www.ksmte.kr

KSMTE

한국생산제조학회



2024 한국생산제조학회 춘계학술대회

KSMTE Annual Spring Conference 2024

2024년 7월 17일(수) - 20일(토)

강릉 세인트존스 호텔

7월 17일(수) 리셉션,특별세션, 튜토리얼, 패널토의

7월 18일(목) 개회식, 시상식, 논문발표,
특별초청강연 및 포럼, 콜로퀴움, 전시회

7월 19일(금) 논문발표, 리더스미팅, 전시회

7월 20일(토) 부문·분과 개별 행사

산업통상자원부 NRF 한국연구재단 KOFST 한국과학기술단체총연합회 KEIT 한국산업기술기획평가원 beyond leading technology KIAT 한국산업기술진흥원 KITECH 한국생산기술연구원

KIMM 한국기계연구원 KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS Komma 한국공작기계산업협회 Korea Machine Tool Manufacturers' Association KOTIC 한국공구공업협동조합 한국금형공업협동조합 KOREA DIE & MOLD INDUSTRY COOPERATIVE KOPTI 한국광기술원 KIRIA 한국로봇산업진흥원

나노융합산업연구조합 Nano Technology Research Association kcarbon 한국탄소산업진흥원 MFG CAD&Graphics KOMI 한국기계산업진흥회 자본재공제조합 GWTO 강원도관광재단 Gangwon Tourism Organization 강릉시 GANGNEUNG CITY 강릉관광개발공사 Gangneung Tourism Dvlpmnt Corp.

INDUSTRIAL VISION SYSTEM

Create Better Quality Of Inspection

비디오 현미경 시스템
- IMS LED(Mobile Type / Desktop Type)
- ICS Pro LED
- ICS

화상 관리 측정 분석 Software
비디오 내시경 시스템

VIDEO MICROSCOPE SYSTEM



눈으로 볼수 없는 검사영역을 간단한 조작으로 확대 관찰, 분석합니다!

- 손쉬운 영상저장 및 파일관리 기능
- 이미지 저장, 정밀 측정 및 편집의 용이성
- 사용이 편리한 간편한 조작
- 편리한 초점조절
- 접촉 / 비접촉 검사 방식
- 다양한 렌즈 배율 지원
- 선명한 영상 구현
- 크랙, 흠집 외관 검사 편리
- 내부결함 검사가능(내시경 연결)

접촉 / 비접촉 검사 방식

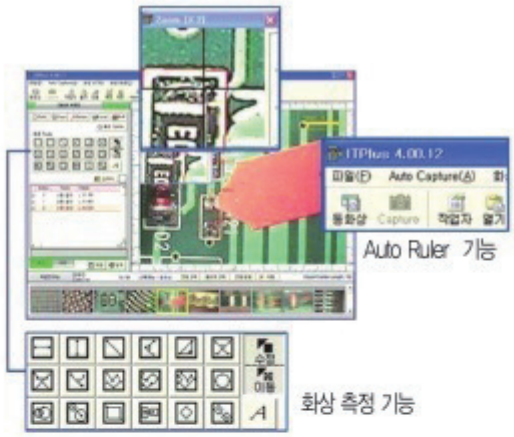


다양한 배율렌즈 지원



광전달용 CAP – 접촉, 비접촉 검사시 검사부위를 확대시켜 주기위해 빛을 모아 주고, 렌즈를 보호하기 위하여 Camera부위에 끼워서 사용

이미지 저장, 정밀 측정 및 편집의 용이성



VIDEO BORESCOPE SYSTEM



산업 전반에 걸쳐 사용되는 각종 기계 구조물 및 Inner inspection이 필요한 대상물을 해체, 분해, 절단하지 않고 내부를 외부에서 관찰할 수 있도록 개발된 관측용 장비로써, 비파괴 검사(N.D.T)의 한 방법(Visual Testing)으로 사용됩니다.

[내시경 검사의 장점]

시간과 인건비 절감
예방 정비 및 검사에 활용
분해 · 해체 등 불필요한 기계의 손상을 방지
정기적으로 신속하고 빠른 검사
Portable하여 운반 및 설치가 용이함
보이지 않는 내부를 자유롭고 편리하게 관찰

EG TECH
경기도 안양시 동안구 호계1동 555-9번지 안양국제유통단지 28동 312호
TEL : 031-479-5810 / FAX : 031-479-5811 / E-mail : egtech@egscope.com
http://www.egscope.com

산업용 3D 프린터 출시
Method XL

WOMEN'S ENTERPRISE 여성기업

"STRATASYS® 특허를 활용한 놀라운 기술 **산업용 3D 프린터 Method XL**"



동급 최고의 안정성

UltiMaker Method 시리즈: 신뢰할 수 있는 3D 프린터, 생산 등급 재료, 비즈니스에 따라 확장 가능한 연결된 3D 프린팅 소프트웨어 에코시스템.

산업 규모의 정밀한 인쇄

Method XL은 데스크톱 프린터와 산업용 프린터 사이의 격차를해소하여 접근성과 성능을 겸비한 완벽한 솔루션을 제공합니다. 정확도 높은 대형 부품을 제작할 수 있도록 세심하게 설계된 이 획기적인 3D 프린터는 산업 생산의 정밀도에 부합하는 산업용 등급 재료를 사용합니다. 방대한 빌드 볼륨, 탁월한 치수 정확도 및 온도조절식 빌드 챔버를 갖춘 Method XL을 사용하면 내구성이 뛰어나고 복잡한 부품을 쉽게 만들 수 있습니다.

- **초대형 빌드 볼륨:** 대형 엔지니어링 부품을 쉽게 프린트할 수 있습니다.
- **정밀한 온도 제어:** 내열 빌드 플레이트와 능동 내열 빌드 챔버의 결합으로 모든 크기의 부품을 정확하게 프린트할 수 있는 안정적인 환경을 조성합니다.
- **통합 공기 필터:** Method XL의 배기 공기는 HEPA 필터와 탄소 필터를 모두 통과합니다.
- **5-in-1 모듈형 압출기:** 재료 그룹을 신속히 변경하여 교차 오염을 방지합니다.
- **수용성 서포트:** 수돗물에 빠르고 쉽게 용해되는 획기적인 수용성 서포트 소재인 ABS를 사용하여 제조 도구와 생산 부품을 사양에 맞게 프린트합니다.
- **초강성 금속 프레임:** 구조적으로 최적화된 금속 프레임이 본체 전체 길이에 걸쳐 구부러짐을 상쇄합니다. 구부러짐이 적을수록 부품 정확도가 향상되고 고장이 감소하여 일관된 프린트가 가능합니다.

스팀솔루션 Steam Solution
MakerBot 3D 프린터 한국 공식 판매
02-499-8780 / steam15198@gmail.com

AUTODESK® FUSION 360 SOLIDWORKS AUTODESK® INVENTOR® Onshape

산업용 3D 프린터 Method XL 사양

기술	용융 적층 모델링(FDM)
프린트 헤드	교체 가능한 압출기가 있는 이중 압출 프린트 헤드
빌드 볼륨(XYZ)	이중 압출 305 × 305 × 320mm (12 × 12 × 12.6인치)
레이어 해상도	0.40mm 노즐: 400 – 100 미크론
치수 정확도	이동거리 mm당 +/– 0.2mm 또는 +/– 0.002mm(둘 중 큰 값)*
XYZ 해상도	XY의 경우 11.25미크론, Z의 경우 0.625미크론
최대 챔버 온도	100°C
빌드 플레이트	최대 105°C까지 가열되는 유연한 빌드 플레이트
통합 공기 필터	HEPA 필터 및 탄소 필터
노즐 직경	0.4mm
필라멘트 직경	1.75mm
작동음	57.1 +/– 3dB
연결성	Wi-Fi(2.4GHz + 5GHz), LAN, USB 포트
치수	프린터: W 655 × D 565 × H 815mm (W 25.8 × D 22.2 × H 32.1인치) 재료 케이스: W 223 × D 328 x H 319mm (W 8.8 x D 12.9 × H 12.6인치)
순중량	프린터: 56.5kg(125파운드) 재료 케이스: 1.9kg(4.2파운드)
무료 제공 소프트웨어	CloudPrint
지원되는 OS	MacOS, Windows, Linux
보증 기간	12개월

Method XL 사용 재료

MakerBot ABS-R

PLA만큼 쉽게 프린트할 수 있는 엔지니어링 등급의 ABS입니다.

MakerBot RapidRinse

수용성 서포트 재료로 복잡한 부품을 쉽게 프린트할 수 있습니다.

MakerBot ABS-CF

탄소 섬유의 성능과 ABS-R의 신뢰성이 결합되었습니다.

타사 재료(옵션_LABS 압출기 사용시)

- Polymaker Polymax™ PC
- Luvocom 3F PAHT® CF 9891
- JABIL TPE SEBS 95A

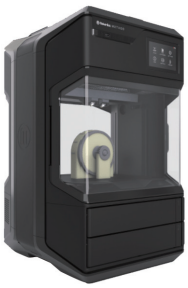
Method XL 압출기



올바른 재료를 위한 최적의 압출기

특정 재료에 최적화된 압출기. 복합 재료 및 서포트 재료 포함. 또한 모든 재료와 호환되는 Labs 압출기를 사용하여 타사 재료도 처리할 수 있습니다.

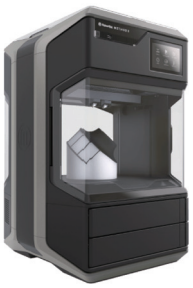
METHOD 모델 비교



제작 크기
단일압출 : 19L×19W×19.6H cm
이중압출 : 15.2L×19W×19.6H cm

재 료
PLA, PETG, TOUGH,
NYLON, NYLON CARBON,
NYLON 12 CARBON

METHOD



제작 크기
단일압출 : 19L×19W×19.6H cm
이중압출 : 15.2L×19W×19.6H cm

재 료
ABS, PC-ABS, ASA, NYLON, PETG,
PLA, TOUGH, NYLON CARBON,
NYLON 12 CARBON

METHOD X

디지털 디자인 커뮤니티
thingiverse.com

스팀솔루션
Steam Solution
UltiMaker 3D 프린터 한국 공식 판매
02-499-8780 / steam15198@gmail.com

얼티메이커 쇼핑몰
steamsolution.co.kr

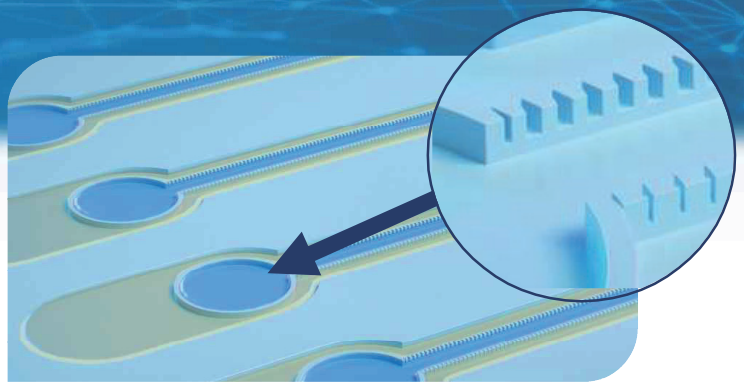

두산공작기계의 새이름
DN SOLUTIONS 의
위대한 여정은 계속됩니다.
두산공작기계는 지난 50년 동안 Machine Greatness의 가치를 중심으로
공작기계 업계 글로벌 리더로서의 명성을 쌓아왔습니다.
이제 새로운 시대가 시작됩니다. DN 솔루션즈라는 새로운 이름과 함께
미래 지향적인 자동화, 소프트웨어 및 기술로 차별화된 공작 기계의 유산을 이어갈 것입니다.
Manufacturing Solutions Leader, DN 솔루션즈
Learn more at DN-SOLUTIONS.COM

NEO NANOTECH

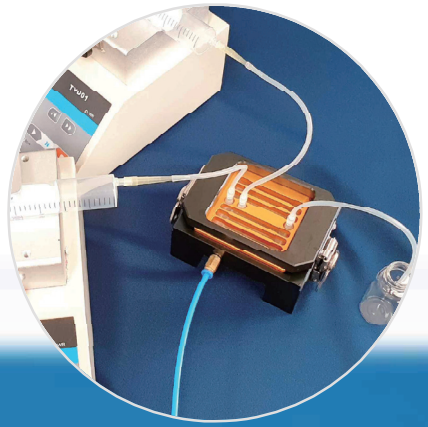
마이크로플루이딕 칩 기반

LNP 합성지그/기기

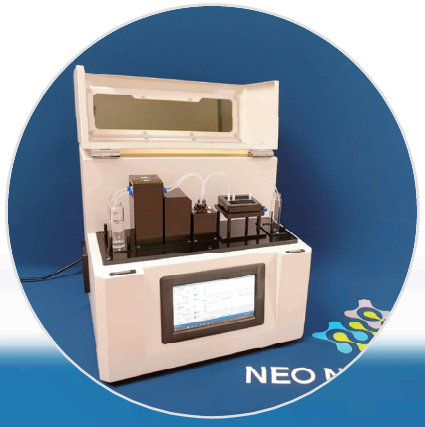




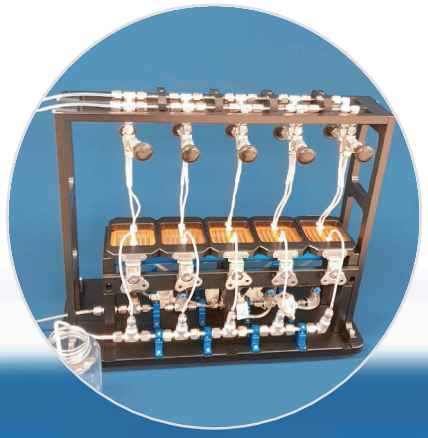
상온·상압 합성/나노급 고균일도/고수율/연속흐름 공정



실험용 지그 : LZ22010



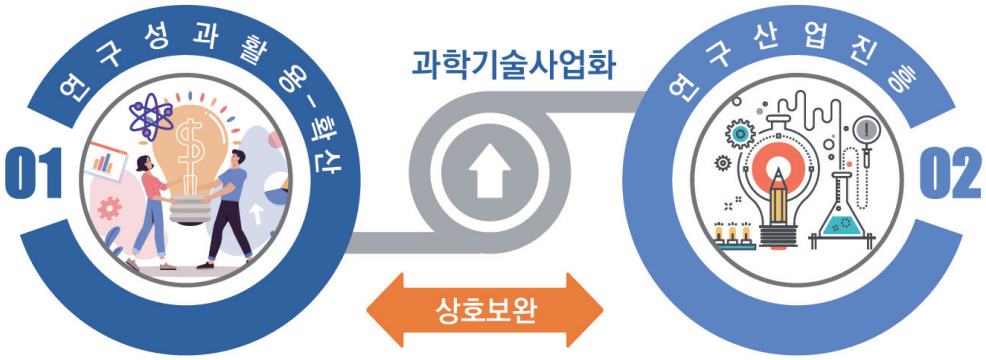
실험용 기기 : LS22010



양산기기 : MLS III

대전광역시 유성구 가정북로 156, 8동 305호 (장동, 한국기계연구원)
T. 042-867-0990 / info@neonanotech.com / www.neonanotech.com

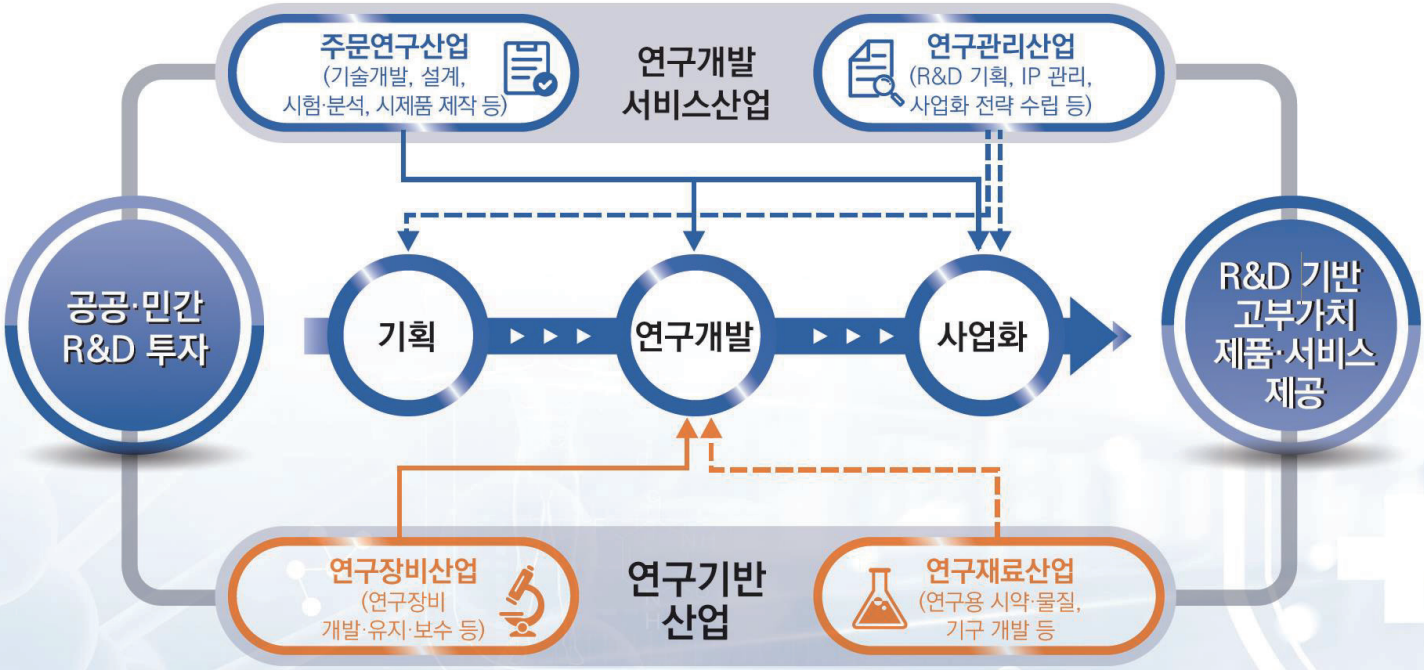
과학기술사업화진흥원은
연구산업 육성 및 과학기술기반 질 좋은 일자리 창출을 통해
국민이 체감하는 R&D혁신에 앞장서겠습니다



연구성과활용·확산
- 성과활용 ·확산 정책기획 강화 및 성과활용 플랫폼 고도화
- 산 ·학 ·연 협력 활성화를 통한 연구성과 활용 촉진
- 실험실 창업 확대 및 기술사업화 전문인력 양성

연구산업진흥
- 시장수요 기반 연구산업 全분야에 대한 체계적 육성 및 지원
- 연구산업 시장 확대 및 산업 생태계 조성

< 연구산업 개념도 >



각 산업 분야별 정부 R&D 지원사업은 과학기술사업화진흥원 홈페이지 사업공고란에서 확인하실 수 있습니다.

COMPA 과학기술사업화진흥원

www.compa.re.kr
대표전화 : 02-736-0047 F.02-736-9799
(07551) 서울특별시 강서구 양천로 570 NH서울타워 17층, 20층

KEMCTI 소개

전자빔 & 이온빔 관련 기술에 대한 연구, 개발, 분석업무를 수행하고 있는 한국전자기계융합기술원(KEMCTI)입니다.

KEMCTI 시험분석센터는 하전입자빔 장비개발을 바탕으로 집속이온빔(FIB), 주사전자현미경(FE-SEM) 장비 및 이온밀러(IonMiller)를 활용하여 다양한 시료의 가공, 분석서비스 제공하고, 하전입자빔을 이용한 장비 개발에 관한 연구를 진행하고 있습니다.





분석 절차

WE MAKE AN INNOVATION

분석상담 › 의뢰서 작성 › 시료 접수 › 시험 분석 › 결과 송부 › 계산서 발행, 카드결제



분석 문의

WE MAKE AN INNOVATION



홈페이지	www.kemcti.re.kr
연구장비예약시스템 홈페이지	www.kemctilab.re.kr
블 로 그	https://blog.naver.com/kemcti1
주 소	서울시 노원구 공릉로 232 서울테크노파크 105호
오시는길	공릉역 2번출구 원자력 병원 방면 버스정거장에서 13번 버스 탑승 후 몽어방 하차
전 화	02-6958-6992
F A X	02-6499-1883
이 메 일	kemctilab@kemcti.re.kr

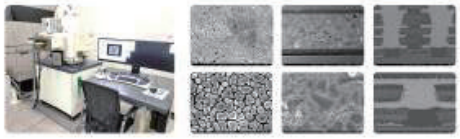
KEMCTI 시험분석센터

분석료 웹사이트

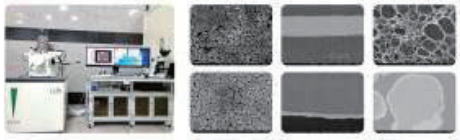
(재)한국전자기계융합기술원

분석 장비

FE SEM LEO 1560 (Zeiss, 20kV 1nm Resolution)



FE SEM LEO 1530 (Zeiss, 20kV 1nm Resolution)



Ga FIB (SE)KO, 30kV 4nm Resolution)



Ion Miller Miller (KEMCTI, 7kV 400um/hr(si))



Microscope DSX-1000 (Olympus)



Coater (Osmium Coater)

Coater (Pt coater)



시편 절단기 Diamond Wire Saw, Polisher



EDS



분석 전처리 및 분석료

단면 분석 방법

WE MAKE AN INNOVATION

01 시편 절단기 또는 다이아몬드 와이어 쏘를 이용한 시편 절단



02 폴리셔를 이용하여 단면 평탄화



03 이온밀러 또는 FIB를 이용한 단면 가공, 특정 포인트는 둘다 이용



04 가공후 비금속인 경우 코팅 이후 FE-SEM 분석



분석료

WE MAKE AN INNOVATION

분석 타입	비용
FE-SEM(Zeiss-LEO1530)	100,000원/h
FE-SEM(Zeiss-LEO1560)	100,000원/h
EDS(브루커)	+100,000원/h (LEO1560만 적용)
FIB(SEIKO-Ga FIB)	200,000원/h
Ion Miller(KEMCTI-Xkroad)	150,000원/sample (Cross Section, 특정 위치 없음)
Ion Miller(KEMCTI-Xkroad)	350,000원/sample (Cross Section, 특정 위치 있음, 전처리 포함)
Ion Miller(KEMCTI-Xkroad)	100,000원/sample (FIB, 전처리한 샘플만 분석)
Coater(오스뮴 Osmium-Sputter Coater)	20,000원 (고배율용)
Coater(KEMCTI Coater)	무료 (SEM, FIB 이용시)
Microscope(Olympus-DSX1000)	무료 (SEM, FIB 이용시)

- 밀러 이용시 SEM 이용료 50% 할인, 2시간만적용
- 야간 비용 : 기존 이용료 50% 추가
- 카코팅기, 플림푸스 광학현미경 무료 (SEM, FIB, Miller 사용시)
- 부가세 미포함 금액
- 분석의뢰 수량에 따라 분석료 할인(협의)
- 장기 계약시 분석료 10% 할인

인사말

생산제조 분야 학술 및 산업의 발전을 위하여 진력하시는 산·학·연·관 회원 여러분의 건승을 기원합니다. 2024년도 한국생산제조학회 춘계학술대회는 7월 17일부터 20일까지 푸른 해송숲과 청정 동해 바다가 보이는 강릉에서 개최됩니다.

4차 산업혁명 이후 디지털 변환이 가속화되고 초연결·초지능 기반으로 산업구조가 재편되고 있으며, 포스트 코로나 시대에 메타버스 플랫폼이 급속한 성장을 이루고 있습니다. 이러한 새로운 시대적 흐름에 직면하여 우리 학회는 국가 산업발전을 위하여 생산제조기술에 대한 리더십을 바탕으로 산업계와 정부기관과의 긴밀한 협력을 통해 우리나라 생산제조 분야의 혁신을 적극적으로 주도해야 하는 큰 사명을 안고 있습니다. 이를 위하여 우리 학회는 학술연구활동과 학술교류의 활성화에 더욱 충실하고, 이를 토대로 산·학·연·관 협력을 강화하고 확대하여 나가고자 합니다.

이번 학술대회에서는 우리 학회의 18개 학술부문과 특별세션에서 350편의 학술논문이 발표될 예정이며, AI 및 데이터 기반 생산제조기술에 대한 산업계 전문가의 특별초청강연과 포럼이 진행됩니다. 이와 함께, 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 첨단장비 분야 우수 R&D 성과공유회, 산·학·연 총 13개 기관에서 참여하는 4차 산업혁명 선도 연구실 및 기업 전시회와 참여기업의 콜로퀴움, 학술부문 구두발표 세션에서의 초청강연 등을 통하여 산·학·연의 최신 기술동향을 소개하고 활발한 기술교류도 도모하고자 합니다. 또한, 올해 처음으로 개최되며 생산제조 분야 박사학위 과정에 재학 중인 연구자를 대상으로 하는 '루키 생산제조 엔지니어 세션'을 통하여 미래 우수 생산제조 엔지니어에 대한 포상이 이루어질 예정입니다. 이외에도, 인공지능기술의 생산제조 분야 적용을 위한 실용적인 교육이 될 수 있도록, 생산제조 AI 분야 최신 기술동향, 생산제조 인공지능 핵심 이론뿐만 아니라 실습으로 구성된 '생산제조 인공지능 강습회'를 개최하는 등 다양한 프로그램으로 회원과 참가하시는 모든 분께 유익한 학회가 될 수 있도록 노력하였습니다.

회원 여러분의 많은 참여와 관심을 바라며, 연구와 산업 활성화를 모색하는 기회가 되시기를 기대합니다. 조직위원회에서는 회원님들의 관심과 격려에 부응하여 본 학술대회가 성공적으로 진행될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

이번 학술대회에 참석하시는 모든 회원님께 학회를 대표하여 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 또한, 이번 대회를 준비해 주신 조직위원회 위원님들과 특별세션 및 학술부문의 위원 여러분, 그리고 사무국 직원 여러분께도 감사의 마음을 전합니다. 끝으로, 우리 학회 모든 회원님의 건승을 기원합니다. 감사합니다.

2024년 7월

사단법인 한국생산제조학회 회장 지 성 철

2024 춘계학술대회 조직위원장 유 영 은

목 차

7월 17일(수) [구두]

✪ Track 2 : 센서내장형 스마트 기계 부품 기술

공작기계 지지부 설치 상태에 따른 정밀도 평가 ····· 2
장성현, 이다운, 이창호(㈜DN솔루션즈)

그리스의 성상에 따른 직선운동 가이드 마찰력에 관한 연구 ····· 3
이승환, 정영훈(경북대학교)

리니어 가이드의 예압에 따른 블록의 변형과 접촉응력에 대한 연구 ····· 4
박현섭, 김동원, 정효진, 박태성, 원영석, 임은정(에스비씨리니어 기술연구소)

온도와 하중을 고려한 구름 베어링의 그리스 사용 수명에 관한 연구 ····· 5
김강석, 이득우(부산대학교)

머시닝센터용 스핀들 베어링의 진단 기술 ····· 6
황주호(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 류엔민둥(과학기술연합대학원대학교), 심종엽(한국기계연구원)

7월 18일(목) [구두]

✪ Track 1 : 설비산업과 수요산업의 스마트제조 서비스플랫폼 개발

생성형 AI를 활용한 이상 진단 시스템 개발 ····· 8
이보성(㈜유디엠텍), 전승석, 김남기(㈜유디엠텍, 아주대학교), 왕지남(㈜유디엠텍)

지속 가능한 스마트제조를 위한 DPP 기반 생태계 구축방안 ····· 9
권수현, 김요섭, 송정훈(경북테크노파크)

스마트 제조 생태계 상호운용성 향상을 위한 표준화된 제조데이터 활용 방안 ····· 10
김요섭, 권수현, 송정훈(경북테크노파크)

테스트베드 운영 MES의 KPI 관리를 위한 챗봇 시스템 설계 ····· 11
조용주, 고민재(한국생산기술연구원)

스마트 제조 생산성 향상을 위한 딥러닝 알고리즘 연구 동향 ····· 12
유연주, 임성준, 손유경, 노성록, 양다운(한국산업지능화협회)

✪ Track 1 : 폴리머

대형 복합재료 부품 제작을 위한 압출형 적층시스템 개발 ····· 13
이필호(한국기계연구원)

HDPE 용접 공정에서 표면 거칠기에 따른 접합 강도 관찰 ····· 14
우수성, 이충우(한국생산기술연구원), 권용환(한국해양교통안전공단), 김지선(한국생산기술연구원)

RTM을 이용한 현장 중합을 통한 생체 적합 GFRP 제조 및 단백질 흡수 연구 ····· 15
김선주, 이범주(한국기술교육대학교), 강병수(한국생산기술연구원), 유형민(한국기술교육대학교)

열경화성 사출 금형의 센서 기반 균일 가열 방법론 연구 ····· 16
김미진, 최재혁(광주대학교)

XAI를 활용한 금형 내 공정조건 프로파일 영향도 해석 기반 사출성형 최적화 ····· 17
김진수(한국생산기술연구원), Chung-Yin Lin, Lih-Sheng Turng(University of Wisconsin-Madison)

✪ Track 2 : 스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술

공작기계 이송계의 온라인 파라미터 식별 ····· 18
백승국, 송창규, 노승국(한국기계연구원)

미소 블록 대응 가감속 시간 변경이 가능한 공구 경로 생성 ····· 19
이찬영, 노승국, 송창규, 허세곤(한국기계연구원)

양산공정 관점에서의 CNC 제어기 사용성 분석 ····· 20
권상원, 권병찬, 우완식, 조수빈(대구기계부품연구원), 조상우, 인영렬(계명대학교 산학협력단)

도메인 물리정보 기반 멀티 도메인 베어링 데이터 일반화 전처리에 관한 연구 ····· 21
이예림, 전용재, 김규민, 이상원(성균관대학교)

상용 제어기에서 다중 스핀들 제어 구현 ····· 22
강유수, 조정훈(케이씨엔씨㈜)

5축 공작기계 회전축 열오차 측정 및 모델링 ····· 23
조뢰, 김경호, 노승국, 송창규(한국기계연구원)

스마트 제조장비에 CNC 탑재 및 CNC 성능평가 ····· 24
최인휴, 심주현, 강윤성(씨에스캠㈜)

가공시간 단축을 고려한 5축 CNC 공작기계의 특이점 회피 방법 ····· 25
김다영, 강정모, 박재현, 김명연, 김지현, 지성철(단국대학교)

✪ Track 2 : 초정밀가공 및 공구

5축 공작기계의 공간오차 보정을 위한 민감도 분석법 및 변환오차 개발 ····· 26
김성태, 김양진(부산대학교), 전홍기, 오창원, 이창호(㈜DN솔루션즈)

유리의 미세 연삭가공에서 임계 절입 깊이에 대한 연구 ····· 27
이지효, 김재연, 김보현(숭실대학교)

비정질 탄소 몰드를 이용한 소다-라임 유리 비구면 Wafer Scale Lens Array 제작 ····· 28
김영규, Muzahir Ali, 이중호, 김석민(중앙대학교)

초경 스크랩을 이용한 미립자 WC분말 회수 및 입자 제어에 대한 연구 ····· 29
하국현, 곽종민, 신지윤, 신재명, 박민수(한국재료연구원)

컬링, 용접, 본딩의 복합가공 방식을 적용한 공조용 T형 덕트 자동화 연구 ····· 30
박동환(경북하이브리드부품연구원), 최종준(㈜광신공조)

✪ Track 3 : 스마트 제조장비용 CNC 제어 시스템 전문인력양성 성과 공유회

스마트 팩토리를 위한 클라우드 서버 기반 공작기계 관리 시스템 개발 ····· 31
기범근, 고영현, 박세진(강원대학교), 최종민(비더원), 박용재(강원대학교)

머신러닝을 이용한 베어링 결함 진행 단계 파악 ····· 32
이영우, 차예나, 권병수(강원대학교), 김재현(㈜SPM Instrument Korea),
서영호, 김병희, 최영권, 박용재(강원대학교)

가공품 표면 결함 감지 시스템 개발 ····· 33
김영재, 김동현, 표진우(강원대학교), 김진구, 곽호택(CAE테크놀러지), 장인배, 박용재(강원대학교)

오픈소스 CNC 기반 공작물 자동 공급장치 제어기용 사용자 인터페이스 개발 ····· 34
권순환, 김범수, 이수빈(강원대학교), 박대유(화천기공㈜), 박용재, 김병희(강원대학교)

갠트리 타입 공작기계의 확장 상태 관측기 설계 ····· 35
신진섭, 황준호, 박재우, 이정완(강원대학교), 최인휴(㈜씨에스캠), 김병희(강원대학교)

✪ Track 3 : 액티브시니어 맞춤형 스마트 헬스케어 융합기술 전문인력양성

자가 검사가 가능한 숏폼 버그 균형 척도를 이용한 낙상 위험 예측 개선 ····· 36
보보쩌, 박진석, 이수빈, 신예림, 김병희, 윤태진(강원대학교)

실시간 3차원 움직임 추적 디바이스를 통한 어깨 운동 측정 ····· 37
권병수, 김채선, 이영권, 곽명규, 임광석, 심은보, 이형석, 김병희, 박용재(강원대학교)

혈류 개선을 위한 심장주기 동기화 저주파 전기 자극기 ····· 38
김범수, 박찬호, 장상혁, 장웅기(강원대학교), 박희원(강원대학교병원), 서영호, 임광석, 이형석, 김병희(강원대학교)

민첩성 & 순발력 운동이 노인의 반응속도, 운전 능력에 미치는 영향 ····· 39
정덕화, 김병희, 박용재, 이형석, 하석진, 김연화, 이민경, 표진우, 강성훈(강원대학교)

고정화된 효모를 이용한 고속 와인 발효기 제작 ····· 40
이장섭, 홍연진, 신진섭, 이형석, 김병희, 하석진(강원대학교)

기계학습을 사용한 발소리의 분리와 발소리를 통한 개인식별 ····· 41
황준호, 김이현, 스네하 사디아 타란눔, 최수영, 김병희, 임광석, 하호진, 하석진, 박용재(강원대학교)

✪ Track 4 : 3D프린팅

직접 에너지 융착 공정에서 형상에 따른 적층경로 생성 ····· 42
오원정(한국생산기술연구원), 이승민(한국생산기술연구원, 부산대학교), 박성범, 김중경(한국생산기술연구원),
박석희(부산대학교), 주성호(엠피웍스㈜), 김충수(한국생산기술연구원)

흄드 실리카가 자기 반응성 3D프린팅 레진에 미치는 영향에 관한 연구 ····· 43
권혁배, 박승호, 권소연, 이상혁, 이현택(인하대학교)

객체 인식 알고리즘기반 복합 소재 적층 품질 모니터링 기술 개발 ····· 44
주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 이윤석(한국생산기술연구원),
최해진(중앙대학교), 이석우, 김태곤, 김성현, 신강우, 송경은, 남정수(한국생산기술연구원)

Directed Energy Deposition 공정을 통한 알루미늄 합금 소재의 적층제조에 관한 연구 ····· 45
장지훈, 김현성, 백경윤(광주대학교)

중대형 부품 DED 적층제조 생산성 향상을 위한 전주기 공정 체계 수립 ····· 46
이협(한국생산기술연구원)

✪ Track 4 : Agile Technology

에너지 및 우주 산업 응용을 위한 탄소나노기반 소재의 광학 및 전기화학적 특성 연구 ····· 47
노진성, 윤홍석(한밭대학교)

친환경 무용매 이차전지 전극 제조 기술 동향과 품질 고도화를 위한 공정 개발 전략 ····· 48
석재영(서울과학기술대학교)

장거리 탐지 결상 광학계의 기술 동향 분석 ····· 49
이호철, Truong Van Hu, Hien Nguyen(한밭대학교)

젖음성 기능성 표면을 위한 레이저 유도 멀티스케일 실리콘 구조 제작 ····· 50
박성진, 김선영, 김규현, 박희애, 최민창, 백승현, Jibi Jais, 이제성, 김정수, 박성우, 강봉철(국민대학교)

물분해 수소생산을 위한 초저가 실리콘 나노입자 합성에 관한 연구 ····· 51
김성범(강원대학교)

가공 시뮬레이션과 연계한 공작기계 소비에너지 예측 기술 개발 ····· 52
이재학, 이동윤(한국생산기술연구원)

ZnO 광촉매를 통한 은 전구체의 전도성 패터닝기법에 관한 연구 ····· 53
TO THI TU LINH, 노진성, 윤홍석(한밭대학교)

레이저 기반 가공을 통한 마이크로/나노 스케일 소재 제작 ····· 54
Srinivasan Arthanari, 김미정(충남대학교), 박종은(한국뉴욕주립대학교), 황준식(KAIST), 이후승(충남대학교)

✪ Track 5 : 탄소융합 및 경량소재

균질화 기법을 이용한 미래모빌리티용 장섬유 복합재 물성 예측 및 성형에 관한 연구 ····· 55
유명한, 강나루, 강창수, 김미정(한국탄소산업진흥원), 문민석(한국탄소산업진흥원, ㈜아이스퀘어드엠), 정경식(디유티코리아)

E-SPR을 이용한 CFRP/Al 접합부 특성 분석 ····· 56
김민석(한국생산기술연구원), 정운석, 이헌수(한국과학기술연구원), 심지연(한국생산기술연구원)

자동 섬유 적층(AFP) 공정을 활용한 이종소재 접합 공정 연구 ····· 57
강나루, 강정석, 유명한, 김미정(한국탄소산업진흥원), 최행선(서진산업㈜), 정준영(현대자동차), 강창수(한국탄소산업진흥원)

Pitch 기반 활성탄소섬유의 NO_2 흡착 거동에 대한 연구 ····· 58
김주환(한국탄소산업진흥원, 전남대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

15% 경량화된 CO_2 용접용 싱글케이블의 성능비교 연구 ····· 59
정승훈(한국조선해양기자재연구원), 이정현, 서병욱, 권재철(㈜일흥), 윤광희, 박진형(한화오션㈜), 김태형(한국조선해양기자재연구원)

✪ Track 5 : 다공성 탄소소재의 자립화를 위한 연구동향

다공성 탄소소재 기반 환경소재 및 부품개발 기반구축 ····· 60
양재연, 박상현, 이혜민(한국탄소산업진흥원)

자동차 증발가스 저감을 위한 다공성 탄소소재 제조 기술 개발 ····· 61
이병훈(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

국내 바이오매스 자원을 활용한 에너지 저장용 고성능 다공성 탄소소재 제조 기술 개발 ····· 62
김주환(한국탄소산업진흥원, 전남대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

KOH를 이용한 국내 무연탄의 활성탄소 제조: 회분제거 및 제거 회분의 고부가가치 소재화 ····· 63
김석휘, 이상은, 박정은, 김은주(고등기술연구원), 이혜민(한국탄소산업진흥원), 백승한(한국광해광업공단)

폐자원 순환을 통한 활성탄소 원료 국산화 기술 ····· 64
강석창, 임지선(한국화학연구원)

❂ Track 6 : 광에너지 및 그린생산시스템

레이저 위상배열 초음파를 이용한 STS 304 비파괴검사 기술 개발 ····· 65
강토, 한순우(한국원자력연구원)

3D 프린팅 기술 및 탄화 공정을 이용한 전기화학식 수소 압축기의 가스 확산 층 설계 및 제작 ····· 66
이성민, Muzahir Ali, 김주완, 김석민(중앙대학교)

이산화탄소 전환 단일벽 탄소나노튜브 제조 ····· 67
오은채, 장재원, 김정필(한국생산기술연구원)

자율 안전관리 활동에 따른 안전분위기 변화 분석 - 석유화학공장의 사례 ····· 68
김성우, 백종배(한국교통대학교)

❂ Track 6 : 고성능 이동체용 소재 및 응용기술 개발

비정형 수소저장장치의 화염안전을 위한 열형 화염인식센서 개발 ····· 69
정우석(한국생산기술연구원, 한양대학교), 신태성, 안준걸(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교),
이재철(한국생산기술연구원)

비정형 수소저장용기의 수소 충전에 대한 열적 안전성 해석 ····· 70
신태성(한국생산기술연구원), 정우석(한국생산기술연구원, 한양대학교), 안준걸(한국생산기술연구원),
양현익(한양대학교), 이재철(한국생산기술연구원)

용접 층간 온도를 고려한 열탄소성 해석에 따른 용접 변형량 예측 ····· 71
한영환, 양현익(한양대학교)

STEM을 이용한 정량적 및 정성적 분석을 통한 LNG pump tower의 용접 변형 감소 방안 도출 ····· 72
노홍준, 박상철(HD한국조선해양)

LIC 기술 기반의 Cyclic NN을 활용한 CFRP 이중 롤러의 적층 순서 최적화 전략 ····· 73
양승지(한양대학교), 안준걸(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교)

레이저 Scanning speed에 따른 알루미늄 계열 피착제의 젖음성 개선 연구 ····· 74
안준걸(한국생산기술연구원)

Out-of-Autoclave 항공기용 프리프레그의 유체-구조 연성해석을 통한 기계적 물성평가 ····· 75
김문성, 김성은(한양대학교, 한국생산기술연구원), 안준걸, 김기영(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교)

연료전지 스택 인클로저의 복합소재 재료 구성에 따른 변형량 비교해석 ····· 76
김성은(한양대학교, 한국생산기술연구원), 안준걸(한국생산기술연구원), 김문성(한양대학교, 한국생산기술연구원),
김기영(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교)

7월 19일(금) [구두]

✪ Track 1 : 루키 생산제조 엔지니어

사출금형 급속 냉각 시스템의 센서 기반 제어 방법 연구 ····· 78
김미진, 최재혁(광주대학교)

황화수소 가스 모니터링을 위한 하이브리드 타입의 센서 시스템 개발 ····· 80
하윤태(한국생산기술연구원, 경북대학교) 이준엽, 권진범(한국생산기술연구원),
한욱수, 최수지(한국생산기술연구원, 경북대학교), 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

Ti-6Al-4V 터닝 가공 시 스마트폰 센서 기반 불확실성을 고려한 공구 마모 모델 개발 ····· 82
양상민, 김경호, 임성훈, 박형욱(울산과학기술원)

고기능 포토닉 크리스탈을 위한 양산형 제조공정 및 센서와 표시 장치로의 응용 연구 ····· 85
녠황민(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 김관오, 강도현(한국기계연구원),
윤재성(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교)

TCP 제어 특성을 고려한 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어 성능 향상 방법 ····· 86
강정모, 김다영, 박재현, 김명연, 지성철(단국대학교)

✪ Track 1 : 나노마이크로시스템 I

아세톤 감지용 고감도 강유전성 요데이트 코발트 ($Co(IO_3)_2$) 기반 MEMS 가스 센서 ····· 87
강신준(성균관대학교, 한국전자기술연구원), 조민우(성균관대학교), 박광범(한국전자기술연구원),
이후정, 정형모(성균관대학교), 박준식(한국전자기술연구원)

광대역 광 흡수체를 위한 시너지 접근법: 계층적 텍스처 기반 기판을 활용한 탄소 나노구조의 활용 연구 ····· 88
트엉튜큐, 육근탁, 또티뚜린(한밭대학교), 김중배(공주대학교), 박영덕, 윤홍석, 노진성(한밭대학교)

유연 전자 소자 적용을 위한 Cu 박막의 나노/마이크로 스케일 정밀 기계가공 특성 연구 ····· 89
박아현, 황해인, 이승훈, 조인호, 김정환(한밭대학교)

플라스틱 미세유체 칩 제작을 위한 초음파 융착 구조 및 공정에 관한 연구 ····· 90
진재호, 권다인(㈜네오나노텍), 우상원(우영솔루션), 권오동, 이경훈(㈜솔루션랩), 유영은(한국기계연구원)

기계가공을 통한 정밀 패터닝과 나노 구조물 제작 기술 연구 ····· 91
황해인, 조인호, 이승훈, 김정환(한밭대학교)

대량 생산을 위한 기초연구 : 센서 채널용 그래핀 산화물의 효율적이고 오염 없는 열환원 기술 ····· 92
황태종, 유텐츠, 전성찬(연세대학교)

✪ Track 1 : 나노마이크로시스템 II

차세대 인터커넥션 적용을 위한 ALD Ru 금속 박막의 비저항 변화 연구 ····· 93
조인호, 이승훈, 황해인, 박아현, 김정환(한밭대학교)

화학기상증착법을 통한 이종접합 구조의 구리 인화물 마이크로 나노 어레이 전극 생산 ····· 94
홍종우, 전성찬(연세대학교)

나노 감응 물질로부터의 다중 특징 데이터와 머신 러닝을 이용한 유해 가스 예측 ····· 95
황윤지, 전성찬(연세대학교)

투명 전자 소자 적용을 위한 Cobalt film의 급속 열처리 온도에 따른 응집 메커니즘 연구 ····· 96
이승훈(한밭대학교), 송세환(부산대학교), 조인호(한밭대학교), 박성균(부산대학교), 김정환(한밭대학교)

화학기상증착(CVD)을 통한 Al6061 기판에서의 탄소나노섬유(CNFs) 기반 우주용 광 흡수체 개발 ····· 97
육근탁, Thuy Kieu Troung, 경장현(한밭대학교), 김중배(공주대학교), 윤홍석, 노진성(한밭대학교)

✪ Track 2 : 융합생산시스템 및 설계

전산 유체 역학 시뮬레이션을 통한 고속 충격 시험기 소형 투사체 속도 예측 ····· 98
김필호, 이승근(㈜알앤비), 권오동, 이경훈(㈜솔루션랩)

연결기 성능 예측을 위한 철도 차량의 충돌 해석 프로그램 개발 ····· 99
김동언, 홍성탁, 연제휘, 김민수, 정준혁(한양대학교), 문관식, 김기남(유진기공산업㈜), 김남욱(한양대학교)

보로노이 다이어그램을 이용한 생체모방 인공 무릎뼈의 설계 및 제작 ····· 100
강민채, 한민우(동국대학교)

✪ Track 2 : 지능형 로봇 연구 및 개발

실제 환경에 적용가능한 ICP알고리즘 기반 6D 포즈 추적 기법 ····· 101
황현호, 이성온(한양대학교)

가변 임피던스 메커니즘을 이용한 운반작업 보조 착용형 로봇 ····· 102
김남호(중앙대학교), 박종훈, 신동준(연세대학교)

산업용 로봇 관절을 위한 슬개골 기반의 동력 전달 메커니즘 ····· 103
이신영(중앙대학교), 이동언, 신동준(연세대학교)

로봇 핸드 감각 재현을 위한 착용형 햅틱 글러브 개발 ····· 104
홍유나(인하대학교), 박승태, 강지훈(과학기술연합대학원대학교, 한국생산기술연구원),
신원석, 권순철(한국생산기술연구원), 안범모(과학기술연합대학원대학교, 한국생산기술연구원)

Double Cardan-Joint Mechanism을 응용한 인체 모방 로봇 하퇴 의지의 설계 ····· 105
안성진, 김정엽(서울과학기술대학교)

LSTM 기반 딥러닝을 이용한 4족 보행 로봇의 몸통 위치 상태 추정 ····· 106
하성민, 김정엽(서울과학기술대학교)

로봇 매니퓰레이터 작업 계획에서 대형 언어 모델의 적용 ····· 107
김명섭, 박재한(한국생산기술연구원)

✪ Track 2 : 로봇 및 엔지니어링

다이캐스팅 부품 3D CT 영상데이터 고해상도화 기술 ····· 108
김동응, 김문조, 윤종필, 모찬빈, 원홍인, 이종현(한국생산기술연구원)

CAD 이미지와 격자점을 활용한 재단 직후 원단 조각 인식 자동화 시스템 ····· 109
성은영(한국생산기술연구원, 한양대학교), 이혜진, 원찬희(한국생산기술연구원)

다중 가공 조건에서의 공구 잔여 수명 예측을 위한 연속학습 방법론 개발 ····· 110
김경호, 강윤석, 양상민, 최재경, 황가현, 김주현, 천지연, 임찬성, 박형욱, 임성훈(울산과학기술원)

친환경 자동차 부품 개발에 따른 탄소배출량 예측 방법론에 관한 연구 ····· 111
장명진, 문덕영(한국공학대학교)

❂ Track 3 : 레이저 공정 및 응용

소프트로봇 필름 및 강화학습 기반 제어 ····· 112
주훈표(ETRI), 이종호(GIST)

레이저 연쇄 열분해를 이용한 투명 엘라스토머 정밀 가공 기수 ····· 113
신재호(한국과학기술연구원)

레이저 유도 기술을 이용한 순수 전도성 고분자 하이드로겔의 습윤 안정성 및 접착 연구 ····· 114
안지용, 원대연, 고승환(서울대학교)

Laser 전공정 기반 신속한 전도성 hydrogel patterning 기술 ····· 115
이학범, 원대연, 고승환(서울대학교)

레이저 유도 광열 효과를 이용한 신축성 다층 전자회로의 엘라스토머 패터닝 및 적층 공정 ····· 116
전호정(한국과학기술연구원, 고려대학교 KU-KIST 융합대학원)

패턴화 액체 금속으로 여는 신축성 전자기기의 혁신 ····· 117
최규호, 김민우, 고승환(서울대학교)

레이저 기반 액체금속 및 나노와이어 부착 및 응용 ····· 118
박희재, 조철민, 신우섭, 고승환(서울대학교)

❂ Track 3 : 디지털 바이오 융합생산기술

분자 각인 기술에 있어서 친환경 용매의 활용과 추출 및 크로마토그래피 분리에의 응용 ····· 119
마완완, 박진호, 이준철, 이동목(한국생산기술연구원)

주형 고분자 바인더의 고온연소와 주형 열팽창계수의 상관관계 ····· 120
이병준, 조인성, 곽시영(한국생산기술연구원)

로봇-장비 D.N.A 기술을 통한 의료기기 스텐트 제조공정 표준화 ····· 121
이동목, 고정우(한국생산기술연구원)

CHO 세포 배양에서의 데그론에 따른 생산성 향상에 대한 연구 ····· 122
이준철(한국생산기술연구원), 고영훈(㈜마이크로디지탈), 박진호(한국생산기술연구원),
김수민(한국생산기술연구원, 인하대학교), 박소정(한국생산기술연구원), 이주민(한국생산기술연구원, 인하대학교)

실험계획법을 이용한 CHO 세포배양에서의 화학적 정의 배지 최적화 ····· 123
이주민, 김수민(한국생산기술연구원, 인하대학교), 박소정, 박진호(한국생산기술연구원), 전태준(인하대학교),
이준철(한국생산기술연구원)

❂ Track 4 : 3차원 미세구조 가공/분석을 위한 광/하전입자 트리블빔 핵심기술 개발

대면적 가공을 위한 저전력 ECR 플라즈마 이온원 개발 ····· 124
송규, 윤찬녕, 박형주, 박정남, 장동영(한국전자기계융합기술원)

빔 입사각 제어가 가능한 고속 스캐닝 레이저 가공 기술 개발 ····· 125
하정홍, 김충수(한국생산기술연구원)

다중 영역의 연계 이미징을 위한 광전자 융합 현미경 운용 기법 최적화 ····· 126
송경진, 김용천, 임윤교, 박수형, 유운선(에스엔유프리시젼㈜)

옥트리 기반 3차원 빔 절삭 시뮬레이션 모델 연구 ····· 127
김형중(건국대학교), 김충수(한국생산기술연구원)

✪ Track 4 : 초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속이온빔 컬럼 및 복합공정시스템 개발

초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속이온빔 컬럼 및 복합공정 시스템 개발 ····· 128
장동영, 박만진, 박정석, 김기환, 원종한, 박건영, 박지혜, 박수현, 박정남(한국전자기계융합기술원)

냉전계방출전자총 진공시스템의 성능 평가 ····· 129
김세현, 하태균, 권혁채, 홍만수(포항공과대학교)

Dual-beam(SEM/FIB) 복합 공정을 위한 Eucentric point 조정 방법에 관한 연구 ····· 130
김동욱, 김승재, 예세희, 윤여홍, 최교원(㈜에스에프에이)

듀얼빔 시스템의 유센트릭 초점 제어를 위한 기구학적 시뮬레이션 ····· 131
박지수, 이민형, 최승현(금오공과대학교), 김충수(한국생산기술연구원),
송경진, 김용천, 박수형(에스엔유프리시젼㈜), 이길용(금오공과대학교)

✪ Track 5 : DX FOMs I

설명가능 인공지능을 통한 제조설비 자율운전 및 에너지 절감 ····· 132
허소윤, 김규원, 유보선, 장윤석(㈜인이지), 최재식(㈜인이지, KAIST)

FOM 시스템과 OKR경영방법론의 연계 방안 연구 ····· 133
윤동민(한국산업단지공단), 김수영(호서대학교)

FOM 솔루션을 활용한 다품종 소량생산 기업의 세팅 불량 감소 연구 ····· 134
유한솔, 손경섭, 김재하, 장오성, 김수영(호서대학교)

Digital-Twin What-If Simulator를 활용한 제조라인의 이상상황 대처 플랫폼 개발 및 적용 ····· 135
최성우(경기대학교)

FOM 솔루션을 사용한 제조데이터 분석을 위한 데이터 연동 및 가공방법에 대한 연구 ····· 136
손경섭, 유한솔, 김재하, 김수영(호서대학교)

✪ Track 5 : DX FOMs II

인체삽입용 의료기기 생산기반 구축 및 품질시스템 적용 사례 연구 -전자망막 시제품 제작 사례- ····· 137
황인환, 김영진(오송첨단의료산업진흥재단), 김수영(호서대학교)

FOM 시스템 분석을 통한 생산계획 정확도 향상에 대한 연구 ····· 138
남기선(호서대학교), 오상석(인하대학교 제조혁신전문대학원), 김재하, 김수영(호서대학교)

사출성형 제조기업 온도 관리 시스템 구축 FOM 연동 방안 연구 ····· 139
장오성(호서대학교), 고범석(㈜큐이노텍), 손경섭, 유한솔, 윤동민, 김수영(호서대학교)

이해 가능하고, 수정 가능한 제조 AI 예측 솔루션 ····· 140
이창선, 홍정범, 남재혁(인하대학교 제조혁신전문대학원)

FOMs 관점에서 제조 기업 CPS 구축 방법론 연구 ····· 141
오경원, 이상훈, 장재훈, 임효재, 김수영(호서대학교)

✪ Track 6 : 반도체 전공트랙 사업(반도체 장비 전공트랙)

자기부상을 위한 원호형 보이스코일모터의 모델 불확도 분석 ····· 142
박민욱, 박정민, 최휴, 조성민, 조용재, 여의주, 안다훈(서울과학기술대학교)

하이브리드 본더 장비 진공도 개선 ····· 143
김성동, 박영호, 김민규, 손사랑(서울과학기술대학교)

CVD 응용 탄소막 코팅을 통한 표면에너지 제어와 이종 소재 간 흡착/혼합성 향상 연구 ····· 144
온민석, 김회민, 소민서, 심광호, 석재영(서울과학기술대학교)

3차원 회전-병진 복합 모션 롤-밀 장치 개발과 등방성 고강도 박막 필름 제조 공정 응용 연구 ····· 145
정영운, 김현빈, 박상근, 박정우, 석재영(서울과학기술대학교)

회전자-고정자의 간극 제어형 고속전단 장치 개발과 이종 소재 혼성화 공정 응용 연구 ····· 146
양민규, 박민준, 신규환, 석재영(서울과학기술대학교)

반도체 패키지 솔더볼 공정 개선 ····· 147
정승환, 나수인, 홍정표, 진혜인, 조영학, 김정우(서울과학기술대학교)

POCT용 마이크로칩 제작 ····· 148
김남현, 김성진, 한예진, 조영학(서울과학기술대학교)

폴리머 소재 유연기구 기반 광학계 정렬 장치 ····· 149
김상준, 송도영, 조형익, 남제혁, 안다훈(서울과학기술대학교)

축향 영구자석 구동 방식 3자유도 스테이지 설계 ····· 150
김영준, 장유진, 박경근, 이성훈(서울과학기술대학교), 김영덕(㈜이솔), 안다훈(서울과학기술대학교)

✪ Track 6 : 바이오/메디칼

Ultrafast Molecular Diagnosis-Based Solid-Phase Photonic PCR for Respiratory Pathogen Variant Discrimination ····· 151
권오석(성균관대학교)

전혈에서 cfDNA와 CTC 분리용 Lab-on-a-Disc의 멸균공정 개발 ····· 152
황철진, 이정원, 황택용, 강정진(한국생산기술연구원), 이성훈(㈜클리노믹스)

두 개의 혼합 구조를 가지는 미세유체 칩 및 이를 이용한 다층 구조의 리포좀 합성 공정에 관한 연구 ····· 153
정연정(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 진재호(㈜네오나노텍), 김관오(한국기계연구원), 윤재성(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 강도현(한국기계연구원), 유영은(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교)

현장진단검사를 위한 그래핀 FET 기반 휴대용 나노바이오센서 ····· 154
김경호, 권오석(성균관대학교)

나노 입자 분리/농축을 위한 전기장 기반 멤브레인 기술 ····· 155
박지효(한국기계연구원, 서울대학교), 유영은, 윤재성, 강도현(한국기계연구원), 한흥남(서울대학교), 김관오(한국기계연구원)

7월 18일(목)

[포스터발표 I]

3D프린팅

DED 공정 모니터링을 위한 이미지 기반 온도 데이터 생성에 관한 연구 ····· 157
최영운, 이예림, 신혜원, 이상원(성균관대학교)

웨어러블 기기의 야외 작동 성능 향상을 위한 복사냉각 기반 쿨링 케이스 ····· 158
현창환, 정민서, 권석규, 이다솔(연세대학교)

폴리머 소재 금형 제작용 광경화성 수지의 후경화 조건에 따른 기계적 물성 변화에 관한 연구 ····· 159
김기범, 박정연, 김미애(한국생산기술연구원), 안동욱, 이태건(한국생산기술연구원, 한국공학대학교)

3D 프린팅 시편의 패턴 및 충진 밀도에 따른 기계적 강도 특성 ····· 160
전유재(여주대학교)

복합재 적층 공정시 경로 추적을 통한 온도 모니터링 연구 ····· 161
최예원, 김민서(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교),
최해진(중앙대학교), 이석우, 김태곤, 김성현, 신강우, 송경은, 남정수(한국생산기술연구원)

다공성 추간체유합보형재의 물리·화학적 특성 평가 ····· 162
주민정(한국교통대학교), 임권묵(㈜에이스메디코프 연구소), 박성준(한국교통대학교)

열간 단조 공정 지능화를 위한 이형제 분사 모델링과 금속 적층제조 ····· 163
이지혁, 김우진, 백재영, 주나안, 한정규, 이학성(동아대학교)

와이어 아크 적층제조 기술을 이용한 금형강 소재 적층가공 특성 연구 ····· 164
홍명표(한국생산기술연구원)

광에너지응용

레이저 펄스에 적용한 디지털 신호의 보간에 관한 연구 ····· 165
우성철, 김지훈, 왕환, 이현석, 김주한(서울과학기술대학교)

CFRTP 가공에서 IR 및 UV 레이저의 적용 연구 ····· 166
왕환, 우성철, 김지훈, 김주한(서울과학기술대학교)

레이저 가공에서 탄소 섬유 강화 플라스틱의 광학 물성에 대한 열전달 해석 연구 ····· 167
김지훈, 우성철, 왕환, 김주한(서울과학기술대학교)

그린생산시스템

PEMFC에서의 방해물의 높이에 따른 성능 비교 ····· 168
정도영, 송동근, 김정수, 이승헌, 민경원, 조구영(단국대학교)

대면적 패키징 기판 연삭 장치의 가진력에 의한 공진 해석 ····· 169
박수호, 박지혁, 신봉철, 공정식, 최경호(인덕대학교), 김성철(㈜에이엠테크놀로지), 백승엽(인덕대학교)

그린수소 생산 공장 구축을 위한 풍력 연계형 반도체 변압기의 모듈 전력 제어 ····· 170
오현우, 최동호(단국대학교), 박영수(계명대학교), 이준석(단국대학교)

GMAW를 이용한 SAPH440재질의 용접변수에 따른 용입성 및 전류 파형 분석 ····· 171
이종훈(공주대학교)

SGAFC 980의 저항점용접에 따른 기계적 특성 및 유한요소해석을 통한 너깃 직경 예측에 관한 연구 ····· 172
이종훈(공주대학교)

소구경 소켓용접부 위상배열초음파검사의 FMC/TFM 기법 적용 ····· 173
곽동열, 김영래(한국수력원자력㈜)

관경에 따른 R-1234y의 응축 열교환기 설계를 위한 실험적 연구 ····· 174
하수정(한국폴리텍대학)

관경에 따른 냉매 R-1234yf 증발 열교환기 설계를 위한 실험적 연구 ····· 175
하수정(한국폴리텍대학)

액화천연가스 저장탱크 멤브레인 소재 개발 및 기술개발을 위한 비교분석 기반의 통계분석 연구 ····· 176
안덕현(한국폴리텍대학)

액화천연가스 저장용기 복합재료의 용접접합기술 통계량에 대한 비교분석 ····· 177
안덕현(한국폴리텍대학)

GWO 알고리즘을 이용한 리튬이온 배터리에 대한 다단계 최적 전류충전기법에 대한 연구 ····· 178
안효성, 남휘정, 김범수, 한성익(동국대학교)

뭉침이 발생하지 않는 개질유황 분말의 제조공정에 관한 연구 ····· 179
김창훈(강릉원주대학교), 최문선(범준이엔씨㈜)

센서내장형 스마트 기계 부품 기술

전기이륜차 배터리팩 공유스테이션 사용행태 분석 연구 ····· 180
윤상영, 박영수, 변다니엘, 이선근(㈜유저커넥트)

외부 하중과 예압에 따른 리니어 가이드의 블록 접촉각에 대한 연구 ····· 181
박현섭, 김동원, 정효진, 박태성, 원영석, 임은정(에스비씨리니어 기술연구소)

스트레인 센서를 이용한 머시닝 센터 스핀들 베어링의 예압 모니터링 기술 ····· 182
류엔민둥, 황주호(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 심종엽(한국기계연구원)

전기 이륜차 교환형 배터리 수명 최적화를 위한 배터리 공유 스테이션 로드 밸런싱 연구 ····· 183
김태훈, 김준, 정헌목, 권민규, 박경용(한국생산기술연구원)

Agile Technology

나노초 펄스 레이저 가공 변수의 티타늄 합금 표면 경도에 미치는 효과 ····· 184
박종은(한국뉴욕주립대학교), 이정우, 아타나리 스리니바산, 이후승(충남대학교), 양민양(한국뉴욕주립대학교)

저비용 환원 실리콘 나노입자를 이용한 수요자 맞춤형 물분해 수소생산 ····· 185
전상헌, 이승환(강원대학교), 이학주, 우성윤(㈜나노치즈제로), 김성범(강원대학교)

AI융합 탄소중립 제조

스마트 제조 시스템을 위한 AI PaaS 기술 ····· 186
박경석(한국과학기술정보연구원, University of Science and Technology)

3차원 인체 모델 분석을 위한 클라우드 네이티브 SaaS 설계 ····· 187
박경석(한국과학기술정보연구원, University of Science and Technology)

금형 및 공구

칼코지나이드 기반 원적외선용 웨이퍼레벨 렌즈 압축성형 ····· 188
박시환(울산과학대학교)

초경 스크랩으로부터 회수한 텅스텐 산화물의 환원 거동에 대한 연구 ····· 189
하국현, 곽종민, 박민수(한국재료연구원)

RX DX 가스 열처리공정에서의 침탄깊이 정밀 제어 ····· 190
안경준, 전동술(한국생산기술연구원)

진동 및 제어

위성 통신용 고속 조준 거울의 설계와 제어 ····· 191
김현태, 김세은, 전용호(아주대학교), 박성언(㈜한화 에어로스페이스), 송정민(㈜모트롤), 이문구(아주대학교)

하이브리드 차량의 구동계 제어를 위한 견인모터 작동점 연구 ····· 192
주현민, 김은식, 최태운, 임원식(서울과학기술대학교)

폴리머

3D 프린트를 이용한 진공성형 형틀 제작 ····· 193
김석산(오토렉스㈜), 박시환(울산과학대학교)

전기방사를 이용한 복사냉각 나노섬유의 설계 및 야외온도 측정 ····· 194
정민서, 권석규, 현창환, 이다솔(연세대학교)

시트르산을 활용한 PVA/SiO_2 복사냉각 나노섬유 ····· 195
권석규, 현창환, 정민서, 이다솔(연세대학교)

구조 안전성을 고려한 Type 4 복합재료 수소 압력용기의 해석 및 설계 ····· 196
이범주, 안지수, 김선주, 유형민(한국기술교육대학교)

제빙 사이클에 따른 폴리우레탄 탑코트의 손상 연구 ····· 197
이동현, 양성백, 김종현, 권동준(경상국립대학교)

고분자 구조 조절에 따른 폴리우레탄 탑코트의 방빙 성능 평가 ····· 198
이동현, 양성백, 김종현, 권동준(경상국립대학교)

사출금형용 Changeable core 구조의 개발 및 구조적 안정성 연구 ····· 199
이승찬, 김미진, 최재혁(광주대학교)

이차전지 전극 코팅을 위한 인발기반 건식공정의 개발 ····· 200
이병현, 김유준, 손혜원, 성범규, 김선경(서울과학기술대학교)

리튬이온 이차전지 열전달 시뮬레이션 ····· 201
정승훈, 권형진, 박민성, 김선경(서울과학기술대학교)

위상최적화 기법을 활용한 이종소재 접합부의 경량화 설계 ····· 202
문병휴, 김미진(광주대학교), 정민교, 이필호(한국기계연구원), 최재혁(광주대학교)

PETG 수지의 사출성형 조건에 따른 광탄성 특성 ····· 203
정영현, 이현동(서울과학기술대학교), 최동해, 강민아(SK케미칼), 류민영(서울과학기술대학교)

글로벌 규제 대응을 위한 옥타데실트라이클로로실란(OTS)과 다양한 종류의 중공 실리카 나노입자 첨가를 통한 직물의 발수성 향상 연구 ····· 204
김주란(한국생산기술연구원)

7월 18일(목)

[포스터발표 II]

지능형 로봇 캡스톤 디자인

중량 기반 택배 물품 분류용 X-Y 로봇 ····· 206
김유진, 문유정, 이준혁, 최수연, 이석원(한국공학대학교)

불균형 노면 주행이 가능한 밸런싱 주행 로봇 ····· 207
이예진, 이상엽, 변재형, 차동혁(한국공학대학교)

영상인식과 자율주행을 이용한 택배배달로봇 ····· 208
송민준, 오찬민, 정지동, 강민주, 정명진(한국공학대학교)

객체탐지 알고리즘을 활용한 상품인식 스마트 카트 ····· 209
최창조, 방민준, 문성준, 조경준, 어규호(한국공학대학교)

비전을 활용한 로딩 및 언로딩 로봇 ····· 210
곽석현, 김준형, 이준희, 최희준, 김효영(한국공학대학교)

스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술

스마트 HMI를 이용한 공작기계 주변기기 제어를 통한 에너지 절감 기술 구현 ····· 211
이승환, 류도원, 조병준, 박대유(화천기공㈜)

제조엔지니어링

인공지능 기반 복합재료 용융적층 제조공정 품질 예측 및 최적화 ····· 212
김나현, 조웅현, 신혜원, 이상원(성균관대학교)

대면적 원단 CIS 스캐너 활용 기계학습 기반 고속 검사 기술 ····· 213
백재영, 이지혁, 김우진, 주나안, 한정규, 이학성(동아대학교)

3D 프린팅된 자이로이드 패턴 구조의 인장 및 압축 특성에 대한 연구 ····· 214
정석환, 박지환, 임성한(단국대학교)

미래형 자동차용 대형 커브드 디스플레이 커버글라스의 간소화된 열 성형 공정에서의 거동 시뮬레이션 ····· 215
이광호(고려대학교, 한국생산기술연구원), 이동원(한국생산기술연구원, 인하대학교), 김순욱(국민대학교), 김종수(한국생산기술연구원), 노건우(고려대학교)

금형 절삭가공에서 인공 실험 데이터 수치에 따른 인공신경망의 표면거칠기 예측 정확도에 관한 연구 ····· 216
김지우(고려대학교, 한국생산기술연구원), 이동원(한국생산기술연구원, 인하대학교), 이준한, 김종선, 김종수(한국생산기술연구원), 노건우(고려대학교)

사출성형 CAE 해석 결과의 유사 실험 데이터 전환에서 학습 데이터 개수에 따른 인공신경망의 성능에 대한 연구 ····· 217
이효은(한국생산기술연구원, 단국대학교), 이준한(한국생산기술연구원), 조구영(단국대학교), 김종선(한국생산기술연구원)

공정 구조 기반 다중 입출력 인공신경망을 통한 사출성형품의 품질 예측에 대한 연구 ····· 218
이준한, 김종선(한국생산기술연구원)

시뮬레이션 기반 반응표면 분석법을 통한 블로우 성형용 프리폼 최적설계 ····· 219
이현승(한국생산기술연구원, 연세대학교), 오정길(㈜동아정밀공업), 홍석관(한국생산기술연구원)

비전 기반 스쿼트 자세 측정 및 평가 ····· 220
최예지, 홍윤지, 임성한(단국대학교)

4차 산업혁명 자동화 융·복합 분야의 인재양성 교육에 관한 연구 ····· 221
조정희(한국폴리텍대학)

주요 제조업에 적용될 4차 산업혁명에서의 윤리교육에 관한 연구 ····· 222
조정희(한국폴리텍대학)

딥러닝 모델을 적용한 재생 주물사의 품질 예측 연구 ····· 223
최영심(한국생산기술연구원)

최적화 기반 Inverse 방법으로 손상 연화를 고려한 손상 및 경화모델 계수 결정 ····· 224
이성진, 김종봉(서울과학기술대학교)

탄소융합 및 경량소재

연속섬유/단섬유 복합소재 적용 로어 가니쉬 부품에 대한 고강도 경량 설계 방안 ····· 225
김현우, 이긍현, 장다영(금오공과대학교), 윤민호(서울시립대학교), 한장우(금오공과대학교)

전산유체해석을 이용한 알루미늄 하우징의 열전달 특성 해석 ····· 226
설영훈, 김정민, 진정범(금오공과대학교), 김광석(한국생산기술연구원), 한장우(금오공과대학교)

플라즈마 스프레이 코팅한 구리 필름의 열적 및 접착 특성 ····· 227
박영주, 정건주(한국생산기술연구원, 성균관대학교), 정승부(성균관대학교), 김광석(한국생산기술연구원)

EDLC의 에너지 밀도 향상을 위한 바이오매스 기반 활성탄소 제조 및 특성 분석 ····· 228
조동신(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 김주환(한국탄소산업진흥원, 전남대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

알루미늄 튜브 열간벤딩 성형시 고주파유도가열 유지시간에 따른 성형 특성 ····· 229
정인협(한국생산기술연구원, 전북대학교), 권의표(한국생산기술연구원), 박현경(동해금속㈜)

촉매 화학기상증착법에 의해 생산된 고수율 이중벽 탄소나노튜브의 특성 ····· 230
김동영, 남승현, 조혜리(한국탄소산업진흥원)

단일벽 및 이중벽 탄소나노튜브의 고수율 유동층 합성 ····· 231
홍다영(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 최은형, 조혜리, 남승현, 김동영(한국탄소산업진흥원)

탄소나노튜브 네트워크 어셈블리 구조 제어를 통한 전기전도성 개선 및 나노다공성구조 영향성 분석 ····· 232
남승현, 조혜리, 김동영(한국탄소산업진흥원)

복합재료 쉘구조물의 위상필드 모델링 ····· 233
웬반호이, 임태중, 트린민췐, 전형민(전북대학교)

벤토나이트 점토 표면 개질이 현무암/에폭시 멀티스케일 복합재료의 인장 물성에 미치는 영향 ····· 234
조현석(경희대학교), Saurabh Khandelwal, 김상훈(전남대학교), 이경엽(경희대학교)

Activated carbon filter system originated from Pineapple leaf for adsorbing iron and calcium ions ····· 235
Seung Joo Lim, Bum Kyung Seo(Korea Atomic Energy Research Institute),
Byung Hyo Kim, So Hee Kim, Jae Ah Whang(Ulim E&Tech Co.)

Manufacturing of coconut shell activated carbon filter system for the treatment of dye wastewater ····· 236
Seung Joo Lim, Bum Kyung Seo(Korea Atomic Energy Research Institute),
Byung Hyo Kim, So Hee Kim, Jae Ah Whang(Ulim E&Tech Co.)

집어등기구용 복합재 격자 강화 구조 제작 방법 ····· 237
송준혁(한국탄소산업진흥원)

표준 채낚기 어선 선도에 대한 무전극램프 집어등기구 배치 설계 및 시뮬레이션 ····· 238
송준혁, 오제하(한국탄소산업진흥원), 정영일, 정회진(㈜이텍)

ALD 기술을 이용한 Al_2O_3층 증착을 통한 3D 탄소소재 기반 아세톤 가스 센서의 연구 ····· 239
최재혁, 정원도, 박인하, 김형진(울산과학대학교)

첨단공작기계

열폭주 방지 고전압 버스바 양산성능 개선 연구 ····· 240
정우영, 김효성(한국자동차연구원), 이성현(티에스모스트), 김기홍(㈜예랑테크)

모바일 증강현실 기반 장비 이상경고시스템 ····· 241
홍원표(한국생산기술연구원)

AR 기반 현장관리시스템 ····· 242
홍원표(한국생산기술연구원)

경량 스퀴즈넷 모델을 이용한 모바일 가공기 채터 검출 ····· 243
이동건, 박형욱(울산과학기술원)

공구교환형 공기베어링 스핀들의 동특성 분석 ····· 244
모란호세(과학기술연합대학원대학교), 황주호(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 당치콩(에이에스피엘㈜), 심종엽(한국기계연구원)

동시 5축 CNC에서 동특성 및 허용 토크를 고려한 충돌 시뮬레이션 ····· 245
박재현, 강정모, 김다영, 김명연, 문시훈, 지성철(단국대학교)

초정밀가공

음향 분석을 통한 CFRP 밀링에서의 공구 마모와 절삭 메커니즘 분석 ····· 246
하민석, 서태원(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 남정수, 신강우, 김태곤, 김성현, 이석우, 송경은(한국생산기술연구원)

유리 임프린팅 공정과 Vitreous Carbon Mold를 이용한 Fly eye lens의 측정 및 제작 ····· 247
이중호, 김영규, 김석민(중앙대학교)

집속 초음파 트랜스듀서 제조를 위한 단결정 압전소자의 레이저 보조 가공 시 압전 특성 변화 연구 ····· 248
서동현, 이찬우(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교), 곽은지, 제태진, 최두선(한국기계연구원), 한준세(한국기계연구원, 과학기술연합대학원대학교)

피질골 로봇 드릴링을 위한 엔드 이펙터 TCP 각도 최적화 ····· 249
하주형(한국생산기술연구원), 최준혁(경북대학교), 이용재, 김동민(한국생산기술연구원), 김지수(경북대학교)

Ag@Au 나노와이어 및 미세구조 기반 산화 저항성 자가접착 투명 유연전극 ····· 250
권혁주, 김재일, 정훈의(울산과학기술원)

Metal imprinting 공정을 통한 마이크로 구조 빙결방지 표면 제작 ····· 251
김주완, 김영규, 이성민, 김석민(중앙대학교)

다양한 파지 모드를 위한 자연모사 엔드이펙터와 다중 손가락 모듈을 갖춘 소프트 그리퍼 ····· 252
강동관, 박성진, 정훈의(울산과학기술원)

Zr 합금관의 효율적 크리프 분석을 위한 나노인덴테이션 활용 ····· 253
박민지, 조아름, 정회연, 박연경, 신기승, 김진현, 전은채(울산대학교)

설계 및 CAE I

동일한 개구율을 갖는 채널 폭의 변화를 이용한 PEMFC 사형 유로 성능 조사 ····· 254
이완태, 옹컴투, 이응기, 김현철(공주대학교)

PEMFC의 구멍 뚫린 gdl 구성 비교 분석 : 설계 수정을 통한 산소 분포 향상 ····· 255
이완태, 옹컴투, 이응기, 김현철(공주대학교)

PEMFC의 구멍 뚫린 홈이 있는 균일한 GDL 성능에 대한 홈 깊이의 영향 ····· 256
서진필, 브엉득틴, 이응기, 김현철(공주대학교)

보조 채널 개방을 통해 채널 내의 속도 증가에 따른 PEMFC 사형 유로 최적화 ····· 257
서진필, 브엉득틴, 이응기, 김현철(공주대학교)

PEMFC용 비전도성 3D 프린팅 분리판 적용 ····· 258
전형준, 응우엔 바 히외, 이응기, 김현철(공주대학교)

3D 프린팅 분리판용 코팅재에 대한 수치적 조사 ····· 259
전형준, 응우엔 바 히외, 이응기, 김현철(공주대학교)

7월 19일(금)

[포스터발표 III]

미래형자동차 기술융합혁신인재양성사업 대학연합 캡스톤디자인 경진대회

주행 특성 분석을 기반으로 한 수소 연료 전지 자전거 성능의 경제적 최적화 ····· 261
이수빈, 최정연, 정준우, 이제원, 이세범, 김준상, 배병찬, 이승우, 전진한, 방경모, 박세진, 임옥택(울산대학교)

디젤 엔진 SCR 시스템의 향상된 성능을 위한 요소수 분사 균질도 분석 및 평가 ····· 262
정세원, 최정연, 양정주, 홍승완, 문성애, 심상현, 임옥택(울산대학교)

미래차 소음 특성 향상을 위한 glass run channel의 마찰 특성 평가 ····· 263
전우현, 박지훈, 이승환, 이한빈, 정구현(울산대학교)

머신러닝 기반 수면장애 완화 시스템 개발 ····· 264
김현서, 김성민(울산대학교)

자가 발전을 이용한 회전 장치 ····· 265
이주원, 김현우, 곽채민, 김명훈(청주대학교), 김대한(㈜원클릭에이아이), 이호준(청주대학교)

카메라 기반 자율주행 및 충돌 방지 시스템에 관한 연구 ····· 266
김현우, 김지원, 조영호, 김찬교, 이주원(청주대학교), 김대한(㈜원클릭에이아이), 이호준(청주대학교)

볼 스크류 리니어 가이드를 이용한 자동화 탕후루 제조 기계 ····· 267
강현진, 류다은, 류승연, 박유진, 송민규, 박선호, 김태정, 조구영(단국대학교)

ERP-42를 이용한 자율주행 자동차 ····· 268
최찬규, 민준기, 한지윤, 김동민, 박준건, 최유진, 김건협, 조건웅, 유준상, 고수진, 이희윤, 조구영(단국대학교)

전동 사이드 덤프 수레 개선 및 제작 ····· 269
박하준, 김승환, 김영은, 신현우, 이세형, 김태정, 조구영(단국대학교)

자율 주행 기능이 있는 AED 보관함 ····· 270
안수현, 권순기, 박범진, 이정헌, 이현민, 송지현, 조구영(단국대학교)

메쉬의 처짐 감지를 이용한 자동 자세 제어 의자 ····· 271
유승민, 이종환, 김유상, 김준성, 이중엽, 배성재, 조구영(단국대학교)

급발진 모니터링 및 비상 제동 시스템 ····· 272
김재호, 박재형, 조승희, 남기범, 강지원(인천대학교)

어린이 보호구역의 사고를 줄이기 위한 감속 알고리즘 개발 ····· 273
이정호, 김경태, 조유찬(인천대학교)

태양광 이용 전기차 ····· 274
김하민, 김영승, 김민준, 최나은(인천대학교)

연료전지 물류 로봇 개발 ····· 275
길민철, 나정호, 남호성, 박재완, 박종호, 신재철, 조진현, 이윤호(울산대학교)

설계 및 CAE II

음향신호 간섭 최소화를 위한 CAE 해석기반 흡음구조 최적설계 ····· 276
정의철, 홍석관(한국생산기술연구원)

지반 안전성 분석을 위한 데이터 처리에 관한 연구 ····· 277
장홍석, 차영택, 최성준(한국생산기술연구원)

LSTM을 이용한 강관 압입 작업성 분석에 관한 연구 ····· 278
장홍석, 최성준(한국생산기술연구원)

직진성을 고려한 퍼터에 대한 연구 ····· 279
이강수, 육치호, 노관희, 박혜린(한밭대학교)

예압축 효과 극대화를 위한 이중 진동노즐 위상각 최적화 분석 ····· 280
전재민, 이영림(공주대학교)

리니어 압축기의 바디 유로 하우징 표면 형상 최적화를 통한 COP 향상 ····· 281
오수환, 박진규, 이영림(공주대학교)

듀얼 피스톤 이단압축 리니어 압축기의 누설량에 관한 수치해석 ····· 282
박진규, 이영림(공주대학교)

포밍 드릴링 스크류 볼트의 성형해석을 통한 성형성 예측및 냉간단조 성형 공정 연구 ····· 283
김지호(경북하이브리드부품연구원), 김재희, 윤형석, 곽정환(케이와이큐브)

항공용 IN718계 인장 패스너의 구조 해석 및 파손 예측 ····· 284
이용재, 하주형, 김형익, 김동민(한국생산기술연구원)

스태커 크레인 마스트의 휨 분석 ····· 285
모준혁, 김수민, 김정한, 김준형, 박건우, 송지훈, 이충호(전주대학교)

리커다인을 이용한 스태커 크레인의 동적 최대 토크 분석 ····· 286
모준혁, 김수민, 김정한(전주대학교), 나승표, 박수배(㈜호이스트코리아), 이충호(전주대학교)

AI 알고리즘을 활용한 단상 및 2상 쉘튜브 열교환기 형상 설계 ····· 287
이찬구, 전성준, 한석영(한양대학교)

센서를 이용한 다관절 웨어러블 조이스틱의 근피로도 측정에 관한 연구 ····· 288
김정구, 장홍석, 이연호(한국생산기술연구원)

대형실차 및 부품 단위 내후챔버를 활용한 저온 및 고온 환경시험 ····· 289
김정구(한국생산기술연구원)

전기차용 등속 조인트 토크 전달부의 열 구조 연동 해석 및 검증 ····· 290
김세은, 최영만, 서승우, 이종우, 정은채(아주대학교), 박정률(㈜서한이노빌리티 기술연구소), 전용호(아주대학교)

틸팅 헤드구조 멀티 머시닝센터의 헤드 위치에 따른 구조해석에 관한 연구 ····· 291
김은중, 심재훈(창원대학교), 원종범(㈜스마트공작기계코리아), 노영화(창원대학교)

알루미늄 진공성형 금형제작 시 용탕충전 양상 제어에 따른 표면기포결함 해소 ····· 292
이병준, 곽시영(한국생산기술연구원)

원전 가동중검사 종합관리시스템 설계 및 적용 ····· 293
김영래(한국수력원자력)

RRP 피니언의 치면접촉에 의한 마찰손실 ····· 294
권순만, 이용호(창원대학교)

공액 이중 사이클로이드 감속기의 수명평가 ····· 295
권순만(창원대학교)

플라스틱 평판에서 다양한 리브 패턴에 따른 관통 저항성의 해석적 연구 ····· 296
조경훈, 류민영(서울과학기술대학교)

PC/PMMA 다층 필름의 두께 및 Hard Coating 여부에 따른 열성형 실험 및 해석 ····· 297
임채준, 성승민, 정영현(서울과학기술대학교), 오건우, 윤석호, 이기호(㈜아이컴포넌트), 류민영(서울과학기술대학교)

암모니아-수소 FSRU에서 암모니아 재기화와 크래킹 공정 시뮬레이션 ····· 298
정재훈(한국생산기술연구원, 건국대학교), 정효재(한국생산기술연구원)

$CaCO_3$의 소성반응에서 입자 직경과 반응온도에 따른 수치해석 ····· 299
윤정선(한국생산기술연구원, 건국대학교), 정효재(한국생산기술연구원)

고발열 칩 냉각용 Cold plate에서 단차 형상 적용을 이용한 Flow boiling 안정성 향상 설계 연구 ····· 300
이재호(한국생산기술연구원, 한국기술교육대학교), 정효재(한국생산기술연구원)

콘크리트 양성용 알파 보드의 CAE 구조해석 ····· 301
문현호, 이종선(한동대학교)

인공지능을 이용한 군함정 파이프 손상 예지정비에 관한 연구 ····· 302
이도환, 권현규(금오공과대학교), 이정화(금오공과대학교 산학협력단), 전진웅(㈜컨셉션)

자작 전기차의 CFD 해석을 통한 항력 감소와 냉각 성능 개선 ····· 303
안견힐, 이종선(한동대학교)

휠 굴착기 트랜스미션 브레이크 마찰판 열유속해석에 관한 연구 ····· 304
김형준, 이환기, 김명섭(경북테크노파크), 이준희(㈜디아이씨), 송민수(㈜금천씨스템)

벽돌 생산용 형강 구조물의 CAE 해석 활용 최적 구조체 개발 ····· 305
김한민, 한태건, 문현호, 이종선(한동대학교)

벽돌 생산용 형강 구조체의 처짐량 이론해 적용과 유한요소해석 비교 ····· 306
한태건, 김한민, 이종선(한동대학교)

복합하중을 받는 내륜 분할 3점 접촉 볼베어링 접촉 특성 ····· 307
사진혁, 리베라 길버트, 포 패트릭 존, 홍성욱(금오공과대학교)

수소 연료전지 스택 진동 특성에 관한 연구 ····· 308
포 패트릭 존, 사진혁(금오공과대학교), 박상원(㈜노바) 홍성욱(금오공과대학교)

전동식 기어리스 권상기의 구조 안전성 평가에 관한 연구 ····· 309
정재윤, 김승호(한국승강기대학교)

열가소성 폴리우레탄 탄성체를 이용한 금형 플랜지 공정 작업에서 차체 아우터 판넬 면 굴곡 완화 ····· 310
권원호, 서종덕(㈜신영)

융합생산시스템 I

목제품 제작 과정에서 융합 교육 사례 연구 ····· 311
김성일(세한대학교)

제조 실습에서 목제품 제작에 대한 학생들의 인식 분석 ····· 312
김성일(세한대학교)

7월 19일(금)

[포스터발표 IV]

디지털제조장비

PVdF-HFP/BTO 복합 압전 센서 기반 배터리 셀 부피 팽창 감지 시스템 ····· 314
홍석원(단국대학교), 배지현(한양대학교), 이병선(단국대학교)

다이오드 레이저를 이용한 무연 저융점 Glass Frit Bonding 가능성 연구 ····· 315
홍석재, 신민섭, 설찬수, 조영학, 황지홍(서울과학기술대학교)

사출 성형품에서 리브 두께와 성형조건에 따른 싱크마크의 해석적 연구 ····· 316
성승민, 류민영(서울과학기술대학교)

순차이송형 렌즈 성형과정의 온도 및 응력분포에 대한 해석적 연구 ····· 317
홍지현, 홍정택, 김정은, 이상혁, 박창용(서울과학기술대학교)

시스템 모델링 및 위치정보 분석을 통한 CNC 공작기계 이송계의 동특성 파라미터 식별 ····· 318
김명연, 강정모, 김다영, 박재현, 강진혁, 지성철(단국대학교)

적층제조를 활용한 TPMS 열교환기 용량 및 압력강하 특성 연구 ····· 319
김정은, 홍정택, 홍지현, 권윤민, 김태성, 오서현, 박근, 박창용(서울과학기술대학교)

레이저 공정 및 응용

Mini LED 패키지 레이저 리페어 공정기술 개발 ····· 320
임석균, 윤상우, 이기현(제이스텍)

프린터블일렉트로닉스 및 센서

SnO_2/Single-layer graphene 기반의 NO_2 가스 센서의 개발 ····· 321
정동혁(한국생산기술연구원, 경북대학교), 태유진, 우채연, 양이준, 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

4.26 μm 적외선 필터용 반사방지 코팅의 어닐링을 통한 투과율 향상 ····· 322
황성필, 이준엽, 하윤태, 한욱수(한국생산기술연구원, 경북대학교), 문성욱, 김문성, 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

나노마이크로시스템

Thermal reflow 및 UV imprinting 방식을 사용한 Micro Lens Array 제작 ····· 323
석수연, 김영규, 이성민, 김석민(중앙대학교)

레이저를 이용한 금 나노섬구조 신속 제조 기술과 Ti 접착층에 의한 표면 형상 조절 ····· 324
한가은(㈜네오나노텍), Nguyen Hoang Minh, 윤재성, 김관오, 유영은, 강도현(한국기계연구원)

다중 가스 판별을 위한 그래핀 기반 재료를 이용한 가스 센서 제조 최적화 ····· 325
LIU TIANCI, 황윤지, 전성찬(연세대학교)

PDMS 표면 기능화를 통한 생산률 및 품질 향상에 중점을 둔 공정 최적화 ····· 326
차혜규, 황태종, 유텐츠, 전성찬(연세대학교)

롤 코팅 기술을 이용한 슈퍼커패시터 전극 두께 균일화 및 성능 향상 ····· 327
김태현, 홍종우, 전성찬(연세대학교)

아연 바나듐 산화물 기반 나노 시트 전극 생산 및 최적화 ····· 328
주정현, 홍종우, 전성찬(연세대학교)

고세장비 평행사변형 미세유체 채널을 이용한 점탄성 미세 액적 제작 ····· 329
장혜경, 조영학(서울과학기술대학교)

금 나노입자 기반 표면증강라만분광을 이용한 유해 증기 감지 기술 ····· 330
P. P. Mandrekar, M. F. Haque, 이하민, 김동욱, 김중현, 이건용, 심형준, 김한진, 양대종(공주대학교)

단결정 실리콘의 고세장비 홀 가공 시 공구 마모에 따른 가공 특성 분석 ····· 331
이화섭, 이정훈, 제태진, 최두선, 한준세, 곽은지(한국기계연구원)

MXene/CoNiMn 이중층수산화물 복합체의 제조 및 에너지 소자, 바이오 센서로의 응용 ····· 332
카시나탄 카시라잔, 권홍구, 최홍균(공주대학교)

로봇 및 자동화

영상 및 관성 센서를 이용한 다축 로봇의 자세 추정에 관한 연구 ····· 333
강가희, 박병선, 정영훈(경북대학교)

원자로 압력용기 해체 가상훈련 시스템 개발 ····· 334
이스라엘, 강호중, 김원식, 안영일, 송동석(㈜노바테크)

티타늄 합금 절삭가공에서 공구마모와 진동 및 절삭력의 상관관계 분석 ····· 335
류제두, 이정민, 김성렬(한국생산기술연구원)

카메라 센서와 CNN 딥러닝 기법을 이용한 자율주행 차량 제작 ····· 336
이준호, 이준기, 최정헌, 곽태우, 심선보, 정명진, 박형배(경기과학기술대학교)

회전기계 부품 결함 검사 시스템 개발 ····· 337
황경환(한국생산기술연구원)

모바일 매니퓰레이터를 이용한 LNG화물창 로봇기반 레이저 용접 절차 자동화 SW 개발 ····· 338
최태용, 박종우, 박동일, 박정애(한국기계연구원)

스마트 상점 리빙랩 기반 소상공인 물류 시스템 실증 체계 연구 ····· 339
김태훈, 김준, 조선희(한국생산기술연구원), 박진오(한국건설생활환경시험연구원), 윤정민(한국생산기술연구원)

콘크리트 벽돌 양생 품질 검사를 위한 카메라 및 라인 레이저 기반 벽돌 치수 측정 시스템 개발 ····· 340
안창민, 박재은, 김영근(한동대학교)

기울인 2D 라이다를 장착한 모바일 로봇 기반의 지면 데이터 수집 및 격자화 기법 ····· 341
이진형, 김대근(단국대학교)

지상형 검사 로버를 위한 자율주행 시스템 설계 ····· 342
장웅진, 두국진, 김주호, 강태한, 박재웅(㈜언맨드솔루션)

GNSS와 LiDAR를 이용한 USV 구현에 대한 연구 ····· 343
이창현, 박희재(서울과학기술대학교)

진공 이송 로봇에서 발생하는 웨이퍼 슬립 측정 및 보정에 대한 연구 ····· 344
정명진(한국공학대학교)

바이오/메디칼

감마-하이드록시뷰티레이트의 육안 검출을 위한 세컨드 스킨 플랫 ····· 345
안재은(한국생명공학연구원, 성균관대학교), 권오석(성균관대학교)

열전소자를 이용한 혐기배양기용 항온장치 설계 ····· 346
조영태(전주대학교), 임광희(우석대학교), 마상동(㈜다원믈산), 최형철(군장대학교)

마이크로플루이딕 칩과 산란광 기반 광학 바이오 센서를 통합한 POCT 플랫폼 제작 ····· 347
권다인, 진재호(㈜네오나노텍), 김관오, 윤재성, 유영은, 강도현(한국기계연구원)

어깨 질환 파악을 위한 운동 범위 측정 디바이스 연구 ····· 348
권병수, 조근식, 기범근, 보보쩌, 윤태진, 김병희, 박용재(강원대학교)

연속유동 입자분리 및 세포세척을 위한 동축류 미세유체소자 ····· 349
황주영, 홍수지, 강준서, 조승인, 성시연(재능대학교), 추승희(인천대학교, 재능대학교), 남정훈, 한병조(재능대학교)

표면탄성파 미세유체소자 기반 세포 유래 나노입자 추출기 ····· 350
홍수지, 황주영, 강준서, 한지니(재능대학교), 추승희(인천대학교, 재능대학교), 한병조, 남정훈(재능대학교)

척추 주변에 정확한 약물 전달을 위한 침습형 센서 개발 ····· 351
김진환, 김광복(한국생산기술연구원), 안형진(한국생산기술연구원, 단국대학교), 남정원(한국생산기술연구원, 한국기술교육대학교)

디지털 트윈 기반 실시간 운전자 피로 예측 AI 모델 개발 ····· 352
차예나, 조춘묵, 김범수, 신진섭, 서영호, 김병희(강원대학교)

융합생산시스템 II

선행연구기반 EMS 스마트웨어 자극 근육 효과 극대화를 위한 최적의 근육 위치 선정 방안 연구 ····· 353
차영우, 이기현, 김지혜, 윤정민(한국생산기술연구원)

갠트리 융합 로봇 시스템 기반 제조 메타버스를 위한 프레임워크 연구 ····· 354
한종우, 문창현, 박형욱(울산과학기술원)

온도 및 직조구조에 따른 텍스타일 인장 센서의 성능 평가 ····· 355
곽해솔, 성지훈, 한민우(동국대학교)

휠형 전기승용관리기 시작품 최대토크 시뮬레이션 ····· 356
김수민, 모준혁, 김정한(전주대학교), 정환홍(㈜정원 SFA), 이충호(전주대학교)

다중층 전극 구조를 통한 유전탄성체 액추에이터의 내구성 향상 및 캐패시턴스 특성 연구 ····· 357
정수민, 강민채, 한민우(동국대학교)

스마트웨어 EMS의 사용자 심리적 반응 및 수용성 평가체계 개발 연구 ····· 358
이기현, 차영우, 김지혜, 조선희, 윤정민(한국생산기술연구원)

실시간 시뮬레이션 기반 스마트웨어 Cyber-Physical System 데이터 수집주기 최적화 방법 ····· 359
강봉구, 박홍선, 이연규(한국생산기술연구원)

맞춤형 스마트웨어 제조를 위한 통합 공정제어 플랫폼 개발 ····· 360
이진명, 이혜진, 임대영, 원찬희(한국생산기술연구원)

에너지활용을 위한 재사용 배터리 기술개발 ····· 361
임광희(우석대학교), 조영태(전주대학교), 우용득, 원태희, 김용성, 서태원(우석대학교),
최성국, 이상수(㈜넥스트에너지), 김선규(전북대학교)

7월 17일 [수]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

공작기계 지지부 설치 상태에 따른 정밀도 평가

장성현*,#, 이다운, 이창호

A static error estimation installation caused by machine tool installation

S. H. Jang*,#, D. Lee, C. H. Lee

㈜DN 솔루션즈

Key Words : Motor torque, Squareness error, Inclination error, Level block

공작기계의 정밀도는 기초(foundation) 위에 공작기계를 설치하는 것에서부터 영향을 받는다. 앵커 또는 클램프 장치를통해 기초와 고정을 시킬 수도 있으며, 레벨 블록을 이용하여 기초 위에 기계를 자유롭게 놓을 수도 있다. 기초에 공작기계를 설치할 때에 중요한 요소는 초기 정밀도의 정렬이다. 즉, 공작기계의 직각도, 진직도, 이송평행도 등의 공작기계 레이아웃과 지지부에 의한 기하학적 정밀도를 기준 내로 조정하는 것이다. 이러한 정렬은 정적 오차와 더불어 지지부의 강성에도 영향을 미치게 되고 결과적으로 절삭 성능과 연계되어 나타날 수 있다. 본 연구에서는 레벨 블록에 의해 설치된 공작기계의 설치 상태가 시간과 외란에 의해 변화되었을 정밀도를 포함한 기계의 성능이 어떻게 변화하는지 평가하였다. 설치 기준에 따라 레벨 블록의 정렬을 시행하고 초기 상태의 기계 성능을 평가하였다. 이후 시간에 따라 지지부 상태의 변화를 가정하여 특정 레벨 블록을 강제로 조정하여 정적 정밀도의 변화를 측정하였고, 이를 이송축의 모터 토크와 각 레벨 블록의 반력을 평가하여 예측하고자 한다. 더불어, 기계의 동특성(1차 고유진동수)의 변화를 평가하여 이를 통해 나타날 수 있는 절삭 성능의 변화를 확인해 보고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음(No. 20024029, 기계장비 예지보전을 위한 센서 내장형 기계 부품 개발)

발표자*, 교신저자#(sunghyun.jang@dncompany.com)

그리스의 성상에 따른 직선운동 가이드 마찰력에 관한 연구

이승환*, 정영훈#

Frictional resistance of linear motion(LM) guide according to the properties of grease

S. H. Lee*, Y. H. Jeong#

경북대학교 기계공학부

Key Words : LM guide, Frictional force, Stribeck curve

LM 가이드(직선운동 가이드)는 직선 왕복 운동을 하는 장치로 구름운동을 통한 고강성과 고정밀도를 보유하고 있다. 이러한 장점을 기반으로 자동차, 항공우주, 반도체, 공작 기계 등 다양한 산업 분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 이러한 초정밀 산업에서 핵심 부품을 하는 LM Guide는 베어링과 레일 사이에서의 구름 운동이 발생한다. 이 베어링과 레일 사이에서 구름 저항이 발생하게 되면 이로 인한 마찰은 운동부의 마모를 증가시키고 수명을 단축시킨다. 따라서 LM Guide 베어링에서의 구름 저항을 개선하여 정밀 이송의 정확도를 높이는 것은 매우 중요하다. 그리스의 성상에 따른 LM Guide의 마찰력을 분석함으로써 적절한 그리스를 선택하는 것은 베어링의 구름 피로 수명을 개선하여 공작기계의 내구성과 수명을 개선하는데 사용 가능하다. 본 연구에서는 LM 롤러 가이드를 사용하여 6종류의 그리스를 활용하여 서로 다른 주도 및 동점도를 가진 윤활 상태에서 LM 가이드의 마찰력을 측정하였다. 실험 장비로는 NSK, 삼익 THK의 그리스, LM 롤러 가이드, 리니어 스테이지, 리니어 엔코더, 로드셀을 사용했으며, Labview 소프트웨어를 통해 마찰력 데이터를 가공하였다. 이를 Stribeck Curbve에 기반하여 분석하여 그리스의 주도 및 동점도에 따른 마찰력 변화를 확인하였다.

후기 이 성과는 2024년도 정부(과학기술정보통신부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원, 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20024029, No.P0020616)

발표자*, 교신저자#(yhjeong@knu.ac.kr)

리니어 가이드의 예압에 따른 블록의 변형과 접촉응력에 대한 연구

박현섭*, 김동원, 정효진, 박태성, 원영석, 임은정

A study on block deformation and contact stress according to preload of linear guide

H. S. Park*, D. W. Kim, H. J. Jung, T. S. Park, Y. S. Won, E. J. Lim

에스비씨리니어 기술연구소

Key Words : Miniature Guide(미니어쳐 가이드), Linear Guide(리니어 가이드), Preload(예압), Clearance (예압), Contact Stress(접촉응력), Hertz contact theory(헤르츠 접촉이론)

리니어 가이드는 직선 왕복 운동을 하는 기계 요소부품으로서 정밀기계 산업에 널리 사용되고 있다. 레일과 블록의 중간에 볼 또는 롤러 형태의 조립되어진 전동체가 블록 내부에서 무한 순한 구름 운동을 하며, 레일을 따라 직선 왕복 이송 운동과 외부하중을 지지하는 정밀기계 요소 부품이다. 일반적인 리니어 가이드는 서큘러 아크홈 접촉 구조로서 설치 오차에 대한 흡수 능력과 모든 방향에 대한 하중 수용 능력과 높은 강성을 갖고 있다. 또한 장기간 사용에도 안정적인 정도 유지와 위치 결정도 및 유지 보소가 간단한 특징을 갖고 있다. 리니어 가이드 제품군에서 미니어쳐 가이드 제품은 반도체 제조장비, LCD 제조장비, 의료장비, 측정장비, IT 장비 등 정밀성과 고강성을 요구하는 첨단산업 기계장비에서 널리 사용되고 있다. 일반적인 리니어 가이드 제품의 구조와 다르게 미이어쳐 가이드의 구조는 공간적인 제약으로 인해서 구름 운동을 하는 궤도홈 구조를 2열 고딕아치 구조로 적용하고 있다. 레일과 블록 사이의 무한 순한 구름 운동을 담당하는 전동체인 볼이 2열로 배치가 되어 궤도홈에서 4점 접촉을 하는 구조이다. 리니어 가이드의 강성은 외부에서 작용하는 하중과 리니어 가이드 내부의 탄성 변형과의 비로 정의 한다. 리니어 가이드 제품의 강성을 크게하는 방법으로 레일과 블록 사이에 조립된 전동체의 틈새를 Negative Clearance로 적용하는 방법을 사용한다. 이러한 Negative Clearance를 적용한는 것을 예압이라고 한다. 본 연구에서는 Hertz 접촉이론을 바탕으로 볼 타입 전동체를 갖는 미니어쳐 가이드 탄성 변형과 접촉 응력의 이론을 설명하고 블록 상면부에 작용하는 외부 하중과 예압량에 따른 블록의 변화량 해석 하였다. 또한 궤도면에 발생하는 반력 및 접촉응력을 해석 해석 검토하여 이상적인 최적의 예압량을 선정하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계장비 예지보전을 위한 센서 내장형 기계 부품 기술 개발_기계장비기술사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023029_R11)

발표자*(workmail876@naver.com)

온도와 하중을 고려한 구름 베어링의 그리스 사용 수명에 관한 연구

김강석[1,*], 이득우[2,#]

A Study about the grease service life of rolling bearings considering temperature and load

K. S. Kim[1,*], D. W. Lee[2,#]

부산대학교 부품소재산학협력연구소[1], 부산대학교 나노에너지공학과[2]

Key Words : Grease service life, Rolling bearing, Temperature, Load

구름 베어링의 피로 수명은 베어링 용량 C로 정량화되며 축 방향 및 반경 방향 하중이 베어링의 응력 조건을 측정하는 등가 하중으로 전달되는 C/P 개념을 사용하여 베어링 수명을 계산할 수 있다. 최근 장 수명 베어링용 소재의 개발 및 열처리 기술의 비약적인 발전으로 인해 실제 구름 베어링의 사용수명은 수명식에 의해 계산된 값보다 훨씬 늘어나고 있는 실정이다. 그리스 윤활 구름 베어링의 경우 윤활이 부적절하거나 마찰에 의한 발열로 인해 그리스의 열화가 발생하게 되면 구름 베어링의 수명을 단축시킨다. 따라서 그리스 윤활 구름 베어링의 사용 수명은 그리스 수명에 의해 결정되는 경우가 많다. 그리스 윤활 구름 베어링은 작동 매개변수를 통해 그리스 사용 수명을 추정한다. 그리스 수명을 결정하는 주요 요인은 베어링 사양 및 크기, 속도, 작동 온도, 부하 하중, 그리스 사양 등이다.

그리스 윤활 메커니즘의 복잡성으로 인해 물리적 모델만을 기반으로 한 계산으로는 그리스 수명을 예측하는 것이 불가능하다. 따라서 그리스 수명 계산은 광범위한 시험을 기반으로 하는 경험적 모델을 기반으로 한다. 그리스 수명 시험의 가장 일반적인 방법은 그리스가 더 이상 베어링을 윤활할 수 없을 때까지 그리스 윤활 베어링을 작동하여 수행된다. 본 논문에서는 베어링의 사양 및 크기, 속도에 따른 경험식을 유도하여 그리스 윤활 구름 베어링의 그리스 수명을 계산하고, 이를 바탕으로 하중과 온도를 고려한 그리스 사용 수명을 예측하고자 한다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 기계장비 산업기술개발사업인 “기계장비 예지보전을 위한 센서 내장형 기계 부품 개발” 사업[과제번호:20024029]의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(dwoolee@pusan.ac.kr)

머시닝센터용 스핀들 베어링의 진단 기술

황주호[1,2,*,#], 류엔민둥[2], 심종엽[1]

Diagnosis technology for spindle bearings in machining centers

J. Hwang[1,2,*,#], M. D. Nguyen[2], J. Shim[1]

한국기계연구원[1], 과학기술연합대학원대학교[2]

Key Words : Machining center, Spindle, Bearings, Preload, Monitoring, Strain sensors

스핀들은 머시닝센터의 성능과 내구성에 가장 중요한 구성 요소 중 하나로, 절삭 공구를 제자리에 고정하고 회전 운동을 가능하게 하여 절삭력을 유지하고 가공 중 고속 정밀 운동을 수행합니다. 스핀들 설계자는 강성, 동적 특성, 열 발생 및 수명을 고려하여 베어링의 예압을 설정합니다. 특히 앵귤러 콘택트 볼 베어링의 경우, 성능이 예압에 매우 민감하며, 이는 성능 요구 사항에 따라 조정됩니다. 저속으로 작동하지만 높은 가공 하중을 받는 머시닝 애플리케이션의 경우, 고정 위치 예압 방법이 일반적으로 사용됩니다. 이러한 경우 열 발생으로 인한 예압 변화의 민감도는 스핀들이 설계된 예압에 따라 작동하는지 여부에 영향을 미칠 수 있기 때문에 기계 개발자들에게 큰 관심사입니다. 따라서 고정 위치 예압 방법을 사용하는 스핀들의 예압을 모니터링하는 것이 많은 개발자들의 관심사입니다.

본 연구에서는 고정 위치 예압 방법을 사용하여 스핀들의 예압을 모니터링하기 위해 전후 베어링의 예압을 조정하는 스페이서에 스트레인 센서를 삽입하였습니다. 우리는 예압 모니터링을 위한 설계, 예압 압력의 비대칭성을 기반으로 한 센서 작동 결과 해석, 그리고 외부 하중 감지를 실험적으로 입증하는 데 중점을 두었습니다. 이를 바탕으로 예지보전을 위한 기술개발에 대한 제안을 하고자 합니다.

발표자*, 교신저자#(jooho@kimm.re.kr)

7월 18일 [목]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

생성형 AI를 활용한 이상 진단 시스템 개발

이보성[1,*], 전승석[1,2], 김남기[1,2,#], 왕지남[1]

Development of anomaly detection system using generative AI

B. S. Lee[1,*], S. S. Jeon[1,2], N. K. Kim[1,2,#], J. N. Wang[1]

㈜유디엠텍[1], 아주대학교 산업공학과[2]

Key Words : Aritificial inteligence, Generative AI, Natural language processing, Anomaly detection

AI 기술이 국가 간 주요 경쟁력으로 부상함에 따라 각국은 신기술 도입을 통해 산업 경쟁력을 향상시키고 있다. 자연어 처리 기술은 딥러닝의 발전으로 성능이 크게 향상되었으며, 대규모 언어 모델(LLM)은 다양한 언어의 이해와 생성 능력을 제공하여 처리 능력을 증대시키고 있다. 그러나 자동화 산업에서 생성형 AI의 적용은 다양한 도메인의 특수성을 지닌 데이터에 대해 AI 모델을 쉽게 생성하는 것이 어려운 상황이다. 본 연구는 기존 문헌과 연구를 바탕으로 생성형 AI를 활용한 이상 진단 시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다. 현재 상용 중인 Chat-GPT는 데이터를 입력받아 분석을 수행하는 서비스를 제공한다. 이에 착안하여, 설비의 이상 동작 알람 신호가 발생하면 자동으로 이상 상황을 재현하고 이상 발생 시점을 추적하는 시스템과, LLM을 활용하여 자연어 질의에 따라 사용자의 요구사항에 맞는 이상 원인을 제시하는 시스템을 개발하고자 한다. 이러한 시스템은 이상 추적 모델에 사용자의 요구사항을 반영하여 원하는 결과를 제시할 수 있도록 설계되었다. 현재 이상 추적 모델은 개발되어 상용화 단계에 있으며, 전이 학습을 통해 사용자의 요구 사항을 추출하는 작업을 진행 중이다. 앞으로의 자동화 산업은 특화된 데이터와 도메인 지식을 활용하여 AI 모델을 자동으로 생성하고, 결과를 재현 및 분석하여 검증할 수 있는 기술을 필요로 한다. 이러한 기술을 통해 정확하고 효율적인 분석 결과를 도출하여 산업 혁신과 경쟁력 강화를 이끌어낼 수 있을 것이다.

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

지속 가능한 스마트제조를 위한 DPP 기반 생태계 구축방안

권수현*, 김요섭, 송정훈#

DPP-based ecosystem establishment plan for sustainable smart manufacturing

S. H. Kwon*, Y. S. Kim, J H. Song#

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : DPP(Digital Product Passport), Smart factory, Smart manufacturing, Sustainable manufacturing, Manufacturing ecosystem

최근 유럽의 제조 강국들을 중심으로 DPP 도입을 통해 지속 가능한 제조를 촉진하려는 움직임이 활발하다. DPP를 도입하여 제조의 전 과정을 투명하게 관리하여 탄소배출량 줄일 수 있지만, 복잡한 데이터 관리, 표준화 부족, 도입 비용 등의 한계가 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위해 DPP 도입에 대한 단계별 로드맵 수립, 표준화된 데이터 관리 시스템 도입, 기업 간 협력 촉진 방안이 필요하다. 본 연구에서는 DPP 기반의 생태계 구축방안을 제시함으로써, 지속가능한 스마트제조에 필수적인 방법론을 제시한다. 또한, 데이터 주권을 강화하고, 정보공개를 통해 시장의 자율성과 선택의 자유를 보장하는 방법을 모색하고, 지속가능성이 강화된 스마트제조 생태계 패러다임을 제시한다. 제조업 혁신의 이론적 토대와 탄소중립의 실천적 방안을 통해 글로벌 경쟁력 강화를 기대할 수 있으며, 구체적인 영향분석 결과를 바탕으로 스마트제조 정책 수립에 기여하고자 한다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 '스마트제조 기술개발사업(설비산업과 수요산업의 스마트제조 생태계 지원을 위한 개방형 서비스 플랫폼 개발)'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2022-00140864)

발표자*(lemonsuhyeon@gbtp.or.kr), 교신저자#(huni@gbtp.or.kr)

스마트 제조 생태계 상호운용성 향상을 위한 표준화된 제조데이터 활용 방안

김요섭*, 권수현, 송정훈#

Plan to utilize standardized manufacturing data to improve smart manufacturing ecosystem interoperability

Y. S. Kim*, S. H. Kwon, J. H. Song#

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : Smart manufacturing, Standardized data, AAS, Ecosystem, Interoperability

국내 제조기업을 대상으로 스마트공장 보급·확산이 급격하게 이루어짐에 따라, 스마트제조 기술과 솔루션이 고도화 되고, 공급기업 및 도입기업의 생태계가 점차 활성화 되고 있다. 새롭게 스마트공장을 구축하고자 하는 기업은 스마트제조 생태계 내에서 관련 분야 전문가 및 기술력을 가진 공급기업과 협업이 가능해 졌다. 하지만 도입기업의 복잡한 요구사항을 만족시키기 위해서 다양한 기술의 적용이 필요하게 되었고, 개별 기술과 솔루션이 통합적으로 적용되고 활용되기 위해서 표준화된 제조데이터를 기반으로 하는 상호운용성의 확보가 중요하게 되었다.

본 연구는 스마트 제조 생태계에서 상호운용성을 확보하기 위하여, 표준화된 제조데이터를 활용하는 방안을 제시한다. 특히, 스마트공장을 구축하는 도입기업의 AAS(Asset Administration Shell)의 활용 방안을 중심으로 개별 기술과 솔루션의 연계방안을 제안한다. 또한, 표준화된 제조 데이터의 실시간 수집, 분석 및 활용을 통한 최적 생산 환경 구현과 AAS를 기반으로 하는 장비, 시스템, 솔루션 간의 상호운용성의 향상을 보여주고자 한다. 이를 통해, 개별기술 및 솔루션의 상호운용성을 기반으로 하는 스마트제조 생태계 기반조성에 기여하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '스마트제조 기술개발사업(설비산업과 수요산업의 스마트제조 생태계 지원을 위한 개방형 서비스 플랫폼 개발)'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2022-00140864)

발표자*(joseph@gbtp.or.kr), 교신저자#(huni@gbtp.or.kr)

테스트베드 운영 MES의 KPI 관리를 위한 챗봇 시스템 설계

조용주*,#, 고민재

Design of a chatbot system for KPI management in a testbed operated MES

Y. J. Cho*,#, M. J. Ko

한국생산기술연구원 산업전환기술부문

Key Words : Smart manufacturing, Manufacturing Execution System(MES), Key Performance Indicators(KPI), Chatbot system, Natural Language Processing(NLP)

스마트 제조의 급속한 발전 속에서 제조실행시스템(MES)과 지능형 챗봇의 통합은 공정 운영 효율성과 기업의 의사결정 과정을 향상시키기 위한 유망한 방안으로 떠오르고 있습니다. 본 논문은 테스트베드 운영 MES 환경에서 핵심 성과 지표(KPI)를 관리하기 위한 챗봇 시스템의 설계 및 구현을 다룹니다. 본 연구의 주요 목적은 실시간 인사이트를 제공하고 MES와의 원활한 상호작용을 가능하게 하는 챗봇을 개발하여, 운영자와 관리자가 생산 성과를 모니터링하고 병목 현상을 식별하며 신속하게 정보에 기반한 결정을 내릴 수 있도록 지원하는 것입니다.

제안된 챗봇 시스템은 자연어 처리(NLP) 기술을 활용하여 사용자 질문을 효과적으로 이해하고 응답합니다. 이 시스템은 MES와 통합되어 생산 데이터를 가져오고 분석하며, 생산 수율, 사이클 타임, 가동 중지 시간 및 설비 종합 효율(OEE) 등 주요 KPI에 대한 직관적인 인터페이스를 사용자에게 제공합니다. 이러한 지표에 대한 즉각적인 접근을 통해 챗봇은 생산 관리의 투명성과 응답성을 향상시킵니다.

본 연구에서는 또한 챗봇 시스템의 아키텍처, 기존 MES 인프라와의 통합, 데이터 검색 메커니즘 및 질문 해석을 위한 NLP 모델을 다룹니다. 또한, 챗봇 시스템이 MES 데이터의 접근성과 사용성을 크게 향상시켜, KPI 관리의 개선과 제조 공정의 전반적인 효율성에 기여함을 보여줍니다.

결론적으로, 본 연구는 MES 환경에서 KPI 관리를 혁신할 수 있는 챗봇 시스템의 잠재력을 강조하며, 다양한 제조 환경에 적응 가능한 확장 가능한 솔루션을 제시합니다. 향후 연구에서는 설계된 챗봇 시스템과 MES 시스템과의 통합을 진행할 계획이며, 지속적으로 챗봇 시스템의 AI 모델의 성능을 고도화할 예정이다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 '스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2022-00140864)

발표자*, 교신저자#(yjcho@kitech.re.kr)

스마트 제조 생산성 향상을 위한 딥러닝 알고리즘 연구 동향

유연주*,#, 임성준, 손유경, 노성록, 양다운

Deep learning algorithm research trends to improve smart manufacturing productivity

Y. J. Yu*,#, S. J. Lim, Y. K. Son, S. R. Ro, D. W. Yang

한국산업지능화협회

Key Words : Smart manufacturing, Productivity, Artificial intelligence, Deep learning, Machine learning, Algorithm

스마트 제조는 인공지능(AI) 기술을 통해 제조업의 효율성과 생산성을 극대화하고 있다. 특히 딥러닝 알고리즘은 대규모 데이터 분석과 예측에 강점을 지니며, 생산 공정 최적화, 품질 관리, 예측 유지보수 등 다양한 분야에서 활발히 적용되고 있다. 본 논문은 스마트 제조에서 딥러닝 알고리즘의 최신 연구 동향을 조사하고, 이를 통해 생산성 향상에 기여하는 방안을 모색하고자 한다. 주요 연구 내용으로는 딥러닝을 활용한 공정 데이터 분석, 품질 예측 모델 개발, 예측 유지보수 시스템 구축 등이 있다. 예를 들어, 제조 공정 데이터 분석에서는 센서 데이터를 활용하여 공정 변수를 최적화하고, 품질 예측 모델은 제품의 결함을 사전에 예측하여 불량률을 감소시킨다. 또한, 예측 유지보수 시스템은 장비의 고장을 미리 예측하여 생산 중단을 최소화한다. 본 논문은 다양한 사례 연구를 통해 딥러닝 알고리즘이 스마트 제조에 어떻게 적용되고 있는지를 구체적으로 분석하고, 그 효과와 한계를 평가한다. 이를 바탕으로 향후 연구 방향과 기술적 도전 과제를 제시함으로써, 스마트 제조업체들이 딥러닝 기술을 효과적으로 도입하고 활용할 수 있는 방안을 제공한다. 본 연구는 스마트 제조 혁신을 가속화하고, 제조업의 경쟁력을 강화하는 데 기여할 것이다.

발표자*, 교신저자#(yyj@koiia.or.kr)

대형 복합재료 부품 제작을 위한 압출형 적층시스템 개발

이필호*,#

Development of an extrusion-type lamination system for manufacturing large composite parts

P.-H. Lee*,#

한국기계연구원 3D프린팅 장비연구실

Key Words : Micro endmilling, Acoustic emission, Surface texture

본 연구에서는 치공구, 목형 및 복합소재 금형 등 대형 부품의 적층제조에 적용이 가능한 열가소성 복합재료의 압출형 적층시스템 및 이를 적용한 실험적 연구를 수행하였다. 압출 적층제조 헤드의 하중을 줄이고 토출 복합재료의 양을 극대화 할 수 있는 트윈 스크류 형태의 압출 장치를 채택하여 시스템을 구축하였으며 이를 적용하여 유리섬유가 20% 함침 되어있는 ABS 고분자 복합소재의 적층제조 시험평가가 이루어졌다. 적층성능평가, 프린팅 시편 기계적 물성 평가, 파단면의 미세구조 분석 및 형상 제조 기초 성능 평가를 통해 개발된 적층시스템의 산업활용 가능성을 확인하였으며 향후 시스템의 개선 및 활용방안을 고찰하였다.

후기 본 연구는 한국기계연구원 기관 기본사업 차세대 고성능 모터 개발을 위한 3D프린팅 장비개발(NK2428I) 및 대형 3D프린팅 부품 제작을 위한 가변 스크류 압출 적층헤드 개발(KN014D) 으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(pilho_lee@kimm.re.kr)

HDPE 용접 공정에서 표면 거칠기에 따른 접합 강도 관찰

우수성[1,*], 이충우[1], 권용환[2], 김지선[1,#]

Observing the bond strength according to surface roughness in HDPE welding process

S. S. Woo[1,*], C. W. Lee[1], Y. H. Kwon[2], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원[1], 한국해양교통안전공단[2]

Key Words : HDPE, Extrusion welding, Bonding strength

국내외적인 환경 규제가 강화됨에 따라, FRP 선박의 대체재로서 친환경 소재를 사용한 선박으로 전환이 이루어지고 있다. HDPE는 우수한 강도와 재활용이 가능한 특성으로 친환경 선박 소재로 주목받고 있으며, HDPE를 이용한 선박 건조는 압출 용접을 통해 판재를 접합시켜 선박을 건조하고 있다. 이러한, HDPE 선박의 구조적 안정성을 확보하기 위해서는 용접부 물성 평가가 필수적이며, 용접 조건 최적화를 통해 접합강도를 높일 수 있는 연구가 요구되고 있다. 하지만, 접합강도를 평가하기 위해서는 용접 시험편을 인장 시험편으로 가공하여, 인장 응력으로 용접부의 접합강도를 평가해야한다. 이는, 전반적인 용접부 강도를 파악하는데 용이하지만, 변수에 대한 국부적인 변화를 관찰하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 새로운 접합시험 방법을 개발하여, HDPE 용접에서 접합강도를 정량적으로 평가할 수 있는 방법을 제안하였고, 이를 활용하여 모재의 표면 거칠기가 접합 강도에 미치는 영향을 관찰하였다. 실험 결과, 표면 거칠기가 거칠수록 높은 접합강도가 관찰되었다.

후기 이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-KS221571, AI기반 어선안전 설계 데이터플랫폼 개발 및 실증

발표자*, 교신저자#(kimjisun@kitech.re.kr)

RTM을 이용한 현장 중합을 통한 생체 적합 GFRP 제조 및 단백질 흡수 연구

김선주[1,*], 이범주[1], 강병수[2], 유형민[1,#]

Fabrication of bio – compatible GFRP via in-situ polymerization using RTM and protein absorption study

S. J. Kim[1, *], B. J. Lee[1], B. S. Kang[2], H. M. Yoo[1,#]

한국기술교육대학교 기계공학부[1], 한국생산기술연구원[2]

Key Words : Resin tranfer molding, PLLA, GFRP, Ring-opening polymerization

치료용 금속 생체 재료는 환자의 몸에 알레르기를 일으킬 수 있으며 응력 차폐 현상이 발생될 수 있다. 이를 대체하기 위하여 PLA와 같은 생분해성 플라스틱이 있지만, 낮은 기계적 물성으로 사용이 어렵다. 기계적 물성을 향상시키기 위하여 열가소성 수지 기반의 FRP(Fiber Reinforced Plastic)를 제작하기 위한 다양한 노력이 이루어졌지만, 수지의 높은 점도로 인하여 성형성에 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 모노머 상태의 수지에 촉매를 넣어 이송한 후 몰드 내에서 현장 중합하여 복합재를 제작하였다. 복합재는 3가지 비율의 촉매를 넣어 제작하여 비교하였다. 제작된 복합재로 FT-IR, GPC, NMR, XRD, DSC 분석을 진행하였다. 분석을 통해 복합재 내에서 PLLA가 중합이 이루어졌으며, 유리섬유가 핵제 역할을 하여 결정화도 및 분자량을 증가시킨 것을 확인하였다. 치료용 금속 생체 재료의 대체재 적합 여부를 보기 위해 BSA 단백질을 사용하여 단백질 흡수에 대한 실험을 진행하였다. 37 ℃에서 1주일간 생체 환경과 유사한 용액에 방치한 후 UV-Spectro Photo Meter를 사용하여 단백질 흡수율을 측정하였다. 측정 결과, 35%의 단백질이 흡수된 것을 확인하였다. 이러한 결과는 본 복합재가 치료용 금속 생체 재료를 대체할 수 있는 가능성을 제시한다.

후기 본 연구는 천안과학산업진흥원의 지원(2023 년도 실현기술개발사업)을 받아 수행된 과제임.

발표자*, 교신저자#(yhm2010@koreatech.ac.kr)

열경화성 사출 금형의 센서 기반 균일 가열 방법론 연구

김미진*, 최재혁#

Study on sensor-based uniform heating methodology for injection molding

M. J. Kim*, J. H. Choi#

광주대학교 미래융합기술공학과

Key Words : Injection mold, Cartridge heater, Thermoset molding

사출성형 공정은 수지를 금형 내에 주입하고 고화시켜 제품을 생산하는 공정이다. 내열성 및 내화학성이 요구되는 고품질 제품의 수요가 늘면서 열경화성 소재의 사출성형 기술에 대한 연구 또한 활발해지고 있다. 고온에서 고화되는 열경화성 소재 제품은 생산 전에 금형을 가열하는 예열 과정이 필요하다. 주로 사용되는 열원은 카트리지 히터이며, 원하는 온도로 히터를 제어하기 위해 히터 근방에 온도 센서를 삽입하고 센서 신호에 따라 히터를 동작시킨다. 열경화성 소재는 경화 시 자가 발열이 일어나며 열에 민감한 특성을 가지고 있다. 따라서 균일한 가열 속도를 확보하지 않을 시 경화 속도의 편차가 커지고 품질 저하로 이어질 수 있다. 이에 본 연구에서는 열경화성 사출금형을 균일하게 가열하기 위한 센서 기반 히터 제어 방법론을 연구하였다. 예열 공정에 방법론을 적용하였고 사출성형 해석 프로그램인 Moldex3D를 사용하여 방법론의 효과를 검증하였다. 예열 과정 동안 히터에 연결된 센서에서 온도를 수집하였으며, 센서들의 편차에 따라 각 센서와 연결된 히터를 제어하였다. 본 제어 방법론을 통해 온도 편차를 효과적으로 감소시킬 수 있었으나 편차를 줄이는 과정에서 과열되는 히터를 끄는 방향으로 제어가 진행되었기에 승온 속도가 감소하였다. 이를 보완하기 위해 히터의 출력을 증가시킨 후 방법론을 적용하였고, 결과적으로 승온 속도는 확보하면서 온도 편차는 기존 방법 대비 약 70% 감소시킬 수 있었다. 본 연구를 통해 부가적인 장치나 금형의 수정 없이 가열 속도를 유지하면서도 금형을 균일하게 가열하는 방법론의 효과를 확인할 수 있었다.

후기 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3364180]

발표자*, 교신저자#(jhchoi@gwangju.ac.kr)

XAI를 활용한 금형 내 공정조건 프로파일 영향도 해석 기반 사출성형 최적화

김진수[1,*,#], Chung-Yin Lin[2,3], Lih-Sheng Turng[2,3]

Optimization of the injection molding process based on the interpreted influence of in-mold condition by explainable artificial intelligence (XAI)

J. Gim[1,*,#], Chung-Yin Lin[2,3], Lih-Sheng Turng[2,3]

한국생산기술연구원 동남기술실용화본부 진주뿌리기술지원센터[1]
Department of Mechanical Engineering, University of Wisconsin–Madison[2]
Wisconsin Institute for Discovery, University of Wisconsin–Madison[3]

Key Words : Intelligent manufacturing, Injection molding, In-mold condition, Explainable artificial intelligence, Process optimization

사출성형 공정에서 금형 내의 성형 상황을 구체적으로 나타내는 금형 내 공정조건(in-mold condition, IMC)은 공정 설정 변수보다 품질에 더욱 밀접한 관련이 있기 때문에 공정 분석에 널리 활용되어 왔다. 그러나, 시계열 데이터 형태의 IMC를 활용하기 위해서는 공정뿐만 아니라 용융 고분자의 특성 및 유동과 관련된 지식과 이해가 필수적이기에, IMC를 직접적으로 공정 모니터링과 최적화에 활용하기에는 한계가 있어 왔다. 본 연구는 (1) IMC 프로파일의 제품 품질에 대한 영향도 기반으로, (2) 품질 향상을 위한 최적의 IMC 프로파일을 생성함으로써, (3) 결론적으로 금형 내 공정조건 중심의 사출성형 공정 최적화 방법을 제시한다. IMC와 품질 간의 연관관계를 나타내는 기계학습 모델에 대한 설명가능 인공지능(explainable artificial intelligence, XAI) 기반 해석결과를 통하여 IMC 프로파일 각 구간의 품질에 대한 영향도를 도출하였다. 해당 기계학습 모델을 통하여 품질 향상이 기대되는 임의의 IMC 프로파일을 생성하였다. 이 과정에서, 사출성형기의 공정 설정 변수와 IMC 간의 연관관계를 나타내는 기계학습 모델의 예측 IMC 프로파일과, 앞서 생성된 임의 IMC 프로파일의 차이(error)를 IMC 프로파일 각 구간의 영향도로 가중한 error를 IMC 프로파일 생성에 대한 penalty로 활용하였다. 이를 통하여 실제 사출성형기의 특성 및 금형 조건에서 현실적으로 달성 가능한 IMC 프로파일과 이를 구현하기 위한 공정 설정 변수를 도출하였다. 본 최적화 방법론은 목표 제품 중량 달성과 두 위치에서의 후변형 최소화에 대하여 IMC를 고려하지 않고 사출성형기 공정 설정 변수와 품질 간의 연관관계만을 고려하는 일반적인 기계학습 모델 기반 최적화 방법론 보다 11% 이상의 우수한 품질 개선 효과를 보였다.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원 신진연구자 창의연구사업 '펨토초 레이저를 활용한 20 um 급 위치 제어 기반 고정밀 렌즈 사출성형 기술 개발 (KITECH UR-24-0031)'의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

발표자*, 교신저자#(jgim@kitech.re.kr)

공작기계 이송계의 온라인 파라미터 식별

백승국*,#, 송창규, 노승국

Online parameter identification of machine tool feed system

S. G. Baek*,#, C. K. Song, S. K. Ro

한국기계연구원 초정밀장비연구실

Key Words : Online parameter identification, Machine tools, Feed systems, Persistent excitation condition

본 논문에서는 급속 이송이나 절삭 이송과 같은 실제 공작기계의 구동에 존재하는 모션을 이용하여 공작기계 이송계의 온라인 파라미터 식별을 수행하였다. 이를 위해, 가감속 필터, 보간기, P-PI 제어 루프, 절삭력 등을 포함하는 시뮬레이터를 구축하였다. 또한 기존 학습 알고리즘의 수렴 조건인 PE 조건을 요구하지 않는 식별 알고리즘을 구현하였다. 이를 통해, 절삭 이송 모션에서 공작기계 이송계의 파라미터를 온라인으로 식별 가능함을 확인하였다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원으로 수행됨(Nos. 20012693, and 20012834).

발표자*, 교신저자#(bsg17@kimm.re.kr)

미소 블록 대응 가감속 시간 변경이 가능한 공구 경로 생성

이찬영*,#, 노승국, 송창규, 허세곤

Tool path generation with variable acceleration time for short G-code blocks

C.-Y. Lee*,#, S.-K. Ro, C. K. Song, S. Heo

한국기계연구원

Key Words : Corner smoothing, Block overlap, CNC

Computerized Numerical Control (CNC)는 가공시간 단축 및 가공 품질 향상을 위해 파트 프로그램 내에서 G 코드를 이용해 보간 파라미터를 변경할 수 있는 기능을 제공한다. 하지만 연속 가공 중에는 보간 파라미터의 변경을 허용하지 않기 때문에, 파트 프로그램에서 가공 구간별로 파라미터를 변경하는 방식으로 사용이 제한된다. 본 연구에서는 G 코드를 이용해 연속 가공 중 가감속 시간을 변경할 수 있는 공구 경로 생성 알고리즘을 제안하였다. 가감속 시간 변경 기능을 이용해 감속 시간을 설정할 수 있다. 지령 속도에 도달하지 못하는 미소블록의 경로 생성을 위해 가감속 시간 변경 시 보간 주기와 이송 속도를 조정하는 알고리즘을 개발하였다. 다른 시정수가 적용된 Finite Impulse Response (FIR) 필터를 이용해 생성된 속도 프로파일에서 가속구간과 감속구간을 추출하여 하나의 속도 프로파일로 만드는 기술을 개발하였다. 생성된 속도 프로파일의 코너 스무딩을 위해 블록 오버랩 기법을 적용하였다. 제안된 공구 경로 생성 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 CNC 시뮬레이션 모델을 제작하고, 미소블록이 포함된 파트 프로그램을 이용해 가감속 시간 변경 기능을 검증하였다.

후기 이 연구는 산업통상자원부의 제조장비시스템 스마트 제어기 기술개발사업(No. 20012834, 스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발)의 지원으로 수행하였습니다.

발표자*, 교신저자#(cylee@kimm.re.kr)

양산공정 관점에서의 CNC 제어기 사용성 분석

권상원[1,*,#], 권병찬[1], 우완식[1], 조수빈[1], 조상우[2], 인영렬[2]

Usability analysis of CNC control system from the perspective of production process

S. W. Kwon[1,*,#], B. C. Kwon[1], W. S. Woo[1], S. B. Jo[1], S. W. Cho[2], Y. R. In[2]

(재)대구기계부품연구원 첨단공구가공사업단[1], 계명대학교 산학협력단[2]

Key Words : Computer numerical control, Usability analysis, Human-machine interface, Human factor, Production process

공작기계용 CNC 제어기의 국산화를 위해 선진사 CNC 제어기 보다 높은 사용성을 갖춘 제품 개발을 목표로 실제 End-user라고 할 수 있는 가공현장의 작업자를 대상으로 사용성 분석을 진행하고 있으며, 본 연구에서는 KCNC 제어기의 제품화를 고려하여 실제 양산제품 생산현장에서의 가공공정을 대상으로 현장과 KCNC 표준형 시제품 1차가 작창된 테스트베드에서의 사용성 분석을 비교·분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 생산현장 2개소를 섭외하여 각 생산제품의 가공공정을 분석하고 동일한 가공공정을 테스트베드 상에서 구현함에 있어서의 사용성을 비교·분석하였다. 사용성 분석을 진행하기 위해 기존 제어기를 바탕으로 양산제품을 생산하고 있는 현장직 근로자 4명을 대상으로 하였으며, 시험 참여자의 소속기업에서 현재 양산 중인 지그와 NC 프로그램을 KCNC 표준형 시제품 1차(KCNC3.0)에 적용하여 공작물 가공을 진행하였다.

분석 결과, 가공 시나리오에 대한 작업수행은 98.6%의 높은 수치를 보였으며, 효율성에서는 4.34점(5점 만점), 그리고 4.31점(5점 만점)의 사용 만족도를 나타내었다. 또한 HMI에 대한 참여자의 시각적 주의 변화를 관찰하기 위해 시각분석를 활용하여 휴먼팩터를 측정과 다양한 참여자 의견을 취합하였다. 또한, 현장에서 양산에 사용 중인 지그와 NC 프로그램을 KCNC 표준형 시제품 1차 (KCNC3.0)에서 동일하게 적용하여 주요 작업수행인 워크좌표계 설정, 공구보정 옵셋 설정, 프로그램 설정에 소요되는 시간을 정량적으로 비교·분석하고, 휴먼팩터를 측정하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부와 한국산업기술기획평가원의 '스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20012834)

발표자*, 교신저자#(sangwonkwon@dmi.re.kr)

도메인 물리정보 기반 멀티 도메인 베어링 데이터 일반화 전처리에 관한 연구

이예림[1,*], 전용재[1], 김규민[1], 이상원[2,#]

A study on the generalizing data preprocessing of multi-domain bearing data based on domain physical information

Y. Lee[1,*], Y. Jeon[1], K. Kim[1], S. W. Lee[2,#]

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Domain generalization, Bearing fault diagnosis, STFT(Short Time Fourier Transform)

베어링은 공작기계의 스핀들을 일정 위치에서 안정적인 회전을 하도록 지지하고 마찰을 줄여주는 기계 요소로, 공작기계의 안정적인 구동을 위해 상태 모니터링을 통한 고장진단 시스템이 필요하다. 최근 AI와 빅데이터의 발전에 따라 가속도 센서 신호와 인공지능을 기반으로 설비의 고장을 진단하는 연구가 진행되고 있으며, 산업에 만연한 데이터 부족 문제를 해결하기 위해 멀티 도메인의 데이터를 통해 인공신경망 기반 고장진단 모델이 개발되고 있다. 하지만 이러한 연구에서의 멀티 도메인은 같은 장비의 다른 공정조건으로 정의되어, 다른 장비에서 취득한 데이터에는 적용할 수 없다는 문제점이 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 기존 연구들의 산업 현장 적용성이 떨어지는 문제를 해결하기 위해 다른 장비로 수집된 멀티 도메인 데이터에 대한 일반화 전처리 방법론을 제시한다. 타겟 도메인은 실제 산업용 공작기계의 스핀들에 부착된 가속도 센서를 기반으로 정상과 고장 베어링 데이터를 수집하였다. 소스 도메인은 타겟과 다른 공작기계로, 해당 장비의 스핀들 베어링에 대한 정상 가속도 데이터를 취득하였다. 두 도메인의 정보량 일반화를 위해 데이터 수집 주파수의 1/50 수준으로 STFT(Short Time Fourier Transform) 수행한 후 주요 고장 주파수에 대한 관심 영역을 crop 하였다. 이후 소스 도메인의 정상 데이터를 기반으로 이상 탐지 모델을 학습하였고, 기존 방법론으로 학습한 모델과 타겟 도메인의 데이터를 이용한 비교 검증을 통해 정상과 고장 데이터에 대한 구분성이 향상되었음을 확인하였다. 이로써 산업 현장에서 강건하게 적용 가능한 베어링 멀티 도메인 데이터 일반화 전처리 기법의 유용성에 대해 확인하였다.

후기 이 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임(No. 20012807).

발표자*, 교신저자#(sangwonl@skku.edu)

상용 제어기에서 다중 스핀들 제어 구현

강유수*, 조정훈#

Implementation of multi-spindle control in commercial controllers

Y. S. Kang*, J. H. Cho#

케이씨엔씨(주)

Key Words : CNC, Multi spindle control

산업용 제조장비의 경우 최근들어 다양한 형상의 가공조건을 충족해야 한다. 특히 다중선반에서 다중스핀들을 활용한 가공을 선호한다. 다중스핀들 기능에는 다중스핀들 지령방식, 다중스핀들 속도 동기제어, 다중스핀들 위치 동기제어가 주된 내용이다. 본 논문은 상기 3가지 기능 중 다중스핀들 지령방식과 다중스핀들 속도 동기제어에 대한 기능적 소개를 한다. 끝으로 2종의 스핀들을 대상으로 다중스핀들 지령방식의 시험, 속도오차를 포함한 동기제어 기능의 시험 결과를 공유한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원(No.20012834)에 의한 연구 결과임.

발표자*, 교신저자#(jh.cho@hyundai-wia.com)

5축 공작기계 회전축 열오차 측정 및 모델링

조뢰*, 김경호#, 노승국, 송창규

Measurement and modeling of thermal error in the rotary axes of 5-axis machine tools

L. Cao*, G. Khim #, S. -K. Ro, C. -K. Song

한국기계연구원 자율제조연구소 초정밀장비연구실

Key Words : 5-axis machine tools, Rotary axes, Thermal error

공작기계의 열오차는 가공 정밀도에 영향을 미치는 중요한 원인 중 하나이다. 과거의 연구는 주로 3축 공작기계에서 환경온도 변화, 스핀들, 그리고 직선 이송축에 의한 열오차에 집중되었다. 최근 복잡한 형상 부품 가공을 위해 5축 공작기계가 많이 사용되고 있으나, 5축 공작기계의 회전축에 관한 연구는 주로 기하오차에 중점을 두었고, 회전축의 작동에 의한 열오차는 거의 연구가 진행되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 5축 공작기계의 열적 거동 특성을 다루기 위하여 회전축의 작동에 의한 열오차에 초점을 두었다. 항온 조건에서 B, C 회전축을 작동하면서 작동에 따른 회전축의 온도 변화 및 TCP(Tool Center Point)에서의 열오차를 측정하였다. 실험 결과, B, C 회전축의 열오차가 X, Y, Z 방향에서 각각 최대 21.9μm, 15.4μm, 22.7μm 및 9.4μm, 29.0μm, 5.8μm가 발생하였으며, 이러한 회전축의 오차는 환경온도 변화와 같은 다른 요소에 의해 유발된 열오차와 비슷한 수준으로 다른 오차와 마찬가지로 모델링을 통해 보정을 해주어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 5축 공작기계의 B, C 회전축의 작동에 따라 측정된 온도 및 열오차 정보를 이용하여 모델링을 수행하였으며, 이는 추후 환경온도 변화 및 스핀들의 열오차 모델링과 결합하여 5축 공작기계 전체의 열오차 예측 모델을 구축하고 실시간 보정을 수행할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (Nos. 20021902 and 20012834)

발표자*, 교신저자#(gyungho@kimm.re.kr)

스마트 제조장비에 CNC 탑재 및 CNC 성능평가

최인휴*,#, 심주현, 강윤성

Performance evaluation of CNC mounted in smart manufacturing equipment

I. H. Choi*,#, J. H. Shim, Y. S. Kang

씨에스캠(주) CNC사업부

Key Words : CNC, Control, Reliability, Surface Quality, Retofit

CNC는 제조장비의 모든 기능을 자동 제어하는 모듈로 스마트 제조장비와 스마트공장 운영시스템을 연계하는 스마트 제조의 핵심 요소이며, 제조장비의 '두뇌' 역할을 수행하며, 이를 사용하여 생산하는 가공품의 품질, 부가가치, 생산성을 좌우한다. 그러나, CNC는 Siemens, DMG-Mori, Mazak, Fastems 등 CNC 메이커 또는 CNC 자체 기술력을 가진 글로벌 공작기계 메이커가 기술을 독점하고 있다. 이에, 최근 산학연 컨소시움을 구성하여 경쟁력 있는 국산 대체재의 확보하는데 힘을 모으고 있으며, 외산 CNC 선진사에 대항하여 저가 국산 장비 일부에만 채택되고 있는 CNC를 차세대 유망 수출품목으로 전환하고자 매진하고 있다. 이에 본 고에서는 개발된 고신뢰성 스마트 제조장비용 표준형 CNC를 F사 CNC 시스템으로 기탑재된 양산장비에 F사 CNC 시스템을 대체하기 위한 재제조 공정기술과 통합 후 성능 시험을 비교 제시하고자 한다. CNC MDI 유닛 뿐만 아니라, IO 모듈, MPG 등을 포함하는 전장품에 대한 종합 전기적 성능과 실제 가공작업에 대한 가공면의 품질 비교를 수행하고자 한다. 또한, 공작기계에 적용될 수 있는 고신뢰성/고정밀 스마트 CNC 제어기 HW와 CNC 커널 SW의 성능 핵심 인자인 실시간 성능 시험 결과를 제시하고자 한다

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '기계장비 산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20012834)

발표자*, 교신저자#(ihchoi@cscam.co.kr)

가공시간 단축을 고려한 5축 CNC 공작기계의 특이점 회피 방법

김다영*, 강정모, 박재현, 김명연, 김지현, 지성철#

Singularity avoidance method for five-axis CNC machine tools considering machining time reduction

D. Y. Kim*, J. M. Kang, J. H. Park, M. Y. Kim, J. H. Kim, S. C. Jee#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Five-axis, CNC machine tools, Inverse kinematics, Singularity avoidance, Machining time

일반적으로 5축 CNC 공작기계는 3개의 직선 이송축과 2개의 회전축으로 구성되며, 회전축 조합에 따라 특이점(Singularity Point)이 존재할 수 있다. 이러한 특이점 부근에서는 기계 및 공작물 좌표계 간의 비선형성으로 인하여 이송계가 비정상적으로 고속 이송을 하거나 정지되는 등 예기치 않은 움직임이 발생할 수 있다. 따라서 기계장비의 안정적인 동작을 위하여 이송속도를 낮추고 가속도를 제한하거나 특이점을 회피하는 것이 바람직하며, 이는 5축 가공을 위한 필수 기능 중 하나로 볼 수 있다. 기존의 연구에서는 기준 공구자세와의 내각이 특정 각도 이하인 공구자세벡터들로 형성되는 원뿔을 'Singular Cone'으로 정의하고, 실시간으로 곡선 보간경로를 내삽하여 이를 회피하는 방법이 제시되었으나, 직선 및 곡선경로의 연결부에서 큰 감속이 유발되며 곡선 생성 과정에서 많은 연산량이 요구된다는 한계가 있다. 한편, 상용 CNC에서는 사용자 파라미터를 기반으로 특이점을 정의하고, 가공중 특이점이 감지되었을 경우 회전축을 정지시키거나 회전축의 각도를 0도로 고정하는 방식 등으로 특이점을 회피한다. 하지만 이러한 방식은 기존의 공구경로와 보간경로 간의 과도한 오차를 유발하거나, 특이점을 벗어난 이후에 고정된 회전축 각도가 사전에 정의된 각도로 복귀하는 과정에서 특이점을 정의하는 파라미터, 가감속 조건 등에 따라 가공시간이 증가될 수 있다는 한계가 있다. 본 논문에서는 특이점 전후 부근에서의 공구경로와 가감속 조건을 고려하여 과도한 가공시간 증가를 방지하기 위한 특이점 회피 방법을 제안한다. 5축 기계장비 구동실험을 통하여 제안된 방법의 유효성을 평가하였으며, 그 결과는 제안된 방법이 특이점을 포함하는 5축 공구경로 보간시 가공시간을 단축시킬 수 있음을 보여준다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 "스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)" 과제와 "2024년 산업혁신인재성장지원사업(과제번호 P0012744)"에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

5축 공작기계의 공간오차 보정을 위한 민감도 분석법 및 변환오차 개발

김성태[1,*], 김양진[1,#], 전흥기[2], 오창원[2], 이창호[2]

Development of sensitivity analysis and transformation error to compensate for volumetric error in 5-axis machine tool

S. Kim[1,*], Y. Kim[1,#], H. K. Jeon[2], C. Oh[2], C. H. Lee[2]

부산대학교 기계공학부[1], (주)DN 솔루션즈[2]

Key Words : 5-axis machine tool, Kinematic error, Sensitivity analysis, Transformation error, Volumetric error

To deal with the complex design of machine parts used in aerospace, electric vehicles, and semiconductor industries, increased demand for 5-axis machine tool has been occurring because of its flexibility of orientation in workpieces. However, volumetric error, relative position error between tool and workpiece, degrades the geometric accuracy of machine parts. Among causes of volumetric error, kinematic errors resulting from unavoidable imperfection of assembly are key factors. To improve geometric accuracy of machine parts, kinematic errors should be compensated. In this study, the sensitivity analysis and transformation error are proposed to compensate for volumetric errors in 5-axis machine tool. Considering the kinematic chain of the machine tool, kinematic errors are defined and volumetric error model is derived using multi-body system and homogeneous transformation matrix. Then, sensitivity analysis based on Morris method is proposed to identify the critical kinematic errors in volumetric error. Moreover, transformation error is proposed to extract the critical kinematic errors in volumetric error. To evaluate the compensation abilities of the proposed methods, simulation of volumetric error is conducted using the measurement data acquired by the R-test. The results of simulation verify that the proposed methods can compensate for the volumetric errors in 5-axis machine tool.

후기 This work was supported by Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) grant funded by the Korea government (MOTIE) (20026431, Development of Intelligent Element Technology for Smart Machine Tools to Optimize Machining Performance and Improve User Convenience)

발표자*, 교신저자#(yangjin@pusan.ac.kr)

유리의 미세 연삭가공에서 임계 절입 깊이에 대한 연구

이지효[1,*], 김재연[1], 김보현[2,#]

Study on critical depth of cut in micro grinding of glass

J. H. Lee[1,*], J. Y. Kim[1], B. H. Kim[2,#]

숭실대학교 대학원 기계공학과[1], 숭실대학교 기계공학부[2]

Key Words : Micro machining, Glass, Critical depth of cut

높은 광투과성과 내식성을 갖는 유리 소재는 생명공학, 반도체, 광학과 같은 다양한 산업 분야에서 널리 사용되며 이를 가공하기 위해 많은 연구가 수행되고 있다. 특히, 광학 렌즈나 미세 유체 칩(Microfluidic Chip)과 같은 정밀 형상이나 3차원 미세 형상을 가공하기 위해 다양한 기계 가공 기술이 연구되고 있으나, 유리의 높은 취성 성질로 인해 많은 어려움이 있다. 유리의 기계 가공 기술 중 하나인 미세 연삭가공은 미세 연삭 공구를 이송 시켜 미세 채널이나 3차원 구조와 같은 복잡한 형상을 가공할 수 있으며 레이저 가공이나 화학적 에칭에 비해 형상 정밀도가 높고, 공정이 비교적 단순한 장점이 있다. 그러나 연삭가공 시 유리 표면에 균열(Crack)이 쉽게 발생해 이에 대한 대책이 필요하다. 본 연구에서는 유리의 균열 발생이 없는 연성영역 연삭가공(Ductile-regime micro grinding)을 위해, 임계 절입 깊이(Critical depth of cut, CDC)에 대해 연구를 하였다. 깨진 유리 표면의 하부에서 나타나는 균열을 분석하고, 연성-취성 전이(Ductile-to-brittle transition)과 균열이 일어나기 시작하는 가공 깊이인 임계 절입 깊이를 측정하였다. 이를 바탕으로 크랙 발생이 없는 유리의 미세 연삭가공을 수행하였다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1067961).

발표자*, 교신저자#(bhkim@ssu.ac.kr)

비정질 탄소 몰드를 이용한 소다-라임 유리 비구면 Wafer Scale Lens Array 제작

김영규[1,*], Muzahir Ali[1], 이중호[2], 김석민[1,2,#]

Study of fabrication process for soda-lime glass aspherical wafer scale lens array using Vitreous Carbon mold

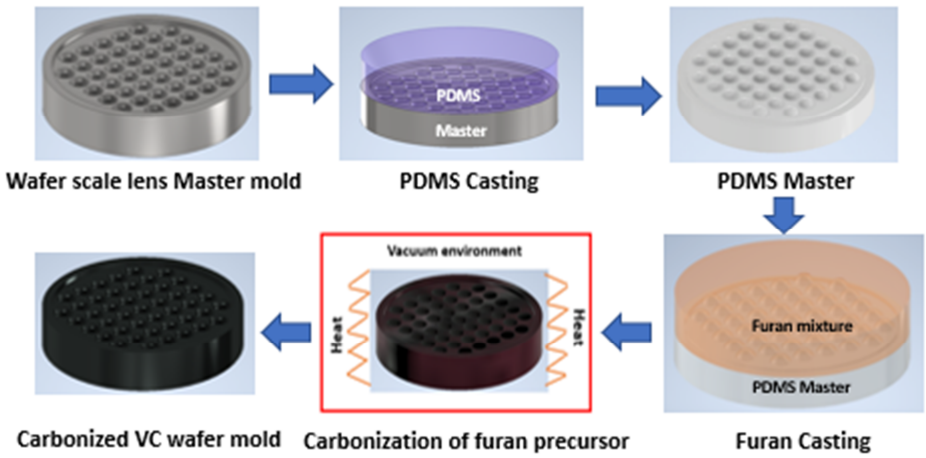
Y. K. Kim[1,*], M. Ali[1], J. H. Lee[2], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 컴퓨터공학부[1], 중앙대학교 기계공학부[2]

Key Words : Glass wafer scale lens array, Glass molding process, Vitreous Carbon mold

스마트 기기, 자율주행용 차량, 전기 검출 검사용 카메라 등 다양한 분야에서 높은 광학 성능 및 내환경성의 요구로 인해 비구면 유리 렌즈의 수요가 증가하고 있다. 현재 상용화된 유리 렌즈 제작 방법 중 하나로 유리 성형 공정이 있으나, 1 cycle에 10개 내외의 유리 렌즈가 제작되고 있어 제작 단가가 높다는 단점이 있다. 이에 1cycle에 수십~수백개의 렌즈 제작이 가능한 wafer scale array 몰드를 제작하는 연구가 진행되고 있으나, 기존 유리 성형 몰드의 재료인 텅스텐 카바이드는 높은 가공비용으로 대면적에 대량 생산에 한계를 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 유리 성형용 몰드로써 활용 가능하며 저가에 대면적 대량 생산이 가능한 비정질 탄소 몰드 (Vitreous Carbon, VC) 몰드 제작 기술을 이용한 wafer scale lens array 개발을 제안하는 바이다.

수축률 23.5%를 보정하기 위해 디자인 대비 약 31% 확대한 형상을 가지는 7X7개의 비구면 렌즈 형상을 가지는 직경70 mm 급 니켈 마스터 몰드를 제작하고 PDMS를 도포하여 polymer 몰드를 제작하였다. 제작된 polymer 몰드에 고탄소 함유의 액상 furan resin을 붓고 열 경화를 진행하여 furan precursor를 제작하였으며, 진공 상태에서 최대 1000 °C까지 매우 느린 속도로 승온시켜 직경 50 mm 급 VC 몰드를 제작하였다. 같은 방식으로 제작된 3개의 VC 몰드의 형상을 비교한 결과 형상 차이는 모두 ~ ± 15 μm로 제작되었음을 확인하였으며, 동일 VC 몰드에서 5차례 유리 성형을 진행한 결과 모두 ~ ± 3 μm 이내로 측정되었다.



〈Fig. Schematics of fabrication process for Wafer scale array lens VC mold〉

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1I1A1A01071884 & N0. 2021R12C2004458)

발표자*, 교신저자#(smkim@cau.ac.kr)

초경 스크랩을 이용한 미립자 WC분말 회수 및 입자 제어에 대한 연구

하국현*,#, 곽종민, 신지윤, 신재명, 박민수

A study on the particle size control of WC powders obtained from WC/Co scraps

Gook Hyun Ha*,#, Jong Min Gwak, Ji Yun Shin, Jae Myeong Shin, Min Soo Park
한국재료연구원 나노재료연구본부

Key Words : WC/Co, Scrap, WC powder, Particle size

WC/Co계로 대표되는 초경 합금은 경도가 높은 탄화물과 인성을 가지는 금속 결합체의 혼합물로서, 강도 및 내마모, 내충격성 등이 우수하여, 기계 가공용 공구 및 내마모 부품 등 널리 사용되고 있음. 또한 최근에는 산업 환경의 변화로 자동차 산업 중심의 회전형 가공 공구에서, 반도체, 2차 전지 등 기능형 정밀 첨단 산업의 발전으로 고정밀 절단 공구의 수요가 증가하고 있음.

초경 공구는 내마모성과 내충격성을 요구하고 있으며, 이를 위하여 강도와 함께 적당한 수준의 인성을 요구하고 있음. 초경 합금의 기계적 물성은 WC입자 크기가 감소할수록 증가한다고 알려져 있으며, WC입자 크기가 나노급으로 감소되면 항절력이 크게 증가하는 것으로 확인되고 있음.

또한, 초경 소재의 물성은 WC입자 미립화와 WC/Co 균질도의 영향을 받으므로, 고 특성을 가지는 초경 소재를 확보하기 위하여 나노급(<100nm) 초경 분말 합성 공정을 진행하였으며, 사용되는 기초 원료 소재로는 기존 버진급 WC분말이 아닌 스크랩으로부터 분리 회수한 재활용 WC 초경 제품을 사용하였음.

본 연구에서는 슬러지형 초경 스크랩으로부터 미립자 WC분말을 회수하였고, WC/Co 소재화 공정을 통하여 경도와 항절력이 동시 향상된 초경 소재를 얻을 수 있었음.

후기 This study was supported by the Korea Planning and Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT, Grant No. 20011520) and the National Research Council of Science and Technology (NST, Grant No. 2021M3H4A6A0310376912).

발표자*, 교신저자#(ghha@kims.re.kr)

컬링, 용접, 본딩의 복합가공 방식을 적용한 공조용 T형 덕트 자동화 연구

박동환[1,*,#], 최종준[2]

Study on T-type duct automation technology using curling, welding, and bonding processing methods

D. H. Park[1,*,#], J. J. Choi[2]

경북하이브리드부품연구원[1], (주)광신공조[2]

Key Words : T-shaped duct, Automation technology, Air conditioning, Curling, Welding, Bonding

1. 서 론

국내 덕트 부품 제조기업들은 대부분 영세기업으로 수작업 의존율이 높으며 작업자의 노동에 의한 제조방법으로 생산성이 낮고, 제조현장 환경도 열악한 상황이다. 공조용 T형 덕트는 배관 연결을 위해 사용하므로 연결부위의 접합을 위하여 취급이 용이해야 한다. 공조용 T형 덕트는 용융아연도금 강판 소재를 주로 사용하며, 여러 공정의 치구를 활용하여 수작업에 의하여 판금 기능자가 제조하므로 생산성이 저하되며, 작업자의 숙련에 따라 덕트 제조 품질에 대한 산포가 발생하기도 한다. 이에 본 연구는 복합가공 방식을 적용하여 공조용 T형 덕트의 자동화 기술을 연구하였다.

2. 복합가공 실험

컬링 가공은 Fig. 1과 같이 T형 덕트 끝단부에 컬링 가공이 없는 경우에 제품 이동 시에 부주의로 인해 상해를 입을 수 있다. 이를 방지하기 위하여 T형 덕트 끝단부에 컬링 가공을 진행하여야 한다. 기존 컬링 가공은 작업자의 숙련에 따라 품질 산포가 발생하여 이를 전용 가공기계를 설계하여 제작하였다. 또한, 두 개의 덕트 부품을 조립하기 위하여 용접을 진행하고 마지막으로 실리콘 본딩 작업이 되도록 제작하였다.



Fig. 1 T-shaped duct product before and after curling

3. 실험 결과 및 고찰

기존 공조용 T형 덕트는 규격별 치구를 활용하여 2개의 부품을 T형 덕트로 조립할 때 방향성과 컬링 후 끼임으로 착탈이 어려운 문제가 발생하였다. 2개의 부품을 T형 덕트로 조립할 때 구조적으로 기술적 애로가 발생하지 않도록 착탈 작업 시 밴딩 형상과 걸림 현상을 여러 각도로 시뮬레이션하여 최적화 조건을 도출하였다. 덕트 부품 5종에 대한 제조 장비의 컬링 공용화를 위하여 부품 사양별 지그를 설계하여 원터치 교체와 턴테이블 회전방식으로 제작하였다. 본 연구는 T형 덕트 부품 사양별로 복합가공 방식을 적용하여 공조용 T형 덕트 부품의 자동화 기술을 연구하였다.

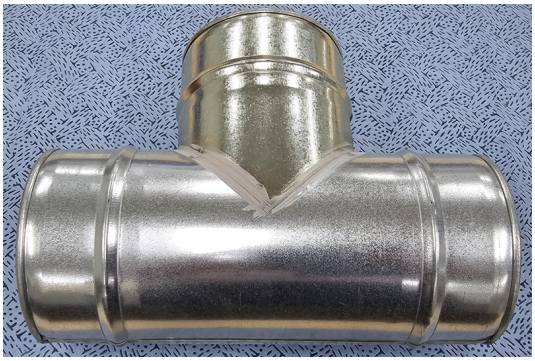


Fig. 2 T-shaped duct product with complex processing methods

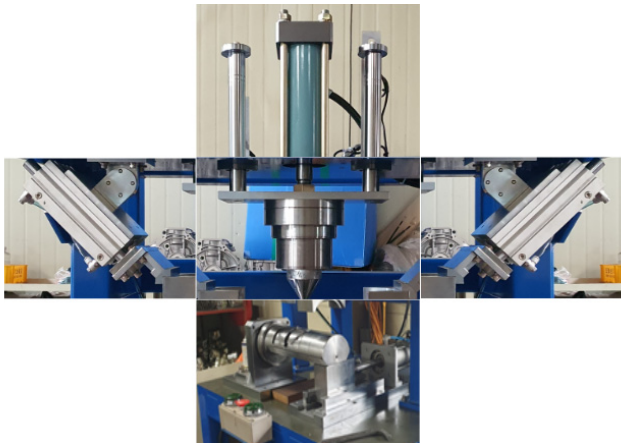


Fig. 3 Curling operation equipment of T-shapes duct product

후 기

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 공정품질기술개발사업(과제 번호 : S3210691)에 의하여 지원되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Park, D. H, Gu, J. J, 2014, *Experimental Study of New Welding Assembly Technology Applied with Mixed-Model Production Method*, KSMTE, 23:6 602~608.

(2) Park, J. S, Choi, G. H, Cho, D. S, 2009, *A Study on the Duct Design of HVAC System Using the Equal Friction Method and the T-method*, Journal of the Society of Naval Architects of Korea 46:4 435~443.

발표자*, 교신저자#

스마트 팩토리를 위한 클라우드 서버 기반 공작기계 관리 시스템 개발

기범근[1,*], 고영현[1], 박세진[1], 최종민[2], 박용재[1,#]

Development of a cloud server-based machine tool management system for smart factories

B. G. Ki[1,*], Y. H. Ko[1], S. J. Park[1], J. M. Choi[2], Y. J. Park[1,#]

강원대학교 스마트헬스과학기술융합학과[1], 비더원[2]

Key Words : Smart factory, Cloud server, Wireless data trasmission, CNC machine tools, Digital twin

스마트 팩토리 시스템은 제조업의 디지털 전환을 이끄는 핵심 요소이다. 시스템에 산재한 데이터를 통합하고 효과적으로 활용하는 것이 중요한 과제로, 이에 따라 제조업체들은 스마트 팩토리 시스템을 도입하여 공장 내 모든 설비와 공정을 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있도록 플랫폼을 구축하고 있다. 그러나 기존 공작기계들은 연식과 유지보수 등의 이유로 네트워크 구축 없이 로컬로 동작하는 경우가 많아 스마트 팩토리 시스템과 연동하기 어려운 문제가 있다. 본 연구에서는 공작기계를 제어하고 공작기계의 가공 데이터를 무선으로 송수신할 수 있는 모듈을 바탕으로 데이터를 종합하고 원거리 제어 및 상태 알림이 가능한 클라우드 기반의 서버를 구축한다. 외부 부착형 무선 데이터 송수신 모듈은 공작기계와의 연결을 통해 스마트 팩토리 시스템과 연동할 수 있으며, 공작기계와는 유선으로 데이터를 송수신하기 때문에 모든 CNC 공작기계에서 동작할 수 있다. 이를 통해 모듈 단에서의 네트워크 연결을 통해 스마트 팩토리 플랫폼을 위한 클라우드 서버 기반 공작기계 관리 시스템을 구축하였다. 이벤트, 파라미터, 포지션, 인풋 등의 데이터가 미들웨어 단말기를 거쳐 라벨링 과정을 거친 후 AWS 클라우드에 저장되며, 이를 이용해 필요한 데이터만 고속으로 송수신할 수 있어 빠른 처리가 가능했다. 클라우드를 매개로 원거리에서 작업자와 소통할 수 있으며, 기존 스마트 팩토리 플랫폼 등 다른 시스템과도 연동할 수 있는 기능도 구현하였다. 향후 체계적으로 저장 및 관리되는 데이터를 기반으로 AI를 활용하여 가공 과정 중 이상치를 탐지하고 보정할 수 있는 시스템을 구축할 계획이다.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist), This work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program) (20018270, Development of a gripper system for product variety to grasp unspecified objects of various shapes, weights and strengths) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

머신러닝을 이용한 베어링 결함 진행 단계 파악

이영우[1,*], 차예나[1], 권병수[1], 김재현[2], 서영호[1], 김병희[1], 최영권[1], 박용재[1,#]

Identification of bearing fault progression stages using machine learning

Y. W. Lee[1,*], Y. N. Cha[1], B. S. Kwon[1], J. H. Kim[2], Y. H. Seo[1], B. H. Kim[1], Y. K. Choe[1], Y. J. Park[1,#]

강원대학교 기계융합공학과 메카트로닉스전공[1], (주)SPM Instrument Korea[2]

Key Words : Bearing fault diagnosis, Machine learning, Deep learning, Data preprocessing

기계 요소의 결함 진단은 유지 보수 비용 절감과 안전성 확보를 위해 매우 중요하다. 베어링은 회전하는 축을 지지하고 마찰을 줄이는 역할을 하는 기계 요소로, 자동차, 항공기, 풍력 터빈, 산업용 기계 등 다양한 산업 분야에서 사용된다. 이러한 베어링의 상태를 정확하게 진단하는 것은 기계의 신뢰성과 성능을 유지하는 데 필수적이다. 현재 상태 진단에는 진동 신호 분석과 주파수 도메인 분석이 많이 사용되지만, 여전히 베어링의 결함 직전 상태를 알아내는 데에는 많은 어려움이 있다. 본 연구는 머신러닝 알고리즘을 활용하여 진동 데이터 분석을 통해 베어링의 결함 직전 상태 구간을 찾아내는 것을 목표로 한다. 연구에 사용된 베어링의 진동 데이터는 3600 rpm으로 회전하는 송풍기에서 측정하였으며, 초기 정상 상태부터 결함이 발생한 파손까지의 데이터를 사용하였다. 진동 데이터는 노이즈 감소와 특징 강화를 위해 평균화 및 전처리 과정을 진행하고 FFT를 통해 주파수 이미지로 변환한다. 변환된 FFT 이미지를 입력 데이터로 사용하여 Clustering, SVM(Support Vector Machine), RandomForest와 같은 비지도 학습 알고리즘을 적용하여 이미지 데이터를 정상 동작 구간, 파손 진행 구간, 파손 구간으로 분류하였다. 각 상태 구간에 속한 데이터를 분석하여 진동 데이터에 적용된 전처리 방법과 각 비지도 학습 알고리즘에 따른 분류 정확도를 비교하였다. 이후 변환된 이미지와 각 상태 구간에 대한 결과를 바탕으로 CNN을 사용하여 전체 구간에 대해서 예측 구간으로 전환되는 시점을 찾아내는 알고리즘으로 발전시킬 예정이다.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist) and by the Industrial Strategic Technology Development Program) (20018270, Development of a gripper system for product variety to grasp unspecified objects of various shapes, weights and strengths) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

가공품 표면 결함 감지 시스템 개발

김영재[1,*], 김동현[1], 표진우[2], 김진구[3], 곽호택[3], 장인배[1], 박용재[1,#]

Development of a workpiece surface detection system

Y. J. Kim[1,*], D. H. Kim[1], G. W. Pyo[2], J. G. Kim[3], H. T. Kwak[3], I. B. Chang[1], Y. J. Park[1,#]

강원대학교 기계융합공학과[1], 강원대학교 스마트헬스과학기술융합학과[2], CAE테크놀러지[3]

Key Words : Image processing, Machine learning, Surface defect detection

가공품 생산 공정에서는 다양한 표면 결함이 발생한다. 기존에는 작업자가 직접 가공품을 확인하고 불량 여부를 판단하였지만 이러한 방법은 정확도가 낮고 생산 속도를 늦추는 요인으로 작용한다. 이러한 문제점 때문에 자동 불량 검출 시스템에 대한 수요가 늘어나고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 가공품의 표면 결함을 실시간으로 감지하고, 결함의 위치를 파악하는 시스템을 개발하였다. 가공품 표면을 촬영하였을 때 결함의 가시성을 높일 수 있는 조건을 파악하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다. 외부의 빛을 차단한 상태에서 LED 스트립의 위치와 카메라의 각도를 다양하게 배치하여 실험을 진행하였으며, 실험 결과 카메라는 가공품 표면과 수직하고 조명은 하단 직접 조명일 때 표면 결함의 가시성이 가장 높음을 확인하였다. 결함 검출의 정확성을 더욱 높이기 위해 OpenCV를 이용한 이미지 전처리를 진행하였다. 이후, Label img를 이용하여 이미지 라벨링을 진행하였고, 라벨링 된 이미지 데이터로 YOLO 기반 머신러닝 모델을 학습시켰다. 또한, 작업자의 편의를 위해 카메라에서 촬영되는 영상과 검출되는 결함을 실시간으로 표시하는 GUI 프로그램을 제작하였다. 본 연구의 결과로 공정 중 발생하는 표면 결함을 정확히 감지하고 결함의 위치를 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였다. 본 연구에서 개발한 시스템을 도입함으로써 가공품 결함 검출 자동화를 통해 생산 공정의 비용 절감과 품질 관리 수준의 향상을 기대할 수 있다.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering. This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist). This work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program) (20018270, Development of a gripper system for product variety to grasp unspecified objects of various shapes, weights and strengths) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

오픈소스 CNC 기반 공작물 자동 공급장치 제어기용 사용자 인터페이스 개발

권순환[1,*], 김범수[1], 이수빈[1], 박대유[2], 박용재[1], 김병희[1,#]

Development of a user interface for an open-source CNC-based automatic workpiece changer

S. H. Kwon[1,*], B. S. Kim[1], S. V. Lee[1], D. Y. Park[2], Y. J. Park[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 스마트헬스과학기술융합학과[1], 화천기공(주)[2]

Key Words : Open-source CNC, Automatic workpiece changer, User interface

In the modern manufacturing industry, the automation of machining processes is a crucial factor, and an Automatic Workpiece Changer (AWC) plays a significant role in enhancing the level of automation in these processes. Effective control of such an AWC requires Computer Numerical Control (CNC). Traditional commercial CNC systems are managed in a closed manner, making it difficult to apply new control algorithms and offering low compatibility with devices from other manufacturers. In contrast, the open-source LinuxCNC offers the advantage of connecting various hardware through the Hardware Abstraction Layer (HAL), and its open-source code allows for the implementation and improvement of custom functions, as well as the flexible configuration of a graphical user interface (GUI). This study proposes a method for developing a user interface for an AWC controller based on LinuxCNC. The user interface is designed to support intuitive and efficient operation of the AWC, providing a user-friendly graphical environment. Through this interface, operators can monitor the status of the AWC system in real-time and easily issue control commands as needed. To validate the developed interface, a two-axis system using LinuxCNC and EtherCAT as platforms was constructed and tested.

후기 This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist), and Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

갠트리 타입 공작기계의 확장 상태 관측기 설계

신진섭[1,*], 황준호[1], 박재우[1], 이정완[1], 최인휴[2], 김병희[1,#]

Designing an extended state observer for a gantry type machine tool

J. S. Shin[1,*], J. H. Hwang[1], J. W. Park[1], J. W. Lee[1], I. H. Choi[2], B. H. Kim[1,#]

강원대학교[1], ㈜씨에스캠[2]

Key Words : Gantry, Machie tool, Observer, Disturbance, State-Space

In recent years, the precision control of gantry-type machine tools has become increasingly crucial due to their extensive application in various manufacturing processes. These systems are characterized by dual motors controlling a single axis, which are mechanically coupled. A significant challenge in these systems is the synchronization of the two motors to ensure precise movement and accuracy. This study focuses on addressing this challenge by modeling the gantry axis and designing an Extended State Observer (ESO) for improved control. The ESO enhances traditional control methods by considering disturbances as additional states, allowing for more effective estimation and compensation through feedback mechanisms. In this research, disturbances in the Y1 and Y2 axes were treated as states within the observer design. This approach allows the observer to accurately estimate and counteract disturbances, ensuring better synchronization between the dual motors. Consequently, the control performance is significantly improved, leading to higher precision and reliability in the operations of gantry-type machine tools. This study contributes to the field by providing a robust solution for disturbance rejection and synchronization, which are critical for the optimal performance of advanced manufacturing systems.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2020R1I1A3073575).

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

자가 검사가 가능한 숏폼 버그 균형 척도를 이용한 낙상 위험 예측 개선

보보쩌*, 박진석, 이수빈, 신예림, 김병희#, 윤태진#

Improvement of fall risk prediction using the short-form berg balance scale for self-assessment

B. B. Kyaw*, J. S. Park, S. V. Lee, Y. R. Shin, B. H. Kim#, T. J. Yoon#

강원대학교 스마트헬스과학기술융합학과

Key Words : Falls, Berg balance scale, Open CV, Machine learning

Assessing fall risk is important for the elderly, who are at a higher risk of accidental falls. The Berg Balance Scale (BBS) consists of 14 items to measure balance and mobility. This study aims to investigate the feasibility of using OpenCV in conjunction with machine learning to evaluate the BBS through video analysis. The training process focused on items 6, 7, and 8, which were identified as critical elements in the BBS. Following the expert judgment manual, four individuals with different body types were recruited as healthy experimental participants. They enacted good, normal, and bad postures while facing the front camera, thereby creating training and test data sets. Each participant performed three enactments per item, and to ensure normalization, their outfits were changed for each enactment during data collection. The algorithm model was constructed utilizing YOLOv8, and the detection of human positions within the video footage enhanced the accuracy of the system. Preliminary findings indicate that appropriate machine learning techniques can effectively assess BBS scores from video, achieving high accuracy rates.

발표자*, 교신저자#(윤태진 : tyoon@kangwon.ac.kr)

실시간 3차원 움직임 추적 디바이스를 통한 어깨 운동 측정

권병수*, 김채선, 이영권, 곽명규, 임광석, 심은보, 이형석, 김병희, 박용재#

Measuring shoulder exercise using real-time 3D motion tracking devices

B. S. Kwon*, C. S. Kim, Y. K. Lee, M. G. Kwak, G. S. Iim, E. B. Shim, H. S. Lee, B. H. Kim, Y. J. Park#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Shoulder movement analysis, IMU and flexible sensor, 3D motion tracking

어깨 움직임 분석을 통한 질환 판별에는 다양한 접근 방식이 존재한다. 그중에서도 어깨와 팔의 움직임 중 Flexion, Extension, Abdution 동작을 주로 분석한다. 관성센서(IMU), 근전도 신호, 모션 캡쳐 등 다양한 기술들이 어깨 움직임을 측정하는데 사용되지만 어깨의 복잡한 자유도 때문에 주로 수평 및 수직 방향의 움직임 분석에 초점이 맞춰져 있다. 실제 어깨 부상에 따른 움직임은 사람마다 다르고 인체를 기준으로 수평 또는 수직하지 않은 경우가 많다. 본 연구의 목표는 어깨 움직임을 머신러닝을 통해 분석 및 학습하여 착용자의 어깨 상태를 파악 할 수 있는 디바이스를 제작하는 것이다. 이를 위해 선행 연구로 IMU와 유연 스트레인 센서를 이용한 어깨 움직임 측정 디바이스를 개발하여 3차원상의 실시간 움직임 추적을 진행하였다. 움직임 데이터는 정상 상태의 어깨 움직임을 기준으로 하며 어깨, 등, 팔꿈치에 IMU 센서와 플렉시블 저항 센서를 부착하여 움직임에 대한 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 MATLAB을 통해 센서의 노이즈 최소화와 정확도를 향상시키기 위해 칼만 필터를 적용하고 3차원 위치 데이터로 변환하였다. 변환된 위치 데이터는 모션 캡쳐 시스템을 통해 검증하고 신뢰성을 평가하였다. 향후 이 디바이스를 활용하여 실제 운동 장애가 있는 사람들을 대상으로 움직임을 측정할 예정이며, 측정한 운동 데이터를 머신러닝을 이용해 분석하여 질환 판별 디바이스로 발전시킬 계획이다.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist) and by the Industrial Strategic Technology Development Program) (20018270, Development of a gripper system for product variety to grasp unspecified objects of various shapes, weights and strengths) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

혈류 개선을 위한 심장주기 동기화 저주파 전기 자극기

김범수[1,*], 박찬호[1], 장상혁[1], 장웅기[1], 박희원[2], 서영호[1], 임광석[1], 이형석[1], 김병희[1,#]

Low-frequency electrical stimulation device for cardiac cycle synchonization to improve blood flow

B. S. Kim[1,*], C. H. Park[1], S. H. Jang[1], W. K. Jang[1], H. W. Park[2], Y. H. Seo[1], K. S. Lim[1], H. S. Lee[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], 강원대학교병원 재활의학과[2]

Key Words : Blood flow enchancement, Cardiac cycle synchroniaztion, Electrical muscle stimulation

Cardiovascular diseases can arise from various complex factors, particularly aging-related muscle weakness, lack of exercise, obesity, and hypertension. These factors increase the workload on the heart and decrease blood flow velocity, raising the likelihood of conditions such as edema and venous thromboembolism. To prevent and treat cardiovascular diseases, Electrical Muscle Stimulation (EMS) can be employed to strengthen calf muscles and improve blood circulation. Calf muscles, crucial for aiding blood circulation to the heart, may experience diminished function due to a sedentary lifestyle and aging. EMS, by contracting skeletal muscles via transcutaneous electrodes, can enhance blood flow and reduce vascular resistance during cardiac recovery. In this study, a device was developed that controls EMS based on cardiac cycle data collected via Electrocardiogram (ECG) sensors to activate calf muscles synchronously. The device aims to reduce cardiac workload and enhance blood flow. Experimentation using Photoplethysmography (PPG) sensors confirmed improved blood flow through calf muscle stimulation. This underscores the effectiveness of synchronized low-frequency electrical stimulation in improving circulation, proposing it as a promising tool for cardiovascular disease prevention.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2020R1I1A3073575).

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

민첩성 & 순발력 운동이 노인의 반응속도, 운전 능력에 미치는 영향

정덕화*, 김병희, 박용재, 이형석, 하석진, 김연화, 이민경, 표진우, 강성훈#

Effect of agility & quickness exercise on reaction time and driving performance of older adults

D. H. Jeong*, B. H. Kim, Y. J. Park, H. S. Lee, S. J. Ha, Y. H. Kim, M. K. Lee, G. W. Pyo, S. Kang#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Agility & quickness, Reaction time, Driving performance, Older adults

최근 전세계적으로 고령 인구가 지속적으로 증가하고 있으며, 이러한 고령화는 다양한 사회 문제를 야기한다. 고령인구가 증가함에 따라 노인 운전자의 수도 증가하고 있다. 운전은 인지기능 판단, 정보처리 능력, 반응속도 등 다양한 능력이 필요하지만, 노화로 인해 운전에 필요한 능력이 감소되는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 본 연구는 Motion view를 활용한 4주간의 민첩성 & 순발력 운동이 노인의 반응속도, 운전 능력에 미치는 영향을 머신런닝 알고리즘을 통해 규명하고자 한다. 본 연구의 대상자는 G도에 거주하는 만 65세 이상이면서 운전 면허증을 소지하고 있는 자로 선정하였다. Motion view를 활용한 민첩성 & 순발력 운동군(n=15), 저항성 운동군(n=15), 대조군(n=15)으로 무작위 구분하였으며, 4주간 주당 3회 운동을 진행하였다. 기초체력, 신체조성, 반응속도 테스트, Carla 운전 시뮬레이터를 활용한 운전 능력을 0주와 4주에 측정하였다. 신체적 능력과 운전 능력의 상관관계를 분석하기 위해 Convolutional Neural Network(CNN) 알고리즘을 활용하여 운전 능력을 예측하는 모델을 학습시켰다. 연구결과, 4주간 운동 처치 후 Motion view 운동군에서만 반응속도와 운전 능력이 긍정적으로 향상되었으며, 머신러닝 알고리즘을 통해 운동 능력 정보를 기반으로 운전 능력을 성공적으로 예측할 수 있었다. 이러한 결과는 민첩성 & 순발력 운동은 노인의 반응속도와 운전 능력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 나아가, 규칙적인 민첩성 & 순발력 운동은 노인의 운전사고를 예방할 수 있음을 시사한다. 향후 연구에서는 실제 도로에서의 운전 능력을 평가하고 신체적 능력(운전 능력, 반응속도, 체력수준 등)에 따른 운전 사고 예방을 위한 지표를 개발하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(94psycho@kangwon.ac.kr)

고정화된 효모를 이용한 고속 와인 발효기 제작

이장섭*, 홍연진, 신진섭, 이형석, 김병희, 하석진#

High-speed wine fermenter using immobilization yeast

J. S. Lee*, Y. J. Hong, J. S. Shin, H. S. Lee, B. Y. Kim, S. J. Ha#

강원대학교 스마트헬스과학기술 융합학과

Key Words : Wine, Packed bed reactor, Yeast immobilization, Ethanol fermentation

와인은 레스베라트롤, 안토시아닌 등 다양한 항산화성 물질이 포함되어 있는 주류이다. 이들 물질들은 노인들에게 치매, 심혈관계 질환 예방에 긍정적인 역할을 하는 물질로 알려져 있다. 다만 와인은 소주나 맥주에 비해 소비량이 낮은 특징이 있다. 그 이유로는 여러 가지가 존재하지만 한국 내에서 짧은 역사로 인한 낮은 인지도를 가지며 이는 와인의 낮은 접근성을 가지게 된다. 낮은 접근성으로 인한 와인의 낮은 수요라는 문제점을 해결하고자 단시간에 알콜 발효가 진행되게 하는 기계를 제작하였다. 효모의 경우에는 alginate 겔을 이용하여 *Saccharomyces cerevisiae* 효모의 고정화를 진행하였다. 고정화된 효모는 외부 독성 물질에 대한 저항력이 높고 발효 초기부터 미생물 농도가 높은 상태를 유지 가능하기 때문에 빠른 발효가 가능할 것이다. 이 외에도 낮은 유지보수 주기를 위해 발효기를 외부와 차단하여 오염을 줄이고자 하였다. 이를 위해 packed bed reactor 구조를 채택하여 세포가 투여된 후 밀폐를 한 발효기를 설계하였다. 이 설계는 발효기가 제조된 다음부터 최대한의 밀봉 구조를 유지하여 낮은 유지보수 주기를 가질 것이다. 또한 기기의 소형화를 위해 큰 하나의 발효기 대신 여러 개의 작은 발효기를 동시에 이용하는 방식으로 소형화를 구현하였다. 이후 연동 펌프로 일정한 속도로 배양액을 흘려주어 배양을 진행하였다. 결과로는 소형화한 packed bed reactor를 이용하여 포도당이 든 배지에서 에탄올 발효가 가능함을 실증하였다. 이는 매우 많은 시간이 소모되는 양조라는 행위를 우리의 옆으로 옮겨줄 것이다.

후기 본 논문은 정부의 재원으로 한국연구재단의 BK21 FOUR 사업의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(sjha@kangwon.ac.kr)

기계학습을 사용한 발소리의 분리와 발소리를 통한 개인식별

황준호*, 김이현, 스네하 사디아 타란눔, 최수영, 김병희, 임광석, 하호진, 하석진, 박용재#

Separation of footstep sounds and personal identification using machine learning

J. H. Hwang*, Y. H. Kim, S.T. Sneha, S. Y. Choi, B. H. Kim, K. S. Lim, H. J. Ha, S. J. Ha, Y. J. Park#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Machine learning, Personal identification, Footstep

개인을 식별하는 방법은 다양한 방법이 있다. 영상 인식, 홍채 인식, 지문 인식 등 다양한 개인을 식별하는 방법들이 연구되고 실생활에 적용되고 있다. 또한, 발소리를 활용하는 개인식별 방식도 다양하게 연구되고 있다. 과거에는 주로 MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficient)와 같은 음향학적 방법을 많이 사용했다. 최근에는 음향학적인 방법과 함께 기계학습(machine learning)을 결합한 다양한 개인식별모델이 연구되고 있다. 하지만 복수의 사람은 아직 인식하지 못하는 한계가 있다. 본 논문에서는 발소리의 음향학적 모델과 기계학습을 통해 2명 이상의 발소리를 분리하고 개인식별을 하는 것을 목표로 한다. 발소리는 실내에서 스마트폰의 마이크로 측정되었으며 신발을 슬리퍼로 한정하였다. 발소리 데이터는 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 전처리 후 데이터라벨링(data labeling)한다. 그리고 개인의 발소리에 대한 지도학습(supervised learning)을 실시한다. 그리고 지도학습한 데이터와 음향학적 모델을 통해 복수의 사람의 발소리를 분리 및 개인식별을 진행할 계획이다. 또한 SVM(Support Vector Machine), MLP(Multi-Layer Perceptron), softmax 등의 기계학습모델에 적용하고, mAP(mean Average Precision)로 사용한 모델의 성능을 비교할 계획이다.

후기 Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

직접 에너지 융착 공정에서 형상에 따른 적층경로 생성

오원정[1], 이승민[1,2], 박성범[1], 김중경[1], 박석희[2], 주성호[3], 김충수[1,*,#]

Geometry dependent tool path consideration in direct energy deposition

W. -J. Oh[1], S. -M. Lee[1,2], S. -H. Park[1], J. -K. Kim[1], S. -H. Park[2], S. -H. Ju[3], C. -S. Kim[1,*,#]

한국생산기술연구원[1], 부산대학교[2], 엠피웍스(주)[3]

Key Words : Direct energy deposition, Repair, Coating, Tool path, Process planning

DED (Direct energy deposition) 공정은 레이저와 같은 고밀도 에너지원을 모재에 조사함과 동시에 금속 분말을 용융시켜 급속 냉각하는 방식으로 3차원 형상을 제작할 수 있다. 3D CAD 모델을 2D 평면으로 층을 분할하여 경로를 생성하는 일반적인 3D프린팅 공정과는 달리, DED 공정은 다관절 로봇 또는 5축 이송계를 이용하여 모재 및 적층물 형상에 따라 2차원 혹은 3차원의 다양한 적층경로 생성이 가능하다는 특징을 가진다. 따라서 금형, 동력전달부품 등 3D구조에 대한 국부적인 수리 및 기능성 코팅 (Coating)이 가능하며, 이를 통해 특정 부위의 내구성, 내식성 등 부품의 기능을 향상시킬 수 있다. 하지만 금형과 같은 복잡한 표면 형상을 가지는 부품의 수리 및 코팅 시 적층경로가 매우 복잡해지기 때문에 적층경로와 공정변수 선택 등의 공정계획 수립이 아주 중요하다. 본 연구에서는 금형, 연료분사 노즐 및 축 부품에 대한 코팅 공정 시 형상에 따른 적층 경로 및 형상에 의존적인 공정변수 수립에 대한 연구를 진행하였다. 각 형상에 따른 적층 경로를 최적화하기 위해 다양한 적층 경로를 생성하고 균일한 코팅 품질을 얻기 위한 해치 거리를 결정하는 알고리즘에 대한 연구도 진행하였다. 본 연구 결과는 형상에 기반한 적층경로 생성의 디자인 가이드를 구축하는데 기여할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 스마트제조혁신기술개발 사업(No. 141179)과 산업통상자원부의 소재부품기술개발-이종기술융합형(No. 20024344)의 지원에 의한 연구임.

발표자*, 교신저자#(cskim91@kitech.re.kr)

흄드 실리카가 자기 반응성 3D프린팅 레진에 미치는 영향에 관한 연구

권혁배*, 박승호*, 권소연*, 이상혁*, 이현택#

Effects of fumed silica on magnetically responsive 3D printing resin

H. B. Kwon*, S. H. Park*, S. Y. Kwon*, S. H. Lee*, H. T. Lee#

인하대학교 기계공학과

Key Words : 3D Printing, Soft robot, Fumed silica, NdFeB, Magnetic actuator

3D 프린팅은 복잡한 구조물을 빠르고 정확하게 제작할 수 있어 소프트 로봇공학에서 중요한 기술로 자리잡고 있다. 최근에는 높은 반응 속도, 원격 제어 등의 장점을 활용할 수 있는 자기 반응성 재료를 이용한 3D 프린팅이 주목받고 있다. 특히, 높은 잔류 자성을 가진 네오디뮴-철-붕소(NdFeB) 입자를 고신율의 광경화성 3D 프린팅 레진에 통합하여 엑추에이터와 그리퍼 등으로 응용하는 연구가 각광받고 있다. 그러나 입자의 침전 문제와 대변형을 위한 기계적 특성의 최적화는 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이번 연구에서는 자기 반응성 3D 프린팅 수지에 흄드 실리카가 미치는 영향을 조사했다. 흄드 실리카는 강력한 네트워크 구조를 형성해 NdFeB 입자의 침전을 방지할 수 있다. 또한, 흄드 실리카가 포함된 자기 반응성 3D 프린팅 소프트 로봇 재료의 유변학적 특성, 기계적 특성, 그리고 자기적 특성을 평가하는 것을 목표로 하고 있다. 연구에서는 광경화성 3D 프린팅 레진에 흄드 실리카와 NdFeB 입자를 통합하여 자기 반응성 3D 프린팅 수지를 제조했다. 레오미터를 사용하여 유변학적 특성을 평가하고, 인장 테스트와 자화 곡선 측정을 통해 기계적 및 자기적 특성을 각각 분석했다. 유변학적 특성 분석 결과, 흄드 실리카는 낮은 농도에서는 액체와 같은 거동을 보이며, 높은 농도에서는 고체와 같은 견고한 네트워크 구조를 형성하는 것으로 나타났다. 기계적 테스트 결과, 흄드 실리카의 농도가 증가함에 따라 인장 강도와 전단 계수가 증가했다. 자기적 특성 평가에서는 흄드 실리카의 첨가에도 불구하고 높은 잔류 자화가 유지되는 것으로 나타났다. 이 연구 결과는 흄드 실리카의 농도를 적절히 조절함으로써 자기 반응성 3D 프린팅 소프트 로봇에서 침전 방지와 대변형을 구현할 수 있음을 시사한다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00302793).

발표자*, 교신저자#(htlee@inha.ac.kr)

객체 인식 알고리즘기반 복합 소재 적층 품질 모니터링 기술 개발

주송현[1,2], 이윤석[1], 최해진[2], 이석우[1], 김태곤[1], 김성현[1], 신강우[1], 송경은[1], 남정수[1,*,#]

Development of quality monitoring technology for composite material lamination based on object recognition algorithm

S. H. Ju[1,2], Y. Lee[1], H. J. Choi[2], S.-W. Lee[1], T.-G. Kim[1], S. H. Kim[1], K. Shin[1], K. Song[1], J. Nam[1,*,#]

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 대학원 기계공학과[2]

Key Words : Material extrusion process, Composite, 3D printing, Bead, Monitoring

As industries develop, paradigms are shifting across various sectors, significantly impacting multiple fields. In particular, the field of production manufacturing has seen considerable advancements due to 3D printing technology, which enables the creation of complex geometries and reduces production costs. Consequently, various technologies and research have been developed within both industry and academia. Among these technologies, material extrusion processes stand out. Unlike traditional printing methods, material extrusion can produce large components and mix different raw materials, making it highly valued across various industries. The primary materials used in this process are thermoplastic polymers and fiber-reinforced composites, such as carbon fiber-reinforced plastic (CFRP) and glass fiber-reinforced plastic (GFRP). However, this approach poses challenges such as suboptimal production conditions and material properties affecting the quality of the extruded beads, leading to mechanical property degradation and final part quality issues. To address these challenges, various process monitoring studies have been conducted. This paper presents an ABS+sCFRP (20wt%) material extrusion process for a simulated component of the rear section of the KF-21 cockpit. A technology for monitoring the extruded beads during the layering process was developed, integrating vision systems with object recognition algorithms. This technology successfully monitored the bead width and length during the actual process. Future research will focus on improving quality through feedback control in the material extrusion layering process.

후기 This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as" Development of 3D printing commercialization technology for military parts and demonstration support technology (kitech EH-24-0004)" And as "Establishment of quality and reliability evaluation infrastructure based on lightweight machining system (kitech NK-24-0019)"

발표자*, 교신저자#(rack1219@kitech.re.kr)

Directed Energy Deposition 공정을 통한 알루미늄 합금 소재의 적층제조에 관한 연구

장지훈[1,*], 김현성[1] 백경윤[2,#]

Study on additive manufacturing of aluminium alloy through directed energy deposition

J. H. Jang[1,*], H. S. Kim[1], G. Y. Baek[2,#]

광주대학교 미래융합기술공학과[1], 광주대학교 융합기계공학과[2]

Key Words : Additive manufacturing, Directed energy deposition, Aluminium alloy, Hardness

금속 적층제조공정 중에서도 경량 및 우수한 기계적 특성을 가진 알루미늄을 사용한 적층제조에 대한 연구가 최근까지 활발하게 이루어지고 있으며, 산업 수요에 의해 다양한 분야에 알루미늄 적층제조기술이 적용되고 있다. 하지만, 금속분말을 사용한 Directed Energy deposition에서 알루미늄과 같은 경금속의 적층제조는 공정 조건의 선정이 어려워 고품질의 적층제조품을 제작하는데 제한이 있다. 본 연구에서는 알루미늄 적층 공정분석과 함께, 기계적 특성 분석을 진행하였으며, 타이어 금형 적층제조를 수행하였다. 순수 알루미늄은 약 95%의 반사율 및 5%의 흡광도를 나타낸다고 알려져 있는데, 이와 비슷한 특성을 가진 알루미늄 합금은 적층 공정 중 높은 출력을 요구하게 되므로 레이저 출력을 변수로하여 실험을 진행하였다. 실험에서는 JIS AC7A를 모재로 사용하였으며, 금속분말은 이와 비슷한 조성을 가진 JIS Al6063을 사용하였다. 출력에 따른 적층실험 결과 1000W 이상에서 Dillution이 확보되었으며, 1200W에서 과적층 현상이 발생하여, 1100W로 공정조건을 설정하여 진행하였다. 기계적 물성 실험 결과, 평균 인장강도는 237.71MPa, 평균경도는 43.4HB로 측정되었으며, 타이어 금형 제작 결과 적층 부 평균 표면조도가 0.310 Ra로 측정되어 정밀 다듬질 수준의 표면을 나타냈다. 경도가 특히 낮게 측정되었는데, 이는 적층 공정 중 낮은 에너지 흡수율에 따른 미용융 및 기공에 의한 영향으로 판단된다. 추후 본 연구를 기반으로 적층공정의 최적화, 열처리, 합금원소 조성비에 따른 특성 분석 등을 통해 알루미늄 적층제조품의 품질 향상을 위한 연구를 수행할 예정이다.

후기 본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2023년도 산학연 Collabo R&D사업(RS-2023-00225086)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(gybaek@gwangju.ac.kr)

중대형 부품 DED 적층제조 생산성 향상을 위한 전주기 공정 체계 수립

이 협*,#

Establishment of a full-cycle process system for enhancing the productivity of large-scale parts in directed energy deposition additive manufacturing

H. Lee*,#

한국생산기술연구원 주문형생산연구부문 3D프린팅제조혁신센터

Key Words : Additive manufacturing, Directed energy deposition, Full-cycle process

Directed Energy Deposition(DED) 적층 제조 방식은 기존 전통제조 공정으로 제작하는데 제약이 있는 형상의 중대형 금속부품을 신속/유연 생산할 수 있는 제조공정으로서, 연구개발을 통해 기술 수준이 높아짐에 따라 다수의 산업 실증 사례가 도출되면서 수요가 빠르게 증가하고 있다. 그동안 금속 분말 소재와 레이저 열원을 사용하는 Blown-powder DED 방식이 주류를 이루었지만 최근에는 분말 대신 와이어를 사용하고, 열원으로 레이저뿐만 아니라 아크를 사용하는 방식이 주목받는 등 공정 방식이 더욱 다양해지면서 연구자들의 관심이 더욱 높아지고 있다. 하지만 생산성과 품질 면에서 여전히 도전과제가 남아 있는 상황에서, 적층 소재 준비부터 적층 경로 생성, 공정 모니터링 및 제어, 후처리 및 품질 검사에 이르는 전주기 공정을 통합적으로 이해하는 접근이 필수적이다. 본 발표에서는 중대형 부품 DED 적층제조 생산성 향상을 위한 전주기 공정(Full-cycle process) 체계를 소개하며, 각 단계의 기술적 수준과 앞으로 필요한 연구개발 주제들을 탐색하고자 한다.

후기 이 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정 기술개발(KITECH PEO24050)”의 지원으로 수행한 연구입니다

발표자*, 교신저자#(leehyub@kitech.re.kr)

에너지 및 우주 산업 응용을 위한 탄소나노기반 소재의 광학 및 전기화학적 특성 연구

노진성*, 윤홍석#

Study on the optical and electrochemical properties of carbon nanomaterials for applications in energy and space industries

J. Rho*, H. Youn#

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Carbon Nano Tube (CNT), Carbon Nano Fiber (CNF), Supercapacitor, Optical absorber

에너지 및 우주 산업에서의 응용을 위해 탄소 나노소재, 특히 탄소 나노튜브와 탄소 나노파이버의 광학 특성 및 탄소 나노튜브 기반 합성 물질의 전기화학적 특성 연구가 필요하다. 탄소 나노소재는 뛰어난 전기 전도성, 높은 표면적, 그리고 독특한 광학 특성을 지니고 있어 우주 탐사 기술 개발에 큰 이점을 제공하며, 합성을 통해 배터리 및 슈퍼커패시터와 같은 첨단 에너지 저장 시스템에 응용할 수 있다. 본 연구는 이러한 소재들이 빛과 상호작용하는 방식과 전기화학적 성질을 분석하여 우주 응용 분야에서의 활용 가능성을 찾고, 에너지 장치의 효율성과 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 구체적으로, 우주 탑재체에 활용하기 위해 금속 기판 위에 탄소 나노소재를 성장시켜 광학적 특성, 즉 빛의 흡수 특성을 확보하였다. 이를 통해 금속 위에 탄소 나노파이버를 성장시켜 UV-VIS-IR 영역의 파장에서 99% 이상의 빛을 흡수하는 소재를 개발하여 우주 탑재체에 활용할 수 있도록 연구하였다. 또한, 탄소 나노소재를 합성하여 전기화학적 특성을 향상시키는 연구를 수행하였다. 이를 통해 배터리 전극 및 슈퍼커패시터에 적용될 때 나타나는 충방전 성능과 수명을 평가하였다. 특히, 2D 코발트-크롬 층상 이중 수산화물(Co-Cr-LDH)과 탄소나노튜브(CNT)를 나노하이브리드화하여 슈퍼커패시터 전극 재료로 합성하여 실험한 결과, Co-Cr-LDH는 이온 교환을 위한 많은 활성 부위를 제공하고, CNT는 전도성 채널 역할을 하여 시너지 효과를 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(hsyoun@hanbat.ac.kr)

친환경 무용매 이차전지 전극 제조 기술 동향과 품질 고도화를 위한 공정 개발 전략

석재영*,#

Technological trends in eco-friendly, solvent-free dry electrode processing for rechargeable batteries and development strategies for enhancing electrode quality

J. Y. Seok*,#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Rechargeable Batteries, Electrode Films, Dry Electrode Processing, Shear Force, Roll-Mill

최근 리튬-이온 전지는 휴대용 전자기기뿐 아니라, 전기차, 에너지 그리드 시스템 등 적용분야가 급격히 확장되며, 기술개발에 대한 수요 또한 증가하고 있음. 특히, 최근 이차전지의 핵심 적용분야인 전기차의 주행거리 확장을 위해 이차전지 에너지 밀도 향상 기술에 대한 관심이 큼. 이차전지의 에너지 밀도 향상을 위해서는 내부의 활물질 소재의 개선과 셀의 효율적인 설계가 주요한 기술개발 전략인데, 특히, 두꺼운 후막전극 제조를 통해, 동일한 셀 내부에 에너지 저장 반응을 하는 활물질의 비율을 극대화하는 전략이 큰 관심을 받고 있음. 기존의 이차전지 전극은 용액 형태 전극 슬러리의 코팅/건조를 통해 제조되는데, 전극의 두께가 두꺼워질수록 더 많은 독성 용매(Toxic solvent)를 사용이 내포될 뿐 아니라, 건조 과정에서 용매의 기화에 의한 내부 유동 발생으로 전극 내부의 구조가 다공성(Porous)화 되거나, 내부 구성요소의 분포가 불균일해지는 문제로 큰 폭의 성능 하락이 보고되고 있음. 이에 최근, 용매를 사용하지 않는 건식 공정법의 적용을 통해 후막 전극을 효과적으로 제조하는 기술 전략이 급부상하고 있으며, 이는 후막 전극을 제조하는 데 유리할 뿐 아니라, 독성 용매의 미사용으로 환경친화성, 용매 회수의 불필요로 인한 제조 시 에너지 사용 및 비용 저감 장점이 있음. 본 연구에서는 이차전지 건식 전극 제조 기술 관련 최신 동향에 대한 파악과 함께, 품질 고도화를 위한 분말 혼성화 처리 공정, 바인더 섬유화 공정, 롤-밀을 통한 전극막 제조 공정 등에 대한 개발 전략을 논하고자 함.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체 전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(seokjy@seoultech.ac.kr)

장거리 탐지 결상 광학계의 기술 동향 분석

이호철*,#, Truong Van Hu, Hien Nguyen

The state art of technology of the long distance detection using the vision image formation

H. Lee*,#, T. V. Hu, H. Nguyen
한밭대학교 기계공학과

Key Words : Long distance, Detection, Vision, Camera, Image, Drone

본 연구는 카메라 시스템을 활용한 장거리 탐지 기술의 최신 연구 동향을 고찰한다. 전기광학(EO) 및 적외선(IR) 시스템은 각각 최대 8km와 6.8km 수준의 탐지 범위도 달성하고 있으며, 보안, 군사 및 자동차 분야에서 드론 탐지 및 대응에 필수적이다. 특히 자동차 분야에서는 이 기술이 장거리 탐지 및 식별을 통해 자율 주행의 안전성과 효율성을 증진시킨다. 또한, 공격용 드론은 최소 70km/h, 최대 수백 km/h의 속도로 비행하며, 이를 효과적으로 탐지하고 추적하기 위해서는 고배율, 고속 줌 광학계와 정밀 이미지 처리 알고리즘이 요구된다. 고성능 줌 광학계와 인공지능 기반 이미징 기술의 통합은 드론 및 차량 식별과 추적의 정확성과 신속성을 극대화하고, 다양한 환경에서의 신뢰성 있는 탐지를 가능하게 한다. 이 연구는 드론 대항 기술을 중심으로 장거리 물체 탐지 기술의 발전과 이 기술들이 관련 산업에 어떻게 효과적으로 적용될 수 있는지를 조사한다. 아울러, 탐지 기술의 고속화, 소형화, 고해상도화를 통한 장거리 물체 탐지 및 식별 기술의 기술적 한계와 미래 연구 방향을 분석한다.

발표자*, 교신저자#(hclee@hanbat.ac.kr)

젖음성 기능성 표면을 위한 레이저 유도 멀티스케일 실리콘 구조 제작

박성진*, 김선영, 김규현, 박희애, 최민창, 백승현, Jibi Jais, 이제성, 김정수, 박성우, 강봉철#

Laser induced multiscale silicon structure fabrication for wettable functional surface

S. J. Park*, S. Y. Kim, K. H. Kim, H. A. Park, M. C. Choi, S. H. Back,
J. Jais, J. S. Lee, J. S. Kim, S. W. Park, B. C. Kang#
국민대학교 기계시스템공학부

Key Words : Laser process, Additive manufacturing, Functinal surface

습윤성 제어 기술은 표면에 기능성 표면을 생성하여 자기 세정 효과를 부여하거나 표면의 소수/친수성 조절을 이용해 랩온어칩(Lap on a chip) 기술에 활용되는 등 기계, 전자, 바이오, 에너지 등 다양한 산업 분야에서 사용되는 기술이다. 기능성 습윤성을 제어하기 위해 포토리소그래피(Photolithography), 임프린팅(Imprinting), 전기방사(Electrospinning) 등의 방법이 이용되는데 기존의 습윤성 제어 기술들은 고가의 장비를 이용한 반복적이고 복잡한 단계를 거치거나 고진공과 같은 특수한 환경이 필요하며 환경 유해 물질을 배출하는 등의 문제점이 있다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 레이저를 이용해 기능성 습윤 표면을 친환경적이고 간단하게 제조하는 방법을 제안한다. 나노 입자에 레이저를 조사하여 순간적인 소결 반응을 유도하여 멀티스케일 마이크로/나노 구조를 형성하고, 제조한 기능성 습윤 표면의 특성을 평가하였다. 1064 nm파장의 CW(Continous Wave)레이저를 Si nanoparticle이 코팅된 기판에 2-axis Galvanometer Scanner (SCANcube III 10, SCANLAB)를 통해서 조사하여 마이크로/나노 구조를 제작하였다. 그 후 제작된 샘플을 SAM 용액에 침지시켰다. 접촉각은 레이저 공정 변수에 따라 조절이 가능하였으며, 최대 157.72° 의 접촉각을 가진다. 제작된 초친수성 표면의 접촉각은 최소 10.6° 의 접촉각을 가진다. 본 연구에서는 특수한 환경이나 장비가 필요하지 않은 One-Step 공정을 통해 초소수성/초친수성 표면을 제작하였다. 평균 접촉각 154.49° 의 초소수성 표면을 구현하였고, 평균 접촉각 12.55° 의 초친수성 표면을 제조하였다.

후기 이 논문은 2024년도 과학기술정보통신부의 ‘중견연구’와 ‘기초연구실지원사업’의 지원을 받아 연구되었음(Grant No.RS-2023-00217661 & No.2023R1A2C1005445)

발표자*, 교신저자#(bckang@kookmin.ac.kr)

물분해 수소생산을 위한 초저가 실리콘 나노입자 합성에 관한 연구

김성범[*,#]

Study on the synthesis of low-cost silicon nanoparticles for hydrogen production via water splitting

Seongbeom Kim[*,#]

강원대학교 기계시스템공학부

Key Words : Hydrogen, Green, Water splitting, Silicon, Nanoparticle

본 연구는 그린 수소의 생산 및 활용 방법으로 실리콘 나노입자를 이용한 물분해 수소 생산 방안을 제안한다. 실리콘은 지각에 매우 풍부하고 독성이 없어 반도체 웨이퍼의 재료 등으로 인류가 활발히 사용해온 소재이다. 이러한 실리콘은 나노 소재의 극대화된 반응성을 활용하면 물과 반응하여 수소를 생산하는 우수한 재료로 알려져 있다. 본 연구에서는 실리콘 나노입자를 두 가지 방법으로 합성하였다. 첫 번째는 실란 가스의 레이저 열분해 방법을 이용하여 순수한 실리콘 나노입자를 생산하였다. 두 번째 방법은 레이저를 이용한 실리카의 환원 공정으로 합성하였고, 이렇게 합성된 나노입자의 분석 결과 모두 결정질 실리콘이 합성되었으며 나노입자의 형태를 나타낸 것으로 확인되었다. 합성된 실리콘 나노입자는 KOH 또는 NaOH가 녹은 물과 반응하여 수소를 생산하는 것을 확인하였다. 생산된 수소를 수소 연료전지 스택에 공급하여 전력이 나오는 것을 시현할 수 있었다. 본 연구를 통해 저가로 생산된 실리콘 나노입자가 물분해를 일으켜 수소를 생산할 수 있음을 확인하였고, 나노입자의 형태적 장점으로 인해 그 효율은 이론적 효율에 가까운 결과를 얻을 수 있었다. 제안된 수소 에너지 활용법은 기존 수소 에너지 활용에서 필요한 고압 탱크 및 초저온 기술 등이 전혀 필요 없는 그린 수소의 활용에 큰 의미를 제시한다.

후기 이 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다. (2021R1I1A3059984)

발표자*, 교신저자#(Sbkim81@kangwon.ac.kr)

가공 시뮬레이션과 연계한 공작기계 소비에너지 예측 기술 개발

이재학*,#, 이동윤

Development of machine tool energy consumption prediction technology using simulation

J. H. Lee*,#, D. Y. Lee

한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문

Key Words : Machine tool, Energy consumption, Simulation, ISO14955

전세계적인 에너지 가격 상승으로 인해, 에너지 및 탄소배출량 저감을 위한 연구가 국내외에서 활발히 이루어지고 있다. 전세계 소비에지량 중 산업부분이 사용하는 양이 대략적으로 38%, 그 중에서 공작기계는 3~10%인 전세계 소비에너지량 중 1.3~3.8%를 점유하고 있어, 소비에너지 저감기술의 개발 및 적용이 필요한 산업 분야 중 하나이다. 공작기계는 국내에도 수많은 중소/중견 기업들이 존재하는 기반 산업 중 하나로, 본 연구에서는 관련 국제표준 ISO14955에 기반한 공작기계 소비에너지 모니터링 시스템의 개발과, 이를 이용한 소비에너지 예측 기술개발에 대해 다룬다. 본 연구에서 개발한 시스템은 메인 및 각 컴포넌트에 부착된 전력계 데이터를 실시간 수신하고, 이를 CNC제어기 데이터와 통합하여 모니터링 데이터를 생성하였고, 이를 사전 NC코드를 기반 공구-공작물 간 맞물림 시뮬레이션 결과와 연동하여, 기존 공정 외 타공정의 소비에너지를 예측하는 기술을 개발하였다. 소비에너지 예측 기술은 기존 공정의 최적화를 통한 소비에너지 저감형 공정최적화 기술 개발과, 실시간 컴포넌트의 최적 가동률 계산을 통한 실시간 컴포넌트 별 최적 제어기술 개발에 활용될 수 있다. 본 소비에너지 예측 기술 개발은 향후 공구마모 시뮬레이션, 머신러닝 학습과 연계하여 고도화할 예정이며, 최종적으로 어플리케이션 형태로 공작기계 HMI에 탑재될 수 있도록 개발할 예정이다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '기계장비산업기술 개발사업: 에너지 저감 기술이 적용된 친환경 지능형 공작기계 개발'의 지원을 받아 연구되었음(과제번호:RS-2024-00416035)

발표자*, 교신저자#(ljh1125@kitech.re.kr)

ZnO 광촉매를 통한 은 전구체의 전도성 패터닝기법에 관한 연구

TO THI TU LINH, 노진성, 윤홍석*,#

Ag conductive pattering by ZnO photochemical reduction

T. T. T. Linh, J. S. Rho, H. S. Youn*,#

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Zinc oxide, Photochemical, Reduction, Patterning, Silver

국내외 OLED 제조사들은 차세대 디스플레이에서 기술적 우위를 점하기 위한 초고해상도의 실현을 달성하려 전념하고 있음. 특히, 16K 이상의 초고해상도는 대형 패널과 중소형 및 모바일 디스플레이 그리고 AR/VR 더나아가 XR 디스플레이에서 공통적으로 초미세 화소를 필요로 하고 있다. FMM(Fine Metal Mask)을 이용한 진공 공정 기반의 OLED 패널의 화소 크기는 약 40~300㎛ 임. 상압 잉크젯의 경우 대기 중 액적 크기 제한으로 20㎛ 정도를 한계로 보고 있으며 액상(발광층)만을 인쇄가 가능하여 금속 전극층의 화소 구현에 한계가 있으며 이 한계가 있다. 한편, 기존 미세금속마스크를 이용하는 FMM (Fine Metal Mask) 기법의 화소의 증착은 초미세 픽셀구현에 한계에 도달해 있음. FMM 기법은 유기재료의 증착 균일도에 따라 수율 변화가 크기 때문에 Shadow Mask 패턴의 정밀도가 중요한 성능 요소로 요구되고 있으나 마스크의 Shadow Effect, Mask Total Pitch 변동, Mask Slit Tolerance 문제들로 기인하여 초미세화 및 대면적 패널의 대응에 점차 어려움을 격고 있다. 본 연구에서는 신기술인 금속산화물의 광여기 라디칼 생성을 통한 광화학적 환원작용과 미세 전극의 기판의 합지 기술은 기존의 금속이온 잉크의 저항을 혁신적으로 개선 가능 함. 본연구실 보유하고 있는 미세전극 전사기술 및 결합 기술은 기존 잉크젯 공정의 한계로 지목되는 잉크의 용매가 OLED 하부 레이어들을 손상시키는 문제를 근본적으로 탈피 가능하므로 잉크젯 인쇄의 한계를 극복 가능하다.

발표자*, 교신저자#(hsyoun@hanbat.ac.kr)

레이저 기반 가공을 통한 마이크로/나노 스케일 소재 제작

Srinivasan Arthanari[1,*], 김미정[1], 박종은[2], 황준식[3], 이후승[1,#]

Laser based machining to fabricate micro/nanoscale materials

S. Arthanari[1,*], M. J. Kim[1], J-E. Park[2], J. S. Hwang[3], H. S. Lee[1,#]

충남대학교 기계공학교육과[1], 한국뉴욕주립대학교 기계공학과[2], 카이스트 기계공학과[3]

Key Words: Laser processing, surface finishing, micro/nano patterns, optical properties, sensors

Laser-based machining is one of the precision processing techniques compared to the conventional process, and it is widely applied in industrial applications. The light-material interaction is a critical phenomenon in laser processing, which strongly affects the material's characteristics and the resulting performances. The present study proposes a laser-driven approach for surface finishing/texturing of bulk materials and fabricating micro/nanoscale structures using thin films. Surface finishing of fused deposition modeling (FDM) polylactic acid (PLA) with varying colors (white, blue, and gray) and laser processing parameters are investigated. The blue and gray PLA samples exhibited better surface smoothing (>90%) at moderate and low laser power conditions. Nevertheless, white PLA exhibited only a marginal surface smoothing due to the very low laser absorptance. A substantial difference in the surface finishing process was mainly attributed to the laser absorption phenomenon with varying PLA color, which was confirmed by the experimental and finite element simulation (FEM) studies. The thin-film laser processing revealed the formation of laser-induced periodic surface structures (LIPSS) and laser-induced carbonization consisting of nanoscale metals. These materials exhibited interesting optical properties variations and served as electroactive materials to fabricate biosensor electrodes.

후기 이 논문은 과학기술정보통신부의 지원을 받아 연구되었음(No. 2021R1I1A3047770, 2022R1I1A1A01064765)

발표자*, 교신저자#(liber@cnu.ac.kr)

균질화 기법을 이용한 미래모빌리티용 장섬유 복합재 물성 예측 및 성형에 관한 연구

유명한[1,*,#], 강나루[1], 강창수[1], 김미정[1], 문민석[1,2], 정경식[3]

A study don the prediction of properties and molding of long fiber composites for future mobility using homogenization technology

M. H. Yoo[1,*,#], N. R. Kang[1], C. S. Kang[1], M. J. Kim[1], M. S. Moon[1,2], K. S. Jeong[3]

한국탄소산업진흥원[1], 아이스퀘어드엠[2], 디유티코리아[3]

Key Words : Long fiber, Injection, Homogenization, Carbon fiber, Polyurethane

장섬유 복합재 성형기술은 지난 20년 동안 가장 빠르게 성장하고 있는 제조 기술 중 하나이다. LFI(Long Fiber Injection) 공법은 속경화 되는 2액형 폴리우레탄과 12.5~100mm 정도로 절단된 섬유를 혼합하여 금형 내부에 직접 분사한 후 압축하여 경화하는 성형공법으로, 낮은 압력에서 다양한 크기의 복잡한 제품을 생산하는데 적합하고, 짧은 사이클 시간으로 높은 수준의 자동화가 가능하다. 본 연구에서는 LFI 공법을 이용한 장섬유 복합재의 적용섬유 및 수지에 따른 성형성 평가를 수행하였으며, 기계적 물성을 측정하였다. 구조적 안정성을 평가하기 위하여 시편은 3D X선 현미경(XRM)을 이용하여 Scanning한 후 균질화 기법을 이용하여 멀티스케일에 대한 물성 예측 및 미래모빌리티용 외장커버에 대한 유한요소 해석을 진행하였다. 시험 결과 제품의 동일 면적에서 섬유 함량이 증가 할수록 Von mises stresses 및 Von mises strain이 감소하는 것을 확인 하였으며, 미래모빌리티용 외장 커버에 분산된 섬유 패턴에 따른 물성 변화를 확인 할 수 있었다.

후기 이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임.(No. 20010401, 기계산업핵심기술개발사업).

발표자*, 교신저자#(anrkr@kcarbon.or.kr)

E-SPR을 이용한 CFRP/Al 접합부 특성 분석

김민석[1,*], 정운석[2], 이헌수[2], 심지연[1,#]

Characteristics analysis of CFRP/Al joints using E-SPR process

M. S. Kim[1,*], U. S. Jung[2], H. S. Lee[2], J. Y. Shim[1,#]

한국생산기술연구원: RAMP 융합연구단[1], 한국과학기술연구원: RAMP 융합연구단[2]

Key Words : Electromagnetic self-piercing rivet, CFRP/Al joint, Tensile shear strength, Process variables

최근 자동차산업은 경량화를 목표로 고강도 경량소재의 확대 적용을 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나 단순히 차체, 부품 등을 동종의 경량소재로 제작할 경우 완제품에 요구되는 품질수준을 만족시킬 수 없으므로 소재특성에 따른 이종소재간 결합이 요구된다. 특히, 탄소섬유와 수지가 결합되어, 기계적 특성이 우수하면서도 경량성을 가진 CFRP(Carbon fiber reinforced plastics)는 기존 용융 용접으로는 고품질의 이종접합부 확보가 어렵기 때문에, 기계적 체결 기술의 적용이 필요하다. SPR(Self-piercing rivet)은 사전 홀 가공 없이 punch에 압력을 가하여 rivet이 상부재를 피어싱 후, 접합재와 소성변형으로 접합이 이루어지며, 접착제와의 혼용이 가능하여 우수한 접합강도를 확보할 수 있는 대표적인 체결 기술이다. 최근 SPR 적용 이종소재의 강도가 지속적으로 증가함에 따라, 전자기력을 이용한 고속 기계적 체결기술인 E-SPR(Electromagnetic self-piercing riveting)에 대한 연구가 진행되고 있다. E-SPR의 접합 원리는 SPR과 동일하나 장치 내 펀치는 전자기력에 의하여 수 m/s로 하강하며 접합이 진행된다. 본 연구에서는 E-SPR을 이용하여 CFRP와 알루미늄 간 이종소재를 접합하였으며, SPR 적용 접합부와 단면 및 접합 하중 비교를 통하여, E-SPR 접합부의 우수성을 검증 후, 리벳, 금형, 방전에너지가 단면치수(인터락 길이, 잔여두께, 헤드 높이) 및 접합하중에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 접착제와 혼용시 접합하중을 측정하였다.

후기 이 논문은 국가과학기술연구회, CRC23011-000, 재활용 가능한 미래 에어모빌리티 구조용 소재 부품 경량화 플랫폼 기술개발(100%, 2023.07.01 – 2029.06.30.)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(shimjy@kitech.re.kr)

자동 섬유 적층(AFP) 공정을 활용한 이종소재 접합 공정 연구

강나루[1,*], 강정석[1], 유명한[1], 김미정[1], 최행선[2], 정준영[3], 강창수[1,#]

Investigation of hybrid material joinning process utilizing AFP process

N. R. Kang[1,*], J. S. Kang[1], M. H. Yoo[1], M. J. Kim[1], H. S. Choi[2], J. Y. Jeong[3], C. S. Kang[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 서진산업(주)[2], 현대자동차 의왕연구소[3]

Key Words : Hybrid material, Automated fiber placement, Thermoplastic, Laser surface treatment, Composite material

경량 소재에 대한 수요 증가로 기존 금속과 복합재간 접합 관심이 높아지고 있다. 리벳 접합, 볼트 결합과 같은 기계적 결합의 경우 응력 집중, 균열 등의 단점이 있어 열가소성 접착제를 이용한 접합에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 레이저로 텍스처링된 도금강판에 열가소성 복합재를 자동 섬유 적층(AFP) 장비로 적층하였다. 먼저 기초실험으로 AFP 레이저 조사 횟수에 따른 도금강판의 휘어짐을 측정하였다. 그 다음 이종소재 접합전 in-situ 적층 및 평가를 통해 Tape 적층 최적 조건을 설정하였다. 그 후 3가지 패턴(目, ▥, ▨)으로 표면처리 된 도금강판에 적층을 진행하였다. 레이저 출력별로 접합성을 평가하고 금형 온도에 따른 접합력을 측정하였다. 실험 결과 수평(目)패턴, 적층온도 300℃, 금형 온도는 T_g 온도에서 가장 높은 접합강도를 확인할 수 있었다. 해당 연구를 통해 AFP를 통해 레이저로 텍스처링이 진행된 도금강판과 열가소성 복합재를 AFP 레이저 적층을 이용하여 접합하는 최적 조건을 파악할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(bluesky@kcarbon.or.kr)

Pitch 기반 활성탄소섬유의 NO_2 흡착 거동에 대한 연구

김주환[1,2,*], 이혜민[1,#]

A study of NO_2 adsorption behavior of pitch-derived activated carbon fibers

J. H. Kim[1,2,*], H. M. Lee[1,#]

한국탄소산업진흥원 실용화개발본부[1], 전남대학교 고분자공학과[2]

Key Words : Pitch-derived activated carbon fibers, Oxygen functional groups, NO_2 adsorption

In this study, pitch-derived activated carbon fibers (Pitch-ACF) was prepared to NO_2 adsorption and investigate the NO_2 adsorption mechanism. The textural properties and crystallite structures of Pitch-ACF were studied by N_2/77K isotherm adsorption-desorption curves and X-ray diffraction, Raman spectroscopy, respectively. The type and content of oxygen functional groups (OFG) in Pitch-ACF were evaluated by Temperature Programmed Desorption/Reduction-Gas Fourier Transform Infrared analysis. The NO_2 adsorption behavior of Pitch-ACF was analyzed by breakthrough experiments. Finally, changes in the OFG of Pitch-ACF due to NO_2 adsorption were evaluated through X-ray photoelectron spectroscopy. The specific surface area and total pore volume of Pitch-ACF were determined to be 1160 – 2100 m^2/g and 0.47 – 0.97 cm^3/g, respectively. Also, the pore characteristics of Pitch-ACF was changed from microporous to mesoporous with activation time increased. In the breakthrough experiment results, the NO_2 adsorption process was divided into a physical and chemical adsorption. Especially, NO_2 physical and chemical adsorption were confirmed to be greatly affected by the microporous pore characteristics and basicity OFGs, respectively. Therefore, Pitch-100 was observed to have the highest NO_2 physical and chemical amount. As a results, this study clarifies the NO_2 adsorption mechanism and suggests a pore design process of Pitch-ACF for NO_2 adsorption.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

15% 경량화된 CO_2 용접용 싱글케이블의 성능비교 연구

정승훈[1,*], 이정현[2], 서병욱[2], 권재철[2], 윤광희[3], 박진형[3], 김태형[1,#]

A comparative study on the performance of 15% lightweight single cable for CO_2 welding

S. H. Jeong[1,*], J. H. Lee[2], B. W. Seo[2], J. C. Kwon[2], G. H. Yun[3], J. H. Park[3], T. H. Kim[1,#]

한국조선해양기자재연구원[1], (주)일흥[2], 한화오션(주)[3]

Key Words : CO_2 single cable, Lightweight, Performance test

CO_2 용접용 싱글케이블은 조선소에서 많이 사용되는 케이블 중 하나로써 전원선, 제어선, 가스호스가 하나의 케이블 형태로 구성되어 있다. 이로 인해 이동 및 해체가 용이하나 무게로 인한 작업자의 피로도를 가중시키는 요인으로도 지적받고 있다. 이에 기존 싱글케이블의 15% 경량화를 목표로 ㈜일흥, 한국조선해양기자재연구원, 한화오션㈜이 공동연구를 진행하였다. 소재의 변경과 두께 감소를 통해 경량화를 달성하고자 하였으며, 가스호스, 전원선, 절연외장을 주요 연구개발 요소로 선정하였다. 경량화와 더불어 각각의 요구특성을 유지하고자 가스호스는 이중 복합 소재를 적용하였고, 전원선은 보강 연선구조를 변경하였고, 절연외장은 개재물을 투입한 절연재와의 이중 구조를 적용하였다. 이를 통해 15% 경량화에 성공하였고, 기본적인 케이블 성능 테스트도 통과하였다. 그러나 시험실 환경보다 현장 환경이 열악하다는 점이 고려되지 않았다는 한화오션의 의견을 반영하여 성능 비교를 위한 시험절차를 개발하였다. 개발한 시험절차에 따라 기존 싱글케이블과 개발 싱글케이블을 동일한 조건에서 실시하였으며, 결과를 비교 검토하였다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 '구매조건부신제품개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No.S3221432)

발표자*(shjeong@komeri.re.kr), 교신저자#(thkim@komeri.re.kr)

다공성 탄소소재 기반 환경소재 및 부품개발 기반구축

양재연*, 박상현, 이혜민#

Establishment of foundation for the development of environmental materials and components based on porous carbon materials

J. Y. Yang*, S. H. Park, H. M. Lee#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Porous carbon, Activated carbon, Adsorption, Environment, Localization

다공성 탄소소재는 탄소소재 표면에 다양한 크기의 기공구조가 발달되어 단위 무게당 표면적(비표면적: 500 ~ 2,500 m^2/g)이 매우 큰 탄소 재료를 말하며, 형상에 따라 분말형, 입상형, 조립형, 섬유형으로 구분할 수 있다. 더불어 기공특성 및 응용분야에 따라 범용 활성탄소(비표면적 1,300m^2/g 미만), 고품위 활성탄소(비표면적 2,000m^2/g 미만), 특수목적용 활성탄소로도 구분되며, 활성탄소 표면에 존재하는 관능기에 따라 피흡착질의 분자를 흡착하는 성질로 인해 수처리, 공기정화용 필터, VOC 포집 및 회수, 에너지 저장 등 산업전반에 걸쳐 널리 사용되고 있다. 하지만 활성탄소 원료 및 중간재와 고품위 활성탄소는 일본, 미국 및 동남아시아 등 전량 수입되고 있으며, 글로벌 공급망 위기에 따른 수급부족과 이를 해결하기 위한 국산화 기술개발을 필요로 하고 있다. 따라서 본 사업은 다공성 탄소소재의 국산화 및 고기능화를 위한 활성탄소 소재/제품 인프라 구축 및 공정 실증, 시험평가·신뢰성 확보 등 전주기 통합지원시스템을 구축함으로써, 다공성 탄소소재 기반 고부가가치 제품 개발 및 생산기술 고도화와 국산화 기술을 확보하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '산업혁신기반구축'의 지원을 받아 수행되었음(No. P0025480)

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

자동차 증발가스 저감을 위한 다공성 탄소소재 제조 기술 개발

이병훈[1,*], 김병주[2], 이혜민[1,#]

Development of porous carbon materials manufacturing technology for reducing automotive evaporative emission

B. H. Lee[1,*], B. J. Kim[2], H. M. Lee[1,#]

한국탄소산업진흥원 실용화개발1실[1], 전주대학교 신소재화학공학과[2]

Key Words : Activated carbon, Automotive evaporative emission, Hydrocarbon, Adsorption

In this study, activated carbon was prepared to reducing automobile evaporative emissions. The effect of the pore structure of the prepared activated carbon on reducing evaporative emissions was examined through the adsorption/desorption behavior of evaporative gases. The activated carbon (AC) and activated carbon fiber (ACF) were prepared from kenaf and petroleum pitch through phosphoric acid activation and steam activation, respectively. As the activation temperature increased, the mesopore fraction of the kenaf-based activated carbons (KAC) increased significantly. The adsorption/desorption behavior of n-butane, based on these pore characteristics, revealed that the adsorption and desorption of evaporative emissions depend on pore size ranges of 2.8-3.8 nm and 5.5-6.5 nm, respectively. Furthermore, as the activation time increased, the micropore volume of the petroleum pitch-based activated carbon fibers (PACF) significantly increased, with the micropores moving inward from the surface. This pore development behavior indicated that activated carbon fibers with a low specific surface area were effective in removing low concentrations of evaporative gases, while those with a high specific surface area were effective in removing high concentrations. In conclusion, through the prepared KAC and PACF, the impact of pore structure on the adsorption/desorption behavior and adsorption rate of evaporative gases was investigated.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

국내 바이오매스 자원을 활용한 에너지 저장용 고성능 다공성 탄소소재 제조 기술 개발

김주환[1,2,*], 이혜민[1,#]

Development of technology to manufacture high-performance porous carbon materials for energy storage using biomass precursor

J. H. Kim[1,2,*], H. M. Lee[1,#]

한국탄소산업진흥원 실용화개발본부[1], 전남대학교 고분자공학과[2]

Key Words : Biomass precursor, Mesoporous activated carbon, Electric double-layer capacitor

In this study, the biomass precursor-derived activated carbons (BAC) were prepared by chemical stabilization and physical activation methods for high-power density electric double-layer capacitor (EDLC). The crystal structure of BAC was analyzed X-ray diffraction analysis. In addition, the texture properties of BAC were studied by Brunauer-Emmett-Teller (BET), Dubinin-Radushkevich (DR) and non-localized density functional theory (NLDFT) equations with N_2/77K isotherm adsorption-desorption curves. The electrochemical performance of the BAC was analyzed using a coin-type EDLC with 1 M $TEABF_4$/PC via galvanostatic charge/discharge, cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. The specific surface area and total pore volume of BAC were observed to 1570 – 2240 m^2/g and 0.65 – 1.14 cm^3/g, respectively. Especially, the pore structure of the BAC was change from microporous structure to micro-mesoporous structure as the activation time increased. The electrochemical performance analysis also found that the specific capacity was increased from 79.0 F/g to 99.5 F/g at 0.1 A/g as activation time increased. In particular, the ion-diffusion resistance was decreased due to the micro-mesoporous structure of the BAC. Therefore, the results of this study demonstrate that the BAC has immense potential for application in high-power-density EDLC electrode materials.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

KOH를 이용한 국내 무연탄의 활성탄소 제조 : 회분제거 및 제거 회분의 고부가가치 소재화

김석휘[1,*,#], 이상은[1], 박정은[1], 김은주[1], 이혜민[2], 백승한[3]

Production of activated carbon from korean anthracite: ash removal and its control into zeolite

S. Kim[1,*,#], S. E. Lee[1], I. E. Park[1], E. J. Kim[1], H. M. Lee[2], S. H. Baek[3]

고등기술연구원 바이오자원순환센터[1], 한국탄소산업진흥원[2], 한국광해광업공단[3]

Key Words : Activated carbon, Anthracite, Ash, Zeolite

무연탄(Anthracite)은 휘발분 함량이 적고 탄소함량이 높아 탄소소재의 전구체로 그 활용가치가 매우 높다. 특히, 국내 활성탄소 수요량을 고려하며 국내에서 활용되는 못하는 무연탄의 대량소비가 가능하다. 하지만, 지층의 광화작용(mineralization)으로 무연탄은 치밀한 조직과 함께 회분함량이 높은 것이 특징이다. 탄소체와 달리 회분은 활성화반응에 참여하지 않을 뿐만 아니라, 탄소체 표면의 기공형성을 저해하는 원인물질이기도 하다. 이러한 측면에서 본 연구는 물리적 활성화와 화학적 활성화법을 통해 무연탄의 활성탄소 제조특성을 확인하였다. 뿐만 아니라, KOH 활성화과정에서 다량의 폐수가 발생되는 바, 본 연구에서는 이들 세척수 내 용출된 유용자원(Si, Al)의 고부가가치 소재로서 제올라이트 합성 가능성도 함께 관찰하였다. 이를 위해 회수된 세척수를 대상으로 수열합성(at 100℃, 130℃, 150℃, 190℃ for 12 hr)하였다. 그 결과, 세척액 내 Si/Al molar ratio에 따라 합성된 용액에서는 다양한 종류의 zeolite (ZSM-12, Zeolite-F, Zeolite-N)가 확인되었다. Si/Al molar ratio=1.0의 조건에서 일부 Zeolite-F와 함께 ZSM-12가 합성되었다. 또한, Si/Al molar ratio가 낮았던 시료(0.05~0.5)에서는 알루미늄 상대비에 따라 두드러진 차이를 보이는데, 낮은 알루미나 함량은 ZSM-12의 합성을 유도하는 것으로 보인다. 반면, 상대적으로 낮은 Si/Al raito 조건에서는 Zeolite—F로의 합성이 유도되었고 높은 수열합성 온도 조건에서는 이들 제올라이트의 합성이 잘 유도되었다. 이러한 결과는 회분함량이 높은 전구체의 소재화 방향성을 보여줌과 동시에 공정부산물의 재자원화를 통해 제조경제성 향상 가능성을 제시하여 준다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 '전략핵심소재화사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20013038)

발표자*, 교신저자#(shkim5526@iae.re.kr)

폐자원 순환을 통한 활성탄소 원료 국산화 기술

강석창*,#, 임지선

Technology for localizing raw materials for activated carbon through recycling of waste resources

S. C. Kang*,#, J. S. Im

한국화학연구원 화학공정연구본부

Key Words : Activated carbon, Petroleum based pitch, Plastic wastes, Cement kiln dust

국내 활성탄소 산업 구조는 유통/서비스 및 최종제품의 적용에 극적으로 치우쳐 있으며, 원재료 및 활성탄소 제조 전체 산업규모의 10% 미만으로 극단적인 해외 의존도를 보이고 있다. 최근 중국의 환경정책 변화에 따라 중국내 활성탄 소비가 급증함에 따라 석탄계 활성탄소의 국내 수입이 제한되어 원료 수급 문제가 국가적 비상사태로 대두되었다. 이를 해결하기 위하여, 조달청과 수자원공사는 활성탄소를 긴급수급조절물자로 지정하고 50일 분을 비축하기로 협의하였으나, 원료 국산화를 통한 근본적인 수급 해결 방안이 필요하다.

피치는 잔사유 및 콜타로부터 합성되는 열가소성의 고분자로 높은 탄소 원소비, 낮은 불순물 함량 및 국내에서의 원료 수급 용이성으로 인하여 프리미엄 탄소소재 원료물질의 국산화를 위한 대체재로서 각광받고 있으나, 제조 공정상의 경제성 확보가 어려워 활성탄소 원료로서의 활용에는 어려움이 있다.

본 연구는, 석유계 피치 기반 활성탄소의 경제성 확보를 위하여, 산업 폐자원(플라스틱, 폐산, 시멘트킬른더스트)을 피치의 합성 및 활성화 공정에 적용하고 제조된 활성탄소의 특성에 대하여 고찰하였다. 피치의 합성 및 불융화 공정에서 PET의 첨가는 피치 분자의 산소가교 촉진을 유도하여 연화을 증가시켰으며, 질산처리를 통한 피치의 불융화는 foaming에 의한 steam 확산도 증가를 유도하여 활성탄소 수율을 향상시켰다. 또한, 시멘트킬른더스트를 활용한 피치의 화학적 활성화를 통하여 KOH 활성화제 대체 가능성을 확인할 수 있었다. 석유계 피치 및 산업 폐기물을 활용한 원료 국산화 기술은 자원순환을 통한 지속가능 발전 및 활성탄소 해외 의존 탈피 효과를 가져올 것이라 기대한다.

발표자*, 교신저자#(sckang@krict.re.kr)

레이저 위상배열 초음파를 이용한 STS 304 비파괴검사 기술 개발

강토*,#, 한순우

Development of laser induced phased array (LIPA) technique for inspection of STS304

T. Kang*,#, S. W. Han

한국원자력연구원

Key Words : Laser Induced Phased Array(LIPA), Full-Matrix Capture(FMC), Total Focusing Method(TFM), Directivity of ultrasonic waves

Laser ultrasound is widely used in Lamb waves and Rayleigh waves due to its high S/N ratio compare to bulk waves. There is few studies of laser generated bulk wave due to its low S/N ratio. However, laser induced phased array has recently developed using total focusing method (TFM) which breaks through the low S/N ratio with full matrix capture data. Even though full matrix capture is available, S/N ratio can be different according to the position of generator and detector due to directivity of ultrasonic waves generated by a finite size source. So, suitable inspection strategy is required to inspect defects using laser induced phased array. In this study, forward model is developed to predict the sensitivity image of laser induced phased array. Side drilled holes are simulated in the STS304, sensitivity images of TFM is calculated, and performace of image with various algorithms evaluated. Finally defects of baffle former bolts of samples are inspected by proposed system.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (No. RS-2022-00144411).

발표자*, 교신저자#(tkang@kaeri.re.kr)

3D 프린팅 기술 및 탄화 공정을 이용한 전기화학식 수소 압축기의 가스 확산 층 설계 및 제작

이성민[1,*], Muzahir Ali[2], 김주완[2], 김석민[1,2,#]

Design and fabrication of gas diffusion layer for electrochemical hydrogen compressor using 3D printing technology and carbonization process

S. M. Lee[1,*], M. Ali[2], J. W. Kim[2], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 기계공학과[1], 중앙대학교 컴퓨터공학과[2]

Key Words : Electrochemical hydrogen compressor (EHC), Gas diffusion layer (GDL)

에너지 자원 중 수소는 부피 단위 당 에너지 밀도가 낮은 단점이 있어 일반적으로 압축하여 사용되므로 수소의 에너지 효율을 고려할 때 얼마나 효율적으로 생산할 수 있는지 뿐만 아니라 얼마나 효율적으로 압축할 수 있는지가 함께 고려되는 것이 매우 타당하다. 기존에 주로 사용되는 기계식 압축기는 수소에 의해 부식이 발생하고 이로 인한 고장 및 압축단에서의 오염이 발생할 수 있다는 단점이 존재한다. 따라서 비기계식 압축기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 중 Proton Exchange Membrane (PEM)을 이용하는 Electrochemical Hydrogen Compressor (EHC)의 경우 무소음, 저 진동, 고효율 및 저 농도, 저압의 수소 혼합 가스에서 고압의 순수 수소 가스를 주입 가스의 개질 없이 압축하는 것이 가능한 장점을 지니고 있는 비기계식 압축 방법이다.

PEM을 사용하는 어플리케이션에서 흔히 사용되는 Gas Diffusion Layer (GDL)은 물질이동을 위한 층으로서 전도성을 지닌 다공성 물질을 이용하여 외부와 PEM 표면 사이에서 반응물 및 생성물, 잔여물 등의 이동이 용이하게 하기 위해 membrane에 추가하는 물질 교환층이다. GDL은 전기 전도성이 높아 ohmic loss를 최소화하고 물질 이동을 원활하게 하여 mass transport loss를 최소화하기 위한 소재가 사용되어야 하는데 금속 물질의 경우 수소 조건에서 부식되는 문제가 존재하여 현재 개발되어 사용되는 GDL의 경우 비금속 소재인 carbon paper등을 주로 사용한다. 그러나 carbon paper의 경우 무작위한 다공성 carbon이므로 고압에 노출되면 형상 변형에 의한 성능 저하 및 파괴가 발생할 수 있다는 구조적인 한계가 존재하는 단점이 있다.

본 연구에서는 Digital Light Projector (DLP) 방식의 3D 프린터를 이용하여 1 layer에는 pitch 700 μm, line 300 μm 정육면체 구조가 존재하고 layer 당 line의 크기가 50 μm씩 줄어들어 최종 pitch 700 μm, line 100 μm인 5번째 layer까지 설계된 5 x 5 cm, 5 layer array 마이크로 단위의 출력물을 제작하였으며 이를 furnace를 이용하여 진공 환경에서 최고온도 1000도까지 도달하는 5일 탄화 공정을 통해 3D printed carbon GDL을 제작하였다. 제작된 3D printed carbon GDL은 1 layer에서 pitch 350 μm, line 80 μm, 5 layer에서 pitch 350 μm, line 30 μm로 약 50% 등방성 수축되었다.

EHC 모듈을 이용하여 양극에는 상용 carbon paper GDL을 배치하고 음극에는 동일한 상용 carbon paper GDL과 제작된 3D printed carbon GDL을 배치하여 그 성능을 비교한 결과 유사한 전류 밀도를 보이는 것을 확인하였다. 3D 프린터를 이용하여 제작된 carbon GDL의 경우 그 구조를 비교적 쉽고 다양하게 디자인할 수 있는 장점이 존재하며 해석 및 실제 테스트를 통한 디자인 최적화를 통해 고강도의 carbon GDL 제작을 진행하고 수소 압축 성능 평가를 진행하여 고성능 carbon GDL의 설계 및 제작을 목표로 한다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1I1A1A01071884, No. 2021R1A2C2004458)

발표자*, 교신저자#(smkim@cau.ac.kr)

이산화탄소 전환 단일벽 탄소나노튜브 제조

오은채*, 장재원, 김정필#

Carbon dioxide fixation into single-walled carbon nanotubes

E. C. Oh*, J. W. Jang, J. P. Kim#

한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹

Key Words : Carbon dioxide utilization, Single-walled carbon nanotubes, Tandem thermocatalytic process

The chemical conversion of carbon dioxide (CO_2), a major greenhouse gas, into useful materials has garnered increasing attention as a strategy for reducing CO_2 emissions into the atmosphere The "tandem" process using two reactors has been recently reported to offer excellent advantages in high-quality and high-yield production of CO_2 derived products. In this study, carbon nanotubes (CNTs) were synthesized by the two-stage thermochemical reactions, which involves the process of converting CO_2 to CH_4 (P1) on Ni/SiO_2 at 300 °C and the subsequent synthesis of CNTs from the CH_4 (P2) on Fe-Mo/MgO at 900 °C. For estimating the effects of Mo amounts in P2 catalyst on the structures of CNTs, five types of catalysts with the various ratios of Fe to Mo (Fe:Mo = 1:0, 1:0.01, 1:0.05, 1:0.1, and 1:0.5) were utilized. The single-walled CNTs and double-walled CNTs (DWCNTs) were synthesized on all types of catalysts, but the amounts of DWCNTs were increased with increasing Mo amounts. Moreover, as the content of Mo increased, the yield of CNTs increased.

발표자*, 교신저자#(jpkim@kitech.re.kr)

자율 안전관리 활동에 따른 안전분위기 변화 분석 – 석유화학공장의 사례

김성우[1,*], 백종배[2,#]

Analysis of safety climate changes following autonomous safety management activities - A case study of a petrochemical plant

S. W. Kim[1,*], J. B. Baek[2,#]

한국교통대학교 안전공학과 석사과정[1], 한국교통대학교 안전공학과 교수[2]

Key Words : Autonomous safety management, Safety culture, Safety climate

2022년 정부에서 발표한 중대재해 감축 로드맵에 따르면, 우리나라의 '21년 사고사망만인율은 0.43‰로 OECD 주요 국가 대비 매우 저조한 수준으로 확인되었다. 2022년 1월부터 중대재해 처벌 등에 관한 법률이 시행됨에도 불구하고, 50인·억 이상 사업장에서의 중대재해는 오히려 증가 추세를 보이고 있는 상황이다.

정부에서는 이에 대한 개선 대책으로 '위험성평가 중심의 「자기규율 예방체계」 확립'이라는 전략을 수립하였으며, 많은 사업장에서도 '자율 안전관리 체계 구축'이라는 목표를 세우고 경영진은 의사결정에 있어 안전을 최우선으로 하고, 현장에서는 작업자 스스로 안전행동을 실시하여 사고를 예방할 수 있도록 하기 위해 노력하고 있다. 그러나 대다수의 사업장에서는 실시하는 안전관리 활동이 효과가 없음에도 그것을 위해 많은 시간과 비용을 소모하고 있으며, 정말 효과가 높고 실시해야 하는 활동이 배제되는 경우도 있는 상황이다. 따라서 효과적인 안전관리 활동이 무엇인지 알아내기 위하여 지속적인 연구가 필요하나, 건설업을 제외한 타 업종에서는 부족한 상황이다. 특히, 석유화학공장의 경우 장치산업의 특성에 따라 사고가 발생할 경우 화재, 폭발, 누출과 같은 화학사고로 이어질 가능성이 높으므로 이를 위한 연구가 필요하다.

이 연구를 통해 석유화학공장에서 이행하고 있는 자율 안전관리 활동을 안전분위기 변화를 통해 효과성을 확인하고, 이를 바탕으로 석유화학공장에서 자율 안전관리 체계를 효과적으로 구축할 수 있는 활동이 무엇인지 제시하여 화학사고를 예방하는데 기여하고자 한다.

후기 이 연구는 2024 환경부 주관 화학물질특성화대학원의 지원을 받아 수행하였음.

발표자*, 교신저자#(jbbaek@ut.ac.kr)

비정형 수소저장장치의 화염안전을 위한 열형 화염인식센서 개발

정우석[1,2,*], 신태성[1], 안준걸[1], 양현익[3], 이재철[1,#]

Development of a thermal type-fire detection sensor for fire safety of atypical hydrogen storage device

W. S. Jeong[1,2,*], T. S. Shin[1], J. G. Ahn[1], H. I. Yang[3], J. C. Lee[1,#]

한국생산기술연구원 섬유솔루션부문[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Fire safety system, Fire detection sensor, Atypical hydrogen storage device, Thermal pressure relief device(TPRD)

수소연료 차량에 적용되는 수소저장장치가 차량 화재에 노출되면 수소저장용기 내부 압력이 올라가며 용기 파열 및 폭발 가능성이 있다. 기존에는 이를 방지하기 위하여 열에 녹는 퓨즈를 이용하여 유로 개방을 통해 용기 압력을 감압 시키는 TPRD(Thermal Pressure Relief Device, 온도 감응형 안전장치)를 수소저장용기의 밸브에 연결하여 화염 안전성을 확보하였다. 현재 개발이 진행되고 있는 비정형 수소저장장치는 기존 수소저장용기보다 직경이 작은 용기 여러 개를 연결한 형태로, 전기차의 배터리팩 공간을 공용으로 사용할 수 있어 공간 용이성과 경제성을 확보할 수 있다. 그러나 수소저장장치의 면적이 넓어지면서 TPRD로는 비정형 수소저장장치의 모든 영역의 화재 안전성을 확보할 수 없기 때문에 별도의 전용 센서가 필요하다. 본 연구에서는 비정형 수소저장장치에 적용하기 위한 열형 화염인식센서를 고안하였다. 열형 화염인식센서는 TPRD와 동일한 작동 조건을 가져야 하고, 차량에 탑재되는 환경하에 내구성을 만족해야 하며, 센서로 인해 차량을 방전시키는 문제가 없도록 대기전력을 사용하지 않아야 한다. 이와 같은 설계 조건들을 분석하여 저융점 금속을 열감응부로 사용하고, 작동 시 전기 회로를 연결하는 열형 화염인식센서를 고안하였다. 열형 화염인식센서의 작동 성능을 확인하기 위해서 설계한 열형 화염인식센서를 제작하여 가열 실험을 진행하였다. 가열 실험의 결과를 분석하고 유한요소해석을 통해서 작동 성능에 영향을 미치는 설계 변수들을 선정하였으며, 이 설계 변수들의 최적화를 통해 열형 화염인식센서의 성능을 최대화하였다. 개발된 열형 화염인식센서는 화염안전시스템을 구성하는 중요 센서로, 비정형 수소저장장치의 화염안전을 담당할 것으로 사료된다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음(No. 20011919)

발표자*, 교신저자#(jc2@kitech.re.kr)

비정형 수소저장용기의 수소 충전에 대한 열적 안전성 해석

신태성[1,*], 정우석[1,2], 안준걸[1], 양현익[3], 이재철[1,#]

Analysis of thermal safety for hydrogen refueling of atypical hydrogen storage tank

T. S. Shin[1,*], W. S. Jeong[1,2], J. G. Ahn[1], Y. I. Yang[3], J. C. Lee[1,#]

한국생산기술연구원 섬유솔루션부문[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Atypical hydrogen storage tank, Hydrogen refueling, Filling time, Temperature variation, CFD analysis

모빌리티 산업 분야에서 수소는 적합한 친환경 에너지로 주목받고 있다. 응용 분야 중 수소전기차는 수소와 산소 결합으로 전기를 자체 생산하므로 친환경 전기차로 인정받고 있다. 수소전기차의 수소저장용기는 기술적, 경제성 측면에서 수소 기체를 고압(35 또는 70MPa)으로 압축하여 저장하는 용기로 상용화하여 사용하고 있다. 상용화된 정형 수소저장용기는 세장비가 작은 원형 실린더 형상이며, 저장 용기마다 하나의 밸브로 구성되어 있다. 그러나 주행거리 확대를 위해서 정형 수소저장용기의 용량 확대 또는 용기 설치 수량이 증가하게 되면, 저장 공간 활용성 감소와 제작비용 증가로 경제성이 감소하게 된다. 이를 개선하기 위해서, 다수의 용기와 하나의 밸브로 이루어진 새로운 형태의 비정형 수소저장용기가 개발 중이다. 그러나 수소 충전 과정에서 발생하는 수소의 급속 압축 및 운동에너지의 전환으로 인해 수소저장용기 내부의 온도는 급격히 상승하는 문제가 있다. 이에 비정형 수소저장용기의 수소 충전에 대한 열적 안전성 연구가 필요하다.

본 연구에서는 CFD 해석을 이용하여 비정형 수소저장용기가 수소 충전될 때 수소저장용기 내부의 온도 변화를 해석하였다. 해석 결과를 통해서 기존 비정형 수소저장용기가 수소 충전될 때 열적 안전성에 문제가 있음을 확인하였고, 기존 비정형 수소저장용기의 열적 안전성을 개선하기 위한 새로운 비정형 수소저장용기를 고안하였다. 이 연구 결과는 추후 개발될 비정형 수소저장용기의 열적 안전성 연구에 기여할 것으로 사료된다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 : 20011919).

발표자*, 교신저자#(jc2@kitech.re.kr)

용접 층간 온도를 고려한 열탄소성 해석에 따른 용접 변형량 예측

한영환 [1,*], 양현익 [2,#]

Prediction of welding deformation according to thermo-elastoplastic analysis considering the welding inter-pass temperature

Y. H. Han[1,*], H. I. Yang[2,#]

한양대학교 기계설계공학과 [1], 한양대학교 기계공학과 [2]

Key Words : Thermal deformation, Finite element method, SDB, Thermo-elastoplastic analysis, Multi-pass welding, Butt welding

용접은 금속 재료를 접합시키는 방법으로 오랫동안 사용되어 왔으나, 높은 열과 빠른 냉각 과정을 동반하기에 용접 모재가 변형하는 것을 예측하는 것은 각종 산업에서 상당히 중요한 문제로 여겨졌다. 특히 선박과 같은 대형 구조물은 소규모 선박 블록을 용접으로 조립해서 생산하기 때문에 용접 변형을 예측하지 않으면 조립과정에서 심각한 오차가 발생하게 된다. 따라서 이러한 용접 변형을 예측하기 위해 다양한 수치해석 방법이 연구되어 왔다. 대표적인 용접 변형 해석 방법으로는 용접 대상물을 하나의 shell 요소로 설계하여 변형을 예측하는 간이해석법과, 용접에 사용되는 열원과 용접 대상물을 모델링하여 열 전도해석과 열 변형해석을 동시에 진행하는 열탄소성 해석법이 있다. 그러나 이 두가지 방법 모두 용접 비드(bead)가 용접 후 상온까지 완벽하게 식는다는 가정을 사용하기 때문에 용접 변형량을 예측하는데 오차가 발생한다. 또한 선행 연구를 통해 확인한 결과, 간이해석법은 용접 비드(bead)를 다층으로 구성할 경우 다층 용접 중 누적되는 온도 이력을 확인할 수 없다는 단점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 열탄소성 해석법에 용접 비드(bead) 층간 온도를 고려하여 다층 용접의 변형량을 예측하였고, 용접 중 누적되는 온도 이력을 확인할 수 있었다. 또한 실제 용접 시편의 변형량과 비교하였을 때도 용접 변형 오차가 상당히 많이 감소되는 것을 확인하여, 제안된 방법이 용접 변형을 예측하는 데 큰 기여를 할 수 있다고 판단하였다.

발표자*, 교신저자#(skynet@hanyang.ac.kr)

STEM을 이용한 정량적 및 정성적 분석을 통한 LNG pump tower의 용접 변형 감소 방안 도출

노홍준*, 박상철#

Qualitative and quantitative analysis to reduce welding deformation of LNG pump tower using STEM

H. J. Noh*, S. C. Park#

HD한국조선해양

Key Words : Welding deformation, Simplified thermal-elastic method, Pump tower

용접 변형은 크게 면내 및 면외 변형으로 구분될 수 있으며, 일반적으로 면내 변형은 마진을 통해 제어하며, 면외 변형은 용접 순서 또는 변형 방지 지그 등을 통해 제어한다. 용접 순서 그리고 변형 방지 지그를 통한 용접 변형 제어 방안들은 용접부 구속도를 제어하는 방안으로 일반적으로 구속도는 용접 변형과 반비례 관계를 갖는다.

구속도에 따른 LNG pump tower의 용접 변형을 정량적 및 정성적으로 분석하기 위해 Simplified Thermal-Elastic Method(STEM)를 적용한 유한요소 해석을 수행하였다. 용접에 의한 수축 및 굽힘 하중은 STEM 방법으로 계산된 등가 온도 하중을 적용하였다. 먼저 LNG pump tower 제작 과정에서 하부 지지 위치에 따른 구속도 차이가 변형에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 다음으로 용접 순서에 따른 구속도 차이가 변형에 미치는 영향을 정성적으로 분석하였다. 용접이 진행됨에 따라 구조물의 강성이 증가하고 이에 따라 구속도가 증가한다. 구속도는 용접 변형과 반비례 관계를 갖기 때문에 용접에 따른 변형이 크게 발생하는 용접부를 후 순서로 배치하는 방법이다. 이를 위해 각 용접부의 수축 및 굽힘 하중이 LNG pump tower 변형에 미치는 정도 차이를 분석하였다. 최종적으로 구속도에 따른 정량적 및 정성적 분석을 토대로 LNG pump tower의 지지 위치 및 용접 순서를 결정하여 변형을 감소시켰다.

발표자*, 교신저자#(sangcheol.park@hd.com)

LIC 기술 기반의 Cyclic NN 을 활용한 CFRP 이중 롤러의 적층 순서 최적화 전략

양승지 [1,*], 안준걸 [2,#], 양현익 [3,#]

An optimization method of the stacking sequence of the CFRP double roller using a LIC technique based cyclic NN

S. J. Yang[1,*], J. G. Ahn[2,#], H. I. Yang[3,#]

한양대학교 기계설계공학과 [1], 한국생산기술연구원 섬유솔루션부문 [2], 한양대학교 기계공학과 [3]

Key Words : CFRP double roller, Neural Network, Stacking sequence, Layer information compressing technique, Genetic algorithm

Carbon fiber reinforced plastic (CFRP) 이중 롤러의 적층 순서를 최적화하는 것은 neural network (NN)를 사용하더라도 적층 순서 내 모든 층들을 고려해야 하기 때문에 적은 계산 비용으로 수행하기 쉽지 않다. 따라서, 본 연구에서는 CFRP 이중 롤러의 적층 순서를 효율적으로 최적화하기 위한 layer information compressing (LIC) 기술 기반의 cyclic NN 전략을 제안한다. 가장 먼저, NN 이 입력 데이터인 적층 순서를 보다 더 효과적으로 다룰 수 있도록 LIC 기술을 활용하여 적층 순서가 갖는 각도 및 위치 정보를 출력 데이터에 대해 독립적으로 압축한다. 다음으로, LIC 기술을 통해 압축된 입력 데이터를 바탕으로 제안된 cyclic NN 방법을 통해 출력 데이터의 양을 최소화할 수 있도록 순차적으로 CFRP 이중 롤러의 적층 순서 최적화를 진행한다. 여기서, cyclic NN 기반 최적화 전략의 신뢰성 높은 구축을 위하여 cyclic NN 에 사용되는 입력 데이터에 대한 구성 기준들을 추가적으로 제시한다. 결과적으로, CFRP 이중 롤러의 적층 순서에 대한 많은 정보를 막대한 계산 비용 없이 효과적으로 압축하여 cyclic NN 에 공급하였을 뿐만 아니라 각 cycle 마다 요구되는 데이터의 양을 합리적으로 제어함으로써 신뢰성 높은 cyclic NN 을 바탕으로 CFRP 이중 롤러의 적층 순서를 효율적으로 최적화할 수 있었다. 제안된 방법은 CFRP 이중 롤러의 적층 순서를 다양한 공학적 목적에 맞는 효율적인 방안으로 최적화하는 데 기여할 수 있다고 판단된다. 수치적 방법을 통해 본 전략의 효율성을 검증하였다.

발표자*, 교신저자#(안준걸 : jgahn@kitech.re.kr, 양현익 : skynet@hanyang.ac.kr)

# : These authors are corresponding authors who contributed equally to this work

레이저 Scanning speed에 따른 알루미늄 계열 피착제의 젖음성 개선 연구

안준걸[*,#]

Improving wettability of aluminum-based adhesive according to laser scanning speed

J. G. Ahn[*,#]

한국생산기술연구원 섬유솔루션 부문

Key Words : Wettability, Aluminum, Surface energy, Laser process

접촉각 등을 통해 측정할 수 있는 알루미늄 계열 피착제의 젖음성은 접착성능에 직접적인 영향을 준다. 레이저 표면처리를 통해 알루미늄 계열 피착제의 젖음성을 향상시킬 수 있지만, 실제 제품에 레이저 가공을 활용하기 위해서는 공정속도를 향상시킬수 있는 연구가 필수적이다. 이러한 동기를 바탕으로, 본 연구에서는, 레이저 scanning speed에 따른 알루미늄 계열 피착제의 젖음성 개선 정도를 분석한다. 레이저 장비로는 Pulsed 작동방식의 UV 레이저를 활용하였으며, 알루미늄 계열 피착제로는 일반적으로 전기자동차 냉각블록 Assembly 등에서 주로 활용되는 AL6061-T6, AL3003-H14, AL1050-H14를 활용하였다. 그 결과로, 젖음성 개선을 기반으로 활용 소재의 임계 레이저 Scanning speed를 파악하였으며, 이를 통해 접착 성능의 감소는 최소화하고 공정속도는 최대화할 수 있는 레이저 표면처리 공정 최적화에 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

후기 이 논문은 산업통산자원부 산하 한국산업기술평가관리원 지원을 받아 수행된 연구임. (20026498, 2023년 소재부품기술개발사업)

발표자*, 교신저자#

Out-of-Autoclave 항공기용 프리프레그의 유체-구조 연성해석을 통한 기계적 물성평가

김문성[1,2,*], 김성은[1,2], 안준걸[2], 김기영[2], 양현익[3,#]

Mechanical property evaluation of aircraft prepreg using fluid-structure interaction analysis in out-of-autoclave process

Moon-Sung Kim[1,2,*], Sung-Eun Kim[1,2], Jun-Geol Ahn[2], Ki-Young Kim[2], Hyun-Ik Yang[3,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한국생산기술연구원 섬유솔루션부문[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Aircraft wing skin, Carbon fiber composite, Operating speed, Orientation angle, Structural analysis

항공기 날개 외피는 비행 중 안정성과 구조적 강도를 제공하는 중요한 부품이다. 기존의 알루미늄은 높은 비강도와 경량성으로 널리 사용되었으나, 부식과 피로 균열 문제가 있다. 이에 따라 내부식성이 우수한 탄소복합재료가 알루미늄을 대체하고 있다. 본 연구에서는 두 종류의 Out-of-Autoclave 항공기용 프리프레그 탄소복합재료를 사용한 4종의 날개 외피 모델을 300-800[km/h] 속도와 1024가지 적층 각도에서 수치해석을 통해 구조 안정성을 확인했다. 기계적 물성은 시험을 통해 측정되었으며, 프리프레그 적용 시 알루미늄 대비 최대 74% 경량화와 28% 적은 변형량을 보였다. 모든 모델과 속도에서 프리프레그 적용 모델의 안전계수가 더 높게 나타났다. 이를 통해 Out-of-Autoclave 항공기용 프리프레그 적용 날개 외피의 구조 안정성을 확인하고 다양한 형상에서도 동일한 방법을 적용할 수 있음을 제안했다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 20021950).

발표자*, 교신저자#(skynet@hanyang.ac.kr)

연료전지 스택 인클로저의 복합소재 재료 구성에 따른 변형량 비교해석

김성은[1,2,*], 안준걸[2], 김문성[1,2], 김기영[2,#], 양현익[3,#]

Comparisons of deformations as a function of composite material composition for fuel cell stack enclosure

Sung-Eun Kim[1,2,*], Jun-Geol Ahn[2], Moon-Sung Kim[1,2], Ki-Young Kim[2,#], Hyun-Ik Yang[3,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한국생산기술연구원 섬유솔루션부문[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Glass fiber composite, Fuel stack enclosure, Unidirectional composite, Woven composite, Short fiber composite

연료전지 스택 인클로저는 수소전기 자동차의 수소탱크를 감싸며 외부 충격으로부터 보호하는 역할을 한다. 최근 경량화 및 비강성의 중요도가 증가하여 연료전지 스택 인클로저의 구성 재료를 복합소재로 적용하는 연구가 진행되고 있다. 그러나, 복합소재는 Unidirectional (UD), Woven 그리고 Short fiber 복합소재와 같이 다양한 구성으로 적용할 수 있어, 이에 따른 각 구성에 대한 연료전지 스택 인클로저의 외부 하중에 대한 변형량 비교해석 연구는 부족한 실정이다.

이와 같은 동기로, 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 탄소복합소재 적용 시, 연료전지 외부 하중에 대한 연료전지 스택 인클로저 모델을 해석하여 재료 구성에 따른 성능을 비교하고자 한다. 탄소복합소재의 구성은 Long fiber의 UD와 Woven 그리고 Short fiber 구성의 3가지로 분류하였으며, 각 구성에서 Fiber의 물성은 Glass fiber로 지름 19 μm, 탄성 73 GPa, Resin은 PA-PPO를 적용하였다. 각 구성 별 복합재료의 물성값은 Fiber의 Resin의 Data sheet 물성을 기반으로 컴퓨터를 통해 각 구성 별 복합재료의 물성값을 계산하였다. 연료전지 스택 인클로저 해석 모델은 상용차의 레퍼런스 모델을 참고하여 단순화시킨 모델을 적용하였다. 해석 모델에 대한 평가방법은 외부 하중에 대한 최대 변형량과 최대 응력을 비교하여 진행하였다. 해석 결과, 외부 하중에 대해 Woven, Short fiber, UD 순서로 낮은 최대 변형량 및 응력을 보이는 것으로 나타났다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 20011408).

발표자*, 교신저자#(김기영 : kkim@kitech.re.kr, 양현익 : skynet@hanyang.ac.kr)

7월 19일 [금]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

사출금형 급속 냉각 시스템의 센서 기반 제어 방법 연구

김미진*, 최재혁#

A study on sensor-based control methods for rapid cooling systems in injection molds

M. Kim*, J. H. Choi#

광주대학교 미래융합기술공학과

Key Words : Rapid mold cooling, Joule-Thomson effect, Liquified gas, Sensor-based control

1. 서 론

사출성형 공정은 고온의 수지를 금형 내에 주입 후 냉각시켜 취출하는 공정으로, 저렴한 비용으로 대량 생산이 가능해 높은 생산성에 강점이 있다. 생산성 확보를 위해, 공정 시간 중 절반 이상을 차지하는 냉각 시간을 단축시키고자 하는 연구가 활발히 수행되었다. 금형 냉각을 위해 일반적으로 직선형 냉각관이 사용되나, 제품의 굴곡진 영역의 냉각이 어렵다는 한계가 있었다. 이를 보완하고자 형상적응형 냉각관(Conformal cooling channel) 기술이 부상하였다. 형상적응형 냉각관은 3D 프린팅을 이용해 곡선형 냉각관을 구현하는 방법으로, 제품의 굴곡진 영역의 냉각에 효과적이다[1-3]. 그러나 여전히 냉매로 물을 사용하기에 냉매의 온도 하한, 부식 및 스케일 생성으로 인한 냉각 효율 저하라는 한계가 있었다. 또한 직선형 냉각관과 동일하게 리브, 보스 등의 국부적인 영역에는 적용이 어렵다.

이에 본 연구에서는 액화기체를 활용한 급속 냉각 시스템을 개발하고, 빠르고 균일한 냉각을 위한 센서 기반 제어 방법론을 제안하였다.

2. 사출금형 급속 냉각 시스템

급속 냉각 시스템의 냉각 성능을 검증하기 위해 사출 실험을 수행하였다. 우선 액화기체 CO_2 탱크에 솔레노이드 밸브와 모세관을 연결하여 Fig. 1과 같이 사출 금형용 급속 냉각 시스템을 구성하였다. 고압 탱크 내부에서 액화 상태를 유지하는 CO_2가 Joule-Thomson 효과에 의해 극저온의 기체로 분사되도록 하였다. 냉각 효과 검증을 위해 분사되는 CO_2의 온도를 측정하였고 -60 ℃로 확인되었다.

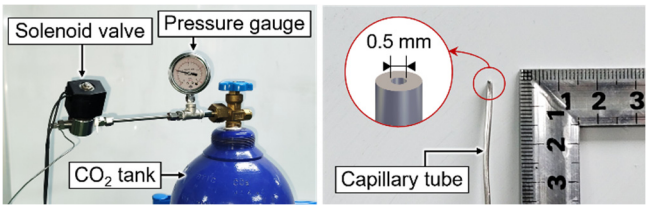


Fig. 1 Rapid Cooling System

국부적 영역의 냉각 효과 분석을 위해 두께 2 mm, 가로 세로 60*30 mm의 사각 시편에 외경 14 mm의 보스 형상을 적용하여 실험용 제품 및 금형을 모델링하였고 이를 Fig. 2에 나타내었다. 보스 부위의 금형엔 직경 4 mm의 구멍을 가공하여 CO_2 분사를 위한 모세관이 삽입되도록 하였다.

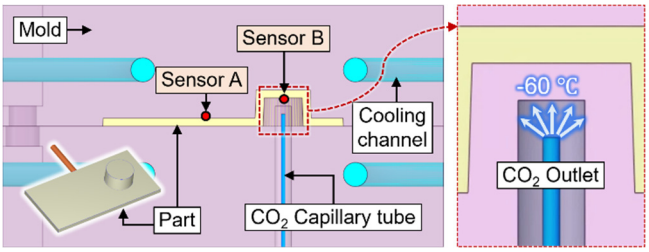


Fig. 2 Mold and Part Geometry (cross section view) for

Experiments

직선형 냉각관으로도 효과적으로 냉각이 이루어지는 부분과 열이 집중되는 부분의 차이를 관찰하고자 제품의 평평한 영역(A)과 오목한 영역(B)에서 온도를 측정하였다. 정확한 온도 측정을 위해 금형엔 k-type 열전대를 일체형으로 가공하여 센서와 금형 간의 접촉 저항을 최소화하도록 하였다.

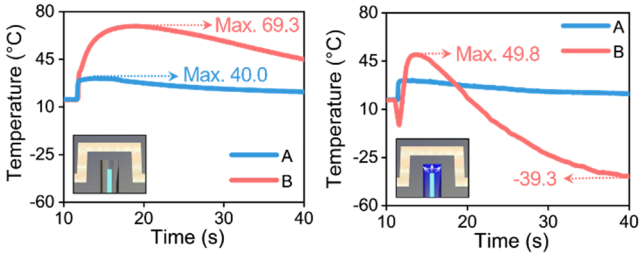


Fig. 3 Temperature Result without Rapid Cooling (left) and with Rapid Cooling (right)

A 영역과 B 영역에서의 온도 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3 (a)에 의하면 급속 냉각을 적용하지 않을 시 A 영역의 온도는 최대 40 ℃로 상승하는 반면 B 영역의 온도는 69.3 ℃까지 상승함을 확인하였다. 작은 제품 사이즈에도 불구하고, 일반 냉각수만을 사용할 시 두 영역의 최대 온도 편차가 29.3 ℃로 나타나 국부적인 열 집중이 발견되었다. Fig. 3 (b)에 의하면 급속 냉각을 적용할 시 이러한 B 영역의 최대 온도를 49.8 ℃로 약 20 ℃ 낮출 수 있었다. 급속 냉각 시스템을 통해 B 영역의 열 집중을 해소하였고 제품의 최대 온도의 편차를 완화시킬 수 있었다. 급속 냉각을 30초동안 분사했을 때 약 -39.3 ℃까지 온도가 하락함을 확인하였다.

3. 센서 기반 제어 방법론

실험을 통해 급속 냉각을 30초 분사하였을 때 온도가 -39.3 ℃까지 하락하며 효과적인 냉각 효과를 확인하였지만, B의 온도가 급격히 하강하며 오히려 온도 편차가 커지고 과냉각이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 문제점을 보완하고자 센서 기반 제어 방법론을 개발하였다.

A 영역과 B 영역 간의 온도 편차에 기반하여 CO_2의 분사를 On/Off 제어하도록 하였다. B 영역의 온도가 A 영역의 온도보다 5 ℃ 높을 경우 B 영역을 냉각시키기 위해 CO_2를 분사하였고, B 영역의 온도가 A 영역의 온도보다 5℃ 낮을 경우 과냉각을 방지하기 위해 CO_2 분사를 중지하였다. 제어 방법의 모식도를 Fig. 4에 나타내었다.

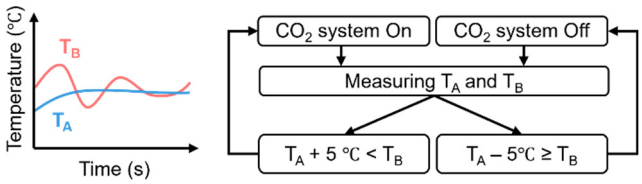


Fig. 4 Flow Chart of Sensor-Based Control Method

센서 기반 제어 방법론의 효과를 검증하기 위해 ANSYS Fluent를 이용해 해석적으로 방법론을 구현하였다. 해석을 통한 방법론 검증에 앞서 해석 데이터의 신뢰성 확보를 위해 해석 결과와 실험 결과를 비교하였다. CO2가 분사되는 B 영역에서의 온도를 비교하였으며 이를 Fig. 5에 나타내었다. 해석 결과에서 수지 주입으로 인한 금형 온도 상승, CO_2 분사로 인한 냉각 효과가 유사하게 나타났으며, 이에 해석 결과가 실험 결과에서의 냉각 효과 경향을 충분히 대변한다고 판단할 수 있었다.

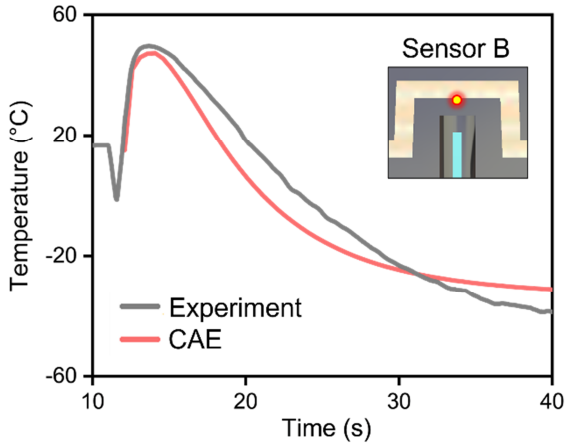


Fig. 5 Temperature Result of CAE and Expeirments

해석에서 센서 기반 제어 방법론을 구현하기 위해 냉각 공정의 시작과 동시에 CO_2를 분사하도록 하였고 A 영역과 B 영역의 온도 편차에 따라 CO_2 동작을 제어하였다. 총 30초 동안 냉각을 수행하였으며 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

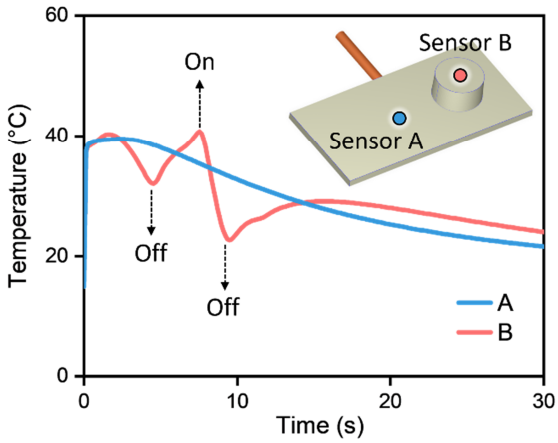


Fig. 6 Temperature Result of Sensor-Based control

센서 기반 제어 방법론을 통해 냉각 종료 시 A 영역과 B 영역의 온도가 유사하게 나타나는 것을 확인하였다. 30초 동안 A 영역과 B 영역의 온도 차이는 최대 7.2 ℃로, B 영역의 과열을 방지하면서 제품의 온도 균일도를 확보할 수 있었다. CO_2의 분사를 끄고 켜는 과정에서 CO_2의 소모량 절감 효과 또한 확인할 수 있었다. 센서 기반 제어 시 CO_2는 5.3초 동안 분사되었는데, 이는 CO_2의 분사 시간 및 소모량을 연속 분사 대비 82% 절감하는 효과를 나타낸다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 액화기체 CO_2를 사용한 급속 냉각 시스템을 사출금형의 냉각에 적용하였다. 반 냉각관으로는 냉각이 어려운 국부적인 영역의 급속 냉각 성능을 검증하고자 평판에 보스 형상을 임의로 추가하여 제품을 모델링하였고 실험용 금형을 제작하였다. 제작된 금형을 이용 사출성형 실험에 급속 냉각 시스템을 적용하여 그 효과를 확인하였고, 열이 집중되는 영역의 최대 온도를 약 -20 ℃ 감소시키면서 30초의 분사를 통해 분사 영역을 -39.3 ℃까지 냉각시킬 수 있었다.

실험을 통해 분사 영역에 과냉각이 발생함을 확인하였고, 이를 보완하기 위해 센서 기반 제어 방법론을 해석적으로 구현하여 검증하였다. 결과적으로 과냉각을 방지하고 제품의 온도 편차를 감소시키면서 CO_2의 분사량 또한 효과적으로 절감할 수 있었다.

추후 연구를 통해 센서 기반 제어 방법론을 실험적으로 검증하고, On/Off 제어 뿐 아니라 분사 압력을 다변화 시켜 냉각 효과를 제어하는 방법에 대해 분석할 예정이다.

참 고 문 헌

(1) Wang, M. L., Zheng, L. J., Kang, H. W., 2024, 3-Dimenional conformal cooling channel design: Origami-inspired topology optimization approach, Applied thermal engineering 242 122526.
(2) Park, Y. J., Kim, E. S., Lee, J. H., Choi, J. H., Yoon, P. H., Kang, H. J., Kim, D. H., Park, Y. H., Ko, J. W., 2021, Evaluation of Cooling Performance of an Additive Manufactured Gravity Die Casting Mold with Conformal Cooling Channel, Korean Journal of Metals and Materials, 59:9 652-663.
(3) Xu, X., Sachs, E., Allen, S., 2001, The design of conformal cooling channels in injection molding tooling, Polymer Engineering & Science, 41:7 1265-1279.

발표자*, 교신저자#

황화수소 가스 모니터링을 위한 하이브리드 타입의 센서 시스템 개발

하윤태[1,2,*], 이준엽[1], 권진범[1], 한욱수[1,2], 최수지[1,2], 정동건[1], 정대웅[1,#]

Development of hybrid sensor system for monitoring hydrogen sulfide gas

Yuntae Ha[1,2,*], Junyeop Lee[1], J. Kwon[1], U. Han[1,2], Suji Choe[1,2], Donggeon Jung[1], Daewoong Jung[1,#]

한국생산기술연구원 대경본부 모빌리티시스템그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : Hydrogen sulfide, Colorimetric, Resistive gas sensor, Hybrid system

1. 서 론

최근 산업의 발달에 따라 유해가스의 배출이 증가하며, 그와 관련된 사고 또한 증가하고 있다. 황화수소(H_2S)는 그 중 대표적인 유해가스로서, 저농도의 경우, 장시간 노출됨에 따라 결막염 및 각막 손상 등의 원인으로 취급된다. (1) 고농도의 경우에는 혼수 상태 및 심각한 경우 영구적인 뇌손상 및 사망에 이를 수 있다. (2) 따라서 황화수소의 누출을 사전에 감지하고 실시간으로 모니터링 할 수 있는 다양한 센서 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다.

황화수소와 감지물질의 화학반응 및 흡착에 의해 색이 변화되는 변색성(Colorimetric) 센서는 별도의 외부 전원이 필요하지 않으므로 방전이 되지 않고 별도의 유지보수 없이 사용 가능하다. (3) 또한 장기적으로 사용가능하며 가스 선택도가 높은 장점이 있으나 반응속도가 상대적으로 느리고 일부 변색성 센서의 경우 불가역적인 반응을 보이는 것이 단점으로 꼽힌다. 반도체식 가스센서는 금속산화물을 감지물질로 사용하며, 감지 가스와 금속산화물 간의 산화, 환원 반응에 의한 전기적 신호 변화에 따라 가스 종류 및 농도를 감지하며, 빠른 반응 시간과 높은 감도가 장점이지만 가스에 대한 선택성이 낮은 한계점이 존재한다. (4) 본 연구에서는 두 가지 유형의 가스센서의 한계점을 극복하기 위해 색변화와 전기적인 신호를 모두 감지할 수 있는 형태의 센서 플랫폼 개발에 대한 연구를 진행하였다.

2. 실 험

본 실험에서는 색변화 센서를 제작하기 위하여 Polyethylene oxide (PEO)와 Lead (II) Acetate를 혼합한 방사 원액을 전기 방사하여 색변화 섬유를 제작하였다. 방사조건은 Table 1에 나타내었다. 전기 방사로 제작된 섬유의 SEM 이미지를 통하여 미세 구조를 확인하고, Lead Acetate가 함유된 센서를 황화수소 가스와 반응시켜 색 변화를 확인하였다. 또한 전기적 신호를 확인하기 위하여 MEMS 공정을 통해 Silicon 기판 위에 100 um의 감지부 영역을 갖는 반도체식 가스센서를 제조하였다. 센서는 저전력의 고발열 히터를 위하여 XeF_2 release 공정을 통해 floating 구조를 구현하여 열고립이 원활히 일어날 수 있도록 설계되었다. 감지물질은 SnO_2 layer를 사용하여 H_2S에 대한 전기적 신호 변화를 측정하였다.

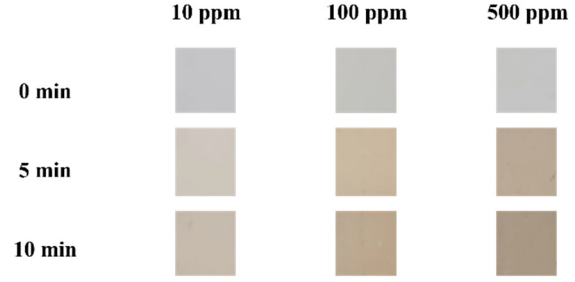


Fig. 1 Fiber color change before and after exposure to H_2S for each concentration level

3. 실험 결과 및 고찰

제작된 색변화 센서의 응답 특성을 확인하기 위해, 이를 10, 100, 500 ppm의 황화수소 가스에 각각 10분간 반응 시킨 후, 색 변화를 관찰하였다. Fig 1에서 보는 것과 같이 농도가 고농도로 올라갈수록 5분, 10분 후 각각 모두 색 변화가 육안으로 뚜렷이 확인할 수 있음을 알 수 있다. 또한 색 변화를 RGB 값으로 산출하여 값의 차이를 비교한 결과는 Fig 2에 나타내었다. 센서를 Red, Green, Blue 값 모두 220 에서 82, 84, 95 로 각각 감소함을 보였다. 그리고 제작된 반도체식 가스센서의 황화수소의 농도에 대한 반응도를 분석한 결과는 Fig 3에 나타내었다. 그래프에서 볼 수 있듯이, 농도가 감소함에 따라 응답도 또한 감소함을 확인할 수 있다. 이를 통해 정량적인 황화수소의 농도를 파악할 수 있다.

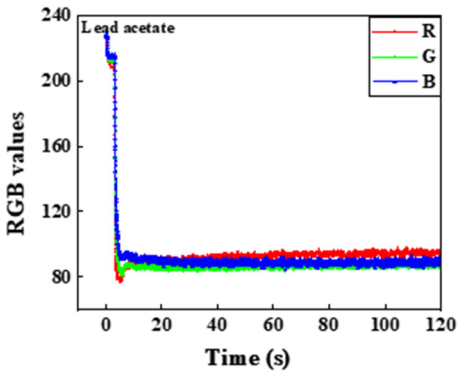


Fig. 2 Variation in RGB colorimetric response under exposure to 100 ppm H_2S gas conditions

Table 1 Electrospinning condition for nanofiber fabrication (㎛)

Solution in syringe	10 mL	TCD	15 cm
Voltage	12 kV	Temperature	25℃
Pump rate	0.5 mL/hr	Humidity	58 %

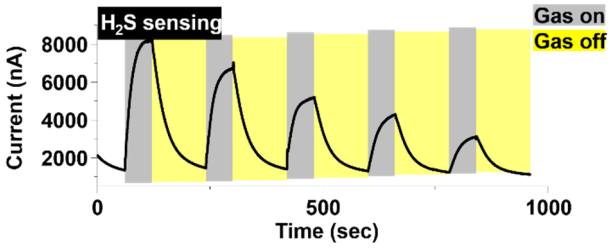


Fig. 3 Measured output currents of SnO_2-based sensor with microheaters according to H_2S concentration level (10 – 2 ppm)

본 연구에서는 색 변화와 전기적 신호를 모두 분석하기 위하여 금속산화물 기반의 황화수소 센서를 제작하고 전기적특성을 분석하였다. 그 후, Lead acetate를 이용하여 황화수소에 의한 색변화를 감지할 수 있는 기판을 제작하고 변색 특성 또한 분석하였다. 변색성 센서의 색 변화를 통하여 육안으로 직관적인 황화수소 누출을 감지할 수 있었고, 반도체식 가스 센서의 전기적 특성 차이를 통하여 황화수소의 정량적인 양을 감지할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 정량적 및 정성적 가스 검출을 성공적으로 수행하였다.

후 기

본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 “지역특화산업육성+(R&D, S3366415)”사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "실 주행 환경에서의 수소 자동차 안정성 확보를 위한 인공지능 기반의 고성능 수소센서 모듈 개발 (Kitech UR-24-0028)" 지원으로 수행한 연구입니다.

참 고 문 헌

(1) Van Tong, Pham, et al. "SO2 and H2S sensing properties of hydrothermally synthesized CuO nanoplates." Journal of Electronic Materials 47.12 (2018): 7170-7178.
(2) Carpenter, Thomas S., Samuel M. Rosolina, and Zi-Ling Xue. "Quantitative, colorimetric paper probe for hydrogen sulfide gas." Sensors and Actuators B: Chemical 253 (2017): 846-851.
(3) Cho, Sung Hwan, et al. "Colorimetric sensors for toxic and hazardous gas detection: A review." Electronic Materials Letters 17 (2021): 1-17.
(4) Ovsianytskyi, Oleksandr, et al. "Highly sensitive chemiresistive H2S gas sensor based on graphene decorated with Ag nanoparticles and charged impurities." Sensors and Actuators B: Chemical 257 (2018): 278-285.

발표자*, 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

Ti-6Al-4V 터닝 가공 시 스마트폰 센서 기반 불확실성을 고려한 공구 마모 모델 개발

양상민[1,*], 김경호[2], 임성훈[2,3,4], 박형욱[1,#]

Mobile sensor-based uncertainty-aware tool wear prediction in the turning process of Ti-6Al-4V

S. M. Yang[1,*], G. Kim[2], S. Lim[2,3,4], H. W. Park[1,#]

울산과학기술원 기계공학과[1], 울산과학기술원 산업공학과[2], 울산과학기술원 인공지능대학원[3], 울산과학기술원 산업지능화연구소[4]

Key Words : Machining, Tool wear, Smartphone, Uncertainty, Artificial intelligence

1. 서 론

Ti-6Al-4V 소재는 무게 대비 높은 경도, 부식 저항성, 높은 화학 반응성 등 우수한 기계적 물성으로 인하여 항공우주, 자동차, 바이오 산업에서 광범위하게 사용되고 있다. 하지만, 낮은 열 전도율 및 열 확산율로 인하여 기계 가공 중 발생하는 고온의 절삭 열은 급격한 공구 마모를 초래하고, 이는 품질과 직결적으로 연관된다. 이에 따라, 적절한 시기에 공구 교환을 통하여 일정 수준의 품질을 유지하고, 생산성 확보하는 것이 중요하다. 하지만, 소재 결정의 불균일성, 온도 및 습도에 따라 민감하게 변하는 공구 마모 결과로 인하여 기존 물리 모델을 통한 마모 예측 연구는 예측 성능에 있어 한계를 보이고 있다 [1]. 최근 연구에서는, 기계 가공 중 발생하는 데이터의 특성을 분석 및 활용하여 인공지능 모델을 통한 공구 마모 예측 연구가 활발하게 이루어지고 있지만 [2], 이 또한 정확도를 향상시키는 연구에만 초점을 두고 있어 가공 중 발생하는 불확실성에 대한 정보를 알수가 없다. 따라서, 본 연구에서는 인공지능 모델 기반 Ti-6Al-4V 소재 터닝 가공 시 불확실성 정보를 반영한 공구 마모 모델을 구축하였다. 또한, 데이터 수집의 경우 스마트폰 센서를 활용하였으며, 이는 향후 간단한 어플리케이션 설치만으로도 공구 마모를 예측할 수 있음을 나타낸다. 기존 High-precision sensor 대비 저렴한 비용으로 인하여 유지보수 비용 절감 등 생산성 향상에 큰 기여를 할 수 있을것으로 예상된다.

2. 불확실성 반영 인공지능 모델

일반적으로 스마트폰에 탑재된 센서의 경우 High-precision 센서와 비교하였을 때, 상대적으로 높은 Noise를 포함하고 있다. 또한, 밀링 공정과 달리 선삭 공정의 경우, 주파수 기반의 노이즈 필터를 사용하지 못하기 때문에 이를 고려하여 Kalman 필터를 사용하였으며, 그 수식은 아래에 나타난 바와 같다.

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k\hat{x}_{k-|k-1} + B_k u_k \quad (1)$$

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k \quad (2)$$

$$K_k = P_{k|k-1}H_k^T(H_k P_{k|k} H_k^T + R_k)^{-1} \quad (3)$$

$$\hat{x}_{k|k} - \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k - H_k\hat{x}_{k|k-1}) \quad (4)$$

$$P_{k|k} = (I - K_k H_k)P_{k|k-1} \quad (5)$$

위 수식에서 x는 각 시간의 추정 상태이고, P는 각 시간에서의 예측된 오차 공분산, z는 실제 측정값, F는 상태 전이 행렬, B는 제어 입력 행렬이며, u는 제어 입력 벡터이다. 또한, Q는 데이터 Noise 잡음의 공분산 행렬이며, K는 Kalman gain 값, H는 측정 행렬이며, 그리고 R은 측정 Noise의 공분산 행렬을 나타내고 있다.

특히, 본 연구에서는 인공지능을 활용하여 두가지의 불확실성을 반영하는 모델을 개발하였다. 불확실성 종류의 경우, 데이터 기반 불확실성인 Aleatoric uncertainty 고려를 위해 예측 모델의 상부 구조를 확률 밀도 함수 모사 형태인 density output 구조 형태로 구성하였다. 이를 통하여 데이터를 입력받은 모델은 상정된 확률 분포의 모수(Gaussian density : average and standard deviation)를 예측하며, 가능도를 기반으로 최적화가 수행됨에 따라, 자연스럽게 예측 모델은 데이터에 내재된 불확실성을 고려할 수 있으며, 아래의 수식 (6) 그리고 수식 (7)을 통하여 도출할 수 있다.

$$f_w(x) = [\hat{y}, \hat{\sigma}],\ where\ p(y|x) = N(\hat{y}, \hat{\sigma}^2) \quad (6)$$

$$\log\big(P(y|x,w)\big) = \log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\hat{\sigma}^2}} exp\left(-\frac{(y-\hat{y})^2}{2\hat{\sigma}^2}\right)\right) \quad (7)$$

두번째로, 모델 자체의 불확실성인 Epistemic uncertainty 고려를 위해 Bayesian neural network를 예측 모델로 활용함으로써, 예측 모델의 파라미터에 내제된 불확실성을 고려하였다. 특히, 변분 추론을 활용하여 예측 모델의 각 파라미터가 따르는 사후 확률 분포를 모사하는 변분 분포를 근사함으로써 학습을 진행하였다. 학습 진행은 아래 수식 (8)과 수식 (9)를 통하여 진행되었다.

$$q_\emptyset(\omega) = N(\mu, \rho^2),\ where\ \omega = \mu + \epsilon\rho \quad (8)$$

$$ELBO \approx \sum_{t=1}^{M}[\log p(D|\omega_{(m)}) + \log p(\omega_{(m)}) - \log q_\emptyset(\omega_{(m)})] \quad (9)$$

3. 선삭 공정 실험

선삭 공정 실험을 위하여 CNC Turning 장비 (S&T Corp.)를 이용하여 실험을 진행하였으며, 소재의 경우 Ti-6Al-4V 사용하였다. 절삭 공구는 Uncoated tungsten carbide (Kennametal Corp.) 공구를 사용하였으며, 센서 수집의 경우 스마트폰 (Apple Corp.)에 탑재 된 가속도 및 음향 신호를 수집하였다. 데이터는 100 Hz의 데이터를 수집하였으며, 수집된 데이터는 칼만 필터를 통하여 노이즈 처리를 거친 이후 공구 마모 예측 모델을 위한 데이터로 사용되었다. 가공 조건의 경우, 절삭 속도 100 m/min, 피드 0.15 mm/rev, 가공 깊이 1mm의 조건이며, 가공 길이 60 mm를 1Pass라 정의하며 모든 Pass에 대한 공구 마모를 측정하였다. 스핀들 속도는 주속 일정 제어를 통하여 소재 직경에 따른 RPM을 반영하여 실험을 진행하였다. 자세한 실험 셋업은 아래 Fig. 2에 나타나 있다.

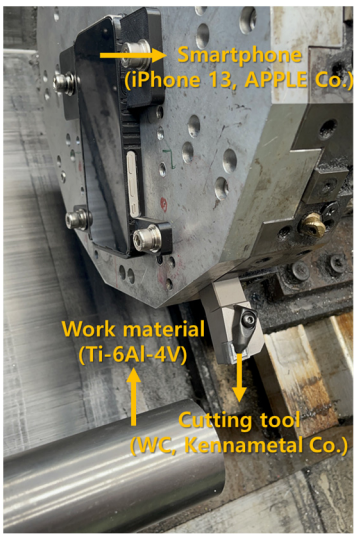


Fig. 2 Experimental setup for the turning process of Ti-6Al-4V

Table 1 Machining conditions for the turning process of Ti-6Al-4V

Lubricant	Cutting speed (m/min)	Feed (mm/rev)	Axial depth (mm)	Machining pass
Dry	100	0.15	1	1 to 7

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 베이지안 이론 (Bayesian theory)을 적용한 합성곱 신경망 (Convolutional Neural Network) 기반 불확실성을 고려한 공구 마모 모델을 개발하였으며, 실 가공 중 스마트폰 기반으로 수집된 센서 데이터를 활용하여 실시간 공구 마모를 예측하였다. 그 결과는 아래 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 아래 그래프에 나타난 실 공구 마모 그래프는 Levenverg-Marqudte 회귀식을 사용하여 나타내었으며, 신뢰 구간 95 %의 분포와 함께 예측된 공구 마모 결과를 보여주고 있다. 가공 초반의 경우, 공구와 소재가 충돌하면서 발생하는 데이터의 경우 연속적인 가공 데이터에 비해 높은 불확실성을 보이고 있으며, 이는 가공 초기의 공구 파손에 대한 고려가 필수적임을 보이고 있다. 선삭 실험 중 발생하는 공구 마모는 가공 길이가 길어질수록 점점 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 가공 길이 300 mm 이후에는 과도한 공구 마모로 인하여 가공 중 저하된 공구 강성으로 인하여 마모가 급증하는 모습을 보이고 있다. 또한, 이는 가공 중 예측되는 공구 마모의 불확실성에도 영향을 주고 있다. 공구가 마모가 증가되면서 발생하는 공구의 형상 변화 및 화학적 특성 변화는 센서 데이터에 반영이되며, 가공 중 증가하는 진동 및 Force의 변화로 인하여 Uncertainty가 증가하고 있다. 더 나아가, 선행연구에서 공구 마모를 예측하던 모델과의 비교 또한 진행하였다. 일반적으로 시계열 예측에 사용되는 LSTM-Resnet 기반의 인공지능 모델과 [3], 본 연구에서 제안하는 모델과 같은 규격의 합성곱 신경망 기반 VAE (Variational Auto Encoder) 인공지능 모델을 활용하였다 [4]. 평가 방식의 경우, 평균 절대 오차 (MAE), 평균 제곱근 편차 (RMSE), 평균 절대 비율 오차 (MAPE), 그리고 결정 계수 비교를 통하여 나타내었으며, 그 결과는 아래 Table 2에 나타난 바와 같다. 본 연구에서 제안하는 Bayesian 학습 기반의 합성곱 신경망 모델은 다른 선행 연구에서 사용된 모델과 비교하였을 때, 우수한 성능을 보이고 있다. 특히, 시계열 기반의 모델의 경우 가공 길이가 길어질수록 초기 정보를 소실하고 예측률이 저하되지만, 본 연구에서 제안하는 모델의 경우, 합성곱 신경망 기반의 모델을 통하여 예측 된 결과는 데이터 손실 문제가 발생하지 않았다. 더 나아가, 합성곱 신경망 기반의 VAE 모델 대비 본 연구에서 제안하는 모델의 경우, Kalman filter의 적용으로 인한 Noise suppression 및 Density output structure를 사용하여 모델의 성능 개선을 확인할 수 있다.

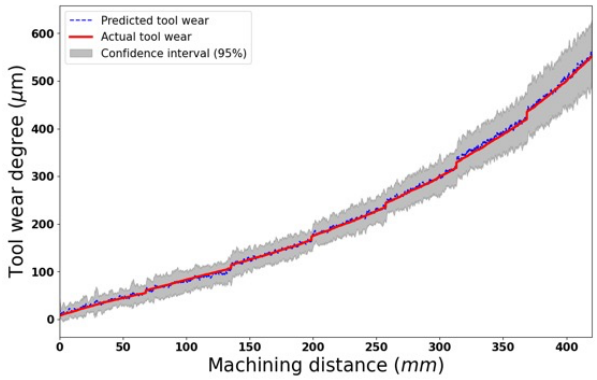


Fig. 3 Proposed model prediction result of the uncertainty-aware tool wear for the turning process of Ti-6Al-4V

Table 2 Performance comparison with existing state-of-art tool wear prediction methods

Model	MAE	RMSE	MAPE	R^2
Wang et al. [3]	3.8346	5.2743	0.0300	0.9987
Hahn & Mechefske [4]	3.3869	4.6083	0.0244	0.9990
Proposed	3.1233	3.9147	0.0229	0.9993

후 기

본 논문은 한국연구재단의 과제(No. 2022R1A2C3007963)와 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 산업기술 알키미스트 프로젝트(No. 20025702)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

(1) Hosseinkhani, Keyvan, and E. Ng. “A hybrid experimental and simulation approach to evaluate the calibration of tool wear rate models in machining.” The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 96 (2018): 2709-2724.
(2) He, Zhaopeng, et al. “Research on tool wear prediction based on temperature signals and deep learning.” Wear 478 (2021): 203902
(3) Wang, Jinjiang, Jianxing Yang, Chen Li, Robert X, and Rui Zhao. “Deep heterogeneous GRU model for predictive analytics in smart manufacturing: Application to tool wear prediction.” Computers in Industry 111 (2019): 1-14
(4) Hahn, Tim Von, and Chris K, Mechefske. “Self-supervised learning for tool wear monitoring with a disentangled-variational-autoencoder.” International Journal of Hydro-mechatronics4, no.1 (2021): 69-98.

발표자*, 교신저자#

고기능 포토닉 크리스탈을 위한 양산형 제조공정 및 센서와 표시 장치로의 응용 연구

넨황민[1,2,*], 김관오[1], 강도현[1], 윤재성[1,2,#]

Scalable fabrication process of advanced photonic crystals and their applications to innovative sensors and indicators

Nguyen Hoang Minh[1,2,*], Kwanoh Kim[1], Do Hyun Kang[1], Jae Sung Yoon[1,2,#]

Nano Lithography and Manufacturing Research Center, Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM)[1]

Dept. Nanomechatronics, University of Science and Technology (UST)[2]

Key Words : Photonic crystal, Sensor, Indicator

1. Introduction

In recent years, flexible and stretchable devices have been extensively developed for broad applications such as smart sensors[1], prosthetics[2], e-skin[3], and so on. However, most of these devices rely on electronic signals, which require additional equipment such as microprocessors and external power sources. Since color is one of the most intuitive signals, easily read by the human eyes or a smartphone camera, color-responsive devices could replace current electronic devices in various fields. Although numerous photonic crystals have been proposed for colorimetric devices, their arduous and expensive fabrication process has hindered commercialization[4].

In this work, a novel, versatile, and scalable fabrication method is introduced to make selectively strain-sensitive photonic crystals (SSPC) and strain-insensitive photonic crystals (SIPC) with the potential for commercialization in various applications, such as strain sensors, chemical sensors, and anti-counterfeiting labels. Conventionally, the color variation caused by the deformation of photonic crystals has been employed as signals for mechanical strain, temperature, and concentration of chemicals. However, according to Bragg's law, the structural colors are also dependent on the angle[5]. Therefore, it has been necessary to acquire the color signals at fixed incident and viewing angles, which has hindered the practical application of colorimetric sensors.

The combination of SSPC and SIPC offers a simple solution to address this problem. In principle, SSPC and SIPC show identical angle-dependent colors in the initial state. When subjected to deformation, the color of SSPC shifts, while that of SIPC remains unchanged. Consequently, comparing their colors provides a general principle for signal analysis regardless of angle. This study demonstrates this principle for applications in mechanical strain sensors, indicators for chemical liquids, and anti-counterfeiting labels.

2. Method

The fabrication process for the mold is illustrated in Figure 1. A monolayer of polystyrene nanoparticles was fabricated on silicon substrate by spin coating. This layer was etched by reactive ion etching system following by depositing a thin film of chromium on closely packed or non-closely packed monolayers of nanoparticles. Then, they are transferred onto a flexible substrate using commercial adhesive tapes. This study shows that SSPC and SIPC can be fabricated selectively using the same fabrication principle, and their cross-integration into a single substrate was achieved. The fabrication principle of this study is simple, cost-effective, and applicable to mass production. Thus, it is promising for the commercialization of the next generation of color stamps for diverse applications.

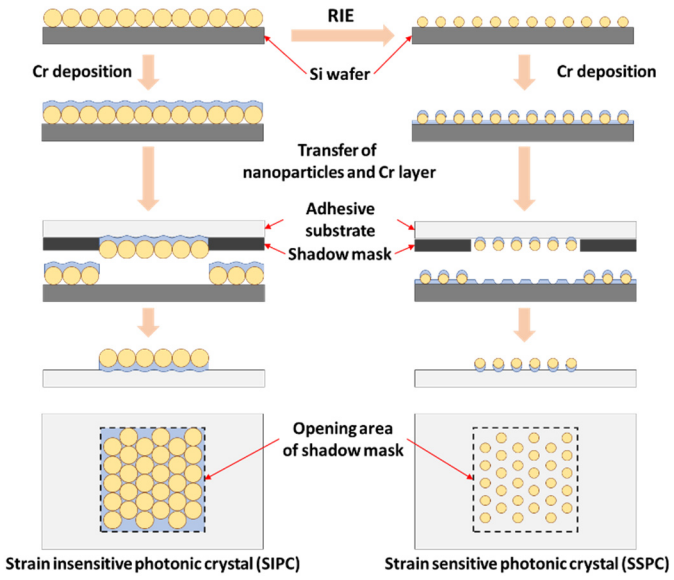


Fig. 1 Schematic illustration of the fabrication processes for strain sensitive and insensitive photonic crystals

3. Result and Discussion

Under the tensile condition, the SSPC (triangle) and SIPC (square) responded differently as seen in Figure 2. The color of SSPC changed from blue to red when it was stretched up to 50% of strain, while that of SIPC remained blue for the same strain. To further instigate the underlying mechanism, the PCs were captured

with the SEM at resting and stretching states. When the substrate with SIPC was stretched, local microcracks appeared on the Cr layer (Figure 2a). These cracks resulted in the formation of multiple domains of closely-packed nanoparticles, maintaining the original lattice constant of SIPC. Consequently, there was no color shift when the SIPC substrate was deformed. In contrast, in SSPC, the nanoparticles were not interconnected by the Cr layer since the film was deposited locally on each nanoparticle. Initially, the distances between the nanoparticles were uniformly distributed in all directions. However, when a tensile force was applied, the lattice constant increased in the direction of stretching (Figure 2b), causing a color shift toward the longer wavelength of diffracted light.

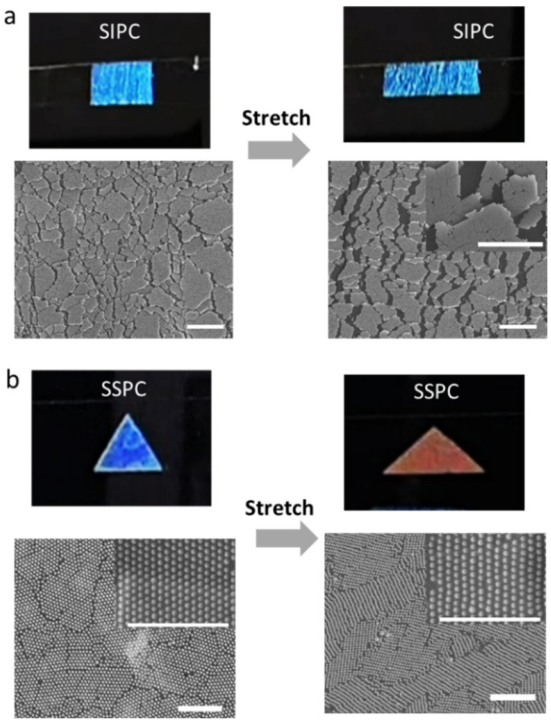


Fig. 2 Photos and SEM images of (a) SIPC, and (b) SSPC at resting and stretching states.

Following the discovery of these novel photonic crystals, variety of applications have been demonstrated (Figure 3). The first application is for strain sensor, where the SSPC serves as the strain indicator and he SIPC plays a role as an angle compensator. By this way, the strain can be estimated regardless of the incident/viewing angles. The second demonstration is for a chemical indicator. SIPC and SSPC were integrated on the PDMS. After dipping in acetone and hexane, the difference in colors of SIPC and SSPC offered a method to detect and distinguish between these two solvents. Lastly, employing shadow masks with various opening geometric patterns, a covert-overt pattern was created. For example, the star pattern was hidden at resting state and was only revealed by stretching the tape.

Therefore, the principle introduced in this study is expected to have diverse applications, where mechanical deformation of flexible substrate needs to be displayed or measured.

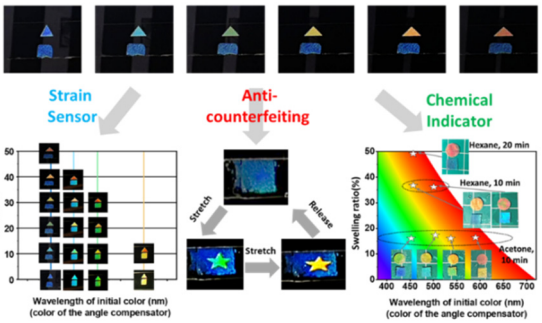


Fig. 3 Various applications for the integration SIPC and SSPC

Acknowledgements

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. RS-2023-00254093), the Institute Project (NK248B) and the Bio & Medical Technology Development Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT) (Grant No. NRF-2021M3A9I5021438)

References

(1) Souri, H. et al. Wearable and Stretchable Strain Sensors: Materials, Sensing Mechanisms, and Applications. Advanced Intelligent Systems 2, 2000039 (2020).
(2) Chen, Z., Yan, T. & Pan, Z. Review of flexible strain sensors based on cellulose composites for multi-faceted applications. Cellulose vol. 28 (Springer Netherlands, 2021).
(3) Amjadi, M., Pichitpajongkit, A., Lee, S., Ryu, S. & Park, I. Highly stretchable and sensitive strain sensor based on silver nanowire-elastomer nanocomposite. ACS Nano 8, 5154–5163 (2014).
(4) Feng, L., Wang, F., Luo, H. & Qiu, B. Review of recent advancements in the biomimicry of structural colors. Dyes and Pigments 210, 111019 (2023).
(5) Quan, Y.-J., Kim, Y.-G., Kim, M.-S., Min, S.-H. & Ahn, S.-H. Stretchable Biaxial and Shear Strain Sensors Using Diffractive Structural Colors. ACS Nano 14, 5392–5399 (2020).

Presenter*, Corresponding author#

TCP 제어 특성을 고려한 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어 성능 향상 방법

강정모*, 김다영, 박재현, 김명연, 지성철#

Method for improving contour accuracy in five-axis CNC machine tools considering TCP control characteristics

J. M. Kang*, D. Y. Kim, J. H. Park, M. Y. Kim, S. C. Jee#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Five-axis, CNC machine tools, Cross-coupling controller, Contouring accuracy, TCP control

1. 서 론

CNC(Computerized Numerical Control) 공작기계는 동시 5축 가공을 위하여 공구선단점(Tool Center Point, TCP) 제어 방식을 활용한다. 이러한 TCP 제어 방식은 회전축 조합에 관계없이 공구의 선단점을 중심으로 공구를 가공면에 수직 또는 특정한 각도로 유지하여 가공이 가능하게 하므로 복잡한 형상에 대한 유연한 가공이 가능하게 된다. 하지만 TCP 제어 시에는 공구자세벡터의 부호 변화, 회전축 간의 오프셋 수준 등에 따라서 실제 기계장비의 급격한 직선축 및 회전축 모션이 발생할 수 있는데 이는 5축 제어 시 과도한 윤곽오차가 발생하는 직접적인 요인이 될 수 있다. 본 논문에서는 기존의 공작물 좌표계(Work Coordinates System, WCS)에 기반한 윤곽제어 방법에 기계좌표계(Machine Coordinates System, MCS) 상에서 윤곽오차 모델을 추가적으로 반영함으로써 TCP 제어 시 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어 성능을 향상시키기 위한 방법을 제안하였다.

2. 제시된 5축 윤곽제어 성능 향상 방법

일반적으로 5축 CNC 공작기계에서는 위치추적 성능 향상을 목표로 하는 독립축 제어 방법을 활용하는데 이는 윤곽제어 성능을 보장하지 못하는 한계를 가진다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 윤곽오차를 직접적으로 제어하는 방식의 윤곽제어기 개발에 대한 연구[1]가 진행되어오고 있으나 대부분 공작물 좌표계 기반으로 구성된 윤곽오차 모델을 활용한다. 그러나 TCP 제어 시에는 공작물 좌표계에서 정의된 공구의 궤적보다는, 보간된 공구 모션을 따라 기계장비의 기구학적 관계에 의하여 결정된 회전축 및 직선 이송축 모션이 CNC 공작기계의 위치추적 성능 및 윤곽제어 성능에 직접적인 영향을 미치므로, 윤곽제어 성능 향상을 위하여 기계 좌표계에서의 이송계 모션을 추가적으로 고려할 필요가 있다.

본 논문에서는 Fig. 1과 같이 기존의 공작물 좌표계에서 정의된 윤곽오차 모델에 더하여 기계 좌표계 상의 윤곽오차 모델과 윤곽제어기를 구성하였으며, 각 윤곽제어기의 출력은 각 좌표계 궤적 상에서 실시간으로 계산되는 곡률에 비례하여 결정된다. 5축 기계장비의 역기구학 모델을 통하여 윤곽오차를 감소시키기 위한 각 이송축 및 회전축 보정량을 속도지령에 추가적으로 반영하는 형태로 제안된 방법을 구현하여 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어 성능을 향상시키고자 하였다.

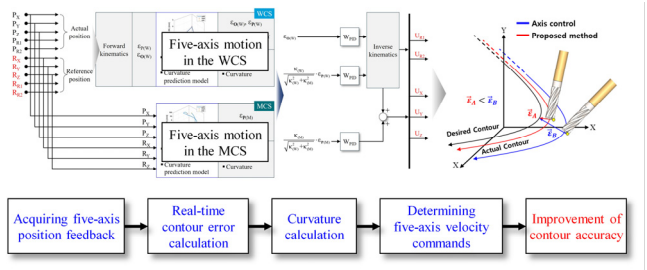
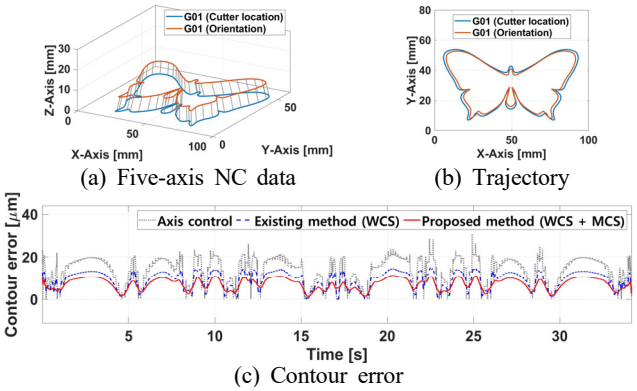


Fig. 1 Schematic of the proposed method for improving contour accuracy



(a) Five-axis NC data (b) Trajectory

(c) Contour error

Fig. 2 Comparison before and after applying the proposed method

Table 1 Comparison of maximum contour error

No.	Method	Max. contour error	Reduction rate
1	Axis control	30.8 ㎛	-
2	Existing method (WCS)	15.1 ㎛	50.9%▼
3	Proposed method (WCS + MCS)	11.4 ㎛	63.2%▼

3. 실험 결과 및 고찰

공구의 위치 및 자세가 변화하는 5축 공구경로를 생성하고, 기존의 5축 제어 방법과 공작물 좌표계 상의 윤곽오차만을 고려하는 방식의 윤곽제어기, 제안된 방법의 윤곽제어 성능을 5축 기계장비 구동 실험을 통하여 평가하였다(Fig. 2). Table 1에 제시된 결과와 같이 기존의 윤곽제어기 활용 시 기존의 5축 제어 방법 대비 50% 이상의 최대 윤곽오차가 감소되었으며, 제안된 방법 적용 시에는 최대 윤곽오차가 추가적으로 10% 이상 감소되어 제안된 방법이 TCP 제어 시 5축 CNC 시스템의 윤곽제어 성능을 추가적으로 향상시키기 위한 방법으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 지원의 “스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)” 과제와 “2024년 산업혁신인재성장지원사업(과제번호 P0012744)”에 의하여 수행되었음

참 고 문 헌

(1) Yang, J. and Altintas, Y., 2015, *A generalized on-line estimation and control of five-axis contouring errors of CNC machine tools,* International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 88, 9-23.

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

아세톤 감지용 고감도 강유전성 요데이트 코발트 ($Co(IO_3)_2$) 기반 MEMS 가스 센서

강신준[1,2], 조민우[3], 박광범[2], 이후정[3], 정형모[1,*], 박준식[2,#]

High-sensitivity ferroelectric cobalt iodate ($Co(IO_3)_2$) for acetone gas sensors on MEMS platform

S. J. Kang[1,2], M. W. Cho[3], K. B. Park[2], H. J. Lee[3], H. M. Jeong[1,*], J. S. Park[2,#]

성균관대학교 기계공학부[1], 한국전자기술연구원 스마트센서연구센터[2], 성균관대학교 신소재공학부[3]

Key Words : Ferroelectric, Iodate, Acetone gas, MEMS platform

Acetone gas from exhaled breast gases is a biomarker gas for diagnosis of diabetes disease. We reported a new class of cobalt-based metal iodates ($Co(IO_3)_2$) as promising materials for acetone gas sensing [1]. Iodine is known for its catalytic effect in oxygen reduction, and the ferroelectric properties of $Co(IO_3)_2$ likely contribute to its high selectivity for acetone due to the strong adsorption of acetone's high dipole moment onto polar surfaces. This strong adsorption enhances the sensitivity and selectivity of the $Co(IO_3)_2$ material towards acetone, allowing for more efficient and accurate detection. We easily synthesized $Co(IO_3)_2$ through chemical precipitation and an optimized heat treatment process, and evaluated their gas sensing performance by fabricating sensors using microelectromechanical system (MEMS) techniques to create miniaturized power-efficient sensors with high yield. The results showed that $Co(IO_3)_2$-based MEMS gas sensor exhibited excellent acetone sensing abilities, achieving a notable response (Rg/Ra = 3.10 at 20 ppm) with low power consumption of 9.6 mW.

후기 이 논문은 2022년도 산업통상자원부의 'K-센서 사업'의 지원을 받아 연구되었음 (RS-2022-00154983).

Reference

[1] M. W. Cho et al, ACS Appl. Mater. Interfaces 15, (2023) pp. 33721-33731.

발표자*(hmjeong@skku.edu), 교신저자#(jspark@keti.re.kr)

광대역 광 흡수체를 위한 시너지 접근법: 계층적 텍스처 기반 기판을 활용한 탄소 나노구조의 활용 연구

트엉튜큐[1,*], 육근탁[1], 또티뚜린[1], 김중배[2], 박영덕[3], 윤홍석[1], 노진성[1,#]

Synergistic approach for superior broadband light absorber: Harnessing the potential of carbon nanostructure in integration with hierarchical texture-based substrate

T-K. Truong[1,*], G. T. Yuk[1], L. T. T. To[1], J. B. Kim[2], Y. D. Park[3], H. Youn[1], J. Rho[1,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 공주대학교 기계자동차공학부[2], 한밭대학교 기계소재융합시스템공학과[3]

Key Words : Super black coating, Carbon nanostructures, Superior broadband light absorber, Hierarchical texture

The super black coating has recently attracted much attention due to its various applications, such as stray-light suppression and solar-to-heat desalination. In this study, we present the synergistic approach for superior broadband light absorber from UV-vis-NIR to mid-IR wavelength ranges by combining the intrinsic light absorption of the carbon nanostructure and anti-reflection of the hierarchical structure-based substrate. Firstly, we employ the micro/nanoporous structure and Ni-embedded black anodized aluminum substrate for further CVD-grown carbon nanofibers array-based super black coating; as a result of the CNF-coated black anodized aluminum substrate showing broadband light absorption of above 99% and reflectance below 1% from UV-vis-NIR to mid-IR and preliminary demonstration of stray-light suppression in optical baffles. Secondly, we utilize the mogul structure containing periodic micro-cavity for ecoflex-carbon nanotube composite-based flexible absorber, leading to its broadband light absorption of 98% and as an effective and self-loading flexible absorber for desalination under solar simulator exposure. The results pave the way for the rationale development of superior broadband light absorbers for various industries.

발표자*(kieutruong@hanbat.ac.kr), 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

유연 전자 소자 적용을 위한 Cu 박막의 나노/마이크로 스케일 정밀 기계가공 특성 연구

박아현[1,*], 황해인[1], 이승훈[2], 조인호[2], 김정환[1,2,#]

Characteristics on nano/micro-scale machining of Cu thin film for flexible electronic device application

A. H. Park[1,*], H. I. Hwang[1], S.-H. Lee[2], I. H. Jo [2], J. H. Kim[1,2,#]

국립한밭대학교 신소재공학과[1], 국립한밭대학교 응용소재공학과[2]

Key Words : Machining, Sputtering, Flexible substrate, Polyimide

미래 반도체·디스플레이 산업의 발전을 위한 flexible 전자기기 제작의 필요성이 가속화됨에 따라 polyethylene terephthalate (PET), polyethylene naphthalate (PEN), polyimide (PI) 등의 다양한 유연 기판을 활용하는 기술들이 개발되고 있다. 또한 전자 소자의 고집적화가 요구됨에 따라 반도체 제조 공정 기술의 발전과 함께 나노 및 마이크로 스케일의 정밀한 치수와 형상을 제작하는 patterning 기술의 필요성이 증가되고 있다. 현재 산업에서 주로 사용되는 Photo-Lithography는 공정이 복잡하고 높은 비용을 수반하며 패턴 형상의 자유도가 낮다는 한계를 지니고 있다. 특히, Photo-Lithography공정 중 baking 단계는 열에 취약한 유연 기판에 변형을 일으킬 수 있다. 이를 해결하기 위한 기술로써 기계가공은 비교적 공정이 단순하고 공구의 형상에 따라 pattern을 형성시킬 수 있기 때문에 형상의 자유도가 높고 온도에 따른 기판 소재에 제한이 적어 Photo-Lithography의 단점을 보완할 수 있다. 다양한 유연 기판 중 PI film은 유연하면서 높은 열 안정성을 갖추고 있어 차세대 flexible 디스플레이, 웨어러블 기기, flexible 인쇄 회로 기판 (FPCB) 등 다양한 응용 분야에 적용시킬 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 낮은 비저항으로 반도체 배선 방식에 주로 사용되고 있는 Cu를 선정하여 물리적 기상 증착법 (PVD) 중 하나인 Sputtering을 이용해 PI film과 Si substrate 두 가지 기판에 증착하고, 정밀 기계가공을 통해 기판에 따른 가공 특성을 비교하고 분석하여 유연 전자 소자 적용 가능성을 연구하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(jkim@hanbat.ac.kr)

플라스틱 미세유체 칩 제작을 위한 초음파 융착 구조 및 공정에 관한 연구

진재호[1,*], 권다인[1], 우상원[2], 권오동[3], 이경훈[3], 유영은[4,#]

A study on ultra-sonic welding structure and processing for fabrication of plastic micro-fluidic chip

J. H. Jin[1,*], D. I. Kwon[1], S. W. Woo[2], O. D. Kwon[3], K. H. Lee[3], Y. -E. Yoo[4,#]

Neo Nanotech[1], Woo Young Solution[2], Solution Lab[3], KIMM(Korea Institute of Machinary and Materials)[4]

Key Words : Micro-fluidic chip, Ultra-sonic welding, Leakage, Sealing, Mass Production

수 마이크로미터 ~ 수백 마이크로미터 크기의 미세유로가 적용된 미세유체 칩은 화학적/생화학적 분석 및 정밀 반응/합성, 미량의 시료를 이용한 현장에서의 질병이나 병원체 혹은 유해 물질의 정밀한 진단 등 다양한 분야에서 연구가 수행되어 왔다. 최근, 이러한 연구 결과를 기반으로 양산성 및 경제성이 우수한 열가소성 플라스틱 미세유체 칩 개발이 상용화를 위하여 진행되고 있다. 열가소성 플라스틱 미세유체 칩은 미세유로가 정밀하게 성형된 기판 형태의 부품과 개방된 형상으로 성형된 미세유로로부터 용액이 누출되지 않고 흐를 수 있도록 덮어 주는 덮개 부품을 사출성형 공정을 통하여 제조하고, 이를 융착이나 접착 혹은 조립 등의 방법으로 용액이 누출되거나 막히지 않도록 정밀하게 밀폐하는 과정으로 이루어진다. 이때 실험실에서 일반적으로 사용되는 PDMS 등을 이용한 미세유체 칩에서와 달리, 열가소성 플라스틱 미세유체 칩의 경우, 변형이나 막힘없이 미세유로를 정밀하게 유지하면서도 용액의 누출 없이 밀폐를 하는 것이 매우 어려워 미세유체 칩 제조를 위한 핵심 기술로 부각되고 있다.

본 연구에서는 200 ㎛ 이하 크기의 미세유로가 적용된 50 mm x 50 mm 크기의 플라스틱 미세유로 칩의 제조를 위하여, 사출성형으로 제작된 미세유로 기판 및 덮개 기판에 대한 초음파 융착 공정에 대한 실험을 수행하였다. 초음파 융착산의 크기에 의한 미세유로의 밀폐 특성 분석과 함께, 융착 공정이 밀폐 특성에 미치는 영향 분석을 위하여, 초음파 융착 금형에 볼트 형태의 응력 센서를 적용하여 융착 중 응력 특성을 측정하였다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부 '산학연플랫폼 협력기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 S3311292)

발표자*, 교신저자#(yeyoo@kimm.re.kr)

기계가공을 통한 정밀 패터닝과 나노 구조물 제작 기술 연구

황해인[1,*], 조인호[2], 이승훈[2], 김정환[1,2,#]

Study on precision patterning and nanostructure production technology through machining

H. I. Hwang[1,*], I. H. Jo[2], S.-H. Lee[2], J. H. Kim[1,2,#]

국립한밭대학교 신소재공학과[1], 국립한밭대학교 응용소재공학과[2]

Key Words : Machining, MEMS, Patterning, Structure color

빠른 데이터 전송 속도와 소비 전력 감소 등의 성능 향상을 위해 소자의 미세화 및 고집적화를 위한 미세 patterning 연구가 활발히 진행 중에 있다. 주로 사용되는 미세 patterning 공정 중 photo-lithography는 복잡한 과정과 비용적 문제, chemical 공정으로 인한 유해물질 배출로 환경오염과 소재 제한적이라는 단점이 존재한다. 또한, 이러한 방법을 flexible · stretchable 기판에 적용할 경우, 굴곡진 표면 위의 patterning이 불가능 할 뿐만 아니라 플라스틱 기판의 낮은 유리 천이 온도(80 ℃)에 따라 고온 baking(100~140 ℃) 시 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 기계 가공(machining) 및 미세 전자 기계 시스템(MEMS) 융합 기술로 대체하여 해결하고자 한다. 이는 비교적 단순한 과정과, 가공 장비만으로 patterning이 가능한 All-in-One 공정으로 비용 절감이 가능하다. 또한 non-baking, non-chemical 공정으로 소재 제한적이지 않으며 유해물질 배출이 없어 친환경적이라는 장점을 갖는다. 이에 본 연구는 Nano patterning 및 Nano structure 제작에 기계가공 적용가능성을 확인하기 위해 가공 조건 및 etching 조건을 최적화하고자 한다. 그 결과, 정밀한 Nanoscale patterning이 가능했으며 3D lamella structure를 제작하여 구조에 따라 발현되는 독특한 structure color를 확인하였다. 이는 염료를 통해 복제할 수 없어 보안 패턴으로 활용 가능하며, 고온 및 분해능 유지로 인한 주변부 훼손 이슈가 있는 laser repair 공정 또한 대체 가능하다. 이와 같은 다양한 고부가 가치 산업에 기계가공 기술 적용 시 미세 공정기술 발전에 도움이 될 것으로 예상된다.

발표자*, 교신저자#(jkim@hanbat.ac.kr)

대량 생산을 위한 기초연구
: 센서 채널용 그래핀 산화물의 효율적이고 오염 없는 열환원 기술

황태종*, 유텐츠, 전성찬#

Groundwork for mass production
: Efficient, clean thermal reduction of graphene oxide for sensor channels

T. J. Hwang*, Tianci Liu, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Graphene oxide (GO), Reduced graphene oxide (rGO), Thermal reduction, Field-effect transistor (FET), Biosensor, Gas sensor

The rise of two-dimensional (2D) materials has revolutionized nanotechnology. Graphene stands out with its exceptional strength, flexibility, and outstanding electrical and thermal conductivity, making it perfect for various applications. Graphene was initially produced via tape-peeling, but this method limited scalability and control over particle size. More commonly, graphene oxide (GO) is created through chemical exfoliation, containing oxygenated groups that disrupt the sp2-electron network, making it an insulator. Reducing these groups transforms GO into reduced graphene oxide (rGO), which closely resembles pure graphene in conductivity. While chemical reduction is effective, it can produce by-products. Optimizing the thermal reduction of GO is essential for sensors, as heat causes gases to expand and create high pressure, leading to vacancies that may disrupt sensor function. In this study, we addressed the lack of a gold standard for thermally reduced graphene oxide by manufacturing rGO under various temperature conditions (80 to 325° C) and exposure times (5 minutes to 14 days). We optimized rGO formation by comparing sheet resistance values, aiming to produce uniform and stable substrates for bio and gas sensors. This research marks a significant step towards the mass production and stable generation of high-quality rGO, essential for advancing sensor technologies.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

Reference

[1] Singh, Virendra, et al. "Graphene based materials: past, present and future." Progress in materials science 56.8 (2011): 1178-1271.

[2] Pei, Songfeng, and Hui-Ming Cheng. "The reduction of graphene oxide." Carbon 50.9 (2012): 3210-3228.

[3] Stankovich, Sasha, et al. "Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide." carbon 45.7 (2007): 1558-1565.

[4] Wu, Zhong-Shuai, et al. "Synthesis of high-quality graphene with a pre-determined number of layers." Carbon 47.2 (2009): 493-499.

발표자*, 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

차세대 인터커넥션 적용을 위한 ALD Ru 금속 박막의 비저항 변화 연구

조인호[1,*], 이승훈[1], 황해인[2], 박아현[2], 김정환[1,2,#]

Study on the resistivity of ALD Ru metal thin films for next-generation interconnection applications

I. H. Jo[1,*], S.-H. Lee[1], H. I. Hwang[2], A. H. Park[2], J. H. Kim[1,2,#]

국립한밭대학교 응용소재공학과[1], 국립한밭대학교 신소재공학과[2]

Key Words : Atomic layer deposition(ALD), Metal ALD, Thin film, Ru, Resistivity

최근 반도체 소자의 미세화가 지속적으로 발전하면서 인터커넥션의 치수 역시 비례해서 감소하고 있다. 하지만 인터커넥션의 선폭이 10 nm까지 줄어들게 되면 비저항은 벌크 비저항의 약 10배까지 증가하여 급격한 비저항 증가를 초래하고, 이러한 비저항 증가는 반도체 소자의 성능을 제한하고, 지속적인 소자 스케일링을 가로 막게 된다. 이에 따라 비저항을 감소시키기 위해 1.7 $\mu\Omega$·cm로 벌크 비저항이 낮은 Cu 금속에 대한 연구가 진행되었지만, 상온에서 39 nm라는 상대적으로 큰 벌크 Electron Mean Free Path (EMFP)를 가지는 단점이 있다. 이 값은 포논 산란 (phonon scattering)에 의해 결정되어지는 물질 고유의 값으로 긴 EMFP는 표면산란과 입계산란을 발생시켜 결론적으로 비저항이 증가한다. 이에 다른 금속에 비해 상대적으로 낮은 비저항과 짧은 EMFP를 가지는 Ru 금속이 차세대 인터커넥션 물질로 주목받고 있으며, 본 연구에서는 Ru 박막 증착 온도 및 후속 열처리 조건에 따른 비저항 변화를 정량적으로 분석하여 차세대 인터커넥션 물질로서의 적용 가능성을 연구하고자 한다. 또한, 나노 단위에서의 낮은 비저항 및 지속적인 미세화와 집적도로 인해 정밀한 두께 제어가 필수적이며, 이에 우수한 step-coverage 특성과 원자층 단위의 정밀한 두께 제어가 가능한 Atomic Layer Deposition (ALD)을 통해 Ru 박막을 증착하여 비저항 변화를 연구하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(jkim@hanbat.ac.kr)

화학기상증착법을 통한 이종접합 구조의 구리 인화물 마이크로 나노 어레이 전극 생산

홍종우*, 전성찬#

Approach to fabricate heterostructured Cu_3P micro-nano array electrode using chemical vapor deposition

J. W. Hong*, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Chemical Vapor Deposition (CVD), Supercapacitors, Micro-nano structure, Electrochemical properties

Supercapacitors have emerged as a prominent energy storage device, offering higher power density and cycle stability compared to conventional batteries. The performance of supercapacitors heavily relies on the physical and chemical properties of electrode materials. While solution-based processes have conventionally been used for electrode fabrication, they present challenges such as reproducibility issues and post-treatment complexities. In this study, we employed a solution-free chemical vapor deposition (CVD) method to directly grow Cu3P nanorods on copper foam. Optimization of the electrode's performance was achieved by controlling annealing parameters, gas flow rate, and phosphorus source concentration in the CVD process. Structural and morphological analyses were conducted using X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), respectively. Electrochemical evaluations were performed using a three-electrode system in a 3M KOH aqueous electrolyte. The fabricated electrodes exhibited a structural composition of Cu_2O and Cu_3P. The Cu_3P nanorod arrays developed on Cu_2O facilitated numerous electroactive sites and well-defined ion transport pathways, leading to robust reversible redox activity. These combined features significantly enhanced the energy storage capabilities of the electrodes. The self-assembled Cu3P heterostructure presents a promising and versatile framework for advancing various electrode materials, thereby enhancing the potential of next-generation energy storage devices.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

[참조]

[1] NR. Chodankar et al. "Solution-free self-assembled growth of ordered tricopper phosphide for efficient and stable hybrid supercapacitor " Energy Storage Materials 39 (2021) 194-202.

[2] A. M. B. Gonçalves et al. "On the growth and electrical characterization of CuO nanowires by thermal oxidation" J. Appl. Phys 106 (2009) 034303.

발표자*(ghdwhddn14@yonsei.ac.kr), 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

나노 감응 물질로부터의 다중 특징 데이터와 머신 러닝을 이용한 유해 가스 예측

황윤지*, 전성찬#

Estimation of harmful gases using machine learning with multi-feature data from nano-sensitive materials

Y. J. Hwang*, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Machine learning, Deep learning, Nano material, Harmful gas, Multi-feature data

Machine learning technology is increasingly finding applications in various fields. In this paper, we introduce a technique for diagnosing harmful gases present in the air using machine learning techniques that analyze electrical data obtained from nano-sensitive materials. Among nanomaterials, graphene is suitable as a molecular sensitizer because it can be easily synthesized with many other materials and its performance can be tuned. Our sensors utilize graphene to achieve multidimensional responsiveness to harmful gases. The electrical data which detects the change in the properties of the sensing material shows a specific shape depending on the type of gas, and the data extracted from our sensor is in a multi-feature format, which is well suited for convolutional feature analysis. The trained machine learning model performed well in the evaluation. Our sensor system can be applied as a miniaturized device thanks to nano-sensitive materials, and its application as a real-time monitoring system can be expanded by incorporating data communication technology.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

발표자*, 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

투명 전자 소자 적용을 위한 Cobalt film의 급속 열처리 온도에 따른 응집 메커니즘 연구

이승훈[1,*], 송세환[2], 조인호[1], 박성균[2], 김정환[1,#]

Study on dewetting mechanism according to rapid thermal process temperature of Co layer for transparent electronic devices

S.-H. Lee[1,*], S. Song[2], I. H. Jo[1], S. Park[2], J. H. Kim[1,#]

국립한밭대학교 응용소재공학과[1], 부산대학교 물리학과[2]

Key Words : Sputtering, Rapid thermal process (RTP), Dewetting, Aggregation

Nano pattern을 갖는 template 제작을 위한 nano-scale의 정밀한 패턴 제작은 미래 과학 기술 개발을 위한 중요한 요소가 된다. 이는 반도체 제조, 나노 전자 및 광학 디바이스, 센서 등 다양한 응용 분야에 사용될 수 있다. 일반적으로 Pattern 제작에 있어 photo-lithography 및 masking의 전형적인 접근법이 사용되나 nano-scale에서는 한계가 있다. 반면, 외부 에너지에 따라 반응하는 self-assembly 기반의 재료를 사용하면 원하는 pattern을 유도하는 것이 가능하다. 특정 조건 하에서 입자 또는 분자가 상호 작용하여 pattern 모양을 형성시킬 수 있기 때문에 일반적인 patterning 공정에 비해 비용과 시간을 절약할 수 있는 장점을 가진다. 즉, 복잡한 제조 공정을 간소화할 뿐만 아니라 정교한 nano-scale 구조 생성에 있어 물리적, 화학적, 광학적의 상호작용을 통해 원하는 template을 생성할 수 있다. 나아가, 이는 재료 선택에 따라 원하는 특성을 선택할 수 있다. 예를 들어, 가시광선 영역에서 높은 투과성을 갖는 자성 재료의 system은 차세대의 투명 전자 소자 제작에 효과적으로 활용될 수 있다. Nano cluster들의 크기, 순도, 모양 등의 factor와 자성 특성과의 상관 관계가 존재하며, 거리에 따라 가시광선 영역에서 높은 투과율을 유도할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서 Sputtering을 통해 SiO_2 기판에 증착 된 Co layer를 Rapid Thermal Process (RTP)의 온도에 따라 변하는 morphology와 그에 따른 응집 메커니즘을 조사하고, Co cluster들의 크기와 간격을 조절하여 광학적, 구조적, 자기적 특성 변화를 연구하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(jkim@hanbat.ac.kr)

화학기상증착(CVD)을 통한 Al6061 기판에서의 탄소나노섬유(CNFs) 기반 우주용 광 흡수체 개발

육근탁[1,*], Thuy Kieu Troung[1], 경장현[2], 김중배[3], 윤홍석[1], 노진성[1,#]

Development of Carbon Nanofibers(CNFs) based space absorber on Al6061 substrate via Chemical Vapor Deposition(CVD)

G. T. Yuk[1,*], Thuy Kieu Truong[1], J. H. Kyeong[2], J. B. Kim[3], H. Youn[1], J. Rho[1,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 한밭대학교 지능형나노반도체학과[2], 공주대학교 기계자동차공학부[3]

Key Words : Space absorber, Carbon nanofibers, Al6061, Optical baffle

블랙 코팅은 항공우주 및 반도체 산업에서 사용되는 다양한 광학 시스템의 성능을 보장하기 위한 필수적인 공정이다. 우주용 별 추적기와 같은 인공위성 탑재체에 별 센서는 목표 신호에 대한 감도를 향상시키기 위해 다양한 광학적 간섭을 흡수할 필요가 있다. 이러한 산란광의 차폐는 별 센서뿐만 아니라 라만 분광기, 자외선 및 적외선 분광계와 같은 모든 정밀 광학 기기에도 필요하다. 또한, 광 흡수체는 군사 장비에 필요한 스텔스 기술과 태양 전지의 에너지 전환 효율을 향상시키기 위한 특정 광원의 흡수체로서 사용될 수 있다. 탄소나노섬유(CNFs) 기반의 초블랙 코팅은 배플 구조의 부피와 무게를 크게 줄이며 우주 환경에서의 탁월한 광대역 빛 흡수를 통해 높은 차폐 효과를 얻을 수 있다. Al6061 기판은 전처리 과정에서 아노다이징 공정을 통해 산화 피막을 형성하여 나노 구조물 성장에 적합한 지지체를 형성하게 되며, 마이크로 단위의 표면 미세공을 니켈로 실링 처리하여 추가 촉매 준비 과정 없이 촉매 기반 화학기상증착(CVD)을 준비할 수 있다. CVD에 의해 성장된 탄소나노섬유의 성장 구조와 메커니즘은 TEM, EDS 매핑, SEM 촬영과 라만 분광법을 통해 분석할 수 있다. Al6061 기판에서 직접 성장된 탄소나노섬유 기반 광 흡수체는 UV-VIS-NIR 및 중간 적외선 범위에서 99% 이상의 초광대역 빛 흡수와 1% 이하의 낮은 빛 반사를 보여주며, 이를 통해 우수한 우주용 광 흡수체로 사용될 수 있음을 보여준다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (No. 22-CM-EC-35)

발표자*, 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

전산 유체 역학 시뮬레이션을 통한 고속 충격 시험기 소형 투사체 속도 예측

김필호[1], 이승근[1], 권오동[2], 이경훈[2,*,#]

Prediction of small projectile velocity of high-speed impact tester with CFD

P. H. Kim[1], S. K. Lee[1], O. D. Kwon[2], K. Lee[2,*,#]

㈜알앤비[1], ㈜솔루션랩[2]

Key Words : Impact tester, Low pressure gas gun, Computational fluid dynamics, Friction model, FlowVision

초음속 항공기와 미사일은 얼음 입자나 물방울과 같은 작은 물체와 고속 충돌할 때 종종 손상 문제에 직면한다. 이는 물체의 안전성과 성능에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 고속 충돌 시험의 평가와 개발이 중요하다. 기존의 충돌 시험 방법은 고압을 사용하는 가스 건(Gas gun)과 같은 장비에 의존해 왔다. 그러나 대부분의 투사체 가속기는 무기와 고압 가스를 위해 설계된 대형 장치로, 실험실에서 접근하기 어렵고 적합하지 않다. 따라서 실험실 수준에서 쉽게 접근할 수 있고 경제적으로 효율 적인 시험 장치에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 진공 가압식 발사 방식의 충격 시험기를 개발하였다. 진공을 이용하여 고정된 발사체를 발사 순간 시험 압력이 발사체에 인가될 수 있고, 발사체를 고속으로 가속할 수 있으며, 약 10bar 이하의 범위의 저압 압축 공기를 사용하여 100m/s의 속도로 투사체를 발사할 수 있다. 충격 시험기 투사체의 속도는 챔버 내의 압력, 마찰, 총열(barrel)의 길이에 따라 결정된다. 투사체의 속도 측정은 레이저 빔 형태의 모듈을 통해 측정하였다. 본 연구에서는 전산 유체 역학(CFD) 시뮬레이션을 활용하여 최적의 설계를 도출하였다. 투사체와 총열 사이의 마찰 모델을 제안하고 실험을 통해 마찰 계수를 조정하여 시뮬레이션 결과와 실제 성능이 일치하도록 하였다. 수치 해석의 사전 검증을 통한 2차에 걸친 설계 변경으로 목표인 100m/s를 달성할 수 있었다. 수치 해석은 상용 열 유동 해석 소프트웨어 FlowVision 3.1을 사용하였다.

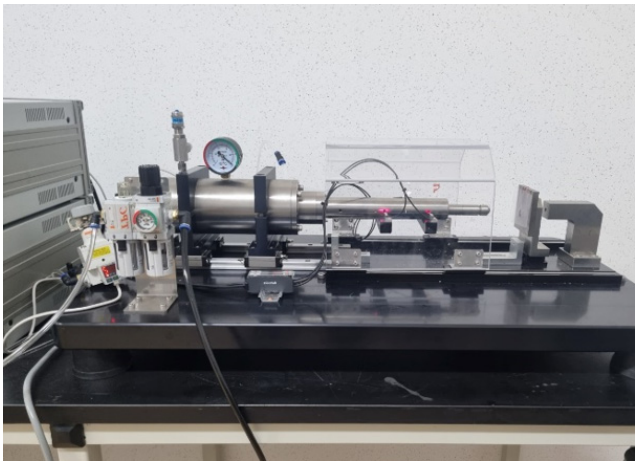


Fig 1 Low-pressure gas gun type impact tester

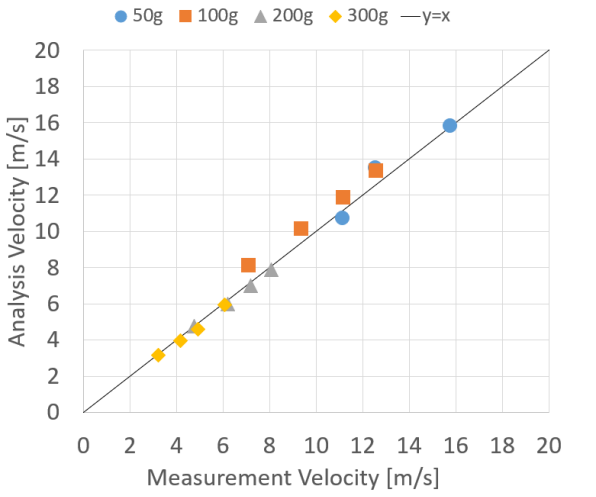


Fig 2 Comparsion of experiment and simulation results with various bullet weights and presure conditions

발표자*, 교신저자#(klee@solution-lab.co.kr)

연결기 성능 예측을 위한 철도 차량의 충돌 해석 프로그램 개발

김동언[1,*], 홍성탁[1], 연제휘[1], 김민수[1], 정준혁[1], 문관식[2], 김기남[2], 김남욱[1,#]

Development of train collision simulation program to predict coupler performance

D. E. Kim[1,*], S. T. Hong[1], J. H. Yeon[1], M. S. Kim[1], J. H. Jeong[1], K. S. Moon[2], K. N. Kim[2], N. W. Kim[1,#]

한양대학교 기계공학과 – BK21 4단계 ERICA-ACE 센터[1], 유진기공산업(주)[2]

Key Words : Railway vehicle(Train), Coupler, Collision simulation, Reverse engineering

산업 발달을 시작으로 보다 편안하고, 빠른 이동을 위한 운송 수단을 추구하게 되었고 이로부터 철도차량이 등장하게 되었다. 철도차량은 여러 량(열차량)이 연결되어 철로를 따라 운행하고 있으며 이동 규모에 따라 도심 내부 및 외곽, 크게는 타국까지 이동 가능하고 국가적 인프라 등으로 비교적 쉬운 접근성을 가져 많은 사람들이 이용하고 있다.

철도 연결기는 각 열차 양쪽에 부착되어 예상치 못한 상황 등으로 인한 차량간 충돌이 발생하면 작동되는 완충장치로 충돌으로부터 오는 충격에너지는 흡수 및 분산시켜 승객의 안전과 차량 파손 및 화물 손상을 방지하는 역할을 한다. 열차 연결기의 완충장치는 크게 탄성부분인 고무완충장치(Rubber cushion)과 유압완충장치(Hydraulic buffer), 비탄성부분인 변형튜브(Deformation tube)로 구성되어 충격력을 흡수하고, 더 큰 충격에는 전단 볼트(Shear-off bolt)로 인해 충격력을 연결기에서 제거, 이후 측면 완충장치(Side buffer)로 충격력을 완화하는 장치가 탑재되어 있다. 앞에서 설명한 완충장치의 조합으로 생성된 연결기가 열차에 부착되며 그 종류도 다양하다.

다양한 조합의 연결기를 열차에 적용을 위해 시험을 통해 성능을 평가하는 것이 아닌 보다 효율적인 시뮬레이션을 통해 성능을 예측하며 일반적으로 Voith 사의 프로그램을 사용한다. 해당 프로그램 사용에 있어 비용 및 시간이 추가적으로 소모되기에 자체적으로 프로그램을 개발하여 이를 대체 하려한다.

본 연구에서는 현재 활용되는 연결기 해석 프로그램의 시뮬레이션 결과를 기반으로 연결기 작동 방식을 역으로 도출하여 해당 메커니즘이 탑재된 자체적인 프로그램을 개발하는 것을 목적으로 한다. 개발한 프로그램을 통해 안정적인 연결기 모델 해석 성능을 확보하여 추후 연결기 성능 예측에 사용할 예정이다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2022-00143565)

발표자*, 교신저자#(nwkim@hanyang.ac.kr)

보로노이 다이어그램을 이용한 생체모방 인공 무릎뼈의 설계 및 제작

강민채*, 한민우#

Design and fabrication of a biomimetic artificial knee bone using voronoi diagrams

M. C. Kang*, M.-W. Han#

동국대학교 기계공학과

Key Words : Voronoi diagram, Porosity, 3D printing

3D 프린팅 기술의 발전은 의료 및 생체 공학 분야에서 인공 뼈 개발에 새로운 가능성을 제시하고 있다. 본 연구에서는 인체 골 구조의 다공성과 기계적 특성을 모사하여 실제 무릎 뼈와 유사한 인공 뼈 모델을 개발하고자 한다. 인공 무릎 뼈 모델 설계를 위해 CT 스캔 데이터를 활용하여 뼈의 외형을 모델링하였으며, 내부 해면골 구조의 다공성 구현을 위해 보로노이 다이어그램을 적용하였다. 3D 프린팅을 통해 기공 크기, 형상, 벽 두께 등의 설계 변수를 체계적으로 조절한 시편을 제작하였다. 또한, 외골격 구조의 기계적 특성을 모사하기 위해 에폭시 코팅 처리를 적용하였다. 제작된 시편들의 압축 강도를 평가한 결과, 설계 변수에 따라 다양한 기계적 특성을 가지는 인공 뼈 모델을 구현할 수 있었으며, 실제 무릎 뼈와 유사한 압축 강도를 보이는 것을 확인하였다. 본 연구는 CT 데이터 기반의 개인 맞춤형 인공 뼈 모델 개발을 가능하게 한다. 보로노이 다이어그램을 활용한 내부 구조 설계와 3D 프린팅을 통한 제작은 설계 변수를 다양하게 구성할 수 있음을 보여준다. 이를 통해 환자 개인의 뼈 구조와 기계적 특성에 최적화된 인공 뼈 모델을 제작할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 맞춤형 치료, 수술 계획, 수술 장비 개발, 그리고 인공 관절 설계 등 다양한 의공학 분야에 활용될 수 있을 것이다.

후기 This work is supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Korean government (MSIT) (No. 2018R1A5A7023490, 2019R1F1A1063621, and NRF-2021R1F1A1063485) and the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE) and the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the International Cooperative R&D program (Project No. P0016173).

발표자*, 교신저자#(mwhan@dgu.edu)

실제 환경에 적용가능한 ICP알고리즘 기반 6D 포즈 추적 기법

황현호[1,*], 이성온[2,#]

6D pose tracking technique based on ICP algorithm applicable to real-world environments

H. H. Hwang[1,*], S. O. Lee[2,#]

한양대학교 전자공학과[1], 한양대학교 로봇공학과[2]

Key Words : Iterative closest point, Optical flow

물체의 3차원 공간상에서 위치와 자세를 추정하는 6D 포즈 추적 기술은 로봇을 이용한 산업 자동화 분야에 중요한 핵심 기술 중 하나이다. 특징점 추출, 템플릿 매칭을 사용했던 전통적인 기술들과 달리 현재 수많은 딥러닝 기반 최신 기술들은 이미지 자체를 네트워크의 입력 데이터로 받아 물체의 포즈를 추적한다. 이처럼 딥러닝 방식의 물체 포즈 추적이 현재 기술 개발의 주요 이슈로 주목을 받고 있으나, 실제 현장에서는 여전히 최종 로봇 작업 적용 전 정밀성을 보장하기 위해 3차원 정보를 이용한 Iterative Closest Point(ICP) 알고리즘을 이용한다. 또한 경량화 및 비용 최적화가 필수인 산업현장에서는 고성능 GPU를 탑재하는 것은 아직까지는 실용성이 떨어진다. 본 논문에서는 근거리에서 정밀성을 보장하는 ICP를 기반으로 실제 환경에서 적용가능한 6D 포즈 추적 알고리즘을 제안하고자 한다. ICP만을 이용해 포즈 추적을 수행하는 것은 RGB 정보를 이용하지 못한다는 점, 두 프레임의 점군간 거리가 충분히 가까워야 한다는 점 등의 단점이 있는데 우리는 이러한 한계점들을 극복하기 위한 솔루션을 제안한다. 개발된 알고리즘은 딥러닝과 달리 별도의 장시간 학습을 필요로 하지 않으며 CAD모델만으로 실시간 추적이 가능하다. 제안된 알고리즘은 공개데이터셋을 이용해 실험하였을 시 다양한 환경에서 실시간성을 보장하며 높은 정확도를 보이는 것을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(sungon@hanyang.ac.kr)

가변 임피던스 메커니즘을 이용한 운반작업 보조 착용형 로봇

김남호[2,*], 박종훈[1], 신동준[1,#]

A wearable robot to assist with carrying-tasks using variable impedance mechanism

N. Kim[2,*], J. Park[1], D. Shin[1,#]

연세대학교 기계공학과[1], 중앙대학교 기계공학과[2]

Key Words : Wearable robot, Variable impedance, Layer jamming, Biomechanical analysis

산업 현장의 작업 보조를 위해 인체 근력을 증강시킬 수 있는 착용형 로봇에 대한 연구가 활발하다. 기존의 착용형 로봇들은 모터나 인공근육과 같은 능동형 구동기를 이용해서 인체에 추가적인 힘을 가해주는 방식을 사용한다. 그러한 능동형 구동기들의 경우, 더 큰 힘을 내기 위해서는 더 큰 크기나 무게를 요구하게 되므로, 사람이 로봇의 무게를 감당해야 하는 착용형 로봇에는 큰 보조 효과를 만들어내기 어려웠다. 반면, 레이어 재밍과 같은 가변 임피던스 메커니즘의 경우에는 매우 가벼운 무게와 얇은 두께로 큰 저항력을 만들어낼 수 있다. 본 연구에서는, 가볍고도 강한 보조력을 만들어낼 수 있는 가변 임피던스 메커니즘을 통해, 착용자의 근력을 보조해줄 수 있는 로봇을 개발하였다. 착용형 로봇은 다자유도 레이어 재밍 메커니즘을 활용하여, 인체 관절의 각 회전 방향에 대해 각기 다른 크기로 임피던스를 조절할 수 있다. 착용형 로봇을 통한 관절의 임피던스 가변은, 반복적인 근육 사용에 대해 근 피로를 저감할 수 있음을 실험적으로 확인하였다. 또한, 다관절을 활용하는 실제 산업 현장의 물품 운반 작업에 대해 각 관절에서 근전도 신호의 사용량이 유의하게 감소함을 확인하였다. 본 연구의 결과는 기존의 착용형 로봇과는 달리 가변 임피던스 메커니즘을 활용해서도 인체 근육을 보조해줄 수 있음을 보여준다. 이러한 결과는 착용형 로봇을 개발하려는 연구자들에게, 새로운 메커니즘을 활용할 수 있는 시각을 환기할 것으로 사료된다.

후기 This work was supported in part by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean government (MSIT) under Grant RS-2023-00208052, in part by the Ministry of Trade, Industry & Energy (Korea) under the Industrial Technology Innovation Program under Grant 20007058.

발표자*(ko7006@gmil.com), 교신저자#(dj.shin@yonsei.ac.kr)

산업용 로봇 관절을 위한 슬개골 기반의 동력 전달 메커니즘

이신영[2], 이동언[1,*], 신동준[1,#]

A patella-inspired linkage mechanism for industrial robotic joints

S. Lee[2], D. Lee[1,*], D. Shin[1,#]

연세대학교 기계공학과[1], 중앙대학교 기계공학과[2]

Key Words : Robot joint, Power amplification, Transmission mechanism, Human-robot collaboration

기술의 발전과 함께 산업현장에서 인간-로봇 협업(human-robot collaboration)을 위한 기술이 연구되고 있는 추세다. 기존의 공압 인공 근육, 스트링 꼬임 구동기술, 형상기억합금과 같은 소프트 구동기술들은 가벼운 무게와 구동기의 compliance로 인해 산업현장에서 안전성을 대폭 향상시켰다. 그러나 이러한 구동기술들은 대체로 비선형적 구동특성과 상대적으로 낮은 제어성능으로 인해 활용도가 제한되어 왔다. 따라서, 본 연구에서는 안전하지만 비선형적인 구동기술들의 성능을 효과적으로 증폭하기 위한 동력 전달 메커니즘을 제안하여 기존 구동기술들의 한계를 극복하고자 한다. 개발된 Patella-Inspired Linkage(PatLink) 메커니즘은 사람의 무릎뼈(슬개골)에 영감을 받은 디자인으로서 회전각도에 따라 모멘트암이 증가하여 로봇 관절의 출력 파워를 증폭시킬 수 있다. 구동기술 중 공압 인공 근육을 활용하여 해당 메커니즘을 검증한 결과 두가지 한계점을 극복할 수 있었다: 1) 상대적으로 짧은 구동 변위와 2) 변위에 따라 줄어드는 구동 힘. 그 결과, 기존의 원형 풀리를 동력 전달 메커니즘으로 활용한 로봇 관절에 비해 제안된 메커니즘기반의 로봇 관절은 동일 입력 조건에서 1) 구동범위 (range of motion) 증가 및 2) 전달 에너지 증가 효과를 얻었다. 또한, 기존의 소프트 구동기술들의 동력 효율을 높이기 위한 variable radius pulley(VRP)와 같은 구조 대비 더 넓은 구동범위와 동일 구동범위 구간내에서 큰 출력을 얻을 수 있다. 또한, VRP는 회전각도에 따라 반지름이 변하는 특성상 구동기에 각도 변위를 만들어 내는데 이는 효율 감소에 따라 출력이 저하하는 반면, 제안된 PatLink는 Linkage Joint를 통해 동력이 전달되어 높은 출력을 얻을 수 있다. 따라서 제안된 PatLink를 통해 기존 대비 폭넓은 산업 현장에서 안전한 사람-로봇 협업 환경을 구축할 수 있다.

후기 This work was funded by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean government (MSIT) under Grant RS-2023-00208052, and in part by the Industrial Technology Innovation Program under Grant 20007058, Development of safe and comfortable human augmentation hybrid robot suit funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*(du.lee9112@yonsei.ac.kr), 교신저자#(dj.shin@yonsei.ac.kr)

로봇 핸드 감각 재현을 위한 착용형 햅틱 글러브 개발

홍유나[1,*], 박승태[2,3], 강지훈[2,3], 신원석[3], 권순철[3], 안범모[2,3,#]

Development of wearable haptic glove design for precise end-effector location estimation

Y. N. Hong[1,*], S. Park[2,3], J. Kang[2,3], W. Shin[3], S. Kwon[3], B. Ahn[2,3,#]

인하대학교[1], 과학기술연합대학원대학교[2], 한국생산기술연구원[3]

Key Words : Wearable, Haptic glove, Robot hand

착용형 햅틱 글러브는 물체 조작 시 발생하는 촉각 또는 역각 정보를 사용자의 손가락에 전달하는 장치로서, 로봇의 원격 제어나 가상 현실에서의 몰입감 향상 등을 목적으로 꾸준히 개발되고 있다. 기존 연구들은 와이어나 초소형 모터 등을 이용하면서 힘의 최대 크기에 제한이 있거나, 손가락 원위 관절에 거는 고리 형태의 고정 장치를 사용함으로써 손가락 말단에서의 위치 정보를 측정하거나 역각 정보를 재현하는데 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해, 본 연구에서는 각 손가락에 대해 닫힌 형태의 고정 장치를 이용하고 4개의 각도 센서의 정보로부터 얻은 기구학 계산을 통해 네 손가락의 3차원 위치를 실시간으로 측정할 수 있는 글러브를 개발했다. 개발된 글러브는 각 손가락마다 1자유도의 최대 토크 0.9 Nm의 모터를 사용해 햅틱 피드백이 가능하고, 총 무게 350 g로 착용 시에 부담이 적다. 향후에는 인간의 손과 유사한 구조와 기능을 가진 로봇핸드의 말단부 정보와 개발된 글러브를 기반으로 인간과 로봇 사이 햅틱 피드백을 구현함으로써 보다 능숙하고 정교한 물체 파지 및 조작 작업이 가능하도록 할 수 있을 것이다. 또한 손 재활 시 활용 가능한 착용형 의료 재활 로봇에 적용할 수 있을 것이다.

후기 이 논문은 2024년도 한국연구재단의 '나노·소재기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음 (RS-2023-00282305)

발표자*, 교신저자#(bmahn@kitech.re.kr)

Double Cardan-Joint Mechanism을 응용한 인체 모방 로봇 하퇴 의지의 설계

안성진*, 김정엽#

Design of a biomimetic below-knee prosthesis with a double cardan-joint mechanism

S. J. Ahn*, J. Y. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Human, Below knee prosthesis, Biomimetic, Cardan-joint

본 논문에서는 증가하는 하퇴 절단 환자의 수와 이에 따른 하퇴 의지 수요의 증가에 따라 발가락 및 발목의 굴곡을 능동적으로 제어하는 로봇 하퇴 의지를 설계 및 개발하였다. 발목의 굴곡 조절을 위해 볼나사-너트를 Maxon 사의 EC 4-Poles 모터와 연결하여 선형 액츄에이터(Linear Actuator)를 구성하였다. 이를 통해 최대 배측 굴곡(Maximum Dorsi-Flexion) 약 15도, 최대 저측 굴곡(Maximum Plantar-Flexion) 약 25도의 가동 범위를 확보하였다. 발가락의 굴곡 조절을 위하여, 발목의 경우와 마찬가지로 볼나사-너트를 활용하였다. 발목 구동 시 회전하는 볼나사와 발가락 구동을 위한 볼나사를 Double Cardan Joint로 연결하여, 두 나사의 각 회전축에 대한 상대 각도의 변화에 상관없이 등속 동력 전달 메커니즘을 새롭게 설계하였다. 해당 메커니즘을 통해 발가락은 최대 저측 굴곡 약 60도를 확보하였다. 발바닥의 지면 적응 및 경사도 추정, 정강이의 절대 각도 추정을 위해 2개의 관성측정장치(Inertial Measurement Unit)을 사용하였다. 또 사용자의 하중 중심(Center of Pressure) 추정 및 Toe-Off, Heel Strike 상태 추정을 위해 발가락과 발뒤꿈치에 각각 힘 센서(Load Cell Sensor)를 1개씩 배치하였다. SolidWorks 프로그램을 이용하여 전체 기구를 설계하고 ANSYS 프로그램을 통해 보행 시 작용하는 하중을 적용하여 검증하였다. 본체는 AL 6061 T6과 AL 7075 T6를 가공하였고, 경량화와 제작의 용이성을 위해 3D 프린터를 활용하여 Onyx와 PLA 소재의 부품을 혼용하였다. 로봇 하퇴 의지의 동작 검증을 위하여 일반인의 건측 다리에 착용할 수 있는 실험용 소켓을 설계 및 제작하였다.

발표자*, 교신저자# (jyk@seoultech.ac.kr)

LSTM 기반 딥러닝을 이용한 4족 보행 로봇의 몸통 위치 상태 추정

하성민*, 김정엽#

State estimation of quadruped robot body position using LSTM-based deep learning

S. M. Ha*, J. Y. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Long short-term memory, State estimator, Deep learning

4족 보행 로봇의 상태 추정기는 로봇의 정확한 위치와 자세를 파악하는 데 필수적인 요소이다. 상태 추정기의 성능은 로봇의 안정성과 효율성을 크게 좌우하며, 따라서 고성능의 상태 추정기를 개발하는 것은 매우 중요하다. 전통적으로 사용되는 칼만 필터는 보행 로봇의 강력한 상태 추정 도구로, 선형 시스템에서 매우 효과적으로 작동한다. 그러나 비선형 시스템이나 복잡한 환경에서는 칼만 필터의 정확도가 저하된다. 비선형 시스템을 처리하기 위해 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter)나 무향 칼만 필터(Unscented Kalman Filter) 등이 개발되었으나, 이들 역시 근사화 과정에서 발생하는 오차와 계산 복잡도의 증가라는 문제를 완전히 해결하지는 못한다. 또한 보행 시 발의 스윙에 따라 발생하는 진동과 충격으로 IMU 센서 데이터에는 노이즈가 발생하게 되고, 이로 인해 수직 방향의 칼만필터 성능은 저하된다. 따라서 본 연구에서는 딥러닝을 이용하는 4족 보행 로봇의 수직 방향에 대한 상태 추정기를 개발하고, 칼만 필터의 단점을 극복하고자 하였다. 딥러닝 모델은 대규모 데이터를 통해 학습하여 비선형성과 복잡한 동역학을 효과적으로 처리할 수 있으며, 실시간으로 높은 정확도의 상태 추정을 가능하게 한다. 특히 본 연구에서는 시간 순서에 따른 데이터 처리에 강점을 가지는 딥러닝 모델인 LSTM을 사용하여 센서 데이터의 시간적 패턴을 효과적으로 학습할 수 있도록 하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 보행 로봇의 다양한 동작 시나리오에서 딥러닝 기반 상태 추정기의 성능을 평가하였다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 민군기술협력사업의 재원으로 민국협력진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : 21-CM-MU-01, 과제명: 선저 어망제거를 위한 수중 로봇 기술 개발)

발표자*, 교신저자# (jyk76@seoultech.ac.kr)

로봇 매니퓰레이터 작업 계획에서 대형 언어 모델의 적용

김명섭*, 박재한#

Task planning of robot manipulators using large language model

M. S. Kim*, J. H. Park#

한국생산기술연구원 인간중심로봇연구부문

Key Words : Task planning, Large language model, Robot manipulator

인공 일반 지능은 최근 다양한 연구자들에게 있어 이제 멀리 볼 문제가 아니라 앞으로 해결해야 할 문제로 다가왔다. 그 시기를 앞당긴 요인 중 하나가 대형 언어 모델의 발전이다. 대형 언어 모델의 발전은 이제 대중들에게도 가까워졌으며, 인공 일반 지능이 웹 기반 프로그램만이 아니라 로봇에게도 요구되고 있다. 당연하게도 대형 언어 모델과 로봇 조작의 융합 연구는 활발하게 진행되고 있으며, 로봇 지능 스스로 주어진 작업을 능동적으로 해결할 수 있도록 대형 언어 모델은 작업 환경을 판단하고 행동을 결정한다. 본 논문에서는 최근 제안된 대형 언어 모델의 로봇 매니퓰레이터 작업 문제에 적용 방법들에 대해 알아보고, 양팔 로봇 작업에서 알려진 대형 언어 모델을 적용하여 작업 계획을 수행하는 상위 제어기의 구현을 보이고자 한다. 대형 언어 모델과 로봇 매니퓰레이터의 융합에 있어 어려운 점 중 하나는 로봇의 실제 동작과 언어 모델의 명령 사이 괴리에 있다. 현재 대형 언어 모델들은 매우 많은 양의 텍스트와 이미지 데이터를 학습한 큰 규모의 모델이지만 로봇 모델과 그 동역학에 대한 정보는 갖고 있지 않아 로봇 명령을 직접적으로 생성할 수 없다. 또한 dexterous hand를 장착한 로봇의 미세한 조작의 경우 언어 모델의 명령은 부적절할 수 있다. 따라서 실제 로봇 작업을 대형 언어 모델과 함께 해결하기 위한 연구들은 로봇 작업과 명령을 분리하여 생각하거나 로봇 핸드의 파지점을 추가로 학습하거나 로봇 명령 출력을 통째로 추가 학습시키기도 하였다. 본 논문에서는 이러한 사례들을 정리하여 그 특징들을 살펴보고자 한다. 또한 양팔 로봇의 물체 조작 작업 계획 문제에서 대형 언어 모델을 활용할 수 있는 방안을 고안하여 실제 로봇에 적용하는 방식 또한 선보인다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '로봇산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1415185117)

발표자*, 교신저자#(hans1024@kitech.re.kr)

다이캐스팅 부품 3D CT 영상데이터 고해상도화 기술

김동응*,#, 김문조, 윤종필, 모찬빈, 원홍인, 이종현

High-resolution technology for 3D CT image data of die-casting parts

D. E. Kim*,#, M. J. Kim, J. P. Yoon, C. B. Mo, H. I. Won, J. H. Lee

한국생산기술연구원

Key Words : Die-casting, Computed tomography, High-resolution

산업용 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT) 장비는 산업 현장에서 사용되는 고성능 비파괴 검사 장비 중 하나로, 제품의 내부 구조를 높은 해상도로 파악하기 위해 사용된다. 산업용 CT 장비는 크게 X-선 발생장치, 샘플 테이블, X선 디텍터, 컴퓨터 및 소프트웨어로 구성되는데, 측정 대상물의 내부 구조를 레이어 형태로 촬영하여 층을 쌓아 올려 3D 볼륨데이터를 구성하여 분석을 진행하며, 이를 위해 소프트웨어적으로도 고도의 이미지 처리 기술이 필요하다. 최근에는 인공지능 기술의 발전으로, 산업용 컴퓨터 단층촬영 장비에서도 딥러닝 등의 기술을 활용한 분석이 도입되고 있다. 이를 통해 보다 효율적이고 정확한 검사 및 진단이 가능해지고 있어 제품의 신뢰성 향상과 제조 공정 스마트화에 큰 역할을 하고 있다. 다이캐스팅 제품 내부 결함 판독의 정확성과 효율성을 높이고, CT 장비로 측정된 제품 이미지 해상도를 향상시키기 위해 인공지능 학습 및 분석 기술이 활용될 수 있다. 이를 통해 기구축 CT 장비의 효율을 높이고, 제조현장에서 품질 검사량 확대 이슈에도 대응할 수 있다. 본 발표에서는 산업용 CT 장비의 작동 원리와 딥러닝 모델을 활용한 다이캐스팅 부품 3D CT 영상데이터 고해상도화 기술을 소개하고자 한다.

후기 이 논문은 2024년도 기획재정부의 '중소중견기업생산기술실용화및기술지원(제조혁신지원사업)'의 지원을 받아 연구되었음 (No. JH240009)

발표자*, 교신저자#(canon@kitech.re.kr)

CAD 이미지와 격자점을 활용한 재단 직후 원단 조각 인식 자동화 시스템

성은영[1,2,*], 이혜진[1], 원찬희[1,#]

An automated system for recognizing fabric pieces after cutting using CAD images and grid points

E. Y. Seong[1,2,*], H. J. Lee[1], C. H. Won[1,#]

한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문[1], 한양대학교 기계설계공학부[2]

Key Words : Robotics and automation, Vision system, Outline recognition

최근 섬유 산업에서 자동화 요구가 증가함에 따라, 로봇 및 비전 시스템의 적용 필요성이 더욱 부각되고 있습니다. 그러나 섬유 소재의 유연성과 빛 반사 문제 등으로 인해 외각선 인식 오류가 발생하여 자동화 구현이 어려워졌습니다. 본 연구에서는 그리핑 지점을 선정하기 위하여 재단 직후 원단 조각의 인식되지 않은 윤곽선을 연결하여 원단조각을 인식하는 데 도움을 주는 머신 비전 시스템을 개발했습니다. 이를 위해 CAD 이미지를 활용하여 빛 반사 등으로 인한 노이즈를 제거했습니다. 또한, 원단 조각의 형상을 고려하여 CAD 이미지 외각선 영역을 확장하여 격자점을 형성하고, 이를 통해 인식되지 않은 절단 윤곽선을 연결하는 방법을 제안했습니다. 인식된 원단 조각에 대하여 질량 중심 기반 파지점을 계산하는 보조 시스템도 개발하여 현장 로봇 시스템에 적용했습니다. 실험 결과, 절단 윤곽 인식과 파지점 판단의 정확성과 속도가 향상되었습니다. 개발된 자동화 시스템은 섬유 산업의 자동화에 새로운 가능성을 제시하며, 해당 분야의 기술 발전에 기여할 것으로 기대됩니다.

후기 이 논문은 2024년도 한국생산기술연구원의 연구 프로젝트의 지원을 받아 연구되었음.(KITECH, EH-24-0002)

발표자*, 교신저자#(chan2@kitech.re.kr)

다중 가공 조건에서의 공구 잔여 수명 예측을 위한 연속학습 방법론 개발

김경호[1,*], 강윤석[2], 양상민[2], 최재경[1], 황가현[1], 김주현[1], 천지연[1], 임찬성[1], 박형욱[2], 임성훈[1,3,4,#]

Fisher-informed continual learning for remaining useful life prediction of machining tools under varying operating conditions

G Kim[1,*], Y. S. Kang[2], S. M. Yang[2], J. G. Choi[1], G. Hwang[1], J. Kim[1], J. Cheon[1], I. Lim[1], H. W. Park[2], S. Lim[1,3,4,#]

울산과학기술원 산업공학과[1], 울산과학기술원 기계공학과[2], 울산과학기술원 인공지능대학원[3], 울산과학기술원 산업지능화연구소[4]

Key Words : Continual learning, Deep learning, Machining tools, Prognostics and health management, Remaining useful life, Varying operating conditions

Accurate prediction of remaining useful life (RUL) of equipment is an essential task in manufacturing. It not only helps prevent unexpected failures but also enables maximal utilization of available life of equipment, thus improving process efficiency. In practice, however, the use of multiple operating conditions that vary by time impedes efficient RUL prediction. Unlike conventional supervised learning setups, varying operating conditions generate heterogeneous data with time-varying generating distributions. Thus, existing approaches cannot be effectively applied due to increasing modeling and memory costs. One of the domains that suffer from this issue is machining, where RUL prediction of cutting tools is crucial for productivity. Considering realistic circumstances with varying operating conditions, this work proposes a method named Fisher-informed continual learning (FICL), which enables efficient tool RUL prediction that adaptively learns as conditions change without storing previous data and models. FICL uses Fisher information to improve generalization via sharpness-aware minimization and transfer knowledge between conditions through structural regularization. Experiments using datasets from real-world machining processes under five distinct operating conditions prove FICL's efficacy, indicating its superior prediction performance to existing methods for all operating conditions. Particularly, FICL manifests the least catastrophic forgetting, implying it effectively retains informative knowledge from varying operating conditions.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) [grant number RS-2024-00335260]; the Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) [grant number RS-2020-II201336]; the Advanced Technology Center Plus (ATC+) Program grant funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) of Korea [grant number 20017932]; and UIRP (Undergraduate Interdisciplinary Research Project) of UNIST.

발표자*, 교신저자#(sunghoonlim@unist.ac.kr)

친환경 자동차 부품 개발에 따른 탄소배출량 예측 방법론에 관한 연구

장명진*, 문덕영#

A study on the methodology for predicting carbon emissions in the development of green mobility parts

M. J. Jang*, D. Y. Moon#

한국공학대학교 나노반도체공학과

Key Words : Carbon neutrality, Manufacturing companies, Net-zero, Green technology, Green mobility

제조기업은 다른 산업분야에 비해 상대적으로 높은 수준의 온실가스 배출과 에너지 소비 경향을 나타낸다. 배출량 증가는 주로 생산 과정에서 발생하며, 기존의 공정 및 기술에서 기인한다. 예를 들어, 화석연료를 주로 사용하는 공정에서의 에너지 소비, 고온, 고압 환경에서의 가공 작업 등은 주요한 원인으로 작용한다. 또한, 제조업은 원자재의 가공 및 부품 제조 등의 활동으로 인해 에너지 소비가 높은 편이다. 제조기업이 탄소중립을 실현하는 것은 매우 중요하며, 제조업에서의 탄소중립 실현은 지구온난화, 기후변화와 같은 심각한 환경문제에 대응하고, 지속 가능한 발전을 위한 필수적인 조치이다. 따라서, 본 연구는 국내 제조기업의 탄소중립 전략 수립과 에너지 효율적인 재료 및 제작 공정 도입의 중요성을 강조하며, ISO 국제 표준을 고려한 구체적인 방안을 제시한다. 친환경 자동차의 인버터용 방열 모듈을 사례로 하여, 기존 알루미늄 하우징에서 저탄소 물질이자 높은 내열성 및 연료투과 차단성을 가진 PA9T로의 재료 변경, 레이저 용접에서 핫 가스 및 레이저 융착 기술로의 공정 변화를 통해 탄소 배출 감소량을 분석한다. IPCC 배출 계수를 활용한 계산을 통해 공정별 에너지 사용량과 탄소 배출량을 측정하고, 에너지 절감 포인트를 도출하여 향후 제조 공정의 개선 방향을 제시한다. 결과적으로, 본 연구를 통해 도출된 결과는 국내 제조업체들이 지속 가능한 운영을 위해 탄소중립을 달성하는 데 도움이 될 것으로 전망된다. 에너지 효율성과 친환경 기술의 적극적인 도입은 기업의 경쟁력을 강화하는 동시에 환경보호에 긍정적인 영향을 미칠 것이며, 이러한 전략적인 접근은 제조업체들이 환경규제에 대응하고 지속 가능한 경영모델을 구축하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 연구임(DX기반 탄소공급망 환경 전문인력 양성)

발표자*, 교신저자#(mdy881203@tukorea.ac.kr)

소프트로봇 필름 및 강화학습 기반 제어

주훈표[1], 이종호[2,#,*]

Soft robotic films and their control based on reinforcement learning

H. Ju[1], J. Lee[2,#,*]

ETRI [1], GIST[2]

Key Words : Soft robot, Flexible, RL control

Mechanical flexibility introduced in functional electronic devices has allowed electronics to avoid mechanical breakage, conform to nonplanar surfaces, or attach to deformable surfaces, leading to greatly expanded applications, and some research efforts have already led to commercialization. However, most of these devices are passively bendable by external driving forces. Actively bendable soft robotic thin films can be applied to new fields with new functionalities. Here, we present actively self-bendable soft robotic films that can serve as a platform for flexible electronics and other applications with the capability of reversible bending and unbending by electrical control. We also present a class of reinforcement learning based control frameworks for soft robots with high degrees of freedom and demonstrate their ability to conduct global tasks. Coordinated control policies are formulated to control multiple segments with independently controllable embedded actuators, based on localized proprioceptive self-sensing capabilities.

후기 이 논문은 GIST-MIT 공동연구 사업의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(jong@gist.ac.kr)

레이저 연쇄 열분해를 이용한 투명 엘라스토머 정밀 가공 기수

신재호*,#

Successive laser pyrolysis for precise and rapid patterning of transparent elastomer

J. Shin*,#

한국과학기술연구원 생체분자인식연구센터

Key Words : Laser direct processing, Polydimethylsiloxane (PDMS), Micro physiology system

Soft-lithography를 통한 손쉬운 조형법과 더불어, 적외선과 가시광선을 아우르는 넓은 대역에서의 탁월한 광학 투과성은 Polydimethylsiloxane (PDMS)가 생명과학, 의공학, 생체공학 등 다양한 연구 분야에서 가장 각광받는 물질 중 하나로 자리잡는데 기여하였다. 하지만 동시에 이러한 광학적 투과성은 레이저를 이용한 PDMS의 직접 가공법 개발의 가장 큰 난점으로 작용하기도 한다. 기존 Replication Molding (REM)에 기반한 Soft-lithography 공정과 비교할 때, 레이저를 이용한 PDMS의 직접 가공법은 비용과 시간이 많이 소모되는 마스크 또는 Mold 제작을 필요로 하지 않아, 1) 연구개발 단계에서의 형상 최적화 (Topological Optimization) 활동, 2) Minimum Throughput Manufacturing, 및 3) 고 종횡비(High Aspect-ratio) 패터닝 등에서 뚜렷한 경쟁력을 보유한다. 따라서 레이저를 이용한 PDMS의 직접 조형 방법에는 충분한 학술적 소요가 있어 왔으며, 따라서 광학적 투과도에 의한 근원적인 한계를 해소하고자 하는 다양한 공학적 시도들이 있어왔다. 본 연구에서는 '한 붓 그리기'의 간단한 원리에 착안하여 기존의 시도들이 도달하지 못한 수준의 가공 품질과 가공 자유도를 구현한 PDMS 레이저 직접 가공법, 레이저 연쇄 열분해 법(Successive Laser Pyrolysis)을 보고한다. 단순한 원리에 기반하여 정교한 공정 기술이 개발되는 과정에서, 그 유효성이 다양한 PDMS 기반 Micro Physiology System (MPS) 제작을 통해 검증되었다. 이는 곧바로 본 연구의 결과가 유관 산업계, 이를테면 제약, 생활과학, 의료기기 산업계에서 다양한 형태로 발전 응용될 수 있음을 시사한다. 연구에서는 마지막으로 레이저 기반 PDMS 또는 유사 엘라스토머의 쾌속·직접 가공법의 잠재적 응용 발전 가능 영역을 몇 가지 예시를 통해 조망하여 본다.

발표자*, 교신저자#(jaeho.shin@kist.re.kr)

레이저 유도 기술을 이용한 순수 전도성 고분자 하이드로겔의 습윤 안정성 및 접착 연구

안지용*, 원대연, 고승환#

Wet stability and adhesion of pure conducting polymer hydrogels induced by laser process

J. Y. Ahn*, D. Y. Won, S. H. Ko#

서울대학교 기계공학부

Key Words : Laser-induced phase separation, Conductive hydrogels, Wet adhesion

전도성 하이드로겔은 생체 조직과의 인터페이스 전극으로 사용할 수 있으며, 이는 기계적 특성과 전기적 전도성이 유사하여 생리학적 환경에서 탁월한 성능을 발휘한다. 그러나 습한 환경에서 내구성과 신뢰성이 부족한 문제점이 있다.

본 연구에서는 레이저 유도 상 분리 및 인터페이스 구조를 사용하여 다양한 기질에 부착할 수 있는 고안정성 전도성 하이드로겔을 제작하는 방법을 제시한다. 이 방법을 통해 전도성 고분자는 습윤 전도도가 101.4 S/cm에 이르는 전도성 하이드로겔로 선택적으로 변환될 수 있으며, 5 m까지의 공간 해상도로 패턴화 될 수 있음을 확인하였다. 전도성 하이드로겔은 초음파 세척 1시간 후와 물에 저장한 지 8개월 후에도 전기화학적 특성을 유지하는 높은 견고성을 보여주었으며, 습윤 조건에서 64.4 N/m의 박리 강도와 62.1 kPa의 겹침 전단 강도를 보였다. 본 연구에서는 전도성 하이드로겔을 사용하여 쥐의 뇌와 심장에서 3주 동안 안정적으로 전기생리학적 신호를 기록할 수 있는 미세전극 배열을 제작했다. 또한, 레이저 유도를 통해 미세 전극 패턴을 고해상도로 구현할 수 있었으며, 이를 통해 전도성 하이드로겔의 내구성과 전도성을 극대화하였다. 이러한 하이드로겔 전극은 내구성이 뛰어나 초음파 세척을 통해 재사용 또한 가능함을 확인하였다.

본 연구는 생체 조직과의 소프트 인터페이스를 위한 전자기기 응용에 중요한 기여를 할 것으로 기대된다. 특히, 장기적인 신경 기록과 심장 모니터링 등 지속적인 생체 신호 감지가 필요한 분야에서 큰 잠재력을 가지고 있다.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant (NRF-2021R1A2B5B03001691).

발표자*(ahnzyong93@snu.ac.kr), 교신저자#(maxko@snu.ac.kr)

Laser 전공정 기반 신속한 전도성 hydrogel patterning 기술

이학범*, 원대연, 고승환#

Total laser process based fast conductive hydrogel bioelectronics patterning

H. B. Lee*, D. Y. Won, S. H. Ko#

서울대학교 기계공학부

Key Words : Rapid prototyping, Bioelectronics, Laser process, PEDOT:PSS hydrogel, Mesh electrode

생체 삽입형 전자기기를 통해 안정적인 생체 신호 기록을 위해서는 크기와 모양에 대한 적절한 최적 설계가 필수적이다. 지난 기간 많은 연구자들이 체내 생체 전자기기를 제작하기 위해 기존의 photo-lithography 공정에 의존해 왔고, 그에 따라 다양한 크기와 모양의 대상 기관에 대한 형상 최적화를 위해 높은 비용과 복잡한 공정 설계가 필요했다.

본 연구에서는 맞춤형 생체 삽입형 전자기기를 제작하기 위해, 단일 레이저 공정을 사용하는 신속한 prototyping 기술을 개발했다. PEDOT:PSS는 자외선(UV) 펄스 레이저에 의해 선택적으로 조사되어 생체 조직과 soft한 상호 작용할 수 있는 안정적인 conductive hydrogel을 형성한다. Encapsulation layer는 동일한 레이저 공정으로 UV-curing polymer network를 형성하며 선택적으로 patterning 되었고, mesh 구조는 선택적인 레이저 절단 공정을 통해 수행됨으로써 높은 신축성 (over 100%)을 갖도록 설계하였다.

본 rapid prototyping 전략은 electrode, encapsulation 및 substrate 제작 공정을 단일레이저 공정만으로 진행함으로써 photo-mask 등의 사용을 필수로 하는 고가 광학 장비의 사용을 최소화할 수 있다. 본 기술은 1 cm2 면적의 stretchable 마이크로 전극 array를 10분 미만의 시간에 제작 가능하다. 본 기술은 low impedance를 갖는 최적의 stretchable 마이크로 전극 array를 제작하였으며(1kHz에서 약 1.1 kHz), 다양한 건강 상태의 쥐 심장 signal을 효과적으로 기록하였다

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) (grant number 2021R1A2B5B03001691, 2021M3H4A1A02050237) and grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00210807).

발표자*(lhb9697@snu.ac.kr), 교신저자#(maxko@snu.ac.kr)

레이저 유도 광열 효과를 이용한 신축성 다층 전자회로의 엘라스토머 패터닝 및 적층 공정

전호정*,#

Elastomer patterning and stacking process for stretchable multilayer electronic circuit based on laser-induced photo-thermal effect

H. Jeon*,#

한국과학기술연구원 생체재료연구센터, 고려대학교 KU-KIST 융합대학원

Key Words : Photo-thermal lithography, Laser fabrication, Stretchable electronics, Nanocomposites, Multilayer electronic circuit

Photothermal lithography is a new technique for fabricating intrinsically stretchable multilayer electronic circuits entirely composed of elastomeric matrices. Traditional photolithography struggles with the opacity of thick stretchable nanocomposite conductors, impeding their use in such applications. This study introduces photothermal lithography, utilizing pulsed lasers to pattern elastomeric conductors and create via holes. The resulting stretchable nanocomposite conductor shows three times higher conductivity (5940 S cm^−1) and five orders of magnitude lower resistance change (R/R0 = 40) under 30% strain after 5000 cycles, compared to screen-printed conductors. This is attributed to a unique percolation network formed by spatial heating of the laser. Additionally, stretchable via holes with 50 μm resolution can be created without material ablation or degradation. This method allows for seamless stacking of highly conductive and durable multilayer circuits. Demonstrations include a stretchable wireless pressure sensor and a passive matrix LED array, underscoring the potential for durable, high-density, multifunctional stretchable electronic circuits.

발표자*, 교신저자#(jeonhj@kist.re.kr)

패턴화 액체 금속으로 여는 신축성 전자기기의 혁신

최규호*, 김민우, 고승환#

Innovation in flexible electronics with patterned liquid metal

G. H. Choi*, K. M. Kim[1] S. H. Ko#

서울대학교 기계공학부

Key Words : Liquid metal, Flexible electronics

액체 금속은 상온에서 액체 상태를 유지하는 특성 때문에 플렉시블 전도성 소재로 주목받고 있습니다. 그러나 이런 장점을 상용 PCB기판이나 미세 채널에 적용하기엔 어려워 다양한 산업군에서 사용됨에 어려움이 있었습니다. 이러한 한계를 극복하기 위해 저희 연구진은 FS-GaIn이라는 원하는 형태로 패턴화할 수 있는 액체 금속 박막 전도체를 개발했습니다. FS-GaIn은 금속 나노와이어를 액체 금속에 도입하고 직접 패턴화된 형태를 선택적으로 레이저 가공하고 에칭하여 얻었습니다. FS-GaIn은 상용 기판 없이도 굴곡진 표면에 직접 사용할 수 있습니다. 전기 회로로 사용할 때도 FS-GaIn은 높은 전기 전도성, 신축성 및 안정성을 보여줍니다. FS-GaIn은 기존의 상용기판에서 사용하는 신축성 박막 전도체보다 여러 가지 장점을 가지고 있습니다. 이러한 특징은 회로의 즉각적인 수정 및 수리를 가능하게 하며, 기판과의 안정적인 접촉을 가능하게 합니다. 또한, FS-GaIn은 낮은 온도에서 패터닝 마스크 없이 빠르게 제작할 수 있어 원하는 패턴을 쉽게 만들 수 있습니다. 이러한 특성은 회로 수정, 3D 표면에 부착 및 제한된 환경에서의 회로 설치 등등 다양한 응용 분야에 적용될 수 있음을 시사합니다. 액체 금속 기술의 발전은 차세대 신축성 전자 기기의 가능성을 열어줄 것으로 기대됩니다.

발표자*, 교신저자#(maxko@snu.ac.kr)

레이저 기반 액체금속 및 나노와이어 부착 및 응용

박희재*, 조철민, 신우섭, 고승환#

Laser-based liquid metal and nanowire attachment and applications

H. J. Park*, C. M. Cho, W. S. Shin, S. H. Ko#

서울대학교 기계공학부

Key Words : Laser, Liquid metal, Nanowire

액체 금속은 기계적 적합성이 뛰어나 신축성 있는 전자기기와 웨어러블 장치에 적합합니다. 그러나 액체 금속은 기하학적 변형에 따른 저항 변화와 기판과의 접착력이 떨어져 회로 패터닝에 어려움이 있습니다. 이러한 단점으로 인해 배선으로써 액체 금속만을 사용하는 것은 제한적입니다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 레이저 광열 반응과 호환성이 높은 재료와의 혼합을 통해 신축성 있는 전극을 패턴화하고 프로그래밍된 변형-저항 특성을 제어할 수 있는 기술이 개발되었습니다. 갈륨-인듐 합금(EGaIn)과 은 나노와이어 (AgNW) 재료를 사용하여 레이저 광열 반응을 통해 재료 간의 얽힘을 제어하는 액체 금속 기반 전극을 개발했습니다. 이러한 재료와 공정을 통해 이중 금속 복합체 (BMC)는 신축성 있는 기판에 균일하고 내구성 있는 패턴을 형성할 수 있습니다. 레이저 유도 광열 반응은 BMC 층과 기판 사이의 접착력을 촉진하며 레이저 조건에 따라 형상을 제어할 수 있습니다. 얽힘 정도를 조절함으로써 전도성과 게이지 팩터를 조절할 수 있으며, 전극은 변형에 따른 저항 변화를 최소화할 수 있습니다. 이 연구에서 개발된 재료와 단일 공정을 통해 복잡한 신축성 회로를 신속하게 생성하는 새로운 기술을 소개하였으며, 이는 앞으로 신축성 전극 기술에 응용될 경우 다양한 활용 가능성을 지니고 있습니다.

발표자*, 교신저자# (maxko@snu.ac.kr)

분자 각인 기술에 있어서 친환경 용매의 활용과 추출 및 크로마토그래피 분리에의 응용

마완완*, 박진호#, 이준철, 이동목

Utilization of eco-friendly solvents in molecular imprinting technology and their application in extraction and chromatographic separation

W. Ma*, J. H. Park#, J. C. Lee, D. M. Lee

한국생산기술연구원

Key Words : Molecularly imprinted polymers, Ionic liquids, Deep eutectic solvents, Solid phase extraction, Chromatographic separation

Molecular imprinting technology (MIT) uses a target molecule as a template to create polymers that match it in structure and binding sites, known as molecularly imprinted polymers (MIPs). MIPs are valued for their high affinity, selectivity, anti-interference, stability, and durability, making MIT a hot topic in solid-phase extraction and chromatographic separation. However, issues such as template elution difficulty, low binding capacity, slow mass transfer, and harmful solvent residues persist. To address these challenges, eco-friendly solvents like ionic liquids (ILs) and deep eutectic solvents (DESs) are introduced. These green solvents, with properties like low viscosity, thermal stability, and favorable solvating capabilities, are suitable for various MIT processes.

This study integrates MIT with ILs and DESs for solid-phase extraction and chromatographic separation. ILs and DESs were utilized as solvents, porogens, functional monomers, and crosslinkers in MIP preparation. Eco-friendly solvent-based MIPs were packed into SPE cartridges for detecting levofloxacin and ciprofloxacin in human urine, achieving high recovery rates. Furthermore, a type of green solvent-based MIP monolithic chromatographic column was prepared and successfully applied to separate proteins such as lysozyme (Lyz) and bovine serum albumin (BSA). These results highlight the potential of eco-friendly solvents in enhancing the efficiency and sustainability of MIT applications.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '제약 공정용 액체 크로마토그래피 정제 시스템 개발' 과제의 지원을 받아 연구되었음(No. 20018549)

발표자*, 교신저자#(jeanho@kitech.re.kr)

주형 고분자 바인더의 고온연소와 주형 열팽창계수의 상관관계

이병준*, 조인성, 곽시영#

Correlation between polymer binder combustion and thermal expansion coefficient in the sand mold

B. J. Lee*, S. Y. Kwak#

한국생산기술연구원

Key Words : Polymer binder, Gas evalution, Sand mold, Casting process

주물사 바인더는 일종의 고분자 화합물로 주조시의 고온에 의해 연소하면서 가스가 발생하고 이러한 가스로 인하여 주조 제품 내 가스 결함이 발생하므로 가스발생을 주조공정에서 정성적이고 정량적으로 분석하는 것은 건전한 주조제품의 생산에 중요한 기술이다. 기존에는 화학적으로 고분자인 바인더의 연소에 의한 가스발생을 열분석기/질량분석기/가스분석기를 활용하여 정량적으로 분석하였다. 본 연구에서는 온도별 가스 연소 현상과 동일 온도대의 열팽창 계수실험의 결과 비교 분석을 통해 주형의 강도 및 붕괴현상 등 물리적 거동을 연구하였다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 '최대 노출온도 1350℃인 철광플랜트 소결광대차의 적층제조특화설계 주형을 활용한 핵심부품 주조 및 모듈화 제조기술 개발'의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(vlvwlw@kitech.re.kr)

로봇-장비 D.N.A 기술을 통한 의료기기 스텐트 제조공정 표준화

이동목*,#, 고정우

Standardization of the stent manufacturing process of medical device stent using robot-equipment D.N.A. technology

D. M. Lee*,#, J. W. Ko

한국생산기술연구원

Key Words : Cell culture Manufacturing process, Industrial robot, Equipment, DNA, Smart factory

1. 서 론

의료산업은 4차 산업혁명에서 가장 주목받는 분야 중 하나로서 4차 산업혁명 시대 특징들이 결집된 기술들이 의료산업에 적용될 경우 효율성이 증대될 것이라고 보고 있다(1). 이와 더불어 세계경제포럼에서도 빅데이터 분석, 디지털 기술 및 AI와 같은 데이터 과학의 급증은 보건과 의학에 획기적인 영향을 미칠 것이라고 전망한 바 있다(2).

인체내 혈관 또는 비혈관 내강이 암이나 종양등에 의하여 폐쇄되거나 협착이 발생했을 경우, 좁아지거나 막힌 내강의 개통을 목적으로 설치되어지는 의료기의 총칭을 스텐트라고 한다. 스텐트는 적용부위에 따라 혈관용과 비혈관용스텐트로 구분되고, 아직까지는 품질 관리 및 생산규모 증대 등에 대한 해결해야 할 점이 남아 있다. 특히 제조 및 품질 관리는 수작업에 의해 실행되는 경우가 많아 제조과정 시 발생할 수 있는 human error의 감소 및 작업자에 의존하지 않는 높은 재현성이 요구된다(2). 또한, 인구 고령화로 인한 숙련 노동자의 부족, 수요자 요구의 다변화, 기계학습, 빅데이터, 모바일 등에 의한 산업 주체의 변경을 겪고 있다. 이러한 다양한 상황에서 제조 경쟁력을 유지하기 위한 방법으로 설치 비용과 시간의 절감, 생산성의 지속 향상이 요청되고 있으며, 이를 위한 방안으로 초 연결 로봇 생산 시스템, 인간과의 협동로봇 및 경험을 활용한 디지털 트윈 기술들이 개발되고 있다(3). 로봇-장비 Date-Network-Artificial intelligence(DNA) 제조 표준공정 모델 개발을 통해 시스템 구축 기간을 단축시켜 시스템 단가를 낮출 수 있으며, 신뢰성이 확보된 표준공정모델을 적용함으로써 시스템 유지보수 비용 절감될 수 있다. 본 연구는 스텐트 제조공정에서 장비-로봇 DNA 기술을 활용한 표준공정모델 개발하고 제조로봇 확산 및 시장 확대, 제조기술 경쟁력을 강화하는데 기여하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 스텐트 제조공정 중 장비-로봇 활용 디지털 전환이 시급하고 도입 효과성이 뛰어난 주요 공정을 선정하고 수작업 공정을 분석하여 공정별, 자동화 수준별 공정의 모듈화/패키지화/표준화를 통해 로봇의 활용도를 극대화하기 위한 로봇-장비 활용 표준공정 모델을 개발하였다.

3. 연구 결과

스텐트 제조에서 로봇-장비 DNA 공정모델로 홀 가공, 핀 본딩/삽입 / 절단, 소재 금형 클램핑 공급/배출, 데이터 관리의 디지털전환 표준공정모델 개발(Fig. 1)을 통해, 기존 스텐트 제작 수요기업들이 수작업 공정에서 로봇-장비 자동화 공정으로 변모하는 계기를 마련하였으며, 이에 따라 자동화(수동 핀 삽입 → 자동 핀 삽입), 생산성 (32개/일/인 → 66개/일/인) 지능화(세포 현미경 육안분석 → 비전인식/지능화/원격분석) 등 경제적 성과를 달성하는데 기여하였다.

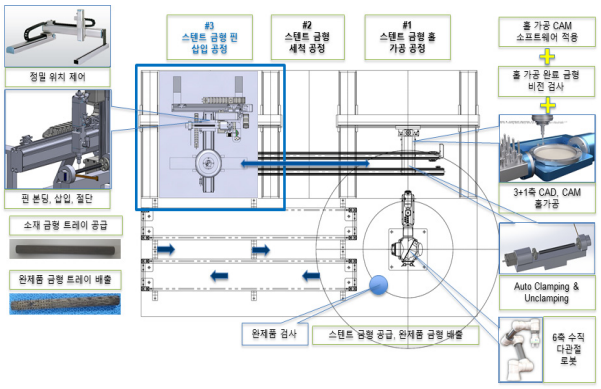


Fig. 1 Cell culture process applied robot-equipment standard process model test bed(2D, 3D) drawing

4. 결 론

본 논문은 스텐트 생산/제조공정 분야에서 미니 스텐트 지그(금형) 공급, 지그 정위치 고정(클램핑), 미니 스텐트 지그 홀 가공, 가공 완료 후 세척, 지그 핀 삽입 (본딩, 절단) 등의 공정에서 로봇이 그리퍼를 이용하여 미니 스텐트 지그를 핸들링 하여 공급, 배출하며, GMP 시설에서 운영이 적합한 방수, 방진 및 멸균 가능한 바이오메디컬 로봇과 지그 제작을 위한 자동화 시스템으로 구성하여 완전 무인 자동화를 구현로봇-장비 자동화를 통해 생산성과 효율성을 분석하였다. 스텐트 시장은 제조공정에서 생산성을 향상, 안정된 고품질 확보, 원가 절감 및 근로 환경을 개선할 것으로 사료된다.

후 기

산업통상자원부 한국산업기술평가관리원 로봇산업기술개발사업(20018394)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자분들께 감사의 마음을 전합니다.

참 고 문 헌

(1) Korea Trade-Investment Promotion Agency(KOTRA). Available online: http://news. kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=159504.

(2) World Economic Forum. Health and healthcare in the fourth industrial revolution: global future council on the future of health and healthcare 2016-2018. 2019.

(3) S. H. Ji , 2017, The 4th Industrial Revolution and Technology Trends of Manufacturing Robots, Journal of Korea Multimedia Society, Vol 21 No 4, pp.9-14.

발표자*, 교신저자#

CHO 세포 배양에서의 데그론에 따른 생산성 향상에 대한 연구

이준철[1,*,#], 고영훈[2], 박진호[1], 김수민[1,3], 박소정[1], 이주민[1,3]

Study on productivity enhancement by degrons on CHO cell culture

J. C. Lee[1,*,#], Y. H. Ko[1], J. H. Park[1], S. M. Kim[1,3], S. J. Park[1], J. M. Lee[1,3]

한국생산기술연구원[1], (주)마이크로디지탈[2], 인하대학교[3]

Key Words : Animal cell culture, Cell line development, Degron, Productivity, Amplification, CHO cell

Animal cell is a technique used in the production of therapeutic proteins, antibodies, and pharmaceuticals. Currently, there is a growing demand for recombinant protein therapies produced in mammalian cells in the biopharmaceutical market. Among them, Chinese hamster ovary (CHO) cells are widely used as the primary cell line for the commercial production of therapeutic proteins. CHO cells can be cultured in suspension, making them ideal for mass production of recombinant proteins. They also have well-established technology for efficient gene amplification systems and the selection of high-expression cell lines.

This study focuses on developing a gene amplification-based expression system using Chinese hamster ovary (CHO) cells to enhance recombinant protein production. We constructed vectors containing heat-inducible genes and various degron sequences (UbR, UbK, UbS) fused to the nutrient marker gene DHFR. The constructed vectors were transfected into CHO-DG44 cells, followed by clone selection and production amplification using G418 and MTX. This novel system demonstrated higher degradation capacity and efficiency, leading to the establishment of high-yield cell lines. Our findings contribute to more efficient production methods for biopharmaceuticals

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '제약 공정용 액체 크로마토그래피 정제 시스템 개발' 과제의 지원을 받아 연구되었음(No. 20018549)

발표자*, 교신저자#(jclee@kitech.re.kr)

실험계획법을 이용한 CHO 세포배양에서의 화학적 정의 배지 최적화

이주민[1,2,*], 김수민[1,2], 박소정[1], 박진호[1], 전태준[2], 이준철[1,#]

Optimization of chemically defined media in CHO cell culture using design of experiments

J. M. Lee[1,2,*], S. M. Kim[1,2], S. J. Park[1], J. H. Park[1], T. J. Jeon[2], J. C. Lee[1,#]

한국생산기술연구원[1], 인하대학교[2]

Key Words : Animal cell culture, Chemically defined media(CDM), Design of experment(DoE), CHO cell

Recombinant therapeutic proteins produced in CHO cells represent a major class of biopharmaceuticals. The reason for this wide use of CHO cells is mainly their ability to perform post-translational modifications and correctly fold recombinant proteins, as well as their proven track record of being safe hosts.

To produce high recombinant protein yields in CHO cells, media development is an integral step for this optimal growth environment for cells and a fundamental part in the design of upstream cell culture processes. Additionally, many industrial-scale production techniques now use Chemically Defined Media (CDM) to facilitate downstream processing and reduce the risk of adventitious infectious agents and contaminants.

This study focuses on developing the CDM for recombinant CHO cells using Design of Experiments (DoE) regarding Peak Viable Cell Density (PVCD) and production. Identify the impact of vitamins and lipids, polyamines, nucleosides, Pluronic F68 were selected using Plackett-Burman Design (PBD). Subsequently, a Fractional Factorial Design (FFD) and Central Composite Design (CCD) were used to identify optimal levels and interaction among effective groups of medium components. Our findings contribute to more efficient way for optimizing the effective fomulation to develop CDM in CHO cells.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '제약 공정용 액체 크로마토그래피 정제 시스템 개발' 과제의 지원을 받아 연구되었음(No. 20018549)

발표자*, 교신저자#(jclee@kitech.re.kr)

대면적 가공을 위한 저전력 ECR 플라즈마 이온원 개발

송규*, 윤찬녕, 박형주, 박정남, 장동영#

Development of a low-power ECR plasma ion source for large-area etching

K. Song*, C. N. Yun, H. J. Park, J. N. Park, D. Y. Jang#

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : Electron cyclotron resonance plasma, Low-power ECR, Plasma ion source, Plasma ion gun, Focused ion beam

국내외 반도체 및 디스플레이 공정 기술의 미세화/고집적화로 인해 각각의 공정 결과에 대한 평가를 위하여 미세 형상 및 단면 가공에 적합한 집속이온빔(Focused Ion Beam, FIB) 장비 및 가공 기술에 대한 수요가 비약적으로 증가하고 있다. 또한, 수~수십 um 층이 다층으로 구성된 패키징 및 배터리 제품들에 대한 공정 평가를 위해 단면 분석이 요구됨에 따라 수십 um에서 mm 스케일에 이르기까지 넓은 범위를 아우르는 정밀 가공 기술이 더욱 주목을 받고 있다. 일반적으로 초미세 가공에 주로 사용되는 액체금속이온(Liquid Metal Ion Source, LMIS) 이온원 기반의 FIB는 작은 분해능을 갖으나 수십 um의 가공 영역에서의 한계가 존재한다. 따라서 정밀하면서 대면적 가공이 가능한 플라즈마 이온원 기반의 FIB에 대한 필요성이 증가하고 있다. 본 연구는 5W 이하의 저전력을 이용한 전자싸이클론공명(Electron Cyclotron Resonance, ECR) 플라즈마 이온원을 개발하여 안정적으로 고밀도의 이온빔 방출이 가능한 환경 구축을 목표로 한다. 이를 위해 스퍼터링 수율이 높은 제논(Xe)을 플라즈마 반응가스로 활용하며, 자력선도에 따른 안테나 구조, 위치 등의 최적화를 통해 30keV의 높은 가속전압에서 1% 이하의 이온빔 안정도를 확보한 결과를 도출했다. 본 연구의 주요 결과들은 ECR 플라즈마 응용 기술과 관련한 연구자에게 이온원의 설계 및 최적화 기술과 관련하여 귀중한 통찰력을 제공한다.

후기 본 연구는 2024년도 정부 과학기술정보통신부 및 과학기술일자리진흥원의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발사업단의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 2023-22030005-00)

발표자*(songkyu@kemcti.re.kr), 교신저자#(dyjang@kemcti.re.kr)

빔 입사각 제어가 가능한 고속 스캐닝 레이저 가공 기술 개발

하정홍*,#, 김충수

Development of high-speed scanning laser processing with angle of incidence control

J. Ha*,#, C. S. Kim

한국생산기술연구원 스마트정형공정그룹

Key Words : Laser micromachining, Femtosecond laser, Angle of incidence, Scanning optics

반도체, 디스플레이, 이차전지, 적층제조 등 다양한 산업 분야에서 나노미터 스케일의 정밀도를 갖는 밀리미터 스케일의 대면적 가공 및 분석 기술의 필요성이 대두되고 있다. 집속이온빔(focused ion beam; FIB)은 나노미터 수준의 초정밀 가공과 이미징 분석이 가능한 장비이지만, 100마이크로미터 수준 이상의 대면적 특성 분석에는 가공 속도 등의 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위하여, 레이저 가공과 이온빔 가공을 연계하여 가공 속도와 가공 정밀도를 동시에 달성하고자 하는 트리플빔 가공 연구 및 장비 개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 레이저-이온빔 연계 가공의 최적화를 위하여 스캐닝 광학계 기반의 펨토초 레이저 가공 공정 최적화에 대한 연구를 수행하였다. 사용된 레이저는 파장 1030 nm, 펄스폭 320 fs, 펄스반복률 100 kHz를 가지며, galvanometer 스캐너 및 f-theta lens 기반의 빔이송을 통하여 폭 300 **㎛**, 깊이 100 **㎛** 수준의 고속 대면적 가공을 수행하였다. 레이저 플루언스, 스캔 속도, 빔 입사각을 조절하여 연계 가공을 위한 최적 공정 조건을 도출하였으며, 광자빔-이온빔 연계 가공을 수행하여 가공 품질 및 가공 속도를 기존 이온빔 가공과 비교 분석하였다. 또한, 입사각 제어가 가능한 스캐닝 광학계 기반의 고속 레이저 가공 기술에 대한 광학 설계 및 기초 실험을 수행하였다.

후기 This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2024-22030005-20) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA) and Korea Institute of Industrial Technology (EH-24-0008).

발표자*, 교신저자#(jhjh@kitech.re.kr)

다중 영역의 연계 이미징을 위한 광전자 융합 현미경 운용 기법 최적화

송경진*, 김용천, 임윤교, 박수형, 유운선#

Optimization of operational methodology for multi-scale correlated imaging technology

K. J. Song*, Y. C. Kim, Y. K. Lim, S. H. Park, W. S. Ryu#

에스엔유프리시젼(주)

Key Words : FE-SEM, Optical microscope, Correlated imaging technology, Image stitching, Overlay imaging

주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM)과 광학현미경(Optical Microscopy, OM)은 해상도, 초점심도 및 측정시야 등 근본적으로 구현 가능한 성능의 차이를 가진다. 이로 인해 각각의 장비를 이용하여 영상화 하는 영역 또한 분명하게 구분되어 운영되어 왔다. 그러나 최근 반도체, 디스플레이 등 다양한 산업 분야의 제품들이 미세화 및 집적화, 대면적화 되면서 수십~수백 밀리미터의 대면적 계측범위를 높은 해상도로 영상화 하는 기술의 수요가 증가하고 있다. 이러한 문제에 대한 해결 방안으로 주사전자현미경과 광학현미경이 결합된 형태의 광전자 융합 현미경이 주목되고 있다. 본 연구는 주사전자현미경과 광학현미경을 동축 상에 위치하여 다축 스테이지 상에서 단일 축의 180° 플립(Flip) 모션으로 시편의 계측 영역을 완벽하게 매칭하는 구조 및 기능 구현을 통하여 나노미터부터 밀리미터에 이르기까지 다중 영역의 계측 범위를 아우르는 광전자 융합 현미경을 개발하였다. 최적의 융합 이미징 기술의 구현을 위해 광학현미경의 대면적 저심도 이미지 상에서 주사전자현미경의 상세 고심도 이미지를 융합한 오버레이(Overlay) 기술 및 대면적 시편에 대응 가능한 스티칭(Stitching) 기술을 모두 구현하였다. 이로 인해 대면적의 광학 이미지 상에 임의의 지점을 좌표화 하여 설정 위치의 상세 이미지를 자동으로 취득하는 것이 가능한 최적의 융합 이미징 체계를 구축했다. 본 연구의 주요 결과들은 다중 영역의 가공을 위한 장비에 접목하여 다중 영역을 효율적으로 동시에 가공 및 계측하는 기술의 구현이 가능하며, 타 연구자들에게 다중 영역의 연계 이미징 및 이와 관련한 장비 기술과 관련하여 귀중한 통찰력을 제공한다.

후기 본 연구는 2024년도 정부 과학기술정보통신부 및 과학기술일자리진흥원의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발 사업단의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 2023-22030005-00)

발표자*(kj86song@snuprecision.com), 교신저자#(wsryu@snuprecision.com)

옥트리 기반 3차원 빔 절삭 시뮬레이션 모델 연구

김형중[1,*,#], 김충수[2]

A study on octree-based 3D beam cutting simulation model

H. Kim[1,*,#], C. S. Kim[2]

건국대학교 산업공학과[1], 한국생산기술연구원[2]

Key Words : Simulation, Beam machining, Octree

3차원 가공 시뮬레이션은 공정 계획 단계에서 다양한 가공 조건을 사전에 평가함으로써 최종 가공 형상을 예측하고, 실제 가공에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있는 방법이다. 빔 절삭 공정은 기계식 절삭이나 3차원 적층에 비해 다양한 가공 조건에 영향을 받는 비접촉식 공정으로, 절삭 공구의 형태나 적층 조건만을 기반으로 하는 일반 CAM 기반의 가공 시뮬레이션 기술을 동일하게 적용하기 어려우며 빔 분포 및 절삭 특성을 반영할 수 있는 방법이 추가로 요구된다. 옥트리(octree)는 3차원 공간을 효율적으로 분할하는 트리 기반 자료구조로, 복잡한 3차원 형태를 효과적으로 분할하고 탐색할 수 있다. 본 연구에서는 옥트리를 적용하여 레이저 및 이온빔의 3차원 절삭 시뮬레이션 모델에서 빔 분포와 절삭 특성을 반영할 수 있는 방법을 다루었다. 개발 언어는 Python을 사용하였고, 시각화는 Open3D를 사용하였다. 이를 통해, 제안된 방법으로 가공 경로와 절삭 조건의 차이에 따른 절삭 형상을 정밀하게 표현할 수 있는 가능성을 평가하였다. 재귀적인 공간 분할은 빔 분포에 따른 가공 형태를 표현할 수 있었으며, 옥트리 기반의 3차원 가공 형상 모델은 향후 가공 형상 예측에 관한 인공지능 모델 연구에 있어 학습 데이터셋으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

후기 본 연구는 정부 과학기술정보통신부 및 과학기술사업화진흥원의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(과제고유번호: 1711198546).

발표자*, 교신저자#(hyungjungkim@konkuk.ac.kr)

초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속이온빔 컬럼 및 복합공정 시스템 개발

장동영, 박만진, 박정석*,#, 김기환, 원종한, 박건영, 박지혜, 박수현, 박정남

Development of a plasma focused ion beam column and complex process system for high-speed, large-area processing and analysis of ultra-fine component

D. Y. Jang, M. J. Park, J. S. Park*,#, K. H. Kim, J. H. Won, G. Y. Park, J. H. Park, S. H. Park, J. N. Park

한국전자기계융합기술원

Key Words : ECR plasma FIB, Resolution, Sample current, FIB column

현재 전기·전자 및 기계 산업에서 이슈로 떠오르고 있는 부품·소재 표면의 가공을 통한 새로운 성능의 개발 및 고효율화 기술에 FIB의 적용이 크게 늘어나고 있는 추세에 있다. 또한 다양한 분야의 고·초정밀·미세가공 수요를 대상으로 이용한 미세가공범위가 매우 넓으며 FIB의 에칭기능에 의해 수십㎛에서 나노사이즈에 이르는 미세가공이 가능하다. 이러한 장비들은 모두 일본, 독일, 미국등의 외산 장비들에 의존 하고 있는 실정이다. 이러한 장비를 국산화하기 위하여 한국전자기계융합기술원에서는 제논 가스를 이용한 ECR 타입의 플라즈마 집속이온빔 컬럼의 개발을 진행하고 있다. 이와 더불어 GIS를 이용한 Cross Section 분석 등을 진행하기 위해 SEM 장비와 더불어 샘플 분석을 위한 복합공정 개발을 진행 중에 있다. 복합 공정에서 플라즈마 이온빔 컬럼은 핵심이 되는 장치이며 플라즈마 이온빔 컬럼 개발로 샘플의 대면적 고속 가공과 분석을 보다 정확하고 공정시간 단축 을 목표로 하고 있다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '소재부품개발산업'의 지원을 받아 연구되었음(20017453)

발표자*, 교신저자#(setin1222@kemcti.re.kr)

냉전계방출전자총 진공시스템의 성능 평가

김세현*, 하태균#, 권혁채, 홍만수

Performance evaluation of cold field emission electron gun vacuum system

Sehyun Kim*, Taekyun Ha#, Hyuk-Chae Kwon, Mansoo Hong

포항공과대학교

Key Words : Extreme-high Vacuum, NEG, ESD, SEM

본 논문은 냉전계방출전자총(Cold Field Emission Electron Gun) 진공시스템의 성능평가에 대해 보고하고자 한다. 냉전계 전자현미경의 전자총 진공도는 10의 -11 제곱 이상의 높은 진공도를 요구한다. 이러한 극고진공을 달성하기 위해 기체방출률이 단위 제곱 cm 당 10의 -14 제곱 mbar l/s 이하이며 자기차폐 효과도 있는 저탄소강 재료를 사용하여 진공챔버를 제작하였고, 극고진공 영역에서 주요 잔류 기체인 수소를 효과적으로 제거하기 위해 비증발성게터를 진공 펌프로 사용하는 진공시스템을 구성하였다. 전자총 진공용기의 진공 성능 평가를 위해 진공도 측정을 위한 고정밀 게이지(extractor gauge)와 진공 부분압 측정을 위한 RGA 시스템을 장착하고 진공도 모니터링 및 결과 도출을 위한 DAQ시스템을 구축하였다. 이를 통해 전자총 진공시스템의 개선 및 운영 최적화를 위한 작업 절차를 개발하였다. 전자원 교체 시 진공 배기시간을 단축하여 도달진공도에 이르는 것이 중요하므로 진공작업 절차를 최적화하였다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20017424)

발표자*, 교신저자#(hatae@postech.ac.kr)

Dual-beam(SEM/FIB) 복합 공정을 위한 Eucentric point 조정 방법에 관한 연구

김동욱*, 김승재#, 예세희, 윤여홍, 최교원

A study on adjustment of eucentric point for complex process in a dual-beam(SEM/FIB)

D. W. Kim*, S. J. Kim#, S. H. Ye, Y. H. Yoon, K. W. Choi

㈜에스에프에이

Key Words : SEM, FIB, TEM, Eucentric point, Coincident point, Stage tilt

본 논문은 SEM(Scanning Electron Microscopy)과 FIB(Focused Ion Beam)로 구성된 Dual-beam 장비로써, 두 장치의 Scanning 중심(Coincident point)을 일치시키기 위한 조정 방법을 제시한다. Eucentric Point란 Stage tilt축 회전 중심 Line에서 하나의 점(Point)을 의미한다. 일반적으로 Dual-beam의 기구적 구성은 SEM이 Chamber에 수직(Vertical)하게 FIB는 특정 각도로 기울어져(Tilted) 조립된다. 본 과제에서 Dual-beam장비로 실현하고자함은, TEM(Tunneling Electron Microscopy) 관찰을 위한 샘플(Sample)제작이다. Tilted FIB에 대상을 수직하게 이동시키고 FIB와 대상이 수직한 상태에서 Milling, Deposition을 반복하면서 박막 형태 Sample을 제작하기 위함이다. 이때, 공정 위치 및 평가는 SEM에 의해 진행되고, 제작된 샘플은 Micro needle에 FIB Deposition 공정을 거쳐 결합되어 TEM holder로 옮겨진다. 이 과정에서도 정확한 공정 위치는 SEM에 의해 평가되어 결정된다. 이 복잡한 공정을 원활히 수행하기 위해 SEM과 FIB는 Tilt된 대상 기준에서 Eucentric Point를 Scan하도록 조정되야한다. Eucentric Point가 아닌 위치를 각 장치 별로 Scan한다면, 공정 중 Stage 이동이 빈번하게 행해짐으로써 원활한 공정이 불가하다.

아래 Fig. 1의 SEM 위치에서 Stage Tilt 각도 0° 기준으로 보이는 중심점을 *A*, 특정 각도(54°)만큼 Tilt 했을 때 중심점을 *B*라 가정하고 *B*와 *A*가 동일 위치라면 Eucentric Point에 해당하는 Stage Z 위치이고, 일치하지 않는다면 Stage Z축을 이동시켜 중심점을 동일 위치로 맞춰준다. 중간 각도(27°)만큼 Tilt 시켜 중심점의 벗어난 정도(*d*)를 측정한다. θ 27° 기준 측정값 d에 약10배하면 Tilt의 중심점에서 벗어난 정도(*R*)이고 아래 식(1)로 계산된다. SEM의 Scanning 중심을 이동시켜 조정한다. 끝으로 Stage Tilt 54° 기준에서 SEM 중심점 *A*와 FIB 중심점 *C*를 동일하게 조정하면 Stage tilt 중심 Eucentric Point와 두 장치의 Scanning 중심이 동일한 Coincident point가 하나의 점으로 일치된다.

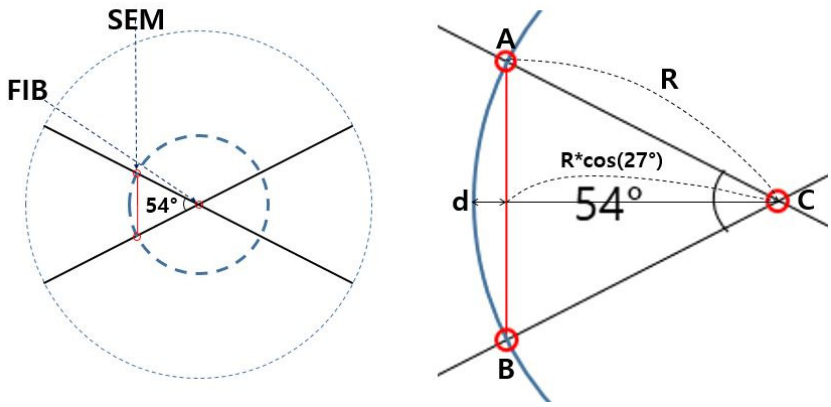


Fig. 1 Stage tilt에 따른 Eucentric Point 불일치 시 Scanning 중심 변화

$$d = R\,(1 - \cos\theta) \qquad \text{식(1)}$$

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20017424)

발표자*, 교신저자#(seungjae.kim@sfa.co.kr)

듀얼빔 시스템의 유센트릭 초점 제어를 위한 기구학적 시뮬레이션

박지수[1,2,*], 이민형[1,2], 최승현[1,2], 김충수[3], 송경진[4], 김용천[4], 박수형[4], 이길용[1,2,#]

Kinematic simulation of a dual-beam system for controlling eucentric focus

J. S. Park[1,2,*], M. H. Lee[1,2], S. H. Choi[1,2], C. S. Kim[3], K. J. Song[4], Y. C. Kim[4], S. H. Park[4], G. Y. Lee[1,2,#]

금오공과대학교 기계공학과[1], 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공[2], 한국생산기술연구원[3], 에스엔유프리시젼㈜[4]

Key Words : Dual-beam, Kinematic simulation, Eucentric stage

듀얼빔 시스템은 집속 이온 빔(FIB)과 주사 전자 현미경(SEM)을 통합한 장비로, 나노 프로브 스테이지(NPS) 등의 다양한 서브 시스템과 연동하여 TEM 샘플 제작 및 물성 측정과 같은 복잡한 공정을 수행할 수 있다. 이러한 공정을 원활히 수행하기 위해서는 샘플 위치와 나노 프로브의 종단 지점이 SEM 중심에 지속적으로 일치하도록 하는 유센트릭(Eucentric) 스테이지의 역할이 매우 중요하다. 유센트릭 스테이지는 샘플을 다양한 각도로 정확하게 배치하고 이동시킬 수 있으며, 틸팅 중 정렬을 통해 샘플의 초점을 유지함으로써 이미지 정렬과 후처리 작업을 최소화한다. 그러나 여러 시스템이 통합된 만큼 자유도가 복잡하여 이동 중 예기치 않은 충돌이 발생할 수 있고, 이는 SEM 칼럼이나 기기의 손상을 초래하여 듀얼빔 시스템의 품질과 신뢰성을 저하시킴으로써 전반적인 생산성과 가용성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 기구학적 시뮬레이션을 통해 시스템 운용 과정에서 발생할 수 있는 물리적 충돌이나 접촉을 예방하고자 한다. 유센트릭 스테이지와 NPS 시스템을 구성하는 관절 및 3차원 프레임을 설정하고, 각각의 상대 변환 매트릭스를 도출하면 이를 통해 스테이지의 변위에 따른 관심 지점의 이동 위치를 계산할 수 있다. 최종적으로 유센트릭 초점과 나노 프로브의 종단 지점이 SEM 중심에 위치하면서 내부 듀얼빔 시스템과의 충돌은 없도록 하는 스테이지 변위값을 찾기 위한 역기구학 계산에 대해 논의하며, 듀얼빔 시스템 운용에 도움을 줄 수 있는 기구학 기반 제어 시뮬레이션을 제안한다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(No. 20017462)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(No. S3312001)의 연구수행과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(No. 00255697) 연구비 지원에 의한 연구수행 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

설명가능 인공지능을 통한 제조설비 자율운전 및 에너지 절감

허소윤[1], 김규원[1], 유보선[1], 장윤석[1], 최재식[1,2,*,#]

Explainable predictive artificial intelligence based automated manufacturing and energy saving

S. Heo[1], G. Kim[1], B. Yoon[1], Y. S. Jang[1], J. Choi[1,2,*,#]

(주)인이지[1], KAIST[2]

Key Words : Explainable artificial intelligence, Automated manufacturing, Energy saving

설명가능한 혹은 해석가능한 인공지능은 기초연구, 산업 및 국가 정책에도 많은 관심을 갖고 있습니다. 최근 급격한 성능 향상이 있었던 인공지능 모델은 그 내부의 구조와 작동 기전을 알기 어려워 블랙박스로 불리고 있습니다. 이런 모델의 작동 기전을 이해하는 것은 인공지능 시스템의 소비자 뿐만 아니라 이를 개발하는 개발자에도 중요합니다. 이 강의에서는 설명가능 인공지능의 최신 동향 및 딥러닝을 포함한 복잡한 인공지능 모델의 기전을 이해하고 해석해서 사용자에게 설명하는 기술들을 소개합니다. 특히, 자율제조에 있어서는 인공지능 시스템의 불완전성을 설명가능 인공지능으로 대비하는 것이 중요합니다. 인공지능 시스템의 의사결정을 설명하는 것을 통해서 인공지능이 학습이 잘 되어 정확한 결과를 제공하는 시점과 학습이 불완전하여 부정확한 결과를 제공하는 시점을 나눌 수 있습니다. 이런 설명가능한 생성형 인공지능 예측시스템이 적용된 자율제조 시스템은 철강, 시멘트, 석유화학 등 기존 제조업에 적용되어 운영을 최적화 하는 것이 가능합니다. 사람이 할 수 있는 사소한 실수를 줄이고, 에너지를 절감하는 것이 가능합니다. 특히 에너지 비용과 환율이 높은 상황에서 많은 에너지를 수입해서 다양하고 복잡한 제조 설비를 가동해야 하는 우리나라 제조 환경에서는 그런 시스템이 특히 더 필요합니다. 제조를 포함한 다양한 분야에 적용된 설명가능 인공지능 기술 및 향후 산업에 확대 적용 방안에 대해서 설명 드릴 예정입니다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '전기로 화학에너지 활용 전력원단위 3% 저감 기술개발'(No. 00263038) 및 '폐합성수지 균일공급 및 연소 공정 최적화에 의한 시멘트 소성공정 연료대체율 65%이상 대체 기술개발'(No. 00261157)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(jaesik@ineeji.com)

FOM 시스템과 OKR경영방법론의 연계 방안 연구

윤동민[1,*], 김수영[2,#]

A study on the linkage between FOM System and OKR Management methodology

D. M. Yoon[1,*], S. Y. Kim[2,#]

한국산업단지공단[1], 호서대학교[2]

Key Words : FOM System, OKR, DX, PBL

4차산업혁명기술의 비약적 발전으로 초연결, 초지능화 시대가 도래하면서 제조업의 서비스화, 탈산업화가 가속화되고 있다. 뿐만 아니라 산업간 경계가 허물어지고 ICT 플랫폼을 기반으로 한 새로운 산업의 출현도 이제 일상화 되어가고 있다. 이에 일부 뿌리산업을 포함한 선도적인 제조업들은 디지털 기술들의 발전과 기후환경 변화를 제조업의 위기이자 기회로 인식하고 지속가능경영을 위해 스마트팩토리 구축 등을 통해 디지털 전환을 추진하고 있지만 제조현장의 문제점들을 해결하고 생산성을 높이는데 아직 많은 어려움을 겪고 있다.

이에 본 논문에서는 제조현장에서 기존의 스마트팩토리 구축 및 운영과정에서 나타난 기술적 · 운용상의 문제를 파악 · 분석하여 데이터 수집, 분석과정을 통해 도출된 문제점들을 어떻게 의사결정으로 연결하고 지원할 것인지, 즉 데이터 기반의 의사결정과 이를 실행하고 피드백하는 과정에서의 효과성을 높이는 문제에 초점을 두고자 한다. 방법론으로는 생산성 향상에 유효한 공장운영 관리방법 중의 하나인 FOM시스템과 애자일 기반의 OKR 경영기법의 연계를 통해 FOM 기반 OKR경영방법론으로의 통합 방안에 대해 연구하고자 한다. FOM Solution과정에서는 전통적 시스템을 통해 수집된 Raw 데이터의 FOM 파일셋 구성과 4M 다차원 분석 그리고 분석된 문제 요인들을 OKR 성과관리의 목표설정에 대응시키는 의사결정 과정에 대해 검토한다. FOM Process 과정에서는 FOM Solution을 통해 분석되고 OKR로 설정된 생산성 저해요인과 낭비요소들(비가동,불량,부적합 요인 등)을 문제해결형 학습 PBL과 OKR의 실행 및 피드백 과정인 CFR·AAR을 연계(애자일 조직문화 기반의 코칭과정)하여 DX FOM-OKR방법론으로 제시하고 경영목표 달성에 효율성과 효과성의 시너지를 제고하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(ydm0301@kicox.or.kr)

FOM 솔루션을 활용한 다품종 소량생산 기업의 세팅 불량 감소 연구

유한솔*, 손경섭, 김재하, 장오성, 김수영#

A study on reducing setup errors in multi-product small batch manufacturing companies using FOM(smart-Factory Operation Management) solutions

H. S. Yoo*, K. S. Son, J. H. Kim, O. S. Jang, S. Y. Kim#

호서대학교 AI스마트팩토리 융합공학과

Key Words : Smart factory, FOMs, Manufacturing

본 연구는 다품종 소량 생산 체제를 운영하는 제조기업에서 세팅 불량을 감소시키기 위해 FOM(Smart-Factory Operation Management) 솔루션을 활용하는 방안을 연구한다. 다품종 소량 생산은 다양한 제품을 소량으로 생산해야 하므로 빈번한 생산 전환과 복잡한 세팅 과정이 요구되며, 이는 세팅 불량의 발생 가능성을 높인다. 이러한 배경을 바탕으로 FOM 솔루션의 적용을 통해 이러한 문제를 해결하고자 한다.

연구의 주요 내용은 다음과 같다:

문제 정의 및 배경: 다품종 소량 생산의 특성과 이에 따른 세팅 불량 문제의 원인을 분석한다. 빈번한 생산 전환과 복잡한 세팅 과정에서 발생하는 오류를 줄이는 방법을 탐구한다.

FOM 솔루션의 개요: FOM 솔루션의 구성 요소와 기능을 설명하고, 다품종 소량 생산 환경에서의 적용 가능성을 검토한다. FOM 솔루션이 제공하는 자동화와 관리 기능이 어떻게 세팅 불량을 줄일 수 있는지 논의한다.

적용 사례 연구: 실제 다품종 소량 생산 기업에서 FOM 솔루션을 적용한 사례를 분석한다. 이를 통해 세팅 불량 감소 효과를 평가하며, 구체적인 적용 방법과 결과를 제시한다.

결과 및 분석: FOM 솔루션 적용 전후의 세팅 불량률을 비교하고, 생산성 향상 정도 및 기타 품질 개선 효과를 분석한다. 데이터 기반의 분석을 통해 FOM 솔루션의 효과를 명확히 한다.

결론 및 향후 연구 방향: FOM 솔루션의 유용성을 결론짓고, 추가 연구가 필요한 부분과 개선 방향을 제시한다. FOM 솔루션이 다품종 소량 생산 기업에 미치는 장기적인 영향을 논의한다.

연구 결과, FOM 솔루션은 세팅 불량률을 유의미하게 감소시키며, 다품종 소량 생산 환경에서의 생산성 및 품질 향상에 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한 본 연구를 통해 다품종 소량 생산 기업이 효율적인 생산 관리와 품질 개선을 달성하는 데 있어 중요한 참고 자료가 될 것이다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

Digital-Twin What-If Simulator를 활용한 제조라인의 이상상황 대처 플랫폼 개발 및 적용

최성우*,#

Development and application of a platform for responding to abnormal situations in the manufacturing line using Digital-Twin What-If smulator

S. W. Choi*,#

경기대학교 경영학부

Key Words : Digital-Twin, What-If simulator, Abnormal situations, Platform

제조기업은 공장의 생산 종합효율 향상을 위해 Q/C/D(Quality, Cost, Delivery) 측면에서 다양한 제조 KPI(Key Performance Indicator)를 발굴하여 활용하고 있다. 본 연구에서 언급하고 있는 "공장 이상 상황"은 이러한 제조 KPI가 허용할 수 있는 범위에서 벗어나거나, 예고된 사유 없이 상승•하락 추세를 보이거나, 값의 변동성이 커져서 관리상의 문제점이 발생할 수 있는 다양한 상황들로 정의될 수 있다. 예를 들어 Kingman's Approximation에 의하면 공장 내 "투입 변동성"과 "생산 변동성"이 증가할수록 Cost 관련 제조 KPI인 "생산량(Throughput)"이 저하되고, 동시에 Delivery 관련 제조 KPI인 "제조 기간(Lead Time)"이 길어진다는 사실이 규명되었다. 즉, Cost 및 Delivery 관점에서 공장의 투입변동을 유발하는 요인들(예: 주문 수량 및 납기의 변경, 긴급주문, Product Mix의 변화, 수입 자재 입고지연 등)과 생산 변동성을 일으키는 요인들(예: 불량증가, 설비 고장 시 생산 대응, 작업자 결근, 자재 부족 등)을 대표적인 "공장 이상 상황"을 발생하는 요인으로 정의할 수 있다. 이러한 공장 이상상황이 발생하였을 때, Digital-Twin What-If Simulator를 통해 최적의 대응책을 수립, 선택, 적용할 수 있는 플랫폼을 개발, 적용하는 것이 본 연구의 목표이다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)업'의 지원을 받아 연구되었음 (RS-2022-00140527).

발표자*, 교신저자#(swchoi@kyonggi.ac.kr)

FOM 솔루션을 사용한 제조데이터 분석을 위한 데이터 연동 및 가공방법에 대한 연구

손경섭*, 유한솔, 김재하, 김수영#

A study on the data interworking and processing method for manufacturing data analysis using FOM solution

K. S. Son*, H. S. Yoo, J. H. Kim, S. Y. Kim#

호서대학교 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : FOM(Smart-factory operation management), 4M(man, machine, material, method), Data Interworking, Processing Method

FOM(smart-factory operation management) 솔루션은 표준화 된 Data file-set을 제공하여 제조 데이터를 수집, 가공하고 데이터 간 유기적 연결을 통해 다차원 분석을 수행함으로써 기업의 생산성 저해요인을 찾아 해소하고, 4M(man, machine, material, method) 중심의 변화관리를 통해 생산성을 향상과 공장운영 최적화를 목적으로 하는 제조데이터 분석 전문 솔루션이며, 전문 인력이 없이도 쉽게 기업에 적용하여 운영할 수 있다.

FOM Data file-set은 6가지의 CSV(comma-separated value) 파일로 구성이 되며, 반드시 원천데이터의 가공 과정을 거쳐야만 한다. 이 때 원천데이터의 가공 과정은 원천데이터의 건수에 따라서 많은 시간을 필요로 하며, 이는 많은 제조 기업에 FOM 솔루션을 적용함에 있어 가장 큰 제약사항으로 FOM 솔루션의 보급·확산을 어렵게 해왔다.

본 연구에서는 보다 많은 제조 기업에 FOM 솔루션의 보급·확산을 위해 기업 내 존재하는 다양한 형태의 아날로그, 디지털 형태의 데이터를 연동, 가공하는 방법에 대한 연구를 수행하였다. 첫 번째 기업에서 제공 가능한 데이터 형태의 조사와, 두 번째 데이터 형태별 FOM Data file-set으로 가공하는 방법을 연구하였다.

다양한 형태의 제조데이터 연동과 가공방법의 제공은 그 동안의 FOM Data file-set 제작 시간에 대한 제약을 해소함으로써, 보다 많은 제조 기업에 FOM 솔루션을 보급·확산 할 수 있을 것으로 예상한다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

인체삽입용 의료기기 생산기반 구축 및 품질시스템 적용 사례 연구
-전자망막 시제품 제작 사례-

황인환[1,*], 김영진[1], 김수영[2,#]

A case study on the medical device GMP application

I. H. Hwang[1,*], Y. J. Kim[1], S. Y. Kim[2,#]

오송첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터[1], 호서대학교 소재부품장비스마트팩토리학과[2]

Key Words : ISO 13485, Rare medical device, Electronic retina, Manufacturing Innovation, FOMs

의료기기는 GMP기반의 의료기기 안전성과 유효성을 보증하기 위한 최소한의 기준이 설정되어 있다. 인체에 삽입되는 의료기기의 경우 조건이 조금 더 엄격하게 관리되고 있다. 인체삽입용 이학진료용기구인 전자망막의 경우 외부망막변성으로 인한 시력손실이 심각한 사람에게 시각 기능을 제공하기 위한 의료기기로 신속한 공급을 통해 환자 치료에 적시 사용을 위해 희소의료기기로 분류가 되어 신속심사 진행이 이루어지게 된다. 인체삽입용 희소의료기기의 생산기반 구축 현황과 희소의료기기 지정을 위한 품질시스템 진행 절차에 대한 적용 사례를 제시하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음(No. 20022793)

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

FOM 시스템 분석을 통한 생산계획 정확도 향상에 대한 연구

남기선[1,*], 오상석[2], 김재하[1], 김수영[1,#]

A Study on an Accuracy Enhancement of Production Planning using FOM System

Ki Seon Nam[1,*], Sang Suk Oh[2], Jaeha Kim[1], Su Young Kim[1,#]

호서대학교 일반대학원 AI스마트팩토리융합공학과[1], 인하대학교 제조혁신전문대학원 스마트소재부품공학과[2]

Key Words : FOM(smart-factory operation management), Production Planning, APS

4차 산업혁명으로 촉발된 산업 전 분야의 디지털 전환(DX, Digital Transformation)은 자율제조(Autonomous Production)를 통한 고객의 다양한 요구에 즉각적 대응과 만족을 추구할 수 있도록 PQCD 개선을 통한 경쟁력 있는 스마트 공장을 요구하고 있다. 이를 위해 변화에 유연하게 대응하고 실행할 수 있는 생산계획의 정확도가 요구되며, 생산공정의 표준이나 흐름 라인 및 라인 부하 밸런스에 대한 분석이 반영되어야 한다. 본 연구에서는 자동차 부품 제조공장에 FOM 솔루션을 적용하여 데이터를 분석하고 결과를 반영한 생산계획의 정확도 향상에 대해 연구하였다.

연구 프로세스는 대상 라인 공정 및 현재의 생산계획 수립 방법 확인, 대상라인 데이터 수집 및 FOM 파일세트 구성과 FOM 솔루션을 적용한 생산계획 대비 실적, 비가동 분석, 생산 저해 요인별 개선 방안을 제시한다. 또한 이 결과를 고려한 APS(Advanced Planning & Scheduling) 를 제안하여 생산계획의 정확도를 높이고 사례 기업의 제조 역량과 시장 대응력 향상에 기여하길 기대한다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

사출성형 제조기업 온도 관리 시스템 구축 FOM 연동 방안 연구

장오성[1,*], 고범석[2], 손경섭[1], 유한솔[1], 윤동민[1], 김수영[1,#]

A study on the integration of injection molding manufacturing companies temperature management systems with FOM logic

O. S. Jang[1,*], B. S. Ko[2], K. S. Son[1], H. S. Yoo[1], D. M. Yun[1], S. Y. Kim[1,#]

호서대학교 AI스마트팩토리 융합공학과[1], ㈜큐이노텍[2]

Key Words : Smart factory, FOMs, Manufacturing, Temperature

제조기업의 데이터 기반 스마트화를 실현하기 위해서는 생산성과 직접적으로 연관된 설비의 운전 조건 데이터를 수집하고 분석하는 것이 필수적이다. 이를 통해 공정의 효율성을 극대화하고 품질을 향상시킬 수 있다. 본 연구는 사출성형 제조기업에서 온도 관리 시스템 MES를 FOM Logic에 연동하는 방안을 정립하는 것을 목표로 한다.

사출성형 공정에서 온도 관리가 되지 않아 불량이 다수 발생하고 있다. 이렇듯 온도는 제품의 품질과 생산성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 온도 관리 시스템의 데이터를 실시간으로 모니터링하고 분석하여 최적의 운전 조건을 유지하는 것이 필요하다. 이를 위해 설비 온도 기준관리 〉 온도 모니터링 〉 Data Log 〉 온도 제어반 〉 Alram 등의 프로세스를 통해 6개의 FOM 데이터 파일 셋을 구성하고, 생산실적 등 상관관계를 분석할 수 있다.

FOM Logic은 이러한 데이터를 효과적으로 처리하고 분석할 수 있는 도구로, 실시간 데이터 기반의 의사결정을 지원한다. 향후 연구에서는 온도 관리 시스템의 주요 구성 요소와 데이터를 FOM Logic과 연동하는 구체적인 방안을 제시하고, 연동된 시스템의 로그를 통해 실제 생산성에 미치는 영향을 분석하여 효과성을 검증한다. 이를 통해 공정의 스마트화를 구현하고, 데이터 기반의 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있다.

발표자*(os.jang@qinnotek.co.kr), 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

이해 가능하고, 수정 가능한 제조 AI 예측 솔루션

이창선*,#, 홍정범, 남재혁

Understandable and modifiable AI prediction solution for manufacturing

C. S. Lee*,#, J. B. Hong, J. H. Nam

인하대학교 제조혁신전문대학원

Key Words : AI prediction solution, MD(Manufacturer-Designed) AI, DDI(Design Document Interface)

1. 서 론

제조 지식과 AI 코딩 지식이 융합되어야 저렴하고 신속하게 신뢰성 있는 융합 솔루션을 개발할 수 있다는 공감대는 형성되어 있지만, 융합의 구체적 방법론이 부족한 상황이다. 제조 전문가와 AI 코딩 전문가의 배경 지식이 상이하기 때문에 적절한 협업 접점이 개발되어야 분업화가 가능하다.

2. 제조 AI 예측 솔루션의 평가

예측 솔루션의 평가는 2가지 관점에서 실행되어야 한다. 통계 관점 평가와 도메인 관점 평가이다. 비파라미터화 모델과 신경망 파라미터화 모델은 과적합을 예방하기 위해 다양한 방법들을 이용한다. ranger, 랜덤포레스트 등의 비파라미터화 모델은 배깅, 특성 랜덤 선택, 앙상블 평균화 등을 이용한다.

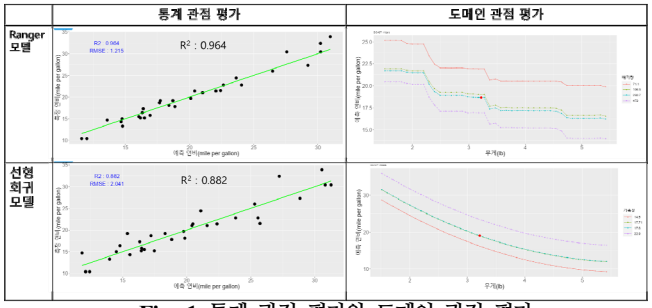


Fig. 1 통계 관점 평가와 도메인 관점 평가

Fig. 1은 ranger 와 선형회귀 예측 모델 결과이다. ranger의 결정계수 0.964는 선형회귀의 0.882보다 우수하지만, 도메인 관점 평가에서는 열악하다. 모델의 신뢰성은 도메인 관점 평가에 의해 최종 평가 된다. 자동차 무게에 의한 연비 예측 그래프를 보면 ranger의 경우 선형회귀에 비해 비합리적임을 알 수 있다. 하이퍼파라미터 최적화를 위한 autoML을 적용하더라도 모델의 신뢰성이 보장되는 것은 아니다. 신뢰성 저하의 원인이 과적합 외에도 핵심인자 누락, 오류 데이터, 데이터 불균형 분포 등에 의한 신호 왜곡도 존재하기 때문이다. **과적합, 신호 왜곡 등 모델 신뢰성에 대한 최종 평가는 예측 그래프를 이해할 수 있는 도메인 엔지니어가 해야 한다.**

3. 예측 모델 개발 방법

가장 원초적인 예측 모델 개발 방법은 개발 언어와 통합 개발 환경을 이용하여 예측 모델을 개발하는 것이다. AI 솔루션 코딩을 위해서는 방대한 AI 코딩 지식이 필요하기 때문에, AI 코딩 지식이 부족한 데이터 분석가를 위해 워크플로우 다이어그램 기반 Low코드-No코드 솔루션이 개발되어 활용되고 있다. 1 단계로, 데이터 처리용, 그래프 생성용, 기계학습용 등 다양한 node 아이콘들을 끌어서 놓기(drag and drop) 하여 워크플로우 다이어그램을 완성한다. 2 단계로 각 node의 입출력 등 기능 수행에 필요한 작업 지시를 입력한 후, 워크플로우를 실행하면 예측 모델 등 분석 결과가 생성된다.

발표자*, 교신저자#

워크플로우 다이어그램을 완성하기 위해서는 데이터 마이닝 지식이 필요하다. 데이터 마이닝 지식이 부족한 일반적 엔지니어는 데이터가 있어도 예측 모델 개발 및 예측 그래프 생성이 불가능하다. 도메인 날리지만 있으면 예측 모델 개발 및 예측 그래프 생성이 가능한 제조 AI 예측 솔루션 개발이 필요하다. MD(Manufacturer-Designed) AI는 도메인 엔지니어가 이해할 수 있고, 수정할 수 있는 제조 AI 예측 솔루션이다. MD AI에서는 솔루션 엔진에 워크플로우가 내장되어 있다. 도메인 엔지니어는 각 node에 작업 지시서만 입력하면 예측 모델을 개발할 수 있다.

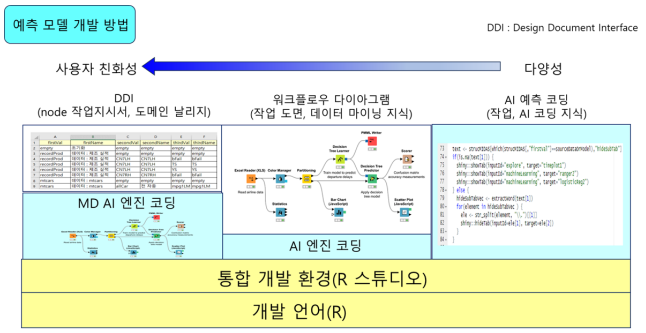


Fig. 2 예측 모델 개발 방법

작업 지시서는 도메인 날리지가 있는 엔지니어가 가장 잘 작성할 수 있다. Y 값을 예측하기 위해 필요한 독립변수 선정, 업종별 전문 지식이 농축된 변환 변수 선정 등이 신뢰성 있는 예측 모델 개발의 필수 요소이다. MD AI에서는 작업 지시서를 DDI라고 부른다.

	A	B	C	D	E
1	varY	varX	varX_cat	indirectContX	transX
2	mpg	drat			wt2
3		wt			
4		qsec			
5		hp			

Fig. 3 DDI(Design Document Interface) 사례

도메인 엔지니어는 데이터 분석, 예측 모델 개발 등을 위해 DDI를 이용하여 제조 AI 예측 솔루션을 설계한다. MD AI 엔진은 DDI 설계대로 EDA(Exploratory Data Analysis) 그래프, AI 예측 모델, 예측 그래프 등 다양한 산출물을 생성한다. 제조 AI 예측 솔루션은 도메인 엔지니어와 AI 코딩 전문가의 분업화로 개발된다. **예측 그래프로 예측 모델을 이해할 수 있으며, DDI로 모델을 수정할 수 있다.**

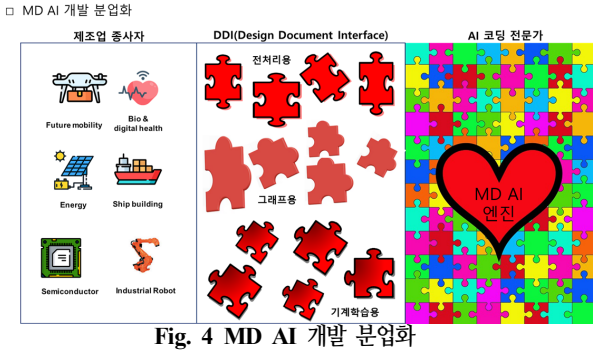


Fig. 4 MD AI 개발 분업화

FOMs 관점에서 제조 기업 CPS 구축 방법론 연구

오경원*, 이상훈, 장재훈, 임효재, 김수영#

A study on the Methodology of CPS construction from the perspective of FOMs

K. W. Oh*, S. H. Lee, J. H. Jang, H. J. Lim, S. Y Kim#

호서대학교 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : FOMs(Factory Operation Managements), CPS(Cyber Physical System, Smart Factory)

제조 기업의 경쟁력 확보를 위해 스마트팩토리 전환은 필수로 인식되고 있다. 이를 위해 공장운영 관점에서 데이터 기반의 FOM 시스템 연구가 활발히 진행되고 있으나, 공장자동화 관점에서 레이아웃 분석은 적용하기 어려운 부분이 있다. 그래서 본 연구에서는 기존의 CPS (Cyber Physical System) 구축 방법론에 대해 조사하고, 레이아웃 진단 및 분석에 유용하게 적용할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다. 마지막으로 향후 연구에서는 최적화 시뮬레이션 방법론 연구를 통해 투자 효율성을 검토하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

자기부상을 위한 원호형 보이스코일모터의 모델 불확도 분석

박민욱[1,*], 박정민[2], 최휴[2], 조성민[3], 조용재[3], 여의주[4], 안다훈[1,#]

Uncertainty analysis of circular voice coil motors for magnetic levitation

M. W. Park[1,*], J. M. Park[2], H. Choi[2], S. M. Cho[3], Y. J. Cho[3], E. J. Yeo[4], D. Ahn[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학과[2],
서울과학기술대학교 MSDE학과[3], 서울과학기술대학교 스마트ICT융합공학과[4]

Key Words : Magnetic levitation, Voice coil motor, Uncertainty analysis, Control system design

본 논문에서는 회전 가능한 원호형 자기부상용 보이스코일모터를 제안하고, 다양한 불확도를 분석하여 모터의 정확한 위치 결정을 위한 중력보상장치와 널링 제어의 모델 기반 거동 예측 데이터를 수립하였다. 자기부상 시스템을 포함한 정밀 모션 시스템은 마이크로미터 이상의 정밀도로 위치 결정을 수행하는 정밀 가공 및 측정 장비에 사용된다. 일반적으로 마찰 베어링과 공기 베어링이 안내 기구로 사용되지만, 각각의 경우 마찰과 마모로 인한 파티클 생성, 오염 가능성, 그리고 공기 공급 장치 구비의 문제, 진공 환경 부적합성 등의 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 자기부상 시스템이 주목받고 있다. 자기부상 시스템은 움직이는 부상체와 고정부 사이에 연결 장치가 필요 없어 마찰이 없고, 비접촉식 구동기가 안내 역할을 수행하여 높은 정밀도 구현에 적합하다. 보이스코일모터는 제한된 공간에서 빠른 응답 속도를 제공하는 단상 모터로, 자기부상 시스템을 비롯한 다양한 산업 분야에서 활용된다. 기존의 보이스코일모터 기반 자기부상 시스템은 회전이 불가능하거나, 회전 시 부상용 코일에도 역기전력이 발생하여 필요한 전압이 증가하는 단점이 있다. 본 논문은 회전이 가능하면서도 역기전력이 발생하지 않는 원호형 보이스코일모터 구조를 제안하고, 최적 설계가 완료된 보이스코일모터의 정밀제어를 위한 부상체의 5자유도 운동 방정식을 수립하고 이에 관여하는 불확도를 분석 및 반영하였다. 설계된 보이스코일모터를 전자기 해석 시뮬레이션과 Python 코드로 구현하여 변수 간의 인과관계를 파악하고, 중력, 온도, 외란 등의 환경 조건에 따른 불확도를 고려한 힘 요구기준을 수립하여 보이스코일모터 공칭 모델의 실제 사용환경에서 성능 예측 및 제어 활용에 대한 유효성을 검증하였다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#

하이브리드 본더 장비 진공도 개선

김성동, 박영호*, 김민규, 손사랑#

Improving the vacuum of hybrid bonder equipment

S. D. Kim, Y. H. Park*, M. G. Kim, S. R. Son#

서울과학기술대학교

Key Words : Hybrid bonding, High-vacuum, Chamber

본 논문은 하이브리드 본더 기술이 발전하면서 반도체 칩의 I/O 수가 증가함에 따라 핀 사이의 거리가 감소했고, 기존 본딩 방식인 soler ball의 크기를 줄이는 것 또한 한계에 도달했다, 따라서 이러한 solder ball 없이 직접 붙이는 copper-to-copper 방식인 하이브리드 본더 기술의 필요성이 증가했으며, 이 장비는 이러한 하이브리드 본딩을 할 수 있는 장비이다. 높은 정밀도를 위해 장비는 고진공을 달성해야 한다. 이 장비는 Rotary Pump와 TMP(Turbo Moleculer Pump)가 장착되어 고진공인 10-6 Torr이상을 달성할 수 있으나, 실제 진공도는 10-3 Torr이다. 따라서 구조적으로 장비 자체에서 leakage가 발생한 것으로 보고, 장비의 CAD 도면을 분석하여 leakage 발생 경로를 파악했으며, 이를 통해 상부 구조와 하부 구조에서 leakage가 발생함을 알 수 있었다. 상부 구조의 히터는 본딩을 하기 위해 상하로 움직이는 작용을 하며, 하부 구조는 stage와 하부 히터가 존재하여 동적인 움직임은 없지만 추가적인 기능 수행을 위해 일반적인 장비와 다른 구조로 되어 있다. 이러한 다른 구조를 분석한 결과, 진공 형성의 원리가 잘 적용되지 않는 형태로 큰 leakage가 발생할 수 있음을 확인하였다. 이 가설을 검증하기 위한 실험 부품을 가공하여 진공도를 확인했으며, 이를 통해 새로운 설계를 진행하고 가공 계획을 수립할 계획이다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(sonvx@naver.com)

CVD 응용 탄소막 코팅을 통한 표면에너지 제어와 이종 소재 간 흡착/혼합성 향상 연구

온민석[1,*], 김회민[1], 소민서[2], 심광호[3], 석재영[1,#]

Study on surface energy modification and improvement of adhesion/mixing between heterogeneous materials through carbon coating via chemical vapor deposition (CVD)

M. S. On[1,*], H. M. Kim[1], M. S. So[2], K. H. Shim[3], J. Y. Seok[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 서울과학기술대학교 화공생명공학과[2], 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과[3]

Key Words : Chemical vapor deposition, Surface energy modification, CNT, Dry Mixing

본 연구는 CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정을 응용하여 특정 입자의 표면에 탄소막을 코팅하고, 이를 통해 입자의 표면에너지를 제어함으로써 입자 형태의 이종 소재 간 흡착력을 향상하여 서로 균일하게 혼합되도록 유도하는 기술을 개발하는 것을 목적으로 한다. 탄소막은 높은 전기전도도, 안정된 화학적 물성, 기계적 유연성과 함께, 두께, 도핑 상태, 온도 등의 공정 조건의 변경을 통해 표면에너지 정밀 제어가 가능한 이점이 있다. 특히, 이종 소재 간의 흡착 경향성과 혼합성을 최적화하는데 응용가능하여 반도체 및 이차전지 내부 복합재 부품의 전기적/화학적/기계적 특성을 더욱 향상하는 데 기여할 수 있다. 자세히, 입자형태의 소재 표면에 CVD 공정을 적용하며, 전구체 가스 유량, 온도 제어를 통한 탄소 박막 두께의 정밀 제어와 입자 표면에너지의 정량적 평가를 진행하여, CVD 탄소 박막 코팅 과정의 최적화 과정을 보인다. 이후, 건식 상태에서 탄소나노튜브(CNT)와 혼합 공정을 수행하여 표면처리 조건에 따른 흡착성의 변화 경향을 분석하고, 두 소재 간 표면에너지 제어를 통해 혼합 균일도 최적화를 수행한다. 저가의 장비를 이용하고 증착 속도가 빠른 CVD 공정을 이용한 고품질의 탄소 박막 증착은 반도체/이차전지 등 첨단 소자의 제조 정밀도 향상과 이에 따른 성능 및 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체 전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(seokjy@seoultech.ac.kr)

3차원 회전-병진 복합 모션 롤-밀 장치 개발과 등방성 고강도 박막 필름 제조 공정 응용 연구

정영운*, 김현빈, 박상근, 박정우, 석재영#

Development of a 3D rotational-translational hybrid motion roll-mill system and its application to the manufacturing of isotropic high-strength thin-films

Y. U. Jeong*, H. B. Kim, S. G. Park, J. W. Park, J. Y. Seok#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Thin Films, Dry Processing, Roll-Mill, Shear Force, Axial Vibration

기존 이차 전지 습식 전극 제조 공정의 불균일한 입자 분포 및 용매 사용에 따른 높은 비용 문제로 최근 건식 전극 제조 공정이 주목받고 있다. 롤-밀(Roll-Mill) 공정은 건식 전극 제조 공정에서 다종 분말 소재와 바인더가 혼합된 고 균일도 필름을 제작하기 위해 사용되는 대표적인 방법이다. 본 연구에서는 롤-밀 공정의 대표적인 단점으로 지적되는 1축 방향의 높은 전단력에 의한 필름 손상과 불균일성을 해결하기 위한, 회전-병진 복합 모션의 롤-밀 공정 개념과 이를 구현하기 위한 장치 설계를 제안한다. 회전 롤러(Roller)에 주축 방향(Axial)의 추가적인 반복 병진 움직임(Translational motion)을 구현할 수 있는 기구 메커니즘을 추가적으로 구축하여 전단력의 작용 방향을 다양화함으로써, 다종 소재로 이루어진 필름 내부 구성요소의 분포를 더욱 균일한 형태로 제조되도록 유도할 수 있다. 결과적으로, 제조된 필름의 구조적 · 기계적 · 전기화학적 물성과 특성 개선이 기대된다. 자세히, 롤러 간 간극(Gap) 제어, 특정 주파수와 일정한 주기의 축 방향 진동 구현 및 롤 선속차와 회전속도 비율 차이를 정밀하게 제어할 수 있는 롤-밀 장치 시스템과 그 내부의 요소 기구부 대한 개념설계 방안과 상세설계 내용 등을 보인다. 향후, 새롭게 제안된 롤-밀 시스템을 통해 제조된 박막 필름 구조적 특성과 균일도, 기계적 강도, 전기적/화학적 물성 등에 대해 전자주사현미경(SEM), 만능시험기, 전기화학 워크스테이션 등의 다양한 기법을 통해 물성 개선의 효과를 비교·분석하여 회전-병진 복합 모션 롤-밀 장치의 건식 공정 응용 가능성을 확인할 계획이다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체 전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(seokjy@seoultech.ac.kr)

회전자-고정자의 간극 제어형 고속전단 장치 개발과 이종 소재 혼성화 공정 응용 연구

양민규*, 박민준, 신규환, 석재영#

Development of a high speed shearing device with controlled rotor-stator clearance and its applications to multi-component materials hybridization process

M. K. Yang*, M. J. Park, K. H. Shin, J. Y. Seok#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : High-shear dry mixing system, Micron-sized powders, Clearance, Shear rate

건식 전극 필름 제조 기술은 기존의 액상 슬러리 코팅 방식에 비해 친환경적이고, 공정의 단순화와 비용의 절감으로 인한 경제적 이점이 있어 이차전지 전극의 차세대 제조 공정으로 주목받고 있다. 건식 전극 제조 방식은 전극의 3요소인 활물질, 도전재, 바인더의 고균일도 혼성화를 핵심 기술로 한다. 기존 연구는 고전단 건조 분말 혼합 기법을 통해 건식 분말을 제조하는 데 있어 혼합 강도, 혼합 시간, 원주 속도 등을 조절하여 특정한 조건에서 전기적, 화학적 특성을 평가하였다. 그러나 전단 속도의 향상을 위해 핵심적인 간극의 변화에 따른 효과는 아직 선행연구에서 조사된 바 없으며, 혼합되는 입자의 크기에 따른 간극의 최적화 연구 또한 찾아보기 어렵다. 따라서, 이 연구는 회전자-고정자의 간극을 제어할 수 있는 고속전단 장치를 개발하고, 전단속도와 공정 시간에 따른 건식 혼합도를 정량적으로 평가한다. 또한 입도에 따른 간극 제어 효과를 비교하고, 고속 전단에 의한 분말의 성분 변화 및 열화 영향에 대해서 검증한다. 그리고 건식 혼합도에 따라서, 제조되는 건식 이차전지 전극의 전기적, 구조적, 이온전달 특성에 대한 분석과 배터리 충전 속도, 용량 및 수명 안정성의 특성을 비교 및 분석함으로써 최종적인 전지 성능에 미치는 영향을 조사한다. 이를 통해 고성능 전지 제조에 필요한 핵심 기술을 제공하며, 간극 제어가 전지 성능에 미치는 영향에 대해 설명한다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체 전공트랙사업)

발표자*(yangminkyu6415@naver.com), 교신저자#(seokjy@seoultech.ac.kr)

반도체 패키지 솔더볼 공정 개선

정승환[1,*], 나수인[1], 홍정표[1], 진혜인[2], 조영학[3,#], 김정우[3,#]

Solder ball process improvement for semiconductor package

S. H. Jeong[1,*], S. I. Na[1], J. P. Hong[1], H. I. Jin[2], Y. H. Cho[3,#], J. W. Kim[3,#]

서울과학기술대학교 기계자동차공학과[1], 서울과학기술대학교 MSDE학과[2], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[3]

Key Words : Solder ball, Gas, CFD, Solidification, Heat transfer

반도체 칩의 소형화와 고집적화에 따라 반도체 패키징 기술이 떠오르고 있다. 솔더볼은 반도체 패키지의 핵심 부품으로써 칩과 기판을 연결하여 전기적 신호를 전달하며 Ball Grid Array와 Flip Chip과 같은 다양한 패키지 기술에 활용 가능하다. 작아지는 칩에 따라 더 작은 크기의 솔더볼이 요구되는데, 현재의 솔더볼 제조 공정으로는 30μm 이하의 크기를 제작하는 것이 어렵다. 따라서 본 연구의 목적은 새로운 방식으로 10μm 크기의 솔더볼 제작 가능성을 확인하여 솔더볼의 활용성을 높이는 것이다. 이를 위해 가스가 보조해주면서 솔더볼의 크기를 작게 형성하도록 하는 가스 보조 방식의 노즐이 설계되었다. Capillary number와 Reynolds number를 이용한 무차원수 해석을 통해 솔더볼을 분사하기 위한 속도를 추정하고 이에 따라 CFD 해석이 진행되었지만 불완전상사를 띄고 있어 솔더볼이 노즐에서 분사되지 않았다. 솔더볼의 큰 점성력으로 인해 노즐에서 분사되기 위해서는 더 큰 분사속도가 필요하므로, 솔더볼의 분사속도를 높일 경우 솔더볼이 형성되는 것이 확인되었다. 가스의 분사속도가 느릴 경우 노즐의 출구가 솔더볼로 인해 막히는 현상을, 빠를 경우에는 출구의 압력이 커지면서 솔더볼이 분사되지 않는 현상을 보였다. 이를 통해, 노즐의 형상과 가스에 따라 안정적으로 솔더볼을 형성할 수 있을 것이라 예상된다. 또한, 노즐 개선 후 분사되는 솔더볼의 응고 과정에 대한 열전달적 해석 연구가 진행되었다. 생성된 솔더볼 주위에 가스의 주입으로 응고를 진행하는 냉각 응고 방식을 착안하였으며 가스 내에서 개선한 직경의 솔더볼의 열전달 효율과 기존 솔더볼의 열전달 과정 사이의 비교를 거쳐 응고 방식의 적합성을 판단하였다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#

POCT 용 마이크로칩 제작

김남현[1,*], 김성진[1], 한예진[2], 조영학[3,#]

Fabrication of microchip for POCT (Point of Care Testing)

N. H. Kim[1,*], S. J. Kim[1], Y. J. Han [2], Y. H. Cho[3,#]

서울과학기술대학교 기계자동차공학과 [1], 서울과학기술대학교 환경공학과 [2], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과 [3]

Key Words : Microchip, Point of care testing, Plasma bonding

현장진단용 (Point of care testing, POCT) 마이크로 칩은 현장에서 감염병 등 질병 검사를 수행하여 단 시간 내에 결과를 알 수 있어 신속한 대응을 가능하게 한다. 특히, 최근에는 바이러스의 확산에 따른 조기 검진이 중요해지고, 신속하고 정확한 질병 검사를 위해 POCT 의 필요성이 더욱 부각되고 있을 뿐 아니라, 다양한 세포 배양 및 테스트 등을 마이크로 칩에서 수행하고 있다. 이러한 POCT 마이크로 칩들은 다양한 폴리머 재질을 이용하여 제작하게 되는데, PC (Polycarbonate)기반 POCT 마이크로 칩에서 세포 실험을 진행할 경우 뛰어난 내충격성과 내열성으로 Autoclave 와 같은 멸균처리에 용이하여 그 수요가 증가하고 있다.

본 연구에서는 질병 테스트 및 세포 실험을 위해 PC 기반의 POCT 마이크로 칩을 사출금형을 이용하여 제작하고 PC 기판을 이용하여 패키징을 진행한다. 이후 PC 마이크로 칩과 PC 기판 사이의 적절한 본딩 방법 및 조건을 제안한다. 그리고 패키징된 마이크로 칩에 대한 Autoclave 처리 후 누설 (leakage) 테스트와 Hot press 공정 후 변형정도 확인, 만능재료시험기를 이용한 결합강도 (bond strength) 테스트를 진행한다. 또한, 실제 세포 배양 및 테스트 실험을 수행할 예정이다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(yhcho@seoultech.ac.kr)

폴리머 소재 유연기구 기반 광학계 정렬 장치

김상준[1,*], 송도영[1], 조형익[1], 남제혁[2], 안다훈[1,#]

Optics aligner using polymer based flexure mechanism

S. Kim[1,*], D. Song[1], H. Cho[1], J. Nam[2], D. Ahn[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과[2]

Key Words : Polymer, Flexure mechanism, Aligner, Additive manufacturing, Monolithic

대부분의 광학계 정렬 유연기구는 금속 소재를 사용해왔다. 금속 소재는 폴리머 대비 높은 탄성계수 특성으로 인해 구조적 강성 또한 높게 구현할 수 있다. 이는 곧 외란에 의한 기생 모션 발생이 적어 높은 정밀도를 가져갈 수 있는 장점을 보여주는 동시에 동일 구동 범위를 구현하기 위해 더 큰 용량의 구동기가 필요하다는 단점으로 작용한다. 또한 다자유도 시스템 구축 시 전통적인 금속 가공 방식의 한계로 일체형 구조의 제작이 어려워 조립 공정에서의 오차와 부품 간 유극으로 인한 오차를 피해갈 수 없다는 단점이 존재한다. 기존의 유연기구를 적층 제조 방식의 폴리머로 변경하면 이와 같은 단점을 극복할 수 있을 것이라 기대된다. 금속에서 폴리머로 소재를 변경함으로써 작은 용량의 구동기를 사용하여 동등한 수준의 구동범위를 구현할 수 있고, 3차원 적층 제조 방식을 통한 다자유도 일체형 유연기구를 구현하여 기계적 결합에 의해 발생하는 오차를 감소시킬 수 있는 이점이 있다. 따라서 광학 정렬 기구의 폴리머 소재 적용 가능성 여부를 파악하고자 한다. 판스프링의 길이와 높이의 최적화 연구를 진행하고자 시스템 안정성을 위한 모드해석을 진행하였고, 소재 변경으로 하중에 의한 양상, 정밀도 등 유연기구 성능과 관련한 여러 가지 변화를 파악하기 위해 유한요소해석 방법을 이용했다. 이를 종합하여 폴리머 소재에 적합한 형상 변경으로 요구 성능을 만족하는 설계를 제시한다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*(ksj0708@seoultech.ac.kr), 교신저자#(dhahn@seoultech.ac.kr)

축향 영구자석 구동 방식 3자유도 스테이지 설계

김영준[1,*], 장유진[1], 박경근[1], 이성훈[1], 김영덕[2], 안다훈[1,#]

Design of 3 degrees of freedom axial flux permanent magnet stage

Y. J. Kim[1,*], Y. J. Jang[1], G. G. Park[1], S. H. Lee[1], Y. D. Kim[2], D. Ahn[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], ㈜이솔[2]

Key Words : Axial flux permanent magnet stage, Air Bearing, Lorentz Force

본 논문은 축향 영구자석 구동 방식을 이용하여 미세 행정용 3자유도 스테이지를 구현하기 위해, 그 구조와 설계에 대한 연구 내용을 담았다. 기존 회전 모션 기구와 2축 평면 모션 기구의 직렬 구조로서 3자유도를 구현하는 스테이지는 전체 높이가 증가하여 무게중심이 높은 단점이 있고, 다수의 보이스코일모터를 사용하는 스테이지의 경우 구현 가능한 회전각에 제한이 있다. 이러한 기존 단점을 보완한 $xy\theta$ 3자유도 스테이지 설계 및 제작을 위해 대회전각, 고정밀도, 고동적성능의 3가지 성능에 주안점을 설정하여 설계를 진행하였다. 첫째, 대회전각을 위해 회전체 구조를 적용하였다. 둘째, 고정밀도는 높은 정밀도를 요구하는 반도체 공정에서 사용할 수 있도록 비접촉식 가이드인 공기 베어링을 사용해 마찰과 마모가 없고, 청정한 공간에서도 사용할 수 있도록 하였다. 마지막으로, 고동적성능은 스테이지의 각가속도를 높이기 위한 높은 토크를 발생시킬 수 있도록 로렌츠 힘 구동 방식을 적용하였다. 3가지 설계 주안점을 만족시키는 목표 스펙을 설정했으며, 조립 순서, 배선 및 배관, 제어를 고려한 설계를 진행했다. 본 연구 결과로부터 축향 영구자석 구동기로서 3자유도 구현 가능성을 확인하고, 높은 정밀도와 동적성능, 그리고 큰 회전 각도를 만족시키는 스테이지 설계 및 제작에 대한 방향성을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체 전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(dhahn@seoultech.ac.kr)

Ultrafast Molecular Diagnosis-Based Solid-Phase Photonic PCR for Respiratory Pathogen Variant Discrimination

Oh Seok Kwon*,#

SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT), Department of Nanoscience and Technology Sungkyunkwan University (SKKU)[1]
SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT), Department of Nano-Engineering Sungkyunkwan University (SKKU)[2]

Key Words : Solid phase photonic PCR, N-Heterocyclic carbene

Need of quick and precise platform for diagnosing highly contagious viruses such as pandemic viruses, has grown significantly. In the initial stage of pandemic, conventional diagnostic techniques have encountered limitations including high costs operation, lengthy operating times and need for considerable space. In this research, a new solid phase photonic polymerase chain reaction (SP-PCR) based portable diagnostic tool is invented that is extremely selective and sensitive. The photothermal energy of a light-emitting diode (LED) is transformed into phonons via a gold layer, thereby driving the thermal cycle. The development of an amplicon on the surface of the miniaturized SP-PCR chip is immobilized by N-heterocyclic carbene and confirmed by fluorescence. The practical applicability of the newly developed diagnosis platform for the recognition of the presence of a SARS-CoV-2-specific genome sequence is demonstrated utilizing 100 clinical samples, including 72 COVID-19-positive clinical samples and 28 negative samples.

Presenter*, Corresponding author#(oskwon79@skku.edu)

전혈에서 cfDNA와 CTC 분리용 Lab-on-a-Disc의 멸균공정 개발

황철진[1,*,#], 이정원[1], 황택용[1], 강정진[1], 이성훈[2]

Development of sterilization process for Lab-on-a-Disc to seperate cfDNA and CTC from whole blood

C. J. Hwang[1,*,#], J. W. Lee[1], T. Y. Hwang[1], J. Kang[1], S. H. Lee[2]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], (주)클리노믹스 암유전체연구소[2]

Key Words : Lab-on-a-Disc, Injection mold, Liquid biopsty, Sterilization process, Whole blood, CTC, cfDNA

고형암 환자의 경우 암의 전이과정이나 그 이전 단계에서부터 환부에서 부유성을 획득한 암세포가 혈액에 순환하고 있음이 알려져 있고, 이를 CTC (순환 종양 세포; Circulating Tumor Cell)이라고 총칭한다. CTC 이외에도 혈액 내로 배출된 사멸한 세포의 DNA, 즉 세포유리 DNA(cell free DNA, cf DNA) 중에서 암에서 기원한 DNA를 분석하는 기법이 많은 관심을 끌고 있으며, 방법이 상대적으로 간단하기 때문에 민감도와 정확도에 문제가 있음에도 불구하고 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 혈액 내 CTC(순환종양세포) 농축과 동시에 혈장(plasma) 내부의 세포유리 DNA(cell free DNA, cf DNA)를 오염 없이 분리가 가능하도록 하는 Lab-on-a-Disc 진단시스템을 설계하고, 이를 구현하기 위한 사출금형을 설계하였다. 사출성형된 Lab-on-a-Disc 부품 및 완성품은 적절한 멸균공정을 개발하고 검증하여야 의료기기 및 부품으로 사용승인이 가능하다. 본 연구에서는 의료부품의 멸균 방법들 중 EO 가스(ethylene oxide gas) 멸균의 단점인 잔류가스에 대한 독성과 감마선 멸균의 단점인 방사성동위원소에 대한 보안문제와 긴 처리시간과 같은 문제가 없는 전자선(Electron-beam) 멸균공정을 적용하여, 멸균검증실험을 실시하였다.

후기 이 논문은 범부처전주기의료기기개발사업(과제번호=RS-2020-KD000019)의 지원으로 연구하였으며, 이에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#(cjhwang@kitech.re.kr)

두 개의 혼합 구조를 가지는 미세유체 칩 및 이를 이용한 다층 구조의 리포좀 합성 공정에 관한 연구

정연정[1,2,*], 진재호[3], 김관오[1], 윤재성[1,2], 강도현[1], 유영은[1,2,#]

A study on micro-fluidic chip with two mixing units and synthesis process of coated liposome using the micro-fluidic chip

Y. J. Jung[1,2,*], J. H. Jin[3], K. O. Kim[1], J. S. Yoon[1,2], D. H. Kang[1], Y. E. Yoo[1,2,#]

KIMM(Korea Institute of Machinary and Materials)[1], UST(University of Science and Technology)[2], 네오나노텍[3]

Key Words : Micro-fluidic chip, Micro-fluidic mixer, Coated liposome, High throughput

리포좀이란 양 끝에 친수성과 소수성을 띠는 인지질이 친수성 용액에서 자가결합에 의해 인지질 이중층이 표층을 형성하는 구형을 물질을 의미한다. 내부에는 친수성 물질로 채워져 있는데 주로 약물이나 DNA와 같은 물질을 담지할 수 있고 표면에 바이오마커와 같은 물질을 부착할 수 있어 선택적 운반체로써 활용이 가능하다. 이러한 리포좀은 약물이나 기능성물질의 경구섭취 시 위산에 의한 손상을 예방하거나, 세포로의 전달특성 등을 향상시키기 위해 다양한 분야에서의 이용이 증가하고 있으나, 전달 효율 개선을 위하여 다른 기능성물질로 코팅된 구조의 리포좀 제조에 대한 필요성 또한 증가하고 있다. 또한, 최근 미세유로를 이용하여 리포좀을 설계된 크기로 합성하는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 본 연구에서는 리포좀을 균일하게 대량으로 합성할 수 있는 미세유로를 기반으로 2차 코팅까지 하나의 칩에서 구현하고자 하였다. 유로 길이 방향으로 2000개 이상의 5um 노즐을 형성하여 지질 용액이 노즐을 통과하여 수용액과 분산된 계면을 형성하면서 인지질이 자가조립되어 리포좀이 대량으로 생성된다. 그리고 이렇게 형성된 리포좀은 3차 유로를 통해 다시 또 다른 2000개 이상의 미세유로로 공급이 되면서 2차 물질과 혼합이 되어 최종적으로 코팅된 리포좀이 형성된다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부 '산학연플랫폼 협력기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호 S3311292)

발표자*, 교신저자#(yeyoo@kimm.re.kr)

현장진단검사를 위한 그래핀 FET 기반 휴대용 나노바이오센서

김경호*, 권오석#

Graphene FET-based portable nanobiosensors for point-of-care testingprocess

K. H. Kim*, O. S. Kwon#

성균관대학교 성균나노과학기술원

Key Words : Portable nanobiosensor, Grpahene, Field-effect transistor

Fatal pathogenic organisms, including viruses and bacteria, have been detected by various point-of-care tests (PoCTs) in clinical samples. PoCTs based on portable electrical devices exhibit several advantages, including the ability to detect organisms in a simple and rapid manner. Although electrical PoCT devices show ultrasensitivity when detecting pathogens in standard samples, their industrialization has been limited due to their low reproducibility, sensitivity, and specificity, resulting from nonspecific binding issues by media, such as the serum and clinical virus transport medium (CTM). Therefore, improving the sensing performance of electrical devices remains challenging. In this research, we first demonstrated perpendicular organic interfacial chemicals (OICs) conjugated on graphene micropattern field-effect transistors (GMFETs) for monitoring pathogenic organisms in clinical samples. The OICs on GM were investigated via density functional theory (DFT) and characterized by various surface analyses. It is ultra stable in environments and high-performance bioreceptor-conjugated GMFETwere integrated into the side gating system, and this platform showed higher reproducibility in PoCTs. Based on these results, side-gated GMFETs can be used as universal PoCT electronics to monitor fatal pathogenic organisms, such as viruses and bacteria, in clinical samples on-site, especially during pandemics.

발표자*, 교신저자#(oskwon79@skku.edu)

나노 입자 분리/농축을 위한 전기장 기반 멤브레인 기술

박지효[1,2,*], 유영은[1], 윤재성[1], 강도현[1], 한흥남[2], 김관오[1,#]

A novel electric field-integrated membrane process for nanoparticle separation and concentration

J. H. Park[1,2,*], Y. E. Yoo[1], J. S. Yoon[1], D. H. Kang[1], H. N. Han[2], K. O. Kim[1,#]

한국기계연구원 나노리소그래피 연구센터[1], 서울대학교 재료공학부[2]

Key Words : Electric field-assisted process, Electrokinetic, Conductive membrane, Antifouling, Transmembrane pressure

유체 내 나노 입자의 효율적인 분리 및 농축 기술은 다양한 바이오마커를 포함한 생체 시료의 정제 및 분석과 질병의 조기 진단에 필수적이다. 나노 입자 제어 기술 중 멤브레인 기반 기술은 간단한 원리와 손쉬운 작동 방법으로 의공학을 포함한 다양한 분야에 적용되어 왔다. 그러나 표적 입자의 크기가 작을수록 더욱 작은 공극이 필요하므로 유동 저항과 에너지 소모량이 증가하며, 시간이 지남에 따라 나노 입자가 멤브레인 공극을 막고 표면에 흡착되어 멤브레인의 내구성과 정제 효율이 감소한다. 특히 분리/농축된 생체 시료 회수 시, 흡착된 바이오 입자의 손실이 불가피하다. 본 전기장 기반 멤브레인 기술은 표적 입자보다 큰 공극을 사용하여 멤브레인 기반 기술의 고질적인 한계를 극복하고자 하였다. 폴리머 멤브레인 표면에 금속을 증착한 전도성 멤브레인을 통해 전기장을 생성하여 대전된 나노 입자를 제어하였다. 나노 입자에 작용하는 유체역학적 힘과 동전기적 힘의 이론적/실험적 모델링을 통하여 인가 전압 값을 최적화하였다. 본 시스템은 450 nm 공극으로 195 nm의 입자를 99% 이상 분리, 1.76배 농축하여 기존 크기 기반 멤브레인 기술보다 낮은 구동 압력으로 높은 분리/농축 효율을 가짐을 확인하였다. 이 연구 결과는 현장 진단, 고감도 바이오 센서 등 다양한 의생명 분야로의 적용을 위한 혁신적인 기술이 될 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 2024년도 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2021M3A9I502143821)

발표자*, 교신저자#(kkim@kimm.re.kr)

7월 18일 [목]

포스터 I 발표 논문

DED 공정 모니터링을 위한 이미지 기반 온도 데이터 생성에 관한 연구

최영운[1,*], 이예림[1], 신혜원[1], 이상원[2,#]

Study on image-based temperature data generation for monitoring DED processes

Y. W. Choi[1,*], Y. L. Lee[1], H. W. Shin[1], S. W. Lee[2,#]

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Directed energy deposition, Data generation, Image-based process monitoring

DED(Directed Energy Deposition)는 금속 분말과 고에너지 열원을 동시에 공급하는 적층 공정이다. DED 공정은 기공과 같은 제품 내부 결함의 발생이 빈번하여 품질 신뢰성의 확보가 까다롭기 때문에, 다양한 센서로 공정을 실시간으로 모니터링하는 연구가 다수 수행되고 있다. 실시간 모니터링에는 용융풀의 정보 측정을 위한 비전카메라, 온도 측정을 위한 고온계 등이 주로 활용되고 있으며, 최근에는 다양한 센서 데이터를 동시에 활용하는 센서 퓨전을 통해 품질 예측의 강건성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 그러나 센서를 다수 활용하는 것은 생산비용 증가의 원인이 되며 실제 생산현장에서는 적용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 DED 공정의 용융풀 이미지를 기반으로 온도 데이터를 생성하는 알고리즘을 제시한다. 먼저, 에너지 밀도가 다른 조건에서 CCD 및 열화상카메라를 이용하여 이미지 및 온도 데이터를 취득하고, 영상 형태로 가공하여 데이터셋을 구축하였다. 이후 이미지 및 온도 데이터를 각각 입력 및 출력으로 설정하여 데이터 변환 모델을 구축하였다. 모델의 구조는 이미지 특징을 추출한 뒤 이를 활용하여 온도를 추정하도록 설계되었고, 시간의 경과에 따른 변화와 용융풀 부위의 집중적인 학습을 위해 3D-CNN(Convolutional Neural Networks)과 attention 메커니즘이 적용되었다. 시험 데이터셋을 대상으로, 실제 및 생성된 온도 데이터 간 오차는 150℃ 미만으로 확인되었다. 본 연구를 통해, 용융풀의 이미지를 활용하여 낮은 오차로 온도 데이터를 재구축할 수 있음이 확인되었으며, 향후에는 센서 퓨전 기반 모니터링을 위해 본 연구를 활용할 예정이다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 연구비 지원(20025702) 및 한국연구재단의 '이공분야기초연구사업'의 연구비 지원(2022R1A2C3012900)에 의한 연구임.

발표자*, 교신저자#(sangwonl@skku.edu)

웨어러블 기기의 야외 작동 성능 향상을 위한 복사냉각 기반 쿨링 케이스

현창환*, 정민서, 권석규, 이다솔#

Cooling case based on radiative cooling to improve outdoor performance of wearable devices

Changhwan Hyeon*, Minseo Jeong, Seokgyu Kwon, Dasol Lee#

연세대학교 의공학과

Key Words : Radiative cooling, Wearable device, Electrospinning

Electronic devices used in outdoor environments during the summer can be exposed to the risk of high temperatures. Excessively elevated temperatures in electronic devices can hinder their normal functions. When wearable devices are used outdoors, variations in external temperature, changes in skin temperature, and sensor heating can degrade the device's performance, reduce battery efficiency, and expose users to the risk of burns due to the excessively heated device. Radiative cooling fibers, with high solar reflectance and high emissivity in the atmospheric window range, demonstrate cooling efficiency below the ambient temperature without consuming energy.

In this study, we fabricated a cooling case based on radiative cooling for wearable devices. And then measured the operational performance and battery efficiency of the wearable devices in high-temperature outdoor environments. The radiative cooling fiber demonstrated a cooling efficiency of 9 degrees below the ambient temperature outdoors. Unlike wearable devices without integrated radiative cooling cases, the wearable devices with radiative cooling cases showed lower temperatures and maintained good operational performance with high battery efficiency even outdoors. We present a radiative cooling-based cooling case for wearable devices that regulates the device's temperature, allowing for continuous use by users even in high-temperature outdoor environments.

발표자*, 교신저자#(dasol@yonsei.ac.kr)

폴리머 소재 금형 제작용 광경화성 수지의 후경화 조건에 따른 기계적 물성 변화에 관한 연구

김기범[1,*,#], 박정연[1], 김미애[1], 안동욱[1,2], 이태건[1,2]

A study on the differnces of mechanical properties by Post-Curing conditions of photocurable resin for polymer molds

K. B. Kim[1,*,#], J. Y. Park[1], M. A. Kim[1], D. U. An[1,2], T. G. Lee[1,2]

한국생산기술연구원[1], 한국공학대학교 기계공학과[2]

Key Words : Additive manufacturing, Polymer mold, Photocurable resin, Post-curing, Mechanical properties

These days additive manufacturing technology studied for use in various industries. Among them, in mold industry, it tries to apply a metal material additive manufacturing technology, but it is difficult due to its high cost. In the case of polymer material additive manufacturing technology, the cost limitation can be overcome, but the mechanical properties of the polymer material are not applied because they are insufficient to be used for mold. In this study, to solve this problem, the difference in mechanical properties by the post-curing conditions of the photocurable resin with high heat-resistant and high-stiffness for additive manufacturing was to be confirmed. For this purpose, a specimen for measuring mechanical properties (compression, tensile, bending) under the same additive manufacturing conditions was fabricated, and the final test specimen was fabricated by varying the post-curing conditions. In the mechanical properties test, increase reliability of the result, conducting repeated tests using specimens fabricated under the same conditions.

후기 This study was supported by a Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) Grant funded by the Korean Government (MOTIE) (No. P0025976).

발표자*, 교신저자#(kkb@kitech.re.kr)

3D 프린팅 시편의 패턴 및 충진 밀도에 따른 기계적 강도 특성

전유재*,#

Mechanical strength characteristics according to pattern and filling density of 3D printing specimens

Y. J. Jeon*,#

여주대학교 의료재활과학과

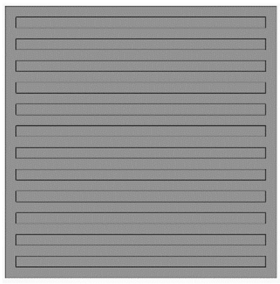
Key Words : Mechanical strength, 3D printing, Infill density, Tensile force, PLA, FDM

1. 서 론

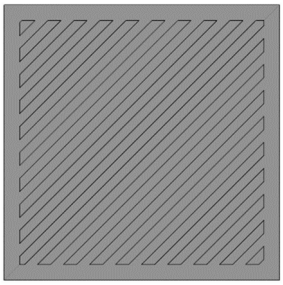
3D 프린팅은 건설, 자동차, 항공, 의료 분야 등에서 널리 사용되고 있다[1]. 실제 산업 현장에서 3D 프린터를 사용하여 현장 실험을 수행하는 것은 많은 시간과 비용이 든다. 이러한 문제를 극복하기 위해 산업 현장에서는 주로 스케일 모델(scale model)로 구조 실험이 수행된다. 또한, 3D 프린팅은 기존의 생산 방식에서 재요구되는 것처럼 재료를 녹이거나 굳힌 후 고체 몰드를 제작하지 않고 증착하는 방식을 사용하므로 재료 비용이 저렴하여 사용된다. 또한 3D 프린터는 외벽 두께, 충진량, 인쇄 속도 등 다양한 인쇄 조건을 설정할 수 있기 때문에 다양한 오즈 인쇄 작업을 수행할 수 있다[2]. 별도의 가공 과정 없이 3D 모델에서 형상을 만들 수 있고 설계 제약이 거의 없다는 장점이 있다. 기존의 생산 방식을 사용할 경우 몰드에서 분리하거나 절삭 공구로 기계 가공할 수 있는 구조를 설계해야 하지만, 3D 프린터의 경우 이러한 제약 조건을 거의 고려하지 않아도 된다[3].본 연구는 PLA를 사용하여 3D 인쇄된 부품의 기계적 특성 평가를 포함한다. 인쇄된 부품의 충진 밀도는 30%, 40% 및 50%로 설정되며, 충진 패턴은 격자 또는 입방 패턴으로 설정된다. 상/하 패턴은 라인 패턴(45˚)과 동심 패턴(0˚)으로 구분되며, 시편은 3D 인쇄 공정을 통해 인쇄된다. 본 연구는 시편의 인장 강도 및 변위를 분석하고 이러한 매개변수에 따른 3D 인쇄물의 기계적 강도 변화를 관찰한다.

2. 실험방법

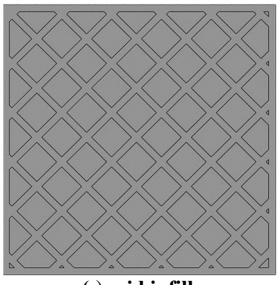
시편은 Polylactic Acid (PLA)를 이용하여 Fused Deposition Modeling (FDM) 방법으로 ASTM D638을 인용하여 Fig. 1과 같이 시편 내부의 패턴을 생성하여 각각 제작하였다. 사용된 시편은 전체 길이 165mm, 너비 13mm, 표점 거리(표점 마크 거리)는 50mm이다. ASTM D638은 강화 및 비강화 플라스틱의 인장 특성을 측정하기 위한 가장 일반적인 시험 표준이다.



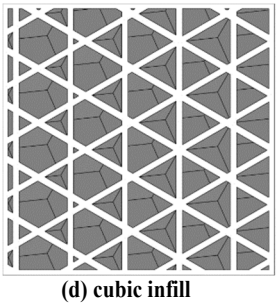
(a) Lines with top/bottom



(b) Concentric with top/bottom



(c) grid infill



(d) cubic infill

Fig. 1 3D-printed object parameter settings

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 인필 밀도, 인필 패턴, 상/하부 패턴에 따른 인장력의 변화를 보여준다. 상/하부 패턴을 라인 패턴으로 설정하고, 인필 패턴은 격자 패턴일 때 인필 밀도가 30%인 시편에서 인장력은 1.18 kN으로 측정되었다. 인필 밀도 40%에서 인장력은 1.50 kN으로 나타났으며, 인필 밀도 50%에서 1.55 kN으로 나타났다. 상/하부 패턴을 라인 패턴으로 설정하고, 인필 패턴은 큐빅 패턴일 때 인필 밀도 30%로 설정한 경우, 인장력은 1.84 kN으로 측정되었으며, 인필 밀도가 50%인 경우, 인장력은 2.22 kN으로 측정되었다. 동심원-격자 시편에서의 인장력은 인필 밀도 30%일 때 1.79 kN, 50%일때 1.98 kN으로 증가하였다. 또한, 동심원-큐빅 시편에서는 인필 밀도가 30%일 때 1.60 kN, 인필 밀도가 50%일 때 2.37 kN으로 인장력이 측정되었다.

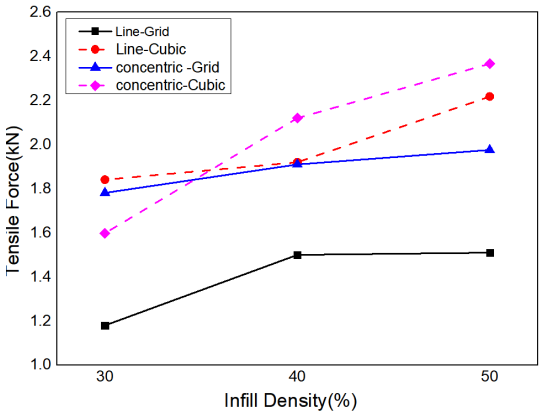


Fig. 2 Tensile force according to various printing conditions

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서 얻은 결과 중 인장력을 측정하여 비교한 결과, 인장 시편의 상/하부 패턴이 동심원 패턴이고 인필이 큐빅 패턴일 때 가장 높은 인장력이 발생하였다. 또한, 라인-격자 패턴일 때 인필 밀도가 증가하더라도 다른 시편에 비해 인장력이 크게 증가하지 않았다. 인장시험 결과를 통해 상/하부 패턴 보다는 인필 패턴이 인장력에 미치는 영향이 크다는 것을 확인하였다. 향후 상/하부, 인필 패턴, 밀도 등을 복합적으로 고려하고 설계하여, 최적화된 기계적 물성치를 확보할 수 있는 기법을 정립할 필요성이 있다.

참 고 문 헌

(1) Mardis, N. J. (2018). Emerging technology and applications of 3D printing in the medical field. Missouri medicine, 115(4), 368.
(2) Lubombo, C., & Huneault, M. A. (2018). Effect of infill patterns on the mechanical performance of lightweight 3D-printed cellular PLA parts. Materials Today Communications, 17, 214-228.
(3) Fischer, F. (2015). FDM and Polyjet 3D printing. Popular Plastics & Packaging, 60(6).

후 기

This work has supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022R1G1A1012340).

발표자*, 교신저자#

복합재 적층 공정시 경로 추적을 통한 온도 모니터링 연구

최예원[1,*], 김민서[1], 주송현[1,2], 최해진[2], 이석우[1], 김태곤[1], 김성현[1], 신강우[1], 송경은[1], 남정수[1,#]

A study on temperature monitoring through path tracking in composite lamination process

Y. W. Choi[1,*], M. S. Kim[1], S. H. Ju[1,2], H. J. Choi[2], S.-W. Lee[1], T.-G. Kim[1], S. H. Kim[1], K. Shin[1], K. Song[1], J. Nam[1,#]

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 대학원 기계공학과[2]

Key Words : Material extrusion method, Parameter, IR camera, CamShift

The material extrusion additive manufacturing process, unlike traditional FDM (Fused Deposition Modeling) or FFF (Fused Filament Fabrication) methods, uses a screw-based extrusion system that enables large-scale production and the ability to mix raw materials, offering significant advantages for various industries. However, when using materials such as polymers and fiber-reinforced composites, the thermal characteristics of the material during the deposition process after extrusion affect the shrinkage and bonding of the printed product, leading to issues such as mechanical property degradation and quality deterioration. To address these issues, research on temperature monitoring during the additive manufacturing process is being conducted. This study aims to enhance the reliability of temperature monitoring of deposited materials during the extrusion process by applying a path-tracking algorithm. The experiment was designed using the Central Composite Design (CCD) method, selecting a total of 13 extrusion conditions based on the process parameters of feed speed and extrusion speed. Temperature histories and extrusion temperatures for each experimental condition were recorded. To design the path-tracking algorithm, CamShift (Continuously Adaptive Mean Shift), which excels in tracking based on color distribution information, was applied to establish an algorithm for tracking the extrusion path. The results showed that tracking the extrusion path provided excellent performance in temperature detection, allowing accurate temperature monitoring by detecting the varying heights of the layers during the extrusion process. The rate of change in the acquired temperature data enabled the distinction of extrusion states, and this monitoring system is expected to contribute to the improvement of process quality through thermal transfer analysis and feedback control of the extrusion process for future industrial commercialization. This research is anticipated to make a significant contribution to simultaneously improving the efficiency and quality of additive manufacturing processes.

후기 This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as" Development of 3D printing commercialization technology for military parts and demonstration support technology (kitech EH-24-0004)" And as “Establishment of quality and reliability evaluation infrastructure based on lightweight machining system (kitech NK-24-0019)"

발표자*, 교신저자#(rack1219@kitech.re.kr)

다공성 추간체유합보형재의 물리·화학적 특성 평가

주민정[1,*], 임권묵[2], 박성준[3,#]

Physical and chemical performance evaluation of lumbar porous interbody fusion cage

M. J. Ju[1,*], K. M. Lim[2], S. J. Park[3,#]

한국교통대학교 기계공학과 대학원[1], 주식회사 에이스메디코프 연구소[2], 한국교통대학교 기계공학과[3]

Key Words : Inerbody fusion cage, Additive manufacturing, Structural stiffness

1. 서 론

고령화 사회를 넘어 초고령화 시대가 본격화 되면서 척추관 협착증 및 퇴행성 척추 등의 요추 퇴행성 질환의 수술적 치료로 이탈되고 변형된 추간체를 제거하고 추간체 유합 보형재를 삽입하여 척추체의 원래의 디스크 높이를 회복하고 척추체를 하나로 유합시키는 대표적인 수술적 치료법으로 추간체 유합술이 사용되고 있다. 기존 PEEK 추간체유합보형재는 표면이 매끄러워 골유합이 떨어지는 것으로 알려져 있어, 이러한 단점을 줄이기 위해 다공성 구조로 형성된 추간체 유합 보형재가 연구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 3D프린팅으로 제조된 다공성 구조의 Ti 추간체 유합 보형재를 설계하고 제작하여 상용화 되어 있는 PEEK 재질의 추간체 유합 보형재와의 물리화학적 특성을 비교하였다.

2. 설계 및 시제품 제작

추간체유합보형재는 Solidworks (Dassault Systmes)을 이용하여 외형을 설계 하였고, 3-matics(Materialise)을 이용하여 다공성 구조를 구현하였다. 이를 DMP Flex350(3d Systems)장비를 활용하여 제작하였다. 고정밀 레이져가 금속 파우더 입자에 조사되어 얇은 수평 금속 레이어를 선택적으로 층층이 쌓는 방식인 DMP(Direct Metal Printing)방식을 이용하였다.

3D프린팅 추간체유합보형재의 주요치수는 버니어켈리퍼스를 이용하여 측정되었고 주요 공차는±0.1mm 이내이며, Porous구조의 치수는 SEM를 이용하여 측정하였으며 공차는 ±0.05mm, Porosity는 75~85% 이내로 정교하게 제작되었다.

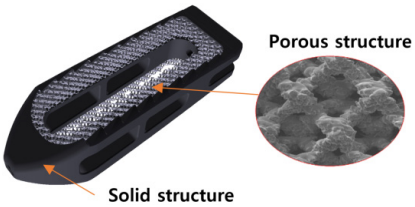


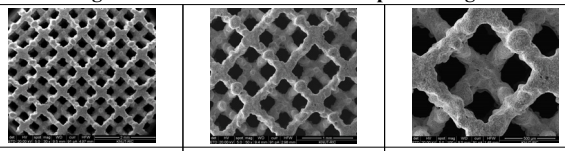
Fig. 1 The design of Porous intervertebral body fusion cage 3D Models



Fig. 2 Manufactured 3D printing intervertebral body fusion cage

3. 물리·화학적 시험 및 결론

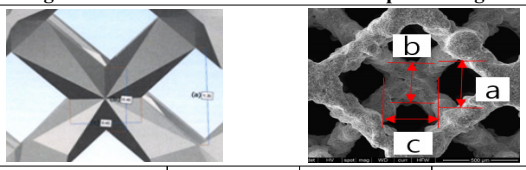
Fig. 3 SEM test of the Lumbar porous cages



저배율(x 30)	중배율(x 50)	고배율(x 100)

인체의 해면골은 기공율 75~90%의 구조적 특성을 가지며, 벌집구조와 유사한 구조를 가진다고 알려져 있다. 설계 디자인 시 이를 고려하여 진행하였다. 설계와 같이 제작되었는지 확인하기 위해, 물리·화학적을 확인할 수 있는 여러 시험 중 미세구조 분석 시험을 진행하였다. SEM(주사현미경)을 활용하여 시료 표면을 확인하였고, Porous 구조의 치수를 확인하였다. 저 (x 30), 중(x 50), 고(x 100) 다양한 배율로 관찰하였으며, 고배율로 측정했을 때 3D프린팅 랜더링 이미지와 실제로 제작된 추간체유합보형재의 치수를 측정하였다.

Fig. 4 SEM test result of the Lumbar porous cages



구분	a(mm)	b(mm)	c(mm)
3D 프린팅 랜더링 이미지	1.35	0.46	0.45
제작된 시료	1.351	0.463	0.454

3D프린팅 랜더링 이미지와 실제 제작된 시료를 비교 분석하였다. 3D프린팅 랜더링 이미지에서 측정 되어지는 것과 같이 설계한 치수와 제작된 시료의 치수가 공차 범위±0.05mm 안으로 측정되었다. 따라서, 해당 연구에 한해서는 물리화학적으로 정확도가 높아 보인다고 판단된다.

본 연구에서는 다공성 추간체유합보형재의 물리·화학적 평가를 수행하였으나, 기공률별 골유합 및 구조적 안정성 등에 대하여 고려하지 않았다. 이에 관한 추가적인 연구와 임플란트의 임상적 연구평가가 필요할 것으로 사료 된다.

참고 문헌

(1) Morphological and Mechanical Characteristics of Human Vertebral Trabecular Bone, 2007

(2) Manufacturing of the porous artificial bone scaffold replicating structural and mechanical properties of cancellous bone, 2020

감사의 글

본 연구는 2024년도 한국교통대학교 교내 학술 연구비 지원을 받아 수행한 연구임.

발표자*, 교신저자#

열간 단조 공정 지능화를 위한 이형제 분사 모델링과 금속 적층제조

이지혁[1], 김우진[1], 백재영[1], 주나안[2], 한정규[3], 이학성[1,*,#]

Modeling and additive manufacturing of spray system for intelligent hot forging processes

J. H. Lee[1], W. J. Kim[1], J. Baek[1], N. Ju[2], J. Han[3], H. S. Lee[1,*,#]

동아대학교 신소재공학과[1], 동아대학교 패션디자인학과[2], 동아대학교 컴퓨터공학과[3]

Key Words : Additive manufacturing, Hot-forging, Discrete element method

열간 단조 공정은 고온에서 금속을 변형시켜 원하는 형상을 얻는 중요한 제조 기술로, 제품의 기계적 특성과 제조 효율성을 결정짓는 중요한 요소입니다. 열간 단조에서 금형의 설계와 연속 생산을 위해서는 이형제 도포가 중요한 기술 요소입니다. 기존에는 숙련자가 금형의 형상을 고려하여 분사하였는데, 본 연구에서는 열간 단조 공정의 지능화를 목표로 하여, 이형제 분사 공정의 모델링을 통한 메니폴더의 설계 및 금속 적층제조 기술을 결합한 새로운 접근법을 제안합니다.

이형제는 단조 공정 중 금속과 금형 사이의 마찰을 줄이고, 제품의 표면 품질을 향상시키는 중요한 역할을 합니다. 그러나 이형제의 분사 공정은 복잡한 유체 역학과 열 전달 현상을 포함하며, 정확한 모델링이 필요하여 이를 현장에서 적용하는 것은 어려움이 있습니다. 본 연구에서는 고속카메라로 얻는 분사 이미지를 바탕으로 이산 요소 계산방법(DEM)을 이용하여 이형제 분사 공사 및 금형 도포 공정을 모델링하고, 최적의 분사 조건을 도출하였습니다.

특히, 이형제 분사 메니폴더는 이형제를 효율적으로 분사하기 위한 다중 분사 시스템으로, 금속 적층제조(Additive Manufacturing) 기술과 전산유체역학(CFD)를 결합하여 보다 복잡한 형상의 금속 부품을 제조하는 방법을 탐구하였습니다. 적층제조 특화설계기술(DfAM)을 이용하여 경량화된 메니폴더를 제작하여 기존의 알루미늄 소재 대비 사용온도와 강도가 높은 스테인리스 소재로 대체할 수 있었습니다. 본 연구에서는 이형제 분사 메니폴더의 설계와 최적화를 통해 금속 적층제조 공정의 효율성을 높이고, 이를 열간 단조와 통합하는 방법을 제시하였습니다.

실제 사례 연구를 통해 본 연구의 접근법이 제조 공정의 효율성과 제품 품질을 크게 향상시킬 수 있음을 확인하였습니다. IT 기술과 뿌리산업 기술의 융합을 통해 생산인력확보에 어려움이 있는 전통 제조 산업의 디지털전환을 가속할 수 있는 중요한 기반이 될 것입니다.

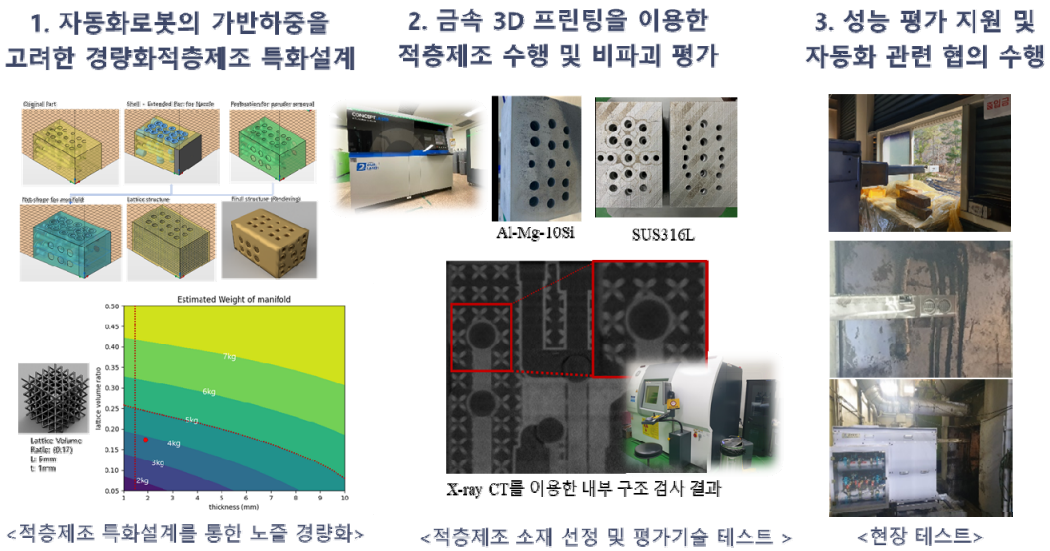


그림. 이형제 노즐 적층제조 특화설계 및 평가기술 개발 사례

발표자*, 교신저자#(leehsong@dau.ac.kr)

와이어 아크 적층제조 기술을 이용한 금형강 소재 적층가공 특성 연구

홍명표*,#

Research on Additive manufacturing characteristics of mold steel materials using wire arc additive manufacturing

M. P. Hong*,#

한국생산기술연구원 대경기술실용화본부 모빌리티부품그룹

Key Words : Additive manufacturing, Wire arc, Mold steel, Mechanical property evaluation, Tool path

적층가공 기술은 설계자유도가 뛰어나며, 다양한 제품의 다품종 생산 및 금속부품의 보수와 수리에 유리한 기술이다. 종래의 제조방식과 비교할 때 적용분야에 따라 제조비용, 시간 성능개선 등 다양한 장점을 갖고 있는 기술이다. 최근 항공우주, 발전산업, 국방 및 뿌리산업 등 다양한 분야에서 그 중요성이 강조되고 있다. 본 연구에서는 다양한 적층제조 방식중 하나인 에너지 제어 용착방식(Direct Energy Deposition, DED)을 활용한 와이어 아크 적층제조기술을 이용한 금형강 소재의 적층가공 특성에 대해 연구 하였다. 이를 위해 소재 선정, 적층공정 연구, 적층가공후 금형강 소재의 기초물성을 평가였으며, 이를 기초로 개발된 기술의 산업적 적용 가능성을 평가 하였다.

후기 이 논문은 2024년도 국방품질기술원의 민.군기술협력사업 '민.군 규격표준화사업'의 지원을 받아 연구되었음 (No. 23-DU-UNI-01)

발표자*, 교신저자#(mp77@kitech.re.kr)

레이저 펄스에 적용한 디지털 신호의 보간에 관한 연구

우성철[1,*], 김지훈[1], 왕환[1], 이현석[2], 김주한[1,#]

A study on the interpolation of digital signals with laser pulse application

S. C. Woo[1,*], J. H. Kim[1], H. Wang[1], H. S. Lee[2], J. Kim[1,#]

서울과학기술대학교 기계공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학과[2]

Key Words : Pulse laser, ADC, DAC, Filter, Interpolation

레이저의 펄스 신호를 분석하여 활용하는 응용 분야가 널리 확대되고 있다. 이러한 레이저 펄스 신호의 주요 응용 원리는 물체들로부터 반사되는 레이저 펄스 신호의 거리차, 시간차를 분석하여 거리, 물체 형태 등을 해석할 수 있다. 이러한 분석을 하기 위한 구성 요소들은 레이저 펄스 발생, optical driver/receiver, 반사광 디지털 변환, 제어 및 신호 해석으로 나눌 수 있다. 레이저 펄스 신호의 성능(performance, characteristic, quality)은 최종 반사광 신호 해석에 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 제어 보드에서 보낸 디지털 신호를 이상적인 아날로그 신호로 변환하기 위하여 데이지 체인에 의한 신호의 보간과 FIR(Finite impulse response) filters를 통해 잡음과 신호 세기를 보정한 아날로그 신호를 레이저 펄스 구동 신호로 사용하였다. 입력된 디지털 값을 2x 필터를 데이지체인 방식으로 4x로 보간하여 나온 신호와 사인파로 믹서를 통과한 신호는 모듈레이터를 거쳐 16bit DAC을 통해 최종 생성된 아날로그 신호는 optical driver를 통해 레이저 펄스 신호로 방출하게 된다. 이러한 변환 과정 중에서 샘플링된 입력신호에 각 샘플들 사이에 0을 삽입하여 보간하는 기능으로 그 결과 신호의 크기가 개선되는 것이 확인되었으며 이러한 디지털 믹서는 신호를 다른 주파수로 이동시키는 데 사용되어 주로 채널 선택이나 이미지 필터링 요구 사항을 개선하는 데 활용할 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업에서 지원을 받아 연구되었음(P0017233)

발표자*, 교신저자#(joohankim@seoultech.ac.kr)

CFRTP 가공에서 IR 및 UV 레이저의 적용 연구

왕환*, 우성철, 김지훈, 김주한#

Research on processing of CFRTP using IR and UV lasers

H. Wang*, S. C. Woo, J. H. Kim, J. Kim#

서울과학기술대학교 기계공학과

Key Words : CFRTP, Cutting, IR laser, UV laser

탄소섬유 강화 열가소성 복합재(CFRTP)는 경량성, 내파단성, 내식각성, 내마모성 등의 우수한 특성을 가지고 있다. 이들은 자동차 제조, 항공우주, 군수품 등에 널리 사용되고 있다. 그리고 이 복합재료는 높은 경도, 이방성, 낮은 층간 강도를 가지고 있다. 전통적인 기계적 공정으로 가공할 경우 버(burr), 층간 박리(delamination) 및 기타 손상 및 표면 품질 저하 등의 문제점이 있다. 이러한 단점들의 대응으로 레이저 커팅은 CFRTP 가공에 있어 장점이 크다. 그러나 레이저 커팅은 열 상호 작용을 기반으로 하므로 매트릭스와 탄소 섬유에 열 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 CFRTP의 레이저 가공에 있어서는 레이저 파장의 선택이 중요하다. 본 연구에서는 CFRTP 커팅을 위한 레이저 조건을 최적화하기 위해 자외선(λ=355nm) 및 적외선(λ=1064nm) 레이저 펄스를 적용하였다. 절단 품질 분석을 검증하기 위해 커프 폭, 커프 깊이 및 매트릭스 증발 폭과 같은 몇 가지 중요한 매개변수를 분석하였다. 자외선 레이저 펄스에서는 대부분의 에너지가 폴리머의 어블레이션을 발생시키는데 사용되었다. 반면에 적외선 레이저 펄스에서는 탄소 섬유 커팅에 주로 사용되었으나 낮은 포톤에너지로 인해 커팅의 품질은 상대적으로 저하된 것이 확인되었다. 이러한 효과는 커팅된 탄소 섬유 단면의 균일성에 영향을 받는 것으로 확인되었다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업에서 지원을 받아 수행되었음. (P0017233)

발표자*, 교신저자#(joohankim@seoultech.ac.kr)

레이저 가공에서 탄소 섬유 강화 플라스틱의 광학 물성에 대한 열전달 해석 연구

김지훈*, 우성철, 왕환, 김주한#

Heat transfer analysis according to optical properties of carbon fiber reinforced plastic for laser processing

J. H. Kim*, S. C. Woo, H. Wang, J. Kim#
서울과학기술대학교 기계공학과

Key Words : Refractive index, Ray tracing, CFRTP

탄소 섬유 강화 플라스틱(CFRP)은 탄소 섬유를 기지재에 함침시킨 재료로 높은 비강도와 비탄성률의 특징을 가지고 있다. 일반적인 기계가공의 경우 CFRP에 섬유이탈 및 기지재 용융 문제를 야기한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 레이저 가공을 적용할 수 있다. 광 에너지를 이용한 비접촉 국부가공은 재료의 손상을 최소화하는 장점을 가지고 있다. 그러나 열 가소성 플라스틱 Nylon6(PA6)를 기지재로 이용한 재료에 대해서 광 상호작용에 대한 연구가 제한적으로 이루어졌다. 레이저에 의한 CFRP의 열영향부(HAZ)를 최소화하고 공정률 및 에너지 효율 평가가 요구된다. 본 연구는 CFRP 모델링에 광선추적을 적용하여 광학 물성에 따른 광열 생성을 모사하고, 이를 기반으로 열전달을 해석했다. 탄소의 굴절률은 1064nm에서 3.2482+2.0353i, 532nm에서 2.6913+1.4557i, 355nm에서 2.7705+1.2648i를 갖으며, PA6는 1064nm에서 1.4943+0.0015444i, 532nm에서 1.5062+0.0026624i, 355nm에서 1.5317+0.004583i를 갖는다. 광선은 탄소의 표면에서 수십 나노미터 안에 모두 흡수되어 파장에 따른 열적 특징이 크게 다르지 않지만, PA6에서는 파장이 짧을수록 소멸계수가 증가하는 특징을 가지고 있어 파장에 따른 열적 특징이 나타나게 된다. 광선추적을 통해 얻어진 열원 정보를 바탕으로 섬유방향 및 직각방향에 대한 열전달을 해석하여 레이저 가공에서 발생하는 HAZ 및 에너지 효율을 평가했다. 해석 결과 탄소 섬유에 대해 흡수율이 높으며, PA6에 대해서는 낮은 흡수율을 가진 532nm의 파장이 고품질 가공에 유리할 것으로 예상된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업에서 지원을 받아 연구되었음(P0017233)

발표자*, 교신저자#(joohankim@seoultech.ac.kr)

PEMFC에서의 방해물의 높이에 따른 성능 비교

정도영*, 송동근, 김정수, 이승헌, 민경원, 조구영#

Performance comparison according to obstruction height in PEMFC

Do Young Jung*, Dong Kun Song, Jung Soo Kim, Seung Heon Lee, Gyeong Won Min, Gu Young Cho#

단국대학교 기계공학과

Key Words : PEMFC, CFD, Baffle, Basic flow channel, parasitic loss

PEMFC (polymer electrolyte membrane fuel cell 고분자 전해질 연료전지)는 높은 에너지밀도와 낮은 작동온도를 가지고 있어 이동형 발전 장치로 많은 관심을 받고 있다. PEMFC는 작동 중 크게 세가지 손실을 가지며 그 중 물질 전달 손실은 촉매층에서의 반응물의 농도와 밀접한 관련이 있다. PEMFC의 유로에 방해물을 설치하게 되면 반응물을 유로에서 촉매층까지 전달하는 양이 증가하기 때문에 전지의 물질 전달 손실이 줄어든다. 이번 연구에서는 5cm2 사형 유로에 높이가 다른 방해물을 설치해 어떤 높이의 방해물이 최적의 값을 가지는지 CFD (computational fluid dynamics) 시뮬레이션을 이용해 확인해보았다. 5cm^2 사형유로 모델은 CFD 프로그램 Ansys Fluent를 통해 만들어졌다. 다공성 영역에서의 압력 손실은 일반적으로 Darcy'의 법칙을 이용해 계산이 가능하다. 하지만 이번 연구에서는 방해물의 영향으로 다공성 층에서 반응물의 속도가 증가하면서 비 선형적인 압력 손실이 발생한다. 그래서 이런 영향을 구현하기 위해 Darcy의 법칙에 더해 Forchheimer의 관성 효과를 추가로 적용했다. PEMFC의 성능은 물질 전달 능력을 중심으로 보기 위해서 낮은 전압영역에서의 전류 밀도 값을 통해 확인했다. 방해물이 유로의 물질전달 능력을 향상시켰다는 것을 확인하기 위해 추가로 촉매층에서의 산소와 물의 분포를 시뮬레이션 프로그램을 이용해 확인했다. 방해물의 설치는 일반적으로 유로의 물질전달을 개선하기 때문에 연료전지의 성능을 향상시키지만, 유로의 압력 손실도 증가시킨다. 유로의 압력 손실이 증가하면 기생손실이 증가하기 때문에 성능의 증가와 기생손실을 같이 확인해야 한다. 이를 위해 방해물 높이에 따른 성능과 입구와 출구의 압력차도 비교했다.

후기 "본 실적은 단국대학교 에너지시스템연구소 소속 학부생 연구원이 참여하여 이룩한 연구성과물로서 해당 연구소는 2024년도 단국대학교 대학혁신지원사업 학부생 연구트랙제 사업의 지원을 받았음."

발표자*, 교신저자#(guyoungcho@dankook.ac.kr)

대면적 패키징 기판 연삭 장치의 가진력에 의한 공진 해석

박수호[1], 박지혁[1], 신봉철[1], 공정식[1], 최경호[1], 김성철[2], 백승엽[1,*,#]

Resonance analysis by exciting force of a large-area packaging substrate grinding device

Su Ho Park[1*], Ji Hyeok Park[1], Bong Cheol Shin[1], Jung Shik Kong[1], Kyung-Ho Choi[1], Sung Chul Kim[2], Seung Yub Baek[*,#]

인덕대학교 기계공학과[1], (주)에이엠테크놀로지[2]

Key Words : FOPLP, FEA, Grinding equipment, Structural Analysis

전자기기의 소형화와 고성능화로 인해 고성능 반도체와 칩 사이즈의 소형화가 요구되었다. 하지만 전공정의 선폭 미세화는 기술적 한계에 도달하여 패키징 공정이 많은 주목을 받고 있다. 이에 칩 바깥으로 입출력 단자를 넓힌 Fan Out 기술을 이용한 패키징 기판을 연삭하기 위한 장비가 요구되었다. 반도체 기판은 고정밀도가 요구되기 때문에 연삭 장비의 정밀도 또한 중요하기 때문에 가공 시 발생하는 진동이나 가진력에 의한 연삭 장비의 부품의 변형 또는 파괴는 매우 치명적일 수 있기 때문에 연삭 장비의 진동해석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 600mm급 대면적 FOPLP 기판 연삭 장비의 원활한 연삭을 위해 연삭 장비 전체 모델의 구조해석 결과를 바탕으로 많은 응력을 받는 부품과 구조적으로 중요한 부품을 선정하여 modal 해석과 harmonic 해석을 진행하였다. 선정한 부품은 Tilting 장치와 조절좌, Sub Frame, Grinding Frame 이 4개의 부품이다. Tilting 장치와 조절좌는 구조해석 결과 많은 응력을 받는 부품이기 때문이며 Grinding Frame과 Sub Frame은 연삭 시 진동에 의한 영향이 있을 것으로 예상되어 선정하였다. 각 부품 별 modal 해석을 진행하였고, modal 해석 결과를 토대로 harmonic 해석을 진행하여 최대 공진 주파수를 확인하였다.

후기 본 논문은 산업통상자원부 기계·장비산업기술개발“600mm급 대면적 FOPLP 기판 가공을 위한 전자동 지능형 복합 연삭시스템 개발”과제번호(20018376) 연구비 지원으로 진행되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

발표자*, 교신저자#(sybaek@induk.ac.kr)

그린수소 생산 공장 구축을 위한 풍력 연계형 반도체 변압기의 모듈 전력 제어

오현우[1,*], 최동호[1], 박영수[2], 이준석[1,#]

Module power control of wind-turbine-connected solid-state transformer for green hydrogen plant

H. -W. Oh [1,*], D. Choi[1], Y. Bak[2], J. -S. Lee[1,#]

단국대학교 전자전기공학과[1], 계명대학교 전기에너지공학과[2]

Key Words : Green hydrogen plant, Wind-turbine, Solid-state transformer, Module power control

본 논문은 그린수소 생산 공장을 구축하기 위한 풍력 발전 연계형 반도체 변압기의 모듈 전력 제어 방법을 제안한다. 그린수소의 생산은 태양광과 풍력과 같은 신재생에너지를 기반으로 한 수전해를 통해 수행되며, 에너지원의 전력과 전압을 수전해 단계에서 요구되는 수준으로 적절히 변환하기 위해 전력변환장치가 필요하다. 반도체 변압기는 대용량 전력 변환이 가능한 전력변환장치로, 풍력 에너지를 입력으로 사용할 수 있어 친환경 시스템 구축이 가능하며, 동시에 입출력 절연 기능을 가져 안정성 역시 우수하다. 무엇보다, 여러 모듈로 구성된 cascaded H-bridge (CHB) 기반 반도체 변압기는 모듈별로 개별 DC 전압 출력을 제공할 수 있는 구조를 가지고 있어, 다수의 수전해 장치에 개별 전력 공급이 가능하다. 해당 구조는 대부분의 모듈을 수전해 장치의 전원 공급용으로 사용하면서, 일부 모듈은 공장 내 여러 전자기기의 전력원으로 사용 가능하기 때문에 손실과 비용을 최소화한 효율적인 그린수소 생산 공장을 구축할 수 있다. 이러한 시스템을 실현하기 위해서는 반도체 변압기 모듈 전력의 개별 제어가 요구된다. 제안하는 모듈 전력 제어 방법은 반도체 변압기의 각 모듈마다 지령 전압을 개별적으로 변조하여, 수전해 장치마다 필요 전력이 상이하더라도 전력 전달이 가능하도록 한다. 또한 무효 전력 주입을 통해 소수의 수전해 장치만 동작하는 경부하 조건에서도 안정적인 전력 전달을 보장한다. 제안하는 제어 방법의 타당성은 실험을 통해 검증된다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(ljs@dankook.ac.kr)

GMAW를 이용한 SAPH440재질의 용접변수에 따른 용입성 및 전류 파형 분석

이종훈*,#

Analysis of penetration and current waveforms according to welding parameters of SAPH440 material using GMAWprocess

J. H. Lee*,#

공주대학교 기계공학

Key Words : GMAW, SAPH440, Lab welding, Penetration, Current waveform

1. 서 론

최근에는 용접이 완료된 후에 시행하는 완성검사보다 용접 공정에서부터 좋은 용접품질을 확보하고 작업자가 실시간으로 결함 발생 유무를 확인 하기위해 작업 중에 용접부위의 품질을 확인 할 수 있는 품질 예측 및 공정제어 시스템이 강조되고 있다. 특히 자동 생산 설비나 산업용 용접 로봇에 의해 제품을 생산 할 경우 작업자가 직접 현장에서 용접 품질을 감시 하고 있지 못하기 때문에 품질의 자동감시 즉 품질모니터링(monitoring)이 반드시 필요하다.[5]

본 연구에서는 현재 버스 프레임에 사용되고 있는 SAPH440 재질을 사용하여 전류 및 전압에 변화에 따라 겹치기 용접을 실시하였고, 용입성 평과와 품질 모니터링 시스템을 이용하여 조건별 전류를 측정하여 분석 하였다.

2. 본 론

본 연구에 사용된 자동차 구조용 열간 압연 강재인 SAPH440과 용가재 SM-70을 이용하여 겹치기 용접을 실시하였다. 토치각도 45° , 가스유량 15 ℓ/min으로 고정하였으며 용접 조건은 전류 150~200, 전압 17~23으로 실험 하였다. KS B ISO 9018에 따라 겹치기 용접을 실시하여 시험편을 제작하였다. 또한 용접시 정확한 전류전압 및 단락율 측정을 위하여 모니터링시스템을 활용하였고, 용접 후 용접성 평가를 위하여 비드 외관을 관찰 하였으며, 용입 깊이 측정을 위하여 레이저 절단 후 연마를 실시하였고, 1㎛의 알루미나와 함께 거시경면연마를 수행하였다. 화학 부식으로는 피클린 산(picric acid)을 이용해 에칭을 실시 하였으며, 저배율 현미경(YJO-201)을 이용하여 용입 깊이를 측정 하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 SAPH440 소재의 GMAW용접시 전류, 전압에 따른 용접성을 평가하기 위한 기준으로 용입성 검사 및 전류 파형 특성을 분석하여 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

1) 용입 검사 결과 전류 150A에서는 전압 19v 이상에서 기준치인 4mm 이상의 용입 깊이가 확인 되었으며, 160A 에서는 17v 이상에서 모든 용접 조건을 만족하였다. 170A, 180A 에서는 18v 이상에서 용접이 이루어지는 것을 확인 하였으며, 190A, 200A 에서는 19V 이상에서 5mm 이상의 용입 깊이가 나타나는 것을 확인 하였다.

2) 용입성을 기반으로 로브 곡선을 도출 하였으며 양쪽 선을 기준으로 가운데 색으로 표기한 용접 조건 부분에서는 기준치에 도달하는 품질이 발생 하였으며, 이를 통하여 용접의 품질 예측을 할 수 있는 자료로 사용 할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 전류 파형 측정 결과 용접 전류가 높을수록 단락률이 감소하는 것을 확인 할 수 있었으며, 150A에서는 27% 이하, 160A에서는 32.79%이하, 170A, 180A 에서는 32% 이하, 190A에서는 31.47%, 200A에서는 32.69%이하에서 용접이 가능한 것을 확인 한 수 있었다.

(4) 전압이 높을수록 파형 피크점의 모양이 날카로운 모양을 보이는 것을 확인 할 수 있었으며, 같은 구간의 피크점의 개수 또한 전류가 높으면 적은 양의 피크점이 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 높은 전류에 비해 낮은 전류의 파형이 불규칙한 파형이 측정되었으며, 잔 피크점이 많이 발생하는 불안전한 전류 파형을 띄는 것을 확인 할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(z0109@naver.com)

SGAFC 980의 저항점용접에 따른 기계적 특성 및 유한요소해석을 통한 너깃 직경 예측에 관한 연구

이종훈*,#

A study on the mechanical properties of resistance spot welding using SGAFC 980 and prediction of nugget diameter through finite element analysis

J. H. Lee*,#

공주대학교 기계공학

Key Words : SGAFC 980, Spot welding, Nugget diameter, Finite element analysis, Mechanical properties

본 연구는 고장력 강판 SGAFC 980소재를 이용하여 저항점용접을 하였으며, 인장 전단 강도, 파단면 관찰, 너깃 지름측정, 유한요소 해석 비교를 실시하였다. 용접은 용접전류 8 kVA에서부터 만족하는 인장 전단 강도가 나타났으며, 전체적으로 전류가 증가할수록 인장 전단 강도가 증가하는 경향을 알 수 있었지만, 용접전류 10 kVA, 용접시간 25 Cycle, 용접전류 12 kVA에서는 용접시간 20 Cycle부터 용접 시간이 증가할 수록 인장강도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 용접이 가능한 조건에서 대부분 날림현상이 발생하였지만, 양호한 용접 품질을 기준으로 하한 구간에는 계면파단 및 부분계면파단이 발생한 것을 확인하였다. 하한값을 제외한 구간에서는 버튼 파단이 일어난 것을 확인할 수 있다. 너깃 지름 측정 결과 용접전류 8 kVA 이상에서는 너깃의 정상품질의 최소 직경인 4.3mm 이상을 만족하였다. 10 kVA 25 cycle, 12 kVA 20 cycle 이상에서는 정상 품질의 최소 너깃 직경인 4.3mm 이상으로 만족하였지만, 오히려 많은 날림현상으로 인해 강도가 떨어지는 시점인 것을 알 수 있었다. 고장력강판은 연강판에 비해 높은 저항을 갖고 있어 비교적 낮은 조건에서도 날림현상이 발생하는 것을 알 수 있었으며, 인장강도와 너깃의 크기는 최소조건보다 높아 만족하지만 그 전 조건보다 강도가 떨어지는 구간을 확인할 수 있었다. 유한 요소 해석과 실제 데이터의 비교 결과 적정 용접 구간에서의 너깃 지름을 비교했을 때 3.9% 미만의 오차율을 확인 했으며, 전체적으로 심한 날림현상 구간을 제외하지 않더라도 비슷한 수치의 너깃을 예측할 수 있었으며, 유한 요소 해석의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(z0109@naver.com.com)

소구경 소켓용접부 위상배열초음파검사의 FMC/TFM 기법 적용

곽동열*,#, 김영래

Application of FMC/TFM method of phased array ultrasonic testing for small bore pipe socket welds

D. R. Kwak*,#, Y. L. Kim

한국수력원자력(주) 중앙연구원

Key Words : Phased array ultrasonic Testing, FMC/TFM method, Socket welds, Small bore piping

국내 원자력발전소의 공칭직경 2인치 이하 소구경 배관에 연결된 소켓용접부는 표면검사 이외에도 용접부 내부 결함 검출을 위해 강화 가동중검사로써 초음파검사를 수행한다. 소켓용접부는 두께가 얇고 형상이 복잡하여 단일 각도를 사용하는 일반적인 초음파검사기법으로는 검사가 제한되므로 위상배열초음파의 1 스킵거리를 이용한 섹터 스캔 검사가 적용된다. 국내 원자력발전소의 소켓용접부 검사에 사용되는 위상배열초음파 탐촉자는 16채널 소자를 사용하며, 원자력발전소 현장에 설치된 0.75인치, 1인치, 2인치 직경의 배관에 일치하는 초음파탐촉자 웨지와 스캐너를 이용하여 초음파 신호를 수집하고 자격을 갖춘 검사자가 평가한다. 본 연구에서는 위상배열초음파를 관심영역 전체에 집속하여 고해상도 이미지를 구현하는 TFM(Total Focusing Method) 기법을 적용하였다. TFM은 섹터 스캔 방식보다 보다 노이즈가 비교적 적고 높은 해상도를 제공할 수 있기 때문에 기존의 섹터 스캔 결과와 비교함으로써 소켓용접부 검사에 TFM 방식의 검사 유효성을 확인할 필요가 있다. 위상배열초음파 실험을 수행한 결과 섹터 스캔과 TFM 기법에서 모두 유사한 위치에서 결함이 검출되었고 이로써 소켓용접부 검사에서 TFM 방식이 적용 가능함을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(drkwak82@khnp.co.kr)

관경에 따른 R-1234y의 응축 열교환기 설계를 위한 실험적 연구

하수정*,#

Experimental study for design of condensing heat exchanger of R-1234yf according to pipe diameter

S. J. Ha*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : R-1234yf, Condensing, Heat transfer coefficient, HFO, Condensing heat exchanger, Global warming potential

CFC와 HCFC 계열의 대체냉매인 HFC 계열의 냉매는 지구온난화 계수(Global warming potential, GWP)가 높아 새로운 환경 문제를 야기하고 있어 CFC 및 HCFC 계열의 냉매를 대체할 수 있는 친환경적인 대체 냉매에 대한 연구는 절실하게 필요한 실정이다. 이에 따라 많은 연구자들이 문제를 해결하기 위해 탄화수소(Hydro carbon, HC) 계열, 이산화탄소(Carbon dioxide, CO2, R744), 암모니아(Ammonia, NH3, R717) 등의 자연 냉매(Natural refrigerant), R-1234yf 등의 HFO계 냉매를 유력한 대체 냉매로 고려하고 있다. 따라서, 본 논문은 프레온 계열의 냉매를 대체할 수 있는 R-1234yf를 작동유체로 사용하는 응축 열교환기의 최적 설계를 위하여 응축기에서의 열전달 특성에 대한 실험을 수행하였다 R-1234yf를 이용한 냉동·공조 시스템용 응축기의 최적 설계를 위해서 응축기의 관경 변화에 따른 R-1234yf 냉매의 응축과정 중에 열전달 특성에 대해서 실험한 결과를 정리하였다.

(1) R-1234yf 냉매가 응축기에서 저질량유속에서는 대부분 슬러그 유동 영역을 보이고, 고질량유속에서는 대부분의 환상류 유동 형태를 보였다. 이는 포화압력 변화에 R-1234yf의 물성치가 때문이다.

(2) 질량유속이 증가할수록 R-1234yf의 열전달 계수는 증가하였다. 이는 질량유속이 증가할수록 관내 R-1234yf의 Reynolds 수가 증가하므로 열전달 계수는 증가하게 된다.

(3) 종래의 응축열전달 상관식과 비교한 결과, Dobson-Chato와 Basher 등(2020)의 상관식으로 예측한 값과 실험값은 ±10% 이내의 오차 범위에서 좋은 일치를 보였다. 따라서, Dobson-Chato와 Basher 등의 상관식을 그대로 이용하여 R-1234yf를 이용하는 응축기 설계에 이용할 수 있음을 알 수 있었다.

냉매로서 CFC와 HCFC를 대체하는 데에는 환경적인 이슈가 매우 중요하다. 이에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 그 중 하나는 높은 온난화 계수를 가지는 HFC를 대신할 수 있는 친환경적인 대체물질을 찾는 것이다. 탄화수소(HC), 이산화탄소(CO2), 암모니아(NH3)와 같은 자연 냉매뿐만 아니라, HFO계 냉매인 R-1234yf도 후보로 떠오르고 있다. R-134a의 온난화 지수(Global warming potential, GWP) 1300에 비해 R-1234yf의 GWP 4로 그 값이 월등히 낮아 유럽에서는 R-134a의 대체 냉매로서 활발한 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 프레온 계열의 냉매를 대체할 수 있는 관경에 따른 R-1234yf를 사용하는 응축 열교환기의 최적 설계를 위한 열전달 특성에 대한 실험을 진행하였다. 관 직경에 따른 주요 결과는 다음과 같다:

(1)R-1234yf 냉매를 작동 유체로 하고 내경 3.7 [mm], 5.3 [mm] 관에서 측정한 응축 열전달 계수를 비교하여 보면 관 직격이 작아질수록 응축 열전달 계수는 증가하는 것을 알 수 있다. 즉 내경 3.7 [mm] 관의 국소 열전 날 계수는 내경 5.3 [mm] 관의 국소 열전달 계수보다 10 ~ 40 % 높았고 저건도 영역보다는 고건도 영역에서 관경 변화에 따른 열전달 성능 차이가 두드려졌다. 그러나 내경 3.7 [mm]관과 내경 5.3 [mm] 관 의 성능비교에서 알 수있듯이 관경의 차이에 따라 고건도 영역뿐만 아니라 저 건도 영역에서도 성능 향상이 두드려졌다. 이는 내경 5.3 [mm] 관에서 내경 3.7 [mm]관으로 감소할수록 냉매의 전단응력과 표면장력의 영향이 증가하여 더 낮은 건도 영역에서 환상류 유동양식이 쉽게 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 전체 건도 영역에서 관경이 작아질수록 성능 향상 효과를 얻을 수 있을 것으로 여겨진다.

발표자*, 교신저자#(h0452@kopo.ac.kr)

관경에 따른 냉매 R-1234yf 증발 열교환기 설계를 위한 실험적 연구

하수정*,#

Experimental study for design of evaporative heat exchanger of R-1234yf according to pipe diameter

S. J. Ha*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : R-1234yf, Evaporation, Heat transfer coefficient, HFO, Global warming potential

HFC(Hydro-Fluoro-Carbon) 계열 냉매는 오존층 파괴력(Ozone-Depletion-Potential)이 낮아서 냉동 및 공조 산업에서 다양하게 활용되고 있다. 그러나 이러한 냉매들은 지구온난화 계수(Global-Warming-Potential, GWP)가 높아서 환경 문제를 야기하고 있어, 현재 단계적으로 규제가 강화되고 있는 추세이다. 다양한 국가들은 이러한 HFC 냉매의 사용량을 2024년까지 단계적으로 줄이고, 2045년까지는 2024년 대비 80%를 감축해야 한다. 이러한 환경 변화에 대응하여 개발 중인 HFO(Hydro-fluoro-olefins) 계열 냉매는 GWP가 낮아서 환경 친화적인 신냉매로 주목받고 있다.

HFC 계열 냉매 R-134a는 현재 냉동공조 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 그러나 R-134a의 GWP는 1300으로 매우 높은 반면에 R-134a와 열역학적 물성치가 유사한 HFO 계열인 R-1234yf의 GWP는 4로 현저히 낮기 때문에 R-134a의 유력한 대체 냉매로 각광 받고 있다.

본연구에서는 관경에 따른 R-1234yf의 증발 열교환기 최적 설계를 위한 실험적 연구를 진행하여 다음과 같은 결과값을 도출하였다.

(1) 내경 3.7, 5.3, 6.8 [mm]관에서 국소 열전달 계수의 건도의 변화는 건도가 증가할수록 국소 증발 열전달 계수는 증가하는 경향을 보였다. 특히 저건도 영역에서 증발 열전달 계수는 건도가 증가할수록 기공률(void fraction)이 증가하고 이로 인해 액막의 두께가 감소하기 증발 열전달 계수가 상승하는 것으로 판단된다. 수평관내 증발과정 중에 관내측 상부의 액막은 얇아지고 건도의 증가와 함께 액막은 사라진다. 이로 인해 관내측 상부의 벽면 온도는 갑자기 상승하고 증발 열전달 계수는 감소하게 된다. 고건도 영역에서는 환상 유동의 액막이 부분적으로 깨지고 이때 기상의 냉매와 관벽이 직접 접촉하면서 관벽의 온도가 급상승하여 열전달 효과는 급강화시키는 것으로 나타났다.

발표자*, 교신저자#(h0452@kopo.ac.kr)

액화천연가스 저장탱크 멤브레인 소재 개발 및 기술개발을 위한 비교분석 기반의 통계분석 연구

안덕현*,#

Statistical analysis research based on comparative analysis for liquefied natural gas storage tank membrane material development and technology development

D. H. An*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : Liquefied natural gas, Storage tanks, New materials, Welding technology, Statistical analysis

본 연구는 LNG 저장탱크 비교분석을 기반으로 하여 니켈강 개발을 위한 멤브레인 소재개발과 강판 간의 기계적 성능실험 및 기술개발에 관한 연구이다. 본 연구를 수행하기 위해서 멤브레인 강판인 니켈강과 신저니켈 강판인 7%, 6%, 5% 니켈강에 대한 기계적 성능실험의 결과를 비교분석을 기반으로 하여 통계분석을 수행하고자 한다. 니켈 강판의 기술개발에 활용된 Ni-T MCP Plate 공법을 적용하여 성능실험을 통해서 국내의 LNG 저장탱크에 대한 효율성, 사용빈도수의 통계량 분석의 시사점을 제시하고자 한다.

1. 서론

니켈강의 우수한 성능은 첨가된 니켈의 함량 성분은 줄이면서 화학적 성분의 최적화를 유지하는 우수한 성능을 가지고 있으며, 최근까지도 TMCP 기술을 통해서 원가절감과 천연자원 절감의 차원에서 니켈강 용접기술 개발에에 사용되었다. 특히, 니켈강 개발은 고객과 위원회가 함께 참여하는 공동연구에도 적용되었으며, 이 연구의 발전적 방향이 적용되고 확장되고 있는 추세이다.

2. 본론

니켈강은 LNG 운영조건하에서 극저온 온도를 유지하면서 니켈강의 인성조건에서 지난 60년 동안 괄목할 정도로 개선되고 촉진되어 왔다. 본 연구는 Ni-TMCP 철강판의 연구 및 개발에 대한 연구이다. 니켈강은 다른 철강과 다르게 괄목할 만하고 가치있는 희소성있는 철강이며, LNG 저장탱크 건설의 투자비용을 절감하면서 니켈강의 성분을 감소시키는데 목적이 있다. 니켈강은 망간, 실리콘, 크롬 등의 화학원소들과 함께 합금강으로 사용하기 때문에 적은 니켈의 함유량으로도 합금강의 품질을 유지할 수 있게 한다.

3. 결론

열처리한 중간재로서 TMCP 니켈강을 사용하기 때문에 우수한 품질을 유지할 수 있다. Ni-TMCP 철강을 평가하기 위해서 LNG 저장탱크의 용접성을 검사하는 것으로 수행되었다. Ni-TMCP 철강은 10mm, 20mm, 30mm, 40mm 두께 등 3종류에 대해서 시험하였고, 대규모 균열 인장 시험들뿐만 아니라, 소규모 시험들도 수행되었다. 이 기술적 검사는 니켈강의 우수성과 안전성을 보여주었으며, 전통적인 니켈강과 동일한 안전성을 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구는 향후에 LNG 저장탱크에 Ni-TMCP 철강을 사용하는데 품질을 보증할 수 있다는 것을 의미한다.

발표자*, 교신저자#(adh99976@kopo.ac.kr)

액화천연가스 저장용기 복합재료의 용접접합기술 통계량에 대한 비교분석

안덕현*,#

Comparative analysis of welding joint technology statistics for liquefied natural gas storage container composite materials

D. H. An*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : Global robot welding, Arc welding, International market, Statistics

본 연구는 LNG(iquified Natural Gas) 저장소 복합재료 용접접합기술에 대한 사용 통계량을 비교분석하여 해상의 부유식 저장용기에 대한 연구동향을 분석해 보고, 특히 해상의 부유식 저장탱크에 알루미늄 합금소재의 효과성을 제시한 선행연구들을 통계분석을 적용하여 분석하고 기존 연구의 문제점을 진단함과 동시에 향후 연구방향을 제시하고자 한다. LNG 저장용기의 접합소재로 CFRP, 알루미늄, 인코넬, 스테인레스 등의 소재를 사용하여 접합연구와 용접공정연구에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

1. 서 론

전 세계적으로 LNG 저장용기 복합재료의 지속적인 수요증가가 예상되고 있는데, LNG 운반선은 다른 연료보다 천연가스를 액화시켜 −163℃로 유지되 는 조건에서 부피가 600분의 1로 줄어들기 때문에 대량운송이 가능하며 경제적 효율성 측면에서 다른 연료에 비해서 매우 유리한 위치에 있다. LNG 관련제품의 수요증가는 곧 LNG 저장탱크 및 운반선 시장과 직결되는데, LNG 운반선, LNG-FSRU(floating storage and regasification unit), LNG-RV(regasification vessel), LNG-FPSO(floating producting production storage offliading)에 대한 대량 수요가 확보될 전망이다.

2. 본 론

LNG 저장용기의 접합소재로 CFRP, 알루미늄, 인코넬, 스테인레스등의 소재를 사용하여 용접접합연구와 용접접합 공정연구에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기존의 선행연구들은 AI5083-O, STS304, INVAR 소재가 국내외 적으로 LNG 저장용기 복합재료 용접접합기술이 활발하게 적용되고 있는 추세라고 하는 현황 및 동향을 제시하고 있다. LNG 저장용기 복합재료 용접접합기술의 모수검정 연구에 대한 효과를 분류하고 코딩하기 위한 단계이다. 본 연구는 이 분야에 해외연구논문들을 최신성과 인용지수에 기초하여 추출한 후 코딩하였다.

3. 결 론

LNG 저장용기 복합재료 용접접합기술의 비교분석 통계량에 관한 연구에 대해서 고정효과(fixed effect)와 임의효과(random effect)를 분석한 결과 임의효과가 유의한 것으로 도출되어서 본 연구에서는 임의효과모형이 적합한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 LNG 저장용기 복합재료 용접접합기술에 대한 대표적인 국내외 연구들 중에서 최근에 활발하게 인용되고 있는 8편의 논문에 대해서 메타분석(meta analysis)을 적용하여 실증분석을 수행한 결과 다음과 같은 연구결과를 얻었다. LNG 저장용기 복합재료 용접접합기술의 모수검정 연구에 대한 기술통계량을 보면 전체 8편의 논문들에 대해서 Point와 Study Variance를 비교분석한 결과, 본 연구에서 제시한 논문은 유의수준 95%에서 임의효과(Z-value=2.493, P-value=0.013)가 있는 것으로 나타나 LNG 저장탱크의 맴브레인 용접기술의 모수검정에 대한 효과크기는 있었다.

발표자*, 교신저자#(adh99976@kopo.ac.kr)

GWO 알고리즘을 이용한 리튬이온 배터리에 대한 다단계 최적 전류충전기법에 대한 연구

안효성*, 남휘정, 김범수, 한성익#

Research on multi-stage optimal charging current technique with GWO algorithm for Lithium-ion batteries

H. S. Ahn*, H. J. Nam, B. S. Kim, H. S. Han#

동국대학교 WISE캠퍼스 기계시스템공학과

Key Words : Lithium-ion battery, Multi-stage constant current charging, Equivalent model, Grey wolf optimization algorithm

본 연구는 전기자동차에 주력으로 사용되는 리튬이온 배터리의 최적 충전을 위하여 기존의 일정전류-일정전압(Constant current-constant voltage, CC-CV) 충전방식을 개선하는 다단계 일정 전류충전(Multi-stage current charging, MCC) 알고리즘을 개발하는 것이다. 기존의 많이 사용되는 리튬이온 배터리의 CC-CV 충전법은 충전 시간이 길고 충전시간을 단축하기 위해 충전 전류값을 올리면 충전 온도가 상승하여 배터리 수명이 단축되는 단점이 있다. 이러한 단점들을 개선하기 위해 먼저 연구 대상 배터리로서 Parasonic18650-PF 원통형 배터리를 선정하였다. 최적 시뮬레이션을 위한 배터리 등가 모델을 구축하기 위해 시간역 방전실험을 통해 배터리 내부 파라미터인 개방회로전압(Open-circuit voltage, OCV), 내부 전압(R_0), 분극 저항(R_p), 분극 용량(C_p)를 추정하였다. 또한 충/방전 내부 온도 모델을 구현하기 위하여 측정된 CC-CV 충전 시 측정한 온도 곡선을 토대로 내부 온도 파라미터들을 추정하여 온도 모델을 완성하였다. 이러한 추정값들을 근거로 구축된 리튬-이온 배터리 모델에 대해 최적화를 위한 목적함수로서 충전 시간과 충전 내부온도값을 정규화하여 설정하였고 충전전류값을 5단계의 MCC 단계로 구분하였고 충전 시 최대 전압 위치에 도달하면 다음 단계로 전류값이 천이되도록 하였고 각 단계에서 최적의 전류값은 일련의 Meta-heuristic 최적화기법인 GWO(Grey-wolf optimization) 기법을 도입하여 결정하도록 하였다. 주어진 최대 1C 전류값 범위 내에서 무작위로 초기화하여 충전 시간과 충전 온도를 최소화하는 다목적함수를 가격 함수로 선정하여 반복적으로 최적값이 선정되도록 시뮬레이션을 수행하였다. 도출된 MCC 값을 이용하여 WBCS3000S 충전기와 항온기, 원통형 셀 지그를 설치하여 충전 실험을 수행하여 기존의 CC-CV, 최적함수법을 이용한 기존의 MCC 충전기법을 이용하여 실험한 결과와 비교하였으며 기존의 충전 방법과 비교하여 충전시간이 단축되고 또한 충전 온도도 감소하는 결과를 통해 제안한 GWO 기법을 이용한 MCC 충전기법에 대한 우수한 성능을 보여주었다.

후기 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2022R1A2C1003137)

발표자*, 교신저자#(skhan@dongguk.ac.kr)

뭉침이 발생하지 않는 개질유황 분말의 제조공정에 관한 연구

김창훈[1,*,#], 최문선[2]

Study on the manufacturing process of non-agglomerating modified sulfur powder

C. H. Kim[1,*,#], M. S. Choi[2]

강릉원주대학교[1], 범준이엔씨(주)[2]

Key Words : Modified sulfur powder, Non-agglomeration, Henschel mixer, Specific surface area

1. 서 론

전 세계에서 생산되는 유황은 2023년 기준 77.3백만톤 정도로 집계되며, 이중 절반 정도는 사용처가 없어 환경에 큰 부담이 되고 있다.

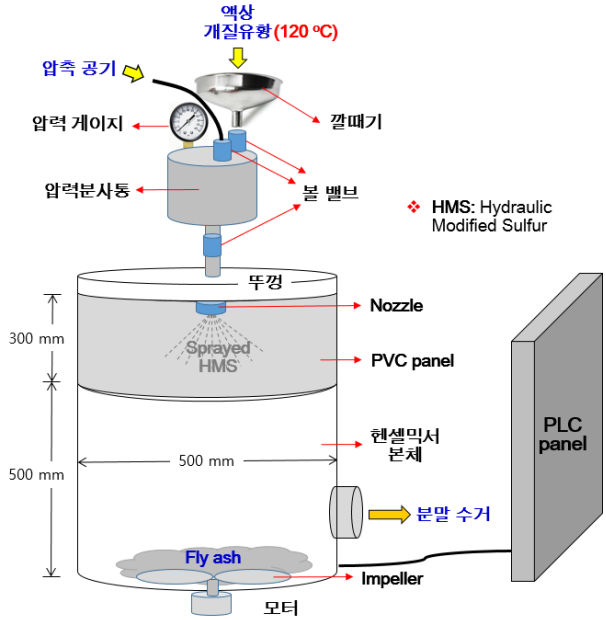
유황을 개조하여 만든 수경성 개질유황(HMS)은 시멘트 콘크리트의 압축강도, 방수성, 내염해성, 내부식성 등의 물리화학적 특성을 향상시켜 건축물이나 교량의 강도와 수명에 매우 긍정적 영향을 줄 수 있다.

HMS의 사용은 폐기조차 곤란한 유황을 귀중한 자원으로 전환할 수 있다는 측면에서 매우 바람직하다. 문제는 이것의 분말이 잘 뭉쳐지므로 장기적인 보관이 어렵고, 상품화에 걸림돌이 된다는 점이다.

본 연구의 목적은 뭉쳐지지 않아 장기 보관, 수송, 심지어 수출도 가능한 개질유황의 분말을 제조하는 공정을 개발하기 위한 것이다.

2. 재료 및 방법

실험을 위한 장치는 범준이엔씨(주)가 보유하고 있는 헨셀믹서를 개조하여 사용하였고, 그것의 구체적인 모습은 아래의 그림과 같다.

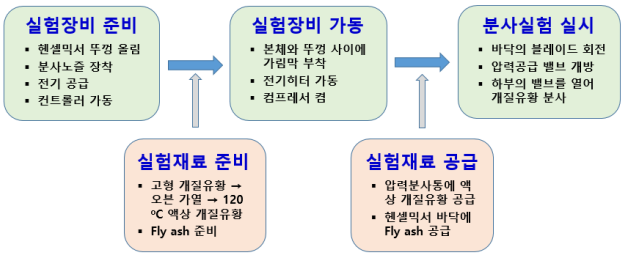


[그림 1] 뭉쳐지지 않는 개질유황의 분말을 만들기 위한 실험장치의 개념도

실험의 수행을 위한 과정은 먼저 실험장치를 준비한 다음, 자갈 크기의 고형 개질유황을 오븐을 이용하여 액체상태(약 120 ℃)로 만들어 놓고, 미리 준비한 적당량의 Fly ash를 실험장치의 바닥에 넣는다.

액체상태의 개질유황은 온도가 내려가면 점성이 높아져 잘 분사되지 않으므로 개질유황의 공급라인 전체를 판형 전기히터로 둘러싸 개질유황과 비슷한 정도의 온도로 예열을 한다. 준비한 액상 개질유황을 실험장치의 상부에 있는 압력분사통에 붓고, 헨셀믹서의 바닥에 설치되어 있는 임펠러를 회전시켜 냉각과 동시에 Fly ash가 헨셀믹서의 본체 내부에 비산되어 분사된 개질유황의 외부를 감싸도록 한다.

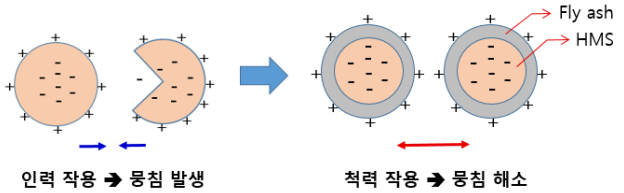
압력분사통의 공기압을 5 kg/cm^{2}으로 높인 다음, 분사노즐에 연결된 밸브를 열어 액상 개질유황을 헨셀믹서의 본체 내부로 분사한다.



[그림 2] 실험이 진행된 과정을 단계별로 상세히 표현한 그림

3. 고찰 및 결론

대부분의 물질은 양전하(+)가 외부에, 음전하(−)가 내부에 자리하고 있어서 이들이 잘 뭉쳐지지 않지만 (예: 밀가루, 시멘트 가루 등), 개질유황의 경우 내부의 음전하 일부가 외부로 노출되어 뭉침현상이 발생할 수 있다. 본 연구는 액상의 개질유황이 아래의 우측 그림과 같은 구조로 만들어져 뭉침이 해소되는 현상에 관련된 것이다.



[그림 3] 뭉침이 발생하던 개질유황의 작은 알갱이(좌측 그림)가 Fly ash로 둘러싸여 뭉침이 해소되는(우측 그림) 원리를 설명하는 개념도

본 연구를 통해 제조된 개질유황의 분말도(비표면적)는 2,620 cm^2/g으로 매우 미세한 것으로 평가되었다 (시험방법 KS L 5106: 2009에 의거 SGS 건설시험연구원 실시).

Acknowledgement

본 연구는 2023년도 과학기술정보통신부의 지원에 의한 연구 [KOITA-2023-3-005]임. (This study was supported by the Minister of Science and ICT in 2023 [KOITA-2023-3-005].)

참 고 문 헌

▪ Sulfur Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024-2029): https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/sulfur-market

발표자*, 교신저자#

전기이륜차 배터리팩 공유스테이션 사용행태 분석 연구

윤상영, 박영수*,#, 변다니엘, 이선근

A study analyzing usage patterns of battery swapping stations for electric two-wheelers

S. Y. Yoon, Y. S. Park*,#, D. Byun, S. G. Lee

(주)유저커넥트

Key Words : Battery-swapping station, Exchangeable battery, E-bike, User study

글로벌 환경정책의 패러다임 변화에 따라, 국내외에서 이륜차의 전동화를 위한 노력이 진행되고 있다. 일본, 대만 등 글로벌 주요 제조국에서는 전기이륜차 및 충전스테이션의 사용성과 효율적 활용성 개선을 위한 연구개발 및 실증테스트가 진행하고 있으며, 국내에서도 교환형 배터리팩, 충전스테이션의 KS를 제정하고, 이륜차 전동화를 위한 연구개발 등 민관의 노력이 진행되고 있다. 배터리팩 교환형 충전스테이션은 기존의 전기이륜차는 짧은 주행거리와 긴 충전시간이라는 전기이륜차의 한계 극복할 수 있는 수단으로 주목받고 있으며, 다양한 제조사의 배터리팩을 호환사용할 수 있는 표준화 기반의 공용화가 중요한 문제해결 과제로 남아있다.

본 연구에서는 전기이륜차 배터리 충전스테이션의 활성화를 위한 요구조건을 도출하고 연구개발 방향을 제안하기 위해, 국내외 실증테스트 사례와 사용자 연구를 진행하였다. 또한 충전스테이션의 사용경험자를 대상으로 국내 개발 배터리 공유스테이션의 사용성과 개선방안을 도출하고자 하였다.

관련 해외 사례를 살펴보면, 대만은 독점적 시장지위를 확보한 서비스 제공자가 존재하여 배터리팩의 호환사용 이슈가 없으며, 일본의 경우 주요 4대 제조사가 표준 합의 및 합작사 설립을 바탕으로 배터리팩을 공용사용하는 것으로 합의하였다. 국내는 '23년 배터리팩 KS가 제정되었으며, '24년 충전스테이션 KS 제정도 예정되어 있어 배터리팩 호환사용을 위한 제도적 환경을 조성해가고 있다. 다만, 다양한 제조사의 배터리팩을 호환사용할 경우 기구적, 전기적 안전성과 내구성 등 신뢰성 확보, 통신호환성 확보방안과 같은 제도적 보완이 필요한 상황이다.

사용행태를 파악하기 위해 서울특별시 및 경기도에 소재하고 있는 프렌차이즈 전문점을 통해 전기이륜차 배달형 실증테스트를 진행하였으며, '23년 8월부터 약 7개월동안 데이터를 수집하였다. 배터리팩 교환시 반납 배터리팩의 평균 SoC는 45.9%였으며, 40%~60% 구간에서 교체빈도가 가능 높게 나타났다. 또한, 8슬롯 충전스테이션의 최상단 2개 슬롯의 교체빈도가 가능 높은 것으로 확인되었으며, 최하단 2개 슬롯의 교체빈도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 관광지 이륜차 렌탈 사용자의 교환형 충전스테이션 호감도는 렌탈 경험이 있는 사용자(리커트 7점, 평균 5.02)가 경험이 없는 사용자(평균 4.43)보다 높게 나타났다($t=2.00$, $P=0.038$).

본 연구는 배터리팩 공유스테이션의 사용편의성과 현장활용성 증대를 위한 개선방향을 도출하고, 이를 활용하여 이륜차 전동화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 정부(산업통상자원부)의 재원으로 '한국산업기술진흥원-전기이륜차 배터리 공유스테이션 기술개발 및 실증사업'의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. P0020636)

발표자*, 교신저자#(yspark@userconnect.kr)

외부 하중과 예압에 따른 리니어 가이드의 블록 접촉각에 대한 연구

박현섭*, 김동원, 정효진, 박태성, 원영석, 임은정

A study on the block contact angle of linear guides according to external load and preload

H. S. Park*, D. W. Kim, H. J. Jung, T. S. Park, Y. S. Won, E. J. Lim

에스비씨리니어 기술연구소

Key Words : Linear Guide(리니어 가이드), Preload(예압), Clearance (틈새), Contact Stress(접촉응력), Hertz contact theory(헤르츠 접촉이론)

리니어 가이드는 직선 왕복 운동을 하는 기계 요소부품으로서 정밀기계 산업에 널리 사용되고 있다. 레일과 블록의 중간에 볼 또는 롤러 형태의 조립되어진 전동체가 블록 내부에서 무한 순한 구름 운동을 하며, 레일을 따라 직선 왕복 이송 운동과 외부하중을 지지하는 정밀기계 요소 부품이다. 리니어 가이드의 직선 구름 운동에서 가장 중요한 것은 직선 운동을 안내하는 각 구성 요소가 외부 및 모멘트 하중을 어떻게 지지하고, 전동체에 작용하는 부하 하중의 형태를 파악하는 것이 중요하다. 이러한 부하 상태를 확인 함으로써, 리니어 가이드의 강성, 수명 및 신뢰성을 예측할 수 있다. 일반적으로 리니어 가이드는 전동체가 궤도면과 접촉하는 방식에 따라 정면조합 또는 배면조합 방식으로 구분된다. 정면 조합의 경우 하중 작용점 거리가 작기 때문에 모멘트 하중에 대한 수용과 하중 부하능력이 작은 반면에 오차 흡수 능력이 우수하다. 배면 조합의 경우 하중 작용점이 크기 때문에 모멘트 하중 및 하중 부하능력이 크고, 설치 오차 흡수 능력이 작다. 직선 왕복 운동의 핵심 부품인 리니어 가이드는 기계장비의 위치결정 및 정밀도에 큰 영향을 미치므로, 특성을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 특히 리니어 가이드의 강성과 마찰특성 등은 이송 정밀도에 큰 영향을 미치므로 정확한 예측을 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 연구에서는 롤러 타입 리니어 가이드의 외부하중과 예압량으로 블록의 변형이 발생하고 이에 따른 블록의 궤도면 접촉각이 변화된다. 블록의 접촉각 변화로 전동체에 작용하는 하중 불균형, 틈새 발생으로 인한 강성 감소, 전동체에 끝단에 발생하는 응력 등 문제점이 발생한다. 외부 하중과 예압으로 인한 변형이 발행하는 블록의 이상적인 최적의 접촉각을 결정하는 방법을 제안하였다. 또한 Hertz 접촉이론과 상용 해석 프로그램을 활용하여 블록의 탄성 변형과 접촉응력 예측 및 비교 평가하였다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 '수요-공급 협력기반 제조장비 전주기 신뢰성 향상 기술개발-국산정밀가공장비 신뢰성 입증을 위한 장비 신뢰성평가 기술개발' 사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 20014727)

발표자*(workmail876@naver.com)

스트레인 센서를 이용한 머시닝 센터 스핀들 베어링의 예압 모니터링 기술

류엔민둥[1,2,*], 황주호[1,2,#], 심종엽[2]

Preload monitoring technology for machining center spindle bearings using strain sensor

M. D. Nguyen[1,2,*], J. Hwang[1,2,#], J. Shim[2]

과학기술연합대학원대학교[1], 한국기계연구원[2]

Key Words : Machining center, Spindle, Bearings, Preload, Monitoring, Strain sensor

The spindle, one of the most critical components for the performance and durability of a machining center, is responsible for holding cutting tools in place and enabling rotational motion, thus maintaining cutting forces and high-speed precision movements during machining. Spindle designers set the preload of bearings considering factors such as stiffness, dynamic characteristics, heat generation, and lifespan. In the case of angular contact ball bearings, the performance is particularly sensitive to preload, which is adjusted based on performance requirements. For machining applications typically operated at low speeds but subjected to high machining loads, the use of fixed-position preload methods is common. In such cases, the sensitivity of preload variation due to heat generation is of great concern to developers, as it can affect whether the spindle operates according to the design preload. Therefore, monitoring the preload of spindles using fixed-position preload methods is of interest to many developers.

In this study, we aimed to monitor the preload of spindles using fixed-position preload methods by inserting strain sensors into spacers used for adjusting the preload of front and rear bearings. We focused on the design for preload monitoring, interpreting the results of sensor operation based on the asymmetry of preload pressure, and experimentally demonstrating the detection of external loads.

발표자*, 교신저자 #(jooho@kimm.re.kr)

전기 이륜차 교환형 배터리 수명 최적화를 위한 배터리 공유 스테이션 로드 밸런싱 연구

김태훈[1,*], 김준[1], 정헌목[1], 권민규[2], 박경용[1,2,#]

Optimizing battery lifespan through load balancing in electric motorcycle battery swapping station

T. H. Kim[1,*], J. Kim[1], H. M. Jung[1], M. G. Kwon[2], K. Y. Park[1,2,#]

한국생산기술연구원 국가산업융합센터[1], 자율형제조공정연구부문[2]

Key Words : Electric motorcycle, Battery Swapping station, Load balancing, Battery lifespan

전기 이륜차의 주행거리 불안과 긴 충전 시간 문제에 대한 해결책으로 배터리 교환 스테이션(BSS, Battery Swapping Station)이 대두되고 있다. 이때, 배터리 충방전 사이클은 배터리 수명을 결정짓는 중요한 요소이며, 전기 이륜차의 경제성, 지속가능성과 밀접한 연관이 있다. 특히, 충방전 사이클 내 급속 충전, 과도한 충방전 등은 배터리의 열화를 가속 시키고 배터리 용량 감소, 저항 증가라는 결과를 야기시킨다. BSS는 일반적으로 충전량(SoC, State of charge)에 기반한 정전류-정전압 충전 방식을 채택하고 있으나, 배터리 수요에 비해 불필요하게 빠른 충전 속도, 과충전 등의 문제가 존재한다.

이에, 본 연구에서는 전기 이륜차의 교환형 배터리 수명을 최적화하기 위해 수요 기반의 BSS에서 로드 밸런싱을 수행한다. BSS의 배터리 슬롯 내 배터리 SoC, 배터리 충전을 위한 전압 및 전류는 독립적으로 관리 가능하다. 즉 BSS의 슬롯별 배터리 SoC과 배터리 예상 수요를 기반으로 슬롯별 충전 전압-전류를 최적화 현재 상태의 전압을 기준으로 수요가 낮은 경우 배터리와의 전압 차이를 최소화하여 수요를 반영한 배터리 속도를 도출하여 적용한다. 특히 배터리의 SoC가 80%일 경우 양극과 음각 간 전위차이로 인한 배터리 열화가 가속되기 때문에, 각 슬롯별 배터리 교환 기준값을 배터리 SoC의 80%로 산정하고 교환 기준값를 기준으로 배터리 속도에 가중치를 부가한다.

이러한 연구를 통해 BSS의 운영 효율성을 증대시키고, 배터리 수명 최적화에 기여할 것으로 예상된다. 다만, 배터리 수명 연장을 위한 로드 밸런싱의 실질적인 효과를 입증하기 위해 추가적인 실험과 분석이 필요하다.

후기 이 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 산업기술혁신사업(P0020636, 전기이륜차 배터리 공유스테이션 기술개발 및 실증) 지원에 의하여 수행되었습니다.

발표자(thkim216@kitech.re.kr)*, 교신저자#(kypark@kitech.re.kr)

나노초 펄스 레이저 가공 변수의 티타늄 합금 표면 경도에 미치는 효과

박종은[1,*], 이정우[2], 아타나리 스리니바산[2], 이후승[2], 양민양[1,#]

Effect of nanosecond pulsed laser processing parameters on surface hardness of titanium alloys

J.-E. Park[1,*], J. W. Lee[2], S. Arthanari[2], H. Lee[2], M. Yang[1,#]

한국뉴욕주립대학교 기계공학과[1], 충남대학교 기계공학교육과[2]

Key Words : Laser shock peening, Compressive residual stress, Surface hardness

Titanium alloys are extensively used in various mechanical parts and structures in aerospace industries. In aircraft applications, it is essential to have materials with higher hardness and tensile properties to prevent high cycle fatigue (HCF) and fatigue crack growth. Therefore, a surface treatment technique called peening is widely used to induce compressive residual stress of the materials; thereby, the mechanical properties and fatigue life significantly improve. Among the various peening methods, we adopt the laser shock peening (LSP) process using a nanosecond pulsed laser, which can sufficiently enhance the surface hardness due to increased compressive residual stress. The adopted low-fluence laser treatment as a laser peening without coating (LPwC) approach is advantageous for achieving simple, low-cost, and energy-efficient processing. In this study, Ti-6Al-4V alloy was subjected to laser treatment at a pulse energy range of 0.9-2.7 mJ with different pulse and line overlap ratios. Under the optimized parameters, the surface hardness after laser peening was increased by about 20% (from 350 to 420 HV), and compressive residual stress was observed according to the depth profile. Consequently, it can be seen that the low-fluence laser peening without an ablative layer significantly influenced the fatigue limit of titanium alloys.

후기 이 논문은 2021년도 과학기술정보통신부의 '개인기초연구사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. R1A2B5B01002904)

발표자*, 교신저자#(minyang.yang@sunykorea.ac.kr)

저비용 환원 실리콘 나노입자를 이용한 수요자 맞춤형 물분해 수소생산

전상헌[1,*], 이승환[1], 이학주[2], 우성윤[2], 김성범[1,#]

On-demand hydrogen production via water splitting with low-cost reduction silicon nanoparticles

S . H. Jeon[1,*], S. H. Lee[1], H. J. Lee[2], S. Y. Woo[2], S. B. Kim[1,#]

강원대학교 기계·자동차 공학부[1], (주)나노치즈제로[2]

Key Words : Silicon nanoparticle, Water splitting, Generation hydrogen, Laser synthesis, On-demand

수소는 수소연료전지와 함께 전기를 생산하는 과정에서 이산화탄소가 발생하지않고 메탄가스(50MJ/kg)나 부탄가스(46MJ/kg)에 비해 높은 발열량(120MJ/kg)을 가지고 있어 최근 탄소 중립 문제와 함께 화석연료를 대체할 에너지 저장매체로 주목받고 있다. 수소의 생산, 저장 및 운송에 관한 여러 방법들이 연구되고 있으며 물분해 소재를 이용한 수소발생은 고압 탱크나 냉각 장치와 같은 추가적인 에너지 소모없이 수소를 저장 및 운반가능한 방법이다. 실리콘은 풍부한 수소생산량과 인체에 무해한 무독성 소재로 수요자 맞춤형 물분해 수소생산에 유망한 재료로 고려되고 있다. 실리콘을 물분해 소재로 사용하였을 때, 실리콘과 물의 느린 반응속도로 인해 실리콘 표면에 실리콘 산화막이 생기며 이로 인해 수소생산속도가 감소하기 때문에 반응성을 증가시키기 위한 나노입자 형성과 활성제의 사용은 필수적이다. 본 논문에서는 수소생산을 위한 저가의 실리카 및 탄소를 소재로 하여 레이저를 열원으로 수소생산용 실리콘 나노입자를 포집하였다. LiOH, NaOh, KOH의 다양한 알칼리 활성제와 활성제의 농도 조건에서 실험을 진행하였고 탈이온수 10ml, KOH 28mmol, 상온(25℃)의 조건에서 환원된 실리콘 나노입자의 수소생산량은 순수 실리콘 나노입자와 비교해 약 30% 수율 (510mL/g) 의 수소 생산량을 보였다. 수소생산 속도는 최대 30.3mL/min·g, 평균 20mL/min·g의 속도를 11분간 유지하였으며, 총 생산량 90%에 도달하는 시간은 45분이였다. 수소생산 소재의 상용화의 가장 큰 문제점 중 하나는 소재를 생산하는 높은 비용에 있으며, 이 연구는 화학적 물분해 수소생산 소재의 비용적인 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시할 수 있다.

발표자*, 교신저자#(exebac@gmail.com)

스마트 제조 시스템을 위한 AI PaaS 기술

박경석[*,#]

AI PaaS technology for smart manufacturing systems

Kyongseok Park[*,#]

한국과학기술정보연구원, University of Science and Technology

Key Words : Smart manufactureing, AI, PaaS

제품 품질 개선과 생산 효율 향상을 위한 스마트 제조 시스템을 위해서는 빅데이터를 활용한 통계적 분석 및 시뮬레이션 등의 전통적 분석 기술과 AI 기술의 적용이 필요하다. 특히, AI 기술은 산업 현장과 서비스에 빠른 속도로 확산되고 있으며 제품과 서비스 경쟁력 향상의 핵심 기술로 부상하고 있다. 최근의 AI 기술은 과거에는 상상할 수 없을 정도로 모델의 규모가 방대해짐에 따라 모델 개발과 재학습에 많은 자원과 시간이 필요하다. 그러나 일반 제조 현장에서 이러한 거대규모 AI 모델을 학습시키고 활용하는 것은 매우 어렵고도 도전적인 과제이다. 본 연구에서는 스마트 제조 도입을 위한 산업 현장의 어려움을 해결하기 위해 AI 모델과 빅데이터 활용에 목적을 두고 AI PaaS(Platform as a Service)를 제안한다. AI PaaS 서비스는 다양한 공개 모델과 공개 데이터를 비롯하여 자체 구축한 데이터를 활용하여 모델을 개발하고 플랫폼 상에서 데이터 수집, 관리, 공유가 가능하며 빅데이터를 처리하기 위해 Spark이나 Hadoop 등의 빅데이터 기술을 활용하게 된다. 빅데이터 기술은 근본적으로 분산 컴퓨팅 환경에서 운영되기 때문에 다수의 계산자원 관리가 필요한데 본 연구에서는 쿠버네티스(Kubernetes) 기반의 컨테이너 관리 기술을 제안하였다. 빅데이터 관리와 AI 모델 개발을 위한 고속 데이터 입출력을 위해 Lustre와 Ceph 기반 분산 스토리지를 구축하고 쿠버네티스 기반의 Spark 알고리즘이 실행되도록 설계되었다. AI 모델링 시에도 이러한 고속 입출력 장치를 활용하여 모든 계산 노드에서 데이터 입출력에 따른 지연시간을 줄일 수 있다. 고성능 컴퓨팅(HPC) 기술에 기반한 플랫폼 제공으로 연구자와 개발자들이 신속히 AI 모델과 시뮬레이션 모델 등을 개발할 수 있다. 이와 함께 본 플랫폼에서는 다양한 유형의 데이터 포맷과 대용량 데이터를 체계적으로 활용하기 위한 Data Lakehouse를 제공하게 되는데 Flat Text 기반 파일을 포함하여 이미지, 동영상, 데이터베이스와 같은 모든 종류의 데이터를 저장하고 활용할 수 있으며 정형화된 데이터만 관리하는 데이터베이스 시스템과 체계적 관리가 어려운 비정형 데이터 관리가 가능하도록 설계하였다. 최근의 AI 모델 개발은 오픈소스로 공개된 모델이나 Open API를 통해 제공되는 모델을 재학습 하는 방식으로 이루어지고 있으며 Hugging Face와 같은 모델 및 데이터 공유 플랫폼이 활발히 활용되고 있기 때문에 본 플랫폼에서는 외부 플랫폼과 연동할 수 있는 API도 함께 제공하고 있다.

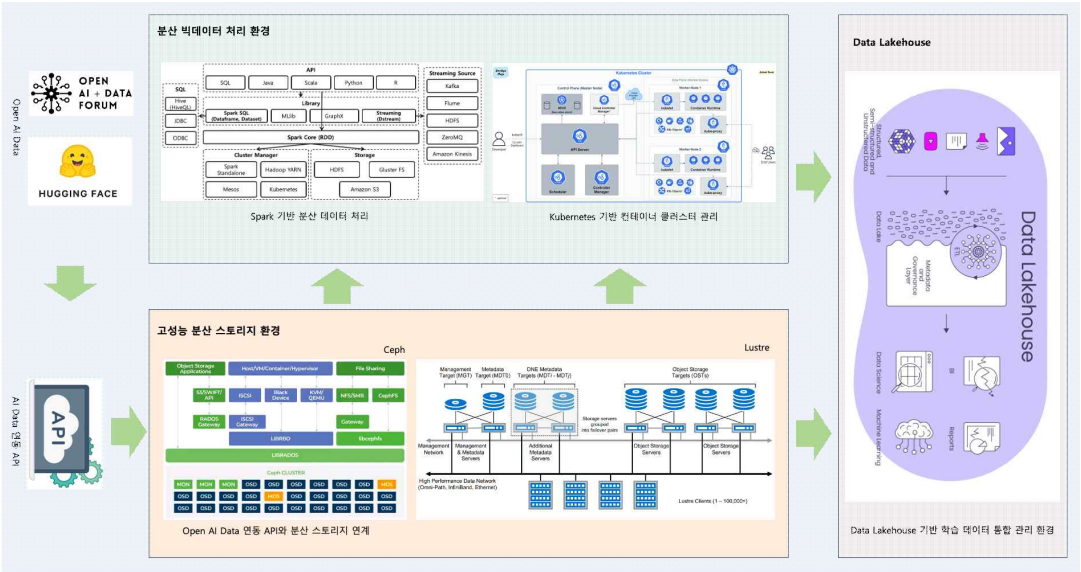


Fig 1. AI PaaS Model with High Perfomance Computing and Data Lakehouse

후기 이 논문은 IITP(No. RS-2024-00397359)와 KISTI(No. K24L2M1C6, K24L2M1C6) 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(gspark@kisti.re.kr)

3차원 인체 모델 분석을 위한 클라우드 네이티브 SaaS 설계

박경석*,#

Design of cloud native SaaS for 3-dimensional human body model

Kyongseok Park*,#

한국과학기술정보연구원, University of Science and Technology

Key Words : 3-D model, Cloud native, SaaS

3차원 인체 모델은 인체공학적 설계와 의료기기 개발을 비롯하여 다양한 시뮬레이션 모델에 사용할 수 있는 활용도가 넓은 기술이다. 일반적으로 인체 모델은 데이터 수집과 활용에 제약이 따르기 때문에 범용적 접근이 상대적으로 어렵다. 데이터 수집은 연구 참여자나 병원의 인허가를 통해 이루지고 있으며 이를 통해 구축한 데이터의 가치는 매우 높다. 인체모델은 산업적 목적으로 제작되는 제품 중 신체의 효율적 움직임과 안정적 자세 유지를 위한 모델링 등 인체공학 설계를 비롯하여 첨단 의료 기기와 헬스 케어 제품 등 의료용 목적으로도 활발히 응용되고 있으며 외부 스트레스나 충격 등 안전 설계와 같은 다양한 응용이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 인체 데이터를 활용하여 시뮬레이션을 수행하기 위한 모델링 환경을 다양한 사용자의 요구에 맞춰 유연하고 탄력적으로 자원을 배분하여 연구자 간 데이터와 모델을 공유하여 공동 개발을 지원할 수 있는 클라우드 네이티브 기반의 SaaS(Software as a Service) 서비스를 제안하여 신속하고 효율적 모델링을 지원할 수 있는 환경 제공에 초점을 맞추고 있다. 3차원 인체 모델링을 위해서는 계산자원과 저장장치를 비롯한 하드웨어 환경이 사용자의 모델 규모에 맞춰 유연하게 제공되어야 한다. 사용자가 모델링에 사용하는 알고리즘 또는 소프트웨어 역시 이러한 인프라를 기반으로 시간과 장소의 제약 없이 활용할 수 있어야 한다. 모델과 데이터의 규모가 큰 경우 다수의 계산 자원을 활용하여 스캐쥴링하거나 분산 처리를 할 수 있어야 한다. 계산자원의 탄력적 제공을 위해 OpenStack과 Kubernetes 기반의 인스턴스(Instance) 및 파즈(Pods)를 관리하고 조율(Orchestration)할 수 있는 IaaS(Infrastructure as a Service)가 기본적으로 제공되어야 한다. 계산자원에서 활용하기 위한 데이터를 저장하기 위해 블록 스토리지(Block Storage) 및 어플리케이션과 연구자 간 데이터 공유를 위한 오브젝트 스토리지(Object Storage)를 제공한다. 3차원 모델링 데이터와 소프트웨어는 클라우드 네이티브 환경에서 실행하고 관리가 가능하다.

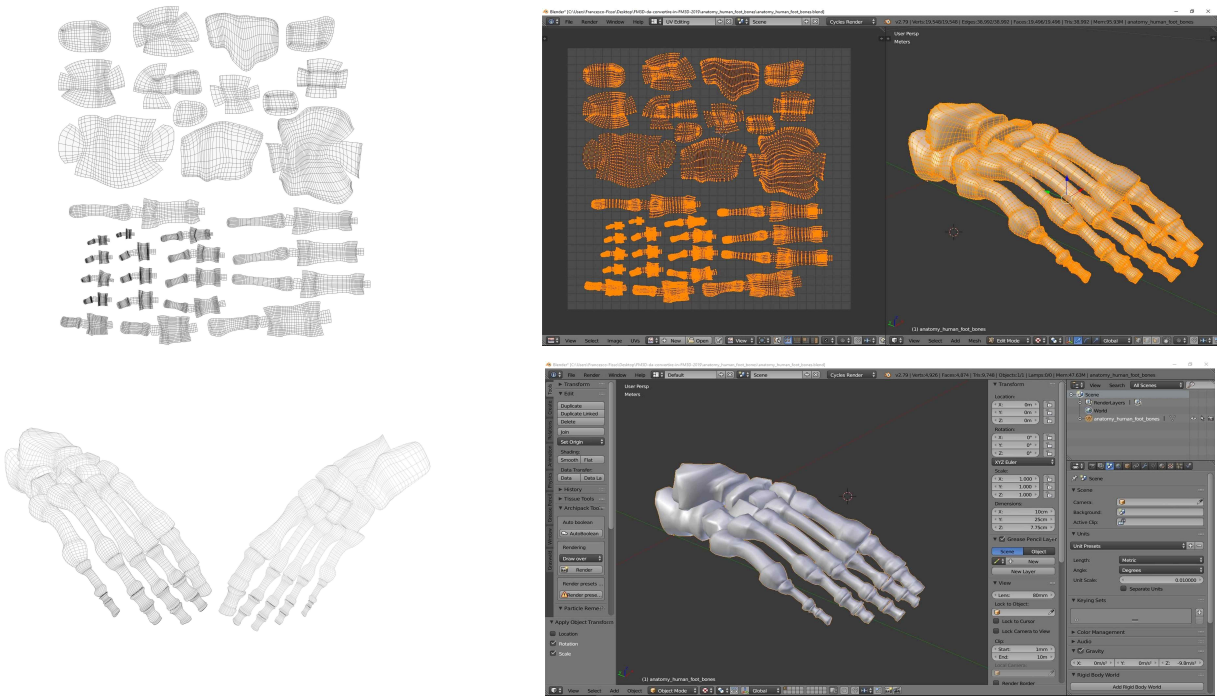


Fig 1. 3D human model example by Fee3D and Blender

후기 이 논문은 IITP(No. RS-2024-00397359)와 KISTI(No. K24L2M1C6, K24L2M1C6) 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(gspark@kisti.re.kr)

칼코지나이드 기반 원적외선용 웨이퍼레벨 렌즈 압축성형

박시환*,#

Production of vacuum forming mold using 3D printing

S. H. Park*,#

울산과학대학교 기계공학부

Key Words : Chalcogenide glass, Finite element method, Wafer level compression molding

칼코지나이드 적외선 광학 렌즈에 사용되는 광학 소재는 주로 SPDT(single-point diamond turning) 공법을 이용한 직 가공 방식으로 제작되며, 이로 인해 제작 비용이 매우 고가이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 압축성형 방식을 이용한 제작 방식이 연구되어 왔으며, 생산 단가를 낮추기 위해 하나의 금형 표명에 여러 개의 렌즈를 배치하여 압축성형을 진행하여 1회의 성형공정에 여러 개의 렌즈를 성형하는 웨이퍼레벨의 성형공법도 적용되고 있다. 본 연구에서는 칼코지나이드 소재를 이용한 웨이퍼레벨의 압축성형 공정을 실험 및 시뮬레이션을 통해 그 성형 가능성을 확인하고자 하였으며 성형상의 문제점을 체계적으로 검토하고자 하였다. 이를 위해 칼코지나이드 재료의 열기계적 특성을 설명하기 위해 재료의 점탄성 구성 모델을 개발하였으며 이를 상용 S/W인 ABAQUS를 이용하여 유한요소 시뮬레이션를 수행하였고, 성형상의 문제점을 분석하였다. 또한 실제 성형 결과를 통해 웨이퍼레벨 압축성형 시 발생하는 성형상의 문제점을 검토하였다. 성형실험 결과, 웨이퍼레벨의 압축성형을 적용할 경우 렌즈 형상 안의 공기층이 제거되지 않아 미형성이 발생함을 확인할 수 있었으며, 성형 과정 또는 이형과정에서 렌즈의 깨짐 불량이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 문제는 CAE 해석을 통해 일부 설명이 가능하였으며, 이는 향후 웨이퍼 레벨 성형 공정의 개선에 참고할 수 있을 것이다.

후기 이 논문은 2021~2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 소재부품기술개발사업 연구비지원에 의한 연구임. (과제번호: 20017413, 과제명:스마트카용 고신뢰성 보급형 가시광, 적외선 광학모듈 기술개발)

발표자*, 교신저자#(shpark3@uc.ac.kr)

초경 스크랩으로부터 회수한 텅스텐 산화물의 환원 거동에 대한 연구

하국현*,#, 곽종민, 박민수

A Study on the Reduction behavior of Tungsten oxide recovered from tungsten carbide scrap

Gook Hyun Ha*,#, Jong Min Gwak, Min Soo Park

한국재료연구원 나노재료연구본부

Key Words : WC/Co, Scrap, Recycleing, Oxide, Reduction

WC/Co계 초경 합금은 높은 경도와 인성을 함께 가지고 있으므로, 절삭공구, 금형과 같은 공구, 내마모용 소재로 사용되고 있고, W과 Co와 같은 고가 유가 금속을 주 성분으로 하고 있음. 텅스텐(W)은 고융점 및 고비중의 대표적 희유 금속으로서 전기, 전자 부품이나 열 제어 부품, 내마모 부품 등으로 사용되고 있고, 군수품, 우주 발사체, 항공기, 로켓 등의 주요 내열 소재로도 사용되고 있는 주요한 전략 물자임.

텅스텐은 세계적으로도 공급이 부족한 희유 금속이며, 정광 형태로 채굴되어 APT로 가공한 후 산화텅스텐→텅스텐으로 제조되거나, 초경 스크랩으로 부터 재활용하는 방법이 시도되고 있음. 초경 스크랩의 재활용 공정은 초경 합금을 분쇄하거나, 구성하는 탄화물과 코발트를 선택적으로 분리 후 정제하는 화학적 추출하는 방법 등이 시도되고 있음. 이러한 재활용 공정은 공정 비용이 높을 뿐 만아니라, 회수되는 텅스텐 및 텅스텐 탄화물 입자 크기가 조대하여 비용 대비 고부가 가치 제품 제조의 한계가 있음.

최근 WC/Co초경 합금에 함유된 텅스텐 유가 금속 원소를 선택적으로 추출하여 재활용하는 새로운 공정 기술이 시도 되었으며, 폐 스크랩의 선택적 분리 및 환원 공정에 의하여 미립자 텅스텐 분말을 합성하였음.

본 연구에서는 초경 스크랩으로부터 얻어진 텅스텐 산화물에서부터 텅스텐 분말을 회수하는 공정을 개발하였으며, 텅스텐 산화물 분말을 환원 열처리하여 텅스텐 분말을 얻었고, 제조된 환원 분말의 형상과 조성을 관찰한 결과 200nm급의 W분말임을 확인하였다.

후기 This study was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP, Grant No. 20217510100070), the Korea Planning and Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT, Grant No. 20011520)

발표자*, 교신저자#(ghha@kims.re.kr)

RX DX 가스 열처리공정에서의 침탄깊이 정밀 제어

안경준*,#, 전동술

Precise carburizing depth control for RX DX gas heat treatment

K. J. An*,#, D. S. Jeon

한국생산기술연구원 주문형생산연구부문

Key Words : Carburizing depth, RX-gas, DX-gas, Precise control

본 연구는 침탄깊이 모니터링 인자로서 노 내의 가열 온도를 열에너지값으로 환산하여 모니터링시켜 제품의 침탄 두께 편차를 없애고 표면 불량을 방지하도록 하는 금속의 침탄 열처리 방법에 대한 연구이다. 본 연구에서 개발된 열처리기법은 일정한 탄화수소 분위기에서 노내의 가열 온도를 매 초당 에너지값으로 환산, 누적하여 목표누적에너지수치에 누적에너지수치가 도달할 때까지 시편을 열처리하여 목표 침탄 두께를 정밀하게 제어하는 것이다. 또한, 개발된 Master carburizing curve를 이용하여 스팀피막, 산질화피막 공정 등에 표면개질 피막두께 실시간 모니터링에 활용될 수 있다.

발표자*, 교신저자#(kan104@kitech.re.kr)

위성 통신용 고속 조준 거울의 설계와 제어

김현태[1,*], 김세은[1], 전용호[1], 박성언[2], 송정민[3], 이문구[1,#]

Design and control of high-speed aiming mirror for satellite communicationprocess

H. T. Kim[1,*], S. E. Kim[1], Y. H. Jeon[1], S. U. Park[2], J. M. Song[3], M. G. Lee[1,#]

아주대학교 기계공학과[1], (주)한화 에어로스페이스[2], (주)모트롤[3]

Key Words : Fast steering mirror, Voice coil actuator, Flexure design, Cartwheel flexure, Sensor kinematics

최근 인터넷 사업의 발전과 더불어 늘어난 통신량을 해결하기 위해 광통신에 대한 관심이 증가하고 있다. 자유 공간에서의 무선 광통신은 RF통신 다르게 주파수 사용권에 대한 제한이 없어, 초고속 통신을 이뤄낼 수 있는 차대세 기술로 떠오르고 있다. 그러나 광통신 과정에서 송수신단 사이의 정교한 빔 정렬이 필수적이고, 이를 해결할 수 있는 레이저 정밀 조준 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 빔 정렬에 활용할 수 있는 고속 레이저 조준 거울의 설계의 정밀도를 높이고자 한다. 정밀도 향상을 위해 Flexural Hinge의 형상 및 설계 변수를 SQP 알고리즘을 통해 구성하였으며, 이에 유한요소해석기법을 적용하여 검증하였다. 제어 선도를 구성하여 PID Control을 통해 원활한 제어를 하고자 하였다. 금속 코팅된 구동 거울의 직경은 50.8 mm로 선정하였으며, Voice Coil Actuator를 통해 구동하였다. 티타늄을 Cartwheel Flexure형태로 가공하여 제어에 용이한 회전중심을 가지는 회전 가이드로 설계하였다. 구동의 부하가 되는 거울과 구동기를 Voice Coil Actuator의 추력과 비교하여 제어 성능을 평가하였다. 거울의 평면 방정식을 도출하여 Sensor Kinematics를 구성하고 이를 제어하여 고속 정밀 조준 거울 시스템을 구현하였다. 본 연구에서는 고속 정밀 조준 거울의 정밀도를 향상시키도록 설계를 진행하고, 유한요소해석을 통한 검증과 제어를 통한 실험적 분석을 진행하였다. 해당 연구를 통해 광통신 레이저 빔 정렬 시스템을 개선시킬 수 있을 것으로 기대한다.

후기 본 연구는 한화 에어로스페이스의 '기업체 일반 지원사업'의 도움으로 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(moongulee@ajou.ac.kr)

하이브리드 차량의 구동계 제어를 위한 견인모터 작동점 연구

주현민[1,*], 김은식[1], 최태운[1], 임원식[2,#]

A study on traction motor operating points to powertrain control of hybrid vehicle

H. M. Ju[1,*], E. S. Kim[1], T. U. Choe[1], W. S. Lim[2,#]

서울과학기술대학교 자동차공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학부[2]

Key Words : Motor, Operating point, Powertrain, Control, Hybrid

전세계 선진국들의 친환경 정책으로 인해 늘어나는 내연기관 차량에 대한 규제와 그로 인해 새롭게 변화하는 자동차 산업의 흐름 속에서 전기차가 지닌 현실적인 제약조건과 기존 내연기관의 환경 오염 문제를 해결하고자 완성차 업계에서 하이브리드 차량에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 기존 하이브리드 차량보다 더 높은 연비성능과 주행성능을 이끌어 내고자 다양한 레이아웃의 하이브리드 시스템이 개발되고 있다. 따라서 새로운 레이아웃을 갖춘 신개념 하이브리드 차량의 구동계 제어로직을 검증할 수 있는 시뮬레이션 시스템이 필요하다. 최적의 모터와 엔진의 구동계 제어를 위한 견인모터 작동점을 후방향 해석기법을 통해 도출해내는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 하이브리드 차량의 구동계 제어를 위한 모터 작동점에 대한 연구로 P1 모터를 활용한 하이브리드 차량의 엔진 작동점과 모터 작동점에 대한 연구를 진행하였다. 해당 시스템의 시뮬레이션을 위해서 MATLAB Simulink를 활용하였고, 가솔린 엔진, P1 모터, 7단 변속기, 감속기, NEDC, WLTP 등을 Simulink 상으로 구성하였다. 이로써 하이브리드 차량의 구동계 제어를 위한 엔진과 모터 작동점을 분석하는 시뮬레이터를 개발하였다. 시뮬레이터는 후방향 해석방법으로 진행되며 시뮬레이터를 통해서 NEDC와 같은 주행 사이클로부터 엔진과 모터의 작동점에 대한 분석을 수행하였다.

발표자*, 교신저자#(limws@seoultech.ac.kr)

3D 프린트를 이용한 진공성형 형틀 제작

김석산[1], 박시환[2,*,#]

Production of vacuum forming mold using 3D printing

S. S. Kim[1], S. H. Park[2,*,#]

오토렉스(주)[1], 울산과학대학교 기계공학부[2]

Key Words : 3D printing, Vacuum forming, Plastic mould

본 연구는 플라스틱 성형공정에서 비교적 생산수량이 적은 경우 적용되는 진공성형 금형 제작에 있어, 기존 알루미늄 금형의 한계를 극복하기 위해 3D 프린팅 기술을 활용한 새로운 방식을 제안한다. 알루미늄 금형은 제작비가 높고 제작 기간이 길며, 설계 변경이 어려워 신속한 대응이 제한적이다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서는 설계 자유도가 높고 제작 기간이 짧은 3D 프린팅 방식을 도입하였다. 기존 금형 제작 공정이 패턴 가공, 주물 제작, 형상 가공, 표면 연마의 4단계로 이루어진 반면, 본 기술은 3D 프린팅과 표면 가공의 2단계로 이루어져 제품 수정사항 발생 시 빠른 대처가 가능하고, 금형 수정에 따른 생산 손실을 최소화할 수 있다. 또한, 이형성이 높은 복합 플라스틱 소재를 사용하여 성형 공정 중 이형재를 사용하지 않아 산화막 형성에 따른 추가 관리가 필요 없다. 진공성형 공정 시 플라스틱 시트의 예열과 공정 온도가 약 150° C임을 고려하여 PPS-CF30%를 금형의 재질로 선정하였다. 3D 프린팅 후 2차 가공을 최소화하기 위해 성형기 노즐의 온도 범위, 스텝 오버(Step Over), 스텝 다운(Step Down) 등을 최적화하였다. 3D 프린팅 방법은 비평면, 비구면 형태를 Slicing을 통해 패스를 생성하고 G-Code로 변환하여 실행하였으며, 특히 노즐의 적층 각도는 비평면과 비구면을 포함한 45도가 최적임을 확인하였다. 결론적으로, 본 연구는 기존 알루미늄 금형의 한계를 극복하고 효율적인 진공성형 금형 제작을 위한 새로운 방향을 제시하였다.

발표자*, 교신저자#(shpark3@uc.ac.kr)

전기방사를 이용한 복사냉각 나노섬유의 설계 및 야외온도 측정

정민서*, 권석규, 현창환, 이다솔#

Design of radiative cooling nanofibers and outdoor temperature measurement using electrospinning

M. Jeong*, S. Kwon, C. Hyeon, D. Lee#

연세대학교 의공학과

Key Words : Polymer, Electrospinning, Nanofiber, Radiative cooling, Temperature setup

The increase in global temperatures due to climate change has resulted in higher energy consumption for cooling purposes. Radiative cooling, a technology that cools objects by dissipating heat into space through an atmospheric window without energy consumption, has garnered significant attention. This study investigates the integration of electrospinning techniques with radiative cooling principles to fabricate nanofibers and measure their cooling effects using specially designed outdoor temperature measurement settings.

The nanofibers were composed of polyvinyl alcohol (PVA), Zein, SiO_2, and Al_2O_3. PVA is a polymer known for its high biocompatibility and biodegradability, while Zein, derived from corn, is a highly hydrophobic material that also offers biocompatibility and biodegradability. The inclusion of white inorganic materials such as SiO_2 and Al_2O_3 enhances solar reflectance and emissivity within the atmospheric window range.

Accurate temperature measurement is critical for assessing the performance of nanofibers, particularly in outdoor conditions, to account for convection and conduction effects. The designed settings effectively mitigate these effects, enabling precise measurements of the radiative cooling performance of the nanofibers. This work demonstrates the fabrication of radiative cooling nanofibers for energy-efficient cooling solutions and the development of outdoor temperature measurement devices accordingly.

발표자*, 교신저자#(dasol@yonsei.ac.kr)

시트르산을 활용한 PVA/SiO_2 복사냉각 나노섬유

권석규*, 현창환, 정민서, 이다솔#

PVA/SiO_2 radiative cooling nanofiber using citric acid

S. Kwon*, C. Hyeon, M. Jeong, D. Lee#

연세대학교 의공학과

Key Words : Radiative cooling, Electrospinning, Nanofiber

Recently, a climate crisis called global warming is one of the most significant problems in our lives. As the temperature is increased, we consume a lot of energy for cooling by depleting other energy resources such as fossil fuels. Hence, it is imperative to reduce energy consumption for cooling, and radiative cooling presents a viable solution to this problem. Radiative cooling is a phenomenon that occurs through high solar reflectivity in UV-Vis-NIR region and high emissivity in MIR region, decreasing the temperature below the ambient temperature. Based on this, we fabricated the radiative cooling nanofiber with polyvinyl alcohol (PVA), silicon dioxide (SiO_2) and citric acid (CA) through the electrospinning technique. Based on previous studies, where highly biocompatible PVA-based radiative cooling films were fabricated by incorporating SiO_2, we further enhanced the properties of nanofibers by introducing citric acid to induce crosslinking with PVA. This not only reinforced the mechanical properties but also endowed them with antimicrobial effects. We anticipate that this biocompatible radiative cooling nanofiber can find applications not only in the field of biotechnology but also in various other domains.

발표자*, 교신저자#(dasol@yonsei.ac.kr)

구조 안전성을 고려한 Type 4 복합재료 수소 압력용기의 해석 및 설계

이범주*, 안지수, 김선주, 유형민#

Analysis and design of type 4 composite hydrogen pressure vessels considering structural safety

B. J. Lee*, J. S. An, S. J. Kim, H. M. Yoo#

한국기술교육대학교 기계공학부

Key Words : Finite element analysis, Hydrogen storage, Type 4 composite pressure vessels

탄소 배출 저감이 가능하고, 중량 대비 에너지 밀도가 높은 장점으로 UAM 및 모빌리티 등 다양한 분야에서 수소 연료가 주목받으며, 안전하고 효율적인 형상 및 경량화된 수소 압력용기에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 수소 압력용기는 대개 라이너와 복합재료로 구성되고, 사용되는 재료와 구조에 따라 현재는 Type 1부터 Type 4까지 네 가지 유형으로 분류하고 있다. Type 1에서 Type 4로 갈수록 라이너 대비 복합재의 사용 비중이 증가하며 경량화되고, 내구성과 안전성이 향상되는 구조이다. Type 4의 수소 압력용기는 플라스틱의 라이너에 탄소섬유를 와인딩하여 수소 차량 및 항공용으로 최대 700bar의 압력을 버틸 수 있게 설계된다. 설계 시 고려할 사항에는 복합재를 적층할 때 미끌림이 발생하지 않는 라이너 돔 파트 형상의 설계가 요구되고, 복합재에 대한 최소 두께 및 패턴에 대한 정립이 필요하며, 설계 구조에 대한 안전성이 검토되어야 한다. 이에 본 연구에서는 Isotensoid 형상을 이용한 라이너의 돔 파트 설계 및 Netting 이론을 적용하여 복합재의 적층 방향 및 두께, 패턴을 정립하였다. 해석 프로그램을 이용하여 복합재의 적층된 형상을 구현하고, 안전계수를 적용한 압력을 인가하여 설계 구조에 대한 안전성을 검토하였다.

후기 본 연구는 천안과학산업진흥원의 지원(2023년도 실현기술개발사업)을 받아 수행된 과제임.

발표자*, 교신저자#(yhm2010@koreatech.ac.kr)

제빙 사이클에 따른 폴리우레탄 탑코트의 손상 연구

이동현[1,*], 양성백[2], 김종현[2], 권동준[1,2,#]

Study on the impact of de-icing cycles on polyurethane topcoat degradation

Donghyeon Lee [1,*], Seong Baek Yang[2], Jong-Hyun Kim[2], Dong-Jun Kwon [1,2,#]

경상국립대학교 나노신소재융합공학과[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Polyurethane topcoat, Anti/De-icing fluid, Aircraft icing, Surface damage

항공기 결빙은 항공기 안전에 큰 영향을 미친다. 따라서 제빙액은 항공기 결빙 제거에 필수적으로 사용된다. 제빙액은 유기 용제(에틸렌 글리콜, 아이소프로필 알코올)를 희석시켜 제조되고, 화학적으로 결빙을 제거할 때 항공기 최외곽부의 탑코트 표면에서 손상이 발생될 수 있다. 본 연구는 글리콜 계열의 제빙액을 사용하여 결빙을 제거할 때 생기는 고분자 탑코트의 손상에 대한 연구를 진행하였다. 저온에서 결빙이 성장 및 생성되는 과정을 확인하였고, 생성된 결빙을 에틸렌 글리콜을 희석한 제빙액을 사용하여 결빙을 제거하였다. 제빙액 처리 과정에서 가압 공정에 의하여 발생된 손상과 에틸렌 글리콜에 의하여 폴리우레탄 탑코트의 표면 손상이 발생하게 된다. 결빙이 제거된 표면을 두께 측정, 푸리에 변환 분광분석법(FT-IR)을 활용하여 물리적, 화학적 변화를 확인하였다. 또한 공초점 현미경을 통하여 제거된 표면의 형상과 생성된 손상에 대하여 확인하였다. FT-IR을 통하여 탑코트의 손상에 대한 변화를 분석한 결과 화학적 변화는 확인되지 않았지만, 공초점 현미경을 통한 이미지에서 표면의 균일성은 감소하고, 표면에 균열이나 굴곡이 형성되는 물리적 손상이 관찰되었다. 제빙액은 결빙 제거에 효과적이나 표면 손상을 일으키는 것을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 제빙액에 대한 연구가 필요한 것을 시사하였다.

후기 This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (RS-2023-00211944), Policy R&D program funded by Korea Ceramic Engineering & Technology, Republic of Korea(No. KPP23006-0-01), Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2020R1A6A03038697), and Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (2023-IT-RD-0037). 또한 연구에 지원해주신 기관 에이티앤시에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

고분자 구조 조절에 따른 폴리우레탄 탑코트의 방빙 성능 평가

이동현[1,*], 양성백[2], 김종현[2], 권동준[1,2,#]

Evaluation of anti-icing performance of polyurethane topcoat based on polymer structure

Donghyeon Lee [1,*], Seong Baek Yang[2], Jong-Hyun Kim[2], Dong-Jun Kwon [1,2,#]

경상국립대학교 나노신소재융합공학과[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Polyurethane topcoat, Anti-icing, Polymer structure

구조물이나 모빌리티의 결빙은 기능적 고장이나 사고를 초래할 수 있는 주요 원인이다. 결빙을 방지하기 위한 재료 공학적 접근법은 소수성 표면을 만드는 것이다. 결빙 방지 표면을 제작하기 위해서는 고분자 탑코트에 소수성 나노 입자를 첨가하는 방법이 주로 연구되고 있는데, 본 연구에서는 기지재료인 고분자 탑코트의 변화에 따른 영향을 조사하였다. 고분자는 분자 사슬 간의 van der Waals 결합에 의하여 결정구조와 표면 특성이 변화된다. 고분자 구조의 조절은 중합(경화)반응 시 농도 조절을 통하여 반응 속도와 반응도 조절을 통하여 진행하였고, 이에 따라 분자의 결정성 또한 변화되었다. 첨가된 용매 (xylene)의 농도가 높아짐에 따라 반응 엔탈피가 낮아졌고, 결정도가 낮아졌다. 이에 따라 분자량이 낮아져 기계적 물성 또한 저하되었다. 또한 xylene 함량에 따라 물에 대한 접촉각과 표면에너지가 변화하였고, xylene 20 vol%가 포함된 PU 탑코트의 표면에서 neat PU 탑코트에 비해 결빙 방지 특성이 66 % 향상되었다. 이러한 연구를 통하여 탑코트에서 용매의 농도를 통하여 고분자 구조를 조절하는 기본적인 방법이 표면에너지, 결빙 방지 특성에 영향을 미치는 것을 확인하였고, 기지재료의 연구가 소수성 표면 연구의 기술로 활용될 수 있음을 시사하였다.

후기 This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (RS-2023-00211944), Policy R&D program funded by Korea Ceramic Engineering & Technology, Republic of Korea(No. KPP23006-0-01), Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2020R1A6A03038697), and Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (2023-IT-RD-0037). 또한 연구에 지원해주신 기관 에이티앤시에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

사출금형용 Changeable core 구조의 개발 및 구조적 안정성 연구

이승찬*, 김미진, 최재혁#

Development of a changeable core structure for injection molds and study on structural stability

S. C. Lee*, M. J. Kim, J. H. Choi#

광주대학교 미래융합기술공학과

Key Words : Injection molding, Surface coating, Mold insert

코어를 변경 과정에서 금형의 크기가 크면 가공기계에 전체적인 형상으로 제작이 어려움이 발생되며 정밀한 형상의 금형 표면을 가공 시 가공속도가 느려지며 가공가격 높아지는 문제가 있다. 또한 금형의 무게가 무거울수록 운송 및 교체 작업에서 사고의 위험성이 높아진다는 단점이 발생하게 된다. 본 연구에서는 이러한 기존 방식의 문제점을 보완하고자, 금형을 전체를 가공하는 방법이 아닌 코어만 별도로 가공하고 교체하는 방법을 통하여 Changeable Core의 구조에 대해 연구하였다. Changeable Core의 구조적 안정성을 해석적으로 검토하고자, 우선 상용 사출성형 해석 프로그램인 Moldex3D에 실제 사출 공정데이터를 삽입하여 사출 중 제품 표면에서의 사출 압력 데이터를 수집하였다. 이후 수집된 데이터와 금형의 형체력을 반영하여 ANSYS 구조해석을 수행하였다. 볼트 체결 수를 2구, 4구로 하여 면압 분포를 비교하였고 4구의 볼트 체결구조를 선정하였다. 코어의 두께를 20mm, 40mm, 60mm, 80mm로 총 4개의 구조를 모델링하였고 구조해석을 변형량의 차이는 3% 이내로 근소하였으나 무게는 두께 20mm에서 80mm 대비 78.4% 감소한 것을 확인하였다. 본 연구를 바탕으로 표면 패턴 금형 외에도 다양한 인서트 금형에 Changeable Core를 적용하여 무게, 제작 비용 절감이 가능할 것으로 보인다.

후기 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3364180]

발표자*, 교신저자#(jhchoi@gwangju.ac.kr)

이차전지 전극 코팅을 위한 인발기반 건식공정의 개발

이병현*, 김유준, 손혜원, 성범규, 김선경#

Development of a drawing-based dry process for secondary battery electrode coating

B. H. Lee*, Y. J. Kim, H. W. Son, B. G. Sung, S. K. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Electrodes coating, Dry electrode, Drawing process

이 연구는 이차전지 전극 공정의 단축 및 품질 향상에 목적을 두고 공정개발이 진행되었다. 현재 주로 사용되는 코팅 공정은 슬롯 다이 공정이며 슬롯 다이 공정에서는 긴 생산라인과 건조공정 시간이 있을 뿐만 아니라 독성 솔벤트의 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제점에 기반하여 'Maxwell Technology의 캘린더링 기반의 전극코팅기술(2018)이 채용되었지만 전극 필름을 미리 성형해야 하고, 큰 롤러의 특성상 무겁기 때문에 치수 제어가 힘들고 롤러 제작 비용이 크다. 새로운 공정은 인발과 압출을 결합한 pultrusion 공정에서 아이디어를 얻어 개발되었다. 전극 동박이 프라이머가 담긴 통을 통과하여 표면이 전처리되고, 전극 필름을 대체하는 파우더 상태의 전극재료가 담긴 통에서 동박에 전극재료가 부착된다. 이후 롤러를 대체하는 가열 다이에서 압착되어 동박의 양면에 균일한 코팅이 된다. 공정 개발 순서는 코팅에 사용되는 재료의 특성 파악, 새로운 공정에서의 코팅 시 재료 유동 해석 및 분석, 공정 제어 요소 설정, 가열 다이 설계 순으로 진행되었다.

후기 이 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF2018R1A5A1024127, NRF-2020R1I1A2065650).

발표자*, 교신저자#

리튬이온 이차전지 열전달 시뮬레이션

정승훈*, 권형진, 박민성, 김선경#

Thermal transfer simulation of lithium-ion secondary battery

S. H. Jung*, H. J. Kwon, M. S. Park, S. K. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Secondary battery, Heat transfer, Simulation

이차전지, 특히 리튬 이온 배터리(Lithium-Ion Battery, LIB)는 현대 사회에서 차세대 배터리 기술의 핵심으로 자리 잡고 있다. 이러한 추세에 맞추어 이차전지의 충전속도 향상과 에너지밀도 향상에 관한 연구들이 많이 진행되고 있다. 이차전지의 발열 문제는 이차전지의 성능과 안정성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 문제이기 때문에 이차전지의 발열 특성에 대한 연구는 반드시 필요하다. 최근 4680 배터리는 전기 자동차 산업에서 주목받고 있는 최신 이차전지 기술 중 하나로, 향 후 전기차의 핵심 배터리 제품으로 성장하여 표준 배터리 폼 팩터(Form Factor)가 될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 열-전기화학적 수학적 모델링을 통해 4680 배터리 셀의 1D 시뮬레이션을 진행하여 발열 특성을 확인해보았다.

후기 이 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF2018R1A1024127, NRF-2020R1I1A2065650)

발표자*, 교신저자#

위상최적화 기법을 활용한 이종소재 접합부의 경량화 설계

문병휴[1,*], 김미진[1], 정민교[2], 이필호[2], 최재혁[1,#]

Lightweight design of dissimilar material joints using topology optimization

B. H. Moon[1,*], M. J. Kim[1], M. K. Jung[2], P. H. Lee[2], J. H. Choi[1,#]

광주대학교 미래융합기술공학과[1], 한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[2]

Key Words : Dissimilar material, Topology optimization, Lightweight design

최근 전기차 시장의 성장에 따라, 내구성을 확보하면서도 에너지 효율성을 높이기 위한 노력으로 경량화에 대한 수요가 증가하고 있다. 이에 금속과 플라스틱 간의 이종소재 접합기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이종소재 접합은 금속과 플라스틱의 접합과 같은 물성이 상이한 두 개 이상의 소재를 접합하는 공정을 의미한다. 이종소재의 경우엔 접착제와 같은 화학적 접합, 볼트와 리벳 등의 기계적 접합을 주로 사용해 접합하지만 추가적인 공정으로 인해 비용과 생산시간이 늘어나는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 인서트 사출을 통한 금속과 플라스틱 간의 이종소재 접합 기술을 연구하고자 금속 인서트의 앵커링 구조를 고안하였다. 앵커링 구조는 3D 프린팅으로 제작될 수 있는 형상을 고안하였고 제작된 형상은 해석적으로 검증하기 위해, KS B ISO 14273 시편을 모델링하여 구조해석을 통해 인장 시험을 구현하였다. 또한 3D 프린팅 공정을 통한 인서트의 제작 시간 및 비용 감소와 동시에 경량화 효과를 위해 ANSYS 2022 Mechanical를 사용하여 위상최적화를 수행하였고, 인장 시험을 통해 내구성을 확인하였다. 본 연구에서는 기존 형상과 위상 최적 모델의 인장 시험 결과를 비교하였다. 실험 결과에서는 총 변형량 및 응력의 변화는 5% 내외였지만 부피는 기존 모델에서 1,200mm^{2}였고, 위상 최적 모델에서는 949.76mm^{2}로 20.9% 감소하였다. 본 연구에서 구조해석 및 위상 최적화를 통해 금속과 플라스틱 간의 이종소재 접합 기술의 내구성을 검증하였다. 그 결과, 경량화로 인한 생산성 향상, 제작 시간과 비용 절감을 확인할 수 있었다.

후기 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3364180]

발표자*, 교신저자#(jhchoi@gwangju.ac.kr)

PETG 수지의 사출성형 조건에 따른 광탄성 특성

정영현[1,*], 이현동[1], 최동해[2], 강민아[2], 류민영[1,#]

Phothealstic characteristics of PETG resin according to injection molding conditions

Y. H. Jeong[1,*], H. D. Lee[1], D. H. Choi[2], M. A. Kang[2], M.-Y. Lyu[1,#]

서울과학기술대학교[1], SK 케미칼[2]

Key Words : Residual stress, Stress-optical rule, Injection condition, Photoelastic, Retardation

사출 성형 후 존재하는 잔류응력은 제품 내부의 응력으로 성형품의 후 변형을 유발하고 투명 물질의 경우는 광 특성을 변화시킨다. 변화된 광 특성으로 인해 사출품을 통과하는 빛은 서로 수직인 두 방향으로 복굴절 된다. 복굴절 된 두 파는 서로 시간차를 가지고 진행하며 이는 두 파 사이에 지연을 발생시킨다. 빛의 지연량은 응력-광학 법칙에 의하여 잔류응력과 비례 관계이므로 빛의 지연량과 잔류응력은 같은 경향성을 가진다. 사출품의 잔류응력은 공정 조건에 따라 달라지며 광 특성을 분석함으로써 예측될 수 있다. 본 연구에서는 SK케미칼의 친환경 소재인 PETG 수지(ECOZEN T110G pro)를 이용하여 평판 형태의 시편을 게이트의 형상, 사출 온도, 사출 속도, 금형 온도 그리고 보압 크기를 각각 변화시키며 제작하였다. 잔류응력과 비례하는 광학적 특성인 빛의 지연량을 측정하기 위하여 광탄성 기법을 적용하였다. 광탄성 기법에서 빛의 지연은 그것의 크기에 따라 서로 다른 색으로 관찰된다. 데이터 분석 결과, 빛의 지연은 앞서 변화시킨 조건 중 사출 속도, 게이트의 형상과는 유의미한 상관관계를 가지지 않았다. 반면, 사출 온도와 금형 온도 그리고 보압 크기와 유의미한 상관관계를 가졌고, 사출 온도와 금형 온도와는 음의 상관관계 그리고 보압 크기와는 양의 상관관계를 보였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부-경찰청)의 재원으로 과학기술사업화진흥원(과학치안 공공연구성과 실용화 촉진 시범사업)의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.RS-2023-00282316).

발표자*, 교신저자#(mylyu@seoultech.ac.kr)

글로벌 규제 대응을 위한 옥타데실트라이클로로실란(OTS)과 다양한 종류의 중공 실리카 나노입자 첨가를 통한 직물의 발수성 향상 연구

김주란*,#

Enhancing texstile water repellency with Octadecyltrichlorosilane and various addition of silica nanoparticles for global regulatory compliance

J. R. Kim*,#

한국생산기술연구원 안전융합기술연구부문

Key Words : PET fiber, Eco-friendly superhydrophobic coating, Porous hollow silica nanoparticles (HS), Textile applications; water repellency

Currently, there is no global ban on per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), despite their persistence in the environment and human bodies. These substances accumulate over time and are widely used in various industries, including medical devices, aerospace, automotive, and protective clothing. The transition to PFAS-free alternatives is challenging, requiring the development of new technologies and materials to achieve hydrophobic surfaces.

This study presents the development of an environmentally friendly, superhydrophobic coating using octadecyltrichlorosilane (OTS) and porous hollow silica (HS) nanoparticles to enhance the water repellency of polyethylene terephthalate (PET) fabrics. The OTS/HS coating was applied using a dip-coating method, aimed at improving surface roughness and reducing the environmental impact of fluorine-based compounds. The research focused on synthesizing and applying HS nanoparticles to increase surface texture. The coated fabrics' surface characteristics, chemical and thermal properties, and mechanical performance were thoroughly tested. Hollow hydrophobic SiO2 nanoparticles were synthesized and effectively applied to OTS-coated PET fabrics, resulting in increased water contact angles, indicative of enhanced hydrophobicity. Varying concentrations of HS nanoparticles (0.5 to 2.0 wt%) were used to achieve hierarchical surface structures that significantly improved water repellency. Comprehensive testing showed that textiles with higher HS concentrations exhibited superior hydrophobic properties, with a maximum water contact angle of 158.5°. Long-term durability tests demonstrated that even after 20 washing cycles, the optimal textile maintained substantial hydrophobicity. Overall, this innovative approach offers a sustainable and effective alternative to traditional water-repellent treatments for fabrics, suggesting potential for broader applications in the textile industry.

발표자*, 교신저자#(jkim0106@kitech.re.kr)

7월 18일 [목]

포스터 II 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

중량 기반 택배 물품 분류용 X-Y 로봇

김유진*, 문유정, 이준혁, 최수연, 이석원#

X-Y robot for weight-based courier classification

K. J. Kim*, Y. J. Moon, J. H. Lee, S. Y. Choi, S.W. Lee#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Loadcell, X-Y table, Pick&Place, Raspberry pi, opcnCV

본 연구는 물품을 무게 기반으로 분류하면서 기존의 컨베이어 벨트 분류와는 차별화되는 새로운 직교형 로봇 개발을 목표로 한다. 최근 산업용 로봇 및 자동화 기술에 대한 투자와 성장이 가시화되면서 기존의 분류 시스템보다 더 효율적인 시스템을 제안하고자 하였다.

본 연구에는 직교형 로봇을 구성하는 주요 요소로 X-Y table, 그리퍼, 물품 투입부, 카메라가 있다. X-Y table을 구성할 때, X, Z축을 타이밍 벨트와 풀리를 이용해 스텝 모터에 연결하여 이동 동작을 구현하였다. 이때, 이동 구역을 벗어나지 않게 리밋 스위치를 사용하였다. 그리퍼에는 서보 모터를 장착해 회전 및 Grip&Hold 기능이 가능하게 설계하였고, 물품 투입부에는 로드셀을 부착해 물품의 무게를 인식한 후 Place 구역을 분류한다. 카메라는 opcnCV의 해리스-코너-검출 기법을 활용해 물품의 아웃 포인트를 추출한다. 여기에서 물품의 틀어진 각도, 중심점 정보를 추출하여 그리퍼가 이 정보를 통해 이동, 회전하여 Pick을 수행한다. 이후, 지정 위치에 물품을 Place 한다. 이때, 그리퍼는 X-Y table에 연결되어 이동하게 된다. 메인보드로는 Raspberry-pi를, 서브 보드로는 Raspberry-pi-pico 을 사용하였다. 서브 보드는 서보 모터를, 메인 보드는 스텝 모터, 리밋 스위치, 카메라, 로드셀을 연결하였다. 서브 보드와 메인 보드는 블루투스를 통해 통신한다.

서보 보드가 계속 움직이는 것을 고려해 유선이 아닌 근거리 무선 통신 방식을 채택하였다. 이러한 요소들을 통해 물품 투입부에 물품이 들어오면 로드셀이 무게를 측정하고, 카메라가 물품을 인식하여 X-Y table이 이동해 그리퍼가 물품을 pick하고 지정 위치에 물품을 place 하는 시스템을 설계하였다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*(kyj12040226@gmail.com), 교신저자#(lsw@tukorea.ac.kr)

불균형 노면 주행이 가능한 밸런싱 주행 로봇

이예진*, 이상엽*, 변재형*, 차동혁#

Uneven terrain traversable following transport robot

Y. J. Lee*, S. Y. Lee*, J. H. Byeong*, D. H. Cha#

한국공학대학교 메카트로닉스공학과

Key Words : Rocker-bogie mechanism, Stair-climbing, Balancing, Long-range Communication Control

기존 운반 로봇들은 평탄한 지형에서 운반하지만, 불규칙한 노면과 험지에서는 효과적으로 작동하지 못하는 단점이 있다. 본 연구는 로봇의 로커 및 보행 매커니즘 설계, 밸런싱, 최대 적재 하중 계산, 원격 조종, 회피 주행 기능을 통해 불규칙한 지형에서의 로봇 운용과 안전성을 강화하고자 하며 이를 통해 더 효과적으로 험지에서 운용 가능한 로봇을 설계하고자 한다. 봇의 전체 무게는 알루미늄 재질의 50kg으로 설정되었다. DC 모터는 최대 적재 하중을 고려해 선정되었으며, 원격 조종과 장애물 감지 기능을 통해 안전한 운용이 가능하다. 각 바퀴에 작용하는 하중이 일정하며, 모든 바퀴가 지면에 접촉한다고 가정하였다. Rocker-Bogie 매커니즘은 강체로 간주되며, 각 바퀴가 독립적으로 무게를 지탱할 수 있다. 역기구학 접근 방식을 사용해 휠 토크와 견인력을 구하고, 설계는 각 바퀴의 위치, 크기 및 연결점을 최적화하여 안정성을 보장한다. Bogie의 각도는 130°, 링크 길이는 16cm, Rocker의 각도는 130°, 링크 길이는 34cm, 바퀴 폭은 32cm로 설계 하였다. 모터의 정격 회전수는 100rpm으로, 로봇의 최대 속도는 2km/h 이다. 모터 하나의 정격 하중은 18kgf-cm이다. 로봇은 바퀴 높이의 2배인 44cm의 험지와 30도에서 60도까지의 경사를 넘으며, 최대 90도일때, 15cm 험지를 넘을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 바퀴의 1/2 높이의 계단을 오를 수 있다. 본 연구를 통해 Rocker-Bogie 매커니즘을 이용해 험지 기반의 지형을 안정적으로 주행할 수 있음을 확인했다. 이 로봇은 순찰 로봇이나 재난 모니터링 로봇 등 다양한 분야에 활용될 수 있을 것이라고 생각한다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교)

발표자*, 교신저자#(dhcha@tukorea.ac.kr)

영상인식과 자율주행을 이용한 택배배달로봇

송민준*, 오찬민, 정지동, 강민주, 정명진#

Parcel delivery robot utilizing image recognition and autonomous driving

M. J. Song*, C. M. Oh, J. D. Jeong, M. J. Kang, M. J. Chung#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Delivery, Autonomous, Robot, Image Recognition

최근 택배 산업의 성장과 함께 자동화된 배송 시스템에 대한 수요가 증가하고 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 젯슨 나노와 STM Nucleo 보드를 연동하여 메카넘휠을 장착한 로봇을 설계하였다. 로봇의 주행 시스템은 4개의 메카넘휠로 모든 방향으로 자유롭게 이동할 수 있게 구성되었다. 주행 제어는 STM Nucleo 보드가 담당하며, RPLIDAR A1 라이다 센서를 통해 환경을 인식하고 실시간 SLAM을 수행한다. 실내 Mapping을 위해 Hector SLAM 알고리즘을 적용하였다. 초음파 센서는 장애물 감지, 회피, 직진 주행 보정을 담당하여 복잡한 실내 환경에서도 안전한 주행을 돕는다. 실내 경로 계획 및 추적을 위해 A* 알고리즘을 사용할 예정이다. 로봇에는 두 개의 카메라 센서가 장착되어 있다. 첫 번째 카메라는 로봇 팔에 부착되어 엘리베이터 버튼을 인식하고 좌표 차이를 연산하여 누르는 데 사용되며, 두 번째 카메라는 엘리베이터 내부의 층 수를 확인하고 택배물을 인식해 정확한 배달을 가능하게 한다. 이 카메라는 YOLO v5 딥러닝 알고리즘을 이용하여 객체를 인식한다. ROS Noetic이 설치된 Ubuntu 20.04 환경에서 YOLO v5와 라이다 센서를 동시에 사용하는 시스템을 구축해 효율적인 데이터 처리와 통합을 구현하였다. 추가적으로, 로봇 내부에는 롤러와 상하층 구조를 갖춘 적재 시스템이 있어 여러 개의 택배물을 적재하고 분배할 수 있다. 향후 연구에서는 더욱 향상된 객체 인식을 위해 추가적인 딥러닝 모델을 도입하고, 다양한 실내 환경에서의 성능을 최적화할 예정이다. 또한, 적재 시스템의 고도화를 통해 택배물의 처리 용량을 증대시키고, 실시간 경로 재탐색 기능을 강화할 계획이다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#(mjchung@tukorea.ac.kr)

객체탐지 알고리즘을 활용한 상품인식 스마트 카트

최창조*, 방민준, 문성준, 조경준, 어규호#

Product recognition smart cart using object detection algorithm

Changjo Choi*, Minjun Bhang, Sungjun Moon, Kyoungjun Cho, Gyuho Eoh#

한국공학대학교 메카트로닉스공학과

Key Words : Object detection, Deep learning, Custom training

본 논문에서는 인공지능 기술의 발전에 맞게 딥러닝 기반 객체 탐지 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once)를 활용한 상품인식 및 추종 주행 스마트 카트를 제안한다. 해당 스마트 카트는 YOLOv5를 활용하여 마트 내의 판매 상품들을, 카메라를 통해 실시간으로 인식한다. 이를 위해 다양한 상품 데이터를 실제 사용할 카트 내에서 수집하고 커스텀 학습을 수행하여 상품인식의 정확도를 높였다. 카메라만을 이용해 상품을 인식하고 인식된 상품 정보는 사용자 인터페이스(UI)를 통해 실시간으로 표시하고 터치스크린을 통해 수량 조절이 가능하며, 사용자가 담은 상품 목록과 가격 총액을 직관적으로 제공한다. 또한, 전방 카메라를 통해 사용자를 인식하고 인식된 사용자를 따라 이동하는 추종 주행을 구현함으로써 사용자의 이용 편의성을 높일 수 있다. 이 스마트 카트는 특히 고령자나 신체적 불편함을 겪는 사람들에게 마트의 접근성을 높이는 데 효과적이다. 본 논문에서는 해당 스마트 카트의 설계 및 구현 과정을 상세히 설명하며, 실험을 통해 제안된 스마트 카트의 성능을 평가한다. 특히, 다양한 실험 결과를 인식 속도는 약 20ms의 인식 속도를 기록하였다. 인식 정확도는 10종의 상품에 대해 제품별로 85~100%의 인식률을 기록하였고, 평균 92%만큼의 인식 성공률을 보여주었다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#(gyuho.eoh@tukorea.ac.kr)

비전을 활용한 로딩 및 언로딩 로봇

곽석현*, 김준형, 이준희, 최희준, 김효영#

Loading and unloading robots utilizing vision

S. H. Gwak*, J. H. Kim, J. H. Lee, H. J. Choi, H. Y. Kim#

한국공학대학교 메카트로닉스공학과

Key Words : Computer vision, Image processing, SCARA robot, Motor controlling

SCARA(Selective Complianace Assembly Robot Arm) 로봇은 팔의 기계 구조가 평행 축인 회전 조인트를 가지며,평면 내에서 컴플라이언스를 가진 로봇이다. 본 논문은 반도체 공정에서 웨이퍼를 로딩 및 언로딩하는데 사용되는 SCARA 로봇 형식의 동작 메커니즘과 비전 검사 시스템을 결합한 로딩 및 언로딩 로봇에 관한 연구이다. 본 연구에서는 웨이퍼 이송 로봇의 특성을 적용하여 이송시키는 대상물을 동작 범위가 제한된 공간이나 웨이퍼처럼 민감한 물체를 이송할 수 있도록 하고, 이송 대상물 표면의 결함을 검출하는 시스템을 구축한다. 로딩 및 언로딩 동작을 수행하는 로봇팔의 전진 동작을 구현하기 위한 수단으로 각 관절을 기어와 타이밍벨트로 구성하였고, 1:2:1의 기어비를 가질 때 엔드 이펙터가 전진 동작을 수행할 수 있음을 계산을 통해 확인하였다. 관절마다 모터가 있는 SCARA 로봇과 달리 본 연구에서는 2개의 모터를 사용하여 시스템을 단순화하였다. 영상처리 과정을 통한 비전 검사 대상은 직사각형의 물체로 선정하였고, 이송 대상물 표면에 직사각형의 물체가 존재한다면 결함으로 판단하도록 하는 Open CV를 활용한 결함 검출 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘은 HSV 모델 변환을 통해 색상 공간을 구분하고 윤곽선 검출 알고리즘을 적용하여 물체의 형태를 추출하여 인식하면 TCP/IP 통신방식을 통해 메인보드로 결함 감지 신호를 보내 따로 분류하여 적재할 수 있도록 하였다. 본 연구를 통해 웨이퍼의 로딩 및 언로딩 동작뿐만 아니라 로봇팔을 모듈식으로 제작하였기 때문에 필요시 엔드 이펙터를 교체함으로써 다른 용도로도 사용 가능하다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*(rhkrtjrgus@naver.com), 교신저자#(kimhy@tukorea.ac.kr)

스마트 HMI를 이용한 공작기계 주변기기 제어를 통한 에너지 절감 기술 구현

이승환, 류도원, 조병준, 박대유*,#

Implementation of energy saving technology through control of machine tool peripheral devices using SMART HMI

S. H. Lee, D. W. Ryu, B. J. Cho, D. Y. Park*,#

화천기공㈜

Key Words : Energy saving, HMI, Turning center, Peripheral devices, Human machine interface

1. 서 론

현대 산업에서 에너지는 필수적인 자원이다. 생산 과정의 효율성을 좌우하는 중요한 요소다. 하지만 에너지 소비가 급증하면서 환경 문제와 경제적 부담이 심각해지고 있다. 특히 제조업 분야에서는 에너지 소비가 막대하여 탄소 배출 증가와 운영 비용 상승을 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 에너지 절약 기술의 도입이 필수적이다. 에너지 절약은 지속 가능한 발전을 촉진하고, 환경 보호와 비용 절감을 동시에 실현할 수 있는 효과적인 방법이다. 지구 온난화와 대기 오염 같은 환경 문제는 더 이상 무시할 수 없는 상황이다. 본 논문에서는 공작기계의 주변기기 제어를 통해 에너지를 효율적으로 관리하고 절약하는 기술을 구현하고 HMI를 이용하여 사용자 인터페이스를 구축한 연구를 소개하고자 한다. 이를 통해서 가공 공정에서의 에너지 소비를 줄이고, 친환경적인 생산 방식을 도입할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

2. 에너지 절감 기술 구현 및 검증

에너지 절감 기술은 타이머와 릴레이를 통해 구현하였다. 또한, 스마트 HMI에 에너지 세이빙 화면을 구성[Fig.1]하여 입력된 시간을 기준으로 원하는 주변 기기를 ON/OFF 제어할 수 있다. 제어할 수 있는 기기로는 작업등, 화면, 칩 컨베이어, 윤활유, 스핀들 팬, 냉각수 등이 있다.

에너지 절감 기술은 3가지 환경으로 나눠서 적용할 수 있다. 첫 번째는 절전 시간으로 근로시간 중 점심, 저녁 식사 시간 등 장비를 사용하지 않고 대기 상태일 때이다. 두 번째는 준비 시간으로 소재 교환 및 인서트 교환 시간, 가공에 필요한 준비 작업 시간이다. 세 번째는 가공 시간으로 장비 운전 중 실제 가동 시간이다.

총 3가지 환경에서 각각의 사용 전력량을 비교하였다. 측정한 전력은 1년에 52주, 1주일에 5일, 1일 2시간의 절전을 기준으로 계산하였다. 절전 시간에서는 에너지 절감 기술을 적용 전 543.3kWh의 전력을 102.4kWh로 절약하여 총 441kWh 전력을 절약하였다. 준비시간에서는 에너지 절감 기술을 적용 전 1244kWh의 전력을 767kWh로 절약하여 총 476kWh 전력을 절약하였다. 가공 시간에는 에너지 절감 기술을 적용 전 3999.1kWh의 전력을 3371.8kWh로 절약하여 총 627.3kWh 전력을 절약하였다.

3가지 측정 환경을 모두 종합하여 계산해보면 에너지 절감 기술을 적용 전 5785.4kWh의 전력을 4241.7kWh로 총 1543kWh의 전력을 절감 할 수 있는 것으로 확인하였다.

3. 기대 효과 및 향후 과제

에너지 절감 기술을 적용하여 비교 측정한 결과 최대 26.6%의 에너지 절감 효과[Fig.2]가 있는 것으로 확인하였으며, 이를 CO2 배출량으로 환산하면 754.42kg/kWh의 배출량을 줄일 수 있다. 이는 소나무를 114그루를 심는 효과와 같다.

본 연구를 통해 구현된 기술 외에도 가공 데이터를 토대로 주변기기의 다변화 제어 기술 개발을 목표로 하고 있다. 주변 기기는 냉각장치 등 다양한 장비를 NC의 운전 상황을 고려하여 능동적으로 제어할 예정이다.

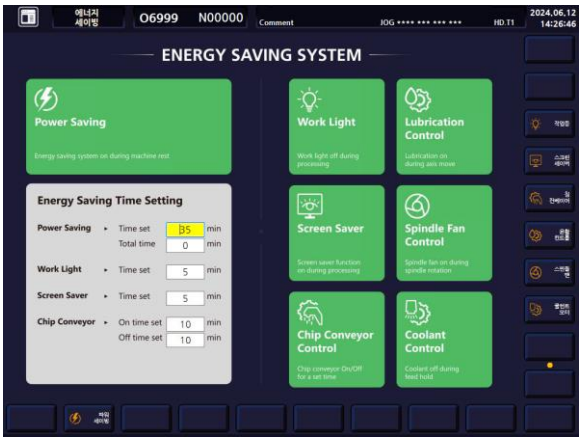


Fig. 1 스마트 HMI에 구현한 에너지 세이빙 화면

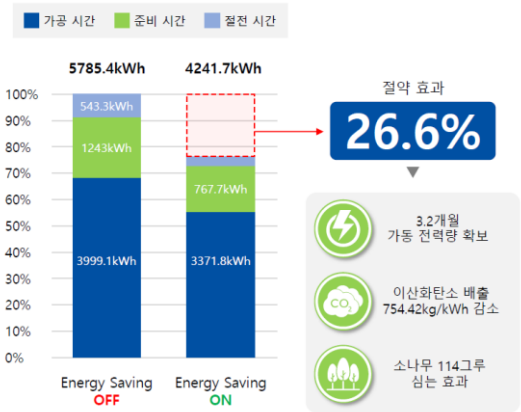


Fig. 2 에너지 절감 효과

후 기

이 논문은 산업기술혁신사업 과제(20012807) 연구비 지원으로 진행되었습니다. 이에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#

인공지능 기반 복합재료 용융적층 제조공정 품질 예측 및 최적화

김나현[1,*], 조웅현[1], 신혜원[1], 이상원[2,#]

Quality prediction and optimization of composite material in fused deposition modeling based on artificial intelligence

N. Kim[1,*], U. Cho[1], I. H. Shin[1], S. W. Lee[2,#]

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Fused deposition modeling, Composite material, Artificial intelligence, Quality prediction, Optimization method

용융적층 제조공정(FDM, Fused Deposition Modeling)은 열가소성 재료를 녹여 층층이 쌓아 올려 물체를 제조하는 공정으로, 복잡한 형상의 적층물 제작이 가능하고 다양한 엔지니어링 등급 플라스틱과 고성능 폴리머를 활용할 수 있어 항공우주, 자동차, 철도 등의 산업 분야에서 사용된다. 하지만 조절 가능한 다수의 공정변수로 인해 최적 품질의 적층물을 제조하는 데 많은 시간이 소모되는 단점이 있다. 또한 고온에서 재료의 기계적 물성이 변해 예상 품질과 상이한 결과가 나올 수 있어 품질 최적화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구는 강화재가 함유된 복합재료를 활용하여 적층 실험을 수행하고, 공정변수-적층물의 주효과도 분석 및 인공지능 알고리즘을 활용한 품질 예측 모델을 구축하여 유전 알고리즘 기반 최적 공정변수를 도출하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 복합재료 수지 제조 프로세스를 통해 FDM 공정에 적용 가능한 필라멘트를 압출하여 시편을 적층하고 도출된 최적 공정변수의 시편을 통해 검증하였다. 해당 연구를 통해 적층물에 복합소재를 적용할 때의 공정조건에 따른 품질 예측과 최적화를 동시에 수행하는 인공지능 기반 적층공정 예측 및 최적화 프로세스를 제안한다. 이를 통해 FDM 공정의 품질 예측 모델을 기반으로 소재와 장비 적용에 소모되는 시간과 비용을 줄일 수 있으며, 적층 공정의 효율성을 크게 증대시킬 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원 (20013794) 및 2022년도 한국연구재단(NRF)의 '이공분야기초연구사업' 연구비 지원 (2022R1A2C3012900)에 의한 연구임

발표자*, 교신저자#(sangwonl@skku.edu)

대면적 원단 CIS 스캐너 활용 기계학습 기반 고속 검사 기술

백재영[1], 이지혁[1], 김우진[1], 주나안[2], 한정규[3], 이학성[1,*,#]

High-speed inspection with machine learning based on large-area CIS scanners

J. Baek[1], J. H. Lee[1], W. J. Kim[1], N. Ju[2], J. Han[3], H. S. Lee[1,*,#]

동아대학교 신소재공학과[1], 동아대학교 패션디자인학과[2], 동아대학교 컴퓨터공학과[3]

Key Words : Large-area fabric Q/C, CIS scanner, Machine learning, Defect detection

섬유 제조 산업에서는 고품질 제품을 보장하기 위해 효율적이고 정확한 검사 방법이 요구됩니다. 기존의 검사 기술은 특히 대면적 원단을 다룰 때 속도와 정밀도에서 한계를 겪습니다. 본 연구는 대면적 원단의 결함을 검출하고 분석하는 데 있어 접촉 이미지 센서(CIS) 스캐너와 기계학습 알고리즘을 활용한 새로운 고속 검사 기술을 소개합니다.

CIS 스캐너는 단일 패스에서 넓은 원단 표면을 고해상도로 촬영할 수 있어 기존 방법에 비해 검사 시간을 크게 줄일 수 있습니다. 기계학습 알고리즘을 통합하여, 제안된 시스템은 찢어짐, 얼룩, 직조 불량 등 다양한 유형의 결함을 높은 정확도로 자동 식별할 수 있습니다. 기계학습 모델은 원단 이미지의 포괄적인 데이터셋을 사용하여 학습되며, 이를 통해 수동 검사로는 쉽게 감지할 수 없는 패턴과 이상을 인식할 수 있습니다. 특히, 셀타입으로 절단되어 사용하는 대면적 원단에 대해서는 제품의 롤 상에서 위치 정보를 포함하여 저장할 필요가 있고, 지지부의 결함에 대Ⅱ서는 최종 제품에 반영되지 않기 때문에 별도의 데이터 파이프 라인 및 판단 알고리즘을 추가하였습니다.

개발된 기술은 고속 이미지 획득을 위한 대면적 CIS 스캐너 운영, 이미지 품질 향상 및 관련 특징 추출을 위한 전처리 모듈, 학습된 패턴을 기반으로 결함을 분류하는 기계학습 모델. 원단 품질에 대한 즉각적인 피드백을 제공하는 모니터링 및 결과보고 시스템으로 구성하였습니다.

실험 결과, 제안된 검사 시스템은 속도와 정확도 모두에서 기존 방법을 크게 능가함을 입증하였습니다. 본 시스템은 대량 생산 환경에서 대량의 원단을 신속하게 처리할 수 있어 특히 적합합니다. 또한, 지속가능한 생산 환경 구축을 위해서 셀타입 패턴이 부정형화 되는 등 생산환경에 변화에 대비할 수 있도록 기술 개발이 진행되어야 합니다.

이 고속 검사 기술은 섬유 산업에 있어 제품 품질을 유지하면서 검사 비용과 노동력을 줄일 수 있는 확장 가능하고 신뢰할 수 있는 방법으로 활용할 수 있으며 향후 연구는 신제품에 대한 인식이 가능하도록 비지도 기계학습 알고리즘의 추가적인 정교화와 다양한 원단 및 생산 환경에 대한 시스템 적용 확대를 위해 연구를 지속하고자 합니다.

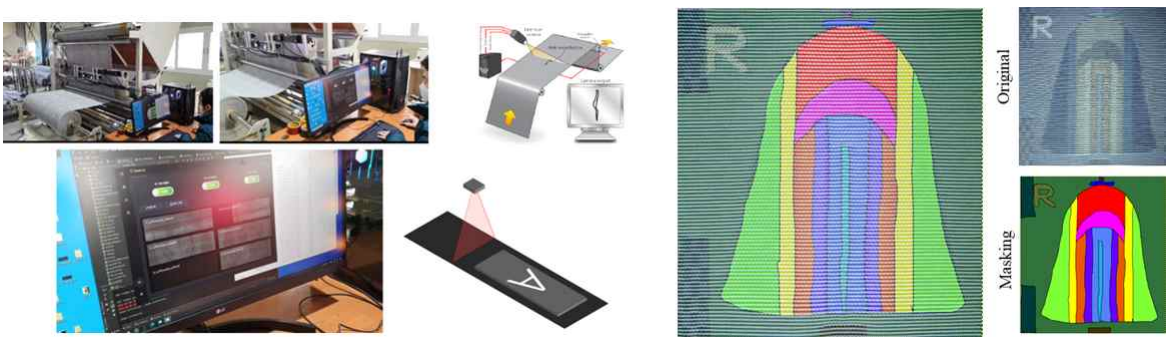


그림. 대면적 원단의 CIS 스캐너 활용 검사 및 패턴 사례

발표자*, 교신저자#(leehsong@dau.ac.kr)

3D 프린팅된 자이로이드 패턴 구조의 인장 및 압축 특성에 대한 연구

정석환[1,*], 박지환[2], 임성한[2,#]

A study of the tensile and compressive properties of 3D printed gyroid TPMS structures with patterned geometries

S. H. Jung[1,*], J. H. Park[2], S. H. Rhim[2,#]

단국대학교 대학원 기계공학과[1], 단국대학교 공과대학 기계공학과[2]

Key Words : Additive manufacturing, TPMS (Triply Periodic Minimal Surface), Tensile properties, Compressive properties

최근 적층 제조 기술의 생산성과 정밀도 향상으로 항공우주, 생물의학, 자동차 산업 등 제조업 전반에서 3D 프린팅 기술의 활용이 폭넓게 증가하고 있다. 특히 기존의 가공 공정들과 비교해 기하학적으로 복잡한 패턴 형상을 제작하는 데 강점을 가지며, 이러한 패턴 구조는 가벼우면서도 높은 강도 대 중량 비율을 가지고 있어 다양한 공학적 응용이 가능하다. 이 연구에서는 적층 가공된 자이로이드 패턴 구조물과 솔리드 시편의 인장 강도와 압축 강도의 차이를 비교하여, 각 시편의 기계적 특성을 분석하였다. 자이로이드 패턴 구조는 고유한 기계적 특성을 제공하는 최소 표면적과 반복 패턴으로 잘 알려진 TPMS(Triply Periodic Minimal Surface) 형상의 한 유형으로, 매우 복잡한 형상을 가지고 있다. FDM(Fused Deposition Modeling) 3D 프린터와 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 소재를 사용하여, 효율적인 경량 구조를 달성할 수 있는 주요 TPMS 형상 중 하나인 자이로이드 패턴을 기반으로 시편을 제작하였다. 이러한 구조물의 최대 인장 강도, 압축 강도 및 변형 특성을 비교하기 위해 플라스틱 인장 시험 표준 ASTM D638과 압축 시험 표준 D695를 따라 표준화된 기계적 테스트 방법을 사용하였다. 인장 및 압축 시험은 적층 방향에 수직인 방향으로 힘을 가하여 실시하였다. 이 실험을 통해 자이로이드 패턴이 적용된 경량 부품과 에너지 흡수 시스템 등 다양한 응용 분야에서의 가능성을 확인하였다. 또한, 웨어러블 제품, 소비재 및 기타 특수 응용 분야의 경량 구조 개발을 위한 3D 프린팅 기술의 유용성을 향상시켜 기계공학 분야에서 3D 프린팅 활용도를 높이는 것을 목표로 한다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0023675, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(shrhim@dankook.ac.kr)

미래형 자동차용 대형 커브드 디스플레이 커버글라스의 간소화된 열 성형 공정에서의 거동 시뮬레이션

이광호[1,2,*], 이동원[2,3], 김순욱[4], 김종수[2,#], 노건우[1,#,]

Simulation of Behavior in Simplified Thermal Molding Process of Large Curved Display Cover Glass for Futuristic Automobiles

K. H. Lee[1,2,*], D. W. Lee[2,3], S. W. Kim[4], J. S. Kim[2,#], G. W. Noh[1,#]

고려대학교 기계공학과[1], 한국생산기술연구원 디지털생산부문[2], 인하대학교 기계공학과[3], 국민대학교 기계공학부[4]

Key Words : Finite Element Analysis, CAE, Glass molding process, Thermal molding, Viscoelastic behavior

차량 기술의 발전과 전기자동차의 대중화에 따라 차량의 실내 인테리어는 보다 미래적인 디자인과 운전자의 편의 향상을 위한 다양한 기능들이 적용될 수 있도록 요구되고 있다. 특히 운전자의 시야에 자리 잡고 있는 차량용 디스플레이 기술은 차량 제조사들의 핵심 기술로 자리 잡고 있으며, 다양한 기능이 요구되는 미래형 자동차에는 기존의 운전자의 시야를 넘어 조수석 탑승자의 시야까지 어우르는 대형 커브드 디스플레이 기술이 각광받고 있다. 이러한 대형 커브드 디스플레이에 사용되는 커버 글라스용 곡면유리는 큰 부피로 인해 고비용의 복잡한 성형 시스템이 요구된다. 본 연구에서는 50인치 이상의 대형 판유리를 곡률을 얻고자 하는 부분만을 상온 환경에서 근적외선 램프로 가열하여 유리의 자중으로 인한 처짐으로 곡률을 얻어 내는 간소화된 열 성형 시스템을 제안하였고, 이를 상용 유한요소해석 소프트웨어(Ansys, Ansys Inc.)를 사용하여 근적외선 램프와 유리 윗면과의 거리를 변경하여 총 4가지 조건으로 유리의 처짐 거동 시뮬레이션을 진행하였다. 제안된 시스템은 유리의 국소 부분만을 가열함에 따라 가열부와 그 주변의 온도차로 인한 유리의 파손의 위험이 존재하여, 이를 예방하기 위해 근적외선 램프의 출력을 계단식으로 조절하였으며, 고온에서의 유리의 점탄성 특성은 시간과 온도에 따른 유리의 응력 완화와 활성화 에너지 측면을 고려하여 유리의 거동을 예측하였다. 유한요소해석 결과를 바탕으로, 동일 조건으로 실험을 진행하여 유리의 거동 예측의 정확성을 판단하였고 조건 별 성형된 유리의 최대 처짐의 오차가 8.7% 이하인 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 'xEV용 배터리 PRA(Power Relay Assembly) 최적 모듈화 적용 지능형 자동화 생산 기술 개발'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2024-00412549)

발표자*, 교신저자#(김종수: jskimgloria@kitech.re.kr, 노건우: gunwoonoh@korea.ac.kr)

금형 절삭가공에서 인공 실험 데이터 수치에 따른 인공신경망의 표면거칠기 예측 정확도에 관한 연구

김지우[1,2,*], 이동원[2,3], 이준한[2], 김종선[2], 김종수[2,#], 노건우[1,#]

A study on the prediction accuracy of surface roughness by artificial neural networks based on artificial experimental data in mold machining processes

J. W. Kim[1,2*], D. W. Lee[2,3], J. H. Lee[2], J. S. Kim[2], J. S. Kim[2,#], G. W. Noh[1,#]

고려대학교 기계공학부[1], 한국생산기술연구원 디지털생산부문[2], 인하대학교 기계공학부[3]

Key Words : Aritificial neural network, Mathematical model, Milling, Mold, Surface roughness

미래차 배터리 구성 부품은 폭발적으로 늘어나는 시장 수요에 맞추어 사출을 통한 대량생산으로 공급이 이루어지고 있다. 일반적으로 사출 공정은 플라스틱 등 다양한 재료를 목표된 형상으로 가공된 금형에 주입하여 동일 형상의 제품을 생산하게 되며, 이는 금형의 표면거칠기를 포함한 모든 요소가 가공 제품에 전사된다는 것을 의미한다. 적은 비용으로 미래차 배터리 부품에 대한 최적 성형을 위해 가공변수에 따른 금형의 표면거칠기를 예측 하려는 시도가 이루어지고 있지만 다양한 변수에 영향을 받아 절삭변수와 표면거칠기간의 상관관계를 직관적으로 유추하기 어려워 작업자의 경험과 지식에 의존하는 금형산업 특성상 산업 규모의 데이터 전수와 보존이 어려우며 공유가 어려운 문제가 있는 실정이다. 이를 극복하기 위해 인공신경망을 통한 표면거칠기 예측 시도가 이루어지고 있으며, 부족한 실험 데이터를 보완 하고자 인공실험 데이터 활용을 통해 정확도 향상에 힘쓰고 있다. 본 연구에서는 더 나아가 과도한 인공실험 데이터로 인한 과적합을 방지하고자 인공실험 데이터 수치에 따른 표면거칠기 예측 인공신경망의 성능을 비교, 평가하였다. 실험 데이터 대비 적은 개수 그리고 많은 개수의 인공실험 데이터로 나누어 학습 데이터로서 인공신경망 구축에 각각 활용하였으며, 이를 통해 많은 개수의 인공실험 데이터를 활용한 인공신경망 모델은 과적합을 보이며 큰 오차를 확인할 수 있었다. 이와 함께 적은 개수의 인공실험 데이터를 활용한 인공신경망 모델은 기존 실험 데이터만 사용한 모델 대비 10%의 정확도 향상을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 'xEV용 배터리 PRA(Power Relay Assembly) 최적 모듈화 적용 지능형 자동화 생산기술 개발'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2024-00412549)

발표자*, 교신저자#(김종수: jskimgloria@kitech.re.kr, 노건우: gunwoonoh@korea.ac.kr)

사출성형 CAE 해석 결과의 유사 실험 데이터 전환에서 학습 데이터 개수에 따른 인공신경망의 성능에 대한 연구

이효은[1,2,*], 이준한[1], 조구영[2,#], 김종선[1,#]

A study on the performance of artificial neural networks based on the number of training data points in converting CAE analysis results of injection molding to similar experimental data

H. E. Lee[1,2,*], J. H. Lee[1], G. Y. Cho[2,#], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 디지털생산부문[1], 단국대학교 기계공학과[2]

Key Words : Mold injection, Artificial Neural Network, CAE, Prediction, Hyperband

사출성형은 금형에 녹인 플라스틱을 주입하여 제품을 성형하는 방식으로, 플라스틱 제품을 대량 생산하는 데 중요한 공정이다. 최근, 인공신경망을 활용하여, 사출성형품 품질을 예측하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 그러나 인공지능 학습을 위한 실험 데이터 확보에는 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 현재 CAE 데이터와 실험 데이터를 함께 사용하여 인공지능 모델의 예측 성능을 향상 시키는 방법이 논의되고 있다. 하지만, 두 데이터 간의 차이로 인해 모델 성능에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구는 CAE 데이터를 실험 데이터와 유사하게 변환하여 성능 문제를 해결하는 것을 목표로 한다. AI 기술을 도입하여 CAE 해석 결과인 무게 데이터를 실제 실험 무게 데이터에 맞추기 위해 학습을 진행했다. 따라서, 두 데이터 간의 차이를 줄여서 예측 정확도를 향상시키고자 했다. 수지온도(Melt temperature), 금형온도(Mold temperature), 사출속도(Injection speed), 보압시간(Packing time), 냉각시간(Cooling time)와 CAE 무게 데이터의 6 가지 공정 조건을 입력 변수로 사용하고 실제 실험 무게 데이터를 출력 변수로 사용하였다. 50 개의 데이터를 사용하여 정확도 수렴 시점을 분석하였으며, 데이터 개수는 3 배수로 3 개부터 36 개까지 설정하여, 각 개수에 따른 CAE 해석 결과와 실제 실험 데이터의 정확도 변화를 평가하였다. Hidden layer 를 3 개로 고정하였으며 하이퍼밴드 방법을 적용해 최적의 하이퍼파라미터를 도출하고 성능을 평가했다. 최대 개수인 36 개를 사용하였을 때, RMSE 값이 0.0963 으로 가장 정확도가 높았다. 반면에, 최소 개수인 3 개를 사용하였을 때, RMSE 값은 0.301 정도로 가장 정확도가 떨어졌다. 데이터를 12~33 개 사용했을 경우에는 RMSE 값이 0.1346±0.0215 의 범위로 수렴하였다.

후기 이 논문은 2024 년도 중소벤처기업부의 '스마트제조혁신기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. SE240060)

발표자*, 교신저자#(김종선: libra74@kitech.re.kr, 조구영: guyoungcho@dankook.ac.kr)

공정 구조 기반 다중 입출력 인공신경망을 통한 사출성형품의 품질 예측에 대한 연구

이준한*, 김종선#

A study on quality prediction of injection-molded products using process-structure-based multi-input multi-output artificial neural networks

J. H. Lee*, J. S. Kim#
한국생산기술연구원 디지털생산부문

Key Words : Injection molding, Artificial neural networks (ANN), Multi-input multi-output (MIMO), Multi-task learning, Quality prediction

사출성형은 고온에서 용융된 수지를 금형 내에 높은 속도와 압력으로 주입하는 공정으로 공정변수에 따라서 성형 중 재료의 거동과 상태가 달라지며 이는 제품의 품질에도 큰 영향을 미친다. 따라서, 금형과 제품의 구조, 형상, 품질 등의 특성에 따라 적절한 공정변수를 도출하여 성형공정에 적용하는 것이 제품의 품질을 향상시키고 유지하는데 중요하며 이를 구현하기 위해 제품의 품질에 영향을 주는 인자들과 공정, 품질 사이의 관계를 구축하고 최적화하는 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

본 연구에서는 인공신경망을 통해 사출성형 공정변수인 수지 온도, 금형 온도, 사출 속도, 보압 크기, 보압 시간, 냉각 시간을 입력 변수로 사용하고 제품의 품질인 질량, 직경, 높이를 출력 변수로 설정하여 제품의 품질을 예측하는 모델을 구축하였다. 사출성형공정은 사출 단계, 보압 단계, 냉각 단계로 구성된 연속된 시퀀스로 구성된다. 따라서, 이러한 공정 단계와 특성을 인공신경망에 통합하기 위해 공정 구조 기반의 다중 학습(multi-task learning) 기법을 입력 변수와 은닉층 사이에 배치하여 연결하였다. 사출 단계, 보압 단계, 냉각 단계를 고려하여 입력 변수를 별도의 층으로 구분하고 공정단계별 순서를 적용하여 배치하였다. 이를 통해 공정 구조에 기반한 네트워크 구조를 구축하였으며 기존의 인공신경망 구조와 비교하여 성능을 평가하였다. 평가 결과, 공정 구조에 기반한 다중 학습 네트워크 구조가 기존의 인공신경망 구조보다 더 우수한 RMSE(root mean square error)를 나타냈으며 좋은 품질 예측 성능을 보였다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 '스마트 제조혁신 기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음. (Project No. SE240060, RS-2022-0014036)

발표자*, 교신저자#(libra74@kitech.re.kr)

시뮬레이션 기반 반응표면 분석법을 통한 블로우 성형용 프리폼 최적설계

이현승[1,2,*], 오정길[3], 홍석관[1,#]

Optimal design of preforms for blow molding using simulation-based response surface methodology

H. S. Lee[1,2,*], J. G. Oh[3], S. K. Hong[1,#]

한국생산기술연구원 디지털생산부문[1], 연세대학교 일반대학원[2], ㈜동아정밀 공업[3]

Key Words : Blow molding, Optimal design, Response surface methodology

블로우 성형은 플라스틱 사출 성형 된 프리폼을 목표일정한 온도로 가열하여 금형 내에서 공기를 불어주입하여 금형의 형상으로 성형하는 공법이다. 1-Stage 블로우 성형은 사출 성형과 블로우 성형이 하나의 장비에서 이루어지는 공정을 말하며 프리폼의 외관 손상이 없어 주로 화장품 용기와 같이 광택 외관이 중요한 제품 생산에 적합하다. 사출 성형 공정에서 프리폼을 완전히 냉각하지 않고 잔여 열로 블로우 성형하므로 재가열이 불필요해 에너지 절약에 유리하지만 제품의 품질을 프리폼 형상에 의존하고 있다. 현장에서는 아직까지 프리폼 설계를 경험자의 노하우에 의존하고 있어 설계의 디지털 전환이 시급하다.

본 논문에서는 블로우 성형 시뮬레이션을 이용하여 프리폼 설계를 최적화하는 기법에 대해 고찰하였다. 먼저, 기존 설계 노하우 데이터를 디지털로 전환하고 제품과 프리폼의 설계 변수를 표준화하였다. 이로써 과거 유사한 제품의 형상 정보를 초기 모델로 최적화를 위한 변수 설정 범위를 좁혔다. 해석은 ANSYS Polyflow로 블로우 성형을 시뮬레이션하였다. 또한, ANSYS Workbench의 파라미터 기능을 사용하여 제품과 프리폼 형상이 자동으로 업데이트되도록 프로그래밍하였다. 프리폼의 사출열을 계산하기 위한 열전달 해석과 그 열을 매핑하여 초기조건으로 블로우 성형 시뮬레이션이 순차적으로 수행된다.

시뮬레이션은 총 76개의 입력변수와 총 17개의 출력변수가 설정되었다. 모든 변수는 민감도 해석을 통해 핵심변수 4개로 축소하여 최적화를 진행하였다. 최적화는 반응표면법을 적용하였다. 목적함수는 제품의 벽두께 편차를 최소화하는 것이며 성형률, 무게, 신장률 등이 제한조건으로 설정되었다. 이로써 프리폼 설계에 대한 표준화와 효율성 향상 및 금형의 반복 수정에 따른 생산성 저하의 극복을 기대한다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “2024년도 블로우 금형용 프리폼설계 자동화 시스템 개발(1/1) (kitech JF-24-0003)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(skhong@kitech.re.kr)

비전 기반 스쿼트 자세 측정 및 평가

최예지[1,*], 홍윤지[2], 임성한[1,#]

Vision-based measurement and evaluation of squat posture

Y. J. Choi[1,*], Y. J. Hong[2], S. H. Rhim[1,#]

단국대학교 공과대학 기계공학과[1], 단국대학교 대학원 과학기술정책융합학과[2]

Key Words : Vision-based system, Depth camera, IMU sensor, Posture analysis

본 연구는 비전 기반 기술을 활용하여 운동 자세를 정확하게 측정하고 평가하는 방법을 제시한다. 기존의 복잡한 센서 기반 방법 대신, 간단하고 접근성이 좋은 3D 뎁스 카메라(Depth Camera)를 사용하여 운동 자세를 분석하고자 하였다. 피험자는 관절의 상부에 관성 측정 센서(IMU, Inertia Measurement Unit)를 착용한 상태에서 스쿼트를 수행하였으며, 이 과정을 뎁스 카메라로 측면에서 촬영하였다. 뎁스 카메라로부터 얻은 3D좌표는 미디어파이프(Mediapipe, Google社의 비전 인식 AI 솔루션)의 관절 포인트로 변환하여 허리, 무릎, 발목 각도를 계산하였다. 반면, 관성 측정 센서로부터 얻은 가속도와 각속도는 오일러 각을 사용하여 허리, 무릎, 발목 각도를 계산하였다. 이를 비교 분석한 결과, 두 센서 간의 각도 오차가 낮아 뎁스 카메라만으로도 정확한 운동 자세 분석이 가능함을 확인할 수 있었다. 특히, 관성 측정 센서가 피험자의 특정 관절의 움직임만을 측정할 수 있는 반면, 뎁스 카메라는 피험자의 신체 움직임을 전체적으로 측정할 수 있어 여러 분석이 가능했다. 이러한 결과는 비전 기반 기술을 활용한 운동 자세 분석의 효용성을 검증하였으며, 운동 교육, 재활 치료 등 다양한 분야에서 실질적인 응용 가능성을 제공한다. 향후 비전 기반 운동 분석 기술의 발전과 보급에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0023675, 2023년 산업혁신인재성장지원사업), 본 실적은 단국대학교 웨어러블제조데이터플랫폼센터 소속 학부생 연구원이 참여하여 이룩한 연구성과물로서 해당 연구소는 2024년도 단국대학교 대학혁신지원사업 학부생 연구트랙제 사업의 지원을 받았음.

발표자*(yejichoi@dankook.ac.kr), 교신저자#(shrhim@dankook.ac.kr)

4차 산업혁명 자동화 융·복합 분야의 인재양성 교육에 관한 연구

조정희*,#

A study on talent development education in the 4th industrial revolution automation convergence field

J. H. Cho*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 교양학과

Key Words : convergence, Internet of thing, IOT, Machine learning

기존 기술의 융·복합을 통해 새로운 변화를 추구해가는 4차 산업혁명 시대에 우리가 풀어야 할 문제는 대부분 “새롭고 불분명한” 문제일 것으로 전망된다. 본 연구를 수행하는 현재 4차 산업혁명 자동화 분야들을 살펴보면 사람과 기술이 조화를 이루는 융·복합 시대, 진화하는 교육, 사물인터넷과 인공지능, 머신러닝(Machine learning), 가상현실과 증강현실, 3D프린팅, 융·복합, 생명공학과 바이오 등 과학기술이 우리 삶 곳곳에 들어와 언뜻 과학이 인간의 삶에 관여하는 ‘기술 지배적’ 사회로 보인다. 그러나 4차 산업혁명 시대가 오히려 사람들이 더욱 긴밀히 연결되고 비판적 사고와 창의력으로 복합 문제를 해결해 나가는 ‘사람 지배적’ 인 사회라 할 수 있고 사람과 기술, 과학과 인문학이 함께 조화를 이루는 융·복합 시대인 것이다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명 시대에 걸맞은 능력을 가진 인재를 양성하기 위해서는 무엇보다 교육의 변화가 필요하다고 제시하고자 한다. 향후 연구를 통하여 유연하고 비판적인 사고, 창의적인 발상을 통해 복합적 문제를 해결하는 능력이 더욱 중요해지고 4차 산업혁명이 빠르게 전개되는 상황에서 교육에 요구되는 바는 무엇이인가를 연구의 목적으로 한다.

발표자*, 교신저자#(jjh7403@kopo.ac.kr)

주요 제조업에 적용될 4차 산업혁명에서의 윤리교육에 관한 연구

조정희*,#

A study on ethics education in the 4th industrial revolution to be applied to manufacturing industries

J. H. Cho*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 교양학과

Key Words : Manufacture process, 4th industrial revolution, New material convergence

4차 산업혁명이 주요 제조업에 미치는 영향은 제조공정에서의 변화가 상대적으로 빠른 편이며, 제품설계와 연구갤발, 기획단계 및 제품혁신 까지 가속화 되고 있다. 본 연구를 수행하는 현재는 산업간 연계성이 높아지고 비즈니스 모델의 변화에 의해 제조업의 서비스화가 빠르게 진행되면서 산업 간·산업 내 융합이 더울 활발하게 이루어지고 있으나 제조공정, 원료조달, R&D, 물류 및 서비스 등 아직 초기로 평가된다. 다만, 제품 경쟁력 제고를 위한 정보획득, 이를 활용한 기획 및 연구개발, 소비자선호를 반영하기 위한 판매 서비스 영역에 영향을 미치고 있다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명의 물결에 이미 선진국은 제조단계에 자동화를 적용하여 저비용 생산원가 경쟁력을 갖추어 왔고 앞으로도 더 많은 영역에서 자동화가 될 것임으로 국내산업계는 전반적으로 4차 산업혁명이 제조업에 영향을 미리 예측해 보고 충분하게 준비한 뒤에 산업 변화에 맞추어 나가야 하며 1차 기술뿐만 아니라 다양한 분야에서 공통적으로 적용될 4차 산업혁명에서의 윤리교육도 필요함을 제시하고자 한다. 향후 연구를 통하여 신소재 융합 계열의 소재를 다루는 제강 제철업과 같은 1차 제조업, 2차 반가공품을 만드는 부품업을 포함하여 반도체, 화학, 의약품 제조업까지 확대 방안으로 신소재 융합계열을 포함한 4차 산업혁명에서의 윤리교육을 연구의 목적으로 한다.

발표자*, 교신저자#(jjh7403@kopo.ac.kr)

딥러닝 모델을 적용한 재생 주물사의 품질 예측 연구

최영심*,#

Study on quality predicting of regenerating molding sand using deep learning model

Y. S. Choi*,#

한국생산기술연구원

Key Words : Loss on ignition, Deep learning, Prediction, CNN-LSTM, Transformer

주조공정은 틀(주형)에 고온 액체 금속을 주입하여 제품을 생산하는 기술로 용해, 조형, 주입, 열처리, 표면처리 등의 복잡한 종합적 공정을 통해 주물제품을 생산한다. 제작하는 금속 재질에 따라 철계 및 비철계 주물로 나뉘며, 공정에 따라 사형주조, 금형주조, 특수주조 등으로 분류한다. 사형주조는 모래를 주형으로 사용하는 공정으로 사형 및 사형 중자(코어)를 사용하는 주물공장은 주물사(모래)와 점결재를 혼합하여 주형을 만들고 주물사 재생처리 설비를 통해 주물사를 재사용하여 폐기물과 생산비용을 줄일 수 있다. 주물사는 주조품의 품질을 좌우하는 중요한 재료이며 반복해서 사용할수록 노화 현상이 발생하여 이는 주물품의 품질저하에도 직결될 뿐만 아니라 재생처리 설비에 과부하를 야기한다. 그러므로 좋은 품질의 주조품을 생산하기 위해 주물사의 품질을 관리하는 것이 필요하다. 주물사의 성능을 평가하는 시험으로 작열감량(LOI, Loss-on ignition)법이 있으며 시료를 고온가열한 후의 중량감소량으로서 주물사 내에 점결제, 불순물의 비율을 알 수 있다. 그러나 LOI는 실험값으로서 LOI 값 상승에 대한 즉각 대응이 어렵다. 그러므로 주물사 재생처리 설비의 공정변수를 분석하여 LOI와 상관관계가 있는 데이터를 취득하고 딥러닝 알고리즘을 사용하여 주물사 LOI를 예측하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 실험값인 LOI를 주물사 재생처리 설비의 시계열 데이터를 취득하여 딥러닝 모델을 적용하여 실험없이 주물사 품질을 예측하려고 한다.

발표자*, 교신저자#(raycute@kitech.re.kr)

최적화 기반 Inverse 방법으로 손상 연화를 고려한 손상 및 경화모델 계수 결정

이성진[1,*], 김종봉[2,#]

Determination of damage and hardening model parameters taking into account damage softening by an optimization-based inverse method

S. J. Lee[1,*], J. B. Kim[2,#]

서울과학기술대학교 자동차공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학과[2]

Key Words : Damage model, Plastic constitutive model, Optimization-based inverse method, Damage evolution

자동차 및 방위 산업에서 재료에 누적된 손상을 예측하는 것과 소성 변형 중에 발생하는 파손을 확인하는 것이 중요하다. 소성 변형에 의한 금속의 내하력의 증가는 Johnson-Cook(JC)과 Voce 모델과 같은 소성 구성 모델에 의해 표현된다. 내하력의 감소를 설명하기 위해 재료가 손상에 의해 연화되는 손상 모델이 제안되었다. 선행 연구에서는 실험적으로 측정된 응력-변형률 관계를 손상이 없는 것으로 간주하였다. 그다음 응력이 연화되면 손상을 계산하였다. 그러나 실험적으로 측정된 응력은 이미 소성 변형에 의한 손상으로 인해 연화되었기 때문에 손상이 없는 응력이 아닐 수 있다. 최근 측정된 재료를 사용하는 대신 손상되지 않은 재료의 응력 변형률 관계를 찾기 위한 시도를 하고 있다. 응력 지지 용량이 손상에 의해 줄어들고 실험적으로 측정된 응력이 이미 손상으로 인해 연화되었기 때문에 소성 경화 모델은 손상 모델 계수와 함께 결정되어야 한다. 본 연구에서는 손상되지 않은 재료의 응력-변형률 관계를 손상 연화를 고려하여 결정하였다. 손상과 소성 구성 모델 계수를 결정하는 방법론을 수치적인 분석을 통해 검증하였다. 최종적으로 고장력강의 모델 계수를 결정하기 위해 방법론을 실험에 적용하였다. 결정된 손상, 소성 경화 모델 계수들은 4개의 시험편 형상에 대한 하중-변위 관계를 타당하게 묘사함을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법론이 손상을 고려한 정확한 모델 계수 결정에 타당함을 확인하였다

후기 이 국방과학연구소의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(jbkim@seoultech.ac.kr)

연속섬유/단섬유 복합소재 적용 로어 가니쉬 부품에 대한 고강도 경량 설계 방안

김현우[1,*], 이긍현[2], 장다영[2], 윤민호[3], 한장우[1,#]

High-strength and lightweight design for lower garnish manufactured by continuous/short fiber reinforced composite materials

H.W. Kim[1,*], G. H. Lee[2], D. Y. Jang[2], M. H. Yoon[3], J. W. Han[1,#]

국립금오공과대학교 기계시스템공학부[1], 국립금오공과대학교 기계공학과[2], 서울시립대학교 기계정보공학과[3]

Key Words : Composite materials, Lower garnish, Selective reinforcement, Mechanical behavior

세계적으로 환경 보호를 위한 지속 가능 산업 생태계 구축의 필요성이 대두되고 있으며, 자동차 산업 분야 또한 2050 탄소 제로와 같은 친환경 규제가 지속적으로 강화되고 있는 상황이다. 특히, 차량의 배기가스 배출량 감소를 위한 연비 기준이 엄격해지고 있으며, 이에 따라 자동차 차체 경량화는 연비 개선을 위한 필수적인 대응 방안으로 주목받고 있다. 차체 경량화는 주로 알루미늄/강판 소재와 비교하여 고강도 경량 특성이 우수한 연속섬유 강화 복합소재 적용을 통해 구현할 수 있다. 그러나 차량용 부품을 연속섬유 강화 복합소재로 제작할 경우 부품에 대한 성형 공정 비용이 증가될 수 있으며, 양산화 공정을 적용시키기 어렵다는 한계점이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 양산성이 우수한 압축 성형 공정을 적용할 수 있는 단섬유 강화 복합소재 구조물 설계 방안을 제시하고자 하며, 고강도 경량 특성 확보를 위해 취약 부위에 연속섬유 강화 복합소재 부분 보강 방안을 제시하고자 하였다. 제시된 해석 방안의 성능을 검증하기 위한 수치 예제로써, 차량용 로어 가니쉬에 대한 구조 설계를 수행하였다. 단섬유 강화 복합소재로 제작된 로어 가니쉬에 대한 구조 해석을 바탕으로 기존 제품에 대한 취약 부위를 선정하고자 하였으며, 선정된 취약 부위에 연속섬유 강화 복합소재를 활용한 적층 보강 설계를 수행하고자 하였다. 관련 수치 예제 결과를 바탕으로 취약 부위 보강 여부에 따라 로어 가니쉬의 기계적 거동 특성이 개선될 수 있음을 확인하였으며, 이를 통해 제시된 해석 기법을 바탕으로 효과적인 차량 경량화 설계가 가능함을 검증하였다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022R1C1C1012599).

발표자*, 교신저자#(uddan@kumoh.ac.kr)

전산유체해석을 이용한 알루미늄 하우징의 열전달 특성 해석

설영훈[1,*], 김정민[1], 진정범[1], 김광석[2], 한장우[1,#]

Heat transfer analysis of aluminium housing using the computational fluid dynamics

Y. H. Seol[1,*], J. M. Kim[1], J. B. Jin[1], K. S. Kim[2], J. W. Han[1,#]

국립금오공과대학교 기계시스템공학부[1], 한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹[2]

Key Words : Heat transfer, Computational fluid dynamics, Aluminium housing

최근 탄소 배출 제한 등과 같은 다양한 환경 규제 이슈에 따라 전기차 및 친환경 차량 도입이 지속적으로 요구되고 있으며, 이에 따라 차량 전장 장비에 대한 활용도 또한 증가하고 있는 추세이다. 차량 전장 장비들의 경우 운전자에게 다양한 보조 기능들을 제공할 수 있지만, 온도 변화에 따른 차량 내구성 저하를 유발할 수 있기 때문에 전장 장비들에 대한 구조적 신뢰성 및 방열 특성을 확보하는 것은 중요한 문제라 할 수 있다. 차량용 방열 하우징 부품의 경우 설계 요구 사항에 따라 기계적 강성 및 열전도도가 우수한 알루미늄 소재가 주로 활용되고 있으며, 최근 열전도도 등의 방열 특성을 보다 향상시키기 위한 다양한 알루미늄 표면처리 등에 대한 연구가 지속되고 있는 상황이다. 상기 배경에 따라 본 논문에서는 알루미늄 방열 하우징 부품에 대한 방열/방사 특성 분석을 위한 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석을 진행하고자 하였다. 상용 전산해석 소프트웨어인 Ansys-Fluent를 활용하여 CFD 해석을 수행하였으며, 주어진 열원에 대한 하우징 내부 열 흐름 특성 분석을 위해 대류 및 복사 열전달 등을 종합적으로 고려할 수 있는 비압축성 이상 기체를 가정하였다. 또한, 비압축성 이상 기체에서의 열 흐름에 따른 알루미늄 하우징 내면에서의 온도 조건을 도출하고자 하였으며, 나아가 알루미늄 방열 하우징 부품에 대한 방열/방사 특성을 분석하고자 하였다. 향후, 본 연구에서 고려된 알루미늄 방열 하우징 부품에 대한 실험적 데이터와의 비교/검증을 통해 제시된 해석 결과에 대한 신뢰성을 확보하고자 한다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(NRF -2022R1C1C1012599), 또한 한국생산기술연구원 연구 용역 기술개발 과제의 지원을 받아 수행된 연구임(교내과제번호 202401020001).

발표자*, 교신저자#(uddan@kumoh.ac.kr)

플라즈마 스프레이 코팅한 구리 필름의 열적 및 접착 특성

박영주[1,2,*], 정건주[1,2], 정승부[2], 김광석[1,#]

Thermal and adhesion properties of Cu film fabricated by plasma spray coating

Y.-J. Park[1,2,*], G.-J. Jeong[1,2], S.-B. Jung[2], K.-S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹[1], 성균관대학교 신소재공학과[2]

Key Words : Cu film, Plasma spray coating, Adhesion, Thermal management, Sintering

알루미늄은 경량이면서 가공성이 좋고 전기적, 열적 특성이 우수하여 전동 모빌리티 부품 소재로 널리 사용되고 왔다. 전장부품 확대와 고집적화 그리고 고출력화에 따라 부품 내 더 많은 열점이 발생하고 동작 온도가 상승함에 따라 기존 알루미늄의 방열 특성 개선을 위한 코팅 연구가 활발하게 진행되고 있다. 스퍼터링, 도금 등 증착방식은 높은 비용, 낮은 생산성, 유해 화학 폐기물 발생 등의 문제점이 있다. 직접 인쇄 공법은 공정비용이 저렴하고 친환경 공정이지만 코팅층 균일성 확보나 낮은 해상도, 코팅층 박리 등의 한계가 있다. 플라즈마 스프레이 코팅 공정은 합금, 분말, 페이스트를 플라즈마로 용융시켜 기판에 분사하여 얇고 균일한 코팅층을 형성하고 분사와 소결이 동시에 이루어져 공정시간이 타 코팅공정 대비 짧다. 본 연구는 알루미늄 기판 위에 구리 분말을 30~45kW에서 출력변화에 따른 플라즈마 스프레이 코팅층의 미세구조, 열전도도, 접착 강도를 확인하였다. 플라즈마 출력이 증가함에 따라 구리 분말이 용융된 채 알루미늄 기판에 분사되어 구리 분말의 클러스터 크기가 증가하고 다공성 비율이 늘어난다. 40kW 출력에서 최대 183 W/mK의 우수한 열전도도와 최대 156.6 N/m의 접착 강도를 나타냈다. 플라즈마 스프레이 코팅 공정은 알루미늄에 코팅된 구리 필름의 열전도도 및 접착 안정성을 효율적으로 향상시켜 고출력 디바이스나 전동 모빌리티 부품에 요구되는 방열 소재 제조 가능성을 보여준다.

발표자*, 교신저자#(ore21@kitech.re.kr)

EDLC의 에너지 밀도 향상을 위한 바이오매스 기반 활성탄소 제조 및 특성 분석

조동신[1,2,*], 김주환[1,3], 이혜민[1,#]

Preparation and characterization of biomass-derived activated carbon with enhanced energy density for electric double layer capacitor

D. S. Jo[1,2,*], J. H. Kim[1,3], H. M. Lee[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교 탄소섬유파이버공학부[2], 전남대학교 고분자공학부[3]

Key Words : Steam activation, Mesoporous activated carbon, EDLC

In this study, biomass-derived activated carbon (BAC) was prepared by physical activation method for electric double layer capacitor. The pore characteristics of BAC was determined by physical activation conditions. The textural properties of BAC were studied by Brunauer-Emmett-Teller, Dubinin-Radushkevich, and non-localized density functional theory equations with N_2/77K adsorption isotherms. The crystal structure properties of BAC were observed using X-ray diffraction and Raman spectroscopy. The electrochemical performance of BAC was analyzed by galvanostatic charge-discharge test, cycle voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. The specific surface area and mesopore volume ratio of BAC were observed 1040 - 2040 m^2/g and 9.1 - 34.3%, respectively. Especially, at a current density (0.1 A/g), the specific capacitance of BAC was increased from 67.3 F/g to 95.5 F/g with activation time increased. The mesoporous pore characteristics of BAC led to a significant reduction in the Warburg impedance due to the decrease in ion diffusion resistance. As a result, the BAC was observed excellent pore characteristics and power density than commercial activated carbon.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

알루미늄 튜브 열간벤딩 성형시 고주파유도가열 유지시간에 따른 성형 특성

정인협[1,2,*], 권의표[1,#], 박현경[3]

Effect of holding time during high frequency induction heating on bending properties of aluminum tube

I. H. Jeong[1,2,*], E. P. Kwon[1,#], H. K. Park[3]

한국생산기술연구원 탄소경량소재그룹[1], 전북대학교 금속시스템공학과[2], 동해금속(주)[3]

Key Words : Hot bending, Induction heating, aluminum

Hot bending-quenching is an integrated forming process that combines hot bending and rapid cooling of a steel tube to manufacture high-strength parts. In this study, a basic investigation was conducted to explore the applicability of this forming process to manufacture aluminum parts using a heat-treatable Al6000 series material tube. The forming process consists of rapid heating through high-frequency induction heating of aluminum square tubes, bending using a hot bending die, quenching by dipping in water, and final aging heat treatment to improve the strength of the formed product. In this study, the effect of holding time at solution heat treatment temperature on the temperature change in the subsequent bending process and final mechanical properties after the aging heat treatment was analyzed. It was found that the forming start temperature in the bending process increased as the holding time increased, and it affected the mechanical properties of the aged specimen. Under the holding time of 90 seconds, the highest tensile strength was achieved.

발표자*, 교신저자#(ackep@kitech.re.kr)

촉매 화학기상증착법에 의해 생산된 고수율 이중벽 탄소나노튜브의 특성

김동영*,#, 남승현, 조혜리

High-yield double-walled carbon nanotubes produced by catalytic chemical vapor deposition

D. Y. Kim*,#, S. H. Nam, H. R. Cho

한국탄소산업진흥원 실용화본부

Key Words : Double-walled carbon nanotubes, Pore structure, Mesopore, Micropore, Chemical vapor deposition

효율적인 촉매 화학기상증착법을 통해 Fe-Mo/MgO 촉매를 사용하여 메조포러스 이중벽 탄소나노튜브(Double Walled Carbon Nanotubes, DWCNTs)를 89% 이상의 높은 수율로 합성하였다. 합성된 DWCNTs의 탄소 수율, 튜브 직경 및 결정성은 고해상도 투과전자현미경(HRTEM), 전계방출 주사전자현미경(FE-SEM), 열중량분석기(TGA) 및 라만 분광법을 통해 특성화되었다. 지지체(MgO) 및 촉매(Fe-Mo)를 제거하여 정제된 DWCNTs의 나노기공 구조와 흡착 거동은 77K에서의 N_2 흡착을 통해 분석되었다. 대부분 Individual 나노튜브의 네트워크 구조를 지닌 외부 직경 ~ 3.13 nm의 DWCNT 어셈블리는 ~ 690 m^2 /g의 높은 비표면적(Specific Surface Area, SSA)과 ~ 2.70 mL/g의 큰 기공 부피(Pore Volume)를 보여준다. 이러한 메조포러스 다공성 특성을 지닌 DWCNT 네트워크 어셈블리는 비용 효율적인 용액 기반 공정을 통해 고성능 에너지 저장 및 가스 센서와 같은 DWCNT 기반 소재로 응용될 수 있음을 시사한다.

발표자*, 교신저자#(dykim@kcarbon.or.kr)

단일벽 및 이중벽 탄소나노튜브의 고수율 유동층 합성

홍다영[1,2,*], 최은형[1], 조혜리[1], 남승현[1], 김동영[1,#]

High-yield fluidized-bed synthesis of single-walled and double-walled carbon nanotubes

Da Young Hong[1,2,*], Eun Hyeong Choi[1], Hye Ri Cho[1], Seung Hyun Nam[1], Dong Young Kim[1,#]

Industrialization Division, Korea Carbon Industry Promotion Agency (KCARBON)[1]
Department of Chemistry, Jeonbuk National University[2]

Key Words : Fluidized-bed synthesis, Single-Walled Carbon Nanotube (SWCNT), Double-Walled Carbon Nanotube (DWCNT), Pore structure

본 연구에서는 유동층 합성법을 기반으로 다공성 지지체와 전이금속 촉매(Fe, Co) 및 조촉매(Mo)를 통해 합성한 단일벽 및 이중벽 탄소나노튜브의 표면 물성과 나노기공 구조에 대해 보고한다. 합성된 단일벽 및 이중벽 탄소나노튜브의 지지체 및 촉매 제거를 위하여 공정 효율적인 용액형 산 처리 공정을 도입하였고, 산 처리에 의한 작용기 제거를 위해 열처리 후 탄소나노튜브의 물성과 특성 변화를 관찰하였다. 합성된 탄소나노튜브의 물성과 특성 변화를 관찰하기 위하여 산처리 용액공정과 열처리통해 지지체와 촉매를 제거하였다. 표면 물성과 구조 분석을 위하여 전계 방출 주사 전자 현미경, 고해상도 투과 전자 현미경, 열중량 분석, 그리고 라만 분광법을 통해 특성화되었다. 또한, 촉매의 함량에 따른 탄소나노튜브의 나노기공 구조와 흡착 특성은 77K에서의 N_2 흡착을 통해 분석되었다. 산 처리 공정 후 지지체 및 촉매의 제거로 인한 비표면적과 포아볼륨의 현저한 증가가 관찰되었지만, 마이크로포아의 다공성 특성은 거의 변화하지 않았다. 이러한 탄소나노튜브 어셈블리의 포아구조는 높은 비표면적과 포아볼륨을 갖는 메조포러스 특성을 보여주며, 이를 활용하여 전기화학적 에너지 저장 소재 및 분자 흡착용 가스 흡착제로서의 응용 가능성을 제시한다.

발표자*, 교신저자#(dykim@kcarbon.or.kr)

탄소나노튜브 네트워크 어셈블리 구조 제어를 통한 전기전도성 개선 및 나노다공성구조 영향성 분석

남승현*, 조혜리, 김동영#

Enhancement of electrical conductivity and analysis of nanopore structure influence via control of carbon nanotube network assembly

S. H. Nam*, H. R. Cho, D. Y. Kim#

한국탄소산업진흥원 실용화본부

Key Words : Single-walled carbon nanotubes, Electric conductivity, Micropore, Mesopore, Pore structure, Gas adsorption

고품질의 단일벽 또는 이중벽 탄소나노튜브 (Carbon Nanotube, CNTs)의 전기전도도 향상을 목표로 하는 고밀도 네트워크 어셈블리 제어 시, 새로운 전도성 경로의 풍부한 생성에 따른 전기전도도와 나노 다공성 사이의 관계는 매우 중요하다. 본 연구에서는 HNO_3/H_2SO_4 산 처리와 Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate (SDBS) 계면활성제를 활용하여 네트워크 어셈블리의 균일하고 조밀한 구조를 제어하여 SWCNT 네트워크의 전기전도도를 향상시키고 나노다공성을 제어하는 비용 효율적인 솔루션 기반 공정을 제시한다. 용액 산처리의 경우, 조밀하고 밀집된 SWCNT 어셈블리 구조를 형성함으로써 비표면적(Specific Surface Area, SSA)은 330에서 820 m^2/g로 증가하였고, 미세기공 부피 또한 0.06에서 0.16 mL/g으로 증가함을 보여주었다. 반면, 흥미롭게도 SDBS 처리 샘플의 경우는 보다 균일하게 분산된 네트워크 구조를 형성하였으며, SSA 또한 330에서 471 m^2/g로 약간의 증가와 미세/중간기공 부피의 나노기공은 유지되는 현상을 보여주었다. 전기 전도도는 산 처리에 의해 약 3.6배 (3.88×10^4에서 1.41×10^4 S/m) 증가하고, SDBS 처리에 의해 약 6배 (3.88×10^4에서 2.36×10^4 S/m) 증가함을 보였다. 77 K에서의 N_2 흡착 거동은 SDBS 처리가 미세/중간기공 구조를 크게 변경하지 않으면서 비표면적을 약간 증가시킨다는 것을 보여준다. 결론적으로, SDBS 처리를 활용한 SWCNT 네트워크 어셈블리의 형성이 전기 전도성을 향상시키면서 나노 기공 구조의 변화를 최소화하므로 산 처리보다 비용 효율적인 접근 방식임을 제시한다.

발표자*, 교신저자#(dykim@kcarbon.or.kr)

복합재료 쉘구조물의 위상필드 모델링

웬반호이, 임태중, 트린민췐, 전형민*,#

Phase-field modeling of fracture in composite shell structures

V. H. Nguyen, T. Lim, M. C. Trinh, H. Jun*,#

전북대학교 기계시스템공학부

Key Words : Phase-field modeling, Crack propagation, thermal fracture behavior, Shell finite element, Composite

본 연구는 복합재료 쉘 구조물에서 발생하는 복잡한 피로파괴를 해석하기 위한 쉘 유한요소 기반 위상필드 (Phase-field) 기법을 제시한다. 쉘구조물의 두께가 작아 짐에 따라 발생하는 전단잠김 (Transverse Shear Locking) 현상을 해결하기 위한 Mixed Interpolation of Tensorial Components (MITC) 기법과 파손의 위상필드 모델링 기법을 결합한다. 경사기능재료 (Functionally Graded Materials, FGM)를 활용한 구조물에서의 균열 저항은 에너지 방출률의 혼합 규칙으로 균일화된다. 이를 위한 검증으로 열 하중 하의 이중 재료 판 및 FGM으로 코팅된 직사각형 쉘구조물을 모델링하고, 계산된 결과를 이론적 및 실험적 데이터와 비교하여 검증한다. 복합재료 판 구조물에서는 수직 균열, 벤칭, 두 쌍의 평행 균열 형성 등 일반적으로 실험에서 관찰되는 균열 패턴을 모델링한다. 또한, 이론적, 실험적, 위상장 모델 데이터 간의 균열 깊이와 필름 두께 간의 상관관계에 대한 상세한 비교 분석을 수행한다. 추가로 노치가 있는 판과 모드 II 전단 시험에 대해서 이전 수행된 결과와 비교 분석을 수행하며, 도그본 (Dogbone) 시편은 제안된 수치모델의 정확도를 검증하기 위해 실험 데이터와 비교된다.

후기 본 결과물은 농림축산식품부, 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 스마트연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신사업의 지원을 받아 연구되었음(421016041GD030, RS-2024-00402833)

발표자*, 교신저자#(hjun@jbnu.edu)

벤토나이트 점토 표면 개질이 현무암/에폭시 멀티스케일 복합재료의 인장 물성에 미치는 영향

조현석[1,*], Saurabh Khandelwal[2], 김상훈[2], 이경엽[1,#]

Bentonite clay surface modification and its effect on the tensile properties basalt/epoxy multiscale composites

H. S. Cho[1,*], S. Khandelwal[2], S. H. Kim[2], K. Y. Rhee[1,#]

경희대학교 기계공학과[1], 전남대학교 기계설계공학과[2]

Key Words : Bentonite, Swell index, Specific surface area, Basalt epoxy composite

A number of research showed enhancement in the mechanical properties of the nanocomposites with the aid of clays. However, the applications of bentonite clays are limited in polymer composites due to their poor dispersion and aggregation in the polymer matrices. In this study, the hydrophilicity and specific surface area of bentonite clays were modified by 3-aminopropyltriethoxysilane. The basalt fiber (BF)-epoxy composites were fabricated with as received and modified bentonite by vacuum-assisted resin transfer, and their tensile properties were investigated. The results showed that the silane modification increases the specific surface area of the clay, which improves the microstructure and tensile strength of basalt-epoxy composites. Fracture surface analysis using SEM showed improved microstructure with less fiber pull out and anchorage failure.

발표자*, 교신저자#(Rheeky@khu.ac.kr)

Activated carbon filter system originated from Pineapple leaf for adsorbing iron and calcium ions

Seung Joo Lim[1,*,#], Bum Kyung Seo[1], Byung Hyo Kim[2], So Hee Kim[2], Jae Ah Whang[2]

Korea Atomic Energy Research Institute[1], Ulim E&Tech Co.[2]

Key Words : Activated carbon filter, Adsorption, Iron and calcium ions

The activated carbon filters were synthesized and evaluated the properties included percentages of drying and firing shrinkage, total shrinkage, mass yield, along with density and hardness. Additionally, the adsorption behaviors of Fe^{3+} and Ca^{2+} ions on the modified filter materials were explored. As sintering temperatures increased and carbon fiber content decreased, both shrinkage and density of the filters rose, whereas hardness and mass yield moved in the opposite direction. The filters were rich in MnO_2, Si and Al oxides, alongside P− and O−bearing functional groups, and contained montmorillonite and kaolinite. Notably, the BET surface area, pore volume, and pore size were appreciably reduced in the sintered materials compared to the initial ones, a change attributed to the surface functional groups. In terms of applications and enhancements, Langmuir and Freundlich isotherms successfully described the adsorption of Fe^{3+} and Ca^{2+}, showing theoretical maximum capacities of 45.25 mg/g and 23.53 mg/g, respectively. With increasing sintering temperatures (from 500℃ to 700℃) and decreasing carbon fiber content (from 60 wt% to 40 wt%), the modified filters displayed an uptick in shrinkage (6.12−9.55%) and density (0.27−0.68 g/cm^3), while experiencing a decline in hardness (from 14.25 kg/cm^2 to 6.97 kg/cm^2) and mass yield (from 80.00% to 58.34%). These values aligned with the Thai Industrial Standards Institute's requirements, apart from those processed at 700℃. The interaction between carbon fibers and the clay matrix was enhanced through interlocking within the sintered filter structure. The presence of various functional surface groups, oxide compounds, and clay minerals like MnO_2, Si and Al oxides, P− and O− bearing functional groups, montmorillonite, and kaolinite improved the adsorption efficiency for Fe^{3+} and Ca^{2+} through ion exchange or complexation mechanisms. The BET surface area (167.50 m^2/g), pore volume (0.08698 cm^3/g), and average pore size (2.0772 nm) of the sintered filters were diminished compared to the raw materials, due to the blockage of surface functional groups and composites.

Acknowledgements This work was supported by the Technology development Program(S3293535) funded by the Ministry of SMEs and Startups(MSS, Korea).

Presenter*, Corresponding author#(seungjoolim@kaeri.re.kr)

Manufacturing of coconut shell activated carbon filter system for the treatment of dye wastewater

Seung Joo Lim[1,*,#], Bum Kyung Seo[1], Byung Hyo Kim[2], So Hee Kim[2], Jae Ah Whang[2]

Korea Atomic Energy Research Institute[1], Ulim E&Tech Co.[2]

Key Words : Activated carbon filter, Dye wastewater, Coconut shell

This study evaluates the decolorization and pollutant removal efficiency of textile dye wastewater using chemically impregnated coconut shell activated carbon. The coconut shell zinc chloride activated carbon was used as a filtration medium for wastewater treatment due to its large pore space, excellent surface area (590.80 m^2 /g), and high adsorption capacity. Scanning electron microscope images revealed that the activated carbon has a parallel pore network with an internal microstructure and more active sites. The designed activated carbon filtration system measures 90 x 60 x 30 cm and includes sections such as a holding tank (50 liters capacity), filtration tank, and storage tank, with an optimized flow rate of 5 x 10^{-4} m^3 /min. After treatment through the coconut shell zinc chloride activated carbon filtration system, the color, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, total suspended solids, biochemical oxygen demand, and chemical oxygen demand of the textile dye wastewater were significantly reduced. The initial color concentration of the textile dye wastewater was 7021 HU, and after treatment, the color was completely removed, becoming colorless. The coconut shell zinc chloride activated carbon treatment reduced biochemical oxygen demand from 600 mg/L to 89.7 mg/L (80.6%) and chemical oxygen demand from 2500 mg/L to 205 mg/L (90.5%). Therefore, coconut shell zinc chloride activated carbon can be used as an effective adsorbent to remove various dye compounds and pollutants from textile wastewater.

Acknowledgements This work was supported by the Technology development Program(S3293535) funded by the Ministry of SMEs and Startups(MSS, Korea).

Presenter*, Corresponding author#(seungjoolim@kaeri.re.kr)

집어등기구용 복합재 격자 강화 구조 제작 방법

송준혁*,#

Manufacturing method of composite grid-stiffened structure for fishing luminaire

J. H. Song*,#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Fishing luminaire, Composite, Grid-stiffened structure, Vacuum bag curing

세계적 기후변화로 인한 자원감소와 시장개방, 수입 수산물 증가 등 대내외 여건의 변화로 인해 수산업계에서 효율적인 유류비 관리에 대한 요구가 증가하고 있다. 특히, 우리나라 연근해의 대표적인 어업 중 하나인 오징어 채낚기 어업의 경우, 기후변화 등으로 동해안에서 오징어 개체 수 감소 문제도 있지만, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁으로 유류비가 상승에 의한 이중고에 시달리고 있다. 유가는 채낚기 어업의 조업 경비와 매우 밀접한 관련이 있는데, 유류비가 어획고의 10~20%를 차지할 정도로 유류 소비량이 증가하였다.(Bae et al. 2009)

상업어선에서 화석연료의 소비가 온실가스의 발생과 지구 온난화에 영향을 미치며(Driscoll and Tyedmers, 2010), 기존의 메탈할라이드등이 인체에 나쁜 영향을 주고 있으므로(Inada and Arimoto, 2007); Peter, 2009) 고효율이면서 에너지 절감형이고 인체에 안전한 집어등의 개발이 요구된다.

LED 램프 집어등은 몸체와 방열판이 일체형 마그네슘 합금을 압출 가공하였으며 부식 방지를 위하여 테프론 코팅 처리하여 비용이 높아진 단점이 있다. 특히, 집어등의 경량화 및 내구성 개선이 요구되었다.(Bae et al. 2009)

본 논문에서는 탄소섬유 복합재를 적용하여 경량화 및 내진동성을 높이는 '탄소섬유 복합재 격자구조 채낚기 집어등기구' 제작방법을 제안하였다.

탄소섬유 UD 프리프레그를 각각 0°, ±45°, 90° 의 적층 각도로 4Plies를 적층하고, 이를 3회 반복하여 두께 2.7mm의 기준패널을 준비한다. 이를 진공백 경화시켜서 기본패널을 제작하였다. 기본패널 2개를 접착하여 300×300mm 두께 5.4mm의 일반패널을 제작하였다. 그리드 패널은 기본패널 300×300mm 두께 2.7mm에 격자 폭5mm, 두께 2.7mm, center line 간격 100mm의 격자구조를 접착시켜서 제작하였다.

제작된 패널에 대하여 고유진동수 측정 및 감쇠비 측정 시험을 진행하였다. 그리드패널이 일반패널에 비교하여 중량은 45% 가볍고, 진동에 대한 감쇠비는 약 3.15배 높았다. 즉, 격자구조를 가지는 그리드패널을 제작함으로서, 두께와 중량을 저감하면서도 진동감쇠비를 높일 수 있었다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '지역특화산업육성+(R&D) 지역주력산업육성'의 지원을 받아 연구되었음 (S3367065)

발표자*(songjh@kcarbon.or.kr), 교신저자#

표준 채낚기 어선 선도에 대한 무전극램프 집어등기구 배치 설계 및 시뮬레이션

송준혁[1,*], 오제하[1,#], 정영일[2], 정회진[2]

Design and simulation of fishing luminaire arrangement in standard fishing boat guidance using induction lamp

J. H. Song[1,*], J. H. Oh[1,#], Y. I. Jung[2], H. J. Jung[2]

한국탄소산업진흥원[1], (주)이텍[2]

Key Words : Induction lamp, Fishing luminaire, Light distribution, Standard Fishing boat guidance

기존 집어등으로 사용하고 있는 메탈할라이드램프는 램프 수명이 3000~5000시간정도로 짧아 2~3개월 주기로 조업 후 램프를 교체해야한다. 메탈할라이드램프의 빛은 모든 방향으로 방사되기 때문에 집어에 필요한 조사 범위 이외의 영역인 하늘에 전체광량의 50%, 갑판에 20%이상이 불필요하게 소진되는 등의 단점이 있다. 메탈할라이드램프는 원래 사람을 위한 백색광원으로 불필요한 파장대의 빛이 많아 에너지 효율이 크게 저하되고 이는 유류비 증가로 이어진다. 140kW 어선에서는 하룻밤 조업으로 집어등용 발전기가 소비하는 석유(중유 또는 경유)의 양이 300~600 ℓ 이며, 어획비용 중 10~20% 정도로 높은 비중을 차지하고 있다.

본 논문은 기존 백색조명용 400W급 메탈할라이드램프를 200W급 무전극램프로 대체하기 위한 집어등기구 배치 설계 및 시뮬레이션에 관한 연구이다. 조업환경 및 어구어법에 따른 수중배광분포 적용한 배광 설계 기술을 적용하여 무전극램프 전용의 광학 시뮬레이션을 통해 최적의 반사판 설계 및 field적용을 위한 시뮬레이션 검증 그리고 조도분포 설계 및 해석을 수행하였다.

채낚기 어선의 차세대 표준 어선형 선도에 따라 3D모델링 및 리룩스 시뮬레이션을 통한 배광 검토 결과, 무전극램프 집어등기구 설치각도가 30° 를 초과할 경우 데크부 중심으로 암부가 심해지나 해수면의 조도 상승에는 크게 영향이 없는 것으로 보여지며, 30° 이하로 설치할 경우 해수면의 조도가 급격히 감소함을 알 수 있었다. 집어등기구 설치 위치에서 해수면쪽으로 약 30° 기울어지게 설치 후 배광각이 90° 인 조명을 배치하는 것이 해수면과 선상 데크면에 최적 밝기 효율을 가질 수 있는 것으로 판단된다. 해수면으로 빛이 많이 방사되는 조명기구 설치(30° 비대칭 설치)를 고려하여 모델링 초안을 진행하였으나, IP67 방수 구조 및 어선 별로 집어등기구 고정 각도가 변경 될 수 도 있는 점을 고려하여 원통형 구조로 최종 설계를 진행하였다. 전용 등기구 적용 및 반사판을 통한 배광제어가 가능하여 기존 400W급 메탈할라이드램프에 비교하여 200W급 무전극램프로 대체함으로서 기존대비 60%의 에너지 절감 효과를 가질 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '지역특화산업육성+(R&D) 지역주력산업육성'의 지원을 받아 연구되었음 (S3367065)

발표자*(songjh@kcarbon.or.kr), 교신저자#

ALD 기술을 이용한 Al_2O_3 층 증착을 통한 3D 탄소소재 기반 아세톤 가스 센서의 연구

최재혁*, 정원도, 박인하, 김형진#

Research on CNW-based acetone gas sensors fabricated by ALD-deposited Al_2O_3

Jae. Hyuk. Choi*, Won. Do. Jeong, In. Ha. Park, Hyung. Jin. Kim#

울산과학대학교 반도체공학과

Key Words : CNW, 호기센서, Atomic layer deposition, Al_2O_3, Acetone gas sensor

본 연구에서는 그래핀에 균일한 Al_2O_3 층을 형성하여 아세톤 가스의 흡착 능력을 향상시키는 방법을 제시하였다. CNW는 우수한 물리적 및 전기적 특성을 지니며, 이를 기반으로 한 가스 센서는 높은 감도와 선택성을 보여준다. 특히, ALD 기술을 이용한 Al_2O_3 층의 증착은 CNW 기반 센서의 성능을 더욱 향상시키는 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 원자층 증착(ALD) 기술을 활용하여 CNW에 균일하고 얇은 Al_2O_3 층을 형성하였다. 이 과정을 통해 제작된 센서는 뛰어난 아세톤 가스 감지 능력을 보였으며, 낮은 전력 소모와 우수한 반복성도 확인되었다.

기존의 센서들과 비교했을 때, 본 연구에서 개발된 센서는 다음과 같은 차별성을 지닌다. 첫째, 그래핀과 Al_2O_3 층의 조합은 기존의 금속 산화물 기반 센서에 비해 더욱 높은 민감도와 선택성을 제공한다. 둘째, ALD 기술을 통해 형성된 Al_2O_3 층은 기존의 증착 방법에 비해 더욱 균일하고 얇게 형성되어, 가스 분자의 흡착 및 전기적 신호 변환 효율을 극대화한다. 셋째, 본 연구의 센서는 낮은 전력 소모를 특징으로 하여, 휴대용 센서와 같은 응용 분야에서의 실용성을 높인다.

Al_2O_3 층의 증착은 가스 분자의 흡착 및 전기적 신호 변환 효율을 향상시켜, CNW 기반 센서가 다양한 환경 모니터링 및 안전 인식 시스템에 널리 활용될 수 있음을 시사한다. 본 연구는 위암 조기 진단 등 건강 진단 분야에서 3D 탄소소재 기반 센서의 응용 범위를 넓히는 데 기여할 것으로 기대된다.

발표자*, 교신저자#(hjkim6@uc.ac.kr)

열폭주 방지 고전압 버스바 양산성능 개선 연구

정우영[1,#], 김효성[1,*], 이성현[2], 김기홍[3]

Improvement of mass production for thermal runaway prevention high-voltage Busbar of electric vehicle battery package

W. Y. Chung[1,#], H. S. Kim[1,*], S. H. Lee[2], K. H. Kim[3]

한국자동차연구원[1], 티에스모스트[2], (주)예랑테크[3]

Key Words : EV, Thermal runaway, High voltage Busbar, Thermal resistance tape, Auto taping

전세계적으로 전기자동차의 공급이 증가함에 따라, 전기자동차의 시장이 급격하게 되었으며, 전기자동차 화재에 대한 이슈가 사회적으로 대두되고 있다. 이에 따라, 완성차에서는 전기자동차 화재 원인 중 하나인 배터리 부품에 대한 열 폭주를 방지하기 위해, 열 폭주 성능에 대한 요구사항이 강화되고 있다. 이러한 요구사항을 만족시키고, 전기자동차의 안정성 확보를 위해, 열 폭주를 방지하기 위한 연구들이 수행되어지고 있다.

열 폭주를 방지하기 위한 방안으로, 버스바 절연 코팅, 보호 인클로저 등과 같은 방안이 제시되었으며, 그러한 방안 중 하나로, 내열소재와 절연 테이프로 버스바를 감싸서 내부 열 발생 또는 외부 열에 의한 절연 파괴 및 내열성능을 만족하는 고전압 버스바를 제작하였다.

전기자동차에서 버스바는 배터리 내에 배터리 모듈 간 전력을 연결하는 역할을 수행하며, 차종에 따라 상이하지만 20여종의 고전압 버스바로 부품이 구성되어 있다. 패키지 구조설계 상 가장 마지막에 설계가 되기 때문에 설계 구속조건이 까다롭고 구조적인 한계가 많기 때문에 3차원의 복잡한 구조 형태로 구성된다.

본 연구는 3차원의 복잡한 구조를 지니고, 열 폭주 방지를 고려한 고전압 버스바 생산장비의 양산성능을 개선 및 평가하였으며, 생산된 고전압 버스바에 대해 열폭주 시험을 수행하여, 신뢰성을 확보하였다. 본 연구를 통해서 고전압 버스바의 품질확보 및 공정 최적화를 통한 양산성 향상 및 시장 경쟁력 확보를 기대한다.

후기 본 연구는 한국산업기술진흥원 양산성능평가지원사업의 'P0023892 미래 모빌리티분야 수요-공급기업간 상생협력을 통한 양산성능평가개선'과 'PXXXXXXX 전기자동차 배터리 열폭주 방지를 위한 고전압 버스바 양산성능 최적화 기술 개발' 과제로 수행된 연구결과입니다.

발표자*, 교신저자#(wychung@katech.re.kr)

모바일 증강현실 기반 장비 이상경고시스템

홍원표*,#

Mobile abnormality warning system for manufacturing

W. P. Hong*,#

한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문

Key Words : AR(Augmented Reality), Mobile, Equipment abnormality

제조현장에서 고품질의 제품 생산을 위해 공정 관리 및 모니터링 시스템을 적용하고 있다. 그러나 기존 데스크탑 환경의 웹기반 관리 솔루션들은 시간적, 공간적 제약과 오류사항에 대한 신속한 지원요구 및 실시간 긴급조치가 어려운 문제가 있다. 증강현실은 실제 작업환경에서 생산활동에 유용한 정보를 실시간으로 통합할 수 있다는 장점을 가지고 있으며 제조 분야에서도 제품 설계, 조립, 진단, 수리, 공정 시뮬레이션 등 다양한 적용 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 제조현장에서 생산 현황 정보와 이상 상태를 손쉽게 파악할 수 있도록 스마트폰을 이용한 모바일 AR 기반 이상 상태 경고시스템을 구현함으로써 생산현장에서의 효율적인 작업 관리가 가능하도록 하였다. 이상 상태 관련 상세 현황정보는 이상 발생, 고장발생, 수리, 정비경고, 고장대처로 분류하였다. 해당 장비에서 이상 상태 관련 이벤트가 발생하면 모바일 이상경고시스템의 이상 상태 메뉴를 빨간색으로 표시하고, 메뉴를 선택하면 상세 내용을 확인할 수 있도록 하였다. 이와 같이 이상경고 콘텐츠 정보를 증강현실로 결합함으로써 생산현황 정보를 현장 작업자가 용이하게 확인하여 생산현장에서의 작업 관리가 가능하도록 하였다. 또한 실제 이상 상태 발생시에도 즉각 대응이 가능해짐으로써 제품생산 효율성 증대에 기여할 것으로 기대된다.

발표자*, 교신저자#(wonpyodr@kitech.re.kr)

AR 기반 현장관리시스템

홍원표*,#

AR-based manufacturing management system

W. P. Hong*,#

한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문

Key Words : AR(Augmented Reality), Mobile management system, Monitoring

제조분야 현장에서 제품 생산을 위한 효율적인 방법으로 공정 관리 및 모니터링 시스템을 적용하고 있다. 주로 데스크탑 환경에서 구현되었던 증강현실 시스템 개발이 최근에는 모바일기기 환경에서도 가능해지면서 모바일 관련 증강현실에 관심이 집중되고 있다. 모바일 증강현실 기술은 확장성이 높고, 시간과 공간의 제약을 받지 않으며, 기기 운영시 몰입감을 부여하여 사용자가 원하는 정보를 직관적으로 손쉽게 획득이 가능하다. 특히 제조분야에서는 컴퓨터와 제조기술 발전에 따라 사용자가 현장의 제조공정과 관련된 생산 정보를 즉시 파악하고 관리하려는 요구가 증가하고 있다.

본 연구에서는 모바일기기의 카메라를 이용한 마커 인식 기술과 모바일기기에 기본적으로 탑재된 모바일 센서를 이용한 콘텐츠 추적 기술을 활용하여 AR 기반 제조현장 관리시스템을 개발하고자 하였다. 현장의 생산현황 정보를 모바일기기를 통해 도식화된 유저인터페이스로 용이하게 확인하고, 필요한 정보를 즉시 획득할 수 있도록 시각적인 정보를 제공함으로써 생산현장에서의 효율적인 제조현장 관리가 가능하도록 하였다. 이를 통해 경영자는 의사결정 및 수주, 발주, 납기 등 진척 현황을 파악할 수 있으며, 중간관리자는 전반적인 생산현황 및 설비운용, 생산제품, 수율 등을 관리하고, 현장작업자는 장비가동, 공정변수, 고장진단 등 생산현장의 작업을 관리하는데 용이하게 될 것으로 기대된다.

발표자*, 교신저자#(wonpyodr@kitech.re.kr)

경량 스퀴즈넷 모델을 이용한 모바일 가공기 채터 검출

이동건*, 박형욱#

A chatter detection in Mobile Machine Tool using a lightweight squeeze-net model

D. G. Lee*, H. W. Park#

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Milling, Chatter detection, Squeeze Net, Transfer learning, Variational mode decomposition, Mobile machine tool

AIoT(인공지능 사물인터넷), 디지털 트윈(Digital twin)과 같은 스마트 기술이 가공 산업에 도입됨에 따라, 생산 공정 품질, 속도, 효율 및 안전성을 향상시킬 것으로 기대하고 있다. 하지만 실제 가공 과정에서 공구와 소재의 상호작용에 의해 원치 않은 채터 진동이 발생하는데, 이것은 장비의 수명 감소와 가공의 품질을 떨어트릴 뿐만 아니라 불규칙하고 비선형적인 특성으로 인해 채터를 인식하고 데이터화 하는 것은 쉽지 않다. 이를 극복하고자 채터를 검출하면서 AIoT, 디지털 트윈에 적용 가능할 수 있도록 적은 용량과 계산 시간을 갖는 AI 시스템 연구를 수행하였다. 학습 데이터는 Mobility, Flexibility를 가진 차세대 모바일 가공기를 사용한 밀링 공정을 통해 얻었으며, 비선형 모드 분해에 적합한 VMD(Variational mode decomposition)와 이를 최적화하기 위한 Bayesian Optimization을 적용하여 채터가 두드러지는 모드를 구하였다. 이후 웨이블릿 변환을 통해 진동 모드를 이미지화 하였으며, 이미지를 ResNet-50을 활용한 Similarity(유사성)에 따라 정렬하여 안정(stable), 중간(Intermediate), 채터(Chatter) 단계로 분류하였다. 이후 스퀴즈넷(SqueezeNet)을 사용해 사전에 학습된 Parameter를 적용시켜 전이 학습(Transfer learning)하였다. 이를 통해 실시간으로 현재의 가공상태를 안정, 중간, 채터 3가지 상태로 분류하는 모델을 만들었으며 2.8Mb의 가벼운 용량과 96.51%의 정확도를 가지는 결과를 보였다.

후기 본 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 산업기술 알키미스트 프로젝트(No.20025702)의 연구비 지원과 한국연구재단의 과제(No.2022R1A2C3007963)에 의한 연구임.

발표자*, 교신저자#(hwpark@unist.ac.kr)

공구교환형 공기베어링 스핀들의 동특성 분석

모란호세[1,*], 황주호[1,2,#], 당치콩[3], 심종엽[2]

Analysis of tool point dynamics of an ATC type aerostatic spindle

J. A. Moran[1,*] , J. Hwang[1,2,#] , C. C. Dang[3] , J. Shim[2]

과학기술연합대학원대학교[1], 한국기계연구원[2], 에이에스피엘㈜[3]

Key Words : Drawbar, Multiple-point receptance coupling, Tool point FRF, Contact parameters, Aerostatic bearing dynamics.

The tool point frequency response function (FRF), or receptance is an important dynamic condition for machining processes, especially milling and finishing, as it enables users to calculate the most appropriate operating conditions for achieving the best spindle performance. In this paper, we evaluate the effects of a drawbar on the tool point FRF of a multipurpose aerostatic spindle using a new procedure. The drawbar was considered to be nested inside the shaft and the receptance of the assembly was predicted based on a multiple-point receptance approach. We coupled the tool holder and the tool, and included the values obtained when modeling the coupling process with different combinations of tool holder and tool. We also evaluated the shaft-tool holder contact parameter for three different axial pulling forces. Moreover, we investigated the aerostatic bearing dynamics, including the stiffness and damping factor, in three different cases of supplied air pressure. Finally, we estimated the FRF of the tool under several aerostatic bearing and drawbar conditions and calculated stability lobe diagrams based on the estimated FRF. These results show that taking into account the receptance of the drawbar improves the estimate of the tool point FRF and the stability lobe diagram, which implies that the drawbar should be included in tool point FRF estimation. The effect of varying the length and density of the drawbar was also investigated.

발표자*, 교신저자#(jooho@kimm.re.kr)

동시 5축 CNC에서 동특성 및 허용 토크를 고려한 충돌 시뮬레이션

박재현*, 강정모, 김다영, 김명연, 문시훈, 지성철#

Collision simulation considering dynamic characteristics and allowable torque in five-axis CNC

J. H. Park*, J. M. Kang, D. Y. Kim, M. Y. Kim, S. H. Moon, S. C. Jee#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Five-axis CNC, Dynamic characteristics, Allowable torque, Real-time collision prediction

동시 5축 CNC 가공 시, 잘못된 수동조작 또는 잘못 생성된 가공경로 등과 같은 사용자의 실수로 인하여 기계 장비 구성요소 간의 충돌이 발생할 수 있다. 기계 장비 구성요소 간의 충돌은 고장을 일으켜서 경제적 손실을 가져다주고, 장비가 멈추는 시간을 증가시켜 생산 효율을 떨어뜨린다. 이러한 충돌을 방지하기 위하여 일부 상용 CNC에서는 실시간으로 기계 구성요소 간의 위치를 파악하여 충돌 여부를 예측하고, 충돌이 예측되면 사전에 정의된 안전거리 내에서 기계 장비를 정지시키는 실시간 충돌 예측 기능을 제공한다. 이러한 기능에는 장비의 기하학적 형상과 단순 안전거리만 고려하여 충돌을 예측하고, 동특성이 반영되어 있지 않기에 모터의 허용 토크와 급변하는 회전축의 움직임으로 인한 충돌을 예측하지 못한다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 논문에서는 각 축의 동특성 및 허용 토크를 반영하여 실시간 충돌 예측하는 방법을 제시한다. 제시된 방법은 동특성이 반영된 위치를 실시간으로 파악하여 OBB(Oriented Bounding Box) 경계 볼륨 방식을 기반으로 5축 기계 장비 구성요소에 대한 실시간 충돌을 예측한다. 충돌이 예측되면 허용 토크를 고려하여 안전하게 기계를 정지시켜 충돌을 방지할 수 있다. 기계 장비 구동 실험을 통하여 제안된 충돌 예측 방법에 대한 유효성을 평가하였으며, 그 결과는 제안된 동시 5축 CNC의 동특성을 반영한 실시간 충돌 예측 방법으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 “스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)” 과제와 “2024년 산업혁신인재성장지원사업(과제번호 P0012744)”에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

음향 분석을 통한 CFRP 밀링에서의 공구 마모와 절삭 메커니즘 분석

하민석[1,*], 서태원[1], 주송현[1,2], 남정수[1], 신강우[1], 김태곤[1], 김성현[1], 이석우[1], 송경은[1,#]

Sound analysis of tool wear and cutting mechanisms in CFRP milling

M. Ha[1,*], T. Seo[1], S.H. Ju[1,2], J. Nam[1], K. Shin[1], T.-G. Kim[1], S.H. Kim[1], S.-W. Lee[1], K. Song[1,#]

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 기계공학과[2]

Key Words : CFRP milling, frequency analysis, tool wear, cutting mechanism

Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP) are increasingly used in the aerospace and automotive industries for their high strength-to-weight ratio and fatigue resistance. CFRP milling is crucial for enhancing the surface quality of final components; however, surface quality issues arise depending on the fiber cutting mechanism. Previous research used sound analysis to predict CFRP cutting mechanisms via sound signals in the 7,500-14,800 Hz range. The cutting mechanism affects tool wear, necessitating further research on machining sounds related to tool wear to determine optimal tool replacement times. In this study, up-milling and down-milling are performed to analyze fiber bending and machining sound patterns as tool wear progresses. Results indicates that as tool wear increases, sound signals change in the 3,500-4,500 Hz and 7,500-14,800 Hz ranges. In up-milling, machining sounds decrease in both ranges but stabilize. In down-milling, sound decreases in the 7,500-14,800 Hz range and increases in the 3,500-4,500 Hz range. The correlation between these changes and surface profiles is analyzed. In future research, the effects of tool geometry changes due to tool wear on the cutting mechanism will be investigated. Additionally, the causes of machining sounds in these frequency ranges will be analyzed based on mechanistic models, with the goal of predicting tool wear through the analysis of sound patterns.

후기 This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Optimization of Carbon Fiber Reinforced Plastic Robot Milling Process through Machining Sound Analysis(KITECH UR230009)".

발표자*, 교신저자#(kesong@kitech.re.kr)

유리 임프린팅 공정과 Vitreous Carbon Mold를 이용한 Fly eye lens의 측정 및 제작

이중호[1,*], 김영규[2], 김석민[1,2,#]

Fabrication and measurement of fly eye lenses using vitreous carbon mold via glass imprinting process

J. H. Lee[1,*], Y. K. Kim[2], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 기계공학부[1], 중앙대학교 컴퓨터공학부[2]

Key Words : Fly eye lens, Vitreous carbon mold, Surface

노광기, 프로젝터, 그리고 AR(augmented Reality) 장비등에서 균일한 광 분포가 요구되나, 일반적인 광원의 광 분포는 가우시안 프로파일을 가지므로, 균일한 광분포를 확보 하기 위해 Fly Eye Lens(FEL)가 사용된다. 본 연구에서는 유리 FEL을 제작하기 위한 공정 방법으로 Vitreous Carbon(VC) mold를 사용한 glass imprinting 기술을 적용하였다. 직경 1.979mm, Sag height 308㎛ 인 구면렌즈가 주기 1.5mm 의 7x7 사각 배열로 배열된 FEL 를 설계하였으며, VC 몰드 제작을 위한 초기 nickel master 를 DTM(Diamond Turning Machine)을 사용하여 가공하였다. Master 가공시 VC 몰드 제작 과정에서의 수축을 보정하기위해 설계치 대비 약 30%배 확대된 형상으로 가공을 수행하였다. 제작된 마스터 몰드 상에 Polydimathylsiloxane(PDMS)와 경화제를 10:1의 무게 비율로 혼합한 후 도포한 상태로 24시간 동안 상온에서 경화시켜 PDMS 몰드를 제작하였다. 제작된 PDMS 몰드상에 퓨란 수지와 질산 용액을 100:0.7935 무게 비율로 혼합된 퓨란 혼합체를 도포하고, 5일간 최대 100℃까지 느린 승온 열 경화를 진행하여 퓨란 전구체를 제작하였다. 이렇게 제작된 퓨란 전구체를 1000℃까지 15일간 매우 느린 승온 속도로 진공 탄화 과정을 수행하여 설계된 음각 FEL 패턴을 가지는 VC 몰드를 제작하였다. 유리성형을 위해 low-iron soda-lime glass를 소재로 사용했으며 제작된 VC 몰드상에 두께 6mm의 유리를 놓고 680℃, 60kPa에서 유리성형을 수행하여 FEL을 제작하였다. 제작된 FEL의 단일 렌즈에서 형상 오차는 설계 대비 ~ ±3㎛ 이내로 측정되었으며, FEL을 이용한 광 균일화 특성 측정을 위해 658nm 파장을 갖는 He-Ne Laser를 사용해 FEL에 투과되는 광을 CCD(Charge Couple Device) 카메라에 조사시켜 측정하는 연구를 진행하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1I1A1A01071884 & No. 2021R1A2C2004458)

발표자*, 교신저자#(smkim@cau.ac.kr)

집속 초음파 트랜스듀서 제조를 위한 단결정 압전소자의 레이저 보조 가공 시 압전 특성 변화 연구

서동현[1,2,*], 이찬우[1,2], 곽은지[1], 제태진[1], 최두선[1], 한준세[1,2,#]

Study on piezoelectric property of laser-assisted machined single-crystal piezoelectric elements for manufacturing of focused ultrasound transducer

D. H. Seo[1,2,*], C. W. Lee[1,2], E. J. Gwak[1], T. J. Je[1], D. s. Choi[1], J. S. Han[1,2,#]

한국기계연구원[1], 과학기술연합대학원대학교(UST)[2]

Key Words : Laser-assisted machining, Single-crystal Piezoelectric elements, Focused ultrasound transducer

의료 및 비파괴 검사에 활용되는 압전소자를 기반으로 하는 집속 초음파 트랜스듀서를 제작하기 위해선 압전소자를 곡면 형상으로 가공하는 기술이 필요하다. 최근에는 단결정 압전소자를 활용한 고성능의 초음파 트랜스듀서에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 높은 취성을 가지는 단결정 압전소자의 특성으로 인해 집속 초음파 트랜스듀서로의 활용이 제한되고 있다. 레이저를 통해 재료를 표면을 가열하여 연화된 표면부를 가공하는 레이저 보조가공을 활용하여 취성소재를 가공할 수 있으며, 이에 본 연구에서는 집속 초음파 트랜스듀서를 제조하기위해 단결정 압전소자를 대상으로 레이저 보조 가공을 적용하는 연구를 수행하였다. 단결정 압전소자에 레이저 보조 가공을 적용하였을 때, 일반적인 다이아몬드 터닝 공정에 비해 우수한 표면 품질을 얻을 수 있었으며, 평면 및 곡면 형상의 단결정 압전소자를 가공할 수 있었다. 가공된 단결정 압전소자를 대상으로 압전 성능을 나타내는 압전 상수 (d_{33})를 측정한 결과, 가공되지 않은 단결정 압전소자와 유사한 값을 나타냈으며 이러한 결과는 온도 변화에 대해 성능 변화가 민감한 압전소자가 가공 중 열화되지 않았음을 확인할 수 있다. 다양한 형상의 단결정 압전소자를 기반으로 제작된 초음파 트랜스듀서의 음장 분포를 분석한 결과, 곡면 형상을 적용함으로서 집속 위치, 최대 음압, 집속부에서의 반치폭을 변화시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과를 통해 레이저 보조 가공을 집속 초음파 트랜스듀서 제조를 위한 곡면 형상 단결정 압전소자 제작에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

후기 본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술 개발사업(20014412)의 연구수행으로 인한 결과물이며, 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00210764)

발표자*, 교신저자#(jshan@kimm.re.kr)

피질골 로봇 드릴링을 위한 엔드 이펙터 TCP 각도 최적화

하주형[1,*], 최준혁[2], 이용재[1], 김동민[1,#], 김지수[2,#]

Optimization of end effector TCP angle for cortical bone robotic drilling

J. H. Ha[1,*], J. H. Choe[2], Y. J. Lee[1], D. M. Kim[1,#], J. S. Kim[2,#]

한국생산기술연구원[1], 경북대학교[2]

Key Words : Cortical bone drilling, Drilling torque, Stiffness, Hole delamination

신체가 노화되거나 골다공증과 같은 골격계 질환이 발생하면 골밀도(Bone density)의 급격한 저하로 인해 골절(Fracture) 발생 가능성을 증가시킨다. 골절이 발생하면 뼈를 고정하기 위한 나사 삽입술이 필수적이며 나사 삽입을 위한 사전 드릴링 공정은 정형외과 시술에 중요한 단계이다. 경골(Tibia)의 경우 골절 발생 부위 혹은 환경에 따라서 다양한 드릴링 자세가 요구될 수 있다. 하지만 로봇을 이용한 드릴링 공정에서 강성이 낮은 자세에서 진행하게 되면 과도한 토크를 유발하거나 홀의 품질을 저하시켜 혈액손실을 일으키거나 수술 실패로 이어질 수 있다. 따라서 본 연구는 피질골 로봇 드릴링을 위한 엔드 이펙터의 다양한 TCP(Tool Center Point) 각도가 드릴링 성능에 미치는 영향을 실험적으로 분석하고 최적화를 통해 정형외과 골절 수술의 정밀도와 정확성을 높이는 것을 목표로 한다. 실제 환경에서 원활한 각도 구현을 위해 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 공구 경로(Tool path)를 생성하였으며, 실험적 모달 해석(Experimental Modal Analysis)을 통해 다양한 TCP 각도에 대한 로봇의 고유 진동수(Natural frequency) 및 감쇠비(Damping ratio)를 측정하여 강성(Stiffness)을 식별하였다. 또한 강성의 차이에 따른 절삭 성능을 비교분석하기 위해서 피질골 시편을 활용해 드릴링 토크를 측정하였으며, 가공된 홀 입구의 박리 계수를 측정하였다. 그 결과 최적화된 TCP 각도에서는 평균 드릴링 토크가 20.77% 감소하였으며 박리계수는 7.42% 감소하였다. 이러한 결과는 로봇 드릴링 시스템에서 TCP 각도의 적절한 정렬 및 강성 조건이 절삭 성능에 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

후기 이 논문은 2024년 한국생산기술연구원의 청정생산시스템핵심기술연구사업의 지원을 받아 수행하고 있는 '미래 산업환경 대응 홀로닉 생산시스템 기술 개발(No. PEO24023)'과제에서 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(김동민: dkim0707@kitech.re.kr)

Ag@Au 나노와이어 및 미세구조 기반 산화 저항성 자가접착 투명 유연전극

권혁주*, 김재일, 정훈의#

Oxidation-resistant self-adhesive flexible transparent electrodes based on Ag–Au core-shell nanowires and microarchitectures

H. Kwon*, J. Kim, H. E. Jeong#

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Flexible transparent electrodes, Self-adhesive, microstructures, Oxidation resistance

Flexible transparent electrodes (FTEs) are essential for advancing flexible electronics, energy systems, and biomedical devices. Conventional FTEs, which use silver nanowire coatings on flexible substrates, face limitations due to poor oxidation resistance and difficulties in forming reliable mechanical and electrical interconnections with other device components. In this study, we propose a versatile FTE design that integrates Ag – Au core–shell nanowires and self–adhesive microstructures into a regular grid pattern. This electrode exhibits robust self–adhesion, enabling precise mechanical and electrical contacts across various substrates without additional adhesives. The optical and electrical properties can be finely tuned by manipulating the microstructures and nanowire coatings. Notably, the electrode demonstrates remarkable oxidation resistance, even under exposure to oxidizing agents, elevated temperatures, and high–humidity environments. Our findings provide practical pathways for implementing FTEs in a wide range of emerging optoelectronic devices, leveraging their exceptional chemical and thermal stability.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF–2021R1A2C3006297) and the Technology Innovation Program (00144157, Development of Heterogeneous Multi–Sensor Micro–System Platform) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#(hoonejeong@unist.ac.kr)

Metal imprinting 공정을 통한 마이크로 구조 빙결방지 표면 제작

김주완[1,*], 김영규[1], 이성민[2], 김석민[1,2,#]

Microstructure anti-icing surface fabrication through metal imprinting process

J. W. Kim[1,*], Y. K. Kim[1], S. M. Lee[2], S.M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 컴퓨터공학과[1], 중앙대학교 기계공학과[2]

Key Words : Microstructure, Anti-icing, Metal imprinting, Surface texture

Micro/nano 가공 기술은 미세 구조 제작을 통해 표면에 다양한 기능성을 부여할 수 있는 기술이다. 이 기술의 발전으로 전통적인 재료의 한계를 넘어 빙결 방지, Boiling heat transfer 향상, 마찰/마모 및 저항력 감소, 오염 방지 등의 기능을 구현하고 다양한 산업 분야에 적용 가능하다. 특히 빙결 방지 기능은 열교환기에 적용되어 빙결에 의한 열전달양 감소와 생성된 성애 제거를 위한 추가적인 에너지 소모를 방지하여 열교환기의 효율과 신뢰성을 향상시킨다. 따라서 미세 구조 제작을 통해 소수성 빙결 방지 표면을 구현하는 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 연구로는 열교환기의 금속 표면에 화학적 또는 전기화학적인 방법을 사용하여 무작위로 미세 구조물을 형성하는 기술이 있지만 정밀도와 균일성을 가지는 설계된 구조를 만들기 어려운 단점이 있다.

본 연구에서는 Stainless-steel을 몰드로 이용한 Metal imprinting 공정을 통해 알루미늄 평판에 빠르고 간단하게 공학적으로 설계된 미세 구조를 제작하고 빙결 방지 기능을 평가하였다. 두께 0.2mm의 Stainless-steel film에 Laser drilling을 이용하여 직경 70 μm, 높이 85 μm, 간격 200 μm의 Micro-hole 패턴 몰드를 제작하였다. Metal imprinting 공정을 통해 알루미늄 표면에 직경 70 μm, 높이 85 μm, 간격 200 μm의 Micro-post 구조 표면을 제작하였다. 빙결 방지 기능을 평가하기 위해 빙결 지연 시간을 확인하였다. 실험결과 알루미늄 시편의 Micro-post 구조 표면 위에서의 물방울이 매끈한 표면 위에서의 물방울 보다 12분 이상 지연된 시간에 빙결이 시작됨을 확인하였다. 추후 연구로 빙결 방지뿐만 아니라 Boiling heat transfer 향상과 같은 다양한 분야에서의 적용 가능성을 확인하고자 한다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C2004458).

발표자*, 교신저자#(smkim@cau.ac.kr)

다양한 파지 모드를 위한 자연모사 엔드이펙터와 다중 손가락 모듈을 갖춘 소프트 그리퍼

강동관*, 박성진, 정훈의#

Multi-finger module soft gripper with bioinspired end-effectors for multimode manipulation

D. K. Kang*, S. Park, H. E. Jeong#

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Soft robotic fingers, Bioinspired fingertips, Pneumatic manipulation

Soft robotic grippers are highly effective at making conformal and reliable contact with objects without the need for intricate control algorithms. However, their grasping and manipulation capabilities still lag behind those of human hands. This research introduces a sensorized, multi-fingered soft gripper equipped with bioinspired adhesive fingertips, capable of both fingertip-based adhesion grasping and finger-based form closure grasping modes. The gripper features adhesive fingertips with mushroom-like microstructures, which provide robust adhesion by evenly distributing load shear. Each fingertip can support a maximum load of 4.18 N on a flat surface. The soft fingers, which have multiple joints, can be individually actuated using pneumatic control. This allows for a variety of bending motions and secure grasping of different objects, with the three fingers collectively supporting up to 28.29 N. Additionally, the gripper includes a kirigami-patterned stretchable sensor for motion monitoring and control. The efficacy of the design is demonstrated through the successful grasping and manipulation of objects with various shapes, sizes, and curvatures.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF-2021R1A2C3006297) and the Technology Innovation Program (00144157, Development of Heterogeneous Multi-Sensor Micro-System Platform) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#

Zr 합금관의 효율적 크리프 분석을 위한 나노인덴테이션 활용

박민지*, 조아름, 정회연, 박연경, 신기승, 김진현, 전은채#

Effective creep analysis of Zr alloy tubes using nanoindentation

M. J. Park*, A. R. Cho, H. Y. Jeong, Y. K. Park, G. S. Shin, J. H. Kim, E. C. Jeon#

울산대학교 첨단소재공학부

Key Words : Nanoindentation, Creep, Zr alloy, Mechanical property

다양한 제조 산업 및 발전소에 활용되고 있는 금속관은 고온고압 환경에 노출될 수 있으며, 일반적으로 금속이 고온에 노출되면 기계적 특성이 변하는 것으로 알려져 있다. 또한 고온 환경에서 재료에 일정한 하중을 가하면 응력은 거의 일정한 값을 유지하나 변형이 계속 증가하는 크리프 거동이 나타나기도 한다. 이러한 크리프 현상으로 인해 변형이 계속되어 파괴에 이를 수 있으므로, 구조물의 안전성 및 기계적 신뢰성을 확보하기 위해 관 형태 자체의 크리프 특성을 분석해야 한다. 시편에 추를 걸어 일정한 하중을 전달하는 기존의 크리프 시험을 매우 얇은 관에 적용시킬 시, 크리프 거동이 나타나기 전 파괴가 이루어질 수 있으며, 수 천에서 수 만 시간이 걸리기 때문에 실제 산업에 적용하기에 어렵다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 매우 얇은 관에 적용 가능하며 빠른 시간 내에 실험 및 분석이 가능한 나노인덴테이션을 활용하여 Zr 합금관의 크리프 특성을 효율적으로 분석하고자 하였다. 나노인덴테이션은 매우 작은 면적에 힘을 가하기 때문에 가속시험 효과가 나타나며, 수 십분 이내로 크리프 시험을 완료할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 재료 표면에 sphero-conical 압입자를 사용하여 일정한 하중을 인가하였으며, 일정한 하중에서 깊이가 증가하는 구간을 확인하였다. 이를 voight model에 적용하여 합리적인 Zr 합금관의 크리프 거동 및 경향을 확인할 수 있었다. 따라서 나노인덴테이션을 활용하여 제조 산업에서 효율적으로 크리프 특성을 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 성과는 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 국책연구사업(No. RS-2022-00156205)이며, 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(RS-2024-00349003, 공기업 연계 현장 실무교육 지원)으로 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(jeonec@ulsan.ac.kr)

동일한 개구율을 갖는 채널 폭의 변화를 이용한 PEMFC 사형 유로 성능 조사

이완태[1,*], 옹컴투[2], 이응기[2], 김현철[1,3,#]

Investigation the performance of serpentine flow field in PEMFC using the variation of width channel with same opening ratio

W. T. Lee[1,*], T. C. Ngo[2], E. K. Lee[2], H. C. Kim[1,3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1]
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[3]

Key Words : Optimization, Serpentine, Opening ratio, Big channel, Net power

Recently, the application of Polymer Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) in the automotive industry is more increase by deep research about the fuel cell. Among the parts of PEMFC, the bipolar plate plays some critical roles in PEMFC performance as uniform reactants distribution, water removal, sufficient pressure drop. To achieve good distribution of oxygen, the flow field is focused to optimize in commercial fuel cell test in experiment size with active area of 25 cm^2.[1] The opening ratio of channel area per total area is maintained and the width of channel could be adjusted. In this report, by changing size of 5 parallel channel in serpentine flow field from 5 equal channels to 2 big- 3 small channel and 1 big-4 small channel, the current density increases 11.5%, 12.8% at 0.5 V of open voltage, respectively . The research show that the big width have affect to performance because of the current is generated mainly by large channel not in small channel but the number of big channel is not affect much. Moreover, the velocity and pressure drop are investigated to see the difference between the big and small channel and over rib velocity in gas diffusion layer (GDL) area. As a result, the net power is calculated to compare the using pump in the fuel cell system. Next plan, we have experiments to validate and characterize this design in real fuel cell to test the operation state.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(chjy1283@naver.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

PEMFC의 구멍 뚫린 gdl 구성 비교 분석 : 설계 수정을 통한 산소 분포 향상

이완태[1,*], 옹컴투[2], 이응기[2], 김현철[1,3,#]

Comparative analysis of perforated GDL configurations in PEMFCs : Enhancing oxygen distribution through design modifications

W. T. Lee[1,*], T. C. Ngo[2], E. K. Lee[2], H. C. Kim[1,3#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1]
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[3]

Key Words : Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs), Perforated GDL configurations, Oxygen distribution

This study is read in order to compare the performance of a new perforated Gas Diffusion Layer (GDL) layout to conventional GDLs. By employing 3D modeling and simulation techniques, we systematically compare the performance of conventional GDLs with perforated GDL designs, including the newly introduced Perforated Grooved Uniform Gas Diffusion Layer (PG-GDL). How the different types of hole design influences on oxygen distribution and water management in a single channel PEMFC is the main topic in the study. The results show that some types of perfoarted layout increase oxygen transmission to the cathode side, decrease concentration polarization effects and also enhance water drainage of the Membrane Electrode Assemblies to elevate the overall performance of the single cell PEMFC. What is meant by saying that some types of perforated layout increase oxygen transmission and also enhance water drainage, and increases the overall performance of the single cell of PEMFC is very important in terms of maximum GDL design to increase the efficiency of a PEMFC is the key concept in this study and is the basis of achieve electrochemical energy conversion more efficiently.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(chjy1283@naver.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

PEMFC의 구멍 뚫린 홈이 있는 균일한 GDL 성능에 대한 홈 깊이의 영향

서진필[1,*], 브엉득틴[1], 이응기[1], 김현철[1,2,#]

Effect of groove depth on performance of perforated grooved uniform GDLs in PEMFCs

J. P. Seo[1,*], T. D. Vuong[1], E. K. Lee[1], H. C. Kim[1,2,#]

Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[1]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[2]

Key Words : GDLs (Gas diffusion layer), Groove depth, Oxygen transport, Water drainage

The performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs) is significantly influenced by the design of Perforated Grooved Uniform Gas Diffusion Layers (PG-GDLs). This study examines the impact of varying groove depths on water drainage, oxygen transport, and overall cell efficiency through detailed 3D modeling and simulation of a single-channel PEMFC. Our findings indicate that groove depth plays a crucial role in balancing water retention and oxygen dispersion. Shallow grooves effectively retain water but risk flooding, while deeper grooves enhance water removal but may compromise structural integrity and gas diffusion. Notably, optimal battery performance is observed at a groove depth of 120 ㎛, which ensures uniform oxygen distribution and efficient water management, thereby reducing concentration polarization and impedance. This research highlights the importance of GDL design in advancing PEMFC technology, demonstrating the potential of PG-GDLs to enhance fuel cell efficiency and durability.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(sjp@kongju.ac.kr), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

보조 채널을 개방을 통해 채널 내의 속도 증가에 따른 PEMFC 사형 유로 최적화

서진필[1,*], 브엉득틴[1], 이응기[1], 김현철[1,2#]

Optimization for serpentine flow field in PEMFC by increasing velocity in channel by opening secondary channels

J. P. Seo[1,*], T. D. Vuong[1], E. K. Lee[1], H. C. Kim[1,2,#]

Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[1]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[2]

Key Words : Optimization, Serpentine, Velocity, Secondary channels, Net power

Proton Exchange Membrane Fuel cell (PEMFC) is the commercial type used in automotive industry because of high performance, moderate operating conditions, fast startup. The configuration of bipolar plates and flow field design is main challenges for water and heat management so many reports is deeply investigate and optimize the design of flow field. Recently, the research of combining the flow field from 5 parallel to 4 and 3 parallel channel is showed that the increasing velocity near outlet can improve the water removal and increase reactants distribution.[1] However, this combination is not investigated in other area in 5 parallel serpentine channel although the local velocity can change using the secondary channel. This paper is focused on optimization of the position and number of secondary channels in configuration of 5 parallel serpentine. As a result, the current density at 0.5 V has the highest increasing value to 15 % than conventional serpentine. The greater performance in many designs with secondary channels determined that the increasing velocity in opening channels can improve the distribution of reactants in that area. The adding of the secondary channel needs to be considered due to the inverse impact of velocity not only increase pressure but also decrease the performance. Therefore, the velocity and pressure in 5 channels is shown to compare between new and conventional design. This change of flow field design is needed to test in experiment to verify that the current and its stability in operating conditions.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(sjp@kongju.ac.kr), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

PEMFC용 비전도성 3D 프린팅 분리판 적용

전형준[1,*], 응우엔 바 히외[1], 이응기[2], 김현철[1,3,#]

Application of non-conductive 3-D printed bipolar for PEMFC

H. J. Jeon[1,*], B. H. Nguyen[1], E. K. Lee[2], H. C. Kim[1,3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1]
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[3]

Key Words : Fuel cell, CFD, Trap channel, Over-rib convection

The novel bipolar plate is comprised of a non-conductive bipolar plate for mass transport while the separated plate is made from conductive metal play the role of electrical conductive. The non-conductive bipolar plate is the cheap and light PLA material was prepared by the 3D printing which is fast and low-price fabrication method. Furthermore, the advantage of additive manufactured bipolar plate is the ability to apply for complex geometries without increase in manufacturing cost. In this research, the novel 3D printing PLA PEMFC was investigated which different design of the separated plates. The cheaper and lighter PEMFC is expected to achieved by employing the new material bipolar plate.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(brid12131@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

3D 프린팅 분리판용 코팅재에 대한 수치적 조사

전형준[1,*], 응우엔 바 히외[1], 이응기[2], 김현철[1,3,#]

Numerical investigation on coating material for 3-D printed bipolar plates

H. J. Jeon[1,*], B. H. Nguyen[1], E. K. Lee[2], H. C. Kim[1,3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1]
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2]
Green Car Technology Research Center, Hydrogen Energy Human Resources Development Group, Kongju National University[3]

Key Words : Fuel cell, CFD, Trap channel, Over-rib convection

Bipolar plates of PEMFCs are commonly made from steel, titan or composite, which account for 60−90% of the volume, 40−80% of the mass, and 30−40% of the cost. As consequence, the power/volume of the PEMFCs is significant low. The implementation of the low-cost and light material to the bipolar is believed to increase the application of PEMFCs/PEMECs. The aim of this research is to produce the bipolar plate from cheaper and lighter material while preserving the performance of PEMFCs/PEMECs. To achieve this target, the 3D printing PLA bipolar plates coated by different coating layers are proposed in this research. The 4-channel PEMFCs model revealed that the PLA Bipolar plates with copper coating is the appropriate choice for the non-conductive coating PLA bipolar plates.

후기 이 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 2024년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임(G02F11412059811)

발표자*(brid12131@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

7월 19일 [금]

포스터 III 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

주행 특성 분석을 기반으로 한 수소 연료 전지 자전거 성능의 경제적 최적화

이수빈[1], 최정연[1], 정준우[1], 이제원[1], 이세범[1], 김준상[1], 배병찬[1,*], 이승우[1], 전진한[1], 방경모[1], 박세진[1], 임옥택[2,#]

Economic optimization of hydrogen fuel cell bicycle performance based on driving style analysis

Subin Lee[1*], Jeongyeon Choi[1], Junwoo Jung[1], Jewon Lee[1], Sebeom Lee[1], Junsang Kim[1], Byungchan Bae[1,*], Seungwoo Lee[1], Jinhan Jeon[1], Kyeongmo Bang[1], Sejin Park[1], Ocktaeck Lim[2,#]

Graduate School of Mechanical Engineering, University of Ulsan[1], School of Mechanical Engineering, University of Ulsan[2]

Key Words : Hydrogen, Fuel cell, Electric mobility, LabVIEW, Personal driving

This study aims to optimize hydrogen consumption from an economic perspective by identifying factors affecting the performance of hydrogen fuel cell bicycles tailored to individual driving styles, thereby determining the appropriate hydrogen charging cycle and capacity. Using user input variables such as driving distance, operating time, average speed, and gradient, various scenarios such as flat terrain driving, uphill driving, acceleration, and deceleration driving are analyzed through MATLAB-Simulink simulation methods to evaluate factors such as fuel consumption, motor efficiency, and overall system energy consumption. An experimental system comprising a 300W fuel cell stack, electric control unit, DC/DC converter, electric motor, and other supporting equipment has been established to conduct real tests, allowing for comparison, analysis, and validation of simulation results. Such analyses offer avenues for enhancing the energy consumption efficiency and performance of hydrogen fuel cell bicycles by adjusting customized hydrogen charging strategies tailored to individual driving styles. This research is expected to promote the development and utilization of hydrogen fuel cell bicycles and contribute to formulating energy consumption strategies optimized for individual user driving styles.

Acknowledgment : This work was supported by the ministry collaboration type human resource development program by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE, Korea) (P0025588, Future Automotive Technology Convergence Innovation Human Resources Development Project). This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. RS-2023-00217778). This work was supported by the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program-The Safety Based Technology Development and Substantiation of Small Hydrogen Powered Vessel)('RS-2022-00142947, The technology development on fuel cell electric propulsion system using Land Based Test Site) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea). This results was supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2021RIS-003).

Presenter*, Corresponding Author#(otlim@ulsan.ac.kr)

디젤 엔진 SCR 시스템의 향상된 성능을 위한 요소수 분사 균질도 분석 및 평가

정세원[1], 최정연[1], 양정주[1,*], 홍승완[1], 문성애[1], 심상현[1], 임옥택[2,#]

Analysis and evaluation of urea injection uniformity for enhanced performance of diesel engine SCR systems

Sewon Jeong[1], Jeongyeon Choi[1], Jeongju Yang[1,*], Seungwan Hong[1], Seongae Moon[1], Sanghyeon Sim[1], Ocktaeck Lim[2,#]

Graduate School of Mechanical Engineering, University of Ulsan[1], School of Mechanical Engineering, University of Ulsan[2]

Key Words : SCR, Uniformity Index, Urea, NOx, Diesel Engine, DeNOx

This study aims to evaluate the uniformity of urea injection in SCR (Selective Catalytic Reduction) systems and to enhance the uniformity of urea injection through system improvements. To assess the uniformity of urea injection within the catalyst, an SCR Uniformity Index (UI) was developed and used to determine the injection uniformity as the urea passes through the SCR UI. Simulations were conducted to evaluate whether the mixture of exhaust gas and urea could form optimal vortices in SCR systems with various mixer designs. A supercharger was utilized to simulate engine flow in the experiments, and a custom-made SCR UI system was employed. Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy was used to measure urea concentration, and the measured data were visualized to observe changes in urea concentration. The simulations indicated that the optimized mixer would form optimal vortices, and it is expected that the mixture of urea and exhaust gas will uniformly pass through 19 sampling points.

Acknowledgment : This work was supported by the ministry collaboration type human resource development program by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE, Korea) (P0025588, Future Automotive Technology Convergence Innovation Human Resources Development Project). This results was supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2021RIS-003). This work was supported by the National Research Foundation Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. RS-2023-00281590).

Presenter*, Corresponding Author#(otlim@ulsan.ac.kr)

미래차 소음 특성 향상을 위한 glass run channel의 마찰 특성 평가

전우현[1,*], 박지훈[1], 이승환[1], 이한빈[1], 정구현[2,#]

Assessment of friction characteristics of glass run channel to improve noise characteristics of future automobiles

W. H. Jeon[1,*], J. H. Park[1], S. H. Lee[1], H. B. Lee[1], K. H. Chung[2,#]

울산대학교 기계공학부 학사과정생[1], 울산대학교 기계공학부 교수[2]

Key Words : Future automobiles, Noise, Friction

기술 고도화와 함께 탄소중립 실현을 위한 환경적 요구 해소 등과 같은 문제의 해결 방안으로 미래차로의 전환이 점진적으로 진행되고 있다. 이에 따라 차량의 NVH 성능의 중요도가 증가하고 있어 관련 기술의 연구 및 개발이 필수적이다. 특히, 차량 부품에서 발생하는 마찰 현상은 효율성 저하, 마찰 이음 등과 같은 결과를 초래한다. 이는 부품 마모로 인한 소음 증가를 유발하여 차량의 정숙성과 NVH 성능을 저하한다. 마찰 및 마모 현상의 경우 소재의 기계적 물성, 접촉 방식, 소재 간 조합, 주변 온도 및 속도 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다. 이러한 이유로 같은 소재에 대해서도 실제 적용 환경을 고려한 다양한 조건에서의 실험적 연구를 통한 트라이볼로지 특성 파악 및 데이터베이스 구축이 필요하다. 본 연구에서는 glass run channel 소재로 많이 사용되는 EPDM의 트라이볼로지적 특성을 미세입자 투입 조건에서 reciprocating tribo-tester를 이용하여 평가하였다. 실험 조건은 glass run channel의 마찰 특성을 효과적으로 관찰할 수 있도록 선정하였다. 마찰 특성은 실시간으로 측정하였으며, 마모 특성은 실험 전·후 시편을 비교하여 분석하였다. 실험 결과, 일반적으로 미끄럼거리가 증가함에 따라 마찰력이 증가하는 것으로 나타났으나, 미세입자를 투입했을 때는 마찰력이 순간적으로 감소 후 증가하는 현상도 함께 관찰되었다. 실험 데이터를 통해 마찰 및 마모 특성 개선을 위한 데이터로 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 결과는 궁극적으로 미래차의 NVH 성능 향상에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

발표자*, 교신저자#(khchung@ulsan.ac.kr)

머신러닝 기반 수면장애 완화 시스템 개발

김현서[1,*], 김성민[2,#]

Machine Learning based Sleep Disturbance mitigate system development

H. S. Kim[1,*], S. M. Kim[2,#]

울산대학교 전기공학부[1], 울산대학교 기계공학부[2]

Key Words : Machine Learning, Obstructive sleep apnea, Transcutaneous electrical nerve stimulation,

본 연구는 잠재적으로 10억명 이상의 수면장애 환자들에게 건강한 삶과 높은 생산력을 제공할 수 있는 혁신적인 접근법을 제안한다. 주요 대상은 코골이와 폐쇄성 수면 무호흡증(이하 OSA) 증상을 보이는 환자들로, 이 증상들은 환자에게 수면 질의 저하에 따른 만성적인 피로, 심혈관 질환, 당뇨 등의 건강문제를 야기하고 개인의 생산력을 저하시키는 요인이 된다. 본 연구에서는 해당 문제를 개선하여 사회 전체의 생산력을 향상시키고자 한다.

이 연구는 수면 중 경피를 통한 설하신경(Hypoglossal Nerve) 전기 자극이 OSA 개선에 효과적임을 보여주는 선행 연구를 기반으로 한다. 머신러닝 기술을 활용하여 코골이를 정확히 감지하고, 산소포화도 센서를 통해 OSA를 식별하는 시스템을 개발한다. 증상 식별 시 경피적전기신경자극(TENS)으로 기도 근육의 수축을 유도하여 원활한 공기 흐름을 유도함으로써 코골이를 개선하고, OSA를 예방하는 것을 목표로 한다. 음성 분석과 산소포화도 분석을 통한 다단계 전기자극 프로세스를 통해 증상 예방 및 완화 방법을 제안한다.

이 연구는 기존 연구보다 개선된 근육 자극의 시점 및 세기 조절로 호흡 흐름을 개선하고 증상을 효율적으로 완화하는데 주안점을 둔다. 안전하고 효율적인 맞춤형 대안으로, 양압기(CPAP) 적응이 어려운 환자 및 경미한 수면장애 증상을 보이는 환자들에게 우수한 솔루션을 제공한다. 이 연구는 새로운 기술적 접근을 통해 수면장애로 인한 건강 문제를 예방하고 생산력을 증진시킬 수 있는 가능성을 보여준다. 전기 자극을 통한 정밀한 증상 완화 방법은 환자의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 유망한 해결책으로 자리잡을 것이다.

발표자*, 교신저자#(sungminkim.ulsan.ac.kr)

자가 발전을 이용한 회전 장치

이주원[1], 김현우[1,*], 곽채민[1], 김명훈[1], 김대한[2], 이호준[1,#]

Research on self-powered rotating devices

J. W. Lee[1], H. W. Kim[1,*], C. M. Kwak[1], M. H. Kim[1], D. H. Kim[2], H. J. Lee[1,#]

청주대학교 전기제어공학과[1], ㈜원클릭에이아이

Key Words : Self-power rotating device, Renewable energy harvesting, Actuator

본 연구는 자가 발전을 이용한 회전 장치를 설계하고 이를 실험적으로 검증하는 것을 목표로 한다. 자가 발전 기술을 이용하여 외부 전력 공급 없이 회전 장치를 구동할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 주로 바람, 태양광, 물 흐름 등의 자연 에너지를 이용하여 자가 발전을 수행하며, 생성된 전력을 회전 장치에 공급한다. 실험을 통해 시스템의 효율성과 실용성을 평가하였으며, 결과적으로 자가 발전 기술의 가능성을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0022066, 미래형 자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

발표자*, 교신저자#(hjlee@cju.ac.kr)

1. 서 론

에너지 자립과 지속 가능성은 현대 사회에서 중요한 이슈로 대두되고 있다. 특히, 외부 전력 공급 없이 자가 발전을 통해 구동되는 장치는 다양한 분야에서 그 활용 가능성이 높다. 본 연구에서는 자연 에너지를 이용한 자가 발전 기술을 회전 장치에 적용하여, 외부 전력 공급 없이도 안정적으로 작동할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 이를 통해 에너지 절약과 환경 보호에 기여하고, 다양한 응용 가능성을 모색한다.

2. 시스템설계 구현

본 연구에서 제안하는 자가 발전 회전 장치는 주로 태양광과 바람을 이용한 자가 발전 모듈과 회전 장치로 구성된다.

① 자가 발전 모듈: 태양광 패널과 풍력 터빈을 사용하여 전력을 생성한다. 태양광 패널은 태양 에너지를 전기 에너지로 변환하고, 풍력 터빈은 바람 에너지를 이용하여 발전기를 구동함.
② 회전 장치: 자가 발전 모듈에서 생성된 전력을 이용하여 회전 운동을 수행한다. 회전 장치는 전기 모터와 연결되어 있으며, 생성된 전력을 안정적으로 공급받아 작동함.
③ 에너지 저장 장치: 생성된 전력을 저장하여 필요할 때 사용할 수 있도록 한다. 배터리나 축전지를 사용하여 에너지를 저장하며, 이를 통해 일관된 전력 공급이 가능함.

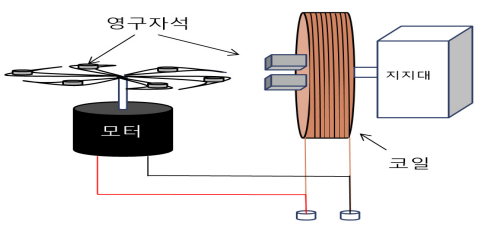


그림 1. 자율주행 시스템의 구성

3. 시스템의 활용분야

시스템은 자연 에너지를 이용하여 자가 발전을 수행하고, 생성된 전력을 회전 장치에 공급하는 방식으로 작동한다.

① 태양광 발전: 태양광 패널은 태양 에너지를 흡수하여 전기를 생성하며, 이 전기는 직류 전력으로 변환되어 저장 장치로 전달됨.
② 풍력 발전: 풍력 터빈은 바람 에너지를 이용하여 회전 운동을 생성하고, 이 운동은 발전기를 통해 전기로 변환됨.
③ 전력 관리: 생성된 전력은 에너지 저장 장치에 저장되며, 필요 시 회전 장치에 공급된다. 이를 통해 안정적인 작동이 가능함.

4. 실험결과 및 고찰

실험은 다양한 자연 환경에서 자가 발전 모듈의 성능을 평가하고, 회전 장치의 구동 가능성을 테스트하는 방식으로 진행되었다. 태양광과 바람이 충분한 외부 환경에서 시스템을 설치하고, 발전량과 회전 장치의 작동을 모니터링하였다.

실험 결과, 자가 발전을 이용한 회전 장치는 외부 전력 공급 없이도 안정적으로 작동할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이는 에너지 자립을 통한 지속 가능한 시스템 구축에 기여할 수 있는 가능성을 보여준다. 다만, 태양광과 풍력 에너지는 날씨에 영향을 받기 때문에, 에너지 저장 장치의 용량을 증가시키거나 다른 형태의 자연 에너지를 추가로 활용하는 방법이 필요할 것으로 보인다. 향후 연구에서는 다양한 환경에서의 장기적인 성능 평가와 함께 시스템의 효율성을 더욱 향상시키기 위한 방안을 모색할 예정이다.

5. 실험결과 및 고찰

본 연구는 자가 발전을 이용한 회전 장치를 개발하고, 이를 실험적으로 검증하였다. 자연 에너지를 이용한 자가 발전 기술은 외부 전력 공급 없이도 안정적으로 작동할 수 있는 가능성을 보여주었으며, 이는 에너지 절약과 환경 보호에 기여할 수 있는 중요한 기술이다. 향후 연구에서는 더욱 다양한 환경에서의 성능 평가와 시스템 최적화를 통해 실용성을 높이고, 실제 적용 가능한 자가 발전 시스템을 개발하고자 한다.

카메라 기반 자율주행 및 충돌 방지 시스템에 관한 연구

김현우[1,*], 김지원[1], 조영호[1], 김찬교[1], 이주원[1], 김대한[2], 이호준[1,#]

Research on camera-based autonomous driving and collision avoidance systems

H. W. Kim[1,*], J. W. Kim[1], Y. H. Cho[1], C. K. Kim[1], J. W. Lee[1], D. H. Kim[2], H. J. Lee[1,#]

청주대학교 전기제어공학과[1], ㈜원클릭에이아이

Key Words : Camera-based autonomous driving, Collision avoidance system, Deep learning for image analysis

본 연구는 카메라 기반 자율주행 및 충돌 방지 시스템을 개발하고 이를 실차에 적용하여 성능을 검증하는 것을 목적으로 한다. 영상 분석을 통해 도로 및 장애물 인식을 수행하고, 딥러닝 모델을 활용하여 자율주행 경로를 예측한다. 개발된 시스템은 라즈베리 파이와 카메라 모듈을 기반으로 하여 실시간으로 데이터를 처리하며, 실제 차량에 탑재하여 다양한 주행 상황에서 테스트하였다. 본 연구를 통해 카메라 기반 자율주행 시스템의 실효성과 충돌 방지 성능을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0022066, 미래형 자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

발표자*, 교신저자#(hjlee@cju.ac.kr)

1. 서 론

자율주행 기술은 현대 자동차 산업에서 가장 중요한 연구 분야 중 하나로, 특히 카메라 기반의 영상 분석 기술은 자율주행 시스템의 핵심 기술로 자리 잡고 있다. 기존의 센서 기반 자율주행 시스템은 높은 비용과 복잡한 구조로 인해 대중화에 한계가 있었다. 본 연구는 저비용의 카메라 모듈과 딥러닝 기술을 결합하여 실시간으로 도로 및 장애물 인식을 수행하고, 이를 바탕으로 자율주행 및 충돌 방지 시스템을 개발하고자 한다. 본 논문에서는 영상 분석 기반 자율주행 시스템의 설계 및 구현 과정을 상세히 기술하고, 실제 차량을 이용한 테스트 결과를 통해 시스템의 성능을 검증한다.

2. 시스템설계

본 연구에서는 라즈베리 파이와 카메라 모듈을 이용하여 자율주행 시스템을 구현하였다. 시스템은 크게 영상 캡처 모듈, 영상 분석 모듈, 주행 제어 모듈로 구성된다.

① 영상 캡처 모듈: 라즈베리 파이에 연결된 카메라 모듈을 통해 실시간으로 영상을 캡처한다. 캡처된 영상은 OpenCV 라이브러리를 사용하여 전처리된 후, 분석 모듈로 전달됨.

② 영상 분석 모듈: 딥러닝 모델을 이용하여 도로 및 장애물을 인식한다. 본 연구에서는 TensorFlow를 이용하여 모델을 학습시켰으며, 주행 환경에 맞추어 최적화함

③ 주행 제어 모듈: 분석 모듈에서 도출된 결과를 바탕으로 차량의 주행 경로를 제어한다. 라즈베리 파이를 통해 모터와 서보 모터를 제어하여 차량의 방향과 속도를 조절함.

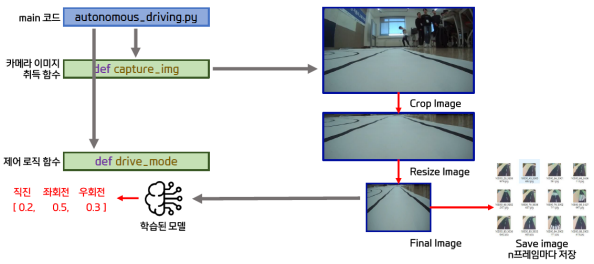


그림 1. 자율주행 시스템의 구성

3. 딥러닝 모델 학습

본 연구에서는 다양한 주행 데이터를 수집하여 딥러닝 모델을 학습시켰다. 주행 데이터는 도로 유형, 장애물 위치, 주행 속도 등의 다양한 조건을 포함하고 있으며, 학습된 모델은 이러한 데이터를 바탕으로 정확한 주행 경로를 예측할 수 있도록 설계하였다.

① 데이터 수집: 실제 도로 환경에서 다양한 주행 데이터를 수집하였으며, 수집된 데이터는 전처리를 거쳐 학습용 데이터셋으로 구성함.

② 모델 학습: TensorFlow를 이용하여 학습된 모델은 Convolutional Neural Network (CNN) 구조를 기반으로 하며, 다양한 주행 상황에 대한 예측 성능을 향상시키기 위해 최적화함

4. 결 론

본 연구는 카메라 기반 자율주행 및 충돌 방지 시스템을 개발하고, 이를 실제 차량에 적용하여 성능을 검증하였다. 실험 결과, 시스템은 다양한 주행 환경에서 높은 성능을 보였으며, 저비용의 하드웨어를 이용한 실효성을 입증하였다. 향후 연구에서는 더욱 다양한 환경에서의 데이터 수집 및 모델 최적화를 통해 시스템의 성능을 향상시키고자 한다.

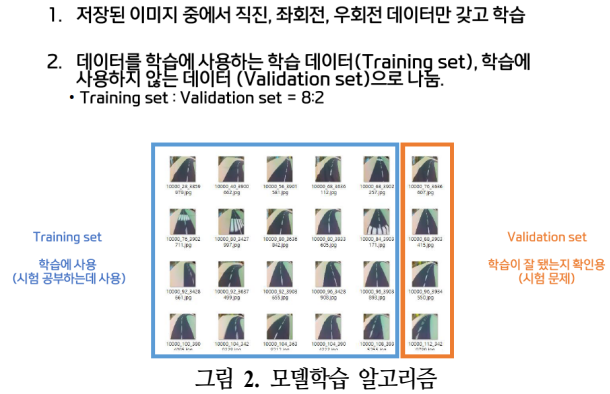


그림 2. 모델학습 알고리즘

볼 스크류 리니어 가이드를 이용한 자동화 탕후루 제조 기계

강현진*, 류다은, 류승연, 박유진, 송민규, 박선호#, 김태정#, 조구영#

Automated Tanghulu manufacturing machine using ball screw LM guide

H. J. Kang*, D. E. Ryu, S. Y. Ryu, Y. J. Park, M. G. Song, S. H. Park#, T. J. Kim#, G. Y. Cho#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Ball screw LM guide, Automated process, Lumped capacitance method, Tanghulu

과일에 뜨거운 설탕물을 입혀 만드는 탕후루 제조 과정은 전부 수작업으로 진행되는데, 수요가 증가함에 따라 인건비 문제와 화상의 위험이 증가한다. 이에 본 설계는 트레이에 담긴 과일에 자동으로 대나무 꼬치를 꽂아주고, 설탕물을 입히는 과정과 이를 냉각시키는 과정 또한 자동으로 진행할 수 있는 기계를 제시하여 위에서 언급한 문제점들의 해결방안에 대해 제시하고자 한다.

본 설계에서 볼 스크류 리니어 가이드를 이용하여 과일을 꼬치로 꽂는 방식을 채택하여, 다양한 크기의 과일을 일정한 힘과 속도로 꼬치에 꽂을 수 있는 자동화 방식을 선택하였다. 이때 리니어 가이드의 일정한 속도와 힘을 유지하기 위해 스텝모터를 활용하였다. 또한 과일을 꼬치에 꽂은 후, 다음 공정을 진행하기 위해 리니어 가이드가 좌우로 움직이는 과정에서 서보모터를 이용함으로써 꼬치를 들어 올려 트레이에 과일꼬치가 걸리지 않는 방식을 선택하였다. 이때 스텝모터와 서보모터의 제어는 아두이노를 활용하여 일련의 공정 과정이 이루어지도록 한다. 가열판을 사용하여 탕후루 제작에 필요한 설탕물을 제작하며, 제작된 설탕물이 굳지 않도록 가열에 필요한 전력과 강제 대류로 손실되는 전력을 모두 고려한 가열판을 선정한다. 설탕물 제작에 필요한 온도와 시간은 설탕의 물성치 값들을 이용해 계산한다. 설탕물 냉각의 경우 Lumped Capacitance method를 활용하여 계산된 냉각 시간에 적합한 냉각팬을 선정하는 방식으로 진행한다.

설탕물을 가열하여 시럽을 제작하고 과일에 꼬치를 균일한 힘으로 밀어 넣는 기능이 공통으로 존재하지 않는 종래 기술과 차이를 두기 위해 앞서 언급한 기능을 모두 포함함으로써 사람의 개입을 줄여 품질 안정화와 안정성을 확보하고자 한다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022075, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업).

발표자*, 교신저자#(daeun2a@gmail.com)

ERP-42를 이용한 자율주행 자동차

최찬규*, 민준기, 한지윤, 김동민, 박준건, 최유진, 김건협, 조건웅, 유준상, 고수진, 이희윤#, 조구영#

Autonomous vehicle using ERP-42

C. G. Choi*, J. G. Min, J. Y. Han, D. M. Kim, J. G. Park, Y. G. Choi,
G. H. Kim, G. U. Jo, J. S. Yu, S. J. Ko, H. Y. Lee#, G. Y. Cho#

단국대학교 기계공학부

Key Words : Autonomous vehicle, Perception, Decision, Control, Sensor fusion, Point cloud down sampling, Sliding window, Stanley method, Localization, Lane detection, Obstacle avoidance

자율주행차량 관련 기술은 오랜 기간 동안 많은 연구가 진행되었다. 이에 따라 최근 운용되는 자율자동차는 자율주행 2단계를 넘어서 3단계에 도달하고 있다. 그러나, 자율주행 차량들의 사고 사례가 잇따르면서 자율주행 시장이 위축되고 있는 추세이다. 따라서 새롭고 획기적인 자율주행 기술 개발 이전에, 자율주행 기술의 인지 및 판단 신뢰성을 높이는 것이 더욱 중요해졌다. 따라서 본 연구에서는 이러한 인지 및 판단 신뢰성을 높이기 위하여 자율주행을 인지, 판단, 제어로 분리한 뒤 인지 부분을 중점적으로 연구하였다. LiDAR, Camera, GPS, IMU 등의 센서를 이용하여 주변 상황 인지 및 로컬라이징을 수행하였고 이에 따라 판단과 제어를 하도록 알고리즘을 구성하였다. Camera를 이용해 차선 및 정지선 인식 그리고 Yolov8을 이용한 2D 객체인식을 진행하였다. 높은 인지 정확도를 위하여 LiDAR 포인트 클라우드 데이터 전처리, 적응형 클러스터링 알고리즘, LiDAR-Camera 센서 퓨전, 슬라이딩 윈도우 등의 기법을 활용하여 자율주행차량 환경 인지를 수행하였다. 또한, 전역경로를 생성하고 Pure pursuit 기법을 사용하여 차량의 전역경로 추종을 수행하였다. 이에 따라 정적 및 동적 장애물 회피, 신호등 및 표지판 인식, 차선 인식 등의 알고리즘을 구현하였다. 또한, 알고리즘을 검증하기 위하여 주차, 회피 주행, 긴급 정지 등의 미션을 선정하여 차량을 구동하였고, 각 미션에 따라 적절한 알고리즘이 활용되어 자율주행차량이 제어됨을 확인하였다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022075, 2023년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업). 이 논문은 2024년도 한국교통안전공단, 한국자동차안전학회의 '대학생 창작모빌리티 경진대회'의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#

전동 사이드 덤프 수레 개선 및 제작

박하준*, 김승환, 김영은, 신현우, 이세형, 김태정#, 조구영#

Fabrication and improvement of electric side dump cart

H. J. Park*, S. H. Kim, Y. E. Kim, H. W. Shin, S. H. Lee, T. J. Kim#, G. Y. Cho#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Electric side dump cart, Safety, Loading and unloading, Steering, High productivity, Industrial material handling, Design and fabrication

본 설계는 산업 현장에서 물건을 효과적으로 적재하고 운반할 수 있는 “전동 사이드 덤프 수레”의 제작에 관한 연구이다. 제품의 크기는 364.0mm x 477.8mm x 497.2mm이고 최대 16kg의 적재 중량을 가지고, 스피드 컨트롤러를 통해 2.4~3.6km/h의 속도로 구동되고 최대 허용 경사는 10도이며, 구동시간은 1시간으로 경제성이 뛰어난 알루미늄 프로파일로 제작되었다. 주요 기능은 전진 구동, 제동, 적재 및 하적(사이드덤핑)을 주 기능으로 한다. 본 설계는 10도 경사를 기준으로 한 150W의 모터 구동동력 설계, 1시간 구동시간을 만족하는 배터리의 설계, 긴장측 장력을 만족하는 벨트 및 풀리의 설계, 특이 함수법을 통한 처짐, 비틀림, 동하중을 만족하는 축의 강도 및 강성 설계, 무한 수명 설계를 만족하는 베어링의 설계, 필요 제동력 및 열응력을 만족하는 브레이크 시스템의 설계, 발열 안전성 및 조향 기능을 포함하는 핸들부의 설계, 안전계수를 만족하는 적재함의 설계를 포함하고 있다. 본 보고서를 통해 설계 과정, 제작 단계 및 최종 평가 결과를 상세히 기술하였으며, 이를 통해 제품의 실용성 및 최대 경사각(10도)에서의 전도 방지와 같은 안전성을 입증하였다. 결론적으로 이 수레는 산업 현장에서의 적재 및 하적작업을 효율적으로 수행할 수 있도록 고안되었으며, 생산에 있어서는 대량생산에 적합하고 경제성이 좋은 알루미늄 프로파일과 같은 재료를 활용함으로써 제작의 용이성을 확보하여 향후 본 제품이 낮은 생산 단가 및 높은 생산성을 바탕으로 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있기를 기대한다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022075, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업).

발표자*, 교신저자#(김태정: taejungkim@dankook.ac.kr)

자율 주행 기능이 있는 AED 보관함

안수현*, 권순기, 박범진, 이정헌, 이현민, 송지현#, 조구영#

Automated External Defibrillator locker with autonomous driving

S. H. Ahn*, S. Kwon, B. J. Park, J. H. Lee, H. M. Lee, J. H. Song#, G. Y. Cho#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Automated External Defibrillator(AED), Autonomous driving, Line tracing, Object recognition

국내 심장질환에 의한 사망률은 전체 사망률의 10%대이며, 특히 50대 이상부터 심장질환에 의한 사망률이 높아지고 있다. 심정지 의료기기인 자동심장충격기(AED)의 보급률은 증가하고 있으나, AED 사용에 대한 교육 부족과 보관 위치 인지 부족으로 사용률은 저조한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 AED 사용률 향상을 위해 주행과 객체 인식 기술을 활용한 자동충격기 사용 보조 기능을 포함한 보관함을 개발하였다.

자동충격기 보관함은 자율주행을 담당하는 구동부와 AED 보조를 담당하는 보조부로 구성된다. 구동부는 심정지 환자 위치를 파악하고 자율주행을 통해 심정지 환자 위치까지 도달한다. 보조부에서는 상단에 설치된 카메라 센서로부터 얻은 이미지의 객체 인식을 통해 환자의 신체 데이터를 획득한다. 레이저를 통해 심부압박 위치와 AED 패드 부착 위치를 가이드 한다. 위와 같은 방법을 통해 제작된 보관함은 모델링 테스트와 삼각법 계산을 통해 유아부터 성인까지 다양한 체형에 대하여 AED 패드 부착 위치의 가이드가 가능함을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 보관함은 기존의 AED 보관함을 대체할 수 있으며, 기존 보관함의 단점인 보관 위치 인지 부족과 AED 사용 미숙 등의 문제점을 개선할 수 있다. 이를 통해 AED 사용률 증가와 심정지환자 골든 타임 확보를 기대할 수 있다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022075, 2023년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업).

발표자*, 교신저자#(송지현: jhsong@dankook.ac.kr)

메쉬의 처짐 감지를 이용한 자동 자세 제어 의자

유승민*, 이종환, 김유상, 김준성, 이중엽, 배성재#, 조구영#

Automatic posture control chair using sag detection in the mesh

S. M. Ryu*, J. H. Lee, Y. S. Kim, J. S. Kim, J. Y. Lee, S. J. Bae#, G. Y, Cho#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Sagging, automatic posture control, Linear actuactor, Chair

본 연구는 의자의 좌판 프레임부에 센서를 탑재하여 사용자가 올바르지 않은 자세로 앉아있는지 실시간으로 인식 및 판단한다. 이를 바탕으로, 부적절한 자세를 자동 교정하는 의자를 개발하는 것을 목표로 한다. 장시간 앉아서 생활하는 현대인들의 부적절한 자세 문제를 해결하기 위하여 레이저 거리 감지 센서와 센싱 결과에 따른 자세 인식 알고리즘을 이용해 이 시스템을 설계하였다. 현재 통용되는 의자는 신체 구조에 적합한 형상의 의자 혹은 자세를 물리적으로 고정하는 수동적인 방식의 교정으로 인해 사용자가 불편함을 느낄 수 있다는 단점을 가지고 있다. 좌판 프레임에 대해 전반부에 내장된 레이저 거리 감지 센서를 이용한다. 센서에서 인식되는 메쉬 사이의 거리가 일정 거리 이내로 감지되는 경우 액추에이터에 의한 각도 조절과 모터를 이용한 무한궤도 이송을 통해서 사용자의 자세를 교정할 수 있다. 자세 인식 알고리즘은 매쉬와 거리 감지 센서 사이의 거리를 기반으로 바른 자세로 인식되지 않는 경우, 사용자의 무게중심과 위치를 이동시켜 올바른 자세로 유도한다.

본 연구의 기대 결과로는 사용자의 자세가 자동으로 교정됨으로써, 사용자가 의식적으로 부적합한 자세를 인식 및 교정을 실시하기 이전에 자세가 수정되므로 올바르지 않은 자세로 인한 척추 질환 및 통증을 예방할 수 있는 결과를 기대한다. 또한, 건강한 작업 환경을 조성하고, 자세 교정에 효과적인 도구를 제공함으로써, 사용자가 장시간 노출되는 작업 환경에서 효율성과 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022075, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업).

발표자*, 교신저자#(배성재: sbai@dankook.ac.kr)

급발진 모니터링 및 비상 제동 시스템

김재호*,#, 박재형, 조승희, 남기범, 강지원

Sudden unintended acceleration monitoring and emergency braking system

J. H. KIM*,#, J. H. Park, S. H. Jo, K. B. Nam, J. W. Kang

인천대학교 전기공학과

Key Words : Sudden unintended acceleration, monitoring, emergency braking system

최근 급발진 의심 사고가 잦아지면서 이에 대한 사회적 관심이 크게 증가하고 있다. 그러나 이러한 사고의 명확한 원인을 규명하는 방법이 부족하며, 특히 고령 운전자는 이러한 상황에서 대처하는 데 취약하다. 본 프로젝트는 이러한 문제를 해결하기 위해 고령 운전자를 위한 '급발진 모니터링 및 비상 제동 시스템'을 개발하였다. 이 시스템은 아두이노 우노와 초음파 센서를 활용하여 브레이크 및 가속 페달의 압력을 실시간으로 모니터링하고, 대시보드에 설치된 LED를 통해 운전자가 이를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. LED는 페달의 압력 변화에 따라 색상이 변하여 운전자가 가속 페달과 브레이크 페달의 상태를 직관적으로 파악할 수 있게 한다. 또한, 비상 스위치 입력 시 두 개의 리니어 액추에이터가 기어를 자동으로 D에서 N으로 변경하고, 서보 모터가 페달 브레이크를 단계적으로 작동시키며, 전자식 사이드 브레이크를 동시에 활성화하여 차량을 안전하게 정지시킬 수 있는 비상 제동 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 차량의 기존 소프트웨어와 완전히 독립적으로 작동하여 기기 결함이나 기존 차량 소프트웨어에 간섭을 주지 않으며, 전원은 12V 시가잭을 통해 공급된다. 이러한 특성 덕분에 이 시스템은 모든 차량에 적용 가능하며, 다양한 운전자의 안전을 크게 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2024년도 인천대학교의 '미래형자동차 기술융합혁신인재양성사업 대학연합 캡스톤디자인 경진대회'의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(rstjh2129@gmail.com)

어린이 보호구역의 사고를 줄이기 위한 감속 알고리즘 개발

이정호[1,*,#], 김경태[1], 조유찬[2]

Development of a deceleration algorithm to reduce accidents in children's sanctuaries process

J. H. Lee[1,*,#], K.T. Kim[1], Y. C. Joo[2]

인천대학교 전기공학부[1], 인천대학교 바이오-로봇시스템 공학부[2]

Key Words : School zone, Automobile, Algorithms

어린이 보호구역이 설치되고 나서도 교통사고는 계속 발생하고 있으며 그 사고 건수는 약 500건 가까이된다. 우리는 이 사고를 줄이기 위해 RGB 센서를 이용해서 구역에 차량이 진입 시 가속 가능한 속도를 줄이는 알고리즘을 만들었다. 가상의 도로와 자동차로 낮과 밤의 도로 환경을 구성하여 실험을 진행했으며 정상 작동하는 것을 확인하였다. 우리가 만든 시스템은 이후 자율주행차의 주행에 보조적인 도움을 줄 수 있으며 사고율을 줄이는데 크게 기여 할 수 있을 것으로 전망된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '인재양성사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1234567-8910)

발표자*, 교신저자#(siloyo99@naver.com)

태양광 이용 전기차

김하민*, 김영승, 김민준, 최나은

Electric vehicle using solar power

H. M. Kim*, Y. S. Kim, M. J. Kim, N. E. Choi

팀 전메특허, 인천대학교 미래자동차연계전공

Key Words : Solar panels and solar tracker, Battery efficiency, Sustainable mobility

태양광 전지판을 차량 지붕에 장착하여 전기에너지를 생산하고 배터리를 충전합니다. 태양광 추적기의 원리를 사용하여 충전 효율을 최대화합니다. 태양광 전지판으로 주행중에도 생산한 전력을 다시 주행에 사용하여 주행거리를 증가 시킬 수 있습니다. 또한 충전된 전력은 보조 전원의 역할을하여 방전이 일어나지 않게 해주고, 이는 배터리 수명 향상에 도움을 줍니다. 태양광 기술과 전기차의 융합은 배터리 효율성을 높이고 친환경적인 운행을 가능하게 합니다. 이는 지속 가능한 미래 모빌리티의 핵심 요소가 될 것입니다.

발표자*(khamink@naver.com)

연료전지 물류 로봇 개발

길민철*, 나정호, 남호성, 박재완, 박종호, 신재철, 조진현, 이윤호#

Development of hydrogen fuel cell powered delivery robots

M. C. Kil*, J. H. Na, H. S. Nam, J. W. Park, J. H. Park, J. C. Shin, J. H. Jo, Y. H. Lee#

울산대학교 기계자동차공학부

Key Words : Hydrogen fuel cell, Robot

수소 연료전지는 기존 내연기관 혹은 배터리와 비교하여 이산화탄소 배출 저감 혹은 빠른 충전의 장점으로 현재의 물류 시스템의 환경 문제와 효율성을 개선할 수 있는 효과적인 에너지 변환 장치입니다. 하지만 아직 상용화되기 위해서는 소형화, 효율향상, 비용절감, 운영 노하우 축적 등의 추가적인 노력이 필요합니다. 따라서 본 프로젝트에서는 이러한 문제점 해결을 위해 30W급 공냉식 연료전지를 활용한 물류 로봇을 개발하고자 합니다.

우선 연료전지의 전류에 따른 전압의 변동 및 BOP(balance of plant) 기생 전력에 의한 전압 강하를 해결하기 위한 변압 및 필터 회로를 직접 설계하고 전력 안정화를 수행하였습니다. 이 결과로 연료전지에서 나오는 전력은 부하와 상관없이 12V의 고정 전압을 액추에이터에 전달합니다. 또한 효과적인 물류 운송을 위해 포크와 기어를 장착하여 물건을 운반하고 위아래로 동작시키는 기능도 탑재하였습니다. 포크 및 기어 리프트 부품을 설계, 3D프린터로 제작하여 실물을 제작하고 검증하며 디자인 최적화를 수행하고 있습니다. 최종적으로 무인화된 물류로봇을 위해 라이더 센서를 활용하여 자율주행 시스템 구축을 계획하고 있습니다.

이를 통해 수소 연료전지를 활용한 물류 로봇의 개발은 물류 산업에 혁신과 효율성을 가져올 것으로 기대됩니다.

발표자*(rlfalscjf99@gmail.com), 교신저자#(yhlee@ulsan.ac.kr)

음향신호 간섭 최소화를 위한 CAE 해석기반 흡음구조 최적설계

정의철*, 홍석관#

A study on the optimal design of sound-absorbing structures based on CAE analysis to minimize acoustic signal interference

E. C. Jeong*, S. K. Hong#

한국생산기술연구원 디지털생산부문

Key Words : Acoustic signal, Wear prediction, Sound tunnel, Sound absorbing, CAE analysis

프레스 성형 공정에서 펀치(punch)와 다이(die)의 마모 및 파손은 제품의 생산성 저하와 작업자의 안전 문제를 야기할 수 있기 때문에 펀치와 다이의 수명을 정확히 예측하여 적절한 시기에 교차나 수리가 이루어지는 것이 중요하다. 이를 위해 사운드 터널을 프레스 금형 하부에 구성하고, 음향신호를 수집 및 모니터링하여 펀치의 수명을 예측하는 시스템을 구성할 수 있다. 그러나 다수의 펀치로 구성된 프레스 금형의 경우 펀칭 공정 시 발생하는 음향신호 간의 간섭이 발생하게 되며, 이는 수집되는 데이터의 정확성과 신뢰성을 떨어뜨린다. 이에 본 연구에서는 이러한 음향신호 간의 간섭을 최소화하기 위해 CAE 해석을 활용한 사운드 터널 내 흡음구조의 최적설계를 수행하였다. 사운드 터널 내 흡음구조는 격자(lattice)구조로 이루어진 다공성 흡음재와 TAM(Transfer Admittance Matrix)로 구성되어 있으며, 다공성 흡음재의 공극률, 반경, 길이 및 TAM의 직경, 패턴 간격, 두께 등을 변수화 하여 최적설계를 수행하였다. 다목적 유전 알고리즘(MOGA, Multi-Objective Genetic Algorithm)을 활용한 흡음구조 최적설계 결과, 흡음 성능이 필요한 주파수(600 Hz) 영역에서 흡음구조 없이 사운드 터널만 구성했을 때 약 0.3 dB의 흡음 성능이 나타난 것에 비해 최적화된 흡음구조 적용 시 약 40 dB의 흡음 성능이 나타남을 확인하였다. 이를 통해 흡음구조를 사운드 터널 내에 적용할 경우 음향신호 간의 간섭과 노이즈를 효과적으로 최소화하여 펀치 수명 및 마모 예측 시스템의 정확도를 높여 프레스 성형 공정의 효율성과 제품 품질을 향상 시킬 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

후기 이 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정 기술개발(KITECH EO-24-0005)”의 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(skhong@kitech.re.kr)

지반 안전성 분석을 위한 데이터 처리에 관한 연구

장홍석*, 차영택, 최성준#

A study on data processing for UnderGround stability analysis

H. S. Jang*, Y. T. Cha, S. J. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : Electrical resistivity tomography, Four electrode method, Heavy construction equipment

본 연구에서는 중대형급 건설 장비의 전도를 사전에 예방하기 위한 방법으로, 전기 비저항 탐사를 활용한 지반의 상태 분석과 이의 기초 데이터 처리를 다양한 방법으로 분석하였다. 전도 사고는 고중량물 이송이나 과도한 작업 범위 이외에 싱크홀이나 지하수로 인한 연약지반에 의해서도 발생한다. 작업 중의 사고는 다양한 센서와 시스템에 의해 사고를 예측할 수 있지만, 연약지반에 의한 사고는 순간적으로 발생하기 때문에 미리 예방할 수 있는 방법이 필요하다. 전기 비저항 탐사는 전극을 이용하여 지반의 전기 비저항을 측정하고 수치해법을 통해 지반의 구조를 파악할 수 있어 지반의 안전성을 분석하기에 용이하다. 일반적으로 전극의 다양한 배치를 통해 다수의 데이터를 확보한 뒤, 수치해법 기반의 역산 과정을 거쳐 지반의 구조를 예측한다. 다만, 별도의 지반 분석 프로그램이 필요하며, 수치해법의 방법에 따라 정밀도와 분해능의 차이를 보인다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 측정된 기초 데이터만으로 연약지반을 판별할 수 있도록 데이터 시계열화, 이미지화 등의 다양한 방법으로 분석하였다. 이러한 방법들을 통해 수치해법 기반의 역산 과정을 거치지 않고도 지반의 안전성을 파악할 수 있으며, AI 학습 과 연계하여 분해능을 높일 수 있는 결과를 도출하였다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

LSTM을 이용한 강관 압입 작업성 분석에 관한 연구

장홍석*, 최성준#

A Study on the Piling Workability analysis of Steel Tube Using LSTM

H. S. Jang*, S. J. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : LSTM(Long Short Term Memory), Pile driver, Reinforcement learning

강관압입기는 기초토목공사 장비 중 하나로, 연약 지반을 보강하거나 고중량 건축물을 건설하기 위한 지반 강화 용도로 활용된다. 항타기와 달리 4~6m 길이의 강관을 수직 상태에서 회전을 통해 지반에 압입하는 방식이며, 여러 개의 강관을 용접 작업을 통해 결합하여 수십 미터의 깊이까지 압입한다. 효율적인 강관 압입은 조작자의 작업 능력과 무거운 강관을 장착 후 용접 결합을 위한 작업 시간에 따라 결정된다. 현재의 기술로는 작업자들의 수작업에 의한 강관 교체 시간과 노동력이 부가되어 작업 효율이 떨어지기 때문에, 압입 작업의 자동화 기술 적용을 통해 작업 능률을 높일 수 있다. 강관 압입 자동화 기술을 통해 압입 시간을 단축할 수 있으며, 압입 작업에 따른 안전 또한 예측이 가능하다.

본 연구에서는 이러한 강관 압입 자동화 기술에 대한 연구를 수행하였으며, LSTM(Long Short Term Memory)을 이용하여 강관 압입 속도와 시간을 예측하였다. 실제 강관압입기 조작을 통해 강관 압입 작업 데이터를 기반으로 학습 모델을 구성하였고, 다양한 환경(연약지반, 암반 등)에서의 압입 속도, 깊이, 시간 등 작업 효율을 높이기 위한 연구를 수행하였다. 추후, LSTM 기반의 강화학습을 통해 AI 기반 강관 압입 제어 자동화에 적용할 예정이다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

직진성을 고려한 퍼터에 대한 연구

이강수*,#, 육치호, 노관희, 박혜린

Research on a putter considering straightness

K. -S. Lee*,#, C. H. Yuk, K. H. Noh, H. R. Park

국립한밭대학교 기계공학과

Key Words : Putter, Straigntness, Functionality, Ergonomics, Swing

여가 활동으로 골프 인구는 급증하고 있으며, 골프 경기를 할 때 점수와 관계 깊은 퍼팅의 중요성을 인지하고 있다. 그립을 몸에 붙여 치며 직진성이 좋다고 평가되던 롱 퍼터가 한때 인기가 있었으나, 미국프로골프(USGA)와 영국왕실골프협회(R&A)는 2016년부터 그립을 몸에 붙여 치는 퍼팅 방법을 금지하였다. 골퍼는 퍼팅할 때 공이 원하는 방향으로 가길 원하나 퍼팅 스윙 궤적이 직선이 아니기 때문에 공이 곧바로 가기 어렵다, 특히, 개인별로 체형이 다르고 익숙한 스윙 동작이 다르나, 시중에 시판되고 있는 대중적인 퍼터는 표준화된 외국인 체형에 맞게 개발되어 있고 아이언 스윙 궤적과 유사한 궤적을 고려하여 개발되어, 국내 일반인 골퍼들이 퍼팅을 어렵게 느끼고 있다. 그래서 국내 골퍼들이 퍼팅할 때 익숙한 스윙 궤적에서 공이 곧바로 가는 퍼터에 대한 연구를 수행하였다.

이 연구에서는 테일러메이드 스파이더 투어 X DB, ODYSSEY 화이트 핫 OG 7번, 타이틀리스트 스카티카메론 슈퍼 셀렉트 뉴포트 2, 캘러웨이 ODYSSEY DFX 7번 등과 같이 대중적으로 인기 있는 퍼터를 벤치마킹하여 비교 대상을 선정하였으며, 비교 대상보다 직진성이 좋도록 연구를 수행하였다. 이 과정에서 퍼팅 스윙 궤적과 스윙 동작, 퍼터의 그립 등을 주로 고려하였다.

후기 이 논문은 교육과학기술부의 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0) 3차년도 산학공동기술개발과제로 수행되었음.

발표자*, 교신저자#

예압축 효과 극대화를 위한 이중 진동노즐 위상각 최적화 분석

전재민[1,*], 이영림[2,#]

Analysis of dual vibration nozzle phase angle optimization to maximize pre-compression effectiveness process

J. M. Jeon[1,*], Y. L. Lee[2,#]

공주대학교 기계자동차공학부 기계설계공학전공[1], 공주대학교 기계자동차공학부[2]

Key Words : Linear compressor, Pre-compression, Vibrating nozzels, Phase angle

최근 지구 온난화로 인한 에너지 소비 감소의 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라 에너지 소모량을 줄이기 위해 많은 노력이 이루어지고 있다. 이 중 냉장고에 사용되는 에너지는 가정 전력사용량의 20~40%를 차지한다. 압축기는 냉장고 부품 중에서 가장 높은 전력을 소모한다. 따라서 가정 전력소모를 효과적으로 줄이기 위해서는 압축기 효율을 증가시키는 것이 매우 중요하다.

냉장고 압축기는 왕복동 방식 압축기와 리니어 압축기로 두가지 종류가 다수를 이룬다. 왕복동 방식 압축기는 모터의 회전운동을 크랭크 시스템을 통해 피스톤의 직선운동으로 변환하여 냉매 압축을 구현한다. 리니어 압축기는 솔레노이드 모터를 적용한 리니어 모터를 사용하여 냉매를 압축한다. 리니어 압축기는 왕복동 압축기에서 사용된 크랭크 시스템이 없으므로 마찰에 의한 에너지 손실을 감소시킨다. 따라서 왕복동 압축기보다 리니어 압축기가 본질적으로 높은 효율을 가지고 있다.

리니어 압축기의 효율을 증가시키기 위해 많은 연구가 진행되었다. 이 중 오일을 사용하지 않는 오일 프리 리니어 압축기를 개발 및 공진을 활용하여 에너지 손실을 효과적으로 감소시켰다. 하지만 피스톤이 왕복운동을 하면서 버려지는 폐진동 에너지를 활용하여 냉력을 증가시키는 연구는 아직 미흡하다.

본 연구에서는 압축기 효율 상승을 위해 폐진동을 이용하여 다른 위상각을 가진 두 개의 진동노즐을 작동하였다. 압축기의 작동 주파수, 위상각에 따른 추가적인 냉매 유량과 이에 따른 압축기 피스톤 흡입밸브 거동에 대해 알아보았다.

후기 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업(No.NRF-2016R1D1A1B02009582)의 연구과제임

발표자[*], 교신저자[#](ylee@kongju.ac.kr)

리니어 압축기의 바디 유로 하우징 표면 형상 최적화를 통한 COP 향상

오수환[1], 박진규[1,*], 이영림[2,#]

COP improvement through optimization of housing surface shape of linear compressor body flow passage

S. H. Oh[1], J. K. Park[1,*], Y. L. Lee[2,#]

공주대학교 기계자동차공학부 기계설계전공[1], 공주대학교 기계자동차공학부[2]

Key Words : Housing surface shape, Heat release rate, COP, Linear compressor

최근 인공 지능 시장의 발달로 인한 데이터 센터의 고대역폭 메모리 사용 등으로 발열 문제가 중요한 이슈로 떠오르며 효율적인 공조 기술의 발전이 요구되고 있다. 냉동 사이클은 기본적으로 압축기, 응축기, 팽창 밸브, 증발기로 구성되며, 이 중 약 80%의 에너지가 압축기에 사용된다. 따라서 압축기의 효율을 높이는 것이 전체 에너지 효율을 개선하는 핵심이다. 이상적인 냉동 사이클에서는 냉매가 포화 증기 상태로 압축기에 흡입되지만, 실제로는 냉매가 과열 증기 상태로 압축기에 들어가도록 설계된다. 이는 냉매가 포화 증기 상태로 압축기에 들어갈 경우 일부 냉매가 액체 상태로 존재할 수 있어 압축기 고장의 위험이 있기 때문이다.

압축기가 작동하면 토출실의 온도가 증가하고, 이로 인해 흡입실의 온도도 상승하여 설계된 과열도보다 높은 온도의 냉매가 압축실로 들어간다. 이는 냉매의 밀도를 감소시켜 압축기의 효율을 떨어뜨린다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 압축기의 폐진동을 활용하였다. 지금까지 예압축과 오일 펌프에 관한 연구는 많았지만, 폐진동을 이용한 방열량 증가에 대한 연구는 부족했다.

본 연구는 압축기 바디의 폐진동을 이용하여 하우징과 본체 사이에 유동을 형성하고, 하우징 내부 표면 형상을 최적화하여 최대 방열량을 구현하고자 하였다. 이를 위해 유속 및 하우징 내부 표면에 따른 최대 방열량을 수치해석을 수행하였고 실험을 통해 검증하였다.

발표자*, 교신저자#(ylee@kongju.ac.kr)

듀얼 피스톤 이단압축 리니어 압축기의 누설량에 관한 수치해석

박진규[1,*], 이영림[2,#]

Numerical analysis on leakage of dual-piston two-stage linear compressors

J. K. Park[1,*], Y. L. Lee[2,#]

공주대학교 기계자동차공학부 기계설계전공[1], 공주대학교 기계자동차공학부[2]

Key Words : Dual-piston, Two-stage compression, Linear compressor, Refrigeration cycle, CFD

현재 세계적으로 에너지소모량 감소를 위한 노력이 많이 이루어지는 가운데 냉장고 압축기의 효율 개선을 통한 전력소모량 감축이 필요하다. 냉동기용 압축기에 주로 쓰이는 왕복동 압축기는 회전운동을 왕복운동으로 바꾸는 과정에서 다수의 마찰점으로 인한 에너지 손실, 소음 등의 단점이 있다. 이와 달리 본 연구에서 고려한 리니어 압축기는 리니어 모터로 인한 왕복운동으로 하나의 마찰점을 갖고 있어 에너지 손실이 적고 소음이 감소하는 등 왕복동 압축기에 비해 이점을 가지고 있다. 이러한 리니어 압축기의 추가적인 효율 개선이 필요하다.

본연구에서는 효율개선을 위해 듀얼피스톤 이단 압축을 고려하였다. 듀얼피스톤을 적용한 리니어 압축기는 기존의 싱글피스톤 압축기와 달리 피스톤을 이중으로 설치하여 압축하는 방식을 사용한다. 따라서, 듀얼피스톤 방식은 한쪽 피스톤이 팽창과정일 때 반대 피스톤은 압축과정을 수행하게 된다. 이는 리니어 모터의 소모 에너지를 줄여주는 효과가 있다. 또한, 동일한 토출압력을 위해 단단 압축기는 큰 압력비로 인하여 피스톤과 실린더 간극 사이로 많은 누설이 발생한다. 이와 대조적으로 이단 압축은 동일한 압력비를 두 번에 걸쳐 달성하므로 간극을 통한 냉매 누설을 감소시킨다. 이러한 냉매 누설 감소는 CC와 EER을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

발표자*, 교신저자#(ylee@kongju.ac.kr)

포밍 드릴링 스크류 볼트의 성형해석을 통한 성형성 예측및 냉간단조 성형 공정 연구

김지호[1,*,#], 김재희[2], 윤형석[2], 곽정환[2]

A study on the formability and cold forging forming process of Forming Drilling Screw Bolt through forming analysis

J. H. Kim[1,*,#], J. H. Kim[2], H. S. Yoon[2], J. H. Kwak[2]

(재)경북하이브리드부품연구원[1], 케이와이큐브[2]

Key Words : Forming Drilling Screw Bolts, Dissimilar materials, Cold forging

최근 자동차 산업 트랜드의 변화와 친환경 정책강화로 차량 경량화가 핵심이 됨에따라 차량 경량화와 안전성을 동시에 확보하기 위해 알루미늄과 고강도강이 접합된 이종 소재의 적용이 확대되고 있다. 이에 따라 이종소재 접합기술의 필요성이 증가하고 있으며, SPR접합, FDS접합, 마찰용접, 스팟용접 등 다양한 접합기술이 연구되고 있다. 그러나 이종소재의 물성의 차이, 물성변화 등으로 인해 접합의 어려움이 있으며, 공정이 복잡하고 높은 비용으로 인해 효율적이고 경제적인 접합기술이 요구되고 있다. FDS(Forming Drilling Screw)접합은 저온결합으로 모재에 끼치는 영향이 적으며 편방향 접합이 가능하여 생산성 및 작업효율이 우수하여 폐단면 구조에 주로 사용되고 있다. 또한 정비성이 우수하고 경쟁기술대비 저렴한 비용으로 접합이 가능하여 적용 차종 확대 및 샤시, 차체 등으로 접합 구간이 증대되고 있으며, FDS접합 체결시스템, 접합공정 최적화 등 다양한 연구가 이루어지고 있다. FDS 볼트는 단조 및 절삭(나사선 후가공) 공정으로 생산되고 있으며, 국내에서는 단조공정의 기술력 부족 및 가격경쟁력 확보의 어려움으로 E사, A사등으로부터 전량 수입되어 사용되고 있다. 따라서 냉간단조공정을 통해 FDS 볼트의 생산성 및 가격 경쟁력을 확보하고 수입대체를 위한 국산화가 절실하다. 본 논문에서는 냉간단조성형해석을 통해 포밍 드릴링 스크류 볼트의 성형성을 예측하고 냉간단조 성형 공정을 설계하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '창업성장기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음.(RS-2023- 00264112, 전기차 및 하이브리드 차량용 이종 소재접합을 위한 포밍 드릴링 스크류 볼트 국산화 개발)

1. 본 론

본 연구에서는 SWCH18A 소재를 적용하였으며, Fig.1은 FDS 볼트의 냉간단조 공정도를 보여주고 있으며 원소재를 제외한 총 3개의 공정을 통해 제품을 성형 할 수 있도록 설계하였다. FDS 볼트는 축대칭 형상으로 2차원 단면 형상으로 단순화하여 해석을 진행하였다.

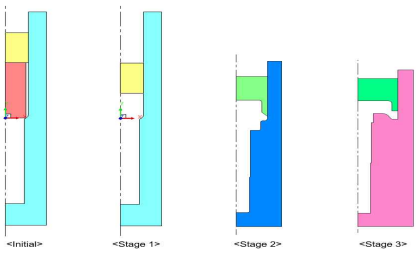


Fig.1 Cold forming process of FDS Bolt

1차 해석 결과 2공정 하부금형 내경부에 소재가 인입되기 위해서 1공정 전방압출부 외경을 조정하였다. 2차 해석결과 2공정 소재 안착은 확인되었으나 초기 불안정으로 인하여 좌굴 발생이 우려되며, 3공정 초기 안착 위치로 인하여 머리부 하단 외경에 접힘부 발생 및 미성형 구간이 있음에 따라 외경 및 소재 체적을 조정하였다. 3차 해석결과 미성형부에 대한 문제는 해결되었으나 3공정에서 머리부 상단 외경이 작아 접힘부 발생 및 하부금형 하단부 꺽임으로 성형에 어려움이 확인되었다. 4차 해석결과 접힘불량 문제 해결 및 양호한 성형흐름을 보였으며 개선된 설계안에 대한 최종 성형결과를 Fig.2에 나타내었다.

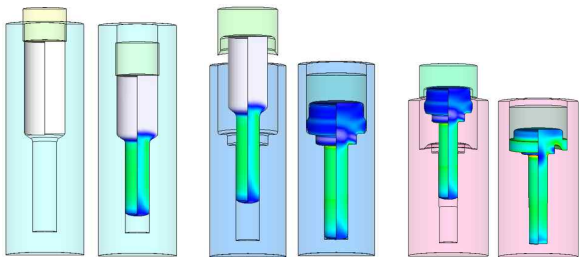


Fig.2 Result of Cold forming process analysis

2. 결 론

본 연구를 통해 FDS 볼트의 성형성 예측 및 냉간단조 공정 설계를 진행하였으며, FDS 볼트의 성형성을 분석하여 미성형부 해결 및 성형불량 문제를 해결하여 FDS 볼트의 개선된 냉간단조공정 설계안을 얻을 수 있었다. 개선된 설계안으로 금형 및 시제품을 제작한 결과 원활하게 각 공정 별로 성형이 이루어 졌으며, FDS 볼트의 생산성 및 우수한 성형 품질을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

(1) D. S. Choi, 2015, Design of Cold Forging Process of Micro Screw for Mobile Devices, Journal of the KAIS, VOL. 16, No. 6, pp. 3692~3697.

발표자*, 교신저자#

항공용 IN718계 인장 패스너의 구조 해석 및 파손 예측

이용재*, 하주형, 김형익, 김동민#

Structural analysis and failure prediction of IN718 tensile fastener

Y. J. Lee*, J. H. Ha, H. I. Kim, D. M. Kim#

한국생산기술연구원 진주뿌리기술지원센터

Key Words : Tensile fastener, Structural analysis, Failure prediction

항공부품의 국산화를 통해 기술 우수성과 신뢰성을 강화하고, 수요기업의 QPL 인증 등록으로 국산 항공기에 적용할 수 있으며, track record 축적과 매출 증대 효과를 기대할 수 있다. 이를 위해 철저한 연구와 검증이 필요하며, 국제 시장에서의 경쟁력을 높이는 것이 중요하다. 본 연구에서는 항공용 IN718계 인장 패스너의 구조 해석 및 파손 예측을 수행하였다. 제공받은 패스너 도면과 실제 인장 시험에 사용되는 패스너 고정용 Nut를 참고하여 해석 모델을 생성하였으며, Inconel 718의 물성을 적용하였다. 해석 모델의 간소화를 통해 해석 시간을 단축하고, Mesh 크기를 최적화하여 정확도와 효율성을 확보하였다. Bolt와 Nut가 나사 접촉 상태임을 가정하고, Nut의 상면을 고정 조건으로 설정한 뒤 Bolt의 아랫면에 축 방향으로 20kN의 인장 하중을 20 단계로 나누어 적용하였다. 각 단계마다 계산된 응력을 통해 Inconel 718의 항복 강도(907MPa)와 인장 강도(1099MPa)를 초과하는지 분석하였다. 해석 결과, 10 단계에서 최대 901.19MPa, 13 단계에서 최대 1171.5MPa의 응력이 발생함을 확인하였다. 따라서 10 단계(10kN)에서 소성 변형이 시작되며, 13 단계(13kN)에서 파손이 발생할 것으로 예측되었다. 이 연구는 항공용 인장 패스너의 구조적 안정성과 파손 예측에 대한 중요한 데이터를 제공하며, 항공 부품 설계 및 평가에 유용한 자료로 활용될 수 있다.

후기 이 논문은 2024년도 한국산업기술기획평가원 지역혁신클러스터 고도화 사업 'MDCD 적용을 위한 표준품 및 지상지원장비 국산화 개발'의 지원을 받아 연구되었음 (과제고유번호: P0025288)

발표자*, 교신저자#(dkim0707@kitech.re.kr)

스태커 크레인 마스트의 휨 분석

모준혁*, 김수민, 김정한, 김준형, 박건우, 송지훈, 이충호#

Bending analysis of stacker crane mast

J. H. Mo*, S. M. Kim, J. H. Kim, J. H. Kim, G. W. Park, J. H. Song, C. H. Lee#

전주대학교 산업공학과

Key Words : Stacker crane, Telescopic mast, Moment, Bending simulation

스태커 크레인은 기존 호이스트 크레인과 다르게 다단 적재나 파렛트 이동이 가능하고 회전할 수 있는 구조로 제작되고 지게차 포크가 장착된 물류 운반 시스템이다. 스마트공장 물류 운반을 목적으로 개발중인 스태커 크레인은 구조 설계와 경량화 등의 최적 설계를 요구하고 있다. 적재물을 운반할 때 텔레스코픽 마스트는 크레인을 지탱하고 있기 때문에 텔레스코픽 마스트의 강도는 특히 중요하다. 본 논문에서는 스태커 크레인이 최대 적재물을 들고 있을 때, 텔레스코픽 마스트의 휘어짐을 파악하기 위한 목적으로 구조 해석을 진행하였다. 소재는 일반구조용 압연강재인 SS400으로 설정하였으며, Inventor를 통해 텔레스코픽 마스트만 따로 추출하여 시뮬레이션을 진행하였다. 마스트의 바닥 부분에 고정 구속조건을 주어 Ground에 고정하였고, 하중은 지게차 포크의 중앙점에서 텔레스코픽 마스트 중심 사이의 거리에서 발생하는 모멘트 하중으로 설정하여 5Ton의 설계하중을 뉴톤단위로 환산하여 약 49034N, 변위는 약 1000mm로 입력하여 하중 조건을 설정하였다. 스태커 크레인의 자중은 약 1Ton으로 1Ton의 하중을 N으로 환산하여 약 9806N의 하중을 마스트의 상단에 부가하였다. 시뮬레이션 결과, 폰 미세스 응력은 46.69 MPa, 안전계수는 5.89 ul로 도출되었으며 Fig. 1과 같이 스태커 크레인의 텔레스코픽 마스트가 앞으로 휘어지면서 약 470mm의 처짐이 발생하였다. 처짐이 발생하긴 하였으나, 소재인 SS4000의 항복강도인 275MPa에 폰 미세스 응력이 크게 못 미치고 안전계수가 높아 안전한 것으로 나타났으며, 향후 처짐에 따른 작업 안전성을 위해 보강설계를 통해 안전계수 범위 내에서 처짐개선과 경량화에 대한 최적설계와 신뢰성 확보연구가 필요할 것으로 사료된다.



Fig. 1 Stacker Crane Mast Frame

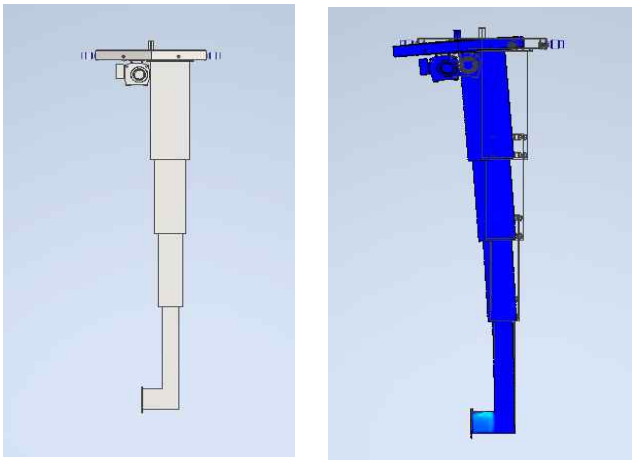


Fig. 2 Bending Analysis of Mast Frame

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 지역특화산업육성+(R&D)사업(S3364258)수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다. 또한 2024년도 전북테크노파크의 지역특성화산업 전문인력양성사업, 2024년 취업연계형특성화과정 지원사업수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(leech@jj.ac.kr)

리커다인을 이용한 스태커 크레인의 동적 최대 토크 분석

모준혁[1,*], 김수민[1], 김정한[1], 나승표[2], 박수배[2], 이충호[1,#]

Dynamic maximum torque analysis of stacker crane using Recurdyn

J. H. Mo[1,*], S. M. Kim[1], J. H. Kim[1], S. P. Na[2], S. B. Park[2], C. H. Lee[1,#]

전주대학교 산업공학과[1], ㈜호이스트코리아[2]

Key Words : Stacker crane, RecurDyn, Dynamic simulation, Maximum torque analysis

스태커 크레인은 천장형 호이스트 크레인과 텔레스코픽 마스트와 지게차 기능을 결합하여 좁은 공간에서 중량물 이송과 팔렛트 적재가 가능한 물류시스템이다. 텔레스코픽 마스트에 포크를 부착하여 공장의 양 측면에 다단적재가 가능하며 물류를 운반하기 때문에 동적인 상태에서의 강도와 내구성이 확보되어져야 한다. 본 논문에서는 RecurDyn을 이용하여 동적 시뮬레이션을 수행하며 스태커 크레인의 지지부인 롤러에 작용하는 최대 토크를 파악하였으며 이후, 동적 시뮬레이션을 통해 구해진 최대 토크를 산출하고, 정적인 거더에 작용력으로 대치하여 구조 해석을 진행하였다. 스태커 크레인의 적재하중은 설계 하중으로 5,000kg으로 설정하였으며 속도는 스태커 크레인의 설계 주행 최대 속도가 1.14km/h이기 때문에 1.14km/h를 넘지 않는 속도로 설정하였다. 동적거동 시뮬레이션 결과, 4개의 롤러들에 각각 최대 토크가 142.41$Kg_f \cdot m$, 106.92$Kg_f \cdot m$, 131.68$Kg_f \cdot m$, 111.99$Kg_f \cdot m$으로 도출되었다. 동적 시뮬레이션의 평균 최대 토크는 123.25$Kg_f \cdot m$ 이며, 초당 회전수(rpm)는 28.47로 도출되었다. 분당 회전수는 1708.2이며, 각속도(w)는 178.7916 로 도출하였다. 최대 토크와 각속도를 바탕으로 동력(PS)를 도출할 수 있었다. 산출 동력은 약 22036W로 소요 동력은 22KW 정도가 필요한 것으로 사료되며, 크레인의 설계마력을 검토한 결과 스태커 크레인의 마스트 등의 경량화와 강도 개선을 통한 개선 연구가 필요할 것으로 사료된다.

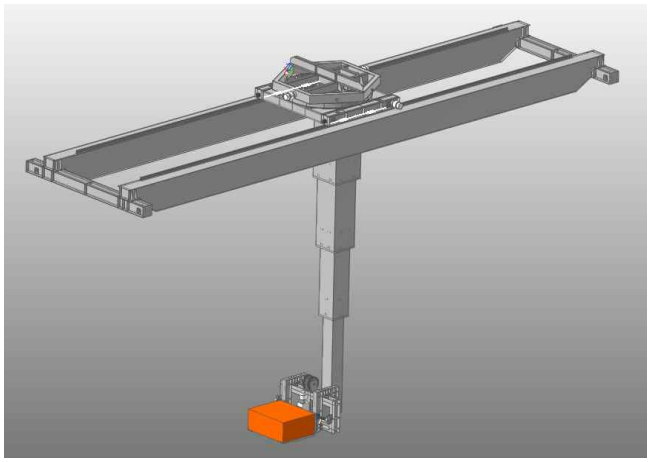


Fig 1. Stacker Crane Simulation Modeling

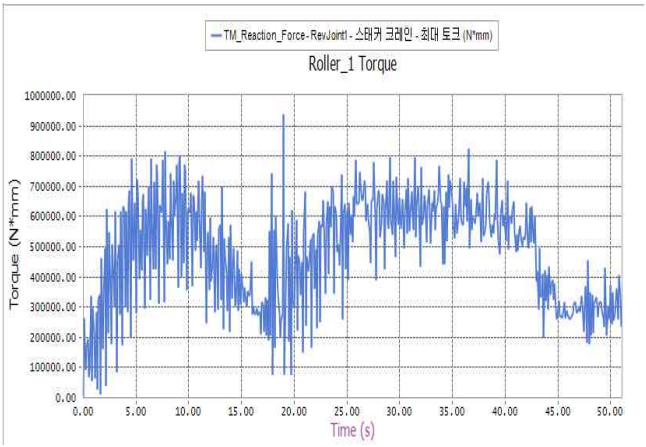


Fig 2. The Result of Torque for Roller_1

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 지역특화산업육성+(R&D)사업(S3364258)수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(leech@jj.ac.kr)

AI 알고리즘을 활용한 단상 및 2상 쉘튜브 열교환기 형상 설계

이찬구[1,*], 전성준[1], 한석영[2,#]

Single and two-phase shell and tube heat exchanger shape design using AI algorithm

C. G. Lee[1,*], S. J. Jeon[1], S. Y. Han[2,#]

한양대학교 융합기계공학과[1], 한양대학교 기계공학부[2]

Key Words : Artificial intelligence, Deep neural network, Shell and tube heat exchanger, Shape design

본 연구의 목적은 인공지능 알고리즘을 활용하여 쉘튜브 열교환기 (STHE)의 형상을 설계하는 것이다. STHE 설계는 tubular exchanger manufactures association(TEMA)를 만족해야 하므로 설계 범위가 제한되며, 많은 연구자가 설계 범위 내에서 열교환율을 증가시키거나 압력 강하를 낮추는 등의 성능을 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다. 본 연구는 인공지능 알고리즘을 활용하여 입력된 성능을 만족하는 STHE의 형상 설계를 도출하는 것을 목적으로 한다. 인공지능 알고리즘을 활용하기 위해서는 충분한 양의 학습데이터를 구축하는 것이 중요하다. 학습데이터는 실험데이터를 사용하는 것이 가장 이상적이지만, 충분한 양의 학습데이터를 실험데이터로 구축하는 것은 많은 시간과 비용이 요구된다. 이를 대체하고자 신뢰성이 높은 열교환기 설계 프로그램인 ASPEN exchanger design and rating을 사용하여 수치로 구성된 충분한 양의 학습데이터를 구축하였다. 인공지능 알고리즘은 수치데이터로 구성된 학습데이터에 적합한 deep neural network(DNN)을 사용하였다. DNN의 입력 변수는 성능(온도, 압력 및 열교환량 등)이며, 출력 변수는 STHE의 형상(쉘 외경, 튜브 길이 및 튜브 개수 등)으로 구성되며 상변화 유무에 따라 DNN 모듈을 구분하였다. 본 연구에서 제안하는 DNN 모듈은 한번에 여러 개의 STH 형상 설계안을 제시하며, 사용자가 성능이나 비용 등을 비교하여 적절한 설계안을 선택할 수 있도록 구성되어있다. DNN 모듈의 예측 정확도는 입력된 성능과 출력 변수의 비교를 통해 측정하였다. 단상의 경우 평균 97.98%, 2상의 경우 평균 98.28%의 예측 정확도를 확인하였다. 추후 ASPEN을 통해 얻은 데이터 대신 실험데이터를 사용하여 인공지능 알고리즘을 학습시켜도, 입력 변수와 출력 변수 간의 관계를 학습하는 인공지능 알고리즘의 특성상 본 연구와 비슷한 예측 정확도를 얻어낼 수 있을 것으로 예상된다.

후기 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202020800200)

발표자*, 교신저자#(syhan@hanyang.ac.kr)

센서를 이용한 다관절 웨어러블 조이스틱의 근피로도 측정에 관한 연구

김정구*,#, 장홍석, 이연호

A study on the measurement of muscle fatigue of multi-joint wearable joysticks using sensors

J. G. Kim*,#, H. S. Jang, Y. H. Lee

한국생산기술연구원

Key Words : Wearable joysticks, Muscle fatigue, IMU sensor, EMG sensor

재난·재해 대응 특수목적기계로 2개의 로봇팔을 사용하여 여러 동작을 수행하기 위해 인간의 팔의 움직임을 모사하여, 3차원 공간상에서 6축으로 작동하도록 다관절 웨어러블 조이스틱을 만들었다. 조이스틱이 움직이는 동안 각 구성요소의 위치 변화를 측정하여 최종적으로 로봇팔의 위치를 이동시키는 위치 제어방식을 적용하였다. 위치제어를 위하여 엔코더 등의 부품을 사용하여 무게와 작동 저항에 의한 손목, 팔꿈치, 어깨 관절에 부하가 걸리게 된다.

모션 시뮬레이터를 이용한 조작기 검증을 위하여 제작된 프로그램을 수정하여 측정 모델을 만들었다. 기본 점검 동작 각 2회 및 기본 트레이닝 프로그램을 수행하며 특수목적기계의 이동, 장애물 잡기, 옮기기, 절단 등의 복잡한 동작을 수행하였다. 이때 손목, 팔꿈치, 어깨 관절에 가해지는 근피로도를 반복적으로 측정하여 분석하고자 하였다. 운전자의 왼쪽 손목, 팔꿈치, 어깨 관절 부분에 IMU Sensor를 부착하여 다관절 웨어러블 조이스틱을 운영할 때 움직임에 따른 데이터 측정하였다. 각 관절의 움직임에 관여하는 근육에 EMG Sensor를 부착 근육의 움직임에 따른 피로를 측정하였다.

관절의 움직이는 각도와 속도에 비례하여 근육의 피로도가 상승하였으며, 절단, 잡기 등 로봇팔의 손부분의 회전, 작동에 직접적으로 관여하는 손목부분의 근피로도가 높게 나타났으며, 조이스틱의 이동 위치 값을 역으로 계산 하는 과정을 거치는 관계로 운전자가 조작 시에는 항상 팔을 들고 조이스틱을 들고 있어 어깨에 지속적인 피로가 발생하였다.

발표자*, 교신저자#(apollo1012@kitech.re.kr)

대형실차 및 부품 단위 내후챔버를 활용한 저온 및 고온 환경시험

김정구*,#

Low-temperature and high-temperature environmental test using massive vehicle and parts unit environment testing chamber

J. G. Kim*,#

한국생산기술연구원

Key Words : Environmental test, Temperature, Testing chamber

수출 대상 지역 및 품목의 다변화에 따른 저온 및 고온 환경시험의 의뢰가 증가하고 있다. 저온 운영 및 저장, 고온 운영 및 저장 환경시험이 필요한 기업 및 기관에 대한 지원 및 정보를 제공하고자 한다.

본 기관(한국생산기술연구원 건설기계기술센터)의 대형실차 내후시험챔버는 대형 건설기계 및 대중 실차에 대한 시험이 가능하며, 세계 각 지역의 환경시험 조건 구현을 위해 미국 국방부의 군사표준규격(MIL-STD-810H)의 온도시험 조건을 충족시킬 수 있도록 장비가 구축되었다.

또한 고온시험 시 일사량 최대 1200W/㎡으로 일사 조건(MIL-STD-810H) 구현이 가능하며, 시간당 최대 100mm 강우 시험 등 환경시험이 가능하며 내후 시험 중 저온 상태에서의 엔진 작동 시험 등을 위한 배기 장치까지 구축되어 있는 국내 몇 안 되는 대형 실차시험용 장비이다.

부품 내후시험챔버는 유압 시스템으로 작동하는 건설기계의 특성을 반영하여 유압 내구테스트를 진행할 수 있으며, 동시에 저온 및 고온 시험이 가능하도록 구성된 소형 내후시험챔버이다. 유압 실린더, 축압기 등의 건설기계 유압 부품 작동환경 맞춰 최대온도를 120℃ 고온시험환경을 구현할 수 있도록 되어 있는 것이 대형실차 내후시험챔버와 차이점이다.

일반적인 건설기계 및 교통수단의 실차 및 부품에 대한 저온·고온 환경시험이 가능하며, 군수품의 경우 MIL-STD-810G에서 요구하는 강우(MIL-STD-810G Method 506.5) 및 습도(MIL-STD-810G Method 507.5) 시험은 장비 운영 목적이 건설기계 관련 환경시험에 중점을 두어 실비설계가 진행되어 불가하지만, 저온·고온 저장 및 운영 시험이 가능하여 부분적인 방위사업체 지원도 가능하다.

발표자*, 교신저자#(apollo1012@kitech.re.kr)

전기차용 등속 조인트 토크 전달부의 열 구조 연동 해석 및 검증

김세은[1,*], 최영만[1], 서승우[1], 이종우[1], 정은채[1], 박정률[2], 전용호[1,#]

Analysis and verification of the thermal structure of the constant velocity joint torque transmission part for electric vehicles

S. E. Kim[1,*], Y. M. Choi[1], S. W. Seo[1], J. W. Lee[1], E. C. Jung[1], J. L. Park[2], Y. H. Jeon[1,#]

아주대학교 기계공학과[1], (주)서한이노빌리티 기술연구소[2]

Key Words : Ball spline, Electric vehicle, CV joint, High efficiency joint, High angle joint

최근 전 세계적으로 환경 문제와 에너지 안보에 대한 우려가 커지면서 탄소 배출을 줄이기 위한 기술 개발이 중요해지고 있다. 특히 교통수단의 탄소 배출 감소를 위해 자동차 산업에서는 전기차 개발에 주력하고 있다. 전기차는 화석연료를 사용하지 않고 전기 모터를 통해 동력을 전달함으로써 탄소 배출을 획기적으로 줄일 수 있다. 그러나 전기차의 구동 시스템은 내연기관차와 다르기 때문에 새로운 기술적 도전 과제가 제기되고 있다. 전기차는 전기 모터를 통해 동력을 바퀴에 전달하며, 고출력 모터로 인해 드라이브 샤프트는 높은 부하를 견뎌야 한다. 본 연구는 전기차 구동 상황에서 안정적인 성능을 구현하는 드라이브 샤프트를 개발하는 것을 목표로 한다. 생산 과정의 한계로 인해 시험적으로 성능을 확인하기 어려운 상황에서, 수치해석을 통해 문제를 해결하고자 한다. 유한요소해석을 적용하여 토크를 전달하는 조인트의 실제 거동을 분석하고, 비선형적인 운동과 회전으로 인한 마찰 발열량과 누적 입열량을 해석적으로 분석하였다. Explicit Code가 적용된 프로그램(LS-Dyna)을 사용하여 거동을 모사하고, 실제 시험 시 측정된 온도 변화와 비교하여 95% 이상의 일치율을 확인하였다. 이를 통해 비선형적인 운동을 해석적으로 예측하고, 실측값 검증을 통해 신뢰성을 확인하였다. 본 연구는 향후 연구개발 시간을 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음(No.20020730)

이 연구는 2024년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원을 받아 연구되었음. (S3273805)

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2022-00155961)

발표자*, 교신저자#(princaps@ajou.ac.kr)

틸팅 헤드구조 멀티 머시닝센터의 헤드 위치에 따른 구조해석에 관한 연구

김은중[1,*], 심재훈[2], 원종범[3] 노영화[1,#]

Study on structural analysis of tilting head structure multi-machining center based on head position

E. J. Kim[1,*], J. H. Sim[2], J. B. Won[3], Y. H. Noh[1,#]

창원대학교 메카트로닉스연구원[1], 창원대학교 산업시스템공학과[2], ㈜스마트공작기계코리아[3]

Key Words : Tilting head, Structural analysis, Head position, Machining center

최근 가공기술의 발전과 다양하고 기능적인 형상의 부품에 대한 수요와 개발이 이루어짐에 따라 공작기계 또한 다양한 형상의 제품의 가공이 가능한 다축(Multi-axis) 공작기계에 대한 연구개발이 이루어 지고 있다. 다축 공작기계는 대부분 테이블이 틸팅 및 회전하거나 스핀들이 틸팅하는 방식으로 개발되고 있으며, 스핀들이 틸팅되는 경우에는 스핀들의 에 많은 절삭저항이 발생하기 때문에 강절삭이 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하고자 선삭(Turning)과 밀링(Milling) 및 그라인딩(Gridning) 기능을 한번에 수행할 수 있는 틸팅 헤드 구조를 가지는 다면가공이 가능한 공작기계를 개발하고자 한다. 기존의 스핀들의 틸팅에 비해 개발하고자 하는 공작기계는 헤드의 하우징 전체가 회전하여 구조적으로 더 안정적이고 강절삭이 가능한 형태이다. 그러나 하우징이 회전하였을 때의 위치 제어가 매우 어렵고 구조적인 보완이 필요하기 때문에 헤드의 위치에 따른 해석을 통해 안정성을 분석하였다. 하우징은 250도 회전이 가능한 형태로 스핀들의 수직위치와 수평위치에서 최대 회전수 15,000 rpm을 기준으로 구조해석을 수행하였다. 해석결과 수직위치에서의 변형량이 수평 위치에서의 변형량 보다 약 42% 정도 크게 나타났다. 안전율은 두 가지 위치에서 모두 3.4로 나타났으나 수직 위치에서의 변형량을 고려하여 구조적인 보완이 필요하다고 판단된다. 본 연구의 결과는 250도 틸팅이 가능한 다면가공 멀티 머시닝센터의 스핀들 구조 설계에 활용되었다.

후기 이 논문은 2024년도 중소벤처기업부의 ‘중소기업기술혁신개발사업(수출지향형)’의 지원을 받아 연구되었음(No. 00221292)

발표자*, 교신저자#(movie8012@changwon.ac.kr)

알루미늄 진공성형 금형제작 시 용탕충전 양상 제어에 따른 표면기포결함 해소

이병준*, 곽시영#

Resolving surface foam defects according to control of molten metal filling pattern during aluminum vacuum molding mold production

B. J. Lee*, S. Y. kwak#

한국생산기술연구원

Key Words : Flow simulation, Gate design, Mold, Casting analysis, Flow

알루미늄 진공성형 금형은 성형제품의 사용환경에 따라 품질확보가 대단히 중요하다. 금형표면의 미세한 가공선 및 기포에 의해 성형제품에 그대로 나타날 수 있어 금형표면의 관리가 엄격하다. 특히 주조시 충전패턴에 따라 와류가 일어나고 심할 경우 거품의 형태로 응고되어 가공 후 기포결함의 형태로 나타난다. Hood Mold금형의 표면부위에서 기포결함이 부위별로 약 70개소 이상이 나타나 기존 Gate System 생산방식을 연구하고 원인을 분석하였다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '에너지수요관리핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2023-00232767)

발표자*, 교신저자#(vlvwlw@kitech.re.kr)

원전 가동중검사 종합관리시스템 설계 및 적용

김영래*,#

Design and application of the comprehensive management system for nuclear power plant in-service inspection

Y. L. Kim*,#

한국수력원자력 중앙연구원

Key Words : Nuclear power plant, Management system, In-service inspection

원자력발전소는 주기적으로 가동중검사를 실시하여 안전 관련 설비의 건전성을 점검하고 있다. 가동중검사에는 많은 양의 검사 데이터가 생산되며 체계적인 관리가 필요하다. 검사 데이터는 과거 데이터와 비교하여 결함지시의 성장여부 등이 검토되고 있으며, 후속 검사 및 추적 관리를 위한 기초데이터로 활용되고 있다. 검사 데이터에는 결함에 대한 정보뿐만 아니라 검사장비, 검사자, 검사절차서, 관련 도면, 적용 기술 규격(Code & Standard) 등이 포함되며, 이를 관리하기 위한 데이터베이스와 전산 시스템이 필수적이다. 이에, 한수원 중앙연구원에서는 검사 데이터의 통합적인 관리체계를 지원하기 위해 원전 가동중검사 종합관리시스템(I-databox)을 설계 및 적용하고 있다. I-databox는 원전 27개 호기를 대상으로 가동중검사의 진행 상황, 원전 기기의 검사 및 조치 결과, 실시간 모니터링 등을 확인할 수 있어 가동중검사의 모든 과정을 보다 체계적이고 효율적으로 수행할 수 있다. 또한 체계적인 통합관리를 위해 비파괴검사자 자격관리 및 품질검사 프로세스 전산화 등의 기능을 추가하였다. 이러한 I-databox의 지속적인 운영 및 관리를 통해 규제기관의 가동중검사 정보 요청에 대해 신속하게 대응할 수 있고, 업무 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

발표자*, 교신저자#(yl.kim9370@khnp.co.kr)

RRP 피니언의 치면접촉에 의한 마찰손실

권순만[1,#], 이용호[2,*]

Frictional power loss on RRP profile pinion

S. M. Kwon[1,#], Y. H. Lee[2,*]

창원대학교 기계공학부[1], 창원대학교 대학원 기계설계공학과[2]

Key Words : RRP (roller rack and pinion), Coefficient of friction, Frictional power loss

인벌류트 직선 치형인 랙 기어를 핀 또는 롤러로 대체한 롤러 랙-피니언(roller rack and pinion, 이하 RRP)은 핀잭 식(pin jack type) 수문(sluice gate)을 포함한 산업 전반 시스템에 널리 사용되고 있다. 이에 RRP 피니언 관련 치형설계 및 강도설계에 대한 연구는 일부 수행되었으나, 치면마찰을 고려한 효율에 관한 연구가 거의 없는 실정이다. 본 논문에서는 치면접촉 시 발생하는 RRP 피니언의 마찰손실 평가를 위해 미끄럼률(slide-to-roll ratio), 접촉응력(contact stress), 표면조도(surface roughness), 오일점도(oil viscosity) 등 다양한 변수들을 고려한 탄성유체윤활(elastohydrodynamic lubrication) 기반의 다중회귀 식을 도입하여 마찰계수(friction coefficient)를 고찰하였다. 이를 통해 마찰계수는 RRP 피니언 설계제원 중 하나인 조립거리(mounting distance), 인가하중, 피니언 회전속도가 증가할 때 증가하며, 반면 표면조도와 오일점도가 증가할 때 감소함을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. [No.2021RIS-004]

발표자*, 교신저자#(smkwon@changwon.ac.kr)

공액 이중 사이클로이드 감속기의 수명평가

권순만*,#

Lifetime estimation in conjugate dual cycloid reducer

S. -M. Kwon*,#

창원대학교 기계공학부

Key Words : Cycloid reducer, Conjugate dual cycloid reducer, Equivalent pressure angle, Bearing radial load, Lifetime

1. 서 론

링 기어(ring gear)가 핀(pin) 치형이고 유성기어(planet gear)는 에피트로코이드 오프셋(equidistant shortened epitrochoid) 치형인 사이클로이드 감속기가 널리 사용되고 있으나, 본 연구에서는 링 기어의 핀 치형을 유성기어와 동종의 치형으로 대체한 공액 이중 사이클로드(conjugate dual cycloid, 이하 CDC) 감속기를 고려하였다. CDC 감속기 또한 편심축 적용 베어링이 감속기 수명을 좌우하기에 본 연구에서는 기존 핀 타입 사이클로이드 감속기 결과를 준용하여 CDC 감속기의 편심축 베어링 하중을 예측하고 수명평가를 수행하고자 한다.

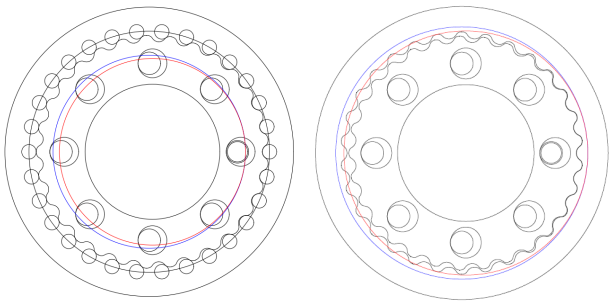
2. 설계제원

적재 및 이송을 위한 이동로봇용 외경 ϕ110 (mm), 정격출력토크 M_{out}=82.0 (N·m)인 핀 타입 및 CDC 타입 29:1 사이클로이드 감속기의 디스크(유성기어) 설계제원을 Table 1과 같이 고려하였다.

Table 1 Design specifications for cycloid reducers

Description		Values
Pinwheel PCR, R (mm)		36.0
Pin radius, R_r (mm)		2.2
Profile modification coefficient, x (/)		0.25
Number of ring gear teeth, N_2 (/)		30
Number of planet gear teeth, N_3 (/)		29
Face width, b (mm)		7.0
Output torque per disc, T_{in} (N·m)		$M_{out}/2$ = 41.0
Pin type	DOP[1], M (mm)	78.2523 (ϕ6.0)
CDC type	DOP[1], M (mm)	78.2523 (ϕ6.0)
	DBP[2], M (mm)	58.9997 (ϕ6.0)

Table 1의 설계제원에 따른 핀 타입 사이클로이드 감속기 및 CDC 감속기의 설계 형상은 Fig. 1과 같다.



(a) Pin type reducer (b) CDC type reducer

Fig. 1 Two cycloid reducers

3. 베어링 하중 평가

핀 타입 사이클로이드 감속기와 CDC 감속기 디스크 1매당 출력토크(T_{in})로 인한 피치점(I_{13}) 등가합력이 동일하다 가정할 때, CDC 감속기의 등가압력각(equivalent pressure angle, ξ_c)은 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$\cos\xi_c = \frac{N_3}{N_2}(1-x)\cos\xi_p \tag{1}$$

여기서 ξ_p는 핀 타입 사이클로이드 감속기의 등가압력각을 나타낸다.

식 (1)에 의해 $\xi_c > \xi_p$ 관계가 성립하며, CDC 감속기의 베어링 작용하중(P_c)은 핀 타입 사이클로이드 감속기 베어링 하중(P)을 이용하여 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$P_c = \left(\frac{\sin\xi_c}{\sin\xi_p}\right)P = k_P P \tag{2}$$

Table 1의 설계제원에 의한 핀 타입 사이클로이드 감속기의 등가압력각 ξ_p=20.37° 이기에 식 (1)에 의해 CDC 감속기의 등각압력각 ξ_c=47.18° 임을 알 수 있다. 따라서 k_P=2.107, P=583.4 (N)임을 고려하면 CDC 감속기의 베어링 하중은 P_c=1229.3 (N)이고, 핀 타입 사이클로이드 감속기 베어링 수명 대비 약 1/10의 단(短)수명을 가짐을 알 수 있다. 참고로 수정계수(x)가 증가하면 ξ_p(또는 P)는 감소하나 식 (1), (2)에 의해 ξ_c(또는 k_P, P_c)는 오히려 증가한다.

4. 결 론

동일 설계제원으로 설계된 공액 이중 사이클로이드 감속기의 편심축 베어링 하중(P_c)은 핀 타입 사이클로이드 감속기(P)에 비해 k_P배 큰 하중을 받으며, 이를 완화하기 위해서는 수정계수(x)를 감소시키거나 사용 토크 수준을 낮추는 쪽으로 설계하여야 한다.

후 기

본 연구는 중소벤처기업부의 기술혁신개발사업의 일환으로 수행하였음. [RS-2022-TI022500 (S3276835), 로봇관절 및 공작기계용 50arcsec급 하이엔드 정밀감속기 개발]

참 고 문 헌

(1) Kwon, S. -M., 2019, DOP(External gear), Korea Copyright Commission, C-2019-027923, Republic of Korea.
(2) Kwon, S. -M., 2019, DOP(Internal gear), Korea Copyright Commission, C-22019-027924, Republic of Korea.

발표자*, 교신저자#

플라스틱 평판에서 다양한 리브 패턴에 따른 관통 저항성의 해석적 연구

조경훈*, 류민영#

A simulational study on the penetration resistance of plastic plates with various rib patterns

G. H. Cho*, M.-Y. Lyu #

서울과학기술대학교 대학원 기계정보공학과

Key Words : Falling dart test, Rib design, Dynamic impact simulation, Honeycomb pattern, Square pattern

본 연구에서는 리브의 디자인에 따른 PC 소재 평판의 관통 저항성을 해석을 통해 관찰하였다. 리브의 형상에 따른 관통 저항성을 관찰하기 위해 직경 108mm, 높이 2.5mm의 평판에 honeycomb, square, circle 형상의 리브 패턴을 적용하였다 리브 높이와 두께는 각각 1.5mm 와 1.25mm로 하였으며 리브가 없는 평판과 함께 관통 해석을 진행하였다. 관통 해석은 falling dart test를 통한 관통해석으로 진행하였으며, dart의 물성은 STEEL 1006, 무게는 3kg으로 dart가 1m 높이에서 자유 낙하함을 조건으로 해석을 진행하였다. 해석 결과 honeycomb pattern, square pattern, circle pattern, 리브가 없는 형상에서 각각 181.65MPa, 179.61MPa, 180.96MPa, 182.49MPa의 equivalent stress가 관찰되었으며, 네 종류의 해석 모두 dart에 의해 관통됨이 관찰되었다. 각 시편의 관통되기 직전인 0.0028sec, 0.0036sec, 0.0032sec, 0.0032sec 때의 equivalent stress가 각각 147.15MPa, 165.27MPa, 162.72MPa, 170.19MPa로 honeycomb 형상에서 가장 낮은 equivalent stress 값이 관찰되었다. 본 연구를 통해 리브 형상이 평판의 관통 저항성에 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 평판의 강성을 위한 리브 설계 시 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 한국 산업 기술진흥원의 연구비 지원에 의한 연구임(No. P0012744, 2024년 디지털 제조장비 R&D 인력양성사업)

발표자*, 교신저자#(mylyu@seoultech.ac.kr)

PC/PMMA 다층 필름의 두께 및 Hard Coating 여부에 따른 열성형 실험 및 해석

임채준[1,*], 성승민[1], 정영현[1], 오건우[2], 윤석호[2], 이기호[2], 류민영[1,#]

Thermoforming experiment and simulation of PC/PMMA multilayer films according to thickness and hard coating

C. J. Lim[1,*], S. M. Sung[1], Y. H. Jung[1], G. -W. Oh[2], S. H. Yoon[2], K. H. Lee[2], M. -Y. Lyu[1,#]

서울과학기술대학교 대학원 기계정보공학과[1], (주)아이컴포넌트[2]

Key Words : Thermoforming, PC/PMMA multilayer film, Hard coating, Stretch, Thickness distribution

PC/PMMA 다층 필름은 고경도와 고투명성 특성으로 인해 자동차, 스마트폰, 산업용 터치 패널 등 다양한 터치 센서 분야에 활용되고 있다. 이러한 PC/PMMA 다층 필름 위에 하드코팅을 적용하면 필름의 내구성과 내스크래치성을 향상시킬 수 있다. 그러나 하드코팅으로 인해 필름의 연신 특성이 저하될 수 있다. PC/PMMA 다층 필름은 열성형 공정을 거쳐 초기 성형이 이루어진다. 이후 인몰드(In-Mold) 사출성형을 거치면서 터치센서와 일체화된 최종 제품이 완성된다. 열성형 공정 과정은 PC/PMMA 다층 필름을 고온으로 가열한다. 그리고 40℃인 금형과 접촉하고 진공압력이 가해지면서 최종 금형 형상으로 성형되는 과정으로 진행된다.

본 연구에서는 PC/PMMA 다층 필름을 이용하여 열성형 실험과 해석을 진행하였다. 실험과 해석에 사용된 연구 모델은 돔과 큐빅 타입의 금형이다. 사용된 필름은 코팅이 안 된 두께 250㎛, 640㎛필름과 하드코팅된 250㎛, 640㎛ 필름으로 총 4 가지다. 각 필름의 물성을 파악하기 위해 상온, 유리전이온도, 성형온도에서 인장시험을 수행하였다. 열성형 공정 시 온도 변화와 필름의 변형을 고려하여 열-구조 연계해석을 진행하였으며, 실험 결과와 비교하였다. 열성형 실험 후 필름의 면적 연신율과 두께 분포를 측정하였다. 이러한 연구는 PC/PMMA 다층 필름의 열성형 공정 최적화에 활용될 것으로 기대된다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임(20014372, 2024년 자유곡면에 성형 가능한 30%이상 연신율, 3H 이상 연필경도를 갖는 터치입력장치용 고기능성 기판 기술개발)

발표자*, 교신저자#(mylyu@seoultech.ac.kr)

암모니아-수소 FSRU에서 암모니아 재기화와 크래킹 공정 시뮬레이션

정재훈[1,2,*], 정효재[1,#]

Simulation of Ammonia regasification and cracking processes in an Ammonia-Hydrogen FSRU

J. Jeong[1,2,*], H. J. Jeong[1,#]

한국생산기술연구원 산업에너지연구부문[1], 건국대학교 화학공학부[2]

Key Words : FSRU(Floating Storage and Regasification Unit), Ammonia, Hydrogen, Regasification, Cracking, Regasification, Simulation

국제사회의 탈탄소 규제가 강화됨에 따라, 전 세계적으로 탄소를 포함하지 않은 연료가 각광받고 있다. 선박, 발전, 산업 등 다양한 분야에서 수소와 암모니아와 같은 무탄소 연료에 대한 수요가 증가하면서 이를 최적의 방법으로 운송하는 방안이 필요하다. 현재 액화 암모니아를 선박으로 해상 운송하여 재기화 및 크래킹 공정을 통해 암모니아와 수소 형태로 수요처에 공급하는 방안이 최적의 방안으로 제시되고 있다. FSRU(Floating Storage and Regasification Unit)는 부유식 저장·재기화 설비로, 육상 설비를 해상에서 운용할 수 있도록 고안된 공정이다. 육상 저장·재기화 설비는 장기간의 시공이 필요하고 고정식으로 운영되어 지역에 따른 수요 변동성에 대응하기 어렵지만, 해상 설비는 건조 기간이 비교적 짧고 이동이 가능하여 소규모 물량 수입이나 수요의 계절적 변화에 대해서도 유연한 대처가 가능하다. 본 연구에서는 암모니아와 수소를 동시에 공급할 수 있는 FSRU에서 재기화 및 크래킹 공정의 시뮬레이션을 수행하였다. 재기화 공정에는 암모니아 기화에 필요한 에너지를 절감하기 위해 해수열원을 이용한 히트펌프를 적용하였고, 암모니아를 수소와 질소로 크래킹하기 위해 마이크로웨이브 기반의 촉매 반응기를 적용하였다. 또한 촉매 반응기 출구의 열을 회수하여 촉매 반응기 입구의 암모니아를 승온시켜 공정 에너지를 절감하기 위한 열교환기를 배치하였다. 본 연구에서는 공정 시뮬레이션을 위해 ASPEN HYSYS 프로그램을 이용하였으며, 다양한 운전 변수에 따른 결과를 분석하였다.

후기 이 논문은 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20018410)

발표자[*], 교신저자[#](hyojae.jeong@kitech.re.kr)

$CaCO_3$의 소성반응에서 입자 직경과 반응온도에 따른 수치해석

윤정선[1,2,*], 정효재[1,#]

Numerical analysis of the calcination of $CaCO_3$ considering particle diameter and temperature

J. Yun[1,2,*], H. J. Jeong[1,#]

한국생산기술연구원 산업에너지연구부문[1], 건국대학교 화학공학부[2]

Key Words : Calcination, $CaCO_3$, Gasification, Fluidized bed, Hydrogen, Biomass

탄소중립을 달성하기 위한 규제가 강화됨에 따라 전 세계적으로 무탄소 연료에 대한 관심이 급증하고 있다. 다양한 산업 분야에서 무탄소 연료 중 하나인 수소를 이용하려는 노력이 지속되고 있으며, 수소를 친환경적으로 생산하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 바이오매스는 탄소중립적 원료로서 열화학적 변환 공정을 통해 친환경 수소를 생산할 수 있다. 바이오매스를 수소로 전환시키기 위해 가스화 공정이 제시되고 있으며, 고체 원료의 가스화에 탁월한 유동층 반응기를 가스화 공정에 채택하는 연구가 진행되고 있다. Sorption Enhanced Reforming(SER)은 고순도 수소 생산과 온실가스 배출 저감을 위한 개념으로, 기본적으로 이중 유동층 가스화기에 적용할 수 있는 방식이다. SER 기술은 가스화기 내에서 CO_2를 효과적으로 제거함으로써 수성가스화 반응(WGS)에서 반응 평형을 조절하여 합성가스 내 수소 함량을 최대 75%까지 높일 수 있다. SER 개념이 적용된 이중 유동층 가스화기에서는 CaO가 가스화 반응기 내에서 CO_2 전달체 역할을 하며 CO_2를 지속적으로 제거하고, 연소 반응기에서 $CaCO_3$로 재생되어 배기가스 형태로 CO_2를 방출한다. SER 개념이 적용된 이중 유동층 가스화기에서는 가스화기에서 전달된 $CaCO_3$가 소성 반응을 통해 다시 CO_2 포집 능력을 가지도록 CaO로 재생되기 위한 연소기의 최적 설계가 중요하다. 본 연구에서는 연소기 설계에서 $CaCO_3$ 입자 직경과 반응온도에 따른 설계 인자 도출을 위한 수치해석을 수행하였다. 수치해석에서 $CaCO_3$ 입자의 소성 반응 모델링을 위해 Uniform Conversion Model을 적용하였으며, 입자의 내외부 확산을 모두 고려하였다. 다양한 $CaCO_3$ 입자 직경 및 소성 반응 온도에서 시간에 따른 conversion 결과 분석을 통해 연소기에서 $CaCO_3$ 입자의 필요한 체류 시간을 도출하였다.

후기 이 논문은 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20018410)

발표자*, 교신저자#(hyojae.jeong@kitech.re.kr)

고발열 칩 냉각용 Cold plate에서 단차 형상 적용을 이용한 Flow boiling 안정성 향상 설계 연구

이재호[1,2,*], 정효재[1#]

Design study on enhancing flow boiling stability in cold plates for high-heat-flux chips using step shape application

J. Lee[1,2,*], H. J. Jeong[1,#]

한국생산기술연구원 산업에너지연구부문[1], 한국기술교육대학교 기계공학부[2]

Key Words : Cold plate, Two-phase cooling, Flow-boiling, Instability, Step-gap, Computational fluid dynamics

최근 인공지능 기술이 발전함에 따라 전세계적으로 데이터센터의 규모가 급속히 증가하고 있으며, 이에 따라 데이터센터에 사용되는 전력 가운데 약 40%를 소비하는 냉각에 필요한 에너지를 절감하기 위한 노력이 요구되고 있다. 뿐만 아니라 데이터센터의 핵심장비인 각 서버에 장착되는 칩이 갈수록 고발열화되고 있어 이를 효율적으로 냉각시킬 수 있는 기술 적용이 필요하다. 기존 데이터센터에서는 냉각대상을 공간으로 하고 있어 효율적인 칩 냉각이 불가능하고 데이터센터에서 사용하는 총 전력량을 센터 내부 IT 장비가 사용한 전력으로 나누는 비율을 뜻하는 PUE(Power Usage Effectiveness)를 낮추는데 한계가 있다. 최근 들어 칩을 효율적으로 냉각시킬 수 있는 Direct-to-Chip 냉각방식과 서버(Server) 및 랙(Rack)을 절연액에 담구어 침지 형태로 냉각시키는 액침 냉각방식을 적용하기 위한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. Direct-to-Chip 냉각방식은 작동유체의 상변화 유무에 따라 단상 냉각방식과 이상 냉각방식으로 구분할 수 있으며, 이상 냉각방식은 작동유체가 Flow-boiling에 의해 상변화할 때 증발잠열을 냉각에 활용할 수 있어 냉각성능이 뛰어나다. 하지만 이상 냉각방식을 적용할 경우 작동유체의 상변화에 따른 유동 불안정성으로 인해 냉각시스템의 안정적인 운영을 어렵게 한다. 본 연구에서는 Direct-to-Chip 냉각에서 Flow-boiling에 의한 유동 불안정성을 해소하기 위해 유로에 단차형상을 적용하였으며, 수치해석을 이용하여 단차형상에 따른 효과를 확인하였다. 수치해석에 적용된 형상은 2D로 구성된 Cold plate이며, RPI boiling model을 이용하여 작동유체의 Flow-boiling을 모사하였다. 수치해석에 적용된 작동유체는 HFE-7000이며, 열물성은 REFPROP에서 제시하고 있는 수치를 적용하였다. 따라서, 본 발표에서는 Cold plate 내부 단차형상 적용에 따른 유동분포 특성, 차압, 냉각성능 결과를 분석하여 유동 안정성을 향상시킬 수 있는 유로 설계 방향을 제시하고자 한다.

후기 이 논문은 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20018410)

발표자*, 교신저자#(hyojae.jeong@kitech.re.kr)

콘크리트 양성용 알파 보드의 CAE 구조해석

문현호*, 이종선#

CAE structural analysis of alpha board used to nuture concrete blocks

H. H. Moon*, C. S. Lee#

한동대학교 기계공학부

Key Words : Deformation, Stress, Alpha board, Concrete block

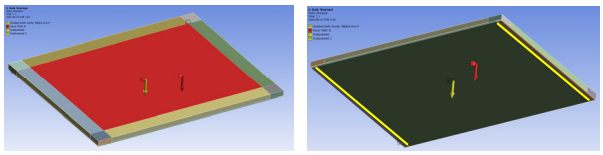
1. 서 론

본 연구는 콘크리트 양성에 사용되는 알파보드의 구조해석을 통해 보드의 연직 처짐량 최소화와 비용절감에 목표를 둔다. 콘크리트가 양성되는 과정에서 변형이 일어나면 안되기에 콘크리트가 얹히는 스틸보드는 처짐이 1mm 이하로 제한되어야 한다. 비용과 관계 있는 철강 재료를 줄이고 연직방향 처짐을 줄이기 위해서는 속이 꽉찬 보드가 아닌 내부를 비우면서 처짐을 줄이는 보드의 설계가 필요하다. 알파보드의 전체 높이와 상판, 하판, 보강대, 진동판의 두께를 다르게 설정하여 여러 케이스를 만들어 CAE 구조해석으로 각 모델의 성능을 비교하고자 한다.

2. 해석 조건

알파보드의 구성품은 상판, 하판, 보강대 및 진동판으로 구성되어 있다. 상하판은 1400X1100mm 면적과 얇은 두께를 갖고, 진동판은 상판과 하판 사이 공간에 배열되며 보강대가 직육면체 보드의 테두리부에 위치한다.

접촉조건으로 진동판끼리는 프릭션리스 접촉으로 나머지 부품 간의 접촉부는 모두 본딩 처리 하였다. Fig. 1에 도시된 것 같이 경계조건으로 좌우끝면의 35mm 안쪽 모서리선에 단순지지 조건을 주었다. 하중조건으로 상판 윗면 1200 X 900mm 면적에 콘크리트 무게 5000 N을 부여하고 부재의 무게를 추가하였다.



(a) Top view (b) Bottom view

Fig. 1 Load and Boundary Conditions of Alpha Board

3. 해석 결과

구조해석을 위해 ANSYS를 사용하였다. 설계 변수에 따른 처짐량 변화를 구하기 위해 보드높이를 42mm과 51mm의 케이스로 나누고, 각 케이스에서 상판, 하판의 두께, 보강대의 두께, 진동판의 두께를 25% 씩 줄여서 시뮬레이션 하였다.

Table 1에 8가지 경우에 대해 보드 중앙부의 처짐을 비교하였다. 분석 결과, 보드 높이가 보드의 연직 처짐에 가장 큰 영향을 미친다. 보드높이 51mm에서는 상하판 두께, 보강대 두께, 진동판의 두께의 순으로 처짐에 영향을 주며 42mm에서는 보강대 두께, 상하판 두께, 진동판 두께 순으로 영향을 주었다.

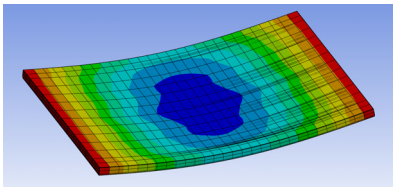


Fig. 2 Results of Directional Deformation Using ANSYS

Table 1 Directional Deformation of Alpha Board depending on design parameters

보드높이(mm)	42				51			
상하판두께(mm)	2	2	2	1.5	2	2	2	1.5
보강대두께(mm)	2	1.5	2	2	2	1.5	2	2
진동판두께(mm)	0.6	0.6	0.45	0.6	0.6	0.6	0.45	0.6
연직처짐량(mm)	0.47	0.52	0.48	0.49	0.33	0.37	0.34	0.38

4. 결 론

보드 높이 42mm와 51mm를 비교하면 높이 9mm 차이로 연직 처짐이 0.47mm에서 0.33mm로 약 30% 감소하였다. 굽힘모멘트에 의한 처짐 이론에서, 보드의 처짐은 면적관성모멘트에 반비례하며, 알파보드의 디자인 변수 중에서 보드 높이가 면적관성모멘트를 가장 크게 변화시키기 때문이다. 다른 변수들의 영향도 있었으나 보드 높이에 비해 별로 크지 않았다.

참 고 문 헌

(1) Lee, C.S., (2024), "Design of Steel Board Used for Supporting Concrete Blocks Based on Deflection Analysis", J. Korean Society of Mechanical Technology, 26(2), 354-36

발표자*, 교신저자#(cslee@handong.edu)

인공지능을 이용한 군함정 파이프 손상 예지정비에 관한 연구

이도환[1,*], 권현규[1,#], 이정화[2], 전진웅[3]

A study on using artificial intelligence to predict pipe damage on warships

D. H. Lee[1,*], H. K. Kweon[1,#], J. H. Li[2], J. W. Jeon[3]

국립금오공과대학교 기계시스템공학부[1], 금오공과대학교 산학협력단[2], (주)컨셉션[3]

Key Words : Acoustic emission, AE sensor, Leak detection, Defect detection, Monitoring

Currently, pipe monitoring systems are widely used in various fields such as aviation and marine industries, manufacturing, and petrochemical industries. Existing methods used to detect leaks and defects in pipes are difficult to accurately detect locations and use equipment that can be found after destruction occurs, and the later the repair period is, the more enormous losses will be incurred. Although there are companies that have developed diagnostic equipment using acoustic waves in Korea, and some companies import overseas products and use them as research focus, practical research or acoustic wave analysis and equipment development research for industrial site application are still limited. Therefore, this study is to design and develop an Acoustic Emission sensor module for the production of various forms and large-area products, breaking away from the limitations of the existing acoustic sensor attachment method. To this end, we will design and build a test bed that can collect acoustic emission data according to the normal and defect conditions of the pipe to collect data necessary for artificial intelligence learning. Based on the data collected from the testbed, we propose to develop a system that can monitor and analyze pipe defects based on the collected data by establishing defect indicators that can classify the normal and defect status of pipes by applying artificial intelligence techniques. Through this, it is expected to monitor leakage and defects in pipes in real time and enable predictive maintenance to prevent potential risks in advance.

후기 이 연구는 경상북도와 구미시의 지원을 받아 수행된 지역산업기반 인재양성 및 혁신기술개발사업의 연구임

발표자*, 교신저자#(hkkweon@kumoh.ac.kr)

자작 전기차의 CFD 해석을 통한 항력 감소와 냉각 성능 개선

안견힐*, 이종선#

Drag force reduction and cooling performance improvement through CFD analysis of self-made electric vehicle

G. H. An*, C. S. Lee#

한동대학교 기계제어공학부

Key Words : Drag force reduction, Cooling performance, CFD, Self-made electric vehicle

1. 서 론

본 논문에서는 KSAE(대학생 자작 전기차 대회) 출전용 전기 자동차의 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석을 통해 차량의 항력 감소와 전자 회로의 냉각 효과 증진을 목적으로 한다. 기존 차량의 카울은 높은 항력을 받는 구조이며 전자 회로의 효과적인 냉각이 이루어지지 않는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Ansys Fluent를 활용하여 항력을 최소화하고 전자 회로의 냉각을 개선한 모델을 제시하고 풍동 실험을 통해 해석 조건의 신뢰성을 더하고자 한다.

2. 설계 방법

2.1 모델링

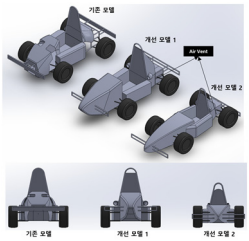


Fig. 1 Old, Advanced-1,2 (SolidWorks)

Fig.1에서 두 개선된 모델에서는 입사면에서의 투영 면적을 최소화하기 위해 범퍼와 RRH (Rear Roll Hoop) 철판을 제거하였다. 개선 모델1은 Rocketry Nose Cone 공식의 Power 0.5 식을 착안하였으며 개선 모델 2는 Air foil 중 NACA 2412 (받음각 $-3°$)를 토대로 설계하였다. 차량 후방은 기존 Air Duct의 구조를 변화하여 직접적으로 전자 회로를 공냉으로 냉각할 수 있도록 설계를 개선하였다.

2.2 해석 방법 및 조건

난류 모델은 계산 비용이 낮고 경계층 주변에서의 해석에 장점이 있는 Spalart-Allmaras 모델을 사용하였다. 해석을 위한 입출력 및 경계조건은 Table 1과 같이 설정하였다.

Table 1 Boundary Conditions used in CFD Simulation

Type	Condition	Speed
Inlet	Velocity-Inlet	16.67 [m/s]
Outlet	Pressure-Outlet	-
Cowl	Stationary-Wall	-
Frame	Stationary-Wall	-
Wheel	Rotational	72.48 [rad/s]
Ground	Translational	-16.67 [m/s]
Tunnel-Wall	No Shear	-

2.3 해석 결과

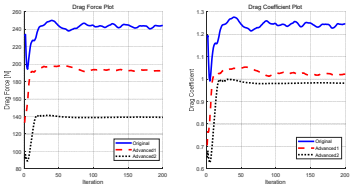


Fig. 2 Comparison of Drag Forces Between Three Models

기존 모델의 경우 245[N], 개선모델1, 2의 경우 각각 195[N], 140[N]의 결과가 도출되었다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 기존모델의 경우 전자회로에 흐르는 유체의 속도는 기존 모델 2.5[m/s], 개선모델 1,2는 각각 10[m/s], 16[m/s]이다.

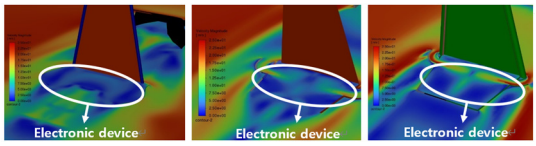


Fig. 3 Fluid Velocity over Electronic Circuits (Ansys Fluent)

2.4 실험 결과

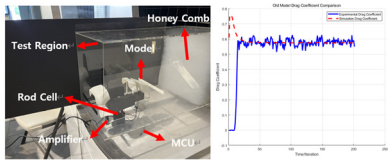


Fig. 4 Test Settings & Comparison of Test and Simulation Results

Fig. 4와 같이 풍동 실험을 진행한 결과, CFD 해석 결과와 큰 차이가 보이지 않았다. 이로서 CFD 해석 조건이 올바르게 설정되었음을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

개선된 두개의 모델에서 항력은 각각 20.4%, 43% 감소하였고 개선모델2에서 Air Duct를 추가함으로써 냉각 기능이 향상되었다.

참고문헌

(1) Prakhar Mahobia. (2017). Computational Fluid Dynamics Based Design and Investigation of Nose Cone Aerodynamics of Formula Style Student Designed Racecar

발표자*, 교신저자#(cslee@handong.ed

휠 굴착기 트랜스미션 브레이크 마찰판 열유속해석에 관한 연구

김형준[1,*,#], 이환기[1], 김명섭[1], 이준희[2], 송민수[3]

A study on the heat flux analysis of friction plate of wheel excavator transmission brake

H. J. Kim[1,*,#], H. G. Lee[1], M. S. Kim[1], J. H. Lee[2], S. M. Song[3]

(재)경북테크노파크[1], (주)디아이씨[2], (주)금천씨스템[3]

Key Words : Transmission, Wheel excavator, Brake, Friction plate, Heat flux

산업의 급속한 발전에 따른 건설장비의 수요 확대로 인해 기존의 인력에 의존하던 작업을 대체하여 작업효율과 사고의 위험성을 크게 줄이고 극대화함으로써 생산성을 크게 향상시켰으며, 시장규모의 확대로 국내 건설장비 제조업체는 다양한 타입의 제품을 개발 및 양산화하여 보급하고 있다. 그러나 건설장비부품은 오랜 경험을 바탕으로 하는 고급기술이 필요함에 따라 고가의 핵심 부품을 수입 적용하고 있는 상황이다. 이러한 건설장비 부품중 이동성이 높은 중형 휠 굴착기에 장착되고 있는 트랜스미션 또한 해외 수입에 의존하고 있으며, 국내 건설장비 제조사는 고가의 수입품을 적용함으로 인하여 가격경쟁력 확보와 부품 수급의 어려움이 발생되고 있는 상황이다.

유압식 트랜스미션의 동력전달과 주차 브레이크 기능은 변속기 내부의 다판식 클러치와 다판식 브레이크의 조합에 의해 이루어지며, 브레이크 마찰판 유로에서 거동하는 오일은 다양한 환경조건에 노출된다. 본 연구에서는 14~21 톤급 휠 굴착기용 트랜스미션 내부유로의 동적거동특성을 고려한 환경조건을 분석하여 브레이크 마찰판 내 오일의 동적거동에 따른 열유동해석을 수행하여 브레이크 마찰판의 온도변화 경향을 열유속[W/㎡] 분포특성을 통하여 분석하였다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 '기계장비산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(14~21톤 휠 굴착기용 트랜스미션 및 엑슬 개발, '20014657')

발표자*, 교신저자#(hjkimrd@gbtp.or.kr)

벽돌 생산용 형강 구조물의 CAE 해석 활용 최적 구조체 개발

김한민*, 한태건, 문현호, 이종선#

Development of optimal steel structures used for brick production using CAE simulation

H. M. Kim*, T. G. Han, H. H. Moon, C. S. Lee#

한동대학교 기계제어공학부

Key Words: Structure analysis, Deflection analysis, CAE simulation, Weight-minimizing

1. 서 론

벽돌 생산용 형강 구조물의 연직 처짐량은 벽돌 또는 콘크리트 제품의 양성을 위해 일정 한도 이내로 제한하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 벽돌 생산용 형강 구조물의 형강 숫자, 강판 두께 등과 같은 변수를 고려하여 구조물의 처짐을 한도 이내로 제한하면서 중량을 가볍게 하는 최적의 구조를 제시하고자 한다. 유한요소해석을 위해 구조물의 하중조건, 지지조건, 접촉 조건을 설정하고 구조물의 중량과 처짐 정도를 시뮬레이션으로 구한다. 본 연구를 통하여 디자인 변수의 변화에 따른 구조물의 연직 처짐량의 변화를 관찰하고 처짐량 한도를 초과하지 않는 조건에서 전체 중량을 최소화하여 제품의 경쟁력을 높이고자 한다.

2. 본 론

2.1 설계 대상

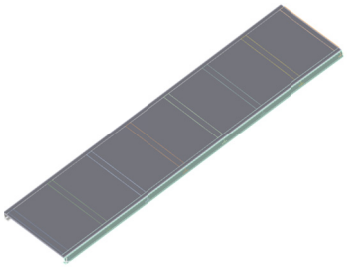


Fig.1 Steel frame model

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 강판과 강판 하부의 H-빔을 여러 개 용접한 구조가 해석 대상이다. 콘크리트 양생 시 하단부에 설치되는 형강 구조물로 상판을 보강하고, 상판의 두께를 조절하여 상판에 가해지는 콘크리트 하중에 의한 처짐을 줄인다.

2.2 해석 방법 및 조건



Fig. 2 Mesh for CAE Simulation

Fig. 2에 유한요소해석 모델의 메쉬를 나타내었다. 해석의 정확도를 위해 주로 헥사 메쉬를 사용하였다. 구조물의 재질은 연강을 사용하였고 상판의 두께, H-빔 사이의 간격을 변화시킨 12개의 다른 구조에 대한 결과를 비교하였다. 연직 방향의 하중만을 받는 구조물 특성상 양단 지지부 면에 ANSYS 구조해석 프로그램이 제공하는 Compression Only Support를 적용하고 상판 상부에 콘크리트 무게에 의한 힘과 구조물의 무게를 하중조건으로 부여하였다.

2.3 해석결과

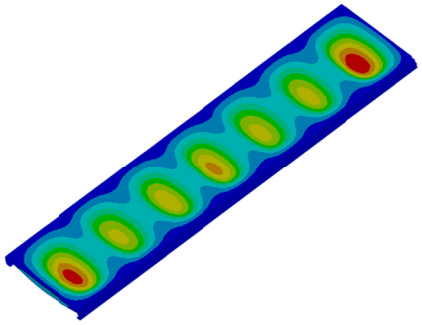


Fig. 3 Results of directional deformation using ANSYS

Fig. 3에 유한요소 해석 처짐 결과를 나타내었다. 총 12개의 테스트 모델에 대한 유한요소 해석을 진행하여 처짐과 중량을 감소시킨 최적 모델을 선정하였다. 최종 모델의 중량은 기존 모델 대비 약 10% 감소하였고 처짐량은 15% 감소하였다

3. 결 론

CAE 구조해석을 통하여 벽돌 생산용 형강 구조물의 상판 두께 및 하부 H-빔 숫자를 조절하여 기존 모델 대비 처짐과 중량을 개선한 최적 모델을 찾았다. 향후 수학적 모델링을 통한 이론해를 찾고 시뮬레이션 해석과의 비교 검증을 통해 시장 경쟁력을 높인 제품 설계에 적용하고자 한다.

References

[1] Lee, C.S., (2024), "Design of Steel Board Used for Supporting Concrete Blocks Based on Deflection Analysis", J. Korean Society of Mechanical Technology, 26(2), 354-362

발표자*, 교신저자#(cslee@handong.edu)

벽돌 생산용 형강 구조체의 처짐량 이론해 적용과 유한요소해석 비교

한태건*, 김한민, 이종선#

Application of deflection formular for steel structures used for brick production and its comparison with finite element solution

T. G. Han*, H. M. Kim, C. S. Lee#

한동대학교 기계제어공학부

Key Words : Deflection formular, Finite element method, Structural analysis, Brick production

1. 서 론

벽돌 생산 공정에서 사용되는 형강 구조체는 생산의 효율성과 벽돌 제품의 품질을 보장하기 위해 중요한 역할을 한다. 이러한 구조체는 벽돌의 무게와 생산 기계의 하중을 지탱해야 하므로, 구조체의 처짐량을 예측하고 관리하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 형강 구조체의 처짐량을 예측하기 위한 이론식을 적용하고 이를 유한요소해석 결과와 비교 평가하였다.

2. 구조체 분석

본 연구에서는 벽돌이 얹히는 얇은 강판의 하부에 H-빔 형강을 용접한 구조체를 선택하였다. 이 구조체의 처짐이 발생하는 두 가지 부위를 분석하였면, 첫째, 하중에 의한 플레이트(강판)를 받치고 있는 형강들의 처짐과, 둘째, 형강 사이 사이의 강판의 처짐이다. 이 두 가지 요인으로 발생하는 처짐을 이론식을 통해 각각 계산한다. 이 때 하중은 벽돌의 무게에 의해 강판에 작용하는 압력과 강판의 무게이다.

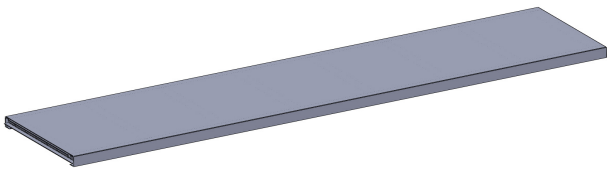
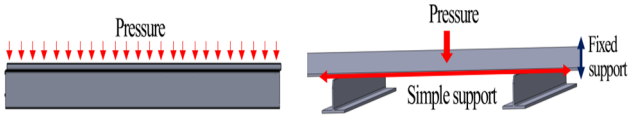


Fig. 1 FEM model for steel structure constructed with H-beam and thin plate



(a) Deflection of H-beam (b) Deflection of plate

Fig. 2 Deflection of H-beam and plate

Fig. 1과 2에서 해석 대상인 구조체는 형강과 강판이 결합된 구조이므로, 두 구조 각각의 처짐에 의해 구조물의 중앙부에서 최대 처짐이 발생한다. 형강의 변형을 예측하기 위해, 면적관성모멘트의 계산이 필요하다. 단면들의 중립선을 구한 후, 평행축 정리를 사용하여 복합 단면의 면적관성 모멘트를 산출하였다. 형강의 처짐량 계산에는 식 (1)의 단순지지보 처짐 공식을 사용하였다. 식 (1)에서 w: 분포하중, L: 보의 길이, E: 탄성계수, I: 면적관성 모멘트이다.

$$\delta = \frac{5wL^4}{384EI} \qquad (1)$$

두개 H-빔 사이에서 강판의 처짐은 강판 테두리 모서리선의 경계조건에 영향을 받는다. Fig. 2(a)에 도시된 것 같이, 네개의 모서리선 중에서 두 선은 형강에 의한 양단고정지지이며 나머지 두선은 또 다른 형강에 의해 단순지지 형태를 띄고 있다. 이에 대한 이론식을 참고문헌 [1]에서 찾고 적용하였다. 식 (2)에서 E: 탄성계수, h: 플레이트 두께, v: 포아송비, a: 너비, b: 길이, 알파: 0.00247571, q: 압력, D: 굽힘강성이며, 알파값은 a/b = 1.5에 대한 값을 적용하였다.

$$\delta = \frac{\alpha q b^4}{D}\ ,\ \text{where } D = \frac{hE^3}{12(1-v^2)} \qquad (2)$$

3. 결과 및 고찰

구조체의 처짐량을 예측하기 위해 이론식을 구하고 유한요소해석 결과와 비교하였다. Table2는 강판 두께의 변화와 H형강 수의 변화에 따른 구조물의 총 무게와 연직 처짐량을 보여준다.

Table 1 Comparison by plate thickness change

Case	H형강 수	판두께 [mm]	중량 [kg]	이론처짐 [mm]	시뮬레이션 처짐[mm]	오차 [%]
1	8	7	865	0.975	0.981	0.6
2	8	8	923	0.698	0.788	11.4
3	8	9	981	0.529	0.662	20.1
4	7	9	962r	0.917	1.035	11.4

이론식과 유한요소해석의 차이는 20% 이내로 나타났으며, 이는 형강 구조체의 설계 및 처짐 분석에 있어 이론식에 의한 빠른 처짐량 예측이 가능함을 시사한다. 물론, 정확한 예측을 위해서 유한요소해석이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

(1) Batista, M. (2010). Uniformly Loaded Rectangular Thin Plates with Symmetrical Boundary Conditions. Faculty of Maritime Studies and Transport, University of Ljubljana.

발표자*, 교신저자#(cslee@handong.edu)

복합하중을 받는 내륜 분할 3점 접촉 볼베어링 접촉 특성

사진혁[1,*], 리베라 길버트[2], 포 패트릭 존[1], 홍성욱[3,#]

Contact characteristics of split-inner-ring three-point contact ball bearings under combined loading

J. H. Sa[1,*], Gilbert Rivera[2], Po Patrick John[1], S. W. Hong[3,#]

금오공과대학교 대학원 기계공학부[1], 금오공과대학교 연구원 생산기술연구소[2], 금오공과대학교 교수 기계시스템공학과[3]

Key Words : Split-inner-ring three-point contact ball bearing, Arching dimension, Contact load, Contact point, Truncation of area

내륜 분할 3점접촉 볼베어링(Split-inner-ring three-point contact ball bearing, SI-TCBB)은 각접촉 볼베어링의 내륜을 분할하여 중앙의 일부를 제거한 후 결합하여 재구성하는 특수베어링이다. 분할된 내륜을 통해 윤활유의 공급 경로를 제한하지 않고 비례적인 양의 윤활유를 손쉽게 제공할 수 있으며 각접촉 볼베어링과 달리 양방향 축하중을 모두 지지할 수 있어 매우 유용하게 활용되고 있다. 본 연구에서는 SI-TCBB 해석을 위한 5자유도 준정적 모델을 소개하고 SI-TCBB가 2점에서 3점접촉을 발생시킬 수 있는 경방향 하중의 영향을 고려하여 접촉하중 및 특성을 확인하였다. 또한, SI-TCBB의 마모나 고장을 일으킬 수 있는 내륜 접촉점에서의 미세한 접촉현상과 기울어진 접촉각을 갖는 베어링이 보이는 접촉면 절단현상(Truncation of contact area, TCA)을 확인하였다. 개발된 SI-TCBB의 모델은 참고문헌과 비교검증을 실시하였다. 순수 축방향하중 아래에서 SI-TCBB는 하중조건, 아치길이, 회전속도에 무관하게 기존의 각접촉 볼베어링과 동일한 2점접촉 거동을 유지하는 반면에 TCA 현상은 축방향 하중이 증가하면 외륜보다 내륜 접촉점에서 먼저 발생함을 확인하였다. 경방향 하중 및 아치길이로 정의되는 내륜 제거길이의 증가는 보다 많은 볼에서 3점접촉이 발생하도록 하며, 축방향 하중이 충분하지 않은 경우에는 내륜에서 미세한 접촉현상과 TCA현상이 발생할 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과는 SI-TCBB를 설계 및 제조하거나 운전조건을 결정할 때 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2024년도 금오공과대학교의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(swhong@kumoh.ac.kr)

수소 연료전지 스택 진동 특성에 관한 연구

포 패트릭 존[1,*], 사진혁[1], 박상원[2] 홍성욱[3,#]

Study on the vibration characteristics of hydrogen fuel cell stack

P. J. Po[1,*], J. H. Sa[1], S. W. Park[2], S. W. Hong[3,#]

금오공과대학교 대학원 기계공학과[1], 주식회사 노바[2], 금오공과대학교 기계시스템공학부[3]

Key Words : Hydrogen fuel cell, Vibration, Natural frequency, Mode shape, Steel band

수소연료전지(Hydrogen fuel cell; HFC)는 수소를 연료로 산소와 화학적 반응을 일으켜 전기 에너지를 생산하는 에너지 변환 장치로서 음극, 양극, 전해질이 접합된 셀 형태이며, 일반적으로 막전극접합체, 전해질막, 촉매층, 가스확산층, 분리판, 가스켓, 집전판 등으로 구성된다. HFC는 여러 개를 층으로 쌓아서 사용하게 되며 이를 위해 엔드 플레이트, 절연판 등을 포함한 스택 형태로 구성한다. 본 연구에서 고려한 HFC 스택은 경량화를 위해 강철밴드를 이용한 인장력을 통해 셀에 압력을 가하는 동시에 체결력을 유지하도록 구성된 형태이다. 본 연구에서는 상용 유한요소프로그램을 이용하여 HFC 스택의 진동특성 해석을 수행하였다. HFC 스택의 진동은 HFC의 성능과 파손, 수명 등에 영향을 미치므로 엄격히 관리해야 한다. HFC 스택을 구성하는 내부 재료를 개별적으로 모델링하였으나, 20개의 셀로 구성된 연료전지 부분에 대해서는 하나의 부품으로 가정하였고 그 주요 물성치는 단일 셀에 대한 형상과 하중-변형률 실험 결과를 토대로 추정하였다. 유한요소모델에 대한 검증을 위해 계산을 통해 얻어진 고유진동수 및 진동모드를 실험을 통해 얻어진 결과를 비교하였다. 해석결과 HFC의 강성이 낮아 엔드플레이트와 강철밴드의 특성이 크게 영향을 미치게 되며, 특히 엔트플레이트의 관성과 강철밴드의 스프링 효과에 의한 강체모드가 저주파 대역에서 형성됨을 확인하였다. HFC의 낮은 강성으로 인해 계산에서는 HFC만의 로컬 진동모드가 다수 확인되고 있으나 내부 감쇠효과 인해 실험적으로 관측되는 모드는 없었다. 고주파 대역에서는 엔트플레이트의 탄성모드가 주된 모드로 나타났다. 실험 및 해석을 통해 본연구에서 고려한 HFC 스택은 강철밴드가 진동특성에 크게 영향을 미치고 있으며 사용 진동환경에 맞춰 적절한 설계가 필요함을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(swhong@kumoh.ac.kr)

전동기 기어리스 권상기의 구조적 안전성 평가에 관한 연구

정재윤*, 김승호#

Static a study on the structural safety evaluation of electric gearless traction machine process

Jae-Yoon Jung*, Seung-Ho Kim#

Dept. of Lift Engineering, Korea Lift College, 한국승강기대학교

Key Words : Gearless Traction Machine, Elevator, Sheave

기어리스 권상기의 가장 큰 특징은 에너지 절약을 통한 탄소중화에 기여할 수 있다는 점이다. 또한, 중소기업 경쟁력 향상을 통한 시장성 확대와 기술 향상에 기여하여 주요 부품의 수입 대체 효과를 누릴 수 있다. 기어리스 권상기에 적용되는 토크는 정격 토크보다 높은 제동 토크를 갖는다. 그 중 가장 많은 하중과 하중을 받는 하우징, 시브, 로터에 대한 구조해석을 수행하여 안전성 평가를 수행하였다.

후기 이 논문은 2022년도 중소벤처기업부(중소기업기술정보진흥원전문기관)의 '성과공유형 공통기술 연구개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(NO. 00187378)

발표자*, 교신저자#(kimsh@klc.ac.kr)

열가소성 폴리우레탄 탄성체를 이용한 금형 플랜지 공정 작업에서 차체 아우터 판넬 면 굴곡 완화

권원호*, 서종덕

Improved surface-curvature of car body outer panel flange mold using TPU material

W. H. Kwon*, J. D. Seo

㈜신영

Key Words : Car body, Molding press, Micro-surface curvature, Flange die

자동차 개발에 있어 성능과 더불어 외관 품질의 중요도가 점점 증가하고 있는 추세이다. 차체 외관 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 파단, 주름, 굴곡, 치수정밀도 불량이 대표적이다. 이 중 차체 아우터와 인너 판넬의 헤밍을 위해 플랜지 공법을 아우터 판넬에 적용하게 되는데, 이때 플랜징 작업으로 인해 발생하는 굴곡 현상이 고질적인 문제이다. 이 굴곡 현상을 개선하기 위해 기존에는 작업자가 사상 작업을 통해 개선된 결과를 얻을 수 있었지만, 많은 시간과 공수가 투입됨으로써 금형 개발 기간 증대와 가공 작업으로 인한 불필요한 비용이 증가된다. 이를 해결하기 위해 판넬을 홀딩하는 상Pad의 재질을 스틸이 아닌 TPU(열가소성 폴리우레탄)을 사용하고자 한다. 황삭->중삭->정삭으로 이뤄지는 가공을 통해 상Pad를 정밀가공하더라도 가공기의 한계로 공차는 발생할 수밖에 없다. 이로 인해 판넬의 작업구간을 100% 홀딩하지 못한 문제점을 탄성이 좋은 우레탄을 이용하여 판넬 홀딩력을 증대시킴으로써 플랜지 작업 시, 판넬 밀림 현상을 최소화시킨다. 우레탄을 사용함으로써 초기 정밀가공을 통한 우레탄 면의 거칠기를 해결한다면 작업자의 형합 작업 공수를 줄임으로써 금형 개발기간 최소 1개월 단축 및 플랜지 금형 당 3~4천만원의 절감을 예상한다. 본 과제를 통해 휀더 판넬을 대상 파트로 선정하여 플랜지 금형 우레탄 적용 전,후 비교를 통해 미세면 굴곡이 50% 개선된 효과를 확인 할 수 있었고, 추후 확대 적용을 통해 A급 무빙 아우터 판넬에 시험 및 적용해보고자 한다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '산업집적지경쟁력강화사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. HUUS2202)

과제명 : 5m급 하이브리드 3D프린터 활용 고품질 Aluminum Door Assy 개발용 금속 + TPU 적층 다중 소재 금형 및 미세면굴곡 대응 기술 개발

발표자*

목제품 제작 과정에서 융합 교육 사례 연구

김성일*,#

A case study of convergent education in woodworking product making process

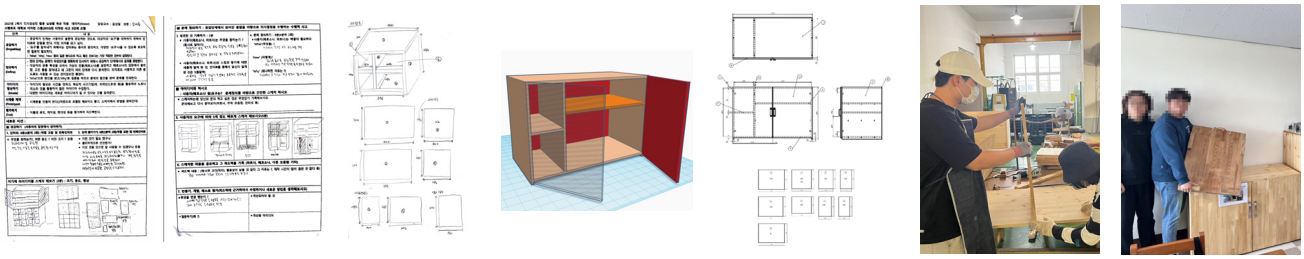
S. I. Kim*,#

세한대학교 기술교육과

Key Words : Convergent education, Woodworking product, Making

'제조 실습'교과목은 여러 가지 제품을 제작하는데 가장 기본이 되는 수업 중의 하나이다. 기존의 제조 실습은 주로 기계를 이용하여 제품을 제작하는 실습에 집중되어 있었으나, 최근 다양한 생활의 변화에 따라 직접 제품을 만들어서 활용하고자 하는 DIY 가구 제작 활동이 활발해지고 있다. 그러나 제품 제작의 설계 및 제작에 주도적인 역할을 담당하는 기계공학 분야에서 제품 설계와 제작에 관련된 내용을 배우고 있지만 제품 아이디어 구상에서 제작까지 이론을 바탕으로 한 제작 체험 기회는 부족한 형편이다. 따라서 제조 실습 시간에 생활 속에 필요한 아이디어를 직접 구상하고 제작하여 활용하고자 하는 목표를 세웠다. 학생들은 목제품 제작이 간단할 것으로 여겼으나 제작을 위해 다양한 기계공학의 기초지식이 필요하다는 것은 인식하였고, 그 외에 다양한 융합 교육 및 실습이 필요하다는 것을 인식하였다. 따라서 본 연구는 생활 속에 필요한 목제품 제작을 위한 절차를 소개하고 제작 절차에서 필요한 융합 교육 사례를 소개하므로 목공 작품 제작을 통한 융합 교육 연구에 도움이 되고자 한다.

목제품의 제작 방법 및 고찰은 다음과 같다. 학생들은 5~6명이 한 모둠으로 편성하여 제작하였으며, 아이디어 구상에 도움이 되는 사용자의 공감에 바탕을 둔 디자인 싱킹 교수·학습법을 활용하여 사용자 및 모둠원들의 요구, 필요한 점 등을 파악한 뒤 함께 토의하며 어떤 모양, 배치를 해야 가장 좋은 제품을 만들 수 있는지에 대하여 다양하게 생각해 보는 확산적 사고기법을 통하여 다양한 아이디어를 얻었으며, 다양한 아이디어 중에서 수렴적 사고기법을 통하여 사용자가 원하는 제품의 형상과 치수를 선정하였다. 생활 속에 필요한 목공 작품 제작을 위한 아이디어 구상 및 작품 제작 과정에서의 융합 교육 절차 및 사례는 Fig. 1과 같다. (a)는 생활 속의 목제품 아이디어를 구상하기 위하여 사용자의 공감을 바탕으로 한 아이디어 구상 방법인 디자인 싱킹을 활용하여 아이디어를 구상한 것이다. 기존의 설계된 제품이 아니므로 크기와 형상, 사용자의 요구에 바탕을 둔 다양한 아이디어를 구상하여 최종 선정된 아이디어를 스케치하였고((b) 참조), 이를 쉽게 설명하기 위하여 틴커캐드를 활용하여 3차원으로 모델링하여 제품의 형상과 크기를 이해할 수 있도록 하였다((c)참조). 집성목을 사용하므로 각 부품을 정확하게 절단하기 위하여 CAD를 이용하여 목제품의 치수를 입력하여 조립도와 부품도를 그려서 치수를 확인하여 수정한 곳도 있었다((d) 참조). 목공 판을 절단한 후 조립을 위한 나사, 경첩 등 다양한 부품 등과 이를 조립하기 위해 다양한 제작 기술과 실습도 필요하였다((e) 참조). 제작 과정에서 여러 번의 실수가 있었지만 완성하여 오일로 마무리 작업을 하여 사용자인 학생들이 원하던 학생회실에서 잘 사용하고 있음을 보여준다 ((f) 참조).



(a) ideation using design thinking (b) Sketch of Idea (c) 3D modelling (d) 2D modelling (e) Making (f) Use of the product

Fig. 1 convergence education procedures and cases in woodworking product making using design thinking

결론을 살펴보면 다음과 같다. 제작을 마치고 학생들은 목공 실습을 하는 약 1개월 동안에 스케치 도면을 그리는 방법, 틴커캐드를 활용한 3차원 모델링 및 목공 집성목의 절단과 조립을 평가하기 위한 오토캐드 조립도와 부품도 그리기, 목재 마름질하기, 가공하기(톱질, 대패질, 드릴 작업 등), 조립하기(공구 사용법 등), 표면 연마(사포질), 바니쉬 작업 등 목제품을 만드는 전 과정을 직접 배우면서 융합 교육의 필요성과 융합 교육의 중요성을 알게 되었다고 한다. 소비자의 입장에서만 목제품을 사용만 하다가, 학생 본인들이 직접 목제품을 만들어 보니 목제품 하나를 완성하는 것이 결코 쉬운 일이 아니라는 것을 느끼고, 하나의 작업을 완성할 때까지 하나의 기초 지식이 아닌 다양한 융합 지식의 필요성을 실감하였고, 집이나 학교에서 사용하는 목제품들도 "이런 다양한 융합 지식을 통해 만들어진 것이구나"라고 느꼈다. 결론적으로 학생들은 목제품을 제작하는 과정을 통해 아이디어 구상에서부터 설계, 절단, 제작, 마무리하면서 융합 교육을 경험하는 기회가 되었다.

발표자*, 교신저자#(sikim@sehan.ac.kr)

제조 실습에서 목제품 제작에 대한 학생들의 인식 분석

김성일*,#

Analysis of students' recognition of wood product making in manufacturing practice

S. I. Kim*,#

세한대학교 기술교육과

Key Words : Convergent education, Woodworking products, Manufacturing practice

1. 서 론

최근 다양한 제품이 개발되면서 학문 간의 융합기술이 요구되고 있으며, 디지털 시대이므로 다양한 공학 실습에서 이제 디지털 교육의 필요성이 증대되고 있어 디지털 교육이 요구되고 있는 시점이다. 그러나 실제 제품을 제작하기 위해서는 기초 지식외에도 다양한 지식이 필요성을 인식하여 각 대학에서도 융합 교육에 집중하고 있는 것이 현실이다. 따라서 대학 뿐만아니라 초중등학교에서도 디지털 교육과 융합교육 실천을 위해 다양한 교육 과정을 개발하고 교육 현장에 적용하기 위하여 융합 교육 프로그램의 개발을 요청하고 있으나, 아직까지도 학교 현장에서 디지털 교육과 융합교육을 활용한 수업은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 제조실습 수업에서 디지털 교육을 포함한 융합 교육을 실시할 수 있는 목제품 아이디어를 구상하여 디지털 교육을 포함한 융합 교육을 통해 목제품을 제작하여 활용할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하고 그 효과를 분석하고자 한다.

2. 목제품 제작 절차 및 분석

목제품 제작을 위한 아이디어 구상 교육 및 피드백 절차는 Fig. 1과 같다. 기존의 목제품 제작 실습은 기존에 설계된 크기가 정해진 목재 반제품을 활용하여 조립하여 완성하는 방법으로 진행하였으므로 정해진 교육을 통한 반복적인 실습을 위주로 하여 창의성과 문제해결능력 향상을 위한 프로그램으로는 미흡한 형편이었다. 따라서 목제품 제작을 위한 제조 실습에서는 3~4명을 한 모둠으로 구성하여 각 모둠원들이 제품 아이디어 구상에서 제작까지 완성하여 활용할 수 있도록 하는 프로그램을 추진하였다. 기존의 제품 제작에서 '아이디어 구상'이 가장 어려운 점이라고 하였으므로, 제품 제작을 위한 아이디어 구상은 사용자의 공감을 바탕으로 한 디자인 싱킹 교수·학습법을 활용하고자 하였으며 사용자의 공감을 바탕으로 다양한 아이디어를 얻기 위해서 브레인스토밍법을 활용하였다. 다양한 아이디어 중에서 선정된 아이디어를 스케치한 뒤 교수자에게 피드백을 받고, 3D 모델링, 2D 모델링을 통해 크기와 형상, 조립 방법 등을 교육한 뒤 목재를 절단하여, 조립하였다. 제작 전에 미리 치수를 입력하여 모델링하는 과정에서 치수의 에러를 수정할 수 있어서 CAD의 중요성을 느끼는 계기가 되었다. CAD 외에 제품 제작을 위해서는 목재의 휘어짐을 방지하기 위한 역학, 조립을 위한 부품과 부품의 조립 방법 등의 다양한 지식이 필요하였다. 따라서 간단하게만 보였던 목제품 제작 과정에서 학생들에게 다양한 디지털 교육과 융합 교육이 필요하였다.

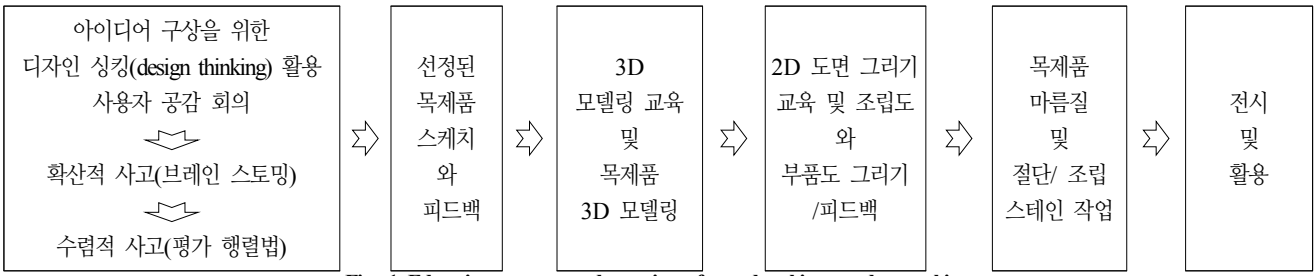


Fig. 1 Education process and practice of woodworking product making

3. 결 론

목제품 제작에서 학생들의 만족도 분석은 설문지를 활용하였다. 목제품 제작에서 가장 어려웠던 점을 선택하는 문항에서 1순위는 '작품 구상에서 제작까지 수정하고 발전해 나가는 과정' 과 '시간 부족'이라고 하였으며, 어려움을 느꼈던 원인으로 1순위는 '문제해결 능력 부족' 및 '활동 시간 부족'이라고 하였다. 제조실습 교과목의 수업에서 목제품 제작 수업 전과 제작 수업 후의 학생들의 인식을 조사하였으며 학생들은 아이디어 구상에 어려움이 있어 사용자의 공감에 바탕을 둔 디자인 싱킹 활용에 대한 만족도에서 '아이디어 구상에 자신감이 있다' 만족도는 3.19 → 4.19점으로, '실습 경험이 창의성과 문제해결 능력 향상에 도움이 된다'는 만족도는 3.38 → 4.24점으로 향상되었다. '기존의 따라하기 실습보다는 다양한 제품을 만들 수 있어서 흥미롭다'는 문항에 대한 만족도는 3.57 → 4.38로 향상되어 목제품 제작 실습에 대한 학생들의 만족도가 높음을 보여주었다.

발표자*, 교신저자#(sikim@sehan.ac.kr)

7월 19일 [금]

포스터 IV 발표 논문

KSMTE ANNUAL SPRING CONFERENCE 2024

PVdF-HFP/BTO 복합 압전 센서 기반 배터리 셀 부피 팽창 감지 시스템

홍석원[1,*], 배지현[2,#], 이병선[1,#]

Battery cell swelling detection system based on PVdF-HFP/BTO composite piezoelectric sensor

S. W. Hong[1,*], J. H. Bae[2,#], B. S. Lee[1,#]

단국대학교 파이버시스템공학과[1], 한양대학교 의류학과[2]

Key Words : Aduino, Battery volume expansion, Battery management system, Hybrid electrospinning/spraying, Piezoelectric sensor

최근 전기 자동차 산업의 급속한 성장과 함께 사회적으로 배터리 안전성에 대한 관심도 크게 증가하고 있다. 압전 센서는 배터리의 열폭주와 화재와 같은 심각한 위험의 전조 증상인 배터리 부피 팽창을 감지하여 배터리의 안정성을 높일 수 있다. 이 연구에서는 압전 고분자 polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene (PVdF-HFP)와 압전 세라믹 $BaTiO_3$ (BTO)를 이용해 압전 센서와 전극을 제조하고, 이를 아두이노 기반의 자동 압력 감지 시스템에 통합하였다. 하이브리드 전기방사/분사 공정을 통해 제조된 PVdF-HFP/BTO 복합 나노섬유 웹은 우수한 유연성과 압전 성능을 보여 압전 센서 소재로 적합한 특성을 나타냈다. 이 복합 나노섬유 웹 기반의 압전 센서를 활용하여 설계된 자동 압력 감지 시스템은 압력이 임계치를 초과할 때 시각적 및 청각적 경고 신호를 제공한다. 이 시스템은 외부 압력을 성공적으로 감지하고 적시에 위험 신호를 제공하여 배터리 셀의 잠재적 오작동을 모니터링하고 감지하는 데 효과적임을 입증하였다. PVdF-HFP/BTO 복합 나노섬유 웹 기반 압전 센서는 뛰어난 유연성과 압전 특성은 다양한 배터리 관리 시스템(BMS, Battery management system)에 적용 가능하며, 잠재적 문제에 대한 조기 경고 신호를 제공함으로써 배터리의 안전성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0012744, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자(hsuk1111@naver.com)*, 교신저자#(배지현: jbae2@hanyang.ac.kr, 이병선: bslee2020@dankook.ac.kr)

다이오드 레이저를 이용한 무연 저융점 Glass Frit Bonding 가능성 연구

홍석재[1,*], 신민섭[1], 설찬수[2], 조영학[3], 황지홍[3,#]

Investigation of lead-free low-temperature glass frit bonding using diode laser

S. J. Hong[1,*], M. S. Shin[1], C. S. Seol[2], Y. H. Cho[3], J. H. Hwang[3,#]

서울과학기술대학교 기계정보공학과[1], 서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과[2], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[3]

Key Words: Glass frit bonding, Diode laser, Paste dispenser

유리 접합 기술은 반도체 및 MEMS 장비, 디스플레이 장치 등에서 정밀도, 신뢰성, 밀봉 능력이 요구되는 분야에 널리 사용된다. 특히 Glass Frit Bonding은 저온에서 용융되는 유리 비드를 접합재로 사용함으로써 열적으로 취약한 장치에 우수한 강도와 화학적 안정성을 제공할 수 있다는 장점이 있다. Glass Frit Bonding은 보통 프린팅, 소결, 접합의 세 단계로 구성되며, Screen Printer, 오븐, 레이저 등의 장비가 각 단계의 특성에 따라 따로따로 사용된다. 그러나 단계별로 사용되는 장비가 달라질 경우, 접합 소재 및 접합 대상이 장비 간 이동 시 오염될 수 있고 이를 정확한 위치에 정렬하는 데 많은 시간 및 비용이 소요될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 문제를 해결하고 공정의 효율성을 높이기 위해 808nm 파장을 갖는 다이오드 레이저와 페이스트 디스펜서가 장착된 3축 장비를 이용하여 유리 접합 과정의 세 단계를 하나의 장비로 해결할 수 있는 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 실험을 위해 접합 물질로는 400°C 이하에서 용융될 수 있는 상용의 무연 유리 비드페이스트를 사용하였고, 접합 대상으로는 MEMS 장비 및 디스플레이 장치 등에 널리 사용되는 Soda-Lime Glass를 사용하였다. 그리고 다양한 조건에 대해 유리 접합을 시도한 후 접합이 완료된 유리에 대해 기포, 크랙 등의 결함 유무를 점검하여 제안된 방법의 가능성을 확인하였다. 그 결과, 본 연구를 통해 제안된 방법이 활용될 경우 유리 접합 공정의 경제성과 효율성이 크게 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(hwangjw@seoultech.ac.kr)

사출 성형품에서 리브 두께와 성형조건에 따른 싱크마크의 해석적 연구

성승민*, 류민영#

Simulational study of sink marks according to rib thickness and molding condition in injection molded specimen

S. M. Sung* , M.-Y. Lyu#

서울과학기술대학교 대학원 기계정보공학과

Key Words : Injection molding, Rib thickness, Sink mark, Injection molding condition

사출 성형품에서 리브는 성형품의 경량성과 비강성 증가의 특성으로 인해 자동차, 가전 제품, 스마트폰, 노트북 등의 외장 케이스에 활용되고 있다. 이러한 리브에 의한 강성은 리브 크기와 패턴에 따라 다르다. 또한 리브가 있는 제품의 성형 공정에서 리브의 밑면과 평판이 만나는 부분은 부피가 커서 수축이 크다. 이에 따라 바닥 면에 싱크 마크(sink mark)의 불량이 초래되어 제품의 품질에 악영향을 미친다. 따라서 리브가 있는 제품의 싱크 마크에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 성형 해석을 통하여 성형 조건과 리브의 두께에 따른 싱크 마크 크기를 파악하고자 한다. 연구에 사용된 시편은 지름이 108mm이고 두께가 2.5mm, 2.0mm, 1.5mm 인 원형 판에 리브 패턴을 설계하고 리브 두께가 0.5mm, 0.7mm, 1.0mm, 1.5mm일 때 성형 조건에 따른 싱크 마크 크기를 분석하였다. 성형 해석 프로그램은 Moldex 3D studio 2022를 사용하였고, 해석에 사용된 수지는 LG Chemical사의 PC/ABS LUPOY GN-5001 RFT 이다. 성형 해석에서 보압 크기와 보압 시간을 변경하여 해석하였다. 각 보압 조건별 리브 두께에 따른 싱크 마크를 분석하여 싱크 마크를 최소화하는 최적 조건을 도출하였다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부 및 한국 산업 기술진흥원의 연구비 지원에 의한 연구임(No. P0012744, 2024년 디지털 제조장비 R&D 인력양성사업)

발표자*, 교신저자#(mylyu@seoultech.ac.kr)

순차이송형 렌즈 성형과정의 온도 및 응력분포에 대한 해석적 연구

홍지현[1,*], 홍정택[1], 김정은[1], 이상혁[2], 박창용[2,#]

Numerical study on the temperature and stress distribution of progressive glass molding process

J. H. Hong[1,*], J. T. Hong[1], J. E. Kim[1], S. H. Lee[2], C. Y. Park[2,#]

서울과학기술대학교 대학원[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Glass molding process, Numerical analysis, Heat transfer, Temperature distribution, Stress distribution

로봇, 카메라, 국방 장비 등 다양한 분야에서 광학 장비를 활발히 사용함에 따라 비구면 대구경 렌즈에 대한 수요가 증가하고 있다. 비구면 렌즈는 구면 수차가 발생하지 않고 광학 성능이 우수하여 구면 렌즈에 비해 효율적이다. 비구면 렌즈는 초정밀 가공된 금형과 저융점 유리 소재를 사용하여 렌즈 및 금형을 순차 이송하며 가열 및 압축 과정을 통해 성형하는 GMP (Glass Molding Process) 방식으로 효율적으로 생산할 수 있다. GMP 성형 공정에서 렌즈는 고온, 고압 과정을 거치며 성형되므로 렌즈 내부에 급격한 온도 차가 발생한다. 올바른 성형 조건이 설정되지 않을 경우 공정 과정에서 렌즈 내부에 파손이 발생하여 생산성이 감소할 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다. 하지만 실제 GMP 성형 공정에서 금형의 온도를 측정하여 열전달 및 응력 특성에 대해 분석하는 것은 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 ANSYS 과도 열전달 – 과도 구조 연계 해석을 통해, 비구면 대구경 성형 공정 냉각 과정에서 렌즈 내부 열전달 및 응력 분포에 대해 분석한다. 또한 수치 해석적인 방법을 통해 실제 현상을 분석할 때 올바른 경계 조건을 부여하는 것은 중요하다. 따라서 여러 경계조건 변화에 따라 변화하는 렌즈 내부 열전달, 응력 분포를 분석하여 비교하고자 하였으며 해석 결과공정 조건 변화에 따라 렌즈 내부 최대 주 응력이 최대 20.7 MPa 변화하는 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(cypark@seoultech.ac.kr)

시스템 모델링 및 위치정보 분석을 통한 CNC 공작기계 이송계의 동특성 파라미터 식별

김명연*, 강정모, 김다영, 박재현, 강진혁, 지성철#

Identification of dynamic parameters of CNC machine tool feed drive systems through system modeling and position analysis

M. Y. Kim*, J. M. Kang, D. Y. Kim, J. H. Park, J. H. Kang, S. C. Jee#

단국대학교 기계공학과

Key Words : CNC machine tools, Feed drive systems, Dynamic characteristics, Nominal model, Parameter identification

가공조건 최적화와 가공성능 평가를 위해서 기계 장비의 동특성이 반영된 시뮬레이션 모델을 구축하는 것은 중요한 요소이다. 동특성이 반영된 시뮬레이션 모델을 구축하기 위해서 공작기계 이송계의 동특성 파라미터를 식별하는 방법이 연구되어 왔으며, 최소자승법 혹은 유전 알고리즘과 같은 최적화 알고리즘을 활용하여 이송계에 대한 동특성 파라미터를 식별하고 있다. 하지만 연속시간 모델에서 최소자승법으로 위치정보를 통해 파라미터를 식별하기 위해서는 차분식을 통해 속도, 가속도 프로파일을 구성해야 하므로 노이즈에 취약한 문제가 있다. 또한 마찰토크와 같은 외란의 영향을 반영하기 위해 속도의 부호함수를 사용하고 있지만 이러한 방법으로는 저속에서의 마찰토크는 제대로 반영할 수 없으며, 최적화 알고리즘의 경우에는 많은 연산량과 시간이 소요된다는 한계가 있다. 본 논문에서는 CNC 공작기계 이송계의 공칭모델과 기계 장비의 위치정보를 활용하여 외란의 영향과는 독립적으로 이송계의 파라미터를 식별하는 방법을 제시한다. 임의의 관성모멘트와 점성 감쇠계수 값을 가지는 공칭모델을 구성한 후, 이송계의 엔코더 피드백으로부터 취득한 위치정보와의 오차를 활용하여 공작기계 이송계의 파라미터 식별 및 공칭모델의 파라미터 값을 수정하였다. 그리고 수정된 공칭모델을 기반으로 외란 관측기를 구성하여 공작기계 이송계의 마찰토크 값을 식별하였다. 식별된 이송계의 파라미터와 마찰토크가 반영된 시뮬레이션 모델과 기계 장비의 위치피드백을 비교함으로써 식별된 공작기계 이송계의 동특성 파라미터의 유효성을 평가하였다. 그 결과, 제시된 방법이 시스템 모델링 및 위치정보 분석을 기반으로 CNC 공작기계 이송계의 동특성 파라미터를 효과적으로 식별할 수 있음을 확인하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 “스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)” 과제와 “2024년 산업혁신인재성장지원사업(과제번호 P0012744)”에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

적층제조를 활용한 TPMS 열교환기 용량 및 압력강하 특성 연구

김정은[1,*], 홍정택[1], 홍지현[1], 권윤민[2], 김태성[2], 오서현[1], 박 근[2], 박창용[2,#]

Additive manufactured TPMS heat exchanger thermal and pressure drop characteristics

J. E. Kim[1,*], J. T. Hong[1], J. H. Hong[1], Y. M. Kwon[2], T. S. Kim[2], S. H. Oh[1], K. Park[2], C. Y. Park[2,#]

서울과학기술대학교 대학원[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Heat exchanger, Heat transfer, Pressure drop, Additive manufacturing

최근 전 세계적으로 환경 규제가 빠르게 확대되면서, 지속 가능한 이동 수단으로서의 전기차 산업은 매년 급속도로 성장하고 있다. 이러한 성장에 발맞춰 전기차 관련 지속적인 연구와 개발이 요구되고 있고, 많은 연구의 주요 목적은 전기차 주행거리 향상을 위한 에너지 효율성 극대화이다. 이를 위해서는 전체적인 전기차 시스템에서 발생하는 열관리는 필수적이며, 그중에서도 발열로 인해 효율이 크게 좌우되는 배터리 시스템의 효율적인 열관리는 매우 중요하다. 현재 전기차에서는 주로 배터리 시스템의 열관리에 판형 열교환기를 이용한다. 그러나 이는 좁고 한정된 공간에 위치하는 전기차 배터리 칠러용 열교환기의 특성상 구조적인 한계를 보인다. 적층제조방식의 발전으로 기존에 제작할 수 없던 구조를 가지는 열교환기 제작이 가능해지며, 열교환의 효율과 동시에 컴팩트함, 나아가 유연한 설계적 적용 가능성을 동시에 갖는 열교환기 설계가 가능해졌다. 따라서 본 연구에서는 적층제조방식인 금속 3D 프린팅을 이용하여 삼중 주기적 최소곡면(Triply Periodic Minimal Surface; TPMS) 구조를 열교환기 내부 구조에 적용한 TPMS 열교환기를 제작하고, 해당 열교환기의 성능평가를 실험적인 방법으로 진행하였다. 실험 결과, 열교환기의 압력강하가 유량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 확인하였으며, 고온측 6 L/min 조건에서 2.65 kPa, 저온측 10 L/min 조건에서 4.85 kPa로 나타나며, 판형 열교환기 대비 54.1% 낮은 값을 보였다. 열용량의 경우에도 유량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 확인하였고, 본 연구의 실험 조건에서 측정된 열교환기의 최대 열용량은 1,583 W. 고온유로 입구에서의 설정 온도를 25℃에서 35℃로 증가시켰을 때 열용량이 최대 69.9% 증가하는 것 또한 확인하였다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(cypark@seoultech.ac.kr)

Mini LED 패키지 레이저 리페어 공정기술 개발

임석균*, 윤상우, 이기현

Mini LED package laser repair process development

S. K. Lim*, S. W. Yoon, K. H. Lee

제이스텍

Key Words : Mini LED package, Laser repair process

1. 서 론

최근 Mini LED 디스플레이는 소형화, 유연성, 높은 시인성 및 수명 등 장점들이 부각되어 다수의 기업들이 Mini LED가 적용된 새로운 제품들을 선보이고 있다. 현재 자동차, TV, 전광판 등 다양한 분야에서 Mini LED 적용이 확대되고 있으며 추후 Mini LED 패키지 제품 수요가 증가할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 Mini LED 패키지 제조 공정 중 하나인 Laser를 이용한 Mini LED 패키지 리페어 공정 기술을 소개하고자 한다. 리페어 공정이란, Mini LED 패키지 기판에서 불량 LED Chip을 제거 후, 새로운 LED Chip을 패키지 기판에 접합 시키는 공정이다. 본 연구에서는 레이저를 이용한 Mini LED 패키지 Chip 리페어 공정 기술을 소개하고자 한다.

2. 실험 방법

본 리페어 설비에는 Laser는 1030nm파장의 IR fs레이저와, 808nm 파장의 다이오드 레이저 2가지 Type의 레이저가 적용되었다. 다이오드 레이저는 불량 LED Chip 제거 및 양품 LED Chip 접합공정에 사용하며, IR fs 레이저는 Chip 제거 후 기판 하부에 남아있는 Solder 잔여를 제거하는데 사용된다.

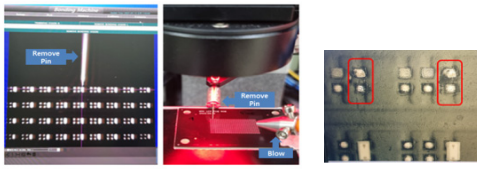


Fig. 1 LED Chip

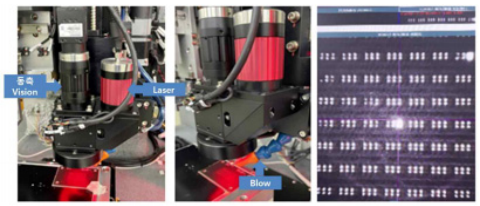


Fig. 2 LED Chip ReBonding

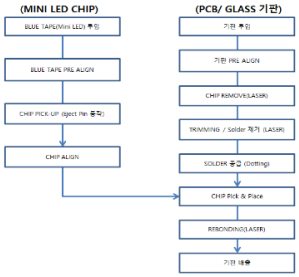


Fig. 3 Prcess Flow Chart

본 설비의 공정 Flow는 불량 패키지 기판투입 → 불량 LED Chip 제거 → Laser Trimming (기판 Solder 잔여 제거) → LED Chip Place & Chip Bondig 순서로 진행된다.

3. 실험 방법

실험결과 측정을 위해 불량 Mini LED가 실장된 패키지 기판을 사용하여 점등되지 않는 LED소자를 확인 후, 리페어 공정을 진행하여 리페어 수율을 검증하였다.

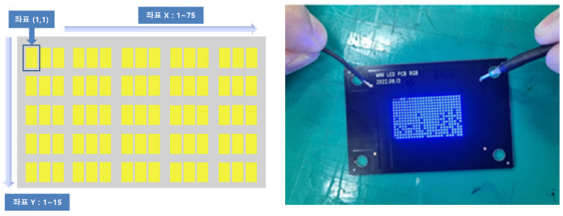


Fig. 4 불량 LED Chip 좌표 및 기판 점등검사

불량 LED Chip 좌표

No	X	Y	점등 결과	No	X	Y	점등 결과
1	1	1	O.K	16	4	11	O.K
2	4	1	O.K	17	16	11	O.K
3	7	1	O.K	18	19	11	O.K
4	16	1	O.K	19	31	11	O.K
5	67	6	O.K	20	66	11	O.K
6	28	7	O.K	21	73	11	O.K
7	66	7	O.K	22	7	12	O.K
8	67	7	O.K	23	11	12	O.K
9	4	8	O.K	24	49	12	O.K
10	52	8	O.K	25	67	12	O.K
11	31	9	O.K	26	10	13	O.K
12	66	9	O.K	27	22	13	O.K
13	67	9	O.K	28	34	13	O.K
14	52	10	O.K	29	61	13	O.K
15	70	10	O.K	30	1	15	N.G

Fig. 5 LED Chip 리페어 좌표

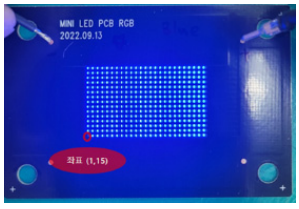


Fig. 6 리페어 기판 점등 검사

실험결과 30개의 불량 LED Chip 리페어를 진행하여 1개를 제외한 29개의 LED Chip이 점등되는 것을 확인함. 리페어 수율의 경우 약 96.6%를 달성하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 Mini LED 패키지 모듈 제조 공정중 레이저 리페어 공정기술에 대한 연구를 진행하였으며, 향후 지속적인 연구를 통해 리페어 공정의 수율을 개선하면 경쟁력 있는 장비 개발이 가능할 것으로 예상된다.

발표자*

SnO_2/Single-layer graphene 기반의 NO_2 가스 센서의 개발

정동혁[1,2,*], 태유진[1], 우채연[1], 양이준[1], 정동건[1], 정대웅[1,#]

Development of NO_2 gas sensor based on SnO_2/Single-layer graphene

D. H. Jeong[1,2,*], E. G. Tae[1], C. Y. Woo[1], Y. J. Yang[1], D. G. Jung[1], D. W. Jung[1,#]

한국생산기술연구원 대경본부 모바일시스템그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : : Graphene synthesis, LPCVD, SnO_2 deposition, NO_2 sensor

산업환경에서 발생하는 여러가지 가스는 현장에 있는 작업자들에게 매우 치명적인 요소로 작용한다. 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3) 등과 같이 이산화질소(NO_2)는 저농도 혹은 고농도에 노출될 시 신체에 여러가지 질환을 야기시킨다. 저농도의 경우, 장시간 노출됨에 따라 기관지염, 폐기종, 위장 등의 원인으로 취급된다. 고농도의 경우에는 사망으로 이어질 수 있는 폐수종, 폐렴 등의 증상을 야기시킨다.

Graphene은 내화학성, 높은 열전도성의 장점을 가져 이산화질소를 감지할 수 있는 가스 센서로 활용되고 있다. 연구 초기에는 Graphite를 기계적 박리법을 통해 Graphene으로 활용하였지만 기술의 발전에 따라 현재에는 화학기상증착법(LPCVD)를 통해서 Graphene을 Bottom-up 방식으로 제작하고 있다. 이렇게 생산된 Graphene은 고품질, 다면적, 고순도의 여러가지 장점을 가질 수 있다. 이러한 Graphene은 산소 분자와의 반응을 통해 전자를 잃고 정공이 Major carrier로써 역할을 하는 p-type과 비슷한 특성으로 작동한다. Two-dimensional material인 Graphene의 특성을 증대시키기 위해 본 연구에서는 금속산화물로써 SnO_2(Tin dioxide, 산화주석)을 사용하였다. Graphene뿐만 아닌 금속산화물 표면에서도 산소 분자와 반응하여 전자를 잃고 Graphene을 통해 다시 전자를 공급받음으로써 Major carrier인 정공의 농도를 보다 상승시켜 이산화질소에 대한 반응성의 증대를 유도하였다.

동작 온도를 상온 및 100 ° C로 조절하여 온도에 대한 이산화질소 반응의 변화에 대해서 확인하였다. 100 ° C의 동작 온도에서 SnO_2가 증착되지 않은 Graphene 가스 센서가 10 ppm 농도의 이산화질소에 대해 대략 -3 %의 Response를 가지는 반면 SnO_2 증착된 Graphene의 경우 -25 %의 Response를 가지는 것을 확인하였다.

후기 본 사업은 “2023년 지역정부출연연 협력융복합사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "산업계 탄소중립을 위한 청정수소 생산-저장 및 탄소저감 모니터링 시스템 실용화 기술개발 (Kitech EH-24-0007)" 지원으로 수행한 연구입니다.)

발표자*, 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr))

4.26 μm 적외선 필터용 반사방지 코팅의 어닐링을 통한 투과율 향상

황성필[1,2,*], 이준엽[1,2], 하윤태[1,2], 한욱수[1,2], 문성욱[1], 김문성[1], 정동건[1], 정대웅[1,#]

Transmittance enhancement of anti-reflective coating by annealing for 4.26 μm infrared filter

S. Hwang[1,2,*], J. Lee[1], Y. Ha[1,2], U. Han[1,2], S. Moon[1], M. Kim[1], D. G. Jung[1], D. Jung[1,#]

한국생산기술연구원 모빌리티시스템그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : Optical filter, Thin film filter, Anti-reflective coating, Annealing, Magmesium oxide

본 연구에서는 비분산 적외선(Non-Dispersive Infrared, NDIR) 가스 센서의 감지 능력을 향상시키기 위한 광학 필터에 반사방지 코팅(Anti-Reflective Coating, ARC)을 적용하고 투과율 증가를 위한 어닐링 최적화를 진행하였다. 박막 증착을 위한 장비로는 E-beam evaporator를 사용하였고, 25 × 25 mm의 실리콘 기판을 사용하였다. 단층 반사방지 코팅의 물질 후보로는 Al_2O_3, SiO_2, TiO_2, BaF_2, ZnS, MgO를 선정하였으며, 이중 MgO가 시뮬레이션 결과 71%로 가장 높은 투과율로 나타냈다. 이산화탄소가 갖는 흡수 파장인 4.26 μm 중적외선 파장에서의 MgO 두께는 641 nm로 설계하였다. 어닐링 조건으로 시간은 1~6시간으로 1시간 단위로 변화 줬으며, 온도는 200°C부터 1000°C까지 200°C 간격으로 진행하였다. 어닐링 시간과 온도를 변화시키며 3시간 1000°C에서 70.1%의 가장 높은 투과율 변화를 나타냈으며, MgO 코팅의 결정립 크기는 어닐링 전 대비 최대 270% 증가, 결정립계를 18% 감소하였다. 기존 50%의 투과율을 갖는 실리콘 기판에 어닐링 최적화된 MgO 반사방지 코팅을 적용하여 최대 70.1 %의 투과율을 달성함으로써, 실리콘 기판 기반의 패브리-페로 필터의 투과율 성능 개선에 큰 역할을 할 수 있다. 쿼츠, 실리콘 기판에 증착된 패브리-페로 필터와 그리고 반사방지 코팅을 적용한 패브리-페로 필터, 그리고 어닐링 처리된 반사방지 코팅을 적용한 패브리-페로 필터 총 네 가지의 필터를 비교하였을 때, 각각 60, 44, 62, 66%의 투과율로 반사방지 코팅이 적용된 실리콘 기판의 광학 필터들이 쿼츠 기반의 광학 필터보다 뛰어난 성능을 보여주었다.

후기 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-DD-UP-0348).

본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "전자빔 리소그래피를 통한 양자점 기반 SWIR 이미지 센서 개발 (Kitech JF-24-0006)" 지원으로 수행한 연구입니다.

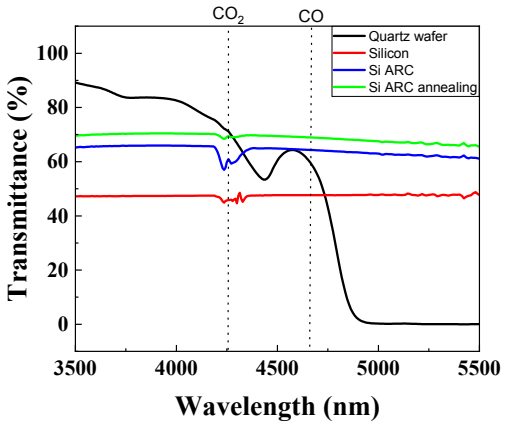


Fig. 1 3.5~5.5 μm 파장 범위에서의 쿼츠, 실리콘 기판과 MgO 반사방지 코팅 및 어닐링 처리한 MgO 반사방지 코팅의 투과율 비교

발표자*(황성필, hsp9709831@kitech.re.kr), 교신저자#(정대웅, dwjung@kitech.re.kr)

Thermal reflow 및 UV imprinting 방식을 사용한 Micro Lens Array 제작

석수연[1,*], 김영규[1], 이성민[2], 김석민[1,2,#]

Micro Lens Array production using thermal reflow and imprinting process

S. Y. Seok[1,*], Y. K. Kim[1], S. M. Lee[2], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 컴퓨터공학부[1], 중앙대학교 기계공학부[2]

Key Words : Micro lens array, FOV, Thermal reflow, UV imprinting

마이크로 렌즈 어레이는 매우 큰 field of view angle, 낮은 수차 및 왜곡, 높은 분해능 및 무한한 depth of field와 같은 우수한 특성을 나타내기 때문에 차세대 3D 이미징 시스템의 핵심 구성 요소이다. 이러한 마이크로 렌즈 어레이를 제조하는데 있어 주요 과제 중 하나는 고정밀성과 대량 생산의 균형을 맞추는 것이다. 임프린팅 방식을 통해 제작되는 렌즈는 마이크로미터 크기의 미세 구조를 구현할 수 있어 높은 정밀성을 가지며, 빠른 공정 속도로 대량 생산이 가능하여 생산 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 마이크로 렌즈 어레이 제조 방법 중 하나인 reflow 공정을 이용하여 몰드를 제작하고 폴리머 소재의 필름 위에 UV 임프린팅 기법을 활용하여 마이크로 렌즈 어레이를 복제하여 제조하는 방법을 제안하였다.

1차 몰드를 제작하기 위해 포토 리소그래피 공정을 진행하였다. 실험에서는 Silicon wafer와 Positive PR 중 하나인 AZ GXR 601 (46CP)를 사용하였고 직경 20㎛에 피치 30㎛의 원이 사각 배열로 이루어진 석영마스크가 사용되었다. 현상 과정 이후 직경 20㎛에 피치 30㎛, 높이 2.43㎛의 원기둥 패턴을 얻었으며 reflow를 통해 높이가 3.75㎛, 곡률 반경14.90㎛를 갖는 렌즈를 제작하였다. 이후 제작된 렌즈를 PDMS로 복제하였고, PET film에 UV resin (AA3040)을 도포한 후,
렌즈가 복제된 PDMS를 올리고 3분 자외선 경화를 하여 최종 렌즈를 제작하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C2004458).

발표자*, 교신저자#(smkim@cau.ac.kr)

레이저를 이용한 금 나노섬구조 신속 제조 기술과 Ti 접착층에 의한 표면 형상 조절

한가은[1,*], Nguyen Hoang Minh[2], 윤재성[2], 김관오[2], 유영은[2], 강도현[2,#]

Laser-based Facile Fabrication of Gold Nano-island Substrates and Sensory Surface Morphology Control by Ti Adhesion Layer

Ga-Eun Han[1,*], Nguyen Hoang Minh[1], Jae Sung Yoon[1], Kwanoh Kim[1], Yeong-Eun Yoo[1], Do-Hyun Kang[2,#]

네오나노텍[1], 한국기계연구원 나노리소그래피센터[2]

Key Words : Laser-based manufacturing, Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR), Gold nanoparticle, Ti adhesion Layer, COVID-19, Immunoassay

국소적 표면 플라즈몬 공명(LSPR)을 나타내는 플라즈모닉 나노구조체는 바이오 분야에서 센서로 활용될 수 있다. 표면에서의 생체 분자 결합과 같은 미세한 환경 변화에도 LSPR 피크 파장이 민감하게 바뀌기 때문에 초저농도의 생체분자를 검출할 수 있다. 이때, 센서의 표면 형상을 조절함으로써 센서의 민감도를 향상시킬 수 있다. 이러한 센서를 구현할 수 있는 플라즈모닉 나노구조체를 제작하기 위하여 현재까지 다양한 나노리소그래피 기술들이 개발되고 있다. 하지만 여전히 신뢰성 있고 재현 가능한 LSPR 센서 제작을 위하여, 저비용이면서도 공정시간이 짧고 과정이 단순한 제조 기술이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 플라즈모닉 금나노구조을 신속하게 형성하고 패터닝 할 수 있는 레이저 기반 기술을 소개하고자 한다. 고에너지의 레이저 빔이 유리 기판 위의 금 박막을 녹이면 융용된 금이 탈수 (dewetting)되어, 평균 42nm 직경의 나노입자로 이루어진 나노섬 구조가 형성되는 것을 확인하였다. Ti 접착층 두께를 조절하여 금 나노섬 구조 대신 랜덤한 입체 구조를 형성하여 센서 활용 분야에 적합한 표면 형상을 선택할 수 있다. 이 플라즈모닉 구조체로 민감성과 선택성이 높은 면역진단센서를 제작하였고, COVID-19를 진단할 수 있는 단백질(SARS-CoV2 nucleocapsid)을 성공적으로 검출하였다

후기 이 논문은 2024년도 한국기계연구원 기관고유사업 (NK244E) 및 과학기술정보통신부의 재원으로 국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업(No. CAP22012-200)의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(dhkang@kimm.re.kr)

다중 가스 판별을 위한 그래핀 기반 재료를 이용한 가스 센서 제조 최적화

LIU TIANCI*, 황윤지, 전성찬#

Optimization of gas sensor manufacturing using graphene-based materials for multi-gas detection

LIU TIANCI*, Yun Ji Hwang, Seong Chan Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Gas sensor, Graphene, Sensor array, Mixed gas, Deep learning

The ability to detect specific gases remains crucial across numerous fields. Unfortunately, some gas molecules are difficult to distinguish due to their similar structures and pose significant health risks to humans (e.g., NO and NO2). Therefore, accurate detection and differentiation of these gases are essential. In this study, we utilized graphene-functionalized two-dimensional materials as electrodes and employed a novel material synthesis method to fabricate an advanced sensor. We propose a sensor platform capable of directly detecting and identifying the concentration and type of various gases. This sensor incorporates several graphene based materials, enabling simultaneous reactions and electrical signal generation. Our composite materials exhibit up to 20% higher reactivity compared to pristine graphene oxide. The response data for each gas were analyzed using an artificial intelligence model for multidimensional classification. Unlike traditional sensors, our platform features multielectrode simultaneous reception and response. The AI model accurately determines the concentration and type of each gas from otherwise visually indistinguishable response patterns. Extensive testing verified our model's performance, demonstrating accurate gas classification. Our array sensor shows excellent responsiveness and discrimination capabilities for various gas concentrations and types. This platform is valuable in industries like manufacturing and healthcare and offers significant potential for enhancing efficiency and safety in industrial environments.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

Reference

[1] Sung, Seung-Hyun, et al. "Data-centric artificial olfactory system based on the eigengraph." *Nature Communications* 15.1 (2024): 1-16.

[2] Hwang, Yun Ji, et al. "Multiplexed DNA-functionalized graphene sensor with artificial intelligence-based discrimination performance for analyzing chemical vapor compositions." *Microsystems & Nanoengineering* 9.1 (2023): 28.

발표자*, 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

PDMS 표면 기능화를 통한 생산률 및 품질 향상에 중점을 둔 공정 최적화

차혜규*, 황태종, 유텐츠, 전성찬#

PDMS process optimization focused on enhancing production yield and quality through surface functionalization

H. G. Cha*, T. J. Hwang, Tianci Liu, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Biosensor, Polydimenthylsiloxane (PDMS), Plasma, Ethanol

In the 1940s, Rochow and Muller first synthesized PDMS and investigated its properties. PDMS is well-known for its rheological characteristics, inertness, non-toxicity, and non-flammability. Initially used in industrial components, it is now widely employed in various fields such as medicine, sensors, and patches. However, shaping PDMS intricately is challenging due to its delicate and adhesive nature, often resulting in tearing or defects. To address this, we tested various molds, ultimately increasing production yield from about 10% to 80% using functionalized aluminum alloy molds. Our method enables the creation of essential complex shapes in biology and medicine. To tackle tearing issues during PDMS separation from aluminum alloy, we utilized plasma and ethanol treatments. The production process involved cleaning the aluminum alloy with acetone, isopropyl alcohol, ethanol, and DI water, followed by vacuum treatment and curing. In conclusion, we have confirmed an increase in yield with surface-funtionalized PDMS, and such research is deemed to have significant implications for biosensors and the medical industry in the future. Furthermore, our research suggests directions for mass-producing PDMS-based biosensors, with future studies focusing on process techniques and exploring new applications in healthcare like wearable-devices, integrating PDMS into emerging technologies.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

Reference

[1] Recent Advances in Rochow–Müller Process Research: Driving to Molecular Catalysis and to A More Sustainable Silicone Industry – Zhang, Yu, et al. "Recent Advances in Rochow-Müller Process Research: Driving to Molecular Catalysis and to A More Sustainable Silicone Industry." ChemCatChem 11.12 (2019): 2757-2779.

[2] Characterization of polydimethylsiloxane (PDMS) properties for biomedical micro/nanosystems – Mata, Alvaro, Aaron J. Fleischman, and Shuvo Roy. "Characterization of polydimethylsiloxane (PDMS) properties for biomedical micro/nanosystems." Biomedical microdevices 7 (2005): 281-293.

[3] PDMS double casting method enabled by plasma treatment and alcohol passivation – Kim, Sung-Hwan, et al. "PDMS double casting method enabled by plasma treatment and alcohol passivation." Sensors and Actuators B: Chemical 293 (2019): 115-121.

[4] Study of PDMS characterization and its applications in biomedicine: A review – Victor, Andrews, J. E. Ribeiro, and Fernando F. Araújo. "Study of PDMS characterization and its applications in biomedicine: A review." Journal of Mechanical Engineering and Biomechanics 4.1 (2019): 1-9.

발표자*, 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

롤 코팅 기술을 이용한 슈퍼커패시터 전극 두께 균일화 및 성능 향상

김태현*, 홍종우, 전성찬#

Enhancing supercapacitor performance through uniform electrode thickness achieved by roll coating

T. H. Kim*, J. W. Hong, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Roll coating process, Adjustable roller, Supercapactior electrode, Surface uniformity

In conventional wet coating processes, an issue arises where the PVDF binder, dissolved in N-Methyl-2-Pyrrolidone (NMP) organic solvent, partially leaches out during coating, pressing, and drying stages. This leaching reduces the adhesion between the electrode and components such as the current collector, active material, and conductive additive. To address this, we introduced rollers with adjustable spacing to improve the roll coating process. This enhancement aims to achieve a uniform electrode surface, potentially boosting supercapacitor performance and aiding ion mobility through active material compression. In this study, we involved fabricating electrodes using carbon-based slurry and MXene-based slurry. We conducted a comparative analysis between electrodes coated manually with slurry and those processed through the proposed coating method. Surface uniformity and roughness were assessed using FE-SEM analysis and 3D profiling techniques. Additionally, the electrochemical properties were evaluated through Cyclic Voltammetry (CV) and Galvanostatic Charge Discharge (GCD). Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) analysis was conducted to analyze device resistance. These findings are expected to contribute to proposing optimized design methods that minimize issues in the wet coating process and achieve uniform surfaces, thereby enhancing supercapacitor performance.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

발표자*(2024311398@yonsei.ac.kr), 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

아연 바나듐 산화물 기반 나노 시트 전극 생산 및 최적화

주정현*, 홍종우, 전성찬#

Production and optimization of zinc vanadium oxide-based nanosheet electrodes for supercapacitor

J. H. Joo*, J. W. Hong, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Zinc vanadate, Hydrothermal synthesis, Supercapacitor, Wearable device

Zinc vanadate has excellent charge storage capacity and high electrochemical activity, enhancing the charge/discharge rate and energy density of supercapacitors. However, its low electrical reliability necessitates improvements in structural stability to extend its lifespan. For this, a metal-organic framework (MOF) with high electrical conductivity and sufficient active sites was used as a template. Hybrid nanosheets were fabricated by surface and structural engineering methods using mechanically flexible carbon fibers (CF) as a current collector. Co-MOF was uniformly integrated into a conductive N-doped carbon matrix (Co@NC), followed by the deposition of zinc vanadate using hydrothermal synthesis. By adjusting the hydrothermal temperature and reaction time, the morphology and electrochemical performance of zinc vanadate were optimized. Electrochemical performance measurements were conducted using a three-electrode system with a 3M KOH aqueous electrolyte. The fabricated electrodes were characterized by X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) analysis. This study demonstrates that hybrid nanosheets of zinc vanadate on MOF-derived Co synthesized on CF enhance charge storage capacity and charge/discharge rates. Additionally, they have mechanical flexibility and provide sufficient active surface area, offering an effective strategy for developing supercapacitor electrode materials for future portable and wearable electronic devices.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through the Technology Development Project for Biological Hazards Management in Indoor Air Program (or Project), funded by the Korea Ministry of Environment (MOE) (ARQ202101038001).

Reference

[1] Shude Liu et al. “Structural engineering and surface modification of MOF-derived cobalt-based hybrid nanosheets for flexible solid-state supercapacitors” Energy Storage Materials 32 (2020) 167-177.

발표자*, 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

고세장비 평행사변형 미세유체 채널을 이용한 점탄성 미세 액적 제작

장혜경*, 조영학#

Micro-droplet generation in viscoelastic fluid using microfluidic channels with high-aspect-ratio parallelogram cross-section

H. G. Jang*, Y. H. Cho#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Micro droplet, Viscoelastic fluid, High-aspect-ratio

최근 고세장비(HAR>3.5) 미세유체 채널을 이용하여 뉴턴 유체 (DI water) 미세 액적 생성 시 유량 제어와 관계없이 채널 폭에 따라 표면장력에 의해 단분산 액적을 생성할 수 있음을 보였다. 하지만 실제 바이오 분야에서 분석에 사용되는 유체 중에는 점탄성 유체 또한 큰 부분을 차지하나 점탄성 유체 내에서 미세 액적 생성에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 고세장비 평행사변형 미세유체 채널을 이용해 분산상(dispersed phase) 유체를 뉴턴 유체가 아닌, 점탄성 유체인 PEO(Poly-Ethylene-Oxide)를 사용하여 미세 액적을 제작하였다. 점탄성 유체는 뉴턴 유체와 달리 전단력에 따라 점도가 달라질 뿐 아니라, 관성력 이외에 탄성력이 존재한다. 따라서, PEO와 비슷한 점도를 가지는 뉴턴 유체인 글리세롤을 분산상으로 이용하여 액적 생성을 통해 먼저 점도의 영향을 파악한 후, 탄성력이 액적 생성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 실험을 진행한 결과, 글리세롤은 DI Water보다 단분산 액적이 제작되는 유량 구간이 감소하였으며, PEO를 이용하였을 때에는 단분산 액적이 생성되지 않았다. 이후에는 연속상(continuous phase)의 유량을 달리하여, PEO 액적 생성에 미치는 영향을 파악할 예정이다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*(jhg1640@naver.com), 교신저자#(yhcho@seoultech.ac.kr)

금 나노입자 기반 표면증강라만분광을 이용한 유해 증기 감지 기술

P. P. Mandrekar[1,*], M. F. Haque[1], 이하민[2], 김동욱[2], 김중현[2], 이건용[2], 심형준[2], 김한진[2], 양대종[1,2,#]

Gold nanoparticle-based surface enhanced Raman spectroscopy for enhanced detection of hazardous vapors

P. P. Mandrekar[1,*], M. F. Haque[1], H. M. Lee[2], D. U. Kim[2], J. H. Kim[2], K. Y. Lee[2], H. J Shim[2], H. J. Kim[2], D. Yang[1,2,#]

국립공주대학교 미래융합공학과[1], 국립공주대학교 기계자동차공학부[2]

Key Words : Surface enhanced Raman spectroscopy, Gold nanoparticle, Hazardous vapors, Fingerprint measurement

Exposure of hazardous vapors leads to numerous health and environmental pollution concerns. Hence, detection and control of such harmful vaporous substances is vital to ensure the safety of public health and environment. Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) holds promising advantage of chemical identification. However, detection of vapor samples demands careful consideration and precision. The study explores 3D stacked gold nanoparticles (AuNPs) application to enhance vapor sensing using SERS. The experimental work involved exposing different vapor concentrations, resulting in minimal detectable concentrations being obtained. Furthermore, the SERS substrates with AuNPs successfully spotted individual vapor within the mixtures, emphasizing their capability to identify SERS fingerprints. Phase transformation of deposited vapors into liquid initiated through condensation facilitated the contact between the substrate surface and molecules, consequently enhancing detection of Raman spectroscopy. In this study, the primary focus is on the initial identification of vapor on a large scale, opening the potential for detection of trace amount vapor with further improvements in existing setup. SERS can be a promising application across diverse domains of chemical and biomedical sensing in the future.

후기 본 결과물은 2024년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2020R1I1A3073681, 2021RIS-004)

발표자*, 교신저자#(daejong@kongju.ac.kr)

단결정 실리콘의 고세장비 홀 가공 시 공구 마모에 따른 가공 특성 분석

이화섭*, 이정훈, 제태진, 최두선, 한준세, 곽은지#

Analysis of machining characteristics by tool wear during high aspect ratio hole machining of single crystalline silicon

H. -S. Lee*, J. -H. Lee, T. -J. Je, D. -S. Choi, J. S. Han, E. -J. Gwak#

한국기계연구원 나노리소그래피연구센터

Key Words : High aspect ratio hole machining, Tool wear, Machining characteristics, Single crystalline silicon, PCD drill

반도체 공정용 단결정 실리콘 전극에는 플라즈마 가스를 균일하게 분사시키기 위한 미세한 고세장비 홀이 요구된다. 미세 홀은 마이크로 드릴링 기술을 통해 가공할 수 있으며, 홀의 정밀도에 따라 플라즈마 균일도가 달라지므로 반도체 수율에 지대한 영향을 미칠 수 있다. 단결정 실리콘은 고경도의 소재이므로 가공 시 공구에 극심한 마모를 유발하며, 공구 마모가 진행됨에 따라 홀의 정밀도가 변화하여 플라즈마 균일도 저하를 유발할 수 있으므로 공구 마모에 대한 지속적인 모니터링 및 분석이 필요하다. 본 연구에서는 PCD 마이크로 드릴을 통해 단결정 실리콘에 고세장비 홀을 가공하였으며, 홀 가공 시 발생하는 절삭력 및 AE 신호 등을 수집하여 가공 특성을 분석하였다. 공구의 마모 정도에 따라 달라지는 가공 특성을 분석하기 위해 공구 수명 한계에 도달한 공구와 공구 수명 한계의 중간 수준까지 가공한 공구, 미사용 공구를 활용하여 홀을 가공하였으며, 수집한 가공 신호를 통해 비교 분석을 진행한 결과 비가공 공구에 비해 공구 수명 한계에 도달한 공구의 깊이 방향 절삭부하는 약 3배, AE 신호의 세기는 약 2배로 나타났다. 이는 마모가 진행될수록 공구의 형상이 무너져 가공 특성이 악화되는 것으로 판단되며 이에 따라 홀의 정밀도가 떨어진 것을 확인하였다. 이러한 결과를 통해 가공 시 발생하는 다양한 신호를 수집하여 공구의 마모정도를 예측할 수 있을 것으로 기대되며, 이를 활용하여 단결정 실리콘 전극의 고세장비 홀 가공을 진행한다면 미세 고세장비 홀의 정밀도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '기계장비산업기술개발사업'((No. 20023590) 및 '로봇산업기술개발사업'(No. 20018385)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(ejgwak@kimm.re.kr)

MXene/CoNiMn 이중층수산화물 복합체의 제조 및 에너지 소자, 바이오 센서로의 응용

카시나탄 카시라잔, 권홍구, 최홍균*,#

MXene/CoNiMn-LDH composites for biocompatible energy storage and bio sensor applications

Kasinathan

K. Kasirajan, H. G. Kwon, H. K. Choi*,#

공주대학교 신소재공학부

Key Words : MXene, Layed double hydroxide, Bio sensor, Supercapacitor

Several researchers have shown keen interest in combining bifunctional electrode materials with supercapacitors and non-enzymatic glucose sensors, generating considerable attention in recent years. A novel approach involved creating hierarchical MXene/NiCoMn-LDH nanocomposites through a hydrothermal method, utilizing electrostatic attraction between negatively charged MXene nanosheets and positively charged CoNiMn-LDH networks. This integration of MXene effectively prevented the aggregation of CoNiMn-LDH nanosheets, significantly boosting electrical conductivity and increasing active sites for enhanced performance. Both MXene and CoNiMn-LDH additives notably enhanced energy storage capabilities and improved glucose sensing properties. Specifically, the MXene/CoNiMn-LDH electrode exhibited a specific capacitance of 906 F g−1 at 1 A g−1, with an impressive capacity retention of 90.8% after 10,000 cycles. Furthermore, the MXene/CoNiMn-LDH/AC ASC device achieved maximum energy and power densities of 69.5 Wh kg−1 and 1500 W kg−1, respectively. Additionally, the MXene/CoNiMn-LDH-based non-enzymatic glucose sensor demonstrated a linear detection range (10 − 900 μM; R2 = 0.998) and a notable detection limit of 0.24 μM. Biocompatibility studies indicated approximately 80% cell viability at 100 μM concentrations, underscoring the potential of MXene/CoNiMn-LDH composites as promising materials for energy storage and electrochemical glucose sensing applications.

후기 This research was supported by National University Development Project by the Ministry of Education in 2023.

발표자*,교신저자#(hkchoi@kongju.ac.kr)

영상 및 관성 센서를 이용한 다축 로봇의 자세 추정에 관한 연구

강가희*, 박병선, 정영훈#

A study on posture identification of a manipulation robot using vision and inertia sensors

G. H. Kang*, B. S. Park, Y. H. Jeong#

경북대학교 기계공학부

Key Words : Manipulation robot, Posture, Vision, Inertia

다축 로봇은 현대 가공공정 기술 및 시스템에서 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 기존의 수작업 중심의 가공공정을 넘어 4차 산업혁명 기술을 기반으로 한 무인 가공 시스템으로의 전환이 진행되고 있으며, 그 중심에는 다축 로봇이 있다. 기존의 위치 인식 및 동작 센서를 통해 로봇의 위치를 파악하고 제어하는 과정은 매우 복잡하고 시행에 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있다. 이를 해결하기 위하여 머신비젼 및 각종 센서, 인공지능 기술을 활용하는 연구가 다양하게 시도되고 있다. 또한 기존의 센서를 통해 얻은 데이터와 결합하여 더 정밀한 데이터를 얻어 생산 공정의 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 영상 센서와 관성센서를 이용하여 로봇 팔의 자세를 추정하는 방법을 개발하였다. 특히, 적은 수의 센서를 이용하여 로봇팔의 자세를 추정하기 위한 방법으로 로봇의 기구학적 모델과 결합한 추정모델을 구성하였다. 실험을 위해 6축의 다관절로봇과 영상 센서, 관성 센서로 구성된 실험장치를 구축하였다. 실험에서는 로봇 팔에 대한 실시간 영상을 획득하고, 로봇 팔의 특정 부위에서의 관성 신호를 실시간으로 동기화하여 획득하였다. 영상 신호와 관성신호를 수치적 모델과 결합하여 로봇 팔의 자세를 추정할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

후기 이 성과는 2024년도 정부(과학기술정보통신부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A2C2014364, No. 20024029)

발표자*, 교신저자#(yhjeong@knu.ac.kr)

원자로 압력용기 해체 가상훈련 시스템 개발

이스라엘*, 강호중, 김원식, 안영일, 송동석

Development of virtual training system for nuclear reactor pressure vessel decommissioning

S. R. E. Lee*, H. J. Kang, W. S. Kim, Y. I. Ahn, D. S. Song

(주)노바테크

Key Words : Reactor pressure vessels, Virtual environment, Decommissioning

1. 서 론

2017년 고리 1의 영구정지 이후 원전해체에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 원자로발전소의 핵심설비(원자로압력용기, 증기발생기, 원자로냉각재펌프, 가압기)는 원자력발전소의 구조물 중 가장 높은 방사능을 가지고 있으며, 해체 위해서는 적합한 해체 시스템과 해체 프로세서를 찾는 것이 중요하다. 핵심설비 중 원자로압력용기(RPV: Reactor Pressure Vessel)는 원자력 발전으로 인한 방사화가 진행되어 있어 각 위치마다 다른 절단 공법이 필요하며, 그중 원자로 내부 구조물(RVI: Reactor Vessel Internals)는 수중, 원자로(RV: Reactor Vessel)는 공기 중에서 절단을 할 것으로 예상된다. 그리고 RV 및 RVI는 핵연료를 제외한 방사능이 가장 높은 대상물이며, 이를 해체하기 위해서는 해체 대상에 대한 정확한 사전정보(2D, 3D모델 등) 및 방사선학적 특성 분석 그리고 해체 장비, 해체 공정의 타당성 검토 등이 필요하다[1]. 하지만 사전정보 및 방사선학적 특성 분석 만으로는 해체 공정 검토가 불가능하고, 물리적인 목업을 사용할 경우, 다양한 해체 장비 적용의 어려움으로 가상환경에서 시뮬레이션 및 훈련이 필요하다. 그러므로 원전 해체 훈련시스템은 디지털 모델링 & 시뮬레이션 기술을 원자로 및 원자로 내부 구조물 해체에 응용하고 있다[2]. 하지만 기존에 개발된 기술로는 절단 공정을 효율적으로 훈련할 수 없고, 원격 해체 장비의 하드웨어는 해체 작업에 필요한 하중, 작업 영역, 정밀도등의 적용 어려움, 복잡한 조작법으로 작업자 피로도 증가로 원격 해체 장비의 활용 영역확대 및 작업 효율 증대의 장애물로 남아 있다. 그러므로 각 해체 공정에 맞는 열적 및 기계적 절단 시 원격으로 훈련을 할 수 있으며, 해체 작업자의 작업량을 최소화하고, 작업자의 해체 기술을 향상할 수 있는 훈련 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 가상현실 및 햅틱 기술을 적용하여 원전해체 과정의 원격 해체 기술 및 해체 작업자의 해체 기술을 향상할 수 있는 원격 해체 훈련 시스템을 개발하였다.

2. 본 론

원자로 압력용기 해체 훈련 시뮬레이션은 그림 1과 같이 작업자가 조작 및 피드백(힘-토크)을 느낄 수 있는 마스터(햅틱) 장치, 발전소의 가상모델 및 물리적인 특성이 적용된 대상물을 실제와 같은 느낌을 줄 수 있는 가상현실 훈련시스템 마지막으로 실 로봇을 제어할 수 있는 슬레이브(협동로봇)로 작업자가 해체 공정의 효율성 증대와 작업자의 숙련도를 높일 수 있도록 해체 훈련 시스템을 구성하였다.

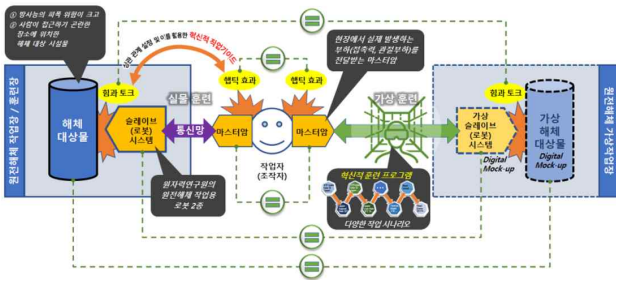


Fig. 1 RPV decommissioning training system conceptual drawing

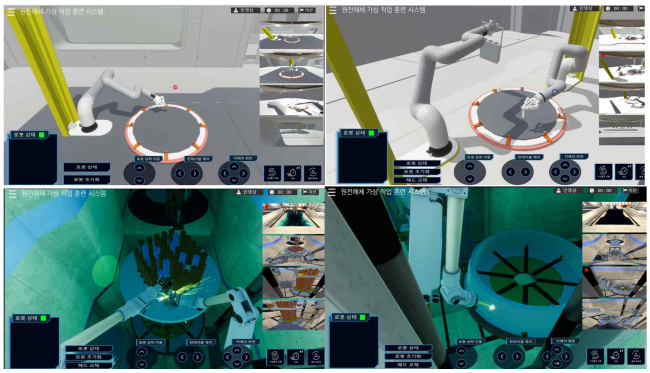


Fig. 2 Tutorials, Basic, Advanced Training

원자로 압력용기 해체 훈련시스템은 튜토리얼, 기본과정, 고급과정, , 원자력발전소의 원자로 압력용기 해체 과정을 경험할 수 있는해체공정, 기본 및 고급과정의 시나리오를 편집할 수 있는 편집훈련으로 구성되며, 그림 2는 구현된 튜토리얼, 기본과정, 고급과정 훈련 모습이다.

3. 결론 및 고찰

본 논문 제안하는 원자로 압력용기 해체 훈련 시스템은 가상현실과 햅틱 기술을 적용하여 작업자의 작업량 최소화 및 숙련도를 향상할 수 있는 훈련 시스템을 제작하였다. 하지만 구조물 절단에 관련된 구조물 절단에 관련된 피드백과 해체 훈련 시나리오의 완성도가 부족하다. 향후 훈련시스템에서는 실질적인 훈련시나리오 추가 및 시나리오의 완성도 향상 그리고 슬레이브 로봇 간의 협업을 이용하여 해체 물의 절단과 이송, 포장이 가능한 연구가 수행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제 입니다 (RS-2023-00251596, 경수로 1차 측 핵심설비 절단/제염 실증 인프라 구축을 통한 기술 상용화)

참 고 문 헌

(1) Hwang, Y. H., Hwang, S. J., Hong, S. H., Park, K. S., Kim, N. K., Jung, D. W., Kim, C. W., “A Study on Segmentation Process of the K1 Reactor Vessel and Internals”, Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology, Vol. 17, No. 4, pp. 437-445, Oct 2017.

(2) Japan Nuclear Cycle Development Inst. The VRdose software system. User manual, report and design documentation for R5. 2004.

발표자*

티타늄 합금 절삭가공에서 공구마모와 진동 및 절삭력의 상관관계 분석

류제두*, 이정민, 김성렬#

Analysis of the correlation between tool wear, vibration, and cutting forces in machining titanium alloys

J. D. Ryu*, J. M. Lee, S. R. Kim#

한국생산기술연구원

Key Words : Tool wear, Cutting force, Vibration, Ti-4Ai6V

본 연구는 티타늄 합금의 밀링 가공 시 공구 마모에 따른 진동과 절삭력 변화를 분석합니다. 실험은 5축 가공기(KITAMURA사)를 이용하여 4날 16mm 엔드밀(WALTER사)로 수행되었으며, 절삭 조건은 축 방향 절입량 5mm, 반경 방향 절입량 3mm, 이송속도 0.12mm/rev로 설정하고, 작업물의 길이 100mm를 X방향으로 직선 가공하여 1260회를 반복했습니다. 작업물 아래에는 공구동력계(KISTLER사), 가공기 스핀들 측면에는 가속도계 센서(KISTLER사)를 설치하여 1kHz 샘플링 속도로 DAQ 장비(NI사)로 측정했습니다. 실험 결과, 절삭력 Fy는 700N에서 1100N까지 증가했으며, 절삭력 Fx는 600N에서 400N으로 감소했습니다. 두 절삭력의 상관관계 기울기는 가공 횟수 증가에 따라 195회까지는 20% 이내로 일정하게 증가하다가, 631회까지 급격히 증가하여 초기 대비 115% 증가한 후 90~130% 내에서 랜덤하게 변동했습니다. 이는 195회까지는 공구날의 마모로 인해 진행 방향의 절삭력이 감소하고 측면 마찰력이 증가했으며, 이후 공구 마모가 급격히 증가했음을 나타냅니다. 631회 이후에는 공구날의 파손 등으로 절삭력이 일정하지 않았습니다. 스핀들의 진동은 88회까지 점차 감소하다가 이후 일정한 크기를 유지했으며, 382회에서 증가하여 다시 일정하게 유지되다가 813회에 더 증가한 후 이전보다 진동 변화 크기가 증가했습니다. 이는 88회까지 공구날의 마모로 인해 스핀들 진동이 감소했으며, 382회 이후에는 공구 마모가 크게 일어나 진동이 커진 것으로 분석됩니다. 이러한 부분은 주파수분석을 통해 가공주파수 79.6Hz의 크기를 변화에서도 확인 할 수 있습니다. 이러한 분석방법으로 공구마모 모니터링시 공구 마모 및 교체 시점을 진단 할 수 있습니다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '뿌리산업 고도화를 위한 Biz 플랫폼 구축 사업'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(sungrkim@kitech.re.kr)

카메라 센서와 CNN 딥러닝 기법을 이용한 자율주행 차량 제작

이준호*, 이준기, 최정헌, 곽태우, 심선보, 정명진, 박형배#

Implementation of an autonomous vehicle using camera sensor and CNN deep learning techniques

J. H. Lee*, J. G. Lee, J. H. Choi, T. W. Kwak, S. B. Sim, M. J. Chung, H. B. Park#

경기과학기술대학교 미래전기자동차과

Key Words : Computer vision, Convolutional neural network, Autonomous, Steering control

최근 자율주행 기술은 다양한 산업에서 사용화가 진행되고 있다. 자율주행 차량 연구는 다양한 방식으로 접근할 수 있으며 그중 하나는 정해진 코스를 따라 주행하는 방식이다. 본 연구는 저가형 CPU와 카메라 센서를 이용하여 소형 시뮬레이터 자율주행 차량을 설계하였다. 차량의 주행 시스템은 4개의 DC 모터를 이용하여 양쪽의 DC 모터 PWM 값을 제어하여 주행 방향을 결정하였다. 주행 제어는 ESP32가 담당하며, ESP32-CAM을 통해 차선을 인식하고 자율주행을 수행한다. ESP32-CAM을 통해 차선을 인식하고 실시간 모터의 PWM 값을 결정한다. 실내 트랙의 자율주행을 위해 CNN 알고리즘을 적용하였다. CNN의 학습은 차선과 차량의 주행 방향을 학습 데이터로 사용하여 수행한다. 자율주행을 위한 주행 방향 예측 단계에서는 ESP32-CAM을 이용한 미리 고정된 CNN을 사용한다. Python 환경에서 CNN 알고리즘을 통해 실시간으로 입력 데이터를 수신하면서 효율적인 데이터 처리와 학습을 구현하였다. 향후 연구에서는 향상된 데이터 통신을 위해 네트워크 환경을 개선하고, 하나의 트랙에서의 학습을 통해 다양한 트랙에서의 자율주행을 최적화할 예정이다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(전문대학 혁신지원사업('22~'24))

발표자*, 교신저자#(hbpark@gtec.ac.kr)

회전기계 부품 결함 검사 시스템 개발

황경환*,#

Development of a defect inspection system for rotating machinery parts

K. H. Hwang*,#

한국생산기술연구원

Key Words : Bearing, Bearing tester, Fault diagnosis, Signal processing, Multi-sensor

회전기계는 생산, 제조, 운송 및 발전 산업의 주요 모듈 중 하나이며, 자동차, 조선, 우주항공, 발전소 등 다양한 산업에 설치되어 사용되고 있다. 회전기계의 고장은 생산성저하, 안전 등 큰 영향을 미치기 때문에 지속적인 검사 및 진단에 의해 결함이 발생하기 전, 정비하거나 교체되어야 한다. 회전기계를 구성하는 요소 중 베어링은 동력전달의 필수 부품으로 결함 발생 시, 회전기계의 손상과 더불어 구성되는 기기 전체에 손상을 미치기 때문에 정확한 결함 진단이 요구된다. 기존에는 전문가를 통해 결함 진단이 수행되어 베어링 결함에 대한 특징 추출이 어려웠으며, 데이터 기반의 모델을 학습하여 사용하는 경우 동일한 모델을 이용하여 타 시스템을 진단해야 하는 문제 등의 한계가 나타났다. 이로 인해, 베어링종류에 따른 결함신호를 추출 및 분류하여 다양한 베어링을 진단하는 시스템 개발의 필요성이 증대되고 있으며, 현재까지 알고리즘, 시스템 개발 등의 다양한 연구가 진행되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 회전기계 부품 중 베어링의 결함 검출을 위한 시험기를 제작하고, 시험기 기반 정상과 이상상태 베어링의 시험을 통해 수집된 수집된 센서 데이터를 시간영역과 주파수 영역에서의 분석 결함 평가 알고리즘을 개발을 위한 시스템 개발에 중점을 두고자 한다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 “부산권 첨단장비활용 종합기술 지원사업(No. KITECH JA-24-0004)”의 지원으로 수행한 연구입니다(No. 1234567-8910)

발표자*, 교신저자#(hkhnow@kitech.re.kr)

모바일 매니퓰레이터를 이용한 LNG화물창 로봇기반 레이저 용접 절차 자동화 SW 개발

최태용*,#, 박종우, 박동일, 박정애

Development of the software for mobile manipulator based laser welding process automation in LNG cargo tank

T. Choi*,#, J. Park, D. Park, J. Park

한국기계연구원 첨단로봇연구센터

Key Words : Laser welding, Mobile manipulator; LNG cargo hold, Offline programming

로봇 기술은 다양한 산업, 특히 자동차 부문에서 생산 효율성을 개선하고 제품 품질을 향상시켜 제조 공정을 지원하는 데 중요한 역할을 한다. 자동화된 작업에서 반복적이고 정밀한 작업을 수행함으로써 로봇은 생산 비용을 절감하고 생산 라인의 안전성을 향상시켰다. 레이저 용접에 로봇을 사용하는 것은 수많은 장점으로 인해 광범위하게 연구되었고, 응용 예로 원거리에서 용접하는 레이저 용접은 물체의 모양에 대한 의존도가 낮아 복잡하거나 각진 물체를 용접하는 데 유리하다. 본 연구는 자동차 제조에서 로봇을 사용한 레이저 용접의 일반적인 적용에서 나아가 LNG 선박 화물창 용접으로 확장하고자 하는 연구의 일부분이다. LNG 운반선에서 볼 수 있는 중요한 구획인 LNG 화물 탱크는 일반적으로 높이, 너비 및 깊이가 20m 이상이며 특정 선박의 경우 깊이가 30m를 초과할 정도로 크기가 거대하다. LNG 화물 탱크의 내부 표면은 멤브레인 모듈의 용접을 통해 구성되는데, 멤브레인의 크기와 모양은 부착 위치 및 사양에 따라 다르며, 운송 중 안전을 위해 온도로 인한 부피 변동을 수용하기 위해 주름이 있다.

LNG 화물 탱크의 제작은 상당한 크기와 복잡성으로 인해 많은 작업을 사람에 의해 수동으로 해야 하는 노동 집약적인 프로세스다. 단일 LNG 화물 탱크의 생산을 완료하는 데 몇 개월이 걸릴 수 있으며, 현재 LNG 화물창 내부는 건물 건설과 유사하게 비계를 사용하여 바닥을 분할하고 이동을 용이하게 하기 위해 임시 엘리베이터를 사용하여 순차적으로 용접된다. 이 연구의 목표는 전체 공정에서 레이저 용접에 모바일 로봇을 활용하여 자동화를 높이는 것이다. 이전 연구에서는 복잡한 물체에 대한 레이저 용접을 위한 오프라인 프로그래밍 방법을 탐구했지만, 전 세계적으로 광범위한 LNG 화물 탱크 용접을 자동화하는 모바일 용접 로봇용 오프라인 프로그래밍 소프트웨어의 실례는 없다.

이 연구는 LNG 화물칸에서 볼 수 있는 것과 같은 다층 구조물에 대한 자율 레이저 용접 접근 방식을 제시하며, 모바일 로봇을 활용하여 넓은 공간에서 활용할 수 있도록 절차자동화 및 체계화를 한다. 이를 위해 우리는 완전 자동화의 한계를 고려하면서 모바일 로봇으로 실행할 수 있는 상세한 용접 절차를 개발하고자하며. 전 공정을 모바일 매니퓰레이터로 자동화하는 것이 아님을 주지한다. 모바일 로봇을 활용한 LNG 화물창 용접 공정은 기본 오프라인 프로그래밍(OLP) 소프트웨어를 사용하여 프로그래밍되므로 다양한 작업 구성에 유연하게 적용할 수 있다.

후기 이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 '로봇산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No.20014923)

발표자*, 교신저자#(taeyongc@kimm.re.kr)

스마트 상점 리빙랩 기반 소상공인 물류 시스템 실증 체계 연구

김태훈[1,*], 김준[1], 조선희[1], 박진오[2], 윤정민[1,#]

Research on demonstration systems for small business logistics based on smart store living lab

T. H. Kim[1,*], J. Kim[1], S. H. Cho[1], J. O. Park[2], J. M. Yun[1,#]

한국생산기술연구원 국가산업융합센터[1], 한국건설생활환경시험연구원[2]

Key Words : Demonstration, Logistics, Smart technology, Living lab

소상공인은 소량의 다품목으로 인해 복잡한 물류, 제한된 공간 및 자원 등의 문제로 운영상의 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 로봇, 인공지능 등의 스마트 기술을 활용한 물류 시스템 도입이 필요하다. 본 연구에서는 스마트 상점 리빙랩 인프라를 구축하여 소상공인 대상 물류 시스템의 실증 체계를 개발하여, 물류 운영의 효율성을 개선하고자 한다. 스마트 상점 리빙랩에는 RFID, 바코드, 카메라 영상 등을 활용한 제품 인식, 로봇팔, 컨베이어 등을 활용한 제품 운송, 자동 테이핑기, 열수축 포장기 등의 제품 포장 등을 활용한 물류 시스템 실증을 위한 리빙랩 환경을 구축하였다. 이를 통해 소상공인의 물류 문제를 해결하기 위한 다양한 물류 시스템의 실증을 지원하기 위하여, 제품 인식, 운송, 포장 등의 실증 대상과 기능 검증, 성능 검증, 사용성 평가 등 실증 목적 등을 분류하고, 분류에 따라 보유 인프라 및 전문가 매칭을 통해 체계적 실증 지원이 가능한 체계를 개발하였다. 리빙랩을 통한 소상공인 대상 물류 시스템 실증은 스마트 기술이 적용된 신제품의 상용화 가능성을 높이고, 물류 운영 효율성 향상, 비용 절감, 트랙레코드 확보 등에 기여할 것으로 예상된다. 향후 개발된 실증 체계를 기반으로 한 지원 사례 연구를 통해 구축된 리빙랩 및 실증 체계에 대한 검증을 수행할 예정이다.

후기 이 논문은 한국건설환경시험연구원의 “스마트상점리빙랩 구축 및 운영 용역”의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(jmyun@kitech.re.kr)

콘크리트 벽돌 양생 품질 검사를 위한 카메라 및 라인 레이저 기반 벽돌 치수 측정 시스템 개발

안창민[1,*], 박재은[2], 김영근[2,#]

Development of a camera and line laser-based brick dimension measurement system for quality inspection of concrete block curing process

C. M. Ahn[1,*], J. E. Park[2], Y. K. Kim[2,#]

한동대학교 기계제어공학과[1], 한동대학교 기계제어공학부[2]

Key Words : 2D camera, Line laser

본 연구에서는 벽돌 품질 검사 자동화를 위한 비접촉식 비전 센서 기반 콘크리트 벽돌 높이 측정 기술을 제안한다. 벽돌 생산 공정은 크게 성형, 양생, 품질 검사 단계로 구분된다. 현재 품질 검사 단계에서는 수작업으로 벽돌 치수를 측정하며 이는 인력 소요 및 측정 시간 지연, 치수 오차 등의 문제로 연결된다. 3D 레이저 센서를 활용한 벽돌 형상 스캐닝 방식도 존재하나, 고가의 장비를 요함으로 적용성이 낮다. 따라서 벽돌 제조공정의 자동화를 위해 휴먼에러에 강인하고 시스템 가격을 고려한 벽돌 치수 측정 기술이 요구된다. 이에 본 연구에서는 2D 카메라와 레이저 포인터를 이용한 콘크리트 벽돌 높이 측정 기술을 제안한다.

제안된 방법은 2D 카메라와 레이저 포인터를 이용하여 벽돌 높이 픽셀 정보를 추출하고, 카메라 보정 알고리즘을 통해 벽돌의 실제 높이 정보를 도출하는 방식이다. 벽돌의 표면은 각 종류별로 다양한 색상과 불규칙성을 가지며, 이는 정확한 높이 측정을 어렵게 한다. 이에 본 연구에서는 십자 형태의 레이저 포인터를 벽돌 표면에 투사하고 2D 카메라로 촬영하여 이미지 처리 기법을 통해 벽돌 높이 픽셀 정보를 획득한다. 이 정보를 실제 높이로 변환하기 위해 카메라와 벽돌 간의 거리 관계식을 유도하고, 카메라 보정 알고리즘을 적용하여 픽셀과 실제 길이에 대한 관계식을 구한 후 높이를 추정한다. 제안된 알고리즘은 2D 카메라 센서를 통해 실제 벽돌의 높이를 ±2mm 오차 범위 내에서 700mm 거리에서 측정할 수 있음을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(ykkim@handong.edu)

기울인 2D 라이다를 장착한 모바일 로봇 기반의 지면 데이터 수집 및 격자화 기법

이진형*, 김대근#

Ground Data Acquisition and Gridding Technique Based on Mobile Robot Equipped with Tilted 2D LiDAR

J. H. Lee*, D. K. Kim#

단국대학교 기계공학과

Key Words : 2D LiDAR, Mobile robot, Terrain data acquisition, Gridding

모바일 로봇의 자율 주행 기술은 동적이고 다양한 환경에서의 주행을 위하여 지속적으로 발전되고 있다. 특히, 주행 환경 데이터의 획득은 모바일 로봇의 경로 계획 및 장애물 회피를 수행하는데 있어서 핵심적이다. 일반적으로 2D 라이다는 수평면으로 레이저 빔을 회전시켜 주변 환경을 2차원 평면으로 인식하기 때문에 라이다의 설치 위치에 따른 장애물 인식에 한계가 있다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 기울인 2D 라이다를 활용한 지형 데이터 획득 방법을 제안한다. 기울인 2D 라이다를 사용하면 로봇이 이동하는 동안 지면의 높이 정보를 포함한 3차원 데이터를 수집할 수 있다. 이를 위해 GPS와 IMU 데이터를 융합하여 정확한 오도메트리를 측정하고, 좌표 변환 기법을 사용하여 라이다 반사점의 3차원 좌표를 계산한다. 또한, 로봇의 속도에 따라 발생하는 반사점의 오차 거리를 고려하여 데이터를 일정 간격의 격자 구조로 분할한 후, 각 격자 셀에 포함된 모든 점들의 수직 축 방향 평균 고도를 산출한다. 이를 통해 평면상의 각 격자 셀마다 최대 높이 값을 할당하여 데이터의 복잡성을 줄이고, 격자화된 지형 데이터를 생성한다. 이번 연구에서는 Gazebo 시뮬레이션과 실제 모바일 로봇의 직진 주행 실험을 통해 알고리즘 검증을 수행하였다. 향후 연구에서는 이러한 격자화된 지형 데이터를 활용하여 모바일 로봇의 장애물 회피 및 경로 생성을 최적화함으로써, 지면 데이터 격자화 기법의 유효성을 평가하고자 한다.

발표자*(jinhyeong0801@naver.com), 교신저자#(dkim@dankook.ac.kr)

지상형 검사 로버를 위한 자율주행 시스템 설계

장웅진, 두국진, 김주호, 강태한, 박재웅*,#

Autonomous driving system design for ground-type inspection rover

W. J. Jang, K. J. Doo, J. H. Kim, T. H. Kang, J. U. Park*,#

(주)언맨드솔루션

Key Words : Autonomous driving system, Critical design review

1. 서 론

항공기를 검사하기 위한 인력, 장비의 운용에 있어서 검사시간, 가상상황 등 여러 제약사항이 있어서 이를 극복하기위한 다양한 시도가 이루어지고 있다[1 – 3]. 본 논문에서는 Lidar 센서 기반 자율주행 기술과 항공기 외관 검사를 위한 카메라 촬영 시스템을 결합한 자율주행 항공기 검사 시스템개발을 위한 소프트웨어(Soft Ware, 이하 SW) 설계 중 고정/이동 장애물에 대한 비상 상황 조치 설계와 지상형 검사 로버(이하 검사 로버)의 센서 시스템을 고려한 접근 전략을 수립하고자 한다.

2. SW 설계

항공기 검사 시스템, 검사 로버의 SW는 다음과 같이 구성된다.

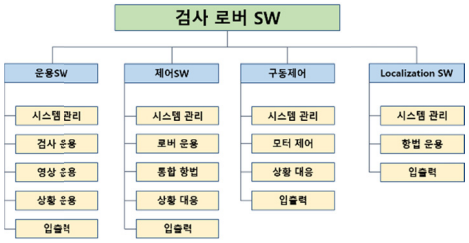


Fig. 1 Configuration of ground-type inspection rover SW

검사 로버 SW는 운용SW, 제어SW, 구동제어 그리고 Localization SW CSCI(Computer Software Configuration Items, 이하 CSCI)로 구성된다. 각 CSCI는 그림 1과 같은 CSC(Computer Software Component, 이하 CSC)로 구성된다. 또한, 각각의 CSC에는 CSU(Computer Software Unit) 레벨의 SW가 포함된다.

검사 로버의 운용SW는 검사 로버의 외부 시스템 연동 및 자율주행 임무 통제 역할을 담당한다. 제어SW는 운용SW의 관심 주행 경로를 받아 path tracking을 통한 종방향, 횡방향 제어값을 계산, 구동제어SW에 전송한다. 또한 Localization SW의 근접 장애물 정보인 지역좌표(Local Coordinates)를 경로 좌표를 감안한 광역좌표(Global coordinates)로 변환 후 이를 운용SW에 전달한다. 구동제어SW는 제어SW를 통한 종/횡방향 제어값을 검사 로버를 동작하기 위한 실행값으로 변환하여 모터 드라이버에 전달한다. 다음으로 모터, 모터드라이버를 포함하는 상태값을 수집하여 제어SW에 전송한다.

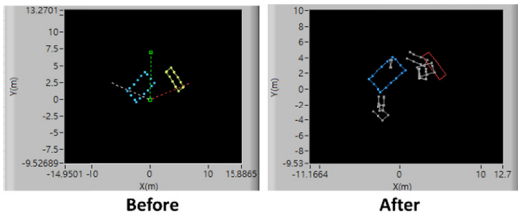


Fig. 2 Obstacle data within the processed area of interest

Localization SW는 Lidar와 IMU를 기반으로 검사 로버의 현재위치를 추정하며, 검사 로버 주위의 근접 장애물에 대한 정보를 제어SW에 전송한다. Localization SW CSCI를 통하여 검사 로버의 근접장애물 정보는 운용SW의 상황대응 CSC에 전달된다. 이때 장애물 데이터의 효율적인 처리를 위하여 관심영역(주행방향, 검사 로버의 속도를 반영한 영역설정)을 설정하고, 관심영역 내의 장애물 정보만 유지한다. 한다(그림2).

처리된 관심영역 내의 장애물 정보는 경로정보를 반영한 광역 좌표로 변환되어 경로와 함께 맵핑 된다. 상황대응CSC에서는 경로상 장애물에 대한 충돌 가능성을 판단하여 경유점 기반 회피 경로를 생성한다(그림3).

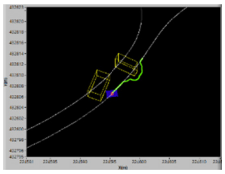


Fig. 3 Generated obstacle avoidance path

Lidar 기반 장애물 회피 절차를 반영한 검사 로버는 다음과 같은 고정/이동 장애물에 대한 충돌회피 및 대응 SW 절차로 설계되었다(그림4).

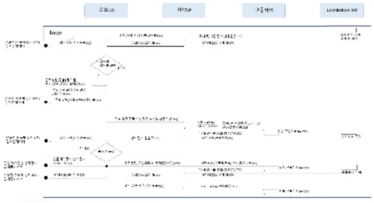


Fig. 4 Collision, avoidance, and response SW procedures for fixed/moving obstacles

3. 고 찰

Lidar 센서 기반 검사 로버의 HW 시스템 구성과 검사 로버의 진행 방향, 주행 경로 및 속도를 반영한 관심영역 설정을 통해 획득된 Lidar데이터의 처리 효율성을 높였다. 또한 경로상의 좌표 변환 및 동시 맵핑으로 주행경로 기반 회피경로를 생성하였다. 이를 통해 이동/고정 장애물에 대한 동적상황 절차도를 설계하였다. 검사 로버는 관심 영역내의 장애물에 대한 충돌가능성을 판단하고, 회피 경로를 생성하며, 생성된 회피 경로를 주행하면서 장애물과의 충돌가능성을 모니터링하고 충돌 가능한 상황에 정지하는 과정을 통해 이동/고정 장애물에 대한 대응이 가능한 절차를 수립하였다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00240992)

참 고 문 헌

(1) Kaur Dhoot, M., Fan, I. S., & Skaf, Z. 2020. Review of Robotic Systems for Aircraft Inspection.
(2) Sun, Y., Zhang, L., & Ma, O. 2020. Robotics-assisted 3D scanning of aircraft. In AIAA AVIATION 2020 FORUM 3224
(3) Adiuku, N., Avdelidis, N. P., Tang, G., & Plastropoulos, A. 2024. Advancements in Learning-Based Navigation Systems for Robotic Applications in MRO Hangar. Sensors, 24(5), 1377

발표자*, 교신저자#

GNSS와 LiDAR를 이용한 USV 구현에 대한 연구

이창현[1,*], 박희재[2,#]

A study on implementation of unmanned surface vehicle using GNSS and LiDAR

C. H. Lee[1,*], H. J. Park[2,#]

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Unmanned surface vehicle, Collision avoidance, Path planning, Path following

자율운항 선박은 사고 감소, 물류 효율성 증대, 운영 비용 절감 등의 장점으로 미래 해양 산업의 핵심 동력으로 주목받고 있다. 본 연구는 RTK GNSS와 라이다 센서를 사용하여 정밀한 위치 인식을 기반으로 한 자율운항 선박 개발을 목표로 한다.

RTK GNSS는 기지국에서 보정 신호를 수신하여 센티미터 수준의 정확도를 제공함으로써 정밀한 위치 인식을 가능하게 한다. 라이다는 빛을 방출한 후 반사되는 빛의 시간을 측정하여 장애물의 위치를 인식할 수 있다. 이 두 가지 센서를 활용해 장애물 인식 및 경로 생성을 수행하기 위해 로봇 내비게이션 기능을 제공하는 ROS1의 Navigation 패키지를 변형해 사용했다. 기존의 방식은 미리 만들어진 전역지도를 사용하는데, 전역지도 없이 실시간 센서 데이터만으로 작동하도록 변형하였다. 비용지도는 장애물이 없으면 0 있으면 254의 값을 갖는데, 기존의 방식은 프레임마다 좌표별로 라이다 데이터의 유무를 확인해 즉각적으로 0 또는 254를 부여한다. 이때, 저역 통과 필터를 적용함으로써 값이 증감하도록 하여 노이즈에 강건하게 장애물을 인식하도록 하였다. 이 과정에서 GNSS 데이터를 활용해 이전 스텝 라이다 데이터의 위치를 보정하여 장애물 위치 인식의 정확도를 높였다. 이렇게 생성된 비용지도를 기반으로 Dijkstra 알고리즘을 사용하여 목적지까지의 최적 경로를 생성하고, 이를 목적지까지의 거리에 비례하여 출력을 내도록 하는 모터 제어 알고리즘으로 추종하도록 하였다.

최종적으로, 알고리즘의 성능을 실제 환경에서 실험 및 검증하여 자율운항 선박의 안전성과 효율성을 입증하였다. 본 연구는 자율운항 선박의 발전과 해양 산업의 경쟁력 강화를 위한 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

발표자*, 교신저자#(looki@seoultech.ac.kr)

진공 이송 로봇에서 발생하는 웨이퍼 슬립 측정 및 보정에 대한 연구

정명진*,#

Research on wafer slip measurement and compensation occurring in vacuum transfer robots

M. J. Chung*,#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Wafer slip, Measuring and compensation, Vacuum transfer robot

반도체 제조는 웨이퍼 단위로 진행되는 전공정과 패키징을 위한 후공정으로 구분된다. 노광(Photo Lithography), 증착(Deposition), 식각(Etching), 연마(Polishing), 세정(Cleaning) 등의 전공정에서 CVD(Chemical Vapor Deposition), PVD(Physical Vapor Deposition), Sputter, Etcher 등의 장비를 사용하게 되며, 대부분 진공 환경에서 공정이 진행된다. 공정에 사용되는 웨이퍼는 EFEM(Equipment Front End Module)을 통해 Load Lock을 거쳐 낱장 형태로 공정 챔버에 공급되는데, 진공 이송 챔버 내부에 배치된 이송 로봇은 Load Lock에서 공정 챔버로 웨이퍼를 이송하는 중요한 역할을 한다. 대기에서 사용되는 이송 로봇은 진공이나 기계적인 방법으로 웨이퍼를 잡아주기 때문에 공정 중에 로봇 핸드에서 웨이퍼의 슬립이 발생하지 않지만. 진공에서 사용되는 이송 로봇은 웨이퍼를 잡기 위한 장치 없이 로봇 핸드에 웨이퍼를 단지 올려 놓게 되어 웨이퍼의 이송 중에 로봇 핸드의 회전, 가속 및 감속에 의해 로봇 핸드로부터 웨이퍼의 슬립이 발생하게 된다. 따라서 공정 중에 발생하는 웨이퍼의 슬립을 측정하고 보정할 필요가 있으며, 자동 웨이퍼 센터링(AWC) 시스템의 적용과 같은 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 진공 이송 챔버에서 사용되는 이송 로봇에서 발생하는 웨이퍼의 슬립 양을 측정하고 보정하기 위한 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 슬립 양을 측정하기 위해 진공 이송 챔버에 설치되는 웨이퍼 슬립 측정 센서부, 센서에서 측정된 데이터로부터 슬립 양을 계산하여 이송 로봇의 핸드 이동 좌표값을 보정하기 위한 보정값을 계산하는 연산부, 보정값에 의해 이송 로봇의 핸드 이동 좌표값을 보정하는 제어부로 구성된다. 이 시스템을 적용한 시험 장치에서 ±3.0mm 웨이퍼의 슬립(offset) 존재 시에 ±0.2mm 이내의 웨이퍼 이송 위치 오차를 확보하였다.

발표자*, 교신저자#(mjchung@tukorea.ac.kr)

감마-하이드록시뷰티레이트의 육안 검출을 위한 세컨드 스킨 플랫

안재은[1,2,*], 권오석[2,#]

Second skin platform for visual identification of Gamma-Hydroxybutyrate

J. E. An[1,2,*], O.S. Kwon[2,#]

한국생명공학연구원 중대질환진단융합연구단[1], 성균관대학교 나노과학기술원[2]

Key Words : GHB, Naked-eye detection, Nanofiber, Second skin

γ-Hydroxybutyrate (GHB), which is widely known as date rape drug causes symptoms such as amnesia, confusion, ataxia, and unconsciousness, when dispersed in beverages and consumed by a victim. To tackle the issue of quickly and discreetly detecting GHB in drinks, we have created a portable colorimetric sensor. This confidential self-protection device uses a colorimetric sensor made from PVA, PU, and PAN nanofibers (NFs), combined with the chemical receptor 2-(3-bromo-4-hydroxystyryl)-3-ethylbenzothiazol-3-ium iodide (BHEI). The sensor, incorporating PAN conjugated with BHEI NFs (PB NFs), is designed for simplicity, high sensitivity, and rapid color change. It can detect GHB concentrations as low as 0.01 mg/mL within 50 seconds for both 1 and 0.1 mg/mL GHB solutions when applied to fingertips or wrists. Additionally, the sensor can be discreetly used in real life by recognizing fingerprints and object temperatures, making it an effective tool for individuals to protect themselves from drug-facilitated sexual assault crimes conveniently anywhere and anytime.

발표자*, 교신저자#(oskwon79@skku.edu)

열전소자를 이용한 혐기배양기용 항온장치 설계

조영태[1,*,#], 임광희[2], 마상동[3], 최형철[4]

Design of constant temperature device for anaerobic chamber using thermoelectric element

Y. T. Cho[1,*,#], K. H. Im[2], S. D. Ma[3], H. C. Choi[4]

전주대학교 공과대학 기초과학과[1], 우석대학교 전자동차공학부[2], (주)다원플산[3], 군장대학교 인공지능융합계열[4]

Key Words : Thermoelectric module, Constant temperature, Anaerobic chamber, PID control

의료계는 암의 효과적인 치료를 위해 부작용이 최소화할 수 있는 혁신적인 치료법의 요구로 박테리아 종양 용해법에 의한 암세포를 용해와 함께 백신의 병행 사용 시 종양 세포를 효율적인 제거에 도움이 된다. 이런 혐기성 세균은 다양한 유기 오염물질에 대한 분해 능력을 지니고 있어, 산업적으로 활용 가치가 높다. 그러나 혐기성 세균은 배양과 보존이 어려워 국내외 연구개발이 미흡하다. 이는 혐기성 배양시 장시간 산소가 없는 환경 조성 및 유지하는 챔버형 혐기배양기의 부재가 주요인으로 알려져 있다. 기존 배양기의 온도조절은 워터자켓 또는 에어자켓 기술로 개발되고 있어 고중량 및 설정온도 도달까지 24시간 이상 소요되고, 고온 설정 불가와 외부오염에 취약하거나, 고온 설정으로 멸균에 용이하지만 외기에 따른 온도변화가 민감하여 안정적인 실험실 환경이 요구된다. 이들은 대부분 고가의 외산에 의존하고 있어 국산화 개발이 필요한 실정이다. 배양챔버는 외부 공기유입 최소화, 빠른 온도 상승과 유지, 제습이 요구되는 밀폐형이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 외부 온도의 영향이 적고, 소음 및 진동이 없으며 정밀한 온도제어가 가능하도록 열전소자를 이용한 챔버 개발을 목적으로 본 연구를 진행하였으며, 챔버 내부온도를 1시간 내에 36.5℃ 설정온도에 도달하고, 챔버내 부위별 및 설정온도 대비 ±0.9℃의 작은 온도편차를 위해서 열전소자의 PID 극성절환 제어에 의한 항온유지 기술에 대한 기초 연구를 진행하였으며, 그 결과 장치 설계를 통한 시제작 장치를 개발하였다.

후기 이 논문은 2022년도 창업성장기술개발사업(No. S3316503)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(choyt@jj.ac.kr)

마이크로플루이딕 칩과 산란광 기반 광학 바이오 센서를 통합한 POCT 플랫폼 제작

권다인[1,*], 진재호[1], 김관오[2], 윤재성[2], 유영은[2], 강도현[2,#]

Fabrication of a POCT platform integrating microfluidic chips and scatter light-based optical biosensors

Da-In Kwon[1,*], Jae-Ho Jin[1], Kwanoh Kim[2], Jae Sung Yoon[2], Yeong-Eun Yoo[2], Do-Hyun Kang[2,#]

Neo nanotech Co., Ltd[1], Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM)[2]

Key Words : Point-of-Care Testing (POCT), Microfluidic chip, Palm-sized, Real-time, Optical biosenor

Point-of-Care Testing (POCT) reduces testing time and delivers instant results on-site, enabling quick medical decisions about patient health. Time is a crucial medical resource, and POCT is vital for quickly identifying diseases in areas with limited medical access, thus extending healthcare services. Therefore, we developed a palm-sized platform integrating microfluidic chips and optical biosensor, making POCT more accessible. Our system includes a microfluidic chip for mixing reagents to detect target proteins, a manual suction pump for creating unidirectional fluid flow, an optical device (650 nm laser, PD) for measuring optical changes caused by target substances, and a Bluetooth PCB that sends real-time optical signals of specific biomolecule presence to PCs or smartphones. We utilize DNA molecules that specifically bind to target biomolecules, adsorbed onto gold nanoparticles and mixed with CaCl2, to induce nanoparticles aggregation. This aggregation generates scattered light, which is measured at a 90-degree angle by the photodetector (PD) within the microfluidic chip's measurement chamber. This process converts optical signals into electrical signals, displayed in real-time on PC or smartphone, enabling us to estimate the concentration of specific biomolecules. Moving forward, our platform will expand its detection capabilities to various biomolecules and apply to a wider range of disease diagnostics and particle-based bioanalysis.

후기 This research was supported by the National Research Council of Science & Technology(NST) grant by the Korea government (MSIT) (No. CAP22011-000) and the Institute Project of Korea Institute of Machinery and Materials (Grant No. NK244E).)

발표자*, 교신저자#(dhkang@kimm.re.kr)

어깨 질환 파악을 위한 운동 범위 측정 디바이스 연구

권병수*, 조근식, 기범근, 보보쩌, 윤태진, 김병희, 박용재#

Study on a device for measuring range of motion to identify shoulder disorders

B. S. Kwon*, G. S. Cho, B. G. Ki, Bo. Bo. Kyaw, T. J. Yoon, B. H. Kim, Y. J. Park#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Shoulder Movement Analysis , IMU and Flexible Sensor, 3D Motion Tracking

액티브 시니어라 불리우는 50대 이상의 연령층에서 경제 및 체육 활동이 증가하고 있다. 그러나 노화로 인해 근육이 자연스럽게 손상되거나 마모되어 골프, 테니스 같은 운동과 순간적인 충격에도 쉽게 부상을 입을 수 있다. 특히 회전근개 손상은 어깨 질환 중 하나로 어깨를 움직이는 근육이 찢어지거나 파열되는 질환이다. 이는 50대 이상의 연령층에서 발생 빈도가 증가하고 있으며 일상생활의 수행 능력을 감소시키고 삶의 질을 저하시킨다. 또한 어깨는 개인이 진단하기 어렵고 상태를 방치하여 적정 치료 시기를 놓치는 경우도 많다. 따라서 본 연구는 어깨 질환의 자가 진단 방지와 예방을 위해 어깨 운동 데이터를 수집하고 머신러닝을 활용하여 어깨 상태 판별할 수 있는 디바이스와 알고리즘을 개발하는 것을 목표로 하며 선행 연구로 실시간으로 어깨 움직임을 측정하고 운동 데이터를 저장하는 디바이스를 제작하였다. 이 디바이스는 IMU와 실리콘과 CNT를 결합하여 제작한 스트레인 센서로 구성된다. IMU는 어깨와 팔에 부착되어 위치를 측정하고 스트레인 센서는 어깨 근육을 따라 부착되어 움직임에 따른 저항 변화를 측정한다. 운동 데이터는 질환이 없는 어깨의 동적 움직임을 측정했으며 노이즈 감소와 최적화를 위해 MATLAB을 활용해 칼만 필터를 적용한 후 위치 데이터로 변환하여 실시간 움직임 추적을 진행하였다. 움직임 추적 데이터는 모션 캡쳐 데이터와 비교하여 디바이스의 신뢰성을 평가하였다. 이후 디바이스를 착용가능한 의복 형태로 제작하여 어깨 질환을 보유한 환자를 대상으로 운동 데이터를 측정하고 운동데이터를 분석하고 질환을 판별할 수 있는 머신러닝 알고리즘을 연구할 계획이다.

후기

Interdisciplinary Program in Department of smart health science and technology Major in Mechanical Engineering, This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE, Korea, P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist) and by the Industrial Strategic Technology Development Program) (20018270, Development of a gripper system for product variety to grasp unspecified objects of various shapes, weights and strengths) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

연속유동 입자분리 및 세포세척을 위한 동축류 미세유체소자

황주영[1,3,*], 홍수지[1,3], 강준서[1,3], 조승인[1,3], 성시연[1], 추승희[2,3], 남정훈[1,3], 한병조[1,#]

Co-flow microfluidic device for continuous flow particle separation and cell washing

J. Y. Hwang[1,3,*], S. Z. Hong[1,3], J. S. Kang[1,3], S. I. Cho[1,3], S. Y. Sung[1], S. H. Choo[2,3], J. H. Nam[1,3], B. J. Han[1,#]

재능대학교 디지털바이오테크과[1], 인천대학교 생명공학부 나노바이오전공[2], 재능대학교 인공지능바이오연구소[3]

Key Words : Viscoelastic, Microfluidic, Co-flow, Cell washing, High-Throughput, High-Efficiency

미세입자 및 세포의 세척은 생물학 및 의학 연구, 임상진단분석 과정에 있어 시료를 전처리하는 기술로서 매우 중요하다. 기존의 세척 과정은 주로 원심분리법이 사용되는데, 이는 불연속적이며, 많은 시간과 인력이 소모되고, 원심력에 의한 물리적 손상이 가해질 수 있다는 한계점이 존재한다. 최근 원심분리법을 대체하여 점탄성 유체와 뉴턴성 유체의 동축류 시스템을 기반으로 한 마이크론 및 서브마이크론 입자의 세척이나 분리, 농축하기 위한 미세유체소자 기반 기술이 개발되고 있다.

최근, 동축류 시스템을 기반으로 한 미세입자/세포의 유동 특성 관련 연구가 수행되었다. 최소2개 이상의 입구를 가진 동축류 시스템에의 기존 연구는 대부분 미세유동채널의 벽면을 따라 시료를 주입하여 입자/세포가 중앙으로 분리되도록 하였다. 그러나 특히 세포의 경우, 벽면을 따라 주입되면 벽면 근처에서 발생하는 벽전단력(wall shear stress)에 의해 물리적 손상을 입을 수 있다. 본 연구에서는 미세입자 및 세포가 포함된 시료를 미세유동채널의 중앙으로 주입하여 벽전단력에 의한 물리적 손상을 최소화하여 세포 생존율을 높이고 안정적인 세척이 될 수 있도록 하는 방식을 채택하였다.

본 연구에서는 유체의 탄성도(elasticity)와 shear-thinning이 다른 특성을 가지는 점탄성 유체별 동축류 시스템에서 동일한 농도 및 주입 조건 내에서의 입자/세포의 횡방향 이동 현상을 연구함으로써 세척에 가장 효과적인 유체인 잔탄검 (Xanthan gum, XG)을 채택하였다. 입자/세포 세척을 위한 유체 선정 이후 중앙으로 주입되는 잔탄검 유체의 수력학적 포커싱된 너비에 따른 입자 세척의 수율 및 효율을 연구하여, 향후 최종적으로 미세입자/세포의 연속 유동 내에서의 세척에 활용할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

후기 이 연구는 National Research Foundation of Korea (NRF) 과제의 지원을 받아 수행하였음 (No. 2020R1A2C1014460)

발표자*, 교신저자#(h160440@jeiu.ac.kr)

표면탄성파 미세유체소자 기반 세포 유래 나노입자 추출기

홍수지[1,3,*], 황주영[1,3], 강준서[1,3], 한지니[1], 추승희[2,3], 한병조[1], 남정훈[1,3,#]

Cell-derived microparticle extractor based on surface acoustic wave microfluidic device

S. Z. Hong[1,3,*], J. Y. Hwang[1,3], J. S. Kang[1,3], J. N. Han[1], S. H. Choo[2,3], B. J. Han[1], J. H. Nam[1,3,#]

재능대학교 디지털바이오테크과[1], 인천대학교 생명공학부 나노바이오전공[2], 재능대학교 인공지능바이오연구소[3]

Key Words : Surface acoustic wave, Cell-derived microparticle, Extraction, Microfluidic

미세입자(Microvesicles, MVs or Microparticles, MP)는 100-1000nm 크기의 세포외 소포체로 모세포로부터 핵산, 단백질 및 물질을 포함하고 있다. 미세입자는 생리적 현상의 매개체이자 잠재적인 진단 바이오마커로 알려져 있어 혈액에서 준나노크기의 미세입자 분리는 임상 및 진단 연구에서 중요해졌다. 다양한 세포 중 혈소판에서 떨어져 나온 혈소판 유래 미세입자(Platelet derived microparticles, PDMPs)는 심혈관질환, 암, 류머티즘 관절염 및 혈전성 질환 등과 유관한 바이오마커로 알려져 있다.

혈액은 적혈구, 백혈구, 혈소판, 혈장으로 구성된 대표적 체액 중 하나이며, 혈장에는 미세입자 뿐만 다양한 순환 바이오마커를 포함하고 있다. 준나노크기의 PDMP를 분리를 위해서는 원치 않는 성분의 제거가 요구되며, 특히 압도적인 수의 적혈구를 제거하는 것이 중요하다. 기존의 PDMP 분리는 초고속 원심분리 또는 면역친화성 포획 방법이 사용되고 있으나, 원심분리법의 경우는 고가의 대형장비, 복잡한 처리 단계 및 인력, 높은 전단력에 의한 추가적인 PDMP 생성 등의 한계점이 있고, 면역친화성 포획 방법은 혈액 용출 과정에서 PDMP의 기능에 영향을 미칠 수 있다는 한계점이 존재한다. 최근, 기존 방법의 한계점을 해결하기 위해 혈액 성분 분리를 위한 다양한 미세유체소자 기술이 개발되고 있다.

본 연구에서는 전혈에서 혈소판 유래 미세입자(PDMP)를 추출하기 위해 기존에는 사용된 적 없는 U자 형태의 마이크로채널 형태의 i-SSAW 기반 분리 기술을 제안하였다. 미세유체소자의 단면 형상에 의한 효과를 통해 높은 농도의 혈액을 분리하는 과정에서 국부적으로 높아질 수 있는 혈액 점도의 영향을 상쇄시키고자 하였으며, 혈소판까지 제거된 순도 높은 혈장을 추출할 수 있음을 확인하였다.

후기 이 연구는 National Research Foundation of Korea (NRF) 과제의 지원을 받아 수행하였음 (No. 2020R1A2C1014460)

발표자*, 교신저자#(namjh@jeiu.ac.kr)

척추 주변에 정확한 약물 전달을 위한 침습형 센서 개발

김진환[1,*,#], 김광복[1], 안형진[1,2], 남정원[1,3]

Development of invasive sensor for precise drug delivery around spine

J. H. Kim[1,*,#], K. B. Kim[1] H. J. An[1,2], J. W. Nam[1,3]

한국생산기술연구원 산업전환기술부문[1], 단국대학교 전자전기공학부[2], 한국기술교육대학교 기계공학부[3]

Key Words : Invasive sensor, Micro electro mechanical systems, Spinal cord

척수 마취 또는 척추 질환의 치료 목적을 달성하려면 척수 주위에 약물을 직접 투여하는 것이 필요하다. 척추마취의 경우 지주 막하강에 국소마취제를 주사하는 것이 일반적이며, 각종 퇴행성 척추질환에 따른 통증 완화를 위해 경막 외강에 스테로이드 주사를 시행하는 경우가 많다. 바늘 배치가 부적절하면 수술에 대한 마취 효과 및 치료 효능이 감소할 수 있다. 또한 바늘이 너무 깊게 위치할 경우 두통, 척추 손상들의 심각한 합병증을 유발한다. 본 연구에서는 병원에서 사용하는 주삿바늘 (760 ㎛) 위에 MEMS 공정을 이용하여 제작한 동일 평면 양극성 전극으로 주삿바늘의 위치를 확인하는 방법을 제안한다. 실험은 샘플링 된 척수 신경, 척수액, 및 근육에 대해서 전기적 임피던스 (100 Hz ~ 1 MHz)를 측정하였다. 척추 신경을 기준으로 척수 액과 근육 간의 전기적 임피던스는 100 kHz ~ 1 MHz 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다 (p-value < 0.05). 해당 기술을 임상에서 적용하기 위해, 샘플 간의 임피던스 차이가 명확한 최적 주파수 구간 (100 kHz 이상)을 찾았다. 전극의 크기와 모양에 관계없이 센서 출력을 일반화하기 위해 샘플들의 전기적 특성 (전기전도도 및 유전율)을 추출하였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이 (p-value < 0.05)가 확인되었다. 이러한 실험 결과는 주삿바늘 위에 제작한 센서를 통해 임상에서 주삿바늘의 위치를 모니터링하며 정확한 위치에 약물을 주입할 수 있는 잠재적인 도구로 사용될 수 있음을 의미한다.

후기 This research was funded by Korea Institute of Industrial Technology as "Development of core technology for smart sensing and digital medical process to support medical surgical field diagnosis" (KITECH EH-24-0005)

발표자*, 교신저자#(jinhwan@kitech.re.kr)

디지털 트윈 기반 실시간 운전자 피로 예측 AI 모델 개발

차예나[1,*], 조춘묵[1], 김범수[2], 신진섭[2], 서영호[1], 김병희[1,#]

Development of a real-time driver fatigue prediction AI model using digital twin technology

Y. N. Cha[1,*], C. M. Jo[1], B. S. Kim[2], J. S. Sin[2], Y. H. Seo[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 기계융합공학과[1], 강원대학교 스마트헬스과학기술융합학과[2]

Key Words : Driver fatigue, Biometric monitoring, Signal processing, Deep learning, Digital twin

The goal of this study is to develop an AI model that predicts driver fatigue using a digital twin-type real-time driver bio-signal monitoring system. About 1.19 million people die in traffic accidents every year, averaging 3,200 deaths per day, meaning 2 people die every 2 minutes. Among the factors causing traffic accidents, fatigued driving refers to a decline in the driver's physiological function due to long-term continuous driving or lack of sleep, affecting normal driving operations.

The sensor system in this study includes infrared thermometry (IRT), electrocardiography (ECG), and non-dispersive infrared (NDIR) sensors. These sensors measure changes in the driver's body temperature, electrocardiogram, and carbon dioxide concentration within the vehicle. This system is integrated with a driver biometric monitoring system (DBMS) that collects and analyzes real-time data using digital twin technology through a driving simulator and Unreal Engine. The actual vehicle interior environment, including exterior covers and electromagnetic interference (EMI), was replicated. A noise removal and signal processing algorithm addressed the high resistance of CNT+PDMS-based ECG electrodes, ensuring stable data and signal quality during long-term operation. By analyzing various indicators, condition evaluation standards were established to classify driver fatigue into five levels, and deep learning models (LSTM, CNN) were applied to develop a real-time driver fatigue prediction model.

Future research aims to improve the AI model by incorporating additional bio-signals and environmental factors to increase prediction accuracy and verify its efficiency and reliability under actual operating conditions. This research aims to reduce traffic accidents caused by driver fatigue and create a safer driving environment.

Acknowledgement This research was supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE) in 2024 (2022RIS-005)

Presenter*, Corresponding author#(kbh@kangwon.ac.kr)

선행연구기반 EMS 스마트웨어 자극 근육 효과 극대화를 위한 최적의 근육 위치 선정 방안 연구

차영우*, 이기현, 김지혜, 윤정민#

A study on the optimal muscle positioning method of maximizing EMS smart wear stimulated muscle effect based on previous research

Y. W. Cha*, G. H. Lee, J. H. Kim, J. M. Yun#

한국생산기술연구원

Key Words : EMS, Smart wear, Muscle stimulation, Optimal position

Objective: 본 연구에서는 최근 중저주파 자극을 통해 단시간 운동효과를 증진시켜주는 EMS 스마트웨어의 효과를 최대로 할 수 있는 최적의 부착위치 도출을 위한 평가 방안을 제시하였다. Background: 최근 중저주파 자극을 통해 근육을 강화시키고 운동의 효과를 증진시켜주는 EMS 스마트웨어들이 출시되고 있다. 주요 부위의 근육에 EMS 장비를 부착하여 사용하나, 효과를 최대로 할 수 있는 최적의 부착 위치에 대한 연구는 부족하여 이에 대한 연구가 필요하다. Method: 본 연구에서는 선행연구를 통해 운동 시 자극을 주요 근육 부위를 도출하였다 또한, 근육 자극의 최적 위치를 도출하기 위해 과업으로 수행할 수 있는 운동 종류와 자극 부위에 대해 정량적으로 평가할 수 있는 평가 장비와 정성적으로 평가할 수 있는 설문항목을 도출하였다. 선행연구들을 통해 도출한 항목들을 바탕으로 근육자극의 최적 위치 도출을 위한 실증 평가 방안을 제시하였다. Results: 본 연구에서는 19개의 선행연구를 분석하였다. 분석을 통해 전신 운동 시 자극을 받는 근육 부위로 상지근, 대퇴직근, 대퇴 이두근, 내측비복근 등 8개의 근육을 도출하였다. 전신 운동의 종류로는 일반 스쿼트는 다리 운동만 가능하지만, 어깨 너비 이상으로 다리를 벌려서 진행하는 와이드 스쿼트가 전신운동에 효과가 있는 것으로 나타나 와이드 스쿼트로 선정하였다. 최적의 근육위치 선정을 위한 평가 방법으로는 근 활성도를 비교하기 위해서 근전도 기기를 부착하여 진행하는 정량적 평가와 과업 수행 후 설문조사를 통해 정성적 평가를 진행할 수 있도록 선정하였다. 설문 평가항목으로는 불편감 항목을 통해 불편한 EMS 장비 부착 부위를 제외시키고, 근육의 자극 정도와 운동 효과성 항목을 선정하여 전신 운동 시 효과적인 최적의 근육 위치를 도출하도록 평가항목을 선정하였다. Conclusion: 본 연구에서는 EMS 스마트웨어를 위한 인체 근육 자극의 최적의 위치를 도출하기 위한 평가 방안을 제시하였다. 추가적으로 본 연구의 평가 방법을 통해 전신 운동 시 자극이 부족한 근육 부위에 EMS 장비를 부착하여 운동 효과를 극대화시킬 수 있을 것으로 예상된다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “미래 스마트웨어 제조를 위한 마이크로팩토리 기반기술 개발(kitech EH-24-006)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(jmyun@kitech.re.kr)

갠트리 융합 로봇 시스템 기반 제조 메타버스를 위한 프레임워크 연구

한종우*, 문창현, 박형욱#

Research on the framework for the manufacturing metaverse based on the gantry-type integrated robotic system

J. W. Han*, C. H. Mun, H. W. Park#

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Industrial robot, Metaverse, Robotic machining

최근 고령화 및 노동 인구 저하로 인해 제조 산업 현장에서 높은 자유도와 유연성의 특성을 가진 산업용 로봇을 활용한 가공이 증가하고 있다. 자동차 제조, 항공 산업과 같은 제조 산업 현장에서 활용되고 있으나, 공작 기계 대비 낮은 강성으로 인한 부정확한 공정 정확도가 발생하여, 이를 극복하기 위한 연구가 요구된다. 따라서, 갠트리 융합 로봇 시스템은 3축 갠트리 시스템과 5축 로봇암을 결합한 시스템으로 로봇의 낮은 강성을 보완하고, 작업 공간을 확장하여 작업의 효율성과 표면 품질을 향상시키는데 기여한다. 또한, 현실과 가상 공간이 연결되어 상호작용이 가능한 통합형 가상 공간인 제조 메타버스 플랫폼 기반 가상 프로토 타입 모델을 개발한다. 이는 정밀한 제조 공정을 확립하고, 로봇 공정 중 발생하는 결함을 방지하여 효율성 및 공정 정확도 향상을 도모할 수 있다. 따라서, 본 연구는 로봇 가공의 공정 정확도 향상을 위한 실제 갠트리 융합 로봇 시스템과 동기화된 트윈 모델 개발로 시뮬레이션 및 모니터링이 가능한 플랫폼 구축을 위한 프레임 워크 연구를 진행하였다. 유니티 물리 엔진 기반 기초 플랫폼을 구축하고, 갠트리 융합 로봇 시스템의 DH-매개변수 기반 기구학 및 스핀들 연결이 가능한 트윈 모델을 개발하였다. 또한, 다중 센서 모니터링 시스템을 위한 프레임워크 연구를 진행하여 가공 결함을 최소화하고, 공정 정확도 향상에 기여할 것으로 판단된다. 그러므로, 갠트리 융합 로봇 시스템의 제조 메타버스 플랫폼을 위한 프레임워크 구축을 목표로 연구를 진행하고자 한다.

후기 본 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 산업기술 알키미스트 프로젝트(No. 20025702)의 연구비 지원과 한국연구재단의 과제(No. 2022R1A2C3007963)의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(hwpark@unist.ac.kr)

온도 및 직조구조에 따른 텍스타일 인장 센서의 성능 평가

곽해솔[1,*], 성지훈[2], 한민우[1,2,#]

Evaluation of the effect of temperature and woven structure on the performance of textile tensile sensors

H. S. Kwak[1,*], J. H. Seong[2], M. W. Han[1,2,#]

동국대학교 기계로봇에너지공학과[1], 동국대학교 기계공학과[2]

Key Words : Textile sensor, Strain sensor, Temperature sensor, Woven-textile, Wearable device

최근 웨어러블 전자기기와 스마트 텍스타일의 발전으로 텍스타일 센서의 중요성이 증가하고 있으며, 이러한 센서의 성능 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 텍스타일 인장 센서에 온도와 직조구조가 미치는 영향을 평가하는 것을 목적으로 한다. 텍스타일 인장 센서는 유연 직물과 전도성 실을 직조형태로 결합한 구조로 이루어져 있으며, 경사와 위사의 조합을 다르게 한 5가지의 직조 구조를 설계하여 센서에 적용하였다. 온도 변화에 따른 센서 성능을 평가하기 위하여, 텍스타일 센서에 구리선을 엮은 후 전류를 흘러주어 센서의 온도 변화를 유도하였다. 전류 인가에 의한 온도 상승을 야기시키는 것과 동시에 인장 변형을 가하여 이에 따른 센서의 전기 저항 변화를 관찰하였다. 전기 저항 변화량을 분석하여, 개발된 텍스타일 인장 센서의 온도 변형 발생에 따른 반복성과 민감도를 추정할 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 센서의 성능 평가 방법 및 수집된 데이터를 바탕으로, 고성능 센서에 요구되는 온도 조건과 직조 구조물을 도출하는 것이 가능할 것으로 보이며, 나아가 스마트 텍스타일 및 웨어러블 디바이스 산업에 활용 가능할 것으로 보인다. 특히 외부의 환경 변화를 고려한 센서의 신뢰성 확보 및 성능 향상 방안을 도출하는데 기여할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 다양한 외부 환경 조건에서의 성능 평가와 실제응용분야에 대한 연구를 수행하여 센서의 활용 가능성에 대한 심도 깊은 연구를 수행하고자 한다.

후기 This work is supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Korean government (MSIT) (No. 2018R1A5A7023490, 2019R1F1A1063621, and NRF-2021R1F1A1063485) and the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE) and the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the International Cooperative R&D program (Project No. P0016173).

발표자*, 교신저자#(mwhan@dgu.edu)

휠형 전기승용관리기 시작품 최대토크 시뮬레이션

김수민[1,*], 모준혁[1], 김정한[1], 정환홍[2], 이충호[1,#]

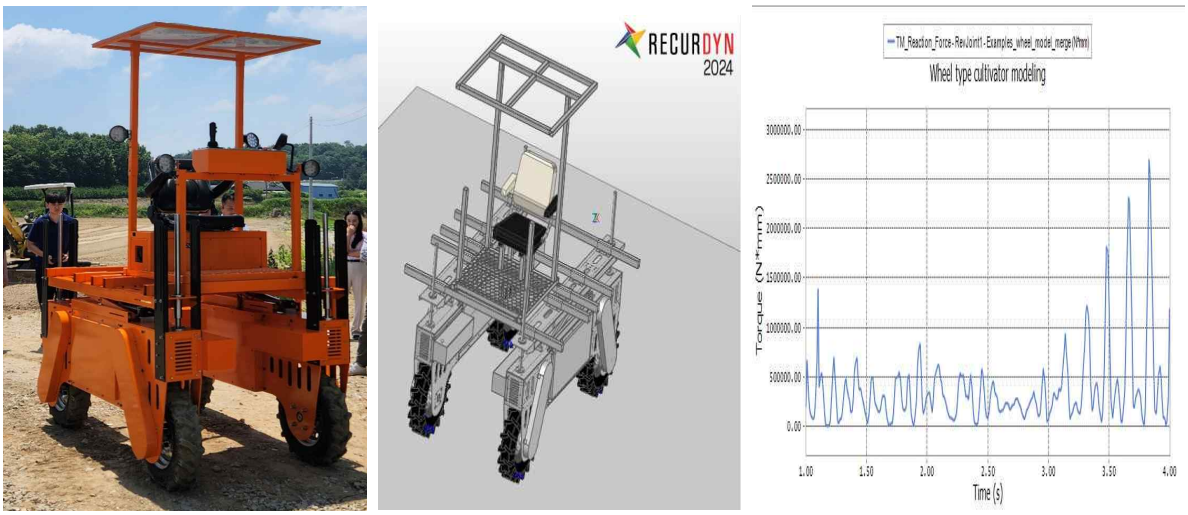
Maximum torque simulation of wheel type electric driven cultivator prototype

S. M. Kim[1,*], J. H. Mo[1], J. H. Kim[1], H. H. Jeung[2], C. H. Lee[1,#]

전주대학교 산업공학과[1], ㈜정원 SFA[2]

Key Words : Cultivator, Recurdyn, Virtual duration simulation, Stress intensity

스마트팜을 포함한 노지작업을 위한 전기구동 승용관리기는 전고가 높고 노지주행에 따른 노면의 특성으로 비정형 장해물과 경사가 존재하여 주행성능에 대한 안정성 확보가 필요하다. 현재 개발중인 7KW급 궤도형 승용 관리기는 기존 트랙형으로 제작한 시스템이 고하중과 작업폭을 고려한 좁은 폭의 트랙을 적용하였기에 내구성과 안전성의 문제가 도출되어 차륜형으로 변경한 3차 시작품을 제작하였다. 본 연구에서는 Recurdyn을 이용하여 차륜형 전기구동 승용관리기 동적시뮬에이션을 통해 주요부에 대한 응력세기(Stress intensity)를 도출하여 취약부에 대한 검토를 수행하였다. Recurdyn을 이용한 시뮬레이션 시간 단축을 위해 상단 파이프부, 차량본체 프레임부, 바퀴 4개를 각각 단순화 모델링하여 수행하였으며, 시작품 차체의 중량은 880kg으로, 농업기계 안전기준 제4조 3항에 따라 운전자의 체중은 75kg으로 적요하여 탑승자를 포함한 관리기의 총 중량은 955kg으로 설정하였다. KS B ISO 5007(농업용 차륜형 트랙터 – 운전석 – 전달 진동의 시험실 측정)의 1급 트랙터 기준을 참고하여 주파수 f는 0.89Hz, 진동 가속도 a는 2.26m/s^2 으로 설정하고 주파수 변위, 속도 및 가속도 관계식 D = a / $(2\pi f)^2$를 이용하여 최대 진동변위 D를 산출하였고 리커다인에 가속도와 변위를 포함한 모션식을 입력하여 10초 1,000step으로 가상 내구 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션 결과 승용관리기의 하중을 지지하는 프레임에서 Stress intensity가 최대로 나타났으며, 최대토크는 259.1 $Kg_f \cdot m$ 이고 평균토크는 334.4$Kg_f \cdot m$로 나타났다. 이를 반영한 프레임 취약부에 대한 보강설계가 필요하고 다양한 주행조건과 노면상태에 따른 전기구동 승용관리기의 취약부도출 연구를 통해 시작품의 최적설계와 보강연구를 수행할 계획이다.



(a) 3rd Prototype cultivator (b)Simulation using Recurdyn (c)Simulation result of dynamic torque

Fig 1. Wheel type cultivator and simulation

후기 본 논문은 2023년도 농림축산식품부 친환경 동력원 적용 농기계 기술 개발사업(1222-0088)의 지원으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(leech@jj.ac.kr)

다중층 전극 구조를 통한 유전탄성체 액추에이터의 내구성 향상 및 캐패시턴스 특성 연구

정수민*, 강민채, 한민우#

A study on the durability enhancement and capacitance characteristics of dielectric elastomer actuators with multi-layered electrode structure

S. M. Jung*, M. C. Kang, M. W. Han#

동국대학교 기계공학과

Key Words : Dielectric elastomer, Soft actuator, Soft robotics, Smart materials

유전탄성체 액추에이터는 인간의 근육과 유사한 부드러움과 유연성을 가지고 있어 소프트 로봇 분야에서 폭넓게 연구되고 있다. 그러나 기존의 유전탄성체 액추에이터는 특정 전압 이상에서 절연 파괴가 발생하여 성능과 수명에 제한이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 새로운 다중 층 전극 구조를 제안한다. 최상단과 최하단 전극 사이에 전압이 인가되지 않는 중간 전극층을 도입하여 절연 파괴를 지연시키고 유전 특성을 향상시키고자 한다. 중간 전극층의 수와 크기를 설계 변수로 설정하여 유전탄성체 액추에이터의 거동 특성을 평가하였다. 중간 전극층의 수를 0개, 1개, 2개로 변화시켜 실험을 진행하였고, 중간 전극층의 크기를 최상단 및 최하단 전극층의 크기보다 작게, 같게, 크게 설정하여 비교 분석하였다. 또한, 각 조건에서의 캐패시턴스 변화를 측정하였다. 실험 결과, 제안된 다중 층 전극 구조를 통해 유전체의 절연 파괴가 지연되고 유전 특성이 개선됨을 확인하였다. 또한 캐패시턴스 측정 결과, 중간 전극층 수가 증가할수록, 그리고 중간 전극층의 크기가 클수록 캐패시턴스가 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서 개발된 다중 층 전극 구조는 유전탄성체 액추에이터의 안정성과 성능을 향상시키는 가능성을 제시한다. 이는 웨어러블 디바이스, 인공근육 등 다양한 분야에서 유전탄성체 액추에이터의 활용 범위를 확대할 것으로 기대된다.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT) (No. 2018R1A5A7023490), by the Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM) funding (NK242C), and by the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE) and the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the International Cooperative R&D program (No. P0016173).

발표자*, 교신저자#(mwhan@dongguk.edu)

스마트웨어 EMS의 사용자 심리적 반응 및 수용성 평가체계 개발 연구

이기현*, 차영우, 김지혜, 조선희, 윤정민#

A study on evaluating user psychological responses and acceptance of smart wearable EMS

G. H. Lee*, Y. W. Cha, J. H. Kim, S. H. Cho, J. M. Yun#

한국생산기술연구원

Key Words : Smartwearable, EMS, User experience, Psychological response, User acceptance

Objective: 본 연구의 목적은 스마트웨어 EMS(Electrical Muscle Stimulation) 사용 시 사용자의 심리적 반응 및 수용성을 평가하기 위한 주요 항목과 각 항목별 평가 프로토콜을 정의하는 데 있다. Background: EMS 기술은 근육 강화를 위해 전기 자극을 사용하는 기술로, 운동 및 재활 분야에서 널리 사용되고 있다. 최근 스마트웨어로의 응용이 확대되며 일상생활에서도 EMS 기술을 사용할 수 있게 되었지만, 사용자들의 심리적 반응 및 수용성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 스마트웨어 EMS 사용 시 사용자의 심리적 반응과 수용성을 평가하고자 한다. Method: 본 연구에서는 선행연구 분석을 통해 스마트웨어 EMS의 심리적 반응 및 수용성과 관련된 주요 평가 항목을 도출하고, 기존 평가 프로토콜들을 분석하여 스마트웨어 EMS 사용 시 적용 가능한 평가 체계를 개발하였다. Results: 개발된 평가 체계는 스마트웨어 EMS의 심리적 반응 및 수용성을 평가할 수 있는 구체적인 지표들을 제공한다. 주요 평가 항목으로는 사용 편의성, 심리적 안정감, 제품 수용성, 만족도 등이 포함되며 평가를 위한 프로토콜을 도출하였다. Conclusion: 본 연구에서는 선행연구를 통해 스마트웨어 EMS 사용 시 사용자의 심리적 반응 및 수용성을 평가할 수 있는 평가 항목과 프로토콜을 정의하였다. 이 평가 방법은 추후 연구에서 스마트웨어 EMS의 심리적 안정감과 수용성 효과를 검증하는 데 활용될 수 있다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “미래 스마트웨어 제조를 위한 마이크로팩토리 기반기술 개발(kitech EH-24-006)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(jmyun@kitech.re.kr)

실시간 시뮬레이션 기반 스마트웨어 Cyber-Physical System 데이터 수집주기 최적화 방법

강봉구*,#, 박홍선, 이연규

Real-time simulation-based smartware Cyber-Physical System data collection cycle optimization method

B. G. Kang*,#, H. S. Park, Y. G. Lee

한국생산기술연구원 국가산업융합센터

Key Words : Real-time simulation Cyber-physical system, Data Acqusition, Optmization

스마트웨어 제조 분야에서는 생산의 효율성을 증대시키기 위해 Cyber-Physical System을 활용하여 실제 시스템을 제어 및 시뮬레이션 기반 분석하는 연구가 진행되고 있으며, 이 과정에서 Cyber-Physical System을 표현하기 위한 데이터 수집 주기는 제어 및 분석 결과에 많은 영향을 미친다. 실제 시스템에 대한 빈번한 데이터 수집주기는 데이터의 지연을 야기하며, 반면 긴 데이터 수집주기는 데이터 변화에 대한 식별을 어렵게 함으로 최적의 데이터 수집주기를 도출하는 것은 의사결정에 있어서 중요한 요소이다. 본 논문에서는 이를 해결하고자, 실시간 시뮬레이션 기반 Cyber-Physical System의 최적 데이터 수집주기를 도출하는 방법에 대해서 제시한다. 이를 위해, 본 논문에서는 우선적으로 DEVS형식론(Discrete EVent System Specification) 기반 스마트웨어 제조설비 모델을 구현 후, 제조설비에서 발생하는 PLC 로그 데이터를 활용하여 스마트웨어 제조설비 모델을 동기화하여 이를 레퍼런스 모델로 정의한다. 그 후 해당 동기화된 모델에 대해 실시간 시뮬레이션 수행한 결과와 데이터 수집주기를 입력 파라미터로한 Cyber-Physical System의 결과를 비교하면서 데이터 수집주기에 대한 최적화하는 방법을 제시한다. 본 연구를 통해 도출된 최적 데이터 수집주기를 통해 실시간 설비 모니터링 및 시뮬레이션 기반 분석이 가능할 것으로 기대하며, 해당 방법론에 대한 제안을 통해 다른 제조분야의 Cyber-Physical System 최적화에 대한 적용이 가능할 것으로 예측한다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 “미래 스마트웨어 제조를 위한 마이크로팩토리 기반기술 개발(KITECH EH-24-006)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(bgkang@kitech.re.kr)

맞춤형 스마트웨어 제조를 위한 통합 공정제어 플랫폼 개발

이진명[1,*], 이혜진[2], 임대영[3], 원찬희[2,#]

Development of an integrated process control platform for customized smartwear manufacturing

J. M. Lee[1,*], H. J. Lee[2], D. Y. Lim[3], C. H. Won[2,#]

한국생산기술연구원 국가산업융합센터[1], 한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문[2], 한국생산기술연구원 섬유솔루션부문[3]

Key Words : Smartwear, Control, Manufacture process

스마트웨어는 센서와 전자부품을 원단에 부착한 의류로, 정확한 계측을 위해 개개인의 신체에 맞는 맞춤형 제조공정이 필요하다. 이러한 다품종 소량 생산 적용을 위해서는 작업자가 원단 이송, 봉제 등 공정별 세부사항과 변수를 실시간으로 조작할 수 있어야 한다. 하지만 스마트웨어 제조에 활용되는 이송로봇, 재봉틀, 컨베이어 벨트 등의 장비를 다루기 위해서는 장비별로 전문적인 지식이 필요하며 제어 프로토콜의 차이로 실시간 대응이 어렵다. 본 연구에서는 맞춤형 스마트웨어 제조를 위해 공정에 사용되는 개별 장비를 통합 제어할 수 있는 제어 플랫폼을 개발하였다. 모션 컨트롤러와 PLC 등의 장비를 사용하여 제어 프로토콜을 통합하였고, 원단 이송하기 위한 로봇팔과 원단 파지를 위한 그리퍼 시스템 그리고 자동 재봉기, 컨베이어 벨트 등 공정에 필요한 장비의 물리적 연결성을 향상시켜 통합 모니터링을 가능하게 하였다. 또한, GUI 기반 프레임워크 기반으로 제어 플랫폼을 개발하여 코딩 지식 없이도 초보자도 쉽게 공정 변경이나 시스템 업데이트를 할 수 있도록 효율성을 높였다. 그 결과 작업자가 프로그래밍이나 로봇 지식 없이도 실시간으로 생산공정을 변경할 수 있었고, 공정 오류에도 신속한 대응이 가능하였다. 본 연구에서 개발한 제어 플랫폼을 보다 고도화하여 개발한다면 더 높은 생산성을 가진 다품종 소량생산이 가능한 공장구축이 가능할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원 기관주요사업 “미래 스마트웨어 제조를 위한 마이크로팩토리 기반기술 개발(KITECH EH-24-0006)" 의 지원으로 수행하였습니다.

발표자*, 교신저자#(chan2@kitech.re.kr)

에너지활용을 위한 재사용 배터리 기술개발

임광희[1,*,#], 조영태[2], 우용득[1], 원태희[1], 김용성[1], 서태원[1], 최성국[3], 이상수[3], 김선규[4]

Technique development of reusable batteries for energy circulation

K. H. Im[1,*,#], Y. T. Cho[2], Y. D. Woo[1], T. H. Won[1], Y. S. Kim[1], T. W. Seo[1], S. K. Choi[3], S. S. Lee[3], S. K. Kim[4]

우석대학교 기계자동차공학과[1], 전주대학교 기초과학과[2], ㈜넥스트에너지[3], 전북대학교 기계시스템공학부[4]

Key Words : Energy circulation, Reusable battery, Battery modules

Reusable battery technology could be to be considered as an important field for enhancing energy efficiency and environmental friendliness. By recycling existing batteries and using them in new energy storage systems, we can conserve resources and protect the environment. It is highly regarded as a key technology for sustainable energy development, especially since the initial introduction of electric vehicles in 2010, with over 28.01 million units sold globally to date and a sharp increase in sales each year, reaching 10.51 million units in 2022 alone. Furthermore, it is estimated that after 2025, the replacement and disposal of batteries, which are the main power source of electric vehicles, will exceed twice the sales volume, highlighting the urgent need for proper disposal of used batteries. Batteries closely related to the safety of electric vehicles undergo disassembly once their capacity decreases to a certain level, and those with residual value of over 80% are selected for reuse in various electric devices such as energy storage systems (ESS), low-power electric vehicles (scooters, electric carts), and uninterruptible power supplies (UPS). Reusable used batteries bring the manufacturing of new batteries delayed upto 5 to 10 years; so the life length of batteries coulde be extended to the cycle of environmental hazards, reduced to environmental risks, and improved for cost-effectiveness. To actively utilize such reused batteries, the techniques have been developed on battery dismantling and standard module production technologies, and is under go on developing technologies for classifying battery packs that can be used as reused batteries, in compliance with safety requirements for the reuse of lithium secondary batteries (KC 10031).

후기 이 논문은 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC3.0) 연구결과입니다.

발표자*, 교신저자#(khim@woosuk.ac.kr)

2024 한국생산제조학회 춘계학술대회 논문집

발행일 2024년 07월 17일 (반년간)

발행인 지 성 철

편집인 김 석 민

발행소 사단법인 한국생산제조학회
서울시 용산구 한강대로 372 센트레빌 아스테리움 서울 에이동1206호

E-mail info@ksmte.kr

Homepage https://ksmte.kr

전 화 02-501-9172

팩 스 02-501-9173

ISSN 2508-5387

※ 원고, 광고, 기술지원 접수 : 김혜원 (전화 02-772-9172)

인 쇄 도서출판 한림원(주)
서울특별시 중구 퇴계로51길 20 1303(오장동, 넥서스타워)
전화 02-2273-4201, 팩스 02-2279-9083
E-mail hanrim@hanrimwon.com



2024
한국생산제조학회
춘계학술대회

KSMTE Annual Spring Conference 2024

KSMTE

한국생산제조학회
서울특별시 용산구 한강대로 372 센트레빌 아스테리움 서울 A동 1206호
TEL : (02)501-9172, (02)310-9172, (02)772-9172 FAX : (02)501-9173 www.ksmte.kr