee, M. S. Koo

한국생산기술연구원¹, 서울과학기술대학교², ㈜삼양사³

Key Words : FDM(Fused Deposition Modeling), 3D Printing, Raster Overlap, Tensile Strength

1. 서 론

재료를 절삭하여 제품을 만드는 종래의 기술과는 다르게 현 시대에 들어 적응 가공의 기술이 빠르게 발달하고 있다. 이에 힘입어 3D Printing의 기술 또한 빠르게 증가하고 있는 추세이다. 3D Printing 방식은 FDM(Fused Deposition Modeling), SLS(Selective Laser Sintering), SLA(Stereo Lithography Apparatus) 등으로 구별 되는데⁽¹⁾ 이 중 FDM 방식은 간단한 조작 방법과 다양한 재료를 사용 할 수 있어 가장 대중화가 되어 있다. FDM 방식의 3D Printing은 노즐을 통해 재료를 압출하여 한층씩 쌓는 비연속적 공정 특징으로 인해 사출품에 비하여 현저히 낮은 강도를 보인다. 따라서 FDM 방식의 3D Printing에서 제작된 조형물의 다양한 전개성을 위해서는 강도 향상에 대한 연구가 필요하며 이에 관한 연구를 많이 찾아 볼 수 있다.^(2,3)

본 연구에서는 FDM 방식 3D Printing에서 Flow rate를 조절하여 Raster의 Overlap량 (Raster 겹침량)을 다르게 하여 인장시편을 제작하였고 인장강도를 비교 하였다.

2. 인장시편 제작

본 연구에서는 ㈜삼양사의 Bio-PC (3A14RBP BK)를 이용하여 인장시편을 제작하였다. Bio-PC는 기존 석유에서 원료를 추출한 PC (Polycarbonate)와 다르게 옥수수 전분에서 그 원료를 추출하여 만든 친환경적 PC이다. 자체 제작한 3D Printer를 이용하여 Table. 1과 같이 3D Printing 시편 제작 조건을 설정하였으며 Flow rate를 2가지(100mm/s, 130mm/s)로 설정하여 Raster Overlap을 조절 하였다. 또한 Toolpath를 조절하기 위하여 G-code를 수정 하였으며 적층하는 방향과 시편의 형상은 Fig.1에 나타내었다.

3개의 시편을 제작하였으며 인장시험 속도는 ASTM D638 Type. 1 규격에 맞게 5mm/min으로 하였다.

Table 1 Operation Condition

Item	Value
Nozzle Temperature (℃)	270
Bed Temperature (℃)	110
Chamber Temperature (℃)	60
Nozzle Moving Speed (mm/s)	70
Nozzle Diameter (mm)	0.4

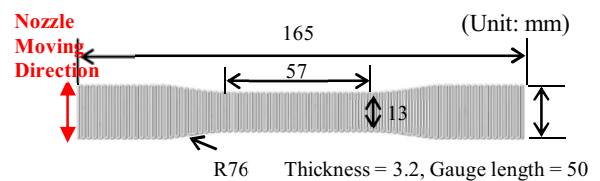


Fig. 1 Tensile Specimen (ASTM D 638 Type. 1)

3. 인장시험 결과

앞에서 언급한 바와 같이 Raster의 Overlap량을 변수로 하여 시편을 제작하였고 이에 따른 결과를 Table. 2에 나타내었다.

Flow rate가 100 mm/s 일 때 19.85 MPa, 130 mm/s 일 때 27.61 MPa의 인장 강도를 나타내었으며 Flow rate가 1.3배 증가하였을 때 인장강도는 1.39배 증가하였다. 이는 Raster Overlap량이 증가하면서 결합 면적이 증가하여 나타난 현상으로 판단된다. FDM 방식의 3D Printing에서 Raster Overlap을 증가시키면 인장강도가 증가한다는 것을 확인하였다.

Table 2 Comparison of tensile strength

Flow rate (mm/s)	Tensile strength (MPa)
100	19.85
130	27.61

참 고 문 헌

- (1) D. G. Ahn, S. H. Lee, K. D. Kim and D. Y. Yang, Study on Rapid Manufacturing of 3D Functional Parts Combining VLM-ST Process and Its RT Technology, Transactions of Materials Processing, Vol.11, No.4. (2002).
- (2) Sung-Hoon Ahn, Michael Montero, Dan Odell, Shad Roundy and Paul K. Wright, Anisotropic Material Properties of Fused Deposition Modeling ABS, Rapid Prototyping Journal, Vol.8, Iss.4, pp.248-257 (2002).
- (3) C. W. Ziemian, D. E. Cipoletti, S. N. Ziemian, M. N. Okwara, K. V. Haile, Monotonic and Cyclic Tensile Properties of ABS Components Fabricated by Additive Manufacturing, Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium 2014, pp.525-541 (2014).

유속센서에 영향을 주는 온도에 대한 실험적 연구

최대근^{1,2}, 박진호², 박석희², 이상훈^{1*}

Experimental study on the effect of temperature with the Flowmeter

Dae Keun Choi, Jeanho Park, Suk-Hee Park, Sang Hoon Lee*

서울과학기술대학교¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : Flowmeter, MEMS, Temperature effect

1. 서론

MEMS기술로 제작된 유속 센서는 미세한 기체의 흐름까지 측정할 수 있어 최근 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나로써 반도체산업, 환경공업, 자동차산업 등 다양한 분야에서 활발히 적용되고 있다[1-3]. 기존의 유속센서는 열대류방식으로 주로 연구되어왔으나[1], 2000년대 이후, 바람의 저항을 이용하는 바람저항형 방식이 활발히 연구 개발되고 있다[2-3]. 다만 공기의 밀도가 변하게 되면 센서에 가해지는 압력이 변화하기 때문에 이에 대한 자세한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 바람저항형 유속센서의 온도 변화에 대한 유속센서의 특성을 파악하였으며, 유속의 범위는 1m/s~4m/s로 1m/s 간격으로 측정하였다.

2. 유속센서의 실험

본 연구에서 제작된 유속센서는 이전연구에서 제작된 유속센서의 제작과정과 동일하게 제작되었다[3]. 제작된 유속센서의 모습은 Fig. 1의 왼쪽과 같다. 실험 방법은 간이 풍동을 제작하였으며 그림 1의 오른쪽과 같다. 유속은 0 m/s~4m/s 범위에서 1m/s 간격으로 변화시켜가며 측정하였다. 또한 reference flowmeter로 Testo사의 405-v1모델을 유속센서와 동일한 위치에서 측정하여 그 값을 비교하였다. 소자의 저항변화를 측정하기 위해 휘트스톤브릿지 회로를 구성하였고, 출력값은 오실로스코프로 수집하였다.



Fig. 1 Final released device(L) and Experimental setup(R)

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 유속센서의 온도에 대한 저항 변화값을 상온에서부터 약 80℃까지 변화시켜 측정한 결과를 나타내고 있다. 실험 결과 이론값과 비교하였으며, 약 0.3%의 오차를 가지는 것을 확인 할 수 있었으며, 온도가 변화함에 따라 선형적으로 변하는 것을 확인 하였다.

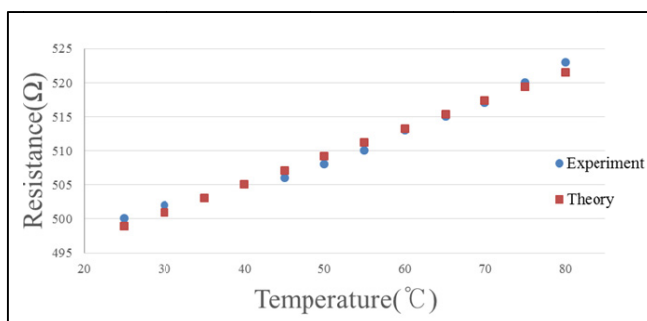


Fig. 2 Variation of resistance with temperature

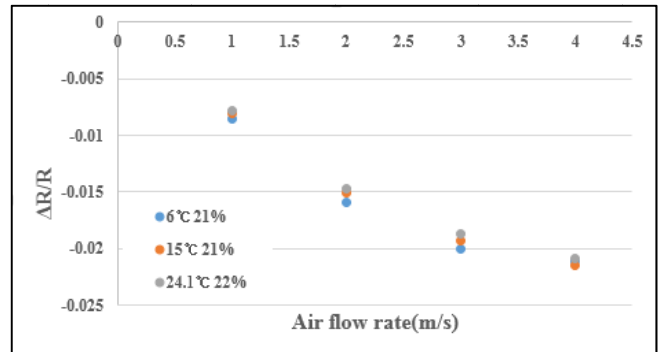


Fig. 3 Temperature experimental results

Fig. 3은 온도변화에 따른 각 유속에서의 유속센서의 실험 결과를 나타내고 있다. 실험 조건은 습도는 21%~22%, 온도는 6℃, 15℃, 24.1℃로 약 9℃ 간격으로 높여가며 실험하였다. 각 온도에서의 밀도는 각각 1.264, 1.225, 1.187로 온도가 높아질수록 밀도가 낮아진다. 베르누이 방정식의 식(1)에 따르면 압력은 밀도에 비례하며, 밀도가 낮아지면 압력값도 작아지게 된다. 즉, 센서에 가해지는 압력이 작아지기 때문에 센서의 출력값도 작아져야 한다.

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho_{air} v_{wind}^2 \quad (식 1)$$

Fig. 3에서 확인할 수 있듯이 온도가 높아질수록 민감도(R/R) 값이 작아지는 것을 확인할 수 있다. 최소온도와 최대온도에서의 민감도가 약 9%의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 온도가 변화함에 따라 출력값에 오차를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이번 연구를 통해 온도에 대한 보정이 필요하다는 것을 확인할 수 있었으며, 추후 온도변화에 대한 보정시스템 구축을 통해 보다 정확한 센서의 측정 정밀도를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 연구입니다(No.: NRF-2012 R1A1A1039344).

참 고 문 헌

- (1) Qiu, L., Hein, S., Obermeier, E. and Schubert, 1996, A. Micro gas-flow sensor with integrated heat sink and flow guide, *Sens.Actuators A.*, **54**, 547.
- (2) Lee, C. Y., Wen, C. Y., Hou, H. H., Yang, R. J., Tsai, C. H. and Fu, L.M., 2009 Design and characterization of MEMS-based flow-rateand flow-direction microsensors, *Microfluid Nanofluid.*, **6**, 363.
- (3) Choi, D. K. and Lee, S. H., 2011, Air Flow Sensor with Corrugation Structure for Low Air Velocity Detection, *J. Sensor Sci. & Tech.*, **20**, 6, 393~399..

소형 풍력발전기 블레이드의 최적 형상 설계 및 해석적 연구

김영원¹, 정한섭¹, 박진호^{1*}, 윤종현², 이혜진¹, 이낙규¹

Optimal shape design and structural analysis of the small wind turbine blade

Y.W. Kim, H.S. Jeong, J.H. Park*, J.H. Yoon, H.J. Lee, N.K. Lee

한국생산기술연구원¹, 한양대학교²

Key Words : Loop type wind turbine, 3D printing, Structural analysis

1. 서론

화석연료 부족에 따른 에너지 공급 하락과, 온실가스 증가에 따라 신재생에너지는 그에 대한 대체에너지로써 주목받고 있다. 그 중에서도 풍력에너지의 경우 실용성, 효율성, 심미성 등의 이유로 각광받고 있는데, 효율이 높으면서도 설치면적이 작기 때문이다. 풍력발전기의 가장 큰 변수인 블레이드의 형상을 최적화시키고, 풍속에 따른 블레이드의 구조적 안정화를 검토하기 위해 본 연구에서는 루프형 풍력발전기 블레이드 기준모형을 설계하고자 한다.

2. 블레이드 형상 설계

대부분의 풍력 발전기에서 나타나는 큰 문제는 바로 소음인데, 블레이드 끝단에서 생기는 와류가 그 원인이다. 따라서 와류를 억제하여 소음을 줄이기 위해 블레이드 끝단을 곡선으로 설정한 3kW 급 루프형 풍력 발전기를 설계하였다. 블레이드 형태는 에어포일의 형상을 따라 변화하는데, 에어포일 최적화 설계에는 최적의 받음각을 추출하기 위해 날개요소 운동량 이론을 적용하였다. [1]

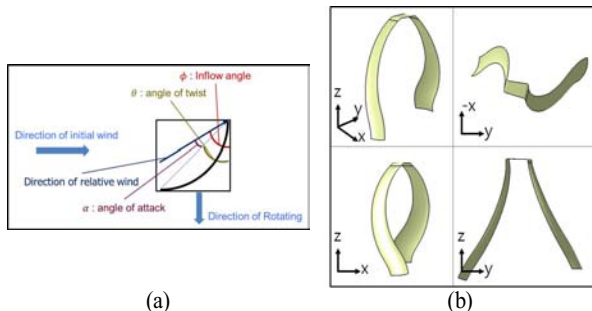


Fig. 1. Blade and airfoil shape. (a) Parameter angles of airfoil and (b) shape of blade model

3. 3D 프린터를 이용한 상사모형 제작 및 풍동시험

설계된 블레이드 모델의 조립성과 형상의 정확성을 확인하기 위하여 3D 프린팅 기술을 이용하여 1/10배 축소모형을 제작하였다. 제작된 상사모형을 이용하여 풍동시험을 진행하였고, 그 결과 설계단계의 블레이드와 허브간의 조립성을 반영한 형상설계의 적합성을 확인할 수 있었다. [2]

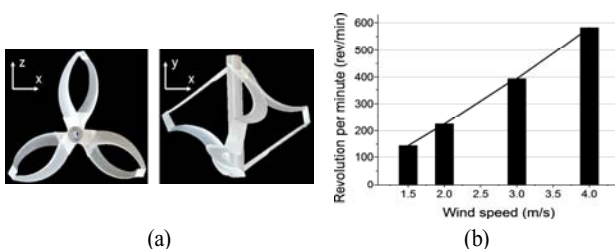


Fig. 2. Results of wind tunnel test. (a) Shape of blade made by 3D printer (b) rpm differences between the each wind speed

4. 블레이드 구조해석

제작 전, 설계 결과를 반영한 모델의 구조 안정성을 확인하기 위하여 구조해석을 수행하였다. [3] 서피스로 설계한 모델에 4T의 두께를 부여하여, 풍속 30m/s의 조건을 주었다. 그 결과 국소부분에서 Al6061의 항복강도인 90MPa에 못 미치는 53MPa 정도의 주응력이 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.

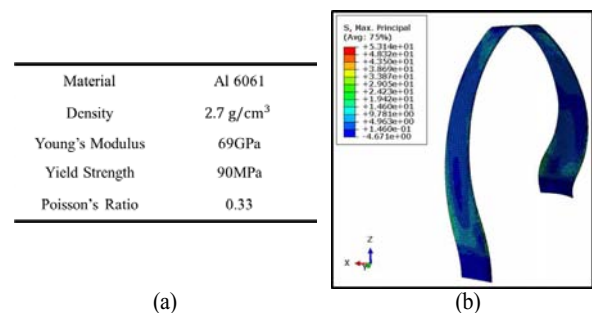


Fig. 4. Result of structural analysis. (a) Mechanical properties of Al6061 aluminum alloy and (b) result of blade structural analysis

5. 결과 및 고찰

날개요소 운동량 이론을 이용하여 최적화된 블레이드의 형상을 설계할 수 있었고, 3D 프린팅 기술을 이용하여 설계단계에서 고려했던 형상 설계의 적합성을 확인할 수 있었다. 그리고 실제 모델의 데이터로 구조해석을 수행하여, 구조적 안정도를 확인할 수 있었다.

참고문헌

- (1) Sha Wei, Jingshan Zhao, Qinkai Han, Fulei Chu., Dynamic response analysis on torsional vibrations of wind turbine geared transmission system with uncertainty., Renewable Energy, Volume 78, June 2015, Pages 60 - 67.
- (2) K. Bassett, R. Cariveau, D.S.-K. Ting., 3D printed wind turbines part 1: Design considerations and rapid manufacture potential., Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 11, September 2015, Pages 186 - 193.
- (3) J. Whale, K.H. Papadopoulos, C.G. Anderson, C.G. Helms, D.J. Skyner., A study of the near wake structure of a wind turbine comparing measurements from laboratory and full-scale experiments., Solar Energy, Volume 56, Issue 6, June 1996, Pages 621 - 633.

신축가능한 전자파차폐재의 두께에 따른 특성 연구

김은주^{1,2}, 강영종², 유의상^{1*}

A study on stretchable electromagnetic interference shielding materials by thickness

E.J. Kim, Y.J. Kang, E.S. Yoo*

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소 휴먼문화융합그룹¹, 한양대학교 화학과²

Key Words : Electromagnetic interference shielding, Silver nanoparticles, Polymer composites

1. 서론

소형 웨어러블 디바이스의 개발이 빠르게 진행됨에 따라 인체 유해성 및 주변 기기와의 간섭을 방지할 수 있는 유연하면서 신축 가능한 전자파 차폐재에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 본 연구실에서는 전자파 차폐 특성이 매우 우수한 것으로 알려진 은 나노입자와 신축성이 뛰어난 고분자와의 복합화를 통하여 전자파 차폐특성이 우수하면서도 신축 가능한 전자파 차폐재를 개발하였다. 이러한 전자파 차폐재는 필름 두께가 변함에 따라 필름 내부의 은 나노입자간의 연결도 및 전체 함유량 등의 변화가 발생된다. 따라서 전자파 차폐재의 제조 시 필름 두께를 다양하게 변화시킴에 따라 변화되는 전자파 차폐도의 특성을 보고자 한다.

2. 시편 제작 및 실험 방법

결정성 설탕 필름을 다공성 고분자를 위한 템플레이트로서 이용하였으며, 최종 차폐재 두께를 균일하게 하기 위하여 5mm로 제조하였다. 준비된 결정성 설탕 필름에 10% SBS 고분자(poly(styrene-*b*-butadiene-*b*-styrene, weight fraction of styrene=30%, Mw=140,000 g·mol⁻¹) 용액을 몰딩 후 건조시켰다. 건조된 필름은 물에서 완전히 설탕 필름을 녹여낸 뒤, 은 나노입자 전구체인 Silver trifluoro acetate(15%) 용액에 30분간 담가두었다. 은 나노입자를 환원시키기 위하여 은 전구체가 흡수된 고분자 필름에 Hydrazin hydrate solution(50%)을 떨어뜨린 후 증류수에 2~3회 세척 후 건조하였다.

두께에 따른 전자파 차폐도를 확인하기 위하여 제조한 전자파 차폐 필름을 프레스를 이용하여 압력을 다르게 가함에 따라 다양한 두께의 전자파 차폐재를 준비하였다. 또한 전자파 차폐재를 여러장 겹치는 방법을 통하여 전자파 차폐도의 변화를 관찰하였다.

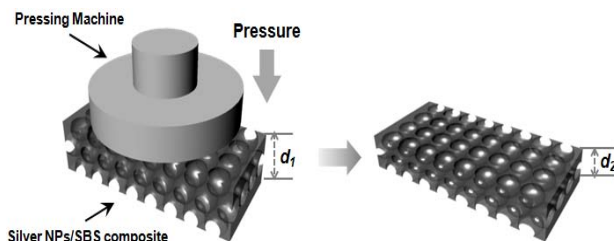


Fig. 1 Experimental scheme

3. 실험 결과 및 고찰

제조된 silver NPs/SBS composite은 고무 특성을 보이는 SBS 고분자 및 다공성 구조로 인하여, 인장시 매우 유연한 신축성을 보이며, 은 나노입자들이 고분자 표면에 매우 밀집되어 형성되어 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 2(a),(b)). 밀집된 은 나노입자들은 전기적 퍼콜레이션을 형성하게 되고, 이로 인하여 전도도 10.5 S/cm 및 30MHz~1.2GHz에서 약 20~30dB의 전자파 차폐도를 보였다.

은 나노입자 함유량을 동일하게 가진 조건에서 silver NPs/SBS composite의 두께에 따른 전자파 차폐도를 보기 위하여 최초 1.4mm의 두께를 가지는 샘플에 차례로 5, 20, 35MPa의 압력을 가함에 따라, 각각 1.1, 0.7, 0.5mm의 필름 두께를 나타내었다. silver NPs/SBS

composite의 두께가 줄어듬에 따라 전자파 차폐도는 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 은 나노입자의 전체함량은 동일한 상태에서 전자파가 통과하는 거리가 줄어들어 효율적으로 차폐를 하지 못함을 알 수 있다 (Fig. 3(a)). 또한 silver NPs/SBS composite을 다중으로 겹칠 시에는 예상대로 전자파가 차폐재를 투과하는 거리가 늘어남과 동시에 은 나노입자의 함량이 증가하여 전체적인 전자파 차폐도가 증가하는 경향을 볼 수 있다(Fig. 3(b)).

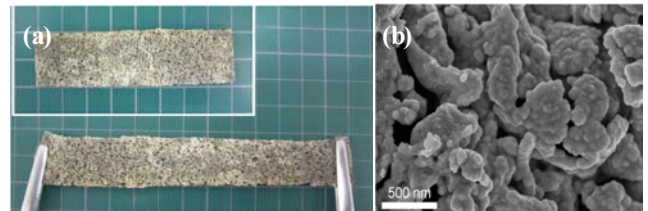


Fig. 2 Stretchable electromagnetic interference shielding silver nanoparticles/polymer composites: (a) Photograph and (b) SEM image

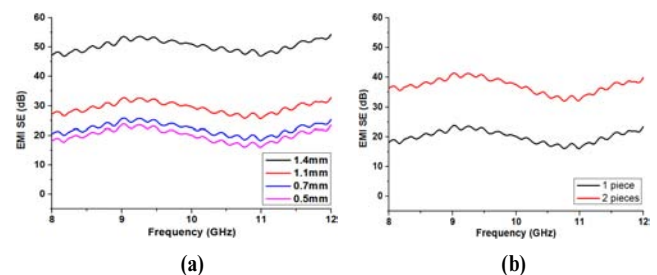


Fig. 3 EMI SE of silver NPs/SBS composites: (a) in different film thickness and (b) by multiple stacking

후기

본 연구는 미래창조과학부/국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업의 지원으로 수행되었음 (과제번호 CAP-13-1-KITECH).

참고문헌

- (1) Park, M.W, Im, J.K, Shin, M.K, Min, Y.H, Park, J.Y, Cho, H.S, Park, S.J, Shim, M.B, Jeon, S.H, Chung, D.Y, Bae, J.H, Park, J.J, Jeong, U.Y, Kim, K.N, 2012, *Highly stretchable electric circuits from a composite material of silver nanoparticles and elastomeric fibres*, Nature Nanotechnology, 803-809.
- (2) Ma, J, Zhan, M, Wang, K, 2015, *Ultralightweight Silver Nanowires Hybrid Polyimide Composite Foams for High-Performance Electromagnetic Interference Shielding*, ACS Appl. Mater. Interfaces, 563-576.
- (3) Chen, Z, Xu, C, Ma, C, Ren, W, Cheng, H.M, 2013, *Lightweight and Flexible Graphene Foam Composites for High-Performance Electromagnetic Interference Shielding*, Advanced Materials, 1296-1300.

섬유 기반 에너지 하베스팅 적용을 위한 유무기 하이브리드 압전 재료 특성 연구

오승식^{1,2}, 주병권², 유익상^{1*}

Characterization of organic-inorganic hybrid piezoelectric materials for fiber-based energy harvesting applications

S. S. Oh, B. K. Ju, E. S. Yoo*

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소 휴먼문화융합그룹¹, 고려대학교 전기전자공학과²

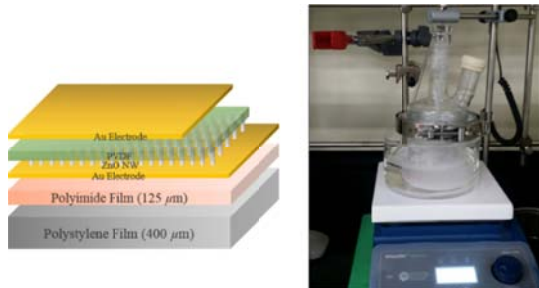
Key Words : Energy harvesting, Piezoelectric materials, Fiber-based nanogenerators

1. 서론

최근 웨어러블 소자가 새로운 시장 형성을 위한 차세대 전자기기로서 주목 받고 있다. 그 중 섬유 전자 소자는 기존의 의류, 밴드와 같은 직, 편물 형태를 갖고 있는 뛰어난 착용감을 갖는 스마트 의류 및 밴드로서 크게 각광받고 있다^[1]. 본 논문에서는 다양한 섬유 기반 기술 중 에너지 하베스팅을 위한 압전 소자를 플렉서블 기판에 적용하였고, 이를 섬유 전자 소자로 개발하고자 한다.

2. 시편 제작

본 압전 소자 제작 실험은 400 μ m 두께의 polystyrene (PS) 필름 위에 125 μ m 두께의 polyimide (PI) 필름을 접착하였다. 접착 전 PI 필름은 아세톤, 에탄올, D.I. Water 순으로 초음파 세척하였다. 세척된 필름에 소자의 하부 전극으로 스퍼터링법을 이용하여 금 박막을 증착하였고, 압전 물질로는 zinc oxide nanowire (ZnO-NW)와 poly(vinylidene fluoride) (PVDF) 사용하였다 (Fig. 1 (a)). ZnO-NW의 경우 zinc nitrate hexahydrate ($\text{ZnNO}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$)와 hexamethylenetetramine (HMTA)를 증류수에 용해시키고, 이를 16시간 동안 85 $^{\circ}\text{C}$ 로 중탕하였다(Fig. 1 (b)). PVDF는 아세톤과 dimethylformamide (DMF)에 용해 시킨 후 스프인코터를 이용하여 1000rpm의 속도로 60초 동안 증착하였고, 상부 전극 또한 금 박막을 증착하였다^[2].



(a) Piezoelectric device structure (b) Experimental setup

Fig. 1 Experimental scheme

3. 실험 결과 및 고찰

금 박막이 증착된 PI 필름의 위에 ZnO-NW를 성장하면 Fig. 2와 같이 금 박막 표면이 흰색으로 변하는걸 확인할 수 있다. 성장된 ZnO-NW는 500nm 이하의 지름의 Hexagonal 구조의 와이어 형태를 띠고 있다(Fig. 3). 이러한 ZnO-NW는 결정 구조상 중성을 유지하고 있던 전자들이 힘을 받으면서 이곳나게 되고, 분극 현상으로 인해 압전성이 나타내게 된다. 그 위에 다양한 압전 계수 중 전기적으로 발생한 전하와 기계적으로 생긴 변형을 나타내는 d_{33} 값이 음수를 가지고 있는 PVDF를 코팅하게 되면 별도의 분극화 공정 없이 압전 특성을 가진 하이브리드형 압전구조물을 만들 수 있다.

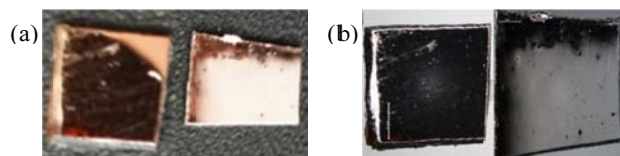


Fig. 2 Compared with pristine Au film and ZnO-NW grown on film (a) Photograph and (b) Optical image

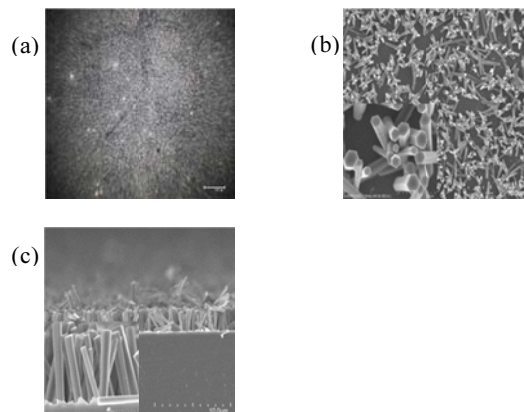


Fig. 3 (a) Optical image of the top surface of the ZnO-NW, (b) FESEM image of the top and (c) cross section area of ZnO-NW

본 연구에서는 ZnO-NW와 PVDF를 이용한 유-무기 하이브리드형 압전 소자를 제작하였고 이를 이용한 압전특성을 확인하였다. 향후 섬유형 기체에 이를 적용하여 웨어러블 나노 제너레이터 소자를 제작하고자 한다.

후기

본 연구는 미래창조과학부/국가과학기술연구회 창의형 융합 연구사업의 지원으로 수행되었음 (과제번호 CAP-13-1-KITECH).

참고 문헌

- (1) Hu, L., Chen, W., Xie, X., Liu, N., Yang, Y., Wu, H., Yao, Y., Pasta, M., Alshareef, H. N., 2011, Symmetrical MnO₂-Carbon Nanotube-Textile Nanostructures for Wearable Pseudocapacitors with High Mass Loading, ACS Nano, 5 8904~8913.
- (2) Lee, M. B., Chen, C. Y., Wang, S. H., Cha, S. N., Park, Y. J., Kim, J. M., Chou, L. J., Wang, Z. L., 2012, A Hybrid Piezoelectric Structure for Wearable Nanogenerators, Advanced Materials, 24 1759~1764.
- (3) Katsouras, I., Asadi K., Li, M., Driel, T. B. V., Kjær, K. S., Zhao, Dong., Lenz T., Gu, Y., Blom, P. W. M., Damjanovic, D., Nielsen, M. M., de Leeuw, D. M., 2015, The negative piezoelectric effect of the ferroelectric polymer poly(vinylidene fluoride), Nature Materials, 15 78~84.

3D 프린터를 이용한 Health monitoring device 개발

이한빛^{1*}, 박진호¹, 윤종현², 이낙규¹, 박석희¹

Development of health monitoring device with 3d printed mold

H. B. Lee*, J. H. Park, J. H. Yoon, N. K. Lee, S. H. Park

한국생산기술연구원¹, 한양대학교 기계설계공학부²

Key Words : 3D Printer, Wearable sensor, Piezo electric material, soft lithography

1. 서론

삶의 질의 향상과 기술의 발전으로 Health monitoring 및 Wearable device에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 이에 많은 연구진들이 Stretchable/flexible 및 Ultrathin electronics의 연구를 진행하고 있다. Health monitoring에서는 인체의 Conformal contact에 의해 성능 및 사용자의 착용감이 결정된다. 이에 본 논문에서는 3D 프린터를 이용하여 개인 맞춤형 Design Health monitoring device 개발 연구를 진행하였다. 그 결과 사용자의 착용감을 향상시키고 맥박을 측정가능을 확인하였다.

2. 재료 및 제작 공정

본 논문에서 사용한 3D스캐너는 Fig. 1(a)의 Altair Spider를 사용하였다. 그리고 3D프린터는 Fig. 1(a)의 Stratasys Objet connex3를 사용하였으며 Rigid material은 동일 사의 Vero white이고 Flexible material도 동일 사의 Tango plus를 사용하였다. 3D Printed mold의 형상 및 재료 선택은 Fig. 2(a), 실제 사진은 Fig. 2(b)과 같다. Fig. 2(c)를 보면 Substrate는 3D Printed mold를 이용한 Dow corning의 Sylgard 184 PDMS를 사용하였고 Electrode는 Au layer를 사용하였다. 또한, Active layer는 Sigma Aldrich의 PVDF-Trfe (70:30)를 사용하였다.



(a) 3D Scanning, Artec (b) 3D Printer, Stratasys

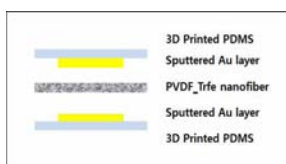
Fig. 1. Experimental equipments



(a) Schematic figure of 3DP mold



(b) Photography of 3DP Mold



(c) Schematic figure of health monitoring device



(d) Photography of health monitoring device

Fig. 2. Device of Schematic figure

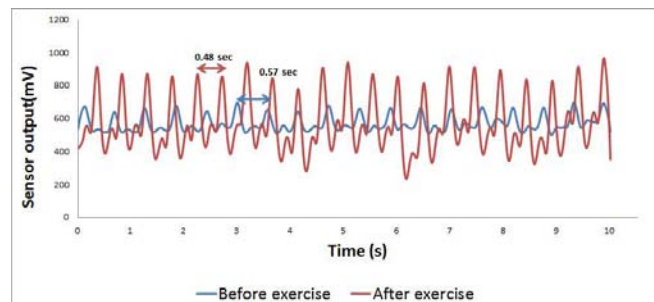


Fig. 3. Pulse monitoring to before exercise and after exercise condition

3. 결과 및 고찰

Fig. 3는 Health monitoring device를 이용하여 사용자의 운동 전과 운동 후의 맥박을 측정한 결과이다. 운동 전의 Peak to Peak time은 0.57초이며, 운동 후에는 0.48초이다. 또한 맥박 속도는 운동 전의 경우 105 BPM이고, 운동 후에는 126 BPM으로 증가하는 경향이 나타났다. 위 결과는 Health monitoring device가 사용자의 맥박을 측정하는 것으로 사료되고, 운동 전/후의 차이 또한 측정 가능함을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 국가과학기술연구회 융합연구사업 및 한국생산기술연구원 내부연구사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) Hwang, Y. H., Omeed H. Paydar, Robert N Candler, 2015, *3D printed molds for non-planar PDMS microfluidic channels*, Sensor and Actuators A: Physical, 226 137~142
- (2) Y. Zang, F. Zhang, C.-a. Di, D. Zhu, 2015, *Advances of flexible pressure sensors toward artificial intelligence and health care applications*, Mater. Horiz., 2 140~156.
- (3) Joseph T. Muth, Jennifer A. Lewis, 2014, *Embedded 3D Printing of Strain Sensors within Highly Stretchable Elastomers*, Adv. Mater., 26, 6307~6312

FOWLP C2W 열압착 본딩장비 개발에 관한 연구

이재학^{1*}, 송준엽¹, 김용진¹, 김승만¹, 김태경², 여원재²

Study on FOWLP C2W Thermo-Compression Bonder

J.H. Lee*, J.Y. Song, Y.J. Kim, S.M. Kim, T.K. Kim, W.J. Yeo

한국기계연구원 초정밀시스템연구실¹, (주)에스티²

Key Words : FOWLP, C2W, Bonder, Thermo-compression Bonding

1. 서론

FOWLP(Fan-Out Wafer Level Package)는 기존의 패키지와는 달리 test가 끝난 KGD(Known Good Die)를 캐리어 플레이트 위에 재배열 한 후, 에폭시 몰딩 컴파운드를 이용하여 웨이퍼 형태로 몰딩을 수행하여 제조하는 복합 구조의 패키지 형태이다. 또한 반도체 패키지의 고집적화, 경박단소화, 고성능화 추세에 따라 다이와 기판의 접촉 피치가 150~50 μ m로 급속히 감소하여 기존 와이어 본딩 방법, 리플로우 본딩 방법으로는 대응이 불가능할 것으로 예측되며 초미세 마이크로 범프(솔더범프, Cu Pillar 범프)를 이용한 열압착 플립칩 본딩에 대한 요구가 급증하는 추세이다. 본 연구에서는 다수의 칩을 웨이퍼 위에 수직 및 수평으로 정밀하게 정렬하고 고속으로 본딩을 수행하기 위한 FOWLP C2W(Chip to Wafer) 열압착 본딩 장비 개발 및 성능평가를 수행하였다.

2. FOWLP C2W 본딩 장비 제작 및 성능평가

본 연구에서는 FOWLP 패키지 제조를 위한 C2W 본딩 장비를 설계 및 제작하였으며 Fig. 1과 같이 듀얼 갠트리 타입으로 layout을 구성하여 높은 UPH를 구현 가능하도록 제작하였다. 본딩헤드는 Z- Θ 동축 구조로 구성하여 열변형에 의한 오차 및 회전 오차를 최소화하도록 설계하였다.

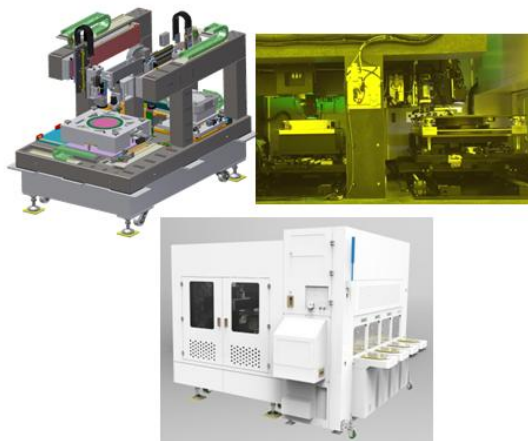


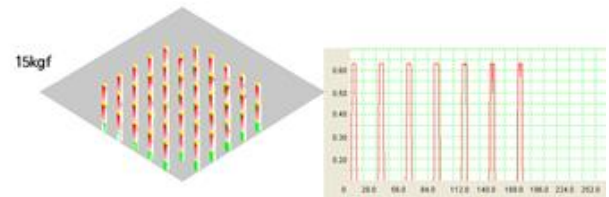
Fig. 1. Dual Gantry Type FOWLP C2W Bonder

또한 Flying Vision으로 구성되어 bonding cycle 타입을 최소화하여 공정시간을 단축하였으며 박형 세라믹히터를 본딩헤드에 적용하여 열압착본딩공정 시간을 단축하였다.

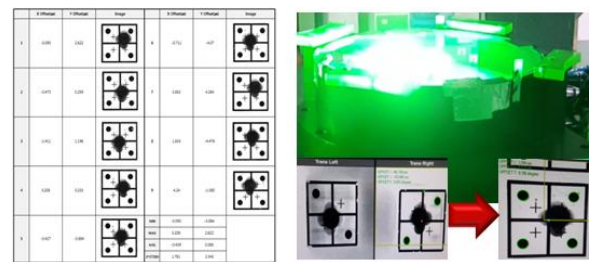
Fig. 2는 개발된 본딩장비의 압력균일도와 칩정렬정확도를 평가한 결과이며 본딩헤드의 압력균일도를 평가하기 위해 저-하중 영역과 고-하중 영역에서 감압지 테스트를 진행하였으며 저하중일 때 보다 고하중일 때 본딩헤드의 탄성변형 효과에 의해 압력 균일도 값이 더 균일하게 측정되었다.

압력균일도는 미세범프를 이용하여 본딩 시 매우 중요한 장비성능이며 압력균일도는 본딩하중 20kgf 이내에서 300mm 하부 스테이지 전 영역에 대해 $\pm 5\%$ 이하로 측정되어 평탄도가 우수함을 확인하였다.

Flying vision을 이용하여 칩의 pick-up error를 보상하고 하부 기판 웨이퍼와 정렬하여 본딩장비의 accuracy를 측정 및 평가하였으며 측정결과 $\pm 4\mu$ m(3 σ)의 높은 본딩 정확도를 얻었다.



(a) Pressure Uniformity



(b) Bonding Accuracy

Fig. 2. Thermal Cycle Analysis and Experimental Set-up of SiC Heater Unit

3. FOWLP C2W 본딩 장비 고찰

본 연구를 통해 FOWLP 패키지 제조를 위한 듀얼갠트리 타입 C2W 본딩장비 설계, 제작 및 성능평가를 진행하였으며 본딩 정확도 $\pm 4\mu$ m(3 σ)의 높은 정밀도와 $\pm 5\%$ 이하의 높은 압력균일도를 갖음을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 산업핵심기술개발 사업의 일환인 “300 mm 대응 대규격 다층구조의 복합 패키지 공정 및 장비 기술 개발” 사업과 “3차원 이중 유연소자 Interconnection 시스템 기술개발” 사업의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- (1) H.J. Kim, et al., 2011, *Process and reliability assessment of 200 μ m-thin embedded wafer level packages (EMWLPs)*, Electronic Components and Technology Conference, 78~83

이온빔 밀링공정에서 커튼효과 저감을 위한 공정기술

박만진*, 원종한, 김기환

Process technology for the reduction the curtain effect in ion beam milling process

M. J. Park*, J. H. Won, G. H. Kim

한국전자기계융합기술원

Key Words : Ion Beam, Ion Milling

1. 서론

패키징 시료의 비파괴검사와 함께 파괴검사를 진행하게 되는데, 파괴검사에는 접합부 단면을 연마하여 광학현미경이나 주사전자현미경(SEM)으로 관찰할 수 있도록 시편을 준비하는 마이크로섹션기, 연마기 등이 있다. 에너지가 낮은 이온빔을 이용하여 분석시료의 시편 준비 용도로 많이 사용되는 이온 밀러를 제작하여 밀링된 표면의 가공특성에 관한 가공공정 조건에 대한 연구를 소개한다.

2. 이온밀러 제작

아르곤과 같은 불활성 기체의 이온 혹은 원자들을 적절한 크기의 전압으로 가속시켜서 시편 중심에 계속적으로 충돌시킨다. 이 충격으로 시편 표면 원자들이 떨어져 나가는 sputtering 현상이 발생하여 주로 시편 중심부가 집중적으로 연마된다. 이온에 가해주는 에너지 값은 아르곤의 경우 3-8 keV 범위를 주로 사용한다. 이온빔이 시편 표면에 부딪히는 입사각도도 연마속도, 표면 연마상태, 미세조직 손상깊이 등에 큰 영향을 미친다. 보통의 경우 10-20° 범위가 주로 사용되며 시편을 회전시킴으로써 균일한 연마를 유도한다.

Fig. 1은 제작된 이온밀러 시스템을 보여주고 있다. 장비의 조작은 장비 앞쪽에 터치모니터에서 사용조건을 선택하여 가공공정을 진행하며, 시료장착 및 시료 스테이지의 회전각도 또한 가공공정 조건으로 선정하게 된다. 대략적인 가공시간은 실리콘 웨이퍼 기준으로 3, 4시간 정도를 가공하게 되는데 이는 시간당 100 μm 이상의 가공율을 가지며, 회전 각도 및 시료 장착 높이에 따라 달라지게 된다.



Fig. 1. Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 시료챔버내에 시료를 장착 후 시스템의 단면도를 나타낸다. 시료와 이온 건은 수직으로 놓이게 되고, 시료 장착 후 진공배기 후 적정 진공도에 도달하게 되면, Ar 가스를 주입 후 고전압을 인가하여 플라즈마를 발생시켜 이온빔을 인출하게 된다.

다양한 가공조건에서 실리콘 웨이퍼를 이용하여 가공공정을 수행하였다. 웨이퍼 및 다양한 다층 박막을 형성하는 여러 종류의 소재들을 분석하기 위한 이온밀링 공정을 수행하여 각각의 시료에 맞는 공정조건을 확립하였다.

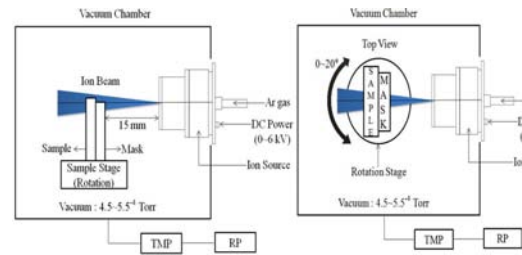


Fig. 2. Machined surface texture according to cutting condition

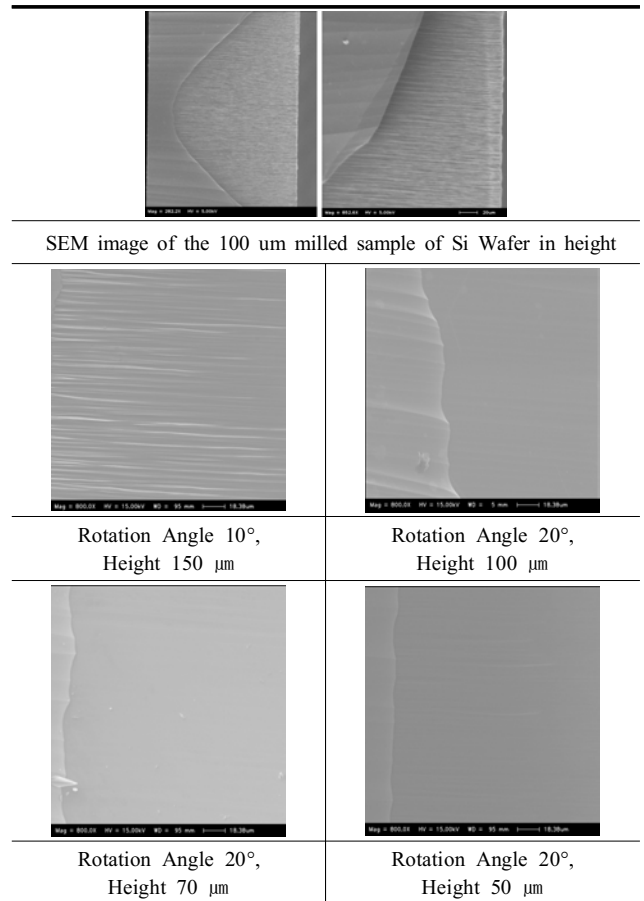


Fig. 3. SEM measurement Si Wafer process

참고 문헌

- (1) Jong-Han Won, Dong-Young Jang, Man-Jin Park 2015, Structure of a Plasma Ion Source for a Cross-Section SEM Sample, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 400~406.

라인 스캔 카메라를 활용한 다이 시프트 관측 장비

기대간¹, 박성준^{1*}, 이재향², 이혜진²

Die shift vision inspection device using line scan camera

D. G. Ki, S-J. Park*, J. H. Lee, H. J. Lee

한국교통대학교 기계공학과¹, 한국생산기술연구원²

Key Words : WLP, Die shift, Vision inspection, Line scan camera

1. 서론

웨이퍼 레벨 패키지(WLP : Wafer Level Package) 공정이란 웨이퍼 상태에서 외부 단자 연결 및 반도체 배선 기술을 일괄적으로 처리한 뒤 몰딩(Molding) 공정을 통해 웨이퍼 전면적을 에폭시 몰딩 컴파운드(EMC : Epoxy Molding Compound)로 패키징 하는 기술 공정으로써 제조공정의 비용 절감이라는 큰 장점을 갖고 있다.

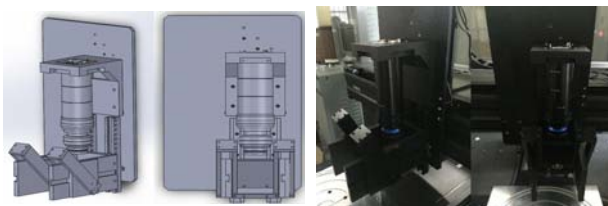
그러나 장점과 함께 이전의 다이 레벨 패키지(DLP : Die Level Package) 기술에 비해 Warpage, Die Shift 등의 문제가 발생함으로써 Die의 위치가 크게 벗어나게 되면 몰딩된 웨이퍼의 Dicing을 진행하는 데 있어 핸들링이 어렵다는 단점이 있다. 때문에 Warpage, Die Shift 최소화를 위한 WLP 공정의 최적화 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 최적화 연구를 위한 피드백(Feed Back) 데이터 제공을 위해 Micro 수준에서 Die Shift관측이 가능한 Die Shift Vision Inspection 장비를 구축하여 기존의 CCD Camera를 활용하여 구축한 장비와 비교 및 분석을 진행하고 하였다.

2. 다이 시프트 관측 장비

본 연구에서 다이 시프트 관측을 위한 이미지 수집 장치로 Line Scan Camera를 활용 하였다. Line Scan Camera의 사양은 Resolution은 16,384×1, FOV는 40 mm, Lens Working Distance는 140 mm 이며 Table 1 에 정리 하였다. 카메라 사양을 고려하여 Line Scan Camera를 장착하기 위한 Camera Bracket 및 LED Bracket을 설계 하여 장착하였다.

기존 장비와의 큰 차이점은 이미지 수집 영역에 있다. 기존에는 1개 Die Vertex 영역의 이미지 만을 수집 했던 반면 본 연구에서는 Die 수준이 아닌 하나 이상의 열을 한 번에 수집할 수 있다.

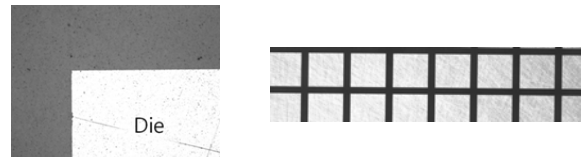


(a) Camera bracket design (b) Line scan camera

Fig. 1. Die shift vision inspection device setup

Table 1 Specification of line scan camera

Specification	Value
Line scan camera resolution	16,384×1
FOV (Field of View)	40 mm
Lens working distance	140 mm



(a) CCD Camera test image (b) Line scan camera test image

Fig. 2. Acquisition image in accordance with camera

3. 결 과

Table 2 Acquisition speed in accordance with camera

Camera	Speed
CCD Camera	120 minute/wafer
Line scan camera	5 minute/wafer
Difference in speed	115 minute/wafer

본 연구에서는 다이 시프트 관측을 위한 이미지 수집 장치로 Line scan camera를 활용 하였고 기존에 구축했던 CCD Camera를 활용한 장비의 성능과 비교 및 분석을 진행 하였다. 두 개 Camera의 큰 차이점은 CCD Camera는 1개의 Die에 대하여 이미지를 수집 하는 반면 Line Scan Camera는 Wafer 의 하나 이상의 열을 한 번에 수집 할 수 있다는 점이다. 그 결과 Wafer 전 면적에 대하여 Line Scan Camera의 이미지 수집 속도가 5 minute/wafer 로 CCD Camera(2 hours/wafer) 보다 약 24배 빠르게 수집 할 수 있음을 확인하였다.

따라서 향후 Die Shift 관측을 하는 데 있어 이전 보다 빠른 결과를 나타낼 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 “300mm 대응 대구경 다층구조의 복합 패키지 공정 및 장비 기술 개발” 사업의 일환으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. (과제번호 : 10041083)

참 고 문 헌

- (1) Lee, J. H, Park, S. J, Lee, H. J, Park, J. H, 2015, *Die Shift Measurement for 300mm Molded Wafer using Vision Inspection*, Korea Society of Precision Engineering, 297~298
- (2) Ki, D. G, Park, S. J, Lee, H. J, Park, J. H, 2015, *Die shift measurement of 300mm large diameter wafer*, Korea Society of Manufacturing Technology Engineers, 251~251.
- (3) Kim, D. S, Kim, K. R, 2012, *High-speed precise UV laser drilling and vision inspection for flexible PCB*, International Conference of Manufacturing Technology Engineers, 100~100.

듀얼 타입 웨이퍼 레벨 몰딩시스템 개발

연시모, 박진호, 손용, 이해진*

Development of dual type wafer level molding system

S.M. Yeon, J.H. Park, Y. Son, H.J. Lee*

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소

Key Words : Wafer level packaging, Compression molding, Dual type system, Silicon die

1. 서 론

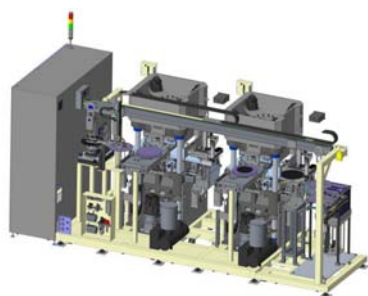
웨이퍼 레벨 패키징(Wafer Level Packaging) 기술은 차세대 3차원 반도체 패키징 기술로 주목 받고 있으며, 웨이퍼 레벨 패키징에서 몰딩공정은 전체 공정 중 가장 불량률이 높고 예측이 어려운 공정 중 하나로 EMC(Epoxy Molding Compound)로 실장된 칩(Chip or Die)을 임베디드(Embedded) 시켜 몰디드 웨이퍼(Molded Wafer)를 형성하는 공정이다.

몰딩공정기술은 패키지 전체의 수율 및 생산성에 미치는 영향이 상대적으로 큰 주요공정기술이다. 일반적으로 웨이퍼 레벨 몰딩공정으로 적용되는 트랜스퍼 몰딩공정(Transfer Molding Process) 기술은 12인치 레벨의 대면적 성형공정을 수행할 경우, 다이(Die)사이의 마이크로 크기의 간극 및 몰딩두께에 대한 충진에 있어서 제한되는 한계점이 존재한다. 이에 따라 최근에는 스크린 프린팅 몰딩(Screen Printing Molding), 컴프레션 몰딩(Compression Molding) 등 이러한 문제점을 해결할 수 있는 몰딩공정기술들이 연구되어지고 있다.

본 논문에서는 이러한 몰딩기술 중 대면적(12인치) 웨이퍼 레벨 컴프레션 몰딩공정용 시스템 개발에 관한 실험적 연구결과에 대해 기술하였다.

2. 듀얼 타입 웨이퍼 레벨 몰딩 시스템

본 연구에서는 12인치 웨이퍼 레벨 컴프레션 몰딩공정을 수행하기 위한 시스템을 Fig. 1과 같이 설계 및 제작하였다. 개발된 시스템은 12 ton의 성형하중, 몰딩두께 편차 $\pm 10\mu m$ 및 금형 온도 편차 $\pm 5^\circ C$ 의 패키징 사양에 대응이 가능하도록 정밀 금형 모듈을 프레스 구동부에 추가하였다. 또한 생산성을 높이기 위해 듀얼 타입 시스템(Dual Type Wafer Level Molding System)으로 개발하였으며, 이형필름 및 EMC 소재 공급 등의 부가모듈들을 구성하여 자동화 공정수행이 가능하도록 개발하였다.



(a) 3D designed model



(b) Manufactured system

Fig. 1. Dual type wafer level molding system

3. 웨이퍼레벨 몰딩공정 결과

웨이퍼 레벨 몰딩공정을 주어진 사양조건에 수행하기 위해 상하 금형부를 개별적으로 4채널 독립 제어하는 방식으로 개발하였으며, 제작된 금형 내 온도 분포를 측정한 결과 온도 편차 $\pm 5^\circ C$ 이내의 데이터를 확보하였다. 또한 12인치 웨이퍼 레벨로 실장된 실리콘 다이(Silicon Die) 시험편을 이용하여 몰딩공정을 수행한 결과 Fig. 2와 같이 웨이퍼 레벨 컴프레션 몰딩공정 연구결과를 확보할 수 있었다.

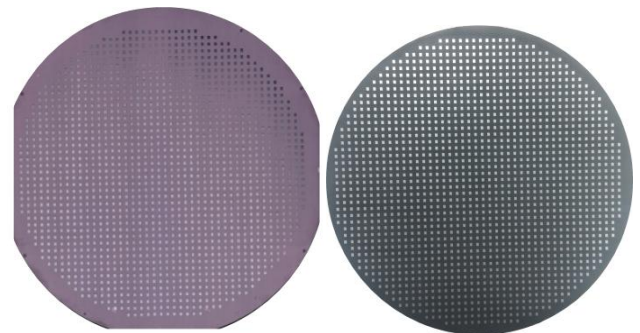


Fig. 2. Results of wafer level compression molding process

후 기

This research is carried out through the R&D project (Grant No. 10041083) financially supported by Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and the KITECH internal project (Grant No.EO160006) in Korea. The authors are also grateful to the colleagues for their essential contribution to this work.

참 고 문 헌

- (1) P. Sun; V. Leung; D. Yang; R. Lou; D. Shi; T. Chung, "Development of a new Package-On-Package(POP) structure for next-generation portable electronics", Electron. Compo. and Technol. Conf., 2010, pp. 1957~1963.
- (2) A. Ostmann; D. Manassis; T. Loeher; A. Neumann; H. Reichl, "Strategies for embedded of active components", Intl. Microsystems, Packag., Assembly Conf. Taiwan, 2006, pp. 1~4.

이중 패키지 적용 3D FOWLP 모듈 개발

김일환*, 이응주, 오동훈, 마준성, 문승준, 김태원

Development of multi-die stacked 3D FOWLP (Fan Out Wafer Level Package) Module

I.H. Kim*, E.J. Lee, D.H. Oh, J.S. Ma, S.J. Moon, T.W. Kim

(주)네페스 반도체부품연구소 (corresponding author: kimih@nepes.co.kr)

Key Words : Electronic devices, Semiconductor, Fan-out Packaging, Package on Package, Via frame

1. 서론

최근 스마트 폰이나 태블릿 PC 등과 같은 첨단 모바일 기기들이 점점 소형화 되면서 보다 가볍고, 얇고, 다양한 기능을 가진 반도체 소자들이 요구 되고 있다. 이에 따라 최근 반도체 집적공정의 한계를 극복하기 위한 대안으로 3D 패키징 기술이 주목 받고 있다. 본 연구에서는 이중의 FOWLP(Fan-Out Wafer Level Package)를 사용하여 3D 모듈을 개발하였으며, 신뢰성 평가를 위해 JEDEC 기준 MSL 2 Level을 수행하였다.

2. 3D FOWLP 모듈 구성 및 적용 기술

상부 패키지는 3.5mm x 3.5mm x 0.435mm, 하부 패키지는 6.0mm x 6.0mm x 0.350mm size로 제작하였으며, 하부 전극과 상부 전극 패드가 수직으로 연결된 PCB 기반의 Via-frame과 반도체 칩을 나란히 배치/본딩 후 박형으로 물딩하는 Panelization 기술과 상/하 패키지의 전기적 Interconnection을 위하여 미세피치가 적용된 양면 재배선 Build-up 기술을 개발 및 적용하였다.

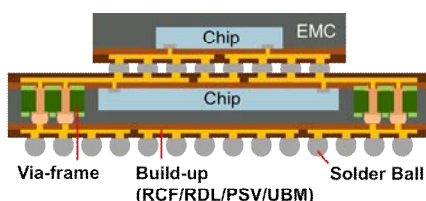


Fig. 1. Schematic of 3D FOWLP module

3. 실험 결과 및 고찰

Via frame이 제작될 PCB 기판의 크기는 PCB 제조 인프라와 Ball drop 공정 인프라를 기준으로 170mm x 77.5mm의 Strip 구조로 제작 하였으며, Via-frame의 개별 유닛 크기는 5.8mm x 5.8mm로 총 286개로 구성하였다.



Fig. 2. Machined surface texture according to cutting condition

이 후 팬-아웃 패키징 공법을 통해 Via frame을 glass carrier에 실장 후 chip을 cavity 내부에 실장(pick & placement)하였으며, EMC 몰딩을 통해 300mm 대구경 panel 형태로 일체화한 후, Fig. 3과 같이 제안된 build-up 공정을 통해 절연층(RCF: Reconfiguration / PSV: Passivation)과 재배선(RDL: Redistribution layer)을 양면으로 형성한 후 ball을 부착하여 하부 패키지를 구현하였으며, Fig. 4와 같이 Bonding Jig를 제작, 상부 패키지와 PoP(Package on Package) bonding 공정을 수행하여 3D FOWLP 모듈을 제작하였다.

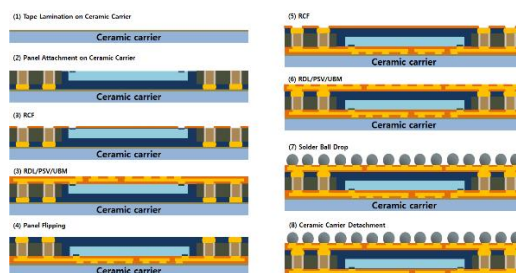


Fig. 3. Build-Up Structure

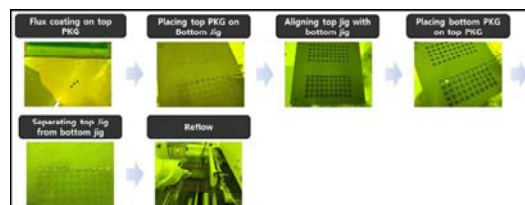


Fig. 4. PoP(Package on Package) bonding Process

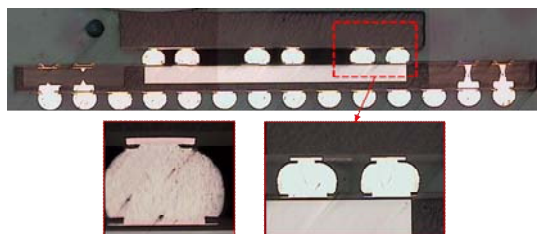


Fig. 5. Cross section image of 3D FOWLP module

Fig. 5 는 최종 모듈의 분석 단면으로 상/하부의 패키지가 전기적으로 연결됨을 잘 보여주고 있다. 또한, 최종적으로 시행한 Package level reliability(JEDEC 기준 MSL 2 Level)를 수행하여 전 항목을 통과(PASS)함을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 산업융합원천기술 개발 사업의 일환인 “300mm 대구경 다층구조의 복합 패키지 공정 및 장비 기술 개발” 사업의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- (1) Jérôme Azémar, "Fan-Out and Embedded Die: Technologies & Market Trends", Yole-development, February @ 2015 edition
- (2) IS Kang et al, "3D SiP solutions with wafer level package technology", 7th International Conference and Exhibition on Device Packaging (DPC), Arizona, USA, March 8-10, 2011.

미세공공이 Sn-3.0Ag-0.5Cu/Cu 접합부의 전단강도에 미치는 영향

박재용¹, 박세훈², 김영호^{1*}

Effect of microvoids on the shear strength in Sn-3.0Ag-0.5Cu/Cu joints

J.-Y. Park, S.-H. Park, Y.-H. Kim*

한양대학교 신소재공학부¹, 전자부품연구원²

Key Words : Microvoids, Microstructure, Shear strength

1. 서론

FOWLP기반의 3차원 패키징구조에서 chip의 high speed를 수반하기 위해 high I/O density가 필요하다. 이를 위해 솔더 접합부는 미세 피치화되고 있기 때문에 솔더 접합부의 신뢰성 문제 및 만족도는 계속해서 제기되고 있다. SAC/Cu 솔더 접합부에서는 시효처리 후 미세공공이 형성되는데 이는 기계적 신뢰성에 악영향을 미친다고 알려져 있다 [1]. 하지만 이 미세공공들이 SAC/Cu 솔더 접합부에서 항상 관찰되는 것이 아니라 Cu의 도금조건에 따라서 달라진다는 것이 보고되고 있지만 [2] 이에 따른 신뢰성 연구는 미비하다. 일반적으로 FOWLP기반의 3차원 패키징구조에서 SAC/Cu 솔더 접합부가 사용되기 때문에 이에 대한 신뢰성 평가는 중요하다. 본 연구에서는 도금욕의 첨가제 및 전류밀도를 변화시켜 다양한 솔더 접합부의 계면미세구조를 관찰하고 이에 따른 전단강도가 평가되었다.

2. 솔더 접합부 계면미세구조 및 전단강도 실험

Cu 도금욕은 황산구리와 황산기반이며 첨가제로는 PEG와 Cl ion이 사용됐다. 전류밀도 5-15 mA/cm²를 인가하여 solder mask타입의 FR-4 PCB기판에 Cu 도금층을 형성시켰다. 기판의 pad opening size는 220 μ m이며 직경 300 μ m의 SAC305 솔더볼을 사용하였다. Water soluble flux를 도포 후 리플로 솔더링을 통해 솔더 bump를 형성하였다. 150도 오븐에서 500시간까지 시효처리를 진행하였다. 시효처리 시간에 따른 전단강도시험은 전단높이 30 μ m, 전단속도는 1 m/s에서 진행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 각 시효처리시간에 따른 솔더 접합부 계면미세구조의 back scattered electron image이다.

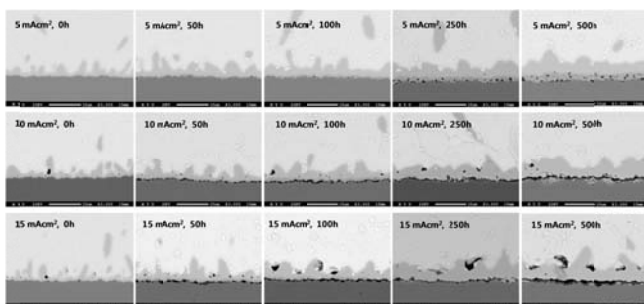


Fig. 1 Interfacial microstructure after aging for 500 h at 150 °C

Reflow후에 모든 전류밀도에서 Cu₆Sn₅가 형성됐지만 10 mA/cm²와 15 mA/cm²의 전류밀도 조건에서는 솔더와 금속간화합물 계면에 champagne voids도 관찰되었다. 이는 높은 전류밀도로 인한 도금층 gas trap에 의한 것으로 판단된다. 시효처리 시간이 지남에 따라서 5 mA/cm²에서는 Cu₃Sn이 성장하고 Cu₃Sn내부와 Cu₃Sn/Cu 계면에 microvoids가 형성되었다. 10 mA/cm²와 15 mA/cm²에선 얇은Cu₃Sn내에 microvoids가 빠르게 성장하면서 금속간화합물과 Cu의 계면 전체에 걸쳐 분포하는 것이 관찰되었다. 이 조건들에선 시간이 지남에 따라

서 Cu₃Sn의 성장이 Cu₆Sn₅의 성장보다 매우 느린 것이 관찰되었다. 솔더 접합부의 계면미세구조 차이가 전단강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 시효처리 시간에 따라서 전단강도 값을 측정하였다.

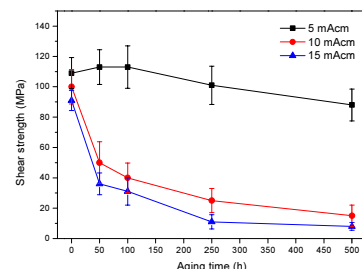
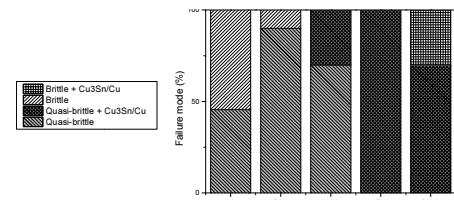


Fig. 2 Shear strength after aging

Fig. 2에서 알 수 있듯이 시효처리 전에 10 mA/cm²와 15 mA/cm²에선 champagne voids의 형성으로 5 mA/cm²조건 보다 전단강도의 값이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 5 mA/cm² 조건에선 시효처리 100h이내에서는 전단강도 값이 증가하다가 250h 이후로는 전단강도 값이 떨어지는 것이 관찰되었다. 이는 Cu₃Sn 내부와 Cu₃Sn/Cu 계면에 형성되는 microvoids의 성장 때문으로 판단된다. 10 mA/cm²와 15 mA/cm²에서는 시효처리 시간이 지남에 따라서 전단강도 값이 급격히 감소하는 것을 알 수 있는데 이는 금속간화합물과 Cu계면 전면적으로 분포하는 microvoids 때문이다. 5 mA/cm² 조건의 파괴모드를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3 Fracture modes for 5 mA/cm²

시효처리 초기 단계에서는 솔더 미세구조의 coarsening 때문에 quasi-ductile mode가 증가하면서 전단강도 값이 증가했지만, 시효처리 시간이 늘어남에 따라 Cu₃Sn/Cu 계면이 microvoids성장으로 인해 전단시험 후 빠르게 분리되면서 전단강도의 값이 하락하는 것으로 분석됐다. 본 실험을 통해 전류밀도의 조절이 고 신뢰성의 솔더 접합부를 얻기 위한 한 가지 방안으로 판단된다.

후기

본 논문은 한국전자기계융합기술원의 300mm 대응 대규격 다층구조의 복합패키지 공정 및 장비 기술개발사업의 일환으로 지식경제부 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) J.-Y. Park, Y.M. Kim, and Y.-H. Kim, J. Mater. Sci.: Mater. Electron., 26, 5852 (2015).
- (2) F. Wafula, Y. Liu, L. Yin, P. Borgesen, E.J. Cotts, and N. Dimitrov, J. Appl. Electrochem., 41, 469 (2011).

PDMS를 이용한 미세피치 솔더볼 패키지 테스트 소켓 개발

양시은¹, 홍석기^{1*}, 최종하¹, 김대호¹, 장동영²

Development of test socket of fine-pitch solderball package by using PDMS

S.E. Yang, S.K. Hong*, J.H. Choi, D.H. Kim, D.Y. Jang

서울테크노파크¹, 서울과학기술대학교²

Key Words : BGA, PDMS, Test socket, fine pitch

1. 서론

BGA(Ball Grid Array)패키지의 테스트 소켓은 포고핀을 사용한 제품이 주를 이루고 있다. 기존 소켓의 단점을 해결하는 방안으로 BGA의 솔더볼에 가해지는 접촉 압력을 최소화하여 솔더볼의 파손을 방지할 수 있고, BGA와 물리적, 전기적 연결을 원활히 하여 테스트 신뢰성을 향상시킬 수 있는 MEMS기반의 PDMS를 이용한 외팔보형태의 소켓을 제안한바 있다.[1]

본 연구에서는 기존에 제작한 소켓의 피치 300 μ m에서 200 μ m로 설계를 변경하여 제작하였다. 솔더볼과 접촉하는 부분인 Add Tip의 형상을 3가지로 제작하였고 공정 불량 분석을 통해 개선대책을 수립하여 PDMS 소켓의 개발을 진행하였다.

2. PDMS 소켓 제작 및 분석

PDMS 소켓 제작에 있어 주 원료인 PDMS는 Dow Corning사의 Sylgard 184 2액형을 사용하였다. 전기신호의 전달역할을 하는 금속 패턴(Ni_Co)의 형상은 Top tip, Bottom tip, Bump, Add tip의 4부분으로 이루어져 있으며 솔더볼과 닿는 Add Tip의 형상을 사각, 육각, 원형으로 형성하여 제작하였고, 소켓 align의 기준이 되고 단단하게 잡아주는 역할을 하는 펜스를 확장하여 내부 패턴을 감싸도록 설계함으로써 PDMS의 처짐 등에 대한 대비를 하였다.

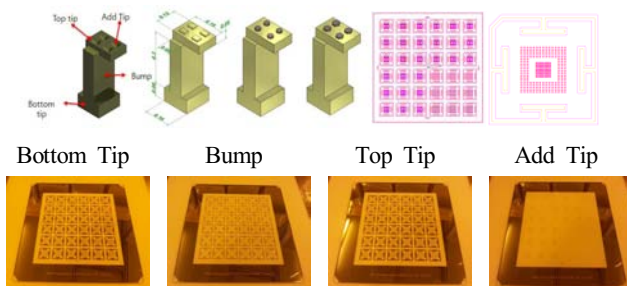


Fig. 1. PDMS test socket design and Masks

세라믹 최하부층과 PI 및 구리(Cu)희생층 제거 시 PI와 세라믹의 접합력이 강해 Lift off 공정에서 휨 발생과 과도한 컷이 발생하여 PDMS를 침범하게 되는 현상이 Fig.2와 같이 발생하였다.

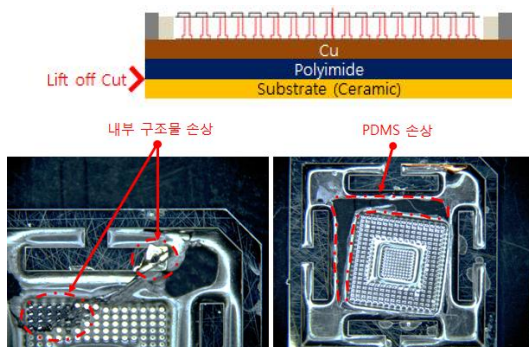


Fig. 2. Test socket defects

접합력이 강한 원인은 아래 Fig. 3과 같이 세라믹의 표면이 거칠기 때문이며, 세라믹 상부층을 먼 처리한 후 PI를 접착하여 Lift off시 불량을 제거하였다.

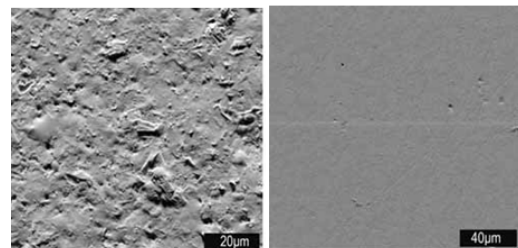


Fig. 3. The surface of ceramic substrate

위의 보완사항을 거쳐 제작된 PDMS 소켓을 Fig.4에 나타내었다.

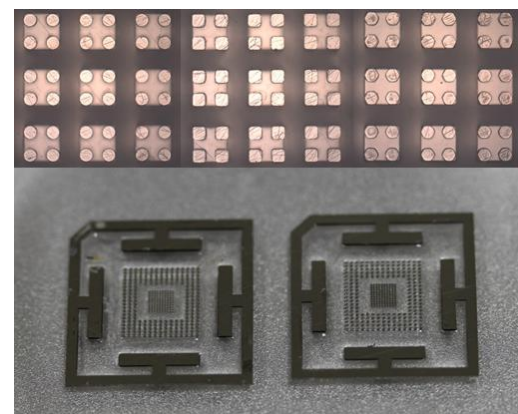


Fig. 4. The surface of ceramic substrate

3. 결론 및 향후 방향

미세피치에 대응하기 위하여 피치 200 μ m 패키지의 검사가 가능한 PDMS 소켓을 제작하였다. 제작된 PDMS 소켓의 신뢰성 확보를 위해 피치 200 μ m Wafer Level Package(WLP)를 제작하여 전기적 신호 테스트 및 반복 재현성 테스트를 진행 할 예정이다.

후기

본 연구는 제조기반 산업원천기술개발사업 '300mm 대응 대구경 다층구조의 복합 패키지 공정 및 장비 기술 개발' 과제의 일환으로 산업통상자원부의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) S.K. Hong, S.E. Yang, J.H. Choi, D.H. Kim, D.Y. Jang, 2013, Development of PDMS test socket for fine-pitch solder ball package, KSMTE Autumn Conference 2013, pp. 330

50L 발효용기에 의한 오미자(*Schisandra chinensis*) 발효 평가

김미자, 데스티아니 수페아노, 최혜진, 최원식*

Fermentation evaluation of the Omija (*Schisandra chinensis*) by the 50L fermentation machine

Kim Mi Ja, Destiani Supeno, Choi Hye Jin, Choi Won Sik*

부산대학교 바이오산업기계공학부

Key Words : Omija, *Schisandra chinensis*, fermentation, pH, brix

1. Introduction

The Schizandra genus (cluster of 6-8 cm with bright red berries) comprises 25 species (Pannosian & Wikman, 2008), one of which, namely *Schizandra chinensis* is known as “omija” in Korea. The literal meaning of omija in Korean is berries with five distinctive flavor characteristic: sweetness, sourness, saltiness, bitterness, and pungent, and the aqueous extract of this fruit has an unambiguous pinkish-red color and palatable flavors (Kim & Jang, 1994). The traditional beverage of omija has been carried out by sugar addition. Alcoholic beverages have been part of human society since the beginning of recorded history and have developed in various regions of the world to reflect natural climates and cultural traditions (Room et al., 2005). The objective of this research was to analyze the fermentation machine to optimize the omija fermentation process.

2. Experimental and Method

Omija fruit samples were collected from Februari 2016. Samples were collected from omija cultivation area in Mungyeong-si, South Korea. The fresh omija fruit were immediately put into polyethylene bags and stored at -20 °C in a deep freezer until experiment start. The experiment used 2000g omija fruits; 1100g of sugar; 4g of salt; and 4g of Effective Microbial (EM) by contains *Lactobacillus* strain. All ingredient mix-ups well together in fermentation machine with temperature 37°C for 3 days.



Fig. 1 Fermentation experiment setup

3. Results and Conclusion

Before and after of fermentation process, the sample was test for sugar content by refractometer (Master-53M, ATAGO, Japan), and the pH level by a pH-meter (pH-250L, ISTEK, Inc., Seoul).



Fig. 2 pH analysis using pH meter



Fig. 3 Sugar content analysis using refractometer

Table 1 The omija fermentation experiment result

	pH	Brix (%)
Initial condition	7.2	24
Final condition	2.79	18

The fermentation of omija increased the antioxidant activities compared to the fresh omija. Unfortunately, there is a lack of studies on fermentation of omija in the world. The objective of this study was to analyze fermentation process using the fermentation machine to optimize the fermentation process comparing the traditional fermentation method. The fermentation process done up to 3 days with $\pm 37^\circ\text{C}$ of temperature condition and 7.2 pH, after 3 days turn into 2.79 pH. Table 1 shown the initial data and final data of omija fermentation by fermentation machine, the traditional process usually was done more than one week of fermentation process in room temperature. By the fermentation machine, the time of fermentation process can be optimize in 3 days and also easy to check the pH level and manage the fermentation temperature.

Reference

- (1) Panossian, A., & Wikman, G., 2008. Pharmacology of *Schizandra chinensis* Bail: an overview of Russian research and uses in medicine. *Journal of Ethno-pharmacology*. 118, pp. 183-212.
- (2) Kim, O. C. and Jang, H. J., 1994. Volatile components of *Schizandra chinensis* Baillon. *Agric. Chem. Biotechnol.* 37, 30-36.
- (3) Room, R., Babor, T., Rehm, J., 2005. Alcohol and public health. *Lancet* 365, 519-530.

Fast Tool Servo를 활용한 원통내경 미세 패턴 가공

최수창*, 박종권, 노승국, 김병섭, 곽양양

Manufacturing surface pattern in cylinder bore using the fast tool servo

S.C. Choi*, J.K. Park, S.K. Ro, B.S. Kim, Y.Y. Guo

한국기계연구원

Key Words : Cylinder bore, Surface texture, Reduction of friction, FTS, Fast Tool Servo

1. 서론

마찰/마모 현상은 기계적 시스템이 구동하면서 필연적으로 발생하는 현상으로 시스템의 에너지 효율을 떨어뜨리고, 장비의 수명에도 직결되는 문제이다. 이와 같은 마찰/마모 현상을 감소시키기 위하여 다양한 연구가 진행되었으며, 마이크로/나노 기술의 발달과 함께 표면 패턴을 이용한 마찰 감소 연구가 활발히 진행되고 있다.

이와 같은 마찰 감소 연구는 표면 패턴 형상의 특성에 관한 연구와 표면 패턴을 생산하기 위한 가공 기술의 연구가 함께 이루어지고 있다. 특히 금속성 재료의 표면에 마이크로 패턴을 가공하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 엔진실린더의 내경 가공을 가상하여 원통내경에 FTS를 사용하여 패턴 가공을 진행하였다.

2. FTS를 활용한 원통 내경 표면 패턴 가공

Fig. 1은 제작된 원통내경 패턴 가공용 FTS와 실험 장치 구성을 보여주고 있다. FTS는 범용 밀링 머신에 설치되었으며, 슬립링을 통하여 전원 및 구동 신호가 전송되도록 되어 있다. 파형발생기를 통하여 파장을 발생하였으며, 오실로스코프를 활용하여 발생하는 파형을 확인하여 정확한 진동수를 측정하였다.

가공 시편은 알루미늄 합금을 사용하여 가공하였으며, 가공 방법은 내경을 맞추기 위해서 사전 가공을 진행하고 이후 FTS에 신호를 인가하여 패턴 가공을 진행하였다.

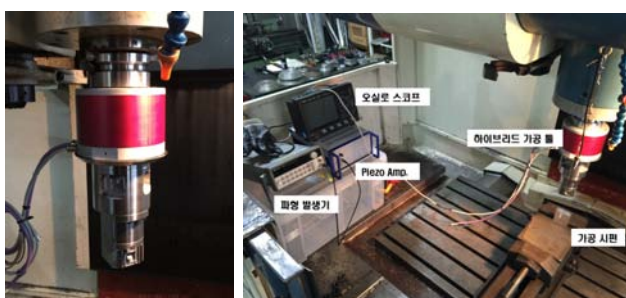


Fig. 1. FTS & Experimental setup

3. FTS를 활용한 원통 내경 표면 패턴 가공 결과

가공 실험시 FTS에 인가되는 전압(V)과 진동수(Hz)를 변화시키며 다양한 형태의 가공을 진행하였으며 Fig. 2는 FTS로 다양한 조건에서 가공된 원통 내경 표면을 보여주고 있다.

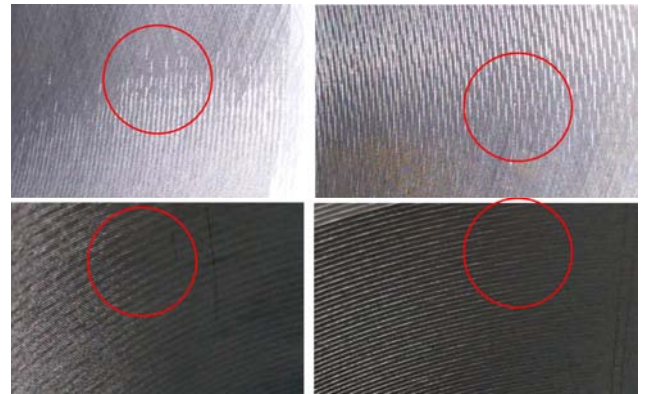


Fig. 2. Machined pattern using FTS

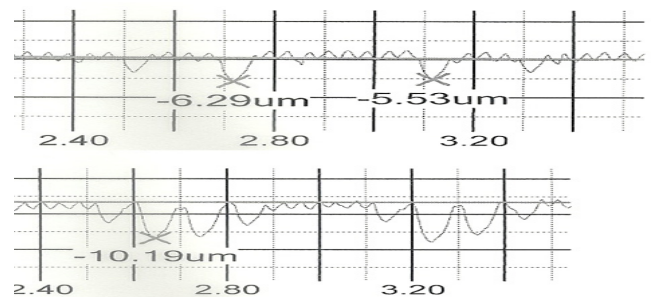


Fig. 3. AE RMS according to cutting condition

Fig. 3는 가공된 패턴을 접촉식 표면 측정 장비를 사용하여 측정한 결과를 보여주고 있다. FTS에 인가된 전압에 따라 7~12 μ m의 패턴이 생성되었음을 확인할 수 있다.

참고 문헌

- (1) MAO H, HU D, ZHANG K., 2005, *A fast tool feeding mechanism using piezoelectric actuators in noncircular turning* [J]. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27(3-4), 254-259.
- (2) CUTTINO J F, MILLER A C, SCHINSTOCK D E., 1999, *Performance optimization of a fast tool servo for single-point diamond turning machines*, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 4(2), 169-179.
- (3) RAKUFF S, CUTTINO J F., 2009, *Design and testing of a long-rang precision fast tool servo system for diamond turning*, *Precision Engineering*, 33(1): 18-25.

표면 회전가공을 위한 마이크로 가공 예측 정적 모델

부이광탄¹, 노승국^{2*}, 박종권²

A static model for micro-pattern forming prediction in rolling-based surface texturing

B.Q. Thanh, S.K. Ro*, J.K. Park

과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스¹, 한국기계연구원²**Key Words** : Micro Forming, elastoplasticity, micro positioning, micro rolling

1. Introduction

Metallic parts with large-area functional surface micro texturing have been increasingly utilized in various industrial fields, such as friction/wear reduction, viscous drag reduction, and flow control enhancement. Micro-rolling mill process is one of micro forming processes can improve production rate and minimize material waste. Force - deformation behavior in macro rolling process is a mechanical property which is most concerned and mentioned in many researches but cannot be simply to use in micro scale. Because, the rolling process is essentially quasi-static at relatively low speeds, a novel idea is force- micro deformation can be explained from load-displacement behavior of micro/nano indentation. This paper describes theoretical and empirical investigations of the rolling force - micro deformation behavior on micro surface layer of A2021 lamina.

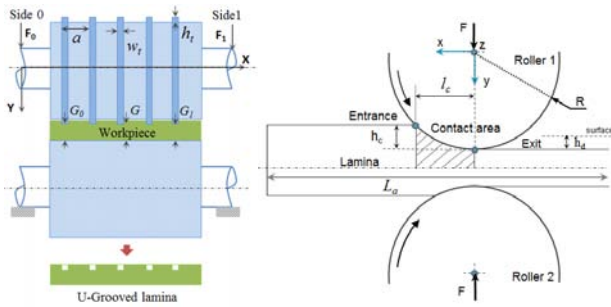


Fig. 1. Configuration of rolling gap, U pre-textured roll and the contact area during roll-forming surface texturing

In Fig. 1, a smooth fixed lower roll was simultaneously used with a pre-U-grooved upper roll to imprint rectangular channels on a lamina surface. The width, density and shape of the rectangular micro-channels were almost constant. The pre-textured roll was formed of tungsten carbide and fabricated by grinding to create the U-groove configuration of teeth.

2. A static model for for micro-pattern forming prediction

Assuming that the rolling process is essentially quasi-static at relatively low speeds, one of the Sneddon's solutions for Hertzian contact mechanics between a rigid cylinder & an elastic half-space leads to a simple relation between the load, F , and the penetration depth, h , of the form:

$$\frac{\partial F}{\partial h} = \beta \frac{2}{\sqrt{\pi}} E^* \sqrt{A_c} = \beta \frac{2}{\sqrt{\pi}} E^* \sqrt{w \cdot \sqrt{2Rh_c}} \quad (1)$$

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \quad (2)$$

where β is geometric constant, E_1 , E_2 are the elastic moduli of cylinder and specimen, $A_c = w \cdot l_c$ is contact area, w is the tooth width. In micro-rolling contact, l_c is the contact length approximately calculated as below:

$$l_c = \left[R^2 - (R - h_c)^2 \right]^{1/2} = [2Rh_c + h_c^2]^{1/2} \approx \sqrt{2Rh_c} \quad (3)$$

The integral of equation (1) presents the theoretical relationship of rolling force F and micro U channel depth:

$$F = \gamma n \beta \frac{2^{13/4}}{5\sqrt{\pi}} E^* w_i^{1/2} R^{1/4} h_d^{5/4} \quad (4)$$

γ is compensation coefficient of micro rolling process and the mean value of normal stress is described by:

$$\bar{\sigma}_{norm} = F / (n \cdot w_i \cdot l_c) \quad (5)$$

3. Experiment results & Discussion

Experiments were conducted on specimens with size $L_a = 40\text{mm}$, $W_a = 20\text{mm}$; Fig. 2 shows experiment results of micro channel deformation under rolling-based surface texturing. Fig. 3a shows comparison of theoretical and empirical investigations with micro rolling coefficient $\gamma = 0.42$. In Fig. 3b, the micro channel deformation - normal pressure curve shows typical work hardening plastic behavior on textured surface layer of A2021 lamina in uniaxial compression.

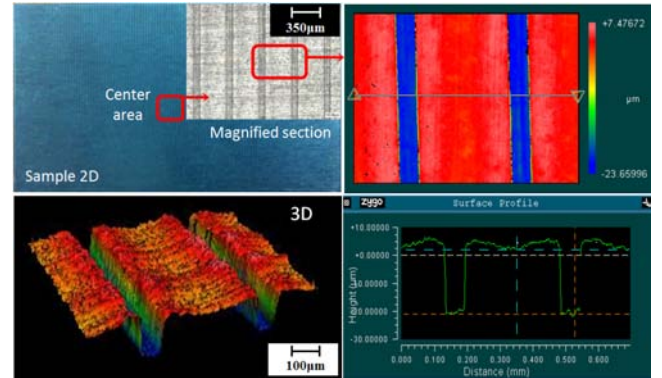


Fig. 2. Experiment results on micro channel deformation

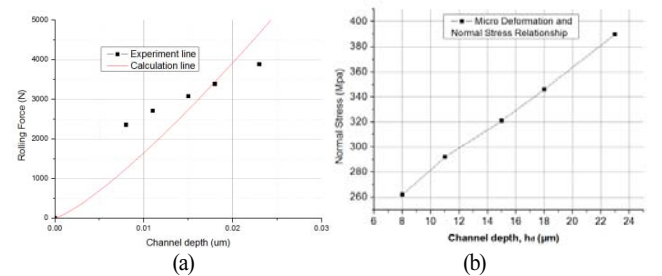


Fig. 3. (a) Comparison between theoretical and experimental investigation of micro channel forming (b) Micro channel deformation - normal stress curve

References

- (1) Harding, J.W., Sneddon, I.N., "The elastic stresses produced by the indentation of the plane surface of a semi-infinite elastic solid by a rigid punch," In: Proc. Cambridge Philos. Soc, Vol. 41, pp. 16-26, 1945.

A study on thermally-assisted micro-forming process for Bulk Metallic Glass material

T.L. Nguyen¹, S.C. Lee², S.K. Ro², J.K. Park^{2*}

Korea University of Science and Technology¹

Department of Ultraprecision machine and system, Korea Institute of Machine and Materials²

Key words: Micro-forming, micro manufacturing

1. Introduction

It is shown that Bulk Metallic Glass (BMG) such as Vitreloy-1 - $\text{Zr}_{41.25}\text{Ti}_{13.75}\text{Cu}_{12.5}\text{Ni}_{10}\text{Be}_{22.5}$ - is a promising material for using in precision surgical blades. Possessing an amorphous structure, hardness of 534 HV as well as fully biocompatible, it is an ideal material for manufacturing sharp blades.

This research presents a hybrid process involving thermally assisted micro-molding and thermally assisted micro-drawing for making BMG surgical blades.

2. Manufacturing Process

Fig. 1, schematically outlines the hybrid manufacturing process. Steps 1-3 show thermally-assisted micro-molding operation to create the overall geometry of the blade. Steps 4-6 show thermally-assisted micro-drawing operation to create the nano-scale features of the cutting edge.

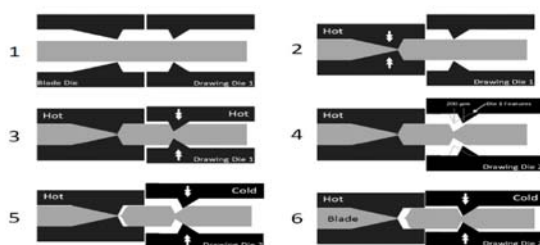


Fig. 1. Hybrid manufacturing process

A testbed performing the hybrid manufacturing process is shown in Fig. 2. The upper die is controlled by a linear motor to go down to $20\mu\text{m}$. An additional actuator with sub-micron precision is used to draw the BMG sample. The upper die is adjustable to allow precise alignment between two dies to create a uniform gap thickness during molding. Heating is implemented through resistive cartridge heaters. Thermocouples are placed close to the die inserts to provide accurate temperature measurement. Temperature is regulated using a multi-channel PID controller.

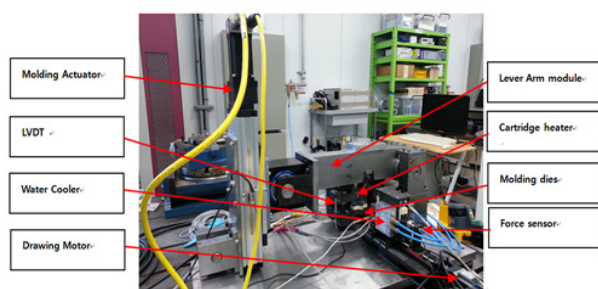


Fig. 2. Hybrid manufacturing testbed

3. Results and Discussion

Depending on the temperature and the drawing feed rates, the deformation of BMG samples will be different. Fig. 3(a) shows overview of a sample blade. Fig. 3(b-e) show radius profile of BMG blade edge under different temperature and feed rates.

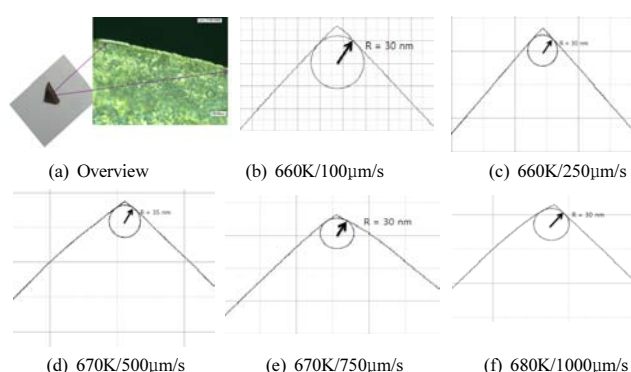


Fig. 3. Sample results corresponding to different conditions

The loci of good region for range of temperatures (650–670 K) and feed rates (100–1,000 $\mu\text{m/s}$) is part 3 in Fig. 4.

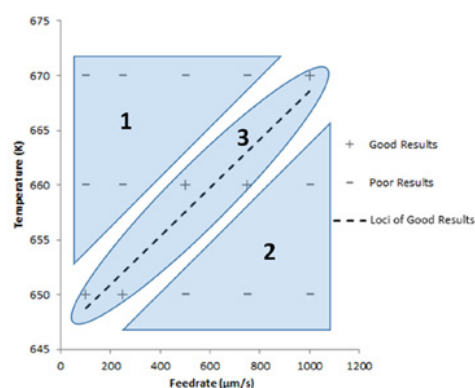


Fig. 4. Results depending on temperature and feed rates

Further study will focus on improving moulding die quality to create a straight blade with radius less than 50 nm.

References

- (1) Alex J. Krejcie, Shiv G. Kapoor, Richard E. DeVor, "A hybrid process for manufacturing surgical-grade knife blade cutting edges from bulk metallic glass", Journal of Manufacturing Processes(2012)

초음파 가시성 향상 패터닝을 위한 의료바늘의 마이크로 성형장치 개발

노승국^{1*}, Bui, Quang-Thanh², 박종권¹

Desktop forming machine for micro patterns on biomedical needles for ultrasound visibility

S.-K. Ro*, Q.-T. Bui, J.-K. Park

한국기계연구원 초정밀시스템연구실¹, 한국과학기술연합대학원대학교²

Key Words : Micro roll forming, Biomedical needle, Ultrasound visibility

1. 서론

인체 내부 조직의 병원체를 검출하기 위한 조사방법으로 수술 없이 조직을 채취하는 방법인 생체 검사를 위해 의료 바늘을 이용하는 경우가 있으며, 정확한 위치를 찾기 위하여 초음파를 이용하는 경우가 있다. 이러한 초음파 유도 생검이나, 마취, 천공 등을 위해서는 바늘이 초음파 영상에서 잘 보이는 것이 유리하다고 할 수 있어, 실제 생검용 바늘에 초음파 반사가 이루어지는 패턴이나 표면 처리를 적용하여 초음파 가시성을 향상시키는 기술이 개발 및 적용되고 있다.[1] 이러한 초음파 가시성 향상을 위한 패턴으로는 딩플 형상이나, 조도를 거칠게 하는 패턴 등도 있으나, 초음파의 재귀 반사를 유리하게 하는 코너큐브, 혹은 피라미드 형태의 딩플이 적용되고 있다. 이러한 패턴은 주로 크기는 50~200 μm , 깊이는 5~20 μm 정도이며, 바늘 선단부분에 주로 만들게 된다.

이러한 패턴을 가공하기 위해서는 FTS, 레이저, 마이크로 밀링 등과 같이 다양한 방법이 적용이 가능하지만, 생산의 효율성 면에서는 성형 일 통한 방법이 유리하다 할 수 있다.[2] 따라서 본 연구에서는 바늘 표면에 피라미드 형태의 패턴을 빠르게 성형할 수 있는 마이크로 롤링 장비를 개발하였다. 본 논문에서는 개발된 장치에 대해 소개하고, 예압력에 따른 패턴 깊이의 관계를 실험하였다. 또한 패턴이 추가된 바늘의 초음파 영상실험을 통해 가시성에 효과가 있음을 검증하였다.

2. 바늘용 마이크로 롤링 장치 개발

다음의 Fig. 1에는 개발된 마이크로 롤링 장치의 사진을 나타내고 있다. 원형의 바늘 표면에 패턴을 하기 위하여, 3개의 롤러를 통해 성형하도록 설계하였다. 세 개의 롤러는 1개의 구동롤러와 기어를 통해 구동하도록 하여 1개의 서보모터만 사용된다. 패턴링을 위한 공구의 경우에는 롤러 내부 일정부분에 톱날 형태의 금형을 삽입하는 형태로 구현되었으며, 착탈이 가능하도록 하여 다양한 패턴에 대응할 수 있도록 하였다.

또한 성형시의 예압을 변경할 수 있도록 구동 롤러의 경우, 수직방향으로 유격을 두었으며, 스프링을 통하여 예압을 변경할 수 있도록 개발 되었다. 스프링의 길이 따른 예압량은 미리 측정을 통해 최대 200 N까지 가능하도록 하였다.

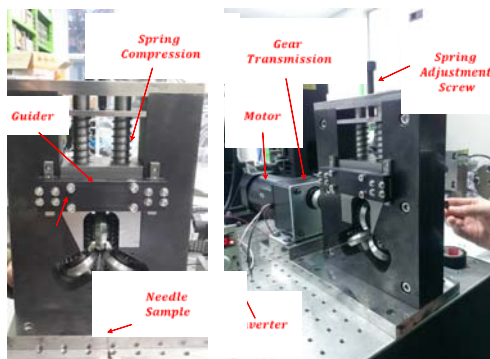


Fig. 1. A Desktop rolling machine for texturing on needles

3. 실험 결과

다음의 Fig. 2는 스프링 예압의 변경에 따라 여러 가지의 깊이를 가진 바늘 (외경 약 3.1 mm, 11 게이지)과 패턴을 광학현미경으로 본 것을 나타내고 있다. 깊이는 2~30 μm 이며, 패턴의 길이는 100~250 μm 나타났다. 이러한 패턴 깊이를 스프링 예압력과 관계로 나타내면 Fig. 3과 같이 선형적인 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이렇게 패턴이 가공된 바늘을 이용하여, 패턴이 없는 바늘과 동시에 초음파 유도 생검 트레이닝용 판뎀에 삽입하여 초음파 영상장치로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 여기서 패턴된 바늘이 상대적으로 밝게 나타나고 있어, 패턴 효과를 확인할 수 있다.

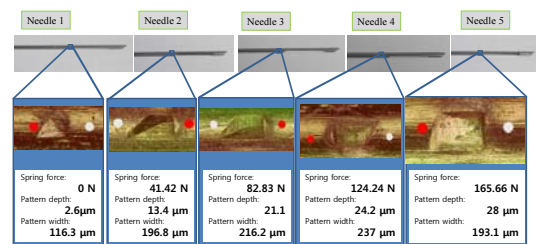


Fig. 2. Needles with patterns by roll forming

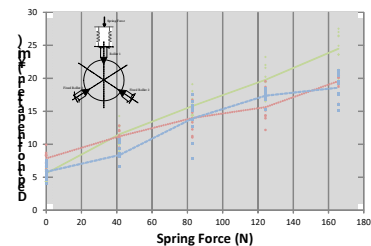


Fig. 3. Relationship between pattern depth and force

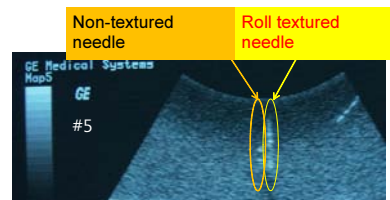


Fig. 4. Ultrasound image for needle with and without patterns

참고 문헌

- (1) Chin, K. H., Perlas, A., Chan, V. and Brull, R., *Needle visualization in ultrasound-guided regional anesthesia: challenges and solutions*, Region. Anesth. Pain M., 2008, 33: 532-544.
- (2) Wang, X., Giovanni, M., Xing, Y., Kang, M. and Ehmann, K., *Fabrication and tribological behaviors of corner-cube-like dimple arrays produced by laser surface texturing on medical needles*, Trib. Int., 2015, 92: 553-558

연삭을 이용한 Surface Texturing에서 패턴의 기울기 변화에 관한 연구

정지용¹, 위전¹, 사하르¹, 궤예인¹, 고태조^{1*}, 박종권²

A study on changes of pattern slope in surface texturing by using grinding

Ji Yong Jeong, Yu Zhen, Sahar M. Sana Ullah, Ye In Kwak, Tae Jo Ko*, Jong Kweon Park

영남대학교 기계공학부¹, 한국기계연구원²

Key Words : Surface texturing, Grinding, Slope of the pattern

기 호 설 명

S : Spindle speed (주축회전수)

F : Feedrate (이송속도)

P : Pitch of helical groove on grinding wheel (연삭숫돌 나선홈의 피치)

1. 서 론

Surface texturing은 마찰이 작용하는 물체의 표면에 패턴을 생성하여 마찰력을 감소시키는 기술로서, 현재 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 패턴생성 방법에는 레이저를 이용한 방법, 입자분사가공 방법 등 여러 가지가 있는데, 그 중에서 연삭을 이용한 방법은 넓은 면적을 비교적 빠르게 패턴닝할 수 있는 장점이 있다. 이에 본 논문에서는 연삭을 이용한 Surface texturing에서 연삭조건에 따라 패턴이 어떻게 변하는지에 대해 연구하였다.

2. 수학적 모델링

본 연구에서 독립변수는 S와 F의 크기이고, 종속변수는 패턴의 기울기 각도이다. 즉, 본 연구는 S와 F의 크기에 따른 패턴의 기울기 각도 변화에 관한 것이다.

Fig. 1은 연삭숫돌이 한 바퀴 회전하는 동안의 나선곡선을 평면에 펼친 것이다. 이는, S와 F를 고려하지 않을 경우의 패턴의 기울기이다.

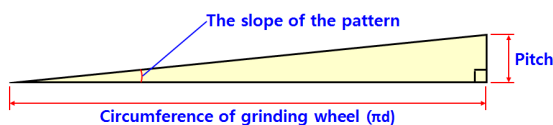


Fig. 1 Slope of the pattern in disregard of S and F

S와 F를 고려할 경우, Fig. 2와 같이 F에 의해 공작물이 간 거리를 밑변으로 하고 P를 높이로 하는 직각삼각형을 그린 후, Arctangent를 사용하여 패턴의 기울기 각도를 구한다.

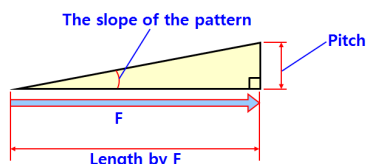


Fig. 2 Slope of the pattern in regard of S and F

식 (1)은 F에 의해 공작물이 간 거리를 구하는 식이고, 식 (2)는 패턴의 기울기 각도를 구하는 식이다.

$$\text{Length by } F = \frac{F}{S} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{The slope of the pattern} &= \tan^{-1} \frac{P}{\text{Length by } F} \\ &= \tan^{-1} \frac{P \times S}{F} \end{aligned} \quad (2)$$

3. 실험 및 결과

Table 1은 실험조건에 따른 실험결과를 나타낸 것이다. 본 실험에서 P는 1 mm로 모두 동일하다.

Table 1 Experimental result

No.	S [rev/min]	F [mm/min]	Picture	Angle [°]
1	200	2000		5.202
2	200	4000		2.611
3	400	2000		9.931
4	400	4000		5.461

Table 2는 패턴의 기울기 각도를 식 (2)에 대입하여 구한 이론값과 실험으로 얻은 측정값을 비교한 것이다. 이를 통해 S와 F의 크기에 따른 패턴의 기울기 각도 변화에 대한 수학적 모델이 적합하다는 것을 확인할 수 있다.

Table 2 Comparison of inclination angle

No.	Calculation [°]	Experiment [°]	Error	Error rate [%]
1	5.711	5.202	0.509	8.913
2	2.862	2.611	0.251	8.770
3	11.310	9.931	1.379	12.193
4	5.711	5.461	0.25	4.378

후 기

본 연구는 지식경제부의 산업원천 기술개발 사업 “Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공시스템 개발” 사업으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Tae Jo Ko, Do Sup Han, Qiu Kang and Jong-Kweon Park, "Grinding Technology for Surface Texturing," J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 31, No. 5, pp. 367-373, 2014.

할바흐 배열을 이용한 선형 모션에서의 와전류 감쇠기 설계

이문구*, 전용호, 홍민성, 이수훈, 조재훈, 심성환

Eddy Current Damper Design in the Linear Motion Using a Halbach Magnet Array

M. G. Lee*, Y. H. Jeon, M. S. Hong, S. H. Lee, J.H. Jo, S.H. Shim

아주대학교 기계공학과(*moongulee,m.@gmail.com)

Key Words : Eddy Current, Vibration Reduction, Halbach Magnet Array

1. 서론

많은 제품의 생산 라인에서는 제품의 생산을 위해 정밀 제어가 요구되며 이러한 이유로 선형 모션 시스템이 널리 사용되고 있다. 하지만 이러한 시스템에 영향을 미치는 진동은 제품 생산에 악영향을 주는 요소가 된다. 본 논문에서는 제어 중 발생하는 진동을 저감하기 위해 할바흐 자석 배열을 이용한 와전류 감쇠기 장치를 선형 모션 시스템에 적용하고 이에 대한 실험을 시행, 진동 저감 효과를 확인한다.

2. 설계 및 실험

선형 모션 시스템의 지정 위치 이동 시 위치 수렴 진동이 발생하게 된다. 본 연구에서는 감쇠기가 적용되었을 경우와 적용되지 않았을 경우의 진동 감쇠 정도를 확인하기 위해 와전류 감쇠 장치를 설계/제작하였다. 와전류 감쇠 장치는 할바흐 배열의 영구자석을 이동자 측에 부착하고 이에 대응하는 도체판 구조를 설치하였으며 도체판을 움직일 수 있게 하여 두 기구 간의 간격 조절을 가능하게 하였다.(Fig. 1)

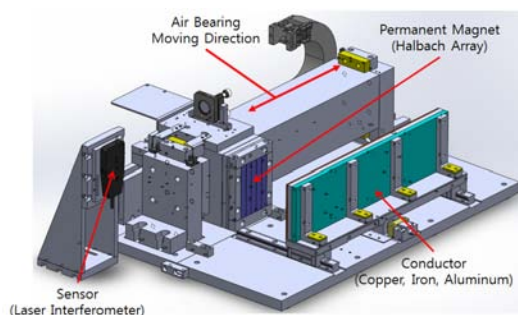


Fig. 1. Design of Eddy Current Damping System

실험 장치는 이동 범위 380mm의 에어베어링을 기반으로 하여 선형 모터로 구동, 해당 모션을 레이저 엔코더로 감지/제어하는 시스템을 구성하였다. 또한 시스템을 제어하기 위해 컨트롤러와 앰프를 PC 및 실험 기구와 연결하여 구성을 완료하였다.

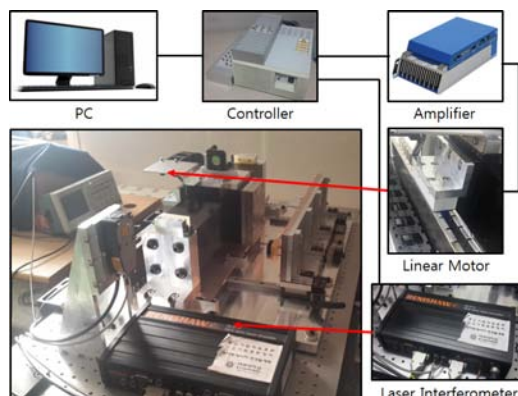


Fig. 2. Experimental setup

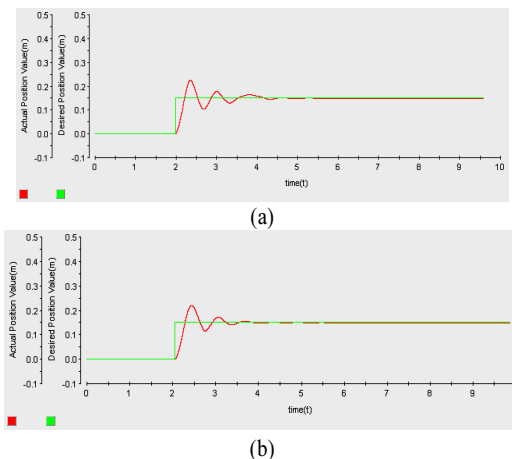


Fig. 3. Experiment Result of Eddy Current Damping Effect

이동자의 할바흐 배열 자석과 도체판 간의 거리를 15mm~115mm 범위로 조절할 수 있게 하고 150mm 위치 이동 시의 위치 수렴 진동에 대해 자석-도체판 간의 거리 15mm 일 경우(a)와 115mm 일 경우(b)의 두 조건에서의 결과를 비교하였다.(Fig. 3)

3. 연구 결과

두 실험 결과를 비교하여 보았을 때, 와전류 감쇠 효과가 적용되지 않은 115mm 간격의 경우 위치 수렴에 걸리는 시간이 4.5초가 걸렸으나 와전류 감쇠 효과가 적용된 15mm 간격의 경우 위치 수렴에 걸리는 시간이 4초가 걸렸다. 이러한 실험 결과를 통해 위치 수렴 진동 시 와전류 감쇠 장치로 인한 진동 저감 효과가 유효한 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 제조기반 산업 핵심기술개발사업(생산시스템)의 일환으로 수행하였습니다. [10039982, Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공 시스템 개발]

참고 문헌

- (1) Chung, Gyung-Hoon, "Vibration Isolator Design for AFM Using Eddy Current Damping," Korea Advanced Institute of Science and Technology, Department of Mechanical Engineering, vi 53p., 1999.
- (2) Ahn, Hyeong Joon, et al, "Coil Eddy Current Damper With a Switch of Opening and Closing Circuit and Motion Stage Having the Same," Korean Patent, Application No. 1020110127022, 2011.
- (3) Haiyue Zhu, Tat Joo Teo, Chee Khisng Pang., "Analysis of Force Harmonics and Eddy Current Damping for 2 DOF Moving Magnet Linear Motor," IECON 2015-Yokohama, IEEE 1055-1060, Nov. 9. 12. 2015.

CW 레이저와 펄스 레이저를 이용한 금형강 표면연마의 유한요소해석

조해용^{1*}, 이인환¹, 추연근², 김승환², 이제훈³, 김영표⁴

Finite Element Analysis of CW Laser and Pulsed Laser Polishing on Die Steel Surface

H.Y. Cho*, I.H. Lee, Yuangen Qiu, S.H. Kim, J.H. Lee, Y.P. Kim

충북대학교 기계공학부¹, 충북대학원 기계공학부², 한국기계연구원³, (주)화천기공⁴

Key Words : Polishing, FEA, Continuous wave laser, Pulsed laser

1. 서 론

레이저 표면연마는 표면 거칠기를 최소화하기 위해 금속표면을 국부적으로 용융시키는 비접촉 연마방법으로서 자동화가 용이하고 선택적 표면 연마가 가능하다. 따라서 금형과 같은 3차원 형상의 표면연마에 적용 될 수 있다.[1]

본 논문에서는 CW(Continuous Wave) 레이저와 펄스 레이저를 이용한 표면연마의 가공조건을 예측하기 위해 유한요소해석결과를 동일한 조건의 실험결과와 비교 분석하여 측정하기 어려운 용융 깊이를 예측하고자 하였다. 이에 상용 유한요소 해석 프로그램인 DEFORM을 이용하여 레이저 표면연마에 대한 시뮬레이션을 하였다.

2. 유한요소해석

표면연마 해석에 적용된 레이저의 조건을 Table 1에 나타내었다. NAK80 금형강의 초기온도는 20℃를 적용하였으며, 레이저 열원에 의해 소재온도가 1500℃에 도달하면 소재가 용융되었다고 가정하였다. 해석조건으로는 CW 레이저, CW 레이저와 펄스 레이저를 모두 적용한 조건으로 설정하였다. 레이저 열원의 이동경로를 Fig. 1 (a)에 나타내었고 Fig. 1 (b)에서 나타난 바와 같이 용융 깊이를 측정하여 실험결과와 비교 분석하였다.

Table 1 Analysis conditions of laser polishing

Mode	CW	Pulsed
Power	300 W	150 W
Repetition rate	-	25 kHz
Pulse duration	-	30 ns
Spot size	370 μm	
Scan Speed (x)	50 mm/min	
Scan speed (y)	1000 mm/s	

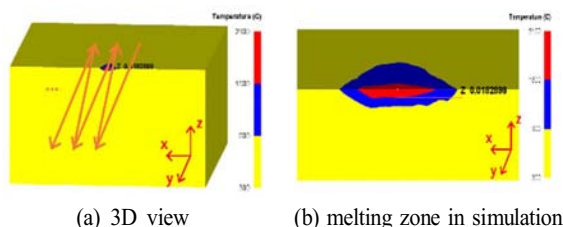
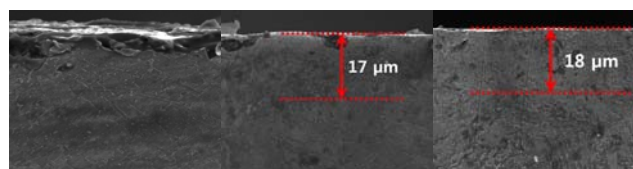


Fig. 1. Analysis model

3. 실험결과 및 고찰

해석과 동일한 조건으로 CW 레이저, CW 레이저와 펄스 레이저의 금형강 표면연마 실험을 하였다. 레이저 가공후의 용융 깊이는 금형강을 절단하여 에칭 한 후 SEM으로 관찰하여 측정 하였다. 실험결과는 Fig. 2에 나타내었으며 실험과 해석에서의 측정결과는 Table 2에 정리하였다.



(a) before laser polishing (b) CW (c) CW + Pulsed

Fig. 2. Experimental trials

Table 2 Experimental and simulated results

	CW	CW + Pulsed
Depth of experiment [μm]	17	18
Depth of simulation [μm]	17	17

단면을 통해 측정된 CW 레이저에 의한 용융깊이는 약 17 μm , CW 레이저와 펄스 레이저에 의한 용융깊이는 약 18 μm 로 측정되었다. 실험 결과로부터 측정된 용융 깊이는 해석결과와 비교적 일치하였다. 이에 따라 CW 레이저를 이용한 금형강의 표면연마에서 유한요소해석을 통하여 실제 측정이 어려운 용융깊이의 예측이 가능하였다. 따라서 CW 레이저와 펄스 레이저의 가공을 거친 금형강 표면의 용융깊이는 CW 레이저로만 가공한 금형강 표면의 용융깊이와 같이 펄스 레이저 가공전후의 용융깊이는 변화가 없는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 금형강의 펄스레이저 표면연마를 상용 유한요소 해석 프로그램인 DEFORM을 이용하여 구현하였고 실험과 비교분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. CW 레이저와 펄스 레이저를 이용한 금형강의 표면연마에서 유한요소법을 통하여 실험적 방법으로는 측정이 어려운 용융 깊이를 예측 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업원천기술개발사업 “Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공시스템 개발, No. 10039982” 과제의 지원으로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) D.S. Shin, J.H. Lee, Y.P. Kim, and J.K. Park, 2011, *Latest Trends of Laser Selective Polishing of Molds*, KSMTE, pp. 222.

Eco/Bio 산업 기능성 부품용 복합 가공시스템 5차년도

이성철*, 박종권

Next generation multi-functional machining systems for eco/bio components(5th)

S.C. Lee*, J.K. Park

한국기계연구원 첨단생산장비연구본부

Key Words : Multi-functional machining systems, Eco/bio components

1. 서론

밀링, 터닝, 그라인딩, 레이저 등의 가공공정을 융·복합하여 난삭재 부품 등을 고기능·고정밀로 가공하는 신개념의 지능형 복합가공기를 개발하고 여기에 SST(Smart Surface Texturing) 기반 기능성 표면을 구현하는 가공(조작)기술을 연계해 에너지 절약(GT), 광효율 향상(IT), 항바이러스(BT) 등의 효과에 따른 차세대 신제품창조와 기존제품의 효율성 향상으로 녹색성장산업을 가속화함을 기본개념으로 하는 과제이다.

2. 기술의 중요성

복합가공기는 여러 공정이 하나의 가공기에 융합되는 것으로서 제품의 품질을 높이고, 생산성을 향상시키는 역할을 함. 기존에 불가능한 난삭재 등의 재료를 이중공정 융합기술을 이용하여 가공함으로써 정밀가공이 가능하며 이 경우 각 공정의 기술적 특징을 바탕으로 융합하는 기술이 핵심 기술임. 따라서 GT/BT/IT분야에 기술적 시장을 선도해갈 수 있는 기술이므로, 선진국과의 기술격차를 줄이기 위해서는 본 기술이 우선적으로 개발되어야 하며, 차세대 신공정 융합기술 개발이 핵심이다.

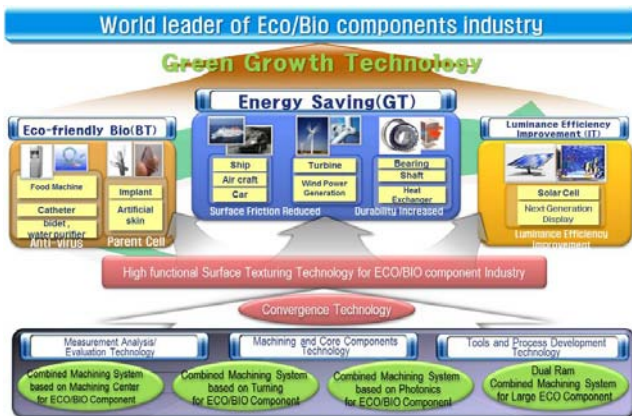


Fig. 1. The goal of this research

3. 5차년도 개발 범위

가공이 어려운 난삭재, 투명, 대형 등의 부품을 밀링, 터닝, 그라인딩, 레이저 등의 가공공정을 상호 융·복합하여 SST(Smart Surface Texturing) 기반으로 고정밀로 가공함으로써, 제품의 부가가치를 높이는 역할을 하며, 현재 진행 중인 단계는 다음과 같다.

◆ 기능성 Eco/Bio 부품용 Surface Texturing 시스템 적용 및 성능 평가

- Eco/Bio 기능성 표면 특성 평가 모델
- 복합 공정을 통한 Surface Texturing 시작품의 적용 및 성능평가
- 기능성 Eco/Bio 부품을 위한 복합가공시스템의 상용화모델

◆ 5축 머시닝센터 기반 복합 가공기 실용화 시스템 제작 및 상용화 모델 구축

- 5축 머시닝센터 기반 레이저 복합가공기를 이용한 레이저 연마 및 Surface texturing 표면의 평가기술 개발 및 광학헤드, CAD/CAM 최적화
- 5축 머시닝센터 기반 레이저 복합가공기 상용화 시스템 제작

◆ Eco/Bio 부품을 위한 터닝기반 복합가공기 융합시스템 제작 및 상용화모델 구축

- 터닝기반 복합가공 융합시스템 제작
- 5축 터닝 + 레이저 미세 패터닝 + Surface Texturing

◆ 광기반 복합 가공기 상용화 시스템 제작

- 광기반 복합 가공기 설계/제작 및 운용 프로그램 개발
- 광기반 복합 가공기 + Surface Texturing 가공 테스트

◆ 대형 듀얼램 복합 가공기 시스템 통합 및 상용화모델 구축

- 회전축 및 듀얼램 구조 조립 및 개별 유닛 장착 및 성능 검증
- 듀얼 램 Turning & Milling 및 Surface Texturing 모듈 테스트
- 수직터닝 + 밀링/연삭 듀얼가공 + Surface Texturing 모듈의 최적 가공 조건 분석

4. 결론

본 연구 과제는 산업통상자원부 산업원천기술개발사업으로 2011년 6월 1일 시작되어 현재 5차년도 수행 중인 과제이다. 연구소 1개, 산업체 4개, 국내대학 6개, 국외대학 3개, 협회 1개로 구성되어 산학연 협력 과제로 진행되고 있다.

참고문헌

- (1) Lee, S., Ro, S., Kim, K. and Park, J., 2011, *Development of next generation multi-functional machining systems for eco/bio components*, Conference Proceedings of KSMTE Fall Annual Meeting, 225~225.

3D Scanner를 이용한 PCD/PCBN 칩브레이커 가공

정재홍*, 김용준, 정우섭

Manufacturing of PCD/PCBN chip breaker using 3D Scanner

J.H. Jeong*, Y.J. Kim and W.S. Chung (*jjaehongcool@gmail.com)

(주)테크맥

Key Words : 3D Scanner, Chip-breaker, PCD(Polycrystalline diamond)

1. 서론

PCD/PCBN 소재의 공구는 주로 비철금속(Al, Ni, Cu, etc.)의 가공에 널리 사용되고 있다. PCD/PCBN 공구의 경우 절삭시 발생하는 긴 칩을 적당한 크기로 잘게 부서지게 하기 위하여 공구 경사면을 변형시키는 칩브레이커(chip breaker)가 필요하다. 칩브레이커의 형상은 공구의 형태 및 사용 목적에 따라 다양한 형상을 가지게 된다. 이러한 형상들은 대부분이 3차원 형상을 가지게 되는데 이를 가공하기 위해서는 3차원 스캐너를 적용한 레이저 가공기 시스템이 요구된다. 본 논문에서는 3차원 스캐너 레이저 시스템을 이용한 가공 데이터 생성과 칩브레이커의 가공 테스트 결과에 대해 기술하고자 한다.

2. 3차원 모델링 및 가공 경로 생성

칩브레이커 형상에 대한 3차원 모델링은 inventor, catia 등과 같은 모델링 프로그램을 이용해서 이루어지며 중립파일인 STL 파일로부터 가공 경로를 생성할 수 있다. Fig. 1은 3차원 형상 데이터인 STL 파일로부터 3차원 가공 경로를 생성하는 과정을 보여주고 있다.

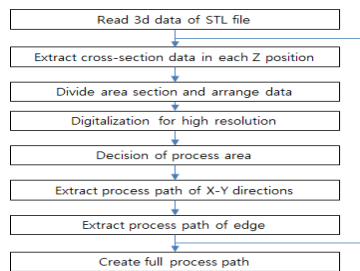


Fig. 1. Flowchart of 3D path generation algorithm

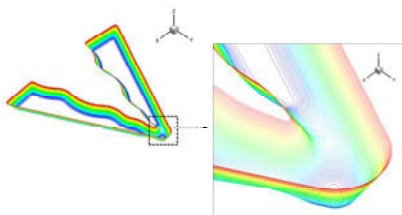
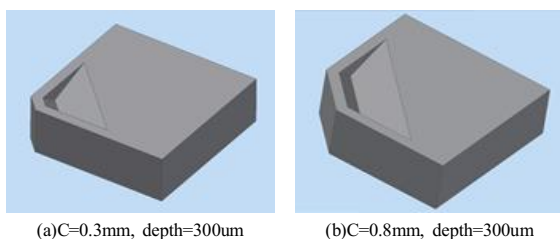


Fig. 2. Sample of process path for 3D chip breaker

3. PCD/PCBN chip breaker 모델링 및 가공 테스트

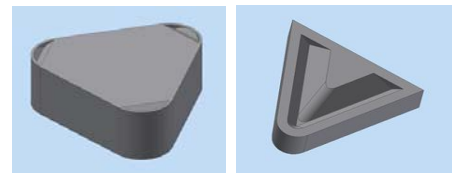
가공 테스트를 위해 소재(PCD/PCBN)별로 각각 두 종류의 칩브레이커 3D 형상(Fig. 3 & 4)을 모델링해서 테스트를 수행했다.



(a)C=0.3mm, depth=300um (b)C=0.8mm, depth=300um

Fig. 3. 3D modeling for PCD chip breaker

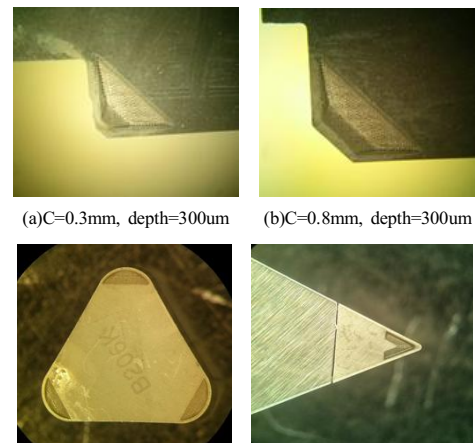
칩브레이커 가공 테스트를 위해 IPG사의 파이버 레이저(파장: 532nm, 평균파워: 10W@600kHz)와 Scanlab사의 3차원 스캐너 모듈이 적용된 레이저 가공기가 사용되었다.



(a)R=1.2mm, depth=200um (b)R=0.2mm, depth=200um

Fig. 4. 3D modeling for PCBN chip breaker

3차원 가공 경로 생성 알고리즘을 사용해서 높은 분해능의 3차원 데이터를 생성한 후 소재 및 레이저/스캐너 세팅 조건에 따라 가공 조건이 매우 다양하게 변할 수 있다. 높은 분해능으로 가공시에는 긴 가공 시간이 필요하지만 좋은 조도를 얻을 수 있다. 반대로 낮은 분해능일 경우는 거친 가공면이지만 짧은 시간이 필요하다. 따라서 사용 목적에 따라 가공 조건도 변경이 요구된다. Fig. 5는 3D 모델링으로부터 가공된 PCD/PCBN 칩브레이커를 보여주고 있다.



(c)R=1.2mm, depth=200um (d)R=0.2mm, depth=200um

Fig. 5. Test results of PCD/PCBN chip breaker

후기

본 연구는 산업통상자원부의 기술혁신사업인 “광기반 복합가공시스템 기술 개발”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) J.H. Kim, 2007, *Path generation for 3D laser machine*, Master paper
- (2) P. M. Harrison, M. Henry, and M. Brownell, 2006, *Laser processing of polycrystalline diamond, tungsten carbide, and a related composite material*, J. Laser Appl. Vol 18, Issue 117

자기윤활 효과를 이용한 마찰 마모 저감 특성을 갖는 기능경사형 재료의 제조 방법

박용진¹, 김현준¹, 석종원^{2*}

Fabrication of high performance functional graded self-lubricant materials

Y. Park, H. Kim, J. Seok*

중앙대학교 기계공학과¹, 중앙대학교 기계공학부²

Key Words : Friction, Wear, Functionally graded materials(FGM), Self-lubrication

1. 서론

자기윤활(Self-lubricant)특성을 갖는 재료는 물질 내부에 미세 기공이 형성되어 있으며 기공 내부에 윤활 물질이 포함되어 있어 외부의 오일 공급 없이 마찰 저감 및 표면 기공에 의한 2차 마모를 억제하는 특성을 갖는다. 기능경사형 재료(FGM)는 물질의 물성치가 일정한 방향에 따라 점진적으로 변화하는 특성을 갖는다.

2. 기능경사형 자기윤활 베어링

중래의 자기윤활 특성을 이용한 부품으로는 자기 윤활 베어링을 예로 들 수 있다. 하지만, 윤활효과를 높이기 하여 재료 내부의 기공의 밀도를 증대 시키게 되면 베어링의 강도가 떨어지게 되고, 그로 인해 베어링에 가해지는 하중이 높은 영역에서는 오히려 표면 윤활 효과가 떨어지게 됨을 알 수 있다.

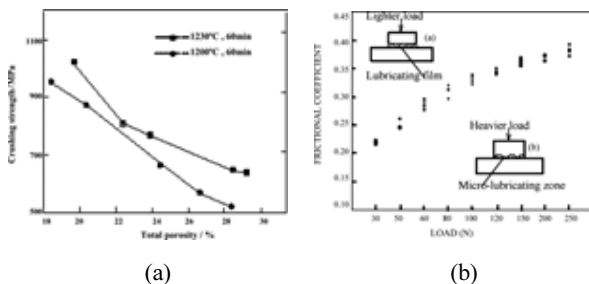


Fig. 1. (a) Crushing strength with porosity (b) Friction Coefficients depending on load

Fig. 1에 나타나듯 자기윤활 베어링은 높은 하중영역에서의 사용이 부적절함을 알 수 있다. 이러한 자기윤활 베어링의 단점을 극복하기 위하여 기능경사 형태의 자기윤활 물질이 제시되었으며 Fig. 2에 (a)는 그 단면도를 보여준다. 기능경사형 자기윤활 베어링은 마찰면의 미세 기공에 의해 표면 윤활 효과를 가지며 베어링의 외부 방향으로 기공의 밀도가 줄어들어 베어링의 강도를 확보하게 된다.

본 연구에서는 기능경사형 포러스 구조물을 제작하기 위한 제조방법을 제시하며, 자세하게는 열 중합성 소재에 대한 소재에 대한 제조공정을 기술 한다.

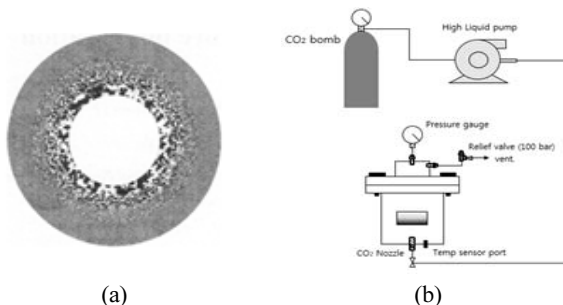


Fig. 2. (a) Functionally graded self-lubricant bearing (b) Experimental Setup

3. 실험 결과 및 고찰

열 중합성 폴리머의 경화 특성상 경화 온도에 따라 교차결합(Cross-linking)의 정도가 결정된다. 본 연구에서는 폴리머 교차결합의 점진적 변화를 통하여 기능경사형 포러스 구조를 구현한다.

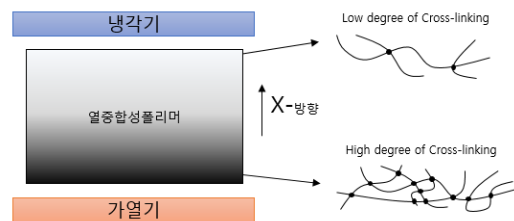


Fig. 3. Precuring Process; Cross-linking gradation

교차결합의 점진적 차이를 갖는 폴리머를 압력 펌프를 이용하여 윤활물질을 포화시킨다. 교차결합의 차이에 의하여 윤활물질의 포화가 기능경사형태를 이루게 되며, 기능경사형 자기윤활 재료를 제작하게 된다. Fig. 4는 경화 온도의 차이에 따른 재료의 기공 크기 및 밀도의 변화를 나타낸다.

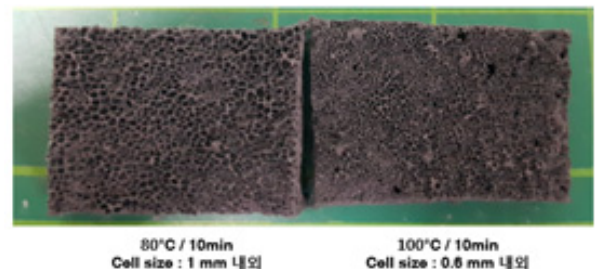


Fig. 4. Experimental setup

후기

본 논문은 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천 기술개발 사업으로 지원된 연구결과입니다(과제번호: 10039982, Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공시스템 개발).

참고 문헌

- (1) Zuomin Liu, Elevated temperature diffusion self-lubricating mechanisms of a novel cermet sinter with orderly micropores Original Research Article Wear, Volume 262, Issues 5 - 6, 28 February 2007, Pages 600-606
- (2) Y.E. Qi, Y.S. Zhang, Y. Fang, L.T. Hu, Design and preparation of high-performance alumina functional graded self-lubricated ceramic composites Original Research Article Composites Part B: Engineering, Volume 47, April 2013, Pages 145-149

B/C 축을 갖는 5축 레이저 패턴 가공기 개발

김형일^{1*}, 김영표, 박대유¹, 박창우¹, 신동식², 이제훈², 조해용³

Development of 5 axis laser texturing machine with B/C axis

H. I. Kim*, Y. P. Kim, D. Y. Park, C. W. Park, D. S. Shin, J. H. Lee

화천기공(주)¹, 한국기계연구원², 충북대학교³

Key Words : Laser Texturing, 5 Axis Machine

1. 서론

자동차 및 가전분야에 사용되는 사출 제품의 경우 표면의 심미적/기능적 수요에 대응하기 위해 금형표면에 다양한 패턴가공이 요구되고 있으며 현재 이를 구현하기 위해서 일반적으로 화학적 부식가공이 이루어지고 있다. 그러나 화학적 부식가공의 경우 복잡한 수작업 공정 특성, 곡면형상 및 깊이방향 모서리 가공의 어려움 등으로 인해 최근 레이저를 이용한 패턴가공이 시도되고 있으며 독일과 스위스의 공작기계 업체를 통해 패턴가공기가 개발되어 국내에도 일부 수입되어 운용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 사출금형의 표면에 패턴을 가공할 수 있는 5축 레이저 패턴가공기를 국산화 하고 공정기술 역시 실사용자의 편의성에 중점을 두고 개발을 진행하였다.

2. 5축 레이저 패턴가공기의 설계 및 제작

5축 가공기의 기본 축 구성을 보면 크게 다음의 3가지 형태로 구분할 수 있다. ①X,Y,Z 직선축+테이블 회전(C)/틸팅(A), ②X,Y,Z 직선축+헤드회전(C)/헤드틸팅(B), ③X,Y,Z 직선축+테이블 회전(C)/헤드회전(B). 본 연구에는 최대 $\Phi 840 \times 1000 \text{mm}$ (650kg)의 공작물이 5축 레이저 가공되는데 있어 기계 외관 크기와 파이เบอร์ 빔이 전송되는 레이저 가공 특성을 고려하여 ③번 구조(X,Y,Z 직선축+테이블 회전(C)/헤드회전(B))의 5축 레이저 패턴 가공기를 Table 1의 사양을 갖도록 Fig. 1과 2에 보인 바와 같이 설계 및 제작하였다.

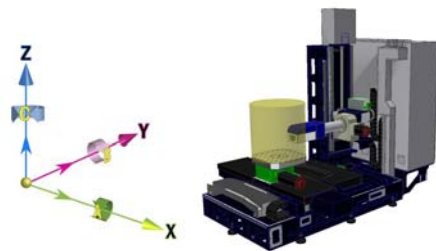


Fig. 1. Machine concept and definition of axis configuration

레이저의 경우 50W의 파이เบอร์ 레이저를 이용하여 광학헤드 까지 광파이퍼를 이용하여 빔이 전송되도록 하였으며 높은 에너지 밀도를 얻기 위해 빔 스폿사이즈가 최소화 되도록 광파이퍼에서 나온 빔을 빔익스팬더를 이용하여 빔 직경을 확대한 후 2축 스캐너 광학헤드와 F- Θ 렌즈를 통해 가공물에 레이저 빔이 최종 조사되도록 광학계를 설계 및 제작하였다.

3. 고찰

본 연구를 통해 개발된 B/C 축을 갖는 5축 레이저 패턴가공기는 2016년 SIMTOS에 출품하여 가공데모 및 상용화를 위한 홍보를 실시하였으며, 향후 자동차, 가전, 타이어, 신발, 가정용품에 사용되는 사출금형에 대한 실 가공데모를 실 수요업체와 진행할 예정이다.

Table 1 Specification of 5-axis machine

항 목	내 용
이송거리(X/Y/Z)	1,430/840/1,000 mm
이송속도(X/Y/Z)	36/36/36 m/min
회전축 각도/이송속도(B/C)	-30~+120°(30 rpm)/ 360°(25 rpm)
로터리 테이블 크기	□680 mm
최대 시편 크기	$\Phi 840 \times 1000$ mm
최대 적재하중	650 kg
레이저 종류	Fiber
레이저 출력	50 W

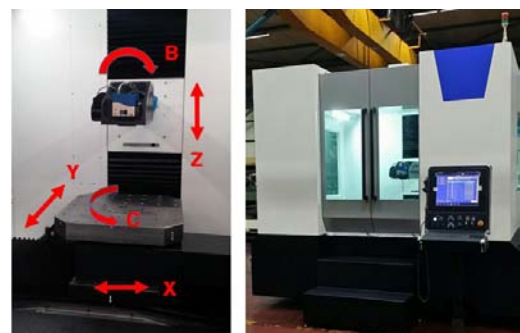


Fig. 2. Developed 5-axis laser texturing machine

참고문헌

- (1) R. Poprawe, 2011, *Laser Application Technology*, Tailored Light 2, Springer pp. 196~202.
- (2) Y.P. Kim, S.P. Na, J.C. Han, D.S. Shin, J.H. Lee, H.Y. Cho, 2013, *Interface design of laser hybrid machine based on machining center*, KSMTE Spring Conference, pp.295.
- (3) Y.P. Kim, H.I. Kim, D.Y. Park, D.S. Shin, J.H. Lee, H.Y. Cho, 2014, *Development of combind machine and software for laser processing of mold surface*, KSMTE Autumn Conference, pp. 144.

Photo lithography공정에 의한 자연모사 기반 표면 패턴의 항균효과 연구

김미루¹, 이득우^{2*}, 이승준³, Li Liang¹, 손길호¹

A study on anti-bacteria effect of surface pattern based biomimetic by Photo lithography process

M. R. Kim, D. W. Lee*, S. J. Lee, Li Liang, G. H. Son

부산대학교 나노융합기술학과¹, 부산대학교 나노메카트로닉스공학과², 부산대학교 첨단정밀공학협동과정³

Key Words : Photo lithography, Surface texturing, Anti-bacteria effect

1. 서론

의료부품 또는 일상생활에서 인체 접촉이 많은 물건들의 경우 박테리아나 바이러스와 같은 세균의 증식에 민감한 경우가 많다. 이러한 경우 세균의 증식 후 소독을 위한 작업을 일일이 해주어야 하는 불편함이 있지만 제품 표면에 Surface texturing을 통해 특정 패턴에 의해 세균 증식을 억제시켜주는 항균효과를 가지게 하면 장기간 동안 소독의 불편함을 덜 수가 있다. 표면에 특정한 패턴을 새김으로써 얻어지는 기능성 효과는 자연현상에서 실제로 나타나는 효과들을 모티브로 하여 자연모사를 통한 유사 패턴을 제작하여 얻어지는 경우가 많다.[1-2] 본 연구에서는 실리콘 웨이퍼 위에 Surface texturing을 통해 상어 피부를 자연모사 하였을 때 항균효과가 나타나는지에 대한 연구를 수행하였다.

2. 마이크로 패턴을 위한 Surface texturing

본 연구에서는 표면패턴의 항균효과를 알아보기 위해 실리콘 웨이퍼를 사용하여 상어 피부형상 표면 제작을 하였다. 패턴의 제작은 실리콘 웨이퍼 위에 Photo Lithography 공정을 통해 상어 피부 패턴을 Texturing하였다. Fig. 1은 상어 피부 패턴이 실리콘 웨이퍼 위에 Texturing된 모습을 광학현미경을 통해 측정된 모습을 나타낸다. 패턴 1cycle의 크기는 가로 200um, 세로 120um로 하였고, 선폭은 가공되어 깎여나간 부분과 깎이지 않은 부분이 각각 20um와 10um로 제작하였다. 실리콘웨이퍼 위에 Photo lithography공정과 Wet etching을 통해 패턴을 제작한 이후 PDMS(polydimethylsiloxane)를 사용하여 패턴의 역상(Replica)을 만든다. PDMS Replica를 3차원 Profiler를 통해 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 패턴 가공 깊이는 약 3um가 되도록 하였다. 제작한 PDMS Replica를 가로세로 15x15(mm)의 크기로 잘라서 세균 증식실험에 사용하였다.

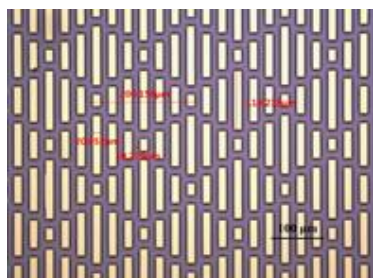


Fig. 1. Photography of shark skin pattern on Si wafer

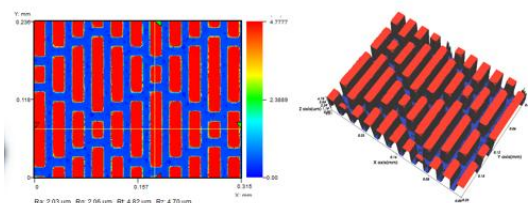


Fig. 2. Result of replica pattern using PDMS

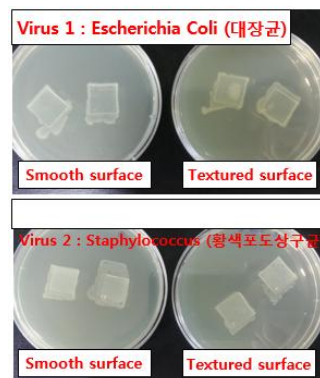


Fig. 3 Results of anti-bacteria effect experiments

3. 실험 결과 및 고찰

상어 피부의 패턴을 가지는 가로세로 15x15(mm) 크기의 PDMS를 샘플로 사용하여 패턴 표면에 세균을 키워 세균증식 실험을 수행하였다. 상어 피부패턴과 비교할 샘플은 아무 패턴이 없는 Smooth한 같은 크기의 PDMS 샘플을 사용하였다. 세균 증식실험을 위한 바이러스로는 Escherichia Coli(대장균)과 Staphylococcus(황색포도상구균) 두 가지를 사용하였다. 바이러스 배양 조건은 체내 온도와 유사한 37℃ 조건에서 Dry condition으로 48시간동안 배양하였다. Fig. 3은 세균 증식실험 후 측정결과를 나타낸다. 측정 결과를 분석한 결과 왼쪽의 패턴이 없는 Smooth표면과 상어 피부패턴이 있는 표면 모두에서 어느 정도의 바이러스의 배양이 확인되었다. Escherichia Coli(대장균)의 경우, 바이러스의 확산이 큰 차이가 없어 보이나 근소하게 상어 피부패턴 표면의 바이러스 번식이 적게 나타났다. Staphylococcus(황색포도상구균)의 경우, 상어 피부패턴의 표면에서 바이러스 증식이 더 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 두 표면 위의 바이러스의 번식은 Texture된 상어 피부패턴의 size와 관련이 있는 것으로 보이나, 측정결과를 참고하였을 때 항균의 효과가 어느 정도 나타나는 것으로 판단할 수 있다.

후기

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발 사업인 “Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공시스템 개발” 사업과 제조기반산업핵심기술개발 사업인 “ICT 기반 스마트 공작기계 및 유연자동화 시스템 기술 개발” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Wang, X., Ding, B., Yu, J., & Wang, M. (2011). Engineering biomimetic superhydrophobic surfaces of electrospun nanomaterials. Nano today, 6(5), 510-530.
- (2) Tsipenyuk, A., & Varenberg, M. (2014). Use of biomimetic hexagonal surface texture in friction against lubricated skin. Journal of The Royal Society Interface, 11(94), 20140113.

은 나노선 용액의 용매에 따른 슬롯 다이 코팅 박막 개선

정하경, 강휘재, 박장훈, 이종수, 이동진*

Improvement of slot-die coated silver nanowires thin film by tuning solvent

H. Jeong, H. Kang, J. Park, J. Lee, D. Lee*

전국대학교 기계설계학과

Key Words : Transparent conductive film, Roll-to-roll, Slot die coating, Silver nanowire, Surface tension

1. 서 론

투명 전극 필름의 수요는 전자 기기의 디스플레이에서 사용되어 증가하고 있는 추세이며 유연한 소재를 사용하여 대량 생산에서 수율을 높이는 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 유연한 투명 전극은 기본적으로 높은 전도성과 투과도를 가지고 있어야 하며 기계적인 변형에도 강해야 한다.^[2] 기존의 투명 전극은 indium tin oxide (ITO)를 주로 사용하였으나 취성인 까닭에 유연 기판에는 적용하지 못하는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 은 나노선을 유연 기판에 도포하여 투명 전극으로 사용하는 연구가 진행되고 있다.^[3]

본 연구에서는 대면적 은 나노선 투명 전극을 제작하기 위하여 롤 투롤 슬롯 다이 코팅으로 유연 기판 위에 은 나노선 박막을 코팅했다. 유연 기판 위에 균일한 코팅 표면 생성을 목표로 슬롯 다이 코팅에 사용되는 은 나노선 코팅 용액의 용매 변화에 의한 코팅 표면에 미치는 영향을 연구했다.

2. 실험 조건 및 과정

본 실험의 사용되는 은 나노선은 polyol 합성 방법을 이용하여 캐핑 작용제로 polyvinylpyrrolidone(PVP), 환원제 copper chloride(CuCl_2), 전구물질 silver nitrate(AgNO_3)를 이용한다. 3가지 용질을 에틸렌 글리콜과 섞으면 산화환원 반응에 의하여 은 나노선이 생성된다. 아세톤을 이용하여 세척, 정제 과정을 거친 후에 코팅 용매를 선택하여 퍼센트 농도를 결정한다. 본 실험에서 합성된 은 나노선의 지름, 길이는 평균 106 nm, 50~80 μm 이며 퍼센트 농도는 25 wt% 용액을 사용했다. 은 나노선 코팅 용액은 isopropyl alcohol(IPA), distilled water(DI water) 2가지 종류의 용매의 비율을 10:0, 5:5, 0:10 3가지 조건으로 설정하여 실험하였다.

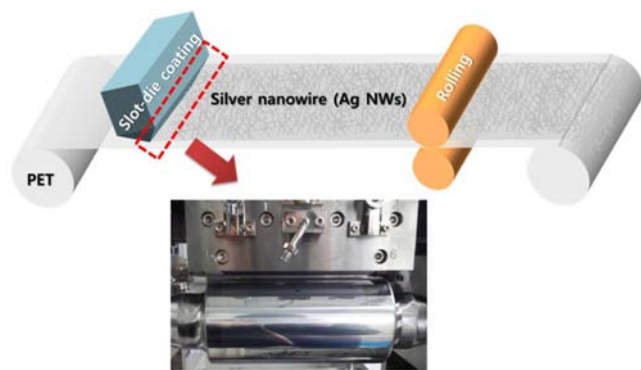


Fig. 1 Silver nanowire slot-die coating process: (upper) schematics and (lower) picture

3. 실험 결과 및 고찰

슬롯 다이 코팅에서 웹 이송속도는 1 m/min, 은 나노선 용액의 토출 유량은 1.5 ml/min으로 고정하고 실험하였다. 용매 비율에 따른 코팅성의 차이는 Fig. 2로 확인하게 드러난다. 상단의 사진을 보면 IPA의 비율이 증가할수록 은 나노선 박막이 고르게 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 하단의 접촉각으로 설명할 수 있는데 접촉각이 클수록 PET 기판과의 표면에너지보다 은 나노선 용액의 결속력이 더

크기 때문에 묻치는 현상이 두드러진다. 따라서 IPA의 비율이 높을수록 은 나노선의 코팅 표면이 개선되었다고 판단했다.

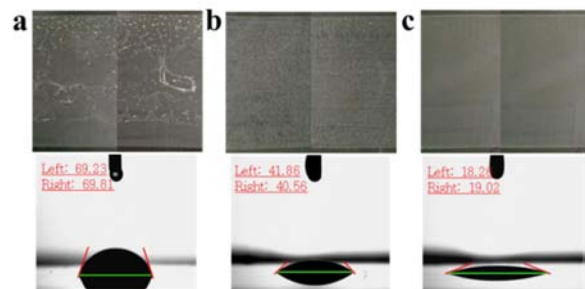


Fig. 2 Silver nanowire thin film (top) and contact angle (bottom) at the solvent ratio of (a) DI water : IPA = 10:0, (b) 5:5, (c) 0:10

Table 1은 은 나노선 용매의 비율에 따른 면저항과 투과도를 측정한 결과이다. DI water를 용매로 사용한 샘플은 면저항이 위치에 따라 크게 차이가 나서 측정이 불가능했다. 비율이 5:5 인 샘플은 면저항을 측정하였지만 표준 편차가 크게 나타났다. 그에 비해 IPA를 용매로 사용한 샘플은 안정적인 표준 편차를 보이고 면저항도 상대적으로 낮게 측정되었다. 투과도도 다른 샘플과 비교하였을 때 대략 10% 상승한 결과를 확인할 수 있었다.

Table 1 Sheet resistance and transmittance of slot-die coated silver nanowire thin film

DI water : IPA		10 : 0	5 : 5	0 : 10
Sheet resistance	Average [Ω/sq]	-	3.27	1.13
	Standard deviation	-	2.72	0.36
Transmittance [%]		61.4	69.2	76.6

본 실험을 통해 용매의 표면 장력 차이에 의한 은 나노선 박막은 1/3배의 면저항 감소, 10% 투과도 향상을 나타내었다.

후 기

본 논문은 2015년도 한국연구재단 (NRF-2015R1C1A1A02037326)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- (1) Kim, S., Kim, S. Y., Chung, M. H., Kim, J. and Kim, J. H., 2015, A one-step roll-to-roll process of stable AgNW/PEDOT: PSS solution using imidazole as a mild base for highly conductive and transparent films: optimizations and mechanisms, Journal of Materials Chemistry C, 3, 5859~5868.
- (2) Langley, D., Giusti, G., Mayousse, C., Celle, C., Bellet, D. and Simonato, J. P., 2013, Flexible transparent conductive materials based on silver nanowire networks: a review, Nanotechnology, 24, 452001.
- (3) He, W. and Ye, C., 2015, Flexible Transparent Conductive Films on the Basis of Ag Nanowires: Design and Applications: A Review, Journal of Materials Science & Technology, 31, 581~588.

인쇄전자용 롤투롤 장비에서 건조 조건의 인쇄 패턴 품질 영향에 대한 실험적 연구

이상윤, 김충환*

Experimental study of effect of drying conditions on quality of printed patterns in
roll-to-roll equipment for printed electronics

Sang Yoon Lee, Chung Hwan Kim*

충남대학교 기계금속공학교육과

Key Words : Printed electronics, Roll-to-roll, Printability, Register error

1. 서 론

인쇄전자기술은 기능성 잉크를 웹에 점착하여, 전자소자특성에 따라, 중첩 인쇄하는 기술로서, 전자소자를 PCB에 마운팅하는 방법을 대체할 수 있다. Transistor 등의 복층회로 소자는 중첩 프린팅으로 실현해야 하며, 정밀한 레지스터 제어 뿐 아니라, 공정에서 최적화시킬 조건들이 있다. 인쇄된 잉크는 다음 프린팅 전에 건조상태가 되어야 하며, 따라서 건조공정을 필수로 거쳐야 한다. 건조공정을 거친 웹은 열변형에 의한 수축 또는 신장으로 인해, 인쇄층간의 위치오차가 생기므로, 열 변형을 최소화 하는 건조조건을 본 논문에서 고찰하고자 한다.

2. 열풍 건조 조건 실험

본 장비의 건조기는 웹과 히터 사이의 슬롯을 통해 열풍이 통과되는 방식이며, 인쇄부 후단에 2개로 공정을 구성한다. 레지스터 에러에 영향 주는 요인은 장력, 인쇄압력 등 이 있으나, 건조조건 외 요소는 고정하고, 건조온도 2개 수준별 풍속요인 4개 수준을 배치하여 1도인쇄-건조-2도인쇄 순으로 진행한 후, 인쇄된 레지스터를 라인 카메라로 촬영하였다. Fig. 1은 건조장치와 레지스터 마크를 촬영하는 라인카메라 장면을 보여주고 있다.



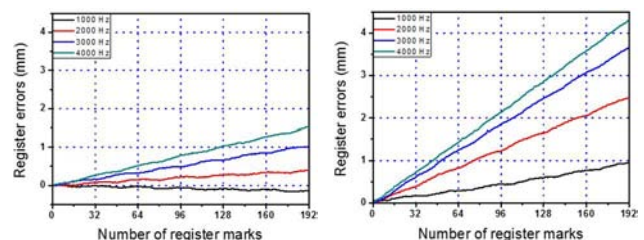
Fig. 1 Drying Oven & Line camera setup

3. 실험 결과 및 고찰

Table 1 Drying condition factors & Results

Drying condition factors		Results
Temp. (°C)	Frequency (Hz)	MD register error (linear slope, $\mu\text{m/s}$)
120	1000	- 0.0008
	2000	0.002
	3000	0.0054
	4000	0.0079
160	1000	0.0048
	2000	0.013
	3000	0.0191
	4000	0.0224

Table 1의 기울기는 한 주기 당 32개의 register data를 받은 동안의 오차 증가율이다. 레지스터 에러는 MD 방향 위치 오차이다. 온도 120°C, 풍속 1000 Hz의 실험결과 기울기 값은 음수로 나타난다. 1도인쇄 후 건조공정을 거치면서 웹이 신장되어 2도 인쇄부로 진입했음을 나타낸다. 풍속 2000 Hz부터는 기울기가 증가되는데, 웹이 수축되어 1도 인쇄 레지스터 마크와 2도 인쇄 레지스터 마크 간의 오차거리가 점점 멀어진다는 것을 알 수 있다. 건조 온도 120°C에서 풍속 1000~2000 Hz 사이에서 기울기의 역전현상이 발생하는 것은 웹이 신장을 멈추고 수축을 시작함을 의미한다. 120°C에서 웹의 신장은 1000 Hz의 낮은 풍속으로 인해 열량이 충분히 전달되지 않기 때문으로 추정된다.



(a) Variable frequencies to 120°C (b) Variable frequencies to 160°C

Fig. 2 Slope of Register errors at temperature with frequencies

열풍을 발생시키는 모터 주파수를 증가시켜 풍속을 높이면, 열전달이 빨리 되어 필름의 수축량이 증가된 것을 Fig. 2의 레지스터 에러 기울기 증가를 통해서 알 수 있다.

4. 결 론

레지스터 에러는 건조 온도, 풍속이 증가하면 웹 수축이 증가하여 1도와 2도의 레지스터 에러가 증가한다. 풍속에 따른 웹에 인쇄된 패턴의 건조상태를 관찰해서 건조가 완전히 되면서 레지스터 에러를 최소화할 수 있는 적절한 온도-풍속 조건을 수립할 수 있는 후속 실험 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- (1) Jung, Y, Jeon, S. W, Kim, C. H, 2011, Stress Analysis of Film Web under Mechanical and Thermal loading, Proc. of KSPE Autumn Conference, pp. 261-262.
- (2) Hur, Shin, Kim, J. I, Jo, J. D, Kim, C. H, 2010, Thermal Characteristic Simulation of Flexible film within Drying device for Roll-to-roll printing, Proc. of KSME Autumn Conference, pp. 1911-1915.

유연전자소자 반복 변형 테스트 장치 설계

김철¹, 전성웅¹, 김충환^{2*}

Design of test apparatus for repeated deformation of flexible electronic devices

C. Kim, S.W. Jeon, C. H. Kim*

충남대학교 기계공학과¹, 충남대학교 기계금속공학교육과²

Key Words : Flexible electronics, Repeated deformation, Test

1. 서 론

최근 구부릴 수 있는(Bendable) 단계를 넘어 접을 수 있거나(Foldable), 말 수 있는(Rollable) 수준의 유연전자(Flexible electronics) 소자 생산을 위해 전자소자의 기계적 변형에 관한 연구가 진행되고 있다. 생산된 유연전자소자는 반복적인 기계적 변형을 받는 환경에 노출될 수 밖에 없으며, 이러한 기계적 변형은 유연 전자 소자의 성능 및 효율에 악영향을 미치게 된다.¹ 본 논문에서는 유연전자소자에 단일 변형 및 복합 변형을 반복적으로 가하고, 변형이 일어나는 여러 개의 소자 시편의 전기적 특성을 측정해 변형에 대한 신뢰성을 테스트 할 수 있는 장비를 설계하였다.

2. 반복 변형 테스트를 위한 장치 설계

상품화된 유연전자소자가 실생활에서 노출될 수 있는 기계적 변형으로는 굽힘, 비틀림, 인장 등의 단일 변형뿐만 아니라 복합 변형에도 노출된다. 따라서 유연전자소자에 단일 또는 복합 변형을 반복적으로 가함과 동시에 전기적 특성을 실시간으로 측정하여 반복 변형에 대한 신뢰성을 평가할 수 있는 장비를 설계하였다. 설계한 장비는 구동부, 측정부, 제어부로 구성되어 있으며, Fig.1 은 상세 설계한 장비 도면을 보여준다. 구동부는 유연 소자에 반복 변형을 가할 수 있는 4개의 스텝 모터와 리니어 스테이지, 볼 스크류 등으로 구성되며, 측정부는 유연 소자의 전기적 특성 중 하나인 저항을 측정할 수 있는 저항 측정 모듈과 유연 소자에 가해지는 장력을 측정할 수 있는 로드셀로 구성되며, 제어부는 스텝 모터의 위치 제어를 할 수 있는 소프트웨어 및 PC로 구성되며 동시에 소자의 저항을 모니터링 할 수 있다.

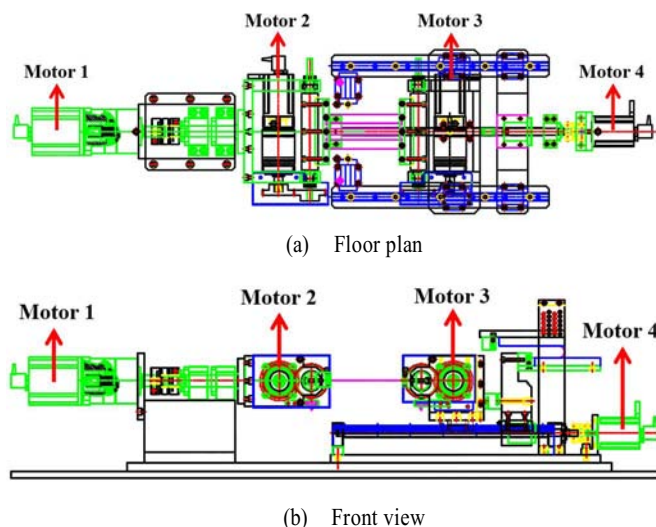


Fig. 1 Drawing of designed test apparatus

Fig. 2는 설계한 장비를 통해 유연전자소자에 구현 가능한 기계적 변형들과 Fig. 1에서 각각의 변형 구현을 위해 필요한 스텝 모터의 동작을 보여준다. 장비를 통해 유연전자소자에 구현 가능한 단일 변형

은 굽힘, 비틀림, 인장, 슬라이딩이다. 유연전자소자에 단일 변형뿐만 아니라, 다수의 모터를 동시에 구동시켜 복합 변형을 가할 수 있다.

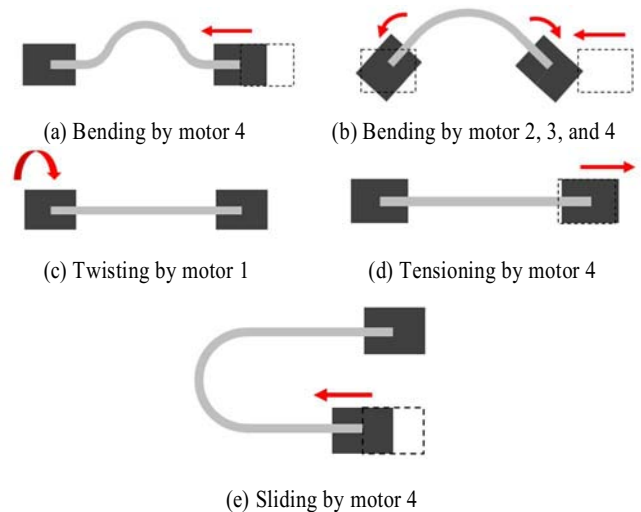


Fig. 2 Types of repeated deformation

Fig. 3은 구동부에서 유연전자소자에 변형을 반복적으로 가함과 동시에 소자의 신뢰성을 평가하기 위해 전기적 특성 중 하나인 저항을 실시간으로 측정할 수 있는 저항 측정 장치를 보여준다. 유연소자양단을 가압하는 금속 클램프의 저항을 측정하며, 다수의 유연전자소자의 저항을 동시에 측정할 수 있다.

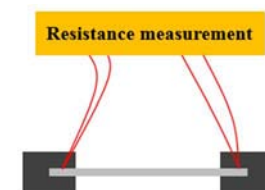


Fig. 3 Measurement of resistance

3. 결 론

본 연구에서는 유연전자소자의 성능 및 효율에 악영향을 미치는 기계적 변형을 반복적으로 가할 수 있는 장비를 설계하였다. 설계된 장비는 유연 전자 소자에 단일 변형 및 복합 변형을 가할 수 있을 뿐만 아니라, 각각의 변형 조건에서 유연 소자의 전기적 특성 중 하나인 저항을 측정하여 변형에 대한 신뢰성을 평가하는데 효율적인 도구가 될 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Lee, T. H., Shin, K. H., and Kim, Y. J., 2004, "Flexible and Embedded Packaging of Thinned Silicon Chip", Journal of the Microelectronics and Packaging Society, 11:1 29~36.

SKD 61 공구강의 곡률반경에 따른 초음파 피로시험에 관한 연구

염현호, 심성환, 이수훈, 홍민성, 이문구, 전용호*

Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

H.H. Yeom, S.H. Shim, S.H. Lee, M.S. Hong, M.G. Lee, Y.H. Jeon*

아주대학교 기계공학과

Key Words : SKD 61, Ultrasonic fatigue test, radius of curvature

1. 서론

각종 설계물이나 공작물에서는 심미적 효과 뿐만 아니라 최대 허용 하중 및 강도 증가를 위해 필렛이나 보강대를 이용한다. 또한 직각구 조물의 용접부의 경우 곡률반경에 따른 응력집중이 용접 구조물의 강도나 피로수명에 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 이에따라 본 연구에서는 두가지 시편의 곡률반경에 따른 피로수명을 비교하였다. 시험 소재는 SKD61 이며 피로시험법으로는 빠른 시간에 비교가 가능한 장점을 가지는 초음파 피로시험법을 사용하였다.

2. 초음파 피로시험

곡률반경에 따른 피로수명의 비교에 사용된 소재는 POSCO 사의 SKD61 공구 및 금형강 환봉소재로서 KS규격으로는 STD61이다. 화학조성표는 Table 1에 나타내었다.

앞서 언급한 바와 같이 피로시험법으로는 초음파 피로시험법이 사용되었는데 초음파 피로시험은 20kHz의 공진 주파수를 사용하여 피로시험을 진행함으로써 종래에 사용하던 유압식이나 회전 굽힘식 피로시험기에 비해 훨씬 짧은 시간에 피로시험을 진행할 수 있는 장점을 가지고 있다. 20kHz로 공진하는 시편을 만들기 위해 SKD61 소재의 밀도, 공진주파수, 공진길이 등을 측정하여 동탄성 계수를 구한 후 시편설계를 위한 기존의 1차원 파동방정식을 통해 최종 시편을 설계하였다.

시편은 Fig. 1과 같이 평행부와 노치부로 구성되어 있으며 노치부의 반지름 R_1 은 2 mm, 평행부의 반지름 R_2 는 6 mm 이다. 곡률반경에 따른 피로수명을 비교하기 위하여 두가지 시편의 곡률 반경은 각각 14.5 mm, 20 mm 으로 설계하였으며 초음파 공진을 위하여 두가지 곡률반경에 맞춰 Table 2와 같이 L_1 과 L_2 를 설정하였다.

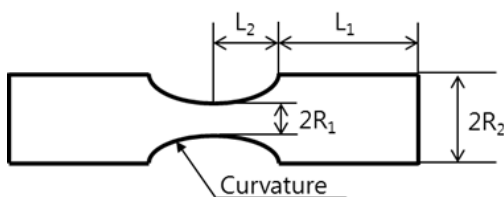


Fig. 1. Demension of specimen

Table 1 Chemical Composition (max wt.%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0.420	1.200	0.500	0.0300	0.0200	5.500	1.500	1.150

Table 2 Variable of specimen (mm)

L_1	L_2	Curvature
28.5	10	14.5
24.2	12	20

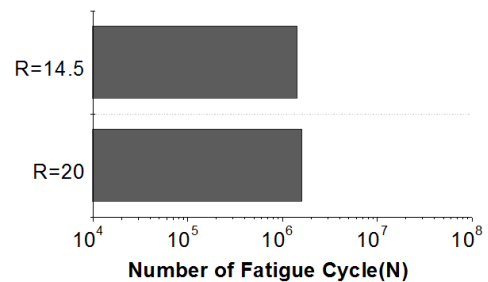


Fig. 2. Result of Ultrasonic fatigue test

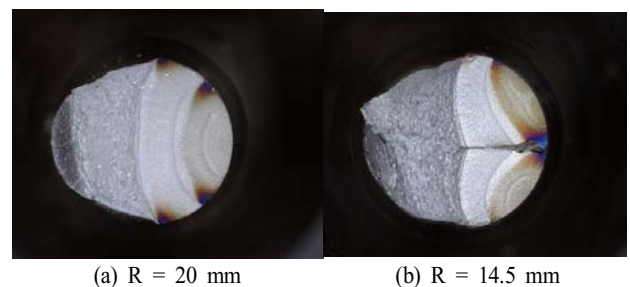


Fig. 3. Fracture image

3. 결과 및 고찰

곡률반경에 따른 초음파 피로시험 결과는 그림 2와 같으며 R=14.5 mm 시편은 414MPa의 응력을 부가하였을 때 1.44×10^6 에서 파단되었고 R=20 mm 시편은 420MPa의 응력을 부가하였을 때 1.61×10^6 에서 파단되었다. 그림 3은 50배 확대한 파단면으로서 20mm 시편은 표면의 한 곳에서 균열이 시작되었으며 14.5mm의 시편은 표면의 여러방향에서 균열이 시작되었다.

본 연구에서는 SKD61 소재에 대하여 초음파 피로시험을 진행하였으며 곡률반경에 대하여 비교하였다. R=14.5, 20 mm 두가지 곡률반경을 가지는 시편이 비슷한 피로시험 결과값을 나타내었다. 하지만 이는 곡률반경이 초음파 피로시험에 영향을 미치지 않는다고 판단하기 어려우며 다수의 시편을 시험하여 응력대와 피로 파괴 주기별로 곡률반경의 영향이 없는지 확인해야 할 것으로 보인다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부 (미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF - 2015R1C1A1A02036547)

참 고 문 헌

- (1) C. Bathias and PC. Paris, "Gigacycle fatigue in mechanical practice", Marcel Dekker, New York, 2005

미세단조 공정의 표면에 대한 유한요소 해석과 잔류응력 측정

정창호, 노현규, 이문구, 이수훈, 홍민성, 전용호*

FEM Analysis and Experimental Validation of Surface by Micro Forging Processes

Changho Jung, Hyun Gyu Roh, Moon Gu Lee, Soo-Hun Lee, Min-sung Hong, Youngho Jeon*

아주대학교 기계공학과

Key Words : Micro Forging, Finite Element Method, LS-DYNA

1. 서론

피로수명은 해당 소재의 하중 조건, 노출된 환경에 따라 크게 바뀐다. 이러한 복합적인 요인에 의해 결정되는 피로수명은 제품 전체의 수명, 환경적인 요인, 고 부하 운전성 등 다양한 부분에 크게 영향을 준다. 반면 표면 처리를 통해 기존의 특성을 강화 하는 표면 개질 기술은 상대적으로 저가의 비용으로 큰 효과를 낼 수 있는 기술이다. 표면 처리 과정에서 표면에 잔류 응력이 남아 피로수명이 향상 되게 된다. 이 논문에서는 자왜소자를 이용한 핀 충격 시 발생하는 잔류 응력을 FEM을 이용하여 해석하고 실제 측정을 통해 검증하였다.

2. 유한요소 해석 및 잔류 응력 측정

자왜소자 발전기에 텅스텐 합금 재료의 팁을 결합하여 단조 장치를 만들고 선반에 연결하여 시스템을 구성하였다.



Fig. 1. Micro-Peening system

이에 대해 유한요소방법으로 충격에 대하여 변형과 잔류 응력의 분포를 해석하였다. 프로그램으로는 LS-DYNA를 사용하였다. 표면 처리 시간은 3 ms 동안을 해석하였고, 700 N의 힘을 0.11 ms 동안 10 회 인가하였다. 충격 이후의 시간은 충격에 의한 잔류 진동의 영향을 보기 위해 해석 하였다. 해석 결과는 다음과 같다.

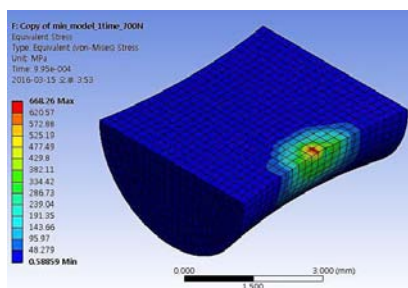


Fig. 2. Equivalent (von-mises) Stress of sample

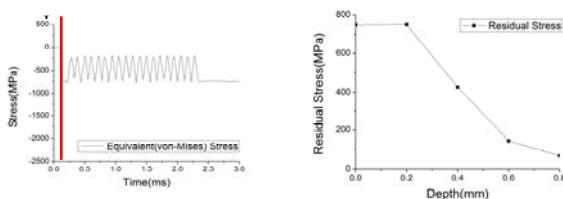


Fig. 3. Analysis Result at Impact Point

충격 후 표면 잔류 등가 응력(Von-Mises Stress)은 약 669.46 MPa이며 압축 잔류응력의 형태이다. 0.7 mm 깊이까지 100 MPa 이상의 잔류 응력이 남았다.

미세단조 처리한 시편에 마이크로 압입시험으로 잔류응력을 측정하였다. 측정 위치는 표면처리 지점의 절단면이고 결과는 다음과 같다.

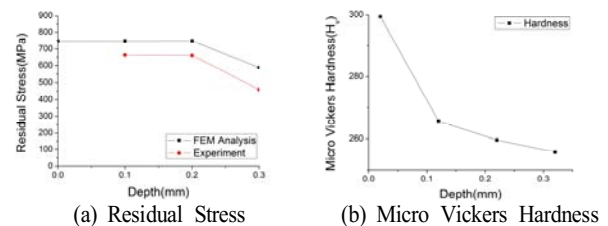


Fig. 4. Experiment Result at Impact Area

3. 결론

고주파 미세 단조 공법을 FEM으로 해석하고 충격에 의한 잔류 응력의 변화를 알아보았다. 같은 위치에서 10회 충격 시험을 한 결과 표면에서 약 750.5 MPa의 압축 잔류 응력을 확인 하였다. 이후 마이크로 압입 시험을 통해 표면 부근에서의 잔류 응력을 측정 하였다. 전반적으로 잔류 응력의 경향이 일치하는 것을 확인하였고, 표면부터 100 μ m 위치에서 11%의 차이를 갖는 결과를 갖았다. 경도 측정 결과상에서도 표면 부근에서 경도가 크게 증가함을 확인 하였다. 기타 여러 공정조건에 대하여 최적화를 통해 효율적인 표면 처리기준을 세우는 자료로 쓰일 것으로 보인다.

후기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF - 2015R1C1A1A02036547)

참고문헌

- (1) CU18A Ultrasonic Actuator - ETREMA Products, Inc. (n.d.). Retrieved February 02, 2016, from [www.etrema.com/cu18a-ultrasonic-actuator/\(2016-2-2\)](http://www.etrema.com/cu18a-ultrasonic-actuator/(2016-2-2))
- (2) ASM Engineered Materials Reference Book, Second Edition, Michael Baucchio, Ed. ASM International, Materials Park, OH, 1994.
- (3) Meguid, S., Shagal, G., & Stranart, J. (2002). 3D FE analysis of peening of strain-rate sensitive materials using multiple impingement model. International Journal of Impact Engineering, 27(2), 119-134.
- (4) Lee, K. W., Choi, M. J., Kim, J. Y., Kim, K. H., & Kwon, D. I., 2006. Instrumented Indentation Technique: New Nondestructive Measurement Technique for Flow Stress-Strain and Residual Stress of Metallic Materials. Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, 26(5), 306-314.

비선형 자기 스프링을 갖는 공진 액츄에이터의 모델링

천두호, 이문구*, 홍민성, 이수훈, 전용호, 최영만

Modeling of linear resonant actuator with nonlinear magnetic spring

Doo-ho Cheon, Moon gu Lee*, Min-Sung Hong, Soo-Hun Lee, Yong-Ho Jeon, Young-Man Choi

아주대학교 기계공학과

Key Words : Nonlinear spring, halbach magnet array, linear resonant actuator, negative stiffness effect

1. 서론

소형 모바일 기기 및 의료장비 등의 분야에서 촉각 정보를 사용자에게 전달하기 위해 사용되는 햅틱 액츄에이터는 20 ms 이하의 빠른 응답속도와 약 150~250 Hz의 넓은 주파수대역, 0.5g 이상의 큰 가속도를 요구한다. 본 논문에서는 할바흐 자석배열(HMA, Halbach magnet array)을 VCM 타입 액츄에이터에 적용하였으며, 영구자석과 솔레노이드 코어 간의 비선형성 및 음의 강성 계수(Negative stiffness)를 이용한 시스템의 모델링 및 해석을 진행하고자 한다.

2. 시스템 모델링 및 해석

아래 Fig. 1은 본 연구에서 제안하는 소형 모바일 기기용 햅틱 액츄에이터의 단면도 및 이를 질량-댐퍼-스프링계 시스템으로 도식화 한 것이다.

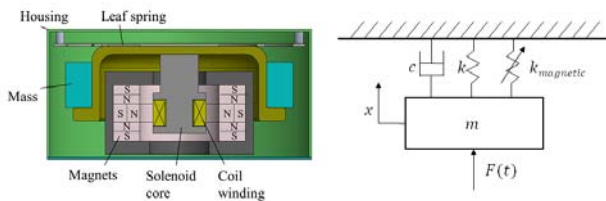


Fig. 1. Concept design and schematic diagram

$F(t)$ 는 코일에 전류를 인가하였을 때 영구자석과의 전자기적 상호작용으로 인해 발생하는 로렌츠 힘(Lorentz force)이며, m 은 질량체와 솔레노이드 코어, 코일, 판 스프링 등의 질량, x 는 진동 질량의 변위, c 는 시스템의 감쇠 계수, k 는 판 스프링의 강성, $k_{magnetic}$ 은 솔레노이드 코어와 영구자석 간의 자기력 강성을 의미하며, 비선형성을 갖는다. 위 시스템의 운동방정식은 아래 식과 같다.

$$F(t) = F_0 \cos(\omega t) \quad (1)$$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + k_3x^3 + k_2x^2 + kx = F_0 \cos(\omega t) \quad (2)$$

전류 입력에 대한 액츄에이터의 거동을 분석하기 위해 (2)의 식을 수치해석 프로그램인 MATLAB의 ODE45 함수를 이용하여 풀이한다. 해석에는 Simulink를 이용하였다. 구동력의 주파수 및 진폭에 따른 변화를 관측한다.

3. 해석 결과 및 고찰

Fig. 2의 (a)~(d)는 각각 수치해석을 통해 측정된 시간에 따른 변위 및 속도, 가속도 그래프 및 수렴 지점(Stable point) 및 비선형 거동을 나타내기 위한 변위-속도 그래프이다. 구동 조건으로는 5V의 직류 전류를 코일에 인가하였을 때와 동일한 Step force를 입력하였다.

Fig. 3은 식(1)의 진폭 F_0 와 가진 주파수인 ω 에 따른 주파수 응답을 측정된 결과이다. 2초 동안의 진동 시 발생한 최대 가속도를 기반으로 하여, 출력을 입력으로 나눈 값으로 결과를 나타내었다.

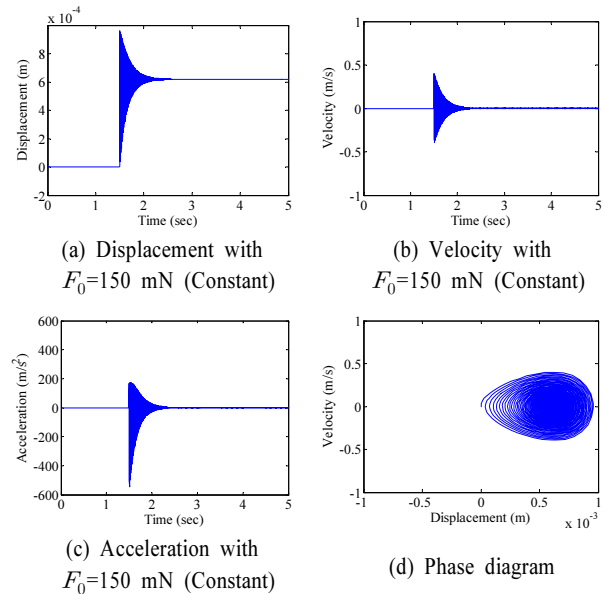


Fig. 2. Results of ODE45 with step force

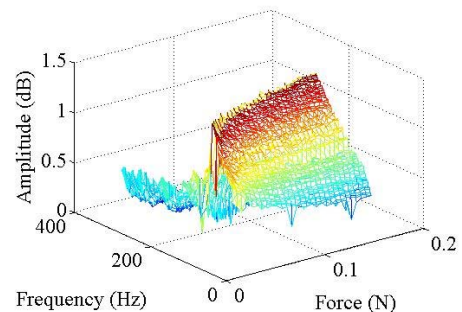


Fig. 3. Results of FRF

Fig. 1을 통해 액츄에이터의 거동을 확인할 수 있다. Fig. 3은 가진 진폭이 클수록 시스템의 고유진동수가 증가하며, 넓은 주파수 영역에서 진동을 만들어내는 것이 가능함을 보여준다.

후기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RF-2014R1C1A1A02036547)

참고문헌

- (1) Pyo, D. (2012). A Novel Impact-Resonant Actuator for Mobile Devices, *Master's Thesis*, KAIST, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea, 61 pages, In Korean.
- (2) Pyo, D., Ryu, S., Han, B., & Kwon, D. (2013). Development of a New Miniature Actuator providing both Kinesthetic and Vibrotactile Feedback for Haptic Interface. *The Journal of Korea Robotics Society*, 8(3), 143-149.

모바일 기기의 낙하 충격 방향 조절용 시험기 제작

최병주, 조혁상, 이수훈, 홍민성, 전용호, 이문구*

Manufacturing of drop impact tester for direction control of mobile electronics

B. J. Choi, H. S. Jo, S. H. Lee, M. S. Hong, Y. H. Jeon, M. G. Lee*

아주대학교 기계공학과

Key Words : Mobile electronics, Impact test, Impact direction control

1. 서론

국내 스마트폰 보급률은 평균 1인당 1대 이상으로 포화상태에 이르렀다. 그러나 시장 확대에 따른 제품 개발 기술의 발전과 달리, 파손에 의한 평균 교체주기는 매우 짧은 것으로 나타난다. 특히 이동하며 사용하는 기기의 특성상 외부 충격에 쉽게 노출되는 단점이 있다. 또한 편리함과 미관상의 이유로 더 얇고 작은 크기에 대한 요구가 증가하여 부품들의 내충격성은 더 취약해지는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 모바일 기기의 충격 거동을 시험하고 분석하기 위한 충격 시험기를 제작하고자 한다.

2. 시험기 원리

일상생활에서 스마트폰을 떨어뜨릴 경우 지면에 충돌하는 방향은 매우 다양하다. 충격 시험에서 반복되는 결과를 얻기 위해 Fig. 1과 같이 낙하 보조 장치를 설계하였다. 회전 구동기(Rotating actuator)에서 설정한 각도로 공압식 집게(Air gripper)가 기기를 고정된 상태에서 낙하 시험을 한다. 낙하에 대한 방해를 줄이기 위해 마찰이 적은 부싱(Bushing)을 사용하고, 샤프트(Shaft)에 그리스(Grease)를 도포하였다. 또한 Fig. 2와 같이 낙하 중간에 근접 센서(proximity sensor)를 설치하여, 낙하체가 통과하면 집게가 풀리도록 하였다.

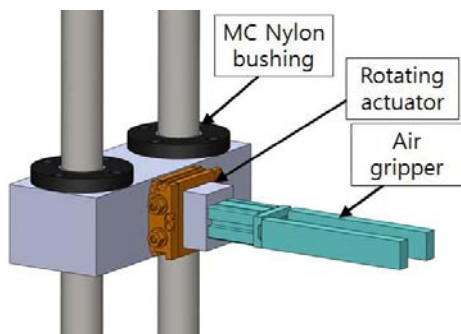


Fig. 1. Drop assist apparatus for direction control

Table 1 Specifications of measuring equipment

Equipment	Model	Specification
Drop impact tester	MPF21-201-00	- 1.8m height - Auto release gripper
Impact force sensor	PCB piezotronics, 208C03	- 222.4kN force - 0.0003Hz~30kHz frequency - 22.48mV/kN sensitivity
High speed camera	FASTCAM, APX-RS	- 30,000fps, 1024×1024px - CMOS

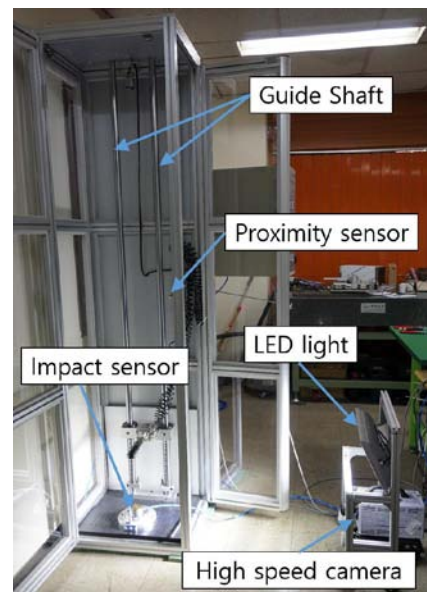


Fig. 2. Drop impact test system

집게가 풀리면 스마트폰은 낙하 방향과 충격 위치를 유지하며, 충격력 센서(Impact force sensor)에 자유낙하 충돌한다. 낙하체는 샤프트 하단부에 위치한 스프링과 유압식 쇼크 업소버(Shock absorber)에 의해 충격을 흡수하고 정지한다. 충돌 과정은 초고속 카메라(High speed camera)에 의해 기록되어 충돌 위치 및 방향, 그리고 속도와 변형을 관찰한다.

3. 결론

모바일 기기의 충격 특성을 분석하기 위한 시험기기를 제작하였다. 추후 시험기의 보조낙하와 자유낙하 시험 결과 비교, 반복능(Repeatability), 속도 측정 등의 분석을 통하여 신뢰성을 증명할 것이다. 또한 실험과 동일한 조건의 유한요소모델을 개발하고, 비교하여 해석의 신뢰성을 검증할 것이다.

후기

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014R1A2A1A10052344).

참고문헌

- (1) T.T. Mattila, L. Vajavaara, J. Hokka, E. Hussa, M. Makela, V. Halkola, 2014, *Evaluation of the drop response of handheld electronic products*, Microelectronics Reliability, 54, 601~609.

롤투롤 공정에서 유연기판의 장력 산포에 관한 연구

강유성¹, 이문구^{1*}, 전용호¹, 이수훈¹, 홍민성¹, 심성환¹, 권신²

A study on Tension distribution of flexible substrate in Roll to Roll process

Y.S. Kang, M.G. Lee*, Y.H. Jeon, S.H. Lee, M.S. Hong, H.S. Shim, S. Kwon

아주대학교 기계공학과¹, 한국기계연구원²

Key Words : Roll-to-Roll, Flexible substrate, Deformation, Tension

1. 서론

유연기판은 Flexible device 산업에 사용되는 기판으로 필름 기반의 재료를 이용하며, 저가 대량 생산이 가능한 롤투롤 공정으로 생산된다. 롤투롤 공정상의 유연기판은 이송되는 과정에서 인장력에 의한 변형이 발생하게 되는데, 이러한 변형은 마이크로 단위의 정밀도를 요구하는 특성상 중첩 인쇄 정밀도 감소를 초래한다. 중첩 인쇄 정밀도의 저하는 최종 제품의 오작동 및 생산성 저하에 영향을 준다.

본 연구에서는 장력 조건하에서 유연기판의 장력 산포를 Strain gauge를 이용하여 측정하고, 장력에 의한 변형을 관찰하였다.

2. Strain gauge를 이용한 장력 산포 측정

Fig. 1은 측정에 사용한 Test Bed이다. 좌측부터 Unwinding, Printing, Measurement, Winding 구간이고, 정적 상태에서 웹에 하중 조건이 적용될 때, 장력 산포를 측정하였다. 먼저 웹의 장력 산포 측정을 위해 물체의 인장 및 압축을 측정할 때 일반적으로 사용하는 Strain gauge를 이용하였다. Strain gauge는 Tokyo Sokki Kenkyujo 社의 PL-60-11-5L을 사용하였고, 게이지 저항은 $120.5 \pm 0.5 \Omega$, 그리드 길이 60 mm, 한계 변형량은 2%이다.

Fig. 2는 Strain gauge를 부착한 모식도이다. Strain gauge는 웹 위에 폭 방향으로 일정한 간격으로 부착하였다. 이 후에 웹의 오른쪽 끝단을 고정하고 왼쪽으로 하중조건을 주었을 때, Strain 값을 측정하였다. 장비를 작동하여 웹에 충분한 장력 조건을 준 이후, 이때의 Strain gauge 값을 0점으로 보정하였다. 그 다음 하중 조건을 증가시켜 각각의 Strain 값을 측정하였다. 이 때 하중 조건은 왼쪽 끝단 롤러 아래의 load cell을 이용하여 측정하였다.



Fig. 1 Test bed for experimentation

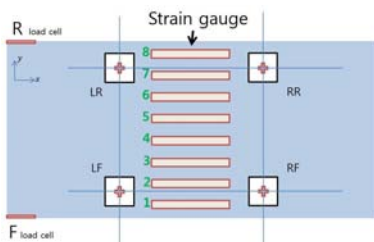


Fig. 2 Strain gauge on the web for measuring tension distribution

3. 실험 결과 및 고찰

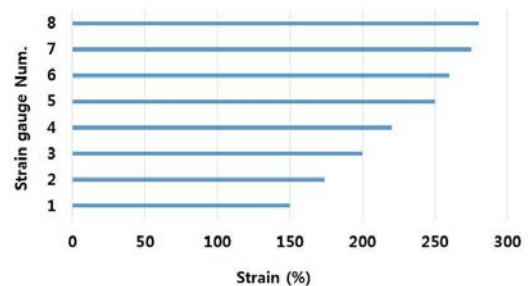


Fig. 3 Tension distribution measured by using Strain gauges

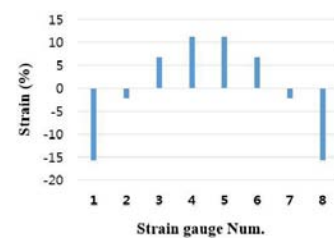


Fig. 4 A result of a one-dimensional regression analysis

Fig. 3은 Strain gauge를 이용한 측정 결과이다. Strain 값이 비대칭적으로 나타난 것은 가이드 롤러의 비대칭으로 인한 결과로 파악하였다. Fig. 4는 가이드 롤러의 비대칭 결과를 보정하기 위해 1차원 회귀분석을 진행하고, 2차 추세선과 1차 추세선의 차이를 나타낸 그래프이다. 유연기판의 폭 방향으로 한 쪽 끝단에서 반대 쪽 끝단으로 이동할 때 변형이 웹의 중앙부에서 가장 많이 발생하고, 폭 방향 양 끝단에서 적게 나타나는 경향을 확인할 수 있었다. 이러한 폭 방향으로 불균일한 변형의 경향은 롤투롤 공정에서 인쇄 가능 영역에 영향을 주고, 동적 상황에서 중첩 인쇄 정밀도를 저하시키는 요인이 될 수 있다는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 2015년 한국기계연구원 주요사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (S-2015-A0308-00001)

참고문헌

- (1) Shin, K. H, Kwon, S. O, 2007, The Effect of Tension on the Lateral Dynamics and Control Moving Web, IEEE Transactions on industry applications, Vol. 43, No. 2, 403~411

치과공정에서 드릴링의 절삭특성에 관한 연구

김해득, 박민석, 정의식*

A Study on the cutting characteristic in dental surgery drilling process

H. D. Kim, M. S. Park, E. S. Chung*

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Dental surgery drilling process, Cutting force, Torque

1. 서론

뼈천공기술(bone drilling technology)은 정형외과나 치과(dental surgery)에서 기술적인 외과적 처치 수단의 하나로 폭넓게 적용되고 있다. 이 분야에서의 최근 기술동향은 뼈천공시 절삭에너지(cutting energy)를 어떻게 줄일 것인가에 초점을 맞추고 있다¹⁾. 본 연구에서는 인간치아의 천공작업(dental bone drilling)시 다양한 절삭조건에 따른 절삭력과 토오크의 변화를 측정하고, 그 결과를 바탕으로 향후 최적의 절삭조건을 찾기 위한 기초자료를 마련하는데 연구목적을 두고 있다.

2. 절삭실험

절삭실험은 인간의 어금니 뼈를 대상으로 하였으며, 발취된 치아를 가공작업이 쉽도록 마운팅하여 사용하였다. 드릴링작업에는 CNC Milling M/C(Roland MDX-500)을 사용하였으며, $\phi 2.3$ mm의 Cobalt 드릴을 사용하였다. 절삭력 및 토오크는 Kistler 사의 절삭동력계(Type 9256C1)를 사용하여 측정하였으며, 자체 S/W(Dynaware)를 사용하여 데이터분석을 하였다. 또한, 절삭조건은 Table 1에 나타내었다.



Fig. 1. Experimental setup

Table 1 Cutting conditions

Control factor	1	2	3
RPM	3,000	6,500	10,000
Tool type	Cobalt drill		
Drill diameter	2.3mm		
Feed rate	1mm/sec		

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 드릴가공시 측정된 절삭력과 토오크 신호를 나타낸다.

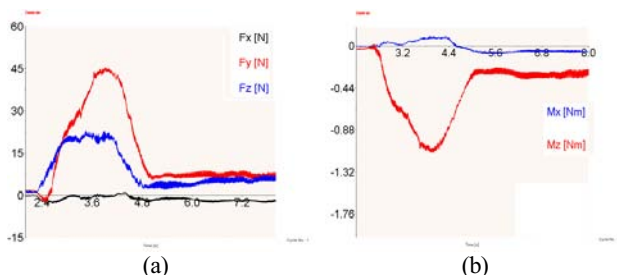


Fig. 2. Observed value of cutting force(a) and torque(b) at 3000 rpm

Table 2 Observed max. value of cutting force and torque

Variation	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]	Mx[Nm]	Mz[Nm]
3,000rpm	4.532	55.48	27.64	167.6e-3	1.422
6,500rpm	4.964	60.95	33.35	177.6e-3	1.679
10,000rpm	5.420	63.94	37.52	404.2e-3	1.941

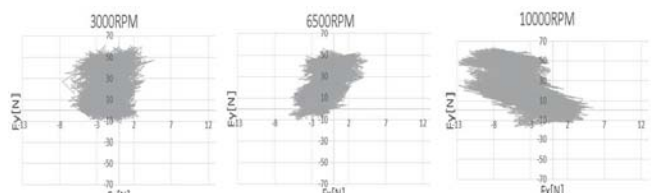


Fig. 3. Orbital plot of cutting force for x-direction(Fx) vs. y-direction (Fy)

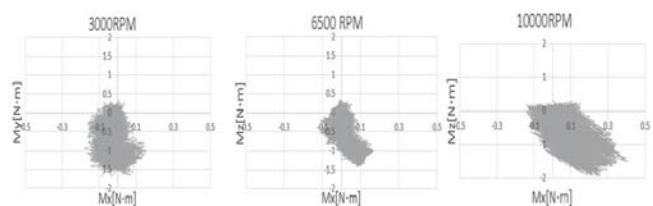


Fig. 4. Orbital plot of torque for x-direction(Mx) vs. z-direction(Mz)

또한, Table 2에는 측정된 신호로부터 얻은 절삭력과 토오크 값을 나타낸다. 표에서 볼 수 있는 바와같이 드릴링 속도가 증가할수록 절삭에너지가 크게 증가함을 알 수 있다.

Fig.3과 4는 드릴 끝단의 wandering motion을 대표하는 궤적을 측정된 절삭력(Fx vs. Fy)과 토오크(Mx vs. Mz) 신호에 대하여 각각 나타낸 것이다. 이들 결과에서 드릴 끝단의 움직임은 모두 타원형 궤적으로 나타나며 드릴링 속도가 증가할수록 크게 증폭되는 경향을 볼 수 있다. 이와같은 결과는 고속영역으로 갈수록 chip load 및 lateral, torsional, axial vibration 등에 의한 동적 불안정이 증가하기 때문으로 생각된다.

참고 문헌

- (1) Hwang, J., Chung, E. S., Lee, Y. K., 2012, An Assessment of Cutting Force for Dental Implant Drilling, Advanced Materials Research, Vols. 472-474, pp.2542-2547
- (2) Yun, Y. H., Jeon, D. H., Hwang, J., 2009, Analysis of cutting force for implant drilling, Proceeding of Korea Society of Precision Engineering Autumn Conference.
- (3) Wu, S. W., Lee, C. C., Fu, P. Y., Lin, S. C., 2011, The effects of flute shape and thread profile on the insertion torque and primary stability of dental implants, Medical Engineering & Physics.

스테인리스 망과 시트의 전기화학 폴리싱 가공특성 비교분석

김옥수, 박정우*

Comparison of machining characteristics by electrochemical polishing on stainless steel mesh and sheet

U. S. Kim, J. W. Park*

조선대학교 기계시스템공학과

Key Words : Surface polishing, Atomic force microscope, Electrochemical, Electrolyte, Non-traditional machining

1. 서론

스테인리스 재질은 표면에 미세한 굴곡이 있어서 인체친화형 제품이나, 극정정 제품은 대표적인 비접촉 가공 중 하나인 전기화학 폴리싱(Electrochemical polishing, ECP)을 통해서 해결한다. ECP는 수소 제거, 표면 거칠기 및 내부식성 향상 효과 등을 가지게 된다. 본 연구에서는 스테인리스 망과 시트를 같은 전류를 인가시켜서 가공 후에 표면을 측정하여 두 타입을 비교하고자 한다.

2. 실험방법

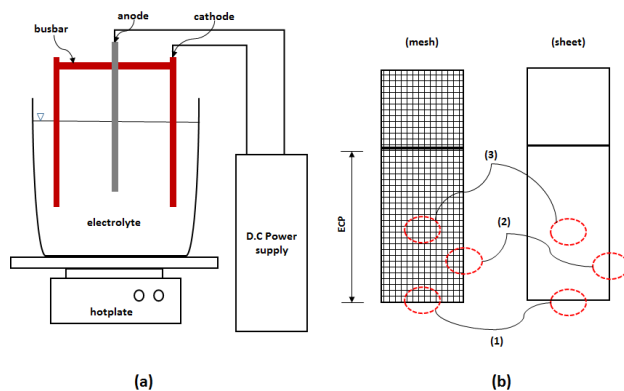


Fig. 1. (a) Schematic diagram of electrochemical polishing and (b) measuring position of sample surface

Table 1 Condition of specimen

Type	Name	Size (mm)	Area (cm ²)	Current density (A/cm ²)
mesh	M4080	40 × 80	58.8	0.17
	M5080	50 × 80	73.3	0.14
	M6080	60 × 80	87.8	0.11
sheet	S4080	40 × 80	64.7	0.15
	S5080	50 × 80	80.8	0.12
	S6080	60 × 80	96.8	0.10

Fig. 1 (a)는 스테인리스 망과 시트 타입을 ECP를 위한 장치의 개략도를 보여주며, Fig. 1 (b)는 가공된 샘플의 측정 부위를 보여준다. 전극의 배치는 가운데 산화전극을 기준으로 양쪽에 환원전극이 배치되어 모든 면이 가공될 수 있도록 하였다.

공작물인 산화전극은 STS 304 재질이다. 시트 타입은 두께가 0.3 mm이며, 망 타입은 선경이 각각 0.29 mm이다. 환원전극으로는 전기 전도성이 좋은 구리로 사용하였다. 전체적인 시편의 조건은 Table 1에 나타내었으며, 전류는 10A로 고정시켰다. 가공시간은 450 sec이며, 전극의 간격은 10 mm이다.

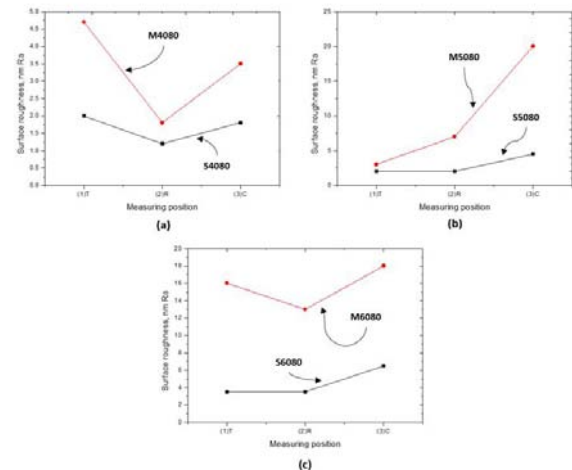


Fig. 2. Comparison of surface roughness: (a) 4,080, (b) 5,080, (c) 6,080

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 실험조건에 따라 가공된 샘플의 표면을 AFM으로 표면 거칠기를 측정하여 그래프로 나타낸 결과이다. Fig. 2 (a)는 4080크기의 결과이다. 시트 타입이 표면이 더 좋으며, 두 타입 모두 5 nm Ra 이하의 표면 거칠기가 측정되었다. 4080 크기에서는 전체적인 면에서 골고루 가공이 이루어졌다는 것을 알 수 있다. Fig. 2 (b)는 5080크기의 결과이다. 측면과 상단 부분 위주로 좋은 표면 거칠기를 얻으나 가운데 부분에서 망 타입은 20 nm Ra 정도 측정이 되었다. Fig. 2 (c)는 6080 크기의 결과이다. 망 타입은 모든 부분에서 표면 거칠기가 좋지 않으며, 시트타입은 5 nm Ra 표면 거칠기가 측정되었다.

Table 1을 보면 시트타입의 경우에는 망 타입보다 더 넓은 면적을 가지고, 전류밀도를 보아도 망 타입 보다 더 적은 전류밀도를 가진다. 그래서 실험결과는 비슷하게 나오거나 오히려 망 타입이 더 좋은 결과가 나와야 하나 Fig. 2 결과를 보면 시트타입이 표면 거칠기가 더 높은 결과를 보여주었다.

이러한 결과를 보면 ECP는 시트 타입보다 망 타입이 더 높은 에너지가 필요하며, 망과 같이 복잡한 형상은 전류가 끝 쪽으로 몰리는 현상을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 2014년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2014R1A1A2059775)을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고문헌

- (1) Park, J. W., Lee, D. W., 2009, *Pulse electrochemical Polishing for microrecesses based on a coulometric analysis*, Journal of advanced Manufacturing Technology, 40:7-8 742-748.

시뮬레이션을 이용한 금형소재의 Down milling 가공 연구

백승엽^{1*}, 공정식¹, 정성택¹, 김현정¹, 송병관¹, 이용근¹, 김성현²

A study on the down milling of injection mold material using simulation

S. Y. Baek*, J. S. Kong, T. S. Jung, H. J. Kim, B. K. Song, Y. K. Lee, S. H. Kim

인덕대학교 기계설계학과¹, 인하대학교 기계공학과 대학원²

Key Words : Cutting process, Down milling, Simulation

1. 서론

최근 가공제품의 요구정밀도가 높아지면서 초정밀 가공에 대한 수요가 증가하고 있으며, 모든 기계 산업에서 숙련된 인력에 대한 요구가 높아지고 있다. 대부분 업체에서 작업자의 노하우에 의존하는 시스템을 유지하고 있어 인력 문제가 발생 시 제조업체의 생산성에도 큰 타격을 받을 수 있기 때문에 스마트 공작기계에 대한 연구 필요도가 높아지고 있다. 이에 따라, 시뮬레이션을 이용하여 스마트 공작기계에 필요한 절삭가공 데이터를 분석하고 확보하였다.

2. 절삭가공 시뮬레이션

본 논문에서는 절삭가공 시뮬레이션(AdvantEdge)을 사용하여 절삭가공 시 발생하는 절삭력을 예측하기 위해 가공 시뮬레이션을 수행하였다. 가공소재는 금형강과 유사한 특수강인 S50C 사용하였다. 시뮬레이션 가공 조건은 절삭속도(Cutting speed), 절삭깊이(Depth of cut), 날당이송(Feed per tooth)으로 각각의 조건에 값을 Table 1에 나타내었으며, 공구인선(Nose Radius)과 공구지름 (Tool Diameter)은 고정하였다. 또한 Fig. 1은 절삭가공 시뮬레이션을 수행 후 가공물과 공구에서 발생하는 유동응력에 따른 Mesh 상태를 보여주고 있다.

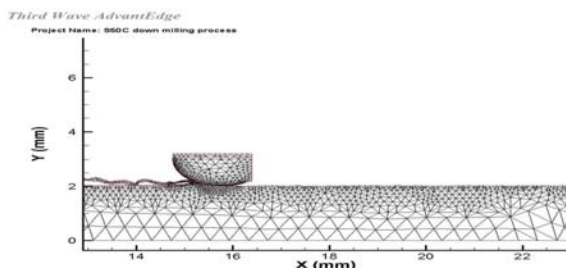


Fig. 1. Mesh modeling

Table 1 Material constants and cutting conditions

No.	Nose. R (mm)	Diameter (mm)	Cutting speed (RPM)	Depth of cut (mm)	Feed per tooth (mm/tooth)
1	1.0	30	16,500	0.25	0.16
2			6,000	0.6	0.23
3			19,000	0.1	0.08

3. 결론 및 고찰

시뮬레이션을 이용하여 절삭 가공 시 발생되어지는 절삭력과 온도에 대한 결과를 Fig. 2에서 보여주고 있다. 이에 따른 데이터를 비교 분석한 결과 절삭 가공 시 많은 영향을 미치는 조건이 절삭 깊이라는 것을 확인 할 수 있다.

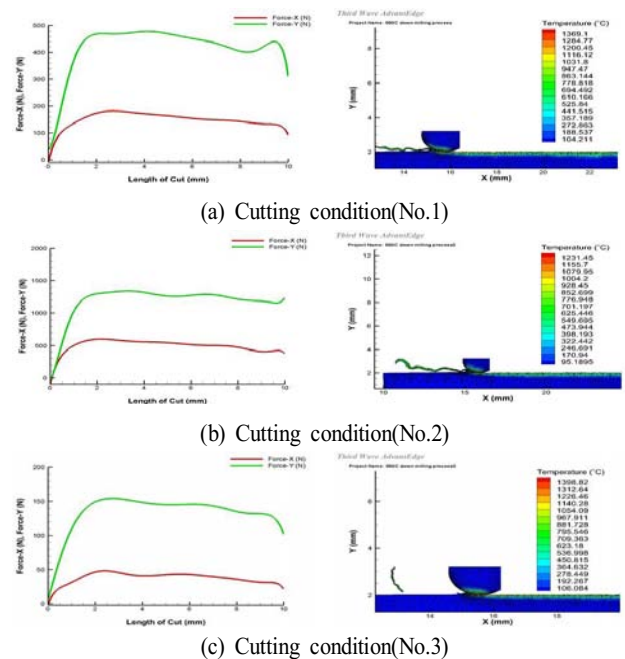


Fig. 2. Cutting force with cutting temperature

Fig. 2(b)는 (a)와 (c)에 비해 상대적으로 절삭속도(6,000rpm)가 낮고, 높은 절입깊이(0.6mm)와 높은 날당이송(0.23mm)의 영향으로 X축 주절삭력 598.56 N과 Y축 이송분력 1340.7 N으로 나타났으며, 다른 가공조건에 비해 절삭력이 높게 나타났다. 이는 표면 조도에 영향을 미치며, 공구수명 따른 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 마찰력 및 윤활의 관계를 고려하지 않고, 시뮬레이션을 진행하였다. 공구와 공작물간에 열을 고려하지 못한 한계가 있어 지속적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- (1) Sin, Y. L. Im, Y. M., 2004, Prediction and Experiments of Cutting Force in End Milling, "Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers", 13:4 9-15.
- (2) Bong, S. K., Tan, H. K., Soo, H. K., Soo, H. L., Jae, H. K., Jun, Y. S., Development of a Tool Life Prediction Program for Increasing Reliability of Cutting Tools, "Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers" Vol.13 No.4, 2004. 8.

컨테이너형 식물공장 양액공급기 구동 BLDC모터의 인버터 FET PAD Area 표면발열에 관한 연구

강언욱*, 변재영, 최원식

Study on the inverter FET thermal PAD for nutrient driving supply BLDC motors in a plant factory

E. U. Kang*, J. Y. Byun, W. K. Choi

부산대학교 바이오산업기계공학과

Key Words : Plant factory, Bldc motor, MOSFET, Nutrient Driving, PAD Surface febrility, PCB

1. 서론

작물의 생육에 필요한 필수 무기양분을 용해해 각각의 식물에 양액을 공급하기 위해서 필요로 하는 양액공급기는 아직까지 식물공장이나 노지의 생산농가에서 주로 3상유도전동기나 단상유도전동기를 많이 사용하고 있다. 이러한 유도전동기는 소음이나 전력소비, 그리고 제어동작특성이 정밀하고 유연하지 않다. 본 논문에서는 최근 많이 각광을 받고 있는 펌퍼모터인 유도전동기를 대체하여 1.5kW 출력을 갖는 Brush less타입의 DC모터(BLDC)를 연구대상으로 하였으며, 이는 소음감소, 전력절감 및 미세압력조절기능을 BLDC모터의 인버터 속도제어를 통해서 효율성을 높일 수 있도록 개선시킬 수 있다고 본다 따라서, 인버터 개발에 따른 유량제어뿐만 아니라 전력소비를 개선시키며, 구동 시 소음을 최소화 할 수 있는 BLDC의 인버터 출력을 위해서 DC전압 50V, 30A용량을 수용하는 International Rectifier사의 IRFS3006-7PPbF MOSFET FET소자의 발열온도를 연구하였다.

2. IRFS3006-7PPbF MOSFET의 발열 온도특성실험

본 International Rectifier사의 FET온도 실험에서 사용되어진 소자의 전기적특성은 $V_{DS} = 60V$, $R_{DS} = 1.5m\Omega$, $ID @ TC = 25^{\circ}C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ (Package Limited) $I_D = 240A$ 출력 특성을 가지고 있으며, Fig. 1에서 온도특성을 나타내었다. 본 소자는 Enhanced body diode를 내장하고 있어 Pick diode Recovery dV/dt , dI/dt 의 기능을 향상시키고 있다. 동작접합과 스토리지 온도범위는 -55 to $+175^{\circ}C$ 이내이다. 통상 BLDC 모터에 사용되는 Half Bridge형태로 U,V,W 각 3상(Phase)에 연결되어서 출력을 PWM으로 제어시 Gate단의 V_{GS} 제어전압은 $\pm 20V$ 범위내에서 동작할 수 있으며, 실험 시 온도조건 $23^{\circ}C$ 에서 $V_{GS} = 12V$, 로 각 상전류인 최대 드레인 전류를 140A가 출력되어 동작됨을 알 수 있었다. 그리고, 현 조건에서 Fig. 2의 D^2PAK 7Pin SMD PAD면의 열발생면의 Fig. 2에서 Base Metal 면 온도를 실험하였다.

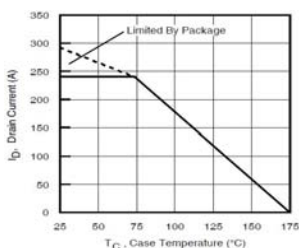


Fig. 1. Maximum Drain Current vs MOSFET Temperature

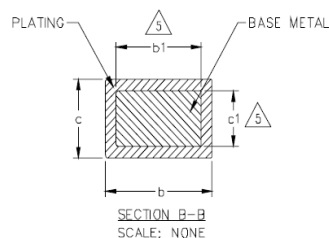


Fig. 2. Thermal PAD Layout

3. 실험 결과 및 고찰

입력전압 Vs 48V에서 순차적으로 드레인 제어전압을 최대 게이트소스전압 $V_{GS} = 12V$ 까지 증가하여 방열온도를 실험하였다. MOSFET소자의 PAD상단에 Fig. 3과 같이 SZOMK사의 Dimension

6×8×38mm 규격의 Heat-sink HS-01모델로 Heatshink 알루미늄 방열Fan 하단의 PCB PAD AREA에서 측정하여 나타낸 표면발열의 온도 특성을 Fig. 3에 나타내었고, 각 V_{GS} 전압 조건에 해당하는 온도도와 전류량을 나타내었다.

Table 1 Temperature and Ampare of surface FET(IRFS3006)

Condition	Time(sec)	V_{GS}	Temperature($^{\circ}C$)	Ampare(A)
C_0	30sec	8V	60.7	5.9A
C_1	30sec	10V	87.6	21.6A
C_2	30sec	12V	108	48.3A

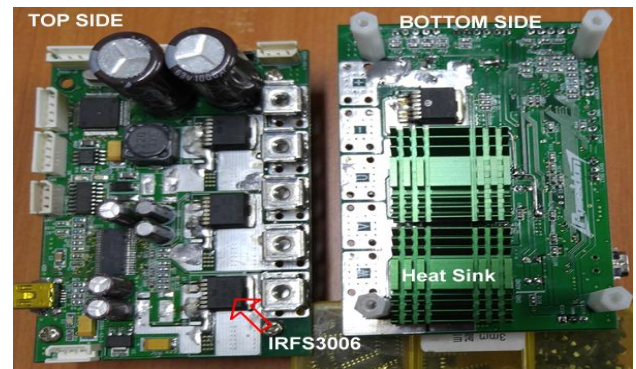


Fig. 3. BLDC Inverter FET PCB Temperature On IRFS3006

Fig. 3 기준온도 $23^{\circ}C$ 조건에서 시작하여 C_0 , C_1 , C_2 의 순서로 임의의 30sec동안 V_{GS} 에 Pulse를 90%의 Duty rate로 제어하여 위 Table 1과 같은 결과를 도출하였다. Fig.1에 나타내고있는 FET의 온도에서 전류를 비교 한바 Duty비와 PWM전압의 증가에 따라서 온도와 전류 출력 값의 유사성을 확인할 수 있었다. 동작 시 발생하는 열에너지는 충분히 발산하기 위한 Heat sink의 단면적과 PCB패턴의 단면적은 향후 양액공급기 BLDC인버터 드라이브설계시 충분히 고려되어야 함을 알 수 있다. 결론적으로 stmicro사의 AN1703을 통해 아래와 같이 Drain PAD면의 식이 도출됨을 확인할 수 있었다.

$$R_{THJ-PCB} = \frac{\Delta T}{P_D} = \frac{T_J - T_C}{P_D}, P_D = \frac{\Delta T}{R_{THJ-PCB}}$$

참고 문헌

- (1) King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, Proceedings of the International Electrical Engineering Congress 2014, OHarmonic Effect on BLDC Motor Temperature Caused by Driving System 1~3.
- (2) R.Gulino June 2003, Guidelines for using ST's MOSFET SMD Packages, Thermal Measurement AN1703, 2~22.
- (3) <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irfs3006-7ppbf>

터미널 클리핑을 위한 고전기에너지 제어시스템 개발

강봉용*, 심지연

Development of electric energy control system for terminal crimping

J. Y. Shim, B. Y. Kang*

한국생산기술연구원 전북지역본부 탄소경량소재응용그룹

Key Words : Terminal crimping, energy control system, condenser bank

1. 서론

배전반내 터미널은 대부분 수동식 압착기를 이용하여 압착하며, 사용횟수가 증가됨에 따라 압착부의 내구 수명이 단축되어 터미널의 잦은 교체에 따른 생산성에 저해 요인으로 작용하고 있다. 또한 터미널과 케이블의 압착 불량은 고온에 의한 마찰마모 및 전기적 부식을 야기한다. 따라서 비용을 최소화 하면서도 만족할만한 성능의 제품을 양산할 수 있는 공정 도입이 시급히 요구된다. 본 연구에서는 전자기력을 이용한 터미널 압착기술을 위한 전자기 펄스 클리핑 시스템 내 고전기에너지 제어시스템을 개발하고자 한다.

2. 고전기에너지 제어시스템 개발

전자기 펄스 가공기술은 콘덴서에서 충전한 고 전기에너지를 가공 코일에 인가하여 전자기력을 발생시켜 압착하는 기술로써 고전기에너지 제어시스템은 고 전기에너지의 충·방전을 위하여 복수개의 콘덴서를 Fig. 1과 같이 병렬 구조로 연결하여 사용하고 있다.

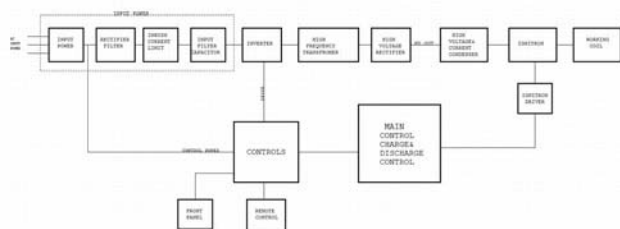


Fig. 1. Electric control circuit

기존의 고전기에너지 제어시스템 내 콘덴서는 Fig. 2와 같이 고전기에너지제어시스템과 가공코일이 동 부스바(bus bar)로 연결되어 있어 복수의 콘덴서들이 동시에 충·방전되었다. 그러나 터미널의 외경, 치수 및 형상에 따라 요구 전기에너지 및 방전시간은 변화하기 때문에 각각의 콘덴서를 개별 제어하는 회로의 구성이 필요하다.

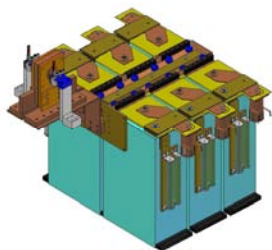


Fig. 2. Electric control system-bus bar type

따라서 복수개의 콘덴서를 독립적으로 개별 제어함으로써 대전류의 방전 크기 및 주기를 변화시킬 수 있는 고전기에너지제어시스템을 개발하였다.

이를 위하여 콘덴서, 이그나이트론과 같은 대전류 방전스위치, HV relay 유닛, 트리거 유닛으로 구성된 콘덴서 뱅크를 설계·제작하였다. 제어회로에 의해 콘덴서 뱅크는 개별적으로 제어되며, 터미널의 외경, 치수 및 형상에 따라 적정 콘덴서 뱅크의 수를 제어하므로서, 전류의 방전크기 및 방전시간을 선정할 수 있다. 또한 각각의 콘덴서 뱅크와 터미널 가공을 위한 코일이 동축케이블로 연결하여 인덕턴스를 최소화하였다.

3. 실험

개발된 고전기에너지 제어시스템을 터미널 압착용 코일에 설치하여 파형을 측정하였다. 파형측정을 위하여 대전류 측정이 가능한로고우스키코일을 Fig. 3과 같이 연결하였으며, 1-4개의 콘덴서를 이용하여 6kV충전전압에서 파형을 관찰하였다.



Fig. 3. Rogowski coil set-up

4. 실험 결과 및 고찰

로고우스키코일을 이용한 파형 측정 결과, Table 1과 같이 동일 충전에너지에서 콘덴서 수가 증가함에 따라 방전전류 및 방전시간이 증가함을 확인할 수 있었다. 따라서 터미널의 외경, 치수 및 형상에 따라 적정 조건에서 터미널과 케이블을 압착하여 고품질의 터미널을 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 1 Discharged time and current at different number of condenser banks

Condenser banks	Discharged time (us)	Discharged current (kA)
1 Bank	20	200
2 Banks	24	280
3 Banks	28	360

후 기

본 연구는 중소기업청이 지원하는 이천기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다. (S2331956)

참 고 문 헌

- (1) J. Y. Shim, B.Y. Kang, 2013, *Development of Cable Lug Joint Using Electromagnetic Force*, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 156~161.

자동차용 컴프레서 피스톤 부품 친환경 표면처리를 위한 최적의 전해산화 전해액 개발

김기정^{*}, 김정호¹, 문지훈¹, 윤상호²

Development of optimal electrolyte of the electrolytic oxidation for surface treatment technology on the compressor piston parts

K. J. Kim^{*}, J. H. Kim, J. H. Mun, S. H. Yoon

(재)경북하이브리드부품연구원¹, (주)화인²

Key Words : oxidation, surface treatment, electrolyte

1. 서 론

플라즈마 전해 산화(이하 PEO, Plasma electrolytic oxidation)에 의한 산화피막 기술은 아노다이징에 비하여 더 강한 피막을 형성시킬 수 있어 활용도가 기대되는 기술이다. 현재 PEO에 대한 많은 연구가 진행되고 있으나 대부분의 연구는 전기적인 변수의 변화가 산화피막에 미치는 영향에 대한 관찰에 국한되어 있다. 그러나 플라즈마 전해 산화의 변수인 전해액은 전해액 내에 존재하는 이온들이 플라즈마 전해 산화의 전기·화학 반응과정에 참여하여 많은 영향을 끼쳐 전해액의 반응성에 관한 추가적인 연구가 필요하다.

2. 플라즈마 전해산화 이론

상온에서 이루어지는 플라즈마 전해산화 공정은 350 - 550 V에 이르는 고전압을 인가하여 금속 표면에 플라즈마 방전을 유도한다. 이를 통해 일부분은 고온과 고압 상태가 되고 금속 시편의 일부를 용융 및 기화시킨다. 용융 및 기화된 금속 시편은 플라즈마와 화학반응을 통해 산화물을 형성하고 상대적으로 온도가 낮은 전해액에 의해 냉각이 되어 산화피막을 형성시킨다. 금속 시편이 용융 및 기화가 이루어져 플라즈마와 반응하여 산화피막을 형성하기 때문에 산화피막은 내부착성, 내부식성 등이 뛰어난 특징을 갖는다.

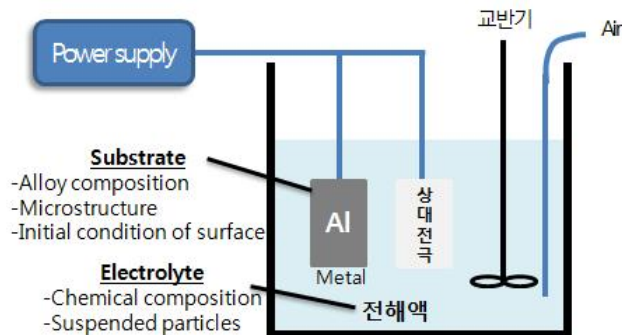


Fig. 1 Schematic of plasma Electrolytic Oxidation Treatment

3. 실험 결과 및 고찰

플라즈마 전해산화의 다양한 변수 중 전해액은 산화피막의 형성 및 조성과 기계적 특성에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다. 플라즈마 전해산화로 형성된 산화피막은 전해질의 농도, pH, 활성화된 음이온, 교반 상태와 같은 다양한 전해액 특성이 존재한다.

이에 따라 플라즈마 전해산화로 알루미늄 합금 위에 산화피막을 형성할 때는 약알칼리를 띄는 전해액과 첨가제를 혼입한다.



Fig. 2 Result of compressor piston surface treatment test

플라즈마 전해산화의 산화피막 형성과정을 정의한 후 전해액의 조성 및 농도가 산화피막의 기계적 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

금속과 산화피막 및 전해액에 포함된 이온과의 반응성 차이와 농도, 방전 현상에 따라 전해액에 존재하는 이온이 산화피막에 혼재되는 양은 차이가 있으며 전해액에 첨가된 첨가제와 그에 따른 화합물 형성 여부가 기계적 특성에 많은 영향을 준다. 때문에 산화피막의 기계적 특성 등과 같은 요구에 적합한 전해액 개발과 금속 및 산화피막과 전해액에 포함된 이온과의 반응성에 관해 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부에서 지원하는 지역주력산업육성기술개발사업(A011900423)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- (1) A.L. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland, A. Matthews, S.J. Dowey, 1999, *Plasma electrolysis for surface engineering*, Surf. Coat. Technol., 73-93.
- (2) R. Krishna, L.G. Poshal, and G. Sundararajan, 2010, *Influence of Electrolyte Chemistry on Morphology and Corrosion Resistance of Micro Arc Oxidation Coatings Deposited on Magnesium*, Metall. Mater. Trans. A, 41, 3499-3508.
- (3) Y.L. Lee, 2014, *Effects of electrolyte composition on Al oxide layer coated by Plasma Electrolytic Oxidation*, Korea Polytechnic University

실시간 미들웨어를 활용한 생산자원 4M 통합화 방안

차석근*, 윤재영, 이성근, 조현찬

Method of manufacturing resource 4M using real time based middleware

S. K. Cha*, J. Y. Yoon, S. K. Lee, H. C. Cho

(주)에이시에스

Key Words : 4M integration, middleware, real time, manufacturing resources

1. 서론

제조업의 패러다임 변화에 신속하게 대응하지 못할 경우 국내 제조업은 글로벌 경쟁에서 도태될 위기에 처하게 될 것이며 결국 국가 경쟁력을 상실하게 될 우려를 낳고 있다. 따라서 국내 제조업은 환경의 변화에 민첩하게 대처하고 제조업 전반에 대한 혁신적인 변화를 통해 국제시장에서의 경쟁력을 갖추어야 한다.

그간 전통 제조업에 IT기술을 융합한 생산정보화(e-Manufacturing)지원사업과 IT혁신 네트워크 사업의 추진으로 납기단축, 생산성향상 등 여러 가지 측면에서 정량적 효과를 보고 있었다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 급변하는 생산 현장의 생산자원 정보 4M(Man, Machine, Material, Method) 정보 통합과 이를 자율적으로 관리하는 기능 개발이 필요하다.

2. 제목생산자원과 4M 구성 및 정보수집 방법

생산현장의 생산자원 디지털화 관점에서 보면 생산 자원 정보의 4M은 다음과 같이 요약 된다.

- Man(작업자), Machine(생산설비), Material(자재), Method(생산절차)

일반적으로 생산제품을 자동으로 생산하고 있는 생산설비(Machine)는 디지털 제어기기인 PLC(Programmable Logic Controller), 공작기계, FMS(Flexible Manufacturing System) 등과 같은 복합 자동화 설비 등으로 구성되어 주로 제어기기의 레벨에 따라 차이가 있으나 주로 실시간 기반의 자동으로 정보수집이 가능하다.

생산 설비가 아무리 자동화되어도 생산 공정에서는 필히 작업자의 개입이 필요하게 되고 자동화 설비로부터 생산 정보를 자동으로 수집할 수 없거나, 품질 정보, 설비의 고장 내역, Lot 변경 등과 같은 작업자의 판단으로 처리하는 작업자에게 의존하는 생산 활동에 대한 정보수집이 필수적이다.

생산 공정의 원자재에서 생산을 거쳐 출하되기 전까지 전 물류과정을 추적하여 공정상의 재고(WIP: Work In Process), 각 생산 공정에 작업 중인 자재의 추적과 투입 등 물류에 대한 정보 수집도 필요하다. 작업방식(Method)은 원자재에서 완제품까지의 전 과정을 디지털화하여 제품별 생산 비용의 산출, 품질정보, 설비의 가동정보, 공장 내 물류정보, 각 해당 생산 공정 간의 최적화된 실시간 일정을 수립에 기반 정보로 활용이 되며, 특히 제조물 책임법(PL법) 대응을 위한 제조업 중점 관리에 필수 항목이 된다.

생산 현장의 4M 정보수집 방법에는 Fig. 1에 보인 것 같이 유 무선을 통하여 자동, 수동 및 반자동 방법 처리와 같이 자동수집방법, 수동수집방법, 반자동 수집방안등 크게 3가지 방식으로 분류된다.

실시간 생산 활동 정보 수집에 가장 중요한 결정 사항은 입력하는 방안과 정보수집 능력의 분해 능력의 경제적 관점에서 투자 회수율인 ROI(Return On Investment) 관점으로 고려되어야 한다. 디지털 제어기기가 있는 경우에도 정보 시스템과 실시간 연결을 위한 인터페이스 장치가 고가인 경우와 설비의 설치가 오래되어서 제어기에 인터페이스 장치를 추가할 수 없는 경우에 센서의 설치 혹은 Process I/O를 통한 실시간 정보수집 방안으로 추진하는 경우가 있다.

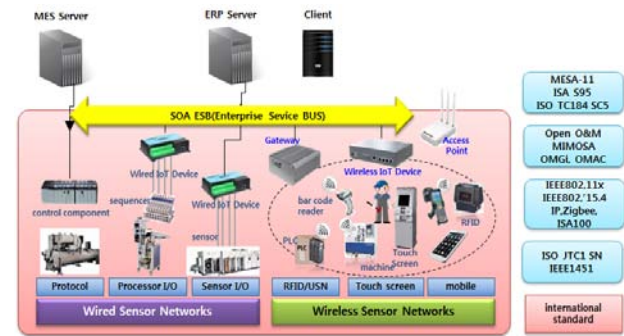


Fig. 1. Method of data integration for manufacturing resources

3. 실시간 미들웨어의 기능

생산제조공정의 구성요소를 Man, Machine, Material, Method으로 구분한 체계로 결국 정보처리 관점에서 효율적인 생산자원을 관리하기 위해서는 4M 구성요소를 식별하고 정량화하여 데이터를 정의하고 측정하여 실시간 모니터링하는 역할을 수행해야 한다

실시간 4M 통합화 방안 기능 정의

- 임베디드 디바이스와의 통신
- 실시간 센서 포인트 관리
- 실시간 데이터관리
- 상위 애플리케이션 통합 API 제공
- 센서구성요소 관리

4. 결론

본 연구는 과거 전통적으로 수행하여 왔던 복잡하고 다양한 생산현장의 정보 수집 방법에 대한 구현 방법론의 표준화 및 간편화 및 다양한 산업분야에 획적 전개를 위한 기술에 적용이 가능하다.

생산현장의 다양한 제어기기와의 반도체 설비 중심의 SECS, GEM, 일반 제조업 Devices 제어기기 분야 중심의 OPC, TCP/IP, Field-bus등을 포함하는 실시간 Protocol Driver 기술과 서버 중심의 DCT(Data Collection Terminal)에서 임베디드 Linux를 탑재한 독립 운영이 가능한 소형, 저가형의 Web enabled wireless M2M 하드웨어 및 Middleware 기술 개발로 다양한 기능의 확대 개발이 기대된다.

후기

이 논문은 2015년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가원의 지원을 받아 수행된 산업핵심기술개발사업임 (과제번호:10052927)

참고문헌

- (1) "Small Business Strategies of the ubiquitous era", SME Informatization Management Institute, 2004, 12
- (2) "e-Manufacturing whitepaper", ARC Advisory, 2003, 11
- (3) "Next Generation MES", AMR Research, 2003, 10
- (4) "e-Manufacturing", IMS Center, 2004, 12.

30단 롤 포밍 공정에서의 롤 갭에 따른 고장력강판 성형해석에 관한 연구

김동홍, 정동원*, 누웬 하 품

Study on forming analysis of high tension steel according to roll gap in 30-pass roll forming process

D. H. Kim, D. W. Jung*, H. T. Nguyen

제주대학교 기계공학과

Key Words : Roll forming, FEM analysis, High tension steel, Spring-back

1. 서론

최근 롤 포밍 제품은 점차 복잡한 구조의 제품들이 생산되고 있으며, 위의 제품을 생산하기 위해서는 많은 롤 패스를 설계하여 생산을 한다. 다단으로 이루어지는 롤 포밍 공정은 산업현장에서 적용이 되지만, 생산된 제품에 대한 치수 정밀도등을 높이는 것은 매우 어렵다. 롤 포밍 공정을 구성하는 각 단(Roll pass)들은 서로가 영향을 주기 때문에, 1개의 롤 패스를 수정하기 위해서는 다른 여러개의 롤도 동시에 수정을 해주어야 하기 때문이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 먼저 유한요소해석으로 롤 금형의 최적 설계 및 최적의 롤 포밍 공정을 도출하는 것이 최선의 방법이라고 판단된다.

본 연구에서는 유한요소해석을 통하여 30개의 패스로 구성된 롤 포밍 공정에서 성형에 많은 영향을 주는 롤 갭(Roll gap)변수에 따른 성형성을 분석을 하였다.

2. 예열공정이 적용된 롤 포밍 실험

단면 단면의 롤 포밍 공정은 총 30 Pass로 구성된 롤 포밍 공정이며, Fig. 1과 같다. FEM 시뮬레이션 해석에서는 많은 롤 패스의 수와 복잡한 형상을 빠르게 해석을 하기 위해 롤 금형과 성형시트를 쉘 타입으로 모델링 하였다. 성형시트의 너비, 길이, 두께는 각각 360mm, 1,000mm, 1mm이다. 성형시트의 물성치는 고장력강 소재인 SPFH 590소재를 적용하였다. 성형 시트의 최종 성형 단면을 고려하여 시트의 너비방향의 양끝부분에 배쉬를 집중하여 정확한 벤딩 각을 도출하고자 하였다. 전체 롤 패스 간 거리는 500mm이며, 실험변수인 롤 갭은 0.2mm, 1.0mm, 2.0mm까지 총 3개로 적용하여 시뮬레이션 해석 결과를 도출하였다.

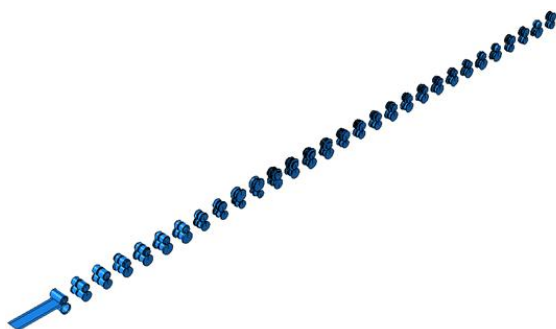


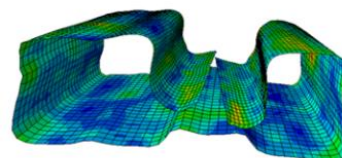
Fig. 1 Roll forming process of 30 Pass

3. 실험 결과 및 고찰

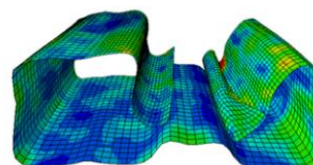
롤 갭에 따른 최종 성형 단면을 보여준다. 롤 갭이 0.2mm 일 때 앞 단면 형상에서 조금 벌어진 것을 제외하면 성형성이 높으며, 갭이 1.0mm일 때는 우측 성형시트의 가장자리가 과도한 벤딩이 되어있다. 과도한 벤딩을 인하여 우측 단면형상이 성형성이 떨어졌다.

롤 갭 2.0mm 인 경우 우측 가장자리가 절단되어 있으며, 이는 가공 시 상하롤 안쪽으로 벤딩이 되어 굽혀져야 하는데 다소 높은 갭으로 인하여 상하롤 옆으로 빠져나와 상하롤 다이 사이에 시트가 끼어서 절단이 되었다.

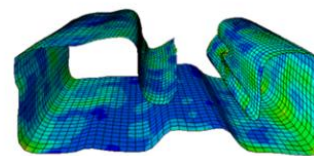
롤 갭이 0.1mm과 0.5mm 일 때 0.2mm의 성형 결과보다 더 좋게 나올 수도 있을 것으로 판단된다. 또는 성형하는 과정에 응력이 집중되는 부분이 발생하거나 성형에 문제가 되는 롤 패스가 발견되면, 롤 금형 설계를 수정하지 않아도 롤 갭을 조절하는 것만으로 해결 할 수도 있을 것으로 예측이 된다.



Gap - 0.2 mm



Gap - 1.0 mm



Gap - 2.0 mm

Fig. 2 Final forming cross-section according to roll gap

후기

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2014R1A1A4A01009199).

참고문헌

- (1) Son, H. J., Kim, S. Y., Oh, B. S. and Kim, K. S., 2012, Development of Vehicle Door Side Impact Beam with High Tensile Steel using Roll Forming Process, Journal of The KSMPE, Vol. 11, No. 6, pp. 82-87.

예열공정이 적용된 롤 포밍 공정에서 성형변수의 영향에 대한 분석 연구

김동홍, 정동원*, 누웬 하 품

Analysis study on effects of forming variables in roll forming process applied to pre-heating process

D. H. Kim, D. W. Jung*, H. T. Nguyen

제주대학교 기계공학과

Key Words : Roll forming, Pre-heating process, High tension steel, Spring-back

1. 서론

최근 롤 포밍 공정에 대한 연구는 유한요소 해석을 이용한 최적 공정 변수에 대한 연구, 새로운 단면 개발, 롤 포밍공정의 최적 설계와 같은 롤 포밍 공정 변수 내에서만 연구가 되고 있다. 앞으로 개발되는 새로운 소재 및 복잡한 형상이 롤 포밍 공정에 요구가 될 것으로 예측되며, 최적의 롤 포밍 공정 변수 도출만으로는 새로운 제품 생산에 대응이 힘들 것으로 예측이 된다. 롤 포밍 공정도 다른 성형공정을 융합하여 성형성을 향상할 필요가 있다. 본 연구에서는 롤 포밍 공정과 예열 공정을 융합하여 새로운 공정을 제시를 하였다.

2. 예열공정이 적용된 롤 포밍 실험

롤 포밍 장치는 아래의 Fig. 1과 같이 4-Pass로 이루어져 있다. Pass-1 ~ Pass-3까지의 롤 다이에 의한 성형각도는 각각 30°, 60°, 90° 이다. 속도 컨트롤러는 Fig. 1에서 a이며, b는 롤 갭조절 장치이다.

제품 성형성은 제품의 각 측정위치에 따라 스프링백 값으로 분석을 하였다. 본 연구에서 적용한 실험법은 다구찌 실험법으로 수행하였으며, 망목적 특성을 적용하였다. 예열공정과 롤포밍 공정에서 조절가능한 실험변수에 대하여 다구찌 실험의 인자로 적용하여 영향력이 큰 실험인자를 도출하였다. 예열공정에서는 부탄가스 토치와 성형시간 간 거리인 예열거리와 각 패스에 해당하는 예열 위치를 실험인자로 설정하였다. 롤 포밍 공정 변수 중 롤 갭은 1mm로 고정하였으며, 성형속도는 3가지의 속도일 때는 고려하여 실험인자를 설정하였다.

성형시트 예열을 위해 부탄 가스토치를 사용하였다. 부탄 가스토치의 최대 가스소비량은 120g/h로, 다른 부탄 가스토치 보다 높은 가스 소비량을 보이며, 소비되는 열량은 1,440 kcal가 된다. 토치의 화염 온도를 측정하기 위해 열화상 카메라를 사용하였다.

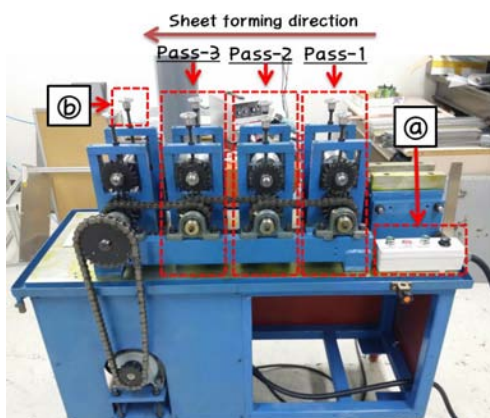


Fig. 1 Experimental setup

3. 실험 결과 및 고찰

측정된 스프링 백 량으로부터 SN비 값을 도출하였다. 도출된 SN비 값을 근거로 SN비의 주효과도 그래프는 Fig. 2와 같다. Fig. 2로부터 성형속도(66.6 mm/s), 예열거리(60 mm), 예열방식(Pass-3)에 대한 최적 인자를 도출하였다. 그리고 실험 결과값에 가장 영향을 많이 영향을 미치는 변수는 SN ratio의 최소 및 최대값이 가장 큰 인자이며, 부탄 가스토치를 예열 공정에서는 롤 성형속도 변수가 가장 영향을 주는 인자로 도출 되었다.

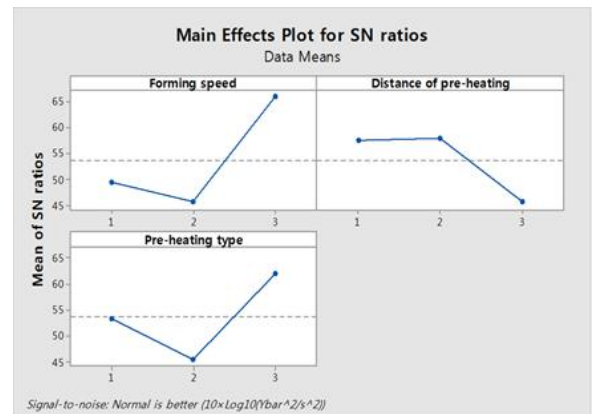


Fig. 2 SN ratio for experimental

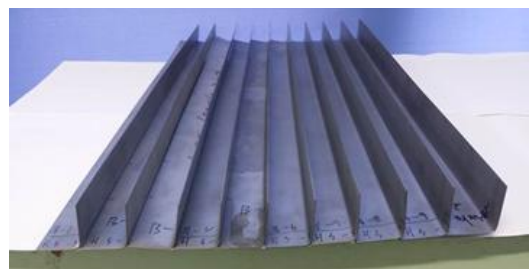


Fig. 3 Forming sheet according to orthogonal arrays

후기

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2014R1A1A4A01009199).

참고문헌

- (1) Park, J. H., Kim, J. W., Kim, K. Chul. and Jun, J. H., 2008, Effects of Heating Conditions in the Straightening of Sheet Metal Distortion, The KWJS of Annual Spring Conference, Vol. 49, pp.87-87.

비접촉 공중 초음파 탐상기법을 이용한 기어 신뢰성 평가 기법

김재열^{1*}, 이경일¹, 정윤수¹, 박의현², 김인주²

Non-contact air ultrasonic using Gear reliable valuation techniques

J. Y. Kim*, G. I. Lee, Y. S. Jung, U. H. Park, I. J. Kim

조선대학교 기계시스템공학과¹, 서암기계공업(주)²

Key Words : NAUT, Gear, Non-contact air ultrasonic

1. 서론

기어의 경우 정밀도가 높아질수록 해외 수입에 의존하고 있으며 현 국내기어 산업은 높은 가공 정밀도와 신뢰성을 요구 하고 있다. 이에 단조기술과 정밀가공기술은 발전하였으나 신뢰성 평가 기술은 발전하지 못해 아직 단조제품의 내부 검사는 단류선 검사와 접촉식 초음파 탐상정도로 이루어지고 있다. 본 논문에서는 비접촉식 공중 초음파를 이용하여 열간단조로 제작된 기어의 신뢰성 평가방법을 연구하며 이를 탐상된 초음파를 영상으로 판독할수 있도록 영상처리 기술을 연구하고자 한다.

2. 비접촉 공중 초음파 실험

본 비접촉 공중 초음파 실험에서 사용되어진 기어 시편은 Fig. 1의 직경 50Cm의 면적을 가지고 있으며, 두께는 12t, 재질은 SCM415이며 침탄 열처리 된 제품을 사용하였다. 또한, 초음파 프로브는 0.4K 14*20N(AR1297 평면형 공중 초음파 프로브를 사용하였다.



Fig. 1. A normal Gear Psalms (left) defective Psalms (right)

3. 실험 결과 및 고찰

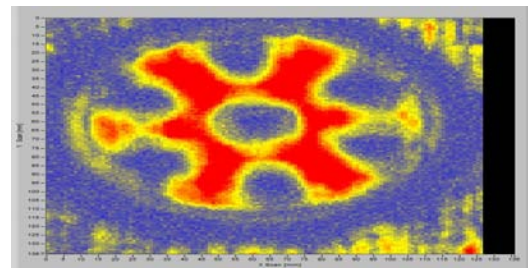
실험은 기어의외부에 초음파 투과가 되지 않는 고무찰흙 재질로 고정 을 하여 초음파의 산란을 막아 정확한 초음파 투과가 될수 있도록 셋팅 하였으며 공중초음파 탐상 장비는 Fig. 2와 같이 펄서 리스브, 프리엠프, PXI, PC, 자동탐상구동부 등으로 구성되어있다.



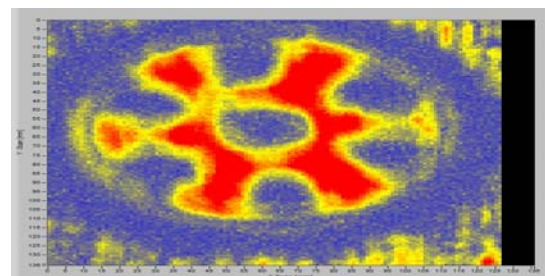
Fig. 2. Configurations of NAUT System

실험 결과는 아래의 Fig. 3과 같이 열간단조로 제작된 기어 소재에 단류선 문제 또는 소재 내부에 결함이 없는 곳은 초음파 투과가 잘되므로 붉은 색으로 단류선이 끈어지거나 내부에 다른결함이 있을 경우 초음파 투과율이 떨어지는 곳은 노랑색 내부에 공기층이 생긴 경우 초음파가 산란되므로 투과가 되지않아 파란색으로 표시된다.

시편기어가 치차부와 중앙축연결부가 단차가 있으므로 단차가있는 부분은 초음파 직속거리변경으로 투과가 불가하여 파랑색으로 나오며 홀부분은 초음파의 산란을 막기위해 고무찰흙을 이용해 막으므로 파랑색이 나온다 이외 부분은 초음파 투과가 되어 빨강색으로 나오며 불량부분은 노랑색 또는 파랑색으로 나오는 것을 확인할수 있다.



양품시편 초음파 탐상 C-Scan



불량 시편 초음파 탐상 C-Scan

Fig. 3. Configurations of NAUT System

후 기

이 논문은 2015년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2014H1C1A1066959)

참 고 문 헌

- (1) T.Masakazu, T.Osamu, H.Hidekazu, O.Yukio, N.Hideo, K. Koichiro, 2010, "Characteristics of Probes for Non Contact Air coupled Ultrasonic Testing," Proceedings of the 17th Symposium on Ultrasonic Testing of Japanese Society for Non-Destructive Inspection, 6-3, pp.81-86

Foam Sealing Machine의 장비능력 평가 방법 연구

홍원표*

A Study on the Machine Capability Evaluation of Foam Sealing Machine

W. P. Hong*

한국생산기술연구원 IT융합공정연구그룹

Key Words : Foam Gasket Sealing Machine, Machine Capability, Speaker Frame

1. 서론

자동차, 전자 등 전통 주력산업 및 IT 기기, 광학 등 신산업 분야에서의 고정밀 고부가가치 부품 수요 증가에 따라 수요자의 요구품질 수준에 부합하는 제품이 생산되도록 공정을 관리하고 평가하는 것이 중요하게 되었다. 제품의 제조 단계에서 생산 공정의 품질변동 정도를 측정하고 규격과 비교 분석하여 변동의 폭을 감소시키기 위한 목적으로 공정능력 분석을 수행하게 된 것이다.¹

장비 능력이란 해당 장비에서 얼마나 균일한 품질의 제품을 생산할 수 있는지 장비의 능력을 평가하는 척도이다.² 본 연구에서는 시편 제작을 통한 Foam Sealing Machine의 장비능력 평가방안을 제시하고자 하였다.

2. 장비능력 평가 방법

Foam Sealing Machine은 부품간의 결합 시 방수, 방진 등의 밀폐 기능을 위해 액체 상태의 주재와 경화제 혼합물을 부품 표면에 정량 토출하고 고체 상태로 경화한 이후에도 장시간에 걸쳐 사용하더라도 높은 복원력이 유지되도록 하는 장비이다. 이 때 액체 상태의 토출액을 각각의 특성에 따라 얼마나 정밀하게 조절할 수 있는지가 장비의 성능을 좌우하는 중요한 요소이다.

Table 1 Specifications of Foam sealing machine

Contents		Values
Stroke (mm)		2750×1300×300
Power Mixer (rpm)		MAX 3000
Dispensing Volume (g/min)		1.8 ~ 216
Main Motor	Epoxy(main agent)	200W 90:1
	Hardener	200W 180:1
Mixing Motor		90W 60:1
Controller		LG Master - K



Fig. 1. Speaker housing seal

Table 1의 장비를 이용하여 Fig. 1의 자동차 스피커 하우징(Speaker housing) 외형을 따라가며 실링 처리 했을 때, 도포된 액상 토출량을 대상으로 장비능력을 평가하였다.

50개의 스피커 프레임(150g)에 액체 상태의 주재와 경화제 혼합물 A를 7g 도포한 시편과, 50개의 스피커 프레임에 혼합물B를 5.6g 도포한 시편 두가지를 제작하였다. 이 때 혼합물의 도포량 허용값은 각각 전체 도포량의 $\pm 5\%$ 를 적용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2(a)는 50개의 스피커 프레임(150g)에 액체 상태의 주재와 경화제 혼합물A를 7g 도포한 시편을 대상으로 스피커 프레임과 도포제를 합한 질량으로 장비능력을 평가한 결과이다. 스피커 프레임만의 질량이 균일하지 않은 영향으로 인해 제대로 된 평가를 수행할 수 없었다.

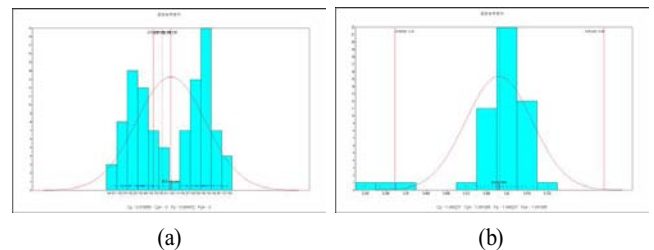


Fig. 2. Machine capability evaluation results

Fig. 2(b)는 50개의 스피커 프레임(150g)에 액체 상태의 주재와 경화제 혼합물B를 5.6g 도포한 시편을 대상으로 도포 전후의 질량을 비교하여 혼합물B만의 질량만으로 장비능력을 평가한 결과이다. 평가 결과 1.04 수준으로 평가되었으며, 시편 제작 시 오류가 발생했던 2개 시편을 제외하면 1.59 수준으로 평가되었다.

4. 결론

본 연구에서는 Foam Sealing Machine의 장비능력 평가 방안을 제시하였다. 새로 개발한 장비를 이용하여 스피커 하우징을 대상으로 실제로 도포한 양을 측정하여 장비능력을 평가하였다.

시편 제작을 통한 장비능력 평가 결과 1.04~1.59의 수준으로 평가되었으며, 장비의 추가적인 보안을 수행한다면 Sigma 6 수준인 장비능력 2.0까지도 향상될 수 있음을 확인하였다.

본 연구의 Foam Sealing Machine 장비능력 평가 방법 제안을 통해 해당 장비에서 생산된 제품이 정해진 허용규격을 만족하는지 합격/불합격만을 판정하는 것이 아니라, 합격/불합격 모든 경우에 대하여 정밀도 요구 조건 범위의 목표값에서 벗어난 정도를 산출함으로써 장비 개발과 동시에 장비의 능력을 효과적으로 검증할 수 있는 표준화된 평가 방법으로 활용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) Shin, H. J. and Lee, J. J., 2000, *A Study on Development of Process Incapability Index Model Including Gage R&R*, The Korean Institute of Plant Engineering, 5, 35~48.
- (2) Ko, S. G., Hwang, J. M. and Kim, Y., S., 2001, *Practical Guideline of Process Capability Indices*, The Korean Society for Quality Management, 2:1, 23~33.

소형 발전기용 디젤엔진 오일펌프에 관한 수치해석

이중섭^{1*}, 이치우¹, 이태의²

Numerical Analysis on the Diesel Engine Oil Pump for a Small Electric Generator

C. S. Yi*, C. W. Lee, T. E. Lee

경남과학기술대학교¹, (주)터젠 기술연구소²

Key Words : Diesel engine, Oil pump, Electric generator, CFD

1. 서론

본 연구는 소형 디젤엔진으로 구동되는 발전기 부품에 대한 국산화 개발의 일환으로 중장거리 대형트럭 및 방위산업의 궤도차량에서는 쾌적한 실내 환경 제공을 위해서 사용되는 냉·난방 시스템 운용과 각종 첨단 전자시스템의 응용확대로 인해 부족한 전기적 출력문제와 비상발전을 위한 전력공급 장치에 관한 연구이다. 특히 디젤엔진에서 엔진오일의 이송을 담당하는 오일펌프에 대한 국산화개발을 위해 선진 제품에 대한 역설계에 대한 설계분석을 위해 수치해석을 통해 펌프 성능을 확인하고자 한다.

2. 수치해석 방법

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 디젤엔진 내부에 설치된 오일펌프에 관하여 유동분석을 CFD를 통해 분석하고자 하였고, 오일펌프 입출구의 압력과 질량유량을 예측하고자 하였다. 유동해석을 위해 Fig. 2와 같이 오일펌프 내부 유동장부분만 모델링하여 수치해석을 진행하였다. 수치해석 방법으로는 작동유체를 엔진오일로 가정하고, Fig. 3의 (a)와 같이 입구와 출구는 대기압조건으로 설정하여 기어회전에 의한 유동이 발생할 수 있도록 설정하였다. 해석에 사용된 격자는 육면체 격자 약 92만개가 소요되었고, 기어의 회전수는 3,000rpm으로 고정하였다.

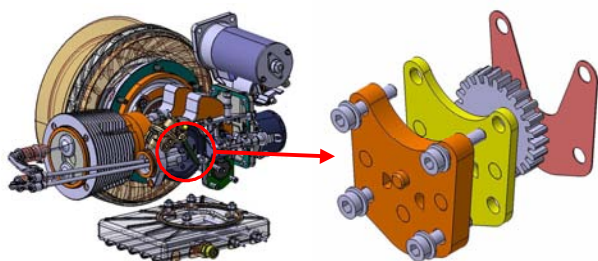


Fig. 1. Configurations of diesel engine and oil pump

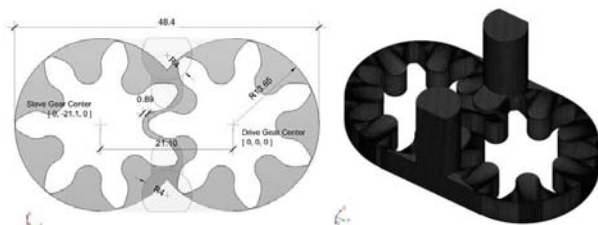
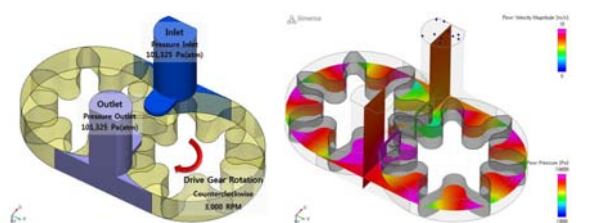


Fig. 2. Geometry and mesh of oil pump

3. 수치해석 결과 및 고찰

Fig. 3(b)는 수치해석 결과를 나타낸 것으로 압력과 속도분포를 보여주고 있다. 출구쪽에서 유동이 빠져나가면서 속도가 증가함을 확인할 수 있었고, 압력분포의 경우 입구에서 다소 높게 나타났다. Fig. 4는 오일펌프 입-출구에서 발생하는 압력과 유동을 비교한 것이다. 기어펌프 특성에 맞게 압력과 유동장의 형태가 사인파를 형성하는 것을 확인할 수 있었다.



(a) boundary conditions (b) result
Fig. 3. Boundary conditions and CFD result

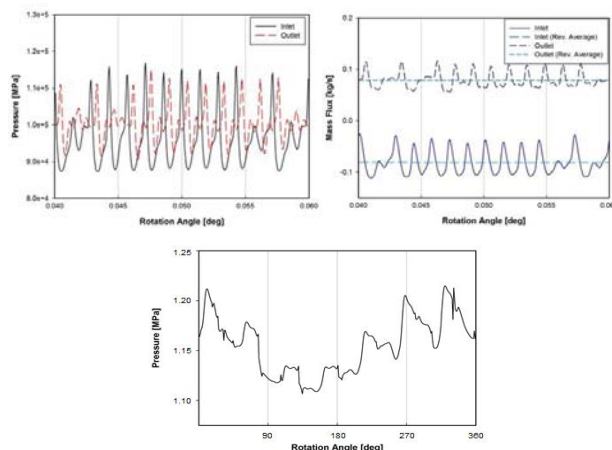


Fig. 4. Result of Cv according to valve opening ratio

Table 1 Comparison of inlet and outlet results

Pocket	Pressure[Pa]	Max.	137,746
Inlet	Mass Flux[kg/s]	Max.	0.11105
		Min.	0.02529
Outlet		Max.	0.11643
		Min.	0.07887

Table 1은 오일펌프의 입-출구에 대한 Mass Flux의 최대값과 최소값을 나타낸 것이다. 오일펌프 내부 Pocket의 경우 압력이 최대 1.3MPa이 발생하였고, Mass Flux는 입구에 비해 출구에서 유량이 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 2015년 중기청 산학협력기술개발사업(자율편성형과제)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) S. H. Kim, H. M. Son, J. C. Lee, 2013, *The effect of eccentricity between gear and housing in involute gear pump*, Journal of KSOME, Vol.37, No.6, pp.631-637
- (2) J. H. Lee, J. W. Park, T. G. Kim, S.W. Lee, 2010, *Two-dimensional numerical simulation of volumetric gear pump flow*, Journal of KSFM, Vo.13, No.5, pp.17-21

Encircling ECT & Immersion UT 검사용 Dead Zone Extension Tube 개발

송 일*, 안형근*, 오세현*

A Development of the Dead Zone Extension Tube for Encircling ECT & Immersion UT

IL Song*, H.K. Ann*, S.H. Oh*

(주)오름(Corresponding Author : ilsong@oreum.co)

Key Words : Encircling Eddy Current Test, Immersion Ultrasonic Test, Dead Zone, Tube

1. 서론

각종 발전소 열교환기 및 일반 산업계에서 사용되는 자성 및 비자성 Tube들은 제작완료 후, Tube의 재질 및 제작 방법별로 요구되는 Code와 제작사 요건에 따라 최종 품질확인 단계에서 Encircling ECT(이하 ECT) & Immersion UT(이하 UT) 검사를 수행하고 있다. 그러나 ECT & UT 검사방법의 원리적 한계에 따라 Tube 양 끝단에 검사가 불가능한 지역(Dead Zone)이 존재하며, 검사 후 해당 Dead Zone에 대한 절단 작업을 수행하여 설계최소 길이를 충족하도록 제작되고 있다.

이번 Extension Tube의 개발은 ECT & UT의 이론적 특성을 적용하여 절단되는 Dead Zone 길이를 최소화함으로써 원자재비용의 저감화 및 길이 불만족 Tube의 활용이 크게 증대되는 효과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

2. ECT & UT 검사에서의 Dead Zone

제작 완료된 Tube는 최종검사 단계인 Full Automatically System[Fig.1]으로 구성된 NDE 검사공정으로 이동하게 된다. Tube는 검사방법별로 ECT의 특성으로 양 끝단에서는 와전류가 급격히 줄리게 되는 현상(End Effect)으로 인해 검사가 불가능한 지역(Dead Zone)이 불가피하게 존재하게 되고, UT 또한 초음파영역으로 진입 또는 인출되면서 양 끝단에 Dead Zone이 형성된다. 이처럼 ECT & UT검사로 Tube의 품질이 검증되지 못하는 Tube 양 끝단의 Dead Zone은 추가적으로 절단작업을 수행해야 한다.

국내외 Tube 제작사에서의 이러한 절단 Dead Zone은 자성체(Carbon Steel 계열) Tube의 경우 제작사에서 양 끝단에서 각각 약 200mm를 절단하고 있으며, 비자성체(Ti, Stainless Steel Alloy, Cu-Ni Alloy 등)의 경우 약 50~80mm씩 End Cutting을 수행하고 있는 실정이다.



Fig. 1. Full Automatically System [ECT&UT]

3. Dead Zone 최소화 Extension Tube 개발

Dead Zone 길이 최소화 방법으로서 Tube와 동일재질의 Tube의 양 끝단을 연장시키는 탈부착이 가능한 금속재마개(Metal Plug)[Fig.2]를 개발/제작 하였다. 이 Plug는 또한 Full Automatically System UT 검사 시 Tube 내면으로의 Water유입 방지 역할을 동시에 수행 가능하도록 완전한 Sealing기능을 추가하였다.

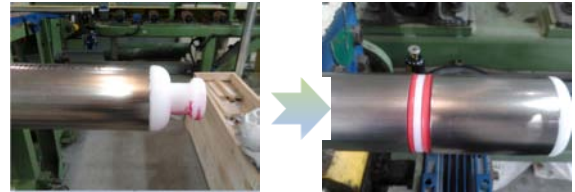


Fig. 2. Metal Plug

이 Metal Plug는 ECT의 End Effect를 Plug에서 적용되도록 하고, Tube to Plug에서의 신호 분해능(Resolution)을 장비별로 준비된 비교시편을 사용하여 검증 후, ECT & UT의 신호상으로 구분 가능한 최소의 Resolution 거리로서 Tube 자체에서 Dead Zone을 최소화하도록 한다. 이를 위해서는 NDE 검사 System의 Tube 끝단 인지 센서를 일반용에서 Metal 센서로 교체가 요구된다.

또한 각 장비별/Tube재질별 정확한 Dead Zone 길이 설정을 위하여 검증을 위한 비교시편[Fig.3]의 준비가 필요하다. 인공시편 Tube 끝단으로부터 일정거리 간격으로 인공결함(Hole & Notch Type)을 가공하되, Full Automatically System으로 구성된 ECT & UT 검사방법의 특성별 Dead Zone 상이점을 고려하여, 그 인공결함간 거리 설정을 5mm간격으로 조정하면서 검증을 수행하였다.



Fig. 3. Notch in Specimen Tube (each Length)

4. 결론 및 고찰

준비된 Notch 및 Hole 시편에 개발된 Extension Tube를 사용하여 Demonstration 한 결과, ECT & UT 장비의 최소 Resolution값(약 10~15mm)까지 Tube 자체에서의 Dead Zone을 감소시킬 수 있었으며, Tube 내 물의 유입방지 기능 또한 기존의 Plug에 비해 성능향상을 보였다.

개발된 Extension Tube를 Tube 제작 검사시에 적용한다면 많은 Tube에서 원자재의 절감효과는 물론이며, 미미한 최소 제작 길이 불만족 Tube, 끝단 가공 시 인적실수에 따른 불량, Tube Handling 과정에서의 끝단 손상, Tube의 기기 설치 시 환관불량 등 공정상 품질문제가 발생한 Tube에 대해서 재사용함으로써 비용감소를 통한 생산성향상 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

참고 문헌

- (1) American Society of Mechanical Engineers(ASME) Code Section V. Nondestructive Examination
- (2) Nondestructive Testing Handbook 3rd. Edition, Vol. 5. Electromagnetic Testing

비공기압 타이어 강성 해석

김희철*, 정희수, 김도현, 김종봉

Prediction of radial stiffness of non-pneumatic tires

H. C. Kim*, H. S. Jeong, D. H. Kim, J. B. Kim

서울과학기술대학교 기계자동차공학과

Key Words : Non-Pneumatic Tire, Finite Element Analysis, Tire Stiffness

1. 서론

타이어는 자동차가 주행하는데 있어서 지면과 유일하게 접촉하는 부분으로 차량에 가해지는 충격을 흡수한다. 기존에 사용되고 있는 공기압 타이어는 주행 시 펑크로 인한 위험이 존재하며 적절한 공기압을 유지할 필요가 있다. 이에 따라 스포크 설계를 통해 공기압을 대신하는 비 공기압 타이어 (Non-Pneumatic Tire, NPT)가 각광 받고 있으며 국내에서는 hexagonal honey comb 스포크 구조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 아이디어 제시를 통해 디자인 한 비 공기압 타이어의 형상에 따른 수직 강성을 비교하였다.

2. 해석 방법

범용 해석 프로그램인 ABAQUS를 이용하여 해석을 진행하였다. Fig. 1 은 아이디어로 제시된 비 공기압 타이어의 스포크 형상이다. 타이어 규격은 205/65R15이며 Fig. 2 와 같이 Tread, Hub, Spoke, Steel ring, Shear band로 구성되어 있다. Hub는 차체와 연결해주는 공기압 타이어의 rim의 역할을 하고 Steel ring과 Shear band는 공기압 타이어의 Belt와 Carcass의 역할을 한다.

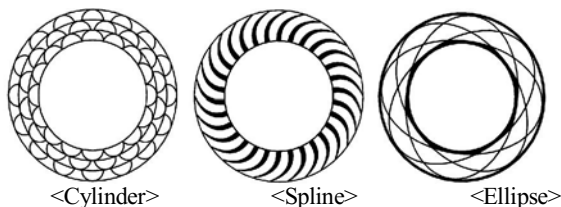


Fig. 1 Three spoke model of non-pneumatic tire

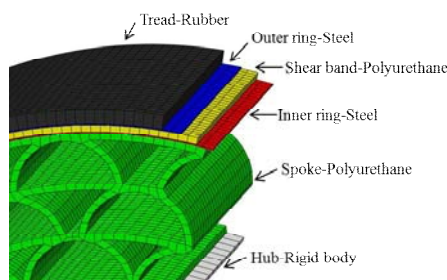


Fig. 2 Composition of non-pneumatic tire

Hub, Ground는 강체로 모델링 되었으며 Spoke, Tread, Shear band는 solid type의 요소로 내·외부 ring은 shell type의 요소로 모델링 되었다. Table 1은 각 재료의 물성치이다.

Table 1 Mechanical properties for each part^[1]

Part	Material	Young's Modulus	Poisson's Ratio
Tread	rubber	Hyperelastic model	
Ring	ANSI 4340	210GPa	0.28
Spoke	polyurethane	Hyperelastic model	
Shear band	polyurethane	Hyperelastic model	

고무와 폴리우레탄의 물성치는 Hyperelastic모델 중 식(1)에 기술된 Odgen 에너지 함수를 사용하였고 해석에 사용된 함수의 계수는 Table 2와 같다.

$$W(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3) \quad (1)$$

Table 2 Coefficients of the Odgen hyperelastic strain energy function

i	rubber		polyurethane	
	μ_i	α_i	μ_i	α_i
1	13.356	1.633	13.546	1.513
2	-6.631	1.9	-2.338	2.212
3	0.058	-2.4556	0.093	-2.471

3. 해석 결과

Fig. 3은 형상에 따른 각 모델의 수직 변위-힘 그래프이다. 힘에 따른 수직 변위를 보면 Ellipse형이 가장 크기 때문에 이 모델의 경우 변형이 심하여 승차감이 좋지 않다. 그리고 Spline, Cylinder형은 수직 변위가 작게 나왔으며 Table 3을 보면 Cylinder형의 경우 Spline형보다 무게가 가벼움을 알 수 있다. 따라서 향후 공기압 타이어 해석을 통해 수직 강성, 정적 부하 및 회전 시 접지압 등을 비교 할 예정이다.

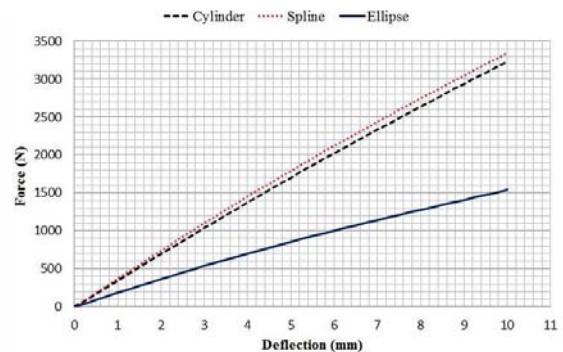


Fig. 3 Predicted displacement-force curve

Table 3 Volume and mass of each model^[1]

	Cylinder	Spline	Ellipse
Volume (m ³)	0.011	0.014	0.013
Mass (kg)	11.8	15.5	13.8

후기

이 연구는 평화산업의 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Kim, K. W, Kim, D. M, 2011, *Contact Pressure of Non-Pneumatic Tires with Auxetic spokes*, KSAS, 39, 719-724.

3,000PSI급 CNG 충전소 제어시스템용 자동차단밸브에 관한 수치해석

안희학^{1*}, 김흥태¹, 이종섭²

Numerical Analysis on the Automatic Shut-off Valve for 3,000PSI on CNG Station Control System

H. H. Ahn*, H. T. Kim, C. S. Yi

디케이락(주) 기술연구소¹, 경남과학기술대학교²

Key Words : CNG station, Shut-off valve, CFD

1. 서론

유럽이나 북미시장은 승용차 외 레미콘차량, 화물차, 덤프트럭, 트레일러, 대형버스, 택차 등 다양한 차량이 CNG 및 LNG연료 사용으로 전환되고 있다. 현재 NGV 버스 및 승용차 구조변경이 전국적으로 확산되고 있는 추세이며, 이로인한 천연가스 관련 충전 인프라 구축에 대한 요구가 증가되고 있어 이와 관련된 요소부품에 대한 국산화개발이 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 3,000psi급 CNG 충전소 제어시스템에 적용되는 자동차단밸브 국산화 개발을 위해 선행연구로 수치해석을 통해 유동특성을 파악하고자 한다.

2. 수치해석 방법

본 연구에서는 Fig.1과 같은 고압밸브에 대한 유동분석을 CFD를 통해 유동형상을 분석하고자 하였고, 유량계수 Cv값을 예측하여 설계에 반영하기 위해 Fig.2와 같이 밸브개도율에 따라 수치해석을 수행하였다. 수치해석 방법으로는 작동유체를 물로 가정하고 입구와 출구에 압력조건을 부여하였다. 형상의 경우 좌우대칭이므로 Symmetry조건을 설정하였다. 수치해석 방법으로는 비압축성 유체로 정상상태 조건에서 수행하였고, 난류모델은 Realizable k-ε 모델을 적용하였다.

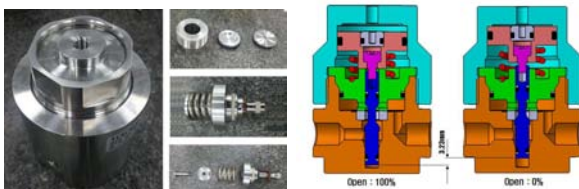


Fig. 1. Configurations of shut-off valve and parts

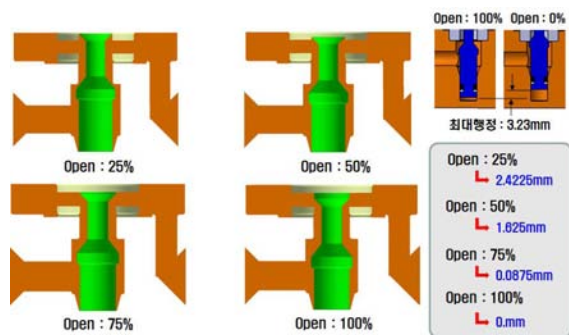


Fig. 2. Numerical analysis parameters

3. 수치해석 결과 및 고찰

밸브에 대한 유동해석을 수행한 결과 Fig.3과 Fig.4와 같이 압력분포와 속도분포를 확인할 수 있었다. 밸브가 25% 개방될 경우 입구부 체적이 작기 때문에 압력이 상승하지만 스템을 타고 지나가면서 출구 부분의 유로가 100% 개방일 때 비해 크기 때문에 압력이 오히려 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 속도분포의 경우, 출구부에서는 100%일 경우 압력차에 의해 유속이 빨라짐을 확인할 수 있었다.

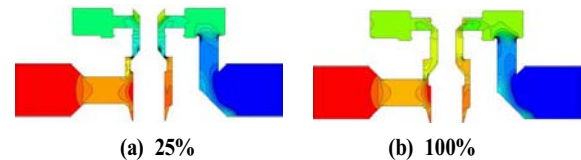


Fig. 3. Distributions of static pressure contour

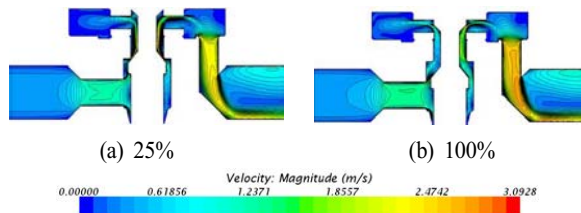


Fig. 4. Distributions of velocity contour

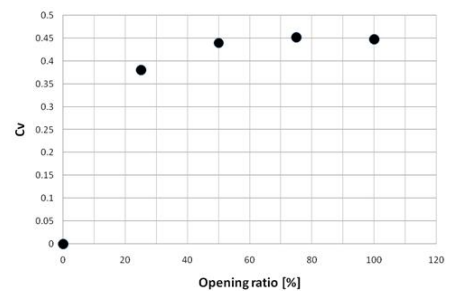


Fig. 5. Result of Cv according to valve opening ratio

유동해석을 통해 확인된 결과로부터 Fig.5와 같이 밸브유량계수인 Cv값을 구할 수 있었다. 밸브가 작동되어 열리면서 Cv값이 증가함을 확인할 수 있었고, 50% 개방 이후로는 Cv값의 변화가 미미하였다.

후 기

본 연구는 2014년 산업통상자원부에서 지원하는 소재부품기술개발(투자자연계형)사업의 연구수행 결과입니다.(과제번호 : 10049636)

참 고 문 헌

- (1) C.S.Yi, D.H.Kim, C.S.Jeong, H.H.Ahn, S.M.Jang, 2014, Numerical analysis on flow characteristics in the ball valve for instrument system, KSMTE Annual spring conference, 280
- (2) Y.J.Ahn, B.J.Kim and B.R.Shin, 2007, Numerical analysis on flow characteristics of high pressure drop control valve with anti-cavitation trim, Journal of fluid machinery, Vol.10, No.4, 61-70
- (3) K.C.Kim, C.W.Lee, 2013, Performance evaluation of high pressure and high pressure drop control valve of offshore plants, Journal of KSMTE, Vol.22 No.5, 2013.10, 767-773

두 가지 형태를 가지는 LED 가로등 광학계 연구

박도연^{1*}, 남유진¹, 유경선¹, 노명재¹, 현동훈¹, 박순황², 박용준²

The study on LED street light with two types of optics

D.Y. Park^{*}, Y.J. Nam, K.S. Yoo, M.J. Noh, D.H. Hyun, S.H. Park, Y.J. Park

한국산업기술대학교 나노-광공학과¹, (주)진우정공²

Key Words : Street Light, LED, Optical, Lens

1. 서론

LED가로등은 도로 이용자에게 편안하고 쾌적한 주행여건을 제공하여 심리적 안정감과 안전을 확보하기 위해 설치되는 시설이다.⁽¹⁾ 가로등은 용도, 조명목적, 장소에 따라서 적절한 배광을 가지는 렌즈를 사용하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 하나의 렌즈를 두 개의 Part로 나누어 설계하였고, 149°의 배광각도를 구현할 수 있는 LED가로등 광학계를 설계하였다. 또한 실제 시뮬레이션을 통해 배광각을 확인하였다.

2. 광학계 설계

본 광학계는 하나의 렌즈를 두 개의 Part로 나누었다. 광학계의 Part1부분은 광을 좌우로 균일하게 분배하도록 하는 광학계를 설계하였고, Part2는 광을 앞으로 집중시키는 광학계를 설계하였다. 하나의 렌즈를 두 개의 Part로 나누는 이유는 각 렌즈마다 빛을 조사하는 구역을 분할시켜 더 정밀하고 광 손실이 적은 광학계를 설계하고자 함이다. 본 개발 광학계의 재질은 PMMA소재로 구성되어 있다.

광학 설계는 총 세 번의 단계를 거쳐 진행하였다. 첫 번째는 Part1과 Part2의 렌즈 외부면, 내부면의 형상 변수를 수정하였다. 두 번째는 Part1과 Part2의 렌즈 형태와 크기를 결정하였다. 세 번째는 Part 별 적절한 LED Chip의 개수를 설정해 주었다. 광학계 설계의 목표는 Intensity Chart에서 보았을 때 Part1 렌즈는 배광을 좌우로 약 70°정도로 분배하도록 설계하고, Part2 렌즈는 배광을 앞쪽으로 약 30~40°정도로 집중되게 설계하는 것이다. Fig. 1의 (a), (b)는 Part1, Part2를 개별 설계한 그림이고, (c)는 Part1과 Part2를 합한 전체 렌즈를 설계한 그림이다.

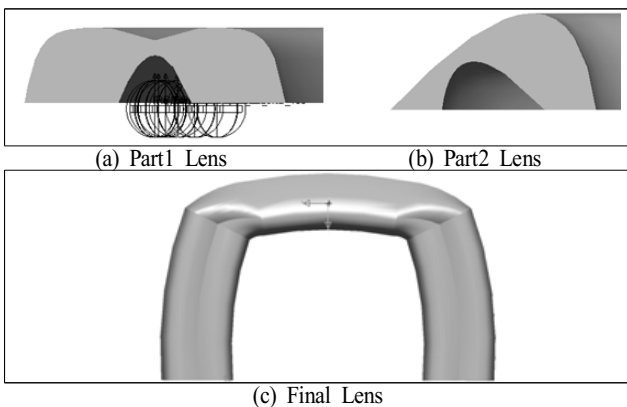


Fig. 1 Lens modeling

3. 실험 결과

설계된 렌즈의 조명성능을 분석하기 위하여 조명 해석 프로그램인 LightTools를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

Fig. 2는 완성된 광학계의 배광각도와 광도를 비교할 수 있는 광도차트이다. 광도차트에서 좌우 70°로 균일하게 분배되는 광은 Part1에 의한 배광곡선이고, 30°로 집중되어 나가는 광은 Part2에 의한 배광곡선이며, 두 개의 배광곡선이 합쳐져 하나의 배광곡선을 가지는 것을 볼 수 있다.

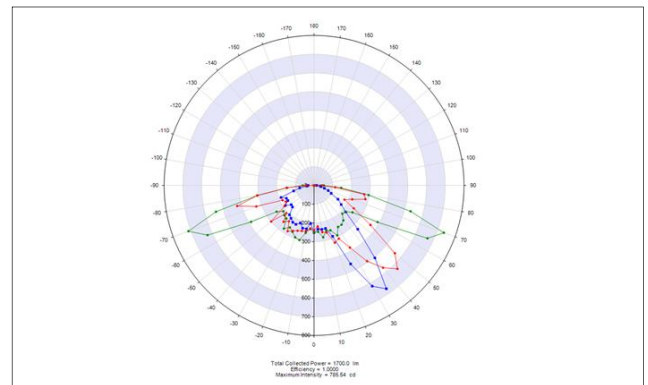


Fig. 2 Intensity chart of lens

4. 결론

일반적으로 조명의 배광각도는 최고 광도 값에서 50%가 되는 각도를 반치각으로 표시하는데,⁽²⁾ 본 광학계는 149°로 가로등에 적합한 배광을 만족하는 것으로 볼 수 있다. 또한 본 논문의 목표였던 70°배광 Part1 렌즈와 30~40°배광을 가지는 Part2 렌즈를 만족하는 일체형 렌즈를 설계하였다.

참고문헌

- (1) J.H. Lim, S.J. Lee, I.G. Kim, E.G. Jung, S.H. Jung, H. Kim, 2013, *Light Trespass Calculation according to Intensity Distribution of Street Lighting Luminaires*, KIIEE Fall Conference, 17~18.
- (2) K.S. Yoo, T.W. Yoon, J.Y. Kim, D.H. Hyun, 2013, *The Study on the Asymmetric Optics of LED Lighting for High-bay*, KSMTE Spring Conference, 228~228.

300W 고출력 LED 조명 히트싱크에 대한 연구

임지은^{1*}, 문덕영¹, 윤철용¹, 현동훈¹, 조민진², 김백현², 김상욱²

A study of the 300W high-power LED lighting heat sink

J.E. Lim*, D.Y. Moon, C.Y. Yoon, D.H. Hyun, M.J. Cho, B.H. Kim, S.O. Kim

한국산업기술대학교 나노-광공학과¹, (주)유양디앤유²

Key Words : LED, High Power, Radiation, Weight lightening, Miniaturization

1. 서론

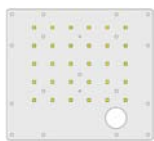
LED 조명은 전통조명에 비해 우수한 효율로 차세대 조명으로 주목받고 있다. 하지만, LED 특성상 소비되는 전력의 약 80%가 열로 변환되어 LED의 내부온도가 올라가게 되는데 이 온도를 낮추지 못할 경우 LED의 수명 단축과 효율 감소를 초래한다. 때문에 LED 조명에서 기구의 방열 성능은 중요한 부분을 차지한다. 특히, 고출력 LED 조명일 경우 출력이 큰 만큼 발열량이 많아 방열에 필요한 히트싱크의 크기가 커지기 때문에, 원재료를 많이 사용하여 조명의 단가가 높아진다는 단점이 생긴다.

본 논문에서는 300W급 고출력 LED 투광등의 소형화와 경량화를 위해 히트파이프를 이용해 방열 설계를 하였고, 열 유동해석을 통해 방열 성능을 분석하여 해석 결과와 방열실험 결과를 비교하였다.

2. 방열 설계 및 열 유동해석

히트싱크의 설계 및 열 유동해석은 Solid works로 진행하였다.

먼저, 30개의 LED chip을 사용한 150W PCB를 설계하였다. 크기는 Fig 1의 (a)와 같이 가로×세로×두께가 각각 172mm×155mm×1.8mm이다. 사용된 LED는 CREE사의 XM-L2제품으로 약 83°C 이상부터 조명효율이 감소한다. 실제 사용 시 다른 기구물이나 사용 환경에 의한 온도 증가를 고려하여 조명을 구동하여 열 평형상태에 도달하였을 때, LED의 온도가 70°C 이하를 유지할 수 있도록 히트싱크를 Fig 1의 (b)와 같이 설계하였다. 히트싱크는 가로×세로×두께가 각각 222mm×365mm×6mm인 베이스 위에 핀과 히트파이프를 결합한 구조이다. 핀의 두께는 0.4mm이고, 4.6mm 간격으로 배치하였다. 히트파이프의 지름은 8mm로 머리 부분은 납작하게 가공하여 베이스와 닿는 면적을 넓혀 베이스로부터 핀까지의 열전달이 유리하도록 설계하였다. Table 1은 본 연구 조명에 사용된 재료의 물성치를 나타내었다.



(a) 150W LED Metal PCB



(b) Heatsink

Fig. 1. 3D modeling

Table 1 Material property

Material	Density (kg/m ³)	Thermal conductivity (W/m·K)
Al6061-O	2,700	180
M.PCB Aluminum	2680	138
Copper	8,940	401
PMMA	1,190	1.93
Silicon carbide	3,200	450

설계된 히트싱크의 성능을 확인하기 위해 열 유동해석을 진행하였다. 일반적으로, 히트파이프는 초전도체로 열 저항이 0~0.008K/W이다. 진행한 열 유동해석에서는 악조건을 고려하여 히트파이프의 열 저항을 0.008K/W로 설정하였다. SMPS에서 소모되는 전력과 빛으로

소모되는 전력이 인가된 전력의 20%를 차지한다고 가정하여 LED소자 하나에서 4W의 전력이 열로 전환된다고 설정하였다. 열 유동해석의 경계조건에서 환경온도는 20°C로 설정하였으며, 외부의 공기유동은 사용환경의 유동과 같이 난류유동으로 설정하였고 복사 열전달은 무시하였다. 접촉저항은 LED와 히트싱크 사이의 Thermal Grease에만 4W/m·K를 적용하였고 다른 부품들의 접촉저항은 무시한 채 진행하였다. 열 유동해석 결과는 Fig 2와 같이 LED의 온도가 65.84°C에서 열평형상태가 되었다. 열 유동해석의 신뢰도 확보를 위해 방열 실험을 진행하여 열 유동 해석의 결과와 실험 결과를 Table 2와 같이 비교하였다. Fig 3에서는 측정 지점을 표시하였다.

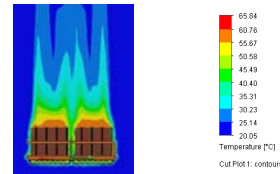


Fig. 2. Flow simulation result

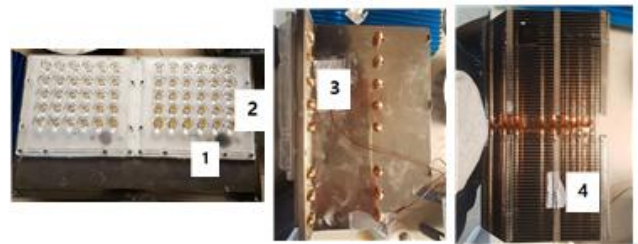


Fig. 3. Measurement point

Table 2 Comparison of temperature

Point	Simulation (°C)	Test (°C)	Error (°C)
1 (Tc)	58.50	61.5	3.0
2 (Base)	60.61	61.9	1.4
3 (Fin1)	59.46	61.6	2.1
4 (Fin2)	56.83	60.5	3.7

3. 결론

300W급 고출력 조명의 히트싱크를 설계하고 열 유동해석 결과와 시제품을 구동하여 얻은 실험값을 비교해 보았다. 오차는 1.4°C ~ 3.7°C로 비교로 두 값 간의 오차가 적은 것을 확인하였고 열 유동해석의 신뢰성을 얻을 수 있었다. 그 결과 설계된 히트싱크는 300W의 고출력 LED 조명에 사용될 수 있다고 판단된다.

참고문헌

- (1) T.S. Jung, H.K. Kang, 2012, *Evaluation on the Cooling Performance to Design Heat sinks for LED lightings*, KSPE, Vol.29, No.7, 778~784.
- (2) K.S. Yoo, T.W. Yoon, J.H. Kim, D.Y. Moon, J.H. Lee, D.H. Hyun, 2014, *A Study on the Optimization of the Heatsink of 160W COB LED High-bay Light*, KSMTE Spring Conference, 325~325.

LED패키지 비율 변화에 따른 배광 변화 연구

정치훈^{1*}, 이수영¹, 이창수¹, 김장윤¹, 현동훈¹, 김은일², 전광진²

Changes of intensity distribution according to LED PKG ratio change

C. H. Jeong*, S. Y. Lee, C. S. Lee, J. Y. Kim, D. H. Hyun, E. I. Kim, G. J. Jeon

한국산업기술대학교¹, (주)유토로닉스²

Key Words : LED PKG, Intensity distribution, Illuminance, Distance comparison

1. 서론

최근 LED칩의 발광효율 향상과 패키지 성능 향상으로 기존의 다른 광원을 대체하는 실내·외 LED제품이 상용화 되고 있다. 또한 이런 LED조명 제품은 사회적으로 친환경, 에너지 절약 등 국가 정책에 힘입어 빠른 속도로 확산되고 있다.⁽¹⁾ LED광학계 특성은 LED조명의 성능을 좌우하는 중요한 요소이고, LED패키지 배열을 통해 다양한 배광구조를 가질 수 있다. 본 논문에서는 광학 시뮬레이션을 통해 LED 패키지 수량변화에 따른 배광의 변화를 분석하고 Highbay조명에 적합한 사각배광을 찾는 것을 목적으로 한다.

2. 기준 LED패키지 배열 선정

LED패키지가 굴곡진 부분과 일직선인 부분을 각각 Fig. 1 (a)의 ①, ②, ③영역으로 정의하고, 각 축마다 LED패키지 개수를 4개씩 배열하여 LED패키지 수량비율이 ①, ②, ③영역을 기준으로 1:1:1이 되게 설정하였다. Fig. 1 (b)는 광원을 기준으로 15m높이에서 조명을 비췄을 때, 60×60m 크기의 조사면에서 조도분포와 그때의 0°, 45°, 90° 거리를 나타낸 자료이고, Fig. (c)는 본 논문의 실험에 사용된 렌즈를 나타낸 자료이다. 본 논문에서는 ①, ②, ③영역의 LED패키지 수량비율을 변화시키고, 조도분포 0°, 45°, 90°의 거리비교를 통해 배광분포 변화를 조사하였다.

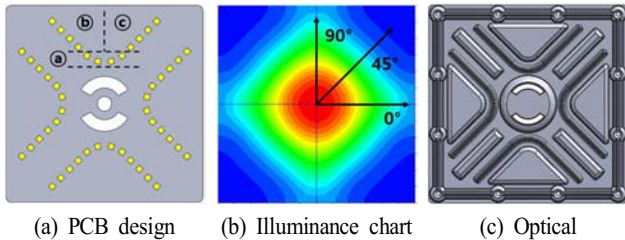


Fig. 1 LED package array

3. 실험 결과

Fig. 1 (a)의 ①영역에만 LED패키지를 배열했을 때, 광원을 기준으로 15m 높이에서 조사면의 최고조도 값은 8.74lux이고, 최고조도 50%값은 4.37lux이다. Fig. 2 (a)는 최고조도 50% 이상의 값만을 표시한 그림이고, 이때 0°, 45°, 90°의 길이는 15.9m이며, 길이의 비는 1:1:1을 나타낸다. Fig. 2 (b)는 ①영역에 2개의 LED패키지를 배열하고, ②, ③영역에 각 4개의 LED패키지를 배열하여 1:2:2의 비율로 LED패키지를 배열하였다. 이때 최고조도 값은 8.58lux이고, 최고조도 50%값은 4.29lux이다. 0°와 90°의 길이는 17.1m, 45°는 15.6m이고, 길이의 비율은 1:0.9:1이다. Fig. 2 (c)는 ①영역에 4개의 LED패키지를 배열하고, ②, ③영역에 각 2개의 LED패키지를 배열하여 2:1:1의 비율로 LED패키지를 배열하였다. 이때 최고조도 값은 8.52lux이고, 최고조도 50%값은 4.26lux이다. 0°와 90°의 길이는 17.7m, 45°는 14.8m이고, 길이의 비는 1:0.83:1이다. Fig. 2 (d)에서 LED패키지 배열은 ①영역을 제외한 ②, ③에만 LED패키지를 배열하였고, 이때 최고조도 값은 8.2lux이며, 최고조도 50%값은 4.1lux이다.

0°와 90°의 길이는 20.1m, 45°는 14.8m이고, 길이의 비는 $1:\frac{1}{\sqrt{2}}:1$ 이다.

Table 1은 LED패키지 비율에 따른 길이 변화와 비율 변화를 표로 나타낸 것이다. 실험 결과인 Table 1과 Fig.2를 보면 LED패키지가 ①영역에 많이 위치할수록 길이 비가 1:1:1에 가까워지고, 조도분포는 원형을 띠는 반면 LED패키지가 ②, ③영역에 많이 위치할수록 길이 비가 $1:\frac{1}{\sqrt{2}}:1$ 에 가까워지고, 조도분포는 사각형을 띤다.

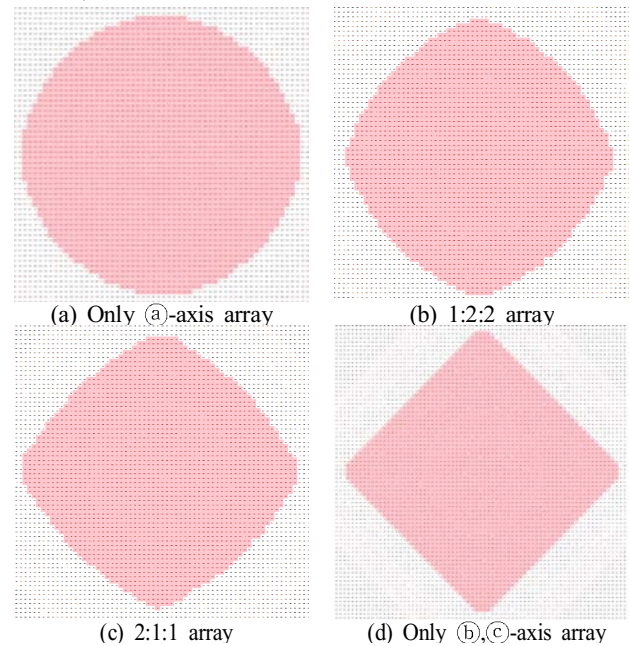


Fig. 2 Max illuminance 50% chart

Table 1 The ratio of the length with LED PKG array

	0°	45°	90°	Length ratio
Only-①	15.9 m	15.9 m	15.9 m	1:1:1
2:1:1	17.1 m	15.6 m	17.1 m	1:0.9:1
1:1:1	17.7 m	15.8 m	17.7 m	1:0.8:1
1:2:2	17.7 m	14.8 m	17.7 m	1:0.83:1
Only-②③	20.1 m	14.8 m	20.1 m	$1:\frac{1}{\sqrt{2}}:1$

4. 결론

본 연구를 통해 연구 목적인 LED패키지 수량비율에 따른 다양한 배광변화를 확인했고, LED패키지가 ②, ③영역에 많이 위치할수록 Highbay조명에 적합한 사각배광을 띠는 것을 확인했다.

참고 문헌

- (1) S.M. Lee, I.S. Her, M.S. Kim, G.S. Choi, J.C. Lee, 2010, *High Cellings and High-efficiency LED Reflector Optical Design*, KIIEE Fall Conference 2010, 113~114.

전자빔 검사 장비의 기능 설계

임선종*

Function design of inspection instrument using miniaturized electron columns

S. J. Lim*

한국기계연구원 광응용기계실

Key Words : Miniaturized electron columns, Inspection instrument, Function design

1. 서론

초소형 전자 컬럼을 이용한 전자빔 검사 장비의 기능은 컬럼 제어기, 장비 제어기, 전자 컬럼 및 주제어기 등으로 구성된다. 컬럼 제어기는 단일 컬럼의 전자빔 방출원, 렌즈 및 스캔 전압원 제어, 영상 획득의 기능을 수행한다. 획득된 영상은 주제어기에 전송된다. 주제어기는 컬럼 제어기의 제어, 검사 기능, 이송 기구부 제어 및 검사 기능 등을 수행한다. 검사 장비의 설계는 필요한 기능의 정의, 기능들의 관계 설정 및 구현 등으로 진행된다.

본 논문은 초소형 전자 컬럼을 이용한 검사 장비 설계에서 필요한 기능의 정의와 설계를 보이고 있다.

2. 검사 장비의 기능 설계

검사 장비의 기능은 배열된 전자 컬럼(2x2)이 있는 챔버의 진공도 검사, 검사 시편의 이동, 통신 기능, 스테이지의 초기 위치에서 컬럼까지 거리에 대한 학습, 컬럼의 미세 조종, 컬럼의 초기 영상 조건 획득 및 검사 기능 등이 있다.

챔버 진공도 점검은 동작의 시작과 함께 진행된다. 설정된 주기에 따라 점검되며 진공도가 올라가는 경우 컬럼의 손상을 방지하기 위해 모든 기능이 초기 상태로 정지된다. 진공도 점검은 EGPS(Electron gun power supply)에서 실행되며 주제어기에 상태가 전송된다. Fig. 1은 설계된 진공도 검사 기능을 보이고 있다. 컬럼 제어기와 EGPS 및 DS(Deflector system)는 설계된 프로토콜에 의해 제어 및 상태 변수가 송·수신된다. Fig. 2는 통신 기능을 보이고 있다.

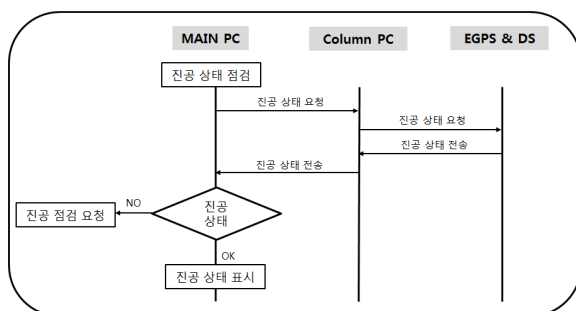


Fig. 1 Initialization function

EGPS의 동작 상태를 점검하기 위해 방출원 및 렌즈 전압을 감시한다. 방출원 전압은 전압 대비 시편의 프르브 전류를 측정된 값과 비교하여 확인한다. 렌즈 전압 또한 소스 및 Einzel 렌즈의 각각에 대해 전압 대비 프르브 전류를 측정된 값과 비교하여 확인한다. 미세 조종 기능은 적합한 영상이 얻어진 방출원 및 렌즈 전압을 컬럼의 고유값으로 활용한다. 고유값은 초기 동작을 위해 먼저 활용되는 값이다. 영상은 컬럼 영상과 스테이지 연동 영상으로 구분된다. 스테이지 영상은 스테이지 이동 방향과 수직되도록 빔을 이동하여 영상을 획득한다. 이동 거리는 컬럼의 F.V(Field of View) 만큼 이동하게 된다. 검사 기능은 컬럼 영상과 스캔 영상에 대해 실행되며 주제어기에서 실행된다. Fig.

3은 검사 기능을 보이고 있다.

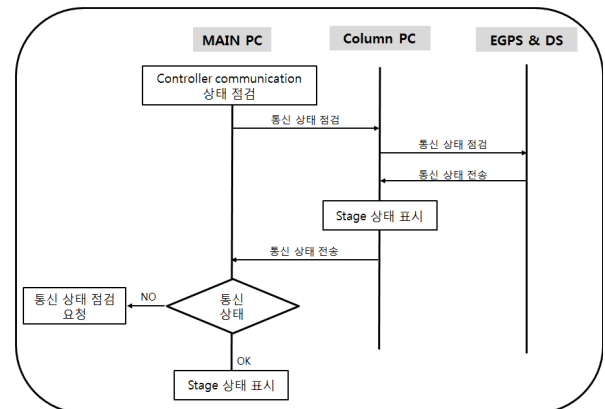


Fig. 2 Controller communication check

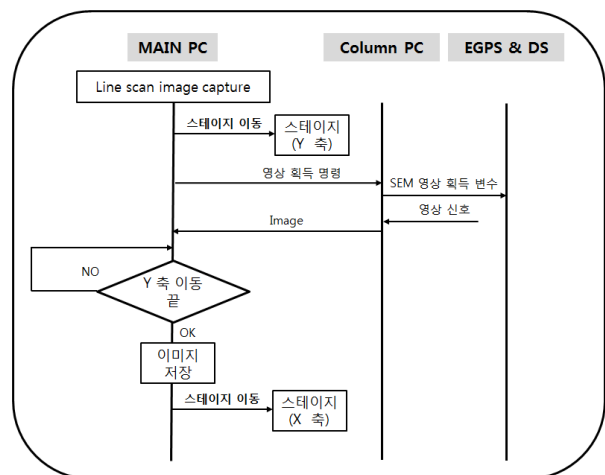


Fig. 3 Inspection for line scan image

3. 결론

본 논문은 설계된 전자빔 검사 장비에서 필요한 기능의 정의와 설계를 보이고 있다. 기능은 주제어기와 컬럼 제어기에서 실행된다. 구체적인 기능은 설계 목적에 따라 동작됨을 확인하였다. 영상 획득에서는 프르브 전류 방식, 빔 방출 및 컬럼 기능에 대한 개선이 진행되고 있다.

참고 문헌

- (1) S. J. Lim., H. S. Kim., 2013, Design of Electron beam controller for multi column, 23th KCS.

기체분사를 이용한 전해방전가공의 속도향상

채기운¹, 한민섭², 민병권^{1*}

Air-blow-assisted high speed electrochemical discharge machining

K. W. Chae, M.-S. Han, B.-K. Min*

연세대학교 기계공학과¹, 한국산업기술대학교 산업디자인공학과²

Key Words : ECDM, Non traditional machining, Glass machining

1. 서론

전해방전가공은 전해반응 중 형성되는 기체 절연막의 절연파괴 시 발생하는 전해방전의 열에너지를 이용하여 재료를 제거하는 특수가공 방법이다. 일반적인 절삭가공과는 달리 전해방전가공은 기계적인 접촉 없이 전해액과 절연막 사이에서 발생하는 전해방전의 열에너지를 이용하여 재료를 제거하는 가공특성으로 인해 공구의 마모가 거의 없으며, 비금속, 취성 재료에 대한 가공에 용이하다. 그러나 기존의 전해방전가공은 방전가공에 비해 가공속도가 낮은 단점이 있다.

Han et al. 은 전해방전을 이용한 미세채널 가공에서 가공깊이 향상을 위해 전극표면 거칠기를 증가시켜 전기장 집중효과를 향상시켰다[1]. 이를 이용하여 전극 끝단 및 측면에서 활발한 방전 발생을 유도하여 가공깊이를 향상시킬 수 있었다. Kwon et al.은 전해방전을 응용한 다이아몬드 와이어커팅 공정을 제안하고 유리 절단가공에 적용하였다[2]. 제안한 공정은 기존 다이아몬드 커팅과 전해방전가공에 비해 가공속도와 표면 거칠기가 개선되는 것을 실험적으로 확인하였다.

본 연구에서는 전해방전가공의 가공속도를 향상시키기 위한 방법을 제안한다. 가공속도 향상을 위해 노즐을 이용하여 가공부에 기체를 분사해주어 반응면적을 줄여 임계전압은 낮추고 방전주기는 높이는 방법을 제안하고, 실험적으로 그 성능을 검증하였다.

2. 실험장치 구성 및 실험내용

실험장치는 음 전극(공구)과 양 전극, 가공물, 전해액, 수조, XYZ축 스테이지, 제어기, 기체분사를 위한 노즐로 구성된다. 전해액으로 20 wt%의 NaOH를 사용하였으며, 공구전극은 황동을 사용하였다. 또한, 에어레귤레이터를 사용하여 기체분사 압력을 일정하게 유지하며 가공 실험을 진행하였다.

Fig. 1은 기존의 전해방전가공과 본 연구에서 제안하는 전해방전가공 방법의 차이를 개략도로 보여주고 있다. 전해방전가공에서 전해액과 전극의 반응면적이 작을수록 낮은 전압에서 전해방전이 일어날 수 있다. 그러나 전해액이 갖는 표면장력 때문에 전해액의 수위조절만으로는 전해액과 가공물 사이의 두께를 일정수준 이하로 얇게 만드는 것이 불가능하다. 이때 가공부에 노즐을 이용하여 기체를 분사해 줄 경우 전해액과 가공물 사이의 전해액 두께를 얇게 만드는 것이 가능해진다. 이와 같이 전해액이 얇아질 경우, 공구전극과 전해액의 반응면적이 줄어들게 되어 전해반응에 의해 형성되는 절연막의 부피 역시 감소하게 된다. 이로 인해 전해방전이 일어나기 위한 임계전압은 낮아지고

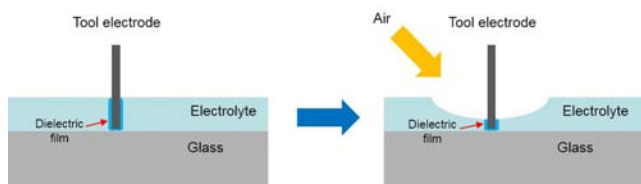


Fig. 1 Schematic of experimental setup

Table 1 Comparison of experimental results

	Material removal rate	Discharge frequency	Critical voltage
Conventional ECDM	0.24 mm ³ /hr	0.4~0.6 kHz	31 V
Air-blow-assisted ECDM	3.6 mm ³ /hr	4.0 kHz	28 V

전해방전 사이클 타임은 감소하게 된다. 결과적으로, 방전주기의 상승으로 인해 전해방전에 의한 가공속도가 향상되었다.

3. 실험 결과 및 고찰

가공속도 향상을 확인하기 위해 일반적인 전해방전가공과 비교가공 실험을 진행하였다. 미세채널 가공실험을 진행하며 측정된 전류 프로파일을 통해 전해방전주기를 확인하고, 가공결과물을 통해 시간당 재료제거량을 측정하였다. Table 1은 두 실험의 결과를 보여주고 있다. 가공 폭과 깊이, 가공 시간을 통해 재료제거량을 계산한 결과 일반적인 전해방전가공에 비해 약 15 배 향상되었음을 확인할 수 있었다. 또한, 오실로스코프로 측정된 전류 프로파일을 통해 일반적인 전해방전가공 시 0.4~0.6 kHz 였던 방전주기가 약 4 kHz 까지 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 방전주기가 약 10 배 향상됨과 동시에 가공부에만 전해방전이 집중되어 재료제거량이 향상될 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 전해방전가공의 가공속도를 향상시키기 위한 방법으로 기체분사를 이용한 방법을 제안하였다. 가공실험 결과 방전주기가 약 4 kHz까지 향상되었으며, 단위시간당 재료제거량이 약 15 배 향상됨을 실험적으로 확인하였다.

후기

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037668).

참고문헌

- (1) Han, M.-S, Min, B.-K., Lee, S. J., 2011, *Micro-electrochemical discharge cutting of glass using a surface-textured tool*, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 4, pp. 362~369.
- (2) Kwon, S. B, Chae, K. W, Nam, E, Min, B.-K., 2014, *Abrasive wire electrochemical discharge machining of glass*, KSPE 2014 Autumn Conference, pp. 204.

Al6061-T6의 마이크로밀링가공에서 AE신호를 이용한 미세버 특성 파악

김현중¹, 구준영², 황문창¹, 김영준¹, 김정석^{2*}

Analysis on Micro-Burr Characteristic by AE Signal in Micro-scale Milling Process

H. J. Kim, J. Y. Koo, M. C. Hwang, Y. J. Kim, J. S. Kim*

부산대학교 기계공학부¹, 부산대학교 기계공학부 ERC/NSDM²

Key Words : Micro endmilling, Acoustic emission, Micro-burr

1. 서론

최근 전자, 의료, 광학, 자동차, 디스플레이 그리고 연료전지 산업과 같은 첨단산업의 성장과 함께 마이크로 부품에 대한 수요가 증가하고 있다. 마이크로 밀링시 생성되는 버(Burr)로 인해 가공공정에 문제가 생기고, 정밀도관리에 애로점이 있다. 이에 본 논문에서는 마이크로 밀링시 버 생성에 대하여 AE(acoustic emission)신호를 획득하였으며, 버가 생성될 때의 AE신호를 획득하여 그 특성을 파악하고자 한다.

2. 마이크로 엔드밀링 실험

마이크로 밀링 실험에서 사용된 소재는 Al6061-T6(20x20x10mm)를 사용하였으며, 직경 200 μ m의 마이크로 엔드밀을 사용하였다. 최대 회전수 80,000rpm급 에어터빈 스피들을 머시닝 센터에 장착하여 마이크로 엔드밀링 실험을 수행하였다. 절삭조건은 Table.1과 같이 주축 회전속도(Spindle Speed) 60,000, 65,000, 70,000rpm과 날당 이송량(Feed per tooth) 0.5, 1.5, 2.5 μ m로 선정하였으며, 절삭깊이(Depth of Cut)는 50 μ m로 선정하였다. 그리고 절삭조건에 대한 현상파악을 위해 주파수 범위가 넓고, S/N가 높은 AE센서를 사용하였다.



Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Experimental conditions

Exp.#	S.Speed (rpm)	Feed per tooth (μ m/tooth)	Depth of Cut(μ m)
1	60,000	0.5	50
2	60,000	1.5	50
3	60,000	2.5	50
4	65,000	0.5	50
5	65,000	1.5	50
6	65,000	2.5	50
7	70,000	0.5	50
8	70,000	1.5	50
9	70,000	2.5	50

3. 실험 결과 및 고찰

AE신호는 1초에 1,000,000개의 데이터를 획득하였으며, AE 원신호를 RMS값으로 변환하여 가공 시작 후 2초 동안의 영역을 분석하였다. 가공조건별 AE RMS 신호를 Fig. 3에 나타내었다.

Table 2 Comparison of burr size (μ m)

	0.5 μ m	1.5 μ m	2.5 μ m
60,000 rpm	3.3	33.3	53.3
65,000 rpm	13.3	33.3	56.7
70,000 rpm	53.3	56.7	76.7

실험에서 가공 시작부, 중간, 마지막부분에 발생한 버를 현미경을 이용하여 관찰 하였으며, 세 부분 측정값의 평균값을 Table. 2에 나타내었다. 날당 이송량과 주축 회전속도가 증가할수록 버의 크기가 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 소재제거율의 증가에 따른 현상으로 사료된다. 그리고 가공 마지막부의 발생한 버의 크기와 형상을 Fig. 2에 나타내었다.

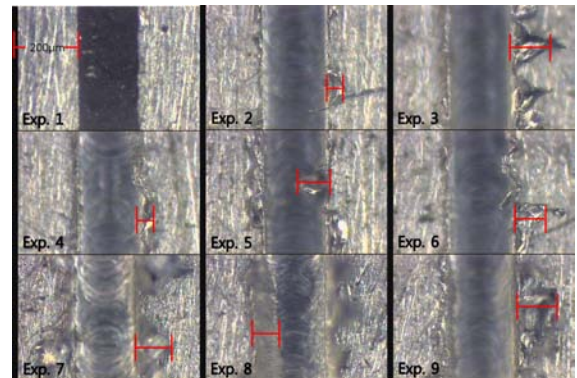


Fig. 2 Burr size of experiment number

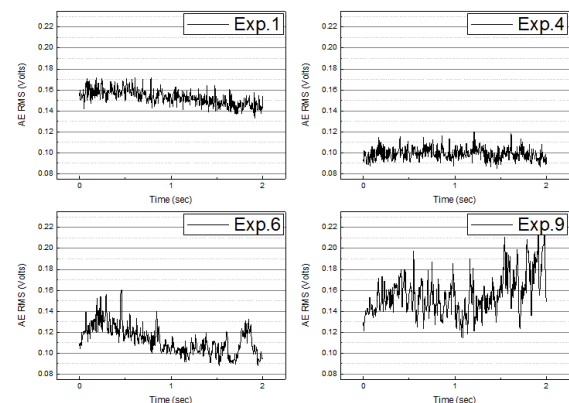


Fig. 3 AE RMS according to experiment number

Fig. 3에는 가공조건별 가공초기의 0~2초의 AE RMS신호이다. 상대적으로 버의 크기가 작고, 버 생성량이 적은 1, 4번 실험의 경우 AE RMS 값의 진폭변화가 작은 것을 알 수 있었으며, 버가 많이 발생한 6, 9번 실험에서는 진폭의 변화가 큰 것을 알 수 있었다. AE RMS 평균값은 버 크기의 증가에 따라 변화가 미미하였다. 이는 마이크로가공 특성상 절삭력, AE RMS값 등이 일반 가공에 비해 상대적으로 매우 작아 지속적으로 변화하는 외란 등에 의한 것으로 사료된다. 또한 회전수의 증가에 따라 AE RMS값은 불균일한 진폭을 가지는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 Al6061-T6를 소재로 한 마이크로 밀링 실험에서 AE신호를 이용하여 버생성에 대한 AE RMS값의 진폭변화의 관찰로 버 생성에 대한 특성을 파악할 수 있었다. 이를 적용하여 실시간 감시 기술에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) Lee, D. E., Hwang, I., Valente, C. M. O., Oliveira, J. F. G. and Dornfeld, D. A. 2006, "Precision Manufacturing Process Monitoring with Acoustic Emission," International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 46, pp, 176-188.

인코넬 718 밀링가공에서 절삭 가공면 상태 감시를 위한 연구

최용기¹, 구준영², 김영준¹, 박강휘¹, 김정석^{2*}

A study on estimation of machined surface according to cutting conditions in milling of Inconel 718

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

부산대학교 기계공학부¹, 부산대학교 기계공학부 ERC/NSDM²

Key Words : Inconel718, roughness, Surface integrity

1. 서론

Inconel 718 합금은 고온 내열 설비에 우수한 소재특성을 지니고 있는 초내열합금으로 항공 제트기관, 원자로, 시험로 등에 널리 쓰이고 있다. 그러나 소재의 내열 특성상 가공시 발생하는 열이 쉽게 방출되지 않음으로 인해 소재의 응축이 발생하여 가공면 품질저하를 야기시켜 기계적인 가공에 상당한 어려움이 발생한다. 본 논문에서는 Inconel 718의 밀링가공에서 주축회전속도와 날당이송의 변화에 따른 밀링가공실험을 수행하고 획득한 가공신호 신호처리를 통해 절삭온도, 음압신호특성을 파악하여 표면조도의 관계를 파악하고자 한다.

2. Inconel718 밀링가공실험

Fig. 1.은 Inconel 밀링가공 실험장치에 대해 나타내었다. 가공실험은 최대 20,000rpm급의 3축 머시닝센터(V55, Makino)를 이용하였다. 실험에 사용된 공구는 6mm의 직경을 가지는 4날의 엔드밀(4G MILL, YG-1)이 사용되었다. 가공시 발생하는 절삭력 측정을 위한 공구동력계(9257b, Kistler)를 설치하였고, 신호획득 및 처리를 위해 NI사의 LabView와 DAQ장비를 활용하였다. 절삭 가공중 비접촉 센서와 표면 조도의 상관관계를 파악하기 위하여 마이크로폰(4189, B&K)과 IR카메라를 일정거리를 두어 신호를 얻도록 장치하였다. 절삭조건은 Table 1에 나타내었다.

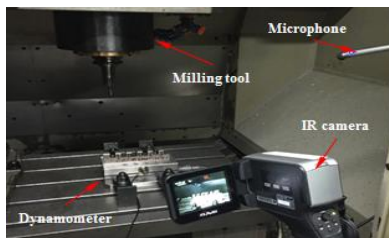


Fig. 1. Experimental setup

Table 1 Cutting conditions

Spindle speed (rpm)	1500, 2500, 3500
Feed per tooth (mm/tooth)	0.005, 0.01, 0.015
Axial depth of cut (mm)	3
Radial width of cut (mm)	0.2

3. 실험 결과 및 고찰

동일한 절삭속도에서 날당이송량에 따른 절삭력 크기의 변화를 Fig.2에 나타내었고, 온도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 표면거칠기는 Table 2에 나타내었다. 날당이송이 커지면 절삭력이 증가하며, 표면거칠기값도 증가하였다. 이는 절삭날당 절삭면적이 증가하여 표면거칠기 값이 증가하는 것으로 사료된다. 절삭온도는 절삭속도가 증가할수록 증가하며 날당이송에 따라 증가하다 0.015mm/th에서 감소하였다.

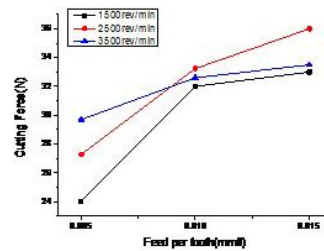


Fig. 2. Cuttingforce

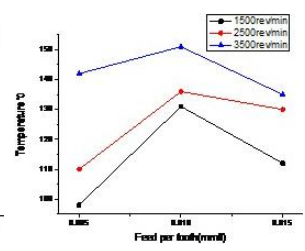


Fig. 3. Temperature

Table 2 surface roughness(μm)

	0.005mm/th	0.01mm/th	0.015mm/th
1500rev/min	0.295	0.344	0.215
2500rev/min	0.173	0.253	0.481
3500rev/min	0.215	0.48	0.288

마이크로폰에서 측정된 신호에 대한 FFT 그래프와 가공표면상태는 Fig. 4.에 나타내었다. 표면거칠기가 높은 조건은 절삭과정 중 공구에 급격히 가공표면에 손상을 입은 것으로 사료된다. 대체적으로 날당이송이 작은 0.005mm/th에서의 가공표면이 양호한 것을 볼 수 있다. 표면거칠기가 큰 조건에서 진폭값이 증가하는 것을 확인 할 수 있었고, 특히 300Hz~415Hz대역에서의 진폭이 증가하였다.

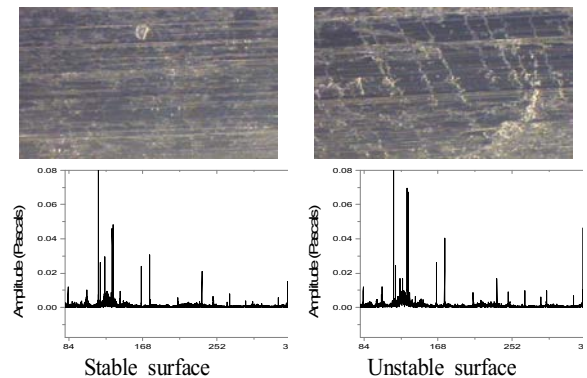


Fig. 4. Surface roughness, acoustic signal FFT

4. 결론

Inconel718 소재의 밀링가공실험을 통해 다음의 결과를 얻었다. 날당이송이 증가함에 따라 가공표면 거칠기 값이 증가하는 것으로 사료된다. 또한 표면이 불안정할 시 마이크로폰 FFT 진폭이 증가하는 가공신호 특성이 나타남을 확인하였고, 이를 활용하여 가공 상태에 상대적인 예측이 가능하다고 판단된다.

참고 문헌

- (1) A. Devillez, G. Le Coz, S. Dominiak, D. Dudzinski, 2011, "Dry machining of Inconel 718, workpiece surface integrity," Journal of Materials Processing Technology, Vol 211, No. 10, Pages 1590 - 1598

고속밀링가공에서 Al7075-T651 소재의 가공표면특성에 관한 연구

황문창¹, 구준영², 김영준¹, 박강휘¹, 김정석^{2*}

A Study on the Machined Surface Characteristics of Al7075-T651 in High Speed Milling Process

M. C. Hwang, J. Y. Koo, Y. J. Kim, K. H. Park, J. S. Kim*

부산대학교 기계공학부¹, 부산대학교 기계공학부 ERC/NSDM²

Key Words : Al-alloy, End-mill, Acoustic emission, Acceleration, Surface quality

1. 서론

최근 자동차 및 항공우주산업의 연구동향이 경량화에 초점이 맞춰지면서 비강도와 비강성이 높은 알루미늄 합금 사용이 증가하고 있다. 알루미늄 합금은 가공시 발생하는 진동에 의해 가공표면상태가 악화될 수 있으므로 가공품질을 만족시키기 위해 가공조건에 따른 가공특성 및 표면상태 파악이 중요하다. 본 논문에서는 밀링 가공조건에 따른 AE(acoustic emission)신호와 진동가속도신호 및 가공표면 거칠기를 통해 알루미늄 합금의 가공면 형상특성을 파악하여 표면상태감시에 활용하고자 한다.

2. 실험 장치 및 조건

본 실험은 주축회전속도 최대 20,000 rpm급 머시닝센터(V55, Makino)에서 수행되었다. 피삭재는 Al7075-T651를 사용하였으며, 공구는 직경 6mm 3날 엔드밀(GED72060, YG-1)을 사용하였다. 절삭신호획득을 위해 가속도계(4384, B&K)와 AE 센서(4357 pico type, MISTRAS)를 설치하여 실험을 수행하였다. Fig. 1은 실험시편 및 장치 사진을 나타내고 있으며, 가공조건은 Table 1에 나타냈다.

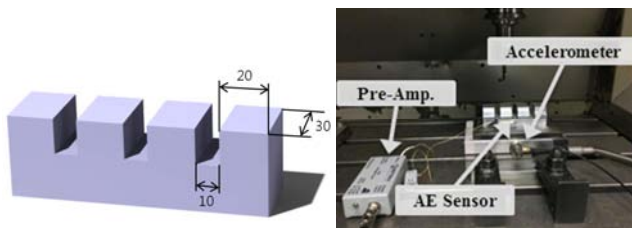


Fig. 1. Experimental specimen and setup

Table 1 Experimental conditions

Exp. Num.	Spindle Speed (rpm)	Axial Depth of Cutting (mm)	Feed rate (mm/tooth)
1	15,000	8	0.045
2	10,000	8	0.045
3	5,000	8	0.045
4	10,000	4	0.045
5	10,000	8	0.075
6	10,000	8	0.015
7	10,000	12	0.045

3. 실험 결과 및 고찰

가공 중 절삭조건에 따른 AE 신호 및 가속도 신호특성과 가공면 특성간의 상관관계를 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 표면거칠기 측정 결과를 Table 2에 나타내었고, 절삭변수에 따른 AE RMS, 가속도 RMS 및 표면거칠기의 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

Table 2 Comparison of surface roughness(Ra)

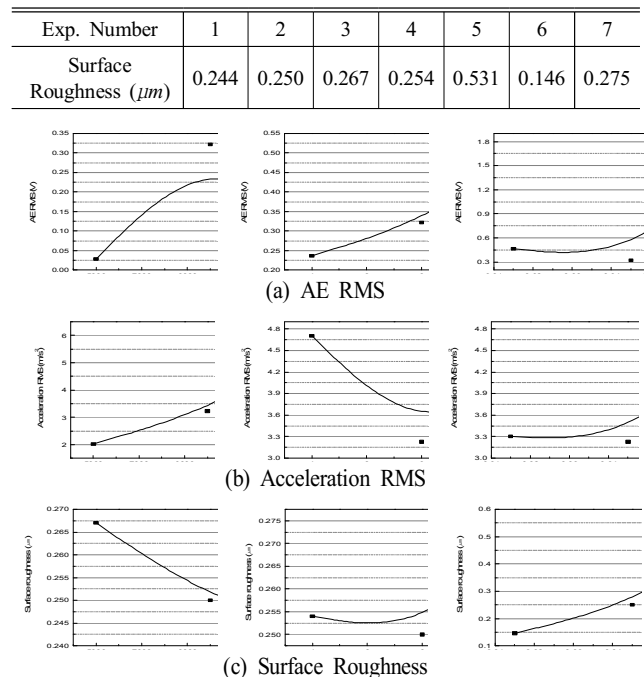


Fig. 2. Experimental results according to cutting parameters

AE RMS는 축방향깊이와 날당이송이 증가함에 따라 증가하였으며, 이는 절삭날당 절삭면적 및 충격량이 증가하기 때문으로 사료된다. 가속도 RMS는 주축회전속도와 날당이송이 큰 가공조건에서 큰 값을 가지며, 이는 높은 절삭속도와 이송량에 의한 충격량 증가에 의한 것으로 사료된다. 표면거칠기는 열적연화현상 때문에 주축회전속도가 증가함에 따라 감소하고, 절삭면적 증가와 공구진동증가로 인해 축방향 깊이 및 날당이송이 증가함에 따라 증가하는 것으로 사료된다.

4. 결론

본 Al7075-T651 소재의 고속가공조건에서 표면거칠기는 주축회전속도가 증가함에 따라 감소하고, 축방향깊이와 날당이송이 증가함에 따라 증가하므로 양호한 가공품질을 위해 적절한 가공조건 선정이 필요하다. 다중센서를 이용한 표면상태감시를 위한 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) M. Subramanian, M. Sakthivel, R. Sudhakaran, "Modeling and Analysis of Surface Roughness of AL7075-T6 in End Milling Process Using Response Surface Methodology", Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 39, pp. 7299-7313, 2014

티타늄 합금(Ti-6Al-4V)의 고속밀링가공에서 표면건전성 평가

구준영¹, 김현중², 황문창², 김정석^{1*}

Investigation on Surface Integrity in High Speed Milling Process of Titanium Alloy Ti-6Al-4V

J.Y. Koo, H.J. Kim, M.C. Hwang, J.S. Kim

부산대학교 기계공학부 ERC/NSDM¹, 부산대학교 기계공학부²

Key Words : High speed milling process, Titanium alloy, Cutting force signal, Acceleration signal, Surface integrity

1. 서론

티타늄 합금은 내열성과 내식성을 가진 소재로 생체적합성이 뛰어나고 비강도가 높아 다양한 기능성부품을 가공하는데 널리 활용되고 있는 대표적인 경량성 내열합금이다. 그러나 티타늄 합금은 낮은 열전도도와 탄성계수로 인해 가공시 가공온도가 급격히 증가하고 진동이 발생함으로써 공구수명이 단축되고 표면건전성이 저하되는 문제가 발생하여 가공품질 유지에 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 고속밀링 가공 실험을 통해 가공조건에 따른 표면상태와 절삭신호특성의 분석을 수행하고 상관관계를 파악하고자 한다.

2. 밀링가공실험

최대회전수 20,000rpm급 머시닝센터(V55, Makino)를 이용하여 티타늄 합금의 고속밀링가공실험을 수행하였다. 절삭력신호를 획득하기 위해 공구동력계(9257B, Kistler)를 이송테이블에 장착하고, 진동가속도신호를 획득하기 위해 가속도계(4384,B&K)를 공구동력계의 전면부에 부착하였다. 또한 고주파영역의 신호특성을 분석하기 위해 AE센서를 가공시편의 전면부에 부착하였으며 Fig. 1에 실험장치를 보이고 있다. 가공소재는 Ti-6Al-4V이며, 밀링가공은 10mm의 공구경을 가지는 4날 엔드밀을 이용하여 건식환경에서 수행되었으며, Fig. 2에 실험방법에 대해 나타내었다. 절삭조건은 Table 1에 나타내었다.

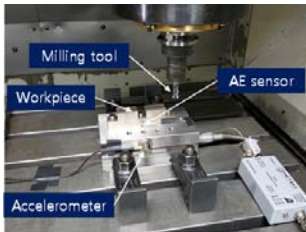


Fig. 1. Experimental setup

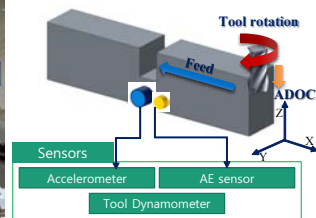


Fig. 2. Experimental method

Table 1 Cutting conditions

Experiment number	1	2	3	4	5	6	7
Spindle speed (rpm)	2k	10k	6k	6k	6k	6k	6k
Feed/tooth(mm)	0.1	0.1	0.05	0.15	0.1	0.1	0.1
Axial DOC(mm)	3.0	3.0	3.0	3.0	1.0	5.0	3.0
Radial DOC(mm)	0.25						

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3에는 실험조건에 따른 절삭력의 변화를 나타내었다. 날당이송과 축방향절삭깊이가 증가함에 따라 절삭력이 증가하는 현상을 나타내었으며, 이는 소재제거율의 증가에 따른 현상으로 판단된다. Fig. 4에는 가속도RMS의 변화를 나타내었다. 주축회전속도가 증가함에 따라 가속도RMS가 증가함을 확인하였으며, 이는 주축회전속도의 증가에 따른 충격량의 증가에 의한 것으로 사료된다.

Fig. 5에는 AE RMS의 변화를 나타내었으며, 주축회전속도, 날당이송, 그리고 축방향절삭깊이가 증가함에 따라 증가하였다.

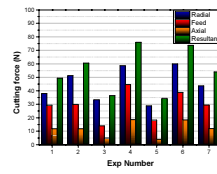


Fig. 3. Cutting forces

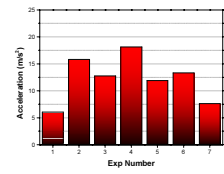


Fig. 4. Acceleration RMS

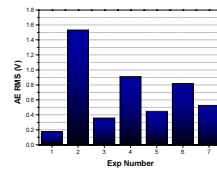


Fig. 5. AE RMS

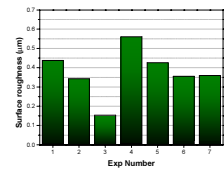


Fig. 6. Surface roughness

Fig. 6에는 절삭조건에 따른 표면거칠기의 변화를 나타내었다. 주축회전속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 감소하며, 날당이송이 증가할 때는 증가하였다. Fig. 7에는 가공표면상태 및 AE신호의 STFT그래프를 나타내었다. 표면상태가 좋지 않은 가공에서 AE신호의 특징주파수대역(100~200kHz)의 진폭이 증가함을 확인하였으며, 이를 활용하여 표면건전성을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

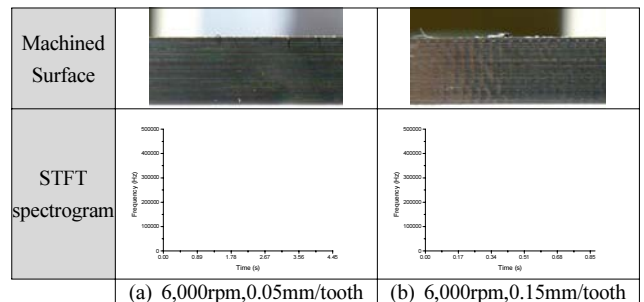


Fig. 7. Surface condition and spectrogram of AE signal

4. 결론

본 논문에서 티타늄합금(Ti-6Al-4V)의 고속가공실험을 통해 다음의 결론을 도출하였다. 절삭신호와 가공표면의 분석을 통해 날당이송 0.06mm이하, 주축회전속도 6,000rpm, 그리고 축방향깊이 3.0mm가 표면건전성측면에서 효과적임을 확인하였다. 표면거칠기는 날당이송의 영향을 크게 받으며, 절삭신호에 대한 신호처리를 통한 주파수영역 및 시영역분석을 통해 표면건전성의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) Abele, E. and Frohlich, B., 2008, *High Speed Milling of Titanium Alloys*, Advances in Production Engineering & Management, Vol.3, pp.131-140.

미세복합패턴 가공에서 버의 발생 메커니즘

진동현¹, 안주은¹, 강대민¹, 김태완¹, 오창호², 김병탁³, 곽재섭^{1*}

A Study on Mechanism of Burr in Fabricated Micro Complex Pattern

D. H. Jin, J. E. An, D. M. Kang, T. W. Kim, C. H. Oh, B.T. KIM, J. S. Kwak*

부경대학교 기계공학과¹, 부경대학교 신문방송학과², 부경대학교 기계설계학과³

Key Words : Magnetic abrasive deburring, Micro complex pattern, Mechanism of burr

1. 서론

미세패턴의 기계적 가공에서는 버의 발생이 불가피하고, 패턴과 버의 크기가 매우 작아 이를 구분하는 것이 어렵다. 본 연구에서는 Turning machine으로 제작한 미세복합패턴에서 버의 발생 메커니즘을 정의하고자 하였다.¹

2. 실험 방법

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 원통형 공작물의 옆면에 피치가 60 μ m, 패턴의 높이가 1 μ m인 미세복합패턴을 제작하였다. 그러나 측정된 패턴의 높이는 약 2 μ m로 나타났으며, 목표값과 실제 측정된 패턴의 높이를 비교하였을 때, 가공 후, 약 1 μ m의 버가 생성됨을 확인할 수 있었다. 목표값인 1 μ m와 실제 측정된 패턴의 높이를 기준으로 버의 생성 메커니즘을 정의하였다.

3. 버의 생성 메커니즘

Fig. 2는 미세패턴 가공에서 버의 생성 메커니즘을 도식한 것이다. Fig. 2(a)에 나타난 것과 같이 가공부위의 시작점에서부터 공구의 이송방향으로 버가 생성(left justified)되고, Fig. 2(b)에 나타난 것처럼 그 다음 피치에서 새로운 버가 생기는 동시에 기존의 버의 일부가 절삭되거나 공구에 의해 이송방향의 반대방향으로 버의 밀림현상이 발생(right justified)함을 알 수 있다. Fig. 2(c)는 이후의 가공에서도 앞서 설명한 원리로 버의 방향이 결정되고 있음을 나타내고 있다.

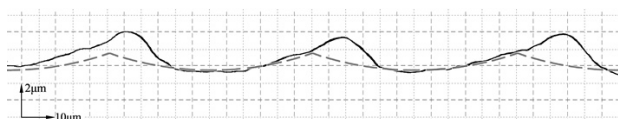
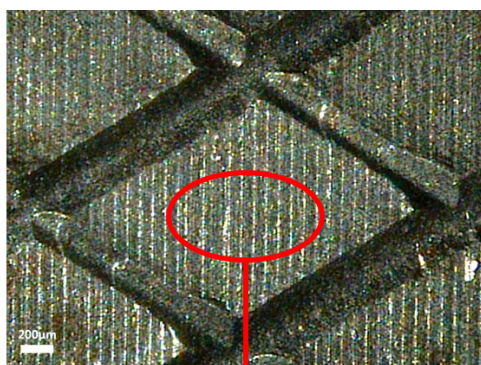


Fig. 1 Burr profile of micro complex pattern

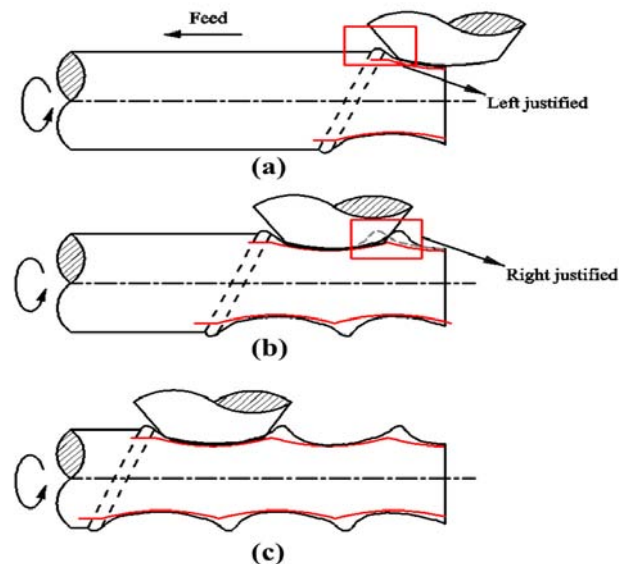


Fig. 2 Mechanism of burr formation in turning

4. 결론

본 연구에서는 Turning machine을 이용하여 미세패턴을 제작한 후 패턴의 형상을 통하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

버는 공구의 이송에 따라 밀려진 공작물의 일부가 공구에 의해 절삭되지 않은 부분들이라 할 수 있으며, 공구의 이송방향에 따라 버의 방향이 결정됨을 알 수 있었다. 또한, 버의 생성 방향에 따라 디버링의 방법이 바뀌지 않으면 기존에 제작하고자 했던 패턴의 형상을 얻을 수 없을 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(NRF-2013R1A1A2007446)

참 고 문 헌

- (1) Lee, S.H, and Kwak J.S, 2013, *Application and Parameter Optimization of EP-MAP Hybrid Machining for Micro Pattern Deburring*, Journal of Korean Society of Manufacturing Process Engineers, 12(2), 113~119.

마이크로 유동채널의 초음파 진동이 부가된 자기 디버링

강경아¹, 이다솜¹, 김주권¹, 이승호², 김광희³, 박재섭^{4*}

Micro-channel deburring by Magnetic abrasive with ultrasonic vibration

G. A. Kang, D. S. Lee, J. K. Kim, S. H. Lee, K. H. Kim, J. S. Kwak*

부경대학교 대학원¹, 선린대학 제철산업과², 부경대학교 기계설계공학과³, 부경대학교 기계공학과⁴

Key Words : Micro channel, Magnetic abrasive deburring, Ultrasonic

1. 서 론

최근 마이크로 구조물에 대한 수요와 가공이 증가함에 따라 미세 구조물의 디버링 기술 또한 요구되고 있다. 그 중 마이크로 채널은 열 교환기, 연료전지 및 바이오칩 등에 널리 적용되는 구조물로 리브 가공 시 다양한 크기와 형상의 버가 생성된다. 따라서 본 논문에서는 다양한 세장비를 가지는 마이크로 유동채널의 버를 제거하기 위해 자기연마를 하고, 가공 후 표면형상 정밀도를 평가하고자 한다.

2. 마이크로 유동채널의 자기연마 디버링

본 논문에서는 마이크로 밀링가공 후 발생된 버의 높이를 5회 반복 측정 후 평균 버의 높이를 30 μm 로 정의하였다. Fig. 1에 자기연마 실험장비와 폭이 300 μm , 200 μm 와 100 μm 이고 높이가 300 μm 인 마이크로 유동채널을 나타내었다. 마이크로 채널의 상단 부 디버링에 자기연마 가공을 효율적으로 적용하기 위하여 예비실험을 거친 후 Table 1과 같은 실험을 구성하였다. 자기연마 공구에 인가되는 전류는 3.5A, 공구 회전수는 1,000 RPM, 공구와 공작물과의 간극은 1.5 mm로 설정하였다.

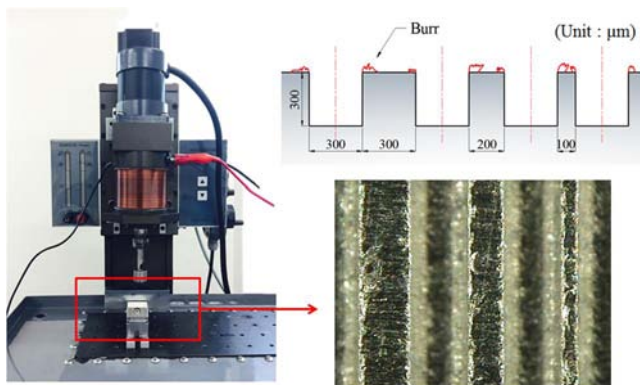


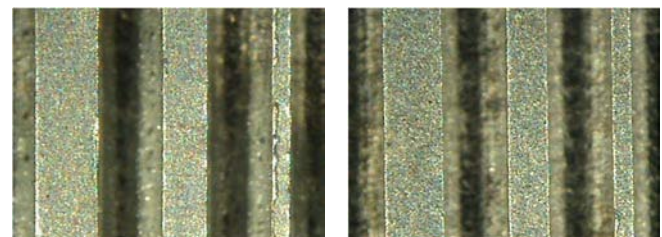
Fig. 1 Experimental setup and microscopic image of initial burr

Table 1 Micro channel deburring experimental condition

Workpiece	SKD 11
Ultrasonic vibration of workpiece	Amplitude : 55 μm in Z direction Frequency : 20 kHz
Magnetic flux density	60 mT
Magnetic abrasives	Iron particles (150 μm) : GC (#3000) 1:2, 2 g
Working time	15 min

3. 실험 결과 및 고찰

15분의 자기연마 가공 후, 각 조건에 따른 금속현미경 사진과 채널 형상 프로파일이 Fig. 2와 Fig. 3에 나타나있다. 자기연마가공에 초음파가 부가되었을 때 디버링 효과가 증가하여 마이크로 유동채널 상단 부에서 거의 모든 버가 제거되었다. 이는 초음파의 진동으로 인해 단일 연마입자의 절삭력이 향상되고, 연마입자와 공작물 간의 충돌횟수 증가로 인해 재료제거량이 증가되기 때문이다. 가공된 채널의 형상 또한 추가적인 변형이 없는 것을 보아 마이크로 유동채널 디버링에 자기연마가공이 적합하다고 판단되었다.



Non-ultrasonic With ultrasonic
Fig. 2 Microscopic image after MAP

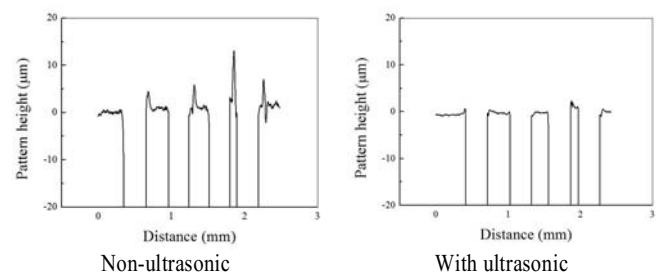


Fig. 3 Comparison of deburring result

후 기

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(NRF-2013R1A1A2007446).

참 고 문 헌

- (1) Kwak, T. K., Kwak, J. S., 2011, A study of micro-channel fabrication by micro-milling and magnetic abrasive deburring, KSME, 35:8 899~904.

미세 방전 드릴링에서 파일럿 홀이 미치는 영향

이평안, 김보현*

Effect of pilot-hole in micro EDM drilling

P. A. Lee, B. H. Kim*

승실대학교 기계공학과

Key Words : Micro EDM, Pilot-hole, Micro hole

1. 서론

미세방전가공은 단단한 재료에 작고 깊은 구멍을 가공하기에 적합한 가공방법이다. 미세구멍 가공 시, 전극의 마모율, 가공속도, 형상정밀도 등을 향상시키기 위한 연구가 지속적으로 진행되었으며, 레이저로 파일럿 홀(pilot-hole)을 가공하여 가공성능을 향상시키기 위한 연구도 수행되었다.^{1,3} 본 연구에서는 파일럿 홀의 크기를 변화시켜 그 크기가 가공에 미치는 영향을 확인하였다.

2. 실험 장치

본 연구에서 사용된 가공물은 초경합금(WC)이며, 공구전극으로는 초경합금 봉(WC rod)을 사용하였다. Fig. 1은 실험장치 사진이며, 공구전극은 Z축 이송기구에 설치되어있다. Ø 96 µm의 원통형 전극을 제작하기 위해 WEDG(wire electrical discharge grinding)를 사용하였고, X-Y축 이송기구 위에 설치된 수조에 가공물을 장착하였다. 본 연구에서는 파일럿 홀 크기가 가공속도에 미치는 영향을 비교하기 위해, 가공물에 Ø 30 µm와 66 µm의 파일럿 홀을 미리 가공하고 그 위에 방전 드릴링을 수행하여 결과를 분석하였다.

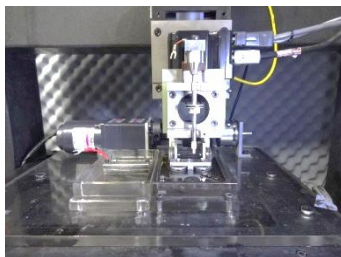


Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Machining conditions for EDM drilling

Tool electrode	WC Ø 96 µm
Workpiece	WC 0.2 t
Voltage	100 V
Capacitance	1,000 pF
Rotational speed	1,500 rpm
Dielectric fluid	EDM oil

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 시간에 따른 가공 깊이를 나타낸다. 파일럿 홀이 없는 결과와 Ø 30 µm 파일럿 홀의 결과를 보면, 가공 깊이가 약 150 µm까지는 가공부스러기가 잘 배출되고 가공량의 큰 차이가 없기 때문에 비슷한 속도로 가공되는 결과를 보이지만 가공 깊이가 150 µm 이후부터는 파일럿 홀이 없는 경우에 가공속도가 느려진다. 파일럿 홀이 있을 경우, 가공 깊이가 깊어져도 가공부스러기가 축적되지 않고 잘 배출되지만 파일럿 홀이 없는 경우에는 가공 깊이가 깊어질수록 가공부스러기가 잘 배출되지 않기 때문이다. Ø 66 µm 파일럿 홀과 Ø 30 µm 파일럿 홀의 결과를 비교하면, 두 결과 모두 파일럿 홀에 의해 가공부스러기가 배출되지만 가공량의 차이에 의해서 Ø 66 µm 파일럿 홀의

가공속도가 더 빠른 결과를 보인다.

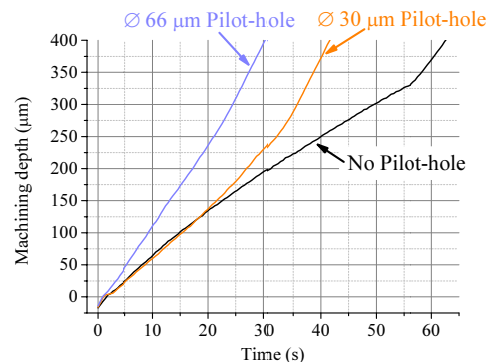


Fig. 2 Machining depth profile according to the machining time

Fig. 3은 각 조건 별 가공 후의 전극 사진이다. Fig. 3(a)는 파일럿 홀 없이 구멍가공을 수행한 후의 전극 사진이며, 전극의 바닥 면 전체에서 방전이 발생하기 때문에 길이방향으로 마모가 발생하고 모서리 부분이 둥글게 마모되었다. 파일럿 홀이 있는 (b)와 (c)의 경우, 전극의 중심 부분에서 방전이 발생하지 않기 때문에 전극의 옆 부분만 마모되어 원뿔형상이 되었다.

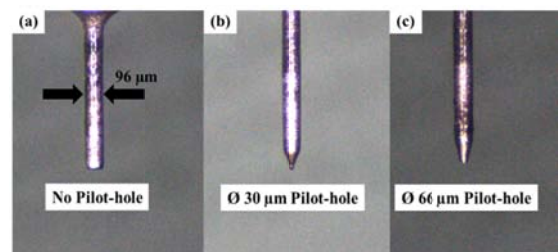


Fig. 3 The tool electrodes after machining (a) without pilot-hole, (b) with pilot-hole of Ø 30 µm and (c) Ø 66 µm

후기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업 육성(R&D) 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

- (1) Kim, S. H., Kim, B. H., Chung, D. K., Shin, H. S. and Chu, C. N., 2010, Hybrid micromachining using nanosecond pulsed laser and micro EDM, Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 20, No1.
- (2) Li, L., Diver, C., Atkinson, J., Giedl-Wagner, R. and Helml, H. J., 2002, Sequential laser and EDM micro-drilling for next generation fuel injection nozzle manufacture, Annals of the CIRP Manufacturing Technology, Vol. 55, No1, pp. 179-182.
- (3) Tsai, Y. Y. and Masuzawa, T., 2004, An index to evaluate the wear resistance of the electrode in micro-EDM, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 149, pp. 304-309.

뿌리산업 설비보전 체계분석 및 기반연구

김동훈*, 송준엽

Basic study on equipment maintenance for root industry

D. H. Kim*, J. Y. Song

한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key Words : Root industry, Machine tools, Equipment maintenance

1. 서론

본 연구에서는 궁극적으로 뿌리산업의 공정에서 현재 활용하고 있는 분야별 장비를 분류 및 세분화 하여, 이에 대한 체계적인 장비분석을 수행하며, 분석되어진 장비 부품의 설비보전 단계와 유지보수 단계를 구분하여 신뢰성테스트를 진행하고자 한다. 테스트 수행으로 얻어진 데이터는 추후 기반공정 작업시 발생할 수 있는 문제점에 대한 사전예측 프로그램의 데이터 베이스로 활용할 계획이다. 우선 이를 위하여 본 논문에서는 1차적으로 뿌리산업장비 설비보전 체계분석 및 피드백 모듈 설계/제작에 대한 기반 연구에 대해서 언급하고자 한다.

2. 뿌리산업장비 체계분석

Fig. 1은 뿌리산업을 구성하는 제품의 형상제조공정과 소재에 특수 기능 부여공정 등을 포괄적으로 포함하게 되는 금속가공기술을 중심으로 세부 기술분야별 핵심공정을 나타낸 것으로, Fig. 2와 같이 침탄 기술에 해당하는 열처리공정, 플라스틱 금형기술에 해당하는 사출금형공정 및 공정을 위해 필요한 부품과 장비에 대한 작업을 수행하는 금속가공공정에 대하여 세분화 분석 및 DB화를 수행하고자 하였다.

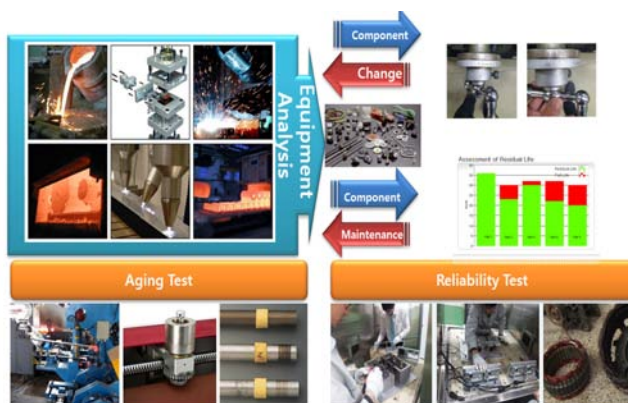


Fig. 1. Classification of root industry contents

3. 뿌리산업장비 유지보수 및 설비보전용 부품 분류

Fig. 2는 위에서 언급하였던 핵심공정에 대하여 현재 산업별 사용되고 있는 장비에 대한 장비분류 적용으로 유지보수와 설비보전 부품 세분화를 진행하였다. 1번째 그림은 열처리산업 중 전기로에서 열처리 작업 진행시 발생할 수 있는 부품 세분화 항목이며, 2번째는 사출산업 중 조형기에서 제품 사출작업 진행시 발생할 수 있는 부품 세분화 항목이며 3번째는 금속가공에 대한 항목이다.

4. 금속절삭가공에서의 설비보전 시범적용 장비구축

뿌리산업을 구성하는 제품의 형상제조공정과 소재에 특수기능 부여



Fig. 2. Detail classification example of equipment maintenance

공정 등을 포괄적으로 포함하게 되는 금속가공산업 장비 중 현재 영세 입자공업에서 일반적으로 많이 사용하고 있는 장비로 Fig. 3의 범용 선반 모델을 채택하여 유지보수 및 설비보전 부품으로 세분화하였다.

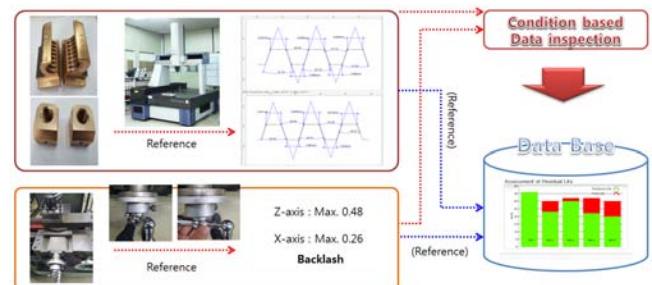


Fig. 3. Prototype Machine and unit classification

5. 결론

앞서 언급된 내용과 같이 금속가공산업의 적용장비인 범용선반의 세분화 부품에 대한 특성분석 자료를 데이터 베이스화 하여 추후 조건별 부하율에 따른 부품의 동특성 마모도 및 신뢰성 데이터의 초기 조건으로 활용예정이다 구체적인 내용은 향후에 제시될 예정이다.

후기

이 논문은 정부재원(산업부 산업핵심기술개발사업비)으로 한국산업기술평가원의 지원을 받아 연구되었음 (10052927, 0049075)

참고문헌

- (1) Kim, D. H. and Song, J. Y., 2006, Ubiquitous-Based Mobile Control and Monitoring of CNC Machines for Development of u-Machine, Journal of Mechanical Science and Technology, 20 (4), 455-466

Improvement of Intermittent Advancing Accuracy of Pneumatic Cylinder Driven Roll Feeder

J. D. So

Dept. of Manufacturing Design Engineering, Jeonju University

Key Words : Feed pitch, Strip stock, Roll feeder, Pneumatic cylinder, Intermittent

1. Introduction

Performance of the proposed roll feeder was analyzed regard to intermittently advancing accuracy of the strip stock by varying the interlock time of the roll feeder and the air press, and the intermittent advancing accuracy was compared to early version of the roll feeder

2. Test Methods

Accuracy of intermittent advancing length of the strip stock by the proposed roll feeder was analyzed by measuring lengths of cut offs of the strip stock by the air press. The feed pitch was set as approximately 10.0, 12.0, and 15.0 mm by adjusting a position of the stopper. Air pressure of the proposed roll feeder was set as 5 kg/cm² by adjusting the regulator of air pressure.

Test was replicated by varying feed/cut intervals in each selected feed pitch as shown in table 1. The feed/cut interval was set as 2.0/1.5 (30/40 SPM), 3.0/2.0 (20/30 SPM), and 3.5/2.5 (17/24 SPM) seconds. In each trial, the test was carried out by obtaining 100 observations. Thus, the total number of the observations was 300 in each selected feed pitch. The length of the strip stock cut off was measured with a digimatic caliper (Model CD-20CX, Mitutoyo) of the resolution of 0.01 mm.

An average length of the strip stock cut off in each trial was calculated, and it was used for the feed pitch accuracy analysis. As the proposed roll feeder testing system operated automatically, this experiment let the proposed roll feeder ran by itself in each trial. Each strip stock cut off was then gathered, and its length was measured.



Fig. 1 Roll feeder testing system

3. Results and Discussion

Table 2 shows a statistic status of the strip stock cut offs of the proposed roll feeder. The average of the strip stock cut off length from the total of 100 samples was 10.11 mm, 10.14 mm, and 10.16 mm with feed/cut rate of 30/40, 20/30, and 17/24 SPM,

respectively, at the feed pitch of 10.0 mm. And other feed pitches, results of accuracy were obtained as shown in Table 2.

Table 1 Statistic status of the cut off lengths of the strip stock by the proposed roll feeder in each feed pitch

Feed pitch (mm)	Feed/cut rate (SPM).	Total number of samples	Cut off length (mm)			Standard deviation (mm)
			Min	Max	Average	
10.0	30/40	100	9.91	10.27	10.11	0.084
	20/30	100	9.89	10.28	10.14	0.085
	17/24	100	9.92	10.34	10.16	0.095
12.0	30/40	100	12.18	12.57	12.51	0.091
	20/30	100	12.10	12.58	12.57	0.090
	17/24	100	12.26	12.65	12.42	0.077
15.0	30/40	100	15.28	15.67	15.48	0.075
	20/30	100	15.21	15.62	15.47	0.082
	17/24	100	15.23	15.67	15.47	0.087

The largest difference between the maximum and the minimum measurement of the cut off length of 0.48 mm was appeared with the feed pitch of 12 mm among the total of 300 measurements. The cut off lengths ranged 0.39 - 0.44 mm with the feed pitch of 15 mm, 0.39 - 0.48 mm with the feed pitch of 12 mm, and 0.36 - 0.42 mm with the feed pitch of 10 mm.

The difference of the min and max of the cut off length is slightly larger as the feed/cut rate decreased. This research rather considered to be that the feed/cut rate of the proposed system did not significantly affect the intermittent strip stock feed accuracy. The air delivery restriction problem was improved in this research by connecting the air service tank between the air supply and the roll feeder, and exchanging the air pressure regulator and air hoses in the air circuit of the system. Other means such as the guide and the ball spring for the strip stock, which were installed onto the system to minimize the slip and friction of the strip stock, also improved the feeding accuracy of the strip stock by the proposed roll feeder.

References

- (1) Scriber, 1992, Pneumatically Operated Feeder for Strip Stock, US patent 5125550.
- (2) Takahashi, Y., Hachioji, 1981, Roll Feed Device for Feeding Material to a Press, US patent 4294170.
- (3) So, J. D., Kwon, S. H., 2010, Intermittent Strip Stock Advancing Accuracy Analysis of a Prototype Pneumatic Cylinder Driven Roll Feeder, KSMTE 19:3 352-358.
- (4) Smith & Associates, 2005, Press Coil Stock Feeding Devices, <<http://www.smithassoc.com>>.
- (5) Metal Form Group, nd, NC feeders, <<http://www.metalform.com.au>>.

마찰교반용접을 이용한 이종소재적용 자동차용 샤시부품 개발

이병룡, 송문섭*, 최원철, 홍종빈

Dissimilar Material Rear Cross Member Development using Friction Stir Welding

B. R. Lee, M. S. Song*, W. C. CHOI, J. B. HONG

서진산업㈜

Key Words : FSW, Dissimilar Material, Automotive, Rear Cross Member

1. 서론

최근 자동차 산업에서 큰 이슈로 지목된 환경문제의 규제강화와 경량화는 전세계적으로 확산되고 있으며, 이에 부합하기 위하여 부품업체에서는 이종소재 및 비철금속을 적용하여 경량화를 추구하는 연구가 다각적으로 진행되고 있다.

본 연구에서는 이종소재 자동차용 샤시부품 설계 및 해석을 통한 제작 가능여부를 확인하고자 다이캐스팅 및 스탬핑 공법을 적용하여 부품을 제작 하였으며, 제작된 제품을 통하여 이종소재 자동차용 부품과 마찰교반용접(이하 FSW접합)을 이해하는데 도움이 될 것으로 예상된다.

2. 최적 설계 및 해석

본 연구의 설계 도면은 다음과 같은 과정을 거쳐 완성되었다. 처음으로는 기본 밑바탕 설계가 이루어 졌고, 내구해석을 진행하여 내구 성능에 대해 만족하는 형상학적 최적 설계를 실시하였다. 더불어 다이캐스팅 유동해석을 실시하여, 성형성에 대한 사전검증을 동시에 만족하는 설계 도면을 완성하였다. 해당 설계 도면은 Fig. 1 (a)에 나타내었으며, 해석 내역에 대해서는 Fig. 1 (b)에 나타내었다.

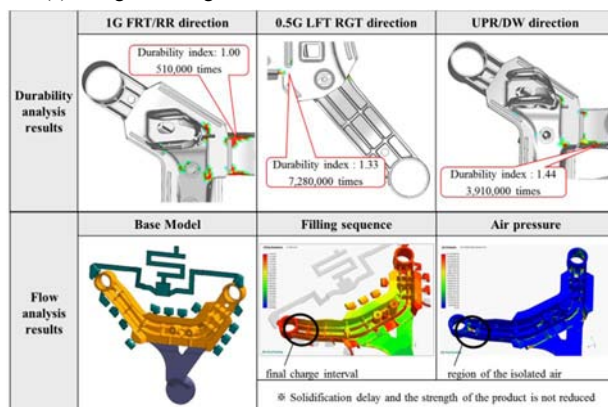
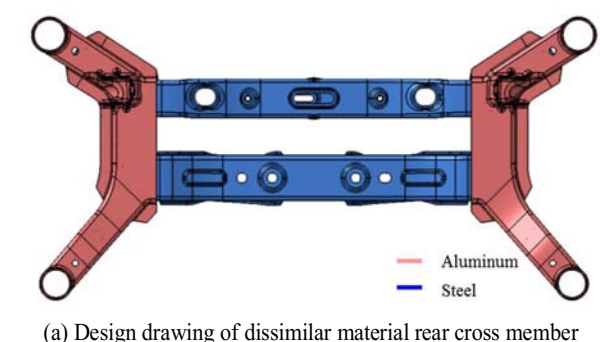


Fig. 1 Design and simulation

설계 도면의 특징은 강성확보를 위해 구조적 폐단면의 형상에 대해서 구조해석을 통해 FSW접합이 가능하도록 설계 하였고, 공정개선을 위해 단락용접이 불가피한 구간을 다이캐스팅 설계시 연결구조를 적용하여 연속용접이 가능하게 설계 되었다. 또한 이물질 유입을 막기 위한 실러 고착용 유입홀을 적용 하였다.

3. 제품 제작

설계도면 확정 후, 도면과 동일한 제품을 제작하기 위하여 철강재 단품은 스탬핑공법, 알루미늄재 단품은 다이캐스팅공법을 이용하여 제작 하였다. 이종재로 구성된 각 단품은 FSW접합을 통하여 한 개의 부품으로 제작이 되며 이때 사용된 FSW접합용 툴의 사양과 FSW 접합조건은 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Tool production specs

Classification	Material	Tool type	Shoulder Dia.
Content	WC-Co12%	Concave	ø14
Classification	Probe length	Probe Dia.	2D data
Content	3.0	ø6-3	

Table 2 FSW conditions

Classification	Welding speed (mm/s)	Tilting angle (Deg.)	Spindle speed (rpm)
Content	6	3	300
Classification	Joint type	Dwell time (Sec)	Z-axis load (kgf)
Content	Lap joint	2	1,200

4. 제작 결과 및 고찰

접합이 완료된 제품에 대해 정량적 평가를 위하여 경량화 비율, 염수분무시험, 치수정밀도를 측정 및 실시하였으며, 각 항목별 사양 및 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

FSW접합을 이용하여 이종소재적용 자동차용 샤시부품을 제작함에 있어서, 정량 및 정성적 분석을 위해 성분분석을 실시한 결과 기존 제품 보다 약 15% 이상 중량 절감하는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 강성, 내염수성, 치수정밀도에 대해서도 이전모델 대비 동등 이상임을 확인 할 수 있었다.

Classification	Weight saving	Salt spray test		Dimensional precision
		Red corrosion	Paint peeling	
SPEC	Criterion - LF ASSY 14.71Kg	non-generation	Less than 3.0mm	Less than ±1.0mm (93/100 points or more)
ACT	15.47%	Spec satisfaction	0.3mm	98.5/100 point "pass"
Related Documents				

Fig. 2 Performance evaluation of parts

참고 문헌

- (1) Ohhama, S., Hata, T., Yahaba, T., Kobayashi, T., 2013, Application of an FSW Continuous Welding Technology for Steel and Aluminum to an Automotive Subframe, SAE Technical Paper, doi:10.4271/2013-01-0372.

이종소재 마찰교반용접을 이용한 자동차 차체 부품

조준행*, 오강세*, 신현일*, 최원호*, 김근영*, 박진석*, 이창훈*

Study on Friction Stir Welding for Development of High-Strength and Light Weight Parts of an Automobile

J. H Cho*, G. S Oh, H. I Shin, W. H Choi, G. Y Kim, J. S Park, C. H Lee

세원물산

Key Words : FSJ, Automobile, Car body, Friction Welding

1. 서론

국제 환경규제 강화 및 연비규제 강화 추세와 에너지 자원의 가격 상승으로 자동차 경량화에 대한 요구는 점차 증가하고 있다. 마찰교반용접(Friction Stir Welding)은 모재를 반응용 상태에서 접합시키는 기술로 접합이 어려운 경량 금속에 적용이 가능하며, 접합부의 기계적 강도가 타용접법 보다 우수한 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 차체 경량부품 제조기술 중 하나인 TWB(Tailor Welded Blank) 기술에 기존의 레이저 용접 대신 마찰교반용접 요소기술을 적용하여 이종재료(Aluminum+Steel)를 갖는 자동차용 차체 부품 개발을 목표로 하였다. 마찰교반용접을 적용한 이종재료 TWB 판재를 개발하였으며, 부품형상 제조를 위해 냉간 프레스 성형을 실시하여 마찰교반용접부의 파단 및 이종재료의 성형성에 대한 연구를 수행하였다.

2. Specification

본 실험에 사용된 재료는 A5052-H32와 SPFC 590DP 소재이다. A5052-H32 소재는 인장강도가 217.8MPa로 타 알루미늄 합금 소재에 비해 높은 강도를 가지면서 11.51%의 연신율을 갖는 소재이며, SPFC 590DP 소재는 인장강도가 620.6MPa로 높은 강도를 가지면서 16.8%의 연신율을 가지는 소재이다.

Table 1 Mechanical properties

Alloy	Tensile Strength	Elongation	Yield Strength	Hardness, Brinell
A5052-H32	217.8MPa	11.51%	168.2MPa	0.142
SPFC590DP	620.6MPa	16.8%	395.5MPa	0.195

3. FSW TWB(Tailor Welded Blank)

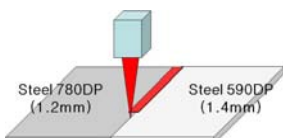


Fig. 1. Method of Laser TWB



Fig. 2. Method of Friction Stir Welding TWB



Fig. 3. Friction Stir Welding Machine & Tool



Fig. 4. TWB of Friction Stir Welding

이종소재 마찰교반용접 접합부를 이용하여 맞대기 접합을 위한 최적 조건을 설정한 후 판재를 제작하였고 판재 접합 끝단부의 품질 향상을 위해 40mm의 여유분을 두고 접합을 실시하였다.

4. Press Forming

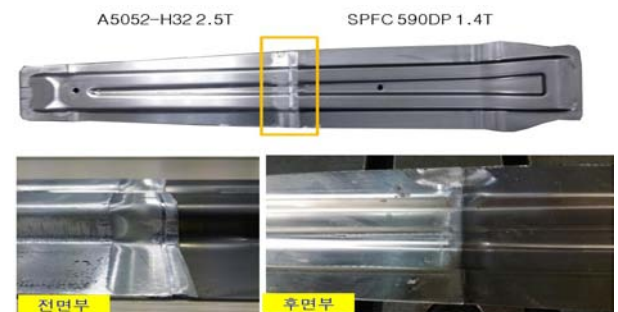


Fig. 5. TWB Blank Forming

마찰교반용접시 발생된 접합부의 버(Burr)를 제거하고, A5052-H32와 SPFC 590DP 판재 간 발생된 1.1mm의 두께 단차, 마찰교반용접부에 발생된 2.5mm~1.4mm로 변하는 변형구간을 고려하여 금형 상/하형의 클리어런스(Clearance)를 맞춰주었다.

5. 테스트 결과 및 고찰

본 연구는 경량 알루미늄 소재와 고강도강 소재를 이용하여 기존 레이저 용접 대신 마찰교반용접을 적용한 TWB 차체부품을 제작하고 접합 및 성형에 대해 평가하였다.

1) 알루미늄과 고강도강 이종재료의 맞대기 마찰교반용접시, 서로 다른 물성치로 인해 소성유동이 원활하지 않으며 비드가 불균일하게 발생된다. 2) 이종재료, 이종두께 적용 마찰교반용접부의 접합시험 결과, 197.23MPa로 알루미늄(A5052-H32)의 인장강도인 227.9MPa 대비 86%로 나타났다.

참고 문헌

- (1) R.Sakano, K.Murakami, K.Yamashita, T.Hyoe, M.Fujimoto, M.Inuzuka, H.Nagao, H.Kashiki : Development of Spot FSW Robot System for Automotive Body Members, Friction Stir Welding, Third International Symposium, Kobe 2001.9, Japan
- (2) S.Koga : Development of Friction Spot Joining, Journal of Light Metal Welding&Construction, 42-1(2004) 523-529

마찰교반용접에 적용되는 용접툴의 재료의 차이에 따른 수명평가방식의 개발

김대하^{1*}, 이원혁¹, 황금철¹, 윤진영², 김철희²

Development of life assessment method under difference that welding tool materials applied to friction stir welding

D. H. Kim, W. H. Rhee, K. C. Hwang, J. Y. Yoon, C. H. Kim*

(주)대화알로이테크¹, 한국생산기술연구원 용접·접합그룹²

Key Words : FSW, FSW Tool, Life assessment

1. 서론

Fe합금을 바탕으로 한 구조재료의 경량화를 위해 Al합금이나 Mg합금을 이종접합하여 적용하는 연구가 계속되고 있다. 그러나 재료 고유 특성의 한계로 인하여 이종접합이 가능한 공정은 극히 제한이 되어 있으며, 전류 등의 영향을 받지 않는 마찰교반용접(Friction Stir Welding, 이하 FSW)에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. FSW에 사용되는 용접툴은 재료 및 상대재의 두께에 따라 다양하게 사용되지만 용접툴의 재료 및 형상에 따른 내구성에 대한 평가는 거의 알려지지 않고 있다. 본 연구에서는 마찰교반용접에 적용되는 다양한 재료의 용접툴의 재료의 차이에 따른 내구성 평가를 수행하기 위한 공정을 개발하고자 한다.

2. 수명평가 방식에 대한 설계

FSW에 적용되는 다양한 재료의 용접툴의 수명평가를 위하여 선행 연구 조사를 통하여 총 4가지의 재료를 선정하였다. 동일한 수명평가 조건 구축을 위하여 재료의 형상은 PCBN 용접툴의 기준으로 설계하였다.

Table. 1. Materials of FSW Tool

Material	WC-Co	WC-Co-X	Si ₃ N ₄	PCBN
제조방식	소결	소결	소결	브레이징
Type	Convex	Convex	Convex	Convex

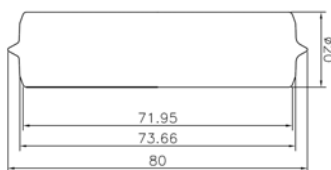
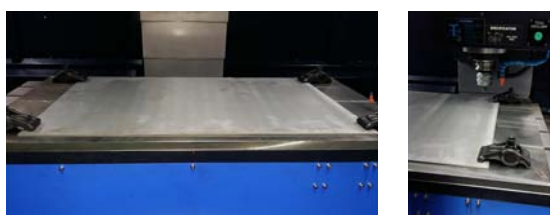


Fig. 1. Design of FSW Tool

FSW용 용접툴의 수명평가 수행을 위하여 장비는 한국생산기술연구원의 용접·접합그룹에서 보유중인 F1300장비를 사용하였으며, 상대재는 DP590강판(1,000mmX600mmX4mm)을 적용하였다. 용접시 발생하는 다양한 변수 제어 및 안정성 확보를 위하여 전용 지그를 제작하여 적용하였다. FSW 용접조건은 400RPM에 60mm/min의 이동 속도로 수행하였으며, Air를 이용하여 냉각을 적용하였다.



FSW용 용접툴의 수명평가를 수행하기 위하여 평가 방식의 차이에 따라 연속성과 공정성이라 명칭을 하여 공정을 설계하였다. 연속성은 용접시 연속적으로 갈 수 있는 거리를 측정하는 방식이며, 공정성은 작업 조건에 맞게 패턴을 설정하여 용접의 행위를 반복하는 방식이다.

연속성 테스트 방식은 1회에 최소 5M 이상의 용접을 할 수 있도록 설계하였으며, 공정성 테스트 방식은 공정의 조건에 맞추어 용접 길이 및 속도등을 제어하여 테스트를 할 수 있도록 설계하였다.

3. 수명평가 테스트 수행 결과

본 연구에서는 WC-Co 용접툴을 이용하여 FSW 용접툴의 수명평가를 연속성과 공정성의 테스트를 선행 연구한 결과를 정리하였다.

Fig. 2는 WC-Co 용접툴을 사용하여 연속성 수명평가를 테스트 한 결과이다. 연속성 수명평가를 수행한 결과 5M 이상을 연속적으로 용접이 가능함을 확인하였다. Air를 이용한 냉각으로 인하여 판재 및 용접툴에서 발생하는 열은 빠른 시간에 냉각이 됨을 확인하였으며, 용접툴의 외관 및 형상에 큰 차이가 없음을 확인하였다.



Fig. 2. Continuity Test

Fig. 3은 WC-Co 용접툴을 사용하여 공정성 수명평가 수행을 위하여 선행연구를 수행한 결과이다. 공정성 수명평가를 수행한 결과 길이 50mm씩 총 10회 이상 용접을 수행하였으며 이에 따른 용접툴의 외관 및 형상에도 큰 차이가 없음을 확인하였다.



Fig. 3. Process Test

4. 향후 실험 계획

FSW에 적용되는 다양한 재료의 용접툴의 특성 평가를 위하여 가장 중요한 수명평가 방식을 설계 완료 하였으며 이에 따른 선행 연구도 수행하였다. 이러한 실험을 바탕으로 하여 4가지 소재에 대하여 테스트를 수행할 예정이며 정량적인 평가를 도출하여 재료별 특성을 확립할 계획이다.

2016 한국생산제조시스템 춘계학술대회 논문집

발행일 2016년 4월 28일 (반년간)

발행인 장 동 영

편집인 홍 민 성

발행소 사단법인 한국생산제조시스템학회
서울시 용산구 한강대로 372 센트레빌 아스테리움 서울
에이동1206호

E-mail master@ksmte.kr

Homepage <http://ksmte.kr>

전 화 02-501-9172

팩 스 02-501-9173

ISSN 2287-1411

※ 원고, 광고, 기술지원 접수 : 김지숙 (전화 02-501-9172)

인 쇄 도서출판 한림원(주) (02-2273-4201)

제조업 소프트웨어 강화 지원

사업목적

공장없는 제조기업 활성화를 통한
기업별 핵심 **소프트파워 경쟁력 강화**

중소 제조기업 **소프트파워 서비스활용**
지원을 통한 국내 산업생태계 개선



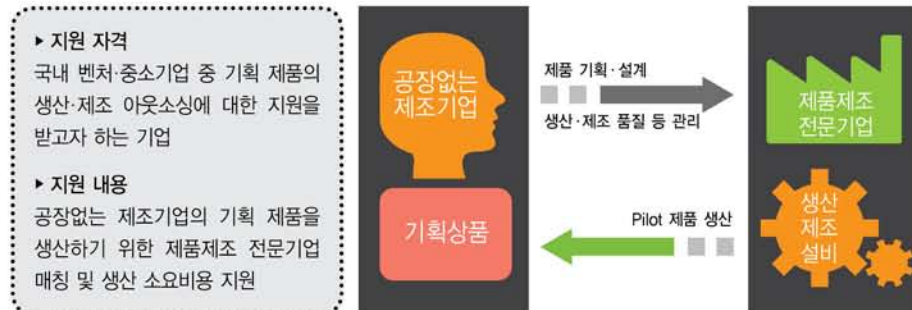
사업내용

공장없는 제조기업* 활성화 지원 사업

- 소프트웨어 역량**이 우수한 기업을 선정하여 아웃소싱을 통한 신규 제품 생산을 지원

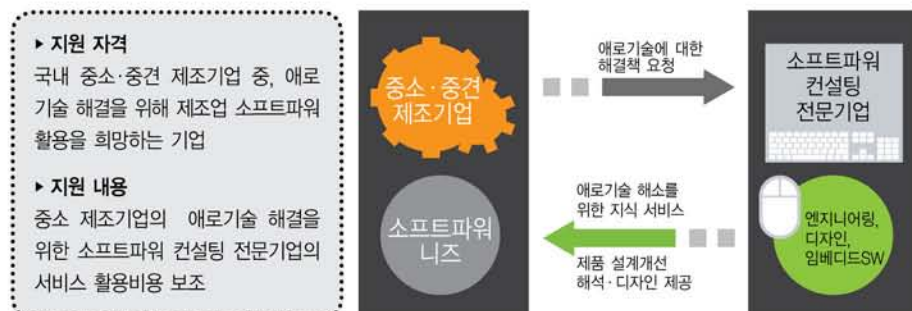
* 공장없는 제조기업 : 제품의 생산·제조를 아웃소싱으로 조달하고 제품의 기획·설계 등 소프트웨어 역량에 집중하는 기업

** 제조업 소프트웨어 : 창의·혁신 역량을 바탕으로 기획·설계 단계에서의 제품 고부가가치화를 위한 핵심 역량



제조업 소프트웨어 서비스 활용 지원 사업

- 제품 고부가가치화를 위한 엔지니어링SW를 이용한 해석, 디자인, 임베디드SW 개선 등 제조업 분야의 지식 서비스 활용을 지원



한국생산기술연구원 창의엔지니어링센터

창의엔지니어링 센터의 비전

- 창의산업 및 핵심고급두뇌산업 육성
 - 창의산업 인재양성 및 사업화 기반 구축
 - 엔지니어링 산업진흥 정책수립 및 기업 육성
 - 엔지니어링 핵심공통기반 기술역량 강화
 - 엔지니어링기술 표준화 연구 및 보급 · 확산
-
- 창의엔지니어링 산업 발전을 위한 총괄 HUB 역할 수행
-
- 창의엔지니어링 산업 글로벌 일류 진흥기관 도약

창의엔지니어링센터의 역할



설립 목적

창의엔지니어링 산업진흥을 촉진시키기 위한 종합적이고 효과적으로 대응 및 보급 · 확산을 위해 설립 · 운영

- ⇒ 엔지니어링기술지원센터 지정 (2010. 5. 1)
- ⇒ 엔지니어링 기술표준화 전문기관 지정 (2011. 11. 16)
- ⇒ 창의엔지니어링센터로 명칭 변경 (2014. 1. 1)

설립 근거

엔지니어링산업 진흥법 제12조 1항에 근거, 엔지니어링기술의 연구 · 개발 및 보급 등을 효율적으로 추진하기 위하여 대통령령으로 정하는 연구기관 및 전문기관을 엔지니어링기술 지원센터로 지정

