

26.03.17



부산대학교 기계공학부  
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY  
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING



! 소개합니다!

# 재료성형 및 전산역학 실험실

Materials Forming and Computational Mechanics Laboratory

김지훈 교수님 연구실

기계관 (M) - 724 / 725

# Lab

## ◇ Professor



김지훈 교수 (Prof. KIM, Ji Hoon)

부산대학교 공과대학 기계공학부 교수

E-mail : kimjh@pusan.ac.kr

(46241) 부산광역시 금정구 부산대학로 63 번길 2

부산대학교 통합기계관 718 호 (교수연구실), Tel: 051-510-3031

부산대학교 통합기계관 725 호 (재료성형 및 전산역학 실험실), Tel: 051-510-1454

### ▣ 학력

- 2000-2006: 서울대학교 재료공학부 (공학박사)
- 1996-2000: 서울대학교 섬유고분자공학과 (공학사)

### ▣ 경력

- 2014.3- 현재: 부산대학교 기계공학부 교수
- 2010-2014: 한국기계연구원 부설 재료연구소 선임연구원
- 2007-2010: 오하이오주립대학교 재료공학과 박사후연구원
- 2006-2007: 노스웨스턴대학교 기계공학과 박사후연구원

### ▣ 연구 분야

#### • CAE 기반 제조공정 해석 및 설계

##### 1. 제조공정 시뮬레이션

- 자동차용 첨단소재 성형
- Multi-material 접합
- 가전제품 공정 및 소재 기계학습 공정 최적설계

##### 2. 재료 물성 평가

- 굽힘, 성형성, 고온 물성 평가

##### 3. 구성방정식 개발

- 탄소성, 점탄성, 이방성 스프링백 및 파단 예측

#### • 미세구조 기반 첨단소재 전산해석

##### 1. 미세구조 재건

- 다결정 금속재료, 전도성 복합재료 기계학습 신소재 설계

##### 2. 유연소재 구조해석

- 하이드로겔, 적층제조 기능성 복합재료 / Stretchable, Foldable 구조
- 다물리(열-전기-구조) 시뮬레이션

##### 3. 생체 및 생체 재료

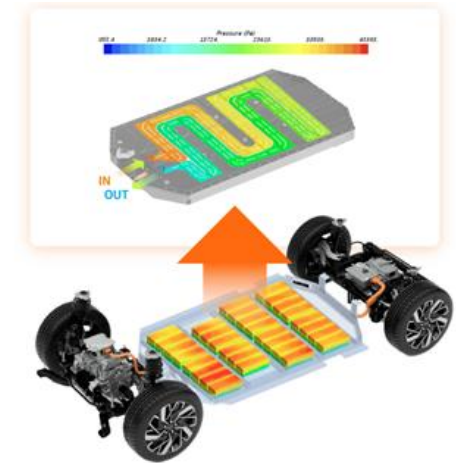
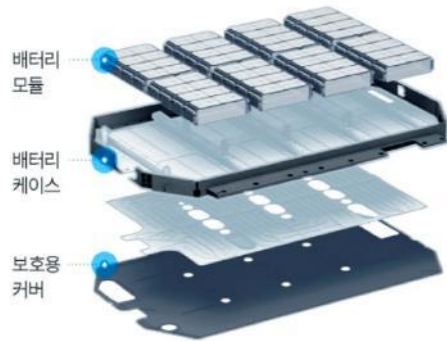
- 생체역학 (피부, 뼈, Hydrogel), 골절 재건 모델링, 생체내 물질 및 열전달 해석

# Research About...

## ◇ 전기차 배터리케이스 쿨링블럭 냉각성능(차압) 예측 AI 모델개발 (2023~)

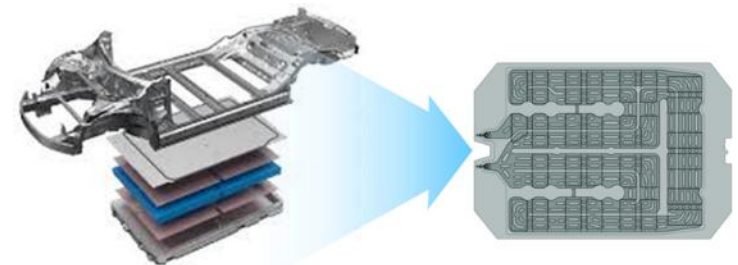
- CFD 해석 데이터를 활용하여 냉각블럭의 유동 및 차압 특성을 AI(FNO) 기반으로 예측·최적화

### E-GMP의 배터리 시스템



전기차 배터리의 냉각 구조

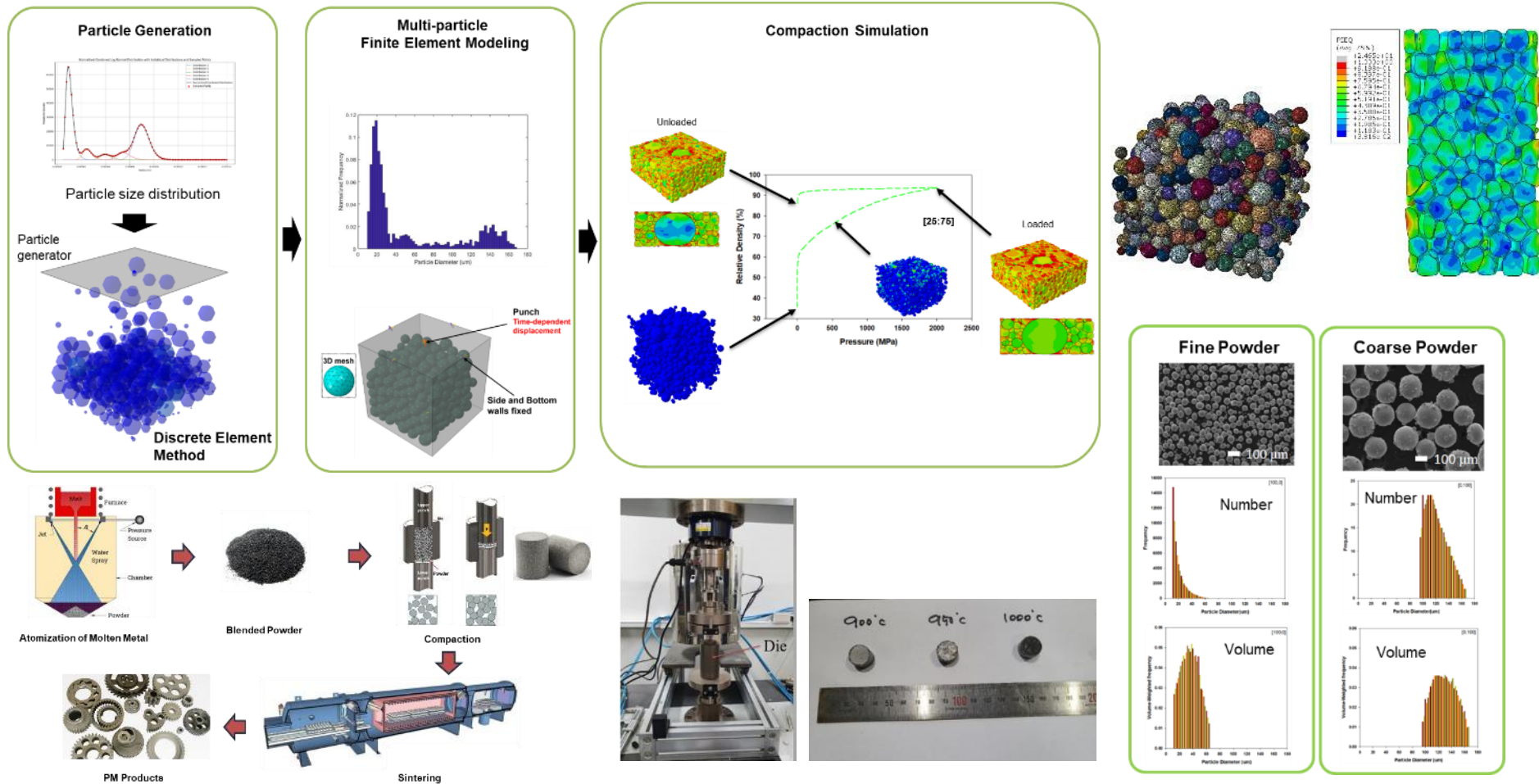
Case	Fluent				AI(FNO)			
	p [Pa]	u [m/s]	v [m/s]	$\Delta p$ [bar]	p [Pa]	u [m/s]	v [m/s]	$\Delta p$ [bar]
1								
2								
3								



# Research About...

## ◇ 분말 성형 공정 모델링 (2021~)

- 분말 성형 공정에서의 입자의 압축 거동 및 치밀화 예측 모델 개발

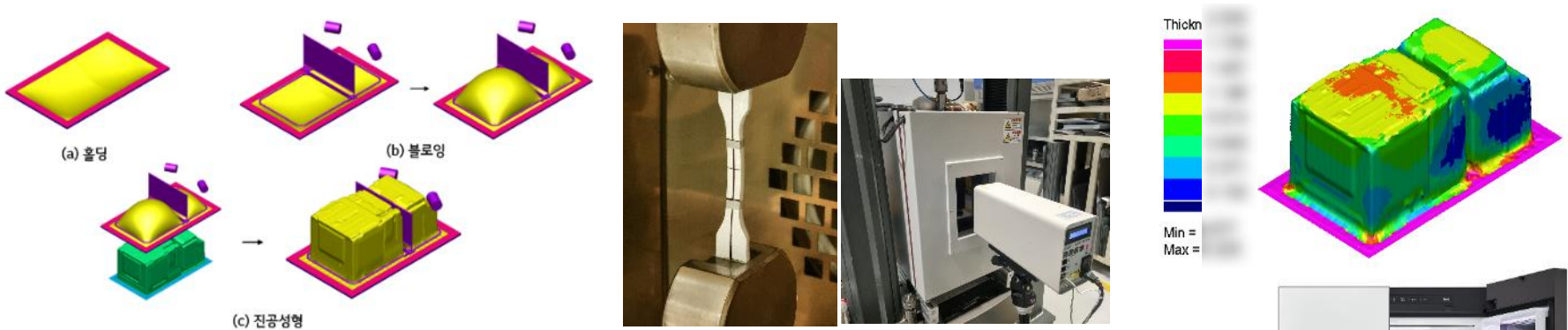


# Research About...

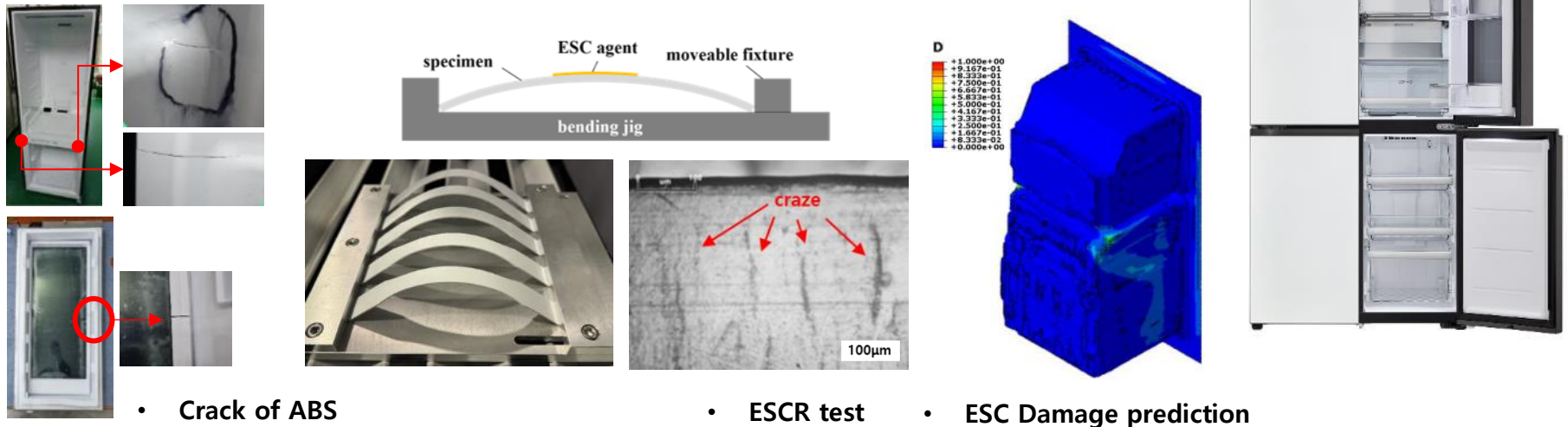


## ◇ ABS 성형성 및 수명 예측모델 개발 (2023~)

- 냉장고 Inner Case 성형 정확도 향상 및 후변형 예측 모델 개발 (2023)



- 냉장고 Inner Case 환경응력균열(ESC) 예측 모델 개발 (2025~)



• Crack of ABS

• ESCR test

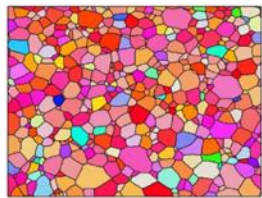
• ESC Damage prediction

# Research About...

## ◇ 연료전지 극박판 성형을 위한 재료모델개발(2024~)



- 결정 소성학을 사용한 Ti 소재 변형기구 분석
- 변형기구 기반의 변형량, 파단 예측 위한 극박 소재 재료 모델의 개발



```

SUBROUTINE UMAT(STRESS,STATEV,DSDOEDT,SSE,SPD,SCD,
1 RPL,DOSDOT,DRPLDE,DRPLDT,
2 STRAN,DSTRAN,TIME,DTIME,TEMP,DTEMP,PREFDEF,DPRED,CMNAME,
3 NDI,NSHR,NTENS,NSTATV,NPROPS,NPROPS,COORDS,DROT,PNEWDT,
4 CELENT,DFGRDD,DFGRD1,NOEL,NPT,LAYER,KSPT,JSTEP,KINC)
    
```

### • 사용자 정의 재료

Geometrically necessary dislocation (GND) density (Ashby, 1970; Cheng and Ghosh, 2015):

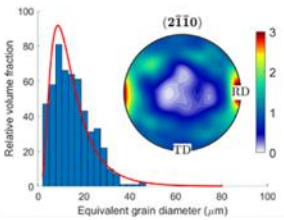
$$\alpha = (\nabla \times F)^T = \sum_{i,j} \rho_{ij}^{(1)} b^{(1)} \otimes m^{(1)} + \rho_{ij}^{(2)} b^{(2)} \otimes t^{(2)} + \rho_{ij}^{(3)} b^{(3)} \otimes n^{(3)}$$

$$\rho_{ij}^{(1)} = \sum_{k,l} X_{ijkl} [\sin(n^{(1)}, m^{(1)})] + \rho_{ijkl}^{(1)} [\sin(n^{(1)}, t^{(1)})] + \rho_{ijkl}^{(2)} [\sin(n^{(1)}, m^{(2)})]$$

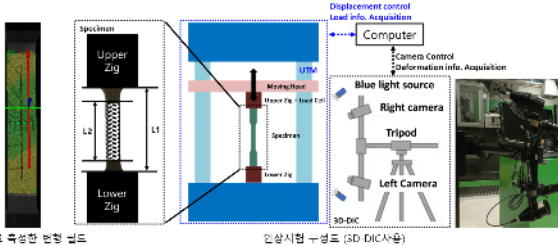
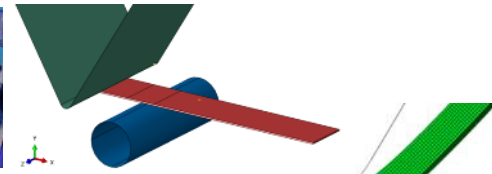
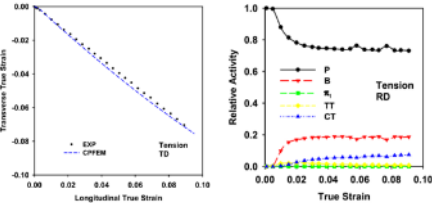
$$\rho_{ij}^{(2)} = \sum_{k,l} X_{ijkl} [\cos(n^{(2)}, m^{(2)})] + \rho_{ijkl}^{(2)} [\cos(n^{(2)}, t^{(2)})] + \rho_{ijkl}^{(3)} [\cos(n^{(2)}, m^{(3)})]$$

where  $X_{ijkl}$  is taken as 1 in this work.

### • 금속미세구조



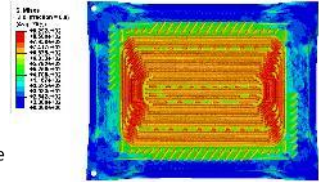
### • 결정소성 구성방정식



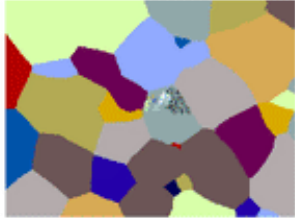
### • 소재 물성 파악 위한 재료시험

$f = \bar{\sigma}(\sigma - \alpha) - g(\bar{\epsilon}^P)$  : Potential function  $\alpha$  : Back Stress for Kinematic hardening  
 $\bar{\sigma}$  : Equivalent Stress (Yield function)  $g$  : Isotropic Yield Stress  
 $\bar{\epsilon}^P = \int d\bar{\epsilon}^P$  : Equivalent Plastic Strain  
 $\sigma_{n+1} = \sigma_n + C: \Delta \bar{\epsilon} - \Delta \bar{\epsilon}^P$  : Stress Update

사전 인장 후 굽힘 결과 (로그변형률)

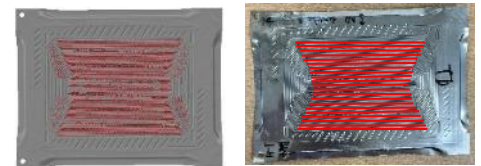
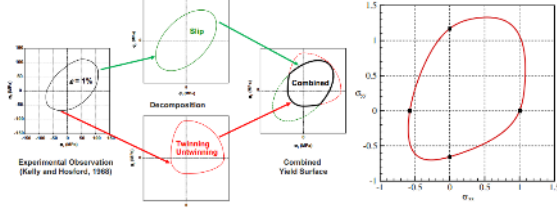


### • 통계적분석



### • 유한요소모델링

### • 정합도 확인 및 변형기구의 분석



FEM 파단 예측 EXP

### • 결정소성학 기반 금속 변형기구 분석

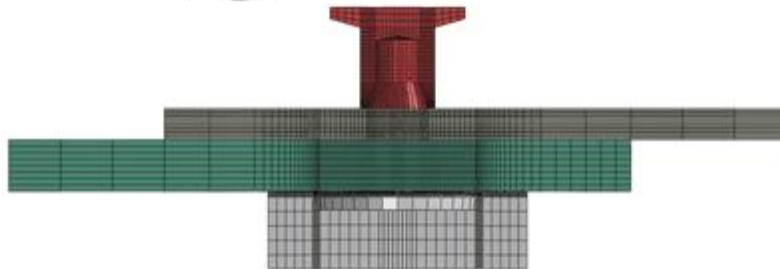
### • 구성방정식 개발 및 검증

### • 재료모델의 실용적 적용

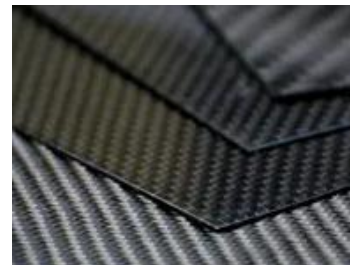
# Research About...

## ◇ 경량화를 위한 기계적 접합 해석(2020~2024)

- 경량화를 위해 복합재 가공 및 접합
- 자동차 차체나 다양한 구조체의 경량화를 위한 기계적 접합 및 가공 수치해석



• Self Piercing Riveting



• Composites



• Metal

• Metal cutting

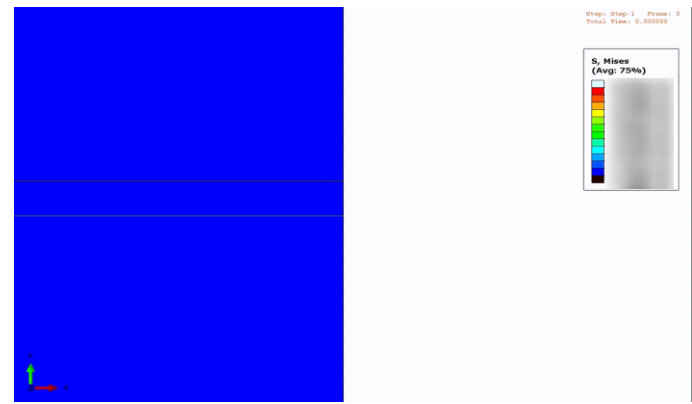
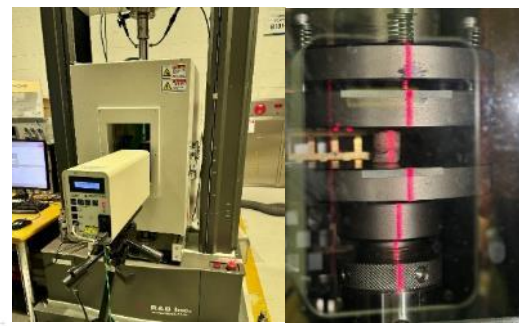
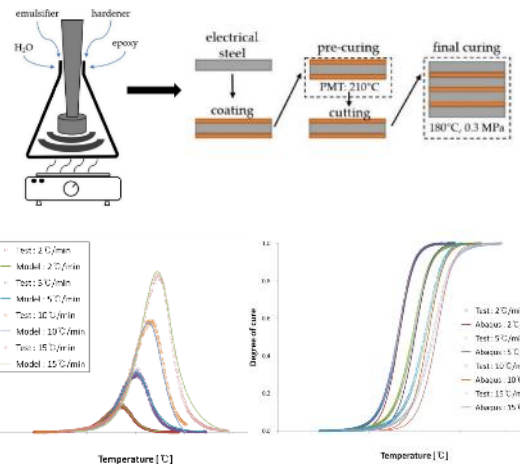
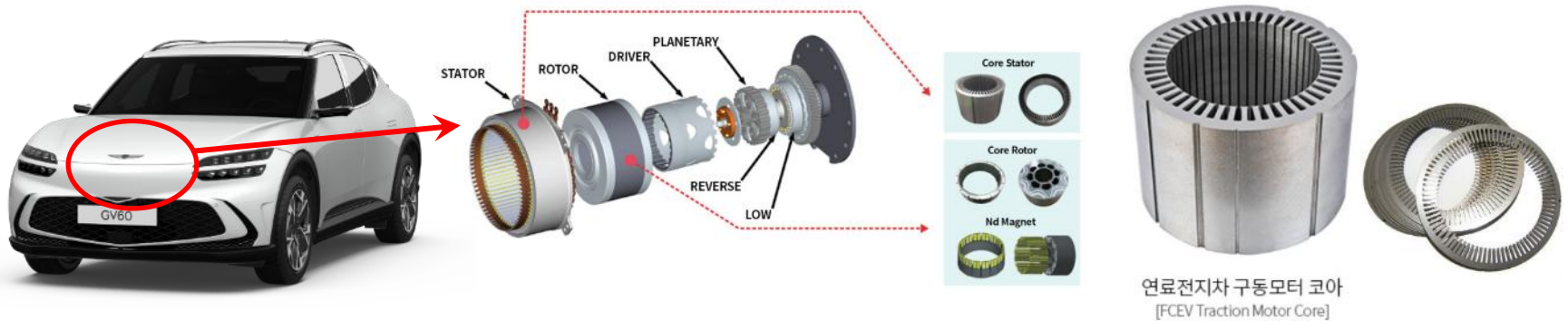
• Composites cutting

# Research About...

## ◇ 전기차 구동모터 코어 열융착 공정 모델링(2024)



- Steel - Resin 온간 압착 유한요소해석을 위한 열경화 시의 기계적 거동 모델링

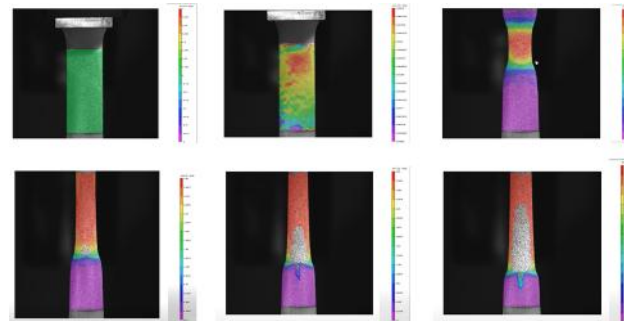
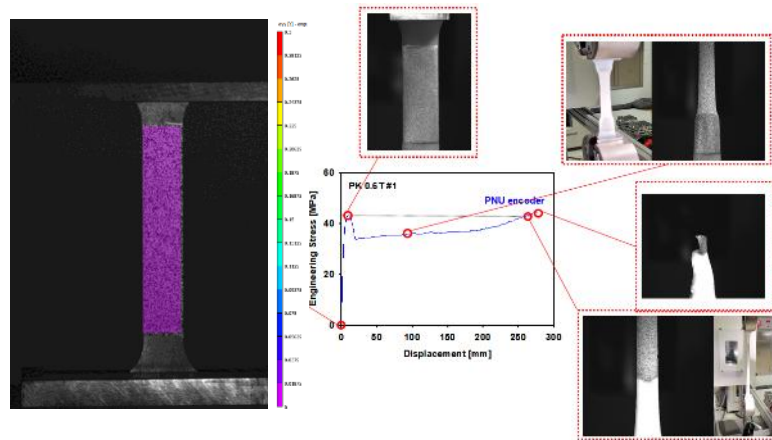


- Steel과 resin의 열융착 공정 모델링

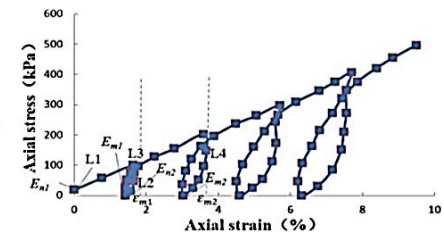
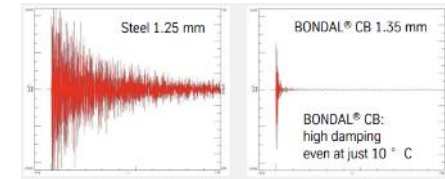
# Research About...

## ◇ 자동차용 폴리머 코어 샌드위치 판재(2023)

- 차체용 경량 샌드위치 판재 폴리머 소재 사용 가능성을 수치적으로 해석
  - 샌드위치 판재 굽힘 해석 및 폴리머 인장 데이터 분석



• Tensile test & Analysis using DIC

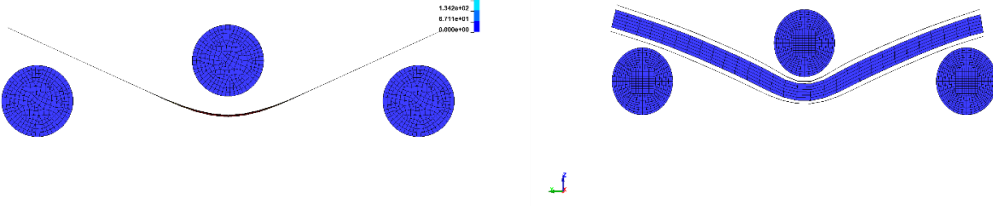


LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost  
Time = 0  
Contours of Effective Stress (v-m)  
Inner shell surface  
max=0.115, at element 15

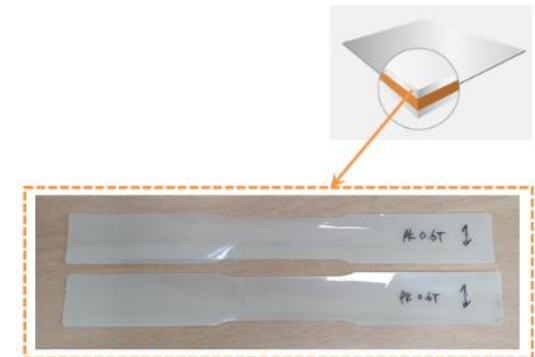
Effective Stress (v-m)  
6.711e+02  
6.606e+02  
2.209e+02  
4.686e+02  
4.627e+02  
2.209e+02  
2.884e+02  
2.973e+02  
1.303e+02  
6.711e+01  
0.000e+00

sandwich\_shell\_solid  
Time = 1  
Contours of Effective Stress (v-m)  
Inner shell surface  
max=0.115, at shell# 1815

Effective Stress (v-m)  
6.316e+02  
3.084e+02  
5.213e+02  
4.561e+02  
3.084e+02  
3.258e+02  
2.886e+02  
1.025e+02  
1.303e+02  
6.316e+01  
0.000e+00



• CAE using Composite Shell (L) & Solid Core (R)

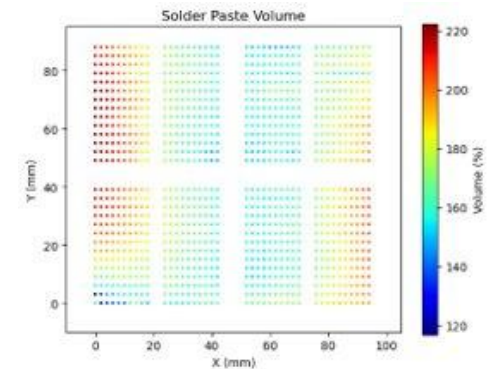
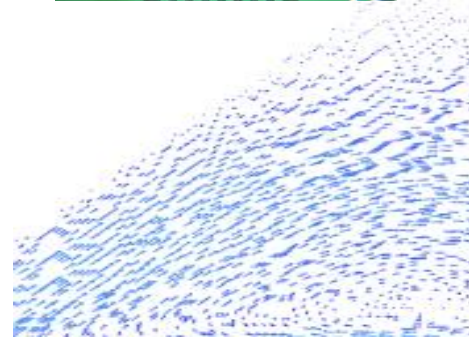
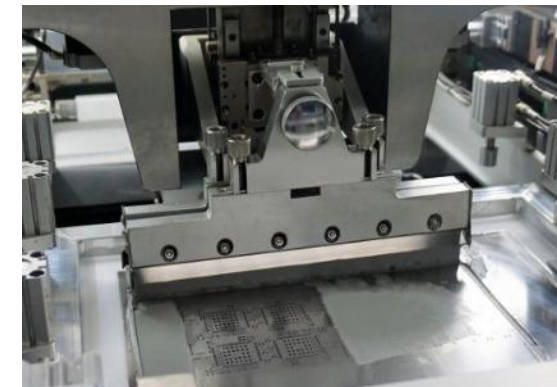
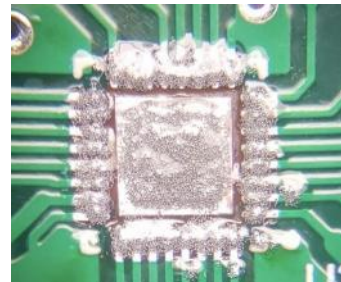
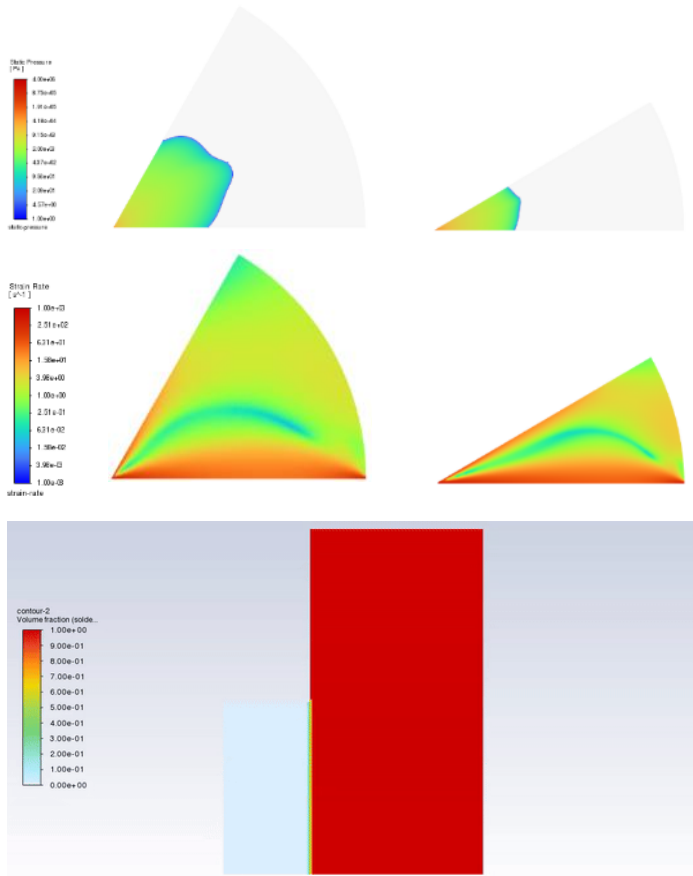


# Research About...

## ◇ 솔더 페이스트 스텐실 프린팅 부피 예측 기술 개발(2023)



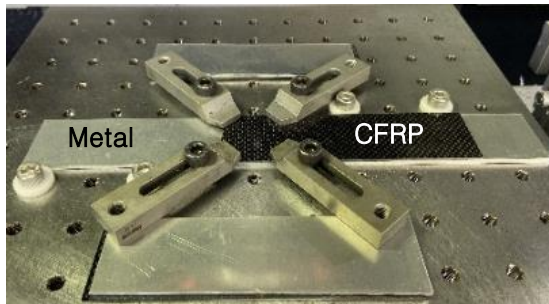
- Solder Paste를 PCB에 도포하는 공정 시뮬레이션 수행
  - Ansys, ABAQUS, LS-Dyna 등을 이용한 CFD, CEL, SPH, ISPG 등의 해석 수행



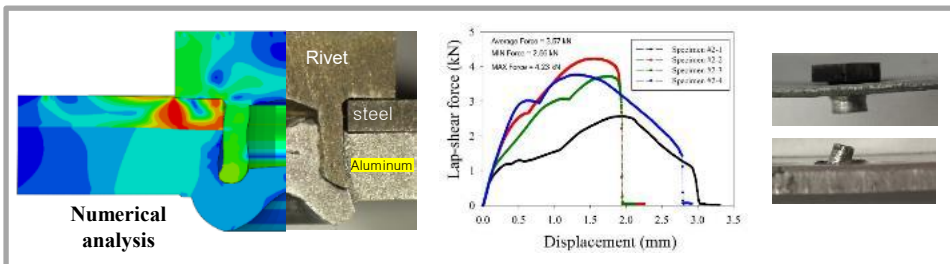
# Research About...

## ◇ 미래 항공 이동수단(UAM, 드론, 전기 항공기 등) 소재 플랫폼 개발(2023~)

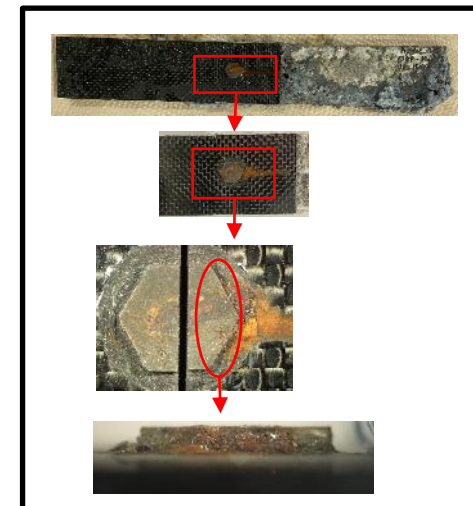
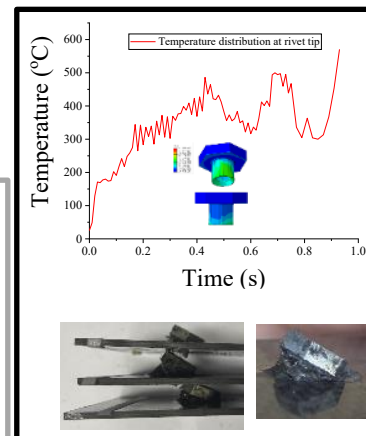
- 미래 항공 이동수단을 위한 가볍고, 고성능이며, 재활용 가능한 소재 플랫폼 개발



- Joining process (F-SPR)



- Joint strength evaluation

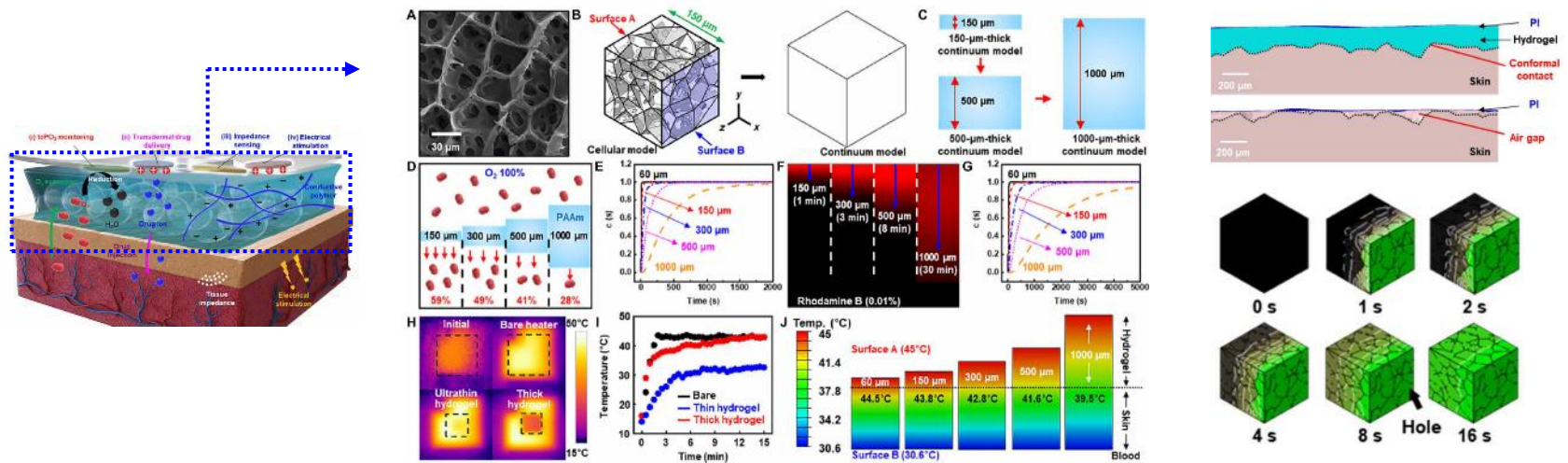


- Corrosion test

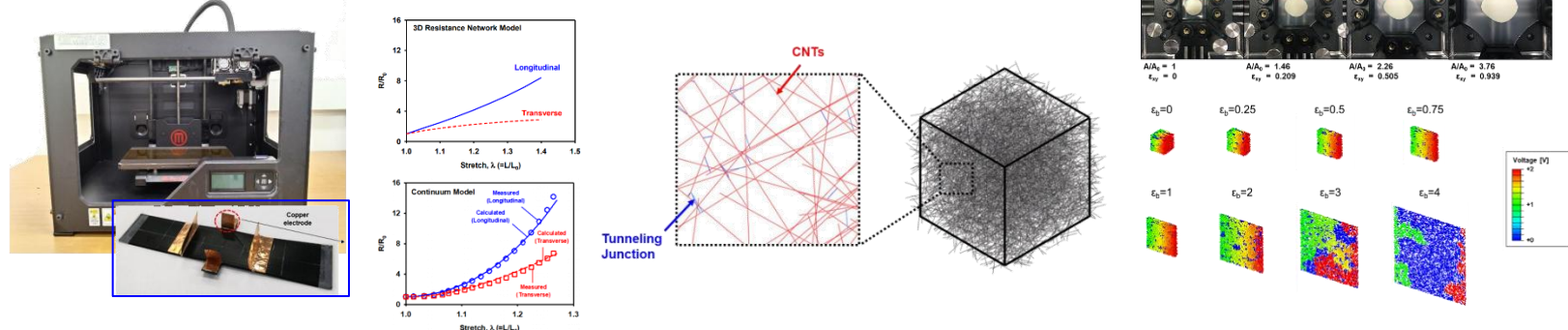
# Research About...

## ◇ 다-기능성 디바이스의 다-물리 해석

- Wearable bioelectronics의 피부 조직과 같은 hydrogel device의 Neper 및 Matlab 기반의 미세구조 재건을 통한 피부 접촉 (구조), 열전달, 물질전달 해석



- 신축성을 가지는 전기전도성 복합소재의 미세구조 재건을 통한 전기 전도 특성 분석



# Infrastructure

## ◇ 실험실 보유 장비



▲ WorkStation (16,24,32,64 Core)

▲ 유한요소 소프트웨어

▲ 인장 - 압축 시험기

▲ 이축 인장 시험기



▲ 고온 인장 시험기

▲ 이미지 기반 3차원 측정 장비 (DIC)

▲ FLD 시험기

▲ Video Microscope System

26.03.17



부산대학교 기계공학부  
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY  
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING



# 감사합니다!

Thank You As Always

재료성형 및 전산역학 실험실

Materials Forming and Computational Mechanics Laboratory

기계관 (M) - 724 / 725