

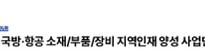
2025년도 한국기계가공학회 춘계 학술대회 논문집

2025 KSMPE Spring Conference

일시 2025년 05월 07일(수)~09일(금)

장소 여수 소노캄호텔

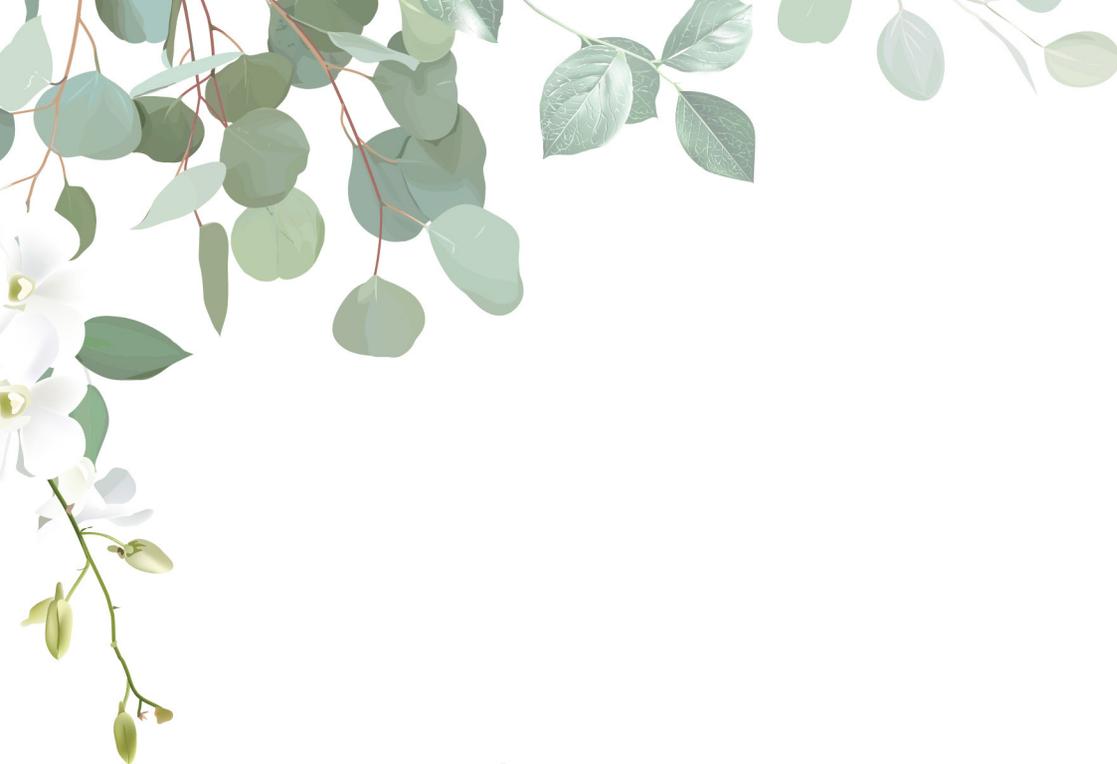
주최  사단법인 한국기계가공학회

주관   스마트기계부품 지역
미래전문인력 양성팀      

후원  전라남도  여수시  전라남도 관광재단  한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

 KITECH 한국생산기술연구원  한국폴리텍대학  경북테크노파크   조선대학교
지능형로봇혁신융합대학사업단

 부산대학교 하이브리드제조혁신엔지니어링센터   국립창원대학교
중견기업-지역 혁신 얼라이언스 센터  제이케이(유)  엔아이스퀘어
Next-generation resources square



2025년도 춘계학술대회 조직위원회

대회장

안동규(회장, 조선대)

조직 위원장

이경창(수석 부회장, 국립부경대)

이승재(학술 부회장, 원광대)

조직위원

김해지(경상국립대)

문두환(고려대)

육세진(한양대)

이봉기(전남대)

장성욱(동의대)

조영태(국립창원대)

장원석(한국기계연구원)

전은채(울산대)

김호진(동서대)

박상민(부산대)

심도식(국립한국해양대)

윤해룡(한국로봇융합연구원)

오용석(국립창원대)

이상민(동의대)

이정원(조선대)

전용호(아주대)

한장우(국립금오공대)

한준세(한국기계연구원)

(사)한국기계가공학회 2025년도 춘계학술대회 일정표

1. 일 시 : 2025년 05월 07일(수)~09일(금)
2. 장 소 : 여수 소노캄호텔
3. 학술대회 전체 일정

1) 05월 07일(수)

시간	장소	사파이어 1
14:30~16:00		부문 특별세션 1 - 열유체 부문
16:00~16:30		Break
16:30~17:45		부문 특별세션 2 - 나노마이크로 부문

2) 05월 08일(목)

시간	장소	그랜드볼룸 1	그랜드볼룸 2	사파이어 1	사파이어 2	사파이어 3
08:30~		등록(1층그랜드볼룸홀 앞)				
09:30~10:00	OP1			OP3		
10:00~10:45	시뮬레이션/ 최적화 좌장: 전용호 (아주대)	포스터 발표 A + 캡스톤디자인 경진대회 예선 (10:30~11:30)		NANO/MEMS /미세가공 좌장: 이정원 (조선대)		
10:45~11:00	Break					
11:00~11:30					전체 편집위원회 회의	
11:30~12:00		Keynote Speech 1 (그랜드볼룸 1) 극한소재 실증연구기반조성사업과 미래제조산업육성 / 이영선(한국재료연구원)				
12:00~13:00		중식				
13:00~14:00	OP2			OP4	OS2-1	OS3-1
14:00~14:15	기계설계 좌장: 권현식(동의대)	포스터 발표 B (14:00~15:00)		금형/절삭가공/ 연삭가공 1 좌장: 이현섭 (동아대)	마이크로/ 나노기술 및 응용 좌장: 이상민(동의대)	미래차 부품기술 좌장: 차승훈(경북TP)
14:15~14:30	Break			Break		
14:30~15:00	OS1			캡스톤디자인 경진대회 본선	OS2-2	OS3-2
15:00~15:45	학회연합 발표 좌장:이경창 (국립부경대)		마이크로/ 나노기술 및 응용 좌장: 임종경(가천대)		미래차 부품기술 좌장: 차승훈(경북TP)	
15:45~16:00		Break				
16:00~17:00		포스터 발표 C				
17:00~17:40		Plenary Speech (그랜드볼룸 1) 라이프체제와 대학혁신 / 김현영(강원대학교)				
17:40~18:00		시상식 및 임시총회 / 경품 1부				

포스터 A: CAD/CAM/CAE, 용접/특수가공
 포스터 B: 금형/절삭가공/연삭가공, 적층제조
 포스터 C: NANO/MEMS/미세가공, 시뮬레이션/최적화

2) 05월 09일(금)

시간	장소	그랜드볼룸 1	그랜드볼룸 2	사파이어 1	사파이어 2	사파이어 3
08:30~		등록(1층 그랜드볼룸홀 앞)				
09:30~10:00	제어/자동화/소음진동 & 금형 /절삭가공 /연삭가공 2 좌장: 박상민 (부산대)			OS5 4차산업기술 좌장: 최성대 (금오공대)	OS7 제조산업 첨단로봇활용 기술 좌장: 이재용 (KOTMI)	OS9 극한환경 스마트 기계부품 설계/제조기술 좌장: 김석 (연세대)
10:00~10:45						
10:45~11:00	Break					
11:00~11:30	Keynote Speech 2 (그랜드볼룸 1) 기계 가공의 새로운 가치 발굴 / 조민국(오스템글로벌㈜)					
11:30~12:00	경품 2부					
12:00~13:00	중식					
13:00~14:00	OS4 우주소재 부품장비 우주 환경 시험평가 좌장: 김태규 (조선대)	포스터 발표 D (13:30~14:30)		*OS6 식물공장용 방열 및 열회수 기술 좌장: 육세진 (한양대)	OS8-1 스마트기계 부품 및 초고효율 CO ₂ 포집필터 개발 좌장: 정성용 (조선대)	
14:00~14:15						
14:15~14:30	Break					
14:30~15:00	OS4 우주소재 부품장비 우주 환경 시험평가 좌장: 김태규 (조선대)	포스터 발표 D (13:30~14:30)		OP6 적층제조 & 용접/특수가공 & CAD/CAM/CAE 좌장: 이재욱 (경북대)	OS8-2 스마트기계 부품 및 초고효율 CO ₂ 포집필터 개발 좌장: 이정원 (조선대)	*OS10 중견기업지역 혁신 얼라이언스 R&D 좌장: 조영태 (창원대)
15:00~15:45						
15:45~16:00						
16:00~16:30						

포스터 D: 기계설계, 제어/자동화/소음진동, 열유체/유체기계 *Closed Session

목 차

기조강연

Plenary Speech

논문발표

사회 : 이경창(국립부경대)

Plenary Speech	라이즈체제와 대학혁신 027 *김헌영(강원대학교)
----------------	--------------------------------------

초청강연

Keynote Speech

논문발표

사회 : 조영태(국립창원대), 이승재(원광대)

Keynote Speech-01	극한소재 실증연구기반조성사업과 미래제조산업육성 029 *이영선(한국재료연구원)
Keynote Speech-02	기계 가공의 새로운 가치 발굴 030 *조민국(오스템 글로벌(주))

구두발표

부문 특별세션 1 - 열유체 부문

부문 1

좌장 : 육세진(한양대)

부문1-1	브레이크 마모 미세먼지 저감장치 개발 032 *#우상희(한국기계연구원), 이석환, 김우영
부문1-2	수치해석을 통한 제연기 및 제퇴기의 유동특성 분석 033 *조민철(고등기술연구원), 이예승, #노정훈
부문1-3	CNC-GNR 기반 빛을 받으면 스스로 발열하는 필름 034 *#김형수(한국과학기술원), 편정수, 박순모, 김주리, 김정환, 윤용진, 윤동기
부문1-4	베이지안 최적화를 활용한 자동화 액적 생성 기기 제작 035 조성수, 김행영, 신성훈, *이민기(조선대), 이진기
부문1-5	폴리우레탄 폼의 다중 열분해 반응 모델링 036 *하예진(국립부경대), #전준호
부문1-6	반도체 극저온 식각 공정용 공기 냉매 냉동 시스템 037 *#이범준(한국에너지기술연구원), 조종재, 신형기, 이길봉, 조준현, 왕은석, 나호상, 강은철, 최봉수, 오봉성, 나선익, 제상현

구두발표

부문 특별세션 2 - 나노마이크로

부문 2

좌장 : 임시형(국민대)

- 부문2-1 폐 아라미드 원료에 따른 나노 섬유로의 제조 평가 039
*이운서(국립금오공대), 김철호, #김현찬
- 부문2-2 투명 ITO 전극의 정밀 기계가공 특성 및 전자 소자 적용 연구 040
*이승훈(국립한밭대학교), 황해인, 조인호, 박아현, #김정환
- 부문2-3 극소수성 표면을 이용한 저비용·고정밀 액적 분리 시스템 개발 041
*이동현(조선대), #이정원
- 부문2-4 펄스 레이저 직접 묘화 기반 그래핀 스마트 섬유 개발 042
*양동욱(한국과학기술원), 이영근, 김현우, #김영진

구두발표

학회연합발표

특별세션 OS1

좌장 : 이경창(국립부경대)

- OS1-1 새로운 압출 기반 3D 프린팅 기법의 개발과 조직공학 적용 044
*이승재(원광대)
- OS1-2 잔류응력 기반 기계가공 변형 예측 및 가공 변형 저감을 위한 인공지능 활용 045
*최현성(한국재료연구원), 권용남, 정찬욱, 윤정환, Sabino Ayvar-Soberanis
- OS1-3 머시닝센터 스피들의 가공 문제 진단을 위한 엣지 기반 알고리즘 기술 046
*황주호(한국기계연구원), 심종엽, 송창규, 김정근

구두발표

마이크로/나노기술 및 응용 1

특별세션 OS2-1

좌장 : 이상민(동의대)

- OS2-1-1 기능성 스펀지를 이용한 자가 발전 압력 센서의 응용 048
김성현, #이상민(동의대)
- OS2-1-2 Polymer Brush 제작 효율 향상을 위한 세척 공정 최적화 방안에 관한 연구 049
*양준영(동의대), 김성현, #이상민
- OS2-1-3 3D 프린팅 샘플의 열 인장 공정을 이용한 마이크로 튜브 제작 방법 050
*홍기환(동의대), 공혜성, 김성현, #이상민
- OS2-1-4 마찰대전 나노발전을 이용한 폴리머 튜브 내 유체 유동 센서 개발 051
*공혜성(동의대), 김성현, #이상민
- OS2-1-5 왁스 딥코팅을 통한 3D 혈관 복제품의 균일 표면처리 공정 개발 052
*김지민(가천대), 이태석, #임종경

구두발표**마이크로/나노기술 및 응용 2**

특별세션 OS2-2

좌장 : 임종경(가천대)

- OS2-2-1** 연결된 네트워크 구조를 갖는 다공성 소재의 적층 제조 054
*#임종경(가천대), 유동우
- OS2-2-2** 마이크로입자 기반 신호 증폭 전략을 적용한 미세유체 면역분석 플랫폼 연구 055
*김주영(동서대), #김호진
- OS2-2-3** 마이크로 패턴 상 증발 액적의 내부 유동 및 단백질 농축 현상 연구 056
*안혜진(동서대), #김호진
- OS2-2-4** 분주 시스템의 팁 체결방식에 따른 분주 정확도 탐구 057
*김지민(동서대), #김호진
- OS2-2-5** 비접촉 액적쌍을 이용한 온디맨드 병렬 액적 병합 및 반응 개시 기술 058
*이상현(국립한국해양대), #김호진

구두발표**미래차 부품기술 1**

특별세션 OS3-1

좌장 : 차승훈(경북테크노파크)

- OS3-1-1** 비정형 코일 스프링의 이상적인 코일링 성형에 관한 연구 060
*#차승훈(경북테크노파크), 김명섭, 조현덕
- OS3-1-2** 고강도 금속재료의 열간 성형 공정 연구 061
*#임정식(경북테크노파크), 김상곤, 김중희
- OS3-1-3** 다이 챔버부 필렛 반경 변화에 따른 7075 알루미늄 합금의 압출 해석 062
김종원, *김형준(영남대), 원유창, #김진호
- OS3-1-4** 자율주행차 감성인지기반 융합조명 기술개발 063
*이병훈(카이엠㈜), 정상진, 이재철
- OS3-1-5** 규제샌드박스를 활용한 지역기반 신산업 지원모델 : 경상북도 사례 분석 064
*#정민재(경북테크노파크), 이종석, 박시찬, 장세인, 김주경

구두발표**미래차 부품기술 2**

특별세션 OS3-2

좌장 : 차승훈(경북테크노파크)

- OS3-2-1** 가상환경을 활용한 알루미늄 열간 압출 공정 최적화 및 성능 분석 066
*박관형(한국로봇융합연구원), #윤해룡, 조용준, 홍형길, 강민수, 장선호, 권태희, 최헌수
- OS3-2-2** 금속 적층제조 적용 차체 핫스탬핑 금형 개발을 위한 연구 067
*#박성진((주)신영), 서종덕
- OS3-2-3** 전산해석 기반 전기차 PDA 설계 분석 연구 068
*#이찬희(경북테크노파크), 차승훈, 권익진, 용경중

OS3-2-4	xEV 와이어링 하니스 그로멧의 사출해석 기반 형상 검토 연구	069
	*#김중희(경북테크노파크), 이찬희, 최준진	
OS3-2-5	친환경 모빌리티를 위한 알루미늄 압출재의 탄소 저감 효과와 기술적 가능성	070
	*#한종대(알루스(주)), 서창환, 이광민, 장학범, 김세화	

구두발표	우주소재부품장비 우주환경시험평가	
특별세션 OS4-1		좌장 : 김태규(조선대)

OS4-1	오리가미 우주 실드 복합재의 우주환경시험평가	072
	*#차지훈(조선대)	
OS4-2	A Study on Hydrodynamic Model and Anomaly Detection of Torpedo-shaped Autonomous Underwater Vehicle	073
	Gebrewold Teklay, *#정성훈(조선대)	
OS4-3	모터와 기어의 결합체 Magsplit	074
	*하태윤(조선대), #박의중	
OS4-4	ECSP(전기제어 고체 추진제) 개발 현황	075
	*황진하(조선대), #김태규	
OS4-5	지상 도킹 실험을 통한 Fiducial marker의 상태 추정 성능 비교	076
	*진선화(조선대), #이현재, 남동현	

구두발표	4차 산업기술	
특별세션 OS5		좌장 : 최성대(국립금오공대)

OS5-1	PBT 수지의 어닐링 조건이 접합강도에 미치는 영향에 관한 연구	078
	*김문수(국립금오공대), 서성철, #최성대	
OS5-2	구동 바퀴 배치를 위한 AGV 모델 설계	079
	*김성현(국립금오공대), #최성대	
OS5-3	공유형 배터리 충전 스테이션의 배터리 팩 안전배출 구조설계	080
	*김성현(국립금오공대), #최성대, 유기봉, 백석호, 이행석	
OS5-4	흡착식과 파지식을 결합한 다기능 변환형 로봇 그리퍼 개발	081
	*김성민(국립금오공대), #최성대, 이승현	
OS5-5	제조분야별 대기업의 품질검사기준 분석	082
	*임진호(국립금오공대), #최성대	
OS5-6	알루미늄 소재 초음파 선삭가공의 절삭 시뮬레이션에 관한 연구	083
	*이태호(국립금오공대), #최성대, 최현진	

구두발표

식물공장용 방열 및 열회수 기술

특별세션 OS6

좌장 : 육세진(한양대)

- OS6-1** 환형 구조물을 이용한 히싱크 방열 효과 개선에 관한 연구 085
*강현민(한양대), #육세진
- OS6-2** 얇은 금속 재료를 활용한 식물생장용 등기구의 방열 성능 향상 086
*마수창(한양대), 허승민, 남학호, #육세진
- OS6-3** 히싱크의 설치각도에 따른 열저항 변동 최소화를 위한 핀 형상 개발 연구 087
*김예준(한양대), 남학호, 허승민, #육세진
- OS6-4** CFD 해석을 이용한 에너지 저장 시스템용 냉각 매니폴드 설계 최적화 088
*선준완(한국생산기술연구원), #김영원
- OS6-5** Passive Heating and Cooling using Rubitherm Case Study 089
*무하마드 다일(한국생산기술연구원), #김영원
- OS6-6** 타공 나선형 공기형 PVT 복합 발전 모듈의 열 및 전기 성능에 관한 실험적 연구 090
김하성, *최관용(한국생산기술연구원), #김영원

구두발표

제조산업 첨단로봇활용 기술

특별세션 OS7

좌장 : 이재용(한국섬유기계융합연구원)

- OS7-1** 화학 용액 선별 주입을 위한 로봇 자동화 시스템 연구 092
*#이동현((재)한국섬유기계융합연구원), 이재용, 배규현, 김진후
- OS7-2** 자동차 휠가드 조립공정에서 초음파 용착 성형성에 관한 연구 093
*#박중언((주)포원시스템), 권오대, 김성용, 이재용, 배규현, 이동현
- OS7-3** 밀키트 포장 3D 시뮬레이션 모델 개발 094
*김태형(한국식품연구원), 김아나, #권기현
- OS7-4** 냉동 HMR 제품의 로봇 이송을 위한 경로현상 및 표면특성 분석 095
*김아나(한국식품연구원), #김태형
- OS7-5** 첨단로봇활용 지능형 공정모델 표준화 연구 096
#김세진, *송민섭(한국로봇융합연구원), 백형택

구두발표스마트기계 부품 및 초고효율 CO₂ 포집필터 개발 1

특별세션 OS8-1

좌장 : 정성용(조선대)

- OS8-1-1** 이미지 연관 기법을 통한 반도체 칩 패키징의 열 변형 측정 098
*이정현(조선대), #곽재복, 강힘찬
- OS8-1-2** 입자 이미지 속도 계측을 통한 TPMS 구조 내부 유동 분석 099
*이종배(조선대), #정성용

OS8-1-3	다양한 금속의 표면 처리 공법 정립과 극소수성 표면의 특성 분석 100 *정제운(조선대), #이정원
OS8-1-4	DLP 방식의 3D 프린팅으로 제작된 고분자의 적층 각도 및 표면 연마 처리에 따른 트라이볼로지적 특성에 관한 연구 101 *권혜민(조선대), 이성준, #김창래
OS8-1-5	중량 측정을 통한 제올라이트 13X 의 이산화탄소 포집 특성 분석 102 *이광규(조선대), #안동규
OS8-1-6	EMI 차폐 시편의 코팅 재료에 따른 전기 저항 특성 변화 고찰 103 *한승헌(조선대), 범종찬, #안동규

구두발표

스마트기계 부품 및 초고효율 CO₂ 포집필터 개발 2

특별세션 OS8-2

좌장 : 이정원(조선대)

OS8-2-1	CFD 해석을 사용한 평판 Lattice 구조 내부의 유체 유동 특성 분석 105 *기데온 사이먼 엠두마(조선대), 범종찬, 김현, #안동규, 정성용
OS8-2-2	열화된 가스 확산 층을 갖는 PEMFC의 성능 회복 특성 분석 106 *김지연(조선대), #정성용
OS8-2-3	경질 폴리우레탄의 극소수성 표면 및 고투명 SLIPS 표면 구현을 위한 마이크로/나노 구조 복제 공정 개발 107 *김현성(조선대), 이은재, #이정원
OS8-2-4	Lattice 구조의 설계 및 층 수에 따른 CO ₂ 흡착 특성 변화 고찰 108 *범종찬(조선대), 기데온 사이먼 엠두마, #안동규
OS8-2-5	젖음성 메커니즘 기반의 마이크로/나노 구조 제작 공법을 사용한 SLM TiAl6V4 표면 개질 연구 109 *이은재(조선대), #이정원
OS8-2-6	열경화성 고분자의 경화도 제어를 통한 초소수성 멤브레인 개발 110 *김찬우(조선대), 이성준, #김창래

구두발표

극한환경 스마트 기계부품 설계/제조기술 1

특별세션 OS9-1

좌장 : 김석(연세대)

OS9-1-1	2D DIC 기반 3D 회전 적층 구조의 압축 거동 분석 112 *박서림(국립창원대), 김석, #조영태
OS9-1-2	극저온에서의 적층 REBCO 선재 압축 하중 실험 113 *장보현(국립창원대), #김석호
OS9-1-3	ANN을 이용한 이중관 열교환기 증황비 효과에 따른 상변화 물질 용융 특성 성능모델 114 *권정근(국립창원대), #박용갑
OS9-1-4	나노유체를 이용한 FCCZ 격자 구조 방열판의 CFD 분석 115 *안성환(국립창원대), #최훈기, #박용갑

OS9-1-5	다양한 형상의 이중관 열교환기에서의 열전달 성능비교 116 *신유훈(국립창원대), #박용갑, 최훈기
OS9-1-6	Delta-Rib가 적용된 마이크로 채널의 열전달 특성에 관한 수치적 연구 117 *이문수(국립창원대), #최훈기, #박용갑

구두발표

극한환경 스마트 기계부품 설계/제조기술 2

특별세션 OS9-2

좌장 : 김석(연세대)

OS9-2-1	극저온 유체 냉각 시스템을 위한 열교환기 히트싱크 설계 및 성능 분석 119 *석지훈(국립창원대), #김석호
OS9-2-2	100 mK 달성을 단일 단 ADR 시스템을 위한 CPA Salt pill의 설계 및 열적 성능 분석 120 *김장돈(국립창원대), #김석호
OS9-2-3	전도성 고분자 기반 재사용 가능한 레이저 광열 반응 변색 소자 121 *김찬우(부산대), 이학성, 정순옥, #이하범
OS9-2-4	다중 로봇 기반 WAAM 공정의 Inconel 718-SUS 316L 이중 금속 적층 제조에 관한 연구 122 *한건후(국립창원대), 김창중, 조인수, #조영태
OS9-2-5	CIVA 시뮬레이션을 활용한 CRDM 노즐 내 PWSCC 결함 모델링 및 자동 분석 기반 구축 123 *이수민(국립창원대), #이재선
OS9-2-6	자동탭핑 구동장치의 Gear micro-geometry 최적화에 관한 연구 124 *문성민(경상국립대), 이승현, 이현준, #류성기

구두발표

중견기업지역 혁신 얼라이언스 R&D

특별세션 OS10

좌장 : 조영태(국립창원대)

OS10-1	Nd:YAG 레이저와 WAAM 공정을 통한 고속 적층 제조 126 *조인수(국립창원대), 손휘준, 고관우, #조영태
OS10-2	V-groove 용접선 추적을 위한 최적 용접전류 신호 선정 및 필터링 기법 127 *고관우(국립창원대), 한성빈, 한건후, 조인수, #조영태
OS10-3	Wire-arc DED 공정으로 제작된 단조 금형 후가공을 위한 고경도강 가공용 초경 엔드밀의 절삭성능 검증에 관한 연구 128 *손휘준(국립창원대), #조영태
OS10-4	Wire-arc DED 공정을 이용한 열간 단조 금형 제작 및 물성 평가에 관한 연구 129 *정우진(국립창원대), 손휘준, #조영태

구두발표

시뮬레이션/최적화

논문발표 OP1

좌장 : 전용호(아주대)

- OP1-1** 근접 영(zero)에 가까운 푸아송 비율을 갖는 메타물질 기반의 공압 챔버 자율 설계를 통한 소프트 그리퍼의 접촉력 향상 131
*김백규(부산대), #박상민, 박지교, 허수성, 박태현, 허승재
- OP1-2** 신뢰성 기반 설계 최적화를 위한 물리 유도 신경망 기반 신뢰도 해석 132
*정상준(경상국립대), #도재혁
- OP1-3** 보행자 안전을 위한 트램 전면부 형상 최적설계 133
*박종환(국립창원대), 장홍래, #이재선
- OP1-4** 성형공정 특성에 따른 엔진 냉각 배관 형상 오차와 내구성에 미치는 영향 분석 134
*박상욱(한국생산기술연구원), 정지수, 고대철, 박준홍, 조용재, #장진석
- OP1-5** 외부환경변화에 따른 광학 시스템의 구조-열-광학 성능변화 분석 135
*박종복(한국광기술원)

구두발표

기계설계

논문발표 OP2

좌장 : 권현식(동의대)

- OP2-1** 기계 부품의 2D 단면 유사도 비교를 위한 데이터 생성 방법 137
*김지범(고려대), #문두환, 임승은, 문유찬, 한승태
- OP2-2** 롤 라미네이팅으로 제작된 장길이 연성인쇄회로기판의 공정 파라미터에 따른 충전 거동 분석 138
*이찬우(한국기계연구원), 곽은지, 최두선, #한준세
- OP2-3** 3중 동축 노즐을 이용한 내경 확장형 방수유출장치 개발 139
*김재석(원광대), 정훈진, 박지우, 곽소정, 한정선, 정경인, #이승재
- OP2-4** 골 및 연골 재생 향상을 위한 다양한 기계적 자극 기반 동적 바이오리액터 개발 140
*김은채(원광대), 강내운, 유혜진, 김유민, 백관용, 강준규, 곽소정, #조영삼, #김형우, #이승재
- OP2-5** 감속기 기어 성능에 대한 볼 베어링 설계 인자의 영향성 분석 141
*#권현식(동의대)

구두발표

NANO/MEMS/미세가공

논문발표 OP3

좌장 : 이정원(조선대)

- OP3-1** 분자동역학 기반 LiF 박막의 기계적 성질과 구조안정성 연구 143
왕덕현, #이태일(경남대)
- OP3-2** 다이렉트 패터닝 공정 기반 회로 통합형 유연 압력센서 어레이 제작 연구 144
*정현윤(한국생산기술연구원), #고정범
- OP3-3** 습도 변화에 따른 호흡기 마스크 필터의 입자 로딩 및 차압 특성 분석 145
*이유선(서울과기대), 조성민, 김정섭, #곽동빈

OP3-4	나노 다공성 육각 격벽 구조 기반 콜로이드 액적 응집 제어 및 입자 분포 특성 분석 146 *한유주(국립창원대), 윤성민, 윤서나, 김우영, #조영태
OP3-5	정밀 설압 측정을 위한 레이저 유도 그래핀 기반 구강내 센서 147 *김현우(한국과학기술원), #남한구, 징 통메이, #강상욱, #김영진

구두발표

금형/절삭가공/연삭가공 1

논문발표 OP4

좌장 : 이현섭(동아대)

OP4-1	다단 EV용 클러치의 Drag torque 저감을 위한 Friction Plate제조 공법 149 *#정병학(서진오토모티브)
OP4-2	띠톱을 이용한 강철 환봉 절단 조건이 소음 크기 및 소모 전류에 미치는 영향 분석 150 *박수빈(경상국립대), 조성현, 성주환, 하장훈, 안현민, 도재왕, #김수진
OP4-3	자속밀도 분석을 활용한 원통형 이차전지 내부 표면 가공성 예측 151 *곽지현(국립부경대), 배원준, 이정희, 이희철, #곽재섭
OP4-4	알루미늄 박판 밀링 시 소음 분석 기반 가공 상태 평가 152 *조동현(경상국립대), 이승민, 박수빈, 김동건, 김규민, 박준형, 국정환, #김수진
OP4-5	알루미늄 판재 성형시 마찰 및 금형 코팅에 대한 연구 153 *#서창희(대구기계부품연구원), 권태하, 전효원, 오상균

구두발표

제어/자동화/소음진동 & 금형/절삭가공/연삭가공 2

논문발표 OP5

좌장 : 박상민(부산대)

OP5-1	머신비전 기반 동작 자세 유사도 측정에 관한 연구 155 *김명원(국립부경대), 변성준, #이경창
OP5-2	정밀 절삭 가공을 통한 단결정 PMN-PT의 연성가공 한계깊이 분석 156 *서동현(한국기계연구원), 곽은지, 최두선, #한준세
OP5-3	LSTM-VAE 기반 수소충전소용 이오닉 피스톤 압축기 이상 탐지 분석에 관한 연구 157 *정지현(국립부경대), 장재현, #이경창
OP5-4	플렉스블 진공 그리퍼를 이용한 항공기 스킨 밀링에서 가공 두께오차 분석 158 *박준형(경상국립대), 박수빈, 김규민, 조동현, 이승민, 김동건, 허지훈, #김수진
OP5-5	인공지능을 활용한 와이어 하네스 생산 공정의 이상 탐지 159 *송진우(동국대), #김홍수

OP6-1	Octree데이터 구조를 활용한 가공물 모델 구현에 관한 연구 161 *#김현준(경북대), 허세곤
OP6-2	3차원 볼 버니싱 공정 유한요소해석 162 *이현민(경상국립대), 정승원, 김해지, #전만수
OP6-3	고밀도 펄스 전류를 이용한 스테인리스 강의 피로 손상 회복 163 *김태민(국립창원대), 변도균, #윤성민
OP6-4	석영 표면에 대한 레이저 연마 공정의 전산 해석 및 검증 연구 164 *김지훈(서울과기대), 조현기, 우성철, #김주한
OP6-5	DED 공정 변수 변화에 따른 오스테나이트계 스테인리스강 316L의 적층 특성 분석 165 *이유리(한국생산기술연구원), 한수빈, 송혜진, #이호진
OP6-6	Reduction of Porosity Defects in Direct Energy Deposition-Fabricated Nickel-Aluminum Bronze via Laser Remelting 166 *요창량(국립한국해양대), #심도식, 신광용
OP6-7	Gyroid TPMS가 배치된 내부유동에서 대류열전달계수의 수치적 분석 167 *김건우(한국생산기술연구원), #성지현, 박소현, 이승엽, 김다혜

PPA-1	메쉬 디노이징을 위한 Bilateral Normal Filtering 기법의 파라미터 최적화 169 *이지희(고려대), #문두환
PPA-2	고온 수소환원철의 유동성 조사 170 *이승우(국립금오공대), #박준영
PPA-3	모터 부응음이 선루프에 미치는 영향에 관한 해석 상관성 연구 171 *장욱경(인알파코리아), 홍준호, 김창희
PPA-4	금속 3D 프린팅 기반 유도 미사일 조종 날개의 경량화 및 성능 개선을 위한 격자구조 적용 172 *이초빈(국립금오공대), 전예성, 박재민, 정진호, 신규태, 손현진, 양시훈, 김도희, 위정욱, 김현찬, #권순조
PPA-5	CNC선반 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 173 *황종대(한국폴리텍VII대학), #노동균
PPA-6	머시닝센터 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 174 *황종대(한국폴리텍VII대학), 김동현
PPA-7	지멘스 컨트롤러의 공구선단점제어와 편심보정을 통한 5축가공 175 *황승국(한국폴리텍VII대학), #황종대
PPA-8	Recurdyn을 이용한 시저형 리프트를 가진 Order Picker 주행성 분석 176 *김정환(전주대), 김수민, 최원준, 김지원, #이충호

PPA-9	음함수를 활용한 4D프린팅 설계프레임워크 개발 178 *김다인(인천대), #박상인
PPA-10	쇄토와 논갈이에 따른 Air Drill 파종기의 작업별 경운 축의 구조해석 179 *김수민(전주대), 김정한, 강대식, #이충호
PPA-11	사이드 멤버 형상에 따른 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 특성 분석 181 *채백문(국립금오공대), 김도훈, 이금현, 곽윤기, #한장우
PPA-12	노즐 경로에 따른 복합소재 3D 프린팅 출력물의 굽힘 특성 예측을 위한 AM-공정 연계 구조 해석 182 *설영훈(국립금오공대), #이금현, 김정민, 최예진, 윤민호, #한장우
PPA-13	두께 방향 단섬유 배향 특성이 고려된 복합소재 사출 성형품의 기계적 거동 예측 방안 183 *김정민(국립금오공대), 이금현, 설영훈, #한장우
PPA-14	강화학습 기반 자동 케이블 라우팅에서 모방학습의 적용 184 *김군찬(국립금오공대), #권순조
PPA-15	자기도 학습을 이용한 3차원 점군의 형상 유사도 측정 185 *김지원(한국기술교육대), #김병철
PPA-16	형상 분산과 합성곱 신경망을 이용한 3차원 형상 분류 186 *이승재(한국기술교육대), #김병철

포스터발표

용접/특수가공

논문발표 PPA

PPA-17	연구로용 튜브형 판형핵연료 집합체 스웨이징 공정 개발 188 *#문제혁(한국원자력연구원), 김성환, 송화영, 정용진
PPA-18	Microstructural and Mechanical Behavior of Cu-Brazed Ultra-Thin Stainless-Steel Plates for High-Performance Plate Heat Exchanger Applications 189 *Melkamu Tadesse Getachew(부산대), #박상후, 김홍석
PPA-19	YOLOv11 기반 실시간 용접선 추적 및 경로 오차 추정에 관한 연구 190 *한성빈(국립창원대), 한건후, 고관우, #조영태
PPA-20	알루미늄 판재 마찰교반 점용접 나노 보강재 첨가에 따른 용접 특성 191 *김중선(부산대), 조인호, 손민수, 김승경, #안석영
PPA-21	영상의료진단기기의 엑스레이 튜브 유리관과 금속 접합 연구 192 *#채영훈(경북대), 박준범
PPA-22	강화학습을 통한 SPOT 용접순서 검증 193 *최현범((주)호원), #이상헌, 이서한, 백승엽, 강정길, 박정웅, 김재열
PPA-23	용접 전류 및 음향 신호 분석을 통한 피복금속 아크용접의 용접 품질 평가 194 *박수빈(경상국립대), 조성현, 하장훈, 성주환, 안현민, #김수진
PPA-24	수중 절단을 위한 다중 파워소스 플라즈마 절단 시스템 개발 195 *정광호(한국기계연구원), #조대원, 안상현, 배준성, 김선민
PPA-25	원전 기기 곡면 시편 채취를 위한 3자유도 EDM 로봇 개발 196 *#남상범(한국원자력로봇), 김병기, 양유, 이태봉, 최민재

PPB-1	방사형 초음파 진동 보조를 통한 다이싱 공정에서의 칩 형성 특성 분석 198 *팅한웨이(영남대), 첸슈오, 장바오루이, 한필완, #고태조
PPB-2	초음파 다이싱 블레이드의 진폭에 대한 시뮬레이션 및 실험적 분석 199 *첸슈오(영남대), 텡한웨이, 장바오루이, 한필완, #고태조
PPB-3	동적 재결정을 고려한 Inconel 718 합금 밀링 온도 예측 200 *장바오루이(영남대), 첸슈오, 텡한웨이, #고태조
PPB-4	수소연료전지 금속 분리판 다단 성형 해석에 관한 연구 201 *#이승용(한국폴리텍VI대학)
PPB-5	전차 변속기 인서트 전차 변속기의 인서트 파손에 관한 연구 202 *김대연(육군종합정비창), 윤창록, #전임준
PPB-6	전차 변속기의 인서트 파손에 관한 연구 203 *김대연(육군종합정비창), 한재윤, 김재학, #전임준
PPB-7	전차용 엔진클러치 Male-Flange Outer 부품의 제조 공정 분석 204 *김중선(부산대), 배재범, 권대규, #안석영
PPB-8	전차용 엔진클러치 Male-Flange Inner 부품의 제조 공정 분석 205 *배재범(부산대), 김중선, 권대규, #안석영
PPB-9	밀링 가공 시계열 데이터의 특징 추출 및 기계학습 206 *#윤일채(대구기계부품연구원), 강익수, 허재영
PPB-10	물푸레나무의 표면가공 비교분석 207 *이해진(경상국립대), #김해지
PPB-11	목재의 표면가공 후 표면거칠기 비교분석 208 *#공정리(한국폴리텍대), 이해진
PPB-12	ITER 블랑켓 차폐블록 인터페이스 제작 공차의 편차 분석 209 *#정지영(한국핵융합에너지연구원), 장준성, 김사웅, 권태환, 이병태
PPB-13	용접 성능 최적화를 위한 다중 회귀 모델 기반 응용 특성 평가 210 *배원준(국립부경대), 광지현, 권병수, 강태훈, 김민석, 이정희, #곽재섭
PPB-14	철근 콘크리트 코어드릴링 소리의 주파수 분석 211 *김규민(경상국립대), 국정환, #김수진
PPB-15	바코드 시스템 적용을 통한 공구 수불 관리 개선 사례 연구 212 *#김성태(한국폴리텍7대학), 이상태
PPB-16	절삭 전력 기반 절삭 비에너지를 이용한 다양한 절삭 조건에서의 공구 마모 추정 213 *박진호(한국항공대), #윤해성
PPB-17	Zr첨가와 T6가 Al-Si-Cu 합금에 미치는 영향 214 *강준이(조선대), #김정석
PPB-18	친환경 자동차 소재를 위한 폐스크랩 Al합금의 용체화처리 공정 연구 215 *이도윤(조선대), 김정석

PPB-19	박판 항공우주 부품의 치수 정밀도 향상을 위한 그립 오차 보정 가공 기법 216 이승민, *조동현(경상국립대), 박수빈, 김규민, 박준형, 김동건, #김수진
PPB-20	단조 공정 개선에 의한 AL Ball 정밀 성형 217 *#조영태(전주대), 박희준, 임광희
PPB-21	CFRP 로봇 드릴링 시 음향신호 특징 분석을 통한 경사각 분류 218 *여수영(한국생산기술연구원), 하민석, #송경은
PPB-22	CFRP 로봇 드릴링 공구 마모 예측을 위한 음향 신호 분석 219 *이경식(한국생산기술연구원), 여수영, #송경은
PPB-23	가공음 분석을 활용한 머신러닝 기반 로봇 드릴링 추력 예측 220 *현규환(한국생산기술연구원), 김찬영, #송경은
PPB-24	인공신경망을 이용한 LiTaO ₃ CMP 슬러리 조성 최적화 연구 221 *이재욱(동아대), 하인철, 송관훈, 박기태, #이현섭
PPB-25	농작물 광피해 방지 가능 LED 가로등 조명 개발 222 조범연, 배은영, 김경상, *#조영태(전주대)
PPB-26	웨어링에 적용한 우선형 마이크로 댄플의 구조 안정성 연구 223 *윤영찬(경상국립대), #김해지

포스터발표

적층제조

논문발표 PPB

PPB-27	에너지 제어 용착(Direct Energy Deposition)을 이용한 SS316L-IN625 기반 경사 기능 소재 (Functionally Graded Materials)의 피로 특성 연구 225 *#전용호(아주대), 이문구
PPB-28	치조골 재생 향상을 위한 치과 임플란트용 하이브리드 복합 구조체 개발 226 *김은채(원광대), 강준규, 정훈진, 곽소정, #이승재
PPB-29	Hydroplastic 광경화성 레진과 DLP 3D 프린팅을 이용한 Programmable 변형 마이크로유체 채널 제작 227 *윤선혜(국립창원대), 박서림, #조영태
PPB-30	CNT-SiO ₂ -MoS ₂ 기반 구조용 슈퍼커패시터의 에너지 저장 성능 향상 228 *정홍준(영남대), #정창윤
PPB-31	웨어러블 응용을 위한 SWCNT 패턴 기반 고감도 유연 스트레인 센서 229 *주수좌이(영남대), #정창윤
PPB-32	압축 변형된 파이프를 삽입한 냉각 채널 위 직접에너지적층 특성에 관한 연구 230 *박현태(국립한국해양대), #심도식
PPB-33	TPMS 단위체의 설계에 따른 단위체의 기계적 특성 평가 231 *김현(조선대), 기데온 사이먼 엠두마, #안동규
PPB-34	금속-폴리머 복합체 제조 시 금속 3차원 구조 형상에 따른 수지 광중합 공정 중 폴리머 경화에 관한 연구 232 *고민성(국립한국해양대), 이두빈, #심도식

PPB-35	DLP 기반 다공성 구조체 제작 및 에폭시 수지 침투를 통한 상호 침투 복합재 제조 233 *장나예(국립창원대), 박서림, 조아현, #조영태
PPB-36	직접에너지적층 및 초음파나노표면개질을 통한 표면 텍스처링에 관한 기초 연구 234 *강효정(국립한국해양대), 남이정, #심도식
PPB-37	인공 식도 구조체 성숙을 위한 연동운동 모사 바이오리액터 개발 235 *김재석(원광대), 강준규, 정훈진, 장진아, 곽소정, #남효영, #이승재
PPB-38	적층 제조 기반 PCD 공구 바디의 내부 형상 개선 연구 236 *#사민우(에스제이엔텍), 손호민, 김동규, 석영웅, 김호찬
PPB-39	밀도 변화에 따른 텅스텐 적층 특성 규명 연구 237 *#김지연(한국폴리텍대), 강민영
PPB-40	캠 메커니즘을 활용한 인슐 내구 시험 장치 연구 238 *차병권(충북대), 유광열, 김건휘, #이인환
PPB-41	능동형 족압 보정을 위한 측정시스템 연구 239 *오유경(충북대), 유광열, 이하은, #이인환
PPB-42	TPU 구조물의 기하학적 형상에 따른 압축 특성 240 *박준수(충북대), 조진우, 유광열, 김건휘, #이인환
PPB-43	재진입 허니콤 구조를 적용한 압력감응재의 전기적 응답 특성 241 *안준원(충북대), 정우진, 김호찬, #이인환
PPB-44	고기능성 FDM 필라멘트를 이용한 워터펌프 파트의 치수 평가 242 이권일, *정명휘(경상국립대), #김해지
PPB-45	3D 프린팅 SUS316L소재 절삭특성과 EBSD 분석 243 *#김동규(대구기계부품연구원), 우완식
PPB-46	적층 제조용 PPS-CF 복합재의 결정화 거동 예측 모델에 관한 연구 244 *이진하(한국생산기술연구원), 이윤석, 임이영, 김지연, #남정수
PPB-47	원자층 증착된 SnO ₂ 박막의 급속 열처리 온도에 따른 전기적, 광학적 특성 변화 연구 245 *하지훈(국립한밭대), 이승훈, 조인호, 황해인, 박아현, 이재웅, #김정환
PPB-48	복잡 형상, 대형 적층 제조 부품의 잔류 파우더 제거를 위한 가상 디파우더링 시뮬레이션 기술 개발 246 *박성한(경북대), 이재욱, 이승엽, 김건우, 성지현, 송민성, #권순덕

포스터발표

NANO/MEMS/미세가공

논문발표 PPC

좌장 : 김호진(동서대), 김현찬(국립금오공대), 오용석(국립창원대)
이호진(한국생산기술연구원), 차승훈(경북TP)

PPC-1	회로 리페어를 위한 액체금속 선택적 전사 248 *조민제(충북대), 지석영, #장원석
PPC-2	키리가미와 쌍안정 구조를 이용한 다방향 감지 레이저 유도 그래핀 기반 커패시티브 센서 설계 249 *허수성(부산대), 김백규, 허승재, #박상민

PPC-3	스프레이 공정 및 전단농화-전하저장층 기반 마찰나노 웨어러블 센서-HMI 모니터링 시스템 250 *박지교(부산대), 김백규, 송진영, #박상민
PPC-4	회귀분석을 통한 MXene 박막의 반복 굽힘 영역 저항 증가율 분석 251 *박민지(울산대), 조아름, 박연경, 박태원, 손슬미, 권순용, 이정구, #전은채
PPC-5	스트레처블 소자의 변형률에 따른 포아송비의 변화가 2축 변형을 고려한 면적변화율에 미치는 영향 분석 252 *박태원(울산대), 조아름, 신기승, 박민지, 이승복, 이정용, #전은채
PPC-6	공정 온도 변화에 따른 전사 공정 기반 나노스케일 Ag 박막의 고유 접합응력의 회귀분석적 해석 253 *박연경(울산대), 박민지, 정주연, 최준혁, 최대근, #전은채
PPC-7	Fourier Spectrum 기반 Mark-free 패턴 정렬을 위한 중심점 찾기 비전 처리 알고리즘 254 *윤서나(국립창원대), 김우영, #조영태
PPC-8	SPPW 공정에서 Mirror Cavity 효과와 높이 제한을 이용한 마이크로 구조 형상 제어 255 *송준호(국립창원대), 김명서, #조영태
PPC-9	자가 회복 특성을 가지는 젤 기반의 미끄러운 표면 구현 256 *윤성민(국립창원대), 김우영, 윤채혁, 박시연, #조영태
PPC-10	폴리카프로락톤(PCL) 표면에 합성된 인산칼슘(CaP) 복합 나노구조의 항균 활성 및 골모세포 거동 특성 평가 257 *습드에르데네(원광대), 김희경, 강내운, #조영삼, #박현하
PPC-11	DMD 기반 롤투롤 디지털 리소그래피 기술 258 *이원섭(한국기계연구원), 조현민, 김기홍, 최진수, #장원석
PPC-12	CNT-SnO ₂ -WO ₃ 나노 복합체를 사용한 과불화옥탄산(PFOA)의 실시간 선택적 전기화학적 검출 259 *윤진평(영남대), #정창윤
PPC-13	파우더 분쇄 공정을 통한 벌크 나노셀룰로오스의 재활용 성능 평가 260 *최정진(국립금오공대), #김현찬
PPC-14	고온에서의 초음파나노표면개질에 따른 표면 및 피로 특성에 관한 연구 261 *설혜연(국립한국해양대), 윤주원, #심도식
PPC-15	실시간 기판 변형 보상이 가능한 적응형 디지털 리소그래피 기술 개발 262 *최진수(한국기계연구원), 이원섭, 조현민, 김기홍, 유희기, #장원석
PPC-16	항균 활성을 향상시키기 위한 나노라인 배열 표면에서의 선택적 산화 아연 나노와이어 성장 263 *배재현(원광대), 습드에르데네, #조영삼, #박현하
PPC-17	향상된 항균 효과를 위한 나노홀 내부의 ZnO 나노와이어 살균 표면 264 *임채완(원광대), 습드에르데네, #조영삼, #박현하
PPC-18	SPPW 공정에 결합된 마이크로렌즈의 집광 성능 최적화 265 *김명서(국립창원대), 송준호, 박서림, #조영태
PPC-19	Water Transfer Printing 공정을 활용한 3차원 표면에 대한 패턴 전사 방법 266 *이제민(국립창원대), #조영태
PPC-20	Poly(ethylene glycol) (PEGDMA) 기반 Poly(N-isopropylacrylamide)(PNIPAAm) 코팅을 통한 하이브리드 나노구조 표면의 항균 평가 267 *김세훈(원광대), #박현하

PPC-21	항균 응용을 위한 구리 도핑 그래파이트 나노플레이트 268 *강준규(원광대), 윤서정, 이승재, #전인엽, #곽소정
PPC-22	연속적 기계가공 원리 기반 산화아연 나노와이어로 연결된 마이크로트렌치 구조체 제작 및 유연 센서 응용 269 *김민욱(서울과기대), 김광준, 김용태, 이민섭, 박종원, #육종걸
PPC-23	실시간 식품 부패 모니터링을 위한 pH 반응성 안토시아닌 함유 폴리비닐 알코올/키토산 나노섬유 멤브레인 270 파이잔 E 무스타파, 이세신, #이봉기(전남대)
PPC-24	태양광을 이용한 친환경 방빙 및 제빙이 가능한 3중 계층 구조의 폴리머 표면 개발 271 *강대희(국민대), 이영석, Sumit Barthwal, #임시형
PPC-25	Durable Superhydrophobic Photothermal SiC/Carbon Coating for Superior Anti- Icing and Deicing in Harsh Conditions 272 *수밋 바타왈(국민대), 이영석, #임시형
PPC-26	3차원 대면적 적용이 가능한 초발수 방빙 표면처리 기술의 개발 및 성능 평가 273 *전유진(국민대), #임시형, 신지영, 함진희
PPC-27	나노 기계가공 기반 Cu 박막의 Ti 접착층 두께에 따른 가공 특성 변화 연구 274 *박아현(국립한밭대), 이승훈, 조인호, 황해인, 하지훈, 이재웅, #김정환
PPC-28	아치형 구조 유전체 기반 정전용량식 압력센서 개발 275 *이혁빈(한국생산기술연구원), 김수완, #김현범
PPC-29	표면증강 라만 분광 분석을 위한 플라즈마 보조 나노전사 프린팅 기반 적층형 다공성 금 나노와이어 276 *안효진(한국기계연구원), #정주연, 주병권
PPC-30	아라미드 나노섬유의 금속 적층제조 표면 코팅 적용 평가 277 김윤서, 박재민, 정진호, 신규태, 손현진, 양시훈, 김도희, 권순조, #김현찬(국립금오공대)
PPC-31	레이저-유도 그래핀 패터닝 기반 테라헤르츠 흡수체 개발 278 *전진우(한국과학기술원), *양동욱, 이영근, 김현우, #김영진
PPC-32	자외선 차단과 성애 제거를 위한 전기방사 나노섬유 기반 기능성 멤브레인 제작 279 *윤대협(충북대), *최문정(충북대), #김건휘
PPC-33	비정질 탄소 함침 코팅을 활용한 유리성형용 그래파이트 몰드 표면 개질 280 김영규, 김종범, #김석민(중앙대)

포스터발표

시뮬레이션/최적화

논문발표 PPC

PPC-34	드릴링 공정에서 클램핑 위치에 따른 변형 특성 분석에 대한 연구 282 *이용재(한국생산기술연구원), 박종규, 최현준, 이명재, 김지호, #이호진
PPC-35	전력 디바이스의 Thermal Cycling 파라미터에 대한 유한 요소 기반 평가 283 *최나연(동의대), #장성욱

PPC-36	온도 변화 기반 열 해석을 통한 MVDC 케이블의 허용전류 산정 284 *이윤재(동의대), #장성욱
PPC-37	실험계획법 기반의 Si-IGBT의 열 및 전기 성능에 미치는 와이어 직경과 다이 기울기의 영향 분석 285 *김동현(경북대), #장성욱
PPC-38	판넬형 차체 부품의 소재 두께 최적 설계 286 *이서한(주호원), #이상헌, 최현범, 이정우, 김미혜, 김재열
PPC-39	물리 정보 신경망 기반 전역 최적화 기법: 벤치마크 함수에 적용 287 *방진홍(경상국립대), #도재혁
PPC-40	플래시 타입 라이다의 방열 성능 최적화에 관한 연구 288 *#이경동(경북테크노파크), 지창현, 심재술
PPC-41	전동식 이동기기의 주행 실증 테스트 장치 개발 289 *#육선우(근로복지공단), 황인호, 정성배, 오혜정, 정우창, 양재원, 최기원
PPC-42	동력분산식 철도차량용 2차 수직 댐퍼 오일실의 씰링력 예측에 관한 연구 290 *권태하((재)대구기계부품연구원), #서창희, 오상균, 전효원, 전진현, 이재동, 전성종, 이창손
PPC-43	열교환기기 검증 및 신뢰성 향상을 위한 유동해석 연구 291 *차인표(다이텍연구원), #심지현, 이종환
PPC-44	고온 호퍼 내 수소 환원철(H ₂ -DRI)의 유동 특성 모사를 위한 수분 함유량에 따른 안식각 연구 292 *최재원(국립금오공대), 천지호, #박준영
PPC-45	DEM 기반 Sphero-Cylinder 모델과 Isotropic Overlapping Bonding Model을 활용한 단일 칩솔모 변형거동의 유효성 검증 293 *이시윤(국립금오공대), #박준영
PPC-46	Purge System을 활용한 호퍼 내 분말 유동 개선 및 최적 운영 조건 도출에 관한 정량적 분석 연구 294 *천지호(국립금오공대), 최재원, #박준영
PPC-47	세탁기 내 의류 거동 시뮬레이션을 위한 천의 동적·변형 해석 연구 295 *금서울(국립금오공대), #박준영
PPC-48	건식 전극 제조를 위한 다단압연롤의 열/구조 연성해석에 관한 연구 296 *#신유정(한국섬유기계융합연구원), 진태환, 이인준, 조경철
PPC-49	산재급여제품 사이버 보안 적합성 평가 프로토콜 개발 연구 297 *황인호(근로복지공단), 정성배, 오혜정, 정우창, 양재원, 최기원, #육선우
PPC-50	육창 예방을 위한 다중 센서 데이터 처리 및 VR 기반 실시간 시각화 시스템 개발 298 *이하경(국립창원대), #오용석, 한정아
PPC-51	자화 과정을 고려한 페라이트 자석 기반 회전자 형상 연구 299 *박용현(경상국립대), 전상률, #김규섭
PPC-52	압력 및 전단력 동시 측정을 위한 유한요소해석 기반 캔틸레버 센서 설계와 최적화 300 *이규태(국립창원대), 이남형, 한정아, 김상원, 김영한, 노유림, 이성주, #오용석
PPC-53	원점 압력기기 및 배관의 환경피로를 고려한 환경피로평가모듈 개발 301 *이윤승(경상국립대), 이형연, 남기연, #류성기
PPC-54	산업용 스팀형 식품 가열기의 과열증기 비체적 변화에 관한 연구 302 김승업, #조동현(대진교 IT 기계공학과)

PPD-1	자동차 럼버서포트용 SMA 밸브하우징 구조해석에 관한 연구 304 *#김형준((재)경북테크노파크), 최재영, 최창환, 김경은
PPD-2	고중량의 원통형 작업 대상물 이송 기구 설계 및 제작 305 *박태현(부산대), #박상민
PPD-3	소형 유도무기의 전개식 날개 구동장치의 동적 해석 306 *박재진(국립금오공대), 전치경, #윤성호
PPD-4	이동식 발사대의 구조 강건성 향상을 위한 해석 307 *손영재(국립금오공대), 전치경, 박정우, #윤성호
PPD-5	베어링 결합 시 축 허용 공차가 압입 압력에 미치는 영향 308 *#차정담(한국폴리텍대)
PPD-6	도축 폐기물의 친환경 처리를 위한 자동화 용해 장치 개발 309 *홍진혁(전북대), #오성훈, 김효진
PPD-7	과수방제용 주행 플랫폼의 설계 개선 연구 310 *#조승제(한국생산기술연구원), 김정길, 이동근, 최규정
PPD-8	마이크로 나노 버블 발생 장치 개발 311 *#이영호(한국폴리텍대)
PPD-9	전기구동형 액슬의 기어 해석 312 *#김정길(한국생산기술연구원), 이기훈, 정영식, 오주영, 박진선, 이동근, 조승제
PPD-10	천무 동력 조향기어박스 Shaft Rack 기어의 열전달 해석 313 *#김해지(경상국립대), 장정환, 백상훈, 홍명철
PPD-11	천무 동력 조향기어박스 WAM 기어의 열전달 해석 314 *#김해지(경상국립대) 장정환, 백상훈, 홍명철
PPD-12	트랙터 및 베일러를 활용한 작업부하 계측 315 *#이동근(한국생산기술연구원), 김정길, 조승제
PPD-13	배터리 충전 스테이션의 배터리 열폭주에 의한 배출 메커니즘 설계 316 *김성현(국립금오공대), #최성대, 유기봉, 백석호, 이행석
PPD-14	인서트 성형 후 시효시간과 취급이 접합강도에 미치는 영향에 관한 연구 317 *김문수(국립금오공대), 서성철, #최성대
PPD-15	구동 바퀴 위치에 따른 구동 메커니즘 분석 318 *김성현(국립금오공대), #최성대
PPD-16	고 하중 적재를 위한 차량 구조의 보강설계에 관한 연구 319 *엄대훈(국립금오공대), #최성대
PPD-17	동합금 소재 가공의 절삭력 분석을 통한 가공 톨패스 최적화 320 *이태호(국립금오공대), #최성대, 최현진
PPD-18	전달오차 최소화를 위한 기어 Micro-Geometry 설계 변수 분석 321 *오동석(경상국립대), 백진욱, 김태현, 김현철, #류성기

PPD-19	기어박스 강도 향상을 위한 응력분포 개선	322
	*김태현(경상국립대), 강진경, 문준혁, 노훈기, #류성기	

포스터발표

제어/자동화/소음진동

논문발표 PPD

PPD-20	Optimized Fault Detection Model for Die-Casting Parts in Electric Vehicles	324
	*박병희(대구기계부품연구원), #김진록	
PPD-21	최소 침습 의료 시술을 위한 생체 분해성을 갖춘 무선 소프트 로봇	325
	*이경수(조선대), #고광준	
PPD-22	타겟팅 능력과 생체 분해성이 향상된 치료제 탑재 마이크로로봇	326
	*문건희(조선대), #고광준	
PPD-23	Wire-Driven Flexible Robot의 강화학습 기반 제어의 수치적 연구	327
	*윤상화(충남대), #한성지	
PPD-24	IR-UWB를 이용한 비접촉 생체신호 모니터링 시스템 설계	328
	*김필교(한국전자기술연구원), 이동욱, 정택언, 구기원, #최철준	
PPD-25	정밀 생체신호 측정을 위한 피에조 센서 기반 자동 증폭 제어 기술 개발	329
	*이동욱(한국전자기술연구원), 김필교, 정택언, 구기원, #최철준	
PPD-26	협동 로봇을 활용한 원통 가공 생산 자동화 시스템의 정밀도 개선	330
	*#이영호(한국폴리텍대)	
PPD-27	호버링 자세에서의 채수용 드론 원치에 작용하는 하중 분석	331
	*조한승(국립부경대), #손정현	
PPD-28	입자 수와 회전 속도에 따른 믹서기 블레이드 축 하중 분석	332
	*안수아이 주(국립부경대), 박정진, #손정현	
PPD-29	흙 노면에서 차량의 제자리 선회 특성 분석에 관한 연구	333
	*박정진(국립부경대), 장영진, 손정현	
PPD-30	수중로봇용 유체력 측정을 위한 시험장치 개발	334
	*김용준(국립부경대), 장영진, 조한승, 박정진, #손정현, 한종부, 전봉환, 김형우	
PPD-31	자율 비행 드론을 위한 LSTM 기반 배터리 상태 예측에 관한 연구	335
	*변성준(국립부경대), 장재현, #이경창	
PPD-32	FOC 알고리즘에서 PWM 주파수 변화에 따른 고속 팬모터의 구동 효율	336
	*#전금상(구미전자정보기술원), 이성호	
PPD-33	이미지 기반 실시간 배터리 케이스 결함 분류 알고리즘 개발	337
	*김경민(한국섬유기계융합연구원), 정한규, #정영철	
PPD-34	매니플레이터 및 그리퍼의 지능적 조작 학습을 위한 시뮬레이션 환경에서의 모방학습에 관한 연구	338
	*서연주(국립부경대), 우다령, #이경창	
PPD-35	AGV의 실외 위치 추정 누적 오차 보정을 위한 딥러닝 기반 VO 시스템에 관한 연구	339
	*강대한(국립부경대), 장재현, #이경창	

PPD-36	LSTM-VAE 모델을 활용한 이오닉 피스톤 압축기 다변량 센서 데이터 분석에 대한 연구	340
	*이재훈(국립부경대), 정지현, 장재현, #이경창	
PPD-37	End-Effector의 정밀 조작을 위한 LiDAR-Camera 센서 융합 기반의 깊이 맵 보완 및 자세 추정	341
	*김정준(국립부경대), #이경창	
PPD-38	해양 환경에서 단시간 내 익수자 표류 경로 예측에 관한 연구	342
	*자오 양(국립부경대), 강정호, #이경창	
PPD-39	임플란트 소재 가공 시스템용 공작물 자동 투입 및 취출을 위한 로봇 적용 표준공정모델 개발	343
	*이화섭(한국기계연구원), 염소연, 한준세, 곽은지, #최두선	
PPD-40	무인 실험실 실시간 공정 모니터링을 위한 Laboratory Execution System	344
	*오유근(홍익대), #유찬영, #황진하	
PPD-41	수소충전소용 이오닉 피스톤 압축기 센서 모니터링 구축에 관한 연구	345
	*전은수(국립부경대), 정지현, 장재현, #이경창	
PPD-42	진동 기반 건전성지수 구축 및 내구시험 조기 판단 시스템 개발	346
	*백현진(한국항공대), 이현준, 최주호, #윤해성	
PPD-43	가변속도 조건에서 정규화를 이용한 정상 기반 회전체 고장 진단	347
	*박보경(한국항공대), 이태호, #윤해성	
PPD-44	해수면 노이즈에 강인한 UAV 기반 익수자 탐지에 관한 연구	348
	*강정호(국립부경대), 자오 양, #이경창	
PPD-45	클러스터링 된 환경에서의 밀기 및 파지 지점 예측에 관한 연구	349
	*우다령(국립부경대), #이경창	
PPD-46	패턴 인식 및 PCA 기법을 통한 객체 파지 지점 예측에 관한 연구	350
	*오혜림(국립부경대), 우다령, #이경창	
PPD-47	강화학습 기반 자율주행 시뮬레이션	351
	*장정서(국립금오공대), #손정우	
PPD-48	포화 증기압 기반 폴리머 열접합 자동화 시스템 개발	352
	*민태인(경남대), 배근동, 안건찬, #박태현	
PPD-49	매니퓰레이터 원격 제어를 위한 위치 및 각도 센서 기반의 가상 조이스틱	353
	박현빈, *장정훈(국립금오공대), 우찬민, 김승혁, #주백성	
PPD-50	미세조류 분리를 위한 정상초음파 기반 비접촉식 트래핑의 다물리 시뮬레이션	354
	*#김광호(한국폴리텍V대)	

포스터발표

제어/자동화/소음진동

논문발표 PPD

PPD-51	집진 설비의 포집효율에 따른 터널 내 초미세먼지 농도 예측 연구	356
	*강현민(한양대), #육세진	
PPD-52	방전극 형상 최적 설계를 통한 전기집진기 성능 개선 연구	357
	황석주, *#육세진(한양대)	

PPD-53	균일 크기의 입자를 분류하기 위한 4단 관성 분류 장치 개발 358 *마수창(한양대), #육세진
PPD-54	보호판을 이용한 원형 기판의 입자 오염 저감 방안 개발 359 *김예준(한양대), #육세진
PPD-55	인공신경망(ANN)을 이용한 직선형 및 갈래형 핀을 갖는 원통형 방열판의 다목적 최적화 360 *최승혁(서울과기대), 최종명, 이승우, #곽동빈
PPD-56	CMP Slurry 내 나노입자 크기 분포 및 실시간 모니터링 시스템 361 *조용재(서울과기대), 강재원, 조성민, 이유선, 조민철, 노정훈, 이현기, #곽동빈
PPD-57	과불화화합물의 전기화학적 검출 및 에너지 저장을 위한 CNT 기반 GdCoBi 삼원 금속산화물 나노 복합체 362 *이원철(영남대), #정창윤
PPD-58	레이저 가공에 의한 원통형 표면에서의 버블 생성 특성 연구 363 *우성철(서울과기대), 김지훈, #김주한
PPD-59	구동 모터의 온도 시험을 반영한 대류 열전달 계수 최적화 연구 364 *전상률(경상국립대), 박용현, #김규섭

포스터발표

기계설계 2

논문발표 PPD

PPD-60	Cable-Stayed 교량 진동 억제 시스템의 다물체 해석 메커니즘 연구 366 *이윤승(경상국립대), 문성민, 김태균, 송지민, #류성기
PPD-61	Nutation Bevel Gear Drive의 동적거동에 따른 Shaft의 진동특성 분석에 관한 연구 367 *정재윤(경상국립대), 문성민, 이승현, 김태균, 송지민, #류성기
PPD-62	Tapping System의 헬리컬기어 치형 수정에 따른 패턴 최적화에 관한 연구 368 *문성민(경상국립대), 김민주, 김수진, 이현준, #류성기
PPD-63	탈부착이 가능한 80cc용 유압모터 감속기 모듈 개발에 관한 연구 369 *김태현(경상국립대), 오동석, 강진경, 유영락, 박규태, #류성기
PPD-64	Parametric Study를 통한 기어의 최적 설계에 관한 연구 370 *오동석(경상국립대), 문준혁, 노훈기, 김현철, #류성기
PPD-65	진동제어시스템용 유압실린더 내 O-링의 마찰 거동에 대한 실험연구 371 *문성민(경상국립대), 광기명, 김태균, 송지민, #류성기
PPD-66	직접구동식 전기 구동 시스템의 다중 전자기장 교차 결합 특성 자기 회로 최적화 방법에 관한 연구 372 *진진(중국산둥이공대), 우위팅, 리보, #류성기
PPD-67	Hydraulic System의 메커니즘 분석을 통한 안전성 분석에 관한 연구 373 *정재윤(경상국립대), 오동석, 김민주, 김수진, #류성기

논문발표 PPD

CP-1	Digital Twin을 이용한 비형상 도포기 데이터 획득 모델 구축 375 *심우찬(국립금오공대), 오다훈, 윤한울, #허장욱
CP-2	Hector SLAM과 A-Star 알고리즘을 활용한 로봇 경로 계획 및 제어 376 *김동훈(국립창원대), 한성빈, 고관우, #조영태
CP-3	MATLAB 기반 WAAM 공정의 전압 및 비전 모니터링 시스템 구축 377 *하승중(국립창원대), 고관우, #조영태
CP-4	MATLAB을 활용한 Boom - Mounted Tail 양력계수 최적화 378 *#김효빈(국립부경대), 김관우, 정가원, 박재훈, 하성찬, 최혜정, 김민식, 양범준, 김용재, 홍찬영, 윤주은
CP-5	고경도강 가공용 엔드 밀의 Edge Radius에 따른 절삭력 분석에 관한 연구 379 *정진우(국립창원대), 손휘준, #조영태
CP-6	고에너지 레이저의 ESS 발열 및 진동저감을 위한 구조 최적화 380 *김가윤(조선대), 류도경, 김은희, 박현민, 김동규, #하태광
CP-7	고출력 레이저용 에너지 저장 시스템 셀 완충재 및 배열 설계에 관한 연구 381 *서재영(조선대), 박준영, 최우혁, 양강모, 최휘원, #하태광
CP-8	다이어프램 펌프 고장진단을 위한 디지털 트윈 환경 구축 382 *김성욱(국립금오공대), 신동길, #허장욱
CP-9	망간 산화물의 수열합성 나노구조체 기반 슈퍼커패시터 제작 383 *이민섭(서울과기대), 고성준, Rahul S. Ingole, Snehal L. Kadam, 김민욱, 박종원, #옥종걸
CP-10	버니싱 가공이 표면경화에 미치는 영향 384 *최민상(한국폴리텍V대), 김도현, #강일석
CP-11	사출성형 부품의 광택차 결함 정량화를 위한 유의 인자 분석에 관한 연구 385 *이 준(국립창원대), 한성빈, 윤서나, 방남현, 오재민, 김성용, 김명덕, #조영태
CP-12	상지 절단 장애인을 위한 3D 프린팅 기반 식사 보조 로봇팔 386 *조예은(인하대), 전병철, 박원빈, #이선곤
CP-13	샌드 프린팅과 Wire DED 방식을 혼용한 하이브리드 3D 프린팅 기법에 관한 연구 387 *최창영(국립창원대), 조인수, 한건후, #조영태
CP-14	서보 모터를 이용한 선박 수평유지장치 388 *김태균(경상국립대), 송지민, 이승헌, 이현준, 주하성, #김부기
CP-15	선박용 접이식 태양광 추적 장치 389 *김민주(경상국립대), 고동영, 김진호, 이상엽, 신상훈, #황욱렬
CP-16	센서와 자율주행 공구로봇을 통한 절삭팁의 예측 유지 보수를 통한 가공성 향상 390 *박윤찬(국립부경대), 우정현, 서영현, 김민준, #정영
CP-17	스태커 크레인 포크 프레임의 구조해석 391 *김수민(전주대), 김정한, #이충호
CP-18	압전나노발전기 출력 향상을 위한 탄소나노튜브 구조체 혼성화 기술 392 *박종원(서울과기대), 김광준, 김민욱, 김용태, 이민섭, #옥종걸

CP-19	압축식 냉동기를 이용한 고출력 레이저의 에너지 저장장치 냉각	393
	*박강민(조선대), 조운, 김종선, 임종민, 정보민, 임태건, #하태광	
CP-20	왁스코팅 기반 생체모사 3D 혈관 복제품의 경제적 제작 솔루션	394
	*이태석(가천대), 김지민, #임종경	
CP-21	환자 안전 강화를 위한 다기능 스트레처카 설계 및 제작	395
	*주현빈(국립부경대), 김준성, 박세웅, 박준영, 이상진, 이현규, 전종석, 정경인, 조현수, 최현빈, #안형진	
CP-22	유성기어를 이용한 이중창용 블라인드에 관한 연구	396
	*문준혁(경상국립대), 박민제, 고민재, 남강훈, 강동희, #류성기	
CP-23	유압실린더 위치에 따른 Air Drill 파종기 연결부 유연체 해석	397
	*김정환(전주대), 김수민, 최원준, #이충호	
CP-24	이동식 소화탄 발사 로봇 개발에 대한 연구	398
	*조성원(국립부경대), 정원진, 방성윤, 김정은, #손정현	
CP-25	자외선 표면 개질 공정 최적화를 통해 제작된 표면 위 극성,비극성 액체의 미끄러짐 특성 비교	399
	*윤채혁(국립창원대), 윤성민, 김우영, #조영태	
CP-26	증강현실 기반 무선제어 고추수확로봇 개발	400
	*김진섭(한국폴리텍대), 이종서, 조영훈, 윤해룡, #김지연	
CP-27	충간 소음 주파수 대역에 최적화된 메타물질의 구조 설계 및 성능 평가	401
	*김수진(경상국립대), 김동훈, 김성민, 김주현, 박성준, #국정환	
CP-28	파이프 용접부 균열 탐지 정확도 개선을 위한 YOLO와 CLAHE 기반 알고리즘 개발	402
	*최태준(국립부경대), 박승준, 하재민, 조광제, #이경창	
CP-29	협동 로봇 및 모바일 로봇 융합을 통한 물류 자동화 시스템	403
	*김진재(국립부경대), 김세영, 이민석, 장아라, #이경창	

기조강연

라이즈체제와 대학혁신 RISE(Regional Innovation System and Education) and University Innovation

*#김헌영^{1,2}

*Heon Young Kim(khy@kangwon.ac.kr)^{1,2}

¹중앙라이즈위원회 위원장, ²강원대학교 기계융합공학부

Key words : RISE, University Innovation

라이즈(RISE: Regional Innovation System and Education)는 지역의 고등교육과 지역사회, 산업체, 지방자치단체 간의 유기적인 협업을 통해 지역 주도의 교육 혁신과 지속 가능한 지역 발전을 추구하는 새로운 거버넌스 모델이다. 이 체계의 핵심은 대학을 지역혁신의 중심축으로 재정립하고, 지역과 대학이 처한 공동의 위기를 극복하는 것이다.

대학혁신의 측면에서 RISE는 기존의 획일적이고 중앙집중적인 정책방식에서 탈피하여, 지역에 기반한 대학의 자율성과 차별화를 핵심 전략으로 삼는다. 결국 RISE는 대학을 지역사회의 일원에서 벗어나, 지역혁신의 ‘엔진’으로 전환시키며, 고등교육 본연의 가치인 교육, 연구, 봉사에 지역성과 시대성을 접목하는 구조적 혁신의 계기를 제공한다.

RISE (Regional Innovation System and Education) is a new governance model that aims to achieve region-led educational innovation and sustainable regional development through collaboration among higher education institutions, local communities, industries, and local governments. At its core, this system redefines universities as central pillars of regional innovation, helping both universities and local communities overcome shared crises. From the perspective of university innovation, RISE breaks away from the traditional uniform and centrally controlled policy approach, instead emphasizing the autonomy and differentiation of universities based on regional characteristics. Ultimately, RISE transforms universities from mere members of the local community into “engines” of regional innovation, offering an opportunity for structural innovation that integrates regionality and contemporary significance into the original values of higher education: education, research, and service.

초청강연

극한소재실증연구기반조성사업과 미래제조산업육성 Extreme Materials Research Initiative and Future Industries

*이영선¹, 김아람¹

Young-Seon Lee, Aram Kim

¹한국재료연구원 극한소재실증연구기반조성사업단

미래산업과 기후위기 대응이라는 기대적 요구속에서 제조업은 고도화된 기술력과 다양한 극한환경에서도 안정적이면서도 고효율의 성능을 발휘할 수 있는 첨단산업으로 발전을 요구받고 있습니다. 본 강연에서는 고온, 고압, 고속충돌 등 극한조건에서의 소재.부품.시스템의 성능과 신뢰성을 실증할 수 있는 극한환경실증연구기반조성사업에 대한 추진배경과 주요내용을 소개합니다. 또한 이러한 기반이 미래형 항공우주, 수소, 발전, 플랜트 등 국가 전략산업에 어떻게 기여할 수 있는지를 살펴보고 이를 통해 미래제조산업의 경쟁력을 강화하고 신산 창출로 이어지는 발전방안을 함께 모색합니다.

산학연간 협력을 통해 극한환경 기술력을 선도하고 지속가능한 제조생태계를 구축하는데 있어 본 사업이 가지는 전략적 의미를 공유하고자 합니다.

기계 가공의 새로운 가치 발굴

*#조민국¹

*# Minkook Cho(minkook.cho@osstem.com)¹

¹ 오스템글로벌(주), 오스템임플란트(주), 부산대학교 기계공학부, 연세대학교 방사선융합공학과

Key words : Medical Implant, Individual Customized Implant

*발표자, #교신저자

기계 가공은 단순한 금속 절삭이나 조립을 넘어서, 첨단 기술과 융합되어 새로운 가치를 창출하는 산업으로 진화하고 있습니다. 고정밀 가공 기술은 반도체, 항공, 의료 등 다양한 분야에 적용되며 산업 전반의 경쟁력을 높이고 있습니다. 특히 의료 분야에서는 인공 관절, 장기, 임플란트, 수술용 기구 등 생체 적합성이 요구되는 의료 부품의 제작에 필수적입니다. 기존보다 정밀하고 균일한 품질의 부품을 생산함으로써 환자의 회복률과 치료 효과를 높이는 데 기여하고 있습니다. 또한 3D 프린팅과 CNC 가공의 융합을 통해 환자 맞춤형 의료기기 제작이 가능해지면서, 의료 서비스의 개인화와 정밀화가 가속화되고 있습니다. 이처럼 기계 가공은 의료 기술의 발전을 뒷받침하며, 생명과 직결된 분야에서 새로운 가치를 창출하고 있습니다.

구두발표

부문 특별세션 - 열유체

좌장 : 육세진(한양대)

브레이크 마모 미세먼지 저감장치 개발 Development of Brake Wear Particles Emission Reduction Device

*#우상희¹, 이석환¹, 김우영¹

*#Sang Hee Woo(wsh@kimm.re.kr)¹, Seokhwan Lee¹, Wuyoung Kim¹

¹ 한국기계연구원 친환경모빌리티 연구실

Key words : Brake Wear Particles, Electrostatic Precipitator, Non-Exhaust Emission

*발표자, #교신저자

2026년부터 발효되는 브레이크 마모 미세먼지(Brake wear particles; BWPs) 배출에 대한 규제에 대응하기 위해 BWPs 배출을 저감할 수 있는 흡입장치와 집진장치가 개발되었다. 흡입장치는 강제비산 컨셉을 활용하여 적은 유량과 에너지로 높은 흡입효율을 가지도록 설계되었다. 집진장치는 BWPs가 마찰대전되어 생성되는 점을 활용하여 전기집진기 방식으로 구성되었다. 흡입장치와 집진장치가 합쳐진 BWPs 저감장치를 브레이크 동력계에 설치하여 BWPs 배출 저감 성능을 평가하였다. 또한 실차량에 부착하여 실도로 주행시 저감율도 평가하였다. 평가 결과, 63-67%의 BWPs 배출 저감효율을 측정하였으며, 3.62 mg/km/brake의 BWPs를 집진하는 것으로 평가되었다.

1. 서론

배기 미세먼지에 대한 규제가 강화되면서 지난 20년간 자동차의 미세먼지 배출은 급격히 감소해왔다. 하지만 브레이크 마모나 타이어 마모로 발생되어 배출되는 비배기 미세먼지(Non-exhaust emission)에 대해서는 관련 배출규제가 없었기 때문에 배출량이 계속 증가하여 왔다. 최근에는 비배기 미세먼지 배출량이 배기 미세먼지 배출량보다 많다는 보고가 많이 이루어지고 있다. 2026년부터 발효되는 Euro7 emission standard에도 브레이크 마모 미세먼지(Brake wear particles: BWPs)배출에 대한 규제가 포함된다. 이러한 규제에 대응하기 위해서 BWPs 배출을 저감할 수 있는 저감장치 개발이 필요하다. 본 연구에서는 BWPs 배출을 저감할 수 있는 흡입장치와 집진장치를 브레이크 동력계 상에서 개발하고, 실차에 이를 장착하여 평가하였다.

2. 시험 방법

1.6톤 차량의 앞바퀴 브레이크를 모사할 수 있는 브레이크 동력계에 fig.1과 같이 집진장치와 흡입장치가 결합된 저감장치를 부착하여 저감효율을 평가하였다. 저감장치를 부착하였을 때와 부착하지 않았을 때 브레이크 동력계에서 측정되는 배출계수를 비교하여 저감효율을 측정하였다.

저감장치의 실도로에서 BWPs 배출저감 성능을 평가하기 위해 실제차량에 Fig. 2와 같이 저감장치를 부착

하고 시험하였다. 실차에서 BWPs 배출계수 측정을 위해서 가스 희석실험이 선행되었으며, 저감장치의 부착 전후 BWPs 배출계수를 비교하여 실차에서 저감효율을 측정하였다.

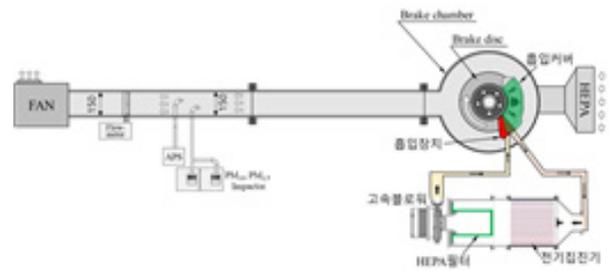


Fig. 1 Experiment schematic of brake wear particles emission reduction device on brake dynamometer

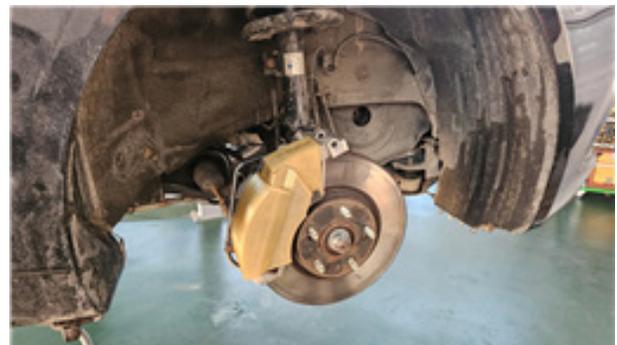


Fig. 2 BWPs emission reduction device installation on real-vehicle brake system

수치해석을 통한 제연기 및 제퇴기의 유동특성 분석

Analysis of Flow Characteristics of Bore Evacuator and Muzzle Brake through Numerical Simulation

*조민철¹, 이예승¹, #노정훈¹

*M. C. Cho¹, Y. S. Lee¹, #J. H. Noh(junghunnoh@iae.re.kr)¹

¹고등기술연구원 기계융합시스템센터

Key words : Self-propelled howitzer, Bore evacuator, Muzzle brake, Computational fluid dynamics

본 연구에서는 자주포에서 포탄 발사에 따른 제연기 및 제퇴기 영역의 유동 특성을 전산유체역학을 기반으로 한 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 포신에서 발사되는 포탄은 초음속으로 발사되므로 압축성 유동을 적용하고, 실제 사격 시 측정된 시간에 따른 약실 내 압력 선도를 UDF(User Defined Function)로 작성하여 입구 경계조건으로 설정하였다. 포탄이 제퇴기 방향으로 이동함에 따라 제연기 내부에 압력이 충전되고 포신 내 압력이 제연기 내부의 압력보다 낮아질 때 제연기가 작동하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 개발한 해석모델을 통해 포신의 길이, 약실 내 압력, 제연기의 위치 등에 따른 포신 내의 유동 특성 분석이 가능할 것으로 판단된다.

1. 서론

포신 중간에 위치하는 제연기는 포사격 후 내부에 남아있는 가스를 제퇴기 방향으로 배출시키는 장치이고, 제퇴기는 연소가스의 압력에 의한 반동을 줄이기 위한 역할이다^[1]. 본 연구에서 단방향으로 이동하는 포탄에 의해 형성되는 포신 내 유동 특성 분석은 ANSYS FLUENT를 활용하여 수행하였다.

2. 수치해석

포신과 포탄을 포함하는 유동장은 해석 소요시간을 고려하여 2차원 축대칭으로 모델링하였고, 경계조건으로는 입구에 실제 포사격 때 측정된 압력선도를 적용하고, 출구는 대기압으로 가정하였다. 또한, Overset mesh를 사용하여 포탄과 포신 격자계에 대해 중첩되는 영역에서 Cell data를 보간하는 방법으로 해석하였다.

3. 결론

본 연구에서는 포탄 발사에 따른 제연기 및 제퇴기 영역의 유동특성을 분석하였다. 포탄이 제연기 노즐을 지나갈 때 제연기 내부의 압력이 충전되기 시작하고, 포탄의 이동 방향과 역방향으로 설계된 제퇴기 슬릿을 따라 가스가 배출되는 것을 확인하였다.

후기 이 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 고등기술연구원에서 수행된 연구임(사업부호 912990501)



Fig. 1 Computational domain of the gun barrel employed in this study

Table 1 Boundary conditions of Self-propelled howitzer

	Boundary Condition	Value	Unit
Inlet	Pressure inlet	UDF	Pa
Outlet	Pressure outlet	0	Pa

REFERENCES

1. Miloš D. MARKOVIĆ., "ANALYSIS OF PARAMETERS INFLUENCING THE PRESSURE AND TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE GUN BORE EVACUATOR," THERMAL SCIENCE, Vol. 27, pp. 727-738, 2023.

CNC-GNR 기반 빛을 받으면 스스로 발열하는 필름

Cellulose Nanocrystal-gold Nanorod (CNC-GNR)-based Photothermal Films for Self-heating under Visible Light

*[#]김형수¹, 편정수¹, 박순모², 김주리², 김정환², 윤용진¹, 윤동기²

*[#]Hyoungsoo Kim(hshk@kaist.ac.kr)¹, Jeongsu Pyeon¹, Soon Mo Park², Juri Kim²,

Jeong-Hwan Kim², Yong-Jin Yoon¹, Dong Ki Yoon²

¹ 한국과학기술원 기계공학과, ² 한국과학기술원 화학과

Key words : Plasmonic effect, Self-heating, CNC, GNR

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 친환경적이며 경제적인 셀룰로오스 나노결정(CNC)과 금 나노막대(GNR)를 이용해 균일한 플라즈모닉 메타표면을 제작하였다. 자발적 자기 디웨팅과 증발 유도 자기조립 현상을 최적화하여 커피링 없는 필름을 형성했고, 정렬된 구조로 광열 성능과 결빙 방지 효과가 우수함을 입증하였다. 이는 차세대 기능성 나노소재 제어 기술로 활용 가능하다.

셀룰로오스 나노결정(CNC)은 이방성 금 나노막대(GNR)를 포함한 플라즈모닉 메타표면의 유망한 기질로, 재생 가능하고 생분해 가능하며 무독성이고 경제적이란 장점을 갖는다. 그러나 CNC를 기판 위에 정밀하게 배치하는 것은 여전히 어려움이 많다. 본 연구에서는 자발적이고 빠른 자기 디웨팅(self-dewetting)과 증발 유도 자기 조립(EISA)을 동시에 활용하는 새로운 일단계 제작법을 제안하였다. CNC 잉크의 조성 조건을 최적화하여 이 두 공정 간의 균형을 정밀하게 조절하였고, 그 결과 커피링(coffee-ring) 현상이 없는 균일한 환형(ring-shaped) 패턴의 CNC 매트릭스 필름 제작에 성공하였다.

CNC의 친수성은 건조 과정에서 접촉선(contact line)의 이동성을 촉진하여 균일한 패턴 형성과 CNC-GNR 필름의 정렬성을 향상시켜 우수한 플라즈모닉 성능을 발휘하게 한다. 특히, 제작된 필름은 구조적 일관성을 유지하여 플라즈모닉 광열 효과가 크게 증가하였다.

또한, CNC-GNR 필름은 영하의 기판 온도에서도 표면 온도를 0°C 이상으로 유지하여 탁월한 결빙 방지 및 열 관리 성능을 보였다. 이 기술은 항공우주 분야의 결빙 방지 시스템이나 광학 소자의 열 관리와 같은 분야에 효과적으로 활용될 수 있다.

본 연구는 CNC의 제어를 통해 차세대 나노소재 개발을 위한 새로운 물리화학적 접근법을 제시하고 있으

며, CNC 소재를 나노스케일에서 정밀하게 제어하는 능력을 입증함으로써 바이오 기반 나노소재를 산업적 응용 및 기초과학 연구에 활용할 새로운 가능성을 열었다. 이러한 성과는 CNC 기반 나노소재 설계 및 응용에 있어 중요한 발전을 이루었으며, 다양한 분야의 혁신적 응용을 촉진할 것으로 기대된다.

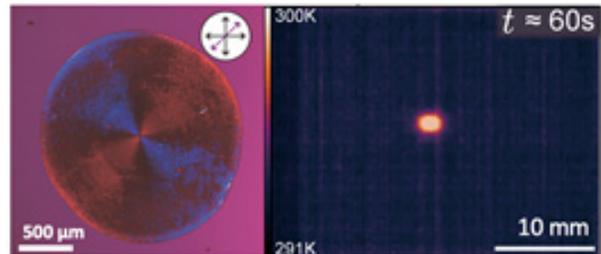


Fig. 1 자가정열된 CNC-GNR 플라즈모닉 자가발열 패턴 결과

후기 해당 연구는 2024년 Nature Communications에 출판된 내용을 바탕으로 작성되었다.

REFERENCES

1. Pyeon, J., Park, S. M., Kim, J., Kim, J. H., Yoon, Y. J., Yoon, D. K. and Kim, H., "Plasmonic Metasurfaces of Cellulose Nanocrystal Matrices with Quadrants of Aligned Gold Nanorods for Photothermal Anti-Icing," Nature Communications, Vol. 14, No. 1, pp. 8096, 2023.

베이지안 최적화를 활용한 자동화 액적 생성 기기 제작 Development of an Automated Droplet Generation System Using Bayesian Optimization

조성수¹, 김행영¹, 신성훈¹, * #이민기², #이진기^{1,3}

Seongsu Cho¹, Haengyeong Kim¹, Seonghun Shin¹, * #Minki Lee² and #Jinkee Lee^{1,3}

¹성균관대학교 기계공학과, ²조선대학교 기계공학과, ³성균관대학교 양자생명물리과학원

Key words : Bayesian optimization, droplet generation, microfluidics, double droplet

*발표자, #교신저자

Droplet microfluidics is widely used in diverse applications, requiring precise control of flow rates to achieve desired outcomes. However, determining the optimal flow conditions is often labor-intensive and time-consuming. To address this issue, we developed an autonomous droplet generation system utilizing Bayesian optimization (BO), a machine learning technique that efficiently searches parameter space without the need for large training datasets. In this system, the user's role is limited to preparing the experiment and defining the target droplet properties. The BO algorithm autonomously determines the optimal flow rates for both simple and complex droplet formations across various experimental conditions. The system significantly reduces the manual effort typically required for droplet optimization and enables broader accessibility of droplet microfluidic platforms to users across different scientific and engineering discipline

폴리우레탄 폼의 다중 열분해 반응 모델링 A Study on Multi-Step Pyrolysis Reaction Modeling of Polyurethane Foam

*하예진¹, #전준호²

*Yejin Ha¹, #Joonho Jeon(jeonj@pknu.ac.kr)^{1,2}

¹ 국립부경대학교 건축·소방공학부, ² 국립부경대학교 소방공학과

Key words : Multi-Step Pyrolysis, Polyurethane Foam, Fire Spread, Fire Dynamic Simulator

1. 서론

고체 가연물은 열에 노출되면 고분자 구조가 저분자 화합물로 분해되며, 이 과정에서 가연성 증기가 생성된다. 이러한 분해 반응은 열분해(pyrolysis)라고 불린다. 열분해 동안 생성된 가연성 증기는 주변 산소와 만나 가연성 혼합기를 형성하고, 점화 온도에 도달하면 연소 반응이 시작된다. 연소 과정에서 방출된 열은 미연소된 표면을 추가로 가열하여, 가연성 증기의 생성을 촉진하게 되며, 이는 화재확산으로 이어지게 된다. 즉, 열분해는 화재 발생의 초기 단계이자 화재 성장과 확산을 결정짓는 핵심 반응이다. 따라서, 고체 가연물의 열분해 특성을 이해하고 구현하는 것은 화재확산을 예측하는데 필수적이다.

본 연구에서는 고체 가연물의 열분해 특성을 파악하기 위해 열분해 실험을 수행하였다. 열분해 실험 결과를 기반으로 반응속도 분석을 통해 화재 시뮬레이션 열분해 모델의 입력 변수를 도출하였다. 본 연구를 통해 고체 가연물의 열분해 반응 모델링 방안을 마련하고자 한다.

2. 연구 방법 및 결과

본 연구에서는 건축물 내 단열재로 널리 사용되는 폴리우레탄 폼을 연구 대상으로 선정하였다. 폴리우레탄 폼의 열분해 반응을 구현하기 위해 화재 시뮬레이션 소프트웨어인 Fire dynamic simulator (FDS)를 사용하였다. FDS의 열분해 모델은 아레니우스 기반의 반응속도 식을 통해 열분해 반응속도를 계산한다. 반응속도를 결정하는 주요 입력 인자는 활성화에너지와 선인자 계수이며, 반응속도 변수로 불린다.

반응속도 변수를 도출하기 위해 열중량 분석 장치를 이용하여 열분해 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 질량은 약 5 mg이며, 이때 실험으로부터 도출되는 반응속도 변수의 정확성을 향상시키고자 5, 10, 15, 20 °C/min의 4가지 승온속도 조건을 적용하였다. 추가로, 산

화 반응에 의한 질량 감소를 고려하지 않기 위해 주입 가스는 불활성 기체인 질소를 사용하였다.

열분해 실험 결과, 폴리우레탄 폼은 2번의 질량 감소가 발생하는데, 이는 폴리우레탄 폼은 다중 성분으로 구성되어 있어 다중 열분해 반응이 발생하는 것을 의미한다. 따라서, 각 성분에 대한 열분해 모델링이 고려되어야 하며, 이를 위해 각 반응 단계별 반응속도 변수가 도출되어야 한다. 열분해 실험을 통해 얻어진 열분해 온도 범위, 전환도를 기반으로 model-free 법과 model-fitting 법을 동시에 고려하여 활성화에너지와 선인자 계수를 도출하였다. 실험으로부터 도출된 활성화에너지와 선인자 계수는 FDS 열분해 모델의 입력 변수로 적용되었다. 그 결과, FDS의 열분해 모델은 다중 열분해 반응을 구현할 수 있는 것을 확인하였다.

3. 결론

본 연구는 화재 시뮬레이션을 이용하여 화재확산을 구현하기 위해 열분해 반응을 분석하는 기초 연구로서, 실험 기반 반응속도 분석을 통해 열분해 반응을 모델링하기 위한 방안을 제시하였다.

폴리우레탄 폼은 다중 성분으로 구성되어 있어 2단계 질량 감소를 통해 열분해 반응을 겪는다. 따라서, 다중 열분해 반응을 고려하기 위해 각 반응 단계의 활성화에너지와 선인자 계수를 도출하였다. 실험으로부터 도출된 활성화에너지와 선인자 계수를 입력 변수로 적용하는 경우, 열분해 반응을 과소 예측하는 경향이 나타났다. 이에 FDS 열분해 모델을 적용하여 다중 열분해 반응을 적절하게 해석하기 위한 방안을 마련하였다.

후기

본 연구성과는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NO. RS-2024-00414581).

반도체 극저온 식각 공정용 공기 냉매 냉동 시스템
Air-refrigerant Refrigeration System for Semiconductor Cryogenic Etching Processes

*#이범준¹, 조종재¹, 신형기¹, 이길봉¹, 조준현¹, 왕은석¹, 나호상¹,
 강은철¹, 최봉수¹, 오봉성¹, 나선익¹, 제상현³

*#Beomjoon Lee(beomjoon.lee@kier.re.kr)¹, Jongjae Cho, Hyungki Shin¹, Gilbong Lee¹, Junhyun Cho¹,
 Eunseok Wang¹, Hosang Ra¹, EunChul Kang¹, Bongsoo Choi¹, Bongseong Oh¹, Sun Ik Na¹, Sanghyun Che¹

¹ 한국에너지기술연구원 에너지변환시스템연구실

Key words : Air refrigerant, Compander, Compressor, Expander

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 고집적 반도체 생산 공정에 필수적인 극저온 식각 공정을 위한 공기 냉매 냉동 시스템을 설계하고 초기 성능을 평가하였다. 공기 냉매 Reverse-Brayton Cycle을 기반으로 극저온 냉동 사이클을 구성하였다. 동축에 압축기-모터-팽창기가 연결된 컴팬더를 설계 제작하였고 이를 전체 냉동 사이클 루프에 연계하여, 터보 기기의 공력 성능 및 전체 시스템의 냉동 성능을 평가하였다. 압축기 및 팽창기는 정격 49,000 RPM에서 모두 80% 이상의 등엔트로피 효율을 나타내었으며, 극저온 냉동 시스템의 경우 기존 자연 냉매로는 달성할 수 없었던 -60°C 이하의 저온 냉열 및 COP 0.47을 확보할 수 있었다. 현재 반도체 식각 공정이 요구하는 -100°C 냉열 확보를 위해, 고압축비 컴팬더 설계, 제작, 시험을 진행하고 있다.

후기 This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2023-00242282, No. RS-2024-00418835).

구두발표

부문 특별세션 2 - 나노마이크로

좌장 : 임시형(국민대)

폐 아라미드 원료에 따른 나노 섬유로의 제조 평가 Manufacturing Assessment of Aramid Nanofibers Based on Different Raw Materials

*이윤서¹, 김철호², #김현찬¹

*Y. S. Lee¹, C. H. Kim², #H. C. Kim(hyunckim@kumoh.ac.kr)¹

¹국립금오공과대학교 기계공학부, ²코오롱인더스트리 Specialty소재사업본부

Key words : Aramid, Nanofiber, Manufacturing, Mechanical Properties

*발표자, #교신저자

나노아라미드 (아라미드 나노섬유, ANF)는 뛰어난 기계적 강도와 내열성으로 인해 항공, 군사, 자동차 산업 등에서 많은 관심을 보이고있다. ANF는 폐 아라미드 섬유로부터 제조되며, 서로 다른 폐 아라미드 원료로부터 ANF로 제조하여 원료에 따른 제조 과정의 차이를 분석하는 연구가 수행되었다. 제조된 ANF에 대한 평가를 수행하기 위하여 원자힘현미경(AFM)을 통한 나노구조 분석이 수행되었다. 또한, 캐스팅 공정을 통해 제조된 ANF 필름은 인장 테스트 및 FTIR, TGA를 활용한 다양한 재료 물성이 분석되었다. 따라서 본 연구는 ANF 제조에 있어 원료의 영향을 평가함으로써 생산효율을 확대하고 다양한 응용 분야에서 나노아라미드의 활용 가능성을 확장하는 데 기여할 것으로 예상된다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00353023).

투명 ITO 전극의 정밀 기계가공 특성 및 전자 소자 적용 연구

Study on Precision Machining Characteristics of Transparent ITO Electrode and Their Application in Electronic Devices

*이승훈¹, 황해인², 조인호¹, 박아현¹, #김정환^{1,2}

*S.-H. Lee¹, H. I. Hwang², I. H. Jo¹, A. H. Park¹, #J. H. Kim(jkim@hanbat.ac.kr)^{1,2}

¹국립한밭대학교 응용소재공학과, ²국립한밭대학교 신소재공학과

Key words : Precision machining, ITO thin film, Nano/micro patterning, Sputtering, Electronic device

*발표자, #교신저자

현재 반도체, 디스플레이를 구성하는 전자 소자 제작 시, 대표적으로 photo-lithography 공정을 통해 patterning이 이루어지고 있다. 하지만, 이는 cost가 높고 비교적 복잡하며 화학약품 사용으로 인한 환경 문제의 이슈가 있다. 따라서, 대안으로 제시하고자 하는 정밀 기계가공 기술은 이러한 문제를 해결하고 차세대 전자 소자 제작 공정에 적용될 수 있다. 특히, 박막 트랜지스터 구성에서 ITO 박막은 높은 투과도와 전도성을 갖기 때문에 source/drain 전극으로 많이 활용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 ITO 박막의 열처리에 따른 기본적인 물성을 평가하고 channel 형성을 위한 최적화된 정밀 기계가공의 조건을 탐색하여 실제 전자 소자 적용의 가능성을 평가하고자 한다.

극소수성 표면을 이용한 저비용·고정밀 액적 분리 시스템 개발

Development of a Low-Cost and High-Precision Droplet Dispensing System Using a Superhydrophobic Surface

*이동현¹, #이정원¹

*Dong-Hyeon Lee¹, #Jeong-Won Lee(jwlee07@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Droplet Pusher, Superhydrophobic, Microdroplet, Microfluidic device

*발표자, #교신저자

마이크로리터 크기의 액적을 정밀하게 제어하는 기술은 생명과학, 화학, 재료과학 등 다양한 분야에서 필수적이다. 하지만 기존 기술들은 고가의 장비 사용과 복잡한 시스템으로 인해 활용에 제약이 많았다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 본 연구에서는 간단하면서도 효율적인 액적 분리 기법을 제안한다. 구멍이 뚫린 알루미늄 기판에 극소수성 처리를 적용하여 액적이 표면에 달라붙지 않고 완전히 분리되는 현상을 구현하였다. 구멍의 직경을 제어함으로써 다양한 크기의 액적을 분리할 수 있으며, 임계 최소 액적 크기와 구멍 직경 사이의 상관관계를 정량적으로 분석하였다. 본 방법은 구조가 단순하고 제작 비용이 저렴하며 재사용성이 뛰어나, 다양한 산업 분야에서 액적 기반 기술의 활용 가능성을 크게 확장시킬 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

미세 액적 토출 기술은 다양한 분야에서 중요하지만, 기존 방식은 고가 장비와 복잡한 시스템을 필요로 한다. 본 연구는 극소수성 표면을 적용한 단순 구조의 액적 분리를 제안하여, 정밀한 제어와 높은 재사용성을 확보하면서도 제조비용을 낮추는 혁신적 대안을 제시한다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00277993).

2. 본론

DP는 NaOH, HCl, DI water, HDFS 혼합 용액을 이용해 극소수성 표면으로 처리되며, DP 구멍 직경과 임계 최소 액적 크기의 관계를 살펴보았다. 이를 통해 원하는 액적 크기에 필요한 DP의 구멍 직경을 예측할 수 있었다. 또 DP를 이용하여 제어 가능한 액적 범위를 살펴본 결과 2.97 μ L에서 증력 분리 한계인 13.50 μ L까지로 확인되었다.

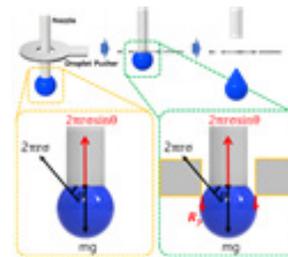


Fig. 1 Simplified working picture of Droplet Pusher

3. 결론

본 연구는 극소수성 표면과 단순한 구조를 활용하여 별도 구동 장치 없이 액적을 안정적으로 분리할 수 있는 가능성을 제시하였다. 낮은 제작 비용과 높은 재사용성으로 인해 실험실뿐 아니라 정밀한 액적 제어가 요구되는 생명과학, 의료, 마이크로 유체 등 다양한 산업 분야에서의 응용이 기대된다.

REFERENCES

1. Wood, M.J., Aristizabal, F., Coady, M., Nielson, K., Ragona, P.J. and Kietzig, A.-M., "The Precise and Accurate Production of Millimetric Water Droplets Using a Superhydrophobic Generating Apparatus," *Physics of Fluids*, Vol. 30, No. 1, pp. , 2018.

펄토초 레이저 직접 묘화 기반 그래핀 스마트 섬유 개발
Graphene Smart Textile Enabled by Femtosecond Laser Direct Writing

***양동욱¹, 이영근¹, 김현우¹, #김영진¹**

*Dongwook Yang¹, Younggeun Lee¹, Hyeonwoo Kim¹, #Young-Jin Kim¹

¹ 한국과학기술원 기계공학과

Key words : Laser-Induced Grapene, Femtosecond Laser Direct Writing, Smart Textile

*발표자, #교신저자

스마트 섬유에 대한 관심이 높아지면서 이를 구현하기 위한 다양한 소재 및 제작 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 간단한 레이저 빔 스캔만으로 섬유를 전도성 레이저-유도 그래핀(LIG)으로 변환할 수 있는 기술이 주목받고 있다. LIG는 레이저 조건에 따라 전기전도도(2.86 ohm/sq ~ 106 ohm/sq), 탄소 함량, 열 및 광 흡수 특성 등을 손쉽게 조절할 수 있다. 이러한 LIG 전극을 활용하여 기계적 센서(GF=185.2), 온도 센서 (-0.097%/°C), 열흡수소자(6.376 mm²/s), 광흡수소자(97.57%), 에너지 저장장치(36 mF/cm²) 등이 구현되었으며, 진공 및 열 환경 테스트를 통해 우주 조건에서의 성능도 검증되었다.

구두발표

특별세션 OS1

좌장 : 이경창(국립부경대)

새로운 압출 기반 3D 프린팅 기법의 개발과 조직공학적 적용 Development of a New Extrusion-Based 3D-Printing Method and its Application to Tissue Engineering

*#이승재^{1,2,3}

*#Seung-Jae Lee (sjlee411@wku.ac.kr)^{1,2,3}

¹ 원광대학교 기계공학부, ² 원광대학교 메카바이오연구소, ³ 원광대학교 첨단바이오융합연구센터

Key words : Tissue Engineering, Dragging 3D printing technique, Tubular structure, Esophagus, Vascular

*발표자, #교신저자

식도, 대장, 혈관, 기도 등 다양한 인체 조직은 도관형의 구조를 가지고 있으며, 일반적으로 상피 혹은 내피층과 근육층으로 구성된 다층 구조를 가지고 있다. 이러한 조직에 암이나 종양 등의 질환이 발생하면 치료를 위해 조직의 절제 및 재건이 필요하다. 이를 대체하기 위해 전기방사 및 바이오프린팅과 같은 조직공학적 접근 방법이 적용된다. 그러나 전기방사는 자유형상을 구현에 한계가 있고, 바이오프린팅은 이식에 필요한 기계적 성능 확보에 한계가 있다. 본 연구에서는 충분한 기계적 성능을 가지며 자유형상의 다층 구조의 제작이 가능한 드래깅 기법을 개발하였다. 드래깅 기법은 고분자의 점성 및 프린팅 조건을 조절하여 다층의 다공성 구조체의 구현이 가능하며, 그 유효성을 검증하기 위해 식도 및 혈관 조직에 적용하였다.

후기 본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C2008149)

잔류응력 기반 기계가공 변형 예측 및 가공 변형 저감을 위한 인공지능 활용 Prediction of Machining Deformation Based on Residual Stress and Its Reduction Using Artificial Intelligence

*#최현성¹, 권용남¹, 정찬욱², 윤정환³, Sabino Ayvar-Soberanis⁴

*#Hyunsung Choi(h.choi@kims.re.kr)¹, Yong-Nam Kwon¹, Chan-Uk Jeong²,

Jeong Whan Yoon³, Sabino Ayvar-Soberanis⁴

¹ 한국재료연구원 항공우주재료실증센터, ²(주)동양에이케이코리아, ³ 한국과학기술원 기계공학과,

⁴ Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC)

Keywords : Residual stress, Machining-induced Distortion, Artificial Intelligence, Machining Sequence Optimization

*발표자, #교신저자

재료의 제조 과정과 항공 구조물 부품 가공을 위한 후속 기계가공 공정에서 발생하는 잔류응력은, 최종 부품의 형상 정밀도에 중대한 영향을 미치는 요소로 작용해 왔다. 본 연구에서는 압출 공정에서 유도되는 소재 내부의 잔류응력과, 가공 후 발생하는 표면 잔류응력을 활용하여 가공 변형을 효율적으로 예측할 수 있는 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 기존 유한요소 기반 가공 변형 예측에 필수적이던 파단 구성방정식이나 요소 제거 알고리즘 없이, 탄성 해석만으로 정밀하고 계산 효율적인 예측을 가능하게 한다. 아울러, 이송 속도, 절삭 폭, 회전 속도 등 가공 조건과 경로에 따른 과도 변형 데이터를 효율적으로 구축하였으며, 이를 기반으로 가공 변형 저감을 위한 인공지능 최적화 모델을 개발하였다.

머시닝센터 스피ndl의 가공 문제 진단을 위한 엣지 기반 알고리즘 기술 Edge-Based Algorithm for Diagnosing Machining Center Spindle

*#황주호¹, 심종엽¹, 송창규¹, 김정근²

*Joocho Hwang(joocho@kimm.re.kr)¹, Jongyoun Shim¹, Chang-Kyu Song², Jung Keun Kim²

¹ 한국기계연구원, ² 에이에스피엘(주)

Key words : Edge Device, Bearing Fault Diagnosis, Chatter Detection, Embedded Algorithm

*발표자, #교신저자

Maintaining spindle health is crucial in metal-cutting. Bearings, the most failure-prone components, often degrade due to poor lubrication, contamination, overload, heat, or misalignment, leading to faults like BPFI, BPFO, BSF, and FTF. Chatter, caused by improper spindle speed and cutting depth, also contributes to spindle damage. While stability lobe diagrams (SLDs) can prevent chatter, they are often impractical due to missing FRF data. This study introduces efficient algorithms to detect bearing faults using Kurtosis, Hilbert, and Wavelet Transforms, and a real-time chatter detection algorithm suitable for edge devices.

1. 서론

금속 절삭 산업에서는 기계 장비의 원활한 작동과 높은 품질을 보장하기 위해 장비 모니터링이 필수적이다. 그러나 센서에서 생성되는 데이터의 양이 방대하기 때문에, 모든 데이터를 실시간으로 클라우드로 전송하거나 별도의 저장장치에 저장하여 분석하는 것은 비효율적이고 비용이 많이 든다. 따라서 엣지 컴퓨팅은 데이터를 로컬에서 처리함으로써 네트워크 트래픽과 응답 시간을 줄이고 실시간성을 높인다. 본 연구에서는 엣지 디바이스를 활용하여 머시닝센터의 스피ndl을 진단하는 연구 결과를 제시한다.

2. 엣지디바이스와 프로세스 알고리즘

머시닝센터 상태 모니터링을 위한 엣지 디바이스는 센서 신호를 수집하는 데이터 수집(DAQ) 모듈과 임베디드 알고리즘 형태의 진단 애플리케이션을 실행하는 프로세스 모듈로 구성된다. 머시닝과 같은 스피ndl 작동 중에는 고장이 발생할 수 있다. DAQ 모듈은 스피ndl의 상태를 모니터링하기 위해 센서 데이터를 수집하는 하위 시스템으로, 집적 전자식 압전 ICPE 진동 센서와 T형 열전대 회로를 포함한 변환기를 갖추고 있다. 이 모듈은 진동, 전압, 온도, 전류 등 머시닝센터로부터 다차원 데이터를 수집한다. 본 논문에서는 진단을 위해 멀티센서를 활용하지만 진동 데이터를 위주로 사용하는 것을 다루고 있다. 진단 알고리즘은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 시스템에 구현되어 있다.

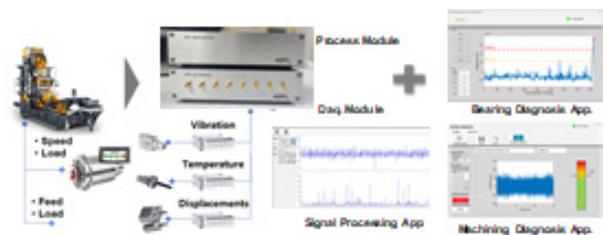


Fig. 1 Application concept diagram of the edge device

수집된 시계열 데이터에 대해 실시간 주파수 변환을 수행한 후, 주파수 영역 데이터는 스피ndl의 회전 속도, 베어링 형상에 따른 고유 주파수(BPFI, BPFO, FTF, BSF), 회전 주파수(엔밸런스), 그리고 진동 RMS를 계산하는 데 사용된다. 이러한 방식으로 스피ndl 베어링 진단 뿐만 아니라 가공중 진단에도 활용하게 된다.

REFERENCES

1. Wojcicki, J., Leonesio, M., Bianchi, G., "Potential for smart spindles adoption as edge computing nodes in Industry 4.0," 14th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Procedia CIRP 99, pp 86-91, 2021

구두발표

특별세션 OS2-1

좌장 : 이상민(동의대)

기능성 스펀지를 이용한 자가 발전 압력 센서의 응용 Applications of Self-powered Pressure Sensors using Functional Sponges

김성현¹, #,* 이상민²

S. Kim¹ #,* S. Lee(thinking@deu.ac.kr)²

¹ 경상국립대학교 전기공학과, ² 동의대학교 자동차공학과

Key words : Pressure Sensor, Electrochemical Reaction, Functional Sponge

*발표자, #교신저자

사물인터넷(IoT)의 확산으로 저전력 압력 센서 수요가 증가하고 있다. 본 연구는 외부 전력 공급 없이 정적 및 동적 압력을 모두 감지 가능한 자가 발전 압력 센서(Self-Powered Pressure Sensor, SPS)를 개발하였다. 센서는 폴리아크릴아마이드 하이드로겔이 코팅된 폴리디메틸실록산(PDMS) 스펀지와 두 전극으로 구성되며, 전기화학적 반응을 기반으로 작동한다. 개발된 센서는 10 kPa⁻¹의 감도와 최대 110 kPa의 동작 범위를 나타내며, 자가 발전 안전 알람, 착용형 제어 장치, 모스 부호 입력 장치 등 다양한 응용 분야에 적용 가능성을 입증하였다. 본 기술은 웨어러블 전자기기 및 로봇틱스에서 에너지 효율적인 압력 감지 플랫폼으로 활용될 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임

(IITP-2025-RS-2020-II201791).

Polymer Brush 제작 효율 향상을 위한 세척 공정 최적화 방안에 관한 연구 Study on the Optimization of the Cleaning Process to Improve the Efficiency of Polymer Brush Fabrication

*양준영¹, 김성현², #이상민³

*J. Yang¹, S. Kim², #S. Lee(thinking@deu.ac.kr)³

¹ 동의대학교 기계공학과, ² 경상국립대학교 전기공학과, ³ 동의대학교 자동차공학과

Key words : Polymer Brush, Residue Removal

*발표자, #교신저자

Polymer Brush는 고체 표면에 고밀도로 고정된 고분자 사슬(polymer chain)로 구성된 표면 코팅(surface coating)으로, 표면 개질, 윤활 및 바이오·의료 분야의 응집 방지, 오염 방지 등에 활용된다. 특히 PDMS 용액을 이용한 유리 표면의 polymer brush 형성 과정에서 표면 잔류 PDMS 제거를 위한 세척 공정은 코팅 품질에 중요하다. 본 연구에서는 기존의 장시간 단일 아세톤 용액 세척 대신 아세톤 용액을 3단계로 교체(refresh)하며 세척하는 방법을 제안하고자 한다. 이는 단일 아세톤 용액만 사용할 때보다 세척 시간 문제와 불필요한 용액 낭비를 줄여 세척력을 높일 수 있다. 또한, 제안한 방법으로 제작된 Polymer Brush 표면의 표면 접촉각 이력(contact angle hysteresis) 및 분광 분석을 통해 세척 효과를 검증하고자 한다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025-RS-2020-II201791).

3D 프린팅 샘플의 열 인장 공정을 이용한 마이크로 튜브 제작 방법 Method for fabricating Microtubes using the Thermal Drawing Process on 3D Printed Samples

*홍기환¹, 공혜성¹, 김성현², #이상민³

*G. Hong¹, H. Kong¹, S. Kim², #S. Lee(thinking@deu.ac.kr)³

¹ 동의대학교 기계공학과, ² 경상국립대학교 전기공학과, ³ 동의대학교 자동차공학과

Key words : 3D print , Viscoelasticity, Gelling Mechanisms, Thermal Drawing

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 상용 3D 프린팅으로 제작한 샘플에 열 인장(thermal drawing) 공정을 적용하여, 마이크로 폴리머 튜브의 제작 방법을 제안하고자 한다. FDM 방식의 3D 프린터를 이용하여 ABS 재질의 원기둥 형태 샘플을 출력하였으며, 이를 열 인장 공정을 통해 3D printer가 제작할 수 없는 직경의 마이크로 사이즈의 와이어 형태로 변형시켰다. 이 과정에서 형성된 구조체는 기존보다 표면 조도가 감소하여, 보다 매끄러운 몰드 형성이 가능하였다. 해당 구조체를 몰드로 활용하여 고정 틀 내에 배치한 후 PDMS를 코팅하고, 이후 몰드를 제거함으로써 마이크로 채널을 제작하였다. 또한 열 인장 공정 조건(온도, 인장 속도, 초기 직경 등)에 따른 형상 변화 및 표면 조도 특성을 정량적으로 분석하였다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025-RS-2020-II201791).

마찰대전 나노발전을 이용한 폴리머 튜브 내 유체 유동 센서 개발
Development of a Fluid Flow Sensor in a Polymer Tube using
TENG(triboelectric nanogenerator)

*공혜성¹, 김성현², #이상민³

*H. Kong¹, S. Kim², #S. Lee(thinking@deu.ac.kr)³

¹ 동의대학교 기계공학과, ² 경상국립대학교 전기공학과, ³ 동의대학교 자동차공학과

Key words : Triboelectric Nanogenerator, Two Phase, Liquid Droplet

*발표자, #교신저자

마찰대전 나노발전기(triboelectric nanogenerator, TENG)는 기계적 에너지를 접촉 전기와 정전기 유도 효과를 통해 전기적 에너지로 전환함으로써, 소형 전자기기 및 웨어러블 장비에 적합한 자가발전 시스템을 구현하는 데 유리하다. 이에 따라 TENG를 기반으로 한 센서 및 에너지 하베스팅(harvesting) 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 TENG 원리를 활용하여 폴리머 튜브 내 유동을 감지할 수 있는 센서를 개발하였다. 액체-기체 2상 유동 시 튜브 내부에서 발생하는 전하를 외부 전극을 통해 전위차(voltage)를 측정하고, 액적(droplet)의 크기, 이동 속도, 등의 유동 특성과 더불어 튜브 재질, 직경, 전극 면적 등 환경 변수에 따른 신호의 변화를 정량적으로 분석하였다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025-RS-2020-II201791).

왁스 딥코팅을 통한 3D 혈관 복제품의 균일 표면처리 공정 개발
Parametric Study of Wax Dip-Coating for Uniform Surface Coating on
3D Vascular Replica

*김지민¹, 이태석¹, #임종경¹

*Jimin Kim¹, Taeseok Lee¹, #Jongkyeong Lim(limjongkyeong@gachon.ac.kr)¹

¹가천대학교 기계공학과

Key words : Wax, Dip-Coating, Parametric Study, 3D Vascular Replica

*발표자, #교신저자

본 연구는 3D 프린팅 기반 혈관 모형의 표면 거칠기 문제를 해결하기 위한 친환경적·경제적 표면처리 기법으로 왁스 딥코팅 방법을 제안한다. 왁스의 물리적 조건(온도, 계면활성제 농도)과 몰드의 형상 매개변수(곡률반경, 직경, 침지·인출 속도)를 변수로 설정하여 코팅 균일성에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 10 mM Span 80, 100°C, 200 mm/s 침지, 1 mm/s 인출 조건에서 프린팅 층간 기공을 얇고 균일하게 충전하는 최적 코팅이 구현되었다. 해당 공정은 아세톤 처리 대비 재현성, 안전성, 경제성 측면에서 우수하여, 생체 모사 구조물 제작을 위한 효과적인 표면처리 대안으로 기대된다.

구두발표

특별세션 OS2-2

좌장 : 임종경(가천대)

연결된 네트워크 구조를 갖는 다공성 소재의 적층 제조 Additive Manufacturing of Porous Materials with Interconnected Networks

*#임종경¹, 유동우²

*#Jongkyeong Lim(limjongkyeong@gachon.ac.kr), Dongwoo Yoo

¹가천대학교 기계공학과, ²국립공주대학교 기계자동차공학부

Key words : Additive Manufacturing, Porous, Interconnection, Network

*발표자, #교신저자

다공성 구조는 소프트 로보틱스, 미세유체 시스템, 여과 및 정화, 에너지 저장, 단열재, 경량 구조재, 조직 공학 용 스캐폴드 등 다양한 분야에서 필수적으로 활용되며, 그 중요성이 지속적으로 부각되고 있음. 특히, 기공 간 연결부 너비는 구조적 강도, 물질 확산, 여과 효율 등에 직접적인 영향을 미치는 핵심 요소로, 단순한 기공률과 크기 제어를 넘어 정밀한 연결부 조절이 가능한 제조 기술이 요구됨.

본 논문에서는 기공 간 연결부 제어와 공정 간소화를 동시에 구현할 수 있는 새로운 다공성 구조 제작 방법을 제안함. 이 기술은 다양한 프리폴리머 시스템에 적용 가능하며, 3D 프린팅과의 높은 호환성을 통해 복잡한 형상의 맞춤형 구조 제작이 가능함. 본 기술로 제작된 PDMS 스펀지는 유분 흡착, 중금속 이온 제거 등 환경 분야에 활용되었으며, 전도성 물질과의 결합을 통해 유연 전자소자 제조에도 적용됨. 이는 첨단 응용 분야의 요구에 부합하는 새로운 제조 플랫폼으로, 재료 과학과 제조 공학의 혁신을 선도할 것으로 기대됨.

마이크로입자 기반 신호 증폭 전략을 적용한 미세유체 면역분석 플랫폼 연구
A Study on a Microbead-Based Microfluidic Immunoassay Platform
Incorporating a Signal Amplification

*김주영¹, #김호진^{1,2}

*J. Y. Kim¹, #H. J. Kim(hjkim@dongseo.ac.kr)^{1,2}

¹ 동서대학교 에너지/생명공학과, ² 동서대학교 기계공학과

Key words : Microparticle immunoassay, Streptavidin-biotin interaction, Signal amplification

*발표자, #교신저자

코로나바이러스감염증-19(COVID-19)와 같은 감염병의 조기 진단을 위해, 신속하고 정량적인 분석이 가능한 미세유체 시스템의 개발이 요구된다¹. 본 연구에서는 플라스틱 기반 미세유체칩 내에 마이크로입자와 분석 시약을 각각 분리된 웰에 건조 저장하고, 단일 샘플 주입 후 모세관현상에 의해 유도된 유체 흐름으로 항원-항체 반응과 신호 증폭이 순차적으로 일어나는 구조를 구현하였다. 기존에는 형광이 표지된 2차항체를 사용하는 간접 면역 분석이었으나, 이번 연구에서는 비오틴이 표지된 2차항체와 형광표지 스트렙타비딘을 연계하여 형광 신호를 증폭하는 방식을 도입하였다. 반응 단계는 증가했지만, 모든 시약이 칩 내에 건조 저장되고, 단일 샘플이 유입되어 흐르는 시간 내에 모든 반응이 완료되므로, 전체 분석 시간은 기존 방식 및 스트립 기반 진단과 유사한 수준으로 유지될 수 있다. 본 연구는 시약 전달 효율과 반응 구조의 최적화를 바탕으로 고감도 미세유체 면역분석 플랫폼 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgment

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00213140).

REFERENCES

1. Gil Rosa, B., Akingbade, O. E., Guo, X., Gonzalez-Macia, L., Crone, M. A., Cameron, L. P., Freemont, P., Choy, K. L., Güder, F., Yeatman, E., Sharp, D. J., Li, B., "Multiplexed immunosensors for point-of-care diagnostic applications", *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 203, 114050, 2022.

마이크로 패턴 상 증발 액적의 내부 유동 및 단백질 농축 현상 연구

Investigation of Internal Flow and Protein Enrichment in Evaporating Droplets on Micropatterned Substrates

*안혜진¹, #김호진^{1,2}

*H. J. An¹, #H. J. Kim(hjkim@gdsu.dongseo.ac.kr)^{1,2}

¹ 동서대학교 에너지생명공학과, ² 동서대학교 기계공학과

Key words : Microfluidic Platform, Microdroplet, Evaporation Flow

*발표자, #교신저자

액적에서의 증발 유동은 자연적으로 발생하는 현상으로, 이를 정밀하게 제어하여 물질의 선택적 농축, 혼합 및 고감도 검출 등에 활용할 수 있다. 본 연구에서는 개방형 미세 채널에서의 마이크로 액적 유동 특성을 분석하고, 액적 내 단백질이 내부 유동에 의해 액적 경계면으로 농축되는 현상을 실험을 통해 검증하였다. 또한 비구형 액적에서 곡률이 높은 영역과 낮은 영역 간의 단백질 농축 효과를 비교한 결과, 곡률이 높은 영역에서 단백질의 농축 효율이 유의미하게 향상됨을 확인하였다¹. 이러한 물리적 현상에 대한 이해를 바탕으로, 본 연구 결과는 미세 유체 시스템을 활용한 저비용·고감도 진단 플랫폼 개발에 있어 중요한 기반이 될 것으로 기대된다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00213140).

참고문헌

1. P. J. Sáenz et al., "Dynamics and universal scaling law in geometrically-controlled sessile drop evaporation," Nat Commun, vol. 8, Mar. 2017

분주 시스템의 팁 체결방식에 따른 분주 정확도 탐구

Study of the Accuracy of Dispensing according to the Tip Fastening Method in Dispensing System

*김지민¹, #김호진¹

*J. M. Kim¹, #H. J. Kim(hkim@dongseo.ac.kr)¹

¹ 동서대학교 기계공학과

Key words : Dispensing System, Screw Fastening, Dispensing Precision

*발표자, #교신저자

분주 시스템은 생물학적 진단 면역분석 실험에서 액적을 정밀하고 일관되게 분주할 수 있는 필수적인 장치이다. 이때 끼워맞춤 형태로 분주 팁을 체결하는 방식에서 사용자에게 의해 발생할 수 있는 각도 변화 또는 압축공기의 누출 가능성 등이 시스템의 정확도와 일관성에 영향을 미친다. 본 연구에서는 디스펜서의 정확도와 일관성을 높이기 위하여 나사 형태로 분주 팁을 체결하는 방식을 도입하였다. 나사형 체결이 가능한 모듈을 제작하였고, 체결 방식에 따른 두 시스템 간의 정확도 및 일관성을 정량적으로 비교 분석하였다. 또한, 분주되는 액적의 분주체적과 정렬에 대한 최적화를 진행하였다. 본 연구의 결과는 팁 체결방식에 따른 분주 시스템의 최적화 및 실험적 응용에 기여할 것으로 기대한다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00213140).

비접촉 액적쌍을 이용한 온디맨드 병렬 액적 병합 및 반응 개시 기술 On-Demand Parallel Reaction Initiation via Non-Contact Droplet Positioning

*이상현¹, #김호진²

*Sanghyun Lee¹, #Hojin Kim(hjkim@gdsu.dongseo.ac.kr)²

¹국립한국해양대학교 기계공학부, ²동서대학교 기계공학과

Key words : Droplet, Microfluidics, Deformability

*발표자, #교신저자

본 연구는 미세유체 기반 플랫폼에서 액적 간 병합을 비접촉 방식으로 구현하는 온디맨드 병렬 액적 병합 기법을 제안한다. 제안된 방식은 독특한 구조를 갖는 미세유체 채널의 디자인과 제어된 유동에 의해 유도된 액적 변형성을 활용하여 두 액적을 일정 거리에서 안정적으로 비접촉 상태로 배치하고, 외부 유체 교체를 통해 액적 계면을 불안정화시킨 뒤, 압력 제어만으로 병합을 유도하는 방식이다. 실험적으로 평균 90% 이상의 병합 효율과 3초 이하의 평균 병합 지연시간을 확보하였으며, 특히 병합된 액적이 저장 챔버 내에 고정되어 있어 장기간 반응 모니터링에 유리한 특성을 보인다. 또한 모델 화학 반응을 통해 본 기법의 생화학 반응 개시 능력과 병렬 처리 가능성을 입증하였다. 본 기술은 복잡한 외부 장치 없이 다수 액적쌍 간의 병합 제어를 가능하게 하여 대량 분석, 희석 영향이 없는 정밀 분석 등의 응용에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

1. Lee, B. & Yoo, J.Y. (2011). Droplet bistability and its application to droplet control. *Microfluid Nanofluidics*, 11:685-693.
2. Um, E. et al. (2012). Mesh-integrated microdroplet array for simultaneous merging and storage of single-cell droplets. *Lab Chip*, 12:1594-1597.

구두발표

특별세션 OS3-1

좌장 : 차승훈(경북테크노파크)

비정형 코일 스프링의 이상적인 코일링 성형에 관한 연구 Study on Ideal Coiling Forming of Irregular Coil Spring

*#차승훈¹, 김명섭¹, 조현덕²

*Seung Hoon Cha(shcha@gbtp.or.kr)¹, Myeong Sub Kim¹, Hyun Deog Cho²

¹ 경북테크노파크 미래차부품기술센터, ² 파이프 하이텍

Key words : Irregular, Ideal Coiling Forming, Coiling Roller Tool, Geometric Condition

*발표자, #교신저자

전기차의 급속한 보급에 따른 경량화 및 구조 강성 확대 요구로 서스펜션 코일 스프링의 고강도 비정형화 및 이를 생산할 수 있는 지능형 시스템 개발이 요구된다. 비정형 코일 스프링 성형은 2개의 상부 코일링 롤러와 하부 코일링 롤러 공구의 위치에 따라 스프링 직경이 결정되고 별도의 피치 공구로 스프링의 피치가 결정된다. 특히 상부 코일링 롤러는 코일 스프링 성형 직경의 크기에 따라 위치가 변경된다. 이상적인 코일링 성형은 상부 코일링 롤러와 하부 코일링 롤러의 중심선 간의 각도는 90°가 되어야 한다. 이는 힘의 반력이 90°가 되어 서로 간섭이 없고, 슬라이더에 작용하는 직접적인 반력이 없어 피딩 롤러 이외 다른 부품에 부하가 작용하지 않아 내구성이 뛰어난 시스템 개발이 가능하기 때문이다. 본 논문에서 이상적인 비정형 코일링 성형을 위한 기하학적 조건을 정의하고 이를 통해 2개의 코일링 롤러 공구의 위치를 결정하고자 한다.

후기

이 논문은 2025년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임.(20026321)

고강도 금속재료의 열간 성형 공정 연구 Study on Warm Forming Process of High-Strength Metal

*#임정식¹, 김상곤¹, 김종희¹

*#Jeong Sik Lim(jslim@gbtp.or.kr)¹, Sang Gon Hong¹, Joong Hui Kim¹

¹(재)경북테크노파크 미래모빌리티육성본부 미래차부품기술센터

Key words : High Strength Metal, Elongation, Warm Forming, Heat Treatment

*발표자, #교신저자

미래차 시장에서 친환경은 가장 큰 키워드이다. 미국과 유럽의 주요 완성차 업체들은 이미 앞서 전기자동차 생산 및 대중화를 시작했고 세계 최대의 소비 시장인 중국도 발 빠르게 전기차 시장에 진입하고 있다. 내연기관차 판매 금지 법안과 더불어 소비자들의 환경 이슈에 대한 사고 의식이 강화되고 있으며, 이에 따라 친환경 자동차의 경량화 및 구조 강성 확대에 대한 요구가 증가하고 있다. 고강도 소재의 낮은 연신율 문제로 고강도 소재의 적용 사례는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고강도 금속재료를 활용한 차체의 고강성화 및 경량화를 목적으로 성형 시, 연신율을 향상할 수 있는 열처리 기법에 대해 분석하였으며, 각 기법의 연구사례를 기반으로 최적 효율의 열간 성형 공정에 대한 평가를 수행하였다.

후기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00405428)

다이 챔버부 필렛 반경 변화에 따른 7075 알루미늄 합금의 압출 해석 Extrusion Analysis of 7075 Aluminum Alloy with Varying Fillet Radius in the Die Chamber

김종원¹, *김형준¹, 원유창¹, #김진호¹

Jong Won Kim¹, *Hyung Jun Kim¹, You Chang Won¹, #Jin Ho Kim(jinho@ynu.ac.kr)¹

¹영남대학교 기계공학부

Key words : 7075 Aluminum Alloy, Extrusion, Fillet Radius, 3D Simulation, Die Geometry

*발표자, #교신저자

7075 알루미늄 합금은 우수한 강도에도 불구하고 성형성의 한계로 인해 압출 공정에서 금형 형상 및 압출 조건의 정밀한 제어가 필요하다. 본 연구에서는 압출 다이 챔버부의 모서리 필렛 반경 변화가 압출재에 미치는 영향을 평가하였다. 1면 개방 사각 중공 프로파일을 해석 모델로 설정하고, 3차원 유한요소기법을 통해 필렛반경 적용 모델을 각각 비교, 분석했고, 이를 바탕으로 공정 안정성 및 압출품 품질 향상에 기여할 수 있는 설계 방향을 도출했다.

후기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00405428)

자율주행차 감성인지기반 융합조명 기술 개발 Development of Convergence Lighting Technology Based on Affective Perception for Autonomous Vehicles

*#이병훈¹, 정상진¹, 이재철²

*#Byung Hoon Lee(lbh3136@kaieminc.com)¹, Sang Jin Jung¹, Jae Chul Lee²

¹카이엠(주), ²엔바이어스

Key words : Autonomous Vehicle, Affective Perception, Convergence Lighting, Activity Recognition

*발표자, #교신저자

기존 자동차 내부 탑승공간은 이동만을 목적으로 하는 운전과 수송의 공간이었으나, 미래의 자율주행차는 탑승자의 감성, 편의 안전을 공유하는 생활공간으로 변화하고 있다. 자율주행 차량은 주행방법 및 자동차 실내 환경에 직접적으로 큰 변화를 가져올 것으로 기대되며, 특히 완전자율주행 기술은 자동차 실내 공간의 구성, 이용 형태 및 라이프 스타일에도 큰 변화를 가져올 것이다. 이 때 실내 공간 구성에 가장 중요한 요소가 실내 조명이며 탑승자의 신체적/심리적 상태에 따라 적절한 조명을 제공하는 것이 매우 중요하다. 탑승자에 최적화된 실내 환경을 구현하기 위해 고도화된 감성인지기반 융합조명 기술이 필요하며, 본 연구에서는 자율주행차 실내공간 감성인자 규명 및 이를 적용한 실내 융합조명 모듈 및 제품을 개발하고자 한다.

후기

이 연구는 2025년 산업통상자원부 및 한국산업
기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임
(20019078)

규제샌드박스를 활용한 지역기반 신산업 지원모델: 경상북도 사례 분석 Developing a Regional Industrial Support Framework via Regulatory Sandboxes

*#정민재¹, 이종석¹, 박시찬¹, 장세인¹, 김주경¹

*#M. J. Joung(mjoung@gbtp.or.kr)¹, J. S. Lee¹, S. C. Park¹, S. I. Jang¹, J. K. Kim¹

¹(재)경북테크노파크 정책기획단

Key words : Regulatory Sandbox, New Industry, Corporate Support

*발표자, #교신저자

본 연구는 경상북도 규제샌드박스 운영 사례를 통해 지역 중소기업이 직면한 규제 애로를 분석하고 이를 해결하기 위한 지원 방안을 모색하였다. 특히 경북테크노파크의 제도 운영 및 기업 지원 역할에 주목하였다. 연구 결과는 지역 산업의 혁신성장과 규제개선 정책 마련에 시사점을 제공한다.

1. 서론

경상북도는 지역 산업구조의 고도화를 위해 다양한 신산업 분야에서 규제혁신을 추진해 왔다. 2019년 이후 중소벤처기업부의 규제자유특구 사업에서 전국 최다인 5개 특구(△차세대 배터리 리사이클링, △산업용 펌프, △스마트 그린물류, △전기차 무선충전, △세포 배양식품)를 지정받아 신산업 생태계의 기반을 구축하였다. 이를 통해 지역기업의 기술개발, 투자 유치, 고용 창출 등 실질적 성과를 거두고 있다.

4차 산업혁명의 진전에 따라 혁신기업들의 신제품·신서비스 수요가 증가하고 있으나, 기존 제도는 기술 발전 속도를 따라가지 못해 시장 진입에 제약이 있다. 이에 일정 기간 기존 규제를 유예하거나 면제하는 규제 샌드박스 제도가 신산업 육성의 핵심 수단으로 주목받고 있다. 해당 제도는 기업이 직접 정부 부처에 신청하며, 실증을 통해 규제의 타당성을 검토하고 제도 개선의 기반을 마련할 수 있다.

2. 경북지역 규제샌드박스 지원 필요성과 과제

지방 중소도시는 인구 감소와 산업 정체로 위기를 맞고 있으며, 이를 극복하기 위한 지역 주도의 신산업 발굴과 지원이 요구된다. 특히 규제로 인해 사업화에 어려움을 겪는 중소기업에게는 원스톱 방식의 제도 접근과 실질적 지원이 필요하다. 현행 제도는 신청부터 사후 관리까지 절차가 복잡해, 스타트업과 소기업에게 제도 접근 자체가 장벽으로 작용한다.

따라서 경북도는 단순한 특례 승인에 그치지 않고, 승인 이후 실증 단계에서 발생하는 다양한 애로를 해소하기 위한 기술, 법률, 마케팅 등 다방면의 맞춤형 지원을 제공해야 한다. 이는 기업이 빠르게 사업화를 추진하고 지역 산업 생태계의 역동성을 높이는 데 기여할 수 있다.

3. 경북테크노파크의 역할과 향후 방향

경북테크노파크는 신청부터 실증까지 전 주기적 서비스를 제공하며, 규제 검토, 기술 타당성 분석, 실증 설계 등을 통해 기업의 초기 진입을 지원하고 있다. 이를 통해 기업의 규제애로를 사전 해소하고 실증을 통한 시장 적용을 촉진한다.

또한 도내의 기업이 규제샌드박스를 적극 활용할 수 있도록 유도하고, 실증 이후 사업화 연계를 위해 판로 개척, 인허가 연계, 후속 투자 등 단계별 지원을 강화하고 있다. 현재까지 10개 기업이 최종 승인을 받아 실증을 완료하였으며, 지속적인 모니터링을 통해 개선 방향을 마련하고 있다. 이러한 체계적 지원은 경북의 신산업 경쟁력 강화와 지역 혁신 기반 구축에 실질적으로 기여하고 있다.

이러한 지속적인 지원은 단순한 제도 활용에 그치지 않고, 지역의 미래 신산업 경쟁력을 확보하는 밑거름이 되고 있다. 앞으로도 경상북도는 지역 중소기업이 제도적 제약을 넘어 도전과 실험을 거듭할 수 있도록 보다 정교한 지원체계를 마련해 나가야 할 것이다.

구두발표

특별세션 OS3-1

좌장 : 차승훈(경북테크노파크)

가상환경을 활용한 알루미늄 열간 압출 공정 최적화 및 성능 분석

Optimization and Performance Analysis of Aluminum Hot Extrusion Process Using a Virtual Environment

*박관형¹, #윤해룡¹, 조용준¹, 홍형길¹, 강민수¹, 장선호¹, 권태희¹, 최헌수¹

*Kwanhyung Park¹, #Haeyong Yun(hyyun@kiro.re.kr)¹, Yongjun Cho¹, Hyunggil Hong¹,

Minsu Gang¹, Seonho Jang¹, Taehee Kwon¹, Heonsoo Choi¹

¹한국로봇융합연구원 농업로봇자동화연구센터

Key words : Process Optimization, Aluminum Extrusion, Hot Extrusion, Process Simulation

경제 규모의 확대와 더불어 알루미늄 가공제품은 꾸준한 수요의 증가가 예상되며, 가공성, 경량성, 높은 열전도성, 무독성, 저온 특성, 재생 용이성, 연료 절감 및 환경오염 감소 등의 다양한 특성 때문에 그 사용 용도가 포괄적으로 증가하고 있다. 특히 차량 경량화를 위해 경량 비철금속을 도입하고 있는 차체 업계에서 고강도 알루미늄은 높은 관심을 받고 있다. 그러나 고강도 알루미늄 제작에 사용되는 열간 압출 공정의 경우 높은 에너지 소비, 금형 마모 및 수명 단축, 공정 속도 제한, 제품 치수 및 형상 제한 그리고 높은 설비 비용 등 여러 단점이 존재한다. 현재 산업계에서는 위의 문제를 최소화하기 위해 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 열간 압출 성형 공정의 생산성 개선을 위해 전체 압출 공정을 모델링하고 데이터 분석을 통해 공정을 최적화하는 연구를 진행하였다.

1. 서론

경제 규모의 확대와 더불어 알루미늄 가공제품은 꾸준한 수요의 증가가 예상되며, 특히 차량 경량화를 위해 경량 비철금속을 도입하고 있는 차체 업계에서 고강도 알루미늄은 높은 관심을 받고 있다. 그러나 고강도 알루미늄 제작에 사용되는 열간 압출 공정의 경우 높은 에너지 소비, 금형 마모 및 수명 단축, 공정 속도 제한, 제품 치수 및 형상 제한 그리고 높은 설비 비용 등 여러 단점이 존재한다. 현재 산업계에서는 위의 문제를 최소화하기 위해 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1,2]

본 연구에서는 알루미늄 열간 압출 성형 공정의 생산성 개선을 위해 압출 공정을 가상환경에서 구현하여 가상환경에서 각 공정의 최적 조건을 분석하여 공정 최적화를 진행하였다.

2. 공정 분석 및 가상환경 구현

기존 알루미늄 압출 공정을 분석하기 위해 상용 공정의 자료를 참고하여 가상환경에서 레이아웃을 작성하였다.

다음 핵심공정인 압출 성형공정의 수집된 데이터를 분석 연구하여 공정의 최적 조건을 찾아 공정 최적화를 진행하였다.

3. 결론

본 논문에서는 열간 압출 성형 공정의 가상환경 구현과 데이터 분석을 통해 공정 최적화를 수행하였다. 추

후 연구에서는 알루미늄 소재 물성치에 따른 열간 압출 공정 데이터를 분석하고 가상환경에서 공정 스케줄을 연동하여 소재별 공정의 최적화 분석을 수행할 예정이다.

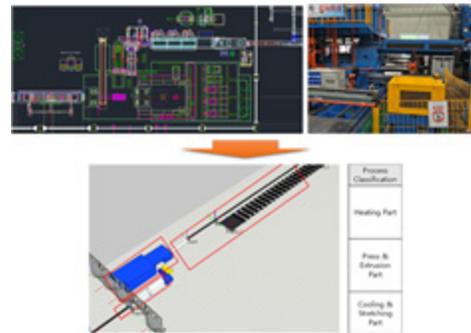


Fig. 1 Build Virtual Environment Layout of Extrusion Process

후기

본 결과물은 본 결과물은 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 연구되었음(RS-2024-00405428, 충돌성능 향상을 위한 고에너지 흡수 소재 및 부품 제조기술개발)

REFERENCES

Choi, S. H., "A Study on the Optimization Techniques Using Simulation," engineering technology research, Vol. 2004 No. 1, pp. 1-17, 2004.

금속 적층제조 적용 차체 핫스탬핑 금형 개발을 위한 연구

A Study on the Development of Metal Additive Manufacturing Applied Car-Body Hot Stamping Dies

*#박성진¹, 서종덕¹

*#Sungjin Park(sjpark92@shym.co.kr)¹, Jongduck Seo¹

¹(주)신영

Key words : Metal Additive Manufacturing, Hot Stamping Dies, Car-Body

*발표자, #교신저자

차체 경량화는 소재 변경과 초고강도화가 주요하다. 스틸의 경우 기존 냉간 프레스 성형공정에서 고강도화 공정 변경으로 증가하는 추세이다. 핫스탬핑 공정은 스틸 블랭크를 가열 후 성형과 동시에 급랭하여 1.5GPa강도와 경량화 부품을 제작한다. 핫스탬핑 금형은 기존 건드릴로 냉각채널을 가공하여 일부 냉각 불균형에 따른 치수 변형을 초래하는데, 적층 제조 공정을 적용하게 되면, 균일 및 고속 냉각이 가능하다. 해석을 통한 최적화와 시제품 제작으로 비교하였다. 또한 1.5GPa급 부품은 프레스 전단이 어려워 레이저 전단을 적용하고 있으며 생산성이 매우 떨어진다. 전단공정에도 적층제조 적용 프레스 금형 개발을 연구 중에 있다. 시작품 수준의 적층제조 적용 연구를 진행하였으며, 양산을 위한 추가연구가 필요하다.

전산해석 기반 전기차 PDA 설계 분석 연구

A study on the Design Analysis of Electric Vehicle PDA based on CAE

*이찬희¹, 차승훈¹, 권익진², 용경중²
 *C. H. Lee¹, S. H. Cha¹, K. J. Yong², K. J. Yong²
¹경북테크노파크 미래차부품기술센터, ²(주)일진

Key words : Automatic Door Closure, Actuator, Door System, Structural analysis

최근 미래자동차 시장에서 단순 운송 수단 개념을 넘어 운전자를 포함한 탑승자의 안전과 편의 개선에 기여하는 기술이 주목받고 있다. 이러한 미래자동차 부품기술은 안전과 편의가 동시에 고려되어야 하며, 전기자동차의 전동도어 기술 적용에 있어 지능적 능동 개폐 및 안전 감지 작동 기술이 필수적이다. 전동 도어 액츄에이터 시스템을 적용함에 있어 통합 제어기 및 센싱 기술 등이 필요하며 특히 작동과 비작동에서의 안전성 확보가 중요하다. 본 연구에서는 전기차 전동 도어 액츄에이터의 설계를 위해 전산해석 기반 구조강도 분석 및 액츄에이터 작동력 분석을 진행하고 설계 데이터를 확보하였다.

1. 액츄에이터 모듈 구조해석

도어 액츄에이터 설계를 기반으로 구조해석 모델링을 하였으며, 각 부품별 물성치와 접촉조건을 선정하여 적용하였다. 하중조건은 액츄에이터 과부하 시험조건을 반영하여 적용하였으며, 브라켓 부착부를 고정하고 스크류에 과부하 하중으로 구조해석을 진행하였다. 각 부품에 대한 단품단위와 모듈단위에서의 구조취약부를 분석하였다.

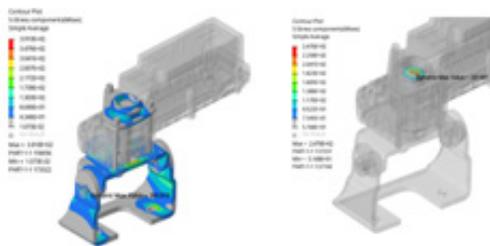


Fig. 1 Actuator structural analysis

2. 액츄에이터 작동시 하중 분석

실제 도어 작동 시 필요한 액츄에이터 작동력 분석을 위해 도어와 도어 액츄에이터 작동 링크 모델 단순화 및 좌표변환을 통해 해석모델을 작성하였다. 도어 액츄에이터의 리드 스크류 작동 조건을 입력으로 하여 도어의 모션과 리드스크류 작동력을 분석하였다.

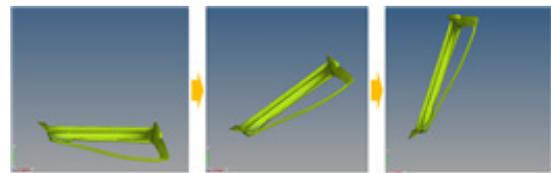


Fig. 2 modeling for dynamic analysis

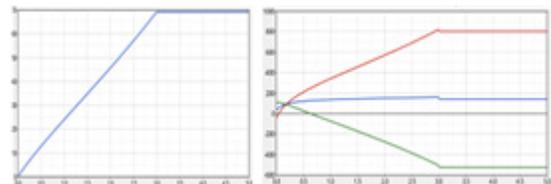


Fig. 3 gradient condition

3. 결론

과부하 구조해석을 통해 도어 액츄에이터 부품별 취약부 분석을 진행했으며, 구조해석 결과를 바탕으로 부품의 두께 선정을 위한 데이터를 확보하였다. 또한 도어 액츄에이터 동해석을 통하여 도어의 닫힘 상태에서 완전 열림 상태까지의 동작과 액츄에이터 작동력을 분석하였으며, 액츄에이터의 모터 사양 선정 및 제어조건 선정을 위한 연구를 수행하였다.

후기

본 연구는 자동차산업기술개발사업의 R&D과제(과제번호 : 20020779)의 지원으로 진행되었습니다.

xEV 와이어링 하니스 그로멧의 사출해석 기반 형상 검토 연구

A Study on the Geometry Evaluation of xEV Wiring Harness Grommets Based on Injection Molding Analysis

**김중희¹, 이찬희², 최준진²

*Joong Hui Kim(kimjh@gbtp.or.kr)¹, Chan Hee Lee², Jun Jin Choi²

^{1,2} 경북테크노파크, ² 경립테크(주)

Key words : Injection Molding Analysis, Defect Reduction, Grommet, Wiring Harness, xEV

*발표자, #교신저자

전기차 시장의 확대와 더불어 차량 내부의 전장 시스템이 고도화됨에 따라 와이어링 하니스의 구성 역시 복잡하고 다양해지고 있다. 이에 와이어링 하니스 제조업체에서도 하니스 구성 부품인 그로멧의 내재화를 추진할 필요성이 있다. 본 연구에서는 와이어링 하니스 그로멧의 사출성형 시 발생하는 제품 불량 문제를 해결하기 위해 Moldflow 해석을 기반으로 사출 조건 최적화 및 성형 기술 정립을 목표로 한다. 제한된 설비 조건 하에서 반복적으로 발생하는 불량 및 변형 문제를 개선을 목표로 하였으며, 해석에서는 충전 해석을 중심으로 사출압력, 용융 온도, 사출속도, 냉각시간 등 주요 공정 조건을 변수로 설정하여 제품 품질에 미치는 영향을 분석하였다.

후기 본 연구는 중소기업기술혁신개발(R&D) “전기차용 다품종 와이어링 하니스 및 공정 시스템 개발(RS-2023-00277432)” 과제에 지원을 받아 수행되었습니다.

친환경 모빌리티를 위한 알루미늄 압출재의 탄소 저감 효과와 기술적 가능성 Carbon Reduction Potential and Technological Feasibility of Aluminum Extrusions for Eco-Friendly Mobility

*#한종대¹, 서창환¹, 이광민¹, 장학범¹, 김세화¹

*, #Jong Dae Han(jdhan@alus.kr)¹, Chang Hwan Seo¹, Gwang Min Lee¹,

Hak Beom Jang¹, Se Hwa Kim¹

¹알루스(주)

Key words : Aluminum extrusion, low-carbon, Resource recycling, Eco friendly car

*발표자, #교신저자

기후 변화 대응과 지속 가능한 이동수단 개발이 글로벌 자동차 산업의 핵심 과제로 부상함에 따라, 친환경 경량 소재에 대한 수요가 급증하고 있다. 본 연구에서는 차량 구조 부품에 알루미늄 압출 기술을 적용함으로써 기대할 수 있는 탄소 배출 저감 효과와 자원 효율성 개선을 중심으로 분석하였다.

알루미늄은 우수한 재활용성 및 강도 대비 낮은 중량으로 인해 차량 경량화에 효과적이며, 이에 따라 주행 중 연료 소비 및 온실가스 배출 저감에 크게 기여할 수 있다. 특히 알루미늄 압출 공정은 정밀하고 다양한 단면 설계를 가능하게 하여 구조적 효율성과 친환경성을 동시에 달성할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 그러나 알루미늄 생산 과정에서 Primary Ingot 1톤당 약 탄소배출량 16.5~16.6 톤의 탄소가 배출되므로, 친환경 소재로 활용되기 위해서는 Primary Ingot 사용량의 저감이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 Primary Ingot의 사용을 최소화하고 스크랩 사용량을 증가시킨 알루미늄 빌렛을 제조한 후, 그에 따른 기계적 특성을 분석하였다. 이를 통해 탄소 배출량이 감소된 친환경 알루미늄 제품을 차량 구조 부품에 적용할 경우의 기술적 실현 가능성과 친환경적 이점을 제시하였으며, 전기차 및 수소차와 같은 미래 모빌리티 분야에서의 확대 적용 가능성도 함께 논의하였다.

후기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00405428)

구두발표

특별세션 OS4-1

좌장 : 김태규(조선대)

오리가미 우주 실드 복합재의 우주환경시험평가 Origami Space Shield Composite Structures

*#차지훈¹

*#Ji-Hun Cha(space_composite@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 항공우주공학과

Key words : Origami Composite, Space Environment, Space Shield

*발표자, #교신저자

제안된 오리가미 복합재는 수소 함량이 높은 벤조옥사진 고분자와 초고분자량 폴리에틸렌 섬유를 활용하여 높은 우주방사선 차폐 성능과 우수한 우주파편 차폐 성능을 구현한다. 저온 경화 맴브레인과 고온 경화 리지드 패킷을 동일 매트릭스로 접합해 정밀한 오리가미 구조를 구현하였다. 오리가미 복합재의 굽힘부에 폴리이미드 보호층을 도입하여 원자산소와 같은 유해 우주환경에 의한 질량 손실을 줄이고 우주 환경 저항성을 강화하였다. 기존 우주재료 대비 우수한 우주방사선 차폐 및 우주파편 차폐 성능을 유지하며, 태양 복사 차폐 기능도 제공하는 다기능 오리가미 복합재가 제안되었다.

1. 본론 및 결론

오리가미 구조는 제한된 발사체 페이로드 부피에서 효율적으로 변형할 수 있어, 태양전지판, 우주 돛, 안테나 구조, 전개 가능한 붐 등에 활용되고 있다. 그러나 현재까지는 이러한 오리가미 구조를 활용한 차폐 구조는 주로 태양 복사열을 차단하는 데 집중되었으며, 미세 유성체 및 궤도 잔해(MMOD), 우주 방사선, 태양 복사열 등 다양한 위험 요소를 모두 차폐할 수 있는 복합재에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

이 연구에서는 우주 방사선, MMOD, 태양 복사열을 동시에 차폐하면서 우주 환경 저항성을 동시에 갖춘 다기능 오리가미 복합재를 제안하고 있다. 이 복합재는 초고분자량 폴리에틸렌(PE) 섬유와 수소가 많이 함유된 벤조옥사진(HRB) 폴리머를 적용하였다(Fig. 1A). PE 섬유는 높은 우주 방사선 차폐 및 고강도 섬유로서 높은 방탄 성능을 제공하며, HRB는 우주 방사선 차폐에 특히 뛰어난 성능을 가진 열경화성 폴리머로, 이 두 가지 재료를 결합함으로써 우수한 방사선 차폐 성능과 우주파편 차폐를 동시에 실현할 수 있었다.

제안된 오리가미 복합재는 1층의 PE/HRB로 제작된 유연한 membrane(Fig. 1B)과 4층의 PE/HRB로 제작된 rigid facet(Fig. 1C)을 HRB로 결합하여 제작된다. 이러한 제작 과정은 각각의 요소에 최적의 경화 방법으로 제작할 수 있으며, membrane과 rigid facet의 층간 결합력을 높이고, 복잡한 형상을 정밀하게 구

현할 수 있는 장점이 있다. 오리가미 복합재의 유연부는 굽힘 거동에 의해 미세 크랙이 발생할 수 있으며, 우주 환경에 노출되었을 때 원자 산소에 의한 표면 침식이 가속화될 수 있다. 이를 해결하기 위해 polyimide 보호층을 membrane에 추가하여 우주 환경 저항성을 높일 수 있는 구조가 제안되었다. 이 필름은 얇고 유연하여 굽힘 시 에너지 축적을 방지하고, 막과 강성 부분 사이의 결합력을 유지하도록 membrane과 rigid facet 사이에 결합된 구조가 제안되었다.

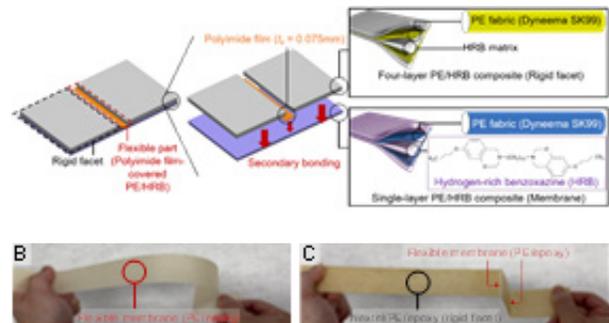


Fig. 1 Origami Space Shield Composite Structures

우주환경모사장비를 이용한 우주환경 시험을 통해, polyimide 커버가 있는 PE/HRB는 polyimide 커버가 없는 PE/HRB에 비해 총질량손실율(TML)이 약 70-80% 감소한 것으로 나타났다. 따라서, polyimide 커버를 오리가미 복합재에 적용함으로써 우주환경 저항성을 증가시킬 수 있었다.

A Study on Hydrodynamic Model and Anomaly Detection of Torpedo-Shaped Autonomous Underwater Vehicle

Gebrewold Teklay¹, *Sunghun Jung(jungx148@chosun.ac.kr)¹

¹ Faculty of Smart Vehicle System Engineering, Chosun University, Dong-gu, Gwangju 61452, South Korea

Key words: Autonomous Underwater Vehicle, Torpedo-Shaped, Anomaly Detection, SOC and SOH Estimation, AUV Control

This study investigates the hydrodynamic modelling, development of control system and anomaly detection of torpedo-shaped autonomous underwater vehicles (AUVs). Accurate hydrodynamic models are critical for predicting the vehicle's performance in different aquatic environments, influencing control, navigation, and stability. This research develops a comprehensive hydrodynamic model that incorporates factors such as flow dynamics, energy management, and propulsion efficiency for torpedo-shaped AUVs. Furthermore, the study explores anomaly detection techniques to identify and address potential malfunctions or outliers in the vehicle's performance to ensure safe and reliable operation. Using advanced machine learning algorithms, the model is tested for real-time anomaly detection, which can enhance operational efficiency and reduce risks associated with AUV missions. The findings offer valuable insights into the design, control, and monitoring of torpedo-shaped AUVs, contributing to the advancement of autonomous underwater technologies.

1. Introduction

In recent years, AUVs particularly torpedo-shaped models, are increasingly employed in a variety of underwater applications such as deep-see exploration, pipeline and structures inspection, oil and gas exploration, searching for missing aircraft, testing quality of ocean water, laying underwater cables etc. However, the operation of unmanned underwater vehicles (UUV) in a highly volatile environment remains challenging. Besides, energy management system and endurance improvement of this vehicle remains a hot research area.

2. Motivation

The study presents an approach for (1) conducting hydrodynamic optimization, (2) analysis of battery cell and equipment anomaly detection, (3) develop robust and adaptive control system and (4) estimation of battery SOC and SOH for the torpedo-shaped AUVs as shown in Fig 1. General AUV has 6DOF and the respective kinematics and dynamics modelling are utilized below.

$$\dot{\eta} = J(\eta)v \tag{1}$$

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + g(\eta) = \tau_m + \tau_d \tag{2}$$

Where: -

M is inertia matrix (including added mass)

C(v) is matrix of Coriolis and centripetal terms (including added mass)

D(v) is damping matrix

g(η) is vector of gravitational forces and moments τ

is vector of control inputs

τd is vector of forces and moments induced by environmental disturbances including ocean currents, waves and wind

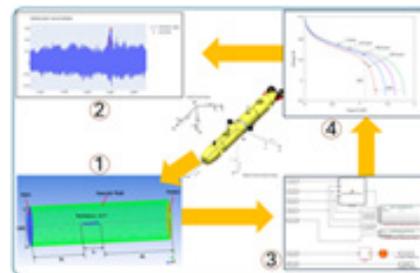


Figure 1. Scope of the Study

References

1. Bae I, Hong J. Survey on the Developments of Unmanned Marine Vehicles: Intelligence and Cooperation. *Sensors*. 2023; 23(10):4643. <https://doi.org/10.3390/s23104643>
2. Feijun Song, P. E. An and A. Folleco, "Modeling and simulation of autonomous underwater vehicles: design and implementation," in *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 28, no. 2, pp. 283-296, April 2003, doi: 10.1109/JOE.2003.811893

모터와 기어의 결합체 Magsplit

Magsplit: A Combined Motor-Gear System

*하태윤¹, #박의종¹

*TaeYun Ha¹, #Eui Jong Park(parkej21@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 항공우주공학과

Key words : Magsplit, Motor, Gear, Non-contact

*발표자, #교신저자

최근 전기자동차의 안전성 문제가 제기되며 하이브리드 차량에 대한 관심이 증가하고 있다. 하이브리드 차량의 핵심 요소인 파워 분할 장치(PSD)는 내연기관 출력을 기계적 및 전기적 동력으로 분할하지만, 기계적 마찰 및 마모로 인한 유지보수의 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 비접촉식 동력 전달 방식인 마그네틱 기어와 모터가 통합된 Magsplit이 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 Magsplit의 구조, 작동원리, 기어비등을 분석하였다.

1. 서론

최근 전기자동차의 안전성 문제가 대두되며, 이에 대한 관심이 다소 감소한 반면 하이브리드 차량에 대한 수요가 증가하고 있다. 하이브리드 차량의 핵심 요소 중 하나인 파워 분할 장치(PSD)는 내연기관에서 발생한 출력을 기계적 동력과 전기적 동력으로 분할하는 기능을 수행하며, 일반적으로 모터와 유성기어로 구성된다. 그러나 기어 구조의 특성상 마찰 및 마모로 인한 유지보수 문제가 발생하는 한계가 존재한다.

이를 해결하기 위해 최근 비접촉식 동력 전달 방식인 마그네틱 기어와 모터를 결합한 Magsplit이 주목받고 있다. Magsplit은 소형 경량 구조, 높은 효율, 그리고 전자적 기어비 제어 등 기존 PSD 시스템의 단점을 보완할 수 있는 장점을 갖추고 있어 다양한 전동 기어 시스템에서의 활용 가능성이 높다.

따라서 본 연구에서는 Magsplit의 구조와 작동 특성과 기어비 제어에 대해 분석하고자 한다.

2. Magsplit의 구조 및 특성

Magsplit의 구성 요소는 Fig. 1에 나타나며, PM rotor, Pole-piece rotor, AC winding Stator로 구성된다.

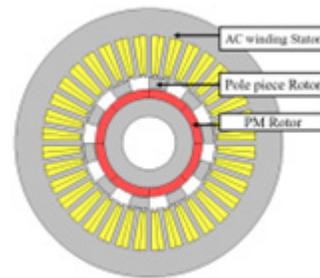


Fig. 1 Magsplit

$$P_{pm} \omega_{pm} + 60 \cdot f = n_{pp} \omega_{pp} \quad (1)$$

식(1)은 Magsplit의 회전속도 식이다. ω_{pm} , ω_{pp} 는 각각 PM rotor의 회전속도, Pole-piece rotor의 회전속도를 나타내며, P_{pm} 은 PM의 극 쌍수, f 는 주파수, n_{pp} 는 Pole piece의 개수를 나타낸다.

식(1)에서 알 수 있듯 f 가 바뀌게 되면 ω_{pp} 의 속도 또한 바뀌게 되어 속도비가 변하게 된다. 이를 통해 기어비 변환이 가능하게 된다.

3. 결론

본 연구에서는 마그네틱 기어와 모터가 통합된 비접촉식 동력 전달 장치인 Magsplit의 구조, 작동원리, 기어비 제어를 분석하였다. 향후 Magsplit 시스템의 제작을 통해 문제점을 분석하고 개선해 나갈 것이다.

ECSP(전기제어 고체 추진제) 개발 현황 ECSP(Electrically Controllable Solid Propellant) Development Status

*황진하¹, #김태규¹

*Jin Ha Hwang¹, #Tae Gyu Kim(taegy@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 항공우주공학과

Key words : Electrically Controllable Solid Propellant, Space Propulsion System Thrust Level Control

*발표자, #교신저자

ECSP는 전기 에너지를 이용해 점화, 소화 및 추력 조절이 가능한 차세대 고체 추진제이다. 조선대학교 로켓 추진실험실에서는 ECSP의 특성을 활용한 소형 추력기 개발을 진행 중이며, 본 논문에서는 ECSP 기반 추력기의 연소시험 결과를 바탕으로 현재까지의 설계 및 제작, 성능 분석 결과를 종합적으로 제시하였다. 또한, 해당 기술을 향후 우주 추진 시스템에 효과적으로 적용하기 위한 연구 방향성과 기술적 과제를 함께 논의하였다.

지상 도킹 실험을 통한 Fiducial marker의 상태 추정 성능 비교
Comparison of State Estimation Performance of Fiducial Markers
through Ground Docking Experiments

***진선화¹, #이현재¹, 남동현¹**

***Seon Hwa Jin¹, #Henzeh Leeghim¹, Dong Hyeon Nam¹**

¹ 조선대학교 항공우주공학과

Key words : Fiducial marker, Vision based State Estimation, Ground Docking Experiment

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 fiducial marker에 따른 상대 물체 상태 추정 성능을 비교하였다. 실제 우주에서의 도킹 상황 중 대상이 협조적 타겟임을 가정하고 마커를 부착하여 도킹 실험을 진행하였으며 그 결과를 성능 비교에 활용하였다. 이때 여러 fiducial marker 중 흔히 사용되는 ArUco marker와 AprilTag 등을 비교 대상으로 채택하였다. 마커 인식 과정에서는 PnP, P3P, EPnP 등의 솔버 알고리즘을 적용해 가장 적은 오차를 보이는 알고리즘으로 상태 추정을 진행하였다.

구두발표

특별세션 OS5

좌장 : 최성대(국립금오공대)

PBT 수지의 어닐링 조건이 접합강도에 미치는 영향에 관한 연구 A Study on the Effect of Annealing Conditions on the Adhesion Strength of PBT Resin

*김문수¹, 서성철², #최성대³

*M. S. Kim¹, S. C. Seo², #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)³

¹ 국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ² 삼성전자, ³ 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : PBT, Annealing, Adhesion, Tensile strength, ANOVA

*발표자, #교신저자

In the study, Polybutylene Terephthalate (PBT), a semi-crystalline thermoplastic, was utilized for insert injection molding followed by annealing to enhance crystallinity, heat resistance, and dimensional stability. Additionally, the process aimed to stabilize electrical properties in its crystalline state. Annealing temperatures were set in four stages with three durations each to measure tensile strength. Statistical analysis was conducted to determine the validity of these results. According to the ANOVA results, the P-value for the interaction between annealing temperature and time was 0.952, indicating that the interaction was not statistically significant. This suggests that the combination of temperature and time does not significantly impact tensile strength. In scenarios without interaction, the tensile strength at each temperature level is expected to show a parallel line trend over time, whereas significant interactions would cause the lines to intersect or display a steep gradient, indicating a combined effect on tensile strength.

후기 본 연구는 2025년도 국립금오공과대학교 교수연구년제에 의하여 연구된 내용입니다.

순번	Case	어닐링 조건		접합강도(각 10회)			Rank
		온도	시간	평균	분산	표준편차	
1	A	100	30	20.6	21.8	4.7	5
2	B	100	60	22.5	5.8	2.4	3
3	C	100	90	20.9	18.2	4.3	4
4	D	130	30	17.7	11.2	3.3	11
5	E	130	60	18	19.7	4.4	10
6	F	130	90	22.7	9.7	3.1	1
7	G	150	30	19.9	37.7	6.1	6
8	H	150	60	19.5	27.4	5.2	9
9	O	150	90	16.9	43	6.6	12
10	P	170	30	22.6	4.9	2.2	2
11	Q	170	60	19.5	8.3	2.9	7
12	S	170	90	19.5	7.2	2.7	8

Table 1 Key statistical values of experimental results according to annealing conditions

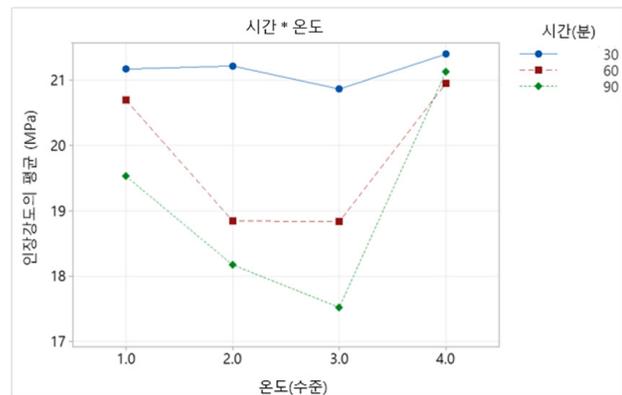


Fig. 1 Interaction effects of annealing temperature and time on tensile strength

구동 바퀴 배치를 위한 AGV 모델 설계 Design of AGV Model for Drive Wheel Arrangement

*김성현¹, #최성대²

*S. H. Kim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)²

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²국립금오공과대학교 기계시스템공학부

Key words : AGV, Caster and Drive Wheel Position, Analyze

*발표자, #교신저자

Factory automation is in progress according to the advancement of the industry. Accordingly, the development and demand for AGVs that can load and transport goods to a user's desired location without human control have increased, which also includes domestic demand. However, in the case of AGVs, small AGVs used in restaurants account for most of the products that are produced and sold in Korea, and large AGVs corresponding to high weight rely on foreign products. Therefore, this study aims to obtain experimental results by creating a simple AGV model consisting of a frame, drive wheel, and control device for the arrangement of drive wheels during large-scale AGV research.

The driving is performed by changing the arrangement of the driving wheels through the AGV model. Through this, it is intended to experimentally derive a wheel speed ratio that can be driven without a phenomenon such as a wheel being dragged according to the arrangement of the driving wheels.

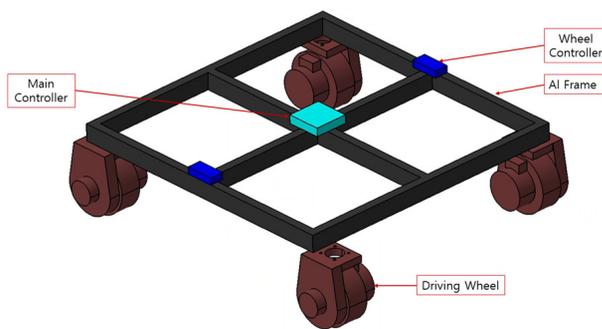


Fig. 1 Geometry of AGV Model_1

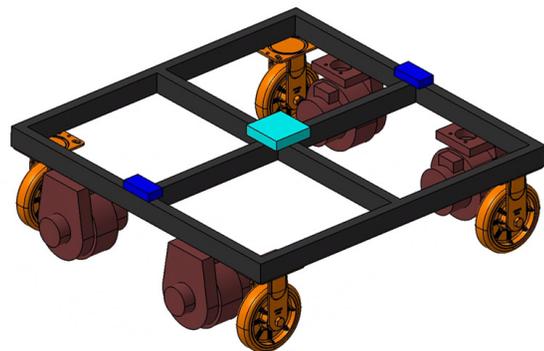


Fig. 3 Geometry of AGV Model_3

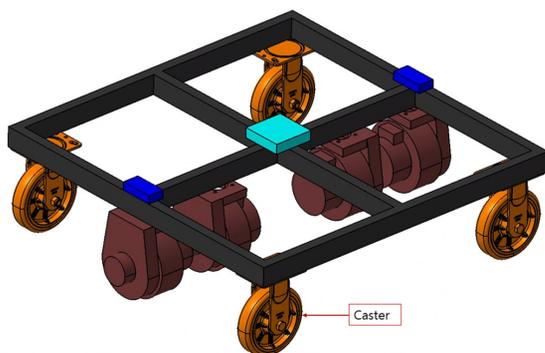


Fig. 2 Geometry of AGV Model_2

공유형 배터리 충전 스테이션의 배터리 팩 안전배출 구조설계 Design of Emission Structure for Safety Battery Packs in Shared Battery Charge Station

*김성현¹, #최성대¹, 유기봉², 백석호³, 이행석⁴

*S. H. Kim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)¹, G. B. Ru², S. H. Baek³, H. S. Lee⁴

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²CTNS, ³U Motors, ⁴경북자동차임베디드연구원

Key words : Shared battery, Emission structural design, Charge station battery

*발표자, #교신저자

Shared battery charging systems for electric two-wheeled vehicles (scooters) are becoming widespread. However, devices to prevent fires in battery packs inside the charging system when thermal runaway occurs in the battery pack are still underdeveloped. Therefore, in this study, a mechanism for smooth discharge of the battery pack was established and a drop motion analysis of the battery pack was conducted to ensure that the battery pack is discharged and accurately dropped into a tank where extinguishing fluid is sprayed. This study is expected to contribute to the design of an effective discharge and fire prevention system when thermal runaway occurs in the electric two-wheeled vehicle battery pack by providing basic data for the construction of a safe and reliable shared battery charging system.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신클러스터육성사업(과제번호: P0025724)으로 수행된 연구임

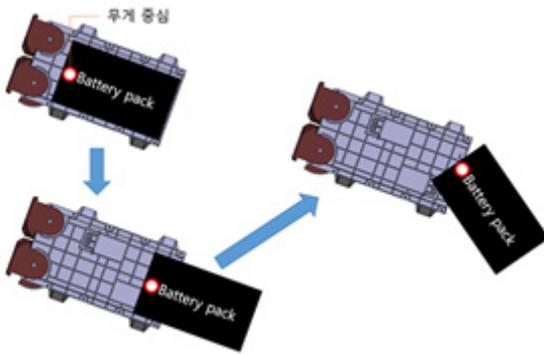


Fig. 1 Front center of gravity battery ejection separation motion simulation



Fig. 2 Rear center of gravity battery ejection separation motion simulation

흡착식과 파지식을 결합한 다기능 변환형 로봇 그리퍼 개발 Development of Multifunctional Transformable Robot-gripper Combining Suction and Gripping

*김성민¹, #최성대², 이승현³

*S. M. Kim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)², S. H. Lee³

¹ 금오공과대학교 산업대학원 기계공학과, ² 금오공과대학교 기계시스템공학과, ³ (주)디오시스

Key words : Robot-gripper, End effector, Grasp force

*발표자, #교신저자

Recently, as the manufacturing industry changes to small-quantity, multi-variety production, efficient work is required in the automated process using robots. Accordingly, the need for a multi-functional robot gripper that can minimize tool replacement and perform various tasks is increasing. This study aims to develop a multi-functional robot gripper that combines suction and gripping. To this end, the gripper is designed and analyzed, and its performance is verified through simulation. In addition, the gripper's efficiency, stability, and applicability will be evaluated through gripping force performance tests based on international standards.

1. 서론

본 연구는 빠르게 변화 중인 제조 현장에서 적용 가능한 다기능(진공 흡착, 부족형 파지) 변환형 로봇 그리퍼를 개발하고, 이를 통해 다품종 소량생산 환경에서도 로봇의 유연성과 효율성을 극대화할 수 있는 로봇 시스템 구축을 목표로 한다.

2.2. 실험 및 고찰

개발된 로봇 그리퍼의 파지 성능을 평가하기 위해, 국제 표준인 ISO/DIS 18646-3(Robotics-Performance criteria and related test methods for robots)에서 제시하는 파지 시험 방법을 통해 파지력 및 안정성 등을 실험적으로 분석한다.

2. 그리퍼 설계

2.1. 그리퍼 구조 설계

다기능 변환형 로봇 그리퍼의 설계를 통해 흡착식과 부족형 파지식 그리퍼의 장점을 결합하며, 세 개의 조(3-Finger)가 120°, 180° 모드 전환형 구조로 직사각형, 원판형, 구형 등 다양한 물체에 대응할 수 있는 최적화된 구조를 도출한다.

Table 1 Gripping Mode

Mode	Suction	Grasp
120°		
180°		



Fig. 1 Robot grasp testing machine

3. 결론

다양한 물체를 핸들링하기 위하여 개발된 ATC (Auto Tool Changer)보다 공정의 Cycle Time을 대폭 줄여줄 것이며, 일반 부족 구동형 파지식 그리퍼보다 폭 넓은 형상의 물체를 그립 가능할 것으로 기대됨.

제조분야별 대기업의 품질검사기준 분석

Analysis of Quality Inspection Standards of Major Companies by Manufacturing Sector

*임진호¹, #최성대²

*J. H. Lim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)²

¹국립금오공과대학교 산업대학원 기계공학과, ²국립금오공과대학교 기계시스템공학부

Key words : Quality Management System

*발표자, #교신저자

Adopting a quality system based on the ISO 9001 standard has become a necessity, not an option. In the case of small and medium-sized manufacturing companies, the items that require priority management may differ depending on which medium-sized or large companies in which industry will use the goods they produce, i.e., who the user is. This study aims to build a quality system for small and medium-sized manufacturing companies that can flexibly respond to the quality inspections of such large companies.

In this study, we investigated and organized the industry-specific quality inspection items of large companies in order to build a quality system for small and medium-sized manufacturing companies. In the future, we plan to inspect the management status of SMEs with respect to the quality inspection items, and based on the results of this, we plan to create a quality system that can flexibly respond to industry-specific quality inspection items.

Table 1 Classification of quality audition items by large manufacturing companies

No.	Item	Evaluation Items		Notes
		Major Category	Sub Category	
1	Electronics	14	41	
2	Automotive	5	27	
3	Defense	9	29	
4	Aerospace	7	34	
Total		35	131	

Table 2 Classification of quality audition items by similar items

No	Item	Evaluation Items				Notes
		E	AM	D	AS	
1	Quality Operation	○	○	○	○	4
2	Record Management	○	○	○	○	4
3	Process Management	○	○	○	○	4
4	Inspection and Testing	○	○	○	○	4
5	Non-conformance Management	○	○	○	○	4
6	Equipment Management	○	○	○	○	4
7	Measuring Instrument Management	○	○	○	○	4
8	Material Management	○		○	○	3
9	Development Management	○	○	○		3
10	Change Management	○	○	○		3
11	Partner Management			○	○	2
12	Factory Environment/Facilities		○	○	○	3
13	Special Items			○	○	2
Total		10	10	13	11	44

알루미늄 소재 초음파 선삭가공의 절삭 시뮬레이션에 관한 연구 Study on Cutting Simulation of Ultrasonic Turning of Aluminum Materials

*이태호¹, #최성대¹, 최현진²

*T. H. Lee¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)¹, H. J. Choi²

¹금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²(주)원셀로보

Key words : Aluminum material, Ultrasonic processing, Cutting simulation, Turning

*발표자, #교신저자

Ultrasonic Assisted Turning (UAT) is a machining process that changes the cutting geometry and cutting energy by applying a specific frequency and amplitude to a lathe tool. In a previous study, a factor analysis was performed that reflected UAT in the two-dimensional analysis of AdvantEdge, and it was inferred that UAT can affect chip formation and behavior through a study on surface roughness and cutting force for two types of grades (SM45C, Ti64). This paper aims to predict the chip crushing ability of UAT through the analysis of AdvantEdge to optimize the formation of continuous chips and built-up edges that can easily occur in turning of aluminum grades, and to derive major factors and trends

1. 서론

초음파 선삭 가공(Ultra Sonic Assisted Turning, UAT)은 선반 공구에 진동을 부여하여 절삭 에너지와 칩 형성 거동을 변화시켜 가공 최적화 공정이다. 기존 연구에서는 2종의 재종(SM45C, Ti64)에 UAT가 칩 생성에 영향을 준다는 점이 확인되었으며, 본 연구는 알루미늄 소재에서 발생하는 연속형 칩 문제를 개선하고자 UAT 기반의 절삭 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 절삭 시뮬레이션

절삭 시뮬레이션은 AdvantEdge 2D 해석 솔버를 활용하여 칩 브레이커 유무를 기준으로 구분하고 피드, 속도, 진폭, 주파수, 진동 방향을 변수로 설정하여 다구찌 실험계획법을 통해 설계하였다. 칩 절단 능력 평가는 절단된 칩의 개수(Numb. of chips), 칩 두께(Chip thickness), 칩 컬의 반경(Radius of chip curl)에 따라 이를 기반으로 칩당 가공길이를 산출하여 칩 분쇄 성능을 비교하였다. 또한, 칩형상, 표면 거칠기, 칩 비산여부 등은 소성변형분포와 칩형태 분석을 통해 정량 및 정성적으로 평가하였다. 해석 기준은 칩이 완전히 절단되었는지를 판단하는 폐곡선 형상 형성 여부와 칩 내 소성 변형률이 임계값(7 이상)을 초과하는지를 바탕으로 하였으며 이를 통해 절삭 조건과 칩 브레이커의 상호작용에 따른 칩 분쇄 메커니즘의 경향성과 유의 인자를 체계적으로 도출하였다.

3. 결론

알루미늄 소재에 대한 UAT 기반 절삭 시뮬레이션 정량적 분석 결과, 칩 절단 성능에 가장 큰 영향을 주는 인자는 피드이며, 피드가 작을수록 절단 성능이 향상되었다. 칩 브레이커가 있을 경우에는 피드 방향(Y축) 진동이 표면 품질에 부정적 영향을 주었고, 칩 브레이커가 없을 경우 진폭 및 주파수의 영향이 두드러졌다. 칩 비산은 주로 절삭 속도 방향(X축) 진동에서 발생하였다. 따라서, 공구 특성과 가진 조건을 통합 고려한 UAT 공정 설계의 필요성을 시사하고 있다.

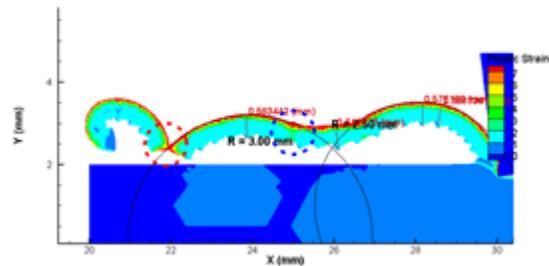


Fig. 1 Chip on Plastic Strain Distribution

REFERENCES

1. H. J. Choi, D. H. Kim., "A Study on the Cutting Analysis of Ultrasonic Turning of Titanium Materials" Proceedings of the KSMPE Autumn Conference, pp.55, 2022.

구두발표

특별세션 OS6

좌장 : 육세진(한양대)

환형 구조물을 이용한 히싱크 방열 효과 개선에 관한 연구

Heat Dissipation Performance Improvement of a Heatsink Using Annular Structures

*강현민¹, #육세진¹

*Hyeon-Min Kang¹, #Se-Jin Yook(ysinuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : Heat Sink, Design Optimization, Thermal Resistance

*발표자, #교신저자

전자기기의 발전과 함께 전력 소비량 증가 문제가 대두되고 있다. 전력 소비 증가로 인해 전 세계적으로 지구 온난화와 같은 환경 문제가 심화되고 있으며, 이는 시급히 해결해야 할 중요한 과제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 고효율 전자기기 연구가 활발히 진행되고 있다. 전자기기의 전력 소비량과 효율 저하의 주요 원인 중 하나는 발생하는 열이며, 이를 효과적으로 방열하기 위해 히싱크가 사용된다. 특히, LED 조명의 경우 방열 효과를 극대화하기 위한 다양한 히싱크 형상이 연구되어 왔다. 방열 효율을 높이는 동시에 제작 단가를 고려할 때, 최소한의 질량 증가가 바람직하다. 본 연구에서는 핀 형이 적용된 히싱크에 간단한 환형 구조물을 추가함으로써 방열 효과를 향상시키는 방안을 제안하였다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2024-00441895).

얇은 금속 재료를 활용한 식물생장용 등기구의 방열 성능 향상 Enhancement of Heat Dissipation Performance of Plant Growth Lighting Fixtures Using Thin Metal Plates

*마수창¹, 허승민¹, 남학호¹, #육세진¹

*Su-Chang Mah¹, Seung min Heo¹, Hak-Ho Nam¹, #Se-Jin Yook(ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : LED Lighting, Heat Sink, Heat Dissipation, Plant Factory

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 식물생장용 LED 등기구의 방열 성능 향상을 위해 얇은 금속 재료를 활용한 방열 개선 방안을 제안하였다. 얇은 금속 물질을 활용한 방열 효과를 관찰하였고, 실험과 시뮬레이션 간의 상대 오차가 3% 이내로 매우 잘 일치하였다. 플라스틱만으로 이루어진 등기구 외관의 내부와 외부 표면에 얇은 금속 물질을 연결하여 설치한 경우 LED 히싱크의 온도가 가장 낮게 나타났다. 이는 플라스틱 외관 대비 높은 열전도도를 가진 금속 물질에 의해 국부적인 열 집중 현상이 감소하고 자연대류 효과가 증대되었기 때문이다. 본 연구의 결과는 기존에 사용되고 있는 식물생장용 LED 등기구에 간단하게 얇은 금속 물질을 추가 설치하는 것만으로도 방열 성능을 효과적으로 향상할 수 있음을 보여주는 것으로, 향후 첨단 농업 환경의 지속 가능성과 에너지 효율 향상에 기여할 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (RS-2024-00441895).

히싱크의 설치각도에 따른 열저항 변동 최소화를 위한 핀 형상 개발 연구

Design of Fin Shapes to Reduce Thermal Resistance Variation Caused by Changes in Heat Sink Installation Angle

*김예준¹, 남학호¹, 허승민¹, #육세진¹

*Ye-Jun Kim¹, Hak-Ho Nam¹, Seungmin Heo¹, #Se-Jin Yook(ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : LED Lightbulb, Heat Sink, Natural Convection, Thermal Resistance

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 LED 조명에 사용되는 원통형 히싱크의 설치 각도에 따른 열저항의 변동을 최소화하기 위한 핀 형상을 개발하였다. 기존의 직사각형 핀은 자연대류에 의한 방열 시 특정 설치 각도에서 공기 흐름이 방해받아 열저항이 크게 증가하는 문제가 있다. 본 연구에서는 직사각형 핀의 일부를 삭제하여 L-형상의 핀을 도출하였다. 수치해석과 실험을 통해 방열 성능을 평가한 결과, L-형상 핀을 적용한 히싱크는 설치각도 0°~ 180° 범위에서 열저항의 변동이 10% 이내로 유지되었으며, 기존 직사각형 핀 대비 최대 18%의 무게 감소 효과도 있었다. 특히, 히싱크의 설치 각도가 90°일 때 L-형상 핀을 적용한 경우에는 총 항력 계수가 직사각형 핀의 경우에 비해 14.6% 감소하였으며, 이는 핀 삭제 영역을 통한 공기의 자연대류 흐름의 개선 효과로 이어졌다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2024-00441895).

CFD 해석을 이용한 에너지 저장 시스템용 냉각 매니폴드 설계 최적화

Optimization of Cooling Manifold Design for Energy Storage Systems Using CFD Analysis

*선준완¹, #김영원¹

*J. W. Seon¹, #Y. W. Kim(ywkim@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원 에너지나노그룹

Key words : Cooling Manifold Design, Energy Storage System (ESS), Thermal Management, CFD Analysis

*발표자, #교신저자

에너지 저장 시스템(ESS)은 재생에너지의 간헐성 문제를 해결하고 전력 수급 균형 유지를 위한 핵심 기술로 주목받고 있다. ESS는 작동 중 상당한 열을 발생시키므로, 성능과 안정성을 위해 효율적인 냉각 시스템이 필수적이다. 매니폴드는 유체 흐름을 최적화해 냉각수를 여러 유로로 분배하거나 하나로 합치는 데 효과적이다. 본 연구는 전산유체역학(CFD) 해석을 통해 다양한 매니폴드 형상의 유동 분포를 분석하고 최적 설계를 도출하였다. 시뮬레이션 결과, 최적화된 매니폴드 설계는 유동 균일성을 높이고 압력 강하를 줄여 냉각 효율 향상에 기여하였다. 본 연구는 ESS에 효과적이고 신뢰성 높은 냉각 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2024-00441895).

Passive Heating and Cooling using Rubitherm Case Study

*무하마드 다일¹, #김영원¹

*Muhammad Dail¹, #Y. W. Kim(ywkim@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 에너지나노그룹

Key words : Phase Change Material, Thermal Management, Thermal Energy Storage

*발표자, #교신저자

The growing global energy demand and environmental challenges call for sustainable thermal management solutions. This study investigates Single-Stage and Multi-Stage phase change material (PCM) thermal energy storage using paraffin-based PCMs (Rubitherm RT 25 HC, RT 28 HC, RT 32). Utilizing ANSYS Fluent CFD simulations and experimental validation, a modular copper tube array was assessed for heating and cooling efficiency. Results demonstrate that RT 25 HC delivers optimal temperature regulation in summer, while the Multi-Stage system offers superior temporal efficiency and maintains comfort zones (27-30°C) with a 15-22% enhancement in energy density.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2024-00441895).

타공 나선형 공기형 PVT 복합 발전 모듈의 열 및 전기 성능에 관한 실험적 연구 Experimental Study on the Thermal and Electrical Performance of a Perforated Air-Based PV/T System

김하성¹, *최관용^{1,2}, #김영원¹

Ha Seong Kim¹, *Gwan Yong Choi^{1,2}, #Young Won Kim(ywkim@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 에너지나노그룹, ² 한양대학교 융합기계공학과

¹ Korea Inst. of Industrial Technology, ² School of Mechanical Eng., Hanyang Univ.

Key words : Photovoltaic Thermal), Air-PVT collector, Air Flow, Thermal efficiency, Computational Fluid Dynamics

*발표자, #교신저자

PVT(Photovoltaic-Thermal) 시스템은 전기와 열 에너지를 동시에 생산하여 전반적인 효율성과 지속 가능성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 공기를 작동 유체로 사용하는 타공 나선형 PVT 복합 발전 모듈을 설계하고, 실험을 통해 에너지 성능을 확인하였다. 특히, PVT의 공기 채널에 타공을 적용하여 열 및 전기 효율 향상 효과를 분석하였다. 수치 해석은 STAR-CCM+를 활용하여 열 및 유동 특성을 분석하였으며, 실험 검증은 ISO 60904-9 표준에 따라 실내 태양광 시뮬레이터를 이용하여 수행하였다. 그 결과, 최적화된 타공 및 나선형 구조는 열 저항을 효과적으로 감소시켜 기존 공기형 PVT 시스템 대비 PV 표면 온도를 평균 4°C 낮출 수 있었으며, 이에 따라 전기 효율 저하를 2% 줄이는 효과를 확인하였다. 본 연구는 타공 나선형 PVT 복합발전 모듈이 기존 공기형 PVT 시스템 대비 더 높은 열 및 전기 성능을 제공할 수 있음을 실험적으로 입증하였으며, 태양광·열 복합발전 시스템의 성능 향상을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2024-00441895).

구두발표

특별세션 OS7

좌장 : 이재용(한국섬유기계융합연구원)

화학 용액 선별 주입을 위한 로봇 자동화 시스템 연구

A Study on Robotics Automation System for Selective Injection of Chemical Solutions

*#이동현¹, 이재용¹, 배규현¹, 김진후²

*D. H. Lee(leedh@kotmi.re.kr)¹, J. Y. Lee¹, G. H. Bae¹, J. H. Kim²

¹ 한국섬유기계융합연구원, ² 주식회사 주원이앤에스

Key words : Robot, Automation, Dispenser, Selective Injection

화학 용액 선별 주입 공정은 유해 물질(아릴아민, pH, 포말알데히드 등) 시험 과정에서 플라스크 등의 시험 용기에 시험 종류 및 계획에 따른 화학 용액을 선별 정량 주입하는 작업으로 시험 프로세스 중 인력 투입이 가장 많고 시험자가 인체에 유해한 화학 용액에 노출됨에 따라 로봇 자동화에 대한 요구가 이어지고 있다. 하지만 화학 용액 선별 주입 공정의 자동화를 위해서는 다양한 화학 용액을 선별 정량 주입하기 위한 장치와 공정 간 시험 용기 이송을 위한 로봇 시스템 개발, 노하우 집약 고난도 공정을 표준화 하기 위한 작업 데이터 수집 및 최적 시험 조건 제안을 위한 첨단기술 적용 등의 해결해야 할 과제가 있다. 따라서 본 연구는 노동집약적이고 인체에 유해한 공정의 로봇 자동화를 위한 솔루션을 제안한다.

1. 서론

화학 용액 선별 주입 공정은 작업자의 숙련도에 따라 시험 품질 및 작업 속도에 큰 영향을 미치는 노하우 집약 공정이며, 고임금의 전문인력이 단순 반복 작업에 다수 투입되는 작업으로 이를 개선하기 위한 로봇 자동화 요구가 크다. 본 논문에서는 이러한 문제를 개선하기 위한 로봇 자동화 솔루션을 제안한다.

2. 화학 용액 선별 주입 로봇 자동화

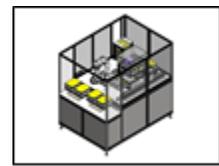
로봇 자동화 시스템을 구성하기 위해 화학 용액을 선별 정량 주입할 수 있는 다중 디스펜서, 로봇 이송 시스템 적용을 위한 트레이 및 전용 캡, 시험 계획 수립 및 시험자 착오에 의한 작업 에러 방지를 위한 바코드(QR) 시스템을 개발했으며, 공정 시뮬레이션 프로그램 Visual Components를 이용하여 개발된 모델의 작동 중 간섭, 작업 속도 분석 등 공정 타당성을 검토했다.

3. 결론

본 연구는 화학 용액 선별 주입 공정을 위한 로봇 자동화 장치를 설계하고 시뮬레이션을 통해 공정 타당성 및 생산성 검토를 수행했으며, 추후 실증사업을 통해 개발 모델에 대한 성능평가를 수행하고자 한다.



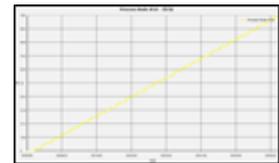
(a) Manual Process



(b) Automation System



(c) Simulation of Process



(d) Results of Productivity

Fig. 1 Automation System for Selective Injection of Chemical Solutions

후기

이 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임.(No. RS-2024-00416770)

REFERENCES

1. Kwon, Y., Lee, D., Kang, H., Choi, j., and Lee, I., "Object Pose Estimation and Motion Planning for Service Automation System", Journal of Korea Robotics Society, Vol. 19, No. 2, pp. 176-187, 2024.

자동차 휠가드 조립공정에서 초음파 용착 성형성에 관한 연구

Ultrasonic Welding Formability in Vehicle Wheel Guard Assembly Process

*#박중언¹, 권오대¹, 김성용¹, 이재용², 배규현², 이동현²

*#J. U. Park¹, O. D. Kwon¹, S. Y. Kim¹, J. Y. Lee², G. H. Bae², D. H. Lee²

¹(주)포원시스템, ² 한국섬유기계융합연구원

Key words : Robot, Automation, Ultrasonic Welding System, Feed Rate

*발표자, #교신저자

자동차 휠가드 조립 공정에서는 초음파 용착 핸드건을 활용한 조립 작업이 필수적이며, 작업자의 숙련도에 따라 생산 속도와 품질이 크게 좌우된다. 초음파 용착 공정은 열과 압력을 이용하여 부품을 결합하는 방식으로, 용착 강도와 성형성은 다양한 공정 변수에 의해 영향을 받는다. 그러나 현재 수작업 중심의 조립 방식에서는 균일한 품질 확보가 어려우며, 이에 대한 체계적인 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 초음파 용착 공정의 주요 변수(출력, 용착 시간, 압력 등)가 휠가드의 용착 성형성에 미치는 영향을 분석하고, 최적의 공정 조건을 도출하여 자동화 가능성을 제시하고자 한다. 이를 통해 휠가드 조립 공정의 생산성과 품질을 향상시키는 방안을 모색한다.

1. 서론

자동차 산업에서 경량화 요구가 증가함에 따라, 경량 소재의 휠가드가 널리 사용되며, 이를 조립하는 과정에서 초음파 용착 기술이 필수적으로 활용된다. 초음파 용착 공정은 고주파 진동을 이용해 부품을 결합하는 방식으로, 별도의 접착제 없이도 높은 결합력을 확보할 수 있다. 그러나 현재 휠가드 조립 공정은 작업자의 수작업에 의존하여 생산 속도와 품질이 숙련도에 따라 달라지는 문제가 있다. 또한, 용착 강도와 성형성은 출력, 용착 시간, 압력 등의 변수에 영향을 받지만, 이에 대한 체계적인 연구가 부족한 실정이다.

2. 본문

초음파 용착공정의 주요 변수가 휠가드의 용착 성형성에 미치는 영향을 분석하고, 최적의 공정 조건을 도출하여 조립 공정의 자동화 가능성을 검토하고자 한다. 이를 통해 휠가드 조립 공정의 생산성과 품질을 향상시키는 방안을 모색하고자 한다.

3. 결론

본 연구에서는 자동차 휠가드 조립 공정에서 초음파 용착의 주요 변수가 용착 성형성에 미치는 영향을 분석하고, 최적의 공정 조건을 도출하였다. 연구 결과, 출력,

용착 시간, 압력, 간격 등이 용착 품질에 직접적인 영향을 미치며, 최적 조건 설정을 통해 품질 균일성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 연구의 결과를 바탕으로 자동화 시스템을 적용하면 생산성과 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 향후 연구에서는 실제 생산 환경에서의 적용성과 경제성을 추가적으로 검토할 필요가 있다.

후기

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임.

(RS-2024-00416770)

REFERENCES

1. Lee, Y. J., "Effects of Welding Conditions on Horn Tip Sticking in Ultrasonic Welding", Proceedings of the KSMPE Spring Conference, pp. 106, 2019.

밀키트 포장 3D 시뮬레이션 모델 개발

Development of 3D Simulation of Meal-Kit Packaging Model

*김태형¹, 김아나¹, #권기현¹

*T. H. Kim(thkim@kfri.re.kr)¹, A. N. Kim¹, #K. H. Kwon¹

¹한국식품연구원 스마트제조연구단

Key words : Food Manufacturing, Robotic Automation, 3D Simulation, Food Tech, Meal-Kit

*발표자, #교신저자

밀키트 생산에서 가장 노동 집약적인 포장 공정을 로봇으로 자동화하기 위해, 데이터 기반 3D 시뮬레이션을 공장 시뮬레이션 소프트웨어를 활용하여 개발하였다. 기존 수작업 공정의 워크플로우와 작업 환경을 분석한 후, 3D LiDAR 스캐너를 사용해 실제 생산 현장을 스캔하고 이를 바탕으로 3D 모델을 생성하여 초기 공정 레이아웃을 설계했다. 최적의 로봇 자동화 포장 공정을 구축하기 위해, 단일 및 이중 델타 로봇을 적용한 두 가지 3D 시뮬레이션 모델을 설계했다. 또한, 수작업과 로봇 자동화 시스템의 시뮬레이션 모델을 비교 분석하여 주요 성능 지표를 평가했다. 그 결과, 이중 델타 로봇 시스템의 제품 생산량은 최대 2,568개/시간으로 나타났다. 단일 로봇 시스템의 처리량은 수작업 대비 68.3% 수준에 그쳤으며, 이는 모든 부품을 집어서 배치하는 데 걸리는 사이클 타임이 2.36초로 상대적으로 길게 나타났다. 반면, 두 개의 델타 로봇 시스템은 사이클 타임이 1.66배 단축되었으며, 단일 로봇 시스템보다 처리량이 1.7배 증가했다. 이번에 개발된 3D 시뮬레이션 모델은 밀키트 포장 공정에서 로봇 자동화가 노동력 부족 문제를 해결하는 동시에 생산 효율성을 크게 향상시킬 수 있음을 보여준다.

3. 연구결과

Single Delta-Robot meal kit packaging process

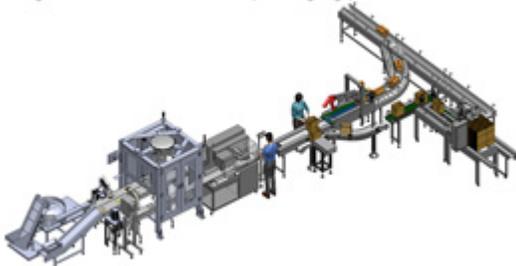


Fig. 1 Meal kit packaing 3D simualtion model

참고문헌

1. Kim, T.H., Gu, B.I., Kwon, K.H. and Kim, A., "Plant simulation for robot automation system of deep-frying process of Kimbugak," Food Science and Biotechnology, Vol. 34, pp. 503-514, 2025.

후기

이 연구는 2025년도 산업통산자원부 및 한국산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 대한 연구임(RS-2024-00423566, 섬유·화학·식음료 분야 첨단로봇활용 지능형 공정모델 개발)

냉동 HMR 제품의 로봇 이송을 위한 결로현상 및 표면특성 분석 Condensation Phenomenon and Surface Characteristics Analysis for Robot Transport of Frozen HMR

*김아나¹, #김태형¹

*Ah-Na Kim(kimahna@kfri.re.kr)¹, #Tae Hyong Kim(thkim@kfri.re.kr)¹

¹ 한국식품연구원 스마트제조연구단

Key words : Frozen HMR, Robot, Condensation, Packaging, Wet Surface, Surface Characterization Analysis

*발표자, #교신저자

The automation of frozen Home Meal Replacement (HMR) packaging using robots has gained interest due to its potential to enhance efficiency in food manufacturing. However, surface moisture on frozen HMR products affects robotic handling and packaging. This study examines the surface moisture levels, temperature variations, and surface characteristics of packaging materials and three robot vacuum pads made of silicone, urethane, and polyurethane. The static and dynamic friction coefficients were 0.20 and 0.15, respectively. AFM analysis showed that maximum roughness, Rz, Ra, and Rq were 504, 618, 44.7, and 63.4 nm. Surface energy analysis found contact angles of 81.0° (distilled water) and 31.6° (diiodomethane), with a surface energy of 44.3 dyne/cm. As exposure time increased, surface temperature rose, leading to more moisture accumulation, particularly where frozen food was inside the packaging. Increased moisture reduced surface friction, enhancing slippage. Further research is needed to identify optimal gripping positions to avoid condensation-affected areas, improving robotic automation and process reliability.

후기

This work was supported by the Robot Industry Technology Development (R&D) Program (RS-2024-00508387, Development of Automation Operating System Technology for Enhancing Productivity in Flexible Packaging Processes with a Wide Variety of Products in Small Quantities) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

첨단로봇활용 지능형 공정모델 표준화 연구
A Study on Standardization of Intelligent Process Models
Applied Advanced Robot

#김세진¹, *송민섭¹, 백형택¹

#S. J. Kim(ksj@kiria.org)¹, *M. S. Song¹, H. T. Baek¹

¹ 한국로봇산업진흥원

Key words : Robot, Automation, Standardization, Robot System

*발표자, #교신저자

첨단로봇활용 지능형 공정모델에 대한 표준화 연구는 공정모델을 구성하는 시스템이 수행하는 일련의 조치사항과 사용자와 상호작용하여 달성할 수 있는 목표나 기능을 정의하고 시스템 구성, 프로세스, 공정 결과를 가시적으로 제공할 수 있는 표준의 개발을 목표로 한다. 공정모델 표준은 공정분석, 구성요소, 프로세스, 안전요건등을 주요 내용으로 개발된다. 공정모델의 표준화를 모델화한 로봇 공정 시스템에 대하여 구현에 필요한 제한요소 또는 요구사항에 대한 변경 추적관리가 용이함에 따라 시스템 구성에 대한 프로세스 최적화 및 안정화 과정에 로봇 시스템 공급자 및 수요자 양측에 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

후기 이 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임.(No. RS-2024-00416770)

구두발표

특별세션 OS8-1

좌장 : 정성용(조선대)

이미지 연관 기법을 통한 반도체 칩 패키징의 열 변형 측정 Measurement of Thermal Warpage in Semiconductor Chip Packaging Using Digital Image Correlation

*이정헌¹, #곽재복², 강힘찬²

*Jeong Heon Lee¹, #Jae B. Kwak(jaekwak@chosun.ac.kr)², Him Chan Gang²

¹ 조선대학교 기계시스템 미래자동차공학과, ² 조선대학교 기계공학과

Key words : Digital Image Correlation, Thermal Deformation, Warpage measurement,

*발표자, #교신저자

반도체 칩 패키징은 고집적화 및 미세화 추세로 인해 열 변형에 매우 취약하며, 이는 제품의 신뢰성 및 성능 저하를 초래하여 정확한 측정이 필수적임. 본 연구에서는 칩 패키징 시편을 제작한 후 이미지 변형 측정을 위한 스프레이 패턴을 표면에 형성함. 열 챔버를 사용하여 시편 온도를 분당 5도의 일정 속도로 30도에서 205도까지 상승시킨 뒤 다시 30도로 냉각시키는 사이클을 진행하며, 이 과정에서 발생하는 열 변형을 두 대의 고해상도 카메라로 촬영하여 이미지 연관 기법(DIC)을 통해 분석함. 결과적으로, 온도 변화에 따른 X, Y, Z축 방향의 정밀한 변위를 확보하였으며, 특히 Z축 방향의 warpage 측정으로 반도체 칩 패키징의 휨을 명확히 도출함.

REFERENCES

1. Cai C., Pan K., Yang J. and Park S., "Comparative Analysis of Package Warpage Using Confocal Method and Digital Image Correlation", IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, pp. 945-949, 2020

후기 This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (Ministry of Science and ICT) (NRF-2021R1A2C1007016)

입자 이미지 속도 계측을 통한 TPMS 구조 내부 유동 분석 Investigation of Internal Flow in TPMS Structures Using PIV

*이종배¹, #정성용¹

*J. B. Lee¹, #S. Y. Jung(syjung@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Triply Periodic Minimal Surface, Particle Image Velocimetry, Refractive Index Matching

*발표자, #교신저자

삼중 주기 최소 표면(TPMS) 구조는 독특한 기하학적 특성과 우수한 물리적 성질로 인해 다양한 산업 분야에서 주목받고 있다. TPMS의 주기적 구조는 음함수를 이용해 생성되며, 주요 매개변수 조정을 통해 형상 수정이 간단하다. 이러한 특성은 내부 유동 특성에 영향을 미치며, 내부 흐름의 직접 관찰이 어렵기 때문에 수치 시뮬레이션이 널리 활용된다. 그러나 난류 효과로 인해 실제 현상과 시뮬레이션 결과 간 차이가 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 작동 유체와 TPMS 구조의 굴절률을 일치시켜 내부 흐름을 실험적으로 시각화하였다. 또한, 입자 이미지 속도 측정 기법을 활용하여 TPMS 구조 내부 흐름의 정량적 속도 데이터를 획득하고, 이를 통해 시뮬레이션 결과를 검증할 수 있는 신뢰적인 데이터를 제공하였다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00208497, RS-2023-00219369).

다양한 금속의 표면 처리 공법 정립과 극소수성 표면의 특성 분석

Establishment of Various Metal Surface Treatment Methods and Analysis of Superhydrophobic Surface Property

*정제운¹, #이정원¹

*Je-Un Jeong¹, #Jeong-Won Lee(jwlee07@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Surface Treatment, Micro/Nano structure, superhydrophobic

*발표자, #교신저자

금속 표면의 마이크로 크기 이하의 구조들은 젖음성 개질 변화, 비표면적 증가, 열 전달 개선, 광학적 특성 변화 등 다양한 특징들을 금속에 부여합니다. 이러한 장점들을 적용하기 위해, 수많은 연구진들이 다양한 금속 표면에 마이크로 크기 이하의 구조를 형성시키는 연구를 해왔습니다. 그 중 젖음성 개질의 변화는 극친수성, 극소수성 표면이 되는 것으로, 극소수성 표면은 항미생물, 자가세정, 결빙 방지 등 다양한 장점들을 가집니다. 본 연구에서는 티타늄과 STS316L의 표면 처리 공법을 최적화했고, 극소수성 표면을 제작했습니다. 게다가 극소수성 티타늄과 STS316L의 항미생물 효과와 자가세정 효과를 각각 확인했습니다.

1. 서론

젖음성은 물질 표면과 물의 접촉각으로 수치화되는 고체 표면의 고유의 특성입니다. 젖음성은 친밀도에 따라 친수성과 소수성으로 분류되는데 이러한 특징은 물리화학적인 표면 처리를 통해 바뀔 수 있습니다.

본 연구에서는 각각 티타늄과 STS316L의 표면에 균일한 마이크로 크기 이하의 구조를 형성하기 위해 표면 처리 공법을 정립했습니다. 제작된 표면의 표면 에너지를 변화해 극친수성 표면과 극소수성 표면을 제작했습니다. 제작된 극소수성의 티타늄과 STS316L의 항미생물 실험과 자가 세정 실험을 진행했습니다.

2. 극소수성 표면의 제작 공법

황산 수용액으로 티타늄의 식각 처리를 진행하여 표면에 마이크로 구조를 형성했습니다. 마이크로 구조가 형성된 티타늄에 NaOH 수용액을 이용해 산화를 진행해 마이크로/나노 계층 구조를 형성했습니다. 제작된 표면의 HDFs 코팅을 통해 표면 에너지를 낮추어 극소수성 표면을 제작했습니다.

STS316L을 염화철 수용액에 담가 마이크로 구조를 형성했습니다. 시편의 식각 후, 과산화수소에 담가 산화 처리를 했습니다. 제작된 STS316L 시편을 HDFs 코팅 용액에 담가 극소수성 표면을 제작하였습니다.

3. 결론

제작된 티타늄과 STS316L 시편의 극소수성 특성을 확인하기 위해 각각 항미생물 실험과 자가 세정 실험을 진행했습니다. 각 실험을 통해 극소수성 표면의 항미생물 효과와 자가 세정 효과를 확인했습니다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369).

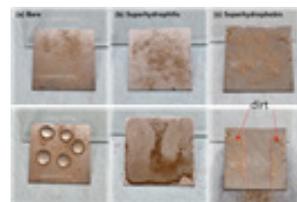


Fig. 1 Experiment of self-cleaning

REFERENCES

1. Latthe, Sanjay S., et al. "Self-cleaning superhydrophobic coatings: Potential industrial applications," Progress in Organic Coatings, 128. 52-58, 2019.

DLP 방식의 3D 프린팅으로 제작된 고분자의 적층 각도 및 표면 연마 처리에 따른 트라이볼로지적 특성에 관한 연구

A Study on the Tribological Characteristics of DLP 3D Printed Polymers according to Printing Orientation and Surface Polishing Treatment

*권혜민¹, 이성준¹, #김창래¹

*Hye-Min Kwon¹, Sung-Jun Lee¹, #Chang-Lae Kim(kimcl@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : DLP 3D Printing, Polishing, Surface Roughness, Friction Coefficient

*발표자, #교신저자

Digital Light Processing(DLP) 방식의 3D 프린팅 기술은 복잡한 형상의 정밀한 제조가 가능한 첨단 가공 기술로 주목받고 있으나 적층 공정 특성상 인쇄 매개변수 및 후처리 조건이 출력물의 특성에 결정적 영향을 미친다. 본 연구에서는 적층 각도와 표면 연마 처리가 광경화성 고분자의 트라이볼로지적 특성에 미치는 영향을 분석하였으며 유한요소해석을 통해 표면 연마에 따른 접촉 응력 분포를 평가하였다. 실험 결과, 표면 연마 처리는 접촉 계면에서의 응력 집중을 효과적으로 분산시켰으며 특히 75° 적층 각도의 연마 처리 시편에서 마찰계수 및 마모율이 현저히 개선되었다. 본 연구의 결과는 DLP 프린팅 고분자 부품의 트라이볼로지 성능 최적화를 위한 연구에 활용될 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369, RS-2024-00349019).

중량 측정을 통한 제올라이트 13X 의 이산화탄소 포집 특성 분석 A Study on the Carbon Dioxide Capture Characteristics of Zeolite 13X via Weight Measurement

*이광규¹, #안동규¹

*Kwang Kyu Lee¹, #Dong Gyu Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Carbon Dioxide Capture, Zeolite 13X, Weight Measurement

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 중량 측정을 이용한 제올라이트 13X 의 이산화탄소 (CO₂) 포집 특성을 분석하였다. 중량 측정에 사용된 장비는 CAS 사의 CUX620H 로 오차 범위가 0.001g 인 초 정밀 저울이다. 실험 셋업을 진행하기 전 간이 실험을 통해 일정량의 제올라이트 13X 비드를 대기중 22°C 에 방치하여 방치 시간에 따른 무게 증가량을 확인하였다. 실험에 사용된 제올라이트 13X 는 4-8 mesh 로 약 2.4-5.1 mm 크기의 구형 비드 이다. 대기 중에 방치한 비드의 무게 증가를 확인하였으며, 순수 CO₂ 포집 특성을 분석하기 위해 실험 셋업을 진행한 이후 CO₂ 만을 주입하여 포집 실험을 추가로 수행하였다. 실험 결과 CO₂ 포집 실험을 위한 기초 데이터를 도출할 수 있었다.

후기

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369)

EMI 차폐 시편의 코팅 재료에 따른 전기 저항 특성 변화 고찰

A Study on the Effect of Coating Materials on Electric Resistance Characteristics of EMI Shielding Specimen

*한승헌¹, 범종찬¹, #안동규¹

*Seung Heon Han¹, Jong Chan Beom¹, #Dong Gyu Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Coating Materials, Electric Resistance, EMI Shielding

*발표자, #교신저자

이 연구에서는 코팅 재료가 EMI 차폐구조물의 저항 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 연구에서는 우선 재료 압출 (Material extrusion : ME) 공정을 활용하여 그래핀이 함유된 PLA 재료로 EMI 차폐구조물을 제조한후 다양한 비율의 탄소나노튜브(CNT) 와 그래핀을 각각 코팅 재료로 사용하여 차폐구조물의 표면 처리를 수행함으로써 전체 도전성과 EMI 차폐 효과를 개선하고자 하였다. 이후, 정밀한 저항 측정을 통해 다양한 코팅 재료가 시험편의 저항 특성에 미치는 조절 효과를 평가하였다. 실험 결과, 코팅 재료는 시험편의 도전성 향상과 EMI 차폐 성능 최적화에 현저한 효과를 나타내고 3D 프린팅 도전성 복합 재료의 EMI 차폐 분야 응용에 유익한 참고자료와 이론적 근거를 제공한다.

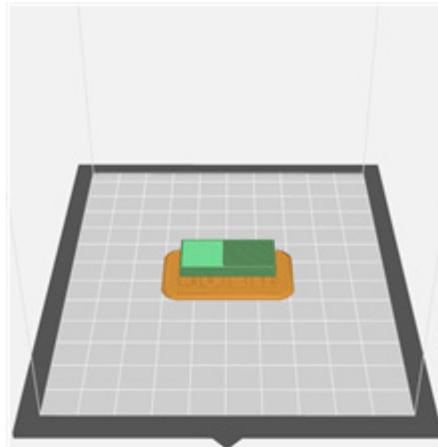


Fig. 1 Manufacturing process

후기

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (No. RS-2025-00562459)

구두발표

특별세션 OS8-2

좌장 : 이정원(조선대)

CFD 해석을 사용한 평판 Lattice 구조 내부의 유체 유동 특성 분석 Investigation of Fluid Flow Characteristics in Planar Lattice Structures Using Computational Fluid Dynamics Analyses

*기데온 사이먼 엠두마¹, 범종찬¹, 김 현¹, #안동규¹, 정성용¹

*Gideon Simon Mduma¹, Jong Chan Beom¹, Hyeon Kim¹,

#Dong Gyu Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹, Sung Yong Jung¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Planar Lattice Structure, Flow Characteristics, Computational Fluid Dynamics, Flow Visualization

*발표자, #교신저자

Fluid filtration is a significant engineering challenge due to global warming. Lattice structures are effective options for filtering due to their properties. This study examines fluid velocity, flow patterns, pressure fluctuations, and pressure distribution within a planar lattice structure. Computational fluid dynamics was used to analyze qualitative aspects and quantitative data. Results showed that the shape of the test chamber significantly influences airflow patterns and velocities, while pressure changes and distribution are significantly influenced by the type of lattice structure and the number of layers used.

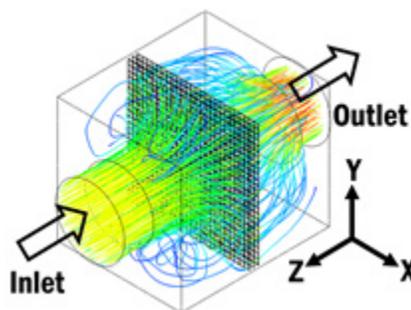


Fig. 1 Air flow through planar lattice structure

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. RS-2023-00219369)

열화된 가스 확산 층을 갖는 PEMFC의 성능 회복 특성 분석

Characterization of Performance Recovery in PEMFC with Degraded Gas Diffusion Layers

*김지연¹, #정성용¹

*Ji Yeon Kim¹, #Sung Yong Jung(syjung@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, Gas Diffusion Layer,
Performance Recovery, Acoustic Pressure Wave

*발표자, #교신저자

Polymer electrolyte membrane fuel cell(PEMFC)의 gas diffusion layer(GDL)은 연료, 산소, 물의 이동을 담당하는 핵심 구성 요소로, 표면은 물 관리를 위해 PTFE로 처리된다. 그러나 장기 운전 중 PTFE 손실과 탄소 부식이 발생하면 성능이 저하된다. 본 연구는 음압파를 활용한 내부 물 관리 기술로 비가역적으로 열화된 GDL을 가진 PEMFC의 성능 회복 가능성을 제시한다. GDL을 30wt% 과산화수소 용액에 침지시켜 열화를 유도하였다. 실험결과, 성능이 약 19% 감소했음에도 음압파 적용 시 최대 60%의 성능 회복이 나타났으며, 이는 물 제거 촉진에 따른 산소 공급 개선 효과로 판단된다. 본 결과는 음압파 기반 물 관리 기술이 PEMFC의 성능 및 내구성 향상에 효과적임을 보여준다.

후기 This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00415011) and also supported by NRF grant funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2023-00208497, RS-2023-00219369).

경질 폴리우레탄의 극소수성 표면 및 고투명 SLIPS 표면 구현을 위한 마이크로/나노 구조 복제 공정 개발

Development of a Micro/Nano Structure Replication Process for Fabricating Superhydrophobic and Transparent SLIPS Surfaces on Rigid Polyurethane

*김현성¹, 이은제¹, #이정원¹

*Hyun-Sung Kim¹, Eun-Jae Lee¹, #Jeong-Won Lee(jwlee07@chosun.ac.kr)¹

Key words : Polyurethane, Wettability, Superhydrophobic, Replication, SLIPS

*발표자, #교신저자

현재 극소수성 표면 복제에 관한 연구는 주로 연질 소재 중심으로 이루어지고 있다. 그러나 경질 폴리우레탄은 금속 몰드와의 높은 접착력으로 탈형이 어렵고, 미세 구조 복제 시 결함 발생 가능성이 크다. 본 연구에서는 극소수성 알루미늄 몰드를 이용해 PDMS 2차 몰드를 제작하여 금속 몰드 사용을 줄이고, PDMS의 연질 특성을 활용하여 경질 PU 탈형을 용이하게 하였다. 이를 통해 미세 구조의 정밀 복제가 가능하며, 극소수성 경질 PU 표면 제작에 성공하였다. 본 공정은 고분자 표면 복제 분야에서 경제적이고 효율적인 솔루션으로 기대된다.

1. 서론

마이크로/나노 구조 기반의 표면 개질 기술은 고성능 고분자 표면 제작에 활용되며, 극소수성 표면은 자가세정, 방수 등 다양한 산업적 응용이 가능하다. 폴리우레탄은 우수한 물성을 지닌 소재지만, 경질 형태는 금속 몰드와의 높은 접착력으로 인해 탈형이 어렵고 결함이 발생하기 쉬워 안정적인 복제 공정이 필요하다.

2. 본론

Al 표면에 NaOH, HCl, Ammonium bifluoride 처리와 산화 공정을 적용해 마이크로/나노 구조를 형성하고, SAM 코팅으로 극소수성 표면을 구현하였다. 극소수성 Al 몰드에서 PDMS를 1차 복제하고, 이를 통해 경질 우레탄의 2차 복제를 수행하였다. PDMS의 연질 특성을 이용하여 정밀하게 탈형하였다. 마이크로/나노 구조는 투명도를 저하시켰으나, SLIPS 적용으로 유효 투과율이 구조를 덮으며 투명도가 회복되었다. 실리콘 오일은 우레탄과 굴절률 차가 작아 크라이톡스보다 더 높은 투과율을 보였다.

3. 결론

본 연구는 극소수성 Al 몰드, PDMS 기반 2차 복제, SLIPS 적용을 통해 고투명 경질 우레탄 표면 제작 가능성을 제시하였다. 극소수성과 함께, 굴절률 차이를 활용하여 SLIPS의 투명도를 개선했으며, 이는 고분자 표면 응용에 활용될 수 있다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369).

REFERENCES

1. S. Kim, H. Hwang, H. Cho, D. Choi, and W. Hwang, "Repeatable replication method with liquid infiltration to fabricate robust, flexible, and transparent, anti-reflective superhydrophobic polymer films on a large scale", Chemical Engineering Journal, Vol. 350, pp. 225-232, 2018.



Fig 1. (a) Bare urethane, (b) Superhydrophobic urethane, (c) SLIPS urethane with Krytox, (d) SLIPS urethane with silicone oil의 투명도 비교

Lattice 구조의 설계 및 층 수에 따른 CO₂ 흡착 특성 변화 고찰 A Study on the Effects of CO₂ Adsorption Characteristics on Design and Number of Layer for Lattice Structure

*범종찬¹, 기데온 사이먼 엠두마¹, #안동규¹

*Jong Chan Beom¹, Gideon Simon Mduma¹, #Dong Gyu Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Lattice, Design, Number of Layers, CO₂ Adsorption Characteristics

*발표자, #교신저자

흡착 방식의 포집 성능은 흡착제의 표면적과 비례한다. Lattice 구조는 넓은 표면적을 가지고 있어 CO₂ 흡착 성능 향상에 크게 기여할 것으로 사료된다. 하지만, Lattice 구조의 설계 및 층 수에 따른 CO₂ 흡착 특성 변화를 고찰하는 연구는 미미하다. 따라서 이 연구에서는 Lattice 구조의 설계 및 층수에 따른 CO₂ 흡착 특성을 전산유체역학 (Computational fluid dynamic : CFD) 방식을 통해 고찰하고자 한다. CFD 해석 결과, 표면적이 가장 넓은 conjoined pyramid 구조에서 높은 흡착 성능이 나타난 것과 모든 구조에서 층 수가 증가할수록 흡착 성능이 증가하는 것을 알 수 있었다.

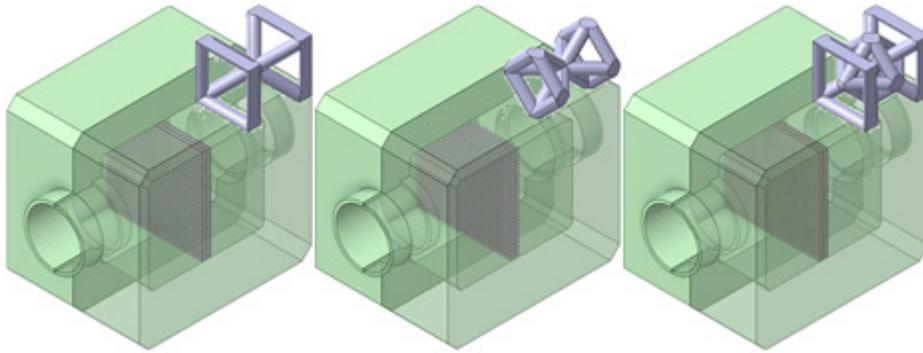


Fig. 1 CFD analysis models

후기

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (No. RS-2023-00219369, No. RS-2025-00562459)

**젖음성 메커니즘 기반의 마이크로/나노 구조 제작 공법을 사용한
SLM TiAl6V4 표면 개질 연구**

**A Study on surface modification of SLM TiAl6V4 via micronanostructures
fabrication method based on wettability mechanism**

*이은재¹, #이정원¹

*Eun-Jae Lee¹, #Jeong-Won Lee (jwlee07@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Wettability, Micronanostructures, Superhydrophilic, Superhydrophobic

본 연구는 산업에서 주목받는 젖음성 메커니즘을 활용했습니다. 특히, 마이크로/나노 구조 기반 TiAl6V4의 표면 개질이 활발히 연구되고 있는 와중에 선택적 레이저 적층 공정(SLM)의 발전으로 부피가 크고 복잡한 금속 부품을 제조하는 것이 가능해졌습니다. 그러나 대면적 TiAl6V4의 표면 개질은 부피 제한과 엄격한 공정 조건으로 인해 여전히 어려운 과제입니다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 먼저 편리한 TiO₂구조 제작 공법을 최적한 후 SLM으로 제조된 TiAl6V4에서 균일한 마이크로/나노 구조를 형성할 수 있는 표면 개질 기술을 개발하여 극친수/소수 및 SLIPS 제작에 성공하였고 이러한 연구 결과는 마이크로/나노 구조 기반의 표면 개질 연구 분야에 기여할 것으로 예상됩니다.

1. 서론

최근 표면 젖음성 개질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 의료용으로 사용되는 TiAl6V4 표면 개질 또한 주목받고 있습니다. 그러나 기존 공정은 비교적 엄격한 조건을 요구하여 대면적 표면에 적용하기에는 한계가 있습니다. 본 연구에서는 TiAl6V4에 적합한 간편한 표면 개질 공정을 개발과 추가적으로 SLM공정으로 제작된 표면에 극친수/극소수, SLIPS 구현을 목표로 합니다.

2. 실험 방법

대면적 TiAl6V4 표면에 나노구조를 형성하기 위해 90°C의 알칼리 수용액을 활용하여 극친수성 발현 조건을 최적화한 후에 SLM 공정으로 제작된 TiAl6V4에 균일한 마이크로/나노 구조를 형성하기 위해 전해연마 후 황산 식각과 최적화된 산화 공정을 적용하였습니다. 마지막으로 SAM(Self-Assembled-Monolayer) 코팅과 윤활제 도포를 순차적으로 진행했습니다.

3. 결론

본 연구에서 개발된 표면 개질 공법은 대면적 TiAl6V4에도 효과적으로 적용할 수 있으며, 균일한 마

이크로/나노 구조 형성 또한 가능했습니다. 불소화 및 윤활제 코팅을 통해 극소수 및 SLIPS 특성을 구현하였고, 제작된 표면은 물방울 접촉각, SEM, XPS 분석을 통해 젖음성 변화와 표면 특성을 정량적 및 정성적으로 평가하였습니다. 결과적으로 본 공정은 기존의 고난도 공정과 유사한 표면 성능을 보였으며 높은 안전성과 공정의 간편함을 통해 대면적 TiAl6V4 표면 개질에 실용적으로 적용할 수 있습니다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369)

REFERENCES

1. Lee, E.-J., et al., "A facile fabrication method of wettability modification of TiAl6V4 based on alkali solution treatment: superhydrophilic, superhydrophobic and slippery surface," Surface and Coatings Technology, vol. 468, 129782, 2023.

열경화성 고분자의 경화도 제어를 통한 초소수성 멤브레인 개발 Development of Superhydrophobic Membranes through Curing Degree Control of Thermosetting Polymers

*김찬우¹, 이성준¹, #김창래¹

*Chan-Woo Kim¹, Sung-Jun Lee¹, #Chang-Lae Kim(kimcl@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Curing Degree Control, Coating, Superhydrophobic Surface, Durability

*발표자, #교신저자

초소수성 표면은 150° 이상의 접촉각과 10° 미만의 기울기각을 가지는 표면으로, 자가세정, 방오 및 유수분리 등 다양한 산업 분야에서 응용 가능성이 주목받고 있다. 그러나 기존 초소수성 표면은 기계적 마모와 화학적 손상에 취약하여 실제 산업 환경에서의 적용에 한계가 있었다. 특히 유수분리 분야에서는 멤브레인의 내구성이 공정 효율과 수명에 직접적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 열경화성 고분자의 경화도를 정밀하게 제어하고 세라믹 입자를 거칠기 형성 요소로 도입함으로써, 우수한 젖음성과 기계적 내구성을 동시에 갖는 초소수성 멤브레인 개발에 관한 연구를 수행하였다. 본 연구의 결과는 유수분리 분야에 적용되는 멤브레인의 표면 개질 연구에 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00219369, RS-2024-00349019).

구두발표

특별세션 OS9-1

좌장 : 김석(연세대)

2D DIC 기반 3D 회전 적층 구조의 압축 거동 분석

Compressive Behavior Analysis of 3D Rotational Stacking Lattices Using 2D DIC

*박서림¹, 김석², #조영태¹

*Seo Rim Park¹, Seok Kim², #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ² 연세대학교 기계공학부

Key words : Microlattices, 3D Printing, Compressive Behavior, 2D DIC

*발표자, #교신저자

3D 회전 적층 구조는 모노리스 구조를 기반으로 각 층을 일정 각도로 회전시켜 적층함으로써 형성되며, 기존 모노리스 구조에 비해 향상된 강성, 강도 및 인성을 나타낸다. 본 연구에서는 2D 디지털 영상 상관법(DIC)을 활용하여 3D 회전 적층 구조의 압축 하중에 따른 변형 거동을 분석하였다. 실험 결과, 모노리스 구조는 응력이 특정 지점에 집중되어 단일 방향으로 좌굴 및 파단이 발생하였고, 변형도 국소적으로 집중되었다. 반면, 3D 회전 적층 구조는 최대 변형률이 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 다수의 스트럿과 노드에 의해 응력 집중이 억제됨을 확인할 수 있었다. 이를 통해 하중이 효과적으로 분산되며 압축 특성이 향상되었고, 경량화 소재로의 활용 가능성 또한 확인되었다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067).

극저온에서의 적층 REBCO 선재 압축 하중 실험

Compressive Load Experiment on Stacked REBCO Tapes at Cryogenic Temperature

*장보현¹, #김석호¹

¹Bo Hyun Jang¹, #Seok Ho Kim(seokho@changwon.ac.kr)¹

¹국립창원대학교

Key words : Cryogenic, HTS Magnet, Compressive Load, REBCO Tape

*발표자, #교신저자

고온초전도 (HTS) 자석은 권선 장력과 전자기력, 열 수축과 같은 외부요인이 압축 하중으로 작용하며 변형이 발생한다. 적층 선재는 선재 간 접촉면의 영향으로 인해 물성을 예측하기 어렵다.

본 연구에서는 적층한 REBCO 선재에 압축 하중을 인가하였다. 이 과정에서 발생하는 변위는 신율계를 통해 정밀하게 측정되었다. 소성변형 이후의 특성을 분석하기 위해 압축 과정을 3회 반복하였고, 재현성 검증을 위해 각 HTS 선재당 3회 반복 실험을 수행하였으며, 실험은 극저온 환경에서 수행되었다.

실험 결과를 바탕으로 적층 시편에 대한 물성을 분석하였으며, 이를 기반으로 Modulus를 예측하였다.

연구 결과는 HTS 자석의 설계 및 제작 과정 중 활용될 주요 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한

국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임

(No. 2019-NR040067, 2022M3I9A1073187)

**ANN을 이용한 이중관 열교환기 종횡비 효과에 따른
상 변화 물질 용융 특성 성능 모델**
**Prediction of Melting Performance of Phase Change Materials
in a Double-Pipe Heat Exchanger with Varying Aspect Ratios
Using Artificial Neural Networks**

*권정근¹, #박용갑²

*Jeong Geun Gwon¹, #Yong Gap Park(pyg777@changwon.ac.kr)²

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 기계공학부

Key words : Phase Change Material, Artificial Neural Network, Elliptical Tube

*발표자, #교신저자

잠열 에너지 저장 장치에 사용되는 상변화 물질은 열전도도가 낮다는 한계를 극복하려는 연구들이 진행되고 있다. 이중관 잠열 에너지 저장 시스템의 튜브 형태에 타원 형상을 적용하고 그 종횡비에 따른 용융특성을 2차원 수치해석을 통해 분석하였다. 내부 튜브 표면은 열원, 외부 튜브 표면은 단열로 경계조건을 설정하였다. 수치해석 결과, 상하부 공간이 작은 이중관의 형태에서 상변화를 끝낸 상대적으로 높은 온도의 물질에서의 대류가 활발하면서 녹지 않은 부위까지 주는 영향도가 큰 것으로 나타났다. CFD 데이터를 학습 데이터로 재구성하였고, 용융 성능 예측을 위한 ANN 모델을 구축하였다. 구축한 모델로 예측한 결과와 학습데이터 범위 외 조건으로 해석한 CFD 데이터가 오차율 10% 미만임을 확인하였다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067).

나노유체를 이용한 FCCZ 격자 구조 방열판의 CFD 분석
CFD Analysis of a Nanofluid-Based FCCZ Lattice Structure Heat Sink

*안성환¹, #최훈기², #박용갑²

*Seong Hwan Ahn¹, #Hoon Ki Choi², #Yong Gap Park²

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 기계공학부

Key words : Nano-Fluid, Lattice Structure, CFD, Heat Sink

*발표자, #교신저자

히트싱크(Heat sink)는 열전도성이 높은 재료를 이용하여 전자 장비에서 발생하는 열을 효과적으로 분산시키는 열 관리 장치로 주목받고 있다. 특히, 격자 기반 구조와 나노유체의 결합은 기존 냉각 방식에 비해 향상된 열전달 성능을 제공할 수 있는 유망한 대안으로 평가된다. 본 연구에서는 FCCZ 격자 구조 히트싱크에 나노유체를 작동 유체로 적용하고, 입구 유속을 각각 0.6, 0.8, 1.0 m/s로 설정하여 해석을 수행하였다. 나노유체에 포함된 나노입자의 입자 분율을 0%, 1%, 5%로 설정하고, 이에 따른 열전달 성능 및 압력 강하 특성의 변화를 수치적으로 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 나노유체 사용 시의 열유동 성능 향상 가능성과 구조 최적화 방향에 대해 고찰하였다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067).

다양한 형상의 이중관 열교환기에서의 열전달 성능비교

Comparison of Heat Transfer Performance in Double-Pipe Heat Exchangers with Various Configuration

*신유훈¹, #박용갑², 최훈기³

*Yoo Hoon Shin¹, #Yong Gap Park(pyg777@changwon.ac.kr)², Hoon Ki Choi³

¹ 창원대학교 스마트제조융합협동과정, ² 창원대학교 기계공학부, ³ 창원대학교 기계공학부

Key words : Heat Exhcnager, Double Tube, Heat Transfer

*발표자, #교신저자

본 연구는 다양한 단면 형상과 피치 간격을 가진 꼬임형 이중관 열교환기에서의 유동 및 열전달 특성을 수치적으로 분석하였다. ANSYS Fluent를 이용하여 RANS 방정식을 기반으로 수치해석을 수행하였으며, k- ϵ -RNG 난류모델을 적용하였다. 해석조건은 Reynolds 수 5,000~15,000, 일정 벽면 온도, 단열 외부 튜브 조건으로 설정하였다. 분석결과 DT2LTHE 형상이 가장 높은 Nu 수와 마찰계수를 보였다. 피치 간격이 짧아질수록 열전달 성능과 압력 강하가 증가하였다. Re 수 6,000 근처, $L_p=9D$ 조건에서 DT2LTHE가 PEC 값 1.32를 기록하였다. 이는 변형된 형상과 짧은 피치 간격이 열전달성능을 극대화하면서 압력 손실의 부정적 영향을 상쇄했기 때문이다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067).

Delta-Rib가 적용된 마이크로 채널의 열전달 특성에 관한 수치적 연구 Numerical Study on the Heat Transfer Characteristics of MCHS Using Delta-Rib

*이문수¹, #최훈기², #박용갑²

*Mun Su Lee¹, #Hoon Ki Choi², #Yong Gap Park²

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 기계공학부

Key words : Delta Rib, Microchannel, Heat Sink, Heat Transfer

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 delta-rib를 포함하는 마이크로 채널에서 리브의 공격 각도에 따른 채널의 열전달 특성을 수치적으로 분석하였다. 리브는 채널에 흐르는 유동의 혼합을 촉진하여 열경계층을 효과적으로 파괴하여 열전달 성능을 높일 수 있다. 본 연구에서 고려된 형상 변수는 rib의 각도를 선정하였고, 수치 해석은 층류 영역인 Re number 100~700 범위에서 수행되었다. 열전달 성능을 분석하기 위하여 열전달 성능, 유동손실 및 열전달 효율을 나타내는 Nu number, 마찰 계수 및 PEC를 평가하였다. 결과적으로 마이크로 채널의 열전달 성능은 Re number 가 증가할수록 높은 열전달 효율이 증가하는 경향을 나타내었으며, 결과적으로 가장 높은 열전달 효율은 rib의 각도가 45°에서 나타내었다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067).

구두발표

특별세션 OS9-2

좌장 : 김석(연세대)

극저온 유체 냉각 시스템을 위한 열교환기 히트싱크 설계 및 성능 분석

Heat Exchanger Heat Sink Design and Performance Analysis for Cryogenic Fluid Cooling Systems

*석지훈¹, #김석호¹

*Ji Hoon Seok¹, #Seok Ho Kim(seokho@changwon.ac.kr)¹

¹국립장원대학교 메카트로닉스연구원

Key words : Cryogenics, Heat Exchanger, Heat Sink, CFD

*발표자, #교신저자

초전도 전력기기, 초전도 자석, 적외선 검출기 등 극저온 환경에서 작동하는 장비의 온도 유지를 위해 극저온 냉각 시스템이 필수적이다. 전도 냉각 방식은 냉동기와 기기를 직접 체결해야 하지만, 구조적 제약으로 인해 극저온 유체를 순환시키는 간접 냉각 방식이 활용되기도 한다. 이때 블로어의 용량에 따라 유체 유량이 제한되므로, 제한된 유량 내에서 효과적인 열 제거를 위한 고성능 열교환기 설계가 요구된다. 본 연구에서는 극저온 냉동기에 부착되는 열교환기 히트싱크의 다양한 형상에 대해 전산유체해석(CFD)을 통해 열전달 성능을 분석하였다. 이를 통해 향후 고효율 극저온 냉각 시스템 설계에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한 국연구재단-고온초전도마그넷기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 2022M3I9A1073187)

100 mK 달성용 단일 단 ADR 시스템을 위한 CPA Salt pill의 설계 및 열적 성능 분석 Design and Thermal Performance Analysis of CPA Salt Pill for Single Stage ADR System to Achieve 100 mK

*김장돈¹, #김석호¹

*Jang Don Kim¹, #Seok Ho Kim(seokho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교

Key words : Adiabatic Demagnetization Refrigerator, Cryogenic, FEM

*발표자, #교신저자

최근 양자 기술을 비롯한 다양한 연구 분야에서 1 K 미만의 초저온 환경에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이를 구현하기 위한 냉각 기술로 단열 탈자 냉동기(Adiabatic Demagnetization Refrigerator, ADR)가 주목받고 있다. ADR은 별도의 유체를 사용하지 않고 기계적 구동부가 없어 소형화에 유리하다. 본 연구에서는 100 mK 이하의 초저온을 달성하기 위한 단일 단 ADR 시스템 및 핵심 구성 요소인 CPA salt pill의 전반적인 설계 과정을 제시한다. ADR의 냉각 사이클을 분석하여 salt pill의 제원을 도출하였으며, 유한요소해석을 통해 열적 성능을 평가하였다. 본 연구는 향후 다단 연속 ADR 시스템 개발을 위한 기초 설계 자료로 활용될 예정이다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019-NR040067), (No. RS-2024-00438367)

전도성 고분자 기반 재사용 가능한 레이저 광열 변색 소자 Paper Like Conductive Hydrogel for Reusable Visual Information Device via Laser Irradiation

*김찬우¹, 이학성¹, 정순욱¹, #이하범¹

*Chanwoo Kim¹, Haksung Lee¹, Soonwook Jung¹, #Habeom Lee(hblee@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 기계공학부

Key words : Reusable, Chromatic Device, Laser, Conductive Hydrogel

*발표자, #교신저자

촉각, 청각, 시각, 후각, 미각은 우리 몸 밖에서 우리 몸에 입력되는 감각으로 이를 통해 우리는 새로운 정보를 습득할 수 있을 뿐만 아니라 감각을 공유하여 정보를 전달해 왔다. 이러한 오감 중 시각은 그림이나 문자를 통해 정보를 주고받는 것이 가능하며 이는 정보 매체의 발달로 인해 시간과 공간에 구애 받지 않고 작용할 수 있어 인류의 발전에 큰 기여를 하고 있다. 본 연구에서는 전도성 고분자에 레이저를 조사하여 선택적인 변색 반응을 유도하였고, 변색이 발생한 부분을 선택적으로 지우는 과정을 통해 해당 반응이 가역적으로 일어날 수 있음을 확인하였다. 해당 기술을 레이저 패터닝 기술과 결합하여 재사용 가능한 시각 정보 장치를 구현하였고 문자, 기호, 그림 등의 시각적 정보를 쓰고 지울 수 있음을 보여주었다. 해당 장치는 디스플레이와 달리 시각적 정보를 유지하는데 전원 공급이 필요하지 않으며 재사용이 가능하기 때문에 시각적 정보 전달 매체로써 종이의 역할을 일부 대체할 수 있을 것이라 기대한다.

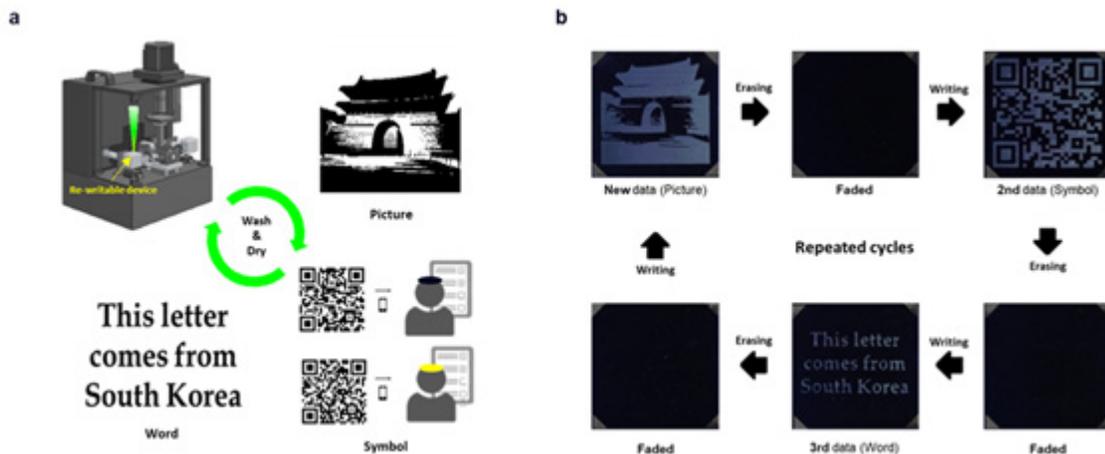


Fig. 1 Reusable device for communication based on visual information (a) Schematic of fabrication process (b) Digital image of reusable device showing picture, QR code, word

후기

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067). This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(No. RS-2019-NR040067)

**다중 로봇 기반 WAAM 공정의 Inconel 718-SUS 316L
이종 금속 적층 제조에 관한 연구**
**A Study on Dissimilar Metal Additive Manufacturing of Inconel 718-SUS 316L
using a Multi-robot WAAM Process**

*한건후¹, 김창종¹, 조인수¹, #조영태¹

*Geon Hu Han¹, Chang Jong Kim¹, In Soo Jo¹, #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : WAAM, Dissimilar metal, Multi-robot, Additive manufacturing

*발표자, #교신저자

와이어 아크 적층 제조(WAAM) 공정은 빠른 증착 속도와 낮은 재료 소모율로 인하여 대형 부품이 요구되는 항공우주, 원자력 산업 등의 분야에 적합한 공정으로 주목 받고 있다. 이러한 첨단산업분야에 적용되는 부품의 경우에는 극한환경에 노출되어 높은 물성치의 소재가 요구된다. 그러나 고성능 재료를 부품 전체에 동일하게 적용할 경우, 필요 성능 이상의 과설계의 우려가 존재한다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 다중 로봇을 이용한 이종금속 적층제조 방식을 제안한다. 로봇간의 디지털 I/O 신호를 동기화하여 다중 로봇 제어 시스템을 구축하였다. 각 로봇에 연결된 와이어 간의 거리를 제어하여 이종 금속 비드를 구현하였으며, 접합부의 EDS 분석을 통해 접합 특성을 확인하여 이종금속 구조물을 적층제조 하였다.

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2019-NR040067)

산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

**CIVA 시뮬레이션을 활용한 CRDM 노즐 내 PWSCC 결함
모델링 및 자동 분석 기반 구축**
**PWSCC Defect Modeling and Automated Analysis in
CRDM Nozzles Using CIVA Simulation**

*이수민¹, #이재선²

*Soomin Lee, #Jaesun Lee(jaesun@changwon.ac.kr)²

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 기계공학부

Key words : CRDM nozzle, CIVA simulation, PWSCC, TOFD

*발표자, #교신저자

PWSCC(Primary Water Stress Corrosion Cracking)는 원자로 냉각재 시스템에서 특정 조건에서 발생하는 균열로, 원자력발전소의 안전에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 비파괴검사 시뮬레이션 소프트웨어인 CIVA를 활용하여 TOFD(Time of Flight Diffraction) 검사 시뮬레이션을 수행하고, CRDM(Control Rod Drive Mechanism) 노즐 내에 위치한 다양한 형태의 결함을 가정하여 시뮬레이션 데이터를 생성하였다. 또한 시뮬레이션 데이터에 노이즈 및 신호 왜곡 요소를 추가하여, 실제 검출 환경과 유사하도록 데이터를 생성하였고, 향후 이러한 시뮬레이션 데이터를 기반으로 PWSCC 결함을 자동 분석할 수 있는 프로그램을 개발 예정이다.

자동탭핑 구동장치의 Gear micro-geometry 최적화에 관한 연구 Study on Optimization of Gear Micro-geometry of Automatic Tapping Drive

*문성민¹, 이승현², 이현준², #류성기¹

*S.M. Moon¹, S.H. Lee², H.J. Lee², #S.K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Tapping Machine, Gear, Tooth Profile, Gear Micro-geometry

*발표자, #교신저자

피가공물에 Tap 작업을 수행하기 위해 동력전달로 기어를 사용하게 된다. 탭핑 구동장치는 기어의 동력을 이용해 드릴탭을 회전하고 홀가공을 하기 때문에 기어의 정밀도는 중요한 요소이다. 기어의 Transmission Error와 Tooth에 작용하는 응력의 분포가 탭의 정밀도에 영향을 미치기 때문에 기어의 Micro-geometry를 수정하여 동력전달에 의한 Tap 가공의 영향을 최소화하고자 하였다. 특히 헬리컬 기어는 스퍼 기어보다 물림률과 소음, 진동에 유리한 점이 있지만 축방향의 추력이 발생하기 때문에 Micro-geometry의 수정은 필수이다. 장치의 제한된 공간과 70SPM의 가공 성능을 만족시키기 위한 기어의 RPM과 토크를 고려하여 치형수정을 완료하였다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2019-NR040067)과 2024년도 한국연구재단의 국제협력사업의 지원(NRF-2024K2A9A2A06013274)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

구두발표

특별세션 OS10

좌장 : 조영태(국립창원대)

Nd:YAG 레이저와 WAAM 공정을 통한 고속 적층 제조 High-Speed Additive Manufacturing Using Hybrid Nd: YAG Laser and WAAM Process

*조인수¹, 손휘준¹, 고관우¹, #조영태¹

*In Soo Jo¹, Hwi Jun Son¹, Kwan Woo Ko¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Wire Arc Additive Manufacturing, High Speed, Arc Stabilization

*발표자, #교신저자

고속 적층 제조 공정 중 하나인 WAAM 공정에서 생산성 향상을 위해서 토치의 이송 속도를 높이는 것이 중요하다. 하지만, 높은 이송 속도에서 아크가 불안정해지며 험핑을 유발한다. Laser-Arc Hybrid WAAM 공정에서 레이저의 고에너지 밀도에 따른 금속의 이온화는 아크 안정성을 향상시키는 효과가 있다. 본 연구에서는 이러한 아크 안정화 효과를 이용해 고속 이송 환경에서도 안정적인 적층이 가능한 공정을 개발하고자 한다. 실험에서 1080 nm 파장의 Nd:YAG 레이저와 CMT 기능을 사용하여 적층을 수행하였다. 초고속 카메라를 활용한 관찰 결과, 아크가 레이저 조사 지점에 안정적으로 고정되는 현상이 관찰되었으며, 최대 40mm/s의 이송 속도에서도 일정한 비드 형성이 가능함을 확인하였다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한 국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층 제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기 술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

V-groove 용접선 추적을 위한 최적 용접전류 신호 선정 및 필터링 기법 Optimal Welding Current Signal Selection and Filtering Technique for V-groove Weld Seam Tracking

*고관우¹, 한성빈¹, 한건후¹, 조인수¹, #조영태¹

*K. W. Ko¹, S. B. Han¹, G. H. Han¹, I. S. Jo¹, #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Arc Sensing, Weld Seam Tracking, Moving Average Method, Derivative Transformation

*발표자, #교신저자

용접 로봇의 자동화 시스템에서 용접 품질 향상을 위해서는 용접선 위치를 실시간으로 추적하고 정확한 토치 경로 보정을 수행할 수 있는 신호 처리 기술이 필수적이다. 특히 전류 신호 기반의 아크센싱 기술은 용접 중 발생하는 전류의 변화를 분석하여 용접선 위치를 효과적으로 탐지할 수 있다. 본 연구에서는 V-groove 형상의 용접선을 정확하게 추적하기 위해 적합한 용접전류 신호를 선정하였으며, 사다리꼴 위빙 모션을 활용하여 용접선 중심에서 발생하는 신호의 특징을 명확히 검출하였다. 또한, 이동평균 필터를 적용하여 신호 내 노이즈를 효과적으로 제거하고, 도함수 변환 기법을 통해 특이점을 정밀하게 추출하여 용접선 추적용 신호를 선정하였다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기술기평평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

Wire-arc DED 공정으로 제작된 단조 금형 후가공을 위한 고경도강 가공용 초경 엔드밀의 절삭성능 검증에 관한 연구

A Study on the Cutting Performance Verification of Cemented Carbide End Mills for Machining High-Hardness Steel in Post-Processing of Forging Dies Manufactured by Wire-Arc DED Process

*손휘준¹, #조영태¹

*H. J. Son¹, #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Cutting, Wire-Arc DED, High Hardness Steel, Tool Wear, Post-Processing

*발표자, #교신저자

최근 기계 부품 제조 산업에서 금속 제품을 Wire-arc DED 공정으로 대체하려는 시도가 이루어지고 있다. 단조 금형은 단조 공정에서 사용되는 금속 틀로, 내부 형상이 복잡하며 반복적인 열과 충격으로 인해 마모 및 파손이 자주 발생한다. 이에 따라, Wire-arc DED를 활용한 단조 금형 제조는 기존 절삭 가공 대비 비용 절감과 생산 효율성 향상의 대안이 될 수 있다. 하지만 적층제조된 구조물의 층간 구조와 용융/재응고 과정에서 고경도강의 취성 증가로 인해 절삭공구의 마모가 크게 발생한다. 본 연구에서는 고경도강 적층물 후가공용으로 개발된 Endmill의 절삭성능을 평가하고 공구마모를 분석하였다. 절삭가공 유한요소해석과 공구동력계를 통한 절삭부하를 측정하여 개발된 공구의 성능을 검증하였다.

후기

이 연구(논문)는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업), 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2019-NR040067).

Wire-arc DED 공정을 이용한 열간 단조 금형 제작 및 물성 평가에 관한 연구
A Study on the Fabrication and Mechanical Property Evaluation of Hot Forging Dies Using the Wire-arc DED Process

*정우진¹, 손휘준¹, #조영태¹

*W. J. Jeong¹, H. J. Son¹, #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Wire-Arc DED, Forging Die, Mechanical Properties, Path Planning

*발표자, #교신저자

열간 단조 금형은 프레스나 해머의 반복적인 충격과 고압으로 인해 수명이 짧다. 이로 인해 금형이 마모되거나 손상이 되면 수용접 및 재사용하는 경우가 많다. 그러나 재사용 공정은 보수부의 품질 일관성 확보가 어렵다는 한계가 있다. 따라서 전극 와이어 기반의 적층 제조 기술인 Wire-arc DED을 통해 높은 재료 증착 속도와 형상 자유도를 바탕으로 새로운 형상의 금형으로 제작할 수 있다. 본 연구에서는 Cr-Mo 합금강 와이어를 통해 용접 매개 변수 및 적층 경로에 따른 거리별 비드 간 중첩을 분석하여 단조 금형을 제작하였으며, 인장 시험 및 경도 측정을 통해 적층된 시편의 물성치를 확인함으로써 금형 제작에 적용 가능성을 평가하였다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층 제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기술기술평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

구두발표

OP1 시뮬레이션/최적화

좌장 : 전용호(아주대)

근접 영(zero)에 가까운 푸아송 비율을 갖는 메타물질 기반의 공압 챔버 자율 설계를 통한 소프트 그리퍼의 접촉력 향상

Autonomous Discovery: Near-zero Poisson's Ratio Metamaterial in Pneumatic Chamber for Interface Force Enhancement of Soft Gripper

*김백규¹, #박상민¹, 박지교¹, 허수성¹, 박태현¹, 허승재¹

*BaekGyu Kim¹, #Sang Min Park(sangmin.park@pusan.ac.kr)¹, Ji Gyu Park¹, Su Sung Heo¹,
Tae Hyun Park¹, Seung Jae Huh¹

¹ 부산대학교 기계공학부

Key words : Automous Discovery, Mechanical Metamaterial, N-ZPR, Soft Robot, Pneumatic-Driven.

*발표자, #교신저자

비선형 초탄성 소재로 구성된 소프트 로봇 구조는 로봇 공학 분야에 혁신을 가져오며 뛰어난 적응성을 제공해 왔음에도, 적합한 설계를 찾기 위해서는 직관과 수작업만으로는 한계가 있음. 본 연구에서는 CAD, 시뮬레이션, 머신러닝을 통합한 온라인 자율 설계 발견 프레임워크를 제안함으로, 공압 구동 소프트 그리퍼의 그립핑 성능을 극대화하고자 함. 해당 프레임워크는 오그제틱 구조가 포함된 최적 설계안을 도출함으로, 해당 구조는 근접 영의 푸아송 비율을 가지는 메타물질의 특성을 구현함. 제안된 핑거 모듈은 인터페이스 힘에서 38%의 향상을 달성함. 또한, 해당 구조 기반의 그리퍼는 최대 200mm 높이와 2,000g 무게의 물체를 안정적으로 파지하고, 6축 로봇 팔을 이용한 피킹-플레이스 작업을 성공적으로 수행함.

1. 서론

소프트 그리퍼는 다양한 물체를 손상 없이 잡을 수 있어 산업 현장에서 널리 활용되며, 특히 공압 구동 방식이 높은 유연성과 순응성을 바탕으로 주목받고 있음. 기존의 공압 그리퍼 설계는 직관이나 반복 실험에 의존해 비효율적이며, 체계적인 설계 최적화 방법이 요구됨. 메커니컬 메타물질은 독특한 기계적 거동(ZPR 등)을 설계 기반으로 구현할 수 있어 소프트 그리퍼의 성능을 향상시키는 구조로 각광받고 있음.

최근 컴퓨팅 기술, AI 및 디지털 트윈의 발전으로 인간의 직관 없이 자동으로 설계를 탐색하는 프레임워크가 개발됨. 이러한 프레임워크는 모델 생성, 시뮬레이션 제어, 추론 알고리즘으로 구성되어 설계 공간을 체계적으로 확장함.

2. 본론

본 연구에서는 공압 구동 그리퍼의 인터페이스 힘(수직 힘)을 극대화하기 위해 준영 푸아송 비(N-ZPR) 거동을 보이는 메타 챔버(ADMC) 설계를 자동으로 탐색하는 자동 설계 발견(ADD) 프레임워크를 제안함. 해당 프레임워크는 CAD(컴퓨터 지원 설계), FEA(유한요소 해석), BO(베이저안 최적화) 알고리즘을 통합하여 그리퍼와 물체 사이의 인터페이스 힘을 최적화함. 다양한 공압 네트워크 설계를 탐색하기 위해 챔버의 벽 두께 프로파일을 B-스플라인 곡선으로 정의함. 발견된

설계를 기반으로 한 ADMC 핑거 모듈은 기존 설계 변수로 최적화된 벽 구조를 사용한 컨트롤 핑거 모듈보다 30~70 kPa 압력 구간에서 더 높은 수직 힘을 나타냄. 또한, ADMC 그리퍼는 다양한 형상의 물체를 대상으로 집기/파지 동작에서 우수한 그립력을 보임.

3. 결론

본 연구에서는 자동 설계 프레임워크를 통해 N-ZPR 거동의 ADMC 그리퍼를 개발하고, 향상된 접촉력과 파지 성능을 실현함. 다양한 물체에 대해 우수한 적응력을 보였으며, 산업 환경에서도 적용 가능성을 입증함. 이는 차세대 지능형 소프트 로봇 손 개발에 중요한 설계 전략을 제시함.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. RS-2023-00209094)과 2024년도 중소벤처기업부의 기술개발 사업 지원에 의한 연구임 (No. RS-2024-00487746)을 받아 수행된 연구임 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. RS-2024-00412944).

신뢰성 기반 설계 최적화를 위한 물리 유도 신경망 기반 신뢰도 해석 Physics-Guided Neural Network-Based Reliability Analysis for Reliability-Based Design Optimization

*정상준¹, #도재혁²

*Sang Jun Jeong¹, #Jae Hyeok Doh(jdoh@gnu.ac.kr)²

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ² 경상국립대학교 항공우주공학부

Key words : Reliability-Based Design Optimization (RBDO), Physics-Guided Neural Networks (PGNN), Iowa-RBDO Benchmark Problem, Uncertainty

Reliability-based design optimization (RBDO) is used to ensure target reliability under uncertainties but suffers from high computational costs due to iterative sampling and convergence issues in nonlinear, high-dimensional problems. This study proposes a Physics-Guided Neural Network (PGNN) framework for RBDO to address these challenges. The PGNN, applied to the Iowa-RBDO benchmark problem, integrates physical constraints into training, providing optimal solutions while reducing computation time and costs. The framework incorporates RBDO constraints, along with PMA (Performance Measure Approach) and RIA (Reliability Index Approach), into the loss function for efficient reliability analysis. PGNN performs reliability analysis faster than conventional RBDO methods.

1. 서론

신뢰성 기반 설계 최적화(Reliability-based design optimization, RBDO)는 내재된 불확실성 하에서 다양한 설계조건에 대한 목표 신뢰성을 확보하기 위해 다양한 엔지니어링 분야에 적용되었다. 그러나 반복적인 샘플링 및 비선형 고차원 문제의 수렴성 문제로 인해 높은 계산 비용이 발생하는 한계가 존재한다. 이에 본 연구에서는 물리 유도 신경망(Physics-guided neural network, PGNN) 기반 RBDO 프레임워크를 구축하기 앞서 설계점에 대한 PGNN 기반 확률론적 신뢰도 해석을 수행하고자 한다. PGNN 기반 확률론적 신뢰도 해석 검증을 위해 Iowa-RBDO 벤치마크 문제에 적용하여 신뢰도 해석을 수행하였다.

2. 본론

PGNN은 물리 기반 제약을 딥러닝 모델의 학습 과정에 통합하여 적은 데이터로도 물리 법칙을 만족하며 빠르게 결과값을 예측해 최적해 산출이 가능하다. 또한, 기존 RBDO와 달리 반복적 샘플링을 수행하지 않아 계산 및 시간 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 RBDO 정식화의 제약 함수 및 PMA (Performance measure approach), RIA (Reliability index approach) 기법의 수학적 확률 조건을 딥러닝 학습의 손실 함수에 포함하여, PGNN이 설계점에 대해 확률론적 신뢰도를 평가하고 이를 학습하도록 하였다.

3. 결론

구축된 PGNN 모델은 PMA, RIA의 수학적 확률 조건을 만족하며, 기존 PMA, RIA 방식 대비 적은 계산 비용으로 높은 정확도의 신뢰도 해석을 수행하였다. 이는 기존 RBDO의 고비용 문제를 극복해 더욱 복잡한 설계에서 활용할 수 있음을 제시한다. 향후 연구에서는 딥러닝 학습의 손실함수에 목적 함수를 추가해, 신뢰도 해석 및 최적화를 수행하고자 한다. 또한, 이러한 방법론을 샘플링 기반 RBDO에 적용하여 비선형 고차원 문제에서 발생하는 고비용 문제, 수렴성 등을 개선하고자 한다.

후기

이 연구는 2025년도 경상국립대학교 글로벌대학 30 사업에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

1. Dawei, Z., Jinyu, Z., Chunqiu, L., and Zhiling, W., "A short review of reliability-based design optimization," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1043, No. 3, pp. 032041, 2021.

보행자 안전을 위한 트램 전면부 형상 최적설계 Front-End Shape Optimization of a Tram to Improve Pedestrian Safety

*박종환¹, 장홍래², #이재선³

*Jonghwan Park¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정,

² 국립한국교통대학교 철도운전시스템공학과,

³ 국립창원대학교 기계공학부

Key words : Tram-Pedestrian Collision, CEN/TR 17420, Mesh Morphing, Shape Optimization

*발표자, #교신저자

도시의 인구 밀도 증가로 인해 교통 혼잡, 온실가스 배출 등 다양한 환경 문제가 심화되고 있으며, 이에 따라 중소도시에서도 대중교통 수단의 다양화와 친환경 교통수단 도입이 요구되고 있다. 최근에는 지상 운행이 가능한 트램이 새로운 교통 대안으로 주목받고 있으나, 도심 내에서 일반 차량과 함께 운행되는 특성상 보행자와의 충돌 위험이 높아 다른 철도차량과는 다른 수동적 안전 설계가 필수적이다. 본 연구에서는 유럽의 보행자 안전 가이드 라인을 바탕으로 트램 전면부에 대한 형상 최적 설계를 수행하였으며, 유한요소해석을 통해 보행자 충돌 시의 상해 지표를 분석하고, 이를 바탕으로 보행자 보호 성능을 향상시킬 수 있는 효과적인 전면부 형상 설계 방안을 제안하였다.

성형공정 특성에 따른 엔진 냉각 배관 형상 오차와 내구성에 미치는 영향 분석 Analysis of the Effects of Forming Process Characteristics on Engine Cooling Pipe Geometric Errors and Durability

*박상욱¹, 정지수¹, 고대철², 박준홍³, 조용재¹, #장진석¹

*Sang Wook Park¹, Ji Su Jeong¹, Dae Cheol Ko², Joon Hong Park³, Yong Jae Cho¹, #Jin Seok Jang¹(jsjang@kitech.re.kr)

¹ 한국생산기술연구원, ² 부산대학교 나노메카트로닉스공학과, ³ 동아대학교 기계공학과

Key words : Durability, Flexible Multibody Dynamics, 3D Scan, Manufacturing Process Error

*발표자, #교신저자

차량용 엔진 냉각 배관은 자동차 엔진의 과열을 방지하고 부품의 내구성을 확보하는데 필수적인 제품이다. 그러나 고온, 고속 회전, 배기가스 충격 등 복합 조건은 배관에 비정상적 진동과 동적 하중을 유발, 내구성 저하를 초래한다. 또한 제조 공정에서 발생하는 기하학적 오차가 해석 모델과 실제 제품 간 내구성 평가 결과에 큰 영향을 미친다. 본 연구는 실제품 3D 스캔을 통한 절곡 형상 FE 모델을 구축하고, 다양한 동적 하중 조건에서 내구성을 정밀 분석하며, 제조 오차가 해석 결과에 미치는 영향을 정량 평가하였다. 이 결과는 향후 엔진 냉각 배관의 설계 및 품질 관리에 기초 자료로 활용될 것이다.

1. 서론

차량용 엔진은 고온 배기가스 에너지를 이용해 출력 향상을 도모하며, 워터 파이프를 통해 효율적인 열 교환과 냉각이 수행되어 엔진의 과열을 방지하고 부품의 내구성을 확보한다. 그러나 고온 환경, 고속 회전, 배기가스 충격 등 복합 운용 조건은 엔진 냉각 배관에 비정상적인 진동과 동적 하중을 유발하여, 장기간 사용 시 내구성 저하를 초래할 수 있다. 또한, 제조 공정에서 발생하는 미세한 기하학적 오차와 조립 공차 등이 해석 모델과 실제 제품 간 내구성 평가 결과에 큰 영향을 미치는 주요 요인으로 확인되었다.

2. 역설계

본 연구에서는 실제 제품의 3D 스캔 데이터를 활용하여 정밀한 유연 다물체 동역학 모델을 구축하였다. 모델의 물성 정보는 SAE International J1099를 참고하였다.¹⁾ 이 모델은 실제 제품의 기하학적 특성과 제조 공정에서 발생하는 오차를 효과적으로 반영하여, 고신뢰성 해석을 위한 기반을 마련하였다.

3. 내구성 평가

구축된 모델을 바탕으로 다양한 동적 하중 상황을 가정하여 워터 파이프의 내구성을 정밀하게 분석하였다. 제조 공정상 발생하는 기하학적 오차가 동해석 결과에 미치는 영향을 정량적으로 평가함으로써, 해석 모델과 실제 제품 간의 차이를 명확히 도출하였다. 분석

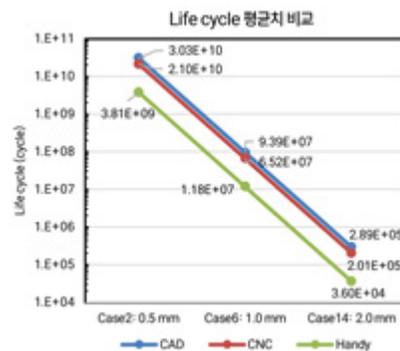


Fig. 1 Comparison of fatigue life by analysis model

결과, 이러한 오차가 파이프의 진동 특성과 응력 분포에 상당한 변화를 일으킴을 확인할 수 있었다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 “DNA 플랫폼 기반 자율제조 기술(3/5) (KITECH EH-23-0006)” 및 산업통상자원부 “GC300급 고성능 소재를 적용한 90%이상 기계적 성능 균일도를 갖는 대형 일체화 구조품 개발 사업(RS-2024-00507547)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

REFERENCES

- SAE International, “SAE J1099 Revised AUG2002: Technical Report on Low Cycle Fatigue Properties of Ferrous and Non-Ferrous Materials,” Society of Automotive Engineers, Inc., 2002.

외부환경변화에 따른 광학 시스템의 구조-열-광학 성능변화 분석 Structural Thermal Optical Performance(STOP) Analysis in Optical Systems due to External Environmental Variations

*#박종복¹

*#Jongbok Park(jb.park@kopti.re.kr)¹

¹ 한국광기술원 지능형광학모듈연구센터

Key words : Structural Thermal Optical Performance, Ansys Zemax OpticStudio, High Power Laser System

*발표자, #교신저자

Optical systems can experience significant degradation in optical performance due to structural deformation and thermal stress induced by external environmental variations, such as temperature fluctuations and mechanical vibrations. In particular, thermal expansion of optical components such as lenses and mounts, and thermally-induced refractive index changes, can cause beam misalignment, focal position shifts, and deterioration of beam quality, thus reducing overall system reliability. This study quantitatively and systematically analyzes the impacts of external environmental factors on the performance of high-power laser systems using Structural Thermal Optical Performance (STOP) analysis techniques. Specifically, finite element analysis (FEA) using Ansys Mechanical was performed to predict structural deformation and thermal distribution within the system, and these results were integrated with Zemax OpticStudio's STAR module to evaluate optical performance. Based on these analyses, optimization strategies for structural and optical components were developed, considering external environmental effects during the design stage. Furthermore, detailed improvement measures such as advanced structural thermal management strategies and high-transmission optical coatings can be proposed. These proposed optimization solutions are expected to minimize performance degradation of high-power laser systems and significantly enhance their reliability and stability in experimental and operational environments.

구두발표

OP2 기계설계

좌장 : 권현식(동의대)

기계 부품의 2D 단면 유사도 비교를 위한 데이터 생성 방법

Data Generation Method for Similarity Calculation between 2D Cross-Sections of Mechanical Parts

*김지범¹, #문두환², 임승은¹, 문유찬¹, 한승태¹

^{*}Ji-Beob Kim¹, [#]Duhwan Mun(dhmun@korea.ac.kr)², Seungeun Lim¹

Yoochan Moon¹, Seung-Tae Han¹,

¹ 고려대학교 기계공학과, ² 고려대학교 기계공학부

Key words : Computer-Aided Design, Geometric Data Processing, Image Generation, Structuring

*발표자, #교신저자

기계 부품 간 2D 단면 유사도 비교는 설계 검증, 품질 관리, 호환성 평가 및 효율성 향상을 위해 중요하다. 이를 통해 제조 공정에서의 변형이나 오차를 조기에 식별하고, 부품 간 호환성 및 성능을 최적화할 수 있다. 본 연구는 3D CAD 모델에서 기계 부품의 2D 단면을 추출하고, 해당 단면 정보를 정형화된 XML 포맷으로 저장한 후, 이를 기반으로 이미지를 재구성하는 방법을 제안한다. XML 포맷은 단면의 기하학적 특징과 위치 정보를 체계적으로 표현하여, 다양한 분석 작업에 활용할 수 있다. 이후 XML 데이터를 이용해 2D 단면을 이미지로 변환하여, 유사도 비교를 위한 데이터를 생성한다. 이를 통해 2D 단면 간 유사도 비교의 정확성을 높이는 데 기여할 수 있다.

후기

본 연구는 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2022R1A2C2005879)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

롤 라미네이팅으로 제작된 장길이 연성인쇄회로기판의 공정 파라미터에 따른 충전 거동 분석

Analysis of Filling Behavior according to Process Parameters in Long-length Flexible Printed Circuit Boards Encapsulated by Roll Laminating

*이찬우^{1,2}, 곽은지^{1,2}, 최두선¹, #한준세^{1,2}

*C. W. Lee^{1,2}, E. J. Gwak^{1,2}, D. S. Choi¹, #J. S. Han(jshan@kimm.re.kr)^{1,2}

¹ 한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, ² 과학기술연합대학원대학교

Key words : Flexible Printed Circuit Board, Roll laminating, Electric Vehicle Battery

*발표자, #교신저자

연성 인쇄 회로 기판(FPCB)은 전자 제품의 제조 및 상호 연결에 사용되며, 휴대폰, 자동차 등 다양한 산업 분야에서 사용된다. 특히, 최근 전기차 산업에서 무게와 공간 제한으로 인해 전기적 신호를 전달하는 역할을 수행하는 기존 wire harness를 FPCB로 대체하려는 연구들이 진행되고 있다. FPCB는 구리 도체 패턴을 포함하는 기판인 Flexible copper clad laminate (FCCL)와 접착 소재를 포함하고 이러한 기판을 보호하는 coverlay와를 접합하여 제작되며 sheet press 방식으로 접합하여 제작된다. 본 연구에서는 장길이 수요를 충족시킴과 동시에 scalability 측면에서 장점을 지니는 롤투롤 기반의 롤 라미네이팅 공정 개발을 통해 FPCB를 제작하였다. 또한, 롤 라미네이팅 공정에 있어서, 커버레이 접착 소재에 대한 유변학적, 열적 거동을 분석하였으며, 이를 기반으로 다양한 copper width에 채우기 위해 공정 파라미터에 따라 충전 거동을 분석 하였다.

후기

이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '기계장비 산업기술개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. 20023932)

3중 동축 노즐을 이용한 내경 확장형 방수유출장치 개발 Development of an Inner Diameter Expandable Aqueous Drainage Tube Using a Tri-Axial Nozzle

*김재석¹, 정훈진², 박지우³, 곽소정^{3,4}, 한정선⁵, 정경인⁵, #이승재^{1,4,6,7}

*Jae-Seok Kim¹, Hun-Jin Jeong², Ji-Woo Park³, So-Jung Gwak^{3,4}, Jeong-Sun Han⁵, Kyoung In Jung⁵,

#Seung-Jae Lee (sjlee411@wku.ac.kr)^{1,4,6}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 컬럼비아대학교 재생공학연구소, ³ 원광대학교 화학공학과

⁴ 원광대학교 메카바이오연구소, ⁵ 가톨릭대학교 서울성모병원 안과, ⁶ 원광대학교 기계공학부,

⁷ 원광대학교 첨단바이오통합연구센터

Key words : Glaucoma, Aqueous drainage tube, Tri-axial nozzle, Biodegradable

*발표자, #교신저자

Glaucoma is a leading cause of irreversible vision loss worldwide, primarily associated with elevated intraocular pressure (IOP) due to impaired outflow of aqueous humor. While pharmacological interventions are typically administered in the early stages, surgical implantation of aqueous drainage tubes becomes necessary when conservative treatments fail. Conventional drainage devices have a fixed inner diameter, which limits their ability to respond to postoperative IOP fluctuations. In this study, we developed an inner diameter expandable aqueous drainage tube capable of inner diameter expansion through biodegradation of the inner layer. A tri-axial nozzle was employed to fabricate a dual-layered tube. The fabricated tube was evaluated using scanning electron microscopy (SEM) and a leakage test.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2022R1A2C2008149)

**골 및 연골 재생 향상을 위한 다양한 기계적 자극 기반
동적 바이오파이퍼 개발**

**Development of Various Mechanically Stimulated Dynamic Bioreactors for the
Enhancement of Bone and Cartilage Regeneration**

*김은채¹, 강내운¹, 유혜진¹, 김유민¹, 백관용¹, 강준규², 곽소정^{2,4,5}, #조영삼^{3,4,5},
#김형우^{3,4,5}, #이승재^{3,4,5}

* E. C. Kim¹, N. -U. Kang¹, H. J. U¹, U. M. Kim¹, G. Y. Baek¹, J. -K. Kang², S. -J. Gwak^{2,4}, #Y. -S. Cho
(youngsamcho@wku.ac.kr)^{3,4}, #H. W. Kim(kinhw1203@wku.ac.kr)^{3,4}, #S. -J. Lee(sjlee411@wku.ac.kr)^{3,4}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 화학공학과, ³ 원광대학교 기계공학부,

⁴ 원광대학교 메카바이오연구소, ⁵ 원광대학교 첨단바이오통합센터

Key words : Dynamic bioreactor, Shear stress, Compression

*발표자, #교신저자

Bioreactors mimic physiological environments to promote tissue regeneration. Among them, mechanically stimulated bioreactors are widely studied for mimicking the physical cues. Shear stress and compressive loading are key stimuli in bone and cartilage, leading to the development of various dynamic bioreactors that mimic these environments. In this study, we developed three types of bioreactors for bone and cartilage regeneration. The first mimics low shear stress (<1 Pa) from interstitial fluid in bone. The second applies multidirectional compression loading by hydrostatic pressure to enhance bone regeneration. The third applies simultaneously compression loading of various compression ratio to mimic cartilage environments. These systems offer potential platforms for tissue engineering.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022R1A2C2008149)

감속기 기어 성능에 대한 볼 베어링 설계 인자의 영향성 분석

Influence of Ball Bearing Design Parameters on Gear Performances in an Automotive Reducer

**권현식¹

*#H. S. Kwon(hskwon@deu.ac.kr)¹

¹동의대학교 자동차공학과

Key words : Automotive reducer, Ball bearing, Gear design, Gear analysis

*발표자, #교신저자

감속기는 샤프트, 기어, 베어링 등 주요 동력전달 기계요소로 구성되며, 이 중 베어링은 감속기의 성능과 수명에 중대한 영향을 미치기 때문에 그 설계가 매우 중요하다. 본 연구에서는 감속기에 적용되는 볼 베어링의 설계 인자가 기어의 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 입력축, 중간축, 출력축으로 구성된 3축 구조와 외접 기어 2쌍, 볼 베어링 6개를 적용한 감속기를 모델링하고, 입력 동력 조건에 대한 기어의 성능을 해석하였다. 특히 베어링의 주요 설계 인자 변화에 따른 기어 접촉 응력과 전달 오차를 분석하여, 감속기 내 기어 성능에 미치는 베어링 설계 인자의 영향을 규명하였다.

구두발표

OP3
NANO/MEMS/미세가공

좌장 : 이정원(조선대)

분자동역학 기반 LiF 박막의 기계적 성질과 구조안정성 연구
Study on Mechanical Characteristics and Structural Instability of LiF Epitaxy Films via Molecular Dynamics

왕덕현¹, *#이태일¹

Duck Hyun Wang¹, *#Taeil Yi(yti0811@kyungnam.ac.kr)¹

¹ 경남대학교 기계공학부

Key words : Epitaxy Film, LiF, Structural Stability, Von Mises Stress, Molecular Dynamics

*발표자, #교신저자

Epitaxy film은 결정의 방향을 유지하며 결정 기판 위에서 성장한 얇은 결정 박막이다. 일반적으로 epitaxyfilm은 태양전지소자를 포함하여 고출력 5G 트랜지스터, 반도체, LED, 초전도 회로 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 기존의 기판에 직접 성장시키는 방식은 epitaxyfilm을 분리하는데 있어 많은 어려움이 있어 최근 2D 물질인 graphene등을 활용한 remotepitaxy기법이 개발되어 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 동일한 원소의 기판 위에 graphenesheet 대신 CNT들을 같은 방향으로 위치시킨 뒤 그 위에 LiF epitaxyfilm을 위치시킨 뒤 어닐링을 진행하고자 한다. 이후 접합면에서의 원자들의 배치 및 von Misesstress를 사용한 bivariatemap을 활용하여 기존의 2D graphene을 활용하였을 때와의 차이를 비교해보고자 한다[1-3].

본 연구는 미국Sandia National Lab.에서개발한Large-scale Atomic/Molecular MassivelyParallel Simulator (LAMMPS)를 활용하여 LiF 결정구조에 대한 분자동역학 시뮬레이션을 진행했으며, 데이터 후처리 및 시각화의 경우OVITO Pro와Matlab을활용하였다. 모든 시뮬레이션은 연구실 소유의 워크스테이션 두 대를 사용하여 진행하였다. 본 연구의결과는 기존의 새로운 buffer물질을활용한 Remote epitaxy 기술이적용된 LiF epitaxy film의기계적특성과 구조안정성에 대한 기본데이터를 확보하여 새로운 방식의 remote epitaxy기법의 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 전자시스템산업기술 개발사업 “DfAM기반 열처리코일 등 Cu 부품 고효율화 설계 기술 및 적층제조 기술 개발(개발과제번호: 20022006)”과제의 지원으로 수행되었음.

3. Yi,T., “Systematic Studies of Structural Instability in MicroscopicPolycrystalline Ti-6Al-4V Alloys subject to Annealing via Molecular Dynamics”, JMST, in press

REFERENCES

1. Yi, T.,“Mechanicalcharacteristics of WC-Co polycrystalline under local E-beam Irradiation viamolecular dynamics simulations”, JMST,38(12), 6769-6780, 2024.
 2. Kim, D.Y.and Yi, T., “Investigation of the surface characteristics of WC-Co structuresunder Local E-beam irradiation via experiments and molecular dynamics simulations”, JKPS, 91-99, 2024.

다이렉트 패터닝 공정 기반 회로 통합형 유연 압력센서 어레이 제작 연구 Fabrication of Circuit-Integrated Flexible Pressure Sensor Arrays Based on Direct Patterning Process

*정현윤¹, #고정범¹

*H. Y. Jeong¹, #J. B. Ko(no1kori@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : Direct Patterning, Sensing Layer, Pressure Sensor, Improvement

*발표자, #교신저자

최근 나노/마이크로 크기의 미세 구조를 적용한 유연 압력센서는 우수한 내구성과 반복 안정성으로 웨어러블 기기, 의료 및 헬스케어, 소프트 로봇 공학 등 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다. 본 연구에서는 나노/마이크로 기반 다이렉트 패터닝 공정을 활용하여 미세 구조 전극층을 포함하는 회로 통합형 유연 압력센서 어레이를 제작하였다. 연구 결과, 압력센서 어레이는 다양한 압력 조건에서 선형적인 감지 특성을 보였으며, 와이어링 최소화를 통해 안정적인 감지 성능을 나타냈다. 또한, 미세 구조 전극층을 적용함으로써 기존 전극층 기반 압력센서보다 감도가 향상됨을 확인하였다. 본 연구를 통해 구조적으로 최적화된 회로 통합형 압력센서 어레이는 정밀한 감지 성능이 요구되는 E-skin, 의료 및 헬스케어 분야의 생체신호 감지 기술로써 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 “잉여농산물을 활용한 천연생태자원의 표준소재 생산기술 개발사업(KITECH JA-25-0001)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

습도 변화에 따른 호흡기 마스크 필터의 입자 로딩 및 차압 특성 분석
Analysis of Particle Loading and Pressure Drop Characteristics of
Respiratory Mask Filters according to Varying Humidity Conditions

*이유선¹, 조성민¹, 김정섭¹, #곽동빈¹

*Y. S. Lee¹, S. M. Cho¹, C. S. Kim¹, #Dong-Bin Kwak(dbkwak@seoultech.ac.kr)¹

¹ 서울과학기술대학교 MSDE학과

Key words : Relative Humidity, Hygroscopic Salt, DHC(Dust Holding Capacity)

*발표자, #교신저자

초미세먼지(PM2.5) 등 공기 중 유해 입자에 대한 관심이 높아짐에 따라, 필터 산업의 중요성이 부각되고 있다. 그러나 현재 시행되고 있는 필터 시험 기준(ISO 16890, EN779)은 한정적인 온도 및 습도 범위에서만 필터 성능을 평가하고 있어, 실제 다양한 기후 조건을 충분히 반영하지 못하고 있다. 이는 시험 기준을 통과한 필터라 할지라도 극한 온도나 높은 습도 등 실제 사용 환경에서는 필터의 성능이 보장되지 않는다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 온도와 습도를 폭넓게 제어할 수 있는 챔버를 제작하여, 필터에 대한 성능 평가를 수행했다. 특히 소금 입자를 사용한 실험을 통해, 습도 변화에 따라 필터의 차압이 유의미하게 달라지는 결과를 확인할 수 있었다.

나노 다공성 육각 격벽 구조 기반 콜로이드 액적 응집 제어 및 입자 분포 특성 분석 Colloidal Droplet Aggregation Control and Particle Distribution Analysis on Nanoporous Hexagonal Wall Structures

*한유주¹, 윤성민¹, 윤서나¹, 김우영², #조영태¹

*Yu Ju Han¹, Seong Min Yoon¹, Seo Na Yoon, Woo Young Kim²,

#Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 첨단나노과학기술연구소

Key words : Coffee Ring Effect, Nano Porous, Micro Pattern, Particle Aggregation

*발표자, #교신저자

콜로이드 액적의 증발 과정에서 나타나는 커피 링 현상은 입자가 가장자리에 모여 응집되는 현상으로, SERS 기반 바이오 센서 등에서 신호 증폭을 위해 활용된다. 하지만 단순한 다공성 조절만으로는 입자의 정밀한 제어가 어렵다. 본 연구에서는 나노 다공성과 마이크로 구조를 결합한 표면을 제작해 입자 응집을 효과적으로 제어하였다. UV-NIL을 통해 평면, 다공성, 육각 구조, 다공성 육각 구조의 표면을 제작하고, 콜로이드 액적의 증발 거동과 입자 분포를 비교 분석하였다. 그 결과, 다공성 육각 구조에서 액적 형태가 안정적으로 유지되며 균일한 입자 응집이 유도되었고, 커피 링 효과가 뚜렷하게 나타났다. 이러한 결과는 기능성 표면 설계 및 나노소자 개발 분야에 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2023R1A2C3006499)

정밀 설압 측정을 위한 레이저 유도 그래핀 기반 구강내 센서 Intraoral Sensor Based on Laser-Induced Graphene for Precise Tongue Pressure Measurement

*김현우¹, #남한구², 징 통메이¹, #강상욱³, #김영진¹

¹Hyeonwoo Kim¹, [#]Han Ku Nam², Tongmei Jing¹, [#]Sang Wook Kang³, [#]Young-Jin Kim¹

¹한국과학기술원 기계공학과, ²충남대학교 기계공학과, ³경희대학교 치과대학

Key words : Tongue Pressure Measurement, Intraoral Sensor, Laser-Induced Graphene, Wearable Device

*발표자, #교신저자

설압 측정은 저작, 연하, 발화 등 구강 기능 평가에 필수적이다. 하지만 기존 풍선형 센서는 크기, 선형 응답 범위 등에서 지속, 정밀 모니터링에 제한이 있다. 본 연구에서는 폴리이미드 필름 위에 직접 레이저 유도 그래핀 (LIG)을 형성하고, 이를 PDMS에 전사하여 유연한 압력 센서를 제작하였다. 제작된 센서는 내부 전기 연결 변화에 따른 저항 변화를 감지해 외부 압력을 정밀하게 측정하며, 1-300 kPa 범위에서 높은 선형성과, 빠른 응답, 우수한 내구성을 보인다. 또한, 센서를 3D 프린팅된 치과용 플리퍼에 삽입해 구강내 센서로 제작하였고, 생체 내 실험을 통해 구강 내 설압을 정확히 측정할 수 있음을 입증하였다.

구두발표

OP4
금형/절삭가공/연삭가공 1

좌장 : 이현섭(동아대)

다단 EV용 클러치의 Drag torque 저감을 위한 Friction Plate 제조 공법 The Manufacturing Method of Friction Materials for Reducing Drag Torque in Multy-Stage EV

*#정병학¹

*#J.eong Byeong-hak¹

¹(주)서진오토모티브

Key words : Drag-Torque(드래그토크), Friction Plate(마찰판), Groove Pattern(그루브패턴)

습식클러치에서 클러치가 해제될 때 저항력이 없는 것이 이상적이다. 하지만 실제로는 디스크간극에서 발생하는 상대운동 때문에 유체전단력이 발생하고, 이는 연비악화의 원인이 되는 Drag Torque이다. 본 연구의 목적은 Groove Pattern 및 Facing 제조방법에 따른 Drag Torque를 실험적으로 분석하는 것이다. 드래그토크는 유량, 그루브 수량, 온도, 지름 등의 인자를 조정하여 저감할 수 있으며 본 연구는 마찰재 제조 방법에 따른 Drag torque의 영향성을 확인하기 위함이다.

1. Clean Cut Eghe 적용

마찰판 제작시 세밀한 제작 방법은 드래그 토크를 저감시킬 수 있다. 마찰판 제작을 위해 마찰재를 절단하는 과정에서 절단면에 Burr가 발생하며 이 Burr는 ATF(변속기 오일)가 빠져 나가는데 저항으로 작용하여 Drag Torque를 증가 시킨다. Press가 아닌 칼날을 이용하여 Clean Cut Edge를 성형할 경우 Burr 발생이 최소화 되어 Drag Torque를 저감할 수 있다. 특히 FCC의 제조 방법인 Rolling Cutter는 Burr를 최소화할 수 있는 방법이다.

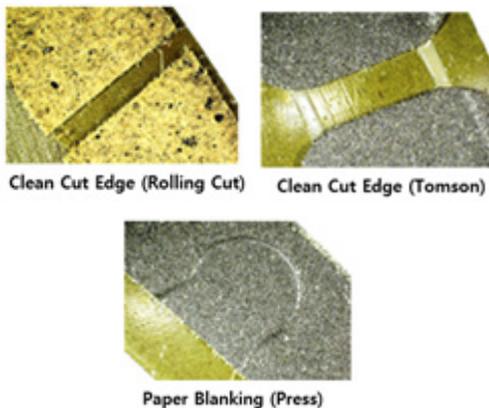


Fig. 1 Groove 성형방법에 의해 만들어진 마찰판

2. Groove 형상

PIG(Press In Groove)의 경우 마찰재가 압력에 의해 눌릴 수 있는 한계가 있기 때문에 0.2mm 이상 깊이의 Groove를 성형하는 것은 불가능하다. 그런데 Cut Groove의 경우 마찰재를 톱으로 갈아내

어 Groove를 성형하므로 Facing 두께만큼의 깊이로 Groove를 성형할 수 있다. Multi Segment도 Cut Groove와 동일한 원리에 의해 Facing 두께만큼의 깊이로 Groove를 성형할 수 있다. Groove를 깊이 성형할 경우 ATF가 배출되는 경로가 축 방향으로 늘어나 ATF 배출이 용이해져서 Drag Torque를 줄일 수 있다.

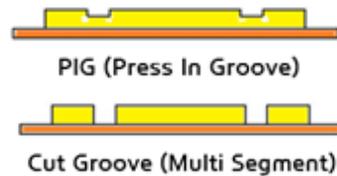


Fig. 2 Cut Groove와 PIG 비교

Drag Torque 저감은 다양한 요소 제어로 가능하지만, 그 방법을 과다 적용 시 자동차에 장착이 안되거나 클러치의 다른 요구 조건인 내열 특성, 내구성, 마찰 특성을 만족하지 못하여 클러치의 역할을 할 수 없으므로, 제조공법을 개선하여 저감하는 것이 가장 안전한 개선 방안이 될 수 있다.

후기

이 성과는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : 2410005743, RS-2024-00507293, 총중량 3톤이상 고중량 대형 다목적 EV용 동축구조 다단 전동화 액슬 기술 개발)

띠톱을 이용한 강철 환봉 절단 조건이 소음 크기 및 소모 전류에 미치는 영향 분석

Analysis of the Effects of Cutting Conditions on Noise Level and Power Consumption in Steel Cylinder Cutting Using Bandsaw

*박수빈², 조성현¹, 성주환¹, 하장훈¹, 안현민¹, 도재왕³, #김수진^{1,2}

*Su-Been Park², Seong-Hyun Cho¹, Ju-Hwan Sung¹, Jang-Hoon Ha¹, Hyeon-Min An¹,
Jae-Wang Do³, #Su-Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)^{1,2}

¹ 경상국립대학교 기계공학부, ² 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ³ 경상국립대학교 부속공장

Key words : Bandsawing, Acoustic Emission, Steel Cylinder, Power Consumption

*발표자, #교신저자

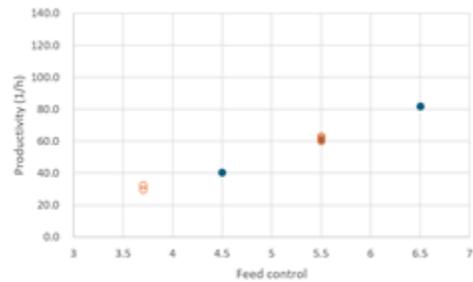
This study aims to analyze the effects of cutting conditions such as feed force, feed control, and cutting speed on cutting productivity, noise level, surface roughness, and power consumption. Experiments were conducted by measuring AE signals and power consumption under various cutting speed and force conditions. According to the multiple regression analysis, cutting productivity increased with higher feed control, while noise level and power consumption increased with higher cutting speed. In contrast, surface roughness was not significantly affected by the cutting conditions, suggesting that other factors may have greater influence. These findings indicate the need to optimize feed control to improve productivity and adjust cutting speed appropriately to reduce noise and energy consumption.

1. 서론

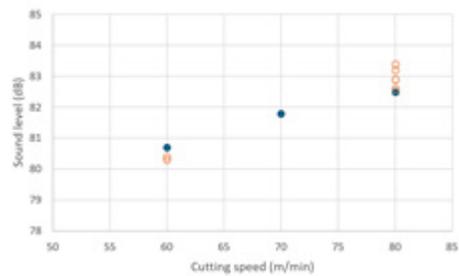
띠톱(bandsaw)을 이용한 절단 공정은 제조 산업에서 재료의 형상 및 크기를 가공하기 위해 널리 사용되며, 효율성과 품질은 중요한 요소로 작용한다. 본 연구에서는 이송 힘(feed force), 이송 제어(feed control), 절삭 속도(cutting speed)와 같은 다양한 절단 조건이 생산성, 소음, 표면 거칠기 및 소모 전력에 미치는 영향을 다중회귀분석 하였다.

2. 결론

다중회귀분석 결과, Fig. 1 (a) 와 같이 이송 제어는 생산성 향상에 중요한 영향을 미치며, Fig. 1 (b)와 같이 절삭 속도는 소음 크기와 소모 전력 증가에 중요한 역할을 미친다는 것을 확인하였다. 표면 거칠기는 본 연구에서 사용된 절단 조건과 유의미한 관계를 보이지 않았다. 따라서 절단 공정의 효율성을 높이기 위해서는 이송 제어를 적절히 조정하고, 소음과 에너지 소비를 줄이기 위해 절삭 속도를 최적화하는 것이 중요하다. 본 연구의 결과는 향후 절단 공정 최적화 및 품질 개선을 위한 유용한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.



(a) Feed control and productivity



(b) Cutting speed and sound level

Fig. 1 Sawing conditions and results

자속밀도 분석을 활용한 원통형 이차전지 내부 표면 가공성 예측

Internal Surface Finishing Prediction for Cylindrical Secondary Battery Using Magnetic Flux Density Analysis

*곽지현¹, 배원준¹, 이정희¹, 이희철², #곽재섭¹

*Ji Hyeon Kwak¹, Won Jun Bae¹, Jung Hee Lee¹, Hui Chul Lee²,

#Jae Seob Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 기계공학부 기계공학전공, ²한국폴리텍VII대학(부산) 기계시스템과

Key words : Magnetic abrasive Finishing, Secondary Battery, AI-based Surface Prediction Model

*발표자, #교신저자

이차전지, 전자기기, 에너지 저장 및 수송 장치 등 다양한 분야에서 사용되는 원통형 공작물의 수요가 증가하고 있다. 특히, 원통형 이차전지의 경우 성능, 내구성, 안정성을 확보하기 위해서는 정밀하고 균일한 내부 표면이 중요하다. 본 연구에서는 MAF 기반 새로운 연마장치 개발을 위하여 원주 및 반경 방향의 영구자석 개수, 공작물과 영구자석 간의 거리, 공작물의 회전속도 등을 공정변수로 설정하여 자속밀도의 세기 및 분포를 분석하고 이를 기반으로 표면 가공성 예측 알고리즘을 개발하고자 한다.

1. 서론

이차전지는 높은 에너지 밀도 및 반복적인 충·방전이 가능하다는 장점으로 인해 전기 자동차, 휴대용 전자기기, 에너지 저장 및 수송 시스템 등 다양한 산업에서 활용되고 있다.^[1] 특히, 원통형 이차전지는 구조적 안정성이 뛰어나고 대량 생산에 용이하여 널리 사용된다. 그러나 내부 표면이 불균일할 경우, 온도 분포의 불균형과 내부 전류 생성의 저하로 인해 성능 및 안정성이 떨어질 수 있다.

2. 표면 가공성 예측 모델

본 연구에서는 원통형 이차전지의 성능과 안정성을 보장하기 위하여 자기 연마 가공(Magnetic abrasive finishing, MAF)을 활용하여 고품질 및 고정도 표면을 확보하고자 한다. Fig. 1과 같이 원통형 공작물의 내부 표면을 연마하는 새로운 MAF 장치를 확립하기 위하여 표면 가공성을 간접적으로 평가할 수 있는 비선형 유한요소 해석을 통해 자속밀도 세기 데이터를 획득하였다. 이를 기반으로 반응표면분석법(Response Surface Methodology, RSM), AI 기반 릿지 회귀 모델(Ridge regression model), 딥러닝 모델(Deep Neural Network, DNN)을 적용하여 표면 가공성 예측 모델을 설계하였으며, 각 모델의 예측 정확도를 비교하여 최적 성능을 도출하였다.

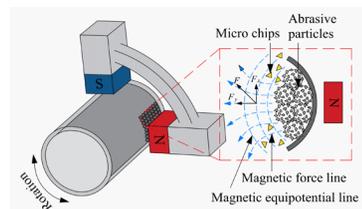


Fig. 1 Developed device for internal surface finishing

3. 결론

검증 데이터를 기준으로 예측 성능을 비교한 결과, RSM은 94.28%, 릿지 회귀 모델은 87.64%, DNN 모델은 98.5%의 예측 정확도를 보였다. 본 결과를 바탕으로 DNN 모델이 원통형 공작물 내부 표면 가공성 예측에 가장 적합한 모델임을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

1. Shi, R., Jiao, S., Yue, Q., Gu, G., Zhang, K., and Zhao, Y., "Challenges and Advances of Organic Electrode Materials for Sustainable Secondary Batteries," In Exploration, Vol. 2, No. 4, pp. 20220066, 2022.

알루미늄 박판 밀링 시 소음 분석 기반 가공 상태 평가 Machining Condition Assessment through Acoustic Analysis during Aluminum Thin Plate Milling

*조동현¹, 이승민², 박수빈¹, 김동건², 김규민¹, 박준형¹, 국정환¹² #김수진¹²

*Dong Hyeon Jo¹, Seung Min Lee², Su Been Park¹, Dong Geon Kim², Gyu Min Kim¹, Jun hyeong Park¹,
Jung Hwan Kook¹², #Su Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)²

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ² 경상국립대학교 기계공학부

Key words : Machining, Acoustic analysis, Chatter, Surface roughness

*발표자, #교신저자

In the aerospace industry, thin and wide structures are particularly prone to chatter caused by material vibration during machining, often resulting in surface quality degradation. This issue frequently leads to surface quality degradation. Furthermore, the natural frequency of the workpiece continuously changed as machining progresses, complicating the establishment of stable machining conditions. To address these challenges, this study focus on a relation of machined surface roughens and sound level and frequency. Aluminum alloy thin plates were machined under various milling conditions, with the resulting noise data collected and analyzed using sound level meter and spectrograms. The correlation between the noise's time-frequency characteristics and post-machining surface roughness (Ra, Rz) was examined to establish a link between acoustic signatures and machining quality. The findings of this study aim to establish quantitative, noise-based criteria for machining quality evaluation.

후기 이 연구는 산업통상자원부 지역혁신클러스터육성(R&D) (연구개발과제번호 P0025337) 지원으로 수행되었습니다.

알루미늄 판재 성형시 마찰 및 금형 코팅에 대한 연구 A Study on Friction and Die Coating during Aluminum Sheet Forming

*#서창희¹, 권태하¹, 전효원¹, 오상균²

*#Chang Hee Suh(suhch@dmi.re.kr)¹, Tae-Ha Kwon², Hyo-Won Jeon², Sang-Gyun Oh²

¹ 대구기계부품연구원 소재부품연구본부, ² 대구기계부품연구원 기계로봇연구본부

Key words : Aluminum, Sheet Forming, Friction, Coating

*발표자, #교신저자

The application of aluminum sheet materials is increasing for the purpose of reducing the weight of automobile parts. In order to form aluminum parts, it is necessary to understand the friction behavior between the die and the aluminum material and to study the die coating technology to improve the formability. In this study, the change in the friction coefficient was studied using the planar friction experiment method that provides friction conditions similar to those of forming aluminum parts with a die. The data obtained after performing the planar friction experiment were analyzed using the machine learning method. In addition, a low-friction PVD coating was developed to reduce the friction coefficient, and a study was conducted on the effect on the formability of aluminum sheets using a die with the developed coating.

후기 이 논문은 중소기업기술혁신개발사업의 일부 지원으로 수행되었음(RS-2023-00220522)

구두발표

OP5
제어/자동화/소음진동 &
금형/절삭가공/연삭가공 2

좌장 : 박상민(부산대)

머신비전 기반 동작 자세 유사도 측정에 관한 연구

A Study of Motion Pose Similarity Measurement based on Machine Vision

*김명원¹, 변성준¹, #이경창¹

*M.W. Kim¹, S.J. Byun¹, #K.C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Machine Vision, Similarity Measurement, Pose estimation, Joint Landmark

*발표자, #교신저자

홈 트레이닝, 요가 등의 실내에서 진행되는 운동은 전문 트레이너의 부재로 운동 과정에서 잘못된 자세로 인해 부상이 발생할 수 있다. 이러한 부상을 방지하기 위해 기존에는 머신비전 기술과 학습 기반의 자세 추정 기술을 활용하여 관절의 좌표를 추정하고 DTW(Dynamic Time Warping)와 같은 기법을 적용하여 동작 자세 간의 비교를 통해 유사도를 측정하였다. 그러나, 동작을 반복해서 수행할 때 동작 수행 환경과 카메라의 위치, 모델의 오차 등의 이유로 같은 동작이어도 관절 좌표 데이터에 차이가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 문제를 머신비전을 활용하여 동작의 관절 좌표 데이터에서 공통적인 특징을 기반으로 동작 자세의 유사도 측정 방법을 제안한다.

후기 이 논문은 4단계 BK21 사업(스마트로봇융합응용교육연구단)에 의하여 지원되었음.

정밀 절삭 가공을 통한 단결정 PMN-PT의 연성가공 한계깊이 분석 Analysis of Critical Depth of Cut on Single-crystal PMN-PT through Precision Mechanical Machining

*서동현^{1,2}, 곽은지^{1,2}, 최두선¹, #한준세^{1,2}

*Dong-Hyun Seo^{1,2}, Eun-Ji Gwak^{1,2}, Doo-Sun Choi¹, #Jun Sae Han^{1,2}(jshan@kimm.re.kr)

¹ 한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, ² 과학기술연합대학원 대학교(UST)

Key words : Precision Mechanical Machining, Single-crystal PMN-PT, Critical Depth of Cut,
Ultrasound Transducer

*발표자, #교신저자

단결정 압전소자는 높은 압전 특성으로 각광받고 있는 소자이지만, 높은 취성으로 인해 절삭 가공 적용 시 품질 저하 현상이 발생하는 문제가 있다. 치료용 집속 초음파와 같은 첨단 응용 분야에선 집속점의 정밀한 제어를 위해 우수한 표면 품질과 높은 형상 정밀도가 요구되기 때문에 고품질의 단결정 압전소자를 제작할 수 있는 가공 기술에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 레이저 보조 절삭 가공을 통해 단결정 압전소자를 초음파 집속 및 광대역용 설계 곡면 형상으로 가공하여 트랜스듀서 응용을 검토하고, 다이아몬드 터닝 가공 장치 내에서 굽힘 시험을 실시함으로써 고품질 단결정 압전소자 가공을 위한 결정 방향 및 가공 조건에 따른 연성가공 한계깊이를 분석하였다.

후기 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS 2023-00210764)

LSTM-VAE 기반 수소충전소용 이온닉 피스톤 압축기 이상 탐지 분석에 관한 연구

Study on LSTM-VAE Based Anomaly Detection Analysis of IONIC Piston Compressors for Hydrogen Refueling Stations

*정지현¹, 장재현², #이경창³

*J. H. Jung¹, J. H. Jang¹, K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : IONIC Piston Compressor, Anomaly Detection, PHM, LSTM-VAE Model

*발표자, #교신저자

이온닉 피스톤 수소 압축기는 전기 모터를 사용하여 유압 유체를 가압하는 방식으로 가압된 유압 유체를 사용하여 수소가스를 압축한다. 수소는 가연성이 높은 가스로 고장 예지 기술이 필수적이다. 따라서 본 연구는 이온닉 피스톤 수소 압축기의 안정적인 작동을 위해 LSTM-VAE 모델을 사용하여 센서 데이터의 비교 분석을 통해 이상 징후를 감지하고자 한다. LSTM-VAE 아키텍처는 센서 데이터의 시간적 의존성을 학습 및 장기 패턴을 포착하고 정상 데이터 분포를 학습하도록 설계된 Variational Autoencoder(VAE) 모델로 이상 징후를 조기에 감지할 수 있다. 이는 이온닉 수소 압축기의 실시간 모니터링 시스템, 이상 탐지 및 고장 진단 체계 구축에 도움을 줄 것으로 기대된다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : RS-2024-00422128)

플렉스블 진공 그리퍼를 이용한 항공기 스킨 밀링에서 가공 두께오차 분석 Analysis of Machining Thickness Errors in Aircraft Skin Milling Using a Flexible Vacuum Gripper

*박준형¹, 박수빈¹, 김규민¹, 조동현¹, 이승민², 김동건², 허지훈³, #김수진^{1,2}

*Jun Hyeong Park¹, Su Been Park¹, Gyu Min Kim¹, Dong Hyeon Jo¹, Seung Min Lee², Dong Geon Kim²,
Ji Hoon Huh³, #Su Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)^{1,2}

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ² 경상국립대학교 기계공학부, ³ (주)잼스

Key words : Flexible Vacuum Gripper, Thickness Errors, Aircraft Skin Milling, Aluminum Thin Sheets

*발표자, #교신저자

Aluminum thin sheets are extensively used for aircraft structural weight reduction, requiring high-precision machining quality for skin components. This study quantitatively analyzes the distribution characteristics of thickness machining errors occurring during the milling process of aluminum thin sheets for aircraft skin manufacturing using a flexible vacuum gripper. Aluminum thin sheets were secured with the flexible vacuum gripper and milled to create a 3×3 array of square pockets. Under consistent process conditions, each pocket was divided into eight sections, and the machined depth of each section was measured. The average machining depth for each pocket was calculated, and the causes of machining errors were investigated. The results of this study provide valuable insights for enhancing the machining quality of aircraft skin components and demonstrate the effectiveness of using flexible vacuum grippers in precision milling processes.

후기

이 연구는 연구개발특구진흥재단 기술이전사업 연구개발과제 “항공기 스킨용 지능형 플렉스블 진공그리퍼 및 그립오차 보정 5축 가공 기술개발”(연구개발과제번호:2024-IT-RD-0178-01)의 지원을 받아 수행되었습니다.

인공지능을 활용한 와이어 하네스 생산 공정의 이상 탐지 Anomaly Detection in Wiring Harness Production¹n with Artificial Intelligence

*송진우¹, #김흥수

*Jinwoo Song¹, #Heung Soo Kim(heungsoo@dgu.edu)¹

¹동국대학교 기계로봇에너지공학과

Key words : Anomaly Detection, Wiring Harness Production, Artificial Intelligence

*발표자, #교신저자

Crimp Force Monitoring (CFM) has been the standard for fault detection in wiring harness manufacturing, but it faces limitations such as frequent reconfiguration, operator dependency, and high costs. To overcome these challenges, this paper proposes an AI-based fault detection system that uses a small amount of normal data for initial training. Synthetic abnormal data is then generated using Regional-Selective Data Scaling (RSDS), which applies targeted upscaling or downscaling to simulate faults, enabling efficient model training using only normal data.

1. Introduction

Fault detection has long been essential in manufacturing quality control, with Crimp Force Monitoring (CFM) widely used in wiring harness production due to its simplicity and accuracy. However, CFM's reliance on costly equipment, frequent recalibration, and operator expertise limits its scalability and flexibility. To overcome these challenges, this paper proposes an Artificial Intelligence(AI)-based fault detection system enhanced with Regional-Selective Data Scaling (RSDS). This approach enables effective training of AI model using only normal data, addressing the lack of labeled fault data in real-world settings. The system was validated using industrial datasets and outperformed traditional anomaly detection methods, including Isolation Forest and autoencoders, demonstrating both high accuracy and practical applicability.

As shown in Fig. 1, RSDS generates synthetic abnormal data by selectively scaling regions of normal reference data to train Multi-Layer Perceptron (MLP) model.

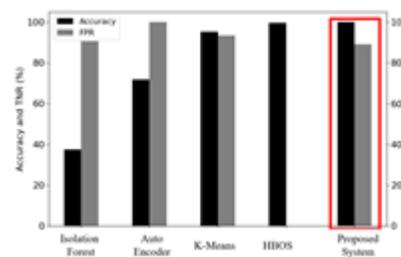


Fig. 2 Average Accuracy and FPR

Fig. 2 demonstrates superior performance of the proposed system, compared to traditional anomaly detection algorithms.

This work presents RSDS as a practical and effective augmentation method for scalable, data-efficient fault detection in smart manufacturing.

2. Methodology and Conclusion

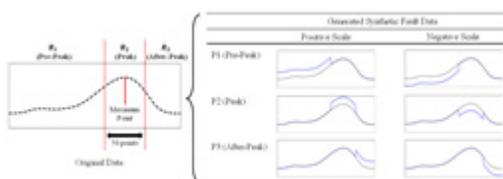


Fig. 1 Overview of RSDS Method

Acknowledgement

This work was supported by project for Smart Manufacturing Innovation R&D funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2022.(Project No. RS-2024-00434977)

구두발표

OP6
적층제조 & 용접/특수가공
& CAD/CAM/CAE

좌장 : 이재욱(경북대)

Octree데이터 구조를 활용한 가공물 모델 구현에 관한 연구 Implementation of a Workpiece Model Using the Octree Data Structure

*#김현준¹, 허세곤²

*#Hyun-Joon Kim(hjoonkim@knu.ac.kr)¹, #Segon Heo

¹ 경북대학교 정밀기계공학과, ² 한국기계연구원 3D프린팅장비연구실

Key words : Octree, Workpiece model, Visualization, Machining

*발표자, #교신저자

가공물 모델링은 다양한 공정의 시뮬레이션 및 공작기계 경로 최적화에 중요한 요소이며, 이를 효율적으로 처리하기 위해서는 시각화 뿐만 아니라 물리적 특성을 함께 표현할 수 있는 정교한 데이터 구조가 요구된다. 이 연구에서는 데이터의 효율성과 표현 정밀도를 모두 확보하기 위하여 재귀적 형태를 갖는 Octree 데이터 구조를 적용한 고품질의 가공물 모델을 구현하였다. 이를 활용하여 가공 시뮬레이션을 결과물을 시각화하고 다양한 물리적 특성(절삭력, 온도, 표면조도 등)을 표현할 수 있도록 하였다. Octree는 공간을 계층적으로 분할하여 메모리 사용을 절감하고, 국부적인 연산을 효과적으로 수행할 수 있도록 하는 효율적 데이터 구조이며, 이 연구에서는 Octree와 Distance Field를 결합하여 표현의 정밀도를 크게 향상시키고자 하였다. 또한 격자(Grid)-Octree의 하이브리드 구조를 도입하여 연산속도를 높일 수 있도록 하였다. 이러한 기술을 적용하여 가공물 모델을 생성하고, 절삭 시뮬레이션을 수행한 결과 시각화 오차를 sub-micron 수준으로 낮출 수 있음을 확인하였다. 이 연구 결과는 Octree를 활용한 가공물 모델링이 공정 최적화 및 고속 연산에 기여할 수 있음을 시사한다.

후기 이 연구는 2023 년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘No. 20023418’)

3차원 볼 버니싱 공정 유한요소해석 Three-dimensional FE Simulation of a Ball Burnishing Process

*이현민¹, 정승원², 김해지³, #전만수¹

Hyun Min Lee¹, *Seung Won Jeong², Hae Ji Kim³, #Man Su Joun¹(msjoun@gnu.ac.kr)

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ² (☎) MFRC, ³ 경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Ball burnishing, Finite element analysis model, Residual stress, Surface roughness

*발표자, #교신저자

Burnishing is performed in the finishing process of major parts for the purpose of improving the geometric quality of the surface and imparting compressive residual stress to the skin. The main application fields include aerospace parts, automobile parts, medical devices, dies/molds and tools. Traditionally, this technology has been developed by relying on experimental methods. Although finite element analysis techniques have been studied by many researchers, there is still a large dependence on analysis models. In this study, a finite element analysis model is presented for the practical and accurate analysis of the burnishing process for cylindrical materials.

1. 서론

버니싱 또는 표면 개질 기술은 금속 부품의 표면 거칠기를 개선하고 피로 수명을 늘리는 데 도움이 되는 압축 응력을 부과한다. 이 연구에서는 필렛롤링에 적용된 방법[1]으로 3차원 내연적 탄소성 유한요소법을 이용한 원통 재료의 볼 버니싱 해석을 위한 실용적 해석 모델을 제시한다.

2. 제목

Fig. 1(a)는 원통 재료의 볼 버니싱 공정의 해석 모델을 나타낸다. 가상의 두 대칭면을 이용하여 요소망의 극단적 고품질과 해석의 경제성 등을 고려하였다. 해석은 재료를 고정시키고 역학적으로 금형을 회전시켰으며, 무마찰로 가정하였다. Fig. 1(b)에 해석결과를 나타내었다.

3. 결론

이 연구에서는 볼 버니싱 공정의 해석 모델을 제시하였다. 적절한 모델을 확립함으로써 마이크로 수준의 표면 거칠기의 해석이 가능할 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다. (20214000000520, 자원순환(재제조) 산업 고도화 인력양성)

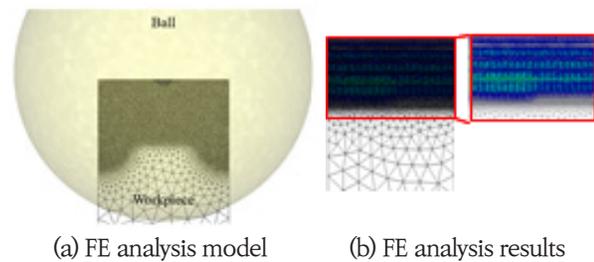


Fig. 1 볼 버니싱 공정의 유한요소해석 모델 및 결과

REFERENCES

- Eom, J. G., Joun, M. S., Razali, M. K., Choi, J. M. and Kwak, H. M., "Finite element analysis of fillet rolling process to improve fatigue life," Proceedings of the KSMPE Autumn Conference, pp. 352-352, 2023.

고밀도 펄스 전류를 이용한 스테인리스 강의 피로 손상 회복

Damage Recovery and Improved Fatigue Property of Stainless Steel Using High-Density Pulsed Electric Current

*김태민¹, 변도균¹, #윤성민¹

*T. M. Kim¹, D. Byeon¹, #S. M. Yoon(yoonsm@changwon.ac.kr)¹

¹국립창원대학교 기계공학부

Key words : Stainless Steel, High-Density Pulsed Electric Current, Fatigue Crack Healing

*발표자, #교신저자

오스테나이트계 스테인리스강은 우수한 기계적 특성과 내식성을 보유하여 자동차, 선박 및 파이프 산업에 널리 사용된다. 반면 피로환경에서 균열저항성이 낮아 이를 제어하는 기술이 요구된다. 본 연구에서는 고밀도 펄스 전류(high-density pulsed electric current, HDPEC)를 이용하여 스테인리스강의 피로 균열 치유 효과를 입증하였다. 본 연구결과를 바탕으로 HDPEC 공정이 피로 균열 성장 속도를 감소시키고, 입계파괴에서 입내파괴로 유도함으로써 균열 저항성이 높아짐을 확인하였다.

1. 서론

스테인리스강은 우수한 내식성과 기계적 특성으로 인해 다양한 산업 분야에서 사용되고 있다. 그러나 취약한 피로 저항성으로 인해 피로 내구성을 향상시키기 위한 실증적인 기술이 요구되었다. 본 연구에서는 고밀도 펄스 전류(high-density pulsed electric current, HDPEC)를 적용하여 피로 특성을 개선하는 것을 목적으로 일련의 실험 및 미세구조 관찰을 수행하였다.

2. 실험방법

여러 조건의 HDPEC를 시편에 적용하여 저주기 피로(low-cycle fatigue, LCF) 및 고주기 피로(high-cycle fatigue, HCF) 환경에서 시험을 수행하였다. 주사 전자 현미경-에너지 분산형 x선 분광기(scanning electron microscopy-energy dispersive x-ray spectrometer, SEM-EDX)를 통하여 시험편의 미세조직을 관찰하여 피로 수명과의 상관관계를 분석하였다.

3. 결론

HDPEC를 적용한 시험편에 대하여 LCF 및 HCF에서 피로 손상에 대한 지연을 확인하였고, 특히 LCF에서 이러한 지연 효과가 높았다. 파면 분석 결과, HDPEC의 적용으로 인해 파괴 메커니즘이 입계 파괴

에서 입내 파괴로 달라진 것을 확인하였다. 특히 이러한 메커니즘은 연성 파괴의 양상을 보였으며, 그 근거로 연성 줄무늬 길이의 감소와 나노 딥플의 형성을 관찰하였다.

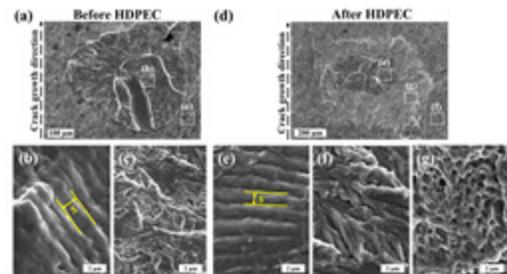


그림 1 피로 파단면의 SEM 이미지 (a) 전류 미적용(어안균열부), (b) 연성 줄무늬(어안 내부), (c) 피로 파단면(어안 외부), (d) 전류 적용(어안 균열부), (e) 연성 줄무늬(어안 내부), (f) 피로 파단면(어안 외부), (g) 나노 딥플[1]

REFERENCES

1. Yoon, S., et al., "Fatigue damage recovery and enhanced fatigue limit of austenitic stainless steel using multiple high-density pulsed electric currents" International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol. 209, pp. 105178, 2024.

석영 표면에 대한 레이저 연마 공정의 전산 해석 및 검증 연구

Numerical Simulation and Verification Study of Laser-Polishing on Quartz Glass Surface

*김지훈¹, 조현기², 우성철¹, #김주한¹

*Ji Hun Kim¹, Hyun Gi Cho², Seoung Cheol Woo¹, #Joohan Kim(joohankim@seoultech.ac.kr)¹

¹서울과학기술대학교 기계공학과, ²서울과학기술대학교 생산기술융합공학과

Key words : Laser Polishing, Surface Roughness, Surface Tension, Thermocapillary, Marangoni Effect

*발표자, #교신저자

Quartz is widely used across various industries due to its excellent mechanical, chemical, and optical properties. However, its high hardness and brittleness present challenges for mechanical polishing. Laser polishing, which employs high-power lasers to locally heat, melt, and recrystallize the surface, offers an alternative for improving surface roughness. A thermo-fluid analysis was conducted to examine surface roughness variations, with molten material smoothing out due to surface tension and Marangoni effects. The surface roughness and optical transmittance of quartz were then evaluated.

1. 서론

석영은 기계적, 화학적, 광학적 특성으로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 석영의 높은 경도와 취성으로 인해 기계적 연마 공정에서 한계가 존재한다. 레이저 연마 공정은 고출력 레이저를 이용하여 재료 표면을 국부적으로 가열하여 용융 및 재결정화를 유도함으로써 표면 조도를 개선할 수 있다[1]. 본 연구에서는 레이저 연마 공정의 물리적 메커니즘을 전산 해석을 통해 규명하고, 실험적 검증을 수행하여 해석 결과의 신뢰성을 평가하고자 한다.

마 공정의 변수는 출력과 스캔 속도, 빔 크기, 초기 표면 거칠기이다. 공정 변수에 따른 석영의 표면 조도와 광 투과율을 평가했다. 그 결과, 표면 조도 및 투과율 품질이 최적화되는 변수 범위를 구할 수 있었다.

2. 전산해석방법

석영에 대한 레이저 연마 공정을 모사하기 위해 석영 표면 높이를 구형파로 구현했으며 레이저 출력, 빔 직경 등의 공정 파라미터를 적용했다. 열-유체 해석을 통해 레이저 표면 연마 공정에 의한 표면 조도 변화를 분석했다. 석영의 초기 표면은 광 에너지 흡수에 의해 용융되고, 액적은 표면 장력과 마랑고니 효과에 의해 자발적으로 매끈한 표면을 형성했다. 전산해석 모델링을 Fig. 1에 나타냈다.

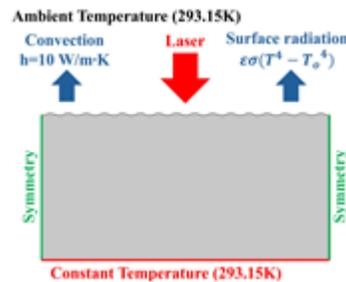


Fig. 1 The schematic of model set-up for laser polishing process

후기

이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업에서 지원을 받아 연구되었음 (연구개발과제번호:P239200009)

REFERENCES

- Hildebrand, J., Hecht, K., Bliedner, J., and Müller, H., "Laser beam polishing of quartz glass surfaces", Physics Procedia, Vol. 12, pp. 452-461, 2011.

3. 실험 및 검증

석영에 대한 레이저 연마 공정은 광 흡수율이 높은 10.6 mm 파장의 CO2 레이저를 사용했다. 레이저 연

**DED 공정 변수 변화에 따른
오스테나이트계 스테인리스강 316L의 적층 특성 분석**
**Analysis of the Deposition Characteristics of Austenitic Stainless Steel 316L
according to Process Parameter Variations Using the DED Process**

*이유리¹, 한수빈¹, 송혜진¹, #이호진¹

*Y. R. Lee¹, S. B. Han¹, H. J. Song¹, #H. J. Lee(hlee3@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 대경기술실용화본부 모빌리티부품그룹

Key words : Directed Energy Deposition, Process Parameter, Austenitic Stainless Steel, Deposition
Characteristic

*발표자, #교신저자

직접식 에너지 적층(Directed Energy Deposition, DED) 공정에서의 공정 변수 간 상호작용은 미세구조와 기계적 특성 형성에 영향을 미친다. 본 연구에서는 오스테나이트계 스테인리스강인 SUS316L을 적층하여 DED 공정 변수 변화에 따른 적층 특성을 분석하였다. 실험에서는 분말 공급량을 3단계 수준으로 설계하고, 이송 속도 및 레이저 출력을 각각 0.85m/min 및 450W로 설정하였다. 적층부의 형상 치수 측정을 통해 치수 정확도를 분석하였다. OM, SEM 및 EBSD 분석을 수행하여 미세구조 변화를 관찰하고 경도 시험을 통해 기계적 성질을 평가하였다. 실험 결과 분말 공급량 변화는 적층부의 치수 정확도에 주로 영향을 미쳤으나 미세조직 및 경도 등 기계적 특성에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 본 연구는 SUS316L 소재를 활용한 DED 공정에서의 분말 공급량에 대한 최적 공정 조건을 도출에 기여할 것으로 기대된다.

후기

본 논문은 2025년 기획재정부의 “Add-on 모듈 탑재를 통한 지능형 뿌리공정기술 개발 (KITECH EO-25-0004)” 사업의 지원으로 수행한 연구입니다.

REFERENCES

- Ahn, D.-G., “Directed energy deposition (DED) process: State of the art,” International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Vol. 8, No. 2, pp. 703-742, 2021.

Reduction of Porosity Defects in Direct Energy Deposition-Fabricated Nickel-Aluminum Bronze via Laser Remelting

*요창량^{1,2}, #심도식^{1,2}, 신광용³

*Chang Liang Yao^{1,2}, #Do Sik Shim(think@kmou.ac.kr)^{1,2}, Kwang Yong Shin³

¹Department of Ocean Advanced Materials Convergence Engineering, Korea Maritime & Ocean University,

²Interdisciplinary Major of Ocean Renewable Energy Engineering, Korea Maritime & Ocean University,

³Intelligent Machining Process Group, Korea Institute of Industrial Technology

Key words : Directed Energy Deposition, Laser Remelting, Porosity, Defect Control

*발표자, #교신저자

Directed Energy Deposition (DED) can be applied to the design and manufacture of high-performance components for critical industrial applications. However, porosity defects inherent in the DED process present a significant challenge to the mechanical performance of printed components. This study proposes a strategy for optimizing the porosity of DED-fabricated nickel-aluminum bronze (NAB) through a laser remelting process. The NAB deposition fabricated via DED reveals a significant number of spherical pores. These pores typically originate from entrapped and retained gas in the powder feedstock and shielding gas. During the deposition process, nitrogen bubbles trapped within the powder are released into the molten pool. Driven by Marangoni flow, the bubbles coalesce and migrate. As the bubbles accumulate and the molten pool rapidly solidifies, some bubbles become trapped within the molten pool. In contrast, the number of spherical pores in the deposition significantly decreased after laser remelting. During the laser remelting process, the previously solidified track is remelted. The retained bubbles are reintroduced into the molten pool, undergoing repeated coalescence and migration. As the bubble size increases, the vertical buoyancy and positive shear forces surpass the downward force induced by Marangoni flow, ultimately leading to the bubble escape from the molten pool. This study effectively mitigated the porosity of DED-fabricated NAB through a layer-by-layer laser remelting process, improving densification and providing new insights for developing porosity minimization strategies.

Gyroid TPMS가 배치된 내부유동에서 대류열전달계수의 수치적 분석

Numerical Analysis of Convective Heat Transfer Coefficient for Gyroid TPMS in Internal Flow

*김건우¹, #성지현¹, 박소현¹, 이승엽¹, 김다혜¹

*K. W. Kim¹, #J. H. Sung(jsung@kitech.re.kr)¹, S. H. Park¹, S. Y. Lee¹, D. H. Kim¹

¹ 한국생산기술연구원 대경기술실용화본부

Key words : Double-Wall TPMS, Internal Flow, Convective Heat Transfer

*발표자, #교신저자

TPMS 구조는 기존 절삭가공이나 조형제조로는 제작이 불가능하며 적층제조를 활용하여 제작하는 것이 유일한 방법이다. 근래 적층제조가 부각되고 있고 이에 적응성이 우수한 TPMS구조가 열교환기와 냉각채널등에서 사용되고 있다. 이와 같은 기존의 구조를 단일격벽 TPMS라 하면 이중격벽 TPMS 구조는 보다 두꺼운 격벽에서 얇은 격벽을 제거함으로써 표면적을 향상시킨 구조이다. 일반적으로 표면적이 증가하면 대류열전달 효과가 증가하는 것으로 알려져 있으나 이를 수치적으로 검증하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 내부유동에 관한 단일격벽과 이중격벽 TPMS 구조의 대류열전달계수를 분석하도록 한다.

1. 서론

삼중주기최소표면(TPMS, triply periodic minimal surfaces)은 삼각함수의 수학적식으로 표현되는 구조로 적응성이 우수하여 적층제조에서 경량화, 기능화, 일체화 등의 목적으로 활용되고 있다. 이중격벽 TPMS는 보다 두꺼운 격벽에서 보다 얇은 격벽을 제거함으로써 표면적을 증가시킬 수 있다. 본 논문에서는 대류열전달계수를 수치적으로 분석하여 이중격벽 Gyroid TPMS 구조와 단일격벽 Gyroid TPMS 대비 우수한 것을 확인하였다.

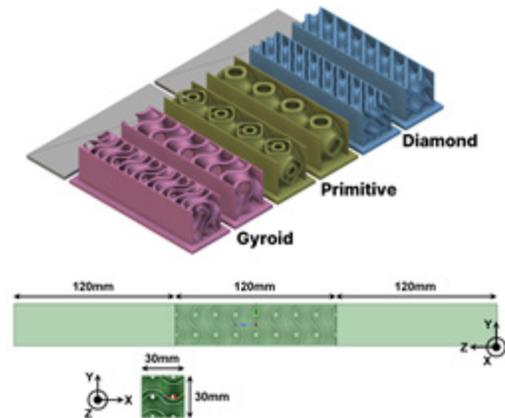


Fig. 1 Internal Flow

2. 본론

Fig. 1에는 Gyroid, primitive, diamond TPMS에 대한 단일격벽과 이중격벽 TPMS 구조가 제시되어 있으며, 열유동해석을 통해 Gyroid TPMS의 대류열전달계수를 분석하였다.

3. 결론

본 연구에서는 내부유동에서 대류열전달계수를 분석하기 위한 관계식을 유도하였다. 등온조건을 가정하고 내부유동에서 이중격벽 Gyroid TPMS 구조가 배치된 경우와 단일격벽 Gyroid TPMS가 배치된 경우에 대한 열유동해석을 수행하였다. 유체가 등속조건인 경우와 등압조건인 경우에 대한 대류열전달계수를 분석하였다.

후기

본 연구에서는 한국생산기술연구원(KITECH) 기관 고유사업(No. IZ250010)에 의한 연구를 밝힙니다.

REFERENCES

1. Kirttayoth, Y. and Tu, Rao., "A Review of Recent Investigations on Flow and Heat Transfer Enhancement in Cooling Channels Embedded with Triply Periodic Minimal Surfaces (TPMS)," *Energies*, Vol. 15, No. 23, pp. 8994, 2022.

포스터발표

CAD/CAM/CAE

좌장 : 윤해룡(한국로봇융합연구원)

메쉬 디노이징을 위한 Bilateral Normal Filtering 기법의 파라미터 최적화 Optimal Parameter Tuning for Bilateral Normal Filtering in Mesh Denoising

*이지희¹, #문두환²

*Jihui Lee¹, #Duhwan Mun(dhmun@korea.ac.kr)²

¹ 고려대학교 기계공학과, ² 고려대학교 기계공학부

Key words : Mesh Denoising, Bilateral Normal Filtering, Feature Preserving, Irregular Surface Sampling

*발표자, #교신저자

Bilateral normal filtering은 메쉬 평탄화 과정에서 각 면의 법선 벡터를 이용해 형상을 보존하면서 노이즈를 효과적으로 제거하는 필터링 기법이다. 이 과정에서 공간 거리 기반 가중치, 법선 벡터 기반 가중치, 메시의 이웃 정의 방식, 반복 횟수와 같은 파라미터들이 필터 성능에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 이러한 주요 파라미터들의 역할을 분석하고, 다양한 메쉬 형상과 노이즈 조건을 갖는 실험 데이터셋을 대상으로 모서리와 면의 형상을 효과적으로 보존할 수 있는 최적의 파라미터 조합을 도출한다. 제안한 방법은 역설계, 3D 스캐닝 후처리 등 고품질 메쉬 처리가 요구되는 다양한 분야의 메쉬 평탄화 과정에 적용할 수 있다.

후기

본 연구는 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2022R1A2C2005879)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

고온 수소환원철의 유동성 조사 Flowability of H₂-direct Reduced Iron in High Temperature

*이승우^{1,3}, #박준영²

*Seungwoo Lee^{1,3}, #Junyoung Park(pcello@kumoh.ac.kr)²

¹ 국립금오공과대학교 기계공학과, ² 국립금오공과대학교 기계시스템공학과,

³ 국립금오공과대학교 항공기계전자융합전공

Key words : DEM, Flowability, Cohesion, H₂-Dri, High Temperature

*발표자, #교신저자

수소환원제철은 제철 산업의 탄소중립 실현을 위한 중요한 기술로 전 세계적으로 개발을 진행하고 있으며 원철광 재료를 수소 유동층 반응기를 통해 직접 환원하여 Direct reduced iron(DRI)을 만드는 과정이다. 환원된 DRI는 이후 공정에 투입되기 전까지 보관하여야 한다. DRI를 보관하는 호퍼의 배출 성능 및 내부 유동장은 저장되는 분말의 유동성에 크게 영향을 받는다. 특히 유동층 반응기를 지나 저장되는 DRI는 고온 상태이며, 환원 과정에서 산소가 빠져나가며 다공성 구조로 바뀌어 기존에 연구된 철광석의 유동 특성과 달라질 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 유동층 반응기를 거쳐 환원된 RD90 이상의 DRI에 대한 유동성에 대해 조사하였다. 유동성 분석을 위해 Ring shear test(RST)를 수행하였으며, Discrete element method(DEM)을 사용하여 유동 특성을 모사하였다. 이를 통해 다양한 입자 크기 및 온도 조건에서 수소환원철 분말의 유동성을 예측하였다.

Acknowledgement

본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원에 의한 한국연구재단(RS-2023-00246518, 20%), 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업 및 산업통상자원부(MOTIE)와 산업기술평가관리원(KEIT)(IITP-2025-RS-2023-00262421, 30%)의 지원으로 수행되었음(RS-2020-II201612,50%).

모터 부밍음이 선루프에 미치는 영향에 관한 해석 상관성 연구 Analysis Correlation Study on the Effect of Motor Booming Noise on Sunroof

*장욱경¹, 홍준호¹, 김창희¹

*Uk Kyeong Jang¹, Joon Ho Hong¹, Chang Hee Kim¹

¹인알파코리아

Key words : Sunroof, Motor, Booming Noise, Frequency Response

*발표자

자동차 선루프의 움직임을 제어하기 위해 사용되는 모터는 없어서는 안될 부품중의 하나이다. 이러한 모터는 선루프 글라스의 개폐, 틸팅 등 다양한 작동의 동력원을 담당하며, 운전자와 탑승자에게 쾌적한 개방감과 차량 내부의 편리함을 제공하는데 필수적인 역할을 수행한다. 그러나 모터 작동시 발생하는 진동 및 소음은 선루프 구조에 전달되어 부밍음이라는 불쾌한 소음을 유발할 수 있다. 부밍음은 특정 주파수 대역에서 발생하는 저주파 소음으로, 정숙성을 저해하고 탑승자에게 불편함을 초래한다. 특히, 선루프의 경우 넓은 면적과 얇은 구조적 특성으로 인해 모터의 진동 및 소음에 민감하게 반응하여 부밍음 발생 가능성이 높다. 본 연구에서는 선루프 작동 모터의 진동 특성을 실험적으로 측정하고 이를 바탕으로 선루프 구조에 대한 진동-구조 연성 해석 모델을 구축하였다. 그리고 구축된 해석 모델을 활용하여 모터 작동 발생시 발생하는 진동이 선루프 구조에 미치는 영향을 판단하고 실제 ODS 시험 결과와 비교하여 해석 정합성을 검증하였다.

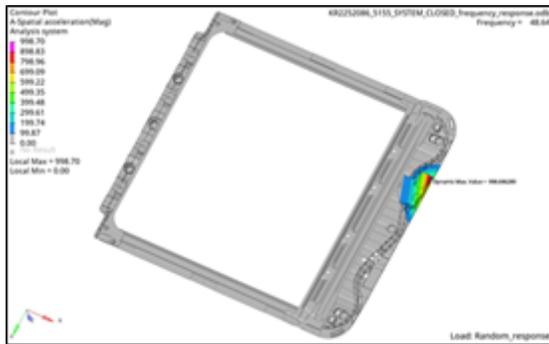


Fig. 1 Frequency Response analysis result

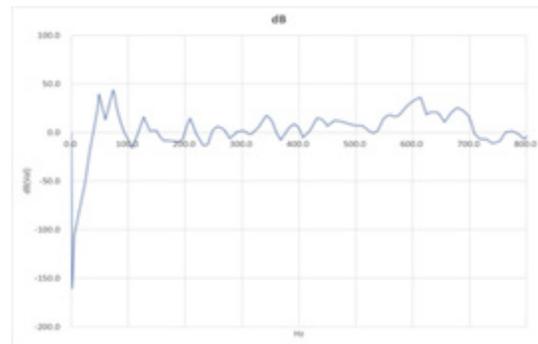


Fig. 2 Graph of Frequency Response analysis result

금속 3D 프린팅 기반 유도 미사일 조종 날개의 경량화 및 성능 개선을 위한 격자구조 적용

Application of Lattice Structure for Lightweighting and Performance Improvement of Guided Missile Control Fins Based on Metal 3D Printing

*이초빈¹, 전예성², 박재민³, 정진호³, 신규태³, 손현진⁴, 양시훈⁴, 김도희⁴,
위정욱⁵, 김현찬¹, #권순조¹

*C. B. Lee¹, Y. S. Jeon², J. M. Park³, J. H. Jeong³, K. T. Shin³, H. J. Son⁴,
S. H. Yang⁴, D. H. Kim⁴, J. W. Wee⁵, H. C. Kim¹, #S. J. Kwon(soonjo.kwon@kumoh.ac.kr)¹

¹국립금오공과대학교 기계공학부, ²국립금오공과대학교 대학원 기계공학과,

³(주)LIG넥스원 미사일시스템기술연구소, ⁴메탈쓰리디(주), ⁵경북대학교 기계공학부

Key words : Lattice Structure, Powder Bed Fusion, Body-Centered Cubic, Design for Additive Manufacturing

*발표자, #교신저자

격자구조는 구조물의 경량화를 실현하면서 기계적 성능을 유지할 수 있어, 무게 감소와 내구성이 동시에 요구되는 국방 부품 설계에 적합하다. 본 연구에서는 금속 3D 프린팅 기술을 적용한 유도 미사일 조종 날개의 내부에 격자구조를 적용한다. 이를 위해 미사일 조종 날개의 형상 특성을 분석하여 설계 개선의 가능성을 평가하고, 분석 결과를 바탕으로 체심 입방 격자의 유닛 셀 크기, 두께, 스트럿 길이 등의 주요 파라미터를 조절하였다. 이후, 구조 시뮬레이션을 통해 응력 분포, 변형률 등의 구조적 특성을 분석하고, 유체 시뮬레이션을 통해 온도, 압력, 속도 및 밀도와 같은 유체 역학적 특성을 분석한다. 본 연구에서 제안된 방법을 통해 미사일 조종 날개의 경량화와 성능 향상을 동시에 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 중소벤처기업부의 창업성장 기술개발사업의 지원에 의한 연구임 [RS-2024-00510115].

CNC선반 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증

Warm-up and Setting Verification for Preventive Maintenance of CNC Lathe

*황종대¹, #노동균²

*J. D. Hwang(hjd@kopo.ac.kr)¹, #D. G. Noh²

¹한국폴리텍7대학 기계시스템과, ²한국폴리텍7대학 산학협력단

Key words : Warm-up, Preventive Maintenance, CNC Lathe

각급 교육기관에서 CNC가공 실습용으로 운영하는 CNC선반은 방학 등 수업이 없거나 특정 장비만 집중적으로 사용하는 경우 유향 장비의 미가동에 의한 배터리방전, 원점상실, 윤활계통 고착화, 서보드라이버 고장 등 많은 손실이 야기된다. 또한 실습 시 공작물좌표계 및 공구길이보정 세팅 오류로 인한 충돌 및 파손은 많은 물리적, 경제적 손실을 유발한다. 따라서 본 연구에서는 CNC선반 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 프로그램을 소개하여 CNC선반의 원활한 가동과 안전한 실습을 꾀한다.

1. 워밍업 및 세팅검증 프로그램

워밍업 세팅을 위한 CNC 프로그램은 X축과 Z축의 동시제어를 위해 무한대 기호(∞) 궤적 운동을 고안하였으며 점진적 부하 부가를 위해 사용공구들에 대해 회전수를 300RPM씩 증가하였다. 회전수에 따라 회전당 이송량은 비례하여 워밍업되며 매 공구마다 10회씩 반복하도록 하였다. 제안한 코드는 Fig. 1과 같고, 원호 보간 순서는 Fig. 2와 같으며 워밍업 결과는 Fig. 3과 같다. 또한 공작물좌표계 및 공구길이보정 검증을 위해 Fig. 4 및 Fig. 5와 같이 세팅검증 프로그램을 개발하였다.

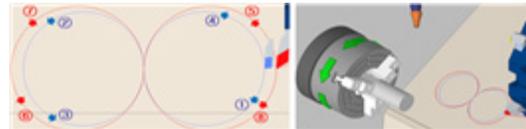


Fig. 2 CNC tool path for warm-up setting

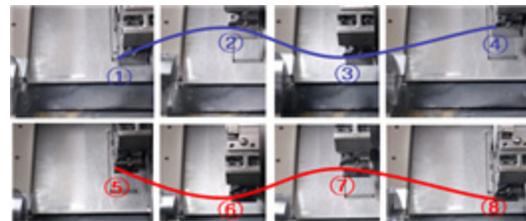


Fig. 3 Warm-up result for preventive maintenance

2. 결론

본 연구에서는 국산 CNC선반의 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 프로그램을 통하여 원활하고 안전한 장비운용과 소부장 국산화 발전에 기여하였다.

후기 이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0021195, 2025년 산업 맞춤형 전문기술 인력양성 사업)

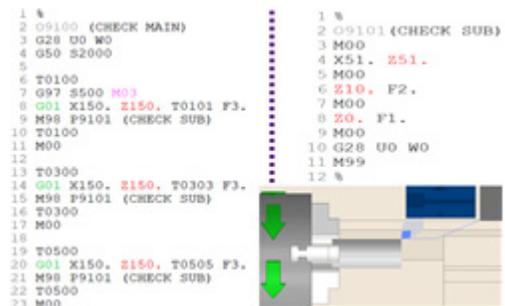


Fig. 4 Setting verification for real machining

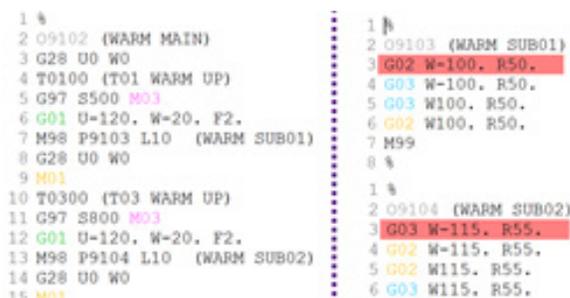


Fig. 1 CNC code for warm-up setting



Fig. 5 Setting verification results

머시닝센터 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 Warm-up and Setting Verification for Preventive Maintenance of Machining Centers

*#황종대¹, 김동현¹

*J. D. Hwang(hjd@kopo.ac.kr)¹, D. H. Kim¹

¹한국폴리텍7대학 기계시스템과

Key words : Warm-up, Preventive Maintenance, Machining center

각급 교육기관에서 CNC밀링 가공용으로 운용하는 머시닝센터는 방학 등 수업이 없거나 특정 장비만 집중적으로 사용하는 경우 유휴 장비의 미가동에 의한 배터리방전, 원점상실, 윤활계통 고착화, 서보드라이버 고장 등 많은 손실을 야기한다. 또한 실습 시 공작물좌표계 및 공구길이보정 세팅 오류로 인한 충돌 및 파손은 많은 물리적, 경제적 손실을 유발한다. 따라서 본 연구에서는 머시닝센터 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 프로그램을 소개하여 머시닝센터의 원활한 가동과 안전한 실습을 꾀한다.

1. 워밍업 및 세팅검증 프로그램

워밍업 세팅을 위한 MCT 프로그램은 X축, Y축 및 Z축의 동시제어를 위해 헬리컬 보간 궤적 운동을 적용하였다. 점진적 부하 부가를 위해 사용공구들에 대해 회전수와 이송속도를 1000RPM 및 1000mm/min 씩 증가하면서 워밍업되며 매 공구마다 10회씩 반복하도록 하였다. 제안한 코드와 원호보간 경로는 Fig. 1과 같고, 워밍업 결과는 Fig. 2와 같다. 또한 공작물좌표계 및 공구길이보정 검증을 위해 Fig. 3과 같이 세팅검증 프로그램을 개발하고 검증에 적용하였다.

2. 결론

본 연구에서는 국산 머시닝센터의 예방정비를 위한 워밍업 및 세팅검증 프로그램을 개발하고 적용함으로써 원활하고 안전한 장비이용과 소부장 국산화 발전에 기여하였다.

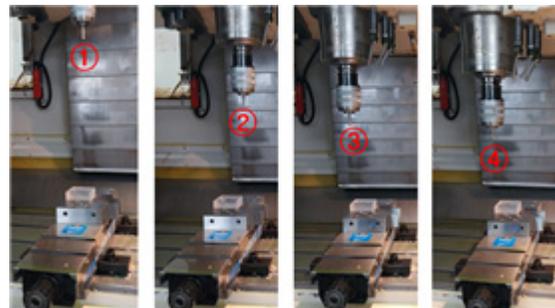


Fig. 2 Warm-up result for preventive maintenance

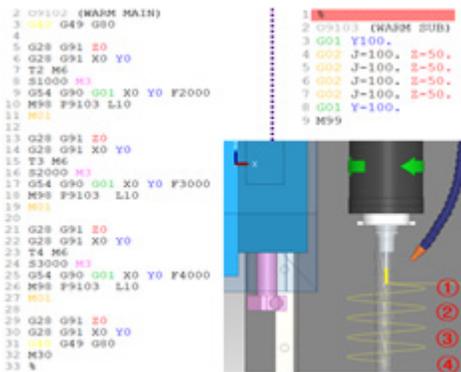


Fig. 1 CNC code and tool path for warm-up setting



Fig. 3 Setting verification for real machining

후기 이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0021195, 2025년 산업 맞춤형 전문기술 인력양성 사업)

지멘스 컨트롤러의 공구선단점제어와 편심보정을 통한 5축가공 5-axis Machining with RTCP and Eccentricity Compensation of Siemens Controller

*황승국¹, #황중대¹

*S. G. Hwang¹, #J. D. Hwang(hjd@kopo.ac.kr)¹

¹한국폴리텍7대학 기계시스템과

Key words : 5-axis Machining, RTCP, Siemens Controller

공구선단점 (RTCP : Rotational Tool Center Position) 제어가 적용되는 5축가공기는 회전테이블 중심과 공작물 중심의 오차가 있는 경우 자동으로 편심거리를 보정하는 타입과 그렇지 않은 타입으로 나뉜다. 본 연구에서는 RTCP와 중심간 편심보정이 가능한 지멘스 컨트롤러를 사용하여 5축가공을 수행하였으며 포스트프로세서를 개발하고 정확한 편심량 보정을 검증하였다.

1. 공구선단점 제어와 편심 보정을 통한 5축가공

RTCP를 적용하지 않는 경우, Fig. 1의 (a)와 같이 회전축과 직선축이 연동되지 않아 과절삭 및 충돌이 발생하는 반면 (b)와 같이 RTCP가 적용되는 경우, 회전공구 선단점을 따라 컨트롤러에서 자동으로 좌표변환을 수행한다. 또한 Fig. 2와 같이 회전테이블(C축)과 공작물 사이의 중심이 일치하지 않는 경우 자동으로 편심거리를 보정하여 가공할 수 있다. 본 연구에서는 지멘스 컨트롤러가 부착된 현대위아 5축가공기(XF6300)에 대하여 Fig. 3과 같이 포스트프로세서를 개발하였으며, Fig. 4와 같이 NC데이터에 대한 시뮬레이션과 5축가공을 통하여 정확한 편심량 보정 결과를 검증하였다.

2. 결론

공구선단점제어와 중심간 편심보정이 가능한 현대위아 5축가공기(XF6300)에 대한 포스트프로세서를 개발하고 편심 보정 기능을 검증함으로써 소부장 국산화에 기여하였다.

후기 이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0021195, 2025년 산업 맞춤형 전문기술 인력양성 사업)

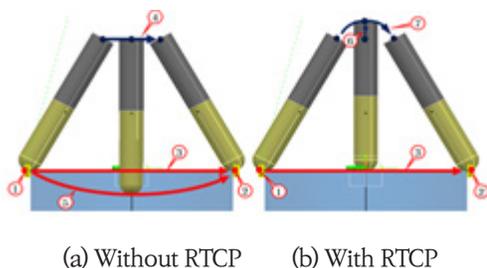


Fig. 1 Differences in RTCP enforcement



Fig. 2 Eccentricity between table and workpiece center

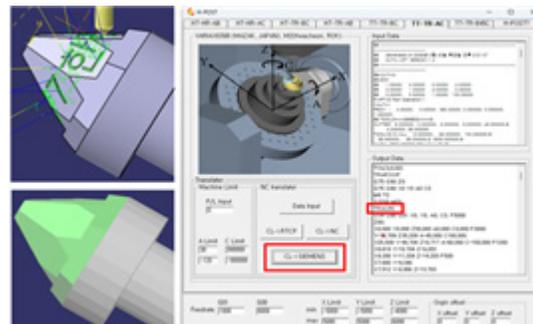


Fig. 3 Development of tool path and postprocessor



Fig. 4 Simulation, 5-axis machining and results

Recurdyn을 이용한 시저형 리프트를 가진 Order Picker 주행성 분석 Order Picker Driveability Analysis with Scissors Lift With Recurdyn

*김정한¹, 김수민¹, 최원준¹, 김지원², #이충호¹

*J. H. KIM¹, S. M. KIM¹, W. J. Choi¹, J. W. Kim², #C. H. LEE(leech@jj.ac.kr)¹

¹ 전주대학교 산업공학과, ²(주)지주코리아

Key words : Order Picker, Driving Simulation, Recurdyn, Driving stability

지능형 물류 배송 장비(Order Picker)는 에너지 회생 기능을 적용하여 오염과 소음을 최소화하고, 작업시간과 비용을 저감할 수 있는 친환경 물류 배송 장비이다. Order Picker는 주행 중 리프팅이 가능하도록 설계되어 구조적 안전성을 확인해야 한다. 본 연구에서는 시저형 리프트의 최상단, 중단, 최하단 3수준으로 나누어 Order Picker 리프트 높이에 따른 주행 안전성을 평가하였다. 시뮬레이션 결과, 최하단 부분에서는 각 바퀴에 100.5J, 242.8J, 67.7J, 157.7J로 도출되었고, 중단 부분에서는 80.2J, 171.9J, 105.9J, 83.6J이 도출되었다. 최상단 부분에서는 60.6J, 79.8J, 95.4J, 78.2J로 도출되었다. Order Picker가 각각 최하단, 중단, 최상단으로 상승, 하강하였을 때, 주행에는 전도나 전복되는 경우는 없었지만 미세한 떨림이 발생하였으나 주행에는 문제점이 없는 것으로 사료된다.

1. 서론

지능형 물류 배송 장비(Order Picker)는 에너지 회생 기능을 적용하여 오염과 소음을 최소화하고, 시간과 비용을 절감할 수 있는 친환경 물류 배송 장비이다. Order Picker는 최대 3m까지 상승할 수 있는 시저형 리프트가 부착되어 있다. 높은 곳에서 작업함에 따라 리프트 높이에 따른 구조적 안정성이 필요하다. 본 연구에서는 Recurdyn 동적 거동 해석 프로그램을 이용하여 최상단, 중단, 최하단 3수준으로 나누어 리프트 높이에 따른 주행 안전성을 평가하였다.

2. 연구내용 및 결과

주행 안전성을 평가하기 위해서 X형 리프트에 연결 부위에 Revolute Joint를 사용하여 회전운동이 가능하게 하였고, 또한 리프트 프레임에 Translate Joint를 주어 상하운동이 가능하게 하였다. 각 바퀴에도 Revolute Joint에 Motion을 부여하여 바퀴 회전이 가능하게 하였다. 후에 최상단(3m), 중단(1.57m), 최하단(0.33m)에서 각각 시뮬레이션을 수행하였고 운전자 75kg을 포함한 총 중량은 785kg으로 설정하였다. 또한 0초에서 40초까지에서 Motion을 부여하여 평균 2km/h로 주행하였다. 시뮬레이션 결과, 최상단에서 각 바퀴는 60.6J, 79.8J, 95.4J, 78.2J로 도출되었고 평균 각속도는 3.9rad/s로 도출되었다. 소요동력은 주행 중 각 바퀴당 236.3W, 311.2W, 372.1W, 305W로 도출되었다. 중단에서는 각 바퀴의 평균 토크는 80.2J, 171.9J, 105.9J, 83.6J로 도출되었고 각속도는 동일하게 도출되었다. 주행 중 각 바퀴의 소요동력은 296.7W,

636W, 391.8W, 309.32W로 도출되었다. 또한 최하단에서는 100.5J, 242.8J, 67.7J, 157.7J로 도출되었고 마찬가지로 각속도는 동일하게 도출되었다. 주행 중 각 바퀴의 소요동력은 391.9W, 946.9W, 264W, 612.3W로 도출되었다

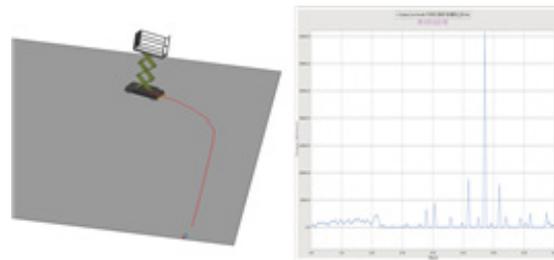


Fig. 1 Order picker driving simulation and torque result

3. 결론

시뮬레이션을 수행한 결론으로 최상단에서 필요한 동력의 합은 1.2KW로 도출되었고 중단 부분에서 필요한 동력의 합은 1.6KW로 도출되었다. 또한 최하단에서의 소요동력은 2.2KW로 도출되었다. Recurdyn을 이용하여 선회주행을 하였을 때, Order Picker가 전도하지 않았지만 시저형 리프트가 최상단일 때 선회하는 부분에서 약간의 떨림이 있어 하체 보강과 같은 조치를 취할 필요가 있다.

후기

본 논문은 2024년도 중소기업벤처부 중소기업기술혁신개발사업(RS-2024-00425443)수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

1. JS Oh, Kim Ji-won, and And Lee Choong-ho.
“The Driving Safety Simulation of Order Picker.”
Journal of the Korean Society of Production and
Manufacturing Conference 2024.12 (2024): 464-
464.

음함수를 활용한 4D프린팅 설계프레임워크 개발 Design Framework for 4D Printing based on Implicit Modeling

*김다인¹, #박상인²

*Dain Kim¹, #Sang-in Park(sangin.park@inu.ac.kr)¹

¹ 인천대학교 바이로-로봇시스템공학과

Keywords : Implicit Modeling, 4DPrinting, Deposition Path

*발표자, #교신저자

Material Extrusion (MEX) is a thermoplastic-based additive manufacturing process that exhibits significant advantages in cost-efficiency and accessibility. It serves as a primary implementation method for 4D printing, enabling the fabrication of intelligent structures capable of temporal shape transformation. However, the MEX process is highly sensitive to process parameters, resulting in substantial variations in shape deformation and mechanical properties, thereby necessitating a robust design methodology for accurate prediction and control of these phenomena. This study systematically constructs a thermal deformation database derived from process parameters and introduces an implicit modeling-based design framework to predict and regulate the structural transformation of simplified geometries. By quantitatively analyzing the correlation between process parameters and physical deformation, the study seeks to enhance the practical application of 4D printing technology. A comprehensive thermal deformation database was developed for specimens subjected to varying process parameters, and the data were employed to predict thermal deformation using ABAQUS software. Validation of the prediction through experimental comparison revealed high accuracy, with an average dimensional error of less than 3%, thereby demonstrating the reliability of the proposed approach.

쇄토와 논갈이에 따른 Air Drill 파종기의 작업별 경운 축의 구조해석 Structural Analysis of the Tilling Shaft by Work of Air Drill Rotavator with Pulverizing Soil and Tillage

*김수민¹, 김정한¹, 강대식², #이충호¹

*S M Kim¹, J H Kim¹, D S Kang², #C H Lee(leech@jj.ac..kr)¹

¹ 전주대학교 산업공학과, ² (주)그린맥스

Key words : Structural Analysis, Ansys, Von Mises Stress, Rotavator, Air Drill Seedler

*발표자, #교신저자

Air drill 파종기의 경운 날 및 경운 축은 밭 작업을 하는 데 안전하게 작동되어야 한다. 특히 작업 환경에 따라 경운 축이 받는 하중과 응력이 달라지며 이에 경운 축에 대한 안전성 확보가 필요하다. 본 연구에서는 작업조건을 논갈이와 쇄토 2수준으로 나누어 Air drill 파종기의 경운 날이 부착된 경운 축의 구조적 안전성을 평가를 목표로 구조해석을 수행하였다. 경운 날이 부착된 경운 축의 양 끝부분(볼트와 체결된 곳)에 고정을 주었고 단순화한 경운 축에 모멘트 하중을 계산하여 하중을 부여하였다. 시뮬레이션 결과 논갈이의 경우 최대 폰 미세스 응력은 33.09MPa 안전계수는 7.55ul로 도출되었고 쇄토에서는 최대 폰 미세스 응력은 94.14MPa 안전계수는 2.65ul로 도출되었다. 최대 폰 미세스 응력은 경운 축 끝 부분 고정 부위에 나타났다. 재질의 항복강도 기준에서 안전계수가 7.55ul, 2.65ul로 도출되어 경운 축은 안전한 것으로 사료된다.

1. 서론

Air drill 파종기는 효율적인 종자 파종과 토양 준비를 위해 사용되는 농기계로 경운 날과 경운 축을 이용하여 토양을 일정하게 정리하는 역할을 한다. 특히 파종기의 경운 축은 반복적인 하중과 회전 토크를 받으므로 내구성 확보가 필요하다. 본 연구에서는 Ansys를 이용하여 경운 날이 부착된 경운축의 끝부분에 대한 구조적 안전성을 평가하기 위해 구조해석을 수행하였다.

2. 연구방법

모델링한 Air drill 파종기를 경운 날과 경운 축을 제외한 나머지 부품을 제외시키고 단순화를 진행하였다. Ansys를 이용하여 경운 날이 부착된 경운 축의 양 끝부분(볼트와 체결된 곳)에 고정을 주었고 단순화한 경운 축에 모멘트 하중을 부여하기 위해 회전토크를 계산하였다. 작업조건은 논갈이와 쇄토 2수준으로 나누어 진행하였다. 논갈이의 경우 약 150RPM이 사용되며, 쇄토의 경우 약 400RPM이 사용된다. RPM을 이용하여 회전토크를 산출한 결과 논갈이의 회전 토크는 1950.9N·m, 쇄토의 회전 토크는 5618.8N·m로 계산되었고 반력은 약 158.8N·m로 계산되었다. 위 결과를 토대로 경운 축에 회전토크를 부여하여 시뮬레이션을 진행하였다.

(회전토크 산출 = 716200*RPM/540)

(반력 산출 = 1080cm²(면적)*0.015(비회전력))

3. 결론

시뮬레이션 결과, 논갈이의 경우 최대 폰 미세스응력은 33.09MPa 안전계수는 7.55ul로 도출되었고 쇄토에서는 최대 폰 미세스 응력은 94.14MPa 안전계수는 2.65ul로 도출되었다. 최대 폰 미세스 응력은 경운 축 끝부분 고정 부위에 나타났다. 따라서 재질의 항복강도 기준에서 안전계수가 7.55ul, 2.65ul로 도출되어 경운 축은 안전한 것으로 사료되며 쇄토 작업에서는 보강설계가 필요하다.

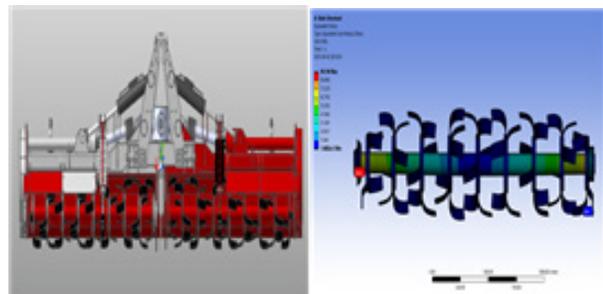


Fig. 1 Rotavator main frame and shaft analysis of loads

후기

이 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 2025년도 기술사업화지원사업(공공기술사업화 촉진 시장확대형)의 지원을 받아 연구되었음.(RS-2024-00349535)

REFERENCES

1. Kim Jong-moon, Ye-seul Lee, Kim Yong-ju, Moon Dong-gil, Kang Tae-kyung, Sang-hee, and Sun-ok Chung. "An Analysis of Sowing Device Bearing Fatigue." *Journal of the Korean Society of Agricultural Machinery and Materials* 22.2 (2017): 19-19.

사이드 멤버 형상에 따른 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 특성 분석

Comparison of Side Impact Characteristics of Battery Pack Case Structures According to Shape of Side Member

*채백문¹, 김도훈¹, 이금현², 곽윤기¹, #한장우²

*Baek Mun Chae¹, Do Hun Kim¹, Geung-Hyeon Lee², Yun Ki Gwak¹,

#Jang-Woo Han(uddan@kumoh.ac.kr)¹

¹ 국립금오공과대학교 기계공학부, ² 국립금오공과대학교 기계공학과

Key words : Side impact characteristics, Battery pack case, Structural analysis

*발표자, #교신저자

본 연구를 통해 배터리 팩 케이스(Battery Pack Case: BPC) 구조물의 측면 충돌 특성을 분석을 위한 구조 설계를 수행하였다. 다양한 환경에서 배터리 셀을 효과적으로 보호하기 위한 전기차용 배터리 팩 케이스 구조물은 내충격 및 내압축 등과 같은 충돌 안정성 확보가 중요한 설계 요구 사항 중 하나이다. 이에 따라 배터리 팩 케이스 구조물에 대한 형상 및 소재 개선 등을 바탕으로 다양한 충돌 환경에서의 안정성 확보를 위한 사전 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 본 연구에서는 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 안정성 확보를 위한 방안으로써 구조 해석을 바탕으로 측면 충격 흡수를 위한 구성 부품인 사이드 멤버의 개선된 형상을 도출하고자 하였다.

1. 서론

전기차용 배터리 팩 케이스 구조물은 전기차 성능과 직결되는 배터리 셀을 보호하기 위한 모듈형 부품으로써, 다양한 충돌 환경에서의 내충격성 및 내압축성 확보는 중요한 문제이다. 이에 따라 배터리 팩 케이스 구조물의 충돌 안정성 확보를 위한 다양한 사전 설계들이 진행되어 왔으며, 그 결과 배터리 팩 케이스 구조물의 대한 형상 및 적용 소재 등이 지속적으로 개선되어 왔다. 이에 따라 본 연구에서는 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 안전성 확보를 위한 방안으로써, 유한 요소 해석을 바탕으로 측면 충돌 시 충격 흡수를 담당하는 사이드 멤버 형상에 대한 개선 방안을 도출하고자 하였다.

2. 본론

상용 구조해석 S/W인 Ansys를 활용하여 배터리 팩 케이스 구조물에 대한 거동 특성을 분석하고자 하였으며, 해당 설계 과정에서 AL6061-T6 소재를 고려하였다. 또한, 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 특성 분석을 위해 Dynamic-explicit solver를 활용한 동적 거동 예측을 수행하였으며, AL6061-T6 소재의 Johnson-Cook 물성을 반영함으로써 소성 변형 및 파단 특성을 분석하고자 하였다.

3. 결론

3가지 형상의 사이드 멤버를 가정하여 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 특성을 분석하였으며, 이를 통해 사이드 멤버의 형상이 배터리 팩 케이스 구조물의 측면 충돌 안정성 확보를 위한 주요 설계 요소임을 확인하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-NR072163, RS-2024-00356107). 또한, 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0024166, 2022년 지역혁신클러스터육성사업).

REFERENCES

1. Spear, D.G., Palazotto, A.N., Kemnitz, R.A., "Modeling and Simulation Techniques Used in High Strain Rate Projectile Impact," Mathematics Theory, pp. 16, 2021.

노즐 경로에 따른 복합소재 3D 프린팅 출력물의 굽힘 특성 예측을 위한 AM-공정 연계 구조 해석

AM-Structural Coupled Analysis to Predict Mechanical Behaviors of 3D Printed Composite Structures according to Nozzle Path

*설영훈¹, #이금현¹, 김정민¹, 최예진³, 윤민호², #한장우³

*Yeong Hun Seol¹, Geung-Hyeon Lee¹, Jung Min Kim¹, Ye-Jin Choi³, Minho Yoon²,

#Jang-Woo Han(uddan@kumoh.ac.kr)³

¹ 국립금오공과대학교 기계공학과, ² 서울시립대학교 기계정보공학과, ³ 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : 3D printing, Composite structures, Mechanical behavior, Nozzle Path

*발표자, #교신저자

본 연구를 통해 복합소재 3D 프린팅 출력물의 굽힘 거동 특성을 효과적으로 분석하기 위한 AM-공정 연계 구조 해석 방안을 제안하고자 하였다. FDM 방식으로 제작되는 복합소재 출력물은 노즐 경로 등과 같은 다양한 출력 공정 조건들에 의해 인장/굽힘 등과 같은 기계적 거동 특성이 결정될 수 있다. 이에 따라 복합소재 출력물에 대한 효과적인 구조 설계를 위해 노즐 경로 등의 출력 공정 조건들의 영향을 구조 해석 과정에서 종합적으로 고려할 수 있는 AM-공정 연계 구조 해석 방안을 적용하고자 하였으며, 실험적 결과와의 비교/분석을 통해 제안된 해석 방안의 타당성을 검증하고자 하였다.

1. 서론

다양한 3D 프린팅 기법들 중 Fused Deposition Modeling (FDM) 방식은 간단한 출력 메커니즘 개선을 통해 연속섬유 강화 복합소재 출력물 제작이 가능하며, 이에 따라 FDM 출력 공정을 적용한 구조용 부품 사례가 확대되고 있다. 상기 배경에 따라 본 연구에서는 복합소재 FDM 출력물의 기계적 거동 특성을 효과적으로 예측할 수 있는 AM-공정 연계 구조 해석 방안을 제안하고자 하였으며, 출력물에 대한 실험적 결과와의 비교/분석을 통해 제안된 해석 방안의 정확성을 검증하고자 하였다.

2. AM-공정 연계 구조 해석

AM-공정 연계 구조 해석을 위해 G-code를 바탕으로 출력물의 노즐 경로 정보를 고려하였으며, 복합소재 물성 예측 S/W인 DIGIMAT을 활용하여 연속섬유 배향에 따른 복합소재의 기계적 물성을 도출하고자 하였다. 또한, 출력물의 노즐 경로에 따른 필라멘트 배향 정보를 구조해석 모델에 맵핑함으로써, 출력 공정 조건들이 고려된 AM-공정 연계 구조 해석을 진행하고자 하였다. 제안된 해석 방안에 대한 타당성 검증을 위해 ASTM D790 규격 굽힘 시험을 바탕으로 해석적/실험적 결과를 비교/분석하였다.

3. 결론

본 연구를 통해 노즐 경로에 따른 복합소재 FDM 출력물의 굽힘 특성을 비교하였으며, 이를 통해 출력물의 기계적 거동 특성은 다양한 출력 공정 조건들에 의해 결정될 수 있음을 확인하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-NR072163, RS-2024-00356107). 또한, 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술포진원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0024166, 2022년 지역혁신클러스터육성사업).

REFERENCES

1. Y.G. Kang, T.W. Lee, G.S. Shin, "The Influence of Experiment Variables on 3D Printing using ABS Resin", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 2, pp. 94~101, 2017.

두께 방향 단섬유 배향 특성이 고려된 복합소재 사출 성형품의 기계적 거동 예측 방안

Mechanical Analysis of Injection Molded Composite Structures Considering Through-the-thickness Characteristics of Short-fiber Orientation

*김정민¹, 이공현¹, 설영훈¹, #한장우²

*Jeong Min Kim¹, Geung-Hyeon Lee¹, Yeong Hun Seol¹,

#Jang-Woo Han(uddan@kumoh.ac.kr)²

¹ 국립금오공과대학교 기계공학과, ² 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Short-fiber reinforced composites, Molding-structural coupled analysis, Laminated plate theory

*발표자, #교신저자

본 연구를 통해 단섬유 강화 복합소재 사출 성형품에 대한 효과적인 해석 방안을 제시하고자 하였다. 사출 성형 공정을 통해 제작되는 단섬유 강화 복합소재 구조물은 다양한 성형 공정 조건들에 따라 부위별 단섬유 배향 특성이 결정되며, 이로 인해 사출 성형품의 기계적 거동 특성이 판이해질 수 있다는 특징이 있다. 단섬유 강화 복합소재 구조물에 대한 효과적인 설계를 위해서는 성형 공정 과정에 의해 유발될 수 있는 부위별 이방 특성을 구조 해석 과정에서 고려해주어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 사출 성형 과정에서 발생하는 두께 방향에 대한 단섬유 배향 특성을 효과적으로 고려해주기 위한 방안으로써 성형-구조 연계 해석 및 적층 판 이론 등을 적용하고자 하였으며, 각 해석 결과에 대한 정확도를 비교/분석함으로써 단섬유 강화 복합소재 구조물 설계 과정에 적합한 해석 방안을 도출하고자 하였다.

1. 서론

현재 다양한 산업 분야에서 활용되는 단섬유 강화 복합소재 구조물의 경우, 압축 및 사출 성형 공정 적용 과정에서 단섬유의 배향 특성이 부위별로 달라질 수 있으며, 이로 인해 최종 성형 제품의 기계적 거동 특성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 단섬유 배향 특성을 효과적으로 고려하기 위한 방안으로써 성형-구조 연계 해석 및 적층 판 이론 등을 적용하고자 하였으며, 단섬유 강화 복합소재 구조물 설계 과정에서의 정확도를 비교/분석하고자 하였다.

2. 본론

단섬유 강화 복합소재 사출 성형 과정에서 두께 방향으로 달라질 수 있는 단섬유 배향 특성을 효과적으로 고려하기 위해 성형-구조 연계 해석 및 적층 판 이론 등을 적용하고자 하였다. 각 해석 방안에 대한 정확도 및 효율성을 검증하기 위해 사출 성형품에 대한 인장 및 굽힘 거동 특성 등을 비교/분석하고자 하였으며, 이를 바탕으로 각 해석 방안의 장/단점과 단섬유 강화 복합소재 구조물 설계 과정에 적합한 해석 방안을 도출하고자 하였다.

3. 결론

인장 및 굽힘 거동 등의 수치 예제 분석을 바탕으로 각 해석 방안들이 가지는 장/단점을 검토하였으며, 설계 대상 부품의 형상 등에 따라 적용 가능한 해석 방안을 제시할 수 있음을 확인하였다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-NR072163, RS-2024-00356107). 또한, 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0024166, 2022년 지역혁신클러스터육성사업).

REFERENCES

- Han, J. W., Kim, J. S., Cho, M. H., "New enhanced first-order shear deformation theory for thermo-mechanical analysis of laminated composite and sandwich plates," Composites Part B - Engineering, Vol. 116, pp. 422~450, 2017.

강화학습 기반 자동 케이블 라우팅에서 모방학습의 적용 Application of Imitation Learning in Reinforcement Learning-Based Automatic Cable Routing

*김군찬¹, #권순조²

*K. C. Kim¹, #S. J. Kwon¹(soonjo.kwon@kumoh.ac.kr)

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Automatic Cable Routing, Reinforcement Learning, Imitation Learning

*발표자, #교신저자

케이블 라우팅은 충돌 회피, 곡률 제약, 길이 최소화 등 제약 조건을 만족하며 케이블 경로를 결정해야 하는 복잡한 문제이다. 경로 탐색의 특성상 경로를 순차적으로 결정하도록 학습하는 강화학습이 효과적으로 적용될 수 있으나, 효과적인 보상 체계를 설정하기 위한 많은 시행착오가 필요하다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 강화학습의 초기 학습 단계에 모방학습 기법을 도입하여 에이전트가 범용적인 최단 거리 알고리즘을 모방하도록 한다. 이를 통해 에이전트는 초기 학습 단계부터 의미 있는 경로 탐색을 할 수 있으며, 이후 더 나은 라우팅 전략을 발전시킬 수 있다. 실험을 통해 모방학습의 적용 여부에 따른 소요 시간, 케이블의 전체 길이, 곡률 안정성 등을 비교하며 제안하는 방법의 우수성을 입증한다.

자기지도 학습을 이용한 3차원 점군의 형상 유사도 측정

Similarity Measurement of 3D Point Clouds Using Self-Supervised Learning

*김지원¹, #김병철¹

*Ji Won Kim, #Byung Chul Kim(mir7942@koreatech.ac.kr)

¹한국기술교육대학교 기계공학부

Key words : Point Cloud, Self-Supervised Learning, Similarity

*발표자, #교신저자

3D CAD 모델의 형상 유사도 기반 검색은 설계 자동화와 기존 설계의 재사용에 있어 효과적인 방법이다. 그러나 기존 방법은 라벨링 된 대규모 데이터셋에 의존하며, 다양한 형상에 대한 일반화에는 한계가 있다. 본 연구는 라벨 없이 형상 표현을 학습할 수 있는 점군 기반 자기지도 학습 프레임워크를 제안한다. 제안된 프레임워크에서는 대조학습을 통해 임베딩 공간을 학습한다. 학습에는 ShapeNet 데이터셋을 사용하였고, 이를 기반으로 클러스터링 및 검색 성능을 평가하였다. 실험 결과, 라벨이 없는 환경에서도 CAD 형상 분석에 유용한 접근법이 될 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

3D CAD 모델의 형상 유사도 기반 검색은 설계 자동화 및 재활용에 중요한 역할을 한다. 기존 방법들은 라벨링 된 대규모 데이터셋에 의존하거나, 형상의 지역적 특성을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 자기지도 학습(self-supervised learning)을 통해 라벨링 없이 형상 표현을 학습할 수 있는 새로운 접근법을 제시한다.

2. 점군 유사도 측정 방법

본 연구에서는 형상의 지역적 패턴을 잘 반영할 수 있는 PointNet++를 백본(backbone)으로 하여 자기지도 학습 방법으로 점군을 학습한다. 자기지도 학습을 위해 두 개의 별도 입력을 처리하는 인코더(encoder) 구조를 채택하고, 각 입력은 projection head를 통해 임베딩 공간으로 매핑된다. 추출된 임베딩 벡터는 contrastive loss를 통해 학습되며, 분류 및 검색 작업에는 인코더를 통과한 임베딩 벡터가 활용된다.

3. 구현 및 실험

본 연구는 Python과 PyTorch를 사용하여 모델을 구현하였으며, 실험에는 ShapeNet 데이터셋의 31,304개 모델을 학습 데이터로 활용하였다. 실험 결과, 모델은 AMI와 mAP@R 지표에서 각각 0.482와 0.356의 군집화 성능을 기록하였으며, 이는 향후 모델 성능 개선을 위한 중요한 기준이 될 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 자기지도 학습 기반 점군 데이터 유사도 측정 방법을 제시하였다. 또한 구현 및 실험을 통해, 제안된 방법이 라벨이 부족한 환경에서도 형상 유사도를 잘 측정할 수 있음을 확인하였다.

후기 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 연구비 지원을 받아 수행한 개인기초연구(RS-2024-00354618), 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원 연구비 지원을 받아 수행한 산업기술알키미스트프로젝트사업(RS-2024-00419010)의 결과입니다.

형상 분산과 합성곱 신경망을 이용한 3차원 형상 분류

3D Shape Classification Using Shape Distributions and Convolutional Neural Networks

*이승재¹, #김병철¹

*S. J. Lee¹, #B. C. Kim(mir7942@koreatech.ac.kr)¹

¹ 한국기술교육대학교 기계공학부

Key words : Convolutional Neural Network, Shape Distribution, Shape Classification

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 3차원 형상을 분류하기 위해 형상 분산과 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)을 이용한 분류 방법을 제안한다. 형상 분산(shape distribution)은 형상으로부터 점을 샘플링하고, 점 간의 거리 분포를 히스토그램으로 표현한 것이다. 형상 분류를 위해 형상 분산을 1차원 CNN을 이용해 학습하였고, 구현 및 실험을 통해 이를 검증하였다. 실험 결과 59%의 낮은 분류 정확도를 보여주었다. 정확도는 3차원 CNN을 이용할 때보다 낮지만, 더 빠른 학습 속도와 더 낮은 메모리 사용을 보여주었다.

1. 서론

최근 기계학습에 관한 관심이 증가하면서 형상 분류에도 기계학습을 활용하고 있다. 기존의 형상 분류 방법에서는 3차원 데이터를 학습에 사용하기 때문에 큰 메모리를 요구한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 3차원 형상을 1차원 형태의 형상 분산(shape distribution)으로 표현하고, 이를 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)과 결합하여 형상을 분류하는 방법을 제안한다.

2. 형상 분산

형상 분산은 3차원 형상의 기하학적 특성을 표현하는 방법 중 한 가지이다. 학습에 사용할 데이터를 만들기 위해 메쉬 형상에서 점들을 샘플링한다. 그리고 모든 점 간의 거리를 계산하여 히스토그램으로 표현한다. 이때, 거리의 최솟값과 최댓값을 고려하여 bin(bin)을 설정한다.

3. 형상 분산을 이용한 형상 분류

형상 분류를 위해 1차원 CNN을 이용한다. 이때, 입력 데이터는 히스토그램으로 표현되기 때문에 한 개의 채널로 구성한다. 커널(kernel) 크기 20, 스트라이드(stride) 1, 패딩(padding) 10의 합성곱 계층 뒤에 배치 정규화와 Relu 활성화 함수를 적용한다. 그리고 최대 풀링(max pooling)과 30%의 드롭아웃(dropout)을 적용한다. 이를 두 번 반복한 후, 소프트 맥스(softmax) 함수로 출력된 값 중 가장 큰 값으로 형상을 분류한다.

4. 구현 및 실험

본 연구에서는 제안한 방법을 구현하기 위해 PyTorch를 이용하였다. 학습에 사용한 데이터는 ShapeNet에서 제공하는 43종 43,000개의 형상을 사용하였고, 오픈소스 라이브러리인 Open 3D를 이용한 개의 형상 당 1,000개의 점을 샘플링하였다. 그리고 점들의 거리를 bin의 개수가 256인 히스토그램으로 나타냈다. 학습 시간은 약 42분이 걸렸으며, 학습셋 정확도는 84%, 검증셋 정확도는 57%였으며, 테스트셋 정확도는 59% 수준이었다.

4. 결론

본 연구에서는 3차원 형상을 분류하기 위해 형상 분산을 활용한 CNN 기반의 분류 방법을 제안하였다. 이를 통해 경량화된 데이터를 활용하여 빠른 학습 속도를 보여주었으나, 59%의 비교적 낮은 정확도를 보여주어 향후 연구에서 개선이 필요하다.

후기 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 연구비 지원을 받아 수행한 개인기초연구(RS-2024-00354618), 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원 연구비 지원을 받아 수행한 산업기술알키미스트프로젝트사업(RS-2024-00419010)의 결과입니다.

포스터발표

용접/특수가공

좌장 : 임종경(가천대)

연구로용 튜브형 판형핵연료 집합체 스웨이징 공정 개발
Development of a Swaging Process for Tubular Nuclear Fuel Plate Assemblies
for Research Reactors

***#문제혁¹, 김성환¹, 송화영¹, 정용진¹**

***#J. H. Moon(mjh0976@kaeri.re.kr)¹, S. H. Kim¹, H. Y. Song¹, Y. J. Jeong¹**

¹ 한국원자력연구원

Key words : Research Reactor, Swaging Process, Nuclear Fuel Plate, Nuclear Fuel Assemblies

*발표자, #교신저자

한국원자력연구원은 벨기에 BR2 연구로의 고농축 우라늄 핵연료를 저농축 우라늄 핵연료로 전환하기 위해 고밀도 U3Si2 판형핵연료 제조 기술을 개발하고 있다. 튜브형 판형핵연료 집합체는 프레임 역할을 하는 3개의 Spacer에 6종류의 핵연료판 18장이 조립되어 튜브 형태를 나타내고 있으며 각각 120° 간격을 이루는 Spacer의 슬롯에 핵연료판을 삽입한 후 스웨이징 가공으로 소성변형시켜 핵연료판을 고정하여 완성한다. 스웨이징 공정은 핵연료판의 변형과 결합 강도를 결정하며, 조사 안정성과 연관이 있으므로 가공 중 부품 변형의 최소화와 결합 강도(27kgf/cm)를 보장할 수 있도록 수행되어야 한다. 본 연구에서는 튜브형 판형핵연료 집합체의 스웨이징 가공 장비의 개발과 가공 조건의 확립에 대해 논하였다.

Microstructural and Mechanical Behavior of Cu-Brazed Ultra-Thin Stainless-Steel Plates for High-Performance Plate Heat Exchanger Applications

*Melkamu Tadesse Getachew¹, #Sang Hu Park¹, Hong Seok Kim¹

#Sang Hu Park(sanghu@pusan.ac.kr)¹

¹ School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan, Republic of Korea

Key words : Plate Heat Exchanger, Cu-Brazed Joints, Ultra-Thin Stainless Steel, Copper Infiltration

*발표자, #교신저자

This study examines the microstructural and mechanical behavior of 304, 304L, and 316L ultra-thin stainless-steel plates (50 μm) brazed with copper for high-performance plate heat exchanger applications. Joint quality, copper infiltration, and elemental diffusion were analyzed using optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), and electron probe microanalysis (EPMA). The best-performing joints were selected for numerical simulations and tensile testing to evaluate fatigue behavior. Stress-life curves identified failure mechanisms, while endurance stress (σ_e) was estimated through mathematical correlation using data from simulations and tensile tests. The findings provide critical insights into joint reliability and mechanical performance for demanding applications.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(No. RS-2019-NR040067).

YOLOv11 기반 실시간 용접선 추적 및 경로 오차 추정에 관한 연구

YOLOv11-Based Welding Seam Tracking and Real-Time Path Deviation Estimation

*한성빈¹, 한건후¹, 고관우¹, #조영태¹

*Sung Been Han¹, Geon Hu Han¹, Kwan Woo Ko¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : YOLO, Deep Learning, Welding Seam, Seam Tracking

*발표자, #교신저자

용접 공정에서는 모재의 열 변형, 작업 편차, 로봇 캘리브레이션 오류로 인해 사전 설정된 교시 위치와 실제 용접선 간에 오차가 발생할 수 있으며 이는 용입 불량, 언더컷 등의 품질 저하로 이어질 수 있다. 특히 대형 구조물의 경우 불량을 저감 및 생산성 향상을 위해 실시간 용접선 추적 알고리즘의 적용이 필수적이다. 본 연구에서는 고주파 아크의 영향을 최소화할 수 있는 비전 카메라를 활용하여 용접 영상을 획득하고 객체 탐지 알고리즘 YOLOv11에 1,200장의 데이터셋을 학습시켜 아크와 용접선의 특징을 추출하였다. 입력 이미지의 원근 왜곡을 보정한 후 각각의 중심점 차이를 기반으로 경로 오차를 계산한 결과 구현한 알고리즘은 90%의 정확도로 경로 오차를 추정하였으며 향후 실시간 보정까지 확장하고자 한다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

알루미늄 판재 마찰교반 점용접 나노 보강재 첨가에 따른 용접 특성

Effect of Nano-reinforcement Addition on the Joining Characteristics in Friction Stir Spot Welding of Aluminum

*김중선¹, 조인호², 손민수³, 김승경³, #안석영⁴

*J. S. Kim(kjs16852002@naver.com)¹, I. H. Cho², M. S. Son(alstn1251@naver.com)³, S. K. Kim³, #S. Y. Ahn⁴

¹ 부산대학교 대학원, ² 대한항공, ³ 부산대학교 융합학부, ⁴ 부산대학교 기계공학부

Key words : Friction Stir Welding, Friction Stir Spot Welding, Intermetallic Compound

AA5052-H32 알루미늄 합금과 SPCUD 냉간압연 강판의 이종 접합을 위해 마찰교반 점용접을 적용하여, 공정 체류시간에 따른 금속간화합물 층의 두께변화를 살펴보고자 한다. 마찰교반 점용접을 이용하여 각각의 시편을 공정체류시간에 따른 접합을 시킨 뒤 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 금속간화합물 층의 두께를 확인하였다. 확인 결과, 나노 보강재를 첨가하지 않은 시편이 나노 보강재를 첨가한 시편보다 금속간화합물 층의 두께가 체류 시간이 증가할수록 더 두껍게 형성이 된 것을 확인할 수 있다. 이를 이용하여 추후 연구에서는 인장시험을 통해 기계적 물성치 변화에 관한 연구를 진행하고자 한다.

1. 연구배경

경량화 기술로는 알루미늄 합금이 활용되고 있지만, 저강도 특성 보완을 위해 이종 접합 기술이 부각되고 있다. 이에 본 연구에서는 AA5052-H32 알루미늄 합금과 SPCUD 냉간압연 강판의 이종 접합을 위해 마찰교반 점용접을 적용하여, 나노 보강재(SiC, CNT) 첨가와 공정 체류시간에 따른 금속간화합물 층의 두께변화를 살펴보고자 한다.

2. 마찰교반 점용접 실험방법

마찰교반점용접은 모재에 회전공구를 삽입하여 발생하는 마찰열과 압력으로 연화된 모재 용접면에서 교반시켜 소성 유동으로 강제 혼합 용접하는 고상용접이다. 용융점 이하 용접으로 별도 열원, 용접봉, 가스 공급이 불필요하며, 알루미늄, 마그네슘, 이종 금속들의 용접이 가능하다^[1].

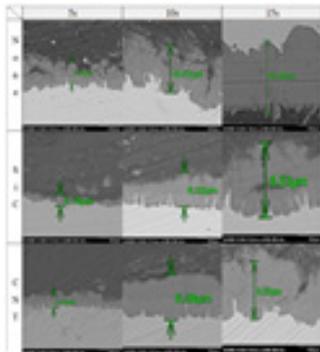


Fig. 1 Field emission SEM photographs for the cross-section to join specimens

3. 결과 및 고찰

Fig. 1 은 공정별 계면의 교반 영역에 생성된 금속간화합물 층의 주사전자현미경 사진이다. 공정 체류 시간이 증가할수록 금속간화합물 층의 두께도 같이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 나노 보강재를 첨가하지 않은 시편이 나노 보강재를 첨가한 시편보다 금속간화합물 층의 두께가 체류 시간이 증가할수록 더 두껍게 형성이 된 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 마찰교반 점용접을 활용하여 나노보강재의 첨가와 공정 체류시간에 따른 금속간화합물 층의 두께변화를 살펴보았다. 실험결과, 나노 보강재를 첨가하지 않은 시편이 다른 시편보다 금속간화합물 층의 두께가 체류 시간이 증가할수록 더 두껍게 형성이 된 것을 확인하였으며, 추후 이에 따른 인장시험을 통해 기계적 물성치 변화에 관한 연구를 진행하고자 한다.

후기

본 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2021R1A6C101A449)

REFERENCES

1. Mishra, R. S. and Ma, D. Z., "Friction stir welding and processing," Materials science and engineering: R: reports, Vol. 50, No. 1-2, pp. 1-78, 2005.

영상의료진단기기의 엑스레이 튜브 유리관과 금속 접합 연구 Bonding of Glass Tube and Kovar Metal in X-ray Medical Diagnostic Equipment

*#채영훈¹, 박준범²

*#Y. H. Chae(yhunchae@knu.ac.kr)¹, J. B. Park²

¹ 경북대학교 기계연구소, ² ㈜씨엘엠티

Key words : Kovar, Glass Tube, Bonding, Schot Glass

본 연구는 영상의료진단기기의 핵심 부품인 엑스레이 튜브의 유리관과 금속 접합 기술을 개발하기 위해 수행되었다. 엑스레이 튜브는 고전압 조건에서 진공을 유지해야 하므로 유리와 금속의 접합부 강도와 신뢰성이 매우 중요하다. 본 연구에서는 엑스레이 튜브에 사용되는 KOVAR 금속과 강화유리관의 접합 특성을 개선하기 위해 다양한 접합 공정을 연구하였다. KOVAR 금속은 철, 니켈, 코발트 합금으로 구성되어 있으며, 붕규산 유리와 유사한 열팽창계수를 가져 엑스레이 튜브 제작에 적합하다. 접합 공정으로는 인덕션 히터를 이용하여 KOVAR 금속을 600°C-700°C로 가열하고, 붕규산 유리는 토치를 사용하여 400°C-500°C로 가열한 후 두 소재를 접합하였다. 접합부의 강도와 기계적 안정성을 확보하기 위해 430°C에서 어닐링 공정을 수행하였다. 접합부의 구조적 특성 분석을 위해 광학 현미경 및 X-ray를 이용하여 미세 결합과 균열 여부를 확인하였다. 실험 결과, KOVAR 금속과 붕규산 유리의 접합은 열팽창계수가 유사하여 접합부의 균열이 크게 감소하였음을 확인하였다. 본 연구를 통해 엑스레이 튜브 유리관과 금속 접합의 기계적 강도와 신뢰성을 향상시킬 수 있는 기술적 기반을 마련하였다. 향후 연구로는 접합 공정 변수 최적화와 열충격 시험을 통한 신뢰성 평가가 필요하다. 본 연구는 의료 영상기기 엑스레이 튜브의 수명 연장과 성능 개선에 기여할 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2023년 중소벤처기업부에서 수행한 중소기업기술개발사업(RS-2023-00263039)의 지원을 받아 수행되었음.

REFERENCES

1. 성성현, 박준범, 채영훈 “KOVAR 금속과 강화유리관의 이종소재 원형접합 실험 연구” 한국트라이볼로지학회 2024년도 제76회 추계학술대회, 161-162.



Fig. 1 The photograph and drawing of Kovar metal

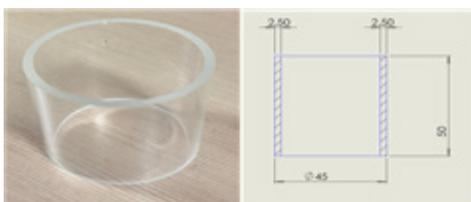


Fig. 2 The photograph and drawing of Borosilicate glass



Fig. 3 Bonding process for glass tube and Kovar metal

강화학습을 통한 SPOT 용접순서 검증

Verification of Spot Welding Sequence through Reinforcement Learning

*최현범¹, #이상헌¹, 이서한¹, 백승엽², 강정길³, 박정웅³, 김재열³

*H. B. Choi¹, #S. H. Lee(shlee@howon.com)¹, S. H. Lee¹, S. Y. Back², J. G. Kang³, J. Y. Kim³

¹ ㈜호원 기술연구소, ² 한국자동차연구원, ³ 조선대학교 산학협력단

Key words : Ultra High Strength Steel, Heat Deformation, Spot Welding, Reinforcement Learning

자동차의 구조 유지 및 주행 중 탑승자를 보호하는 차체부품의 용접에 대한 신뢰성은 중요하게 요구되고 있는 사항이다. 현재, 제조현장에서는 용접강도에 대하여 많은 데이터가 확보되어 있지만 용접시 열 및 기타변형에 대한 모듈의 치수변화에 대한 분석 및 개선활동은 많지 않다, 본 연구는 용접모델을 설정하여 AI 강화학습이 반영된 Spot 용접순서를 해석과 실물의 변형 비교를 통하여 도출된 결과를 평가하고자 한다.

1. 서론

Spot 용접모델을 설정하여 AI를 이용한 용접순서 도출에 대하여 해석과 실제작을 통하여 변형을 비교하여, 유효한지를 용접순서 별 해석 및 제작하여 평가 및 제안을 하고자 한다.

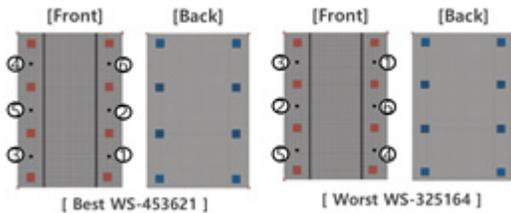


Fig. 1 Welding Sequence using AI

2. 용접순서 별 해석 및 제작

AI 활용하여 도출된 용접순서는 Fig. 1 과 같이 Best 조건과 이를 비교하기 위한 Worst 조건을 함께 도출하였다.

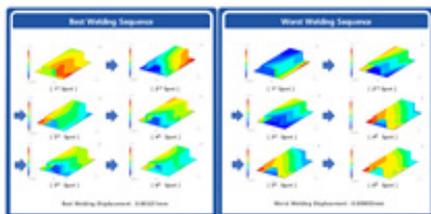


Fig. 2 Best/Worst Spot Welding Deformation of analysis

상기 Best/Worst 용접순서별에 용접변형해석을 수행하여 Fig2 와 같이 Best의 용접 변형량이

0.003251mm 그리고 비교인자로 Worst의 용접 변형량은 0.009003mm로 용접순서에 대하여 용접 변형량 개선효과는 유효한 것으로 나타났다. 그리고 해석을 통하여 AI에서 도출된 SPOT 용접순서를 실 제작에서도 유효한지 확인을 위하여 시편을 제작하여 3차원 스캔을 통하여 용접변형을 확인하였다.

3. 결론

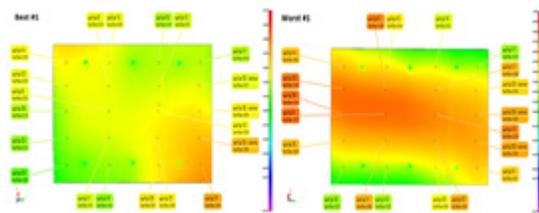


Fig. 3 Best/Worst Spot Welding Deformation

Fig. 3 와 BEST는 0.23mm / Worst는 -0.67mm로 용접변형이 더 큰 것으로 나타나 AI가 도출한 용접순서 도출 제안이 제품의 용접변형을 감소시키는데 효과적인 결과를 확인하였다.

후기

본 연구는 한국산업기술기획평가원의 “자동차산업기술개발(그린카)”(RS-2024-00453431)으로 수행된 연구결과입니다.

용접 전류 및 음향 신호 분석을 통한 피복금속 아크용접의 용접 품질 평가

Evaluation of Welding Quality in Shielded Metal Arc Welding through Analysis of Welding Current and Acoustic Signals

*박수빈¹, 조성현¹, 하장훈¹, 성주환¹, 안현민¹, #김수진¹

*Su-Been Park², Seong-Hyun Cho¹, Jang-Hoon Ha¹, Ju-Hwan Sung¹, Hyeon-Min An¹,

#Su-Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)^{1,2}

¹경상국립대학교 기계공학부, ²경상국립대학교 기계항공우주공학부

Key words : Shielded Metal Arc Welding, Welding Current, Acoustic Signals, Welding Quality

*발표자, #교신저자

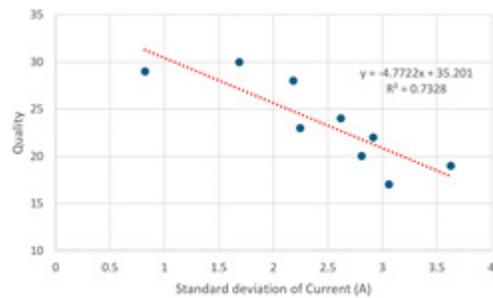
This study aims to investigate the relationship between welding quality and the variability of welding current and acoustic signals in Shielded Metal Arc Welding (SMAW). The experiment was conducted by five operators under identical welding conditions, performing two welds each. The welding current was measured using a clamp meter, while acoustic signals were monitored and recorded to capture ambient noise. Analysis results indicate that an increase in the standard deviation of welding current and acoustic signals correlates with a decrease in welding quality. Regression analysis revealed that the coefficient of determination for the relationship between welding current deviation and welding quality was 0.73, while the relationship with acoustic signal deviation was 0.59. These findings suggest that reducing the variability of welding current and acoustic signals is a critical factor in improving welding quality. The correlation between current standard deviation and weld quality was observed in surface plate welding was not evident in butt welding.

1. 서론

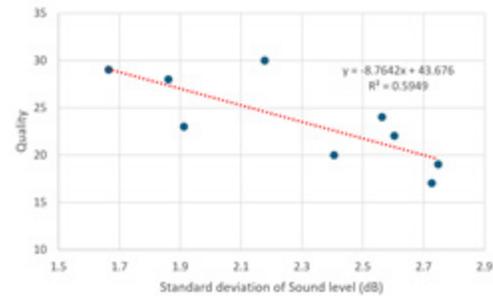
피복금속 아크용접(SMAW)은 간단한 장비와 높은 효율성으로 인해 널리 사용되는 용접 공정이다. 그러나 용접 품질은 용접 전류의 변동성과 작업자의 숙련도에 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는 클램프미터를 이용하여 용접 전류를 측정하고, 음향 신호의 변동성을 분석하여 용접 품질과의 상관관계를 평가하고자 한다.

2. 결론

실험 결과, 전류 및 음향 신호의 표준편차가 증가할수록 용접 품질이 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다. 회귀분석에서 Fig. 1 (a)와 같이 전류 표준편차와 품질의 상관관계는 0.73이고, Fig. 1 (b)와 같이 음향 크기 표준편차와 품질의 상관관계는 0.59로 나타나, 전류 변동성이 품질에 더 큰 상관관계를 보임을 알 수 있었다. 판재 윗면 용접에서 얻은 위 결과가 맞대기 용접에서는 명확히 나타나지 않았다. 이는 전류 외에도 열전도 경로, 개입 간격, 고정 상태 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하기 때문으로 생각한다.



(a) Welding current and quality



(b) Welding sound level and quality

Fig. 1 Standard deviation and welding quality

수중 절단을 위한 다중 파워소스 플라즈마 절단 시스템 개발
Development of a Multi-power Source Plasma Cutting System
for Underwater Cutting

***정광호¹, #조대원¹, 안상현¹, 배준성¹, 김선민¹**

*Gwangho Jeong¹, #Dae-Won Cho(dwcho@kimm.re.kr)¹, Sang-Hyun Ahn¹, Junsung Bae¹,
 Seonmin Kim¹

¹ 한국기계연구원 원전기기검증연구실

Key words : Plasma cutting, Underwater cutting, Parallel power supply

*발표자, #교신저자

금속 절단 기술은 조선, 건설, 중공업, 원자력 해체 등 다양한 산업 분야에서 필수적인 공정이다. 그중 플라즈마 아크 절단(Plasma Arc Cutting, PAC)은 고온의 플라즈마를 이용해 금속을 빠르고 정밀하게 절단할 수 있어 널리 활용되고 있다. 특히 공기 플라즈마 절단은 별도의 보호 가스 없이 공기와 전기만으로 작동하기 때문에 경제 적이며, 장비 구성이 간단하고 휴대성이 뛰어나 현장 작업에 적합하다는 장점이 있다. 또한 다양한 전도성 금속에 적용 가능하고, 절단 속도가 빠르며 열영향부(HAZ)가 작아 고품질의 절단이 가능하다. 하지만 공기 플라즈마 절 단은 출력이 상대적으로 낮고, 플라즈마 아크의 특성상 두꺼운 금속을 절단하는 데 한계가 존재한다. 본 연구에 서는 이러한 한계를 극복하기 위해 다수의 공기 플라즈마 전원을 병렬로 연결한 병렬 구동 시스템을 개발하였다. 이 시스템을 통해 전류 출력을 대폭 향상시킬 수 있었으며, 이를 바탕으로 고출력 수중 플라즈마 절단 실험을 수 행하였다. 실험 결과, 단일 장비 대비 절단 성능이 크게 향상되었으며, 두꺼운 금속판 절단에도 효과적인 것으로 확인되었다. 또한 절단 효율 역시 눈에 띄게 개선되었다. 개발된 병렬 구동 시스템은 특히 원자력 분야에서 대형 구조물 해체를 위한 수중 절단 기술의 기초 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업과제 (RS-2023-00251596) 지원으로 수행하였음.

원전 기기 곡면 시편 채취를 위한 3자유도 EDM 로봇 개발

Development of a 3-DOF EDM Robot for Sampling from Curved Surfaces on Nuclear Power Plant components

*#남상범¹, 김병기², 양유³, 이태봉³, 최민재⁴

*#S. B. Nam(contact@knr-robot.com)¹, B. K. Kim², Y. Yang³, T. B. Lee³, M. J. Choi⁴

¹ 한국원자력로봇, ² 한국기술교육대학교, ³ 두산에너빌리티, ⁴ 한국원자력연구원

Key words : Robot, EDM, Curved surface, Reactor Coolant Pipe

*발표자, #교신저자

가압경수로형 원자력발전소의 원자로 냉각재 배관은 원자로에서 생산한 열에너지를 전달하는 원자력발전소의 주요기기로 원전의 타입에 따라서 그 수량과 길이가 다양하다. 원자로 냉각재 배관은 주배관과 피팅, 안전단, 노즐로 구성되며 주배관은 다시 고온관, 중간관, 저온관으로 구분할 수 있다. 주배관의 치수는 모델, 위치에 따라 다르지만 OPR1000 주배관 외경이 약 800 mm이고 두께는 약 100 mm이다. 원자로 냉각재 배관은 지속적인 고온/고압 환경에 노출되어 해외에 원전에서 결함 사례가 보고되고 있다. 결함이 발견된 경우 결함 원인 분석을 위해 시료 채취가 필요하다. 본 연구는 원자로 냉각재 배관의 기하학적 형상에 구애받지 않고 열적인 영향을 최소화하여 원상태의 시편을 채취할 수 있는 3자유도 방전가공(Electrical Discharge Machining, 이하 EDM) 로봇에 대한 연구이다.

1. 서론

가압경수로형 원자력발전소의 원자로 냉각재 배관은 핵분열에 의해 열에너지를 가지는 원자로 냉각재를 원자로 용기로부터 증기발생기, 원자로 냉각재 펌프를 거쳐 다시 원자로로 순환하는 경로를 구성하는 주요한 기기이다. 원전의 운영허가 기간과 동일하게 건조되는 원자로 냉각재 배관은 원전 주기기(원자로 냉각재 펌프/증기발생기)의 연결부에 설치된다. 증기발생기와 원자로 냉각재 펌프 수량에 의해 원자로 냉각재 주배관 수량도 변경될 수 있으며, 주로 탄소강 재질로 제작된다.

원자로 냉각재 배관은 주배관(main coolant piping), 피팅(fitting, elbow 등), 안전단(safe ends), 노즐(nozzle)로 구성되며, 주배관은 다시 고온관(hot-leg piping), 중간관(cross-over leg piping), 저온관(cold-leg piping)으로 구성된다. 배관 치수는 모델, 위치, 기능에 따라 다르지만 주요 배관의 경우 대략 관의 내경이 약 600mm, 두께는 약 100 mm이고, 외경은 약 800mm에 달한다. 지속적인 고온/고압 환경에서 사용되는 원자로 냉각재 배관 중 노후한 해외 원전에서 이중금속 용접부 결함 사례가 보고되고 있다. 원전 안전성 및 건전성 평가와 결함의 근본적인 원인 분석을

위해 이중금속 용접부 시료 채취가 필요하다. 본 연구에서는 원자력발전소 냉각재 주배관에 위치한 용접부 혹은 결함부를 열적 영향을 최소화하여 원상태의 시편을 채취할 수 있는 곡면 3차원 방전 가공 시편 채취 로봇을 개발하였다. 또한, 샘플의 형태를 모두 가공하기 이전에 전극의 절단 여부를 모니터링 할 수 있는 시스템이 추가되어 원격으로 전극의 교체 시점을 확인할 수 있다.

2. 결론

원전 냉각재 주배관 표면과 같은 곡면의 원전 기기에서 시편을 채취할 수 있는 포터블 소형 EDM 로봇을 개발하였고, 목업 실험을 통해 3차원 공구 경로를 이동하며 최적의 EDM 공정 변수를 도출하였다. 개발된 장비의 원전 현장 적용을 통해 열적 영향을 최소화하여 원상태의 시편을 채취하여 근본적인 결함 분석과 향후 보수 절차 수립에 긍정적인 효과를 제공할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 지원을 받아 수행되었습니다. (과제번호: RS-2024-00442685)

포스터 발표

금형/절삭가공/연삭가공

좌장 : 김지수(제주대)
심도식(국립한국해양대)

방사형 초음파 진동 보조를 통한 다이싱 공정에서의 칩 형성 특성 분석 Analysis of Chip Formation Characteristics in Dicing Processes Assisted by Radial Ultrasonic Vibration

*텡한웨이¹, 첸슈오¹, 장바오루이¹, 한필완², #고태조¹

*Hanwei Teng¹, Shuo Chen¹, Baorui Zhang¹, Pilwan Han², #Taejo Ko(tjko@yu.ac.kr)¹

¹ 영남대학교 기계공학과, ² 한국전기연구원 전기기기연구센터

Key words: Ultrasonic Machining, Single Crystal Silicon, Undeformed Chip Thickness

*발표자, #교신저자

Radial Ultrasonic Vibration-Assisted Blade Dicing (UVABD) presents a significant advancement in machining technology, particularly enhancing the processing quality of brittle materials over traditional blade dicing methods. This improvement primarily stems from the reduced contact frequency between the abrasive grains and the workpiece, which diminishes dicing forces and tool wear. However, integrating radial ultrasonic vibration complicates the motion trajectory of the grains on the blade surface, impacting the calculation of undeformed chip thickness (UCT)—a crucial factor in chip formation. This paper develops a theoretical model to predict UCT during radial UVABD by first examining the kinematic behaviors of abrasive grains influenced by both spindle rotation and ultrasonic vibration. An analytical model for a single abrasive grain's trajectory, accounting for radial ultrasonic vibration effects, is then established. This model incorporates essential parameters such as rotational speed, feed rate, ultrasonic amplitude, and frequency to derive the instantaneous UCT analytically, considering the grain's position and orientation relative to the workpiece. The resulting theoretical model reveals the complex elliptical and periodic nature of grain trajectories induced by ultrasonic excitation, which leads to varying UCT values across the blade. The analysis shows a significant non-uniform distribution of UCT, heavily influenced by factors like vibration amplitude, grain distribution, and specific dicing parameters. This model not only deepens the understanding of chip formation mechanics in UVABD but also serves as a critical reference for predicting material removal characteristics and optimizing dicing parameters to improve machining quality. Ultimately, this research enhances fundamental knowledge of ultrasonic-assisted machining processes and lays a valuable theoretical groundwork for exploring the transition mechanisms between ductile and brittle machining under radial ultrasonic vibration conditions.

Acknowledgement

This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00278890).

초음파 다이싱 블레이드의 진폭에 대한 시뮬레이션 및 실험적 분석 Simulation and Experimental Analysis of the Amplitude of Ultrasonic Dicing Blades

*첸슈오¹, 텡한웨이¹, 장바오루이¹, 한필완², #고태조¹

*Shuo Chen¹, Hanwei Teng¹, Baorui Zhang¹, Pil-Wan Han², #Taejo Ko(tjko@yu.ac.kr)¹

¹영남대학교 기계공학과, ²한국전기연구원 전기기기연구센터

Key words: Ultrasonic Dicing Blade; Finite Element Analysis; Vibration Amplitude

*발표자, #교신저자

The research presents a groundbreaking method for precision machining of hard and brittle single-crystal silicon wafers, which are vital in sectors like automotive electronics and high-performance computing. It specifically addresses the prevalent issue of edge chipping defects that compromise the mechanical stability, surface quality, and reliability of devices, thus affecting manufacturing yields. The proposed solution is a radial ultrasonic vibration-assisted cutting blade designed to control crack propagation through energy dissipation. This technique is underpinned by an advanced multi-physics finite element model in ANSYS v19.2, which integrates transient structural and piezoelectric modules to accurately simulate the blade's dynamic response under 40 kHz ultrasonic excitation. Modal analysis within this model pinpoints crucial radial vibration modes, which are vital for refining cutting dynamics. The effectiveness of the model was verified using a CNC cutting platform equipped with fiber optic displacement sensors to measure blade tip amplitude across different voltages (30V, 70V, 120V). The comparison of simulation and experimental results showed a minimal error margin of 1.9%, underscoring the model's accuracy. Further parametric studies revealed that higher excitation voltages increase vibration stability, thereby enhancing the cutting process's efficiency. These findings not only confirm ANSYS as an essential tool for designing vibration-assisted machining systems but also reduce reliance on expensive empirical testing. This synergy between simulation and experimental methods provides a comprehensive framework for optimizing tool geometry and process parameters, pushing forward the industrial application of ultrasonic machining in producing next-generation semiconductor devices and offering vital support for subsequent machining endeavors.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00278890).

동적 재결정을 고려한 Inconel 718 합금 밀링 온도 예측 Milling Temperature Prediction of Inconel 718 Alloy Considering Dynamic Recrystallization

*장바오루이¹, 첸슈오¹, 텡한웨이¹, #고태조¹

*Baorui Zhang¹, Shuo Chen¹, Hanwei Teng¹, #Taejo Ko(tjko@yu.ac.kr)¹

¹ 영남대학교 기계공학과

Key words: Inconel 718 Alloy, Dynamic Recrystallization, Milling Temperature, Temperature Prediction Model

*발표자, #교신저자

In this study, the milling process of Inconel 718 alloy is examined, focusing on the dynamic recrystallization (DRX) behavior that significantly influences the microstructural evolution beneath the machined surface. This evolution, which includes grain refinement and the formation of equiaxed grains, leads to reduced work hardening. These microstructural changes directly affect the temperature distribution in the cutting zone and the overall machining quality by altering the material's mechanical behavior. The complex interplay of strain, strain rate, and temperature makes predicting the temperature field in the cutting zone challenging due to DRX's dynamic characteristics. To address this, the study employs Jeager's theory of moving and stationary heat sources, introducing the mirror heat source method to consider the reflection effect of heat within the workpiece. This approach is integrated with heat balance equations among the chip, tool, and workpiece to establish a predictive model for the temperature field during the milling of Inconel 718 alloy. The model accounts for primary heat sources from plastic deformation and friction during cutting and quantifies the weakening effect of DRX on material flow stress and work hardening by incorporating the DRX volume fraction XDRX. Experimental validation, conducted under various milling parameters such as cutting speed, feed rate, and cutting depth, shows that the relative error between predicted and measured temperature values is within 20%, indicating the model's high predictive accuracy. This model provides a robust theoretical foundation for optimizing milling parameters, enhancing surface quality, and extending tool life in the machining of Inconel 718 alloy.

Acknowledgement

This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00278890).

수소연료전지 금속 분리판 다단 성형해석에 관한 연구 A Study on Multi-Stage Forming Analysis of Hydrogen Fuel Cell Metal Separator

*,#이승용¹

*. #S. Y. Lee (kotend@kopo.ac.kr)¹

¹ 한국폴리텍VI대학 구미캠퍼스 기계시스템과

Key words : Multi-stage Forming, Metal Separator, Press Stamping, Forming Limit Diagram(FLD)

1. 서론

현재 금속 분리판의 제작은 기존 Graphite 소재와 같은 채널을 적용하여 다양한 방법으로 제작이 이루어지고 있다. 금속 분리판 소재는 Graphite 소재에 비하여 우수한 전기 전도성, 취급상 용이성, 무게 절감, 대량 생산을 통한 원가 절감등 많은 강점이 있는 소재이다.

따라서 연료전지의 상용화를 위한 소형화, 가격 인하, 내구성 확보 측면에서 시급히 금속 분리판의 특성에 적합한 최적 분리판 설계 및 성형 기법 정립이 금속 분리판의 상용화를 위한 핵심이라 할 수 있다.

본 연구에서는 연료전지스택의 분리판에 사용되는 0.1mm, POSS470SC 소재 성형 시, 단공정(One-forming)의 경우 유로 형상과 깊이를 만족하는 작업은 불가함에 따라 체적 보상 공정이 추가로 요구되며 이는 금형 설계, 스탬핑 작업 등의 막대한 비용과 결부되므로 다단 공정 시뮬레이션을 통한 최적 Parameter를 선정코자 한다.

2. 해석 조건 및 결과

성형해석은 PAM-STAMP를 활용하였고, 성형을 위한 소재는 두께 0.1mm, POSS470SC소재를 활용하였으며, 물성은 Table 1에 나타내었다. 해석 조건은 기본 금형 Type으로 일반적인 Press Stamping 금형을 설계하여 One Stamping 공정으로 수행하였다.

Table 1. Analysis condition

Contents	Conditions
Law	Hill 48
Hardening	isotropic
Young modulus	0.33
Poisson coefficient	210 GPa
Density	7.8e-006 kg/mm ²
Anisotropic type	Normal (R0 : 0.94)

유로 형상과 목표 치수는 지정되어 있으므로 마지막 공정 Tool 치수는 변하지 않는다. 마지막 Tool 치수는 Die의 R0.3mm, Depth0.55mm, Punch의 R0.3, Depth 0.55mm이다. 이에, 1차 성형을 위한

Tool(Die, Punch)의 Parameter를 정하여 해석을 진행하였다. Punch 및 Die R은 재료 두께의 2~3배 수준으로 지정하고 Punch, Die Depth(DP)은 목표 치수 1배, 1.3배로 지정하였다.

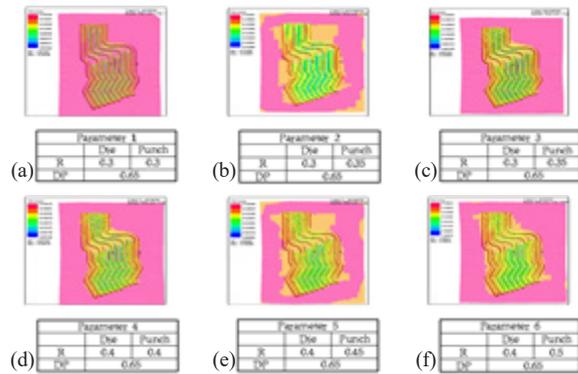


Fig. 1 Multi-stage Forming analysis results

Parameter를 바탕으로 Fig. 1과 같이 성형해석을 수행한 결과, 스탬핑 후 재료의 두께 변화량만 확인할 경우, 1차 Tool인 Punch, Die R0.65mm, DP0.65mm를 제외하고 모두 해석상 결과로는 재료 두께가 60% 정도 보전되는 것으로 확인되었다. 성형한 계도(Forming Limit Diagram, FLD)는 모두 Failure Zone이 발생하였다.

3. 결론

FLD가 안정되게 나타나는, 1차 Forming Tool 치수, Fig. 1(f) : Punch R0.4mm, Die R0.5mm, DP0.65mm, 2차 Forming Tool 치수 Fig. 1(a) : Punch R0.3mm, Die R0.3mm, DP0.65mm가 적합 작업 치수로 판단된다.

후기

2023년 중소벤처기업부 “중소기업기술혁신개발사업 (소부장일반)”으로 수행된 연구 결과입니다. (과제번호: RS-2023-00269020, 과제명: Au코팅이 적용되지 않는 3세대 고효율 수소연료전지 분리판 포밍기술 개발, 3차년도)

전차 변속기의 인서트 파손에 관한 연구

Study on Insert Breakage of Tank Transmission

*김대언¹, 윤창록¹, #전임준¹

*D. U. Kim¹, C. R. Yoon¹, #I. J. Jeon(jian1019@hanmail.net)¹

¹ 육군종합정비창 정비기술연구소

Key words : Insert, Vickers Hardness, Microstructural Analysis, Change of Materiality

장비에 사용되는 인서트는 볼트의 체결에 의해 주 재질이 손상되는 것을 방지하기 위해서 사용된다. 최근 전차 변속기 하우징에 사용되는 인서트의 파손으로 오일이 누유되어 추가 파손의 방지를 위한 원인분석을 실시하였다. 미세조직 분석 결과 페라이트 및 펄라이트 혼합조직으로 열처리가 되지 않은 표준조직으로 확인되었으며, 파단면 분석결과 과하중에 의한 연성파괴가 진행된 것으로 판단된다. 파손의 원인을 유추해보면 장기간 사용에 따른 물성이 변화한 것으로 판단되며 추가적인 원인은 다음과 같다. 첫째, 물성의 변화로 기계적 성질이 약화된 상태에서 체결력에 의한 하중과 진동을 견디지 못하고 파손된 것으로 판단되며 둘째, 변속기 하우징의 나사산 손상에 의한 인서트 지지력 저하로 볼트의 체결력에 의해 찢어지듯이 파손된 것으로 판단된다.

1. 서론

전차 변속기에 사용되는 인서트는 하우징 조립과 어셈블리 조립을 위한 볼트 홀의 손상방지를 위해 사용되고 있다. 알루미늄 하우징에 볼트를 체결할 경우 소재의 경도 차이로 알루미늄의 홀이 손상되기 때문에 탄소강 재질의 인서트를 홀에 끼워 사용하여 손상을 줄인다. 최근 변속기 인서트의 파손으로 오일이 누유되는 사례가 발생되어 원인을 분석하여 추가 파손 방지를 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

Table 1 Vickers hardness measurement results

	①	②
Broken specimen	191HV1	193HV1
Regeneration specimen	209HV1	209HV1

비커스 경도 측정결과, 파손품 및 신품의 경도는 유사한 수준으로 확인되었다. Fig 3은 미세조직 분석 결과를 나타낸 것이며, 페라이트 및 펄라이트의 혼합조직으로 템퍼링(Tempering)을 하지 않은 것으로 확인되었다.

2. 파손 인서트 분석



Fig. 1 Insert broken and new product

Fig. 1은 인서트 파손품의 형상이며, 경도측정 위치를 나타내고 있다. Fig. 2는 파단면 분석 결과로 국부적으로 피로줄무늬가 관찰되며, 과하중에 의한 연성파괴가 진행되었음을 유추할 수 있다.

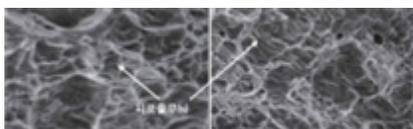


Fig. 2 Insert broken and new product

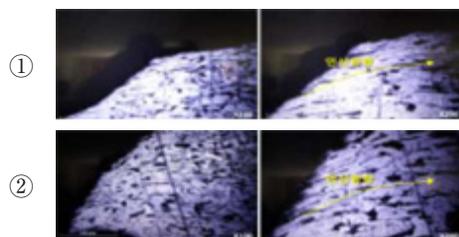


Fig. 3 Results of microstructural analysis

3. 결론

파손의 원인은 인서트의 수십년 이상 장기간 사용으로 물성이 변화하여 진동, 체결력 등에 의한 피로균열이 발생하여 연성파괴가 진행된 것으로 판단되며, 변속기 하우징 볼트 홀의 나사산이 손상되어 인서트 체결이 불량하여 볼트 체결시 인서트가 찢어져 파손된 것으로 판단된다.

전차 엔진 실린더헤드 덮개의 볼트 파손에 관한 연구

Study on Bolt Breakage of Tank Engine Cylinder Head Cover

*김대언¹, 한재윤¹, 김재학¹, #전임준¹

*D. U. Kim¹, J. Y. Han¹, J. H. Kim¹, #I. J. Jeon(jian1019@hanmail.net)¹

¹ 육군종합정비창 정비기술연구소

Key words : Decarbonization Layer, Heat Treatment, Overload, Fracture Analysis

실린더헤드 덮개는 밸브 트레인의 보호 및 오일 누유를 방지 하지만, 덮개를 고정하는 볼트의 파손으로 오일이 누유되어 원인분석을 실시하였다. 파단면 분석결과 파단거동은 11시 방향에서 4시 방향으로 균열이 진행된 것을 확인하였으며, 중단에서는 피로균열 형태의 파단면을 확인하였고, 중단에서는 연성파면을 확인하였다. 경도와 화학성분 분석결과 규격 기준을 만족하여 파손에 직접적인 영향은 없는 것으로 확인되었다. 열처리 작업으로 인한 탈탄부 높이가 규격 기준 약 67% 초과하여, 표면강도가 저하되어 피로균열이 발생하였으며, 분석된 내용을 종합한 결과 엔진 정비시 규정된 정비절차를 준수했다고 가정한다면 열처리 작업으로 인한 표면강도가 저하되어 초기 피로균열로 인해 파단이 진행되어 최종 연성파괴 된 것으로 판단된다.

1. 서론

전차 엔진의 실린더헤드 덮개는 밸브 트레인의 보호 및 오일이 외부로 누유되지 않도록 하며, 연소되지 못한 블로바이 가스를 연소실로 다시 보내는 역할을 한다. 최근 덮개를 고정하는 볼트 파손으로 오일이 누유되어 파손 분석을 추진하게 되었으며, 추가 파손방지를 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 파손 볼트 분석

Table 1 Hardness and Chemical analysis results

Division	Result	Reference value
Broken specimen	27.9HRC	22~32HRC
Regeneration specimen	25.0HRC	

	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Fe(%)
Broken specimen	0.49	0.24	0.72	0.012	0.003	Re-mainder
Regeneration specimen	0.48	0.22	0.73	0.014	0.005	

로크웰 경도 및 화학성분 분석 결과 파손품과 재생품 모두 규격을 만족하였다. 파손품 표면 부근 탄소 제거로 원래의 탄소 함량보다 낮아진 영역이 확인되었으며, 규격기준 0.015mm 초과한 것을 확인하였다.

3. 결론

Fig. 1의 파단면 분석 결과 ②는 연성파괴로 관찰되었으며, 나머지 부분들은 부식에 의한 손상으로 분석이 불가능한 것으로 확인되었다.

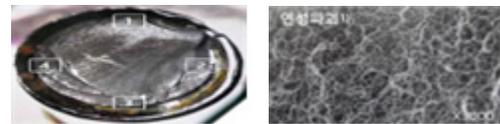


Fig. 1 Location of fracture analysis

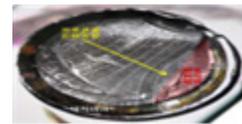


Fig. 2 Results of fracture analysis

Fig. 2의 파단면 분석 결과 11시 방향에서 4시 방향으로 균열이 진행된 것을 확인하였다. 중단은 피로균열 형태의 파단면 발생, 중단은 방향이 변하고 균열 전과 속도가 느려질 때 관찰되는 연성 파면이 확인되었다.

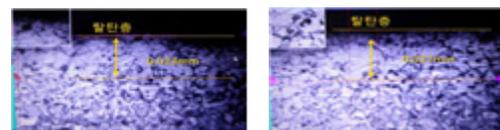


Fig. 3 Decarbonization layer

열처리 작업으로 인한 탄소 함량이 낮아진 영역을 탈탄층이라 하며, Fig 3은 탈탄층 높이를 측정한 사진으로 규격기준(0.015mm) 대비 67%의 높이를 초과하였다. 이는 과한 열처리로 인한 현상으로 표면강도를 저하시켜 피로균열을 발생시킨 것으로 판단된다.

전차용 엔진클러치 Male-Flange Outer 부품의 제조 공정 분석

Analysis of the Manufacturing Process of Male-Flange Outer Parts of the Tank Engine Clutch

*김중선¹, 배재범¹, 권대규², #안석영³

J. S. Kim(kjs16852002@naver.com)¹, J. B. Bae¹, D. K. Kwon², #S. Y. Ahn³

¹ 부산대학교 대학원, ² 세이테크, ³ 부산대학교 기계공학부

Key words : Engine Clutch Flange(엔진클러치 플랜지), Manufacturing(제조), Process Analysis(공정분석)

국산 방산 무기의 수요 증가에 따라 방산 부품의 국산화 기술개발은 매우 중요하다. 그 중 전차용 엔진 클러치 플랜지는 난삭성 소재로 제작되기에 많은 가공 공정을 요구되며, 제품 생산 시간을 증가시키는 원인이 된다. 이는 생산성 저하로 이어져 생산품의 단가를 높이게 되는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 male-flange outer 부품의 제조 공정 분석을 하였으며, 절삭 가공 공정 시간을 측정하였다. 측정 결과 MCT Slot 공정이 단일 가공 공정 중에서 가장 많은 시간이 소요됨을 확인하였다.

1. 서론

전차용 엔진 클러치의 플랜지 부품은 엔진과 구동륜 사이의 동력 전달 축을 연결하여 구동력을 전달 및 차단하는 핵심부품이다. 플랜지는 난삭성 소재로 제작되기에 많은 가공 공정이 요구되며, 제품 생산 시간을 증가시키는 원인이 된다. 이에 따라 본 연구에서는 전차용 엔진 클러치 male-flange outer 부품의 공정 분석을 하여 공정 개선의 여지가 있는지 분석하고자 한다.

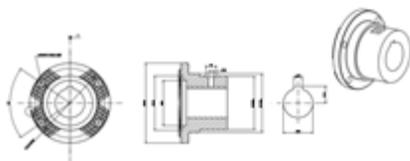


Fig. 1 Male-flange outer part 2D drawing

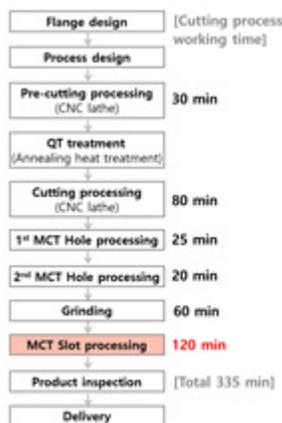


Fig. 2 Analysis of the manufacturing process

2. Male-flange outer 부품의 형상 분석

Fig. 1은 male-flange outer 부품의 2D 도면이다. 동력 전달성을 높이기 위해 사다리꼴 형상의 홈이 36개 생성되어 있으며, SNCM439^[1] 소재로 제작되었다.

3. Male-flange outer 부품의 공정 분석

형상 분석을 진행한 뒤 Fig. 2와 같이 가공 공정을 분석하고 절삭 가공 공정 시간을 측정하였다. 절삭 가공 공정 시간은 총 335분이 소요되었으며, 이 중 MCT Slot 가공 공정이 단일 가공 공정 시간 중 120분으로 가장 많은 시간이 소요되었다.

4. 결론

본 연구에서는 전차용 엔진 클러치 male-flange outer 부품의 제조 공정 분석을 진행하였다. 형상 및 가공 공정을 분석하고 절삭 가공 공정 시간을 측정하였다. 그 결과 단일 가공 공정 중 MCT slot 가공에서 가장 많은 시간이 소요되는 것을 확인하였으며, 추후 가공 시간 단축을 위한 공정 개선 연구를 진행하고자 한다.

후기

본 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2021R1A6C101A449)

REFERENCES

1. Nam, K. S., Hyun, Y. K., Jo, C. Y., and Cho, . H. "Mass Effect on the Heat Treated Mechanical Properties of SCM440(H) and SNCM439 Steel", Journal of the Korean Society for Heat Treatment, Vol. 24, No. 1, pp. 10-15, 2011.

전차용 엔진클러치 Male-Flange Inner 부품의 제조 공정 분석

Analysis of the Manufacturing Process of Male-Flange Inner Parts of the Tank Engine Clutch

*배재범¹, 김종선¹, 권대규², #안석영³

*J. B. Bae(repulse1103@pusan.ac.kr)¹, J. S. Kim¹, D. K. Kwon², #S. Y. Ahn³

¹ 부산대학교 대학원, ² 세이테크, ³ 부산대학교 기계공학부

Key words : Engine Clutch Flange(엔진클러치 플랜지), Manufacturing(제조), Process Analysis(공정분석)

자주 국방력 확보에 있어 방산 부품의 정밀도 및 생산이 중요하다. 전차용 엔진 기술은 소수의 국가만이 가지고 있으며 특히 엔진 클러치 플랜지는 난삭성 소재로 제작되기에 많은 가공 노하우를 요구한다. 난삭성 소재는 가공 난이도가 높아 공정이 복잡하고, 부품의 품질을 보장하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 male-flange inner 부품의 제조 공정 분석을 하였으며, 절삭 가공 공정을 측정하였다. 측정 결과 MCT Slot 공정이 전체 단일 가공 공정 중에서 가장 많은 시간이 소요됨을 확인하였고, 추후 이를 바탕으로 가공 공정 개선 연구를 진행할 계획이다.

1. 서론

전차용 엔진 클러치의 플랜지는 동력 전달의 핵심부품으로 엔진의 강한 토크를 전달해야 하므로 높은 강도^[1]와 정밀도를 요구한다. 플랜지는 난삭성 소재로 가공이 어려워 많은 생산 공정이 요구되고, 이는 생산성 악화로 이어져 제품의 품질을 저하시키는 원인이 된다. 이에 따라 본 연구에서는 전차용 엔진 클러치 male-flange inner 부품의 공정 분석을 하여 공정 개선 방안을 모색하고자 한다.

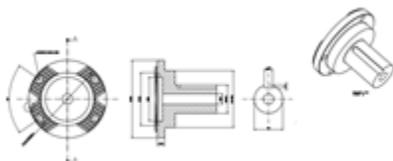


Fig. 1 Male-flange inner part 2D drawing

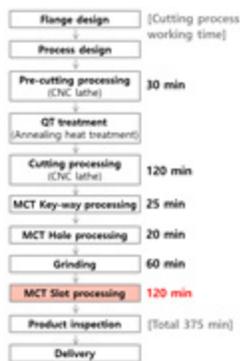


Fig. 2 Analysis of the manufacturing process

2. Male-flange inner 부품의 형상 분석

Fig. 1은 AutoCAD를 이용해 작성한 2D 도면이다. 동력을 정확히 전달하도록 사다리꼴 형상의 홈을 36개 생성하였으며, 제품은 SNCM439 소재로 제작되었다.

3. Male-flange inner 부품의 공정 분석

Fig. 2는 공정별로 측정한 절삭가공 시간이다. CNC 황삭 30분, CNC 정삭 165분, 연삭에 60분이 소요되었다. 총 절삭 가공 시간 375분 중 MCT Slot 가공 공정이 120분으로 가장 많은 가공 시간이 소요되었다.

4. 결론

본 연구에서는 전차용 엔진 클러치 male-flange inner 부품 생산 공정 분석을 진행하였다. 제품의 형상 분석 후 각 절삭 가공 공정의 소요 시간을 측정하였다. 측정 결과 단일 가공 공정 중 MCT slot 가공에서 가장 많은 가공 시간이 소요되었으며, 이를 기반으로 추후 생산 품질 향상을 위한 공정 개선 연구를 진행할 계획이다.

후기

본 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2021R1A6C101A449)

REFERENCES

1. Shin, C. H., et al., "Design Technique for Durability Improvement of Military Vehicle Clutch System," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20, No.10, pp. 117-124, 2010.

밀링 가공 시계열 데이터의 특징 추출 및 기계학습 Time-Series Feature Extraction and Machine Learning of Milling Process Sound Data

*#윤일채¹, 강익수¹, 허재영¹

*Il Chae Yoon(icyoon@dmi.re.kr)¹, Ik Soo Kang¹, Jae Yeong Heo¹

¹ 대구기계부품연구원 첨단공구가공사업단

Key words : Milling, Sound Data, Feature Extraction, Machine Learning, Tool Condition Monitoring

*발표자, #교신저자

본 연구는 밀링 가공 중 발생하는 소리 데이터를 기반으로 시계열 특징을 정량화하고, 이를 활용한 기계학습 기반의 가공 상태 진단 가능성을 탐색하였다. 주요 특징으로는 주파수 피크(Frequency Peaks), 포락선 검출(Envelope Detection), 변화율 특성(Rate-of-Change Features), MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficients)를 추출하였다. 각 특징은 가공 공구의 마모 또는 이상 상태를 반영하는 신호로 가정되며, 시계열 벡터 형태로 전처리되었다. 추출된 특징을 기계학습 알고리즘에 입력하여 정상/비정상 상태를 분류한 결과, 특정 특징 조합이 진단 성능에 큰 영향을 미침을 확인하였다. 본 논문은 기존의 복잡한 신호 전체 분석 방식보다 경량화된 특성 기반 접근이 현장 적용에 유리함을 강조하며, 향후 실시간 진단 시스템 구현을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

후기

여기에 본연구는 '10만 HP급 대형선박 엔진용 터닝 기어 감속 시스템개발(RS-2023-00221616)' 과제와 '마이크로 머시닝 글로벌 시장대응을 위한 IT센서 기반 실시간 모니터링 및 마이크로 절삭공구 기술개발(RS-2021-TI020534)' 과제의 일환으로 수행되었습니다.

물푸레나무의 표면가공 비교분석 A Comparative Analysis of Surface Processing of Fraxinus Rhynchophylla

*이해진¹, #김해지¹

*H. J. Lee¹, #H. J. Kim(khji@gnu.ac.kr)¹

¹경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Surface Roughness, Fraxinus Rhynchophylla, Wood, Surface Strength

*발표자, #교신저자

목재는 근본적으로 이방성 재료이지만 섬유, 방사, 접선의 각 방향으로 비교적 균질한 구조를 나타내고 있다. 이러한 특성은 목재 가공 시 중요한 고려 사항이 되며, 특히 표면 가공에 있어 가공 방향에 따른 표면 품질의 차이가 발생할 수 있다. 일반적으로 목재의 종방향 가공이 횡방향 가공보다 더 매끄러운 표면을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있으나, 목재의 종류와 샌딩 조건에 따른 구체적인 차이에 대한 정량적 연구는 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 물푸레나무를 대상으로 다양한 입도의 사포를 사용한 샌딩 조건에서의 표면 특성 변화를 정량적으로 분석함으로써, 가공 조건에 따른 표면거칠기를 비교 분석하여, 목재의 가공 조건을 도출하였다.

1. 서론

목재는 그 자연적인 아름다움, 내구성, 가공의 용이성 등으로 인해 가구 제작, 건축 내장재, 장식품 등 다양한 분야에서 나무 표면재의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

2. 시편 제작

실험에 사용되는 시편은 컷팅날로 1차 가공된 상태에서 가공면의 평탄화 작업이 완료된 것을 사용하며, 1차 가공은 일반적으로 사용되는 전기대패 및 테이블쏘로 진행된다.

시편의 크기는 30mm×23mm×40mm로 10개를 제작하여 비교 실험하였다. 표면 가공을 위해 샌딩지는 120Grit, 220Grit, 400Grit, 1000Grit를 사용하였으며, 무게 1.3kg의 DeWALT DWE6423 샌딩기로 회전수는 10,000 rpm의 조건으로 실험하였다.

3. 실험결과 및 고찰

실험은 샌딩지 별로 나누어 각각 4번을 측정하였다. Fig. 1(a)는 400Grit, (b)는 1000Grit로 표면 가공한 물푸레나무의 표면거칠기를 측정한 그래프를 이며, Table 1은 표면 가공 후 측정한 물푸레나무의 표면거칠기 값을 나타내고 있다. 표면 가공 시 샌딩지의 입자 크기가 작아질수록 표면거칠기 값이 낮아지는 것을 확인하였다.

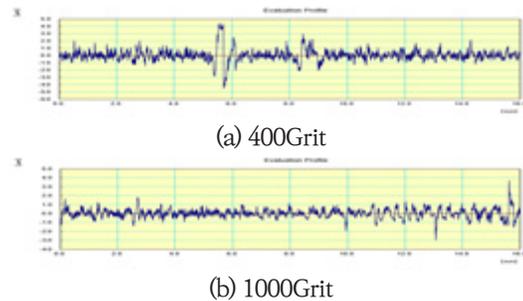


Fig. 1 Surface roughness profile graph

Table 1 Surface roughness value according to sanding paper specification

Sanding paper specification	Fraxinus rhynchophylla (μm)				
	1	2	3	4	Ave.
120Grit	1.362	1.31	1.272	1.423	1.341
220Grit	0.988	0.787	0.739	0.752	0.816
400Grit	0.764	0.772	0.512	0.700	0.687
1000Grit	0.348	0.403	0.227	0.323	0.325

REFERENCES

1. Park, B. H. and Kim, W. K., "A Fusion design development of Interior Decoration Timber thorough Evaluatingthe Characteristics of Domestic Fraxinus rhynchophylla Hance," The Korean Society of Science & Art, Vol. 39, No. 2, pp. 127-141. 2021.

목재의 표면가공 후 표면거칠기 비교분석

Comparative Analysis of Surface Roughness after Surface Processing of Wood

*# 공정리¹, 이해진²

*# J. R. Kong(balllee@kopo.ac.kr)¹, H. J. Lee²

¹ 한국폴리텍대학 로봇캠퍼스 로봇기계과, ² 경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Surface Roughness, Juglans regia, Surface processing

*발표자, #교신저자

This study investigated how different sanding conditions affect *Juglans regia* wood surfaces used in high-quality furniture. Using a 1.3kg sanding machine at 10,000rpm with four sandpaper grit sizes (120, 220, 400, 1000), researchers found that surface roughness decreased as grit size increased (from 1.371 μ m to 0.262 μ m). Coarser grits (120, 220) caused visible fiber damage while finer grits produced uniform surfaces with minimal damage. Finer grits also yielded more consistent results and altered moisture absorption properties, as shown by water droplet tests. These findings provide important guidance for optimizing *Juglans regia* wood processing in furniture manufacturing.

1. 서론

목재 가공에 있어 표면 처리는 제품의 미적 가치뿐만 아니라 내구성과 사용성에도 직접적인 영향을 미친다. 특히 샌딩 작업은 목재 표면의 거칠기를 조절하고 도장이나 코팅의 접착력을 향상시키는 중요한 공정이다. 그러나 목재의 종류와 특성에 따라 최적의 샌딩 조건이 달라질 수 있으며, 이에 대한 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

2. 실험 재료 선정

목재는 아름다운 무늬와 질감으로 고급 가구재로 널리 사용되고 있는 호두나무를 선정하여 시편을 제작하였으며, 표면 가공 후 표면거칠기를 측정하였다. 표면 가공은 무게 1.3kg의 샌딩기를 사용하여 회전수는 10,000 rpm의 조건으로 진행하였으며, 사용된 샌딩지는 120Grit, 220Grit, 400Grit, 1000Grit를 사용하였다. 호두나무의 샌딩지별 가공후 표면거칠기의 평균값은 120Grit은 1.371 μ m, 220Grit은 1.084 μ m, 400Grit은 0.295 μ m, 1000Grit은 0.262 μ m로 나타났다. Table 1과 Fig. 1은 표면 가공 후 측정한 호두나무의 표면거칠기 값을 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

표면 가공 시 샌딩지의 입자 크기가 작아질수록 표면 거칠기 값이 낮아지는 것을 확인하였다.

120Grit과 220Grit 가공 표면에서는 뚜렷한 연삭 흔적과 목재 섬유질의 부분적 손상이 관찰되었으나, 400Grit 이상에서는 섬유 손상이 최소화되고 균일한 표면 상태를 보였다. 또한 표면 조도의 표준편차 분석 결과, 120Grit($\pm 0.211\mu$ m), 220Grit($\pm 0.156\mu$ m), 400Grit($\pm 0.047\mu$ m), 1000Grit($\pm 0.031\mu$ m)로 입자 크기가 작아질수록 가공 품질의 일관성이 향상되는 것으로 나타났다.

물방울 접촉각 측정을 통한 표면 친수성 평가에서는 입자 크기가 작아질수록 접촉각이 증가하여, 미세한 표면 처리가 수분 흡수 특성에도 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 후속 도장 작업 시 도료의 침투와 부착 특성에 중요한 영향을 미칠 수 있는 요소로 판단된다.

Sanding paper specification	Fraxinus rhynchophylla (μ m)				
	1	2	3	4	Ave.
120Grit	1.407	1.235	1.378	1.487	1.371
220Grit	1.167	1.026	1.139	1.005	1.084
400Grit	0.305	0.269	0.326	0.283	0.295
1000Grit	0.193	0.169	0.195	0.192	0.186

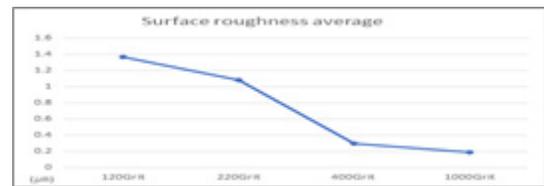


Fig. 1 Surface Roughness Mean Value Comparison Graph

ITER 블랑켓 차폐블록 인터페이스 제작 공차의 편차 분석 Analysis of Manufacturing Tolerance Deviations in the ITER Blanket Shield Block Interface

*#정지영¹, 장준성¹, 김사웅¹, 권태환¹, 이병태²

*, #Ji-Young Jeong(jyjeong@kfe.re.kr)¹, Jun-Sung Chang¹, Sa-Woong Kim¹,
Tae-Hwoan Kwon¹, Byeong-Tae Lee²

¹ 한국핵융합에너지연구원 차폐블록기술팀, ² Energy & Machinery Korea Co., LTD

Key words : ITER, Shield Block, Dimension Error, Statistical Analysis

*발표자, #교신저자

블랑켓 시스템은 International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)의 운영 중에 플라스마로부터 발생하는 방사선과 고온의 열을 흡수하며, 중성자 빔 투과(Shine-through)를 차폐하는 중요한 기능을 수행한다. 이러한 블랑켓 시스템은 총 440개의 모듈로 구성되며 차폐블록 (Shield Block, SB)과 1차 벽(First Wall, FW) 패널로 이루어져 있다. ITER 한국사업단(KODA: Korean Domestic Agency)은 440개의 SB 중 220개를 개발하고 제작하는 역할을 맡고 있다.

SB는 FW의 부착하기 위한 인터페이스를 제공하며, 진공 용기(Vacuum Vessel, VV) 내면에 부착하기 위한 인터페이스 또한 동시에 제공한다. ITER는 방사화 환경에서 설치, 유지보수 등을 고려하여 원격 조작(Remote Handling, RH)의 운용을 고려해 설계되었으며, SB는 RH 1등급으로 분류되어 원격 조작을 위한 인터페이스의 신뢰성을 보장해야 한다. 또한, SB는 높이 11.4미터, 폭 19.4미터인 초대형 VV 내에서 인접 모듈과의 간격 5 mm 이내로 정확하게 설치되어야 하므로 설계 공차를 준수하여 제작되어야 한다.

SB의 주요 인터페이스는 In board 타입의 SB와 VV, Out board 타입의 SB와 VV, 그리고 FW와 SB로 구분할 수 있다. 이러한 인터페이스는 평면도, 위치 정확도, 동심도, 수직도 등의 공차가 설계에 반영되며, SB, FW, VV 간의 조립 시 위치 정렬 및 간격 제어의 정확성을 보장할 수 있도록 작용한다. 그러나 블랑켓 모듈의 주요 부품들은 여러 기관에서 제조되어 ITER 조직(IO)에 독립적으로 공급되는 형태이며 상당한 제작 기간이 소요되기 때문에(차폐블록의 제작 기간은 약 10년) 주요 인터페이스에 대한 제작 오차에 대한 정보를 데이터베이스화하여 향후 조립 및 정렬 단계와 남아있는 부품들에 대한 설계변경 및 최적화에 도움이 될 수 있다.

SB의 본 제품 제작 진도율은 현재 50% 수준이며, 이에 대한 3차원 치수 측정 결과를 확보한 상태이다. 각 측정 데이터는 측정 불확도 평가하여 신뢰성을 확보하였으며, 인터페이스 부에 대한 제작 공차의 편차를 통계적으로 분석하였다. 이러한 결과를 통해 남은 SB 제작 과정에서 예상되는 제작 공차의 범위를 도출하였으며, 향후 ITER 구성 요소의 통합 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 문제를 예방하거나 발생한 문제의 원인을 파악하는 수단으로 활용될 것으로 기대된다.

사사

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부) 출연 재원으로 한국핵융합에너지연구원 “과제명 (Manufacturing and Procurement of ITER Blanket Shield Block)”의 지원을 받아 수행된 연구임(2710000407)

용접 성능 최적화를 위한 다중 회귀 모델 기반 용융 특성 평가

Evaluation of Melting Characteristics Based on Multiple Regression Model for Welding Performance Optimization

*배원준¹, 광지현¹, 권병수², 강태훈², 김민석², 이정희¹, #곽재섭¹
 *W. J. Bae¹, J. H. Kwak¹, B. S. Kwon², T. H. Kang², M. S. Kim², J. H. Lee¹,
 #J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)¹

¹부경대학교 기계공학부 기계공학전공, ²(주)금호이엔지

Key words : Multiple Regression Model, Welding Quality Optimization, Penetration Depth Prediction

*발표자, #교신저자

용접 강도와 내마모성이 요구되는 자동차, 조선 및 해양 산업 등 용접 품질 최적화는 매우 중요하다. 본 연구에서는 CO₂ 가스 용접 시 전류, 전압, 용접 속도 및 CO₂ 양의 공정변수와 함께 heat flux를 입력 변수로 활용하여 용입 깊이 예측 모델을 구축하였다. 공정변수만을 입력으로 사용한 예측 모델과 비교한 결과, 예측 정확도가 96.9%로 약 3.62% 향상된 성능을 보임을 알 수 있었다.

1. 서론

품질 향상, 비용 절감 및 안정성 확보를 위해 용접 성능 및 품질 최적화는 필수적이다. 특히, 용접부의 기계적 성질과 내식성 등을 파악하기 위하여 용접 후 비드 형상, 잔류 응력 등과 같은 용접 특성을 분석하는 것이 중요하다⁽¹⁾. 따라서 본 연구에서는 8 mm 두께의 CO₂ 필렛 용접에서 하판부에 발생하는 용입 깊이, P_{mp} 를 예측하는 다중 회귀 모델을 개발하고자 한다.

2. 다중 회귀 기반 용융 특성 평가

공정변수에 따른 용입 깊이 변화를 분석하기 위하여 Table 1의 조건에서 실험을 진행하였다. 실험 횟수를 최소화하면서 유의미한 결과를 얻을 수 있는 Box-Behnken 방법을 사용하여 총 27회의 실험을 6회 반복하였다. 공정변수와 더불어 heat flux 값을 입력 변수로 활용하여 2차 회귀 모델을 구축하였으며, 공정변수를 활용한 모델과 비교하여 그 성능을 검증하였다.

Table 1 Experimental factors and levels

Factors	Levels		
	1	2	3
Welding speed [mm/s]	3	4	5
CO ₂ quantity [%]	15	20	25
Current (A)	190	210	230
Voltage [V]	23	28	33

3. 결론

Fig. 1을 바탕으로 heat flux를 포함한 예측 모델의 예측 성능이 96.9%로 heat flux를 포함하지 않은 모델보다 약 3.62% 향상된 성능을 나타냈다.

후기 이 연구는 (주)금호이엔지와 국립부경대학교의 산학공동과제 연구결과입니다.

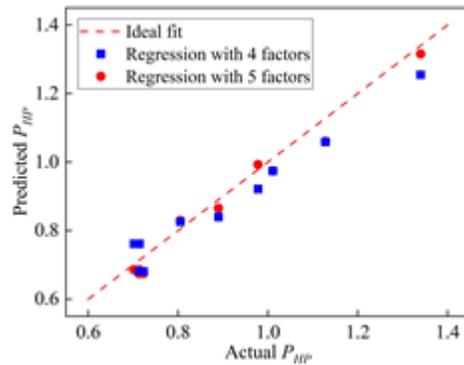


Fig. 1 Scatter plot of P_{mp} for AI-Regression

REFERENCES

1. Park, G. B. and Bae, K. H., "Prediction of the Process Variables with Changes in the Bead Shape in Gas Metal Arc Welding," International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 21, No. 10, pp. 66-74, 2022.

철근 콘크리트 코어드릴링 소리의 주파수 분석
Frequency analysis of the sound of reinforced concrete core drilling

*김규민¹, 국정환¹, #김수진¹

*Gyu Min Kim¹, Jung Hwan Kook¹, #Su Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)¹

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부

Key words : Concrete Core Drilling, Noise Analysis, Reinforcement Detection, Spectrograms

*발표자, #교신저자

Concrete core drilling is an essential machining process widely used for various purposes such as concrete sampling and equipment installation. This study aims to quantitatively analyze the differences in noise characteristics during concrete core drilling depending on the presence of reinforcement (rebar). Experiments were conducted on concrete specimens with and without embedded rebar, and the generated noise was recorded during the drilling process. The collected acoustic signals were analyzed using spectrograms and fast Fourier transforms (FFT) to compare the noise characteristics. By quantifying the differences in noise depending on the presence of rebar, this study suggests the potential for detecting embedded reinforcement and identifying machining anomalies through acoustic signal analysis during the core drilling process.

바코드 시스템 적용을 통한 공구 수불 관리 개선 사례 연구 Case Study on Improving Tool Issuance Management through Barcode System Application

**김성태¹, 이상태¹

**S. T. Kim(smartmfg7@gmail.com)¹, S. T. Lee¹

¹한국폴리텍7대학 산학협력단

Key words : Barcode System, Tool Issuance and Return Management, Tool management system

*발표자, #교신저자

1. 서론

CNC 선반은 제한된 공구 보유 능력으로 인해 다품종 소량 생산(HMLV) 환경에서 공구 교체 빈도가 높아, 설비의 비가동 시간이 증가하는 문제가 발생한다. 또한, 기존의 수기 입력 기반 공구 출납 방식은 공구 위치 정보의 신뢰성을 저하시켜, 작업자가 공구를 찾는 데 불필요한 시간이 소요되는 비효율성을 초래한다.

더불어, 재고 현황을 명확하게 파악하기 어려워 공구의 중복 신청과 입고 지연 등의 문제가 발생하며, 이는 생산성 저하의 주요 원인이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 바코드 시스템을 적용하여 공구 수불 관리 방식을 개선하고, 공구 관리의 정확성을 높이며 생산성을 향상시키고자 한다.

2. 바코드 시스템 적용

현장에서 사용되는 모든 공구를 조사하여 공구명칭을 표준화하고, 규격 및 수량을 파악하여 Table 1에 제시된 정보와 같이 DBMS에 구축하였다.

구분	정보 활용
공구명	공구 조회 Key 값
공구 위치	공구 위치 검색 및 설비 스케줄 활용
재고 수량	공구 발주 활용(재고 부족)
입고 일자	신품 입고 관리
공구 상태	공구 손 망실 관리 (파손, 신품, 노후)

Table 1 Configuration of Tool Database Information

Fig. 2와 같이 데이터베이스에 저장된 공구 정보와 위치 정보를 QR 코드에 등록한 후, 이를 각 설비 및 공구에 부착하였다. QR 코드는 RS232 시리얼 통신을 통해 바코드 스캐너와 연결되며, 공구 관리 시스템과 인터페이스 작업을 하여 적용하였다.

User Interface는 공구 데이터베이스, 바코드 시스템과 연계하여 공구 정보, 재고 현황, 위치 정보, 상태 등을 바코드 스캐너 또는 사용자 입력을 통해 등록할 수 있도록 개발하였다. 그 화면은 Fig. 3과 같다.



Fig. 2 QR Code-based Tool Identification and Location System

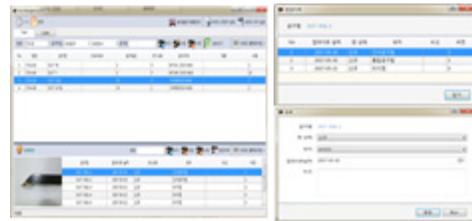


Fig. 3 User Interface of the Barcode-Based Tool Management System

3. 결론

공구 관리 시스템을 적용함으로써, 공구 수불 시 공구 위치 정보 등록, 공구 수량 및 상태 등의 실시간 현황 관리가 가능해졌다. 그 결과, 공구 찾는 시간 15분에서 3분으로 80% 단축되었으며, 월별 공구 분실 건수는 12건에서 2건으로 83% 감소하였다. 또한 공구 재고 관리의 수량 일치율이 50%에서 90% 향상되었다.

후기 이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0021195, 2025년 산업 맞춤형 전문기술 인력양성 사업)

절삭 전력 기반 절삭 비에너지를 이용한 다양한 절삭 조건에서의 공구 마모 추정 Estimation of Tool Wear under Various Cutting Conditions Using Specific Cutting Energy Derived from Cutting Power

*박진호^{1,2}, #윤해성^{1,2}

*J. H. Park^{1,2}, #H. S. Yoon(hsyoon7@kau.ac.kr)^{1,2}

¹ 한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, ² 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Specific cutting energy, Tool wear, Cutting force model, Sustainable manufacturing

*발표자, #교신저자

정밀한 제품 생산이 요구되는 제조 공정에서는 공구 마모가 가공 정확도와 표면 품질 저하의 주요 원인으로 작용하며, 이는 곧 불량률 증가로 이어질 수 있다. 이러한 문제를 최소화하고 공정의 일관성을 유지하기 위해서 공구 수명을 예측할 수 있는 기술의 필요성이 강조되고 있다. 하지만 기존의 센서 기반 시스템은 설치 및 운용상의 복잡성과 높은 유지관리 비용으로 인해 실제 산업 환경에서의 적용에 어려움이 있다. 이에 본 연구는 절삭 비에너지를 기반으로 한 공구 마모 예측 방안을 제안한다. 절삭 비에너지는 공구-칩 접촉부에서 발생하는 마찰 및 전단 에너지의 물리적 양상을 반영하는 지표로 기능하며, 이를 바탕으로 다양한 실험 조건에서 수집한 전력, 절삭력, 플랭크 마모 데이터를 통해 공구 마모와 절삭 비에너지의 상관관계를 확인하였다.

후기 이 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(No. NRF-2022R1F1A1063896). 이에 감사드립니다.

Zr첨가와 T6가 Al-Si-Cu 합금에 미치는 영향 Effect of Zr Addition and T6 Heat Treatment on Al-Si-Cu Alloy

*강준이¹, #김정석²

*Jun E Kang(sky109345@naver.com)¹, #ChungSeok Kim(chs2685@chosun.ac.kr)²

¹ 조선대학교 신소재공학과, ² 조선대학교 신소재공학과

Key words : Casting, T6 Heat Treatment, Al₃Zr, L₁₂

*발표자, #교신저자

본 연구의 목적은 Al-Si-Cu 합금의 Zr 첨가에 따른 물성 변화를 토대로 열처리 공정 중 발생하는 변화를 관찰하는 것이다. 본 연구에서는 Al-Si-Cu 합금에 Zr을 각각 0.2, 0.4, 0.8, 1wt% 첨가하였다. 이후 495℃에서 4시간 용체화한 후 190℃에서 1, 10, 24, 100, 1000시간동안 시효하였다.

광학현미경, 주사전자현미경을 사용하여 열처리에 따른 미세조직을 분석하였다. EDS, 전자 EPMA를 이용하여 관찰한 석출상의 성분분석을 완료하였다. ICP-MS, XRD, JMatPro 분석을 통해 성분분석과 상태를 관찰하였다. 마이크로 비커스 경도시험기, 초음파 경도기, 인장시험기를 이용하여 기계적 특성을 평가하고 동전위 분극 시험을 통해 내부식성을 평가하였다.

친환경 자동차 소재를 위한 폐스크랩 Al합금의 용체화처리 공정 연구
A Study on the Solution Treatment Process of Scrap Aluminum Alloy for
Eco-friendly Automotive Materials

*이도윤¹, #김정석²

*Do Yun Lee¹(dy21589@naver.com), #ChungSeok Kim(chs2865@chosun.ac.kr)²

¹ 조선대학교 신소재공학과, ² 조선대학교 신소재공학과

Key words : T6 heat treatment, Primary Mg₂Si, eutectic Mg₂Si, eutectic Si

*발표자, #교신저자

본 연구의 목적은 Al-8Mg-6Si 합금의 열처리가 미세조직 및 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 본 연구에서는 Al-8Mg-6Si 합금을 주조하여 520℃, 540℃, 570℃, 590℃, 610℃ 각각의 온도에서 5시간 용체화 열처리한 후 급냉하였다. 570℃의 온도에서 열처리 한 시편을 각각 160℃, 190℃ 온도에서 1시간, 2시간, 7시간, 12시간, 24시간, 100시간 동안 시효를 진행하였다. 미세조직 및 상의 변화를 관찰하기 위해 광학현미경(OM), 주사전자현미경(SEM), X선 회절(X-ray Diffraction)을 이용하여 주요 결정상들의 변화를 분석하였다. 또한 경도 및 인장시험을 통해 기계적 특성을 평가하였다.

박판 항공우주 부품의 치수 정밀도 향상을 위한 그립 오차 보정 가공 기법 Grip Error Compensation Machining Technique for Enhancing Dimensional Accuracy of Thin Plate Aerospace Components

이승민², *조동현¹, 박수빈¹, 김규민¹, 박준형¹, 김동건², #김수진^{1,2}

Seung Min Lee², *Dong Hyeon Jo¹, Su Been Park¹, Gyu Min Kim¹, Jun Hyeong Park¹, Dong Geon Kim²,

#Su Jin Kim(sujinkim@gnu.ac.kr)^{1,2}

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Compensation Machining, Dimensional Accuracy, Thin Plate, Aerospace Manufacturing

*발표자, #교신저자

In the aerospace industry, achieving structural reliability and dimensional precision is essential for both performance and safety. However, the low stiffness of thin sheets makes them highly susceptible to deformation during clamping and machining, leading to considerable dimensional deviations. This study presents a compensation machining approach designed to mitigate these errors by analyzing surface variations and dynamically adjusting toolpaths. As a result, the pocket depth error was reduced from 1.44 mm before compensation to 0.16 mm after compensation. The proposed method effectively enhances machining accuracy in lightweight aerospace components, promoting consistent quality and structural integrity. The findings highlight the critical role of integrating compensation strategies within the manufacturing process to meet stringent aerospace standards.

1. 서론

항공우주 산업에서 박판 부품은 강성이 낮아 클램핑 과정에서 쉽게 변형되어 가공 정밀도에 큰 영향을 미친다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구는 그립 후 표면 오차를 측정하고 공구 경로를 보정해 가공함으로써 깊이 오차를 감소시키고자 한다.

2. 결론

두께 2 mm 넓이 140 mm x 100 mm 알루미늄 박판을 2 mm 높이 차이 평행 블록 사이에 고정해 그립 오차를 측정했다. A박판은 기존대로 B 박판은 오차를 보정해 직경 20 mm 라운드 엔드밀로 밀링 하였다. 제안된 보정 가공 기법은 Fig. 1과 같이 박판 부품의 가공 깊이 오차를 보정 전 1.44 mm에서 보정 후 0.16 mm로 크게 줄였다. 이는 보정 가공이 정밀 가공에서 매우 중요한 역할을 한다는 것을 보여준다. 보정 후에도 오차가 조금 남아 있는 것은 그립 오차와 함께 가공 중 절삭력에 의한 오차도 함께 정밀도에 영향을 미침을 의미한다.

후기

이 연구는 연구개발특구진흥재단 기술이전사업 연구개발과제 “항공기 스킨용 지능형 플렉스블 진공그리퍼 및 그립오차 보정 5축 가공 기술개발”(연구개발과제번호:2024-IT-RD-0178-01)의 지원을 받아 수행되었다.

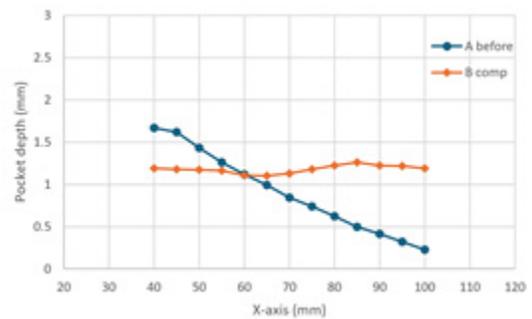


Fig. 1 Grip error compensation milling results

단조 공정개선에 의한 AL Ball 정밀 성형 Precision Forming of AL Ball through Improvement of Forging Process

*[#]조영태¹, 박희준², 임광희³

*[#]Young Tae Cho(choyt@jj.ac.kr)¹, Hee Jun Park², Gwang Hee IM³

¹ 전주대학교 기초과학과, ² (주)WTPS, ³ 우석대학교 전기자동차공학부

Key words : Forging, Flash, Forged Die, Aluminum Ball

*발표자, #교신저자

철골 구조물 건설 현장에서 콘크리트 타설에 따른 철골과 콘크리트를 일체화 시키기 위해 사용되는 스테드 볼트 용접을 위해서 알루미늄 구슬(AL ball)을 사용하여 스테드 용접으로 시공된다. 이때 사용하는 AL 볼은 볼트 스테드 용접 시의 용접 모재 역할을 하게 된다. 기존 단조 성형에 의한 생산 공정에서는 AL 볼의 생산성이 낮고, AL 선재의 소모량이 많아 생산원가 상승의 원인이 되고 있으며, 동시에 생산품의 정밀도 향상도 요구되었다. AL 볼의 성형공정은 알루미늄 선재를 절단하여 단조 금형 내에 투입하고, 상형 금형에 의해 단조 후 예비 성형된 볼을 바렐 연마기를 사용하여 예비 성형 후에 볼에 띠 형태로 남아있는 플래시(Flash) Berr를 연마하는 공정으로 최종 제품을 생산하는 된다. 기존 단조 성형공정에서는 플래시량이 과도하게 발생함으로써 볼의 성형 정도가 떨어지고, 소재 손실 및 연마 시간 증가로 생산성이 떨어져 원가 상승의 원인이 되었다. 이러한 구형상의 볼이 사용되는 또 다른 용도인 페이트 마카 문구류에는 쇠 구슬을 사용하고, 미용을 위한 화장품류에는 SUS볼을 사용하여 용액을 섞어주는 역할을 하게 한다. 따라서 AL 볼 생산시 단조 성형 정밀도 향상과 원가절감 및 생산성 향상을 위해서 기존 단조 공정을 개선함으로써 AL Ball의 정밀 단조 성형이 가능하였고, 그 결과 기존 연마 공정 대비 시간 당 27.5%의 생산성 향상과 볼 한개당 33%의 소재 절감이 가능하였다.

CFRP 로봇 드릴링 시 음향신호 특징 분석을 통한 경사각 분류 Classification of Tilt Angles in CFRP Robotic Drilling via Machining Sound Analysis

*여수영¹, 하민석¹, #송경은¹

*Soo Yeong Yeo¹, Minseok Ha¹, #Kyeongeun Song(kesong@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : CFRP, Robotic Drilling, Machining Sound Analysis, Tilt Angle Recognition

*발표자, #교신저자

Carbon fiber reinforced plastic (CFRP) is widely used in the aerospace industry because of its excellent mechanical properties and lightweight characteristics. In particular, robotic drilling processes are actively employed for large-scale aerospace components, offering high flexibility and a wide operational workspace. However, the lower stiffness of industrial robots can lead to issues such as reduced machining quality and toolpath deviation, emphasizing the need for effective process monitoring techniques. In this study, robotic drilling experiments are carried out under three tilt angle conditions—0°, 3°, and 6°—using a cost-effective sound sensor. Distinctive features corresponding to each tilt angle are extracted from the acquired sound signals. Based on these features, a classification model employing artificial intelligence is developed, successfully identifying the robot's drilling state.

후기 This research was supported through the Industry Technology Alchemist Project (20025702, “Development of smart manufacturing multiverse platform based on multisensory fusion avatar and interactive AI”) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

CFRP 로봇 드릴링 공구 마모 예측을 위한 음향 신호 분석 Sound Signal Analysis for Tool Wear Prediction in CFRP Robotic Drilling

*이경식¹, 여수영¹, #송경은¹

*Kyeong Sik Lee¹, Soo Yeong Yeo¹, #Kyeongun Song(kesong@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원

Key words : CFRP, Robotic drilling, Sound analysis, Tool wear

*발표자, #교신저자

In robotic drilling of Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP), tool wear leads to a deterioration in machining quality, which can result in defects such as delamination. These defects highlight the need for methods to predict tool wear and determine the optimal timing for tool replacement. In this study, machining sound is analyzed with tool wear using microphone which is advantageous in terms of installation and maintenance. Drilling is performed under a spindle speed of 3,000 rpm and a feed rate of 500 mm/min for a total of 300 holes, and the collected signals are evaluated in the time-frequency domain using the Short-Time Fourier Transform (STFT). The results show that sound signal energy in a specific frequency band increases in proportion to tool wear, and applying these findings to a machine learning model confirms the feasibility of effectively predicting tool wear.

후기 This research was supported through the Industry Technology Alchemist Project (20025702, “Development of smart manufacturing multiverse platform based on multisensory fusion avatar and interactive AI”) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

가공음 분석을 활용한 머신러닝 기반 로봇 드릴링 추력 예측
Machine Learning-Based Thrust Force Prediction in Robotic Drilling Through
Machining Sound Analysis

*현규환¹, 김찬영¹, #송경은¹

*Gyu Whan Hyun¹, Chan Young Kim¹, #Kyeongeun Song(kesong@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : Machining sound, Robot drilling, Machine learning, Force prediction

*발표자, #교신저자

Robots are increasingly adopted in manufacturing for their multi-DOF, flexibility, and cost efficiency, making robotic machining a promising route for productivity. However, lower stiffness than conventional machine tools often leads to tool misalignment and degraded machining quality. In particular, robotic drilling experiences decreased hole circularity and surface finish under rising thrust force. This study proposes a method to predict and monitor thrust force using sound signals. Drilling experiments are conducted on Aluminum 7075 specimens at a fixed spindle speed of 6,000 rpm and feed rates ranging from 60 to 420 mm/min. A custom-developed acoustic sensor is used to collect low-frequency signals. The results indicate that a specific frequency band closely correlates with thrust force variations, and applying these signal patterns to a machine learning model confirms the effective prediction of abnormal thrust force.

후기 This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as “Development of a remote manufacturing system for high-risk, high-difficulty pipe production processes (KITECH EH250004)”

인공신경망을 이용한 LiTaO₃ CMP 슬러리 조성 최적화 연구

A Study on the Optimization of LiTaO₃ CMP Slurry Composition Using Artificial Neural Networks

*이재욱¹, 하인철¹, 송관훈¹, 박기태¹, #이현섭¹

*Jae Wook Lee¹, In Cheol Ha¹, Kwan Hun Song¹, Gi Tae Park¹,

#Hyun Seop Lee(hyunseop@dau.ac.kr)¹

¹ 동아대학교 기계공학과

Key words : Artificial neural network, Chemical mechanical polishing, Slurry, Material removal rate

*발표자, #교신저자

1. 서론

화학기계적 연마(Chemical mechanical polishing; CMP)는 반도체 제조 공정에서 웨이퍼 표면을 평탄화하는 중요한 기술이다. 웨이퍼로 사용되는 재료 중 리튬탄탈레이트(Lithium tantalate; LiTaO₃)는 표면탄성과 필터(Surface acoustic wave(SAW) filter)의 소재로 활용된다. SAW 필터로 활용되기 위해 LiTaO₃는 CMP를 통해 수 마이크로미터(μm) 수준으로 가공되어야 하며 옴스트롱(\AA) 수준의 표면거칠기(Surface roughness)가 요구된다. 따라서 CMP 공정에서 단위 시간당 재료제거율(Material removal rate; MRR) 향상과 우수한 표면거칠기를 위한 슬러리(Slurry) 조성 실험을 수행하였다. 본 연구는 실험 데이터를 바탕으로 인공신경망(Artificial neural network; ANN)을 이용하여 LiTaO₃ CMP 슬러리 조성에 따른 MRR을 예측할 수 있는 연구를 수행하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 Fig.1의 POLI-400을 사용하여 평균 두께 250 μm , 4인치의 LiTaO₃를 동일한 Head와 Plate의 회전 속도로 Head와 Retainer Ring의 압력을 고정하여 30분간 CMP 공정을 진행하였다. 슬러리는 80nm 입자 직경의 콜로이달 실리카 슬러리(Colloidal silica slurry)를 사용하였으며 연마 패드는 폴리우레탄(Polyurethane) 재질의 IC 계열을 사용하였다. 화학 조성은 과산화수소(H₂O₂) 함량과 옥살산(Oxalic acid)의 함량을 공정 변수로 두어 MRR을 파악하였다.

인공신경망의 입력층(Input layer)은 증류수(Distilled water), 과산화수소와 옥살산의 함량을 입력하여 출력층(Output layer)에서 MRR이 출력되도록

구성하였다. 실험 데이터는 학습, 검증과 예측으로 적절한 비율로 분할하였으며 입력과 출력 데이터의 전처리를 통해 가중치 업데이트 시 특정 변수에 치우치지 않고 전체적으로 균형 있게 학습하도록 하였다.

3. 실험 결과

과산화수소 함량 실험 결과 H₂O₂ 1wt% 조건에서 가장 높은 MRR을 보였으며 이후 함량이 증가할수록 MRR이 감소하는 경향을 파악하였다.

과산화수소와 옥살산 함량을 조절한 실험 결과 동일한 H₂O₂ 함량에서 옥살산 함량이 증가할수록 MRR은 증가하는 경향을 보였다. 또한 동일한 옥살산 함량에서 H₂O₂의 함량 1wt%, 2wt%, 3wt% 중 함량이 적을수록 높은 MRR을 확인하였다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-나노 및 소재기술개발사업(NRF-2022M3H4A3085283) 및 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교)).



Fig. 1 POLI-400

농작물 광피해 방지 기능 LED 가로등 조명 개발 Development of LED Streetlights with Crop Damage Prevention Function

조범연¹, 배은영¹, 김경상¹, *#조영태²

Byoum-Youn Cho¹, Eun-Young Bae¹, Gyoung-Sang Kim¹, *#Young Tae Cho(choyt@jj.ac.kr)²

¹ (주) STN, R&D Center, ²전주대학교 기초과학과

Key words : Light Pollution, Crops, Photosynthesis, PPF(photosynthetic photon flux)

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 농작물의 생육에 미치는 광 피해의 영향을 최소화하기 위한 LED 가로등 제작을 목표로 LED 조명 모듈 개발을 목적으로 하였다. 이를 위하여 식물의 광합성에 영향을 미치지 않는 550~620 nm 파장 대역으로 광합성 활동에 미치는 영향이 미미한 수준의 PPF 지수가 $1.0 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 이하의 LED 광원을 개발하였다. 그 결과 550~620 nm 파장대의 광출력이 83.1%, PPF 지수는 $0.453 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 를 구현하여 농작물에 미치는 빛 강도의 영향을 최소화하였고, LED 조명으로서 이질감 없는 색온도의 LED 조명을 구현하였다. 시제작 LED 모듈을 이용하여 작물 5종(밀, 벼, 콩, 들깨, 참깨)의 초기 생장에 미치는 영향에 대해서 무조명과 기존 LED 조명하에서 비교실험으로 광 영향의 최소화에 대해 검증하였다. 초기생육 검증 결과 작물에 따라 신장 차이는 다소 있지만, LED 조명이 초기 성장에 크게 영향을 준다고 확인하기 어렵고, 개발한 LED 조명의 경우 작물에 따라 기존 LED 대비 영향이 적었다. 농작물에 미치는 LED 가로등에 의한 조명의 광 피해 영향을 명확하게 검증하기 위해서는 농작물의 결실 수확까지 실증 테스트가 필요하다.

웨어링에 적용한 우산형 마이크로 딴플의 구조 안정성 연구

Structural Integrity Analysis of Umbrella-Type Micro Dimples on Wear Ring

*윤영찬¹, 김해지^{#2}

*Y. C. Yoon(sjyyc@naver.com)¹, #H. J. Kim²

¹경상국립대학교 미래자동차공학과 대학원

²경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Wear ring, Engineering plastic, Umbrella shaped dimple

*발표자, #교신저자

1. 서론

고압 유체를 활용하는 산업용 설비 및 건설 기계의 유압 시스템에서는 작동유를 통해 압력이 전달되며, 이때 유압 액추에이터의 성능은 작동유의 누유를 방지하는 시일(Seal)의 밀봉 능력에 크게 좌우된다. 시일의 밀봉 능력이 저하될 경우 실린더 내 진동 및 운전 조정의 문제가 발생할 수 있으며, 이는 장비의 오작동이나 사고로 이어질 수 있다. Fig 1.과 같이 시일의 손상은 주로 고온·고압 환경에서 피스톤의 반복적인 왕복 운동으로 인해 발생하는 마찰열로부터 시작된다. 마찰열은 시일 재료의 열화를 가속화시키며, 팽윤, 균열, 마모 현상을 유도하여 누유를 발생시킨다. 이는 액추에이터의 기능 저하 및 부품 수명 단축을 초래하게 된다.

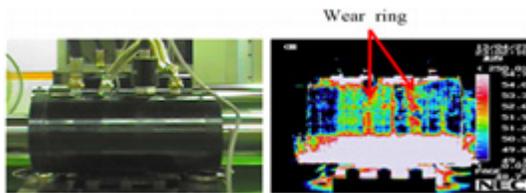


Fig 1. Temperature distribution measured during hydraulic cylinder operation

본 연구에서는 마찰열을 효과적으로 저감하기 위한 수단으로, 가공성이 우수한 우산형 마이크로 딴플 구조를 웨어링의 마찰면에 적용하였다. 웨어링은 피스톤 로드와 실린더 간 편심을 제어하는 부품이므로, 딴플이 가해졌을 때의 구조적 안정성을 확보하는 것이 중요하다. 이를 위해 유한요소해석(FEA) 소프트웨어인 ANSYS를 활용하여 다양한 딴플 형상 조건(size, pitch, density)에 대해 등가응력을 분석하였고, 실험 계획법(Design of Experiments, DOE)을 바탕으로 총 9개의 변수 조합을 도출하여 구조 안정성에 대한 해석을 수행하였다.

2. 본론

엔지니어링 플라스틱 시편에 마이크로 딴플을 전사하는 방식으로 성형하여 실험을 수행하였다. 소재에 딴플을 전사하기 위해 Table 1. 과 같이 실험계획법을 통해 9개의 변수를 도출하였다.

No.	Max. von Mises stress [MPa]	Max. deformation of dimple [μm] (X-Direction)	Max. deformation of dimple [μm] (Total)
1	61.77	0.041	0.503
2	82.38	0.033	0.910
3	104.11	0.022	1.403
4	61.82	0.203	0.460
5	73.82	0.111	0.863
6	105.28	0.118	1.378
7	62.11	0.386	0.483
8	73.31	0.260	0.883
9	132.11	0.348	1.447

3. 결론

응력 해석 결과 딴플의 크기와 밀도가 증가할수록 등가응력(von Mises Stress)이 함께 증가하는 경향을 나타냈다. 가장 낮은 응력은 딴플 크기가 200 μm 이고 밀도가 20%인 모델에서 관찰되었으며, 이때의 응력 값은 61.77 MPa로 나타났다. 반면, 딴플 크기 400 μm 및 밀도 40% 조건에서는 최대 응력인 132.11 MPa가 발생하였다. 이러한 최대 응력은 해당 소재의 인장강도(155 MPa)의 약 85% 수준으로, 딴플 형상에 따라 구조물에 작용하는 응력의 크기 차이가 뚜렷하게 나타났다. 특히, 최소 및 최대 조건 간에는 약 2.1배의 응력 차이를 보여, 딴플의 설계 변수에 따라 웨어링의 구조적 안정성에 미치는 영향이 상당한 것으로 분석되었다.

포스터발표

적층제조

좌장 : 문두환(고려대)
정지영(한국핵융합에너지연구원)

**에너지 제어 용착(Direct Energy Deposition)을 이용한 SS316L-IN625 기반 경사
기능 소재(Functionally Graded Materials)의 피로 특성 연구**
**Fatigue Behaviors of SS316L-IN625 Based Functionally Graded Materials Using
Direct Energy Deposition**

*#전용호¹, 이문구¹

*#Yongho Jeon(princaps@ajou.ac.kr)¹, Moon-Gu Lee¹

¹아주대학교 기계공학과

Key words : Functionally Graded Material, Directed Energy Deposition, Additive Manufacturing, Fatigue Behavior

*발표자, #교신저자

경사 기능 소재(Functionally Graded Materials, FGMs)는 서로 다른 재료를 단일 구조 내에서 조합하여 기계적 특성을 조정할 수 있도록 설계된 첨단 소재이다. 이를 통해 강도, 경도, 탄성 등 물성을 구역별로 최적화할 수 있으며, 구조 설계의 유연성과 제품 성능이 향상된다. 특히, 적층 제조(Additive Manufacturing) 기술의 발전으로 FGMs의 정밀한 제작이 가능해져 다양한 산업에서 활용이 증가하고 있다. 본 연구에서는 에너지 제어 용착(Direct Energy Deposition, DED) 공정을 활용하여 FGMs을 제작하였다. 평균 입자 크기가 140 μm 와 73 μm 인 스테인리스강 SS316L과 니켈 기반 초내열합금 IN625 금속 분말을 사용하였으며, InssTek사의 MX-Lab 장비를 이용하여 레이저 출력을 조정하고 세 가지 조성비로 시편을 적층하였다. 제작된 시편의 피로 특성을 평가하기 위해 초음파 피로 시험을 수행한 결과, 재료 비율 조절만으로도 동일 구조 내에서 차별적인 피로 특성이 발현됨을 확인하였다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2024-00346883)

치조골 재생 향상을 위한 치과 임플란트용 하이브리드 복합 구조체 개발 Development of Hybrid Composite Structures to Enhance Alveolar Bone Regeneration in Dental Implants

*김은채¹, 강준규², 정훈진³, 곽소정^{2,5,6}, #이승재^{4,5,6}

*E. C. Kim¹, J. -K. Kang², H. -J. Jeong³, S. -J. Gwak^{2,5}, #S. -J. Lee(sjlee411@wku.ac.kr)^{4,5}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 화학공학과, ³ 컬럼비아대학교 재생공학연구소,

⁴ 원광대학교 기계공학부, ⁵ 원광대학교 메카바이오연구소, ⁶ 원광대학교 첨단바이오융합연구센터

Key words : 3D Printing, Scaffold, Implant, Alveolar Bone

*발표자, #교신저자

Dental implant surgery is a long-term procedure, typically requiring 6-9 months of treatment. To improve this issue, a composite structure with a novel concept was developed. In this study, the composite structure consists of the assembly-type implant, bioink and scaffold. The scaffold is positioned in the middle of the assembly-type implant, and bioink is loaded inside the scaffold. The assembly-type implant was fabricated from titanium using a metal 3D printer. The scaffold was 3D printed into a cylindrical shape using medical-grade polycaprolactone (PCL). The bioink is composed of collagen I and nano-hydroxyapatite(nHA), mimicking both the composition and ratio of native bone tissue. Osteoblasts were loaded into the scaffold, and cell proliferation was assessed using the CCK-8 assay.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022R1A2C2008149)

Hydroplastic 광경화성 레진과 DLP 3D 프린팅을 이용한 Programmable 변형 마이크로유체 채널 제작

Fabrication of Programmable Deformable Microfluidic Channels Using Hydroplastic Photocurable Resin and DLP 3D Printing

*윤선혜¹, 박서림¹, #조영태¹

*Sun Hye Yoon¹, Seo Rim Park¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : DLP 3D Printing, Shape Morphing, 4D Printing, Hydroplastic

*발표자, #교신저자

Shape morphing은 자연에서 다양한 생물학적 작동 시스템을 모방한 개발된 기술로 솔방울, 파리지옥 등과 같은 형상 변형 원리를 센서, 소프트 로봇, 유연 전자기기 등에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 hydroplastic 광경화성 레진에 불균일한 경화와 물 흡수를 통해 변형을 유도하고 이를 마이크로 유체 시스템에 적용했다. DLP(Digital light processing) 프린터로 선 패턴의 스트립을 제작해 물에 흡수시키면 소재가 부드러워지고 잔류 모노머의 제거로 형상이 굽어진다. 이후, 유리 막대에 부착해 건조하면 부피 수축으로 변형된 형상이 고정된다. 내부 공간에 실리콘 오일을 흘려보내 유리처럼 가공이 어려운 소재에도 마이크로 유체 시스템으로서의 제작 가능성을 제시했다.

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2019-NR040067)

CNT-SiO₂-MoS₂ 기반 구조용 슈퍼커패시터의 에너지 저장 성능 향상

Enhanced Energy Storage Performance of a CNT-SiO₂-MoS₂-Based Structural Supercapacitor

*정홍준¹, #정창윤¹

*Hongjun Jeong¹, #Changyoon Jeong(yoonni22@yu.ac.kr)¹

¹ 영남대학교 기계공학과

Key words : CNT, SiO₂-MoS₂, Structural Supercapacitor, VARTM

*발표자, #교신저자

Lightweight supercapacitors are essential for mobility platforms, including electric automobiles and airplanes. Structural supercapacitors, integrating load-bearing and energy storage capabilities, present a method to reduce system weight. A CNT-decorated SiO₂-MoS₂ nanocomposite was synthesized by a straightforward hydrothermal technique. Among the samples, CNT-SiO₂-MoS₂ had the highest specific capacitance, showing synergistic interactions of interfacial defects. A solid-state device was fabricated with a composite coated on woven carbon fiber through vacuum-assisted resin transfer molding. The device demonstrated enhanced energy and power density, as well as cycling stability, emphasizing the impact of interfacial nanoengineering in advancing structural energy storage devices.

Acknowledgement

This study was supported by NRF-2019 R1A5A8080290 of the National Research Foundation of Korea.

웨어러블 응용을 위한 SWCNT 패턴 기반 고감도 유연 스트레인 센서
High-Sensitivity and Flexible Strain Sensor Based on Patterned SWCNTs for
Wearable Applications

*주수좌이¹, #정창윤¹

^{*}Shushuai Zhu¹, [#]Changyoon Jeong(yoonni22@yu.ac.kr)¹

¹영남대학교 기계공학과

Key words : SWCNTs, Patterned Design, Flexible Strain Sensor

*발표자, #교신저자

With the rise of wearable electronics, there is increasing demand for flexible, lightweight, and highly sensitive strain sensors. Traditional sensors often fail under large or complex deformations. This study presents a patterned flexible sensor based on single-walled carbon nanotubes (SWCNTs), fabricated on PDMS via ultrasonic spraying with optimized geometries. The sensor shows excellent sensitivity, stability, and repeatability within 0-10% strain. Machine learning is applied to analyze the relationship between pattern design and sensing performance, enabling prediction and optimization. The sensor offers strong skin conformity and integration potential, suitable for health monitoring, motion tracking, and medical applications.

Acknowledgement

This study was supported by NRF-2019 R1A5A8080290 of the National Research Foundation of Korea.

압축 변형된 파이프를 삽입한 냉각 채널 위 직접에너지적층 특성에 관한 연구 A Study of the Directed Energy Deposition Characteristics on a Cooling Channel Embedded with Compressed Pipe

*박현태^{1,2}, #심도식^{1,2}

*Hyun-Tae Park^{1,2}, #Do-Sik Shim(think@kmou.ac.kr)^{1,2}

¹국립한국해양대학교 신소재융합공학과, ²국립한국해양대학교 해양신재생에너지융합공학전공

Key words : Directed Energy Deposition, Cooling Channel, Embedding, Stainless Steel Pipe

*발표자, #교신저자

직접에너지적층(Directed Energy Deposition, DED) 공정은 금속을 층층이 적층해 복잡한 형상과 내부 구조를 구현할 수 있어 고효율 냉각 채널을 갖는 금형 제작에 활용되고 있다. 본 연구에서는 절삭 가공된 STD61 모재에 스테인리스강(stainless steel) 파이프를 원형 및 평면 형상으로 삽입하여 냉각 채널을 형성한 후, DED 공정을 이용하여 채널 상부에 AISI H13 분말을 적층하였다. 그 결과, 원형 파이프 상부에서는 비드 형상이 비대칭으로 형성되고 적층 높이가 증가하는 과적층이 발생하였다. 이는 형상에 따른 분말 공급 불균일과 이전 레이어의 적층에 의한 예열 효과 때문으로 판단된다. 반면, 평면 파이프는 균일한 분말 공급으로 안정적인 비드 형상과 적층 높이를 유지하였다.

TPMS 단위체의 설계에 따른 단위체의 기계적 특성 평가 Evaluation of Mechanical Characteristics on the Design of Unit Cell for TPMS

*김현¹, 기데온 사이먼 엠두마¹, #안동규¹

*Hyeon Kim¹, Gideon Simon Mduma¹, #Dong Gyu Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : TPMS, Mechanical Characteristics, Unit Cell

*발표자, #교신저자

삼중 주기적 최소 곡면 (Triply periodic minimal surface : TPMS) 구조는 연속적인 내부 구조 형상 및 다공성 제어의 편리성 등과 같은 특성으로 인해 생체 모사 또는 열 교환기 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 이 연구에서는 TPMS 구조를 이용하여 필터를 제작하고자 선행 연구로 TPMS 형상 별 단위 셀의 크기 및 두께에 따라 압축 시험을 통하여 각각의 형상의 기계적 특성을 비교하였다. 자체 제작한 격자 구조는 3종류이며 단위 셀의 크기는 3종류 및 두께는 3종류로 총 27종류로 선정하여 설계 및 제작하였다.

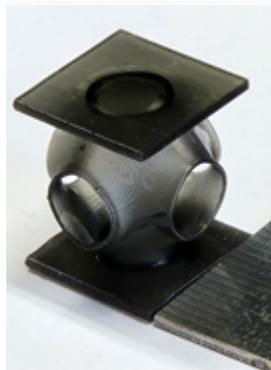


Fig. 1 Unit cell of primitive structure for compression experiment

후기

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (No. RS-2023-00219369, No. RS-2025-00562459)

금속-폴리머 복합체 제조 시 금속 3차원 구조 형상에 따른 수지 광중합 공정 중 폴리머 경화에 관한 연구

Study on Curing by Shape of 3D-Printed Metal Structure to Fabricate Metal-Polymer Composites in Vat Photopolymerization

*고민성^{1,2}, 이두빈^{1,2}, #심도식^{1,2}

*Min-Seong Ko^{1,2}, Du-Bin Lee^{1,2}, #Do-Sik Shim(think@kmou.ac.kr)^{1,2}

¹국립한국해양대학교 신소재융합공학과, ²국립한국해양대학교 해양신재생에너지융합공학전공

Key words : Vat Photopolymerization, Metal-Polymer Composites, Overcuring

*발표자, #교신저자

수지 광중합(Vat photopolymerization, VPP) 공정은 높은 정밀도와 빠른 적층 속도로 적용 분야를 넓혀 가고 있다. 금속-폴리머 복합체를 제작하기 위해, 본 저자의 선행 연구에서는 VPP 공정 중 광을 장시간 조사하는 과경화(Overcuring)로 음각 가공된 금속 내부를 폴리머로 완전히 충전하였다. 본 연구에서는 금속 표면에 양각으로 적층된 구조물의 형상이 과경화에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 광 조사 시간이 증가함에 따라 광원 주변부터 점진적으로 경화되어 체심 입방, 면심 입방, 피라미드 구조 등 복잡한 형상의 내부도 경화되었다. 광원 부근에 구조물이 위치할 경우 경화 속도가 느려졌는데, 이는 입사광이 금속에 차단되어 내부로 투과 및 산란하는 광의 세기가 감소하기 때문이다.

**DLP 기반 다공성 구조체 제작 및 에폭시 수지 침투를 통한
상호 침투 복합재 제조**

**Fabrication of Porous Structures via DLP and Development of Interpenetrating
Phase Composites by Epoxy Infiltration**

*장나예¹, 박서림¹, 조아현², #조영태^{1,2}

*Na Ye Jang¹, Seo Rim Park¹, A Hyun Cho², #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2}

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 기계공학부

Key words : DLP 3D Printing, Porous, Epoxy Infiltration, Phase Separation

*발표자, #교신저자

최근 경량성과 고강도를 동시에 구현할 수 있는 복합재 개발에 대한 수요가 증가함에 따라, 내부 구조 설계를 통한 성능 향상 전략이 주목받고 있다. 특히 다공성 구조는 우수한 경량성과 에너지 흡수 특성으로 인해 하중 분산에 유리하여 복합재의 충격 저항성과 안정성을 향상시킬 수 있다. 본 연구는 DLP 기반 3D 프린팅과 광중합 유도 상 분리 기술을 활용해 다공성 구조체를 제작하고, 여기에 에폭시를 침투시켜 상호 침투 복합재를 구현하였다. 반복 하중 조건에서 상호 침투 복합재는 미세 균열 억제 및 하중 분산 효과로 인해 비 다공성 구조 대비 1.4배 이상의 피로 수명을 나타냈으며, 압축강도와 인성 역시 크게 향상되었다. 본 결과는 다공성 구조 설계가 복합재의 경량화 및 내구성 향상에 효과적인 방법임을 보여준다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2023 R1A2C3006499)

직접에너지적층 및 초음파나노표면개질을 통한 표면 텍스처링에 관한 기초 연구 Fundamental Study on Surface Texturing through Directed Energy Deposition and Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification

*강효정^{1,3}, 남이정², #심도식^{1,2,3}

*Hyo-Jeong Kang^{1,3}, I-Jeong Nam², #Do-Sik Shim(think@kmou.ac.kr)^{1,2,3}

¹ 국립한국해양대학교 신소재융합공학과, ² 국립한국해양대학교 해양신소재융합공학과,

³ 국립한국해양대학교 해양신재생에너지융합전공

Key words : Directed Energy Deposition, Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, Patterning

*발표자, #교신저자

기계 부품의 마모 특성은 시스템 성능에 영향을 미치며, 이를 개선하기 위해 직접에너지적층(Directed Energy Deposition) 기반 표면 처리 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 직접에너지적층을 통한 윤활 포켓(pocket) 형성을 목표로 한다. AISI M4 분말로 1.0mm, 1.2mm, 1.5mm 간격 격자 패턴을 적층한 후 연삭하여 패턴 높이를 200 μ m, 100 μ m, 50 μ m로 조절하였다. 분석 결과, 패턴 간격이 줄어들수록 단위 면적당 포켓 밀도는 증가하고, 패턴 높이가 낮아질수록 포켓 크기는 감소하였다. 또한, 연삭 후 초음파나노표면개질 처리를 통해 패턴 형상이 정리되고, 경도도 처리 전 대비 18% 향상되었다. 향후 마모 실험을 통해 표면 텍스처에 대한 마모 성능을 확인할 예정이다.

인공 식도 구조체 성숙을 위한 연동운동 모사 바이오리액터 개발 Development of a Peristalsis-Mimicking Bioreactor for the Maturation of Artificial Esophageal Structure

*김재석¹, 강준규², 정훈진³, 장진아^{4,5,6,7}, 박소정^{2,10}, #남효영⁸, #이승재^{9,10,11}

*Jae-Seok Kim¹, Jun-Kyu Kang², Hun-Jin Jeong³, Jinah Jang^{4,5,6,7}, So-Jung Gwak^{2,10},

#Hyoryung Nam(ryung@cu.ac.kr)⁸, #Seung-Jae Lee(sjlee411@wku.ac.kr)^{9,10}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 화학공학과, ³ 컬럼비아대학교 재생공학연구소,

⁴ 포항공과대학교 IT융합공학과, ⁵ 포항공과대학교 기계공학과, ⁶ 포항공과대학교 시스템생명공학부,

⁷ 연세대학교 미래융합연구원, ⁸ 대구가톨릭대학교 의과대학 의공학과,

⁹ 원광대학교 기계공학부, ¹⁰ 원광대학교 메카바이오연구소, ¹¹ 원광대학교 첨단바이오융합연구센터

Key words : Bioreactor, Peristalsis, Esophagus, Dragging 3D Printing Technique

*발표자, #교신저자

Esophageal cancer is a leading cause of cancer-related mortality worldwide. To treat esophageal cancer, esophagectomy or esophageal reconstruction is performed. However, these procedures can lead to severe complications. To address these challenges, tissue engineering and 3D bioprinting have enabled the fabrication of patient-specific, biocompatible scaffolds. Despite these advancements, achieving full physiological recovery after transplantation remains a challenge. Effective artificial esophageal constructs also require functional enhancement through bioreactors, not only morphological mimicry. Therefore, we developed a bioreactor that mimics the peristalsis of the esophagus. We control the pressure applied inside the esophageal structure and evaluated cellular responses using CCK-8 assay and fluorescence staining.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2022R1A2C2008149)

적층 제조 기반 PCD 공구 바디의 내부 형상 개선 연구 A Study on the Improvement of Inner Shape of PCD Tool Body based on Additive Manufacturing

*#사민우¹, 손호민¹, 김동규², 석영웅³, 김호찬³

*#M. W. Sa(79smw42@gmail.com), D. G. Kim, Y. U. Seok, H. C. Kim

¹에스케이엔텍 기업부설연구소, ²(재)대구기계부품연구원 정밀가공종합기술지원센터,

³국립경국대학교 미래자동차공학과

Key words : Cutting Tool, PCD, Additive Manufacturing

*발표자, #교신저자

최근 뛰어난 가공성과 경량화가 요구되는 분야인 자동차, 항공우주 분야에서 알루미늄 부품의 활용도가 많아지고 있는 추세이다. 알루미늄 부품을 가공하기 위한 절삭 공구 중 다결정 다이아몬드(PCD) 공구가 산업 현장에서 널리 사용되고 있다. 하지만, PCD 공구는 PCD tip을 브레이징 접합 형태로 제작해야되는데, 이때 복잡한 형상의 경우 지그 및 고정 장치의 맞춤화와 정밀도가 필요하므로 시간이 많이 걸리고 비용이 많이 드는 실정이다. 그러나, 적층 제조 기술을 활용하면 유연 형상 설계와 내부 경량화 그리고 냉각 채널을 다양하게 하여 절삭 성능을 증가시킬 수 있고, 또한 납기 단축 효과의 장점을 가질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 PCD Tip 접합 공구 바디의 내부 채움을 격자 구조 형태로 경량화하여 설계하였고, 금속 3D 프린팅 기술 중 하나인 FDM 장비를 이용하여 제작하였다. 제작된 내부 격자 패턴은 nTop 소프트웨어를 활용한 적층 제조 고려 설계(DfAM) 방법을 통해 체심입방격자(BCC)와 면심입방격자(FCC) 구조를 갖는 2가지 타입으로 모델링하였다. 최종적으로 PCD tip 접합된 공구는 레이저 가공기를 통해 최종 완성되었고, 내부 패턴 개선을 통한 PCD 공구로서 활용될 수 있는지 검토되었다.

후기

본 연구는 2024년도 중소벤처기업부 “중소기업 기술혁신개발사업” 지원에 의한 연구임(RS-2024-00487244).

밀도 변화에 따른 텅스텐 적층 특성 규명 연구

Investigation of the Effect of Powder Density on Tungsten Additive Manufacturing

*#김지연¹, 강민영¹

*#Chi Yen Kim¹(chiykim@kopo.ac.kr)¹, Min Young Kang¹

¹ 한국폴리텍대학 청주캠퍼스 메카트로닉스과

Key words : Additive Manufacturing, Tungsten 3D printing, Hybrid manufacturing

*발표자, #교신저자

L-PBF 방식으로 고융점 소재인 텅스텐 적층제조에 관한 연구가 진행되고 있으나 용점 자체가 높아 비록 레이저에 의한 멜팅풀이 생성이 되어도 용착시 기저부 온도까지 급격한 온도 감소에 의한 미세조직 크랙의 발생이나 많은 기공이 발생하는 문제점이 있어 이를 극복하는 방안에 관한 연구가 필요하다[1]. 본 연구에서는 전통적인 분말야금공법에 착안하여 텅스텐속 파우더를 압축하여 밀도를 높이면서 입자간 간격을 줄여 비록 열적인 수축이 발생하더라도 기저부와 파우더의 물리적 간극을 최대한 줄이면서 수축에 의한 영향력을 줄이는 방안을 해결책으로 제시한다. 이러한 가설의 입증을 위해 L-PBF 방식에 파우더 리코팅 과정에 가압을 하여 적층 실험을 수행하였고, 압력별 밀도 변화를 통해 크랙의 감소율을 실험으로 증빙하였다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00247733)

REFERENCES

1. Talignani, A., Seede, R., Whitt., A., Zheng, S., Ye, J., Karaman, I., Kirka, M. Katoh, Y., Wang, Y., "A review on additive manufacturing of refractory tungsten and tungsten alloys," Additive Manufacturing Journal, Vol. 38, pp. 103009, 2022.

캠 메커니즘을 활용한 인솔 내구 시험 장치 연구
A Study on Insole Durability Testing Device Using a Cam Mechanism

***차병권¹, 유광열², 김건휘¹, #이인환²**

*Byeong Kwon Cha¹, Kwang Yeol Yu², Geon Hwee Kim¹ #In Hwan Lee(anxanx@chungbuk.ac.kr)²

¹충북대학교 기계공학부, ²충북대학교 기계공학과

Key words : Cam Mechanism, Fatigue Test, Insole, Pressure Angle

*발표자, #교신저자

신발 인솔의 내구성과 변형 특성을 평가하기 위해서는 지속적으로 안정적인 하중 사이클을 구현할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 본 연구에서는 캠 메커니즘을 기반으로 인솔에 지속적인 압축 하중을 가할 수 있는 시험 장치를 설계하였다. 본 장치는 다양한 캠 프로파일 중에서 9차 다항식으로 캠을 설계하였다. 설계된 캠은 속도, 가속도, 저크 곡선에서 모두 연속이고 압력각의 절댓값이 30°를 초과하지 않는다. 이러한 캠 메커니즘을 활용하여 캠과 팔로워 간의 상호작용을 통해 지속적이고 안정적인 하중 사이클을 구현할 수 있으며, 이는 인솔의 내구성과 변형 특성을 분석하는 데 있어 효과적으로 활용될 수 있다. 본 연구의 캠 설계 방식은 향후 인솔의 내구성 평가를 위한 시험 장치 개발의 기반 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

능동형 족압 보정을 위한 측정시스템 연구

Research of an Active Metrology System for Plantar Pressure Compensation

*오유경¹, 유광열², 이하은¹, #이인환¹

*Yu Kyung Oh¹, Kwang Yeol Yu², Ha Eun Lee¹, #In Hwan Lee(anxanx@chungbuk.ac.kr)¹

¹충북대학교 기계공학부, ²충북대학교 기계공학과

Key words : Plantar pressure, Real-time pressure control, Insole

*발표자, #교신저자

족압 불균형은 신체 정렬 및 척추 건강에 부정적인 영향을 미친다. 따라서 개인의 족압 분포에 따라 하중을 균일하게 분산시킬 수 있는 맞춤형 인솔이 필요하며, 인솔 설계를 구현하기 위해서는 족압을 실시간으로 감지하고, 즉각적으로 기계적 보정을 수행할 수 있는 능동형 메커니즘이 요구된다. 본 연구에서는 족저부를 다수의 구역으로 분할하고 각 구역의 압력을 실시간으로 감지하여 하중을 균등하게 분산시키는 능동형 족압 보정 기구 제작을 위한 원천 기술을 확보하였다. 단일 압력 센서에서 압력이 감지되면 유압 액추에이터를 구동시켜 해당 구역의 높이를 자동으로 조절하는 기술을 구현하였다. 또한, 기계적 물성의 제어가 가능한 구조를 적용함으로써 기구의 작동 조건이나 설계 지향점 등을 유연하게 조절할 수 있다. 본 연구의 결과는 맞춤형 인솔의 제조 공정을 간소화하여 비용 효율적인 제조 시스템 설계를 가능하게 한다.

TPU 구조물의 기하학적 형상에 따른 압축 특성 Analysis of Compressive Characteristics in TPU Structures Based on Geometric Configurations

*박준수¹, 조진우¹, 유광열², 김건휘², #이인환²

*Jun Su Park¹, Jin Woo Cho¹, Kwang Yeol Yu², Geon Hwee Kim², #In Hwan Lee(anxanx@chungbuk.ac.kr)²

¹충북대학교 기계공학부, ²충북대학교 기계공학과

Key words : TPU, Cell Structure, Compressive Behavior, Flexible Materials

*발표자, #교신저자

물체의 압축 변형량은 구조물의 내부형상에 따라 달라진다. 이에, 본 연구는 TPU 구조물의 내부형상이 압축 특성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해 셀의 크기, 높이, 형상을 변수로 시편을 설계하였으며, 이를 재료압출 적층제조 공정으로 제작하였다. 각 시편의 기계적 압축 특성은 압축시험기를 이용해 측정하였으며, 동일한 변형을 가했을 때 발생한 반발력을 측정하고 분석하였다. 그 결과, 서로 다른 변수를 지닌 셀들은 각기 다른 압축 하중값을 보여 내부구조가 압축변형량을 조절할 수 있는 요소로 작동함을 알아내었다. 본 연구는 TPU 기반 구조물의 기하학적 형상에 따른 압축 반응 특성을 규명하였으며, 향후 다양한 용도에 맞춘 최적화 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

재진입 허니콤 구조를 적용한 압력감응재의 전기적 응답 특성

Electrical Response Characteristics of Pressure-sensitive Materials with Re-entrant Honeycomb Structure

*안준원¹, 정우진², 김호찬³, #이인환¹

*J. W. Ahn¹, W. J. Jeong², H. C. Kim³, #I. H. Lee(anxanx@chungbuk.ac.kr)¹

¹충북대학교 기계공학부, ²충북대학교 기계공학과, ³국립경국대학교 자동차공학과

Key words: Re-entrant honeycomb, Additive Manufacturing, MWCNTs, Sensor

*발표자, #교신저자

MWCNTs 기반 압력감응재로 제작된 유연 스트레인 센서는 압력감응재의 성형 구조에 따라 센서 특성이 달라지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 구조적 특성의 영향을 분석하기 위해, 압력감응재를 기계적 유연성과 복원력을 갖춘 재진입(Re-entrant) 허니콤 구조로 성형하였다. 이후, 재진입 허니콤 구조로 성형된 센서와 일반적인 구조로 성형된 센서에 동일한 기계적 변형을 가한 뒤, 각각의 전기적 응답 특성을 비교 분석하였다. 실험 결과, 재진입 허니콤 구조로 성형된 센서가 동일한 변형 범위에서 일반 구조로 성형된 센서보다 전기적 민감도가 향상되었다. 본 연구 결과는 압력감응재 기반 유연 스트레인 센서의 구조 설계 및 성능 최적화를 위한 유효한 설계 지표로 활용될 수 있다.

고기능성 FDM 필라멘트를 이용한 자동차 워터펌프 파트의 치수 평가 Dimensional Evaluation of FDM-Printed Automotive Water Pump Parts Using High-Performance Filaments Characteristics

이권일¹, *정명휘², #김해지³

K. il. Lee¹, *M. H. Jung², #H J. Kim³(khji@gnu.ac.k)

¹ 경상국립대 미래자동차공학과 대학원, ² 경상국립대 미래자동차공학과 대학원, ³ 경상국립대 미래자동차공학과

Key words : Fused Deposition Modeling (FDM), Reinforced Filaments, Dimensional Accuracy,
Automotive part manufacturing

*발표자, #교신저자

FDM 방식 적층제조 기술은 고강도·고내열 필라멘트(탄소섬유, 유리섬유 강화 등)의 개발로 자동차 부품 적용 가능성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 워터펌프 파트 적용을 위해 다양한 고기능성 필라멘트의 소재별 열변형 특성을 평가하였다. 역설계를 통해 최적화된 파트를 출력하고, 3D 스캐너로 치수 변형도를 정량 분석하였다.

3D 프린팅 SUS316L소재 절삭특성과 EBSD 분석 SUS316L Material Cutting Characteristics and EBSD Analysis

*[#]김동규¹, 우완식¹

*[#]D. G. Kim¹(kdg0830@dmi.re.kr), W. S. Woo¹

¹대구기계부품연구원

Key words : Cutting characteristics, DED, EBSD, PBF, Surface roughness

*발표자, #교신저자

다양한 분야에서 3D 프린팅을 통한 제품 제작이 가속화 되고 있다. Powder bed fusion (PBF), Directed energy deposition (DED) 등은 대표적인 3D 프린팅 방식이다. 3D 프린팅으로 제작된 제품은 형상공차와 표면거칠기가 최종 제품으로 사용 될 수준이 되지 못해 후 가공이 필수적이다. 따라서 3D 프린팅으로 제작된 소재 별 절삭특성은 매우 중요한 데이터로 지속적으로 축적되어야 한다. 본 연구에서는 기존제조 방식인 주조, 3D 프린팅 제조 방식인 PBF, DED로 각각 제작된 SUS316L 소재 절삭특성을 비교하고 원인 분석을 위해 기계적 특성, EBSD 분석 등을 실시하였다. 각각 방법으로 제작된 직육면체 소재를 엔드밀링 가공하여 절삭력과 절삭품질을 각각 비교하였다. 절삭 시 날당 이송량은 4개 조건으로 설정하였으며 이때 공구동력계를 사용하여 절삭력을 측정하였다. 절삭이 완료된 후 절삭표면은 광학식 표면거칠기 측정 장치로 측정하였다. 기계적 특성을 분석하기 위해 인장강도, 연신율 등을 측정하였다. 항복강도 등 기계적 특성과 절삭특성을 비교하고 상관관계가 있는지 유추하고자하였다. 제조 방법별 항복강도 크기와 절삭력은 반대되는 경향을 보였는데 항복강도는 DED 방식으로 제조된 샘플이 가장 낮은 반면 절삭력 크기는 가장 컸다. 이러한 결과를 좀더 면밀히 관찰하기 위해 각 샘플을 EBSD 분석하였다. 제조 방식별 결정립 크기 차이를 비교하였고 상(Phase) 분석을 실시하여 기계적 특성과 절삭특성 차이 원인을 유추하고자 하였다.

후기 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20022976)

적층 제조용 PPS-CF 복합재의 결정화 거동 예측 모델에 관한 연구 Crystallization Behavior Prediction of PPS-CF Composites for Additive Manufacturing

*이진하¹, 이윤석^{1,2}, 임이영¹, 김지연¹, #남정수¹

*Jinha Lee¹, Yunseok Lee^{1,2}, Yi Young Kim¹, Ji Yeon Lee¹, #Jungsoo Nam(rack1219@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원, ²연세대학교 대학원 기계공학과

Key words : Additive Manufacturing, Carbon fiber, Crystallization, Thermal behavior

*발표자, #교신저자

Additive Manufacturing (AM) has garnered significant attention across various industries and research fields for its capability to fabricate complex, customized components without dedicated tooling, making it particularly advantageous for low-volume, application-specific production. Among AM techniques, Screw-Based Material Extrusion is especially suitable for producing large-scale parts, such as molds. However, molds experience additional thermal and mechanical stresses during actual part manufacturing, necessitating a thorough understanding of the material's thermal and mechanical behavior. This study investigates the crystallization behavior of a semi-crystalline thermoplastic composite, PPS-CF, by analyzing the correlation coefficients derived from the Avrami and Ozawa models. Based on these models, optimal processing parameters were identified to improve thermal resistance, providing foundational data for the fabrication of high-performance molds. Future research will aim to expand the applicability of the proposed approach to a broader range of materials.

후기 This study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of 3D printing commercialization technology for military parts and demonstration support technology(kitech EH-25-0006)". And This work supported by the Technology Innovation Program (00437043, Development of aerospace composite parts fabrication tools using 3D printing technology and demo

원자층 증착된 SnO₂ 박막의 급속 열처리 온도에 따른 전기적, 광학적 특성 변화 연구
Electrical and Optical Properties of SnO₂ Thin Films via Atomic Layer Deposition
with Temperature of Rapid Thermal Annealing

*하지훈¹, 이승훈¹, 조인호¹, 황해인², 박아현¹, 이재웅², #김정환^{1,2}

*J. H. Ha¹, S.-H. Lee¹, I. H. Jo¹, H. I. Hwang², A. H. Park¹, J. W. Lee², #J. H. Kim (jkim@hanbat.ac.kr)^{1,2}

¹국립한밭대학교 응용소재공학과, ²국립한밭대학교 신소재공학과

Key words : Atomic layer deposition (ALD), Oxide thin-film transistor, Rapid thermal annealing (RTA), SnO₂

*발표자, #교신저자

차세대 디스플레이용 투명 thin-film transistor (TFT) 소자의 수요 증가에 따라, 고이동도와 우수한 신뢰성을 갖춘 반도체 소재 개발이 요구되고 있다. 기존 IGZO는 뛰어난 특성을 지니지만 희소성과 고비용 문제가 존재하며, 이를 대체할 소재로 넓은 밴드갭, 높은 투과도를 갖는 SnO₂가 주목받고 있다. 본 연구에서는 SnO₂ 박막을 atomic layer deposition (ALD) 방식으로 증착한 후, rapid thermal annealing (RTA) 공정을 통해 열처리를 진행하여 소자를 구성하고, V_G-I_D transfer curve 측정, UV-Vis spectrophotometer을 이용하여 다양한 열처리 온도에 따른 전도성 및 투과도에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

복잡 형상, 대형 적층 제조 부품의 잔류 파우더 제거를 위한 가상 디파우더링 시뮬레이션 기술 개발

Development of Virtual Depowdering Simulation Technology for Complex and Large-Scale Additive Manufacturing Components

*박성한¹, 이재욱¹, 이승엽², 김건우², 성지현², 송민성³, #권순덕⁴

^{*}S.H.Park¹, J.W.Lee¹, S.Y.Lee², K.W.Kim², J.H.Sung², M.S. Song³, #S.D. Kwon(zcv0823@gbtp.or.kr)³

¹경북대학교 스마트모빌리티공학과, ²한국생산기술연구원, ³평선베이, ⁴경북테크노파크

Key words : Additive Manufacturing, Depowdering, DfAM, Granuleworks, Recurdyn

1. 가상 디파우더링 시뮬레이션

최근 금속 적층제조(Additive Manufacturing, AM) 공정 중 특히 PBF(Powder Bed Fusion) 방식은 DfAM(Design for Additive Manufacturing) 기술의 발전과 더불어 고효율 부품의 제작에 널리 활용되고 있다. 그러나 PBF 공정 특성상 부품 제작 이후 내부에 잔류하는 파우더를 제거하기 위한 후처리(depowdering) 공정이 필수적으로 요구된다. 특히 열교환기와 같이 내부 유로를 포함한 복잡 형상 부품의 경우, 잔류 파우더는 유동 저항을 유발하고, 필터나 펌프 등 유동계를 막는 원인이 되며, 열처리 과정에서 소결되어 성능 저하를 초래할 수 있다.

더욱이 최근 AM 기술의 대형화 및 복잡 형상화를 통한 설계 고도화 추세로 인해, 기존 수작업 기반의 디파우더링 방식으로는 효과적인 파우더 제거가 불가능해지고 있다. 이에 본 연구에서는 대형 적층 부품에 대한 디파우더링 공정의 자동화를 목적으로, 디파우더링 장비와 연계 가능한 가상 시뮬레이션 기반 디파우더링 기술을 개발하였다.

Granuleworks 소프트웨어를 활용하여 다양한 형상과 구동 조건(회전, 진동, 기울기 등) 하에서의 파우더 입자의 유동 및 이탈 거동을 분석하였으며, Recurdyn 기반 다물체 동역학 시뮬레이션을 통해 실제 장비의 구동 조건을 반영한 정밀한 파우더 거동 예측 모델을 구축하였다. 본 시뮬레이션을 통해 복잡 열교환기 구조 내 채널 형상과 구동 조건에 따른 파우더 제거 성능을 평가하고, 잔류 분포 및 유동 사각지대를 정량적으로 분석하였다.

본 연구의 결과는 복잡 구조 내 파우더 유동성 향상 설계, 효과적인 제거를 유도하는 형상 조건 제시, 잔류 분포 예측 기반의 설계 지침 도출 등 실질적 가이드를 제공하며, 향후 실제 디파우더링 장비의 공정 설계 최적화에도 활용 가능할 것으로 기대된다. 나아가 해당 기술은 대형 전기추진 농기계 배터리 냉각 채널, 인버터 하우징 등 고기능 정밀부품의 후처리 자동화 기술로 확장 가능하며, 대형·복잡 부품 중심의 차세대 적층제조 기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

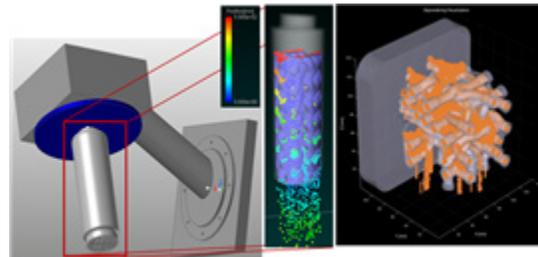


Fig. 1 Virtual Depowdering Simulation results of AMed Parts

후기

이 논문은 산업통상자원부의 애그테크(AgTech) 융복합실용화 플랫폼 조성을 위한 ‘생산기반의 애그테크 융·복합 실증 플랫폼 구축, 과제번호(P0027552)’의 지원으로 수행되었음

포스터발표

NANO/MEMS/미세가공

좌장 : 김호진(동서대)
김현찬(국립금오공대)
오용석(국립창원대)

회로 리페어를 위한 액체금속 선택적 전사 Transfer of Liquid Metal for Repairing of Circuit

*조민제^{1,2}, 지석영², #장원석²

*Minje Jo^{1,2}, Seok Young Ji², #Won Seok Chang(paul@kimm.re.kr)²

¹충북대학교 기계공학과, ²한국기계연구원 나노융합연구본부

Key words : Laser Induced Forward Transfer, Liquid Metal, Flexible Electronics

*발표자, #교신저자

Laser induced-forward transfer (LIFT) was developed for liquid metal patterning for repairing circuits. This method doesn't need post thermal processing so remains no thermal damage even on heat sensitive polymer substrates by virtue of low power laser irradiation on dynamic release layer (DRL). Unlike other liquid metal patterning processes this procedure can easily achieve fine line-widths of a few tens of micrometers corresponding on laser spot size. The solid-state UV pulse laser with 266 nm wavelength and 20 ns pulse duration was used to transfer Eutectic Gallium Indium (EGaIn) liquid metal and the results for the single and multi-pulse laser irradiation were investigated to determine the effective process conditions. An applicability of flexible circuit fabrication and selective circuit repair was successfully tested on Polyimide (PI) substrate.

1. 서론

본 연구에서는 저출력의 나노초 레이저를 이용하여 열에 약한 기판에도 열적 손상 없이 미세 패턴을 구현하고 원하는 위치에 선택적으로 전도성 물질을 전사할 수 있는 액체금속 레이저 유도전사 패터닝 공정 기술을 개발하였다.

드에 프로브를 접촉시켜 측정된 저항 값은 8Ω 로 측정되었으며 변형 전후에도 저항값이 변하지 않는 것을 확인하였다. 챔버에서 산화막 제거 공정 후 공정을 진행하여 연결하고자 하는 금속 전극과의 작은 저항을 갖는 회로 리페어 공정을 성공적으로 수행 할 수 있었다.

2. 액체금속 선택적 전사

단일 펄스에서의 액체금속이 전사되는 레이저의 공정 조건을 선정된 후 과도한 레이저 에너지가 인가되지 않도록 레이저 펄스간의 오버랩이 생기지 않는 빔 스캐닝 속도(300 mm/s)로 설정하여 라인 패터닝을 시도하였다. 단일 펄스에서 액체금속이 전사되는 1.5 J/cm^2 에서 펄스간의 오버랩이 발생하지 않게 되면서 균일한 패턴이 전사되는 것을 확인할 수 있었다. 그보다 높은 레이저 밀도에서는 앞선 실험처럼 패턴 내부의 액체금속이 어블레이션 되면서 두 선으로 전사가 되는 것처럼 보이는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험을 통해서 얻은 최소 패턴의 선폭은 $10 \mu\text{m}$ 로 측정되었다. 전사된 액체금속의 전도성을 확인하기 위해서 단순한 선 패턴이 아닌 회로 형태의 패턴을 라인 패터닝 실험에서 선정된 조건으로 유연기판인 PI(polyimide) 기판에 Fig. 1에 도시된 바와 같이 간단한 전극 패턴과 회로를 수리하기 위한 두 전결 연결 점을 형성하였다. 액체금속 전극패

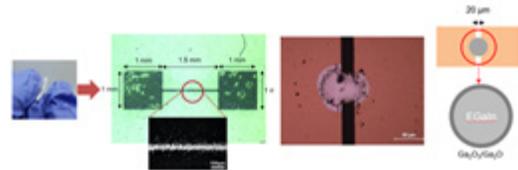


Fig. 1 Liquid metal line and electrode repair patterning

3. 결론

본 결과를 바탕으로 구부리거나 휘 수 있는 기판에 전극으로 사용할 수 있는 액체금속을 정밀하게 선택적으로 전사함으로써 전극의 인터커넥션과 전극 리페어 공정의 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키리가미와 쌍안정 구조를 이용한 다방향 감지 레이저 유도 그래핀 기반 커패시티브 센서 설계

Design of a Multidirectional Sensing Capacitive Sensor Based on Laser-Induced Graphene, Utilizing Kirigami and Bistable Structures

*허수성¹, 김백규¹, 허승재¹, #박상민¹

*S. S. Heo¹, B. K. Kim¹, S. J. Heo¹, #S. M. Park(sangmin.park@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 기계공학부

Key words : Capacitive Sensors, Laser-Induced Graphene, Kirigami, Multidirectional Sensing

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 고출력 레이저를 이용하여 폴리이미드와 같은 탄소 함유 물질을 직접 그래핀으로 전환하는 레이저 유도 그래핀 기술을 활용하여 폴리디메틸실록산과 폴리이미드 분말을 혼합한 단일 기판 위에 고효율의 그래핀 전극을 형성함. 이후 키리가미 기법과 쌍안정 구조를 활용해 단일 층 기판을 3차원 형태로 변형시켜 고성능 커패시티브 센서를 개발함. 이 구조로 설계된 센서는 1개의 상부 전극과 4개의 하부 전극을 활용해 정밀한 3차원적 변화를 감지하고, 이를 통해 압력과 전단력을 동시에 측정할 수 있는 구조로 설계됨. 각 센서 요소는 배열 형태로 배치되어, 향후 웨어러블 센서로의 응용을 목표로 하고 있음. 본 센서의 제작 공정은 비교적 간단하고, 차세대 웨어러블 기기에 적합한 센서 기술로 기대됨.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. RS-2023-00209094)과 2024년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원(No. RS-2024-00487746)을 받아 수행된 연구임.

스프레이 공정 및 전단농화-전하저장층 기반 마찰나노 웨어러블 센서-HMI 모니터링 시스템

Industrial Robust Triboelectric Nano Wearable Sensor-HMI Monitoring System

*박지교¹, 김백규¹, 송진영¹, #박상민¹

*J. G. Park¹, B. G. Kim¹, J. Y. Song¹, #S. M. Park(sangmin.park@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 기계공학부

Key words : Triboelectric Nanogenerator, Wearable Sensor, Industrial IoT, SiO₂, Smart Factory

*발표자, #교신저자

최근 사물인터넷(IoT)과 센서 기술의 빠른 발전으로 인해 산업 환경에서는 작업자의 상태와 주변 정보를 실시간으로 파악할 수 있는 웨어러블 센서의 필요성이 증가하고 있다. 그러나 대부분의 기존 웨어러블 센서는 배터리 기반으로 작동하여 지속적인 전력 공급의 한계, 환경적 부담, 무게 증가 등의 제약이 뒤따른다. 또한, 산업 현장에서의 강한 물리적 충격은 센서의 기능 저하와 착용자 안전에 위협 요소가 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 높은 유연성과 경량성을 갖춘 마찰 나노발전기(Triboelectric Nanogenerator, TENG)를 활용한 센서를 제안한다. 아라미드 기반의 Kevlar 섬유를 기판으로 하여, 은나노와이어 전극, 전하 저장 기능을 지닌 전단농축유체(Shear Thickening Fluid, STF) 층, 그리고 불소계 마찰층을 에어로졸 스프레이 방식으로 순차적으로 코팅하였다. STF 내의 이산화규소(SiO₂)는 정전기 저장 역할을 수행하여 전기 출력 효율을 향상시키고 기계적 자극에 대한 민감도를 높였다. 그 결과, 기존 TENG 대비 약 1.5배 이상의 출력 증가와 함께, 힘에 대한 저항성이 Neat-Kevlar보다 약 1.7배 향상되는 성능을 나타냈다. 제작된 STF-TENG 센서는 다양한 보호장비에 통합이 가능하며, 충격 강도에 따른 다단 감지 및 접촉 유형 식별이 가능한 실시간 IoT 기반 모니터링 시스템으로 구현되었다. 이러한 기술은 제조, 건설, 에너지 산업뿐 아니라 군사 및 보안 분야에서도 넓은 활용 가능성을 지닌다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2023-00209094)과 2024년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원(No. RS-2024-00487746)을 받아 수행된 연구임. 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. RS-2024-00339179).

회귀분석을 통한 MXene 박막의 반복 굽힘 영역 저항 증가율 분석 Analysis of Resistance Increase Rate in Cyclically Bent Regions of MXene Thin-Film Using Regression-Based Evaluation

*박민지¹, 조아름¹, 박연경¹, 박태원¹, 손슬미¹, 이정구¹, 권순용^{2,3}, #전은채¹

*M. J. Park¹, A. R. Cho¹, Y. K. Park¹, T. W. Park¹, S. M. Son¹, J. G. Lee¹, S. Y. Kwon^{2,3},

#E. c. Jeon(jeonec@ulsan.ac.kr)¹

¹ 울산대학교 첨단소재공학부, ² 울산과학기술원 신소재공학과, ³ 울산과학기술원 반도체소재부품대학원

Key words : Cyclic Bending Test, Regression-Based Evaluation, MXene, Resistance

*발표자, #교신저자

플렉서블 디바이스와 같은 유연 소자를 사용하기 위해 소자를 접고 펴는 반복적인 굽힘이 인가되고, 굽힘을 받은 특정영역이 손상되어 성능 변화가 나타나게 된다. 특히 통신용 디바이스에서 외부 및 내부 전자파 간섭을 방지하는 전자기파 차폐재가 반복 굽힘으로 인해 파손되면 오작동으로 이어질 수 있다. 이에 본 연구에서는 얇고 유연하여 유연 소자에 적용 가능한 MXene 박막을 대상으로 1,000회 반복 굽힘을 인가하며 손상 여부를 분석하였다. 반복 굽힘 과정에서 굽힘 변형이 발생한 영역만의 저항을 측정하기 위해 선형 회귀 분석을 활용하여 미변형 영역의 저항 변화를 제외하는 방법을 제시하였다. 또한 회귀 분석 결과로부터 굽힘 영역의 저항 증가율을 정량적으로 도출할 수 있었다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-나노 및 소재기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00408180)

**스트레처블 소자의 변형률에 따른 포아송비의 변화가
2축 변형을 고려한 면적변화율에 미치는 영향 분석**
**Analysis of Strain-Dependent Poisson's Ratio Effects on Stretchability
Considering Biaxial Deformation of Stretchable Device**

*박태원¹, 조아름¹, 신기승¹, 박민지¹, 이승복², 이정용², #전은채¹

*T. W. Park¹, A. R. Cho¹, G. S. Shin¹, M. J. Park¹, S. B. Lee², J. Y. Lee²,

#E. c. Jeon(jeonec@ulsan.ac.kr)¹

¹울산대학교 첨단소재공학부, ²한국과학기술연구원 전기및전자공학부

Key words : Stretchable Device, Strain, Poisson's Ratio, Stretchability

*발표자, #교신저자

차세대 디스플레이용 스트레처블 소자는 변형 후 면적 증가가 성능과 직결되며, 높은 면적변화율이 핵심이다. 이를 정확히 평가하기 위해 늘어나는 방향의 수평 인장뿐만 아니라 수직 수축을 함께 고려한 2축 변형 기반 면적 변화율 분석법을 사용하여야 한다. 이때 2축 면적변화율은 포아송비의 함수로 표현된다. 일반적으로 포아송비는 재료의 고유한 값으로 변형률에 따라 일정하다고 가정하여 분석을 진행하지만, 스트레처블 소자에서 사용되는 소재에서는 일정하지 않은 경향이 나타나 면적변화율 분석 시 각 변형률에서의 포아송비 변화를 반영한 접근이 필요하다. 이에 본 연구에서는 스트레처블 소자용 고신축성 소재에 대해 변형률 별 포아송비 측정 방법을 제시하였고, 이를 바탕으로 면적변화율을 계산하여 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

후기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-나노 및 소재기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00408180)

**공정 온도 변화에 따른 전사 공정 기반 나노스케일 Ag 박막의
고유 접합응력의 회귀분석적 해석**

**Regression Analysis of Intrinsic Adhesion Stress of Transfer-Printed
Nanoscale Ag Thin Films with Variations in Process Temperatures**

***박연경¹, 박민지¹, 정주연², 최준혁², 최대근², #전은채¹**

*Y. K. Park¹, M. J. Park¹, J. Y. Jung², J. H. Choi², D. G. Choi², #E. c. Jeon(jeonec@ulsan.ac.kr)¹

¹울산대학교 첨단소재공학부, ²한국기계연구원 나노리소그래피연구센터

Keywords : Adhesion Stress, Regression Analysis, Process Temperature, Transfer-Printing

*발표자, #교신저자

고도로 정밀한 패터닝이 요구되는 디스플레이 분야에서는 기존 리소그래피 공정보다 패턴 해상도가 높은 전사 공정을 활용하려는 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 전사 공정 시 높은 균일도를 위해서 고온의 공정 온도를 적용해야 하지만, 이 과정에서 코팅층과 모재층 계면에 잔류응력이 발생하여 접합특성이 저하될 위험이 있다. 따라서 공정 온도 변화에 따른 접합응력에서 변하는 잔류응력과 일정한 고유접합응력의 관계를 정량적으로 분석하여 접합력 측면 최적의 온도를 도출할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 나노스크래치 테스트를 활용하여 공정 온도 변화에 따른 전사 공정 기반 Ag 박막의 접합응력 변화를 측정하고 회귀분석을 통해 각 온도에서의 잔류응력과 고유접합응력을 분리하는 방법을 제시하고 타당성을 실험적으로 검증하였다.

후기

이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술 평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (과제 번호: 20019400, 과제명: 초고해상도 구현을 위한 OLED 디스플레이용 메타 표면 구조 설계제조 기술 개발).

Fourier Spectrum 기반 Mark-free 패턴 정렬을 위한 중심점 찾기 비전 처리 알고리즘

Precision Analysis of a Fourier Spectrum-Based Mark-Free Pattern Alignment Technique

*윤서나¹, 김우영², #조영태¹

*Seo Na Yoon¹, Woo Young Kim², #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 첨단나노과학기술연구소

Key words : Fourier Transform, Alignment Process, Mark-Free, Micro Pattern

*발표자, #교신저자

정렬 마크는 표면 결함처럼 작용하여 기능적 성능뿐만 아니라 심미적 완성도를 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 주기적인 서로 다른 형상의 마이크로 패턴의 정렬을 위해, 푸리에 변환의 회전 불변 속성을 활용한 Mark-free 정렬 방법을 제안한다. 주파수 도메인에서의 이진화를 통해 각 패턴의 주기성을 나타내는 특징점들을 추출하고, 특징점의 중심 위치를 계산하여 회전 오차를 추정한다. 본 연구에서는 이러한 정렬 과정에서 중심 위치 산정 방식이 정렬 정확도에 미치는 영향을 분석하였다. 디스플레이, 보안필름 등의 정렬 시뮬레이션을 통해 특징점 중심좌표 선정 방식을 비교하였다. 그 결과, 회색조 가중치 방식이 최고 밝기값 기준 방식 대비 0.03° 향상된 각도 측정 정밀도를 나타냈다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(NRF 2023R1A2C3006499)

SPPW 공정에서 Mirror Cavity 효과와 높이 제한을 이용한 마이크로 구조 형상 제어

Microstructure Shape Control Based on the SPPW Process Using Mirror Cavity Effect and Height Constraint

*송준호¹, 김명서¹, #조영태¹

*Jun Ho Song¹, Myung Seo Kim¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Self-Propagating Photopolymer Waveguide, Mirror Cavity Effect, Height Constraint, Re-entrant

*발표자, #교신저자

SPPW 공정은 수지의 경화 차이에 따른 전반사를 활용해 빛이 자가 유도되며 구조체를 연속적으로 성장시키는 방식이다. 이 공정은 기존의 포토리소그래피나 3D 프린팅 기술과 달리, 단일 노광만으로도 고종횡비 마이크로 구조체를 정밀하고 간편하게 제작할 수 있으며, 높은 재현성과 정밀도를 제공한다. 그러나 단일 노광만으로는 복잡한 나노 마이크로 구조물을 형성하는 데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 하부에 거울을 배치하여 Mirror Cavity 효과를 통해 광 경로를 제어하고, 구조물의 높이를 제한함으로써 구조물 형상을 제어하였다. 높이를 낮게 제한하고, UV 에너지 증가할수록 구조물 상단부의 지름이 점차 증가하며, 상부가 하부보다 넓은 re-entrant 구조가 형성됨을 확인하였다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2023R1A2C3006499)

자가 회복 특성을 가지는 겔 기반의 미끄러운 표면 구현 Fabricating Gel-Based Slippery Surfaces with Self-Healing Properties

*윤성민¹, 김우영², 윤채혁³, 박시연³, #조영태¹

*Seong Min Yoon¹, Woo Young Kim², Chae Hyeok Yoon³, Si Eon Park³,

#Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹국립창원대학교 스마트제조융합협동과정, ²국립창원대학교 첨단나노과학기술연구소,

³국립창원대학교 기계공학부 스마트제조융합전공

Key words : Slippery Interface, Organogel, Self-Healing, Photo-Induced Material

*발표자, #교신저자

낮은 점착력을 가지는 표면은 표면의 얼음이 쉽게 제거되게 하거나, 오염 물질의 부착을 방지하는 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 기존에 연구되어왔던 방법으로는 나노 기공에 윤활액을 충전하여 미끄러운 특성을 가지게 하거나, 표면에 미세 구조를 형성하여 높은 접촉각을 가지게 하는 방식 등이 있다. 하지만 이러한 방식들은 장기 지속성이 부족하거나, 내구성이 약하다는 한계가 존재한다. 본 연구에서는 광 경화성 소재와 윤활액을 사용하여 오가노겔 표면을 제작했으며, 이후 윤활액 코팅 및 자외선 노광을 통해 미끄러운 표면을 구현했다. 제작한 표면에 대하여 다양한 액체에 대한 구름각과 접촉각 히스테리시스를 측정해 저점착 특성을 분석했으며, 표면이 손상되더라도 내부의 윤활액이 차올라 자가적으로 치유되는 것을 확인하였다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(NRF 2023R1A2C3006499)

폴리카프로락톤(PCL) 표면에 합성된 인산칼슘(CaP) 복합 나노구조의 항균 활성 및 골모세포 거동 특성 평가

Characterization of Antibacterial Activity and Osteoblast Behavior of Calcium Phosphate (CaP) Composite Nanostructures Synthesized on Polycaprolactone (PCL) Surface

*솅드에르데네¹, 김희경², 강내운², #조영삼^{2,3,4}, #박현하^{2,3,4}

*Suvd Erdene Ganbaatar¹, Hee-Kyeong Kim², Nae-Un Kang²,

#Young-Sam Cho(youngsamcho@wku.ac.kr)^{2,3}, #Hyun-Ha Park(plmn130@wku.ac.kr)^{2,3}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 메카바이오연구소, ³ 원광대학교 기계공학부,

⁴ 원광대학교 첨단바이오통합연구센터

Key words : Polycaprolactone, Calcium Phosphate Composite, Mechano-Bactericidal Effect, Cell Behavior

*발표자 #교신저자, #교신저자

PCL is a widely used synthetic polymer in tissue engineering. However, its lack of antibacterial properties limits its effectiveness in implant applications. In this study, CaP nanostructures were grown on PCL surfaces via hydrothermal treatment using SBF. The resulting PCL_CaP surface exhibited improved wettability, enhanced osteoblast adhesion and differentiation, and antibacterial properties due to its flake-like CaP nanostructures. Antibacterial assays with *E. coli* and *B. subtilis* significantly reduce bacterial viability due to membrane deformation. Additionally, PCL_CaP surfaces enhanced pre-osteoblast proliferation and ALP activity, confirming their osteoconductivity. These results highlight the potential of CaP nanostructures as antibacterial and osteogenic coating for biomedical applications.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant from the Korean government (Nos. RS-2024-00344151, RS-2025-00520946).

DMD 기반 롤투롤 디지털 리소그래피 기술

Roll-to-Roll Digital Lithography Technology Based on Digital Mirror Device

*이원섭¹, 조현민¹, 김기홍¹, 최진수¹, #장원석^{1,2}

*W. S. Lee¹, H. Cho¹, G. H. Kim¹, J. Choi¹, #W. S. Chang(paul@kimm.re.kr)^{1,2}

¹ 한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, ² 한국과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학과

Key words : Digital Mirror Device, Digital Lithography, Photolithography, Roll-to-Roll Processing

이 연구에서는 롤투롤 공정에 적용하기 위한 digital micromirror device 기반 디지털 노광헤드에 대한 연구를 수행하였다. 롤투롤 공정의 진동을 최소화하기 위해 x축과 y축이 다른 광학적 특성을 갖는 프로젝션 렌즈를 설계/제작하였으며, 이를 통해 최소 초점 크기 $7.8\mu\text{m} \times 5.4\mu\text{m}$ 를 획득하였다. 제작한 노광헤드를 통해 롤러 표면에서 노광 공정을 수행한 결과 격자 패턴 등의 임의의 형상 구조가 정상적으로 패터닝되었으며, 275mm 이상의 장길이 샘플을 노광할 수 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서론

모빌리티 하네스 등 장길이 fPCB에 대한 수요가 늘어남에 따라, 롤투롤 패터닝 공정의 필요성이 증가하고 있다. 롤투롤 패터닝 공정은 롤필름이 이송되는 환경에서 공정을 진행해야 하므로, 고정된 마스크 패턴이 아닌 동적으로 마스크 형상을 변조할 수 있는 마스크리스 리소그래피^{1,2}를 통해 공정이 진행되어야 한다. 이 연구에서는 롤투롤 디지털 노광을 위한 digital micromirror device (DMD) 기반 노광헤드의 제작 및 이를 이용한 노광 공정에 대해 연구하였다.

2. 롤투롤 노광 광학계 구성

롤투롤 노광 공정은 롤 필름의 진동을 최소화하기 위해 패터닝 롤러의 표면에서 노광을 진행해야 한다. 그러나 DMD는 마이크로 미러로 이루어진 평면 스크린이기 때문에, DMD를 롤러 표면에 단순히 투영시켜 노광할 경우, 노광 영역의 대부분이 초점 심도에서 벗어나는 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 x축과 y축이 다른 광학적 특성을 갖는 프로젝션 렌즈를 설계/제작하였다. 제작된 프로젝션렌즈는 x축에서는 DMD 스크린을 투영하며, y축에서는 DMD에서 반사된 빛을 한 점으로 포커싱함으로써, 평면의 DMD 스크린을 선형 이미지로 변조한다. 제작된 프로젝션렌즈를 통해 형성된 최소 초점 크기는 $7.8\mu\text{m} \times 5.4\mu\text{m}$ 이며, DMD의 평면 스크린이 선형 이미지로 변조되는 것을 확인하였다.

3. 노광실험 결과 및 고찰

롤투롤 노광을 검증하기 위해 노광헤드의 하부에 소

형 롤러를 설치하고, 드라이 필름 포토레지스트가 라미네이션된 Cu 필름을 롤러 표면에 부착, 롤러를 회전시키며 노광 공정을 수행하였다. 그림 1과 같이, Cu 필름에 격자 패턴 등의 임의의 형상 구조가 정상적으로 패터닝되었으며, 275mm 이상의 샘플을 노광할 수 있음을 검증하였다. 이 결과를 통해 개발된 롤투롤 디지털 노광 헤드가 유연 소자 연속 생산 공정에 기여할 것으로 기대한다.

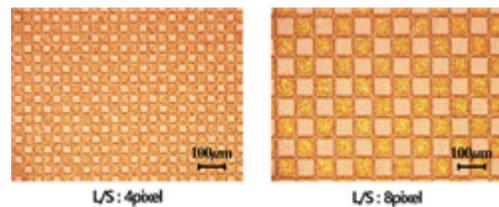


Fig. 1 Exposure results on the roller surface

후기

본 연구는 한국기계연구원 기본사업(NK255E)과 정부(과학기술정보통신부)-한국연구재단-반도체 첨단패키징 핵심기술개발 사업(RS-2024-00432928)의 지원을 받아 수행된 연구임

REFERENCES

1. C. Lee, et al. "Analyses of pattern quality in roll-to-roll digital maskless lithography with positional errors." *Applied Optics* Vol. 60, No. 11, pp. 3250-3256, 2021.
2. J. Choi, et al. "Method for improving the speed and pattern quality of a DMD maskless lithography system using a pulse exposure method", *Optics Express*, Vol. 30, No. 13, pp. 22487-22500, 2022.

**CNT-SnO₂-WO₃ 나노 복합체를 사용한 과불화옥탄산(PFOA)의
실시간 선택적 전기화학적 검출**

**Real-Time Selective Electrochemical Detection of Perfluorooctanoic Acid
(PFOA) Using CNT-Anhored SnO₂-WO₃ Nanocomposites**

*윤진평¹, #정창윤¹

*JinPyeong Yoon¹, #ChangYoon Jeong(yoonni22@yu.ac.kr)¹

¹ 영남대학교 기계공학과

Key words : Tungstate Oxide, Carbon Nanotubes, Electrochemical Sensing, Perfluorooctanoic Acid

*발표자, #교신저자

Perfluorooctanoic acid (PFOA), a toxic and persistent PFAS, is commonly found in aquatic environments and has drawn global regulatory concern. Electrochemical sensing provides a practical, low-cost, real-time method for on-site detection. A ternary nanocomposite (SnW-CNT NCs) was synthesized by integrating SnO₂-WO₃ into carbon nanotubes via a simple hydrothermal method. The modified glassy carbon electrode showed high sensitivity (1.78×10^{-4} mA/nM mm²), a low detection limit of 2.434 nM (1.0079 ppb) within electrode dynamic linearity range of 10-120 nM. It maintained signal variation under 5% in high ionic conditions, confirming strong selectivity. Tests with fruits, vegetables, and water yielded RSDs of 3.90-5.64%, validating its reliability for real-sample PFOA monitoring.

Acknowledgement

This study was supported by NRF-2019 R1A5A8080290 of the National Research Foundation of Korea.

파우더 분쇄 공정을 통한 벌크 나노셀룰로오스의 재활용 성능 평가 Recyclability Assessment of Bulk Nanocellulose Processed by Powder Grinding

*최정진¹, #김현찬¹

*J. J. Choi¹, #H. C. Kim(hyunckim@kumoh.ac.kr)¹

¹국립금오공과대학교 기계시스템공학부

Key words : Nanocellulose, Recycling, Bulk Structure, Tensile Properties

*발표자, #교신저자

자연 유래 셀룰로오스를 기반으로 한 나노셀룰로오스는 친환경성과 우수한 기계적 특성을 겸비한 나노 고분자 소재로 주목받고 있다. 본 연구는 벌크 구조체 형태로 성형된 나노셀룰로오스를 기계적으로 분쇄하고, 이를 다시 성형·건조하는 재활용 공정을 통해 구조체의 재사용 가능성을 평가하였다. 더 나아가, 초음파 처리를 병행하여 분쇄 및 재성형 효율을 높이고, 재활용 전후 시편 간의 인장 특성을 비교 분석하였다. 이를 통해 나노셀룰로오스가 기계적 물성을 일정 수준 유지하며 재가공 가능한 소재임을 확인하고, 단순한 생분해성 소재를 넘어서 지속 가능한 순환 재료로서의 가능성을 갖고 있음을 보여준다. 향후 관련 재활용 공정의 최적화 및 대량화 연구가 병행된다면, 친환경 기계재료로써 나노셀룰로오스의 활용 가능성을 더욱 확장해 나갈 수 있을 것이다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한 국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00353023).

고온에서의 초음파나노표면개질에 따른 표면 및 피로 특성에 관한 연구
Surface and Fatigue Properties by Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification
at Elevated Temperature

*설혜연^{1,3}, 윤주원¹², #심도식^{1,2,3}

*Hye-Yeon Seol^{1,2,3}, Ju-Won Youn¹², #Do-Sik Shim(think@kmou.ac.kr)^{1,2,3}

¹ 국립한국해양대학교 해양신소재융합공학과, ² 한국해양대학교 해양신소재융합공학과,

³ 국립한국해양대학교 해양신재생에너지융합공학전공

Key words : Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, Elevated Temperature, Hardness, Fatigue

*발표자, #교신저자

금속 처리 처리 다.이러한 경도 및 피로 수명의 향상은 와 전위 밀도의 증가 것으로 분석되었다. 본 연구 결과를 통해 시이 상온에서의 처리에 비해 더욱 입증하였다 초음파 나노표면개질(Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, UNSM)은 초음파 진동을 이용하여 금속 표면에 초당 수만 회의 국부 충격을 가해 나노결정 조직 형성과 압축 잔류응력을 유도하는 표면 강화 기술이다. 본 연구에서는 인코넬 718에 상온 및 고온(200℃)에서 UNSM 처리 후 피로 특성 및 미세조직을 비교하였다. 고온에서 UNSM 처리 시 경도는 미처리 대비 16%, 상온 처리 대비 3% 증가하였다. 피로수명은 미처리 대비 142%, 상온 처리 대비 97% 향상되었다. 이 결과는 결정립 미세화와 전위 밀도 증가로 인한 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 고온에서 UNSM 처리 시 표면 및 피로 특성이 상온 처리에 비해 더욱 효과적으로 개선되었음을 입증하였다. 초음파 나노표면개질(Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification, UNSM)은 초음파 진동을 이용하여 금속 표면에 초당 수만 회의 국부 충격을 가해 나노결정 조직 형성과 압축 잔류응력을 유도하는 표면 강화 기술이다. 본 연구에서는 인코넬 718에 상온 및 고온(200℃)에서 UNSM 처리 후 피로 특성 및 미세조직을 비교하였다. 고온에서 UNSM 처리 시 경도는 미처리 대비 16%, 상온 처리 대비 3% 증가하였다. 피로수명은 미처리 대비 142%, 상온 처리 대비 97% 향상되었다. 이 결과는 결정립 미세화와 전위 밀도 증가로 인한 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 고온에서 UNSM 처리 시 표면 및 피로 특성이 상온 처리에 비해 효과적으로 개선될 수 있음이 입증되었다.

실시간 기판 변형 보상이 가능한 적응형 디지털 리소그래피 기술 개발

Development of Adaptive Digital Lithography Technology with Real-time Substrate Deformation Compensation

*최진수¹, 이원섭¹, 조현민¹, 김기홍¹, 유홍기², #장원석¹

*Jinsu Choi¹, Won-sup Lee¹, Hyumin Cho¹, Geehong Kim¹, Hongki Yoo²,

#Won Seok Chang(paul@kimm.re.kr)¹

¹한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, ²한국과학기술원 기계공학과

Key words : Maskless Lithography, Digital Mirror Device, Substrate Deformation Compensation

본 연구에서는 기판 변형을 실시간으로 보상할 수 있는 디지털 미러 디바이스(DMD)기반 마스크리스 리소그래피 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 기존 DMD 리소그래피와 광학 측정 기능을 통합하여 기판 변형을 측정하고 패턴을 보정한다. 실시간 작동을 유지하면서 고정밀 패턴링을 달성하기 위해 경사 스캐닝, 최적화된 이미지 처리 및 병렬 컴퓨팅 기술을 구현했다. 몰투를 기판 변형을 시뮬레이션하는 정렬 마커가 새겨진 웨이퍼를 이용한 실험 결과, 위치 오차가 약 70 μm 에서 약 4 μm 로 크게 감소했다.

1. 서론

차세대 전자 장치 제조에서 기판 변형은 패턴 정렬 정확도를 저하시키는 중요한 문제이다. 특히 몰투를 제조와 웨이퍼 레벨 패키징 과정에서 발생하는 기판 변형은 패턴 오버레이 오차의 주요 원인이 된다. 기존의 고정 패턴 기반 리소그래피 시스템은 이러한 동적 변형에 효과적으로 대응하지 못하는 한계가 있다. 본 연구에서는 기판 변형을 실시간으로 측정하고 보상할 수 있는 적응형 패턴링 기술을 개발하여 이러한 문제를 해결하고자 한다.

2. 시스템 설계 및 구현

제안된 시스템은 DMD 기반 투영 광학계, 카메라 기반 측정 광학계 및 기판 이동 스테이지로 구성된다 (Fig. 1(a)). 기존 시스템과 달리 스캐닝 방향의 상류에 측정 광학계를 배치하여 실시간 변형 측정 및 보상이 가능하도록 설계했다. 기판 변형을 보상하기 위해 개발된 알고리즘은 측정된 변형 데이터를 기반으로 타겟 패턴이 아닌 DMD 픽셀 좌표를 조정하는 방식을 채택하였으며, 이는 베타 형식 패턴의 복잡성을 회피하고 알고리즘 병렬성을 유지한다. 실시간 처리 성능을 위해 GPU 기반 병렬 배치 처리를 구현하여 초당 140프레임의 속도로 패턴을 생성할 수 있게 되었다. 또한 스캔 피치와 회전각도 매개변수를 최적화하여 노출점 분포의 균일성을 최대화함으로써 패턴 충실도와 처리 속도 사이의 균형을 조절할 수 있는 방법론을 개발했다.

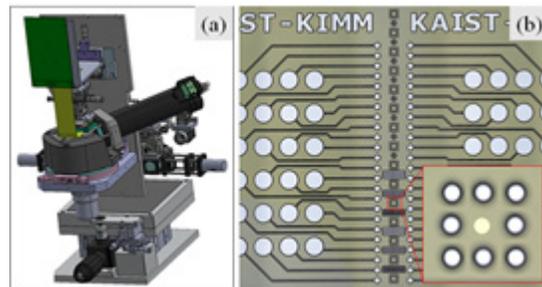


Fig. 1 (a) 개발된 시스템 및 (b) 제작 패턴

3. 실험 결과 및 논의

제안된 변형 보상 패턴링의 효과를 검증하기 위해, 기판 변형을 모사하도록 정렬 마커가 새겨진 실리콘 웨이퍼를 제작했다. Fig. 1(b)와 같이 정렬 마커 주위 제작 패턴을 분석한 결과, 위치 정밀도가 크게 향상되어 위치 오차가 약 70 μm 에서 약 4 μm 로 감소했다. 이는 몰투를 리소그래피 및 웨이퍼 레벨 패키징에서의 중요한 과제를 해결할 뿐만 아니라, 반도체 산업에 새로운 가능성을 제시한다.

후기

본 연구는 한국기계연구원 기본사업(NK255E)의 일환으로 수행되었습니다.

항균 활성을 향상시키기 위한 나노라인 배열 표면에서의 선택적 산화 아연 나노와이어 성장
Selective Growth of ZnO Nanowires on Nanoline Arrays for Enhanced Antibacterial Activity

*배재현¹, 슝드에르데네¹, #조영삼^{2,3,4}, #박현하^{2,3,4}

*Jae-Hyeon Bae¹, Suvd Erdene Ganbaatar¹, #Young-Sam Cho(youngsamcho@wku.ac.kr)^{2,3},

#Hyun-Ha Park(plmn130@wku.ac.kr)^{2,3}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 기계공학부, ³ 원광대학교 메카바이오 연구소,

⁴ 원광대학교 첨단바이오융합연구센터

Key words : Antibacterial Effect, ZnO Nanowires, Nanoline, Spin-Coating

*발표자, #교신저자

Bacteria can cause diseases, and various methods have been developed to control them. Chemical methods risk antibiotic resistance and environmental harm, while mechanical methods eliminate bacteria physically without chemicals, offering safer alternatives. Prior studies showed bacteriostatic effects against *S. aureus* on nanoline arrays, but lacked bactericidal action. To address this, we propose an antibacterial surface using nanoimprinting to create nanoline arrays, followed by selective ZnO nanowire growth via spin-coating and hydrothermal synthesis. This confines ZnO nanowire growth within designated areas, preventing structural collapse and maintaining bactericidal efficacy. The study offers a safe, effective mechanical strategy for bacterial elimination.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant from the Korean government (No. RS-2025-00520946).

향상된 항균 효과를 위한 나노홀 내부의 ZnO 나노와이어 살균 표면 Sterilizing Surface with ZnO Nanowires in Nanoholes for Enhanced Antibacterial Effect

*임채완¹, 슝드에르데네¹, #조영삼^{2,3,4}, #박현하^{2,3,4}

*Chae Wan Lim¹, Suvd Erdene Ganbaatar¹, #Young-Sam Cho(youngsamcho@wku.ac.kr)^{2,3},

#Hyun-Ha Park(plmn130@wku.ac.kr)^{2,3}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 기계공학부, ³ 원광대학교 메카바이오연구소,

⁴ 원광대학교 첨단바이오융합연구센터

Key words : Antibacterial Effect, ZnO Nanowires, Nanoholed Surface, Hydrothermal Growth

*발표자, #교신저자

Biofilms on surfaces can lead to diseases, infections, and contamination. Mechanical sterilization using nanostructures has been researched as it can prevent bacterial attachment, growth, or kill bacteria, independent of antibiotic resistance. However, previous studies found that nanohole surfaces with structural stability only showed bacteriostatic effects, inhibiting *S. aureus* growth without fully eliminating it. To address this limitation, this study proposes a surface with enhanced antibacterial properties by growing ZnO nanowires within the stable nanoholes. This method prevents nanostructure deformation during sterilization and effectively kills *S. aureus*. The surface maintains its antibacterial properties even under external forces, ensuring its integrity over time.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant from the Korean government (No. RS-2025-00520946).

SPPW 공정에 결합된 마이크로렌즈의 집광 성능 최적화

Optimization of Light-Focusing Performance of Microlenses Integrated with the SPPW Process

*김명서¹, 송준호¹, 박서림¹, #조영태¹

*Myung Seo Kim¹, Jun Ho Song¹, Seo Rim Park¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : SPPW(Self Propagating Polymer Waveguide), Optic Simulation, HAR(High Aspect Ratio),
MLA(Microlens Array)

*발표자, #교신저자

SPPW(Self Propagating Polymer Waveguide)현상은 비선형 광중합 공정으로 한 번의 노광을 통해 고종횡비 구조물을 생성할 수 있어 기존 고종횡비 구조 제작에 이용되던 에칭, 3D 프린팅 등과 비교하여 높은 제작 속도, 면적을 가진다. 본 연구에서는 COMSOL을 통한 광학 시뮬레이션을 통해 제작된 마이크로렌즈의 성능 예측을 통해 가장 높은 광 밀도를 나타내는 마이크로렌즈를 선정하였으며, SPPW 공정과의 결합을 통해 동일 노광량 대비 상승된 높이를 가지는 구조물을 제작하였다. 본 연구의 결과는 동일 면적에서 향상된 높이, 부피비를 가지는 구조물 제작법의 새로운 지평을 제시하였으며, 렌즈의 집광 효과를 통해 더욱 얇은 구조물 제작의 가능성을 확인하였다.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(NRF 2023R1A2C3006499)

Water Transfer Printing 공정을 활용한 3차원 표면에 대한 패턴 전사 방법 Pattern Transfer Method for 3D Geometric Surface via Water Transfer Printing

*이제민¹, #조영태¹

*Je Min Lee¹, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)¹

¹ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : 3D Printing, Water Transfer Printing, Pattern, Nanoimprint Lithography

*발표자, #교신저자

수전사 인쇄(Water Transfer Printing)는 다양한 기하학적 디자인과 패턴을 3차원 형상에 전사하는 인쇄 기술로, 3D 프린팅, 산업디자인, 인테리어 등의 분야에서 다양한 소재와 형상에 활용되고 있다. 본 연구에서는 나노 임프린트 리소그래피 기반의 스탬프 방식이 가지는 2차원적인 평면에 패턴 인쇄 방법에서 수전사를 통해 곡률을 가지는 3차원적인 형상에 패턴을 인쇄하는 방법을 제시한다. 패턴의 베이스 필름은 PVA(Polyvinyl Alcohol)기반의 수지이고, 베이스 표면엔 전사시킬 패턴의 형상을 3D 프린팅으로 구현한다. 제작된 필름을 물이 들어있는 수조에 띄우고, PVA 필름이 물에 용해되면, 3차원 형상을 침지시켜 상기 패턴층을 전사시킨다. 곡면과 같은 비평면 형상을 가지는 표면에 3차원 패턴을 전사할 수 있음을 확인하였고, 이는 평면과 곡면 형상에 대한 패턴 인쇄방법의 다양성을 향상시킬 수 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2019-NR040067, NRF 2023 R1A2C3006499)

Poly(ethylene glycol) (PEGDMA) 기반 Poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAAm) 코팅을 통한 하이브리드 나노구조 표면의 항균 평가

Antibacterial Evaluation of Hybrid Nanostructured Surfaces via PEGDMA-Based PNIPAAm Coatings

*김세훈^{1,2}, #박현하^{1,2}

*Se Hun Kim^{1,2}, #Hyun-Ha Park^{1,2}

¹ 원광대학교 기계공학과, ² 원광대학교 메카바이오연구소

Key words : N-Isopropylacrylamide(NIPAAm), Nanostructure Array Surface, Antibacterial, Swelling

*발표자, #교신저자

Biofilm formation occurs through bacterial adhesion, which is a critical issue in the contamination of medical devices. This study proposes a dual-functional antibacterial surface combining PEGDMA-based nanostructures and a thermo-responsive PNIPAAm coating. The PEGDMA layer inhibits initial bacterial attachment by forming a strong hydration layer, while the PNIPAAm responds to temperature changes by shrinking or swelling, enabling the release of bacterial debris. The nanostructures also induce mechanical bactericidal effects via stretching mechanisms. This platform offers reusable, non-chemical antibacterial surfaces capable of inhibiting adhesion and actively removing bacterial debris, providing a promising strategy for overcome surface contamination.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant from the Korean government (No. RS-2025-00520946).

항균 응용을 위한 구리 도핑 그래파이트 나노플레이트 Copper-Doped Graphite Nanoplatelets for Antimicrobial Applications

*강준규¹, 윤서정¹, 이승재^{2,3,4}, #전인엽¹, #곽소정^{1,2,4}

*Jun-Kyu Kang¹, Seojeong Yoon¹, Seung-Jae Lee^{2,3,4}, #In-Yup Jeon(iyjeon79@wku.ac.kr)¹,

#So-Jung Gwak(plus38317@wku.ac.kr)^{1,2,4}

¹ 원광대학교 화학공학과, ² 원광대학교 메카바이오연구소, ³ 원광대학교 기계공학부,

⁴ 첨단바이오융합연구센터, 원광대학교

Key words : Graphitic Nanoplatelets, Antimicrobial, Copper-Doped, CuGnPs

*발표자, #교신저자

Recent outbreaks of infectious diseases have highlighted the limitations of conventional antimicrobial agents, while graphene has gained attention as a promising candidate for antimicrobial products due to not only its antimicrobial properties but also its low toxicity and high solubility. Integrating graphene into copper coatings improves antimicrobial properties, but uniform distribution is challenging. Copper-doped graphitic nanoplatelets (CuGnPs) were created by combining graphite and copper, forming C-Cu bonds, confirmed through TOF-SIMS, XPS, and TEM. Antibacterial tests showed that higher CuGnP concentrations increased inhibition of *E. coli* and *S. aureus*, with CuGnPs bonded to graphene oxide being more effective against *E. coli* than graphene oxide alone.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022R1A2C2008149)

연속적 기계가공 원리 기반 산화아연 나노와이어로 연결된 마이크로트렌치 구조체 제작 및 유연 센서 응용

Fabrication of ZnO nanowire-interconnected Microtrenches via Continuous Mechanical Machining for Flexible Sensor Applications

*김민욱¹, 김광준¹, 김용태¹, 이민섭², 박종원¹, #옥종걸¹

*Minwook Kim¹, Kwangjun Kim¹, Yong Tae Kim¹, Minsub Lee¹, Jongwon Park¹,

#Jong G. Ok(jgok@seoultech.ac.kr)¹

¹ 서울과학기술대학교 기계자동차공학과, ² 서울과학기술대학교 융합기계공학과

Key words : Mechanical patterning, Microtrench, Metal wire embedding, Zinc oxide nanowire

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 기존 공정 대비 연속적이고 내구성 있는 마이크로 전극 구조체의 제작이 가능함을 보인다. 보다 자세하게, polyimide (PI) 유연 기판 상에 Dynamic Nano-Inscribing (DNI) 공정을 통해 미세 트렌치를 형성하고, DNI와 저온 수열합성 공정을 조합하여 ZNW (Zinc Oxide Nanowire)의 가교 구조체를 구현하였다. 해당 공정은 진공 공정이 불요하고 복잡한 고비용 공정 없이 연속적으로 대면적 유연 기판에 적용할 수 있어 높은 공정 효율성을 가진다. 제작된 구조체는 기계적 굽힘에 따라 ZNW 간 접촉점 수의 변화가 발생하며, 이에 따라 전기적 특성의 가변이 가능한 고감도 굽힘 센서로 작동한다. 본 연구는 차세대 다기능 유연 광전자 소자의 개발 가능성을 제시한다.

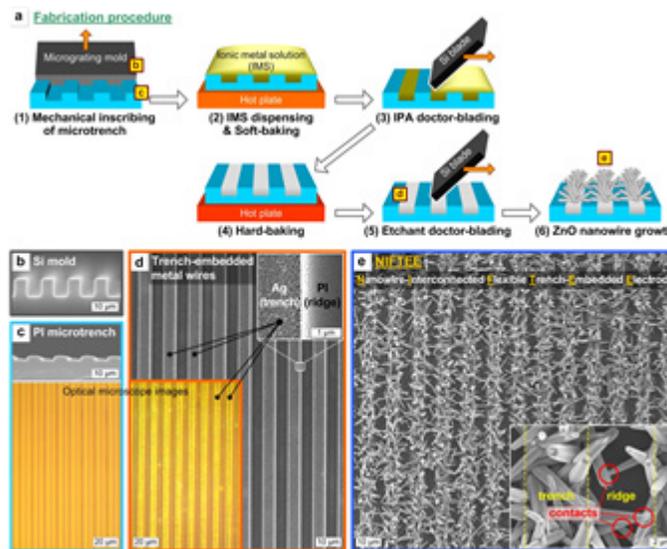


Fig. 1 The fabrication process method leverages MNPs for mechanically inscribed microgratings filled with metal wires, followed by low-temperature hydrothermal growth of ZNWs on the wires.

후기 이 연구는 정부(과학기술정보통신부) 재원 한국연구재단 나노및소재기술개발사업(NRF-2021 M3H4A3A02099204, RS-2024-00449882), STEAM연구사업(NRF-2022M3C1A3081178) 및 글로벌기초연구실(RS-2024-00413607) 과제 및 정부(교육부) 재원 한국연구재단 보호연구(NRF-2022R111A2073224) 과제의 지원으로 수행됨.

**실시간 식품 부패 모니터링을 위한 pH 반응성 안토시아닌 함유 폴리비닐 알코올/키토산
나노섬유 멤브레인**

**pH-Responsive Anthocyanin-Loaded Polyvinyl Alcohol/Chitosan Nanofiber
Membrane for Real-Time Food Spoilage Monitoring**

파이잔 E 무스타파¹, 이세신¹, *#이봉기¹

*Faizan E Mustafa, Shichen Li, #Bong-Kee Lee(b.lee@chonnam.ac.kr)

¹전남대학교 기계공학부

Key words : Anthocyanin, Nanofiber Membrane, pH-Sensing, Food Spoilage

*발표자, #교신저자

In this study, the electrospun polyvinyl alcohol/chitosan nanofiber membrane functionalized with anthocyanins was developed as a pH-responsive colorimetric sensor for real-time monitoring of food spoilage. The membrane exhibited reversible bathochromic shifts (red-to-green) in response to pH changes (1-12), induced by anthocyanins derived from red cabbage. Colorimetric analysis validated its sensitivity, while color stability tests revealed a minimal ΔE (0.55 ± 0.01) at 4 °C over 7 days of storage. Real-time food spoilage evaluation showed a white-to-green color transition during meat and strawberry spoilage, which is consistent with pH elevation due to total volatile basic nitrogen generation. These findings underscore the potential of the current membrane as a biocompatible and biodegradable platform for intelligent food packaging, enabling reliable in situ freshness assessment.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2024-00357288).

**태양광을 이용한 친환경 방빙 및 제빙이 가능한
3중 계층 구조의 폴리머 표면 개발**
**Development of a Triple-Layered Polymer Surface for
Eco-Friendly Solar-Driven Anti-Icing and De-Icing**

***강대희¹, 이영석², Sumit Barthwal², #임시형³**

*Daehee Kang¹, Yeongseok Lee², Sumit Barthwal², #Si-Hyung Lim (shlim@kookmin.ac.kr)³

¹ 국민대학교 기계시스템공학과, ² 국민대학교 나노메카트로닉스 연구실, ³ 국민대학교 기계공학부

Key words : Triple-Layered Polymer Surface, Photothermal Effect, Anti-Icing, De-Icing

*발표자, #교신저자

항공기, 풍력 터빈, 고속철도를 포함한 다양한 산업 시설에서의 결빙 및 빙설 축적은 성능 저감, 오작동에 이어 설비 붕괴까지 이르는 심각한 문제를 초래할 수 있다. 다양한 방빙/제빙 전략들이 제시되고 있지만, 에너지 소모 및 환경적인 이유로 외부 에너지나 화학물질 없이도 방빙/제빙이 가능한 고성능 친환경 표면 기술이 요구되고 있다.

본 연구에서는 에칭 및 몰드 복제 공정을 통해 나노 주름, 나노 구조, 마이크로 구조가 포함된 3중 계층적 구조의 폴리머 표면을 제작하였으며, 이에 태양광 에너지를 열로 변환하는 탄소나노입자를 임베딩하여 친환경적으로 방빙/제빙이 가능한 표면을 개발하였다. 개발된 표면은 극한에 가까운 저온 환경에서 긴 결빙 지연시간, 짧은 제빙 시간 및 낮은 얼음접착력을 가지는 것이 확인되었다.

Durable Superhydrophobic Photothermal SiC/Carbon Coating for Superior Anti-Icing and Deicing in Harsh Conditions

*수밋 바타왈¹, 이영석², #임시형³

*Sumit Barthwal¹, Youngseok Lee², #Si-Hyung Lim(shlim@kookmin.ac.kr)³

¹ 국민대학교 나노메카트로닉스 연구실, ² 국민대학교 일반대학원 기계시스템공학과,

³ 국민대학교 기계공학부

Key words : Superhydrophobic, Anti-icing, Ice-adhesion, Photothermal deicing

*발표자, #교신저자

Icing presents major safety and economic concerns, yet superhydrophobic surfaces often lack durability in extreme cold. This study introduces a robust superhydrophobic photothermal anti-icing (SPAI) surface on aluminum using SiC and carbon particles (CS) via a two-step spraying process. The SPAI surface demonstrated excellent water repellency (contact angle: 161°, sliding angle: 5°), high photothermal efficiency (72.3°C rise under 1 sun in 300 s), and outstanding anti-icing performance. At -25°C, it achieved a freezing delay of 492 s, and rapid deicing 130 s under 1 sun exposure, with low ice adhesion (45 ± 10 kPa). Its scalable fabrication and durability make it a promising solution for extreme environments.

3차원 대면적 적용이 가능한 초발수 방빙 표면처리 기술의 개발 및 성능 평가 Development and Evaluation of a Superhydrophobic Anti-Icing Surface Treatment Applicable to 3D Large-Area

*전유진¹, #임시형², 신지영³, 함진희³

*Yujin Jeon¹, Jiyoung Shin³, Jinhee Ham³, and #Si-Hyung Lim(shlim@kookmin.ac.kr)²

¹ 국민대학교 일반대학원 기계설계학과, ² 국민대학교 기계공학부, ³ 국방과학연구소

Key words : Anti-Icing, Superhydrophobic, Surface Treatment,

*발표자, #교신저자

겨울철 결빙 문제는 항공, 자동차, 에너지 산업 등에서 안전성을 저해하는 주요 요인으로, 이를 해결하기 위해 화학적 제설제나 물리적 제빙 방빙 방법이 활용된다. 이러한 방식은 환경 오염, 높은 유지 비용, 3차원 구조 및 대면적 적용 어려움 등의 한계를 가진다. 본 연구에서는 기존 방식의 한계점을 극복할 수 있는 초발수 방빙 코팅 용액을 개발하였다. 본 코팅은 3차원 구조 및 대면적 적용이 가능하며, 환경친화적이고 비용 효율적이다. 실험 결과, 개발한 코팅을 적용한 시편은 Bare 시편 대비 얼음 접착력이 현저히 감소하고, 얼음 형성 지연 효과가 우수하며, 대면적에서도 성능 저하 없이 방빙 효과를 유지함을 확인하였다. 따라서 본 연구의 기술은 다양한 산업 분야에서 안전성과 효율성을 향상시킬 것으로 기대된다.

나노 기계가공 기반 Cu 박막의 Ti 접착층 두께에 따른 가공 특성 변화 연구 Effect of Ti Adhesion Layer Thickness on the Nano Mechanical Machining Characteristics of Cu Thin Films

*박아현¹, 이승훈¹, 조인호¹, 황해인², 하지훈¹, 이재웅², #김정환^{1,2}

*A. H. Park¹, S. -H. Lee¹, I. H. Jo¹, H. I. Hwang², J. H. Ha¹, J. W. Lee²,

#J. H. Kim(jkim@hanbat.ac.kr)^{1,2}

¹국립한밭대학교 응용소재공학과, ²국립한밭대학교 신소재공학과

Key words : Adhesion Layer, Thin film, Nano-Machining, Patterning

*발표자, #교신저자

현재 반도체 패키징 공정에서 활용되는 Cu pad는 대부분 포토리소그래피 공정을 통해 패터닝 되고 있으나, 이는 공정 비용이 높고 복잡하며 화학약품 사용으로 인한 환경 문제가 발생한다. 나노 스케일 박막 기계가공 기술은 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로, 차세대 박막 패터닝 공정에 적용될 수 있다. 박막 가공 시, 기판과 박막 간의 접착력은 매우 중요한 요소이며, 실제로 Cu pad 형성 시 접착력을 높이기 위해 Ti adhesion layer가 일반적으로 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 Ti adhesion layer의 두께를 변화시켜 접착층에 따른 Cu 박막의 가공 및 전기적 특성을 확인하고, 기계가공 기반 박막 패터닝 공정의 최적 설계와 기술적 적용성 확보에 기여하고자 한다.

아치형 구조 유전체 기반 정전용량식 압력센서 개발 Development of Arch-shape Dielectric based on Flexible Capacitive Pressure Sensor

*이혁빈¹, 김수완¹, #김현범¹

*H. B. Lee¹ S. W. Kim¹ #H. B. Kim(beom0406@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : Flexible pressure sensor, 3D Printing, Capacitive pressure sensor, Structure

* 발표자, # 교신저자

최근 헬스, 건강 등에 많은 사람들이 관심을 가지면서 신체적 신호를 데이터로 확인 할 수 있는 웨어러블 전자 장치 분야 기술이 주목받고 있다. 그로 인해 정전용량식 압력센서도 주목받으며 센서의 감도 개선 및 감지 범위 향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 최신 연구에 따르면 유전층 내부에 피라미드와 같은 미세구조를 형성하는 것으로 센서의 감도를 향상할 수 있다는 사실이 밝혀졌다. 본 논문에서는 기하학적 구조를 다양하게 구현할 수 있는 3D 프린팅 기술을 이용하여 아치형 구조를 응용한 유전층을 구현하고 이를 통해 아치 형태와 유전체 경도가 정전용량형 압력센서 민감도에 미치는 영향에 대하여 분석한다. 결과적으로 아치 구조의 유전체층을 이용하면 기존의 평판구조보다 센서의 민감도를 향상할 수 있음을 확인하였다.

후기

본 논문은 한국생산기술연구원 자체 연구사업“임의 형상 표면 기반 차세대 프리폼 디스플레이 구현을 위한 요소 기술개발(2/2) (kitech UR-25-0006)의 지원으로 수행한 연구입니다.

REFERENCES

1. Tao, J.; Dong, M.; Li, L.; Wang, C.; Li, J.; Liu, Y.; Bao, R.; Pan, C. Real-time pressure mapping smart insole system based on a controllable vertical pore dielectric layer. *Microsyst Nanoeng* 2020, 6, 62,
2. Ha, K.H.; Zhang, W.; Jang, H.; Kang, S.; Wang, L.; Tan, P.; Hwang, H.; Lu, N. Highly Sensitive Capacitive Pressure Sensors over a Wide Pressure Range Enabled by the Hybrid Responses of a Highly Porous Nanocomposite. *Adv Mater* 2021, 33, e2103320, doi:10.1002/adma.202103320

**표면증강 라만 분광 분석을 위한 플라즈마 보조 나노전사 프린팅 기반
적층형 다공성 금 나노와이어**

**Stacked Porous Au Nanowires using Plasma-Assisted Nanotransfer Printing
for Surface-enhanced Raman Spectroscopy**

*안효진^{1,2}, #정주연¹, 주병권²

*H. J. An^{1,2}, #J. Y. Jung(ksmpe@ksmpe.ac.kr)¹, B. K. Ju²

¹ 한국기계연구원, ² 고려대학교 전기전자공학과

Key words : Porous, Nanotransfer Printing, Nanogap, Nanowire

*발표자, #교신저자

Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) enables highly sensitivity chemical detection by concentrating electromagnetic fields at nanogap hotspots formed via plasmonic resonance on metallic nanostructures. Despite its promise, the reliable fabrication of uniform and densely packed nanogaps remains a key limitation. In this work, we demonstrate the fabrication of porous Au nanowires (P-Au NWs) featuring sub-10 nm gaps and ultradense hotspots on flexible substrates via a nanotransfer printing (nTP) process. The porous architecture enhances plasmonic coupling at stacked junctions by increasing interfacial contact. SERS measurements using 4-mercaptobenzoic acid (4-MBA) reveal significantly enhanced signals compared to conventional Au NWs. These results suggest the utility of P-Au NWs beyond sensing, including energy storage, catalysis, and optoelectronics.

아라미드 나노섬유의 금속 적층제조 표면 코팅 적용 평가

Feasibility Assessment of Aramid Nanofiber Coatings on Additively Manufactured Metal Surfaces

김윤서¹, 박재민², 정진호², 신규태², 손현진³, 양시훈³, 김도희³, 권순조¹, **김현찬¹

Y. S. Kim¹, J. M. Park², J. H. Jeong², K. T. Shin², H. J. Son³,

S. H. Yang³, D. H. Kim³, S. J. Kwon¹, **H. C. Kim¹(hyunckim@kumoh.ac.kr)

¹국립금오공과대학교 기계공학부, ²(주)LIG넥스원 미사일시스템기술연구소, ³메탈쓰리디(주)

Key words : Aramid Nanofiber, Coating, Surface, Metal Additive Manufacturing

*발표자, #교신저자

아라미드 나노섬유는 폐 아라미드 섬유를 화학적으로 분해하여 제조된 수십 나노 크기의 지름과 수 마이크론 길이로 높은 세장비를 가지는 나노섬유이다. 이 나노섬유는 기존의 아라미드 섬유가 가지는 높은 기계적 물성과 열적 안정성을 보유하고 있어 다양한 분야에서 그 응용이 기대되고 있다. 본 연구에서는 최근 다양한 산업 분야에서 활용되고 있는 금속 3D 프린팅 구조물에 아라미드 나노섬유를 코팅하여 적층 제조된 금속 구조물의 산화를 막고 표면 특성을 개선하기 위한 공정 설계가 이루어졌다. 공정의 최적화를 위해 다양한 실험적 요인이 평가되었고 코팅층은 박리 및 마모 테스트를 통해 코팅 성능이 평가되었다.

후기 본 연구는 중소벤처기업부의 창업성장 기술개발 사업 [RS-2024-00510115]과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 (RS-2024-00353023)의 지원을 받아 수행된 연구임.

레이저-유도 그래핀 패터닝 기반 테라헤르츠 흡수체 개발 THz Absorber Development via Laser-Induced Graphene Patterning

*전진우¹, *양동욱¹, 이영근¹, 김현우¹, #김영진

*Jinwoo Jeon¹, *Dongwook Yang¹, Younggeun Lee¹, Hyeonwoo Kim¹, #Young-Jin Kim¹

¹한국과학기술원 기계공학과

Key words : Laser-Induced Graphene, Femtosecond Laser Direct Writing, THz Absorber

*발표자, #교신저자

테라헤르츠(THz) 대역은 6G 통신, 영상 시스템, 비파괴 검사, 분광 센싱 등의 미래 산업 분야에서 핵심 기술로 주목받고 있다. 하지만 상용화를 위해서는 저비용이면서도 고성능을 갖춘 소자 개발이 필수적이며, 현재 관련 기술은 소재와 공정 측면에서 한계를 가진다. 본 연구에서는 펄초 레이저를 이용하여 Kevlar 섬유 위에 레이저 유도 그래핀(LIG) 기반 THz 메타렌즈를 직접 패터닝하였으며, DOE 구조로 구현하였다. 제작된 소자는 0.1-0.4 THz 대역에서 투과 및 위상 응답 특성을 측정하였으며, 조건에 따라 최대 40 dB 수준의 파장 선택적 특성이 나타났다. LIG는 고속·저비용·대면적 제작이 가능하다는 장점을 바탕으로, 유연한 THz 광학 소자의 실용화를 위한 유망한 대안으로 평가된다.

자외선 차단과 성애 제거를 위한 전기방사 나노섬유 기반 기능성 멤브레인 제작 Fabrication of a Functional Membrane based on Electrospun Nanofibers for UV Protection and Anti-fogging Application

*윤대협¹, *최문정¹ #김건희¹

*Dae Hyeop Yoon¹, Moon Jeong Choi¹, #Gun Hui Kim(geonhwee.kim@chungbuk.ac.kr)¹

¹충북대학교 기계공학부

Key words : Electrospinning, Electroless plating, UV protection, Wearable membrane

1. 서론

면상발열체는 자동차, 항공, 건축 분야에서 에너지 효율성과 안전성을 강화하는 핵심 기술로 주목받고 있으며, 웨어러블 분야에서 의료용 온열치료, 발열 의류, 기능성 전자기기 등의 분야에서 활발히 연구되고 있다. 몇 년 전까지도 니크롬선 등의 금속 소재를 기반으로 한 형태가 주를 이루고 있으나 유연성 부족, 산화에 의한 내구성 저하 등으로 정밀하거나 유연성이 요구되는 응용 분야에 한계가 있다. 전기방사 기술은 높은 비표면적의 나노 섬유를 대면적으로 균일하게 제작할 수 있는 기술로, 유연성, 경량성, 그리고 열 분포의 균일성 측면에서 우수하여, 웨어러블 기기나 곡면 기반 디바이스 등 유연한 적용이 요구되는 응용 분야에 보다 적합한 대안으로 주목된다. 본 연구에서는 전기방사를 통해 PVDF(poly(vinylidene fluoride)) 기반의 고분자 웹을 제작하고 이후 용액 공정 기반의 구리(Cu) 무전해 도금을 적용하여 전도성을 부여한다. 이때, BSA(Bovine Serum Albumin) 침지 공정을 적용하여 PVDF 웹과 금속 재료와의 접합력 향상을 위한 계면층을 제작한다. 이를 통해 저전압 조건에서도 높은 온도로 발열이 용이한 고효율의 발열 소자를 제작하였다.

2. 본론

Acetone과 DMF(dimethylformamide)를 1:4로 섞은 혼합 용액에 PVDF(poly(vinylidene fluoride)) 22 wt%를 첨가한 후 마그네틱을 이용해 교반하였다. 전기방사 장비 조건은 voltage 12.3 kV, 토출량 0.05 ml/min, 진행 시간 3600 s, TCD(Tip to Collector Distance)를 15 cm로 고정하였다. 소수성 표면인 PVDF 매트 (2 × 2 cm², 두께 0.2 μm)의 계면 경계를 완화시키기 위해 SDBS(Sodium Dodecyl Benzen Sulfate) 5 wt%에 10분간 침지한 후, DI water로 세척한다. 이후 Cu의 접합력을 높이기 위해 BSA(Bovine

Serum Albumin)에 8, 9, 10, 11, 12분으로 시간을 달리하여 침지한다. 마지막으로 Pd activation 용액에 10분간 담근 후 Cu 도금 용액에 10분 동안 담근다. 양면에 균일한 도금층 형성을 위해 Cu 도금 초기 5분 진행 후에 매트를 뒤집어 실시하였다. 마지막으로, 제작된 전도성 나노섬유의 sheet resistance를 통해 전기 전도성을 비교하였으며, 와이어링 이후 전압 인가를 통해 열적 성능을 평가하였다. (Fig. 1)

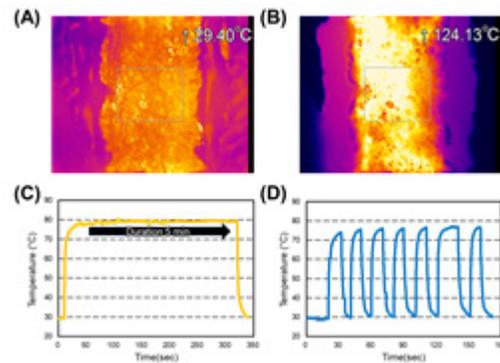


Fig. 1. Surface heating device (A) before voltage is applied, (B) with 1V applied. (C) Stable performance maintained for 5 min under 0.6 V applied voltage. (D) ON/OFF test repeated at 0.6 V.

3. 결론

본 연구에서는 전기방사와 Cu 무전해 도금 공정을 통해 전도성을 지닌 나노섬유 웹을 성공적으로 제작하였다. BSA 침지를 10분 수행한 경우, 가장 우수한 면저항 값을 보였으며, 5분 동안 동일한 전압 인가 하에서 온도 변화가 안정적으로 유지됨을 확인하였다.

후기 This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) grant funded by the Korea Government(Ministry of Education) (P0025682 "Semiconductor"-Specialized University)

비정질 탄소 함침 코팅을 활용한 유리성형용 그래파이트 몰드 표면 개질
Surface Modification of Graphite molds for Glass Molding
via Amorphous Carbon Infiltration Coating

김영규^{1,2}, 김종범¹, *김석민^{1,2}

Youngkyu Kim^{1,2}, Jongbeom Kim¹, *GSeok-min Kim(smkim@cau.ac.kr)^{1,2}

¹ 중앙대학교 기계공학과, ² 중앙대학교 컴퓨터공학과

Key words : Graphite Mold, Infiltration, Amorphous Carbon, Surface modification

*발표자, #교신저자

스마트폰용 커드드 글라스 및 차량 전방 표시장치용 광학 미러 등의 제작을 위한 유리성형 공정에서 가공성이 우수한 그래파이트 몰드가 사용되고 있다. 그래파이트 소재는 흑연입자를 고탄소 고분자 바인더와 혼합한 뒤 탄화하여 제작되는 관계로 내부에 다수의 기공을 포함하고 있으며, 가공후에도 소재 자체에 존재하는 기공으로 인해 높은 표면 품질을 확보하기 어려운 문제가 있다. 그래파이트 몰드의 높은 표면거칠기는 성형된 유리성형품에도 동일하게 나타나며, 필요시 후가공 등이 진행된다. 본 연구에서는 다공성의 그래파이트 몰드에 고탄소 고분자 소재인 퓨란 소재를 함침하고 탄화공정을 진행하여 내부 기공을 매운 뒤 기계가공을 진행함으로써 그래파이트 몰드의 표면품질 향상을 위한 방법을 제안하였다. 함침공정 조건에 따른 함침깊이를 실험적으로 검증하고 표면 연마 과정을 통해 함침 전후의 표면 특성 개선을 확인하였다.

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술
기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (RS-
2024-00441990)

포스터발표

시뮬레이션/최적화

좌장 : 이호진(한국생산기술연구원)
차승훈(경북테크노파크)

드릴링 공정에서 클램핑 위치에 따른 변형 특성 분석에 대한 연구 Effect of Clamping Position on Deformation Behavior in Drilling Processes

*이용재¹, 박종규², 최현준², 이명재², 김지호¹, #이호진¹

*Y. J. Lee¹, J. K. Park², H. J. Choi², M. J. Lee², J. H. Kim¹, #Ho-jin Lee(hlee3@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원, ²(주)화신 화신기술연구소

Key words : Finite Element Method, Drilling Process, Clamping Position, Mobility Components

*발표자, #교신저자

드릴링 공정에서 클램핑 위치는 가공 정밀도와 구조적 안정성에 중요한 영향을 미친다. 본 연구에서는 자동차 부품인 로어암(Lower Arm)을 대상으로 클램핑 위치별 변형 특성을 분석하였다. 해석 결과, 클램핑 위치에 따라 변형과 응력 분포가 달라지며, 변형 제어의 핵심 요인임을 확인하였다. 기존 동적 해석 기법은 연산 부담이 크다는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 실험을 통해 획득한 절삭력 데이터를 활용하여 정적 해석 기반 변위 데이터 생성 방법을 개발하였다. 분석 결과, 해당 방법이 변형 특성 평가에 효과적임을 검증하였으며, 이를 통해 클램핑 조건에 따른 변형 거동을 명확히 파악할 수 있었다. 향후 정밀 가공을 위한 설계 개선과 가공 품질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 2025년 산업통상자원부의 '상용 xEV용 30% 경량 고강성/고내구 세미트레이링암 부품화 기술 개발' 사업의 지원을 받아 수행되었음. (KM250083)

전력 디바이스의 Thermal Cycling 파라미터에 대한 유한 요소 기반 평가 Finite Element-Based Assessment of Thermal Cycle Parameters for Power Devices

*최나연¹, #장성욱¹

^{*}N. Y. Choi¹, [#]S. U. Zhang(zsunguk@deu.ac.kr)¹

¹ 동의대학교 디지털 트윈 연구소, Center for Brain Busan 21 Plus Program

Key words : Power Device, Reliability, Finite Element Method, Machine Learning

*발표자, #교신저자

Power semiconductors are one of the most vulnerable components within a converter system, and their failure can lead to system-wide outages [1], requiring reliable lifetime prediction models. This study evaluates the validity of key variables Soak Time, ΔT , T_{min}, and T_{max} in thermal cycling test of power semiconductors and compares the performance of different machine learning algorithms based on the generated data. A total of 27 conditions were simulated based on the design of experiments (DoE), and the maximum accumulated plastic strain of the wire was used as the response variable. The analysis showed that ΔT , T_{min}, and T_{max} had a significant impact, with ΔT being the most important variable. On the other hand, Soak Time was not significant and could be excluded from the model. The simplified input variables (T_{min}, ΔT , and Cycle) were enough to achieve high prediction performance ($R^2=0.976$), and the Random Forest algorithm performed the best with $R^2=0.99$. This study provides a basis for variable selection and model design for future development of PIML-based power semiconductor lifetime prediction models.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No.RS-2023-00281219).

REFERENCES

1. H. V. Lianto, M. H. M. Sathik, A. M. Y. M. Ghias and V. Pickert, "Revolutionising DC Marine Microgrids: Advanced Solid State Circuit Breaker with Soft Switching for Inrush Current Control," 2024 Energy Conversion Congress & Expo Europe (ECCE Europe), Darmstadt, Germany, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/ECCEurope62508.2024.10751849.

온도 변화 기반 열 해석을 통한 MVDC 케이블의 허용전류 산정

Allowable Current Determination for MVDC Cables through Thermal Analysis Considering Temperature Variations

*이윤재¹, #장성욱¹

*Y. J. Lee¹, #S. U. Zhang(zsunguk@deu.ac.kr)¹

¹ 동의대학교 디지털 트윈 연구소, Center for Brain Busan 21 Plus Program

Key words : MVDC, Cable, ACSR, XLPE, Regional Temperature Distribution

*발표자, #교신저자

직류 기반의 재생 에너지가 대두됨에 따라 중전압 직류(MVDC) 배전 기술이 AC/DC 하이브리드 네트워크의 핵심 구성 요소로 떠오르고 있다. 신뢰할 수 있는 MVDC 작동을 위해서는 ACSR 및 XLPE 케이블의 열적 안정성을 보장하는 것이 필수적이다. 본 연구는 계절적 변화를 고려하여 현실적인 작동 조건에서 케이블의 열적 거동을 평가하기 위해 과도 열 해석을 수행하였다. 시뮬레이션을 활용하여 케이블의 도체 온도를 90℃ 이하로 유지할 수 있는 허용 전류를 산정하였다. 연구 결과에 따르면 여름철 온도변화가 허용 전류 한계에 미치는 영향을 고려해야 한다. 본 연구를 통해 MVDC 시스템의 신뢰성과 효율성을 향상하는데 기여할 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술 평가원(KETEP)의 '차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발사업'으로 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00281219)

REFERENCES

1. Giha Yoon, Geunyong Kim, Hark Yoo, Sung-Chang Kim, & Jaein Kim (2024). Development of Edge Gateway System for Data Acquisition on Transmission Line of AC/DC Hybrid Distribution Network. The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, 73(8), pp. 1360-1368. DOI: 10.5370/KIEE.2024.73.8.1360

**실험계획법 기반의 Si-IGBT의 열 및 전기 성능에 미치는
와이어 직경과 다이 기울기의 영향 분석**
**DOE-Based Analysis of the Effects of Wire Diameter and Die Tilt
on the Thermal and Electrical Characteristic of Si-IGBT**

*김동현¹, #장성욱¹

¹D. H. Kim¹, #S. U. Zhang(zsunguk@deu.ac.kr)¹

¹동의대학교 디지털 트윈 연구소, Center for Brain Busan 21 Plus Program

Key words : Insulated Gate Bipolar Transistor, Design of Experiments, ANOVA Analysis

*발표자, #교신저자

절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)는 전력 반도체 소자 중 고장률이 가장 높은 소자로 그 주요 원인은 온도로 보고되고 있어 설계 시 열관리의 중요성이 높아지고 있다.[1] 본 연구에서는 Si-IGBT 소자의 열적 및 전기적 성능에 미치는 와이어 직경과 다이 기울기의 영향을 요인 분석을 통해 분석하였다. 실험계획법(Design of Experiments, DOE)을 활용하여 접합 온도(T_j), 컬렉터-이미터 전압(V_{CE}), 전력 손실(Pd), 열저항(R_{th})에 대한 인자의 상호 작용을 분석하였다. 분석 결과 전류와 와이어 직경은 T_j 와 V_{CE} 에 유의미한 영향을 미치는 반면, 다이 기울기의 영향은 제한적인 것으로 나타났다. 또한 제품 고유의 설계 특성에 따라 열 및 전기적 성능 편차가 크게 나타났다. 이는 사용되는 최종 어플리케이션에서 요구하는 전류, 전압 및 저항 등에 따라 주요 설계 인자에 대한 충분한 고려가 필요함을 시사한다.

후기

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술 평가원(KETEP)의 ‘차세대 AC/DC Hybrid 배전 네트워크 기술개발사업’으로 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00281219)

REFERENCES

1. M. Ahsan, S. T. Hon, C. Batunlu and A. Albarbar, "Reliability Assessment of IGBT Through Modelling and Experimental Testing," in IEEE Access, vol. 8, pp. 39561-39573, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2973578.

판넬형 차체 부품의 소재 두께 최적 설계

Optimal Thickness Design of Panel-Type Automotive Body Components

*이서한¹, #이상헌¹, 최현범¹, 이정우¹, 김미혜², 김재열³

*Seo Han Lee¹, #Sang Hun Lee(shlee@howon.com)¹, Hyun Bum Choi¹, Jung Woo Lee¹,
Mi Hye Kim², Jae Yeol Kim³

¹(주)호원 연구기술본부, ²솔루션라인코리아, ³조선대학교 기계공학

Key words : Automotive Body Components, Roof Member, Optimization, Panel Type, Static Stiffness

*발표자, #교신저자

대부분의 차체 부품은 판넬형 소재를 프레스 가공 용접으로 접합하여 차체 구조체(BIW, Body In White)를 이룬다. 차체 부품의 경우 강성, 경량화, 제조 비용 등 다양한 요소들을 고려하여 설계가 수행되어야 한다. 최근 ESG 관련 이슈가 확대됨에 따라 차량의 경량화를 통한 전비 또는 연비 증가의 필요성이 더욱 증가하고 있다. 본 연구에서는 차량의 일정 수준 이상 강성을 확보하면서 소재의 두께를 최적화하여 경량화를 수행하였다. 대상 부품은 차량의 루프를 지지하는 멤버로 판넬형 차체 부품으로 부품 단품 단위 강성 평가를 통해 두께 최적화를 수행하였다.

1. 차체 부품 루프 멤버

차체 부품 중 루프 멤버는 차량의 지붕 부분의 강도를 높이는 역할을 한다. 외판 판넬의 자중에 의한 처짐, 비틀림, 롤오버 사고(차량 전복) 등을 고려한 강성이 확보될 수 있도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 부품을 단품 단위 평가 수행으로 차량 구조의 전체적인 거동 확인이 필요한 충돌, 및 비틀림 강성이 아닌 정강성에 초점을 맞춰 최적화를 수행하였다.

2. 탄성 한도 내 정강성 평가

차량 부품의 자중에 의한 처짐을 방지하기 위한 정강성 평가로 탄성 한도 내에서 단품을 평가하였으며, 강성은 내부적으로 판단중인 단품 기준으로 Static 해석을 수행하였다. 소재는 물성은 Table 1과 같다.

조립되는 구조를 고려하여 3점 굽힘과 비슷한 방식으로 단품 강성 평가를 구현하였으며, 강체에 일정 하중을 부여하였을 때, 내부 침입량 고려하여 평가하였음.

Table 1 Material properties of roof member

Material		Unit
Density	7.68	ton/mm ³
Young's modulus	210,000	Mpa
Possion's ratio	0.3	-
Yeild strength	650	Mpa

3. 최적화 수행 및 결론

본 연구에서는 일정 하중이 강체에 부여될 때 침입량에 한계를 주고 침입량이 조건에 만족하면서 줄일 수 있는 최소 두께 값을 산출하였음.

본 부품의 경우 해당 연구 수행 전 1mm 수준의 두께로 예비 설계되었으나, 최적화 수행 결과 0.73mm 수준으로 설계가 고려되어도 적정할 것으로 판단 됨.

다만, 해당 부품의 역할이 단순 처짐 방지가 아니므로 단품이 아닌 전체 구조에서 비틀림 및 차량 전복을 고려한 평가가 추가로 수행되어야 할 것으로 사료 됨.

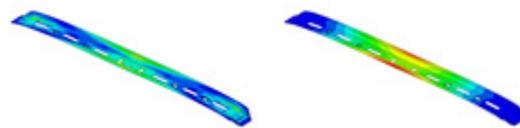


Fig. 1 Results of Finite Element Method

후기

본 연구는 한국산업기술기획평가원의 “자동차산업기술개발(그린카)”(RS-2024-00453431)으로 수행된 연구결과입니다.

물리 정보 신경망 기반 전역 최적화 기법: 벤치마크 함수에 적용

Physics-Informed Neural Networks-Based Global Optimization Technique : Application to Benchmark Functions

*방진홍¹, #도재혁²

*Jin Hong Bang¹, #Jae Hyeok Doh(jdoh@gnu.ac.kr)²

¹ 경상국립대학교 기계항공우주공학부, ² 경상국립대학교 항공우주공학부

Key words : Global Optimization, Deep Learning, Physics-Informed Neural Networks, Benchmark Functions

Global optimization in engineering problems is a highly challenging task due to the presence of multiple local minima, making it difficult to find global optima. This study proposes a novel approach using a Physics-Informed Neural Network (PINN) for global optimization. By embedding mathematical optimality conditions as constraints in the loss function, PINN guides the search toward global minima. This study applies PINN to well-known optimization benchmark functions, including Ackley, Bukin Function N.6, Cross-in-Tray, Drop-Wave, and Eggholder. The mathematical representations of the optimization functions are directly integrated into the loss function, allowing the network to minimize the objective function efficiently. This study confirms that PINN provides a novel and promising approach for solving global optimization problems, particularly in scenarios that demand both precision and speed.

1. 서론

전역 최적화는 공학 분야에서 설계 최적점을 찾기 위한 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 유전 알고리즘(Genetic algorithm, GA), 시뮬레이션 어닐링(Simulation annealing, SA), 입자 군집 최적화(Particle swarm optimization, PSO), 하모니 탐색 알고리즘(Harmony search algorithm, HSA) 등 기존 최적화 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 방법은 지역 최적해 문제, 초기점 종속, 시간 비용 및 정확도에 대한 한계점이 존재한다. 본 연구에서는 물리 정보 신경망(Physics-informed neural networks, PINN)을 활용하여 최적화 문제에서 전역 최적해를 효과적으로 도출하고자 한다. 이를 위해 Ackley, Bukin N.6, Cross-in-tray, Drop-Wave 등 다양한 최적화 벤치마크 문제를 기존 최적 알고리즘과 PINN을 비교하였다.

2. 내용(본론)

PINN은 딥러닝 모델의 학습 과정에 물리 법칙을 통합함으로써, 적은 데이터로도 복잡한 물리 현상을 효율적으로 예측할 수 있다. 본 연구에서는 벤치마크 최적화 문제에서의 수학적 최적 조건을 물리 법칙과 같이 손실 함수에 포함하여, PINN이 목적 함수의 최적점을 찾도록 유도하였다. PINN 구조는 복잡한 비선형성과 다수의 지역 최적해를 가지는 최적화 문제에서도 전역 최적점으로 빠르고 안정적으로 수렴하였다.

3. 결론

PINN은 기존 최적화 알고리즘인 GA, SA, PSO, HSA과 비교해 지역 최적점 문제 및 정확도 측면에서 우수한 성능을 나타냈다. 이러한 결과는 PINN이 단순한 편미분 방정식 기반 문제를 넘어, 전역 최적화와 같은 수학적 문제 해결에도 활용할 수 있음을 제시하며, 다양한 기법들을 통해 확장된 최적화 프레임워크로 발전할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구에서 범용적인 PINN 기반 최적화 알고리즘 개발을 위해 일반화 성능이 강화된 딥러닝 모델을 개발하고자 한다.

후기

이 연구는 2025년도 경상국립대학교 글로벌대학30 사업에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

1. Atwya, M. and Panoutsos, G., "Structure optimization of prior-knowledge-guided neural networks," Neurocomputing, Vol. 491, pp.464-488. 2022

플래시 타입 라이다의 방열 성능 최적화에 관한 연구

A Study on the Optimization of Heat Dissipation Performance in Flash-Type Lidar

*#이경동^{1,3}, 지창현², 심재술³

*#Gyeong Dong Lee(lgd@gbtp.or.kr)^{1,3}, Chang Hyun Ji², Jea Sool Shim³

¹ 경북테크노파크, ² (주)나노시스템즈, ³ 영남대학교 기계공학부

Key words : Lidar, Heat Dissipation, Optimization

본 연구는 제조현장에서 발생하는 사고를 방지하기 위해, 작업자의 위치, 자세 등을 검지할 수 있는 플래시 타입의 3D라이다를 개발하는 기초 연구로, 플래시 타입 라이다의 발열 온도가 높은 문제를 해결하기 위한 전산해석 기반 방열성능 최적화에 관한 연구이다. 이를 실현하기 위해, 라이다 함체에 배치되는 방열 핀의 길이, 폭, 수를 설계변수로 설정하여, 전산해석을 수행하였다. 그 결과를 활용하여, 플래시 타입 라이다의 방열 핀 설계 최적화 자료로 활용하였고, 시제품 제작 후, 기존 제품과 개선 제품의 발열 온도를 열화상 카메라를 활용하여 비교 측정한 결과, 기존 제품 대비 방열부 영역에서 1.14°C의 평균온도가 낮아짐을 확인하였다.

1. 서론

최근 제조현장에서 협동로봇의 활용도 증대에 따라, 관련 중대재해사고 역시 증대되는 추세이다. 현재, 대부분의 제조현장에서는 2D 방식의 에어리어 커튼 센서를 주로 적용하고 있어, 사각지대 발생, 좁은 검지 범위 등 여러 문제를 내포하고 있다. 또한, 외산 3D라이다의 경우, 고가의 도입비가 필요하여, 영세기업에서는 적용하기 어려운 실정이다. 상기 기존 제품의 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 플래시 타입의 3D 라이다가 대두되고 있으나, 발열 문제 해결이 필요한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 플래시 타입 3D 라이다의 국산화 및 저비용 도입을 위한 선행 연구로, 방열 핀의 형상을 설계변수로 설정하여, 전산해석을 통한 최적화를 수행하였다. 또한, 최적화 전/후 모델의 동작온도를 분석하여, 최적화 후 모델의 방열 성능을 검증하였다.

2. 경계조건

전산해석을 위한 경계조건은 우선, 선행연구로 도출된 주요 열원에 발생하는 온도를 부여하였고, 방열 조건으로는 일반 대기중으로의 자연대류 열전달 현상을 모사하기 위해, 방열 파트에 자연대류 열전달 계수를 부여하였다. 방열파트의 소재의 경우, 실제 제작 소재의 물성을 적용하였다.

3. 기하구조 및 설계변수

기하구조의 경우, 프로토 타입 모듈을 토대로 모델링하였으며, 방열 파트의 경우 방열 핀의 높이, 폭, 간격을 설계변수로 설정하여 선행해석 후, 해석 결과를 기반으로 3종 후보모델을 최종 도출하였다.

4. 결론

3종 후보모델을 대상으로 전산해석을 수행한 결과, (C)모델이 기판영역, 카메라 영역, 방열부 영역의 평균 온도가 모두 가장 낮게 나타남을 확인하였다. 해당 모델을 토대로 최종 시제품을 제작하여, 기존 모델과 열화상 카메라를 통하여 발열온도를 분석하였고, 그 결과 최적화 모델이 기존 모델 대비 방열부 평균온도가 1.14°C의 온도가 낮게 나타남을 확인하였다.

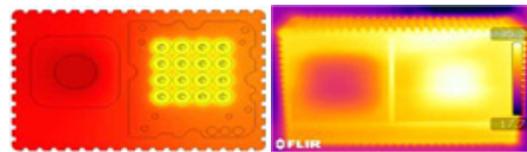


Fig. 1 Result of Analysis and Temperature Measurement

후기

본 연구는 2023년도 중소기업기술혁신개발사업(과제번호 : RS-2023-00221377)의 수행을 통하여 도출된 결과입니다.

REFERENCES

1. Shah, A., Sammakia, B. G., Srihari, H., & Ramakrishna, K. "A numerical study of the thermal performance of an impingement heat sink-fin shape optimization" IEEE transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 27, No. 4, pp. 710-717, 2004.

전동식 이동기기의 주행 실증 테스트 장치 개발

Development of Driving Demonstration Test Device for Electric Mobile Equipment

**육선우, 황인호, 정성배, 오혜정, 정우창, 양재원, 최기원

*#S.W.Yuk(sunwoo@kcomwel.or.kr), I.H.Hwang, S.B.Jung, H.J.Oh, W.C.Jeong, J.W.Yang, K.W.Choi.
근로복지공단 재활공학연구소

Key words : 전동식 이동기기, 주행실증, 테스트, 마찰계수, 도로

*발표자, #교신저자

본 논문에서 해결하고자 하는 기술적 과제는, 장소에 구애받지 않고 전동 보조기기가 주행할 수 있는 다양한 도로 환경을 동일하게 조성하고, 전동 보조기기의 실제 주행 성능을 테스트할 수 있도록 구성된 전동 보조기기의 주행 실증 테스트 방법을 제공하는데 있다. 이에, 해당 장치를 개발하였으며, 테스트를 완료하여 실 주행거리와 장치내에서 주행하는 거리의 오차 범위가 5% 이내임을 확인하였다. 해당 장치는 현재 시험방법 및 시험장치 모두 특허로 등록되어 보호되고 있다.

1. 서론

휠체어와 같은 전동식 이동기기는 노약자나 거동이 불편한 사람 또는 장애인들이 주로 사용한다. 이와 같은 전동 보조기기는 도로법 제39조, 고속도로법 제4조 및 유료도로법 제5조에 의거한 일반도로나 보도 또는 자전거 이용 활성화에 관한 법률 제9조에 의거한 자전거 도로 및 일반 보도블럭을 주행하게 된다. 현재, 이와 같은 전동 보조기기, 일례로 전동 휠체어의 주행 성능을 평가하기 위해 별도로 조성해 놓은 테스트 도로(아스팔트 평지)를 이용하고 있다. 그러나, 이와 같은 테스트 도로는 실제 도로의 경사도나 마찰계수와 같은 다양한 도로주행 환경을 반영할 수 없기 때문에 전동 보조기기의 정확한 주행 성능을 테스트할 수 없다는 문제점이 제기되고 있다.

본 연구는 휠체어와 같은 전동 보조기기의 도로 주행 성능을 실내에서 테스트할 수 있도록 구성된 전동 보조기기의 주행 실증 테스트 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 전동 보조기기의 전륜과 후륜이 접촉되며, 상기 전륜과 후륜 회전시 함께 회전하는 회전롤러부가 구비된 주행프레임에 상기 전동 보조기기를 안착시키는 주행준비단계; 상기 전동 보조기기가 실제 주행할 수 있는 도로의 경사각도에 맞춰 상기 주행프레임의 경사각도를 조절하는 경사각도 조절단계; 주행프레임에 안착된 상기 전동 보조기기를 직선 방향으로 주행하도록 고정시킨 상태에서 운전시키는 주행단계; 및 경사각도가 조절된 상기 주행프레임에 안착되어 주행하는 상기 전동 보조기기의 주행 상태를 평가하는 주행성능 평가단계;를 포함하는 전동 보조기기의 주행 실증 테스트 방법에 관한 것이다.

2. 본론



Fig. 1 실내주행 테스트 장치 도면



Fig. 1 실내주행 테스트 장치 구축 환경

3. 결론

본 연구에서는 전동 보조기기가 주행하는 도로 별 오르막, 내리막 및 마찰계수가 적용된 마찰부재를 부착하여 주행 성능을 시험하게 되므로, 실제 도로 주행시와 유사한 성능 평가 결과를 도출할 수 있으며, 주행상태 및 주행각도에 따른 사용자의 사용적합성 검증까지 수행할 수 있다.

후기 본 연구는 범부처 재원을 지원받아 수행된 연구임.
(과제고유번호:RS-2023-00209816)

동력분산식 철도차량용 2차 수직 댐퍼 오일씰의 씰링력 예측에 관한 연구 A Study on Sealing Force Prediction of Damper Oil Seal for High-Speed Electric Multiple Unit

*권태하¹, #서창희¹, 오상균¹, 전효원¹, 전진현¹, 이재동¹, 전성종², 이창손²

*T. H. Kwon¹, #C. H. Suh(suhch@dmi.re.kr)¹, S. G. Oh¹, H. W. Jeon¹, J. H. Jeon¹, J. D. Lee¹, S. J. Jeon², C. S. Lee²

¹(재)대구기계부품연구원, ²정경유압

Key words : High-speed Electric Multiple Unit, Damper, Oil seal, Sealing force

*발표자, #교신저자

최근 철도차량 속도 증가, 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려하여 세계적으로 고효율 동력분산 고속철도 적용이 확대 추세이며 이로 인해 주행안정성 확보, 차체 파손방지 및 차체 과대부하 억제를 위한 댐퍼시스템의 독자적 기술력 확보를 필요로 하고 있다. 댐퍼시스템은 철도차량의 주행 중에 노면요철에 의해 발생된 차체의 진동을 감쇠시키고 충격에너지를 분산시키며 차륜에 걸리는 힘의 변화를 조절함으로써 승차감과 조정안정성을 향상시키기 위한 현가장치의 핵심 부품이다. 철도차량은 대 직경 차륜을 장착하는 차량으로 차량 중량이 일반 승용차보다 크고 고감쇠력을 요구하므로 엄격한 내구성과 강건설계가 요구되고 있다. 고감쇠력과 동시에 사용수명을 연장하기 위한 내구성확보 문제를 해결하기 위해서는 오일 댐퍼의 누유를 방지하기 위한 씰링(Sealing)기술이 확립되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 유한요소법을 활용하여 철도차량용 2차 수직 댐퍼의 오일씰의립(Lip)부형상이 씰링력에 미치는 영향을 연구하였다. 해석결과 철도차량용 2차 수직댐퍼 오일씰의 체결시 발생하는 립부의 변형 및 씰링력이 잘 예측되고 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 : 21RSCD -C163309-01, 과제명 : 동력분산식 고속철도 차량용 댐퍼 개발)

열교환기 검증 및 신뢰성 향상을 위한 유동해석 연구

A Study on Flow Analysis for Verification and Reliability Improvement of Heat Exchange Equipment

*차인표¹, #심지현¹, 이종환¹

*I. P. Cha¹, #J. H. Sim(maxwell02@dyetec.or.kr)¹, J. H. Lee¹

¹다이텍연구원

Key words : Heat Exchanger, Flow Analysis, Simulation

본 연구는 Scroll 히트펌프의 핵심 부품인 열교환기의 성능 검증 및 신뢰성 향상을 목적으로, 수치해석 기반의 열유동 해석을 수행하였다. ANSYS FLUENT를 활용한 CFD 시뮬레이션을 통해 유체의 온도, 속도, 압력 분포를 정량적으로 분석하였으며, 이를 바탕으로 형상 최적화를 도출하였다. 본 결과는 실증시험의 효율화 및 설계 신뢰성 제고에 기여할 수 있다.

1. 서론

에너지 효율 향상과 친환경 냉동공조 기술에 대한 수요가 증가하면서, 고효율 Scroll 히트펌프의 국산화 필요성이 대두되고 있다. 본 연구는 유체의 흐름, 온도, 압력 분포를 분석하고, 이를 바탕으로 형상 최적화 및 설계 안정성 확보를 목표로 한다.

2. 해석방안

열교환기 상단으로 유체(물)이 12℃ 온도로 투입되며, 이때 열교환기 내부 튜브로 3℃의 유체가 흐른다. 투입 유체의 속도는 1 m/s 이다. 최종적으로 열교환기 하단으로 열교환이 이루어진 유체가 토출되었을 때 이 때의 온도변화를 관찰하였다.

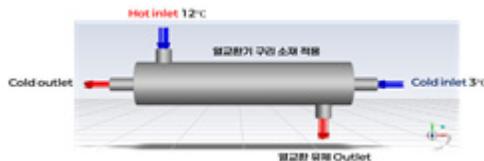


Fig. 1 Overview of Flow Analysis Methodology

3. 열유동해석 수치해석 모델

수치해석에 사용된 지배방정식은 질량보존 방정식과 운동량 보존 방정식 및 표준 k - ϵ 난류모델을 적용하였다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_j} = 0$$

위 식은 질량보존 방정식의 일반적인 형태로서 비압축성 유체에 유효하다. 시스템 내부의 유동을 계산하기 위해서는 텐서 표기법을 사용하여 운동량 보존방정식에 대한 해를 구하였다.

4. 결론

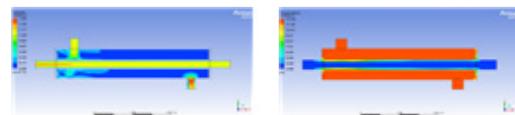


Fig. 2 Velocity and Temperature Variations of the Fluid Inside the Heat Exchanger



Fig. 3 Temperature Difference Between the Inlet and Outlet of the Heat Exchanger

해석 결과, 관군 안쪽에서 열전달이 활발히 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 전체적인 온도 분포를 보면 입구 부분에서 출구 부분으로 갈수록 점점 온도가 낮아지는 것을 볼 수 있으며 가로막 사이의 온도 분포를 보면 관군 주변에서의 온도는 낮으나 관군 주변으로 관군보다 높은 온도의 유체가 존재하는 것을 알 수 있었다.

후기 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00455655)

고온 호퍼 내 수소 환원철(H₂-DRI)의 유동 특성 모사를 위한 수분 함유량에 따른 안식각 연구

Study on the Angle of Repose According to Moisture Content for Simulating Flow Characteristics of Hydrogen-Reduced Iron (H₂-DRI) in High-Temperature Hoppers

*최재원¹, 천지호¹, #박준영^{1,2}

*J. W. Choi¹, #J. H. Cheon¹, #J. Park(pcello@kumoh.ac.kr)^{1,2}

¹ 국립금오공과대학교 기계공학부, ² 국립금오공과대학교 항공기계전자융합전공

Key words : Angle of Repose, Hydrogen direct reduced iron, Hopper, Moisture Contents

*발표자, #교신저자

철 제조 공정에서 사용되는 호퍼는 고온 상태에서 진행되기 때문에 수소 환원철(H₂-DRI)의 물리적 특성이 상온과 차이가 발생한다. 고온 호퍼 내부에서의 수소 환원철 유동 분석은 실험적 제약이 많아 어려움이 있어, 본 연구에서는 유동성의 대표 파라미터로 안식각을 선정하여 실험을 진행하였다. 고온 상태의 수소 환원철과 유사한 안식각을 구현하기 위해 수분 함유량을 점진적으로 증가시키며 측정된 결과, 약 8%의 수분 함유량에서 고온 환경에서의 수소 환원철의 안식각과 가장 유사한 특성을 나타냄을 확인하였다. 이 결과를 토대로 상온에서도 고온 호퍼 내부의 수소 환원철의 유동을 모사하는 것이 가능하게 되었다.

후기

본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(RS-2023-00246518, 25%), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2020-II201612, 25%) 및 산업통상자원부(MOTIE)와 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원으로 수행되었음 (RS-2023-00262421, 50%).

DEM 기반 Sphero-Cylinder 모델과 Isotropic Overlapping Bonding Model을 활용한 단일 칫솔모 변형거동의 유효성 검증

Validation of Single Toothbrush Bristle Deformation Behavior Using DEM-Based Sphero-Cylinder Model and Isotropic Overlapping Bonding Model

*이시윤¹, #박준영²

*Si Yoon Lee¹, #Jun Yeong Park(pcello@kumoh.ac.kr)²

¹ 국립금오공과대학교 기계공학부, ² 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Toothbrush Bristle Deformation Behavior, DEM, Sphero-cylinder Model, Isotropic Overlapping Bonding Model

*발표자, #교신저자

일반적으로 칫솔모의 동적거동은 칫솔모의 변형 거동을 예측하고 칫솔모 사이의 다중 접촉을 처리하는 것이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 일차적으로 칫솔모의 변형거동을 예측하는 것을 목표로 하였다. 이를 위하여 DEM 상용 소프트웨어인 Altair EDEM을 사용하였으며, Sphero-Cylinder 모델과 Isotropic Overlapping Bonding Model을 적용하여 해석하였다. 칫솔모 인장 실험에서는 시뮬레이션 결과와 선형 이론식과의 차이가 약 3%미만으로 발생하였고, 굽힘 실험에서는 시뮬레이션 결과와 비선형 이론식에서 약 5% 정도로 상당한 정확도를 보여주는 것을 확인하였다. 이를 통해, 칫솔모 자체의 변형 거동의 검증은 이루어졌으므로 이를 활용하여 칫솔모의 동적 거동을 연구할 예정이다.

후기 본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(RS-2023-00246518, 25%), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2020-II201612, 25%) 및 산업통상자원부(MOTIE)와 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원으로 수행되었음 (RS-2023-00262421, 50%).

Purge System을 활용한 호퍼 내 분말 유동 개선 및 최적 운영 조건 도출에 관한 정량적 분석 연구

A Quantitative Analysis on Improving Powder Flow in a Hopper Using the Purge System and Deriving Optimal Operating Conditions

*천지호¹, 최재원¹, #박준영^{1,2}

*J. H. Cheon¹, J. W. Choi¹ #J. Park(pcello@kumoh.ac.kr)^{1,2}

¹국립금오공과대학교 기계시스템공학부, ²국립금오공과대학교 기계공학과

Key words : Purge, Hopper, Powder, Velocity Distribution, MFC

*발표자, #교신저자

Purge System은 호퍼 하부에 공기를 공급하여 분말사이에 공기층을 만들어 입자 간의 마찰력을 줄이고 입자 흐름이 원활하게 하는 설비이다. 기존 호퍼에서 분말이 배출되는 도중에, 분말 입자 사이의 마찰력과 사일로 경사면과의 마찰로 인해 원활한 배출이 어려운 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여, Purge System을 적용하여 분말 유동을 개선하고자 한다. 따라서, 본 연구에서는 MFC(Mass Flow Controller)를 이용하여 호퍼에 공급되는 유량에 따라 배출되는 입자들의 속도 변화를 비교하여 Purge System 적용의 효과를 정량적으로 분석하고자 한다. Purge System의 적용 여부에 따른 분말 유동의 차이를 분석하여 입자 간 상호작용의 변화를 탐색하고, 이를 바탕으로 최적의 Purge System의 조건을 도출하였다.

후기

본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(RS-2023-00246518, 25%), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2020-II201612, 25%) 및 산업통상자원부(MOTIE)와 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원으로 수행되었음 (RS-2023-00262421, 50%).

세탁기 내 의류 거동 시뮬레이션을 위한 천의 동적·변형 해석 연구

Study on the Dynamic and Deformation Analysis of Fabric for Simulating Clothing Behavior in a Washing Machine

*금서율¹, #박준영^{1,2}

*S. Y. Geum¹, #J. Y. Park(pcello@kumoh.ac.kr)^{1,2}

¹국립금오공과대학교 기계공학부, ²국립금오공과대학교 항공기계전자융합전공

Key words : Washing machine, Clothing, Fabric, Deformation, Vibration

*발표자, #교신저자

세탁 과정에서 의류가 받는 물리적 영향을 분석하는 것은 세탁 효율을 높이고 의류 손상을 줄이는 데 중요하다. 이를 위해 세탁기 내부에서 회전하는 천의 거동을 예측할 수 있는 시뮬레이션 기법 개발이 필수적이다. 본 연구는 입자 기반 해석 소프트웨어 EDEM을 활용하여 세탁기 내 천의 동적 거동을 구현하고, 해당 시뮬레이션이 실제 물리적 특성을 재현하기 위해서는 천의 변형 거동부터 확인하는 것이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 천의 인장 실험을 실시하여 약 5% 이하의 높은 정밀도를 가지는 것을 확인하였으며, 천의 진동 실험과 막 진동 이론해와의 비교를 통해서 상당히 정확하게 해석되는 것을 확인하였다. 따라서, 이를 통하여 세탁기 내에서의 천의 동적 거동과 변형 거동을 모두 해석할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(RS-2023-00246518, 25%), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화

혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2020-II201612, 25%) 및 산업통상자원부(MOTIE)와 산업기술평가관리원(KEIT)의 지원으로 수행되었음 (RS-2023-00262421, 50%).

건식 전극 제조를 위한 다단압연롤의 열/구조 연성해석에 관한 연구 Thermo-Mechanical Coupled Analysis of a Multi-Stage Pressing Roll for Dry Electrode Manufacturing

*#신유정¹, 진태환¹, 이인준¹, 조경철¹

*#Yujeong Shin(yjshin@kotmi.re.kr)¹, Tae-Hwan Jin¹, Injun Lee¹, Kyung-Chul Cho¹

¹ 한국섬유기계융합연구원

Key words : Roll-to-Roll, Dry Electrode, Multi-Stage Pressing Roll

*발표자, #교신저자

전기차 대중화에 따라 고에너지 밀도, 고출력 및 높은 안정성을 확보할 수 있는 배터리 기술의 개발이 필수적으로 요구되고 있으며, 이를 위해 기존의 습식 공정을 대체할 수 있는 건식 전극 제조 공정 기술이 주목받고 있다. 건식방식은 기존 습식 공정과 달리 용매를 사용하지 않고 바인더 함량을 줄일 수 있으며, 소재의 로딩량을 늘릴 수 있기 때문에 배터리의 에너지 밀도를 향상시키는데 효과가 있다. 이러한 건식 전극 제조 공정은 롤투롤(Roll-to-Roll) 기반의 연속 공정으로 구현이 가능하며, 대량 생산 및 공정 효율성 측면에서 우수한 경쟁력을 지닌다. 특히, 롤투롤 공정에서 사용되는 롤은 전극의 두께를 균일하게 형성하는데 핵심적인 부품으로, 내부 열원에 의한 변형 형상이 전극 품질에 직접적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 롤의 열적 거동 특성을 분석하기 위해 열-구조 연성해석을 수행하여 롤의 재질, 구조적 설계, 열원 배치 방식 등에 의한 온도분포 및 변형 특성을 분석하였다. 이를 통해 전극의 두께 균일성을 확보할 수 있는 롤의 유효폭을 도출하였으며, 향후 실험적 검증과 최적화를 통해 건식 전극 제조 공정 장비 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

후기 이 연구는 2024년 산업통상자원부 및 한국산업
기술기획평가원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임
(RS-2024-00507807)

산재급여제품 사이버 보안 적합성 평가 프로토콜 개발 연구

A Study on the Development of Cyber Security Conformity Evaluation Protocol for Industrial Accident Compensation Products

*황인호¹, 정성배¹, 오혜정¹, 정우창¹, 양재원¹, 최기원¹, #육선우¹

*I. H. Hwang¹, S. B. Jung¹, H. J. Oh¹, W. C. Jung¹, J. W. Yang¹, #S. W. Yuk(sunwoo@kcomwel.or.kr)¹

¹근로복지공단 재활공학연구소 시험인증센터

Key words : Cyber Security, Conformity, Industrial Accident Compensation Products

정보통신 기술의 발달로 유·무선 통신하는 신제품 기반의 산재급여제품의 개발이 증가하고 있다. 이러한 산재급여제품은 개인 이동형을 목적으로 하는 환자운반차에서부터 원격 진료를 목적으로 사용되는 유헬스케어 산재급여제품에 이르기까지 매우 다양하며 기술의 발전으로 통신 가능한 다양한 유형의 산재급여제품이 개발될 것으로 예상된다. 그러나 의료기기의 해킹, 정보유출 등 사이버보안 위협사례가 꾸준히 보고되고 있고, 이러한 위협사례는 재산적 손실뿐만 아니라 환자 생명에 직접적인 위협을 줄 수 있어 의료기기의 사이버보안에 대한 중요성이 부각되고 있다. 이에, 본 연구에서는 제품의 특성에 따라 적용할 수 있는 보안 요구사항과 허가심사 시 제출해야 하는 자료의 범위를 정하여 통신이 가능한 산재급여제품의 개인정보보호를 통하여 안전관리를 확보하고자 하며, 나아가, 공인시험기관(KOLAS)으로써의 평가 프로토콜을 개발을 도모하고, 개발자 및 사용자의 평가지침서로 활용하고자 한다.

1. 서론

산재환자에 대한 요양급여의 범위는「국민건강보험법」제41조 제2항 및 제3항의 규정에 따라 보건복지부령으로 정한「국민건강보험 요양급여의 기준에 관한 규칙」제5조(요양급여의 적용기준 및 방법) 및 제8조(요양급여대상의 고시 등), 「국민건강보험법」제49조 제1항의 규정에 따라 보건복지부령이 정한 「국민건강보험법 시행규칙」제23조 제1항에 따른다. 산재급여 품목의 공급 제품(활동형 휠체어, 전동휠체어, 전동스쿠터, 욕창 예방매트리스, 시트쿠션, 리프트 등) 중 통신을 사용하게 되는 고기능 제품은 사이버보안 절차확립을 통하여 개인정보보안의 안전에 대한 검증이 이루어져야 하나 대부분의 품목은 별도의 검증 절차 없이 급여제품으로 공급되고 있다.

Fig. 1 Industrial Accident Benefit Item Supply System

2. 연구방법

본 연구에서는 사이버 보안 동향조사, 사이버 보안 관련 국내·외 규격조사연구, 사이버보안 관련 규격분석 연구, 사이버 보안 소프트웨어 평가 SOP 개발과 사이버 보안 인증을 위한 프로세스 확립, 이를 기반으로 사이버보안 위협관리 프로세스를 정립하였다.

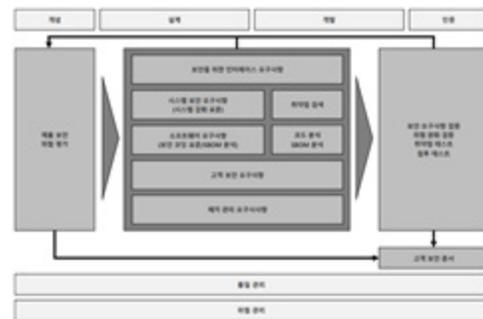


Fig. 2 Cybersecurity Authentication Process

3. 결론

본 연구를 통해 제품 설계 시, 사이버보안 적합성 평가 프로토콜 개발을 통해 안전성 및 성능시험의 가이드라인의 제시가 가능하며, 첨단의료기기로서의 안전성 및 유효성 심사에 적극 활용될 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2025년도 범부처 연구개발사업의 재원을 지원받아 수행된 연구임.「소프트웨어 의료기기 전주기 마일스톤에 기반한 연속적·반복적 기술지원 시스템 구축과 운영(RS-2023-00209816)」

**육창 예방을 위한 다중 센서 데이터 처리 및
VR 기반 실시간 시각화 시스템 개발**
**Development of Multi-Sensor Data Processing and
VR-based Real-time Visualization System for Pressure Injury Prevention**

***이하경¹, #오용석¹, 한정아¹**

*Ha Kyoung Lee¹, #Yong Suk Oh¹, Jeong A Han¹

¹국립창원대학교

Key words : Multi-sensor Data, Data processing, VR visualization, Pressure injury prevention

*발표자, #교신저자

본 연구는 육창 예방을 위한 VR 기반 다중 센서 데이터의 효율적인 처리와 실시간 시각화 시스템을 제안한다. 시스템은 무선 센서 네트워크를 통해 압력, 온도, 심박수 등 다중 센서로부터 발생하는 대량의 생체 데이터를 연속적으로 수집하며, 이를 효과적으로 관리하고 처리하기 위한 알고리즘적 접근을 중심으로 설계되었다. 본 연구에서는 대량의 데이터 처리를 위한 최적화된 연산 방식을 연구함으로써 데이터 처리의 신속성과 효율성을 향상시킬 계획이다. 처리된 최종 데이터는 Unity 기반 VR 환경에서 실시간으로 시각화되어, 의료진이 환자의 생리적 상태를 직관적이고 빠르게 평가하고 육창 예방 및 개인 맞춤형 관리 전략을 효과적으로 수립할 수 있도록 지원한다.

Acknowledgement

이 논문은 2025 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2024-00444460). This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(IRIS 2024-0174)

자화 과정을 고려한 페라이트 자석 기반 회전자 형상 연구

Prediction of Rotor Structure with Ferrite Magnets Considering Magnetization Behavior

*박용현¹, 전상률¹, #김규섭¹

*Young-Hyun Park¹, Sang-Ryul Jeon¹, #Kyu-Seob Kim(ks.kim@gnu.ac.kr)¹

¹경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Ferrite magnet, magnetization level, magnetization processes, magnetizing fixture

*발표자, #교신저자

1. 서론

최근 환경 문제가 심화되고 화석 연료의 고갈이 가속화됨에 따라, 이러한 문제를 완화하기 위해 고효율 모터에 대한 요구가 증가하고 있다. 그중에서도 IPMSM(내장형 영구자석 동기모터)는 높은 출력 밀도를 요구하는 분야에서 널리 사용되고 있으며, 희토류 영구자석(PM)이 자주 필수적으로 적용된다. 하지만 희토류 자석은 고가이며 자원이 한정되어 있어, 공급의 불균형과 가격 상승을 초래한다. 이에 따라, 성능을 유지하면서도 희토류 소재를 사용하지 않는 새로운 형태의 모터가 제안되고 있다.

그중 집중자속 스포크형(Spoke-type) 모터는 페라이트 자석을 사용하는 구조로 주목받고 있다. 이와 같은 유형의 모터에서는, 페라이트 자석의 자속을 증가시키기 위해 자석의 형상과 배치가 점점 복잡해지고 있다. 보다 높은 자속을 확보하기 위해 다양한 형상의 회전자 구조와 집중자속 모터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

하지만 대량 생산 공정에서는 조립 후 자화 방식(Post-assembly magnetization)이 일반적으로 사용되며, 이로 인해 자석의 일부 위치만 부분적으로 자화되는 문제가 발생한다. 설계된 성능을 확보하기 위해서는 자석의 품질이 보장되어야 하며, 이 경우 자석이 완전히 자화되었거나 사전 자화된 상태로 삽입되는 경우에 비해 모터 성능이 저하될 수 있다. 따라서 자석의 형상과 배치는 매우 중요한 요소로 간주된다.

본 논문에서는 집중자속 스포크형 모터를 대상으로 조립 후 자화 방식과 자석 형상에 대한 분석을 수행하였다. 특히 페라이트 영구자석(Ferrite PM)을 사용하여 자화 특성을 분석하였으며, NdFeB와 달리 페라이트 자석은 방전 시의 리코일 투자율(Recoil permeability) 및 잔류자속 밀도(Br)가 선형 특성을 보이지 않는다.

조립 후 자화 공정의 개요를 제시하고, 자석 형상에 따른 역기전력(Back-EMF)과 자화 정도를 유한요소법(FEM)을 통해 계산하였다.

2. 결론

본 논문에서는 조립 후 자화 공정과 자화 정도에 대해, 자석 형상에 따라 분석을 수행하였다. 비교 대상은 직사각형 및 육각형 자석이며, 육각형 자석은 완전히 자화되지 않지만, 역기전력(Back EMF)은 직사각형 자석보다 더 높게 나타났다. 그러나 완전히 자화되지 않은 영역이 상당히 크기 때문에, 자석 부피 대비 역기전력의 증가 폭은 크지 않았다. 따라서 자석 형상은 자화 수준 향상에 중요한 요소이며, 자화 특성을 고려한 설계가 필요하다.

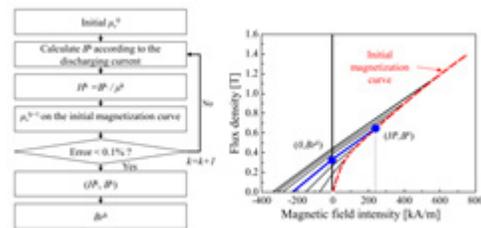


Fig. 1 Determination of the Br according to discharging current in each PM element

REFERENCES

1. K.-S. Kim, B.-H. Lee, J.-W. Jung, and J.-P. Hong, "Thermal analysis of water cooled ISG based on a thermal equivalent circuit network," J. Elect. Eng. Technol., vol. 9, no. 3, pp. 893-898, 2014.

압력 및 전단력 동시 측정을 위한 유한요소해석 기반 캔틸레버 센서 설계와 최적화

Finite Element Analysis-Based Cantilever Sensor Design and Optimization for Simultaneous Pressure and Shear Force Measurement

*이규태¹, 이남형¹, 한정아¹, 김상원¹, 김영한¹, 노유림¹, 이성주¹, #오용석¹

¹국립창원대학교 기계공학과

Key words : Cantilever-Based Sensor Array, Finite Element Analysis, Wearable Sensor, Pressure Injury

욕창은 압력과 전단력에 지속적으로 노출되어 피부 조직이 손상되는 증상으로 정기적인 체위 변경이 권장되지만 치료 비용과 환자의 삶의 질 저하를 초래합니다. 이에 따라, 욕창 예방을 위해 피부 인터페이스에서 압력과 온도를 지속적으로 모니터링할 수 있는 무선 웨어러블 센서 시스템 개발이 중요해졌습니다. 기존 센서는 압력 측정에 집중되어 있으며 본 연구에서는 압력과 전단력을 동시에 측정할 수 있는 4방향 캔틸레버 센서를 제안합니다. 이 센서는 구조적 단순성과 소형화가 가능하며, FEM을 사용하여 압력과 전단에 대한 반응을 분석했습니다. 또한 금속의 항복 변형률이 0.3% 이하로 설계되어 내구성을 보장합니다. 이 센서는 욕창 예방뿐만 아니라 웨어러블 건강 모니터링 등 다양한 분야에 활용될 수 있습니다.

후기 This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (IRIS 2024-0174). This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00444460)

REFERENCES

1. Oh et al, "Battery-free, wireless soft sensors for continuous multi-site measurements of pressure and temperature from patients at risk for pressure injuries", Nature Communications, Vol. 12, 5008, 2021.

원전 압력기기 및 배관의 환경피로를 고려한 환경피로평가모듈 개발
Development of an Environmental Fatigue Evaluation Module for Nuclear Pressure Boundary Components and Piping Systems

***이윤승¹, 이형연², 남기연², #류성기¹**

*Y. S. Lee¹, H. Y. Lee², K. E. Nam², #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²한국원자력연구원

Key words : Light Water Reactor, Pressure Boundary Components, ASME-NB, NUREG/CR-6909, Corrosion

*발표자, #교신저자

소형 모듈형 원자로와 경수로를 기반으로 한 압력경계 부품 및 배관 시스템은 ASME-NB 보일러 및 압력용기 규정 따라 설계되며, 안전하고 경제적인 운전을 구현하기 위해서는 신뢰성 있는 설계 건전성 평가와 수화학 환경에 따른 환경피로 문제가 중요한 현안이다. 본 연구에서는 경수형 원전 압력기기 및 배관의 환경피로를 고려한 원자력 압력경계 부품에 대한 설계 건전성 평가 및 환경 피로의 신뢰성 있는 평가를 위한 환경피로평가 모듈을 개발하였다. 연구 수행 결과, 개발된 환경피로평가 모듈은 하중 지배 응력 한계, 피로 해석, 환경 피로 해석 등의 서브 기능을 포함하며, ASME-NB 및 NUREG-CR-6909에 명시된 설계 평가 및 환경 피로 평가 절차를 구현함으로써 보다 신뢰성 있는 건전성 평가 수행이 가능하였다.

후기 본 연구는 한국연구재단(2021R1I1A2057941, 2021K1A3A1A78097845)의 지원을 받아 수행되었습니다.

산업용 스팀형 식품 가열기의 과열증기 비체적 변화에 관한 연구

Study on the Change in Specific Volume of Superheated Steam in Industrial Steam Type Food Heater

김승업^{1,*}, #조동현²

S. E. Kim¹, #D. H. Cho(chodh@daejin)²

¹에이지텍, ² 대진교 IT기계공학과

Key words : Food Heater, Steam, Superheated steam, Specific Volume, Temperature

A study was conducted to prevent deterioration of food quality by supplying heat at a superheated steam high temperature, and to improve heat energy efficiency and minimize heat energy loss. As the temperature of the superheated steam increased, the specific volume increased. And as the pressure of the superheated steam increased, the specific volume increased in proportion to the increase.

1. 서론

기존의 튀김 오일, 엿물, 중탕, 곰탕, 홍삼 등의 가열 과정은 가스의 연소열을 이용하거나 전기 에너지를 열 에너지로 변환하는 시스히터를 이용하여 가열하고 있다. 온도가 높은 관계로 솥의 바닥 표면에 접하고 있는 식품들은 높은 온도에 의해 타거나 누르버리는 현상이 발생하여 식품의 품질저하와 열에너지 손실이 많이 발생하고 있다. 그러므로 본 연구에서 고온의 과열증기의 열을 공급 공급하여 식품의 품질저하를 방지하고, 열에너지 효율 향상과 열에너지 손실을 최소화하는 연구를 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

Fig. 1은 산업용 스팀형 식품가열기를 나타낸다. 스팀보일러에서 포화증기를 발생하고, 과열기에서 과열증기로 온도를 증가하여 산업용 식품 가열기에 열에너지를 공급하도록 실험장치를 구성하였다.

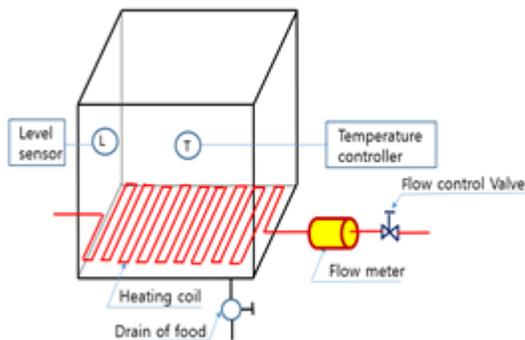


Fig. 1 Industrial steam type food heater

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 과열증기의 온도변화에 대한 비체적 변화를 나타낸다. 과열증기의 온도가 증가함에 따라 비체적이 증가하였다. 그리고 과열증기 압력의 증가에 비례하여 비체적이 증가하였다.

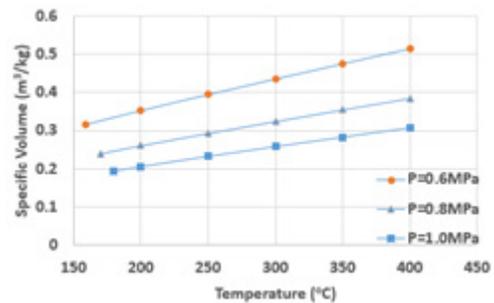


Fig. 2 Specific volume change of superheated steam

4. 결론

본 연구에서 식품 가열기의 과열증기 비체적 변화에 대한 연구를 수행하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 과열증기 압력의 증가에 비례하여 비체적이 증가하였다.

후기

이 논문은 2025년 경기테크노파크의 증기애로기술 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

REFERENCES

1. K. O, Cha., "Industrial thermodynamics, P. 504

포스터발표

기계설계

좌장 : 곽재복(조선대)
김 석(연세대)

자동차 럼버서포트용 SMA 밸브 하우징 구조해석에 관한 연구 A Study on Structural Analysis of SMA Valve Housing for Automobile Lumbar Support

*#김형준¹, 최재영¹, 최창환¹, 김경온²

*#Hyung Jun Kim(hjkimrd@gbtp.or.kr)¹, Jael young Choi¹, Chang hwan Choi¹, Gyeong On Kim²

¹(재)경북테크노파크, ²(주)명보

Key words : Car Seat, SMA(Shape Memory Alloy) Valve, Housing, Optimization

*발표자, #교신저자

미래 자동차 패러다임의 변화 과정에서 소비자 및 수요처의 자동차 편의성 강화 요구에 따라 럼버서포트는 기존 단순 허리 지지대인 기계식 럼버서포트 서스펜션 어셈블리 시트 Type에서 편의사양을 반영한 공압식 럼버서포트 서스펜션 Type으로 형태가 변화하는 추세이다. 이에, 인체공학적 설계, 정온/정량 형상기억합금(SMA)밸브 개발을 통한 운전자의 장시간 피로감을 저감시켜 높은 편의성을 제공하는 럼버서포트 핵심부품의 국산화 기술을 확보하고자 하였다. 본 연구에서는 형상기억합금(SMA)을 적용한 밸브 하우징 모델의 구조적 강도를 확보하기 위해 하우징 두께별 모델(Case1, Case2, Case3)의 구조해석을 통해 최적화 설계를 수행하였으며, Safty Factor 2.4~5.1 이상의 모델을 구현하였다.

후기

본 연구는 2025년도 중소벤처기업부 및 중소기업기
술정보진흥원 연구비 지원에 의한 연구임.

(미래자동차 럼버서포트용 SMA(형상기억합금) 기반
밸브 및 고용량/저소음 에어 펌프 개발, 'S3432366')

고중량의 원통형 작업 대상물 이송 기구 설계 및 제작 Design and Development of a Transport Mechanism for Heavy Cylindrical Workpieces

*박태현¹, #박상민¹

*T. H. Park¹, #S. M. Park(sangmin.park@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 기계공학부

Key words : Heavy Load Handling, Linkage Mechanism, Linear Actuator

*발표자, #교신저자

공장 및 물류 분야의 자동화가 고도화됨에 따라, 원통형 중량물을 안전하고 효율적으로 이송할 수 있는 기구의 필요성이 대두되고 있다. 기존 방식은 고가의 로터리 액추에이터를 사용함으로써 전체 시스템 비용이 증가하는 한계가 있었다. 본 연구에서는 리니어 액추에이터와 링크 구조를 결합하여, 중량물 이송에 적합한 저비용 메커니즘을 설계하고 시제품을 제작하였다.

제한된 이송 기구는 전방에 평행 링크, 후방에 비대칭 링크 조합을 적용함으로써 제한된 구동 범위 내에서도 넓은 작업 범위를 확보할 수 있도록 설계되었다. 본 기구는 고하중 조건에서도 안정적인 작동이 가능하며, 제작 비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 향후 실제 운용 실험과 성능 검증을 통해 기구의 실용성을 평가하고, 추가적인 설계 최적화를 진행할 예정이다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. RS-2023-00209094)과 2024년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원(No. RS-2024-00487746)을 받아 수행된 연구임.

소형 유도무기의 전개식 날개 구동장치의 동적 해석 Dynamic Analysis of Wing Driving Opening Mechanism for Small Guided Missile

*박재진¹, 전치경², #윤성호¹

*J. J. Park¹, C. K. Jun², #S. H. Yun(shyun@kumoh.ac.kr)¹

¹국립금오공과대학교 기계공학과, ²엘씨텍(주)

Key words : Guided Missile, Wing Deployment Mechanism, Dynamic Analysis

*발표자, #교신저자

유도무기(Guided Missile)의 전개식 날개 구동장치는 유도무기의 비행 시 일정시간 후에 날개가 펼쳐지며 방향 및 자세를 제어하는 장치이다. 날개는 발사 초기에 접힌 상태로 발사체 내부에 보관이 되어 있으며 강선이 있는 발사관에서 발사 시 유도무기의 회전속도가 안정된 시점에서 날개를 전개하여 유도무기의 비행을 목표대로 가능하게 한다. 스프링과 핀을 이용한 구조품을 적용하여 날개가 전개된 후에 반력으로 인한 접힘을 방지하는 고정된 구조를 도출하였다. 접힘 날개를 동체 내부에 배치하고 동력 전달 구조를 통해 적정 각도로 정렬한 후 펼쳐지도록 설계하였다. 또한 동체 내부 접힘 날개의 접촉유무와 원점 정렬시 날개 펼침 거동을 예측하기 위하여 날개 펼침 구조의 동작성을 평가하였다. 동적 해석을 통하여 반력이 날개에 가해지는 응력 및 날개 전개 시간을 분석하고 날개 전개 후 고정에 필요한 스프링력을 산정하여 구조의 안정성을 평가하였다.

후기

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

이동식 발사대의 구조 강건성 향상을 위한 해석 Analysis for Structural Reliability Improvement of Missile Launcher

*손영재¹, 전치경², 박정우², #윤성호¹

*Y. J. Son¹, C. K. Jun², J. W. Park², #S. H. Yun(shyun@kumoh.ac.kr)¹

¹국립금오공과대학교 기계공학과, ²엘씨텍(주)

Key words : Missile Launcher, Impact Analysis, Random Vibration Analysis, Finite Element Analysis,
Transient Analysis

*발표자, #교신저자

발사대는 유도무기를 목표 방향으로 발사하도록 운용되는 기계장치이다. 현대 전장 환경에서는 다양한 변수에 대응할 수 있는 정밀 유도무기 운용이 필수적이며, 이를 위해 발사대 시스템의 구조를 설계할 때 안정성을 통한 신뢰성이 요구된다. 특히, 이동 중에 발생하는 진동과 충격을 견디며 극한의 환경에서도 안정적인 제어가 가능하도록 구조적 신뢰성을 검증할 필요가 있다. 본 연구에서는 발사대가 진동과 충격을 받는 환경에서 안정적으로 작동하는지를 평가하고 주요 취약점을 분석한다. 미국 국방규격인 MIL-STD-810H를 적용한 유한요소 해석을 수행하였다. 해석 결과를 바탕으로 발사대의 구조 안정성을 향상시키고 내구성을 검증하였다. 제안된 발사대는 소형 전술차량에 탑재되어 유도무기를 운용하며 목표 오차를 최소화할 수 있는 구조로 도출되었다.

베어링 결합 시 축 허용 공차가 압입 압력에 미치는 영향 Effect of Shaft Tolerance on Press-Fit Pressure when Combining Bearings

*#차정담¹

*#J. D. Cha

¹ 한국폴리텍대학 전남캠퍼스 미래전기자동차과

Key words : Shaft, Bearing combination, Shaft tolerance, Cold pressing

*발표자, #교신저자

베어링 결합에서 권장되는 결합 방법은 인덕션 히터를 이용한 베어링 가열법 그리고 베어링 프레스를 이용한 압입법 등이 대표적이다. 본 연구에서는 베어링 가열에 따른 열팽창으로 증가된 내경 사이즈를 측정했으며, 가열 온도 120℃에서 최대 0.03mm 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 베어링 프레스를 이용하여 베어링을 압입했으며, 끼워맞춤 공차 4/100mm 증가 시 압입 압력은 167.76% 증가하는 것으로 확인했다.

1. 서론

베어링과 결합되는 부분은 표면거칠기 0.8 μ m 수준을 요구한다. 또한 베어링이 결합되는 부분에 대하여 역지 끼워맞춤이 가능하도록 일정한 공차를 가공 시 적용하는데, 이는 축과 하우징의 마모를 최소화함에 따라 진동 등의 원인을 최소화할 수 있다. 따라서 끼워맞춤을 위해 인덕션 히터를 이용한 베어링 팽창 실험 그리고 소형 베어링 프레스를 이용한 압입 실험 등을 이용해 베어링 결합 시 미치는 압입 압력에 대해서 분석하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에서는 인덕션 히터를 이용하여 6204ZZ 베어링을 105℃에서 120℃까지 가열 후 실린더 게이지를 이용하여 열팽창으로 증가된 내경 사이즈를 측정했다. 또한 사용된 베어링과 끼워맞춤 결합을 하도록 2/100mm 단위로 축 가공을 수행했으며, 소형 베어링 프레스를 이용하여 압입 시 발생하는 압력에 대한 차이를 분석했다.

3. 실험결과

베어링 가열 후 측정 결과는 Table 1에 나타냈으며, 실험 결과에서 최대 0.03mm 증가된 결과를 확인할 수 있다. 또한 베어링 압입 시 발생하는 압력의 결과는 Fig 1에 나타냈으며, 4/100mm 공차 발생 시 21.52 Bar로 기준 사이즈인 20.00mm 보다 162.76% 증가되었다.

Table 1 Measured results after bearing heating

Temperature	105℃	110℃	115℃	120℃
Results	0.01	0.02	0.02	0.03

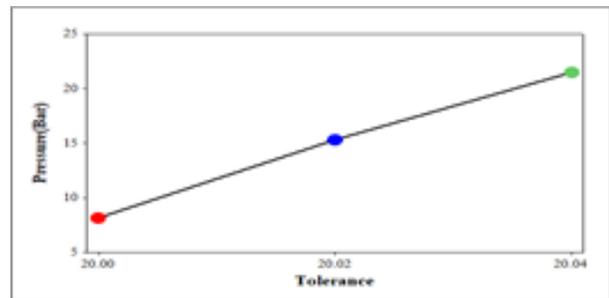


Fig. 1 Pressure measured when pressing in the bearing

4. 결론

본 연구의 결과로 베어링 가열 시 최대 3/100mm 증가하는 것을 확인했으며, 베어링 끼워 맞춤의 크기에 따른 결합 시 압력은 최대 162.76% 증가하는 것으로 확인 했다. 따라서 베어링 결합 시 가열과 압입 방법을 결합하면 작은 힘으로 큰 효과를 기대할 수 있다.

REFERENCES

- Byon, S. M., "Study on Failure in Outer Ring of Work Roll Bearing in Hot Rod Rolling Mill" Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, pp. 38-45, 2020.

도축 폐기물의 친환경 처리를 위한 자동화 용해 장치 개발

Development of an Automated Melting Device for Eco-friendly Treatment of Slaughter Waste

*홍진혁¹, #오성훈¹, 김효진¹

*Jin Hyeok Hong¹, #Sung Hoon Oh(oshun0305@jbnu.ac.kr)¹, Kim Hyo Jin¹

¹ 전북대학교 기계시스템공학부

Key words : Melting Device, Slaughter Waste, Amino Acid Fertilizer

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 도축 폐기물(털, 발톱)의 신속한 처리를 위한 용해 장치를 개발하였다. 기존 처리 방식(매립, 소각 등)이 환경적 문제와 높은 비용을 초래하는 반면, 본 장치는 0.5톤 규모의 폐기물을 4시간 이내에 2cm 이하로 완전 분해할 수 있도록 설계되었다. 이를 위해 회전식 혼합 시스템, 자동 온도 제어, 밀폐형 가스 배출 차단 기술을 적용하여 분해 효율을 극대화하였다. 실험 결과, 암모니아 가스 배출량을 25ppm 이하로 억제하였으며, 아미노산 함량 10% 이상의 용해액을 생성하여 친환경 비료로의 활용 가능성을 확인하였다. 본 연구는 도축 폐기물의 자원화 및 지속 가능한 처리 기술을 제시하며, 향후 대규모 산업 적용 가능성을 제고할 것으로 기대된다.

1. 서론

도축 산업에서는 매년 대량의 폐기물이 발생하며, 그 중 털과 발톱은 처리가 까다로운 폐기물에 속한다. 현재까지의 처리 방식은 주로 매립, 소각, 퇴비 혼합 등이지만, 매립은 토양 오염을 유발하고, 소각은 대기 중 오염 물질을 배출하며, 퇴비로 활용할 경우에도 분해가 원활하지 않아 농업적 문제를 초래할 수 있다. 본 연구를 통해 도축 폐기물의 효율적 처리와 지속 가능한 환경 보호를 동시에 실현할 수 있는 기술적 대안을 제시하고자 한다.

비료로의 전환 가능성을 분석한 결과, 아미노산 함량이 10% 이상 포함되어 있어 친환경 비료로의 활용이 가능함을 확인하였다. 이를 통해 도축 폐기물의 처리를 단순히 폐기하는 것이 아닌, 고부가가치 자원으로 전환할 수 있는 가능성을 제시하였다.

2. 연구개발 장치

용해 장치는 0.5톤 규모의 폐기물을 4시간 내에 2cm 이하로 분해할 수 있도록 설계되었으며, 이를 위해 120rpm 속도의 회전 시스템을 통해 폐기물과 용해액의 접촉 면적을 극대화하여 용해 속도를 향상시켰다. 또한, 폐기물의 분해 속도를 가속화하기 위해 전기 코일 히터를 이용한 가열 시스템을 적용하여 용해액의 온도를 90℃ 이상으로 일정하게 유지할 수 있도록 설계하였다. PLC 기반 자동화 제어 시스템을 적용하여 온도, 회전 속도 및 용해 시간을 실시간으로 조절할 수 있도록 하였으며, 밀폐형 덮개 및 배출 제어 시스템을 통해 암모니아 가스 배출을 25ppm 이하로 감소시켰다. 처리된 용해액의 활용도를 높이기 위해 아미노산

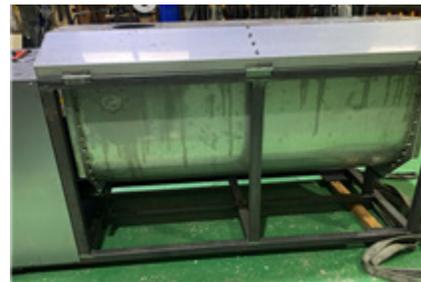


Fig. 1 Melting Device

3. 결론

본 연구의 용해 장치는 기존 방식보다 빠르고 완전한 처리가 가능하며, 자동화와 환경 보호 기능을 갖추어 실용성을 높였다. 향후 대규모 적용과 비료 활용 검증을 위한 추가 연구를 진행할 계획이다.

후기

이 연구는 중소벤처기업부 창업성장기술개발사업(R&D) (RS-2024-00468146) 지원으로 연구되었다.

과수방제용 주행 플랫폼의 설계 개선 연구

Study on Design Improvement of a Driving Platform for Orchards Sprayer System

*#조승제¹, 김정길¹, 이동근¹, 최규정¹

*#Seung-Je Cho(csj506@kitech.re.kr)¹, Jeong-Gil Kim¹, Dong-Keun Lee¹, Kyujeong Choi¹

¹ 한국생산기술연구원 특수목적로봇그룹

Key words : Orchards Sprayer System, Driving Platform, Structural Analysis, Design Optimization

*발표자, #교신저자

농민의 고령화와 인력 부족으로 인해 생산성을 유지하기 위한 기계화된 솔루션에 대한 수요가 증가하고 있다. 기존 스피드 스프레이어(SS)는 작업자가 탑승하여 방제를 수행하는 방식으로, 양액 노출로 인한 중독 사고 위험과 양액 낭비라는 단점이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 보다 효율적인 방제 구조와 작업자 탑승형이 아닌 원격 조종이 가능한 주행 플랫폼 개발이 요구되고 있다. 이를 위해 과수원 환경에서 주행이 가능한 구동 플랫폼을 제작하고, 송풍 팬이 내장된 방제 장치를 탑재하여 과수 방제가 가능한 시스템을 개발하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 과수 방제용 주행 플랫폼의 구조 안정성과 강성을 확보하기 위해 프레임의 구조 해석을 수행하였다. 이를 위해 하중 조건을 도출하고, 해석 모델을 단순화하여 적절한 경계 조건을 설정하였다. 기존 프레임과 개선된 프레임의 구조 해석 결과를 비교한 결과 기존 모델은 최대 응력이 224.19MPa, 최대 변형이 2.25mm였으나, 개선된 모델에서는 최대 응력이 206MPa, 최대 변형이 1.28mm로 감소하였다. 이를 통해 응력과 변형이 모두 줄어들었음을 확인하였으며, 설계 개선의 효과를 확인 할 수 있었다.

사사

본 논문은 한국생산기술연구원 “전북특별자치도 주축 산업 경쟁력 향상을 위한 수출형 프리미엄 트랙터 개발 (IZ250006)” 사업의 지원으로 수행한 연구입니다.

마이크로 나노 버블 발생 장치 개발 Development of a Micro-Nanobubble Generator

*#이영호¹

*#Y. H. Lee¹(fly7802@kopo.ac.kr)

¹한국폴리텍대학 남대구캠퍼스 스마트응용기계과

Key words : Nanobubble, Bubble Generation, Micro Nano Bubbles, 2D Drawing, 3D Modeling

1. 서론

산소는 지구상 생물의 성장에 필수적인 에너지 공급 원이며, 환경 측면에서 오염 퇴적물과 유기물을 산화 분해 정화하여 수질개선 및 대기오염 물질을 분해하는 역할을 한다. 이러한 변화의 맞추어 현재 시중에서 사용되고 있는 마이크로 나노 버블 발생 장치를 개발 구축하려 한다.

본 연구는 양식업에 필요한 수질개선 및 각종 어류의 산소 공급을 원활하게 하기 위해 개발하는 사전 연구로서 3D Modeling 및 Simulation을 구동하고 변형 해석을 통해 마이크로 나노 버블 발생 장치를 개발하는 것에 목적이 있다.

2. 마이크로 나노 버블 발생 장치 원리와 구조

Fig.1 에서는 물과 외부의 공기가 강제로 혼합되면서 쪼개지고 노즐안에서 소용돌이(Loop Flow)를 일으켜 다시 한번 쪼개지며 미세버블 (나노버블)을 발생 시킨다. 루프 흐름과 OK 노즐의 내부 기구가 여러곳에서 격렬한 난류를 일으키며, 이 격렬한 난류는 거품을 더 미세화 시키면서 전주에서 기체를 지흡하는 구조로 하고 있으므로, 미세 버블 발생 효율이 높은 원리와 구조를 가지고 있다.

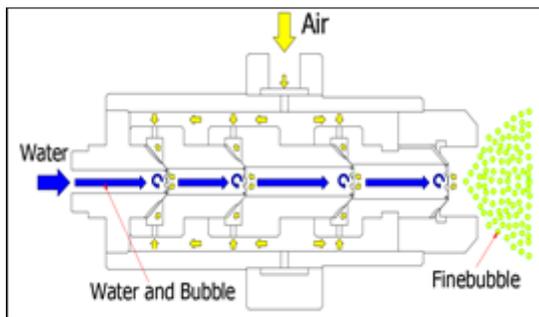


Fig. 1 Micro nano bubble generator Principle and structure

3. 2D CAD 부품 설계

Fig.2에서는 마이크로 나노 버블 발생 장치 개발에 앞서 AutoCAD를 이용하여 부품 설계를 진행 하였다.



Fig. 2 2D Part Drawing

4. 3D Modeling 및 변형 해석

Fig.3에서는 마이크로 나노 버블 발생 장치 개발에 앞서 Inventor를 이용하여 Modeling 및 Assembly를 통하여 부품 간의 간섭을 체크 확인하였다.

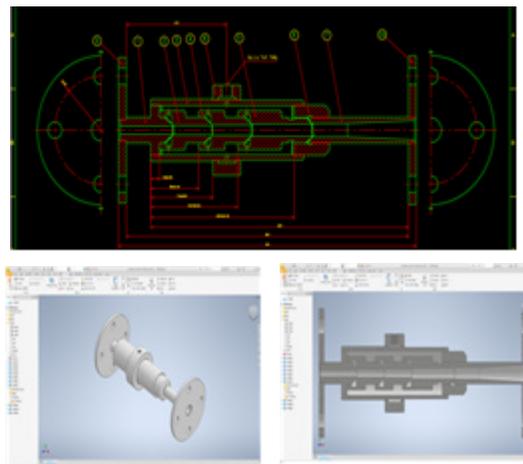


Fig. 3 2D Drawing and 3D Modeling of the Micro nano bubble generator

4. 향후계획

SolidWorks를 이용하여 Simulation과 부품별 변형 해석을 통하여 설계 보완 후 마이크로 나노 버블 발생 장치 개발의 제작이 진행될 것이다.

전기구동형 액슬의 기어 해석

Gear Analysis of an Electric Drive Axle

*#김정길¹, 이기훈², 정영식³, 오주영⁴, 박진선¹, 이동근¹, 조승제¹

*,#J. G. Kim(kjg14@kitech.re.kr)¹, K. H. Lee², Y. S. Jeong³, J. Y. Oh⁴, J. S. Park¹, D. K. Lee¹, S. J. Cho¹

¹ 한국생산기술연구원 특수목적로봇그룹, ² 글리슨세일즈코퍼레이션, ³ 세일공업,

⁴ 한국생산기술연구원 모빌리티시스템그룹

Key words : Electric, Axle, Gear, Analysis

*발표자, #교신저자

크레인운동을 하면서 무거운 자재를 운반하다보니 구성 부품의 내구성이 중요하다. 또한 배출 가스 규제로 인해 친환경적인 전기구동시스템에 대한 수요가 증가하고 있다. 본 연구에서는 전기구동형 크레인에 활용되는 액슬을 개발하기 위하여 액슬의 시뮬레이션 모델을 개발하고, 동력전달을 위한 기어의 강도를 확인하였다. 보다 상세하게는 상용 소프트웨어인 KISSsoft를 활용하여 기어, 축, 베어링을 모델링하고, ISO 6336 규격에 따라 기어의 강도를 확인하였다. 해석 결과 기어의 최소 굽힘 강도 및 면압 강도는 1.9, 1.0으로 나타났다. 향후 액슬의 시제품 제작 완료 후, 신뢰성을 검증할 계획이다.

사사

본 연구는 한국생산기술연구원'전북특별자치도 주축 산업 경쟁력 향상을 위한 수출형 프리미엄 트랙터 개발(과제번호 IZ250006)'과제와 기어 설계 소프트웨어인 KISSsoft의 지원을 받아 연구되었음을 밝힙니다.

천무 동력 조향기어박스 Shaft Rack 기어의 열전달 해석

Heat Transfer Analysis of Cheonmu Power Steering Gearbox Housing Shaft Rack Gear

*[#]김해지¹, 장정환¹, 백상훈², 홍명철³

*[#]H. J. Kim(ksmpe@ksmpe.ac.kr)¹, J. H. Jang¹, S. H. Back², M. C. Hong³

¹ 경상국립대학교 미래자동차공학과, ² (주)한성디에스, ³ 한화에어로스페이스

Key words : Power steering gearbox Shaft Rack gear, Heat transfer

This paper is about heat transfer analysis of steering gearbox shaft rack gear. When the steering gearbox used in the Cheonmu transport vehicle is operated for a certain period of time, the average temperature inside the steering gearbox housing rises to 80°C and the maximum temperature rises to 120°C. Therefore, in this paper, we attempted to confirm the temperature distribution and heat flux by performing heat transfer analysis by applying temperatures of 100°C and 120°C to the inner part of the shaft rack gear.

1. 서론

Shaft Rack 기어는 천무 동력 조향기어박스 장치 부품 중의 하나이며, Rack 기어의 작동에 의해 WAM 기어에 동력을 전달하는 부품이다. 천무 동력 조향기어박스가 일정시간 작동시에 조향기어박스 하우징 내부에서 온도가 상승하게 된다. 그리고 내부의 원활한 윤활 작용과 냉각작용을 위해 펜토신 CHF 11S 오일이 주유된다. 현재 조향기어박스 작동시에 하우징 내부온도의 평균은 80°C, 최대 온도는 120°C 까지 상승한다는 것으로 예상된다. 따라서, 본 논문에서는 천무 동력 조향기어박스 장치 부품인 Shaft Rack 기어 부품에 대한 온도 및 열응력 해석을 수행하기 위해, Shaft Rack 기어 내경부에 100°C와 120°C의 온도를 부여하여 온도분포 및 열유속의 온도에 따른 해석 특성을 확인하고자 하였다.

2. 조향기어박스 Shaft Rack 기어의 형상 단순화와 메쉬

Fig. 1에서는 Shaft Rack 기어 부품에 대하여 온도 및 열응력 해석을 수행하기 위해 해석에 사용된 WAM gear 부품의 3차원 설계 형상과 Mesh를 나타내고 있다. 사면체(tetrahedron) Mesh가 적용되었으며, Body size는 Auto Mesh로 Meshing 하였다. 노드는 19,673개이며 요소 수는 11,592개이다. Shaft Rack 기어의 열전달 해석 재질은 18CrNiMo7-6이다. Shaft Rack 기어 부품의 열전달 해석을 위한 온도 조건은 대기 중의 자연대류 조건을 부여하였고, 내부 온도 조건은 100°C에서 20°C 온도를 증가시켜 최대 120°C까지 온도 조건을 설정하여 해석하였다.

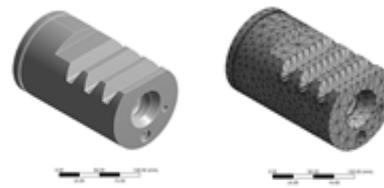


Fig. 1 Shape simplification and meshing of Shaft Rack gear

3. 열전달 해석 결과 및 결론

Fig. 2에서는 Shaft Rack 기어의 열전달 해석 결과를 나타내고 있다. 해석온도 100°C에서는 99.23°C 최소온도 분포와 0.0031 W/mm²의 열유속을 확인하였다. 해석온도 120°C에서는 119.03°C 최소온도 분포와 0.0039 W/mm²의 열유속을 확인하였다.

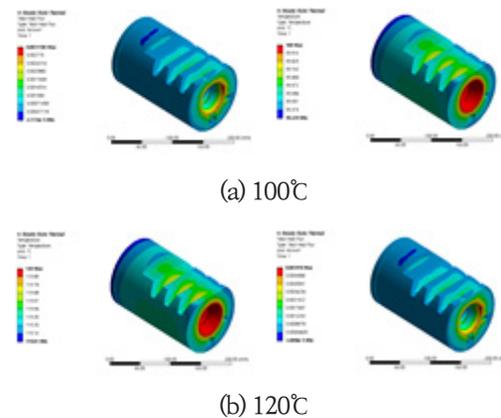


Fig. 2 Heat transfer analysis results of steering gearbox Shaft Rack gear

후기

본 연구는 국방기술진흥연구소 글로벌 방위산업 강소기업 육성사업 지원을 받아 수행되었습니다.

천무 동력 조향기어박스 WAM 기어의 열전달 해석 Heat Transfer Analysis of Cheonmu Power Steering Gearbox Housing WAM Gear

*[#]김해지¹, 장정환¹, 백상훈², 홍명철³

*[#]H. J. Kim(ksmpe@ksmpe.ac.kr)¹, J. H. Jang¹, S. H. Back², M. C. Hong³

¹ 경상국립대학교 미래자동차공학과, ² (주)한성디에스, ³ 한화에어로스페이스

Key words : Power steering gearbox WAM gear, Heat transfer

This paper is about heat transfer analysis of steering gearbox WAM gear. When the steering gearbox used in the Cheonmu transport vehicle is operated for a certain period of time, the average temperature inside the steering gearbox housing rises to 80°C and the maximum temperature rises to 120°C. Therefore, in this paper, we attempted to confirm the temperature distribution and heat flux by performing heat transfer analysis by applying temperatures of 100°C and 120°C to the inner part of the WAM gear.

1. 서론

WAM 기어는 천무 동력 조향기어박스 장치 부품 중의 하나이며, Rack 기어의 작동에 의해 동력을 전달하는 핵심부품 역할을 수행하고 있다. 천무 동력 조향기어박스가 일정시간 작동시에 조향기어박스 하우징 내부에서 온도가 상승하게 된다. 그리고 내부의 원활한 윤활작용과 냉각작용을 위해 펜토신 CHF 11S 오일이 주유된다. 현재 조향기어박스 작동시에 하우징 내부온도의 평균은 80°C, 최대 온도는 120°C까지 상승한다는 것으로 예상된다. 따라서, 본 논문에서는 천무 동력 조향기어박스 장치 부품인 WAM 기어 부품에 대한 온도 및 열응력 해석을 수행하기 위해, WAM 기어 내경부에 100°C와 120°C의 온도를 부여하여 온도분포 및 열유속의 온도에 따른 해석 특성을 확인하고자 하였다.

2. 조향기어박스 WAM 기어의 형상 단순화와 메쉬

Fig. 1에서는 WAM gear 부품에 대하여 온도 및 열응력 해석을 수행하기 위해 해석에 사용된 WAM gear 부품의 3차원 설계 형상과 Mesh를 나타내고 있다. 사면체(tetrahedron) Mesh가 적용되었으며, Body size는 Auto Mesh로 Meshing 하였다. 노드는 11,363개이며 요소 수는 6,355개이다. WAM 기어의 열전달 해석 재질은 18CrNiMo7-6이다. WAM gear 부품의 열전달 해석을 위한 온도 조건은 대기 중의 자연대류 조건을 부여하였고, 내부 온도 조건은 100°C에서 20°C 온도를 증가시켜 최대 120°C까지 온도 조건을 설정하여 해석하였다.



Fig. 1 Shape simplification and meshing of WAM gear

3. 열전달 해석 결과 및 결론

Fig. 2에서는 WAM 기어의 열전달 해석 결과를 나타내고 있다. 해석온도 100°C에서는 99.45°C 최소온도 분포와 0.045 W/mm²의 열유속을 확인하였다. 해석온도 120°C에서는 119.31°C 최소온도 분포와 0.056 W/mm²의 열유속을 확인하였다.

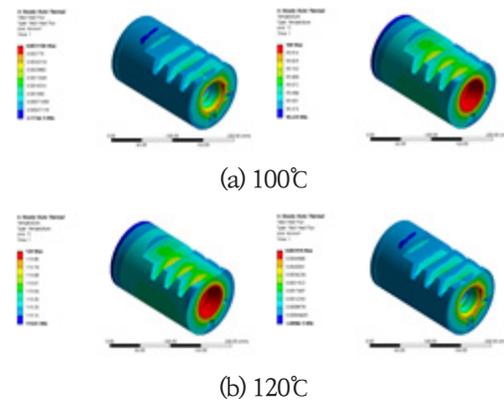


Fig. 2 Heat transfer analysis results of steering gearbox WAM gear

후기

본 연구는 국방기술진흥연구소 글로벌 방위산업 강소기업 육성사업 지원을 받아 수행되었습니다.

트랙터 및 베일러를 활용한 작업부하 계측 Workload Measurement of Tractors under Baling Operation

*#이동근¹, 김정길¹, 조승제¹

*#Dongkeun Lee(hleb@kitech.re.kr)¹, Jeong-Gil Kim¹, Seung-Je Cho¹

¹ 한국생산기술연구원 특수목적로봇그룹

Key words : Tractor, Baler, Workload, Power

*발표자, #교신저자

트랙터는 농작업 기계화에 가장 중요한 장비로써 다양한 부속 작업기와 결합 되어 원활한 농작업이 가능하도록 동력을 제공하는 역할을 한다. 본 연구에서는 여러 부속 작업기 중 베일러를 활용하여 실작업을 수행하고, 베일 작업의 부하를 계측하였다. 농작업 부하 계측을 위하여 별도로 제작된 90kW급 대형 계측용 트랙터를 활용하였으며, 베일 작업을 수행하면서 전차축 및 후차축의 토크 및 회전수, PTO 토크 및 회전수, 엔진 토크 및 회전수, 차량의 속도 등을 계측 하였다. 계측 시험 전 시험평가 시나리오를 수립하기 위하여 표준 시험법을 참고하였으며, 이를 근거로 실제 베일 작업을 통한 부하를 성공적으로 계측하였다. 향후에는 본 계측 데이터를 활용하여 베일 작업시의 트랙터 동력 소요 특성을 분석할 예정이다.

후기 본 논문은 한국생산기술연구원 “전북특별자치도 주축산업 경쟁력 향상을 위한 수출형 프리미엄 트랙터 개발 (IZ250006)” 사업의 지원으로 수행한 연구입니다.

배터리 충전 스테이션의 배터리 열폭주에 의한 배출 메커니즘 설계 Design of a Emission Mechanism due to Battery Thermal Runaway in a Battery Charging Station

*김성현¹, #최성대¹, 유기봉², 백석호³, 이행석⁴

*S. H. Kim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)¹, G. B. Ru², S. H. Baek³, H. S. Lee⁴

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²CTNS, ³U Motors, ⁴경북자동차임베디드연구원

Key words : Shared battery, Emission design, battery thermal runaway, Charge station

*발표자, #교신저자

Battery charging systems for electric two-wheeled vehicles (scooters) are becoming widespread. However, a device to prevent fire in the battery pack inside the charging system when thermal runaway occurs in the battery pack has not yet been developed.

In order to prevent fire, if one of the multiple battery charging devices starts thermal runaway due to abnormal operation, the battery pack in question should be moved to a place where it can be extinguished. The moved battery pack should be extinguished in a certain chamber with a fire extinguishing function so that it does not affect other battery packs.

This study established a kinematic mechanism to smoothly discharge a battery pack that can undergo thermal runaway and conducted an operation simulation. The operation simulation first disconnected the battery connector and opened the partition on the back to allow the battery pack to fall freely.

후기 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신클러스터육성사업(과제번호: P0025724)으로 수행된 연구임

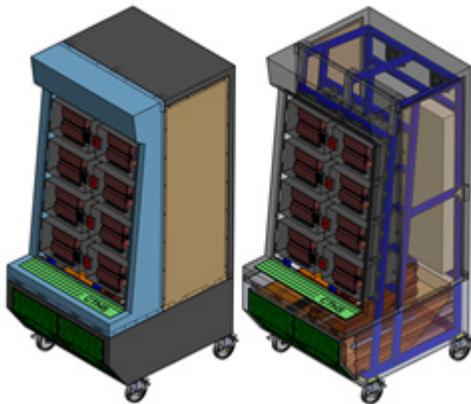


Fig. 1 Modeling of a shared battery charging station with battery emission capability

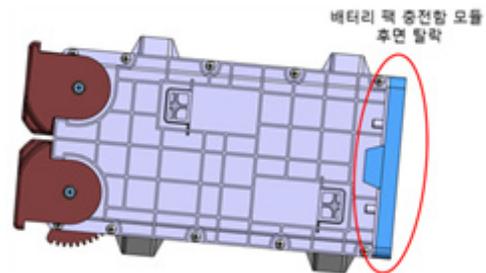


Fig. 2 Modeling of the rear with the battery pack installed

인서트 성형 후 시효시간과 취급이 접합강도에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Effect of Aging Time and Handling on Adhesion Strength after Insert Molding

*김문수¹, 서성철², #최성대³

*M. S. Kim¹, S. C. Seo², #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)³

¹ 국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ² 삼성전자, ³ 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Surface treatment, Injection conditions, adhesion strength, injection molding, Aging time

*발표자, #교신저자

To create unique exterior designs for smartphones, various attempts have been made using different materials and structures. In smartphones that use aluminum or titanium, the metal is also used as an antenna. Since the frame is made from a single piece of metal, it must be divided at the antenna locations. These divided sections act as pathways for signals and are filled with plastic resin to bond the plastic with the metal. As smartphones become thinner and lighter, the bonding strength between metal and plastic has become more important than ever. This study looked at how bonding treatment, aging time, and handling affect bonding strength before insert injection molding. After applying bonding treatment to the metal, bonding strength was measured under different aging times, temperatures, and humidity conditions.

The results showed that an aging time of 20 hours gave the highest average bonding strength at 25.90 MPa, which was significantly higher than the other conditions. At 25 hours, the strength dropped to 19.92 MPa. The 30-hour and 18-hour conditions showed similar results, with bonding strengths of 21.82 MPa and 21.36 MPa, respectively. When the bonding area was contaminated with fingerprints or dirt, the bonding strength dropped to 85% of its original value, showing a much lower strength of 7.88 MPa. These results show that keeping the bonding area clean is very important to achieve strong bonding.

후기 본 연구는 2025년도 국립금오공과대학교 교수연구년제에 의하여 연구된 내용입니다.

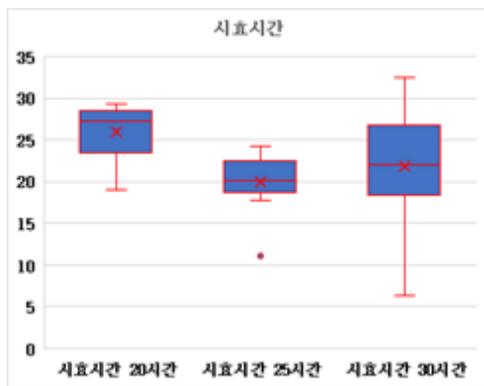


Fig. 1 Adhesion Strength vs. Aging Time (Boxplot)

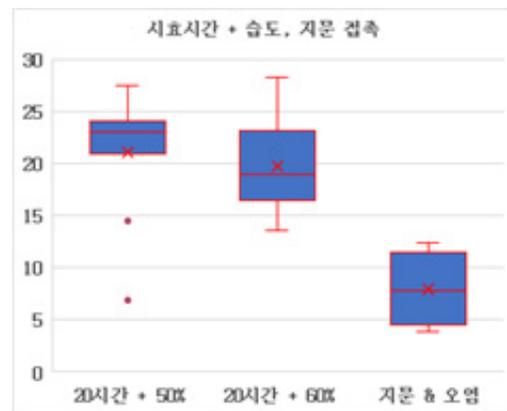


Fig. 2 Adhesion Strength by Aging Time, Humidity, and Surface Contamination (Boxplot)

구동 바퀴 위치에 따른 구동 메커니즘 분석 Analysis of Drive Mechanisms based on Drive Wheel Position

*김성현¹, #최성대²

*S. H. Kim¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)²

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²국립금오공과대학교 기계시스템공학부

Key words : AGV, Caster and Drive Wheel Position, Analyze

*발표자, #교신저자

As the demand for factory automation increases, the demand for unmanned transport vehicles such as AGV and AMR is also increasing. An unmanned transport vehicle is a vehicle that can move to a desired location within a designated space even if it is not directly controlled by a human. AGV is a vehicle that moves along a designated line, and simply consists of a frame, line recognition and safety sensor, drive wheel, caster, and control device. Among them, the number and arrangement of drive wheels and casters change depending on the design of the manufacturer, which determines the drive method and allowable load. The type of drive wheel is also a factor that determines the number and drive method. The type or number of drive wheels are often stated in the specifications of the products sold, but the mechanism for controlling them is often kept confidential to secure the competitiveness of the company. This means that companies that enter the production of AGV products late have to go through various trials and errors, leading to a slowdown in AGV research.

Therefore, in this study, based on four driving wheels, the arrangement can be changed as desired, and an AGV model can be installed with four additional casters as needed, and the optimal driving mechanism according to the driving wheel position is analyzed through experiments.

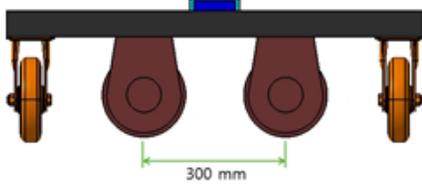


Fig. 1 Geometry of AGV Model_1

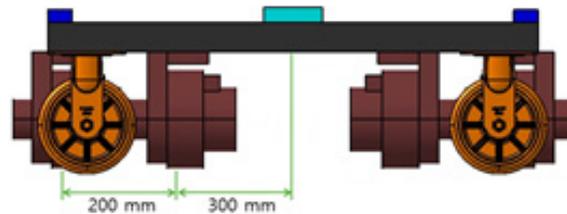


Fig. 2 Geometry of AGV Model_2

고 하중 적재를 위한 차량 구조의 보강설계에 관한 연구 Study on Vehicle Structural Reinforcement Design for High Load Carrying

*엄대훈¹, #최성대²

*D. H. Eom¹, #S. D. Choi (sdchoi@ksmpe.ac.kr)²

¹ 국립금오공과대학교 산업대학원 기계공학과, ² 국립금오공과대학교 기계시스템공학부

Key words : Freight vehicle, Reinforcement design, Structure analysis

*발표자, #교신저자

When loading or installing special heavy objects that receive concentrated loads in the loading space of a freight vehicle, it is very necessary to design the vehicle structure to reinforce the load of the heavy objects in the loading space. Special vehicles are designed to safely move special heavy objects by installing various metal or composite material reinforcement structures under the vehicle loading space.

In this study, we considered the structural safety according to the shape and material of the vehicle structure through deformation analysis of the baseplate when a working load is applied after installing an arch-shaped reinforcement structure under the baseplate of the loading space of a 5-ton freight vehicle, and applied the results to actual designs.

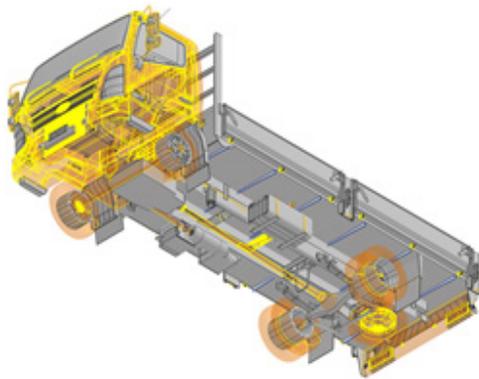


Fig. 1 Modeling of the target vehicle

동합금 소재 가공의 절삭력 분석을 통한 가공 툴패스 최적화 Optimization of Machining Tool Path through Cutting Force Analysis of Copper Alloy Material Machining

*이태호¹, #최성대¹, 최현진²

*T. H. Lee¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)¹, H. J. Choi²

¹국립금오공과대학교 대학원 기계공학과, ²(주)원셀로보

Key words : Copper alloy material, Machining toolpath, Cutting force Optimization, Machining time

*발표자, #교신저자

This study aims to improve machining productivity by reducing machining time through tool path optimization for controlling cutting force spikes occurring during the milling process of a steel-industry component, Lower Block, made of C18150 copper alloy. The tool path was generated using Hyper-Mill CAM software, and machining optimization was conducted using the AdvantEdge Production Module by Third Wave Systems to analyze and control cutting forces. As a result, approximately 16.1% reduction in machining time was achieved in milling operations (excluding drilling), indicating potential improvements in productivity and tool life.

1. 서론

최근 고기능 정밀 가공 공정에서 절삭 시 발생하는 절삭력 스파이크(force spike)는 공구 수명을 단축시키고 가공 품질을 저하시키는 주요 요인으로 지적되고 있다. 특히 C18150(크롬-지르코늄 동합금) 소재와 같이 가공 경도가 높은 비철금속의 경우 툴패스 최적화를 통한 절삭력 제어는 생산성과 품질 향상에 매우 중요하다. 본 연구에서는 실제 철강산업용 제품인 Lower Block을 대상으로 가공 툴패스를 분석하고 절삭력 기반의 최적화를 수행하여 전체 가공 시간을 단축하고 가공 안정성을 확보하고자 하였다.

2. 가공 툴패스 최적화

가공 툴패스 최적화는 우선 CAM 소프트웨어인 Hyper-Mill을 이용하여 Tool Path를 생성시키고 절삭력 최적화프로그램인 Advant Edge Production Module을 활용하여 절삭력 제어를 통한 가공 최적화를 수행하였다. 대상품인 Lower Block의 밀링 공정 중 4개의 주요 시퀀스로 사용 공구는 D20 엔드밀, D6 볼엔드밀, D10 엔드밀, D1 엔드밀이며 각 툴패스에 대해 절삭력 스파이크 발생 구간을 확인 후 해당 영역에 가변 이송속도(Variable Feed Rate)를 적용하여 절삭력 제어로 가공 툴패스를 최적화하였다. 이를 통하여 최적화 전후 가공시간을 비교 검토하였다.

3. 결론

가공 툴패스 최적화를 통하여 기존 가공 시간 50.4분에서 최적화 후 43.6분으로 약 6.7분(13.4%)의 가

공공정 시간 단축 효과가 나타났다. 밀링 공정만을 기준으로 할 경우, 절삭력 기반 가공 툴패스 최적화만으로 16.1% 단축이 가능하였다. 시뮬레이션을 통해 가변 피드 전략이 절삭력 스파이크 제거에 효과적이었으며 특히, ADOC(Axial Depth of Cut)이 급격히 증가하는 구간에서의 대응에 유효함을 확인하였다.

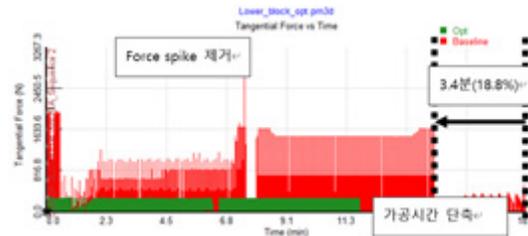


Fig. 1 Seq. 2(T2, D6 ball end mill, top surface finishing)

REFERENCES

1. S. Y. Lee., H. J. Choi., J. C. Lee., "Study to Reduce Process Cycle Time and to Improve Surface Roughness of a Mobile Phone Unibody Case through Cutting Force Optimization", Journal of KSMPE, Vol. 16, No. 3, pp.119-124, 2016.

전달오차 최소화를 위한 기어 Micro-Geometry 설계 변수 분석
Analysis of Gear Micro-geometry Design Parameters for Minimization of
Transmission Error

*오동석¹, 백진욱¹, 김태현¹, 김현철², #류성기¹

*D.S. Oh¹, J.U. Baek¹, T.H. Kim¹, H.C. Kim², #S.K. Lyu(sklyu@gnu.ac.kr)¹

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²나라삼양감속기(주)

Key words : Transmission Error, Micro-geometry, Gear, Noise

*발표자, #교신저자

본 연구는 산업용 감속기 기어시스템의 전달오차(PPTTE)를 최소화하기 위한 마이크로 기어 형상 설계 기법을 제안하였다. Romax 소프트웨어를 활용하여 기어의 프로파일 및 리드 수정 등 다양한 미세 치형 조건에 따른 전달오차를 비교 분석하고 정량적인 평가를 통해 최적의 설계 조건을 도출하였다. 특히 전달오차 파형의 진폭을 줄이고 형상을 완만하게 만드는 조합을 도출함으로써 기어 맞물림 특성을 개선하였다. 또한 시뮬레이션 기반 분석을 통해 치형설계 변경이 전달오차 저감에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였다. 본 연구는 Romax 기반의 Micro-geometry 설계를 통해 전달오차를 제어하고 기어시스템의 소음 및 진동을 저감시킬 수 있음을 보여준다.

후기

이 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원(No. 20214000000520, 자원순환(재제조) 산업 고도화 인력양성)과 산업통상자원부 한국산업기술기술평가원의 소재부품기술개발사업(No. RS-2024-00434150) 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

기어박스 강도 향상을 위한 응력분포 개선 Enhancing Gearbox Strength Through Stress Distribution Improvement

*김태현¹, 강진경^{2,3}, 문준혁⁴, 노훈기⁴, #류성기¹

*T. H. Kim¹, J. K. Kang^{2,3}, J. H. Moon⁴, H. G. Noh⁴, #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 융합기계공학과, ³㈜유한이엔에스, ⁴경상국립대학교 기계공학부

Key words : Semi Topping, Lead Crowning, Micro Geometry

*발표자, #교신저자

현대의 장비와 기계들은 점점 더 높은 작동 조건과 다양한 환경에서 사용되기 때문에, 기계의 동력 전달 부품인 기어의 내구성을 향상시키는 연구가 필수적이다. 면압 강도를 개선하기 위해 Ansys 해석 프로그램을 활용하여 Profile 방향과 Lead 방향의 응력 분포를 분석하였다. Profile 방향에 피치점보다 높게 작용하는 지점을 기어 끝면 2mm 지점에 Semi Topping 가공을 적용하였으며 Lead 방향 응력분포가 축방향 치면에 지각으로 꺾인 형상으로 응력이 집중되어 있는 문제점을 Lead Crowning 가공을 통해 Micro Geometry 수정을 완료하여 개선하였다.

후기 이 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원(No. 20214000000520, 자원순환(재제조) 산업 고도화 인력양성)과 2024년 중소벤처기업부 산학연 Collabo R&D과제(지원번호: RS-2024-00422243)의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

포스터발표

제어/자동화/소음진동

좌장 : 김형준(경상국립대)
한준세(한국기계연구원)

Optimized Fault Detection Model for Die-Casting Parts in Electric Vehicles

*박병희¹, #김진록¹

*Byeong Hui Park¹, #Jin Rock Kim(rok20@dmi.re.kr)¹

¹ 대구기계부품연구원 첨단공구가공사업단

Key words : Artificial Intelligence, Detection, Die-Casting, Fault Detection Model, Optimization

*발표자, #교신저자

최근 전기자동차 부품의 불량률 검출을 위해 인공지능 모델과 머신비전을 결합한 자동화 검사 시스템이 개발되고 있다. 본 연구에서는 다이캐스팅 공정을 통해 생산되는 전기자동차 부품을 대상으로 YOLO 기반 불량 검출 모델을 설계하고, 유전알고리즘(Genetic Algorithm)을 활용한 하이퍼파라미터 최적화를 수행하였다. 학습 초기 속도와 학습률을 조정해 가중치 최적화 함수의 수렴을 유도하였으며, Adam 알고리즘의 모멘텀과 가중치 감쇠를 최적화하여 다양한 환경의 이미지에 대해 높은 검출 정확도를 유지할 수 있도록 하였다. 또한 이미지 색상·채도·명도의 임의 변환과 카메라 위치 변경에 따른 기하학적 변환을 적용해 모델의 외부 환경에 대한 강건성을 확보하였다. 이와 함께 내부 손실 비중을 최적화하여 중복 탐색으로 인한 에러 손실을 최소화하였다. 제안된 모델은 전기자동차 부품 불량률 일관되고 정확하게 검출함으로써 생산현장 내 다양한 환경과 조건에서 안정적으로 활용될 수 있을 것이다.

1. 서론

전기자동차 부품의 불량률의 정확한 검출 성능 확보를 위해 인공지능 모델과 머신비전이 결합된 시스템이 개발되고 있다. 이 시스템은 검사 과정에서 휴먼 에러를 배제하고, 자동화와 표준화를 통해 제품의 불량률 일관적으로 분석할 수 있다.

2. 모델 최적화

다이캐스팅 부품의 결함 탐지 정확도를 향상하기 위해 유전알고리즘 기반 하이퍼파라미터 최적화를 수행하였다. 학습 초기 속도와 학습률을 조정하여 가중치 최적화 함수가 수렴할 수 있도록 하였다. Adam 학습 기법을 사용한 모델의 모멘텀과 가중치 감쇠를 최적화하여 학습이 수렴되도록 하였다. 학습 모델이 다양한 환경에서 측정된 이미지에 대응하기 위해 이미지의 색상, 채도와 명도를 임의변환하는 정도를 최적화하였다. 실제 공정의 외부 요인을 고려하기 위해 카메라의 위치 변경에 관한 파라미터를 고려하였다. 클래스 분류 가정에서 중복 탐색으로 인한 에러 손실을 예방하기 위해 내부 손실 비중에 대한 최적화 과정을 수행하였다.

3. 결론

다이캐스팅 공정을 통해 생산되는 전기 자동차 부품의 YOLO 기반 불량 검출 모델을 개발 후 모델의 검출 정확도를 향상시키기 위해 파라미터 최적화를 수행하였다. 그 결과, 학습 속도 및 결함 탐지 정확도가 향상되었다.

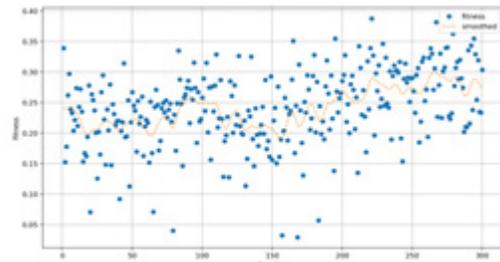


Fig. 1 Fitness variation during iterative optimization

후기

본 논문은 2025년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술기획평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. 20023906, 듀얼 트리밍 시스템을 적용한 다이캐스팅 후공정 복합 가공기 개발)

최소 침습 의료 기술을 위한 생체 분해성을 갖춘 무선 소프트 로봇 A Biodegradable Wireless Soft Robot for Minimally Invasive Medical Procedures

*이경수¹, #고광준¹

*K. S. Lee¹, #G. J. Go(gwangjungo@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Soft Robot, Biodegradable, Biomedical Application

*발표자, #교신저자

기존의 소프트 로봇은 소화계와 같은 제한된 환경에서만 활용되도록 설계되었으며, 제작에 사용된 재료의 한계로 인해 생체 분해성을 갖추는 데 어려움이 있었다. 본 연구에서는 키토산과 젤라틴을 기반으로 하여 생체 분해성을 갖춘 소형 소프트 로봇을 제안한다. 또한, 자성 나노입자를 도입하여 외부 자기장을 이용한 무선 제어가 가능하도록 설계하였다. 제작된 로봇의 생체 분해성을 평가하기 위해 체내 환경과 유사한 인산 완충 식염수(Phosphate-buffered saline)에서 분해 실험을 수행하였으며, 이를 통해 체내 적용 가능성을 검증하였다. 본 연구에서 제안한 소프트 로봇은 생체 분해성과 무선 구동 기반 제어 성능을 바탕으로 생체 의료 분야에서의 적용 가능성을 더욱 확대할 것으로 기대된다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00244611).

타겟팅 능력과 생체 분해성이 향상된 치료제 탑재 마이크로로봇 A Therapeutic-Loaded Microrobot with Enhanced Targeting and Biodegradability

*문건희¹, #고광준¹

*Geonhui Mun¹, #Gwangjun Go(gwangjungo@chosun.ac.kr)¹

¹조선대학교 기계공학과

Key words : Microrobot, Magnetic Actuation, Osteoarthritis

*발표자, #교신저자

노인 인구 증가로 퇴행성 관절염 환자가 늘어나며, 줄기세포 주사 치료가 많은 관심을 받고 있다. 그러나 이 치료법은 줄기세포의 타겟팅 능력 부족으로 인해 관절강 내 확산이 발생하며, 낮은 전달 효율로 치료 효과가 제한된다. 이에 줄기세포 치료제의 타겟팅 능력을 향상시키고자, 다음의 두 가지 기능을 갖춘 치료제 탑재 마이크로로봇을 개발하였다. (1) 크기 조절: 연골 손상 면적과 구조에 맞춘 최적 크기로 제작. (2) 생체 분해성: 분해 시간 단축으로 부작용 최소화. 이와 함께 마이크로로봇이 생체 적합성, 무선 구동, 약물 담지, 타겟팅 능력을 유지하도록 설계했다. 제안한 마이크로로봇은 무릎 연골 팬텀에서 정밀 전달 능력을 보였으며, 생체 내 환경을 모방한 조건에서 생체 분해성을 입증하였다.

후기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00244611).

Wire-Driven Flexible Robot의 강화학습 기반 제어의 수치적 연구 Numerical Study of Reinforcement Learning-Based Control for Wire-Driven Flexible Robots

*윤상화¹, #한성지¹

*Sanghwa Yun¹, #Seongji Han(seongji.han@cnu.ac.kr)¹

¹충남대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Wire-Driven Mechanism, Reinforcement Learning, Flexible Multibody Dynamics

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 유연 다물체 동역학(Flexible Multi-Body Dynamics, FMBD) 기반의 시뮬레이션 환경에서 강화학습을 활용하여 Wire-Driven Multi-Section(WDMS) Flexible Robot의 경로 추종 제어 가능성을 검증하였다. FMBD 해석의 정확성을 확보하기 위해 RecurDyn을 활용하였으며, 로봇 제어에 정책 기반 강화학습 알고리즘으로 Proximal Policy Optimization(PPO)을 적용하였다. 강화학습 기반 제어 방식과 전통적인 PID 제어 방식의 성능을 비교·분석하여 두 접근법의 차이를 평가하였다.

Wire-driven 로봇[1]의 유연체 모델링에서는 변형의 비선형성과 자유도 증가로 인해 기존의 수학적 모델 기반 기법 적용에 한계가 있다. 이에 따라, 수학적 모델을 필요로 하지 않는 PID 제어가 자주 활용되었으나, 오차 축적 및 개인 최적화 과정의 연산 자원이 증가하는 등의 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 시뮬레이션 데이터를 활용하여 PPO 알고리즘[2] 기반의 강화학습을 수행하였으며, PID 제어와 비교하여 구동 성능을 분석하였다.

Fig. 1에 도시된 대상 시스템[1]은 RecurDyn 환경에서 모델링되었으며, 구동을 위한 steel wire는 beam 요소 기반의 유연체로 구현되었다.

강화학습 기반 제어 결과, 일정 시간이 경과함에 따라 진동이 감소하며 end-effector의 목표 위치 (10, 99, 10 mm)로 수렴하는 것이 확인되었다(Fig. 2). 반면, PID 제어 방식은 불안정한 거동을 보이며 수렴에 실패하였다. 이를 통해 강화학습 기반의 제어가 다자유도 비선형 시스템에서도 효과적으로 적용될 수 있음을 확인하였으며, 추후 PID 제어의 성능을 개선하여 보다 정교한 비교 분석을 수행할 계획이다.

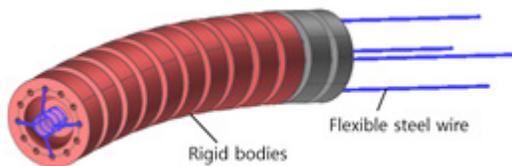


Fig. 1 Wire-Driven Multi-Section Flexible Robot

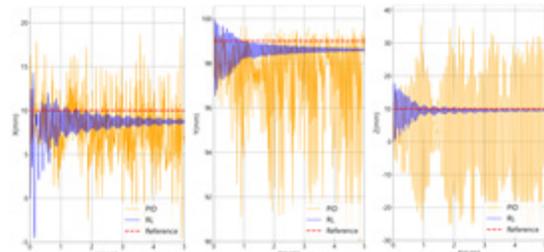


Fig. 2 x, y, and z position comparison

후기

이 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00406796, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

REFERENCES

1. Li, Zheng, and Ruxu Du., "Design and analysis of a bio-inspired wire-driven multi-section flexible robot," International Journal of Advanced Robotic Systems, 10.4, 2013.
2. Schulman, John, et al., "Proximal policy optimization algorithms," arXiv preprint arXiv, 1707.06347, 2017.

IR-UWB를 이용한 비접촉 생체신호 모니터링 시스템 설계 Design of a Non-Contact Biosignal Monitoring System Using IR-UWB

*김필교¹, 이동욱¹, 정택언¹, 구기원¹, #최철준¹

*Pilkim Kim¹, Donguk Lee¹, Gi-won Ku¹, #Choel-jun Choi¹(cjchoi@keti.re.kr)

¹ 한국전자기술연구원 (Korea Electronics Technology Institute)

Key words : IR-UWB, Non-contact sensor, Biosignal monitoring, Heart and respiration rate

본 연구는 IR-UWB(Impulse Radio Ultra-Wideband) 기반 비접촉 센서를 활용한 실시간 심박 및 호흡 모니터링 시스템의 설계와 성능 검증에 관한 것이다. 기존 CW(Continuous Wave) 방식 UWB 센서의 낮은 해상도와 높은 노이즈 민감도 문제를 극복하기 위해, 고해상도 IR-UWB 센서 모듈을 설계하고 모듈을 제작하였다. 제안된 시스템의 성능 검증을 위해 상용 생체신호 모니터링 장비와 비교 실험을 수행한 결과, 심박 측정 오차는 평균 3.32 bpm, 호흡 측정 오차는 평균 0.88 bpm으로 나타났다. 본 시스템은 비접촉 방식으로 구현되어 사용자 편의성과 측정 신뢰성을 확보할 수 있어, 향후 다양한 헬스케어 응용 분야로 확장이 가능할 것으로 전망된다.

1. 서론

심박수와 호흡수는 핵심 생체신호로, 비접촉 방식의 모니터링 기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 본 연구는 IR-UWB 센서를 이용한 비접촉식 생체신호 측정 시스템의 설계 및 성능을 검증하고자 한다.

2. 본론

IR-UWB 기반 비접촉식 센서 모듈을 설계하여 심박과 호흡 신호를 측정하였다. 실험은 대상자가 누운 상태에서 진행되었으며, 상용 생체신호 측정 장비와 동시 측정을 통해 정확도를 평가하였다. 그 결과, 심박 측정 오차는 평균 3.32 bpm, 호흡 측정 오차는 평균 0.88 bpm으로 나타났으며, 기존 방식 대비 정확도가 향상되었음을 확인하였다.

Table 1 Heart and Respiration Rate Error Comparison

Parameter	Mean Error (bpm)
Heart Rate (HR)	3.32
Respiration Rate (RR)	0.88

3. 결론

본 연구에서는 IR-UWB 기반 비접촉식 센서를 활용하여 심박 및 호흡 측정이 가능한 시스템을 개발하고, 상용 장비와의 비교를 통해 성능을 검증하였다. 실험 결과, 제안된 시스템은 각각 평균 3.32 bpm, 0.88 bpm의 심박 및 호흡 측정 오차를 보여 높은 정확도를 확인할 수 있었다. 본 시스템은 비접촉 방식의 장점과 함께 측정 신뢰성을 바탕으로 향후 다양한 헬스케어 응용 분야로 확장이 가능할 것으로 전망된다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00466949, 차세대 지능형 반도체 적용 온디바이스 AI 스케일업 밸리 육성 사업)



Fig. 1 IR-UWB BioSignal Processing Flowchart

REFERENCES

1. Park, J. S., Jeong, J. S., Yang, C. S., and Lee, J. G., "Activity Type Detection of Random Forest Model Using UWB Radar and Indoor Environmental Measurement Sensor," The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 8, No. 6, pp. 899-904, 2022.

정밀 생체신호 측정을 위한 피에조 센서 기반 자동 증폭 제어 기술 개발

Development of Automatic Gain Control Technology Based on Piezoelectric Sensors for Precision Biosignal Measurement

*이동욱¹, 김필교¹, 정택언¹, 구기원¹, #최철준¹

*Dong-uk Lee¹, Pil-kyo Kim¹, Gi-won Ku¹, Taek-eon Jung¹, #Choel-jun Choi(cjchoi@keti.re.kr)¹

¹ 한국전자기술연구원 (Korea Electronics Technology Institute)

Key words : Piezo Sensor, Automatic Gain Control, Variance-Based Control, Embedded Biosignal Processing

본 연구는 침대형 피에조센서를 이용한 무구속 생체신호 측정 시스템에서 사용자 상태에 따라 변화하는 신호 진폭의 불안정성을 완화하기 위한 자동 증폭 제어 알고리즘을 구현하였다. 각 센서 채널에서 1초 간 수집된 진동 신호의 분산을 기준으로 증폭률을 실시간으로 자동 조절하였으며, AD5242를 통해 6채널을 독립적으로 제어하였다. 실험 결과, 다양한 체형 및 자세 조건에서 안정적인 심탄도 신호 획득이 가능하였으며, 증폭률 자동 조절에 따른 SNR 개선 효과를 확인하였다.

1. 서론

수면 중 생체신호 측정을 위해 피에조 센서를 침대 하단에 적용하면 심장 박동에 의한 미세 반동을 감지해 심탄도 정보를 획득할 수 있다. 그러나 체중, 자세, 움직임에 따라 신호 진폭이 변동해 고정된 증폭 설정만으로는 안정적인 신호 획득이 어렵다. 이에 본 연구에서는 분산 기반 자동 증폭 제어 방식을 도입하고 이를 침대형 센서 어레이 구조에 적용하였다.

2. 시스템 구성

제안한 시스템은 침대, 토퍼 하단에 설치된 6개의 피에조 센서를 통해 심탄도 기반 반동 신호를 측정한다. 각 센서의 아날로그 신호는 100Hz로 샘플링되며, 1초 단위로 분산을 계산하여 진폭 세기를 평가한다. 계산된 분산 값에 따라 증폭률을 자동으로 조정하며, AD5242를 사용해 6채널을 독립적으로 제어한다. 제어 명령은 STM32 마이크로컨트롤러에서 I2C 인터페이스를 통해 전달되며 FSR 센서를 이용해 체중 분포나 접촉 여부를 감지하고, 신호 유효성 평가에 활용 하였다.



Fig. 1 Flowchart of Variance-Based Automatic Gain Control

2.1 자동 증폭 제어 동작

자동 증폭 제어 알고리즘을 확인하기 위해, 침대에 설치된 6채널 Piezo 센서의 신호를 분석하였다. 분산 계산 값이 낮으면 증폭률을 높이고 값이 높으면 증폭률을 낮추며 안정 구간에 정상적으로 도달하는 것을 확인할 수 있었다.

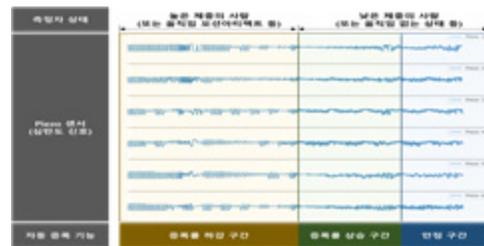


Fig. 2 Signal amplitude modulation by automatic gain control in a 6-channel piezoelectric sensor array

3. 결론

침대형 피에조 센서 기반 생체신호 측정 시스템에 분산 기반 증폭 제어 기능을 적용한 결과, 사용자 체형, 수면 자세, 움직임에 따른 신호 품질 변동을 효과적으로 보정하며 일관된 신호 품질을 유지하는데 기여하였다. 본 시스템은 심탄도 기반 생체신호 분석의 신뢰도 향상에 유용하며, 향후 다양한 기능에 활용될 수 있다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00466949, 차세대 지능형 반도체 적용 온디바이스 AI 스케일업 밸리 육성 사업)

협동 로봇을 활용한 원통 가공 생산 자동화 시스템의 정밀도 개선 Development and Performance Evaluation of an Automated Cylindrical Processing Production System using Collaborative Robots

*이영호¹

*Y. H. Lee¹(fly7802@kopo.ac.kr)

¹한국폴리텍대학 남대구캠퍼스 스마트응용기계과

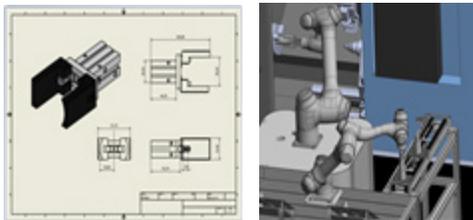
Key words : Hyeobdong Lobos, Production Automation, Cylindrical Processing, 3D Modeling

1. 서론

협동 로봇이 시장에 등장한 이후 기술은 빠르게 발전해 왔다. 특히 지난 몇 년간 기계학습과 인공지능 분야에서 산업 자동화에 큰 변화가 있었고, 이러한 변화의 맞추어 현재 시점에서 사용되고 있는 협동 로봇을 활용한 생산 자동화 시스템을 구축하려 한다.

본 연구에서는 이미 개발된 협동 로봇을 활용한 원통 가공 생산 자동화 시스템의 그리퍼 부품을 Inventor를 이용하여 3D Modeling 및 Simulation을 통해 설계 변경 함으로써 간섭 체크 및 구동 가능성을 확인하고 부품을 변경한 후 CNC 공작기계에 장착된 공작물에 대한 부족한 진원도 측정값을 개선 하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 협동 로봇을 활용한 원통 가공 생산 자동화 시스템 공정 그리퍼 3D모델링 및 시뮬레이션



(a) Gripper Design (b) Location

Fig. 1 Production Automation System Process Flow

Fig. 1에서는 원통 가공 생산 자동화 시스템 정밀도 개선에 앞서 각 부품 3DModeling 및 Assembly를 진행하였고, 부품 간의 간섭이 없음을 확인하였다. (a)그리퍼 설계 변경한 모습이며, (b)는 로봇을 활용한 컨베어 공작물 이동 모습이다. 그리고 Motion simulation을 통하여 가상의 특정 대상물을 구현하고, 공작물의 위치 와 진원도의 이동 정확성을 확인하였다.

3. 자동화 시스템 그리퍼 제작 및 변경



(a) Gripper Change (b) Gripper Movement

Fig. 2 Cylinder Processing Production Automation System Table 1 Performance Evaluation List

Evaluation Items (Main performance Spec)	Unit	Development Objectives	Measurement Before Change	Measurement Values After Change
1. Measurement of workpiece roundness	mm	±0.05	±0.047	±0.035
2. Conveyor workpiece positioning accuracy	mm	±0.05	±0.035	±0.03

Fig. 2에서는 원통 가공 생산 자동화 시스템의 그리퍼를 설계 변경하여 장착한 모습이며, Table 1은 자동화 시스템의 성능 평가 결과이다. 성능 평가 결과는 개발치를 충족하면서 기존의 측정값보다 정밀한 값을 얻을 수 있었다. CNC 공작기계에 장착된 공작물 진원도 측정 시 협동 로봇 그리퍼와 공작물의 흔들림 발생을 최소화 하는 성과를 얻을 수 있었다.

3. 향후 계획

협동 로봇을 통한 CNC 공작기계에 장착된 공작물에 대한 그리퍼의 부족한 진원도 측정값을 설계 변경을 통해 좀 더 정밀한 측정값 향상을 도모 하였다.

호버링 자세에서의 채수용 드론 윈치에 작용하는 하중 분석

Analysis of the Load Acting on the Winch during Hovering of the Water Sampling Drone

*조한승¹, #손정현²

*H. S. Cho¹, #J. H. Sohn(jhsohn@pknu.ac.kr)²

¹국립부경대학교 지능로봇공학과, ²국립부경대학교 기계공학부

Key words : Drone, Multibody Dynamics, Water Sampling, Simulation

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 수질 관리 목적의 채수용 드론의 동역학 모델을 개발하였다. 채수용 드론은 RecurDyn을 사용하여 동역학 모델링을 수행하였으며, 채수기의 형상 정보를 바탕으로 물성치를 입력하고, 실제 거동을 구현하기 위해 조인트 및 양력 모델링을 수행하였다. 또한, PID 제어를 통해 호버링 자세를 유지하며 채수기를 상승시킬 수 있도록 하였다. 채수기의 상승 속도 및 채수량에 따른 시뮬레이션을 수행하였으며, 그에 따른 윈치에 작용하는 하중을 분석하였다. 본 연구의 결과는 채수용 드론의 설계 최적화에 기초 자료를 제공하며, 향후 허용 하중 및 응력 분석에 활용될 예정이다.

1. 서론

최근 수질 관리 목적의 채수를 위한 채수용 드론 개발이 진행되고 있다. 드론이 유용하기 위해서는 원거리에서 일정량 이상의 채수를 충족할 수 있어야 한다. 드론을 이용한 채수에서 특히, 로프를 감아올려서 이동해야 하는 드론의 경우, 윈치에 걸리는 하중이 어느 정도인지 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 채수 과정에서 윈치에 작용하는 하중을 다물체 동역학 해석기법을 이용하여 분석하였다.

2. 본론

본 연구에서는 상용 다물체 동역학 프로그램인 RecurDyn을 사용하여 채수용 드론의 동역학 모델링을 수행하였다. Fig. 1과 같이 채수기의 형상 정보를 바탕으로 물성치를 입력하였으며, 실제와 동일한 거동을 구현하기 위해 조인트와 양력 모델링을 수행하였다. 또한, PID 제어를 통해 호버링 자세를 유지하면서 채수기를 상승시킬 수 있도록 하였다.^[1] 채수용 드론의 다물체 동역학 모델을 기반으로 채수기의 상승 속도 및 채수량 변화에 따른 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, 채수기의 상승 속도가 증가함에 따라 윈치에 작용하는 하중이 지수적으로 증가하였고, 채수량에 따라서는 비선형적으로 하중이 증가하였다.

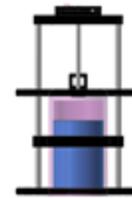


Fig. 1 CAD model of the water sampler

3. 결론

본 연구에서는 채수통을 로프를 감아올려서 이동해야 하는 드론의 경우, 윈치에 걸리는 하중을 분석하였다. 분석 결과는 허용 하중 및 응력 분석에 활용하여 채수기의 안정성 분석에 활용될 수 있다.

후기 이 논문은 4단계 BK21 사업(스마트로봇융합응용교육연구단)에 의하여 지원되었음.

REFERENCES

1. Kim, H., Jeong, H. S., Chong, K. T., Lee, D. J., "Dynamic Modeling and Control Techniques for Multi-Rotor Flying Robots", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A, 38(2), 137-148, 2014.

입자 수와 회전 속도에 따른 믹서기 블레이드 축 하중 분석

Analysis of Axial Load on Mixer Blade Based on Particle Count and Rotational Speed

*안수아이 주¹, 박정진², #손정현³

*Y.S. Zhu¹, J.J. Park², #J.H. Sohn(jhsohn@pknu.ac.kr)³

¹부경대학교 대학원 지능로봇공학과, ²부경대학교 대학원 기계설계공학과, ³부경대학교 기계공학부

Key words : Mixer Blade, Axial Load, Discrete Element Method

*발표자, #교신저자

믹서기의 회전 블레이드는 고체 입자의 혼합 과정에서 핵심적인 역할을 하며, 블레이드의 하중 특성은 제품 안전성과 직결된다. 따라서 믹서기 블레이드가 회전하는 동안 받는 힘에 관한 연구와 분석이 필요하다. 본 연구에서는 입자 수와 회전 속도를 변수로 두고, 이산요소법(DEM)과 다물체 동역학(MBD)을 연성하여 수직축 블레이드 믹서기 혼합 시뮬레이션을 수행하였다. 입자 수와 회전속도 조건에서 혼합과정 중 블레이드가 받는 하중 변화를 분석하였다. 이 연구 결과는 믹서기 구조 설계 및 혼합 최적화에 활용 가능할 것으로 기대된다.

1. 서론

혼합 과정은 제약, 식품, 화학 등 다양한 산업 분야에서 핵심적인 공정 중 하나이다. 기존 연구들은 주로 믹서기의 혼합 성능 분석에 집중하고 있으나, 혼합 과정에서 믹서기 블레이드에 작용하는 하중이 혼합 안정성과 제품 수명에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 입자 수와 혼합 속도를 변수로 설정하여, 혼합 과정 중 믹서기 블레이드에 작용하는 하중을 분석하고자 한다.

2. 본론

본 연구는 수직 블레이드 믹서기를 다물체 동역학을 이용하여 모델링하였다. 믹서기 블레이드는 강체로, 입자의 확산률이 더 높고 혼합 성능이 더 우수한 2 블레이드 믹서기의 특성을 반영하여(1) 블레이드의 개수를 2개로 설정하고 대칭으로 배치하였으며, 블레이드 날의 각은 135도로 설정하였다. 입자의 거동을 해석하기 위해, 각 입자가 고유의 운동방정식을 가지도록 이산요소화하여 믹서기 내 입자들을 모델링하였다. 입자의 혼합 상태를 관찰하기 위해 서로 다른 색상의 입자 두 종류를 사용하였다. 모든 입자는 구형의 형상을 가지고, 입자 간 접촉은 헤르츠(Hertz) 접촉 모델을 기반으로 계산된다. 입자 수와 회전속도에 따른 혼합 중 블레이드가 받는 하중의 변화를 비교 분석하였다.

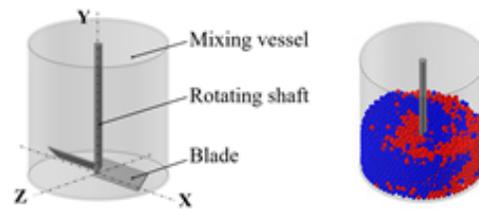


Fig. 1 Dynamic model of the mixer and particle distribution during the mixing process.

3. 결론

본 연구는 입자의 거동을 해석하기 위해 이산요소법을 활용하였으며, 입자 수와 회전속도가 믹서기 블레이드의 하중에 유의미한 영향을 미치는 지를 시뮬레이션 하였다. 이 연구 결과는 믹서기 구조 설계 및 혼합 최적화에 활용 가능 할 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. Boonkanokwong, Veerakiet, et al. "The effect of the number of impeller blades on granular flow in a bladed mixer." Powder technology 302: 333-349, 2016.

흙 노면에서 차량의 제자리 선회 특성 분석에 관한 연구

Study on the Characteristics of a Vehicle Pivot Steering on Soil Road

*박정진¹, 장영진², #손정현²

*J. J. Park¹, Y. J. Jang², #J. H. Sohn(jhsohn@pknu.ac.kr)²

¹국립부경대학교 대학원 기계설계공학과, ²국립부경대학교 기계공학부

Key words : Pivot steering, Discrete element method, Multi-body dynamics

*발표자, #교신저자

무인 군용 차량(UGV)은 제한된 공간과 야지 주행로에서 빠르고 효율적인 방향 전환을 위해 제자리 선회를 주로 활용한다. 본 연구에서는 다물체 동역학과 입자동역학을 연성 해석하여 흙 노면의 변형 특성을 고려한 차량의 제자리 선회 속도에 따른 선회특성을 분석하였다. 본 연구는 오프로드 및 험지 노면을 주행하는 무인 군용 차량의 제어 및 선회 성능평가에 대한 기초 연구 자료로 활용될 것으로 기대된다.

1. 서론

제자리 선회는 차량의 기동성을 향상 시키는 중요한 요소로, 과거에는 주로 무한궤도 전차에서 방향 전환을 위해 수행되었으나, 최근에는 전동화 구동 시스템을 통해 차륜형 차량에서도 가능해졌다. 이에 따라, 무인 군용 차량에서 제한된 공간과 야지 주행로에서 빠르고 효율적인 방향 전환을 위해 제자리 선회를 활용하게 되었다. 제자리 선회에 관한 기존 연구는 마찰계수만을 고려한 제어 및 선회 성능 분석에 대해 이루어졌으며, 비포장도로에서의 노면 변형 특성은 고려되지 않았다. 따라서 본 연구는 이산요소법을 활용해 흙 노면의 특성을 반영한 제자리 선회 특성을 분석하였다.

2. 본론

본 연구는 다물체 동역학 프로그램인 RecurDyn과 입자 동역학해석 자체 프로그램인 Xdynamics⁽¹⁾를 연성 해석하여 흙 노면에서 차량의 제자리 선회 특성을 분석하였다. 사용된 차량 모델은 WEGO Scout 2.0으로, 이 차량은 1개의 차체, 4개의 독립 현가장치, 4개의 바퀴로 구성되어 있다. 제자리 선회를 위해 좌측과 우측 차륜에 반대 방향으로 동일한 크기의 토크를 인가하였으며, 선회 속도에 따른 차량의 무게 중심 위치 변위를 통해 선회특성을 분석하였다. 흙 노면의 특성을 정확히 반영하기 위해 흙 노면을 여러 개의 입자로 모델링하였고, 타이어는 강체로 해석을 수행하였다. 제자리 선회 중 흙 노면의 변형특성을 고려하기 위해 흙 입자 간의 접촉과 타이어와 흙 사이의 접촉 실험을 수행하였고, 파라미터를 도출하여 시뮬레이션을 수행하였다.



Fig. Vehicle modeling on soil road

3. 결론

본 연구는 이산요소법을 활용하여 흙 노면에서의 차량의 제자리 선회 속도에 따른 선회특성을 분석하였으며, 추후 제자리 선회 제어 및 성능평가에 대한 기초 연구자료로 활용될 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 산업통상자원부의 지원을 받아 수행된 “디지털트윈3단계기술 활용 전기수소차 메카트로닉스 모듈 신뢰성 예측검증테마구축”(P0022333)과제의 연구결과임.

REFERENCES

1. Jun, C. W. and Sohn, J. H., “Development of Xdynamics Program for Integrated Analysis of Multibody Dynamics and the Discrete Element Method,” Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol. 44, No. 12, pp. 881-886, 2020.

수중로봇용 유체력 측정을 위한 시험장치 개발

Development of a Test Apparatus to Measure the Fluid Force for Underwater Robot

*김용준¹, 장영진¹, 조한승¹, 박정진², #손정현³, 한중부⁴, 전봉환⁴, 김형우⁴

*Y. J. Kim¹, Y. J. Jang¹, H. S. Cho¹, J. J. Park², #J. H. Sohn(jhsohn@pknu.ac.kr)³, J. B. Han⁴,
B. H. Jun⁴, H. W. Kim⁴

¹ 부경대학교 지능로봇공학과, ² 부경대학교 기계설계공학과, ³ 국립부경대학교 기계공학부,
⁴ 선박해양플랜트연구소 해양시스템연구본부

Key words : Fluid Force, Simulation, Test Apparatus, Underwater Robot

*발표자, #교신저자

심해 환경에서의 수중로봇 실험은 높은 비용과 비효율성으로 인해 수행하기가 현실적으로 어려우므로, 이를 대체하기 위한 시험 장치를 구성하였다. 시험 장치는 유체력의 작용을 받는 물체, 이를 구동하기 위한 모터, 그리고 유체력을 간접적으로 측정할 수 있는 토크센서로 구성된다. 모터를 일정한 각속도로 회전시켜 수중과 공기 중에서 측정되는 토크 반력의 차이를 유체력으로 정의하였다. 물체의 자세와 각속도에 따른 유체력을 분석하였다. 본 연구를 통해 유체 및 동역학의 연성 해석 시뮬레이션을 검증할 수 있으며, 이러한 시뮬레이터는 다양한 수중 환경에서의 로봇 거동을 예측하는 데 활용될 수 있다.

1. 서론

수중 로봇의 거동에 대한 실험적 연구가 수중로봇을 개발하는데 있어서 요구되고 있다. 실제 유체 환경에서 로봇이 거동할 때, 로봇에 작용하는 유체력을 측정하는 데에는 많은 비용과 시간이 소요된다. 본 연구에서는 유체 속에서 운동하는 기구의 유체력 측정 장비를 구축하였으며, 이를 통해 다양한 조건에서의 유체력을 분석하였다.

2. 본론

본 연구에서는 수중에서 작동하는 물체에 작용하는 유체력을 산출하기 위한 시험기구를 Fig.1과 같이 제작하였다. 측정 대상체와 물체를 구동하기 위한 모터, 그리고 유체력을 측정하기 위한 토크센서로 구성한다. Fig.1에 설치된 실린더를 기준으로 회전시 유체력을 측정할 수 있으며, 실린더 대신에 수중로봇의 팔이나 다리를 부착하면 수중로봇의 팔 및 다리에 작용하는 유체력을 측정할 수 있도록 고안하였다. 부착된 모터를 이용하여 일정 회전운동에서 유체력에 의한 축 반력토크를 측정할 수 있도록 하였다. 로봇다리의 형상을 3D 프린터를 이용하여 자세별로 제작하였고, 이들 자세에 따른 유체력을 측정하여 수중에서의 로봇다리의 운동에 따른 유체력을 분석하였다.

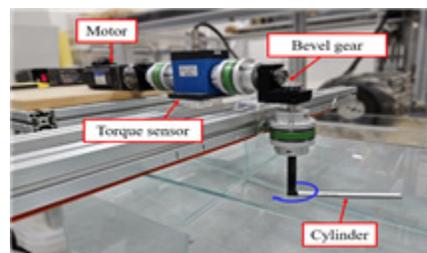


Fig. 1 Experimental setup for fluid force measurement

3. 결론

본 연구에서는 수중로봇 다리에 작용하는 유체력을 측정할 수 있는 장치를 고안하였다. 측정된 유체력 데이터는 수중로봇 설계에 활용할 수 있으며, 동역학과 유체역학의 연성 해석 시뮬레이션시 검증으로도 활용할 수 있다.

후기 본 논문은 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소(KRIT)의 지원을 받아 '보행/유영이 가능한 수중보행로봇 플랫폼 기술'로 수행된 연구결과임 (KRIT-CT-22-066).

자율 비행 드론을 위한 LSTM 기반 배터리 상태 예측에 관한 연구 A study on LSTM-based Battery Status Prediction for Autonomous Drone

*변성준¹, 장재현¹, #이경창¹

*S. J. Byun¹, J. H. Jang¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Drone, UAV, Battery, LSTM

*발표자, #교신저자

자율 비행 드론은 사람의 조작 없이 특정 임무를 수행하는 드론을 의미한다. 이러한 자율 비행 드론은 탐사, 구조, 구조물 결함 검사 등 다양한 분야에서 연구되고 있으며, 리튬 폴리머 배터리(LiPB)를 이용하여 구동된다. 이러한 리튬 폴리머 배터리는 제한적인 용량을 가지기 때문에 자율 비행 드론의 운용에 있어 배터리의 전압, 잔량 등의 배터리 상태를 정확하게 예측하는 것은 안정적인 운용을 위한 매우 중요한 요소이다. 이에, 본 논문에서는 LSTM을 기반으로 한 배터리 상태 추정 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 시계열 배터리 상태 데이터를 LSTM의 입력으로 사용하며, 이후 시점의 배터리의 상태를 예측한다. 실험 결과 제안하는 방법은 안정적으로 향후 시점의 배터리 상태 예측이 가능한 것으로 확인되었다.

후기 본 논문은 민군기술협력사업(과제 : 통신/GPS 음영환경에서의 자율임무 수행용 초소형 지능형 드론 개발, 23-CM-AI-08)의 결과물이며, 국방과학연구소 민군협력진흥원으로 지원받아 수행 중임

FOC 알고리즘에서 PWM 주파수 변화에 따른 고속 팬모터의 구동 효율 Analysis of High-Speed Fan Motor Drive Efficiency According to PWM Frequency Variation in FOC Algorithm

**전금상¹, 이성호²

*#Geum Sang Jeon(geumsang@geri.re.kr)¹, Sung Ho Lee²

¹ 구미전자정보기술원 디지털융합본부 디지털헬스케어연구센터, ² 아이엔티

Key words : High Speed, Fan motor, PMSM, FOC

*발표자, #교신저자

본 연구는 고속 팬모터의 구동 효율을 향상시키기 위해 FOC 알고리즘에서 PWM 주파수를 최적화하는 방법을 제안한다. 특히 PWM 주파수 변화에 따른 스위칭 손실, 전류 리플 및 전압 포화 문제를 분석하고, 최적의 PWM 주파수를 도출하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 공간 벡터(SVPWM), 센서리스 제어 기법을 적용한 FOC 알고리즘을 MATLAB/Simulink 기반의 시뮬레이션을 구현하고 실험을 통해 다양한 PWM 주파수에서의 성능 변화를 분석하여 최적의 주파수를 확인하였다.

1. 서론

FOC 알고리즘은 고속 운전 시 PWM 주파수에 따른 스위칭 손실 증가, 전류 왜곡, 토크 리플 등의 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 FOC 알고리즘에서 PWM 주파수 변화에 따른 효율 변화를 분석하고 최적의 주파수를 찾는 것을 목표로 한다.

2. 고속 팬모터의 FOC 제어

FOC 알고리즘은 회전자 기준 좌표계에서 전류를 d-q 축으로 변환하여 독립적인 토크 및 자속 제어를 수행하는 기법이다. 하지만 고속 운전 및 PWM 주파수가 증가할수록 인버터 손실이 커지며 역기전력 증가로 인해 인버터의 출력 전압이 제한되는 문제가 발생할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

시뮬레이션은 공간 벡터(SV), 센서리스 제어 기법을 적용한 FOC 알고리즘을 MATLAB에서 Simulink 기반으로 시뮬레이션을 구현하였다. 다양한 PWM 주파수(15kHz, 20kHz, 25kHz, 30kHz, 35kHz, 40kHz)에서의 전압 및 전류 응답, 리플 변화 분석을 수행하였다. 실험 결과 PWM 주파수가 증가할수록 전류 리플이 감소하지만, 스위칭 손실이 증가하는 경향을 보이지만 35kHz 이상에서는 전류 리플 감소는 둔화하고 스위칭 손실이 과도하게 증가하는 것을 확인하였다.

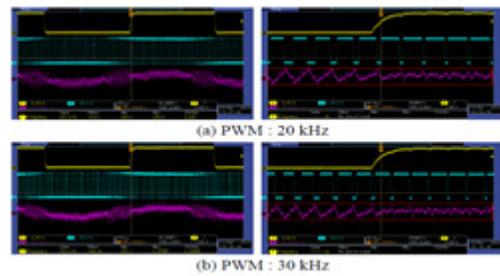


Fig. 1 Test results

4. 결론

본 연구에서는 고속 팬모터의 구동 효율을 향상시키기 위해 다양한 PWM 주파수에서의 성능을 분석하였다. 이를 바탕으로 최적의 PWM 주파수를 설정함으로써 기존 대비 효율 향상을 도모할 수 있음을 확인하였다.

후기 여본 연구는 2022년 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업기술혁신개발사업(S3275637)의 지원을 받아 수행됨.

REFERENCES

1. Yoon-Seok Han, Jung-Soo Choi, Young-Seok Kim, "Sensorless PMSM Drive with a Sliding Mode Control Based Adaptive Speed and Stator Resistance Estimator," IEEE Transactions on magnetics, Vol. 36, No. 5, pp. 3588-3591, 2000.

이미지 기반 실시간 배터리 케이스 결함 분류 알고리즘 개발

Development of battery case defect classification algorithm based on images

*김경민¹, 정한규¹, #정영철¹

*Gyeong Min Kim¹, Han Kyu Jeung¹, #Young Cheol Jeong(ycjeong@kotmi.re.kr)¹

¹ 한국섬유기계융합연구원 AX부품장비연구부

Key words : Automated Defect Detection, 4680 Battery, Quality Inspection System

*발표자, #교신저자

최근 새로운 폼팩터인 4680 배터리의 등장으로 기존 원통형 배터리의 단점을 개선하며 주목받고 있지만, 생산량 증가에 따른 불량률 상승이 문제로 대두되고 있다. 1차적으로 발생하는 결함은 배터리 케이스 스크래치, 주름 및 이물질 등으로 현재는 전체 생산품을 대상으로 육안검사를 진행하고 있어 MLT 증가를 초래하고 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 제조 공정에서의 결함을 실시간 자동 탐지하는 알고리즘을 개발하였다. 이미지 판별 정확도 향상을 위하여 전처리 과정을 활용해 주름 및 이물질을 강조하였으며, 데이터 증강을 적용해 학습 성능을 향상시켜 최종 모델을 실시간 품질 판별 시스템에 적용하였다. 이 연구를 통해 AI 기반 자동화 결함 탐지를 통해 제조업의 품질 관리 및 검사 자동화에 기여할 것으로 기대된다.

후기 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('RS-2024-00441980')

**매니플레이터 및 그리퍼의 지능적 조작 학습을 위한
시뮬레이션 환경에서의 모방학습에 관한 연구**
**A Study on Imitation Learning in Simulated Environments
for Intelligent Control of Robotic Manipulators and Grippers**

*서연주¹, 우다령¹, #이경창¹

*Y. J. Seo¹, D. R. Woo¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Imitation Learning, Manipulation, Teleoperation, End-effector Control

*발표자, #교신저자

최근 인공지능 기술의 발전으로 다양한 산업분야에 로봇 자동화 시스템이 적용되고 있으며, 특히 강화학습을 사용하여 동작을 학습하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 강화학습은 긴 학습 시간과 불안정한 수렴 문제로 인해 복잡하고 정밀한 공정을 수행하기에는 적합하지 않다. 이에 따라 본 연구에서는 인간 작업자의 작업을 모방하여 보다 정밀한 조작을 학습하는 방법에 대해 연구하며, 이를 위해 원격 조작 시스템 및 비전 센서를 이용해 인간 작업자의 시연 데이터를 수집하고 보다 실제적인 시뮬레이션 학습 환경을 구축하여 모방학습을 진행하고자 한다. 향후 시뮬레이션에서의 실험 및 테스트를 통해 학습 안정성과 효율성을 검증하고 복잡한 작업을 학습하여 실제 산업 공정에서의 일반화 가능성을 테스트할 예정이다.

후기 이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원 산업혁신기반구축사업 (과제명 : 제조산업 공정작업용 로봇 엔드이펙터 실증 기반 구축)의 지원을 받아 수행된 연구임

AGV의 실외 위치 추정 누적 오차 보정을 위한 딥러닝 기반 VO 시스템에 관한 연구

Research on A Deep Learning-based VO System to Correct Cumulative Error in Outdoor Position Estimation of AGVs

*강대한¹, 장재현¹, #이경창¹

*D. H. Kang¹, J. H. Jang¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Visual SLAM, Deep Learning, AirVO, Loop Closure

*발표자, #교신저자

기존의 Visual SLAM에서 일반적으로 사용하는 수작업 기반의 특징점 추출 방법은 조명 변화나 급격한 시점 변동과 같은 외부 환경 요인에 따라 특징점 검출 성능이 떨어지는 문제를 갖는다. 이에 따라, 최근 연구에서는 조명 변화, 심한 시점 변화 등의 환경적 변수에도 안정적으로 특징을 검출하기 위해 학습 기반의 특징점 추출 기법을 도입하였다. 이러한 학습 기반의 기법은 안정적 특징 검출이 가능하지만, 장시간 구동 시 나타나는 Visual Odometry의 누적 오차 문제가 존재한다. 이에 본 논문에서는 누적 오차를 보정하기 위한 DBow 기반 Loop Closure 방식을 적용하여 실외 환경에서 보다 강건한 성능을 발휘하는 Visual SLAM 시스템을 구현하였다.

후기

이 논문은 4단계 BK21 사업(스마트로봇융합응용교육연구단)에 의하여 지원되었음.

**LSTM-VAE 모델을 활용한 이온릭 피스톤 압축기
다변량 센서 데이터 분석에 대한 연구**
**A Study on Multivariate Sensor Data Analysis of IONIC Piston
Compressor Using LSTM-VAE Model**

***이재훈¹, 정지현¹, 장재현¹, #이경창¹**

*J. H. Lee¹, J. H. Jung¹, J. H. Jang¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Ionic Piston Hydrogen Compressor, LSTM, VAE

*발표자, #교신저자

이온릭 피스톤 수소 압축기는 이온릭 액체(IONIC Liquid)를 피스톤 형태로 사용하여 상하로 움직이며 가스를 압축하는 기술이다. 수소는 높은 인화성으로 인해 실시간 상태 모니터링이 요구된다. 이에 본 연구에서는 이온 액체 피스톤 압축기의 다변량 센서 데이터 분석을 수행하고자 한다. 다양한 센서 데이터를 실시간 수집되는 시계열 데이터를 활용한 LSTM과 VAE(Variational Autoencoder) 모델을 통해 재구성 오차를 분석함으로써 정상 범주의 데이터 및 센서 간 상관관계를 학습하고자 한다. 정상 데이터는 낮은 오차를, 이상 데이터는 높은 오차를 보이는 특성을 활용하여 수소 압축기의 모니터링 시스템 구축에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : RS-2024-00422128)

End-Effector의 정밀 조작을 위한 LiDAR-Camera 센서 융합 기반의 깊이 맵 보완 및 자세 추정

LiDAR-Camera Fusion for Accurate End-Effector Control via Depth Completion and Pose Estimation

*김정준¹, 이경창^{1#}

*J. J. Kim¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Visual servoing, 6D pose estimation, Sensor fusion, End-Effector

*발표자, #교신저자

엔드이펙터가 작업을 수행하는데 있어, 조작 대상 객체의 정확한 위치와 자세를 추정하고 이를 기반으로 엔드 이펙터를 제어하는 비주얼 서보잉기술이 필수적이며 이를 위해서는 작업 환경에 대한 정확한 깊이 정보가 필요하다. 깊이 센싱 기술의 발전에도 불구하고 단일 비전 센서로는 결측 데이터를 포함하는 깊이 영상이 생성되는 문제가 존재하며 이는 엔드이펙터의 정밀 조작을 저해하는 원인 중 하나이다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 LiDAR와 카메라의 센서 융합을 통해 깊이 맵을 보완하고, 이를 바탕으로 객체의 3D 위치와 자세를 추정함으로써 엔드이펙터의 조작 정밀도를 향상시키는 방법을 제안한다. 센서 융합 모델을 활용해 LiDAR 깊이 맵 결측을 보완하고, ICP 알고리즘을 적용하여 좌표 간 정합을 최적화하여 객체의 위치 및 자세를 추정한다.

후기 이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원 산업혁신 기반 구축사업 (과제명 : 제조산업 공정작업용 로봇 엔드 이펙터 실증 기반 구축)의 지원을 받아 수행된 연구임

해양 환경에서 단시간 내 익수자 표류 경로 예측에 관한 연구 A Study on the Short-Term Drift Trajectory Prediction of Persons Overboard in Marine Environments

*자오 양¹, 강정호¹, #이경창¹

*Yang Zhao¹, Jung-Ho Kang¹, #Kyung-Chang Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Man Overboard, Search and Rescue, Leeway Model, Kelvin Ship Wave

*발표자, #교신저자

해양 산업의 급속한 발전으로 인해 해상 교통사고 및 인명 추락 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 구조 인원이 사고 현장에 얼마나 정확하고 신속하게 도달하느냐는 인명 피해를 줄이는 데 있어 매우 중요한 요소이며, 따라서 높은 정밀도의 추락자 위치 추정 모델을 구축하는 것은 구조 작업에 핵심적인 역할을 한다. 기존 연구들은 주로 장시간 스케일에서의 물체 표류 궤적 예측에 초점을 맞추고 있으나, 실제 구조 작업에서는 시간 요소가 특히 중요하다. Leeway 모델은 바람의 영향을 기반으로 물체의 표류 경로를 예측하는 모델로, 실제 표류 데이터를 통계적으로 분석하여 풍표류 계수를 산출하고, 물체의 움직임을 표류 성분과 오차 성분으로 나누어 예측한다. 그러나 선박이 항해할 때 선체 주변에 항주파가 형성되며, 이는 인명이 추락한 직후의 표류 경로에 큰 영향을 미쳐 Leeway 모델의 단시간 예측 정확도에 오차를 발생시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존 Leeway 모델에 Kelvin Ship Wave를 도입하고, GPS, 풍속, 풍향, 선박 속도, 선박 규모 등의 데이터를 융합하여 보다 정밀한 추락자 위치 예측 모델을 제안한다. 이를 통해 사고 발생 후 10분 이내의 표류 중심 좌표와 오차 범위를 보다 정확하게 추정할 수 있도록 하였으며, 향후 실제 구조 현장에서의 활용 가치를 높이기 위해 모델의 고도화를 지속해 나갈 예정이다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술 협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.(협약번호 UM22311RD3)

임플란트 소재 가공 시스템용 공작물 자동 투입 및 취출을 위한 로봇 적용 표준공정모델 개발

Development of a Robot Applied Standard Process Model for Automatic Injection and Extraction of Workpiece in Ultra-precise Machining System

*이화섭^{1,2}, 염소연¹, 한준세^{1,2}, 곽은지^{1,2}, #최두선¹

*Hwa-Sub Lee^{1,2}, So Yeon Yeum¹, Jun Sae Han^{1,2}, Eun-Ji Gwak¹,

#Doo-Sun Choi(choids@kimm.re.kr)^{1,2}

¹ 한국기계연구원 나노융합연구본부 나노리소그래피연구센터, ² 과학기술연합대학원대학교(UST)

Key words : Ultra-precise Machining, Robot-applied Process, Automatic System

*발표자, #교신저자

초정밀 가공 시스템은 마이크로 혹은 나노스케일의 가공을 수행하며 높은 수준의 형상 정밀도를 요구하는 공정이다. 가공 공정 외의 공작물의 투입과 취출, 세척 등의 과정은 수작업으로 진행되며, 작업자의 숙련도에 따라 세팅에 소요되는 시간, 최종 가공 품질 등이 좌우되는 문제가 있다. 이러한 인적 요인에 의한 영향을 최소화하기 위해 로봇을 적용한 자동화 공정의 도입이 필요하다. 본 연구에서는 임플란트 소재 가공 시스템의 전체 수송 공정을 협동로봇이 담당하는 표준공정모델을 개발하였다. 개발된 모델은 하나의 협동로봇을 중심으로 구축되며, 작업자가 적재대에 공작물을 장착하면 협동로봇에 의해 전체 공정이 자동으로 수행된다. 시뮬레이션 결과 로봇 적용 후 생산성 2배 증가 및 불량률 저하의 효과가 기대된다.

후기 본 연구는 2025년 산업통상자원부 '기계·장비산업기술개발-제조기반생산시스템과제' 및 '기계·장비산업기술개발-제조장비실증과제'의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.20023932, 20023590)

무인 실험실 실시간 공정 모니터링을 위한 Laboratory Execution System Laboratory Execution System for Real-Time Process Monitoring in Unmanned Laboratory

*오유근¹, #유찬영², #황진하²

*Youkeun Oh¹, #Chanyoung Yoo(cyyoo@hongik.ac.kr)², #Jin-Ha Hwang(jhwang@hongik.ac.kr)²

¹홍익대학교 기계·시스템디자인공학과, ²홍익대학교 신소재공학과

Key words : Laboratory Execution System, Laboratory Automation, Real-time Monitoring

*발표자, #교신저자

디지털 전환이 진행됨에 따라 인간의 노력에 의존해왔던 복잡하고 시간 소모적인 실험이나 분석 과정을 자동화 및 자율화하려는 추세가 강화되고 있다. 제조 분야에서는 제조 실행 시스템(MES, Manufacturing Execution Systems)을 활용해 제조 공정의 모든 단계를 실시간으로 모니터링하고 제어합니다. MES의 개념을 실험, 분석, 합성 등 실험실 기반의 프로세스에도 적용할 수 있다. 본 연구는 프로톤 세라믹 전해 전지(Protonic Ceramic Electrolysis Cells)의 제작 공정을 자동화하기 위한 실험실 실행 시스템(LES, Laboratory Execution System)을 구축하는 것을 목표로 한다. LES 구축을 위해, 데이터베이스 스키마는 자재(materials), 장비(equipment), 공정(process), 작업 지시서(work orders), 실시간 공정 데이터 모니터링(real-time monitoring) 등의 테이블로 구성된다. 공정 자동화는 시편을 잡고, 이동시키고, 배치하는 등의 작업을 로봇 매니플레이터가 수행하거나, 맞춤형 장비들을 서버에서 실행되는 오케스트레이션 프로세스를 통해 직접 제어하는 방식으로 구현된다. 본 연구에서 개발한 실험실 실행 시스템은 프로톤 세라믹 전해 전지의 제작 공정을 자동화하여 복잡한 절차를 간소화하고 수작업을 줄여 줄 것으로 판단된다. 이 시스템은 향후 실험실 자동화의 효율성, 정밀성, 확장성을 향상시키고 나아가 자율 무인 실험실을 구축하는데 기여할 것으로 기대한다.

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-디지털연구혁신선도기관육성사업(RS-2023-00283902)과 한국연구재단-나노 및 소재기술 개발사업(RS-2024-00448287)의 지원을 받아 수행된 연구임.

수소충전소용 이온닉 피스톤 압축기 센서 모니터링 구축에 관한 연구

A Study on the Monitoring Construction of Ionic Piston Compressor Sensor for Hydrogen Charging Station

*전은수¹, 정지현¹, 장재현¹, 이경창¹

*E. S. JEON¹, J. H. JUNG¹, J. H. JANG¹, *K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Hydrogen Compression, Hydraulic Pump, Real-time Monitoring System, PHM

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 이온닉 수소 압축기의 안정적 운영을 위해 센서 기반 통합 모니터링 시스템 구축에 관한 연구를 수행한다. 수소는 청정에너지 시대를 선도하는 핵심 자원으로, 다양한 산업 분야에서 활용이 확대되고 있다. 특히 수소 압축기는 높은 인화성과 압축 과정의 복잡성으로 인해 실시간 상태 모니터링과 이상 감지가 필수적이다. 본 연구에서는 실시간으로 수집되는 시계열 데이터를 바탕으로 이상 상태를 조기에 감지하여 모니터링 시스템을 활용하여 LSTM-VAE 모델을 사용하여 이상 탐지를 목표로 연구를 제안한다. 제안하는 방법은 전력 센서 및 데이터 인터페이스 분석을 바탕으로 모니터링 서버 설계하며 이를 통해 수소 설비의 예지 보전 및 안전성 확보에 최적화된 센서 기반 통합 모니터링 시스템을 구축한다.

후기 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : RS-2024-00422128)

진동 기반 건전성지수 구축 및 내구시험 조기 판단 시스템 개발 Development of a Vibration-Based Health Index and Early Decision System for Bearing Endurance Testing

*백현진¹, 이현준^{1,2}, 최주호², #윤해성^{1,2}

*Hyun-Jin Baek¹, Hyun Joon Lee, Joo-Ho Choi, #Hae-Sung Yoon(hsyoon7@kau.ac.kr)²

¹ 한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, ² 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Bearing Prognostics, Health Index, Remaining Useful Life (RUL), Vibration Signal

*발표자, #교신저자

차량 핵심부품인 휠 베어링의 수명 예측 기술은 빠른 제품개발과 신뢰성 향상을 위한 필수 요소이다. 국제표준 ISO 기준에 기반한 기존 베어링 수명 평가 방식은 조기 결함 감지가 어려우며, 고장 시점에 임박해서야 진동 RMS가 급격히 증가하여 실질적인 조기 예측이 불가능하다. 이로 인해 내구시험 시간이 과도하게 소요되는 한계가 존재한다. 본 연구는 베어링 결함의 열화 특성을 정량적으로 반영할 수 있는 효과적인 건전성지수(Health Index)를 새롭게 구축하고, 이를 기반으로 고장을 조기에 예측하며 잔존수명(RUL) 수렴 조건을 활용한 내구시험 조기 중단 판단 시스템을 제안한다. 이를 통해 내구시험의 효율을 높이고, 베어링 신뢰성 평가의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

후기 이 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었으며 (No. NRF-2022R1F1A1063896), 이에 감사드립니다.

가변속도 조건에서 정규화를 이용한 정상 데이터 기반 회전체 고장 진단 A Study on Rotating Machinery Fault Diagnosis Based on Normal Data Using Normalization Under Variable Speed Condition

*박보경¹, 이태호², #윤해성^{1,2}

*Bo Kyung Park¹, Tae Ho Lee², #Hae-Sung Yoon(hsyoon@kau.ac.kr)^{1,2}

¹ 한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, ² 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Rotating Machinery, PHM, Normalization, Mahalanobis distance

*발표자, #교신저자

회전체(rotating machinery)는 다양한 산업 분야에서 널리 활용되며, 그 고장은 생산성과 공정 운영에 차질을 초래할 수 있다. 따라서 이상을 사전에 감지하고 지속적으로 모니터링하는 것이 필수적이며, 이를 위해 최근에는 PHM(Prognostics and Health Management) 기술을 활용한 이상 감지 및 고장 진단 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 기존 연구들은 대부분 일정한 속도 조건과 고장 데이터를 기반으로 모델을 구축해 왔으며, 실제 산업 현장에서는 다양한 운전 조건에서 정상 및 고장 데이터를 모두 확보하는 것이 시간과 비용 측면에서 한계가 있다. 이에 따라 본 연구는 PHM 기술을 기반으로 최소한의 정상 데이터만을 활용하여 가변속도 환경에서도 복잡한 고장을 진단할 수 있는 기법을 제안한다.

후기 이 연구는 2025년도 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다.(No. NRF-2022R1F1A1063896).

해수면 노이즈에 강인한 UAV 기반 익수자 탐지에 관한 연구 A Study on UAV-based Drowning Victim Detection Robust to Sea-surface Noise

*강정호¹, 자오 양¹, #이경창¹

*J. H. Kang¹, Y. Zhao¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Deep Learning, Maritime Object Detection, Attention Module, Victim Detection

*발표자, #교신저자

본 논문은 파도, 빛반사 등 해수면의 시각적 간섭이 강하게 나타나는 근거리 해상 환경에서의 익수자 탐지 성능 향상을 위해 객체 중심적 어텐션 모듈을 제안한다. 실제 해양 구조 시나리오를 반영하여 다양한 파도 조건, 조도, 카메라 각도에서 촬영한 근거리 익수자 데이터를 수집하고, 마네킹과 실제 사람을 활용하여 구축한 새로운 데이터셋을 활용하였다. 제안된 어텐션 모듈은 특징 맵 내에서 객체와 배경의 수평 및 수직 edge 강도 차이를 기반으로 익수자 객체에만 주의를 집중하며, 해수면 배경으로 인한 오탐을 억제한다. 실험 결과, 기존 어텐션 모듈 대비 근거리 탐지 성능이 향상되었으며, 특히 해수면 노이즈가 강한 상황에서도 높은 정밀도와 견고한 성능을 유지함을 확인하였다.

후기 본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.(협약번호 UM22311RD3)

클러스터링 된 환경에서의 밀기 및 파지 지점 예측에 관한 연구 A Study on Predicting Push and Grasp Points in Clustered Environments

*우다령¹, #이경창¹

*D. R. Woo¹, J. H. Kang¹, J. W. Kim², #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : Deep reinforcement learning, Robot arm control, Pushing, Grasping

*발표자, #교신저자

최근 매니플레이터를 이용한 자동화 설비가 다양한 산업 분야 및 공정에 적용되고 있으며, 객체들이 서로 밀집되어있는 클러스터링 된 환경에서의 작업이 증가하고 있다. 이에 따라 객체들이 서로 밀접하게 배치된 구조화 되지 않은 환경에서 엔드이펙터가 객체와 충돌 없이 파지 작업을 수행할 수 있도록 밀기 동작을 통해 객체를 분리하고 파지를 실행하는 밀기 및 파지 협업 동작 학습 정책이 제안되고 있다. 그러나 이러한 기존 연구들은 학습된 밀기 동작이 객체를 제대로 분리하지 않거나 적절하지 않은 지점에서 실행되는 등 비합리적인 밀기 동작이 학습된다는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 파지 성공률 및 작업 효율성 향상을 위해 엔드이펙터의 최적의 밀기 및 파지 동작 지점 예측에 관한 연구를 수행하고자 한다.

후기 이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원 산업혁신기반구축사업(과제명 : 제조산업 공정작업용 로봇 엔드이펙터 실증 기반 구축)의 지원을 받아 수행된 연구임

패턴 인식 및 PCA 기법을 통한 객체 파지 지점 예측에 관한 연구

A Study on the Prediction of Object Gripping Points through Pattern Recognition and PCA Techniques

*오혜림¹, 우다령¹, #이경창¹

*H. L. Oh¹, D. R. Woo¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹ 국립부경대학교 지능로봇공학과

Key words : End-Effector, Vision, Pose Estimation, Pick and Place

*발표자, #교신저자

최근 제조시설의 생산성 증가를 위해 고속 반복 작업이 필요한 공정에 매니플레이터를 사용한 자동화 설비를 도입하는 사례가 증가하고 있으나 기존의 Pick and Place 시스템은 주로 고정된 위치에서 객체를 인식하고 이동시키는 방식에 의존하고 있다. 실제 공정 환경의 생산라인에서는 컨베이어 벨트와 같은 작업 영역에서 파지 대상 객체의 위치가 빠르게 변동될 수 있어 더욱 효율적이고 유연한 시스템 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 OpenCV를 이용한 객체 인식 및 PCA를 통한 객체의 위치와 자세 추정 기법을 결합하여, 다양한 위치에서 객체를 정확히 인식하고 파지할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다.

후기 이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원 산업혁신기반구축사업(과제명 : 제조산업 공정작업용 로봇 엔드이펙터 실증기반 구축)의 지원을 받아 수행된 연구임.

강화학습 기반 자율주행 시뮬레이션 Autonomous Driving Simulation Based on Reinforcement Learning

*장정서¹, #손정우²

*Jeong Seo Jang¹, #Jung Woo Sohn(jwsohn@kumoh.ac.kr)²

¹국립금오공과대학교 대학원 항공기계전자융합전공. ²국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Autonomous Driving, Reinforcement Learning, Autonomous Emergency Braking, Virtual Environment

*발표자, #교신저자

본 연구는 자율주행 차량의 충돌 예방을 위한 자율 긴급 제동 시스템을 제안한다. CarMaker와 Matlab Simulink를 연동한 시뮬레이션 환경에서 DDPG 기반 강화학습 알고리즘을 적용한다. 센서 데이터를 활용해 복잡한 교차로 환경 등에서 위험 요소를 신속하게 감지하도록 시스템을 설계하였다. 시뮬레이션 결과, 안정적이고 효율적인 주행 제동 성능을 입증하였다. 향후 다양한 상황을 고려한 추가 검증을 통해 시스템의 범용성을 높일 계획이다.

1. 서론

자율주행 기술은 최근 급격한 발전을 이루며 미래 모빌리티의 핵심 기술로 자리잡고 있다. 특히, 긴급 제동 시스템은 운전자와 보행자의 안전을 보장하는데 필수적인 역할을 수행한다. 기존 시스템은 주로 고정된 규칙이나 한정된 조건에서 작동하여 예상치 못한 상황에 대응력이 부족하다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 강화학습을 접목한 새로운 자율 긴급 제동 시스템을 제안한다. 센서 데이터를 실시간으로 분석하여 다양한 교차로 환경에서 발생할 수 있는 위험 상황을 빠르게 감지하고, 적절한 제동을 하도록 설계한다. CarMaker와 Matlab Simulink를 통합한 시뮬레이션 환경을 구성하여 실제 차량의 동역학 정보를 반영하여 기존 모델의 한계를 극복하고 인간 운전자와 유사한 대응 능력을 구현할 수 있도록 한다.

2. 본론

교차로 환경에서 자율주행 차량이 주변 환경의 정보를 신속하게 인지하고, 차량의 상태를 실시간으로 모니터링하며 속도를 줄이거나 멈추도록 시스템을 설계하였다. 본 연구에서는 강화학습 기반 자율주행 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. CarMaker를 사용하여 센서 구현, 시뮬레이션 검증 및 평가를 수행하였으며 Matlab Simulink를 연동하여 강화학습 모델을 구현해 주었다. 이를 통해 시스템의 능력을 분석하고, 다양한 도로 조건과 상황에서 따른 성능 변화를 확인하였다.

3. 결론

본 연구에서는 CarMaker와 Matlab Simulink를 연

동한 시뮬레이션 기반 강화 학습을 적용한 자율 긴급 제동 시스템을 제안한다. 시뮬레이션 결과, 제안된 시스템은 센서 데이터를 효과적으로 융합하여 위험 상황을 신속하게 감지하고, 충돌 방지를 위해 제동하는 것을 확인하였다. 추후 다양한 날씨 조건, 복잡한 도로 환경에서 시뮬레이션을 추가하여 시스템의 범용성을 강화하고, 실제 차량 적용 가능성을 높이기 위한 추가 연구를 진행할 예정이다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-NR076925).

REFERENCES

1. Chae, H., Kang, C. M., Kim, B., Kim, J., Chung, C. C., & Choi, J. W. (2017, October). Autonomous braking system via deep reinforcement learning. In 2017 IEEE 20th International conference on intelligent transportation systems (ITSC)(pp.1-6). IEEE.

포화 증기압 기반 폴리머 열접합 자동화 시스템 개발

Automated Polymer Thermal Bonding System Utilizing Saturated Vapor Pressure Control

*민태인¹, 배근동², 안건찬², #박태현¹

*Tae In Min¹, Geun Dong Bae², Geon Chan An², #Tae Hyun Park(taehyun@kyungnam.ac.kr)¹

¹ 경남대학교 기계공학부, ² 경남대학교 기계융합공학과, ³ 경남대학교 기계공학부

Key words : Thermoplastic Fusion Bonding, Saturated Vapor Pressure, Pressure Chamber, Bonding Unit

*발표자, #교신저자

This study presents an automated polymer thermal bonding system optimized for micro/nano-scale applications. Unlike conventional systems that integrate the pressure chamber and bonding unit, this system separates them to enable independent control of temperature, pressure, and bonding time. A saturated vapor pressure mechanism and digital interface support real-time optimization and precise adjustments. Experimental results show improved bond uniformity and reproducibility under varying conditions. The system reduces bonding time, automates monitoring, and minimizes human intervention, enhancing manufacturing efficiency. It is well-suited for scalable production of microfluidic devices, lab-on-a-chip platforms, and biomedical applications.

1. 서론

폴리머 기반 미세 유체장치는 채널 내부 유동 및 오염 방지를 위한 정밀한 접합 공정이 필수적이다.^[1] 열접합 공정은 간편하고 채널 오염이 적으며 접합력이 우수하나, 핫프레스 방식은 온도와 압력의 균일 제어에 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 유체의 끓는점 특성을 활용하여 온도와 압력을 정밀하게 제어할 수 있는 폴리머 자동화 열접합 시스템을 개발하였다.

2. 본론

본 연구에서는 기존 열접합 시스템의 한계인 온도 및 압력의 정밀 제어 문제를 해결하기 위해, 압력 챔버와 접합 유닛을 분리한 자동화 시스템[Fig.1]을 개발하였다. 포화 증기압 원리를 활용하여 유체를 가열한 뒤 내부 압력을 균일하게 유지할 수 있도록 설계하였고, 디지털 제어 인터페이스를 통해 온도, 압력 그리고 접합 시간을 독립적으로 설정 및 모니터링할 수 있다.

3. 결론

개발된 폴리머 자동화 열접합 시스템은 기존 열접합 대비 우수한 접합 품질과 높은 재현성을 확보할 수 있었다. 인장 시험 결과, 접합부의 최대 하중과 인장 강도가 일정 수준 이상 유지되었으며, 접합시 내부 기포 형성이 줄고 균일한 접합 상태를 확인하였다. 온도와 압력 제어가 정밀하게 수행되며, 반복 실험 시에도 안정적인 결과가 도출되었다. 본 장비는 고품질의 미세 유체장치 생산뿐 아니라 다양한 폴리머 기반 디바이스 제

작에도 적용 가능성이 높으며, 향후 최적의 접합 조건 설정을 통해 활용 범위를 더욱 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

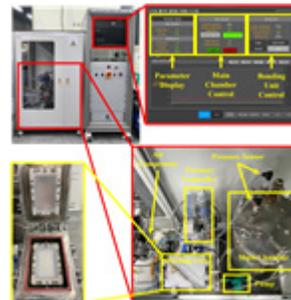


Fig. Automated Thermal Bonding System

후기 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025RS2024-00436773)

REFERENCES

1. Chin, C. D., Linder, V. and Sia, S. K., "Lab-on-a-chip devices for global health: Past studies and future opportunities," Lab on a Chip, Vol. 7, pp. 1094-1110, 2007, <https://doi.org/10.1039/B611455E>.

매니플레이터 원격 제어를 위한 위치 및 각도 센서 기반의 가상 조이스틱 Virtual Joystick based on Position and Orientation Sensors for Remote Operation of Manipulator

박현빈¹, *장정훈², 우찬민², 김승혁², #주백석²

*Hyunbin Park¹, Jeonghun Jang², Chan Min Woo², Seunghyeok Kim²,

#Baeksuk Chu(bschu@kumoh.ac.kr)³

¹ 국립금오공과대학교 항공기계전자융합전공, ² 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Manipulator, Remote Control, Position and Orientation Sensor, Joystick

*발표자, #교신저자

로봇은 정형화된 환경에서는 자동화 시스템으로 구동되며, 비정형 환경에서는 사람이 직접 제어한다. 본 논문에서는 비정형 환경에서 원격으로 매니플레이터를 제어하기 위한 위치/각도 센서 기반 가상 조이스틱 기술을 개발하였다. 개발에 사용된 센서는 수신기와 송신기로 구분되며, 상대 위치와 각도를 측정할 수 있다. 수신기는 제어실에 배치되고 송신기는 사람의 손과 어깨에 부착되어 어깨에서부터 손까지의 상대 위치와 방향을 추정할 수 있다. 추정된 위치와 각도를 매니플레이터 엔드이펙터의 위치, 방향과 연동하여 사람 팔의 동작을 1대1로 연동할 수 있는 제어를 구현하였다. 개발한 가상 조이스틱을 이용하면 직관적으로 매니플레이터를 제어할 수 있어 비정형 환경에서의 작업 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

후기 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(K_G012001843204).

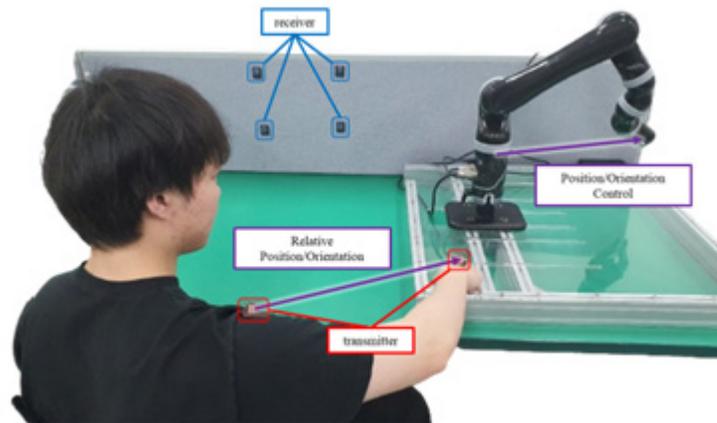


Fig. 1 Sensor-based position and orientation control

REFERENCES

1. Yamashita, K., Kato, Y., Kurabe, K., Koike, M., Jinno, K., Kito, K., Tatsuno, K., and Sqalli, M. T., "Remote operation of a robot for maintaining electric power distribution system using a joystick and a master arm as a Human Robot Interface medium," 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), Nagoya, Japan, pp. 1-7, 2016.

**미세조류 분리를 위한 정상초음파 기반
비접촉식 트래핑의 다물리 시뮬레이션**
**Multiphysics Simulation of Non-Contact Trapping
Based on Ultrasonic Standing Waves for Microalgae Separation**

***#김광호¹**

*#Gwang Ho Kim(ghkim@kopo.ac.kr)¹

¹ 한국폴리텍V대학 광주캠퍼스 기계시스템과

Key words : Ultrasonic Standing Wave, Non-Contact Trapping, Multiphysics, Acoustic Manipulator

*발표자, #교신저자

Ultrasonic standing waves have gained increasing attention in recent years for their ability to manipulate microscopic particles in a non-contact and label-free manner. This technique has shown particular promise in biomedical and environmental applications, including cell sorting, particle concentration, and microalgae separation. Microalgae, as a sustainable source for biofuels and bioproducts, require efficient and selective separation methods from culture media to enhance downstream processing. Traditional filtration or centrifugation methods often suffer from mechanical stress and low specificity, making non-contact acoustic techniques an attractive alternative. A non-contact trapping system based on ultrasonic standing waves was analyzed through multiphysics simulation approach to evaluate its applicability for microalgae separation. COMSOL Multiphysics software was employed to simulate the spatiotemporal propagation of acoustic waves and the formation of trapping regions in a microalgae culture medium. The results revealed distinct regions of high acoustic pressure capable of stably trapping micro-scale particles. Ultrasonic standing wave-based trapping systems can effectively separate microalgae from the culture broth without physical contact, which offers significant advantages for bioseparation processes in microfluidic and lab-on-a-chip applications.

포스터발표

열유체/유체기체

좌장 : 하태광(조선대)

집진 설비의 포집효율에 따른 터널 내 초미세먼지 농도 예측 연구
Prediction of Ultrafine Dust Concentration in a Tunnel according to the
Collection Efficiency of a Dust Removal System

*강현민¹, #육세진¹

*Hyeon-Min Kang¹, #Se-Jin Yook (ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : Tunnel, Ultrafine Dust, Particle Concentration, Dust Removal System, Collection Efficiency

*발표자, #교신저자

최근 대기질에 대한 사회적 관심이 높아지면서, 지하 공간에서의 초미세먼지 문제 역시 주목받고 있다. 초미세먼지는 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 크기의 입자 형태의 물질이며, 호흡 시 폐 깊숙이 침투해 폐포를 자극하고 손상시켜 호흡기 건강에 심각한 영향을 줄 수 있다. 지하철 터널 내 초미세먼지는 레일과 차량 바퀴 간의 마찰 등으로 인해 발생할 뿐만 아니라, 지상의 대기 중에 존재하는 초미세먼지가 급기실을 통해 터널로 유입되는 양에도 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는, 국내 초미세먼지 예보 등급에 따른 다양한 외기 초미세먼지 농도 조건을 고려하여, 터널에 설치된 집진 설비의 포집효율에 따른 터널 내 초미세먼지 농도의 변화를 분석하였다.

후기

This research was supported by public demand based innovative product development and demonstration project (NRF-2021M3E8A2100390).

방전극 형상 최적 설계를 통한 전기집진기 성능 개선 연구

Performance Improvement of Electrostatic Precipitators through Optimal Design of Discharge Electrode Geometry

황석주¹, *#육세진¹

Seok-Ju Hwang¹, *#Se-Jin Yook(ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : Collection Efficiency, Electrostatic Precipitator, Discharge Electrode, Optimal Design

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 여러 개의 톱니형 방전극과 하나의 원통형 집진판을 갖는 전기집진기를 고려하였다. 방전극은 톱니 모양 돌기가 있는 원형 판이었다. 집진 효율은 세 가지 기하학적 매개변수(방전극의 바깥쪽 직경, 전극판 간 거리, 돌기 수)를 이용한 시뮬레이션을 통해 분석되었다. 다구찌 기법을 이용하여 방전극 형상을 최적화함으로써 집진 효율이 가장 높은 매개변수의 조합을 선택하였다. 시뮬레이션 결과로부터 도출된 방전극의 최적화 형상을 실물로 제작한 후, 집진 효율을 측정하는 실험을 진행하였다. 최적 형상의 전기집진기는 동일 전력에서 대조군 형상 대비 집진 효율이 대략 15% 정도 높게 나타났다. 다양한 유형의 전기집진기 방전극 형상의 최적화를 통해 집진 효율을 개선함으로써 효율적인 설비의 운용에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20217010100110).

균일 크기의 입자를 분류하기 위한 4단 관성 분류 장치 개발 Development of a Four-Stage Inertial Separation Device for Classifying Uniform-Sized Particles

*마수창¹, #육세진¹

*Su-Chang Mah¹, #Se-Jin Yook(ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : Inertial Separation, Size Classification, Uniform Size, Aerosol Particles

*발표자, #교신저자

미세입자의 크기에 따른 영향을 분석하기 위해서는 균일한 크기의 입자 분류 기술이 필수적이다. 기존의 단분산성 입자 분류 방법은 높은 제작 단가와 대량 생산의 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 물리적인 방법으로 단분산성 입자를 분리할 수 있는 새로운 4단 관성 분류 장치를 개발하였다. ANSYS FLUENT를 활용하여 내부 유동 및 에어로졸의 거동을 분석하였고, 시뮬레이션을 통해 관성 분류 장치의 각 단계에서 분리된 입자의 기하학적표준편차(GSD)를 구하여 성능을 예측하였다. 시뮬레이션을 통해 도출된 4단 관성 분류 장치를 실물 제작하여 실험을 진행한 결과, 단분산성 입자가 효과적으로 분류됨을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 기술은 향후 단분산성 입자의 대량 생산 및 저비용 공정 설계에 크게 기여할 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2024-00346834).

보호판을 이용한 원형 기판의 입자 오염 저감 방안 개발

Development of a Protective Plate-Based Approach to Minimize Particle Contamination on Circular Substrates

*김예준¹, #육세진¹

*Ye-Jun Kim¹, #Se-Jin Yook(ysjnuri@hanyang.ac.kr)¹

¹한양대학교 기계공학부

Key words : Particle Contamination, Deposition Velocity, Circular Substrate, Protective Plate

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 원형 기판의 입자 오염을 방지하기 위한 보호판 형상의 최적화를 진행하였다. 보호판 형상의 최적화를 위한 변수로 원형 기판의 회전 속도, 하강기류의 속도, 보호판의 설치 높이, 그리고 보호판의 크기를 설정하였다. 입자 침착속도의 개념을 이용하여 원형 기판 표면이 주어진 환경에서 입자에 의해 오염되는 정도를 정량적으로 비교하였다. 여기서, 입자 침착속도는 기판 주위 공기의 입자 수농도 조건에서 단위 시간당 단위 면적당 기판 표면으로 침착되는 입자 수를 나타낸다. CFD 시뮬레이션을 통해 입자 침착속도를 예측하였고, RSM 기법을 사용하여 보호판 형상의 최적화를 진행하였다. 본 연구에서 도출된 보호판을 사용하면, 회전하는 원형 기판의 표면이 입자에 의해 오염되는 것을 크게 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2024-00346834).

인공신경망(ANN)을 이용한 직선형 및 갈래형 핀을 갖는 원통형 방열판의 다목적 최적화

*최승혁¹, 최종명¹, 이승우¹, #곽동빈¹

*S. H. Choi¹, J. M. Choi¹, S. W. Lee¹, #D. B. Kwak(dbkwak@seoultech.ac.kr)¹

¹ 서울과학기술대학교 MSDE 학과

Key words : Natural Convection, Straight and Forked Fins, Artificial Neural Network, Multi-Objective Optimization

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 원형 칩 온 보드(COB) 타입 LED 장비의 방열판 설계를 최적화하였다. 수치 모델은 실험을 통해 검증되었으며, 인공신경망(ANN) 모델을 개발하여 열 성능을 예측하였다. 또한, 굽뚝 모양의 공기 흐름과 핀이 갈라지는 지점이 열 성능에 미치는 영향을 분석하였다. ANN의 예측 결과를 활용하여 열 성능 변화 경향을 검증하고, 다목적 최적화를 수행하여 파레토 전선(Pareto front)을 기반으로 다양한 설계를 도출하였으며, 이를 통해 최적 설계안을 제시하였다. 본 연구는 인공신경망 기술을 활용하여 기존에 충분히 탐색 되지 않은 방열판 설계를 제안한다.

1. 서론

LED는 전력 소비 대비 높은 광출력을 가지는 효율성과 우수한 내구성을 갖추고 있지만, 작동 중 발생하는 열로 인해 효과적인 열 관리가 필수적이다. 자연 대류 기반 방열판, 특히 원통형 방열판은 균일한 기류를 형성하고, 추가적인 에너지 소비 없이 열 관리가 가능하다는 장점이 있다. 삼각형 핀이나 천공형 핀 같이 복잡한 핀 구조는 열 저항을 낮추는 데 효과적이지만, 제조 과정이 까다롭다는 단점이 있다. 이에 반해, 직선형 및 갈래형 핀은 냉각 성능과 제조 용이성 사이의 균형을 유지하는 실용적인 대안이 될 수 있다. 본 연구에서는 자연 대류 환경에서 교차 배열된 직선형 및 갈래형 핀이 적용된 원통형 방열판의 최적화에 초점을 맞춘다. 기존 방열판 연구와 달리, 다변수 최적화를 위해 인공신경망(ANN)이 활용되었다.

2. 연구 방법

이 프로젝트는 실험, 수치 해석, 인공신경망을 이용한 최적화, 총 세 가지 주요 단계로 구성된 구조적 프로세스를 따라 진행되었다. 각 단계는 유기적으로 연결되어 있어, 결과를 지속해서 개선하고 검증함으로써 연구 결과의 신뢰성을 높이고, 설계 개선을 보다 효율적으로 탐색할 수 있도록 하였다.

3. 결론

본 연구는 직선형 및 갈래형 핀이 적용된 원통형 방열판을 이용한 LED 열 관리에 대해 다룬다. 수치 분석 결과, 직선형 핀만 적용된 방열판(1)과 직선형 핀과 갈래형 핀이 교차로 적용된 모델(2)을 비교했을 때, 본 연구에서 제안한 참조 모델(2)은 핀 사이의 온도가 기존 모델(1)보다 낮았으며, 그로 인해 냉각 성능이 향상되었다. 또한, ANN 모델과 참조 모델(2)을 이용하여 효율적인 설계를 분석한 결과, ANN 모델은 기존 참조 모델(2) 대비 열 저항이 감소하였고, 질량 또한 기존보다 가벼워져 LED의 냉각 성능과 수명을 올림과 동시에 제조에서의 이점도 높였다. 이에 더해, 해석 가능성을 높이기 위해 설계 도구를 웹 기반 형식으로 제공하여, 사용자가 정의한 사례에 대해 최적화 변수를 계산할 수 있도록 하였다.

CMP Slurry 내 나노입자 크기 분포 및 실시간 모니터링 시스템

*조용재¹, 강재원¹, 조성민¹, 이유선¹, 조민철², 노정훈², 이현기³, #곽동빈¹

*Yongjae Cho¹, Jaewon Kang¹, Seongmin Cho¹, Yusun Lee¹, Mincheol Cho², Jeonghun Noh², Hyeonggi Lee³,

#Dong-bin Kwak(dbkwak@seoultech.ac.kr)¹

¹ 서울과학기술대학교 MSDE학과, ² 고등기술연구원, ³ TSI Instruments Singapore PTE LTD

Key words: CMP Slurry, Metrology, Nanoparticle, In-line Monitoring

*발표자, #교신저자

반도체의 미세화에 따라 CMP 공정의 중요성이 대두되고 있다. CMP 공정에 쓰이는 슬러리 내 나노 입자 크기 분포는 웨이퍼 평탄화 균일성에 결정적 요인 중 하나이다. 기존 액체 기반 입자 측정(예: DLS, LPC)은 크기가 다른 입자들의 혼합물인 경우 다중 피크가 확인되지 않는 한계가 있으며, 기포 오인으로 인한 입자 계수 오차가 발생한다^[1-2]. 이 연구에서 제안하는 실시간 에어로졸 기반 입자 측정은 전기 이동도에 따라 입자를 크기별로 분류 및 계수하여 다중 피크 재현성을 보장하며, 기포 오인이 발생하지 않는다^[3]. 이를 통해, 실시간 계측 및 분석으로 공정 내 이상 징후를 즉시 탐지할 수 있다. 이는, 웨이퍼 품질 개선 및 반도체 공정 내 결함을 줄이는 데 크게 기여할 수 있다.

참고 문헌

1. Van Schooneveld, G., Litchy, M.R. and Grant, D.C., "A New Method for Determining the Size Distribution of Particles in CMP Slurries," Proceedings of the 2010 International Conference on Planarization/ CMP Technology, pp. 348-351, 2010.
2. Shin, C., Choi, J., Kwak, D., Kim, J. and Yang, J., "Evaluation of Size Distribution Measurement Methods for Sub-100 nm Colloidal Silica Nanoparticles and Its Application to CMP Slurry," ECS Journal of Solid State Science and Technology, Vol. 8, pp. P3195-P3200, 2019.
3. Tang, M., Chen, S.-C. and Pui, D.Y.H., "An Improved Atomizer with High Output of Nanoparticles," Journal of Aerosol Science, Vol. 124, pp. 10-16, 2018.

**과불화화합물의 전기화학적 검출 및 에너지 저장을 위한
CNT 기반 GdCoBi 삼원 금속산화물 나노 복합체
CNT Functionalized GdCoBi Ternary Metal Oxide Nanocomposite for
Electrochemical Detection of Perfluorooctanoic Acid and Energy Storage
Applications**

***이원철¹, #정창윤¹**

^{*}Yuanzhe Li¹, [#]Changyoon Jeong(yoonni22@yu.ac.kr)¹

¹영남대학교 기계공학과

Key words : CNT@GdCoBi NCs, Supercapacitor, Electrochemical Sensing

*발표자, #교신저자

This study introduces a novel electrode material, CNT@GdCoBi NCs, by integrating Gd₂O₃, Co₃O₄, and Bi₂O₃ ternary metal oxides with carbon nanotubes for detecting the persistent pollutant PFOA and for energy storage. The electrode shows excellent electrochemical sensing with a detection limit of 4.9 ppb and strong selectivity (tolerance ≤ 5%). Practical tests on fruits, vegetables, and water samples yield a relative standard deviation of 4.8–5.6%. As a supercapacitor, it delivers a high specific capacitance of 1197 F/g at 2 A/g—1.5× higher than GdCoBi NCs—and 269 F/g for the device, with 52 Wh/kg energy density at 500 W/kg. It retains 94% capacitance after 10,000 cycles.

Acknowledgement

This study was supported by NRF-2019 R1A5A8080290 of the National Research Foundation of Korea.

레이저 가공에 의한 원통형 표면에서의 버블 생성 특성 연구 Study of Heat Transfer Characteristics on Cylindrical Surfaces by Laser Processing

*우성철¹, 김지훈¹, #김주한¹

^{*}S. C. Woo¹, ^{J. H. Kim¹, #J. Kim(joohankim@seoultech.ac.kr)¹}

¹ 서울과학기술대학교 기계공학과

Key words : Boiling, Laser process, Micro cavity, Critical heat flux

*발표자, #교신저자

The effect of heat transfer on laser-machined cylindrical machined surfaces was verified. It was found that the surface becomes hydrophobic due to the micro-cavities generated on the laser-treated surface, which enhances the heat transfer in pool boiling. In the surface microstructure, it was verified that bubbles are preferentially generated in the microcavities on the surface, and these bubbles have a significant effect on the nuclear boiling heat transfer.

1. 서론

상변화에 따른 열전달을 향상시키는 방법으로 표면에서의 거칠기의 형태는 열관리에 상당한 활용과 응용성을 가지고 있다. 비등 열전달 성능을 개선하는 여러 표면 가공 방법들이 있다. 레이저표면처리에 의한 마이크로 캐비티의 생성으로 표면은 풀비등에 의한 열전달을 신속하게 처리한다. 표면에 생성된 마이크로 캐비티에 의한 표면은 미세 버블 생성을 유도하고, 버블의 생성과 소멸주기를 단축하면서 빠르게 주기를 반복하면서 비등이 폭발하듯이 발생한다. 이러한 표면의 비등은 마이크로 캐비티에서 우선적으로 생성되고 열전달을 개선시키며 생성된 버블은 핵비등 열전달에 있어서 중요한 요소이다.[1] 원통형 표면은 그 응용이 다양하지만 레이저 표면 가공의 어려움으로 그 연구가 많이 진행되지는 못했다. 본 연구에서는 레이저 가공된 원통형 표면에서의 비등 열전달 영향을 검증하였다.

2. 실험방법

써머커플 센서, 전압 전류 센서 제어 보드를 통하여 컴퓨터 매트랩과 연동하여 포화 온도차와 열전달의 상관 그래프를 통해 Critical heat flux(CHF) 곡선을 측정할 수 있는 실험 장치의 구성은 Fig.1과 같다.

3. 결론

레이저 가공에 의해 표면에 생성된 마이크로 캐비티가 풍부할수록 빠르고 높은 비등 열전달을 수행하며, 버블생성과 이탈의 주기의 속도가 증가함에 따라 열전

달을 포괄적으로 빨리 전달될 수 있고, 이는 상변화 없이 자연 대류 영역에서 열전달 강도가 훨씬 더 높은 핵비등 영역으로 조기에 전환할 수 있다.

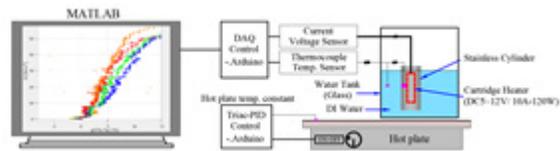


Fig. 1 The schematic of pool boiling measurement

후기

이 논문은 2025년도 산업통상자원부의 국제공동기술개발사업에서 지원을 받아 연구되었음 (연구개발과제번호:P239200009)

REFERENCES

1. Matic Može,* Matej Senegačnik, Peter Gregorčič, Matej Hočvar, Matevž Zupančič,* and Iztok Golobič, "Laser-Engineered Microcavity Surfaces with a Nanoscale Superhydrophobic Coating for Extreme Boiling Performance", ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 24419–24431, <https://dx.doi.org/10.1021/acsami.0c01594>

구동 모터의 온도 시험을 반영한 대류 열전달 계수 최적화 연구 Study on Optimizing the Convection Heat Transfer Coefficient

*전상률¹, 박용현¹, #김규섭¹

*Sang-Ryul Jeon¹, Young-Hyun Park¹, #Kyu-Seob Kim(ks.kim@gnu.ac.kr)¹
경상국립대학교 미래자동차공학과

Key words : Convection Heat Transfer Coefficient, Thermal analysis, Thermal stability, Thermal resistance

1. 서론

전기차 구동 모터 기술은 고출력밀도 확보와 소형화 방향으로 발전하고 있으며, 이에 따라 모터 사이즈가 작아질수록 발열 문제의 중요성도 커지고 있다. 효율적 열 관리는 필수적인 요소로 부각되고 있으며, 이를 위한 열 해석의 필요성도 증가하고 있다. 기존의 CFD나 FEA 기반 해석 기법은 정밀하긴 하나, 많은 시간과 복잡한 모델링 과정이 요구된다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 집중 변수 기반의 열 등가회로 모델을 도입하여, 모터 내 온도 분포 및 최대 온도를 효과적으로 예측하고자 하였다. 특히, 냉각 기술의 발전에 따라 워터재킷을 이용한 간접 냉각뿐 아니라, 엔드코일의 직접 냉각을 위한 오일 분사 방식, 샤프트 내부 오일 순환 방식 등 다양한 냉각 시스템이 적용되고 있어, 이에 대한 해석 난이도도 지속적으로 높아지고 있는 추세다.

2. 결론

본 연구에서는 구동모터의 온도 해석 데이터를 기반으로, 열 등가회로 분석에 필수적인 대류 열전달 계수를 산정하였으며, 향후 유사한 냉각 구조를 가진 모터의 열 해석에 적용 가능한 해석 기법을 제안하였다. 특히 수식적으로 정확한 계산이 어려운 대류 열 저항 및 접촉 열 저항 등의 열 등가회로 파라미터를 구하기 위해, 온도 해석 결과를 반영한 전역 최적화 알고리즘을 활용하였다. 이를 통해 반복적인 시뮬레이션 없이도 주요 열 파라미터를 효과적으로 도출할 수 있었으며, 다양한 모터 용량에 일괄 적용하기에는 제한이 있으나, 구조적으로 유사한 냉각 시스템을 갖는 모터의 초기 설계 단계에서 효율적인 해석 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

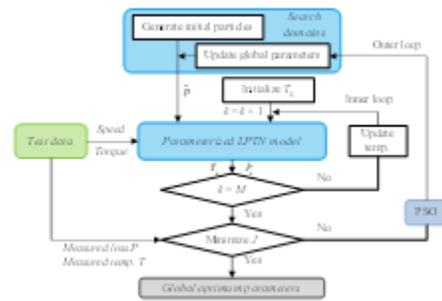


Fig. 1 Thermal analysis

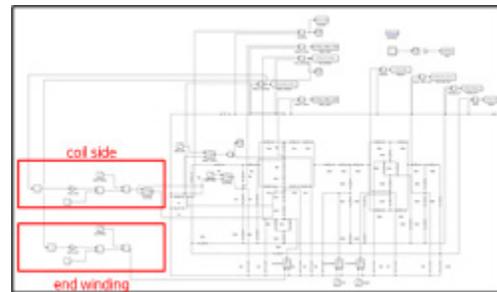


Fig. 2 Thermal equivalent circuit network

REFERENCES

1. L. Cao et al, "Improved LPTN-Based Online Temperature Prediction of Permanent Magnet Machines by Global Parameter Identification," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 70, no. 9, pp. 8830-8841, Sept. 2023

포스터발표

기계설계 2

좌장: 하태광(조선대)

Cable-Stayed 교량 진동 억제 시스템의 다물체 해석 메커니즘 연구 Study on the Multi-body Analysis Mechanism of Cable-stayed Bridge Vibration Suppression System

*이윤승¹, 문성민¹, 김태균², 송지민², #류성기¹

*Y. S. Lee¹, S. M. Moon¹, T. G. Kim², J. M. Song², #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부

Key words : Vibration Suppression Technology, Cable-stayed Bridge, Mechanism Design Method

*발표자, #교신저자

사장교는 설계 미관, 길고 넓은 교량, 저렴한 공사비 등으로 교량 건설에서 주목을 받고 있다. 로프는 사장교의 주요 하중을 지지하는 요소이므로 외부 환경조건으로 인해 공진 등으로 인명과 안전을 위협하는 재해가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 새로운 비선형 강체-유압-점성 결합형 프로 진동 제어 시스템에 대한 기구 재구성 설계 및 동적 모델링 연구를 기구 설계, 진동역학, 고주파 균형 방법, 유한요소법, 수치 해석법, 현대 최적화 기법 등을 통해 수행하였다. 또한, 자력-고체-액체 다물리 결합형 진동 제어 메커니즘에 대한 최적화 연구 및 다양한 작동 조건으로서의 설계, 종합적인 시험 및 검증 연구를 수행하였다. 연구 수행 결과, 제안된 새로운 결합형 로프 진동 제어 기술은 타 댐핑 시스템 대비 원가 절감 및 유지보수 비용을 절감하고 관련 산업 기술의 개발 및 연구 등에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

Nutation Bevel Gear Drive의 동적거동에 따른 Shaft의 진동특성 분석에 관한 연구 Study on the Vibration Characteristics of Shaft According to Dynamic Behavior of Nutation Bevel Gear Drive

*정재윤¹, 문성민¹, 이승현², 김태균², 송지민², #류성기¹

*J. Y. Jeong¹, S. M. Moon¹, S. H. Lee², T. G. Kim², J. M. Song², #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Bevel Gear, Nutation, Vibration

*발표자, #교신저자

Nutation Bevel Gear Drive는 고토크 전달력이 필요한 로봇관절과 정밀 과학 시스템에 주로 사용된다. 축이 회전하며 기울어지는 Nutation 운동 특성을 가지는 기어 시스템으로서 하중에 대한 접촉점이 단일 이빨에 집중되는 일반 기어와는 달리 Nutation Gear는 여러 이빨이 접촉하여 원활한 접촉이 가능하다. 시스템 메커니즘 거동을 통해 기어비 특성을 분석하였고 Shaft의 Flexible body 적용을 통한 Stress를 분석하였다. Nutation 각도에 따른 자이로스코프 모멘트로 인해 지속적인 비틀림 토크 및 진동이 발생하는 것을 확인하였다. 대칭형 Nutation bevel gear 시스템 설계를 통해 출력축에 발생하는 자이로스코프 모멘트에 의한 진동이 감쇠함을 확인하였다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2019-NR040067)과 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

Tapping System의 헬리컬기어 치형 수정에 따른 패턴 최적화에 관한 연구 Study on Pattern Optimization according to Helical Gear Tooth Shape Modification of Tapping System

*문성민¹, 김민주², 김수진², 이현준², #류성기¹

*S.M. Moon¹, M.J. Kim², S.J. Kim², H.J. Lee², #S.K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Tapping Machine, Helical Gear, Tooth Profile, Gear Contact Pattern

*발표자, #교신저자

가공 Machine에서 피가공물을 가공한 후 Tapping 공정을 수행하는 것이 일반적인 가공 process로 가공수가 적을 때는 수동으로 태핑을 수행하는데 시간과 인건비가 소요되는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결 하고자 피가공물을 가공하는 동시에 Tapping 공정을 진행하는 Process를 개발하고자 하였다. 자동 Tapping 장치에 사용되는 헬리컬 기어의 치형 해석을 통해 기어의 패턴을 분석하고 최적하함에 따라 Deformation,을 최소화하여 가공 오차를 줄이고 기어의 수명과 진동, 소음을 줄여 Tapping device의 안정성을 확보하였다. Gear Analysis 를 통한 Tooth root stress와 stress curve on tooth를 비교하여 기어에 작용하는 응력을 확인하였다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2019-NR040 067)과 2024년도 한국연구재단의 국제협력사업의 지원(NRF-2024K2A9A2A06013274)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

탈부착이 가능한 80cc용 유압모터 감속기 모듈 개발에 관한 연구 Study on Development of Detachable 80cc Hydraulic Motor Gearbox Module

*김태현¹, 오동석¹, 강진경^{2,3}, 유영락³, 박규태³, #류성기¹

*T. H. Kim¹, D. S. Oh¹, J. K. Kang^{2,3}, Y. R. Yoo³, K. T. Park³, #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 융합기계공학과, ³㈜유한이엔스

Key words : Static, Dynamic Analysis, Specific Sliding, NVH

*발표자, #교신저자

건설장비나 일반 산업 기계 분야 등에 기존 장착된 감속기에 탈부착이 가능하도록 제작하여 현장이나 장비에 장착되어 있는 감속기를 원거리 변속이 가능하도록 개발하여 사업화하고자 함. Static 및 Dynamic 해석을 통해 구동 성능을 보장하며 효율과 수명을 개선하기 위한 분석 및 개선안을 제시함. 성능지표 신뢰성 시험에서는 Specific sliding 해석으로 기어 동력전달 효율을 분석하고, 시스템 및 모듈의 Dynamic 해석을 통해 출력 성능, 내구성, 수명을 예측한다. 또한, NVH 분석 및 하우징 강성 분석을 통해 공진을 회피하는 설계를 수행한다. 마지막으로, 해석 결과와 성능 평가 결과를 비교하여 오차와 원인을 분석하고 개선 방안을 도출하여 현재 개발 진행 중에 있음.

후기 이 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원(No. 20214000000520, 자원순환(재제조) 산업 고도화 인력양성)과 2025년 중소벤처기업부 산학연 Collabo R&D과제(지원번호: RS-2024-00422243)의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

Parametric Study를 통한 기어의 최적 설계에 관한 연구 A Study on the Optimal Design of Gears through Parametric Study

*오동석¹, 문준혁², 노훈기², 김현철³, #류성기¹

*D. S. Oh¹, J. H. Moon², H. G. Noh², H. C. Kim³, #S. K. Lyu(sklyu@gnu.ac.kr)¹

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부, ³나라삼양감속기(주)

Key words : Parametric Study, Macro Geometry, Gear Design, Optimization

*발표자, #교신저자

본 연구는 Parametric Study 기반의 Macro Geometry 최적 설계 기법을 산업용 감속기용 기어시스템에 적용하였다. 모듈과 압력각, 잇수, 치폭, 전위계수, 비틀림각과 같은 기본적인 설계 요소들을 변수로 설정하여 물림률과 간섭 가능성, 초기 강도 조건 등을 종합적으로 분석하였다. KISSsoft 프로그램을 활용해 각 변수의 영향을 정량적으로 평가하였고 이를 바탕으로 최적의 기어 형상을 도출하였다. 본 연구는 기어의 전체 형상을 결정하는 설계 초기 단계에 집중하였으며 향후 강도 해석이나 치형 수정 단계를 위한 설계 기반을 마련하였다.

후기 본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)과 산업통상자원부 한국산업기술기획평가원의 소재부품기술개발사업(RS-2024-00434150)의 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

진동제어시스템용 유압실린더 내 O-링의 마찰 거동에 대한 실험연구 Experimental Study on the Friction Behavior of O-Rings in Hydraulic Cylinders for Vibration Control Systems

*문성민¹, 광기명¹, 김태균², 송지민², #류성기¹

*S. M. Moon¹, K. M. Kwak¹, T. G. Kim², J. M. Song², #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Vibration Control Systems, Friction Behavior, O-Rings, Hydraulic

*발표자, #교신저자

정밀 가공 및 소재 기술의 지속적인 발전에 따라 기계제품은 점점 더 다양화되고 있다. 진동 제어 시스템용 유압 실린더에서 O-링 씼에 의해 발생하는 마찰력은 한때 중복으로 간주됐으나, 최근 그 활용에 대한 관심이 높아졌다. O-링의 경도와 그 홈의 내경은 O-링과 실린더 내벽 사이의 정상 압력에 직접적인 영향을 미쳐, 이로 인해 마찰 거동이 변화해. 본 연구에서는 이러한 마찰 거동을 탐구하기 위해 변형 기반의 마찰력 측정 시스템을 개발했으며, 다양한 작업 조건에서의 정적 및 동적 마찰 값을 심층적으로 연구하고 논의했다. 본 연구는 O-링과 실린더 내벽 간의 마찰력의 설계 및 활용에 대한 이론적 기초를 제공한다.

후기 본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

직접구동식 전기 구동 시스템의 다중 전자기장 교차 결합 특성 및 자기 회로 최적화 방법에 관한 연구

Study on Cross-Coupling Characteristics of Multiple Electromagnetic Fields and Magnetic Circuit Optimization Methods in Direct Drive Electric Drive Systems

*진진¹, 우위팅², 리보², #류성기³

*Zhen Qin¹, Yu-Ting Wu², Bo Li², #Sung-Ki Lyu³(sklyu@gnu.ac.kr)

¹중국산둥이공대학교 기계공학부, ²중국산둥이공대학교 교통차량공학부,

³경상국립대학교 기계항공공학부

Key words : Cross-Coupling, Multiple Electromagnetic, Optimization, Direct Drive Electric Drive Systems

*발표자, #교신저자

현재 세계는 백년에 한 번의 대변환기에 위치하고 있다. 환경 감지, 지능적 의사 결정, 제어실행과 같은 중요한 융합기술이 자동차 분야에서 연구의 중요한 중심이 되고 있다. 차량의 종방향, 횡방향 및 수직방향 동역학 협동 제어 및 기본적인 실행기 제어 알고리즘이 개발되고 최적화되는 방법은 스마트 네트워크 및 신에너지 자동차 제어 실행 시스템의 선도적인 기술을 선점하는 데 중요하다. 본 연구에서는 전자기장 유한 요소 분석 모델을 구축하고, 통합 시스템이 다양한 작동 매개변수 하에서 구동 모터와 전자기 선형 구동 장치의 전자기장 간의 교차 결합 메커니즘을 분석하였다. 이를 통해 시스템 구조 파라미터 최적화 및 시스템 작동 정밀도 향상을 위한 기초를 다졌다.

후기 본 연구는 2024년도 한국연구재단의 국제협력사업의 지원(NRF-2024K2A9A2A06013274)과 과학기술 정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

Hydraulic System의 메커니즘 분석을 통한 안전성 분석에 관한 연구 Study on Safety Analysis through Mechanism Analysis of the Hydraulic System

*정재윤¹, 오동석¹, 김민주², 김수진², #류성기¹

*J. Y. Jeong¹, D. S. Oh¹, M. J. Kim², S. J. Kim², H. J. Lee², #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계항공우주공학부, ²경상국립대학교 기계공학부

Key words : Hydraulic, Clamp, Deformation, Hydraulic Clamp System

*발표자, #교신저자

유압 시스템을 이용해 물체를 고정하거나 압착하는 장치인 Hydraulic Clamp System은 유압 펌프를 통해 클램프 실린더에 압력을 가하거나 낮추어 클램프가 고정되거나 해제되는 메커니즘을 가지고 있다. 가공물체를 안전하게 고정할 때 사용하며 Clamp가 Object를 고정하거나 가공 중일 때 Deformation이 발생하며 Dynamic Analysis를 통해 이를 분석하고 안전성에 관한 연구를 수행하였다. 유체 압력과 클램프 단면적을 통해 작동력 1000N을 이론적으로 도출하였다. 작동력이 발생할 때 Object에 작용하는 Deformation은 극히 적었다. 하지만 가공 중인 상황을 가정하여 면의 수평 방향으로 힘을 가했을 때 비교적 높은 Deformation이 발생하였음을 확인하였다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2019-NR040 067)과 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF-2023R12C003691)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

포스터 발표

캡스톤 디자인 경진대회

좌장 : 장원석(한국기계연구원)

이상민(동의대)

권순조(국립금오공대)

우상희(한국기계연구원)

박성현(한국생산기술연구원)

Digital Twin을 이용한 비형상 도포기 데이터 획득 모델 구축

Building Data Acquisition Model for Non-Uniform Coating Machine Using Digital Twin

*심우찬¹, 오다훈¹, 윤한울¹, #허장욱¹

*Woo-Chan Sim¹, Da-Hoon Oh¹, Han-Ul Yoon¹, #Jang-Wook Hur¹

¹ 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Digital Twin, Data Acquisition, Non-Uniform Coating Machine

본 논문에서는 Unity 시뮬레이션을 이용한 비형상 도포기의 Digital Twin 모델 구축 방안을 소개한다. Digital Twin 가상환경에서 데이터 추출 방법과 Real-Time 데이터와의 비교를 통한 Digital Twin 모델 정확도 평가와 데이터 검증에 대해 설명하고자 한다.

1. 서론

비형상 도포기(Non-Uniform Coating Machine)는 반도체 제조, 전자기기, 자동차 고무제품 및 기타 산업제품에 사용되는 기계로 정형화 되지 않은 부품에 박막이나 접착제를 일정하게 도포하기 위해 사용한다. 80~100℃의 공정에서 가열시키고 도포 한 후, 다시 냉각시키는 과정에서 핀이 파괴되어 지그가 이탈되고, 체인이 풀려 공정이 정지되는 것이 주 고장 모델이다. 지그 이탈이 즉각적인 정지를 초래하지는 않지만, 고장을 사전에 감지하지 못하면 정비에 더 많은 시간이 소비돼 공정 중지시간이 늘어나고, 전체 생산성 감소로 이어진다. 따라서 본 연구에서는 Unity를 이용하여 가상환경에서 비형상 도포기의 정상 운용 데이터와 고장 데이터를 습득하는 Digital Twin 데이터 획득 모델 환경을 구축하였다.

2. Digital Twin 모델 구성

비형상 도포기의 주요 구성은 스프라켓, 체인, 지그, 핀 등이며, CATIA와 Solid Works의 3D 설계 프로그램을 이용하여 구성품을 구현하였다. 실제 비형상 도포기와 유사한 결과 값을 얻기 위하여 Table 1과 같이 실제 사용 모터의 사양과 체인(ANSI RS80), 핀(S45C)의 수치 및 물성을 기반으로 Friction 및 Joint 세부사항을 설정하였다.

Table 1 Specification of motor

	Frequency(Hz)	Voltage(V)	Current(A)
Motor	50~60	200/380	4.4/2.5

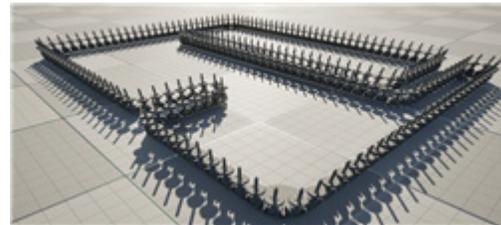


Fig. 1 Unity model for dynamic simulation

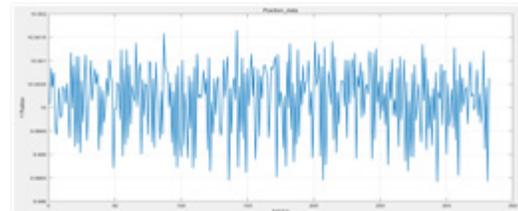


Fig. 2 Export y position data in sprocket

동적 모델링을 위해 Unity 프로그램을 이용하여 Fig. 1과 같이 모델을 구현하였고, 가상환경 내 시뮬레이션을 통해 비형상 도포기 운용 중 기계에 발생하는 Y축 변화 데이터를 Fig. 2와 같이 추출하였다.

3. 결론

Unity를 이용하여 가상환경에서 비형상 도포기의 물리적 시뮬레이션 및 데이터 획득 모델을 제작하여 데이터를 추출하였다. 향후 가상환경에서 획득한 데이터와 Real-Time 데이터를 비교 및 분석하여 Digital Twin 모델의 신뢰도를 높일 예정이다.

Hector SLAM과 A-Star 알고리즘을 활용한 로봇 경로 계획 및 제어 Robot Path Planning and Control System Using Hector SLAM and A-Star Algorithm

*김동훈¹, 한성빈³, 고관우³, #조영태^{1,2,3}

*Dong Hun Kim¹, Sung Been Han³, Kwan Woo Ko³, #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2,3}

¹ 국립창원대학교 기계공학부, ² 국립창원대학교 스마트제조융합전공,

³ 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Robot Path Planning, A Algorithm*, Robot Path Planning, Autonomous Navigation

*발표자, #교신저자

자동화된 시스템에서 로봇의 경로 계획과 장애물 회피 기능은 필수적이지만, 실시간 경로 수정에 한계점을 가져 충돌 위험 및 경로 오차를 야기한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 경로 계획 알고리즘, 장애물 회피 기능이 결합된 시스템 개발이 필요하다. 본 연구는 A-Star 알고리즘을 이용한 로봇의 경로 계획 시스템을 개발하고 장애물 회피 기능을 추가하여 로봇의 자율 주행 능력 향상을 목표로 한다. Hector SLAM을 활용하여 실시간으로 맵을 생성하고 A-Star 알고리즘을 통해 최적의 경로를 산출한 결과 로봇이 장애물과 최소 10cm 이상의 거리를 두어 충돌 없이 경로 계획을 하는 것을 확인하였으며 이를 기반으로 Dynamixel 모터를 제어하여 로봇이 장애물을 회피하고 목표 지점으로 정확하게 이동했다.

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 (No. RS-2019-NR040067) 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

MATLAB 기반 WAAM 공정의 전압 및 비전 모니터링 시스템 구축

Development of a MATLAB-Based Voltage and Vision Monitoring System for WAAM Process

*하승종¹, 고관우², #조영태^{1,2}

*S. J. Ha¹, K. W. Ko², #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2}

¹국립창원대학교 기계공학부, ²국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : WAAM, Vision Monitoring, MATLAB, Voltage

*발표자, #교신저자

와이어 아크적층제조(WAAM) 공정은 금속을 층층이 쌓아 맞춤형 제품 제작이 가능한 기술이지만, 기공이나 적층 불균일성 등의 공정 불안정성으로 인해 제품 품질이 저하될 수 있다. 특히 WAAM 공정에서는 전압 및 용융풀 형상 등의 공정 변수가 품질에 큰 영향을 미치므로, 이를 실시간으로 모니터링하는 시스템이 요구된다. 본 연구에서는 MATLAB을 기반으로 DAQ를 이용해 WAAM 공정 중 전압 데이터를 실시간 측정하고, 비전 카메라를 통해 적층 과정의 영상 데이터를 자동으로 저장하는 시스템을 구현하였다. 또한, 한 층의 적층이 끝나면 전압 그래프와 영상 데이터의 첫 프레임을 시각화할 수 있는 UI를 구성하여 적층 후 용접 결함 유무 확인을 가능하게 하였다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

MATLAB을 활용한 Boom - Mounted Tail 양력계수 최적화 Optimization of Boom - Mounted Tail Lift Coefficient Using MATLAB

*#김효빈¹, #김관우¹, #정가원¹, #박재훈¹, #하성찬¹, #최혜정¹,
#김민식¹, #양범준¹, #김용재¹, #홍찬영¹, #윤주은¹

*H. B. Kim¹, #K. W. Kim¹, #G. W. Jeong¹, #J. H. Park¹, #S. C. Ha¹, #H. J. Choi¹,

#M. S. Kim¹, #B. J. Yang¹, #Y. J. Kim¹, #C. Y. Hong¹, #J. E. Yun¹

¹국립부경대학교 기계공학부

Key words : UAV, Horizontal Stabilizer, Aerodynamic Design, Flight Stability

*발표자, #교신저자

본 논문은 UAV의 미익 설계를 위한 공력 분석과 안정성 평가를 수행한다. 무게중심(CG)과 공력중심(AC)의 최적 위치를 고려하고, 수평 미익 부피 계수(C_{HT}), 거리(L_{HT}), 수평 미익 면적(S_{HT})을 설계 변수로 설정하여 주익과 미익이 모멘트 평형을 이루도록 해 비행 안정성과 공력적 효율성을 확보하는 것을 목표로 한다. 피칭 모멘트 안정성을 반영하고, UAV 비행 데이터를 기반으로 공력 계수를 계산하여 적합한 수평 미익을 설계한다. 또한, 조립 안정성을 높이기 위해 Boom-mounted tail 구조를 적용하고, MATLAB을 활용해 수평 미익 부피 계수 및 거리 최적화, 수평 미익 면적에 따른 양력과 모멘트값 산출, 미익 설계 변화에 따른 항력 증가 분석을 통해 최적의 공력 성능을 도출한다.

후기

본 논문은 지능형로봇혁신융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

고경도강 가공용 엔드 밀의 Edge Radius에 따른 절삭력 분석에 관한 연구
A Study on the Analysis of Cutting Forces according to Edge Radius of End Mills for Machining High-Hardness Steel

*정진우¹, 손휘준², #조영태^{1,2}

*J. W. Jung¹, H. J. Son², #Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2}

¹국립창원대학교 기계공학부, ²국립창원대학교 스마트제조융합협동과정

Key words : Cutting, High Hardness Steel, Endmill, Edge Radius, Tool Wear

*발표자, #교신저자

고경도강은 금형, 항공, 방위산업 등에서 널리 활용되며, 우수한 내구성과 내마멸성으로 수요가 증가하고 있다. 그러나 절삭가공에서 높은 열과 저항으로 인해 절삭력 증가, 공구 마모 및 가공 품질 저하 등의 문제가 발생한다. 본 연구에서는 엔드밀의 Edge Radius 변화가 절삭력에 미치는 영향을 분석하여 최적 형상을 도출하고자 하였다. 공구 동력계를 활용하여 SKD11 고경도강을 가공하였으며, 평 엔드밀과 볼 엔드밀을 사용해 Edge Radius(0, 5, 10, 15 μm) 조건에서 절삭 실험을 수행하였다. 고경도강 가공 절삭력 평균값을 분석한 결과, Edge Radius에 따른 절삭력 변화 경향을 확인하였으며, 공구 형상 최적화를 위한 기초 데이터를 확보하였다.

후기

이 연구(논문)는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층 제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업), 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2019-NR040067).

고에너지 레이저의 ESS 발열 및 진동저감을 위한 구조 최적화 Structural Optimization for Heat and Vibration Reduction in the Energy Storage System of High-Energy Lasers

*김가윤¹, 류도경¹, 김은희¹, 박현민¹, 김동규¹, #하태광¹

*G. Y. Kim¹, D. G. Ryu¹, E. H. Kim¹, H. M. Park¹, D. G. Kim¹,

#Taekwang Ha(hataekwang@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : High-energy Laser, ESS, Vibration, Structural Optimization

*발표자, #교신저자

최근 레이저 기술의 급격한 발전과 드론에 대한 위협에 대응하기 위하여 고에너지 레이저 무기가 많은 주목을 받고 있다. 레이저 생성에 필요한 전기에너지를 에너지 저장장치(ESS, Energy Storage System)를 통하여 공급할 경우, 전기적, 열적, 기계적, 환경 등의 다양한 요인들로 인하여 레이저의 성능이 좌우될 수 있다. 하지만, 차량에 탑재가 가능한 무기체계에서도 레이저 발생을 위한 안정적인 전기공급이 필요하기에 극심한 기동에도 영향을 받지 않는 구조를 강건하게 설계하여야 한다. 본 연구에서는 전투차량에 탑재가 가능한 레이저 에너지 저장장치 구조를 최적화하기 위한 설계를 제시하고 발열 및 진동저감을 위한 구조적 성능을 분석하였다.

후기

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업의 연구결과입니다.

고출력 레이저용 에너지 저장 시스템 셀 완충재 및 배열 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Cell Cushions and Hexagonal Arrangement for Energy Storage Systems in High-Power Lasers

*서재영¹, 박준영¹, 최우혁¹, 양강모¹, 최휘원¹, #하태광¹

*Jae Young Seo¹, Jun Young Park¹, Woo Hyuk Choi¹, Gang Mo Yang¹, Hwi Won Choi¹,

#Taekwang Ha(hataekwang@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : Laser Weapon, ESS, Hexagonal Structure, Vibration

*발표자, #교신저자

최근 드론과 정밀 유도 미사일의 발전으로 군사 작전에서 레이저 무기의 필요성이 증가하고 있다. 레이저 무기는 지속적인 고출력 에너지를 요구하므로, 안정적인 에너지 저장 시스템(ESS)이 필수적이다. 그러나 ESS 배터리는 충격과 진동으로 인하여 손상발생 및 안전성 문제가 발생할 수 있어, 극심한 기동이 요구되는 차량 이동형 레이저 무기의 ESS는 구조적으로 안정된 설계 필요하다. 본 연구에서는 리튬이온 배터리 셀을 헥사고각(Hexagonal) 형태로 배치하고, 배터리 셀 간격에 충격 완화 소재를 적용하여 ESS의 안정성을 강화하는 방안을 제안한다. 또한, CATIA를 사용하여 모델을 설계하고 ANSYS를 활용한 유한요소해석(FEA)으로 충격 흡수 효과 및 응력 분포를 분석하였다.

후기

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업의 연구결과입니다.

다이어프램 펌프 고장진단을 위한 디지털 트윈 환경 구축 Establishing a Digital Twin Environment for Diaphragm Pump Fault Diagnosis

*김성욱¹, 신동길¹, #허장욱¹
*S. W. Kim¹, D. G. Shin¹, #J. W. Hur¹
¹ 국립금오공과대학교 기계공학부

Key words : Diaphragm, MATLAB, Simscape, Digital Twin

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 다이어프램 펌프의 고장진단 플랫폼을 개발하기 위하여 Catia V5를 활용하여 펌프를 역설계 하였으며, MATLAB Simscape를 통해 디지털 환경에서 데이터 수집이 가능한 모델을 제작하였다. 또한, MATLAB Optimization Toolbox을 사용하여 Simscape 데이터의 정확성을 확보하였다.

1. 서론

인산염피막 공정은 자동차 부싱 부품의 품질과 성능을 향상시키는 데 핵심적인 역할을 하고 있다. 부품의 균일한 품질을 유지하려면 인산염의 순환이 중요하며, 다이어프램 펌프는 인산염 용액 순환에 사용된다. 다이어프램 펌프는 고무 다이어프램이 좌우 왕복하며 작동하는 펌프로 효율성이 뛰어나나, 펌프 내 판막 찢어짐, 인산결정화로 인한 슬러지 축적, 배관 연결부위의 누수 등과 같은 고장이 발생한다. 고장이 발생하게 되면, 인산염 피막 공정 전체가 정지하게 되며, 제작 중인 부품의 품질 또한 보장할 수 없기에 현장에서는 손실이 초래된다. 현재 산업계에서는 펌프의 외관이나, 용액의 양과 농도를 작업자가 육안으로 점검하여 고장을 판단하는 방식에 의존하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 고장진단 플랫폼을 개발하기 위해 MATLAB Simscape를 활용하여 디지털 트윈 환경을 구축하고자 한다.

2. Simscape 모델구성

다이어프램 펌프의 시각화를 위해 Catia V5를 활용하여 Fig. 1과 같이 펌프 설계를 진행하였으며, 고무 다이어프램과 체크밸브 등 주요 부품을 설계하였다. 또한, 시뮬레이션을 수행할 수 있는 디지털트윈 환경을 구축하기 위해서 Simscape 모델을 제작하였으며, 개략도를 Fig. 2에 나타내었다. 또한, 제작된 Simscape 모델의 데이터 정확성을 확보하기 위해 실제 유량데이터를 수집하였다. 유량데이터 수집은 펌프의 입출부와 토출부에 유량센서를 부착하여 데이터를 수집하였다.



Fig. 3 Pump outlet flow rate

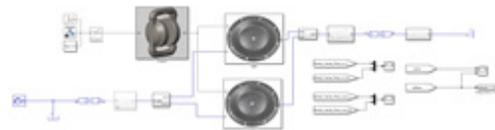


Fig. 3 Pump outlet flow rate

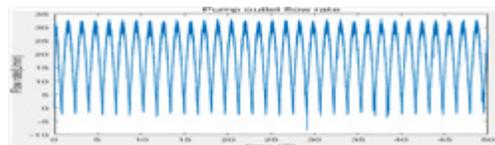


Fig. 3 Pump outlet flow rate

3. 결론

MATLAB Simscape와 Catia V5를 활용하여 디지털 트윈 환경을 구축하였으며, 시뮬레이션 결과, Fig. 3과 같이 실제 유량데이터와 유사한 데이터를 수집하였고, MATLAB Optimization Toolbox를 활용하여 데이터의 신뢰도를 확보하였다. 향후 연구를 통해 머신러닝 기법을 활용하여 고장진단 및 잔존수명 예측을 진행할 예정이다.

망간 산화물의 수열합성 나노구조체 기반 슈퍼커패시터 제작 Fabrication of a hydrothermally grown manganese oxide nanostructure-based supercapacitor

*이민섭¹, 고성준², Rahul S. Ingole³, Snehal L. Kadam⁴, 김민욱², 박종원², #옥종걸²

*Minsub Lee¹, Seoungjun Ko², Rahul S. Ingole³, Snehal L. Kadam⁴, Minwook Kim², Jongwon Park²

#Jong G. Ok(jgok@seoultech.ac.kr)²

¹ 서울과학기술대학교 융합기계공학과, ² 서울과학기술대학교 기계자동차공학과, ³ 서울과학기술대학교 첨단반도체패키징연구소, ⁴ 서울과학기술대학교 친환경자동차기술연구소

Key words : Supercapacitor, Manganese dioxide (MnO₂), Hydrothermal synthesis, Electrochemical performance

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 수열 합성을 통해 망간 산화물(MnO₂)기반 나노구조체 슈퍼커패시터를 제작을 한다. 슈퍼커패시터는 뛰어난 사이클 안정성, 빠른 충-방전 특성으로 인해 배터리의 대안으로 주목을 받고 있다. 전극의 성능은 전극 재료 특성에 의해 크게 결정되기 되어 균일한 입자의 나노 구조체를 형성해야 한다. 수열 합성은 고순도 및 균일한 입자 형성을 하며 조성 및 구조제어가 용이해서 높은 공정 효율을 가진다. 온도에 따라 형성되는 나노 구조가 다르기에 온도제어를 통해 형상 구조를 최적화한다. 나노구조체 형상을 확인을 위해 SEM, XPS, XRD를 측정하고 분석한다. 온도제어를 통해 제작된 전극은 형성된 나노구조에 따라 성능이 달라 전기화학적 분석을 통하여 망간 산화물(MnO₂) 전극의 성능을 확인한다.

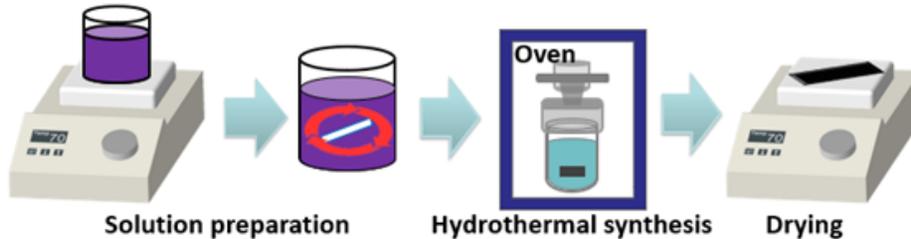


Fig. 1 Schematics for the fabrication process of MnO₂ composite electrodes through the hydrothermal method on carbon cloth.

후기 이 연구는 정부(과학기술정보통신부) 재원 한국연구재단 나노및소재기술개발사업(NRF-2021 M3H4A3A02099204, RS-2024-00449882), STEAM연구사업(NRF-2022M3C1A3081178), 해외우수과학 자유치사업(Brain Pool; RS-2024-00446836), 글로벌기초연구실(RS-2024-00413607) 및 정부(교육부) 재원 한국연구재단 보호연구(NRF-2022R1I1A2073224) 과제의 지원으로 수행됨.

버니싱 가공이 표면경화에 미치는 영향

The Effect of Burnishing using a Turning Center on Surface Hardening

*최민상¹, 김도현¹, #강일석²

*M. S. Choi¹, D. H. Kim¹, #I. S. Kang(ilseuk11@kopo.ac.kr)²

¹ 한국폴리텍V대학 순천캠퍼스 산업안전기계과, ² 한국폴리텍V대학 순천캠퍼스 산업안전기계과

Key words : Turning center, Burnishing, Surface hardening, Vickers hardness

*발표자, #교신저자

금속재료의 표면경화 방법은 다양하게 있지만 미려한 표면과 함께 표면경화 효과를 얻을 수 있는 대표적인 방법으로 터닝센터를 이용한 버니싱 가공법이 있다. 버니싱 가공은 롤러 및 다이아몬드 버니싱이 있으며, 본 연구에서는 다이아몬드 버니싱을 이용하여 가공을 수행 후 표면경화 효과를 분석했다. 버니싱 가공 후 마이크로 비커스 경도 측정 결과 215.15Hv를 나타냈으며, 11.79% 향상된 경도 측정 결과를 확인 할 수 있었다.

1. 서론

버니싱 가공은 미려한 표면과 표면경화 효과를 얻을 수 있다. 일반적으로 표면거칠기는 0.15 μm 수준이며, 절삭가공 정삭으로 얻을 수 있는 표면 거칠기 0.4 μm 수준보다 매우 우수한 결과를 얻을 수 있다. 또한 가공 표면의 소성가공으로 표면경화가 있다.

따라서 본 연구에서는 S20C 인발봉강을 터닝센터를 이용하여 표면거칠기 1.0μm 수준으로 정삭가공을 수행한 후 다이아몬드 버니싱 가공을 수행했다. 또한 가공 표면의 비커스 경도를 측정하여 표면경화 효과 분석했다.

2. 실험방법

정삭가공 및 버니싱 가공을 위해서 터닝센터를 이용했으며, 가공 사이즈 35mm 크기로 정삭을 수행한 후 절입량 0.05mm를 적용하여 버니싱 가공을 완료했다. 버니싱 가공 후 가공 표면은 마이크로 비커스 경도계를 이용하여 경도측정을 실시하여 표면경화 효과를 비교 분석했다.

3. 실험결과

비커스 경도를 측정한 후 결과는 Table 1에 나타냈다. 결과에서는 버니싱 가공 전 192.43Hv를 나타냈으며, 가공 후 215.12 Hv를 나타냈다. 따라서 가공 전보다 11.79% 증가된 측정 결과와 함께 표면 경화 효과가 있음을 확인했다. Figure 1에서는 버니싱 가공 후 측정된 비커스 경도기의 압입 상태를 나타내고 있다.

Table 1 Results of measured Vickers hardness

	Before	After
Results	192.43 Hv	215.12 Hv

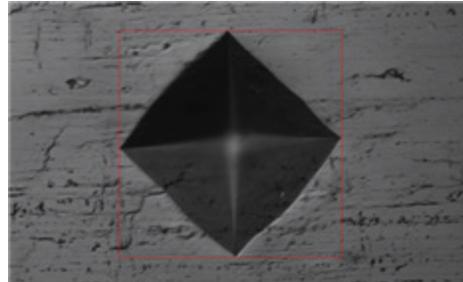


Fig. 1 Results of Vickers hardness indenter

4. 결론

본 연구의 결과로 S20C 소재의 버니싱 가공으로 미려한 표면과 함께 표면 경도가 11.79% 증가하는 것을 확인했으며, 이 결과는 소재 및 절삭조건에 따라서 다양한 결과를 나타낼 수 있기 때문에 지속적인 연구가 필요함을 확인했다.

REFERENCES

1. Kang, I. S., and Lee, T. H., "Influence of the Material Mechanical Properties on Cutting Surface Quality during Turning" Processes, Vol. 12, 1171, 2024.

사출성형 부품의 광택차 결함 정량화를 위한 유의 인자 분석에 관한 연구
Analysis of Effective Factors for Quantifying Gloss Variation Defects in Injection-Molded Components

*이준¹, 한성빈², 윤서나², 방남현³, 오재민³, 김성용³, 김명덕³, #조영태^{1,2}

*J. Lee¹, S. B. Han², S. N. Yoon², N. H. Bang³, J. M. Oh³, S. Y. Kim³, M. D. Kim³,

#Y. T. Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2}

¹ 국립창원대학교 기계공학부 스마트제조융합전공, ² 국립창원대학교 스마트제조융합협동과정,

³ LG전자 HS성형가공기술Project

Key words : Injection Molding, Image Processing, Gloss Defect, Effective Factor

*발표자, #교신저자

플라스틱 사출 성형 시 사출 온도나 수지 유동성 부족으로 제품 표면에 광택차 결함이 발생한다. 이 결함은 현재 검사자가 색상, 대비 등의 차이를 정성적으로 판단하기 때문에 일관성이 떨어진다. 이에 본 연구는 이미지 처리를 통해 광택차를 정량적으로 분석하고, 결함 인자에 영향을 주는 주요 인자를 도출하였다. RGB, HSV, YCbCr, XYZ의 색 공간에서는 XYZ 영역이 결함에 대한 민감도가 가장 높았고, 밝기 대비 조절, 히스토그램 평활화, CLAHE 방법 중 CLAHE 대비 향상 기법을 적용했을 때 결함의 특징을 가장 효과적으로 추출하였다. 이번 연구에서 도출된 이미지 처리 기반 정량 분석 기법은 진공, 블로우 등 다양한 성형 방식에서 발생 가능한 외관 결함의 자동화 검출에도 확장 적용될 수 있다.

Acknowledgement

이 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이며 (141588607, 우주항공/소형원전/방위산업 특화 적층제조기술 혁신 얼라이언스 구축, 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원사업) 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

상지 절단 장애인을 위한 3D 프린팅 기반 식사 보조 로봇 팔 3D-Printed Feeding Assistance Robot Arm for Upper Limb Amputees

*조예은¹, 전병철¹, 박원빈², #이선곤¹

*Y. E. Cho¹, B. C. Jun¹, W. B. Park², #S. K. Lee¹

¹인하대학교 기계공학과, ²인하대학교 전기공학과

Key words : 3D Printed Robotic Arm, Upper Limb Amputees, Automated meal Assistance

* 발표자, # 교신저자

본 연구는 상지절단 장애인의 자립적인 식사 활동을 지원하기 위한 식사보조 로봇 시스템 개발이다. 기존 보조 기기의 한계를 극복하기 위해 경로함수 기반 3자유도 로봇팔을 설계하고, 시선 추적 및 발 스위치(Foot Switch)를 활용한 사용자 중심 제어 인터페이스를 통합하였다. 제한적, 사용자 시나리오 기반 실험을 통해 시스템의 정밀도, 반응성, 안정성을 검증하였다. 본 연구 결과는 사회적 약자를 위한 생활보조 로봇 기술의 실용화 가능성을 제시하며, 향후 사회적 약자를 위한 일상 활동 지원시스템 개발을 위한 기초 자료로 유용하게 활용될 것이다.

1. 서론

기존 식사보조 기기들은 수동적이거나 제한된 동작만을 지원하는 단순 보조 수준에 머물러 있으며, 사용자 맞춤형과 실시간 제어 기능이 부족하다. 또한, 다수의 시스템은 사용자의 능동적 참여 없이 자동화된 경로를 반복 수행하는 방식으로 설계되어 있어, 다양한 신체 조건과 사용 환경을 충분히 반영하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 사용자의 신체적 특성과 의도에 유연하게 대응할 수 있는 지능형, 인터랙티브 식사보조 로봇 시스템을 개발하여, 실제 사용자 환경에서의 성능 검증을 통해 현장 적용 가능성과 기술적 실효성을 평가하고자 한다.

2. 실험 및 고찰

기존, 상지 장애인을 위한 식사보조 시스템에 관한 연구는 주로 기계적 보조기구, 자동화된 식사 로봇, 그리고 사용자 인터페이스 기술을 중심으로 진행되어 왔다. 초기는 Spoon-Feeding Device와 같은 단순 메커니즘 기반 음식을 일정한 경로로 운반하는 자동화 시스템으로 사전 정의된 동작의 반복 수행이었으며, 이후 Baxter, JACO Arm 등의 다자유도 로봇팔 기반 보조 시스템이 도입되면서 사용자 맞춤형 제어와 복잡한 동작 수행이 가능해졌지만, 여전히 고가의 하드웨어와 제한적인 사용자 인터페이스가 문제점으로 지적되어지고 있다.

본 연구에서는 사용자의 제한된 신체 능력을 고려

Fig. 1과 같이 3자유도 기반 역기구학 설계에 의한 식사 도구 끝단의 경로 함수 구동 로봇팔, 발 스위치 및 시선 추적 기반 사용자 인터페이스 통합 식사보조 로봇 팔을 제작하여 사용자 시나리오 기반 실험을 통해 시스템의 실효성과 안정성을 검증하였다.

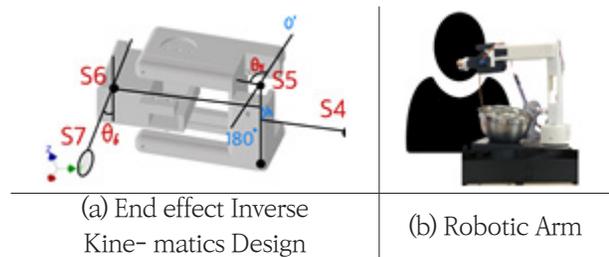


Fig. 1 The meal assistance robotic arm testbed

4. 결론

본 연구는 사용자 맞춤형 인터페이스를 통해 손의 움직임이 불가능한 상지 절단 환자의 직관적이고 능동적인 제어 가능성에 대한 연구이다. 본 연구의 결과는 의복 착용, 세면, 휠체어 보조 등 향후 통합형 생활보조 로봇 플랫폼 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 본 연구의 제한된 실험 환경 검증에 의한 한계극복을 위하여 내구성, 유지 보수성, 사용자 피로도 변화 등의 추가 연구 수행 및 시선 추적 기반 제어의 한계인 특정 질환(예: 안구진탕, 시각 장애) 사용자 적용 방안 연구를 진행할 것이다.

샌드 프린팅과 Wire DED 방식을 혼용한 하이브리드 3D 프린팅 기법에 관한 연구 Investigation of a Hybrid 3D Printing Method Combining Sand Printing and Wire DED

*최창영¹, 조인수², 한건후², #조영태^{1,2,3}

*Chang Young Choi¹, In Soo Jo², Geon Hu Han², #Young Tae Cho(ytcho@changwon.ac.kr)^{1,2,3}

¹국립창원대학교 기계공학부, ²국립창원대학교 스마트제조융합협동과정,

³국립창원대학교 스마트제조융합전공

Key words : WA-DED, Sand Printing, Overhang

*발표자, #교신저자

Wire Arc Directed Energy Deposition(WA-DED)은 금속 와이어를 아크 열원으로 녹여 적층하는 금속 3D 프린팅 공정이다. 기존 분말 방식과 절삭 가공 방식과는 달리, WA-DED는 재료 손실 없이 필요한 부분을 금속 와이어를 통해 적층하기에 재료 효율적이며 항공, 선박 등 대형 부품 제작에 유리하다. 하지만 적층 공정 특성상 45°이하의 오버행(Overhang) 구조에서는 비드의 용락 및 불안정한 현상이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 적층이 어려운 오버행 구조 문제에 주목하여 이를 해결하기 위해 형상 자유도와 내화성이 우수한 샌드 프린팅 기반 지지체를 활용하여 WA-DED 기반의 하이브리드 금속 3D 프린팅 기술을 검증하였다.

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 (No. RS-2019-NR040067) 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00507253)

서보 모터를 이용한 선박 수평유지장치 Marine Stabilization

*김태균¹, 송지민¹, 이승현¹, 이현준¹, 주하성¹, #김부기¹

*T. G. Kim¹, J. M. Song¹, S. H. Lee¹, H. J. Lee¹, H. S. Ju¹, #B. K. Kim¹(booki@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계공학부

Key words : Marine, Stabilization, Ship, Servo Motor

*발표자, #교신저자

대부분의 선박들이 레이더는 기본적으로 탑재하여 운영하고 있으나, 레이더 음영 영역 발생으로 인한 근거리 상황 탐지 및 인식에는 한계가 있다. 이를 보완하고자 근거리의 소형 선박, 부유물을 탐지하고 추적하기 위한 라이다, 정밀광학 카메라 등의 장비 적용으로 한계점을 해소한다. 하지만 이러한 장비들의 정확도 향상을 위해 Roll, Pitch(수평 유지) 보정이 필수지만 수평유지 장비의 경우 국내 제품이 존재하지 않고, 국외 제품의 경우 유압실린더 방식을 이용한 제품이 대부분이며 가격대가 비싸다는 단점이 있다. 따라서 본 프로젝트는 제어 정밀도와 응답속도가 비교적 높은 서보 모터를 이용해 상용화된 수평유지 장비의 가격대비 효율적으로 수평을 유지하는 장치를 설계하고자 한다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. RS-2019-NR040067)와 경상국립대학교 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)과 국립대학육성사업의 연구 결과입니다.

선박용 접이식 태양광 추적 장치 Folding Solar Tracker for Ships

*김민주¹, 고동영¹, 김진호¹, 이상엽¹, 신상훈¹, #황옥렬¹

*M. J. Kim¹, D. Y. Go¹, J. H. Kim¹, S. Y. Lee¹, S. H. Shin¹, #W. R. Hwang¹(wrhwang@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계공학부

Key words : Automation, Solar Energy, Stability

*발표자, #교신저자

현대 해양 산업에서 선박의 에너지 효율성을 높이고 친환경적인 전력 공급 방법을 찾는 것이 중요한 과제이다. 기존 디젤 발전기는 연료 소모와 환경 오염을 발생시킨다. 이러한 문제에 대해 신재생 에너지원인 태양광 발전 시스템이 대안으로 주목받고 있지만, 고정된 각도의 태양광 패널은 발전 효율이 일정하지 않고, 선박의 이동과 롤링 현상으로 일정하게 태양열을 받기 어렵다. 이를 해결하기 위해 우리는 자동 태양광 추적 시스템을 적용하여 선박의 기울기와 이동에 관계없이 태양광 패널이 최적의 각도를 유지하도록 하는 장치를 제안한다. 이 장치를 통해 발전 효율을 극대화하고 선박의 에너지 자립도를 높이며 친환경적인 해양 산업 발전에 기여하고자 한다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. RS-2019-NR040067)와 경상국립대학교 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)과 국립대학육성사업의 연구 결과입니다.

센서와 자율주행 공구로봇을 통한 절삭팁의 예측 유지 보수를 통한 가공성 향상 Improving Machinability through Predictive Maintenance of Cutting Tips Using Sensors and Autonomous Tool Robots

*박윤찬¹, 우정현¹, 서영현¹, 김민준¹, #정영¹

*Yun Chan Park¹, Jeong Heyon Woo¹, Young Hyun Seo¹, Min Jun Kim¹,

#Young Jung(y.jung@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 기계공학부 기계공학전공

Key words : Cutting Tool, Machinability Improvement, Autonomous Tool Robot, Predictive Maintenance

예측 유지보수는 공구의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 고장을 사전에 예측하여 불필요한 유지보수를 최소화할 수 있다. 본 연구는 센서와 자율주행 공구로봇을 활용하여 예측 유지보수 기법을 적용함으로써, 절삭 팁의 가공성 향상을 도모하는 것을 목표로 한다. 센서 데이터를 기반으로 절삭 팁의 마모 상태를 정량적으로 예측하고, 이를 바탕으로 자동화된 유지보수 시스템과 공정 최적화를 구현하였다. 제안된 시스템은 저비용으로 구축이 가능하여 기업의 규모와 관계없이 적용할 수 있으며, 결과적으로 생산성 향상과 유지보수 비용 절감에 기여할 수 있다.

1. 서론

예측 유지보수는 기계 상태를 실시간 모니터링해 고장을 사전에 예측·예방하는 유지보수 기법이다. 절삭 공구의 마모는 가공 품질 저하를 유발할 수 있으며, 적절한 교체와 유지보수를 통해 품질 향상과 생산 안정성을 기대할 수 있다. 본 연구는 자율주행 공구로봇과 센서 기반 예측 유지보수 시스템을 활용해, 기업 규모와 관계없이 적용 가능한 실용적 솔루션을 제시하고, 이를 통해 제조 현장의 생산성과 유지보수 효율 향상을 도모한다.

2. 본론

본 연구는 자율주행 공구로봇과 센서 기반 예측 유지보수 시스템을 통해 절삭 팁 마모를 정량적으로 예측하고, 가공성 향상을 실현하는 것을 목표로 한다. 공구에는 진동·온도·소음 센서가 장착되어 공구의 상태를 실시간 모니터링하며, 로봇은 수집된 데이터를 바탕으로 유지보수 시점을 자동 판단하여 자율주행 기능을 통해 작업환경에 투입된다. 예측 알고리즘은 머신러닝 기법을 활용해 마모 상태를 분석하고, 가공 품질의 안정성과 공구 수명 최적화를 동시에 달성한다. 해당 시스템은 기업 규모와 관계없이 도입할 수 있도록 간결하고 경제적인 구조로 설계되었다.

3. 결론

본 연구는 자율주행 공구로봇과 센서 기반 예측 유지보수 시스템을 통해 절삭 팁 마모를 예측하고, 가공성 향상을 실현할 수 있는 방안을 제시하였다. 제안된 기술은 생산성과 품질 향상은 물론, 유지보수 비용 절감에도 효과적이며, 예측 유지보수를 통한 작업 효율성 개선과 공정 최적화를 통해 제조 현장의 경쟁력 강화를 위한 핵심 기술로 활용될 수 있다.

후기

본 논문은 지능형로봇혁신융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

REFERENCES

1. Song, G. J., & Lim, J. J., "A Study on the Diagnosis and Prediction System of Vehicle Faults Using Condition Based Maintenance Technique," The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 18 No. 4, pp. 80-88, 2019.
2. Kim, S. J., Yoo, J. H., Yoon, B. D., & Ahn, S. H., 2023, "Deep Learning-based CNC Tool Life Prediction Using Low-cost Vibration Sensors Based on Nanomaterials," KSME Spring Conference, Busan, May 17, 2023.

스태커 크레인 포크 프레임의 구조해석

Structural Analysis of Stacker Crane Fork Frame

*김수민¹, 김정한¹, #이충호¹

*S. M. Kim¹, J. H. Kim¹, #C. H. Lee(leech@jj.ac.kr)¹

¹ 전주대학교 산업공학과

Key words : Stacker Crane, Ansys, Von mises stress, Fork frame

*발표자, #교신저자

스태커 크레인은 물류 자동화 시스템에서 필수적인 요소로 하중을 지지하고 운반하는 포크 프레임의 강도와 안정성이 중요하다. 본 연구에서는 Ansys를 이용하여 다양한 하중 조건에서의 포크 프레임의 응력 및 안전계수를 분석하였다. 스태커 크레인의 정적 하중의 최대 5Ton 이므로 포크 프레임에 1Ton, 3Ton, 5Ton 세 수준으로 하중을 부여하여 해석을 진행하였다. 시뮬레이션 결과 1Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 45.23MPa, 안전계수는 5.52ul로 도출되었고 3Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 135.7MPa, 안전계수는 1.84ul로 도출되었으며 5Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 226.17MPa 안전계수는 1.1ul로 도출되었다. 일부 영역에서 안전계수가 낮게 도출되어 추가적인 보강 설계가 필요함을 확인했다. 향후 동적 하중해석을 통하여 정밀한 구조 안전성 평가를 진행할 필요가 있다.

1. 서론

스태커 크레인은 물류센터 및 공장에서 적재 및 하역 작업을 수행하는 핵심 장비로 포크 프레임을 이용하여 팔레트나 화물을 들어 올리고 이동시킨다. 이러한 포크 프레임은 반복적인 하중과 응력을 받기 때문에 적재하는 포크에 대한 안전성 확보가 필요하다. 본 연구는 Ansys를 이용하여 포크 프레임의 구조해석을 수행하고 설계 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 결과

보다 원활한 시뮬레이션을 위해 스태커 크레인에서 포크 프레임을 제외한 나머지 부품을 해석에서 제외시키고 각 파트별로 단순화를 진행하였다. 마스트와 포크 프레임과 연결된 부위에 고정 구속조건을 설정하였고 포크 프레임에 1Ton, 3Ton, 5Ton 세 수준으로 하중을 부여하여 해석을 진행하였다. 시뮬레이션 결과, 1Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 45.23MPa, 안전계수는 5.52ul로 도출되었고 3Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 135.7MPa, 안전계수는 1.84ul로 도출되었으며 5Ton의 하중을 부여하였을 때 폰 미세스 응력은 226.17MPa 안전계수는 1.1ul로 도출되었다.

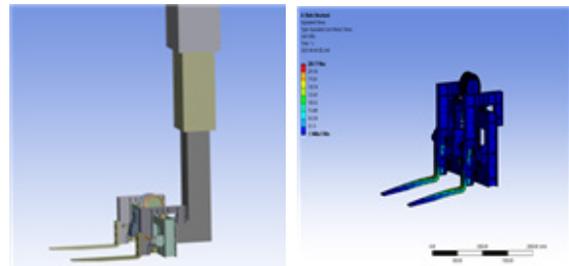


Fig. 1 Stacker crane model & Fork frame structural analysis

3. 결론

포크 프레임의 특정 구간에서 응력 집중 현상이 발생하였으며 최대 하중 조건에서의 응력이 설계 기준에 근접하는 것으로 나타났다. 향후 동적 하중해석을 통하여 정밀한 구조 안전성 평가를 진행할 예정이다.

후기

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 2024년도 기술사업화지원사업(공공기술사업화 촉진 시장확대형)과 2025년도 전북TP 지역특성화산업 전문인력양성사업(취업연계형특성화과정)의 지원으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

1. Dae-sung Kang, Eun Ik Jung, Kim Kyung-hee, Il-Cheon Baek, and Jung-Seob Yi. "Structural Analysis of the Transfer Shuttle System of Material Supply Units for Small Machine Tools." Journal of the Korean Society of Machinery and Processing 18.4 (2019): 62-68.

압전나노발전기 출력 향상을 위한 탄소나노튜브 구조체 혼성화 기술 Functional Hybridization of CNT Microstructure for Enhanced Piezoelectric Performance of Nanogenerator

*박종원¹, 김광준¹, 김민욱¹, 김용태¹, 이민섭¹, #옥종걸¹

*Jongwon Park¹, Kwangjun Kim¹, Minwook Kim¹, Yong Tae Kim¹, Minsub Lee¹,

#Jong G. Ok(jgok@seoultech.ac.kr)¹

¹ 서울과학기술대학교 기계자동차공학과

Key words : Carbon nanotube, Piezoelectric nanogenerator, P(VDF-TrFE), BTO

*발표자, #교신저자

본 연구에서는 높은 전기전도성을 가진 CNT (carbon nanotube)를 압전 재료간의 분극 전달을 위한 전도성 구조체로 도입하여, 압전 분극을 효율적으로 출력할 수 있는 압전나노발전기를 개발하였다. 유연한 압전 재료인 P(VDF-TrFE) (polyvinylidene fluoride-trifluoroethylene)와 높은 압전계수를 갖는 BTO (BaTiO₃)를 혼합하여 솔루션을 제조하였고, 이를 CVD로 성장된 CNT microstructure의 나노다공성 기반 모세관힘을 활용하여 압전 재료와 균일하게 혼성화하였다. SEM, XRD, FT-IR 분석을 통해 압전 특성을 지배적으로 결정짓는 β상 형성 비율을 분석하였으며, 다양한 물리력에 대한 출력전압을 측정하였다.

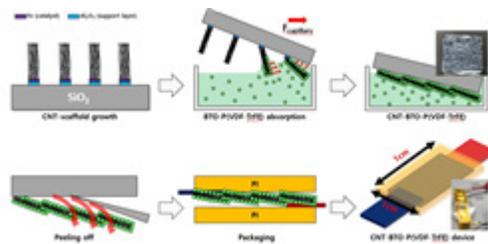


Fig. 1 The fabrication process of CNT microstructure based P(VDF-TrFE)-BTO PENG device

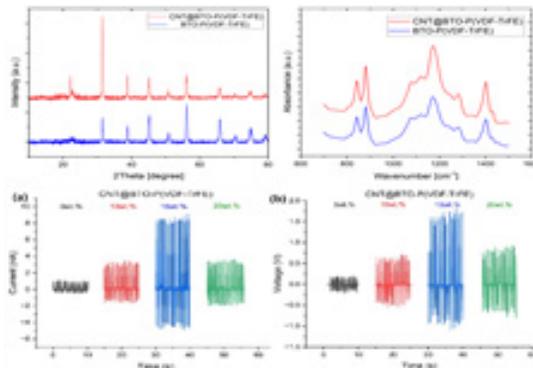


Fig. 2 XRD, FT-IR and piezoelectric performance of CNT-P(VDF-TrFE)-BTO PENG device

후기 이 연구는 정부(과학기술정보통신부) 재원 한국연구재단 나노및소재기술개발사업(NRF-2021 M3H4A3A02099204, RS-2024-00449882), STEAM연구사업(NRF-2022M3C1A3081178) 및 글로벌기초연구실(RS-2024-00413607) 과제 및 정부(교육부) 재원 한국연구재단 보호연구(NRF-2022R1I1A2073224) 과제의 지원으로 수행됨.

압축식 냉동기를 이용한 고출력 레이저의 에너지 저장장치 냉각 Energy Storage System Cooling for High-Power Laser Using a Compression Refrigeration System

*박강민¹, 조운¹, 김종선¹, 임종민¹, 정보민¹, 임태건¹, #하태광¹

*G. M. Park¹, U. Jo¹, J. S. Kim¹, J. M. Lim¹, B. M. Jeong¹, T. G. Lim¹

#Taekwang Ha(hataekwang@chosun.ac.kr)¹

¹ 조선대학교 기계공학과

Key words : High-power Laser, Cooling, ESS, Compression Refrigeration

*발표자, #교신저자

일반적으로 고출력 에너지를 사용하는 레이저 무기는 에너지 저장장치가 전원공급장치로써의 역할을 하며, 레이저 발생을 위한 안정적인 전원공급을 위하여 전원공급장치에서 발생하는 열을 제어하는 것이 중요하다. 따라서 압축식 냉동기를 활용하여 에너지 저장장치를 효율적으로 냉각하고자 한다. 본 연구에서는 레이저 출력 변화에 따라 최적의 냉각 성능을 유지할 수 있도록 피드백 제어를 통한 냉매 유량 조절 시스템을 설계하며, ANSYS Workbench와 COMSOL Multiphysics를 활용한 열 해석 및 유동 해석으로 냉각 성능을 최적화하였다.

후기

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업의 연구결과입니다.

왁스코팅 기반 생체모사 3D 혈관 복제품의 경제적 제작 솔루션 Cost-Effective Method for High-Quality 3D Vascular Replicas Using Wax Coating

*이태석¹, 김지민¹, #임종경¹

*Taeseok Lee¹, Jimin Kim¹, #Jongkyeong Lim(limjongkyeong@gachon.ac.kr)¹

¹가천대학교 기계공학과

Key words : 3D Vascular Replicas, Cost-Effective, Wax Coating

*발표자, #교신저자

기존 혈관 복제품 제작 공정은 ABS 몰드를 아세톤으로 반복 처리해 표면을 매끄럽게 하고, PDMS 코팅 후에도 아세톤으로 내부를 제거하는 방식이었다. 본 연구에서는 몰드를 물에 용해되는 PVA로 대체하고, 왁스코팅을 통해 표면을 얇고 균일하게 처리함으로써 아세톤 사용을 전면 배제하였다. 이로써 표면 처리 과정을 단순화하고, 제작 시간과 비용을 크게 절감할 수 있었다. 또한 PDMS 코팅 과정에서는 기존의 불안정한 수작업 기반 이중층 형성 방식 대신, PVA 시트를 이용해 지지유체 위에서 자연스럽게 안정적으로 도포되도록 하여 공정의 신뢰성과 재현성을 높였다. 이러한 공정은 자동화 및 공장화에 적합한 구조로, 대량 생산이 요구되는 의료 시뮬레이터 제작에 효과적으로 적용될 수 있다.

환자 안전 강화를 위한 다기능 스트레처카 설계 및 제작

Design and Fabrication of a Multi-functional Stretcher for Enhancing Patient Safety

*주현빈¹, 김준성¹, 박세웅¹, 박준영¹, 이상진¹, 이현규¹, 전종석¹, 정경인¹,
조현수¹, 최현빈¹, #안형진¹

*H. B. Joo¹, J. S. Kim¹, S. Y. Park¹, J. Y. Park¹, S. J. Lee¹, H. K. Lee¹, J. S. Jeon¹,

K. I. Jeong¹, H. S. Cho¹, H. B. Choi¹, #H. J. An(gudwls3547@naver.com)¹

¹국립부경대학교 기계공학부 기계설계공학전공

Key words : Stretcher Design, Suspension Mechanism, Patient Transfer, Nursing Efficiency

본 연구는 환자 이송의 안정성을 높이기 위한 혁신적인 스트레처카 설계 및 제작을 다룬다. 기존 이송 시스템은 험로 및 병원 내 지형에서 발생하는 충격과 불편함으로 환자 안전과 편의성이 저하되는 문제가 있었다. 이를 해결하고자 스트레처카 바퀴에 래칫 기어를 적용하여 경사면 고정 기능을 확보하고, 모든 바퀴에 서스펜션 시스템을 적용해 충격을 최소화하였다. 또한, 손잡이 구조를 개선하여, 접촉면에는 미끄럼 방지 스티커를 부착하고, 환자 하판 이동 부에는 마찰 계수가 낮고 경제적인 HDPE(고밀도 폴리에틸렌)를 사용하여 간호사 혼자서도 병실 침대로 환자를 쉽게 옮길 수 있도록 설계하였다. 본 연구는 환자 이송의 불편함을 개선하고, 안전성과 효율성을 향상시킨 설계 방안을 제시한다.

1. 서론

고령화와 중증 환자 증가로 환자 이송 수요가 급증하고 있다. 그러나 스트레처카 조작 중 낙상 등 사고가 잦고, 간호사가 혼자 환자를 침대로 옮기기 어려운 문제도 존재한다. 이에 본 연구는 래칫 기어, 서스펜션 시스템, 손잡이 구조 개선을 통해 안정성과 효율성을 높인 스트레처카를 설계하였다.

2. 설계 과정

본 연구에서는 실사용 환경을 고려하여 최대 150kg의 하중을 지지할 수 있는 스트레처카를 설계하였다. 높이는 650mm, 침대의 크기는 1900mm×600mm의 크기로 설정하였고, 프레임은 \varnothing 25.4mm, 두께 1.8t의 스틸 파이프를 사용하였다. 하중이 집중되는 다리에는 5t 철판을 가공하여 적용하였으며, 보관 및 차량 탑재를 위해 접이식 다리 구조를 필수 요소로 반영하였다.

바퀴에는 래칫 기어를 적용해 경사면에서도 자동 고정되는 브레이크 기능을 구현하고, 네 바퀴 모두에 독립 서스펜션을 적용해 이동 중 충격을 흡수하도록 설계하였다. 또한, 손잡이를 접이식으로 설계하여, 병원 침대와 접촉하는 면에는 미끄럼 방지 스티커를 부착해 마찰력을 높였다. 환자 하판이 이동하는 면에는 마찰 계수가 낮고 내구성이 우수한 HDPE 플라스틱을 사용하였다.

Table 1 Comparison of Plastic Friction Coefficients

	PC	HDPE	PP	PVC	PS
마찰 계수	0.36	0.08 ~0.18	0.3	0.45	0.5



Fig. 1 Frame



Fig. 2 Handle

3. 결론

본 연구는 래칫 기어, 서스펜션, 접이식 손잡이 구조 등을 적용해 환자 이송의 안정성과 효율성을 개선한 스트레처카를 설계 및 제작하였다. 향후 현장 적용을 통한 검증이 기대된다.

후기

본 논문은 지능형로봇혁신융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

유성기어를 이용한 이중창용 블라인드에 관한 연구 Study on the Blinder for Double Window Using Meteor Gear

*문준혁¹, 박민제¹, 고민재¹, 남강훈¹, 강동희¹, #류성기¹

*J. H. Mun¹, M. J. Park¹, M. J. Ko¹, D. H. Kang¹, K. H. Nam¹, #S. K. Lyu¹(sklyu@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계공학부

Key words : Double Pane Window, Blind, Meteor Gear

*발표자, #교신저자

본 연구는 습기와 유분에 취약한 주방 및 욕실 환경에 최적화된 2중창 내장형 블라인드 시스템 개발을 목표로 한다. 기존 블라인드 시스템은 이러한 환경에서 오염 및 고장의 위험도가 높아 사용에 제한이 있었다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 유성기어를 활용한 혁신적인 감속 시스템을 도입하여 정밀하고 안정적인 블라인드 작동 성능을 구현하였다.

2중창 내부에 블라인드를 설치함으로써 습기, 먼지, 유분 등 외부 오염 물질로부터 블라인드를 효과적으로 차단하고 내구성을 획기적으로 향상시켰다. 또한, 유성기어 감속 시스템은 블라인드 작동에 필요한 힘을 최소화하여 저전압 배터리와 소형 모터만으로도 안정적인 작동이 가능하도록 설계되었다. 이는 에너지 효율성을 높이고 유지 보수 비용을 절감하는 효과를 가져온다.

본 연구에서 개발된 2중창 내장형 블라인드 시스템은 다음과 같은 핵심 기술을 포함한다. 첫째, 유성기어 감속 시스템을 통한 정밀한 각도 조절 및 안정적인 작동 성능 확보. 둘째, 2중창 내부 설치를 통한 습기, 먼지, 유분 등 오염 방지 및 내구성 향상. 셋째, 저전압 배터리 및 소형 모터 적용을 통한 에너지 효율성 증대 및 유지 보수 비용 절감이며, 본 연구 결과는 습기와 유분에 취약한 환경에서도 블라인드를 자유롭게 사용할 수 있는 새로운 가능성을 제시하며, 스마트 홈 기술과의 연계를 통해 더욱 편리하고 효율적인 실내 환경 조성에 기여할 것으로 기대된다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. RS-2019-NR040067)와 경상국립대학교 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)과 국립대학육성사업의 연구 결과입니다.

유압실린더 위치에 따른 Air Drill 파종기 연결부 유연체 해석

Flexible Body Dynamic of the Rotavator Connection Parts of the Hydraulic Cylinder in Air Drill Seedler

*김정한¹, 김수민¹, 최원준¹, #이충호¹

*J. H. KIM¹, S. M. KIM¹, W. J. Choi¹, #C. H. LEE(leech@jj.ac.kr)¹

¹ 전주대학교 산업공학과

Key words : Hydraulic Cylinder, Recurdyn FFlex, Flexible Body Dynamics

Air Drill 파종기에 부착되어 있는 로터베이터는 유압실린더를 이용해 로터베이터 프레임을 상승, 하강시키는 폴딩 형식이다. 유압실린더를 이용하여 많은 무게의 로터베이터 프레임을 끌어오는 만큼 연결부의 구조적 안정성을 확보해야한다. 본 연구에서는 유압실린더가 가장 폴딩된 부분, 절반까지 폴딩된 부분, 펼쳐진 부분으로 3수준으로 연구를 진행하였다. 해석은 로터베이터 1/2 부분만으로 수행했고, 로터베이터 절반의 하중으로 부여한 후 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션 결과, 가장 폴딩된 부분에서 발생한 응력은 92.2MPa, 안전계수는 2.7ul로 도출되었고 절반까지 폴딩된 부분에서 발생한 응력은 72.44MPa, 안전계수는 3.4ul로 도출되었다. 또한 펼쳐진 부분에서는 49.6MPa의 응력이 도출되었고 안전계수는 4.9ul로 도출되었다. 로터베이터 프레임을 폴딩했을 때의 연결부의 안전성에 대해서는 문제가 없는 것으로 사료된다.

1. 서론

Air Drill 파종기에 부착되어있는 로터베이터는 유압실린더를 이용해 로터베이터 프레임을 상승, 하강시키는 폴딩 형식이다. 유압실린더를 이용하여 많은 무게의 로터베이터 프레임을 끌어올림으로 유압실린더와 로터베이터 프레임의 연결부의 안전성을 확인하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 완전 폴딩할 때, 절반 폴딩할 때, 펼쳐졌을 때 3수준으로 나누어 Recurdyn FFlex를 이용하여 유연체 해석을 진행하였다. FFlex란 Mesh 기반의 Full Flex 유연체를 Recurdyn 모델에 포함시킬 수 있는 기능이다.

2. 연구내용

시뮬레이션 시간 단축과 보다 정확한 해석을 진행하기 위해 로터베이터 메인 프레임 절반과 유압실린더와 연결부를 제외한 나머지 모델링을 단순화하여 진행하였다. Recurdyn FFlex를 이용하기 위해 연결부에 Mesh를 주어 유연체 해석을 가능하게 하였다. 유압실린더가 병진운동을 할 수 있게 Translate Joint를 적용한 후 Motion 식을 사용하여 폴딩이 가능할 수 있게 유압실린더와 연결부에 Revolute Joint를 적용하였다. 재질은 SS400로 설정하였고 -Y 방향으로 로터베이터의 하중을 부여하여 시뮬레이션을 진행하였다.

3. 결론

시뮬레이션 결과, 완전 폴딩하였을 때, 폰 미세스 응력은 92.2MPa로 도출되었고 안전계수는 2.7ul

로 도출되었고 절반 폴딩하였을 때, 폰 미세스 응력은 72.44MPa로 도출되었고 3.4ul의 안전계수가 도출되었다. 폴딩되지 않은 부분에서의 폰 미세스 응력은 49.6MPa로 도출되었고 안전계수는 4.9ul로 도출되었다. 세 가지 조건에서 모두 안전계수가 설계기준을 초과하므로 접이형 로터베이터의 폴딩 연결부는 안전한 구조라고 사료된다.

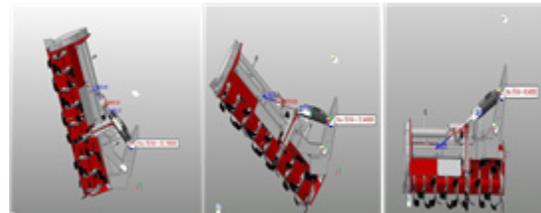


Fig. 1 Rotavator simulation of results

후기

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 2024년도 기술사업화지원사업(공공기술사업화 촉진 시장확대형)과 2025년도 전북TP 지역특성화산업 전문인력양성사업(취업연계형특성화과정)의 지원으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

1. hung Chang-hwan (CH Jeong), Park Dae-cheon (DC Park), Lee Chung-ho (CH Lee), and Kim Beom-ju (BJ Kim). "Interpretation of Rotary Blade Strength of Combined Seeding Machine Rotator." Journal of the Spring and Autumn Conference of the Korean Society of Machinery and Processing 2019.10 (2019): 90-90.

이동식 소화탄 발사 로봇 개발에 대한 연구

Study on Development of Mobile Fire Extinguisher Bomb Launch Robot

*조성원¹, 정원진¹, 방성윤¹, 김정은¹, #손정현²

*S. W. Jo¹, W. J. Jeong¹, S. Y. Bang¹, J. E. Kim¹, #J. H. Sohn(jhshon@pknu.ac.kr)²

¹국립부경대학교 기계공학부 기계설계공학전공, ²국립부경대학교 기계공학부

Key words : Tracked Mobile Robot, Obstacle Traversal, AI-based Fire Detection, Extinguisher Projectile

최근 화재 사고의 빈도와 규모가 증가함에 따라, 신속하고 정밀한 초기 대응의 중요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 화재 발생 시 원격 조종과 AI 기반 화재 인식을 통해 자동으로 소화탄을 발사할 수 있는 이동형 로봇을 개발하였다. 본 로봇은 무한궤도 시스템을 통해 험지와 장애물을 극복 가능하고, YOLO V8 알고리즘을 활용한 화재 감지 및 자동 조준 시스템을 탑재하여 효과적인 무인 화재 대응을 가능하게 한다. 본 논문에서는 로봇의 설계, 제작, 그리고 성능 평가를 통해 실용성과 향후 개선 방향을 제시한다.

1. 서론

현대 도시 및 산업 환경에서의 화재는 대규모 피해로 이어질 수 있어 초기 대응의 자동화가 요구된다. 특히 소방관의 접근이 제한적인 지역에서는 무인 소화 장비의 필요성이 강조되고 있다. 기존의 소방 장비는 원격 제어 기능이 제한적이거나 자동화된 대응이 부족하다는 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 원격 조종이 가능하며, 화재 인식부터 소화탄 발사까지의 과정을 자동화할 수 있는 지능형 로봇 시스템을 개발하고자 한다.

2. 본론

개발된 로봇은 이동장치, 소화탄 발사 장치, 그리고 제어 시스템으로 구성된다. 주 무한궤도와 각도 조절이 가능한 보조 궤도를 통해 다양한 지형에서 장애물 극복 능력을 향상했으며, 소화탄 발사 장치는 회전식 자동 장전 및 발사 기능을 갖춘다. 제어 시스템은 Wi-Fi를 활용한 원격 조종, RTSP를 통한 실시간 영상 스트리밍, 그리고 YOLO V8을 이용한 AI 기반 화재 인식 및 자동 조준 시스템을 포함한다.

실험방법은 궤도 차량의 구동 및 장애물 극복 능력과 거리 및 범위 평가로 구성된다. 먼저, 원격 조종을 이용해 전진, 후진, 좌우 회전(skid 조향) 시 이동 거리와 시간을 측정한다. 또한, 보조 궤도를 활용해 0.05m, 0.1m, 0.2m 높이의 장애물 통과 여부와 철근 험지 주행 가능성을 평가한다.

인식 거리 및 범위 평가는 0.5m, 1m, 2m 거리에서 화재 이미지를 인식할 수 있는지를 시험하여 원거리 인식 성능을 분석한다.



Fig. 1 Vertical Obstacle Traversal Process

3. 결론

본 연구를 통해 로봇의 이동성, 화재 인식 정확도 및 소화탄 투척 성능을 평가하였다. 이동 실험 결과, 0.1m의 수직 장애물까지 원활하게 극복할 수 있었으며, 0.2m 수직 장애물은 무게중심과 보조 궤도 설계의 한계로 인해 극복하지 못하였다. YOLO V8을 활용한 화재 인식 실험에서는 2m 거리에서도 화재 이미지를 감지할 수 있었으나, 밝은 빛에 의한 오인식 사례가 일부 존재하였다. 자동 조준 시스템을 통해 인식된 화재 지점에 대한 소화탄 발사가 가능함을 확인하였다. 본 연구에서 제시한 이동식 소화탄 투척 로봇은 원격 조종 및 AI 기반 화재 인식을 이용한 자동 소화탄 발사 기능을 갖추어 화재 진압의 초기 대응을 자동화하는 데 기여할 수 있다.

후기

본 논문은 지능형로봇혁신융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

자외선 표면 개질 공정 최적화를 통해 제작된 표면 위 극성, 비극성 액체의 미끄러짐 특성 비교 Comparison of Slippery Behavior of Polar and Nonpolar Liquids on UV-Optimized Surface Modification

*윤채혁¹, 윤성민², 김우영³, #조영태^{1,2}

*C. H. Yoon¹, S. M. Yoon², W. Y. Kim³, #Y. T. Cho(ksmpe@ksmpe.ac.kr)^{1,2}

¹국립창원대학교 기계공학부 스마트제조융합전공, ²국립창원대학교 스마트제조융합협동과정,

³국립창원대학교 첨단나노과학기술연구소

Key words : Slippery Surface, Organogel, UV Grafting, Wettability

*발표자, #교신저자

최근 유체의 부착을 효과적으로 억제할 수 있는 미끄러운 표면에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 광경화성 소재와 윤활액의 혼합물을 경화하여 오가노겔 기반 표면을 제작하고, 그 위에 윤활액을 코팅한 후 자외선을 노광하는 방식으로 미끄러운 계면을 간단하게 구현하였다. 특히 자외선 노광량에 따라 계면의 미끄러운 특성이 달라지는 점에 주목하여, 표면 특성이 수렴하는 광량 조건을 분석하고자 하였다. 이를 위해 극성 액체인 DI Water와 비극성 액체인 FC Oil을 이용하여 액적의 거동을 정량적으로 비교 분석했다. 실험 결과, FC Oil은 $0.8^{\circ} \pm 0.4^{\circ}$, DI Water는 $9.7^{\circ} \pm 5.2^{\circ}$ 수준의 미끄럼 각을 보여 두 액체의 극성 차이에 따른 계면 반응 특성의 차이를 확인할 수 있었다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(NRF 2023R1A2C3006499)

증강현실 기반 무선제어 고추수확로봇 개발 AR-Based Wireless-Controlled Red Chili Harvesting Robot Development

*김진섭¹, 이종서, 조영훈, 윤해룡, 김지연¹

*Jin Seop Kim¹, Jong Seo Lee¹, Young Hoon Cho¹, Hae Ryong Yun¹,

#Chi yen Kim¹(chiykim@kopo.ac.kr)

¹ 한국폴리텍대학 청주캠퍼스 메카트로닉스과 ² 한국로봇융합연구원 농업로봇자동화연구센터

Key words : Agricultural Robotics, Harvesting robot, Autonomous mobile robot. AR-Robot

*발표자, #교신저자

인구 증가와 소득증대에 따른 다양한 먹거리 수요 창출에 비해 농업 소득은 기계화에도 불구하고 곡물가격 안정에 대한 각국 정부의 개입으로 소득이 높지 않아 인건비 상승등에 취약하여 후진국 인력의 역수입이나 고령화된 농업인의 자가 경영으로 규모 축소등의 방식으로 변화되고 있다. 최근에는 인건비 부문을 해결하기 위해 무인 자동화와 로봇을 활용한 여러 연구과 시도가 진행되고 있다[1]. 본 프로젝트는 한국의 고령화 농촌 현실에 주목하여, 원격으로 작물을 수확 재배하는 로봇의 개발에 중점을 두고 프로젝트를 시작하게 되었고, 특히 여름 열사병으로 많은 인명사고가 나는 고추 수확에 자동화 수확 시스템을 개발하고자 캡스톤 디자인을 수행하게 되었다. 완전 무인화의 전단계로 아직 고추의 성장 및 수확 시기의 판별을 농민의 직접적인 제어에 의존하면서도 원격으로 판별 지시만 하면 수확은 자동적으로 할 수 있는 로봇을 개발하고자 한다. 특히 야지의 구동 특성상 무게 중심의 불균일과 특히 수확을 위한 로봇 팔의 인장시 무게 분배등을 고려한 설계를 특징으로 한다.

후기 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00247733)

REFERENCES

1. Kootstra, G., Wang, X., Blok, P. M., Hemming, J., & Van Henten, E., "Selective harvesting robotics: current research, trends, and future directions," Current Robotics Reports, Vol. 2, pp. 95-104, 2021.

층간 소음 주파수 대역에 최적화된 메타물질의 구조 설계 및 성능 평가
Design and Performance Evaluation of Metamaterial Structures Optimized for
Floor Impact Noise Frequency Bands

*김수진¹, 김동훈¹, 김성민¹, 김주현¹, 박성준¹, #국정환¹

*S.J Kim¹, D.H Kim¹, S.M Kim¹, J.H Kim¹, S.J Park¹, #J.H Kook¹(jkook@gnu.ac.kr)

¹경상국립대학교 기계공학부

Key words : Metamaterials, Band Gap, Local resonance

*발표자, #교신저자

최근 공동주택에서 발생하는 층간 소음은 사회적 갈등의 주요 원인으로 대두되고 있으며, 특히 63~500Hz 저 주파 충격음은 기존 흡음재와 차음재로 효과적으로 저감하기 어렵다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 메타물질을 활용한 소음 저감 방안을 제시한다. 초기 메타물질 모델을 설계한 후 COMSOL Multiphysics를 통해 밴드갭 형성 여부를 시뮬레이션하고, 3D 프린팅으로 메타물질을 제작한 후 모달 테스트를 통하여 주파수 응답 특성을 검증할 계획이다. 이후 PIANO 소프트웨어를 활용해 층간 소음의 주파수 특성과 일치하도록 메타물질 구조를 최적화한다. 기존 연구들이 주로 소음 크기 감소(dB)에 초점을 맞춰온 것과 달리, 본 연구는 특정 주파수 대역(Hertz)에서의 진동 전달 차단에 주안점을 두고 구조적 소음 저감 가능성을 검증하고자 한다.

후기 본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. RS-2019-NR040067)와 경상국립대학교 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)과 국립대학육성사업의 연구 결과입니다.

파이프 용접부 균열 탐지 정확도 개선을 위한 YOLO와 CLAHE 기반 알고리즘 개발

Development of a YOLO and CLAHE-Based Algorithm for Improving Crack Detection Accuracy in Pipe Welding

*최태준¹, 박승준¹, 하재민¹, 조광제¹, #이경창¹

*Choi Taejun¹, Park Seungjun¹, Ha Jaemin¹, Jo Gwangjae¹, #Lee Kyungchang¹

¹ 국립부경대학교 제어계측공학과

Key words : YOLO, Welding Defect, Crack Detection, CLAHE

본 논문에서는 파이프의 용접부 균열 탐지 정확도를 개선하기 위해 YOLOv3 기반 객체 탐지 기술과 CLAHE 영상 전처리 기법을 결합한 알고리즘을 제안한다. 기존의 영상 기반 검사 방식은 반사율이 높고 불규칙한 용접부 표면으로 인해 탐지 정확도가 저하되는 문제점이 존재한다. 제안된 알고리즘은 영상 품질을 향상시킴으로써, 반사율이 높은 용접부 환경에서도 균열 탐지 정확도를 효과적으로 개선하였다.

1. 서론

기존의 파이프 설비의 균열 검사는 주로 육안으로 수행되며 검사자의 숙련도, 반사율 등의 외부 환경 요인으로 인해 정확성과 일관성이 고르지 않다. 이와 같은 상황에서 영상 기반 균열 탐지 기술이 활용되고 있으나, 파이프의 용접부 부분은 반사율과 표면 불균형으로 인해 탐지 정확도가 낮다는 한계가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 YOLOv3를 통해 용접부를 정확히 인식한 후 CLAHE 영상 전처리 기법을 적용하여 명암 대비를 향상시킴으로써 영상 품질을 개선하여 균열 탐지의 정확도를 높이는 것을 목표로 한다.

2. 제안하는 방법

시스템이 가동되면 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 YOLOv3 기반 객체 탐지 기술을 적용해 파이프를 인식하게 된다. 이후 파이프 용접부의 유무를 판단하며 이때 용접부가 식별되었을 경우 그 인식된 부분에 영상 전처리 기법인 CLAHE를 적용한다. CLAHE는 이미지를 작은 타일로 나누고 각각의 타일에 대해 히스토그램 평활화를 수행하여, 국소 영역의 명암을 조절하고 전체적인 대비를 향상시킨다. 이러한 이미지 전처리 과정을 거친 후 결합 여부를 판단하며, 균열이 검출될 경우 결합으로 인식하고 검출되지 않았다면 초기 단계로 돌아가 검사를 반복 수행한다.



Fig. 1 Proposed pipe weld crack detection flow

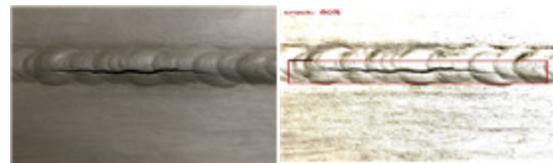


Fig. 2 The Original vs CLAHE-Processed Image

3. 결론

본 논문에서는 YOLOv3 기반 객체 탐지 기술과 CLAHE 영상 전처리 기법을 결합한 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과 제안된 시스템은 기존의 시스템보다 정확성이 개선되었음을 확인하였다.

후기

본 논문은 지능형로봇핵심융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

REFERENCES

1. Lee, D., Kim, Y., & Hwang, M. J. (2025). Deep Learning-based Brightness Adaptive Instance Segmentation Using CLAHE. In Proceedings of the Spring Conference of ICROS (pp. 226-230).

협동 로봇 및 모바일 로봇 융합을 통한 물류 자동화 시스템 Logistics Automation System through the Integration of Collaborative Robot and Mobile Robot

*김진재¹, 김세영¹, 이민석¹, 장아라¹, #이경창¹

*J. J. Kim¹, S. Y. Kim¹, M. S. Lee¹, A. R. Jang¹, #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹

¹국립부경대학교 제어계측공학전공

Key words : Mobile Robot, Collaborative Robot, Weight Sensor

*발표자, #교신저자

기존 물류 시스템은 인력 의존적 운영방식으로 인해 심각한 인력 부족 문제에 직면해 있다. 특히, 저출산과 수도권 인구 집중으로 노동력 확보가 점점 어려워지고 있으며, 이는 물류 산업의 지속 가능성에 큰 위협이 된다. 따라서 본 연구는 협동 로봇과 모바일 로봇의 협업을 통한 자동화 물류 시스템을 제안하여, 인력 부족 문제를 해결하고 운영 효율성을 향상하고자 한다. 서로 다른 기능을 가진 로봇을 협업시킴으로써 단일 로봇 운영보다 유연한 기능을 구현할 수 있으며, 제한된 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있다. 먼저, 협동 로봇은 비전 인식을 통해 물류를 감지한 후 집어 올려 컨베이어벨트로 이동시킨다. 컨베이어벨트를 따라 이동한 물류는 모바일 로봇에 적재되며, 상부의 웨이트 센서가 임계치 이상의 무게를 감지하면 자율주행이 시작된다. 모바일 로봇은 맵핑으로 생성된 지도 내에서 지정된 목적지까지 실시간 장애물 회피와 최적 경로 탐색을 수행하며 목적지까지 이동한다. 주행 중 정지 문구를 인식하면 로봇이 멈추고 운송이 완료된다. 제안된 시스템은 협동 로봇의 비전 인식 및 Pick and Place 기능과 모바일 로봇의 자율주행 기능을 결합함으로써 기존 물류 운영방식의 한계를 보완하고, 보다 효율적이고 유연한 물류 처리가 가능함을 확인하였다.

후기

본 논문은 지능형로봇혁신융합대학사업단에서 지원하여 연구하였음.

REFERENCES

1. Kim, W. H., Lim, S. I., Lee, Y. B., Jung, S. H., Jung, I. S., Lee, J. I. and Kang, K. S., "A Study on human resources of the logistics industry in Korea," Vol. 12, 2010, No. 2, pp. 183-192, KSMS
2. So, A. R. and Shin, S. S., "A Study on the Determinants of "Decent Work" in the Logistics Industry: Focusing on the comparison with whole industries", Vol. 38, 2022, No. 4, pp. 139-169, Journal of Korea Port Economic Association

부산대 하이브리드 제조혁신 엔지니어링 센터

PNU Hybrid Innovative Manufacturing & Engineering Center

기계제조분야 핵심연구지원센터

숙련된 경험과 노하우로
대학·기업 연구에 필요한 맞춤형 제작, 가공, 정밀측정 서비스 제공

PNU-HIMEC

Since **2021**

대학 연구지원



장비공동활용

공동 연구 수행

가공실습 교육진행

연구용 시작품 제작 서비스



시작품 · 지그 제작 및 측정분석 기술 서비스

접수담당자 : 강재영 ☎ 051) 510-3793

산학 연구지원



기업체 제조혁신 산학연구 지원

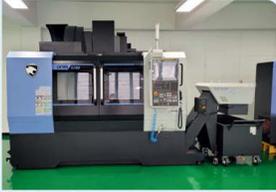
벤처기업 시작품 · 초도품 제작

최신 제조기술 개발지원

산업체 인력 교육

주요 이용 장비

가공 장비군

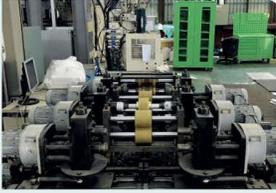


- 01 DN 머시닝센터
- 02 DN 터닝센터
- 03 CNC 3축 수직형 머시닝센터
- 04 머시닝센터
- 05 산업용 절단기

- 06 고효율 UV 레이저시스템
- 07 CNC 밀링머신
- 08 WIRE 방전가공머신
- 09 CNC 선반머신
- 10 범용선반

- 11 CNC 슈퍼드릴
- 12 CNC 머시닝센터
- 13 평면연삭기
- 14 금속띠톱머신
- 15 다기능 커터기

성형 장비군



- 01 액압성형기
- 02 금속3D프린터
- 03 플레이트압연기
- 04 유압프레스
- 05 레이저직접금속성형시스템

- 06 사출성형기
- 07 동적재료시험기 및 성형기
- 08 5축 필라멘트 와인딩시스템
- 09 3D프린터
- 10 박판성형용 가변성형장치

측정 장비군



- 01 만능재료시험기(안장)
- 02 만능재료시험기(압축)
- 03 X-선 단층촬영장치
- 04 X-선 투시검사장치
- 05 휴대용 제품정밀도 측정기

- 06 마이크로 경도 측정기
- 07 주사탐침현미경
- 08 주사식전자현미경
- 09 비접촉대구경 레이저 간섭계
- 10 광학식 3차원 스캐닝 시스템

장비 사용안내

- 1 ZEUS 장비활용 종합포털 접속 (www.zeus.go.kr)
- 2 ZEUS QUICK 메뉴 중 "핵심연구지원센터"클릭
- 3 기계소재 부산대 하이브리드 제조혁신 엔지니어링 센터 클릭
- 4 장비 검색 후 원하는 장비 선택
- 5 장비 활용

(사)한국기계가공학회 2025년도 춘계학술대회 논문집

대구광역시 동구 동부로 22길 48 (신천동 292-6) 동대구 유성푸르나임 상가 207호
TEL. (053) 581-2239 FAX. (053) 581-2295 E-Mail. ksmpe@ksmpe.or.kr
Homepage. <http://www.ksmpe.or.kr>
