KSMTE Annual Autumn Conference 2023

한국생산제조학회 2023 추계학술대회

2023년 12월 13일(수)~16일(토)
라마다프라자 제주호텔

12월 13일(수)	특별세션, 패널토의
12월 14일(목)	논문발표, 개회식, 정기총회, 시상식, Future 생산제조기술인세션, 특별초청강연, 한국산업기술기획평가원 장비 분야 신규과제 기획 공청회, 전시회, 만찬
12월 15일(금)	논문발표, 취업설명회, 전시회, 리더스미팅
12월 16일(토)	부문·분과 개별 행사

www.ksmte.kr
KSMTE
한국생산제조학회

산업통상자원부 NRF 한국연구재단 KOFST 한국과학기술단체총연합회 KEIT 한국산업기술기획평가원 beyond leading technology KIAT 한국산업기술진흥원 KITECH 한국생산기술연구원
KIMM 한국기계연구원 Komma 한국공작기계산업협회 KOTIC 한국금구공업협동조합 한국금형공업협동조합 KOPTI 한국광기술원 KIRIA 한국로봇산업진흥원
나노융합산업연구조합 kcarbon 한국탄소산업진흥원 MFG CAD&Graphics KOMI 한국기계산업진흥회 자본재공제조합 Jeju CVB 제주컨벤션뷰로

경남 지역산업 혁신을 위한 R&D 거점

경남 소재부품장비 특화단지

추진배경

국내 최대 정밀공작기계산업 메카의 중심

- 소재부품장비특화단지는 국내 최대의 기계산업 직접지
- 정밀공작기계의 국산화 및 고도화를 통한 고부가가치화
- 정밀기계, 금속 및 부품의 기술혁신을 통한 신성장동력 확보

국내 최대 글로벌 정밀기계특화지역 도약

- 굴뚝산업도시에서 AI활용 정밀산업기계 도시로 전환
- 산학연관 협력으로 과학기술 중심의 지역혁신
- 스마트제조 분야 인력양성의 메카

경남 소재부품장비 특화단지

기술사업화 Value chain모델

경상남도 창원특례시

소부장특화단지 조성 지원, 기술사업화 정책기획·조정

소부장특화단지	경남테크노파크	전기연구원, 재료연구원	앵커기업	수혜기업
· 기술 국산화 및 고도화 · 글로벌 밸류체인 구축 · 핵심품목 기술개발 및 품질인증 One-Stop 지원	· 기술개발 총괄 · 실증과제 총괄 · 인력양성 및 기업지원	· 경량화 고경도 신소재합금개발 · AI기반 정밀기계 실증 · 국산화CNC 실증 · 트랙레코드 확보	· 정밀 5축가공기 · 정밀수직선반 · 전동식 수평선반	· 전략금속 및 부품 활성화 사업 · 정밀공작기계 및 로봇 공급사업

강소기업 육성, 창업지원, 일자리창출

육성전략

핵심 가공기술 확보

- 고속 고정밀 5축
- 동시제어 MCT 개발
- AI 기반 고신뢰성 대형 수직선반 개발
- 친환경 스마트 전기구동 선반 개발

AI기술 활용 품질혁신

- AI·빅데이터 기반 진단예지 테스트벤치
- 스마트(AI) 가공기계 디지털 밸류체인 구축
- 디지털 융합 고정정 소재 실증

Track Record 확보

- 소재·부품 실증테스트
  - 첨단장비산업 혁신
- 장비·시스템 실증테스트
  - 국산CNC, AI활용 정밀 가공장비 실증센터

글로벌 인력양성

- 한·독 소재 R&D센터 운영
- 한·캐 AI 연구센터 운영
- 소부장분야우수연구인력양성 프로그램
- 첨단소재 융합 과학기술대학원 설립

기대효과

첨단장비산업 혁신

기술경쟁력강화

- 극청정·초정밀 가공시스템
- 다축 시스템 고속·고정밀 가공시스템
- 국산 CNC 공작기계 지능화 시스템
- AI 기반 예지·진단 방지 시스템

해외의존도



- 해외의존도 감소
- 수출량 증대

생태계 조성



- 대·중소기업의 소부장 생태계 구축

경제적 효과

- 생산유발 17.7조원
- 부가가치 유발 5.9조원
- 일자리 창출 50천명

경상남도 창원특례시 재단법인 경남테크노파크 KIAT 한국산업기술진흥원 Keit 한국산업기술평가관리원



디지털 제조장비 R&D 전문인력양성

산업의 4대 메가트렌드 대응 및 제조업 글로벌 경쟁력 강화 위한 디지털 제조장비 R&D 산업전문인력양성

문의처 전담기관 송영하 연구원 02-6009-3239 | 주관기관 한국기계산업진흥회 기계장비혁신센터 02-369-7830

01 교육기관(다음 중 택1)

장비지능화분야(연세대학교, 단국대학교, 서울과학기술대학교)
- 스마트제어기, 장비 지능화 석·박사 과정 운영

생산유연화분야(한양대학교 ERICA)
- 유연생산/공정자동화 석·박사 과정 운영

운영최적화분야(한밭대학교)
- 제조셀 통합 운영솔루션 석·박사 과정 운영

02 교육대상

제조장비 및 관련 산업자동화분야 석·박사 교육을 희망하는 자

03 지원조건

- **모집인원** : 대학별 10명 내외
- **지원자격** : 4년제 대학 기계공학 또는 이공계열 유사전공 졸업예정자 및 학사학위 소지자
- **졸업요건** : 대학별 대학원 졸업요건과 본 사업에서 다음의 요건을 모두 충족
  - 각 분과에서 개설하는 디지털 제조장비 관련 교과 9학점이상 이수
  - 산학프로젝트 1건 이상 참여
  - 단기전문화과정 수료

04 교육혜택

- 두산공작기계, 현대위아, 현대로보틱스, 현대무벡스, 지멘스, 삼천리기계 등 32개사 기업수요를 반영한 디지털 제조장비 핵심기술 석·박사 융합교육과정 개발·운영
- 참여학생의 인건비 지원(석사 월 180만원, 박사 월 250만원 수준)
- 연구활동을 위한 실습비, 재료비, 교육비 등 연구비 지원
- 학생별 전담코디네이터 지정 및 관리를 통해 현장맞춤형 산학프로젝트 수행 기회 제공
- 공모전, 인턴쉽, 각종 경진대회 참여 프로그램 지원

- **참여기관**

연세대학교 YONSEI UNIVERSITY | 단국대학교 DANKOOK UNIVERSITY | 서울과학기술대학교 SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY | 한양대학교 ERICA Education Research Industry Cluster @ Ansan | 국립 한밭대학교 HANBAT NATIONAL UNIVERSITY

총괄 및 조정
산업통상자원부

사업 전담
KIAT 한국산업기술진흥원 Korea Institute for Advancement of Technology

사업 주관
KOMI 한국기계산업진흥회

DN SOLUTIONS의
위대한 여정은 계속됩니다.

DN솔루션즈는 지난 50년 동안 Machine Greatness의 가치를 중심으로
공작기계 업계 글로벌 리더로서의 명성을 쌓아왔습니다.

이제 새로운 시대가 시작됩니다. DN솔루션즈라는 새로운 이름과 함께
제품뿐만 아니라 통합 제조 솔루션을 제공하는 기업으로 역사를 이어갈 것입니다.

Manufacturing Solutions Leader, DN솔루션즈

Learn more at DN-SOLUTIONS.COM

PROTOTECH
3D Printing Total Solution (주)프로토텍

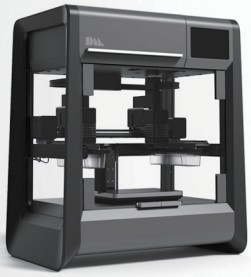
3D 프린팅 토탈 솔루션 전문 기업 (주)프로토텍

세계 최초 풀컬러 복합재료 **Stratasys 3D 프린터**
컴팩트하고 견고한 **금속 3D 프린터** - Desktop Metal, TRUMPF, Xact Metal
데스크탑부터 광대역까지 다양한 **3D 스캐너 솔루션**
업계 최초 AS9100 인증 획득, GMN(Global Manufacturing Network)멤버로
세계적인 **제조 서비스 제공**

- Stratasys 3D 프린터



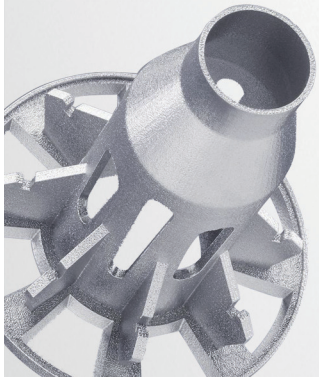
- 데스크탑 금속 3D프린터



Desktop Metal

stratasys

- TRUMPF 금속 3D프린터로 제작한 자동차 임펠러



TRUMPF

- 3D 스캐너



HEXAGON

- 풀컬러·멀티재료로 한번에 제작한 파트



PANTONE Validated

PROTOLAB
Manufacturing Total Solution (주)프로토텍

PROTOTECH
3D Printing Total Solution (주) 프로토텍

본사 | 서울특별시 금천구 가산디지털1로 19, 대륭테크노타운18차 302호
대구지사 | 대구광역시 동구 동내로 70, 3D융합기술지원센터 609호
T. 02) 6959-4113 F. 02) 6959-4103 E. marketing@prototech.co.kr
www.prototech.co.kr

목 차

12월 13일(수) [구두]

❂ Track 5 : PCD 마이크로 드릴 제조 기술

PCD 다이아몬드 공구의 인선부 품질경향 분석 ····· 2
김동규, 우완식, 조수빈, 권상원(대구기계부품연구원)

PCD 공구를 이용한 단결정 실리콘 홀 가공기술 및 공구 상태 예측 기술 개발 ····· 3
곽은지, 김민주, 이찬우, 서동현, 제태진, 한준세, 최두선(한국기계연구원)

PCD 마이크로 드릴 제조 기술 개발 ····· 4
정우섭, 이상진(㈜테크맥)

PCD Micro Dirll의 수명과 품질 검증 ····· 5
김용대, 안국진, 류재호, 배강순(㈜새한나노테크)

마이크로 드릴 블랭크의 브레이징 품질 평가 방법 연구 ····· 6
노승국(한국기계연구원), 정우섭(㈜테크맥)

12월 14일(목) [구두]

✪ Track 1 : Future 생산제조기술인 세션

반도체 구조 분석을 위한 CNN 기반 영상처리 및 스펙트럼 기반 계측 연구 ····· 8
노진성(한밭대학교)

초고출력 슈퍼커패시터용 바이오매스 기반 활성탄소 개발 ····· 9
이병훈(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

모빌리티 공간 지능을 위한 베이지안 필터링 알고리즘 연구 ····· 10
최영권(강원대학교)

인지적이고 자율적인 절삭 보조 로봇의 모션 인공지능 연구 ····· 11
백승국, 김창주, 이찬영, 김대현(한국기계연구원)

에너지빔 조사 공구 기반 난삭 소재 가공성 향상 연구 ····· 12
김도영(충남대학교)

인간-열 상호작용과 열적 웨어러블 디바이스 ····· 13
이진우(동국대학교)

✪ Track 2 : 탄소융합 및 경량소재

IPL로 제조한 Cu-MWNT 복합재의 방열 특성 ····· 14
정건주(한국생산기술연구원, 성균관대학교), 김태유(한국생산기술연구원), 정승부(성균관대학교), 김광석(한국생산기술연구원)

탄소섬유 연속 수지함침 시스템을 위한 함침금형 설계 및 시험에 대한 연구 ····· 15
안진우, 최문우, 정서정, 허몽영(한국탄소산업진흥원), 신의섭(전북대학교)

Asphalt pitch 기반 활성탄소의 제조 및 전기화학특성 평가 ····· 16
김주환(한국탄소산업진흥원, 전남대학교), 김영준(한국탄소산업진흥원), 강석창(한국화학연구원),
김병주(전주대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

샌드위치 복합재를 적용한 수소탱크 프레임 경량설계 및 구조안전성 평가 ····· 17
이상협, 김성종, 안진우, 정재훈(한국탄소산업진흥원)

기자재 성능 검증을 위한 소형어선형 테스트베드 구축 보고 ····· 18
정승훈, 왕상현, 김태형((재)한국조선해양기자재연구원)

재활용된 탄소섬유/에폭시 회분 하이브리드 필러를 이용한 전도성 시멘트 복합재의 기능성 및 제빙 특성 ····· 19
이용민, 양재연(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교)

복합재 스택 엔드플레이트의 두께에 따른 전단 변형량의 기여도 평가 ····· 20
정재훈, 안진우, 이상협, 허몽영, 김성종(한국탄소산업진흥원)

✪ Track 3 : 스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 I

주기적 토크 동기화 제어방식을 이용한 이송계 토크 최적화 ····· 21
신진섭, 박재우, 이정완(강원대학교), 최인휴(씨에스캠㈜), 박용재, 서영호, 김병희(강원대학교)

산업 제조 설비 제어 진단용 지능형 시스템 ····· 22
김형우, 이재경, 홍지태, 이혁진, 김홍주(한국전기연구원)

비숙련자 관점에서의 공작기계용 CNC 제어기의 사용성 분석 ····· 23
권상원, 권병찬, 우완식, 조수빈(대구기계부품연구원), 조상우, 인영렬, 윤혜린(계명대학교)

스마트 제조장비용 표준형 CNC 실증 ····· 24
최인휴, 심주현, 강윤성(씨에스캠㈜)

✪ Track 3 : 스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 II

TCP 제어에서의 윤곽제어 게인 조정을 통한 CNC 공작기계의 윤곽제어성능 향상 ····· 25
강정모, 김다영, 박재현, 지성철(단국대학교)

NC 데이터 기반 다중-스핀들 제어 기능 개발 ····· 26
강유수, 조정훈(케이씨엔씨㈜)

준지도 학습 기반 공작기계 베어링 고장진단 모델 개발 ····· 27
전용재, 강병권, 김규민, 이예림, 이상원(성균관대학교)

Dynamic Threshold를 이용한 스마트 HMI용 절삭가공 이상감지 모델 ····· 28
남은석, 유현석, 남성호(한국생산기술연구원)

✪ Track 4 : 스마트 제조장비용 CNC시스템 전문인력양성 성과 발표회

오픈소스 CNC 기반 공작물 자동 공급장치 제어기 개발 ····· 29
권순환, 황인태, 김범수(강원대학교), 박대유(㈜화천기공), 박용재, 김병희(강원대학교)

신뢰성 검증을 위한 고정밀 캠 감속기 성능평가 시스템 ····· 30
최인식, 기범근, 이수빈(강원대학교), 김현동, 한상권(㈜양헌기공), 박용재, 서영호, 김병희(강원대학교)

신경망을 이용한 베어링 결함 예측 특성 연구 ····· 31
차예나, 권병수(강원대학교), 김재현(㈜SPM Instrument Korea), 서영호, 김병희, 박용재(강원대학교)

가공품 표면 결함 감지 시스템의 이미지 처리 ····· 32
김동현, 표진우(강원대학교), 김진구, 곽호택(㈜CAE테크놀러지), 장인배, 박용재(강원대학교)

컴퓨터비전과 게임 메카닉을 기반으로 한 자율이동로봇의 장애물 감지 기술 ····· 33
정민, 조영준(강원대학교), 임경률(코닉오토메이션㈜), 서영호, 장인배, 김병희(강원대학교)

회전 관절 에너지 절감을 위한 중력보상장치 개발 ····· 34
주유정, 선뇌맹, 박경수, 이경민(충남대학교)

CNC 공정 품질 최적화를 위한 공정 변수 설정 및 강건 설계 ····· 35
최재욱, 허효범, 박철정, 박승환(충남대학교)

헤어핀 모터용 동선의 에나멜 코팅 탈피기술 개선 ····· 36
최성진, 오준영, 김정민(충남대학교), 김진서(DK TEC Industry), 이원균(충남대학교)

외란에 의한 효율변화를 고려한 주축 전류 기반 절삭력 모니터링 기술 ····· 37
김재은, 심범식, 오준영, 송치원, 이원균(충남대학교)

CNC 공작기계 이송계 진동신호를 이용한 상태 분석 ····· 38
최규복, 김동욱, 고은영, 이호민, 정영훈(경북대학교)

✪ Track 5 : FOMs I

제조산업 고도화를 위한 로봇과 인공지능 기반 자율 제조 기술 ····· 39
윤태현, 유대승(한국전자통신연구원)

FOMs를 이용한 슬리터 설비의 표준 공수에 대한 연구 ····· 40
김한승, 이은석, 장오성, 김수영(호서대학교)

FOM's 제조 데이터와 수치적 방법을 활용한 템프코어 철근의 물성예측 ····· 41
홍정범, 남재혁, 현승균, 배철민, 이창선(인하대학교)

의료기기 품질시스템 필수 요구 조건 적용 사례연구- 척수신경 자극기 중심 - ····· 42
김영진, 유은주, 황인환(오송첨단의료산업진흥재단), 김수영(호서대학교)

절삭공구 생산 라인 유연생산을 위한 Lead Time 분석방법 연구 : FOM 솔루션 적용 ····· 43
남기선, 장재훈, 김수영(호서대학교)

중소기업을 위한 은퇴자, 여성, 장애인 친화적인 제조 현장 구축 방안 연구 ····· 44
이남은(일호이앤지), 오상석(인하대학교), 김수영(호서대학교)

✪ Track 5 : FOMs II

스마트제조 시스템과 연계한 자동차 부품 공급망관리(SCM) 최적화 연구 ····· 45
김용홍, 김성수, 양해성(신라대학교)

제조 전문가 설계(MED) AI 솔루션과 FOMs의 관계 ····· 46
이창선, 홍정범(인하대학교)

농공단지 FOMs 적용을 위한 FEMS 모니터링 활용 데이터 수집 모델 최적화 방안 연구 ····· 47
이상훈, 오경원, 김수영(호서대학교)

FOM솔루션 기반 제조업 병목공정 개선방안 연구 - OKR기법을 활용하여 ····· 48
유한솔, 김재하, 손경섭, 김수영(호서대학교)

탄소 절감을 위한 Energy 데이터 중심의 제조공정 4M 데이터 연동 FOM 경영관리 기법 연구 ····· 49
김재하, 손경섭, 이상훈, 장재훈, 김수영(호서대학교)

✪ Track 5 : 한국생산기술연구원 로봇 기술

착용형 로봇을 위한 이질감 최소화 제어 ····· 50
신용우(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교), 하원석(한국생산기술연구원),
최태원, 이동혁, 박재한, 배지훈(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교)

보행 패턴 추정을 위한 멀티모달 센서 기반 모듈형 데이터 획득 시스템 개발 ····· 51
온장훈, 최상필(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교), 최태현, 김명섭, 장가람(한국생산기술연구원),
이동혁, 배지훈, 박재한(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교)

고 효율 저 백래쉬의 컴파운드 유성기어 설계 ····· 52
신원석, 남동우, 안범모, 박승태, 권순철(한국생산기술연구원)

얇은 물체 조작을 위한 유연한 손톱과 센서가 장착된 핑거팁의 활용 ····· 53
전부름(국가연구소대학교(UST), 한국생산기술연구원), 김준성, 최명수(한국생산기술연구원),
이동혁, 박재한, 배지훈(국가연구소대학교(UST), 한국생산기술연구원)

소형 정전 용량 소프트센서 기반의 로봇 손가락 팁 촉각 센싱 모듈 ····· 54
남동우(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교), 권순철, 신원석(한국생산기술연구원),
박승태, 안범모(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교)

❂ Track 5 : 로봇 및 자동화

원단 와인딩 및 이송용 로봇 자동화 시스템 설계 ····· 55
이소진, 이재용, 이동현(한국섬유기계융합연구원)

원전 해체건물 표면 오염도 측정 로봇 구조에 관한 연구 ····· 56
김기진, 김종헌, 김경환, 류요엘(한국로봇산업진흥원)

공작물 치수측정 자동화를 위한 지능 기반 검사 로봇 시스템 성능 평가방법 개발에 관한 연구 ····· 57
김진주, 류요엘(한국로봇산업진흥원)

숙련공의 작업 노하우를 로봇에 적용하기 위한 모방학습 프레임워크 연구 ····· 58
정민기, 조창노, 김동엽, 황정훈, 전세웅(한국전자기술연구원)

❂ Track 6 : 고성능 탄소융복합소재 개발 및 제품응용

비정형 수소저장용기의 수소 충전 시 온도 분포 해석 ····· 59
신태성(한국생산기술연구원), 정우석(한국생산기술연구원, 한양대학교), 양현익(한양대학교), 안준걸, 이재철
(한국생산기술연구원)

탄소섬유 복합재 승강키의 재료 물성과 적층 순서에 따른 특성 해석 ····· 60
김성은(한양대학교, 한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교), 김문성(한양대학교, 한국생산기술연구원),
안준걸, 김기영(한국생산기술연구원)

CFRP 기반 수소연료전지 엔드플레이트의 적층각에 따른 강성 성능 평가 ····· 61
안준걸(한국생산기술연구원)

비정형 수소저장장치 모듈의 화염안전시스템 개발 ····· 62
정우석(한국생산기술연구원, 한양대학교), 신태성(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교), 안준걸, 이재철
(한국생산기술연구원)

고효율 롤러 컨베이어 시스템 구축을 위한 CFRP 이중 롤러의 Gap block 파라미터 설계 방법 ····· 63
양승지(한양대학교), 신태성(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교), 안준걸(한국생산기술연구원)

표면처리공정에서 알루미늄 계열 피착제의 젖음성 향상을 위한 레이저 가공의 적용 ····· 64
안준걸(한국생산기술연구원)

LFT 공정 방식에 따른 PA-PPO/GF LFT 내열성 연구 ····· 65
김문성(한양대학교, 한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교), 김성은(한양대학교, 한국생산기술연구원),
안준걸, 김기영(한국생산기술연구원)

✪ Track 6 : D-ENG 기반 뿌리산업 기술 및 핵심성과 발표

활성탄소섬유를 이용한 정화장치의 유동해석 ····· 66
황재순(한국과학기술정보연구원), 박경서((재)포항금속소재산업진흥원), 박정수(㈜청색기술)

복합열전달 해석을 통한 Curved TEC 모듈의 냉각 성능 분석 ····· 67
손일엽(한국과학기술정보연구원)

사용후 배터리 AI 인발튜브 절단 커터의 내구성 분석 ····· 68
김호윤(한국과학기술정보연구원)

다물체 동역학 해석을 활용한 진동센서 공진현상 개선 연구 ····· 69
손영진, 김재성(한밭대학교 디지털제조사업단), 송진규(㈜그리뉴진)

임플란트 변수에 따른 외연골 응력 경향성 판단 ····· 70
안석호, 김재성(한밭대학교 디지털제조사업단)

✪ Track 7 : 제조엔지니어링

디자인 변경가능한 인쇄 스트레쳐블 변위 센서 ····· 71
조형진, 송유준(단국대학교), 이단비(차의과학대학교), 강윤정, 안중호(차의과학대학교 의학전문대학원), 송지현(단국대학교)

디스플레이 PECVD 공정 챔버 유동해석 기법 연구 ····· 72
홍주표(한국기술교육대학교), 이경훈(㈜솔루션랩)

하이브리드 가공기의 힘-온도 연동제어를 통한 마찰교반용접 ····· 73
박인규(한국로봇융합연구원), 김병재(화천기공㈜), 이종득, 이정우(한국로봇융합연구원), 문성준(화천기공㈜)

구조 해석을 통한 용접 bellows 피로 예측 ····· 74
전도윤, 이준영, 김승모(한국기술교육대학교)

✪ Track 7 : 모바일 플랫폼 기반 가공시스템 핵심 기술

보행기반 이동형 가공기를 이용한 연속 평면밀링 ····· 75
김창주, 김대현, 이찬영, 노승국(한국기계연구원)

대영역 정밀 좌표측정 시스템 및 자세측정 시스템 ····· 76
한성흠, 김승만, 오정석, 김경호, 뤼엔 콕 캔, 노승국(한국기계연구원)

모바일 작업용 휠기반 플랫폼 제작 ····· 77
이성철, 김현수, 김병섭, 김용진, 김동훈, 노승국(한국기계연구원)

모바일 가공기의 가공 성능 향상을 위한 적응 제어 기술 ····· 78
심범식, 박종현, 이원균(충남대학교)

압전소자와 유연기구를 이용한 광섬유 펨토초 레이저 펄스 반복률 제어범위 확장 ····· 79
이우정, 김정윤, 이주형(서울과학기술대학교), 김승만, 한성흠, 오정석(한국기계연구원)

✪ Track 8 : 금형 및 공구

정밀냉간단조 기술을 적용한 전기자동차 엑추에이터용 스퍼기어 부품개발 ····· 80
김진봉, 박동환(경북하이브리드부품연구원), 한성철(한성산업)

특수 합금공구강 소재의 원심주조 및 열온간 단조 복합공법을 적용한 건설기계 TBM용 디스크 커터헤드 부품개발 ···· 81
박동환(경북하이브리드부품연구원), 박성기, 김성도, 민경호(㈜창조금속), 권혁홍(대진대학교)

나노입자가 첨가된 자성유체를 이용한 표면가공 기술 ····· 82
이필호, 하태호(한국기계연구원), 김동민(한국생산기술연구원)

볼트형 피에조 센서를 이용한 냉간 단조 하중 불균형 예측 및 평가 ····· 83
이경훈, 권오동(㈜솔루션랩), 강성주, 오금석(태창포징), 신다슬, 김민직(한국재료연구원)

✪ Track 8 : 초정밀가공

초정밀 나노가공기를 활용한 광학부품 Grooving 가공기술 ····· 84
박영덕(한밭대학교)

G5등급 세라믹 베어링 볼의 고효율 나노표면 가공 기술 ····· 85
이승민(경상국립대학교), 김하늘, 고재웅(한국재료연구원), 곽태수(경상국립대학교)

초고정도 광학 부품 제작을 위한 초정밀 가공과 IBF(Ion Beam Figuring) 공법에 관한 연구 ····· 86
신승식, 황연(한국광기술원)

마이크로 렌즈 어레이 정밀도와 영상 이미지 연구 ····· 87
Truong Van Hu, 남윤의, 이호철 (한밭대학교)

✪ Track 8 : 전자부품업종의 글로벌 가치사슬의 동적변화에 대응 가능한 공급사슬망 운영 최적화 서비스 기술 개발(SCMaaS-ML)

공급사슬망관리의 동적 변동에 대응하기 위한 강화학습 기반 재고관리의 최신 연구동향 및 향후 기술 개발 방향 ····· 88
이준범, 오요셉(한양대학교 ERICA)

물류 네트워크 KPI 향상을 위한 AI 기반 화물 체적 측정 알고리즘 개발 ····· 89
김준, 김보현(한국생산기술연구원)

수평적 가치사슬의 공급망 관리를 위한 Planning & Scheduling 서비스 기술 ····· 90
정홍진, 추헌성, 백재용, 임원재(㈜브이엠에스 솔루션스)

불확실한 수요에 따른 유통 소요 계획 개선을 위한 시나리오 기반의 다중 강건 최적화 ····· 91
신효은, 김하늘, 정태수(고려대학교)

12월 15일(금) [구두]

✪ Track 2 : 첨단레이저 및 광기반 생산제조기술

광학적 방법을 이용한 마이크로/나노 스케일의 온도 및 구조 계측 연구 ····· 93
노진성(한밭대학교)

펨토초레이저의 소개 및 마이크로LED 리페어 공정 적용 ····· 94
최준하, 엄은향(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 장성환(한국기계연구원),
조성학(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원)

마이크로 LED 리페어 공정을 위한 ACF층의 미세가공 ····· 95
최준하, 엄은향(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 장성환(한국기계연구원),
조성학(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원)

직접 에너지 증착 공정과 레이저 충격 피닝을 이용한 스테인리스강의 기계적 특성 및 수소 취성 저항성 향상 ····· 96
박준영, 이정훈, 하정홍(한국생산기술연구원)

특허 및 국가연구개발 현황 분석을 통한 테라비트급 광통신 부품 R&D 방향성 연구 ····· 97
박정호, 유혁상(한국특허전략개발원), 김창훈(강릉원주대학교), 이철주(한국산업기술기획평가원),
황성환(한국광기술원), 임병직(한양대학교 ERICA)

펨토초 레이저의 빔 입사각 조절을 통한 수직벽 가공 공정 개발 ····· 98
김재경, 김충수, 하정홍(한국생산기술연구원)

확장형 천연 에너지 디바이스의 레이저 응용 제조 ····· 99
백승현, 강봉철(국민대학교)

곡면 글래스 제조를 위한 광 기반 국부 성형 기술 ····· 100
김순욱, 백승현, 김선영, 박성진, 강봉철(국민대학교)

✪ Track 2 : 반도체 전공트랙 사업(반도체 장비 전공트랙)

솔더볼 공정 개선을 위한 CFD 해석 연구 ····· 101
김정우, 홍정표, 진혜인, 최승혜(서울과학기술대학교)

나노스케일 균일 박막 제조를 위한 대면적 코팅 장치 설계 ····· 102
김현빈, 박정우, 박상근, 정영운, 석재영(서울과학기술대학교)

SiCN 중착장비 개발을 위한 박막특성분석 ····· 103
장진호, 강민지, 전지현(서울과학기술대학교), 최동혁(아이에스티이), 김성동(서울과학기술대학교)

Sub-mm 정밀도를 갖는 D2W 본더의 정렬 방식 개발 ····· 104
소현우, 도승모, 박영호, 손사랑, 정승훈, 임준형, 김민규(서울과학기술대학교), 문권진(㈜비아트론),
김성동(서울과학기술대학교)

POCT용 마이크로칩 제작 ····· 105
김인겸, 유지원, 장혜경, 정지원, 김남현, 조영학(서울과학기술대학교)

영상 처리를 통한 초소형 스테이지의 변위 및 각도 측정 ····· 106
지태호, 박민상, 유원모, 윤재웅, 이치범(서울과학기술대학교)

축향영구자속모터 적용을 위한 경량화 소재 특성 분석 ····· 107
이병현, 이성훈, 장유진(서울과학기술대학교), 김영덕(㈜이솔), 안다훈(서울과학기술대학교)

회전형 자기부상 스테이지의 열-전자기 해석 모델 ····· 108
박민욱, 최휴, 박경근, 조성민, 박정민, 여의주(서울과학기술대학교), 김영덕(㈜이솔), 안다훈(서울과학기술대학교)

반도체 공정 적용을 위한 높은 민감도의 퓨리에 변환 분광기 개발 ····· 109
박영원, 김정윤, 박홍규, 이주형(서울과학기술대학교)

✪ Track 3 : 첨단공작기계

CFRP 치구를 활용한 공작기계 구조물 열변위의 민감도 평가 ····· 110
김혁, 정승민, 박강휘, 이창호(DN솔루션즈)

공작기계 열오차 모델을 위한 열모드 기반의 온도센서 부착점 최적화 ····· 111
김병섭, 이찬영(한국기계연구원), 김종욱(화천기계㈜)

중절삭 밀링가공을 위한 고유연가공기 진동제어 기술 ····· 112
심종엽, 노승국, 황주호(한국기계연구원)

CNC 공작기계 이송계의 동특성을 고려한 이송속도 프로파일링 ····· 113
김다영, 강정모, 박재현, 지성철(단국대학교)

NC코드 공정변수 추출 및 공정데이터를 활용한 공구마모 시뮬레이션 기술 개발 ····· 114
이재준, 이재학(한국생산기술연구원)

동시 5축 CNC 가공에서의 가공면 형상 및 충돌에 대한 실시간 예측 ····· 115
박재현, 강정모, 김다영, 김명연, 박동혁, 김지현, 지성철(단국대학교)

✪ Track 3 : 설계 및 CAE

유한요소해석을 이용한 Al5083 필렛 용접부의 열변형 예측에 관한 연구 ····· 116
우수성(한국생산기술연구원, 광주대학교), 이충우(한국생산기술연구원), 백경윤, 장지훈(광주대학교),
김지선(한국생산기술연구원)

전자빔 용접을 적용한 농업기계 및 건설장비용 습식 클러치의 하우징 및 샤프트에 대한 구조 건전성 및 피로 해석에 관한 연구 ····· 117
이대국, 장형석, 윤승민, 박희수, 현승균, 김상열(인하대학교)

SPR 알루미늄 합금 3판 접합의 접합성능 평가에 관한 연구 ····· 118
윤승민, 장형석, 이대국, 박희수, 김상열(인하대학교)

클러치 부품소재인 S20C 열간 단조강과 SCM420H 침탄 열처리강에서 상변태를 고려한 전자빔 용접공정 최적화에 관한 연구 ····· 119
장형석, 이대국, 윤승민, 박희수, 현승균, 김상열(인하대학교)

소셜 로봇의 동작 구현 검증을 위한 구조해석 ····· 120
박문우, 장대철(한국로봇산업진흥원)

✪ Track 4 : 그린생산시스템 / 융합생산시스템

이미지 객체 분할 및 결함 데이터 증강 기반 의류 원단 품질 검사 알고리즘 개발 ····· 121
최영운, 이현석, 전용재, 이용호, 이상원(성균관대학교)

단일입자를 이용한 건식 전기화학폴리싱(전해연마)공정의 Pulse 전원 영향에 관한 연구 ····· 122
곽성웅, 김욱수, 박정우(조선대학교)

멤브레인의 접합성 향상을 위한 실험 연구 ····· 123
안덕현(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

산업용로봇 기반 CFRP 가공공정을 위한 디지털트윈 프레임워크 연구 ····· 124
김동찬, 강윤석, 문창현, 한종우, 박형욱(울산과학기술원)

Ti-6Al-4V End-milling 가공 시 불확실성을 고려 한 공구 마모 모델 개발 ····· 125
양상민, 김경호, 최지혁, 임성훈, 박형욱(울산과학기술원)

터널 및 플랜트분야의 파이프라인 리페어를 위한 금속 적층제조에 관한 기초 연구 ····· 126
정태원, 김은중, 조영태, 김동현(창원대학교)

온실가스 미세먼지 동시저감을 위한 POU 스크러버 기술 개발 ····· 127
박대근(한국생산기술연구원)

✪ Track 4 : 나노마이크로시스템

마이크로 LED 리페어 이후 전단응력 측정 ····· 128
박건영, 장동영, 원종한, 박만진((재)한국전자기계융합기술원)

반도체 기반 바이오센서 응용을 위한 환원된 산화 그래핀의 열적 환원 최적화 ····· 129
황태종, LIU TIANCI, 김영은, 전성찬(연세대학교)

기계가공을 이용한 미세유체 칩 제작 ····· 130
신민철, 최혜진, 한지환(경북대학교), 김보현(숭실대학교), 김규만(경북대학교)

✪ Track 5 : 지능형 로봇 캡스톤 디자인

홈 어시스턴트 봇 ····· 131
전인식, 이재혁, 이재혁, 홍민찬, 남윤석(한국공학대학교)

물체 정렬 델타 로봇의 인식률 향상을 위한 영상처리 ····· 132
강해원, 제형구, 정수진, 이승우, 김효영(한국공학대학교)

다양한 환경에서 적용 가능한 헥사 로봇 가변 메커니즘 개발 ····· 133
권지웅, 김찬민, 백승훈, 박민하, 정명진(한국공학대학교)

딥러닝을 이용한 재활용품 자동 분류 시스템 ····· 134
노하림, 문하연, 박채연, 최윤희, 주형길(한국공학대학교)

계단 주행을 위한 가변형 배송 로봇 개발 ····· 135
황우현, 이지은, 여재민, 김이규, 어규호(한국공학대학교)

장보기 도우미 로봇 ····· 136
김예진, 김건희, 맹주원, 유재훈, 이석원(한국공학대학교)

메카넘 휠 메카니즘을 이용한 실내 물류 운송 로봇 ····· 137
손진성, 김영주, 김지현, 이새봄, 심재홍(한국공학대학교)

다양한 조합이 가능한 모듈형 청소 로봇 ····· 138
임현종, 오주환, 함승균, 김태형, 어규호(한국공학대학교)

❂ Track 5 : 차세대 제조공정 및 기능성 재료

고용량 열 저장 및 효율적 열 확산을 갖춘 웨어러블 열 관리용 인공 피부 ····· 139
파룩칸, 김동현, 이진우(동국대학교), 고승환(서울대학교)

과포화 용액의 결정화를 통한 PUF 소자 제작 ····· 140
김영찬, 홍석준(한양대학교 ERICA)

착용형 손 로봇의 향상된 파지 전략 수립을 위한 액체금속 기반의 소프트센서 개발 및 융합 ····· 141
편경록, 김규범, 조규진, 고승환(서울대학교)

폴리디메틸실록산(PDMS) 레이저 연속 열분해 기반 투명 다기능 센서 ····· 142
정성민, 고승환(서울대학교)

❂ Track 6 : AI탄소중립융합기술

OpenLCA를 활용한 제조업체 환경 개선 방안 연구 ····· 143
오다훈, 신성욱, 조상준, 김태연(한국공학대학교), 한단비(SEP협동조합)

우회전 차량 사고 예방을 위한 상황 인지 모델 연구 ····· 144
조상준, 박무송, 임유진, 강성린, 현동훈, 김창규(한국공학대학교)

파워인덕터 생산용 표면 UV 인쇄장치 성능 연구 ····· 145
이현무, 이진수, 박승호(한국공학대학교), 정병조(한국승강기대학교), 강응철, 이진국(㈜대영테크),
강성린(한국공학대학교)

❂ Track 6 : 디지털 및 바이오 융합 생산기술

다변량 해석기법을 활용한 세포성장에 미치는 인자의 영향 분석 ····· 146
남정호(한국생산기술연구원), 곽시영(한국생산기술연구원, 과학기술연합대학원대학교), 이준철(한국생산기술연구원)

동물세포에서의 재조합 단백질 고농도 생산을 위한 유전자 증폭 기반 발현 시스템 개발 ····· 147
고영훈, 김용진, 박진호, 이준철(한국생산기술연구원)

돼지 유래 난소 dECM 코팅이 C2C12 세포 배양에 미치는 영향 ····· 148
김용우(한국생산기술연구원, 대구대학교), 김민권(한국생산기술연구원, 경북대학교),
손다은(한국생산기술연구원, 대구가톨릭대학교), 이동목(한국생산기술연구원)

디지털 난임 케어 서비스를 위한 AI 알고리즘 개발 ····· 149
조방현, 박진호, 안준걸, 이동목(한국생산기술연구원), 소지영(㈜디에이블),
박효진, 구덕본(대구대학교 난임연구소)

❂ Track 7 : 폴리머

초미세발포성형에서 메타모델 최적화를 통한 제품중량감소방법 연구 ····· 150
김미진, 최재혁(광주대학교)

카본블랙 첨가에 의한 액상 실리콘 고무의 기계적 물성 및 내유성 분석 ····· 151
이범주, 김선주, 김정원, 안지수, 강병수, 유형민(한국기술교육대학교)

해석적 유량식을 이용한 Cross 점도 모델의 계수 결정 ····· 152
김선경(서울과학기술대학교)

현장 중합을 이용한 열가소성 복합재료 제작 및 결정화도 분석 ····· 153
김선주, 이범주, 유형민(한국기술교육대학교)

탄소나노튜브 강화 에폭시 나노복합재료의 열분해 거동에 대한 분자동역학 연구 ····· 154
이규희, 이지훈, 신현성(인하대학교)

✪ Track 7 : 3D프린팅

적층제조 및 DEM 시뮬레이션을 이용한 이형제분사 매니폴더 개발 ····· 155
이학성(동아대학교), 김은아, 김예림(한국재료연구원, 부산대학교)

FBG 센서를 이용한 타이어 금형의 온도 모니터링에 관한 기초연구 ····· 156
장지훈, 김현성(광주대학교), 송여울, 이필호, 신동운(한국기계연구원), 백경윤(광주대학교)

기능성 섬유의 자유곡면 3D프린팅을 위한 전기수력학기반 자체정렬 기법에 관한 연구 ····· 157
신동운(한국기계연구원), 김종현(계명대학교), 장지영(University of Utah)

PBF 적층제조 시편 구조해석을 위한 내부 삽입 센서 데이터 기반 물성 예측 ····· 158
송여울, 이필호, 신동운(한국기계연구원), 송병욱(KAIST), 장지훈, 김현성, 백경윤(광주대학교)

✪ Track 8 : 초미세부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속이온빔 컬럼 및 복합공정시스템 개발

ECR 플라즈마 소스를 이용한 집속이온빔 장비의 제작 ····· 159
박만진, 김기환, 박정석((재)한국전자기계융합기술원)

고전압 적용이 가능한 ICP형 이온원의 최적설계에 관한 연구 ····· 160
김기환, 장동영, 박만진, 박정석((재)한국전자기계융합기술원)

제논 플라즈마 집속 이온빔을 이용한 TSV 가공 및 단면 분석 연구 ····· 161
박정석, 장동영, 박만진, 김기환((재)한국전자기계융합기술원)

이온빔을 이용한 TSV 단면 분석 연구 ····· 162
원종한, 장동영, 박만진, 박건영((재)한국전자기계융합기술원)

부도체 샘플 비 파괴 검사를 위한 Electron Charging 보상 장치 개발 ····· 163
김동욱, 김승재, 예세희, 윤여홍, 최교원(㈜에스에프에이)

냉전계 전자현미경 용 극고진공 시스템 개발 ····· 164
김세현, 하태균, 권혁채, 홍만수(포항공과대학교)

홀 어레이 패터닝을 위한 집속 이온빔의 매개변수 제어 ····· 165
박지수(금오공과대학교), 김충수(한국생산기술연구원),
임윤교, 송경진, 박수형, 문형우, 유운선(에스엔유프리시젼㈜), 이길용(금오공과대학교)

다양한 기하학적 구조를 가지는 미세 구조물의 현장 평가 ····· 166
이민형(금오공과대학교), 김충수(한국생산기술연구원),
송경진, 유운선, 임윤교, 문형우, 박수형(에스엔유프리시젼㈜), 이길용(금오공과대학교)

✪ Track 8 : 3차원 미세구조 가공/분석을 위한 광/하전입자빔 트리플빔 핵심요소기술개발

유도결합형 플라즈마 이온원의 이온빔 방출 구조 안정화 연구 ····· 167
송규, 김기환, 윤찬녕, 신영하, 박형주, 장동영((재)한국전자기계융합기술원)

광자빔-이온빔 연계 가공을 위한 펨토초 레이저 가공 기술 개발 ····· 168
하정홍, 김충수(한국생산기술연구원)

180°플립 가능한 스테이지를 이용한 광전자 융합 현미경 개발 ····· 169
송경진, 유운선, 김용천, 임윤교, 박수형(에스엔유프리시젼㈜)

마이크로 미터급 미세구조 시편의 고주기 피로특성 평가기술 개발 ····· 170
조락균(서울과학기술대학교)

레이저 가공을 위한 베셀 빔 스캐닝 광학계 설계 ····· 171
최현(경상국립대학교)

교차상관관계 기반의 고분해능 전자후방산란회절을 이용한 레이저 적층 가공 금속재료의 잔류응력 조사 ····· 172
한승창, 전태성(인천대학교)

레이저 가공 최적화를 위한 CAM과 베이지안 최적화 활용 연구 ····· 173
김형중, 황윤태(건국대학교), 하정홍, 김충수(한국생산기술연구원)

12월 14일(목)

[포스터발표 I]

탄소융합 및 경량소재

무전해 니켈 도금 유리섬유 강화 복합재의 전자파 차폐 및 계면 전단 강도에 대한 후열 처리의 영향 ····· 175
강성현(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 한웅(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교), 김관우(한국탄소산업진흥원)

바이오매스 기반 활성탄소의 기공특성이 부탄 흡착 특성에 미치는 영향 ····· 176
조동신(한국탄소산업진흥원, 전주대학교), 김주환(한국탄소산업진흥원, 전남대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

연속섬유 강화 복합소재 3D 프린팅 출력물에 대한 AM-연계 구조 해석 ····· 177
이긍현, 장다영(금오공과대학교), 선채림, 윤민호(서울시립대학교), 한장우(금오공과대학교)

전자기 간섭 차폐 강화: 우수한 성능을 위한 높은 연결성을 가지는 유연한 그래핀 나노 플레이트 복합재 ····· 178
강기환, 김원석(한국탄소산업진흥원)

알루미늄합금 적층 소재의 후가공 특성 분석 ····· 179
서태원(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 신강우, 송경은, 김태곤, 김성현, 이석우, 남정수(한국생산기술연구원)

이종소재 표면처리에 따른 접착강도 평가 및 분석 ····· 180
신민하, 김성종(한국탄소산업진흥원)

기계구조물 결합 특성에 따른 탄소복합재 샌드위치 구조물 파손 거동 연구 ····· 181
유명한, 강창수, 강나루, 김미정(한국탄소산업진흥원), 문민석(아이스퀘어드엠)

다양한 방법으로 회수된 재활용 탄소섬유와 상용 탄소섬유를 이용한 탄소섬유 강화 복합재 제작 및 비교 분석 ····· 182
성광찬, 김동규, 한웅(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 양재연(한국탄소산업진흥원), 김병석(전북대학교), 김관우(한국탄소산업진흥원)

다양한 함량으로 사이징 처리된 재활용 탄소섬유/폴리프로필렌 복합재의 기계적 특성 향상 ····· 183
송여준, 김동규, 한웅(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 양재연(한국탄소산업진흥원), 김병석(전북대학교), 김관우(한국탄소산업진흥원)

액상주입공정을 이용한 하이브리드 복합재의 국제규격에 따른 기계적 특성 평가 ····· 184
김재양, 김태엽, 하종록(중소조선연구원)

2단계 표면 처리를 통한 탄소 섬유/말레산 무수물 그래프트 폴리프로필렌 복합재의 향상된 계면 특성: 전기화학적 산화 및 실란 처리 ····· 185
김동규, 한웅(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 김병주(전주대학교), 김관우(한국탄소산업진흥원)

자동차 캐니스터용 피치 기반 활성탄소 펠렛의 제조 및 특성 ····· 186
이병훈, 김영준(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

고순도 가스 분리를 위한 피치 기반 탄소분자체의 제조 및 특성 ····· 187
이병훈, 최용환(한국탄소산업진흥원), 김병주(전주대학교), 이혜민(한국탄소산업진흥원)

탄소섬유복합재 적용을 위한 어선의 접합부 구조 특성 분석 연구 ····· 188
이해수, 최승준, 이형원, 조민호((재)한국조선해양기자재연구원)

탄소섬유복합재 적용을 위한 해양 모빌리티의 유동 특성에 관한 연구 ····· 189
이해수, 이가빈, 이형원((재)한국조선해양기자재연구원), 강현욱(새솔기술)

고밀도 단일벽탄소나노튜브 필름의 나노기공구조 ····· 190
김동영(한국탄소산업진흥원), 홍다영(한국탄소산업진흥원, 전북대학교), 황재훈, 이상원(한국탄소산업진흥원)

모듈식 장갑판 연결 방법에 관한 연구 ····· 191
고두리, 이형원, 이해수, 윤준서((재)한국조선해양기자재연구원), 나인강, 오영도((유)코스텍)

탄소복합소재 적용 모듈식 고강도·경량성 장갑판 개발에 관한 연구 ····· 192
고두리, 조민호, 이가빈((재)한국조선해양기자재연구원), 오영도, 최보라((유)코스텍)

가열 조건 변화에 따른 탄소섬유/나일론 슬라이버 테이프 성형 특성 연구 ····· 193
나재학, 최문우, 정서정, 이주희, 허몽영(한국탄소산업진흥원)

rCF/PA6 하이브리드 부직포의 오프닝 횟수에 따른 물성 변화에 관한 연구 ····· 194
이주희, 최문우, 정서정, 허몽영(한국탄소산업진흥원)

FOMs

ESG형 선박 평형수 처리장치의 전극 효율 Data 분석 ····· 195
김광민, 김성수, 김용홍, 박민규, 전우혁(신라대학교)

기계학습을 이용한 H-형강 물성 예측 기초 연구 ····· 196
남재혁, 홍정범, 이창선, 현승균(인하대학교)

자동차 부품 개발 및 제조의 스마트 기술동향 연구 ····· 197
김주희(신라대학교 산학협력단), 김성수, 김용홍(신라대학교)

신호변화를 이용한 탐촉자 와블 잡음 감소 ····· 198
구민건, 김현수, 김용혁(㈜디에이치기술)

유로 막힘에 의한 전열관 지지판 ECT 신호 변화 ····· 199
구민건, 김현수, 김용혁(㈜디에이치기술)

웨어러블 제품 설계 & 제조 데이터

인포메이션 시스템 기능제어를 위한 머신비전기반 포인팅인식 알고리즘 개발 ····· 200
원찬희(한국생산기술연구원), 윤종헌(한양대학교, 에이아이다이콤㈜)

분말기반 폴리머용 적층 가공 시스템 개발 ····· 201
한정목, 송지현(단국대학교)

스마트웨어 재단-봉제공정 연계를 위한 파지공정 요소기술 및 적용연구 ····· 202
이진명, 이혜진, 임대영, 원찬희(한국생산기술연구원)

비전 기반 동작 인식을 통한 스쿼트 자세 연구 ····· 203
최예지, 홍윤지, 임성한(단국대학교)

충격시험 시뮬레이션 기반 인체 보호 플레이트 경량화 설계 연구 ····· 204
정석환, 윤성현, 이명수, 노현준, 임성한(단국대학교)

금형 및 공구

열간 프레스 성형 및 홀 펀칭 복합 공정에서의 공정인자에 따른 전단부 특성 연구 ····· 205
박계정, 박재명, 공제열, 윤승채, 현주식(현대제철)

기계학습을 이용한 공구이상 진단 알고리즘 개발 ····· 206
이준식(창신대학교), 윤기철(㈜신스윈), 김문경, 전재욱(창신대학교)

금형 절삭가공에서 표면거칠기 예측 수식의 정확도 향상을 위한 인공신경망 적용에 관한 연구 ····· 207
김지우, 이광호(한국생산기술연구원, 한국교통대학교), 이동원(한국생산기술연구원, 인하대학교),
이현화, 김종수(한국생산기술연구원)

Pump Casing 부식 손상원인 분석 ····· 208
황령경, 황선중(동남특수강㈜), 윤성태, 이관영(인제대학교)

경피적 내시경 위루형성술 카테터 복부 관통 가이드 부품의 금형 설계 및 사출품 형상 개선에 관한 연구 ····· 209
송민철, 고승현, 허명상(오송첨단의료산업진흥재단), 송동진, 신연호, 나경석(㈜비엠에이),
양순철(오송첨단의료산업진흥재단)

인공신경망을 통한 cBN공구 이용 STAVAX강 가공 시 표면조도 예측 ····· 210
박영재, 이재훈(한국생산기술연구원, 가천대학교), 이동원(한국생산기술연구원, 인하대학교),
이현화(한국생산기술연구원), 김남중(가천대학교), 김종수(한국생산기술연구원)

CFRP 가공용 전자석 지그 모듈 개발을 위한 설계 구조 안정성 평가 ····· 211
김은빈, 정지호((재)한국조선해양기자재연구원), 김성효, 김경재(㈜에스디에어로)

제조엔지니어링 I

CFD를 이용한 Type IV 수소탱크 충전 중 온도상승에 대한 기하학적 종횡비와 충전조건 영향 예측 ····· 212
역승봉(한양대학교), 신태성(한국생산기술연구원), 양현익(한양대학교), 안준걸(한국생산기술연구원)

판재-봉재 성형공정 복합공정특성을 모사한 동기 실증시스템 개발 ····· 213
원찬희, 이혜진(한국생산기술연구원)

캡 개폐장치의 적정 토크값 산출을 위한 수치해석 연구 ····· 214
권오성, 송창근(창신대학교), 이준호(제이메카텍), 이준식(창신대학교)

화학제조 드럼 포장용 자동 캡 개폐장치 개발 ····· 215
김성하, 곽재원(창신대학교), 이준호(제이메카텍), 이준식(창신대학교)

스마트제조 공급 및 수요기업 생태계 구축 서비스 플랫폼 구축방안 ····· 216
송정훈, 김태락, 권수현, 김요섭((재)경북테크노파크)

자동차 부품산업의 디지털 전환을 위한 생태계 구축방안 ····· 217
송정훈, 박신정, 이동배, 김요섭((재)경북테크노파크)

시계열 데이터 이미지 인코딩을 통한 재생 주물사 LOI 예측 ····· 218
최한빈(아주대학교, 한국생산기술연구원), 최영심(한국생산기술연구원)

극저온 성형에 따른 알루미늄 합금 전단시험 평가 연구 ····· 219
김용배(한국생산기술연구원, 인하대학교), 지민기, 전태성(인천대학교), 임성식(한국생산기술연구원)

통경 시스템의 종광 이송 및 후크 진입의 최적화 개발에 관한 연구 ····· 220
정재환(㈜디에이치지), 조순옥((재)한국섬유기계융합연구원), 한대성((재)경북IT융합산업기술원)

LSTM-based Encoder-Decoder 기반의 센서 공정데이터 이상탐지에 관한 연구 ····· 221
이지민, 서성발, 강태용, 배유석(한국공학대학교)

PCB 표면결함 이미지 데이터셋의 Auto-labeling을 위한 자기지도학습 기반의 이미지 클러스터링 방법에 관한 연구 ····· 222
서성발, 김도현, 구숭모, 김나연(한국공학대학교), 김지훈(㈜지피엔), 배유석(한국공학대학교)

Stellite 합금의 GMAW 용접부 기계적 특성에 관한 연구 ····· 223
이충우, 우수성, 김인주, 김지선(한국생산기술연구원)

실험계획법을 활용한 블로우 성형용 인공지능 학습 모델 데이터 셋 구축 모델에 대한 연구 ····· 224
우성국(동아정밀공㈜), 강병권(성균관대학교), 오정길, 권창오, 김두연(동아정밀공업㈜)

스마트제조 공급기술 검증을 위한 테스트베드 구축 ····· 225
조용주, 고민재(한국생산기술연구원)

용접 작업 변수 기반 품질 추정 연구 ····· 226
김회민, 전성국, 김운용, 윤정록, 이동길(한국광기술원)

유사 형상의 사출성형품 품질 예측을 위한 3차원 형상 정보 기반 인공신경망 구축에 대한 연구 ····· 227
이재훈, 박영재(한국생산기술연구원, 가천대학교), 김남중(가천대학교), 김종수(한국생산기술연구원)

품질 예측 인공신경망 구축을 위한 사출성형 해석 데이터의 증강 모형 정확도에 대한 연구 ····· 228
이준한, 김종선(한국생산기술연구원)

Multi-task learning 기반 사출성형품 품질 예측 인공신경망의 은닉 층 구조에 따른 성능 변화에 대한 연구 ····· 229
이효은(단국대학교, 한국생산기술연구원), 이준한(한국생산기술연구원), 조구영(단국대학교),
김종선(한국생산기술연구원)

알루미늄 피어싱 공정에서 펀치 전단각에 따른 전단면 특성 평가 ····· 230
전용준, 김동언(한국생산기술연구원)

스마트제조분야에서의 인공지능 활용 사례 ····· 231
이인재, 손유경, 조진화(한국산업지능화협회)

LM 알고리즘을 이용한 GMA 용접공정의 비드형상 예측모델 개발에 관한 연구 ····· 232
심지연, 천현필(한국생산기술연구원)

FE-model을 이용한 전자기 셀프 피어스 리벳팅 마찰계수 선정 ····· 233
김민석, 심지연(한국생산기술연구원)

자동차 부품 사출공정 대상 비정형데이터 분석 알고리즘 적용 연구 ····· 234
고민재, 조용주(한국생산기술연구원)

자동차 부품 사출데이터를 활용한 품질 진단 및 예측 연구 ····· 235
고민재, 조용주(한국생산기술연구원)

고강도 마르텐사이트 강의 평탄도 개선을 위한 롤 레벨링 기술 확보에 대한 연구 ····· 236
김근호(㈜아산), 정우영(한국자동차연구원), 정규철, 윤종헌(한양대학교 ERICA)

베인 갯수에 따른 사이클론 집진기의 속도분석 ····· 237
장성철(한국폴리텍대학 충주캠퍼스), 임주한(㈜아이엔테코), 이중섭(한국승강기대학)

디지털 전환 선도사례를 통한 산업 지능화 생태계 조성 방안 ····· 238
권수현, 김태락, 김요섭, 송정훈((재)경북테크노파크)

자동차 부품산업의 3대 분야 디지털 트윈 서비스 확산 방안 ····· 239
김요섭, 송정훈, 권수현((재)경북테크노파크)

[포스터발표 II]

로봇 및 자동화

운동 영상 기반 3차원 학습자 특징점 누락 위치 보간에 대한 연구 ····· 241
가동훈, 김대근(단국대학교)

인공지능 객체 인식 기반 비정형 객체의 3차원 공간 좌표를 통한 로봇 교시 ····· 242
강종현, 김대근(단국대학교)

OES의 신호 대 잡음비 향상을 위한 신호처리 알고리즘에 대한 연구 ····· 243
육영준, 이건우, 사이풀, 심재홍, 김효영, 김기현(한국공학대학교)

협동로봇을 활용한 인서트 사출 금형의 자동화 시스템 개발 ····· 244
김명호(한국생산기술연구원), 안향선(대경에이티㈜)

건설기계용 대형 실차 내후챔버 열교환기의 유체 흐름에 따른 항력 해석 ····· 245
이연호, 김정구(한국생산기술연구원)

다중회귀분석을 통한 기초공사용 강관압입기의 파일링 예측 모델 개발 ····· 246
이연호, 장홍석, 최성준(한국생산기술연구원)

와이어 다발 운반 작업을 위한 롤러 기반의 가변 강성 소프트 그리퍼 ····· 247
이재영, 서용신(한국기계연구원, 성균관대학교), 박동일, 박종우(한국기계연구원),
휴고 로드리그(성균관대학교), 송성혁(한국기계연구원)

3D 라인 스캔 카메라를 이용한 차량용 모터 헤어핀 코일 사이즈 검사 ····· 248
최용만, 김홍열, 정휘성, 김재희(㈜게스)

AGV 주행 안정성을 위한 다물체 동역학 해석 ····· 249
이준희, 강대현(현대위아)

효과적인 환경 인지 및 모델링을 위한 상용 LiDAR제품들의 성능 분석에 대한 연구 ····· 250
이래경, 권용성, 안수용(한국전자통신연구원)

유연한 조립이 가능한 로보틱 워크셀 프레임 설계 ····· 251
정한섭, 김태근, 정병진, 조창노, 김기환, 황정훈(한국전자기술연구원)

증기발생기 2차측 세정장비 랜싱로봇 노즐 형상별 슬러지 제거량 측정 ····· 252
안형근, 이재술, 김민도, 강경돈, 오세현, 서평주, 유태문(호진산업기연㈜)

컨베이어 로봇 성능 개선을 위한 구조설계 개선에 관한 연구 ····· 253
이정욱, 포 패트릭 존, 리베라 길버트, 홍성욱(금오공과대학교)

4-Head 기반의 풀리 리베팅 모듈의 설계 검증을 위한 구조해석 ····· 254
박기진(대구기계부품연구원), 김철규(㈜케이디엠테크), 오창진(㈜피에이치에이),
장은실, 채석민(대구기계부품연구원)

이동식 협동로봇 범용 구동모듈 안전성 검증에 관한 연구 ····· 255
황의균(대구기계부품연구원), 이인태(㈜유진엠에스), 장강호, 김진대(대구기계부품연구원)

머신러닝을 이용한 전기 자동차 구동부의 상태 판별 시스템 개발 ····· 256
구교문, 김효영, 김기현, 심재홍(한국공학대학교)

항공 부품 조립 공정 자동화를 위한 CATIA 기반 로봇 공정 모션 3D 시뮬레이터 개발 ····· 257
김병국, 하성훈, 박민석, 이훈희(한국생산기술연구원)

원자로 압력용기 절단부 확인을 위한 모니터링 시스템 연구 ····· 258
이스라엘, 강호중, 김원식, 안영일, 류호진, 송동석(㈜노바테크)

디지털 트윈 시뮬레이션 기반 설비 사전 검증 ····· 259
우성식, 차선완(현대위아), 박기훈(기아), 김범진(알씨케이), 강대현(현대위아)

로봇 휠체어의 장애물 극복을 위한 가변 Tri-spoke 구조 설계 ····· 260
김광준, 안정도, 박찬훈, 박동일(한국기계연구원)

안면 검출을 위한 SSD 학습 모델 최적화 연구 ····· 261
김회민, 전성국, 김운용, 윤정록(한국광기술원)

벽체/천장 도장작업용 로봇의 도장영역 인식 장치에 관한 연구 ····· 262
조지승, 김진대, 김경태, 김성신, 홍동우(대구기계부품연구원), 이성건, 우광호(㈜알피)

곡면 디스플레이 생산용 정밀 스테이지 제어기 개발 ····· 263
최은종, 박주협, 한기준, 김건호, 심재홍, 김기현, 김효영(한국공학대학교)

회전형 자기부상 시스템의 영구자석 중력 보상 특성 분석 ····· 264
김민석, 오지훈, 안다훈(서울과학기술대학교)

모바일 매니퓰레이터와의 협업을 위한 소재 공급 시스템 ····· 265
송기형(한국생산기술연구원)

기계학습을 이용한 로봇 관절부 고장진단에 대한 연구 ····· 266
김미진, 김효영, 심재홍, 김기현(한국공학대학교)

고 가반하중(1.5Ton) 자율주행로봇 핵심모듈 강성 구조해석에 대한 연구 ····· 267
김경태, 김진대, 조지승, 홍동우(대구기계부품연구원), 조성엽, 오성모, 김태웅(아이엠로보틱스㈜)

밭 농업 전주기 작업이 가능한 농기계 플랫폼용 전기구동 모듈의 정역학적 분석 ····· 268
정덕균, 연한건, 정병진, 김태근, 김주한(한국전자기술연구원)

연마봉 교정 작업의 마이스터 데이터 취득 실험 ····· 269
정덕균, 조창노, 김태근, 김동엽, 황정훈, 전세웅(한국전자기술연구원)

스마트 그리퍼 사용자 안전성 평가용 상해 추정 시스템 ····· 270
이승원, 김봉석, 박종범, 김근환, 연한건, 김영욱(한국전자기술연구원)

스마트 그리퍼 인식-파지 융합 성능 측정 장비 ····· 271
이승원, 김봉석, 박종범, 김근환, 연한건, 김영욱(한국전자기술연구원)

콘크리트 슬라브 마감 자동화 장비를 위한 S-plane 비선형 제어기의 설계 ····· 272
이진호, 이민수, 최승준, 신영일, 강한별, 조기용(건설기계부품연구원)

로봇을 활용한 인공지능 기반 커넥터 체결 상태 판단 방법 ····· 273
이준호, 이주찬, 이영훈, 안정도, 송성혁, 박종우, 김휘수, 박동일(한국기계연구원)

형상 기억 합금 기반 인공 근육의 전기적 특성 시뮬레이션 연구 ····· 274
이주찬, 서현욱, 최경준, 박성준, 박철훈(한국기계연구원)

기계가공분야의 자동화를 위한 자율이동로봇 기반 머신텐딩 표준공정 모델 개발 ····· 275
김진석, 송기형(한국생산기술연구원)

모바일 매니퓰레이터를 이용한 거대공간 레이저용접 전략 소프트웨어 개발 ····· 276
최태용, 박종우, 박동일, 도현민, 박철훈(한국기계연구원)

제조현장 CCTV 시인성 개선을 위한 영상 정규화 방법 비교 ····· 277
전성국, 김회민(한국광기술원)

추종, 장애물 회피 기능을 가진 불규칙 노면 주행 로봇 ····· 278
김성은, 박서현, 안지은, 전다예, 심재홍(한국공학대학교)

회귀분석을 이용한 GMA 용접공정의 비드형상 예측에 관한 연구 ····· 279
심지연, 천현필(한국생산기술연구원)

무선 메쉬 네트워크 기반의 정보수집장치 개발 ····· 280
차주헌(국민대학교)

휠-레그 2족 로봇의 장애물 극복을 위한 점핑 알고리즘 개발 ····· 281
강우송, 이영훈, 안정도, 박종천, 박찬훈, 박동일(한국기계연구원)

인공지능 알고리즘을 활용한 쉘튜브 열교환기 형상 설계 ····· 282
이찬구, 전성준, 한석영(한양대학교)

초정밀가공

용액공정에 의한 고효율 양자점 발광다이오드에 관한 연구 ····· 283
Ly Thi Trinh, 고평삼, To Thi Tu Linh, 명태식, 윤홍석(한밭대학교)

CFRP 밀링 시 공구 마모에 따른 음향신호 분석 ····· 284
이준영(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 이석우, 김태곤, 남정수, 김성현, 신강우, 송경은(한국생산기술연구원)

DTM 레이저 보조 모듈과 이송 속도에 따른 비구면 ZnS 표면 거칠기 분석 ····· 285
김동환(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 박영덕(한밭대학교)

DTM 레이저 보조 모듈과 회전 속도에 따른 비구면 ZnS 표면 거칠기 분석 ····· 286
김동환(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 명태식(한밭대학교)

프레넬 렌즈와 안경 렌즈를 이용한 초고도수 렌즈의 결합 방법 연구 ····· 287
Viet Van Luu, Hien Thi Nguyen, Truong Van Vu, 이호철(한밭대학교)

음향 방출 센서를 이용한 CFRP의 파이버 레이저 마이크로 디버링 공정 모니터링 ····· 288
박형진, 김효정, 이주헌, 이성환(한양대학교)

쿼츠 웨이퍼 폴리싱 연마기 하정반 설계 안정성 검증을 위한 구조해석 ····· 289
우완식, 조수빈, 권상원(대구기계부품연구원)

자가접착 Ag-Au 코어-쉘 나노와이어와 이질성의 미세구조를 활용한 향상된 산화 저항성의 유연 투명 전극 ····· 290
장혜진, 김재일, 송현석, 권혁주, 정훈의(울산과학기술원)

스마트폰 카메라 렌즈용 적외선 필터의 제조공정을 고려한 접합력 평가 기술 개발 ····· 291
김동현, 조아름, 이화섭, 정회연, 박연경, 박민지, 전은채(울산대학교)

웨어러블 전자기기를 위한 민감도가 높은 피부 접착형 자가회복 하이드로젤 ····· 292
송원우, 최건준, 김소미, 김재일, 정훈의(울산과학기술원)

적층 제조 기술을 활용한 초소형 위성 초정밀 반사경 제작 기술 ····· 293
박성현, 명태식, 박영덕, 김건희(한밭대학교)

Dual MAF 가공을 이용한 50mm급 파이프의 초정밀 가공에 관한 연구 ····· 294
임홍철, 미네트 폰파닛, 행리다, 문상돈(전북대학교)

강구 전극의 자기력 위치 제어를 통한 자유형상 구멍 전해가공 ····· 295
정민규, 카림자데간 이만, 류시형(전북대학교)

초소수성 및 강한 접착 특성 기반 전도성 유연 패치 ····· 296
이성진, 박성진, 김재일, 강동관, 김소미, 김진서, 정훈의(울산과학기술원)

레이저 보조 가공에 따른 ZnS의 적외선 투과율 분석 ····· 297
한성엽(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 박영덕, 명태식(한밭대학교)

롤투롤 시스템 기반 대면적 유연센싱케이블 접합 공정 개발을 위한 기초 압력 조건에 따른 커버레이 충진 특성에 관한 연구 ····· 298
이찬우(한국기계연구원, 과학기술연합대학교대학원), 곽은지, 제태진, 최두선(한국기계연구원), 한준세(한국기계연구원, 과학기술연합대학교대학원)

무전해니켈도금의 열처리에 따른 다이아몬드터닝 공구의 마모에 대한 연구 ····· 299
함중규, 강종균(한밭대학교 산학협력단), 이후천(한밭대학교), 맹환호(한밭대학교 산학협력단),
박성현, 허진용, 박영덕, 김건희(한밭대학교)

OCR 몰딩을 통한 LED 투명디스플레이 제조 공정 로봇 도입에 대한 연구 ····· 300
김민주, 곽은지, 이찬우, 서동현, 제태진, 한준세, 최두선(한국기계연구원)

티타늄 합금 절삭가공에서 가속도신호를 이용한 가공부하 추정 ····· 301
류제두, 김성렬(한국생산기술연구원)

고해상도 반도체 패키징용 금속 미세 패턴 구현을 위한 펄스 레이저 활용 초정밀 식각 공정 연구 ····· 302
정하경, 윤하영, 이재학, 송준엽, 한성흠, 박아영, 문현규, 김승만(한국기계연구원)

12월 15일(금)

[포스터발표 III]

AI탄소중립융합기술

전기방사 나노 섬유 기반의 고분자 유연 전극 개발 ····· 304
임준규, 민경택(한국공학대학교)

Laser 기반 회절 광학 소자 광원 확산 영향 연구 ····· 305
신성욱, 박승호, 이현무(한국공학대학교), 고경현, 서원영(유트로닉스), 현진우(메타틱스)

다목적 정보 수집 산업용 드론 핵심 부품 및 스테이션 국산화 개발에 관한 연구 ····· 306
문덕영(에스이피협동조합), 유경선(한국공학대학교), 이진수(에스이피협동조합), 현동훈(한국공학대학교)

미래자동차 부품 개발에 적용이 가능한 온실가스 저감 방한 방법론에 관한 연구 ····· 307
문덕영(에스이피협동조합), 유경선(한국공학대학교), 이진수(에스이피협동조합), 현동훈(한국공학대학교)

탄소배출권용 고효율 가로등 성능분석 연구 ····· 308
박승호, 이현무, 유경선, 신성욱, 강성린(한국공학대학교)

AI융합 탄소중립 제조

화학 분야 공정 최적화를 위한 클라우드 기반 기계학습 플랫폼 ····· 309
박경석(한국과학기술정보연구원)

제조 분야 수요 관리를 위한 SaaS 시스템 개발 ····· 310
박경석(한국과학기술정보연구원)

색차계를 이용한 자동차 내장재 외관 품질 판단을 위한 머신러닝 모델 개발 ····· 311
김수훈(한국생산기술연구원, 한양대학교 ERICA), 하정홍, 고종완(한국생산기술연구원)

디지털제조장비

고속 회전체의 가진 조건에 따른 회전 성능 영향성 분석 ····· 312
장윤혁, 강지완, 맹희영(서울과학기술대학교)

3D 프린팅 기반 CFRP 브리지형 변위 증폭기의 유연 힌지 섬유 보강에 따른 증폭비 특성 분석 ····· 313
윤혜은, 안다훈(서울과학기술대학교)

가공면의 품위 예측을 위한 CNC 공작기계 이송계의 디지털 트윈 구축 ····· 314
강정모, 김다영(단국대학교), 박근열, 정대혁(DN솔루션즈), 지성철(단국대학교)

대구경 렌즈 성형 공정에서 냉각조건에 관한 해석적 연구 ····· 315
홍정택, 정선빈, 홍지현(서울과학기술대학교), 김영복(한국광기술원), 정동연(㈜대호테크),
박근, 박창용(서울과학기술대학교)

회전식 풍력 구동 나노발전기의 성능 향상을 위한 양방향 회전 설계 ····· 316
정진구, 최종안, 강민규, 표순재(서울과학기술대학교)

그린생산시스템

물/기름 선택적 여과가 가능한 유수분리기 고도화 개발을 위한 설계 구조 안정성 평가 ····· 317
김은빈, 정경국, 정지호((재)한국조선해양기자재연구원), 정재주, 박태원(거림엔지니어링㈜)

로봇 인공지능 융합 분야의 기술 교육·전략 개발 ····· 318
조정희(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

산업안전 사고예방을 위한 전문가 육성 교육개발에 관한 연구 ····· 319
조정희(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

가스수화물법 농축수 처리 공정 고액분리 장치 개발 ····· 320
강경찬(한국생산기술연구원)

친환경 비반응성 소성윤활 표면처리에 관한 연구 ····· 321
김동환(창신대학교), 박민철(경상국립대학교), 이재학(창신대학교), 이희권(㈜피엔에스)

CNT-하이드로젤을 이용한 해수 담수화 성능 연구 ····· 322
김민기, 배종혁, 강성도, 박유진, 송민규, 장우영, 배성재(단국대학교)

수소 생산을 위한 하이브리드 방법 고함량 촉매 제조 및 이의 적용 ····· 323
박수련, 박영수(한국탄소산업진흥원)

반응속도 및 입자크기 제어가 용이한 광물탄산화 제조장치 개발 ····· 324
류영복(한국생산기술연구원)

용접·접합기술과 관련된 용접산업 현황 패널데이터분석 ····· 325
안덕현(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

출력 전압을 활용한 전기화학 가공 시스템의 제어 방법 ····· 326
김욱수, 곽성웅, 박정우(조선대학교)

R-1234yf 응축 열교환기 최적화 설계를 위한 연구 ····· 327
하수정(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

친환경 냉매 R-1234yf 증발 열교환기 특성에 대한 연구 ····· 328
하수정(한국폴리텍대학 충주캠퍼스)

FE-model을 이용한 전자기 셀프 피어싱 리벳의 형상 선정 ····· 329
김민석, 심지연(한국생산기술연구원)

600mm급 대면적 FOPLP 기판 가공을 위한 장비 정적구조해석 ····· 330
김덕기, 고민성, 윤이섭, 공정식(인덕대학교), 김성철(에이엠테크놀로지), 백승엽(인덕대학교)

진동 및 제어

구조 개선을 통한 반도체 검사장비 진동 저감 대책과 구동 제어 및 실증 ····· 331
유승하, 전용호, 이문구(아주대학교)

강관 압입기 오거의 저진동 각도 조정을 위한 UMEI 성형기 적용 연구 ····· 332
차영택, 이연호, 최성준(한국생산기술연구원)

다층 퍼셉트론을 활용한 온도 PID 제어의 오토튜닝 ····· 333
강경태, 박희재(서울과학기술대학교)

선박의 기관시스템 보조기기 펌프의 상태기반정비를 위한 신뢰성 분석 및 CNN을 활용한 고장 분류 ····· 334
유병문, 이종직, 김용진, 이태현, 김영기(한국기계연구원), 장화섭, 박재철(한국 선급), 박지혁(영남대학교)

첨단공작기계

AR기반 제조현장 작업지원시스템 ····· 335
홍원표(한국생산기술연구원)

모바일 AR기반 제조공정 시뮬레이션 ····· 336
홍원표(한국생산기술연구원)

공작기계 예지보전을 위한 스핀들 예압 측정 시스템 ····· 337
류엔민둥(과학기술연합대학원대학교), 황주호(과학기술연합대학원대학교, 한국기계연구원), 심종엽(한국기계연구원)

금형 정삭 공정 계획 수립을 위한 AI 기반 금형 형상 분류 기술의 개발 ····· 338
성진용, 조현용, 박대유(화천기공㈜)

공작기계 디지털 트윈을 위한 물리엔진 기반 제어기 개발 ····· 339
이수빈, 최인식, 정민, 장웅기, 서영호, 김병희(강원대학교)

공작기계 신뢰성 입증을 위한 볼스크류 열변위 측정 및 평가 기술에 관한 연구 ····· 340
김태욱, 조영태, 정호인(창원대학교)

이기종 CNC 연동을 위한 인터페이스 모듈 설계 ····· 341
김범수, 권순환, 황인태(강원대학교), 박대유(㈜화천기공), 장웅기, 박용재, 김병희, 서영호(강원대학교)

절삭공구 타입에 따른 3D 프린팅 적용 방안 분석 ····· 342
김동규, 권병찬, 이영민, 김지혜(대구기계부품연구원)

밀링 주축 유도전동기의 특성과 CNC 상태정보 동기화를 통한 학습기반 공구 마모 모니터링에 관한 연구 ····· 343
김평안(한국생산기술연구원), 오제훈(한양대학교), 남성호(한국생산기술연구원)

폴리머

AE 신호 및 전기 저항을 이용한 탄소 섬유 복합재료 손상 감지 ····· 344
이용석, 이동현, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

커피박을 이용한 미세먼지 포집 시스템 ····· 345
이용석, 김규리, 우민지, 이유경, 조가인, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

전고체 배터리 적용 에폭시 몰딩 소재에 관한 경화 거동 관찰 ····· 346
백지원(㈜원케미컬)

전장용 고화소 카메라 모듈용 접착소재의 흡습률과 접합성능개선 ····· 347
백지원(㈜원케미컬), 고용호, 이태익(한국생산기술연구원), 강동길(성균관대학교)

표면 처리된 커피찌꺼기를 이용한 젤라틴 나노 섬유 필터의 특성 ····· 348
양성백, 이유경, 김규리, 우민지, 조가인, 이동현, 이용석, 권동준(경상국립대학교)

초음파 커피 찌꺼기를 이용한 바이오 복합재의 제조 및 특성 분석 ····· 349
양성백, 조가인, 김규리, 우민지, 이유경, 이동현, 이용석, 권동준(경상국립대학교)

이차전지 전극 코팅을 위한 인발 공정 개발 ····· 350
김현중, 성범규, 윤수현, 김선경(서울과학기술대학교)

다양한 분산제를 활용한 라텍스 Cyan 잉크제조 및 분산 특성 분석 ····· 351
이현경, 유의상(한국생산기술연구원)

바인더 처리에 따른 CNT Sheet 복합소재의 특성분석 ····· 352
이현경, 유의상(한국생산기술연구원)

고체 평판 구조의 균일 가열을 위한 강화학습 기반 열제어 ····· 353
이창현, 전성균, 김선경(서울과학기술대학교)

수지 종류에 따른 섬유와의 계면 특성 평가 ····· 354
이재인, 이용석, 이동현, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

탄화 커피박/폴리우레탄 탑코트 표면에너지 및 방빙 특성 평가 ····· 355
우민지, 이동현, 김규리, 이유경, 조가인, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

압출튜브 표면 결함 모니터링 시스템 개발 ····· 356
조춘묵, 서영호, 김병희(강원대학교)

MWCNT를 첨가한 폴리우레탄 탑코트의 방빙/제빙 특성 평가 ····· 357
이동현, 이용석, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

비트리머 에폭시와 유리섬유와의 계면 특성 평가 ····· 358
이동현, 이용석, 양성백, 권동준(경상국립대학교)

LNG선 화물창용 경질폴리우레탄폼의 극저온 환경에서 열팽창계수 측정법 개발 ····· 359
이현재, 류성호, 이강영, 박동협(한국건설생활환경시험연구원)

프린터블일렉트로닉스 및 센서

스마트쉽 적용을 위한 IP기반 통합 확장형 항해통신 데이터 디지털 관리 시스템 연구 ····· 360
김지선, 조재상((재)한국조선해양기자재연구원), 홍상의(㈜일진앤드)

스크린 프린팅 기법을 이용한 수소 가스 센서 개발 ····· 361
김관우, 김상훈, 양이준, 황주영, 박혜리, 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

롤투롤 증착시스템 기반 다양한 Free-form OLED 생산 기술 개발 ····· 362
김현태, 우규희(한국기계연구원), 석재영(서울과학기술대학교), 조정대, 권신(한국기계연구원)

수소 가스 감지를 위한 Graphene 제조 및 센서 개발 ····· 363
정동혁(한국생산기술연구원, 경북대학교), 정동건(한국생산기술연구원),
하윤태(한국생산기술연구원, 경북대학교), 장소정, 박혜리, 정대웅(한국생산기술연구원)

고효율 대면적 유기태양전지 모듈 개발: 비풀러렌 수용체의 효과 ····· 364
박성민(구미전자정보기술연구소), 박소현(한국과학기술연구원),
안명찬, 김재윤, 윤태현(구미전자정보기술연구소), 손해정(한국과학기술연구원)

12월 15일(금)

[포스터발표 IV]

차세대 제조공정 및 기능성 재료

나비 날개 비늘 나노구조의 생체 모방적 재구성 ····· 366
김동현, 파룩칸, 이진우(동국대학교), 고승환(서울대학교)

광에너지응용

유기 열전소자와 양자점 발광 다이오드를 결합한 온도 센서 제조방법 ····· 367
김재윤, 박성민, 윤태현, 안명찬(구미전자정보기술원)

8인치 Si wafer 기반 OLED 마이크로디스플레이 패널 제조 공정 기술 ····· 368
안명찬, 박성민, 김재윤, 윤태현(구미전자정보기술원)

리간드-금속 전하이동을 통한 다중파장 감응형 그래핀 양자점-이산화티타늄 광촉매 개발 ····· 369
김희창, 신권우, 박윤상(한국전자기술연구원)

바이오이미징 및 광음향 치료를 위한 탄소 나노입자 발광 에너지 준위 조절 연구 ····· 370
김희창, 신권우, 박윤상(한국전자기술연구원)

캐비티 제어를 이용한 색변환 유기 발광 다이오드 제조 및 연구 ····· 371
윤태현, 박성민, 안명찬, 김재윤(구미전자정보기술원)

적외선 검출기의 스캐닝 속도에 따른 MTF값의 변화 측정 ····· 372
한성엽(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 명태식, 박영덕(한밭대학교)

바이오/메디칼

mRNA를 함유한 생분해성 마이크로니들 제조와 안정성에 관한 연구 ····· 373
김지연(서원대학교), 이정건(㈜에스스킨), 이승준(서원대학교)

쇄골 골절부위 치료를 위한 해부학적 임플란트 형상 설계 ····· 374
공승진(인제대학교, 한국생산기술연구원), 김희철(인제대학교), 이상훈, 김동현(한국생산기술연구원)

생체신호 측정을 위한 생체적합성 나노스케일 금속전극 개발 연구 ····· 375
박기원, 이해중, 박태훈, 이효수(한국생산기술연구원)

겨우살이 추출물의 콜라겐유도 류마티스 관절염 모델에서 염증 완화효과 ····· 376
권보인(상지대학교)

생체모방형 3차원 혈관 모델 시뮬레이터 제작 및 성능검증 ····· 377
김은희, 이동현, 정윤지(㈜아임시스템), 김준원(포항공과대학교), 김진영(㈜아임시스템)

정밀 혈관중재시술용 자성 가이드와이어 기반 마이크로 의료로봇 제작 및 성능검증 ····· 378
전성웅, 김수일, 김진영(㈜아임시스템), 최홍수(대구경북과학기술원)

일체형 혈액 전처리 및 분석 통합 키트에 관한 연구 ····· 379
정연정, 김관오, 윤재성, 강도현, 유영은(한국기계연구원)

딥러닝 기반 화학물질분류 센서어레이 시스템의 손실신호 복원을 이용한 에탄올 화합물의 분류특성평가 ····· 380
이상우, 김병희, 서영호(강원대학교)

미래차 기반 운전자 생체 모니터링 시스템 구축 ····· 381
차예나, 조춘묵, 권순환, 황인태, 신진섭, 김범수, 서영호, 김병희(강원대학교)

스트링팟 엔코더 기반 족간 거리 측정 웨어러블 디바이스 개발 ····· 382
최호선(세종대학교), 지형진, 이윤수, 정민규, 정승훈, 조대기(인천과학예술영재학교)

임상실험 기반 밸런스 평가용 웨어러블 센서의 부착위치 최적화 ····· 383
최호선(세종대학교), 김지훈, 김현수, 이예인, 박시언, 조대기(인천과학예술영재학교)

융합생산시스템

볼 엔드밀 추정 절삭력 기반 공구 마모 상태 진단 ····· 384
최진우, 남수현, 김혜인, 구정인(한국생산기술연구원)

주축 전류와 마이크로폰 센서 기반의 공구 마모 예측 ····· 385
최형남, 남수현, 김혜인, 구정인(한국생산기술연구원)

설비상태정보 및 생산현황 원격관제 시스템 인터페이스 설계 ····· 386
권재영(한국전자기술연구원)

IEC62541기반 OPCUA 제조데이터 수집 시스템 설계 및 구현 ····· 387
권재영, 유동휘(한국전자기술연구원)

제조 현장 디지털트윈 모델 생성을 위한 생산자원 표기방법 ····· 388
윤성준, 이진성, 유현수(한국전자기술연구원)

유연성을 가지는 은 나노입자-다중벽 탄소 나노튜브 복합재의 전도성 평가 ····· 389
이민형, 조혜수, 이길용(금오공과대학교)

박막형 스트레인 센서의 제작 및 이를 이용한 회전축의 변형률 무선 측정 시스템 구축 ····· 390
최승현, 조혜수, 이길용(금오공과대학교)

R&D 투자전략 플랫폼을 위한 R&D 과제 B/C(비용편익) 지표개발 ····· 391
강상규, 임종연, 이방래(한국과학기술정보연구원)

디스플레이 소재·부품·장비의 과학기술·산업분석 ····· 392
강상규, 유선희, 임종연, 이방래(한국과학기술정보연구원)

스핀들 데이터 패턴 기반의 절삭 가공공정 이상 감지에 관한 연구 ····· 393
송영호, 정영준, 송민철, 남종필(한국전자기술연구원)

용접 자세 데이터를 이용한 스켈레톤 관절 보정 모듈 ····· 394
김운용, 김회민, 전성국, 윤정록(한국광기술원)

이산시간 시뮬레이션을 활용한 공정물류 최적화 환경 개발 ····· 395
장성수, 권재영, 송영호, 송민철, 정영준, 유동휘, 이진성(한국전자기술연구원)

MDT 표준모델 기반의 모델링 및 장비 데이터의 연동 방안에 관한 연구 ····· 396
유현수, 이진성, 윤성준(한국전자기술연구원)

유도전동기 회전자 중력주조 제조 및 특성 분석 ····· 397
이규석, 서재혁, 이성호(한국생산기술연구원)

OPC UA를 활용한 산업용 IoT PubSub 연구 ····· 398
이원희(한국전자기술연구원)

디지털 트윈 연계 프로세스 마이닝 분석 기법 관련 연구 분석 ····· 399
이용호, 이원희(한국전자기술연구원)

고령자 자율신경계 기능 모니터링 모바일 어플리케이션 사용성 평가 ····· 400
이기현, 김지혜, 윤정민(한국생산기술연구원)

용접 자세 데이터 생성을 위한 스켈레톤 관절 보정 모듈 데이터 습득 방법 ····· 401
윤정록, 전성국, 김회민, 김운용(한국광기술원)

에스컬레이터 역주행방지장치 취부시 구조해석을 통한 구동축의 안전성 평가 ····· 402
정재윤(한국승강기대학교), 정의찬, 김동복(제일에스컬레이터㈜), 김성호(한국승강기대학교)

은나노입자 기반 유연 전도성 소자의 제작 및 웨어러블 센서의 활용에 대한 연구 ····· 403
조혜수, 이길용(금오공과대학교)

제조엔지니어링 II

주성분 분석을 활용한 PCB 후공정 비전검사 ····· 404
정재학, 유상철, 하윤우(㈜유디엠텍)

오토인코더를 활용한 스테이터 함침공정 품질 예측 ····· 405
정재학, 은찬민, 김정희(㈜유디엠텍)

PLC 제어로직 분석을 통한 Tag Data 추출 및 관리 방법 ····· 406
박대현, 한강희, 김연동, 한승우(㈜유디엠텍)

인공지능과 통계적 상·하한을 결합한 사출 공정 모니터링 시스템 ····· 407
오소향(아주대학교, ㈜유디엠텍), 김진우(㈜유디엠텍), 김남기(아주대학교, ㈜유디엠텍), 왕지남(㈜유디엠텍)

딥러닝 알고리즘을 활용한 디스플레이 Cell 공정 불량 탐지 ····· 408
이보성, 양희찬(㈜유디엠텍), 김남기(㈜유디엠텍, 아주대학교), 왕지남(㈜유디엠텍)

Isolation Forest를 활용한 사출 공정 중 이상 탐지 ····· 409
이여름(㈜유디엠텍), 김남기(㈜유디엠텍, 아주대학교), 왕지남(㈜유디엠텍)

XGBoost를 이용한 압출 공정의 품질 예측 ····· 410
전승석, 김남기(아주대학교, ㈜유디엠텍), 왕지남(㈜유디엠텍)

오토인코더 기반 냉동 설비 노후도 실시간 관리 시스템 ····· 411
최지홍, 김남기(아주대학교, ㈜유디엠텍), 왕지남(㈜유디엠텍)

나노마이크로시스템

FEA 방법을 활용한 다양한 EMC 재료의 TSOP 메모리 패키지 Warpage 분석 ····· 412
김찬기, Vivek Mohan More(한밭대학교), 이응창(삼성전자), 노진성(한밭대학교)

스퍼터링 증착법으로 제작된 금속/산화물 박막의 구조색 연구 ····· 413
김수연, 이승훈, 김정환(한밭대학교)

금속 마이크로/나노 빙결 방지 표면을 위한 Roll to plate 공정 기술 개발 ····· 414
변성용, 김주완, 김영규, 이성민, 김석민(중앙대학교)

2D 이미지를 이용한 다층 박막봉지용 유기막 두께 분포 측정 ····· 415
유준호, 김형태(한국생산기술연구원), 이달원, 김종명(LG전자), 이성우, 공종환(풍산시스템),
황준영(한국생산기술연구원)

화학기상증착을 이용한 상용 Al6061 기판에서의 탄소나노튜브 직접 성장 연구 ····· 416
육근탁, Thuy Kieu Truong(한밭대학교), 김중배(공주대학교), 윤홍석, 노진성(한밭대학교)

CFRP 마이크로 드릴링 공정에서의 버 높이 제어를 위한 분산 분석 ····· 417
이주헌, 김효정, 이신엽, 이성환(한양대학교)

십자형 단면 형상을 가진 미세 유체채널에서의 비뉴턴 유체를 이용한 마이크로/나노 입자 분리 ····· 418
장재경, 조영서, 조영학(서울과학기술대학교)

A Study on Photocatalytic-assisted Reduction of Ag/Zinc Oxide Nanoparticle by Intense Light Pulse ····· 419
To Thi Tu Linh(한밭대학교), 우규희, 권신(한국기계연구원), 노진성, 윤홍석(한밭대학교)

레이저를 이용한 금 나노섬구조 신속 제조 기술과 센서 응용 ····· 420
한가은, Nguyen Hoang Minh, 윤재성, 김관오, 유영은, 강도현(한국기계연구원)

자가형성 구리산화/인화물 이종접합 구조의 고에너지 슈퍼커패시터 전극 제작 ····· 421
홍종우, Amar. M. Patil, 민재운, 주정현, 전성찬(연세대학교)

다차원 센서와 신경망을 이용한 인간의 호기가스 화학 조성 판별 ····· 422
황윤지, LIU TIANCI, 전성찬(연세대학교)

2차원 코발트-크롬 층상 이중 수산화물과 탄소나노튜브의 나노하이브리드를 이용한 고성능 슈퍼커패시터 전극 재료 연구 ····· 423
Vivek Mohan More, 육근탁, 윤홍석, 노진성(한밭대학교)

SU-8 적외선 흡수층이 적용된 폴리실리콘 기반의 열전퇴형 적외선 센서의 제조 ····· 424
이준엽(한국생산기술연구원, 경북대학교), 김지훈(한국생산기술연구원), 백수빈(한국생산기술연구원, 경북대학교), 황주영(한국생산기술연구원), 방나래(한국생산기술연구원, 경북대학교), 김은진, 정대웅(한국생산기술연구원)

비분산 적외선 CO2 센서 선택성 향성을 위한 광대역 필터 제조 ····· 425
황성필, 이준엽, 방나래, 백수빈, 한욱수(한국생산기술연구원, 경북대학교), 김지훈(한국생산기술연구원), 김관우(한국생산기술연구원, 경북대학교), 장소정, 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

AE신호 기반의 FTO 박막 유리의 마이크로 드릴링 공정 상태 감시 ····· 426
이신엽, 김효정, 이주헌, 이성환(한양대학교)

Cold-Welding에서 은 나노와이어의 반지름 변화에 따른 구조해석 ····· 427
김찬기, 고평삼, 윤홍석, 노진성(한밭대학교)

니켈 도금 기반 금속 표면 나노 어레이 형성을 통한 결로현상 방지 ····· 428
황인태, 최인식, 장웅기, 서영호, 김병희(강원대학교)

종이 기반의 압저항 센서가 집적화된 압력센서의 제작 ····· 429
전현주, 한찬, 전영일, 최영수(광주대학교)

황화납 양자점 기반의 인체 안정성 단파장 적외선 센서 개발 ····· 430
하윤태, 권진범, 최수지, 정동건, 정대웅(한국생산기술연구원)

리포좀 크기 정밀 제어를 위한 특성시간변수에 따른 미세유체소자 설계 ····· 431
최성학, 강봉수, 정호섭(서울대학교, Nbiocelle Inc.)

12월 15일(금)

[포스터발표 V]

3D프린팅

고밀도 결합구조 적층을 위한 적층제조 시뮬레이션 및 결합성 평가 ····· 433
김예림(한국재료연구원, 부산대학교), 김은아(부산대학교), 전종배, 이학성(동아대학교)

3D 프린팅을 활용한 사출성형용 금속 인서트의 체결구조 연구 ····· 434
김미진(광주대학교), 정민교, 이필호(한국기계연구원), 최재혁(광주대학교)

선택적 레이저 용융 공정으로 제조된 금속 소재의 높이에 따른 잔류응력 변화 ····· 435
김우성, 이윤선, 홍명표(한국생산기술연구원)

MEM방식의 탄소섬유강화 고분자의 배향 분석 ····· 436
이윤석(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 최예원, 송경은, 신강우, 김태곤, 김성현, 이석우(한국생산기술연구원), 최해진(중앙대학교), 남정수(한국생산기술연구원)

바인더 젯팅 공정을 활용한 STS316L 소결체 및 Cu/STS316L 복합재의 마모특성 ····· 437
김태화, 김경택, 김경일(한국생산기술연구원)

Fused Deposition Modeling 공정을 적용한 비공기압 타이어 압축력 예측 인공지능 모델 개발 ····· 438
조웅현, 김나현, 신혜원, 이상원(성균관대학교)

3D 프린팅 탄화 공정을 활용한 물-기름 분리용 탄소 메쉬 구조물 제작 ····· 439
김주완, 변성용, 이성민, 김영규, 김석민(중앙대학교)

L-PBF를 이용한 Ti-6Al-4V 해부학적 맞춤형 쇄골 플레이트 제작 ····· 440
이상훈(한국생산기술연구원, 계명대학교), 공승진, 양유찬(한국생산기술연구원), 변명환(계명대학교), 김동현(한국생산기술연구원)

DfAM 기법을 이용한 절삭공구의 경량화에 관한 연구 ····· 441
이정화(금오공과대학교 산학협력단), 권현규(금오공과대학교), 정구상(㈜컨셉션), 안동길(대구텍), 김우종(대건테크), 박찬교(3D Systems)

다중멀티 헤드 제조기술 기반 3D 프린트 금속바인더 적층 제조기술에 관한 연구 ····· 442
이정화(금오공과대학교 산학협력단), 박상준, 권현규(금오공과대학교), 정구상, 전진웅(㈜컨셉션), 이도환(금오공과대학교)

바인더를 활용한 자성소재 적층제조 기술 개발 ····· 443
이필호, 신동운, 김용래, 하태호(한국기계연구원)

티타늄 소재 DED 적층 시 공정변수에 따른 적층 품질 분석 연구 ····· 444
하민기(경남대학교), 김도영(충남대학교), 윤주성(경남대학교)

DED 적층 스테인리스강의 공정변수에 따른 트라이볼로지 특성에 관한 연구 ····· 445
김대진(경북대학교), 허세곤, 정민교(한국기계연구원), 김현준(경북대학교)

선택적 레이저 용융법으로 제조된 고규소 철강 소재에서 시료 간 거리가 미세조직과 집합조직에 미치는 영향 ····· 446
이한솔, 김종렬(한양대학교), 최준필(한국기계연구원), 김예림(한국재료연구원)

음함수 표현법을 이용한 공정 고려 특징 형상 검색 및 수정 알고리즘의 개발 ····· 447
구성모, 박상인(인천대학교)

적층가공시스템을 위한 비전기반 공정 모니터링 및 품질 예측 ····· 448
최예원(한국생산기술연구원), 주송현(한국생산기술연구원, 중앙대학교), 송경은, 신강우, 김태곤, 김성현, 이석우(한국생산기술연구원), 최해진(중앙대학교), 남정수(한국생산기술연구원)

설계 및 CAE

e-PGS 피니언의 미끄럼률 ····· 449
권순만, 이용호(창원대학교)

CDC 감속기의 편심축 베어링 하중 ····· 450
권순만(창원대학교)

전기차 배터리 냉각을 위한 TPMS 기반 열교환기 CFD 연구 ····· 451
김도륜, 김정우(서울과학기술대학교)

생체모방공학을 이용한 원심펌프 디퓨저 설계 연구 ····· 452
문재균, 김정우(서울과학기술대학교)

1.5GPa급 강재 차량 부품의 롤포밍 공정 스프링백 해석 ····· 453
정규철, 임현교(한양대학교 ERICA), 김근호(한양대학교 ERICA, ㈜아산), 윤종헌(한양대학교 ERICA)

모빌리티용 CFRP 복합재의 특성평가를 위한 NDE 시뮬레이션 기법 ····· 454
임광희(우석대학교), 조영태(전주대학교), 김도현, 이희준, 김세민, 우용득(우석대학교),
이길성(㈜휴먼컴퍼지트 연구소), 이형호(태산ENG 연구소)

풍력터빈 블레이드 CFRP 복합재의 결함탐상평가를 위한 NDE 기법 ····· 455
임광희(우석대학교), 조영태(전주대학교), 김도현, 양호진, 정 직, 장계림(우석대학교), 김선규(전북대학교)

주조 사이클 해석을 통한 수축결함 예측 연구 ····· 456
임창수, 최영심(한국생산기술연구원)

성형 공정 디지털 트윈 구현을 위한 2-stage 블로우 성형 시뮬레이션 ····· 457
정의철(한국생산기술연구원), 권창오(㈜동아정밀공업), 홍석관(한국생산기술연구원)

전기차용 드라이브 샤프트 조인트 측의 접촉력 분석 ····· 458
김세은, 김현태, 홍민성, 이문구(아주대학교), 한상원, 박정률(서한이노빌리티 연구소), 전용호(아주대학교)

열전소자를 이용한 소형 열전냉각기의 방열 설계 ····· 459
조영태(전주대학교), 마상동(㈜다원물산), 임광희(우석대학교), 김재열(조선대학교)

반도체공정 폐개스 이송 파이프의 탄소페이퍼를 이용한 면상 정온가열 ····· 460
조영태(전주대학교), 마상동(㈜다원물산), 임광희(우석대학교)

복합 에너지 하베스팅 시스템의 다물리 해석기법에 대한 연구 ····· 461
이홍석, 장홍석, 최성준(한국생산기술연구원)

탄소섬유 형상이 가스확산층의 액체 수분 포화도에 미치는 영향 ····· 462
옹컴투, 이응기 이완태, 전형준, 김현철(공주대학교)

Bellows 구조를 적용한 LNG 이송 배관 개발에 관한 연구 ····· 463
정민근, 김성재, 황지상(동아대학교), 정현철, 강지훈(㈜엔이에스)

주조 해석을 통한 차압 주조 제품의 공정 조건 최적화 ····· 464
조민호, 백정수, 윤중묵(애니캐스팅 소프트웨어)

LSTM기반 강관 압입기의 작업 상태 추정에 대한 연구 ····· 465
차영택, 이연호, 최성준(한국생산기술연구원)

투명 히터를 위한 은나노와이어망의 열해석 ····· 466
브엉득틴, 이응기, 김현철(공주대학교)

유동장에서 변형된 배플을 이용한 양성자 교환막 연료전지(PEMFC)의 성능 개선 ····· 467
브엉득틴, 응우옌 바 히외, 이응기, 김현철(공주대학교)

오일 윤활 조건에서의 각접촉 볼베어링의 볼 스키딩에 관한 연구 ····· 468
리베라 길버트, 사진혁, 포 패트릭 존, 홍성욱(금오공과대학교)

저반동식 발사장치의 속도에 대한 실험 및 해석에 관한 연구 ····· 469
권기남, 김재실, 이훈(창원대학교)

틸팅형 멀티 머시닝센터의 구조해석에 관한 연구 ····· 470
김은중, 이준연(창원대학교), 원종범, 홍성율(㈜스마트공작기계코리아), 노영화(창원대학교)

선박용 SCR 도징 통합 관리 시스템의 구조특성 평가 ····· 471
조재상, 김지선((재)한국조선해양기자재연구원), 이진한(㈜스타인더스트리)

선박 엔진 배기관 PM 제거를 위한 Soot Blowing 펄스 밸브 유동 특성 연구 ····· 472
조재상, 김지선((재)한국조선해양기자재연구원), 이진한(㈜스타인더스트리)

유한요소해석을 이용한 impactor cyclone의 내구성 분석 ····· 473
이현우, 양창훈, 서영진(금오공과대학교)

자중을 이용한 곡면유리의 열 성형 공정 설계에 관한 기초연구 ····· 474
이광호(한국생산기술연구원, 한국교통대학교), 이동원(한국생산기술연구원, 인하대학교),
김지우(한국생산기술연구원, 한국교통대학교), 김종수(한국생산기술연구원)

얇은 벽을 갖는 고변형성 항공부품 모사 구조물의 밀링가공에서 시뮬레이션 기반 변형 예측 연구 ····· 475
김미루, 이훈희, 김병국, 하성훈, 박민석(한국생산기술연구원), 조용래(HEXAGON)

반도체 패키징 변형 최소화를 위한 금형 보정 설계에 관한 연구 ····· 476
박정연, 김기범(한국생산기술연구원)

소형 현수식 전동 모노레일의 지주 및 레일에 대한 구조 건전성 평가 ····· 477
김지선, 조재상((재)한국조선해양기자재연구원), 여운범, 정인광(㈜한국모노레일)

석유화학 공정에서 컬럼 내부 유해 가스 측정을 위한 휴대용 가스 측정기의 액적 포집 장치 설계 ····· 478
정효재(한국생산기술연구원)

배관 스풀 공정의 정밀가공 장비에 따른 배관 소재의 열변형 분석 ····· 479
윤성원, 박창욱(중소조선연구원)

피스톤 양방향 압축 기술의 연구를 통한 중소형 수소충전용 압축기 소형화 모듈개발 ····· 480
김동은, 이재경(경상국립대학교), 손작(㈜한국재생기술단), 서재우(경상국립대학교)

항공부품 가공용 공작기계 핵심 부품의 제너레이티브 디자인에 대한 기초연구 ····· 481
김한얼, 김태욱, 이인재, 조영태, 김은중(창원대학교)

Mechanical LiDAR용 Rotating Platform 소모전력 개선 설계 ····· 482
유현수, 최진명, 김유나, 박영대, 변대길, 김호영(LG이노텍)

PEMFC 성능에 대한 새로운 트랩 채널 설계의 영향 ····· 483
응우옌 바 히외, 이응기, 김현철(공주대학교)

트랩유동장과 블록유동장을 결합한 PEMFC의 성능 향상 ····· 484
응우옌 바 히외, 이응기, 김현철(공주대학교)

건설기계를 위한 전기 비저항 탐사 장비의 전극 및 수분공급 시스템 개발 ····· 485
장홍석, 이연호, 이홍석, 차영택, 최성준(한국생산기술연구원)

모래를 이용한 마찰전기 기반의 에너지 하베스팅 연구 ····· 486
장홍석, 이연호, 이홍석, 김정구, 최성준(한국생산기술연구원)

렌즈 및 바렐 구조 변경에 따른 광축 정렬 개선 방법 ····· 487
정진성(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 명태식, 박영덕(한밭대학교)

특수형상 렌즈를 이용한 태양광 집광 모듈 설계 ····· 488
정진성(한밭대학교 스마트광학혁신사업단), 명태식, 박영덕(한밭대학교)

리브 형상 및 종횡비에 따른 사각 플라스틱 페트병의 강성보강에 관한 연구 ····· 489
이영훈(한국생산기술연구원, 한양대학교 ERICA), 박범진(한국생산기술연구원, 한국공학대학교),
정의철(한국생산기술연구원), 오정길(㈜동아정밀공업), 홍석관(한국생산기술연구원)

유로 형상에 따른 PEMFC의 성능 변화 ····· 490
이완태, 전형준, 서진필, 김현철(공주대학교)

전기구동 승용관리기 선회주행 안정성 분석 ····· 491
이종원, 강한경, 김수민, 모준혁(전주대학교), 정환홍(㈜정원SFA), 이충호(전주대학교)

휠 굴착기 트랜스미션 클러치 마찰판 열유동해석에 관한 연구 ····· 492
김형준, 이환기, 김명섭, 이찬희((재)경북테크노파크), 이준희(㈜디아이씨)

수치해석을 이용한 다이캐스팅 설비 내 형체력 및 변형 분석 ····· 493
정광훈(한국생산기술연구원, 한양대학교), 하정홍(한국생산기술연구원)

30M급 Cell-Guide 절단 자동화 시스템 구조 안전성에 대한 연구 ····· 494
나현호, 윤태종, 오도원, 강병모, 조민호, 이형원, 양준혁((재)한국조선해양기자재연구원), 정동현(㈜청진)

컨테이너 선박 적재 리드라인 제작 전용 이동식 Liftting&Alignmnet 자동화 시스템 클램핑 구조안정성에 관한 연구
····· 495
나현호, 오도원, 조민호, 윤태종, 강병모, 이창우((재)한국조선해양기자재연구원), 정동현(㈜청진)

프레스를 이용한 회전 SHAFT 단조 공정 개발 ····· 496
정기호(한국생산기술연구원)

12월 13일 [수]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL AUTUMN CONFERENCE 2023

PCD 다이아몬드 공구의 인선부 품질경향 분석

김동규*,#, 우완식, 조수빈, 권상원

Edge quality trends analysis of poly crystalline diamond cutting tools

D. G. Kim*,#, W. S. Woo, S. B. Jo, S. W. Kwon

대구기계부품연구원

Key Words : Cutting tool, Drill, Laser cutting, Polycrystalline diamond

환경오염 관련 심각한 위기의식으로 산업현장에서도 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 연구분야가 활성화되고 있다. 절삭가공 관련 분야를 살펴보면 친환경 자동차, 미래 모빌리티 제품 개발 등과 관련된 경량성 복합소재와 비철소재와 같은 신소재 절삭가공 효율화 연구에 대한 관심이 높다. 복합소재, 비철소재 절삭에는 다결정 다이아몬드(polycrystalline diamond;PCD)공구가 많이 사용된다. 초경 공구와 비교하여 PCD 공구는 경도가 더 높고 인선부 코너가 날카로워 가공 표면품질이 우수하며, 공구 수명 측면에서 더 유리하다.

PCD 공구 형상을 제조하기 위해서는 초경 형상 제조에 사용되는 연삭을 비롯해 레이저 가공, 방전 가공 등 다양한 가공방식이 사용된다. 높은 경도를 가진 PCD 공구는 연삭 제조 시 생산성이 매우 낮고 연삭휠의 소모가 많아서 그 효율이 낮다고 알려져 있다. 반면 레이저, 방전 가공 방식을 사용하면 이러한 단점을 극복할 수 있다. 하지만 연삭에 비해 상대적으로 그 노하우가 부족해서 가공 노하우 축적과 가공기술 최적화가 요구된다.

초경공구와 같이 오랜 기간 산업현장에서 사용된 공구는 품질과 관련된 많은 데이터베이스가 있지만, PCD 공구는 이러한 데이터가 부족한 실정이다. 특히 가공방식에 따른 품질경향 분석은 산업현장에 꼭 필요한 데이터이다. 본 연구에서는 PCD 공구 제조방식에 따른 공구 인선부 품질 경향을 살펴보았다. 연삭, 방전, 레이저 가공 등 다양한 제조방법으로 PCD 공구 인선부를 가공한 결과를 비접촉 광학현미경으로 분석하고 그 데이터를 각각 비교 분석했다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통산자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20023590)
이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '중소기업기술혁신개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2023-00218350)

발표자*, 교신저자#(kdg0830@dmi.re.kr)

PCD 공구를 이용한 단결정 실리콘 홀 가공기술 및 공구 상태 예측 기술 개발

곽은지*,#, 김민주, 이찬우, 서동현, 제태진, 한준세, 최두선

Development of hole machining process and yool monitoring technique for single crystalline Si using PCD end-mill tools

E. -J. Gwak*,#, M. J. Kim, C. -W. Lee, D. H. Seo, T. -J. Je, J. S. Han, D. -S. Choi

한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key Words : Hole machining, Hole drilling, Single crystalline silicon, Tool monitoring, PCD tools

반도체 공정 중 식각 공정은 회로패턴을 형상하기 위하여 불필요한 부분을 제거하는 목적으로 시행되는 것으로, 특히 건식 식각 공정은 플라즈마 가스의 물리/화학적 반응을 이용하여 높은 정확도로 매우 미세한 패턴을 형성하는데 사용되어 고직접도, 고해상도 등을 구현하는데 핵심적인 공정이다. 이런 건식 식각공정에서 활용하는 단결정 실리콘(Si) 전극은 플라즈마 가스을 균일하고 일정하게 분사시켜주는 역할을 하기 때문에 수율과 성능을 결정하는 부품으로, 균일한 가스 분사를 위하여 실리콘 표면에 미세 홀 구조를 형성하여야 한다. 이를 위하여 PCD 소재 공구를 활용하여 단결정 실리콘에 대한 관통형 마이크로 드릴링 기술이 이슈가 되고 있으며, 이를 위해서는 세장비 20 이상의 마이크로 드릴링 기술이 핵심적인 제조 기술로 여겨지고 있다. 본 연구에서는 국내 기술로 제조한 PCD 마이크로 드릴 공구를 기반으로 하여 단결정 실리콘에 대한 마이크로 홀 가공 기술을 개발하고, 가공 시 발생하는 주요 가공 신호에 대하여 수집하였다. 또한 실리콘의 높은 경도로 인한 공구 마모 현상이 가공 결과 및 가공 신호에 어떠한 영향을 주는지 분석하였다. 이를 통해 단결정 실리콘의 홀 가공결과, 공구 상태, 가공 신호의 상관관계를 분석하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계 • 장비산업기술개발-제조장비실증과제'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023590)

발표자*, 교신저자#(ejgwak@kimm.re.kr)

PCD 마이크로 드릴 제조 기술 개발

정우섭*,#, 이상진

Development of PCD micro drill manufacturing process

W. S. Chung*,#, S. J. Lee

(주)테크맥

Key Words : PCD micro drill, Ultra short laser, Si electrode

최근 IT-전자-반도체 산업의 발달로 초정밀 기계부품의 미세가공의 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 대응하기 위해 PCD 미세공구의 필요성이 증대되고 있다. 특히 단결정 실리콘 재질의 미세 홀 가공을 위해서는 PCD 마이크로 드릴 사용이 필수적이나 PCD(소결형 다이아몬드) 재질은 높은 경도와 취성성질로 인해 기계적 가공의 어려움이 있다. 한편 반도체 공정의 미세화 추세는 실리콘 전극의 두께 증대 및 곡면화를 요구하고 있으며 이로 인해 미세 홀의 소경화, 정밀도 향상 및 세장비가 더욱 중요해지고 있다. 소경화, 고정밀화, 고세장비의 PCD 마이크로드릴을 효과적으로 제작하기 위해서 초단파 레이저 프로세싱과 다수의 광학축과 기계축을 적용한 PCD 마이크로 드릴 제작 장비를 개발한다. 본 연구에서는 실리콘 전극 가공에 적합한 PCD 마이크로 드릴을 설계한 후 개발된 PCD 마이크로 드릴 제작 장비를 이용하여 드릴 제조 공정을 확립한다.

발표자*, 교신저자#(techmac@techmac.co.kr)

PCD Micro Dirll의 수명과 품질 검증

김용대*,#, 안국진, 류재호, 배강순

Verification the lifespan and quality of PCD micro dirll

Y. D. Kim*,#, K. J. Ahn, J. H. Ruy, G. S. Bae

주)새한나노테크

Key Words : Semiconductor, PCD, Micro Drill, Etching, Electrode

반도체 수요급증과 생산품질 향상을 위해, 반도체 생산 Etching 공정에 사용되는 전극(사워헤드)의 Hole 직경은 약 0.3~1mm이고, 는 20mm 이상으로 점점 더 두꺼워지고, 전극에 사용되는 소재는 난삭재로 단결정 Si, SiC, Quartz, Sapphire 등이 사용되며, 두꺼운 전극의 Hole 가공하기 위해서 PCD Micro Drill의 품질 향상이 절실히 요구되어지고 있다.

현재 PCD Micro Drill의 제작 난이도가 높아 대부분이 수입품으로 고가이고 세장비 변경과 같은 다양한 요구에 대응력 부족하여. 반도체 공정의 자립화 및 고기능의 Electrode 제작이 지연되고 있어, PCD Micro Drill의 국산화 개발을 위해 정밀도가 높은 양면가공기에서 PCD Micro Dril 실증 Test를 통하여 PCD Micro Drill의 유효성을 확보하여, 수입대체로 매출확대와 수출에도 기여할 수 있을 것으로 기대합니다.

발표자*, 교신저자#(yongdaekim@saehannanotech.com)

마이크로 드릴 블랭크의 브레이징 품질 평가 방법 연구

노승국[1,*,#], 정우섭[2]

Evaluation method using sound for brazing quality of a micro PCD drill blank

S.-K. Ro[1,*,#], W. S. Jung[2]

한국기계연구원 초정밀장비연구실[1], (주)테크맥[2]

Key Words : Micro PCD drill blank, Brazing quility evaluation, Sound anlaysis, Natural frequency

마이크로 PCD 드릴은 반도체 공정의 에칭 공정에 사용되는 실리콘 전극의 미세 홀 가공을 위한 공구로 작경 0.3~1 mm 에 세장비 10 이상을 요구한다. 이러한 PCD 마이크로 드릴은 전극의 제조 품질에 직접적인 영향을 주며, 전극 홀 가공 정밀도 및 생산성의 확보를 위해서도 중요한 부품으로, 현재는 대부분 수입에 의존하고 있는 품목이다. 본 연구에서는 이러한 PCD 마이크로 드릴의 제조공정의 중간단계라고 할 수 있는 블랭크, 즉 드릴 형상을 가공하기 전인 기본형상 상태에서 초경 부분과 PCD 부분을 접합한 브레이징 부분의 품질을 평가하기 위한 방법에 대해 고찰하였다, 통상적인 PCD 드릴 블랭크의 브레이징 후 품질검사는 광학식 현미경을 이용한 외관 검사를 통해 브레이징 부분의 두께나 균일도 등을 숙련자가 판단하는 방식으로 이루어져 있어, 향후 대량생산을 감안할 때는 효율성이 떨어지는 문제를 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 브레이징 정도가 전체적인 구조강도에 영향을 주는 점에 착안하여 블랭크의 고유진동수를 측정하는 방식을 검토하였다. 이를 위해, 브레이징 부분의 접합 강도에 따른 고유진동수의 변화의 경향성을 해석을 통해 분석하고, 실재 재작된 블랭크 시편의 고유진동수 측정을 위해 소음 분석을 통한 주파수 분석법을 적용하였다. 제안된 방식의 검증을 위해 다수의 시편에 대해 적용한 결과를 제시하였으며, 실제 적용 가능성에 대해 고찰하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계.장비산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023590)

발표자*, 교신저자#(cniz@kimm.re.kr)

12월 14일 [목]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL AUTUMN CONFERENCE 2023

반도체 구조 분석을 위한 CNN 기반 영상처리 및 스펙트럼 기반 계측 연구

노진성*,#

A study on CNN-based image processing and spectrum-based measurement for semiconductor structure analysis

J. Rho*,#

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Convolutional neural network, Image processing, Semiconductor, Spectroscopic reflectometry, Spectroscopic ellipsometry

최근 저장 매체로 널리 사용되는 NAND 플래쉬 메모리는 평면 구조에서 수직 구조의 트랜지스터로 전환하면서 저장 용량이 크게 증가했다. 이에 따라 반도체 회사들은 현재 128단 수직 구조 트랜지스터를 양산하고 있으며, 앞으로 176단 이상의 제품 개발을 위한 지속적인 연구와 개발에 집중하고 있다. 수직 구조의 NAND 플래쉬 메모리는 반도체 생산 수율 관리를 위해 영상 기반의 계측 및 스펙트럼 기반 계측 방법을 이용하여 얻은 영상 및 스펙트럼 정보를 바탕으로 공정 피드백을 수행한다. 본 논문은 NAND 플래쉬 메모리의 수직 구조 트랜지스터인 채널홀 구조를 계측하기 위해서 Deep Learning(DL) 기반의 Convolutional Neural Network(CNN)을 이용한 초분해능 영상처리 기법과 스펙트럼 기반의 reflectometry와 ellipsometry를 이용하여 NAND 플래쉬 메모리의 몰드 단의 다층 박막의 두께 및 온도 등을 측정할 수 방법을 연구하였다. 그 결과 rule 기반의 일종인 bicubic 보간법 등에 비하여 다양한 영상 데이터를 통해 학습하여 만든 CNN 모델을 이용하였을 때 우수한 영상처리 결과를 얻었으며, 몰드 단의 다층 구조는 spectroscopic reflectometry와 spectroscopic ellipsometry 방법을 이용하여 176단 이상에서의 다층 두께 변화를 측정할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

초고출력 슈퍼커패시터용 바이오매스 기반 활성탄소 개발

이병훈[1], 김병주[2,#], 이혜민[1,*,#]

Study on superior mesoporous activated carbons for ultra power density supercapacitor from biomass precursorsn process

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

한국탄소산업진흥원[1], 전주대학교[2]

Key Words : Supercapacitor, Activated carbon, Power density, Mesoporous

A kenaf-derived activated carbon (KAC) for a high-power density supercapacitor was developed in this study through phosphoric acid activation. The N_2/77K isothermal adsorption-desorption curve was used to estimate the textural properties of KAC based on BET and BJH and the pore size distribution based on NLDFT. The electrochemical properties of KAC were analyzed by using the coin-type cell applying 1 M $SPBBF_4$/PC electrolyte, and the specific surface area and total pore volume were 1490-1942 m^2/g and 1.18-3.18 cm^3/g, respectively. The pore characteristics of KAC varied according to the activation temperature, and most KAC showed a mesoporous structure. As the activation temperature increased, the mesopore volume increased up to 700℃, then decreased. The mesoporous structure of KAC resulted in a substantial decrease in the Warburg impedance as the ion diffusion resistance decreased. Hence, the specific capacitance of KAC decreased from 82.9 F/g to 59.48 F/g as the charge-discharge rate increased from 1 mA/g to 10 mA/g, with the rate of reduction at approximately 30%. The rate of reduction of KAC's specific capacitance was 50% lower compared with commercial activated carbon; hence, KAC is a more suitable electrode-active material for high power density supercapacitors.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

모빌리티 공간 지능을 위한 베이지안 필터링 알고리즘 연구

최영권*,#

Bayesian filtering algorithms for spatial intelligence in transportation systems

Y. Choe*,#

강원대학교 메카트로닉스공전공/스마트헬스과학기술융합학과

Key Words : Bayes filter, Kalman filter, Spatial intelligence

본 발표에서는 스마트 모빌리티의 공간 지능 시스템에 적용 가능한 베이지안 필터링 알고리즘 연구에 대해 소개한다. 2021년 월스트리트저널에 따르면 전세계 자동차IT 업계가 자율주행 기술 개발을 위해 지출한 누적 투자액은 한화 90조원이 넘는다. 하지만 현재까지도 일부업체에서 매우 제한적인 조건에서 실행 가능한 레벨 3의 자율주행 기능만을 양산하거나, 제한된 수량의 로보택시 서비스를 시범 운행할 뿐 대중에 의한 일상적 접근은 요원한 것으로 보인다. 통제된 환경을 넘어서 실제 주행 환경에서의 안정적 운용을 위해서는 예외적 상황에 대한 인지 시스템의 강건성 확보가 필수적이다. 강건성 확보를 위한 한 가지 방안은 결정론적 관점에서 인지 결과를 도출하는 것이 아닌, 예외적 상황에 대한 불확실성을 고려하여 차량의 상태와 주변 환경에 대한 상태를 추정하는 방법이 될 수 있다. 베이즈 필터는 관심있는 상태에 대한 확률분포를 추정함으로써 상태들의 불확실성을 고려할 수 있는 대표적인 확률적 추정 기법이다. 본 발표에서는 베이즈 필터의 모빌리티 공간 지능 시스템에 대한 응용 사례를 제시하고, 베이즈 필터의 적용에 있어서 고려해야 할 사항들을 요약한다. 또한 다양한 고려 사항들에 대응하기 위해 제시한 베이지안 필터링 알고리즘 사례들을 소개한다.

발표자*, 교신저자#(ychoe@kangwon.ac.kr)

인지적이고 자율적인 절삭 보조 로봇의 모션 인공지능 연구

백승국*,#, 김창주, 이찬영, 김대현

Research on motion artificial intelligence for cognitive and autonomous cutting assistance robots

S. G. Baek*,#, C. J. Kim, C.-Y. Lee, D. H. Kim

한국기계연구원 초정밀장비연구실

Key Words : Cognitive and autonomous motion, Artificial intelligence, Cutting assistance robots

절삭 보조 작업이란 공작기계가 금속 절삭을 수행하는 것을 보조하는 작업으로서, 공작기계의 작동 및 정지, 가공물 이송/세팅 및 제거, 에어건 및 오일건에 의한 칩 제거, 가공물의 검사 등을 포함한다. 이러한 절삭 보조 작업은 사람에 의해 수행되는데, 본 연구에서는 로봇에 의한 절삭 보조 작업에 초점을 맞춘다. 현재 산업 현장에서 로봇의 절삭 보조 작업은 정형화된 환경에서 머신 텐딩 등의 단편적 작업으로 수행되고 있으며, 사람만큼의 인지적이고 자율적인 작업은 수행하고 있지 못하다. 본 연구에서는 현재의 연관 기술 및 개발 동향을 고찰하고, 인지적이고 자율적인 로봇의 절삭 보조 작업을 위해 필요한 모션 인공지능 및 그 요소기술에 대해 논하고자 한다. 먼저 절삭 보조 작업을 정리하고, 그 특성을 파악하였다. 이후 논의의 시작점으로 모션 인공지능 모델을 제시한다. 이러한 모션 인공지능 모델의 요소 기술관점에서 인지적이고 자율적인 로봇의 절삭 보조 작업에 요구되는 기술에 대해 논한다. 이와 동시에, 기존에 활발히 연구되고 있는 인공지능, 비전, 로봇공학, 제어공학 등의 연관 기술과 모션 인공지능의 연관 관계를 살피면서, 현재 관련 기술 개발 동향의 현 주소를 바라본다. 또한 실제 인지적이고 자율적인 로봇의 절삭 보조 작업을 구현하기 위해, 어떤 영역에서, 어떤 기술이 필요로 되는지 고찰함으로써, 인지적이고 자율적인 로봇의 절삭 보조 작업을 위해 필요한 기술의 전반에 대해 고찰해 보고자 한다.

발표자*, 교신저자#(bsg17@kimm.re.kr)

에너지빔 조사 공구 기반 난삭 소재 가공성 향상 연구

김도영*,#

Improvement of machinability of difficult-to-cut material using energy beam irradiated cutting tool

D. Y. Kim*,#

충남대학교 메카트로닉스공학과

Key Words : Large pulsed electron beam, Titanium alloy, Cutting tool

절삭 가공 중 극심한 공구 마모를 유발하는 소재들은 난삭 소재로 일컬어지며, 대표적인 난삭 소재에는 티타늄 합금이 있다. 티타늄 합금은 우수한 기계적 물성을 보유하고 있어 자동차, 항공을 비롯한 다양한 산업에서 각광을 받고 있다. 하지만 낮은 비열 및 열전도도와 같은 취약한 열적 특성으로 인해 난삭 소재로 분류되고 있다. 절삭 가공 시 낮은 비열은 큰 가공 열 발생을 발생시키며, 낮은 열전도도는 열 확산을 방지하여 열의 축적 및 가공 온도 증가를 초래한다. 해당 현상은 극심한 공구 마모 발생과 함께 공구 수명 감소를 유발한다. 최근에는 다양한 코팅 기술을 적용하여 공구 표면 물성 강화 및 가공성 향상 연구가 활발히 수행되고 있다. 하지만 코팅의 경우 고속 가공 환경에서 박리 현상이 나타날 수 있으므로, 코팅 외 공구 강화 기술에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 에너지빔의 일환인 대면적 전자빔 조사를 통해 절삭 공구의 표면처리 연구를 수행하였다. 전자빔 조사에 의한 표면 물성 및 구조 변화에 대해 분석하였으며, 전자빔 조사 공구 적용 티타늄 가공 시 공구 마모 발생 양상에 대해 파악하였다. 분석 결과, 전자빔 조사는 공구 표면 경도를 향상시키는 것으로 확인되었다. 또한, 미 조사 공구 대비 플랭크 마모 길이를 큰 폭으로 감소시켰다. 해당 결과로 미루어 볼 때, 에너지빔 기반 공구 표면 개질은 난삭 소재의 가공성을 향상시키는 데 보탬이 될 것으로 판단된다.

발표자*, 교신저자#(doyoungk@cnu.ac.kr)

인간-열 상호작용과 열적 웨어러블 디바이스

이진우*,#

Human-heat interface and wearable thermal devices

Jinwoo Lee*,#

동국대학교 기계로봇에너지공학과

Key Words : Heat, Wearable electronics, Thermoelectric, Thermal management

Heat transfer is an important phenomenon in our everyday life since our body constantly exchanges heat with the surroundings even though we are often not aware of it. For instance, thermal homeostasis controls the rate of heat transfer between the human body and surrounding such that the human body can be maintained at a constant temperature. Thus, the interaction between the human body and heat plays an essential role in our life, and emerging electronic devices that augment natural human capabilities or even endow additional functionalities for human beings. In this regard, Prof. Jinwoo Lee's talk will cover his representative works on the wearable human-heat interface ranging from thermal haptic virtual reality wearable devices, underwater energy harvesting/thermoregulation suits, and passive radiative cooling material.

발표자*, 교신저자#(jlee484@dgu.ac.kr)

IPL로 제조한 Cu-MWNT 복합재의 방열 특성

정건주[1,2], 김태유[1], 정승부[2], 김광석[1,*,#]

Heat dissipation characteristics of Cu-MWNT composites fabricated by intense pulsed light

G.-J. Jeong[1,2], T.-Y. Kim[1], S.-B. Jung[2], K.-S. Kim[1,*,#]

한국생산기술연구원 탄소경량소재응용연구그룹[1], 성균관대학교 신소재공학부[2]

Key Words : Thermal interface materials, Cu-MWNT composites, Intense pulsed light

열계면소재는 두 고체 계면 사이의 열 전달을 효과적으로 개선할 수 있어 전자기기의 성능, 수명 그리고 안정성에 중요한 역할을 한다. 최근 전자 기기의 성능과 소형화가 발전함에 따라 기존 금속 기반 열계면소재의 한계를 극복하기 위해 열전도율이 우수한 그래핀과 탄소나노튜브 등 나노탄소소재를 활용한 고방열 복합소재에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 복합재는 금속 기지 내 나노탄소소재의 혼합 및 분산 정도에 의해 열적 특성이 달라질 수 있기 때문에 복합화 방법에 따른 열거동 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 순간적으로 강한 빛(IPL)을 활용하여 구리와 다중벽 탄소나노튜브를 복합화하였고 다양한 공정변수에 따라 복합재의 열적 특성을 확인하였다. 먼저 구리 나노잉크를 코팅하고 그 표면에 다중벽 탄소나노튜브 분산액을 도포한 후, 다양한 조건의 IPL을 조사하여 구리-탄소나노튜브(Cu-MWNT) 복합재를 제조하였다. 제조한 복합재는 전계방출 주사전자현미경으로 미세조직을 관찰하였고 레이저 플래시 분석법으로 열전도도를 측정하였으며, 오제 전자 분광법을 사용하여 복합화를 분석하였다. Cu-MWNT 복합재를 CPU와 200W급 LED 패키지에 각각 열계면소재로 적용하여 열화상 카메라로 방열 특성을 확인한 결과, 상용 열 그리스 대비 CPU 최대 동작온도를 17% 낮추었으며 LED 패키지 방열판의 온도를 10% 상승시켰다. 이를 통해 IPL로 낮은 온도에서도 단순하게 구리와 탄소나노튜브 복합화가 가능한 것을 확인하였고, Cu-MWNT 복합재가 빠르고 효과적인 열전달이 필요한 부품에 열계면소재로서 적용 가능성을 입증하였다.

발표자*, 교신저자#(ore21@kitech.re.kr)

탄소섬유 연속 수지함침 시스템을 위한 함침금형 설계 및 시험에 대한 연구

안진우[1,*], 최문우[1], 정서정[1], 허몽영[1], 신의섭[2,#]

Research on impregnation mold design and testing for carbon fiber continuous resin impregnation system

J. W. Ahn[1*], M. W. Choi[1], S. J. Jeong[1], M. Y. Huh[1], E. S. Shin[2,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교[2]

Key Words : Resin content, Impregnation mold,

현재 수소용기 및 압력용기를 제작하는 와인딩 공정에는 Drum bath 방식과 같은 오픈 공정 형식이 적용되고 있다. 이러한 Drum bath 방식은 단순한 공정이지만 기지재인 수지의 점도에 의존하는 수지함침 시스템이기에 연속적인 생산이 불가능하다. 또한 Drum bath 방식의 수지함침은 일정한 수지함량(Resin contents)을 조절하기가 쉽지 않아 와인딩 공정 중에 섬유의 수지를 스퀴즈하고 와인딩 공정이 끝난 뒤 후처리 해야 하는 문제로 인하여 생산 속도가 낮고 추가 인건비가 많이 소요되는 단점이 있다. Drum bath 방식의 오픈 공정은 수지의 대기중 노출로 휘발성분(Volatile of Contents)의 발생 가능에 따라 작업자 환경 및 건강에 좋지 않은 영향을 줄 수도 있다.

이러한 Drum bath 방식의 수지함침 공정 및 와인딩 공정의 단점들을 보완하여 보다 경제적인 수소용기 및 압력용기를 제작하기 위해 연속 생산이 가능하며 노동력 투입을 줄일 수 있는 함침금형(Impregnation mold) 시스템을 개발하고자 연구를 진행하였다. 함침금형은 사인파 모양으로 변화하는 형상으로 설계 및 제작하였으며, 밀폐형 타입의 함침금형으로써 수지의 점도에 함침을 의존하지 않기 때문에 가사시간(Pot life)에 구애를 받지 않는다. 이에 연속 생산이 가능하고 수지함량의 조절이 가능해 와인딩 중에 후속의 추가적인 스퀴즈 공정이 필요 없다. 함침금형은 총 4가지로 설계 제작한 후 수지함침 시험을 진행하였다. 이러한 시험을 바탕으로 수지함량 분석 및 섬유 부피 분율과 수지 부피 분율을 검토 분석하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업의 항공용 모빌리티를 위한 연료전지 경량화 기술 개발 과제 지원으로 수행되었음. (과제번호 : 20213030030260)

발표자*, 교신저자# (esshin@jbnu.ac.kr)

Asphalt pitch 기반 활성탄소의 제조 및 전기화학특성 평가

김주환[1,2,*], 김영준[1], 강석창[3], 김병주[4], 이혜민[1,#]

Preparation and characterization of asphalt pitch-derived activated carbons with enhanced electrochemical performance

J. H. Kim[1,2,*], Y. J. Kim[1], S. C. Kang[3], B. J. Kim[4], H. M. Lee[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전남대학교[2], 한국화학연구원[3], 전주대학교[4]

Key Words : Asphalt pitch, Activated carbon, Physical activation, Pore characteristics, EDLC

This study used a physical activation method to prepare asphalt-pitch-derived activated carbon (Pitch AC) for an electric double-layer capacitor (EDLC) electrode. XRD and Raman spectroscopy were used to estimate the change in the crystal structure of Pitch AC with activation time. In addition, the textural properties of Pitch AC were studied by BET, DR and NLDFT equations with N_2/77K isotherm adsorption-desorption curves. The electrochemical performance of the Pitch AC was analyzed using GCD, CV and electrochemical impedance spectroscopy. The specific surface area and total pore volume were 990 – 2040 m^2/g and 0.42 – 1.51 cm^3/g, respectively. The pore characteristics of the Pitch AC varied according to the activation time and changed from a microporous structure to a micro-mesoporous structure as the activation time increased. The electrochemical performance analysis also found that the specific capacity was increased from 43.6 F/g to 84.5 F/g at 0.1 A/g as activation time increased. In particular, Pitch AC-9 was confirmed to have a specific capacitance similar to commercial activated carbon for EDLC (YP-50F). Therefore, it was considered that Pitch AC could replace YP-50F because it has excellent pore characteristics and electrochemical performance despite being manufactured through a very low-cost precursor and a simple process.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

샌드위치 복합재를 적용한 수소탱크 프레임 경량설계 및 구조안전성 평가

이상협*, 김성종#, 안진우, 정재훈

Lightweight design and structural safety evaluation of hydrogen tank frame using sandwich composites

S. H. Lee*, S. J. Kim#, J. W. Ahn, J. H. Jung

한국탄소산업진흥원

Key Words : Hydrogen tank frame, Sandwich composites, Lightweight design

현재 탄소 배출 저감을 위해 항공업계에서는 수소기반 친환경 항공용 모빌리티의 개발이 지속되고 있다. 항공기 구조물 설계 시 중량은 항공기 성능과 관련있어 경량화가 필수적이다. 항공기에 탑재되는 수소탱크의 경량화를 위해 비강성 및 비강도가 높은 섬유강화 복합재료와 금속/비금속 라이너를 이용하여 필라멘트 와인딩 공법으로 제작된다. 복합재 압력용기는 금속재 압력용기와 달리 용접이 불가하여 수소탱크 프레임이 필수로 설계되어야하는 실정이다. 이에 수소탱크 프레임은 항공기 운용하중조건에서 구조안전성을 갖도록 설계되어야한다. 샌드위치 복합재는 굽힘강도와 강성이 큰 특성을 가지며, 부피대비 중량 절감효과와 진동 감쇠 특성이 우수하여 수송용 분야에서 주로 사용되고 있다. 본 연구에서는 샌드위치 복합재료를 적용한 수소탱크 고정프레임의 경량설계를 수행하였으며, 유한요소해석 프로그램을 이용하여 구조안전성을 평가하였다. 먼저, 면재(CFRP Skin)와 심재(PMI Foam)심재로 구성된 샌드위치 복합재와 볼트 체결부에는 Bakelite 재료를 적용하여 체결부의 강도가 향상되도록 설계하였고, 고정 프레임은 2mm의 두께를 갖는 알루미늄으로 설계하였다. 설계된 샌드위치 복합재 수소탱크 지지대는 볼트 체결력, 수소탱크의 자중, 수소충전 시 압력용기 팽창률을 고려하여 구조해석을 수행하였다. 수소탱크 프레임의 구조안전성 평가 결과, 볼트 체결부의 면재 복합재에서 Tsai-Wu 파손지수 0.99인 것을 확인하였으며, 알루미늄 체결 프레임에서 항복응력을 크게 넘는 것으로 확인하였다. 이에 안전율 확보를 위해 샌드위치 구조복합재 볼트 체결부에 금속재 인서트를 삽입 및 체결 프레임의 두께를 변경한 보강설계가 필요할 것으로 판단된다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.(연구개발과제번호 22-CM-FC-38)

발표자*, 교신저자#(sjongkim@kcarbon.or.kr)

기자재 성능 검증을 위한 소형어선형 테스트베드 구축 보고

정승훈*, 왕상현, 김태형#

Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

S. H. Jeong*, S. H. Wang, T. H. Kim#

한국조선해양기자재연구원

Key Words : Substantiation testbed, 9.77ton FRP fishing boat,

지난 2019년 7월 일본으로부터 일방적인 화이트리스트 제외를 통보받음에 따라 국내 산업 전반에 걸쳐 제품 생산에 차질을 빚는 상황이 발생하였다. 대일 수출 규제에 따른 전략 물자 중 해양, 센서, 통신 등이 연관된 품목이 포함되어 있어 직간접적인 영향이 지속될 것으로 예상되었다. 규제 품목을 포함한 해외 의존도와 시급성을 고려한 기자재 7종을 도출하여 지난 2021년 해수부의 지원을 받아 국산화 연구개발을 추진하였다. 7종의 핵심 기자재 중 소형어선에 적용되는 어군탐지기, 디지털 레이더, 다기능 디스플레이 (Multi Function Display)에 대한 기술개발이 완료되며 이를 실증하기 위한 테스트베드가 2023년 10월에 건조되었다. 이 테스트베드는 규격시험을 통과한 제품이더라도 Track record 부재로 인한 신뢰성 확보의 어려움을 지원하기 위함이며, 9.77ton FRP 어선형태를 띠고 있다. 어군탐지기, 디지털 레이더, 다기능 디스플레이가 장착되어 약 6개월간 조업에 활용됨으로써 기술 보완이 이루어질 예정이다. 이에 연구원은 실 환경에서 검증할 수 있는 절차를 개발하고 수요자의 신뢰성을 확보할 수 있도록 지원하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 해양수산부의 '해양수산산업 핵심기자재 국산화 기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1234567-9525)

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

재활용된 탄소섬유/에폭시 회분 하이브리드 필러를 이용한 전도성 시멘트 복합재의 기능성 및 제빙 특성

이용민[1,*], 양재연[1,#], 김병주[2]

Functionality and de-icing properties in conductive cement composites with the hybrid filler of recycled carbon fiber/epoxy char

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

한국탄소산업진흥원 실용화개발1실[1], 전주대학교 신소재화학공학과[2]

Key Words : Recycled carbon fiber, Epoxy char, Recycling process, Cement composites, De-icing

Traffic accidents caused by snow, ice, and black ice accumulating on roads and bridges in winter are increasing yearly. Existing de-icing methods use snow removal equipment or chloride but have disadvantages, such as not completely removing snow or corrosion of rebar and vehicles caused by chloride. Therefore, research on de-icing using conductive fillers is in progress. Cement is cured through a hydration reaction and has excellent mechanical properties. However, it is low conductivity limits its application in functional applications. Research is underway to improve these limitations using conductive fillers, but the price is high, which has a disadvantage in economic feasibility. In this study, the effect on the conductivity of cement was investigated using epoxy char (EC) and recycled carbon fiber (r-CF) recovered during the waste CFRP pyrolysis process. EC/r-CF formed a conductive network in cement. As a result, electrical resistance and thermal conductivity were improved by 93.48% and 201.15%, respectively, and the exothermic temperature increased to about 52.9℃. Additionally, the de-icing effect was confirmed, and the high mechanical properties of the cement were maintained due to r-CF. It is believed that EC/r-CF hybrid filler can be used as an economical conductive filler.

발표자*, 교신저자#(yjy1026@kcarbon.or.kr)

복합재 스택 엔드플레이트의 두께에 따른 전단 변형량의 기여도 평가

정재훈*, 안진우, 이상협, 허몽영, 김성종#

Evaluation of contribution of shear defrom according to thickness of composite stack endplate

J. H. Jung*, J. W. Ahn, S. H. Lee, M. Y. Huh, S. J. Kim#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Hydrogen fuel cell, Endplate, Composite materials

연료전지 스택은 양극판, 고분자 전해질 막, 가스 확산층 등으로 구성되어있으며 직렬로 연결된 셀을 통하여 전력을 공급해주는 역할을 한다. 스택의 양 끝단에 위치하게 되는 엔드플레이트의 주요 기능 중 하나는 연료 누출을 방지하기 위해 스택 구성 요소에 적절한 압축 압력이 가해졌을 때 변형량 차이가 없어야 한다는 것이다. 본 연구에서는 엔드플레이트의 요구 성능인 굽힘 강성 계산을 위해 Euler-Bernoulli Beam 과 Timoshenko Beam을 고려하였고 다양한 두께에 따른 굽힘 강성 변화를 유한요소해석과 비교하였다. 해석은 상용 소프트웨어인 ABAQUS를 이용하여 진행하였으며 물성은 T700 grade의 UD(Uni-direction)를 적용하여 두께 별 Cantilever Beam의 변형량 값을 도출하였다. 해석 결과 두께가 얇은 모델의 경우 두 이론식에 대한 결과가 유사하였으나 두께가 두꺼워질수록 각 이론식의 변형량 값에서 차이가 발생하였다. 두께 방향의 전단 변형 고려 유무에 따라 이론식에서 차이가 발생하였으며 3차원 물성을 적용한 유한요소 해석 결과 전단 변형 값을 고려하는 것이 더 정확함을 확인하였다. 따라서 일정 두께 이상의 엔드플레이트 초기 개념 설계 시 Timoshenko Beam 이론을 활용하는 것이 더 적절함을 확인하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업 항공용 모빌리티를 위한 연료전지 경량화 기술개발 과제지원으로 수행되었음.
(20213030030260)

발표자*, 교신저자#(sjongkim@kcarobn.or.kr)

주기적 토크 동기화 제어방식을 이용한 이송계 토크 최적화

신진섭[1,*], 박재우[2], 이정완[2], 최인휴[3], 박용재[1,2], 서영호[1,2], 김병희[1,2,#]

Transport system torque optimization using cyclic synchronous torque control method

J. S. Shin[1,*], J. W. Park[2], J. W. Lee[2], I. H. Choi[3], Y. J. Park[1,2], Y. H. Seo[1,2], B. H. Kim[1,2,#]

강원대학교 스마트 헬스 과학기술 융합학과[1], 강원대학교 기계융합공학과[2], (주)씨에스캠[3]

Key Words : Cyclic synchronous torque control, Torque mode interface, PID control, System identification

The demand for precision machining in modern industry is rising, necessitating advanced technology integration. To achieve this, a centralized control system, with the Numerical Control (NC) system taking a prominent role, is preferred over the traditional distributed control system.

In this study, we transitioned from a distributed to a centralized system. The servo control system consists of nested position, velocity, and current controllers with faster control cycles as you go inward. In the distributed system, the NC system sends interpolated position commands to the servo drive, which handles position, velocity, and current control, known as the position mode interface. Here, control entirely relies on the servo drive, with no direct NC involvement.

In contrast, the centralized system employs a torque mode interface. The NC system performs position and velocity control based on interpolated position commands and transmits the velocity loop's output, the current command, to the servo drive, necessitating an enhanced communication speed from 1 kHz to 8 kHz.

This structural change simplifies position and velocity loop tuning, allows the NC system to adjust the inertia ratio, and eases the integration of challenging functions and technologies that were previously hard to implement in the traditional position mode interface system.

후기 This work was supported by the Technology Innovation Program (20012834, Development of CNC control system for smart manufacturing equipments) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

산업 제조 설비 제어 진단용 지능형 시스템

김형우*,#, 이재경, 홍지태, 이혁진, 김홍주

Intelligent system for control and diagnosis of industrial manufacturing equipment

H. W. Kim*,#, J. G. Lee, J. T. Hong, H. J. Lee, H. J. Kim

한국전기연구원

Key Words : AIoT, Edge computing, Edge AI, Industrial manufacturing equipment, Intelligent system, IoRT

본 논문에서는 다중 센서 및 머신 비전을 지원하는 산업용 엣지 AI 컴퓨터와 해당 컴퓨터를 이용한 산업용 제조 설비 상위 제어 및 진단용 지능형 시스템에 대하여 기술한다. ARM MPU 및 GPU 가속기를 기반으로 하는 엣지 컴퓨팅 하드웨어 개발에 대하여 서술하고 리눅스 오픈소스 기반 머신 비전 연계 OPC-UA 응용 펌웨어 개발에 대해 서술한다. 지능형 사물 인식 알고리즘이 탑재된 엣지 AI 임베디드 시스템을 이용한 회전 선반형 지능형 광학 검사 시스템에 대하여 논한다. 또한, 멀티 센서 및 다채널 머신비전 인터페이스를 적용한 엣지 하드웨어에 다채널 머신비전 연계 OPC-UA 리눅스 프로그램 및 CNC 제어 진단 프로그램을 탑재한 제조 설비 진단용 지능형 시스템에 대하여 기술한다.

후기 이 논문은 산업통상자원부 한국산업기술평가관리원에서 지원하는 '제조장비시스템스마트제어기 기술개발사업'의 '고성능고신뢰성 멀티 공정용 구동기 기술' 과제연구 수행 결과물임.

발표자*, 교신저자#(hwk@keri.re.kr)

비숙련자 관점에서의 공작기계용 CNC 제어기의 사용성 분석

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

Usability analysis of CNC control system for machine tools from the perspective of non-expert

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

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

Key Words : Computer numerical control, Usability analysis, Non-experts, Human machine interface, Human factor

공작기계의 두뇌라고 할 수 있는 CNC 제어기는 몇몇 해외 선진사를 중심으로 시장을 선점하고 있다. CNC 제어기의 국산화를 위해 실제 사용자의 관점에서 사용성을 분석하고자 하는 시도가 이루어지고 있으며, 이전 연구에서는 다년의 가공경력을 보유한 현장 전문가를 대상으로 가공 시나리오를 수행하면서 기존 선진사 CNC 제어기와의 사용성을 비교·분석하였다. 본 연구에서는 현장경험이 부족한 비숙련자의 관점에서 CNC 제어기의 사용성을 분석하기 위해 기계가공 관련 학과 재학생 중 컴퓨터응용가공산업기사 자격증을 보유·준비생을 타겟군으로 선정하였다. 이들은 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 디지털 기기에 노출되는 환경에서 성장하여 디지털 기기 사용에 특화된 세대들로 점점 숙련자 부족 현상이 대두되는 현장에서도 CNC 제어기에 요구되는 비숙련자 친화적인 인터페이스 개발을 위한 선행자료 확보가 가능할 것으로 판단된다. 사용성 분석 참여자는 밀링가공 공정 중 프로그램 편집부터 공작물/공구 셋업 및 가공에 대한 시나리오를 수행하고, 관찰자는 매 단계에서 참여자의 오류를 모니터링하고, 인터뷰를 통해 의견을 수집하는 과정을 수행한다. 분석 결과, 가공 시나리오에 대한 작업수행은 91.5%의 높은 수치를 보였으며, 4.9%의 사용 만족도를 나타내었다. 또한 HMI에 대한 참여자의 시각적 주의 변화를 관찰하기 위해 시각분석를 활용하여 휴먼팩터를 측정과 다양한 참여자 의견을 취합하였다.

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

발표자*, 교신저자#(sangwonkwon@dmi.re.kr)

스마트 제조장비용 표준형 CNC 실증

최인휴*,#, 심주현, 강윤성

CNC verification for 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 실제 양산 장비에 기장착된 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 2023년도 산업통상자원부의 '기계장비 산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20012834)

발표자*, 교신저자#(ihchoi@cscam.co.kr)

TCP 제어에서의 윤곽제어 게인 조정을 통한 CNC 공작기계의 윤곽제어성능 향상

강정모*, 김다영, 박재현, 지성철#

Improvement of contour accuracy in five-axis CNC machine tools based on gain adjustment in TCP control

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

단국대학교 기계공학과

Key Words : Five-axis machine tool, Cross-coupling controller, Contouring accuracy, TCP control

독립축 제어방법은 CNC(Computerized Numerical Control) 공작기계에서 일반적으로 사용되는 방식으로 위치추적성능 향상에 주안점을 두고 있어 윤곽추종성능의 향상을 보장할 수 없다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 윤곽오차 모델을 기반으로 윤곽오차를 직접적으로 제어하는 방식인 윤곽제어기에 대한 연구들이 진행되어 오고 있으며, 최근까지 제안된 윤곽제어기에 대한 연구들은 취득된 위치 피드백을 활용하여 공작물 좌표계를 기반으로 구성된 윤곽오차 모델을 활용한다. 하지만, 동시 5축 가공에서 일반적으로 활용되는 공구선단점(Tool Center Point, TCP) 제어 시에는 공구자세벡터의 부호 변화와 회전축 간의 오프셋 수준 등에 따라서 기계 좌표계 상에서 급격한 회전축 모션의 변동이 발생할 수 있는데, 이는 직선 이송축의 급격한 움직임을 유발하여 궁극적으로 과도한 윤곽오차가 발생되는 직접적인 요인일 될 수 있다. 본 논문에서는 기계 좌표계 상에서의 윤곽오차 모델을 추가적으로 구성하고 보간 시 공작물 좌표계 및 기계 좌표계 상에서의 윤곽오차를 모두 고려하여 윤곽제어기의 게인을 조정함으로써 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어성능을 개선하고자 하였다. 제안된 방법의 적용 유무에 따른 윤곽오차 비교를 통하여 윤곽제어성능 향상 수준을 평가하였으며, 그 결과는 제시된 방법이 5축 CNC 공작기계의 윤곽제어성능 향상을 위한 방법으로 활용될 수 있음을 보여준다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 “스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)” 과제와 “2023년 산업혁신인재성장 지원사업(과제번호 P0012744)”에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

NC 데이터 기반 다중-스핀들 제어 기능 개발

강유수*, 조정훈#

Development of multi-spindle control function based on NC data

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

케이씨엔씨(주)

Key Words : CNC, Multi spindle control

최근 들어 다축 기반의 산업용 제조장비가 일반 사양으로 제공되고 있다. 다축 제조장비의 경우 다양한 형상의 가공이 용이하며, 다중 스핀들의 사용으로 가공 속도의 증가를 통해 생산성을 크게 향상시켜 많은 제조공장으로부터 선택받고 있다. 특히 선반의 경우 구조적 특징으로 큰 공작물의 가공이 가능하며, 가공 중 발생하는 칩의 처리가 용이하여 많이 사용된다. 하지만 다축 복합 장비일수록 가공을 위한 이송축 및 스핀들축 제어 수의 증가는 불가피하다. 따라서 다축 복합 제조장비에 적용되는 제어기는 이송축, 스핀들축의 다축제어 기능이 필수로 포함되어야 한다. 현재 개발중인 국산 제조장비용 제어기의 경우 NC 데이터 기반 최대제어 이송축수는 9축으로 일반적인 다축장비의 제어에는 적용가능 한 수준이다. 하지만 최대 제어 스핀들축수는 1축 제어로, NC 데이터 기반 다중-스핀들 제어를 위한 기능 개발 및 추가가 필요하다. 이에 본 연구는 다중 -스핀들 제어 기능의 구현을 위한 명령어 처리 방식을 스핀들 보간기와 PLC 신호처리 알고리즘으로 구현했다. 구현된 기능의 시험은 스핀들축 2개를 대상으로 가공모드에서 NC코드 기반 정회전, 정지, 역회전 지령에 대한 실제 구동을 통해 검증했다.

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

발표자*, 교신저자#(jh.cho@hyundai-wia.com)

준지도 학습 기반 공작기계 베어링 고장진단 모델 개발

전용재[1,*], 강병권[1], 김규민[1], 이예림[1], 이상원[2,#]

Development of bearing fault diagnosis model in machine tools based on semi-supervised learning

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

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Bearing fault diagnosis, PHM, Semi-supervised learning, AutoEncoder

최근 4차 산업혁명의 흐름에 맞춰 제조현장의 스마트화가 진행되고 있으며 특히 유지보수 패러다임의 변화로 인해 예지보전 및 건전성 관리 방법을 접목한 상태 기반 정비 시스템이 대두되고 있다. 다만 대부분의 산업현장에서는 센서 데이터에 대한 정확한 레이블링이 되어 있지 않으며 레이블링 작업에 대한 비용이 크기 때문에 데이터의 활용에 어려움이 있다. 이에 최근에는 데이터 레이블이 없는 상태에서 적용할 수 있는 준지도 학습 방법론이 연구되고 있으며, 특히 레이블이 있는 일부 데이터를 레이블이 없는 데이터와 복합적으로 사용하는 오토인코더 기반 준지도 학습이 적용되고 있다. 한편 대부분의 기계 시스템의 필수적인 부품인 베어링에 대한 고장진단 모델 개발 수요가 급증하고 있고 진동 데이터와 인공지능을 연계하는 베어링 고장진단 프레임워크가 활발히 개발되고 있다. 다만 기계시스템, 특히 공작기계 스핀들 내부의 베어링은 고장 여부를 확인하기 어려워 수집된 데이터의 레이블링이 불가능한 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 준지도 학습을 이용하여 레이블이 없는 공작기계 스핀들 베어링 데이터를 이용한 고장진단 모델을 개발하고자 한다. 먼저 공작기계 스핀들 베어링 모니터링 시스템을 모사한 베어링 시뮬레이터를 구축하였으며, 해당 시스템을 기반으로 정상 및 고장 베어링에 대한 진동 신호를 수집하였다. 이후 시뮬레이터에서 수집한 레이블이 있는 진동 데이터와 레이블이 없는 공작기계 스핀들 베어링 데이터를 이용하여 오토인코더 기반 준지도 학습 기반 고장진단 모델을 구축하였다. 해당 모델의 성능을 추가적으로 수집한 공작기계 스핀들의 정상 및 고장 베어링에 데이터를 이용한 일반적인 고장진단 모델의 성능과 비교하여 그 타당성을 검증하였다.

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

발표자*, 교신저자#(Sangwonl@skku.edu)

Dynamic Threshold를 이용한 스마트 HMI용 절삭가공 이상감지 모델

남은석*, 유현석, 남성호#

Anomaly detection model with dynamic threshold for smart HMI in milling process

E. Nam*, H. S. You, S. H. Nam#

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : Chatter, Monitoring, Machine learning

절삭가공 공정에서 대표적인 이상상태 중 하나인 채터는 공구와 소재간 맞물림 메커니즘에서 발생하는 가공 표면 위상차이에 의한 진동으로 발생한다. 채터 현상은 가공 표면에 진동에 의한 흔적을 남기게 되어 품질에 악영향을 미치거나, 공구가 받는 부하를 증가시켜 공구 파손 등의 문제를 야기하기도 한다. 따라서 공작기계 스마트 HMI에는 채터 감지 어플리케이션이 탑재된 경우가 많다. 일반적인 채터 진단은 가속도 센서 등을 통해 수집한 진동 신호의 주파수 분석을 토대로 한다. 하지만 주파수 분석 방식은 공정, 장비의 변화나 외란(noise)에 의해 명확한 채터 주파수를 선정하지 못하는 경우 신뢰성이 급격히 떨어지는 단점이 있다. 최근에는 데이터 학습을 통한 이상감지(Anomaly Detection) 기법을 채터 진단에 활용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이상감지 기법은 데이터 측면에서의 서로 다른 현상을 분류하는 것이 가능하다. 하지만 비지도 학습이기 때문에 기존 주파수 분석 방식에 비해 채터 기준 설정이 모호한 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 기존 주파수 분석 기법과 이상감지 모델을 결합하고 주기적 학습을 통한 이상감지 모델의 판별 기준을 동적으로 변화시키는 새로운 모델을 제안하였다. 이 모델을 활용하여 가공이 진행됨에 따라 판별 정확도가 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 새로운 가공 환경에 모델을 전이했을 경우 사용자의 추가 조작 없이 판별 기준을 갱신하는 것을 가능함을 확인하였다. 동적 판별 기준(Dynamic Threshold) 설정 방식의 실험적 검증을 통해 사용자의 편의를 위한 공작기계용 스마트 HMI의 채터 모니터링 App.으로서 활용 가능함을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(200012807)

발표자*, 교신저자#(goddad@kitech.re.kr)

오픈소스 CNC 기반 공작물 자동 공급장치 제어기 개발

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

Development of control system for open-source CNC based automated workpiece changer

S. H. Kwon[1,*], I. T. Hwang[1], B. S. Kim[1], D. Y. Park[2], Y. J. Park[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], (주)화천기공[2]

Key Words : Open source CNC, LinuxCNC, Automatic workpiece changer

Automation of machining process is one of the key elements of the modern manufacturing industry, and Automatic Workpiece Changer(AWC) play an important role in increasing the level of automation in the machining process. Controlling machining machines, including AWC, requires Computer Numerical Control(CNC). Conventional commercial CNC systems are often closed and have limitations in adopting new control algorithms and compatibility with devices from other manufacturers. In contrast, LinuxCNC, one of the open CNC, is an open-source based CNC software for machining machine and has the advantage of being compatible with various hardware through the Hardware Abstraction Layer(HAL). In addition, it is open at the source code level, so desired functions can be implemented or improved, and the Graphical User Interface(GUI) can be configured according to the user's convenience. This openness of LinuxCNC allows the user to build a unique CNC system. In this study, we develop an AWC controller based on LinuxCNC. To validate the developed controller, we established a 2-axis system using LinuxCNC and EtherCAT as the platform. Furthermore, we propose a heterogeneous CNC integration method for transmitting commands such as workpiece loading or unloading from CNC system used for machining the workpiece.

후기 This work was supported by the Technology Innovation Program (20012834,Development of CNC control system for smart manufacturing equipments) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

신뢰성 검증을 위한 고정밀 캠 감속기 성능평가 시스템

최인식[1,*], 기범근[1], 이수빈[1], 김현동[2], 한상권[2], 박용재[1], 서영호[1], 김병희[1,#]

High-precision cam reducer performance evaluation system for reliability verification

I. S. Choi[1,*], B. G. Ki[1], S. B. Lee[1], H. D. Kim[2], S. K. Han[2], Y. J. Park[1], Y. H. Seo[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], (주)양헌기공[2]

Key Words : Cam reducer, Evaluation system, Backlash, Encoder

Cam reducers are used in industry to control machine motion. Depending on the precision of the cam reducer, accuracy, energy consumption, and even equipment efficiency are affected. Therefore, the performance of reducers has become important, and systems for evaluating them are attracting attention. In order to evaluate the performance of reducers, it is carried out through an accredited measuring agency or by using an expensive measuring system. This is seen as a problem in terms of time and cost. Therefore, in this study, we produced a miniaturized system from an accredited measuring institute and conducted a performance evaluation of a small cam reducer in line with miniaturization and precision in accordance with market demands. A performance evaluation system was created, the input shaft of the cam reducer was fixed, and backlash was measured by applying reaction force through the motor of the output shaft. Backlash data measured through the manufactured system and backlash data from an accredited measuring agency were compared and analyzed. The data error between the manufactured system and the system of an accredited measuring agency was $0.04 mm/s$, and the results were obtained to verify the reliability of the cam reducer through the small performance evaluation system manufactured.

Acknowledgements This research was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist) and 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#(kbh@kangwon.ac.kr)

신경망을 이용한 베어링 결함 예측 특성 연구

차예나[1,*], 권병수[2], 김재현[3], 서영호[1], 김병희[1,#], 박용재[1,#]

Study on bearing defect prediction characteristics using neural network

Y. N. Cha[1,*], B. S. Kwon[2], J. H. Kim[3], Y. H. Seo[1], B. H. Kim[1,#], Y. J. Park[1,#]

강원대학교 기계융합공학과 메카트로닉스전공[1], 강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[2], (주)SPM Instrument Korea[3]

Key Words : Bearing fault diagnosis, Neural network, Feature extraction, Shock pulse, Vibration

This study studied defect prediction characteristics using a neural network to detect defects in bearings, a key element of rotating machines. This model was implemented using the Python language and developed using the Tensorflow™ API. CNN (Convolutional Neural Networks) architecture was applied for feature extraction and pattern classification, the drop out rate was set to 0.5 to prevent overfitting, and data in the time domain was converted to the frequency domain through FFT. Vibration and shock pulse data acquired from actual industrial sites were used, and 1,130 (726 normal, 404 abnormal) out of a total of 16,624 measurement data were selected and used as learning data. In the initial test, the model's accuracy was 54% for vibration data and 67% for shock pulse data, and the F1 score was measured at 52% and 82%, respectively, confirming the model's limitations and the need for improvement. This is believed to have lowered the discrimination power of the model due to subtle differences between normal and abnormal conditions in the bearing defect detection stage. In future research, this will be overcome by applying hybrid models and anomaly detection technology to increase the discrimination power of the model to detect subtle changes.

Acknowledgements This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE)(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#(kbh@kangwon.ac.kr, yjpark@kangwon.ac.kr)

가공품 표면 결함 감지 시스템의 이미지 처리

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

Image processing of workpiece surface detection system

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 메카트로닉스 기계융합공학과[1], 강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과테크[2], ㈜CAE테크놀러지[3]

Key Words : Defect detection, Surface defect, Image processing

가공품 생산 공정 중에 발생하는 다양한 표면 결함들을 기존에는 작업자가 직접 확인했지만, 영상인식 및 이미지 처리 등 컴퓨팅 기술이 발전함에 따라 결함 감지 시스템 구현이 가능해졌다. 이에 따라 본 연구는 영상인식, 이미지 처리 및 머신러닝을 이용하여 가공품 표면 결함 감지에 최적화된 이미지 처리 Process 및 머신러닝 알고리즘을 찾기 위해 실험을 진행한다. LED 조명은 스트립 형태의 12V 조명을 사용하였고, 카메라 각도는 수직으로 고정하였다. 시편은 인공적으로 결함을 생성한 시편_1, 자연적으로 발생한 시편_2총 2가지를 사용했다. 표면 결함의 종류로는 스크래치(scratch), 탄화(carbonize)를 대상으로 실험을 진행했다. 실험은 시편_1의 결함 부분, 시편_2의 앞면과 뒷면 총 3가지를 촬영 후 이미지 처리를 진행했다. 실험 결과 시편_1의 결함이 시편_2보다 선명했다. 하지만 이미지 처리 결과 시편_2의 보이지 않던 결함들이 검출된 것을 확인했다. 이미지 처리 시 먼지와 같은 작은 입자도 결함으로 처리가 되었기 때문에 이미지의 양옆을 Crop 했고, 시편_1의 경우 마디와 결들도 결함으로 검출되어 Sensitivity를 조절하여 노이즈를 줄였다. Sensitivity를 조절한 결과 시편_1의 결함 일부가 사라졌다. 결함이 잘 보이지 않는 이유는 이미지 처리 과정이나 조명의 간격 때문이라 예상할 수 있고, 향후 연구에서는 조명의 간격 및 Sensitivity를 조절하여 실험을 진행 후 머신러닝을 적용해 가공품 표면 결함 감지 시스템을 구현할 예정이다.

후기 이 연구는 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(P0002092, 2022년 산업혁신인재성장 지원사업)이며 산업통상자원부가 지원하는 산업전략기술개발사업(20018270, 다양한 형태, 무게, 강도의 불특정 물체를 견고하게 파지 가능한 다품종 생산 공정용 그리퍼 시스템 개발)의 지원을 받아 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(yjpark@kangwon.ac.kr)

컴퓨터비전과 게임 메카닉을 기반으로 한 자율이동로봇의 장애물 감지 기술

정민[1,*], 조영준[2], 임경률[3], 서영호[1,2], 장인배[2], 김병희[1,2,#]

Obstacle detection technology of autonomous mobile robot based on computer vision and game mechanics

M. Jeong[1,*], Y. J. Cho[2], G. R. Lim[3], Y. H. Seo[1,2], I. B. Chang[2], B. H. Kim[1,2,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], 강원대학교 기계융합공학과[2], 코닉오토메이션(주)[3]

Key Words : Computer vision, Autonomous mobile robot, Digital twin, Industry 4.0

The use of robots is increasing in the construction of automation systems in various environments, including production and manufacturing. In particular, mobile robots are susceptible to collisions and unexpected obstacles as they navigate within the workplace. These incidents can greatly affect safety and production efficiency. Therefore, additional sensors, such as LiDAR, are attached, increasing hardware dependence and overall system maintenance costs. In this study, research was conducted on autonomous mobile robots using computer vision and digital twin, which are core technologies of the 4th Industrial Revolution. For real-time obstacle detection, we utilized the YOLOv5 object detection model that was trained on custom data. Additionally, we incorporated an inference algorithm to determine the location of the detected objects. A mobile robot was controlled using a shortest distance detection algorithm based on the Robot Operating System (ROS). Obstacle and mobile robot data were transmitted to the virtual environment using real-time TCP communication. A collision signal was generated in the mobile robot when a virtual object collided. Through this, it is expected to be possible to develop an unmanned system that can respond to abnormal situations in the workplace. Additionally, it aims to reduce costs by simplifying the sensors of mobile robots.

후기 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0020616, 2022년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

회전 관절 에너지 절감을 위한 중력보상장치 개발

주유정, 선뇌맹, 박경수*, 이경민#

Development of gravity compensation device to save rotating joint energy

Weizheng Zhu, Leimeng Shan, K. S. Park*, K. M. Lee#

충남대학교 기계공학부

Key Words : Gravity compensation, Rotary joint, Magnetic force, Permanent magnet

최근 CNC공정에서 자동화를 위하여 다관절 로봇이 활용되는 사례가 증가하고 있다. 다관절 로봇의 경우 회전 관절에서 많은 에너지 소모를 시키기에 이를 개선하기 위한 중력 보상 연구가 많이 진행되고 있다. 회전 관절 구동부의 부하는 회전 관절의 무게를 지지하는 정적 토크와 회전 관절의 움직임이 발생할 때 발생하는 동적 토크로 나뉘게 된다. 동적 토크에 비해 정적인 토크의 값이 매우 크고, 정적인 상태에서 지속적인 에너지 소모를 발생시킨다. 본 연구에서는 회전 관절의 정적인 상태에서의 에너지 소모를 감소시키기 위해 정적 토크의 크기와 값이 동일하고, 방향이 반대인 토크를 생성하는 자기력을 이용한 중력 보상 장치를 개발하였다. 이전에 중력 보상 장치는 스프링을 활용한 중력 보상을 진행하였지만, 구동 범위가 크지 못한 단점이 있다. 자기력을 이용한 중력 보상 장치를 이용하면 구동 범위를 증가시킬 수 있다. 정적 토크의 경우 회전 각도에 따라 사인파의 형태를 나타낸다. 사인파의 형태로 중력 보상 토크를 발생하도록 영구자석과 요크를 이용하여 설계하였다. 유한요소해석 프로그램을 통해 자석의 형태에 따라 발생하는 중력 보상 토의를 분석하여 영구자석의 크기와 형태, 두 자석 간의 거리를 설정하여 실험을 진행하였다. Payload와 자석의 간격을 변화시켜가며 소모되는 전류 값을 측정하였고, 각 Payload에 대해 최적의 중력보상 효과가 나타나는 간격을 확인하였다.

후기 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0020616, 2022년 산업혁신인재성장)

발표자*, 교신저자#(lee.km@cnu.ac.kr)

CNC 공정 품질 최적화를 위한 공정 변수 설정 및 강건 설계

최재욱*, 허효범, 박철정, 박승환#

Robust design and process variable selection for quality optimization in CNC machining

J. U. Choi*, H. B. Heo, C. J. Park, S. H. Park#

충남대학교 기계공학부

Key Words : CNC machining, Quality control, Taguchi robust design, Quality indicator

최근 CNC (Computerized Numerical Control) 기술의 발달로 인한 제품의 자동 생산이 가능해지면서 CNC 가공기는 대량 생산에 널리 이용되고 있다. 대량 생산 공정은 제품의 품질을 정밀하게 관리하여 공정의 안정성을 확보하는 것이 더욱 중요하다. 하지만 CNC 가공기의 우수한 가공 정밀도에도 불구하고 제품 간 품질의 편차는 발생하며, 가공된 부품들은 조립체의 수명 감소 및 불량을 초래하여 공정의 손실로 이어진다. 따라서 품질에 영향을 주는 인자를 제어하여 양질의 제품 생산을 위한 많은 연구가 진행되었으며 이들 중 대부분의 연구는 공정 변수로써 절삭 조건을 고려한다. 그러나 CNC 가공에서 품질에 영향을 주는 수많은 공정 변수가 존재하기 때문에 더욱 신뢰성 있는 공정 설계를 위해 다양한 공정 변수들을 고려할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 품질에 영향을 주는 다양한 변수를 대상으로 다구찌 강건 설계 기법을 적용한 공정 설계 및 품질 제어를 위한 변수를 탐색한다. 실험을 위해 대량 생산 공정을 모사하여 실제 제조 공정에서 양산되는 제품을 생산하기 위한 공정을 구축하였다. 이 공정으로부터 다양한 공정 변수를 고려한 실험을 계획하여 품질 데이터를 획득하였으며, 각각의 변수가 품질에 주는 영향을 분석하였다. 더해서 최적의 변수 설정이 품질 편차를 감소시킬 수 있는지 검증하였고, 최적의 변수 설정 방법을 제안한다.

후기 이 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0002092, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*(cjwook@o.cnu.ac.kr), 교신저자#(sh.park@cnu.ac.kr)

헤어핀 모터용 동선의 에나멜 코팅 탈피기술 개선

최성진[1,*], 오준영[1], 김정민[1] 김진서[2], 이원균[1,#]

Improvement in enamel coating removal technology of copper wire for hairpin motors

S. -J. Choi[1,*], J. -Y. Oh[1], J. Kim[1] J. Kim[2], W. Lee[1,#]

충남대학교 기계공학부[1], DK TEC Industry[2]

Key Words : Hairpin motor, Adaptive control, Grinding force

친환경 자동차의 수요가 증가하면서 모터 효율을 개선하고자 하는 연구가 지속적으로 개발되고 있다. 헤어핀 모터는 기존의 전기자동차 구동용 모터와 달리 다수의 헤어핀 코일을 스테이터에 삽입하는 방식으로 제작이 되어 점적률이 증가하면서 보다 개선된 모터 효율을 보이고 있다. 따라서 헤어핀 스테이터 제조장비의 수요가 증가하면서 일본, 독일 등의 선진 업체들의 지속적인 투자가 이루어지고 있다. 하지만, 국내 헤어핀 제조 업체는 해외 기술의 높은 의존도를 보이고 있으며, 높은 장비 가격, 잦은 고장에 비해 느린 대응 속도와 같은 문제를 보이며 국산화가 필요하다. 헤어핀 제조 과정은 통상적으로 에나멜 코일 피딩, 탈피, 2D, 3D 성형을 거쳐 제작된 헤어핀 코일을 스테이터에 가정렬 및 인서팅 하는 과정을 포함한다. 그 중 에나멜 탈피 과정에서의 가공 품질이 모터 성능에 영향을 준다. 본 연구에서는 헤어핀 모터의 성능을 향상시킬 수 있는 에나멜 코팅 탈피 과정에서가공 품질 향상을 위해 가공 부하 기반 적응 제어 기술을 개발하였다. 에나멜 피막과 동선의 경도 차이에 따른 가공 부하 차이를 이용하여 동선 손실률을 낮추고 에나멜 탈피율을 높이는 것을 목표로 하였다. 적응 제어 기술 적용할 수 있는 테스트 베드를 제작하였고, 개발한 기술의 성능을 검증하기 위해 적응 제어 기술 적용 여부에 따른 가공 결과를 비교하였다. 그 결과, 동선 손실률 15% 이내로 로 감소하였고 가공 품질 또한 개선되었다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0002092, 2023년 산업협식인재성장지원사업)과, 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 지원을 받아 수행된 연구임.

발표자[*], 교신저자[#](wklee@cnu.ac.kr)

외란에 의한 효율변화를 고려한 주축 전류 기반 절삭력 모니터링 기술

김재은, 심범식*, 오준영, 송치원, 이원균#

Cutting force monitoring based on spindle current considering effect of disturbance on efficiency

J. E. Kim, B. Sim*, J. Y. Oh, C. Song, W. Lee#

충남대학교 기계공학부

Key Words : Power factor, Machine tool, Cutting load monitoring

절삭가공 시 공구와 피삭재 간에 발생하는 절삭력은 가공 상태를 나타내는 주요 인자로, 이를 감지하기 위한 여러 방법들이 사용되고 있다. 일반적으로 절삭력을 측정하는 방법은 공구동력계를 통한 직접적인 측정 방법이 있으며, 정확도와 신뢰도가 높다는 장점이 있으나, 장비 내 측정시스템의 구축비용이 높아 실제 산업 현장에 적용하기에 한계가 있다. 이러한 이유로 상용 공작기계 주축 스핀들의 전류를 이용하여 절삭력을 추정하는 간접적인 방법이 연구되어왔으며, 이러한 방법은 센서를 사용하지 않아 구성 비용이 저렴하고, 외부 환경에 강인한 측정 시스템을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 무부하 상태 스핀들 모터의 전류와 토크는 정비례 관계를 가지며, 모터의 효율 또한 일정한 값을 갖지만, 외란이 발생하는 가공 상황에서는 절삭력 변화에 의한 스핀들 모터의 전류와 전압 간의 위상차로 인한 스핀들 모터의 역률 변화가 발생하며, 모터 효율이 변한다. 전류만을 고려하는 기존의 절삭력 추정 방법은 모터의 역률 변화를 고려하지 않아 정확한 절삭력을 추정하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 외란의 크기에 따른 역률 변화 모델링을 기반으로 주축 전류 기반 절삭력 모니터링 시스템을 구축하였으며, 다양한 밀링 공정과 가공 조건에서 공구동력계로 측정된 절삭력과, 제안된 방법으로 추정된 절삭력, 역률 변화 모델링을 적용하지 않은 기존 방법으로 추정된 절삭력 값의 비교를 통해 성능을 검증하였다.

후기 본 연구는 2022년도 한국기계연구원 주요사업(모바일 플랫폼 기반 가공시스템 핵심기술 개발(NK236A)과 한국산업기술진흥원(산업혁신인재성장 지원사업, P0020616)의 지원을 받아 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(wklee@cnu.ac.kr)

CNC 공작기계 이송계 진동신호를 이용한 상태 분석

최규복*, 김동욱, 이승환, 고은영, 이호민, 정영훈#

Status analysis using vibration signals of feed drive system in CNC machine tool

G. B. Choi*, D. U. Kim, S. H. Lee, E. Y. Ko, H. M. Lee, Y. H. Jeong#

경북대학교 기계공학부

Key Words : CNC machine tool, Feed drive system, Vibration signal, Status analysis

공작기계의 기술이 발전함에 따라 생산품들의 소형화 및 정밀화가 되면서 공작기계의 정밀한 제작에 대한 필요성이 대두되고 있다. 직선 운동 가이드는 초정밀 위치 제어가 가능한 장점을 바탕으로 공작기계의 이송계, 반도체, 산업용 로봇 등 다양한 생산 공정에서 중요한 요소로 사용되고 있다. 직선 운동 가이드가 이송 운동을 할 때, 부품 사이의 마찰과 미세한 진동이 발생하게 되는데 특히 리테이너 타입의 직선 운동가이드를 사용 시 레일과 리테이너의 볼이 접촉할 때마다 발생하는 진동 주파수는 접촉하는 결함 조건에 따라 달라지게 된다. 이러한 특성을 이유로 진동은 직선 운동 가이드의 조립 상태와 이송 환경을 파악할 수 있고, 이는 생산품의 성능 및 조립에 직결되므로 중요한 연구 주제이다. 본 연구에서는 CNC 공작기계 이송계의 직선 운동 가이드에서 발생하는 진동 신호를 통해 직선 운동 가이드의 조립상태 및 결함을 진단하고 결함이 존재할 시 그 종류를 판별할 수 있음을 보이는 것이 목적이다. 이를 위해 직선 운동가이드의 직선 왕복 운동을 통해 진동신호를 수집 후 분석을 통하여 접촉조건에 따른 진동 주파수의 변화를 분석하였다. 이를 이용한 기계 학습 시스템을 설계하고 그 정확도를 평가할 계획이다.

후기 이 성과는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국연구재단, 한국산업기술진흥원, 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임 (Nos. P0020616, 20024029).

발표자*, 교신저자#

제조산업 고도화를 위한 로봇과 인공지능 기반 자율 제조 기술

윤태현, 유대승*,#

Robots and artificial intelligence based autonomous production technology for advancement of manufacturing industry

T. H. Yoon, D. S. Yoo*,#

한국전자통신연구원

Key Words : Robot, AI, SEQ, Autonomous production

Industry 4.0과 함께 제조환경 패러다임 변화 대응을 위해 국내외 제조 기업들은 DNA(Data, Network, AI) 기반 제조 관련 전주기 디지털 전환을 가속화하고 있다. 현재 국내의 국가총생산(GDP) 내 제조업은 세계 2위의 높은 비중을 차지하고 있으나 제조혁신지수(BCG MII)는 세계 7위에 해당하는 저조한 역량을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있다. 단순한 생산액을 나타내는 생산/수출 규모 외 인프라, 고부가 전환, 디지털화, 탈탄소화 역량이 주요국 대비 미흡함에 따라 주력 제조산업의 고도화가 필요한 상황이다. 제조업의 디지털 전환을 위해서는 산업별 특성이 반영된 DNA 기반 디지털 전환 기술이 필요하나 제조기업 자체적 노력으로는 한계가 있다. 이로 인해 전산업 평균 수준 대비 저조한 제조업의 디지털 전환 수준을 나타내고 있으며 산업별 특성에 최적화된 ICT 융합기술 지원을 통한 디지털 전환 가속화 지원환경이 필요한 상황이다. 제조환경 디지털 전환은 SEQ(Safety, Efficiency, Quality) 향상을 위한 목적으로 요약될 수 있으며 제조기업의 생존과 직결된 문제는 아닌 것으로 보인다. 그러나 제조업에서 생산가능 인구의 지속적 감소 및 위험작업 환경, 탄소중립 및 다품종소량생산 체제로 전환 등 새로운 제조산업의 위기가 다가오고 있으며 이와 같은 위기는 제조업의 생존과 직결되는 문제로 보인다. 새롭게 다가오는 제조산업 위기 대응 및 극복을 위해서 로봇과 인공지능 기반 자율 제조 기술이 중요한 역할을 할 것이다.

후기 이 논문은 울산시-ETRI 2차 공동협력사업의 일환으로 수행되었음[23AS1600, 제조 혁신을 위한 주력산업 지능화 기술 개발 및 산업현장에서의 사람-이동체-공간 자율협업지능 기술 개발]

발표자*, 교신저자#(ooseyds@etri.re.kr)

FOMs를 이용한 슬리터 설비의 표준 공수에 대한 연구

김한승*, 이은석, 장오성, 김수영#

Research on standard man-hours for equipment using FOMs

H. S. Kim*, E. S. Lee, O. S. Jang, S. Y. Kim#

호서대학교 대학원 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : Slitter, Standard man-hours, FOM

제조업의 표준공수는 해묵은 숙제이다. 제조원가 중 노무비와 직접적으로 연결되어있는 표준공수를 타이트하게 책정하였을 경우, 부하율이 올라가 노동자의 주요 퇴사 원인이 되며, 높여 잡을 경우 생산량과 가동율에 악영향을 끼치게 되므로, 적정한 표준공수를 산정하는 것은 매우 중요한 문제이다. 슬리터는 롤 제품을 생산하는 제조업 (필름, 제지, 섬유 등)의 필수적인 설비로, Mill에서 생산된 대형 Mother Roll을 고객의 요구에 맞춘 제품으로 소분(小分)하는 설비이며, 슬리터 설비만 전문적으로 운영하는 업체가 있는가 하면, 중대형 유통 대리점의 경우, 직접 슬리터 설비를 설치하여, Mother Roll과 제품의 중간정도 규격을 수입하여 직접 소분하는 경우도 심심찮게 볼 수 있다. 통상적으로 슬리터 작업의 경우, 1) Mother Roll을 Unwinder에 장착, 2) Setting, 3) 설비 가동, 4) 완료된 제품을 포장라인으로 이동, 하는 네 단계를 거치게 되는데, 1), 2), 4)의 경우에 비가동이 발생한다. 슬리터 작업자 개개인별 작업시간(가동, 비가동)동안의 행위 분석을 정확하게 해낸다면, 실질적인 적정 공수를 파악할 수 있으며, 이를 통해 효율적인 인원배치가 가능해진다. 이후, 적정 노무비가 산정의 근거가 되어 인원 수 문제에 대해 더욱 심도있게 파고들 단초를 마련할 수 있으며, 나아가 생산량 향상과 가동율 상승에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

FOM's 제조 데이터와 수치적 방법을 활용한 템프코어 철근의 물성예측

홍정범*, 남재혁, 현승균, 배철민, 이창선#

Predicting properties of tempcore rebar using manufacturing data from FOM's and numerical methods

J. B. Hong*, J. H. Nam, S. K. Hyun, C. M. Bae, C. S. Lee#

인하대학교 제조혁신전문대학원

Key Words : Big data, FOM's, MED, Finite Difference Method, Tempcore

제조 기업의 디지털 전환과 생산성 향상을 위한 FOM's 패키지 분석 방법론과 다른 측면으로 제조 현장에서 측정이 힘들거나 외란이 심한 부분을 모사하기 위해 제조 현장 데이터와 유한 차분 해석 기법을 통해 템프코어 철근의 경화층 두께 예측 및 물성 예측을 진행하였다. 템프코어 공정을 통해 냉각에 따른 상 변태에 대한 부분은 열 역학 기반의 프로그램인 JMatPro을 활용하여 현장 맞춤형 CCT를 통합하여 수치 해석의 정합성 을 향상 시키고 미세 조직 실험을 통해 검증하였다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('RS-2022-00155473')

발표자*, 교신저자#(smartai4ir@gmail.com)

의료기기 품질시스템 필수 요구 조건 적용 사례연구
- 척수신경 자극기 중심 -

김영진[1,*,#], 유은주[1], 황인환[1], 김수영[2]

A case study on the medical device GMP application

Y. J. Kim[1,*,#], E. J. Yoo[1], I. H. Hwang[1], S. Y. Kim[2]

오송첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터[1], 호서대학교 소재부품장비스마트팩토리학과[2]

Key Words : Spinal nerve, Medical device, Good manufacturing practices(GMP), Manufacturing innovation, FOMs

의료기기 품질시스템 제도는 의료기기의 설계·개발, 생산, 시판 후 관리 등 전 과정에 대한 품질경영시스템의 확보를 통해 안전(Safe), 유효(effective)하며, 의도된 용도(intended use)에 적합한 품질의 제품을 일관성 있게(consistently) 제조·판매됨을 보장할 수 있는 최소한의 요구조건이다. 의료기기는 사람의 생명 또는 건강에 직·간접적으로 영향을 미치는 제품으로 그 특성 때문에 높은 수준의 품질관리가 필요하다.

본 연구에서는 척수손상 후 기능복원을 위해 척수 부위의 선택적 전기 자극과 신경재생 모니터링이 가능한 새로운 개념의 전자약을 개발하고자 하며, 개발된 전자약의 기술사업화를 위해 GMP 인정 기관에서 제조 및 생산을 목표로 하고 있다. 설계·개발 이후 생산 시판 후 관리 등 전 과정에 대한 품질경영시스템의 확보를 통해 안전하고, 유효하며, 의도된 용도에 적합한 품질의 제품을 일관성 있게 제조·판매됨을 보장하기 위한 최소한의 공정 요구조건 개발을 다음과 같이 수행하고 있다.

GMP 설비 제작 및 인허가 획득을 위하여, 제품 분석 및 규격 수립, 품질경영문서 및 각 공정별 밸리데이션 계획서와 보고서 작성, 최종 심사 실시 및 시정조치 보완과 개선을 수행한다. 이를 바탕으로 전기자극 장치의 시제품 생산을 위한 공정 최적화 및 생산을 향후 목표로 하고 있다.

본 제품은 4등급 의료기기지만, 그 제품의 위해도가 높지 않다 하더라도 결과에 미치는 영향이 클 수 있기 때문에, 만약 제조 기업에서 이를 사전에 인지하지 못한다면, 최종 인허가를 받지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 척수손상 기능회복을 위한 전기자극기를 설명하고 이를 개발 및 시제품 제작을 위한 품질시스템 필요 요구 조건을 소개함으로써, 향후 의료기기를 제조하고자 하는 기관에서 필수적으로 적용해야 함을 사례 연구로 제시하고자 한다.

후기 본 연구는 정부(과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부, 식품의약품안전처)의 재원으로 범부처전주기의료기기연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임.(과제고유번호: RS-2023-00254156)

발표자*, 교신저자#(kim.yj@kbiohelath.kr)

절삭공구 생산 라인 유연생산을 위한 Lead Time 분석방법 연구 : FOM 솔루션 적용

남기선*, 장재훈, 김수영#

Study on lead time analysis method for flexible production of cutting tool production line : FOM solution application

K. S Nam*, J. H Jang, S. Y Kim#

호서대학교 일반대학원 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : FOM(smart-factory operation management), Flexible production

제 4차산업혁명의 대표로 명시화된 스마트공장의 최종 목적은 고객의 다양한 요구를 즉시 만족으로 PQCMS 향상과 경쟁력 제고에 있다. 고객의 다양한 요구를 즉시 만족하기 위해서는 생산공정의 표준과 흐름라인 및 라인의 밸런싱이 무엇보다 중요하다. 본 연구에세는 절삭공구 생산 라인을 대상으로 공정별 Cycle Time을 FOM 솔루션을 적용하여 최적의 라인관리 방법을 연구하였다.

연구프로세스는 대상라인 공정 흐름도 작성 -> 공정별 Cycle Time 측정 -> 대상라인 데이터 수집 항목 도출 -> FOM 솔루션 19가지 항목 설계 -> 대상라인 데이터 수집 -> FOM File Set 구성 -> FOM 솔루션 적용 비가동 분석 -> 요인별 개선방안 제시를 통해 고객의 다양한 요구를 즉시 만족하는 라인을 운영하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

중소기업을 위한 은퇴자,여성,장애인 친화적인 제조 현장 구축 방안 연구

이남은[1,*], 오상석[2], 김수영[3,#]

Research on ways to build retiree-, women-, and disabled-friendly manufacturing sites for small and medium-sized businesses

N. E. Lee[1,*], S. S. Oh[2], S. Y Kim[3,#]

일호이앤지[1], 인하대학교[2], 호서대학교[3]

Key Words : Retiree, Women, Friendly manufacturing, FOM

인구구조 변화로 인한 생산인구의 감소는 생산성 저하와 재정 부담 증가 등을 초래하게 되며, 줄어든 노동력 확보를 위하여 제조 현장의 스마트화나 외국 노동력을 투입하고 있으나 이에 따른 다양한 문제가 발생할 수 있다. 따라서 노동 인력의 체력 여건을 고려한 노동자 친화적 제조 현장의 변화를 통해서 고경력의 은퇴자와 여성의 노동력을 활용할 수 있는 방안으로 은퇴자, 여성의 노동 부하를 경감시켜 생산성 혁신, 품질 향상을 위한 친화적인 스마트 제조 현장의 구축 방안 연구가 필요하다. 첫째, IT와 생산설비를 융합한 '디지털 셀 생산방식'을 도입한다. 작업 지시와 연동한 피킹 시스템으로 간단한 조립부터 복잡한 셀 생산에 이르기까지 디지털 피킹 시스템과 모니터 화면에서 작업을 탐색하는 Fool Proof 장치로 각 공정을 셀로 나누어 작업하고, 인터넷상에서 접속할 수 있다. 둘째, 사람과 로봇의 협업으로 완전 자동화를 목표로 하는 것이 아닌 로트나 작업 부담, 프로세스, 비용에 맞춰 로봇에 맡기는 부분과 사람이 해야 할 작업의 역할 분담을 검토할 필요가 있다. 마지막으로 단순히 범용 로봇, 자동화 설비를 도입한 것만으로 노동 친화적 제조 현장은 성공하지 못한다. 은퇴자나 여성,장애인이 성과를 내도록 공정작업에 사용하는 설비 및 각종 치공구의 개선, 자체 개발 등을 적용한다. 또한 FOM솔루션을 통한 4M분석 모니터링으로 은퇴자나 여성의 피드백을 반영한 지속적 개선을 수행하여야 한다. 이를 중소 제조기업에 적용함으로써 인력 부족, 작업 부하경감, 생산성 향상, 작업 효율 향상, 일자리 창출 등의 제조 경쟁력 향상과 경영 혁신을 달성할 수 있을 것이다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

스마트제조 시스템과 연계한 자동차 부품 공급망관리(SCM) 최적화 연구

김용홍*,#, 김성수, 양해성

A study on optimization of automotive parts supply chain management in connection with smart manufacturing system

Y. H. Kim*,#, S. S. Kim, H. S. Yang

신라대학교 기계공학과

Key Words : SCM, Smart manufacturing, Mobility part, Supply process

자동차 주요부품은 대략 2만개 이상의 부품으로 구성되어 있지만 전기차 등 친환경차의 급부상에 차량 전동화, 전기차 시대가 대두됨에 따라 자동차 제작에 필요한 부품 수가 2만개에서 만개 이하로 부품가 줄어질 수 있는데, 이는 차 부품 상당수가 엔진이나 변속기를 만드는 데 쓰이는데, 전기차엔 엔진과 변속기가 모터와 배터리 등 전동화 부품으로 대체되기 때문에 필요 부품 숫자가 확 줄어드는 것이다. 자동차 부품의 대부분은 부품제조회사에서 만들어 완성차 제조회사에 납입하는 구조로 되어 있다.

자동차 부품 수요와 공급의 현황을 살펴보면 자동차 부품 중국 의존도 갈수록 높아져 공급망 다변화 필요(조철 산업연구원 연구위원, 2022.6)하거나 국제적인 온실가스 감축 노력 및 완성차 업계의 미래차 전환 전략은 자동차 부품의 전동화 추세도 가속화시키고 있으며, 이에 따라 엔진 등 내연기관 부품산업 규모의 빠른 위축이 예상되며 자동차부품 기업들은 전기차, 자율주행차 등 미래차 관련 업종으로 전환하기 위해 기업활력법상 사업재편 제도를 활발히 활용하고 있다.

자동차 현안에 부합하고 근원적인 자동차 산업 공급과 수요의 생태계에 대응할 수 있는 공급망 가치사슬의 구조(수요와 공급의 구성요소가 되는 원가 포함), 공급 최적화 연구 및 실전 경험을 통해 부품 공급망의 안정화를 위한 최적화 방안을 제시한다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업단지공단의 '스마트제조 고급인력 양성사업'연구비 지원에 의한 연구임 (No. 2003-90-007)

발표자*, 교신저자#(kyh777@silla.ac.kr)

제조 전문가 설계(MED) AI 솔루션과 FOMs의 관계

이창선*,#, 홍정범

Manufacturing expert design AI solution and FOMs

C. S. Lee*,#, J. B. Hong

인하대학교 제조혁신전문대학원

Key Words : AI Solution, AutoML, DUI, MED, FOMs

AI는 여러 관점에서 분류 할 수 있다. 통상적으로 업무는 감지, 판단, 실행의 순서로 이루어진다. 감지와 관련된 감지 AI와 판단과 관련된 판단 AI가 있다. 감지 AI는 개별 설비 데이터를 활용하여 불량, 개별 설비 상태 등을 감지하며 불량의 발생 여부와 종류를 구별한다. 판단 AI는 전체 설비 데이터를 종합 판단하며, 불량의 발생 원인을 분석하고 예측한다. 감지 AI의 사례로는 AI 비전, 설비 예지 정비 AI 등이 있다. 판단 AI는 감지 AI에 비해 도메인 날리지, 즉 제조 지식의 융합이 중요하다. 제조 지식을 용이하게 융합하기 위해서 솔루션의 설계와 구현을 분리한 제조 전문가 설계 AI 솔루션을 개발하였다. 제조 전문가는 문서 접점(DUI : Document User Interface)을 이용하여 설계한다. 솔루션 설계 내용은 AI 코딩 전문가가 개발한 AI 솔루션 엔진과 결합되어 맞춤 솔루션이 개발된다. 솔루션 설계는 전처리, 다양한 입력 화면 등을 포함한다. 맞춤 솔루션에 산출물 설계를 입력하면 산출물이 생성된다. 산출물은 그래프, 집계표, 기계학습 결과, 예측 모델 등이다. 자동 기계학습(autoML)이 엔진에 탑재되어 있기 때문에 제조 전문가는 종속변수와 독립변수, 변환변수 등을 지정함에 의해 우수한 예측 모델을 개발할 수 있다. 하이퍼파라미터 튜닝은 엔진의 autoML이 자동으로 수행한다. 통계 기반 모델 평가와 제조 지식 기반 모델 평가가 동시에 우수한 모델을 개발하기 위해서는 수동 하이퍼파라미터 튜닝이 필요할 수도 있다. FOMs는 종합 진단과 같은 역할을 하며, MED AI는 특정 질병 치료와 같은 역할을 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '철강산업 밸류체인 디지털화 선도 R&D 사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. P0017838)

발표자*, 교신저자#(smartai4ir@gmail.com)

농공단지 FOMs 적용을 위한 FEMS 모니터링 활용 데이터 수집 모델 최적화 방안 연구

이상훈*, 오경원, 김수영#

Research on efficient data collection model using FEMS monitoring to apply FOMs in industrial complex of rural areas

S. H. Lee*, K. W. Oh, S. Y Kim#

호서대학교

Key Words : FEMS, Energy efficiency, Energy monitoring, FOM

본 연구는 농공단지에서 FOMs (Factory Operation Management Solution)과 FEMS (Factory Energy Management System)의 통합을 통해 에너지 효율화, 탄소중립 및 에너지 사용 패턴 분석을 목표로 합니다. 제조 산업에서의 에너지 관리와 탄소중립에 대한 경각심을, 농공단지 역시 이러한 목표를 달성하기 위해 혁신적인 솔루션이 필요 합니다. FOMs는 생산 시스템의 효율적인 운영을 위한 중요한 툴로서, 공장 내 작업 프로세스 및 생산 계획을 최적화하여 에너지 소비를 줄이고 생산성을 향상시키는데 기여합니다. FEMS는 에너지 모니터링과 관리를 위한 체계로, 에너지 사용량, 발전 및 소비 패턴을 실시간으로 모니터링하고 분석하는데 사용됩니다.

이 연구에서는 FOMs와 FEMS를 통합하여 농공단지의 에너지 사용 패턴을 상세히 분석하고, 효율적인 데이터 수집 및 모니터링 모델을 개발하는 방안을 탐구합니다. 최적화된 데이터 수집 모델은 에너지 사용 패턴에 대한 통찰력(insight)을 제공하며, 생산 프로세스와 에너지 소비 간의 상관관계를 식별합니다. 실증 결과에 따르면, 이 모델을 적용한 농공단지는 탄소배출 감소와 에너지 효율화를 달성하면서 농공단지 내 에너지 사용 패턴을 최적화할 수 있음을 확인하였습니다. 이러한 연구 결과는 농공단지에서 FOMs와 FEMS의 효율적인 도입과 탄소중립 달성을 지원하며, 에너지 사용 패턴의 지속적인 개선에 기여할 것으로 기대됩니다.

이 연구는 농공단지와 산업 분야에서의 지속 가능한 에너지 관리 및 생산성 향상을 위한 중요한 지표로서, 환경, 경제 및 에너지 효율화 측면에서 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대됩니다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

FOM솔루션 기반 제조업 병목공정 개선방안 연구 – OKR기법을 활용하여

유한솔*, 김재하, 손경섭, 김수영#

A study on the improvement of bottleneck process in manufacturing industry based on FOM solution - using the OKR(Objective & Key Result)

H. S. Yoo*, J. H. Kim, K. S. Son, S. Y. Kim#

호서대학교 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : FOMs(smar-Factory Operation Managements), Smart factory, Manufacturing innovation, OKR(Objective & Key Result)

절삭공구 산업은 다품종 소량생산(약 10만 여종) 산업으로 노동집약적 중소기업형 산업이면서, 고도의 품질을 요구하는 기술집약적 산업이다. 매년 GAPR 4.91%의 성장을 하고 있는 산업으로, 국내 제조기업들의 경쟁력 강화가 필요한 과도기에 있다고 할 수 있다. 본 연구에 대상으로 선정한 경기도 평택시 소재의 D社는 다품종 소량생산방식, 전 세계에서 5개社만 제작 가능한 고난도의 제품의 제작기술도 보유하고 있는 우량기업이다. 먼저 제조현장 변화관리를 위한 분석 및 계획수립을 진행함에 있어 첫 째, FOM 솔루션으로 제조현장의 4M관련 분석을 수행한다. 둘 째, 도출된 문제점을 개선하기위한 핵심 조직(또는 인원)을 지정한다. 셋 째, OKR기법을 활용한 솔루션적용의 대상 팀에 목적(Objective)설정과 핵심결과(Key Result)를 도출하여 제조현장의 생산성 향상효과를 연구하고 증명하는 것에 그 의의가 있다. 여기서 주의할 점은 핵심결과에 대한 목표 성취율은 약 70%로 설정하는 것이 좋다. 이는 팀과 개인이 더욱 도전적인 목표를 설정할 수 있도록 자극하기 위함이다. 지속적으로 100%를 달성하게 된다면 목표(O)나 결과(KR)를 재평가하여 더욱 도전적인 목표로 재설정하여야 한다. 이러한 계획을 바탕으로 FOM솔루션 기반 제조현장의 4M 데이터 수집 및 분석으로 데이터자체의 신뢰성과 편의성을 개선하며, 데이터의 다차원분석과 의사결정을 도출한다. OKR기법을 활용한 명확히 정의된 목표와 핵심결과로 구성된 과제를 부여하고 목표달성을 추적하여 팀 단위의 생산성개선을 이룬다. 이는 제조기업에서 관리하는 핵심성과지표(KPI)의 기존(as-is)과 목표(to-be)의 계량화된 지표의 향상으로 연구의 타당성을 증명할 수 있다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

탄소 절감을 위한 Energy 데이터 중심의 제조공정 4M 데이터 연동 FOM 경영관리 기법 연구

김재하*, 손경섭, 이상훈, 장재훈, 김수영#

A study on FOM management techniques integrating energy-centric manufacturing process 4M data for carbon reduction

J. H. Kim*, K. S. SON, S. H. Lee, J. H. Jang, S. Y. Kim#

호서대학교 AI스마트팩토리융합공학과

Key Words : FOMs(smart-Factory Operation Managements), 4M, Multidimensional analysis, Organic analysis

중소기업의 생산성 향상과 ESG (환경, 사회, 지배구조) 측면에서의 성과 극대화를 위해 ESG 환경에서의 정량적인 Energy Data를 활용한 FOM-Energy 아키텍처를 조사한다. 중소기업의 특성을 고려하여 FOM 솔루션의 다차원 분석 기능을 강화하고, ESG 지표와의 연계성을 다차원 분석을 통해 조사하여 최적화된 ESG 경영지표를 개발한다. 또한, FOM-Energy Data file set 연동 시스템을 설계하여 ESG 관련 데이터를 효율적으로 관리하고 중소기업이 문제를 시각적으로 이해하며 ESG에 효과적으로 대응할 수 있는 기반을 구축하게 된다. 특히 Energy Data를 중심으로 한 FOM Solution을 연계하여 중소기업의 ESG 대응을 강화하고 표준화된 정량적 Energy 지표를 개발한다. 또한, FOMs 프로세스를 기반으로 한 FOM-Energy 프로세스를 구축하여 생산 환경의 에너지 효율을 향상시키고 지속 가능성을 높인다. ESG 진단지표 기준에 따라 업종별 기업별 정량화 데이터 측정 지표를 정의하고, 계량화하여 환경적 책임을 수행할 수 있도록 지원한다. 뿐만 아니라, FOM-Energy 4M Data 연동 모듈과 생산능력관리 시스템을 개발하여 중소기업이 생산 환경을 최적화할 수 있는 도구를 제공하며, FOM-Energy 경영지표와 제조기술의 연계성을 분석하여 정량적 Energy Data 지표 최적화를 위한 연구를 계획하였다. 종합적으로, FOM-Energy 아키텍처 설계와 Energy Data 중심의 FOM Solution 연계 지표 개발은 중소기업이 지속 가능한 생산성 향상과 환경 측면에서의 성과를 동시에 추구할 수 있도록 효과적인 지원을 제공한다. 향후에는 자동 진단 방법과 정량적 ESG 지표 최적화에 초점을 맞춰 중소기업의 경영 성과를 계속적으로 향상시킬 것으로 예측된다.

발표자*, 교신저자#(df2030@hoseo.edu)

착용형 로봇을 위한 이질감 최소화 제어

신용우[1,2,*], 하원석[1], 최태원[1,2], 이동혁[1,2], 박재한[1,2], 배지훈[1,2,#]

Control to minimize sense of difference for wearable robots

Y. W. Shin[1,2,*], W. Ha[1], T. W. Choi[1,2], D. H. Lee[1,2], J. H. Park[1,2], J. H. Bae[1,2,#]

한국생산기술연구원[1], 과학기술연합대학원대학교[2]

Key Words : Wearable robot, Sense of difference, Control algorithm

착용형 로봇은 사용자의 근력을 증강하거나 보조하여 사용자가 특정 작업을 보다 수월히 수행할 수 있도록 도움을 준다. 그러나 착용형 로봇이 사용자가 의도한 움직임과 일체화 되어 동작하지 않으면 로봇과 사용자 간의 내력이 발생하여 사용자는 이질감을 느끼게 된다. 이러한 이질감은 사용자의 움직임을 방해하는 요소로 작용하기 때문에 사용자로 하여금 불편함과 피로함을 야기하여 로봇을 장시간 착용하기 어렵게 한다. 따라서 사용자가 로봇을 착용했을 때 마치 로봇을 착용하지 않은 것처럼 동작할 수 있도록 이질감을 최소화하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 착용형 로봇 사용에 따른 사용자의 이질감을 최소화하기 위한 제어 방법을 제안한다. 착용형 로봇과 사용자가 접촉하는 부분에 힘/토크 센서를 부착하여 로봇과 사용자 사이에 작용하는 내력을 측정할 수 있도록 구성하고, 로봇의 동역학을 모델을 기반으로 하여 내력을 최소화하는 제어 알고리즘을 도출하였다. 제안한 제어 알고리즘을 검증하기 위해 링크와 모터로 구성된 1자유도 시스템을 구성하였고, 사용자가 링크에 부착된 손잡이를 잡고 회전할 때 힘/토크 센서를 통해 내력을 측정하는 실험을 수행하였다. 실험결과 사용자와 로봇 사이에 작용하는 내력인 이질감이 최소화되는 것을 확인하였다. 이를 통해 사용자는 착용형 로봇을 보다 편안한 착용감으로 장시간 활용이 가능하며 착용형 로봇을 활용한 작업의 효율 향상에 도움이 될 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '미래성장동력사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20007058)

발표자[*], 교신저자[#](joseph@kitech.re.kr)

보행 패턴 추정을 위한 멀티모달 센서 기반 모듈형 데이터 획득 시스템 개발

온장훈[1,2,*], 최상필[1,2], 최태현[1], 김명섭[1], 장가람[1], 이동혁[1,2], 배지훈[1,2], 박재한[1,2,#]

Development of a modular data acquisition system based on a multimodal sensor for gait phase estimation

J. H. On[1,2,*], S. P. Choi[1,2], T. H. Choi[1], M. S. Kim[1], G. R. Jang[1], D. H. Lee[1,2], J. H. Bae[1,2], J. H. Park[1,2,#]

한국생산기술연구원[1], 과학기술연합대학원대학교[2]

Key Words : Multimodal sensor, Modular data acquisition system, Gait phase estimation

보행 보조 웨어러블 로봇은 사용자의 보행 패턴을 추정하여 모터를 적시에 구동됨으로써 보행을 보조하는 역할을 한다. 빠르고 정확한 보행 패턴 추정을 위해서는 사용자의 상태와 동작 의도와 같은 정보들이 필요하다. 이를 위해서는 다양한 센서를 신체에 부착하여 관절 상태, 근육 신호와 같은 데이터를 획득해야 한다. 기존 연구에서는 데이터 획득 시스템의 복잡성 문제와 데이터 수집 및 전송의 효율성 문제, 그리고 사용자 신체에 탈부착의 어려움과 같은 한계점이 있었다. 따라서 센서 시스템의 간소화와 데이터 처리의 효율성, 그리고 탈부착 간편화와 같은 사항들이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 굽힘센서, 근전도센서, 인솔센서, IMU를 활용한 멀티모달 센서 기반 모듈형 데이터 획득 시스템을 개발하였다. 센서 시스템은 무릎과 발목에 탈부착이 간편한 보호대에 재봉하여 데이터 획득 실험을 진행하였다. 무릎 모듈에는 IMU와 허벅지 및 종아리의 근육 신호를 측정할 수 있는 근전도센서, 그리고 무릎 관절의 굽힘 정도를 알 수 있는 굽힘센서를 부착하였다. 발목 모듈에는 IMU와 발바닥의 지면 접촉 여부를 알 수 있는 인솔센서, 그리고 발목의 굽힘 정도를 알 수 있는 굽힘센서를 부착하였다. 각 모듈에서 수집된 데이터는 CAN 통신을 통해 상위 컨트롤러에 송신하도록 펌웨어를 구성하였다. 다양한 센서에서 출력되는 신호 데이터가 패킷 단위로 전송 및 수집됨으로써 데이터를 효율적으로 처리할 수 있으며, 편리한 탈부착이 가능하여 착용의 불편함을 줄일 수 있다. 개발된 멀티모달 센서 기반 모듈형 데이터 획득 시스템은 추후 웨어러블 로봇의 빠르고 정확한 보행 패턴 추정 및 모터의 구동 타이밍 파악에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '미래성장동력사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20007058)

발표자*, 교신저자#(hans1024@kitech.re.kr)

고 효율 저 백래쉬의 컴파운드 유성기어 설계

신원석*, 남동우, 안범모, 박승태, 권순철#

Compound planetary gear design with high efficiency and low backlash

W. S. Shin*, D. W. Nam, B. M. Ahn, S. T. Park, S. C. Kwon#

한국생산기술연구원 AI·로봇 부문

Key Words : Planetary gear, Low backlash, High Efficiency, Robot actuator

This paper provides the design methodology of a low backlash and high back-drivable gear based on the analytical modeling and simulation. Robot actuators generally combine an electric motor with a high gear ratio gearbox to satisfy the high torque capacity and operating in the low-speed region. The 3K compound planetary gearbox with a high gear ratio is a promising candidate for the robot actuators deployed in physically interacting environments based on the high transmission efficiency, which endows the high backdrivability. However, compared to the high ratio gearbox such as strain wave gear, the backlash of the existing 3k compound planetary gearbox is known to be high. In this sense, the proposed framework includes 1) forward and backward transmission efficiency modeling 2) gear backlash modeling 3) maximization of the efficiency under bounded backlash constraints. The simulation result indicates that the backlash could be improved from 24 acrmin to 2 arcmin satisfying the manufacturing and assembly requirements. We expect this knowledge could provide the intuition for the gear design of low backlash and high efficiency for actuator in physically interacting robots.

후기 This research was supported by the Technology Innovation Program (20007058, Development of safe and comfortable human augmentation hybrid robot suit) funded By the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#

얇은 물체 조작을 위한 유연한 손톱과 센서가 장착된 핑거팁의 활용

전부름[1,2,*], 김준성[2], 최명수[2], 이동혁[1,2], 박재한[1,2], 배지훈[1,2,#]

Application of flexible fingernails and sensor-equipped fingertip for manipulation of thin objects

B. R. Jun.[1,2,*], J. S. Kim[2], M. S. Choi[2], D. H. Lee[1,2], J. H. Park[1,2], J. H. Bae[1,2,#]

국가연구소대학교(UST)[1], 한국생산기술연구원[2]

Key Words : Robotic hand, Robotic manipulation, Grasping, Sensor

pick & place은 로봇핸드를 이용한 물체 조작에서 기본적으로 요구되는 작업이다. 하지만 로봇핸드로 평평한 바닥에 놓인 얇은 물체를 들어 올리는 것은 일반적인 물체에 비해 상당히 어렵다. 그 이유는 얇은 물체는 물리적인 접촉을 할 수 있는 영역이 제한돼 있으며 안정적으로 잡기 위해서는 물체의 자세를 변환시키는 과정이 수행되어야 하는데, 이는 높은 수준의 조작성을 요구하기 때문이다. 본 연구에서는 로봇핸드의 얇은 물체 조작에 도움을 주는 유연한 손톱과 센서가 포함된 핑거팁과 그 활용에 대해 소개한다. 제안하는 핑거팁의 손톱은 얇은 물체의 제한된 영역과의 접촉을 가능하게 한다. 또한 핑거팁의 손톱과 손가락부분에는 각각 센서가 내장되어 물체를 조작하는 부분에 따라 각 위치에서 물체에 대한 정보를 독립적으로 얻을 수 있다. 핑거팁으로부터 얻은 이러한 정보는 로봇핸드를 더욱 지능적이고 강인하게 하여 그 조작능력을 향상시킬 수 있다. 제안한 핑거팁의 효용성을 확인하기 위해 다관절 3지 그리퍼에 핑거팁을 장착하여 얇은 물체를 조작하는 실험을 진행하였다. 물체의 조작과정에서 핑거팁의 각 센서로부터 얻은 데이터를 분석하여 바닥에 놓인 얇은 물체를 탐색하거나 조작에 실패하여 물체를 놓치는 상황을 인식하는 실험을 진행하였으며 그 결과 제안한 핑거팁이 얇은 물체 조작에 있어 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '로봇산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(세부과제번호:20015411)

발표자*, 교신저자#(joseph@kitech.re.kr)

소형 정전 용량 소프트센서 기반의 로봇 손가락 팁 촉각 센싱 모듈

남동우[1,2,*], 권순철[1], 신원석[1], 박승태[1,2], 안범모[1,2,#]

Robot fingertip tactile sensing module based on miniaturized capacitive type soft sensor

D. W. Nam[1,2,*], S. C. Kwon[1], W. S. Shin[1], S. T. Park[1,2], B. M. Ahn[1,2#]

한국생산기술연구원[1], 과학기술연합대학원대학교[2]

Key Words : Capacitive type soft sensor, Tactile sensing module, Robot fingertip

로봇 손을 이용한 파지 작업에는 주로 비전 센싱이 사용되었다. 이는 물체의 시각적인 정보를 제공받을 수 있지만, 시각 카메라가 로봇 혹은 물체에 가려지게 되면 제대로 작업을 할 수 없게 되고, 로봇 손가락 끝 부분의 힘 측정이 되지 않아 파지하고자 하는 물체가 파괴될 수 있는 단점이 존재한다. 또한, 로봇 손가락에 장착된 촉각 센서들은 복잡한 구조와 외부 측정 장비와의 복잡한 연결로 인하여 실용성이 떨어진다. 본 연구에서는, 로봇 손가락 팁 형태의 센싱 모듈을 제작하여 그 사용성에 관해 논하고자 한다. 전도성 천과 실리콘 고무를 이용하여 6 mm * 8 mm 크기의 정전 용량 소프트 센서를 제작하였으며, 제작된 센서들을 로봇 손가락 팁 형태의 구조물에 배치하여 로봇 손가락 팁에서의 물체 파지 여부 측정이 가능하도록 하였다. 로봇 손가락 팁에는 25 mm * 30 mm 크기의 컨트롤러 보드가 내장되어 별도의 외부 측정 장치를 필요로 하지 않는다. 로봇 손에 센싱 모듈을 결합하여 각각 페트 병, 금속 텀블러를 파지하는 작업을 수행하였다. 각각의 물체를 파지할 때, 로봇 손의 파지 힘을 달리 함으로써 센싱 모듈에서의 신호 변화를 관찰하였다. 파지 힘의 변화에 의하여 센서에서의 신호가 19.8 %까지 변화하는 것을 관찰하였다. 본 연구를 통하여 제작된 센싱 모듈은 연성 재료를 이용한 소프트 센서 기반으로 제작이 매우 용이하였으며, 파지 힘 및 물체 변화에 의한 신호 변화를 확인할 수 있었다.

후기 This research was supported by the Technology Innovation Program (20007058, Development of safe and comfortable human augmentation hybrid robot suit) funded By the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#(bmahn@kitech.re.kr)

원단 와인딩 및 이송용 로봇 자동화 시스템 설계

이소진*,#, 이재용, 이동현

Design of robot automation system for fabric winding and transport

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

한국섬유기계융합연구원

Key Words : Winding, Textile product, Robot, Automation

원단 형태로 생산되는 섬유제품의 경우 생산 시 포장, 운반 및 후공정 사용성 증대를 위해 원단을 지관에 와인딩하여 이송 및 보관한다. 원단이 전용기로부터 배출되면 지관을 삽입하여 원단을 와인딩하고 롤이 완성되면 이송 및 팔레타이징한다. 고하중의 대형 원단 롤 와인딩 보조 및 이송작업은 수작업에 의존하고 있으며 안전사고 위험성을 내재하고 있고 고임금 저고용 현상이 심화되고 있는 상황에서 매우 시급하게 로봇 자동화가 이루어져하는 공정이다. 본 연구에서는 작업 환경 개선, 인건비 절감을 위한 원단 와인딩 및 이송용 로봇 자동화 시스템을 설계 및 개발하였다. 연속적으로 생산되는 원단의 끝단을 파지하여 원단이 풀리지 않게 지관에 감아 건 후 가압하여 원단 롤이 제조되도록 하였고, 원단 롤을 안정적으로 이송하여 팔레타이징하기 위해서 강건한 구조의 이송 장치를 구성하였다. 이를 검증하기 위하여 3D 모델링 및 시뮬레이션을 수행하여 공정 로봇 자동화 시 작업 가능성 및 로봇 Cycle Time을 검토하였고, 테스트베드 제작 및 성능시험을 통해 시스템의 적합성을 확인하였다. 본 공정모델은 원단 형태로 생산되는 섬유제품을 와인딩 및 롤 이송/적재에 적합한 시스템으로 개발되었으며 의류산업, 산업용 섬유산업 등 다양한 섬유 산업분야에 응용 가능하다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 지원을 받아 연구되었음(No. 20008754)

발표자*, 교신저자#(sojinlee@kotmi.re.kr)

원전 해체건물 표면 오염도 측정 로봇 구조에 관한 연구

김기진*, 김종헌, 김경환, 류요엘#

Research on the robot for measuring surface contamination of nuclear power plant decommissioned buildings

K. J. Kim*, J. H. Kim, K. H. Kim, J. E. Ryu#

한국로봇산업진흥원

Key Words : Nuclear robot, Measuring surface contamination, Nuclear power plant system

원전 로봇 시장은 안전에 대한 중요성 인식으로 급격하게 성장하고 있다. 다양한 원전 산업에서 인간의 방사능에 대한 노출을 최소화하기 위하여 현장 환경 접근, 정보 취득, 반복 작업 수행 등 로봇의 활용은 필수이다. 특히, 원전 해체 관련 오염도 측정 로봇에 대해서 사용되는 로봇 구조에 대한 연구는 전무한 상황이다. 이에, 본 논문에서는 원전 해체 환경의 건물 표면에 대한 오염도 측정 로봇 구조에 대해 소개하고자 한다. 로봇의 구조를 표준화하기 위해 원전 해체 환경을 고려하여 필요한 구조와 기술을 정의하였다. 먼저 비정형 바닥면 측정 구조와 건물 높은 벽면에 대한 측정을 위한 가변 리프트 구조를 연구하였다. 그리고, 원격으로 취득되는 지도, 환경정보 및 방사능 오염도 등에 대한 수집, 가공 및 배포를 위한 이미지(2D)와 영상(3D)의 통합에 대한 검토를 고려하였다. 또한, 건물 실내·실외에서 로봇 위치를 고려하기 위한 기술을 연구하여 원격으로 로봇을 제어하고 모니터링할 수 있는 여건을 확보하였다. 본 구조를 통합한 원전 해체건물의 표면 오염도 측정 로봇은 원전 관련 극한 상황에서 활용될 수 있어 원전 산업 분야에서 로봇 기술이 확산하는데 기여할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 '원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2023-00236726)

발표자*, 교신저자#(joelryu@kiria.org)

공작물 치수측정 자동화를 위한 지능 기반 검사 로봇 시스템 성능 평가방법 개발에 관한 연구

김진주*, 류요엘#

A study on the development of intelligence-based inspection robot system performance evaluation Method for Automating workpiece dimension measurement

J. J. Kim*, J. E. Ryu#

한국로봇산업진흥원 로봇기반디지털본부

Key Words : Dimension measurement, Inspection, Robot system, Intelligence

최근 단순 반복 및 열악한 공정을 중심으로 로봇 도입이 확산되고 있을 뿐만 아니라, 로봇에 인공지능 기술을 접목하는 연구와 실증이 진행되고 있다. 특히 머신텐딩, 조립, 검사 공정 등에서 로봇이 작업대상물을 인지하여 자동화하고 있다. 그러나 현장에서는 인공지능이 적용된 로봇시스템의 성능 및 공정 안정성 등을 확인할 수 없어 로봇 도입을 주저하고 있다. 산업용로봇의 성능과 안전성을 평가하기 위한 기술은 표준화되어 있으나 인공지능 기술을 반영하고 있지 않기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 공작물 치수 측정 자동화를 위한 로봇시스템의 성능 평가 항목을 정의하고 평가 방법 제안하고자 한다. 본 연구를 통해 인공지능이 적용된 로봇시스템의 객관적 성능 확인과 로봇 도입 확산에 기여하고자 한다.

발표자*(kjj822@kiria.org), 교신저자#(joelryu@kiria.org)

숙련공의 작업 노하우를 로봇에 적용하기 위한 모방학습 프레임워크 연구

정민기*, 조창노, 김동엽, 황정훈, 전세웅#

A study on the imitation learning framework to apply the work know-how of skilled workers to robots

M. G. Jung*, C. N. Jo, D. Y. Kim, J. H. Hwang, S. W. Jun#

한국전자기술연구원

Key Words : Imitation learning, Reinforcement learning, Teleoperation

산업 현장에서 로봇을 이용한 공정 자동화 연구가 여러 방면으로 진행되고 있다. 하지만 기존 자동화 방법 중 대부분은 논리 알고리즘을 통한 반복 작업 위주이고 물체 및 상황이 바뀌는 등 비정형적 특징을 가지는 작업에는 적합하지 않다. 따라서 아직 산업 공정 과정에서 많은 비정형 수작업들은 숙련공들의 작업으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 비정형 작업 시 숙련공의 작업 데이터를 수집한 뒤 모방학습으로 로봇 컨트롤러를 학습하여 로봇이 숙련공의 작업 노하우를 모방하여 작업할 수 있도록 하는 프레임워크를 제안했다. 텔레오퍼레이션 기술을 이용하여 로봇의 End-effector를 교시할 수 있는 시스템을 구축하였다. 로봇은 Franka Emika를 사용하였고, 숙련공은 텔레오퍼레이션을 통해 왕복사상기를 이용한 금형 래핑 작업을 수행하며 정밀하게 로봇의 경로를 생성한다. 생성된 로봇의 경로는 시간에 따른 로봇 관절 각도 데이터로 변환되며 이 데이터는 모방학습의 학습 데이터로 사용된다. 모방학습은 가상환경에서 이뤄지며 Isaac Gym 물리엔진을 이용하여 동역학 시뮬레이션이 수행된다. 모방학습은 AMP 알고리즘을 기반으로 구현되었으며 모방학습과 더불어 작업을 더 잘 수행할 수 있게 강화학습이 동시에 적용되었다. 작업 시 작업물 표면과 로봇 End-effector 사이의 거리를 일정하게 유지할 수 있도록 강화학습 보상 함수를 설계하였고, 이는 금형 래핑 작업 시 표면에 더 잘 접촉할 수 있도록 하는 효과를 가져온다. 숙련공의 작업 시 데이터 취득부터 모방학습을 이용한 로봇 컨트롤러 학습까지 하나의 시스템으로 구현하였다. 추후에는 여러 작업과 로봇에 적용될 수 있는 범용적인 시스템을 구현할 예정이다.

후기 This work was supported by the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. P0017384)

발표자*, 교신저자#(daniel@keti.re.kr)

비정형 수소저장용기의 수소 충전 시 온도 분포 해석

신태성[1,*], 정우석[1,2], 양현익[3], 안준걸[4,#], 이재철[1,#]

Analysis of temperature distribution during hydrogen refueling of atypical hydrogen storage tank

T. S. Shin[1,*], W. S. Jeong[1,2], Y. I. Yang[3], J. G. Ahn[4,#], J. C. Lee[1,#]

한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[4]

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

최근 지구 온난화로 인하여 탄소 저감, 지속 가능한 사회 구현 등과 같은 이슈에 따라 수소는 모빌리티 산업 분야에 적합한 친환경 에너지로 주목받고 있다. 응용 분야 중 수소전기차는 수소와 산소 결합으로 전기를 자체 생산하는 연료전지가 동력원이므로 친환경 전기차로 인정받고 있다. 수소전기차의 수소저장용기는 기술적, 경제성 측면에서 액화수소보다 수소 기체를 고압(350 또는 700bar)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 수량 증가는 저장 공간 활용성 감소와 제작비용 증가로 경제성이 감소하게 된다. 따라서 저장 공간 활용성 측면을 개선하면서 다수의 용기와 하나의 밸브로 이루어진 경제성을 확보한 새로운 형태의 비정형 수소 저장 용기가 필요하다.

본 연구에서는 제안하고자 하는 비정형 수소저장용기의 수소 충전 시 온도 분포를 예측하기 위해 CFD 해석을 진행하였다. 비정형 수소 저장 용기의 해석 모델의 신뢰성을 확보하기 위해 정형 수소저장용기의 해석모델과 실험 결과를 비교하였다. 비교 결과를 바탕으로 해석을 위한 적절한 난류 모델과 해석 조건을 결정하여 비정형 수소저장용기의 해석모델을 구성하였다. CFD 해석모델로 수소 충전 시 비정형 수소저장용기 내부의 온도 분포를 해석하였으며, 이 연구 결과는 충전 중 수소 저장 용기의 안전성과 충전 방법에 대한 추가 연구에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : 20011919).

발표자*, 교신저자#(안준걸 : jgahn@kitech.re.kr, 이재철 : jc2@kitech.re.kr)

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

탄소섬유 복합재 승강키의 재료 물성과 적층 순서에 따른 특성 해석

김성은[1,4,*], 양현익[2], 김문성[1,4], 안준걸[3,#], 김기영[4,#]

Characteristic analysis of a carbon fiber composite elevator based on the material properties and stacking sequence

Sung-Eun Kim[1,4,*], Hyun-Ik Yang[2], Moon-Sung Kim[1,4], Jun-Geol Ahn[3,#], Ki-Young Kim[4,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한양대학교 기계공학과[2], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[3], 한국생산기술연구원 소재부품융합부문[4]

Key Words : Carbon fiber composite, Elevator, Stacking sequence

승강키 (Elevator)는 항공기 꼬리 날개의 구성품 중 수평안전판 (Horizontal stabilizer) 후방 스파 (Spar)에 힌지 (Hinge)로 결합된 부분으로, 2개의 승강키가 쌍으로 대칭을 이루어 기체의 피치 (Pitch)를 제어하는데 사용한다. 탄소섬유 복합재는 금속소재 대비 높은 비강성으로 최신 기체들의 승강키는 탄소섬유 복합재를 주로 사용하고 있다. 그러나 승강키에 사용되는 탄소섬유 복합재는 구성성분이 되는 프리프레그 (Prepreg)의 재료 물성과 적층 순서에 따라 굽힘성이나 파손가능성이 달라질 수 있어 이에 대한 연구는 기체의 형상 및 조건에 따라 지속적으로 요구되고 있다.

이와 같은 동기로, 본 연구에서는 먼저 프리프레그 단계에서 항공용으로 사용되는 2가지 종류의 프리프레그 물성들을 시험하고 이를 해석 모델에 적용하였다. 그리고 탄소섬유 복합재가 적용된 승강키의 적층 순서를 변경함으로, 적층 순서와 재료 물성에 따른 승강키 모델을 구성하고 각 케이스들의 특성을 비교하고자 한다. 프리프레그 물성시험은 ASTM 규격으로 인장 및 충격강도 등을 측정하였다. 해석 모델에 대해 적층 순서는 3가지 적층 각도를 기준으로 8층의 구조를 갖는 순서로 구성하였고, 해석 모델에 대한 특성 평가방법은 승강키가 받는 하중에 대한 최대 굽힘량과 최대 응력 그리고 tsai-wu 파손 기준을 적용하여 평가하였다. 해석 결과는 개발 프리프레그를 적용한 승강키 모델이 도출된 최적 적층 순서에서 최대 굽힘량과 최대 응력, tsai-wu 파손 기준 모두 비교군 대비 상대적으로 우수한 값을 보이는 것으로 나타났으며, 적층 순서는 두 프리프레그의 물성 차이보다 결과에 대해 더 큰 가중치를 갖는 것으로 나타났다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호: 20021950).

발표자*, 교신저자#(안준걸 : jgahn@kitech.re.kr, 김기영 : kkim@kitech.re.kr)

CFRP 기반 수소연료전지 엔드플레이트의 적층각에 따른 강성 성능 평가

안준걸[*,#]

An evaluation of stiffness performance for the carbon-fiber reinforced plastic-based end-plates in hydrogen fuel cell

J. G. Ahn[*,#]

한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문

Key Words : Wettability, Aluminum, Bonding process

수소연료전지 내 엔드플레이트를 경량화하면서도 높은 강성 조건을 만족하기 위해서는 Carbon-Fiber Reinforced Plastic (CFRP) 와 같은 비강성이 높은 소재가 필수적이다. 그러나 CFRP 를 통해 엔드플레이트를 제조할 경우, 적층각도에 따라 엔드플레이트의 강성 성능이 달라질 수 있기 때문에, 동일 질량 내 높은 강성을 구현하기 위해서는 적층각에 따른 강성 성능 평가가 필수적이다. 이러한 동기를 바탕으로, 본 연구에서는 CFRP 엔드플레이트의 적층각에 따른 강성 평가를 진행한다. CFRP 로는 Epoxy 기반 390 GPa 급 Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) 를 활용하였으며, 여기서 적층 각도는 0도, ±45도, +90도 와 같이 CFRP 기반 제품 제조시 가장 많이 활용되는 4개의 적층각도를 활용하였다. 이 후, CFRP 엔드플레이트의 강성 성능은 간소화된 외팔보 수치 시험을 실시하는것으로 평가하였다. 그 결과, 다양한 각도를 활용하여 (예: -45/+45/+45/-45/+45/-45) 적층각을 형성하는 것이 단일 적층각을 구성하는거보다 CFRP 엔드플레이트의 강성을 더 높일 수 있는것으로 평가된다.

후기 이 논문은 2023년 산업통산자원부 산하 한국탄소산업진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임.
(RS 2023-00265630, 2023년 탄소융복합소재부품 실증사업)

발표자[*], 교신저자[#]

비정형 수소저장장치 모듈의 화염안전시스템 개발

정우석[1,2,*], 신태성[1], 양현익[3], 안준걸[4,#], 이재철[1,#]

Development of a fire safety system for the atypical hydrogen storage modules

W. S. Jeong[1,2,*], T. S. Shin[1], H. I. Yang[3], J. G. Ahn[4,#] , J. C. Lee[1,#]

한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[4]

Key Words : Fire safety system, Flame recognition sensor, Optimal sensor placement, Atypical hydrogen storage module, TPRD

수소저장장치는 에너지 저장 수단의 한 형태로, 현재 자동차와 같은 수송 수단에서 활용도를 높이고 있다. 수소저장장치에 포함되는 수소용기는 화재 노출 시 내부 압력 팽창으로 인하여 폭발 할 가능성이 있으며 이를 방지하기 위한 여러 안전시스템이 개발 되었다. 현재 승용차에 사용되는 저세장비 용기 형태의 수소저장장치는 열에 의해 내부 퓨즈가 녹아 유로를 개방하여 용기를 감압하는 TPRD(온도 감응형 안전밸브)를 사용하여 화재 안전성을 구축하였다. 비정형 수소저장장치는 직경이 작고 길이가 긴 용기 여러 개를 연결한 형태를 갖는다. 그러나 기존의 수소저장장치 보다 넓은 면적을 갖게 되며 기존 수소저장장치의 화염안전시스템이 적용되지 않기에 추가적인 센서를 적용한 화염안전시스템이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 개발한 열 감응형 화염인식센서와 상용 빛 감응형 화염인식센서로 구성된 화염안전시스템을 고안하였다. 화염안전시스템에선 열 감응형 화염인식센서가 열을 감지하면 전기 회로를 연결시킨다. 이로 인해 작동하는 빛 감응형 화염인식센서는 2차적으로 화재 상황을 인식하고 TPRD에 부착된 열전 소자에 전압을 보내 TPRD를 작동시킨다. 더불어 화염인식센서의 실험 데이터를 이용한 해석을 수행하여 비정형 수소저장장치 모듈에 최적화된 화염인식센서 배치 안에 대해 연구하였다. 본 연구에서 제시한 화염안전시스템은 2단계에 걸친 화재 상황 판단을 통해 센서의 오작동을 방지 할 수 있다. 그리고 비정형 수소저장장치 모듈에서 기존 모듈보다 빠르게 안전장치를 작동시킬 수 있어 더 높은 화재 안전성을 확보할 것으로 예상된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 지원을 받아 연구되었음(No. 20011919)

발표자*, 교신저자#(안준걸 : jgahn@kitech.re.kr, 이재철 : jc2@kitech.re.kr)

고효율 롤러 컨베이어 시스템 구축을 위한 CFRP 이중 롤러의 Gap block 파라미터 설계 방법

양승지[1,*], 신태성[2], 양현익[3,#], 안준걸[4,#]

Design method for gap block parameters of the CFRP double roller for high-efficiency roller conveyor system construction

S. J. Yang[1,*], T. S. Shin[2], H. I. Yang[3,#], J. G. Ahn[4,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문[2], 한양대학교 기계공학과[3], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[4]

Key Words : Double roller, Gap block, Roller conveyor, CFRP

이중 롤러는 내부 공간에 Gap block이 위치하는 구조적 특징에 의해 Gap block 파라미터 설계에 따라 다양한 변형 양상을 가질 수 있다. 본 연구에서는 이중 롤러의 이러한 구조적 특성을 활용하여, 롤러 컨베이어의 제품 운반 과정에서 발생되는 결함을 최소화할 수 있는 Carbon-fiber reinforced plastic (CFRP) 이중 롤러의 Gap block 파라미터 설계 방법을 제안한다. 가장 먼저, CFRP 이중 롤러의 변형 양상에 영향을 주는 주요 변수들과 공정 정밀도를 고려하여 Gap block 파라미터를 선정하였다. 그런 다음, 유한 요소 해석을 활용하여 선정된 Gap block 파라미터에 따른 CFRP 이중 롤러의 변형 양상을 추출하고, CFRP 이중 롤러에 발생되는 변형량의 차이를 기준으로 변형 양상을 분석하였다. 또한, 본 연구에서의 CFRP 소재 적용 및 이중 롤러 구조 활용에 대한 효용성을 판단하기 위해, 기존 컨베이어 단일 롤러의 변형 양상과 비교 분석을 수행하였다. 그 결과로, 기존 컨베이어 롤러 대비 제품 운반 과정에서의 결함을 크게 감소시킬 수 있는 CFRP 이중 롤러의 Gap block 파라미터를 설계할 수 있었으며, 이러한 결과를 통해 고효율의 경량화된 롤러 컨베이어 시스템을 구축하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 2023년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (P0012769, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

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

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

표면처리공정에서 알루미늄 계열 피착제의 젖음성 향상을 위한 레이저 가공의 적용

안준걸[*,#]

Application of laser process for improving wettability of aluminum-based adhesive in surface treatment process

J. G. Ahn[*,#]

한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문

Key Words : Wettability, Aluminum, Bonding process

접촉각등 을 통해 측정 할 수 있는 피착제의 젖음성은 접착성능에 직접적인 영향을 준다. 나무, 플라스틱과 같은 재질과는 다르게, 알루미늄 피착제의 경우 이미 표면에너지가 높은 상태이기 때문에, 일반적인 표면처리 공정을 통해 알루미늄 피착제의 젖음성을 향상시키기는 쉽지 않다. 이러한 동기를 바탕으로, 본 연구에서는, 레이저 가공을 활용하여 알루미늄 계열 피착제의 젖음성이 향상될 수 있는지 파악한다. 피착제는, 일반적으로 냉각블록 Assembly 등에서 주로 활용되는 AL6061-T6, AL3003-H14, AL1050-H14 를 활용하였으며, 레이저 장비로는 Pulsed 작동방식의 UV 레이저를 활용하였다. 그 결과, 레이저 가공을 통해 이미 표면에너지가 높은 알루미늄 피착제의 젖음각을 향상시킬 수도 있음을 파악하였으며, 더 나아가 레이저 가공을 통한 표면처리 공정이 알루미늄 기반 피착제 간 접착성능을 향상시키는데 기여 할 수도 있다고 판단한다.

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

발표자[*], 교신저자[#]

LFT 공정 방식에 따른 PA-PPO/GF LFT 내열성 연구

김문성[1,4,*], 양현익[2], 김성은[1,4], 안준걸[3,#], 김기영[4,#]

Investigation on the heat resistance of PA-PPO/GF LFT depending on LFT processing method

Moon-Sung Kim[1,4,*], Hyun-Ik Yang[2], Sung-Eun Kim[1,4], Jun-Geol Ahn[3,#], Ki-Young Kim[4,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한양대학교 기계공학과[2], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[3], 한국생산기술연구원 소재부품융합부문[4]

Key Words : Fiber Reinforced Plastic (FRP), Long Reinforced Thermoplasics (LFT), Polyphenylene Oxide (PPO), Polyamide (PA), Heat resistance

섬유강화플라스틱(Fiber Reinforced Plastic, FRP)은 강화섬유와 수지 매트릭스를 결합하여 제조하는 첨단 복합재료로 고강성, 고강도, 경량성 등 우수한 특징을 지녀 다양한 산업군에서 활용되고 있다. 수지 매트릭스로 활용되는 다양한 수지 종류 중 Polyphenylene oxide (PPO) 수지는 우수한 강성, 내수성, 치수안정성 등을 지니고 있으나 성형가공성이 낮아 단독으로 활용하기에 어려움이 있다. 따라서 낮은 성형가공성을 높이고자 Polyamide (PA)와 조합해 PA-PPO로 사용하지만, PA 함량이 높을 경우 강화 섬유와의 결합이 어렵고, 제조된 펠렛의 흡습성이 증가해 제품의 내열성이 저하될 수 있다. 그러나 Long Fiber Reinforced Thermoplastics (LFT)의 공정 방식에 따라 섬유와 수지의 결합 길이나, 흡습량이 달라질 수 있다.

본 연구에서는 LFT 공정 방식에 따른 PA-PPO/GF의 내열성을 평가하고자 한다. 평가 방법으로 PA 함량을 조정한 데스코社의 PA-PPO 수지를 사용하여 직접압출법과 인발법으로 생산된 PA-PPO/GF LFT 인장 시편의 내열성을 시험하였다. 시험 방법으로 온도 140 [℃], 500시간 및 1000시간 동안 GF 함량 30 [wt%] 인장시편을 가열하였고, 가열 시간 0, 500, 1000시간의 시편으로 인장 시험하여 결과를 비교하였다. 도출된 결과를 통하여 PA-PPO/GF LFT의 내열성 상승을 위한 적절한 공정 방식을 나타냈다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호: 20011408)

발표자*, 교신저자#(안준걸 : jgahn@kitech.re.kr, 김기영 : kkim@kitech.re.kr)

활성탄소섬유를 이용한 정화장치의 유동해석

황재순[1,*,#], 박경서[2], 박정수[3]

Flow analysis of purification system using activated carbon fiber

Jaesoon Hwang[1,*,#], K. S. Park[2], J. S. Park[3]

한국과학기술정보연구원 국가슈퍼컴퓨팅본부[1], (재)포항금속소재산업진흥원[2], (주)청색기술[3]

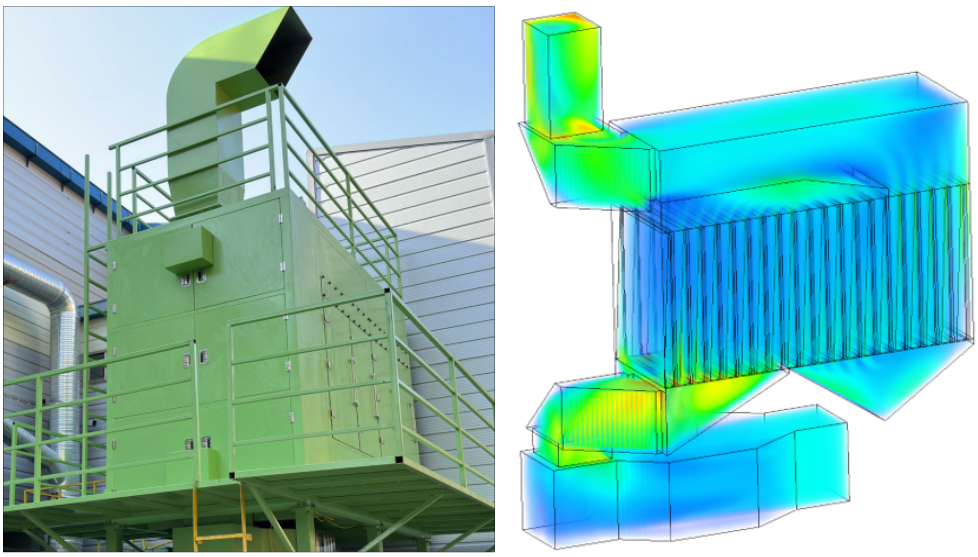
Key Words : Activated carbon fiber, Purification system, Computational fluid dynamics

본 논문은 B사에서 개발하여 판매중인 정화장치에 대하여 유동 해석을 통해 구조 안전성을 검증하였다. 정화장치는 활성 탄소섬유로 제작된 20개의 필터로 구성되어 있고, 크게 3단(1단(8개)-2단(6개)-3단(6개))으로 구분되어 "ㄹ"자 유동 패턴을 갖는다. 본 논문에서는 활성 탄소섬유를 다공성 매질로 가정하여 유동해석을 수행하였으며 실제 실험 결과에 맞춰 계수를 보정하였다. 전체 모델에 대한 유동해석 결과 3단으로 구성된 필터부를 지나며 압력 손실이 증가함을 확인하였고, 필터부에서는 거의 유사한 속도 분포를 보이며 정체 영역은 없을 것으로 확인하였다. 또한 각 필터부를 통과하는 질량 유량을 비교한 결과 유입되는 공기의 양은 조금씩 편차가 발생함을 확인하였다.

정화장치의 유동 해석을 수행한 결과 설계 유량에 대한 압력 손실은 1.59 kPa로 낮게 예측되었다. 유동해석 수행 전 예측했던 압력 손실보다 많이 낮은 결과가 도출되었고, 이것으로 미루어 유동 저항에 의한 구조물의 문제는 발생하지 않을 것으로 판단할 수 있다. 하지만 실제 제품에는 구조물에 문제가 발생할 정도로 부하가 많이 걸리는 문제가 발생하였다. 그 원인은 유해가스에 포함된 불순물에 의한 파울링(fouling) 문제일 것으로 예상해 볼 수 있다. 유해가스가 깨끗한 신기가 아니기 때문에 배출되는 과정에서 필터를 막아 제품을 파손시킬 정도의 문제가 발생하는 것으로 예측할 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 “디지털 엔지니어링 기반 뿌리산업 혁신성장 고도화사업”의 지원을 받아 수행된 연구입니다.(과제번호 : P0017685)

발표자*, 교신저자#(jshwang@kisti.re.kr)



< 정화장치 설치 사진 및 해석 결과(속도 분포) >

복합열전달 해석을 통한 Curved TEC 모듈의 냉각 성능 분석

손일엽*,#

A study on cooling performance of curved TEC modules with conjugate heat transfer analysis

I. Sohn*,#

한국과학기술정보연구원 지능형시뮬레이션센터

Key Words : Curved TEC, Cooling performance, CHT, CFD

유연열전 소자는 고체식 열펌프로서 열전소자의 한쪽 면에서는 열을 흡수하고 반대편에서는 열을 방출하여 궁극적으로는 제품의 특정부위를 냉각시키는 목적으로 다방면에서 적용되고 있다. 냉각 유닛은 냉각이 필요한 제품과 열전소자, 방열부로 구성되어 있으며 유연성이라는 특성으로 인해 곡률이 있는 부위에도 부착하여 냉각시킬 수 있는 장점이 있다. 열전소자의 효율은 열전소자의 발열량을 방열판을 통하여 열을 제거하는 기능에 크게 좌우되므로 흡열량이 고정된 상황에서 방열량을 증가시킴으로써 열전소자의 냉각 효율을 크게 높일 수 있다. 본 연구에서는 유연열전소자의 특성을 이용하여 방열부 면적을 확대함으로써 냉각 효율이 향상되도록 실린더형 냉각 유닛을 개발하였다. 실제 유닛을 구성하기에 앞서 전산유체 시뮬레이션을 통해 가상의 전산실험을 통해 실린더형 냉각 유닛의 냉각 효율을 검토하였다. 냉각 성능 비교를 위해 기존의 평면형 냉각 유닛과 동일한 경계 조건을 부여하여 평면형 냉각 유닛 대비 실린더형 냉각 유닛의 냉각 온도와 유속을 예측하였다. 유한체적법 기반의 전산유체역학 시뮬레이션을 통해 공기와 방열핀 사이의 열전달을 모사하였고 복합열전달 기법을 통해 고체와 유체 간의 열전달을 상세하게 모사하였다. 시뮬레이션 결과 평면형 보다 원통형에서 냉각부를 흘러가는 유량은 감소하지만 반대로 냉각이 되는 공기의 온도는 평면형보다 원통형이 더 감소하게 됨을 확인하였다. 실제 실험을 통해 얻어지는 결과와 시뮬레이션 결과가 일치하도록 추가 연산을 통해 전산유체역학에서 사용된 경계 조건의 적합성을 추후 검토할 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 “디지털 엔지니어링 기반 뿌리산업 혁신성장 고도화사업”의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호 : P0017685)

발표자*, 교신저자#(sohniy@kisti.re.kr)

사용후 배터리 Al 인발튜브 절단 커터의 내구성 분석

김호윤*,#

Durability analysis of cutting knife for used battery Al extruded tube

H. Y. Kim*,#

한국과학기술정보연구원

Key Words : Used battery, Extruded tube, Cutting knife, Durability

사용후 배터리 재활용을 위한 해체에 사용하는 절단 커터의 수명향상을 위하여 성형공정 전문해석 소프트웨어인 AFDEX-3D를 이용하였으며, 커터 기울기 및 재질, 팁 각도 등의 설계변수를 고려하여 커터의 마모량을 예측하였다. 이전 연구에서는 해석난이도 조절을 위하여 사용후 배터리를 일체형으로 모델링하였으나, 본 연구에서는 사용후 배터리를 Al 케이스와 기타 부품으로 각각 모델링하여 해석결과의 신뢰도를 향상시켰다.

주요 설계변수로는 블레이드 팁이 사용후 배터리에 절입하는 각도인 커터의 기울기, 커터 제작에 사용된 재질, 블레이드 팁 단면형상의 각도를 나타내는 팁 각도의 3종을 선정하였다. 이를 고려하여 현장에서 주로 사용하는 변수의 범위를 적용하였으며, 커터의 기울기는 12° ~20° , 재질은 SKD11과 SKH51, 그리고 팁 각도는 10° ~40° 로 설정하여 각 변수의 마모량에 대한 영향성을 분석하였다. 분석대상 결과인 마모량 예측에는 수정된 아차드 모델(The Modified Archard Wear Model)을 적용하였다. 또한 마모량에 큰 영향을 미치는 조건인 사용후 배터리 케이스의 두께와 적용소재는 3mm와 Al1050을 적용하였다.

AFDEX-3D를 이용하여 강소성 절단공정으로 해석하였으며, 블레이드 팁과 케이스가 접촉하는 중심지점과 하단지점, 팁과 내부 모듈 접촉면의 중심점 등 커터의 3개 주요 포인트에서 마모량을 예측하였고, 설계변수별 마모량을 각각 비교하였다. 그 결과 기울기 및 재질의 경향성을 분석하였으며, 기울기 20° 와 SKH51 소재의 우수성을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 “디지털 엔지니어링 기반 뿌리산업 혁신성장 고도화사업”의 지원을 받아 수행된 연구입니다.(과제번호 : P0017685)

발표자*, 교신저자#(hoyoonkim@kisti.re.kr)

다물체 동역학 해석을 활용한 진동센서 공진현상 개선 연구

손영진[1,*], 김재성[1,#], 송진규[2]

A study on improving vibration sensor resonance using multi-body dynamic analysis

Y. J. Son[1,*], J. S. Kim[1,#], J. G. Song[2]

한밭대학교 디지털제조사업단[1], (주)그리뉴진[2]

Key Words : Mode contribution, System eigenvalue, Vibration sensor

본 연구에서는 다물체 동역학 해석 프로그램인 ANSYS Motion을 활용하여 각 축에 발생하는 진동센서의 공진현상을 개선하기 위해 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 실제 진동센서의 가진 시험을 통해 750Hz~5500Hz까지 측정한 결과 일부 주파수에서 진동특성이 증폭되었음을 확인하였다. 실제 설비의 진동특성은 전기적인 신호로 변환하는 진동센서로부터 얻어지며 진동측정은 기계의 이상 진단, 기계 상태 평가, 승인시험을 수행할 때 사용하는 측정기로 진동센서의 측정가능 범위내에서는 진동이 증폭되면 기계의 상태를 평가하기가 어려워진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 실제 제작하지 않고 가상 모델을 활용하여 시뮬레이션을 통해 원인분석 및 개선을 수행하였다. 연구과정은 실제 진동센서의 가진 시험으로 얻은 결과 중 하나의 주파수 750Hz를 기준으로 해석용 모델에도 입력 축에 750Hz로 1G의 상하 진동을 사인 파 형태로 가하였다. 그리고 해석용 모델의 구속조건과 힘 요소를 교정하여 실제 모델과 비슷한 진동특성을 갖은 해석용 진동센서 모델을 구축하였다. 해석용 모델의 Mode Contribution을 도출했을 때 X축과 Y축 각각 820Hz와 1700Hz의 기여도가 가장 높았으며 진동센서의 프레임의 모서리 부분에서 변형이 크게 발생하고 있었다. 기여도가 높은 진동센서의 프레임 모서리에 구조물을 추가하여 다시 Mode Contribution을 분석한 결과 300Hz~1400Hz까지 공진 주파수가 개선됨을 확인하였다. 추 후의 연구로는 개선된 모델의 가장 높은 기여도를 갖은 모드 형상은 1400Hz, 2400Hz이며 전지 홀더에서 가장 큰 변형이 발생하였다. 전지 홀더 부분의 설계를 추가적으로 변경하여 진동센서 측정 가능 범위 내의 공진 주파수를 개선시킬 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '디지털 엔지니어링 기반 뿌리산업 혁신성장 고도화 사업'의 지원을 받아 연구되었음(P_0017685)

발표자*, 교신저자#(Jaesungkim@hanbat.ac.kr)

임플란트 변수에 따른 외연골 응력 경향성 판단

안석호*, 김재성#

Determination of cortical bone stress vonmises tendency according to implant variables process

S. H. Ahn*, J. S. Kim#

한밭대학교 디지털제조사업단

Key Words : Structural analysis, Implant, Cortical bone

임플란트는 환자 맞춤형으로 진행하는 기술로서 턱뼈에 금속 기반 제품을 삽입하여 시술하는 제품이다. 임플란트를 한 후 10년 이상 사용하는 제품이기 때문에 뼈에 미치는 영향을 분석하는 것이 중요하다. 사람의 턱뼈는 크게 외연골과 내연골로 구분되어 있으며 내연골은 신경이 적은 부드러운 뼈이고 외연골은 신경이 많은 단단한 뼈이기 때문에 외연골에 대한 응력 분석이 중요하다. 연골에 영향을 미치는 요소로는 임플란트의 길이, 반경, 식립 각도 등이 있다. 본 연구에서는 임플란트의 식립 조건에 따른 외연골에 미치는 응력을 구조해석을 통해 판단하고자 한다. 일반적으로 많이 사용하는 8.5mm~11.5mm 임플란트 길이, 3.0mm~5.0mm 임플란트 직경, 어버트를 사용하지 않는 조건인 임플란트 식립 각도 0도~10도 사이의 전후, 좌우 각도 총 4가지의 설계 변수를 기반으로 경향성 판단 해석을 진행하였다. 그 결과 임플란트의 길이가 길어질수록, 반경이 증가할수록 외연골에 발생하는 응력이 적어졌다. 그리고 좌우 및 전후 각도가 0도에 가깝게 수직으로 식립할수록 외연골에 응력이 적게 발생하였다. 길고 두꺼운 임플란트, 수직으로 세운 임플란트가 가장 유리하지만 사람의 턱뼈 및 주변 치아의 영향으로 인해 식립이 힘들기 때문에 ct 및 사진을 통해 얻어진 자료를 기반으로 최소한의 응력이 발생할 수 있는 조건을 만들어 시술이 진행할 수 있도록 만들고자 한다.

발표자*, 교신저자#(jaesungkim@hanbat.ac.kr)

디자인 변경가능한 인쇄 스트레쳐블 변위 센서

조형진[1,*], 송유준[1], 이단비[2], 강윤정[3], 안중호[3], 송지현[1,#]

Post-model reconfigurable printed stretchable strain sensor

H. Jo[1,*], Y. Song[1], D. Lee[2], Y. J. Kang[3], J. Ahn[3], J. H. Song[1,#]

단국대학교 기계공학과[1], 차의과학대학교 의생명과학과[2], 차의과대학대학교 의학전문대학원 생화학교실[3]

Key Words : Electrohydrodynamic printer, Model reconfigurable, Stretchable sensor, Piezoelectric, Printed sensor

직접 인쇄 (Direct printing)를 이용한 기기의 제작은 대량 및 균일한 생산에 이점을 가지고 있다. 이렇게 제작된 전자기기는 웨어러블, 로봇, 그리고 의학 분야에 걸쳐 다양한 방식으로 활용되어왔다. 하지만 대부분의 생산된 인쇄 센서의 경우 기판에 붙어있는 형상을 보인다. 특히, 기판과 일체형으로 제작될 경우, 센서가 한번 인쇄가 된 이후 추가적으로 형상을 바꿀 수 없다는 단점을 가지고 있다. 이와 같은 특성은 인쇄 센서가 대량 생산된 이후 웨어러블 적용 단계에서 다양한 신체 부위 및 사용자에 따른 맞춤 제작이 어렵게 된다. 또한, 기판 일체형 인쇄 플랙시블/스트레쳐블 센서의 경우 물리적인 거동이 발생할 때, 기판의 기계적인 특성에 의존하여 센서의 성능을 제한시킨다. 본 연구에서는 인쇄 센서를 기판에서 분리하여 센서가 인쇄된 이후에 추가적으로 형상을 변형할 수 있는 센서를 소개한다. 해당 제작방식은 처음부터 센서를 다시 제작할 필요가 없어 대량으로 생산된 단일 센서를 연결하거나 조립하여 센싱 하고자 하는 곳에 적용할 수 있다. 센서의 인쇄기법으로는 전기수력학적 방식을 사용하여 기판과 노즐 사이에 고전압을 인가한다. 이와 같은 인쇄 방식은 고점도의 압전잉크가 안정적으로 노즐로 토출되도록 제어할 수 있으며, 인쇄와 동시에 압전물질 쌍극자 분극을 진행하여 별도의 분극 절차를 제거하면서 생산 시간을 단축할 수 있다. 센서는 최대 100% 인장이 가능하며, 내구성 평가를 위한 50%의 1,200회 인장 사이클에서 안정적인 응답을 보였다. 또한 조립 시 다양한 2차원 및 3차원 형상으로 제작이 가능했으며, 조립된 센서들은 웨어러블 및 이식용 생체 센서로 성공적으로 적용되었다.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT, Korea) (NRF-2021R1G1A1093618, RS202300240820); Regenerative Medicine grant funded by the MSIT and the Ministry of Health & Welfare (22A0106L1); Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant (P0020967, P0014717) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*, 교신저자#(jhsong@dankook.ac.kr)

디스플레이 PECVD 공정 챔버 유동해석 기법 연구

홍주표[1,*], 이경훈[2,#]

A CFD study on the PECVD tool design in display panel manufacturing

J. P. Hong[1,*], K. Lee[2,#]

한국기술교육대학교 디자인공학[1], (주)솔루션랩[2]

Key Words : Anisotropic resistance, CFD, PECVD, Display manufacturing

반도체나 디스플레이 제조공정 중 진공을 이용한 플라즈마 공정장비에서의 박막 두께 예측을 위한 해석을 위해서는 히터 온도, 챔버 온도, 가스 유동, 화학 반응 등을 복합적으로 적용해야 한다. 이 연구에서는 8세대 이상 크기의 디스플레이 패널 제조 공정 중 화학기상증착장비의 상부 공정가스분배기구 설계를 위해 공정 챔버 내 기체 유동만을 고려하였다. 수만 개 이상인 상부 가스분배기의 노즐 갯수가 너무 많아 전체를 해석하는 데에는 한계가 예상되었으며, 노즐의 역할을 대신할 수 있는 저항모델을 개발하고자 하였다. 저항모델은 노즐 단위의 유동해석을 통해 주어진 입력 유량에 따른 압력감소를 파악하고 이를 노즐 방향으로만 적용되도록 이방성을 가지도록 한다. 개발된 저항 모델을 검증하기 위해 5445개의 노즐을 고려한 해석 결과와 비교하였다. 저항모델을 사용한 유동해석은 최대 6백만개의 그리드를 사용한 반면 실제 노즐의 형상을 구현한 모델의 경우 3천4백만개의 그리드를 사용하였다. 실제모델의 그리드수는 FlowVision이 가진 SGGR 기능을 사용한 결과이기 때문에 일반적 방법의 그리드를 적용할 경우 1억개 이상의 그리드가 요구될 수 있다. 실제 노즐 갯수는 현재 모델 대비 10배 이상으로 실제 모델을 이용한 해석기법을 설계 단계에 이용하는 것은 불가능하다고 볼 수 있다. 저항모델을 사용한 경우는 그리드의 증가는 요구되지 않고 노즐 갯수의 증가에 따라 노즐단위 해석이 다시 요구된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부(한국산업기술평가관리원)에서 시행한 산업기술혁신사업(20019103)의 지원을 받아 연구되었음

발표자*(joopyo@koreatech.ac.kr), 교신저자#(klee@solution-lab.co.kr)

하이브리드 가공기의 힘-온도 연동제어를 통한 마찰교반용접

박인규[1,#], 김병재[2,*], 이종득[1], 이정우[1], 문성준[2]

A force-temperature collaborative controller for friction stir welding of hybrid M/C

In-Gyu Park[1,#], Byeongjae Kim[2,*], Jongdeuk Lee[1], Jungwoo Lee[1], Seongjun Moon[2]

한국로봇융합연구원[1], 화천기공(주)[2]

Key Words : Hybrid M/C, Force-temperature Collaborative controller, System identification, Tool holder for temperature Measurement, FSW

하이브리드 가공기는 절삭작업과 동시에 마찰교반용접 작업을 수행할 수 있는 최신 방식의 공작기계로서 앞으로 시장확대가 기대되는 공작지계이다. 마찰교반용접은 공구가 회전하면서 용융 전에 소재를 용융온도의 60~90%로 가열 후, 공구의 회전력과 압력으로 소성가공을 수행하면서 작업을 한다. 최근에는 크고 긴 소재품들의 용접 생산성 향상을 위해 1000 mm/min 이상의 빠른 이송 속도와 고속회전 2000 rpm 이상의 고속회전이 요구된다. 용접품질 향상을 위해서는 용접 조인트부의 온도와 압력이 중요한 작업변수가 된다. 용접 조인트부에서 발생되는 온도특성은 시간지연을 가지면서 지속적으로 증가하는 1차 시스템의 특성을 가진다. 또한, 온도 제어의 특성은 소재의 온도를 일시적으로 낮출 수가 없어 제어의 응답특성이 매우 낮은 편이다. 본 논문에서는 작업변수인 조인트부의 압력과 온도를 연동하여 제어하는 방안을 제안한다. 압력은 어드미턴스 힘 제어를 이용하여 작업 중 압력 변화를 대응하기 위한 공구 높이를 제어하고, 온도는 공구의 회전수를 변경하면서 PID제어를 수행한다. 온도 특성을 분석하기 위해 시스템ID기법을 사용하여 개루프의 1차 전달함수를 구하고, 페루프 게인은 Bode diagram기술을 활용하여 최적화된 PI 게인을 선정한다. 힘-온도 연동제어를 위해, 플런징 직후 공구가 진행되는 순간 힘 및 온도제어기가 작동되고, 조인트부의 힘이 일정하게 유지되면서도 온도가 상승하거나 낮아지면 공구의 회전수를 변경하여 일정한 온도가 되도록 제어를 수행한다. 본 제안의 검증을 위한 실험에 사용된 조건은 열처리 없는 AL6061소재를 사용하고, 툴홀더는 ∅12 mm 숄더, 3 mm 깊이의 프루브 공구에 온도를 측정할 수 있도록 써머커플러를 장착한 툴과 홀더구조를 갖는다. 작업조건은 1000 mm/min 속도에 2000 rpm 이며 작업 길이는 800 mm 이다. 실제 작업 결과 온도제어기로 인한 회전수의 변동 범위가 600 rpm 이상 변동하면서 일정한 힘을 유지함을 파악하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부가 지원한 '기계장비산업기술개발사업'으로 지원을 받아 수행된 연구결과입니다. [과제명:마찰교반용접/머시닝 하이브리드 가공시스템 개발 / 과제번호: 20018458]

발표자*(kbj@hwacheon.com), 교신저자#(igpark@kiro.re.kr)

구조 해석을 통한 용접 bellows 피로 예측

전도윤*, 이준영, 김승모#

Diaphragm bellows fatigue prediction using structural simulation

D. Y. Jeon*, J. Y. Lee, S. M. Kim#

한국기술교육대학교 기계공학부

Key Words : Bellows, Finite element method, Fatigue

In this study, fatigue was predicted through finite element analysis of welded bellows produced by welding the outer diameter of the diaphragm. Bellows are critical components in various engineering applications, known for their ability to absorb thermal expansion, vibration, and pressure variations. Accurate prediction of their fatigue life is essential for ensuring the reliability of these systems. For structural analysis, ANSYS, a widely used commercial software, was employed to simulate the displacement applied to the bellows and assess the results obtained through the analysis were meticulously compared with those derived from conventional fatigue tests on bellows to validate the numerical analysis program. This rigorous validation process ensures the reliability of the analytical approach. Furthermore, we explored the influence of key parameters, such as bellows type, pitch, and SPAN, on von Mises stress and fatigue. Surprisingly, the investigation revealed that variations in pitch, SPAN, and bellows type had minimal, if any, significant impact on von Mises stress and fatigue.

발표자*, 교신저자#(smkim@koreatech.ac.kr)

보행기반 이동형 가공기를 이용한 연속 평면밀링

김창주*,#, 김대현, 이찬영, 노승국

Continuous facemilling using a walking type mobile machine

C. J. Kim*,#, D. H. Kim, C. Y. Lee, S. K. Ro

한국기계연구원

Key Words : Mobile machine, Facemilling, Ship-building

항공기 동체, 선박, 풍력발전기 등에 필요한 대형 공작물을 가공하기 위해서는 가공물보다 1.5배에서 2배 이상 큰 가공장비를 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 이러한 대형 가공장비는 구조적 강성이 높은 장점이 있는 반면 높은 투자비용, 넓은 설치공간, 낮은 에너지 효율, 공작물 사양 변화에 유연한 대응이 어려움 등의 문제점을 가지고 있다. 대형 가공장비에 대한 대안으로 가공물보다 크기가 작으면서 가공물을 타고 다니면서 드릴링이나 밀링 등의 절삭가공을 할 수 있는 이동형(모바일) 가공시스템에 대한 연구가 진행되어 왔다. 본 논문에서는 이동형 가공기가 유조선이나 LNG선과 같은 대형 선박의 외벽 구조물 위를 보행하면서 연속적인 밀링가공하는 공정에 대한 평가결과를 소개하였다. 실제 선박을 모사한 대형 구조물에 두껍게 산소용접을 추가한 가공시편을 평면밀링한 후 다음 위치까지 보행하는 공정을 반복함으로써 소형 가공기로 대형 가공물에 대한 연속가공이 가능함을 보여주었다. 가공기를 강철 구조물에 흡착하기 위한 전자석 흡착모듈에 가공에서 발생하는 절삭분이 들러붙어 보행에 영향 주는 등 실제 적용에서 발생하는 문제점들에 대해 알아보았다. 또한 최근 기술적인 수요가 늘고 있는 비자성체 재질의 선박외벽의 용접선 제거를 위한 진공흡착 방식의 새로운 이동형 가공기의 설계개념을 소개하였다.

후기 이 논문은 한국기계연구원에서 시행한 기본사업 '모바일 플랫폼 기반 가공시스템 핵심기술 개발' 과제의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(changjukim@kimm.re.kr)

대영역 정밀 좌표측정 시스템 및 자세측정 시스템

한성흠*,#, 김승만, 오정석, 김경호, 뤼엔 콕 캔, 노승국

High-precision coordinate measurement system and rotation angle measurement system over large areas

S. Han*,#, S. Kim, J.-S. Oh, G. Khim, Q. K. Nguyen, S.-K. Ro

한국기계연구원

Key Words : Coordinate measurement, Laser tracker, Absolute distance, Rotation angle measurement

본 연구에서는 수 미터 이상의 넓은 영역에서 ±50 ㎛ 이하의 삼차원 좌표측정 정밀도로 측정할 수 있는 좌표측정 시스템과 롤, 피치, 요 3축에 대하여 ±0.05° 이하의 각도 측정 정밀도로 자세를 측정할 수 있는 자세측정 시스템을 개발하였다. 좌표측정 시스템은 추적 모듈이 반사경에 레이저를 쏘아 돌아온 레이저 광을 PSD(Position-sensitive detector)에서 검출하여 추적 모듈이 반사경을 추적하도록 하는 제어 신호를 생성하였다. 좌표측정 시스템은 기구적으로 두 개의 회전축을 중심으로 회전하면서 반사경의 움직임을 추적하게 되어 있으며, 이때 조립 오차 및 엔코더 오차를 보상하기 위하여 각 회전축에 4개의 정밀 엔코더를 적용하여 오차를 보상할 수 있도록 하였다. 좌표측정 시스템은 두 개의 회전축의 엔코더에서 측정한 각도와 반사경까지의 거릿값으로 좌표를 계산한다. 이때, 거리 측정은 마이크로미터 이하의 정밀도로 상대 변위가 아닌 절대거리를 측정할 수 있도록 펨토초 레이저 기반의 절대거리 측정 모듈을 개발하여 적용하였다. 절대거리 측정 모듈은 전체 구성을 편광 유지 광섬유로 제작하여 외부 진동 및 온도 변화에 강인할 수 있도록 하였다. 자세 측정 시스템은 측정 헤드에 부착된 LED를 카메라 이미지로 촬영하는 비젼 기반으로 측정된다. 자세 측정 타겟에 부착된 LED들은 서로 다른 신호를 생성하도록 깜빡이며 자세 측정 모듈은 이 신호를 분석하여 각각의 LED들을 구분하고 PnP 알고리즘을 적용하여 자세측정 값을 도출한다. 거리가 변하더라도 측정 타겟의 LED들이 카메라의 화각에 맞도록 유지될 수 있도록 줌 렌즈를 제어하여 거리 변화가 있는 경우에도 자세 측정 정밀도를 유지할 수 있도록 하였다. 추후에는 좌표 측정 시스템과 자세 측정 시스템을 결합하여 6 자유도 측정 시스템에 적용할 예정이며 이는 대형 기계의 조립 및 가공 평가 등 대형 정밀 산업에 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 한국기계연구원(NK242A)과 한국산업기술평가관리원(No. 20009622)의 지원을 받아 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(sh_han@kimm.re.kr)

모바일 작업용 휠기반 플랫폼 제작

이성철[1,*,#], 김현수[1], 김병섭[1], 김용진[2], 김동훈[1], 노승국[1]

Development of wheel-based Platform for mobile process

S. C. Lee[1,*,#], H. S. Kim[1], B. S. Kim[1], Y. J. Kim[2], D. H. Kim[1], S. K. Ro[1]

한국기계연구원 초정밀장비연구실[1], 한국기계연구원 신뢰성평가연구실[2]

Key Words : Wheel-based, machine tool, mobile process

대형 공작물의 외부 표면을 가공하는 시스템에 있어서, 현재는 대형 가이드 위를 이동하면서 가공하는 방식을 사용하고 있다. 이 때, 가이드 프레임과 가공물의 간격이 크기 때문에, 가공 장비는 대형의 무거운 기구 구조를 가지며 가공하는 경우가 많다. 이로 인해, 넓은 작업 영역이 필요하고, 고하중 구조물을 이동시켜야 하기에 에너지 소비가 많다는 단점이 있다. 모바일 플랫폼 기반 작업 시스템은 조선소의 유지 보수에 있어서, 측정이나 해양 부유물 제거를 위해 고정된 구조 없이 대형 구조물 위를 이동하며, 다양한 작업 공정을 구현하는 컴팩트한 메커니즘을 가지도록 고안되었다. 특히, 선박 정비 시 공간적 제약이 있는 도크의 경우, 자동화 작업을 위해 선체 표면에 쉽게 부착할 수 있는 포터블 이동 플랫폼이 요구되고 있다. 모바일 플랫폼이 선박의 외판인 철판 위에서, 자중과 가반하중을 극복하며 잘 부착하고 이동하는 휠 설계 및 제작이 중요한 이슈이다. 이에 적절한 형태의 부착 휠 메커니즘이 제작되었으며, 이 휠을 부착하여 모바일 플랫폼을 제작하였다. 제작된 모바일 플랫폼으로 측정 및 해양 부유물 제거 작업을 수행하였다. 본 연구에서는 계측, 가공 등의 업무를 위한 탈부착형 모듈을 개발하여, 연속이동 플랫폼의 활용도를 높이고 장비 유지관리 측면의 효율성을 높이는 방법을 보이고자 하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국기계연구원 기본사업의 지원을 받아 연구되었음(No. NK242A)

발표자*, 교신저자#(sclee@kimm.re.kr)

모바일 가공기의 가공 성능 향상을 위한 적응 제어 기술

심범식*, 박종현, 이원균#

Adaptive control techniques for mobile machine tool

B. Sim*, J.- H. Park, W. Lee#

충남대학교 기계공학부

Key Words : Mobile machining, Processing condition monitoring, Sensorless

모바일 가공기는 가공물 위를 이동하며 가공하는 장치로, 항공우주, 선박수송 산업 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 하지만 기동성 강화를 위해 소형화, 경량화를 위해 강성이 제한되어 가공성능이 떨어진다. 가공물 위를 이동하는 특성 때문에 센서를 부착하기 어렵고 데이터의 실시간 고속 분석이 어려운 모바일 가공기는 기존 공작기계에 적용되는 가공성능 향상을 위한 제어 기술들의 적용이 어렵다. 낮은 강성과 가공 중 가공 깊이가 달라지는 특성 때문에 진동의 영향을 크게 받으며 가공 중에 발생하는 채터 진동으로 인해 가공물의 표면 거칠기와 정밀도에 부정적인 영향을 미친다. 일반적으로 센서를 사용하여 채터 발생 여부를 판단하지만 모바일 가공기에 적용하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 주축 전류 모니터링을 통해 채터를 감지하고 채터 저감을 위한 적응 제어 기술을 개발하였다. 채터 저감을 위한 적응 제어 기술을 개발하기 위해 임팩트 테스트를 통해 채터 안정성 선도를 구하였고 이를 기반으로 주축 회전속도 능동 제어 기술을 개발하였다. 주축 부하 모니터링을 통한 가공 속도 적응 제어 기술을 개발하였다. 주축 부하를 모니터링을 통해 주축 부하를 일정하게 유지하며 이송속도를 제어하여 가공시간을 줄이는 기술을 개발하였다. 이더캣(EatherCAT) 기반 제어기에 의해 구동되는 3축 밀링가공기 테스트베드를 구축하여 모바일 가공기와 유사한 환경을 구현하였으며, 개발된 적응 제어 기술을 적용하여 검증하였다. 적응 제어 기술 적용 결과 채터의 저감 및 가공시간 단축을 확인하였다.

후기 본 연구는 2023년도 한국기계연구원 주요사업 “모바일 플랫폼 기반 가공시스템 핵심기술 개발” 사업(NK236A)의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(wklee@cnu.ac.kr)

압전소자와 유연기구를 이용한 광섬유 펨토초 레이저 펄스 반복률 제어범위 확장

이우정[1,*], 김정윤[1], 이주형[1,#], 김승만[2], 한성흠[2], 오정석[2]

Piezo flexure mechanism for extending femtosecond laser pulse repetition rate control range

J. Lee[1,*], J. Kim[1], W. Lee[1,#], , S. Kim[2], S. Han[2], J.-S Oh[2]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 한국기계연구원 초정밀장비연구실[2]

Key Words : Fiber laser, Absolute distance measurement, Repetition rate

펨토초 레이저는 광 주파수 측정, 광 통신, 광학적 아날로그-디지털 변환, 마이크로파 생성 및 절대 거리 측정 등에 중요하게 활용된다. 특히 본 연구를 통해 개발되고 있는 모바일 가공기의 절대 좌표 측정을 위한 절대거리측정기의 경우 레이저 발진기로부터 생성되는 펄스 반복 주파수가 좌표측정 정밀도에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 외란이 심한 산업현장에 적용, 장시간 동작을 위해서 펄스 반복률의 안정화가 필수적이다. 펄스 반복률 제어를 위해서는 레이저 공진기의 굴절률을 제어하는 방법이 널리 사용되고 있으나 이는 빠른 제어속도에 비해 제어 가능한 반복률 범위가 극히 제한적으로 더 넓은 반복률 제어범위 확보를 위해 공진기의 길이를 제어하는 방법이 많이 사용된다. 레이저 공진기의 길이 제어를 위한 방법으로는 튜브 형태의 압전소자 사용, 또는 압전소자에 거울을 부착한 형태가 많이 연구되었으나 압전소자의 짧은 변위로 인해 펄스 반복률 제어범위 확장에는 한계가 뚜렷하다. 본 연구서는 광섬유 레이저 광원의 반복률을 제어하는 기존의 연구내용들을 소개하고, 압전소자와 유연기구를 이용한 펄스 반복률 제어범위 확장 및 반복률 주파수 안정화에 대한 연구를 진행하였다. 또한 모바일 가공기에 적용하기 위한 기계가공, 조선 산업 현장과 같이 외부온도 변화, 진동 충격등이 존재하는 극심한 환경에 장시간 동작이 가능한 펨토초 레이저 개발 결과를 공유하고자 한다.

후기 본 연구는 한국기계연구원 주요사업 일환인 “모바일 플랫폼 기반 가공시스템 핵심기술 개발” 사업(NK242A, 2023.01.01~2023.12.31, 산업통상자원부 소재부품기술개발사업의 일환인 ‘FO-PLP 고정밀 재분배 배열공정 및 검사장비 개발 (No. 20014784)의 지원에 의한 것입니다.

발표자*, 교신저자#

정밀냉간단조 기술을 적용한 전기자동차 엑추에이터용 스퍼기어 부품개발

김진봉[1,*,#], 박동환[1], 한성철[2]

Development of spur gear parts for electric vehicle actuators using precision cold forging technology

J. B. Kim[1,*,#], D. H. Park[1], S. C. Han[2]

경북하이브리드부품연구원[1], 한성산업[2]

Key Words : Electric vehicle, Cold forging, Mold die, Actuator, Tool breakage

1. 서 론

본 연구는 정밀냉간단조 기술을 적용한 전기자동차 액추에이터용 스퍼기어 부품을 개발하는 것이다. 스퍼기어 부품은 전기자동차 액추에이터 내측에 위치하는 부품으로써 상시 구동(전륜 2H)의 변속모드를 사륜구동(4H)의 변속모드로 전환시켜 주는 역할을 하는 부품이다.

기존 포머 3공정에서 금형수명 문제, 특히 포머 2차 기어부 파손 및 포머 3차 기어부 방향성 오류에 의한 기어부 밀림현상으로 인한 제품 불량 및 금형 Die 파손이 잦아 금형교체와 원가상승으로 인한 품질문제가 대두되고 있다. 이를 포머 1공정과 냉간단조 2공정으로 개선하여 금형 수명 문제를 향상하고 원가절감을 도모하기 위하여 스퍼기어 부품을 개발하였다.

2. 스퍼 기어 단조 부품 성형 해석

전기자동차 액추에이터용 스퍼기어 부품은 형상정밀도와 제품의 변형이 없어야 하나, 기존 포머 단조에 의한 제품의 지속적인 파손 문제 해결을 위해 스퍼 기어 단조 부품의 테이퍼 형상 Die와 직각 형상 Die를 비교하여 성형 해석을 수행하였다. 해석결과 2단 단조 공정에서 테이퍼 형상 Die일 경우 미성형이 예측되며, 직각 형상 Die일 경우 양호한 성형 제품이 예측되었다. 그러므로 2단 단조 공정은 직각 형상 Die가 유효한 것으로 판단된다.

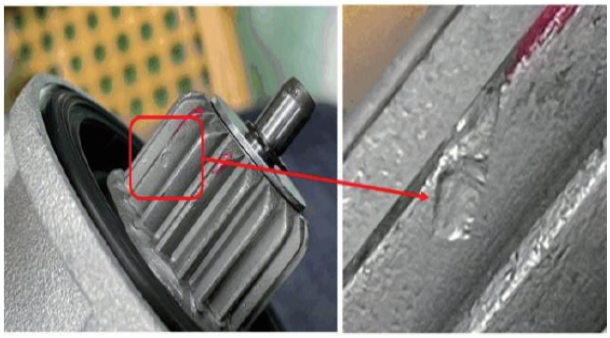


Fig. 1 Breakage of spur gear product

3. 실험 결과 및 고찰

엑추에이터용 스퍼기어 부품은 포머 1차가공, 냉간단조 1차, 냉간단조 2차(사이징) 공정 순으로 설계하여 냉간단조 1차, 냉간단조 2차 공정에 대해 성형해석을 수행 하였다. 해석결과 냉간단조 2차 공정에서 직각형상 Die를 적용 하는 것이 결육이 발생되지 않고 양호한 성형이 예측 되었다. 이러한해석 결과를 반영하여 금형 설계 제작 후 실험한 결과 해석 결과와 마찬가지로 결육발생이 개선 되었다.

발표자*, 교신저자#

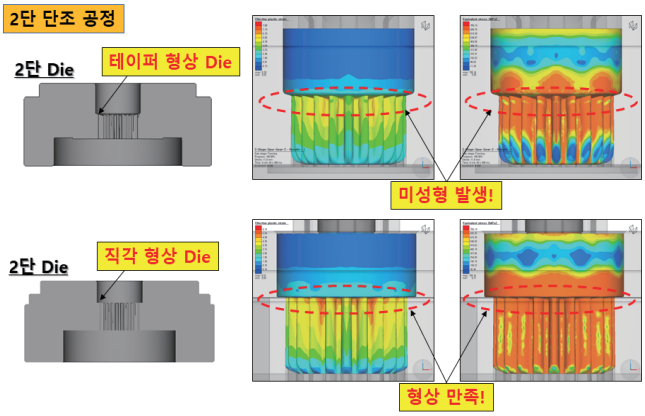


Fig. 2 Comparison between a two-stage die with a tapered shape and a perpendicular shape



Fig. 3 Spur Gear Forging Parts

후 기

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 지역특화산업육성사업(과제 번호 : S3267961)에 의하여 지원되었으며, 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

(1) Park, D. H, Han, S. C, 2015, Integration Forming Technology based on Cold Hot Forging of Clutch Jaw Parts for Farm Machinery, KSMTE, 24:5 489~495.

(2) Kang, S. M, Kang, K. J, Yeom, S. R, Lee, K. H, Kim, J. Y, 2022, Monitoring and Analysis on Die Loads in Multi-stage Cold Forging Process Using Piezo-Sensors, Transactions of Materials Processing, 31:1 5~10.

특수 합금공구강 소재의 원심주조 및 열온간 단조 복합공법을 적용한 건설기계 TBM용 디스크 커터헤드 부품개발

박동환[1,*,#], 박성기[2], 김성도[2], 민경호[2], 권혁홍[3]

Development of disk cutter head parts for TBM using centrifugal casting and hot warm forging methods of special alloy tool steel

D. H. Park[1,*,#], S. G. Park[2], S. D. Kim[2], K. H. Min[2], H. H. Kwon[3]

경북하이브리드부품연구원[1], (주)창조금속[2], 대진대학교[3]

Key Words : Disk cutter head, TBM, Ccentrifugal casting, Hot warm forging, Special alloy tool steel

1. 서 론

TBM(Tunnel Boring Machine)은 재래식의 천공 및 발파를 반복하는 굴착공법과는 달리 자동화된 터널 굴착 장비로 터널 전단면을 동시에 굴진해 나가는 건설기계이다. 이 TBM 공법은 미국 및 유럽 각국에서 시공성 및 경제성이 이미 입증되어 각종 터널공사에 성공적으로 적용되고 있다. TBM용 디스크 커터헤드 부품은 소모성 부품으로 STD61 소재 등으로 가공하여 사용하므로 내마모성, 내충격성 저하로 제품 수명 문제가 다수 발생되었다. 이에 본 연구는 원심주조 및 열온간 단조 복합공법을 적용하여 건설기계 TBM용 디스크 커터헤드 부품을 개발하는 것으로 특수 합금공구강 소재를 적용하여 원심주조로 튜브를 제조하고, 이 튜브 소재를 열간, 온간단조 복합공법으로 재료 회수율 및 사용수명, 생산성 향상이 가능한 TBM 디스크 커터헤드를 개발하였다.

2. 원심주조 해석 및 실험

TBM용 디스크 커터헤드 부품은 원심주조 공법으로 TS57 소재를 적용하여 초기온도 1,600℃, 금형온도 200~300℃ 이며, 회전속도 500~600 RPM 이고, 주입속도 1,250cm/s, 주입시간 120초, 주입구 직경은 Ø60로 결정하여 주조 응고해석을 수행하였다. 특수 합금공구강 TS57 소재를 적용하여 원심주조로 튜브를 제조하고, 이 튜브 소재를 열간단조와 온간단조를 실시하여 TBM용 디스크 커터헤드 부품을 제작하였다.

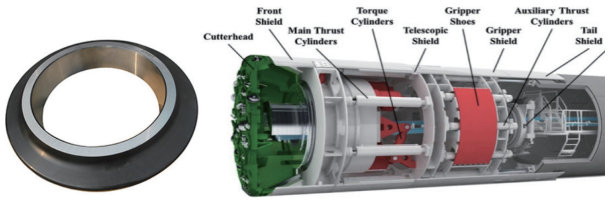


Fig. 1 Tunnel Boring Machine and Disk Cutter Head

3. 실험 결과 및 고찰

기존 TBM용 디스크 커터헤드 부품은 STD11 환봉 소재를 사용하여 절삭가공하므로 재료 손실, 가공 공수 증가, 내마모성과 내충격성 저하로 사용 수명 문제가 발생하였다. TBM용 디스크 커터헤드 소재는 TS57 특수 합금공구강 소재를 적용하는데, 이 TS57 소재는 YXR33 소재와 같은 물성으로 강도와 내마모성이 향상되며, 원심주조 공법으로 튜브를 제조하여 열간과 온간 상태에서 정밀단조를 실시하여 단류선을 형성한다. 본 연구는 특수 합금공구강 소재의 원심주조 및 열온간 단조 복합공법을 적용하여 건설기계 TBM용 디스크 커터헤드 부품을 개발하였다.

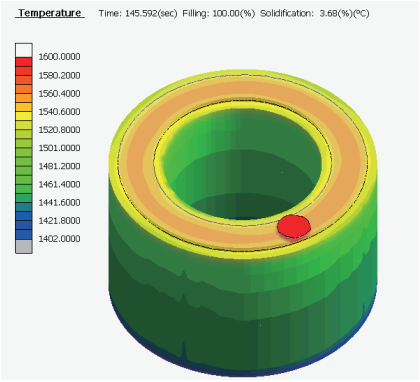


Fig. 2 Temperature Distribution of Filled Molten Metal[600 RPM]



Fig. 3 Disk Cutter Head

후 기

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 중소기업기술혁신개발사업(과제 번호 : S3236637)에 의하여 지원되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Kim, D. Y, Farrokh, E, Jung, J. H, Lee, J. W, Lee, S. H, 2017, Development of a new test method for the prediction of TBM disc cutters life, J of Korean Tunn Undergr Sp Assoc, 19:3 475~488.

(2) Kim, S. H, Park, I. J, Chang, S. H, 2013, Evaluation of disc cutter penetration depth of shield TBM in practice, J of Korean Tunn Undergr Sp Assoc, 15:3 321~331.

발표자*, 교신저자#

나노입자가 첨가된 자성유체를 이용한 표면가공 기술

이필호[1,*,#], 하태호[1], 김동민[2]

Development of magnetic field-assisted finishing technology by using nanoparticles

P. H. Lee[1,*,#], T. H. Ha[1], D. M. Kim[2]

한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[1], 한국생산기술연구원 동남본부 진주뿌리기술지원센터[2]

Key Words : Surface finishing, Magnetic field-assisted finishing, Nanoparticle

최근 금속 적층제조 및 자유곡면 광학계 제조 분야 등에서 자유곡면의 표면 가공에 대한 요구가 증대되고 있으며 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 철, 연삭입자, 고점도 유체를 자성브러시에 장착하여 금속표면을 가공하는 자성유체 표면가공 기술 (Magnetic field-assisted finishing, MAF) 공정의 성능향상을 위한 나노유체 활용방안이 제안된다. 브러시의 제작에서 미량의 나노입자를 첨가하여 가공물의 표면 품질 개선 효과 및 브러시 수명 연장에 대한 방안 등이 논의된다. 실험결과 나노입자 첨가에 따라 가공물의 표면품질 및 브러시 공구의 수명 개선 효과가 나타나는 것을 확인하였으며 향후 연삭성능 개선을 위한 다양한 연구방법이 논의된다.

후기 이 연구는 2023년도 한국기계연구원 기관 기본사업 차세대 고성능 모터 개발을 위한 3D프린팅 장비개발'의 지원으로 수행되었음 (NK242J).

발표자*, 교신저자#(pilho_lee@kimm.re.kr)

볼트형 피에조 센서를 이용한 냉간 단조 하중 불균형 예측 및 평가

이경훈[1,*,#], 권오동[1], 강성주[2], 오금석[2], 신다슬[3], 김민직[3]

Prediction and evaluation of cold forging load imbalance by using bolt type piezo sensor

K. Lee[1,*,#], O. D. Kwon[1], S. J. Kang[2], G. S. Oh[2], D. S. Shin[3], M. J. Kim[3]

㈜솔루션랩[1], 태창포징[2], 재료연구원[3]

Key Words: Real-time monitoring, Die, Life, Bolt type piezo sensor, Smart Factory

냉간 단조 공정에서의 효율적인 생산과 금형 관리를 위해 볼트형 피에조 센서를 활용하여 실시간 모니터링 및 금형 하중 불균형 예측 및 평가를 진행하였다. 냉간 단조는 제조업 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있지만, 금형에 과도한 하중과 급격한 내구성 손실로 인해 생산성과 비용면에서 도전적인 과제로 대두되고 있다. 공정 중 금형 상태의 실시간 모니터링은 생산 과정을 최적화하고 비용을 절감하는데 필요하다. 고감도, 고응답형 볼트형 피에조 센서는 성형 하중이 구조적으로 전달되는 위치인 인서트 금형을 고정하는 좌, 우 대칭 위치에 장착하여 금형에 전달되는 간접적인 성형 하중을 실시간으로 계측하였다. 계측 대상으로는 복동식 냉간 단조에서의 Ball Nut 제품을 생산하는 공정에서 데이터 수집 및 분석을 진행하였다. 일반적인 하중 패턴의 분석 방법으로는 정상적인 제품을 생산하는 상태에서의 하중은 일정한 패턴이 형성되어 나타나지만, 금형의 미세한 균열이 생기기 시작하면 패턴의 변화가 나타난다. 이는 변화 정도에 따라 금형의 한계를 판단할 수 있기 때문에 필요한 데이터가 신속하게 제공된다. 생산 초기 좌, 우측의 볼트형 피에조 센서에서 계측된 성형 하중은 약 3kN이며, 반복적인 생산 과정에서 일정한 하중 패턴이 나타났다. 생산이 진행되는 동안 작업자가 판단하기 이전에 금형의 균열로 의심되는 패턴의 변화가 관찰되었으며, 작업이 더 이상 진행할 수 없는 수준에서의 하중 패턴은 정상적인 하중 범위에서 완전히 벗어난 것을 확인할 수 있었고, 제품에는 하중 불균형으로 인한 미스매치가 확인되었다. 스트로크 별 최대 압축 하중이 나타난 시점을 생산 수량별로 나타내어 분석한 결과 냉간 단조 성형 공정에서 하중 모니터링과 금형 수명 예측이 가능하다는 것을 확인하였다. 이는 제조업 분야에서 금형 관리와 공정 안정성을 향상시키는데 중요한 역할을 할 것으로 기대되며, 생산 중단을 방지하고 유지 보수 계획을 최적화할 수 있다. 또한, 스마트 제조 및 산업 자동화 분야에서의 응용 가능성을 제시하며 제조업체들에게 경제적 이점을 제공할 것으로 기대된다.

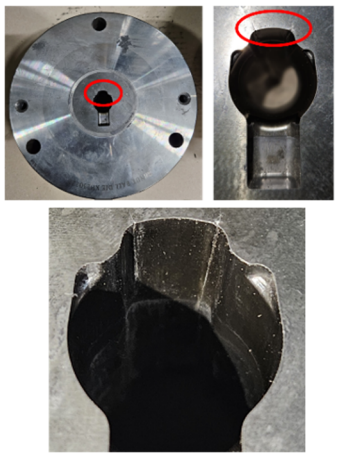


Fig. 1 Reached the end-of-life condition of cold forging die

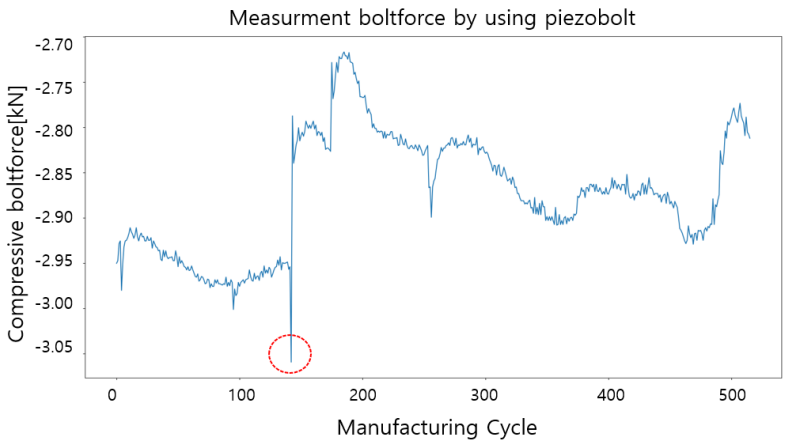


Fig. 2 Result of measured bolt force at the maximum load point according to production time

발표자*, 교신저자#(klee@solution-lab.co.kr)

초정밀 나노가공기를 활용한 광학부품 Grooving 가공기술

박영덕*,#

Optical component grooving machining technology using ultra-precision nano-machining system

Y. D. Park*,#

국립한밭대학교

Key Words : Optic component, Grooving machining, Micro pattern, Ultra precision machine

광학부품의 초정밀가공은 광학 시스템의 성능과 품질에 결정적인 영향을 미치며, 특히 Grooving 기술은 광학 부품의 세밀한 패턴 형성에 필수적입니다. 본 연구에서는 초정밀 나노가공기를 활용하여 광학부품의 Grooving 가공기술에 대한 연구를 수행하였습니다.

광학부품의 세밀한 패턴을 달성하기 위해 초정밀 나노가공기를 효과적으로 활용하는 방법을 연구하였으며, 높은 정밀도와 안정성을 제공하는 나노가공기를 사용하여 부품 표면에 미세한 Groove를 형성함으로써 광학시스템의 성능을 향상시키는 것을 목표로 하였습니다.

가공 과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제에 대비하기 위해 고유의 효과적인 보정 및 안정화 방법을 도입하였습니다. 이를 통해 광학 부품의 표면 거칠기 및 패턴 정확도를 향상시키며, 더 높은 규격의 광학 요소 제작을 가능케 했습니다.

실험 결과는 제안된 나노 가공 기술이 광학 부품의 Grooving에서 탁월한 성과를 보여주었습니다. 특히, 부품의 광학 특성 및 기능을 유지하면서도 세밀한 패턴을 형성하는 데 성공하였습니다. 이러한 연구 결과는 광학부품 제조 분야에서 나노 가공 기술의 유용성을 입증하며, 미래의 광학 시스템 제작에 새로운 가능성을 제시하고 있습니다.

발표자*, 교신저자#(parkyd@hanbat.ac.kr)

G5등급 세라믹 베어링 볼의 고효율 나노표면 가공 기술

이승민[1,*], 김하늘[2], 고재웅[2], 곽태수[1,#]

High efficiency nano surface processing technology for G5 class ceramic bearing ball

S. M. Lee[1,*], H. N. Kim[2], J. W. Ko[2], T. S. Kwak[1,#]

경상국립대학교 기계소재융합공학부[1], 한국재료연구원 엔지니어링세라믹연구실[2]

Key Words : Silicon Nitride, Ball Bearing, Surface Roughness, Material removal rate

질화규소(Si3N4) 세라믹스는 강도, 경도, 파괴인성 등 기계적 물성이 우수한 세라믹 재료로서 베어링, 엔진 터빈, 고온 환경에 적용되는 구조부품으로 사용되고 있다. 우수한 재료특성에도 불구하고 취성이 강한 재료로서 가공성이 낮고, 취성 파괴에 취약하여 형상 가공에 많은 제약이 따른다. 고정 입자를 이용한 연삭 가공은 높은 형상정밀도, 취성재료의 고효율 가공이 가능하지만 눈메움 현상으로 인하여 가공 중 잦은 드레싱이 요구되며, 입도가 높은 숫돌을 이용한 표면가공은 제한적으로 활용된다. 자기연마는 철분말의 자성과 연마입자를 혼합하여 비교적 높은 연마율과 고운 표면을 얻을 수 있는 연마기술인 반면 재료제거율이 낮아 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 연구는 질화규소 세라믹 볼베어링의 고정밀 형상 가공을 위해 금속결합제 숫돌과 자기연마제를 이용한 복합가공기술을 개발하고 재료제거율과 표면거칠기를 비교분석하는 실험을 수행하였다. #325 숫돌과 자기연마를 이용한 볼 형상가공 실험에서 83um/min으로 높은 재료제거율의 고효율 가공이 가능함을 확인하였다. #2000 숫돌과 자기연마를 이용한 실험을 통해 표면거칠기 0.004umRa를 얻을 수 있었으며, G5등급에서 요구하는 0.014umRa 이하의 표면거칠기를 만족하는 가공표면을 얻을 수 있음을 확인하였다.

후기 이 논문은 한국재료연구원 기본연구사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 : PNK8830)

발표자[*], 교신저자[#](tskwak@gnu.ac.kr)

초고정도 광학 부품 제작을 위한 초정밀 가공과 IBF(Ion Beam Figuring) 공법에 관한 연구

신승식*,#, 황연

A study on the ultra-precision machining method and IBF (Ion Beam Figuring) for manufacturing ultrafine precision optical components

S. S. Shin*,#, Y. Hwang

한국광기술원

Key Words : IBF, Optical surface, Mid spatial frequency, Precision machining

Ion Beam Figuring (IBF) is a processing method that removes material by irradiating accelerated ions toward a workpiece using an inert gas such as argon. Since the traditional machining method directly contacts the tool and the workpiece, there is a limit to ultra-high precision shape machining due to tool wear and vibration. IBF is a non-contact process that overcomes the limitations of traditional machining methods and enables ultra-high precision surface machining but has a slow processing speed. Therefore, IBF can be used to smoothen optical parts with an ultra-high precision surface after the traditional process.

This paper describes the research on the final process of optical components using ion beam equipment. The material removal rate was measured through footprint experiments such as WC, Ni-P and BK7, which are currently mainly used as molds and lenses for optics. Based on the measured material removal rate, we corrected the shape error of the optical mold and lens with different conditions of the ion beam's dimension and path pitch. The efficiency of each process was evaluated by measuring shape error, surface roughness, and processing time.

발표자*, 교신저자#(ssshin@kopti.re.kr)

마이크로 렌즈 어레이 정밀도와 영상 이미지 연구

Truong Van Hu*, 남윤의, 이호철#

Image distortion investigation by microlens array accuracy

T. V. Hu*, O. Nam, H. Lee#
한밭대학교 기계공학과

Key Words : Microlens, Array, Image, Accuracy, Stitching

Microlens array consists of the multiple microlens to focus the image on the sensor. The reference images go through the optical configuration and are finally focused on the pixel area of the sensor. Our study use the stitching method to make an image from the segmented images. All the profile of the lens affect the each segmented image, which means the imaging error. The imaging quality and boundary of the stitched area could be affected by the optical profile error of the array and its configuration. Therefore, we measured and simulated the 3D profile error and configuration by Zemax to show the relation between error and quality.

발표자*, 교신저자#(hclee@hanbat.ac.kr)

공급사슬망관리의 동적 변동에 대응하기 위한 강화학습 기반 재고관리의 최신 연구동향 및 향후 기술 개발 방향

이준범*, 오요셉#

Recent research trends and future directions in inventory management based on reinforcement learning to address dynamic variabilities in supply chain management

Junbeom Lee*, Yosep Oh#

한양대학교ERICA 산업경영공학과

Key Words : Inventory management **,** Reinforcement learning, Supply chain management

강화학습은 에이전트가 시행착오를 통해 보상을 최대화하는 방향으로 행동하도록 유도하는 방법론이다. 이러한 강화학습 에이전트는 주어진 환경에 스스로 대응할 수 있도록 학습되기 때문에 다양한 분야에서 동적 변화에 빠르게 대응하는 방법론으로 주목받고 있다. 공급사슬망관리는 다수의 기업이 상호작용하기 때문에, 기업 내외부의 변화가 전체 가치사슬에 큰 영향을 주며, 그로 인한 변동성이 크다. 최근에는 공급사슬망이 글로벌화됨에 따라 규모와 복잡도가 증대되면서 동적 변동에 빠르게 대응할 수 있는 운영기술이 필요해지고 있다. 이러한 배경 속에서 강화학습 방법론이 공급사슬망관리에 적용되는 연구가 시도되고 있다. 본 연구는 공급사슬망관리 중 재고관리와 최적화에 초점을 맞추어, 강화학습 연구의 동향을 조사하고 향후 연구 방향성을 제시한다. 특히, 전자부품 업종의 중소 및 중견 기업의 재고관리에 강화학습을 적용하는 방안에 집중한다. 최근 5년 동안의 연구 동향을 분석하였으며, 강화학습의 실제 기업 적용에 있어서의 한계와 해결 방안을 논의한다. 기존 연구들의 대부분은 현실 문제를 단순화하여 제안되었기 때문에, 실제 적용 시에 여러 한계점이 발생한다. 이에 따라 학습 환경과 알고리즘 간의 인터페이스 문제, 학습 결과를 실제 상황에 적응(adaptability)시키는 문제, 그리고 시뮬레이션과 실제 환경 간의 차이(Sim2Real) 등의 문제점을 중점적으로 다룬다.

후기 이 연구는 사업통상자원부의 "지식서비스산업기술개발사업"을 통해 수행되었습니다 (과제번호: 20023616)

발표자*, 교신저자# (yosepoh@hanyang.ac.kr)

물류 네트워크 KPI 향상을 위한 AI 기반 화물 체적 측정 알고리즘 개발

김준*,#, 김보현

Development of AI-based cargo volume measurement algorithm to improve KPI of logistics network

J. Kim*,#, B. H. Kim

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : Cargo volume measurement, AI, Logistics, KPI

최근 물류 산업에서는 물류 네트워크 운영 KPI를 향상시키기 위한 AI 기반 솔루션을 활발히 개발하고 있다. 물류 이동수단의 다양화 및 인프라 강화로 납기 이행 문제가 거의 발생하지 않게 되며, 물류 현장에서는 KPI 중 운영 비용의 절감에 집중하고 있는 추세이다. 운영 비용을 절감하기 위한 방안으로는 운송 수단에 화물을 최적으로 적재하는 방법, 기존 방만하게 책정되던 물류 단가를 화물의 조건에 따라 조정하는 방법 등이 있다. 두 가지 방법을 실행하기 위해서는 공통적으로 화물의 치수와 체적 정보가 필요하다. 이에 따라 물류 현장에서는 화물의 치수와 체적을 자동 측정하기 위한 시스템을 구축하려 하고 있지만 고해상도 카메라나 3D 라이다 센서 등의 활용으로 인프라 구축 비용이 크기 때문에 진입장벽이 있다. 본 연구에서는 저화질 카메라를 활용한 화물의 치수 및 체적 자동 측정 알고리즘을 개발하여 저비용으로 물류 운영 비용의 절감을 위한 인프라 구축을 가능하게 하고자 한다. 본 연구에서 제안하는 알고리즘은 1) 이미지 전처리를 통한 저화질 이미지 개선, 2) 인공지능 기법을 활용한 객체 인식 및 추출, 3) 클러스터링 및 스캐닝 기반 꼭지점 추출, 4) 카메라 캘리브레이션 및 원근 보정을 통한 실제 거리 변환 등 네 가지 단계로 구성된다. 개발된 알고리즘은 인천 소재 대규모 물류 창고에 실제 적용되었으며, 현장 데이터를 활용하여 알고리즘 성능을 검증하였다.

후기 이 연구는 사업통상자원부의 "지식서비스산업기술개발사업"을 통해 수행되었음 (과제번호: 20023616)

발표자*, 교신저자#(junkim@kitech.re.kr)

수평적 가치사슬의 공급망 관리를 위한 Planning & Scheduling 서비스 기술

정홍진*,#, 추헌성, 백재용, 임원재

Planning & scheduling service technology for supply chain management of horizontal value chain

H. J. Jeong*,#, H. S. Choo, J. Y. Baek, W. J. Lim

㈜브이엠에스 솔루션스

Key Words : Planning & scheduling, Horizontal value chain, Supply chain management

다양한 제조환경의 변화에 능동적으로 대응하기 위해 글로벌 가치사슬의 중요성이 두드러지고 있다. 국내 제조업은 원재료, 부품, 완제품 제조기업 그리고 물류 및 배송 기업 등 다양한 형태로 공급망을 구성하고 있다. 공급망을 구성한 다수의 기업은 하나의 유기체처럼 생산활동을 수행해야 하지만 각 기업의 내·외부 변동요인으로 유기적인 생산활동이 어렵다. 따라서 본 연구는 기업의 내·외부 변동요인을 감지하고 대응하기 위해 전자부품업종을 대상으로 수평적 가치사슬의 공급망 관리하고자 Planning & Scheduling(P&S) 모델을 개발하고 SCP(Supply Chain Planning) 솔루션인 MOZART를 이용하여 시뮬레이션을 실행하였다. P&S의 시뮬레이션은 공급망 내 기업들의 생산능력을 고려하였으며, 생산능력 초과, 생산수량 균등배분 등의 정책(Rule)을 반영하였다. 그 결과 생산수량 균등배분의 정책을 적용한 P&S 모델이 생산능력 초과를 적용한 P&S 모델보다 생산에 대한 납기일을 단축하였다. 실행한 P&S 시뮬레이션은 가치사슬의 다양한 변동 요인 중 기업의 생산능력만을 고려하였다. 추가적으로 다양한 변동 요인들 정의하고 P&S 모델에 반영한 시뮬레이션 실행이 필요하며, 전자부품 기업에 적용 및 운영을 통한 검증이 필요하다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '지식서비스산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023616)

발표자*, 교신저자#(jhj0706@vms-solutions.com)

불확실한 수요에 따른 유통 소요 계획 개선을 위한 시나리오 기반의 다중 강건 최적화

신효은*, 김하늘, 정태수#

Scenario-based multi-objective robust optimization for enhancing distribution planning considering uncertain demand

H. E. Shin*, H. N. Kim, T. S. Cheong#

고려대학교 산업경영공학부

Key Words: Robust multi-objective optimization, Uncertainty, Supply chain, Lateral transshipment, Expedited shipment

전자산업은 빠르게 성장하는 산업 중 하나이며, 다양한 국내 협력업체들이 일부 대기업의 제조를 담당하고 있다. 대기업은 변동성이 크고 불확실한 글로벌 수요를 예상하기 때문에 전자산업의 상위 흐름 공급망에 속한 제조업체들은 납기일 이전까지 잦은 수요 계획 변동을 겪는다. 본 연구는 불확실한 수요 아래에서 다기간, 다품종, 다중 계층의 공급망 상에서 수요 불확실성을 대응하기 위해 긴급 배송, 환적 배송, 그리고 다양한 운송방법을 고려한 시나리오 기반의 강건 운영 최적화 전략을 제시한다. 먼저 공급망 운영 비용 최소화 및 수요 충족 최대화라는 두가지 목표에 대한 수리계획법 모형을 설계하고, 이를 시나리오 기반의 강건 최적화 모형으로 확장한다. 수리계획법 모형의 구체적 목표는 다음과 같다. 첫 번째, 다양한 운송에서 발생하는 비용, 재고 유지비용, 재고 부족 비용을 포함한 공급망의 운영비용을 최소화한다. 두 번째, 고객의 주문에 대한 지연량을 최소화하고자 한다. 강건 최적화 모형에 대한 실험은 전자산업의 특성을 반영한 시나리오 하에서 민감도 분석으로 진행된다. 민감도 분석에서는 안전 재고 수준과 모형의 강건성에 따른 최적 운영 비용과 고객 만족도 지표의 변화를 확인한다. 실험 결과를 통해 본 연구에서 제안한 강건 최적화 방법론과 모형의 활용 가능성을 보인다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '지식서비스산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023616)

발표자*(heshin@korea.ac.kr), 교신저자#(tcheong@korea.ac.kr)

12월 15일 [금]

학술대회 발표 논문

KSMTE ANNUAL AUTUMN CONFERENCE 2023

광학적 방법을 이용한 마이크로/나노 스케일의 온도 및 구조 계측 연구

노진성*,#

A study on micro/nano scale temperature and structural measurement using optical methods

J. Rho*,#

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Thermoreflectance, Spectroscopic reflectometry, Atomic force microscopy(AFM)

과학 및 공학 분야에서 사용하는 소형화된 재료, 부품 및 시스템(예: 그래핀, 탄소나노튜브, 트랜지스터, 반도체 소자, 발광다이오드 등)의 열적 특성을 이해하기 위해 높은 공간 분해능의 온도를 측정해야 하고 동시에 구조를 계측하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 열반사율을 이용하여 마이크로/나노 스케일의 온도 및 구조를 계측하였다. 열반사율은 물질의 온도에 따라 반사율이 변하는 현상으로, 특정 파장의 레이저를 마이크로/나노 구조물에 조사하여 반사율을 측정하여 변환된 반사율 신호를 온도로 변환할 수 있다. 또한, 동시에 다층 구조의 두께 정보를 얻을 수 있기 때문에 마이크로/나노 스케일의 재료 및 소자 연구하는데 유용하다. 본 연구에서는 열반사율을 이용한 정량적인 온도 측정을 위한 다양한 조건들을 분석했으며, 최종적으로 레이저 빔을 대상물에 스캔하여 빔 지름 대비 39% 크기의 작은 구조물의 정량적인 국부 온도 및 두께를 측정했다. 또한 새로운 측정법을 고안하여 기존 원자력현미경 구조를 그대로 사용할 뿐만 아니라 온도 센서가 내장되지 않은 일반적인 silicon 탐침 만을 이용하여 AFM에서 topography를 측정하기 위해 사용하는 레이저 정보를 활용하여 50mm 이하의 공간 분해능으로 국소 부위의 온도 및 topography를 동시에 측정하였다.

발표자*, 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

펨토초레이저의 소개 및 마이크로LED 리페어 공정 적용

최준하[1,2,*], 엄은향[1,2], 장성환[2], 조성학[1,2,#]

Introduction of femtosecond laser and applying micro-LED repair process

Junha Choi[1,2,*], EunHyang EOM[1,2], Sunghwan Chang[2], Sung-Hak Cho[1,2,#]

한국과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학과[1], 한국기계연구원 나노융합장비연구부 나노공정장비연구실[2]

Key Words : Femtosecond laser, Micro-LED repair, Micro/Nano processing, Laser ablation

펄스레이저는 특정한 영역의 샘플을 가공하는 laser ablation technique을 이용하여 다양한 재료를 가공하는 역할로 현재 많은 산업계에서 사용되고 있다. 펨토초레이저란 펨토초 스케일의 펄스duration을 가진 펄스레이저를 의미한다. 펨토초레이저는 높은 인텐시티의 특성과 동시에 열이 격자에 전달되는 속도보다 더 짧은 속도의 펄스 duration을 통해 레이저 조사 영역의 주변 부분의 열적 영향을 무시할 수 있는 비열적 효과를 가진다. 이러한 특성은 원하는 영역을 나노초레이저에 비해 매우 깔끔하게 가공을 가능하게 하여 큰 관심을 끌고 있으며 산업에 적용시키기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 대표적으로, 펨토초를 이용한 laser ablation은 micromachining, MLCC cutting, glass cutting, organic light emitting diodes (OLED) display repair, micro-LED display repair, fine 3D structure production, Laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK), and Laser-assisted sub-epithelial keratectomy (LASEK) 등에 사용되고 있다.

Micro-LED는 OLED 다음세대의 새로운 display로 마이크로사이즈의 LED칩사이즈와 더욱 향상된 밝기, 수명, 높은 투명성, seamless display 등의 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 통해 Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), large display, smart and wearable display로 사용될 수 있다. 하지만 아직까지 micro-LED는 제작 중의 fail로 인한 생산수율이 많이 낮은 상태이다. micro-LED의 생산수율을 높이기 위한 방법으로는 repair process가 존재한다. Repair process는 펄스레이저를 이용하여 결함이 있는 부분을 제거 혹은 박리하는 technique으로 여러 공정에서 시도된다.

발표자*, 교신저자#(shcho@kimm.re.kr)

마이크로 LED 리페어 공정을 위한 ACF층의 미세가공

최준하[1,2,*], 엄은향[1,2], 장성환[2], 조성학[1,2,#]

ACF layer micro-processing for Micro-LED repair process

Junha Choi[1,2,*], EunHyang EOM[1,2], Sunghwan Chang[2], Sung-Hak Cho[1,2,#]

한국과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학과[1], 한국기계연구원 나노융합장비연구부 나노공정장비연구실[2]

Key Words : ACF, Femtosecond laser, Micro-LED repair, Micro/Nano processing

Micro-LED는 OLED 다음세대의 새로운 display로 마이크로사이즈의 LED칩사이즈와 더욱 향상된 밝기, 수명, 높은 투명성, seamless display 등의 특성을 가지고 있다. 위와 같은 특성을 가지고 있지만 마이크로 LED는 생산수율이 저조하여 상용화되기에 문제가 있다. 때문에 리페어 공정을 통해 생산수율을 높이는 과정이 필요하다. 이 때의 리페어 공정은 마이크로 LED의 여러 부분에서 적용되어진다. 특히 ACF는 마이크로 LED에서 칩과 TFT를 연결시키는 중요한 역할을 하며 레이저 가공을 통해 리페어 공정에 적용될 수 있다. 하지만 레이저 가공을 이용한 ACF에 관한 연구는 현재 거의 진행되지 않았고 논문 역시 거의 존재하지 않는다.

이번 연구에서는 다양한 파장의 펨토초레이저를 이용하여 ACF 층의 미세가공을 시도하였다. 펨토초레이저는 매우 짧은 펄스폭으로 인해 선택적 영역만 가공이 가능하며 주변 영역에 열적 데미지를 거의 주지 않는다. 또한 ACF는 conductive ball과 polymer matrix로 구성되어 있어 조사되어지는 파장에 따라 다른 형태의 가공 및 반응을 보인다. 실험에서는 1026, 513, 257 nm의 파장이 사용된다. 각 파장의 ablation threshold를 구하였고 ablation threshold를 기준으로 낮은 fluence와 높은 fluence를 설정하여 가공성의 차이, 가공형상 비교, 결함 유무 분석을 진행하였다.

발표자*, 교신저자#(shcho@kimm.re.kr)

직접 에너지 증착 공정과 레이저 충격 피닝을 이용한 스테인리스강의 기계적 특성 및 수소 취성 저항성 향상

박준영*, 이정훈, 하정홍#

Enhanced mechanical properties and hydrogen embrittlement resistance of stainless steel using directed energy deposition and laser shock peening

J. Park*, J. H. Lee, J. Ha#

한국생산기술연구원

Key Words : Directed energy deposition, Hydrogen embrittlement, Laser shock peening, Stainless steel

스테인리스강은 낮은 수소 확산성, 상온에서 안정적인 오스테나이트 상을 가지는 등의 장점을 가지고 있어 앞으로 다가올 수소 산업에서 응용 가능성이 높은 소재이다. 하지만 장기간 수소 환경에 노출되면 연성을 감소시켜 급격한 파괴를 유발하는 수소 취성과 상대적으로 낮은 강성으로 인해 다양한 응용의 한계점이 존재하는 실정이다. 해당 문제점을 해결하기 위해서 더 두꺼운 구조로 설계를 하거나 비금속인 고밀도 폴리머 라이너와 탄소 복합재를 사용하는 등의 대안이 있지만 소모 비용이 비약적으로 증가하게 된다. 따라서 본 연구에서는 앞선 스테인리스강의 한계점을 극복하기 위해서 금속 3D 프린팅 공정인 직접 에너지 증착 공정(directed energy deposition; DED)을 이용하여 기존 주조 방식 대비 뛰어난 기계적 특징을 가진 스테인리스강을 제작하고 해당 금속에 후처리 공정으로 레이저 충격 피닝을 적용하여 추가적으로 스테인리스강의 기계적 특성 및 수소 취성 저항성을 증가시켰다. DED의 공정 변수는 레이저 파워, 스캔 속도, 분말 분사량(powder feed rate)를 제어하여 최적화된 공정 조건으로 적층을 수행하였다. 레이저 충격 피닝의 공정 변수로는 레이저 펄스 에너지, 중첩비(overlap ratio), 피닝 횟수를 이용하였다. 수소 충진은 수전해를 이용하여 모든 시편에 8일 동안 충진을 진행하였다. SEM / EBSD를 통해 레이저 충격 피닝 적용 전후의 미세조직 변화를 관찰하였고 slow strain rate tensile test를 이용하여 기계적 특성과 hydrogen embrittlement susceptibility를 분석하였다. As-built의 hydrogen embrittlement susceptibility는 36.1%인데 반해, LSP 5회 적용 시 17.2%로 as-built 대비 18.9% 감소하여 수소 취성 저항성이 증가하였다.

후기 This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2023-22030005-02) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA) and Korea Institute of Industrial Technology (EH-23-0002).

발표자*(ph2203@kitech.re.kr), 교신저자#(jhjh@kitech.re.kr)

특허 및 국가연구개발 현황 분석을 통한 테라비트급 광통신 부품 R&D 방향성 연구

박정호[1,*], 유혁상[1], 김창훈[2,#], 이철주[3], 황성환[4], 임병직[5]

R&D strategy direction in terabit optical communication components by analyzing patent indexes and national R&D projects

J. H. Park[1,*], H. S. Yu[1], C. H. Kim[2,#], C. J. Lee[3], S. H. Hwang[4], B. J. Lim[5]

한국특허전략개발원[1], 강릉원주대학교[2], 한국산업기술기획평가원[3], 한국광기술원[4], 한양대학교 ERICA[5]

Key Words : Index analysis, Patent data, Optical communication components, National R&D, NTIS

In this study, we investigated patent indexes of technology, market, and concentration and compared the results with those of national R&D projects. We studied terabit optical communication components, which are the core infrastructure for data centers and edge-clouds, among 38 future leading items of the national R&D industry. In this study, we try to understand the national R&D direction for this technology by analyzing the patents and R&D projects trends. The patent analysis suggested that the technology and market indexes of the patents for the Korean industry are lower than those of leading countries. The patent concentration index indicates weak competition market in this area. Based on the results for national R&D projects, we observed that the Korean government supports basic and development-level research, Finally, we recommend that the Korean government should support basic and applied research in terabit optical communication components for the national industrial competitiveness.

발표자*(jhopark@kista.re.kr), 교신저자#(kimch@gwnu.ac.kr)

펨토초 레이저의 빔 입사각 조절을 통한 수직벽 가공 공정 개발

김재경*, 김충수, 하정홍#

Development of vertical wall machining process by adjusting the beam incident angle of femtosecond laser

J. G. Kim*, C. S. Kim, J. Ha#

한국생산기술연구원

Key Words : Angle of incident, Laser micromachining, Silicon wafer, Femtosecond laser

최근 집적 회로(integrated circuit) 및 재료들을 수직으로 쌓는 3D 집적화(3D integration) 기술이 산업 전반적으로 적용됨에 따라 내부의 구조가 복잡하고 두께 또한 두꺼워지고 있다. 이는 제품 내부의 결함 위치를 특정하고 발생 원인을 제거해 신뢰성을 높이기 위한 고장 분석(failure analysis)의 난이도 증가로 이어진다. 기존의 방식은 FIB를 활용해 결함 예상 위치를 가공하고 단면을 관측하게 되는데, FIB의 낮은 가공 속도로 인해 깊이 위치한 결함에 접근하는데 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 가공 속도가 빠른 레이저로 가공을 진행한 후 이온빔으로 가공하는 방법이 사용되고 있다. 하지만 레이저 가공의 특성상, 가공면은 V자 형상을 띄게 되므로 여전히 많은 부분을 제거해야 한다. 레이저로 수직벽에 가까운 형태의 가공이 가능하다면 이온빔 가공량과 가공 시간을 줄일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 펨토초 레이저를 활용한 silicon wafer 수직벽 가공을 위한 실험을 진행하였다. Laser fluence, overlap ratio 등 가공 변수가 최적화를 진행하였으며, 이온빔 가공량 최소화를 위해 빔 입사각(angle of incident)에 따른 가공 형상의 변화를 관찰하였다. 라만 분광법을 활용하여 레이저에 발생한 silicon wafer 손상 영역을 특정하고 이를 바탕으로 이온빔 가공으로 제거해야 하는 영역을 계산하여 레이저 가공 전후 수직벽 가공 소요 시간을 비교하였다.

Acknowledgement This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2023-22030005-02) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes(COMPA) and Korea Institute of Industrial Technology (JA-23-0003)

발표자*(muff112@kitech.re.kr), 교신저자#(jhjh@kitech.re.kr)

확장형 천연 에너지 디바이스의 레이저 응용 제조

백승현*, 강봉철#

Laser-applied fabrication of scalable natural energy device

S. H. Back*, B. C. Kang#

국민대학교 기계공학부

Key Words : Laser sintering, Porous structure, Supercapacitor, Natural material

Electricity is considered the most important energy source that supports human life and various industries. The types and numbers of devices depending on electrical energy are rapidly increasing in various fields such as electronics, automotive, aerospace, and military. To operate these devices reliably, a stable high-performance energy source is necessary. Among energy devices, supercapacitors are considered an excellent solution due to their characteristics such as high capacitance, rapid charge/discharge, high power and energy density, and long lifetime. Additionally, flexibility of shape and integration of cell enable the ability to apply to diverse requirements in various environments. Furthermore, as environmental issues are emphasized, it is required to use high performance materials, eco-friendly process and materials to realize sustainable, high-performance supercapacitors. This study introduces a novel method for producing scalable eco-friendly natural supercapacitors. We use the easily scalable and recyclable natural stone substrates with transition metal oxides decorated 3D porous Cu structures fabricated by laser processing. By applying these natural supercapacitors with excellent performance, mechanical properties, and scalability to various fields, it is possible to significantly improve energy accessibility.

Acknowledgements This study was conducted with the support of the Ministry of Science and ICT (Grant No.RS-2023-00217661), National Research Foundation of Korea (Grant No.2023R1A2C1005445), Ministry of Trade, Industry and Energy (Grant No.20023669).

Presenter*, Corresponding author#(bckangr@kookmin.ac.kr)

곡면 글래스 제조를 위한 광 기반 국부 성형 기술

김순욱*, 백승현, 김선영, 박성진, 강봉철#

Localized optical forming for curved glass fabrication

S. W. Kim*, S. H. Baek, S. Y. Kim, S. J. Park, B. C. Kang#

국민대학교 기계공학부

Key Words : Optical forming, Curved glass, Surface texture

본 연구는 모바일 스마트 기기의 3D 곡면 엣지 형상 구현을 위한 커버 글라스의 효과적인 벤딩 공정에 대한 것으로, 광가열원을 이용한 비접촉 방식을 제안합니다. 기존의 글라스 가공은 프레스 방식을 주로 사용하였으나, 벤딩 가능한 형상이 90도 내외라는 제한 사양 및 몰드에 의한 글라스 표면의 오염에 따른 추가 공정이 필요하다는 단점이 있었습니다. 이를 해결하기 위한 방법으로 이종의 광가열원을 이용하여 글라스를 비접촉 가열하며 중력을 이용하여 곡면 성형하는 방식을 제안하였습니다. 이 방식은 글라스와 몰드의 편향각을 조절하여 글라스를 180도까지 국부적으로 벤딩시킬 수 있으며, 최적화된 성형 조건에서 가열된 몰드의 고압 압축을 제거함으로써 찌그러짐의 발생도 제한할 수 있습니다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계장비산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(Grant No.20023669)

발표자*, 교신저자#(bckang@kookmin.ac.kr)

솔더볼 공정 개선을 위한 CFD 해석 연구

김정우*,#, 홍정표, 진혜인, 최승혜

CFD study on the improvement of solder ball process

J. Kim*,#, J. Hong, H. I. Jin, S. Choi

서울과학기술대학교,

Seoul National University of Science and Technology

Key Words : TPMS, Heat exchanger, CFD

솔더볼은 반도체 패키지 기술의 핵심 부품으로 칩과 기판을 연결하여 전기적 신호를 전달하는 역할을 하는 기술집약적인 제품으로, 국내외 업체에서 반도체 및 모바일 기기의 경박단소화 및 고기능화에 최적의 해가 될 수 있는 제품을 우수한 수준의 품질로 공급하기 위하여 다양한 방식으로 연구개발하고 있다. 솔더볼 제작 공정은 크게 1) 제트 공정, 2) 분류 공정, 3) 패키징 공정으로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 제트 공정에 집중하여 균일 크기의 솔더볼을 오차를 가능한 줄이는 방식으로 만들 수 있는 공정에 대한 연구를 진행하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(kimjw@seoultech.ac.kr)

나노스케일 균일 박막 제조를 위한 대면적 코팅 장치 설계

김현빈*, 박정우, 박상근, 정영운, 석재영#

A design of the large-area coating system for fabrication of uniform nanoscale thin films

H. Kim*, J. Park, S. Park, Y. Jeong, J. Y. Seok#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과,

Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

Key Words : Blade coating, Coating machines, Solution-processes, Functional materials, Nanoscale, Thin films

현재 반도체/디스플레이 소자는 비활성 분위기(Inert atmosphere)하에서 반복적인 진공 증착(Vacuum deposition) 혹은 화학기상증착(Chemical vapor deposition)을 기반으로 다층박막 형태로 제조된다. 재료의 순도가 높고 각 박막들의 품질이 뛰어나 제조된 소자의 성능이 우수하지만, 높은 진공도, 비활성 분위기, 고순도의 화학 가스 등을 요구하기 때문에 시간과 비용이 많이 필요하다는 단점이 있다. 반면, 용액 공정(Solution-process) 기법은 기능성 물질을 잉크화하고, 기존의 인쇄 기법들을 적용해 대기 환경하에서 손쉽게 제조할 수 있으며, 대면적화가 쉽고, 연속공정이 가능하며, 공정시간이 짧기 때문에, 제조비용을 혁신적으로 절감할 수 있다는 장점이 있어, 최근 몇 년간 대체 공정으로서 많은 관심을 받고 있다. 그럼에도 불구하고, 아직까지 용액 공정법으로 제조하는 반도체/디스플레이 소자는 그 박막의 품질이 좋지 않아, 진공 기반의 공정으로 제조하는 소자에 비해서 수명, 효율, 작동 성능 등 품질 면에서 상용화되기에 부족한 실정이다. 본 연구에서는 대표적인 박막 코팅 기법 중 하나인 블레이드 코팅 공정 기법을 대상으로, 그 코팅 장치의 정밀한 구동을 위한 설계를 개선함으로써 박막 균일도를 향상시키는 부분에 집중하였다. 특히, 블레이드 코팅 방식은 블레이드와 기판간의 간격(Clearance)이 박막의 두께를 결정하는 유일한 요인이기 때문에, 간격의 정밀한 제어와 함께, 횡방향(Cross-direction)의 간격 균일도가 매우 중요하다. 이러한 점을 고려해, 블레이드 코팅 장치에서의 블레이드의 영점(Zero-point) 설정 메커니즘, 1 um 급 정밀도의 수직방향 구동부 설계, 좌/우 간격의 독립 제어 메커니즘 개발 등을 수행하였다. 마지막으로, 새로이 설계된 블레이드 코팅 장치 설계의 효용을 확인하기 위해서 수십 nm 수준의 두께를 갖는 기능성 고분자 박막을 대면적 기판 (100 x 100 mm2)에 코팅하고, 서로 다른 여러 위치에서의 박막 두께 균일도를 정량 평가하였고, 실제적인 코팅 품질 개선 효과를 입증한 결과를 보인다.

후기 이 연구는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(seokjy@seoultech.ac.kr)

SiCN 중착장비 개발을 위한 박막특성분석

장진호[1,*], 강민지[1], 전지현[2], 최동혁[3], 김성동[1,#]

Assessment of SiCN thin film properties for the development of SiCN PECVD

Jinho Jang[1,*], Minji Kang[1], Jihyeon Jeon[2], Donghyeok Choi[3], Sungdong Kim[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 신소재공학과[2], 아이에스티이[3]

Key Words : SiCN, PECVD, Thin film, Bonding

본 연구에서는 플라즈마 화학 기상 증착(PECVD)법으로 제작한 실리콘 카본 질화물(SiCN) 박막의 본딩 특성을 평가하고자 한다. SiCN 박막은 반도체 금속 배선층에서 구리의 확산을 막기 위한 구리 확산 방지층으로 사용되고 있으며, 최근 첨단 반도체 패키지용 하이브리드 본딩 공정에서 구리 확산 방지 및 본딩 접합력 강화 목적으로 사용되는 등 그 적용 범위를 넓혀가고 있다. 본 과제의 최종적인 목표는 SiCN 박막 증착을 위한 PECVD 장비의 개발이며, 본 발표에서는 개발 PECVD 장비로 증착한 SiCN 박막의 하이브리드 본딩 공정에의 응용 가능성을 확인하고 한다. 개발한 PECVD 장비로 증착한 SiCN 박막이 하이브리드 본딩 공정에 적합한지 평가하기 위해 다양한 조건에서 본딩을 수행하였다. O_2 플라즈마 처리 후 DI 세척 단계를 거친 다음 다양한 온도와 압력에서 SiCN 박막을 본딩하였다. 본딩 부위의 확인 및 본딩 계면의 직접 관찰을 위해 surface acoustic microscopy(SAM) 및 scanning electron microscopy(SEM)을 사용하였다. 또한 표면 처리 전후의 표면 상태 변화를 관찰하기 위해 x-ray photoelectron spectroscopy(XPS)를 사용하였다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(sdkim@seoultech.ac.kr)

Sub-μm 정밀도를 갖는 D2W 본더의 정렬 방식 개발

소현우[1,*], 도승모[1], 박영호[1], 손사랑[1], 정승훈[2], 임준형[2], 김민규[3], 문권진[4], 김성동[2,#]

Alignment methods of D2W bonder with sub-μm accuracy

H. W. So[1,*], S. M. Do[1], Y. H. Park[1], S. R. Son[1], S. H. Jung[2], J. H. Im[2], M. K. Kim[3], G. J. Moon[4], S. D. Kim[2,#]

서울과학기술대학교 기계자동차공학과[1], 기계시스템디자인공학과[2], 전기정보공학과[3], (주)비아트론[4]

Key Words : Bonder, Die to wafer, Alignment, sub micrometer

패키징 기술의 발전에 따라 다이(die)를 기판위에 붙이는 다이 본딩 기술에도 많은 변화가 있어왔다. 최근 첨단 패키지 기술로 주목받는 이종집적(heterogeneous integration)에서는 다이를 전통적인 세라믹 또는 유기 기판이 아닌 실리콘 웨이퍼 위에 집적하는 die-to-wafer(D2W) 본딩 기술을 요구하고 있다. 장비 관점에서 D2W 본딩을 구현하기 위해서는 높은 생산성과 고정밀도 정렬을 동시에 구현해야 하는 어려움이 있으며, 본 연구에서는 높은 생산성을 위한 고속 정렬 상황에서 마이크로미터 이하의 정렬 정밀도를 갖기 위한 정렬방식에 대한 개발을 진행하였다. 먼저 기존 D2W 본더에서 사용되는 정렬 방식 및 기구에 대한 장단점 분석을 통해 높은 정렬 정밀도를 달성하기 위해서 개선되어야 할 사항을 도출하였으며, 마이크로미터 이하의 정렬 정밀도를 구현하기 위한 대안을 제시하고 그 구현 가능성에 대해 검토하였다. 또한 제안된 정렬 방식이 고속 정렬에 미치는 영향도 함께 분석하였다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자[*], 교신저자[#](sdkim@seoultech.ac.kr)

POCT용 마이크로칩 제작

김인겸[1,*], 유지원[1], 장혜경[1], 정지원[1], 김남현[2], 조영학[1,#]

Fabrication of microchip for POCT (Point of Care Testing)

I. G. Kim[1,*], J. W. Yoo[1], H. G. Jang[1], J. W. Jung[1], N. H. Kim[2], Y. H. Cho[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학과[2]

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 POCT의 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, PDMS (Polydimethylsiloxane)기반 POCT 마이크로 칩에서의 세포 실험을 진행할 경우 세포에서 분비되는 소량의 다양한 바이오 물질들이 PDMS에 흡수되어 정확한 검출을 통한 검사를 어렵게 한다.

본 연구에서는 질병 테스트 및 세포 실험을 위해 폴리머 기반의 POCT 마이크로 칩을 사출금형을 이용하여 제작하고 PDMS 및 다양한 폴리머 기판을 이용하여 패키징을 진행한다. 마이크로 칩 사출에 사용되는 폴리머는 PS (Polystyrene), PMMA (Poly(methyl methacrylate)), PC (Polycarbonate)이며, 이들 마이크로 칩과 PDMS 사이의 적절한 본딩 방법 및 조건을 제안한다. 또한, 패키징된 마이크로 칩에 대한 누설 (leakage) 테스트를 진행한 후 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)

영상 처리를 통한 초소형 스테이지의 변위 및 각도 측정

지태호*, 박민상, 유원모, 윤재웅, 이치범#

Measurement of displacement and angle on micro stages with image processing

T. H. Ji*, M. S. Park, W. M. Yoo, J. W. Yoon, C. Lee#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Optical image stabilization, Image processing, High speed camera

스마트폰의 광학적 영상 안정화(Optical Image Stabilization) 시스템은 진동을 감지하면, 그 움직임을 상쇄하는 방향으로 렌즈에 보상 움직임을 가하여 영상 센서에 이미지가 안정적으로 유지되도록 보조하는 역할을 한다. 이러한 OIS의 생산 과정 중 사람의 손떨림을 재현하기 위해 인위적으로 x, y축 운동을 부여하고, 이 응답 특성을 통해 성능을 검증하고 불량을 검출한다. 특히 OIS에 부착된 홀 센서의 성능 또한 평가 대상에 포함되기 때문에 외부 센서를 통한 성능 검증 과정이 요구된다. 해당 과정을 위해 부착 센서를 활용할 경우 센서 무게에 의한 관성 오차가 발생할 수 있으므로, 이를 고려하여 비접촉 센서를 채택하여 성능을 검증한다. 본 연구에서는 성능 검증 과정이 신속한 처리 속도와 소형 단위의 고해상도를 요구한다는 특성을 반영하여, 비접촉 센서 중에서도 1000 fps 이상의 성능을 낼 수 있는 초고속 카메라를 채택하여 영상을 실시간으로 처리하고 불량을 검출하고자 한다. 초고속 카메라를 활용하면 기존의 레이져 도플러 변위계에 비해 직관적으로 변위를 확인할 수 있으며, 저비용으로 구성할 수 있고, 향후 변위 측정 이외의 다른 용도로 영상을 활용할 수도 있다. 반면 실시간 처리를 위해서는 영상처리를 프레임 간격에 해당하는 빠른 시간에 수행하여야하는 단점이 있다. 영상처리 시 1000 fps 이상의 처리 속도를 고려하여 객체 검출 알고리즘을 수립하고, 각 프레임의 변위와 각도를 측정한 뒤, 응답 특성을 검토하고 임계 성능을 만족하지 못하는 경우 불량으로 판정하는 방식을 채택할 예정이다.

후기 이 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(chibum@seoultech.ac.kr)

축향영구자속모터 적용을 위한 경량화 소재 특성 분석

이병현[1,*], 이성훈[1], 장유진[1], 김영덕[2], 안다훈[1,#]

Analysis on characteristics of light weight materials for axial flux permanent magnet motors

B. H. Lee[1,*], S. H. Lee[1], Y. J. Jang[1], Y. D. Kim[2], D. Ahn[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], ㈜이솔[2]

Key Words : AFPMM, CFRP, Light weight

본 논문은 축향영구자석모터(AFPMM, Axial Flux Permanent Magnet Motor)에 경량화 소재를 적용하기 위해, 그 소재의 특성을 분석한 연구 내용을 담았다. AFPMM은 반도체 웨이퍼 등 초정밀 공정이 요구되는 대상체의 회전 위치 결정에 사용할 수 있는 저중심 직구동 모터이다. 위치결정 정밀도 및 고속 성능의 향상을 위해 회전자에 경량화 소재 적용이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 기계적 물성 외에 열적, 전기적 물성의 적합성 분석이 필요하다. 300 mm 직경의 회전자에 경량화 소재로서 탄소섬유복합소재를 적용 시 모터 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 AFPMM에서 영구자석에 의한 자계와 고속 회전체를 모사한 장비를 구축하였다. 회전체에서 발생하는 와전류 댐핑 특성을 측정 및 분석하기 위해 토크 센서로 댐핑에 의한 토크량을 측정하는 실험을 수행하였으며, 대조군 소재들과의 비교 분석을 수행하였다. 그 결과 금속 소재에 대비하여 현저히 낮은 댐핑 특성을 관찰하고, 탄소섬유복합소재의 종류에 따라 차이가 있음을 확인하였다. 본 연구 결과로부터 모터 경량화를 위한 탄소섬유복합소재의 유효성을 확인하고, 회전자 및 고정자 등 모터 구성 요소의 구조체에 탄소섬유복합소재 적용 시 설계 및 제작에 대한 방향성 및 제한 조건 등을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(dhahn@seoultech.com)

회전형 자기부상 스테이지의 열-전자기 해석 모델

박민욱[1,*], 최휴[2], 박경근[1], 조성민[3], 박정민[2], 여의주[4], 김영덕[5], 안다훈[1,#]

Thermo-electromagnetic analysis model of rotary magnetic levitation stage

M. W. Park[1,*], H. Choi[2], G. G. Park[1], S. M. Cho[3], J. M. Park[2], E. J. Yeo[4], Y. D. Kim[5], D. Ahn[1,#]

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[1], 서울과학기술대학교 기계자동차공학과[2], 서울과학기술대학교 MSDE학과[3],
서울과학기술대학교 스마트ICT융합공학과[4], ㈜이솔[5]

Key Words : Magnetic levitation, Rotary stage, Thermal-electromagnetic model, Finite element analysis

자기부상 시스템은 움직이는 부상체와 고정부 사이에 기계적 연결장치가 없고 영강성을 유지할 수 있으므로 마찰의 제약이 없고 비접촉식 구동기가 안내 역할도 수행하여 고도의 정밀도를 구현하는 데 적합하다. 기계적 결합을 이용하는 안내 기구에서 발생하는 마찰, 마모로 인한 파티클 생성과 오염 가능성이 없으며, 비접촉 안내 기구인 에어 베어링과 달리 진공 환경에 적용할 수 있는 장점 또한 있다. 그러나 전자기력을 이용한 자기부상 시스템은 보이스코일모터 등 구동기의 추력 한계가 가장 큰 단점이다. 부상체를 항상 띄워놓기 위해 모터 코일에 전류가 항상 흘러야 하며, 이는 전기저항에 의한 열발생으로 이어진다. 따라서 부상력의 증가 설계 및 운용 조건 설정과 제어 등에 전자기 구동기의 열-전자기 모델은 필수적으로 요구된다. 회전형 자기부상 스테이지는 처음 제안된 형태로서 열 및 전자기 모델의 수립이 필요하다. 전자기 구동기의 구성요소인 영구자석, 요크, 코일 등의 치수와 인가 전류밀도에 따른 소모전력, 열전달, 온도 증가, 추력 발생 등을 분석할 수 있는 모델을 수립하였으며, 해석 시뮬레이션을 이용하여 모델의 정확도를 검증하였다. 본 연구를 통해 회전형 자기부상 스테이지의 최적설계 등에 활용할 수 있으며, 모델 기반 제어를 위한 높은 정확도의 플랜트 모델로 활용할 것으로 기대한다.

후기 이 성과는 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0025170, 반도체전공트랙사업)

발표자*, 교신저자#(dhahn@seoultech.com)

반도체 공정 적용을 위한 높은 민감도의 퓨리에 변환 분광기 개발

박영원*, 김정윤, 박홍규, 이주형#

High-sensitivity Fourier transform spectrometer for semiconductor process applications

Y. W. Park*, J. Y. Kim, H. K. Park, J. H. Lee#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Infrared spectroscopy, Fourier transform spectrometer

마이켈슨 간섭계(Michelson Interferometer) 기반의 적외선 퓨리에 변환 분광기(Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR)는 적외선 스펙트럼 분석에 널리 이용되고 있다. FTIR 은 대기 중 유해가스 특정 및 농도 측정을 위한 가스 흡수스펙트럼 분석 또는 미세패턴 구조분석을 위한 분광타원계측법 등의 분야에 적용되며, 반도체 재료 연구 및 개발에서 몇 가지 기본적인 재료 파라미터를 조사할 수 있는 쉽고 효과적인 도구로 두각을 나타낸다. 이를 위해 0.1cm^{-1} 이하의 고분해능 퓨리에 변환 분광 기법과 외란에 강인한 높은 민감도가 요구된다. 이러한 고분해능의 퓨리에 변환 분광 기법을 위해 마이켈슨 간섭계 내의 측정거울을 긴 스트로크(Stroke)로 선형이송하여 광경로차를 발생시켜야 한다. 이는 근본적으로 분광기의 소형화에 제한되며 선형 스테이지에 장착된 측정거울을 일정한 속도로 기계적 주사(Scanning) 하는 복잡한 제어기법과 데이터 후처리 기법이 요구되므로 정밀 선형 스테이지를 구축하기에 한계가 있다. 이러한 측정거울의 선형이송 시 발생하는 근본적인 문제를 해결하기 위해 측정거울의 선형이송이 아닌 거울쌍의 회전운동을 통한 기계적 주사를 발생시켰다. 본 연구는 회전거울쌍 기반 분광기의 유효구간을 반복측정 후 평균화를 이용하여 높은 민감도를 얻어냈다. 이러한 연구 결과는 반도체 공정에서 부품의 결함검사 또는 유해가스 모니터링에 적용될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 서울과학기술대학교 '반도체전공트랙사업단'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(Jlee@seoultech.ac.kr)

CFRP 치구를 활용한 공작기계 구조물 열변위의 민감도 평가

김혁*,#, 정승민, 박강휘, 이창호

Evaluation of thermal error sensitivity of machine tool structure using CFRP fixture

H. Kim*,#, S. M. Jeong, K. H. Park, C. H. Lee

㈜DN솔루션즈

Key Words : Thermal error, Structure sensitivity, Machining center, Machine tool

공작기계 가공중에 나타나는 내외부 열원에 의한 열변형 오차는 가공정밀도의 80%이상을 차지하는 주요인자이다. 현재 주로 사용되는 있는 공작기계 열변형 평가 방법은 공구선단과 테이블의 상대위치오차를 접촉식 공구길이 측정장치, 광학식 프로브, Gap-sensor 등으로 측정하여 상대적인 열변형 오차량을 확인하고 있다. 스핀들과 이송축과 같은 내부 발열원에 의해 발생하는 열변형은 상대위치오차 측정 방법으로 원인 및 저감 방안을 도출 하기 용이하나, 환경온도 변동과 같은 외부 열원으로 Column, Bed, Saddle의 열변형이 발생 할 경우 상대위치오차 측정방법 만으로는 각 구조물의 온도에 의한 민감도를 확인하기가 어렵다. 이에 CFRP Bar를 설계하여 개별 구조물의 부착하여 절대 열변형량을 측정할 수 있는 평가 기법을 개발하고, 해당 기법을 통해 환경온도변화에 따른 구조물의 열변형을 직접 평가함으로 테이블과 공구선단간의 상대위치오차를 발생시키는 민감도가 높은 구조물을 확인하였다. 공구선단에서 나타나는 공작기계 열변형의 주요 원인은 Column 및 Bed 등 개별 요소에서 발생하는 오차들의 상대 합으로 설명할 수가 있으며, 기존 상대위치오차 측정방식과 80%이상 유사한 평가결과를 확인할 수 있었으며, 해당 평가 기법을 통해 열변형 보정정확도도 30%이상 향상됨을 확인 할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(Hyeok.kim@dncompany.com)

공작기계 열오차 모델을 위한 열모드 기반의 온도센서 부착점 최적화

김병섭[1,*,#], 이찬영[1], 김종욱[2]

Optimization of temperature sensor attachment points via thermal mode for machine tool thermal error modeling

B.-S. Kim[1,*,#], C.-Y. Lee[1], J. W. Kim[2]

한국기계연구원 초정밀장비연구실[1], 화천기계(주)[2]

Key Words : Thermal modal analysis, Temperature sensors, ANSYS

공작기계의 가공 정밀도는 가공된 생산물의 치수 정밀도에 직접적인 영향을 미치며, 기계 가공품의 고품질화를 위해 열에 기인한 오차와 기하학적인 오차들에 대해 지난 수십 년 동안 많은 모델링 및 보정 방안이 연구되어 왔다. 열에 기인한 오차는 전체 기계 가공 오차의 40~70% 정도를 차지하며 기계 가공 시 오차를 유발하는 가장 큰 인자 중의 하나로 알려져 있다. 공작기계의 동적인 모드 해석(Dynamic Modal Analysis)과 유사하게 적은 수의 주요한 열적 모드들이 전체 열 변형을 주도하기 때문에 이들 모드를 잘 파악할 수 있는 위치에 온도 센서를 부착한다면 보다 정확하고 강건한 열 오차 모델을 구축할 수 있다. 열 모드 해석(Thermal Modal Analysis)은 유한 요소 해석기법을 이용하여 열 변형 과정의 주요한 열적 모드를 수치적으로 찾아내는 것으로 Eigenvector의 선형적인 독립성 때문에 이를 이용한 온도 센서의 부착은 열 오차 모델의 예측 정밀도를 향상시킬 수 있다. 열 모드들의 중요도를 시정수(Time Constant)와 모달 열적 부하(Modal Thermal Load)의 곱으로 계산한 후에 중요도 순위에 따라 온도 센서는 선정된 주요 모드의 Anti-node 점에 부착한다. 상용 해석 프로그램인 ANSYS에는 열 모드 해석을 위한 모듈이 따로 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 ANSYS APDL (Ansys Parametric Design Language)을 이용한 열 모드 해석 과정과 대형 수직형 터닝센터에 열 모드 해석을 적용하여 온도 센서의 부착점을 최적화한 해석 예를 소개한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '소재부품 기술개발사업 (소재부품패키지형)'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20021890)

발표자*, 교신저자#(bkim@kimm.re.kr)

중절삭 밀링가공을 위한 고유연가공기 진동제어 기술

심종엽*,#, 노승국, 황주호

Vibration control of serial-structure flexible machine with gyroscope moment actuator

J. Shim*,#, S. K. Ro, J. Hwang

한국기계연구원 첨단생산장비연구부 초정밀장비연구실

Key Words : Vibration control, Gyroscope, Flexible machine, Milling, Moment actuator

1. 서 론

최근 다관절 구조의 기계 등 고유연 형태 가공기를 이용한 기계 절삭가공 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 고유연 가공기의 다양한 가공물 형태 및 필요사항에 알맞는 가공기 구조를 적용할 수 있고 작은 공간에 6자유도의 공구 경로를 구현할 수 있는 장점이 고절삭력이 요구되는 응용에도 적용 범위를 넓히려는 산업적 요구가 반영되고 있는 것이다. 본 논문에서는 이러한 고유연가공기의 큰 단점 중 하나인 낮은 고유진동수 및 정/동 강성을 극복하기 위하여 자이로스코프 모멘트 구동기를 이용한 능동제어 기술에 대하여 논하고자 한다.

2. 고유연 가공기 구조 동특성 및 모멘트 구동기

실험에 사용된 고유연가공기는 KUKA사의 산업용 로봇으로서 KR-50 시리즈 제품이며 총 6자유도를 갖고 있고 벨트 및 감속기를 이용하여 구동되는 일반 상용 로봇이다. 가공기의 end-effector에 Fig. 1과 같이 가공용 스핀들을 부착하여 실험하였으며 스핀들은 30,000 rpm까지 회전이 가능하며 공구는 콜렛 ER25를 이용하여 장착된다. 고유연가공기의 구조 상 가공기의 위치 및 자세에 따라서 정/동 특성이 많이 변하며 특히 일반적인 머시닝센터 대비하여 정강성의 크기가 매우 작으며 1차 고유진동수도 1/5 이하로 낮고 또한 동강성 또한 절삭 가공에 사용하기에는 부족한 특성을 보유하고 있다.

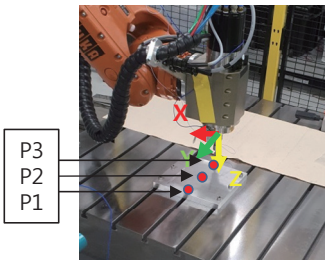
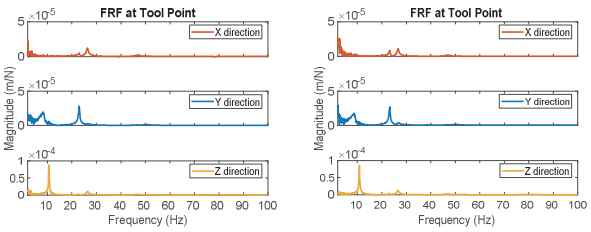


Fig. 1 Flexible machine for milling operation



(a) Impact test for FRF at P1 position (b) Impact test for FRF at P3 position

Fig. 2 Impact test results showing structural modes

Fig. 1에서 보이는 P1~P3의 위치에서 impact test를 통한 주파수 응답함수(FRF)를 실험적으로 획득했으며 Fig. 2의 결과에서 볼 수 있듯이 1차 진동모드는 10Hz 이하에서도 발생하며 2차 진동모드는 20Hz 근방에서 관찰된다. 이러한 저주파의 진동모드는 동강성의 크기도 작아서 10,000rpm 스핀들 회전을 이용한 밀링가공에서도 쉽게 큰 진폭의 진동을 야기하는 것으로 실험에서 관찰된다. 또한, 이러한 저주파의 진동모드는 특히 중절삭 응용에서 1,000rpm 이하의 절삭가공에서 채터현상을 동반한 큰 진동을 야기하여 고유연가공기의 활용에 제한을 갖게 한다.

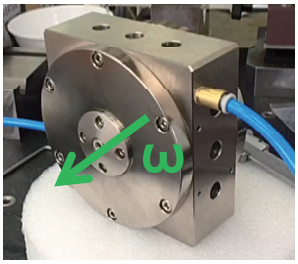


Fig. 3 Developed gyroscope for moment force control

Fig. 3에서 이러한 저주파의 진동을 능동제어 기법을 이용하여 상쇄제어를 수행하기 위하여 개발한 Fly-wheel 형태의 스핀들이 내장된 자이로스코프를 보이고 있다. 스핀들의 직경은 90mm 이며 20,000rpm까지 회전가능하고 장치 크기를 최소화 하기 위하여 에어터빈을 이용하여 회전하게 된다. 고유연가공기(KUKA)의 end-effector에 가공용 스핀들 및 2개의 자이로스핀들이 장착되어 밀링 가공 중 저주파(< 20 Hz) 진동을 제어하는 실험을 보이고 있다.

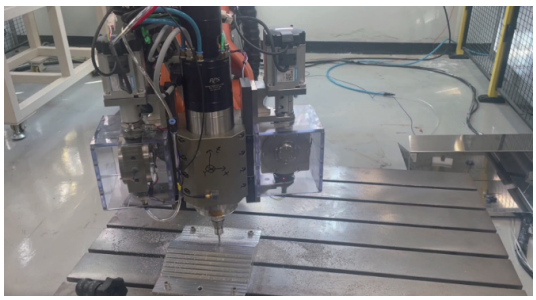


Fig. 4 Vibration supression result by gyroscope actuator when milling with KUKA machine

참 고 문 헌

(1) Law, M., Rentzsch, H. and Ihlenfeldt, S., 2015, Developement of a Dynamic Substructuring Framework to Facilitate in Situ Machining Solutions Using Mobile Machine Tools, Procedia Manufacturing. 1~12.

(2) Lazar, M., 2012, Cutting Force Modelling for Drilling of Fiber-reinforced Composites, EPFL Ph.D Thesis.

발표자*, 교신저자#

CNC 공작기계 이송계의 동특성을 고려한 이송속도 프로파일링

김다영*, 강정모, 박재현, 지성철#

Feedrate profiling considering the dynamic characteristics of the CNC machine tool feed drive systems

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

단국대학교 기계공학과

Key Words : CNC machine tool, Feedrate profiling, Dynamic characteristics, Contour error, Machining time

일부 상용 CNC(Computerized Numerical Control) 공작기계에서는 파트 프로그램의 고속, 고정밀 가공을 위하여 이송속도 프로파일링 시 사용자가 설정한 각 축의 허용 속도차와 가속도 값을 기반으로 인접한 두 블록 사이에서의 이송속도 감속 수준을 결정하는 기능을 제공한다. 하지만 이러한 방식은 기계 장비의 동특성에서 기인하는 윤곽오차의 발생 수준을 직접적으로 제한하지 못한다는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 윤곽오차를 예측하고 예측된 값을 기반으로 각 축의 허용 속도차와 가속도를 최적화하고자 하는 연구가 수행된 바 있으나, 최적화한 값을 모든 블록에 대하여 일괄적으로 적용하므로 윤곽오차의 크기가 충분히 작음에도 불구하고 불필요한 감속을 수행하게 됨으로써 가공 시간이 길어질 수 있다. 본 논문에서는 이송계의 동특성을 고려하여 윤곽오차를 예측하고 이송속도와 윤곽오차 크기의 관계성을 분석하고자 하였다. 또한, 이를 기반으로 설정된 윤곽오차의 수준을 만족하는 범위 내에서 매 블록마다 이송속도의 감속 수준을 결정하여 이송속도 프로파일을 생성함으로써 CNC 공작기계의 윤곽제어성능을 확보함과 동시에 가공 시간을 단축시키고자 하였다. 제안된 방법의 적용 유무에 따른 윤곽오차의 크기와 가공 시간을 비교함으로써 유효성을 평가하였으며, 그 결과는 제시된 이송속도 프로파일링 방법이 CNC 공작기계의 가공 시간을 단축하기 위한 방법으로 활용될 수 있음을 보여준다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 "스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)" 과제와 "2023년 산업혁신인재성장지원사업(과제번호 P0012744)"에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

NC코드 공정변수 추출 및 공정데이터를 활용한 공구마모 시뮬레이션 기술 개발

이재준, 이재학*,#

Development of tool wear simulation technology using process variable extraction of NC-code

J. J. Lee, J. H. Lee*,#

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : Machine tool, Robot, Vision camera, Machine tending, Tool wear

1. 서 론

가공산업과 같은 전통산업군에서, 인건비 증가와 근로자 수 감소로 인해, 로봇을 이용한 자동화 기술도입이 가속화 되고 있다. 하지만 이러한 하드웨어적인 자동화 기술의 개발 및 보급상황과 비교하여, 가공공정의 변수를 최적화하고, 공구교체 시기를 판단하는 등의 공정최적화 기술의 자동화는 아직 현장작업자 및 CAM작업자의 판단에 의존하고 있다. 본 논문에서는 업체가 기활용중인 NC-Code의 분석 및 공정변수 추출, 그리고 이를 이용한 공구마모 시뮬레이션 및 검증에 대해 다루며, 장비 별 다른 동특성을 고려하기 위해, 모니터링 시스템을 이용해 추출한 데이터를 시뮬레이션에 적용하여 정합성을 높이는 내용에 대해서도 다룬다.

2. NC코드 공정변수 추출 프로그램 개발

기존 NC코드 생성과정은 작업자가 CAD도면을 받아 이를 CAM 소프트웨어에 입력하고, CAM 소프트웨어가 NC코드를 생성하는 방식이었다. 최근에는 이렇게 생성된 NC코드를 물리적으로 해석하여, 과부하구간의 완화, 불필요한 구간의 제거를 해주는 소프트웨어도 등장하였으나, 아직 현장에서 필요로 하는 공구마모 시뮬레이션 및 장비 실시간 공정데이터를 적용하여 신규 NC코드를 생성하는 기술은 개발되지 못한 상황이다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이, 본 논문에서는 실제 장비의 공정데이터를 받아 이를 이용한 공구마모 시뮬레이션 및 신규 NC코드 생성을 목표로 한다.

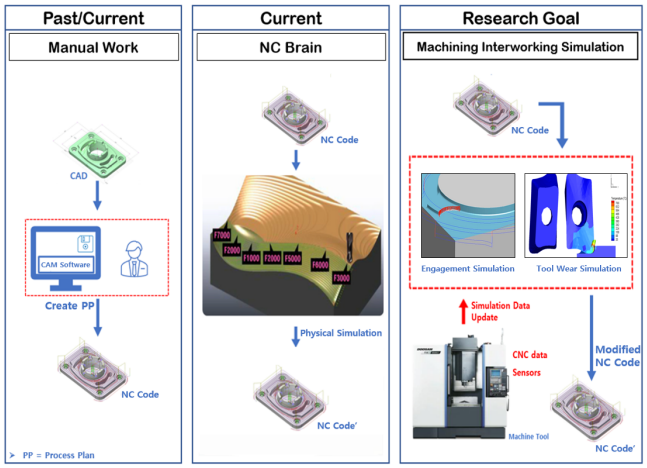


Fig. 1 Research Objective

NC코드는 한 라인단위로 구성되며, 라인에서 장비에 지령할 수 있는 것은 공구의 X/Y/Z 좌표, 스핀들 회전속도, 그리고 이송계의 이송속도 이다. 가공 공정변수 중 스핀들 회전속도, 이송계 이송속도는 쉽게 파악할 수 있으나 공구-소재간 맞물림을 고려하여 계산해야 하는 절삭깊이 및 절삭너비는 별도의 시뮬레이션 기술을 필요로 한다. 본 연구에서는 아래 그림에서 볼 수 있듯이, 공구 소재간 맞물림량을 파악하고, 이를 RTZ 좌표계로 변환하고, 이를 이용하여 절삭깊이 및 절삭너비를 파악하는 프로그램을 개발하였다. NC코드의 한 라인을 맞물림양에 따라 세분화하여, 공정변수를 추출할 수 있도록 개발하였다.

3. 공구마모 시뮬레이션 기술 개발

공정변수를 추출한 후에는 아래 그림에서 볼 수 있듯이, Two-Body Abrasive model을 이용한 공구마모 시뮬레이션이 가능하다. 절삭력은 공정변수를 이용하여 계산할 수 있으며, 공구온도 시뮬레이션을 이용해 FEM시뮬레이션을 수행하여, 공구-소재간 열전달 계수를 계산하고, 실제 마모실험을 이용하여 마모계수를 계산하였다.

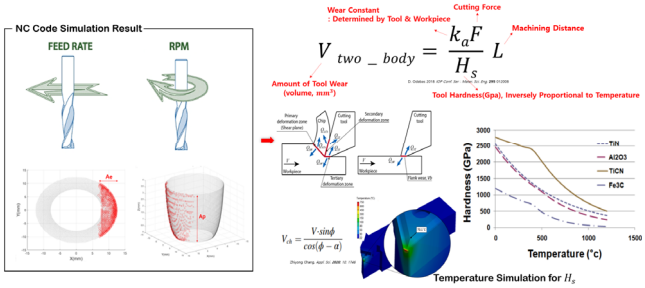


Fig. 2 Tool Wear Simualtion of a NC-Code

본 연구에서 추가로 시도한 것은 CNC제어기의 모니터링 데이터를 시뮬레이션에 적용하여 정합성을 높이는 것이다. 아래 그림에 나와있듯이, 시뮬레이션 상에서는 지령 RPM과 지령 Feed만을 이용해 시뮬레이션을 수행할 수 밖에 없지만, 공구의 급속이송 구간이나 Ramping과 같은 공구방향이 지속적으로 변화하는 구간에서는 지령 Feed와 실제 수행 Feed의 값의 차이가 큰 경우가 존재한다. 이를 고려해주기 위해, .tdms 형태의 모니터링 데이터를 시뮬레이션과 동기화하는 기술을 개발하였고, 최종 검증 결과 NC코드의 공구마모를 90% 이상의 정확도로 예측할 수 있는 것을 확인하였다.

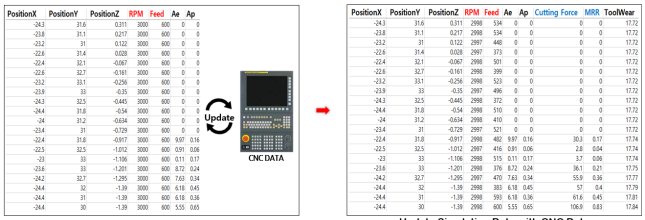


Fig. 4 Visialization App of Machine Tool-Robot System

Acknowledgement

본 연구는 산업통상자원부 로봇산업기술개발 사업(과제번호: KM230082)의 지원을 받아 수행되었음.

참 고 문 헌

(1) K.H. Park. A. Beal, D. Kim, P. Kwon R, J. Lantrip. Tool wear in drilling of composite/titanium stacks using carbide and polycrystalline diamond tools, Wear, 2011, 271, 2826-2835.

발표자*, 교신저자#

동시 5축 CNC 가공에서의 가공면 형상 및 충돌에 대한 실시간 예측

박재현*, 강정모, 김다영, 김명연, 박동혁, 김지현, 지성철#

Real-time prediction of machining surface shape and collision in five-axis CNC machining

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

단국대학교 기계공학과

Key Words : Five-axis CNC machining, Collision prediction, Machining surface shape, Real-time prediction

동시 5축 CNC 가공 시, 사용자의 수동조작 또는 잘못 생성된 가공경로 등으로 인하여 기계장비 구성요소 간의 충돌 및 공작물과 기계장비 구성요소 간의 충돌이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 일부 상용 CNC에서는 실시간으로 기계 구성요소 간의 위치를 파악하여 충돌 여부를 예측하고, 충돌이 예측되면 사전에 정의된 안전거리 내에서 기계장비를 정지시키는 실시간 충돌 예측 기능을 제공한다. 이러한 기능은 가공 중인 가공면의 형상을 직접적으로 반영하지 않고 가공 전 공작물의 형상을 기반으로 충돌을 예측하므로, 실제로는 이미 가공이 되어 공작물과 기계장비 구성요소 간 충돌이 발생하지 않음에도 불구하고 충돌이 발생하는 경우로 오인하여 기계장비가 정지되는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 논문에서는 가공 중 실시간으로 가공형상을 근사하고, 이를 기반으로 충돌 여부를 예측하는 방법을 제시한다. 제시된 방법은 OBB(Oriented Bounding Box) 방식을 기반으로 5축 기계장비 구성요소 및 가공형상을 실시간 근사하는 과정을 포함한다. 기계장비 구동 실험을 통하여 제안된 가공면의 형상 및 충돌 예측 방법에 대한 유효성을 평가하였으며, 그 결과는 제안된 방법이 동시 5축 가공 시 가공면의 형상을 반영한 실시간 충돌 예측 방법으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 지원의 “스마트 제조장비용 CNC 제어시스템 기술 개발(과제번호 20012834)” 과제와 “2023년 산업혁신인재성장 지원사업(과제번호 P0012744)”에 의하여 수행되었음

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

유한요소해석을 이용한 Al5083 필렛 용접부의 열변형 예측에 관한 연구

우수성[1,3,*], 이충우[1], 백경윤[2], 장지훈[3], 김지선[1,#]

Study on the predicting thermal deformation in Al5083 fillet welded using finite element analysis

S. S. Woo[1,3,*], C. W. Lee[1], G. W. Baek[2], J. H. Jang[3], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원[1], 광주대학교 융합기계공학과[2], 광주대학교 미래융합기술공학과[3]

Key Words : Finite element simulation, Thermal deformation, Cold metal transfer(CMT)

국내외적인 환경 규제 강화로 인해 기존 FRP 선박에서 알루미늄 소재의 선박으로 대체가 진행되고 있다. 알루미늄 합금은 내식성과 강도가 우수하여 선박, 해양구조물 및 LNG 탱크 등에 활용되고 있다. 그중 선박은 주로 Metal inert gas welding(MIG) 공정을 이용하여 건조한다. 그러나, 알루미늄 합금의 높은 열전도율로 인해 용접 시 열변형이 발생하게 되고, 용접열에 의한 변형은 구조물의 치수를 변화시켜 오차를 교정하는데 많은 시간과 비용이 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 알루미늄 용접 시 발생하는 응력 거동을 예측하고, 실제 용접 실험 결과와 비교하여 변형을 최소화할 수 있는 용접 조건을 도출하였다. 본 연구에 사용된 소재는 알루미늄 선박에 주로 사용되는 Al5083 소재를 사용하였다. 양호한 품질의 알루미늄 용접 비드를 형성하기 위해 입열량을 제어할 수 있는 Cold metal transfer(CMT)를 사용하여 필렛 용접을 수행했다. 유한요소해석은 Simufact Welding S/W를 이용하여 CMT 공정에서 용접 열원을 구성하는 용접 파라미터에 대한 Case study를 수행하였다. 실제 실험과 용접해석에서의 비드 단면 비교 결과, 입열량에 따라 열원의 폭과 깊이가 변화하였으며, 용접해석에서도 용접 파라미터에 따라 동일한 거동을 확인하였다. 도출한 용접 파라미터를 이용하여 필렛 용접해석을 수행하였고, 용접 공정에서 용접부의 용융과 응고로 인해 응력 변화가 나타났으며, 완전 냉각 이후 변형이 발생하였다. 이는 냉각 시 발생하는 수축의 영향을 받은 것으로 예상된다. 본 연구를 통해 유한요소해석을 이용하여 용접 공정 이후 변형을 예측할 수 있었다. 향후 추가적인 실험을 수행하여 해석에 대한 신뢰성을 확보할 계획이다.

후기 본 논문은 2023년도 수소연료전지기반 레저 선박 건조 실증사업(PIZ23860)의 지원으로 수행한 연구과제입니다.

발표자*, 교신저자#(kimjisun@kitech.re.kr)

전자빔 용접을 적용한 농업기계 및 건설장비용 습식 클러치의 하우징 및 샤프트에 대한 구조 건전성 및 피로 해석에 관한 연구

이대국*, 장형석, 윤승민, 박희수, 현승균#, 김상열#

A study on the structural integrity and fatigue analysis of housing and shaft of wet clutches for agricultural machinery and construction equipment using electron beam welding

D. G. Lee*, H. S. Jang, S. M. Yun, H. S. Park, S. K. Hyun#, S. Y. Kim#

인하대학교 첨단소재공정공학과

Key Words : Wet clutch, Electron beam welding, FEM, Structural integrity, Fatigue analysis

습식 클러치는 건설장비와 농기계의 트랜스미션과 엑슬 등에서 마찰을 통하여 동력 전달 또는 제동 역할을 수행하는 부품으로 건설장비와 농기계 차량의 특성상 매우 높은 전달 토크를 전달 할 수 있는 기계적 신뢰성이 요구된다. 전자빔 용접은 고에너지 밀도의 좁은 초점으로 조사하기 때문에 용접부의 폭이 매우 작고 수축과 변형이 적으며 10-4torr 이하의 진공로 안에서 이루어지기 때문에 금속학적으로 깨끗한 용접부를 얻을 수 있다. 이러한 이유로 구조적, 기계적 신뢰성이 요구되는 습식 클러치의 하우징과 샤프트의 접합에 전자빔용접이 활용된다.

습식 클러치는 동력을 전달하는 과정에서 지속해서 높은 토크가 걸리게 되며 결합·해방을 반복하여 사용하기 때문에 비틀림, 압축하중 시험평가가 필수적이다. 본 연구는 하우징(S20C, cold forging), 샤프트(SCM420H, carburizing heat treatment)을 전자빔 용접한 습식 클러치의 구조적 설계 건전성 및 피로수명 평가 방법으로 ANSYS를 활용한 유한요소해석을 진행했다. 용접부의 물성 정보는 Simufact welding 프로그램을 사용하여 얻었으며 해석적 방법의 당위성 확인을 위해 실험 결과와 비교 분석하였다.

실제 사용 토크(170 kgf·m) 구조해석을 통해 확인된 구조적 취약 부위가 파괴시험 조건(340 kgf·m)에서 변형이 일어난 것을 확인하였다. 스냅링 체결 위치의 중요성을 검증하였으며 구조적 안정성 화보를 위한 체결 각도를 도출했다. 실제 사용 토크(170 kgf·m) 값에서 무한수명, 실제 사용 압축하중(5 kgf/mm2)에서 유한수명 3.0×104로 나타나 피로수명 시험 결과와 일치하였다. 본 연구는 전자빔 용접을 활용한 습식 클러치 하우징과 축에 대한 구조 건전성 및 피로수명 평가로 신뢰성은 물론 시간적 비용적 절감에 기여하였다.

후기 이 논문은 2023년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (‘20016425’, ‘P0008425, 2023년 산업혁신인재성장지원사업’)

발표자*, 교신저자#(현승균 : skhyun@inha.ac.kr, 김상열 : skyfgh@inha.ac.kr)

SPR 알루미늄 합금 3판 접합의 접합성능 평가에 관한 연구

윤승민*, 장형석, 이대국, 박희수, 김상열#

A study on evaluation of joint strength of aluminum alloy three-plate joints using SPR

S. M. Yun, H. S. Jang, D. G. Lee, H. S. Park, S Y. Kim#

인하대학교 첨단소재공정공학과

Key Words : Self-piercing rivet, Cross-tension test, Failure, FEM

Self-piercig riveting은 리벳과 판재가 소성변형을 통해 접합하는 기계적 접합 방식이다. 과거 주로 사용하던 용접 접합방식과 다르게 친환경적이며 알루미늄 합금과 같은 이종소재의 접합에 유용하여 차체 경령화를 위해 사용되는 접합공정이다.

SPR의 접합성능을 평가하는 방법으로 정해진 규격은 없으나 주로 십자인장(Cross-tension) 시험을 사용하여 접합성능을 평가한다. 본 연구에서는 십자인장 시험을 유한요소해석으로 모사하여 접합부의 접합강도를 평가하고자 하였다. SPR과 접합에 사용된 판재의 물성을 경도 시험 및 인장시험을 통해 평가하고, 경화모델을 통해 유동응력으로 변환하였다. 그리고 유한요소해석 프로그램인 LS-DYNA를 사용하여 접합공정과 십자인장 시험을 모사하였다. 그리고 3판 접합에 대해 십자인장 시험을 실시하였다.

접합공정의 모사 해석 결과를 접합실험의 접합단면과 비교하여 접합 해석의 신뢰성을 확인하였다. 그리고 십자인장 시험 결과와 모사 해석의 결과를 비교 분석하여, 해석에서 SPR 접합의 분리 양상이 실제 시험과 유사함을 확인하였고, 접합강도 또한 실험값과 해석값의 오차가 미세하여 해석의 신뢰성을 확보하였다. 본 연구 결과는 유한요소해석을 통해 접합공정과 십자인장 시험을 모사할 수 있으며, SPR의 접합강도에 영향을 미치는 요소를 제안하였다. 본 연구를 통해 SPR의 접합품질과 성능을 개발 초기에 예측할 수 있으며, 차후 SPR의 접합성능시험의 표준화를 위한 기반이 될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2021년 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (S3073212, 2021 년 중소기업기술혁신개발사업), (P0008425, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(skyfgh@inha.ac.kr)

클러치 부품소재인 S20C 열간 단조강과 SCM420H 침탄 열처리강에서 상변태를 고려한 전자빔 용접공정 최적화에 관한 연구

장형석*, 이대국, 윤승민, 박희수, 현승균#, 김상열#

A Study on the Optimization of Electron Beam Welding Processes Considering Phase Transformation in S20C Hot Forged Steel and SCM420H Carburized Heat-Treated Steel for Clutch Components

H. S. Jang, D. G. Lee, S. M. Yun, H. S. Park, S. K. Hyun#, S Y. Kim#

인하대학교 첨단소재공정공학과

Key Words : Electron beam welding, S20C, SCM420H, Hardness, FEM, Phase transformation

전자빔 용접은 진공 환경에서 전자총 컬럼(Column)의 음극 필라멘트를 가열하여 전자방출을 유도하고, 발생한 전자를 바이어스(Biasing) 전위차로 가속하여 자계코일의 전류량을 제어하여, 물체에 고속으로 충돌한 전자빔에서 발생한 열을 이용하여 재료를 융합하는 공정이다.

최적화된 용접 조건을 찾는 작업은 많은 시간과 비용이 소모된다. 이에 본 연구에서는 농기계용 습식 클러치의 하우징과 축의 원주 방향에 해당하는 두께 6 mm에 대한 전자빔 용접에서 최적의 조건을 근사적으로 확인하고자 하였다. 실험과정에서 S20C로 제작된 하우징과 SCM420H로 제작된 축의 물성을 평가하기 위해 인장시험을 실시하고, 온도에 따른 상변태를 분석하기 위해 JMatPro 프로그램을 활용하여 CCT 그래프와 TTT 그래프를 작성하였다. 이 정보를 기반으로 Simufact welding 프로그램을 사용하여 전자빔 용접의 유한요소 해석을 진행하였다.

해석 결과를 확인하기 위해 실제 시험편을 제작한 후, 해석 결과의 용접부와 열영향부 형상을 비교 분석하였다. 실험 결과와의 비교를 통해 해석 결과의 용접부와 열영향부 형상이 매우 유사함을 확인하였고, 경도 값에 대해서도 실험값과 해석값이 일치함을 입증하여 해석의 신뢰성을 확보하였다. 본 연구 결과는 정확한 해석을 통해 용접 부위의 형상과 경도를 확인할 수 있음을 강조하며, 이를 기반으로 클러치의 안전성과 내구성을 향상시키기 위한 전자빔 용접공정의 최적화에 기여할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (‘20016425’, ‘P0008425, 2023년 산업혁신인재성장지원사업’)

발표자*, 교신저자#(현승균 : skhyun@inha.ac.kr, 김상열 : skyfgh@inha.ac.kr)

소셜 로봇의 동작 구현 검증을 위한 구조해석

박문우*,#, 장대철

Structural analysis to verify the motion implementation of social robots

M. W. Park*,#, D. C. Park

한국로봇산업진흥원

Key Words : Social robot, FEA, Finite element analysis, PU foam, Surface texture

본 논문에서는 개발 중인 소셜 로봇인 감성케어 AI 로봇의 동작이 로봇의 제스처로서 제품 디자인과 부합하는지를 검증하기 위한 구조해석 연구를 수행한다. 본 로봇의 주요 동작은 작동 기구에 의한 로봇의 머리, 팔, 발 등의 부위의 움직임에 따라 로봇 내피(폴리우레탄 폼 재질로서 로봇 내부 부품 보호 및 외형 동작 구현)의 적절한 변형으로 구현된다. 이와 같이 내피의 각 부위에 적절한 변형 구현을 검증하기 위하여 유한요소법(FEM; Finite Element Method) 기반의 구조해석을 수행한다. 해석 모델은 로봇의 몸과 머리를 완전히 덮는 단일 부품인 내피로 구성된다. 구조해석을 통해 로봇의 2가지 단위 동작 각각에 대한 내피의 변형 형태를 예측하고, 이를 로봇의 제스처 등 디자인 요소에 적용한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 “디자인혁신역량강화사업”의 지원을 받아 연구되었음(No. 20010108)

발표자*, 교신저자#(mwpark@kiria.org)

이미지 객체 분할 및 결함 데이터 증강 기반 의류 원단 품질 검사 알고리즘 개발

최영운[1,*], 이현석[1], 전용재[1], 이용호[1], 이상원[2,#]

Development of garment fabric quality inspection algorithm based on instance segmentation and defect data augmentation

Y. W. Choi[1,*], H. S. Lee[1], Y. J. Jeon[1], Y. H. Lee[1], S. W. Lee[2,#]

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Fabric defect, Defect inspection algorithm, Image Augmentation, Instance segmentation

최근 제조 현장에서, 제품의 검사 과정을 자동화하기 위한 인공지능 기반 시스템의 개발이 활발히 진행되고 있다. 섬유 산업의 경우, 대부분의 제조업체는 주로 숙련된 검사자를 통해 원단 제품의 결함을 검사하고 있다. 그러나 이러한 방법은 검사자의 숙련도와 피로도에 의해 결함을 검출하는 기준이 달라질 가능성이 높으므로 균일한 품질의 평가가 어렵다. 이에 본 연구에서는 이미지 객체 분할을 기반으로 의류 원단의 결함을 자동으로 검출하는 알고리즘을 개발하였으며, 알고리즘의 강건성을 향상시키기 위한 데이터셋 증강 방법을 제시하였다. 우선 의류 원단의 결함 검사가 일정한 조건 하에 수행될 수 있도록 고성능 카메라를 장착한 비전 검단기 시스템이 구축되었다. 이후 검단기를 활용하여 3종의 원단을 대상으로 이미지 데이터를 수집하였으며, 원단에 존재하는 3종의 결함(Hole, Stain, Dyeing defect)의 위치를 표시한 레이블을 생성하여 원단 결함 데이터셋을 구축하였다. 본 연구에서 제시하는 데이터셋 증강의 과정은 2가지로 나누어진다. 먼저 검단기의 검사 조건을 반영하기 위한 증강으로, 원단의 검단 이송 속도로 인해 이송 방향으로 흐려지는 현상을 반영하기 위한 가우시안 필터, 조명 환경의 변화를 반영하기 위한 명도 변경 등이 적용되었다. 다음으로 원단의 종류 및 결함의 형태에 대한 알고리즘의 대응을 위한 증강으로 이미지 왜곡 및 Cut-Mix 증강이 적용되었다. 객체 분할 알고리즘(Unet++) 기반 결함 검출 모델에 데이터셋을 학습하고 평가한 결과, 증강 후 데이터셋을 학습한 모델이 증강 전에 비해 평가 데이터셋에 대해 높은 정확도로 결함을 검출하였다. 최종적으로 개발된 알고리즘은 검단기에 적용되어 실시간 원단 결함 검사 시스템이 구축되었다.

후기 이 논문은 2022년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의해 연구되었음(S3303060)

발표자*, 교신저자#(sangwonl@skku.edu)

단일입자를 이용한 건식 전기화학폴리싱(전해연마)공정의 Pulse 전원 영향에 관한 연구

곽성웅*, 김욱수, 박정우#

Study on the effect of pulse in dry-electrochemical polishing process using single particles

S. U. Kwak*, U. S. Kim, J. W. Park#

조선대학교 기계공학과

Key Words : Dry electrochemical polishing, Electropolishing, Pulse electrochemical polishing, Solid electrolyte

전기화학폴리싱(Electrochemical polishing, ECP)은 전기화학 반응을 이용하여 금속의 표면을 폴리싱하는 특수가공이다. ECP에 사용되는 강산의 전해액은 환경적인 문제가 있고, 취급이 위험하다. 최근 고체 입자를 이용한 건식 전기화학폴리싱(Dry electrochemical polishing, DECP)이 개발되어 환경적인 이점을 가지고, 관련 분야에 적용되고 있다. 하지만 관련 연구는 DECP를 단순 적용하여 결과 표면을 비교하는데 그치고 있다. DECP는 기존의 ECP와 다르게 교반이 필수적으로 동반되며, 습도 유지가 필요하고, 전기적 조건에 따라 금속 표면에 입자가 접착되어 표면의 품질에 악영향을 준다. 이와 같은 문제로 인해 가공시간이 길어지거나 형상에 따라 폴리싱이 균일하게 진행되지 않는 문제가 있다. 본 연구는 DECP에서 전기적 조건에 따라 STS316L 표면에 발생하는 결점, 흔적 발생 메커니즘 추정을 위해 단일입자 단위에서 Pulse 조건에 따른 결과를 관찰했다. 입자는 공작물과 구리 전극 사이에 위치하고 일정한 양의 메니스커스(Meniscus)를 형성시킨 상태에서 전원을 인가했다. 전원은 직류 전원과 Duty factor를 고려한 Pulse 전원을 인가하고 결과를 비교 분석했다. 설정 전류값은 전기화학 반응의 속도와 관련이 있으며, 입자와 공작물 사이의 메니스커스 제거 속도와 관련된다. 메니스커스가 완전히 제거되는 순간 전류값은 하강하고 전압이 상승한다. 전압이 높은 상황에서 입자는 공작물 표면에 방전 흔적을 남긴다. Pulse 전원은 전기화학반응을 제어하여 직류전원에 비해 전류값의 변화폭이 적다. 따라서 Pulse 전원을 이용하면 메니스커스가 제거되는 속도가 느려 입자가 표면에서 안정적으로 전기화학반응이 진행되는 시간이 길고 결과적으로 폴리싱 결과 표면에 결점이나 흔적이 직류전원에 비해 적게 발생하는 것으로 추정된다.

후기 이 성과는 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (Nos. 2021R1F1A1057433, NRF-2022R1A6A3A13072031)

발표자*, 교신저자#(jwoopark@chosun.ac.kr)

멤브레인의 접합성 향상을 위한 실험 연구

안덕현*,#

Experimental research to improve mombrane welding perfomance

D. H. An*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : Impulse-response test, Laboratory analysis, LNG carrier, Meta analysis, Multi pass welding, Tensile, Trength, 9% Ni Steel

탄소배출 감소를 위한 국제해사기구(IMO)의 규제 강화로 선박용 LNG 탱크에 대한 수요가 증가하고 있다. LNG 탱크는 PC(Pre-stressed Concrete; 이하 PC) 외부탱크 일체식으로 방액벽을 PC 소재로 하여 외부탱크에 밀착시킨 형태이다. 탱크 내부 소재는 7%～9% Ni steel이 사용되고 있으며, 고정식과 부유식이 있다. LNG 탱크 운반선의 소재로 7%～ 9% Ni steel이 주로 많이 사용되고 있으며, LNG 탱크와 같은 대형 구조물을 용접하는 데 있어서 용접금속의 강도 및 열팽창계수가 모재와 유사해야 하고, 극저온에서의 높은 충격인성, 우수한 용접작업성 등이 수반 되어야 한다. 본 논문에서는 선박용 LNG 저장용기 7%～9% Ni Steel의 겹치기 멀티용접(multi pass welding)에 대해서 실험연구(raboratory research)를 수행한 결과 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

1) 멀티용접(Multi pass welding)이 실시될수록 인장강도(Tensile strength)에 지속적으로 충격을 미치는 것으로 나타났다.

2) 7%～9% Ni steel 멀티용접(Multi pass welding)이 1단위 증가함에 따라 인장 강도(Tensile strength)가 충격반응을 보였으며 패스 2부터 패스수가 증가할수록 인장강도가 증가하는 반면 충격반응은 감소하는 것으로 나타 났다.

3) 멀티용접(Multi pass welding)이 인장강도(Tensile strength)에 미치는 영향을 분석한 결과, 멀티용접(Multi pass welding)이 인장강도(Tensile strength)에 대한 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다.

발표자*, 교신저자#(adh99976@kopo.ac.kr)

산업용로봇 기반 CFRP 가공공정을 위한 디지털트윈 프레임워크 연구

김동찬*, 강윤석, 문창현, 한종우, 박형욱#

Research on the digital twin framework for CFRP machining process based on the industrial robot

D. C. Kim*, Y. S. Kang, C. H. Mun, J. W. Han, H. W. Park#

울산과학기술원 기계공학과

Key Words : Digital twin, Industrial robot, CFRP, Machining, Drilling, Trimming

탄소섬유복합재(CFRP)는 우수한 특성으로 인해 최근 항공우주 및 자동차 산업에서 경량화 소재로 널리 사용되고 있으며, 그 사용량이 증가하는 추세입니다. 성형 후 CFRP는 거의 net-shape 형상에 가깝기 때문에 공차 및 치수를 조정하기 위해 드릴링, 트리밍과 같은 2차 가공 공정이 필요합니다. 하지만 이방성 특성으로 인해 CFRP는 가공공정이 어려운 난산소재로 분류되며, 가공 과정에서 박리, 미절단 섬유 등 다양한 결함이 발생할 수 있습니다. 또한 공작기계에 비해 강성이 현저히 낮아 진동이 심한 산업용 로봇으로 가공할 경우 경함이 더 많이 발생할 가능성이 높습니다. 로봇 자세에 따라 비선형적으로 변화하는 공구 팁의 강성은 가공성에 영향을 미칠 수 있습니다. 따라서 가공 전 자세를 기반으로 공구 팁의 각 축에 대한 강성과 고유진동수를 예측할 수 있는 AI 기반 예측모델을 개발하였습니다. AI 예측 모델 값을 기반으로 실제 로봇과 동기화된 트윈 모델을 개발해 로봇 자세를 최적화할 수 있는 플랫폼을 구축하였습니다. 또한, 가공 공정 중 실시간 다중 센서 데이터를 기반으로 CFRP 결함을 예측하는 모니터링 시스템을 개발했습니다. 본 연구는 예측과 모니터링이 동시에 가능한 디지털 트윈 시스템의 프레임워크를 구축하여 분석 결과를 바탕으로 피드백까지 가능하도록 하는 것을 목표로 연구를 진행하였습니다.

후기 본 연구는 2022 년도 과학기술정보통신부 재원으로 한국연구재단의 지원(Nos. NRF-2022R1A2C3007963 and NRF-2017R1A5A1015311)을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(hwpark@unist.ac.kr)

Ti-6Al-4V End-milling 가공 시 불확실성을 고려 한 공구 마모 모델 개발

양상민[1,*], 김경호[2], 최지혁[2], 임성훈[2,3,4], 박형욱[1,#]

Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

S. M. Yang[1,*], K. Kim[2],J. Choi[2] S. Lim[2,3,4], H. W. Park[1,#]

울산과학기술원 기계공학부[1], 울산과학기술원 산업공학과[2], 울산과학기술원 산업지능화연구소[3], 울산과학기술원 인공지능대학원[4]

Key Words : Uncertainty, Ti-6Al-4V, Bayesian , Tool wear, Deep learning

티타늄 합금은 그 우수한 기계적 특성으로 인해 항공우주, 의료 및 자동차 산업과 같은 다양한 산업에서 가장 널리 사용되는 재료 중 하나임. 그러나 티타늄 합금은 열전도율과 비열이 절삭 가공 중 열이 많이 발생하여 급격한 공구 마모가 발생하는 특성을 가지고 있음. 특히, 티타늄 합금을 사용한 엔드 밀링 공정에서는 공구의 마모가 절삭력 뿐만 아니라 공구 당 재료 제거량 및 재료 표면의 품질에도 직접적으로 영향을 미침. 따라서 정확한 공구 마모 예측이 제품 품질을 향상시키고 적절한 시기에 공구 교체가 이루어 져야만 함. 뿐만 아니라, 마모 예측이 전체 프로세스에 미치는 영향이 비용과 시간 측면에서 중요하므로 불확실성을 고려한 공구 마모 예측이 수행되어야 함. 본 연구에서는 Ti-6Al-4V 소재의 엔드밀링 가공 시 발생하는 공구 마모를 Bayesian 접근을 이용한 딥 러닝 기반의 공구 마모 예측 모델로써 제안하였음. 먼저 Raw 센서 측정 데이터에서 추출된 다중 스케일 정보를 통합하는 CNN 기반 아키텍처인 Deep Multi-Scale CNN (DMSCNN)이 제안하였으며. Bayesian 접근을 사용하여 DMSCNN을 불확실성을 고려한 예측 분포를 출력하는 확률적 모델로 변환함. MRR별로 진행 된 가공 실험에서 수집된 실제 엔드 밀링 프로세스 데이터를 사용한 실험은 제안된 DMSCNN이 공구 마모 예측에서 효과적임을 입증하였으며, 또한 Bayesian DMSCNN은 기존의 비교적 결정론적 방법 및 공구 마모 예측을 위한 확률적 방법보다 우수한 성능을 보이고 있음.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT of Korea (No. 2022R1A2C3007963), Development of an on-site facility attached cryogenic machining integrated system funded by the Korea Institute of Industrial Technology (4/4) (KITECH EH-23-0011), and this work supported by X-Corps Plus program of National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT of Korea (No. 2021H1D8A306520712).

발표자*, 교신저자#(hwpark@unist.ac.kr)

터널 및 플랜트분야의 파이프라인 리페어를 위한 금속 적층제조에 관한 기초 연구

정태원[1,*], 김은중[2], 조영태[1], 김동현[2,#]

A basic study on metal additive manufacturing for repair of pipeline in tunnel and plant industries

T. W. Jaeog[1,*], E. J. Kim[2], Y. T. Cho[1], D. H. Kim[2,#]

창원대학교 스마트제조융합협동과정[1], 창원대학교 메카트로닉스연구원[2]

Key Words : Metal additive manufacturing, Repair, Functionally graded material

터널(Tunnel) 및 플랜트(Plant) 산업의 파이프라인(Pipeline)은 한번 설치한 후로 사용기간이 길고, 이로 인해 환경 변수에 따른 마모, 부식, 균열 등의 결함이 발생한다. 터널 및 플랜트의 파이프라인 유지보수 방법은 가동이나 운행 중지로 발생하는 여러 손해를 막기 위해 사용 중인 파이프라인에 유지보수를 수행하여야 하기 때문에 작업 안전에 매우 취약하며, 다양한 파이프라인의 종류에 따라 내부는 내열 합금을 사용하고 외부는 탄소강을 사용하는 경우가 있기 때문에 전문적인 인력이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 로봇을 이용한 이종 소재 금속 적층 리페어(Repair) 기술을 파이프라인 유지보수에 적용하는 연구를 수행하였다. 이종소재 와이어 아크 금속 적층 시스템(Dissimilar-wire arc additive manufacturing)을 이용하여 파이프라인의 리페어 공정을 수행하였고, 소재는 Inconel 718과 SUS 308L을 사용하였다. 소재의 안정적인 적층을 위해 경사기능소재(Functionally graded material)를 제작하는 방법을 사용하여 적층을 수행하였다. 두 가지 소재의 와이어 송출속도를 각각 제어하여 소재의 함량을 조절하였다. 이종 소재 적층을 위한 적층 파라미터를 제안하였고, 미세조직 등의 물리, 화학적인 분석을 통해 적층 파라미터를 분석하였다. 향후 본 연구를 통해서 제안된 적층 파라미터를 사용하여 실제 산업현장에서 파이프라인 리페어 기술을 적용할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "국제공동기술개발사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임(No. P0025817)

발표자[*], 교신저자[#](dkim@changwon.ac.kr)

온실가스 미세먼지 동시저감을 위한 POU 스크러버 기술 개발

박대근*,#

Development of the POU scrubber for simultaneous reduction of greenhouse gases and fine dustsess

D. G. Park*,#

한국생산기술연구원

Key Words : POU Scrubber, Greenhouse gases, Fine dusts, Combustion

2021년 정부 탄소중립 선언 이후, 탄소중립을 위한 온실가스 감축에 대한 계획안이 발표되고 반도체 및 디스플레이 산업에서는 온실가스 저감 기술 연구 개발이 수행되어 오고 있다. 온실가스와 미세먼지는 상충(Trade-off)관계를 이루고 있는 경우가 많기 때문에 미세먼지와 온실가스를 동시에 저감시킬 수 있는 기술개발이 시급한 상황이다. 반도체 및 디스플레이 산업에서는 burn-wet, heater-wet, plasma-wet 타입의 스크러버로 온실가스를 처리를 하고 있으며, burn-wet 타입의 경우, 연료는 LNG를 이용하고 있지만 현재 무탄소 연료 사용을 권장하는 추세로 변하면서 새로운 시도가 필요한 상황이다.

본 기술 개발은 현재 반도체·디스플레이 제조업의 공정가스 배출저감을 위한 스마트 제어형 POU 스크러버 시스템에 대한 최신 내용이다. 난분해성 고GWP 온신가스 최적 분해기술, 고성능 금속착화하합물 기반의 NO 직접흡수처리 및 재생기술, TDLAS 기반 실시간 모니터링 기술, 스크러버 Compact 설계기술, 온실가스에 적합한 화학반응기수 모델개발 등을 전반적으로 소개하고자 한다. 특히, 레이저 기반의 TDLAS 기반 실시간 모니터링 기술에 대해서 상세히 설명하며, 무탄소 연료인 수소를 이용한 기본적인 화염의 구조 및 내부 온도 등으로 새롭게 적용될 POU 스크러버에 대해서 언급하며 실제 적용 가능성에 대해서 논의하고자 한다.

후기 본 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(NO. 20015606)

발표자*, 교신저자#(dgpark@kitech.re.kr)

마이크로 LED 리페어 이후 전단응력 측정

박건영*, 장동영#, 원종한, 박만진

Shear stress measurement after micro LED repair process

G. Y. Park*, D. Y. Jang#, J. H. Won, M. J. Park

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : Micro LED, Micro repair, Adhesion, LoadCell, AutoStage

마이크로 엘이디(Micro LED)는 MEMS(Micro-Electro Mechanical Systems) 공정을 통해 제작되어 기존의 OLED 및 다른 LED에 비해 높은 해상도, 높은 밝기, 긴 수명, 낮은 에너지 소비, 빠른 시간 대응, 유연성, 우수한 색 재현성, 높은 대비율 등의 장점을 가진다. 단점으로는 낮은 수율로 칩(Chip)은 현재 40만개당 100개 수준의 불량화소가 발생하고 있다. 칩의 크기는 30~50um 가로, 세로에 10um의 두께를 가지고 있다. 개별 칩을 이송하고 수리하는 와중에 파손의 위험이 있어 일반 반도체 칩이나 미니 엘이디(Mini-LED)에 비해 매우 정밀하고 섬세한 교체 기술이 요구된다. 불량칩의 제거는 레이져(Laer)장비를 통해 진행하고 재실장은 플립칩 본딩(Flip-chip Bonding)을 이용하여 수리를 진행한다. 수리된 마이크로 엘이디의 전단응력은 양품 대비 90%이상의 전단응력을 가지고 있어야한다. 이를 측정하기 위한 기계적 특성평가 절차 중 하나인 전단시험에 대한 방법론에 대해서 보고한다. 팁(Tip)의 높이와 전단 속도는 전단 테스트에서 중요한 실험 매개 변수이다. 팁의 높이가 증가하거나 전단 속도가 감소하면 전단 강도는 감소한다. 또한 칩 어레이 평가시, 전단 방향 목표 칩의 후면부에 위치한 칩이 있는 경우, 칩 간 유격이 존재한다고 해도 평가결과라 달라진다. 이렇게 일관되지 않은 평가 조건에 의해 마이크로 엘이디의 전단 강도의 변화로 결과 분석에 혼란이 생김을 방지하고자 마이크로 엘이디 전단력 측정을 위한 표준화된 방법이 필요하다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '마이크로 LED 디스플레이 수율 개선을 위한 미세칩 리페어 시스템 개발'의 지원을 받아 연구되었음 (No. 20014587)

발표자*, 교신저자#(dougyjang@gamil.com)

반도체 기반 바이오센서 응용을 위한 환원된 산화 그래핀의 열적 환원 최적화

황태종*, LIU TIANCI, 김영은, 전성찬#

Optimizing the thermal reduction of reduced graphene oxide for semiconductor-based biosensor applications

T. J. Hwang*, TIANCI LIU, Y. E. Kim, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Graphene oxide reduction, Biosensor, Optimizing process

In 2010, Geim and Novoselov's pioneering work on graphene highlighted its potential in various applications due to its strength, flexibility, and high electrical and thermal conductivity. Originally produced through a simple tape peeling method, this technique was limited in scalability and precision. The focus shifted to graphene oxide, produced via chemical exfoliation. This form contains oxygenated functional groups, which disrupt its conductive properties, making it an insulator. However, reducing graphene oxide can restore its conductivity, resembling pure graphene. This study concentrates on optimizing the reduction process of graphene oxide, specifically for bio sensor applications. We experimented with various temperature conditions (80 to 325 degrees Celsius) and exposure times (5 minutes to 14 days) to refine the production of reduced graphene oxide. The goal was to establish a consistent, effective method for biosensor use, focusing on uniformity and stability. Our findings are critical for the biosensor field, providing a foundation for future mass production and stable generation of reduced graphene oxide. In summary, this research advances the use of reduced graphene oxide in biosensors, emphasizing the need for a standardized production process that ensures reliability and efficiency.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Technology Innovation Program ('20013621', Center for Super Critical Material Industrial Technology) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) and 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)

기계가공을 이용한 미세유체 칩 제작

신민철[1,*], 최혜진[1], 한지환[1], 김보현[2], 김규만[1,#]

Fabrication of microfluidic ships using machining

M. C. Shin[1,*], H. J. Choi[1], J. H. Han[1], B. H. Kim[2], G. M. Kim[1,#]

경북대학교 기계공학부[1], 숭실대학교 기계공학부[2]

Key Words : Microfluidic ships , Soda lime glass, PCD Tools, Grinding, Micro particle

Polydimethylsiloxane (PDMS)을 기반으로 한 미세유체 칩은 저렴한 제조 비용, 높은 생산성 등으로 인해 널리 사용된다. 이러한 특성 덕분에 PDMS는 다양한 연구에서 특히 유용한 재료로 사용된다. 그러나 PDMS는 일부 유기 용매와 반응할 수 있는 한계가 있으며, 유리에 비해 기계적 강도나 화학적 내구성이 떨어지는 문제가 발생한다. 반면, 유리로 제작된 미세유체 칩은 이와 대조적으로 탁월한 투명성, 화학적 안정성, 뛰어난 생체 호환성, 그리고 강력한 유기 용매 저항성을 제공한다. 또한, 높은 열적 안정성은 PDMS보다 훨씬 더 높은 온도에서도 실험을 수행할 수 있다. 그러나 유리를 미세 구조로 정밀하게 가공하는 것은 기술적으로 복잡하고, 현재 사용 가능한 가공 기술은 발전이 필요한 상황이어서 이 분야의 지속적인 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 미세 와이어 방전가공(Micro Wire Electrical Discharge Machining, μ-WEDM)을 통한 PCD (Polycrystalline Diamond) 공구 제작 하였다. 이렇게 제작된 공구는 300 μm 크기의 실린더 형태로 제작되어, Soda lime glass를 50 μm 깊이의 채널을 가공한후, 국부적으로 50 μm의 추가 가공을 진행하여 총 100 μm 깊이의 계단 형태의 마이크로 채널을 가공함으로써 유리 기반 미세 유체 집속 장치 형태의 마이크로 채널을 제작하였다. 이후 화학적 용액을 이용하여 채널이 가공된 소다라임 유리와 일반 소다 라임 유리의 표면을 결합시켜 본딩 처리함으로써, 유리 기반 미세 유체 집속 장치를 제작하였다. 제작된 미세유체 칩은 물과 오일을 사용한 액적 생성에서의 높은 정밀 제어를 가능하게 했으며, 이러한 액적 형성 및 분석은 유리 기반 미세유체 칩 기술의 적용 가능성을 확대시키는데 확인하였다. 이에 따라, 본 연구는 유리 기반 미세유체 집속 장치의 제작과 응용에 있어 새로운 전망을 제시하며, 앞으로의 기술 발전에 있어 중대한 기여를 할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00208717), 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0020616, 2022년 산업혁신인재성장지원사업).

발표자[*], 교신저자[#](gyuman.kim.knu.ac.kr)

홈 어시스턴트 봇

전인식*, 이재혁A, 이재혁B, 홍민찬, 남윤석#

Home assistant bot

I. S. Jeon*, J. H. Lee, J. H. Lee, M. C. Hong, Y. S. Nam#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : PID controls, Remote controls, Voice controls, Application, Real-time monitoring

홈 어시스턴트 봇은 2륜 구형 로봇으로 반려동물을 케어하며, 홈 어시스턴트 기능을 수행한다. 최근 1인 가구수와 반려동물 보유 가구수가 증가하면서 반려동물 케어기능을 구현하게되었고 다양한 홈 어시스턴트 기능 사용이 가능하다. 본 연구에서는 음성명령 또는 앱을 통해 로봇을 원격으로 제어하는 메커니즘을 구현하고자 한다. 실외에서는 스마트폰 앱을 통해, 실내에서는 스마트폰 앱뿐만 아니라 음성명령을 통해 반려동물을 케어하거나 홈 어시스턴트 기능을 수행하게 된다. 해당 스마트폰 앱은 Flutter를 이용하여 직접 개발하였다.

본 연구를 통하여 가전제품을 제어하기 위한 적외선 리모컨 값 송신 코드, 사료통 제어를 위한 블루투스 통신, 음성 명령으로 제어하기 위한 구글 어시스턴트와 추가 명령 코드, 로봇의 원격 제어를 위한 앱 제작과 TCP-IP 소켓 통신 시스템을 구현하였으며, 이러한 기능이 포함된 볼 형태의 로봇을 제작하였다. 또한 로봇의 원활한 이동 동작과 카메라의 각도 조정을 위해 무게추와 PID 제어를 이용한 밸런싱 동작 시스템을 구현하였고, 출발 혹은 정지 시의 반동을 줄이기 위해 가감속 동작 코드를 작성하였다. 원격 제어의 경우 조작의 편의를 고려한 GUI로 앱을 제작하였고, 외부에서도 로봇의 조작이 가능하도록 로봇에 설치된 카메라를 통한 실시간 모니터링을 구현하여 조작의 편의성을 높였다. 이를 통해 홈 케어를 위해 이와 같은 로봇을 활용하여 다양한 것을 할 수 있음과, 이에 따른 생활의 편의성 향상에 기여할 수 있을 것 이라는 결론을 얻었다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*(jis9874@naver.com), 교신저자#(nys911@tukorea.ac.kr)

물체 정렬 델타 로봇의 인식률 향상을 위한 영상처리

강해원[1,*], 제형구[1], 정수진[1], 이승우[2], 김효영[1,#]

Image processing for improving object recognition rate of delta robot

H. W. Kang[1,*], H. G. Je[1], S. J. Jeong[1], S. W. Lee[2], H. Y. Kim[1,#]

한국공학대학교 메카트로닉스공학과[1], 한국공학대학교 기계공학과[2]

Key Words : Computer vision**,** Image processing, Delta robot , Alignment

본 논문은 무작위로 놓인 물체를 정렬하기 위한 델타 로봇시스템 구축 및 물체 인식률 향상을 위한 영상처리 알고리즘에 관한 연구이다. 영상처리는 인간의 시각을 대체하며 이를 통한 자동화가 가능하여 많은 산업에서 시각 정보 취득을 위해 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 영상처리 과정을 통해 정형화된 물체를 인식하고 각도, 좌표, 색상 정보를 추출하는 알고리즘을 개발하며 최근 다양한 산업 분야에서 뛰어난 정밀성과 속도로 활용되고 있는 4 자유도의 델타 로봇을 제작하여 무작위로 놓인 물체를 비전시스템을 통해 인지하고 정렬하는 시스템을 구축한다. 영상처리 대상물은 R,G,B 색상의 직사각형 물체로 선정 후 Open CV를 활용하여 정보추출 알고리즘을 개발하였다. 카메라 설치 위치에 따른 오차 보정을 위해 원근보정 알고리즘을 적용한 후 물체의 색상 구분을 위한 HSV 모델을 적용하여 색상영역에 따른 영상 이진화를 진행하였다. 이진화 영상의 노이즈 감소를 위하여 팽창 침식 알고리즘을 적용하였으며 팽창 커널 크기는 5, 침식 커널 크기는 3으로 지정하였다. 이후 Contour 알고리즘을 적용하여 외곽선을 검출하고 외곽선 정보를 토대로 최소 직사각형의 형태를 추출한다. 직사각형의 좌표를 토대로 물체의 중심점 및 각도를 추출한다. 해당 영상처리 알고리즘을 토대로 추출되는 색상, 물체의 중심점, 각도 정보는 스케일을 조정한 후 SQL Database에 저장하여 관리한다. 해당 비전시스템에서 팽창 침식 알고리즘을 적용하여 물체의 인식률을 향상하였고 데이터베이스를 통한 물체 정보 입출력관리로 데이터 유실을 최소화하였다. 비전시스템으로 추출한 좌표 데이터를 토대로 델타 로봇 정밀도 3mm 이내의 Pick & Place 동작을 구현하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국연구재단의 '기본연구사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 2023G42471), 또한 이 논문은 2023년도 한국연구재단의 '3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)'의 지원을 받아 연구되었음(No. 2022G43492)

발표자*(kaa7189@tukorea.ac.kr), 교신저자#(kimhy@tukorea.ac.kr)

다양한 환경에서 적용 가능한 헥사 로봇 가변 메커니즘 개발

권지웅*, 김찬민, 백승훈, 박민하, 정명진#

Development of hexa robot transformation mechanisms applicable in various environments

J. W. Kwon*, C. M. Kim, S. H. Paik, M. H. Park, M. J. Chung#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Variable mechanism, Mechanism optimization, Hexa robot, Vision system, Environmental analysis

현재 지능형 로봇과 관련하여 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있으며, 재난 상황과 같은 특수한 환경에서 동작이 가능한 로봇의 메커니즘에 대한 연구의 필요성이 증가하고 있다. 현재 연구 및 개발되고 있는 보행 로봇들은 비평지에서 안정적인 보행이 가능하나 평지에서는 바퀴로 주행하는 로봇보다 이동속도가 낮다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 단점을 보완하기 위해 일반적인 보행 로봇의 3 자유도 다리구조 대비 1개의 자유도를 추가하여 총 4 자유도를 갖는 로봇 다리를 설계하였다. 이 다리 구조를 통해 보행(Walking) 모드 – 주행(Driving) 모드 간 전환이 가능한 메커니즘을 개발하고, 위의 메커니즘을 적용하여 헥사 로봇을 제작하였다. 로봇은 비전시스템을 기반으로 통과할 지형, 천장의 높이 등 다양한 요소를 고려하여 주행모드(Low-stance mode, High-stance mode, Driving mode, Gripper mode의 총 4가지 모드)를 선택할 수 있으며, 주어진 환경에 적합한 모드를 적용하여 보행 및 주행을 수행할 수 있다. 위의 기능을 구현하기 위해 5개의 Actuator를 사용하는 로봇 다리 6쌍을 MCU(Arduino Mega 2560)가 모터 드라이버를 통해 제어하고 PC와 통신한다. 비전시스템은 Raspberry Pi에서 YOLO v8 알고리즘을 활용하여 환경을 인식하며 이를 PC로 송신하고 PC는 수신 받은 데이터를 MCU로 전달하며 명령을 내려 로봇 모드의 가변과 보행 및 주행을 수행한다. 실험을 통해 개발된 로봇이 주변의 환경을 인식하여 모드의 전환 및 보행 동작이 가능함을 확인하였다. 추후 보행 모드에서 압력센서를 활용해 지면을 딛는 것을 인식하여 비평지에서 더욱 안정적인 보행 동작을 하도록 보완할 예정이다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#(mjchung@tukorea.ac.kr)

딥러닝을 이용한 재활용품 자동 분류 시스템

노하림*, 문하연, 박채연, 최윤희, 주형길#

Automatic sorting system of recyclable materials using deep learning

H. R. Noh*, H. Y. Moon, C. Y. Park, Y. H. Choi, H. G. Joo#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Deep learning, Image recognition, Automatic transfer, Sorting, Compression

이 연구는 딥러닝을 활용한 재활용품의 분리배출 시스템에 관한 연구이다. 올바른 분리수거의 중요성을 인식하고 환경오염을 줄이기 위해 이 시스템을 개발하게 되었다. 이 시스템은 재활용품이 수거될 때 먼저 YoloV5를 사용하여 영상인식을 수행한다. 이 과정에서 종이팩, 유리병, 페트병, 알루미늄 캔을 식별한다. 최종 인식 정확도는 80% 이상이며, 시스템은 딥러닝 데이터 이외의 재활용품 또한 효과적으로 분류할 수 있다. 인식된 재활용품은 DC 모터가 구동하는 컨베이어 벨트와 서보모터가 제어하는 분류 막대를 통해 해당 분류통으로 분류된다. 알루미늄 캔의 경우, 컨베이어 벨트를 따라 이송되어 압축기로 이동된다. 압축기는 DC모터와 볼 스크류를 결합하여 모터의 회전 운동을 직선 운동으로 변환한다. 초음파 센서가 캔의 투입을 감지하면 압축기가 작동하여 캔을 압축하고, 압축된 캔은 아래 공간으로 떨어져 분류 작업이 완료된다. 이 연구는 환경 보호 의지를 가진 사람들뿐만 아니라 어린 아이나 신체적으로 불편한 사람들을 돕는데 기여할 수 있는 시스템으로서 의의가 있다. 이 시스템은 분리수거 개념을 습득하기 어려운 사람들이나 캔을 쉽게 압축할 수 없는 사람들에게도 편리하게 이용할 수 있어, 환경 개선을 지향하는 모든 사람들에게 열려 있는 시스템이다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교)

발표자*, 교신저자#

계단 주행을 위한 가변형 배송 로봇 개발

황우현*, 이지은, 여재민, 김이규, 어규호#

The development of a transformable delivery robot for stair driving

W. H. Hwang*, J. E. Lee, J. M. Yeo, I. G. Kim, Gyuho Eoh#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Delivery robot, Transformable robot, Stair driving

이 논문에서는 계단을 오를 수 있는 가변 구조형 배송 로봇을 제시한다. 기존의 배송 로봇은 평지 주행에 용이한 바퀴형 구조로 되어 있으며, 이러한 구조는 계단을 오르기에는 적합하지 않아 엘리베이터와 연동해서 사용하거나 사람이 직접 물건을 들고 운송해야 하는 어려움이 있었다. 엘리베이터 연동의 경우에는 사전 인프라 구축이 되어 있어야 하는 어려움이 있고, 사람이 직접 운송하는 경우에는 배송원의 피로도가 급격하게 올라가는 문제가 있었다. 따라서 이 논문은 로봇 형태를 가변하여 평지와 계단에 동시에 물건을 운송할 수 있는 배송 로봇을 제안한다. 평지 주행 중에는 사람을 따라 주행하면서 동시에 이미지 및 픽셀 값 비교를 통한 계단 인식을 수행한다. 만약, 계단으로 인식이 되면 로봇 앞부분의 기계적인 구조 변화를 통해 계단을 오르기 시작한다. 계단 주행 중에는 자이로 센서를 사용하여 무게 중심을 지속적으로 측정해 액추에이터를 조정하여 배달물의 수평을 유지한다. 제안하는 로봇은 고중량의 짐을 짊어질 수 있도록 무한궤도와 보조 휠을 사용하였으며, 스스로 계단 시작점과 종단점을 인식하여 구조를 변경할 수 있다. 제안된 로봇은 건물 한 층을 올라갈 수 있는 계단에 대해 실제 실험을 통해 검증하였으며, 엘리베이터가 없는 단독주택이나 빌라와 같은 건축물에서도 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

발표자*, 교신저자#(gyuho.eoh@tukorea.ac.kr)

장보기 도우미 로봇

김예진*, 김건희, 맹주원, 유재훈, 이석원#

A study on grocery shopping assistance robot

Ye-Jin kim*, Gun-Hee Kim, Ju-Won Maeng, Jae-Hun Yu, Seok-won Lee#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : A tracking robot, Machine vision, Haar cascade, Product recognition, PyQt

장보기 도우미 로봇은 쇼핑카트조차 끌기 힘든 사회적 약자의 쇼핑 환경 개선을 위해 고안된 로봇으로 사용자 트래킹, 상품 위치 안내, 카트에서 상품 인식 및 결제 기능을 가지고 있다.

장보기 도우미 로봇의 H/W는 기본 쇼핑카트에 동작 모드 On/Off System을 설치해 구성하였다. 동작 모드 On/Off System은 리니어 모터의 하강 동작을 통해 리니어 모터에 연결된 DC 모터 한 쌍이 지면에 닿으며 주행할 수 있도록 구상한 모듈로, 평소에는 사용자가 직접 카트를 끌 수 있고 로봇의 기능을 사용할 때만 DC 모터가 지면에 닿게 하여 시스템 안정성을 높였다.

다음은 장보기 도우미 로봇의 기능구현 내용이다.

사용자 트래킹은 OpenCV의 HaarCascade를 이용하여 사용자의 상반신을 인식한 후, 인식된 사용자의 상반신을 디스플레이 상에서 터치하면 Tracker API에 정보를 전달하여 트래킹을 진행한다.

상품 위치 안내는 사용자가 디스플레이에서 원하는 상품을 선택하면 길을 안내해주는 기능으로, Mapping을 해둔 곳에서 DC 모터의 엔코더 값을 이용하여 목표한 위치로 이동한다.

상품 인식 기능은 바코드 리더기를 이용하여 상품의 바코드를 인식하면 화면에 상품의 정보를 디스플레이 하며, 결제 기능은 아두이노의 RFID 리더기로 사용자의 카드를 인식해 정보를 Server로 전달한다. Server에서는 카드의 잔액에서 상품의 총금액을 빼 결제를 진행한 후 결제 완료 문구를 화면에 디스플레이하며 장보기가 종료된다.

디스플레이는 PyQT를 이용하여 개발하였으며, 사용자의 편의를 위한 직관적인 GUI를 구성하고자 하였다.

이와 같은 기능으로 장보기 도우미 로봇은 사회적 약자의 쇼핑에 대한 불편함을 해소하여 삶의 질을 높일 것이라 기대된다.

후기 ※본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#(lsw@tukorea.ac.kr)

메카넘 휠 메카니즘을 이용한 실내 물류 운송 로봇

손진성*, 김영주, 김지현, 이새봄, 심재홍#

A indoor logistics robot with mecanum wheel mechanism

J. S. Son*, Y. J. Kim, Y. J. Kim, S. B. Lee, J. H. Sim#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Obstacle avoidance, Parallel movement, Autonomou driving, QR code detection

본 작품은 물류와 제조 공정에서 발생하는 인력 부족 문제를 해결하기 위한 목적으로 고안되었다. 물류 센터, 물류 창고와 같이 장애물이 많은 환경에서 자동화 기술을 적용하여 생산 및 물류 운송 과정의 효율성을 향상하고자 한다. 특히, 중소기업과 같이 자금력이 부족한 조직을 대상으로 한다. 추가적인 설치 작업 없이 로봇이 스스로 환경을 탐지하고 장애물을 회피하며 이동할 수 있도록 한다. 자율 주행 기능이 내장된 실내 물류 운송 로봇은 물품을 원하는 위치로 안전하게 이동시킨다. 로봇에 내장된 센서를 이용해 로봇이 주행 중에 발생하는 장애물을 포함한 모든 장애물을 유연하게 회피하며 이동할 수 있다. 로봇에 부착된 카메라를 이용해 목적지를 스스로 찾아 이동한다. 로봇 상단에는 디스플레이가 부착되어 로봇의 동작을 제어할 수 있다. 로봇의 바퀴는 메카넘 휠을 사용함으로써 효율적으로 장애물을 회피하며 좁은 공간에서도 방향 전환 없이 전 방향 주행이 가능하도록 설계했다. 로봇의 후면에 리니어 모터가 부착되며 이 모터가 상단의 롤러와 연결된다. 목적지가 인식되면 로봇이 정지한다. 이후 리니어 모터가 상승하여 부착된 롤러가 들어올려져 롤러를 따라 물품이 자동 하역되도록 한다. 따라서 노동자는 제품을 직접 옮기지 않아도 되기 때문에 장기적으로 노동자의 신체적 부담을 줄이고 안전성을 높이는 데 도움이 된다. 로봇은 하역 작업이 완료된 후 스스로 최초 대기 장소로 이동하여 반복적인 작업에 대한 효율성을 높인다. 따라서 생산 및 물류 프로세스를 자동화하고 인력 부족 문제를 극복하며, 물류 센터와 제조 공장에서 더 효율적이고 안전한 운영을 실현하고자 한다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#(jhsim@tukorea.ac.kr)

다양한 조합이 가능한 모듈형 청소 로봇

임현종*, 오주환, 함승균, 김태형, 어규호#

A modular cleaning robot applicable to various combinations

H. J. Lim*, J. H. Oh, S. G. Ham, T. H. Kim, G. H. Eoh#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Multi-robot, Modular, Common - Platform

이 논문에서는 다양한 조합이 가능한 모듈형 청소 로봇을 제안한다. 대형 건물에서 사용하는 복합 청소 로봇은 큰 크기로 인해 효율적인 청소를 수행할 수 없고, 높은 사용료로 인해 동시에 여러 로봇을 운용할 수 없다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 센서와 제어를 담당한 공용 플랫폼과 흡입 청소와 물걸레 청소 기능을 담당하는 모듈을 제시한다. 공용 플랫폼에는 하나의 모듈을 결합하여 동작할 수 있도록 제작하였고, 공용 플랫폼과 모듈의 결합 방식에는 자석을 이용한 기본적인 결합과 주행 안전성을 높이기 위한 보조 받침대 결합을 통해 주행 중에도 모듈이 떨어지지 않게 하였다. 모듈의 기능을 수행하기 위해 공용 플랫폼의 배터리와 연결하고, 금속 접지를 통해 모듈과 공용 플랫폼의 전기적 결합을 하였다. 실제 실험을 통해 각각 흡입 및 물걸레 청소 모듈에 대해 동작하는 것을 검증하였으며, 공용 플랫폼과 모듈의 기계적, 전기적 결합에 문제없이 주행 중에도 모듈이 탈락되지 않음을 확인하였다. 제안한 방법은 빌딩, 가정용, 공장 등 다양한 환경에 적용할 수 있기 위한 모듈형 청소 로봇에 범용적으로 활용될 수 있으며 사용자가 원하는 기능을 추가하여 더 다양한 청소 루틴을 설계할 수 있을 것으로 생각된다.

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)

고용량 열 저장 및 효율적 열 확산을 갖춘 웨어러블 열 관리용 인공 피부

파룩칸[1,*], 김동현[1], 이진우[1,#], 고승환[2,#]

Artificial skin designed for wearable thermal management with a high capacity for heat storage and efficient thermal diffusion

F. Khan [1,*], D. H. Kim[1], J. W. Lee[1,#], S. H. Ko[2,#]

동국대학교 기계공학과[1], 서울대학교 기계공학부[2]

Key Words: Artificial skin, Thermal diffusivity, Thermal storage, Wearable thermal management

Electronic devices generate heat which can cause malfunctioning of the wearable device and skin burn, making thermal management for wearable devices significant. To solve this problem, an advanced thermal skin (ATS) design is proposed with a hybrid structure that features both high thermal diffusivity and thermal storage capability. The heat released by the device is absorbed by the ATS-based interfacial layer placed between the skin and the wearable device made of silver flake/polydimethylsiloxane (PDMS) serpentine structure (SPS) and sodium-acetate-based hydrogel matrix (SAHM). The SPS facilitates the spread of heat because of its high thermal diffusivity while SAHM reduces the temperature by absorbing heat. The SAHM depicted an unprecedented behavior by retaining a small modulus change of 4.8-fold while maintaining comparable heat capacity to paraffin. These phase-independent thermal and mechanical properties are reported for the first time according to the best knowledge of the authors. This characteristic facilitates achieving a snug fit with the flexible surface, broadening its potential for use in wearable thermal regulation. In this respect, we anticipate that this research will substantially impact enhancing heat control in upcoming wearable technologies.

발표자*, 교신저자# (이진우: jlee484@dgu.ac.kr, 고승환: maxko@snu.ac.kr)

과포화 용액의 결정화를 통한 PUF 소자 제작

김영찬, 홍석준*,#

Optical PUF by crystallization of supersaturated solution

Y. Kim, S. Hong*,#

한양대학교 ERICA캠퍼스 기계설계공학과

Key Words : Optical PUF, Crystallization, Supersaturated solution

물리적 복제 불가능 소자(PUF)는 복제할 수 없는 특성을 가진 암호 키를 제공함으로써 기존 암호화 기술의 대안으로 부상하고 있지만, 데이터 집합의 개체 수나 암호 키의 길이가 증가함에 따라 전반적인 인증 프로세스가 느려지는 문제가 있으며 제조 단계에서 임의로 할당된 암호키를 재구성할 수 없다는 한계를 지니고 있다. 본 연구에서는 과포화된 아세트산 나트륨 용액의 결정화 과정을 정밀하게 조절함으로써 재구성이 가능할 뿐 아니라 효율적인 계층적 인증 프로세스가 가능한 새로운 종류의 광학 PUF (S-PUF)를 개발하였다. 아세트산 나트륨 과포화 용액의 경우 고체상태와 용액 상태 간의 가역적인 상변화가 가능한데, 결정화가 일어난 고체 아세트산 나트륨에 레이저를 조사하면 고유의 내부 구조로 인해 생성되는 스페클(speckle) 패턴을 복제 불가능한 암호키로 활용할 수 있다. 일반적으로 단일 PUF의 암호키는 재구성이 불가능하지만, 이번에 개발된 아세트산 나트륨 기반 PUF 소자의 경우 내부에 통합된 마이크로 히터를 사용, 소자의 온도를 정밀하게 조절함으로써 이루어지는 재결정화 과정을 통해 처음 제작되었던 PUF와 전혀 다른 고유키를 갖게 할 수 있음을 확인하였다. 이와 더불어 결정화 과정에서 정해지는 전체적인 결정의 정렬 방향을 추가적으로 활용, 추가적인 전역 변수를 지정함으로써 단일 인증에 필요한 계산량을 현저히 줄일 수 있음을 보였다.

후기 이 논문은 2022년도 교육부 및 한국연구재단의 '기초연구사업'과 '4단계 두뇌한국21사업'의 지원을 받아 연구되었음(Nos. 2022R1C1C10031 and 2022R1A4A3031263). Department of Mechanical Engineering, BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University, Ansan, Gyeonggi 15588, Republic of Koreaa)

발표자*, 교신저자#(sukjoonhong@hanyang.ac.kr)

착용형 손 로봇의 향상된 파지 전략 수립을 위한 액체금속 기반의 소프트센서 개발 및 융합

편경록[1,*], 김규범[1], 조규진[1], 고승환[1,2,#]

Development and integration of liquid metal-based soft sensors for enhanced grasping strategies in wearable hand robots

K. R. Pyun[1,*], K. B. Kim[1], K. -J. Cho[1], S. H. Ko[1,2,#]

서울대학교 기계공학부[1], 서울대학교 정밀기계설계공동연구소[2]

Key Words : Liquid metal composite, Multimodal sensor, Soft mechanical sensor Wearable hand robot

Soft mechanical sensors have played a pivotal role in detecting various external mechanical stimuli, contributing to the rapid advancement of promising technologies like gesture recognition. Recently, the integration of soft sensors and actuators has become an emerging field aimed at enhancing the capabilities of soft robots by enabling them to perceive their own state. For example, incorporating soft sensors into wearable hand robots can provide them with proprioception, extending their potential for a wide range of applications, including rehabilitation. However, the primary challenge in creating proprioceptive soft robots lies in the complexity of fabricating stretchable sensors that can be seamlessly integrated into soft robots operating in physically demanding conditions. To address this challenge, we introduce a stretchable, multi-modal mechanical sensor fabricated using stretchable conductive ink for the development of proprioceptive wearable hand robots. This adaptable sensor can endure substantial mechanical stress caused by the tendon-driven movements of the wearable hand robot. Furthermore, the sensor is designed to differentiate between various mechanical stimuli within a single device, allowing the wearable hand robot to understand its gripping state. We anticipate that the fusion of data collected from these sensors will empower wearable hand robots to devise strategies for effectively grasping everyday objects.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (RS-2023-00208052)

발표자*, 교신저자#(maxko@snu.ac.kr)

폴리디메틸실록산(PDMS) 레이저 연속 열분해 기반 투명 다기능 센서

정성민*, 고승환#

Successive laser pyrolysis of polydimethylsiloxane for transparent multifunctional sensor

Seongmin Jeong*, Seung Hwan Ko#

서울대학교 기계공학부

Key Words : Polydimethylsiloxane, Laser, Multi-sensor, Direct pattering

Advancements in Laser Direct Patterning (LDP) have made significant progress in various areas including selective and reversible laser doping, polymer phase separation, laser sintering, and laser ablation, primarily owing to its efficiency and ease of implementation. Within the realm of LDP, Laser Induced Graphene (LIG) has garnered notable attention. LIG involves the irradiation of carbon-rich materials in an ambient atmosphere using a laser, resulting in the production of graphene with porous properties and high electrical conductivity. This characteristic makes LIG a promising candidate for fabricating mechanical sensors, chemical sensors, and energy devices.

Nevertheless, LIG presents certain limitations, such as line width resolution and the need for an additional process to enable transparent applications. This study introduces the process of Successive Laser Pyrolysis (SLP) applied to polydimethylsiloxane (PDMS). SLP overcomes the constraints associated with LIG in a straightforward manner. The performance of the byproducts generated from SLP, serving as strain, temperature, and gas sensors, is thoroughly examined to determine their potential as substitutes for LIG. As a result, the byproducts of SLP, comprised of SiO2, beta-SiC, and carbon materials, demonstrate the capability to function as a transparent multifunctional sensor, providing a promising long-term alternative to LIG

발표자*, 교신저자#(maxko@snu.ac.kr)

OpenLCA를 활용한 제조업체 환경 개선 방안 연구

오다훈[1,*], 신성욱[1], 조상준[1], 김태연[1], 한단비[2,#]

Research on ways to improve the manufacturing environment using OpenLCA

D. H. Oh[1,*], S. Y. Sin[1], S. J. Cho[1], T. Y. Kim[1], D. B. Han[2,#]

한국공학대학교[1], SEP협동조합[2]

Key Words : Life cycle assessment, Software, Identifying opportunity, Carbon footprint

전 세계적으로 탄소중립 달성을 위한 온실가스 감축을 중요하게 다루고 있는 상황에서 제조업계는 환경 문제에 대응하고 탄소발자국을 줄이는 것이 중요해졌고 국내 제조업체의 경우 고객사의 요구에 대응하기 위한 환경영향 수치의 정량화 및 가시화가 필요해졌다. 이에 따라 본 논문은 OpenLCA 소프트웨어를 활용하여 제조업체의 환경적 영향을 산정·보고하고 기회 식별의 방법을 다루며 제조업체를 대상으로 산정 방법은 다섯 단계로 연구의 모델을 다음과 같이 구성하였다. 1단계(자료수집), 제조업체를 대상으로 환경 영향을 정량화하기 위해 먼저 자료수집이 이루어져야 한다. 데이터는 원자재 사용량, 에너지 소비, 운송, 폐기물 처리 등과 관련된 정보로 한다. 2단계(데이터 입력), OpenLCA 소프트웨어에서 LCI DB를 활용하여 수집한 데이터를 정확하게 입력한다. 3단계(모델링 및 분석), OpenLCA를 활용하여 데이터를 기반으로 제품의 생산과정의 생애주기 평가 모델을 구축한다. LCA 모델을 통해 각 생산 과정에서의 CO2 배출량을 측정하고, 이러한 데이터를 통합하여 제품의 총 탄소발자국을 산정한다. 4단계(결과 해석 및 공유), 분석 결과를 통해, 환경 영향이 가장 큰 부분을 확인한다. 예를 들어, A제품군의 제조 단계에서 높은 탄소발자국이 발생한다면, 더 효율적인 생산 과정을 도입하거나 친환경 재료를 사용함으로써 환경 영향을 감소시키는 방안을 검토한다. 5단계(보고 및 결과 공유), 연구 결과를 내부 및 외부 이해 관계자에게 보고 및 조치하여 환경 데이터를 투명하게 관리한다. 본 연구는 향후 실제 제조업체에 적용하기 위해 수행하였으며 제품 생애주기 동안의 환경 영향을 정량화하여 환경 성능 개선 기회 식별 가능성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 연구(DX 기반 탄소 공급망 환경 전문인력 양성)임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(hdbee99@gmail.com)

우회전 차량 사고 예방을 위한 상황 인지 모델 연구

조상준*, 박무송, 임유진, 강성린, 현동훈 김창규#

A study on the situational cognition model for the prevention of right-turning vehicle

S. J. Cho*, M. S. Park, Y. J. Im, S. R. Kang, D. H. Hyun, C. K. Kim#

한국공학대학교

Key Words : AIoT, Convergence, Safety, Access point

2023년 수원시에서 스쿨존 우회전 어린이 사망 사고를 기점으로 교차로 우회전 사고 방지를 위한 대책 마련이 촉구되고 있으며, 사고 이후 재발 방지를 위해 각종 대책이 마련됐지만, 우회전 관련 사고는 여전히 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따라 정보통신 기술을 기반으로 실시간 보행상황을 운전자에게 알려주는 솔루션을 도입하여 교통안전을 강화할 필요가 있다. 본 연구는 CCTV 영상을 기반으로 상황을 인지하는 모델을 연구하여 우회전 차량 및 보행자를 인지하도록 하였다. CCTV 영상 기반 보행자-차량 상황 인지 모델 개발을 위해 MCUNet V1~V3를 활용해 실험을 진행하였다. MCUNet은 신경 아키텍처(TinyNAS)와 경량 추론 엔진(TinyEngine)을 공동으로 설계하여 마이크로 컨트롤러에서 ImageNet 규모의 추론이 가능하기 때문이다. 또한 TinyNAS와 TinyEngine의 특성을 통하여 메모리 사용량을 3.4배까지 줄이고 추론을 1.7배에서 3.3배까지 가속할 수 있어 더 다양한 제약 조건에서 효율적인 추론이 가능하다. 모델의 학습은 전압, 전류, 전력, 온도, 시간 등의 기본 데이터셋과 Dim상태, Dim출력, LED상태, 통신감도, PFC 상태 등의 가로등 상태 데이터셋이 있으며 해당 데이터를 Edge Device에 전달하여 AI 모델이 학습을 진행한다. 도로조명 상태에 따라 Junk Data를 분류하여 정상상태인 경우 전압, 전류, 온도에 대한 데이터를 제외하고 전달하며, 비정상 상태일 경우 상태 분석을 위해 모든 데이터를 전달 후 학습하여 도로 상황 예측을 가능하게 한다. 본 연구에서 제안한 알고리즘 모델을 가로등 및 CCTV에 적용하는 경우 도로 보행자에게 차량의 진입 상황을 알려 사고 발생률의 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 한국환경산업기술원(환경부, DX 기반 탄소 공급망 환경 전문인력 양성)의 지원 및 교육부의 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(ckkim@tukorea.ac.kr)

파워인덕터 생산용 표면 UV 인쇄장치 성능 연구

이현무[1,*], 이진수[1], 박승호[1], 정병조[3], 강응철[2], 이진국[2], 강성린[1,#]

A study on the performance of surface UV printing devices for power inductor production

H. M. Lee[1,*], J. S. Lee[1], S. H. Park[1], B. J. Jeong[3], E. C. Kang[2], J. K. Lee[2], S. L. Kang[1,#]

한국공학대학교[1], (주)대영테크[2], 한국승강기대학교[3]

Key Words : Power inductor, Printing technology

2022년 이후 D램이 DDR 4에서 DDR 5로 변화하면서 향후 4~5년간의 수요 증가가 기대되고 있다. 이에 따라 D램의 필수 부품인 파워인덕터의 생산성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되는 추세이다. 메탈 파우더로 구성된 파워인덕터의 특성을 고려하여 UV 인쇄 진행시 점착력에 의한 제품 이탈이 발생되어 Patton Mask 및 Squeegee가 파손되는 현상을 방지하고, 품질에 영향이 없도록 제품고정 장치개발이 필요하다. 본 연구에서는 파워인덕터 생산 과정의 생산성과 재현성을 향상시키기 위한 원기둥 자석을 이용하여 자력 형성을 상,하로 바꿔 제품 고정시 제품이 뒤집히거나, 세워지는 현상을 방지하는 기술을 적용하여 제품이 제대로 안착 할 수 있는 인쇄 제판을 제작하고, 파워인덕터 인쇄시 표면상태, Edge부 넘침 상태, 잉크투과율을 위해 Cleaning 장치를 접목시켰다. 또한 장치의 신뢰성을 위해 생산량 및 불량률에 대하여 시험을 진행하였다. 시험 방법으로 시간당 생산 가능한 제품의 수를 측정하였으며, 생산된 제품 중 임의의 500개의 제품에 대하여 인쇄 오차 외의 불량품에 대한 불량률을 시험하였다. 시험 결과 시간당 23,581개를 생산하여 기존 대비 23.7% 빨라진 생산 속도를 확인하였으며, 인쇄 오차에 불합격 시료 0개로 불량률 0%임을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 방식으로 파워인덕터를 생산하는 경우 낮은 불량률로 품질을 향상하고 다량의 작업이 가능하므로, D램 생산성 향상에 기여 할 수 있을 것으로 사료된다.

후기 본 성과물은 2023년도 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 연구(DX기반 탄소공급망 환경 전문인력 양성 사업)임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(slkang@tukorea.ac.kr)

다변량 해석기법을 활용한 세포성장에 미치는 인자의 영향 분석

남정호[1], 곽시영[1,3,*,#], 이준철[2]

Analysis of factors affecting cell growth using multi-variable analysis

J. H. Nam[1], S. Y. Kwak[1,3,*,#], J. C. Lee[2]

한국생산기술연구원 스마트액상성형연구부문[1], 소재부품융합연구부문[2], 과학기술연합대학원대학교 융합제조시스템 공학[3]

Key Words : Cell growth, Artificial intelligence, Multi-variable analysis

1. 서 론

바이오나 임상학 분야에서는 데이터에 비해 많은 변수가 존재하는 데이터의 분석을 위해 다변량 해석이 많이 요구된다. 본 연구에서는 무혈청 배지를 개발하기 위해 사용하는 줄기 세포의 성장에 연관된 많은 성분에 대한 일련의 시험데이터에 대해 PLS(Partial Least Squares) 또는 PCA(Principle Component Analysis) 등의 차원 축소 다변량 해석 기법을 적용하여 분석하였다.

본 연구에서 실험을 통해 얻어진 줄기 세포의 크기와 이에 필요한 24가지 성분 121개의 수치 데이터를 Fig. 1과 같이 얻을 수 있었다. Fig 1.에서 Y는 줄기세포의 크기를 나타내며 Xn은 이 때의 각 성분의 수치 값을 나타낸 것이다.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	...
0	44.49789200	2.50000000	0.05000000	0.01000000	0.01500000	0.00050000	0.05500000	0.05000000	0.00000000	0.01200000	...
1	53.50772787	2.50000000	0.10000000	0.01000000	0.01500000	0.00105000	0.00500000	0.05000000	0.00020000	0.01200000	...
2	50.18916872	2.50000000	0.10000000	0.01000000	0.01500000	0.00050000	0.05500000	0.05000000	0.00020000	0.12000000	...
3	57.53972502	2.50000000	0.10000000	0.01000000	0.04500000	0.00050000	0.05500000	0.02000000	0.00000000	0.12000000	...
4	49.91352301	2.50000000	0.05000000	0.01000000	0.04500000	0.00105000	0.00500000	0.02000000	0.00020000	0.12000000	...

Fig. 1 Experiment data table for cell growth

2. 연구 내용

2-1. 차원 축소

다변량 해석의 대표적인 차원축소 기법을 Fig.1에 나타내었다. 본연구에서는 다음의 기법을 적용하여 분석하였다.

- Feature Extraction (UnSupervised : PCA)
- Feature Extraction (Supervised : PLS)
- Feature Selection (Supervised : Lasso)

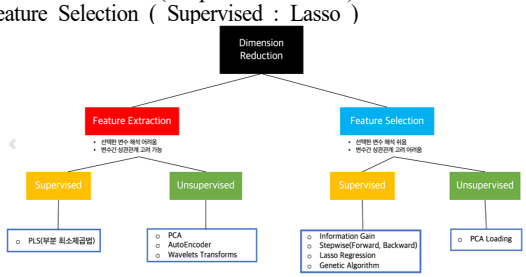


Fig. 1 Classification of dimensionality reduction techniques

https://techblog-history-younghunjo1.tistory.com/174

2-2. Feature Extraction (UnSupervised : PCA)

시험데이터에 대한 PCA 분석 결과를 Fig. 2와 같이 표현하였다.

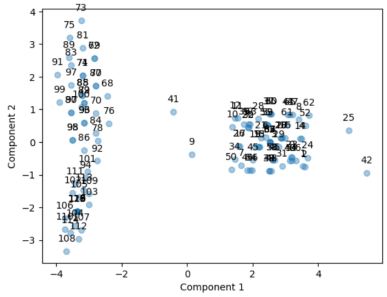


Fig. 2 The result of PCA (2 Component)

PCA 결과는 2개의 군집으로 분류되며 이는 당초 시험데이터가 실험계획법에 의해 구성되고 그 특성을 보여주고 있다. 즉 실험계획법이 1단계 스크린 단계, 2던계 특성화 와 3 단계 최적화로 이루어 져 있으며 PCA 결과는 1단계와 2,3단계의 차이를 시각화하여 보여주고 있다.

2-3. Feature Extraction (Supervised : PLS)

시험데이터에 대한 PLS 분석 결과를 Fig. 3에 나타 내었다. PLS는 개념적으로 PCA 에 반응변수 Y를 더 고려한 것이므로 PCA 기본형상에 Y반응변수 데이터에 의해 약간 변형된 모습을 볼 수 있다. 하지만 반응변수가 있어도 분류된 군집은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

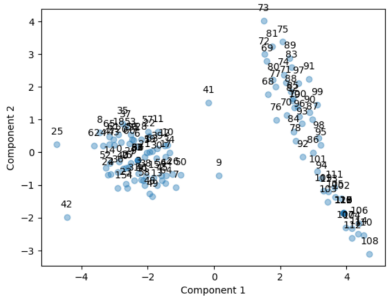


Fig. 3 The result of PLS (2 Component)

2-4. Feature Selection (Supervised : Lasso)

줄기 세포 크기에 어떤 성분이 큰 영향을 주는지 알아보기 위해 Lasso회귀분석(Lasso Regression)을 사용하였다. Lasso회귀분석은 몇몇 유의미하지 않은 계수를 0으로 가깝게 하여 모델의 복잡성을 줄이는 회귀분석이다.

```
array([-0.        ,  2.80865362, -0.        , -0.48324847, -0.        ,
       -0.        , -0.        , -0.        , -0.        , -0.85420029,
        0.        , -0.        , -0.        ,  0.03156194, -0.        ,
        2.67512138, -0.        ,  0.        , -0.        , -0.        ,
       -0.        ,  0.        , -0.        , -0.        ])
```

Fig. 4 Weight Result of Lasso Linear Regression

Fig. 4는 Lasso회귀 분석한 계수의 결과 값이 0이 아닌 X2, X4, X10, X14, X16으로 줄기 세포에 큰 영향을 준 성분을 알 수 있었다.

3. 결과 및 결론

줄기세포의 무혈청 배지를 개발에 적용한 실험계획법 데이터를 해당 수율을 반응변수로 하여 다변량분석을 실시하였다. PCA와 PLS는 모두 실험계획법의 1단계 스크린 단계 와 2,3 단계 특성화 및 최적화 단계 데이터를 극명하게 분류하여 보여 주었다. 이러한 군집 특징을 고려하여 1단계와 2,3단계의 데이터에 대해 따로 분석하고 회귀식을 적용하면 보다 정확한 예측 모델을 구성하는게 가능할 것으로 판단된다.

발표자*, 교신저자#

동물세포에서의 재조합 단백질 고농도 생산을 위한 유전자 증폭 기반 발현 시스템 개발

고영훈, 김용진, 박진호, 이준철*,#

Development of gene amplification-based expression system for high-production recombinant protein in mammalian cell

Y. H. Ko, Y. J. Kim, J. H. Park, J. C. Lee*,#
한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문 바이오공정시스템기술센터

Key Words : Animal Cell, Antibody, Degron, Expression System, High-production

When choosing cell lines to produce biopharmaceuticals, animal cells are the most preferred. To increase productivity, efforts are being made in various parts of the production process, such as the culture process and purification process, but the part that shows the most effect is increasing the productivity of cell lines. However, the most commonly used mammalian host system is the CHO cell line, which mainly uses a gene application system. The gene amplification system that maximizes the expression of cell lines by inducing the deficiency of specific proteins.

In this study, to further maximize the expression of the target protein in the CHO cell line, we attempted to develop a strategy to improve productivity by inserting the degron gene into the CHO-DG44 DHFR amplification system and inducing the degradation of the deficient protein. The Degron signal sequence can increase productivity by maximizing the amplification of the target protein by decomposing the deficient protein, and was selected because of its decomposition efficiency and relatively short sequence. To evaluate the resolution of this degron, UbR, UbK, and UbS were placed at the top of DHFR to express TGF-β1. As a result, UbR showed the highest expression, and the MTX concentration showing the highest productivity was 50 nM.

Thus, we emphasized that the UbR degron is advantageous for the expression of TGF-β1 protein and found that insertion of the degron can be applied as an important strategy in developing highly productive cell lines.

후기 이 논문은 2023년도 한국생산기술연구원의 '협력연구사업'과' 기업주문형사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. EM230009,JB230006)

발표자*, 교신저자#(jclee@kitech.re.kr)

돼지 유래 난소 dECM 코팅이 C2C12 세포 배양에 미치는 영향

김용우[1,2,*], 김민권[1,3], 손다은[1,4], 이동목[1,#]

Effect of porcine-derived ovary dECM coating on C2C12 cell culture

Y W. Kim[1,2,*], M. G. Kim[1,3], D. E. Son[1,4], D. M. Lee[1,#]

한국생산기술연구원[1], 대구대학교 자연자원학과[2], 경북대학교 생명과학부[3], 대구가톨릭대학교 약학과[4]

Key Words : Decellularized extracellular matrix, Ovary, Biomaterial, Coating, Cell culture

세포 배양은 특정 조건에서 세포가 성장하는 매우 복잡한 과정이며, 효율적인 세포 배양을 위해 첨가제 및 coating 등 다양한 기법을 이용한다. 그 중에서 Collagen coating 기법은 세포의 부착률 및 증식률을 높이는 효과적인 기법이지만, 단일 물질로는 복합적으로 이루어진 생체와 유사한 환경을 구성하는데 어려움이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구는 생체재료에서 탈세포화 된 세포외기질(decellularized extracellular matrix; dECM)을 coating에 활용하여 세포 배양에 미치는 영향을 확인하였다. dECM은 돼지 유래 난소에서 탈세포화를 거쳐 추출하였다. 추출한 dECM은 전자선 조사를 이용하여 멸균하였고, DNA, Collagen, GAG 등 성분을 분석하였다. 분석이 완료된 dECM을 plate에 coating한 뒤, SEM을 이용해 coating 유무를 확인하였다. dECM coating은 C2C12 세포를 배양하여 농도에 따른 부착 및 증식 실험을 진행하였고, 배양액의 대사물질 및 세포 유전자를 분석하였다. 본 연구에서 Collagen과 GAG의 함량을 유지하며 DNA를 99% 감소시키는 최적화된 탈세포화 공정을 확립하였다. 전자선 조사 멸균은 1kGy 조사량에서 DNA 함량을 46% 감소시켰으며, Collagen의 함량은 93%를 유지하였고 GAG도 92%를 유지하여 효과를 입증하였다. 세포 배양에서 dECM coating은 Collagen coating과 같이 C2C12 세포의 부착률 및 증식률을 증가시키며, 특히 dECM 0.01% 농도에서 증식률은 Collagen보다 높은 결과가 나타났다. 결론적으로 돼지 유래 난소 dECM이 Collagen과 같이 세포 부착 및 증식에 효과적으로 도움을 준다는 것을 증명하였다. 이는 dECM이 Collagen의 대체재 역할을 할 수 있으며 세포 배양 및 기초 연구를 위한 소재로써 유용하게 사용될 수 있다는 가능성을 제시한다.

후기 이 논문은 산업통상자원부 한국산업기술진흥원 스마트특성화기반구축사업(P0021109)의 지원을 받아 수행되었습니다. .

발표자*, 교신저자#(cowboyle@kitech.re.kr)

디지털 난임 케어 서비스를 위한 AI 알고리즘 개발

조방현[1,*], 박진호[1,#], 안준걸[1], 이동목[1], 소지영[2], 박효진[3], 구덕본[3]

Development of AI algorithms for digital infertility care services

B H. Jo[1,*], J. H. Park[1,#], J. G. Ahn[1], D. M. Lee[1], J. Y. Soh[2], H. J. Park[3], D. B. Koo[3]

한국생산기술연구원[1], ㈜디에이블[2], 대구대학교 난임연구소[3]

Key Words : Digital services, Infertility care, Artificial intelligence, Algorithms, Deep learning

2023년 4월 세계보건기구(WHO)가 공개한 보고서에 따르면 전세계 성인 인구의 17.5%가 난임을 겪는 것으로 나타났다. 국내에서는 2022년 역대 최저인 출생아 수(24만 9천여 명)를 기록하고 236개 국가 중 합계 출산율이 0.78명으로 사실상 최하위로 초저출산 문제가 심각하다. 합계 출산율은 감소하는 추세이지만 유일하게 난임 시술로 태어나는 출생아 수 비율은 2019년 8.8%에서 2021년 12.3%로 지속적으로 증가하고 있다. 하지만, 난임 시술의 낮은 성공률과 반복적 난임 수술로 인한 정신적 스트레스와 난임 시술로 인한 경력 단절 문제 등이 발생할 수 있으며, 특히 난임 시술의 횟수를 줄이기 위한 기술 개발이 필요한 실정이다. 임신 성공률을 향상시키기 위해 정자 운동성 검사, 형태학적 차이 분석, 배아 선별 및 품질 개선 등 난임 관련 AI 연구가 다수 보고되었다. 본 논문에서는 난임 환자들의 데이터를 활용하여 임신 가능성을 예측하는 AI 알고리즘 모델을 개발하고자 하였다. 학습에 필요한 데이터는 영국 HFEA(Human Fertilisation & Embryology Authority)에서 제공하는 의료데이터를 활용하였으며, 난임 환자의 사례들을 분석하였다. 모델 학습에는 오픈 소스 소프트웨어인 Scikit-Learn을 이용하고 AUC-ROC Curve를 계산하여 모델의 성능을 평가하였다. 난임 환자의 데이터를 활용한 AI 알고리즘은 난임 환자에게 맞춤형 시술을 제안하여 임신 성공률을 높이고 난임 극복과 반복 시술 보완 및 경제적 부담감을 해소할 수 있다. 또한, 지속적인 서비스를 통해 데이터의 질을 높이고 난임 환자뿐만 아니라 개인의 가임 능력 확인을 위한 서비스 개발이 가능할 것으로 보인다.

후기 이 논문은 2023년도 한국생산기술연구원 내부 연구사업 및 과학기술정보통신부 애자일 혁신 서비스 개발 지원 사업으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(jeanho@kitech.re.kr)

초미세발포성형에서 메타모델 최적화를 통한 제품중량감소방법 연구

김미진[1,*], 최재혁[2,#]

Study of weight reduction method using meta-model optimization in Mucell injection molding

ulti-objective optimization of foaming cell size and density using meta-models

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

광주대학교 미래융합기술공학과[1], 광주대학교 융합기계공학과[2]

Key Words : Mucell, Weight reduction, Meta model, Multi objective optimization

사출성형 공정 중 하나인 발포성형 공정은 가스가 용융되어 있는 초임계 상태의 용융수지를 금형에 주입하여 다공성의 제품을 생산하는 공정이다. 수지가 주입될 때의 압력 강하와 함께 제품 내부에 셀이라고 부르는 기공이 생성되기에 제품 경량화에 효과적이다. 본 연구에서는 초미세발포성형 제품의 중량 감소율을 극대화시키기 위해 셀의 크기는 낮추고 셀의 밀도는 높이도록 다목적함수 최적화를 수행하였다. 이에 셀의 크기와 밀도를 목적함수로, 5개의 공정조건을 4수준으로 하여 설계변수를 지정하고 실험계획법을 생성하였으며 Moldex3D 이용 48회의 해석을 수행하였다. 이 때 두 목적함수의 범위를 동일하게 맞춰주기 위해 Scaling을 적용하였고 최적화에 사용될 메타모델을 생성하였다. 두 가지 타입의 메타모델을 생성한 후 RMSE 비교를 통해 예측 성능이 우수한 메타모델을 선정하였다. 선정된 메타모델을 이용해 다목적최적화 기법인 PQRSM, MOGA를 통해 다목적함수 최적해를 각각 구하였다. 구해진 최적해의 조건으로 실제 해석을 수행하여 메타모델의 예측값과 비교하였으며 오차율은 두 목적함수와 두 최적화 기법에서 모두 4% 이하로 확인되었다. 두 최적화 기법으로부터 도출된 최적해 중 목적함수의 개선율이 우수하게 나타난 최적해를 사용하였으며 결과적으로 제품의 중량을 기존 26.39% 대비해 최적해에서 각각 40.00%로 51.56% 개선시킬 수 있었다.

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

발표자*, 교신저자#(jhchoi@gwangju.ac.kr)

카본블랙 첨가에 의한 액상 실리콘 고무의 기계적 물성 및 내유성 분석

이범주*, 김선주, 김정원, 안지수, 강병수, 유형민#

Effects of carbon black on mechanical properties and oil resistance of liquid silicone rubber

B. J. Lee*, S. J. Kim, J. W. Kim, J. S. An, B. S. Kang, H. M. Yoo#

한국기술교육대학교 기계공학부

Key Words : Liquid silicone rubber, Carbon black, Mechanical properties, Oil resistance

액상 실리콘 고무(Liquid Silicone Rubber)는 가황 처리를 한 실리콘 고무로서, 경화 과정 중 과산화물과 잔류물이 검출되지 않는다. 열적 적합성이 우수하며, 유동성이 양호하여 제품 구현이 용이하므로, 의료, 전자, 자동차 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 특히 Gasket, Oil Seal, O-ring 등의 부품에 사용될 시, 제품의 수명에 직접적인 영향을 주는 요인으로 온도, 외력, 오일에 대한 팽윤 등을 고려할 수 있고, 실리콘 고무는 기계적 강도와 내유성이 타 고무 대비 비교적 열위에 있으므로 이를 보강하기 위한 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 카본블랙이 액상 실리콘 고무의 가교에 관여하여 강성을 높이고, 고무 사슬의 이동성 제한에 따라 용매가 고무 사슬 사이로 침투하는 것을 방해하는 기전을 이용하여, 액상 실리콘 고무에 카본블랙을 첨가한 복합체의 기계적 물성 및 내유성을 측정하고 분석하였다. SEM을 통하여 카본블랙 함량이 3wt% 이상일 경우 시편 내 카본블랙의 분산도 저하가 관찰되었고, 물성시험을 통해 카본블랙을 첨가할수록 액상 실리콘 고무의 Young's Modulus가 증가하는 경향을 보였으며, 고온에서 내유성 시험을 통해 카본블랙 함량이 증가할수록 유기용매 속 시편의 팽윤율이 감소하며 내유성이 향상되는 경향을 확인하였다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 중소기업기술혁신개발사업의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.(No. S3259454) 또한, 본 연구는 천안과학산업진흥원 실현 기술 개발 사업(유연 음향방출 센서를 활용한 가스 누출 스마트 감지 기술 사업화)의 지원으로 수행되었습니다

발표자*, 교신저자#(yhm2010@koreatech.ac.kr)

해석적 유량식을 이용한 Cross 점도 모델의 계수 결정

김선경*,#

Estimation of cross viscosity model coefficients using analytic flow rate equation

S. K. Kim*,#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Viscosity, Flow rate, Analytic equation, Injection molding

사출 공정에 사용하는 Cross 점도 모델은 보통 캐필러리 레오미터를 이용한 측정으로부터 결정되는데, 그 측정 절차는 보통 Rabinowitsch 수정을 통해 실제 전단율의 계산을 통해 이루어 진다. 이러한 과정을 생략하기 위해 이 연구에서는 측정 원자료를 활용하여 유량 관계식을 활용하여 직접적으로 계수들을 산정하는 방법을 제시하였다.

후기 이 성과는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014R1A2A1A1105445와 NRF-2018R1A5A1024127).

발표자*, 교신저자#(sunkkim@seoultech.ac.kr)

현장 중합을 이용한 열가소성 복합재료 제작 및 결정화도 분석

김선주*, 이범주, 유형민#

Manufacturing composite material using in-situ polymerization and analysis of crystallinity

S. J. Kim*, B. J. Lee, H. M.Yoo#

한국기술교육대학교 기계공학부

Key Words : PLLA, In – situ Polymerization, Crystallinity

섬유 강화 복합 재료는 금속에 비하여 높은 강도와 가벼운 무게를 특징으로 항공 우주, 선박, 자동차, 스포츠 등 여러 산업에서 사용되고 있다. 하지만, 성형의 용이성을 위해 상온에서 액체 상태인 열경화성 수지를 사용하여 제작한다. 열경화성 수지는 가교 특성으로 인해 복합재료 제작 후 재활용할 수 없다는 단점이 있기 때문에, 열가소성 수지 기반으로 복합재료가 제작되고 있으나, 현재 공정은 열가소성 수지를 펠렛, 시트 등의 중간재로 만들어 강한 압력과 높은 온도를 사용하여 복합재료를 만드는 방법이다. 이를 통해 만들어진 복합재료는 이미 중합된 열가소성 수지의 높은 점도로 인해 섬유 함침이 어려워 낮은 섬유 부피 분율을 가지고, 복잡한 형태를 만드는 것이 어렵다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는, 낮은 점도를 가지는 모노머를 금형에 이송하여 섬유에 합침 시킨 후 금형에서 중합하는 현장 중합법을 이용한 섬유 강화 복합재를 제작하였다. L-Lactide를 사용하여 중합하였으며, 촉매로 Stannous octoate을 사용하고 개시제로 Dodecanol을 사용하여 개환 중합법으로 중합하였다. 섬유를 넣은 금형을 체결한 후 진공펌프를 이용하여 금형의 내부를 진공상태로 유지하며 오븐에서 금형을 가열하고, 110° C의 오븐에서 1시간 동안 가열한 후 수지를 주입해 중합을 진행하였다. 시편의 섬유 부피 분율이 40% 이상이고, SEM을 통해 기공이 없이 시편이 제작된 것을 확인하였다. 또한 섬유 내에서 수지의 결정화가 이루어진 것이 관찰되었다. DSC 측정을 통하여 섬유 별 결정화도를 측정하였다.

후기 본 연구는 정부 (과학기술정보통신부)의 지원으로 수행되었습니다. (No.NRF-2021R1G1A100660) 또한, 본 연구는 천안과학산업진흥원 실현 기술 개발 사업(유연 음향방출 센서를 활용한 가스 누출 스마트 감지 기술 사업화)의 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(yhm2010@koreatech.ac.kr)

탄소나노튜브 강화 에폭시 나노복합재료의 열분해 거동에 대한 분자동역학 연구

이규희[1,*], 이지훈[2], 신현성[1,2,#]

Molecular dynamics study on the thermal decomposition of CNT-reinforced epoxy nanocomposites

Gyu Hee Lee[1,*], Jihun Lee[2], Hyunseong Shin[1,2,#]

인하대학교 기계기반 첨단 시스템 키우리연구단[1], 인하대학교 기계공학부[2]

Key Words : Polymer nanocomposite materials, CNT-reinforced composites, Interfacial characteristics, Molecular dynamics simulation, Thermal decomposition

나노 복합재료는 기존 소재들의 특성을 향상하는 데 있어 혁신적인 발전을 가져왔다. 에폭시 나노복합체의 기계적, 열적 특성에 대한 향상은 산업계에서도 매우 중요하게 다루어지는 주제 중 하나이다. 에폭시는 자체적으로도 우수한 물성을 가진 소재이지만, 이를 나노 복합재료 형태로 제작할 경우 그 특성은 더욱 강화된다. 탄소나노튜브는 에폭시의 특성을 강화하는 데 큰 역할을 하는 충전재로 사용되며 탄소나노튜브의 추가는 에폭시의 열 저항성 향상에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 열분해 이후 에폭시 복합재료 내 잔류물을 분석하여 나노 복합화로 인해 필러 주변의 에폭시 모재에 탄소나노튜브와 유사한 형태의 결정을 확인하였다. 탄소나노튜브-에폭시 나노 복합재료의 고온 산화 환경에서의 거동을 분석하기 위해 분자동역학 시뮬레이션을 활용하였다. 탄소나노튜브와 에폭시 사이의 계면에서 탄소나노튜브의 추가로 인해 나타나는 계면의 변화가 확인되었으며, 모재의 결정화를 통해 에폭시의 열분해를 지연시키는 역할을 수행함을 확인하였다. 본 연구 결과는 나노 복합재료 기술을 활용 및 응용하는 다양한 산업 분야에서 재료의 설계 측면에서 도움이 될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과기정통부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135)

발표자*, 교신저자#(shs1106@inha.ac.kr)

적층제조 및 DEM 시뮬레이션을 이용한 이형제분사 매니폴더 개발

이학성[1,*,#], 김은아[2,3], 김예림[2,3]

Additive manufacturing and discrete element method simulation of manifolds for release agent

H. S. Lee[1,*,#], E. A. Kim[2,3], Y. R. Kim[2,3]

동아대학교 신소재공학부[1], 한국재료연구원 분말연구본부[2], 부산대학교 재료공학부[3]

Key Words : Additive manufacturing, Release agent manifold, DEM simulation

본 연구는 열간단조 공정에서 핵심적인 역할을 하는 이형제 분사 노즐의 도포 평가를 위해 인공지능(AI) 알고리즘과 이산 요소 방법(DEM) 시뮬레이션을 통합한 접근 방식을 제시합니다. 단조 공정에서 노즐은 다이의 표면 온도를 조절하고 윤활제를 공급하여 부품의 품질과 수명을 결정합니다. 이 연구는 DEM 시뮬레이션을 통해 분사된 미립자들이 다이 표면에 도포하는 것을 분석하고, AI 기반 예측 모델을 구축하여 복수의 노즐에서 분사된 이형제의 도포결과를 평가하는 모델을 개발하였습니다.

먼저, 복수의 노즐을 배포하는 문제에서 분사 노즐의 설계 변수와 작업 조건의 광범위한 데이터 세트를 고속카메라 이미지를 통해서 수집하여DEM 시뮬레이션을 위한 기초 데이터를 수집하였습니다. AI 예측 결과는 DEM 시뮬레이션과 결합되어, 냉각제와 윤활제 입자들이 다이 표면과 상호작용하는 과정을 시각적으로 표현하고 입자의 행동, 분포 및 흡수율을 정량적으로 분석하였습니다.

이 연구는 분사 노즐의 설계와 단조 공정의 최적화에 있어 중요한 지표를 제공합니다. 특히, 균일한 냉각 및 윤활을 통한 제품의 내마모성과 품질 향상에 기여할 수 있는 설계 지침을 개발하였습니다. 또한, 이러한 시뮬레이션 결과는 실제 공정에 적용하기 전에 다양한 시나리오를 테스트하여 시간과 비용을 절감할 수 있는 기회를 제공합니다.

본 연구의 결과는 열간단조 분야에서 AI와 시뮬레이션 기술의 융합이 어떻게 혁신적인 공정 개선을 이끌어낼 수 있는지를 보여주며, 제조업의 디지털 전환을 위한 기초 자료를 제공합니다. 이러한 결과는 산업 현장의 공정 엔지니어들과 설계자들에게 실질적인 영향을 미칠 것으로 기대됩니다.

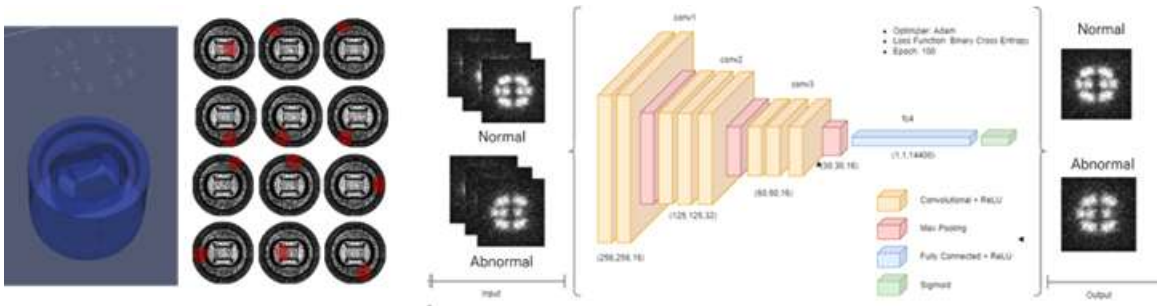


그림. 이형제 분사 DEM 시뮬레이션 결과와 인공지능을 이용한 도포이미지 평가 모델 개발 사례

발표자*, 교신저자#(leehsong@dau.ac.kr)

FBG 센서를 이용한 타이어 금형의 온도 모니터링에 관한 기초연구

장지훈[1,*], 김현성[1], 송여울[2], 이필호[2], 신동운[2], 백경윤[3,#]

Preliminary research on temperature monitoring of tire mold using FBG sensor

J. H. Jang[1,*], H. S. Kim[2], Y. U. Song[2], P. H. Lee[2], D. W. Shin[2], G. Y. Baek[3,#]

광주대학교 미래융합기술공학과[1], 한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[2], 광주대학교 융합기계공학과[3]

Key Words : Fiber bragg grating, Tire mold, Temperature monitoring, Powder bed fusion, AlSi10Mg

타이어는 정련, 압출, 압연, 비드, 성형 및 가류 공정을 거쳐 제조되며, 가류공정에서는 타이어 금형을 이용하여 고열과 고압 조건에서 최종형상을 제조하게 된다. 최근 Powder Bed Fusion (PBF)을 이용하여 복잡한 타이어 트레드 형태를 정밀하게 제작하는 연구가 주목받고 있으며, 알루미늄 합금을 사용한 타이어 금형은 우수한 방열 특성을 가져 생산성을 높여준다. 하지만, 타이어 금형이 사용되는 가류 공정에서는 온도와 공정시간이 생산성과 제품의 품질에 많은 영향을 미침에도, 금형 내외부의 온도를 측정할 방법이 개발되지 않아 공정 표준화 및 자동화가 이루어지기 힘들다. 따라서, 본 연구에서는 타이어 금형 내 온도센서 삽입을 비롯해 공정 중 실시간으로 온도를 모니터링할 수 있는 기술을 제안하고 기초연구를 수행하고자 한다. 실험에서는 타이어 금형에 사용되는 소재인 AlSi10Mg의 시편을 PBF로 제작하여 사용하였으며, 가열판 상에서 30℃~100℃까지 가열하여 Fiber Bragg Grating (FBG) 센서를 통해 온도를 측정하였다. 실험 변수는 내경 1mm, 2mm 및 곡률 0, 1/165, 1/170, 1/175로 설정하였으며, FBG 센서의 신뢰성을 검증하기 위하여 K-type 열전대와 측정 온도를 비교하였다. 실험 결과, 내경 변화나 곡률에 따른 온도측정에서 큰 편차를 나타내지 않았고, 목표 온도에 도달한 뒤 안정화 이후에도 1℃ 이내의 표본 표준편차를 나타내었다. 광섬유 센서와 K-type 열전대와의 측정 온도 비교 결과에서도 온도 차이는 크게 나타나지 않았다. 따라서, 타이어 금형 내 FBG 센서를 이용한 다 지점의 온도를 실시간으로 측정 가능할 것으로 판단되며, 추후 본 연구를 기반으로 실제 타이어 금형의 온도 모니터링을 진행할 예정이다.

후기 본 결과물은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.
(과제관리번호: 2021RIS-002)
본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국기계연구원 기관 기본사업(NK246G)의 지원을 받아 수행한 연구의 결과입니다.

발표자*, 교신저자#(gybaek@gwangju.ac.kr)

기능성 섬유의 자유곡면 3D프린팅을 위한 전기수력학기반 자체정렬 기법에 관한 연구

신동운[1,*,#], 김종현[2], 장지영[3]

Direct-write 3D printing of functional nanofibers on 3D surfaces using self-aligning nanojet

D. W. Shin[1,*,#], J. H. Kim[2], J. Y. Chang[3]

한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[1], 계명대학교 기계공학과[2], University of Utah[3]

Key Words : Nanofibers, Near-field electrospinning, Electrohydrodynamics, 3D printing, Electrostatic

This paper reports a high-resolution, template-free, and direct-printing method of functional nanofiber on 3D surfaces using a self-aligning nanojet (SA-N) in near-field electrospinning (NFES). In the lowest regime of NFES, the cone-jet transition is induced by the surface current, which leads to a unique jetting configuration where the microscale Taylor cone (microcone) is formed on the surface of the spherical-shape droplet. The microcone rapidly develops to the nanoscale jet where the tangential electric force dominates the kinematics of the charged jet. The spherical-shape ejection boundary allows the jetting angle from 0° to ±90° in both convex and concave surfaces, enabling precise deposition of nanofiber regardless of the curvature of the 3D surfaces. Using SA-N, precise printing of functional nanofiber is success- fully demonstrated on various 3D geometries, including convex, concave, and inner surface of the 3D structure. The direct-printing ability of nanofiber on 3D surfaces using SA-N will be a promising strategy to utilize various functional polymers in flexible electronics, printed electronics, optics, and biomedical engineering.

후기 This work made use of the University of Utah USTAR shared facilities supported, in part, by the MRSEC Program of the NSF under Award No. DMR-1121252. This work was supported by the Office of Naval Research (ONR) grant N00014-18-1-2796. This work was also supported by the KIST Institutional Program (Grant No.: 2E30130).

발표자*, 교신저자#(shindw@kimm.re.kr)

PBF 적층제조 시편 구조해석을 위한 내부 삽입 센서 데이터 기반 물성 예측

송여울[1,*,#], 이필호[1], 신동운[1], 송병욱[2], 장지훈[3], 김현성[3], 백경윤[3]

Prediction of material properties based on internally inserted sensor data for structural analysis of PBF samples

Y. U. Song[1,*,#], P. H. Lee[1], D. W. Shin[1], B. U. Song[2], J. H. Jang[3], H. S. Kim[3] , K. Y. Baek[3]

한국기계연구원[1], KAIST[2], 광주대학교[3]

Key Words : Additive manufacturing, Machine learning, Material property prediction

적층제조 산업에서 제품 형상 정확도 향상과 대형 제품 생산 기술이 발전됨으로써 우주, 항공 뿐만 아니라 제조업 전반에서 제품 고도화에 적용되고 있다. 특히 적층제조는 기존의 가공공정으로 구현하기 힘든 복잡형상이나 여러 부품을 하나의 부품으로 일체화 가능함으로써 새로운 부품 설계를 제안하고 제작 가능케 하는 이점이 있다. 이에 적층제조기반 대체 제품이 작동환경에서 작동요구조건을 만족하는지 여부에 대한 확인이 필수적이다. 적층제조 방식은 레이저 파워, 스캔스피드, 해치간 거리 등 관여하는 수많은 공정변수들의 상호 물리적 관계 결과 적층시편의 물성이 결정된다. 그러므로 적층제조는 제품의 형상 뿐아니라 제품의 물성까지 설정 가능한 점이 기존의 가공공정과 차이점이다. 기존 가공용 금속에 대해서는 표준화된 물리적 물성이 규정되어 있으나 적층제조의 경우 적층제조 공정변수에 따라 기본적인 제품의 물리적 물성인 밀도, 강성, 조도, 열전도도 등이 넓은 영역으로 변화한다. 그러므로 적층 제조품에 대한 작동 검증 시, 적층제조품에 대한 물성을 예측하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 미세 내부 채널을 포함하는 시편을 설계하여 PBF기반 특정 적층 제조 공정변수 조건하에서 제작된 적층시편에 대해 하여 광섬유 온도 센서를 삽입하여 실제 시편의 온도를 수집한다. 수집한 온도데이터를 기반으로 물리적 물성을 예측할 수 있는 회귀모델 기반 머신러닝 모델(Machine learning model)을 구성하고, 변수최적화(parametric optimization)방법 사용하여 제조 시편의 물성을 예측한다. 예측한 물성을 구조해석에 반영하여 적층제조 시편에 대한 구조적 거동을 분석한다.

발표자*, 교신저자#(yeoulsong@kimm.re.kr)

ECR 플라즈마 소스를 이용한 집속이온빔 장비의 제작

박만진*,#, 김기환, 박정석

Manufacturing of focused ion beam equipment using ECR plasma source

M. J. Park*,#, K, H, Kim, G, S, Park

한국전자기계융합기술원

Key Words : ECR(Electron Cyclotron Resonance), FIB(Focused Ion Beam)

주사전자현미경(SEM)과 집속이온빔 장비는 마이크로, 나노 및 전기·전자 소자 제조 연구 개발, 고장 분석 등 다양한 응용 분야에 사용되고, 관찰 시료 표면 관찰뿐만 아니라 단면 관찰도 매우 중요한 절차이다. 단면 준비는 표본의 구조, 관찰 목적, 재료에 따라 달라지고, 다양한 준비 방법이 이용되고 있다. 절단, 기계적 연마, 마이크로톰, FIB(집속 이온 빔) 등이 활용되고 있으며, 집속이온빔 장비는 재료과학 및 반도체, 디스플레이 분야에 시료준비 장비로 활용되고 있다.

낮은 가공수율로 인한 대면적 가공에 제한이 있는 액체금속 집속이온빔 시스템이 한계를 극복하고, 빠른 시료준비 및 높은 정확도의 고장분석 기능을 수행할 수 있는, .저전력, 고휘도 플라즈마 FIB 시스템 제작에 관한 기술을 소개한다. 전자 사이클로트론 공명 원리를 기반으로 하는 이온 소스는 최대 수 마이크로 암페어의 높은 빔 전류를 생성하고 Xe를 포함한 다양한 가스 소스를 실행할 수 있어 Ga 오염이 없는 고처리량 집속이온빔 밀링에 이상적이다. ECR 소스의 뚜렷한 장점은 소스에 소모품이나 마모 부품이 없어 안정적인 빔과 긴 서비스 간격을 제공한다는 것입니다. 대용량 3D 특성 분석, 갈륨 없는 시료 준비 및 정밀한 미세 기계 가공이 가능한 시스템이다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '소재부품기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20017424)

발표자*, 교신저자#(manjin@gmail.com)

고전압 적용이 가능한 ICP형 이온원의 최적설계에 관한 연구

김기환*, 장동영#, 박만진, 박정석

A study on the optimal design of an ICP-type plasma source capable of applying high voltage

K. H. Kim*, D. Y. Jang#, M. J. Park, J. S. Park

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : Inductively Coupled Plasma, High Voltage, High Stability, Electrical Breakdown, Cooling Structure

본 논문에서는 빠르게 가속하는 이온으로 다양한 소재들을 안정적으로 가공할 수 있는 이온원 장치의 설계 및 평가실험에 대하여 설명한다. 3턴의 RF 코일을 적용한 ICP(Inductively Coupled Plasma)형의 이온원이며, 최대 30 kV까지 고전압을 인가하여 이온을 가속시킬 수 있다. 설계의 범위는 가스 주입부 부터 전류 측정부 까지이며, 설계 목적은 이온빔 전류 안정도 1 % 이내를 유지하면서, 고전압 인가에도 절연파괴 없이 안정적 운용이 가능토록 하는 것이다. 이를 위해 가스 주입부, 플라즈마 챔버부, 이온 추출부, 전류 측정부 등 크게 4 파트로 나누어 소재, 기구형상, 절연 파괴, 운용 압력, 온도 제어, 플라즈마 챔버부 내 오염 등을 설계 시 고려한다. 이 중 가장 고려 된 요소는 온도 제어이다. 플라즈마 생성과 동시에 상승 된 온도는 운용 진공도에 영향을 미치고, 그 변화량은 추출 된 이온빔 전류량의 점진적인 상승과 하락을 반복시킨다. 신뢰성 있는 평가를 위해, 유냉식 냉각구조를 적용함으로써 온도 제어 문제를 크게 해결하였다. 이후에 최대 고전압 인가에 대한 평가는 멀티미터와 1/1000 프로브를 사용하여 고전압의 실제 인가 된 크기를 확인하였고, 이온빔 전류 안정도 평가는 추출 된 이온을 전류 측정부에 Faraday Cup을 적용하여 30분 동안 측정하고 그 변화량을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속 이온빔 컬럼 및 복합공정시스템 개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20014587)

발표자*, 교신저자#(dyjang@seoultech.ac.kr)

제논 플라즈마 집속 이온빔을 이용한 TSV 가공 및 단면 분석 연구

박정석*, 장동영#, 박만진, 김기환

TSV cross section analysis study using Xe plasma focused ion beam

J. S. Park*, D. Y. Jang#, M. J. Park, K. H. Kim

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : TSV, ECR, Plasma focued ion beam, Ga focued ion beam, Curtain effect

본 연구에서는 TSV(Though Silicon Via)를 기존 Ga Focused Ion Beam을 이용한 가공 및 분석보다 좀더 효용적으로 진행할 수 있도록 Plasam Focused Ion Beam을 이용하여 연구를 진행하였다. TSV는 표면에서 수직 방향으로 형성된 원형 Hole의 형상으로 형성된 원형 Hole에 비해 깊이가 매우 깊은 높은 종횡비를 갖는다. 본 연구에서는 Hole 지름 8um 크기에 65~80um깊이를 갖는 TSV 샘플을 이용하여 진행 하였다. 기존 Ga FIB를 이용한 가공은 가로10um, 세로10um, 깊이 10um 정도의 샘플 가공은 용이하나, 가공 단면과 가공 깊이가 커지거나 깊어 질수록 시간과 비용이 기하급수적으로 늘어나게 된다. 이번 연구에 사용하는 TSV의 샘플의 경우 1개의 Hole 단면 가공을 위해서 3시간 정도의 시간을 필요로 한다. 이보다 좀더 효용적인 가공 및 분석을 위해서 한국전자기계융합기술원에서는 자체 개발한 Xe(제논) 가스를 사용하는 ECR 타입의 PFIB를 이용하였다. Xe이온은 Ga 이온 보다 높은 원자량을 가지기 때문에 Ion Beam을 이용한 가공 시 Ga FIB보다 높은 Milling Rate를 가지게 된다.

PFIB의 특성상 단면 처리 시 Curtain Effect로 인해서 단면이 거칠게 나오므로 좋은 단면 형상을 위해서 2차 단면 제작 가공은 Ga FIB로 진행을 하였다. TSV의 단면 분석은 TSV 단면을 제작해 SEM(Scanning Electron Microscope)를 이용하여 단면 영상을 획득해 분석하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속 이온빔 컬럼 및 복합공정시스템 개발'의 지원을 받아 연구되었음 (No. 20017453)

발표자*, 교신저자#(dougyjang@gamil.com)

이온빔을 이용한 TSV 단면 분석 연구

원종한*, 장동영#, 박만진, 박건영

TSV cross section analysis study using ion beam

J. H. Won*, D. Y. Jang#, M. J. Park, G. Y. Park

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : TSV, FIB, BIB, Ion beam

TSV(Though Silicon Via)는 수직으로 형성된 원형 구멍 형상이며 지름에 비해 깊이가 매우 깊어 높은 종횡비를 갖는다. TSV를 검사하기 위해서는 TSV의 단면을 제작하여 SEM(Scanning Electron Microscope)에서 관찰하는 것이 정확하다. 본 연구에서는 TSV의 단면을 BIB (Broad Ion Beam)와 FIB(Focused Ion Beam)를 사용하여 단면을 제작 하였다. 이온빔은 기계연마에 비해 개재물의 이동이나 가공 변형이 거의 일어나지 않으며 평탄한 단면을 얻을 수 있는 장점이 있다. FIB는 가공정밀도는 높으나 가공 영역은 10 um 정도이며, BIB는 가공 정밀도 오차가 5 um 이상 존재하지만 가공 영역은 1 mm 이상으로 넓다. TSV 시편 ∅5 um, 깊이 50 um 구조일 때 FIB만 사용해 단면을 가공할 경우 5시간 이상의 시간과, 많은 비용이 필요하다. 가공된 단면 역시 내부 관찰을 위해 SEM에서 50도 이상 기울여 관찰해야 하며 경사진 이미지를 얻는다. 동일 시편을 BIB에서 가공할 경우 1시간이면 단면 가공이 가능하지만 가공 정밀도가 떨어져 정확히 TSV 시편 중심을 가공하지 못한다. 본 연구에서는 먼저 BIB를 이용하여 TSV 샘플을 위로 5~ 10 um 남기고 단면을 제작하였다. BIB로 제작된 단면에서 FIB를 사용해 2차 단면 제작을 하였다. 이 경우 가공영역은 가로, 세로 um 수준이며 가공시간은 1시간 소요되며 경사진 단면이 아닌 수직 단면을 얻을 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '초미세 부품의 고속 대면적 가공과 분석을 위한 플라즈마 집속 이온빔 컬럼 및 복합공정시스템 개발'의 지원을 받아 연구되었음 (No. 20017453)

발표자*, 교신저자#(dougyjang@gamil.com)

부도체 샘플 비 파괴 검사를 위한 Electron Charging 보상 장치 개발

김동욱*, 김승재#, 예세희, 윤여홍, 최교원

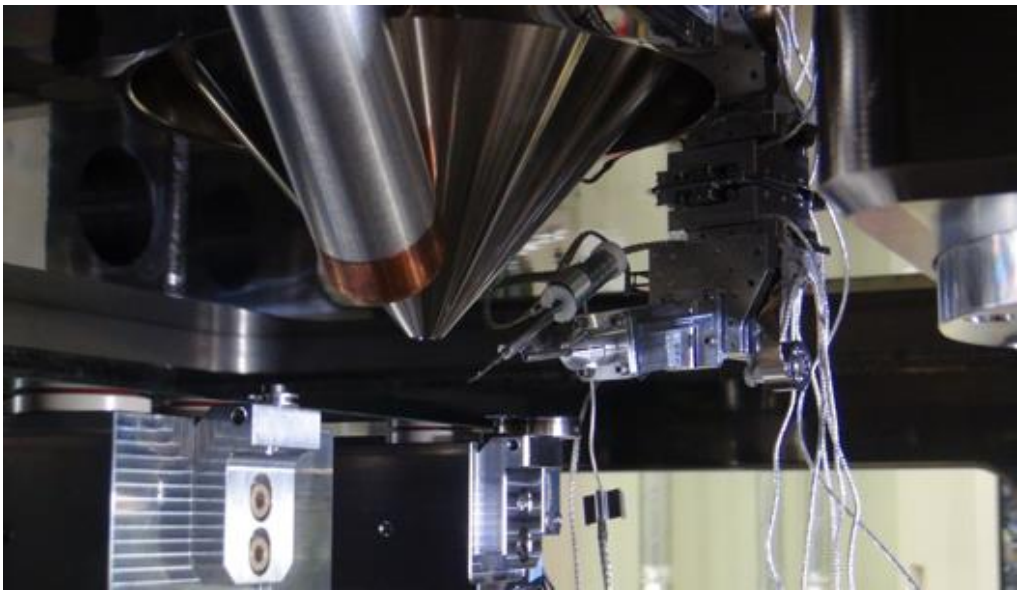
Development of electron charging compensation system for non-destructive testing of non-conductor sample

D. W. Kim*, S. J. Kim#, S. H. Ye, Y. H. Yoon, K. W. Choi

㈜에스에프에이

Key Words : Charging compensation, SEM, Electron, EDS

본 논문은 부도체 샘플을 비 파괴 방식으로 전자현미경 분석 중 발생하는 Electron Charging 보상 방법을 제안한다. Charging 보상 장치(CCS, Charging Compensation System)를 통해 샘플 표면에 전자 쌓임을 최소화 하고 Charging 효과 없이 surface image 관측 또는 성분분석(EDS, Energy Dispersive Spectrometer)이 가능하다. 최근 대형 디스플레이 분야에서 공정 진행중 Defect Review 또는 성분분석, CD(Critical Dimension)측정이 요구된다. 성분 분석은 전자총(Electron Gun)에서 방출된 Primary electron이 Sample과 상호작용(Interaction)후 발생한 X-ray 신호를 Detector에 의해 수집함으로써 가능하다. 분석 결과의 신뢰성 확보를 위해 X-ray 신호 량이 높아야 하고, Primary electron의 가속에너지에 비례해서 증가하는 X-ray 신호 량을 높이기 위해 고 가속 에너지 사용이 반드시 필요하다. 대형 디스플레이 공정 중 검사가 필요한 샘플은 전도성 Coating 불가하므로 Charging에 취약 할 수밖에 없다. 성분 분석을 위해서 Sample surface에서 발생하는 Electron Charging 문제 해결이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 비 접촉(Non-contact) 방식의 외팔보(Cantilever)구조를 가지는 CCS 기술을 제안하고 실험을 통해 효과를 증명했다. 비 전도성 Sample을 고 가속 에너지 5.0kV 이상으로 E-beam을 조사(Scanning) 하면서 Sample과 Ground에 연결된 CCS와의 Gap을 근접 거리로 조정하면서 2차전자 영상 관찰을 통해 Sample surface에서 Electron charging 속도가 느려 짐을 확인함으로써 Charging 보상 효과를 확인했다. CCS는 전자총에서 방출된 Primary electron과 Sample과 상호작용 후 발생한 2차전자 또는 X-ray 신호가 Charging 보상장치 구조물과의 간섭을 피하기 위해 Drilled nozzle type을 채택했다. 본 연구를 통해 개발한 CCS는 대형 디스플레이분야에서 고 분해능 SEM을 도입한 비 파괴 검사를 가능하게 한다. Fig.1은 Non-contact type Charging Compensation System을 보여준다.



< Fig.1 Electron Charging Compensation System of Non-contact type >

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20017424)

발표자*, 교신저자#(seungjae.kim@sfa.co.kr)

냉전계 전자현미경 용 극고진공 시스템 개발

김세현*, 하태균#, 권혁채, 홍만수

Development of extreme-high vacuum system for SEM

Sehyun Kim*, Taekyun Ha#, Hyuk-Chae Kwon, Mansoo Hong

포항공과대학교

Key Words : Extreme-high vacuum, NEG, ESD, SEM

본 논문은 전자현미경 용 극고진공 시스템의 개발 현황에 대해 보고하고자 한다. 전자현미경에서 전자를 발생하는 전자총은 전통적인 열전자 방출원(Thermionic Emitter)에서 결맞음성과 휘도가 더 높은 전계 방출원(Field Emission Emitter)으로 발전하고 있다. 전계 방출원 또한 고전압을 인가하여 전위 장벽을 낮춤으로써 열전자 방출을 향상시키는 쇼트키 방출원(Schottky Field Emitter)과 순수하게 전계 방출 효과만 이용하는 냉전계 방출원(Cold Field Emitter, CFE)으로 나뉜다. 쇼트키 방식은 전자 방출이 용이하여 전류가 크고 안정적이나 수명이 1~2년으로 짧은 편이다. 냉전계 방식은 방출 음극의 크기가 가장 작고 이에 따라 휘도가 높으며 낮은 온도에서 작동하기 때문에 수명은 3년 이상으로 길고 비교적 낮은 전위를 인가해도 작동하는 장점이 있으나 전류가 작고 불안정한 것이 단점이다. 냉전계 방출원이 불안정해지는 원인은 전자총 진공용기에 존재하는 기체 분자가 팁의 표면에 달라붙어 일함수를 변화시키기 때문이다. 따라서 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.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20017424)

발표자*, 교신저자#(hatae@postech.ac.kr)

홀 어레이 패터닝을 위한 집속 이온빔의 매개변수 제어

박지수[1,*], 김충수[3], 임윤교[4], 송경진[4], 박수형[4], 문형우[4], 유운선[4], 이길용[1,2,#]

Controlling parameters of focused ion beam(FIB) for periodic hole array

J. S. Park[1,*], C. S. Kim[3], Y. K. Lim[4], K. J. Song[4], S. H. Park[4], H. W. Moon[4], W. S. Ryu[4], G. Y. Lee[1,2,#]

금오공과대학교 기계공학과[1], 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공[2], 한국생산기술연구원[3], 에스엔유프리시젼㈜[4]

Key Words : Nanopatterning, Focused ion beam, Structural colors

최근 여러 산업에서 구조색(Structural color)은 환경 친화적이고 변색 방지적인(Fade-resistance) 특성에 기반한 새로운 장치 및 센서 등의 제작 가능성을 제공하여 다양한 분야에 응용되고 있다. 구조색 패턴을 제작하기 위해 채택하는 방법으로는 전자빔 리소그래피(EBL) 및 포토리소그래피(Photolithography)가 대표적인데, 그 중에서도 고체 표면의 나노 패턴 프로토타입 제작에 있어서 집속 이온빔 밀링은 마스크리스 리소그래피로서(Maskless lithography) 공정의 비용을 절감하고 효율을 높일 수 있는 기술로서 주목받고 있다. 화소 이미지 크기에 있어서 다소 한계가 있지만, 집속 이온빔은 사용자가 정의한 패턴을 추적하여 정밀한 패터닝 작업을 수행하는 데에 특화되어 있으며, 빔의 스캔 방식을 제어하면 정확도와 해상도를 보다 더 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 실리콘 웨이퍼(Si wafer) 위에 집속 이온빔의 매개변수를 조정하여 나노 구조색 패턴을 제작하고, 밀링된 결과를 분석하였다. 나노 패턴의 형상은 홀 패턴(Periodic hole array)으로, 특히 매개변수를 조정함에 따라 발생하는 패턴의 직경과 주기 변화의 규칙성에 대하여 논의한다. 직경 변화는 집속 이온빔의 전류 세기 및 드웰 타임(Dwell time)을, 주기 변화는 오버랩(Overlap)을 조정함으로써 패턴을 제작하였다. 마지막으로 목표하는 스케일을 달성하기 위해 이온빔의 매개변수를 최적화하는 방법을 제안하고, 매개변수 조정에 따른 구조색의 변화를 광학 현미경을 통해 관찰한다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(과제번호 20017462)과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(00255697)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312001)의 연구수행으로 인한 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

다양한 기하학적 구조를 가지는 미세 구조물의 현장 평가

이민형[1,*], 김충수[3], 송경진[4], 유운선[4], 임윤교[4], 문형우[4], 박수형[4], 이길용[1,2,#]

In-situ evaluation of microstructures with various geometires

M. H. Lee[1,*], C. S. Kim[3], K. J. Song[4], W. S. Ryu[4], Y. K. Lim[4], H. W. Moon[4], S. H. Park[4], G. Y. Lee[1,2,#]

금오공과대학교 기계공학과[1], 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공[2], 한국생산기술연구원[3], 에스엔유프리시젼㈜[4]

Key Words : In-situ microscopy, Nanoprobingsystem, Mechanical properties

최근 항공, 의료, 우주 산업 등 정밀 부품 및 장치에 대한 수요가 증가함에 따라, 미세전자기계시스템(Microelectromechanical system)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고있다. 미세전자기계시스템을 구성하기 위해서는 에 사용되는 소자를 구성하는 구조물의 구조적 특성과 기계적 특성을 정확하게 이해하는 것이 필요하다. 이러한 미세 구조물의 거동과 특성을 평가하기 위한 효과적인 방법으로 현장현미경기술(In-situ microscopy technology)가 존재한다. 현장현미경기술은 원자력 현미경(AFM), 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM) 등의 현미경을 사용하여 미세 구조물의 기계적 거동을 실시간으로 관찰하며 효과적으로 미세 구조물의 기계적 특성을 평가할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 현미경을 대신해 비전 시스템을 이용하여 구조물의 기계적 특성을 평가할 수 있는 시스템을 구성하였다. 나노조작기와 힘 센서를 통합하여 구축한 나노프루빙시스템(Nanoprobing system, NPS)을 통해 미세 구조물의 거동에 따른 반력을 측정하고, 이를 비전 시스템을 통해 현장 평가를 수행할 수 있다. 또한, 이렇게 구축된 현장 평가 시스템을 통해 다양한 기하학적 구조를 가지는 구조물의 기계적 특성을 평가하였다. 더 나아가, 본 시스템을 구축하는데 사용되었던 NPS를 진공 환경에서 SEM과 함께 활용하는 것으로 더욱 정밀한 현장 평가 시스템에 대한 내용과 응용 방안에 대한 내용을 소개한다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(과제번호 20017462)과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(00255697)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312001)의 연구수행으로 인한 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

유도결합형 플라즈마 이온원의 이온빔 방출 구조 안정화 연구

송규*, 김기환, 윤찬녕, 신영하, 박형주, 장동영#

Stabilization of Ion Beam Emission System for an ICP Ion Source

K. Song*, K. H. Kim, C. N. Yun, Y. H. Shin, H. J. Park, and D. Y. Jang#

(재)한국전자기계융합기술원

Key Words : Inductively Coupled Plasma, Ion Gun, High Voltage Ion Source, Ion Beam Emission, High Stability

최근 반도체, 디스플레이 등 미세 구조를 활용하는 산업 분야의 발전으로 인해 집속이온빔(Focused Ion Beam, FIB)을 이용한 미세가공 기술에 대한 필요성이 증대되고 있다. 또한 가공 영역의 제약을 갖는 액체금속 기반 이온빔 가공 기술을 극복하기 위하여 플라즈마 이온원 기반의 FIB 장비의 개발이 활발하게 수행되고 있다. 그러나 선행 개발된 플라즈마 이온원의 경우 30kV의 높은 에너지 이온빔의 방출 조건에서 구조적 불안정성에 따라 안정적으로 이온빔 방출이 어려운 문제점이 존재했다. 본 연구는 고에너지 이온빔을 안정적으로 방출하는 유도결합형 플라즈마 이온원을 개발하기 위하여 전기적 절연 및 열적으로 안정화된 이온원 구조의 구축을 목표로 한다. 플라즈마 이온원 내 플라즈마가 형성되는 챔버 외각으로 유냉식 냉각구조를 적용하여 플라즈마 일정한 온도가 유지될 수 있도록 하였으며, 고전압이 인가되는 가속전극 외부를 세라믹으로 차폐하여 구조를 개선하였다. 또한 마이크로 체크벨브 구조를 적용하여 일정한 유량의 플라즈마 반응가스 주입이 가능한 구조를 구축하였다. 결과적으로 30kV 고에너지 이온빔을 1시간 동안 측정한 결과 1% 이하의 높은 안정성을 확보하였다. 또한 약 100시간 이상 장시간의 장비 운용 이후에 플라즈마 이온원의 오염되지 않는 결과를 도출하였다. 본 연구의 결과는 안정적인 유도결합형 플라즈마 이온원 제작을 위한 구조 설계 관점의 통찰력을 제공한다.

후기 본 연구는 정부 과학기술정보통신부 및 과학기술사업화진흥원(COMPA)의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. 1711179107)

발표자*, 교신저자#(dyjang@kemcti.re.kr)

광자빔-이온빔 연계 가공을 위한 펨토초 레이저 가공 기술 개발

하정홍*,#, 김충수

Development of femtosecond laser micromachining prior to focused ion beam milling

J. Ha*,#, C. S. Kim

한국생산기술연구원 3D프린팅 제조공정센터

Key Word s: Laser micromachining, Femtosecond laser, Focused ion beam

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 연계가공의 전체 가공 시간을 단축하기 위한 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 μm, 깊이 100 μm 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.

후기 This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2023-22030005-02) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA).

발표자*, 교신저자# (jhjh@kitech.re.kr)

180° 플립 가능한 스테이지를 이용한 광전자 융합 현미경 개발

송경진*,#, 유운선, 김용천, 임윤교, 박수형

Correlative optical and electron microscope with 180 degree flippable stage

K. J. Song*,#, W. S. Ryu, Y. C. Kim, Y. K. Lim, S. H. Park

에스엔유프리시젼(주)

Key Words : Flippable stage, FE-SEM

주사전자현미경은 광학현미경의 회절한계로 인한 해상도 한계를 극복할 수 있지만 한번에 측정이 가능한 영역에 한계가 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 광학 현미경 및 주사전자현미경이 융합된 현미경이 국내 및 유럽에서 개발이 되었다. 주사전자현미경과 광학현미경을 이용한 CORRELATIVE MICROSCOPE는 크게 3가지 타입이 있다. 첫번째, 광학현미경을 주사전자현미경 대물렌즈 반대편에 위치하여 생물학적 시료와 같은 투명한 시료를 동시에 관측할 수 있는 장비를 개발하였다. 이는 불투명한 시료의 융합 이미징에 한계가 있다. 두번째, 주사전자현미경 대물렌즈 밑에 미러 및 대물렌즈에 미세홀을 가공한 광학계를 장착하여 생물학적 시료 및 불투명한 시료의 융합 이미징을 구현하였다. 이 경우 높은 NA값을 갖는 대물렌즈를 사용하는데 한계로 인한 높은 해상도 구현에 단점이 있다. 세번째, 주사전자현미경과 광학현미경이 공간상에 완전히 분리된 독자적인 시스템을 이용하고 위치결정기술에 기반하여 각 시스템에서 얻는 이미지를 융합하는 타입이 있다. 이 경우 각 시스템의 최대 성능을 이용할 수 있다는 장점이 있지만 높은 장비투자비용 및 시료의 이송에 따른 번거로움 및 시간소요라는 단점이 있다. 본 연구에서는 위에선 언급된 3가지 타입의 광전자 융합이미징을 위한 새로운 타입의 융합 이미지 시스템을 제안하였다. 불투명한 시료의 주사전자현미경 및 광학현미경 융합이미지을 단일 현미경 시스템에서 고해상도로 구현하기 위하여 주사전자현미경 및 광학현미경을 반대에 위치하였고 180도 플립가능한 스테이지를 이용한 각 시스템의 최대 성능을 유도할 수 있도록 설계 및 개발하였다. 구축된 초기 시스템을 이용하여 해상도 평가를 진행하였다. 향후 멀티스케일 구조를 가진 대면적 시료의 빠른 관측이 가능할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 과학기술정보통신부 및 과학기술사업화진흥원(COMPA)의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 1711179107)

발표자*, 교신저자#(kj86song@snuprecision.com)

마이크로 미터급 미세구조 시편의 고주기 피로특성 평가기술 개발

조락균*,#

Testing technology for high-cycle fatigue properties for micro-scale specimen

N.- K. Cho*,#

서울과학기술대학교 MSDE학과

Key Words : Micro-scale, High cycle fatigue, Fatigue test system

IT/BT/NT 분야에서 마이크로 스케일 구조를 이용한 어플리케이션 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 일반적으로 나노-마이크로미터 구조는 밀리미터 이상 구조의 기계적 거동과 상이하여 마이크로 미터급 미세구조의 물성평가 방법에 대한 다양한 연구가 수행되고 있다. 그러나 미세구조 시편의 고주기(≥ 100만 회) 피로특성 평가기술과 관련한 연구는 매우 부족하다. 따라서 본 연구는 미세구조 시편에 대하여 인장, 압축, 굽힘 등 다양한 시험모드에 대응 가능한 고주기 피로특성 평가기술 개발을 목표한다. 본연구에서 개발한 피로평가 시스템은 수 nm에서부터 최대 10 μm까지 2 nm 이하의 정밀도로 시험 행정으로 설정이 가능하며, 최대 100 Hz 이상의 속도로 고주기 피로시험을 수행한다. 또한 시편이 위치하는 시편부는 초정밀 피에조 스테이지를 기반으로 5축 구동 환경을 구축하여 FIB-SEM 시스템에 적용하여 In-situ 환경에서 시험 수행이 가능하다. 또한 Ex-situ 환경에서 정밀한 시험 수행이 가능하도록 고배율(x1000) 광학현미경을 이용하여 피로시험 전 미세구조 시편을 정렬한다. 마이크로 그립은 각 시험모드에 따른 시편 형상에 맞추어 Diamond Flat Punch를 이온빔 미세가공 기술을 이용하여 가공하여 사용한다. 본 연구의 미세구조 시편의 고주기 피로특성 평가기술은 100만회 이상의 고주기 피로하중에 대한 미세구조 시편의 기계적 응답(stress-strain curve)을 초당 2만 회 샘플링 속도로 도출하였으며, 각 시험 사이클에서 발생한 최대 하중(peak stress)을 별도로 저장하여 주기하중에 의해 시편에서 발생하는 경화(hardening) 또는 연화(softening) 현상을 정량적으로 정의했다. 본 연구의 결과는 미세구조가 적용되는 다양한 어플리케이션의 구조적 검증을 위한 시뮬레이션에 필요한 신뢰성 높은 기계적 특성을 도출하는데 활용이 가능하다.

후기 본 연구는 정부 과학기술정보통신부 및 과학기술일자리진흥원(COMPA)의 재원으로 미래선도연구장비핵심기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 1711179107).

발표자*, 교신저자#(nkcho@seoultech.ac.kr)

레이저 가공을 위한 베셀 빔 스캐닝 광학계 설계

최현*,#

Design of bessel beam scanning optical system for laser beam machining

H. Choi*,#

경상국립대학교 기계융합공학과

Key Words : Laser beam machining, Bessel beam, Axicon lens

The focus formed by the Bessel beam has a longer depth of focus than the focus formed by the existing Gaussian beam, and also forms a uniform intensity profile in the long depth of focus area. Therefore, in laser processing technology using Bessel beams, groundbreaking results can be achieved in the 3D laser processing area that requires processing in the depth direction. In this document, we proposed an optical layout that has a compact layout and can be combined with a high-speed scanning mirror to effectively implement laser processing in laser processing technology using Bessel beams. The performance of the designed optical system was verified by calculating the angle and height of the ray passing through the Axicon lens through ray tracing simulation. The designed optical system has a compact size and is expected to be easy to use in processing sites such as vacuum atmospheres. Additionally, it can be used as an effective surface processing technique when combined with a high-speed scanning mirror.

후기 This work also was supported by the Ministry of Science and ICT, (Project Number: 2023-22030005-00) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA)

발표자*, 교신저자#(hchoi7@gnu.ac.kr)

교차상관관계 기반의 고분해능 전자후방산란회절을 이용한 레이저 적층 가공 금속재료의 잔류응력 조사

한승창*, 전태성#

Revealing dislocation structures and residual stresses in additively manufactured alloys using cross-correlative EBSD technique

S. C. Han*, T. S. Jun#

인천대학교 기계공학과

Key Words : Cross-correlated EBSD, Additive manufacturing, Residual stress

Metal additive manufacturing (MAM) technologies offer novel prospects for fabricating components with geometries that were previously unattainable. These technologies exhibit notable efficiency and precision, enabling the production of intricate forms through the sequential addition of metal powder layers. The localized thermal environment inherent in laser processing, characterized by large thermal gradients and rapid cooling rates, gives rise to unique microstructures and mechanical properties that are not currently predictable. Notably, dislocation structures and residual stresses exert a substantial influence on the properties of alloys produced by fusion-based Additive Manufacturing (AM) processes although its origin remains unclear. We quantified and mapped the geometrically necessary dislocations (GND), lattice strains, and type-III residual stresses induced by the spatial distribution of dislocations using a cross correlation-based electron backscatter diffraction. Our findings unveil distinct residual stresses, lattice strains, and dislocation arrangement along cell walls in Ni-based superalloys and establishes relationships between dislocations and residual stresses in additively manufactured Ni-based superalloys.

후기 This work was supported by the Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes (COMPA) funded by the Ministry of Science and ICT(MSIT) (1711198546, Development of high-performance ion beam and micro-reliability evaluation technology for photon/charged-particle triple beam)

발표자*, 교신저자#(t.jun@inu.ac.kr)

레이저 가공 최적화를 위한 CAM과 베이지안 최적화 활용 연구

김형중[1,*,#], 황윤태[1], 하정홍[2], 김충수[2]

Research on application of Bayesian optimization with CAM for laser machining optimization

H. J. Kim[1,*,#], Y. T. Hwang[1], J. H. Ha[2], C. S. Kim[2]

건국대학교 산업공학과[1], 한국생산기술연구원[2]

Key Words : Optimization, Bayesian optimization, Computer-aided manufacturing, Laser machining

레이저, 이온 등을 소스로 하는 빔 공정 기술은 첨단 소재 가공 및 분석에 중요한 방법으로 자리매김하고 있다. 특히, 최근 이차전지, 자율주행 등 새로운 산업이 발전하면서 이러한 수요가 증가하고 있으며, 고가의 소재와 장비를 사용하는 빔 공정의 특성상 생산성 및 효율성 측면에서 최적의 가공 조건에 대한 판단 또한 중요해지고 있다. 하지만, 이러한 장비의 공정 계획은 사용자의 경험이나 시행착오적인 실험을 통해 개선하는 경우가 많다. 또한 최근 인공지능을 포함한 정보통신기술이 발전하고 있는 것과 달리, 이러한 정밀 공정들의 최적화를 위한 도구들은 이러한 새로운 기능을 포함하지 않는 경우가 많다. 본 연구에서는 베이지안 최적화를 기반으로 레이저 가공 공정의 가공 조건 최적화에 관해 연구한다. 컴퓨터 이용 가공(computer-aided manufacturing) 소프트웨어를 이용하여 가공 계획을 하고 가공 실험 데이터에 대한 분석에 베이지안 최적화 기법을 적용한다. 베이지안 최적화 모델에 관한 연구는 복수의 가공 조건에 대해 효과적으로 최적화 조건을 찾을 수 있는 가능성을 탐색한다. 이를 통해 레이저 가공 공정의 최적화를 위한 입력 조건, 목적함수의 구성, 그리고 최적화의 기본 파이프라인을 구성하고 그 활용 효과를 평가하였다.

후기 본 연구는 2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 과학기술사업화진흥원의 지원(1711198546, 광/하전입자 트리플빔을 위한 고성능 이온빔 및 미세 신뢰성 평가기술 개발)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2021R1C1C2008026)을 받아 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(hyungjungkim@konkuk.ac.kr)

12월 14일 [목]

포스터 I 발표 논문

무전해 니켈 도금 유리섬유 강화 복합재의 전자파 차폐 및 계면 전단 강도에 대한 후열 처리의 영향

강성현[1,2,*], 한웅[1], 김병주[3], 김관우[1,#]

Effects of post-heat treatment on electromagnetic interference shielding and interfacial shear strength of electroless nickel-plated glass fiber reinforced composites

S. H. Kang[1,2,*], W. Han[1], B. J. Kim[3], K. W. Kim[1,#]

(재)한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교 탄소소재파이버공학과[2], 전주대학교 신소재화학공학과[3]

Key Words : Glass fiber, Electroless plating, Post-heat treatment, Electromagnetic shielding

In this study, nickel was plated on the glass fibers (GF) using an electroless plating method to increase the EMI-shielding efficiency (SE) of glass fiber reinforced composites. In addition, the effect of post-heat treatment on the prepared nickel-plated GF (NGF) and NGF/epoxy composites was studied. The surface morphology, structural properties, and electrical conductivity of NGF before and after post-heat treatment were measured by scanning electron microscope (SEM), X-ray diffractometry (XRD) and 4-point probe. In addition, EMI-SE and interfacial shear strength (IFSS) of NGF/epoxy composites were measured with a vector network analyzer (VNA) and universal testing machine (UTM). Post-heat treatment reduced the IFSS of the plated NGF and increased the electrical conductivity by up to 169% over the same period of time. In addition, the EMI-SE of composite materials was increased by up to 116% in the frequency range ($5.0 \times 10^8 \sim 1.6 \times 10^9$ Hz) of electromagnetic waves generated by home.

발표자*, 교신저자#(kkw1988@kcarbon.or.kr)

바이오매스 기반 활성탄소의 기공특성이 부탄 흡착 특성에 미치는 영향

조동신[1,2,*], 김주환[1,3], 이혜민[1,#]

Effects of pore characteristics on the butane adsorption behavior of biomass-derived activated carbon

D. S. Jo[1,2,*], J. H. Kim[1,3], H. M. LEE[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전주대학교 신소재화학공학과[2], 전남대학교 고분자공학과[3]

Key Words : Kenaf, Activated carbon, Butane, Breakthrough experiment

In this study, kenaf-derived activated carbon (KAC) was prepared by chemical stabilization and physical activation method for automobile canisters. The texture properties of KAC was studied using by Brunauer-Emmett-Teller, Dubinin-Radushkevich and non-localized density functional theory equation with N_2/77K isotherm adsorption-desorption curves. The crystallite structure of KAC was analyzed using X-ray diffraction analysis and Raman spectroscopy. Also, the butane adsorption behavior of KAC was analyzed by using breakthrough experiment and compared coconut-derived activated carbon (CAC). As a results, the specific surface area and total pore volume of KAC was determined to be 1820-1990 m^2/g and 0.89-1.36 cm^3/g, respectively. In addition, the mesopore volume ratio of KAC was increased from 10.6 % to 50.0 % with increased activation time. The butane adsorption capacity of KAC increased from 0.31 g/g to 0.79 g/g as activation time increased. Especially, it was also found that the butane adsorption characteristics of KAC was influenced according to mesopore volume of 3.0 - 3.5 nm pore diameter. Also, KAC was observed to have excellent butane adsorption behaviors than CAC. Therefore, the results of this work demonstrate that KAC have a great application value in activated carbon for automobile canister.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

연속섬유 강화 복합소재 3D 프린팅 출력물에 대한 AM-연계 구조 해석

이긍현[1], 장다영[1], 선채림[2], 윤민호[2], 한장우[3,*,#]

AM-structural coupled analysis for the continuous fiber reinforced composite structures manufactured by 3D printing

G. H. Lee[1], D. Y. Jang[1], C. R. Seon[2], M. H. Yoon[2], J. W. Han[3,*,#]

금오공과대학교 기계공학과[1] 서울시립대학교 기계정보공학과[2], 금오공과대학교 기계설계공학과[3]

Key Words : Continuous fiber reinforced composites, 3D printing, Nozzle path, AM-structiral coupled analysis

1. 서 론

최근 4차 산업 혁명과 더불어 미래 제조 산업 중 하나로써 3D 프린팅 공정 기술에 대한 활용도가 증가하고 있는 상황이다. 현재까지 다양한 3D 프린팅 공정 기술들이 개발되어져 왔으며, 그 중 FFF (Fused Filament Fabrication) 기반 3D 프린팅 공정 기술은 연속섬유/단섬유 등과 같은 강화섬유 적용이 용이하다는 장점으로 인해 고강도 경량 특성이 요구되고 있는 산업 분야에서 FFF 공정 기술에 대한 연구가 새롭게 요구되고 있는 상황이다. FFT 공정 기반 3D 출력물의 경우 고강도 경량 특성 및 우수한 형상 자유도를 구현할 수 있음에도 불구하고, 출력 과정에서 노즐 경로에 따른 강화섬유 배향 특성으로 인해 출력물은 노즐 경로에 따른 이방 물성을 가지게 되며, 결과적으로 설계 및 해석 과정에서 신뢰성 있는 데이터를 제공하기 위해서는 이러한 3D 프린팅 출력 과정에서의 변수들을 종합적으로 고려해야 하는 상황이다. 이에 따라 본 연구에서는 연속섬유 강화 복합소재 출력물에 대한 효과적인 거동 예측을 위한 AM-연계 구조 해석 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 복합소재 구조물에 대한 3D 프린팅 출력 과정에서 노즐 경로에 따른 물성 변화 양상을 분석하고자 하였으며, 해당 분석 데이터를 바탕으로 노즐 경로에 따른 부위별 물성이 고려된 구조 해석을 진행하고자 하였다. 제시된 AM-연계 구조 해석 방안의 성능을 검증하기 위한 수치 예제로써 인장 시편에 대한 기계적 거동 특성을 분석하였으며, 실험적 데이터와의 비교를 통해 제시된 해석 방안의 타당성을 확인하였다.

2. 연속섬유 강화 복합소재 출력물에 대한 AM-연계 구조 해석

본 연구에서는 Markforged 사의 Mark-2 및 X-7 장비를 활용하여 연속섬유 강화 복합소재 구조물을 출력하고자 하였으며, 동시에 노즐 경로에 따른 물성 변화 양상을 실험적으로 분석하고자 하였다. 복합소재의 모재로써 나인론 소재에 Chopped carbon fiber가 강화된 계 Onyx 소재를 고려하였으며, 연속섬유 강화재로써 Continuous Carbon Fiber를 고려하였다. 동시에 Fig.1과 같은 노즐 경로 설정을 통해 ASTM D638 규격 인장 시편 내부에서의 강화재의 배치 및 노즐 경로에 따른 기계적 거동 특성 변화를 분석하고자 하였다.

상기 인장 거동 특성에 대한 실험적 분석 결과를 바탕으로 노즐 경로에 따른 이방 물성을 도출하고자 하였으며, 도출된 이방 물성을 구조 해석 과정에서 반영해줌으로써 노즐 경로 등과 같은 3D 프린팅 출력 등을 종합적으로 고려할 수 있는 보다 정확한 설계 및 해석 방안을 제시하고자 하였다. 그 세부적인 과정으로써 실험적 데이터를 바탕으로 Digimat 역공학 기능을 활용하여 구조 해석 과정에서 적용 가능한 이방 물성을 도출하였으며, 결과적으로 노즐 경로에 따른 부위별 이방 물성을 도출하고자 하였다. 또한, 동시에 부위별 이방 물성을 유한요소 모델에 맵핑함으로써, 3D 프린팅 출력 조건이 반영된 구조 해석을 진행하고자 하였다. 표 1과 같은 결과 분석을 통해 연속섬유 강화 복합소재 출력물에 대한 설계 과정에서 강화섬유 배치 및 합량비가 출력물에 거동에 무시할 수 없는 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 3D 출력 조건들을 고려하였을 때 정확한 해석 데이터를 제공할 수 있음을 확인하였다.



Fig. 1 Stacking angle of continuous carbon fiber

Table 1 Experimental and analytical results

(단위 : MPa)

	Experimental result (stress)	Analytical result (stress)
Case #1	22.21	22.27
Case #2	43.51	44.18
Case #3	55.41	59.99

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022R1C1C1012599).

참 고 문 헌

(1) Fuda N., Weilong C., Jingjing Q., Junhua W., Shiren W., 2015, Additive manufacturing of carbon fiber reinforced thermoplastic composites using fused deposition modeling, Composite Part B, 80, 369~378.

발표자*, 교신저자#

전자기 간섭 차폐 강화: 우수한 성능을 위한 높은 연결성을 가지는 유연한 그래핀 나노 플레이트 복합재

강기환*, 김원석#

Enhancing electromagnetic interference shielding: Flexible graphene nano plate composites with high connectivity for superior performance

Gi-Hwan Kang*, Won-Seok Kim#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Graphene nanoplate, Core-shell, Electromagnetic shielding effectiveness, Flexibility, Thermal conductivity

Using carbon nano materials to fabricate nanocomposites that simultaneously have high thermal and electrical conductivity and durability is still a challenge due to the tendency of carbon materials to form random networks in nanocomposites and their low dispersibility of carbon nano materials. In this study, a composite with a graphene nano plates (GNP)-connected surface was fabricated using GNP/thermoplastic polyurethane (GNP/TPU) core shell. GNP/TPU core-shell was manufactured by attaching GNPs to the surface of TPU by the heat coating method. The flexible GNP/TPU composite(G/T) fabricated by compression molding the prepared core-shell exhibited high thermal and electrical conductivity. The in-plane and out-of-plane thermal conductivity of G/T fabricated at 110° C (G/T@110° C) reached 50.1 and 6.4W/mK, in which G/T included around 41.9 wt% GNP. The electrical conductivity was 198.4 S/cm for G/T@110° C, and electromagnetic interference (EMI) shielding effectiveness (SE) value was 57.8 dB on average in the range of 8.2~12.4 GHz at the thickness of 0.18mm. The tensile strength reached 6.95 MPa for a sample of G/T@110° C. Furthermore, G/T@110° C showed stable results in the peeling test and folding test. Composites with GNP-connected surfaces are expected to be utilized in a variety of applications due to high thermal, electrical conductivities and EMI SE as well as their high flexibility.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '전략핵심소재자립화 사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20010586)

발표자*, 교신저자#(kimws1210@kcarbon.or.kr)

알루미늄합금 적층 소재의 후가공 특성 분석

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

Analysis of post-machining characteristics of aluminum alloy printed materials

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

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 대학원 기계공학과[2]

Key Words : Aluminium alloy, Post-machining, Temperature**,** Accelerator, Surface integrity

알루미늄 합금은 경량화 및 내부식성에 강한 기계적 특성을 가지고 있어, 자동차 및 항공 우주 산업에서 수요가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 최근 알루미늄 합금의 생산 방식이 다양하게 개발되고 있는데, 특히 고출력 레이저 빔을 금속 표면에 조사해 융용지에 금속 분말을 공급하는 DED(Direct Energy Deposition) 3D 프린팅 기술 또한 각광받고 있다. 상기 방식은 기존의 금형을 이용한 주조 공정 대비 다품종 소량생산 및 복잡한 형상 구현에 장점이 있어 다양한 산업에 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만, DED방식으로 생산된 출력물은 정밀도가 낮아 후 가공이 필수적이다. 하지만, 알루미늄 합금은 가공 시 응착 현상으로 인해 공구 마모 및 표면 품질 저하와 같은 문제가 발생하기 때문에 이에 대한 후처리 연구가 필요하다. 따라서 본 논문은 주조 및 3D 프린팅 생산 방식에 따른 소재의 가공 특성을 분석하였으며, 이를 위해 Pyrometer(IGA 6/23, Impac) 및 가속도 센서(354C03, PCB)를 활용하여, 가공 온도 및 가속도 센서 데이터를 수집하였다. 또한, EBSD(Electron Backscatter Diffraction) 기법을 적용하여 가공 후 주조 및 적층 소재의 표면 무결성(Surface integrity)분석을 수행하였다. 그 결과 적층 소재는 주조 소재 대비 가공 온도 약 18 % 및 가속도가 약 34 % 증가하였고 잔류응력으로 인하여 가공이 상대적으로 어려운 특성 영역을 가지고 있음을 확인하였다. 따라서, 생산방식에 따라서 후가공 방식을 달리하는 공정 조건 최적화 분석 연구를 수행할 예정이다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 "3D프린팅 국방부품 국산화 및 실증지원 기술개발 (kitech EH-23-0008)"의 지원으로 수행한 연구임. 본 연구는 산업통상자원부의 기계산업핵심기술개발사업의 일환으로 수행함. [20015060, 과제명: 고유연 대형 경량 부품용 CFRP 적층가공 복합공정시스템 개발]

발표자[*], 교신저자[#](J.Nam@kitech.re.kr)

이종소재 표면처리에 따른 접착강도 평가 및 분석

신민하*, 김성종#

Adhesive bonding strength according to surface treatment of dissimilar material

M. H. Shin*, S. J. Kim#

(재)한국탄소산업진흥원 실용화개발2실

Key Words : Dissimilar material, Adhesion, Carbon fiber reinforced plastic, Bonding strength, Surface treatments

최근 경량 소재를 부품에 적용함에 따라 기존 금속과의 접합에 대한 관심이 지대하다. 기존에 사용된 기계적 결합의 경우 응력집중 및 균열 발생에 따라 접착제를 사용한 화학적 결합이 주목받고 있다. 본 연구에서는 이종 소재에 레이저 및 플라즈마 표면처리를 통해 접착제의 접착력 변화를 연구하고자 한다.

본 연구에 사용된 접착제는 1액형 구조용 에폭시 접착제로 유니테크 사의 Unicore2313을 사용하였으며, 시편은 CFRP, CR340(Steel), Al6061(Aluminum)로 자동차용 소재로 선정하였다. 표면처리는 레이저와 플라즈마를 사용하였으며 이종 소재 접착강도를 평가하기 위한 ASTM 규격이 명확하지 않아 ASTM 1002D 및 5868을 참고하여 시편을 제작하였다. 각 시편의 접착강도는 5회 반복 시험을 진행하였으며 측정 평균값을 사용하였다. 표면처리한 시편은 세척 시편 대비 모두 접착강도가 향상되었음을 확인하였다.

CFRP-CR340 및 CFRP-Al6061 시편은 플라즈마 표면처리를 진행하였을 때 각각 7.3% 및 39.2%로 접착강도가 향상되었고, CR340-Al6061의 경우 레이저 표면처리를 진행하였을 때 56.2% 증가되었다. CFRP와 결합된 이종 소재의 경우 레이저 표면처리가 진행됨에 따라 fiber 손상이 진행되기 때문에 접착강도가 하락된 것으로 사료된다. 또한, 플라즈마 표면처리 후 주로 polar SE에 의해 표면 자유에너지가 상승되어 화학적 계면처리 효과가 뛰어나기 때문에 접착 강도가 향상된 것으로 사료된다. 금속 간 접착의 경우 물리적 표면처리로 거친 접합 표면이 생성되어 mechanical interlocking 효과로 인해 접착강도가 향상된 것으로 고찰된다.

본 연구를 토대로 실제 구조물 파손의 원인인 피로를 예방하기 위해 장기 피로시험 연구를 진행할 예정이다.

후기 이 논문은 산업통상지원부 소재부품기술개발사업(20010768, 1분이내 급속경화가 가능한 고속공정용 고성능 이종재료용 접착소재)으로 수행된 연구결과 중 일부이며, 지원에 대해 진심으로 감사합니다.

발표자*, 교신저자#(sjongkim@kcarbon.or.kr)

기계구조물 결합 특성에 따른 탄소복합재 샌드위치 구조물 파손 거동 연구

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

Study on the failure behavior of carbon composite sandwich structures according to mechanical structure bonding characteristics

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

한국탄소산업진흥원[1], 아이스퀘어드엠[2]

Key Words : Carbon composite, Sandwich structure, Pull-out strength, Shear strength, Composite material

최근 위성 분야에 대한 연구개발은 기존 중·대형 위성뿐만 아니라 소형 위성 및 초소형 위성에 이르기까지 다양하게 추진되고 있으며, 활용 목적에 따라 다양한 부품을 결합할 수 있도록 기계구조물 장착을 위한 연구를 진행하고 있다. 탄소섬유강화복합재는 높은 비강도/강성을 가지고 있으며, 열변형에 대한 치수 안정성을 가지고 있어 무게절감효과로 발사비용을 줄일 수 있다. 현재 적용중인 위성과 우주정거장 구조물 재료의 20~40%는 복합재료이며 샌드위치 복합재료가 대부분의 구조물 재료에 사용되고 있다. 본 논문에서는 탄소섬유강화복합재 샌드위치 패널에 결합된 기계구조물(인서트) 크기에 따른 pull-out 강도를 연구하였다.

물성평가를 위한 시편제작을 위하여 홀 크기가 다른 Al 인서트를 제작하였다. 샌드위치 패널 제작을 위하여 면재는 CFRP UD PREPREG(M55J), 심재는 Al CORE 3.1PCF, 접착 본딩은 EPOXY FILM을 사용하였으며, Autoclave 성형하였다. 성형된 샌드위치 패널은 80*80mm 크기로 절단하였으며, 특수 공구를 이용하여 홀 가공 및 코어를 제거한 후 드로우즈를 활용해 셀을 말끔히 제거하였다.

인서트 결합을 위하여 접착제(EY3010)를 먼저 코어내부에 채운 뒤 기계구조물을 삽입하였으며, 반복 작업 후 마무리로 벤트홀에 접착제를 주입하였다. 시편은 홀 크기별로 5개씩 제작하였으며, 제작된 시편의 Pull-out 강도은 ECSS-E-HB-32-22A 시험규격에 따라 진행하였다.

이번 연구를 통하여 탄소섬유강화복합재 샌드위치 패널에 결합된 기계구조물(인서트)의 홀 크기에 따른 강도 변화 및 파손 거동을 확인하였다. 향후 로봇을 이용한 자동화 공정을 통하여 시편을 제작한 후 강도 변화를 측정할 예정이며, 전산해석을 통한 파손 거동을 비교할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부(MPTIE) 및 방위사업청(DAPA)의 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (No.22-CM-EC-33)

발표자*, 교신저자#(anrkr@kcarbon.or.kr)

다양한 방법으로 회수된 재활용 탄소섬유와 상용 탄소섬유를 이용한 탄소섬유 강화 복합재 제작 및 비교 분석

성광찬[1,2,*], 김동규[1,2], 한웅[1,2], 양재연[1], 김병석[2], 김관우[1,#]

Manufacturing and comparative analysis of carbon-fiber-reinforced plastics using recycled carbon fibers recovered through various methods and commercial carbon fibers

G. C. Seong[1,2,*], D. K. Kim[1,2], W. Han[1,2], J. Y. Yang[1], B. S. Kim[2], K. W. Kim[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교[2]

Key Words : Recycled carbon fiber, Polyamide 66, CFRTP, Mechanical properties, Thermal conductivity

In this study, recycled carbon fiber reinforced thermoplastic (rCFTP) and carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP) were manufactured using rCF and CF with different recycling methods separately to confirm the applicability of recycled carbon fiber (rCF). rCFRTP and CFRTP was comparatively analyzed using extrusion and injection methods with a mixing ratio of thermoplastic resin PA66 and each rCF and CF at 80:20 wt.%. The surface properties of rCF and CF using different recycling methods were analyzed using scanning electron microscope (SEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The mechanical properties of rCFRTP and CFRTP were investigated using a universal testing machine (UTM), and thermal conductivity was measured using a transient plane source (TPS). As a result, rCF/PA66 composite showed up to 90% similar physical properties compared to CF/PA66 composite, and it is believed that it can be applied as a replacement for CF in various industrial fields such as sports, automobiles, and aircraft.

발표자*, 교신저자# (kkw1988@kcarbon.or.kr)

다양한 함량으로 사이징 처리된 재활용 탄소섬유/폴리프로필렌 복합재의 기계적 특성 향상

송여준[1,2,*], 김동규[1,2], 한웅[1,2], 양재연[1], 김병석[2], 김관우[1,#]

Improved mechanical properties of recycled carbon fiber/polypropylene composites sized at various contents

Y. J. Song[1,2,*], D. K. Kim[1,2], W. Han[1,2], J. Y. Yang[1], B. S. Kim[2], K. W. Kim[1,#]

한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교[2]

Key Words : Recycled carbon fiber, Polypropylene, Recycled carbon fiber reinforced polypropylene composite, Sizing agent, Mechanical properties

In this study, in order to improve the insufficient interfacial bonding strength of recycled carbon fiber (rCF)/polypropylene (PP) composite, the surface of rCF was sized by various contents, and based on this, the most appropriate sizing agent content was derived. The surface properties of untreated and sized rCF were analyzed using scanning electron microscopes (SEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The tensile and flexural properties of rCF/PP composites were analyzed using a universal testing machine (UTM). It was confirmed that as the sizing content increased, the distribution of the sizing layer on the rCF surface increased. It was confirmed that the tensile and flexural strengths of the rCF/PP composite treated at 4 wt.% increased by approximately 26.3% and 81.4% compared to the untreated rCF/PP composite. This is believed that the oxygen functional group formed on the surface of rCF during sizing treatment increased the interfacial bonding force between the fiber and matrix through hydrogen bonding with PP and physical entanglement between the polymers. In conclusion, applying an appropriate sizing content can improve mechanical properties when manufacturing rCF/PP composites.

발표자*, 교신저자#(kkw1988@kcarbon.or.kr)

액상주입공정을 이용한 하이브리드 복합재의 국제규격에 따른 기계적 특성 평가

김재양*, 김태엽, 하종록#

Evaluation of mechanical properties of hybrid composites using liquid injection process according to international standards

J. Y. Kim*, T. Y. Kim, J. R. Ha#

(재)중소조선연구원

Key Words : Hybird, FRP, Mechanical properties, Injection process

액상주입공정은 복합재를 제조하는 공정 중 드라이한 보강재를 적층하고 이를 몰드나 진공백 등을 이용하여 고정시킨 후 보강재에 수지를 주입시켜 복합재를 제조하는 방법이다. 이를 진행하기 위해서는 수지의 특성인 점도, 경화도, 경화 시간 등의 파악이 공정에 중요한 요소이다.
또한, 보강재로 주로 사용되는 유리 섬유와 탄소 섬유는 방향성을 가지고 있으며, 적층 방향에 따라 기계적 특성이 크게 변화한다. 유리섬유 강화 복합재(GFRP)는 가격이 저렴하며, 높은 내식성 및 진동 감쇠성을 가지고, 화학적, 열적 안정성, 성형성이 우수하다. 탄소섬유 강화 복합재(CFRP)는 강도 및 충격 흡수력이 우수하고, 낮은 열팽창 계수를 가지고 있어 고강도 제품에 적용 가능한 재료이지만 높은 가격을 형성하고 있어 사용이 제한적이다. 따라서, 유리섬유-탄소섬유 하이브리드 복합재를 통해 목표 강도 달성 및 가격 감소, 충격흡수 증가 등의 효과를 통해 조션해양 분야에 적용하고자 기계적 특성평가를 진행하였다. 이를 이용한 복합재를 제조하기 위해 수지는 에폭시를 사용하였으며, 액상주입공정의 중요 요소은 레오미터를 이용하여 평가하였다. 이후 제조한 CFRP와 GFRP는 국제규격(ASTM)에 따른 방향별(0도, 90도) 기계적 특성 평가를 통해 기초 데이터를 확보하였으며, 해당 기계적 특성 평가는 ASTM D 3039 복합재 인장강도 평가 방법과 ASTM D790 복합재 굽힘강도 평가 방법을 이용하였다. 기계적 특성 결과를 적용한 적층설계를 진행하여 복합재의 강도를 파악하고, 적용 제품의 하이브리드 적층패턴에 따른 기계적 특성을 평가하고자 한다.

후기 본 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 '소재부품기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20024953, 풍력추진용 경량 대형 복합재 개발)

발표자*, 교신저자#(jrha@rims.re.kr)

2단계 표면 처리를 통한 탄소 섬유/말레산 무수물 그래프트 폴리프로필렌 복합재의 향상된 계면 특성: 전기화학적 산화 및 실란 처리

김동규[1,2,*], 한웅[1,2], 김병주[3], 김관우[1,#]

Enhanced interfacial properties of carbon fiber/maleic anhydride-grafted polypropylene composites via two-step surface treatment: electrochemical oxidation and silane treatment

D. K. Kim[1,2,*], W. Han[1,2], B. J. Kim[3], K. W. Kim[1,#]

(재)한국탄소산업진흥원[1], 전북대학교 유기소재파이버공학부[2], 전주대학교 신소재화학공학과[3]

Key Words : Carbon fiber, Silane treatment, Electrochemical oxidation, Composites, Interfacial shear strength

The interfacial adhesion between carbon fibers (CFs) and a thermoplastic matrix is an important aspect that should be improved in manufacturing CF-reinforced thermoplastics with high strength and rigidity. In this study, the effects of a two-step surface treatment comprising electrochemical oxidation and silane treatment of the CF surface on the mechanical properties of CF/maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP) composites were confirmed. The surface characteristics of the treated CFs were analyzed via scanning electron microscopy, atomic force microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy. The tensile testing of a single CF and interfacial adhesion of the samples before and after the surface treatment were analyzed using a single-fiber testing machine and a universal testing machine. After the silane treatment, the roughness of the CF surface increased due to the formation of a siloxane network. In addition, the interfacial shear strength increased by ~450% compared to that of the untreated CFs due to the covalent bond between the $-NH_2$ end group of siloxane and MAPP. This two-step surface treatment, which can be performed continuously, is considered an effective method for improving the mechanical interface strength between the CF and polymer matrix.

발표자*, 교신저자#(kkw1988@kcarbon.or.kr)

자동차 캐니스터용 피치 기반 활성탄소 펠렛의 제조 및 특성

이병훈[1,*], 김영준[1], 김병주[2], 이혜민[1,#]

Preparation and characterization of pitch-derived activated carbon pellet for automobile canister

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

한국탄소산업진흥원 실용화개발1실[1], 전주대학교 신소재화학공학과[2]

Key Words : Activated carbon, Canister, Hydrocarbon, Adsorption

In this study, Pitch-derived activated carbon (PAC) pellets were by steam activation for automotive carbon canisters. The crystal structure of PAC was analyzed using X-ray diffraction. The textural properties of PAC were studied by Brunauer-Emmett-Teller (BET), Horvath-Kawazoe (HK), and Non-Localized Density Functional Theory (NLDFT) equations with N_2/77K isotherm adsorption- desorption curves. The butane adsorption capacity of the PAC pellets was analyzed according to the ASTM D5228 standard. With increasing steam activation time, the specific surface area and total pore volume of the PAC increased 650-1,950 m^2/g and 0.27-1.02 cm^3/g, respectively. The mesopore ratio of PAC increased with increasing activation time and was observed up to 28.4% at 190 min. The butane adsorption capacity of the PAC increased and was observed to range from 10.86-51.55%. A close relationship between butane adsorption capacity and pore size (1.47-2.39 nm) was found. Finally, the butane activity of PAC was found to be 51.55% for the steam activated at 950℃ for 190 min; this butane activity is 24% better than that of the coconut-derived activated carbon (41.43%) with a similar specific surface area, indicating that pitch is a suitable material for the activated carbon of automotive carbon canisters.

후기 이 논문은 산업통상자원부 "기술혁신사업"(Project no. 20013038)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

고순도 가스 분리를 위한 피치 기반 탄소분자체의 제조 및 특성

이병훈[1], 최용환[1,*], 김병주[2], 이혜민[1,#]

Preparation and characterization of pitch-derived carbon molecular sieves for high purity gas separation

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

한국탄소산업진흥원 실용화개발1실[1], 전주대학교 신소재화학공학과[2]

Key Words : Carbon molecular sieve, Pressure swing adsorption, Gas separation

This work focuses on the study of a pressure swing adsorption (PSA) process for biogas upgrading using a carbon molecular sieve (CMS). CMS for CH_4/CO_2 separation was prepared by pyrolysis of pitch precursor. The effect of controlled pore characteristics on gas molecular separation was investigated. The textural properties of CMS were determined using CO_2/273K adsorption isotherms. The high-pressure gas adsorption behavior of the single gas was measure using BELSORP-HP until 30 bar. The gas separation ability of the mixture gas adsorption was measured by performing a breakthrough curve experiment on a gas mixture at 7 bar. As a result, the total pore volumes of the CMS were observed at 0.2-0.11 cm^3/g, respectively. It was confirmed that the correlation between the CO_2/CH_4 separation, and the pore characteristics of CMS was determined by ultra-micropore size distribution. We have evaluated the influence of different feed times in bio-methane recovery and purity. Bio-methane purity higher than 97.5% with recovery higher than 90% was obtained. The findings of this study are expected to advance the application of low-cost blue hydrogen as an effective performance-enhancing of carbon molecular sieve for high-purity biogas.

후기 이 논문은 산업통상자원부 "탄소산업기반조성사업"(Project no. 20016789)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(leehm@kcarbon.or.kr)

탄소섬유복합재 적용을 위한 어선의 접합부 구조 특성 분석 연구

이해수*,#, 최승준, 이형원, 조민호

A study of joint structure characterization for carbon fiber composite application in fishing boats

H. S. Lee*,#, S. J. Choi, H. W. Lee, M. H. Cho

한국조선해양기자재연구원

Key Words : Fishing boat, CFRP, Joint

최근 탄소섬유복합재는 다양한 분야에 적용되고 있다. 이에 따라 다접합부 구조에 대한 다양한 연구도 진행되었다. 하지만 어선 분야는 수적층과 자연경화 위주의 제작공정 특징으로 인해 다른 섬유복합재 연구 결과와 차이를 보이고 있으며, 유리섬유복합재 중심의 어선구조기준으로 인하여 기존의 연구결과의 적용이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 어선 제작 공정과 동일한 공정을 활용한 시편의 제작과 어선구조기준에 따른 실험설계를 통해 어선에 적용 가능한 탄소섬유복합재 접합부 구조 특성 분석 연구를 진행하였다. 본 연구는 유리섬유복합재 중심의 어선구조기준에 대하여 탄소섬유복합재 적용 안 도출을 목적으로 진행되었으며, 이를 위해 유리섬유복합재와 비교하여 동등 이상의 성능을 기준으로 검증을 진행하였다. 검증을 위해 별도의 지그 설계, 검증 및 제작을 진행하였다. 시험 시편은 기존의 유리섬유복합재를 활용한 접합부를 비롯하여 탄소섬유복합재만으로 제작된 접합부, 유리섬유복합재 – 탄소섬유복합재를 병행 사용하여 제작한 접합부로 구성하였다. 또한 시편 제작 접합부 적층 구조를 변수로 제작하여, 기존 연구를 통해 도출되었던 박리에 취약한 탄소섬유복합재의 특성을 반영할 수 있는 접합부 구조 특성 분석을 수행하였다. 시편은 각각 5개를 제작하여 시험을 수행하였으며, 기존의 유리섬유복합재 결과를 기준으로 동등 성능 이상의 결과를 중심으로 어선에 대한 탄소섬유복합재 적용을 위한 접합부 구조 안을 도출하였다. 이번 연구를 통해 경량화를 통한 많은 이점에도 불구하고 유리섬유복합재 기준의 어선구조기준으로 인하여 탄소섬유복합재가 적용되지 못하고 있던 어선 분야에 대한 탄소섬유복합재 적용을 위한 공학적 기준이 마련될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 규제자유특구혁신사업육성 지원에 의한 연구임

발표자*, 교신저자#(hslee@komeri.re.kr)

탄소섬유복합재 적용을 위한 해양 모빌리티의 유동 특성에 관한 연구

이해수[1,*,#], 이가빈[1], 이형원[1], 강현욱[2]

A study of flow characteristics of marine mobility for carbon fiber composite applications

H. S. Lee[1,*,#], G. B. Lee[1], H. W. Lee[1], H. W. Kang[2]

한국조선해양기자재연구원[1], 새솔기술[2]

Key Words : DPV, Flow analysis, CFRP

최근 탄소섬유복합재는 다양한 분야에 적용되고 있다. 해양 모빌리티 분야에서도 고강도, 경량화 특성을 활용하여 해양 모빌리티 성능 향상을 위해 다양한 장비에서 적용이 확산되고 있다. 하지만 해양 환경의 특징으로 인하여 탄소섬유복합재 적용을 위한 다양한 연구가 필요하며, 특히 수중 환경에서의 유동 특성 연구는 필수적으로 진행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 해양 모빌리티 중 수중 스쿠터(DPV)를 연구 대상으로 정하였다. 수중 스쿠터는 수중 환경에서는 중성부력 설계로 무게에 따른 사용자의 불편은 없으나, 수중 스쿠터의 수중 활용의 전·후 단계인 수상 및 육상 이동 단계에서 기존의 제품들의 경우 무게에 따른 사용상 불편을 호소하고 있다. 따라서 본 연구에서는 전산유동해석을 통해 수중 스쿠터의 주요 형상에 따른 유동 특성을 분석하고 하우징에 발생하는 주요 하중 영향을 분석하였고, 탄소섬유복합재 적용을 위한 최적의 방안을 도출하고자 했다. 이번 연구를 통해 수중 스쿠터의 주요 형상별 유동 특성과 주요 부품에 작용하는 주요 하중에 대하여 수치화하였고, 하우징에 대한 탄소섬유복합재 적용을 위한 설계 데이터를 확보하였다. 이는 후속 연구에 대한 기반을 마련하였으며, 개선된 중 스쿠터의 제품 개발과 사업화, 해양 환경에서의 작업성 개선의 효과가 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 해양수산부의 '기존제품대비 40퍼센트 소형화된 3노트급 워터제트 시스템이 적용된 산업용 수중스쿠터 국산화 기술 개발(20220464)'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(hslee@komeri.re.kr)

고밀도 단일벽탄소나노튜브 필름의 나노기공구조

김동영[1,*,#], 홍다영[1,2], 황재훈[1], 이상원[1]

Nanopore structure of highly dense single walled carbon nanotube film

D. Y. Kim[1,*,#], D. Y. Hong[1,2], J. H. Hwang[1], S. W. Lee[1]

한국탄소산업진흥원 실용화본부[1], 전북대학교 화학과[2]

Key Words : Single walled carbon nanotube(SWCNT), Pore structure, Nanocarbon

본 연구에서는 공정 효율적인 HNO_3/H_2SO_4 기반의 간단한 용액형 산처리에 의해 제작된 고밀도 단일벽탄소나노튜브 필름의 표면 물성과 나노기공 구조에 대해 보고한다. 정제 및 산처리 후에 제작된 고밀도 네트워크 구조를 갖는 단일벽탄소나노튜브 필름의 형태학적 표면 및 변화된 물성 구조는 전계 방출 주사현미경, 고해상도 투과 전자 현미경, 열중량 분석, 그리고 라만 분광법을 통해 특성화되었다. 또한 다양한 산용액에 의한 단일벽탄소나노튜브 필름의 나노기공 구조와 흡착 특성은 77 K에서의 N_2 흡착으로 분석되었다. 나노기공구조와 매개변수는 Subtracting Pore Effect (SPE)법에 의해 계산되었고, 그 SPE 법은 Highly Crystalline Non-Porous Carbon Black에 대한 표준 흡착데이터를 위해 구성된 고해상도 α-plot를 채택하여 적용하였다. 이러한 현저한 미세기공 부피증가와 감소된 메조기공성의 구조 변화는 산처리를 통해 고도로 밀집되고 정렬된 단일벽탄소나노튜브의 어셈블리의 형성에 기인하여, 이는 전계 방출 주사현미경의 결과와 일치한다. 또한 밀집된 네트워크 구조에 의한 탄소나노튜브 Bundle간의 Contact Resistance의 감소로 인해 탄소나노튜브 필름의 전기 전도도 성능 향상도 관찰되었다. 이러한 결과는 높은 비표면적과 초미세 나노기공구조 (Ultramicropore)를 갖는 고밀도 단일벽탄소나노튜브가 간편한 솔루션 기반 프로세스를 통해 고성능 에너지 저장과 같은 응용 분야를 위한 SWCNT 기반 구조로 사용될 수 있음을 시사한다.

발표자*, 교신저자#(dykim@kcarbon.or.kr)

모듈식 장갑판 연결 방법에 관한 연구

고두리[1,*,#], 이형원[1], 이해수[1], 윤준서[1], 나인강[2], 오영도[2]

Research on modular bullet proof plate connection method

D. R. Go[1,*,#], H. W. Lee[1], H. S. Lee[1], J. S. Yun[1], I. G. Na[2], Y. D. Oh[2]

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (유)코스텍[2]

Key Words : Micro endmilling, Acoustic emission, Surface texture

본 논문은 고속단정에서 사용되는 장갑판의 효율적인 교체를 위한 모듈식 연결 방법에 관한 연구이다. 장갑판은 주로 작전 인력을 적으로부터 발생하는 총격 등의 다양한 위협으로부터 보호하기 위한 기술이다. 이러한 장갑판은 총격전 후 교체 작업이 필요하나 선체에 직접적으로 적용된 경우, 선체 전체의 수리가 불가피함에 따라 금전적 및 시간적 손실을 유발하는 문제가 있다. 이에 본 논문에서는 효율적인 장갑판 교체를 위해 모선에 자유롭게 설치, 해체함으로써 편리하게 사용할 수 있는 탈부착식 체결 방법을 제안하고 있다. 이는 기존 모선에 미치는 영향을 최소화함과 동시에 손상된 장갑판의 교체 작업을 효과적으로 수행 가능한 방법으로, 기존의 문제를 해결할 수 있는 기술적 접근을 제공한다.

한편, 모듈식 장갑판의 연결부는 고속단정의 운항 환경에서 발생하는 환경하중에 대하여 각 모듈과 선체 간 연결 강도 확보가 중요하다. 이에 본 연구에서는 새로 적용한 모듈식 장갑판의 연결방식이 고속단정의 해상 운항 환경에 적합한지에 대해 구조건전성 검증을 수행하였다. 또한, 고속단정 운영 환경에 대한 작업성 및 내구성 검증을 위해 방탄 성능시험, 충격시험, 진동 시험 등을 추진함으로써 사업화 기반을 마련하였다,

이러한 연구 결과는 모듈식 장갑판 연결 방법의 향상된 성능과 안정성을 입증하며, 향후 사업화 및 시장 적용에 기여할 것으로 기대된다.

후기 본 논문은 '2022년도 지역특화산업육성(R&D)사업'의 지원을 받아 연구되었음. (S3265693)

발표자*, 교신저자#(durigo@komeri.re.kr)

탄소복합소재 적용 모듈식 고강도·경량성 장갑판 개발에 관한 연구

고두리[1,*,#], 조민호[1], 이가빈[1], 오영도[2], 최보라[2]

Research on the development of modular high-strength and lightweight bullet proof plate applied with carbon composites

D. R. Go[1,*,#], M. H. Cho[1], G. B. Lee[1], Y. D. Oh[2], B. R. Choi[2]

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (유)코스텍[2]

Key Words : Carbon composites, Speed boat, Light weight, High-intensity, Bullet proof

고속단정은 주로 해양경찰, 해병대 등에서 해상 적지 중심 및 해역에서 유사시 도주하는 선박을 추격 및 검거하기 위해 사용되는 고속선박이다. 이는 도주 선박의 추격·검거를 목적으로 사용되며, 핵심표적 타격 시 위험에 노출되기 때문에 추격을 위한 고속성(경량성)과 작전 인력 안전을 위한 고강도(방탄성)의 성능이 필수적으로 요구된다. 하지만, 고속단정은 주로 AL, FRP, 강재를 활용하여 제작하고 있어 중량 감소와 동시에 충분한 강도 확보에 대한 문제에 직면하고 있다. 특히, FRP의 경우 방탄 성능 구현이 어려운 소재로 작전 인력의 안전 확보가 어려우며, 강재의 경우 중량이 높아 고속단정의 주요 성능인 고속성이 저하되어 고속단정에 적용하기 어려운 실정이다. 반면 탄소복합소재는 탄소섬유와 복합 재료의 조합으로, 뛰어난 강도와 경량성을 제공하여 고속단정에 높은 강도와 고속성을 지원하는 고성능 자재이다.

이에 본 연구는 고속단정의 사용 특성을 고려하여, 경량성 및 고강도 기능 확보를 위해 탄소복합소재를 활용한 장갑판 제조기술 개발을 목표로 하고 있다. 또한 장갑판을 적용한 신규 고속정 제작 외에도, FRP 등으로 제작된 기존 고속단정에도 탈부착 사용이 가능하게 지원하는 모듈식 적용 기술을 제시하고 있다. 더하여, 장갑판 제조기술을 활용하여 선상에서 활용 가능한 총기 거치대와 육지에서도 활용 가능한 방패판 제작기술을 제안함으로써 기술의 확장을 도모하고 있다.

본 연구는 고속단정의 핵심 기능 향상을 도모하는 기술로, 국내외 시장에서의 경쟁우위를 확보함과 동시에 지역 특화 및 선도제품을 육성함으로써 국내 고속단정 산업의 지속적인 발전에 기여할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 규제자유특구혁신사업육성 지원에 의한 연구임(No. P0016064)

발표자*, 교신저자#(durigo@komeri.re.kr)

가열 조건 변화에 따른 탄소섬유/나일론 슬라이버 테이프 성형 특성 연구

나재학*, 최문우, 정서정, 이주희, 허몽영#

A study on the forming characteristics of carbon fiber/nylon sliver tape according to heating conditions

J. H. NA*, M. W. Choi, S. J. Jeong, J. H. Lee, M. Y. Huh#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Hybrid sliver, Carding, Carbon fiber

탄소섬유(Carbon fiber, CF)는 높은 인장 강도, 낮은 열팽창율, 가벼운 무게를 지닌 소재로 플라스틱과 함께 사용되어 탄소 섬유 강화 플라스틱(Carbon fiber reinforced plastic, CFRP)의 형태로 항공, 토목, 자동차 등의 산업에 많이 사용된다.

슬라이버(Sliver)는 단섬유들이 서로 평행하게 배열된 다발 형태의 섬유 집합체이다. 슬라이버는 방적사, chopped carbon fiber, 테이프 등 여러 소재로 가공된 뒤 성형부품에 활용할 수 있다. 탄소섬유 테이프(Carbon fiber tape, CF tape)는 슬라이버를 사공하여 만드는 중간재로 ATP(Automated Tape Placement)장비를 이용해 자동으로 제품을 성형할 수 있다. CF tape는 대형부품 제작, 부분보강과 균열 접합에 장점을 지니고 있는 중간재이다.

본 연구에서는 서로 다른 CF 함량을 지닌 PA6/CF hybrid 슬라이버를 제조하여 다양한 온도, 성형시간 조건에 따른 성형특성 변화를 관찰하였다. PA6/CF hybrid 슬라이버는 5:5, 6:4의 두 가지 조건으로 제조되었다. 제조된 슬라이버를 CF tape으로 성형하기 위하여 5:5는 180℃, 200℃, 240℃로 1~10분 가열했고 6:4는 180℃, 200℃로 3~5분 가열했다. 실험결과 온도가 지나치게 높거나, 가열시간이 길면 CF tape의 와인딩이 불가능했다. PA6 함량이 높은 경우에도 경도가 높아 CF tape으로 사용되기에 부적합하였다. PA6/CF=5:5, 200℃에서 1~3분 조건에서 CF/PA6 hybrid 슬라이버를 테이프로 성형하였을 때, 최적의 성형상태가 되었다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 소재부품 기술 개발 사업의 고주파 유도가열 기반 성형 시스템 및 PBV차량 외판 개발 과제의 지원으로 수행되었음. (과제번호 : 20022538)

발표자*, 교신저자#(herpoly@gmail.com)

rCF/PA6 하이브리드 부직포의 오프닝 횟수에 따른 물성 변화에 관한 연구

이주희*, 최문우, 정서정, 허몽영#

Study of the physical properties of rCF/PA6 hybrid nonwoven by opening time differences

J. H. Lee*, M. W. Choi, S. J. Jeong, M. Y. Huh#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Carding, recycled Carbon Fiber, Hybrid nonwoven

탄소섬유 복합재 (Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP)는 그간 매립, 소각의 형식으로 폐기 처리가 되었지만 환경규제로 인하여 더 이상 매립, 소각 방식의 CFRP 폐기가 불가능해졌다. 이에 따라 CFRP를 재사용할 수 있는 재활용 탄소섬유(Recycled Carbon Fiber, rCF)의 활용법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

Carding 공정은 단섬유를 사용하여 부직포(nonwoven)를 만드는 공정이다. 일반적으로 부직포는 의류, 필터, 자동차, 건설 분야 등 목적에 따라 많은 분야에서 사용되고 있다. 탄소섬유는 재활용 과정에서 단섬유가 되며 물성이 떨어져 활용도가 낮아지게 된다. 이러한 rCF를 carding 공정에 사용하면 보다 활용도가 높은 rCF 부직포를 제작할 수 있다.

본 연구에서는 섬유를 풀어주고 혼면(mixing) 하는 공정인 오프닝(opening)횟수에 따른 부직포 특성 변화를 분석했다. 각각 오프닝 공정을 1, 3, 5회 거친 rCF와 PA6 섬유를 50 : 50의 비율로 사용해 rCF/PA6 하이브리드 부직포를 제작하였다.

제조된 부직포의 함침성 변화를 확인하기 위해 투과성 시험을 진행하였다. rCF/PA6 하이브리드 부직포는 물성 평가를 위해 hot press로 성형하였다. 성형된 rCF/PA6 복합재를 ASTM D3039, ASTM D256, ASTM D790 규격에 따라 가공하여 인장강도, 충격강도, 굴곡강도를 측정하였다. 투과성 시험과 물성 시험 결과에 따라 오프닝 횟수에 따른 rCF/PA6 하이브리드 부직포의 특성 변화를 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(herpoly@gmail.com)

ESG형 선박 평형수 처리장치의 전극 효율 Data 분석

김광민*, 김성수, 김용홍#, 박민규, 전우혁

Analysis electrode efficiency data of ESG type ship ballast water treatment device

K. M. Kim*, S. S. Kim, Y. H. Kim#, M. G. Park, W. H. Jeon

신라대학교 기계공학과

Key Words : ESG, Ballast, Electrode, Efficiency data

해당 장비를 개발하거나 운영할 때 혹은 기업이 환경 및 사회 측면에서의 지속 가능성과 안전성을 강조하며 제품의 품질을 유지하고 향상하게 시키는 것에 중점을 두며 연구를 진행합니다.

최신 기술과 혁신을 활용하여 선박의 친환경성과 효율성을 향상하며, 안전한 운항을 보장하기 위해 고도의 기술과 감시 시스템을 도입합니다.

이러한 연구는 기업의 사회적 책임을 강조하고 지속 가능한 경영 모델을 구축하기 위해 다양한 측면에서 품질 관리 방법을 탐구합니다.

대표적인 것들은 재생 가능한 에너지의 소스 통합, 친환경적인 재료 및 생산 프로세스 도입, 작업자 안전 및 건강 고려, 지역사회와의 긍정적 상호작용 등을 연구하게 됩니다.

연구를 통해 기업은 제품 품질을 유지하면서 동시에 환경적, 사회적 영향을 최소화하고 지속 가능한 비즈니스 모델을 구축할 수 있는 방안을 모색합니다. 이를 통해 선박 산업이 지속 가능한 발전에 기여합니다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업단지공단의 '스마트제조 고급인력 양성사업' 연구비 지원에 의한 연구임(No. 2003-90-007)

발표자*, 교신저자#(kyh777@silla.ac.kr)

기계학습을 이용한 H-형강 물성 예측 기초 연구

남재혁*, 홍정범, 이창선#, 현승균

Basic study on the prediction of H-Beam material properties by using machine learning

J. H. Nam*, J. B. Hong, C. S. Lee#, S. K. Hyun

인하대학교 제조혁신전문대학원

Key Words : H-Beam, Machine learning, LIME, Material properties

H-형강은 대형 구조물의 골조로 사용되는 제품으로, 물성 값이 품질에서 중요한 부분이다. H-형강 공정 시뮬레이션과 딥 러닝을 통한 물성 예측 방법론 대신, 현직자가 간단히 사용할 수 있고, 모델의 설명력을 키우기 위해 본 논문은 4가지 회귀 모델과 LIME(Local Interpretable Model-agnostic Explanation)의 적용으로 H-형강의 물성을 예측하는 기초 연구를 실행하였다.

후기 이 연구는2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)연구비 지원에 의한 연구임('RS-2022-00155473')

발표자*, 교신저자#(smartai4ir@gmail.com)

자동차 부품 개발 및 제조의 스마트 기술동향 연구

김주희[1,*], 김성수[2], 김용홍[2,#]

A study on smart technology trends in automotive parts development and manufacturing

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

신라대학교 산학협력단[1], 신라대학교 기계공학과[2]

Key Words : Automotive, Manufacture, Smart technology, Eco-friendly

현재 자동차 시장은 미래 자동차 산업 전환기를 맞이하고 있다.

환경 보호와 지속 가능한 경제 발전과 미래를 위하여 친환경적 제품을 개발, 사용하는 것이 현인류의 임무이다. 각종 기관들의 노력들에 주목을 해 볼 필요가 있다.

국가는 환경차의 원활한 보급을 위한 보조금 지원과 정책 개발에 힘쓰고 있다.

기업들은 이러한 산업 동향에 발맞춰, 친환경 자동차, 고안전 스마트카, 고효율 자동차 부품을 개발하기 위한 각종 노력을 기울이고 있다.

기존 내연기관 생산라인을 최신 하이브리드 기술을 포함한 친환경 전동화 차량으로의 전환을 도입하거나, 전기차 전용공장을 건설하거나, 해외에 친환경 차 부품 합작사를 설립하는 등 연비 개선 및 대기오염 방지를 위한 친환경차 부품 개발을 통한 환경에 대한 기여를 하고 있다.

지속 가능한 미래를 위하여 자동차 산업의 미래 모빌리티 전환에 기여할 다양한 활동이 중요한 요소가 될 것으로 보인다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 '자동차산업기술개발-그린카사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20020519)

발표자*, 교신저자#(kyh777@silla.ac.kr)

신호변화를 이용한 탐촉자 와블 잡음 감소

구민건*,#, 김현수, 김용혁

Probe wable noise reduction using signal variation

M. G. Ku*,#, H. S. Kim, Y. H. Kim

㈜디에이치기술

Key Words : Signal variation, Probe, Noise

1. 서 론

증기발생기 전열관의 검사에는 여러 가지 검사 방법이 있지만 ECT 검사법이 가장 효율적이고 경제적인 검사법이다. 하지만 ECT 검사법은 전기적 요인 및 탐촉자의 움직임으로 노이즈가 발생하기 쉬우며 이러한 노이즈는 ECT 신호 평가에서 결함 신호와의 구분을 어렵게 하여 증기발생기 전열관을 조기에 폐쇄시켜 경제적 손실이 발생할 수도 있다. 노이즈를 감소시키는 것으로 신호 해석이 더 정확해지고, 오판이 줄어듦으로써 노이즈를 감소시키는 방법은 중요한 선결사항이다. 발생 요인으로는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 다루는 내용은 탐촉자의 직경과 전열관의 내경 차이로 인한 탐촉자의 흔들림으로 생기는 잡음을 고려하였다. 이를 와블 잡음 신호라고 하는데 탐촉자의 와블신호는 저주파 신호를 생성하며 결함의 정확한 위치와 크기 파악을 어렵게 하여 리액턴스 요소의 전압 진폭을 변화시킨다. 본 연구에서는 세심한 신호 변화를 사용하여 ECT 탐촉자의 와블 잡음 신호를 감소시키기 위한 다양한 신호 변화를 이용하였다.

2. 실험 준비

이 실험에서 사용된 신호는 차동 모드 배열의 원주 코일이 있는 탐촉자와 ZETEC의 ECT 장비를 사용하여 취득하였으며, 검사 코일 회로의 유도 리액턴스만 고려하였다. 수집 시 기타 장비 및 자재로는 인공 결함을 가진 스테인리스 시험편을 사용하였으며 좀 더 탐촉자의 와블 신호 잡음을 용이하게 발생시키기 위해 실제 검사에서 사용되어야 하는 충진율보다 더 낮은 충진율의 탐촉자 직경을 선정하였다. 기타, 노이즈를 최대한 배제하기 위해 노이즈 필터링 기능을 가진 파워를 사용하였으며 자동인출장비를 사용할 시 모터에 의한 노이즈가 발생할 수 있으므로 수동으로 직접 인출하는 방식을 사용하였다.

3. 실험

탐촉자 와블 잡음의 감소를 위해 선택된 파형 변화 신호는 아래와 같으며 파형의 선택은 Fig. 1과 같이 파형 간의 가시적인 차이를 고려했다. 파형 변화 신호는 인공 결함이 가진 스테인리스 전열관 시험편의 검사에서 ZETEC의 ECT 장비를 통해 수집된 신호를 처리하는 데 사용되었다. 제시된 네 개의 파형 변화는 Fig. 2에서와 같이 튜브 내부를 통과하는 탐촉자에서 얻은 오리지널 신호를 처리하는 데 사용되었다. Fig. 3, 4, 5, 6은 원래 신호에 파형 값인 Daubechies, Biortogonal,Biortogonal Reverse 그리고 Haar을 사용해 저주파 및 고 진폭 신호 성분의 근사치를 제거한 신호 변화의 적용의 결과를 나타낸 것이다.

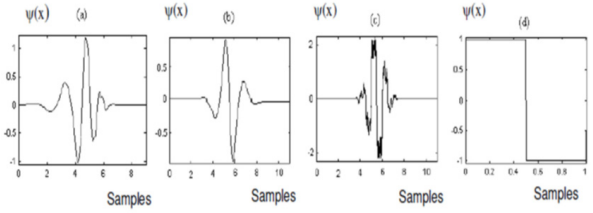


Fig. 1 Waveform used for signal processing (a) Daubechies 5, (b) Biortogonal 3.5, (c) Biortogonal Reverse 3.5, (d) Haar

발표자*, 교신저자#

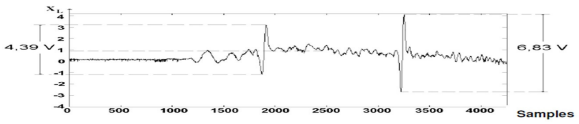


Fig. 2 original signal

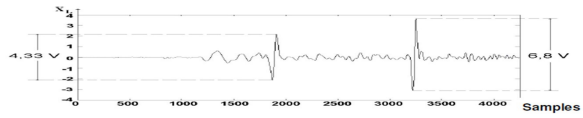


Fig. 3 signal processed through DWV Daubechies

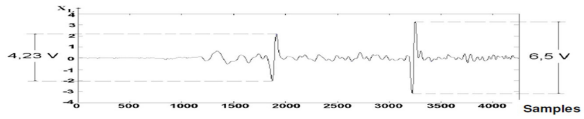


Fig. 4 signal processed through DWV Biortogonal

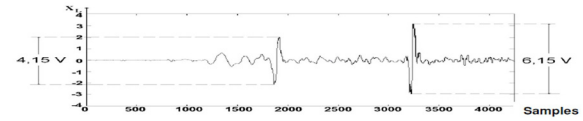


Fig. 5 signal processed through DWV Biortogonal Reverse

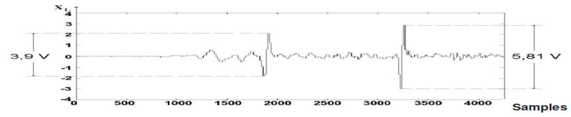


Fig. 6 signal processed through Haar

4. 실험 결과

위의 비교에서 Daubechies DWV는 파형 값의 비대칭 모양으로 인해 와블 잡음 신호가 감소한 최상의 결과를 제공하며, 이는 와전류 신호의 일시적 특성에 가장 적합하게 조정할 수 있다. Biortogonal Reverse DWV 사용을 통해 제시된 결과는 파형 변화 기능 피크가 와전류 신호 피크와 호환되지 않기 때문에 Biortogonal DWV를 통해 제시된 결과보다 한참 떨어진 신호 결과가 나타났다. 이는 Haar DWV를 사용하여 신호 리액턴스 한계를 거의 바꾸지 않았을 뿐만 아니라 대칭성 외에도 비연속성을 나타내기 때문에 해상도를 손상시키게 된다.

5. 결 론

일정하고 적합한 파형 변화를 이용한 신호 처리 기술을 사용하면 탐촉자에 의한 와블 잡음 신호 저감에 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 실제 현장에서 사용되기에는 몇 가지 난점이 있는데 실제 현장 데이터에서는 여러 요인에 의한 노이즈 및 의사 지시, 실제 결함 지시 등이 혼재되어 있기 때문에 파형 값의 변환 사용 시 끼치는 영향에 대해 더 연구가 필요할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

(1) Tusty, J., Smith, S. and Zamudia. C., 1990, Operation Planning Based on Cutting Process Model, Annals of the CIRP, 39. 517~521.

(2) NDT Handbook, volum 5, “Electromagnectic Tesring”

유로 막힘에 의한 전열관 지지판 ECT 신호 변화

구민건*,#, 김현수, 김용혁

Change in ECT signal of heat transfer tube support plate due to blockage of flow path

M. G. Ku*,#, H. S. Kim, Y. H. Kim

㈜디에이치기술

Key Words : TSP, Flow path blockage, Differential

1. 서 론

증기발생기 전열관은 시간이 지나고 오래 사용함에 따라 전열관 지지판 부근에 퇴적물이 생성된다. 이 퇴적물이 계속 쌓이면서 유로가 막히면서 증기발생기의 열효율 감소 및 유체의 흐름이 한쪽으로 쏠리는 현상이 발생한다. 이를 줄이기 위해 세정작업을 하여야 하는데 와전류 탐상 검사로 퇴적물의 위치와 상태를 파악하여 더욱 효과적인 세정작업을 가능하게 한다. Fig. 1은 전열관 지지판(TSP) 의 사진과 퇴적물의 사진이다.

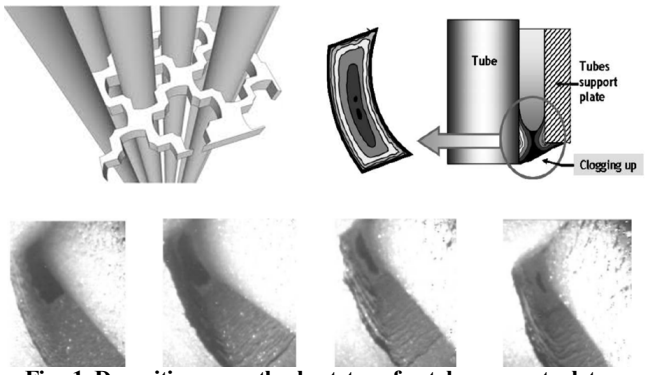


Fig. 1 Deposition near the heat transfer tube support plate

2. 실험 준비

이 실험에서 사용되는 장비는 Fig. 2와 같이 MIZ-70 장비 세트와 10D Push-Puller 세트 그리고 가장 광범위하게 쓰이는 Bobbin 탐촉자를 이용하였다. Bobbin 탐촉자는 고속 탐상에 적합하기에 사용하였다. 그리고 VT 검사 결과를 통해 퇴적물이 하부 끝단에 집중적으로 쌓인다는 것을 확인하였고 실제 증기발생기에 사용되는 전열관 지지판(TSP) 사양으로 Mock-Up을 제작하여 준비하였다.



Fig. 2 MIZ-70 SET, 10D Push-Puller SET

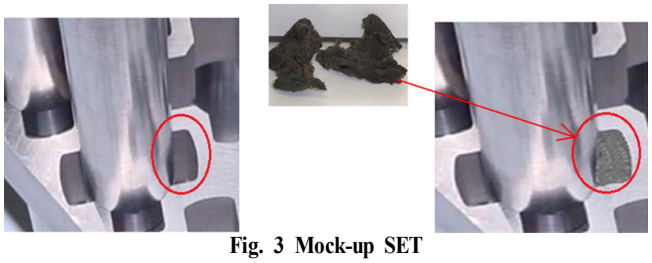


Fig. 3 Mock-up SET

발표자*, 교신저자#

3. 실험

다중 주파수 Bobbin 탐촉자를 활용하여 Fig. 4와 같이 전열관 지지판의 유로 막힘 정도에 따라 나타나는 TSP 신호를 수집하였다. 신호는 저주파수에서 평가하였다.

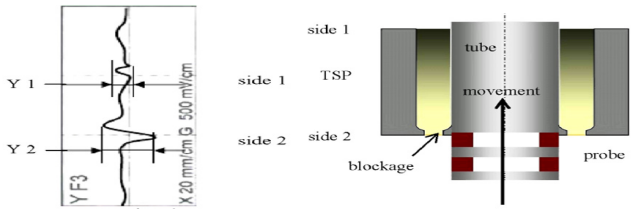


Fig. 4 Bobbin Probe detecting method

4. 실험 결과

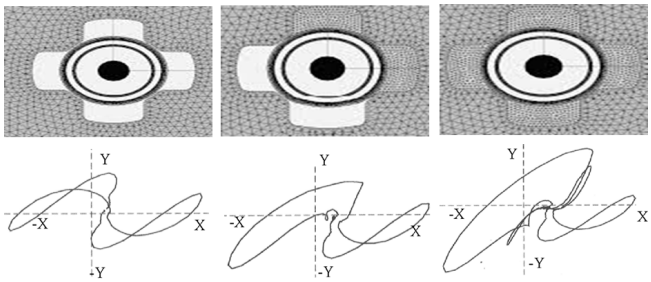


Fig. 5 Signal change due to flow path blockage

실험 결과 유로 막힘 정도에 따라 신호 변화의 정도가 다르게 나타났다. 유로가 막힘 부위가 많아질수록 신호의 왜곡이 증가하고 Differential 채널에서 신호의 왜곡 판별이 용이하였다.

5. 결 론

Fig. 4와 같이 신호를 비교한 결과 신호의 왜곡 크기로 유로의 막힘 정도를 예측할 수 있지만 퇴적물의 수평 위치는 Bobbin 신호로는 판별이 힘들었다. 하지만 퇴적물의 수직 위치는 Differential 신호로 판별이 가능하였다. 결과적으로 와전류 탐상 검사로 유로의 막힘 부위에 대한 분포도 정도를 확인할 수 있었다. 실제 현장에서 사용하기 위하여 충분한 데이터를 쌓아야 할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

(1) T. Solier, M. Le Calvar, F. Balestreri, F. Mermaz, "Recent Safety Issue For Steam Generator in France and their Analysis by IRSN", 6th CNS International Steam Generator Conference, Toronto, November 2009.

(2) L. Chatellier, M. Stindel, J.M Devinck, F. Chavigny, O. De Bouvier, "Tube Support Plate Blockage Evaluation with Televisual Examination and Eddy Current Analysis", QNDE, Chicago, July 2008.

인포메이션 시스템 기능제어를 위한 머신비전기반 포인팅인식 알고리즘 개발

원찬희[1,*,#], 윤종헌[2,3]

Development of machine vision for detecting finger pointing to control the information system

C. H. Won[1,*,#], J. H. Yoon[2,3]

한국생산기술연구원 융합기술연구소 디지털전환연구부문[1], 한양대학교 공학대학 기계공학과[2], 에이아이다이콤㈜[3]

Key Words : Machine vision, Finger pointing, CNN, Information system, Real time detection

최근 미래 자동차 및 모빌리티 분야의 수요가 증가됨에 따라 이를 구현하기 위한 객체, 음성, 행동패턴 인식 등 관련 요소기술들이 발전되고 산업에 적용되고 있다. 현재 자율주행 중 자율주행 2단계에 활용되는 인포메이션 시스템은 수동적인 형태의 시스템으로 일부 객체 인식 등이 가능하나 이에 대한 인식 속도 및 행동분석에 많은 시간이 소요되어, 즉각적인 반응이 필요한 미래의 인포메이션 시스템 기능제어에 적용하기 어려운 상황이다. 추후 시스템이 운전의 주체가 되기 시작하는 자율주행 3~4단계에서는 차량 내부에서 음성이나 포인팅에 대한 분석 시간 단축이 필요하며, 이를 위해서는 머신비전 등을 활용하여 인식시간과 인식정밀도를 향상시키는 연구가 활발히 수행되고 있다. 본 연구에서는 인포메이션 시스템의 기능제어를 위해 다양한 비전시스템을 적용하여 포인팅 인식 정밀도를 분석하여, 포인팅 인식뿐만 아니라 기능제어를 위한 최적의 비전시스템을 도출하였다. 그리고, 실시간으로 포인팅 인식 정밀도를 확보하기 위해 비전시스템에 CNN(Convolutional neural network) 기반의 인식 및 분석 알고리즘을 개발하여 적용하였으며, 이에 대한 정량적인 평가 및 개선을 위해 협동로봇에 손 마네킹을 적용한 데이터 수집 및 학습에 활용하여 머신비전 기반 포인팅 알고리즘을 개발하였다. 임의로 설정된 화면에 및 무작위로 목표위치로 포인팅 하였을때의 정밀도를 비교하여 정량적 성능평가에 활용하여, 인식률 및 인식시간 단축을 위한 고도화 필요사항을 도출하였다.

후기 이 논문은 2023년도 안산시의 재원으로 안산시 강소기업 육성 지원사업에 의해 지원되었음.

발표자*, 교신저자#(chan2@kitech.re.kr)

분말기반 폴리머용 적층 가공 시스템 개발

한정목*, 송지현#

Development of powder-based polymer additive manufacturing system

Jeongmok Han*, Ji-Hyeon Song#

단국대학교 기계공학과

Key Words : 3D printer, FDM, Powder, Additive manufacturing, Pneumatic

3차원 프린팅(3D Printing)은 디지털 파일로 3차원 형상을 제작하는 첨단 제조 기술이다. 3D 프린팅은 기하학적 제약 없이 복잡한 형상을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 분말형 3D 프린터의 압출 장치 설계 및 작동 메커니즘을 개발하였다. 분말형 재료를 적층 제조방식인 용융 적층 모델링(Fused deposition modeling, FDM 3D 프린터에서 추가적인 가공없이 사용한다. 파우더 공급은 공기압을 사용하고, 열처리를 통하여 출력을 진행한다. 350 x 350 x 400 mm3의 3D 프린터를 사용하며 호퍼에서 압출 장치까지 열 가소성 폴리머 소재를 지속적으로 공급하기 위하여 중력과 공기압을 활용한다. 열처리는 분말을 녹는점 이상으로 높이고 공압을 사용하여 압출한다. 온도 및 공기 공급 부분은 온도센서와 공기압 모니터링 장치로 제어된다. 프린터의 노즐크기는 일반적으로 사용하는 0.4 mm 직경의 노즐을 포함하여 0.5~0.6 mm 직경의 노즐을 사용하여 보다 빠르고 정확한 인쇄가 가능하다. 분말형 3D 프린팅은 스마트 소재를 증착 소재로 활용해 적층 제조 응용 분야를 넓힐 수 있다. 또한 분말 형태의 폴리머를 적층 제조 방식인 FDM 3D 프린트에서 사용하여 다양한 제조 분야에 활용이 가능하다.

후기 본 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0014717, P0020967)

발표자*, 교신저자#(jhsong@dankook.ac.kr)

스마트웨어 재단-봉제공정 연계를 위한 파지공정 요소기술 및 적용연구

이진명[1,*], 이혜진[2], 임대영[3], 원찬희[2,#]

Technological elements and applied research for linking smart fabric cutting and sewing processes

J. M. Lee[1,*], H. J. Lee[2], D. Y. Lim[3], C. H. Won[2,#]

한국생산기술연구원 국가산업융합센터[1], 한국생산기술연구원 디지털전환연구부문[2], 한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문[3]

Key Words : Smart wear, Pick and place, Flexible fabric, Gripping jig, Flipping and Rotating

스마트웨어는 착용자의 신체정보와 외부환경 신호를 감지하여 맞춤형 서비스를 제공하는 의류로 다양한 연구분야에서 활발하게 연구되고 있다. 그 중 스마트웨어 생산을 자동화 하기 위한 다양한 제작 요소와 기술에 대한 중요성이 커지고 있다. 스마트웨어는 재단 단계부터 봉재 과정에 이르기까지 다양한 생산 프로세스를 포함하고 있으며, 이러한 공정들을 효과적으로 연계하기 위해서는 다양한 요소기술에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 스마트웨어 재단-봉제 공정 프로세스 중 필요한 요소기술들을 식별하고, 이러한 기술둘을 실제로 구현하고 적용하는 방법에 대해 연구한다. 재단기에서 재단이 완료된 원단을 적절한 순서나 디자인에 맞게 적재 테이블에 배치하고 이후 원단은 봉제기로 이송되어 정확한 위체에서 봉제 과정이 이루어질 수 있도록 봉제기에서 미세 위치 조절이 필요하다. 이러한 프로세스에 따라 파지 동기제어, 섬유 뒤집기, 섬유 회전, 섬유 위치 미세 조절 등 필수적인 요소기술을 식별하였으며, 이러한 기술의 방법론 분석 및 실제구현을 위해 그리핑 로봇 2대를 활용하였다. 재단된 원단을 봉제하기 위해서는 재단기에서 재단이 완료된 유연한 원단을 파지한 후 뒤집거나 회전시킨 다음 적재 테이블로 이송하기 위한 공정이 필수적으로 요구가 되며, 본 연구에서는 스마트웨어 섬유를 이용하여 별도의 기구시스템 없이 지그 및 로봇의 제어만으로 스마트웨어를 뒤집고 회전시키는 요소기술을 개발하였다. 본 연구를 보다 고도화 하여 실현장에 적용된다면 미래 스마트웨어 의류 생산을 보다 효율적으로 수행할 수 있을 것이다.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원 기관주요사업 “미래 스마트웨어 제조를 위한 마이크로팩토리 기반기술 개발(kitech EH-23-0001)” 의 지원으로 수행하였습니다.

발표자*, 교신저자#(chan2@kitech.re.kr)

비전 기반 동작 인식을 통한 스쿼트 자세 연구

최예지[1,*], 홍윤지[2], 임성한[1,#]

Study of squat posture using vision-based motion recognition

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, Joint tracking

이 연구의 목표는 비전 기반 동작 측정의 정확성을 평가하면서 스쿼트 자세연구에 비전 기반 동작 인식방법을 적용하는 것이다. 비전 기반 시스템은 다양한 자세를 측정할 수 있지만, 조명 및 깊이 정보 문제와 데이터 오류로 동작 측정에 오차가 있다. 이러한 오차를 인공 지능을 활용하여 보정하고 스쿼트 동작 측정의 정확도를 검증한다. 연구 결과는 IMU 센서 기반 연구와의 비교를 통해 실용성을 평가하고, 비전 기반 시스템의 정확성 향상과 다양한 동작에 관한 기술 개발에 기여할 것이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "산업혁신기반구축사업"(과제번호 P0014717) 으로 수행된 연구결과입니다.

발표자*(yejichoi@dankook.ac.kr), 교신저자#(shrhim@dankook.ac.kr)

충격시험 시뮬레이션 기반 인체 보호 플레이트 경량화 설계 연구

정석환[1,*], 윤성현[2], 이명수[2], 노현준[1], 임성한[2,#]

A study of lightweight design for human protection plates based on Impact simulation

S. H. Jung[1,*], S. H. Yoon[2], M. S. Lee[2], H. J. No[1], S. H. Rhim[2,#]

단국대학교 대학원 기계공학과[1], 단국대학교 공과대학 기계공학과[2]

Key Words : Lightweight, 3D printing, Surface texture, Finite element analysis

선행 연구에서는 grid 패턴의 내부 채움 구조를 가진 인체 보호용 플레이트를 설계 및 제작한 후, 충격시험을 통해 조건별로 안정성을 평가하였다. 해당 연구에서 낙하충격 시험을 통해 두께 30mm, 내부 채움 밀도 40% 조건의 플레이트가 국가기술표준원의 안전기준을 충족함과 동시에 무게를 178g에서 81g으로 줄일 수 있음을 확인하였다. 다양한 내부 채움 패턴을 적용하여 인체 보호 플레이트 경량화 설계를 진행하기 위해, 많은 시간과 비용이 드는 충격시험을 시뮬레이션으로 대체하고자 한다. 이를 위해, 선행 연구의 실험 과정을 ANSYS로 재현하여 결과의 일치성을 검증하였다. 검증 결과, 내부 채움 밀도 20% 조건의 플레이트와 내부 채움 밀도 40%의 플레이트의 낙하충격 시뮬레이션을 통한 결과가 실제 실험 데이터와 높은 일치성을 보였다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 내부 채움 패턴을 적용하여 ANSYS 시뮬레이션을 통해 최적의 경량화 설계 조건을 도출할 계획이다. 본 연구는 3D 프린팅 기술을 활용한 인체 보호용 플레이트 설계 및 제작의 비용과 시간을 절약할 수 있는 방법을 제시하였으며, 이는 기계공학 분야에서의 3D 프린팅 활용성 증대와 인체 보호용 플레이트의 성능 향상에 기여할 것으로 기대된다.

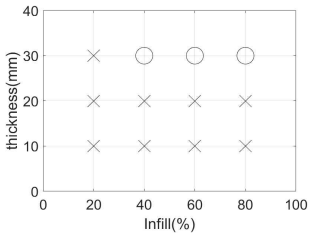


Fig. 1 Experiment equipment and result of drop impact test (O : No Crack formation, X : Crack formation)

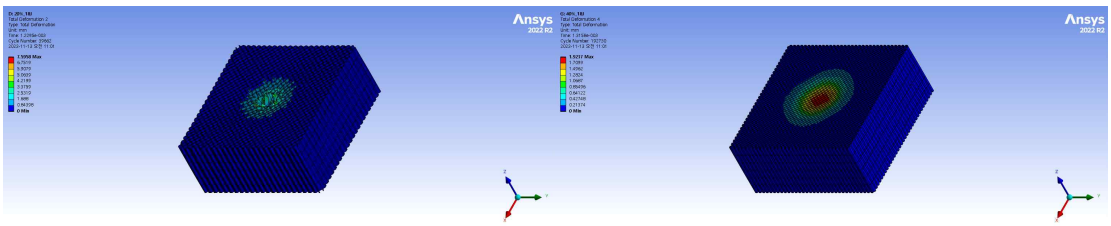


Fig. 2 Simulated 18J drop impact test results for protective plates with 20% and 40% infill density

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "산업혁신기반구축사업"으로 수행된 연구결과입니다. (과제번호 P0014717)

발표자*, 교신저자#(shrhim@dankook.ac.kr)

열간 프레스 성형 및 홀 펀칭 복합 공정에서의 공정인자에 따른 전단부 특성 연구

박계정*,#, 박재명, 공제열, 윤승채, 현주식

Study of shear properties in the process factors of combined hot stamping and hole punching

K. J. Park*,#, J. M. Park, J. Y. Kong, S. C. Yoon, J. S. Hyun

현대제철 연구개발본부

Key Words : Hot stamping, Hole punching, Piercing, Shear

경량화와 차량 안전도 향상이라는 상반된 요구조건을 모두 충족할 수 있는 현실적인 해결책으로 핫스탬핑 (Hot stamping) 공법이 적용되고 있다. 핫스탬핑 공법은 강판을 Ac3 이상의 오스테나이트화 온도로 가열하여 프레스로 성형 및 냉각하여 고강도의 제품을 얻는 열간 프레스 성형 기술이다. 핫스탬핑 후 트림 공정에서는 종래의 냉간 전단 금형을 적용할 시 제품의 높은 강도로 인하여 금형의 요구 수명 확보가 어렵고 제품은 수소 지연 파단이 발생할 가능성이 있기 때문에 양산 공정에서는 주로 레이저 가공이 적용되고 있다. 하지만 레이저 가공의 경우 낮은 생산성과 초기 투자비용이 높은 단점이 존재한다. 이를 대처하기 위하여 핫스탬핑 공정 중 열간에서 성형과 동시에 전단 가공을 실시하는 고온 전단에 관한 연구가 이루어지고 있다. 고온 전단 시 전단이 이루어지는 시점에 따라 소재의 온도와 조직 등의 차이로 인하여 전단부의 특성이 달라지게 된다. 특히 핫스탬핑 공정에서는 Full martensite 조직을 획득하기 위하여 급냉이 이루어지고 이를 모사할 수 있는 조건에서의 고온 전단에 대한 연구가 필요하다. 이번 연구에서는 이를 위해 별도의 장치를 설치하여 핫스탬핑 성형 및 냉각 공정 중 전단이 이루어질 수 있도록 시점을 제어하였고 전단 공정 중 홀 펀칭 공정인 피어싱에 한정하여 연구를 수행하였다. 공정 특성에 기반한 주요 인자들을 설정하였고 이에 따른 전단부 특성을 분석하였다.

발표자*, 교신저자#(kjpark@hyundai-steel.com)

기계학습을 이용한 공구이상 진단 알고리즘 개발

이준식[1,*,#], 윤기철[2], 김문경[1], 전재욱[1]

Development of algorithm for tool failure diagnosis using mechine leanning

J. S. Lee[1,*,#], K. C. Yun[2], M. K. Kim[1], J. Y. Jeon[1]

창신대학교 스마트융합공학부[1], (주)신스원[2]

Key Words : Algorithm, Tool failure diagnosis, Fourier transform, Machine leanning, Matlab

기계 가공공정에서 절삭공구는 금속, 비금속, 복합재료 등을 부품의 형태로 가공하는데 사용되는 중요한 도구이며 주로 터닝, 밀링, 드릴링 등을 위해 공작 기계에 장착하여 사용한다. 하지만 가공 시 공구의 마모나 파손은 제품 정밀도와 완성도에 큰 영향 미침으로 제품의 품질을 균일하게 하고, 재현성을 향상시키기 위해 공구의 마모, 파손, 파멸 등을 관측하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 절삭력 특징 데이터 추출을 위해 공구상태 및 가공물의 표면 상태와 절삭력 측정결과를 토대로 특징결과를 추출였고, MATLAB을 이용하여 데이터를 필터링하고 수집한 데이터를 Fourier Transform의 정상상태와 마모 및 파손에 의한 공구의 특성을 정량적으로 분석하였다. 진단 개발결과로 Magnitude의 최대값과 Frequency 의 기준값 결과를 통해 절삭가공 시 공구이상 진단 알고리즘을 검증하였다.

후기 This work was supported by the Process Quality Technology Development Project(Innovative R&D) of the Ministry of SMEs and Startups(S3213407).

발표자*, 교신저자#(mechjun@gmail.com)

금형 절삭가공에서 표면거칠기 예측 수식의 정확도 향상을 위한 인공신경망 적용에 관한 연구

김지우[1,2,*], 이광호[1,2], 이동원[1,3], 이현화[1], 김종수[1,#]

A study on the application of artificial neural networks for improving the accuracy of surface roughness prediction in mold machining

J. W. Kim[1,2,*], G. H. Lee[1,2], D. W. Lee[1,3], H. H. Lee[1], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], 한국교통대학교 기계공학부[2], 인하대학교 기계공학과[3]

Key Words : Surface roughness, Mold, Artificial neural network, Milling, Mathematical model

곡면 멀티 디스플레이 글라스 성형을 위한 금형의 품질 요소 중 하나인 표면거칠기는 최종 제품의 품질 및 성능에 큰 영향을 미치게 되므로 금형 가공 시 중요하게 고려되어야 하는 요인이다. 금형 절삭가공에서 목표된 표면거칠기를 얻기 위해서는 일반적으로 절삭 모델 활용 절삭력 예측과 실험적 연구를 통한 가공 조건의 최적화에 의존하고 있다. 이러한 방법은 절삭 변수와 실제 표면거칠기의 상관관계를 직관적으로 유추하기 어렵기 때문에 변화하는 가공 환경에 대응한 다양한 가공 조건에서의 실험이 필요하다. 더욱이 본 논문에서와 같은 마이크로 가공 환경에서는 미세 절삭 신호 검출의 어려움, 미세 절삭력 예측 표준모델의 미정립 및 가공소요경비의 증가 등 여러 요인이 해석모델과 실험을 통한 표면거칠기의 확보를 어렵게 하고 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 절삭력 예측 모델이 아닌 표면거칠기 예측 수식을 활용한 절삭 조건 별 표면거칠기 예측 방법을 제안하였다. 또한 인공신경망 기술을 활용하여 표면거칠기 예측 수식 모델의 정확도를 향상하고자 하였다. 제안 방법의 검증 및 예측 모델의 정확도 향상을 위해, 선행 연구에서 확보된 가공 조건 별 실제 표면거칠기 데이터와 제안된 방법을 통한 표면거칠기 예측 데이터를 비교/분석하였다. 이 후 오차 범위를 도출 하고 인공신경망 학습을 통하여 표면거칠기 예측 수식 모델의 오차를 감소하였으며, 결과적으로 예측 모델의 정확도를 98% 이상의 수준으로 확보하였다. 인공신경망 기술을 통해 정확도가 확보된 표면거칠기 예측 수식 모델은 다양한 가공 환경에서의 최적 가공 조건의 도출 및 표면거칠기의 예측을 해석적 단계에서 신뢰성 있게 수행될 것으로 사료된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계산업핵심기술개발'사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023669, KM230303).

발표자*, 교신저자#(jskimgloria@kitech.re.kr)

Pump Casing 부식 손상원인 분석

황령경[1,*,#], 황선중[1], 윤성태[2], 이관영[2]

Analysis of causes of corrosion damage in pump casing

R. K. Hwang[1,*,#], S. J. Hwang[1], S. T. Yoon[2], K. Y. Lee[2]

동남특수강㈜[1], 인제대학교 나노융합공학과[2]

Key Words : Corrosion damage, Pump casing, Electrolytic corrosion

본 연구에서는 20C을 재질로 하여 동남특수강 주식회사에서 제작한 3일간 사용하였던 Pump Casing의 부식 원인을 파악하고자 하였으며, Pump는 바다 수면 안에 바닥부터 수면까지 총 4기의 Pump가 서로 연결 및 설치되어 순차적으로 해수를 퍼 올려 주는 구조로 설치되어 있었으며, 4기 중 3기의 Pump Casing에서는 부식 손상이 발생하지 않았지만 2번째(지하 22m)의 Pump Casing에서만 부식이 발견되었다. 본 실험에서는 2번째 Casing으로 부식 손상 원인을 분석했다.

Casing의 부식 손상 원인을 찾고, 분석하여 재발 방지 및 향후 제작에 필요한 기술적 자료를 제공하는데 그 목적을 두었다. Casing의 부식 유형을 확인하기 위하여 육안검사를 시행한 후, 단면에 대한 SEM(Scanning Electron Microscope) 및 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) 분석을 통하여 부식에 대한 정밀 분석을 실시하였으며, Macro 조직관찰 및 금속 시편의 미세구조를 보다 면밀하게 관찰하기 위하여 OM(Optical Microscope)으로 금속의 미세조직을 관찰하였다.

육안검사 결과에서 Casing 신품의 형상과 부식으로 인해 손상된 시험편 Casing의 외면과 내면의 모습은 확연한 차이를 보여주고 있다. 전체적으로 부식이 상당히 진행된 모습과 적갈색의 두꺼운 부식 scale이 관찰되면서 부식으로 인한 두께의 감소 및 박리까지 관찰된다.

외부로 노출되어 부식 개시점이 되었던 시험편 Casing의 관찰 후 노출되지 않았던 단면까지 확인하기 위하여 시험편을 절단해 관찰 해 본 결과 단면의 표면층에서 심한 적층(Lamination) 구조를 이루고 있는 것을 관찰했다. 부식 개시점인 외부로부터 내면까지 부식이 진행되고 있었음을 확인할 수 있었으나, 구조적으로 Pump와 닫는 부위에서는 심한 부식이 관찰되지는 않는다.

먼저 Macro 조직 관찰을 진행한 결과 육안검사 결과와 마찬가지로 표면에서 부식 손상이 관찰됨과 동시에 전체적으로 응고 조직이 발견되고, 시험편을 절단해 단면도를 확인 한 결과도 마찬가지로 부식 개시점이 된 외부 노출 지점부터 적층 구조를 이루어가며 내부까지 부식이 진행되고 있다.

Martensite 미세조직으로 관찰되며, Spectrum1과 Spectrum2로 나누어 EDS 결과를 비교해보면 Spectrum1에서 Cr가 71.73의 함량 수치를 나타냈다. 관찰되는 석출물은 Cr과 C로 구성된 Cr-Carbide로 구성된 것으로 판단된다. Spectrum2에서 Cr은 18.95의 함량 수치를 보여주고 있는데, Spectrum1에서 보여주었던 Cr의 석출량만큼 석출상은 관찰되지 않았다.

일정량 이상 Cr을 함유하게 되면 Cr은 금속 내 용해된 C와 반응하여 Cr-Carbide를 생성하게 된다. 일정량의 경질의 Cr-Carbide는 내마모성 향상에 영향을 미친다고 보고되고 있다. EDS 분석 결과 Cr-Carbide가 생성되지 않은 Matrix의 계면에서 선택적 부식이 시작되어 Cr-Carbide 쪽으로 부식이 진행되는 양상을 보인다고 할 수 있다. Line profile 분석 결과도 부식되지 않은 Cr-Carbide 부분과 부식이 진행된 부분의 Cr량 차이를 명확하게 보여주고 있다. 부식 손상된 데이터 모두에서 Sulfu(S)가 검출되었다. Cr-Carbide와 Martensite Matrix의 단면 중 손상 부위에 대해서는 동일하게 손상 부위 모두에서 Sulfur(S)가 관찰되었으나, 손상되지 않은 부분에서는 Sulfur(S)가 발견되지 않았다.

해수는 자연환경 속에서도 부식성이 강한 환경을 제공한다. 해수의 성분은 복잡하기 때문에 장소에 의한 차이는 있을 수 있으나 부식성은 생물의 영향을 제외하고 거의 유사할 것이라고 한다. 다만, 도시 가까이 있는 해수는 오염이 심하고 H2S를 포함하여 금속의 부식에 현저한 영향을 미칠 것이라 판단하여 Sulfur(S)는 부식을 일으키는 물질로 생각할 수 있다. 부식은 Martensite Matrix에서 선택적으로 발생하여 Cr-Carbide의 계면을 따라 진행되는 양상을 보였으며 균열도 관찰되었다. 부식 부위에서 발생 된 것으로 볼 때 부식 이후에 부식 부위가 Notch로 작용하여 발생한 2차 손상으로 판단된다.

손상된 Pump casing은 미세조직적으로 Martensite Matrix에 Cr-Carbide조직으로 Martensite조직과 Cr-Carbide의 부식특성의 차이로 Cr 함량이 적은 Martensite에서 발생되었고 이러한 부식은 Martensite와 Cr-Carbide의 계면에서 상대적으로 부식특성이 안 좋은 Martensite에서 발생한 선택부식과 틈부식 손상으로 보인다.

Pump Casing의 손상은 부식환경이 해수와 부식물질인 Sulfur(S)분위기에서 Cr-Carbide보다 Cr함량이 낮은 상대적으로 부식에 약한 Martensite Matrix에서 발생한 선택부식과 틈부식 손상으로 판단된다. Cr-Carbide와 Martensitedml 계면에서 부식이 시작되고 짧은 기간에 부식이 급속도로 진전된 것으로 볼 때 전식에 의한 손상으로 보인다.

발표자*, 교신저자#(bring1103@naver.com)

경피적 내시경 위루형성술 카테터 복부 관통 가이드 부품의 금형 설계 및 사출품 형상 개선에 관한 연구

송민철[1,*], 고승현[1], 허명상[1], 송동진[2], 신연호[2], 나경석[2], 양순철[1,#]

Research for mold design and injection product shape improvement for percutaneous endoscopic gastrostomy catheter abdominal penetration guide parts

M. C. Song[1,*], S. H. Ko[1], M. S. Huh[1], D. J. Song[2], Y. H. Shin[2], K. S. Na[2], S. C. Yang[1,#]

오송첨단의료산업진흥재단[1], (주)비엠에이[2]

Key Words : Micro endmilling, Acoustic emission, Surface texture

정상적 섭식이 불가능한 환자에게 의료용 취관을 삽입하는 경피적 내시경 위루형성술(PEG:Percutaneous Endoscopic Gastrostomy)은 소화기관에서 복부를 관통하는 카테터를 장착한 후 이를 통해 약물과 영양을 공급한다. 경피적 내시경 위루형성술의 시술 효율 및 편의 증대를 위한 별도의 구성품들이 필요하며, 그 중 복부 관통 가이드 부품은 원뿔 형상의 내부에 가이드 와이어가 장착되어 구강으로 삽입하여 위(Stomach)를 통해 복부 외벽으로 관통하며 카테터를 운반하는 역할을 하는 중요 구성품이다. 복부 관통 가이드 부품의 내부 형상은 가이드 와이어가 탈락되지 않도록 단차에 의해 급격하게 치수가 변하는 원형의 관통 형상 구조로 되어 있다. PP(Polypropylene) 소재를 이용한 사출 성형 시 치수 변화가 급격히 일어나는 구간에 에어 버블 현상이 발생하는 형상 불량이 발견되었으며, 사출압력, 사출속도 및 수지온도 등 사출성형 공정 조건의 변화로 해당 현상이 개선되지 않아 용융수지의 유동성 향상을 위한 제품의 내부 형상 변경 및 금형설계 변경을 통해 해당 현상을 개선하고자 하였다. 본 연구에서는 금형가공 전 성형 해석 프로그램(Moldex 3D)을 이용하여 변경 된 금형 구조가 사출품의 형상에 미치는 영향을 파악하였으며, 해당 데이터를 바탕으로 제작 된 금형으로 사출된 제품의 형상이 개선됨을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '인재양성사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1234567-9525)

발표자*, 교신저자#(ysc@kbiohealth.kr)

인공신경망을 통한 cBN공구 이용 STAVAX강 가공 시 표면조도 예측

박영재[1,2,*], 이재훈[1,2], 이동원[1,3], 이현화[1], 김남중[2,#], 김종수[1,#]

Prediction of surface roughness of STAVAX steel using cBN tools via artificial neural networks

Y. J. Park[1,2,*], J. H. Lee[1,2], D. W. Lee[1,3], H. H. Lee[1], N. J. Kim[2,#], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], 가천대학교 기계공학과[2], 인하대학교 기계공학과[3]

Key Words : Artificial intelligence, cBN(cubic boron nitride) tool, Micro milling, Surface roughness

STAVAX 강은 SUS420J2 계 금형강으로 고경도이며(≤HRc 52)내마모성과 내식성이 우수하여 다양한 금형의 소재로 사용된다. 하지만 높은 크롬(Cr) 함량으로 인하여 피삭성이 저하되기 때문에 특정 Ra 이하의 고정밀 표면을 구현하기 위해서는 적절한 공구와 가공 조건의 선정이 매우 중요하다. 가공품의 주요 성능평가 지표인 가공 표면거칠기를 달성하기 위해, advent edge와 같은 상용 절삭 프로그램을 활용하여 공구 형상, 피삭재, 가공 조건을 변화하며 공정 변수를 최적화한 후, 최적화된 공정 변수로 가공하는 방법이 사용된다. 또는 참고문헌과 경험에 기반하여 임의로 5개 이상의 가공 조건을 선정한 후, 가공 실험을 수행하여 최적의 조건을 도출한다. 하지만 두 방법은 마이크로 패턴 형상의 수십 nm 이하의 표면 거칠기를 구현하는데 수 백시간의 가공 시간 및 다수의 고성능 절삭공구가 소요되기 때문에 생산효율을 중요시하는 실제 가공 현장에서는 적용하기 어려운 문제가 있다. 반면 인공신경망 기술을 활용한 공정 변수 예측은 기존의 실험 데이터를 학습하여 상대적으로 빠른 속도로 최적 조건을 도출할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 곡면멀티 디스플레이 글라스 성형 시 금형에서 마이크로 패턴 형상의 초정밀 가공을 위한 가공 조건 예측에 인공신경망 기술을 적용하였다. 이를 위해 9가지 가공 조건으로 가공된 STAVAX 피삭재를 한 조건 당 9 구획으로 나눈 후, 3차원 공초점 레이저 현미경으로 3D 표면 이미지를 측정하였다. 측정된 3D 이미지는 인공신경망의 학습 데이터로 입력하기 위해 각 구획에 대해 다수의 가공 표면거칠기 데이터를 추출하였다. 제안된 인공신경망 모델은 입력된 가공 표면거칠기 데이터와 가공 조건 사이의 상관관계를 분석하고 패턴을 학습하여 결과적으로 목표로 하는 가공 표면거칠기를 입력하였을 때 최적의 가공 조건을 도출하였다. 인공신경망 모델의 정확성은 목표로 하는 가공 표면거칠기와 예측된 최적 가공 조건으로 실제 가공 실험 후의 가공 표면거칠기를 비교하여 평가하였으며 98% 수준의 예측 정확도를 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계산업핵심기술개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023669, KM230303)

발표자*, 교신저자#(김남중 : namjungk@gachon.ac.kr, 김종수 : jskimgloria@kitech.re.kr)

CFRP 가공용 전자석 지그 모듈 개발을 위한 설계 구조 안정성 평가

김은빈[1,*], 정지호[1,#], 김성효[2], 김경재[2]

Development of electromagnet jig module for CFRP processing structural stability assessment

E. B. Kim[1,*], J. H. Jeong[1,#], S. H. Kim[2], K. J. Kim[2]

한국조선해양기자재연구원[1], (주)에스디에어로[2]

Key Words : CFRP, Delamination, Burr, Magnetic JIG module, Square pipe

최근 소재 경량화가 요구되는 전기차 산업, UAM(Urban Air Mobility), 항공 산업 분야에서는 일반 금속에 비해 가볍고, 높은 강도를 만족하고, 경량화를 통한 연료소비량 감소로 세계적인 CO2발생 규제에 훌륭한 대안으로서 CFRP 소재 적용이 각광받고 있으며, 향후 전기차 및 UAM 동체 생산 등의 분야에서 많은 수요가 예측된다. CFRP를 적용하여 부품을 체결하기 위해서는 CFRP에 구멍을 가공하는 작업이 요구되는데, 가공 과정에서 적층 재료의 층간 박리(Delamination), 절삭면 출구 가장자리에서 수지 및 레진이 찢겨지는 버(Burr)가 발생하는 등의 결함을 가지고 있다. 특히 CFRP의 활용도가 가장 높은 항공분야에서는 Hole 가공 과정에서 박리 등 결함 발생 시 이를 전량 폐기하는 등 매우 높은 수준의 가공 완성도를 요구하고 있어 이러한 가공 결함을 최소화하고 생산 효율을 높이기 위해서는 CFRP를 비롯한 복합재료 가공에 대한 연구가 절실히 요구되고 있는 상황이다. 이에 따라 본 과제에서는 전자석을 활용한 지지방식을 적용, 각관 홀 가공 시 내부 및 외부를 밀착, 지지하도록 하여 CFRP 각관 가공 과정에서 발생하는 박리(Delamination), 버(Burr)를 방지하여 제품의 품질을 향상시키고 가공 시간의 50% 이상을 차지하던 버 제거 공정을 생략하여 생산효율을 높일 수 있도록 연구개발을 진행 중에 있다. 본 연구에서는 이러한 CFRP 가공용 전자석 지그 모듈 개발을 위해 전산수치해석을 통해 모듈의 설계 단계에서 전자석 무게를 고려하고, CFRP 각관 Hole 가공 시 각관에 가해지는 하중에 따른 구조적 안정성 평가를 수행하였다.

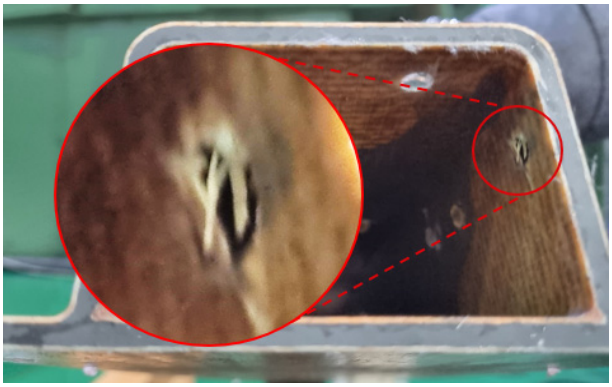


그림 1 Defects(Burr) during CFRP processing

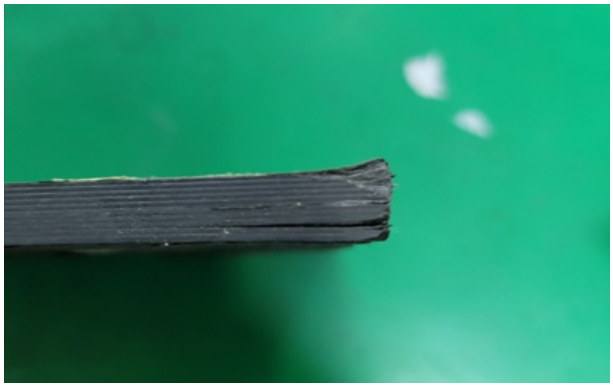


그림 2 Defects(Delamination) during CFRP processing

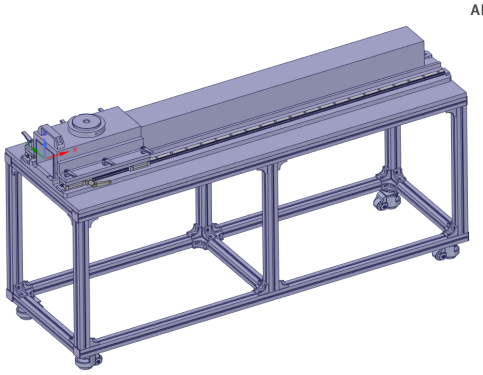


그림 3 Electromagnet JIG Module for CFRP drilling

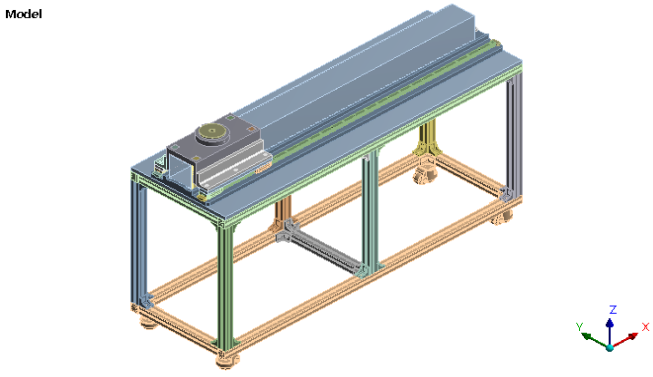


그림 4 Electromagnet JIG Module 3D Model for Structural analysis

후기 이 논문은 2022년도 중소벤처기업부의 '지역주력산업육성사업'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*(kebn0216@komeri.re.kr), 교신저자#(jhjoeng@komeri.re.kr)

CFD를 이용한 Type IV 수소탱크 충전 중 온도상승에 대한 기하학적 종횡비와 충전조건 영향 예측

역승봉[1,*], 신태성[2], 양현익[3,#], 안준걸[4,#]

Predicting the effects of geometric aspect ratio and filling conditions on temperature rise during type IV hydrogen tank refueling using CFD

C. F. Li[1,*], T. S. Shin[2], H. I. Yang[3,#], J. G. Ahn[4,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한국생산기술연구원 소재부품융합연구부문[2], 한양대학교 기계공학과[3], 한국생산기술연구원 AI·로봇연구부문[4]

Key Words : Hydrogen refueling, Type IV tank, Temperature rise, Fast filling

In type-IV hydrogen tanks with composite outer layers and polymer liners, excessive temperature rises during filling must be avoided as deformation may occur due to temperature rise. In this study, two-dimensional axisymmetric numerical simulations are performed to predict the effects of geometric aspect ratio and non-constant mass-filling rate on the temperature rise inside a type-IV hydrogen tank. The geometric aspect ratio that yields the lowest maximum and average temperatures after filling as well as the most uniform temperature distribution is determined. The relationship between aspect ratio and temperature distribution during filling was predicted. The reasons for the changes in temperature distribution caused by different aspect ratios were analyzed. When filling at a non-constant mass filling rate, Filling at an increasing mass-filling rate results in a lower temperature than filling at a constant rate. These findings provide guidance for manufacturers of type-IV hydrogen cylinders, as well as recommendations for filling procedures to prevent excessive temperature rises.

후기 This paper was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0012769, HRD Program for Industrial Innovation)

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

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

판재-봉재 성형공정 복합공정특성을 모사한 동기 실증시스템 개발

원찬희*, 이혜진#

Development of simultaneous feasibility testing system for sheet metal forming and cylindrical aluminum forging system under various forming environmental conditions

C. H. Won*, H. J. Lee#

한국생산기술연구원 융합기술연구소 디지털전환연구부문

Key Words : Sheet metal forming, forging, Spring-back, Feasibility testing system, Warm forming, High-strength aluminum

자동차 제조산업에 적용되는 핵심 제조공정에는 외판 제작을 위한 판재 성형공정과 암류 등 부품 제조를 위한 단조공정이 적용되고 있으며, 연비향상 등을 위한 차체 경량화를 위해 열처리된 고강도 알루미늄이 적용되고 있다. 고강도 알루미늄의 경우 낮은 성형성 때문에 고온에서 성형이 필요하지만 높은 성형온도에서는 풀림 등으로 인해 강도저감이 발생하여 제품 품질에 불량이 발생할 수 있어, 제조현장의 환경특성(온도, 성형 싸이클 등)을 고려한 공정 지능화에 대한 요구가 증대되고 있다. 최근, 다양한 물리량(온도, 하중, 속도 등)을 측정하는 센서에 측정된 데이터를 처리하고 분석하는 기능을 가지는 스마트 센서와 스마트 센싱 유닛이 개발되어 공정 지능화를 위해 적용되고 있으나, 개발된 스마트 센서를 현장에 적용하거나 현장맞춤형으로 개발하기 위해서는 현장 데이터 취득이 필요하나, 다양한 공정환경에 대한 데이터 수집 및 현장 적용이 어려운 실정이다. 본 연구에서는 고강도 알루미늄 판재와 봉재의 복합 성형공정을 동시에 실증 구현이 가능하면서, 가열온도, 외부 환경특성(돌풍 등), 성형공정과 사이클 타임 등 다양한 공정 시나리오를 모사하여 연속적인 실증 및 데이터 취득이 가능한 실증 시스템을 제안하였다. 본 시스템에서는 판재-봉재 동시 가열공정, 이송공정, 온도 검사공정, U-drawing 및 압축 단조공정이 구성하였으며, 현장의 공정조건을 성형조건으로 넣을 수 있도록 제어 시스템을 설계하여 동기 실증시스템을 구현하였다.

후기 본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 20016357, 스마트 센싱 유닛 제품화 실증기반 플랫폼 기술개발)

발표자*, 교신저자#(naltl@kitech.re.kr)

캡 개폐장치의 적정 토크값 산출을 위한 수치해석 연구

권오성[1,*], 송창근[1], 이준호[2], 이준식[1,#]

Numerical analysis to calculate appropriate torque value of cap opening and closing device

O. S. Kwon[1,*], C. G. Song[1], J. H. Lee[2], J. S. Lee[1,#]

창신대학교 스마트융합공학부[1], 제이메카텍[2]

Key Words : Cap opening and closing device, Torque sensor, Numerical analysis, Lid gasket

화학제품의 패키징 용기 중에 IBC(Intermediate Bulk Container) Tank는 주입구 위치가 넓어 탱크의 Lid를 열거나 닫기가 쉽지 않으며, 물류 자동화의 목적으로 캡 개폐 자동화 방식을 적용할 필요가 있다. 이에 따라 자동 액체 주입 시스템 개발의 일환으로 자동 캡 개폐 장치를 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 캡 개폐 장치의 자동화를 위하여 캡을 열고 닫았을 때 Lid gasket에 가해지는 적정 토크 값을 산출하고자 하였다. 캡에 가해지는 토크 값이 높으면 파손의 우려가 있고 토크 값이 낮으면 내용물 노출 위험성이 있다. Inventor를 사용하여 3D모델링을 하였고, FEA(Finite Element Analysis)중 정적 해석을 이용하여 가해지는 압력, 소재 등을 설정하여 Lid gasket에 가해지는 응력을 구하였다. Lid gasket의 재질은 천연고무(NR)로 설정 하였고 작용하는 힘은 비틀림과 중력, 위아래에서 누르는 압력 등을 설정하였다. 실험 결과 리드 (150MM Lid with Vented plug)가 사용되는 IBC Tank 에는 약 69.91MPa의 값을 구할 수 있었다. 이는 항복 강도를 측정하여 파단이 일어나기 전까지의 범위를 측정한 것이며, IBC Tank에 사용 되는 Lid가 닫혔을 때 Lid gasket에 작용하는 극한 강도의 Torque값 을 얻을 수 있었다. 본 연구 결과는 다양한 패키징 분야에서 활용될 수 있으며, 토크 값 설정과 밀봉 강도의 최적화에 대한 정보를 제공하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(2021RIS-003)

발표자*, 교신저자#(mechjun@gmail.com)

화학제조 드럼 포장용 자동 캡 개폐장치 개발

김성하[1,*], 곽재원[1], 이준호[2], 이준식[1,#]

Development of automatic cap open and closing device for chemical manufacturing packaging

S. H. Kim[1,*], J. W. Kwak[1], J. H. Lee[2], J. S. Lee[1,#]

창신대학교 스마트융합공학부[1], 제이메카텍[2]

Key Words : Automatic cap opener, Torque sensor, Air motor, Tilting unit, Packaging industry, Drum filling machine

최근 주요 산업들에서 요구되는 제품들에 대한 기능, 품질, 성능, 환경적 요구 등이 높아짐에 따라 기존의 생산제조기술과 ICT 기술 사이의 융합을 추구하고 있으며 이를 촉진하기 위해 자동화를 기반으로 스마트 팩토리 관련 연구 개발에 박차를 가하고 있다. 특히 화학제조 과정에서 드럼 포장 시, 드럼 주입구 캡을 여닫는 공정에서 수작업이 요구되고 있어 작업속도 저감 및 작업자들의 유해 물질 노출 위험이 존재한다. 이로 인해, 다양한 용기 및 주입구 캡의 자동화 시스템 도입을 통해 작업자의 개입 없이 제품 주입 및 패키징을 무인화를 할 수 있도록 기존 Drum filling machine에 캡 개폐 장치를 적용한다. 개발된 자동 캡 개폐장치의 구성은 Up/Down cylinder, LM guide, Air motor, Torque sensor, Tilting unit, Cap tool 로 이루어져 있다. 전기 대신 압축공기를 사용해 Cap tool을 회전시키는 Air Motor와 캡을 열고 닫을 때 적절한 토크로 조절하는 Torque sensor, 캡의 기울기에 대응해서 캡을 열기에 올바른 각도를 제공하는 Tilting Unit이 주요 부품으로 사용되어 다양한 각도와 힘의 범위에서도 정확하게 인식하여 캡을 자동으로 개폐할 수 있는 시스템을 개발하였다. 여러 종류의 드럼 및 캡에 대해서도 적용이 가능한 기술과 완전 자동화된 Drum filling machine에 적용이 가능하다.

후기 본 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(2021RIS-003)

발표자*, 교신저자#(mechjun@gmail.com)

스마트제조 공급 및 수요기업 생태계 구축 서비스 플랫폼 구축방안

송정훈*,#, 김태락, 권수현, 김요섭

Service platform establishment plan for smart manufacturing ecosystems

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

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : Smart manufacturing, Smart factory, Digital transformation, Ecosystem, Service platform

제조기업의 스마트화 및 디지털 전환 기술 고도화에 따라 솔루션을 통해 수집되는 제조데이터의 활용에 대한 요구가 증대되고 있다. 공급기업과 수요기업은 제조데이터의 활용 측면에서 개별공장 중심의 시스템 구축뿐만 아니라 가치사슬 기업 간의 연계를 통한 시너지를 창출을 고려하고 있다. 즉, 제조데이터 및 디지털 전환 핵심 기술을 활용하여, 제조현장의 문제와 함께 연계 기업과의 현안을 해결하기 위한 노력을 기울이고 있다. 하지만 도입기업의 요구를 반영한 공급기업과 수요기업의 연계, 제조데이터의 활용 활성화를 위한 생태계적인 측면에서는 여러 한계점을 보여주고 있다. 본 연구에서는 공급기업과 수요기업이 유기적으로 협업하기 위한 생태계 구축 방향과 이를 지원하는 서비스 플랫폼을 제안하고, 이 서비스 플랫폼의 활성화 지원 정책을 제시하고자 한다. 제조기업의 디지털 전환을 위해서는 공급기업 및 수요기업의 협업이 중요하며, 생태계 협업 서비스를 통해 디지털 혁신을 가속화 할 수 있을 것이다. 본 연구를 통해 스마트제조 생태계의 조성과 함께 설비산업을 기반으로 하는 공급기술의 서비스화 기반조성에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

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*, 교신저자#(huni@gbtp.or.kr)

자동차 부품산업의 디지털 전환을 위한 생태계 구축방안

송정훈*,#, 박신정, 이동배, 김요섭

Plan to build an ecosystem for digital transformation of the automobile parts industry

J. H. Song*,#, S. J. Park, D. B. Lee, Y. S. Kim

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : Digital transformation, Ecosystem, Automobile parts industry, Activation plan, Supporting platform

최근 제조기업의 디지털 전환에 대한 관심이 증대되고 있고, 기업의 제조현장 애로 및 기업 현안 해결을 위하여 다양한 디지털 혁신과 기술을 활용하고 있다. 자동차 부품산업에서는 개별기업의 디지털 전환 뿐만 아니라 가치사슬 상 연계된 기업 간의 협업 플랫폼 구축을 통해 협업 시너지를 창출하고자 노력하고 있기도 하다. 정부에서도 공급망 연계형 스마트공장 구축과 같이 수요기업 간 협업 솔루션 구축을 지원하고, 제조데이터의 공유 및 활용을 적극적으로 지원하고 있다. 하지만, 자동차 부품산업의 디지털 전환 수준은 1차 벤더를 제외하고, 전반적으로 낮은 수준을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 가치사슬 상 연계기업의 전반적인 디지털 전환 수준을 향상하기 위한 지원체계, 디지털 전환을 위한 공급 및 수요기업 생태계 조성, 이를 지원하기 위한 정책방향을 제시한다. 또한 자동차 부품 제조기업의 요구를 반영한 제조데이터 공유 및 활용에 대한 활성화 방안도 제시하고자 한다. 또한, 제조현장의 디지털 전환 수요와 기업 간 협업 사례를 바탕으로 생태계 구성 요소들 간의 협업 과정을 분석한다. 본 연구를 통해 자동차 부품산업의 디지털 전환을 가속화 하고, 기업 간 협업이 활성화 되는 기반조성에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '스마트제조 기술개발사업(자동차 부품산업을 위한 지능형 가치사슬 플랫폼 기술 개발)'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2022-00140875)

발표자*, 교신저자#(huni@gbtp.or.kr)

시계열 데이터 이미지 인코딩을 통한 재생 주물사 LOI 예측

최한빈[1,2,*], 최영심[2,#]

Predicting LOI (Loss On Ignition) in regenerating molding sand using time series data image encoding

H. B. Choi[1,2,*], Y. S. Choi[2,#]

아주대학교 기계공학부[1], 한국생산기술연구원[2]

Key Words : Loss on ignition, Image data, Deep learning, Prediction

최근 스마트 팩토리가 고도화됨에 따라 실제 공정에서 무수히 많은 시계열 데이터가 쏟아져 나오고 있다. 따라서 이러한 데이터를 사용하여 생산성을 향상하는 연구들이 활발히 이루어지고 있으나, 대부분의 연구는 학습데이터와 예측 데이터가 모두 시계열 데이터인 경우에 대해서만 활발하게 연구가 진행되었다. 즉 학습데이터는 시계열 데이터이고, 예측 데이터가 실험 값인 데이터의 경우에는 연구가 활발하게 이루어 지지 않고 있다. 주물사는 주조품의 품질을 좌우하는 중요한 재료이며 반복해서 사용할수록 노화 현상이 발생하여 주물품의 품질저하를 일으킨다. 주물사 관리를 위하여 주물사의 성능을 평가하는 시험으로 작열감량(LOI, Loss-on ignition)법이 있으며 재생한 모래의 시료를 1000도로 30분 가열한 후의 중량감소량이다. 본 연구에서는 주물사 재생처리 설비에서 취득할 수 있는 시계열 데이터(재생 모래의 온도, 습도, 집진기 차압)를 바탕으로, 실험값인 재생 모래의 작열감량(LOI)을 예측하는 연구를 진행하였다. 연구에 사용된 주물사 온도, 주물사 습도, 집진기 차압의 데이터는 31544개, LOI는 51개 임으로 학습데이터와 예측데이터의 스케일이 맞지 않다. 따라서 데이터 스케일을 맞추기 위해 1일치의 온도, 습도, 압력을 GAF , MTF , RP기법을 통해 이미지로 변환하여 각각 51개의 이미지를 생성하였다. 생성한 이미지를 CNN 알고리즘인 Restnet18 통해서 학습시키고 LOI 실험값 예측을 수행하였다. 그 결과 MTF이미지로 학습시킨 모델이 가장 우수한 예측 성능을 보였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국생산기술연구원의 '제조혁신지원사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. JH230011)

발표자*, 교신저자#(raycute@kitech.re.kr)

극저온 성형에 따른 알루미늄 합금 전단시험 평가 연구

김용배[1,2], 지민기[3], 전태성[3], 임성식[1,#]

Aluminum alloy shear test evaluation study according to cryogenic forming

Y. B. Kim[1,2], M. K. Ji[3], T. S. Jun[3], S. S. Lim[1,#]

한국생산기술연구원[1], 인하대학교 기계공학과[2], 인천대학교 기계공학과[3]

Key Words : Cryogenic forming, Al alloy, Shear test

1. 서 론

알루미늄 합금의 극저온 성형 및 전단 연구는 다양한 산업 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 극저온 성형은 높은 강도와 경도를 유지하면서 합금을 가공하는 방법 중 하나로, 우주항공 및 자동차 산업과 같은 분야에서 사용되고 있다.

알루미늄 합금 극저온 성형 및 전단 강화에 대한 연구 논문에서 극저온 성형으로 인해 기계적 특성을 개선할 수 있으며, 그 결과로 제품의 강도와 경도를 향상 시킬 수 있는지에 대한 실험 결과를 제시한다.[1]

본 연구에서는 극저온 성형의 타당성을 확인하기 위하여 알루미늄 합금을 가지고, 0도, 예각 및 둔각에 따라서 상온과 액화질소로 냉각 후 전단 시험을 통해 전단면의 형상을 확인 하여 품질을 판단했다.

2. 알루미늄 합금 전단시험 평가 방법

전단 실험을 위하여 한국생산기술연구원에서 보유하고 있는 200톤 서보 프레스 장비를 사용 하였다. 아래 Fig.1에 장비 사진을 확인 할 수 있다.



Fig. 1 200ton Servo Press System

최대 분당 40회 작업을 수행 할 수 있으며, 실험은 120 deg/sec 속도로 진행을 하였다 타점은 전단 후 5mm 아래까지를 타점으로 잡았다. 금형 각도는 0도 예각(!5도) 및 둔각(-15도)별로 진행 하였다. 액화질소에 5분간의 침지시간을 갖고, 이송시간 5초 내에서 실험을 진행 하였다. 아래 Fig.2에 각각의 금형이 설치된 모습을 확인 할 수 있다.

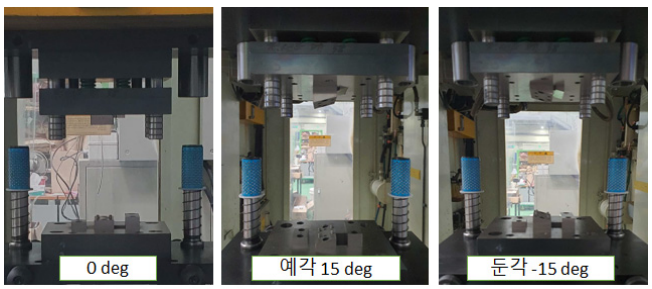


Fig. 2 Die install to servo press

3. 전단 시험 결과

알루미늄 합금의 실험 후 전단면의 형상을 확인 하였다. 아래에 전단면 사진을 확인 하고, 단면 형상을 통해 조건에 따른 품질을 확인 하였다.

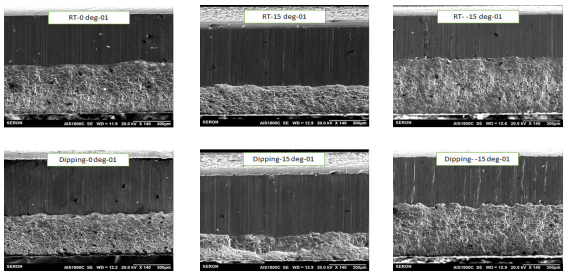


Fig. 3 Shear section shape

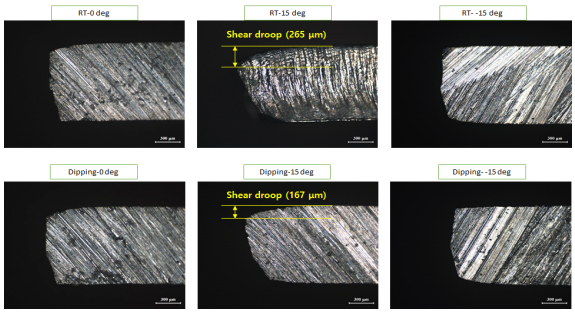


Fig. 4 Shear test cross-sectional shape

전단면 형상에서는 15도 실험이 깔끔한 면이 크게 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 또한 단면 형상에서 Shear droop 이 극저온에서 줄어드는 것을 관찰할 수 있다.

4. 결 론

전단면은 크게 처짐, 전단면, 파단면, 버로 이루어져 있으며 이를 통해 품질을 판단한다. 본 실험에서 알루미늄 합금의 경우 -15도 조건에서 RT와 극저온 간에 파단면 두께의 유의미한 차이를 확인 했다. 이 외에는 큰 차이가 없는 것으로 판단되어 추가 실험이 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 기획재정부 신시장창출지원사업 (과제번호 : JE230017)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Smith, John A., and Johnson, Mary R. "Low-Temperature Forming and Shear Strength Enhancement of Aluminum Alloys." Materials Science Journal, vol. 25, no. 3, pp. 123-136.

발표자*, 교신저자#

통경 시스템의 종광 이송 및 후크 진입의 최적화 개발에 관한 연구

정재환[1,*,#], 조순옥[2], 한대성[3]

A study on optimization of heald transmission and hook entry in drawing-in system

J. H. Jeong[1,*,#], S. O. Jo[2], D. S. Han[3]

(주)디에이치지[1], (재)한국섬유기계융합연구원 첨단부품장비연구센터[2], (재)경북IT융합산업기술원 융합시스템센터[3]

Key Words : Drawing-in, Warp, Weaving preparatory, Optimization, Analysis

스마트 통경 시스템은 우리나라의 주력산업 품목이자 섬유기계의 핵심 장비인 직기와 연계되어 제직 준비 시간을 최소화하고, 생산원가를 절감시키며 제직 효율을 높이기 위해서 반드시 필요한 장비이다. 특히 과거에 비해 제직 공정의 생산성이 증가함에 따라 경사가 더 빨리 소비되면서 통경 공정의 중요성은 더욱 확대되었다. 하지만 현재 국내 제직 업체들은 100% 수입에 의존하고 있으며, Staubli社의 고가의 가격 정책에 때문에 대부분 수작업 공정에 의존하고 있다. 통경 시스템은 고속의 반복적 구동 때문에 높은 정밀도와 내구성이 요구되고, 특히 종광 이송 장치와 후크 진입 장치의 연동에 있어서 매우 짧은 시간(0.42s) 동안 작은 바늘이 경사를 걸어서 바디를 통과하기 때문에 유닛 별 정밀 제어 및 진동 최소화 안정화 설계 등에 대한 기술들이 많이 연구되고 있다.

본 연구는 통경 시스템의 핵심 파트인 종광 이송 장치와 후크 진입 장치의 고유진동수를 파악하고 공진 회피를 위한 강성 설계 기반의 유닛을 제작하였다. 통경시스템의 경사 분리 및 배출을 위한 3연동을 위해 종광 이송 장치, 후크 진입 장치 및 바디 장치에 대한 안정화 설계 및 개발을 진행하였다. 통경시스템의 3연동 유닛 개발을 통해 작동 시 발생하는 진동을 최소화시키고, 경사 정밀 제어를 통해 작업 시 발생하는 불량을 최소화 및 생산성을 향상 시키고자 한다. 본 연구를 바탕으로 종광 이송 장치, 후크 진입 장치 및 바디 장치에 대한 개발을 완료하였다. 추후 종광 투입 및 배출 장치에 대한 개발이 완료되면 통경시스템의 전체 연동성 검증에 대한 연구를 진행 할 계획이다.

후기 이 논문은 2021년도 산업통상자원부의 연구비 지원에 의한 연구임(20017167, 고효율 스마트 통경 시스템 개발)

발표자*, 교신저자#(jungjaehwan90@gmail.com)

LSTM-based Encoder-Decoder 기반의 센서 공정데이터 이상탐지에 관한 연구

이지민[1], 서성발[1,*], 강태용[2], 배유석[1,#]

A study on LSTM-based encoder-decoder anomaly detection of manufacturing sensor dataset

J. M. Lee[1], S. B. Seo[1,*], T. Y. Kang[2], Y. S. Bae[1,#]

한국공학대학교 컴퓨터공학부[1], 한국공학대학교 인공지능기술사업화연구소[2]

Key Words : Sensor data, LSTM encoder-decoder, Anomaly detection, Manufacturing dataset

본 연구는 센서 기반 시계열 데이터의 반지도 학습 이상탐지를 위해 데이터를 정제하는 방법론을 제안하고 평가한다. 데이터의 패턴인식을 위해 각 데이터의 수집 시점 사이의 간격에 gap value를 적용하고 데이터 간 간격 cycle은 월로 하여 정제하였다. 이후 LSTM-based Encoder-Decoder 모델에 적용하고 평가했다. 데이터의 노이즈 정도에 따라 차이는 있었지만 실제로 이상탐지가 작동하는 모습을 시각적으로 확인하였다.

후기 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.
본 연구는 중소벤처기업부의 스마트제조혁신 R&D 지원사업(RS-2022-00141076) 연구결과로 수행되었음.

발표자* (sungbal@tukorea.ac.kr), 교신저자#(ysbae@tukorea.ac.kr)

1. 서 론

본 연구에서는 산업 현장에서 발생하는 시계열 데이터에 존재하는 이상치를 자동으로 탐지하기 위해 데이터 정제 방법론을 제안한다. 그리고 방법론에 따라 데이터를 정제하여 LSTM-based Encoder-Decoder 모델에 적용하고 평가한다.

2. 공정 시계열 데이터 이상탐지 모델

본 연구에 사용된 데이터는 SMT(Surface Mount Technology) 공정 기계에 부착된 센서에서 수집된 시계열 데이터다. 데이터는 크게 온도, 전류, 진동 데이터로 분류된다. 진동 데이터는 추가로, x축, y축, z축에 관한 데이터로 나뉜다. 온도 데이터는 섭씨(℃), 전류 데이터는 암페어(A), 진동 데이터는 가속도(g)를 기준으로 측정되었다. 온도 데이터, 전류 데이터, 진동 데이터 각각 6만 개씩 사용되었다.

LSTM(Long Short-Term Mermory)은 기존 RNN 모델의 기간이 길어질수록 데이터 소실 및 폭주가 발생하는 장기 의존성 문제를 해결하기 위해 고안된 모델이다. Encoder-Decoder 모델은 입력 시 데이터 feature를 축소하기 때문에 전반적인 성능이 향상되고 이상탐지에 유리해진다.

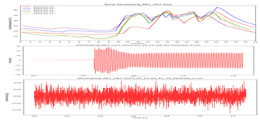


Fig. 1 위에서부터 온도, 전류, 진동 데이터

3. 공정데이터 정제

본 연구는 반지도 학습을 통해 LSTM-based Encoder-Decoder를 학습시키는 데이터 정제 알고리즘을 제안한다. 실제 이상 데이터가 많지 않아 이상 라벨 없이 훈련을 진행하고 일부 이상 라벨을 포함하는 데이터로 테스트를 진행하는 반지도 학습법을 적용한다.

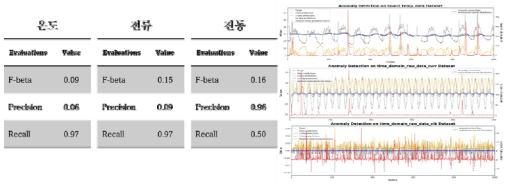
온도 데이터는 하루를 기준으로 패턴이 반복되고, 전류 데이터는 측정 시점으로부터 약 2.03초간 측정된 패턴으로 반복된다. 마지막으로 진동 데이터는 측정 시점으로부터 약 1.28초간 측정된 패턴으로 반복된다. 각 데이터의 패턴을 학습시키기 위해 측정 시간을 데이터와 데이터 사이의 간격으로 바꾸고, 초(s) 단위로 나타낸다. 이 때 기존 데이터 프레임과 새로운 데이터 프레임의 간격을 gap value로 나타낸다. 온도 데이터는 패턴 cycle이 길어 gap value 1을 적용한다. 그리고 전류와 진동 데이터는 패턴 cycle이 짧아 gap value 0.000001을 적용한다. 간격은 학습 속도를 높이기 위해 월을 기준으로 초기화된다.

진동 데이터의 경우 x축, y축, z축 별로 데이터를 정제한다. 마지막으로 IQR Outlier Detection을 이용하여 센서 이상 데이터를 class 1로 분류하고 나머지 정상 데이터를 class 0으로 분류한다.

4. 실험결과

정제된 데이터를 LSTM-based Encoder-Decoder를 통해 학습시켰다. 이상탐지를 진행했을 때 각 데이터의 이상치 부분에서 anomaly score가 대부분 상승하는 모습을 확인할 수 있었다. 온도 데이터와 전류 데이터는 정밀도는 낮으나 재현율은 높게 측정되었다. 반대로 진동 데이터는 재현율은 낮으나 정밀도가 높게 측정되었다. 이는 잡음이 심한 진동 데이터 특성상 데이터의 패턴을 판단하기 어렵기 때문으로 예상된다.

향후 연구에서는 데이터 정제 알고리즘을 강화하여 진동 센서와 같은 노이즈가 심한 데이터나 공정 기계는 정상 작동 하나 센서 오류로 측정된 데이터에 대해 더욱 잘 대응할 수 있도록 할 계획이다.



온도		전류		진동	
Evaluations	Value	Evaluations	Value	Evaluations	Value
F-beta	0.09	F-beta	0.15	F-beta	0.16
Precision	0.06	Precision	0.09	Precision	0.96
Recall	0.97	Recall	0.97	Recall	0.50

Fig. 2 데이터별 이상탐지 결과

5. 결 론

본 연구는 산업 현장에서 센서 기반 시계열 공정데이터를 범용적으로 사용할 수 있음을 보여주었으며 SMT 공정뿐만 아니라 다양한 제조업 분야에 확대하여 적용될 수 있음을 시사하였다. 이로 인한 예측 가능 서비스는 산업 현장에서의 업무 효율성을 증대하고 신속한 의사결정 지원 및 대응 능력을 향상시킬 수 있다.

참 고 문 헌

(1) Y. Jang et al. “A Proposal of Sensor-based Time Series Classification Model using Explainable Convolutional Neural Network” JKSCI Vol. 27 No. 5, pp. 55-67 (2022).

(2) P. Malhotra et al. “LSTM-based Encoder-Decoder for Multi-sensor Anomaly Detection” arXiv preprint arXiv:1607.00148v2 (2016).

PCB 표면결함 이미지 데이터셋의 Auto-labeling을 위한 자기지도학습 기반의 이미지 클러스터링 방법에 관한 연구

서성발[1,*], 김도현[1], 구숭모[1], 김나연[1], 김지훈[2], 배유석[1,#]

A study on self-supervised learning based image clustering for auto-labeling of PCB surface defect image dataset

S. B. Seo[1,*], D. H. Kim[1], S. M. Ku[1], N. Y. Kim[1], J. H. Kim[2], Y. S. Bae[1,#]

한국공학대학교 컴퓨터공학부[1], ㈜지피엔[2]

Key Words : Image clustering, Auto-labeling, Self-supervised learning, Image embedding, PCB surface defect

라벨링 데이터로 학습을 진행하는 기존의 모델 구조는 데이터 구축에 많은 시간 및 비용이 소모되며, 일관되지 않은 분류로 인한 노이즈 데이터가 존재할 수 있다. 본 논문에서는 소규모 데이터로도 효과적인 학습과 라벨링을 진행하기 위해 이미지 임베딩과 클러스터링에 기반한 자기지도학습을 제안한다. 이는 라벨링 데이터에 대한 노이즈 데이터를 최소화하며 본 모델에 추가적인 결함 분류 딥러닝 모델을 추가하여 자동 결함 분류 시스템을 구축할 예정이다.

후기 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-2020-0-01741)

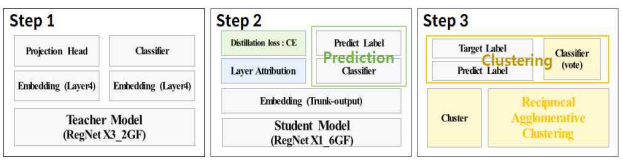
발표자*(sungbal@tukorea.ac.kr), 교신저자#(ysbae@tukorea.ac.kr)

1. 서 론

제조 현장의 실제 불량품 검수를 위해 자동 비전검사 기반의 불량 검사 이미지 데이터로 목측 기반의 최종 불량 검수를 수행한다. 하지만 기존의 딥러닝 모델 학습을 위한 인력을 많이 필요로 하는 라벨링 방식은 시간과 비용이 많이 들고 데이터가 일관적이지 않을 수 있다. 기존 지도학습의 경우 라벨 데이터 학습이 선행되며, 이는 노이즈 데이터의 영향을 받는다. 본 연구에서는 최소한의 이미지 라벨링 및 노이즈 데이터 최소화를 위해 이미지 임베딩(Image Embedding)과 클러스터링 기법을 결합한 결함 이미지 데이터에 대한 자기지도학습 방법을 제안한다. 이 방법은 소규모의 데이터에서도 최소한의 라벨링으로 인력과 시간을 절약하고, 생산 효율성 증대 및 품질의 균일성을 목표로 한다.

2. Auto Labeling with Self Supervised Learning

PCB(Printed Circuit Board)란 부품 사이 구리 배선으로 구성한 기판이다. 본 연구에서는 결함 PCB를 검출하는 AFVI(Auto Final Visual Inspection) 과정에서 검출된 결함 PCB의 이미지 데이터를 분석한다. 모델은 3단계로 구성된다. 첫 번째로, RegNet을 기반으로 추출한 이미지 임베딩을 통해 자기지도학습 방식으로 모델을 사전 학습하고 적은 수의 라벨링 데이터를 이용하여 미세조정을 진행한다. 두 번째로, 미세조정된 모델을 좀 더 작은 모델로 증류 학습을 하는 동시에 레이어 기여도의 대조 패널티를 부가하여 부 기판의 구조적 특징에 더 집중할 수 있도록 한다. 세 번째 단계에서는 응집 클러스터링 손실함수를 적용하여, 병합이 필요한 클러스터의 개수에 따라 패널티를 부여하여 병합 군집의 개수를 제한한다. 또한 과정 중 학습된 이미지 임베딩과 Grad-CAM은 유사한 결함 판단에 유용한 정보를 제공한다. 마지막으로, 응집 클러스터링에서 불필요한 분류를 제거하기 위해 투표 시스템을 이용하여 가지치기를 수행한다.



3. 실험 결과

분류 결과의 도출을 위해 각 1,000여 개의 라벨·비라벨링된 데이터셋을 모델에 학습하고, 적용한 결과를 비교하였다. 클러스터링 관련 점수(NMI, ARI) 부분에서는 각각 0.8999, 0.8256의 결과를 나타내었다. 따라서 비라벨 데이터에 대해서도 높은 정확도를 보이며 적은 데이터로도 특정 PCB의 배경 구조별 클러스터링이 진행됨을 보인다.

Ours : RegNet X1_6gf+ AGC+CGC

Cluster label : Ground truth		Cluster label : Model prediction	
Evaluation	**value**	**Evaluation**	**value**
Precision	0.9717	Precision	0.8073
Recall	0.9661	Recall	0.8235
F1 score	0.9639	F1 score	0.7909
NMI	0.9635	NMI	0.8999
ARI	0.9728	ARI	0.8256
Silhouette	0.2671	Silhouette	0.1507
False Positive	34	False Positive	177
True Positive	969	True Positive	826

4. 결 론

적은 양의 라벨 데이터로도 효과적인 클러스터링이 가능하다는 점을 보여주며, 다품종 소량 생산의 특성을 가진 스마트 제조업에 적용 가능한 방법이 될 것으로 보인다. 향후 부위별 결함 판단을 위한 딥러닝 기반의 분류 모델을 통합하여 PCB 제품별로 실제 결함 부분에 대한 검출과 이를 자동으로 분류를 가능하게 하는 시스템으로 확장할 예정이다.

참 고 문 헌

(1) Chen, Ting, et al. "A simple framework for contrastive learning of visual representations." International conference on machine learning. PMLR, 2020.

(2) Sumengen, Baris, et al. "Scaling hierarchical agglomerative clustering to billion-sized datasets." arXiv preprint arXiv:2105.11653 (2021).

(3) Selvaraju, Ramprasaath R., et al. "Grad-cam: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization." Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2017.

(4) Radosavovic, Ilija, et al. "Designing network design spaces." Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020.

Stellite 합금의 GMAW 용접부 기계적 특성에 관한 연구

이충우*, 우수성, 김인주, 김지선#

Study on the mechanical properties of GMAW welds of Stellite alloy

C. W. Lee*, S. S. Woo, I. J. Kim, J. S. Kim#

한국생산기술연구원

Key Words : Stellite 6, CMT(Cold Metal Transfer), GMAW(Gas Metal Arc Welding)

In high temperatures or harsh environmental conditions, such as petrochemical, nuclear reactor, or food processing facilities, the use of materials with excellent mechanical properties is essential. However, due to the problems of high cost and poor processability for materials with excellent mechanical properties, much research is being conducted on improving performance through hard facing on the surface of products. Co-based alloys such as Stellite are used as surface modification materials to prevent reduction in the lifespan of mechanical parts in harsh environments of high temperature and pressure due to their characteristics such as wear resistance, heat resistance, and low friction coefficient. Currently, most of the prior research on hard facing using Stellite materials is focused on research on bonding methods using powder. In this study, basic research was conducted to perform hard facing with GMAW using wire of Stellite No.6 material, which was previously unused due to difficulty in processing. Considering the environmental conditions depending on the temperature at which hard facing products are used, we studied changes in the mechanical properties of welded joints according to preheating and postheating conditions performed in GMAW experiments.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원의 "협력 사업(kitech PEM23082)"의 지원으로 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(kimjisun@kitech.re.kr)

실험계획법을 활용한 블로우 성형용 인공지능 학습 모델 데이터 셋 구축 모델에 대한 연구

우성국[1,*], 강병권[2], 오정길[1], 권창오[1], 김두연[1,#]

A study on the construction model of artificial intelligence learning model dataset for blow molding using design of experiment method

S. G. Woo[1,*], B. K. Kang[2], C. O. Kwon[1], J. G. Oh[1], D. Y. Kim[1,#]

동아정밀공업(주) 부설연구소[1], 성균관대학교[2]

Key Words : Experiment design method, re-Heating, Learning quality prediction artificial intelligence model

1. 서 론

블로우 성형 방법 중 사출-연신 블로우 성형(Injection stretch blowing molding)은 재가열을 통해 중공 제품의 두께 편차를 최소화 할 수 있는 장점으로 소품 대량 생산 방식에 적합 하다. 블로우 성형 장비에 대해 최적 공정 조건 도출을 목적으로 품질 예측 인공지능 모델을 개발하였다.

본 연구에서는 개발된 인공지능 모델에 적합한 실험 계획법(DOE)에 적용할 수 있는 품질 예측 인공지능 모델용 공정 변수 정의 및 모델 학습을 통하여 품질예측 모델 성능 향상시킬 수 있는 데이터 셋을 구축하는 것이 목표이다.

2. 품질 예측 모델의 구축

인공 신경망 기반 품질예측 모델은 사출-연신 블로우 성형 장비에 대한 최적 공정변수 도출을 통하여 두께 편차 최소화를 목적으로 한다. 블로우 성형 장비는 크게 재가열(Re-heating) 단계, 블로우 성형 단계로 나누어진다. 따라서 품질예측 모델의 공정 변수는 재가열 공정 변수, 블로우 공정 변수 2가지로 구분되며 그 외에 환경변수와 형상인자를 입력변수로 구성한다.

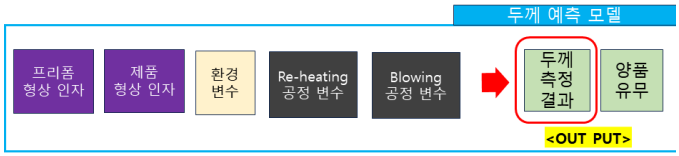


그림 1 블로우 성형에 대한 품질 예측 모델 구성

3. 부분요인 설계를 활용한 블로우 성형 공정 변수 정의

인공 신경망 기반 품질예측 모델의 공정 변수 최소화를 목적으로 재가열 공정변수인 1~8번 램프 출력, 멘드렐 회전속도, 통풍 속도 10가지와 블로잉 공정변수인 지연시간, 1차 블로잉 시간, 2차 블로잉 시간, 배기시간 4가지에 대해 2수준 부분요인 설계를 통해 주효과도를 분석 하였다. 2수준 부분요인 설계를 선택한 이유는 많은 공정 변수에 대해 최소한의 실험을 통해 영향도, 경향성을 파악하기 위하여 선택하였다.

표 1은 불량 유형에 따른 공정별 주효과도를 보여주며, 형상 불량에서 6번, 3번 램프의 주효과도가 높고, 바텀 불량에서 지연시간, 통풍 회전속도의 주효과도가 높았으며, 센터불량에서 6번, 3번 램프의 주효과도가 높은 것을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#

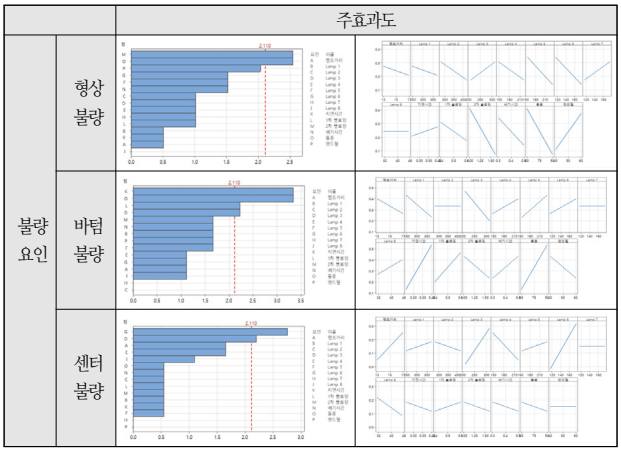


표 1 불량요인에 따른 공정별 주효과도

4. 3수준 다구찌 기법을 통한 학습 데이터 생성

인공 신경망 기반 품질예측 모델은 다양한 형상의 실험 데이터 학습을 기반으로 새로운 형상에 대하여 최소 실험 횟수와 조건을 제시하고 최적 공정 조건을 도출한다. 따라서 모델의 실험 학습 데이터를 위한 체계적인 데이터 셋 구축이 선행되어야 한다.

동일 형상의 제품에 대하여 2수준 Box-behnken법과 3수준 다구찌 실험기법을 기반으로 학습한 품질예측 모델의 두께편차 비교하였다.

두께 편차 / 학습모델 데이터	예측 두께 편차	실험 두께 편차 평균	최대 두께 편차
1. Box-behnken법	**0.051mm**	**0.062mm**	**0.065mm**
2. 다구찌 기법	**0.049mm**	**0.051mm**	**0.053mm**

표 2 학습 데이터 별 두께 편차

실험 결과, Box-behnken법은 평균 21.56%의 예측 오차율을 보여주었으며, 실제 두께 편차의 최댓값인 0.065mm를 기준으로 0.011mm의 오차 범위를 확인하였다. 반면 다구찌 기법은 평균 4.08%의 예측 오차율을 보여주었으며, 실제 두께 편차의 최댓값인 0.053mm를 기준으로 0.002mm의 오차범위 내 우수한 수준의 공정예측이 가능한 것을 확인하였다.

후 기

이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호 '20014837')

스마트제조 공급기술 검증을 위한 테스트베드 구축

조용주*,#, 고민재

Establishment of a test bed to verify key supply technologies for smart manufacturing

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

한국생산기술연구원 스마트제조혁신연구부문

Key Words : Testbed, OPC-UA, MES, AAS, Digital twin

최근, 제조산업에서는 경제압박, 인플레이션, 공급망 제약과 같은 도전과제에 대응하기 위해 디지털 전환(DX, Digital Transformation) 관련 투자를 늘리고 있는 추세이다. 특히, 제조산업에서는 인공지능, 가상현실 등 다양한 기술을 통합하면서 디지털 전환의 일부로 채택하고 있는 상황이다. 디지털 전환의 핵심기술로는 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능 및 머신러닝, 사물인터넷, 블록체인 등의 기술이 적용되고 있다. 이와 같은 디지털 전환이 제조산업에 효율적으로 적용되기 위해서는 스마트공장 및 스마트제조 환경의 구성이 선행될 필요가 있다. 즉, 스마트공장을 구현하기 위한 수직적인 통합과 수평적인 통합이 필요하다. 본 연구에서는 스마트공장의 수평적인 통합 환경을 구성하고 다양한 스마트공장 및 디지털 전환의 핵심기술을 적용하고 검증하기 위한 테스트베드를 구성한다. 본 연구에서 구축한 테스트베드에 적용한 핵심 기술은 로봇, 비전센서, OPC-UA, AAS, MES, 시뮬레이터, 디지털 트윈 등이다. 본 테스트베드의 구성 방향은 1) 다양한 공급기술의 적용을 용이하게 하는 표준 기반 데이터 및 인터페이스 구성, 2) 데이터를 활용한 문제점 분석을 위하여 사용자 기반 오류 입력 모듈 구성이다. 본 테스트베드에는 로봇과 비전센서를 사용하여 불량품과 양품을 식별하는 공정을 구성하였으며, PLC, 센서, 로봇 데이터의 연동은 OPC-UA 기반으로 구성하였으며, 특히, AAS(Asset Administration Shell)를 통한 표준 데이터 연동을 구성하였다. 또한, AAS를 기반으로 MES 시스템을 적용하고, 데이터 가시화를 위해 디지털 트윈과 시뮬레이터를 적용하였으며, 이러한 접근은 스마트제조의 효율성을 높이고 현장 적용 가능성을 탐색하는 데 가능성을 보여줄 수 있으며, 향후, 스마트제조 환경 구성 가이드 제공으로 교육적인 부분의 해결이 가능할 것이다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)'의 지원을 받아 연구되었음(RS-2022-00140864)

발표자*, 교신저자#(yjcho@kitech.re.kr)

용접 작업 변수 기반 품질 추정 연구

김회민*,#, 전성국, 김운용, 윤정록, 이동길

Study of quality estimation method based on welding action data

Hoe-Min Kim*,#, Sungkuk Chun, Un-Young Kim, Jeongrok Yun, Dong-Gil Lee

한국광기술원

Key Words : Welding action, Deep learning, Quality estimation

용접 작업 중에 발생하는 전기적인 데이터와 용접 토치의 움직임 데이터를 기반으로 딥러닝 모델을 학습한 후, 모델이 용접 품질을 제대로 예측할 수 있는지 실험하였다. 전기적인 데이터 수집 장치와 함께 용접 토치의 움직임 데이터를 취득할 수 있는 센서가 부착된 스마트 용접 토치를 활용하여 전문가와 비전문가 집단의 토치 움직임 데이터를 수집하였다. 이후 수십 밀리세컨드 간격의 데이터 샘플링 과정을 통해 딥러닝 학습에 필요한 데이터셋을 확보하였으며, 수집된 데이터셋은 몇 개 레이어로 구성된 딥러닝 모델을 학습하는데 활용하였다. 딥러닝 학습 모델을 통해 대략 90% 정확도로 전문가와 비전문가를 구별할 수 있음을 실험적으로 확인하였다. 물론 전류, 전압과 같은 전기적인 데이터와 행위 데이터를 모두 포함하여 모델을 학습시키는 것이 훨씬 높은 추정 결과를 보여주지만, 전기적인 데이터는 물론이고 작업각, 진행각과 같은 용접 작업 중에 취득할 수 있는 작업 행위 데이터 또한 용접 품질을 예측하는데 충분히 활용될 수 있음을 확인하였다. 다만 특정 용접 자세에서 취득한 데이터로 학습한 모델은 다른 자세로 작업한 용접 품질을 예측하는데 한계를 보였다. 그럼에도 불구하고 각각의 자세를 통해 학습한 다수의 모델들을 확보하고 있다면 용접 작업시 토치 움직임 정보만으로도 상당한 정밀도로 용접 품질을 예측할 수 있을 것이라고 기대된다. 이러한 결과는 향후 다양한 용접 변수를 기반으로 실시간으로 용접 품질을 예측할 수 있는 시스템을 구현하는데 활용하고자 한다.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 2023년도 현장지식 자산화 및 노동력 증강 기술개발사업(1415185743)의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(hmkim@kopti.re.kr)

유사 형상의 사출성형품 품질 예측을 위한 3차원 형상 정보 기반 인공신경망 구축에 대한 연구

이재훈[1,2,*], 박영재[1,2], 김남중[2,#], 김종수[1,#]

A study on the artificial neural networks for predicting the quality of injection molded products with similar shapes based on 3D geometric information

J. H. Lee[1,2,*], Y. J. Park[1,2], N. J. Kim[2,#], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], 가천대학교 기계공학과[2]

Key Words : Injection molding, Artificial neural network, Similar shapes, Quality prediction, Point cloud

사출성형은 높은 속도와 압력으로 금형 내에 용융 시킨 플라스틱을 주입하여 제품을 형성하는 공정으로 온도, 압력 등의 공정변수에 따라 성형품의 품질이 결정된다. 따라서, 공정변수들과 성형품의 품질 사이의 관계를 구체화하기 위한 연구들이 진행되어 왔으며 최근 들어, 인공신경망을 적용하여 변수들의 관계를 모델링하기 위한 연구들이 수행되고 있다. 그러나 단일 형상의 제품이나 금형에 대해서 품질을 예측하는 인공신경망에 대한 연구들이 주를 이루고 있으며 다양한 형상의 제품에 대한 품질을 예측하는 인공신경망의 연구는 미흡한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 곡면 디스플레이 상압본딩 시 기포 최소화를 위해 개발한 인공신경망 기술을 활용하여 그릇 형태를 기반으로 한 8개의 유사한 형상을 가진 제품에 대해서 사출성형해석을 진행하고 데이터 셋을 구축한 다음, 서로 다른 형상을 가진 성형품의 품질을 예측하는 인공신경망을 연구하였다. 각각의 제품에 대해서 총 50개의 공정조건으로 사출성형해석을 진행하고 성형품의 질량 정보를 추출하여 데이터 셋을 구축하였다. 또한, 포인트 클라우드(point cloud) 기법에 기반하여, 3차원 형상에서 추출한 좌표 집합에 의한 제품 특성들을 인공신경망에 반영하였다. 추가로 공정변수와 형상 특성은 다중 작업 학습 구조(multi-task learning)을 적용하여 각 성형품의 질량을 예측하는 모델을 구축하였다. 인공신경망의 학습에는 6개의 제품을 적용하였으며 구축된 신경망의 성능은 학습에 사용하지 않은 나머지 2개의 제품 형상으로 평가하였다. 구축된 인공신경망의 성능을 평가한 결과, 학습에 사용하지 않은 2개의 형상에 대해서 질량 품질 기준을 충족하는 예측 성능을 가지는 것을 확인하였으며 본 연구에서는 이를 바탕으로 서로 다른 형상을 가진 다수의 제품 품질을 예측하는 인공신경망의 구축과 적용에 대한 가이드를 제시하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계산업핵심기술개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023669, KM230303)

발표자*, 교신저자#(김남중 : namjungk@gachon.ac.kr, 김종수 : jskimgloria@kitech.re.kr)

품질 예측 인공신경망 구축을 위한 사출성형 해석 데이터의 증강 모형 정확도에 대한 연구

이준한*, 김종선#

A study on the augmentation model of injection molding analysis data for the quality prediction artificial neural networks

J. H. Lee*, J. S. Kim#

한국생산기술연구원 금형성형연구부문

Key Words : Injection molding, Artificial neural network, Computer-aided engineering, Augmentation, Quality prediction

본 연구에서는 사출성형 공정에서 성형품의 품질을 예측하기 위해 CAE 해석 데이터를 유사 실험 데이터로 변환하여 인공신경망 구축에 사용하는 사출성형 데이터를 증강하는 모형을 구축하였다. 제품 품질을 예측하기 위해 인공신경망을 구축하는 데는 대량의 사출성형 공정 데이터가 필요하지만 실험을 통해 충분한 데이터를 얻는 것은 많은 시간과 인력이 소요된다. 따라서 충분한 양의 사출성형공정 데이터를 품질 예측 모델에 적용하기 위해 CAE 해석 데이터를 실험 데이터로 변환하여 복합적으로 학습하는 인공신경망을 구축하고 예측 정확도에 대해서 분석하였다. 그릇 형태의 제품을 사용하여 사출성형실험과 CAE 해석을 진행하였다. 수지온도, 금형온도, 사출속도, 보압크기, 보압시간, 냉각시간의 6개 공정조건과 성형품의 질량, 직경, 높이로 구성된 50개의 사출성형 데이터 셋을 구축하고 CAE 해석 결과를 실험 결과로 변환하는 데이터 증강 신경망을 구축하였다. 실험 데이터 증강 신경망의 구축에서는 입력 변수로 공정조건과 CAE 해석에서의 품질 결과를 사용하였으며, 출력 변수로는 동일 조건에서의 사출성형실험 품질 결과를 적용하였다. 추가로 데이터 증강 신경망 구축에 사용한 공정조건 외에 새로운 50개의 공정조건을 생성하고 CAE 해석을 진행하여 성형품의 품질 결과를 추출하였다. 그 다음, 앞서 구축한 실험 데이터 증강 신경망을 적용하여 신규 공정조건에 대한 CAE 해석 결과를 유사 실험 데이터로 전환하고, 기존 사출성형 실험 데이터 셋과 통합하여 제품의 무게, 지름 및 길이를 예측하는 인공 신경망 모델을 구축하였다. 증강 데이터를 활용하여 구축된 성형품 품질 예측 모델과 실험 데이터만을 사용하여 구축된 예측 모델의 성능을 비교한 결과, 실험 데이터만을 사용하여 사출성형품의 품질을 예측하는 것보다 CAE 해석 데이터에 기반하여 증강된 복합 데이터를 활용하여 성형품의 품질을 예측하는 것이 상대적으로 우수한 예측 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 중소기업벤처부(No. 00140364, SE230069)의 지원을 받아 진행되었음.

발표자*, 교신저자#(libra74@kitech.re.kr)

Multi-task learning 기반 사출성형품 품질 예측 인공신경망의 은닉 층 구조에 따른 성능 변화에 대한 연구

이효은[1,2,*], 이준한[2], 조구영[1,#], 김종선[2,#]

A study on performance according to the hidden layer structure of an artificial neural network for injection-molded part quality prediction based on multi-task learning

H. E. Lee[1,2,*], J. H. Lee[2], G. Y. Cho[1,#], J. S. Kim[2,#]

단국대학교 기계공학과[1], 한국생산기술연구원 금형성형연구부문[2]

Key Words : Injection molding, Artificial neural network, Multi-task layer, Quality prediction, Optimization

사출성형은 용융 시킨 플라스틱을 높은 속도와 압력으로 금형 내에 주입하여 제품을 성형하며 수지, 금형 온도와 같은 공정조건에 의해서 재료의 거동 및 상태가 결정되고 품질에 영향을 미친다. 최근 들어, CAE 방식보다 더 빠르고 정확한 품질 예측을 위해 인공신경망 구축방식을 적용하는 연구들이 증가하고 있다. 그 중에서도 성형품의 복수 품질을 예측하는 인공신경망은 다중 작업 학습(multi-task learning)을 적용하는 연구들도 진행되고 있다. 다중 작업 학습은 공통적인 특성에 대해 학습하는 공유 층(shared layer)과 독립적인 특성에 대해서 학습하는 작업 층(specific-task layer)로 구분하여 각 품질에 대해서 독립적인 학습이 가능한 구조이다. 다중 학습 기법은 다수의 품질을 예측하는데 우수한 성능을 나타내나, 은닉 층의 수와 구조, 비율에 따라 과적합 등의 문제로 인해 예측 성능이 달라질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 과적합이 발생하지 않고 최적화를 할 수 있도록 다중 작업 학습에 기반하여 사출성형품의 품질을 예측하는 인공신경망을 구현하고 공유 층과 작업 층의 개수와 비율에 따른 인공신경망의 성능을 평가하였다. 그릇 형태의 제품에 대해 사출성형실험을 진행하였으며 공정조건을 입력으로, 질량과 직경, 높이를 출력으로 하는 50개의 데이터 셋을 구축하였다. 질량, 직경, 높이를 별도의 작업(task)로 할당하여 6개의 은닉 층으로 구성된 다중 작업 학습 기반 인공신경망을 구축하였다. 총 6개의 은닉 층 내에서 공유 층과 작업 층의 개수와 비율을 다르게 적용하여 인공신경망의 구조를 최적화하고 예측 성능을 비교하였으며, 다중 작업 학습을 적용하여 사출성형품의 다수 품질을 예측하는 인공신경망의 구조에 대한 가이드를 제시하였다.

후기 이 논문은 2023년도 중소기업벤처부(No. 00140364, SE230069)와 과학기술정보통신부(No. RS-2023-00213741)의 지원을 받아 진행되었음.

발표자*, 교신저자#(조구영 : guyoungcho@dankook.ac.kr, 김종선 : libra74@kitech.re.kr)

알루미늄 피어싱 공정에서 펀치 전단각에 따른 전단면 특성 평가

전용준*, 김동언#

A study on the quality of holes pierced in aluminum according to the shearing angle of the piercing punch

Y. J. Jeon*, D. E. Kim#

한국생산기술연구원 금형성형연구부문

Key Words : Aluminum, Piercing, Punch, Shear angle, Shear surface

최근 자동차와 항공기 등의 이송수단에 경량화 요구가 증대됨에 따라 알루미늄 합금과 같은 경량 소재의 사용이 증가되고 있다. 이에 따라 알루미늄 부품 또한 성형 후 기계적 체결을 위한 피어싱 공정이 이뤄지게 된다. 알루미늄 피어싱의 경우 버, 슬리버와 같은 불량이 대표적으로 발생되어 기계적 체결 불량, 제품 표면 긁힘 등의 불량을 유발한다. 이에 따라 알루미늄 전단면의 품질 불량을 감소시키기 위해 전단각을 적용하고 전단하는 방법을 적용하고 있다. 그러나 전단각 적용한 방법의 경우 단일 방향을 갖는 개곡선 형상의 전단부에 적용은 가능하나 피어싱과 같이 폐곡선 형상에 적용이 어렵다. 이에 따라 본 연구에서는 알루미늄 피어싱 공정에서 전단각을 적용하기 위해 피어싱 펀치에 각도를 적용하여 전단 후 단면 특성을 평가하고자 하였다. 전단 펀치 측벽부에 펀치 진행방향을 기준으로 0, 2, 4, 6° 를 적용하고 Al6061 두께 3 mm 소재에 대하여 클리어런스 0.1, 0.2, 0.3 mm 조건에서 전단시험 후 단면 분포를 평가하였다. 클리어런스가 작을수록 전단각도가 증가할수록 높은 전단면 분포를 보인다. 이는 전단각이 증가할수록 소재에 압축응력이 부과되어 소재의 연성이 커지기 때문이라고 판단된다. 눌림면의 경우 전단각이 증가할수록 커지게 되는데 이는 굽힘 모멘트가 증가되어 발생되는 경향이라고 판단된다.

발표자*, 교신저자#(kdu0517@kitech.re.kr)

스마트제조분야에서의 인공지능 활용 사례

이인재*, 손유경, 조진화#

Artificial intelligence use cases in smart manufacturing in smart manufacturingg

I. J. Lee*, Y. K. Son, J. H. Cho#

한국산업지능화협회

Key Words : Smart maunfacturingm Artificial intelligence, Use-case

제조분야에서 인공지능은 유지, 보수 예측을 통한 기계의 비가동 시간 감축부터 공급망 관리, 산업용 연구 가속화, 인력·교육, 무결점 생산에 이르기까지 다양한 방면으로 제조 생산성 혁신에 기여하고 있다. 또한 인공지능 기술 발전으로 인해 인간과 상호작용이 가능한 '협동 로봇'의 도입을 촉진시켜 더 빠르고 정확하며 일관된 작업 수행을 가능하게 하여 기존 노동자나 로봇만으로 이루어진 공정 대비 노동생산성을 개선할 것으로 보여진다. 최근 제조분야에 적용된 초기 형태의 인공지능은 공정 일정 관리와 같은 일부 응용 분야에 국한되어 사용되었지만 데이터 기반 학습·예측을 수행하는 발전된 형태의 인공지능은 모든 생산 단계에서 역할을 수행하고 있다.

중소 제조 공장에 도입되는 장비들은 공정에 필요한 다양한 데이터를 생산하고 있다. 장비에 부착된 여러 가지 센서들이 현재 생산 중인 품목에 따라 다양한 분석 데이터를 생산하고 있다. 하지만 아직까지 많은 제조현장에서 그 데이터들을 제조공정에 제대로 활용하지 못하고 있는 실정이다. 본 고에서는 제조분야에서의 인공지능 사용과 효과에 대해 조사하고 제조 분야마다 다른 공정 데이터의 종류, 수집, 예측 방향에 초점을 맞추어 스마트공장에서의 AI기술도입을 위한 방향성에 대해 살펴보고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부 '스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)'의 지원을 받아 연구되었음(RS. 2023-00140864)

발표자*, 교신저자#(jhcho0206@koiia.or)

LM 알고리즘을 이용한 GMA 용접공정의 비드형상 예측모델 개발에 관한 연구

심지연[1,*,#], 천현필[2]

A study on bead geometry prediction the GMAW process by Lebenberg-Marquardt algorithm

J. Y. Shim[1,*,#], H. P. Cheon[2]

한국생산기술연구원 탄소경량소재응용연구그룹[1], 한국생산기술연구원 접합적층연구부문[2]

Key Words : GMAW, Prediction of gead geometry, Lebenberg-Marquardt algorithm

최근 고객사의 선박구조물의 대형화와 고속화의 요구에 대응하기 위한 자동화 용접 기술개발이 활발하게 수행되고 있다. 특히, 조선산업에 활발히 적용되고 있는 대표 용접기술인 Gas Metal Arc(GMA) 용접은 모재와 소모성 전극이 전기적 방전에 의해 아크를 발생시키고, 발생된 고온의 아크열을 이용하여 모재와 투입되는 용가재를 녹여서 용접하는 기술이다. 용접을 이용한 구조물의 생산 공정에서 능률 및 원가절감은 필수적으로 요구되므로, 용접부의 품질을 예측하고, 이를 개선하므로서 불량률을 개선할 수 있는 연구가 시급히 필요하다. 용접부의 품질 평가하기 위해서는 비드형상을 관찰하며 이를 위해서는 각각의 시편을 절단하여 확인해야 하므로, 시간과 비용 그리고 인력이 소요된다. 이러한 이유로 최근 다양한 알고리즘을 이용한 비드형상에 대한 예측연구가 수행되었으며, 본 연구에서는 Lebenberg-Marquardt(LM) 알고리즘을 이용하여 GMA용접시 비드 형상을 예측하였다. LM 알고리즘은 비선형 문제의 least square problem을 해를 얻고자 사용되는 것으로, 행렬의 주 대각성분에 감쇠인자를 추가하여 해의 발산없이, 유효한 해를 구할 수 있다. 감쇠인자는 LM 알고리즘 구현에 가장 중요한 요소로서, 적용처 및 변수등을 고려한 최적의 값이 적용되어야 한다. 구조용 압연강재 SS400을 대상으로 6축 용접로봇을 이용한 GMA 용접실험을 수행하였으며, 입력변수로 전압, 전류, 속도, CTWD를 선정하였고, 출력변수로 너비, 높이, 용입깊이 등을 선정하여 사용하여 용접 실험을 수행하였다. 실험 후, LM 알고리즘을 이용하여, 비드 너비, 높이를 예측 모델을 개발하였으며, 실험결과와 비교를 통하여, 정확도를 검증하였다. 개발된 알고리즘은 신뢰성있는 비드 형상 예측으로 GMA 용접 현장에 폭넓게 활용 가능할 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 "완전용입 동적변수 제어 스마트 용접시스템 모듈 개발(kitech-EH-23-0007)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(shimjy@kitech.re.kr)

FE-model을 이용한 전자기 셀프 피어스 리벳팅 마찰계수 선정

김민석*, 심지연#

Estimation of friction coefficient of E-SPR using FE-model

M. S. Kim*, J. Y. Shim#

한국생산기술연구원 탄소경량소재응용연구그룹

Key Words : High velocity E-SPR, Fe/Al dissimilar rivet design, Joint quality, Shear strength

최근 자동차 산업에서는 환경규제에 대응하기 위한 연비 향상 및 자동차의 주행성능 향상을 위한 경량화 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 경량화를 위한 다종소재의 적용이 적극 검토되고 있으며, 이를 위한 다양한 다종소재 일체화 기술 개발이 진행되고 있다. 대표적인 이종소재 일체화 기술인, Self-piercing rivet(SPR)은 초고강도소재와 알루미늄 등 리벳을 이용한 이종 재질소재의 용이한 체결이 가능하며 일반 리벳공정과는 달리 사전 홀 가공없이 공정이 진행되므로 자동화가 용이하고 높은 생산성 확보가 가능하다. 이러한 공정의 장점으로, 현재 SPR은 자동차 제조에 폭넓게 적용되고 있다. 최근 SPR 적용 소재의 강도가 UHSS, CFRP 등 급격하게 증가함에 따라, 고속 SPR 기술개발이 이루어지고 있다. 고속 SPR기술은 전자기력을 이용한 펀치의 구동으로 3 m/s이상의 속도로 체결이 이루어진다. 본 공정의 이해 및 접합부의 품질 예측을 위하여 FE-model을 개발하고 이를 이용한 품질 확보는 매우 유용하다. 따라서, 본 연구에서는 초고강도강과 알루미늄의 E-SPR 실험결과를 토대로 초고강도강-알루미늄, 접합재/리벳, 접합재/금형 등에 적용을 위한 적정 마찰계수를 선정하였으며, 이를 통하여 고정도의 FE-model 개발하였다.

후기 이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014618)

발표자*, 교신저자#(shimjy@kitech.re.kr)

자동차 부품 사출공정 대상 비정형데이터 분석 알고리즘 적용 연구

고민재*,#, 조용주

A study on the application of unstructured data analysis algorithm for automotive parts injection process

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

한국생산기술연구원 스마트생산시스템연구부문

Key Words : Unstructured data, Injection process, Classification, Supervised learning

제조데이터에는 압력, 속도, 크기, 시간 등 정량적으로 테이블화할 수 있는 정형데이터와 이미지, 텍스트데이터와 같은 값을 수치화하기 어려운 비정형 데이터가 있다. 자동차 부품 사출공정에서 발생하는 설비 오류 및 제품 불량에 관련한 비정형데이터를 수집, 활용하여 설비 이상이나 제품 불량이 발생하는 현상이나 원인을 기준으로 유형 별로 분류하고 모니터링하여 우선적으로 해결해야할 순위를 정하고 이를 작업자가 빠르게 인지하여 그 원인을 제거하거나 해결하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 좀 더 정확한 설비 관리 및 불량 관리를 위하여 설비 동작에 이상이 발생하거나 제품으로 인한 이상 발생에 대한 유형을 분류하고 그의 대응방안에 대한 매칭을 최적화하여 설비 이상으로 인한 조치 시간을 단축하고 효율화 할 수 있는 방안을 마련하고자 한다. 이를 수행하기 위하여 SVM, KNN, 앙상블 지도학습 등의 모델을 적용하여 분석 속도와 시스템의 부하 등을 고려하여 모델을 선택 및 분석을 수행하였다. 다만 다양한 형태의 비정형 데이터를 수집하고자 하였으나 이상원인에 대한 비정형데이터의 확보가 충분하지 않고, 작업자에 의존해야 하는 상황이 많기에 향후 더 많은 데이터 확보가 충분히 이루어진다면 보다 최근 텍스트 분류에 높은 정확도를 보이는 XLNET 등의 최신 분석방법을 적용하여 정확한 분류 및 시간 단축에 도움이 있을 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 중소기업벤처부 스마트제조혁신기술개발사업 '자동차 부품 산업을 위한 지능형 가치사슬 플랫폼 기술 개발' 과제의 지원을 받아 연구되었음(RS-2022-0014875)

발표자*, 교신저자#(minjko@kitech.re.kr)

자동차 부품 사출데이터를 활용한 품질 진단 및 예측 연구

고민재*,#, 조용주

A study on the the detection and prediction of defects using injection data for automotive parts

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

한국생산기술연구원 스마트생산시스템연구부문

Key Words : Injection process, Quality prediction, Defect type, Cause of defect

사출공정에서 발생하는 품질 문제를 해결하기 위해 현장에서 생성되는 데이터를 사출기 I/F를 통해 수집하고 전처리하여 딥러닝 분석을 진행한다. 불량 발생을 예측하여 예방하고, 그 원인의 분석 및 영향을 주는 인자를 추출하여 양품 생산을 위한 최적 공정조건을 경험에 의존하는 것이 아닌 양품 생산데이터를 활용하여 정확한 조건 설정이 가능하도록 하기 위함이다. 불량데이터와 사출데이터가 매칭될 데이터를 수집하기가 공정 특성상 어렵기 때문에 접근이 용이한 일별 불량개수와 같은 품질에 직접적인 영향을 주는 데이터를 활용하여 모델링을 진행하고 분석 결과에 따라 데이터를 증강하여 분석을 진행하였다. 불량 유형의 특성을 학습하여 불량 건수에 대한 예측을 진행하고 불량의 유형이 어떻게 분포하는지 예측함으로써 분석 모델의 결과에 따라 영향인자들을 도출하여 인자들의 조정을 통한 품질 효율 작업에도 효과를 줄 수 있을 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 'DX한걸음 프로젝트사업 – 금형 사출공정의 정형/비정형 데이터를 활용한 DX 전환 서비스 플랫폼 기술 개발 과제'의 지원을 받아 연구되었음(P0024781)

발표자*, 교신저자#(minjko@kitech.re.kr)

고강도 마르텐사이트 강의 평탄도 개선을 위한 롤 레벨링 기술 확보에 대한 연구

김근호[1,*], 정우영[2], 정규철[3], 윤종헌[3,#]

Investigation on securing roll leveling technology to improve the flatness of high-strength martensitic steel

G. H. Kim[1,*], U. Y. Jeong[2], K. C. Jeong[3], J. H. Yoon[3,#]

㈜아산[1], 한국자동차연구원[2], 한양대학교에리카[3]

Key Words : Ultimate high strength steels, Material flatness, Seat cross, Roll forming member, Advanced production, Quality verification

자동차의 연비향상을 위해 차체 경량화와 충돌 안전성을 위한 내구성 확보를 위해 1.5GPa급 이상의 초고강도강에 대한 사용이 증가하고 있다. 롤포밍 공정은 성형성이 높은 고강도강의 성형을 위해 사용되어 왔으며 프레스 공법과 달리 연속적인 굽힘 공정을 통해 목표로 하는 단면을 성공적으로 성형할 수 있다.

본 연구에서는 초고강도강 냉간 롤포밍 공법을 적용하여 차량 주행 중에 측면 충돌 시 발생하는 충격을 흡수하여 세이프티 존을 유지하는 자동차 차체부품의 시트크로스멤버(Seat Cross Member) 부품을 개발하는데 가장 중요한 핵심요소인 소재 평탄도 개선에 대한 기술을 확보하였다.

초고강도강 소재 평탄화의 경우 성형에 있어 많은 영향을 미친다. 소재의 평탄도가 나쁠 경우 후공정에서 차체부품 품질확보가 어려울 뿐 아니라, 잦은 금형 파손 문제 등으로 생산성이 저하된다는 문제점이 있다. 소재 평탄도의 경우 소재 샘플 채취 후에 3D스캐너 또는 정반위의 하이트게이지를 이용하여 평탄도를 측정한다. Lot별 품질 산포가 높아 품질 향상을 위해서는 원소재의 평탄도 개선이 반드시 필요하다. Coil 평탄도 확보를 위해 기본적으로 Leveler 작업을 통해 평탄도를 개선하지만 초고강도강 차체부품의 품질을 확보하기 위해서는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하고 불량률을 더욱 감소시키기 위해 롤 레벨링 기술 확보에 대한 효과를 극대화 할 수 있는 방법을 설명 하였다.

후기 본 연구는 한국산업기술진흥원 양산성능평가지원사업의 'P206200112 전기차 충돌 안전성능 강화용 시트크로스멤버 양산성능 최적화 기술 개발' 과제로 수행된 연구결과입니다

발표자*, 교신저자#(jyoon@hanyang.ac.kr)

베인 갯수에 따른 사이클론 집진기의 속도분석

장성철[1,*,#], 임주한[2], 이중섭[3]

Velocity analysis of cyclone collector based on number of vanes

S. C. Jang[1,*,#], J. H. Im[2], J. S. Lee[3]

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 지능형기계과[1], ㈜아이엔테코 기술연구소[2], 한국승강기대학 승강기공학부[3]

Key Words : Velocity analysis, Cyclone collector, Number of vanes

사이클론은 백필터 집진기의 전단에 설치되어 30㎛ 정도의 미세먼지를 필터링하는 장치이다. 본 연구는 표준형 원심력 집진기 설계에 관한 기초적인 자료를 수집하고, 추후 설계에 적극적 반영을 위해 기준이 되는 모델을 제시하는데 그 목적이 있다. 따라서 기준모델에 대한 이해를 통해 보다 향상된 모델을 설계자가 찾을 수 있기를 바란다. 사이클론의 경우 구조가 간단하고, 비교적 효율이 높아 예전부터 많이 사용되고 있는 집진기이다. 그러나 간단한 구조에 비해 내부 유동이 복잡하게 작용하고 있어 실제 설계를 담당하고, 납품하는 관련업체의 경우 대부분 경험에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 사이클론에 설치된 베인 개수별 기초적인 유동특성을 파악하고자 하였다. Fig. 1과 같이 전체적으로 나타내었다. Model-1의 경우 베인의 개수가 총 9개 설치되어 있고, 측면에서 유입되는 구조로 설계되었다. Model-2의 경우 베인의 개수가 총 9개 설치되어 있고, Model-1의 유입부를 상부에서 유입되는 구조로 설계되었다. Model-3의 경우 베인의 개수가 총 9개 설치되어 있고, Model-2의 입구배관 직경과 동일하게 집진기 케이스로 설계되어 상부에서 유입되는 구조로 설계되었다. Model-4의 경우 베인의 개수가 총 11개 설치되어 있고, Model-3과 동일하며 베인의 개수만 증가된 모델이다. 입구배관 직경과 동일하게 집진기 케이스로 설계되어 상부에서 유입되는 구조로 설계되었다. Model-5의 경우 Model-4와 동일하지만 집진기 내부 출구로 빠져나가는 배관의 길이가 50mm 증가된 것이 차이점이다.

후기 이 논문은 중소벤처기업부 '지역특화산업육성과제'의 지원을 받아 연구되었음(No. S3265930)

발표자*, 교신저자#(jsc@kopo.ac.kr)

디지털 전환 선도사례를 통한 산업 지능화 생태계 조성 방안

권수현*, 김태락, 김요섭, 송정훈#

Proposal to create an industrial intelligence ecosystem through leading case of digital transformation

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

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : Smart manufacturing, Smart factory, Digital transformation, Industrial intelligence ecosystem, Service platform

디지털 전환 기술은 산업혁신과 국가 경쟁력 향상을 위한 핵심 요인으로 부상하고 있으며, 제조 기업에서는 제조데이터의 분석과 활용을 위한 중요기술로 활용하고 있다. 디지털 전환 기술의 고도화에 대한 요구와 활용범위의 확대로 인해, 디지털 전환을 위한 수요기업과 공급기업의 원활한 협력이 중요한 상황이다. 하지만 디지털 전환에 대한 생태계 조성이 미흡하여 기업 간 협력에 제한적인 실정이다.

본 연구에서는 본격적인 디지털 전환 추진을 가속화하기 위해 지역 특화 산업 중심의 디지털 전환 전략 추진 모델 및 선도적 적용 사례를 소개하고, 이를 통한 기업 간 협력 및 성과창출 방안을 제시하고자 한다. 특히 산업 DX 협업지원센터의 맞춤형 디지털 전환 개발·적용, 융합 얼라이언스 운영, 산업 AI 내재화 전략을 제안한다. 본 연구를 통해 수요기업과 공급기업의 시너지 창출을 극대화하여 산업 밸류체인 공급기술 고도화뿐만 아니라 산업 생태계 전반에 제조데이터의 활용성을 높여 산업 지능화 생태계 조성에 기여할 것으로 기대한다.

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

자동차 부품산업의 3대 분야 디지털 트윈 서비스 확산 방안

김요섭*, 송정훈#, 권수현

Proposed spread of Digital twins service in three major areas of the automobile parts industry

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

(재)경북테크노파크 경북스마트제조혁신센터

Key Words : Digital Twin, Service, Automobile parts industry

사회 각 분야에서 디지털 전환이 각광을 받고 있으며, 저출산 및 고령화에 따른 인력난 및 노동력 감소에 대한 해결책으로 제조업 분야의 디지털 전환을 위한 스마트팩토리 구축 및 고도화의 움직임이 활발하다. 특히, 자동차 부품산업의 경우에도 제조생산기술 혁신 및 중대재해처벌법 시행에 따른 기업 안전보건관리체계 구축이 필요불가결하게 되었다. 본 연구에서는 디지털 트윈 기술에 대한 기업의 수요현황 및 기술개발현황을 바탕으로 자동차 부품산업의 디지털 전환을 위한 디지털 트윈 3대 분야(특화서비스, 생산관리, 안전관리)의 실증서비스 적용결과를 제시한다. 추가적으로 자동차 부품산업의 확산하는 방안과 성과를 극대화 할 수 있는 전략을 제시하고자 한다. 본 연구를 통해 자동차 부품산업의 디지털 트윈 서비스 활용 및 지능형 자율공장 구축을 위한 저변 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '스마트제조 기술개발사업(자동차 부품산업을 위한 지능형 가치사슬 플랫폼 기술 개발)'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2022-00140875)

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

12월 14일 [목]

포스터 II 발표 논문

운동 영상 기반 3차원 학습자 특징점 누락 위치 보간에 대한 연구

가동훈*, 김대근#

A study on the interpolation of missing location of 3D learner feature points based on motion imaging process

D. H. Ga*, D. K. Kim#
단국대학교 기계공학과

Key Words : Pose estimation, Interpolation

최근 몇 년 사이에 건강에 대한 대중의 관심이 점진적으로 증가하고 있다. 이러한 변화는 특히 스포츠 분야에서 두드러지며, 다양한 연령층과 사회 계층에서 스포츠에 대한 관심이 증가하고 있다. 이는 건강한 생활방식을 추구하는 현대인의 경향을 반영한다. 이와 동시에, 모든 스포츠에서 올바른 자세의 중요성이 강조되고 있으며, 자세 교정을 위한 다양한 방법과 기술이 개발되고 있다.

본 연구의 목적은 딥러닝 기술을 활용하여 인간 접촉을 최소화하면서 사람의 관절과 스포츠 장비를 인식하는 프로그램을 개발하는 것이다. 특히, 본 연구에서는 골프 클럽을 중점적으로 다루고 있다. 연구 방법론으로는, 카메라를 정면과 측면에 동일한 높이로 설치하여 인체와 골프 클럽을 동시에 촬영하고, 촬영된 화면에서 사람과 골프 클럽의 특징점 위치를 예측한다. 이 과정에서 2D 이미지를 활용하여 딥러닝 기술로 특징점을 인식하게 되는데, 이때 발생할 수 있는 특정 위치의 인식 오류나 누락 문제를 역학적 방법으로 해결하고자 한다. 이를 통해, 각 화면에서 촬영된 동일 위치의 좌표를 연결하여 정확한 3차원 모델을 구축할 수 있다. 특히, 골프 스윙 시 골프 클럽의 큰 움직임 경로를 고려하여, 측면 카메라에서 촬영 거리에 따라 변하는 물체의 크기가 달라진다. 이러한 문제를 해결하고자 거리에 따른 물체 크기 변화를 분석하여 보다 정밀하게 보정하고자 한다.

발표자*(choco99999@naver.com), 교신저자#(dkim@dankook.ac.kr)

인공지능 객체 인식 기반 비정형 객체의 3차원 공간 좌표를 통한 로봇 교시

강종현*, 김대근#

Robot teaching based on 3D spatial coordinates of unstructured objects using AI object recognition

J. H. Kang*, D. K. Kim#

Key Words : Object detection, Robot teaching, 6-DOF pose estimation

현대 제조 및 산업 분야는 지속적으로 발전하고 있으며, 특히 협동로봇을 활용한 인간과 기계 간의 교시를 통한 협업이라는 더 정교하고 효율적인 방법을 요구하고 있다. 하지만 전통적인 티칭 펜던트 방식의 로봇 교시는 숙련된 작업자들의 복잡한 동작과 행동을 디지털 기술로 재현하는데 있어 한계를 가지고 있다. 이에 본 연구를 통해 인공지능 기반 영상 내 객체 인식 기술을 활용하여 비정형 객체의 6 자유도 자세는 추정하는 영상기반 실시간 로봇 교시를 구현하였다. RGB 카메라와 깊이 카메라를 이용하여 비정형 객체에 대한 컬러영상과 이에 대응되는 깊이지도를 획득하고 인공지능 기반 객체 인식 추론 모델을 통해 3차원 공간 좌표를 도출함으로써 실시간으로 협동로봇을 구동하는 시스템을 설계하고 제작하였다. 비정형 객체 인식을 위한 기계 학습을 진행하였으며 이의 정확도를 평가하였다. 또한, 공간내 기준점 및 기준 경로를 설정하고 비정형 객체를 기준점에 위치하고 기준경로를 따라 이동함으로써 이의 6자유도 자세 추정 정확도 및 정밀도를 평가하였다. 최종적으로 객체의 추정된 자세로부터 협동로봇의 암과 그리퍼 구동제어를 통해 객체의 움직임을 협동로봇이 추종함을 검증하였다.

발표자*(lommkjh@dankook.ac.kr), 교신저자#(dkim@dankook.ac.kr)

OES의 신호 대 잡음비 향상을 위한 신호처리 알고리즘에 대한 연구

육영준*, 이건우, 사이풀, 심재홍, 김효영, 김기현#

Research on Signal processing algorithm to improve signal-to-noise ratio of OES

Y. J. Yuk*, G. W. Lee, M. S. ISLAM, J. H. Shim, H. Y. Kim, K. H. Kim#

한국공학대학교 메카트로닉스 공학부

Key Words : Semiconductor, Plasma, Leak, OES, PCA, KNN,

반도체 소자의 고집적화 및 기술의 발전은 성능을 향상시킴과 동시에 공정 기술의 난이도는 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이다. 때문에 반도체 공정 이상 감지용 공정 모니터링 센서 기술의 수요는 증가함과 동시에 요구하고 있는 성능도 높아지고 있다. 본 논문에서는 반도체 공정 이상 중 하나인 Leak를 검출하기 위한 노이즈 저감 알고리즘을 개발한다. Leak는 플라즈마를 생성하는데 필요한 진공 프로세스 챔버내에 원치 않는 기체의 유입으로 미세한 Gap 또는 Outgaussing에 의해 발생한다. 이렇게 발생한 Leak는 플라즈마 불량 또는 웨이퍼 오염등으로 불량의 원인이 된다. OES(Optical Emission Spectroscopy)는 플라즈마에서 발생하는 광을 분광분석하여 진공 프로세스 챔버의 기체 성분과 양을 검출할 수 있고, 구성 기체의 변화를 감지함으로써 OES는 Leak를 검출한다. 본 논문에서 기술하는 신호처리 알고리즘은 플라즈마에서 발생하는 광을 OES에서 분광분석할 때 검출감도가 높은 파장대를 찾고 PCA(Principal Component Analysis)를 이용하여 노이즈를 제거함으로써 신호대 잡음 비(Signal to noise ratio)를 향상시키는 알고리즘을 기술하고 있다. 본 알고리즘을 이용하여 진공 프로세서 챔버 내에 발생하는 미세한 Leak를 정확하게 찾아내어 반도체 품질 향상 및 불량률 감소를 기대할 수 있다.

후기 이 논문은 산업통산자원부(MOTIE)에서 지원하는 2023년도 전자부품산업 기술개발(1415185203), 산업혁신인재양성사업(P0008458) 의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(khkim12@tukorea.ac.kr)

협동로봇을 활용한 인서트 사출 금형의 자동화 시스템 개발

김명호[1,*,#], 안향선[2]

Development of automation system for insert injection mold using collaborative robots

M. H. Kim[1,*,#], H. S. Ahn[2]

한국생산기술연구원[1], 대경에이티㈜[2]

Key Words : Electric/Hydrogen vehicles, Insert injection mold, Automation system, Collaborative robot

자동차는 다수의 전장부품으로 구성되어 있고 부품 구조의 단순화, 안전성, 후작업의 편리성 등을 위해 인서트 사출성형을 활용하고 있으며, 자동차의 발전에 따라 다양한 기능이 추가되어 인서트 부품의 종류와 개수가 증가하는 복잡한 형태의 사출 부품이 개발되어 지고 있다. 특히 기존 내연기관차에서 엔진 동력으로 작동하던 냉각 장치, 공조 장치, 조향 장치 등이 전동화로 전환되면서 인서트 사출 부품의 수요가 증가하고 있다. 전기/수소차용 열관리 시스템에 적용되는 EWP(Electric Water Pump) Controller는 외부 전원을 BLDC 모터에 연결하는 기능을 하는 부품으로서 15개의 단자(Terminal)를 금형에 삽입하여 사출성형으로 생산된다. 현재의 인서트 사출 생산방식은 작업자가 직접 사출기 내부의 금형에 단자를 삽입시키는 방식으로, 작업자 개인의 숙련도에 따른 Cycle time 불 균일과 휴먼 에러의 발생, 작업자의 지나친 피로와 안전문제 등 여러 가지 불안요소를 상시 내포하고 있다. 본 연구에서는 가반하중 10kg, 최대 작업영역 1,300mm인 6축 협동로봇 3대와 툴 체인져(Tool Changer)를 활용하여 인서트 공정 자동화를 위한 Lay-Out을 설계하였으며, 15개의 단자를 각각 5개씩 장착이 가능한 로딩 블록(Loading Block)과 단자의 형상에 따른 그리퍼 및 죠우(Gripper & Jaw) 9종을 제작하여, 3대의 협동로봇이 서로의 간섭없이 단자를 금형에 삽입하는 자동화 시스템을 개발하였다. 추후 단자의 삽입과 사출의 완료 후 불량의 여부를 판단한 할 수 있는 비전 검사 시스템을 추가하여 시스템을 제작 및 적용할 예정이며, 생산성 향상, 균일한 품질 확보, 안전사고 방지, 작업 기피 해소, 생산 원가절감 효과 등을 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2022년도 중소벤처기업부의 '공정·품질 기술개발사업 혁신형R&D(고도화과제)' 사업의 지원을 받아 연구되었음(S3272778)

발표자*, 교신저자#(mhtoyou@kitech.re.kr)

건설기계용 대형 실차 내후챔버 열교환기의 유체 흐름에 따른 항력 해석

이연호*,#, 김정구

Analysis of drag according to fluid flow of heat exchanger in massive environment testing chamber of construction machinery

Yeonho Lee*,#, Junggu Kim

한국생산기술연구원

Key Words : Construction machinery, Massive environment testing chamber, Heat exchanger

최근 교량,도로,항만과 같은 대형공사에 대한 수요가 늘어남에 따라 인건비 절감 및 공사기간 단축을 위해 다양한 건설기계가 개발되어 활용되고 있다. 건설기계는 고온, 저온, 강우, 다습 등 다양한 환경에서 운영하게 되는데 각 환경별 차량의 내구성 검증을 위해 대형 환경시험 챔버를 활용한다. 환경시험 챔버의 경우 일반적으로 열교환기, 히터, 냉각기, 강우 노즐, 가습기, 제습기 등으로 구성되어 있으며 요구되는 다양한 환경시험 규격에 대응하기 위해 구성된 모듈들을 통합 제어한다. 이러한 환경시험 규격 중 고온,다습 조건에서 저온으로 제어할 경우 제거되지 못한 수분이 열교환기에 결정화되어 유체 흐름에 의한 항력을 발생되게 되는데 결정화된 면적이 크면 클수력 항력이 높아져 열교환기가 파손되는 경우가 발생한다.

본 연구에서는 한국생산기술연구원이 보유하고 있는 환경시험 챔버에 수분의 결정화 면적에 따른 항력을 해석하여 분석 하였으며, 이에 따른 구조 개선안을 도출 하였다.

발표자*, 교신저자#(leeyeonho@kitech.re.kr)

다중회귀분석을 통한 기초공사용 강관압입기의 파일링 예측 모델 개발

이연호*, 장홍석, 최성준#

Development of piling state prediction model of piling equipment through multiple regression analysis

Yeonho Lee*, Hongseok Jang, Sungjoon Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : IWD-method, Piling equipment, Multiple regression analysis, Piling state prediction model

강관압입기는 지반에 강관(Steel pipe)를 수직으로 압입할 수 있는 장비로서, 연약지반의 보강을 위해 지반을 개량하거나 건물, 교각, 기타 구조물 등의 기초(Base) 공사를 위해 활용되는 건설토목 장비이다. 이 장비는 기존에 기초공사용으로 활용되고 있는 항타기에 비해 저소음, 저진동 공사가 가능하며, 배토가 거의 없어 추가 작업을 줄일 수 있기에 공사 비용을 절감할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 최근 인구 고령화의 추세로 인해 건설현장의 인력 수급이 어려워지고 있어서 자율작업의 필요성이 나날이 증가되고 있다.

강관압입기 작업시 암반 및 진공층과 같은 특이 조건 발생 될 확률이 높고, 지반의 특성을 예측할 수 있는 모델링이 어려워 자율작업 기술 개발이 다소 난해하다. 또한, Model-free 방법을 적용하여 강화학습을 활용할 경우, 다양한 굴착 환경 변수를 학습시키기 위해 다수의 시험으로 시간이 너무 오래 걸리며, 높은 연료비와 시험 사고 발생 가능성 등으로 인해 모델 개발에 제약 사항이 많다.

본 논문에는 이러한 다양한 제약 상황들을 극복하기 위해 실차 시험을 대체할 수 있는 파일링 예측 모델(Piling Prediction Model)에 대해 서술하였다. 우선은 실차를 활용해 굴착 제어 변수의 변화에 따른 파일링 시험을 수행하여 일부 실측 데이터를 확보하였고, 데이터 중 80%를 기반으로 다중회귀분석을 수행하여 각 제어 값에 대한 제어 압력, 기울기 변화, 파일링 속도의 예측 모델을 개발하였다. 또한, 계측 데이터 중 20%를 활용해 예측 식 검증을 수행하였다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

와이어 다발 운반 작업을 위한 롤러 기반의 가변 강성 소프트 그리퍼

이재영[1,2,*], 서용신[1,2], 박동일[1], 박종우[1], 휴고 로드리그[2], 송성혁[1,#]

Roller-based variable-stiffness soft gripper for transferring wire bundle

J. Y. Lee[1,2,*], Y. S. Seo[1,2], D. I. Park[1], J. W. Park[1], Hugo Rodrigue[2], S. H. Song[1,#]

한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Wire grasping gripper, Soft gripper, Roller gripper, Stiffness-variable structure

최근 스마트 공장에 대한 수요가 증가함에 따라 다양한 제조 분야에서 인간 개입을 최소화 하기 위한 자동화 시스템을 도입하고 있다. 그러나 복잡한 조립 작업과 유형화 되어 있지 않은 공정에 적응의 필요성을 동반되는 작업 영역 등으로 인해 현재의 로봇 시스템의 사용처가 제한 되고 있다. 특히 케이블 정렬 작업에서 와어이링 케이블은 가전제품, 자동차, 오토바이, 건설기계 등에 사용되는 주요 부품 중 하나로, 시스템 내부의 다양한 장치를 상호 연결해 주는 전선 뭉치이다. 와이어링 케이블 특성상 형상이 일정하지 않고 다발로 이루어져 있어, 일반 그리퍼로 잡기에 한계가 존재하기 때문에 아직 수작업에 의존하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전선의 힘과 위치를 실시간으로 감지할 수 있는 그리핑 팁에 부착하는 센서가 제안 됐지만, 단일 전선만 제어가 가능하고, 비전 인식 시스템을 기반으로 네 개의 USB 케이블을 다룰 수 있는 그리퍼가 개발됐지만, 이는 미리 결정 된 전선 크기만 관리 할 수 있고, 기존의 일반 그리퍼를 사용하기 때문에 다수의 케이블을 잡기에 적합하지 않다.

본 연구에서는 전선과 케이블의 형태에 따라 적응할 수 있는 롤러 기반의 가변 강성 소프트 그리퍼를 제시한다. 이 롤러 기반의 그리퍼는 롤러 메커니즘과 표면을 실시간으로 강성 변화가 가능해 전선과 케이블의 형태에 따라 적응이 가능하여 형태를 미리 알기 어려운 비정형 케이블의 경우에도 특별한 파지 전략 없이 쉽게 파지 할 수 있어, 효과적인 이송 및 배치 작업이 가능하다.

후기 This work was supported by the Technology Innovation Program (No.20012602) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Government.

발표자*, 교신저자#(shsong@kimm.re.kr)

3D 라인 스캔 카메라를 이용한 차량용 모터 헤어핀 코일 사이즈 검사

최용만, 김홍열, 정휘성, 김재희*,#

Automotive motor hairpin coil size inspection using 3D line scan camera

Y. M. Choi, H. Y. Kim, H. S. Jung, J. H. Kim*,#

(주)게스

Key Words : Hairpin coil, 3D camera, Size inspection

1. 서 론

온실가스 주요 배출원인 자동차 산업은, 친환경화에 대한 전 세계적 관심에 힘입어 상용 전기차로의 전환이 가속되고 있으며, 상용 전기차 핵심기술은 구동시스템, 에너지저장시스템, 공조시스템, 충전시스템 등 부품군 단위로 구분 가능하고, 본 논문에서는 구동시스템에서 모터 헤어핀 코일 검사장비 개발하고자 한다.

2. 헤어핀 코일 사이즈 검사 실험

본 헤어핀 코일 사이즈 검사 실험을 위해서 3D Line Scan Camera, 3D Hairpin Detection System, Stage Control Driver, Move Stage 등을 Fig. 1과 같이 구성하였고, 헤어핀 코일 크기 맞추어 3D Line Scan Camera는 최대 폭 100mm, Pixel Resolution 50 μm, Scan rate 최대 200mm/s 구동하도록 구성하였다.

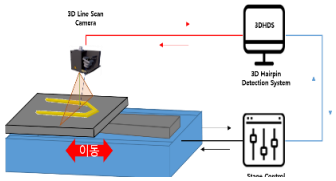


Fig. 1 Configuration of hairpin coil inspection equipment using 3D line scan optical system

그리고 Fig. 2와 같이 3D Hairpin Detection System의 알고리즘들을 및 S/W를 구성하였다. 3D Hairpin Detection System은 외부트리거들의 신호를 받아 3D 라인 스캔 카메라 영상획득(3D Image Created) 이루어지며, 3D 영상처리(Image Processing)를 통해 주요치수를 측정한다. 획득된 영상은 사각형 에지 검출(Square Edge Detection)(1)(2)을 통해 에지(Edge)를 검출하고, 에지로부터 직선의 방정식을 구한 후에 인접한 두 개의 에 지의 교점을 구한다. 이렇게 구한 교점들을 연결하여 치수 선을 구한 후 치수 선들의 거리를 계산함으로써 주요치수들을 측정하고, 입력된 기준 값과 비교하여 OK/NG를 표시한다.

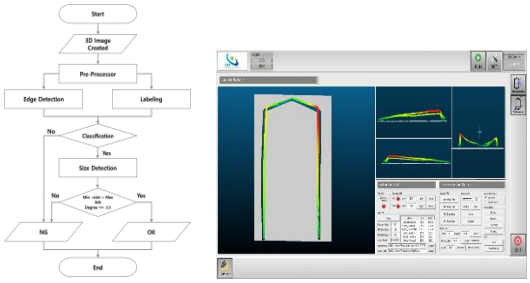


Fig. 2 Hairpin coil size vision algorithm and GUI

3. 실험 결과 및 고찰

헤어핀 코일 사이즈 검사 실험은 Scan rate을 50mm/s, 100mm/s, 150mm/s, 200mm/s으로 설정하여 각각 50회식 영상을 취득하고, 취득된 영상에서 헤어핀 코일의 주요치수 위치의 측정값의 평균 값을 Table 1과 같이 정리하였고, 표준편차를 측정하여 Table 2와 같이 정리하였다.

Fig. 3와 같은 주요치수 위치를 검출하여 신뢰성과 반복성을 측정하였으며, 측정된 평균값은 Table 1에 나타내었다.

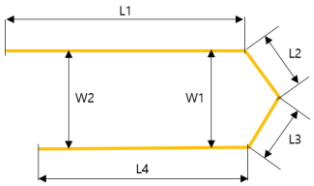


Fig. 3 Hairpin coil size inspection location

Table 1 Hairpin coil size measurement average value (mm)

Scan rate (mm/s)	Measuring position					
	L1	L2	L3	L4	W1	W2
50	215.81	210.71	40.3	40.42	67.43	70.51
100	215.66	210.59	40.24	40.41	67.42	70.5
150	215.69	210.64	40.19	40.38	67.38	70.36
200	215.71	210.72	40.21	40.37	67.36	70.38

Table 2 Hairpin coil size measurement standard value (mm)

Scan rate (mm/s)	Measuring position					
	L1	L2	L3	L4	W1	W2
50	0.003	0.002	0.006	0.003	0.007	0.009
100	0.006	0.004	0.005	0.004	0.008	0.006
150	0.004	0.005	0.002	0.003	0.005	0.006
200	0.006	0.003	0.006	0.007	0.008	0.007

Scan rate (50 ~ 200mm/s)의 6 개 주요치수 위치의 평균값의 최대 오차 범위는 Table 1에서 확인 한 결과 0.0775mm 이고, 50mm/s의 최대표준편차는 0.009mm, 100mm/s의 최대표준편차는 0.008mm, 150mm/s의 최대표준편차는 0.006mm, 200mm/s의 최대표준편차는 0.008mm 이므로 검사의 정밀도는 77.5μm ± 9μm 임을 알 수 있었고, 사용자의 요구 정밀도는 100μm 이내이므로 개발한 시스템의 정밀도가 우수함을 확 인할 수 있었다.

참 고 문 헌

(1) Lee, H. S., Kim, J. H., 2021, Electric vehicle Pouch battery dimension inspection system, Journal of Korea Multimedia Society, 24(9), 1203-1210.

(2) Kim, J. H., Kim, H. Y., 2022, Electric Vehicle Pouch Battery Tape Dimension Inspection System, 2022 IEIE Summer Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea, 993-995.

발표자*, 교신저자#

AGV 주행 안정성을 위한 다물체 동역학 해석

이준희*, 강대현#

Multi-body dynamic analysis for driving stability of AGV

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

현대위아

Key Words : AGV, Driving stability, Multi-body dynamic analysis, Emergency stop, Center of gravity

AGV(Automatic guided vehicle)는 현재, 제조 시설이나 유통 센터 등에서 주로 자재를 자동으로 이동시키는 수단으로 자리매김했다. 물류 산업에서 AGV는 자재를 짧은 시간에 가능한 많이 운송하는 것이 중요하지만, 주어진 이송조건과 발생할 수 있는 다양한 환경 변수에 대해 자재를 안정적으로 운송하는 것도 중요한 부분이다. 이에 대해 본 연구에서는 자재 운송에 사용될 AGV의 주행 안정성 평가를 위해, 다물체 동역학 해석을 수행하였다. 주행 시 가장 위험할 것으로 예상되는 최대 속도 주행 중 긴급 정지 상태를 주행 조건으로 고려하였고, 설계 특성상 긴급 정지에 취약한 횡방향 주행을 적용하였다. 주행 안정성에 영향을 미칠 주요 인자로는 적재되는 자재의 무게중심으로 판단하였고, 이에 따라 자재 무게중심 높이와 편심량 등을 달리하여 하중 조건을 고려하였다. 주행 안정성 판단 기준은 긴급 정지 시 AGV가 넘어지거나, 자재를 적재한 팔레트가 AGV로부터 이탈한 경우를 안정성 불만족으로 판단하였다. 또한, 긴급 정지 시 지면으로부터 캐스터 이격량을 비교하여 AGV 캐스터 폭(간격)이 주행 안정성과 밀접한 관련성이 있음을 보였다. 본 연구 결과는 주행 안정성 측면을 고려한 AGV 상세 설계와, 적재할 자재의 무게중심 안전 범위를 검토하는데 활용될 수 있다.

발표자*, 교신저자#(ljh91225@hyundai-wia.com)

효과적인 환경 인지 및 모델링을 위한 상용 LiDAR제품들의 성능 분석에 대한 연구

이래경*,#, 권용성, 안수용

Research on performance analysis of commercial LiDAR products for effective environmental perception and modeling

L. K. Lee*,#, Y. S. Kwon, S. Y. An

한국전자통신연구원(ETRI)

Key Words : LiDAR(Light Detection And Ranging), Environmental perception and modeling, Performance analysis

1. 서 론

최근 생산/제조 공정 환경의 자동화와 더불어, 현장내 스마트 팩토리 및 로봇/자동기기 운영시스템의 고도화를 위해 점차 기존 1차원 센서, 카메라기반 시스템에서 RGB-D/3D LiDAR정보를 활용하는 시스템으로 변화하고 있는 추세이다. 이에 본 논문에서는 기존 LiDAR센서의 주요 사용 목적(환경/장애물인지 - 사람/객체, 평면 검출, 지도작성 등)에 따른 상용 LiDAR 제품들의 사양 비교 및 성능 평가 지표의 제안을 통해, 현장 적용에 필요한 LiDAR센서의 경제성과 활용성에 기반한 효과적인 센서의 선택에 대한 연구를 수행하였다.

2. 상용 LiDAR 제품의 성능 평가 및 평가 지표

국내외 다수의 LiDAR 제품들을 출시되고 그 우수성이 소개되고 있지만, 일반적으로 고가의 3D 다채널 LiDAR 제품의 경우 실제 사용자의 관점에서 적용 대상/활용 목적에 따른 유효한 센서의 선택 여부, 현장 활용 가능성, 장/단점 등에 대한 관련 연구와 관련 분석 자료들은 상당히 부족한 현실로서 도입 시 가장 큰 걸림돌이 되고 있다.

이러한 상황에서 본 논문에서는 생산/제조환경(실내외 30m이내)에 대한 환경 인지 및 모델링의 관점에서, 기존 대표 LiDAR 제조사들(Velodyne, Hesai, Ouster, RoboSense 등)의 제품들 중에서 학술적/상업적 대중성과 현장 활용성(제품 안정성, 신뢰성 등)을 바탕으로 그림 1과 같은 대표적인 3가지 제품들을 선택하고, 기본적인 제품 사양의 비교 이외에 사용 목적(장애물 인지/검출, 지도작성/3D 모델링 등)과 환경 조건에 따라 취득 데이터기반 정성적, 정량적 성능 평가지표를 제안하고, 여기에 비용적 효율성(가격/활용성)까지 고려한 최종 평가 항목을 바탕으로 성능 비교, 평가를 수행하도록 하였다. 특히, 제안하는 정량적 평가의 경우, LiDAR자체의 기본 데이터 센싱 능력(정성적, 정량적 데이터)을 바탕으로 장애물인지, 지도 작성 등의 사용 목적들을 고려하여 획득된 Point Cloud 데이터의 통계적 정보(대상체내 Point수/밀도, 평균 밝기분포 등)를 기준으로 보다 직관적이며, 범용성을 가질 수 있도록 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

운영 환경 및 목적의 다양성(실내-벽면 & 중/장거리 검출, 실외-장애물 검출, 환경 인지)을 감안한 여러 실험들을 수행하였고, 그림 1, 표 1와 같이 정성적/정량적 성능 평가의 결과를 확인하였다. 특히, Velodyne사 VLP-32C센서의 경우, 우수한 검출 능력과 비 선형적 레이저 빔 분포 특성으로 모든 실험에서 우수한 성능을 보였고, Ouster사의 OS1-32센서는 환경 특성이나 검출 능력에서 비교적 미흡한 성능을 보였다. 그리고, Hesai사 PandarXT-32센서는 균등 레이저 빔 분포에도 모든 실험에서 우수한 검출 성능과 함께 경제적 장점(VLP-32C센서의 60%가격)까지 보유함으로써, 성능과 경제성을 모두 갖춘 최적의 센서로 평가되었다. 이는 기존 연구[1]와 비슷한 결과로, 제안된 실험과 평가 지표/방법의 유효성을 객관적으로 검증할 수 있었다.

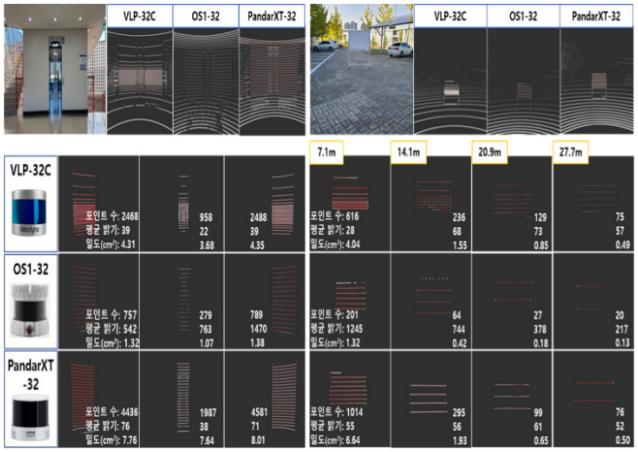


Fig. 1 Sensor performance results (Indoor/Outdoor)

Table 1 Performance Comparison of selected sensors

	실험 항목	통합 평가치(성능/가격: 70/30)		
		VLP-32C	OS1-32	PandarXT-32
실내 환경	벽면 검출	92	83	**96**
	중장거리 검출	**95**	85	93
실외 환경	장애물 검출	**96**	83	**96**
	환경 인지	94	85	**97**

후 기

본 연구 논문은 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음. [23ZD1160, 대경권 지역산업 기반 ICT 융합기술 고도화 지원사업(모빌리티)]

참 고 문 헌

(1) J. Lambert et al., 2020, Performance Analysis of 10 Models of 3D LiDARs for Automated Driving, IEEE Access, 131699-131722.

유연한 조립이 가능한 로보틱 워크셀 프레임 설계

정한섭*,#, 김태근, 정병진, 조창노, 김기환, 황정훈

A design of the flexible assembly able robotic workcell frame

H. S. Jeong*,#, T. K. Kim, B. J. Jung, C. N. Cho, G. W. Kim, J. H. Hwang

한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터

Key Words : Flexible assembly, Robotic workcell frame, Concept design

최근 고령화로 인한 노동 인구감소, 코로나 19, 고임금화, 근로 시간 단축 등의 인력난으로 인하여 로봇을 적용한 자동화에 대한 수요가 증가하고 있다. 수작업으로 진행되던 기존 공정을 로봇으로 대체하여, 생산 비용 절감 및 품질 관리 비용 저감을 통해 단가 경쟁력 향상이 가능하다. 로보틱 워크셀 프레임이란 로봇 자동화 공정에서 로봇이 장착되어 이송 및 고정이 되는 대차를 말하며, 본 논문에서는 로봇과 비전, 피더, 툴 체인저 등의 작업 모듈이 장착되는 모듈화된 워크셀 프레임을 설계하고자 한다. 워크셀 프레임은 2단 구조이며, 1단에서 지면과 워크셀을 고정하고 2단에서 워크셀 간의 유연한 조립을 위한 기구적 메커니즘을 설계하였다. 프레임 사이즈는 800(W) × 800(D) × 800(H) mm 이며, 1단에는 로봇 및 기타 작업 모듈의 동작을 위한 전원, 제어기, PC 등을 적재할 수 있고, 1단과 2단 사이에 볼조인트와 스프링을 이용하여 2단이 유연하게 움직일 수 있도록 하였다. 그 구조는 볼조인트와 샤프트를 체결하고 리니어 부시에 삽입하였으며, 그 사이에 스프링을 적용하였다. 워크셀 프레임 간의 조립은 AMF 社의 제로포인트를 이용해 체결하도록 설계하였다. 향후 개발한 워크셀 프레임을 실제 공정에 적용하여 유용성과 내구성을 검증할 예정이며, 이를 기반으로 작업 모듈이 적용된 워크셀이 다양한 공정에 적용되어 그 목적에 따라 쉽게 구성이 가능하게 구현할 예정이다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 로봇산업핵심기술개발사업, '조립, 포장, 검사 등을 포함하는 셀생산 공정에서의 신속한 자동화 적용/수정을 위하여 빠른 재구성이 가능한 로보틱 워크셀 기술' 과제의 지원으로 수행되었음.(No. 20023606)

발표자*, 교신저자#(hsjeong@keti.re.kr)

증기발생기 2차측 세정장비 랜싱로봇 노즐 형상별 슬러지 제거량 측정

안형근*, 이재술#, 김민도, 강경돈, 오세현, 서평주, 유태문

Measurement of sludge removal by nozzle shape of the lancing robot on the secondary side of the steam generator

H. K. Ann*, J. S. Lee#, M. D. Kim, K. D. Kang, S. H. Oh, P. J. Seo, T. M. Yu

호진산업기연 주식회사

Key Words : Lancing, Sludge removal, Steam generator

증기발생기는 원자력 발전소의 주요설비로서 원자로에서 핵반응으로 발생하는 열로 가열된 1차수를 이용하여 해수에서 불순물을 제거한 2차수를 가열하여 증기를 발생시키는 설비이다. 증기발생기에서 생성된 증기는 터빈이 전기를 생성하는데 이용되며 원자력 발전소의 핵심설비로 관리되고 있다. 증기발생기의 2차수는 각종 수질관리 목적으로 첨가된 화학성분과 미처 제거되지 않은 불순물들이 고온 다습한 환경과 맞물려 서로 섞여 화학반응을 일으켜 가동연한에 따라 슬러지를 발생시키며 슬러지는 고온의 부식 환경을 조성하여 전열관에 결함을 야기 시키며 증기발생기의 건전성을 침해하는 요소로 작용한다. 증기발생기는 1차측과 2차측을 나누는 최종 경계 부위이므로 슬러지에 의해 전열관의 누설이 발생할 경우 1차측의 오염수가 외부에 노출되는 큰 사고로 이어진다. 따라서 전열관의 건전성과 열효율을 높이기 의해 주기적으로 2차측의 슬러지 제거를 의한 세정작업을 하고 있으며 사람이 접근 불가능한 환경이므로 랜싱로봇을 제작하여 증기발생기의 외벽을 타고 이동하며 전열관 사이로 고압의 물을 분사하여 슬러지 제거작업을 수행하고 있다. 현재 사용되고 있는 랜싱로봇의 분사구는 보통 4개로 이루어져 있으며 형상은 원형의 분사구이다. 본 연구에서는 현재 한국형 원자력 발전소의 증기발생기의 목업설비에 실제 현장과 비슷한 슬러지 환경을 조성하고 원형의 분사구를 다양한 형상의 노즐로 교체하여 노즐의 형상별로 슬러지 제거량을 측정하여 노즐별 형상에 따른 슬러지 제거량에 차이가 있는지 연구하였다.

발표자*, 교신저자#(jslee@oreum.co)

컨베이어 로봇 성능 개선을 위한 구조설계 개선에 관한 연구

이정욱[1,*], 포 패트릭 존[2], 리베라 길버트[3], 홍성욱[1,#]

A Study on Structural Design Modifications for Conveyor Robot Performance Enhancement

J. W. Lee[1,*], P. J. Po[2], G. C. Rivera[3], S. W. Hong[1,#]

금오공과대학교 기계시스템공학과[1], 금오공과대학교 대학원 기계공학과[2], 금오공과대학교 생산기술연구원[3]

Key Words : Conveyor robot, Logistics, Bearing, Preload, Modal analysis

With the growing demand for logistics services, the use of robots to expedite processes has emerged as a viable alternative. However, the development of robots designed for larger-scale operations introduces greater challenges in terms of efficiency and safety. This study focuses on the analysis of an existing robotic conveyor system for automatic cargo loading, aiming to identify opportunities for enhancement. Two key areas of design improvement have been identified: the selection of bearings and addressing vibration characteristics. To achieve these improvements, extensive analysis was carried out using commercial software to maximize mechanical advantages. The study examined bearing safety factors, determining the types, sizes, and proper amount of axial preload for the bearings. Modal analysis was conducted, involving modifications to the component design and adjustments to the actuator arrangement, with the objective of reducing vibrations in the oscillation direction and increasing the natural frequency of the system. The enhanced system demonstrated its effectiveness in reducing maximum deflection and stress when compared to its previous state. Moreover, the overall safety factor of the entire system exhibited a significant increase.

후기 This research was financially supported by Nova Co. Ltd.

발표자*, 교신저자#(swhong@kumoh.ac.kr)

4-Head 기반의 풀리 리베팅 모듈의 설계 검증을 위한 구조해석

박기진[1,*,#], 김철규[2], 오창진[3], 장은실[1], 채석민[1]

Structural analysis to verify design of 4-Head based pulley riveting module

K. J. Park[1,*,#], C. G. Kim[2], C. J. Oh[3], E. S. Jang[1], S. M. Chae[1]

대구기계부품연구원[1], (주)케이디엠테크[2], (주)피에이치에이[3]

Key Words : Pulley, Riveting module, Structural analysis

최근 내연기관 차량에서 전기차로 넘어가는 시점으로 시장의 흐름은 소량 다차종 생산으로 넘어가고 있는 추세이며, 소비자들이 원하는 다양성을 수용하기 위하여 자동차 업체들은 신차종 개발을 늘리고 있는 상황이다. 하지만 자동차 도어 모듈 조립시 반드시 요구되는 풀리 리베팅 공정은 현재 인덱스 테이블 방식 또는 셔틀 이송 방식으로 공정이 구성되어지고 있으며, 차종 변경시 지그 교체 등 불필요한 시간 누적 및 과다한 설비 사이즈로 생산 효율이 매우 낮은 문제점으로 인해 풀리 리베팅 자동화 설비의 개발이 지속적으로 요구되고 있다. 본 연구에서는 독립형 4-Head 기반의 복각 조절이 가능한 구동 모듈을 사용하여 전차종 도어 모듈 판넬 적용이 가능한 풀리 리베팅 시스템을 개발하고자 하며, 초기 개발단계에서 4-Head 기반의 풀리 리베팅 모듈의 설계 안전성을 검증하기 위해 3차원 모델 기반으로 구조해석을 수행하였다. 또한 구조해석을 위해 풀리 리베팅 모듈의 하부 LM Block에 3자유도 구속 조건을 부여하고, 리베팅 시 발생하는 외력 100kgf에 대한 응력분포 및 변형량을 분석하였다. 해석 결과 최대응력은 18.272MPa로 복각 조절 기구부에서 발생하였으며, 변형분포는 Spindle Header 끝단에서 0.0026mm 발생하였다. 따라서 Steel 소재를 사용할 경우 4-Head 기반의 풀리 리베팅 모듈의 구조적인 안전성은 확보될 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '중소기업기술개발지원사업'의 지원을 받아 연구되었음(과제번호. S3348862)

발표자*, 교신저자#(kjpark@dmi.re.kr)

이동식 협동로봇 범용 구동모듈 안전성 검증에 관한 연구

황의균[1,*], 이인태[2], 장강호[1], 김진대[1,#]

A study on the safety verification of universal driving modules for mobile manipulator

U. K. Hwang[1,*], I. T. Lee[2], K. H. Jang[1], J. D. Kim[1,#]

대구기계부품연구원[1], (주)유진엠에스[2]

Key Words : Mobile manipulator, Driving module, Finite element analysis

최근 협동로봇, 물류로봇, 서비스로봇 등 다양한 로봇의 연구개발 및 상용화되고 있는 추세이며, 관련 시장도 급속도로 성장하고 있는 상황이다. 그 중 이동식 협동로봇은 이동 중에 동시동작을 하면서 작업을 할 수 있는 로봇기술로 현재 시중에 판매하고 있는 제품의 경우, 다양한 스팩을 가지고 있지 않아 사용자의 요구사항 충족이 어렵고 요구사항 따른 제작이 불가능한 상황이다. 이러한 문제를 해소하기 위해 본 사업에서는 이동식 협동로봇 범용모듈을 개발하여 사용자가 요구하는 사양 적용과 다양한 작업환경 및 조건에서 구동이 가능한 범용 표준 플랫폼을 개발을 하고 있다. 이와 같은 개발은 통해 시시각각 변화하는 작업 환경 및 조건에도 유연하게 적용이 가능할 것으로 판단되며, 사용자의 작업환경 개선과 생산성 및 품질향상이 기대된다. 이에 본 연구에서는 이동식 협동로봇 범용 표준 플랫폼 중 구동모듈 파트에 대한 설계안정성 검증 연구를 진행하였으며, 다양한 구동 조건을 적용하여 구동모듈 진동특성에 대한 연구를 수행하였다. 모달 해석을 통해 진동이 구조에 미치는 영향과 간섭여부를 확인과 시스템의 가진 주파수와 공진주파수 영역 확인하여 운전에 미치는 영향 분석 및 검증하였으며, 하모닉 해석을 통해 주기적인 진동하중에 대한 구조의 진동 응답 해석을 진행하였다. 모달 해석 결과 구동부의 최대 주행속도 3,000rpm보다 높은 영역인 10,920rpm 주파수대역을 가지고 있는 것으로 분석되었으며, 하모닉 해석 결과 8,250rpm 대역의 주파수 대역과 구동 샤프트에 최대응력 40MPa의 결과를 도출하였다. 이와 같은 결과를 제작에 반영하여 향후 추가적인 구조해석을 통해 최적 설계형상을 도출하여 제작에 반영할 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '포스트 규제자유특구연계(R&D)'의 지원을 받아 연구되었음(과제번호. RS-2023-00282991)

발표자*, 교신저자#(jdkim@dmi.re.kr)

머신러닝을 이용한 전기 자동차 구동부의 상태 판별 시스템 개발

구교문[1,*], 김효영[2], 김기현[2], 심재홍[2,#]

A status awareness method of electric vehicle driving parts using machine learning

K. M. Ku[1,*], H. Y. Kim[2], K. H. Kim[2], J. H. Shim[2,#]

한국공학대학교 IT반도체융합공학과[1], 한국공학대학교 메카트로닉스공학부[2]

Key Words : Electric vehicle, Machine learning

미래 자동차 산업 방향에 따라 전기 자동차의 보급이 많아지고 있으나 안전 운행을 위한 유지 보수 및 관리의 경우 발전이 미흡하다. 전기 자동차가 늘어남에 따라 유지 보수 수요가 많아지고 있으며 현재 상태를 판별하기 위한 수요가 많아지고 있다. 또한 전기자동차의 검사는 육안 검사 위주이며 이는 경험에 의해 판단되고 있다. 따라서 전기를 동력으로 사용하는 자동차의 구동부 상태를 경험에 의한 판단이 아니라 센서를 통하여 측정해 현재 상태를 판별하는 것이 필요하다. 본 연구는 전기 자동차 구동부의 상태 판별을 위하여 진동 센서로부터 차량의 정지 또는 가속상태에서 측정된 데이터를 임베디드 시스템을 통해 무선으로 데이터를 서버로 전송하고 데이터베이스에 저장한다. 저장된 센서 정보는 라벨링 하여 데이터를 저장하며 이를 기반으로 자동차 구동부의 상태를 머신러닝을 통해 상태를 학습하는 학습 시스템을 구축한다. 학습 데이터를 토대로 전기자동차 구동부의 현재 상태를 사용자 인터페이스를 통하여 나타내도록 머신러닝 기반 상태 판별을 결과를 표시한다. 판별된 데이터는 데이터베이스로 취득하여 라벨링 되며 서버에서 일정기간 취득된 데이터는 이전 데이터와 함께 다시 학습을 하며 학습 결과를 갱신하여 상태를 판별하는 시스템을 개발한다.

후기 본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3311002)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0008458, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)을 받아 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#(jhshim@tukorea.ac.kr)

항공 부품 조립 공정 자동화를 위한 CATIA 기반 로봇 공정 모션 3D 시뮬레이터 개발

김병국*, 하성훈, 박민석, 이훈희#

Development of CATIA based 3D simulator of robot process motion for aviation parts automation assembly process

B. G. KIM*, S. H. HA, M. S. PARK, H. H. LEE#

한국생산기술연구원

Key Words : Robot process, 3D simulatior, Aviation structure assembly, CATIA

제조 산업에서 로봇을 이용한 공정 자동화는 생산성 향상, 품질 관리 등의 이유로 필수적인 요소이며, 항공 업계에서도 공정 자동화가 적용되고 있다. 항공 부품 조립 공정 중 패스너 조립 관련 공정은 상당한 비율을 차지하지만, 현재는 대부분 수작업으로 이루어지기 때문에 생산성 저하의 주된 원인으로 지적되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 로봇의 장점을 활용하여 공정 자동화를 적용하고 있지만, 로봇 기반 공정 시스템은 로봇의 특성인 엔드이펙터의 비교적 자유로운 움직임으로 인해 충돌과 간섭 검증이 필요하다. 이를 위해 3차원 가상 시뮬레이션을 제공하는 특화된 소프트웨어가 많이 활용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 요구사항을 충족시키고 항공기업의 접근성이 높도록 CATIA DMU 기반의 로봇 3D 시뮬레이터를 개발했다. 대상 로봇으로는 고강성 경량화 구조의 Exechon 사 하이브리드 기구학 5축 병렬 로봇을 선정하였다. 또한, 패스너 조립 관련 공정에 이용될 시스템을 설계하고, 이를 기반으로 시뮬레이터를 개발하였다. 시뮬레이션에는 실제 공정 경로와 일치하는 경로가 필요하며, 중립 캐드 확장자(STEP)로부터 공정 경로를 생성하는 모듈 개발을 통해 경로를 생성하였다. 개발한 시뮬레이터는 로봇과 부품 모델 준비, 개발한 모듈을 통한 경로 생성, 생성된 경로 불러오기, 조인트 및 충돌 입력, 보정 과정을 포함한다. 시뮬레이터 및 모듈의 활용은 실제 가공 전에 충돌과 간섭 여부를 사전에 검증하여 생산 공정의 효율성과 안정성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 미리 준비된 로봇 모델만 있다면, 부품 파일은 중립 캐드 확장자(STEP)를 활용했기 때문에 다양한 CAD 소프트웨어와의 호환성이 뛰어나다는 장점도 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 '항공기 구조물 조립 자동화 개발을 위한 병렬 및 직렬기구 로봇 기반 공정 시스템 개발 및 개방형 연구실 구축'의 지원을 받아 연구되었음(No. P0025383)

발표자*, 교신저자#(hhlee84@kitech.re.kr)

원자로 압력용기 절단부 확인을 위한 모니터링 시스템 연구

이스라엘*,#, 강호중, 김원식, 안영일, 류호진, 송동석

Research on a monitoring system to check cuttings in nuclear reactor pressure vessels

S. R. E. Lee*,#, H. J. Kang, W. S. Kim, Y. I. Ahn, H. J. Ryu, D. S. Song

(주)노바테크

Key Words : Monitoring system, Reactor pressure vessels, Virtual Environment

1. 서 론

원자력 발전소의 해체 작업이 사회적인 이슈가 대두되고 있다. 하지만 원자력 발전소의 핵심설비(원자로압력용기(Reactor Pressure Vessel), 증기발생기, 원자로 냉각재 펌프, 가압기)는 핵연료를 제외한 방사능이 가장 높은 대상물로 일반적인 해체 방법을 적용하기 힘들다. 핵심설비 중 원자로압력용기는 원자력 발전으로 인한 방사화가 진행되어 있어 각 위치마다 다른 절단공법이 필요하며, 그중 내부(Reactor Vessel Internals)는 수중, 외부(Reactor Vessel)는 공기 중에서 절단을 할것으로 예상된다. 하지만 원자로 발전소 해체시 고 방사성 핵심설비를 해체하기 위해 원격절단으로 진행이 된다. 그러므로 각 해체 고정에 맞는 열적 및 기계적 절단 시 원격에서 각 공정에 대한 모니터링에 관한 시스템 구축이 필요하며, 해체 공정이 진행됨에 따라서 절단 과정을 볼 수 있는 가상의 환경 및 시뮬레이션이 필요한 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 원격에서 절단 작업을 할 수 있는 메니퓰레이터를 제어 및 각 과정을 볼 수 있는 가상환경 및 모니터링 시스템 연구에 대해서 발표하고자 한다.

2. 본 론

원자로 압력용기 절단부 확인을 위한 모니터링 시스템의 구성도는 Fig 1과 같이 제어부에서는 각 장비의 실제 환경에 대한 모니터링 및 제어 그리고 실제 로봇이 제어되면서 작업을 할 수 있도록 조작을 하며, 가상환경은 실제 로봇이 조작되어 움직이는 부분과 작업이 진행되는 것을 볼 수 있는 시뮬레이션 기능이 포함되어 있다. 그리고 전체의 시스템은 이더넷으로 통신으로 할 수 있도록 구성되었다.

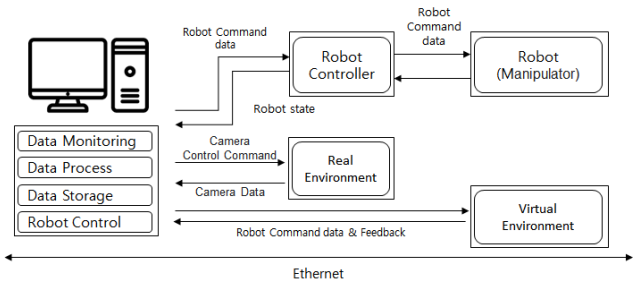
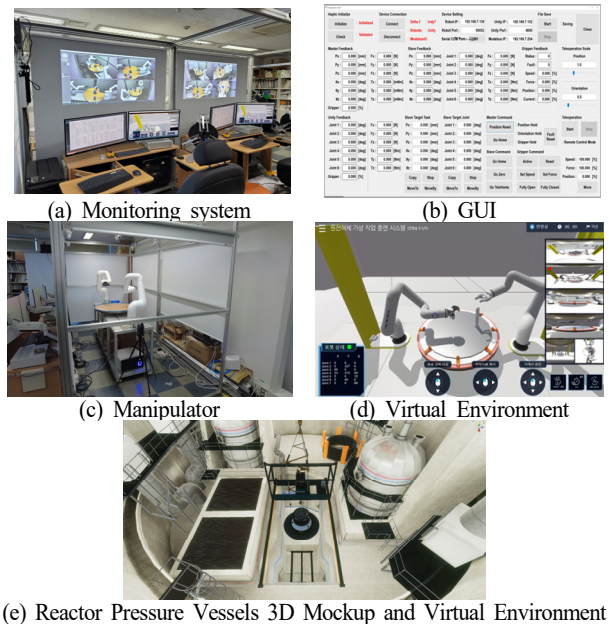


Fig. 1 Monitoring System Environment Configuration Chart

원자로 압력용기 절단부 확인을 위한 모니터링 시스템은 Fig 2와 같이 로봇의 제어와 모니터링이 이루어지는 모니터링 시스템 Fig 2(a), 그리고 절단 및 실제 로봇이 동작하는 부분인 Fig 2(c) 그리고 실제 로봇의 제어를 위한 부분 Fig 2(b)와 실제 로봇과 동일하게 움직일 수 있는 가상환경 Fig 2(d) 그리고 Fig 2(e)와 같이 원자로 압력 용기 및 주변 가상환경 3D 목업으로 구성되어 있다. 하지만 원자로 압력용기의 실제 목업 및 관련 장비의 제작은 진행 중이며, 가상의 환경만 제작되어 있다. 실제 절단부를 확인할 센서 및 카메라의 위치는 목업 및 장비등의 설계 및 제작 후 추가적인 연구가 진행될 것이다.



(a) Monitoring system (b) GUI

(c) Manipulator (d) Virtual Environment

(e) Reactor Pressure Vessels 3D Mockup and Virtual Environment

Fig. 2 Monitoring system to check cuttings in nuclear reactor pressure vessels

3. 결론 및 고찰

원자로 압력용기 절단부 확인을 위한 모니터링 시스템은 실증 장비(원자로 압력용기 목업 및 관련 설비)가 구축되는 한국원자력환경복원연구원에 설치가 될 것이며, 실증 목업에 제작될 관련 절단 장비 및 절단 로봇에 대한 제어 및 모니터링을 위해서 연구를 진행하고 있다. 하지만 아직 실증 목업의 장비가 제작 진행 중이며, 가상환경 및 관련 3D 목업만 진행되고 있다. 실제 목업 및 절단장비가 제작되면 가상환경 및 실제 장비의 제어 및 오차 수정 등의 추가적인 연구가 더 진행될 것으로 생각된다.

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) Lee, Y. W., Choi, Y. J., Lee, J. H., Kim, B. G., Lee, S. W., &Park. J. K. (2017). Development of Distributed Smart Data Monitoring System for Heterogeneous Manufacturing Machines Operation. Journal of Digital Contents Society, Vol. 18, No. 6, pp. 1175-1182, Oct. 2017.

발표자*, 교신저자#

디지털 트윈 시뮬레이션 기반 설비 사전 검증

우성식[1,*,#], 차선완[1], 박기훈[2], 김범진[3], 강대현[1]

Pre-verification of equipment using digital twin simulation

S. S. Woo[1,*,#], S. W. Cha[1], K. H. Park[2], B. J. Kim[3], D. H. Kang[1]

현대위아[1], 기아[2], 알씨케이[3]

Key Words : Digital twin, PLC, Pre-verification, Simulation

최근 제조산업의 최대 화두는 디지털 트윈이다. 디지털 트윈이란 현실 공간의 실물 객체를 디지털 공간 내 쌍둥이 디지털 객체로 복제하고, 실물 객체의 동작을 쌍둥이 디지털 객체의 수행 동작으로 만들어 현실 세계를 가상 세계에서 모사할 수 있도록 하는 것이다. 본 연구에서는 3D 시뮬레이션을 활용하여 레이아웃을 구성하고 공정에 사용되는 설비의 동작을 정의하였다. 그리고 실제 PLC와 I/O 신호를 연결하여 PLC 프로그램과 연동하여 디지털 트윈 모델을 구성하였다. 이 디지털 트윈 모델의 가상 시운전을 통해 공정 흐름과 싸이클 타임을 검증하고, 설비 동작과 조건을 사전에 검증하였다. 또한 공정 설비간 인터록 및 PLC 프로그램 회로의 동작과 이상을 검증하였다. 이런 디지털 트윈 시뮬레이션 기반 사전 검증을 통해 설비간 간섭 확인 및 설비 설치 OLT와 시운전 시간을 단축할 수 있을 것으로 사료된다.

발표자[*], 교신저자[#](sungsikwoo@hyundaiw-wial.com)

로봇 휠체어의 장애물 극복을 위한 가변 Tri-spoke 구조 설계

김광준*, 안정도, 박찬훈, 박동일#

Wheel design of robotic wheelchair for overcoming variable obstacle by deformable tri-spoke mechanism

K. J. Kim*, J. D. Ahn, C. H. Park, D. I. Park#

한국기계연구원

Key Words: Electric wheelchair, Deformable tri-spoke, Stair climbing

일반적인 휠체어는 구조의 한계로 인하여 일반 평지 또는 낮은 경사의 언덕만 오를 수 있으며, 계단을 오르거나 인도로 오르기 위한 연석 등은 극복 할 수 없다. 하지만 이러한 장애물들은 일상생활에서 빈번하게 마주하므로 계단을 오르는 기능은 하지 마비 또는 절단 환자와 같은 휠체어 사용자의 삶의 질을 향상시키지 위하여 반드시 필요한 기능이다. 기존의 모바일 로봇이 계단을 극복하는 방법으로는 크롤러, 휠-다리 복합체, 휠 클러스터 등 다양한 방법이 있지만, 본 연구에서는 전동 휠체어가 계단을 오르기 위한 방법으로 가변 Tri-spoke 시스템이 장착된 휠 클러스터 시스템을 제안하였다. 기존의 제시된 Tri-spoke 방식들은 바퀴의 반경과 프레임의 길이가 고정되어 있어 극복 할 수 있는 계단의 최대 높이가 제한되어있다. 하지만 본 연구에서 제안한 가변 Tri-spoke 시스템은 한 개의 모터만을 사용하여 각 바퀴의 프레임 길이를 동시에 조절이 가능하고 이에 따라 최대 승월 높이를 조절 할 수 있다. 또한, Tri-spoke 구조의 모바일 플랫폼이 극복할 수 있는 계단의 최대 높이와 승월 시 필요한 계단의 최소 폭을 주행 바퀴의 반경과 Tri-spoke의 반경을 이용하여 식으로 나타내었다. 더 나아가 본 연구에서 제안한 시스템을 기반으로 비전 시스템과 연동하여 자율 주행 시 장애물을 극복하기 위한 자동 제어 시스템 설계에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 한국기계연구원의 지원을 받아 작성되었음 (Project ID: NK244F)

발표자*, 교신저자#

안면 검출을 위한 SSD 학습 모델 최적화 연구

김회민*,#, 전성국, 김운용, 윤정록

Study of SSD model optimization for face detection

Hoe-Min Kim*,#, Sungkuk Chun, Un-Young Kim, Jeongrok Yun, Dong-Gil Lee

한국광기술원

Key Words : SSD, Deep learning, Model optimization

안면 검출 알고리즘은 교육, 산업현장, 엔터테인먼트 등 다양한 산업군에서 주요한 어플리케이션으로 활용되고 있다. 학습자 혹은 운전자의 상태를 모니터링하거나 산업현장에서 안전 문제를 사전에 예방하는데 널리 활용되고 있다. 상업적인 용도로 활용되는 경우, 안면 검출 알고리즘은 스마트기기에 이식되는 경우가 많은데, 이때 안면 검출 알고리즘은 가벼우면서도 동적인 영상 환경에 강건한 특징을 더욱 필요로 한다. SSD(Single Shot Multi-box Detector) 학습 모델은 객체를 탐지하는데 있어 속도와 성능을 적절히 절충한 학습 모델로 평가받고 있다. 본 연구는 안면을 검출하고 그 상태를 파악하는 알고리즘을 구현하는데 있어 SSD 모델을 채용하였으며, 이러한 모델을 안면을 검출하는 용도로 최적화할 수 있는 몇 가지 방안을 제안한다. 대상으로 하는 어플리케이션은 영상에서 다수의 사용자를 검출하는 것이 아닌 카메라와 근거리에 위치한 소수의 대상자를 모니터링하는 시스템이다. 따라서 필요로 하는 입력 영상의 해상도는 비교적 높지만 영상에서 차지하는 객체의 비율이 높을 것을 가정할 수 있다. 이러한 점을 감안하여 객체 탐색 정확도를 크게 훼손하지 않으면서도 그리드의 개수를 최소화함으로써 학습 모델이 탐색해야하는 박스의 개수를 조정하였다. 또한 안면의 종횡비를 고려하여 알고리즘이 탐색해야하는 객체 박스의 개수를 최소화하였으며, 안면 검출 알고리즘의 사용 환경에 맞추어 학습에 활용될 안면 영상의 크기 범위를 적절히 설정하여 무작위로 수집된 안면 데이터를 필터링하여 학습에 사용하였다. 모델을 통해 도출된 텐서 데이터를 분석하는 NMS(Non-Maximum Suppression) 과정에 있어서는 최고 클래스값을 갖는 소수의 예상 박스만을 선정하여 객체 검출에 활용되는 소요되는 시간을 절감하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 2023년도 서비스산업융합고도화 기술개발사업(1415186039)의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(hmkim@kopti.re.kr)

벽체/천장 도장작업용 로봇의 도장영역 인식 장치에 관한 연구

조지승[1,*,#], 김진대[1], 김경태[1], 김성신[1], 홍동우[1], 이성건[2], 우광호[2]

A study on the painting area recognition system for wall/ceiling painting robot

C. S. Cho[1,*,#], J. D. Kim[1], G. T. Kim[1], S. S. Kim[1], D. W. Hong[1], S. G. Lee[2], G. H. Woo[2]

대구기계부품연구원 기계로봇연구본부[1], 주식회사 알피[2]

Key Words : High-rise painting robot, Camera module, Wall/ceiling painting, Recognition system for painting area

도장작업은 재료면에 도료를 칠하여 건조 및 경화를 통해 도막을 형성하는 작업으로, 위험하고 불쾌한 환경에서 반복적으로 수행하는 대표적인 3D업종으로 인식되고 있다. 층고가 높은 실내에서의 고소 도장작업은 통상 비계라고 하는 파이프를 활용한 구조물을 설치하여 작업을 수행하고 있어, 고소작업으로 인하여 사고발생 시 중대재해로 이어지는 위험한 경우가 많이 발생하고 있다. 안전한 도장작업을 위한 환경개선을 위해 기존의 고소도장작업 방법에서 로봇을 활용한 고소도장작업으로 관련 연구들이 수행되고 있다. 로봇을 활용한 도장작업을 위해서는 다양한 재료의 도료를 자동 도장하는 분사기술과 도장 공간을 정확하게 인식 할 수 있는 영상처리 시스템이 개발되어야 한다. 본 연구는 로봇을 활용한 도장작업을 수행하기 위해서 도료를 자동 분사하기 위해 먼저 도장 공간의 영역을 정확하게 정의할 필요가 있는데, 이를 위해 도장면 인식을 위하여 3D영상처리 시스템이 적용하여 관련 도장영역을 자동인식하는 연구를 수행하였다. 도장작업 영역 인식을 위해 ToF카메라로 3D영역을 센싱하고, 좌우 넓은 도장면 인식을 위하여 스테레오 방식의 카메라로 구성되어 있다. Depth Data는 fast RANSAC 알고리즘을 적용하여 도장작업영역을 산출하였으며, 본 알고리즘을 적용하여 벽체 도장작업을 수행할 기둥과 도장 영역을 추출한 결과와 도장영역 인식모듈 시스템 개발에 대한 결과를 소개하였다.

후기 이 논문은 한국산업기술평가관리원 로봇산업핵심기술개발업(No. 20014400)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(okrobo@dmi.re.kr)

곡면 디스플레이 생산용 정밀 스테이지 제어기 개발

최은종[1,*], 박주협[1], 한기준[2], 김건호[2], 심재홍[2], 김기현[2], 김효영[2,#]

Development of precise stages controller for curved display

E. J. Choi[1,*], J. H. Parrk[1], K. J. Han[2], K. H. Kim[2], J. H. Shim[2], K. H. Kim[2], H. Y. Kim[2,#]

한국공학대학교 IT반도체융합공학과[1], 한국공학대학교 메카트로닉스공학부[2]

Key Words : Vibration, AVIS, Curved display, Linear stage, Multy Body Dynamics

근래 전기자동차의 보급이 늘어나며 자동차의 첨단화, 전자화가 가속되고 있다. 자동차의 계기판 뿐만 아니라 센터페시아나 대쉬보드, (디지털)사이드미러 등 다양한 부분에 곡면형 디스플레이를 적용하고 있다. 곡면 디스플레이가 자동차 산업의 핵심 요소가 되며 생산/검사 장비 수요가 증가하고 있으나, 수요를 뒷받침할 곡면수직지향 초정밀 스테이지 기술은 국내 개발 사례가 없다. 따라서, 지속적인 기술 개발과 투자가 필요하지만, 현재 곡면 디스플레이 생산 장비는 일부 기술 선진국의 장비 업체가 독점적으로 차지하고 있어 기술의 국산화가 필요하다. 곡면 디스플레이는 기존 디스플레이와 생산공정이나 검사방법에서 많은 차이가 있다. 따라서 기존 평면 디스플레이 생산/검사 장비를 개선하는 것만으로는 요구되는 조건을 만족할 수 없다. 특히 곡률 측정 및 곡면 코팅과 곡면 검사를 하는 수직지향 하드웨어와 제어 알고리즘은 국내 개발 사례가 없어 관련 기술 국산화가 필요하다. 곡면 수직 지향 스테이지는 기존 평면 디스플레이 생산 스테이지와 다르게, 기존 구동축에 디스플레이와 수직 지향을 위한 회전축이 추가되며, 회전축이 추가되므로 Z축 구동 범위도 늘어난다는 점에서 제어에 어려움이 있다. 곡면 수직지향 스테이지의 노즐 제어 알고리즘은 곡면의 곡률을 실시간 측정/계산하며 회전축 변위가 추가되므로 알고리즘 측면에서도 기존 기술과 차별성이 있다. 또한, 곡면 디스플레이 생산 스테이지에서 외부 진동과 구동 반발력에 의해 코팅액의 두께가 부분적으로 달라질 수 있어 진동/반발력 저감을 위한 모듈이 필요하다. 특히 곡면 수직지향 스테이지는 갠트리 형태 시스템 특성상 무게중심이 높아 반발력이 비교적 크게 발생한다. 기존 공압 마운트, MR마운트, 스프링 등을 이용한 패시브 형태의 진동/반발력 저감 모듈은 국내 개발 및 상용화 사례가 많지만, 구동기를 포함한 액티브 형태의 모듈은 해외(IDE-유럽) 업체가 독점하여 매우 고가의 가격을 형성하고 있다. 갠트리 구조를 고려한 반발력 저감 시스템과 제어 알고리즘은 국내 개발 사례나 상용화된 사례가 없다는 점에서 독창성이 있으며 필요성이 높다. 본 연구에서는 곡면 수직 지향 스테이지의 특성을 고려한 반발력 저감 모듈과 제어 알고리즘을 개발하기 위해 다양한 전자기/동역학 해석 프로그램을 사용했다. 다물체 동역학(MBD) 해석 소프트웨어 리커다인(Recurdyn)과 MATLAB을 연동하여 다양한 제어 알고리즘을 시뮬레이션 후, 결과를 바탕으로 가장 효율적인 제어 알고리즘을 선택할 것이다. 리커다인을 이용해 시뮬레이션 한 결과를 실제 시스템의 거동으로 사용했으며, 거동을 바탕으로 MATLAB에서 다양한 제어기를 사용해 실험했다. 즉, MATLAB에서 생성한 제어기가 리커다인 상의 스테이지의 거동(스테이지 모델의 출력)을 바탕으로 액티브 모듈의 출력(스테이지 모델의 입력)을 제어할 것이다. 수십 차례의 시뮬레이션 결과, 건물 바닥 진동을 수십미크론 이내로 제거할 수 있도록 시뮬레이션을 통해 PID 게인 튜닝했다. 향후 구동 반발력을 제거할 수 있도록 하는 연구에 기반이 될 수 있다. 곡면의 형태에 따라 갠트리 모션의 프로파일을 결정하고, 원래 프로파일과 실제 노즐과 시편의 상대 위치를 측정하여 오차(원래 프로파일과 현재 상대위치)를 측정한다. 이 오차를 이용해 제어하여 노즐이 항상 시편을 일정하게 수직지향하여 코팅액이 모든 부분에서 균일하도록 할 것이다.

후기 이 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2023년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(1425170628), 연구재단에서 지원하는 기본연구사업(RS-2023-00240530), 정부(과학기술정통부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원, 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) (Nos. 20023103)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0008458, 2023년 산업혁신인재성장 지원사업)

발표자*(ejsimon97@tukorea.ac.kr), 교신저자#(kimhy@tukorea.ac.kr)

회전형 자기부상 시스템의 영구자석 중력 보상 특성 분석

김민석*, 오지훈, 안다훈#

Analysis of permanent magnet gravity compensation characteristics of the rotational magnetic levitation system

M. S. Kim*, J. H. Oh, D. Ahn#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Gravity compensator, Magnetic levitation, Permanent magnet, Uniformity

중력보상장치는 자기부상 시스템에서 추가적인 자석을 삽입해 액추에이터 내 기존 자석과의 자기력을 이용하여 가동부 질량만큼의 힘을 보상할 수 있는 장치이다. 이러한 특징은 액추에이터를 사용하지 않고 가동부 질량이 보상됨으로 전력을 아낄 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 다루는 중력보상장치는 회전이 가능한 5자유도 자기부상 시스템을 구현할 수 있도록 기존의 자기부상 시스템과 다르게 원호형으로 고안되었다. 자기부상 시스템의 5자유도 구동은 중력보상장치의 영구자석 간에도 상대적인 위치와 방향의 변화를 유발하며 이에 따라 중력보상장치의 보상력도 변화하게 된다. 따라서 중력보상장치의 설계 시 보상력의 균일성을 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 가동부와 평행하며 부상방향에 수직인 방향으로의 병진운동과 병진운동 축에 대한 회전 운동에 의해 발생하는 변위에 따른 보상력의 특성을 분석하였다. 이 때, 중력보상장치에 사용하는 자석의 수와 간격을 고려한 배치방법 또한 고려되었다. 유한요소해석을 통해 보상력을 도출하였고, 가동부의 병진방향 변위와 회전방향 각도에 따른 보상력의 크기를 비교하였다. 또한 병진 및 회전 변위가 동시에 발생했을 때 보상력의 균일성을 분석하였다. 본 연구 결과로부터 중력보상장치 설계 시 보상력의 균일성을 파악하고 자석 기하학적 배치 방법에 따른 자중 보상력 변화 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다. (과제번호: 1345370639)

발표자*, 교신저자#(dhahn@seoultech.ac.kr)

모바일 매니퓰레이터와의 협업을 위한 소재 공급 시스템

송기형*,#

Material supply system for collaboration with mobile manipulators

K. H. Song*,#

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : Mobile manipulator, Manufacturing automation, Material supply system

여러 제품 제조현장에서 로봇을 이용한 자동화는 꾸준히 진행되어 오고 있다. 최근에는 단순한 직교 로봇과 컨베이어를 이용하는 형태를 벗어나 6자유도를 가지는 다관절로봇을 이용한 자동화 사례가 증가하고 있는데, 자율이동장치와의 결합을 통해 다양한 임무를 수행하도록 활용하는 형태로 진화하고 있다. 자율이동장치와 결합한 다관절로봇은 모바일 매니퓰레이터라는 명칭으로 불리는데, 제품 제조현장에서 바퀴를 이용한 자재의 이송과 다관절로봇을 이용한 자재의 세팅 등의 역할을 복합적으로 수행할 수 있어서 앞으로의 발전이 기대되고 있다. 모바일 매니퓰레이터는 원거리에 있는 공작물을 공작기계로 가져와서 공작기계 안에 준비된 자동 척에 직접 제공하는 형태로 운영될 수 있는데, 이러한 방식은 제조공정에 변화가 발생하는 상황에서도 기존의 공작기계 배치를 수정하지 않고 유연하게 자동화를 적용할 수 있도록 하는 장점이 있다. 모바일 매니퓰레이터의 다양한 임무 수행을 위해서는 발생 가능한 여러 경우의 수에 대하여 사전 교시를 통한 임무 설정이 우선되어야 하는데, 적절한 형태의 주변장치가 갖추어진다면 사전 교시가 필요한 경우의 수의 복잡도를 낮출 수 있어서 보다 효율적인 자동화 작업이 가능하다. 본 논문에서는 모바일 매니퓰레이터를 이용한 제품 제조공정 자동화 시에 도움을 줄 수 있는 소재 공급 시스템을 개발한 사례를 소개한다. 개발된 소재 공급 시스템은 동일 위치에 반복적으로 공작물을 제공할 수 있도록 구성되어 있어서 모바일 매니퓰레이터의 공작물 이송작업을 위한 사전 교시의 경우의 수를 낮춤으로써 자동화 작업의 효율을 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '자동차/기계/조선/항공 분야 로봇-장비 디지털 매뉴팩처링 패키지 표준모델 개발'과제의 지원을 받아 연구되었음(No. 20018385)

발표자*, 교신저자#(skhgood@kitech.re.kr)

기계학습을 이용한 로봇 관절부 고장진단에 대한 연구

김미진[1,*], 김효영[2], 심재홍[2], 김기현[2,#]

A study on the failure diagnosis of robot joints using machine learning

M. J. Kim[1,*], H. Y. Kim[2], J. H. Shim[2], K. H. Kim[2,#]

한국공학대학교 IT반도체융합공학과[1], 한국공학대학교 메카트로닉스공학부[2]

Key Words : Industrial robot, Machine learning, Fault diagnosis, Integrated system

자동화 산업에서 가장 중요한 것은 산업장비의 유지보수이다. 많은 부품을 원활하게 공급하려면 공정의 상태는 항상 최상의 상태를 유지할 수 있도록 해야 하고 공정에 최대로 밀집 되어있는 로봇의 상태를 판단할 필요가 있다. 사람의 몸상태를 수많은 감각기관이 판단하듯 로봇도 수많은 센서들이 그 역할을 하고 있으며, 인간의 관절과 같이 로봇의 구동부인 관절에서 제일 먼저 그 상태를 감지할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 로봇의 구동부인 관절을 모사하여 정상상태 테스트베드와 노후된 감속기를 사용한 비정상상태 테스트베드를 구축하였다. 로봇의 고장진단을 정확하게 할 수 있도록 진동, 토크, 엔코더, 온도 등 다양한 센서를 부착하였고, 테스트베드는 실시간으로 동시에 데이터를 수집과 제어를 할 수 있도록 통합 시스템을 구축하였다. 수집한 데이터를 바탕으로 사용자화면 구성과 데이터베이스 구축 후, 정상 데이터와 비정상 데이터의 특징 값을 분석, KNN(K-Nearest Neighbor)기계학습 알고리즘을 활용해서 기계학습을 하였다. 그 결과 94%의 고장진단 정확도를 얻을 수 있었고, 테스트베드와 데이터의 신뢰성을 얻을 수 있었다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업 [P159100011, 과제명: 스마트 워크피스 홀더와 스마트 그리퍼 적용 밀링/라우팅/트리밍 가공용 로봇 가공 시스템 개발], 2023년도 정부(과학기술정통부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (P0008458, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자[*], 교신저자[#](khkim12@tukorea.ac.kr)

고 가반하중(1.5Ton) 자율주행로봇 핵심모듈 강성 구조해석에 대한 연구

김경태[1,*], 김진대[1], 조지승[1], 홍동우[1], 조성엽[2,#], 오성모[2], 김태웅[2]

Research on rigidity structural analysis of core module of high payload (1.5 Ton) autonomous robot process

K. T. Kim[1,*], J. D. Kim[1], C. S. Cho[1], D. W. Hong[1], S. Y. Cho[2,#], S. M. Oh[2], T. W. Kim[2]

(재)대구기계부품연구원[1], 아이엠로보틱스(주)[2]

Key Words : Frame body, Structural analysis, High payload autonomous mobile robot, Autonomous-driving, 1.5Ton payload

자율주행로봇(AMR)은 정밀성 및 고강성이 요구되는 물류 및 제조 산업 분야와 빠른 서비스를 요구하는 분야에서 주로 적용되고 있다. 하지만 국내 자율주행로봇(AMR) 시장은 실내 및 단거리 실외 서빙 로봇과 같은 서비스 로봇이 다수이며, 그로 인해 낮은 가반하중 기반의 로봇 프레임이 주축이 되기 때문에 프레임의 변형을 방지하기 위한 효율적인 Body 설계보다는 저 중량 소형 품목 이송을 원활히 수행하는 자동화 소프트웨어 중심의 자율주행 로봇이 큰 비중을 차지하고 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 이러한 애로사항을 해결하기 위하여 물류 및 제조업계에서 요구하고 있는 고 중량 적재물(1.5Ton 이상)을 이송할 수 있는 차체 프레임 구조에 대한 설계 및 해석에 관한 연구결과와 개발하는 로봇의 성능에 관해 소개하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '지역혁신클러스터육성(R&D)'의 지원을 받아 연구되었음(P0025894)

발표자*, 교신저자#(sungyoub.cho@imrobotics.co.kr)

밭 농업 전주기 작업이 가능한 농기계 플랫폼용 전기구동 모듈의 정역학적 분석

정덕균*, 연한건, 정병진, 김태근, 김주한#

Static analysis of driving module for agricultural machinery system for field farming solutions

Chung Deok Gyoon*, Yeon HanKun, Jung Byung-jin, Kim Tae-Keun, Kim Joo Han#

한국전자기술연구원 지능로보틱스센터

Key Words : Driving module, Autonomous mobile robots(AMR), Agricultural machinery system

농업 분야에서 로봇의 도입을 통해 농업의 기계화 및 자동화의 필요성은 점차 높아지고 있다. 국내 농업인구 감소 및 고령화로 인해 농업 분야에 종사하는 인력이 부족하다. 노동력 부족을 해결하기 위해 농업의 자동화를 통한 생산성 및 효율성을 제고해야 한다. 또한, 기후 변화로 인한 농업의 불안정성과 예측 불가능한 환경 변화로 인해 안정적인 농업 수확률을 확보하기가 어렵다. 이에따라, 최근 농업 생산력을 향상을 목표한 자율 이동 시스템(Autonomous Mobile Robots, AMR)이 출시되고 있다. 국내외 다양한 농기계 AMR 분야의 연구팀 및 기업들의 연구는 경작 농업의 모든 영역을 포함하여 채소, 과일 및 화채 재배등의 다양한 분야에서 이루어진다.

본 연구의 최종 목표는 밭 농업 5대 작물(콩, 고추, 마늘, 배추, 양파)의 농작업을 위해 재구성이 가능하고 작업기 탈부착이 용이한 전기구동 기반(40kW급) 가변형 농기계 플랫폼을 목표로, 다양한 밭 지형에도 주행이 가능한 전기구동 기반의 구동 모듈의 개발이다. 본 논문을 통해서는 목표하는 농작업에 사용 가능한, 전기구동 기반의 구동 모듈의 핵심부품 선정 및 정적힘 분석을 포함한 기구 설계 과정을 설명한다. 제안하는 전기구동 모듈은 서스팬션이 내재되어 있는 구조로, 플랫폼의 가속/감속 또는 경사로 주행 상황에서 서스팬션과 함께 장착된 리니어부쉬 메커니즘이 큰 반력을 받게 된다. 이에 따라 반력을 수식하여 설계 변수를 설정하는 과정이 필요하다. 차후에는, 이를 토대로 개발된 전기구동 모듈을 플랫폼에 조립하여 농업이 수행되는 야외 조건에서의 실험을 계획하고 있으며, 최종적으로는 자율 주행이 가능한 AMR 플랫폼 연구로 확장시키고자 한다.

후기 This work was supported by the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20018388)

발표자*(jdk0403@keti.re.kr), 교신저자#(kimjh@keti.re.kr)

연마봉 교정 작업의 마이스터 데이터 취득 실험

정덕균*, 조창노, 김태근, 김동엽, 황정훈, 전세웅#

Data acquisition experiments for meister automation of shaft straightening

Chung Deok Gyoon*, Cho Chang Nho, Kim Tae-Keun, Kim Dong Yeop, Hwang Jung Hoon, Jun Se Woong#

한국전자기술연구원 지능로보틱스센터

Key Words : Collaborative robot, Manufacturing robotization, Data acquisition, Robot learning

협동 로봇은 인간과 한 공간에서 협업하는 개념으로 등장했다. 그동안 인간과의 협동이 필요한 제조·생산 공정은 산업용 로봇의 투입이 제한적이었다. 하지만 최근에 다양한 기관에서 산업용 로봇의 투입이 제한적이었던 제조·생산 라인에 협동 로봇을 도입하고자 연구를 진행중이다. 많은 분야에서 협동로봇이 투입되고 있으나, 단순 반복 작업이 아닌 마이스터 손기술에 의존하는 작업은 데이터 취득 및 로봇 학습 연구를 필요로 한다. 이런 작업들에 로봇을 투입하기 위해서는 마이스터의 작업 정보를 수집 및 분석하여 손기술로 표현되는 암묵지를 체계화하여 활용 가능한 데이터로 로봇에게 학습시킬 수 있어야 한다.

연마봉 교정 작업은 상당한 노동력이 필요한 반복 작업이지만 작업자의 숙련도와 노하우에 의해 작업 결과물 품질에 큰 차이가 발생한다. 본 연구의 최종 목표는 연마봉 교정 작업의 마이스터 데이터를 취득하여, 특이점을 추출하여 로봇에 학습시키는 전체 과정이다. 이번 논문을 통해서는 연마봉 교정 작업의 마이스터 데이터 취득 방법 및 실험 결과를 포함한다. 연마봉 교정 작업의 데이터 취득을 위해서는 숙련된 작업자가 연마봉 교정 작업을 하는 동안 다이얼게이지, 교정 레버, 연마봉 조작 등을 기록해야 한다. 본 연구를 통해 취득된 마이스터 데이터는 분석 과정을 통해 로봇에 학습될 예정이다.

후기 This work was supported by the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. P0017384).

발표자*(jdk0403@keti.re.kr), 교신저자#(daniel@keti.re.kr)

스마트 그리퍼 사용자 안전성 평가용 상해 추정 시스템

이승원*, 김봉석, 박종범, 김근환, 연한건, 김영욱#

An injusry estimation system for evaluating the user safety of a smart gripper

S. W. Lee*, B. S. Kim, J. B. Park, K. H. Kim, H. K. Yeon, Y. O. Kim#

한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터

Key Words : Smart gripper, Robot manipulation, Performance evaluation, Dexterous manipulation, Robot safety

로봇 시스템과 작업자가 작업 영역을 공유하는 협동 로봇 기반의 물류/제조 환경이 확대됨에 따라 관련 시스템의 위험성 평가의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 협동 로봇을 응용한 시스템에서는 그리퍼가 작업자와 접촉 및 충돌 빈도가 상대적으로 높으므로 이에 대한 위험성 평가가 중요하다. ISO/TR 20218-1 Robotics – Safety design for industrial robot systems – Part 1: End-effectors와 같은 국제 표준들은 이러한 필요성에 대응하여 그리퍼의 형상, 표면, 응용 기능과 관련된 위험성 평가 방법과 위험성 저감 방법을 제공한다. 또한 강화학습/모방학습 기술이 발전함에 따라 로봇 핸드(다자유도 그리퍼)를 응용한 복잡한 조작 기술이 가능해졌으므로 Jaw타입 그리퍼(예:2지 그리퍼) 뿐만 아니라 로봇 손(Robot Hand) 타입의 안전성을 평가할 수 있는 시스템이 필요하다. 이에 본 연구에서는 그리퍼 혹은 로봇 손의 힘/압력 제한 성능, Safety 기능 동작 여부, 미끄러짐 저항 및 파지안정성, 손가락 힘 추적 성능, 터치 민감성, 힘 반복정밀도 등을 안전성과 관련된 성능 지표로 도출하고 이를 측정하기 위한 장비를 개발하였다. 시험 장비는 6축 로드셀, 접촉 대상 물체, 미끄럼 저항 측정용 센서, 쥠 강도 측정용 센서 등이 포함된 시스템과 6자유도 로봇 매니퓰레이터 시스템, 시험 운용 프로그램, 실시간 데이터 저장 시스템 등으로 구성되었다. 본 시험 장비를 바탕으로 로봇 사용자 안전성을 향상하기 위한 그리퍼 개발을 지원할 예정이다.

후기 본 논문은 산업혁신기반구축사업의 '로봇 차세대 융합부품 고도화 지원사업(No. P0014806)'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(kimyo@keti.re.kr)

스마트 그리퍼 인식-파지 융합 성능 측정 장비

이승원*, 김봉석, 박종범, 김근환, 연한건, 김영욱#

Measuring equipment for recognition and grasping performance of a smart gripper

S. W. Lee*, B. S. Kim, J. B. Park, K. H. Kim, H. K. Yeon, Y. O. Kim#

한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터

Key Words : Smart gripper, Robot manipulation, Performance evaluation, Bin picking, Robotic vision

본 논문은 최근 국내 로봇 및 자동화 기업에서 개발하고 있는 인식 가능을 탑재한 스마트 그리퍼 시스템을 평가하기 위한 방법 및 테스트 장비를 소개한다. 과거에는 각각의 제조사에서 인식 기술, 힘/토크 센싱 기술, 그리퍼 플랫폼 등 요소 기술들을 독립적으로 개발하였으며, 이로 인해 실제 로봇 및 그리퍼의 공정 적용 과정에서 시스템 통합을 위해 많은 시간이 소요되었다. 최근에는 품질과 생산성 향상을 위해 인식, 힘 센서 등의 지능형 센서와 그리퍼가 결합된 스마트 그리퍼 제품이 출시되고 있다. 그러나 현실적으로 제품에 대한 성능 평가는 제조사에서 자체적으로 이루어지며 다양한 제조사의 스마트 그리퍼 성능에 대한 객관적인 비교 평가가 어렵다. 이에 본 연구에서는 스마트 그리퍼의 평균 인식 및 파지 수행 시간, 작업 효율성, 평균 파지 시도 횟수, 인식 및 파지 성공률 등으로 정량화된 평가지표를 도출하였으며 이를 측정하기 위한 장비 및 시험 절차를 개발하였다. 시험 장비는 로드셀(Load cell), RFID Reader, 피킹 컨테이너, 6자유도 로봇 매니퓰레이터, 상위 제어기 및 시험 운용 프로그램, 실시간 영상 저장 시스템 등으로 구성되며, 시험 대상인 스마트 그리퍼를 쉽게 연동하기 위한 인터페이스를 포함한다. 이러한 시험 장비와 평가 기준을 활용하여 국내 제조사들이 제품 성능을 객관적으로 측정하고 비교할 수 있는 테스트 베드 및 테스트 데이터를 제공하여 국내 그리퍼 도입 활성화를 지원할 예정이다.

후기 본 논문은 산업혁신기반구축사업의 '로봇 차세대 융합부품 고도화 지원사업(No. P0014806)'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(kimyo@keti.re.kr)

콘크리트 슬라브 마감 자동화 장비를 위한 S-plane 비선형 제어기의 설계

이진호*, 이민수, 최승준, 신영일, 강한별, 조기용#

Design of s-plane nonlinear controller for automated concrete slab finishing robot

J. H. Lee*, M. S. Lee, S. J. Choi, Y. I. Shin, H. B. K, K. Y. Cho#

건설기계부품연구원 지능제어연구실

Key Words : Concrete slab finishing robot, Non linear control, S-plane control, IMU

동력 트로웰은 건설현장에서 콘크리트 슬라브의 평탄화 및 마감작업을 위해 사용되는 건설 장비이다. 동력 트로웰은 블레이드와 콘크리트 면의 마찰력에 의해 장비의 모션이 생성되는 복잡한 구동 원리를 갖고 있어 자동화가 더딘 대표적인 건설 장비 중 하나이다. 따라서, 작업자에게 높은 숙련도와 높은 노동강도를 요구하므로 지능형 건설 4.0(Smart Construction 4.0)에 맞추어 다른 지능형 장비와의 연동 및 자율작업을 위한 자동화 연구에 대한 필요성이 대두되고 있다. 또한, 콘크리트 마감 작업은 콘크리트의 투입 시기 및 일조량 등 다양한 외부 요인에 따라 콘크리트 작업면의 특성이 달라지며, 이는 마감 자동화 장비의 헤딩 제어 성능에 악영향을 주는 주요 요인 중 하나이다.

따라서, 본 논문에서는 기존의 유압 방식의 동력 트로웰의 구동 원리를 분석하여 전기 모터 기반의 중형 콘크리트 슬라브 마감 자동화 장비를 설계 및 제작하였다. 또한, 마감 자동화 장비의 효과적인 헤딩(Heading) 제어를 위하여 IMU(Inertial Measurement Unit)를 기반으로 비선형 제어기 중 하나인 S-plane 제어기를 설계 및 적용하여 헤딩 제어를 수행하였다. S-plane 제어 방법은 퍼지(fuzzy)제어 이론을 기반으로 PID 제어와의 결합을 통해 간단하지만 효과적인 제어 성능을 갖고있으며 고속 이동이 필요 없는 슬라브 마감 자동화 장비에 적합하다. 제어기의 성능은 시뮬레이션을 통해 선행 검증하고 10x10(m)의 테스트 베드를 구축하여 실험을 통해 검증하였다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임.('20014786')

발표자*, 교신저자#(jino123@koceti.re.kr)

로봇을 활용한 인공지능 기반 커넥터 체결 상태 판단 방법

이준호*, 이주찬, 이영훈, 안정도, 송성혁, 박종우, 김휘수, 박동일#

Artificial intelligence-based connector assembly status prediction algorithm

J. Lee*, J. C. Lee, Y. Lee, J. Ahn, S. Song, J. Park, H. Kim, D. Park#

한국기계연구원

Key Words : Robotic assembly, Automatic assembly, Artificial intelligence, Status prediction

Recently, with the development of industrial technology, the number of cases of process automation using industrial robot is increasing. Many studies are conducted to apply the industrial robots not only to simple tasks such as transport, welding, and painting, but also to assembly tasks with complex shapes. In particular, the connector assembly process is one of the processes that is difficult to establish automation using robots because the size of the assembly object is small and an assembly process that takes tolerances into account is required. In order to build a connector assembly process using a industrial robot, a force control-based robot control method is needed to control the robot through the reaction force generated during the assembly process. For precise robot control, it is necessary to accurately understand the state of connector, and for this purpose, many studies are using image-based methods. However, the image-based method can be greatly influenced by the camera's performance and the surrounding environment. In this paper, an artificial intelligence-based connector assembly status prediction algorithm is proposed to solve this problem.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '로봇산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1415187255)

발표자*, 교신저자#(parkstar@kimm.re.kr)

형상 기억 합금 기반 인공 근육의 전기적 특성 시뮬레이션 연구

이주찬*, 서현욱, 최경준, 박성준, 박철훈#

A study on the simulation of electrical characteristics of shape memory alloy-based artificial muscles

J. C. Lee*, H. U. Seo, K. J. Choi, S. J. Park, C. H. Park#

한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구실

Key Words : Actuator, Artificial muscle, Shape memory alloy, Soft wearable robot , Simulation, Wearable robot

본 논문은 형상 기억 합금 (Shape Memory Alloy, SMA) 기반 인공 근육의 전기적 특성 시뮬레이션에 대해 연구한다. 웨어러블 로봇 (Wearable Robot)은 인간의 근력을 보조할 수 있기에 산업 및 헬스 케어 분야에서 주목받고 있다. 일반적인 웨어러블 로봇은 전동기를 구동기로 사용하며 단단한 외골격 (Exoskeleton)의 형태를 갖는다. 하지만 이러한 형태의 웨어러블 로봇은 무게와 가격적 부담으로 인해 장애인 및 노약자들의 일상 생활에 사용되기에는 한계가 있다. 이에 대한 대안으로 소프트 웨어러블 로봇 (Soft Wearable Robot)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 중 형상 기억 합금 기반의 인공 근육을 활용한 소프트 웨어러블 로봇이 주목받고 있다. 하지만 형상 기억 합금 기반의 인공 근육에 대한 전기적 모델링에 대한 연구가 부족하여 인공 근육과 전력 변환기를 통합한 구동 시뮬레이션이 동시에 이루어지기 어렵다. 이로 인해 인공근육 제어 알고리즘 개발 과정이 주로 실험적 방법에 의존할 수 밖에 없어 알고리즘 개발에 많은 시간과 비용이 소모된다. 본 논문에서는 인공 근육의 전기적인 특성을 반영한 시뮬레이션 모델을 제안하고 인공 근육과 전력 변환기를 통합한 시뮬레이션을 동시에 수행한다. 인공 근육의 구동 실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교함으로서 시뮬레이션 모델의 정확도를 검증한다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 로봇산업핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다 (과제고유번호 1415187105).

발표자*, 교신저자#(parkch@kimm.re.kr)

기계가공분야의 자동화를 위한 자율이동로봇 기반 머신텐딩 표준공정 모델 개발

김진석*,#, 송기형

Development of a standard model for machine tending based on autonomous mobile robots for automation in machine process

J. S. Kim*,#, K. H. Song
한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : Machine tending, Autonomous mobile robots, Standard model

머신텐딩은 공작기계, 사출성형기 등의 기계를 관리하고 조작하기 위해 로봇을 사용하는 것을 말한다. 로봇은 부품을 로드/언로드하고 품질검사 등을 수행 함으로써 사람의 수작업 필요성을 없애고 작업자의 부상 위험을 줄여준다. 머신텐딩의 가장 큰 장점 중 하나는 효율성의 향상이다. 로봇은 휴식 없이 24시간 일할 수 있으며, 사람 보다 훨씬 빠른 속도로 작업을 수행할 수 있다. 이것은 더 빠르고 더 낮은 비용으로 제품을 생산할 수 있다는 것을 의미한다. 머신텐딩의 또 다른 장점은 기계가 제공하는 유연성이다. 로봇은 광범위한 작업을 수행하도록 프로그래밍할 수 있으며 생산 현장의 변화에 따라 쉽게 재구성할 수 있다. 이를 통해 제조업체는 새로운 생산 공정에 신속하게 대응할 수 있어 시장 경쟁력을 높일 수 있다. 머신텐딩의 많은 이점에도 불구하고, 해결해야 할 몇 가지 과제는 있다. 가장 큰 단점 중 하나는 로봇을 구입하고 유지하는 비용이다. 초기 투자는 상당할 수 있으며 유지보수 및 수리 비용이 지속적으로 발생한다. 이러한 단점에도 불구하고 제조업에서 로봇 사용은 증가하는 추세이다. 효율성을 높이고, 작업자의 실수를 줄이고, 유연성을 제공함으로 인해 제품 생산 방식에 있어 머신텐딩의 도입은 증가할 것으로 예상할 수 있다.

본 연구는 기계가공 분야의 자동화를 위하여 다관절 로봇을 활용한 머신텐딩 공정의 표준 모델에 대해서 다루고 있다. 로봇 도입을 필요로하는 가공업체의 대상 공정에 대한 분석을 실시하고, 머신텐딩 공정 표준 모델 설계 및 시뮬레이션을 통하여 로봇 활용도를 극대화할 수 있도록 로봇, 주변장치, 설비, S/W 등을 모듈화/패키지화/표준화하기 위한 로봇 활용 대표 공정 솔루션 제공을 목적으로 하고 있다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 연구비 지원으로 수행되고 있으며 이에 감사 드립니다.(No 20018385)

발표자*, 교신저자#(totoro22@kitech.re.kr)

모바일 매니퓰레이터를 이용한 거대공간 레이저용접 전략 소프트웨어 개발

최태용*,#, 박종우, 박동일, 도현민, 박철훈

Development of large space laser welding strategy software using mobile manipulator

Y. Choi*,#, J. Park, D. Park, H. Do, C. Park

한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실

Key Words : Mobile manipulator, Template based motion, LNG Cargo, Robot welding

최근 다양한 이유로 LNG 선박에 대한 수요가 늘어나고 있다. LNG 운반 화물선의 화물칸 내부는 용접을 통해 구성되며, 이 과정은 LNG화물창의 거대한 크기와 안전을 위해 필요한 높은 품질 기준으로 인해 기존에는 수동 노동이나 carriage를 사용한 반자동 방법에 의존해 왔다. 본 연구에서는 모바일 로봇을 활용하여 거대한 LNG 화물칸의 자동 레이저 용접을 위한 방법론을 설계했다. 개발된 접근 방식은 LNG 화물칸의 상당한 크기와 내벽을 구성하는 멤브레인의 corrugation과 같은 어려운 문제에 대한 부분적 해결책을 포함하고 있다. 그러나 본 연구에서 로봇 접근성의 제한으로 인해 LNG 화물칸의 가장자리, 바닥 및 천장과 같은 측면은 제외되었다. 모바일 로봇의 LNG 화물창 레이저 용접을 위해 구현된 절차를 자동화하기위한 소프트웨어를 개발하였고, 그 결과는 시뮬레이션으로 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '로봇산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No.20014923)

발표자*, 교신저자#(taeyongc@kimm.re.kr)

제조현장 CCTV 시인성 개선을 위한 영상 정규화 방법 비교

전성국*,#, 김회민

Examining video normalization methods to improve CCTV visibility at manufacturing sites

S. K. Chun*,#, H. M. Kim

한국광기술원 공간광정보연구센터

Key Words : Image normalization, Image enhancement, CCTV

제조 환경에서의 CCTV 시스템은 공정 모니터링, 보안 감시 및 사고 예방에 중요한 역할을 한다. 그러나 제조현장의 독특한 환경과 조명 조건의 변화로 인해 영상의 가시성 문제가 발생할 수 있다. 본 연구는 제조 현장의 조도 변화에 따른 영상 내 전역적/지역적 불안정한 영상 색상 분포를 정규화하고 시인성을 높이기 위한 Retinex 및 히스토그램 평활화(HE) 기반의 11종의 영상 정규화 알고리즘의 영상 정보 개선율 및 수행 속도를 비교, 분석한다. Retinex 기반 알고리즘은 이미지의 밝기와 색상을 분리하여 정규화한다. HE 기반 알고리즘은 이미지의 히스토그램을 분석하여 픽셀 값 분포를 재조정함을 통해 정규화한다. 알고리즘 비교를 위해 제조 현장 CCTV 영상 중 무작위로 선별한 100장의 이미지를 시료로 사용하였으며, 영상 정보 개선율을 비교하기 위해 입력 이미지와 각 알고리즘을 통해 처리 된 정규화 이미지의 Average Gradient를 비교하였다. 수행 속도 비교를 위해 100장의 입력 이미지의 정규화 처리 시작부터 처리 후 결과 이미지 생성 시간까지의 평균 처리 속도를 millisecond 단위로 측정하여 비교하였다. 상기 실험 환경에서의 실험 결과를 통해 영상 정보 개선율은 Luminance Adaptation, JHE, GCE Histogram Modification, SEF, WTHE의 순으로 높은 성능을 보였으며, 수행 속도는 IAGCWD, WTHE, AGCWD, GCE Histogram Modification, JHE, AGCIE의 순으로 빠른 수행 속도를 나타내었다. 이러한 분석을 통해 영상 처리 시스템 환경 특성에 맞는 영상 정규화을 선별함을 통해 영상의 품질을 향상시켜 CCTV 영상 시인성 증대에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 과학기술정보통신부의 '제조 현장 특화 무구속 강건형 정밀 모션 고속센싱 기술 개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1711193401)

발표자*, 교신저자#(k612051@kopti.re.kr)

추종, 장애물 회피 기능을 가진 불규칙 노면 주행 로봇

김성은, 박서현, 안지은, 전다예*, 심재홍#

Robot that can be driven on irregular roads with tracking and obstacle avoiding function

S. E. Kim, S. H. Park, J. E. Ahn, D. Y. Jeon*, J. H. Shim#

한국공학대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Rocker-bogie mechanism, Stair-climbing, Balancing, Follow-up drive, Evasive driving

기존의 운반 로봇들은 사람을 추종하며 짐을 운반해주는 역할을 하고 있다. 이런 로봇은 단차가 있는 지면이나 턱 같은 장애물을 넘어가지 못하여 사용할 수 있는 환경이 제한되었다. 따라서 우리는 이러한 문제를 해결할 수 있는 운반 로봇을 제안하고자 한다. 로커-보기 메커니즘을 이용하여 불규칙한 노면에서 물체 추종 및 장애물 회피가 가능한 이동로봇을 설계, 제작하였다. 본 논문에서는 제안한 이동로봇의 설계 및 제작과정을 기술하고자 한다.

후기 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(COSS-2021-G1-07-첨단분야 혁신융합대학사업(지능형로봇분야-한국공학대학교))

발표자*, 교신저자#

회귀분석을 이용한 GMA 용접공정의 비드형상 예측에 관한 연구

심지연[1,*,#], 천현필[2]

A study on bead geometry prediction the GMA welding process by regression analysis

J. Y. Shim[1*,#], H. P. Cheon[2]

한국생산기술연구원 탄소경량소재응용연구그룹[1], 한국생산기술연구원 접합적층연구부문[2]

Key Words : GMAW, Prediction of gead geometry, Global regression, Cluster-wise regression

용접은 조선, 자동차, 기계산업 등 산업전반에서 최종 결과물의 품질을 결정하는 대표 뿌리기술로서, 경제 성장 및 산업 발전과 더불어 지속적으로 발전하고 있다. 그러나 아크열, 흄 등 열악한 작업환경으로 최근 용접자동화를 위한 관련 기술 개발이 활발하게 수행되고 있으나, 아직까지 현장에서는 수용접이 이루어지고 있어 용접부 품질 문제가 지속적으로 발생하고 있다. GMA 용접공정은 여러 변수들이 입력 및 출력되며, 각각의 용접 비드형상 변수들은 밀접하게 상호작용하므로 시행 착오에 의해 적정 공정변수를 도출하여, 요구 수준의 용접 비드형상을 확보하는 것은 어렵다. 특히, 용접사 기량에 따라 수동용접에서 요구하는 각장 길이 보다 과대 각장 및 과입열이 발생하여 비드형상의 불량 발생이 발생하고, 심각한 용접변형을 야기하므로, 이를 예측하고 적정한 변수를 선정할 수 있는 기술이 시급히 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 용접 중 수집한 실시간 데이터인 전류, 전압, 속도를 입력변수로, 비드형상(높이, 너비)을 출력변수로서 설정하고, 회귀분석을 이용한 상관관계를 분석하고, 상업용 컴퓨터 프로그램인 MATLAB을 이용하여 연관식을 도출하였다. 특히 Global 및 Cluster-wise 회귀분석법을 적용하여 비드형상을 예측하였다. Cluster-wise 회귀분석법은 데이터에 이질성이 존재할 때 유용한 적용가능한 기법이다. SS400 및 bead on plate 방법을 선정하였으며, 완전요인설계를 통한 실험 계획 후, GMA 용접 실험을 수행하였다. 각각의 비드형상은 광학현미경을 통해 측정하였다.

후기 이 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업 "완전용입 동적변수 제어 스마트 용접시스템 모듈 개발(kitech-EH-23-0007)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(shimjy@kitech.re.kr)

무선 메쉬 네트워크 기반의 정보수집장치 개발

차주헌*,#

Development of information collection device based on wireless mesh network

J. -H. Cha*,#

국민대학교 기계공학부

Key Words : Wireless mesh network, Internet of things, Multimodal sensor, Fire information collection

환경이 매우 열악한 고위험의 화재 현장에서는 매연, 연기, 화염 등으로 인해 시각 및 청각의 방해 요소들로 인해 정상적으로 소방관과 화재 현장을 지휘하는 소방 대장 혹은 화재 현장에 투입된 동료 소방관과의 원활한 의사소통이 거의 불가능한 상태이다. 이로 인해 투입된 소방관의 안전 사고가 발생되거나 확대되는 경우가 비일비재하다. 이러한 사고를 원천적으로 방지하기 위해서는 소방관의 상태 정보와 화재 현장의 명확한 정보를 실시간으로 전달하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 통신 환경이 열악한 화재 현장의 재해에 신속하게 대응하고 소방관의 안전을 확보하기 위해 화재 현장에서 소방관이 투입되기 전에 옥상이나 복잡한 지하 구조물과 같은 화재 현장의 내부 상태를 실시간으로 영상 정보 및 온도 정보, 산소 포화도 정보 등을 수집, 전송함으로써 소방 대장이 소방관 투입 여부를 합리적으로 결정하도록 하는 무선 메쉬 네트워크 기반의 정보수집장치를 제안하고 개발하여 본 시스템의 현장에서의 효용성과 타당성을 검증하였다.

후기 이 논문은 2023년도 교육부의 '3단계 산학연협력 선도대학 육성사업'의 지원을 받아 연구되었다.

발표자*, 교신저자#(cha@kookmin.ac.kr)

휠-레그 2족 로봇의 장애물 극복을 위한 점핑 알고리즘 개발

강우송*, 이영훈, 안정도, 박종천, 박찬훈, 박동일#

Developing a jumping algorithm for overcoming obstacle in the wheeled bipedal robot

W. S. Kang*, Y. H. Lee, J. D. Ahn, J. C. Park, D. I. Park#

한국기계연구원

Key Words : Wheeled bipedal robot, Jumping control, Spring-loaded inverted pendulum(SLIP)

바퀴를 기반으로 움직이는 모바일 로봇은 평지에서 빠른 속도로 움직일 수 있다는 장점이 있기에 휠체어부터 배송로봇까지 많은 영역에서 사용되고 있다. 하지만, 모바일 로봇은 족형 로봇이 잘 대응할 수 있는 울퉁불퉁한 바닥이나 계단을 오르는 등의 장애물을 만났을 때 잘 대응하지 못한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 일부 연구들은 다리와 바퀴를 결합한 형식의 휠-레그 2족로봇(Wheeled bipedal Robot)을 개발하였고 점프까지 성공하였다. 하지만, 기존 연구들은 점프 높이를 조절할 수 있는 알고리즘이 없기 때문에 장애물의 높이가 높아지거나 달라질 때 대응할 수 없다는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 휠-레그 2족로봇을 기반으로 원하는 높이까지 뛸 수 있게 하여 다양한 높이의 장애물을 극복할 수 있는 새로운 점프 알고리즘을 제안한다. 위 알고리즘은 로봇을 Spring-Loaded Inverted Pendulum(SLIP) 모델으로 단순화시켜 생각한다. 위 SLIP 모델의 동역학을 이용하면, 원하는 높이를 구현하기 위해서 로봇이 뜨는 순간(take-off)의 속도를 구할 수 있고, 이를 구현하기 위한 다리 길이의 기준 위치 및 속도 궤적을 구할 수 있다. 한편 이를 구현하기 위해 로봇의 기구학을 이용하여 SLIP 모델처럼 움직일 수 있게 제어하고, 위치 및 속도 궤적을 추종제어하여 원하는 높이까지 점프할 수 있게 하였다. 전체의 제어 알고리즘은 시뮬레이션을 통하여 다양한 높이에 대응할 수 있다는 것을 검증하였다. 추후에는 투휠 기반의 휠체어 등에 적용하여 장애인들의 계단 혹은 장애물 극복을 용이하게 할 수 있게 진행할 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 한국기계연구원의 지원을 받아 작성되었음(Project ID: NK244F)

발표자*(usong@kimm.re.kr), 교신저자#(parkstar@kimm.re.kr)

인공지능 알고리즘을 활용한 쉘튜브 열교환기 형상 설계

이찬구[1,*], 전성준[1], 한석영[2,#]

Shell and tube heat exchanger shape design using artificial intelligence 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 만족해야하기 때문에 설계 범위가 제한되며, 많은 연구자들이 설계 범위 내에서 열교환률을 증가시키거나 압력 강하를 낮추는 등의 성능을 향상시키기 위한 연구들을 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 구성된다. 학습된 DNN 모듈에 입력한 임의의 성능과 출력 변수로 계산되는 성능을 비교하여 평균 97.53%의 예측 정확도를 확인하였다. 본 연구에서 개발한 DNN 모듈을 사용하면 빠르게 입력된 성능을 만족하는 여러 개의 STHE의 형상 설계안들을 도출할 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)

용액공정에 의한 고효율 양자점 발광다이오드에 관한 연구

Ly Thi Trinh, 고평삼, To Thi Tu Linh, 명태식, 윤홍석*,#

Highly efficient Qutum dot light-emitting diodes by the solution process

L. T. Trinh, P. S. Ko, T. T. T. Linh, T. S. Myung, H. S. Youn*,#

한밭대학교 기계공학과

Key Words : Solution process, Quantum dot, Light-emitting diodes, High-efficiency

양자점 발광 다이오드는 차세대 디스플레이로 인식되고 있는 광원이다. 발광에 사용되는 반도체 물질이 양자크기를 지니고 있으며 양자구속효과(quantum confinement effect)에 의해 반도체의 밴드갭(band gap)을 상대적으로 용이하게 조절이 가능함이 밝혀져 그 가능성이 매우 큰 물질이다. 최근 이 물질의 발견으로 인하여 2023년 노벨화학상이 배출되었고 그 관심은 더욱 증폭되고 있는 상황이다. 그러나 현재 순수한 양자점 발광 물질을 사용한 디스플레이 패널이 출시가 되는데 답보 상태에 있는데 그 이유는 우수한 품질의 소자제조 기술이 아직 미흡한데 있다. 현재 용액공정을 이용하여 소자를 제작하고 있으나 박막의 품질(layer quality)이 양호하지 못하여 소자의 전류효율이 제한되는 한계를 지니고 있다.

본 연구에서는 상기 기술한 근본적인 양자점 발광다이오드의 성능을 개선 및 분석을 위한 양자점 다이오드의 이론적 모델을 제시하고자 한다. 한편, 이론적 모델을 바탕으로 효율을 개선하기 위한 다양한 구조적인 그리고 소자 관점의 개선실험을 진행하여 그 결과를 보고한다. 소자의 제작은 용액공정인 스핀코팅(spin coating) 공정을 활용하며 전류 효율을 개선하기 위한 방법으로 음극과의 전극 컨택이 오믹접합(ohmic contact)이 가능하도록 하여 전자의 주입 장벽을 낮추는 암모늄(ammonium) 이온성 물질을 활용하여 전자 주입효과를 크게 개선 가능하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국연구재단의 중견연구자지원사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 2021R1A2C1094647-9525)

발표자*, 교신저자#(hsyoun@hanbat.ac.kr)

CFRP 밀링 시 공구 마모에 따른 음향신호 분석

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

Machining sound analysis according to tool wear during CFRP milling

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

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 기계공학과[2]

Key Words : CFRP, Milling, Microphone, Monitoring, Frequency analysis

Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) is widely recognized for its strength-to-weight ratio, and it's in high demand in the automotive and aerospace sectors. When it comes to improving the quality of CFRP-based products, especially during finishing processes including milling and drilling, challenges can arise, such as pull-out fibers and delamination, which lead to machining defects and lower product quality. Therefore, various studies have been carried out to understand fiber behavior and reduce these machining defects. In this study, milling experiments were conducted on unidirectional CFRP by applying various cutting angles, and research was conducted to predict fiber behavior through analysis of machining sound generated during CFRP milling. Through this study, it was confirmed that fiber bending, which is the cause of machining defects, can be predicted through analysis of machining sound in the 7,800 to 14,800 Hz range. In addition, it is confirmed that the pattern of the machining sound in the corresponding area changes as tool wear progresses. This suggests that in the future, it will be possible to determine the optimal timing for tool replacement and predict machining quality through the analysis of machining sounds.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 자체연구사업 "음향 신호 분석을 통한 탄소섬유복합재 로봇 밀링 공정 최적화(1/2) (KITECH UR230009)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자[*], 교신저자[#](kesong@kitech.re.kr)

DTM 레이저 보조 모듈과 이송 속도에 따른 비구면 ZnS 표면 거칠기 분석

김동환[1,*], 박영덕[2,#]

Analysis of asphere ZnS surface roughness by DTM laser assisted module & Feedrate

D. H. Kim[1,*], Y. D. Park[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : DTM, Laser assisted machining, ZnS, Surface roughness

최근 우주&국방, 자동차, 반도체, 적외선 감시카메라 등 다양한 분야에서 Visible ~ IR 영역의 넓은 범위에 투과가 모두 가능한 이미징 기술이 요구되고 있으며, 이에 맞춰 소형 경량화, 모듈의 간소화를 통해 광학 성능 향상을 모색하고 있다. ZnS 소재는 일반적으로 적외선 영역에서 활용되는 소재이지만 제조 공정에 따라 가시광선 영역에서도 투과가 가능한 결정 구조를 갖게 된다. 이에 넓은 영역을 활용할 수 있는 ZnS 소재에 대한 초정밀 가공 기술들이 개발되고 있으며, 일반적으로 재료 제거율이 좋은 다이아몬드 공구를 이용한 절삭 가공인 DTM(Diamond Turning Machine)과 연마 공정인 MRF(Magneto-Rheological Fluid)가 사용되고 있다. 하지만 고온 고압의 제조 공정을 거친 ZnS는 높은 취성 및 물리적 특성으로 인해 절삭 가공 중 결정의 탈락 또는 미세 균열이 발생할 수 있고 이를 방지하기 위해 본 연구에서는 다이아몬드 선삭 공정에 레이저 보조 모듈을 병행한 초정밀 절삭 가공을 수행하였다. 레이저 보조 가공은 높은 취성의 소재를 연화시켜 초정밀 절삭 가공이 가능하게 하며, 레이저 보조 모듈을 적용한 선삭 가공 중 공구의 이송 속도에 따라 발생할 수 있는 특성을 파악하였다. 결과적으로 레이저 보조 모듈의 적용과 절삭 이송 속도에 따라 변하는 표면거칠기를 정량적으로 분석할 수 있었고, 나노미터급의 표면거칠기를 달성하였다.

후기 이 논문은 2021년도 산업통상자원부의 소재부품기술개발사업(으뜸기업)신규지원 대상과제의 지원을 받아 연구되었음 (No. 20017383)

발표자*(kimdh91@hanbat.ac.kr), 교신저자#(parkyd@hanbat.ac.kr)

DTM 레이저 보조 모듈과 회전 속도에 따른 비구면 ZnS 표면 거칠기 분석

김동환[1,*], 명태식[2,#]

Analysis of asphere ZnS surface roughness by DTM laser assisted module & RPM

D. H. Kim[1,*], T. S. Myung[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : DTM, Laser assisted machining, ZnS, Surface roughness

최근 우주&국방, 자동차, 반도체, 적외선 감시카메라 등 다양한 분야에서 Visible ~ IR 영역의 넓은 범위에 투과가 모두 가능한 이미징 기술이 요구되고 있으며, 이에 맞춰 소형 경량화, 모듈의 간소화를 통해 광학 성능 향상을 모색하고 있다. ZnS 소재는 일반적으로 적외선 영역에서 활용되는 소재이지만 제조 공정에 따라 가시광선 영역에서도 투과가 가능한 결정 구조를 갖게 된다. 이에 넓은 영역을 활용할 수 있는 ZnS 소재에 대한 초정밀 가공 기술들이 개발되고 있으며, 일반적으로 재료 제거율이 좋은 다이아몬드 공구를 이용한 절삭 가공인 DTM(Diamond Turning Machine)과 연마 공정인 MRF(Magneto-Rheological Fluid)가 사용되고 있다. 하지만 고온 고압의 제조 공정을 거친 ZnS는 높은 취성 및 물리적 특성으로 인해 절삭 가공 중 결정의 탈락 또는 미세 균열이 발생할 수 있고 이를 방지하기 위해 본 연구에서는 다이아몬드 선삭 공정에 레이저 보조 모듈을 병행한 초정밀 절삭 가공을 수행하였다. 레이저 보조 가공은 높은 취성의 소재를 연화시켜 초정밀 절삭 가공이 가능하게 하며, 레이저 보조 모듈을 적용한 선삭 가공 중 소재의 회전속도에 따라 발생할 수 있는 특성을 파악하였다. 결과적으로 레이저 보조 모듈의 적용과 소재의 회전 속도에 따라 변하는 표면거칠기를 정량적으로 분석하고, 나노미터급의 표면거칠기를 달성하였다.

발표자*(kimdh91@hanbat.ac.kr), 교신저자#(myungts@hanbat.ac.kr)

프레넬 렌즈와 안경 렌즈를 이용한 초고도수 렌즈의 결합 방법 연구

Viet Van Luu*, Hien Thi Nguyen, Truong Van Vu, 이호철#

Image formation of the high-diopter lenses by combining Fresnel lenses and conventional lenses

V. V. Luu*, H. T. Nguyen, T. V. Vu, H. Lee#

한밭대학교 기계공학과

Key Words: Fresnel lens, Corrective lens, Image, Ophthalmic, Myopia

Fresnel lenses are now quite commonplace, they can be found in products as diverse as infrared intrusion detectors, projection television, or photographic flash units. In this study, the approach Fresnel lens optical applications were designed and fabricated by using an ultra-precision diamond machine to form the Fresnel lens structures surfaces. In ophthalmology, the thickness of the lens is proportional to the patient's nearsightedness. With a compact structure and an image quality acceptable, the Fresnel lens could be used as a corrective lens in the field of myopia. The commercial software Zemax and NX visualization were used in this study and then the Fresnel lens replicated were applied to the eyeglasses to improve the vision of myopia.

발표자*, 교신저자#(hclee@hanbat.ac.kr)

음향 방출 센서를 이용한 CFRP의 파이버 레이저 마이크로 디버링 공정 모니터링

박형진[1,2,*], 김효정[1,2], 이주헌[3], 이성환[2,#]

Monitoring the fiber laser micro-deburring process of CFRP using acoustic emission sensor

H. J. Park[1,2,*], H. J. Kim[1,2], J. H. Lee[3], S. H. Lee[2,#]

한양대학교 기계설계공학과[1], 한양대학교 기계공학과 BK21 FOUR ERICA-ACE Center[2], 한양대학교 HYU-KITECH 공동학과[3]

Key Words : Micro deburring, Acoustic emission, Fiber laser, Drilling, CFRP

파이버 레이저를 활용한 마이크로 디버링(Micro deburring) 공정은 마이크로 수준의 미세한 손상 및 날카로운 가장자리 등의 버를 제거하는 데 중요한 역할을 합니다. CFRP(탄소섬유 강화 플라스틱) 시편의 드릴링 시 생성되는 외부 및 내부 형상의 경우 탄소섬유와 레진의 박리 및 버로 인해 일반적인 절삭가공 디버링을 통한 제거에는 한계를 가집니다. 따라서 레이저를 활용한 마이크로 디버링 공정은 CFRP의 드릴링 시 발생하는 결함으로 인한 품질 문제를 해결하기 위한 중요한 방법 중 하나로 연구되고 있습니다.

본 연구에서는 레이저를 활용한 마이크로 드릴링 디버링 공정을 제어하기 위하여 음향 방출 센서를 기반으로 모니터링하는 방법을 제안합니다. 다양한 레이저 공정 조건에서 파이버 레이저를 활용한 디버링 성능은 버의 높이 감소와 미 절삭 버의 개선을 기준으로 평가되며, 가공 중 수집된 음향 방출 신호는 레이저 공정 조건에 따라 분석됩니다. 결과적으로 음향 방출 센서 모니터링은 파이버 레이저 마이크로 디버링 공정의 조건에 따라 식별 가능 함을 확인하였습니다.

이에 따라 파이버 레이저의 작동 효율을 향상시키고, 공정 변수에 따른 모니터링 뿐만 아니라 공정 중 발생할 수 있는 결함 및 변화를 조기에 감지하여 품질 향상을 계획할 수 있습니다. 파이버 레이저를 활용한 마이크로 디버링 공정 중 음향 방출 센서를 이용하여 공정 상태 감시의 유효성을 실험적으로 입증하였으며, 이를 통해 마이크로 디버링 분야에서의 파이버 레이저 기반 공정 개선에 기여할 것으로 기대됩니다.

후기 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3303904]

발표자*, 교신저자#(sunglee@hanyang.ac.kr)

쿼츠 웨이퍼 폴리싱 연마기 하정반 설계 안정성 검증을 위한 구조해석

우완식*, 조수빈, 권상원#

Structural analysis for verifying the design stability of the setting plate in quartz wafer polishing system

W. S. Woo*, S. B. Cho, S. W. Kwon#

대구기계부품연구원 첨단공구·가공사업단 정밀가공시스템연구팀

Key Words : Quartz wafer, Polishing, Setting plate, Structural analysis

반도체 제조 공정에서 고순도 쿼츠 웨이퍼(Quartz wafer)는 대부분 수입하여 사용되고 있으나, 최근 지속적인 수요 증가로 인한 원자재 수급의 불안정성과 가격상승 및 난삭성에 의한 불균일한 품질 등으로 인해 수입의존도를 줄이고 안정적인 제품 생산을 위한 대책 마련이 필요한 실정이다. 특히, 고순도 쿼츠 웨이퍼 소재는 강한 취성(Brittleness)으로 인해 난삭재(Difficult-to-cut material)로 분류되어 생산성이 극히 낮으며 고품질의 제품을 만들기 위해서는 정교한 양면 폴리싱 연마가공 기술이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 고생산성 쿼츠 웨이퍼 폴리싱 양면 연마장비 개발을 위해 구조해석을 통한 연마기 하정반(Setting plate)의 설계 안정성을 분석 및 검증하고자 한다. 구조해석은 전체 시스템에서 수직 연마압력을 받는 하정반에 자중 및 수직 연마압력을 가해 정적변형과 응력을 확인하였다. 또한, 최적 구조 설계안을 도출하기위해 하정반의 두께(55T, 45T, 30T, 20T) 및 하정반베이스의 정반 받침 블록 수(8개, 6개, 5개, 3개)에 따른 변형량 및 응력을 분석하였다. 최대변형은 모든 경우의 해석결과에서 하정반의 끝단에서 발생하였으며, 그 위치는 각 블록 사이의 중간지점에서 발생하였다. 최대응력은 모든 경우의 해석결과에서 5~19 MPa 범위내로 사용된 소재의 항복강도에 비해 미미한 수준으로 분석되었다. 하정반의 두께 및 블록 개수에 따른 변형거동을 분석한 결과, 두께 55T 및 블록 6개로 구성된 하정반을 가지는 연마기 구조가 최적의 설계안으로 분석되었다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '중소기업기술혁신개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2023-00219896)

발표자*, 교신저자#(sangwonkwon@dmi.re.kr)

자가접착 Ag-Au 코어-쉘 나노와이어와 이질성의 미세구조를 활용한 향상된 산화 저항성의 유연 투명 전극

장혜진*, 김재일, 송현석, 권혁주, 정훈의#

Flexible transparent electrodes with enhanced oxidation resistance via self-adhesive Ag-Au core-shell nanowires and heterogeneous microarchitectures

H. Jang*, J. Kim, H. Song, H. Kwon, H. E. Jeong#

울산과학기술원 기계공학부

Key Words : Bioinspired adhesives, Core-shell nanowires, Flexible transparent electrodes, Interfacial contact, Oxidation resistance

Flexible transparent electrodes (FTEs) play a pivotal role in advancing flexible electronics, energy systems, and biomedical devices. Traditional FTEs rely on silver nanowire coatings on flexible substrates but face challenges such as insufficient oxidation resistance and difficulties in establishing reliable mechanical and electrical interconnections with other device components. In this context, we propose a versatile FTE design that incorporates Ag-Au core-shell nanowires and self-adhesive microstructures arranged in a regular grid pattern. This electrode demonstrates strong self-adhesion, enabling precise mechanical and electrical contacts across diverse substrates without the need for additional adhesives. The optical and electrical characteristics can be finely adjusted by manipulating microstructures and nanowire coatings. Importantly, the electrode showcases impressive oxidation resistance, even when exposed to oxidizing agents, elevated temperatures, or high humidity environments. Our findings provide practical avenues for integrating FTEs into a range of emerging optoelectronic devices, utilizing their outstanding chemical and thermal stability.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기술혁신프로그램'(00144157), 한국연구재단((2019M3C1B7025092))의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(hoonejeong@unist.ac.kr)

스마트폰 카메라 렌즈용 적외선 필터의 제조공정을 고려한 접합력 평가 기술 개발

김동현*, 조아름, 이화섭, 정회연, 박연경, 박민지, 전은채#

Development of adhesion evaluation technology considering the manufacturing process of infrared filters for smartphone camera lenses

D. H. Kim*, A. R. Jo, H. S. Lee, H. Y. Jeong, Y. K. Park, M. J. Park, E. c. Jeon#

울산대학교 첨단소재공학부

Key Words : Infrared filter, Nanoscratch test, Adhesion evaluation

최근 스마트폰의 기술이 발전하면서 스마트폰에 적용되는 여러 기능 중 카메라의 중요성이 높아지고 있으며, 특히 카메라를 통해 들어오는 빛을 제어하는 카메라 렌즈 기술 개발도 활발히 이루어지고 있다. 특히 사람 눈에는 보이지 않는 적외선이 카메라 렌즈를 그대로 통과하면 사진 또는 동영상이 붉게 변하는 문제가 있기 때문에 적외선을 차단하는 기술이 중요하다. 기존에는 적외선 영역의 빛을 이미지 센서로 들어가지 못하게 반사하는 적외선 차단 필터를 사용해왔으나, 빛의 입사각에 따라 투과, 반사 특성이 변하게 되므로 강한 적외선의 경우에는 필터를 통과한 적외선이 이미지 센서에 반사되어 flare 현상이 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 렌즈를 제조할 때 적외선을 흡수하는 물질을 이용한 적외선 흡수형 필터가 개발되고 있다. 적외선 흡수형 필터의 경우 매우 얇은 수백 나노 두께의 유전체 막을 수십 층 코팅하여 제조하기 때문에 작은 충격에도 수십 층의 다층막 사이에서 박리 및 파괴가 발생할 수 있다. 이때, 박리 및 파괴가 발생하는 하중을 정량적으로 분석하기 위해서는 나노급 두께의 다층막에 대한 접합력 평가가 필요하다. 그러나 기존에 알려진 cross hatch test, peel test와 같은 기존 접합력 평가 방법은 나노급 두께의 시편을 대상으로 정량적인 평가가 어렵다는 단점이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 나노 단위 변형과 동시에 수직 및 수평 방향 하중 측정이 가능한 nanoscratch test를 이용하여 나노 다층막의 접합력 평가 기술을 개발하고자 한다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 산업기술혁신사업의 일환인 “근적외선 흡수 고내열 투명광학필름 및 적외선 필터모듈 개발(No.20011084)의 지원에 의한 것입니다.

발표자*, 교신저자#(jeonec@ulsan.ac.kr)

웨어러블 전자기기를 위한 민감도가 높은 피부 접착형 자가회복 하이드로젤

송원우*, 최건준, 김소미, 김재일, 정훈의#

Skin-attatchable, self-healable, soft hydrogels with high-sensitivity for wearable electronics

W. Song*, G. Choi, S. Kim, J. Kim, H. E. Jeong#

울산과학기술원 기계공학부

Key Words : Conductive hydrogel, Self-attachment, Self-healing, Mussel adhesion, Wearable sensors

Stretchable and self-attachable conductive hydrogels hold significant importance in various types of applications, including human-machine interfaces, wearable electronics, and soft robotics. However, the integration of multiple properties, such as high stretchability, strong interfacial attachment, self-healing capability, and sensitivity, into a single material poses significant challenges. Therefor, we present a multifunctional conductive hydrogel based on poly(acrylic acid) (PAA), dopamine-functionalized pectin (PT-DA), polydopamine-coated reduction graphene oxide (rGO-PDA), and Fe3+as an ionic cross-linker. This hydrogel performs a distinctive combination of high stretchability (2000%), rapid self-healing (~94% recovery in 5 s), and robust self-attachment to various substrates. In particular, the hydrogel demonstrates a remarkable skin attachment strength of 85 kPa, surpassing previous hydrogel's skin attachability. Furthermore, the incorporation of rGO within the hydrogel network creates an electric pathway, resulting in excellent conductivity (0.56 S·m−1). Consequently, these conductive hydrogels shows linear strain-sensing properties with a significant gauge factor(GF) of 14.6, covering ~1000%, which is an extensive detection range, along with fast response(198ms) and exceptional cycle stability. These multifunctional hydrogels can be successfully implanted into motion detection sensors capable of distinguishing between various strong or subtle movements of the human skin surface.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF-2021R1A2C3006297) and the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) in Korea (RE202101396)

발표자*, 교신저자#(hoonejeong@unist.ac.kr)

적층 제조 기술을 활용한 초소형 위성 초정밀 반사경 제작 기술

박성현[1,*], 명태식[1], 박영덕[2], 김건희[2,#]

Micro-satellite ultra-precision reflector manufacturing technology using additive manufacturing technology

S. H. Park[1,*], T. S. Myeong[1], Y. D. Park[2], G. H. Kim[2,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 한밭대학교 기계소재융합시스템공학과[2]

Key Words : Additive manufacturing, Diamond turning, Hot isostatic pressing, Micro-satellite, Ultra-precision

최근 세계적으로 우주산업에 대한 관심이 높아짐에 따라 비교적 접근 난이도가 낮은 초소형 위성에 대한 연구개발이 활발해지고 있다. 초소형 위성에는 일반적으로 적외선 광학 시스템을 이용하여 해안 감시, 선박 교통 감시 또는 항만 보호 같은 분야에서 활용되며, 관련 열화상 기술을 군사, 보안, 감시 분야에 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 초소형위성체에 탑재되는 광학계의 다품종 소량생산에 적합한 금속 적층 제조 방식을 사용하고, 광학계의 경량화 설계와 반사경의 초정밀 가공성을 확보하기 위해 HIP(Hot Isostatic Press) 적용하는 등 공정을 진행하였다. 그 결과 3D 프린팅으로 제작된 반사경은 위상 최적화 모델링을 통해 초기 형상 대비 60% 절감된 경량화 되었으며, 초정밀 가공 반사체의 표면 거칠기를 백색광 간섭계를 이용하여 측정한 결과 Ra 기준으로 6.01 nm의 거칠기, 다이아몬드 터닝 머신 초정밀 가공을 거친 반사경은 RMS 기준 32.39nm의 형상 정밀도를 확보하였다. 이는 자체 설정한 광학계 제작 오차 내인 10 μm보다 훨씬 작은 수준으로 제작 가능하였으며, 적층공정에 HIP 공정과 초정밀 가공 공정을 통해 초정밀 반사경 제작이 가능하다고 판단하였다. 이 연구를 바탕으로 추후 짧은 파장대에 활용도를 높이기 위해 표면거칠기를 개선하는 등의 연구를 추가진행할 예정이다.

후기 본 연구는 무인이동체 임무장비 성능향상 기술개발(과제번호. NRF-2023M3C1C1A01098410)사업의 연구 지원을 받아 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(ghkim@hanbat.ac.kr)

Dual MAF 가공을 이용한 50mm급 파이프의 초정밀 가공에 관한 연구

임홍철[1,*], 미네트 폰파닛[1], 행리다[1], 문상돈[1,2,#]

A study on ultra-precision processing of 50mm pipe using dual MAF processing

Hong Cheol. Im[1,*], Meenert Phornphanit[1], Lida. Heng[1], Sang Don. Mun[1,2,#]

전북대학교 기계설계공학과[1], 전북대학교 에너지저장·변환공학과[2]

Key Words : Internal auxiliary magnet, STS316L, Pipe for hydrogen installation, Magnetic abrasive finishing, Surface precision, Magnetic field interpretation

본 연구 논문은 50mm급 파이프의 높은 표면 정밀도 및 치수 정밀도를 달성하기 위해 Dual MAF(Magnetic Abrasive Finishing Process) 공정의 새로운 방법을 연구하였다. 파이프 내부에 보조 자석을 추가함으로써 파이프 회전 및 진동면에 강하게 작용하여 새로운 파이프 연마 기법이 되었다. 본 연구는 파이프 STS 316L 합금 소재의 내면을 가공할 때의 가공 특성을 평가하기 위한 표면 정밀도에 기인한 최적의 가공 조건을 찾고자 내부 보조 자석의 종류, 기존 가공법과의 차이, 가공 시간의 3가지 실험 요소에 대하여 실험을 진행하였다. 실험 진행 후 SEM과 3D 광학현미경을 사용하여 STS 316L 파이프의 표면을 촬영하고 거칠기 값을 확인하였다. 그 결과, Dual MAF 기법을 기반으로 한 새로운 가공법이 파이프 표면의 어떠한 치수나 표면 결함에도 영향을 주지 않고 5분 이내에 가스파이프(Gas Pipe)의 초미세하고 매끄러운 표면 가공을 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 기존의 자기 연마는 30분 정도 가공해야 하는 것을 새로운 Dual MAF 공정으로 약 5분 정도에 표면 거칠기에 효과를 주는 것으로 나타났다. 또한, STS 316L 파이프의 표면 거칠기 값인 Ra를 0.13±0.01 μm에서 0.06±0.002 μm로 성공적으로 개선할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 한국연구재단의 이공분야기초연구사업 지원으로 수행된 연구임(No. NRF-2022R1F1A1073584)과 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. RS-2023-00246193).

발표자*, 교신저자#(msd@jbnu.ac.kr)

강구 전극의 자기력 위치 제어를 통한 자유형상 구멍 전해가공

정민규*, 카림자데간 이만, 류시형#

Electrochemical drilling of free-shaped holes through magnetic position control of a steel ball electrode

M. G. Jeong*, K. Iman, S. H. Ryu#

전북대학교 기계공학과

Key Words : Electrochemical drilling, Free-shaped hole, Magnetic position control, Steel ball electrode

기계시스템에는 윤활, 냉각, 물질 수송 등 다양한 목적으로 유체 채널이 사용되고 있으며, 개방된 표면에 밀링 등의 기계적인 가공 방법 또는 방전가공, 화학적 에칭 등 특수가공 공정으로 채널을 형성한 후, 상하의 부품을 조립하여 제작한다. 본 연구에서는 전해가공 공정을 이용하여 금속 내부에 직접 자유형상 구멍을 가공하는 방법에 대해서 고찰하였다. 공작물의 외부에 위치한 네오디뮴 자석으로 강구 전극의 위치를 자기력으로 제어하여 곡선 구멍을 가공한다. 자석 및 강구의 물성과 크기 그리고 자석과 강구 사이의 거리에 따라 자석이 강구 전극에 작용하는 자기력의 세기를 해석하였다. 또한, 공작물 주위에 다수의 자석이 위치할 때 강구 전극에 작용하는 자기력의 세기와 방향에 대해서도 고찰하였다. 가우스 메타로 자기력 선속 밀도를 측정하여 강구의 크기와 자화율의 상관관계를 분석하였다. 전원 공급을 위해 미세 연선 전선과 강구 전극을 열수축 튜브로 연결하여 유연성이 높으면서 고전력을 인가할 수 있는 간단한 전극 모듈을 제작하였다. DC 전원을 펄스로 분할하는 펄스 분할 회로를 제작하고, 인가 전압, 듀티비 등 펄스 조건에 따른 전해가공 특성을 파악하였다. 전해조건 최적화와 네오디뮴 자석에 의한 전극 위치 제어로 Al 6061 시편에 다양한 형상의 곡선 구멍을 가공하였다. 본 연구 결과는 금형 등 기계부품 내부에 냉각 및 윤활 채널을 가공하거나, 고강성 경량 구조를 제작하는 목적으로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A107438612).

발표자*(chem9617@naver.com), 교신저자#(ryu5449@jbnu.ac.kr)

초소수성 및 강한 접착 특성 기반 전도성 유연 패치

이성진*, 박성진, 김재일, 강동관, 김소미, 김진서, 정훈의#

Flexible conductive patch with superhydrophobic and strong adhesion

S. Lee*, S. Park, J. Kim, D. Kang, S. Kim, J. Kim, H. E. Jeong#

울산과학기술원 기계공학부

Key Words : Conductive patch, Superhydrophobic, Strong adhesion

Achieving excellent water repellency and reliable reversible adhesion is critical for the development of wearable flexible electronics. However, achieving these two properties simultaneously is very challenging because water repellency requires maximizing the presence of air and strong adhesion requires increasing the solid fraction., In this study, we present a flexible, transparent conductive patch that solves these problems by simultaneously providing strong superhydrophobicity and strong adhesion in both dry and wet conditions. The device incorporates a unique combination of overhanging micropillars, microgrid, and an infiltration network of carbon nanotubes. The proposed path exhibits excellent water repellency with contact angles exceeding 150° and provides impressive dry adhesion (〉 200 kPa) and wet adhesion (〉 150 kPa) performance. The device also has tunable electrical conductivity and optical transmittance.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF-2021R1A2C3006297) and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019M3C1B7025092)-9525)

발표자*, 교신저자#(hoonejeong@unist.ac.kr)

레이저 보조 가공에 따른 ZnS의 적외선 투과율 분석

한성엽[1,*], 박영덕[2], 명태식[2,#]

Analysis of transmittance of ZnS according to laser-assisted machining

S. Y. Han[1,*], Y. D. Park[2], T. S. Myung[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : DTM, ZnS, Laser-assisted machining, Transmittance

ZnS은 물질의 고유의 특성으로 인해 반도체 산업에서 일찍이 광촉매, 액정표시장치, 전자소자 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 자외선부터 적외선 스펙트럼까지 넓은 파장 영역에서 상대적으로 높은 투과율을 가지고 있는 광학적 특성도 가지고 있어 현재는 적외선 윈도우 같은 적외선 광학 분야에서도 다양하게 쓰이고 있다. ZnS는 적외선 영역에서 산란 손실이 적고 적외선 파장을 투과할 수 있는 특성을 가지고 있으며, 적외선 분야에 사용되는 다른 난삭소재에 비해 상대적으로 고온, 고압 등 다양한 환경 조건에서 사용할 수 있어 항공 우주 등 응용분야에서도 그 수요가 점점 커지고 있다. ZnS는 DTM을 포함한 다양한 가공 기술을 사용하여 가공이 가능하나 보다 정밀한 형상 정밀도가 요구되는 가공을 위해서는 소재의 특성의 제한으로 인해 일반적인 DTM 가공이 아닌 레이저 보조 모듈을 이용한 가공법이 필요하다. 다이아몬드공구에 투과되는 레이저에 의해 피삭재를 융해시켜서 절삭을 용이하게 하는 레이저 보조 가공을 활용하여 소재를 가공하고, 가공 조건의 변화를 주어 가공 후 소재의 물리적인 표면 분석이나 분광 특성 분석을 통해 적외선용 소재의 초정밀 레이저 보조 가공 기술 연구에 이용할 수 있다. 본 연구에서는 레이저 보조 가공을 이용한 ZnS 시편의 절삭가공을 진행하고, 다양한 가공 조건 중 레이저 출력 조건에 따른 가공 후 각각의 표면의 투과율을 측정하여 그 결과를 분석하였다.

발표자*, 교신저자#(myungts@hanbat.ac.kr)

롤투롤 시스템 기반 대면적 유연센싱케이블 접합 공정 개발을 위한 기초 압력 조건에 따른 커버레이 충진 특성에 관한 연구

이찬우[1,2,*], 곽은지[1], 제태진[1], 최두선[1], 한준세[1,2,#]

A study on the improvement of coverlay film flow characteristics according to pressure conditions for developing a large-area flexible sensing cable lamination process based on a roll-to-roll system

C. W. Lee[1,2,*], E. J. Gwak[1], T. J. Je[1], D. S. Choi[1], J. S. Han[1,2,#]

한국기계연구원[1], 과학기술연합대학교대학원[2]

Key Words : FPCB, Roll-to-roll system, Adhesive, Electric vehicle battery, Wire harness

Flexible printed circuit board (FPCB)는 전자 제품의 제작과 연결에 사용되는 중요한 부품 중 하나로, 폴리이미드 기판에 인쇄된 전기적 회로로 구성된다. 휴대전화, 태블릿, 노트북, 카메라 모듈, 자동차 내장 시스템 등 다양한 응용분야에서 사용되며, 이러한 장점은 공간 차지가 적고 복잡한 형태로 구성된 전자 제품에 적합하다. 전기차 배터리에서의 Wire harness는 전기차의 배터리 시스템과 다른 주요 구성 요소 간에 전기 및 데이터 신호를 전달하기 위한 전선 및 케이블이다. Wire harness는 배터리 팩과 전동 모터, 제어 시스템, 충전 장치, 센서 및 다른 구성 요소 사이에 전기 연결을 제공하며, 전기차의 정상 작동을 가능하게 하는 역할을 한다. 이러한 Wire harness의 무게 및 공간 제약이 갖는 점들을 개선하기 위해서 기존의 Wire harness를 FPCB로 대체하는 연구들이 진행되고 있다. FPCB는 adhesvie를 포함하며 기판의 표면에 적용되는 보호 및 절연 레이어인 coverlay와 유연한 기판 내에 구리 도체 패턴을 포함한 기판 재료인 Flexible cooper clad laminate (FCCL)을 접합하여 제작된다. FPCB 제작을 위한 coverlay와 FCCL 접합 방법으로는 Sheet press laminating인 Hot press와 Quick press 방식이 존재한다. 본 연구에서는 배터리 모듈이 대형화됨에 따라 전기차 전장길이를 한번에 완벽하게 정렬하여 void 없이 붙이기 위해서, Roll-to-roll system을 이용하여 장길이의 FPCB를 개발하고자 한다. 또한 회로 FCCL와 coverlay 접합 공정에 있어서 adhesive를 회로 폭에 충진하기 위한 공정 단계에서 압력 조건에 따른 충진 결과를 분석하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계장비산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023932)

발표자*, 교신저자#(jshan@kimm.re.kr)

무전해니켈도금의 열처리에 따른 다이아몬드터닝 공구의 마모에 대한 연구

함중규[1,*], 강종균[1], 이후천[2], 맹환호[1], 박성현[3], 허진용[2], 박영덕[2], 김건희[2,#]

Study of diamond turning tool-wear in heat-treated electroless nickel plating

J. G. Ham[1,*], J. G. Kang[1], H. C. Lee[2], H. H. Maeng[1], S. H. Park[3], J. Y. Heo[2], Y. D. Park[2], G. H. Kim[2,#]

한밭대학교 산학협력단[1], 한밭대학교 기계소재융합시스템공학과[2], 한밭대학교 기계공학과[3]

Key Words : Diamond turning, Electroless nickel, Heat-treatment, Ultra-precision

최근 우수한 광학성능을 요구하는 제품의 수요가 증대됨에 따라 핵심 광부품과 관련된 다양한 재료의 활용 및 초정밀가공법에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그 중 무전해니켈도금은 도금층이 치밀하고 가공성 및 내식성이 우수하여 광부품의 초정밀가공면으로 이용가능하며, 난삭재 모재 광학면을 무전해니켈도금 후 초정밀가공 하는 등 방법으로 활용되고 있다. 특히 무전해니켈도금면은 열처리 할 시, 도금 구조가 결정화되고, 그에 따라 경도와 내모마성이 향상되어 그 활용도가 증대되는 장점이 있다. 하지만 경도와 내마모성의 개선은 다이아몬드터닝 공정과 같은 선삭 초정밀가공시 공구마모를 가속화시켜 툴소모 및 가공시간을 늘일 뿐만 아니라, 표면거칠기 증가와 같은 초정밀가공성을 저하시키는 요소가 될 수 있다. 이 연구에서는 무전해니켈도금의 열처리 유무에 따른 다이아몬드터닝 툴마모 특성에 대해 연구하고, 그에 따른 표면에 미치는 영향을 분석하였다. 시편은 모재표면을 무전해니켈도금한 원통형의 소재를 준비하였으며, 도금 처리한 시편은 조건에 따라 열처리 한 뒤, XRD(X-ray Diffraction) 분석을 통해 결정화 여부를 판단하였다. 결정화된 시편은 다이아몬드터닝 공정을 이용하여 초정밀 가공하였으며, 가공 후 다이아몬드 공구의 인선부의 마모정도 및 가공표면을 SEM(Scanning Electron Microscope)과 AFM(Atomic Force Microscopy) 통하여 분석하였다. 그 결과 도금층이 결정화되지 않은 가공면과 비교하여 열처리 후 결정화 과정을 통해 경도가 향상된 가공면의 경우 공구의 마모가 더 크게 나타났으며, 그에 따른 표면거칠기도 악영향이 나타났음을 확인가능하였다. 추후 본 연구를 기반으로 하여 열처리된 무전해니켈도금의 다이아몬드터닝 가공성을 개선하기 위해 추가적인 연구를 진행하고, 고성능의 광부품 제작에 활용할 예정이다.

후기 본 연구는 무인이동체 임무장비 성능향상 기술개발(과제번호. NRF-2023M3C1C1A01098410)사업의 연구 지원을 받아 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(ghkim@hanbat.ac.kr)

OCR 몰딩을 통한 LED 투명디스플레이 제조 공정 로봇 도입에 대한 연구

김민주*, 곽은지#, 이찬우, 서동현, 제태진, 한준세, 최두선

Development of robot-assisted manufacturing system for OCR molding process of LED signage

M. J. Kim*, E. J. Gwak#, C. W. Lee, D. H. Seo, T. J. Jae, J. S. Han, D. S. Choi

한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key Words : Robot-assisted process, Dispensing and molding process, Film loading/unloading, Automation

투명 LED 디스플레이는 유리창과 디스플레이의 기능을 동시에 할 수 있어 건물 벽의 내·외뿐 만 아니라 자동문, 버스 정류장 등에 시공되어 활용되고 있다. 이러한 투명 LED 디스플레이 제조 공정에서는 LED소자를 보호하기 위한 OCR 공정을 진행하게 되는데, 이는 필름을 이용한 패키징 방식인 OCA 공정보다 얇고, 선명하며 생산 비용이 저렴하다. OCR 공정에서 균일한 품질의 제품을 얻기 위해서는 일정한 높이, 일정한 양의 재료가 도포 되어야 하지만, 현재 공정은 모두 수작업으로 이루어지고 있어 레진 도포량 불균일 및 기포 발생 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해소하고자 로봇 2기를 적용하여 디스펜싱 및 이송 공정 자동화 표준 모델을 개발하였다.

로봇을 통한 공정 흐름으로는 우선, 노즐을 장착한 디스펜싱용 로봇(협동 로봇/두산 협동로봇)으로 LED기판에 레진을 특정 패턴으로 도포한다. 이후, 이송용 로봇(산업용 로봇/현대 로보틱스)을 통해 LED 기판과 중판을 연속적으로 프레스 금형 위로 적재한다. 이 과정에서 기판을 상부에서 잡아 이송할 경우 쳐짐으로 일한 품질 문제가 발생할 우려가 있어, 이를 방지하고자 삽 형태의 그리퍼를 사용한다. 또한 정확한 위치에 이송할 수 있도록, 금형과 그리퍼를 이용한 테스트를 통해 위치 정밀도 최적화 작업을 진행하였다. 프레스 공정을 마친 제품은 다시 이송용 로봇을 거쳐 후 작업이 이루어지는 테이블로 이송되고, 수작업 컷팅으로 중판과 기판을 분리하여 공정을 마무리하며, 이에 대하여 테스트베드를 구축하여 실 공정의 효율성을 확인하였다. 본 연구를 통해 투명 LED 디스플레이 제조 공정에서의 생산성과 효율성을 증대할 수 있을 것으로 전망한다.

후기 본 연구는 산업통산자원부의 기계산업핵심기술개발사업(No. 20018388)과 한국기계연구원 주요사업(NK244E)의 지원으로 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(ejgwak@kimm.re.kr)

티타늄 합금 절삭가공에서 가속도신호를 이용한 가공부하 추정

류제두*, 김성렬#

Signal processing method of vibration sensor for MCT monitoring

J. D. Ryu*, S. R. Kim#

한국생산기술연구원

Key Words : Signal processing, Vibration, MCT monitoring

티타늄 합금(Ti-AI-4V)은 대표적인 난삭재로 공구마모 및 파손이 쉽게 일어난다. 공구마모 및 파손은 품질에 크게 영향을 주기 때문에 산업현장에서 공구마모 및 파손을 확인하고 적절한 시점에 교체해주는 것이 중요하다. 공구 마모 및 파손을 판단하는 요소 중 가공부하의 변화이나 공구동력계를 현장에 적용이 어려워 스핀들의 가속도센서를 측정하여 공구 마모 및 파손을 추정하는 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 이러한 연구에서 공구 마모 및 파손을 실제로 확인하기 위해 공정을 멈추고 실험실에서 현미경으로 공구를 측정해야 하는 어려움이 있다. 반면 공구동력계는 지속적으로 가속도와 함께 측정이 가능하여 두 신호의 상관관계를 찾고, 추후 가속도신호의 변화만으로 가공부하를 추정하여 공구마모를 판단하고자 한다. 본 논문에서는 이를 확인하고자 머시닝센터(BRIDGE center-10, KITAMURA)의 스핀들에 가속도 센서(Type 8688A50, KISTLER)을 설치하고, 공작물 Clamp 하부에 공구동력계(9257B, KISTLER)를 설치하였다. DAQ 장비(PXIe-6363, NI)로 각 신호 데이터는 10kHz 주기로 측정하였다. 가공 조건은 엔드밀 16mm 4날(SECO)으로 100x100x100mm 티타늄합금 공작물을 스핀들 RPM 796rpm, 축 방향 절입량은 10mm, 반경 방향 절입량 1mm, 절삭속도는 40m/min 하였다. 9layer까지 가속도신호와 가공부가 RPM 주기(18.8ms)마다 동일한 패턴이 생성되는 것을 확인하였다. 그러나 10layer에서 가공부하는 증가하였으나 가공부하는 감소하는 것을 확인하였으며, 이때 공구날이 일부가 파손된 것을 확인하였다. 공구날이 파손되어 가속도가 감소하기 전까지 가속도 신호를 가공부하로 대체하여 사용이 가능한 것으로 확인하였으며, 신호를 분석한 결과, 9layer까지 유사한 패턴을 갖던 파워스펙트럼이 파손이 일어난 10layer시점에서 2kHz 주변 주파수가 감소하는 것을 확인하여 가속도신호의 특정 주파수 감지를 통해서 공구 파손을 판단할 수 있는 것을 확인하였다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "현장설비 부착형 극저온 통합가공시스템 개발(KITECH EH-23-0011)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(sungrkim@kitech.re.kr)

고해상도 반도체 패키징용 금속 미세 패턴 구현을 위한 펄스 레이저 활용 초정밀 식각 공정 연구

정하경*, 윤하영, 이재학, 송준엽, 한성흠, 박아영, 문현규, 김승만#

High-resolution pulse laser ablation process for metal micro-pattern implementation in semiconductor packaging

H. Jeong*, H. Youn, J. H. Lee, J. Song, S. Han, A. Park, H. Moon, S. Kim#

한국기계연구원 초정밀장비연구실

Key Words : Advanced packaging, Electrode repairing process, Pulse laser ablation, Metal micro-pattern

최근 첨단 패키징 관련 연구 동향은 표면 실장 기술, 와이어/플립칩 본딩, CoC/WoW 열압축 본딩, 하이브리드 본딩 및 칩렛을 포함한 조립 공정에 초점을 맞추고 있다. 또한 전자기기의 소형화로 인해 전극의 밀도가 증가함에 따라 전자 패키징에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하고 있다. 인쇄 회로 기판은 전자 기기의 주요 구성 요소 중 하나이며 처리 중에 가장 높은 결함률을 가지고 있다. 금속 패턴의 결함은 공정 수율에 직접적인 영향을 미치며, 경제적인 문제를 야기하여 고비용의 공정 비용을 초래한다. 본 연구는 전극 결함 발생을 방지할 수 있는 식각을 통한 전극 수리 공정을 제공한다. 전극 수리 공정의 특징은 레이저 소스를 사용하여 선택적 영역을 제거한다. 펄스 레이저는 처리 영역을 간단히 제어할 수 있어, 고정밀/고해상도 응용에 가장 적합합니다. 또한, 레이저 식각 공정은 화학적 식각보다 시간이 짧고 환경 친화적인 이점이 있다. 금속 전극은 은 잉크를 디스펜싱해서 형성한다. 5 μm 미만의 선폭을 형성하기 위해 인쇄된 패턴의 가장자리는 나노초, 펨토초 레이저에 의해 제거되며 제거되면서 각 나노초, 펨토초의 공정의 특성을 보여준다. 식각 공정의 메커니즘과 레이저 작동에 따른 매개변수 연구가 수행되었습니다. 결과적으로, 펨토초 레이저에 의해 인쇄 오류 및 비균일한 선폭과 같은 결함이 명확하게 제거되었고, 1 μm 대의 미세한 패턴을 형성하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 "Development of High Speed Bonder for Large Fan-Out Panel Level Package (20014846)" 및 "Development of Multi-Axis Assembly System for Curved Free-Form Electronics (20018154)"의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(kimsm@kimm.re.kr)

12월 15일 [금]

포스터 III 발표 논문

전기방사 나노 섬유 기반의 고분자 유연 전극 개발

임준규[1,*], 민경택[2,#]

Electrospinning fabrication of flexible electrodes based on conductive polymer

J. Lim[1,*], K. Min[2,#]

한국공학대학교 IT반도체융합공학과[1], 한국공학대학교 나노반도체공학과[2]

Key Words : Electrospun nanofiber, Conductive polymer, Flexible electrode, Polyaniline, Cellulose acetate

휴대용 전자 기기, 전자피부, 플렉서블 디스플레이 등의 최신 전자 제품의 개발에서는 얇고 유연한 전자/전기 회로를 구현하기 위한 연구가 지속되고 있으며, 무엇보다 높은 전도성과 유연성을 동시에 갖춘 전극 소재의 개발이 중요하다. 기존에 사용되던 무기물 기반의 전극은 우수한 전도성을 가지고 있으나 유연성의 한계를 가지고 있고, 이에 따라 유연성의 확보가 용이한 고분자 등의 유기물 소재에 대한 연구가 각광받고 있다. 한편, 전도성 고분자는 전기적 특성의 조절이 용이하며, 높은 화학적 안정성, 손쉬운 합성 방법과 같은 장점으로 인하여 전자, 광학, 의료 등 다양한 응용 분야에서 연구되고 있다. 본 연구에서는 전기방사 기술을 기반으로 제작된 수십~수백 nm 내외의 직경을 가진 cellulose acetate 나노 섬유의 표면에 polyaniline(PANI) 전도성 고분자를 코팅함으로써, 우수한 전도성을 가진 유연 전극을 구현하였다. 특히 PANI의 산화 정도, 전극의 두께, 전극의 형태 등에 따라 유연 전극의 전기적 특성을 조절할 수 있으며, 유연 전극의 휨과 같은 외력에 의한 형태 변화에 의해 전기적 성능의 저하가 나타나지 않았다. 본 연구에서 제안한 전도성 고분자 기반의 나노 섬유 멤브레인은 유연성을 필요로 하는 차세대 디바이스 및 웨어러블 기기 등 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 한국연구재단과 과학기술사업화진흥원의 지원(과학기술정보통신부, RS-2023-00237928) 및 한국산업기술진흥원의 2023년 산업혁신인재성장지원사업(산업통상자원부, P0017907)의 지원을 받아 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(k.min@tukorea.ac.kr)

Laser 기반 회절 광학 소자 광원 확산 영향 연구

신성욱[1,*], 박승호[1], 이현무[1], 고경현[2], 서원영[2], 현진우[3,#]

Study on the effect of light source diffusion on laser-based diffractive optical devices

S. U. Shin[1,*], S. H. Park[1], H. M. Lee[1], K. H. Go[2], W. Y. Seo[2], D. H. Hyun[3,#]

한국공학대학교[1], 유트로닉스[2], 메타틱스[3]

Key Words : Diffractive optical element, Laser, Cylinderic lens

광학 렌즈는 구면, 비구면, 원통형 등의 형태를 가지며 이미징, 공업 및 방위산업 등 다양한 산업에 활용되고 있다. 기존 광학 제품은 굴절과 반사를 이용하여 빛의 경로 및 특성을 제어한다. 그러나 이는 렌즈 내부의 빛이 거동하기 위한 공간이 필요하므로 물리적인 크기에 따른 한계 및 구현할 수 있는 성능의 제한이 존재한다. 한편, 자동차 전조등에 대한 성능 규격은 광도의 위치에 따른 대비가 커 만족하기 위한 광학 렌즈 외의 부품이 필요하며 이는 전조등의 구조가 복잡해지는 원인이 된다. 본 연구에서는 기존 자동차 전조등의 광학 렌즈를 회절 광학 소자로 대체함으로써 성능 규격의 만족 및 자동차 전조등 구조를 단순화하고자 하였다. 이때 형성되는 회절 패턴의 광도 새츄레이션 값 개선을 위하여 X축 R 200, Y축 R −50의 곡률을 가지는 Cylinderic Lens를 설계하였으며, 0.5도 내외의 확산각을 가지는 시중 레이저 확산각을 0.08도로 구현하였다. 설계한 Cylinderic Lens를 설치 후 회절 패턴을 형성하여 Hot Spot 효과를 개선하였다. 본 연구를 바탕으로 Cylinderic Lens를 적용하여 회절 광학 소자 기반 적응형 전조등 광학 패턴을 구현하는 경우, 높은 대비를 가지는 회절 패턴의 구현을 통하여 다양한 광학 응용분야에 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 한국환경산업기술원의 DX기반 탄소공급망 환경 전문인력 양성 사업(환경부)의 지원을 받아 수행되었음.

발표자*, 교신저자#(hg007007@tukorea.ac.kr)

다목적 정보 수집 산업용 드론 핵심 부품 및 스테이션 국산화 개발에 관한 연구

문덕영[1,*,#], 유경선[2], 이진수[1], 현동훈[2]

Research on greenhouse gas reduction winterization methodology applicable to the development of future automobile parts

D. Y. Moon[1,*,#], K. Y. Yoo[2], J. S. Lee[1], D. H. Hyeon[2]

에스이피협동조합[1], 한국공학대학교[2]

Key Words : Smart drone, Wireless charging, IoT sensor, Remote monitoring, Wireless video transmitting

최근 산업용 드론은 혁신성장 선도사업의 하나로 국내 드론 시장도 지속 성장 중 하나로 주목받고 있지만, 소형 드론의 핵심 기술의 경우 국산화율은 다른 부품에 비해 국산화율은 매우 낮은 상황이다. 드론의 핵심 기술인 비행 제어 및 임무 제어 시스템은 국내에서도 매우 소수의 기업들이 보유하고 있으며, 대부분 해외 오픈 소스 시스템을 기반으로 제작하여 판매하고 있고, 가장 중요한 임무수행에 필요한 카메라, 영상처리, 짐벌의 대부분은 해외 제품을 사용하여 3kg 이해의 소형 드론은 관련 시스템이 별도로 판매가 되고 있지 않고 드론의 완제품으로만 판매되어 드론의 소형화를 가로막고 있어 고효율 소형 드론의 모터기술, 내환경성의 높은 신뢰도 모터, 산업 및 문화재 시설 관리, 민간 물류 수송용 드론 등에 국산화 드론이 필요한 상황이며, 본 연구에서는 첫 번째로 소형 드론 핵심 하드웨어를 국산화하는데 고해상도 사진 촬영이 가능한 카메라 모듈 통합 짐벌 시스템 개발, 외부 온도에 따른 효율 편차가 적은 산업용 소형 드론 모터 개발, 연속적으로 임무를 수행할 수 있도록 지원할 수 있는 지상 스테이션 개발, 소형 드론에 적합한 FC(비행 제어 컨트롤러) H/W 개발, 드론에 활용 가능한 MSO coil 모터 개발을 중심으로 하드웨어 국산화 개발을 진행하고, 두 번째로는 소형 드론용 고정식 스테이션을 개발하여 운행 시나리오까지 제시하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '산업집적지경쟁력강화사업'의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(kpu.sll.doya1988@gmail.com)

미래자동차 부품 개발에 적용이 가능한 온실가스 저감 방한 방법론에 관한 연구

문덕영[1,*,#], 유경선[2], 이진수[1], 현동훈[2]

Research on greenhouse gas reduction winterization methodology applicable to the development of future automobile parts

D. Y. Moon[1,*,#], K. Y. Yoo[2], J. S. Lee[1], D. H. Hyeon[2]

에스이피협동조합[1], 한국공학대학교[2]

Key Words : Smart drone, Wireless charging, IoT sensor, Remote monitoring, Wireless video transmitting

순수 전기차 및 하이브리드 전기자동차를 포함하는 친환경차의 휠 구동을 위한 모터는 배터리의 고전압 직류 전원을 모터구동이 가능한 교류 전원으로 전환시켜 주는 '인버터 모듈'을 포함하고 있다. 인버터 모듈 부품 중 스위칭 소자인 '전력반도체'가 전력변환을 담당하고 있으며, 이러한 전력반도체의 경우 전력변환 과정에서 발생하는 열을 효율적으로 방출하지 못하면 변환효율이 저하되고, 이는 자동차의 주행시간, 주행능력에 직접적인 영향을 주게 되어있다. 개발 대상인 '인버터용 방열모듈'은 전력변환 시 발생하는 전력반도체의 열을 효과적으로 제거함으로써, 인버터의 전력변환 효율을 향상시키고 친환경 자동차의 주행거리를 증가시킬 수 있는 부품으로 미래 자동차부품에서 중요한 개발 부품 중 하나이다. 방열 모듈의 냉각효율 증가를 위한 기술은 지속적으로 개발되고 있으며, 기존의 Air Cooling에서 냉각 매체를 이용한 액체냉각 기술이 적용되고 있고, 방열모듈의 다양한 구조변경 및 재질 변경을 통한 냉각효율 향상기술 개발이 검토되고 있다. 한편, 최근 전 세계적인 탄소중립 요구에 의해 제품 제조 시 전주기 관점에서의 온실가스 저감 기술 개발이 요구되고 있고, 따라서 방열 모듈 분야에서도 방열효율 증가 외에 온실가스 저감이 복합된 기술 개발이 요구되고 있는 시점에 본 연구에서는 미래자동차에 사용하는 방열효율 향상이 가능한 재료 및 구조를 서정 후 온실가스 저감을 위한 구조, 소재, 제조 공정 기술에 적용이 방법론 연구를 진행하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '산업집적지경쟁력강화사업'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(kpu.sll.doya1988@gmail.com)

탄소배출권용 고효율 가로등 성능분석 연구

박승호[1,*], 이현무[2], 유경선[2], 신성욱[1], 강성린[2,#]

A study on the performance analysis of high efficiency streetlight for carbon emissions

S. H. Park[1,*], H. M. Lee[2], K. S. Yoo[2], S. U. Shin[1], S. L. Kang[2,#]

한국공학대학교 IT반도체융합공학과[1], 한국공학대학교 나노반도체공학과[2]

Key Words : Carbon credit, Streetlight, PFC

탄소배출권은 할당량 및 Credit을 포괄하는 개념으로, 할당량은 국가 또는 지역 내에서 정한 온실가스 배출총량만큼 발전 설비나 생산 설비 등 주요 온실가스 배출원에 지급된 온실가스 배출 권리를 의미하며, Credit은 외부 온실가스 저감 프로젝트에 대해 기준 전망치(Business-As-Usual, BAU) 대비 온실가스 배출량을 줄였다는 증서로서 해당 프로젝트에 지급되는 배출권을 의미한다. 본 연구에서는 통신이 가능한 고효율 가로등을 개발하고 등기구의 효율을 검증하는 성능분석을 진행하였다. 가로등의 광원으로는 'LM-80'인증을 받은 LED를 사용하였으며, LED PKG당 1.2 W 적정 전력 공급이나 1 W만 걸어 조명 효율을 증가시켰다. 전력공급장치로는 PFC(Power Factor Correction) 방식을 채택하였다. PFC는 AC 100~230 V를 전파정류하여 DC 400 V 승압 과정을 수행하는 Converter이다. 또한 PFC 출력에는 Film 콘덴서를 사용하여 수명을 연장하였다. LED array에 흐르는 전류 및 소비전력을 제어하기 위하여 전류 센서, 전력 제어회로를 갖춘 Light Control Block을 사용하였다. 이는 출력에 사용된 Film 콘덴서 용량이 작아서 LED에 흐르는 전류 및 PFC의 전력 전압을 제어하는 파형 안전화 회로를 갖추었다. PFC의 효율은 Yokogawa사의 WT3000E 계측기를 통해 96.6%의 결과값을 얻었다. 최종적으로 공인시험기관의 PIMACS사의 Neolight3000로 배광 및 광효율을 측정하였다. 측정 각도는 'φ (°) : 345 ° / 15 °, Θ (°) : 180 ° / 5 °', 입력 전압은 AC 220 V / 60㎐, 배광타입은 C 타입, 광원 안정화는 30분 연속 점등 조건으로 측정하였다. 결과로 전광선속은 24,293lm, 전력은 135.9 W로 178.7lm/W의 광효율의 결과값을 얻을 수 있었다. 본 연구를 통하여 기존 최고 효율인 148 lm/W(독일/슈레더)보다 고효율의 등기구 성능을 검증하였으며, 이를 통한 전기에너지 절감으로 탄소배출권을 획득할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 한국환경산업기술원(환경부, DX 기반 탄소 공급망 환경 전문인력 양성)의 지원 및 교육부의 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(slkang@tukorea.ac.kr)

화학 분야 공정 최적화를 위한 클라우드 기반 기계학습 플랫폼

박경석*,#

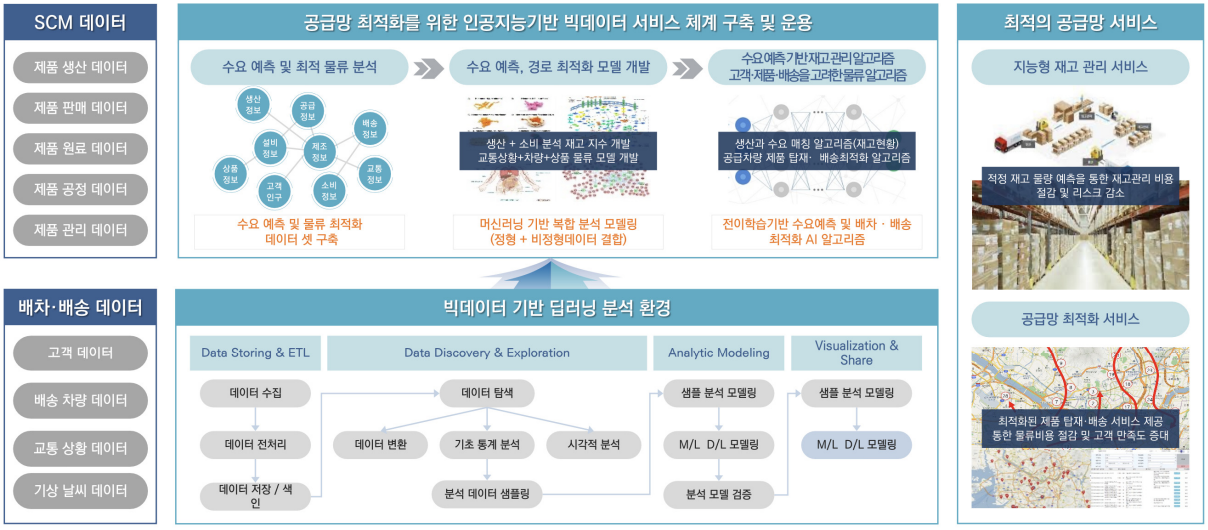
Machine learning platform for production optimization of the chemical industry based on cloud

Kyongseok Park*,#

한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅기술개발센터, UST 응용 AI 전공

Key Words : Machine leaning, Prodcution optimazation, Cloud service

화학 공정은 매우 복잡하고 다양한 제품을 다루는 산업으로 원료의 입수와 생산, 판매, 운송, 재고 관리 등 일반적인 제조업이 다루는 모든 문제를 다루고 있다. 특히, 페인트 산업의 경우는 제품의 주요 성분, 색상, 사용 환경, 포장 방법과 포장의 크기 조합에 의해 최종 제품의 판매와 배송이 이루어지기 때문에 조합의 수가 무수히 많이 존재하게 된다. 또한 대부분의 판매가 사전 계획에 따라 이루어지지 않고 단기적인 간격을 두고 주문과 생산, 포장 및 배송이 이루어지는 특징이 있다. 배송지의 경우도 고정된 대리점이나 배송처가 아닌 공사 현장 등 한시적으로 운영되는 지점도 있고 배송이 이루어져야 하는 날짜와 시간을 정확히 맞춰서 배송해야 하는 경우도 자주 발생한다. 배송의 경우 정해진 차량에 최대한 많은 제품을 적재하고 최적의 경로로 운행하여 운송 비용을 효율화 해야 하는 문제가 있다. 이 경우 제품의 종류뿐만 아니라 포장의 크기, 모양, 무게, 차량의 종류 등과 함께 배송 경로를 탐색해야 하는 복잡한 조건을 충족해야 하는 최적화 문제의 해를 찾아야 한다. 또한 신속한 주문 대응과 최적 재고 관리를 위해서는 제품별 정확한 수요예측 모델이 요구된다. 수요예측의 경우 제품의 특성 상 계절과 온도, 습도, 강우량을 비롯하여 자사 및 경쟁사의 판촉과 신제품 출시 등에 영향을 받기 때문에 제품 자체의 수요량에 기반한 1-dimensional 모델이 아니라 다양한 외부 변수를 포함한 n-dimensional 모델 개발이 필요하다. 이러한 요구사항들을 충족하기 위해서는 적시에 데이터를 수집하고 저장하여 신속히 수요예측을 수행하고 제품 생산과 재고를 관리할 수 있는 환경이 필요하다. 또한 배송최적화를 위한 네트워크 데이터베이스의 구축과 함께 최적화 모델을 신속하게 실행할 수 있는 환경 개발을 필요로 한다. 이러한 환경은 빅데이터와 기계학습 모델을 수행할 수 있는 환경을 필수적으로 요구하며 자원의 효율적 활용과 각 공장과 창고별로 관리되어야 하기 때문에 클라우드 기반 시스템을 필요로 한다. 이러한 시스템 환경은 유사 사업을 수행하는 기업뿐만 아니라 관련 산업과 일반 제조업 전반에서 활용이 가능할 것으로 보인다.



<Figure 1>

플랫폼 구성은 기업의 ERP, SCM 데이터를 기본으로 하고 외부 데이터인 기상 데이터와 경쟁기업 데이터를 수집하고 저장하기 위한 빅데이터 처리 시스템이 우선 구성되었다. 수집된 데이터를 분산처리에 적합한 저장소인 HDFS(Hadoop Distributed File System)에 저장하고 배송최적화 알고리즘 수행을 위해 네트워크 데이터베이스를 구축하였으며 도로망 정보는 카카오 API를 이용하여 구축하였다. 배송최적화 알고리즘 수행을 위한 라우팅은 POI(Poing of Interest)에 대한 위경도 좌표를 기준으로 DB를 구축하였다. 수요예측은 시계열 데이터 분석에 필요한 LSTM, SEQ2SEQ, Attention 및 Transformer 등에 기반한 모형을 적용하였으며 모형 개발 후 서비스 시스템에 연계하기 위해 MMA(Multi-model Server)를 기반으로 추론 시스템을 구축하였다.

후기 이 논문은 한국과학기술정보연구원과(K-23-L02-C07, K-23-L02-C07) 중소기업기술정보진흥원 지원으로 수행되었습니다.(S3126610)

발표자*, 교신저자#(gspark@kisti.re.kr)

제조 분야 수요 관리를 위한 SaaS 시스템 개발

박경석*,#

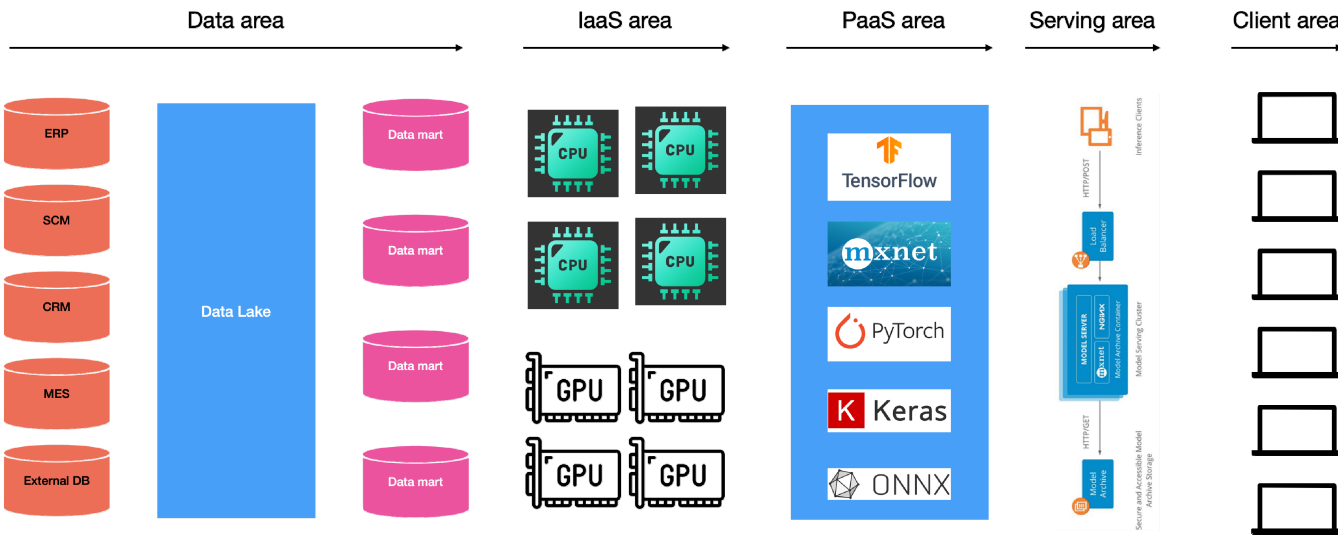
A SaaS system for supply chain management in the manufacturing industries

Kyongseok Park*,#

한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅기술개발센터, UST 응용 AI 전공

Key Words : Cloud platform, Supply chain management, SaaS

클라우드 환경은 생산 및 제조를 비롯하여 과학, 엔지니어링과 서비스 산업에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있다. 클라우드 서비스를 제공하기 위해서는 하드웨어와 네트워크 등을 비롯한 인프라스트럭처를 가상화하고 공유하는 IaaS(Infrastructure as a Service), 개발환경이나 응용환경 개발을 위한 PaaS(Platform as a service)그리고 응용시스템 자체를 구독형으로 서비스하는 SaaS(Software as a Service)가 가장 근간을 이루고 있다. 그 외에 특별한 목적에 적합하게 클라우드 서비스를 정의하는 다양한 개념들이 존재한다. 인프라와 플랫폼 환경의 제공은 보통 데이터 센터 등을 중심으로 이루어지는 경우가 많고 이들 데이터 센터를 중심으로 다양한 SaaS 형식의 서비스를 전문적으로 제공하는 기업과 조직이 존재하게 된다. 제조 분야에서는 정확한 수요예측과 재고관리를 통해 물류 비용을 절감하고 적절한 시점에 고객이 원하는 제품과 서비스를 제공해야 한다. 이를 위해서는 수요관리를 위한 시스템이 필요하다. 그러나 중소기업의 경우 자체적으로 이러한 인프라와 서비스 환경을 구축하는 것이 매우 어렵고 운영의 어려움과 비용 측면에서 쉽지 않다는 문제가 있다. 본 연구에서는 중소기업이 별도의 독자적 수요 관리를 위한 시스템을 개발하거나 환경을 구축하지 않고 클라우드 상에서 원하는 만큼의 인프라를 활용하여 수요 예측 모형을 개발하고 개발한 모형을 활용하여 필요한 시점에 수요 예측을 수행하고 관리할 수 있도록 SaaS 시스템을 설계하였다.



<Figure 1>

본 연구에서 설계한 SaaS 시스템은 수요예측에 필요한 인프라 즉, CPU, GPU, Memory, Network, Storage 등을 클라우드 기반으로 할당하고 모형 개발에 필요한 플랫폼, 프레임워크, 데이터 처리 및 분석 라이브러리 등을 활용할 수 있는 환경 구축이 먼저 수행된다. 웹 인터페이스와 CLI(Command Line Interface)를 통해 예측 모형을 개발한 후 모형 관리 서버에 전송하여 다수의 모형을 동시에 처리하고 예측할 수 있도록 할 수 있으며 예측을 위한 입력 파라미터를 설정하고 예측 결과를 확인 및 비교할 수 있는 시스템을 설계하였다. 모형 개발 단계에서 활용한 소스 코드는 사용자 환경을 개발하는 개발자가 직접 접근할 수 없고 API를 통해서만 접근할 수 있도록 실행환경(Runtime Environment)을 제공한다. 수요예측과 같은 분석 모형은 다양한 분석 도구와 개발 언어를 활용하여 개발하게 된다. 또한 Deep Learning과 같은 기계학습 계열의 모형을 개발할 경우 분석을 수행하는 개발자는 TensorFlow, Pytorch, MXNet, Keras, R 등 다양한 프레임워크를 활용하여 모형을 개발하게 된다. 이 경우 모형의 통합과 상호 융합이 어려워 진다. 따라서 Deep Learning 모형의 표준화된 환경을 제공하기 위해 ONNX(Open Neural Network Exchange)를 제공하여 상호 운용성을 높일 수 있도록 설계되었다. 각 데이터와 모형 등은 개발자 또는 개발 그룹별로 관리되어야 한다. 데이터에 개인 또는 그룹별로 접근 권한(Read, Write)을 부여하고 모형 개발을 위한 소스 코드도 접근 권한(Read ,Write, Execute) 관리를 하여 공동 개발이 가능하고 데이터와 소스 코드를 보호할 수 있다.

후기 이 논문은 한국과학기술정보연구원과(K-23-L02-C07, K-23-L02-C07) 중소기업기술정보진흥원 지원으로 수행되었습니다.(S3126610)

발표자*, 교신저자#(gspark@kisti.re.kr)

색차계를 이용한 자동차 내장재 외관 품질 판단을 위한 머신러닝 모델 개발

김수훈[1,2,*], 하정홍[1], 고종완[1,#]

Development of a machine learning model for appearance quality prediction of automotive interior materials using a colorimeter

S. H. Kim[1, 2,*], J. Ha[1], J. W. Ko [1,#]

한국생산기술연구원 3D프린팅 제조공정센터[1], 한양대학교 ERICA 산업경영공학과[2]

Key Word s: Appearance quality prediction, Colorimeter, Machine learning, Quality prediction

세계적인 환경 규제에 대응하여 자동차 산업에서는 규제에 대응하기 위한 방법 중 하나로 친환경 자동차의 필요성이 강조되고 있다. 친환경 자동차 내장 부품의 경우 다품종 소량 생산 방식을 적용하고 있기 때문에 품질 검사 요소의 다양화 및 요구사항 기준이 높아지고 있는 추세이다. 특히, 도어 트림, 시트 등의 경우 소비자의 주관적인 만족도와 관련된 감성품질이 중요시되고 있다. 하지만, 현재 감성품질 판단은 작업자의 육안 검사와 간단한 머신 비전을 이용한 검사가 대부분이기 때문에 숙련자의 경험 및 직감에 의존하고 있어 그 기준이 명확하지 못하다는 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 자동차 내장재의 감성품질을 정량적으로 판단하기 위하여 시각적 색감에 대한 감성품질을 정량화 하고, 이를 토대로 머신러닝 기반의 AI 품질예측 기술을 개발하였다. 머신러닝 모델의 학습 및 평가에 사용할 데이터셋을 확보하기 위해 색차계 실험을 진행하였다. 실험 대상으로 도어트림의 가죽을 선정하였고, 양품, 스크래치, 오염의 총 3가지 상황을 변수로 설정하였다. 실험 데이터를 바탕으로 데이터 스케일링을 통해 피처들의 분포와 범위를 조정하였다. 머신러닝에서는 의사결정나무 및 XGBoost(Extreme Gradient Boosting) 알고리즘을 사용하였으며, 그리드 서치, 베이지안 최적화를 통해 모델의 하이퍼 파라미터들을 최적화하였다. 그리고 정확도, 재현율, 정밀도의 평가 지표를 통해 선정된 최종 모델로 도어트림의 감성품질 판단을 진행하였다.

후기 This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2023-22030005-02) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes(COMPA) and the Ministry of SMEs and Startups (00140573).

발표자*, 교신저자#(jwko@kitech.re.kr)

고속 회전체의 가진 조건에 따른 회전 성능 영향성 분석

장윤혁[1,*], 강지완[1], 맹희영[1,2,#]

Analysis of the effects of excitation conditions on high-speed rotating bodies

Y. H. Jang[1,*], J. W. Kang[1], H. Y. Maeng[1,2,#]

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Excitation conditions, High-speed ball spindle, Effects analysis, Vibration behavior, High frequency

1. 서 론

본 연구에서는 스핀들의 회전 속도(1000Hz, 60,000RPM)와 전압 주파수가 스핀들의 동적 거동에 미치는 영향을 분석한다. 특히, 가속도 데이터를 이용한 고속 푸리에 변환(FFT) 플롯을 통해, 다양한 가진 조건에서 발생하는 진동 특성을 분석하고, 이를 통해 고장 요인을 이해하는 것을 목표로 한다. 이러한 분석은 스핀들의 성능 최적화 및 고장 예방에 중요한 기초 자료를 제공할 것으로 기대된다.

2. 실험 설계 및 데이터 수집

본 연구에서는 고속 회전하는 스핀들에 대한 가진 조건의 영향을 분석하기 위하여, 가진 장치를 스핀들 측면에 부착하여 3분 간격으로 50 RPM씩 증가시키며 1400 RPM에서 6560 RPM까지 가진을 하였다. 이는 초당 약 23.33Hz에서 130Hz의 주파수 범위에 해당한다. 스핀들은 실험 동안 지속적으로 60,000 RPM의 속도로 회전하며, 가속도계를 사용하여 진동 데이터를 수집하였다.

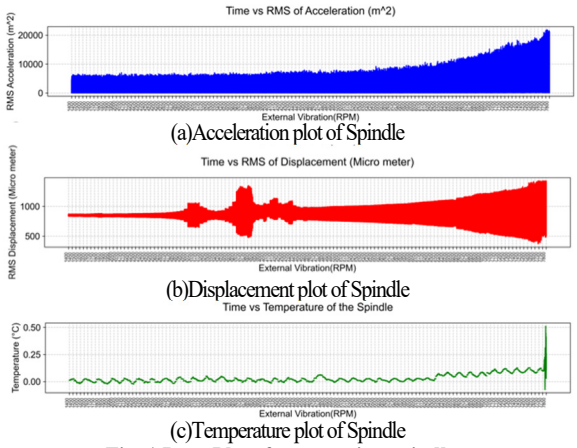


Fig. 1 Data Plots for operating spindle

3. 주파수 영역 가진 영향성 분석

가진 주파수에 따라 변위 센서 측정 수치의 우발적인 변화가 발견됨을 Fig.1(b)로 확인할 수 있다. 하지만 해당하는 변화가 에너지를 나타내는 가속도 측정 수치의 변화와 연동되지 않는 점을 Fig.1(a)을 통해 알 수 있다. 가진 모터는회전 속도와 함께 가진 주파수가 증가하며 가진력 증가하는현상을 관찰하였다. 특히, 3340 RPM에서 테스트 벤치 공진이 발생하였으나 이로 인해 스핀들에 부착한 가속도센서의 값이 연동 되지 않았다. 대신, 스핀들 그라인딩 축의변위 센서 값의 불규칙한 진폭 변화를 확인하였다.

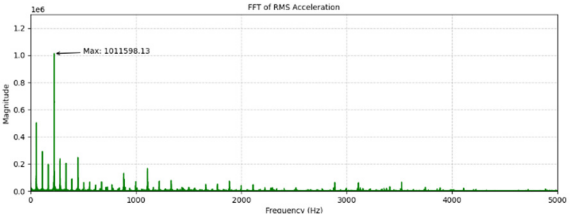


Fig. 2 The case of strong magnitude of excitation condition

4. 실험 결과 및 고찰

Table 1의 SUS410 및 SUS304 소재 모두 가열을 시작하여 80초가 경과한 가진모터의 회전 속도가 높아짐에 따라 이러한 공진 현상은 사라지며, 특히 5,880 RPM부터 6,600 RPM 구간에서 스핀들 회전 주파수의 진폭이 매우 작아지는 것을 관찰하였다. 즉, 스핀들의 가진 영향성은 101.5 Hz의 가진 조건에서 가장 두드러짐을 확인하였다.

Table 1 Comparison of Power spectrum dB/Hz values

Case	Excitation Frequency	PSD Value
Max	**46.7 Hz**	**483,292 dB/Hz**
Min	**101.5 Hz**	**8,641 dB/Hz**

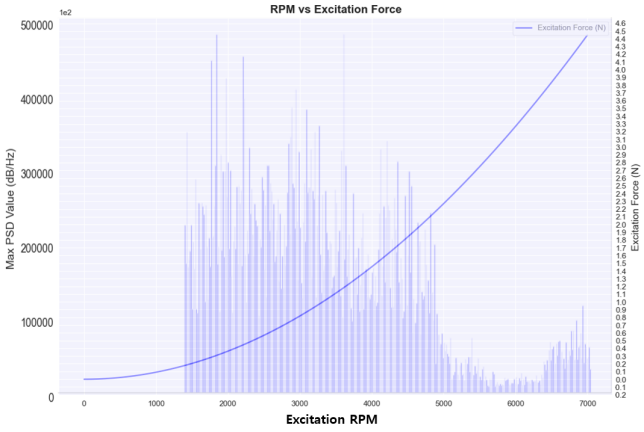


Fig. 3 An overlapping plot of PSD and Excitation force

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0012744, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2022R1A4A1032030)

참 고 문 헌

(1) Francisco Beltran-Carbajal, Mayorkinos Papaelias, and Malcolm J. Crocker., 2011, Vibration Analysis and Control - New Trends and Developments.

(2) Y. H. Choi, C. M. Kim, J. H. Sim., 2016, Stiffness Evaluation of a High Precision Screw Grinding Machine Using Excitation Test Method, Proceedings of the KSMTE Conference.

발표자*, 교신저자#

3D 프린팅 기반 CFRP 브리지형 변위 증폭기의 유연 힌지 섬유 보강에 따른 증폭비 특성 분석

윤혜은[1,*], 안다훈[2,#]

Analysis of amplification ratio characteristics by fiber reinforcement of flexure hinges of 3D-printed CFRP bridge-type displacement amplifiers

H. E. Yun[1,*], D. H. Ahn[2,#]

서울과학기술대학교 대학원 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Additive manufacturing, CFRP, Bridge-type displacement amplifier, Amplification ratio

브리지형 변위 증폭기는 대칭구성으로 인해 우수한 가이드 성능에 기여하며 피에조 액추에이터의 운동 범위를 증폭하는 역할로 널리 사용된다. 이러한 브리지형 변위 증폭기는 일체형 구조로 강체와 유연 힌지로 구성된다. 유연 힌지의 큰 컴플라이언스는 공진에 취약하며 등방성 소재 기반의 증폭기는 1차 고유진동수를 높이기 위해 유연 힌지의 두께 증가 또는 구조적 개선이 불가피하다. CFRP(Carbon fiber reinforced plastic)는 탄소 섬유를 통해 일체형 구조에 원하는 특성을 강화할 수 있는 특성을 가지며 기존 금속 대비 가볍고, 높은 비강성의 장점을 갖는다. 증폭기의 고유진동수는 강체의 질량에 큰 영향을 받으므로 CFRP의 높은 비강성은 증폭기의 높은 고유진동수를 기대할 수 있게 한다. 본 논문에서는 3D 프린팅 기반 CFRP 브리지형 증폭기를 통해 얇은 유연 힌지로 기존 금속 소재 증폭기의 증폭비를 유지하면서 높은 1차 고유진동수 및 경량화를 달성하였다. 또한 이방성인 CFRP 증폭기의 증폭비는 등방성의 소재와 달리 기하학적 매개변수뿐만 아니라 방향 별 기계적 물성에 큰 영향을 받으므로 이를 고려한 다양한 탄소 섬유 배치 및 섬유 함량에 따른 증폭비 성능을 검증하기 위해 유한요소해석을 수행하였다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(dhahn@seoultech.ac.kr)

가공면의 품위 예측을 위한 CNC 공작기계 이송계의 디지털 트윈 구축

강정모[1,*], 김다영[1], 박근열[2], 정대혁[2], 지성철[1,#]

Construction of a digital twin for CNC machine tools with feed drive systems for predicting surface quality of machined surfaces

J. M. Kang[1,*], D. Y. Kim[1], G. Y. Park[2], D. H. Chung[2], S. C. Jee[1,#]

단국대학교 기계공학과[1], DN솔루션즈[2]

Key Words : CNC machine tool, Digital twin, Servo drive systems, Surface quality

CNC 공작기계를 이용한 가공에서 가공물의 품위를 사전에 예측하는 것은 가공 전 품위 저하 영역을 사전에 파악하고, 다양한 가공 시나리오에 대한 문제점을 분석 및 대응함으로써 생산 효율성을 높이는 중요한 요소이다. 일부 상용 CNC 벤더들은 서보 드라이브 및 모터에 대한 디지털 트윈을 활용하여 가공 품위를 사전에 예측하는 기능을 제공하지만, 기계 장비의 동특성을 반영하지 못한다. 또한, 기계 장비의 동특성까지 반영하는 기능의 경우, 디지털 트윈을 기계 장비의 설계 단계부터 구축하므로, 구축 과정에 많은 시간과 자원이 소모될 수 있다. 최근 연구에서는 다양한 센서를 활용하여 가공 시 취득된 데이터를 이용한 가공 품위 평가 목적의 디지털 트윈 구축 및 활용 사례가 보고된 바 있으나, 요구되는 데이터의 종류가 다양하고 많은 센서와 큰 연산량을 필요로 하는 한계가 있다. 본 논문에서는 가공면의 품위를 예측하는 것을 목적으로, 3축 CNC 공작기계 이송계에 대한 디지털 트윈 구축 방법을 제시한다. 이송계의 엔코더 피드백으로부터 취득한 위치 응답 중 과도 구간에 해당하는 데이터만을 활용하여 이송계의 동특성을 식별함으로써 디지털 트윈을 구축하였고, STL 파일 포맷으로 정의된 CAD 모델을 대상으로 가공면의 품위를 예측하였다. 기계 장비 및 디지털 트윈의 위치 피드백을 비교함으로써 구축된 디지털 트윈의 정확도를 평가하였으며, 그 결과는 제시된 방법을 통하여 구축된 디지털 트윈이 가공면의 품위 예측에 활용될 수 있음을 보여준다.

후기 본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012744, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(scjee@dku.edu)

대구경 렌즈 성형 공정에서 냉각조건에 관한 해석적 연구

홍정택[1,*], 정선빈[2], 홍지현[2], 김영복[3], 정동연[4], 박근[2], 박창용[2,#]

Analytical study on cooling conditions in large diameter glass molding process

J. T. Hong[1,*], S. B. Jeong[2], J. H. Hong[2], Y. B. Kim[3], D. Y. Jeong[4], K. Park[2], C. Y. Park[2,#]

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2], 한국광기술원[3], ㈜대호테크[4]

Key Words : Glass molding process, Heat transfer, Temperature distribution, Stress distribution

최근 로봇, 자율주행 등의 IT 분야 및 다양한 제조 산업에서 광학 기기를 이용하고 있으며, 이에 사용되는 초정밀 광학 렌즈에 대한 수요가 증가하고 있다. 광학 렌즈는 다양한 종류가 존재하지만, 구면 수차가 발생하지 않고 광학 성능이 우수한 비구면 렌즈가 주목되고 있다. 유리 재질의 비구면 렌즈는 우수한 광학 성능에도 불구하고 과거 절삭, 연삭과 같은 가공으로 제작되어 양산성이 크게 감소하는 문제가 있었다. 하지만 저융점 유리 소재의 개발과 초정밀 금형 제작이 가능하게 되면서 고온 고압의 조건에서 유리를 압축 성형하여 생산성을 높이는 GMP (Glass Molding Process) 공정이 많이 활용되고 있다. 그러나 대구경 렌즈를 성형함에 있어 오랜 시간이 소요되며 급격한 온도 차로 인하여 렌즈 파손 가능성이 높은 문제가 있다. 따라서, 본 연구에서는 ANSYS 열전달-구조 연계 해석을 통해 대구경 렌즈의 GMP 공정에서 공정 온도, 시간 등의 조건이 변화함에 따라 렌즈 내 온도 분포와 열응력에 미치는 영향을 분석하였다. 해석 결과, 렌즈 내부 최대 온도 차가 발생하는 지점이 변화하여 렌즈 내부 최대 온도 차 및 응력이 불연속적으로 나타나는 구간이 존재함을 확인하였으며, 대구경 렌즈의 공정상 최소 시간인 400초로 해석하였을 때 렌즈 내부 최대 주응력이 56.6 MPa로 나타나는 것을 확인하였다.

후기 이 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0012744, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)과 지식 경제부의 재원으로 산업기술평가원 (20010775)을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#(cypark@seoultech.ac.kr)

회전식 풍력 구동 나노발전기의 성능 향상을 위한 양방향 회전 설계

정진구[1,*], 최종안[1], 강민규[2], 표순재[1,2,#]

A two-way rotating design for enhanced performance in rotary wind-driven triboelectric nanogenerators

J. Jeong[1,*], J.-A. Choi[1], M. Kang[2], S. Pyo[1,2,#]

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Triboelectric nanogenerator, Wind energy, Two-way rotating

A triboelectric nanogenerator (TENG) is a versatile and innovative energy harvesting technology that utilizes the triboelectric effect and electrostatic induction, enabling the conversion of mechanical energy from diverse sources like wind, vibrations, and human motion into electrical power. Among these energy sources, wind energy holds significant promise for TENGs due to its ubiquity, sustainability, and eco-friendliness, making it an attractive option for renewable energy generation. Thus, various structural designs for wind-driven TENGs (WTENGs) have been explored to harness wind energy. In this study, we introduce a novel approach to enhance the output performance of rotary-type WTENGs by modifying the stator to rotate in the opposite direction of the rotator. The efficacy of the two-way rotating design was demonstrated using two vertical-axis structures with helical configurations oriented in opposing directions. Our results demonstrate that transitioning from a rotator-stator design to a dual-rotator type not only boost the peak-to-peak voltage but also doubles the frequency across a range of wind speeds. Significantly, the principles elucidated in this research hold potential for broad application across various rotary-type WTENGs without external structure inducing specific wind flow, thereby promoting more efficient and productive energy generation.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) granted by the Korea government(MSIT) (Grant No. NRF-2022R1A4A1032030) and Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0012744, The Competency Development Program for Industry Specialist)

발표자*, 교신저자#(sjpyo@seoultech.ac.kr)

물/기름 선택적 여과가 가능한 유수분리기 고도화 개발을 위한 설계 구조 안정성 평가

김은빈[1,*], 정경국[1], 정지호[1,#], 정재주[2], 박태원[2]

Evaluation of design structural stability for advanced development of bilge separators with selective water/oil filter

E. B. Kim[1,*], K. G. Jeong[1], J. H. Jeong[1,#], J. J. Jeong[2], T. W. Park[2]

한국조선해양기자재연구원[1], 거림엔지니어링(주)[2]

Key Words : Bilgewater treatment, Nanomicro filter, 5PPM, Selective filteration, Advanced development

해양환경을 보호하기 위해, 선박에 사용되는 빌지수 처리장치는 국제해사기구(IMO) 산하 해양환경보호위원회(MEPC) Res.107(49). 규정이 정하고 있는 바대로 Bilge Water 내에 포함된 Oil 함량을 실시간 모니터링하여 빌지분리장치를 통과한 Bilge Water 내의 Oil 함량이 15 ppm 이하일 때 선외로 배출하도록 하고, 이를 만족하지 못할 때는 Bilge Tank로 되돌려 재처리가 되도록 규제하고 있다. 빌지수 배출 규제와 관련하여 이미 북미와 유럽 정부당국에서는 더욱 강화된 규제가 적용되고 있는데, 미국 5대호에서는 Oil 함량 5ppm 이하를 만족하는 빌지수만 배출하도록 규정되어 있다. 이를 보아 향후 IMO에서 전 세계 대양에서의 빌지수 배출 규제를 15ppm에서 5ppm 이하로 배출하도록 강화될 날이 머지 않은 것으로 전문가들을 예상하고 있으며, 유럽 선진사에서는 최근 IMO 배출규제 강화에 한발 앞서 5ppm 이하를 만족시키는 제품을 개발하고 있다. 그러나 기존의 필터링 중력침전방식(Coalescing, adcorption filter type 등) 으로서는 장비의 대형화 및 처리시간 장기화 등의 여러 단점이 있으며, 이러한 단점을 개선하기 위해 미세여과필터를 위해 초정밀 소재인 나노마이크로 필터를 이용하여 선외 배출수 내의 오일함량 5ppm 이하를 만족하는 빌지수 처리 장치를 개발하고자 한다. 본 연구에서는 선박용 5ppm급 빌지수 처리 장치 개발을 위한 연구단계로서 설계안 정립을 위해 ASME Code를 기준으로 빌지수 처리 장치 내부의 작동 성능과 특성에 대한 수치해석을 통해 구조 안정성 평가를 수행하였다.

Table 1 Stress Categories and Limits of Equivalent Stress in ASME CODE

Stress Category	Primary			Secondary Membrane plus Bending	Peak
	General Membrane	Local Membrane	Bending		
Description (For examples, see Table 5.2)	Average primary stress across solid section. Excludes discontinuities and concentrations. Produced only by mechanical loads.	Average stress across any solid section. Considers discontinuities but not concentrations. Produced only by mechanical loads.	Component of primary stress proportional to distance from centroid of solid section. Excludes discontinuities and concentrations. Produced only by mechanical loads.	Self-equilibrating stress necessary to satisfy continuity of structure. Occurs at structural discontinuities. Can be caused by mechanical load or by differential thermal expansion. Excludes local stress concentrations.	1. Increment added to primary or secondary stress by a concentration (notch). 2. Certain thermal stresses which may cause fatigue but not distortion of vessel shape.
Symbol	P_m	P_L	P_b	Q	F

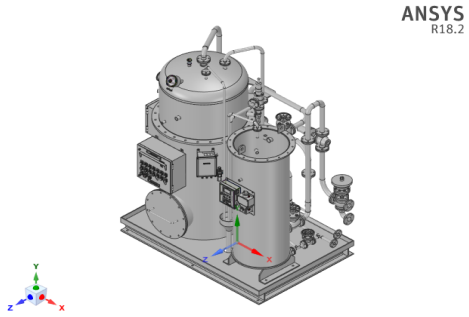


Fig. 1 5ppm 급 Bilge Water Separator

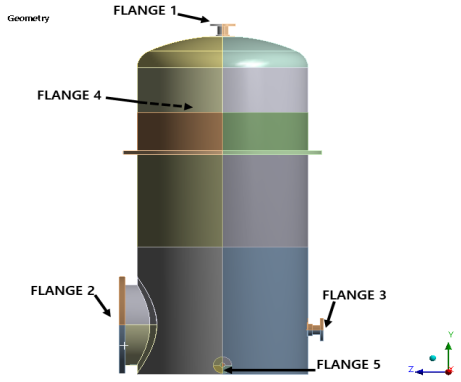


Fig. 2 5ppm 급 Bilge Water Separator 3D Model for Structural analysis

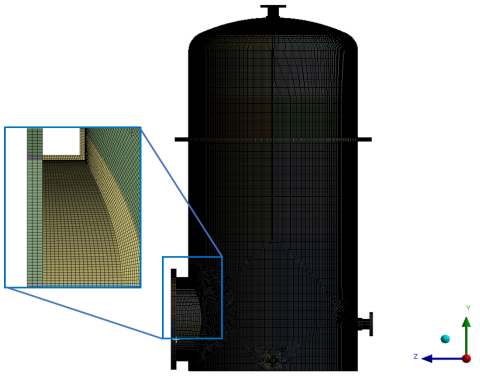


Fig. 3 5ppm 급 Bilge Water Separator F.E Model for Structural analysis

후기 이 논문은 2022년도 중소벤처기업부의 '지역주력산업육성사업'의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*(kebn0216@komeri.re.kr), 교신저자#(jhjoeng@komeri.re.kr)

로봇 인공지능 융합 분야의 기술 교육·전략 개발

조정희*,#

Technology education development in the field of robot artificial intelligence convergence

J. H. Cho*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 교양학과

Key Words : Robot, Artificial Intelligence, Technology education

로봇 산업은 인간의 삶과 사회에 많은 영향을 미치고 있는 혁신적인 기술 분야로서 제조업, 서비스업, 의료업, 교육업 등 다양한 분야에서 인간의 능력을 보완하거나 대체하며 효율성과 안전성을 높이는 역할을 수행하고 있으며, 인간의 창의성과 상상력을 자극하고 새로운 가치를 창출하는 가능성을 제공하고 있다. 로봇 산업에 대하여 지속적인 연구와 개발, 교육과 훈련, 법률과 윤리 등 다양한 요소들이 조화롭게 작용해야만 성장할 수 있는 복합적인 분야로 로봇 산업의 중요성은 점점 커지고 있으며 이에 대응하기 위해서는 로봇 교육은 현대 사회에서 점점 더 중요한 역할을 담당하고 있다. 본 연구는 로봇과 인공지능(AI)기술의 기업 수요형 기술 교육 개발에 대해 검토하기 위하여 로봇+AI 융합 분야의 기술 및 산업 동향, 로봇+AI 융합 분야의 노동 시장 및 인력 양성 현황 및 융합기술 교육 사례 조사 분석하여 한국형 로봇+AI융합기술분야의 교육 전략 방법에 대해 살펴보았다.

발표자*, 교신저자#(jjh7403@kopo.ac.kr)

산업안전 사고예방을 위한 전문가 육성 교육개발에 관한 연구

조정희*,#

Research on education experts to prevent industrial safety accidents

J. H. Cho*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 교양학과

Key Words : Education, Prevent industrial safety accidents, Safety management system

우리나라 건설·생산기술은 세계에서 인정하는 수준에 도달하여 많은 국내·외 건설시장에서 사업을 추진하고 있지만 안타깝게도 산업현장 안전사고는 끊임없이 발생하고 있다. 본 연구를 수행하는 2023년 1분기에만 국내 건설현장에서 안전사고로 55명이 사망하여 세계적인 건설 산업기술을 보유하고 있는 국가의 부실한 안전관리 시스템을 나타내고 있다. 현재 건설 산업현장 안전관리자는 공사비 50억원 이상의 현장에 대해서만 최소한의 인력을 갖추게 하고 있어 턱없이 부족한 인력으로 건설 산업현장 안전관리를 수행중이다. 따라서 본 연구에서는 공사비 기준으로 안전관리자를 배치하고 있어 공정별, 취약 시기별로 안전사고가 많이 발생하는 시기에 집중적으로 안전관리자를 배치하여 사고를 미연에 방지할 수 있도록 건설 산업현장 안전관리자 배치기준 재정립 필요성 제시하고 중소형 규모 건설 생산 산업현장에서 끊임없이 안전사고가 발생하고 있어 본 연구를 통하여 문제점을 제시하고자 한다. 향후 연구를 통하여 건설 생산 산업현장 안전관리자의 배치 기준을 효과적으로 개선하는 방안을 제안함과 아울러 산업 현장 안전관리를 강화하기 위한 방안으로 산업안전관련 교과목 신설 및 효과적인 교육 방법 개발을 연구의 목적으로 한다.

발표자*, 교신저자#(jjh7403@kopo.ac.kr)

가스수화물법 농축수 처리 공정 고액분리 장치 개발

강경찬*,#

Development of solid-liquid separator for gas hydrate-based brine treatment process

K. C. Kang*,#

한국생산기술연구원 에너지소재부품연구그룹

Key Words : Gas hydrate, Brine, Solid-liquid separator, Water treatment process

전 세계적으로 물부족 문제를 해결하기 위해 건설된 해수담수화 플랜트에서는 지속적으로 발생되는 농축수가 잠재적인 환경오염원으로 지목되고 있고, 지질학적인 특성상 고농도 염분이 포함된 지하수가 존재하는 국가들에서 고농도 농축수 처리 기술이 요구되고 있다. 이러한 고농도 농축수 처리 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 제안된 것이 가스수화물법을 이용한 수처리 기술이다. 가스수화물(Gas hydrate)이란 특정한 압력과 온도 조건에서 물 분자로 이뤄진 공동(cavity)내에 기체 분자가 포집되어 형성되는 얼음과 유사한 형태의 결정체를 말한다. 가스수화물이 형성될 때는 물속에 포함된 다양한 불순물이 자연스럽게 배제되고, 순수한 물 분자와 가스 분자만으로 가스수화물 결정이 형성되는데, 이때 고체상의 결정과 액체상의 여액을 분리하면 이론적으로 순수한 물을 얻을 수 있다. 이러한 결정법의 원리를 이용한 것이 가스수화물법 수처리 기술이다. 가스수화물 형성 원리를 이용한 수처리 공정은 크게 전처리 공정, 가스수화물 공정, 후처리 공정으로 구성되고, 가스수화물 공정은 세부적으로 가스수화물 형성, 고액분리, 해리의 3가지 공정으로 구성된다. 그 중 특히 수중에 함유된 불순물의 제거율은 형성된 가스수화물 결정과 고농도 여액의 분리 효율에 의해 결정되므로 고액분리 효율이 염제거에 있어 가장 중요한 인자가 된다. 본 연구에서는 가스수화물법 농축수 처리 공정에서 고농도 염수(TDS 기준 5% 이상) 처리에도 활용이 가능한 고효율 고액분리 장치를 개발하고자 하였다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국산업기술진흥협회의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 1711198071)

발표자*, 교신저자#(kckang@kitech.re.kr)

친환경 비반응성 소성윤활 표면처리에 관한 연구

김동환[1,*,#], 박민철[2], 이재학[1], 이희권[3]

A study on the surface treatment of eco-friendly non-reactive plastic lubrication

D. H. Kim[1,*,#], M. C. Park[2], J. H. Lee[1], H. K. Lee[3]

창신대학교 항공정비기계학과[1], 경상국립대학교 박사수료[2], (주)피엔에스[3]

Key Words : Eco-friendly non-reactive lubrication, Pin on disk, Cold forging

1. 서 론

소재 표면으로의 도포 및 제거가 용이하고 고능성 소성 윤활제를 개발하여 금형 마모와 불량률을 최소화 시킬 수 있는 비반응성 소성윤활 개발을 위하여 연구를 진행하였다.

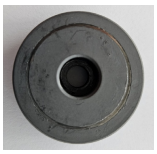
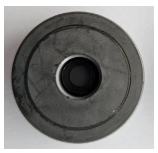
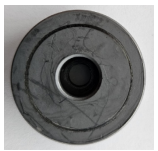
2. Pin on Disk 실험 및 결과

비반응성 소성윤활의 마찰특성을 파악하기 위하여 Pin on Disk 실험을 수행하였다. 소성윤활 조건은 개발한 실란 커플링 아크릴 고폴리머 고형분 A 타입과 약간의 첨가물을 다르게 한 B 타입 그리고 현장에서 적용중인 C 타입으로 비교 분석하였다. 마모량을 측정한 결과 A 타입과 B 타입 그리고 C 타입은 유사한 마모량 및 경향이 나타났다.



Fig. 1 Pin on Disk test

Table 1 Results of Pin on Disk test

	A Type	B Type	C type
Condition after wear			

3. 냉간단조 실험 및 결과

Pin on Disk 결과를 바탕으로 냉간단조 실험을 수행하였다. 실험 대상은 Scorpion body로 전후방 동시 성형되는 자동차 부품이다. 개발된 비반응성 소성윤활 표면처리 평가를 위하여 Scorpion body의 단조품 내외관 상태 및 치수를 확인하였다.

Table 2 Lubrication before cold forging process

	A Type	B Type	C type
Lubrication applied condition			

Table 3 Results of Condition after cold forging

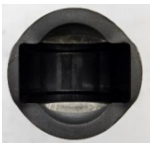
	A Type	B Type	C Type
External			
Top			
Bottom			

Table 4 Results of measurement after cold forging(mm)

	A Type	B Type	C Type
External	31.25~31.28	31.24~31.26	31.24~31.27
Thickness	25.51~25.61	25.46~25.58	25.47~25.59

Table 3은 냉간단조 실험 후 외부, 상단, 하단 상태를 나타낸 것이다. 양산 불량인 스크래치, 크랙 등이 발견되지 않았다. Table 4는 냉간단조 후 치수 측정 결과를 나타낸 것이다. 치수 측정 결과 A 타입, B 타입, C 타입은 유사한 결과를 나타내는 것을 확인하였다. 최종적으로 개발한 친환경 비반응성 소성윤활제를 사용하여 친환경적인 냉간단조가 가능하다는 것을 확인하였다.

후 기

이 연구는 2021년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임. (P20015609, 2021년 청정생산기반산업공생기술개발)

참 고 문 헌

(1) L.S.Lee., J.H.Kang., Y.R.Kim., J.S.Je., K.C.Ko., B.M,Kim., 2006, Development of Environmentally Friendly Water-Soluble Lubricant for Cold Forging, Joural's KSTP, 2006.5. 195-198

발표자*, 교신저자#(dh403@hanmail.net)

CNT-하이드로젤을 이용한 해수 담수화 성능 연구

김민기*, 배종혁, 강성도, 박유진, 송민규, 장우영, 배성재#

Seawater desalination performance study using CNT-hydrogels

M. G. Kim*, J. H. Bae, S. D. Kang, Y. J. Park, M. G. Song, W. Y. Jang, S. J. Bai#

단국대학교 기계공학과

Key Words : Hydrogel, CNT, Acoustic emission, Solar, Seawater desalination

본 연구에서는 CNT가 포함된 알지네이트를 기반으로 하이드로젤을 전기방사 방법으로 제작하였다. 하이드로젤이란 고분자 물질 중 하나로 수용성 고분자가 화학적 혹은 물리적인 결합으로 3차원 구조를 형성하고 있는 물질이다. 이러한 하이드로젤은 90%가 물로 이루어져 있을 정도로 친수성이며, 안정성이 입증되어 다양한 분야에 사용되고 있다. 이러한 하이드로젤의 친수성과 CNT의 높은 빛 흡수율을 이용하면 해수 담수화 분야에서 활용할 수 있다. CNT-하이드로젤은 해수 담수화를 위한 태양광열 계면 증발기로 사용되며 크기는 30μm~ 80 μm로 다양하다. 해수가 담긴 비커를 전자저울 위에 놓은 후, 제작한 CNT-하이드로젤을 해수 수면에 띄우고 태양광 시뮬레이터(HAL-C100)로 빛을 조사하여 50여 시간 동안 증발시켜 해수의 질량 변화를 측정하였다. 또한, 실험 환경의 온도와 습도를 측정하며 주변 환경이 담수화에 미치는 영향을 파악했다. CNT-하이드로젤을 띄운 해수 샘플은 하이드로젤이 없는 해수만으로 이루어진 샘플보다 약 1.3배 빠른 증발 효과를 보였으며, CNT의 함유량이 증가함에 따라 증발속도가 빨라지는 것을 확인하였다. CNT-하이드로젤은 계면 증발기로서 실험 동안 안정된 증발속도를 보였다. 대량 생산이 가능하고 재활용이 가능한 CNT-하이드로젤 태양광열 계면 증발기는 자연적인 태양 빛을 이용함으로써 기존 해수 담수화에 필요한 인공적 에너지 소모를 최소화할 수 있다.

후기 이 연구는 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0020967, 2022년 산업혁신인재성장지원사업)

발표자*, 교신저자#(sbai@dankook.ac.kr)

수소 생산을 위한 하이브리드 방법 고함량 촉매 제조 및 이의 적용

박수련*, 박영수#

Synthesis high contents catalysts using hybrid methods for product hydrogen and its application

S.-R. Park*, Y. S. Park#

한국탄소산업진흥원

Key Words : Hydrogen production, TCD(thermo-catalytic decomposition of methane), Methane decomposition

The hydrogen is one of the promising energy due to its environmentally friendly and its high energy density. In this point, it is remarkable that the production hydrogen from natural gas. One of the methods to produce hydrogen from natural gas, the thermo-catalytic decomposition of methane, which is no COx emission. However, these days it tends to reduce the hydrogen product cost by co-producing high valued carbon materials.

In this experiment, the high contents catalysts were using to decompose the natural gas. The high contents catalysts were prepared by using hybrid methods, which were able to add more contents of catalyst. As prepared catalysts were oxidated before used in decompose the natural gas. The converted hydrogen was calculated from yield of carbon materials, and the obtained carbon materials were analyzed by FE-SEM and RAMAN. It is noticeable that the high contents catalysts showed that high yield of carbon material and its alignments even in batch reactor.

후기 This research was supported by the development special R&D zone Program funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (2021-DD-RD-0202-02-206). This work was also supported by Technology Innovation Program funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (200101853).

발표자*, 교신저자#(ironny@kcarbon.or.kr)

반응속도 및 입자크기 제어가 용이한 광물탄산화 제조장치 개발

류영복*,#

Designing a mineral carbonation reactor with controllable reaction rates and particle sizes

Y. B. Ryu*,#

한국생산기술연구원 울산본부 친환경재료공정연구그룹

Key Words : Mineral carbonation, Reactor, Reaction rates, Particle sizes

점차 심각해지는 기후변화와 지구온난화 문제는 인간의 경제 · 산업 활동으로 늘어난 온실가스를 줄이기 위한 노력이 필요함을 의미한다. 온실가스 저감을 위한 다양한 제도적, 사회적 활동이 이뤄지고 있는 가운데, CO_2의 적극적인 소비를 위해 CO_2를 활용한 유용자원 개발 (CCUS, Carbon Capture, Utilization and Sequestration) 기술 확보를 위한 다양한 노력이 꾸준하게 이어지고 있다. 특히 광물탄산화는 뛰어난 탄소 저장안정성과 반응성으로 현재 가장 활발히 연구되고 있는 CCUS 기술 중 하나로 상용화 단계에 있는 기술이다. 본 연구에서는 광물탄산화 반응에 있어 반응속도를 효과적으로 제어하고 입자크기를 조절할 수 있는 반응장치를 설계, 개발하였다. 이산화탄소 기포를 미세화하고 반응경로의 제어하기 위해 하이쉐어 믹서와 이중관을 적절히 배치하였으며, 이를 이용해 탄산칼슘을 제조함으로써 반응조건에 따른 반응 효율과 입도변화를 살펴보았다. 제조된 입자는 XRD를 이용해 생성입자와 결정성을 확인하였고, PSA를 통해 평균 입도분석, SEM을 이용하여 생성된 입자의 모양과 사이즈를 확인하였다. 반응기 내 이중관의 유무에 따라 반응효율은 약 7% 차이가 났으며, 이중관을 적용한 반응기에서 생성된 입자는 2~4 μm 크기를 가졌으며, 교반속도에 따라 입도가 비례적으로 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국산업기술진흥협회의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 1711198071)

발표자*, 교신저자#(nasug1@kitech.re.kr)

용접·접합기술과 관련된 용접산업 현황 패널데이터분석

안덕현*,#

Welding industry analysis for welding・joint technologies using pennel data analysis

D. H. An*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : Pennel data analysis, Welding industry analysis, Welding·Joint technologies

전 세계적으로 용접분야에 신기술을 적용해서 용접산업의 시장지배력을 강화하고 있는 추세이다. 최근에 유럽의 완성차 업체들은 자동차 산업에 아크용접 기자재 등에 신기술을 접목시켜서 자동차 산업의 경쟁력을 높이고 있으며, 용접분야에 핵심기술인 용접과 접합 기술에 대한 신기술을 개발하고 기자재 및 소재를 개발하는데 집중하고 있다. 용접산업의 연평균 성장률은 9.6%로 향후 이 성장세가 지속될 것으로 보이며, 아크용접 및 지능형 저항 점용접 제품 등을 포함한 용접공정 및 기자재 관련 분야의 2018년 규모는 2,125억 92,00만 달러로 용접산업의 세계 성장을 견인하는 역할을 하고 있다. 전 세계 용접시장에서 일본의 Yasda사, Panasonic사 등의 기업들이 용접 전원제어 기술 및 전원설계기술 등의 원천기술을 독자적으로 개발해서 생산하고 있으며, 미국의 Lincon, 오스트리아의 Fronius사 등의 기업이 용접기기나 재료 분야에서 용접시장의 경쟁우위를 유지하고 있다. 용접산업의 중국시장은 2018년 기준으로 533억 5,500억 달러 규모로 연평균 20.4%로 급성장하고 있으며, 용접·접합분야의 성장률은 16.6%를 기록하고 있는 상태여서 우리나라는 전 세계 용접시장에서 입지가 계속 약화되고 있는 추세이며, 무엇보다 용접시장의 핵심기술인 아크용접 기자재 등에 신기술을 접목시키는 분야와, 용접과 접합 기술에 대한 신기술 개발, 기자재 및 신소재 개발 분야에서 경쟁력을 잃고 있다. 아크용접, 특수용접, 다수용접, 용접·접합 기술과 관련된 용접산업의 현환에 대한 선행연구들을 패널데이터분석(pennel data analysis)을 적용하여 분석하고 기존 연구의 문제점을 진단함과 동시에 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(adh99976@kopo.ac.kr)

출력 전압을 활용한 전기화학 가공 시스템의 제어 방법

김욱수*, 곽성웅, 박정우#

Control method of electrochemical machining system using output voltage

U. S. Kim*, S. U. Kwak, J. W. Park#

조선대학교 기계공학과

Key Words : Electrochemical process, Non-traditional machining, Automatic control, Electrode gap, Precision machining, Electrolyte

최근 고성능 부품 수요 증가로 그에 따른 소재도 발전되고 있다. 그러나 이러한 소재들은 난삭재가 대부분이며, 기존의 기계가공으로 가공하는 데 어려움이 있다. 따라서 이를 극복하기 위해 비전통적인 가공 기술이 필요해지고 있다. 다양한 기술이 있지만 전기화학 가공 (Electrochemical machining, ECM)은 공구와 공작물이 접촉하지 않고 사용자가 원하는 형상으로 가공할 수 있는 특수가공이다. 따라서 전도성 재질이라면 대부분 가공할 수 있으며, 난삭재에 대해서도 기계적 가공 보다 쉽게 접근할 수 있는 특징을 갖는다. 그러나 ECM은 공정 중에 공구와 공작물이 접촉하지 않아야 한다. 만약 접촉되면 단락, 국부적 과열, 가공 품질 저하, 전극 마모 등의 현상이 발생하며, 전압이 0이 되어 더 이상 가공되지 않는다. 공구와 공작물 사이의 관계는 옴의 법칙과 전기화학적 가공 원리에 두고 있다. 따라서 이러한 현상과 가공 정밀도를 높이기 위해서는 정밀한 제어 기술이 필요하다. 본 연구에서는 공구와 공작물 사이 간극 문제를 해결하기 위해 실시간 전압 데이터를 받아 이송 속도를 조절하고자 한다. ECM은 간극에 따라 전압이 달라지며, 이러한 전압 신호에 따라 간극을 제어할 수 있다. 전압 신호에 따라 이송 속도를 조절하기 위해 피드백 제어를 위한 알고리즘을 설계했다. 전압이 지정한 범위 내에서는 이송이 진행되고 범위 밖을 벗어나면 이송 속도가 0이 되거나 가공을 정지하도록 설정했다. 따라서 이 제어 모델이 적용되는 경우 ECM의 활용 범위를 넓힐 수 있을 것이다.

후기 This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2021R1F1A1057433 & NRF-2021R1A6A3A01086556).

발표자*, 교신저자#(jwoopark@chosun.ac.kr)

R-1234yf 응축 열교환기 최적화 설계를 위한 연구

하수정*,#

Study on optimization design of R-1234yf condensing heat exchanger

S. J. Ha*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : R-1234yf, Condensing, Heat transfer coefficient, HFO, Condensing heat exchanger

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.

발표자*, 교신저자#(h0452@kopo.ac.kr)

친환경 냉매 R-1234yf 증발 열교환기 특성에 대한 연구

하수정*,#

Study on evaporating heat exchanger characteristics of eoc-friendly R-1234yf

S. J. Ha*,#

한국폴리텍대학 충주캠퍼스 에너지설비과

Key Words : R-1234yf, Evaporation, Heat transfer coefficient, HFO

R-1234yf를 작동유체로하는 냉동·공조 시스템용 증발기의 최적 설계를 위하여 관경 변화에 따른 R-1234yf의 증발열전달 특성에 대해서 실험하였다. 증발이 진행됨에 따라 증발기에서의 냉매의 유동양식은 간헐류, 성층-파형류, 환상류 유동이 나타나며, 증발기 입구의 저건도 영역에서는 간헐류 유동이 지배적이고, 고건도 영역에서는 환상류 유동이 지배적이었다. 저건도 영역에서 증발 열전달계수는 건도가 증가할수록 열전달계수가 약간 상승하는 것을 볼 수 있었다. 또한, 전체 건도영역에서 R-1234yf의 질량유속이 증가할수록 국소 열전달계수가 증가하였다. 열유속 변화에 따른 증발 열전달계수는 열유속이 증가할수록 증가하고, 이러한 현상은 저건도 영역에서 뚜렷하게 관찰되었다. 그리고, 질량유속과 포화온도에 상관없이 전체 건도 영역에서 관경이 작아질수록 열전달계수는 증가하는 것을 알 수 있었다. R-1234yf와 R-134a의 압력강하 비교에서 프레온계 냉매인 R-134a의 기상의 밀도, 잠열, 액상의 열전도도 및 표면 장력 등이 더 높았기 때문에 R-134a의 압력강하가 컸다. 수평관내 R-1234yf의 증발 열전달에 대한 실험으로 획득한 결과를 Shah, Gungor-Winterton, Kandlikar, Jung 등, Liu-Winterton, Saitoh 등에 의해서 제안된 상관식과 측정한 실험값을 비교한 결과, Jung 등의 상관식이 평균오차 13.63%로 가장 좋은 일치를 보였다.

발표자*, 교신저자#(h0452@kopo.ac.kr)

FE-model을 이용한 전자기 셀프 피어싱 리벳의 형상 선정

김민석*, 심지연#

Selection of optimal rivet design for E-SPR by FE-model

M. S. Kim*, J. Y. Shim#

한국생산기술연구원 탄소경량소재응용연구그룹

Key Words : High velocity E-SPR, Fe/Al Dissimilar Rivet design, Joint quality, Shear strength

SPR은 사전 홀 가공 없이 punch를 사용하여 강한 압력을 rivet에 가하여 리벳과 접합재의 소성변형으로 접합이 이루어지며, 접착제와의 혼용이 가능하여 우수한 접합강도를 확보할 수 있다. 최근 SPR 적용 소재의 강도가 지속적으로 증가함에 따라, 전자기력을 이용한 고속 기계적 체결기술인 E-SPR에 대한 연구가 진행되고 있다. E-SPR의 체결원리는 SPR과 동일하며, punch의 구동이 전자기력에 의하여 진행되어, 수 m/s의 속도로 체결이 이루어진다.

SPR 접합 품질 평가 기준으로, 인터락, 잔여두께, 헤드 높이 등이 있으며, 이 중 인터락은 특히 접합품질 및 강도와 밀접한 관계를 갖고 있다. 이러한 품질에 영향을 미치는 주요 인자는 소재의 종류, 두께, 리벳의 모양과 치수 그리고 다이의 형상이다. 특히, 리벳은 두 소재를 연결하는 주요 연결재로서 접합재의 강도, 두께에 따라 적정한 리벳을 선정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 UHSS과 알루미늄재의 E-SPR에 적합한 리벳의 형상을 선정하였다. 이를 위하여 E-SPR 공정 모사를 위한 FE-model을 개발하였으며, 실험결과와 비교를 통한 신뢰성 확보 후 여러 형상의 리벳을 이용하여 접합부를 예측하였다. 리벳형상을 제외한 공정조건 및 금형은 동일 조건에서 해석을 수행하였다.

후기 이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014618)

발표자*, 교신저자#(shimjy@kitech.re.kr)

600mm급 대면적 FOPLP 기판 가공을 위한 장비 정적구조해석

김덕기[1,*], 고민성[1], 윤이섭[1], 공정식[1], 김성철[2], 백승엽[1,#]

Static structure analysis of equipment for processing 600mm large area FOPLP substrates

D. G. Kim[1,*], M. S. Ko[1], Y. S. Yun[1], J. S. Kong[1], S. C. Kim[2], S. Y. Baek[1,#]

인덕대학교 기계공학과[1], 에이엠테크놀로지[2]

Key Words : Foplp, Back grinding, Wlp, Substrates

현재 사회에서 인간은 무선 통신, 자율 주행 자동차, AI 등과 같이 첨단 기술들을 몸소 느끼며 살아가고 있다. 여러 첨단 기술 중 반도체 산업은 어느 분야에서도 빠지지 않는 항목으로써 그 중요성 역시 대두되고 있다. 이러한 상황 때문에 국가 및 산업체에서 경쟁력을 키우기 위해 반도체 제조공정 기술 및 공정 장비의 연구 및 개발에 관해 몰두하고 있는 상황이다. 반도체 제조 과정은 전공정(Front-End Process)과 후공정(Back-End Process)으로 나눌 수 있다. 반도체 칩을 설계하고 패턴을 웨이퍼에 생성하는 것이 전공정, 이후 웨이퍼에 형성된 칩을 자르고 절연체로 둘러 외부 충격 및 먼지로부터 보호하고 안정적인 전력 공급을 위해 배선을 설계하는 작업을 후공정이라고 부를 수 있다. 현재 기술의 발전으로 인하여 전공정에서의 생산 비용 절감이 한계에 봉착하여 패키징을 진행하는 후공정에서의 생산 비용 절감이 필요한 상황이다. 웨이퍼에서 패키징하는 FO-WLP(Fan Out - Wafer Level Packaging) 공정 대비 사각형 패널에서의 패키징 FO-PLP(Fan Out - Panel Level Packaging) 공정은 한 번에 패키징 할 수 있는 칩의 개수가 10~15%가량 증가하여 생산 수율을 높이는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 반도체 시장에서 우위를 선점하기 위하여 600mm급 대면적 FO-PLP 기판을 가공하기 위해 설계한 시스템을 자중에서의 응력 및 변형량 등의 구조 안정성 평가를 진행하였다.

후기 본 논문은 산업통상자원부 기계장비산업기술개발 “600mm 급 대면적 FOPLP 기판 가공을 위한 전자동 지능형 복합 연삭시스템 개발” 과제번호(20018376) 연구비 지원으로 진행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(sybaek@induk.ac.kr)

구조 개선을 통한 반도체 검사장비 진동 저감 대책과 구동 제어 및 실증

유승하*, 전용호, 이문구#

A SYSTEMATIC WAY OF VIBRATION REDUCTION FOR A SEMICONDICTOR INSPECTION EQUIPMENT

S. H. Yu*, Y. H. Jeon, M. G. Lee#

아주대학교 기계공학과

Key Words: Semiconductor, FEM analysis, Vibration control, Precision inspection equipment, Structural improvement, Vibration measurement

최근 인공지능이 적용되는 분야가 확대되면서 고성능 데이터 처리를 위한 3 차원 반도체의 수요가 급증하고, 반도체 생산 / 검사 기술의 정밀화가 이루어지고 있다.

검사 장비의 작업 환경에 존재하는 가진원들 중 검사 장비의 공진 주파수와 일치하는 가진이 존재한다면, 장비 내부에 공진이 발생하여 검사 정밀도 저하로 이어진다.

설계 과정에서 유한 요소 해석을 통해 공진 위험성을 사전에 파악하여 설계를 수정하고, 현장 실측으로 해석 모델의 유효성을 입증한다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 (S3273805)
이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음. (No.20020730-9525)
본 연구는 한화의 기업체 일반기업사업의 지원으로 수행되었음.

발표자(antsoup112@ajou.ac.kr)*, 교신저자#(moongulee@ajou.ac.kr)

강관 압입기 오거의 저진동 각도 조정을 위한 UMEI 성형기 적용 연구

차영택*,#, 이연호, 최성준

A study on the application of UMEI input shaper for vibration reduction of tilt operation of intensive winged drilling machine

Y. T. Cha*,#, Y. H. Lee, S. J. Choi

한국생산기술연구원 건설기계기술센터

Key Words : Intensive winged drilling machine, UMEI(Unity Magnitude Extra Insensitive) input shaper, Vibration reduction

강관 압입기는 회전형 돌기가 부착되어 있는 강관을 회전시켜 지반에 삽입하는 장비로써 건축물의 기초를 시공하거나 연약지반을 보강하기 위해 사용되는 장비이다. 강관 압입기는 강관의 회전 및 지반으로의 삽입을 담당하는 오거부와 오거를 상하로 회전시키는 오거자세 조정부 및 장비 이동을 담당하는 하부체로 구성되어 있다. 오거부는 강관을 회전시키는 오거와 강관을 삽입시키는 오거 리드로 구성되어 있고, 오거자세 조정부는 오거의 자세를 결정하기 위한 유압 실린더 및 밸브로 구성되어 있다. 강관 압입기는 작업시에는 오거부를 수직자세로 동작시키며, 이동시에는 오거부를 수평자세로 동작시킨다. 이 때, 오거의 중량과 유압 실린더의 유체 체적 강성으로 인해 오거부는 회전 진동을 하며, 이러한 회전 진동은 장비의 불안전성을 유발한다. 효과적인 진동 저감 방법으로는 EI(Extra Insensitive)성형기가 있으나, 강관 압입기의 유압 실린더는 비례제어 밸브가 아닌 온/오프 밸브로 제어되므로 EI 성형기의 적용이 힘들다. 따라서, 온/오프 밸브로 강관 압입기의 진동을 저감 시킬 수 있는 제어 방법을 필요로 하며, 이러한 방법으로 UMEI(Unity Magnitude Extra Insensitive)성형기가 있다. UMEI 성형기는 단순히 온/오프 신호만으로 제어 신호를 구성함으로써 온/오프 밸브 제어에 적용 가능하다. 본 연구에서는 이러한 UMEI의 성형기를 강관 압입기의 적용에 앞서 시뮬레이션을 통해 UMEI 성형기의 유효성을 평가하고 한다. 시뮬레이션 모델은 강관 압입기의 기구부와 유압부를 모사하여 구성하였으며, 유압 실린더의 유체 체적 탄성 계수로 인한 진동이 발생하도록 구현되었다.

발표자*, 교신저자#(chayt3@kitech.re.kr)

다층 퍼셉트론을 활용한 온도 PID 제어의 오토튜닝

강경태*, 박희재#

PID auto-tuning using multi layer perceptron for temperature control

K. T. Kang*, H. J. Park#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : PID Auto-tuning, Temperature control, Multi layer perceptron(MLP)

1. 서 론

상용 온도제어기에 일반적으로 PID 오토튜닝 기능이 있으나, 플랜트의 특성을 정확하게 파악하지 못하여 실망스러운 결과를 보여 왔다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 온도제어 대상 플랜트(이하 온도 플랜트)를 식(1)과 같은 **지연이 있는 1차 시스템(FOPDT)**으로 가정하고[1], Multi Layer Perceptron(MLP)을 이용하여 온도 플랜트를 **시스템 식별**하는 방법을 개발했다. 그리고 기존에 개발되어있는 FOPDT에 대한 PID 튜닝 규칙을 이용하여[2], 우수한 온도제어 성능을 발휘하는 PID 게인 산출에 성공했다.

$$G(s) = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s+1} \quad \text{----- (1)}$$

2. MLP 학습방법

온도 플랜트의 시스템 식별을 수행하는 MLP 구축을 위하여, 특정 패턴의 입력에 대한 FOPDT의 출력을 시뮬레이션으로 얻어서 훈련 세트를 만들었다. 이때, FOPDT의 파라미터 K_P, τ_P, θ_P를 Fig.1과 같이 등간격으로 바꿔가며 시뮬레이션하였다. FOPDT의 출력을 MLP의 입력으로, $[K_P,\ \tau_P,\ \theta_P]$는 레이블로 지정하여 MLP를 학습시켰다. 이로써 특정 패턴의 입력에 대한 온도 플랜트의 출력을 MLP에 넣어주면 FOPDT의 $[K_P,\ \tau_P,\ \theta_P]$를 알려주어서 시스템 식별이 가능하다.

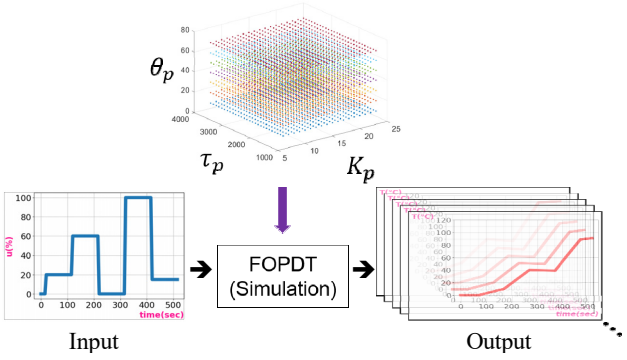


Fig.1 Training Set Generation

3. MLP를 활용한 PID 오토튜닝 과정

Fig.2와 같이 특정 패턴의 입력에 대한 온도 플랜트의 출력을 얻어서 MLP에 넣어주면, 온도 플랜트의 FOPDT 전달함수를 얻을 수 있다. 그러면 기존에 알려져 있는 PID 튜닝 규칙을 이용하여 PID 게인을 얻을 수 있는데[2], 본 연구의 실험에서는 Ziegler-Nichols의 개루프 튜닝 규칙을 이용했다.

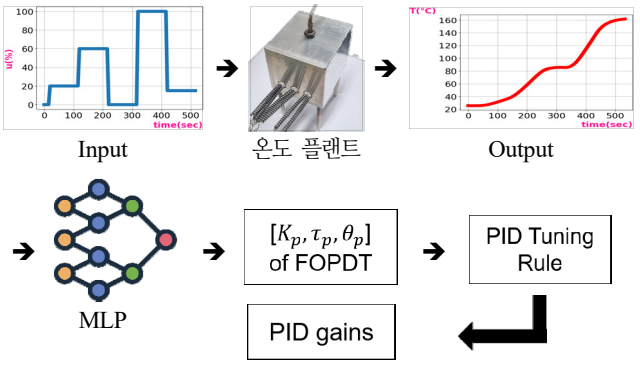


Fig. 2 Process of PID Auto-tuning Using MLP

4. 실험을 통한 오토튜닝 성능검증

제안된 오토튜닝 방법의 성능을 검증하기 위하여, 미지의 온도 플랜트 3개에 오토튜닝을 진행했다. Fig.3는 산출된 PID 게인으로 목표온도 250° C에 대한 PID 제어를 실시한 결과이다. 세 개의 온도 플랜트 모두 오버슈팅이 거의 없이 신속하게 목표온도에 도달하면서, 제안된 오토튜닝 방법의 유효성을 보여주었다.

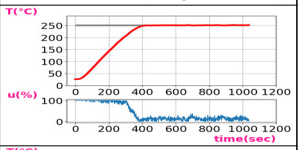
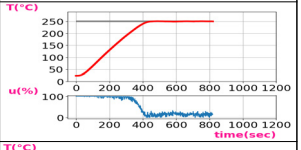
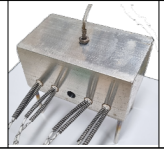
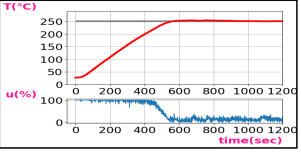
No	Plant	Mass (Al)	Heater (200W)	PID Control (Target=250℃)
1		669.80g	3EA	
2		1000.70g	4EA	
3		1337.70g	4EA	

Fig. 3 Temperature PID Control with the Proposed Auto-tuning Method

참 고 문 헌

(1) Foley, M., Julien, R. & Copeland, B., 2005, A comparison of PID controller tuning methods, CJCE, 83, 712-722.

(2) Ogata, K., 2009, Modern control engineering(5th ed.), Pearson, Upper Saddle River NJ.

선박의 기관시스템 보조기기 펌프의 상태기반정비를 위한 신뢰성 분석 및 CNN을 활용한 고장 분류

유병문[1*], 이종직[1], 김용진[1], 이태현[1], 김영기[1], 장화섭[2], 박재철[2], 박지혁[3,#]

Reliability analysis for condition-based maintenance of the auxiliary pump in a ship's engine system and fault classification using 2D CNN

Byung Moon Yu[1,*], Jong Jik Lee[1], Yong Jin Kim[1], Tae Hyun Lee[1], Young Ki Kim[1], Hwa Sup Jang[2], Jae Cheul Park[2], Ji Hyuk Park[3,#]

한국기계연구원 신뢰성평가연구실[1], 한국 선급[2], 영남대학교 미래자동차공학과[3]

Key Words : CBM, Reliability, Pump, Machine learning, HHT, CNN

4차 산업혁명의 영향의 일환으로 자율운항선박이 많은 관심을 받고 있다. 현재의 선박의 유지 보수 기술은 시간 기반 유지보수를 통해 하고 있으며, 이는 정해진 시기에 정기적으로 입항하여 수리 및 검사를 수행해야 한다. 이로 인해 잦은 중단과 수명이 남은 부품을 교체하면서 많은 비용이 발생한다. 이에, 문제를 해결하기 위해 상태 기반 정비(CBM) 기술을 도입하고 있다. 상태 기반 정비는 실시간으로 장비의 상태를 모니터링 하여 정해진 시기가 아닌 장비의 상태에 따라 유지보수를 수행하는 방법이다. 상태 기반 정비는 상태진단 데이터베이스를 만들고 이를 머신러닝을 통해 학습시켜 고장상태를 분류하는 방식으로 작동한다. 선박의 펌프에 대한 데이터베이스를 구축하기 위해 고장 사례 분석 및 신뢰성 분석을 통해 주요 고장 모드 5종을 선정하고, 이를 재현할 모사 시나리오를 개발하였다. 이러한 모사 시나리오를 실험하기 위해 육상에 테스트베드를 설치하고 실험을 진행하였다. 다양한 센서를 통해 압력, 유량, 온도, 진동, 노이즈 등의 데이터를 수집하였다. 진동 데이터를 이용한 고장 진단은 다른 진단법과 비교하여 정확하며 비용적인 측면도 우수하다. HHT(Hilbert Huang Transform)는 진동 신호를 비선형 및 비정상 데이터를 효과적으로 분석할 수 있는 신호 분석 방법이다. HHT는 복잡한 동적 특성을 시각적으로 나타낼 수 있다. Hilbert Spectral Analysis를 통해 시간-주파수 스펙트럼을 얻을 수 있다. 이 시간-주파수 스펙트럼의 이미지를 머신러닝을 통해 학습시켜 고장을 분류한다. 딥러닝의 한 종류인 CNN(Convolutional Neural Network)을 사용한다. 2D CNN은 이미지나 2차원 데이터에 포함된 계층적 특징을 효과적으로 추출할 수 있는 심층 학습 모델이다. 이는 다양한 이미지 분류 문제에서 뛰어난 성능을 보이고 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '조선해양산업기술개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20011104, 자율운항선박 핵심 기관시스템 성능 모니터링 및 고장예측 진단 기술개발)

발표자*, 교신저자#(jihpark@yu.ac.kr)

AR기반 제조현장 작업지원시스템

홍원표*,#

AR-based manufacturing management system

W. P. Hong*,#

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : AR(Augmented Reality), Mobile management system, Monitoring

주로 데스크탑 환경에서 구현되었던 증강현실 시스템 개발이 최근에는 모바일기기 환경에서도 가능해지면서 모바일 관련 증강현실에 관심이 집중되고 있다. 모바일 증강현실 기술은 확장성이 높고, 시공간의 제약을 받지 않으며, 기기 운영시 몰입감을 부여하여 사용자가 원하는 정보를 직관적으로 손쉽게 획득이 가능하다.

특히 제조분야에서는 컴퓨터와 제조기술 발전에 따라 사용자가 제조공정과 관련된 생산정보를 즉시 파악하고 관리하려는 경향이 증가하고 있다. 증강현실은 실제 작업환경에서 생산활동에 유용한 정보를 실시간으로 통합할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이를 통해 제품 설계, 조립, 수리·진단, 공정 시뮬레이션 등 다양한 적용 연구들이 진행되고 있다.

제조분야 현장에서 고품질 및 고정밀 제품 생산을 위한 방법으로 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.

이에 본 연구에서는 모바일기기의 카메라를 이용한 마커 인식 기술과 모바일기기에 기본적으로 탑재된 모바일센서를 이용한 콘텐츠 추적기술을 활용하여 증강현실 기반 제조현장 관리용 작업지원시스템을 개발하고자 하였다. 현장의 생산현황 정보를 모바일기기를 통해 도식화된 유저인터페이스로 용이하게 확인하고, 필요한 정보를 즉시 획득할 수 있도록 시각적인 정보를 제공한다. 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)

모바일 AR기반 제조공정 시뮬레이션

홍원표*,#

Mobile AR-based manufacturing process simulation

W. P. Hong*,#

한국생산기술연구원 디지털전환연구부문

Key Words : AR(Augmented Reality), Markerless, Injection molding, Cassette mold

최근 IT, 영상인식, 그래픽 기술이 크게 발전하면서 증강현실 기술 및 이의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 제조 분야에서도 증강현실 기술을 제품의 조립 및 유지보수, 교육 훈련 등에 적용하려는 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 증강현실이란 실제환경과 가상환경의 중간 단계로, 현실세계와 가상의 체험을 결합하는 기술을 의미한다. 사용자가 원하는 정보를 쉽고 편리하게 전달함과 동시에 더욱 높은 현실감을 부여한다. 주로 데스크탑 환경에서 구현되었던 증강현실 시스템이 모바일 환경에서도 가능해지고, 스마트폰 보급이 늘어나면서 모바일 관련 증강현실에 관심이 집중되고 있다. 모바일 증강현실 기술은 확장성이 높고, 시공간의 제약을 받지 않는 장점 때문에, 이를 교육 및 훈련 분야에 적용하려는 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 제조 현장에서 실제 금형을 보면서 스마트폰을 이용하여 금형 관리 작업에 필요한 정보를 효과적으로 획득할 수 있는 증강현실 시스템을 개발하였다. 기존의 문서화된 카세트금형 관리 매뉴얼 분석으로부터 금형 상측과 하측을 대상으로 각각 분해, 세척, 조립의 순서로 구성하였다. 마커리스 인식 기법 적용으로 금형 실물의 상측 또는 하측을 자동 인식하여 실행되도록 하였고, 증강현실 기법을 적용하여 실제화면과 가상의 화면을 결합하여 보여줌으로써 교육 효과를 증대시켰다. 모바일 증강현실 기반 제조공정 시뮬레이션 시스템 개발로 현장에서 작업에 필요한 정보를 직관적으로 쉽게 획득할 수 있도록 하였다. 본 연구의 결과는 특히 제조분야에서 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

발표자*, 교신저자#(wonpyodr@kitech.re.kr)

공작기계 예지보전을 위한 스핀들 예압 측정 시스템

류엔민둥[1,*], 황주호[1,2,#], 심종엽[2]

Spindle preload measurement system for machine tool predictive maintenance

N. M. Dung[1,*], J. Hwang[1,2,#], J. Shim[2]

과학기술연합대학원대학교 한국기계연구원스쿨[1], 한국기계연구원[2]

Key Words : Predictive maintenance, Spindle preload, Spindle spacer, Strain sensor

The performance of the high-speed spindle system affects the machine tools ability and productivity in which bearings play a vital role. In case of manufacturing and assembly stage, it is necessary to adjust the internal clearances in ball bearings to zero between rolling elements and the raceways by applying an axial force. This applied force is called as preload. A suitable preload can reduce bearing heat generation, chatter and to increase the stability, accuracy and lifetime of spindle components. Hence, to improve the reliability of spindles at design stage, an effective method for evaluating the lifetime of bearings is considered. This paper verified the theoretical analysis of the spindle preload by analyzing phenomenon on spindle spacer which was withstood a preload. Firstly, the equations to predict the strains at the preloaded spacer surface are derived. Then, this spacer would be simulated by using Finite-element-method (FEM) software for confirming the strains form theoretical analysis. Next, a characteristics experiment of 4-component strain gauge was performed. Hence, it showed the strain results from aforementioned equation are in agreement with the FEM results as well as those in the tests.

발표자*, 교신저자#(jooho@kimm.re.kr)

금형 정삭 공정 계획 수립을 위한 AI 기반 금형 형상 분류 기술의 개발

성진용, 조현용, 박대유*,#

Development of AI-based mold shape classification technology for mold finishing process planning

J. Y. Sung, H. Y. Cho, D. Y. Park*,#

화천기공㈜

Key Words : Process planning, Shape classification, CNN, Z-leveling, Contouring

1. 서 론

금형 가공에서의 정삭과 잔삭에 대한 가공 패턴의 결정은 금형 자체의 가공 품질에도 영향을 미치지만, 생산되는 사출물의 품질에도 큰 영향을 미치게 되어, 작업자의 공정 선택 기술에 대한 상당한 숙련도가 요구된다. 일반적인 금형 가공에 있어서 주로 사용되는 정삭 공정 타입은 경사면이 많은 형태의 금형에서 주로 사용하는 Z-Level(등고선) 과 완만한 3차원 곡면 형상의 금형에서 주로 사용하는 Global(등고선+3D 평면 혼합)으로 구분되며, 작업자의 노하우에 의해 위의 두 공정 타입 가운데서 선택하게 된다. 생산성 향상을 위한 금형 가공 공정 계획 수립 자동화를 위해서는 이러한 정삭 공정 타입의 판별을 자동으로 수행할 수 있는 기술이 요구된다. 그러나 다양한 금형 형상에 대해서 이러한 정삭 가공 패턴의 판별을 일반화하기 어려운 상황이라고 할 수 있다.

따라서, 본연구에서는 다양한 금형 모델링의 이미지를 딥러닝 알고리즘을 통해 학습하여, 주어지는 금형 모델링에 대해서 자동으로 정삭 공정을 결정할 수 있는 알고리즘을 개발하고 이를 시험하였다.

2. 금형 모델링 이미지 추출 및 데이터 입력

형상인식에 유리하고, 모델 크기가 상대적으로 작은 것으로 알려진 MobileNetV2 기반 모델 구축 인공지능 알고리즘을 활용하여 정삭 타입 분류 모델을 구축하기 위해 Fig.1과 같이 작업자가 사전에 판단한 Z-Level 정삭 타입 모델 100개와 Global 정삭 타입 모델 100개를 준비하여 훈련용 이미지를 준비하여 모델 학습을 진행하였다. 학습을 통해 생성된 모델을 활용하여, 새로운 금형 모델에 대한 정삭 타입 판별 정확도를 측정한 결과, 분류 정확도는 91.4%임을 확인하였다.

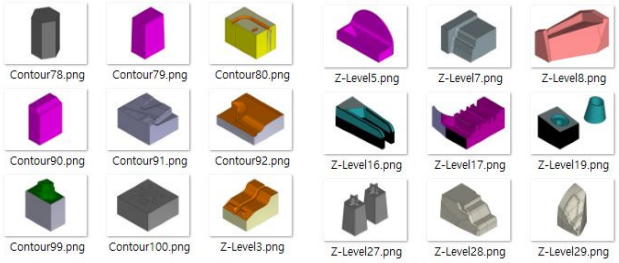


Fig. 1 Preparation of Mold Models for Learning AI Model.

3. AI 모델링 형상 분류 모델 활용 자동화 CAM 연산

구축된 AI 모델을 활용하여 입력된 3DCAD 모델의 정삭 타입을 분류하고 이를 활용하여 정삭 공구 사양과 공정을 자동으로 선택하여 CAM 연산을 통해 NC 프로그램을 생성하는 프로세스를 Fig.2와 같이 설계하여 자동화 연산을 할 수 있는 시스템을 개발하였다.

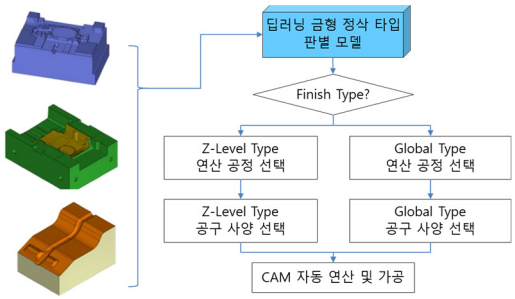
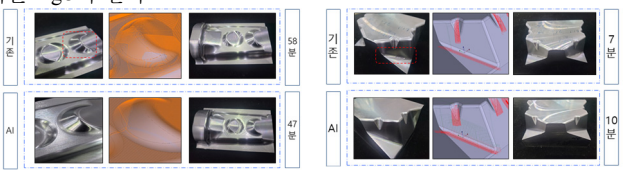


Fig. 2 CAM Automation Process Using AI models.

4. AI 모델 기반 CAM 자동화 결과 및 가공 테스트

제시된 CAM 자동화 프로세스를 사용하여 입력된 모델링에 대한 NC데이터를 생성한 후, 가공을 진행하여 품질을 평가하였으며 그 결과는 Fig.3과 같다.



(a) 가공시간 감소 (b) 가공품질 향상

Fig. 3 Machining Test Results of CAM Automation Process Using AI models.

5. 구현 결과 및 고찰

정삭 타입을 AI 모델을 통해 적절하게 판별하게 되면, 상대적으로 가공시간을 단축하는 효과 Fig.3(a)를 볼 수 있으며, 가공시간이 증가하더라도 보다 나은 표면 품질의 가공 결과 Fig.3(b)를 확보할 수 있게 된다. 이를 통해 AI 모델이 자동화 CAM의 가공 품질 향상에 도움이 되는 것을 확인하였다. 개발된 기술을 잔삭 공정 등에 대한 타입 판별에도 추가 개발할 계획이다.

후 기

본 연구는 산업기술혁신사업 과제(20012807) 연구비 지원으로 진행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., Chen, L.-C.: MobileNetV2: inverted residuals and linear bottlenecks. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. 4510–4520 (2018)

발표자*, 교신저자#

공작기계 디지털 트윈을 위한 물리엔진 기반 제어기 개발

이수빈[1,*], 최인식[1], 정민[1], 장웅기[1,2], 서영호[1,2], 김병희[1,2,#]

Development of physical engine-based controllers for machine tool digital twin

S. V. Lee[1,*], I. S. Choi[1], M. Jeong[1], W. K. Jang[1,2], Y. H. Seo[1,2] B. H. Kim[1,2,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], 강원대학교 기계융합공학과[2]

Key Words : Virtual control, Two-way communication, Digital twin, Industry 4.0

Since the outbreak of the 4th Industrial Revolution, attention to automation systems has increased in various fields including the production and manufacturing environment. Two-way communication technology using digital twins is a key technology that reduces the difference between the physical and digital environments, and many studies are underway in the field of automation. For the automation of the work site, it is necessary to control the surrounding environment, including physical machines. Therefore, research was conducted to control physical machines by establishing a virtual environment based on a physical engine and manufacturing a virtual controller. Unreal Engine, a physical engine, was used to build virtual environment, and Serial communication were used to communicate between the virtual environment and the physical machine. The movement of the virtual machine is synchronized using the motor encoder data of the physical machine, and the physical machine is controlled through the operation of the virtual controller. A controller with desired functions such as operation of a physical machine and emergency stop was manufactured. It is possible to completely separate the space between the physical machine and the worker, and thus, the safety of the worker can be secured, thereby increasing productivity and increasing work efficiency.

후기 This paper was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

공작기계 신뢰성 입증을 위한 볼스크류 열변위 측정 및 평가 기술에 관한 연구

김태욱[1,*], 조영태[1], 정호인[2,#]

A study on the ball screw thermal deformation measurement and evaluation technology to prove machine tools reliability

T. W. Kim[1,*], Y. T. Cho[1], H. I. Jeong[2,#]

창원대학교 스마트제조융합공학과[1], 창원대학교 메카트로닉스연구원[2]

Key Words : Machine tools, Ball Screw, Reliability evaluation, Thermal deformation

최근 공작기계의 발전이 이루어짐에 따라 국내 공작기계 산업에서는 시장 경쟁력을 선점하기 위해 공작기계의 성능향상 연구와 신뢰성 확보에 대한 연구에 중점을 맞춰 연구를 수행하고 있는 추세이다. 특히 정밀 제조의 핵심인 공작기계의 신뢰성 확보는 장비의 성능과 수명을 나타내는 지표로 활용할 수 있다. 현재 선진사들은 표준 및 단체 규격을 바탕으로, 생산하는 장비에 특화된 요소를 포함하는 신뢰성 향상 활동을 실시하고 있지만, 국내에서는 신뢰성에 대한 구체적 목표, 달성을 위한 관리체계 등 절차가 확립되어 있지 못하고 있는 실정이다. 또한, 신뢰성 시험에 대한 구체적인 절차와 방법이 없고 장비 및 부품에 필요한 시험의 종류와 방법에 대한 연구 또한 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 공작기계 이송계의 핵심 부품인 볼스크류의 신뢰성 향상을 위해 열변위에 대한 측정 및 성능평가를 수행하였다. 열변위의 측정은 RS-KORAS-KIMM-036 기준에 따라 측정하였으며, 측정을 위해 테스트벤치를 개발하여 볼스크류의 성능평가 방법을 구현하였다. 성능평가를 실시할 때에는 가능한 온도와 습도를 일정하게 유지하면서 수행하였다. 평가결과 성능 목표치를 충분히 만족하는 결과를 얻을 수 있었으며, 볼스크류의 신뢰성 확보에 크게 기여할 수 있다고 판단된다.

후기 본 연구는 산업통산자원부의 산업기술혁신사업의 지원으로 수행하였음 (“국산 정밀가공장비 신뢰성 입증을 위한 장비 신뢰성평가 기술 개발”, No.20014727).

발표자*, 교신저자#(jhi8443@changwon.ac.kr)

이기종 CNC 연동을 위한 인터페이스 모듈 설계

김범수[1,*], 권순환[1], 황인태[1], 박대유[2], 장웅기[1], 박용재[1], 김병희[1], 서영호[1,#]

Design of an interface module for open-source CNC with heterogeneous CNC

B. S. Kim[1,*], S. H. Kwon[1], I. T. Hwang[1], D. Y. Park[2], W. K. Jang[1], Y. J. Park[1], B. H. Kim[1], Y. H. Seo[1,#]

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[1], (주)화천기공[2]

Key Words : Open source CNC, LinuxCNC, Heterogeneous CNC

Open CNC systems offer enhanced portability, scalability, and interoperability when compared to traditional closed CNC systems. LinuxCNC, an open-source CNC software designed for machine tools, stands out in this regard. It seamlessly interfaces with various systems through the Hardware Abstraction Layer (HAL). Additionally, its open-source characteristic allows users to implement custom features and configure a unique Graphical User Interface (GUI) for their CNC systems. Thus, it is possible to establish control systems for auxiliary devices in machining, such as the Automatic Workpiece Changer (AWC) and the Automatic Tool Changer (ATC) in machine tools, by utilizing LinuxCNC. However, since companies already possess various types of CNC systems, in order to integrate LinuxCNC with existing CNC systems, an interface must be established to seamlessly transition operations between different CNC systems. In this study, we propose a design method for an interface module between LinuxCNC and heterogeneous CNC systems. The interface is based on text files, connecting LinuxCNC, which uses user-defined M codes, with FANUC CNC, which employs a dedicated FANUC library to access and read/write data. We anticipate that this study will assist businesses in effectively utilizing their existing CNC assets.

후기 This paper was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (P0020616, The Competency Development Program for Industry Specialist)

발표자*, 교신저자#(mems@kangwon.ac.kr)

절삭공구 타입에 따른 3D 프린팅 적용 방안 분석

김동규*,#, 권병찬, 이영민, 김지혜

3D printing manufacturing methods according to cutting tool type

D. G. Kim*,#, B. C. Kwon, Y. M. Lee, J. H. Kim

대구기계부품연구원

Key Words : 3D printing, Powder bed fusion, Facecutter, Drill

3D 프린팅을 절삭공구 제조에 적용한다면 공정 단축과 제품 형상의 효율적 설계 및 제조가 가능하다. 전통적 제조방식보다 설계의 자유도가 높아져 절삭공구 형상의 구현을 더 자유롭게 할 수 있다. 또한, 고중량 공구의 경량화가 가능하여 작업자의 안전에도 큰 도움이 된다. 절삭공구의 종류와 특성에 따라서 3D 프린팅 적용을 위한 설계와 제조방법에 변화가 필요하다. 본 연구에서는 밀링공정에 사용되는 대표적 절삭공구인 페이스커터와 드릴을 3D 프린팅으로 제조하기 위한 방안에 대해 분석하였다. 고중량이고 주로 황삭공정에 사용되는 페이스커터의 경우 경량화 설계와 그에 따른 강성 하락을 방지하기 위한 제조가 필수적이다. 날의 수가 많은 페이스커터는 진동에도 취약하므로 이를 고려한 설계가 필요하다. 홀을 가공하기 위한 드릴의 경우 칩의 배출을 용이하게 할 수 있는 설계가 필요하고, 높은 절삭 추력에도 견딜 수 있는 강성의 유지가 필요하다. 3D 프린팅을 적용한다면 절삭유 관로를 유연하게 제조가 가능하므로 칩 배출 측면에서 큰 장점이 있다. 극한의 환경에서 사용되는 절삭공구 제조에 3D 프린팅은 큰 도움이 된다. 하지만 강성 하락과 적층품질 불안정에 따른 제품의 성능 하락을 막기 위한 노력이 필요하다. 본 연구를 통해 3D 프린팅 공정의 절삭공구에 적용할 수 있는 방안을 살펴봤다. 제조방식의 변화로 전통적 제조기술 연구에 활력을 불어넣을 수 있을 것이다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통산자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20016889)

발표자*, 교신저자#(kdg0830@dmi.re.kr)

밀링 주축 유도전동기의 특성과 CNC 상태정보 동기화를 통한 학습기반 공구 마모 모니터링에 관한 연구

김평안[1,*], 오제훈[2], 남성호[1,#]

A study on learning-based tool wear monitoring through synchronizing CNC status and frequency analysis of induction motor

P. A. Kim[1,*], J. H. Oh[2], S. H. Nam[1,#]

한국생산기술연구원[1], 한양대학교 기계설계공학과[2]

Key Words : Tool condition monitoring, Slip frequency, Machine tool, Autoencoder, Anomaly detection

절삭 공정에 있어서 공구에 마모 혹은 파손이 발생할 경우 공작물의 표면조도에도 악영향을 미칠 뿐 아니라, 선삭의 경우에는 치수정밀도와 공구 교체 시기에 영향을 미쳐 산업현장에서 실용적인 모니터링 기술의 적용이 끊임없이 요구되고 있다. 특히, 실시간 절삭부하 분석을 통해 공구수명곡선을 근사하거나, 더 나아가 학습 기반의 공구의 잔존수명(RUL)을 예측하는 연구가 진행되어 왔으나, 다양한 절삭조건 또는 환경 변화에 따른 마모 패턴에 대한 변동요인을 정확히 모델링하기가 어려워 실제 제조현장에서 요구하는 적용성과 신뢰성에 한계가 지적되고 있다. 본 연구에서는 밀링 주축 유도전동기의 특성과 공작기계 내부신호의 변화 패턴을 학습하여 공구의 상태를 모니터링하는 기술을 제시하였다. 공작기계의 스핀들은 가공마다 변화하는 절삭부하의 영향을 받더라도 정격 속도를 유지한다. 이때 스핀들의 서보 드라이브에서는 공작기계의 부하 미터를 통해 부하가 증가할 경우, 주축 3상 전류의 출력을 제어하여 기존 출력대비 높은 출력이 유도되는 특성을 가진다. 본 연구는 이러한 현상을 활용하여, 가공 영역에서의 스핀들 전류 주파수의 변화량과 주축 부하의 변화량을 오토인코더 및 선형회귀 학습을 통해 입력값과 예측값 사이의 복원 오차의 Threshold를 설정하는 것으로 공구 마모/파손에 의한 이상상태를 탐지할 수 있는 방법론을 제시하였다. 본 연구에서는 가상머신 모델을 탑재한 CNC로부터 공구의 실제 궤적 및 주축의 회전수/이송속도 뿐 아니라 가공중의 공구 끝단의 소재 제거 'Envelope' 등을 실시간으로 식별하여 반영함으로써 가공 싸이클 단위의 '러닝 모드'를 통한 동적인 Threshold를 설정하는 것이 가능하여 실제 현장 적용성에 장점을 가질 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2022년도 산업통상자원부의 '시스템산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20012807)

발표자*, 교신저자#(goddad@kitech.re.kr)

AE 신호 및 전기 저항을 이용한 탄소 섬유 복합재료 손상 감지

이용석[1,*], 이동현[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Detection of carbon fiber composite material damage using AE signals and electrical resistance

Yongseok Lee[1,*], Donghyeon Lee[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Carbon fiber composites, Acoustic emission, Electrical resistance

탄소 섬유 복합재료는 경량이면서 강도가 뛰어나며 우수한 탄성 특성을 가지고 있어 스포츠, 레저, 항공기, 자동차와 같은 다양한 분야에서 사용됩니다. 또한, 수소연료전지의 중요한 부품인 체결바에도 탄소 섬유 복합재료가 활용됩니다. 그러나 체결바가 손상되거나 끊어질 경우, 스택 내부의 강도 문제와 열 분산 문제가 발생할 수 있습니다. 체결바의 손상을 제품을 파괴하지 않아도 상태를 평가할 수 잇는 비파괴 평가 기술을 활용한 연구를 하였다. 이 연구에서는 음향방출(Acoustic Emission, AE) 및 전기저항(Electrical Resistance, ER) 평가를 사용하여 체결바의 손상을 감지하였습니다. 이를 위해 다양한 종류의 탄소섬유와 에폭시를 사용하여 시편을 제작하였으며, 인장 시험과 함께 진행하여 파단시 층간전단응력 (Interlaminar Shear Stress, ILSS)를 측정하고 AE 센서를 사용하여 AE신호를 수집하였습니다. AE센서를 통해 섬유 및 에폭시의 파단시 고유 주파수를 확인하였으며, 복합재료의 파단시 고유 주파수를 분석하여 손상의 원인을 파악하였다. 또한 탄소 섬유 복합재료의 센서를 여러 곳에 부착하여 발생원을 파악하였으며, ER평가를 통해 센서로 감지되는 전기저항의 크기 차이를 통해 복합재료의 균질성과 손상을 알 수 있다. 이 연구를 통해 탄소 섬유 복합재료의 손상을 비파괴 평가로 식별할 수 있으며, 체결바 상태 이상의 원인이 섬유, 에폭시, 섬유간 결합, 기포 등과 같은 요소 중 어느 것인 지 확인하여 높은 품질의 복합재료를 제조하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

후기 본 논문은 산업통산자원부 재원 2023년도 한국탄소산업진흥원의 탄소융복합소재부품 실증사업(RS-2023-00265630), 정부(교육부)의 재원 한국연구재단의 기초연구사업(2020R1A6A03038697), 중소벤처기업부 중소기업산학연협력사업(RS-2023-00223433), 과학기술정보통신부 재원 한국연구재단 신진연구지원사업(RS-2023-00211944613821165300001)등을 통해 진행한 연구결과입니다. 이에 감사의 인사를 올립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

커피박을 이용한 미세먼지 포집 시스템

이용석[1,*], 김규리[1], 우민지[1], 이유경[1], 조가인[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Microdust collection system using spent coffee grounds

Yongseok Lee[1,*], Gyu Ri Kim[1], Min Ji Woo[1], Yu Kyung Lee[1], Ga In Cho[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교, 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Spent coffee grounds, Microdust collection system

As the consumption of coffee increases, the amount of coffee ground thrown away increases. Spent coffee grounds (SCG) is treated by landfill and incineration, and methane gas is generated at this time, so it is necessary to find ways to recycle it. In this study, the SCG underwent organic matter removal and were subsequently recycled for microdust collection system using natural adhesives. KOH and n-Hexane were employed for organic matter removal from the SCG. Natural adhesives, such as Korea glue (based on potato starch) and seaweed glue, were utilized to adhere to the net-type material. Fourier transform infrared spectroscopy was employed to verify the removal of organic matter from the SCG. The pores of the SCG were examined using scanning electron microscope. To confirm the effectiveness of blocking harmful substances in the produced microdust collection system, resin powder was used. For filtering and blind applications, an SCG-generated functional screen is a promising option.

후기 This research is the outcome of research conducted with the support of various grants and funding sources, including the Carbon Composite Materials and Components Demonstration Project by the Korea Carbon Industry Promotion Agency (G28002656301), a basic research project funded by the Ministry of Education and supported by the National Research Foundation of Korea (2020R1A6A03038697), Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (G21002234331), and the New Research Support Project funded by the Ministry of Science and ICT and supported by the National Research Foundation of Korea (RS-2023-00211944613821165300001). We extend our gratitude for this support.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

전고체 배터리 적용 에폭시 몰딩 소재에 관한 경화 거동 관찰

백지원*,#

Curing behavior of epoxy encapsulation for multi layer ceramic battery

J. W. Baek*,#

(주)원케미컬

Key Words : MLCB, Epoxy molding, Encapsulation, Curing behavior

1. 서 론

리튬이온이 양극과 음극을 원활하게 이동할 수 있도록 매개체 역할을 하는 전해질을 액상 형태로 사용하는데 온도 변화에 따라 배터리 팽창을 유발하고 외부 충격 때문에 전해질 누액 혹은 증발하여 양극과 음극 사이의 단락으로 폭발하는 사고 우려가 있다. 이러한 현상을 방지하고자 연구하고 있는 전고체 전지는 전해질이 고체로 이루어져 물리적인 충격 및 온도 변화에 따른 누액 위험이 없으므로 안정성을 확보하였으며 안전성 관련 부품을 제거한 만큼 활물질을 적재하여 에너지 밀도도 높다는 장점이 있다.

MLCB의 고내구 패키징 요소기술은 MLCB 기판실장을 위하여

기판실장 공정에 대응 가능하면서 다양한 온/습도 등의 사용 환경에서 성능 및 신뢰성 확보가 가능한 encapsulation 소재 기술, 실장용 외부 전극 형성 기술 등의 패키지 제조 기술과 제조된 MLCB 패키지의 기판실장 공정 기술을 연계하는 기술이다.

2. 전고체 배터리용 에폭시 몰딩소재 개발

다양한 사용환경에서 전고체 배터리를 보호하기 위하여, 고내열성을 갖는 에폭시 수지를 선정하였다. 우수한 열수축 팽창 특성을 위하여 필러를 70% 이상 함유하도록 formulaion 설계하였다.

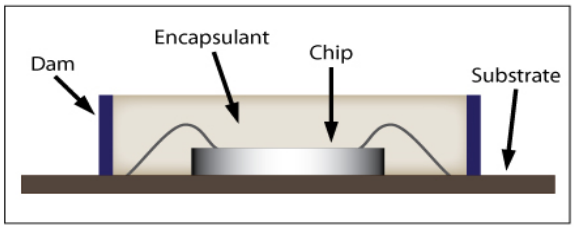


Fig. 1 Epoxy molding using encapsulation

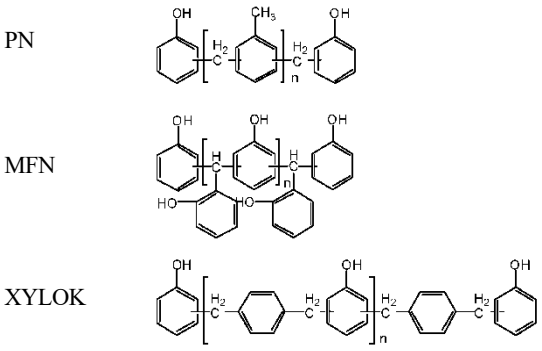


Fig. 2 Novolac resin structure for epoxy encapsulation

3. 실험 결과 및 고찰

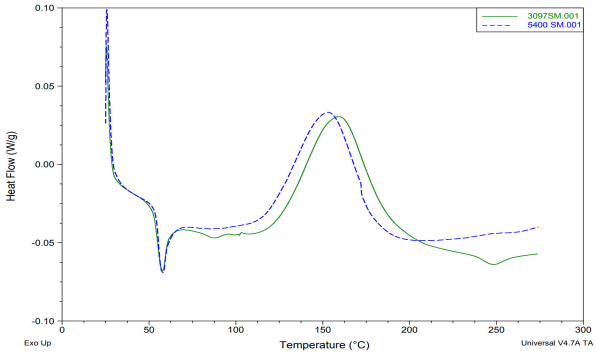


Fig. 3 DSC of high durability epoxy encapsulation

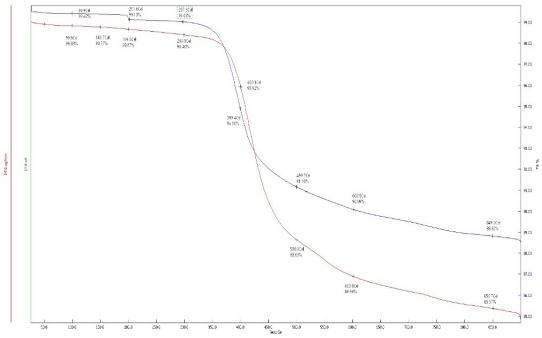


Fig. 4 TGA measurement to observe filler content

MLCB 보호를 위한, 에폭시 몰딩재는 수지, 경화제, 필러 및 첨가제 등의 균일한 혼합을 통해 몰딩후 균열이 발생하지 않는 것이 중요하다. 또한 적층시 기계적 응력과 변형이 최소화되어야 한다. 이를 위해 몰딩 소재의 변화에 따른 열적 경화 특성과 물리적 변화를 관찰하여 이들 간의 상관관계를 규명하였다.

후 기

이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '전고체 전지개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2023-00247320)

참 고 문 헌

(1) Lu D and Wong C P 2017 Materials for Advanced Packaging. Second edition. (Cham: Springer).
(2) Mokhtar U et al 2008 J. Solid State Sci. Technol. 16(2) 189-97
(3) Tsai M-Y, Wang C T and Hsu C H 2006 IEEE Trans. Adv. Packag. 29(3) 625-35.

발표자*, 교신저자#

전장용 고화소 카메라 모듈용 접착소재의 흡습률과 접합성능개선

백지원[1*,#], 고용호[2], 이태익[2], 강동길[3]

Improving the water absorption rate and bonding strength of adhesive materials for automotive high-pixel camera modules

J. W. Baek[1*,#], Y. H. Ko[2], T. I. Lee[2], D. K. Kang[3]

(주)원케미컬[1], 한국생산기술연구원[2], 성균관대학교[3]

Key Words : Dual cure adhesives, Automotive camera module, Water absorption

1. 서 론

전장용 카메라 모듈의 성능이 향상되면서, 더욱 정밀하고 정확한 AA (Active alignment) 공정이 요구되고 있다. 이에 따라 AA 공정 시 사용되는 dual cure접착제 또한 다양하면서도, 높은 특성이 요구되고 있다.

뿐만 아니라 간격이 좁고, 빛이 닿지 않는 부분도 경화가 가능하며 85℃이하의 낮은 온도에서 빠른시간 열 경화가 완료 될 수 있는 접착제 개발이 요구되어진다. 극저온/고온방치 시험과 열충격 시험과 항온항습 시험 전후의 수축률 변화가 필요하며 온도에 민감한 변화를 나타내는 접착제의 구성성분은 접합력이 좋더라도 장기신뢰성에 미칠 영향을 고려하여 구성성분 설계 시 배제하여야 한다.

2. 높은 접착력과 낮은 흡습률을 갖는 접착제 개발

이렇게 개발된 접착제를 카메라 모듈에 적용하여 보았을 때 대표적으로 중요한 특성 2가지는 접착력과 흡습률 변화이다.

85℃/85% 항온항습 환경에서 7일간 방치 후 전후의 접합력과 흡습률 변화관찰을 통해 카메라 모듈 적용 시 영향을 주는 신뢰성 인자를 관찰하였다.

접합력 측정은 ASTM 1002 기준 랩 전단 강도 테스트로 시행하였다. 이는 구조적 접합 조인트가 받는 응력을 가장 정확하게 측정할 수 있다.

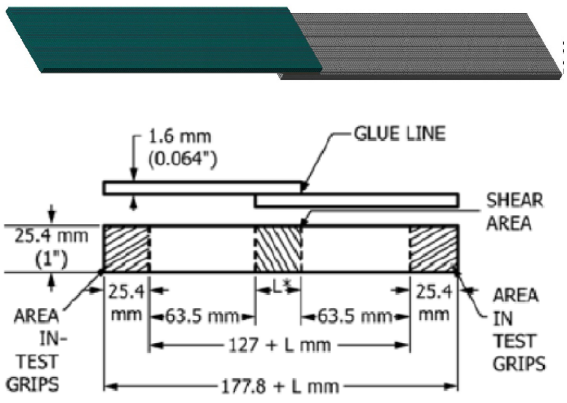


Fig. 1 Bonding strength test according to ASTM D1002

3. 실험 결과 및 고찰

85℃/85%에서 7일 방치 전후 dual cure 접착제의 경화 단계별 수축 팽창 변화를 관찰하였다. 또한 접합력을 높이기 위해 첨가된 필러와 첨가제의 변화에 따른 열적 거동 특성도 관찰하였다.

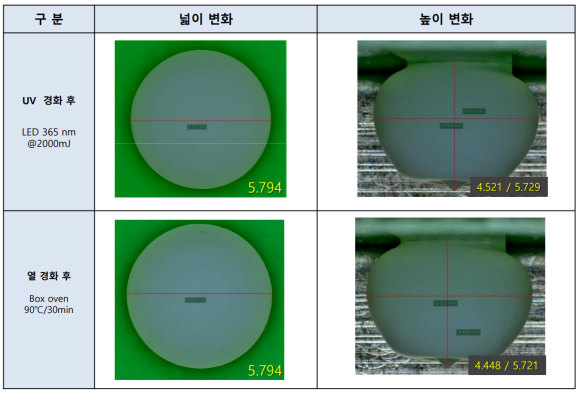


Fig. 2 3D observation of shrinkage/expansion changes by curing stage

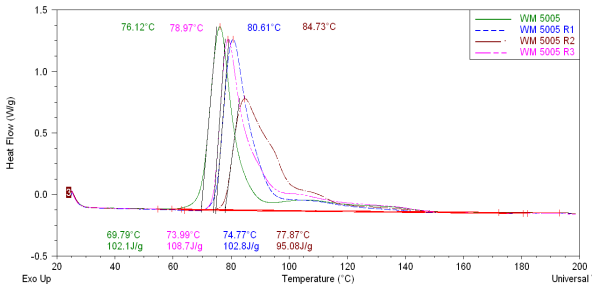


Fig. 3 DSC measurement to dual cure adhesive

경화 단계별 수축 및 팽창 특성은 렌즈의 해상도에 절대적인 영향을 준다. 이를 위해 접착제 구성성분 변화에 따른 수축 팽팡 변화를 3D현미경을 통해 다각도로 관찰하였다.

후 기

이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '글로벌 주력산업 품질대응 뿌리기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20016230)

참 고 문 헌

(1) Reinhard Voelkel, Ralph Zoberbier; "Inside WaferLevel Cameras", Semiconductor International, February 2009, pp. 28-32, 2009.

(2) Niels-Christian Rømer Holme, Palle Geltzer Dinesen, Ziv Attar, Steven D. Oliver, Reinhard Voelkel, "New technologies enable precise and cost effective waferlevel optics", Laser Focus World, January 2009, pp. 87-90, 2009.

(3) Downey, D. F., Ion Implantation Technology, PrenticeHall (New York, 1993), pp. 65-67.

발표자*, 교신저자#

표면 처리된 커피찌꺼기를 이용한 젤라틴 나노 섬유 필터의 특성

양성백[1,*], 이유경[2], 김규리[2], 우민지[2], 조가인[2], 이동현[2], 이용석[2], 권동준[1,2,#]

Characteristics of gelatin nanofiber filter using surface-treated coffee grounds

Seong Baek Yang[1,*], Lee Yu Kyung[2], Gyu Ri Kim[2], Min Ji Woo[2], Ga In Cho[2], Donghyeon Lee[2], Yongseok Lee[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 그린에너지융합연구소[1], 경상국립대학교 나노·신소재공학부[2]

Keywords : Gelatin, Coffee grounds, Surface treatment, Nanofbirous web

As coffee consumption increases around the world, problems are arising due to the emission of (spent coffee grounds (SCG). The disposal of SCG leads to the generation of methane gas, a greenhouse gas approximately 21 times more potent than carbon dioxide, contributing to environmental pollution, including climate change and global warming. To address this challenge, this study explores the recycling of SCG through an innovative approach. Electrocoagulation was employed to effectively remove organic matter from SCG, after which SCG, devoid of organic content, was combined with pig gelatin to produce nanofibers via electrospinning. The resulting nanofibers exhibited varying thicknesses, achieved by adjusting the needle diameter. Each nanofiber was employed as a filter to capture particulate matter, and its filtration efficacy was assessed. These nanofibers stand out for their environmental friendliness, utilizing biodegradable polymers, and hold promise in reducing environmental pollution stemming from SCG emissions. Moreover, they are expected to have a broad application spectrum, facilitating the filtration of a wide range of fine particulate matter.

후기 This research was funded by the 2023 Korea Carbon Industry Promotion Agency's Carbon Convergence Material Parts Demonstration Project (RS-2023-00265630), funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, and the National Research Foundation of Korea's Emerging Research Support Project (RS-2023-00211944613821165300001) funded by the Ministry of Science and ICT. This is the result of research conducted through support from the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea) Small and Medium Business Industry-Academia-Research Cooperation Project (RS-2023-00223433), the basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (RS-2023-00243423). For this, I would like to express my gratitude.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

초음파 커피 찌꺼기를 이용한 바이오 복합재의 제조 및 특성 분석

양성백[2,*], 조가인[1], 김규리[1], 우민지[1], 이유경[1], 이동현[1], 이용석[1], 권동준[1,2,#]

Manufacture and characterization of bio-composites utilizing sonicated coffee grounds

Seong Baek Yang[2,*], Ga In Cho[1], Gyu Ri Kim[1], Min Ji Woo[1], Yu Kyung Lee[1], Donghyeon Lee[1], Yongseok Lee[1], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Sonicated, SCG, Epoxy

The annual discharge of spent coffee grounds (SCG) amounted to 149,038 tons as of 2019, and this trend is consistently on the rise each year. Disposed SCG has been a source of environmental pollution through landfill and incineration processes. Currently, various methods have been emerging to utilize these SCG in eco-friendly ways, including applications such as filters and biofuels. In this study, we focused on the utilization of SCG to develop environmentally friendly composite materials. We achieved the porous structure of SCG through sonicating and utilized it as a filler. We prepared bio-composites by adding sonicated SCG to epoxy and evaluated their tensile properties. By varying the processing time of the sonicator, we categorized the SCG into different size fractions and compared them based on the SCG content in epoxy. Our findings confirmed that smaller SCG particle sizes are associated with increased tensile strength and smoother surfaces. This suggests the potential for SCG to find applications in various green composite fields.

후기 This research was funded by the 2023 Korea Carbon Industry Promotion Agency's Carbon Convergence Material Parts Demonstration Project (RS-2023-00265630), funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, and the National Research Foundation of Korea's Emerging Research Support Project (RS-2023-00211944613821165300001) funded by the Ministry of Science and ICT. This is the result of research conducted through support from the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea) Small and Medium Business Industry-Academia-Research Cooperation Project (RS-2023-00223433), the basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (RS-2023-00243423). For this, I would like to express my gratitude.

발표자[*], 교신저자[#](djkwon@gnu.ac.kr)

이차전지 전극 코팅을 위한 인발 공정 개발

김현중*, 성범규, 윤수현, 김선경#

Development for electrodes coating of secondary battery using drawing process

H. J. Kim*, B. G. Sung, S. H. Yoon, S. K. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학

Key Words : Electrodes coating, Meniscus, Drawing process

이 연구는 이차전지 전극 공정의 단축 및 품질 향상에 목적을 두고 공정 개발이 진행되었다. 현재 주로 사용되는 코팅공정은 슬롯 다이 공정이며 슬롯 다이 공정은 한 면만 코팅할 수 있어 공정길이가 길다는 단점을 가지고 있다. 긴 공정길이는 긴 공정 시간과 환경오염, 에너지 소비 등과 같은 다양한 문제점을 초래한다. 공정 단축을 위해 슬롯 다이 코팅을 이용한 양면 코팅공정이 개발되고는 있지만, 여전히 양산 가능성에서 한계가 존재한다. 또한, 슬롯 다이의 문제점으로 현탁액의 자유표면에 있는 메니스커스를 제어하고 조절하기 어렵다는 점이 있다. 새로운 공정은 메니스커스 제어 조절 문제점을 해결하고 공정 단축을 위한 양면 코팅을 진행하기 위해 모든 표면을 코팅하는 와이어 코팅공정에서 아이디어를 얻어 개발되었다. 동박이 인발되면서 다이 내부 현탁액에 압력구배가 발생하고, 이는 매니스커스의 조절을 용이하게 하여 안정적인 상태를 유지할 수 있다. 공정 개발 순서는 코팅의 사용되는 현탁액 특성 파악, 새로운 공정에서의 코팅 시 현탁액 유동 이론 및 수치적 분석, 공정 제어 요소 설정, 랩 스케일 공정 설비 테스트 순으로 진행되었다.

후기 이 성과는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(NRF-2014R1A2A1A1105445와 NRF-2018R1A5A1024127)

발표자*, 교신저자#

다양한 분산제를 활용한 라텍스 Cyan 잉크제조 및 분산 특성 분석

이현경*, 유의상#

Synthesis of latex Cyan ink using various dispersants and analysis of dispersion characteristics

H. K. Lee*, E. S. Yoo#

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소 소재부품융합연구부문

Key Words : Dispersants, Latex cyan ink

라텍스 잉크는 텍스타일, 포장, 인테리어 장식, 광고 등 다양한 산업 분야에서의 널리 사용되는 중요한 잉크 유형 중 하나로 최근 몇 년간의 연구 동향을 살펴보면, 라텍스 잉크는 그 다양한 응용 분야에서의 성능 향상을 중심으로 한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, 이러한 연구는 잉크의 기능성, 품질, 그리고 지속 가능성에 대한 새로운 방향을 제공하고 있다. 다양한 응용 분야에서의 라텍스 잉크의 사용은 텍스타일 디자인, 제품 포장, 인테리어 장식 및 광고물 제작과 같은 분야에서 다양한 형태로 나타나고 있고, 이에 따라 연구는 라텍스 잉크의 성능을 향상시키고, 새로운 응용 분야를 발견하는 데 중점을 두고 있다. 나노 기술의 도입은 라텍스 잉크의 특성 개선을 위한 또 다른 중요한 측면으로 부각되고 있고, 나노 기술을 활용하여 라텍스 입자의 크기와 분산을 조절함으로써 잉크의 특성이 향상되고, 다양한 응용 분야에서의 성능 향상이 기대된다.

이와 같은 배경 아래, 본 연구에서는 라텍스 잉크의 다양한 응용 분야에서의 성능 향상과 환경 친화성에 대한 최근 연구 동향을 살펴보고, 이에 따라 라텍스 잉크에 적용 가능한 상용 분산제의 종류에 따른 잉크 입자들의 분산 특성을 조사하였다. 연구의 첫 번째 단계로서, 고분자 분산제 5종의 분자량 분포 및 열적 특성을 분석하여 각 분산제의 특성을 확인하였다. 이후, 제조된 Cyan 잉크 밀 베이스에 대해 동적 라이트 스캐터링(DLS) 기법을 활용하여 형성된 라텍스 입자의 크기 및 분포를 정량적으로 측정했고, 이를 통해 분산 상태를 확인하고 잉크의 안정성을 평가하였다. 또한, 분산된 라텍스 잉크 밀 베이스의 점도를 측정하여 잉크의 흐름 특성을 평가하였다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 소재부품기술개발사업 “안료 농도 4% 이상의 건축 재료용 친환경 수분산체 잉크 소재 및 제품화 기술 개발” 과제의 지원으로 수행되었음 (과제번호 2002-1878)

발표자*, 교신저자#(esyoo@kitech.re.kr)

바인더 처리에 따른 CNT Sheet 복합소재의 특성분석

이현경*, 유의상#

Characteristic analysis of CNT sheet composite materials according to binder type

H. K. Lee*, E. S. Yoo#

한국생산기술연구원 융합생산기술연구소 소재부품융합연구부문

Key Words : CNT, Epoxy resin binder, Polyester resin binder, PAN resin binder

최근에는 경량의 복합재료를 개발하기 위한 고성능 신소재에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다. 탄소나노튜브(CNT)는 비중대비 강도가 우수하며 화학적으로 안정하며, 작은 직경과 긴 길이로 큰 형상비(Aspect Ratio)를 가지기 때문에 고분자 나노복합재료의 기계적 강도 특성을 향상시킬 수 있다고 알려져 있다. CNT sheet는 일반적으로 다양한 응용 분야에서 전기적, 기계적, 열적 특성 등의 우수한 특성을 제공하는 고성능 소재로 사용되는데, CNT sheet의 바인더 처리는 이러한 특성을 향상시키거나 원하는 특정 특성을 강화하기 위해 수행되고 있다.

본 연구에서는 CNT sheet의 층간 결합력을 향상시키기 위해 다양한 종류의 바인더를 적용하여 복합소재를 제조하였다. 또한 CNT sheet를 이용하여 경량화 및 충격흡수 성능 향상을 목표로 여러 종류의 바인더를 적용한 복합소재를 개발하였다. 바인더의 특성에 따른 CNT sheet 복합소재의 물성에 대한 영향을 표면 분석, 두께, 무게, 인장 강도, 고속 충격 흡수 성능 평가 등을 통해 분석하였다. 결과적으로 바인더 적용 후 CNT sheet의 층간 결합력 향상으로 인한 인장 강도 증가를 확인할 수 있었으며, 각 바인더의 최적 사용 농도를 확인할 수 있었다.

후기 본 연구는 민군협력진흥원의 민군기술이전사업의 지원으로 수행한 연구입니다.(과제번호: 21-PD-CO-02)

발표자*, 교신저자#(esyoo@kitech.re.kr)

고체 평판 구조의 균일 가열을 위한 강화학습 기반 열제어

이창현*, 전성균, 김선경#

Reinforcement learning-based thermal control for uniform heating of solid-state disk structures

C. H. Lee*, S. G. Chun, S. K. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key Words : Reinforcement learning, Thermal control

In modern industry, achieving uniform heating in solid plate structures is recognized as a crucial challenge for process stability and efficiency. Particularly, in the case of polymers that exhibit sensitivity to temperature changes, controlling heat becomes essential to maintain or adjust desired properties. However, achieving uniform control is challenging due to the nonlinearity of thermal systems caused by heat diffusion, conduction, and radiation.

This study proposes a method for achieving uniform heat control even under these challenging conditions, utilizing reinforcement learning. Through experiments on both single and multiple plate configurations, the research investigates the feasibility of independent control for each plate and overall system control. A reinforcement learning algorithm distinct from conventional PID control systems is introduced for thermal control. The study aims to evaluate the effectiveness of reinforcement learning-based heat control compared to PID control.

This research contributes by presenting the applicability of reinforcement learning-based heat control in single and multiple plate structures, offering a foundation for maintaining or adjusting properties, especially in diverse industrial sectors such as the polymer industry.

후기 이 성과는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.

발표자*, 교신저자#

수지 종류에 따른 섬유와의 계면 특성 평가

이재인[1,*], 이용석[1], 이동현[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Evaluation of interfacial characteristics between fibers and resin types

Jaein Lee[1,*], Yongseok Lee[1], Donghyeon Lee[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Carbon fiber composites, Acoustic emission, Electrical resistance

복합재료를 구성하는 효과에 재료는 기지재료, 강화섬유, 그리고 계면이다. Eilium 수지의 경우 액상 아크릴계 수지로 재활용이 가능한 수지로 알려져 있기에 추후 재활용이 가능한 수준의 복합재료를 제조하는데 많은 이용이 가능할 것으로 판단된다. 이번 연구에서는 복합재료의 기지재료가 복합재료에 미치는 영향을 분석하였다. 기지재료는 일반적으로 에폭시를 가장 많이 사용하지만, 본 연구에서는 Eilum 수지를 이용하여 아크릴계 액상 수지와 에폭시 수지의 차이에 따른 유리섬유, 탄소섬유와의 계면물성 비교, 복합재료 물성 비교를 진행하였다. 복합재료의 계면물성을 평가하기 위해 수지의 기본적인 기계적 물성 평가와 FT-IR, DSC를 이용한 화학적, 열적 분석을 시도하였다. 궁극적으로 계면에서 발생되는 기지재료 차이에 따른 영향을 계면전단강도로 평가할 수 있었다. 기지재료의 차이에 따라 계면에서의 내구성을 검증하기 위한 연구를 진행하여 에폭시 수지와 Eilium 수지간의 계면접착 내구성을 비교할 수 있었다. 궁극적으로 복합재료의 기지재료 차이에 따른 복합재료의 계면물성 변화를 관찰하였다.

후기 본 논문은 산업통산자원부 재원 2023년도 한국탄소산업진흥원의 탄소융복합소재부품 실증사업(RS-2023-00265630), 교육부 재원 중점연구소지원사업 (2020R1A6A03038697)과 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업 LINC 3.0 나노신소재·화학 SICC (202204120001), 마지막으로 중소벤처기업부[중소기업산학연협력사업(RS-2023-00223433), 지역스타기업육성사업(RS-2023-S3362917)] 등을 통해 진행한 연구결과입니다. 이에 감사의 인사를 올립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

탄화 커피박/폴리우레탄 탑코트 표면에너지 및 방빙 특성 평가

우민지[1,*], 이동현[1], 김규리[1], 이유경[1], 조가인[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Evaluation of Anti-icing/De-icing properties of polyurethane topcoats with MWNT addition

Min Ji Woo[1*], Donghyeon Lee[1], Gyu Ri Kim[1], Yu Kyung Lee[1], Ga In Cho[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Polyurethane topcoat, Carbonization, Deicing

Coffee consumption is increasing worldwide, and the amount of spent coffee grounds (SCG), which is the end product of the coffee bean, is also increasing. Landfill and incineration are the main disposal methods for coffee grounds, which causes environmental problems. In order to achieve resource sustainability in a circular economy, research has recently been carried out to reuse SCG and use it as a filler for biocomposites. In this study, SCG were subjected to carbonized to obtain porous structured carbonized-SCG(CSCG). At this time, carbonization temperature under atmospheric conditions were set at 100, 250, and 300° C, and carbonization retention times were set at 60 and 120 minutes. CSCG were then added to polyurethane resin as biobased filler. After that, scanning electron microscopy was used to confirm the particle size and surface structure of CSCG, and Fourier transform infrared spectroscopy was used to analyze the components of CSCG. The static and dynamic contact angles of the polyurethane topcoat with CSCG were measured, and the surface energy was analyzed to confirm that the surface is hydrophobic. A polyurethane topcoat that utilizes CSCG prevents freezing and can be used environmentally friendly for de-icing and anti-icing purposes.

후기 This research is supported by the 2023 Carbon Convergence Material Parts Demonstration Project of the Korea Carbon Industry Promotion Agency (RS-2023-00265630) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, the National Research Foundation of Korea Emerging Research Support Project (RS-2023-00211944613821165300001) funded by the Ministry of Science and ICT, and the government. This is the result of research conducted through Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (2020R1A6A03038697), funded by the Ministry of Trade Industry, and Energy (MOTIE), Korea, the Fostering a global professional pool for E4 advanced materials industries in south-east province (RS-2021-P0017310) funded by the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT), funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, the Technology development program of MSS(S3362917) funded by the ministry of SMEs and Startups(MSS, Korea). For this, I would like to express my gratitude.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

압출튜브 표면 결함 모니터링 시스템 개발

조춘묵[1,*], 서영호[1,2], 김병희[1,2,#]

Development of surface defect monitoring system for extruded tube

C. M. Jo[1,*], Y. H. Seo[1,2], B. H. Kim[1,2,#]

강원대학교 기계융합공학과[1], 강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[2]

Key Words : Smart factory, Monitoring system, Object detection, Defect detection

Monitoring technology using AI is a representative example of a smart factory. AI-based monitoring technology, which combines machine vision and AI, is deployed in industrial fields and is attracting attention in the production and manufacturing fields due to its high accuracy and improved productivity. In this study, we proposed a real-time monitoring system with an object detection algorithm that detects surface defects of Teflon tubes with excellent corrosion resistance, etc. Teflon tubes are produced through an extrusion process. Surface defects such as scratches may occur, deteriorating the quality of the tube. This monitoring system utilizes object detection algorithms and vision devices such as cameras to detect tube surface defects with unique characteristics in real time. The object detection algorithm was learned through supervised learning, and data was augmented through image processing to improve detection performance and prevent errors. In addition, training and verification were repeated by K-fold cross validation, and performance was quantitatively evaluated by mean average precision(mAP). A real-time monitoring system with proven validity is expected to improve corporate quality control and productivity.

후기 This work was supported by the Technology Innovation Program (20012834,Development of CNC control system for smart manufacturing equipments) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

MWCNT를 첨가한 폴리우레탄 탑코트의 방빙/제빙 특성 평가

이동현[1,*], 이용석[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Evaluation of Anti-icing/De-icing properties of polyurethane topcoats with MWCNT addition

Donghyeon Lee[1,*], Yongseok Lee[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Polyurethane topcoat, Anti-icing, De-icing, Surface analysis

결빙은 대기중의 물방울의 온도가 빙점 이하일 대 고체 물체와 접촉하면 얼음으로 변화는 과정을 통하여 발생한다. 항공기 날개 및 기체에 발생되는 결빙은 항공기의 무게를 증가시키고, 공기의 유동 변화를 일으키는 등 항공기 사고의 원인이 되고 있다. 이를 해결하기 위해 다이이싱 용액을 사용하여 결빙을 제거하거나 발열, 진동 등을 통하여 제거하는 방법이 사용되고 있고, 표면 식각을 통하여 소수성 표면을 구현하는 방법이 연구되고 있다. 다이이싱 용액을 사용하거나 발열, 진동 등을 통하여 결빙을 제거하는 방법은 적용할 수 있는 부분에 한계가 있고, 오랜 시간 지속되지 않는 단점이 있다. 표면 식각을 통하여 소수성 표면을 구현하는 방법은 장기적으로 보았을 때 효율이 저하되는 경향이 있다. 이를 해결하기 위해 고분자 코팅에 소수성 나노 입자를 첨가하는 방법이 연구되고 있다. 본 연구에서는 폴리우레탄 탑코트에 탄소나노튜브(MWCNT)를 첨가하여 소수성 표면을 구현하였다. 전도성 나노 입자인 MWCNT를 통하여 전류를 흘려주었을 때 생기는 발열을 통하여 결빙을 제거하였다. MWCNT를 첨가할수록 표면 조도 및 표면에 드러나 있는 MWCNT의 양이 많아졌다. 이에 따라 소수성 특성이 향상되었으며, 표면에너지가 하락하였다. MWCNT의 양이 많아질수록 표면 전기 전도도가 높아지고, 발열특성이 높아져 결빙 제거 효율성이 향상되었다.

후기 이 논문은 산업통상자원부 재원 2023년도 한국탄소산업진흥원의 탄소융복합소재부품 실증사업(RS-2023-00265630), 산업부의 재원 세라믹기술원(KPP23006-0-01), 중소벤처기업부 중소기업산학연협력사업(RS-2023-00223433) 및 과학기술정보통신부 재원 한국연구재단 지원 신진연구지원사업(RS-2023-00211944613821165300001)의 지원을 받아 수행됨. 이에 감사의 인사를 올립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

비트리머 에폭시와 유리섬유와의 계면 특성 평가

이동현[1,*], 이용석[1], 양성백[2], 권동준[1,2,#]

Interface characterization of vitrimer-epoxy with glass fiber

Donghyeon Lee[1,*], Yongseok Lee[1], Seong Baek Yang[2], Dong-Jun Kwon[1,2,#]

경상국립대학교 나노·신소재공학부[1], 경상국립대학교 그린에너지융합연구소[2]

Key Words : Vitrimer, Epoxy composite, Interfacial strength

최근 탄소 중립에 의하여 화석연료 사용량이 감소하고, 신재생에너지를 사용하고 있다. 신재생에너지 중 80%는 풍력 발전으로 가장 많은 양을 차지하고 있다. 풍력발전에 사용되는 풍력 블레이드는 우수한 기계적 강도와 햇빛이나 날씨의 영향을 견딜 수 있는 내구도를 가지고 있어야 한다. 이를 충족하는 재료로서 에폭시가 사용되고 있고, 주로 유리섬유와 함께 복합재료로 사용되고 있다. 그러나 에폭시는 열경화성 재료로 경화 후 가공이나 재활용이 어려워 에폭시 복합재료가 적용되는 풍력 블레이드는 사용 후 매립이나 소각 등의 방법을 폐기되어 환경오염을 일으키게 된다. 본 연구에서는 비트리머 에폭시를 도입하였고, 복합재료 제조 시 중요한 에폭시와 섬유와의 계면 특성을 평가하였다. Microdroplet pull out test를 통하여 유리섬유와 비트리머 에폭시의 interfacial shear strength(IFSS)를 측정하였고, 비트리머 에폭시가 첨가되어도 기존의 에폭시의 IFSS를 유지하는 것을 확인하였다. 복합재료 제조 후 재활용이 가능한지 평가하기 위해 섬유 다발과 에폭시가 티올 용매에서 분리가 되는지 확인하였다. 비트리머 에폭시가 첨가될수록 섬유다발과 에폭시가 원활하게 분리되는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통하여 에폭시 복합재료에서의 섬유와 비트리머 에폭시의 계면 특성을 알 수 있고, 추후 복합재료의 적용에 대한 연구가 필요하다.

후기 이 논문은 산업통상자원부 재원 한국탄소산업진흥원의 탄소융복합소재부품 실증사업(RS-2023-00265630), 과학기술정보통신부 재원 경남진주강소특구지원센터 지원(2023-IT-RD-0037), 산업통상자원부 재원 세라믹기술원(KPP23006-0-01), 중소벤처기업부 중소기업산학연협력사업 (RS-2023-00223433)의 지원을 받아 수행됨. 이에 감사의 인사를 올립니다.

발표자*, 교신저자#(djkwon@gnu.ac.kr)

LNG선 화물창용 경질폴리우레탄폼의 극저온 환경에서 열팽창계수 측정법 개발

이현재*, 류성호, 이강영, 박동협#

Measurement of the coefficient of thermal expansion in cryogenic environment for of reinforced polyurethane foams in LNG cargo insulation system

H. Lee*, S. H. Ryu, G. -Y. Lee, D. H. Park#

한국건설생활환경시험연구원 고분자소재센터

Key Words : LNG, Insulation, Cryogenic, Polyurethane foam, Coefficient of thernal expansion

여기에 온실가스 저감 및 에너지 안보 등에 의해 지속적인 수요 증가를 보이는 액화천연가스(LNG, Liquified natural gas)는 기체상태로 대량 저장 및 수송이 어려운 관계로 −163℃ 극저온 상태로 선박을 통해 운반된다. 운반 과정 중 LNG 손실을 최소화하기 위해 고성능 단열재를 사용하여 운반선 내부 단열 시스템을 구축하는 것이 필수적이고 이의 성능을 증가시키기 위한 다양한 소재 적용 연구가 활발히 진행되고 있다.

LNG 운반선 단열시스템의 핵심 소재인 유리섬유 함침 경질폴리우레탄 폼은 개발 과정에서 이의 사용조건인 극저온 환경하에 기계적 강도, 열전도도, 열팽창계수 등 다양한 물성/특성 시험을 통해 성능을 검증하고 있다. 그 중 열팽창계수는 현재 diatometer와 thermal mechanical analyzer(TMA) 등 상용화된 기성 장비를 통해 다양한 온도 범위 영역에서 측정이 가능하나, 양산 제조된 대형 크기의 폴리우레탄 폼에서 수 cm의 크기로 샘플링한 시편을 이용하여 열팽창계수를 측정할 때 위치별 측정 결과 편차가 커 결과의 신뢰성이 저하되는 문제점이 있다.

본 연구에서는 폴리우레탄폼 대형 시편의 열팽창계수를 측정할 수 있는 장비를 설계 및 제작하였으며, 양산 제조된 폴리우레탄 폼의 축 및 위치별로 샘플링한 대형 시편을 각각 측정하여 극저온 온도에서의 열팽창계수를 계산하였으며, 결과 값 비교를 통해 유효성에 대해 검증하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '소재부품기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 1415185204)

발표자*, 교신저자#(kicm8805@kcl.re.kr)

스마트쉽 적용을 위한 IP기반 통합 확장형 항해통신 데이터 디지털 관리 시스템 연구

김지선[1,*], 조재상[1,#], 홍상의[2]

The study of IP base extended navigation and communication digital data integration and management system for smart ship application

J. S. Kim[1,*], J. S. Jo[1,#], S. E. Hong[2]
(재)한국조선해양기자재연구원[1], (주)일진앤드[2]

Key Words : NMEA, Remote maintenance, Smart ship, Daisy chain

1. 서 론

최근 스마트 선박 등 선박의 상태를 모니터링하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, IP기반 통합 확장형 항해통신(NMEA) 데이터 디지털 관리 시스템은 선박 항해통신 데이터인 NMEA(National Marine Electric Association) 정보를 아날로그에서 디지털로 변환하여 육상 시뮬레이터로 송신하고 선박에 사고 발생 시 선박-육상 간 원격 유지보수 시스템 적용, 화재(불꽃 & 연기), 엔진 오일미스트, 선원 이상 감지 등을 통한 사고 대응 등 선박 안전 관리를 위한 통합관리 시스템에 대한 연구를 진행하고자 한다.

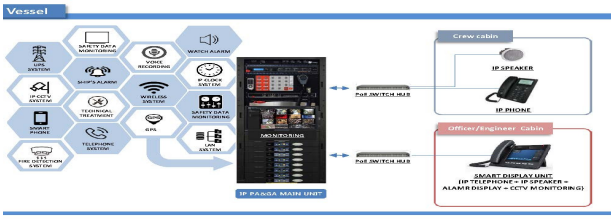
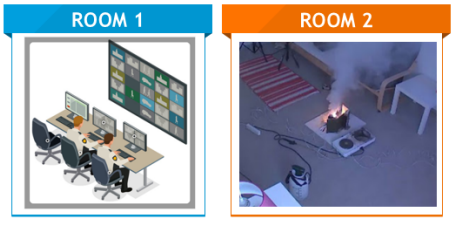


Fig. 1 Data digital management system description

2. 실험 모델

기존 선박의 항해 데이터는 모두 아날로그 신호로 이루어져 디지털 트윈 적용을 위하여 별도의 출력 신호의 변환 또는 센싱 장비를 설치하여야 하며 디지털화를 위하여 기존 장비의 교체가 이루어져야 하지만 본 연구 결과물의 경우 설치 시 선박 내 통신 시스템의 디지털화와 동시에 모든 장비를 IP 기반으로 통합하여 선박 기자재의 “One Unit” 화가 가능하다. 기존 선박의 스마트 시스템 구성 및 선박 항해통신 정보의 육상 송신을 위하여 본 장치의 적용이 필수적이며, 기존 선박 내에 시스템 전체를 교체하지 않아도 일부 스피커 및 알람 시스템만 교체하여도 선박 내 모든 통신 시스템을 IP로 변환하여 데이터를 디지털 관리할 수 있는 장점이 있다.



1. ROOM1에서 ROOM2의 영상 확인
2. ROOM2에서 오일미스트, 화재, 사람이상행동 인식 행동 구현
3. 영상인식 성능 검토 및 최적화

Fig. 2 Overview of the remote monitoring system

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구 결과를 통하여 1) 선박 NMEA 데이터 모니터링 및 수집, 육상 송신 앱 개발, 2) 선내 방송 및 경보 장치 시스템 통합, 3) 통합 IP PAGA 시스템, 4) OFDM 방식의 고속 전력선 기반 데이지 체인 IP SPEAKER, 5) 원격 유지보수 시스템의 관리가 가능하다. 본 연구에서는 선박 내에서 발생하는 사고에 대한 모의실험을 진행하고 육상과 통신 및 선내 실시간 모니터링을 통한 화재, 선원 신변 문제 등에 대한 빠른 사고 감지 성능에 대한 검토를 진행하였으며, 선박에서 송출되는 영상을 육상에서 영상 인식으로 감지하고 사고에 대한 알람을 울리는 사고 감지가 모두 올바르게 작동하는 것을 확인하였다.

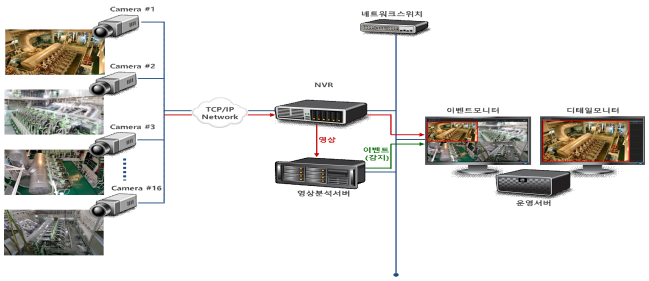


Fig. 3 Configuration of the accident detection system

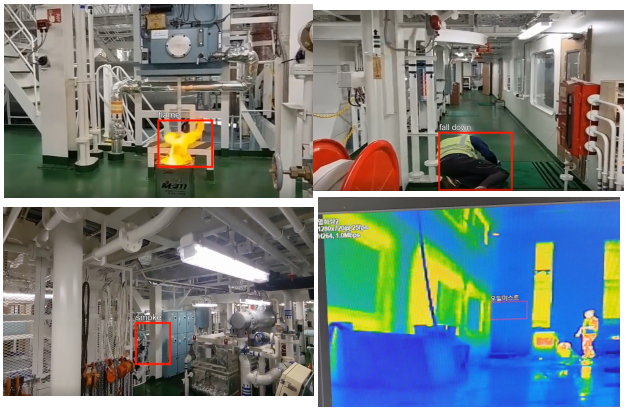


Fig. 4 Automatic accident detection system teset

후 기

본 연구는 해양수산부 해양수산산업 핵심 기자재 국산화 및 표준화 기술개발사업 (No. PJT201388)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

발표자*, 교신저자#

스크린 프린팅 기법을 이용한 수소 가스 센서 개발

김관우*, 김상훈, 양이준, 황주영, 박혜리, 정동건, 정대웅#

Screen printing-based hydrogen gas sensor development

K. W. Kim*, S. H. Kim, Y. J. Yang, J. Y. Hwang, H. L. Park, D. G. Jung, D. W. Jung#

한국생산기술연구원 첨단메카트로닉스연구그룹

Key Words : Screen printing, Gas sensor, Hydrogen sensor

수소(H_2)는 환경 친화적이며 높은 에너지 밀도 특성을 지녀 신재생 에너지원으로 사용되는 등 산업분야를 비롯하여 여러 분야에 거쳐 수요가 지속적인 가스이다 [1]. 그러나 수소 가스는 경미한 외부 충격에 의해 쉽게 역화되거나 폭발할 수 있는 잠재적인 위험성을 가지고 있다 [2]. 그러므로 폭발 하한 부근의 수소 가스에 대해 높은 감지도와 빠른 응답속도를 지닌 우수한 센서의 기술 개발이 요구된다. 고성능의 미세한 센서 제작을 목표로 할때 MEMS 반도체 공정을 통한 센서 제작이 주로 시행된다. 본 연구에서는 금속산화물 산화주석(SnO_2)을 페이스트 형태로 제작하여 스크린 프린팅 기법을 이용하여 수소 가스 센서를 제작 및 성능 평가를 실시하였다. 가스 감지에 있어 일정 온도를 요구하는 금속산화물의 특성상 센서의 상하부에 각각 전극과 히터를 스크린 프린팅 기법을 통해 증착하였다. 전극은 은 페이스트를 사용하여 IDE(Interdigitated Electrode) 형태로 증착하였으며, 히터는 CNT 페이스트를 사용하여 증착하였다. 스크린 프린팅 증착 조건 및 가스 센서 작동 온도 조건을 파악하여 성능 향상을 위한 제작된 센서의 성능을 연구하였다. 실험 결과를 토대로 SnO_2를 2회 증착시킨 가스 센서가 300 ℃ 동작 조건에서 1% 농도의 수소 가스에 대해 각각 190%의 높은 반응성과 3s의 빠른 응답속도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 기존의 가스센서를 제작하기 위한 반도체 공정 및 MEMS 기반의 미세공정 기술에서의 까다로운 공정조건과 소요 비용을 낮춰줄 수 있는, 스크린 프린팅 공법으로 저전력 구동이 가능한 고민감도를 갖는 센서 제작에 대한 높은 생산성을 확보하였다.

후기 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-DD-UP-0348). 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "파트너 기업 지원을 통한 친환경 모빌리티 핵심 부품 개선 연구 및 제조기술 개발 (Kitech JF-23-0007)" 지원으로 수행한 연구입니다. 이 논문은 '2023년도 지역 정부출연연구기관 협력 융복합 R&D 지원사업' 지원으로 수행한 연구입니다.-9525)

참고문헌

[1] V. Sebestyén, "Renewable and Sustainable Energy Reviews: Environmental impact networks of renewable energy power plants", *Renew. Sust. Energ. Rev.*, Vol. 151, pp111626, 2021.

[2] S.D. Han, "Review and new trends of hydrogen gas sensor technologies", *J. of the Korean Sensors Society*, Vol. 19, pp. 67-86, 2010.

발표자* (les6085@kitech.re.kr), 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

롤투롤 증착시스템 기반 다양한 Free-form OLED 생산 기술 개발

김현태[1,*], 우규희[1], 석재영[2], 조정대[1], 권신[1,#]

Development of various Free-form OLED production technologies based on roll-to-roll deposition systems

H. T. Kim[1,*], K. H. Woo[1], J. Y. Seok[2], J. D. Jo[1], S. Kwon[1,#]

한국기계연구원 유연전자R2R장비연구실[1], 서울과학기술대학교[2]

Key Words : Roll-to-roll, Free-form OLED, Deposition

다양한 Free-form OLED를 연속으로 생산하기 위해 롤투롤 시스템 기반 유/무기 재료를 직접 증착할 수 있는 생산 기술을 개발했다. 개발한 생산 기술 시스템은 크게 세 가지로 구분할 수 있는데, 첫 번째 롤투롤 시스템은 진공 챔버 내 고진공 환경에서 유연기판의 정밀한 속도 제어, 장력 제어가 가능하며, 챔버 외부에서 뷰포트를 통해 유연기판의 위치 데이터 기반 사행 제어가 가능하도록 구성했다. 두 번째 FMM(Fine Metal Mask)을 이용한 정밀 얼라인 시스템으로 개발한 6축 정밀 얼라인 스테이지와 얼라인 카메라, gap 센서 등의 데이터를 기반으로 미세 화소를 구현 할 수 있도록 구성했으며, 세 번째 박막 증착시스템은 유기(4-layer)/무기(2-layer)를 각각 정밀 두께 제어가 가능하도록 구성하고 제작했다. 본 생산 기술 개발에서는 롤투롤 박막 증착 시스템을 제작하여 검증했다. OLED를 제작하기 위해 시스템 별 공정 최적화를 진행하였으며, 다층구조/다양한 Free-form OLED 샘플 소자 구동 중 반복적 굽힘 및 변형에도 발광 특성을 유지하는 것을 확인했다.

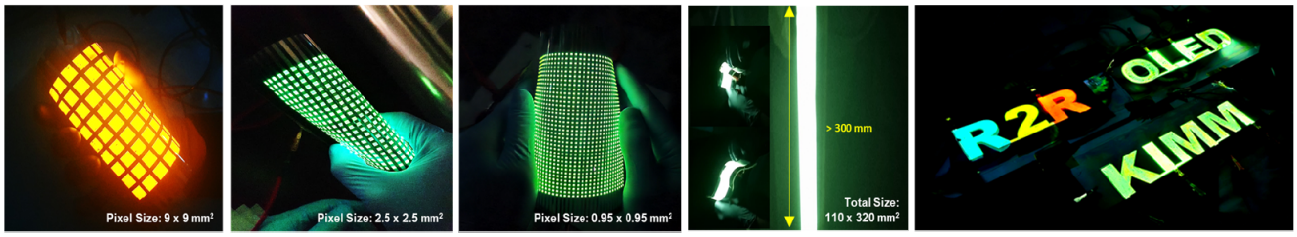


Fig. 1 Free-form OLED device samples

후기 본 연구는 한국기계연구원 기본사업(NK242B)의 지원을 받아 연구되었음

발표자*, 교신저자#(skwon@kimm.re.kr)

수소 가스 감지를 위한 Graphene 제조 및 센서 개발

정동혁[1,2,*], 정동건[1], 하윤태[1,2], 장소정[1], 박혜리[1], 정대웅[1,#]

Graphene manufacturing and sensor development for hydrogen gas detection process

D. H. Jeong[1,2,*], D. G. Jung[1], Y. T. Ha[1,2], S. J. Jang[1], H. R. Park[1], D. Jung[1,#]

한국생산기술연구원 대경본부 첨단메카트로닉스연구그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : Graphene synthesis, LPCVD, Pt deposition, H_2 sensor

수소 가스는 반도체 제조, 광섬유, 태양열 발전 및 근래에는 수소 가스를 이용해 연료를 충전하는 자동차 업계에서도 많이 사용되고 있는 중요한 소재이다. 하지만 고농도의 수소가 공기 중 산소와 반응하게 되면 폭발의 위험성을 가지고 있어 사용에 주의를 기울여야 하며, 노출에 있어서 민감하다는 의견이 분분하다. 본 연구에서는 그래핀을 제조, 반응 소재로 사용하여 수소 가스를 감지하였다. Graphene은 우수한 전도성, 넓은 표면적, 화학적 안정성, 대량 생산이 용이하다는 장점이 있어 또한 많은 분야에서 각광받고 있는 소재이다. 또한 촉매재로 백금(Pt)를 사용하여 수소 가스에 대한 반응성 및 반응시간, 회복시간을 개선하였다.

LPCVD와 고농도 CH_4, H_2, Ar을 사용하여 Alfa aesar사의 Cu foil에 graphene을 제조, wet transfer하여 기판에 전사한 뒤 Sputter를 통해 전극을 증착하였다. 제조된 센서는 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope), Raman spectroscopy를 통해 layer 수 및 미세구조를 확인하였으며, 1000 ppm 농도의 수소 가스 및 세라믹 히터를 이용한 온도변화를 통해서 반응성을 측정하였다. Multi-layer의 graphene을 제조하였으며, Figure 1을 통해 상업용 Graphene에 비해 $I_{2D/G}$는 감소하였지만 $I_{D/G}$ 또한 감소하여 비교적 defeat의 생성이 억제되었다는 것을 알 수 있다. Figure 2를 통해 촉매가 증착 된 센서가 그러지 않은 센서에 비해서 특정온도에서 반응성이 약 1.5 배 상승하였으며, 이러한 결과는 안전한 수소 기술 발전에 기여할 것이라고 기대된다.

Fig. 1 상업용 및 제조한 Graphene의 Raman shift

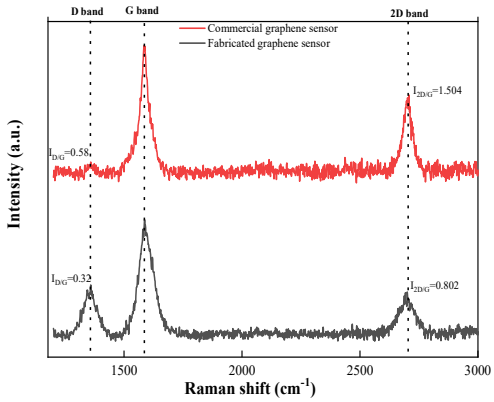
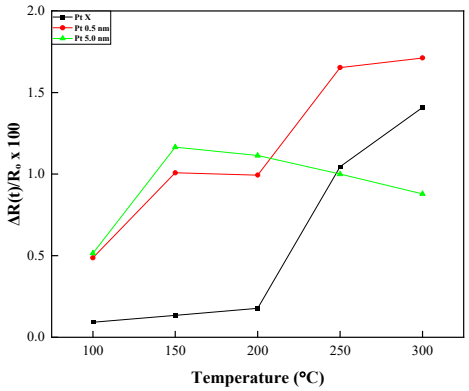


Fig. 2 Pt 증착에 따른 반응성 개선



후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "차세대 에너지원 수소(H2), 암모니아(NH3)의 누출 감지 변색성 소재 및 센서 개발 (Kitech UI-23-0004)" 지원으로 수행한 연구입니다. 본 논문은 "2023년 지역정부출연연 협력융복합사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

발표자*, 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

고효율 대면적 유기태양전지 모듈 개발: 비풀러렌 수용체의 효과

박성민[1,*,#], 박소현[2], 안명찬[1], 김재윤[1], 윤태현[1], 손해정[2,#]

Developement of highly efficient large area organic photovoltaic module : effects of nonfullerene acceptor

S. Park[1,*,#], S. H. Park[2], M. An[1], J. Kim[1], T. Yun[1], H. J. Son[2,#]

Photonics Convergence Display Research Center, Gumi Electronics and Information Technology Research Institute (GERI)[1],
Advanced Photovoltaics Research Center, Korea Institute of Science and Technology (KIST)[2]

Key Words : Polymer solar cells, Nonfullerene acceptor, Blade coating, Processing temperature, Large area module

To transfer spin-coating based high performance organic photovoltaics (OPVs) to large area using roll-to-roll compatible solution process, it is important to understand effect of the processing method and materials on morphology of bulk-heterojunction (BHJ) films. We developed PBDB-T based PSCs modules using $PC_{71}BM$ or nonfullerene acceptor ITIC with blade coating. It is found that crystallization of ITIC and its following aggregation are significantly affected by solvent drying dynamics which is induced by thermal heating whereas $PC_{71}BM$ shows similar BHJ morphology regardless heating temperature. We studied mechanism and effects of acceptors on BHJ film forming during the coating. ITIC-solvent interaction makes ITIC to form high crystalline structures and but, large aggregated domains during slow solvent evaporation at room temperature. Such aggregated morphology of PBDB-T:ITIC is much improved to optimal morphology for effective charge generation and transporting with a 50 ℃ heating process. As a result, PBDB-T:ITIC photovoltaic module (active area 58.5 cm^2) prepared at 50 ℃ showed much enhanced efficiency of 9.03% than 5.0% of room temperature processed one. This result is among the highest performance of large active-area OPV modules and provides research guidelines for efficient transfer of spin-coating based small cell technology to roll-to-roll based large-area OPV modules.

후기 This presentation was partly supported by Technology development Program of MSS (S3290810, Development of High-Color Reproduction Materials and Process Technology for Digital Signage and Large-Scale Display of 8K-Grade Light-Emitting Display) and Industry-Academia-Research collaboration Program of MSS (S3302691, Development of ceramic ESC (electrostatic chuck) process technology through development of high heat-resistant, high-density, high-temperature sealing material for large-area (6G Half) OLED process)

발표자*, 교신저자#(smpark@geri.re.kr)

12월 15일 [금]

포스터 Ⅳ 발표 논문

나비 날개 비늘 나노구조의 생체 모방적 재구성

김동현[1,*], 파룩칸[1], 이진우[1,#], 고승환[2,#]

Imitating butterfly wing scale nanostructures for radiative cooling and vibrant structural colors

D. H. Kim[1,*], F. Khan[1], J. W. Lee[1,#], S. H. Ko[2,#]

동국대학교 기계공학과[1], 서울대학교 기계공학부[2]

Key Words : Radiative cooling, TEGs, Solar Heating

따뜻한 기후에서는 다양한 나비 종들이 생존 기회를 높이기 위해 날개 비늘에 광학적, 매력적 특성을 진화시켰다. 이러한 특성은 날개 온도를 조절하고 생물학적 구조적 색상을 나타내어 생존 기회를 증가시킨다. 특히, 'Archaeoprepona Demophon'의 등 날개는 날개 비늘의 나노 구조를 기반으로 한 주기적 나노 그레이팅 구조가 있는 나노 다공성 매트릭스로 특징지을 수 있으며, 뚜렷한 방사성 냉각 성능과 빛나는 색상을 제시한다. 자연의 이러한 종들에서 영감을 받아, 본 연구에서는 'Archaeoprepona Demophon' 날개 비늘의 나노 구조를 재현하여 방사성 냉각과 구조적 색상 기능을 복제하는 다기능 생체 모방 필름을 시연했다. 본 연구에서는 난수 다공성 구조를 모방하기 위해 'SiO2 희생 템플릿' 기반의 용액 공정을 활용하고, 나비 날개 비늘의 나노 그레이팅 아키텍처를 재생산하기 위해 레이저 간섭 리소그래피를 사용했다. 결과적으로 다공성 필름 상단에 위치한 나노 그레이트 된 표면의 생체 모방 구조는 우수한 방열 성능과 빛나는 구조적 색상을 위한 열전달 및 광학적 특성을 제시한다. 이 필름은 최대 8.45° C의 감온 효과를 유발할 수 있으며, 생체 모방 필름의 색상 범위는 표준화된 색상 프로파일(sRGB)의 91.8%를 커버할 수 있다.

발표자*, 교신저자#(이진우 : jlee484@dgu.ac.kr, 고승환 : maxko@snu.ac.kr)

유기 열전소자와 양자점 발광 다이오드를 결합한 온도 센서 제조방법

김재윤*,#, 박성민, 윤태현, 안명찬

Temperature sensor manufacturing method using organic thermoelectric and quantum dot light emitting diode

Jaeyun Kim*,#, Sungmin. Park, Taehyeon. Yun, Myungchan. An
구미전자정보기술원 광융합디스플레이연구센터

Key Words : Organic thermoelectric, QLED, Temperature sensor

We developed a temperature sensor as a hybrid device that utilizes organic thermoelectric components for temperature sensing and simultaneously driving Quantum Dot Light Emitting Diodes (QLEDs) to provide visual notifications. By controlling the thickness of conductive polymer-based thermoelectric components and adjusting the ratio of each pixel, we reduced the resistance of the thermoelectric module, resulting in an improvement in current up to the mA level. For the visual representation of the temperature sensor, we adopted lightweight and flexible QLEDs. To improve electron injection from the electrode layer to the emitting layer, We employed a double-layer structure with magnesium-doped ZnO nanoparticles forming a thin film of 15 nm on top of ZnO NPs in QLEDs. As a result, we developed InP-based QLEDs with significantly improved maximum current efficiency and power efficiency achieving 11.1 cd/A and 11.6 lm/W, respectively. This represents an improvement of more than 15 times compared to devices that use only ZnO NPs as the electron transport layer. As a result, it demonstrates the high luminance of QLEDs with the low power consumption of the thermoelectric module. we successfully implemented a temperature sensor device capable of real-time detection by operating the QLEDs at a specific temperature.

후기 This work was partly supported by Technology development Program of MSS (S3290810, Development of High-Color Reproduction Materials and Process Technology for Digital Signage and Large-Scale Display of 8K-Grade Light-Emitting Display) and Industry-Academia-Research collaboration Program of MSS (S3302691, Development of ceramic ESC (electrostatic chuck) process technology through development of high heat-resistant, high-density, high-temperature sealing material for large-area (6G Half) OLED process)

발표자*, 교신저자#(kimjaeyun24@geri.re.kr)

8인치 Si wafer 기반 OLED 마이크로디스플레이 패널 제조 공정 기술

안명찬*,#, 박성민, 김재윤, 윤태현

8inch si-wafer-based OLED microdisplay panel manufacturing process technology

Myungchan An*,#, Sungmin Park, JaeyunKim, TaehyeonYun

구미전자정보기술원 광융합디스플레이 연구센터

Key Words : Micro-display, Organic light-emitting diode(OLED), VR·AR

Micro-display is a key technology for implementing augmented reality (AR) and mixed reality (MR) devices and is the most notable device in various industrial field. In particular, micro-display manufactured by OLED (Organic Light Emoting Diode) has the advantage of being smaller and lighter than micro-display manufactured by LCD (Liquid Crystal Display). However, because typical these OLEDs (Organic Light Emoting Diodes) materials are vulnerable to moisture and oxygen, they form an encapsulation layer with a thick glass encapsulation process.

In this study, the structure of White OLED device with a two-tandem structure made of blue and yellow green materials was optimized based on optical simulation and In particular, a low-voltage OLED device was secured by applying a thin film Charge Generation Unit of 1st order micro-cavity optical conditions. Micro-display panel process was manufactured in an 8-inch wafer state to apply mass productivity, and the encapsulation process was performed using UTG (Ultra-Thin Film) to reduce light scattering and optical loss with moisture permeability characteristics. Finally, we produced the 0.7-inch size monochrome white OLED micro-display panels with 3,000ppi Full high definition (FHD, 1920 × 1080) resolution for VR and AR devices

후기 This work was partly supported by Technology development Program of MSS (S3290810, Development of High-Color Reproduction Materials and Process Technology for Digital Signage and Large-Scale Display of 8K-Grade Light-Emitting Display) and Industry-Academia-Research collaboration Program of MSS (S3302691, Development of ceramic ESC (electrostatic chuck) process technology through development of high heat-resistant, high-density, high-temperature sealing material for large-area (6G Half) OLED process

발표자*, 교신저자#(amc@geri.re.kr)

리간드-금속 전하이동을 통한 다중파장 감응형 그래핀 양자점-이산화티타늄 광촉매 개발

김희창*, 신권우, 박윤상#

Development of a panchromatic graphene quantum dot-TiO_2 photocatalyst via ligand-to-metal charge transfer

H. C. Kim*, K. W. Shin, Y. Park#

한국전자기술연구원 나노융합연구센터

Key Words : Graphene quantum dot, Photocatalyst, Panchromatic absorption

Photocatalysts designed for solar-to-chemical conversion in the context of energy and environmental applications have garnered considerable interest. Utilizing nanoscale TiO_2 combined with various dye-based photosensitizers has demonstrated efficient solar light absorption, yielding promising photocatalytic results. However, these systems are confined to a limited photoabsorption range due to large bandgap of TiO_2. Here, we present evidence that nanocomposites composed of graphene quantum dots derived from graphite (GQDs) and TiO_2 are capable of ligand-to-metal charge transfer (LMCT), which was active across the entire visible-light spectrum. We assessed the impact of GQDs on the photocatalytic performance of TiO_2 by examining the generation of hydrogen peroxide and the degradation of pollutants. Through chemical and optical analyses, we confirm the formation of an LMCT band in the TiO2/GQD nanocomposites, which is responsible for photoactivation even below the bandgap of each individual component. Our research not only establishes the existence of the LMCT band in TiO2/GCD but also unveils an innovative approach to broaden the light-absorption spectrum of the photocatalyst.

발표자*, 교신저자#(ypark@keti.re.kr)

바이오이미징 및 광음향 치료를 위한 탄소 나노입자 발광 에너지 준위 조절 연구

김희창*, 신권우, 박윤상#

Controlling emission states in carbon nanodots for bioimaging and photodynamic therapy

H. C. Kim*, K. W. Shin, Y. Park#

한국전자기술연구원 나노융합연구센터

Key Words : Carbon nanodot, Photoluminescence, Transient spectroscopy, Photodynamic therapy

Carbon dots (CNDs) have garnered significant attention as a fluorescent material due to their excellent photostability, biocompatibility, and low toxicity. CNDs exhibit remarkable potential in a wide array of applications, showcasing distinctive optical properties that depend on various precursors and preparation methods. Nevertheless, there remains a gap in our understanding of how experimental variables impact the optical characteristics of CNDs comprehensively. In our study, we delved into the manipulation of emission states by adjusting the molar ratio of two distinct carbon sources: citric acid and ethanolamine. This approach enabled the creation of highly crystalline structures at moderate temperatures, shedding light on the influence of surface states on the fluorescence mechanism of CNDs. Our CNDs exhibited robust photoluminescence within the visible spectrum (420−500 nm) and proved to be effective contrast agents in fluorescence cell imaging and photodynamic therapy. The versatility and potential of these CNDs make them a promising candidate for a wide range of applications in fields such as bioimaging, sensors, and optoelectronics.

발표자*, 교신저자#(ypark@keti.re.kr)

캐비티 제어를 이용한 색변환 유기 발광 다이오드 제조 및 연구

윤태현*, 박성민, 안명찬, 김재윤#

Manufacturing and research of color conversion organic light emitting diode using cavity control

Taehyeon. Yun*, Sungmin. Park, Myungchan. An, Jaeyun. Kim#

구미전자정보기술원 광융합디스플레이연구센터

Key Words : Organic light-emitting diodes, Micro-cavity, Color conversion

증강현실 (AR)·가상현실 (VR)산업이 빠르게 성장하고 관련 디바이스 시장 규모가 커지면서 적합한 디스플레이 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 실리콘 유기 발광 다이오드(OLEDoS)는 동일 면적 초고해상도를 구현할 수 있어 작은 부피와 낮은 무게가 요구되는 AR·VR기기 디스플레이로 적합하다. 마이크로 디스플레이는 약 3,000~4,000ppi(인치당 픽셀 수)의 해상도와 10 μm 미만의 픽셀 피치가 요구되는 특성상 일반적인 OLED 구조 또는 제조 공정을 적용하는데 제한이 있다. FMM (Fine Metal Mask) 공정의 경우 마스크 개방 공간 및 두께와 같은 물리적 제한으로 인해 적용이 어렵다. FMM 공정없이 컬러필터를 통해 풀 (full) 컬러를 구현하는 White OLED의 경우 2개 이상의 발광유닛 (EL Unit)을 활용하는 Tandem 구조가 적용되어 구동전압이 높고, 컬러필터 영향으로 발광효율이 낮은 단점이 있다.

본 연구에서는 캐비티 제어 층(Cavity control layer)을 활용한 색변환 OLED 소자 구조를 제안한다. 실리콘 기판 위에 용액 공정 기반 투명전극인 Indium Zinc Oxied (IZO) 박막을 캐비티 제어 층으로 활용하여 최종적으로, 기존 FMM 공정의 한계를 극복할 수 있는 전면발광형 색변환 OLED를 제작. 별도의 컬러필터 없이 IZO 박막의 두께에 따라 변동되는 마이크로 캐비티 효과를 조절해 단일 Yellow 발광물질층(EML)으로부터 Red 또는 Green 색상을 추출하는 OLED 소자를 구현한다. 우리는 Fabry-Perot(FP) cavities simulation 검증을 통해 이 소자 구조의 잠재적인 적용 가능성을 보여주고자 한다.

후기 이 연구는 MSS 기술개발사업(S3290810, 8K급 발광 디스플레이의 디지털 사이니지 및 대형 디스플레이를 위한 고색재현 소재 및 공정기술 개발)과 산학연 협력사업의 일부 지원을 받아 연구되었음. MSS (S3302691, 대면적(6G Half) OLED 공정용 고내열, 고밀도, 고온 봉지재 개발을 통한 세라믹 ESC(정전 척) 공정 기술 개발)

발표자*(yuntaen@geri.re.kr), 교신저자#(kimjaeyun24@geri.re.kr)

적외선 검출기의 스캐닝 속도에 따른 MTF값의 변화 측정

한성엽[1,*], 명태식[2], 박영덕[2,#]

Measurement of the change of the MTF value according to the scanning speed of the infrared detector

S. Y. Han[1,*], T. S. Myung[2], Y. D. Park[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : MTF, Infrared, LSF, Scanning

MTF(Modulation Transfer Function)는 공간주파수에서 광학계를 통해 전달되는 물체의 정보가 얼마나 충실하게 이미지에 전달되었는지를 직접적이고 정량적으로 판단할 수 있는 지표이다. 렌즈 등 단일 광학 요소 뿐 만 아니라 전체적인 광학 시스템에 대한 성능을 종합적으로 측정할 수 있기 때문에 광학 성능 평가에 많이 사용되고 있다. 특히 최근 적외선 광학계의 개발 기술이 발전하여 적외선 영역에서의 광학 성능을 평가하려는 수요가 점차 높아지고 있는 추세이다. MTF의 측정 방식에는 이미지 생성 방식이 다양하고 검출 방법도 여러 가지가 있어 이에 따라 측정 방식도 다양하나 크게 주파수 생성, 비디오, 간섭무늬를 이용한 방식, 그리고 스캐닝 방식으로 분류된다. 이중 스캐닝 방식은 상업적으로 널리 사용되는 방식으로, 적외선 영역의 MTF 측정에도 주로 많이 쓰이고 있다. 슬릿을 이용한 스캐닝방식은 적외선 영역 MTF 측정에 사용되며 이미지상에 단일 픽셀을 가진 검출기를 위치시키고 물체상에 있는 슬릿의 이미지를 얻기 위해 검출기를 슬릿에 대하여 수평방향으로 이동시켜 LSF(Line Spread Fucntion)를 생성하고 LSF를 푸리에 변환하여 MTF를 얻게 된다. 이러한 측정 방식에서는 측정결과에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 측정 조건이 있을 수 있으며 LSF를 얻기 위해 이동하는 검출기의 스캐닝 속도도 MTF 값에 영향을 미칠 수 있는 매개변수 중 하나이다. 이번 연구에서는 이러한 검출기의 스캐닝 속도에 변화를 주면서 MTF를 측정하고 스캐닝 속도에 따른 MTF 값의 변화를 분석해보고자 한다.

후기. 이 논문은 2023년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임.(과제번호: 20017383)

발표자*, 교신저자#(parkyd@hanbat.ac.kr)

mRNA를 함유한 생분해성 마이크로니들 제조와 안정성에 관한 연구

김지연[1], 이정건[2], 이승준[1,*,#]

To study of fabrication and stability of biodegradable Microneedles containing mRNA

J. Y. Kim[1], J. G. Lee[2], S. J. Lee[1,*,#]

서원대학교 제약공학과 공정개발연구실[1], ㈜에스스킨[2]

Key Words : Microneedle, Biodegradable, mRNA

Recently, microneedles (MNs) equipped with micro-sized injection needles that maintain the delivery effectiveness of subcutaneous injections while avoiding patient pain and fear of injection needles have been increasingly distributed and utilized in medical settings. Through this research and development, we have manufactured spear-shaped microneedles containing mRNA for the transdermal delivery of active substances and confirmed their characteristics. Specifically, we fabricated MNs (Microneedles) with hyaluronic acid (HA), a biodegradable polymer used as the matrix for the needles. We also investigated the physical properties of skin penetration, thermal stability, the stability of active substances depending on the addition of trehalose, and changes in the surface morphology of Spear MNs. Additionally, we compared low-temperature and high-temperature processes to establish the stability of low-temperature processing and investigated the stability of mRNA during long-term storage of microneedles for 30 days. The research and development of drug delivery systems using MNs technology are expected to be utilized as a new foundational technology in the field of vaccine transdermal delivery systems.

후기 본 연구는 중소벤처기업부 창업성장기술개발사업 "고활성 백신전달을 위한 저온공정기반의 스피어 마이크로니들 패치 개발(S3314019)" 과제와 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(2021RIS-001) 이에 감사드립니다.

발표자*, 교신저자#(finedaddy@seowon.ac.kr)

쇄골 골절부위 치료를 위한 해부학적 임플란트 형상 설계

공승진[1,2,*], 김희철[1], 이상훈[2], 김동현[2,#]

Anatomical implant shape design for treatment of clavicle fractures

S-J. Kong[1,2,*], H-C. Kim[1], S-H. Lee[2], D-H. Kim[2,#]

인제대학교 디지털항노화헬스케어[1], 한국생산기술연구원 첨단정형공정연구그룹[2]

Key Words : Clavicle, Computer vision, Anatomical plate, Grouping, Representation bone

골절 환자를 치료하기 위한 방법 중 하나는 골절 부위에 해부학적 임플란트를 삽입하여 치료를 하는것이다. 골절의 부위와 종류 그리고 위치에 따라 사용되는 플레이트가 달라진다. 골절 부위가 쇄골이고 완전히 부러진 경우에 쇄골 치료용 플레이트를 고려해 볼 수 있다. 하지만 그 플레이트의 형상은 골과 맞닿는 면이 평평한 2차원의 형상을 가진다. 이러한 형상은 플레이트와 골절 부위의 큰 편차를 야기시킨다. 이에 따라 골절 환자는 이물감과 불편함을 느끼게 된다. 본 연구는 골절 환자를 대상으로 하여 임플란트를 삽입하였을 때 골절 부위와의 편차를 줄일 수 있는 해부학적 임플란트를 설계하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 딥러닝 기술을 이용하여 CT 이미지에서 온전한 3차원 쇄골 형상 데이터를 수집하고, 정렬 및 그룹화를 자동으로 구현하여 그룹별로 대표 형상을 생성한다. 이 대표 형상을 바탕으로 해부학적 플레이트 설계를 진행한다. 완전한 맞춤형 플레이트 형상의 경우 쇄골과 플레이트 간에 1mm 이하의 편차를 가지며, 부분 맞춤형 형상은 5mm 이하의 오차를 가진다. 이 연구는 골절 환자의 치료에서 기존의 평평한 면의 한계를 벗어나 환자 친화적인 임플란트 설계의 밑거름이 될 것이다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부 2023년 스마트제조혁신 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.(No. SE230035)

발표자*, 교신저자#(dhk@kitech.re.kr)

생체신호 측정을 위한 생체적합성 나노스케일 금속전극 개발 연구

박기원*, 이해중, 박태훈, 이효수#

Study on biocompatible nano-scaled metal electrodes for biomertic signal measurement

K. W. Park*, H. J. Lee, T. H. Park, H. S. Lee#

한국생산기술연구원 산업소재공정연구부문

Key Words : Biocompatible, Electroencephalography, Nano-scale, Metal electrodes

In our research, we focus on enhancing biometric signal measurement, specifically in Electroencephalography (EEG) signals, by introducing innovative biocompatible metal electrodes. The primary aim is to design electrodes that can be securely and comfortably placed on the user's prefrontal cortex for measuring brainwave signals without causing adverse reactions or allergies. Conventional metal electrode structures, such as those incorporating Noble metal/Ni/Cu circuits, raise concerns due to the potential risk of Ni leakage. Contact between these electrodes and the user's skin may release Ni, triggering allergic reactions in sensitive individuals. To overcome this challenge, our study introduces a novel electrode structure technology addressing the Ni presence issue between the Noble metal and the electrical signal connection circuit, Cu. Our key objective is to develop a biocompatible metal electrode structure that eliminates or substitutes Ni, ensuring it poses no harm to the human body. Utilizing semiconductor deposit processing techniques, we fabricate metal electrodes with superior characteristics compared to conventional designs. The resulting electrodes exhibit excellent biocompatibility, establishing them as a safe and reliable choice for biometric signal measurement when it contact with the human body.

발표자*, 교신저자#(todd3367@kitech.re.kr)

겨우살이 추출물의 콜라겐유도 류마티스 관절염 모델에서 염증 완화효과

권보인*,#

Mistletoe extract alleviates collagen-induced rheumatoid arthritis in a mouse model

B.-I. Kwon*,#

상지대학교 한의과대학, 상지대학교 한의학연구소

Key Words : Mistletoe, Rheumatoid arthritis, Th17 cell

1. 서 론

겨우살이는 동북아시아에서 류마티스성 관절염의 치료 및 예방에 전통적으로 사용되어 왔습니다. 류마티스 관절염(RA)는 연골을 파괴하는 자가면역 질환입니다. 한약은 반응성이 낮거나 부작용을 유발하는 표준 RA 치료제의 대안으로 사용될 수 있습니다.

2. 류마티스 관절염 완화효과 실험

이 연구에서 우리는 세 종류의 겨우살이 추출물을 이용하여 DBA/1 마우스에 제2형 collagen유도 류마티스 관절염 완화효과를 관찰하였습니다. 또한, 관련 염증지표의 변화를 관찰하여 그 약리기전 또한 확인하였습니다.

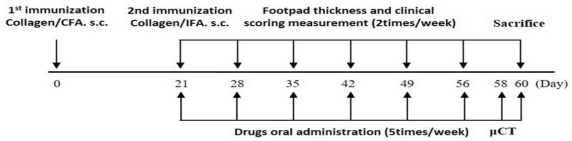


Fig. 1 Experimental protocol

3. 실험 결과 및 고찰

세 종류의 겨우살이 추출물이 CIA유도 류마티스 관절염의 관절 변형 완화 효과를 확인하였습니다 (Fig. 2, Fig. 3). 또한 IL-1beta, IL-6, IL-17a, TNF-a 및 inteferon gamma 염증매개체의 수준이 감소하는 것을 확인하였습니다 (Fig. 4).

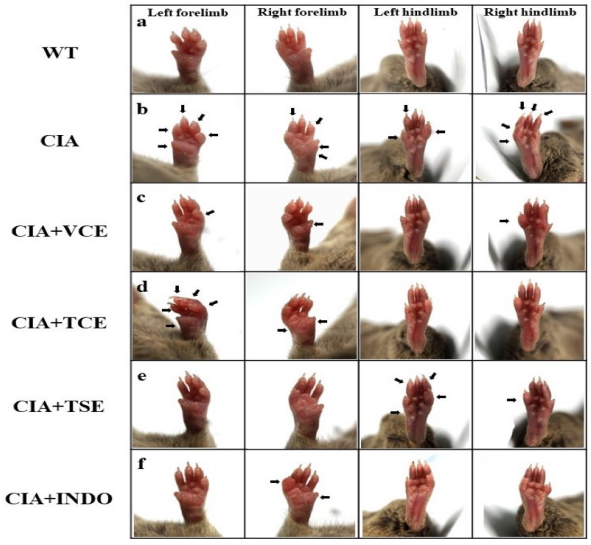


Fig. 2 Effect of VCE, TCE and TSE on the progression of arthritis in CIA mice

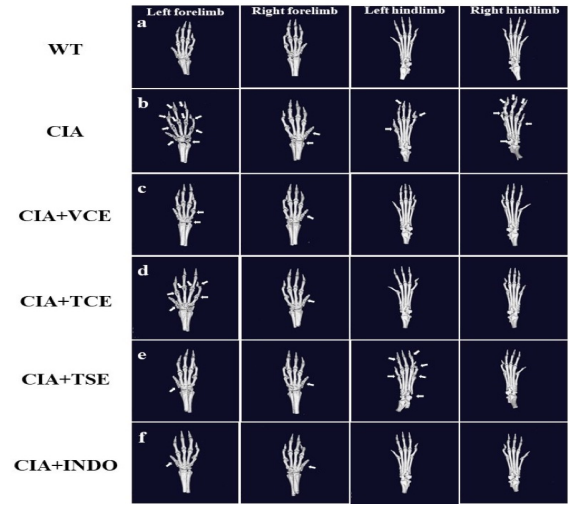


Fig. 3 Effect of VCE, TCE and TSE on bone erosion around joints in CIA mice

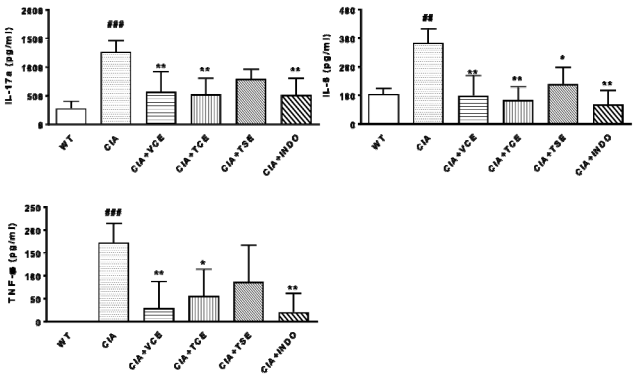


Fig. 4 Effect of VCE, TCE and TSE on secretion of inflammatory cytokine in CIA mice

Fig. 2와 3을 통해서 제시한 바처럼 류마티스 관절염으로 인한 관절변형의 효과를 육안적으로 관찰하였고 또한 microCT 스캔을 통해 골 변형형의 정도를 정량화 하였습니다. 비장에서 활성 보조T세포의 비율 및 혈액에서 collagen 특이 항체의 농도를 확인하여 겨우살이 추출물의 효과를 확인하여 핵심적인 세포매개 염증완화 효과를 규명하였습니다.

후 기

이 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력 기반 지역혁신 사업의 결과입니다 (2022RIS-005).

발표자*, 교신저자#(kbi34812@sangji.ac.kr)

생체모방형 3차원 혈관 모델 시뮬레이터 제작 및 성능검증

김은희[1,*], 이동현[1], 정윤지[1], 김준원[2], 김진영[1,#]

Manufacturing and performance verification of the biomimetic 3D vascular model simulator

E. H. Kim[1,*], D. H. Lee[1], Y. J. Jeong[1], J. W. Kim[2], J. -y. Kim[1,#]

㈜아임시스템[1], 포항공과대학교 기계공학과[2]

Key Words : 3-dimensional artificial blood vessel, Training blood vessel simulator, Vascular intervention

심뇌혈관질환은 전세계적으로 가장 많은 사망원인질환(WHO, 2019)으로 2021년 사망원인통계에 따르면(통계청, 2022), 우리나라 주요 사망원인 2, 4위에 해당합니다. 심뇌혈관 질환은 발생률이 높을 뿐 아니라 완치가 어렵거나 다양한 합병증으로 인하여 질병 부담이 다른 어떤 질환보다 큰 질환입니다. 심뇌혈관질환 치료법 중 혈관중재술(Vascular intervention)은 흉골이나 두개골을 열지 않고, 미세도관을 통하여 심장이나 뇌내 환부에 접근한 후 코일(coil), 스텐트(stent) 등으로 혈관을 막거나 뚫는 치료법입니다. 혈관중재시술 시, 혈관이 급격히 꺾이는 곳에 위치한 환부, 복잡한 혈관(관상동맥, 상생돌기(paraclinoid), 뇌동맥류 등) 또는 환자에 따른 혈관구조의 상이함 등의 이유로 지식과 경험이 풍부한 시술자도 시술마다 적절한 의료기기와 절차를 선정하는데 어려움을 겪는 경우가 많습니다. 이러한 혈관 정보의 부족은 치료용 시술 기구의 반복적인 삽입을 야기하여 이는 혈관 내벽의 손상을 초래하고 혈전에 의한 혈관의 폐색, 천공에 의한 출혈 등의 부작용을 발생시킬 가능성을 높입니다. 본 연구에서 개발된 생체모방형 3차원 혈관 모델 시뮬레이터는 혈관중재시술을 위한 시술 도구의 시험 · 평가 및 시술 시연 등에 사용가능한 모델입니다. 주로 혈관의 구조적인 형태만을 모방한 기존 상용화된 혈관 시뮬레이터와 달리, 본 혈관 시뮬레이터는 혈관 내벽 윤활층을 구현하여 실제 시술과 유사한 환경에서 의료진이 이질감 없이 시연할 수 있는 환경을 제공합니다. 따라서 의료진은 생체모방형 3차원 혈관 시뮬레이터를 사용하여 실제 시술에 앞서 환자의 복잡한 혈관 구조를 숙지하기 위해 시술도구를 이용해 훈련 및 시연을 수행함으로써 시술 시간단축, 시술 성공률 증가 등에 기여할 수 있을 것으로 기대합니다.

후기 이 논문은 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원, 대구지역사업평가단의 "지역특화산업육성+(R&D, Grant No. S3364128)"사업의 지원, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부,식품의약품안전처의 재원으로 범부처전주기의료기기연구개발사업단의 지원(Grant No. 1711196902, RS-2023-00245686), 2022년 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "R&D재발견프로젝트 사업"의 지원을 받아 수행된 연구임(Grant No. 1415183412, P0022631)

발표자*(ehkim@imsystem.kr), 교신저자#

정밀 혈관중재시술용 자성 가이드와이어 기반 마이크로 의료로봇 제작 및 성능검증

전성웅[1,*], 김수일[1], 김진영[1], 최홍수[2,#]

Fabrication and characterization of guidewire-based magnetic microrobot for interventional procedure

S. W. Jeon[1,*], S. I. Kim[1], J. -y. Kim[1], H. S. Choi[2,#]

㈜아임시스템[1], DGIST 로봇및기계전자공학과[2]

Key Words : Microrobotics, Guidewires, Interventional medicine, Magnetic field

2021년 통계청 자료에 따르면 국내 주요 사망원인 2, 4위는 심뇌혈관질환, 2020년 건강보험심사평가원 자료에 따르면 심뇌혈관질환 치료비는 6.4조원(전체 진료비의 17%)이며, 전 세계적으로도 해당 질환은 사망원인 1, 2위를 차지(WHO, 2019)할 정도로 심뇌혈관질환은 사회·경제적으로 심각한 질환이다. 기존 시술 도구의 경우, 방향이 고정되어 있어 혈관 내 능동 및 정밀 조향이 불가능하며, 시술자가 손에 감각에만 의지하여 수동으로 도구를 회전시켜 방향을 제어한다. 따라서 시술자의 숙련도에 따라 시술 성공률에 편차가 발생하며, 시술 시간 증가에 따른 환자와 시술자의 방사선 피폭량이 증가하게 된다. 이러한 기존 혈관중재시술의 한계를 뛰어넘기 위해서는 혈관 내 정밀 조향 및 위치 제어가 가능한 마이크로 의료로봇 시스템 개발이 필수적이다. 마이크로 의료로봇 시스템을 이용한 정밀 혈관중재로봇시술(적용분야)은 체내에 삽입된 자성 시술 도구(자성 카테터, 가이드와이어)의 방향을 외부 자기장 제어 시스템을 이용해 정밀하게 제어하여 복잡한 혈관 분지를 빠르고 안전하게 이동하여 원하는 병변까지 도달 및 시술을 수행하게 하는 수술로봇 시스템이다. 즉, 시술 성공률을 높이고 편차를 줄이며, 시술 시간 감소에 따라 방사선 피폭량도 줄일 수 있다. 또한 원격 시술을 가능하게 하여 의료진은 방사선에서 완벽하게 차폐될 수 있다. 본 연구에서는 기존 혈관중재시술의 한계를 뛰어 넘기 위한 자성 가이드와이어 기반 마이크로로봇을 제작하고, 제작된 자성 가이드와이어 기반 마이크로로봇을 자기장 제어 시스템을 이용해 3차원 혈관팬텀 내에서 정밀 조향하여 목표 위치까지 도달하는 혈관중재시술 가능성을 보였다.

후기 본 연구는 2022년도 과학기술정보통신부의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원(2022-DG-RD-0034), 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원, 대구지역사업평가단의 “지역특화산업육성+(R&D, 과제번호 S3364128)”사업의 지원, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부, 식품의약품안전처의 재원으로 범부처전주기의료기기연구개발사업단의 지원(과제고유번호 : 1711196902, RS-2023-00245686)을 받아 수행된 연구임.

발표자*(swjeon@imsystem.kr), 교신저자#

일체형 혈액 전처리 및 분석 통합 키트에 관한 연구

정연정*, 김관오, 윤재성, 강도현, 유영은#

Study on integrated kit for blood procedure and analysis

Y. J. Jung*, K. O. Kim, J. S. Yoon, D. H. Kang, Y. E. Yoo#

한국기계연구원

Key Words : Integration system, Blood analysis, Blood procedure

혈액을 이용한 진단은 건강상태나 질병 유무를 확인하는 주요한 의학적 진단 방법이다. 최근에는 암이 발생하는 경우 혈액에 나타나는 다양한 바이오마커를 혈액 검사를 통하여 간편하게 암환자의 예후 분석, 암 조기 진단 등 기존 조직 생검 진단 방법의 한계를 극복하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 혈액 진단의 정확도를 높이기 위해서는 우선적으로 전처리과정이 필요하다. 전처리 과정이란, 전혈로부터 다양한 바이오마커를 담지하고 있는 혈장을 나머지 혈구들을 제외하고 추출을 하는 과정이다. 원심분리는 현재 사용되는 대표적인 혈액 전처리 방법이나, 숙련된 분석 인력에 의한 여러 단계의 수작업이 필요하거나 자동화를 위해서는 대형 장비가 필요하여 소규모 병원 혹은 다양한 현장에서의 신속한 진단에 적용하는 것은 어려운 상황이다. 본연구에서는 전처리부터 분석까지의 전과정을 수행할 수 있는 일체형의 간편하게 사용할 수 있는 전처리-진단 일체형 키트를 제작하고자 한다. 키트의 주입구에 혈액을 주입하면, 키트에 가해지는 음압에 의해 자동으로 혈액 시료가 혈구 분리막을 통과하여 미세유로를 따라 흐르며 삼전극 구조의 진단 센서에 도포 된다. 삼전극 위에서 항원-항체 결합을 통해 전기적 신호가 변환되면서, 항원 유무 및 농도 등의 측정이 가능하게 한다. 이를 통하여 기존에 수작업에 의해 별도로 진행되었던 시료 전처리 및 측정 과정을 하나의 키트에서 시료 투입 만으로 자동으로 수행할 수 있는 간편한 일체형 진단 키트를 개발하였으며, 삼전극 센서 이외의 다양한 센서와의 연계가 가능하여 미량의 시료를 이용한 다양한 고민감도 현장형 진단 키트를 위한 플랫폼으로 확장할 계획이다.

발표자*, 교신저자#(yeyoo@kimm.re.kr)

딥러닝 기반 화학물질분류 센서어레이 시스템의 손실신호 복원을 이용한 에탄올 화합물의 분류특성평가

이상우*, 김병희, 서영호#

Evaluation of ethanol compound classification characteristics using loss signal restoration of a deep learning-based chemical classification sensor array system

S. W. Lee*, B. H. Kim, Y. H. Seo#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Electronic nose, Gas sensor, Odor classification, Deep learning, Signal restoration

본 연구에서는 반도체식 가스센서로 구성 된 딥러닝 기반 화학물질분류 시스템에서, 일부 센서신호의 손실이 발생했을 때 이를 복원하여 딥러닝 분류 모델의 성능과 특성을 평가 하였다. 연구에 사용된 데이터는 6종류의 반도체식 가스센서로 이루어진 30개의 센서어레이를 이용하여 측정 된, 거의 동일한 구성성분을 가진 3종류의 에탄올 화합물의 시계열 데이터가 사용되었다. 이러한 데이터는 시계열 데이터 및 시계열 데이터를 미분한 값으로 전처리되어 MLP(Multi-Layer Perceptron) 기반의 딥러닝 모델을 학습시키는 데 활용되었다. 센서의 손실 데이터를 복원하기 위해, 기존의 정상 센서신호의 평균값과 센서간의 가중치를 미리 저장하여 센서복원 신호에 적용하였다. 실험은 센서손실이 발생되지 않은 정상신호 데이터로 학습된 딥러닝 모델을 통해, 정상 신호 데이터, 6종의 가스 센서의 종류별로 각각 1개씩 센서가 손실된 데이터, 정상센서 신호의 평균값과 가중치를 적용 한 신호복원 데이터를 사용하여 실험을 진행하였으며 총 3회 반복 수행하였다. 실험결과, 정상신호 데이터는 97.7 ± 0.6 %의 분류 정확도를 보였으며, 센서가 손실된 신호 그룹은 36.7 ± 0.4 %의 분류 정확도를 나타냈다. 또한, 손실된 센서 신호를 복원한 데이터는 91.0 ± 0.6 %의 정확도를 보였다. 이를 통해 일부 센서손실 발생 시, 손실된 센서 신호를 복원함으로써 딥러닝 기반 화학물질분류 센서어레이 시스템의 분류성능을 높일 수 있는 가능성이 확인되었다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00252658).

발표자*, 교신저자#(mems@kangwon.ac.kr)

미래차 기반 운전자 생체 모니터링 시스템 구축

차예나[1,*], 조춘묵[1], 권순환[2], 황인태[2], 신진섭[2], 김범수[2], 서영호[1], 김병희[1,#]

Building a driver biometric monitoring system based on future vehicles

Y. N. Cha[1,*], C. M. Jo[1], S. H. Kwon[2], I. T. Hwang[2], J. S. Shin[2], B. S. Kim[2], Y. H. Seo[1], B. H. Kim[1,#]

강원대학교 기계융합공학과 메카트로닉스전공[1], 강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과[2]

Key Words : Biometric monitoring, Vital sign, Real-time monitoring, Driver fatigue detection, Electrode fabrication, Driving simulation

This study aims to build a biometric monitoring system for drivers. Real-time monitoring components include Electrocardiogram (ECG), Infrared temperature (IRT), and Non-dispersive infrared (NDIR) sensors to measure the driver's vital signs and CO2 levels in the vehicle. The electrode to be applied to the steering wheel was designed using Carbon nanotube-Polydimethylsiloxane mixture(CNT-PDMS) and Stainless Steel 304 (SUS304) wire mesh, and the performance of the two types of electrodes is compared and analyzed. Using Unreal Engine, we simulated a realistic driving environment that causes driving fatigue. Collected biometric data is safely transmitted and stored on a cloud server to ensure data integrity and confidentiality. The construction of this system is expected to improve the safety and efficiency of the driving environment of future cars by contributing to the detection and prevention of drowsiness, stress, and disease caused by fatigue while driving.

후기 This research was supported by "Regional Innovation Strategy(RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2022RIS-005)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

스트링팟 엔코더 기반 족간 거리 측정 웨어러블 디바이스 개발

최호선[1,*,#], 지형진[2], 이윤수[2], 정민규[2], 정승훈[2], 조대기[2]

Development of wearable device measuring foot-to-foot range based on stringpot encoder

H. S. Choi[1,*,#], H. J. Chi[2], Y. Lee[2], M. Jeong[2], S. Jeong[2], D. K. Cho[2]

세종대학교 지능기전공학부[1], 인천과학예술영재학교[2]

Key Words : Foot-to-foot range, String pot encoder, Wearable device, Gait stability, Movement strategy

족간 거리(발과 발 사이의 거리)가 보행자의 안정성과 그것을 위한 중추신경계의 움직임 전략을 분석하는데 있어서 중요한 지표 중 하나이지만, 빛 반사 마커를 이용한 3D 모션 캡쳐 카메라 혹은 지면반력기(Force plate) 및 그것이 내장되어 있는 트레드밀의 사용이 불가한 야외 또는 실험실 외부의 공간에서 실험을 진행할 때는 많은 연구자들이 이 지표의 측정에 대해 많은 어려움을 겪을 수밖에 없다. 따라서, 상용제품이 아니더라도, 야외 또는 실험실 밖 실험에서 족간 거리를 측정할 수 있는 웨어러블 디바이스의 개발에 대한 필요성이 대두된다. 본 연구팀은 이러한 필요성에 맞는 기기를 개발하고자 스트링팟 엔코더를 웨어러블 디바이스에 적용하였다. 스트링팟 엔코더란, 줄자의 원리와 같은 기능을 가지고 있는 센서로써, 스트링(줄), 파워 스트링, 가변저항(Potentiometer)로 구성되어 있다. 파워 스트링의 중앙부에 가변저항의 축이 결합되어 있고, 파워스트링의 반대쪽 끝에는 스트링이 연결되어 있는 형태로 제작되었으며, 따라서 스트링을 잡아당기면 가변저항의 값으로 늘어난 길이를 측정할 수 있고, 다시 놓으면 파워 스트링의 압축력에 의해 다시 원래의 길이로 돌아오는 기능을 가지고 있다. 본 연구팀은 이러한 기구를 발에 착용할 수 있는 형태로 제작하였고, 가변저항의 값을 측정해 디버깅 워크스테이션으로 전송할 수 있도록 마이크로컨트롤러와 블루투스 센서를 장착하였다. 개발한 디바이스의 성능평가를 위해 몸통에 IMU(Inertial measurement unit) 센서를 착용한 보행자에게 착용시켜 가속도 값으로 보행 안정성을 평가하고, 개발한 웨어러블 디바이스를 통해 족간 거리와 움직임 전략에 대해 평가할 수 있는 사전 시험을 진행한 결과가 본 발표에 포함되어 있다.

후기 이 논문은 2023년도 인천과학예술영재학교의 'STEAM ACTIVITY 연구프로그램'의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호: 20230610)

발표자*, 교신저자#(choihoseon@sejong.ac.kr)

임상실험 기반 밸런스 평가용 웨어러블 센서의 부착위치 최적화

최호선[1,*,#], 김지훈[2], 김현수[2], 이예인[2], 박시언[2], 조대기[2]

Optimizing location of wearable sensor for evaluating gait stability based on clinical experiment

H. S. Choi[1,*,#], J. Kim[2], H. S. Kim[2], Y. Lee[2], S. Park[2], D. K. Cho[2]

세종대학교 지능기전공학부[1], 인천과학예술영재학교[2]

Key Words : Wearable sensor, Optimal location, Gait stability, Clinical experiment, Inertial measurement unit

본 연구는 낙상의 위험이 증가하는 혹은 보행 안정성이 낮은 다양한 상황을 구현해 놓고, 각 상황에서 보행자의 움직임 전략을 분석함으로써 외부 상황이 보행자 몸통의 안정성과 그것을 유지하기 위해 나타나는 사지의 움직임 전략을 평가해 낙상 위험을 감지할 수 있는 웨어러블 센서의 최적 위치를 도출하는 것을 목표로 가진다. 보행자의 각 세그먼트 움직임 파악을 위해 3D 모션 캡쳐 카메라가 있는 실험실에서 진행되었으며, 보행 상황에는 1) 트레드밀 보행 도중 금 정지 (외부의 요인으로 인한 낙상 또는 그것에 근접한 상황을 재현), 2) 가운데 직선이 그려져 있는 트레드밀 위를 라인을 따라 보행, 두 가지로 구성되어 있다. 또한, 각 상황은 2, 6, 8, 10km/h의 다양한 보행속도로 구성되어 있어, 보행속도가 낙상의 상황과 움직임 전략에 미치는 영향 또한 관찰할 수 있도록 되어있다. 총 10명의 남성 피험자가 실험에 참여하였으며, Helen Hayes marker arrangement에 따라 마커를 부착한 뒤 보행하였다. 측정된 각 세그먼트의 움직임은 가속도, 각가속도로 변환되었고, 보행자의 낙상 위험도 또는 밸런스를 평가하기 위해 몸통의 가속도를 이용해 Stabilogram을 도출한 뒤, 그것의 공분상을 계산하여 두 방향 고유 값의 RMS (Root mean square) 값을 이용하였다. 본 발표에는 생체역학에 기반한 실험 결과에 대한 분석, 보행자의 보행 안정성을 대표하는 몸통의 Stabilogram과 각 세그먼트 움직임 전략의 관계, 관계를 통해 선정된 웨어러블 센서의 최적 위치와 낙상을 예측할 수 있는 알고리즘, 그리고 개발한 웨어러블 센서에 대한 내용이 포함되어 있다.

후기 이 논문은 2023년도 인천과학예술영재학교의 'STEAM ACTIVITY 연구프로그램'의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호: 20230611)

발표자*, 교신저자#(choihoseon@sejong.ac.kr)

볼 엔드밀 추정 절삭력 기반 공구 마모 상태 진단

최진우*, 남수현, 김혜인, 구정인#

Diagnosis of ball-end mill tool status based on estimated cutting force

J. W. Choi*, S. H. Nam, H. I. Kim, J. I. Koo#

한국생산기술연구원 스마트생산시스템 연구부문

Key Words: Machine Learning, Time Series Analysis, Ball-endmill, Cutting Force, Tool Wear

지능형 생산 시스템(Intelligent Manufacturing Systems, IMS)의 활용은 제조업의 미래를 향한 핵심 전략으로 부상하였다. 특히, 공구상태를 실시간으로 감지하고 이에 대응하는 것은 비용 절감과 공작물의 품질 확보의 결정적인 역할을 한다. 본 연구는 볼 엔드밀 공구 상태를 실시간으로 모니터링 하기 위해, 4가지(회전축, 가속도, 마이크로폰, 전류) 센서 데이터 기반의 절삭력 추정 모델을 제시한다. 첫째로, 장비와 작업자의 설정 변동으로 인한 축 방향의 변화를 통합하기 위해 Root Mean Square(RMS) 방법을 활용하여 X, Y, Z축의 데이터를 합성하였다. 둘째로, 시계열 데이터 분석에 적합한 Time Series Feature Extraction Library(TSFEL)를 사용하여 공구 절삭력과 상관계수가 0.8 이상인 특성들을 추출하였다. 이후, 도출된 특성들을 바탕으로 Light Gradient Boosting Machine(LGBM) 모델을 통해 공구 절삭력을 추정한다. 절삭 깊이가 다른 각 파일에 대해서 8 대 2의 비율로 학습과 평가를 진행한 결과, 성능지표 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)는 평균 9%대로 나타났다. 이를 통해, 센서 데이터를 통한 공구 절삭력 추정이 가능함을 확인하였다. 또한, 공구의 마모가 일정 수준을 초과할 때 절삭력이 급진적으로 변화하는 것이 관찰되어, 이를 공구 마모 상태 진단 신호로 활용할 수 있다. 공구의 효율적 관리를 위한 본 연구의 모델은 제조업의 안정성 및 지속 가능한 발전을 실현하는 기반을 제공할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원(KITECH EH-23-0006, "DNA 플랫폼 기반 자율제조 기술")의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(jikoo@kitech.re.kr)

주축 전류와 마이크로폰 센서 기반의 공구 마모 예측

최형남*, 남수현, 김혜인, 구정인#

Predictive maintenance to tool wear using spindle current and microphone sensor data

H. N. Choi*, S. H. Nam, H. I. Kim, J. I. Koo#

한국생산기술연구원 스마트생산시스템 연구부문

Key Words : Turning process, Tool wear estimation, Sensor data analysis, Time series feature extraction, Machine learning

가공현장에서의 이상 상황을 조기 파악하기 위해서는 모니터링 데이터를 활용하여 마모 상태를 사전에 파악하는 것이 중요하다. 본 연구는 모니터링 데이터를 활용하여 공구 교체 시점을 예측하는 방법을 탐구한다. 공구의 마모가 일정 수준 이상 진행되면 가공 품질이 저하되거나 공구 파손의 위험이 있다. 이러한 특성을 고려하여, 300㎛를 교체해야 할 공구의 마모 기준으로 설정했다. 일반적으로 마모도 추정을 위해서는 절삭력 데이터가 사용된다. 그러나 해당 데이터를 제공하는 공구 동력계는 고가의 장비로서 설치에 어려움이 있다. 이에 대응하기 위해, 주축 전류 및 마이크로폰 센서 데이터만을 활용하여 공구 마모도를 추정하는 모델을 제안하였다. 모델의 성능을 향상시키기 위해, 두 개의 센서 데이터에서 특성을 추출하는 방식을 선택했다. 두 시계열 데이터에 TSFEL(Time Series Feature Extraction Library)를 적용하여 780개의 특성 데이터를 확보했다. 일정 시간 간격으로 데이터의 시간 및 주파수 도메인에서의 특성을 추출하는 해당 방식은 마모도와 유사한 특성을 가지는 특성들을 만들어 냈다. 마모도 증가 추세와 유사한 특성들을 분류하여 모델에 적용한 결과, 이전에 비해 20%의 정확도 향상을 확인할 수 있었다. 이 학습모델을 통해 얻은 추정 공구 마모도를 기준으로 공구 교체 시점을 결정한다. 해당 방법은 비용을 최소화하면서도 공구의 관리 및 생산 공정 안정성에 기여하여 스마트 생산 시스템의 발전을 위한 기초를 제공할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 한국생산기술연구원(KITECH EH-23-0006, "DNA 플랫폼 기반 자율제조 기술")의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(jikoo@kitech.re.kr)

설비상태정보 및 생산현황 원격관제 시스템 인터페이스 설계

권재영*,#

The design of facility status information and production status remote control system

J. Y. Kwon*,#

한국전자기술연구원 ICT융합연구센터

Key Words : RCS(Remote Control System), MSM(Machine Status Model), Companion specification

산업현장에서는 실시간 데이터 취득현황을 확인하고, 별도의 모바일과 PC 어플리케이션 형태로 확장가능한 원격관제 시스템에 대한 필요성이 부각되고 있으며, 해당 시스템의 개발이 이루어지고 있다. 장비의 특성이나 벤더사에 따라 인터페이스 모듈을 개발하거나 휘발성 제조데이터들을 취득하여 시각화하는 것 만으로는 한계가 있으며 각 객체(Object), 변수(Variable), 메소드(Method) 등과 같은 장비 상태모델의 노드클래스 등을 정의하는 것이 필요하다. 더불어 엣지 디바이스에서 각 설비에 데이터를 요청하면 정해진 Polling 주기에 따라서 각 설비 데이터들을 전송한다. 그러나 제조데이터들의 종류에 따라 몇몇은 모니터링 시스템으로 실시간 반영이 필요한 반면, 특정 주기동안 모아서 특정주기 그룹 전체를 송신하여 반영해도 되는 데이터들도 존재한다. 과거 연구에서는 다계통 공작기계설비의 관제시스템에 대한 연구가 있었으나, 공작기계라는 특정 도메인에 초점을 맞춰서 수직적/수평적 확장성이 미흡한 부분이 있었다. 본 연구에서는 공작기계와 물류시스템 그리고 협업로봇에 대한 구조, 공정, 상태 등에 대한 데이터 요소에 대한 데이터 모델링을 통해 모니터링 시스템에 수집주기별 맵핑이 이루어질 수 있도록 지원하는 인터페이스를 설계하고자 한다. 이를 위해서 OPC Foundation에서 Machine tools, Robotics 등 다양한 산업분야에 대해서 제공하는 DI Model(객체정보모델)을 참조로 데이터스키마를 설계하였다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00866, 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크 기술 개발)

발표자*, 교신저자#(jykwon@keti.re.kr)

IEC62541기반 OPCUA 제조데이터 수집 시스템 설계 및 구현

권재영*,#, 유동휘

Design and implemention of IEC62541 based on OPCUA technology data collection system

J. Y. Kwon*,#, D. H. Yoo
한국전자기술연구원 ICT융합연구센터

Key Words : OPCUA, IEC62541, FMS(Flexible Manufacturing System)

제조산업에서 이기종 데이터 수집을 위한 방법에 대한 요구는 스마트팩토리 구축에 가장 기본적이면서도 필수적 요소이다. 최근 공작기계 산업에서는 절삭가공기 설비 뿐만 아니라 그와 같이 제반되는 물류시스템, 협동로봇, AMR(Autonomous Mobile Robot) 혹은 다른 CNC(Comuter Numerical Control) 벤더사 설비가 혼재된 복합공정의 정보를 확보하여 공정 전반의 데이터를 활용하여 상위시스템과 연계하는 추세이다. 기존 연구에서는 이와 관련된 제조데이터 수집시스템을 설계하고 연구한 바 있으나, OPCUA서버가 없는 설비들과의 연계문제, 특정 장비에 특화된 데이터 취득 방식, 이상발생 이벤트에 대한 대응 문제 등이 존재하기 때문에 새로운 수집시스템의 설계가 필요하다. 공작기계 설비에 대한 다양한 상호운용성 연구가 이어져왔으나 상위시스템 restAPI등과 직접 연계하기 위한 .json 형태의 데이터 parsing 에 대한 연구보다는 특정 도메인에서의 모델에 집중한 연구가 대부분이였다. 본 논문에서는 여러 Layer들이 혼재한 유연생산환경에서의 상하위시스템 간의 수직적 통합과 이기종의 단위 셀과 설비들간의 수평적 확장성을 고려한 제조데이터 수집에 대한 수집 시스템에 대해 소개하고, 그 모델구조를 도출한다. 또한 FMS 테스트베드에서 각 설비의 OPCUA 서버와 다대다 방식이 아닌 통합서버를 이용한 1대다 방식의 데이터 취득 테스트 결과를 제시하여 산업현장에서의 실제 적용예시를 설명하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00866, 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크 기술 개발)

발표자*, 교신저자#(jykwon@keti.re.kr)

제조 현장 디지털트윈 모델 생성을 위한 생산자원 표기방법

윤성준*, 이진성#, 유현수

Production resource notation method for creating digital twin models at manufacturing industry

S. J. Yoon*, J. S. Lee#, H. S. Yoo

한국전자기술연구원 스마트제조연구센터

Key Words : Digital twin, Resource notation, Manufacturing industry

제조 환경에 대한 가상-물리 시스템(CPS: Cyber-Physical System)을 구축하고 디지털 트윈(digital twin)을 개발하는 과정에서 제조 현장의 여러 생산자원들을 디지털로 표현하는 필요성이 대두되고 있다. 제조 현장을 디지털로 표현하는 방법론들은 생산정보시스템 분야에서 많이 다루어진 분야이지만, 최근 빅데이터 및 인공지능, 디지털 트윈 등의 새로운 개념의 등장으로 인하여 모델링 및 표현 방법의 확장이 필요하다. 정보시스템의 모델링은 데이터 모델링, 프로세스 모델링, 온톨로지 모델링 등의 분야가 있으며, 분야와 목적에 따라 다양한 모델링 도구 및 표기법이 존재한다. 디지털트윈 구현을 위해 다양한 표준과 기술이 등장하고 있으나, 제조현장의 생산자원을 표현/도식화하는 연구는 미진한 상황이다. 따라서 디지털 트윈을 위한 제조현장 생산자원 표현에 대한 체계적인 연구 필요하다. 본 연구는 디지털트윈 구현을 위한 제조 현장 생산자원과 시뮬레이션, AI 분석 등의 이벤트 표현을 위한 방법론 및 도식화된 표기법을 연구한다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00866, 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크 기술 개발)

발표자*, 교신저자#(jinsl127@keti.re.kr)

유연성을 가지는 은 나노입자-다중벽 탄소 나노튜브 복합재의 전도성 평가

이민형[1,*], 조혜수[1,2], 이길용[1,2,#]

Evaluation of electrical conductivity of AgNP-MWCNT composite fabricated with flexibility

M. H. Lee[1,*], H. Jo[1,2], G. Y. Lee[1,2,#]

금오공과대학교 기계공학과[1], 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공[2]

Key Words : Silver nanoparticles, Multiwall carbon nanotube, Nanocomposite, Laser sintering

최근 개인 건강 관리, 소프트 로봇, 웨어러블 디바이스 등의 분야에서 유연한 전자 장치에 대한 수요가 급증하고 있다. 이에 따라 유연성을 가지는 재료의 전도성과 기계적 유연성 및 신축성을 높이기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 전기 전도성을 가지며 유연성과 신축성을 갖춘 재료는 반복적인 기계적 변형이 가해지는 환경에서도 사용될 수 있어 다양한 전자 장치에 적용될 수 있다. 특히, 전도성 입자를 포함한 고분자 나노복합재는 필요에 따라 전기적 및 기계적 특성을 조절할 수 있어 유연한 전자 장치의 소재로 주목받고 있다. 본 연구에서는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, PDMS) 수지를 기반으로 은 나노입자(Silver nanoparticle, AgNP)와 다중벽 탄소 나노튜브(Multiwall carbon nanotube, MWCNT)를 혼합하여 전도성을 가지는 유연한 나노복합재를 제작하였다. 또한, 해당 복합재를 레이저 모듈과 2축 리니어 스테이지로 구성된 소결 시스템을 활용하여 레이저 소결하였다. PDMS 수지, AgNP 및 MWCNT의 조성 비율과 레이저 출력, 조사 속도와 같은 레이저 소결 조건을 변경하면서 복합재의 전기저항 평가를 수행하였다. 이러한 평가를 통해 복합재의 조성 비율, 레이저 소결 조건에 따라 원하는 기계적 및 전기적 특성을 만족시킬 수 있음을 보이고 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있음을 보인다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(과제번호 20017462)과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(00255697)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312001)의 연구수행으로 인한 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

박막형 스트레인 센서의 제작 및 이를 이용한 회전축의 변형률 무선 측정 시스템 구축

최승현[1,*], 조혜수[1,2], 이길용[1,2,#]

Fabrication of a thin-film strain sensor and construction of a wireless measurement system for the strain rate of the rotation axis using it

S. H. Choi[1,*], H. Jo [1,2], G. Y. Lee[1,2,#]

금오공과대학교 기계공학과[1], 금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공[2]

Key Words : Thin films, Silver nanoparticles, Laser sintering, Sensor, Strain, Rotating shaft

최근 레이저 소결 기술을 이용하여 제작한 웨어러블 전자 장치, 전도성 소자 등과 같은 여러 응용분야에서 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 레이저 소결 기술은 자유로운 설계, 빠른 제작 시간으로 인한 높은 생산성과 정밀도, 제조 비용 절감 등의 이점으로 많은 산업에 쓰이고 있고, 그중 나노기술을 이용하여 스트레인 센서의 성능을 나타내는 대표적인 지표인 감도(Gauge Factor)와 감지 한계를 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 은나노입자–광경화성 수지를 혼합한 잉크에 레이저를 조사하여 만든 박막형 전도성 패턴으로 스트레인 센서를 제작하고, 이를 이용하여 회전축의 변형률을 측정하는 기초 실험을 진행하고 토의한다. 은나노입자와 광경화성 수지의 비율, 레이저의 스캔 속도와 PWM 신호 등의 공정 변수에 따라 면저항이 달라지는 경향을 나타내는 것을 확인하였고, 공정 변수를 조절하여 감도가 큰 스트레인 게이지의 전도성 패턴을 제작하였다. 제작한 센서를 이용하여 모터에 의해 제어되는 회전축의 속도 변화에 따른 변형률 데이터를 측정하고, 이를 모니터링할 수 있는 무선 측정 시스템을 구축하였다. 감도가 큰 센서를 제작함으로써 이전의 연구에서 신호를 증폭하기 위해 사용했던 OpAmp를 사용하지 않아, 전력 공급 및 전자 부품 등 회로가 간소화되는 이점이 있으며, 스트레인 센서로의 응용가능성을 확인하였다. 향후 센서의 성능 개선과 추가적인 응용 방안에 대한 연구를 수행할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(과제번호 20017462)과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(00255697)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312001)의 연구수행으로 인한 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

R&D 투자전략 플랫폼을 위한 R&D 과제 B/C(비용편익) 지표개발

강상규*, 임종연#, 이방래

Development of R&D B/C indicator for R&D investment & strategy platform

S. K. Kang*, J. Y. Lim#, B. R. Lee

한국과학기술정보연구원 R&D투자전략연구센터

Key Words : Indicator, B/C, Cost, Benefit, Investment, Strategy, Platform

우리나라 국책R&D사업은 대규모 국가재정을 활용하기 위해 대부분 예비타당성분석을 수행하는데 이때 결정적인 요소가 비용편익분석이며, 공공 R&D의 경우 미래의 불확실성으로 국가 재정에 대한 부담을 해소하기 위해 비용편익분석에 많이 의존하고 있다. 기존의 예비타당성 조사가 접수부터 선정까지 기간이 많이 소요되어 급변하는 국내외 환경변화 및 기술발전 변화에 대응이 늦어져 예비타당성조사의 제도개선을 추진한바 완화된 예비타당성 조사를 통해 전국적으로 대형 R&D 사업이 확대되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 향후 국가 전략기술 및 지역 대형 R&D 사업에 대한 예비타당성조사에서 결정적인 요소인 비용편익분석을 쉽게 접근할 수 있도록 사례분석을 통해 비용추정과 편익추정을 하여 표준지표를 도출하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 한국과학기술정보연구원의 주요사업인 '자율도전 연구과제'의 지원을 받아 연구되었음(No. K-23-L05-C02-S16)

발표자*, 교신저자#(jylim@kisti.re.kr)

디스플레이 소재·부품·장비의 과학기술·산업분석

강상규*, 유선희, 임종연, 이방래#

An analysis of science technology and industry for display materials, parts and equipment

S. K. Kang*, S. H. Yoo, J. Y. Lim, B. R. Lee#

한국과학기술정보연구원 R&D투자전략연구센터

Key Words : Papers, Patents, Investment, Display, Materials, Parts, Equipment

최근 전세계 디스플레이 패러다임이 고휘도, 고효율, 대형화, 친환경, 플렉서블, 스트레쳐블, 투명 등 기존의 볼수 없었던 고성능 제품과 새로운 상품으로의 시장변화를 요구하고 있고, 기존의 TV, 노트북, 스마트폰 등의 전통시장에 비해 차량용, 게임용, 광고용, 웨어러블 등의 시장에 대한 요구가 매우 다양해짐에 따라 국내 디스플레이 메이저 기업들은 세계 시장의 선도적인 역할을 유지하기 위해 끊임없는 변화를 추구해 왔으며, 이에 대응하는 우리나라의 디스플레이 소재·부품·장비도 수출품목 중에서 절대적인 역할을 하는 효자 품목으로 자리잡아 왔다. 그러나 올해 들어 디스플레이 소재·부품·장비는 지난해에 비해 수출액이 50% 정도로 감소하였고, 특히 대중국 수출은 80%까지 감소하는 등 디스플레이 소부장 기업들은 매우 어려운 상황에 봉착해 있다.

특히, 우리나라 주요 디스플레이 기업의 LCD 채산성으로 인한 LCD 생산량 감축과 중국의 국산화정책 장려로 인한 LCD 장비의 시장 확대 등과 맞물려 국내 LCD 관련 소부장 기업들은 가격경쟁력이 높아진 진입장벽을 바라볼 수밖에 없었다. 디스플레이 소재·부품·장비의 국산화율도 현재 65% 이하로 나타나 국산화도 매우 시급한 해결과제로 나타났다. 제품의 다변화와 글로벌 공급체인 등의 어려운 상황을 극복하고, 디스플레이 소부장 핵심기술에 대해 점차 좁혀지는 중국기술 수준의 대응과 차세대 디스플레이 시장을 선점하기 위해서는 이에 국가적 차원의 디스플레이에 대한 체계적인 로드맵이 필요하다.

본 연구에서는 디스플레이 소부장 핵심기술의 개발을 통해 디스플레이 소부장 관련 국내 연구자들 및 관련 기업의 역량을 높이고 우리나라가 선도국가를 지속적인 유지하기 위해 국가적 차원의 디스플레이 로드맵을 수립할 때 기초자료로 활용하기 위해 논문, 특허 등의 과학기술분석과 시장역학분석 및 산업구조분석을 통해 정부의 적극적이고 효율적인 R&D 투자를 위한 로드맵 수립시 방향을 제시하고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 한국과학기술정보연구원의 주요사업인 '과학기술산업 혁신전략 분석모델 고도화 및 활용확산'의 지원을 받아 연구되었음 (No. K-23-L03-C04-S01)

발표자*, 교신저자#(brlee@kisti.re.kr)

스핀들 데이터 패턴 기반의 절삭 가공공정 이상 감지에 관한 연구

송영호*,#, 정영준, 송민철, 남종필

Research on detection of cutting process abnormalities based on spindle data patterns

Y. H. Song*,#, Y. J. Jeong, M. C. Song, J. P. Nam

한국전자기술연구원

Key Words : Spindle load, Machining process, Cutting tool

절삭 가공 공정에서 절삭 조건을 설정하는 일은 쉽지 않다. 가공 소재, 절삭 공구 및 가공 설비 등 다양한 매개변수를 고려하여 설정해야 하며 특히 이송속도(Feedrate) 및 절입깊이(Ap, Ae) 등 얼마나 적절하게 설정하는지에 따라 공구 수명과 제품의 품질이 좌우된다. 실제 제조현장에서는 절삭가공이 완료된 후 간이 측정 혹은 정밀 측정을 통해 제품이 정상인지를 판단하게 된다. 즉 절삭가공 공정 중에는 해당 제품이 문제없이 진행되고 있는지 확인이 불가능하다. 특히 대량 가공생산에서는 단일제품 측정이 아닌 Lot별 랜덤 측정방식이 사용되므로 현재 가공장비의 절삭상태는 매우 중요하다. 그리고 대량생산 시스템에서는 초기 품질이 양품인 절삭조건 값으로 Lot생산을 진행하며, 가공 장비 및 공구, 원소재의 성질 및 특성은 계속적으로 변화하게 된다. 즉 초기 양품의 절삭조건으로 계속 가공을 진행할 경우 여러 외부 요인에 의해 양품의 품질을 보장받을 수 없게 된다. 실제 현장에서는 작업자의 실수로 원소재의 위치 및 위상을 잘못 파악하여 가공장비에 소재를 고정할 경우 대량의 불량 또는 원인을 찾을 수 없는 경우가 많다. 본 연구에서는 가공에 영향을 미치는 매개변수인 스핀들 부하 값과 가속도(진동)값을 기반으로 절삭가공의 특성을 확인하고 실시간으로 가공공정의 데이터 패턴을 분석하여 이상 감지를 통한 절삭 조건 최적화과정의 기초가 연구로 활용 될 수 있을 것으로 예상한다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.P141200001, 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 기반구축)

발표자*, 교신저자#(songyh@keti.re.kr)

용접 자세 데이터를 이용한 스켈레톤 관절 보정 모듈

김운용*,#, 김회민, 전성국, 윤정록

Skeleton joint correction module using welding posture data

Un-Yong. Kim*,#, Hoe-Min Kim, Sungkuk Chun, Jeongrok Yun

한국광기술원

Key Words : Welding, Skeleton joint, Kinect camera

본 연구에서는 용접 작업자의 올바른 자세를 제시하기 위해 작업자의 스켈레톤 관절 데이터 취득하고 이를 보정 하는 방법을 제안하고자 한다. 용접 작업에 있어 작업자의 올바른 자세는 작업자의 안전과 제품 품질 향상에 중요한 역할을 한다. 용접 자세 스켈레톤 관절 데이터 취득은 관절 부위 형태를 기반으로 정보를 취득하는 키넥트 카메라를 사용한다. 하지만 키넥트 카메라에서 제공하는 기본 스켈레톤 관절 정보 데이터는 취득 중에 대상 작업자의 주변 환경에 따라 취득된 데이터의 신뢰도가 떨어질 수 있다. 이는 취득된 관절 좌표 위치가 작업자의 실제 관절 위치와 어긋나 있거나 관절 위치 좌표가 소실되어 데이터를 가시화했을 때 관절이 표시되지 않는 문제가 생길 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 키넥트 카메라로 취득된 용접 자세 스켈레톤 관절 데이터의 불안정한 데이터를 개선하고, 향상된 데이터를 이용하여 촬영된 스켈레톤 관절 데이터를 프레임 단위로 시각화한다. 시각화된 프레임들은 용접 작업자의 실제 작업중인 이미지 데이터와 비교하여 불안정하게 취득된 관절 데이터들을 직접 보정 할 수 있다. 관절 데이터를 받아오는 도중 소실된 관절 데이터가 존재하는 프레임들을 기록한다. 기록된 프레임마다 소실된 관절 데이터 번호와 일치하는 앞, 뒤 프레임의 관절 좌표를 기반으로 인터폴레이션해 보정 한다. Unity 기반 스켈레톤 관절 보정 모듈로 보정된 올바른 자세의 용접 작업자 스켈레톤 관절을 기반으로 용접 작업의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대함.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 2023년도 현장지식 자산화 및 노동력 증강 기술개발사업(1415185743)의 지원을 받아 수행되었습니다.

발표자*, 교신저자#(kuy7023@kopti.re.kr.com)

이산시간 시뮬레이션을 활용한 공정물류 최적화 환경 개발

장성수[1,*], 권재영[1,#], 송영호[1], 송민철[1], 정영준[1], 유동휘[1], 이진성[2]

Development of process logistics optimization environment using discrete time simulation

S. S. Jhang[1,*], J. Y. Kwon[1,#], Y. H. Song[1], M. C. Song[1], Y. J. Jung[1], D. H. Yu[1], J. S. Lee[2]

한국전자기술연구원 ICT융합연구센터[1], 스마트제조연구센터[2]

Key Words : Logistics optimization, Anylogic, Python, Reinforcement learning

여러 산업에서의 디지털 전환과 함께 제조분야에서도 최적화를 위한 IT, OT기술의 융합과 데이터 수집, 활용이 활발이 이뤄지고 있다. 또한, 설비 운영에서의 자동화가 빠르게 진행됨에 따라 단일 설비 효율은 증가하고 있지만 제조, 물류 설비 간의 연계를 통한 최적화는 동적인 환경에서의 비선형적인 특성에 대한 연구가 필요하다. 공장운영 최적화를 위한 실제 제조라인에 다양한 파라미터, 스케줄을 반영하기 전, 시뮬레이션 방법론을 활용하여 사전검증을 수행하는 단계가 필요하며 본 연구에서는 Anylogic의 Python 연동 기능을 구현, Python 알고리즘과 Anylogic 시뮬레이션 환경을 활용한 강화학습 모델을 개발하였다.

제조설비 운영 환경은 한국전자기술연구원 동남권지역본부의 스마트제조 공정혁신센터 내 정밀금속가공 설비들과 자동창고시스템(ASRS)과 그 연계를 돕는 AMR을 대상으로 구축했고 Python과의 연동은 Java 기반의 Anylogic 제공 기능인 pipeline 모듈을 이용하였다.

CNC 금속가공 공정의 경우, 가공 스케줄에 따라 Lot 당 가공 대상 원소재의 수량, 대상 설비, 활용 설비 수, 가공 스케줄링 등의 다양한 변수를 최적화하는 단계가 필요하다. 이를 위해 대표적인 강화학습 알고리즘인 DQN 심층 강화학습을 적용하였고 에피소드별 시나리오에 따라 어떤 변수가 최적화 되어야 할지 탐색하는 방식으로 환경을 개발, Python 알고리즘 적용시 Anylogic 환경으로부터 상태값을 전달받아 최적화 값을 도출하고 이를 다시 환경으로 전달하여 시뮬레이션에 반영하는 방식이다. 단일 소프트웨어에서 연계가 어려운 시뮬레이션과 최적화 알고리즘 적용을 동시에 하였으며 본 연구를 통해 다양한 환경에서의 최적화 연구 및 새로운 알고리즘의 적용이 가능하도록 활용할 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.P141200001, 빅데이터 활용 마이스터 로봇화 기반구축)

발표자*, 교신저자#(jss0221@keti.re.kr)

MDT 표준모델 기반의 모델링 및 장비 데이터의 연동 방안에 관한 연구

유현수*, 이진성#, 윤성준

Research of MDT standard model based on modeling and linking equipment data

H. S. Yu*, J. S. Lee#, S. J. Yoon

한국전자기술연구원 스마트제조연구센터

Key Words : Manufacturing digital twin, Asset administration shell, Fraunhofer advanced asset administration shell tools for digital twins

본 논문에서는 MDT(Manufacturing Digital Twin) 표준모델을 기반으로 로봇 및 가공기를 모델링하고 FAAAST Service(Fraunhofer Advanced Asset Administration Shell Tools for Digital Twin)를 이용하여 OPC UA 주소에 저장된 장비 데이터를 모델의 프로퍼티에 맵핑하여 연동하는 방안을 제안하고자 한다.

발표자*, 교신저자#

유도전동기 회전자 중력주조 제조 및 특성 분석

이규석*, 서재혁, 이성호#

Gravity casting manufacturing and characteristic analysis for induction motor's rotor

K. S. Lee*, J. H. Seo, S. H. Lee#

한국생산기술연구원

Key Words : Gravity casting manufacturing, Hybrid rotor, Sand-casting mold

유도전동기의 회전자는 주조 공정을 통해 제작이 되고 있으며, 회전자 주조 공정은 회전자의 형상을 결정하며 유도 전동기의 성능과 효율에 큰 영향을 미치는 요소기술로써 유도전동기 생산기술분야에서 핵심 공정으로 취급되고 있다. 산업용 표준형 저압 유도전동기에 적용되는 유도전동기의 회전자는 대부분 농형 회전자가 적용이 되고 있으며 주조 공정 중에 하나인 다이캐스팅 공정을 통해 제작이 되고 있다.

다이캐스팅 공정은 대량 생산의 이점 및 낮은 가격을 앞세워 널리 보급 되고 있지만, 농형 회전자 제작을 위해 고가의 금형 제작 비용과 성형을 위한 고압의 다이캐스팅 장비가 필수적으로 필요하며, 수많은 시 사출을 걸쳐 최적의 성형 공정 조건을 도출 해야 하는 단점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 시 사출시 최적의 공정 조건 도출을 위해 회전자 코어 손실이 발생하게 되며, 소량생산에는 부적합한 단점을 가지고 있다. 또한, 다이캐스팅 공정상에서 회전자 도체바(bar) 안에 가스 및 공기 혼입으로 인한 기포 발생, 금속 응고 시 발생되는 수축 공동 등으로 회전자 바의 전기적 성능 및 기계적 성능을 떨어뜨리고, 이는 전동기 효율을 저하 시키는 원인이 되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 유도전동기용 회전자 제작 시 기존의 다이캐스팅 공정 대신, 회전자 코어에 구리 도체바를 삽입하고 사형 금형을 이용하여 양쪽 엔드링을 알루미늄 중력주조로 성형하여 회전자를 제작하는 새로운 회전자 제조 공정을 제안하였다. 회전자를 제작하기 위한 세부 중력 주조 제조 공정 절차를 수립하여 하이브리드 타입의 농형 회전자를 제작하였으며, 다이캐스팅 공정을 통해 제작된 회전자와 기계적, 전기적 특성들을 비교 분석 하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국에너지기술평가원 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (RS-2023-00232593)

발표자*, 교신저자#(shlee07@kitech.re.kr)

OPC UA를 활용한 산업용 IoT PubSub 연구

이원희*,#

Research of Industrial IoT PubSub using OPC UA

W. H. Lee*,#

한국전자기술연구원 스마트제조연구센터

Key Words : OPC UA, PubSub, Industrial IoT

최근 제조 Level 별 제조데이터 연동 인터페이스 표준으로 OPC UA가 적용되고 있다. 제조설비, 장치 등의 컨트롤러 Level은 OPC UA 기능이 기본적으로 Built-In 되어 현장에 적용되고 있으며, 특히 XR, 빅데이터, AI 등 제조 응용애플리케이션 Level까지 OPC UA가 적용되고 있다. 그러나 제조 현장에 적용되어 있는 OPC UA는 서버-클라이언트라는 구조적 한계로 인해 확장성의 제한이 있고, 이를 해결하기 위한 비연결성 방식의 PubSub(발행-구독) 구조 모델의 연구 및 현장적용이 진행되고 있다. 본 논문에서는 OPC UA 서버-클라이언트 구조 모델의 문제점을 분석하고, 이에 대한 대안으로 OPC UA PubSub 테스트베드를 구축한 결과이다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00962, 제조 현장 맞춤형 Industrial XR 프레임 워크 개발)

발표자*, 교신저자#(zsed50@keti.re.kr)

디지털 트윈 연계 프로세스 마이닝 분석 기법 관련 연구 분석

이용호*, 이원희#

Analysis of research related to digital twin-linked process mining analysis techniques

Y. H. Lee*, W. H. Lee#

한국전자기술연구원

Key Words : Digital twin, Process mining, Process Optimization

최근 성장 한계점에 도달한 제조 산업 분야는 Industry 4.0 기술을 활용한 제조공정의 디지털 트윈(Digital twin)으로 한계점을 타개하려 한다. 하지만 제조공정에서 발생하는 방대한 양의 데이터와 복잡성, 공동 최적화 문제 등으로 한계가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 시스템의 이벤트 로그를 추출하여 프로세스를 도출하는 프로세스 마이닝(Process mining)과 디지털 트윈을 결합하는 연구가 제시되고 있다. 본 논문에서는 프로세스 마이닝을 기반한 시뮬레이션 모델 생성과 제조공정의 디지털 트윈에 대한 최신 기술 및 연구동향 분석을 제공한다.

후기 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2022-0-01024, 대규모 CPPS 최적 운용을 위한 국제표준 기반 제조 디지털 트윈 관리 기술 개발)

발표자*(yongho@keti.re.kr), 교신저자#(zsed50@keti.re.kr)

고령자 자율신경계 기능 모니터링 모바일 어플리케이션 사용성 평가

이기현*, 김지혜, 윤정민#

Usability evaluation of mobile applications for monitoring autonomic nervous system functions in the elderly

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

한국생산기술연구원 국가산업융합센터

Key Words : Usability, Elderly, Application, Autonomic nervous system function, Monitoring

Objective: 본 연구의 목적은 세 가지 어플리케이션의 비교평가를 통해 고령자 자율신경계 기능 모니터링 모바일 어플리케이션의 사용성 수준을 진단하고 개선이 필요한 UI 설계 요인도출을 목적으로 한다. Background: 고령자의 건강 관리는 현대 사회에서 중요한 과제 중 하나이며 이들의 건강 상태를 모니터링 하기 위해 접근성이 높고 사용하기 편리한 기술의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 스마트폰이나 스마트워치와 같은 휴대용 기기들은 이러한 요구를 충족시킬 수 있지만 직관적이지 못한 어플리케이션은 고령자들이 사용에 어려움을 겪을 수 있으므로 기술의 적용 과정에서 고령자의 특성과 요구가 충분히 고려되어야 한다. 따라서, 본 연구는 고령자를 위한 자율신경계 기능 모니터링 모바일 어플리케이션의 사용성을 평가하고 이를 바탕으로 사용자 UI 설계의 개선 방향을 제시하고자 한다. Method: 본 연구에서는 연구대상자들이 평가 대상 및 두 가지 비교 대상 어플리케이션을 사용하도록 하였다. 이들은 회원가입, 생체 데이터 측정 및 확인, 그리고 기타 편의 기능을 사용하는 과업을 수행하였다. 과업 수행 과정에서 각 과업별 수행 시간, 오류 발생 횟수, 오류 수정 시간을 측정하고 마무리 인터뷰를 진행하였다. Results: 평가 대상 및 두 가지 비교 대상 어플리케이션의 사용성에 대한 일원 배치 분석 결과 세 어플리케이션 간에 통계적으로 유의한 차이는 존재하지 않았다. 그러나 평가 대상 어플리케이션은 편리성, 색체, 이미지, 현실감, 적합성, 매력성, 효율성, 배치, 위험성 등의 항목에서 비교 대상들에 비해 높은 만족도를 확인하였으며 오류 관련 항목에서는 낮은 만족도를 확인하였다. 또한 과업 수행 시간, 오류 발생 횟수, 오류 수정 시간에 대해서도 평가 대상이 비교 대상들에 비해 다소 낮은 성과를 보였다. Conclusion: 본 연구를 통해 평가 대상 어플리케이션과 두 가지 비교 대상 어플리케이션 간의 사용성 차이에 대해 평가하였다. 분석 결과 모든 어플리케이션 간에 유의한 차이는 발견되지 않았지만 평가 대상 어플리케이션은 편리성, 색체, 이미지, 현실감 등 항목에서 높은 만족도를 나타냈으며, 오류 관련 항목에서는 낮은 만족도를 보였다. 이러한 결과는 UI 설계 시 오류 관련 항목의 만족도를 높이기 위해 고려해야 한다.

후기 This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the "XR Device Development Support Center Operations in 2023" support program supervised by the NIPA(National IT Industry Promotion Agency)

발표자*, 교신저자#(jmyun@kitech.re.kr)

용접 자세 데이터 생성을 위한 스켈레톤 관절 보정 모듈 데이터 습득 방법

윤정록*,#, 전성국, 김회민, 김운용

Data acquisition method of skeleton joint correction module for generating welding posture data

Jeongrok Yun*,#, Sungkuk Chun, Hoe-Min Kim, Un-Yong Kim

한국광기술원

Key Words : Welding, Skeleton tracking, RGBD camera, Data acquisition

영상을 이용한 스켈레톤 트래킹 기술은 발전하고 있지만, 환경의 특이성, 사각 영역, 관절 교차, 다수 인원에 대한 스켈레톤 생성 시 정확도에 대한 이슈는 완벽히 해결되지 않았다. 특히 용접의 경우 환경에 특이성에 의해 스켈레톤 트래킹의 신뢰도가 떨어진다. 이에 대하여 작업자의 정확한 자세 데이터 수집을 위해 추출된 스켈레톤의 후처리를 할 수 있는 모듈이 필요하다. 본 논문에서는 스켈레톤 관절 좌표 보정이 가능한 모듈의 데이터 취득방법에 대하여 제안하고자 한다. 자세 데이터 취득은 RGBD 카메라를 이용하여 프레임 단위로 촬영하여 RGB 영상, point cloud 영상, 스켈레톤 관절 좌표 등을 추출하고, RGB 영상과 point cloud 영상을 변환하여 RGBD 영상을 생성한다. 추출된 각 관절 좌표는 전체 프레임의 관절 좌표를 기준으로 한 ROI 영역과 중심점을 검출하여 보정 모듈 내 가시화 영역 지정하고, 스켈레톤을 가시화한다. 가시화된 스켈레톤은 실제 영상과 비교하기 용이하도록 같은 프레임에 생성된 RGBD 영상을 별도로 가시화한다. 가시화된 RGBD 영상은 관절에 해당하는 point를 생성하여 스켈레톤 각 관절 좌표와 calibration 하여 연동한다. 본 논문에서는 스켈레톤 데이터 보정이 가능한 데이터 습득 모듈에 관하여 서술하였다. 해당 모듈을 이용하여 신뢰도가 낮은 스켈레톤 데이터를 보정 하여 신뢰도 높은 데이터 수집이 가능하다. 추후 연구에서는 추출된 용접 작업자 point cloud 영상을 학습하여 최적의 용접 자세에 관한 연구를 진행할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 2023년도 현장지식 자산화 및 노동력 증강 기술개발사업(1415185743)의 지원을 받아 수행되었습니다

발표자*, 교신저자#(justin182@kopti.re.kr)

에스컬레이터 역주행방지장치 취부시 구조해석을 통한 구동축의 안전성 평가

정재윤[1,*], 정의찬[2], 김동복[2], 김성호[1,#]

Structural analysis when installing an escalator reverse running prevention device, safety evaluation of drive shaft

J. Y. Jung[1,*], E. C. Jung[2], D. B. Kim[2], S. H. Kim[1,#]

한국승강기대학교 승강기공학부[1], 제일에스컬레이터(주)[2]

Key Words : Structural analys, Escalator, Pawl and Ratchet, Anti- Reversal Device

초록: 최근 3년간 국내에서는 에스컬레이터의 역주행사고로 인한 사상자 발생하고 있다. 역주행은 에스컬레이터가 상승방행으로 운행중 갑자기 운행방향이 바뀌어 하강하는 경우 과속 혹은 역주행사고에 대한 목적으로 설치하는 안전장치이다. 에스컬레이터용 역주행방지장치는 각 부품의 신뢰성 및 구조적 안전성을 확보하여야 하며, 무엇보다 갑작스런 정지로 인해 승객이 넘어지지 않도록 안전하게 정지하여야 한다. 역주행안전장치가 작동하여 정지시킬때의 감속도는 0.1~1 m/s² 이내이어야 한다. 이 장치는 제동부 종류중 가장 많이 사용하는 방식인 폴라쳇방식으로 폴과 라쳇에 가해지는 힘에 충분히 견디는 튼튼한 구조가 되도록 설계되어야 하며 검사기준에서는 안전율 3.5 이상을 요구하고 있다. 안전을 목적으로 설치되는 장치이며 뛰어난 제동성능과 구조적 안전성이 요구되고 있으므로, 제품의 신뢰성과 부품의 강도 및 안전성평가가 중요하다. 본 연구에서는 설계 모델링을 바탕으로 각 사용환경을 고려하여 구조해석 시뮬레이션을 수행하여 구조적 안전성 평가를 실시하였다. 주요 연구 결과로 크기별 중실축, 중공 축에 취부되어 있는 역주행방지장치가 최대부하 하중 조건에서 동작하였을 시 안전율은 모두 5.00이상으로 안전하였고, 구동축의 변형량 0.001~0.0055mm로 극히 적어서 해당시스템은 구조적 안전성을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 행정안전부의 ‘ 재난안전산업 기술사업화지원사업 ’의 지원을 받아 연구되었음(No. 00254858)

발표자*, 교신저자#(kecii002@klc.ac.kr)

은나노입자 기반 유연 전도성 소자의 제작 및 웨어러블 센서의 활용에 대한 연구

조혜수*, 이길용#

Research on the production of silver nanoparticle-based flexible conductive devices and their use as wearable sensor

H. Jo*, G. Y. Lee#

금오공과대학교 기계공학과 항공기계전자융합전공

Key Words : Silver nanoparticles, Flexible conductive device, Wearable sensor

지난 수십 년 동안 유연하고 신축성 있는 유연 센서는 전기, 전자 장치에 접목되어 인체공학 및 과학 응용분야에서 많은 연구가 활발히 이루어져왔다. 유연 센서를 제작하기 위해 제안된 다양한 제조 공정 중 하나인 레이저 소결 방식은 전도성 패턴의 정밀한 패턴 형성을 가능하게 하며 패턴 구현의 타당성을 보여준다. 이러한 레이저 소결 방식을 이용하여 제작한 유연 센서는 압력, 압축 및 변형률 센서와 같은 측정 장치에 이용될 수 있으며 인체 공학적으로 제작한 착용형 센서, 인터페이스, 감지 모니터링 등에 사용된다. 본 연구에서는 유연 전도성 소자를 제작하기 위하여 폴리디메틸실록산(PDMS)과 같은 유연 소재를 사용하였으며 이를 센서의 기판으로 사용하여 유연 전도성 소자를 제작하였다. 또한 레이저 소결 방식으로 제작된 센서의 특성을 평가하기 위하여 레이저 소결 시스템 및 인장 시스템을 구축하였으며 레이저 소결 공정 조건에 따른 센서를 비교, 분석 하였다. 유연 전도성 소자의 미세구조를 관찰하여 센싱 메커니즘을 규명을 하였다. 이와 같은 유연 전도성 소자를 이용한 웨어러블 센서의 활용 가능성을 보이기 위하여 착용 가능한 센서 시제품을 제작하였으며, 다양한 손동작에 따른 전기 저항 변화를 통한 동작 감지 측정 결과를 보이고 기초 성능 평가를 수행하였다.

후기 본 연구는 산업통산자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(과제번호 20017462)과 중소벤처기업부의 2023년도 중소기업 R&D 역량제고사업 맞춤형 기술파트너 지원사업(00255697)과 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312001)의 연구수행으로 인한 결과물임.

발표자*, 교신저자#(gylee@kumoh.ac.kr)

주성분 분석을 활용한 PCB 후공정 비전검사

정재학*,#, 유상철, 하윤우

Vision inspection of PCB post-processing using principal component analysis

J. H. Jung*,#, S. C. Yoo, Y. W. Ha

주식회사 유디엠텍

Key Words : Principal component analysis, Anomaly detection, Vision inspection

제조 산업은 제품 품질 향상과 불량률 최소화에 중점을 둔다. 최근, 인공지능(AI)활용으로 육안검사로 품질을 체크하던 제조공정이 변화하고 있다. 딥러닝을 활용한 비전 검사 기술은 제품의 품질을 더욱 정밀하게 평가하고 분석할 수 있는 방법을 제공하며, 이는 기존의 방법보다 높은 정확도와 일관성을 제공할 수 있다. 본 연구에서는, 비지도 학습 방법 중 하나인 주성분 분석(PCA)을 활용하여 양품, 불량을 판별하는 비전검사를 진행하고자 한다. 본 연구는 PCB기판 비전검사기로부터 원본 이미지와 관련 데이터를 전달받아 활용한다. PCB 이미지의 일정한 규격으로 분할이 필요하나, 이미지가 기울어져 있어 기울기를 보정하는 알고리즘을 활용하여 이미지의 기울기를 조정하였다. 기울기가 조정된 이미지를 색공간을 변환해 이미지의 명도를 조절하고 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)를 적용해 이미지의 대비를 개선시켜 객체와 배경을 명확하게 구분하도록 한다. 객체와 배경에 대한 노이즈를 제거하는 알고리즘을 적용해 학습시킬 객체에 노이즈가 섞여 들어가지 않도록 한다. 원본 이미지를 Copy하여 Grayscale를 적용해 PCB노이즈의 검은색을 제거하도록 한다. Gaussian Blur를 적용해 주변 픽셀 값을 정리하고, threshold를 적용해 픽셀 값이 10이하인 검은 노이즈만 검출해 전처리 된 이미지와 합쳐지도록 한다. 위에 과정을 거친 후 PCB 관련 데이터에 있는 piece별 좌표 값을 활용하여 PCB 이미지를 각각의 일정한 규격으로 분할한다. 주성분 분석(PCA)을 통해 이미지의 주요 특성을 추출하고, 복원된 이미지와 원본 이미지의 차이를 분석하여 양품과 불량품을 정확하게 판별하였다. 이 연구를 통해 PCA를 활용한 비전 검사 기법이 PCB 제조 공정에서의 품질 관리에 효과적으로 적용될 수 있음을 제시한다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294587 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(ignitebc@udmtek.com)

오토인코더를 활용한 스테이터 함침공정 품질 예측

정재학*,#, 은찬민, 김정희

Stator impregnation process quality prediction using autoencoder

J. H. Jung*,#, C. M. Eun, J. H. Kim

주식회사 유디엠텍

Key Words : Auto encoder, Quality prediction, Unsupervised learning

공정 품질의 예측 및 관리는 제조 업계에서 지속적인 주목을 받아왔으나, 전통적인 통계 기반 방법들은 다변량 및 비선형 데이터 패턴의 복잡성을 충분히 잡아내지 못하며, 이에 따라 예측의 정확성이 떨어지곤 한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는, 비지도 학습 방법 중 하나인 오토인코더(Autoencoder)를 활용하여 품질 예측을 진행하고자 한다. 본 연구는 실제 현장에서 수집한 공정 데이터를 활용하였다. 제공된 데이터는 다수의 변수들로 이루어져 있으며, 초기 분석 단계에서는 데이터 통합, 탐색적 데이터 분석(EDA), 상관관계 분석, 그리고 다중 공선성(VIF) 분석을 수행하였다. 데이터 전처리 과정에서는 결측 처리, 이상치 제거 및 변수 스케일링과 같은 기법을 적용하였으며, 이상치 제거는 IQR 방식을 통하여 제거하였다. 데이터의 정제 및 변환을 실시하여 모델 학습에 적합한 형태로 데이터를 변환하였다. AI모델은 비지도 방식인 오토인코더를 활용하여 스테이터 함침공정의 품질을 예측하는 모델을 제시하였고, 정제된 데이터 중 정상 데이터의 70%를 학습에 사용하고, 정상 및 비정상 데이터를 포함한 나머지 30%로 모델을 구성하였다. 모델의 성능은 주로 복원 오차(Reconstruction Error)를 이용하여 평가하였으며, 이를 시각화 하여 데이터 포인트별로 복원의 정확도를 분석하였다. 각 데이터 특성 별 재구성 오차를 계산하고, 오차가 큰 특성을 식별하여 추가적인 분석을 진행하였다. 이를 통해 복잡한 공정 데이터의 특징을 학습하고, 품질 관리 및 예측을 강화할 수 있는 방향성을 제시하였다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294587 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(ignitebc@udmtek.com)

PLC 제어로직 분석을 통한 Tag Data 추출 및 관리 방법

박대현*, 한강희#, 김연동, 한승우

Tag data extraction and management method through PLC control logic analysis

D. H. Park*, G. H. Han#, Y. D. Kim, S. W. Han

주식회사 유디엠텍

Key Words : PLC, Mitsubishi, Tag data analysis, Smart factory

PLC는 공장 자동화를 위해 수많은 센서와 기계를 움직이는 중요한 장비이다. 제어 로직은 생산을 자동으로 순서에 맞게 이뤄지도록 하는 생산 지도로 비유하여 설명할 수 있다. 이 제어 로직의 태그는 모든 제어할 수 있는 접점과 센서의 끝단을 말한다. 이런 태그 데이터를 수집하고 관리하는 방법은 PLC 주소의 심볼별 혹은 영역별 관리 및 표준화를 통해서 수많은 제어 로직을 쉽게 관리할 수 있는 장점을 가지고 있다. 해당 연구는 미쓰비시 PLC의 제어 로직을 기준으로 진행되었다. 미쓰비시 제어 로직을 명령어 형태인 CSV 파일 형태로 추출하여 전역변수 영역에서 선언된 태그와 블록 영역에서 선언된 지역변수을 모두 수집하게 된다. 태그 데이터를 수집한 이후에는 코멘트 파일에 주소를 키로 태그 데이터와 매칭을 시켜서 태그 데이터의 코멘트 및 기타 정보를 수집한다. 또한, CSV 파일 내에 있는 블록 내에서 사용되었던 태그의 수를 태그 데이터에서 숫자를 세어 해당 태그 데이터가 실제로 제어 로직 블록에서 사용되고 있는 유효데이터인지, 무효데이터인지를 분류하는 기준으로 사용할 수 있다. 이러한 방법을 통해서 PLC 제어 로직을 분석 기술을 사용하면 태그 데이터를 추출하고 해당 태그 데이터의 실제 사용한 수를 세어서 코멘트를 매칭시키는 등의 방법을 통해서 PLC 제어 로직의 태그 데이터 관리할 수 있는 장점이 있다. 해당 연구에 이어 앞으로 진행되어야 할 연구는 PLC 데이터 뿐만 아니라 제어 로직 내에서 이뤄지는 태그 확장에 대한 개념과 HMI의 태그도 매칭시키는 기술 등의 연구가 필요하다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294161 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(gksrkdgml@udmtek.com)

인공지능과 통계적 상·하한을 결합한 사출 공정 모니터링 시스템

오소향[1,2,*], 김진우[2], 김남기[1,2,#], 왕지남[2]

Integration of AI and statistical bounds for injection molding process monitoring system

S. H. Oh[1,2,*], J. W. Kim[2], N. K. Kim[1,2,#], J. N. Wang[2]

아주대학교 산업공학과[1], 주식회사 유디엠텍[2]

Key Words : Injection molding, Process monitoring, Artificial intelligence, Statistical bounds

공정 모니터링 시스템은 제조업 분야에서 품질 관리와 생산 효율성을 향상시키기 위한 중요한 수단 중 하나이다. 모니터링 시스템이 공정 현황 파악과 유지보수를 위한 의사결정에 핵심적인 역할을 하는 만큼, 공정의 상황을 잘 반영하면서도 작업자가 쉽게 이해할 수 있는 모니터링 시스템 구축이 필요하다. 이에 본 연구에서는 인공지능 기술과 통계적 상한 및 하한을 결합한 사출 공정 모니터링 시스템을 제안한다. 본 연구의 모니터링 시스템은 사출 공정 중 발생하는 온도, 압력, 속도 데이터에 대해 인공지능 분석과 통계적 한계에 대한 검토를 동시에 진행하고, 그 결과를 모니터링 시스템에 반영한다. 인공지능 분석 결과, 이상으로 예측된 제품은 불량으로 분류되고, 상한 또는 하한을 초과한 제품은 경고로 표시한다. 통계적 한계 검토는 인공지능 분석보다 직관적이기 때문에 작업자들의 이해에 보다 효과적이며, 효율적인 의사결정을 지원한다. 또한 통계적 한계는 인공지능 분석과 다른 시각을 제공한다. 새로 수집된 데이터가 상한 또는 하한과 큰 차이가 있을 경우 단순 제품 불량이 아닌 공정 자체의 결함으로 볼 수 있으며, 동일 경고가 반복적으로 발생할 경우 공정 추세의 변동으로 간주하고 인공지능 모델을 업데이트할 수도 있다. 이처럼 통계적 한계는 인공지능 분석과 다른 역할을 수행함으로써, 결합하여 사용한다면 새로운 시너지효과를 창출할 수 있다. 본 연구를 통해 인공지능 분석과 통계적 한계를 결합 및 적용한 모니터링 시스템의 효과를 살펴볼 수 있었으며, 더 많은 제조 분야에서 종합적인 모니터링 시스템을 도입한다면 제품 품질과 공정 안정성을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-00140864 스마트 제조혁신 기술개발사업)

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

딥러닝 알고리즘을 활용한 디스플레이 Cell 공정 불량 탐지

이보성[1,*], 양희찬[1], 김남기[1,2,#], 왕지남[1]

Defect detection in display cell manufacturing process using deep learning algorithms

B. S. Lee[1,*], H. C. Yang[1], N. K. Kim[1,2,#], G. N. Wang[1]

주식회사 유디엠텍[1], 아주대학교 산업공학과[2]

Key Words : Anomaly detection, Artificial intelligence, Defect prediction

전 세계적으로 스마트 제조 공정이 발전하고 있다. 그러나 스마트 제조 공정에서 불량품 발생 시, 불량 원인을 탐지하기 어렵고, 이를 전수 조사가 불가능하여 불량품이 있는 Lot를 폐기하는 등 회사에 큰 손실을 준다. 이에 우리는 딥러닝 알고리즘을 활용한 불량 탐지 모델을 개발하여 불량 탐지에 도움을 주고자 한다. 이에 따라, 본 연구에서는 디스플레이 Cell 공정 데이터를 활용하여 디스플레이 Cell 공정 운영 시, 딥러닝 알고리즘으로 불량품 탐지하는 기술을 적용하였다. 우리는 불량품을 탐지하기 위해 제품별 데이터의 평균과 표준편차를 활용하여, 데이터를 가공하였고, Tensorflow를 활용한 AutoEncoder 모델을 이용하여 불량 탐지 역할을 하는 모델을 개발하였다. 이 모델을 활용하여 기존 데이터와 모델이 복원한 데이터 간의 차이를 구하였다. 이 재구성 오차를 이용하여, 불량품과 양품의 재구성 오차 차이를 활용하여 불량 탐지를 수행하였다. 이것으로 얻어진 결과를 Explainable-AI 기법을 활용하여 불량 원인을 제시하였다. Cell 공정의 동일 설비에 대한 약 한 달 간의 설비 센서 데이터를 사용한 결과로는 Accuracy, Precision, Recall, F1-Score를 활용하여 성능을 측정하였고, 평균 약 82% 성능을 보여주었다. 불량 원인으로는 폴리싱 모터가 원인임을 제시하였다. 본 연구는 딥러닝 알고리즘을 활용하여 불량품을 예측하고, 실제 공정 적용 가능성을 제안하였다는 점에서 의의를 지닌다. 향후 더 많은 데이터 축적 및 세밀한 데이터 전처리 작업을 통해 예측 모델의 성능이 향상된다면 보다 정확한 유지보수 필요 구간의 예측이 가능해질 것으로 판단되므로 장래 불량 예측 모델을 실제 공정에서 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294587 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

Isolation Forest를 활용한 사출 공정 중 이상 탐지

이여름[1,*], 김남기[1,2,#], 왕지남[1]

Isolation forest-based anomaly detection in the injection process

Y. R. Lee[1,*], N. K. Kim[1,2,#], J. N. Wang[1]

주식회사 유디엠텍[1], 아주대학교 산업공학과[2]

Key Words : Anomaly detection, Injection molding, Process condition, Machine learning

사출성형은 금형 틀에 녹은 원료를 굳혀 제조하는 공정으로 충전, 보압, 냉각, 계량의 단계에서 다양한 공정변수의 영향을 받아 불량이 발생한다. 공정 환경에서 품질관리의 대부분은 지금까지도 작업자의 경험에 의존하고 있다. 현재 실시간 공정 모니터링 및 불량 검출 AI에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있으나 제품을 개별로 검사하여 양품 여부를 기록한 데이터는 흔치 않다. 본 논문에서는 밀도에 기반한 분류 알고리즘 Isolation Forest를 이용하여 불량 레이블이 존재하지 않는 데이터의 이상 탐지를 시도하고 사출기의 자체 이상 리포트와 비교하였다. 학습에는 약 1개월 간 사출기에 부착한 센서가 감지한 공정 데이터 및 실내 온도, 실내 습도, 냉각수 온도 데이터를 사용하였다. 실제 공정 환경에 AI를 적용하였을 때 전날까지의 누적 데이터를 fit해두고 공정 중 수집된 데이터를 실시간으로 transform하는 모델 업데이트 방법을 참고하여, 일자별로 분리된 데이터를 Robust scaler에 차례로 fit-transform하였다. 정규화 된 데이터는 변수별로 빈도를 참고하여 극단치를 제거하였다. 전처리가 완료된 데이터의 분포를 확인 후 배럴 온도, 금형 온도, 냉각수의 입수 및 출수 온도, 실내 온도를 feature로 사용하였다. 학습이 완료된 Isolation Forest 모델이 이상치를 분류하는 데이터를 시각화 하였을 때, 값이 일정한 구간을 벗어나는 데이터를 이상으로 판단하는 것을 관찰하였다. 기기의 이상 알람과 대조하였을 때 정상 구간을 더 정밀하게 파악하는 것을 확인하였다. 불량 레이블이 존재하지 않는 데이터 분석을 통해 정상 값 구간의 상한, 하한을 적절히 판단하면 공정 환경의 최적화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294587 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

XGBoost를 이용한 압출 공정의 품질 예측

전승석[1, 2,*], 김남기[1, 2,#], 왕지남[2]

Predicting quality in the extrusion process with XGBoost

S. S. Jeon[1, 2,*], N. K. Kim[1, 2,#], G. N. Wang[2]

아주대학교 산업공학과[1], 주식회사 유디엠텍[2]

Key Words : Extrusion process, Regression, XGBoost, Grid search, SHAP

본 연구의 대상은 고무를 압출하여 평평하고 얇은 제품을 만드는 공정이다. 이때 압출품의 두께를 일정 수준으로 유지하는 것이 공정 품질의 핵심 목표이다. 기존 공정에서는 압출기의 온도가 높고 압력이 낮을수록, 컨베이어의 속도가 빠를수록 두께가 얇아진다는 일반적인 지식에 의존하여 작업자가 임의로 수치를 조정해 왔다. 그 결과, 기존 목표 두께의 범위를 벗어나는 불량이 많이 발생했다. 이를 해결하기 위해 XGBoost 알고리즘을 이용하여 두께를 예측하는 방법을 제시한다. 온수 온도, 다이스 온도, 압출 속도, 컨베이어 속도, 코니칼 속도, 압출 압력, 압출 온도, 두께를 2일간 5초 간격으로 수집한 후, IQR을 이용하여 극단적인 이상치를 제거했다. 종속변수인 두께와 각 변수 간의 관계를 파악하고자 진행한 상관분석 결과, 온수 온도, 다이스 온도, 온도가 두께와 약한 상관관계를 가졌고, 압출 속도와 두께는 강한 상관관계를 가졌다. 회귀 모델로는 여러 의사결정나무를 부스팅으로 결합한 앙상블 방법인 XGBoost를 사용했다. 성능을 높이고자 Grid Search를 이용하여 최적의 반복 횟수, 학습률, gamma, 최대 허용 깊이, min child weight, subsample rate를 찾았다. 학습 결과, 결정계수는 0.7828, MSE는 0.0216으로 기본적인 모델인 단순 선형회귀분석에 비해 전반적인 성능 향상이 나타났다. 또한 블랙박스 모델인 XGBoost에 설명력을 부여하고자 SHAP를 적용한 결과, 압출 속도와 압력이 두께에 가장 큰 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 XGBoost만을 활용하여 모델을 구성하였으나 LightGBM, CatBoost, 랜덤 포레스트 등의 다양한 기법들을 종합적으로 활용하여 앙상블 모형을 구축하면 추가적인 성능 향상을 기대할 수 있다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294161 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

오토인코더 기반 냉동 설비 노후도 실시간 관리 시스템

최지홍[1,2,*], 김남기[1,2,#], 왕지남[2]

Real-time management system for aging refrigeration facilities based on autoencoder

J. H. Choi[1,2,*], N. K. Kim[1,2,#], J. N. Wang[2]

아주대학교 산업공학과[1], 주식회사 유디엠텍[2]

Key Words : Autoencoder, Anomaly detection, Aging facilities, Refrigeration facilities, Real-time management

제조현장에서의 설비 노후도 관리는 매우 중요한 요소이다. 설비 노후로 인해 고장이 발생할 경우 높은 비용과 시간이 들고, 설비 고장을 발견하는 시기가 늦어질수록 그 손실 규모는 더욱 커진다. 최근에는 많은 제조현장에서 제조 데이터 수집 및 모니터링을 실시하고 있으나 개별 인자에 대한 단순 모니터링에 그치거나, 사후 분석 중심의 제조 데이터 분석이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 오토인코더를 활용하여 여러 인자의 변화를 종합적으로 고려한 냉동 설비 노후도 실시간 관리 기법을 제안한다. 분석 대상 설비는 총 9대의 냉동기이며, 동일 조합으로 가동된 기간을 분류하여 각 기간별, 설비별 분석을 진행하였다. 설비 노후도 예측 모델로는 오토인코더 모델을 사용하였으며 시간에 따른 재구성오차의 경향을 분/일 단위로 모니터링하였다. 오토인코더의 재구성오차가 증가하는 경향을 보이면 설비의 노후화가 진행되고 있는 것으로 판단하였다. 또한 입력 데이터의 변수는 모델 성능 향상을 위해 여러 변수 중 VIF계수와 상관계수를 고려하여 최종적으로 12개의 변수를 선정하여 모델링을 진행하였다. 분석 결과 시간에 따른 재구성오차 증가 경향을 관찰할 수 있었고, 이는 설비 노후화가 진행되고 있다고 분석할 수 있다. 본 연구에서는 설비에서 실시간으로 수집된 데이터를 바탕으로 설비의 노후화 경향을 관찰하였다. 만약 설비 고장 이력이 존재한다면 기존 데이터의 재구성오차의 증가 경향과 실제 설비 고장 시기를 비교하여 적절한 임계치를 미리 설정하고, 실시간으로 새로운 데이터를 모델에 입력했을 때 재구성오차가 설정된 임계치를 넘는다면 예방정비를 실시함으로써 설비 고장을 사전에 예방할 수 있을 것이다.

후기 이 성과는 2023년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S3294161 컨소시엄형 기술개발지원사업)

발표자*, 교신저자#(namki94@udmtek.com)

FEA 방법을 활용한 다양한 EMC 재료의 TSOP 메모리 패키지 Warpage 분석

김찬기[1,*], Vivek Mohan More[1], 이응창[2], 노진성[1,#]

Experimental warpage behavior of a TSOP memory package correlated via FEA method utilizing different EMC materials

C. K. Kim[1,*], Vivek M. More[1], E. C. Lee[2], J. Rho[1,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 삼성전자 메모리사업부[2]

Key Words: Thin small outline package, Finite element analysis, Warpage

Advanced 3D packaging technology such as package-in-package (PiP) memory modules are widely used in space programs and aviation applications. This technology incorporates several stacked 2D packages of type such as thin quad flat packages (TQFP), ball grid array (BGA) and thin small outline packages (TSOP). The reliability of these 2D packages is crucial for highly reliable and cost-effective system-in-packages (SiP). Therefore, it holds great significance to mitigate the impact of warpages in 2D packages. During manufacturing processes, warpages can be caused by the combination of different process temperatures, various materials, and changes in material properties (shrinkage effect). In this study, an attempt has been made to investigate the experimental warpage behavior of a TSOP memory package in correlation with finite element analysis (FEA) warpage simulation which focuses on three different epoxy mold compound materials (EMCs) with different thermal properties. The "Shadow Moiré" warpage test measurements exhibited positive (33 μm), flat (4 μm) and negative (16 μm) warpage behavior at temperatures of 45 ° C, 165 ° C, and 205 ° C, respectively. In conclusion, the FEA simulation with optimum EMC shows good agreement with the measured warpage values of a TSOP package.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (No. 22-CM-EC-23)

발표자*, 교신저자# (jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

스퍼터링 증착법으로 제작된 금속/산화물 박막의 구조색 연구

김수연*, 이승훈, 김정환#

A study on the structural color properties of metal/oxide thin films deposited by sputtering deposition

Suyeon Kim*, Seung-Hun Lee, Jeong Hwan Kim#

한밭대학교 응용소재공학과

Key Words : Sputtering, Structural color, Thin film

최근 국내외적으로 화폐, 신분증 등의 위조 문제가 대두되면서, 이를 방지하기 위해 박막 광학 코팅을 이용하여 구조색을 구현하는 연구가 주목 받고 있다. 이를 위해 가장 많이 사용되는 기술은 얇은 박막에서도 미세한 패턴 제작이 가능한 리소그래피 나노 패터닝 공정이다. 하지만 리소그래피는 화학물을 필요로 하는 공정이므로 환경친화적이지 않으며, 대면적에는 적용이 어렵다. 또한 박막 제작 후 패턴을 가공해야하기 때문에 추가적인 공정 비용과 시간이 발생한다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해서는 친환경적이며 패터닝 공정을 필요로 하지 않는 박막의 구조색 구현 연구가 필요하다. 널리 사용되는 박막 제작 기술 중 스퍼터링은 접착력이 우수하여 다양한 기판에 적용이 가능하고, 금속 뿐만 아니라 산화물, 질화물 등의 증착이 가능하여 서로 다른 물질의 적층 제조가 가능한 공정 기술이다. 또한 두께 제어가 용이하고 단차피복성이 우수하여 원하는 두께의 고품질 막을 제작할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 금속/산화물 구조의 박막을 스퍼터링으로 제작하고, 금속막과 산화막의 두께에 따른 구조색의 실현 가능성을 평가하였다. 상부에 있는 금속막은 구조물의 산화를 방지하기 위해 Au를 선택했으며, 기판과 금속 사이의 중간 산화물막은 밴드갭 3.75 eV, 굴절률 1.782의 광학적 특성을 갖는 ITO를 사용하였다. 기판으로는 Si wafer와 Glass을 사용하였다. 제작된 박막을 FE-SEM 분석을 통해 적층 구조물을 관찰하고, UV-VIS 분석 방법을 이용해 구조에 따른 투명도와 흡수율을 평가하였다. 그리고 구조색 분석을 위해 mobile Camera을 사용하여, 형광등 아래에서 이미지를 촬영하였다.

발표자*, 교신저자#(jkim@hanbat.ac.kr)

금속 마이크로/나노 빙결 방지 표면을 위한 Roll to plate 공정 기술 개발

변성용[1,*], 김주완[1,2], 김영규[1,2], 이성민[1], 김석민[1,2,#]

Development of roll to plate process technology for metal micro/nano anti-icing surfaces

S. Y. Byun[1,*], J. W. Kim[1,2], Y. K. Kim[1,2], S. M. Lee[1], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 기계공학부[1], 중앙대학교 컴퓨터공학부[2]

Key Words : Glassy carbon film mold, Roll forming, Micropattern, Anti-icing

1. Introduction

Micro/nano 가공 기술은 마이크로 패턴이 있는 표면의 탁월한 가능성에 큰 관심을 불러일으켰다 이 기술의 발전은 전통적인 재료의 한계를 넘어 Anti-Icing, Boiling Heat Transfer, 마찰/마모 및 저항력 감소, 오염 방지 등과 같은 다양한 응용 분야를 제공한다. 특히 Heat pump system에서 얼음 형성은 열 교환 시스템의 효율을 감소시키고 생성된 성애를 제거하기 위해 추가적인 에너지 소모를 필요로 하여 에너지 손실을 야기한다. 이러한 빙결 현상을 줄이기 위해 소수성 표면을 형성하는 마이크로/나노 구조를 활용한 연구가 활발히 진행 중이며, 마이크로/나노 소수성 표면에서의 빙결 감소는 소수성 표면의 특성에 따라 응축된 입자들이 응집되고, Cassie-Baxter 조건에서 응축된 물방울과 표면 사이의 접촉 면적이 감소하여 열전달이 감소하기 때문이다. [1] Anti-Icing 표면을 만들기 위한 연구로는 플라스틱 소재에 마이크로/나노 가능성 표면에 대한 nano imprinting 기반의 연구가 진행되고 있다. 그러나 플라스틱 소재의 열전달 한계로 인해 Heat pump system에 직접 적용하는 데 어려움이 있기에 따라서 뛰어난 열전도성을 가진 금속 표면에 마이크로/나노 구조를 형성하는 기술이 필요하다. 금속 표면에 마이크로/나노 구조물을 형성하는 기술로는 화학적이거나 전기화학적인 방법을 사용하여 무작위로 구조를 형성할 수 있지만, 제어된 구조를 만들기 어려운 단점이 있다. 반면, photo lithography와 etching과 같은 제어 가능한 기술로 구조물의 형상을 제작할 수 있지만, 고가의 생산 비용으로 인해 대면적 응용에는 한계가 있다.

본 연구에서는 대면적인 금속 표면에 기능성 빙결 방지 표면을 만들기 위해 마이크로 패턴이 있는 Roll Mold를 활용하여 직접적인 마이크로/나노 구조물 복제 기술인 Roll to Plate을 개발하고, 이를 통해 빙결 방지 특성을 분석하였다. 또한 압연 공정 중 몰드와 금속이 이형 중 슬립현상으로 인한 구조물의 변형에 대한 원인 분석을 시뮬레이션을 진행하여 확인하였다.

2. Materials and Methods

Glassy Carbon (GC)는 고온에서 훌륭한 기계적 물성치를 가지고 있기 때문에 금속 성형을 위한 mold로써 주목받고 있는 소재이며 선행 연구를 통해 GC Plate mold를 제작하여 Direct metal forming으로 알루미늄 시편에 기능성 표면을 성공적으로 복제함으로써 가능성을 확인하였다. [2] 따라서 본 연구에서는 대면적 금속 표면 기능성 마이크로/나노구조 구현을 위한 롤 압연공정에 사용될 비정질 탄소(GC)-그라파이트 복합구조 롤 몰드를 활용하였다. GC-그라파이트 복합 구조 롤 몰드는 GC Film 몰드를 제작하여 롤러 베이스 그라파이트에 곡면 라미네이팅을 통해 제작하였다. Poly imide (PI) film과 그의 전구체인 Poly amicacid (PAA)를 활용하여 GC film 몰드를 제작하였다. PI의 전구체인 PAA는 다량의 자일렌과 같은 용매제를 함유하기 때문에 열경화 중에 용매의 증발로 인한 수축이 있다. [3] 따라서 초기 heating을 통해 용매를 미리 증발시켜 수축량을 감소하는 공정을 추가적으로 진행하였으며 수축률이 45%에서 25%로 감소하였다. 본 연구에서는 직경 70 μm, 높이 38 μm, 주기 175 μm의 micropost 패턴이 Photolithography와 Reactive Ion Etching (RIE)을 이용하여 제작된 Silicon 마스터를 적용하였다. Hard Baking을 진행하였을 때 직경 52 μm, 높이 30 μm, 주기 175 μm로 측정되었으며 최종적으로 진공 분위기에서 PI Film 몰드를 탄화함으로써 직경 72 μm, 높이 17 μm, 주기 148 μm의 Micro hole을 가진 GC Film 몰드를 제작하였다. 제작된 GC Film 몰드의 폭은 40mm이며 롤 몰드의 직경은 40mm를 적용하였다.

제작된 Roll mold를 활용하여 AA1060 Plate에 Imprinting을 진행하였으며성형된 시편을 측정한 결과 직경 72 μm, 높이 17 μm, 주기 148 μm로 측정되었다. 그리고 제작된 시편이 이형 중 구조물이 변형된 것을 확인되었으며 이는 시뮬레이션을 통해 원인을 분석해본 결과 Roll과 시편의 Slip에 의한 것인 것을 확인하였다. 표면의 소수성 특성을 얻기 위해서는 계층적인 마이크로/나노 구조물과 낮은 표면 에너지를 가져야 하는 것이 잘 알려져 있다. [4] 알루미늄을 끓는 물에 넣어 열처리를 하게 되면 나노 수준의 꽃과 같은 구조물을 형성하게 된다. [5] 반면 알루미늄은 금속소재 특성상 높은 표면에너지를 갖고 있기 때문에 표면에너지를 낮추기 위해 화학적 처리가 필요하다. 알루미늄 표면에 산화층과 n-alkanoic acid이 화학적 작용을 하여 Self-assembled monolayers가 형성되고 이 SAM층으로 인해 소수성을 갖게 된다. 따라서 성형된 시편을 끓는 물에 10분간 처리하고 Dodecanoic acid를 이용해 알루미늄 표면의 chemical modification을 진행함으로써 기능성 표면을 제작하였다.

3. Results and Discussions

제작된 시편의 소수성을 확인하기 위해 물방울과의 접촉각을 측정하였고 Micropillar가 없는 영역인 Bare영역은 접촉각이 87.88° Micropillar가 성형된 Rolled영역은 접촉각이 143.15° 로 측정되었으며 이를 통해 마이크로/나노 구조물의 소수성 특성을 확인하였다. 또한 빙결 방지 특성을 확인하기 위해, 시편 위에 물방울을 올려두고 시편을 냉각하여 그 액적이 다 어는데까지 걸리는 시간을 측정하는 방법인 Icing Delay Time을 확인하였고 그 결과 Bare영역은 액적이 다 어는데까지 걸린 시간이 105s가 걸린 반면 Rolled영역은 471s로 대략 5배가량 증가하는 것을 확인하였다.

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C200445811).

참 고 문 헌

(1) Andrew D Sommers and Anthony M Jacobi 2006, Creating micro-scale surface topology to achieve anisotropic wettability on an aluminum surface, J. Micromech. Microeng. 16 1571 (2)

(2) Kim, Y. K., Ju, J. H., & Kim, S. M. (2018). Replication of a glass microlens array using a vitreous carbon mold. Optics express, 26(12), 14936-14944.

(3) Siqing, S., Wu, H., & Takahara, (2012) A. Morphology of nanoimprinted polyimide films fabricated via a controlled thermal history. Polym J 44, 1036–1041.

(4) M. Nosonovsky, B. Bhushan, (2007) Hierarchical roughness makes superhydrophobic states stable, Microelectron. Eng. 84 382–386.

(5) Jafari, R., Farzaneh, M. (2011) Fabrication of superhydrophobic nanostructured surface on aluminum alloy. Appl. Phys. A 102, 195–199.

발표자*, 교신저자#

2D 이미지를 이용한 다층 박막봉지용 유기막 두께 분포 측정

유준호[1,*], 김형태[1], 이달원[2], 김종명[2], 이성우[3], 공종환[3], 황준영[1,#]

Machined thickness measurement of organic film for thin-film encapsulation using a 2D image analysis

J. H. Yu[1,*], H. T. Kim[1], D.W. Lee[2], J.M. Kim[2], S.W. Lee[3], J.H. Kong[3], J. Y. Hwang[1,#]

한국생산기술연구원[1], LG전자[2], 풍산시스템[3]

Key Words : Thin-Film Encapsulation (TFE), Thickness measurement, Two-dimensional image, Spectroscopy

최근에는 투명하고 유연한 박막봉지(Thin-Film Encapsulation) 기술이 디스플레이에 적용되고 있다. 다층으로 이루어진 박막봉지에서 마이크로미터 두께 유기막은 표면 평탄화 효과와 기계적 스트레스 완화를 위해 형성된다. 유기막의 두께는 중요한 요소이고 두께 측정은 매우 중요하다. 일반적인 분광학을 이용한 비파괴적인 박막 두께 측정 기술은 기본적으로 한번에 한 지점만 측정하며 공간 해상도가 제한된다. 이러한 문제를 극복하기 위해, 우리는 광감쇠 현상을 이용하여 2차원으로 박막 두께를 측정할 수 있는 기술을 개발하였다. 먼저 유리기판과 유기막의 광학적 특성을 평가하였다. 그리고 UV LED 광원과 CMOS 카메라를 사용하여 유기막 이미지를 촬영하고, 2D 이미지를 이용하여 두께를 분석하였다.

후기 이 논문은 산업통상자원부의 소재부품기술개발사업의 지원으로 수행되었음. (No. 20016124)

발표자*, 교신저자#(jyhwang@kitech.re.kr)

화학기상증착을 이용한 상용 Al6061 기판에서의 탄소나노튜브 직접 성장 연구

육근탁[1,*], Thuy Kieu Truong[2], 김중배[3], 윤홍석[2], 노진성[2,#]

Direct growth of carbon nanotube on commercial Al6061 plate by chemical vapor deposition

G. T. Yuk[1,*], Thuy Kieu Truong[2], J. B. Kim[3], H. S. Youn[2], J. Rho[2,#]

한밭대학교 스마트제조응용공학부[1], 한밭대학교 기계공학과[2], 공주대학교 기계자동차공학부[3]

Key Words : Optical baffle, Black coating, Carbon nanotube, Al alloy, Thermal-CVD

산업용 광학 시스템과 인공위성 탑재체에 있는 광시스템이나 별센서에서 산란광을 제거하는 데 블랙 코팅은 핵심적인 역할을 한다. 산업용 광학에서는 주로 Al6061 재료로 만든 광경통에 블랙아노다이징을 사용하지만, 이는 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 광흡수율이 높지 않다는 단점이 존재한다. 따라서 보통의 경우 인공위성 광경통에 산란광을 흡수할 수 있는 baffle 구조를 추가적으로 사용해 내부의 산란광을 흡수하게 하지만, 탄소나노튜브(CNT) 기반의 블랙 코팅을 활용하면 무겁고 부피가 큰 baffle 구조 없이 광경통 내부에서 대부분의 산란광을 흡수할 수 있으며, 이로 인해 높은 산란광 차폐 효과를 얻을 수 있다. Optical baffle의 주요 재료로서 타 물질 대비 무게 대비 높은 강도라는 특징을 가지고 있는 알루미늄(Al) 합금을 일반적으로 사용하고 있어, 본 연구를 통해서 녹는 점이 낮은 Al6061 기판에서 CNT를 직접 성장시키는 방법을 통해 Optical baffle에 블랙 코팅을 직접 성장시킬 수 있게 되었다. CNT 합성에 있어 주요한 화학기상증착 조건은 압력, 온도, 유량, 증착 시간으로 구분 지어진다. 본 연구에서는 Thermal-CVD를 활용하여 대기압 환경에서 Vertically Aligned Carbon Nanotube(VACNT)의 각 조건에 따른 분석 결과값과 그를 기반으로 한 최적화된 합성 조건이 제시되어 결과적으로 우수한 VACNT의 성장으로 인한 높은 광흡수와 산란광 차폐 효과를 가질 수 있도록 하였다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.(No. 22-CM-EC-23)

발표자*, 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

CFRP 마이크로 드릴링 공정에서의 버 높이 제어를 위한 분산 분석

이주헌[1,*], 김효정[2], 이신엽[1], 이성환[3,#]

ANOVA for burr height control in CFRP micro-drilling process

J. H. Lee[1,*], H. J. Kim[2], S. Y. Lee[1], S. H. Lee[3,#]

한양대학교 HYU-KITECH 공동학과[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Micro drilling, CFRP, ANOVA, Burr height

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)는 최근 항공 우주 및 자동차 산업에서 경량화와 고강도를 충족하는 이상적인 소재로 주목받아 널리 사용되고 있습니다. 그러나 CFRP의 마이크로 드릴링 공정 시 재료의 불균일성 및 이방성으로 인해 가공 시 박리, 찢어짐, 버 등의 결함이 발생하게 됩니다. 그중 버의 경우 제품 조립 및 형상과 같은 기계적 성능 및 특성에 부정적인 영향을 미침으로, 버의 정량화 및 제어는 필수적입니다. 따라서 본 연구에서는 CFRP 마이크로 드릴링 공정 시 발생하는 버의 정량화 및 제어를 통한 높이 최소화를 위해 분산분석을 실시하였습니다. CFRP 마이크로 드릴링 공정변수와 버 높이 간의 관계를 분석하기 위하여, 다양한 실험 조건에서의 버 높이 데이터를 수집하였습니다. 실험에서는 이송 속도와 드릴 직경을 독립 변수로 설정하고, 버의 높이를 종속 변수로 설정하였습니다. 두께 1 mm의 MD CFRP에 건식 마이크로 드릴링 가공을 진행하였으며, 레이저 변위 센서를 사용하여 버 높이를 측정하였습니다. 이를 통해, CFRP의 마이크로 드릴링 공정에서 변수 간 상호작용과 영향을 평가하였으며, 공구 직경이 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인하였습니다. 따라서 본 연구 결과는 CFRP 마이크로 드릴링 공정 시 효율 및 품질 개선에 있어 중요한 정보를 제공할 것으로 기대됩니다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 자체연구사업 "2023년 HYU-KITECH 공동교육기반 공동연구"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자[*], 교신저자[#](sunglee@hanyang.ac.kr)

십자형 단면 형상을 가진 미세 유체채널에서의 비뉴턴 유체를 이용한 마이크로/나노 입자 분리

장재경[1,*], 조영서[2], 조영학[1,#]

Micro/nano- particle separation in a microfluidic channel with cruciform section using co-flow of viscoelastic fluids

J. K. Jang[1,*], Y. S. Cho[2], Y. H. Cho[1,#]

서울과학기술대학교 일반대학원 기계설계로봇공학과[1], 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과[2]

Key Words : Cruciform section, Viscoelastic, Particle separation

Many researches have been conducted on particle manipulation using microfluidics for past several decades. In particular, in microfluidics in the absence of external forces using inertial force and elastic-inertial forces, particle manipulation is performed using the influence of the flow rate of the fluid or the cross section of the channel. In previous research, we conducted on the focusing and separation of particles in various cross-sectional shapes using this method.

At this study, particle separation was conducted for particles with a size of 2 μm and sub-micrometer size. In the case of the fluid used at this time, the experiment was conducted using PEO (polyethylene oxide) solution, a non-Newtonian fluid. A microfluidic channel with a cruciform section with a hydraulic diameter of 25 μm was used, and experiments were conducted using 500 ppm of PEO (Mw ~ 2M Da) for both the sample fluid and the sheath fluid. In particular, it was shown that it was possible to separate 2 μm particles from sub-micrometer particles at a specific flow rate ratio and specific flow rate. In the future research, the separation of different sized nanoparticles will be presented for various flow rate ratios as well as concentrations of viscoelastic fluids.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (No. RS-2023-00240465)-9525).

발표자*, 교신저자#(yhcho@seoultech.ac.kr)

A Study on Photocatalytic-assisted Reduction of Ag/Zinc Oxide Nanoparticle by Intense Light Pulse

To Thi Tu Linh[1,*], 우규희[2], 권신[2], 노진성[1,#], 윤홍석[1,#]

A Study on Photocatalytic-assisted Reduction of Ag/Zinc Oxide Nanoparticle by Intense Light Pulse

To Thi Tu Linh[1,*], Kyoohee Woo[2], Sin Kwon[2], Jinsung Rho[1,#], HongSeok Youn[1,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 한국기계연구원 인쇄전자연구실[2]

Key Words: Photocatalytic-assisted reduction, Ag/ZnO nanoparticle, IPL

In recent years, the development of no-etch circuit boards has attracted considerable attention because of the environmentally friendly method. For applications, silver nanoparticles (AgNPs) are the most attractive material among other metal nanoparticles because of their excellent conductivity and chemical stability. In this study, we introduce a facile approach to produce the Ag metal film with superior conductivity under intense pulsed light (IPL) exposure driving photocatalytic-assisted reduction of ZnO nanoparticles. The Ag organometallic ink can be reduced to the AgNPs by electrons emitted from ZnO NPs when exposed to the IPL. The reduction is accompanied by changes in the color from brown to gray. As a result, the absorption peak of Ag/ZnO NPs is shifted to a higher wavelength corresponding to an increase in the nanoparticle size which is revealed by FE – SEM images. The resistivity of the Ag/ZnO NPs is studied under IPL power and time irradiation. The results have paved the way for the employment of the metal film for the future etching – free printed circuit boards.

후기 이 논문은 2023년도 한국연구재단의 중견연구자지원사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 2021R1A2C1094647-9525)

발표자*, 교신저자#(윤홍석: hsyoun@hanbat.ac.kr)

레이저를 이용한 금 나노섬구조 신속 제조 기술과 센서 응용

한가은*, Nguyen Hoang Minh, 윤재성, 김관오, 유영은, 강도현#

Laser-based facile fabrication of gold nano-island substrates and its sensory applications

Ga-Eun Han*, Nguyen Hoang Minh, Jae Sung Yoon, Kwanoh Kim, Yeong-Eun Yoo, Do-Hyun Kang#

한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key Words : Laser-based manufacturing, Localized surface plasmon resonance (LSPR), Gold nanoparticle, COVID-19, Immunoassay, Strain sensor

국소적 표면 플라즈몬 공명(LSPR)을 나타내는 플라즈모닉 나노구조체는 다양한 분야에서 센서로 활용될 수 있다. 표면에서의 생체 분자 결합과 같은 미세한 환경 변화에도 LSPR 피크 파장이 민감하게 바뀌기 때문에 초저농도의 생체분자 검출을 위한 바이오센서에 적용될 수 있다. 바이오센서 외에도, 개별적 나노구조체간 거리 변화에 따른 LSPR 피크 이동 및 색 변화는 기계적 변형율을 측정하는 데에도 응용될 수 있다. 이러한 센서들을 구현할 수 있는 플라즈모닉 나노구조체를 제작하기 위하여 현재까지 다양한 나노리소그래피 기술들이 개발되고 있다. 하지만 여전히 신뢰성 있고 재현가능한 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. 이 플라즈모닉 구조체로 민감성과 선택성이 높은 면역진단센서를 제작하였고, COVID-19를 진단할 수 있는 단백질(SARS-CoV2 nucleocapsid)을 성공적으로 검출하였다. 이와 더불어, 금 나노섬구조를 쿼츠 기판에서 탄성중합체 테이프로 전사함으로써, 건물 구조의 기계적 결함이나 신체의 움직임을 감지할 수 있는 간편한 색 변화 스트레인 센서를 제작하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국기계연구원 기관고유사업 (NK244E) 및 과학기술정보통신부의 재원으로 국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업(No. CAP22012-200)의 지원을 받아 연구되었음.

발표자*, 교신저자#(dhkang@kimm.re.kr)

자가형성 구리산화/인화물 이종접합 구조의 고에너지 슈퍼커패시터 전극 제작

홍종우*, Amar. M. Patil, 민재운, 주정현, 전성찬#

Free-standing heterostructured copper oxide/tricopper phosphide electrode for high energy supercapacitor

J. W. Hong*, Amar. M. Patil, J. W. Min, J. H. Joo, S. C. Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words : Self-assembled, Heterostructure, Supercapacitors

Maximizing the electroactive surface area in supercapacitor electordes plays a crucial role in improbing overall performance, including achieving greater energy capacity, faster charge discharge rates, and enhanced cycling stability. In this study, We fabricated self-assembled copper oxide/tricopper phosphide micro-nanorod arrays as positive electrode using chemical bath deposition (CBD) and chemical vapor deposition (CVD). By adjusting the annealing time during the CVD process, we observed the changed in the size of micro-nano arrays and performance. The fabricated electrode was characterized through X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) analysis. To investigate the impact of annealing time during the CVD, we conducted electrochemical measurement in three electrode system using 3M KOH aqueous electrolyte. The fabricated electrodes exhibited a structural composition of Cu_2O, CuO, and Cu_3P. The copper oxide/tricopper phosphide micro-nano arrays formed on CuO offered abundant accessible electroactive sites, generous ion transport pathways, and reversible redox activity, leading to the exceptional energy storage capacity.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Technology Innovation Program ('20013621', Center for Super Critical Material Industrial Technology) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) and 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*(ghdwhddn14@yonsei.ac.kr), 교신저자#(scj@yonsei.ac.kr)

다차원 센서와 신경망을 이용한 인간의 호기가스 화학 조성 판별

황윤지, LIU TIANCI*, 전성찬#

Identification of chemical components of human exhaled breath through multi sensing and neural networks

Yun Ji Hwang, LIU TIANCI*, Seong Chan Jun#

연세대학교 기계공학과

Key Words: Gas sensor, Graphene, Sensor array, Mixed gas, Deep learning

In many areas, the need for accurate detection of specific gases remains significant. However, these gases usually coexist with other molecules, resulting in increased complexity in the target detection process. In this study, we propose a unique sensor platform that can directly analyze a single gas in a mixed sample. The sensor adopts functional two-dimensional material based on graphene as electrode. It integrates graphene material variants with different functions and allows each channel to generate electrical responses to different gases simultaneously. This design enables us to respond to different molecular mixture in one measurement, in which the reactivity up to 40%. We use advanced artificial intelligence models to interpret the response patterns of mixed gases and perform multidimensional classification. It is worth noting that unlike conventional sensors that target specific gases only per channel, our sensors can react mixed gases on all channels and use AI models to identify the constituent gases. The performance evaluation confirmed the remarkable accuracy of our model in classifying gas mixtures. As a result, our 2-D material-based array sensors demonstrate excellent efficiency in distinguishing mixed gases, providing great potential for industries such as manufacturing and healthcare that require accurate gas detection.

후기 This work was supported by the Korea government (MIST) (NRF- 2019R1A2C2090443), the Technology Innovation Program ('20013621', Center for Super Critical Material Industrial Technology) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea) and 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*(liutianci07@gmail.com), 교신저자#

2차원 코발트-크롬 층상 이중 수산화물과 탄소나노튜브의 나노하이브리드를 이용한 고성능 슈퍼커패시터 전극 재료 연구

Vivek Mohan More[1,*], 육근탁[2], 윤홍석[1], 노진성[1,#]

Nanohybrids of 2-D cobalt-chromium layered double hydroxide and carbon nanotubes as a high-performance supercapacitor electrode materials

Vivek Mohan More[1,*], G. T. Yuk[2], H. S. Youn[1], J. Rho[1,#]

한밭대학교 기계공학과[1], 한밭대학교 스마트제조융용공학부[2]

Key Words : Layered double hydroxide, Carbon nanotubes, Synergistic effect, Supercapacitor

The escalating demand for sustainable and eco-friendly energy sources, coupled with the rapid advancements in modern electronic technologies, has stimulated extensive scientific investigation into cutting-edge energy storage solutions, notably supercapacitors. A simple technique involving exfoliation and reassembling process is employed to create intercalative nanohybrids of cationic 2D cobalt-chromium layered double hydroxides (Co-Cr-LDH) sheets wrapped on to a carbon nanotube (CNT) surface. The study highlights the synergistic effect between pristine Co-Cr-LDH clay and Co-Cr-LDH-CNT (CCLC) nanohybrid, wherein LDH provides many active sites for ion exchange, resulting in efficient charge storage, while CNT acts as a conductive channel. The primary focus of this study lies in the design and characterization of CCLC nanohybrids and illustrates CCLC nanohybrid as an efficient and excellent supercapacitive material for supercapacitor electrodes. The electrodes fabricated from the CCLC nanohybrid demonstrated a high specific capacity/capacitance along with high cyclic stability and fast charging-discharging at high current densities, making them suitable for the high-performance supercapacitor applications.

발표자*, 교신저자#(jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

SU-8 적외선 흡수층이 적용된 폴리실리콘 기반의 열전퇴형 적외선 센서의 제조

이준엽[1,2,*], 김지훈[1], 백수빈[1,2], 황주영[1], 방나래[1,2], 김은진[1], 정대웅[1,#]

Fabrication of the polysilicon-based thermopile with SU-8 infrared absorption layer

J. Lee[1,2,*], J. H. Kim[1], S. Baek[1,2], J. Y. Hwang[1], N. Bang[1,2], E. Kim[1], D. Jung[1,#]

한국생산기술연구원 첨단메카트로닉스연구그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : Thermoelectric effect, Thermocouple, Thermopile, CMOS-compatible, Infrared detector

본 연구에서는 고농도로 도핑된 폴리실리콘(Poly-Si)을 사용한 열전퇴형 적외선 센서를 제조하였다. 열전퇴형 적외선 센서는 CMOS 공정 호환이 가능한 MEMS(Microelectromechanical Systems) 제조 공정을 통해 제작하였으며, 특히 SU-8 적외선 흡수층 유무에 따른 열전효과의 차이를 조사하였다. 기존의 열전퇴형 적외선 센서는 감도를 개선하기 위해 BiTe 및 BiSb와 같은 재료를 사용하여 열전 효과를 향상시키는 연구가 활발하게 수행되어 왔었다 [1,2]. 하지만 이러한 재료의 사용은 CMOS 공정과 호환되지 않으며 환경 친화적이지 않은 한계점이 존재한다. 본 연구에서는 CMOS 공정 호환이 가능한 열전퇴형 적외선 센서의 제조 과정과 SU-8 적외선 흡수층을 적용한 열전 효과 개선 방법에 대해 고찰하였다. 열전대를 형성하는 n형 및 p형 폴리실리콘은 각각 3×10^{15} 도핑 농도의 인을 180 keV로, 1×10^{15} 도핑 농도의 붕소를 70 keV로 도핑 하였다. 그 후 열전퇴형 적외선 센서의 자체 성능검증을 수행하기 위한 백금(Pt)으로 제작된 마이크로 히터와 저항 온도 감지기(RTD)를 증착 하였다. 열전대의 온도 차이를 높이기 위해 p, n형 폴리실리콘의 접합부 상단에 열전도율이 낮은 SU-8 층을 코팅하여 반응성을 향상시켰다. 마지막으로 XeF_2 식각공정을 통해 흡수된 적외선에 의한 열이 손실되지 않도록 열고립구조를 형성하였다. 제작된 열전퇴형 적외선 센서는 백금 마이크로히터의 온도가 증가할수록 기전력이 증가하는 경향을 보여주었다.

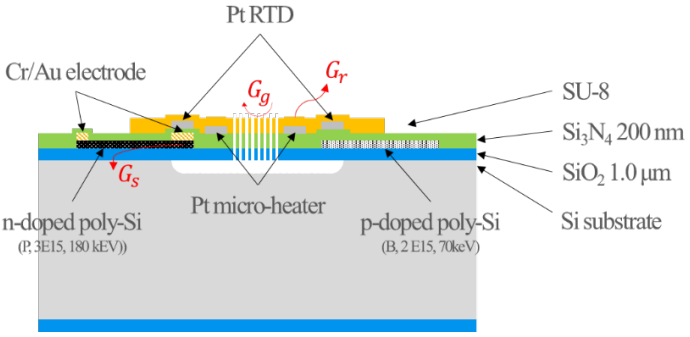


그림 1. 폴리실리콘 기반의 열전퇴형 적외선 센서의 모식도

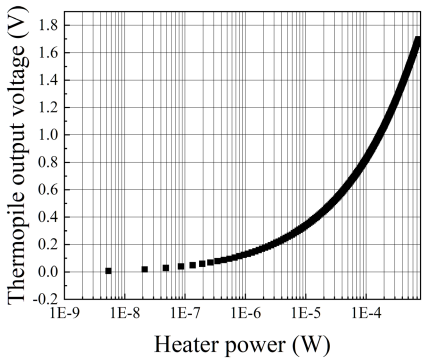


그림 2. 열전퇴형 적외선 센서의 Pt마이크로히터 전압에 따른 전압 출력

후기 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-DD-UP-0348). 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "다중채널(Multi-channel) 기반의 광학필터를 적용한 온실 가스(CO, CO2) 감지용 비분산적외선(Non-Dispersive Infrared) 센서 개발 (Kitech JD-23-0006)" 지원으로 수행한 연구입니다. 본 사업은 "2023년 지역정부출연연 협력융복합사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

발표자*(leejy@kitech.re.kr), 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

비분산 적외선 CO2 센서 선택성 향성을 위한 광대역 필터 제조

황성필[1,2,*], 이준엽[1,2], 방나래[1,2], 백수빈[1,2], 한욱수[1,2], 김지훈[1], 김관우[1,2], 장소정[1], 정동건[1], 정대웅[1,#]

Fabrication of broadband filter for enhancing selectivity of non-dispersive infrared CO2 sensor

S. Hwang[1,2,*], J. Lee[1,2], N. Bang[1,2], S. Baek[1,2], U. Han[1,2], J. H. Kim[1], K. W. Kim[1], S. J. Jang[1], D. G. Jung[1], D. Jung[1,#]

한국생산기술연구원 첨단메카트로닉스연구그룹[1], 경북대학교 전자전기공학부[2]

Key Words : Optical filter, Fabry-Perot interperometer, Distributed Bragg reflector, Broadband filter, Non-Dispersive Infrared, Thin film filter

본 연구에서는 가스 선택성을 높이는 광대역 필터(Broadband filer)를 제조하였다. 분산 브레그 반사경(Distributed Bragg reflector, DBR)와 Ge, ZnS로 이루어진 패브리 페로(Fabry-Perot) 광학필터를 제작하였다. 설계한 광학 필터의 구조는 저굴절률 물질인 ZnS를 L, 고굴절률 물질인 Ge를 H로 하였을때, |LH|^{3}2L|HL|^{3}으로 이루어졌으며, 두께는 Ge는 264.8 nm, ZnS는 472.8 nm, 그리고 공진층은 945.6 nm로 설계하였다. 이후 패브리-페로 필터를 적용한 비분산적외선(Non-Dispersive Infrared, NDIR) 센서로 메탄, 이산화탄소, 일산화탄소를 각각 측정하였을 때 이산화탄소에 대한 검출기의 반응은 높게 나왔으나 메탄과 일산화탄소에 대한 신호도 검출되는 한계점을 확인하였다. 따라서, 본 연구에선 비분산적외선 센서의 이산화탄소에 대한 선택도를 향상 시키기 위해 Ge, BaF_2로 이루어진 광대역 필터를 사용하여 4.26 um 대역과 가까운 메탄(3.3 um)과 일산화탄소(4.67 um)에 대한 투과율을 감소시킨 광학 필터 설계하였다. 박막 증착을 위한 장비로는 E-beam evaporator를 사용하였고, 목표로 하는 중적외선 영역대인 3~5 um 파장대에서 높은 투과율을 나타내는 사파이어 웨이퍼를 사용했으며, 박막 물질은 Ge, ZnS, BaF_2를 사용 물질로 선정하였다. 광대역 필터에서 각 박막층의 두께는 Ge는 500nm, BaF_2는 560nm로 설계하였다. 설계한 필터는 4.26 um에서는 96%의 투과율을 나타냈으며, 3.3 um와 4.67 um에서 3% 미만의 투과율을 나타내었다.



그림 1. 광대역 필터와 패브리 페로 필터의 모식도

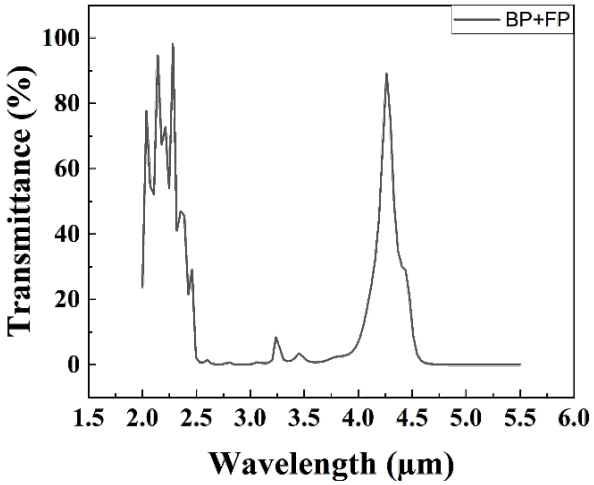


그림 2. 설계한 필터의 투과율 그래프

후기 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-DD-UP-0348). 본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 "지역특화산업육성+(R&D, S3268879)"사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임. 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "다중채널(Multi-channel) 기반의 광학필터를 적용한 온실 가스(CO, CO2) 감지용 비분산적외선(Non-Dispersive Infrared) 센서 개발(Kitech JD-23-0006)" 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*(hsp9709831@kitech.re.kr), 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

AE신호 기반의 FTO 박막 유리의 마이크로 드릴링 공정 상태 감시

이신엽[1,*], 김효정[2], 이주헌[1], 이성환[3,#]

Monitoring the micro-drilling process of FTO thin film glass based on AE signal

S. Y. Lee[1,*], H. J. Kim[2], J. H. Lee[1], S. H. Lee[3,#]

한양대학교 HYU-KITECH 공동학과[1], 한양대학교 기계설계공학과[2], 한양대학교 기계공학과[3]

Key Words : Micro drilling, Acoustic emission, Transparent conductive oxide, FTO

투명 전도성 산화물(Transparent Conductive Oxide, TCO)은 높은 전기 전도성과 높은 광 투과성을 동시에 가진 물질로 터치 스크린, 액정 디스플레이, 태양 전지 등 다양한 분야에서 차세대 투명 전극소재로서 사용되고 있습니다. 그 중 불소 도핑 산화 주석(fluorine-doped tin oxide, FTO)은 주로 사용되는 산화물 반도체인 산화 인듐 주석(Indium Tin Oxide, ITO)의 단점을 개선한 재료로, ITO의 대체재로서 각광받고 있다. 따라서 본 연구에서는 차세대 투명 전도성 물질로 각광받고 있는 FTO박막이 코팅된 유리의의 마이크로 드릴링 공정 시의 품질 향상을 위해 음향방출(Acoustic emission, AE) 센서를 활용한 상태 감시 방법을 제안합니다. AE 신호는 공정 중 발생하는 미세한 변화와 결함을 감지하는데 유용하며, 드릴링 공정 시 발생하는 음향 방출 신호를 수집 시 FTO 층과 유리 층의 재료의 특성과 구조적 차이로 인해 서로 다른 신호 특성이 관찰되었습니다. 이를 기반으로 FTO 박막 층과 유리 웨이퍼 층을 가공을 분류하였습니다. 따라서 본 연구는 음향방출 센서를 통해 드릴링 공정 중에 발생하는 음향방출 신호를 수집하고, 이를 토대로 공정 상태를 감시하고 향상시키는 방법을 개발하였습니다. 이러한 결과를 통해 공정 중 불필요한 불량률을 감소시키고 제조 효율의 향상이 가능합니다. 또한 음향방출 신호를 기반으로 FTO 박막과 유리의 구분과 상태 감시가 가능함으로 공정의 안정성 및 효율성을 향상시킬 수 있으며, 산업 현장에서의 실용적인 응용이 가능할 것으로 기대됩니다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 자체연구사업 "2023년 HYU-KITECH 공동교육기반 공동연구"의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자[*], 교신저자[#](sunglee@hanyang.ac.kr)

Cold-Welding에서 은 나노와이어의 반지름 변화에 따른 구조해석

김찬기*, 고평삼, 윤홍석#, 노진성#

Structural analysis of silver nanowires in cold-welding with varying diameters

C. K. Kim*, P. S. Ko, H. S. Youn#, J. Rho#

한밭대학교 기계공학과

Key Words: Silver nanowire, Surface capillary force, Cold-Welding, FEM analysis

Silver nanowire networks는 ITO 투명 전극의 대체재로 유연성이 커 플랙서블 장치에서 사용되는 장점을 지녔다. 은 나노와이어로 여러가지의 제작 공정을 통해 Silver nanowire networks을 만들어 투명전극에 사용되어질 수 있으며, 본 연구는 상온에서 미세한 액체로 접합이 되어 경제적으로 비용을 절감시킬 수 있는 Cold-Welding 공정에 집중하였다. Cold-Welding 공정은 Surface capillary force로 발생하기에 Capillary force induced welding이라고도 불리며, Surface capillary force는 두 물질사이에 미세한 액체로 의해 이음부가 존재하여 해당 액체가 증발하며 발생하는 힘을 일컫는다. 접합이 이뤄지기 위한 조건을 명확히 하여 Surface capillary force를 설정한 후, 공정 진행이 원활히 이뤄지는지 확인 또한 필요하다. 나노와이어의 스케일이 매우 작아 진행을 직접 확인하는 것은 어렵기에 이를 보완하기위해 유한요소해석 프로그램인 Ansys를 활용하였다. 이를 통해 미세한 액체가 증발함에 따라 Surface capillary force가 발생하여 은 나노와이어의 접합이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. Surface capillary force를 설정함에 있어서 이는 McFarlane가 정의한 식과 De Lazzer가 정의한 식으로 나뉘었으며, 이 2가지의 식은 구-평면인 구조에서의 힘을 도출할 뿐 나노와이어에 해당하는 원통에서 이루는 힘을 나타내지 않기에 해당 식을 변형하여 나노와이어에 맞는 식을 제시하였다. 그리고 나노 스케일에서 은 나노와이어의 기계적 물성치가 변하는 점을 확인하였다. 여러 식에 대한 결과값을 반지름 변화에 따라 비교하였으며 25 nm인 지름을 가지는 경우 보다 100 nm인 지름을 가지는 경우가 변화율 약 0.3% 만큼 높은 것이 확인되었다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (No. 22-CM-EC-35)

발표자*, 교신저자#(윤홍석 : hsyoun@hanbat.ac.kr, 노진성 : jinsung.rho@hanbat.ac.kr)

니켈 도금 기반 금속 표면 나노 어레이 형성을 통한 결로현상 방지

황인태*, 최인식, 장웅기, 서영호, 김병희#

Prevention of condensation through formation of nickel-plated nano arrays on metal surfaces

I. T. Hwang*, I. S. Choi, W. K. Jang, Y. H. Seo, B. H. kim#

강원대학교 스마트헬스 과학기술 융합학과

Key Words : Ultra-hydrophobic, Anodizing, Plating process, Nanostructure array, Anti-condensation

Condensation is a phenomenon in which water droplets form on low-temperature surfaces when humidity is high, causing corrosion of metals and deterioration of equipment performance, causing problems in various fields such as building and construction, food industry, and transportation. In this study, we propose a method to create a nanostructure array on the surface through anodizing and plating processes as a way to solve the problem of condensation on metal surfaces. When creating a nanostructure array, the metal surface has the effect of increasing superhydrophobicity and surface area. The surface of a metal with superhydrophobic properties can suppress condensation by preventing water droplets from forming. Additionally, when the surface area is increased with a nanostructure array, heat dissipation and cooling efficiency increase, thereby improving the performance of equipment that controls temperature. Anodizing and nickel plating processes were performed to create a nanostructure array on the metal surface. By setting various process conditions, arrays of various shapes were formed on the metal surface, and optimized process conditions were explored by comparing the condensation prevention performance between array shapes. It is expected that this nanoarray generation technology can be used in various application fields.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)

후기 (RS-2023-00252219)

발표자*, 교신저자#(kbh@kangwon.ac.kr)

종이 기반의 압저항 센서가 집적화된 압력센서의 제작

전현주*, 한찬, 전영일, 최영수#

Fabrication of a pressure sensor with an integrated paper-based piezoresistive sensor

H. J. Jun*, C. Han, Y. I. Jun, Y. S. Choi#

광주대학교 융합기계공학과

Key Words : Pressure sensor, Piezoresistive sensor, Nano silver ink

본 연구에서는 자동차 타이어 압력 변화를 실시간으로 모니터링하기 위해서 종이 기반의 압저항 센서가 집적화된 압력센서의 설계, 제작 및 제작된 센서의 특징 분석에 대해서 나타낸다. 제안된 압력센서는 미세한 압력 변화를 모니터링하기 위해서 다이어프램 물질로 유연한 PDMS를 사용하였으며 압력에 의해 발생되는 다이어프램 변위를 정밀하게 측정하기 위해 다이어프램 위에 압저항 센서를 full-bridge 형태의 휘스톤브릿지 회로로 구성하였다. 또한, 압력 센서의 감도를 향상시키기 위해서 압저항 센서의 재료로 게이지 팩터가 작은 금속이 아닌 감도가 우수한 실버나노잉크를 사용하였다. 제안된 센서는 반도체 공정 및 잉크젯 프린팅 방법을 사용하여 쉽고 간단하게 제작되었다. 제작된 압력센서의 압력에 따른 특징을 평가하기 위해 디지털 압력 게이지 및 레이저 변위 센서 등으로 구성된 측정시스템을 구성하였으며 이를 통해서 인가되는 압력에 따른 압력센서의 특징을 평가하였다. 실험결과 인가 압력 0.1bar에서 휘스톤브릿지 회로를 통해서 출력되는 전압은 약 20mV로 측정되었으며 이를 통해서 센서의 감도가 우수함을 알 수 있었다. 또한, 제작된 압력센서는 인가되는 압력에 따라 출력전압이 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 본 연구를 통해서 제안된 종이 기반의 압저항 센서가 집적화된 압력센서는 간단한 제작 공정 및 저 가격으로 자동차 타이어 압력 변화 모니터링뿐만 아니라 다양한 산업분야에서 활용 가능할 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(재단 과제관리번호: 광주전남플랫폼 2021RIS-002).

발표자*, 교신저자#(memschoi@gwangju.ac.kr)

황화납 양자점 기반의 인체 안정성 단파장 적외선 센서 개발

하윤태*, 권진범, 최수지, 정동건, 정대웅#

Development of a short-wavelength infrared sensor harmless to the human body based on PbS QDs

Yuntae Ha*, Jinbeom Kwon, SuJi Choe, Donggeon Jung, Daewoong Jung#

한국생산기술연구원 첨단메카트로닉스 연구그룹

Key Words : PbS QDs, Lidar, SWIR, Infrared

최근, 자율주행 자동차에 대한 개발이 빠른 속도로 발전하고 있으며, 자율주행 시스템에 사용되는 센서로는, 이미지 센서, 레이더 센서, 라이다 센서 등이 있다. 현재 자율주행 기술은 level 2~3의 반 자율주행 수준으로, level 4 이상의 완전 자율주행 기술을 위해서는 주변 환경을 보다 정확히 mapping 할 수 있는 라이다 시스템이 필수적이다. 따라서, 라이다 시스템의 개발이 활발이 이루어지고 있으며, 이를 위한 요소기술인 SWIR 센서에 대한 많은 연구가 보고되고 있다. 현재 보고된 SWIR 센서의 대부분은 InGaAs와 GaAs를 기반으로 하여 MOCVD 및 epitaxial 공정 등 제작 과정이 복잡하고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 또한, 이러한 물질 기반의 SWIR 센서는 905nm 파장 대역의 레이저를 사용하며, 이는 인간의 동공을 투과하여 망막에 손상을 야기시킬 수 있다. 따라서 인간의 망막에 안전하기 위하여, 동공을 통과할 수 없는 1400 nm 이상의 파장 대역을 사용하는 SWIR 센서의 개발이 요구되고 있다. PbS QDs는 합성 조건에 따라 흡수 파장 대역을 1000nm에서 2700nm까지 조절할 수 있는 4-6족 화합물 반도체이다. 따라서 본 연구에서는 1410 nm의 흡수 파장 피크를 갖는 PbS QDs를 합성하여 SWIR 센서를 제작하였다. 실험 결과, 합성된 PbS QDs는 상용 PbS QD에 비해 우수한 FWHM 특성을 가짐을 확인하였고, 제작된 SWIR 센서는 약 1 A/W의 감도를 가지는 것을 확인하였다.

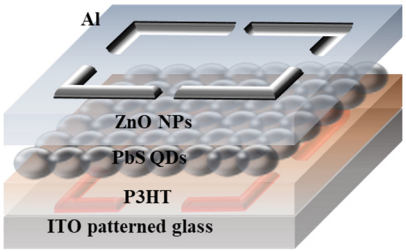


Fig. 1 Schematic diagram of the structure of the SWIR sensor



Fig. 2 Photo of the fabricated SWIR sensor

후기 본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 "지역특화산업육성+(R&D, S3366018)"사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임. 본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 "지역특화산업육성+(R&D, S3366415)"사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

발표자*(hayt223@kitech.re.kr), 교신저자#(dwjung@kitech.re.kr)

리포좀 크기 정밀 제어를 위한 특성시간변수에 따른 미세유체소자 설계

최성학[1,2], 강봉수[1,2], 정호섭[1,2,*,#]

Precise control of lipid vesicles size using characteristic time depends on membrane conditions

Sunghak Choi[1,2], Bong Su Kang[1,2], Ho-Sup Jung[1,2,*,#]

Center for Food and Bioconvergence, Seoul National University[1], Nbiocelle Inc[2]

Key Words : Bicelle, Vesicle, Dilution method, Microfluidic chip, Micro-mixing

Controlling the sizes of liposomes is critical in drug delivery systems because it directly influences their cellular uptake, transportation, and accumulation behavior. Although hydrodynamic focusing has frequently been employed when synthesizing nano-sized liposomes, little is known regarding how flow characteristics determine liposome formation. Here, various sizes of homogeneous liposomes (50−400 nm) were prepared according to flow rate ratios in two solvents, ethanol, and isopropyl alcohol (IPA). Relatively small liposomes formed in ethanol due to its low viscosity and high diffusivity, whereas larger, more poly-dispersed liposomes formed when using IPA as a solvent. This difference was investigated via numerical simulations using the characteristic time factor to predict the liposome size; this approach was also used to examine the flow characteristics inside the microfluidic channel. In case of the liposomes, the membrane rigidity also has a critical role in determining their size. The addition of cholesterol led to an increased viscosity and packing density of the membrane and an increase in liposome size (40-530 nm), which was confirmed by fluorescence anisotropy and polarization. However, the interposition of short-chain lipids de-aligned the bilayer membrane, leading to its degradation; this decreased the liposome size. Adding short-chain lipids linearly decreased the liposome size (130−230 nm), but at a shallower gradient than that of cholesterol. This analytical study expands the understanding of microfluidic environment in the liposome synthesis by offering design parameters and their relation to the size of liposomes.

발표자*, 교신저자#(jhs@snu.ac..kr)

12월 15일 [금]

포스터 V 발표 논문

고밀도 결합구조 적층을 위한 적층제조 시뮬레이션 및 결합성 평가

김예림[1,2], 김은아[2], 전종배[3], 이학성[3,*,#]

Additive manufacturing and simulation of interlocking structures in Fe-based soft-magnet materials

Y. R. Kim[1,2], E. A. Kim[2], J.B.Jeon[3], H. S. Lee[3,*,#]

한국재료연구원 분말연구본부[1], 부산대학교 재료공학부[2], 동아대학교 신소재공학부[3]

Key Words : Additive manufacturing, Soft magnet, Interlocking structure

금속 3D 프린팅 기술은 그 무한한 가능성으로 인해 현대 제조업에 혁명을 일으키고 있다. 본 연구는 이 기술을 이용하여 차세대 자동차 부품 제조에 중점을 두고 있다. 특히, 자성 부품의 제조에서 중요한 고밀도와 저철손 특성을 유지하기 위해 절연층 구조의 설계 및 제작 기술 개발에 초점을 맞추고 있다.

본 연구에서는 Concept Laser M2를 사용하여 0.5mm에서 1.0mm 두께까지, 0.1mm 간격으로 여섯 가지 interlocking 구조를 제작하였다. 이 구조들은 두께에 따라 결합 테스트를 수행하여 정성적으로 평가하였으며, Autodesk Netfabb LocalSimulation을 사용한 유한 요소법 시뮬레이션을 통해 열변형과 표면조도 저하를 예측하였다.

실험 결과, Build plate에 수평으로 제작된 구조는 열변형으로 인해 뒤틀림이 발생하는 반면, 수직으로 제작된 구조는 균일한 변형을 보였다. 이러한 결과는 적층 방향에 따라 결합 성능에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

이 연구는 적층제조 방향, 레이저 파워, 스캔 스피드 등의 공정 변수를 고려하여 변형량을 예측하고 최적화하는 방법론을 제시한다. 이는 고밀도 자성 부품 제조에 있어 중요한 고려사항으로, 본 발표에서는 이러한 최적화 기법과 모델 실험 결과를 상세히 소개할 예정이다.

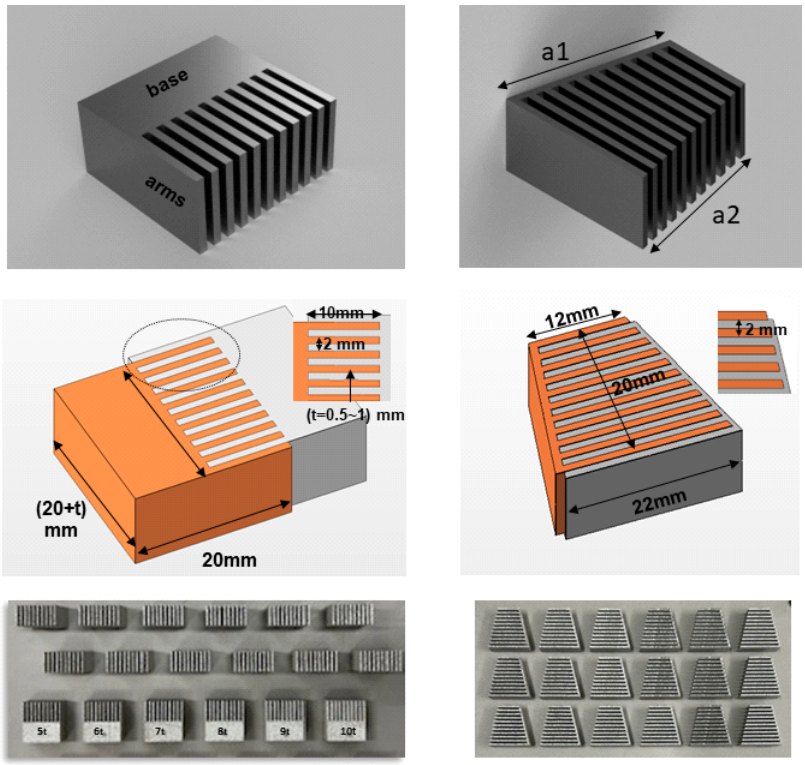


그림. 적층제조를 이용한 **Interlocking** 구조의 모델 구조 설계 및 출력예시

발표자*, 교신저자#(leehsong@dau.ac.kr)

3D 프린팅을 활용한 사출성형용 금속 인서트의 체결구조 연구

김미진[1,*], 정민교[2], 이필호[2], 최재혁[1,#]

Development of locking structures for metal insert molding using 3D printing

M. J. Kim[1,*], M. K. Jung[2], P. H. Lee[2], J. H. Choi[1,#]

광주대학교 융합기계공학과[1], 한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[2]

Key Words : PBF, Metal insert molding, Lattice structure, Injection molding analysis

사출성형에서는 부품의 기계적 물성보완이 필요한 경우 금속 인서트를 금형에 삽입 후 그 위에 고분자 성형을 진행해 금속과 고분자가 결합된 일체형 부품을 제작한다. 그러나 금속과 고분자 사이엔 결합력이 없으므로 인서트 표면에 화학적처리후 사용하거나 고분자가 금속 인서트를 완전히 감쌀 수 있도록 특정 형상으로 만들어 체결력을 확보하는데 두 방법 모두 제품의 생산성을 낮추고 형상적 자유도가 낮아지는 문제점이 있다. 본 연구에서는 이를 해결하고자 금속 인서트 표면에 3D 프린팅을 이용 기계적 체결구조를 제작하기로 결정하였다. 생성된 체결구조 내부로 용융 수지가 주입된 후 냉각되면 별도의 화학적 처리 없이도 충분한 결합강도를 유지할 수 있다. 이를 검증하기 위해 격자(Lattice)에 기반한 체결구조를 고안하였고 형상이 복잡하기에 PBF 적층제조 기술을 활용하기로 결정하였다. 하지만 격자의 형상은 사출 중 발생하는 고압에 변형이 적어야 하므로 먼저 해석적인 검토를 통해 충분한 구조적 강성이 확보되는지를 확인하였다. 이 때 Moldex3D 2023을 이용 인서트 성형해석을 수행하였으며 금속 인서트의 소재는 Aluminum을, 플라스틱의 소재는 PP(LG chem, LupolTE-5108)를 사용하였다. KS B ISO 14273 규격에 따라 금속과 플라스틱의 시편을 각각 125*40*1.6mm로 모델링하였으며 두 시편이 서로 40mm 접하도록 겹친 후 두께방향 중앙부에 두께 2mm의 격자 구조를 적용하였다. 본 해석을 통해 성형 중 발생하는 압력에도 충분히 견딜 수 있는 격자 형상을 확보할 수 있었으며 향후 본 연구는 실제 격자 구조가 삽입된 인서트를 PBF 방법으로 제작하여 시뮬레이션 결과와 실제 실험결과 사이의 비교 분석을 수행할 예정이다.

후기 본 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과임. (과제관리번호: 2021RIS-002), 이 연구는 2023년도 한국기계연구원 기관 기본사업 차세대 고성능 모터 개발을 위한 3D프린팅 장비개발의 지원으로 수행되었음 (NK242J)

발표자*, 교신저자#(jhchoi@gwangju.ac.kr)

선택적 레이저 용융 공정으로 제조된 금속 소재의 높이에 따른 잔류응력 변화

김우성*, 이윤선, 홍명표#

Variations in residual stress with height in metal materials fabricated by selective laser melting

W. S. Kim*, Y. S. Lee, M. P. Hong#

한국생산기술연구원 대경본부, 스마트제조기술연구그룹

Key Words : Selective laser melting, Residual stress, Ni based superalloy

선택적 레이저 용융법(Selective laser melting, SLM)은 도포된 금속 분말 레이어(layer) 위에 고에너지 레이저 빔을 조사하여 만든 마이크로 크기의 비드(bead)들이 용접과 유사한 원리로 결합되어가면서 제품의 형상을 이루게 된다. SLM은 자유롭고 복잡한 형상의 제품을 제조할 수 있는 장점을 가진다. 마이크로 크기의 비드는 매우 빠른 용융 응고 과정을 통해 형성된다. 이때, 발생되는 높은 온도 구배로 인해 적층 제품에는 큰 잔류응력이 발생된다. 공정 중 형성된 잔류응력은 소재 내 미세결함, 균열, 와핑(warping), 레이어 박리 현상 등 제품의 치수 정밀도 문제뿐만 아니라, 공정 자체의 실패까지 이어질 수 있는 적층 결함들을 발생시킨다. 또한 이로 인한 기계적 물성 저하까지 초래하게 된다. 따라서 잔류응력 발생 메커니즘을 이해하고 적층 소재 형상에 따른 잔류응력 형성 거동에 대하여 파악하여 문제 발생을 방지할 수 있는 설계를 적용할 필요가 있다. 본 연구에서는 니켈기 초내열 합금을 활용한 SLM에서의 적층물 높이에 따른 잔류응력 변화 및 형성 메커니즘을 이해하고자 한다. 이를 위해 다양한 높이(〈40 mm)의 적층 소재를 SLM으로 적층한 뒤 X선 잔류응력 측정 장치를 활용하여 잔류응력 측정하였다. 또한 반치전폭 결과 및 데바이링(Debye-ring) 결과를 통해 잔류응력과 미세조직의 상관관계성에 대하여 유추해보고자 한다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '에너지기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20206700000010, NS230017)

발표자*, 교신저자#(mp77@kitech.re.kr)

MEM방식의 탄소섬유강화 고분자의 배향 분석

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

Carbon fiber reinforced polymer orientation analysis using material extrusion method

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

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 대학원 기계공학과[2]

Key Words : Material extrusion method, 3D printing, Sustainable material, ANSYS, Fiber orientation

MEM(Material Extrusion Method)는 기존 FDM(Fused Deposition Modeling) 또는 FFF(Fused Filament Fabrication) 등의 생산 방식과 유사한 특징을 갖지만, 기존 방식에 비해 대규모 생산이 가능하며, 다양한 원료를 혼합하여 사용할 수 있는 장점을 갖고 있기 때문에 여러 산업에 전반적으로 적용이 증가하고 있는 추세이다. 사용 소재 중, 최근 PETG(Polyethylene terephthalate glycol-modified)는 친환경성, 뛰어난 기계적 특성 등 다양한 장점으로 인해 여러 산업에 적용되면서, 이러한 MEM 방식에 적용되어지고 있다. 상기 방식은 배럴과 내부 스크류로 소재를 압출하는 방식으로 배럴 내부와 노즐에서의 유동 특성에 따라 적층 소재의 기계적 강도 및 품질에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 다양한 연구가 필요하다. 따라서 본 논문은 PETG + sCFRP(20wt %)소재를 적용하였으며, ANSYS Polyflow를 활용하여 노즐 내부의 유동을 분석하였다. 노즐 직경(2, 4, 6 mm) 및 Extruder Screw Speed(20, 30, 40 rpm)로 실험을 설계하여 내부 유동에 따라 섬유의 배향을 분석하였다. 그 결과 노즐이 증가함에 따라 Shear rate이 증가하여, 점도가 감소하는 것을 확인하였으며, Extruder motor speed가 증가함에 따라 섬유의 방향이 불규칙해지는 것을 확인하였다. 추후, 섬유 배향 최적화를 통해 기계적 특성 강화 연구를 수행할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 기계산업핵심기술개발사업의 일환으로 수행함. [20015060, 과제명: 고유연 대형 경 량 부품용 CFRP 적층가공 복합공정시스템 개발]

발표자*, 교신저자#(rack1219@kitech.re.kr)

바인더 젯팅 공정을 활용한 STS316L 소결체 및 Cu/STS316L 복합재의 마모특성

김태화, 김경택, 김경일*,#

Study on wear properties of sintered STS316L and Cu/STS316L composite using binder jetting process

T. H. Kim, K. T. Kim, K. I. Kim*,#

한국생산기술연구원

Key Words : 3D printing, Additive manufacturing, Binder jetting, STS316L, Wear

바인더 젯팅(Binder jetting) 공정은 타 AM 공정대비 높은 재료 선택성 및 형상 구현의 특징을 가지며, 특히, 분말야금공정에 적용되어오던 소결 및 함침을 이용한 다공성재료 및 복합재료의 제조가 가능하다. BJT 공정에 주로 이용되는 STS316L 분말은 뛰어난 용접성, 내식성 및 내마모성을 갖는 특징으로 다양한 산업용 부품제조에 적용되나 마모 거동의 규명에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 바인더 젯팅 공정을 통해 STS316L 분말을 이용하여 제조한 STS316L 소결체 및 Cu/STS316L 복합재의 마모시험을 진행하였고, 이때 1100, 1200, 1300℃의 세 가지 조건으로 소결하여 소결온도에 따른 시험체의 마모경향을 비교 분석하였다. 마모시험은 Pin-on-disc 방식으로 진행하였고 각 시험체의 마찰계수를 비교하였으며, 마모흔의 미세조직은 전계방사 주사전자현미경 및 에너지분산 X선 분광법을 통해 확인하였다. 시험결과 STS316L 소결체는 소결온도와 마찰계수가 증가하였고, 마모흔의 크기 또한 비례하는 경향을 보였다. 반면에 Cu/STS316L 복합재는 전 조건에서 유사한 마찰계수 값과 안정적인 그래프를 나타내었고, 평활한 마모흔이 형성되었다. 상기 결과를 기반으로 마찰볼에 형성된 마모흔의 미세조직 분석을 통해 각 시험체의 마모기구 및 마모 거동을 규명하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(No. 20024345)

발표자*, 교신저자#(kandrew@kitech.re.kr)

Fused Deposition Modeling 공정을 적용한 비공기압 타이어 압축력 예측 인공지능 모델 개발

조웅현[1], 김나현[1], 신혜원[1,*], 이상원[2,#]

Development of artificial intelligence model for prediction of compression force of non-pneumatic tire in fused deposition modeling process

U. Cho[1], N. Kim[1], H. Shin[1,*], S. W. Lee[2,#]

성균관대학교 기계공학과[1], 성균관대학교 기계공학부[2]

Key Words : Fused deposition modeling (FDM) process, Non-pneumatic tires, Quality prediction, Artificial intelligence

최근 자율 주행 자동차의 기술 발전과 법규 개정으로 인해 운전자의 부재 시 타이어 파손에 의한 연쇄 사고 우려가 증가하고 있다. 이를 해결하기 위해 고내구성과 파괴 저항성을 갖춘 비공기압 타이어(Non-Pneumatic tires)를 자율주행 차량에 적용하는 연구가 진행 중에 있으며, 특히 경량 및 고강도 타이어 개발을 위해 복합소재의 적용이 이루어지고 있다. 이에 정밀한 제품 제작이 가능하고 다양한 복합소재 플라스틱의 적용이 원활한 Fused Deposition Modeling (FDM) 공정의 적용성이 검토되고 있으나, 소재 개발 단계에서 이미 확보된 제품의 기계적 특성(압축력, 강성 등)이 제조 과정에서 영향을 받을 수 있다는 문제가 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 FDM 공정의 제조변수가 비공기압 타이어의 최종 기계적 물성에 미치는 영향을 분석하고, 수집된 공정 데이터를 바탕으로 인공지능 알고리즘을 활용한 압축력 예측 모델을 구축하였다. 먼저, 문헌 조사를 통해 압축력에 가장 유효한 영향을 미치는 FDM 공정변수 2가지(레이어 높이, 벽 개수)를 선정하였으며, 2요인 3수준의 완전요인배치법 기반 실험을 설계하여 비공기압 타이어 출력을 수행하였다. 이때, 데이터 수집 효율 증가 및 반복 데이터 확보를 위하여 실제 제품의 1/45(원형 기준 1/9, 두께 기준 1/5)에 해당되는 프로토타입이 출력품으로 고려되었으며, 압축 시험을 통해 수집된 압축력 데이터를 바탕으로 ANN/CNN 기반의 압축력 예측 모델을 구축하였다. 마지막으로, 소재 및 공정변수의 영향이 고려되지 않은 CAE 기반의 해석 결과와 실험 결과를 비교함으로써 이론적으로 확보 가능한 압축력 대비 FDM 공정에 의해 증감한 정도를 비교하고 영향을 확인하였다.

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)

3D 프린팅 탄화 공정을 활용한 물–기름 분리용 탄소 메쉬 구조물 제작

김주완[1,2,*], 변성용[1], 이성민[1], 김영규[1], 김석민[1,2,#]

Fabrication of carbon meshed structure by carbonization of 3D printed part for water-oil separation

J. W. Kim[1,2,*], S. Y. Byun[1], S. M. Lee[1], Y. K. Kim[1], S. M. Kim[1,2,#]

중앙대학교 기계공학과[1], 중앙대학교 컴퓨터공학과[2]

Key Words : Vitreous carbon, Water-oil separation, 3D printing

1. Introduction

광업, 섬유, 식품, 석유화학, 금속/철강산업 등 다양한 산업분야에서 많은 양의 기름 섞인 폐수들이 발생하며 환경 파괴의 원인이 된다. [1] 특히 해양 운송이 주로 이루어지는 석유화학 산업에서 유조선 사고로 인한 해양 기름 유출 사고는 해양 생태계에 장기적으로 매우 해로운 영향을 미친다. 이를 방지하고 해결하기 혼합 유체로부터 물과 기름을 효과적으로 분리하는 기술의 필요성이 대두되었으며 이는 환경정화뿐만 아니라 자원 화수 등 다양한 산업분야에서 활용될 수 있다.

보편적으로 이용되는 물-기름 분리 방식은 기름 흡수체를 이용하는 방식이다. 기름 흡수제는 Polypropylene(PP) 소재를 Melt Blown Process를 통해 다공성 섬유 구조로 제작된다. [2] PP는 소수성 특징을 가진 재료로써 기름만 흡수하는 특징을 가진다. 이렇게 제작된 다공성 섬유 구조는 질량당 10 ~ 20배에 해당하는 기름을 흡수할 수 있다. 또한 PP 이외에 Carbon Nanotube(CNT), Reduced Graphene Oxide(RGO), polydimethylsiloxane (PDMS) 등 다양한 폴리머 소재를 재료로 스펀지 형태의 구조물을 제작하여 기름을 흡수하여 제거하는 방식이 이용되어왔다. 하지만 스펀지 형태의 구조물들은 기름을 흡수한 이후 재사용을 위해 압축을 통한 기름 제거 과정이 반드시 필요하다는 단점이 존재한다.

본 연구에서는 지속적인 기름 제거가 가능한 구조물을 제작하기위해 SLA 방식의 3D 프린팅으로 폴리머 메쉬 구조물 제작 후 탄화를 통해 소수성 VC 소재로 변화시켰다. 이후 메쉬 구조물의 구멍 크기에 따른 물-기름 분리 능력의 경향성을 알아보기 위해 다양한 구멍 크기의 탄소 메쉬 구조물을 제작하여 평가 실험을 진행하였으며 물과 식용유를 섞은 혼합 유체에서 식용유를 지속적으로 분리하는 실험을 통해 탄소 메쉬 구조물의 지속적인 물-기름 분리 능력을 평가하였다.

2. Materials and Methods

Vitreous Carbon(VC)는 내열성, 내화학성, 기계적인 특성이 뛰어난 소재이며 소수성인 특징을 가진다. VC는 탄소함유 비율이 높은 고탄소 폴리머를 진공 상태에서 고온 탄화하여 제작 가능하다. Stereolithography (SLA) 3D 프린팅 기술은 광경화성 레진 폴리머를 재료로 하여 고해상도로 구조물 제작이 가능한 기술이다. 본 연구에서는 SLA 3D 프린팅을 통해 메쉬 구조물을 제작한 후 진공 챔버에서 1000℃까지 가열하며 탄화를 통해 물-기름 분리용 탄소 메쉬 구조물을 제작하였다.

메쉬 구조물의 구멍 크기에 따른 물-기름 분리 능력을 평가하기 위해 메쉬 구조물의 구멍의 크기를 다르게 하여 출력하였다.[3] 제작된 메쉬 구조물을 육면체의 아크릴 베슬의 양 면에 하나씩 결합하여 물-기름 분리용 탄소 메쉬 구조물을 제작하였다. 3D 프린팅 출력물의 메쉬 구멍 크기는 가로×세로 각각 750 μm×750 μm, 1000 μm×1000 μm, 1250 μm×1250 μm로 제작되었고 탄화 이후 가로×세로 약 274 μm×311 μm, 610 μm×507 μm, 693 μm×806 μm로 약 50~60% 수축하였다.

물-기름 분리 능력 평가를 위해서 비커에 물과 기름 각각 높이 15mm의 층으로 이루어진 총 높이 30mm의 혼합 유체에 각각의 메쉬 구멍의 크기가 다른 탄소 메쉬 구조물들을 30초 동안 담근 후 내부로 흡수된 기름과 물의 비율을 측정하여 평가를 진행하였다.

다음으로 지속적인 물-기름 분리능력을 평가하기 위해 윗면이 뚫린 육면체 셸 형태의 메쉬 구멍 크기가 가로×세로 각각 400 μm×400 μm인 메쉬 구조물을 SLA 3D 프린팅으로 제작하여 탄화하였다. 탄화 이후 메쉬 구멍의 크기는 약 가로×세로 각각 150 μm×150 μm로 약 62.5% 수축하였다. 뚫린 윗면과 임핀져를 관을 통해 연결하고 임핀져와 로터리 펌프를 연결하여 탄소 메쉬 구조물 내부에 차오르는 기름을 임핀져 내부로 수거하는 장치를 제작하여 진행하여 평가를 진행하였다.

3. Results and Discussions

탄소 메쉬 구조물의 구멍 크기에 따른 물-기름 분리능력 평가 실험 결과 탄소 메쉬 구조물의 구멍 크기가 약 300 μm인 샘플은 분리된 용액에서 기름의 비율이 99%로 측정됨으로써 물-기름 분리 능력을 확인하였다. 반면에 탄소 메쉬 구조물의 구멍크기가 550 μm, 750 μm인 샘플은 분리된 용액에서 기름의 비율이 각각 45.5%, 35.3%로 측정되었으므로 물-기름 분리 능력이 없음을 확인하였다. 따라서 탄소 메쉬 구조물이 물-기름 분리 효과가 나타나기 위해서는 메쉬 구조물의 구멍 크기가 300 μm이하의 적절한 설계가 필요함을 확인하였다.

지속적인 물-기름 분리 능력 평가 실험 결과 10분간 펌프를 가동하여 지속적으로 물-기름 분리용 탄소 메쉬 구조물 내부에 차오르는 기름을 분리할 수 있었고 수거된 용액에서 기름의 비율이 99%로 측정됨으로써 물-기름 분리 능력을 확인하였다.

본 연구에서 탄소 소재 메쉬 구조물로 물-기름 분리가 가능함을 확인하였고 적절한 메쉬 구멍의 크기의 설계가 필요하다는 사실을 알게 되었다. 추후 연구를 통해 탄화시 발생하는 변형을 최소화하는 기계구조적인 설계를 진행하도록 할것이다.

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C200445811).

참 고 문 헌

(1) Rasouli, S., Rezaei, N., Hamedi, H., Zendehboudi, S., & Duan, X. (2021). Superhydrophobic and superoleophilic membranes for oil-water separation application: A comprehensive review. Materials & Design, 204, 109599.

(2) Zhang, Zhenqiang, et al. "A polypropylene melt-blown strategy for the facile and efficient membrane separation of oil–water mixtures." Chinese Journal of Chemical Engineering 29 (2021): 383-390..

(3) Gondal, Mohammed A., et al. "Study of factors governing oil–water separation process using TiO2 films prepared by spray deposition of nanoparticle dispersions." ACS applied materials & interfaces 6.16 (2014): 13422-13429.

발표자*, 교신저자#

L-PBF를 이용한 Ti-6Al-4V 해부학적 맞춤형 쇄골 플레이트 제작

이상훈[1,2,*], 공승진[1], 양유찬[1], 변명환[2], 김동현[1,#]

Manufacturing of Ti-6Al-4V anatomically customized clavicle plate using L-PBF

S. H. Lee[1,2,*], S. J. Gong[1], Y. C. Yang[1], M. H. Byun[2], D. H. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 울산본부 3D프린팅제조공정센터[1], 계명대학교 재료공학과[2]

Key Words : Laser powder bed fusion, clavicle, Ti-Al-4V, Anatomical metal plate, Shape accuracy

해부학적 플레이트는 골절환자의 정형외과적 치료목적으로 사용되며 부러진 뼈를 물리적으로 고정시키는 역할을 한다. 다양한 뼈 중 쇄골의 형태는 굴곡이 많은 형태이기 때문에 기존 수술용 2D 플레이트와 잘 맞지 않는 문제가 있다. 따라서 수술 중 의사가 직접 환자의 쇄골에 알맞게 플레이트를 굽힘 및 조정해야 하기 때문에 수술 시간이 길어지며 표면 품질이 떨어질 수 있다. 수술시간의 단축과 플레이트의 품질을 향상 시키기 위해서는 환자의 쇄골 표면에 형상 정확도가 높은 맞춤형 3D 쇄골 플레이트의 제작이 필요하다. 본 연구는 맞춤형 플레이트 설계, L-PBF(Laser Bed fusion), 잔공 열처리, 정적4점 굽힘 시험, 3D스캔이 포함되어있다. L-PBF(Laser powder bed fusion)를 이용하여 환자의 CT(Computed Tomography)데이터에서 추출한 쇄골에 대해 형상 정확도가 높은 해부학적 플레이트를 제작했다. 인체에 무해한 Ti-6Al-4V 합금으로 L-PBF에 대한 공정최적화를 진행 후 SLM280HL로 쇄골 플레이트를 제작했다. 제작 된 쇄골 플레이트를 진공열처리를 통해 적층 제조 공정 중 발생한 잔류응력을 제거했다. 적층 제조한 플레이트의 정적4점 굽힘 시험 결과 3.0N • m이상의 굽힘 강도와 250N 이상의 항복하중으로 식약처 허가기준 보다 높은 기계적 성능으로 나타났다. 플레이트와 쇄골 뼈 모델 사이의 형상정확도는 3D 스캔을 통해 환자의 쇄골과 맞춤형 플레이트 사이의 간격 거리를 측정하며 평가했다. 측정 지점은 10곳으로 설정하였으며, 쇄골 모델과 플레이트 사이의 간격 거리는 0.5mm이하의 오차로 측정되었다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부 2023년 스마트제조혁신 개술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (과제번호: SE230035)

발표자*, 교신저자#

DfAM 기법을 이용한 절삭공구의 경량화에 관한 연구

이정화[1,*], 권현규[2,#], 정구상[3], 안동길[4], 김우종[5], 박찬교[6]

A study on lightweight cutting tools based on DFAM design

J. H. Li[1,*], H. K. Kweon[2,#], G. S. Jung[3], D. G. Ahn[4], U. J. Kim[5], C. K. Park[6]

금오공과대학교 산학협력단[1], 금오공과대학교 기계시스템[2], ㈜컨셉션[3], 대구텍[4], 대건테크[5], 3D Systems[6]

Key Words : 3D print, DfAM, Structural vibration, Stress analysis, Lightweight

절삭가공은 현재 자동차 및 항공 특수분야까지 정밀가공으로 널리 사용되고 있다. 특히 난삭재의 가공시 발생할 수 있는 절삭칩의 배출, 절삭열의 배출문제 등이 있으며 이를 해결하기 위하여 절삭공구의 성능개선이 필요하다. 하지만 기존의 방법으로는 외형의 개선은 가능하지만 유로에 관하여 제한적이다. 이때 적층방식인 3D 프린팅 기술로 해당 문제를 근본적으로 해결할 수 있다. 3D 프린팅 기술은 프린팅 방식에 따라 서포터 재료 혹은 Binder jet 형식으로 절삭공구의 내보의 유로형상을 자유롭게 출력 가능하여 절삭가공 시 유로의 배출효율을 향상시켜 가공효율을 제고시킬 수 있다. 또한, Design for Additive Manufacturing(DfAM)를 통해 제품의 유로형상을 유지하고 경량화설계를 진행하여 가공효율을 더욱 증가시킬 수 있다. DfAM은 적층가공에 특화되어 있고 3D 프린팅의 장점을 극대화하기 위한 설계방식이며, 3D프린팅 기술이 발전되면서 더욱 각광을 받고 있는 기술이다. 본 연구는 DfAM 기법을 이용하여 실제 절삭가공에서 사용되고 있는 절삭공구의 경량화를 진행하고 그 성능에 관한여 테스트를 진행후 경량화 기법에 대하여 개선한다. 본 연구의 타겟은 밀링가공중의 커터바디를 선정하였고, 밀링 커터바디의 유로형상을 유지하면서 위상최적화기법을 통해 경량화에 영향이 되는 인자를 확인하고 최적의 경량화방안에 대하여 제안한다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20016889)

발표자*, 교신저자#(hkkweon@kumoh.ac.kr)

다중멀티 헤드 제조기술 기반 3D 프린트 금속바인더 적층 제조기술에 관한 연구

이정화[1,*], 박상준[2], 권현규[2,#], 정구상[3], 전진웅[3], 이도환[2]

A study on 3D print metal binder jetting process based on multi-head control technology

J. H. Li[1,*], S. J. Park[2], H. K. Kweon[2,#], G. S. Jung[3], J. U. Jeon[3], D. H. Lee[2]

금오공과대학교 산학협력단[1], 금오공과대학교 기계시스템[2], ㈜컨셉션[3]

Key Words : Additive manufacturing, Mobility, Light weight, Binder jet, Metal

산업용 3D 프린팅 산업의 향후 적용분야는 산업기계, 항공우주, 전자제품, 자동차, 의료산업 등으로 나타나며 금속 3D 프린터의 비중이 매우 높아지고 있다. 그중 Metal Binder Jet(MBJ)방식은 스테이지에 금속분말을 깔고 그 위에 헤드로 접착제를 선택적으로 분사하는 방식으로 분말 자체 서포팅을 하므로 서포트 헤드가 필요하지 않다. 또한 생산성이 높고 저렴하며 다양한 디자인의 제품을 생산할 수 있는 다양한 장점이 있어 금속 가공 분야에서 많은 관심을 받고 있다. 하지만, 현재 3D 프린팅은 대부분 후공정 장비를 선진국에서 도입하여 수입에 의존하고 있고 국내에서 금속 분말을 사용하는 Metal Binder Jet 3D 프린터 기술 개발의 활용 사례도 부족한 상황이다. 또한, 산업화 부분에 있어서 시제품 및 양산품 제작 시 고가의 금형 또는 추가 작업으로 제작이 필요하고 긴 제작기간으로 인하여 공정단축도 필요하는 요구가 많아지고 있다. 이에 Metal binder Jet 3D 프린터 기술의 개발을 통해 공정 기간을 단축하고 작업자의 작업 환경을 개선 및 안전성을 향상 시킬 수 있는 장비개발이 필요하다. 본 연구는 다중멀티 헤드 제어기술 기반으로 금속 바인더 적층 제조장비를 개발하고 나아가서 이를 활용한 경량 모빌리티 제품 개발을 추진할 예정이다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20022976)

발표자*, 교신저자#(hkkweon@kumoh.ac.kr)

바인더를 활용한 자성소재 적층제조 기술 개발

이필호*,#, 신동운, 김용래, 하태호

Development of additive manufacturing technology for fabrication of magnetic part using binder

P. H. Lee*,#, D. W. Shin, Y. R. Kim, T. H. Ha
한국기계연구원 3D프린팅장비연구실

Key Words : Additive manufacturing, Magnetic material, Binder

금속 적층제조 기술은 높은 형상자유도를 지닌 제품의 제조가 가능한 장점이 있어 다양한 산업분야의 관심을 받고 있으나 높은 제조단가와 긴 제조 공정시간으로 인한 실제 활용의 제한이 있는 실정이다. 이러한 제한점들을 해결하고자 상대적으로 고속프린팅이 가능한 바인더를 활용한 금속 적층제조 기술이 대두되고 있다. 바인더기반 적층제조 기술이란 가소성 또는 경화성 고분자 소재와 금속의 혼합물을 광 및 열 등을 이용하여 경화시켜 형상을 제조하는 기술로 최근 바인더제팅 (Binder Jetting), 리소그래피 금속적층제조 (Lithography Metal Manufacturing) 등의 방법이 연구되고 있다. 본 연구에서는 바인더를 활용한 적층제조 시스템을 구성하고 최근 전기자동차 및 도심항공교통 수단 등의 발달로 인하여 관심을 받고 있는 자성소재의 적층제조를 수행하였다. 우선 파우더 베드 기반의 적층제조 시스템을 구성하여 시험을 수행하였으며 이때, 바인더의 비율 및 레이어 두께 등에 따른 자성소재의 조형성 및 성능을 비교하였다. 실험결과 정렬모듈 및 바인더를 활용한 자성소재의 적층제조 시험 시 재료의 정렬이 효과적으로 나타났으며, 바인더를 활용한 자성소재 적층제조 기술의 산업적 활용 가능성을 확인하였다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 [과제명: 인장강도 1.0GPa 이상급 차세대 모빌리티 동력전달부품의 고속 생산을 위한 AI기반 고탄소강 합금설계 및 7.0 L/hr급 소결기반적층 제조기술개발/과제고유번호1415188357]

발표자*, 교신저자#(pilho_lee@kimm.re.kr)

티타늄 소재 DED 적층 시 공정변수에 따른 적층 품질 분석 연구

하민기[1,*], 김도영[2], 윤주성[3,#]

A study on the quality analysis of DED lamination of titanium materials according to process variables

M. G. HA[1,*], D. Y. KIM[2], J. S. YOON[3,#]

경남대학교 기계융합공학과[1], 충남대학교 메카트로닉스공학과[2], 경남대학교 기계공학부[3]

Key Words : Additive manufacturing, Direct energy deposition, Ti-6Al-4V

티타늄은 우수한 기계적 물성을 가진 소재로서, 항공 및 우주 산업에서 각광을 받고있다. 하지만, 취약한 열적 특성으로 인해 난삭재료로 분류되어 있으며, 적층제조를 비롯한 절삭가공이 아닌 제조 방법에 대한 필요성이 증가하고 있다. AM(additive manufacturing)은 3D 프린팅이라 불리는 제조방법으로 복잡한 형상을 설계 및 제조하는 데 용이하다. 최근에는 금속 AM의 산업 적용에 대한 관심이 증가하고 있으며, 대표적인 금속 AM 방법에는 DED(Directed Energy Deposition)이 있다. DED는 분말 형태의 재료를 직접 증착하는 방법이다. 분말을 열에너지에 노출시켜, 용융 및 응고 과정을 통해 적층을 수행한다. 해당 방법은 재료의 종류 및 공정 변수가 적층 품질에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있어, 지속적인 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 티타늄 소재 DED 적층 시 공정 변수에 따른 적층 품질 분석을 수행하였다. 열에너지 출력이 용융 과정에 미치는 영향을 파악하기 위해, 넓은 범위의 레이저 파워(200~500 W)와 분말 공급량(0.5~1.5 g/min)이 공정 변수로 적용되었다. 대표적인 티타늄 합금인 Ti-6Al-4V가 대상 재료로 사용되었으며, one way 방식을 통해 10 x 10 x 5 mm의 큐빅 형태 시편이 적층되었다. 이후 시편은 단면 절단, 마운팅, 연마 과정을 거쳤으며, 광학 현미경을 통해 적층부 단면 형상, 내부 구조, 기공률이 측정되었다. 측정 결과, 변수 변화에 따라 적층 높이 및 내부 구조가 큰 폭으로 변하는 것으로 확인되었다. 또한, 공정 변수 중 레이저 출력이 해당 변화 특성에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 기계장비산업기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다. [과제명: 절삭가공 전주기 데이터 기반 공정 최적화 기술 개발 (과제번호: 20023466)]

발표자[*], 교신저자[#](jsyoon@kyungnam.ac.kr)

DED 적층 스테인리스강의 공정변수에 따른 트라이볼로지 특성에 관한 연구

김대진[1,*], 허세곤[2], 정민교[2], 김현준[1,#]

A study on the tribological characteristics of stainless steel manufactured by DED process with respect to process parameter

D-J. Kim[1,*], S. Heo[2], M-K. Jung[2], H-J. Kim[1,#]
경북대학교 정밀기계공학과[1], 한국기계연구원 3D프린팅장비연구실[2]

Key Words : Additive manufacturing, Metal printing, Tool path, Friction, Wear

There has been a growing interest in metal printing to meet the demands of various industries. Metal printing present challenges due to the involvement of numerous process variables and the complex relationships that arise between the resulting microstructure and mechanical properties. This study investigates the influence of tool path on the tribological characteristics of stainless steel specimens fabricated with the DED (Directed Energy Deposition) process. In this study, SUS316L staineless steel was deposited onto a rectangular S45C substrate, with varying stacking direction which are orthogonal and parallel to the length of the specimen. Friction tests were conducted over several hundred cycles with a consistent normal force of a few newtons. The results of the friction tests showed that the specimens in the orthogonal stacking direction exhibited a higher friction coefficient compared to those in the parallel stacking direction. This outcome was attributed to differences in microstructure or grain size of the printed parts induced by variations in cooling rates and thermal history. It was evident that optimizing the stacking process parameters is necessary to enhance the mechanical properties of the output.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('No. 20023042')

발표자*, 교신저자#(hjoonkim@knu.ac.kr)

선택적 레이저 용융법으로 제조된 고규소 철강 소재에서 시료 간 거리가 미세조직과 집합조직에 미치는 영향

이한솔[1,*], 김종렬[1,#], 최준필[2], 김예림[3]

The effect of inter-specimen distance on microstructure and texture for high-silicon steel manufactured by selective laser melting

H. S. Lee[1,*], J. R. Kim[1,#], J. P. Choi[2], Y. R. Kim[3]

한양대학교 재료화학공학과[1], 한국기계연구원 첨단생산장비연구부[2], 한국재료연구원 분말재료연구본부[3]

Key Words : Selective laser melting, Fe-Si, Melt-pool, Texture

적층제조 공정에서는 각각의 층 마다 레이저가 조사되는 면적과 이것의 분포가 수시로 바뀌는 특징이 있는데 이에 관련된 연구는 찾아보기 힘들다. 본 연구에서는 선택적 레이저 용융법(selevtive laser melting)을 활용하여 제조된 Fe-Si 조형체의 특성에 인접 시료 간의 거리가 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 10 mm x 10 mm x 10 mm 크기의 큐브 시료를 제작하였으며, 이들의 인접 시료 간의 거리를 1.5, 2.5, 4 cm가 되도록 설정하였다. 시료 간 거리를 제외한 공정 변수는 모두 동일하였다. 제조된 시료의 멜트풀 크기를 측정하고 집합조직을 분석하였다. 시료 간의 거리가 1.5 cm일 때 멜트풀의 깊이는 89 μm였지만, 이 거리가 증가할수록 멜트풀의 깊이도 증가함을 확인하였다. 최종적으로 시료 간의 거리가 4 cm일 때 멜트풀의 깊이는 1.5 cm일 때보다 약 2배 증가한 173 μm으로 측정되었다. 이러한 경향은 레이저 조사 시에 레이저 흡수를 방해하는 금속 fume과 spatter가 시료 간의 거리가 가까울수록 인접 시료 표면에 더 많이 축적되기 때문으로 사료된다. 나아가 서로 다른 시료 간의 거리는 완전히 다른 집합조직을 발달시켰다. 시료 간의 거리가 1.5 cm일 때는 적층방향으로 (100) 집합조직이 형성된 반면 시료 간의 거리가 4 cm일 때는 (111) 집합조직이 형성되었다. 결론적으로 본 연구를 통해 시료 간의 거리가 선택적 레이저 용융법을 통한 조형체의 재현성을 확보하는 데에 있어서 중요하게 고려되어야 할 요소임을 확인할 수 있었다.

발표자*, 교신저자#(jina@hanyang.ac.kr)

음함수 표현법을 이용한 공정 고려 특징 형상 검색 및 수정 알고리즘의 개발

구성모*, 박상인#

Feature extraction and modification framework based on implicit modeling technique considering additive manufacturing process

S. Gu*, S. I. Park#

인천대학교 메카트로닉스공학부

Key Words : Implicit modeling, Convolutional neural network, Feature extraction, Design for additive manufacturing

적층 제조 과정에서 복잡 형상 부품의 제작을 위해 서포트 구조물이 생성은 필수적이다. 그러나, 서포트 구조물의 생성으로 인하여 후처리 공정이 요구되며, 제품 표면 품질이 저하된다. 따라서, 서포트 구조물의 최소화는 적층 제조 적용시 중요한 고려사항이다. 이를 위해, 설계 지침 및 수정 기법이 제안되었으나, 서포트 구조물 생성 영역을 자동 식별에는 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 음함수 모델링 기법과 합성곱 신경망 기반의 기계 학습 기법을 활용하여 서포트 구조물 생성 영역 식별을 위한 특징 형상 추출 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 기존의 표면 정보 및 어셈블리 정보를 활용한 특징 추출방법과는 다르게 함수장 기반의 형상 모델링 기법을 이용하여 형상 정보와 형상 관련 추가정보를 3차원 이미지화 하고 이를 합성곱 신경망의 훈련 정보로 사용한다. 또한, 형상 모델링을 위한 음함수를 국부적으로 변경하여 서포트 구조물 생성을 억제하는 형상으로 변경한다. 제안한 방법의 검증을 위해 내부 채널을 탐지하고 국부적인 형상 수정을 통해 서포트 생성을 억제하는 제품 설계에 적용하였다. 제안된 알고리즘을 사용하여 추출된 내부 채널은 효과적으로 지지 구조물을 제거하고, 국부적인 영역에 내부 채널의 형상을 대해 물방울 모양으로 변형하는 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '전자시스템산업기술개발사업"의 지원을 받아 연구되었음(No. 20021943)

발표자*, 교신저자#(sangin.park@inu.ac.kr)

적층가공시스템을 위한 비전기반 공정 모니터링 및 품질 예측

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

Vision-based process monitoring and quality prediction for stacked manufacturing systems

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

한국생산기술연구원[1], 중앙대학교 대학원 기계공학과[2]

Key Words : 3D printing, Composite materials, Monitoring, Vision

자동차 및 항공우주 산업에서 부품 경량화를 통한 연료 효율성 향상 및 탄소배출 감소와 같은 문제에 대한 관심이 증가함에 따라, 이에 대응하기 위한 패러다임 변화가 필요한 상황이다. 최근에는 복잡한 형상 구현과 높은 생산 속도의 장점을 가진 3D 프린터를 적용하여, 열가소성 플라스틱과 Short Carbon fiber Reinforced Plastics을 혼합하여 부품을 제작하는 방법이 주목받고 있다. 그러나, 복합 소재 적층 공정 중에는 온도 및 공정 조건에 따라 기계적 특성이 불규칙하게 변동하거나 적층 품질이 저하되는 문제가 발생할 수 있어, 이에 대한 공정 기술 개발이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 복합 소재 전용 3D 프린터를 적용하여 복합 소재 적층 공정을 모니터링하는 연구를 수행하였다. 적층 공정 모니터링을 위해 Vision을 활용하여 압출 시 소재의 너비를 측정하고 품질 간의 상관 관계를 분석하였다. Bilateral 및 Gaussian Blur 필터를 적용하여 Vision의 정확도를 향상시키고 이를 모니터링 시스템에 적용하였다. 압출 너비에 따라 적층 단면 품질을 예측하는 AI 모델을 개발하였다. 향후에는 이에 대한 추가적인 공정 연구와 최적화를 수행할 예정이다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 기계산업핵심기술개발사업의 일환으로 수행함. [20015060, 과제명: 고유연 대형 경 량 부품용 CFRP 적층가공 복합공정시스템 개발]

발표자*, 교신저자#(rack1219@kitech.re.kr)

e-PGS 피니언의 미끄럼률

권순만[1,#], 이용호[2,*]

Specific sliding of e-PGS pinion

S. M. Kwon[1,#], Y. H. Lee[2,*]

창원대학교 기계공학부[1], 창원대학교 대학원 기계설계공학과[2]

Key Words : e-PGS(external pinwheel gear set), Specific sliding, Center distance modification coefficient, Roller diameter coefficient

하역기(unloader) 등의 대형설비에 적용되고 있는 외접 핀 휠 기어쌍(external pinwheel gear set, 이하 e-PGS)은 선회 목적으로 사용되며 피치점의 선속도가 약 0.2m/s 이하의 저속운전 특성을 갖고 있다. 경험적으로 피치점의 선속도가 약 0.5m/s 이하인 경우는 기본적인 면압, 굽힘강도설계와 더불어 마멸에 대한 강도설계도 필요한 것으로 알려져 있다. 마멸률(wear rate) 또는 마멸량(wear volume)은 기어 맞물림이 발생할 때 공통접선상의 미끄럼속도 또는 미끄럼량에 비례한다. 하지만 미끄럼 속도 또는 미끄럼량은 기어 크기와 이의 형상, 그리고 물림 압력각 등에 따라 달라지기에 이들을 직접 비교하는 것보다 미끄럼의 정도를 정성적으로 나타내는 무차원 값인 미끄럼률을 고려하는 것이 합리적이다. 이에 마멸에 대한 강도설계에 앞서 e-PGS 피니언의 진입(approach) 및 퇴거(recess) 물림구간별 상대운동을 면밀히 따져 미끄럼률 연구를 수행하였다. 피니언 물림이 진행되어 이끝 접촉을 하게 되면 미끄럼률은 1에 점근하며, 이는 공통접선방향 속도가 거의 0이 되는 순수미끄럼(pure sliding) 운동 상태임을 나타낸다. 또한 피치점에서는 미끄럼률이 0이 되어 순수구름(pure rolling) 운동 상태임을 나타낸다. 이러한 미끄럼률의 기본적 특징이 중심거리증가계수(center distance modification coefficient)의 조정과 롤러직경계수(roller diameter coefficient)의 조정에 의해서도 잘 나타내어지며 기어 형상변화에 의한 피치점의 위치 변화도 미끄럼률을 통해 확인할 수 있다. 특히 중심거리증가계수가 증가함에 따라 미끄럼률이 감소하는 경향을 나타내므로 저속운전시 발생하는 마멸의 개선을 위해서는 중심거리증가계수가 중요한 설계변수가 됨을 확인할 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(No. 2021RIS-003)

발표자*, 교신저자#(smkwon@changwon.ac.kr)

CDC 감속기의 편심축 베어링 하중

권순만*,#

Radial load of rolling contact bearing for eccentric shaft in CDC reducer

S. M. Kwon*,#

국립창원대학교 기계공학부

Key Words : Cycloid reducer, CDC reducer, Eccentric shaft, Equivalent pressure angle, Bearing radial load

사이클로이드 감속기(cycloid reducer)를 대체하여 개발한 CDC(conjugate dual cycloid) 감속기는 조립 편이 및 부품 수 저감 등의 장점에도 불구하고 대단히 짧은 내구수명의 단점을 가짐을 해당 시험을 통하여 확인하였다. 이를 규명하기 위해 분해 검토 결과 CDC 감속기 편심축(eccentric shaft) 베어링 손상으로 판정되었고, 이에 본 연구에서는 CDC 감속기 편심축 베어링 하중의 예측을 통하여 수명개선에 기여하고자 하였다. 이를 위해 적재 및 이송을 위한 감속비 29, 외경 110 mm의 동일 설계제원을 갖는 기존 사이클로이드 감속기와 CDC 감속기를 고려하여 이들 감속기 편심축에 걸리는 베어링 하중들을 비교하였다. 피치점 등가합력이 동일하다 가정할 때 CDC 감속기의 등가압력각(equivalent pressure angle)은 42.2° 로 평가되어 기존 사이클로이드 감속기의 등가압력각(22.2°) 보다 훨씬 큰 수준임을 확인하였고, 이로 인해 1.78배 정도의 큰 베어링 하중을 받게 되고 사이클로이드 감속기 수명 대비 약 1/6의 단수명을 가짐을 확인하였다. 따라서 이를 완화시키기 위해서는 CDC 감속기의 수정계수(profile modification factor)를 감소시키거나 사용 토크 수준을 낮추는 쪽으로 설계하여야 한다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 기술혁신개발사업의 일환으로 수행하였음. [S3276835, 로봇관절 및 공작기계용 50arcsec급 하이엔드 정밀감속기 개발]

발표자*, 교신저자#(smkwon@changwon.ac.kr)

전기차 배터리 냉각을 위한 TPMS 기반 열교환기 CFD 연구

김도륜*, 김정우#

CFD study on TPMS-based heat exchanger for electric vehicle battery cooling

D. Kim*, J. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

Key Words : TPMS, Heat exchanger, CFD

전 세계적으로 탄소 중립을 목표로 여러 가지 정책이 실현되고 있으며, 수송 산업의 관점에서 내연기관에서 PHEV, BEV으로 변경해가며 탄소 배출량 감소를 목표로 하는 추세이다. 또한 COVID-19 대비 21년도 전세계 전기차 판매량이 3.3배 증가하였다. 이러한 영향으로 인해 세계적인 전기차 수요 및 판매량은 증가할 것으로 예상된다. 전기차의 수요가 증가함에 따라, 전기차의 단점인 배터리의 발열로 인한 배터리의 성능 감소가 부각된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 배터리 열관리 시스템 중 하나인 Chiller(열교환기)를 통해 배터리의 발열을 제어해야한다.

열교환기의 성능을 높이기 위해 열교환기 내부는 TPMS (Triply Periodic Minimal Surface) 구조로 이루어져 있고, 이 구조 내에서는 2개의 유로가 3차원적으로 열교환을 이루게 된다. 이 구조를 기반으로 한 여러 가지 설계안을 CFD 해석을 통해 열교환기 성능 도출을 목표로 하고, 추가적으로 내부의 속도가 0인 영역인 Dead Zone에 대해 열전달 경향을 파악하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(kimjw@seoultech.ac.kr)

생체모방공학을 이용한 원심펌프 디퓨저 설계 연구

문재균*, 김정우#

Study on centrifugal pump diffuser design using biomimetic engineering

J. Moon*, J. Kim#

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

Key Words : Centrifugal pump, Biomimtics, CFD

펌프는 압력작용을 이용하여 관을 통하여 유체를 수송하는 기계이다. 펌프의 성능은 임펠러와 디퓨저의 형상에 상당한 영향을 받기에, 펌프의 성능을 효율적으로 높이기 위하여 펌프에 생체모방공학을 적용해 보려 한다. 생체모방공학은 생물의 행동이나 구조 혹은 그들이 만들어 내는 물질 등을 모방함으로써 새로운 기술을 만들어 내는 것이다.

본 연구에서는 "Phocoenoides dalli라는 돌고래의 모양을 모방하여 펌프 디퓨저 형상을 제작하여 펌프의 효율을 증가시키는 것을 목표로 한다. 추가로 펌프 베인에 대해서도 설계 변경을 고려할 예정이다.

발표자*, 교신저자#(kimjw@seoultech.ac.kr)

1.5GPa급 강재 차량 부품의 롤포밍 공정 스프링백 해석

정규철[1,*], 임현교[1], 김근호[1,2], 윤종헌[1,#]

Springback analysis of roll forming process for 1.5GPa steel vehicle parts

K. C. Jeong[1,*], H. G. Lee[1], K. H. Kim[1,2], J. H. Yoon[1,#]

한양대학교ERICA 기계공학과[1], (주)아산[2]

Key Words : Roll forming, Anisotropic hardening model, Springback

자동차 부품 업계는 경량화를 위해 1.5GPa 이상의 초고강도강재를 도입하고 있으며, 강재의 연성이 낮아짐에 따라 성형방법과 그 설계의 중요성이 부각되고 있다. 롤 포밍은 연속적으로 판재를 성형하는 대량생산 공법으로, 프레스 공법에 비해 굽힘부의 변형률 집중이 적어 초고강도강재의 예측이 어려운 전단 파단을 감소시킬 수 있기 때문에 초고강도 차량 부품생산에 활발하게 적용되고 있다. 강재의 강도증가에 따라 스프링백을 위시로 한 형상오차가 더욱 커지고 있으며, 따라서 형상오차를 제어하는 것이 롤포밍 설계의 핵심이다. 롤포밍 내 스프링백 제어를 위해서 부품 설계굽힘각보다 더 많은 굽힘각을 부여하는 오버벤딩(overbending) 방법이 이용되며, 이때 바우싱어 효과(Bauschinger effect), 영구 연화(Permanent softening) 및 영률의 감소 등 재료의 복합적인 비등방성 경화 현상이 관찰된다. 이러한 현상을 재현하기 위해서는 비등방성 경화 모델을 사용한 수치해석이 동반되어야 하지만 비등방성 경화 모델은 많은 실험량과 복잡성, 그리고 롤포밍 수치해석 자체의 많은 계산량에 의해 롤포밍 분야에서 산업적으로 널리 사용되지 않으며, 스프링백 형상 보정은 경험에 의한 설계로 주로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 강재의 등방성 경화모델과 비등방성 경화 모델이 롤포밍의 스프링백을 정확하게 예측 가능한지 실험과 해석을 통해 검증을 진행한다. 구체적으로는, 1.5GPa 강도의 hat-shaped sill-side 부품을 대상으로 von Mises, 이동경화모델인 Yoshida-Uemori 모델, 그리고 왜곡경화모델인 HAH20모델을 사용하여 해석을 진행하였으며, 롤포밍 라인 단계별로 부품 절삭 후 실측한 스프링백 프로파일 형상과 비교하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '우수기업연구소육성사업(ATC+)'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20022814)

발표자*, 교신저자#(yooncsmd@gmail.com)

모빌리티용 CFRP 복합재의 특성평가를 위한 NDE 시뮬레이션 기법

임광희[1,*,#], 조영태[2], 김도현[1], 이희준[1], 김세민[1], 우용득[1], 이길성[3], 이형호[4]

Characterization on composites of mobility using NDE simulation techniques

K. H. Im[1,*,#], Y. T. Cho[2], D. H. Kim[1], H. J. Lee[1], S. M. Kim[1], W. D. Woo[1], K. S. Lee[3], H. H. Lee[4]

우석대학교 기계자동차공학과[1], 전주대학교 기초과학과[2], ㈜휴먼컴퍼지트 연구소[3], 태산ENG 연구소[4]

Key Words : Mobility, NDE simulation, Composites

모빌리티용 탄소섬유강화 복합재(Carbon Fiber Reinforced Plastics: 이하 CFRP)는 ACM의 대표적인 재료로서 비강성(탄성률/밀도: specific stiffness), 비강도(인장강도/밀도: specific strength)가 기존의 금속재료보다 훨씬 높고, 내화학성, 진동감쇄특성, 전기절연성, 치수안정성 등이 우수하여 구조물의 경량화설계를 위한 각 분야에서 널리 이용되고 있다. 특히 다양한 설계요건에 따라 섬유배향 및 적층배향을 적절히 선정하여 필요한 강도를 보강할 수 있다는 장점이 있어 경량화가 요구되는 여러 분야에서 점차 활용이 확대되어 가고 있고 최근에는 지속적인 소재기술의 발전으로 취약했던 여러 가지 기계적 성질이 보완되어 응용되는 부분인 낚시대, 골프채, 스포츠용품 등 2차 구조부재(secondary member)로부터 고하중을 지지하는 1차 구조부재(primary member)나 엔진부재에 이르기까지 여러 분야로 용도가 확대되어가고 있으며 수송기기 부품 모빌리티 산업분야에서도 기존의 금속재료에 비해서 상당히 중량을 감소시킬 수 있는 Graphite, Carbon, Glass, Boron 등과 같은 섬유를 이용한 복합재료가 금속재료를 대체해 나가고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 일방향 CFRP 복합적층판의 섬유배향을 일방향 피치-캐치방법인 레일레이(Rayleigh)용 초음파 실험장치를 이용하여 내부 섬유배향 및 결함을 정량적으로 평가하기 위해서 수송기기 모빌리티용 CFRP 복합재의 특성진단을 위한 일방향 NDE 시뮬레이션을 통하여 탄소섬유의 특성을 진단하였다.

후기 This research was supported by "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2023RIS-008).

발표자*, 교신저자#(khim@woosuk.ac.kr)

풍력터빈 블레이드 CFRP 복합재의 결함탐상평가를 위한 NDE 기법

임광희[1,*,#], 조영태[2], 김도현[1], 양호진[1], 정 직[1], 장계림[1], 김선규[3]

Defect detection evaluation in composites of wind turbine blades using NDE techniquesss

K. H. Im[1,*,#], Y. T. Cho[2], D. H. Kim[1], H. J. Yang[1], J. Chong[1], G. L. Zhang[1], S. K. Kim[3]

우석대학교 기계자동차공학과[1], 전주대학교 기초과학과[2], 전북대학교 기계시스템공학과[3]

Key Words : Wind energy, NDE simulation, Composites

풍력터빈 블레이드의 트레일링 에지부분은 GFRP, 발사 및 에폭시로 다양한 복합재료로 구성되어져 있다. 풍력터빈 블레이드는 다양한 부품으로 구성이 되어져 있다. 특히 이중에 핵심부품인 스파캡(Spar cabs)을 활용하여 초음파기법을 적용하여 일방향재 탄소섬유특성 및 결함평가를 할 수행한다. 특히 일방향재 CFRP 복합재 시험편 내부에 섬유나 수지특성, 숨겨진 결함 등을 비파괴 초음파검사 및 평가를 하는 것은 기초설계 데이터를 확보하는데 매우 중요하다. 초음파 실험 시에 CFRP복합재를 제작하여 섬유배향에 따라 초음파 탐촉자를 이용해 일방향 및 양방향에서 피치캐치 모드를 적용을 한. 이때 레일레이(Rayleigh) 초음파 탐촉자를 이용하게 되며 어떤 시험편 경우에도 피치캐치모드인 일방향 및 양방향 측정이 가능 할 뿐 만 아니라 시험편의 원하는 측정 깊이 조율이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 일방향 CFRP 복합적층판의 섬유배향을 일방향 및 양방향 피치-캐치방법인 레일레이(Rayleigh)용 초음파 실험장치를 이용하여 내부 섬유배향 및 결함을 정량적으로 평가한다면 안전설계의 관점에서나, 첨단재료 개발의 관점에서 획기적인 발전이 이루어질 것으로 생각되며, 일방향 CFRP복합재내에 결함여부에 따라서 나아가 여러개의 초음파 반사신호의 빔프로파일(Beam profile)을 더욱더 체계적이고 정량적인 초음파 거동 해석을 통하여 초음파특성 평가 기법을 개발하였다.

후기 이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No: 2021R1I1A3042195).

발표자*, 교신저자#(khim@woosuk.ac.kr)

주조 사이클 해석을 통한 수축결함 예측 연구

임창수*, 최영심#

Study on prediction shrinkage defect using casting cycle simulation

C. S. Lim*, Y. S. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : Cycle simulation, Shrinkage defect, Solid simulation

주조공정은 용탕의 주입과정과 응고 과정으로 이루어진다. 주조공정에서의 컴퓨터 시뮬레이션은 몰드 충전 시뮬레이션, 응고 시뮬레이션, 결함 예측 및 주조 방안 설계 등이 있다. 주조공정은 크게 사형주조, 금형주조, 다이캐스팅 주조로 나뉘는데 이 중 다이캐스팅 주조법은 용탕을 고온에서 압입해서 치수 정밀도가 높고 표면이 깨끗하며 단시간 내 대량 생산 가능한 방법이다. 다이캐스팅 주조공정은 주형으로 금속을 사용하는데 실제 제품을 사출하기 전에 금형을 예열하는 단계에서 시사출을 진행한다. 또한 단시간에 다량의 제품을 반복적으로 사출한다. 용탕을 주입 후 응고된 주물을 금형 내에서 취출할 때까지의 과정을 1 cycle이라 하고 반복 주조 작업에 따른 금형의 온도변화를 예측하기 위한 것을 사이클 해석이라 한다. 주조공정의 시뮬레이션을 활용한 결함 예측의 정확도를 올리기 위해서는 금형에 대한 사이클 해석을 통해서 나온 예열된 금형의 온도분포 결과를 활용하여 주조유동해석을 하고 여기서 나온 주조품과 금형의 온도분포도를 적용하여 응고해석이 진행되어야 한다. 본 논문에서는 반복 주조 작업에 따른 금형의 온도변화를 예측하기 위해 사이클해석을 수행하고 금형의 축열부위를 예측한다. 최소 5 사이클의 해석을 통한 금형온도 분포도를 토대로 주조 유동해석과 응고해석을 진행하였다. 일반적으로 금형의 온도가 높으면 용탕의 충진성은 우수하지만 응고 시간이 길어져 수축결함 등이 발생할 수 있다. 제품의 응고까지 진행된 결과를 통해 금형에 축열되는 부위를 예측하여 주조 냉각라인을 설계 후 열유동 및 응고해석을 통해 제품의 수축결함을 예측할 수 있다.

발표자*, 교신저자#(raycute@kitech.re.kr)

성형 공정 디지털 트윈 구현을 위한 2-stage 블로우 성형 시뮬레이션

정의철[1,*], 권창오[2], 홍석관[1,#]

Simulation of 2-stage blow molding for a digital twin of the molding process

E. C. Jeong[1,*], C. O. Gwon[2], S. K. Hong[1,#]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], (주)동아정밀공업[2]

Key Words : Blow molding, CAE simulation, Digital twin, Heat transfer, Thickness

The two-stage blow molding process enables temperature control of the preform through multiple infrared(IR) lamps in the pre-heating process, which leads to a controlled local thickness distribution of the final product. However, the pre-heating process conditions by IR lamps are still dependent on the experience of experts, so it is difficult to optimize initial process condition for various shapes of products. In this study, the CAE simulations were performed for pre-heating and stretch-blowing process, in order to overcome these problems through the implementation of digital twin for the molding process. In the pre-heating process, the rotation of the preform was modeled by assuming the IR lams in the form of a ring, both radiant heat transfer by the IR lamps and convective heat transfer by ventilation were considered. The initial temperature conditions before the blowing were mapped from the temperature distribution obtained from the preform pre-heating simulation, and the blow molding process was simulated divided into a primary extension by the stretch rod and a secondary extension by the blowing air. The time interval between extension by the stretch rod and that of blowing air was defined as the "Delay time", and it was found that the "Delay time" had the major factor on the thickness distribution of the final product. The temperature distribution of the preform and thickness distribution of the final products obtained from the simulation were compared with the experimental data to confirm the validity of the simulation results.

후기 This work was supported by the Machinery Industry Core Technology Development Program (20014837) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

발표자*(euicha0817@kitech.re.kr), 교신저자#(skhong@kitech.re.kr)

전기차용 드라이브 샤프트 조인트 측의 접촉력 분석

김세은[1], 김현태[1], 홍민성[1], 이문구[1], 한상원[2], 박정률[2], 전용호[1,*,#]

Contact force analysis on the drive shaft joint for electric vehicles

S. E. Kim[1], H. T. Kim[1], M. S. Hong[1], M. G. Lee[1], S. W. Han[2], J. L. Park[2], Y. H. Jeon[1,*,#]

아주대학교 기계공학과[1], 서한이노빌리티 연구소[2]

Key Words: Constant velocity joint, Ball joint, Finite element method, Thermal structure analysis

온실가스 감축을 목표로 탄소 저감에 대한 규제가 강화되고 있다. 특히 자동차 업계의 경우 많은 수요가 있는 만큼 직접적인 영향을 주어 탄소 배출 문제에 민감하다. 이에 따라 매연이 없는 친환경 전기차에 대한 수요가 증가하면서 다양한 연구가 이루어지고 있다. 전기차는 기존 내연기관과 달리 모터를 사용하여 구동 즉시 최대 토크를 출력하여 부품 파손이 일어날 수 있다. 또한 구동 시 일어나는 회전에 의한 마찰로 인해 열이 발생하게 된다. 열은 기계적 거동에 직접적인 영향을 주며, 이후 부품에 수명에도 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 고절각, 고토크 상황에서도 안정적인 성능을 구현할 수 있는 드라이브 샤프트를 개발하고자 한다. 시제품을 이용한 시험 한계와 개발 시간 단축을 위해 수치해석적 접근 방식을 기반으로 해결 방안을 모색하고자 한다. 먼저 휠 측으로 토크를 전달하는 조인트 부에 실제 드라이브 샤프트 시험 조건을 구성하여 해석적으로 보고자 하였다. Ansys와 Ls-prepost 프로그램을 사용하여 휠 측의 고정형 볼 조인트 부를 열 구조 연동 해석을 진행하였다. 이후 조인트에서 일어나는 구조적 변형과 마찰에 의해 발생하는 열에 의한 변형까지 분석하였다. 본 연구에서는 유한요소해석법을 적용하여 실제 드라이브 샤프트 구동 시 발생하는 구조적 변형과 열에 의한 변형을 예측하는 시뮬레이션을 개발하였다. 해당 시뮬레이션을 통한 결과 예측을 통해 시제품을 이용한 시험을 최소화하여 개발 시간의 단축과 비용 절감을 기대할 수 있다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 연구되었음. (No.20020730)-9525)

발표자*, 교신저자#(princaps@ajou.ac.kr)

열전소자를 이용한 소형 열전냉각기의 방열 설계

조영태[1,*,#], 마상동[2], 임광희[3], 김재열[4]

Heat dissipation design of a small thermoelectric cooler using thermoelectric elements

Y. T. Cho[1,*,#], S. D. Ma[2], K. H. Im[3], J. Y. Kim[4]

전주대학교 공과대학 기초과학과[1], ㈜다원물산[2], 우석대학교 기계자동차공학부[3], 조선대학교 기계공학과[4]

Key Words : Thermoelectric elements, Heat sink, Thermoelectric cooler, Heat dissipation

알루미늄 소재의 압출에 의한 알루미늄 방열판은 가장 일반적인 형태의 방열판으로 가장 널리 사용되고 있다. 반도체산업의 발달은 경박단소 및 다기능화되면서 소형화 고집적 고출력화로 열 밀도가 증가하여 제품의 수명 및 신뢰성 확보를 위한 방열기의 성능향상도 매우 중요하게 되었다. 최근 열전소자를 이용한 냉각에 의한 강제 방열 및 열교환 기술은 반도체 제조 공정 등의 첨단 제조산업 장치, 전자제품, 측정 및 테스트 장비 등 다양한 제품의 열교환 및 방열에 적용되고 있다. 본 연구는 최근 활발하게 개발 적용되고 있는 열전소자를 이용한 냉각 장치를 적용한 소형 장치 및 가전제품에 적용되는 알루미늄 방열판에 관한 것으로 다량의 소형 제품은 한정된 공간과 방열판의 생산성 및 가격 경쟁력이 중요한 요소이다. 따라서 소형의 알루미늄 방열판에 대해서 가격 상승을 최소화면서 방열성능을 향상시킬 수 있는 방안이 필요하다. 여기서는 열전소자를 이용한 소형 열교환기 방열판의 열확산 속도를 향상시킴으로서 방열 효율을 향상시켜 냉각성능을 높일 수 있다. 140×150 ㎜ 알루미늄 방열판, 히트파이프의 방열판 매립형 2종류, 히트파이프 매립부와 방열핀 분리형 2개 형태로 총 5종의 유사 규격에 대한 냉각성능을 소형정수기 냉수통에 적용하여 테스트하였다. 그 결과 방열판이 열원보다 크고 멀리 떨어진 부분까지 빠르게 열이 전달되고, 방열판의 포화온도에 늦게 도달하고, 히트파이프가 매립된 방열부와 방열핀이 분리된 방열판이 우수한 냉각효율이 발휘됨을 알 수 있었다.

후기 본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 창업성장기술개발사업(No. S3316503)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(choyt@jj.ac.kr)

반도체공정 폐개스 이송 파이프의 탄소페이퍼를 이용한 면상 정온가열

조영태[1,*,#], 마상동[2], 임광희[3]

Planar constant heating using carbon paper of waste gas transfer pipe in semiconductor process

Y. T. Cho[1,*,#], S. D. Ma[2], K. H. Im[3]

전주대학교 공과대학 기초과학과[1], ㈜다원물산[2], 우석대학교 기계자동차공학부[3]

Key Words : Planar constant heating, Semiconductor manufacturing process, Wast gas, Scrubber, STS pipe, Carbon paper

세계 최고 수준의 반도체 및 디스플레이 개발 및 생산 능력을 보유한 제조 공정은 제조 준비단계에서부터 웨이퍼를 가공하고 칩을 제조하는 메인 장비와 조립 및 검사하는 장비들로 구성된다. 특히 모든 공정은 반도체의 품질을 좌우하는 고정도의 메인 FAB 장비와 sub장비들로 구성된다. 메인 공정의 가공 및 세정을 위해서 다량의 독성 화학물질(불산 등)이 사용되고 있으며, 선폭이 2-3 ㎚로 줄어들면 사용되는 개스량은 기하급수적으로 늘어나고, 공정 과정에서 파우더를 포함한 다량의 유독성 개스가 배출되며 환경 및 인체에 매우 유해하다. 따라서 발생되는 파우더를 포집하고, 개스를 무해하게 처리하여 배출하는 장치로서 다양한 방식의 스크러버가 설치된다. 폐개스는 STS 파이프라인과 3-way 밸브를 거쳐 스크러버로 이송된다. 이송라인은 메인 장비로부터 스크러버까지 파이프와 밸브를 클램프 체결의 플랜지 결합으로 연결되고, 실온에 설치되어 있다. 발생하는 폐개스는 파우더를 포함한 상태로 100℃이상의 유해물질로 실온의 파이프를 통해 이송되는 과정에서 온도편차로 파이프 및 밸브 내부에 파우더가 고착되어 직경이 줄어들게 됨으로서 유지보수를 필요로 하게 된다. 따라서 파우더의 융착 방지와 폐개스 이동을 원활하게 하기 위해서는 이송 파이프 내부를 폐개스 보다 높은 100℃ 이상으로 균일하게 유지해야 한다. 기존에는 MI히터 등의 가열장치가 사용되고 있으며, 최근 면상발열 방식으로 전환하고 있다. 그러나 이들 장치는 온도편차가 심하거나, 내구성 문제, 에너지 과다 소비 등의 문제가 발생하고 있다. 따라서 새로운 방식의 내구성을 갖는 면상 가열장치의 개발이 요구되고 있어 본 연구에서는 탄소페이퍼를 이용한 면상 가열장치를 설계 및 제작하고, 실제 사용되는 STS 파이프에 적용 및 테스트를 통한 기초연구를 진행하여 가능성을 확인하였다.

발표자*, 교신저자#(choyt@jj.ac.kr)

복합 에너지 하베스팅 시스템의 다물리 해석기법에 대한 연구

이홍석*, 장홍석, 최성준#

A study on multiphysics analysis techniques for complex energy harvesting system

H. S. Lee*, H. S. Jang, S. J. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : Multi-physics analysis, Triboelectric nanogenerator, Piezoelectric, Energy harvesting

최근 각종 환경 문제의 대두로 인하여 다양한 친환경 에너지에 관한 관심이 증가하고 있다. 이중 열 혹은 진동 등으로 버려지는 에너지를 다시 수확하여 사용하는 에너지 하베스팅 기술 또한 많은 관심을 받고 있으며, 주로 압전 소자, 펠티어 소자, 마찰 전기 등을 활용한 기술 및 연구가 다수 진행중이다. 단일 소자에 대한 해석기법은 다수 연구되어 발표되고 있으나, 이를 복합적으로 해석한 기법은 아직 부족한 현실이다.

본 논문에서는 버려지는 다양한 에너지 중 진동 에너지를 효율적으로 수확하기 위해 압전 소자, 마찰 전기, 선형 발전기를 결합한 시스템과 통합 해석을 수행할 수 있는 기법을 제시하였다. 시스템의 구성으로는 하부의 선형 발전기가 진동을 받아 상하 이동을 하며 발생하는 전기를 수확하고, 그 위에 마찰 전기 수확 소자와 압전 소자를 결합한 시스템이 복합적으로 전기를 수확하는 시스템으로써 단일 소자를 활용한 시스템보다 효율적으로 버려지는 진동 에너지를 수확할 수 있다.

압전 소자, 마찰 전기, 마그네틱 발전기의 동시 해석기법을 바탕으로 진동 에너지 수확 시스템의 결과를 신속하게 유추할 수 있으며, 동시에 해석을 수행함으로써, 실제적인 시스템의 특성 및 외부 가진 특성에 따라 최적화 해석에도 확장하여 사용할 수 있다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

탄소섬유 형상이 가스확산층의 액체 수분 포화도에 미치는 영향

옹컴투[1,*], 이응기[1], 이완태[2], 전형준[2], 김현철[2,#]

Effect of carbon fiber shape on liquid water saturation in gas diffusion layer

T. C. Ngo [1,*], E. K. Lee[1], W. T. Lee[1], H. J. Jeon[1] , H. C. Kim[2,#]

Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[1],
Department of Future Automotive Engineering, Green Car Technology Research Center, Kongju National University[2]

Key Words : Gas diffusion layer, Proton exchange membrane fuel cells, Carbon fiber shape

Liquid water present in the cathode Gas Diffusion Layer (GDL) of Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs) exhibits a strong correlation with gas transport properties, thereby influencing electrochemical conversion rates. The gas diffusion layer (GDL) materials utilized in polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) are frequently rendered hydrophobic. This modification aims to improve water management by preventing the obstruction of pores due to liquid water, thereby promoting the unimpeded transport of reactant gases to the neighboring catalyst layer. In this investigation, the GDL is employed as the simulation domain. For GDL geometry, a proprietary geometry−based method is developed for GDL reconstruction. Moreover, to examine the impact of GDL carbon fiber diameter, the same procedure is applied to reconstruct three GDL structures by varying the carbon fiber diameter while maintaining constant porosity and geometric dimensions. We will investigate the effect of carbon fiber shape on liquid water saturation in the gas diffusion layer using Geodict software.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원(G02F11412059811)과 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)사업 결과입니다.

발표자*(ngocamtu@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

Bellows 구조를 적용한 LNG 이송 배관 개발에 관한 연구

정민근[1,*], 김성재[1,#], 황지상[1], 정현철[2], 강지훈[2]

A study on the development of LNG transport pipes with bellows structure

M. G. Jeong[1,*], S. J. Kim[1,#], J. S. Hwang[1], H. C. Joung[2], J. H. Kang[2]

동아대학교 기계공학과[1], (주)엔이에스[2]

Key Words : Bellows, LNG transfer, Structural analysis, CAE

약 10년간 불황이였던 조선업계는 고유가 및 온실가스 배출 저감에 적합한 친환경 선박인 LNG 선박의 수요 급증으로 한국의 조선 3사는 2027년까지선박 수주가 가득 찬 상황이며, 이 중 LNG 선박의 비중은 약 60% 이상으로 확인된다. LNG 선박은 LNG 추진 기반의 엔진을 장착한 선박으로 LNG 연료공급시스템에 적용된다. LNG 연료공급시스템은 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)를 연료를 이용하며 배관을 이용하여 이송된다. LNG 이송용 배관은 진동이나 압력상승에 의한 내관의 파열과 가스 누설에 대비하기 위하여 내관과 외관의 이중가스 배관으로 구성되며, 본 연구에서 개발하고자 하는 LNG 이송용 배관은 Bellows 구조를 적용하고자 한다. Bellows는 유연성이 있는 배관 구조로 Bellows는 외부온도와 수송유체간의 온도변화에 따른 파이프라인의 팽창과 수축에 유리하며, 선박의 진동 및 외부충격 등을 흡수하여 LNG 이송배관의 안전성 향상에 목적을 두고 있다. Bellows는 배관의 내압에 견딜 수 있는 충분한 강성 및 충격을 흡수할 수 있도록 설계하여야 한다. 본 연구에서는 Bellows 구조를 적용한 LNG 이송용 이중배관을 개발하고자 하며, 본 논문에서는 CAE 해석을 수행하여 개발배관의 구조강도 평가 및 안전성 검증과 배관 내부 유동 특성 파악 및 LNG 이송 시 내부 유체의 온도변화 등을 연구하였다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2023-00221670)

발표자*, 교신저자#(sjkim641@naver.com)

주조 해석을 통한 차압 주조 제품의 공정 조건 최적화

조민호#, 백정수, 윤중묵

Optimization of casting conditions by simulation of counter pressure casting

M. H. Cho#, J. S. Baek, J. M. Yoon

애니캐스팅 소프트웨어

Key Words : Casting simulation, Counter pressure casting(CPC), End plate

1. 서 론

최근 자동차 산업 동향에 따라 차체 부품의 경량화 및 소형화 기술의 중요성이 대두되고 있다. 그 중 수소차의 연료전지 스택용 체결 및 패키징 부품들은 주로 금형강으로 이루어진 금형 내부를 압력을 통한 용탕(melt)의 하부 주입 방식으로 채워 주조(Casting)하는 저압 다이캐스팅(Low Pressure Die Casting) 공법으로 생산되고 있다. 해당 방식은 통상적인 고압 다이캐스팅(High Pressure Die Casting) 공법에 비해 용탕의 충전 속도가 느려 흐름이 비교적 안정적이지만 주입하는 압력의 제어 조건이 제한적이어서 주물의 건전성 확보 역시 제한적이다. 근래 개발된 차압 주조 공법(Counter Pressure Casting)은, 용탕의 충전 중 상부에서도 일정량의 압력을 가하여 충전 용탕의 흐름을 일반적인 저압주조보다 안정적으로 만들어 주조하는 공법이다. 본 연구에서는 주조해석을 통해 이 차압 주조 방식의 공정 조건을 최적화하는 방법을 모색하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 알루미늄 합금 A356(AA) 재질의 수소차의 전기 발생장치 스택 내부에 있는 핵심 장치인 엔드플레이트를 일반적인 저압 주조(LPDC)와 차압 주조(CPC)로 주조하였을 때 발생된 기공 결함 CT 촬영 결과의 차이를 비교 분석하여 제반 데이터로 사용하였다. 일반적인 저압 주조에 비해 차압 주조에서의 내부 결함 발생 빈도가 현저히 적게 발생됨을 확인하였고, 실제 차압 주조 조건을 주조 해석 시뮬레이션에 반영하여 가스 및 산화물, 수축 예측 결과와 비교하여 해석 정합성을 검증하였다.

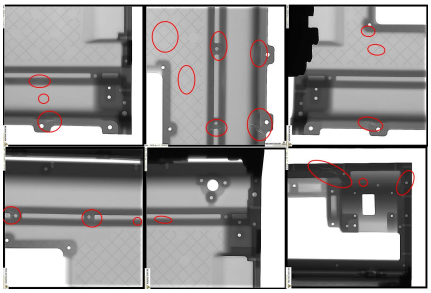


Fig. 1 LPDC Shrinkage defect CT scan

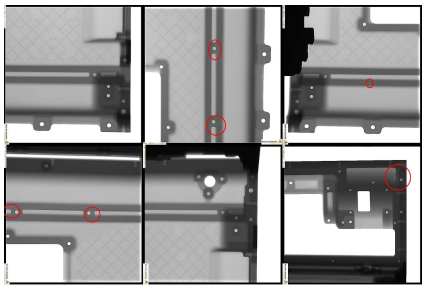


Fig. 2 CPC Shrinkage defect CT scan

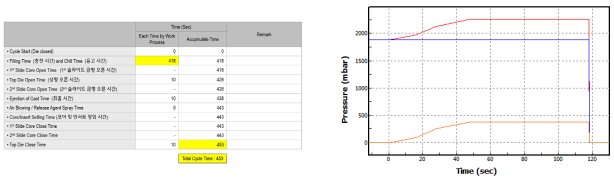
3. 실험 결과 및 고찰

CT상에 나타난 결함 예상 부위는 여러 원인으로 기인된 결과로 사료되기 때문에 가스 및 산화물, 수축 예측 결과를 조합하여 관찰하였다. 실제 기공 결함 발생 6개 부위 중 4개 부위에 대한 결함이 예측되었고, Fig. 3에 예측 결과를 나타내었다.



Fig. 3 Shrinkage defect prediction result

정합성 검증 이후, 해당 제품에서 예측된 결함 최소화를 위해 냉각 채널의 유량을 포함한 사이클 조건 변경, CPC 가압 조건의 변경을 적용하여 추가 해석을 진행하였다. 해당 조건들을 통해 주물의 건전성 확보를 위한 인자 분석에 대한 영향을 판단하였다.



(a) Cyclic casting condition optimization

(b) CPC pressure condition optimization

Fig. 4 Casting condition optimization

Fig. 4의 인자들을 반영하여 추가 해석한 결과, 4개 부위에 대한 수축 예상 지역 중 3개소에서 개선될 것으로 예측하였다. 본 실험을 통해 차압 주조 공법에서 채널을 포함한 반복 주조 조건을 통한 용탕의 온도 관리와 주입 압력 조건의 제어가 주물의 건전성 확보를 위한 높은 인자로 작용함을 검증하였다.

참 고 문 헌

(1) Gary Ruff, Thomas E. Prucha, Joe Barry and David Patterson (2001) Pressure Counter Pressure Casting (PCPC) for Automotive Aluminum Structural Components.

(2) Ho-jung Kang, Pil-hwan Yoon, Gyu-heun Lee, Eok-soo Kim, & Jin-young Park. (2020). Effect of Process Parameters on Thick-wall Thickness Casting Characteristics in Counter Pressure Casting Process. JOURNAL OF THE KOREAN FOUNDRYMENS SOCIETY, 40(2), 34-42.

LSTM기반 강관 압입기의 작업 상태 추정에 대한 연구

차영택*,#, 이연호, 최성준

A study on the estimation of work status of winged drilling machine based on LSTM

Y. T. Cha*,#, Y. H. Lee, S. J. Choi

한국생산기술연구원 건설기계기술센터

Key Words : Intensive winged drilling machine, Work status, LSTM(Long Short-Term Memory)

강관 압입기는 연약지반의 지반 개량을 위해 강관의 일부에 스크류(Screw)가 부착된 파일(Pile)을 회전시켜 지반에 삽입하는 장비이며, 최근 저렴한 비용과 시공의 간편성으로 인해 태양열 발전기와 같이 시공의 심도가 깊지 않은 곳에 자주 사용되고 있다. 강관 압입기의 강관 압입 공정은 운전자가 지면에 대한 강관의 진직도를 보며 조작할 수 있도록 무선 조정기를 이용하여 장비 외부에서 이루어지고 있으며, 장시간 조작으로 인한 운전자의 피로도를 줄이기 위해 강관 압입 공정을 자동화하고자 하는 시도들이 최근 이루어지고 있다. 강관 압입 공정을 자동화하기 위해서는 강관의 압입 동작에 대한 운전자의 조작 모사가 필요하며, 각 동작 시에 발생하는 강관의 상태를 분류하여 동작시키는 것이 필요하다. 강관 압입 동작은 크게 3가지로 나뉘며, 초기에 강관을 지면에 밀착시키는 동작과 강관을 회전시켜 지면에 초기 압입하는 동작 및 지반의 부하 변화 등으로 인해 강관의 회전량을 조정하는 동작으로 구성된다. 본 연구에서는 이러한 강관 압입 공정을 자동화하기 위해 강관의 압입 동작에 대한 강관의 상태를 구분하고자 하였으며, LSTM(Long Short-Term Memory)를 사용하고자 하였다. 강관의 상태를 구분하는 데이터는 각 강관 압입 동작시에 발생하는 유압 모터 및 실린더의 압력 등으로 구성하였으며 시계열로 구성된다.

발표자*, 교신저자#(chayt3@kitech.re.kr)

투명 히터를 위한 은나노와이어망의 열해석

브엉득틴[1,*], 이응기[2], 김현철[3,#]

Thermal heating analysis of silver nanowires(AgNWs) networks for transparent heaters

T. D. Vuong[1,*], E. K. Lee[2], H. C. Kim[3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1],
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2],
Department of Future Automotive Engineering, Green Car Technology Research Center, Kongju National University[3]

Key Words : Thermal heating, Silver nanowires(AgNW), Transparent heater

Transparent heates (THs) is among opto-electronic applications using in many devices. Because of the high electrical, thermal conductivity, the silver nanowires is the appropriate material for THs. The heating process in TH can be explained that the AgNW is the resistor which allow high electric current to generate heat due to Joule heating phenomenon. However, the natural AgNW is instability at ambient temperature for long time and easily to breakdown at high current density. Therefore, many researchers focused on improving the stability of AgNW by coating graphene, CNTs, metal oxide. This coating process is actually to provide conductors between AgNW connections that decrease the current density and thermal distribution in the nanowires. Oher method is changing the morphology of AgNW network by modify the network density, diameter or length of nanowires. In this work, we propose the method to calculate the thermal heating in transparent heater devices in microscale at different density of AgNW network . The result showed the temperature increase when density of network is denser. Moreover, characteristics of nanowires as diameter is better for heating than its length. This work is helpful for preparation of AgNW solution before coating and making the transparent heater to prevent overheating.

후기 이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 지자체-대학 협력 기반 지역혁신 사업(2021RIS-004)결과입니다.

발표자*(vuongthinhbk@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

유동장에서 변형된 배플을 이용한 양성자 교환막 연료전지(PEMFC)의 성능 개선

브엉득틴[1,*], 응우옌 바 히외[1], 이응기[2], 김현철[3,#]

Performance improvement of proton exchange membrane fuel cells (PEMFC) using modified baffles in a flow field

T. D. Vuong[1,*], H. B. Nguyen[1], E. K. Lee[2], H. C. Kim[3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1],
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2],
Department of Future Automotive Engineering, Green Car Technology Research Center, Kongju National University[3]

Key Words : Fuel cell, Performance , PEMFC, Modified baffles

Recently, the demand of using fuel cell is increased in the electric car in effort of green energy in future. Proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) is the common type using in electric car because of their efficiency. Many reports about the performance of PEMFC is presented and adding baffles in the channel is emerging design for improvement of O2 concentration and diffusion to catalyst layer. However, the baffles design raises the pressure drop in the channel so the net power of fuel cell is decreased. By using the response surface method (RSM), we present the relation between power and dimensions of baffles. Moreover, the multi object genetic algorithm (MOGA) is implemented to optimize the design for highest performance and lowest pressure drop. As a result, the performance of optimized baffles of PEMFC have performance of 10% higher than the original straight channel. The pressure drops in channel which is difference of pressure inlet and outlet is around 800kPa. The modified baffles in channel will be designed and experienced with fuel cell station in next time.

후기 이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752)과 지자체-대학 협력 기반 지역혁신 사업(2021RIS-004)결과입니다.

발표자* (vuongthinhbk@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

오일 윤활 조건에서의 각접촉 볼베어링의 볼 스키딩에 관한 연구

리베라 길버트[1,*], 사진혁[2], 포 패트릭 존[2], 홍성욱[3,#]

Study on ball skidding in angular contact ball bearings under oil lubrication

G. C. Rivera[1,*], J. H. Sa[2], P. J. Po[2], S. W. Hong[3,#]

금오공과대학교 생산기술연구소[1], 금오공과대학교 대학원 기계공학과[2], 금오공과대학교 기계시스템공학과[3]

Key Words : Angular contact ball bearings, Rolling, Skidding, Sliding, Viscous drag

This study is focused on the prediction of ball skidding in oil lubricated angular contact ball bearings (ACBBs). The primary issue under investigation is the significant gross sliding that occurs in the rolling direction between the balls and the raceways, particularly prevalent in high-speed operations. The study identifies sliding friction as a predominant source of friction in oil lubricated ACBBs and underscores the substantial impact of the balls sliding against the raceways. This detrimental interaction, deteriorated by viscous drag, leads to a rapid escalation in sliding friction force between the ball and the inner race, resulting in accelerated skidding. To address this concern, a new prediction criterion is proposed, stating that skidding occurs when the net sliding friction force between the balls and races on the elliptical surface reaches its maximum allowable threshold. This criterion is rigorously compared with existing methods to ensure its validity and effectiveness. The study conducts extensive simulations that encompass varying loading conditions, rotational speeds, internal geometries, and lubrication parameters across ACBBs of different sizes. The proposed criterion would provide more precise predictions of skidding phenomena, ultimately enhancing the operational performance and lifespan of ACBBs.

발표자[*], 교신저자[#](swhong@kumoh.ac.kr)

저반동식 발사장치의 속도에 대한 실험 및 해석에 관한 연구

권기남*, 김재실#, 이훈

A study on the experimental and analysis of the velocity on low-recoil launch device

G. N. Kwon*, C. S. Kim#, H. Lee

창원대학교 기계공학부

Key Words : Velocity of projectile, Internal pressure, Low-recoil, High speed videography, ANSYS explicit dynamics

저반동식 발사장치는 작은 반동만을 발생시키면서 발사물을 추진시키는 장치로 발사물이 장치의 출구를 떠날 때 추진가스의 일부는 발사물의 따라 전방으로 나오고 나머지 가스는 장치의 내부 구멍 통로를 따라 장치의 내부에 있는 물을 밀어내며 후방으로 배출된다. 이때 후방으로 배출되는 물의 운동량은 발사물의 운동량과 크기는 같고 방향은 반대가 됨으로써 장치에 작은 반동만이 가해져 장치는 거의 움직이지 않게 된다. 저반동식 발사장치를 만들기 위해서 발사물의 출구속도 측정은 반드시 필요하다. 본 연구에서는 실험을 통해 장약 점화시 발사물의 궤적을 고속 카메라로 기록하고 이로부터 발사물의 출구속도를 계산하고 동시에 저반동식 장치 내부에 설치된 압력센서로부터 추진가스의 압력을 측정하고자 한다. 그리고 측정된 압력값을 ANSYS Explicity Dynamics라는 동적 해석 소프트웨어를 통해서 앞서 계산된 발사물의 출구속도와 측정된 압력값이 타당한지 확인하고자 한다. 실험을 통해 얻은 고속 카메라의 기록에서 시간에 따른 발사물의 변위로부터 발사물의 출구속도를 계산하면 약 110m/s로 나오며 압력센서로 측정된 순간 최대 압력값들의 평균은 약 29.54MPa로 나온다. 이어서 모델링된 저반동식 발사장치에서 발사물의 바닥면에 작용하는 순간 최대 압력이 실험과 같이 29.54MPa이 되도록 적용하고 동적 해석을 진행하였다. 해석 결과 발사물의 출구속도는 약 118.11m/s로 나타났다. 측정된 압력값을 바탕으로 진행한 해석에서 나타난 발사물의 출구속도와 고속 카메라의 기록으로부터 계산된 출구속도가 7.37%의 오차로 유사하게 나타났다. 따라서 고속 카메라을 이용한 발사물의 속도 측정 방식과 압력센서로 측정된 압력값이 추진가스의 압력이라는 가정이 타당하다고 생각되며 또한 동적 해석 방식을 통한 출구속도와 그에 대한 추진압력을 예측하는 방법을 제안할 수 있게 되었다고 생각한다.

발표자*, 교신저자#(kimcs@changwon.ac.kr)

틸팅형 멀티 머시닝센터의 구조해석에 관한 연구

김은중[1,*], 이준연[2], 원종범[3], 홍성율[3], 노영화[1,#]

A study on the structural analysis of tilting type multi-machining center

E. J. Kim[1,*], J. Y. Lee[2], J. B. Won[3], S. Y. Hong[3], Y. H. Noh[1,#]

창원대학교 메카트로닉스연구원[1], 창원대학교 스마트제조융합협동과정[2], ㈜스마트공작기계코리아[3]

Key Words : Multi-machining center, Structural analysis, Tilting head

최근 공작기계 산업은 하나의 제품군에 대한 전용기 타입과 다양한 제품의 형상 가공이 가능한 하이브리드 타입의 공작기계 개발이 이루어 지고 있다. 그 중에서도 하이브리드 형태의 공작기계는 독일 및 일본 등 선진사를 중심으로 개발되고 있으며, 선삭(Turning), 밀링(Milling), 연삭(Grinding) 스핀들을 각각 가지는 다축(Multi-axis) 복합기 타입이 주로 개발되고 있다. 그러나 본 과제에서 개발하고자 하는 머시닝센터는 250도 틸팅(Tilting) 가능한 주축을 가지고 밀링, 선삭, 연삭이 가능한 타입의 머시닝센터를 개발하고자 한다. 본 연구에서는 다면 가공이 가능형 틸팅형 스핀들을가지는 멀티 머시닝센터의 프레임에 대한 구조적인 안정성을 분석하기 위해 구조해석을 수행하고 설계검증을 수행하였다. 스핀들은 250도로 틸팅이 가능한 타입으로 이송이나 가공 중에 발생하는 프레임과의 간섭에 의한 충돌을 방지하는 형태로 설계되었으며, 해석모델을 구축하기 위해 간섭확인과 스핀들의 하우징이 고정된 형태가 아닌 회전이 가능한 형태로 구속조건을 적용하였다. 경계조건은 일반적인 하중 조건인 위치에 따른 자중과 스핀들이 수평 및 수직방향일 때 각각 절삭력 1,000 N의 조건을 부여하고 해석을 수행하였다. 해석 결과 충분한 안정성을 확보한 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과는 250도 틸팅이 가능한 다면가공 멀티 머시닝센터의 제작에 활용할 예정이다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 '중소기업기술혁신개발사업(수출지향형)'의 지원을 받아 연구되었음(No. 00221292)

발표자*, 교신저자#(movie8012@changwon.ac.kr)

선박용 SCR 도징 통합 관리 시스템의 구조특성 평가

조재상[1,*,#], 김지선[1], 이진한[2]

The structural study of SCR dosing integrated management system for vessel

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

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (주)스타인더스트리[2]

Key Words : SCR, Dosing system, Urea, Ship, FEM (Finite Elements Method)

1. 서 론

기존 선박 1척당 기존에 3~4개 사용되던 도징 장치를 하나로 통합하여 공간활용성을 높이며, 개발품의 집약구조 블록화를 통해 선박 내부의 설계변경 최소화 및 설치효율을 향상(비용 감소, 기간 단축) 시키고자 한다. 소형 선박용 배기가스 저감장치인 SCR(선택적 환원 촉매, Selective Catalytic Reduction) 시스템의 우레아 도징 장치(Urea dosing unit)의 소형화에 따라 구조 안전성 검토가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 가혹한 작동 조건을 적용한 전산해석을 통해 도징 통합 시스템의 구조 안전성에 대한 연구를 진행하였다.

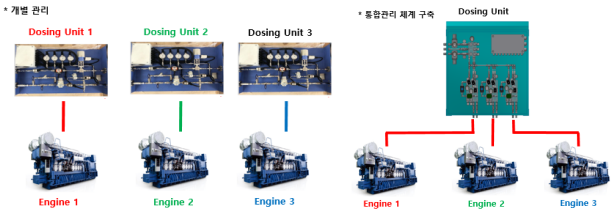


Fig. 1 SCR dosing integrated management system description

2. 도징 통합 시스템 전산해석 모델

선박용 SCR 도징 통합 관리 시스템의 전산해석을 위하여 3D 모델을 생성하였으며, 작동 유체에 따른 내부 압력을 적용하여 전산 해석 결과를 검토하였다. 전산 해석에 적용된 모델은 Fig 2에 해석 경계 조건은 Fig 3에 나타내었다.

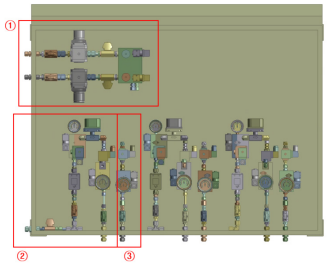


Fig. 2 SCR dosing integrated management system analysis model

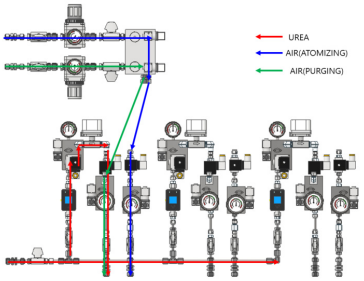
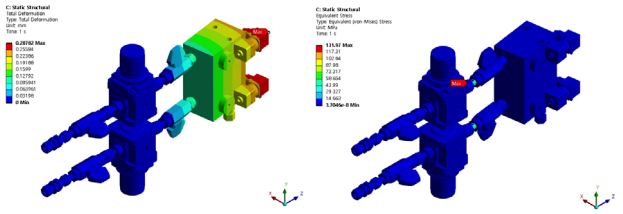


Fig. 3 SCR dosing integrated management system analysis condition

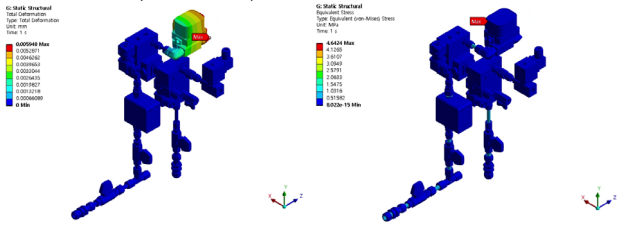
3. 실험 결과 및 고찰

구조안전성 검토 결과 도징 통합시스템 중 에어라인 상부의 최대 변형은 0.29mm이고 최대응력은 131.97MPa이며, 도징라인의 최대 변형은 0.00595mm이고 최대응력은 4.64MPa이며, 에어라인 하부의 최대 변형은 0.00011mm이고 최대응력은 1.79MPa이며, 개발품 소재 SUS304의 허용응력인 205MPa보다 낮은 응력을 나타내므로 구조적으로 안전할 것으로 예측된다.



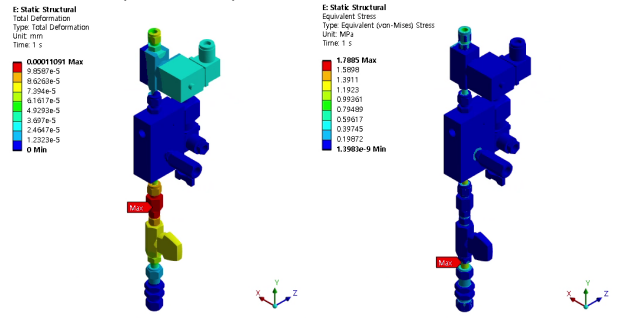
(a) Max. deformation of upper air line (Unit : mm)

(b) Max. von-Mises stress upper air line (Unit : MPa)



(c) Max. deformation of dosing line (Unit : mm)

(d) Max. von-Mises stress of dosing line (Unit : MPa)



(e) Max. deformation of lower air line (Unit : mm)

(f) Max. von-Mises stress of lower air line (Unit : MPa)

Fig. 3 Analysis Result of SCR dosing integrated management system

후 기

본 연구는 중소벤처기업부 창업성장기술개발사업 전략형(그린뉴딜) (No. S3215243)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참 고 문 헌

(1) ANSYS, 2020, ANSYS User's Manual Version 2020 R1, ANSYS Inc.

발표자*, 교신저자#

선박 엔진 배기관 PM 제거를 위한 Soot Blowing 펄스 밸브 유동 특성 연구

조재상[1,*,#], 김지선[1], 이진한[2]

The study on the flow characteristics of the shoot blowing pulse valve for the removal of PM in ship engine exhaust pipe

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

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (주)스타인더스트리[2]

Key Words : Pulse valve, Soot blowing, PM, Ship, FVM (Finite Volume Method)

1. 서 론

선박의 배기가스가 배출되는 배기관 내부로 압축공기를 분사하여 불완전연소로 인해 발생되는 PM(그을음)이 배기가스 후처리 장치에 축적되는 것을 방지하는 장치를 펄스 밸브라고 한다. 기존 펄스 밸브는 과다한 압축공기의 Air 소모, Stem bar가 배기가스에 노출되어 효율성 및 내구성에 문제가 있어 본 개발품은 경량화 및 Pursing을 위한 소요 압축공기량 감소를 통해 에너지 생산 비용 절감을 목표로 한다. 개선된 설계에 따라 성능 확보에 대한 검증이 필요하며, 그에 따라 각 압력에 따른 유량 검토를 통하여 Purse valve의 유동 특성에 대한 연구를 진행하였다.

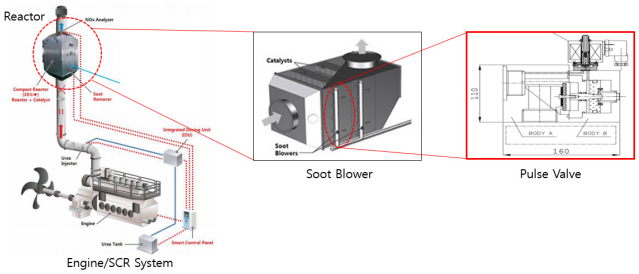


Fig. 1 Soot blowing pulse valve description

2. Soot blowing 펄스 밸브 모델

선박 엔진 배기관 PM 제거를 위한 Soot Blowing 펄스 밸브의 전산해석을 위하여 3D 모델을 생성하였으며, 작동 유체의 압력을 적용하여 전산 해석 결과를 검토하였다. 전산 해석에 적용된 모델 및 경계조건은 Fig 2에 나타내었다.

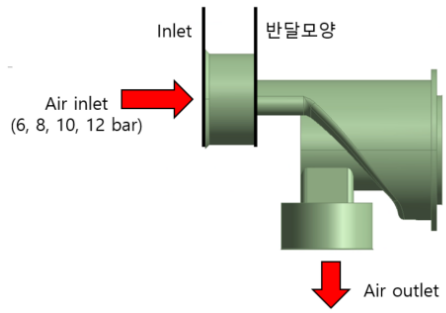
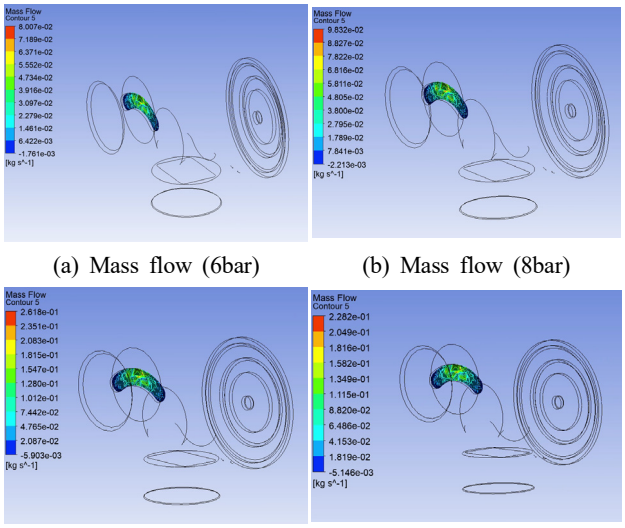


Fig. 2 Soot blowing pulse valve analysis model

3. 실험 결과 및 고찰

압력에 따른 유동 특성 검토 결과 선박 엔진 배기관 PM 제거를 위한 Soot Blowing 펄스 밸브의 입구 측 압력에 따라 6bar일 때 Inlet의 유량은 0.17 kg/s 반달 모양 부분의 유량은 0.024kg/s, 8bar일 때 Inlet의 유량은 0.29 kg/s 반달 모양 부분의 유량은 0.029kg/s, 10bar일 때 Inlet의 유량은 0.49 kg/s 반달 모양 부분의 유량은 0.069kg/s, 12bar일 때 Inlet의 유량은 0.56 kg/s 반달 모양 부분의 유량은 0.079kg/s로 압력 구간에서 요구되는 압축 공기의 유량이 PM 제거를 위한 유량에 충분할 것으로 예측된다. 전산 해석의 결과는 Fig 3에 나타내었다.



(a) Mass flow (6bar) (b) Mass flow (8bar)

(c) Mass flow (10bar) (d) Mass flow (12bar)

Fig. 3 Analysis Result of Soot blowing pulse valve

후 기

본 연구는 중소벤처기업부 지역특화산업육성+(R&D) 지역주력산업 육성사업 (No. S3368417)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참 고 문 헌

(1) ANSYS, 2020, ANSYS User's Manual Version 2020 R1, ANSYS Inc.

발표자*, 교신저자#

유한요소해석을 이용한 impactor cyclone의 내구성 분석

이현우*, 양창훈, 서영진#

Durability analysis of impactor cyclone using finite element analysis

H. W. Lee*, C. H. Yang, Y. J. Seo#

금오공과대학교 기계공학과

Key Words : FEA, Stress, Safety factor

입자를 분리하는 장치는 싸이클론, 임팩터, wetted wall cyclone, 전기 집진기 등 다양하다. 그 중 Impactor cyclone은 싸이클론과 임팩터의 특성을 결합하여 설계되었으며 입자를 실시간으로 분리할 수 있도록 개발된 장치이다. Impactor cyclone의 작동에는 장치의 입구에서 소량의 물이 주입되며 주입된 물이 원심력에 의해 내부 벽면에 수막을 형성하게 된다. 그리고 입구를 통해 들어온 입자는 수막에 충돌하며 물에 흡착되어 출구로 흘러가게 된다. 장치의 출구에서는 물과 공기가 분리되어 나갈 수 있도록 설계 되어있다. 본 연구의 실험을 위해 제작된 impactor cyclone은 acrylonitrile butadiene styrene (ABS)로 제작되어 가벼우면서 충격에 강한 특성을 보인다. 하지만 실험의 유량 조건이 3,000, 5,000, 그리고 10,000 liter per minute (LPM)으로 장치 내부에서 높은 압력이 발생될 것으로 예상되어 실험의 안전을 위해 유한요소해석으로 impactor cyclone의 내구성과 안전율을 분석하고자 하였다. 각 유량에 최적 설계된 총 3가지 크기의 impactor cyclone이 있으며 각 크기의 장치에서 실험 가능한 최대 유량과 극한의 실험 조건에 대한 내구성을 분석하고자 한다. 유한요소해석을 이용한 impactor cyclone의 내구성 분석을 통하여 실험에 대한 안전성을 높이고 재료에 대한 적합성을 평가할 수 있을 것으로 보여진다.

발표자*, 교신저자#(yjseo@kumoh.ac.kr)

자중을 이용한 곡면유리의 열 성형 공정 설계에 관한 기초연구

이광호[1,2,*], 이동원[1,3], 김지우[1,2], 김종수[1,#]

A basic study on the thermal molding process design of curved glass using its own weight

K. H. Lee[1,2,*], D. W. Lee[1,3], J. W. Kim[1,2], J. S. Kim[1,#]

한국생산기술연구원 금형성형연구부문[1], 한국교통대학교 기계공학과[2], 인하대학교 기계공학과[3]

Key Words : Glass molding process ,Thermal deflection, Finite element method, CAE

최근 출시되는 자동차의 운전석 모니터는 기존의 계기판과 센터 디스플레이가 합쳐진 커브드 디스플레이 형태로 많이 적용되고 있다. 이러한 커브드 디스플레이의 곡면유리를 성형할 때, 품질과 심미성을 향상시키기 위해 원하는 곡률을 얻어내면서 깨끗한 표면으로 성형이 요구 된다. 기존의 커브드 유리의 성형 공정은 일반적으로 직접적인 압력을 가하는 프레스 방식을 사용하여 진행되어 왔다. 그러나 이러한 유리에 직접적으로 압력을 가하는 프레스 방식을 적용했을 때, 압흔이 발생하여 최종 제품의 품질을 저하시킬 수 있다. 따라서 유리에 직접적인 압력을 가하지 않고 원하는 곡률을 얻어내는 공정이 요구된다. 본 연구에서는 유한요소해석 소프트웨어(msc marc)를 사용하여 직접적인 압력 없이 열과 자중에 의한 처짐으로 유리의 원하는 곡률을 얻는 데 필요한 주요 인자들의 영향을 알아내기 위해 해석을 진행하였다. 해석에 사용된 유리는 SUMITA사의 'K-PBK40'이며, 규격은 길이1300[mm] 두께1.5t를 사용하였다. 금형의 형상은 유리의 성형부 이외의 부분만 지지하여 성형부에 금형의 표면이 전사되지 않도록 하였다. 금형의 소재는 STS304 스테인리스강을 사용하였다. 열원은 20x10[mm]의 사각형 단면을 갖는 적외선 램프를 사용하여 유리 표면에 복사열을 가하는 방식으로 진행 되었다. 해석 모델은 2차원 형태로 진행되었으며, 램프의 위치(X축), 유리와의 거리(Y축), 온도를 설계 변수로 선정하고 각각 3 수준로 나누어 해석을 진행하였다. 해석 결과를 기반으로, 다양한 인자들이 곡률에 미치는 영향을 알아 내었고 자중을 이용한 곡면유리 열 성형 공정 설계 기술을 확립할 수 있었다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계산업핵심기술개발'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023669, KM230303)

발표자*, 교신저자#(jskimgloria@kitech.re.kr)

얇은 벽을 갖는 고변형성 항공부품 모사 구조물의 밀링가공에서 시뮬레이션 기반 변형 예측 연구

김미루[1,*,#], 이훈희[1], 김병국[1], 하성훈[1], 박민석[1], 조용래[2]

Distortion prediction based simulation in milling process of thin-walled high deformable aviation parts

M. R. Kim[1,*,#], H. H. Lee[1], B. G. Kim[1], S. H. Ha[1], M. S. Park[1], Y. L. Jo[2]

한국생산기술연구원 동남본부[1], HEXAGON[2]

Key Words : Distortion, Milling process, Finite element method, High deformable aviation parts

항공 산업에서는 중, 대형 알루미늄 부품인 Rib, Stringer 등 가공 후 변형이 많이 발생하는 부품들이 존재한다. 특히 Rib 부품은 얇은 벽 구조를 갖는 경우가 많으며 주로 밀링 공정으로 가공이 이루어지기 때문에, 얇은 벽 구조를 가진 형상의 경우 가공부하나 열부하 등으로 인한 부품의 변형이 주요 문제 중 하나이다. 이 문제로 인해 불량이 발생할 경우 생산 비용이 증가하거나 변형을 바로 잡기 위한 납기지연 등이 일어날 수 있다. 이런 변형을 가공 전 미리 대상 부품의 변형이 발생하는 주요 위치나 변형량을 대략적으로 예측할 수 있다면, 공정 설계 과정에서 변형을 고려한 공정 설계가 가능하며 사전에 변형을 줄일 수 있는 작업을 할 수 있게 된다. 본 논문에서는 Rib의 변형 예측에 적용하기 위한 얇은 벽을 갖는 기초 형상을 가진 구조물을 생성하였으며, 이 구조물의 밀링으로 인한 변형을 예측하기 위한 유한 요소 모델(FEM)을 생성하였다. 해석 SW로는 MSC marc SW를 활용하여 변형 예측을 위한 접근 방식을 제시하였으며, 기초 형상 부품에 적용하는 해석 모델을 생성하기 위해 기계적 부하 및 초기조건 등은 가공실험과 여러 논문에서 제공되는 값을 적용하여 수행하였다. 또한 본 해석에서는 NC 코드를 활용하므로, 기초 형상의 NC 코드를 생성하여 해석 조건으로 적용하는 방식을 사용하였다. 해석 수행 결과 NC 코드에 맞춰 변형해석이 이루어졌으며 가공 후 남은 얇은 벽의 변형을 예측할 수 있었다.

후기 이 논문은 2023년도 지역혁신클러스터육성(R&D) 사업인 "중형 민수항공기용 2m급 고변형성 부품의 변형예측 및 형상품질 제어를 통한 REFF(Root end fillet fairing) Rib 개발"의 지원으로 수행한 연구입니다. (P0025444, kitech NK-23-0111)

발표자*, 교신저자#(mrkim@kitech.re.kr)

반도체 패키징 변형 최소화를 위한 금형 보정 설계에 관한 연구

박정연, 김기범*,#

A study on mold compensation design for minimizing warpage of semiconductor packaging process

J. Y. Park, K. B. Kim*,#

한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

Key Words : Semiconductor packaging, Warpage, EMC molding, Compensation design, Computer aided engineering.

전기차 시장에서 파워트레인에 핵심 부품 중 하나로 전력반도체가 있으며, 그 수요 증대에 따라 매년 높은 성장률을 보이고 있음. 전력반도체는 고전압, 고효율의 특성을 가지고 있으며, 이를 기반으로 모터 드라이브, 고전압 및 대전류 응용 분야에서 적용되고 있으며 특히, 전력망 장치, 고직류 시스템, 전원 공급 장치 및 인버터, EV 모터 드라이브, EV 충전소, 발전 시스템 등 다양한 분야에서 그 활용도가 커지고 있음. 이러한 전력반도체는 점차 전기차 성능 향상에 따라 요구되는 전력이 높아지게 되고, 이로 인하여 발열이 증가되고 있음. 이러한 경우 전력반도체의 내구성, 안정성이 저하되게 되기 때문에 방열 성능 증대가 필수적임. 더불어 논란이 되는 전기차의 안정성을 확보하기 위해서는 고방열, 고내구성 전력반도체 제조 기술이 필수적이며, 이를 위한 핵심 기술로 방열 성능 극대화를 위한 패키징 기술개발이 요구됨. 패키징 공정 중 EMC Molding 공정의 경우 EMC의 열수축에 의한 변형이 발생하여, 방열판과 완벽한 밀착이 되지 않아 결과적으로 유격이 발생하여 방열 효율성 저하 발생함. 이를 해결하기 위해서는 반도체 패키지의 형상정밀도 정밀 측정 및 전산 해석 프로그램을 활용한 변형 예측, 변형량을 고려한 설계 보정 기술이 적용된 금형 설계 및 제작이 요구됨. 본 논문에서는 기존 공정으로 제작된 제품의 형상을 측정하고, 변형량을 도출한 후 이를 보정하기 위한 금형의 설계를 수행하였음. 설계된 금형에 대하여 전산 해석 시뮬레이션을 통하여 변형량을 도출하여 설계 타당성을 검증하였음

후기 본 연구는 인천시 반도체 후공정 소부장 산업경쟁력 강화사업의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다

발표자*, 교신저자#(kkb@kitech.re.kr)

소형 현수식 전동 모노레일의 지주 및 레일에 대한 구조 건전성 평가

김지선[1,*], 조재상[1,#], 여운범[2], 정인광[2]

A structural stability evaluation for post and rail of small suspended electric monorail

J. S. Kim[1,*], J. S. Jo[1,#], W. B. Yeo[2], I. K. Jeong[2]

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (주)한국모노레일[2]

Key Words : Suspended monorail, Rail, Post, Structural safety, FEA

A suspension monorail is a type of monorail that hangs and moves on a rail, and has the advantage of being easy to apply a curved section, being easy to install on a narrow road, and minimizing the occupancy area. Unlike over-seated monorails, which generally move on rails, new structural design technology is needed, and there are currently no domestic development cases. In this study, a computational analysis was performed to evaluate the structural stability of the posts and rails of the small suspension electric monorail currently under development. As shown in Table 1, a total of six load combinations were applied, and the allowable tensile stress, which is the standard for the analysis results, is 0.6×yield strength, and the allowable shear stress is 0.4×yield strength. As a result of the analysis, when applying the six load combinations, the structure does not exceed the allowable stress, which is the evaluation standard, so it can be determined that the posts and lanes of the small suspension electric monorail are structurally stable.

Table 1 Load Combination

Load Combination	D	L	T+	T−	W	LF	E
1	○	○	○				
2	○	○		○			
3	○	○				○	
4	○	○			○		
5	○	○			○	○	
6	○	○					○

Here, D is a dead load, L is an active load, T+ is the highest temperature, T− is the lowest temperature, W is a wind load, LF is a vehicle lateral load, and E is an earthquake load.



Fig. 1 3D model of post and rail

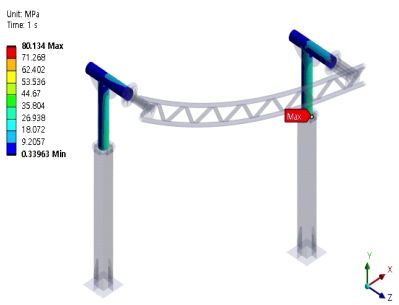


Fig. 2 Analysis result of post

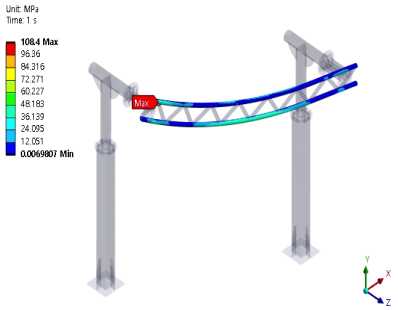


Fig. 3 Analysis result of rail

후기 이 논문은 중소벤처기업부의 '중소기업기술혁신개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. S3239031, "40도 경사 고지대 이동 수단용 소형 현수식 전동 모노레일 개발)

발표자*, 교신저자#(wotkd20@komeri.re.kr)

석유화학 공정에서 컬럼 내부 유해 가스 측정을 위한 휴대용 가스 측정기의 액적 포집 장치 설계

정효재*,#

Designing a droplet capture bottle for portable gas detectors for measuring internal hazardous gases in petrochemical process columns

H. J. Jeong*,#

한국생산기술연구원 탄소중립산업기술연구부문

Key Words : Petrochemical process columns, Portable gas detector, Droplet capture, Hazardous gases, Computational fluid dynamics

석유화학 공정에서는 정기적으로 대규모 정비 작업, 일반적으로 Turn Around(TA)라 불리는 작업을 진행한다. TA 작업은 공정의 설비를 해체, 검사, 점검, 청소, 내화물 시공, 설계 변경, 용량 증대 등 다양한 작업으로 이루어지며, 이를 위해 다수의 작업자가 밀폐된 공간에서 활동한다. 따라서, 석유화학 공정 운영을 일시 중지한 후, 작업자가 진입하기 전에 내부 유해 가스의 농도를 모니터링하여 안전성을 확인해야 한다. 이 과정에서 휴대용 가스 측정기가 빈번하게 활용되며, 내부 정비를 위해 물이 다량 분사되므로 측정 셀을 보호하기 위한 액적과 수분을 포집하는 장치가 필수적이다. 이에 따라, 현재 한국생산기술연구원에서는 석유화학 공정의 칼럼 내부 유해 가스 측정을 위한 휴대용 가스 측정기 전단에 사용되는 액적 포집 장치 설계 및 제작을 수행하고 있다. 개발중인 액적 포집 장치는 크게 3개 단계로 구성되며, 첫 번째로 큰 액적을 제거하기 위해 임팩터 형태가 채택되었고, 두 번째로 임팩터에서 미처 제거되지 못한 미세 액적을 포집하기 위해 미디엄 필터가 채택되었으며, 세 번째로 기체 내에서 상태로 남아 있는 수분을 제거하기 위해 흡습제가 적용되었다. 본 연구에서는 다양한 입경을 가진 액적을 포집하기 위한 임팩터 형상을 설계하기 위해 수치해석 프로그램인 ANSYS Fluent를 활용하여 노즐과 포집판 간격, 노즐 직경 등에 따른 액적 포집 특성을 분석하고 최종 설계를 제시하였다.

후기 이 논문은 2023년도 한국생산기술연구원 Go-Together 사업 “무선 Gas detector 수분 유입 방지 Bottle 제작(UR230026)”의 지원으로 수행한 연구과제임

발표자*, 교신저자#(hyojae.jeong@kitech.re.kr)

배관 스풀 공정의 정밀가공 장비에 따른 배관 소재의 열변형 분석

윤성원*,#, 박창욱

Thermal deformation analysis of piping materials according to precision processing equipment in the piping spool process

S. W. Yoon*,#, C. W. Park

중소조선연구원 조선해양연구본부

Key Words : Piping spool, Precision processing, Structural safety, Thermal deformation

선박 건조 공정에서 배관 스풀 공정의 생산성 및 품질의 확보는 선박 산업의 생산 경쟁력을 좌우하는 주요 공정이다. 배관 스풀 공정은 기초 배관을 원하는 치수대로 절단 및 가공을 수행하는 작업으로 일반적으로 소구경 배관의 경우 Mechanical Saw, Grinding에 의해 작업이 수행되고 중대구경 배관은 Band Saw 작업을 수행하게 된다. 하지만 Mechanical 및 Band Saw의 경우 수직 절단만 가능하여 가공작업이 별도로 필요하다. 일부 산업 현장에서는 절단 및 가공작업을 속도가 빠른 플라즈마 및 레이저 절단 공정을 적용하고 있으나 플라즈마 절단 공정은 절단면의 품질이 좋지 않아 절단한 면을 그라인딩 작업에 의해 2차 가공을 하는 것이 일반적이다. 이로 인해 가공면 품질이 불규칙하여 이후 공정(취부, 용접)의 품질도 일정하지 않다는 단점을 가지고 있다. 반면 레이저 절단은 플라즈마 절단 공정에 비해 절단 속도가 빠르고 후속 가공이 필요하지 않고 가공면 품질이 우수하다는 장점을 가지고 있다. 또한, 배관 스풀 공정에서 절단작업은 배관에 많은 열을 가하기 때문에 작업 후 배관에 변형이 발생하여 배관 후처리 공정에 문제점을 야기하고 있다. 배관 공정의 생산성 및 품질을 향상시키기 위해서는 열변형에 대한 규명이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 배관 정밀가공 장비에 따른 배관 절단면의 열변형 현상을 분석하고 최적화된 절단장비 사양을 확정하고자 한다. 배관 절단면의 열변형 분석을 위해 구조해석 Procedure를 정립하여 열 해석 절차에 따라 과도 열전달 해석을 수행하였으며, 이후 해석결과에서 온도이력을 열하중으로 적용하여 열-구조 연성해석을 진행하였다. 구조물의 온도변화에 따른 열변형과 열응력을 계산하여 온도하중에 의한 구조 안전성을 검토하였다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비지원에 의한 연구임 (20024907, 배관스풀 용접자동화 적용을 위한 배관 용접면 정밀가공 자동화 시스템 개발개발)

발표자*, 교신저자#(swyoon@rims.re.kr)

피스톤 양방향 압축 기술의 연구를 통한 중소형 수소충전용 압축기 소형화 모듈개발

김동은[1,*], 이재경[1], 손작[2], 서재우[1,#]

Development of miniaturization module for small and medium-sized hydrogen charging compressor through research on piston bi-directional compression technology

D. E. Kim[1,*], J. G. Lee[1], J. Son[2], J. W. Seo[1,#]

경상국립대학교 기계융합공학과[1], ㈜한국재생기술단[2]

Key Words : Hydrogen, Compression, Hydrogen energy, Reciprocating, Dual piston

최근 수소 경제 로드맵에 따라 수소 연료 자동차의 보급을 확대하고, 수소 충전 인프라를 확보하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 대부분의 수소 충전 인프라 및 압축기 기술은 100kW급의 대형 및 중형 차량을 대상으로 개발되어 왔으나, 미래에는 소형 및 이동성이 뛰어난 수소 에너지 소비 장치에 대한 수요가 높아질 것이다. 현재 사용되는 수소 압축기는 대부분 수입에 의존하고 있으며, 높은 비용으로 인해 국내 제품 개발이 필요하다. 이에 따라 5kW급의 소형 압축기를 개발하고자 한다. 높은 압축효율을 가지고 유지보수가 우수한 유압식 압축기를 선정하였고, 압축기를 소형화시키기 위해 피스톤을 이중구조로 활용하는 single stage, double acting 방식을 도입하였다. 압축기에 주입되는 수소 기체는 27℃의 온도, 10bar의 압력으로 설정하였고, 저압부에서는 1:2의 압축비, 고압부에서는 1:3의 압축비로 총 1:6의 압축비가 되도록 설계하였다. 실린더 라이너 부분은 고온, 고압의 수소 환경에 사용되고 있는 SCM440, 피스톤부는 높은 내식성을 가진 ALLOY25 소재를 선정하였다. 저압부 최고압력 24.6bar, 고압부 최고압력 102.7bar에 따른 구조해석을 통해 구조적 안전성을 확인하였다. 향후 시제품으로 제작할 예정이며, 누출 및 내구성 시험을 진행할 예정이다.

후기 본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

발표자*, 교신저자#(jseo7717@gnu.ac.kr)

항공부품 가공용 공작기계 핵심 부품의 제너레이티브 디자인에 대한 기초연구

김한얼[1,*], 김태욱[1], 이인재[2], 조영태[1], 김은중[2,#]

A basic study on the generative design of core parts of machine tools for aerospace parts machining

H. E. Kim[1,*], T. W. Kim[1], I. J. Lee[2], Y. T. Cho[1], E. J. Kim[2,#]

창원대학교 스마트제조융합협동과정[1], 창원대학교 메카트로닉스연구원[2]

Key Words : Generative design, Machine tools, Aerospace parts

우주항공 산업 분야의 부품은 비강도와 내열성 등이 우수한 티타늄 합금이나 니켈 합금을 이용한 제품이 많은 부분을 차지하고 있다. 난삭재(Difficult-cut materials) 부품의 가공은 낮은 절입량(Depth of cut)과 많은 가공시간이 필요하기 때문에 고강성의 고속 공작기계가 필요하다. 그러나 고강성의 공작기계는 높은 무게로 인해 높은 절삭속도와 고속 이송에 불리한 단점이 있다. 이런 문제로 강성은 유지하면서 무게를 줄이기 위한 부품의 위상 최적화(Topology optimization) 등의 최적화 기법 적용에 대한 연구가 수행되고 있다. 제너레이티브 디자인(Generative design)은 최적화 문제에서 사용되는 다양한 변수들을 사용하여 다양한 설계안을 생성하는 기술이다. 위상 최적화의 경우에는 이미 생성된 디자인에서 하나의 변수에 대응하는 하나의 결과만을 도출하지만, 제너레이티브 디자인은 다양한 변수를 활용하여 많은 설계안을 제시할 수 있다는 점에서 차이점이 있다. 본 연구에서는 항공부품 가공용 공작기계의 핵심 부품의 형상다양화와 최적화를 위해 제너레이티브 디자인을 이용한 기초 연구를 수행하였다. 핵심부품의 구속조건과 하중조건 등 다양한 설계변수들과 질량 및 강성을 설계 목표로 안전계수 등을 고려하여 최적화를 수행하였다. 본 연구의 결과는 항공기 부품 가공용 고강성 공작기계 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통산자원부의 소재부품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (“복잡 형상 항공부품 가공용 고강성 고속 머시닝센터 개발”, No. 20021902).

발표자*, 교신저자#(angel9940@changwon.ac.kr)

Mechanical LiDAR용 Rotating Platform 소모전력 개선 설계

유현수*#, 최진명, 김유나, 박영대, 변대길, 김호영

Power consumption improve design of rotating platform for mechanical LiDAR

H. S. Yu*,#, J. M. Choi, N. Y. Kim, Y. D. Park, D. G. Byeon, H. Y. Kim

LG이노텍

Key Words : LiDAR, Motor, Power consumption, FEM

LiDAR 1개 만으로 Level 4 이상의 완전 자율주행을 구현하기 위해서는 고 정밀 센서 통합 모듈로 360도 수평 시야 각 확보가 가능한 Mechanical LiDAR가 센싱 관점에서 이점을 가진다. Mechanical LiDAR 시스템은 모든 환경에서 센서 모듈의 안정적인 회전이 요구되므로 구동 부품 모터의 안정적인 소모 전력과 회전에 대한 높은 수준의 신뢰성이 요구된다. 본 시스템은 관성 부하를 가지며 이는 베어링 마찰 부하가 모터 소모 전력으로 나타나기 때문에 이에 대한 연구 개발이 필요하다. 본 연구는 Mechanical LiDAR 시스템에서 모터의 신뢰성을 향상시키기 위해 먼저 모터의 소모 전력 변화 원인을 파악한다. 이를 위해 마찰 부하가 크게 증가하는 공정 환경 조건에서 전자계 FEM을 통해서 베어링 볼과 궤도륜에서 발생하는 현상을 재현하여 소모 전력 증가의 원인을 밝히고 제한된 공간 내에서 추가 부품 없이 모터 성능을 유지하면서 환경 변화에 따라 부하와 부하의 변화 폭을 줄여 구동부품 모터의 신뢰성 향상으로 Mechanical LiDAR 시스템이 안정적으로 구동할 수 있는 개선안을 제시한다.

발표자*, 교신저자#(yuhyunsoo@lginnotek.com)

PEMFC 성능에 대한 새로운 트랩 채널 설계의 영향

응우옌 바 히외[1,*], 이응기[2], 김현철[3,#]

The influence of novel staggered trap channel design on PEMFC performance

B. H. Nguyen[1,*], E. K. Lee[2], H. C. Kim[3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1],
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2],
Department of Future Automotive Engineering, Green Car Technology Research Center, Kongju National University[3]

Key Words : Fuel cell, CFD, Trap channel, Over-rib convection

In Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs), the electrical power is generated by leveraging redox reactions at the catalyst layers. Therefore, the distribution of reactant along the Bipolar Plate channel plays a crucial role in PEMFC power output. Among various methods to optimize the cathode channel, the trap channel configuration offers a simple and inexpensive solution for design and manufacture. This research investigates a three-channel PEMFC model, with and without the implementation of trap configuration. The simulation study reveals that the channel with trap configuration could produce higher power in comparison to the original straight channel without increment in the pressure drop. The implementation of traps forms the high transverse velocity zones at the end of each trap and increases oxygen molar concentration at the Gas Diffusion Layer/Catalyst interface. However, it simultaneously results in the reduction of velocity magnitudes at the Bipolar Plate/Gas Diffusion Layer interface. Conversely, the staggered trap configuration exhibits a substantial positive impact on PEMFC performance through the augmentation of over-rib convection. The staggered configuration significantly outperformed the in-line trap configuration, yielding a remarkable maximum performance increase of 5.23%, compared to the 2.07% enhancement observed in the in-line case.

후기 이 논문은 2023년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음.

발표자*(bahieuu@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

트랩유동장과 블록유동장을 결합한 PEMFC의 성능 향상

응우옌 바 히외[1,*], 이응기[2], 김현철[3,#]

The performance improvement of PEMFC with the combination of trap and block flow field

B. H. Nguyen[1,*], E. K. Lee[2], H. C. Kim[3,#]

Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University[1],
Department of Mechanical Engineering, Kongju National University[2],
Department of Future Automotive Engineering, Green Car Technology Research Center, Kongju National University[3]

Key Words : Fuel cell, Trap channel, Block channel, Transverse velocity, Over-rib convection

Enhancing transverse velocity to the catalyst layer and exploiting the over-rib convection are two popular methods to improve the Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs). The block configuration flow field exhibits a great impact in the augmentation of transverse velocity to the catalyst layer, while the trap configuration significantly increases the oxygen molar concentration at the Gas Diffusion Layer/Catalyst interface without penalty to the pressure drop. In this research, the 4-channel PEMFC models with different configurations including, conventional channel, trap channel, block channel, trap and block channel are designed and investigated. It is shown that the novel flow field with a combination of trap and block configuration exhibits a higher power output compared to the other designs. The presence of the block in the channel gives rise to both the transverse velocity and the over-rib convection. On the other hand, the implementation of the trap inside the channel significantly reduces the pressure drop along the channel, thus increases the net power of PEMFC.

후기 이 논문은 2023년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원과 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1I1A3048752) 결과임.

발표자*(bahieuu@gmail.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

건설기계를 위한 전기 비저항 탐사 장비의 전극 및 수분공급 시스템 개발

장홍석*, 이연호, 이홍석, 차영택, 최성준#

Development of electrode and water supply system for electrical resistivity tomography equipment in construction machinery

H. S. Jang*, Y. H. Lee, H. S. Lee, Y. T. Cha, S. J. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : Electrical resistivity tomography, Electrode, Water supply system

전기 비저항 탐사(Electrical Resistivity Tomography(ERT))는 두 개의 전극에 전류를 흘려보내고, 또 다른 두 개의 전극으로 전류 흐름에 대한 포텐셜을 측정하여 지반의 전기적 특성을 분석하는 방법이다. 지하의 지형 분석, 광물 탐사, 지하수 탐사, 지반 안전성 분석 등 다양한 용도로 활용된다. 측정 장비는 이동형 계측 장비 형태로, 전류를 주입하고 전압을 측정할 수 있도록 전기적 하드웨어 기반의 시스템으로 구성되어 있고, 제어 프로그램으로 구성되어 있다. 측정 장비 이외에 전극과 긴 케이블이 필요하다. 측정하고자 하는 목적에 따라 전극의 개수, 케이블의 길이가 달라지며, 특히 산맥, 지하수 탐사와 같은 넓은 면적의 탐사는 분해능을 높이기 위해 많은 전극이 필요하다. 마찬가지로, 소규모 프로젝트를 위한 탐사에서도 정밀 측정을 위해 다수의 전극이 소요되고, 2차원/3차원 형태의 데이터 측정 시, 많은 전극을 매설해야하기 때문에 작업자의 노동이 증가한다. 측정 시간은 상당히 빠른 편이지만, 전/후 처리 작업에서 대부분의 시간이 소요된다. 본 연구에서는 전기 비저항 탐사 방법을 건설기계에 적용하여 전도 예방을 위한 시스템을 제안하였다. 전기적인 하드웨어와 프로그램을 직접 개발하였고 특히, 접이식 전극 기구, 비매설형 전극 노드와 수분 공급 시스템을 개발/제작하여, 작업자의 편의성을 고려하고 탐사를 위한 전/후처리 작업을 쉽고 빠르게 처리하기 위해 노력하였다. 전극 설치, 케이블링, 수분 공급이 동시에 이루어질 수 있도록 일체화하였고, 카본 소재의 접이식 구조를 적용하여 쉽게 사용이 가능하다. 이러한 장치들을 완성 차량에 설치하여 시험을 통해 장비의 성능을 검증하였고, 전기 비저항 탐사 장비 활용성을 제고하였다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

모래를 이용한 마찰전기 기반의 에너지 하베스팅 연구

장홍석*, 이연호, 이홍석, 김정구, 최성준#

A study on energy harvesting based on triboelectric using sand

H. S. Jang*, Y. H. Lee, H. S. Lee, J. G. Kim, S. J. Choi#

한국생산기술연구원

Key Words : Triboelectric, Energy-harvesting, Sand blast

최근 마찰전기(Triboelectric)를 이용하여 다양한 에너지 하베스팅 연구가 진행되고 있다. 특히 초소형 구동기 형태로 제작하여 나노급 전력생산을 통한 소형 전자기기 활용이나 인체 감응형 센서 형태로 많이 응용되고 있는 추세이다. 마찰전기의 장점은 비교적 간단한 구조를 가지며, 유연하게 제작이 가능하고 크기 대비 높은 출력의 효율을 발생시킬 수 있다. 또한, 재료 특성에 따라 전기적 극성의 성질이 달라 다양한 조합으로 구성이 가능하며, 마찰에 대한 물리적 특성이 작용하는 곳에는 대부분 적용할 수 있다. 마찰전기는 소재 간의 순간 접촉에 의한 출력 특성이 높게 나타기 때문에, 저주파 영역의 마찰에서는 지속적인 에너지 충전이 더딘 단점을 가진다. 하지만, 이러한 단점은 소형화 및 배열의 장점을 통해 충분히 극복 가능하며, 지속적으로 발생하는 바람, 파도와 같은 자연현상이나, 자동차와 같은 기계적 진동이 발생하는 곳에 적용한다면 충분한 에너지원으로 활용할 수 있다. 특히, 유연소재를 활용하여 바람에 의한 에너지 수집이 가능하며, 파고를 이용한 낙차, 빗방울을 이용한 마찰을 통해서도 에너지 수집이 가능하다. 이와 같이, 마찰전기를 이용한 에너지 하베스팅은 자연현상에 적용하여 다양한 에너지 수집이 가능하다. 본 연구에서는 사막의 모래폭풍에서 아이디어를 착안하여, 모래를 이용한 에너지 하베스팅을 제안하였다. 모래의 주 성분인 규사를 활용하여, 마찰/진동 발생시키는 기구를 통해 전기적 출력 특성을 확인하였다. 출력 전압에 비해 전류는 크지 않지만, 사막과 같은 넓은 지역에 태양광 시설과 같이 배치한다면 많은 에너지를 수집할 수 있을 것으로 사료된다.

발표자*, 교신저자#(sjchoi@kitech.re.kr)

렌즈 및 바렐 구조 변경에 따른 광축 정렬 개선 방법

정진성[1,*], 명태식[2], 박영덕[2,#]

Method of improving optical axis alignment by changing lens and barrel structure

J. S. Jeong[1,*], T. S. Myung[2], Y. D. Park[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : Optical axis, Lens, Barrel

최근 고성능 광학계의 연구 및 개발이 진행됨에 따라, 광학계의 성능 향상을 위해 렌즈 수가 증가하고 있다. 렌즈 수가 증가할수록 광학계의 조립은 어려워진다. 그 이유로는 바렐과 렌즈 가공시 발생하는 가공 공차, 렌즈 적층시 발생하는 Tilt, Decenter 등 여러 요소가 있다. 가공 공차의 경우 가공장비의 정밀도를 따르기 때문에 일정 수치 이하의 공차를 맞추는 것은 투입되는 비용이 기하급수적으로 오르게 된다. 본 논문에서는 렌즈 적층시 발생하는 문제를 해결하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 제작된 바렐에 렌즈를 삽입시 렌즈와 바렐 사이에 수십 um 정도의 공간이 발생하게 되며, 이로 인해 렌즈가 한쪽으로 밀려있는 상태로 조립이 될 수 있다. 특히 볼록 렌즈의 경우에는 바렐에 삽입시 곡률에 의해 기울어지기 쉽다. 이를 해결하기 위해 각렌즈의 Edge 부분을 1~2 mm 정도 더 돌출시켜 바렐에 삽입하는 방법을 생각하였으며, 볼록렌즈의 Edge 부분에 의하여 바렐에 수직으로 삽입할 수 있었다. 또한 바렐에 삽입한 렌즈의 위치 조정을 위해 측면에 3개의 Tap을 가공하였다. 3점 지지를 이용하여 렌즈의 이동을 용이하게 하였으며, 조립 방법 개선을 통해 조립 시간 단축 및 미세 조정이 가능하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021M3D1A2058297)

발표자*, 교신저자#(parkyd@hanbat.ac.kr)

특수형상 렌즈를 이용한 태양광 집광 모듈 설계

정진성[1,*], 명태식[2], 박영덕[2,#]

Design of solar concentrate module using special shape lens

J. S. Jeong[1,*], T. S. Myung[2], Y. D. Park[2,#]

한밭대학교 스마트광학혁신사업단[1], 한밭대학교[2]

Key Words : Lens, Non-tracking, Design

렌즈를 이용한 태양광 집광 모듈은 연구를 통해 많이 알려져 있다. 구면 렌즈를 이용하는 방법, 프레넬 렌즈를 이용하는 방법 또한 Tracking system을 이용하여 태양이 뜨고 지는 방향에 따라 움직이는 모듈 등 집광 효율을 올리기 위한 다양한 방법이 개발되어왔다. 다만 이러한 연구는 태양과 모듈이 수직이 되는 상황, 즉 입사각이 0도인 경우에 집중되어 있으며. 입사각이 0도인 집광모듈의 경우 광효율은 약 95% 정도로 매우 높게 나오지만 0도에서 벗어나는 순간 광효율은 0%에 가깝게 나오게 된다. 이를 해결하기 위해서는 tracking-system이 수반되어 입사각을 0도로 유지해줘야 한다. tracking system을 구축하고 유지보수를 고려할 때 비용적인 부분에서 효율이 떨어진다 판단되어 최근 태양광 집광 모듈은 non tracking system이 가능한 방법에 대해 검토되고 있다. 본 논문에서는 태양이 뜨고 지는 각도를 고려하여 입사각 ±30도에 대해 집광시킬 수 있는 렌즈를 설계하였으며, 집광효율을 분석하였다. 초기 설계는 렌즈 1매를 이용한 전반사 렌즈를 고려하였으나, 입사각이 넓으며 상단의 곡률에 의해 렌즈 외부에 초점이 맺히거나 전반사 되어 입사부로 나가는 문제를 발견하였다. 이를 해결하기 위해 프레넬 렌즈, 반사경, 원뿔형 렌즈를 이용하여 모듈을 설계하였다. 설계된 모듈은 Zemax를 이용하여 분석하였으며 Source(input) 대비 Detector(output)로 효율을 나타내었다. 입사각이 효율이 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며 추후 연구를 통해 효율을 높이는 방법을 연구하고자 한다.

발표자*, 교신저자#(parkyd@hanbat.ac.kr)

리브 형상 및 종횡비에 따른 사각 플라스틱 페트병의 강성보강에 관한 연구

이영훈[1,2,*], 박범진[1,3], 정의철[1], 오정길[4], 홍석관[1,#]

A study on improvement of stiffness for squared plastic PET bottle with different rib geometries and aspect ratio

Y. H. Lee[1,2,*], B. J. Park[1,3], E. C. Jeong[1], J. K. Oh[4], S. K. Hong[1,#]

한국생산과학기술연구원[1], 한양대학교 에리카[2], 한국공학대학교[3], (주)동아정밀공업[4]

Key Words : Aspect ratio, Blow molding, Elastic bucking analysis, PET bottle, Rib

본 연구에서는 리브가 없는 500 ml 사각병의 강성보강을 위하여 리브의 형상과 종횡비에 따른 플라스틱 용기의 좌굴 임계하중 변화를 유한요소 해석 기법을 사용하여 살펴보고, 효과적으로 페트병의 강성을 증가시킬 수 있는 리브의 형상과 종횡비를 도출하였다. 리브의 형상에 따른 좌굴 임계하중 값의 변화를 파악하기 위해 동일한 면적의 사각형, 삼각형, 사다리꼴 형상 리브를 플라스틱 용기에 적용하였고, 동일한 이차 단면모멘트의 사각형, 삼각형, 사다리꼴 형상 리브를 플라스틱 용기에 적용하여 선형 좌굴 해석을 진행하였다. 좌굴 해석 결과, 두 가지 케이스 모두 사각형 형상의 리브를 적용하였을 때 용기의 임계하중 값이 삼각형, 사다리꼴 형상의 리브를 적용하였을 때 보다 각각 약 1%, 3.8% 큰 값을 가졌고, 리브를 적용하지 않은 플라스틱 용기의 좌굴 임계하중 보다 14.6% 향상되었다. 또한, 사각형 리브의 종횡비(aspect ratio)에 따른 플라스틱 용기의 좌굴 임계하중 변화를 파악하기 위해서 2:5, 2:8, 2:10, 3:5, 3:8, 3:10의 종횡비를 갖는 사각형 형상의 서로 다른 6종류의 리브를 플라스틱 용기에 적용하여 선형 좌굴 해석을 진행하였다. 해석 결과, 종횡비 2:10의 사각형 형상의 리브가 적용된 플라스틱 용기의 좌굴 임계하중 값이 리브가 없는 플라스틱 용기의 좌굴 임계하중 값에 비해 18.2%의 가장 높은 향상률을 보였다. 따라서, 종횡비 2:10을 갖는 사각형 형상의 리브를 500 ml 사각병 플라스틱 용기에 적용하였을 때 강성보강에 가장 효과적임을 확인할 수 있다.

후기 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 우수기업연구소 육성사업(ATC+) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. (No.20018030.)

발표자* (lizardman00@hanmail.net), 교신저자#(skhong@kitech.re.kr)

유로 형상에 따른 PEMFC의 성능 변화

이완태[1], 전형준[1], 서진필[1,*], 김현철[2,#]

PEMFC performance variation according to channel shape

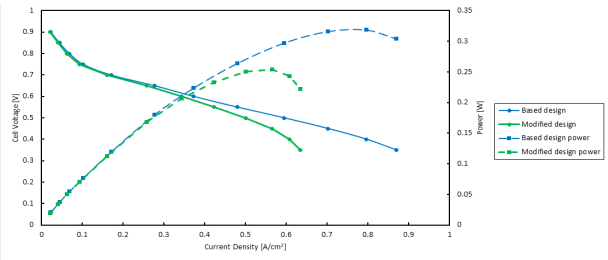
W. T. Lee[1], H. J. Jeon[1], J, P, Seo[1,*], H. C. Kim[2,#]

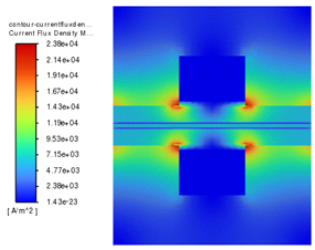
공주대학교 미래자동차공학과[1], 공주대학교 그린카기술연구소[2]

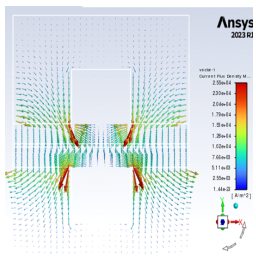
Key Words : CFD, PEMFC, I-V curve

연료전지의 더 많은 보급을 위해서는 성능은 더욱 향상될 필요가 있다. 이에 따라 연료전지의 성능을 최적화하는 연구는 필수이다. 본 연구에서는 CFD를 통해 연료전지 내부에서 발생하는 유동에 대한 해석을 진행하였다. 유동해석은 Ansys Fluent를 이용하여 진행하였으며, PEMFC의 모듈을 사용하였고 서펜타인 유로에대한 해석을 진행하였다. 유로의 폭과 높이를 설계변수로 설정하여 해석을 진행하였으며, 폭과 높이가 같은 경우1) 폭이 더 큰 경우2) 높이가 더 큰 경우3) 3개의 경우로 나누어서 총 15번의 실험을 진행하여, 15개의 IV-Curve를 통해서 성능평가를 수행하였다. IV-Curve는 연료전지의 성능을 평가하는 중요한 지표 중 하나로서 같은 전류밀도에서 더 높은 전압을 가질수록 성능이 높다. PEMFC에서 등온조건하에 물질 및 운동량 전달을 확인하기 위해 inlet과 outlet에서의 80℃의 온도와 속도 조건은 mass flow rate로 설정하였으며, 1기압 조건에서 운전된다는 가정하에 해석을 진행하였다. 또한, 성능을 해석하기 위해서 전지에 인가되는 전압을 0.35V~0.9V 범위에서 0.05V씩 상승시킴으로써 각 전압에 따른 IV-Curve를 얻을 수 있었다. 이를 통해 특정 폭과 높이에서 IV-Curve의 성능이 가장 높은 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년도 산업통상자원부와 충청남도의 재원으로 한국산업기술진흥원과 충남테크노파크의 지원을 받아 수행된 연구임 (G02F11412059811)







발표자*(chjy1283@naver.com), 교신저자#(khc@kongju.ac.kr)

전기구동 승용관리기 선회주행 안정성 분석

이종원[1,*], 강한경[1], 김수민[1], 모준혁[1], 정환홍[2], 이충호[1,#]

Analysis of the stability of turning driving of electric riding cultivator

J. W. Lee[1,*], H. K. Kang[1], S. M. Kim[1], J. H. Mo[1], H. H. Jeung[2], C. H. Lee[1,#]

전주대학교 산업공학과[1], (주)정원SFA[2]

Key Words : Recurdyn, Electric riding cultivator, Cornering

농기계의 사고율은 논밭보다는 농로에서 사고가 많이 발생하는 것으로 보고되며 작업 중일 때 보다는 운반작업 또는 이동 작업 중에 가장 많은 사고가 발생한다. 우리나라 농로는 직선의 도로보다는 선회해야 하는 굽이진 경우가 많다. 농촌 진흥청에서 발간한 '농업기계 사고 실태와 예방 대책' 보고서에 따르면 농작업 사고 유형에는 전도가 36.8%로 조사되었으며 농기계의 전도가 발생하지 않는 안정적인 구조, 또는 예방을 위한 조치가 필요하다. 본 논문에서는 Recurdyn을 활용하여 선회주행 시 전기구동 승용관리기의 안정적인 주행성을 분석하는 연구를 수행하였다. 시뮬레이션 시간 단축과 보다 정확한 시뮬레이션을 위해 전기구동 승용관리기의 상부를 운전석 및 배터리, 조작부를 하나의 파트로 단순화하였으며 약액 탱크, 방제기 3개의 파트로 나누어 모델링을 단순화하였으며 스텝파일의 물성 데이터를 기준으로 중량을 분포하중으로 설정하였으며 운전석 및 배터리, 조작부 중량은 430.3kg으로 설정하였으며 약액 탱크 중량은 50kg, 방제기 모듈은 272.74kg으로 설정하였다. 운전자의 중량은 농업기계 안전기준 제 4조 3항을 참고하여 75kg으로 설정하였다. 개발 목표에 알맞은 실제의 규격을 참고하여 구동축의 폴리 직경 200mm, 피동축 폴리 직경 180mm, 궤도 벨트(러그)의 폭을 180mm로 설정하였으며 궤도 벨트의 재질은 Rubber로 설정하여 무한궤도륜을 모델링하였다. 구동부를 포함한 전기구동 승용관리기의 총 중량은 개발 목표에 알맞게 980.74kg으로 설정하였다. 전기구동 승용관리기의 선회주행 시 속도는 농업기계화 촉진법을 참고하여 전기구동 승용관리기의 최고 속도인 15km/h로 설정하였으며 구동부의 윤거폭은 최대폭인 2,080mm로 설정하였다. 승용관리기의 지상고는 최고 높이인 1,179.58mm로 설정하였다. 노면은 콘크리트로 설정하였으며 전기구동 승용관리기 구동부와 노면의 마찰계수는 0.7로 설정하였다. 시뮬레이션은 U턴, 45도 우회전, 90도 우회전 3수준으로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, 전기구동 승용관리기가 15km/h로 U턴 선회주행 시 Fig. 1과 같이 전기구동 승용관리기가 무게 중심의 변화를 이기지 못하고 전도가 발생하여 주행이 불가능하였다. 45도 우회전 선회주행 시 Fig. 2의 파란 동그라미 부분에서 휘청이었지만, 전도로 이어지지는 않았다. 90도 우회전 선회주행 시 전기구동 승용관리기가 U턴과 45도 우회전 선회주행과 비교하였을 때 휘청이거나 전도가 발생하지 않고 안정적인 주행이 가능하였다. 향후, 전기구동 승용관리기의 구동부의 윤거폭과 지상고를 변화하여 다양한 조건에서의 시뮬레이션을 추가로 수행할 예정이며, 시뮬레이션 결과를 개발 중인 전기구동 승용관리기의 안전 운행과 작업부하에 대한 추가연구를 수행할 계획이다..

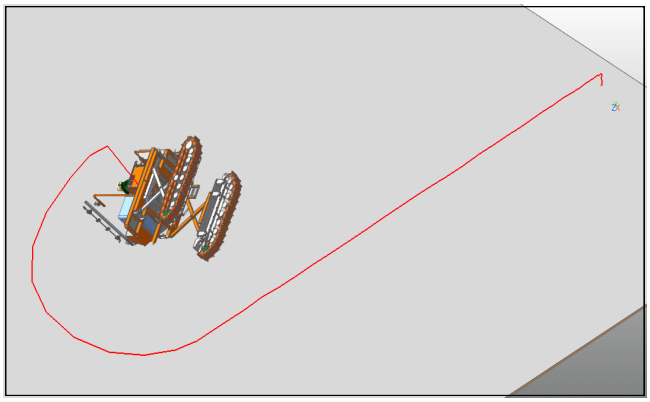


Fig. 1 Overturn during U-turn

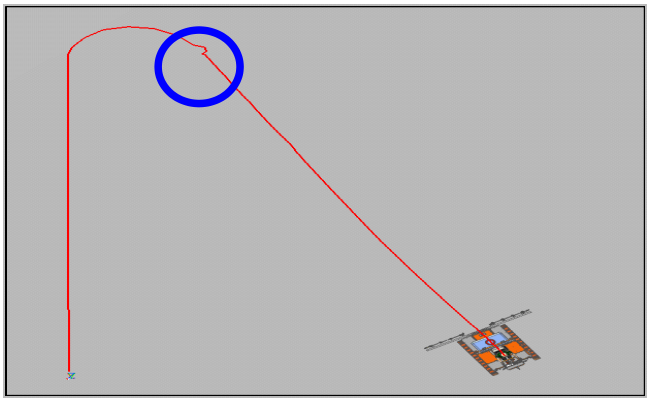


Fig. 2 Cornering at a 45-degree angle simulation result

후기 본 논문은 2022년도 농림축산식품부의 '친환경 동력원 적용 농기계 기술 개발 사업(1222-0088)'으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(leech@jj.ac.kr)

휠 굴착기 트랜스미션 클러치 마찰판 열유동해석에 관한 연구

김형준[1,*,#], 이환기[1], 김명섭[1], 이찬희[1], 이준희[2]

A study on the thermal flow analysis of friction plate of wheel excavator transmission clutch

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

(재)경북테크노파크[1], (주)디아이씨[2]

Key Words : Transmission, Wheel excavator, Friction plate, Heat flow, Flow rate

14~21톤급 휠 굴착기 트랜스미션은 굴착기의 전진 및 후진과 같은 주행을 수행하기 위해 유압모터의 출력을 주행 휠에 전달하는 동력전달 핵심 부품이며, 트랜스미션 내에 위치한 클러치는 전술한 기능을 수행하기 위한 부품으로 여러개의 마찰판이 구성되어 있으며, 틈새는 윤활 오일로 채워져 있다. 클러치의 각 마찰판에는 마찰을 위한 그루브 패턴이 새겨져 있고, 패턴 사이에는 오일 거동을 위한 별도의 유로가 있다.

클러치 마찰판 유로에서 거동하는 오일은 다양한 환경조건에 노출된다. 클러치는 트랜스미션의 다양한 부하 조건에 따라 온도가 크게 변할 것으로 예측되며, 본 연구에서는 14~21 톤급 휠 굴착기용 트랜스미션 클러치 내부유로의 동적거동특성을 고려한 환경조건을 분석하여 클러치 마찰판 내 오일의 동적거동에 따른 열유동해석을 수행하였으며, 클러치 마찰판 패드 내로 유입되는 오일의 유량과 오일이 거동에 따른 마찰판의 온도변화 경향을 열유속 [W/㎡] 분포특성을 통하여 분석하였다.

후기 이 논문은 2021년도 산업통상자원부의 '기계산업핵심기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(14~21톤 휠 굴착기용 트랜스미션 및 엑슬 개발, '20014657')

발표자*, 교신저자#(hjkimrd@gbtp.or.kr)

수치해석을 이용한 다이캐스팅 설비 내 형체력 및 변형 분석

정광훈[1,2,*], 하정홍[1,#]

Clamping force and deformation analysis of die casting machine using numerical analysis

G. Jeong[1,2,*], J. Ha[1,#]

한국생산기술연구원 3D프린팅 제조공정센터[1], 한양대학교 기계공학과[2]

Key Words : Computer-aided engineering, Die casting equipment, H-shape support, Tie bar

다이캐스팅 설비는 고온, 고압 환경 속에서 형체력(clamping force)으로 인한 변형을 주기적으로 받는다. 이로인해서다이(die)의 영구변형 및 다이 접합 면의 분리, 타이 바(tie bar)의 파손 등의 문제를 유발하고 이에 따른 시간적, 비용적 손실이 발생할 수 있다. 따라서 형체력에 의한 변형이 타이 바의 파손을 유발하는 주된 원인이므로 변형을 감소하는 방향으로 설비 개선에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 구조해석을 이용하여 공정 진행 과정에서 다이캐스팅 설비의 취약 부위을 파악하고, 이 부위에 H형강 지지대를 보강하여 개선하는 것을 목표로 하였다. 정적 분석을 통해 주어진 공정 조건에 대해서 다이캐스팅 설비의 변형과 응력을 확인하였다. 그리고 이 결과를 바탕으로 예상되는 취약점에 H형강 지지대를 설계하여 기존 형상 대비 변형량과 응력 분포 및 최대 응력 변화를 분석하였다. 또한, 열 해석을 진행하여 다이캐스팅 설비에서 열 분포를 확인하였으며, 이 결과를 바탕으로 정적 해석 및 과도 해석을 연계하여 실제 공정 환경과 유사한 조건에서 다이캐스팅 설비에 작용하는 응력을 확인하였다. 본 연구를 통해 다이캐스팅 설비 내 타이 바의 고장 원인을 분석하고 이를 바탕으로 개선이 필요한 부분을 파악하여, 내구성을 개선하기 위한 설계 가이드를 제시하는 데 도움이 될 것으로 예상된다.

후기 This work was supported by the Ministry of Science and ICT (Project Number: 2023-22030005-02) and Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes(COMPA) and the Ministry of SMEs and Startups (00140933).

발표자*, 교신저자#(jhjh@kitech.re.kr)

30M급 Cell-Guide 절단 자동화 시스템 구조 안전성에 대한 연구

나현호[1,*,#], 윤태종[1], 오도원[1], 강병모[1], 조민호[1], 이형원[1], 양준혁[1], 정동현[2]

A study on structural safety of 30M type Cell-Guide cutting automation system

H. H. Na[1,*,#], T. J. Yun[1], D. W. Oh[1], B. M. Kang[1], M. H. Cho[1], H. W. Lee[1], J. H. Yang[1], D. H. Jung[2]

(재)한국조선해양기자재연구원[1], (주)청진[2]

Key Words : Cell guide, Automation system, Cutting system, Structure analysis

최근 세계 선박시장은 해상운임 및 물동량 증가 등으로 컨테이너선, LNG선 등 관련 시장 수요가 크게 증가하고 있다. 국내 조선해양산업은 제품 성능 향상 중심의 성장에서 벗어나 현재는 친환경 규제 대응과 ICT 기술융합 기반의 스마트화가 진행 중이다. 또한 조산선업 패러다임은 친환경·스마트 선박 등 미래 유망 선박 상용화가 됨에 따라 국내 조선업 내 기술선점 및 수주경쟁력에 맞는 생산역량 확보를 위한 기술개발 필요성 증대 및 관련 선박 생산·공정 효율화에 대한 기술개발이 추진되고 있다. 그러나 컨테이너 선박 건조 공정의 적기 납품과 품질은 선박의 공기의 영향 등 조선소의 많은 영향을 끼치고 있고, 자동화가 어려운 만큼 숙련 인력 확보 여부의 따라 생산효율의 차이가 발생하고 있는 실정으로 생산자동화 시스템의 중요성이 부각되고 있다.

컨테이너 선박 단일 Block에 동일한 Cell Guide 골조 구조물이 약 30m 기준 블록 상·하부에 각각 16개 이상이 설치되며. 컨테이너 선박의 적재공정의 중요성이 높다. Cell Guide는 컨테이너가 선창내에 적재될 때 공간 손실을 최소화하고 하역 효율을 높이며 항해 중 화물이 이동하지 못하게 억제하는 기능을 하는 선창의 격자형 셀(Cell) 구조물이다. 해치코밍에는 엔트리가드가 설치되고 그 아래로 셀 가이드가 홀드의 바닥면까지 연결되어 있어 컨테이너가 엔트리 가이드를 통해 수직으로 적재되는 공정이다. 컨테이너의 승/하강이 원활이 하기 위해서는 이러한 셀가이드의 수직도가 정확히 유지되어야하며 동일 횡격벽에 설치된 셀가이드 간의 횡간격 및 마주보는 횡격벽에 설치된 셀가이드와의 종간격이 일정하게 유지되어야 한다. 셀 가이드 골조 구조물은 별도의 패드와 앵글타입의 셀가이드가 설치되므로, 강재의 사용량이 증가되고, 이로 인해 원가비 및 제조단가가 상승되며, 자재관리 및 부수적인 작업이 가중되는 등 여러가지 문제점이 있다. 따라서 컨테이너선 건조시 제작되는 컨테이너 블록에 부착되는 셀 가이드를 제작하기 위하여 다양한 길이의 앵글 L형강을 운반하고 이를 절단하는 기술 및 자동 운반 장치와 자동 절단 장치의 결합, 추가 용접 로봇 설비 제작을 통해 자동화함으로써 생산 효율을 높일 수 있는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 30M급 Cell Guide 철골 구조물 생산 자동화 시스템 개발을 위해 형강 자동 절단 시스템에 대한 구조적 안전성 평가를 위한 연구를 수행하였으며, 구조적 안전성 평가를 위해 주요기구부 3곳(Torque Shaft, Cutting Frame, Cutting Shaft) 에 대한 구조해석을 수행하였다. 주요기구부는 S45C 및 Structural Steel을 사용하였으며, 모터 사양에 따른 Torch, Cell-Guide 하중, 절단 시 작용하는 힘에 대한 하중을 인가하여 구조해석을 수행하였다. 구조해석 시 격자 크기 및 격자 형상에 따라 해석결과가 매우 다양하므로 격자의 최적 형상을 도출하고자 하였으며, 최적의 격자 형상를 도출하고자 Mesh 크기를 변경하여 Quality를 확인하였으며, Mesh Quality 향상을 위해 결과값을 세밀하고 정확하게 확인할 수 있도록 곡률주위에 격자가 모일 수 있게 Advanced Sizing으로 Curvature를 적용하였으며, Edges의 조밀도를 개선하기 위해 Span Angle Center는 Fine 방식을 선정하였다. 구조해석 결과에 따라 30M급 CELL-GUIDE 형강 자동 절단 시스템의 주요기구부는 안전율 1.5기준 항복강도를 모두 만족함을 확인하였다. 또한 각 부재에서 미소변형이 있음을 확인하였으나 하중에 따른 최대응력은 각 재질의 항복강도 값보다 낮아 영구변형이 미미할 것으로 판단되며, 이는 극히 작은 값으로 구조안전성에 미치는 영향이 미미할 것으로 판단된다.

후기 이 논문은 2023년도 중소벤처기업부의 지역특화산업육성+(R&D) 사업(전라남도 지역기업 성장촉진 및 동반 사업화 기반 컨테이너 운반선 전용 생산성 향상을 위한 30M급 CELL-GUIDE 철골 구조물 생산 자동화 시스템 개발)의 지원을 받아 연구되었음(S3367780).

발표자*, 교신저자#(hyunhona@komeri.re.kr)

컨테이너 선박 적재 리드라인 제작 전용 이동식 Liftting&Alignmnet 자동화 시스템 클램핑 구조안정성에 관한 연구

나현호[1,*,#], 오도원[1], 조민호[1], 윤태종[1], 강병모[1], 이창우[1], 곽근성[2]

A study on the stability of clamping structure of mobile lifting & alignmnnet automation system for the construction of container ship load lead line

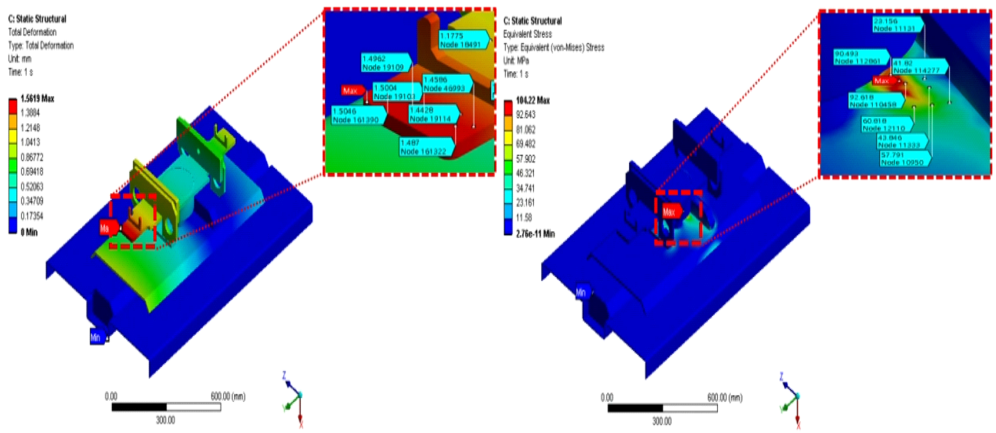
H. H. Na[1,*,#], D. W. Oh[1], M. H. Cho[1], T. J. Yun[1], B. M. Kang[1], C. G. Lee[1], G. S. Kwak[2]

(재)한국조선해양기자재연구원[1], ㈜청진[2]

Key Words : Container Ship building, Loading lead line, Lifting, Alignment, Automation

컨테이너가 적재되는 블록은 제작과정에서 적재 리드라인을 설치해 선박에 컨테이너를 적재 시 고정시킬 수 있도록 가이드 레일 형태의 구조물 배치는 필수적이며, 적재 리드라인은 약 30m 기준 블록 상·하부에 총 18개가 설치되고 있다. 하부 적재 리드라인 설치 시 약 1.7m의 작업공간의 한계로 지게차 등의 대형장비 사용이 어려워 3대 이상의 유압 리프트와 체인블록을 이용하여 각 구역별 상·하·좌·후 정렬을 작업자의 경험을 바탕으로 실정이다. 적재 리드라인 하부 설치과정에서 최소 8명 이상의 인력이 필요하며, 각 구역마다 별도로 작업을 수행함에 따라 많은 작업시간이 소요되고 인력의 숙련도에 따라 제품의 품질이 저하되는 심각한 문제가 발생되고 있다. 이에 T-BLOCK에 적재 리드라인을 설치함에 있어 상하 방향의 높이 및 전·후/좌·우 동시 제어가 가능한 자동화 시스템이 필요하다. 본 연구를 통해 컨테이너 선박 블록 제조 시 유압리프트와 체인블록을 이용한 100% 수동 공정작업으로 행해지고 있는 컨테이너 적재 리드 가이드라인 배치 및 설치를 전 자동화가 가능한 이동식 Liftting&Alignmnet 자동화 시스템 개발에 따른 주요 기구부인 클램핑의 구조적 안정성을 확보하고자 한다.

본 연구는 컨테이너 선박 적재 리드라인 제작 전용 이동식 Lifting& Alignment 자동화 시스템 클램핑을 구조해석 대상으로 해석대상 모델링은 불필요한 기구부의 모델 수정 후 구조안정성을 평가하였다. 구조해석 결과 하중 50,000N에 대하여 안전율 1.5기준 허용응력 내 응력집중을 확인하였으며, 각 부재에서 미소변형이 있음을 확인하였으나 하중에 따른 최대응력은 각 재질의 항복강도 값보다 낮아 구조안정성에 미치는 영향이 미미할 것으로 판단된다.



<Simulation of the Clamping System>

후기 이 연구는 한국산업단지공단의 산업집적지경쟁력강화사업 다년도 중형 프로젝트형 R&BD사업 '전라남도 조선산업 생산성 향상 및 제조공정 개선을 위한 컨테이너 선박 적재 리드라인 제작 전용 5Ton&30급 이동식 Lifting&Alignment 자동화 시스템 개발'의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

발표자*, 교신저자#(hyunhona@komeri.re.kr)

프레스를 이용한 회전 SHAFT 단조 공정 개발

정기호*,#

Development of rotating shaft forging process using press machine

K. H. Jung*,#

한국생산기술연구원 금형성형연구부문

Key Words : Shaft, Hot forging, Press machine, Process design

본 연구에서는 기존의 열간 다단 포머공정을 통해 생산되던 중형 회전 샤프트의 단조를 포머 장비에 비해 단조업체들이 주로 보유한 프레스를 이용하여 더 짧은 단계를 거치도록 단조공정을 설계하여 실제 시제품까지 시험생산하였다. 기존의 열간 다단 포머 단조공정의 경우 4~5단 성형을 거치게 되고, 열간 포머장비의 도입비용이 크기 때문에 해당 장비를 보유한 업체만 생산이 가능하였으나 프레스 장비를 이용하면서도 3단 이내로 성형을 마칠 수 있는 금형설계 및 공정조건을 도출하였다. 또한, 회전용 샤프트의 경우 베어링과 맞닿는 부위에 높은 표면경도가 요구되는데 고주파열처리를 통하여 기존 제품과 대등한 수준의 경도를 확보하였다.

후기 이 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 “신시장창출지원사업 JE-23-0022”의 지원으로 수행한 연구입니다.

발표자*, 교신저자#(markjung@kitech.re.kr)

"본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가과학기술 발전에 기여합니다."

"This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) grant funded by the Korean government."

2023 한국생산제조학회 추계학술대회 논문집

발행일 2023년 12월 13일 (반년간)

발행인 김 병 희

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

KSMTE
한국생산제조학회
서울특별시 용산구 한강대로 372 센트레빌 아스테리움 서울 A동 1206호
TEL : (02)501-9172 FAX : (02)501-9173 www.ksmte.kr