

# Best of 3D-FAB 성과사례집

2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 &  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 수상작 모음집



# Best of 3D-FAB 성과사례집

2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 &  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 수상작 모음집

# Best of 3D-FAB 성과사례집

2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 &  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 수상작 모음집

# CONTENTS

## Best of 3D-FAB 성과사례집

2022년 3D프린팅 스킬업 경진대회 &  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 수상작 모음집

발행처 정보통신산업진흥원/3D융합산업협회  
발행인 허성욱  
발행일 2022년 12월 29일  
전화 043-931-5000  
홈페이지 www.nipa.kr  
주소 (27872) 충청북도 진천군 맥산읍 정릉로 10  
기획디자인 도서출판 차고(02-6485-2580)  
※ 본 출판물의 판권은 정보통신산업진흥원과  
3D융합산업협회에 있습니다.

## I. inside

### 미래 산업 3D프린팅 산업에 입문하다!

#### 3D프린팅 스쿨업 경진대회

- 06 금속 적층 제조 기술을 활용한  
공질함용판 설계최적화 및 제작  
박수현(25 인하대학교 기계공학과)
- 14 3D프린팅을 활용한  
환자맞춤형 손가락 보조기 최적화 설계  
노현준(34 단국대학교 기계공학과)
- 26 시대에 맞춰 3D프린팅 스킬업  
김현수(23 안양대학교 화장품발명디자인학과)

## II. insight

### 3D프린팅 교육을 통해 넓게들 닦다!

#### 2022년 3D프린팅 스쿨업 경진대회

- 38 자연모사 및 3D프린팅 기술이 적용된  
건설기계용 금속 Bushing 제품 개발  
이창래(47 현대두산인프라코어 책임연구원)
- 50 3D프린팅을 활용한 Ceramic Cored Wax Pattern  
제작 및 터빈 블레이드 시제품 제작  
윤병관(51 지연 캐스트 대표)
- 60 개인 손톱의 곡률과 모양에 맞춘  
커스터마이징 네일팁  
박석훈(28 네일리데일리기술연구원)

## III. 人Site

### 세분화된 교육, 지원체계의 요람을 만나다!

#### 2022년 3D-FAB 교육이수자 수기공모전

- 72 이동형 자동 캔압축기  
제작 프로젝트를 수행하며  
김승연(32 메이크스페이스 메카랩 인턴)
- 78 3D프린터로 반려동물 제품  
시제품을 제작하며  
정석환(26 단국대학교 기계공학과)
- 84 금속 3D프린터  
프로세스 엔지니어 교육을 이수하며  
어유경(48 의왕메이크스페이스 메카랩 매니저)

## IV. Into the 3D Printing

#### 편집

- 90 사진으로 보는  
2022년 3D프린팅 스킬업 경진대회 및  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전  
통합 시상식
- 94 2022년 3D프린팅 스킬업 경진대회 및  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 소개

# I. inside

## 미래 산업 3D프린팅 산업에 입문하다!

### 3D프린팅 스킬업 경진대회 최우수상

금속 적층 제조 기술을 활용한 고품질 합용판 설계 최적화 및 제작  
박수현(25, 인하대학교 기계공학과)

### 3D프린팅 스킬업 경진대회 우수상

3D프린팅을 활용한 환자맞춤형 손가락 보조기 최적화 설계  
노현준(34, 단국대학교 기계공학과)

시대에 맞춰 3D프린팅 스킬업  
김현수(23, 안양대학교 화장품발명디자인학과)

3D프린팅 스캐닝 경쟁대회 최우수상

# 금속 적층 제조 기술을 활용한 골절합용판 설계최적화 및 제작



박수현  
(25, 인하대학교 기계공학과)

3D-FAB 교육이수 현황  
•  
'22년  
시뮬레이션 엔지니어  
어드밴스드

## 1. 사례 개요

원위 요골 골절 치료의 수술적 치료법 중 하나인 금속판내고정술은 골절된 뼈에 골절합용판(Bone Plate)을 결합해 나사(Screw)로 고정시키는 방법이다. '한국보건산업진흥원'의 의뢰기기 주요품목 시장분석에 따르면 골절 치료에 사용되는 골절합용판과 나사는 DePuy Synthes, Stryker, mith & Nephew 등 주로 세계 글로벌 회사들이 시장을 점유하고 있다.

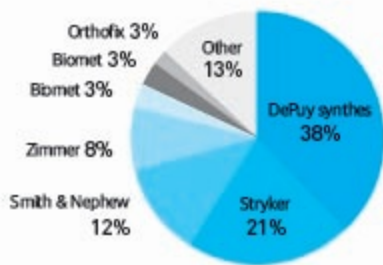


Plate & Screw 장치의 시장 규모(한국보건산업진흥원)

사람마다 뼈의 해부학적 형상이 다르므로 정형화된 사이즈의 상용화 제품을 사용할 시 뼈와 골절합용판이 일치하지 않아 골절을 완전히 정복하는 데 어려움이 있다. 윤곽 성형이 잘못되면 정복하는 도중 골절합용판의 일차 정복

소실이 발생해 나사가 뽑히게 되는 pull-out 현상이 발생하게 되면서 이차 정복 소실까지 발생할 수 있다. 이는 골절 후 부정유합 및 불유합(Malunion & Nonunion of Fracture)과 같은 합병증을 유발한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 환자 맞춤형 골절합용판을 사용하는 것이 효과적이다. 이러한 상용화 제품의 문제점을 해결하고 골절합용판을 골절 뼈에 일치되도록 맞춤형으로 설계하면서 골절합용판의 경량화 및 소형화 설계를 진행한다. 골절합용판의 소형화로 인해 수술 시 절개 부위가 작아지므로 수술·마취 시간이 감소할 것이며 무게가 경량화돼 치료 후의 이물감이 줄어들 것으로 기대된다.

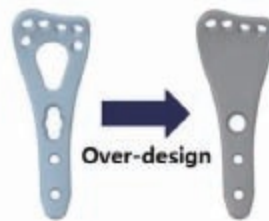


원위 요골 골절 치료용 골절합용판 CT 이미지

## 2. 창의 혁신성

본 사례와 기존의 3D프린팅을 활용한 맞춤형 의뢰기기 개발의 차별성은 위상최적화를 활용해 최적화된 설계안을 도출하는 것이다. 단순한 맞춤형 제작이 아닌 골절합용판의 설계최적화를 진행해 경량화와 소형화를 목표로 한다.

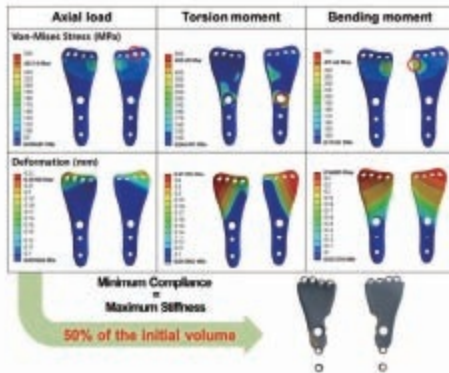
설계최적화 과정은 유한요소해석 기반의 위상최적화를 적용하는데, 위상최적화는 주어진 하중 및 경계 조건에 대해 성능을 최대화하면서 경량화에 중점을 두고 재료의 분포를 조율하는 설계최적화에 적합한 방식이다. 우선 최적화설계 할 골절합용판 모델을 선정한 후에 Over-design해



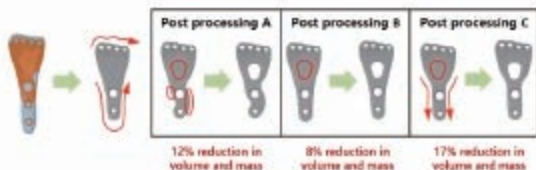
골절합용판 위상최적화를 위한 Over-design

최적화하기 이전의 가장 기초적인 형상으로 모델링 한다. 금속판내고정술의 환경을 구현하기 위해 나사를 모델링 해주어 접촉조건을 부여했고, 문헌을 참고해 하중 조건(Axial load, Torsion moment, Bending moment)을 부여했다.

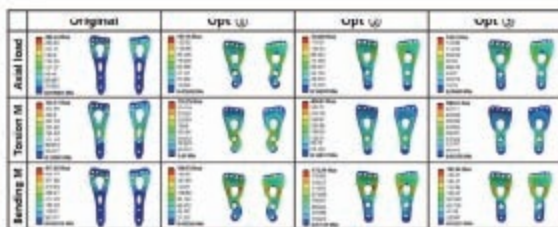
골절합용판의 재료는 인장시험 Raw data를 변환해 CP-Ti를 사용했으며 원 위요골의 재료는 문헌을 참고해 부여했다. Over-design에 대한 구조해석 결과를 토대로 위상최적화 해주었으며, 위상최적화 결과를 후처리해 A(Opt1), B(Opt2), C(Opt3) 모델을 도출했다. 상용화 모델 대비 약 12%, 8%, 17% 경량화된 것을 확인했으며, 구조해석을 통해 최적화 모델 중 A(Opt1) 모델이 강성이 유지된 것을 확인했다.



Over-design 모델 구조해석 후 위상최적화 진행 결과



위상최적화 모델 후처리



구조해석을 통한 최적화 모델의 강성 확인

위상최적화를 통해 설계 최적화된 모델은 금속 적층 제조 기술인 SLM(Selective Laser Melting)을 활용해 제작한다. 장비와 분말은 SLM Solutions社의 SLM 280 (280 x 280 x 365 mm build envelope)을 사용했으며 Ti 6Al4V(20-63 μm) 분말을 사용했다.



SLM Solutions model SLM280 of metal 3D printing equipment

기존의 골절합용판의 제조 방식은 사출 성형을 이용했다. 사출 성형은 사출기와 금형이 필요하기 때문에 생산 비용이 높고 재료의 낭비가 심하다는 단점이 있다. 또한, 의로기는 생체적합성이 우수한 티타늄을 사용하는데, 티타늄은 난삭재로 분류되며 가공성이 떨어지므로 높은 정밀도를 요하는 의로기 제작에 어려움이 있다.

이때 복잡한 형상 구현이 가능하고 높은 정밀도를 가지는 SLM(Selective Laser Melting, 선택적 레이저 용융)을 활용하는 것이 효과적이다. SLM은 베드 위에 파우더 재료를 놓고 레이저를 조사하는데 선택적으로 소결해 물체를 형성하는 방식이며, 금속, 폴리머, 세라믹과 같은 재료를 사용한다. 기존 공정 제조 기술에 비해 공정 시간 단축, 높은 생산율과 부품 정확도, 가공이 어려운 재료 활용성 등 다양한 이점을 가진다. 또한, 추가적인 공정 단계 없이 금속 분말로부터 완전한 제품을 만들 수 있다.

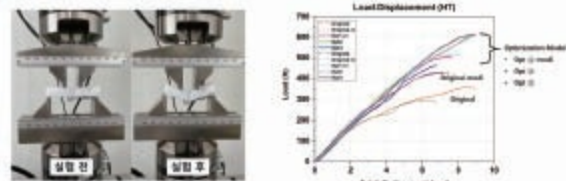
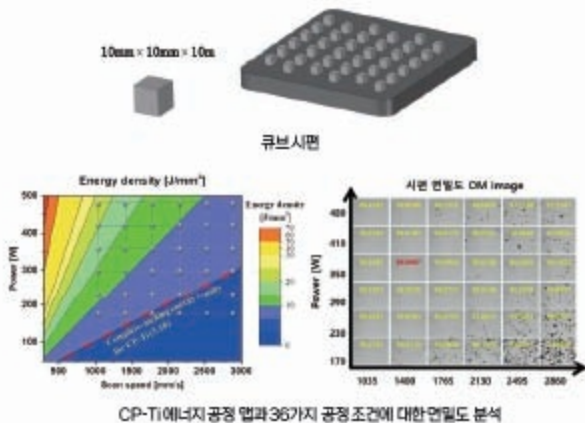
금속 적층 제조 기술의 공정 매개변수는 Laser Power, Scan Speed, Layer Thickness, Hatching Space, Focus Space 등이 있으며, 매개변수에 의해 기공이 발생하거나 Crack이 생기는 문제가 발생한다. 이러한 결함은 빌드 실패와 더불어 제품의 품질에 영향을 미친다. 고품질의 제품 제작을 위한 최적의 공정 조건 도출 과정은 필수이며 공정최적화를 통해 진행해야 한다. 최적화된 골절합용판 모델 역시 제작 전 공정최적화 과정을 통해 최적의 공정 조건을 도출한다.

$$E = \frac{\alpha \cdot P}{v \cdot h \cdot t} = \frac{\text{Absorption} \cdot \text{Power}}{\text{scan speed} \cdot \text{Hatching distance} \cdot \text{Layer thickness}}$$

공정최적화에 사용된 에너지 밀도식

공정최적화는 에너지밀도식에 의한 CP-TI의 최소 용융 에너지 5.18J/mm를 기준으로 에너지 공정 맵을 도출했다. 총 36가지의 공정 조건 별로 큐브 시편을 제작한 뒤 기공을 확인하고 밀도를 분석하기 위해 Optical Microscope (OM)를 활용해 내부기공 상태를 확인했다.

시편의 기공률(면밀도)이 가장 우수한 공정 조건을 최적의 공정 조건으로 선정해 최적화 모델을 출력한다. 최적화 모델은 4-Point bending test를 통해 기존 상용화 제품과 성능을 비교해 경량화 됐음에도 불구하고 강성이 증대된 것을 확인할 수 있었다.



### 3. 기술 활용 역량

공정최적화를 통한 시편분석과 골절합용판 제작은 한국생산기술연구원 강원지역본부에서 진행했다. 한국생산기술연구원 강원본부는 기계, 재료 공학 등의 박사학위 소지자로 이루어져 전문적인 교육과 지도를 통해 연구의 방향성을 바로잡았다.

적층제조 기술의 SLM 장비(SLM Solution社의 SLM 280)를 통해 공정최적화를 진행했으며, 최적화된 모델을 제작했다. 시편 분석에 필요한 SEM, 조도 측정기, 마이크로스크로프장비를 통해 공정 조건 별 시편 제작 및 면밀도 분석을 진행했으며, 제작 후에 열처리로, 표면 처리에는 바렐연마기, 블라스팅기 등의 장비를 활용해 골절합용판을 제작했다.



Maivern社의 Mastersizer 3000E 레이저 회절입도분석기와 FE비전의장방울 주사전자현미경 (한국생산기술연구원강원본부) 의 CT 데이터 등을 제공했다.

### 4. 실현 가능성

식품의약품안전처에서 보고한 3D프린팅 환자맞춤형 의료기기 연구 동향 및 관리방안 연구에 따르면 '세계적으로 3D프린팅 기술을 활용한 의료분야는 2012년 0.1억 달러에서 2025년 19억 달러로 성장할 것으로 전망하고 있고, 국내 시장에서는 2009년부터 전년 대비 30~40%씩 성장하는 등 앞으로의 성장세는 더욱 기파를 갓 것이라고 보고됐다.

우리나라 또한 연도별 국내 의료기기 시장 규모가 2017년 5.53%에서 2021년 기준 21.28%로 시장 규모가 확장되었다고 보고됐다. 국내 의료기기 개발 시장 규모가 증대됨에 따라 3D프린팅을 활용한 맞춤형 의료기기의 개발과 더불어 원위 요골 골절합용판의 개발도 더불어 가속화될 것으로 전망된다.

앞서 원위 요골 골절은 소아 골절의 약 20~33%를 차지할 만큼 흔하게 발생한다고 설명했는데, 노인 골절에서는 전체 골절의 18%를 차지한다. 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 인구의 고령화 추세에 따라 골절환자의 비율 또한 비례적으로 증가할 것이며, 원위 요골 골절의 개발 시장에 큰 영향을 줄 것으로 예측되고 있다.

통계청의 장래인구추계에 따르면 2020년 기준 노인 인구는 전체 인구의 15.7%를 차지하며 2050년에는 40%를 초과할 전망이다. 이 예측에 따라 향후 원위 요골 골절 맞춤형 제작에 대한 시장은 더욱 확대될 전망이다.

## "3D-FAB 교육은 올바른 곳으로 이끌어주는 길잡이였습니다!"

박수현(25, 인하대학교 기계공학과)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 갑작스럽게 큰 상을 받게 되어 아직도 얼떨떨하지만 매우 기쁘고 자랑스럽습니다. 3D프린팅을 공부하는 학생으로서 특별하고 값진 경험이었습니다. 저를 지도해 주신 인하대학교 조영우 총장님, 한국생산기술연구원 정경환, 김건희, 김형균 박사님께 감사하다는 말씀 전해드리고 싶습니다. 앞으로도 더욱더 성장하여 사회에 이바지할 수 있는 공학자가 되도록 노력하겠습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 대학생 시절 학생연구원으로 활동하면서 3D프린팅을 처음으로 접해봤습니다. 이때 3D프린팅을 통해 기존의 전통적인 가공법(절삭, 연마, 사출 등)의 문제점이었던 재료 낭비나 복잡한 형상 구현이 불가능했던 것을 해결할 수 있다는 점에 큰 매력을 느꼈습니다. 이후 3D프린팅에 관련된 연구를 진행하고자 대학원 진학까지 결심하게 되었습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 위상 최적화에 대한 이해가 부족했을 때 지도박사님께서 3D-FAB 교육

을 추천해 주셨습니다. 혼자 공부하기에 어려움이 많아 전문가에게 자문을 구하고 싶었는데 좋은 기회라고 생각하여 신청하게 되었습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 저는 3D프린팅 기술에서도 DFAM 설계 및 적층 해석에 대해 공부하면서 이를 통해 연구를 진행하고자 했지만, 막상 기술을 적용하려고 보니 어디서부터 시작해야 하고 어떠한 데이터를 적용해야 하는지 막막했습니다. 이때 22년 3D-FAB 교육을 듣고 나서 3D프린팅을 활용하는 전반적인 과정을 배운 뒤 연구의 방향성을 잡을 수 있었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 22년 3D-FAB 교육을 통해 3D프린팅 전주기 과정과 제작 전 설계부터 해석까지의 실제 산업에서 필요한 전문적인 교육을 받을 수 있었습니다. 특히 이론뿐만 아니라 S/W 실습 교육을 진행하여 산업에서 사용되는 S/W를 사용함으로써 다양한 틀에 익숙해질 수 있어서 더욱 기억에 오래 남는 것 같습니다. 무엇보다 3D-FAB 교육은 기초부터 실제 산업에서 적용되는 활용법까지 자세히 배울 수 있고 전문가의 빠른 피드백을 통해 이해가 어려운 부분을 쉽게 해결할 수 있다는 것이 특징점이라고 생각합니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 이다'라고 정의한다면?

A6. 제게 있어 3D-FAB 교육은 '길잡이'라고 말하고 싶습니다. 길잡이는 나아가는 방향이나 목적을 실현하도록 이끌어주는 지침을 비유적으로 이르는 말인데, 3D-FAB 교육은 어려움이 닥치거나 방향을 잡지 못할 때 올바른 방향을 제시해 주는 길잡이와 같다고 생각합니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 앞으로도 3D프린팅을 활용하여 손목뿐만 아니라 대퇴골, 거골 등 다양한 신체에 적용할 수 있도록 의료기기 개발 연구를 꾸준히 진행할 계획입니다. 추후 이러한 연구 결과를 토대로 의료기기 설계 지침을 개발하는 것이 목표입니다.



Mini interview



3D프린팅 스텔업 경진대회 우수상

# 3D프린팅을 활용한 환자맞춤형 손가락 보조기 최적화 설계



노현준  
(34, 단국대학교 기계공학과)

3D-FAB 공모전 수상

22년  
프로세스 엔지니어  
\_공학

## 1. 사례 개요 및 창의 혁신성

### 기존 손가락 보조기 종류와 문제점

#### 1) 손가락 보조기(Finger splinter) 설명

보조기는 움직임을 쉽게 하거나 불필요한 움직임에 대한 저항으로부터 특정 신체 부위를 보호하는 기능을 하는 기구다. 보조기는 삼점압의 원리, 사점압의 원리, 압박의 원리, 신영의 원리, 전단의 원리에 의해 신체를 정렬하고 고정해주는 역할을 한다.

손과 손가락은 일상생활에서 많이 활용되는 부위로 관절염, 염좌, 염종과 같은 내부적인 질병이나 외력에 의한 골절 및 부상이 많다. 일반적으로 손가락 염종과 같은 가벼운 증상의 경우 냉온 찜질, 약물을 주입하거나 소염제를 복용하지만, 골절의 경우 어긋난 뼈를 원래의 형태로 유지하기 위해 1-3개월 정도 외고정기구를 이용한 치료가 필요하다.

신체 부위 중 손가락은 개인별로 치수와 두께가 다르고, 손가락 마디 관절에 의한 변형점이 많으므로 기성품 손가락 보조기를 사용하게 되는 경우, 환자 맞춤형으로 제작이 어렵고 치료 상황에 따른 형태의 변형이 불가능하다. 또한 수작업으로 제작하는 경우 제작하는 사람의 숙련도에 따라 만족도 및 치유의 정도가 달라질 수 있다.

## 2) 기존 손가락 보조기의 종류와 장단점



시중에서 판매되는 손가락 보조기 종류

외상에 의한 골절의 경우, 외고정기구로 석고붕대, 알루미늄 합금 손가락 보조기, 재활 보조기, 인대 손상 손가락 보조기를 주로 사용하고 있다. 일반적으로 석고붕대를 많이 활용하는데, 석고붕대는 피부와 밀착해 고정되므로 혈액 순환장애와 욱창이 발생할 가능성이 있고, 석고 재료의 특성상 무거우며 습기에 취약해 장기간 활용하는 데에도 불편이 따른다. 최근 들어 석고 재료 대신 가볍고 강한 유리섬유를 이용한 붕대를 사용하기도 하지만, 이 역시 유리섬유 재료의 특성상 재료가 굳을 때 크기가 줄어들면서 피부에 압력을 가해 욱창, 혈액순환 장애가 발생하는 단점이 있다.

또한 기존의 보조기는 타공이 없어 전체를 감싸는 형태라 장기간 착용하는 동안 땀을 수 없어 보조기 내부에 땀과 각종 오물로 인한 피부 염증, 가려움증, 냄새 등의 불편함이 있다. 반면 알루미늄 합금으로 만들어진 손가락 보조기는 탈부착이 편할 뿐 아니라, 내부의 스펀지 재질이 손가락의 상하부를 감싸는 형태이기에 착용감도 좋은 편이다. 하지만 내부가 스펀지 재질로 되어 있어 통풍이 어려워 위생상의 문제가 따른다.

기능성 손가락 재활 보조기는 일시적인 손가락 부상 시 활용하는 손가락 보조기다. 이 보조기 상·하단에는 타공이 있어 통풍이 잘 돼 땀 배출이 쉽고 무엇보다 탈부착이 편리하다는 장점이 있다. 하지만 심한 부상 및 장기간 활용하는 경우 고정력이 부족하다. 인대 손상 손가락 보조기는 매우 단순한 구조로 탈부착이 쉽고, 외부에 개방된 면이 많아 통풍이 잘되며 강한 압박으로 인한 혈액순환 장애, 욱창 발생의 위험성이 낮은 장점이 있으나, 간단한 개방 구조로 외부의 충격에 대한 보호력이 낮은 단점이 있다.

또한 앞서 소개한 손가락 보조기들은 인터넷에서 구매가 가능한 기성품으로 특정한 규격에 따라 크기별로 구매가 가능하지만, 특수한 형태의 손가락 장애(근병형, 유아, 어린이 손가락, 류마티스 관절염 등) 환자에게 적용이 어려우며, 골절 상황과 장애에 따른 환자 맞춤형 손가락 보조기의 설계 및 변형은 불가능하다. 따라서, 자유로운 형상 제작과 환자 맞춤형 설계, 출력이 가능한

'3D프린터를 활용한 손가락 보조기' 제작이 필요하다.



손가락 보조기 적용이 어려운 사례

3D프린팅을 활용한 환자 맞춤형 손가락 보조기 최적화 설계 및 출력 과정



환자 맞춤형 손가락 보조기 최적화 설계 및 출력 과정

3D스캐너(Space spider, ARTEC, Luxembourg)를 활용해 스캔한 3D모델링 데이터를 3D Data 편집 프로그램(Artec Studio, ARTEC, Luxembourg)으로 보정하고 3D CAD 프로그램(Rhino 7, Rhinoceros)을 활용해 환자 손가락에 맞춘 최적화 설계를 한 후, 다양한 방식의 3D프린터를 활용해 출력을 진행했다.

1) 3D스캐너를 활용한 정확한 손가락 3D 데이터 추출

본 사례에서 활용한 3D스캐너(Space spider, ARTEC, Luxembourg)는 반사율이 적은 청색광을 활용하는 정밀한 스캔 장비로, 스캔 정확도는 50µm, 오차 범위는 ±30µm로 정밀한 측정이 가능한 장비다. 3D프린팅 기술의 자유로운 형상 제작의 장점을 활용하기 위해 3D스캔 대상인 손가락의 형태는 기존의 손가락 보조기의 적용이 힘든 약간 구부린 상태를 유지해 3D스캔을 진행했다.

정확한 3D스캔 데이터를 얻기 위해서는 3D스캔 과정에서 스캔하는 대상 표면의 빛의 반사 정도와 주변 환경(먼지, 형광등, 주변의 빛)에 주의가 필요하다. 그렇지 않으면 불필요한 스캔 영역(Noise)이 발생하며 스캔하는 각도에 따라 빈 스캔 영역이 생긴다. 따라서 최적의 3D스캔 데이터를 얻기 위해

서 어두운 조명 아래에서 3번 이상 스캔한 데이터를 병합(Stitching)해 정밀한 3D스캔 데이터를 추출하게 된다. 이 후 3D 편집 프로그램(Artec Studio, ARTEC, Luxembourg)을 활용해 불필요한 영역을 제거하고 빈 폴리곤 채우기(Fill hole) 기능을 통해 수정하게 된다. 수정이 완료된 파일은 편집이 가능한 폴리곤 형태의 파일(STL)로 변환한다.

2) 3D CAD 프로그램을 활용한 손가락 보조기 최적화 설계

CAD 프로그램(Rhino 7, Rhinoceros)을 활용해 손가락 보조기의 최적화 설계를 진행했다. 앞서 언급한 기존 손가락 보조기의 단점을 토대로 최적화 설계에 고려해야 할 특성을 편의성, 청결성, 안정성, 고정성, 경제성 5가지로 설정했다.

손가락 보조기 설계시 고려해야 할 특성

편의성	부착이 쉬운 형상인지, 붓뚱이 걸리지는지, 장시간 착용시 불편함이 없는지 체크한다.
청결성	팔로 인한 오염을 세척할 수 있는지 체크한다.
안정성	장시간 피부에 직접 닿는 기구로서 안전하지 체크한다.
고정성	골절 회복을 안정적으로 단단하게 장시간 고정할 수 있는지, 3D프린팅 재료의 기계적 특성(강도, 강성, 연신율) 체크
경제성	손가락 보조기를 제작하는 비용을 고려한다.

편의성은 손가락 보조기 제작에 있어 가장 중요한 특성으로 탈부착이 쉽고 장시간 착용감이 좋아야 하며, 붓뚱이 잘 돼 피부 관련 질병을 최소화해야 한다. 탈부착이 쉬운 구조로 설계하기 위해서는 전체적으로 손가락을 감싸는 폐쇄적인 모형을 아닌 개방적인 모형이어야 하며, 붓뚱이 잘 되는 구조를 위해서는 손가락 보조기에 타공을 설계하거나 보조기 모형을 다공성 구조(Lattice)로 제작해 피부가 공기와 닿은 면적을 늘려야 한다.

이러한 특성을 반영해 CAD 프로그램(Rhino 7, Rhinoceros)의 'Grasshopper' 기능을 사용해 손가락 보조기의 다공성 구조(Lattice)를 설계했다. 다공성 구



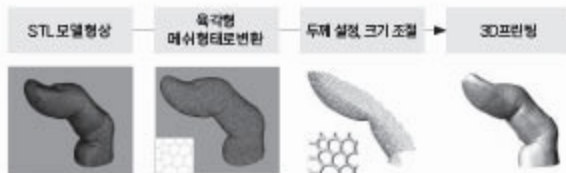
다공성 구조를 구성하는 육각형의 크기에 따라 다공성 구조의 수, 기공 면적이 달라지는데, 육각형의 한 변의 크기를 10단계로 구분해 다공성 구조 설계를 진행했다.

조를 구성하는 패턴은 원, 네모, 세모, 육각형을 고려해야 한다. 원의 경우, 원과 원 사이의 공간이 발생하고, 네모는 외력에 의한 변형이 쉽고, 세모는 비교적 많은 지지대 생성으로 기공의 면적이 줄기 때문에 안정적이고, 공간을 많이 확보할 수 있는 육각형 패턴(벌집 구조)으로 다공성 구조를 설계했다.

다공성 구조의 크기에 따른 손가락 보조기 설계

단계(STEP)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	10단계
한 변의 길이(mm)	0.29	0.61	1.13	1.74	2.24	2.61	6.68
육각형의 넓이(mm <sup>2</sup> )	0.22	0.97	3.31	7.87	13	17.7	115.93

10단계로 설계된 다공성 구조체 중 한 기공(육각형)을 설계해 가장 긴 변의 길이를 측정하고, 1단계 0.29mm, 2단계 0.61mm, 3단계 1.13mm, 4단계 1.74mm, 5단계 2.24mm, 6단계 2.61mm 순으로 1단계에서는 매우 촘촘한 다공성 구조의 설계를 할 수 있다. 하지만 6단계부터는 모형을 무너지는 현상이 발생함에 따라 손가락을 감쌀 수 있는 형태를 유지하면서 기공의 크기가 가장 넓은 5단계를 손가락 보조기의 기본 설계 다공성 구조로 설정했다. 다공성 구조의 두께의 경우 일반적으로 여러 방식의 3D프린터(FDM, SLA, SLM 등)에서 권장하는 최소 출력 두께인 0.8-1.2mm 값으로 설계해 제작의 시간과 재료의 사용량을 최소로 한 경제적인 설계를 진행했다.



손가락 보조기의 다공성 구조 최적화 설계 과정

### 3) 3D프린터를 활용한 손가락 보조기 출력

최적화 설계를 통한 손가락 보조기 모델을 대학교 내 '제조 실증 센터'와 교육기관 '프로토타입'의 금속 3D프린터를 활용해 출력했다. 단국대학교에서는 '웨어러블 제조 데이터 플랫폼(Wearable Manufacturing Data Platform)' 사업의 일환으로 웨어러블 제품을 개발, 연구 중인 기업과 연구원에게 사작품 제작 서비스를 지원하는 '제조 실증 센터'를 운영하고 있다. 센터에는 5종의 정밀 스캐너와 10여 종의 산업용 3D프린터를 보유하고 있어 3D스캔, CAD 설계 데이터를 활용한 다양한 방식의 3D프린팅 기술 연구를 진행할 수 있었다.

3D프린터명	NEOA31C	Fortus 170	J55	Desktop Metal
사진	네오.JPG	170.JPG	J55.5	메탈.JPG
제조사	CUBICON (한국)	STRATASYS (미국)	STRATASYS (미국)	DESKTOP METAL (미국)
출력양식	FDM(fused deposition odling)	FDM(fused deposition odling)	Polyjet	BDM(Bound Metal Deposition)
출력재료	PLA(black)	ABS(black)	Vero White	17-4 PH Stainless Steel
출력 가능 크기	310x310 x310mm	254x254 x254mm	1,174cm (원형)	300x200 x200mm
출력 정밀도	-	±200 <sub>μm</sub>	±150 <sub>μm</sub>	-
적층 레이어	높이 100-300 <sub>μm</sub>	127-330mm	1875 <sub>μm</sub>	50-300 <sub>μm</sub>
소재	단국대학교	단국대학교	단국대학교	(S)프로토타입
주요 특징	경제성	출력 안정성	높은 정밀성	금속 재료 활용한 높은 강성

교육기관인 '프로토타입'은 3D스캐너와 3D프린터를 판매하고 3D프린팅 기술 교육을 지원하는 기업으로, 센터에는 없는 금속 3D프린터 Desktop Metal (DESKTOP METAL, USA/ Stainless steel, BDM), Truprint 3000 (TRUMPH, Germany, SLS)을 교육과정 중에 활용할 수 있었다.

3D프린터명	NEOA31C	Fortus 170	J55	Desktop Metal
출력물 사진	네오-1.JPG	170-1-170-2.JPG	J55-1-J55-2.JPG	메탈-1-메탈-2.JPG
출력시간	1시간 30분	57분	1시간 45분	10시간 18분 소형 시간 필요
재료 사용량	5.31g	모델 4m <sup>2</sup> , 서포트 6m <sup>2</sup>	모델 36g / 서포트 26g	모델 70g / 서포트 7g
서포트 제거	쉬움	중간	쉬움	매우 어려움
니퍼 활용 수작업	니퍼 활용 제거 후 수동성역체 활용	손으로 제거 후 수동성역체 활용	벤치 활용	벤치 활용
표면품질	거칠	거칠	좋음	매우 거칠
강성/고장성	단단함	단단함	약함(취성)	매우 강함
가격(경제성)	170원 (5당 32원)	3,110원 (m <sup>2</sup> 당 평균 311원)	2만 460원 (m <sup>2</sup> 당 평균 330원)	2만 5,397원 (5당 평균 330원)

총 4가지 방식의 3D프린터를 활용해 손가락 보조기를 출력했다. 모델 크기와 출력 방향을 동일하게 설정했고 각 3D프린터의 출력 품질은 기본적으로 설정했다. 결과적으로 3D프린터의 각 방식과 재료에 따라 출력 공정의 차이가 있었다. 출력 시간은 Fortus 170STRATASYS社, USA/ ABS)으로 활용할 때 57분으로 가장 짧았고, 금속 3D프린터 Desktop Metal(DESKTOP METAL社, USA/ Stainless Steel)의 경우 출력 후 1,400°C 이상의 화로(Furnace)에서 며칠간의 소결 작업을 진행해야 하므로 출력 후 후공정까지 가장 오랜 시간이 필요했다.

소프트 제거는 NEO A31C(CUBICON社, Korea/ PLA)의 출력물이 가장 쉬웠다. 다른 프린터의 경우 수용성 액체를 활용해야 하는 추가적인 과정이 필요했다. 표면 품질의 경우 J55(STRATASYS社, USA/ Photopolymer)를 활용한 출력물이 가장 매끄러웠다. 금속 출력물은 출력 표면이 매우 거칠어 환자가 착용하기에는 부적합했으며, 샌드블라스트, 거친 사포를 활용한 후공정 작업이 필요했다.

다만, 표면이 가장 좋았던 J55(STRATASYS社, USA/ Photopolymer)의 출력물의 경우 작은 변형 때문에 끼이기 쉬운 얇은 두께의 손가락 보조기를 출력하기에 부적합했다. 금속 프린터의 출력물은 얇은 두께에도 단단한 고정력을 보였다. 출력의 정확성은 출력물의 임의의 기공 크기와 연결 부분의 두께를 측정했을 때, 실제 시 설정한 0.8mm-1.2mm 범위 안에 있어 4종류 3D프린터 모두 출력 정확도가 높았다.

상황에 따라 다르지만, 종합적으로 환자가 장시간 활용하면서 단단하게 고정할 수 있고, 변형에도 깨지지 않고 강하며, 출력 시간이 짧아 환자의 요청에 유연하게 대응할 수 있는 출력 재료비용이 저렴한 NEO A31C(CUBICON社, Korea/ PLA)를 활용해 출력한 손가락 보조기가 가장 합리적이라는 결과를 얻을 수 있었다.



3D프린터를 활용한 손가락 보정기 출력물의 정확도 및 착용 모습

## 2. 기술 활용 역량

현재 기계공학과 대학원생으로 우수한 교수님의 지도와 수준 높은 기계공학, 고분자 공학 지식을 활용해 3D프린팅 기술을 활용한 연구를 하고 있다. 특히 재료역학에서 배운 내용을 바탕으로 3D프린터 재료 특성에 따른 응력과 신장률의 관계, 탄성계수(Young's modulus), 인장, 압축에 의한 과단 등 재료의 역학적인 개념을 이해하고, 고분자 공학 과목을 수강하며 광중합체(Photopolymer)를 활용한 광중합 공정(photoLithography)과 유리 전도에 따른 상면화와 중합(Polymerization)에 의한 가교(Crosslink) 현상 등 SLA, LCD, DLP 3D프린터에서 활용하는 액체성 재료(Resin)의 화학적 작용과 특성에 대한 이해도를 높였다.

장비 활용 측면에서 5종의 정밀 스캐너와 10여 종의 산업용 3D프린터를 보유한 3D프린팅 연구실 '제조실증센터'에서 3D CAD 프로그램을 활용해 다양한 Dfam, 최적화 설계를 연구하고, 각 프린터의 장·단점 및 특성을 이해해 설계 모형에 맞는 최적의 출력 방법을 연구하고 있다.



CAD 설계 및 3D프린터 기술을 활용한 출력물 모음

3D프린팅 기술 교육기관(3DFIA, 퓨전테크놀로지, 프로토타입, 태성에스엔이 등)에서 진행되는 의료 3D프린팅 교육, 심화설계 및 분석프로그램 교육과정 등에 참여해 지식을 쌓고 이를 활용해 보건의료, 보조기구 공학에 관한 지속적인 연구를 진행하고 있다.

최근, 태성에스엔이社에서 진행되는 Simcenter Motion Basic, Simcenter CAE Basic 교육을 활용해 역학적 설계와 분석프로그램 활용 방법을 배웠으며, 3D 융합산업협회(3DFIA)에서 주관하는 3D 의료프린팅 전주기 실무(AI Segmentation)교육을 수강하며 관심 있는 의료 3D프린팅 기술에 대한 동향을 살피고, 의료 영상 편집 프로그램(Materialise mimics, 3-matic)을 활용한 Surgical Guide 모의 수술 모형 제작 연구도 진행했다.

앞으로도 여러 교수님의 지도에 따라 나아갈 연구 방향을 수정하며, 공학의 기본적인 이론을 쌓고 외부 3D프린터 관련 교육을 수강하면서 3D프린팅 기술의 역량을 키워 다양한 분야에서 3D프린팅 기술을 접목하는 연구를 진행

할 예정이다. 사업에 있어 수익구조 및 성과(수익률)는 꼭 필요한 지표지만 기본적으로 의료 3D프린팅 분야는 수익보다는 치유의 목적을 더 중점적으로 생각해야 한다. 앞서 제안한 3D프린팅을 활용한 손가락 보조기 사례 역시 약간의 불편함을 감수한다면 시장에서 판매하는 손가락 보조기를 활용하는 경우가 훨씬 경제적이다.

하지만 일반인과 다른 손가락 형태를 가졌거나 유아나 어린이의 작은 손가락, 류머티즘 관절염과 같이 기존의 손가락 보조기를 활용할 수 없는 경우에는 3D스캐닝, 3D프린팅을 활용한 손가락 보조기를 제작해 활용해야 한다. '3D프린팅을 활용한 환자 맞춤형의 손가락 보조기'를 적용해, 그동안의 손가락 보조기 활용 사례보다 환자의 치료 시기가 단축되거나 환자의 만족감이 높아졌다면, 금전적인 성과 이상의 기대효과가 있을 것이라 생각한다.

최근 3D프린팅 기술을 의료분야에 응용하기 위한 다양한 국가 과제들이 추진되고 있고, 3D프린팅 기술의 발전과 저가형 3D프린팅 기술의 보급으로 환자 맞춤형 의료 3D프린팅에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만, 국내 의료분야에서는 새로운 의료 기술의 적용에 관한 인허가와 신의료기술평가, 수가책정 과정이 매우 길어 의료 3D프린팅의 활성화가 어려운 상황이다.

특히, 아직 의료 3D프린팅 기술은 보험 적용이 되지 않기 때문에 3D프린팅 기술을 이용한 의료 임플란트(implant), 모의 수술 모형, 수술 보조기구(surgical guide) 제작은 고스란히 환자 개인의 부담이 되고 있다. 따라서 꼭 필요한 경우가 아니라면 의료 영역에서 3D프린팅을 활용하는 경우가 적다.

하지만 전 세계적으로 의료 3D프린팅에 관한 연구 및 제도 마련이 활발하게 이루어지고 있다. 미국의 경우 허가된 특정 3D프린팅 의료기기를 코드 분류가 된 기존의 의료기기와 같이 취급해 국가보험이나 민영보험에서 수가를 지급하고 있는데, 실제로 ActivArmor는 HCPCS 코드에 따라 3D프린팅 맞춤형 부목 제작에 수가를 지급하고 있다. 일본의 경우 2008년부터 정형외과 품목에 3D프린팅 의료 기술 수가를 적용해 환자에게 지원하고 있다. 국내에서도 3D프린팅 의료 기술 중 금속 프린팅을 활용한 치료 재료가 동재돼 건강보험에 등록된 사례가 있고 '신의료기술제도'가 추진되면서 건강보험 적용이 빨라지고 범위 또한 점차 넓어지고 있다.

현재에는 의료기기의 인허가 문제, 보험 동재 문제 등 제도적인 제약으로 인해 국내의 의료 3D프린팅 시장의 활성화가 더디지만, 제도적 준비가 완료되고 '정밀 의료', '환자 맞춤형' 의료 기술이 발전해 갈수록 자유로운 행사 제

작, 환자 맞춤형 제작이 가능한 의료 3D프린팅 시장이 활성화될 것이다. 앞서 제안한 '3D프린팅을 활용한 환자 맞춤형 손가락 보조기' 또한 널리 활용돼 환자의 치료 기간 단축, 높은 만족감을 제공할 것이다.

## "3D-FAB 교육은 심한 갈증을 해결해주는 물과 같았습니다!"

노현준(34, 단국대학교 기계공학과)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 이번에 받은 상은 저에게는 매우 큰 의미가 있습니다. 대학에서 경력을 전공한 후 이과로 전향해 3D프린팅 기술을 연구한다고 했을 때 미래의 희망보다는 두려움과 걱정이 앞섰습니다. 이번에 받은 우수상은 제 선택에 대한 끝없는 의문에 답이 됐으며 뒤돌아보지 말고 앞으로 나아가라는 이정표가 됐습니다. 이런 좋은 기회를 만들어주신 정보통신산업진흥원, 3D융합산업협회를 비롯해 부족한 저를 항상 다독이며 이끌어주신 단국대학교 임성환, 신정현 교수님께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 3D프린터를 처음 접했을 때 오솔로 물건을 만들어주는 도계비방망이가 떠올랐습니다. 처음에는 3D프린팅 기술로 이물표를 제작하는 수준이었지만 이제는 캐릭터, 산업용 및 의료용 물품을 제작할 만큼의 실력이 되었습니다. 이후 활용 목적에 맞는 다양한 소재와 3D프린팅 방식을 공부하면서 전반적인 산업 분야에서 활용 가능한 3D프린팅 기술의 매력에 푹 빠지게 되었습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 금속 3D프린팅 기술은 의료, 우주, 항공 분야에 활용되는 고부가가치의 기술입니다. 하지만 전문적이고 고가의 장비이기에 쉽게 접할 수 없어 아쉬웠습니다. 그러던 중 정보통신산업진흥원, 3D융합산업협회에서 주관한 교육과정에서 금속 3D프린팅 기술의 전반적인 과정을 직접 체험할 수 있어 22년 3D-FAB 교육에 참여하였습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 제가 설계하고 싶었던 손가락 보조기는 0.8cm 두께의 얇은 형상입니다. 일반 재료(PLA, ABS)를 활용해 3D프린팅할 경우 쉽게 부러지고 변형이 발생합니다. 이번 금속 3D프린팅 기술 교육 과정을 통해 금속 3D프린팅 기술에 대한 전반적인 이해와 함께 고강도 Stainless를 활용해 외부 힘으로부터 변형 없이 손가락을 보호할 수 있는 얇은 형상의 손가락 보조기를 제작할 수 있었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 각 분야의 최고의 전문가가 작업 현장에서 교육을 진행하고, 작업 현장에서 몸소 체험할 수 있다는 점이 좋았습니다. 특히 금속 3D프린팅 전문가가 직접 현장에서 금속 프린팅의 모형 설계, 금속 재료 특성, 금속 3D프린팅 운영까지 전반적인 과정을 직접 교육하고 체험할 수 있었기에 금속 3D프린팅 기술에 대해 보다 명확하게 이해할 수 있었습니다.

### Q6. 내게 있어 3D-FAB 교육은 이다 라고 정의한다면?

A6. 3D-FAB 교육은 갈증을 해소하게 해주는 물 한 모금입니다. 무더운 여름, 운동장을 뛰다가 그늘에 들어와 마시는 물 한 모금은 그동안의 목마름을 해소해 줍니다. 그동안 3D프린터가 어떻게 출력되는지 과학적인 원리에 대한 궁금증에 항상 목말라 있었습니다. 이러한 갈증을 3D-FAB 교육 과정을 통해 풀 수 있었습니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 아직 3D프린팅 기술에 대해 배우고 싶은 것이 많습니다. 앞으로도 우수한 교수님들의 지도와 함께 3D 융합산업협회에서 제공하는 3D프린팅 교육 프로그램에 참여해 부족한 부분을 채우고 연구하며 개인 맞춤형 의료 3D프린팅 분야의 전문가로 성장하고 싶습니다.



Mini interview

3D프린팅 스쿨업 경진대회 우수상

## 시대에 맞춰 3D프린팅 스쿨업!



김현수  
(23, 안양대학교 화장품발명디자인학과)

3D-FAB 교육이수 현황

22년  
AM 오퍼레이터

### 1. 사례 개요

현재 재학 중인 안양대학교 화장품발명디자인학과는 총 4년의 교육과정 중 3년은 졸업을 위한 작품의 아이디어를 구상하고 이를 창조하는 활동을 한다. 그리고 4학년 2학기에는 이러한 결과물을 선보이는 졸업 전시회를 진행한다. 이 전시회에서는 내가 새롭게 발명한 화장품 용기를 3D프린팅 해 전시해야 한다는 조건이 있었다. 나는 평소 3D프린팅에 대해 무지했던 터라 이러한 조건을 보고 걱정이 앞섰다. 스스로 독학하기에는 어려운 내용이라 판단해 자연스럽게 뒤로 미루고 외면하게 됐다.

그러던 중 학과 교수님의 추천으로 (HDC) AM 오퍼레이터 교육에 참여할 수 있었다. 이 교육에서는 마크포지드, 폼 프린터의 이론 교육, 활용 사례, 실무 교육 등 여러 방면의 내용을 수강할 수 있었다. 교육 초반에는 용어가 낯설어서 교육 내용의 이해가 어려웠지만, 기계를 직접 보면서 교육받다 보니 점점 내용을 이해할 수 있었고, 프로그램을 활용해 작업할 수 있을 정도로 3D프린팅 관련 지식을 쌓을 수 있었다.

3D프린터로 출력된 작업물인 안경과 컵 받침대를 직접 후가공 처리하는 과정을 실습을 통해 숙지해 나갔다. 교육 후반에는 3D프린팅 관련 내용의 시험을 어렵지 않게 풀 수 있을 정도로 3D프린팅에 대한 이해도가 향상돼 있었

다. 교육 수강 후 3D프린팅 관련 지식 습득을 비롯해, 프로그램 작동법, 후가공 처리의 이해도가 높아졌다. 그리고 이 교육을 이수하며 정보통신산업진흥원장 명의의 수료증도 발급받을 수 있었다.



AM 오퍼레이터 교육과정

교육 이수 후 바로 개강하게 됐고 교육받았던 내용을 바탕으로, 졸업 작품과 관련해 학생 대상 3D프린팅 교육 업무를 담당하게 됐다. 학교에서는 현재 XFAB 장비를 사용하고 있다. XFAB 장비는 이탈리아 DWS社의 프린터로 광경화성 수지 조형 방식(SLA)이다. 장비에 내장된 거울에 레이저 형태의 UV를 쏘면 거울(반사경)이 회전하며 빛을 적절한 위치에 반사해 주는데 이렇게 한층 한층 빛이 닿은 부분이 굳으며 3D 형태의 모델이 완성된다. SLA 방식의 장비이기 때문에 정밀도가 높아 출력 직후 표면이 매끄럽고 섬세한 부분까지 표현이 가능하다는 장점이 있다.

XFAB은 빌드사이즈는 Ø 180X 180으로 기존의 보급형 SLA 방식 3D프린터보다 상당한 크기를 가지고 있다. 빌드의 재료는 총 10가지로 ABS like, 투명, 리버, 주물용 왁스 재료, 내열성 열저항 테스트 모델에 적합한 재료 등 다양한 재료를 한 기계에서 사용할 수 있다. 출력 가능 포맷은 stl, slc, nauta, ficator, mlr, 3dm, 3ds, ply, obj, lwo, x다. 기계에 관한 내용을 숙지한 후 담당 업무자로서 기계의 관련 소프트웨어인 나우타와 픽토 프로그램을 학생들에게 교육했다. 앞서 교육이수 과정에서 들었던 서포트 관련 내용이 큰 도움이 됐다.



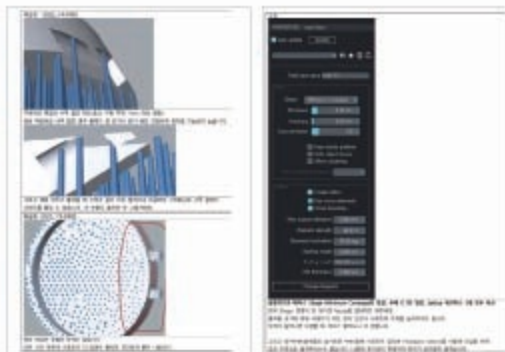
XFAB 프린터 3D프린팅 교육 모습



학생들출력작업물

학생들의 작업물은 종류가 다양했다. 단순한 사각형 형태의 작업물도 있었고 굴곡이 많은 병 모양의 형태도 있었다. 특히 작업하는 작업물이 화강암 용기라는 특성상 용기마다 각기 투명 용기, 불투명 용기를 구분해 작업을 해야 했다. 학교에 배치된 레진 중 투명 용기는 Vira-430 레진을, 불투명 용기는 Invicta-907 레진을 사용했다. 또한 후가공 과정에서 서포트의 잔여물을 없애기 위해 교육 때 들었던 내용인 사포질과 스프레이 처리를 완료했다. 그리고 빌딩 플랫폼 교체, 레진 충전, 기계 관리 등 많은 작업을 통해 3D프린팅에 관한 공부를 할 수 있었다.

원인을 알 수 없는 이유로 작업물이 출력되지 않을 때는 AM 오퍼레이터 교육을 담당해 주신 담당자분께 메일로 도움을 요청했고 오류가 난 부분을 정리해 알려주셨다. 3D-FAB 교육 이후에도 담당자분과 연락을 지속하면서 여러 도움을 받을 수 있어 계속해서 공부할 수 있었다. 교육 기간이 지난 후에도 담당자분이 친절히 설명을 해주시는 모습에 감사함을 느꼈다. 교육 수강으로 끝나는 것이 아닌 지속적인 도움을 통해 더욱이 발전할 수 있었다. 다음에도 교육이 있다면 다시 수강하고 싶다.



문의 피드백 파일

## 2. 창의 혁신성

투명 용기, 불투명 용기를 구분해 작업을 해야 했다. 학교에 배치된 레진 중 투명 용기는 용융된 금속을 거푸집(주형)에 부어 형상을 만드는 전통적인 주조 기법으로, 인류가 수천 년 이상 사용해온 방식이다. 지난 세기 왁스로 제작된 패턴을 녹여낸 후 세라믹 주형에서 금속 부품을 만드는 정밀주조 (Investment Casting) 방식은 많은 이점이 있지만, 복잡하고 다양한 종류의 제품을 생산하기에는 여전히 느리고 비용이 많이 드는 프로세스였다.

정밀주조 방식을 통한 생산 시간은 일반적으로 몇 개월이 소요되며 비용도 수억 원에 달할 수 있다. 정밀주조는 광범위한 응용분야와 최종 결과물의 다양한 수요에도 불구하고 효율성, 리드타임 및 생산 능력과 관련한 문제에 직면하고 있다. 기존 정밀주조 방법에서는 패턴을 왁스로 제작하기 위해 금형을 만들어야 했다. 이 방식은 금형 제작이라는 전통적인 제조 방법이 추가된다. 금형을 제작하기 위해서는 금형 설계 및 CNC 가공 및 후처리의 상당 시간을 소요하게 만든다.

이런 금형을 제작하는 데만 약 8-12주의 시간이 소요돼 전체 리드타임을 길게 만들고 금형 제작에 큰 비용을 지불해야 한다. 또한 제품 형상은 절삭 가공을 통한 금형 기술로 제작할 수 있는 범위 안에서 가능하다 보니 혁신적인 제품을 생산하는 데에는 제약이 따른다. 가끔은 제작 자체가 불가능할 수도 있다. 하지만 이러한 부분에 있어 3D프린팅 기술을 활용하면 획기적으로 리드타임과 비용을 줄일 수 있다. 기존 금형 제작에 비해 3D프린터 제조 시 약 95%의 시간을 단축할 수 있다. 초기 제품 개발 시 짧은 리드타임 및 낮은 초기 비용이 가능하므로 설계 및 주조 방안의 변경에 즉각적인 대응이 가능해 더 많은 제품 개발에 에너지를 투자할 수 있다는 장점이 있다.

지난번 3D프린팅 교육을 수강하러 갔을 때 많은 3D프린팅 출력물을 살펴볼 수 있었다. 게임사와 협업을 해 만든 정교한 모형의 피규어와 사출이 여러 개로 얹혀서 만들어진 의자 등 복잡한 형태의 출력물이 많았다. 정교하고 디테일이 살아있는 3D프린터 출력물에 대한 설명도 들을 수 있었다. 무엇보다 작은 돌기까지 정교하게 묘사된 모습에 관심이 가지 않을 수 없었다.

많은 용기를 학교에서 3D프린터로 출력하면서 제작 시간에서 많은 이득을 보았다. 용기 부품 1개당 2-4시간이면 출력이 완료돼 여러 학생이 단기간에 작업물을 출력할 수 있었다. 만약 3D프린팅이 아닌 전통 방식의 사출 금형을 이용했다면 절대 제한 기간 안에 작업이 불가능했으며 비용적인 부분에서도 엄청난 부담이 됐을 것이다.





다양한 형태의 3D프린팅 출력물

내가 작업한 출력물 중 디테일이 가장 필요한 작업물은 쿠션 용기 안쪽에 0.1cm 정도의 작은 꽃모양 형상의 돌기가 둘러 있는 용기이다. 이 작업을 할 때 돌기의 디테일을 기대하지 않은 채 작업을 시작했다. 출력 5시간 만에 용기 부품 1개가 출력이 완료됐는데 나의 예상보다 퀄리티가 훨씬 좋게 뽑혀서 놀랐다. 만약 3D프린팅 작업이 불가능했다면 일반 쿠션 용기를 제작한다면 돌기 모양의 부품을 따로 부각시켜야 했을 것이다. 3D프린팅이 가능해 깔끔한 1가지 용기의 형태로 출력했다.

3D프린팅의 장점을 통해 제조업에 뛰어들어 스타트업과 교육 현장에 학생들은 플라스틱 같은 재료로 제품을 만들 기회가 생긴 것이다. 3D프린팅은 제조에 대한 장벽을 없애고 소량의 맞춤형 제품을 만드는 데 탁월하다. 여러 부품을 조합해서 만드는 제품은 3D프린터를 이용하면 하나의 부품으로 제작할 수 있다. 이러한 장점을 가진 3D프린터 사용으로 안양대학교 화장품발명디자인학과 학생들은 큰 결과물을 얻고 있다.



발명용품기 렌더링, 부품도출력 작업물

### 3. 기술 활용 역량

3D프린팅을 통해 매년 안양대학교 화장품발명디자인학과 학생들의 발명 용기를 출력하고 있으며 그 출력물을 전시회 업체 관련자에게 선보이고 있다. 그런 만큼 많은 학생에게 3D프린팅 교육 이수가 필요하다. 현재 졸업 예정 학년의 학생들에게 3D프린팅 관련 교육을 진행 중이며 추후 다른 학생들을 위

해서프트 작업 방법, 기계 사용 유의 사항, 작업 방법, 재료의 특징 등 3D프린팅에 관한 유의사항을 한꺼번에 정리해 학과에 배부할 예정이다.

배부한 내용을 토대로 많은 학생이 3D프린팅을 할 것이며 이를 통해 인재 양성이 가능하리라 생각한다. 2022년도 2학기 초반에는 3D프린팅에 관한 지식이 있는 인원이 총 3명으로 적은 숫자였지만 거듭되는 교육에 학기 말 인 지금은 교육 담당자는 총 5명이고 3D프린팅을 진행 중인 학생은 총 15명이다. 단기간이지만 많은 인원을 대상으로 한 3D프린팅 진행이 가능해졌다.



3D프린팅 관련 교육 자료

숙시내용 정리자료

앞으로 더 많은 학생에게 더욱 정확한 내용으로 교육하기 위해 3D프린팅 관련 공부를 하고자 한다. 이번에 학생들을 대상으로 3D프린팅 교육을 담당하면서 시행착오를 많이 겪었기 때문이다. 출력이 제대로 되지 않을 때 여러 플랫폼에 3D프린팅에 관련된 정보를 찾아보기도 했고, 3D-FAB 교육 당시 배부받았던 교육 책자를 다시 한번 정독해 보기도 했다.

앞으로도 부족한 점이나 궁금한 점은 직접 검색하며 관련 교육 영상을 시청할 것이다. 여러 종류의 3D프린터를 직접 접할 기회가 없으므로 기계 각각의 출력 동영상을 찾아보며 분석할 것이다. 다시 3D-FAB 교육 이수의 기회가 주어진다면 수강할 것이다. 3D프린팅 관련 지식이 늘어나면 늘어날수록 시도할 수 있는 분야와 시야가 넓어지는 까닭이다.

현재 안양대학교 학교기업인 AY COSMETIC은 플로랑 기업과 협업을 진행하고 있다. 그중 새롭게 진행하는 프로젝트인 차량용 고체 디퓨저 케이스 제작 업무를 실습생의 자격으로 진행하고 있는데, 여러 가지 시안을 라이노로 제작하며 모델링해 PPT와 사이즈를 비교해 볼 수 있는 종이 출력물로 시안 발표를 진행했다.

그렇게 여러 사안 중 최종 후보 2개의 사안을 직접 3D프린팅 해 플로랑 기업 대표님께 보여드리기로 했다. 이렇게 제작한 용기를 3D프린터로 출력하면 용기의 실제 사이즈를 비교하며 골라볼 수 있고, 디자인적 부분에서 놓친 점을 찾거나 고안할 점을 발견할 수도 있다. 또한 디자인한 용기의 사출금형을 하기 전 직접 용기 외형을 확인하며 거듭 수정이 가능한 점이 가장 큰 장점이라고 생각한다.

#### 4. 실현 가능성

플로랑 기업과의 협업에서 3D프린팅 작업으로 예산 절감 효과를 얻었다. 학교 내부에서 직접 프린팅이 가능해 업체 의뢰 비용이 들지 않았고 플로랑 업체는 금형 의뢰 전 자세한 디자인과 용기의 기능을 확인할 수 있다. 현재 플로랑 기업에서는 의뢰 내용을 매우 만족하고 있다.

이렇게 작업한 차량용 고체 디퓨저 케이스는 2023년 초만 출시될 예정이다. 이러한 결과는 3D프린팅의 역할도 크다. 또한 이 프로젝트의 성공적인 마무리를 바탕으로 학교 기업 AY COSMETIC에서는 3D프린팅을 활용한 타 업체와의 협업의 가능성을 확인했으며 추후 다른 프로젝트도 기대할 수 있다.

또한 외부 업체에서도 3D프린팅 작업을 위해 가끔 학교 3D프린터 대여 작업을 하곤 한다. 이들은 용기의 결합, 디자인, 사이즈 등 여러 부분 확인을 위해 학교에 방문해 작업을 하는데 이런 작업을 통해 학생들은 출력물을 관찰하고 용기에 관해 연구를 할 수 있는 기회가 잦아지고 업체들도 접근성이 떨어졌던 3D프린팅 사용이 쉬워져 양측 모두 이점을 취할 수 있다. 이러한 대역 요청이 잦아질수록 학생들은 여러 용기의 접근성과 이해도가 높아져 역량 발전도 기대할 수 있다.

안양대학교 화장품발명디자인학과 학생들은 학교에 배치된 3D프린터로 다채로운 출력을 해볼 기회를 얻는다. 학생들이 직접 진행하는 3D프린팅은 특히 해받은 신기능 용기를 출력하는 작업이다. 기존의 화장품 시장에서 흔히 볼 수 있는 용기가 아닌 자신들의 아이디어가 첨가된 용기로 이 용기가 출력되면 많은 사람에게 선보일 수 있다. 설명만으로는 다른 사람에게 낯설게 느껴질 수 있는 신기능 용기를 실제 출력물로 보여주면서 용기의 구조 파악에 용이하며 사용법 설명이 가능하다. 더불어 출력물을 통해 용기 개발의 실현 가능성을 증명할 수 있다.

학교에서 3D프린팅을 이용한 교육을 통해 생각보다 많은 부분에서 발전하고 있다. 쉽게 접하기 어려운 3D프린팅 과정을 접하면서 학생 개인인의 역량도 높아지며 업체에서도 이러한 내용을 알고 많은 의뢰, 요청, 기대가 늘어나고 있다. 그럴수록 학교에도 배치되는 3D프린터가 많아지며 더 많은 경험과

공부를 할 수 있는 환경이 조성될 수 있다. 이러한 3D프린팅을 통해 학교, 학생, 업체 측에서 모두 긍정적인 방향으로 발전되리라 생각한다.

## "3D-FAB 교육은 제게 있어 인생의 지렛대와 같았습니다!"

김현수 (23, 안양대학교 화장품발명디자인학과)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 짧은 교육 기간이었음에도 이수 후 학교에서 직접 3D프린팅 작업이 가능해졌습니다. 이러한 내용을 바탕으로 제출한 제 글이 스텝업 경진대회에서 좋은 결과를 얻을 수 있어 영광이었습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 3D프린팅은 앞으로 미래 사회에 더 많은 분야에서 사용될 것이며 미래를 위한 필수 역량이라고 생각합니다. 3D프린팅을 통한 작업은 기존 정밀주조 방식 대비 작업 시간을 1/3로 단축할 수 있다는 점에 매력을 느꼈습니다. 특히 3D프린팅은 건축이나 의료 등 특정 산업에 국한되지 않고 제가 공부하고 있는 화장품 용기에도 적용이 가능하다는 점이 관심을 두게 된 결정적인 이유였습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 졸업을 앞둔 4학년으로 고민이 많았습니다. 이러한 고민은 타 학우와 비교하였을 때 뛰어난 역량이 없다는 점과 졸업 전시회에 3D프린팅 작

업을 해야 한다는 두려움 때문이었습니다. 이와 관련해 교수님과 상담하게 됐는데, 교수님께서 3D-FAB 교육을 추천해주셨습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 3D프린팅에 관한 정보, 내용을 전혀 몰라 두려움이 컸습니다. 당장 졸업 전시회에 작품을 전시하기 위하여 3D프린팅 작업을 해야 했는데 과연 5일 간의 교육으로 가능할까라는 의구심도 들었습니다. 저는 제 인식 개선을 목표로 22년 3D-FAB 교육을 신청하였습니다. 그리고 이를 통해 3D프린팅은 전문가들만의 영역이라는 편견을 없앨 수 있었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 3D프린터를 생활에서 접할 기회가 많지 않기 때문에 여러 방식의 많은 기계를 직접 보면서 차이점을 직접 비교하며 공부할 수 있었던 점이 큰 장점이었습니다. 각각의 방식마다 갖고 있는 장점을 직접 보면서 교육을 받으니 이해하는데 큰 도움이 됐습니다. 후가공 처리 과정, 소프트웨어 실습, 부품 교체 실습 등 어려웠던 내용들도 실습으로 해결할 수 있었죠. 처음에는 어려웠지만, 점차 내용을 이해하면서 재밌게 교육을 이수할 수 있었습니다.

### Q6. 내게 있어 3D-FAB 교육은 이다"라고 정의한다면?

A6. 교육을 수강하면서 개인적으로 역량을 강화시킬 수 있는 기회라고 생각했습니다. 실제로 학교기업 AY COSMETIC에서 인턴으로 근무하는 동안 3D프린팅 활용을 통하여 학생 교육, 프로젝트 성공 등 여러 분야에서 좋은 결과를 가져올 수 있었습니다. 3D-FAB 교육 수강을 통한 스텝업 덕분에 인턴, 교육 담당자 분야에서 자연스럽게 스텝업이 가능해졌으니까요.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 3D프린팅 교육을 안양대학교 화장품발명디자인학과 학생들에게 실시할 예정입니다. 학생들이 직접 작업할 수 있도록 전 과정을 모두 교육하는 것이 목표입니다. 또한 학교기업의 3D프린팅을 적극적으로 활용해 좋은 성과를 낼 수 있도록 할 것입니다. 개인적으로 3D프린팅 분야에 대해 더욱 열심히 공부해나갈 예정입니다.

Mini interview

## II. insight

3D프린팅 교육을 통해  
날개를 달다!

### 2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 최우수상

자연모사 및 3D프린팅 기술이 적용된  
건설기계용 금속 Bushing 제품 개발  
이형재(42, 한대두산인 프라크머 책임연구원)

### 2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 우수상

3D프린팅을 활용한 Ceramic Cored Wax Pattern 제작 및  
타인 블레이드 시제품 제작  
윤병관(51, 지면 캐스트 대표)

개인 손톱의 곡률과 모양에 맞춘 커스터마이징 내일립  
박희훈(28, 내일리퍼랩러 기술연구원)

2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 최우수팀

# 자연모사 및 3D프린팅 기술이 적용된 건설기계용 금속 Bushing 제품 개발



이청래  
(47, 현대두산인프라코어 책임연구원)

3D-FAB 교육이수 현황

21년 전문S/W  
(DFAM)

## 1. 사례 개요

### 1) 추진 배경

Bushing은 굴삭기 및 휠로더와 같은 건설기계의 관절부(그림 1)에 사용되며 Bushing은 편이 삽입돼 Grease가 주기적으로 급지되는 상황에서 요동 운동을 하기 때문에 다양한 작업 환경에서의 건설기계 작동 부분의 하중을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 그러나 일부 작업 환경이나 장비의 misalignment에 의해 이음 발생 및 과다 마모가 발생해 장비 보증 및 품질에 고질적인 문제가 되고 있다.



그림1 건설기계 Bushing 적용 부위 및 구동 모습도

이를 해결하기 위해 금속재료 설계기술과 자연에서 영감을 얻은 표면 texturing 기술을 응용했다. 제조는 금속 binder jetting 방식의 3D 적층 제조 기술 적용했으며, 최종적으로 마찰, 마모설계 및 평가기술을 적용해 검증 작업을 추진했다.

## 2) 사용 장비

- 장비명: M-Flex, ExOne(한국생산기술연구원)
- 소재명: 스테인리스분말과 Cu분말



그림2 ExOne 장비사진 및 주요 부위 명칭

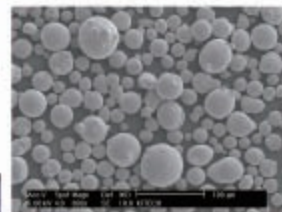


그림3 STS 분말 전자현미경 사진

## 3) 협업 기관/전문가/구체적인 역할

- 협업 기관: 한국생산기술연구원(KITECH, 인천)
- 참여 전문가: 최한신 박사, 오지원 박사과정
- 구체적인 역할

구분	개발 내용	업무주체	비고
ideation, 금속재료설계, 제품DFAM설계	- 개발 idea 도출 - 개발 계획 수립 - 금속재료 및 공정 설계 - 시작품의 3차원 모델링	현대두산 인프라코어	- 자연모사 응용
소재 선정	- 스테인리스분말과 Cu분말 선정	현대두산인프라 코어/KITECH	- 금속분말 국산화로 원가 절감
적층제조	- 바이인더젯팅 적층제조 공정 최적화와 시작품 제작	KITECH	응역
응용금속합침	- 성형체를 밀지 - 가소결한 후 응용금속 합침기술을 적용해 차질화하는 공정	KITECH	응역
적층제조 품질검사	- 최종 제작된 시작품의 품질을 비파괴 검사를 통해서 검사	KITECH	응역
기계가공	- 차질화된 제품 내부연마, 외부 선삭 가공을 통해 최종 치수 구현	현대두산 인프라코어	
검증 및 시험	- 샘플 검사 - Bushrig 시험 평가와 실험 계획법을 통해 최종 패 턴 형상 도출 및 검증	현대두산 인프라코어	

## 2 창의 혁신성

### 1) 기존 유사 3D프린팅 적용 사례 대비 본 사례의 차별성

기존 금속 binder jetting 3D Printer를 활용한 사례는 Desktop Metal社나 ExOne社 장비를 이용하는 제작품들이 있으나 이들은 아래 그림과 같이 내열, 강성, 구조 관점에서 Impeller, Housing, Nozzle, Gear, Tip, Tooling 등에 사용한 사례가 전부다. 이는 본 개발품과 같이 슬라이딩에 의한 마찰 및 마모가 발생하는 Bushing에 자연모사 패턴을 적용한 사례만으로도 그 차별성이 매우 크다고 할 수 있다.



그림4. Desktop Metal社의 적용 사례(출처:이미지 참조)

Bushing에 적용한 3D프린팅 기술은 아래 그림5와 같이 플라스틱 제조사인 igus社의 폴리머 소재 개발을 적용한 사례가 전부다. 형상은 기존 전통방식의 형상에 국한돼 있다.

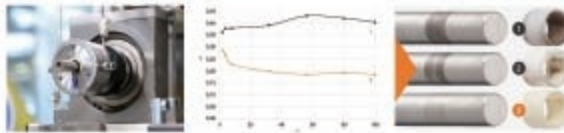


그림5. igus社의 적용 사례(출처:이미지 참조)

본 사례는 그림6처럼, 금속 bushing(60X75X50mm)에 금속 binder jetting 방식의 3D 적용 제조를 적용하고 내부 윤활/마찰을 위한 자연모사 패턴을 적용한 것에 그 차별성이 있다고 볼 수 있다.



그림6. 금속 3D프린팅이 적용된 개발 bushing의 외형과 내주면 형상

### 2) 기존 방식(기존 3D프린팅 미적용 방식) 대비 개선 정도

현재 건설기계에서 가장 내하중성이 높은 딤플 타입 bushing은 그림7과 같이 내주면에 전용가공기로 dimple가공을 하고 질화열처리 또는 침탄열처리를 적용해 사용된다. 기존 방식은 가공 시간이 오래 걸리는 단점과 딤플과 딤플

사이의 grease 이동 통로가 없고 추가적인 grease 급지에 국부적인 미공 급이 발생할 수 있어 특정 작업 조건(국부고하중)에서 국부적인 이음 및 윤활막 파괴로 과도 마모가 발생해 품질하차를 발생시킨다.

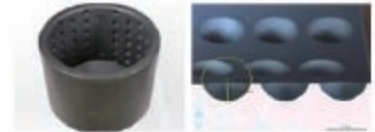


그림7. dimple type bush

본 개발 bushing은 그림6과 같이 엠보싱 내에 딤플을 구현하는 방식으로 혼합해 엠보싱 사이로 grease 유동이 원활이 이동하는 동시에 마찰면은 dimple 효과가 발생됨으로써 그림8과 같이 기존 방식 대비 내하중성이 70% 이상 향상된 결과를 도출한다. Rig test의 최대 하중까지의 시험에서 멈춘 결과로 그림 이상인 2배 이상의 내하중성을 발휘할 가능성이 있다.

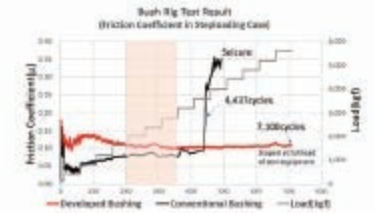


그림8. 기존 제품과 개발 제품의 Bush rig 시험 결과

### 3) 3D프린팅 적용에 따른 형상 개선(DfAM) 활용 정도

3D프린팅 적용에 따른 형상 개선 활용 정도는 그림9에서 보이는 것처럼 bushing 내주면의 윤활 패턴 형상 설계에 자유도가 높았으며, 이는 뱀바늘 패턴의 기능적 마찰 특성에서 영감을 얻어 경험적, 기술적 노하우를 응용해 DfAM 형상설계의 ideation에 활용할 수 있게 됐고 도출된 다양한 형상들은 실험계획법에 의한 최적화 설계로 완성하게 됐다.



그림9. 자연모사용 ideation 및 다양한 내주면 패턴 형상 설계 도식화

3D프린팅 적용에 따른 DfAM 향상설계는 그림10과 같은 기능적 역할을 가져오고, 금속 binder jetting 방식의 3D 적층 기술에 Cu의 용침이 적용됨에 따라 그림 11과 같은 금속학적 미세조직으로 유효특성을 더욱 향상시켜주는 역할로 그 활용도가 매우 높다고 볼 수 있다.

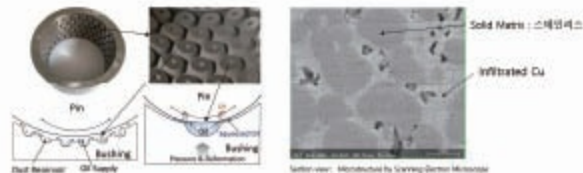


그림10. 본 개발품 3D프린팅 향상 구현 및 기능

그림11. 본 개발품의 미세조직

본 개발품에는 3D프린팅 향상설계 기술과 더불어 건설기계용 bushing에 적합한 3D프린팅용 재료설계 및 제조 기술이 포함돼 있다. 그림12~14는 한국생산기술연구원을 통해 개발된 금속 binder jetting 3D 적층 제조 기술과 Cu 용침 기술이 적용된 제조 프로세스를 보여주고 있다.

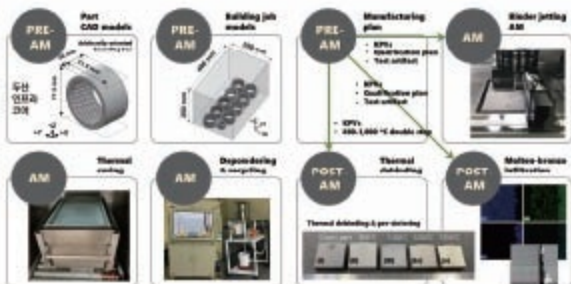


그림12. 한국생산기술연구원을 통해 개발된 3D프린팅 제조 프로세스

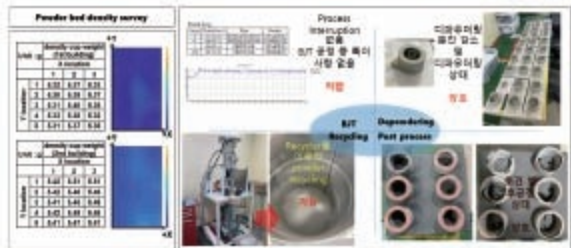


그림13. 한국생산기술연구원을 통해 개발된 성형체 제조



그림14. 한국생산기술연구원을 통해 개발된 Cu 용침 공정

### 3. 기술 활용 역량

#### 1) 3D프린팅 기술 적용을 지속할 수 있는 기술역량 개발 현황 또는 향후 확보 계획

- 전문S/W(DfAM) 교육 2명 수료
- 3D프린터 운용기능사 자격증 2명 보유
- 3D프린팅 전문 담당인 금속재료 기술사 1명 외 금속재료 및 제조 공정 연구 인력 5명(박사 1명, 석사 3명, 학사 1명)
- 그림15와 같이 Altair Inspire S/W를 활용한 DfAM에 대한 운영 투자 및 사내 역량 확보 진행 중
- FDM 3D프린팅 1대 보유 및 FDM 3D프린팅 강건 최적화 제조 기술 개발 완료 → 그림 16과 같이 직교실형계확립을 통한 최적 인자 도출 및 부품 유형별 추천 제조 조건 도출 및 관리 중

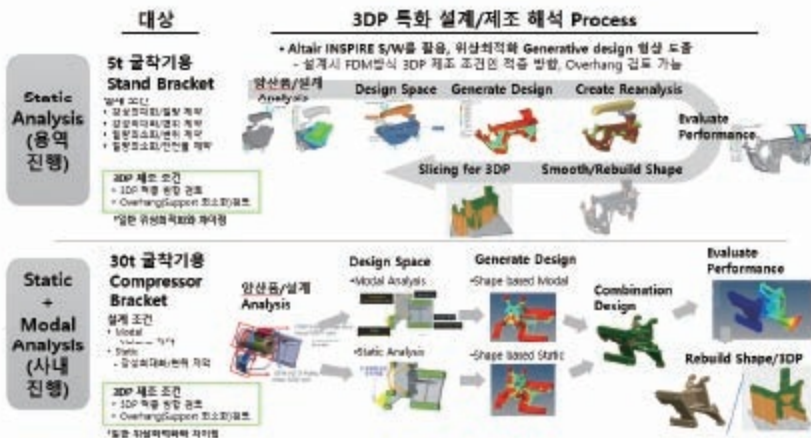


그림15. 현대두산인프라자체 DfAM 연구 사례



3D프린팅 Plastic 부품 유형별 제조 조건 제안

\*아래 표의 FDM 추천 조건은 Stratasys F170 장비 기준이며 대표적이며 실제 부품 제작 시 전문 과자 상담 필요

제품유형	세부	요구 특성	참고 사진	FDM 추천 제조 제안 조건			
				A.Layer thickness	B.Infill Density	C.Infill Angle	D.Shell Width
가이드지그	각도/틀새/방향/위치/지그류	치수		0.25mm	중 (59%)	45°	소 (1.5mm)
Fixture	고정지지 장치	치수 내구성 (인장), 충격		0.33mm	대 (100%)	90°	대 (5.8mm)
Mock-up	형상 및 조립성 검토용 모형	치수, 표면		0.18mm	소 (23%)	45°	대 (3.1mm)
주조용 Pattern	Mold 제작을 위한 Pattern (목형 대체재)	특정압력을 견디는 강성		0.25mm	대 (100%)	90°	대 (5.8mm)
의장 부품	단종품, Proto 차량 시험용, 양산품 등	치수, 내구성, 충격, 표면 상태		0.25mm	대 (100%)	45°	대 (3.0mm)

그림16. 현대우산인프라코어 자체 FDM 3D프린팅 강건 최적화 제조 기술 개발 사례

- 2) 조력자(교수 또는 전문가) 및 학내외 지원 인프라의 활용 수준(컨설팅, 장비 등) 또는 외부 전문가 및 협력업체와의 협업 수준(컨설팅, 장비 등)
- Altair 업체와 Altair Inspire S/W 라이선스 사용으로 협력 관계 유지 중

- 한국생산기술연구원과의 기술용역 진행으로 전문가(최한신 박사, 오지원 박사과정) 네트워킹 형성
- 같은 그룹사인 현대중공업과의 연구 협력 가능

4. 실현 가능성

- 1) 3D프린팅을 통한 산업적인 파급효과 측면으로 구체적 작성
- 한국생산기술연구원에게 기술용역을 진행한 결과, 상용화 기준으로 현 동 일 size인 양산 덩플 타입 bushing 및 소결 bushing(약 1만 2,000원) 대비 2배 정도의 수준으로 제작 가능함을 검토함(2021년 기준)
  - 가격은 2배이지만 현 건설기계 장비 일부에 고질적인 문제 해결과 내하중 성이 2배 가까이 증대됨에 따라 상업성이 충분함
  - 당사 덩플 타입 bushing은 협력업체를 통해 대략 80억 원에 구입하고 있음
  - 국내에는 아직 금속 binder jetting 방식으로 양산할 수 있는 업체는 없지만 본 기술을 이용 협력업체 개발 및 라이선스 등을 진행하면 국내 건설기계 3사에 대략 150억 정도의 매출이 가능할 것으로 추정되며, 생산량 증가, 양산 자동화 및 생산성 개선을 진행하면 그림17과 같이 가격 구조 분석에 의해 더 down될 가능성이 존재해 사업성은 더욱 높아짐
  - 이후 세계 건설장비 업체에 확대 영업 가능

금속 Binder jetting 3D printing 생산성 검토 사항

본일 변경, 배열/필드와 같은 생산성 개선

- 본일 극산화 개발(현재 업계의 평균 → 국내 본일)
- 성형재 분말 및 배열 최적화로 생산성 2배 증가 가능
- 본일든 성형재는 공업용점에서 개발 가능한 기술의 장점

적립본 제안조건

구분	단위	현재	제안
생산성	부품/시간	100	200
에너지 효율	kWh/부품	100	50
재료 낭비	g/부품	100	50
작업 시간	시간/부품	100	50
유지보수	시간/부품	100	50
공간 활용	부품/공간	100	200
환경 친화	CO2/부품	100	50
안전성	사고/부품	100	50
유연성	부품/유형	100	200
확장성	부품/규모	100	200

시작품 제조 기준, 3D printing 성형체 양산 제작 비용 검토

현 작업 기준	정규 분말 (400,000원/kg)	3D Printing 성형체 비용(원/EA)					비고
		분말가격	바인더가격	장비 운영비	인건비	총 비용	
		253,000	6,000	10,000	3,000	272,000	현 시작품 제작 장비 기준, 연간 생산량 8,4000EA/년 기준
	개발 범용 분말 (80,000원/kg)	31,600	6,000	10,000	3,000	50,600	
사용화 기준	개발 범용 분말 (45,000원/kg)	13,000	400	4,360	3,000	20,770	분말 및 장비방법개선 기준, 연간 생산량 17,157EA/년 기준

\*상기 비교 자료는 3D Printing 성형체만 비교한 것으로 부품단가 고려시 탈자-형질공정가공 간접비용 등 관련비용 추가하여 산정 필요함

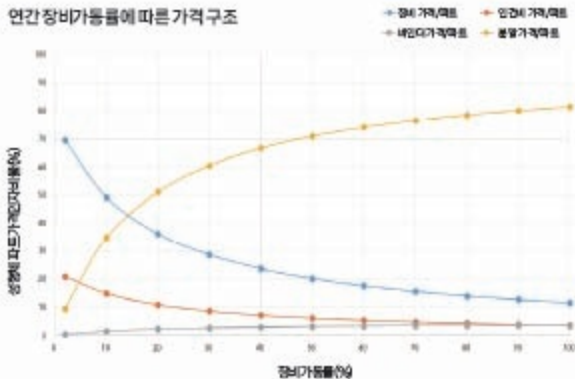
그림17. 한국생산기술연구원측에서 제시한 금속 binder jetting 적층 제조 방식의 단가 구조 분석



2) 본 사례 관련한 향후 시장에서의 성장 가능성, 사업성 측면

- 기술 개발 확장과 사업 확장 측면에서 건설기계장비 이외의 bushing 사업에 customizing된 금속재료와 패턴 설계 개발로 그 사업 확장성이 매우 큼  
 → 그림8은 본 금속 binder jetting 3D 적층 제조 기술을 이용하면 다양한 Bushing 작업 환경에 적용 가능한 PV값을 만족시키는 모든 bushing을 제작할 수 있어 그 파급 효과가 매우 높을 것으로 판단됨

연간 장비가동률에 따른 가격 구조



장비 가동률(%)	연간 파트수(개)	파트단가 (원/개)
2	160	1,350,747
10	840	364,140
20	1,680	248,068
30	2,520	209,378
40	3,360	190,033
50	4,200	178,426
60	5,040	170,688
70	5,880	165,160
80	6,720	161,015
90	7,560	157,791
100	8,400	155,211

가격 인자의 연간비율조건에 따른 파트단가의 영향  
 - 장비의 연간 비율은 장비 최초 구매비용과 핵심 부품의 보수유지 비용의 절감을 통해서 현재 기준에서 50% 수준에서 비용 절감이 가능  
 - 인건비의 경우 향후 자동화 및 연속생산의 도입에 따라 절감될 수 있으나 장비비율의 증가와 자동화에 따른 연간작업시간 및 파트 생산량의 증가에 따른 감소효과를 상회할 수 있음  
 - 내인더 가격의 경우 현재 기준으로 절감이 가능할 것으로 예상  
 - 불량 비율의 경우 분담 구매비용을 현재 기준에서 1/5 수준으로 절감이 가능할 것으로 예상되며 파트의 경량화와 자동화 효율의 증가를 통해서 비용을 크게 절감할 수 있음  
 - 동일한 연간 작업에서 생산되는 파트의 개수를 늘리는 파트 설계를 통해서 2배 이상의 연간 생산량을 확보할 수 있음  
 \* 기준 추정 파트단가 155,000원/개에서 상기 조건을 충족하는 개월이 이루어지는 경우 향후 15,000원/개-20,000원/개(가동률 100%)가 가능할 것으로 판단  
 \*\* 장비 자동화/생산성 개선이 추가 이루어지고 장비대수 증가가 이루어지는 경우 개월 75,000원도 가능할 것으로 판단  
 \*\*\* 파트 제조 공정 재설계와 최소중량형상을 구현하는 경우 5,000원/개 가능할 것으로 판단  
 \*\*\*\* 후 가공공정 연속 작업이 이루어지는 조건으로 별도 조경업의 1회 작업/개미-가공-합성이 이루어지도록 하는 경우 공정 비용은 1,000원/개-3,000원/개가 가능할 것으로 판단

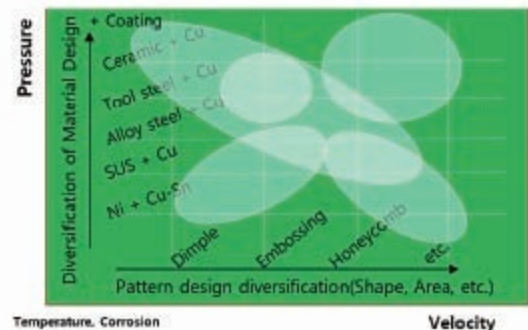


그림18. PV값을 고려한 맞춤형 bushing 개발 가능 이미지

## "3D-FAB 교육은 꼭 필요한 기술 창고와 같았습니다!"

이청래(47, 현대두산인프라코어 책임연구원)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 최우수상이라는 좋은 결과를 통해 기술 수준을 인정받은 것 같아 매우 기쁩니다. 아직 건설기계 산업에 금속 3D프린팅 기술을 적용하여 양산화하기에는 제조 비용이 높고 국내 제조 인프라가 구축되지 않은 상태라 극복 방안을 계속 고민하고 나아가서 더 좋은 성과를 내고 싶습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 저는 건설기계 회사에서 소재 및 부품을 개발하는 연구원입니다. 새로운 제조기술이 생기면 관심을 갖게 되는 것은 본업상 자연적인 일이라고 생각합니다. 특히 4차 산업혁명에서의 핵심기술 중 하나기에 그 기술적 가치가 매우 높다고 생각하고, 기술 발전도 trends가 있듯이 거기에 발맞추어 나아가고자 관심을 갖고 역량을 쌓아가고자 합니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 3D-FAB 교육은 항상 관심을 갖고 언제 무슨 교육이 있는지 수시로 확인을 합니다. 제가 참여한 교육은 전문 S/W(DfAM) 교육입니다. 저는 재료 관련 분야 전공이기에 부족한 역량인 적응 제조 특화 설계(DfAM)

에 대한 기술을 배우고자 참여하게 되었습니다. 특히 3D프린팅 기술의 시작은 3D프린팅에 적합한 3D모델링이기에 그 시작부터 배우고 싶었습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 참여 계기와 비슷합니다. 제가 저희 회사 3D프린팅 기술에 대한 전반적인 상황을 Leading 해 나아가야 하는 담당자인데 전공이 재료분야이기에 3D S/W를 이해하고 추진하는 데 어려움이 있었습니다. 이를 조금이나마 해결하고자 참여하게 되었고 회사 동료와 같이 참여함으로써 회사내 DfAM 관련 부족한 역량을 향상시키는 데 도움이 되었습니다. 또한 본 사례에서는 서포트가 없는 형상을 개발하는 데 활용되어 많은 도움이 되었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. '21년 3D-FAB 교육은 기초부터 전문분야까지 전반적인 커리큘럼을 구축하고 있고, 특히 3D프린팅 관련 각 전문 분야 강사 분들이 초청되어 진행하기 때문에 그 수준 자체가 높아 상세한 기술적 애로 사항도 코멘트 받을 수 있어서 좋았습니다. 무엇보다 3D-FAB 교육은 3D프린팅 관련 모든 기술을 교육해 주시기 때문에 개발 상황에 따라 부족하고 필요한 교육을 골라서 배울 수 있다는 점이 가장 큰장점이라고 생각합니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 [ ]이다'라고 정의한다면?

A6. '3D-FAB 교육은 기술창고(Tech. Inventory)'라고 말씀드리고 싶습니다. 그 이유는 먼저 필요한 기술에 대한 교육 과정을 만들어 주신 덕분에 기술창고에서 필요한 기술을 꺼내 쓰듯이, 꼭 필요한 때에 실질적인 도움을 받을 수 있기 때문입니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 3D프린팅은 그 기술 발전이 이루어지고 있는 단계로써 제조 인프라가 형성되었을 때 건설기계 사업에 바로 적용할 수 있도록 선행 기술 및 부품 개발에 노력을 기울일 예정입니다. 특히 건설기계 사업분야에 3D프린팅 솔루션 및 사업화 관점에서도 접근하여 그 활용도를 넓히고자 합니다.

Mini interview

2022년 3D프린팅 스캐닝 경진대회 우수상

# 3D프린팅을 활용한 Ceramic Cored Wax Pattern 제작 및 터빈 블레이드 시제품 제작



윤병관  
(51, 지멘스 대표)

3D-FAB 교육이수 현황

72년  
AM 오피레이터

## 1. 사례 개요

### 추진 배경

항공기용 및 발전용 가스터빈의 국산화를 위해서 정부의 지원 하에 산학연 협력 체계를 통해서 최근 두산에너지리미티에서는 세계에서 5번째로 발전용 가스터빈 국산화에 성공하였으나 가스터빈의 핵심부품인 터빈 블레이드는 전량 해외 수입을 통해서 가공 장작을 하였다. 또한 최근 국산화로 개발된 초음속 전투기인 KF21의 경우도 가스터빈 엔진은 해외 엔진을 그대로 장착한 상태이다. 이는 가스터빈 엔진의 가장 핵심이 되는 터빈 블레이드의 국산화가 안 되었기 때문이며, 해당 기술 중 가장 원천적인 세라믹 코어의 개발이 뒷받침되지 못한 이유가 크다. 이에 당사에서는 가스터빈용 블레이드의 공정 개발에 사용되는 세라믹 코어를 3D프린팅을 활용하여 제작하고자 하였다.

### 개발 내용

가스터빈 블레이드를 3D스캐닝하여 외형 모델링을 만들고 터빈 블레이드를 절단하여 내부 형상을 다시 3D스캐닝한 후 내부의 냉각유로 형상을 모델링 하였다. 외형 모델링은 내부를 비운 상태에서 상하판으로 분할해서 모델링하고 이를 Wax 3D프린팅을 실시하여 Wax Pattern을 제작하였다. 내부 형상은 정밀주조 적용이 가능한 세라믹 코어 제작을 위한 형상으로 모델링을 변경하여 세라믹용으로 개발된 FDM 3D프린터와 DLP 3D프린터를 활용하여 세라믹 코어를 제작하고, 미리 제작된 분할형 Wax Pattern에 안치하여 Ceramic

Cored Wax Pattern을 제작하고 해당 Pattern을 활용하여 진공정밀주조 공정에 적용하여 가스터빈용 터빈 블레이드 시제품을 제작하였다.

### 사용 장비명(방식 포함) / 소재명

- Wax Pattern 제작 : Voxeljet - VX500 모델 (Binder Jet) / PMMA
- Ceramic Core 제작 : REPROTECH - RE-300 모델 (FDM) / Ceramic, 한국 캐리마 - IMC 모델 (DLP) / Pocolite

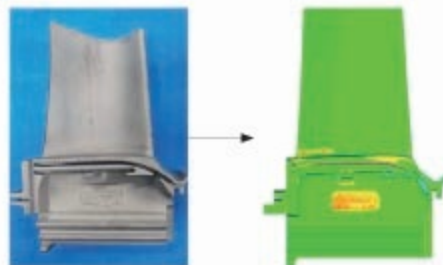
### 협업 기관

- 안하대학교(김동섭 교수) - 공동연구개발
- STX 중공업(최정호 팀장) - 공동연구개발

### 사례를 설명할 수 있는 그림 등 보조 설명자료

#### 1) 터빈 블레이드 3D스캐닝을 통한 모델링

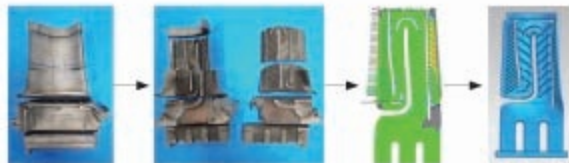
가스터빈용 터빈 블레이드의 외형을 3D스캐닝한 후 외형에 대한 3D모델링 완성



터빈블레이드

#### 2) 내부 냉각유로 3D스캐닝을 통한 모델링

가스터빈용 터빈 블레이드는 가스터빈의 효율과 성능향상을 위해 터빈 블레이드 내부에 냉각 유로구조를 가지고 있어 해당 형상을 모델링하기 위하여 제품을 절개하여 내부 형상을 스캐닝하여 내부 냉각유로 형상(세라믹 코어 형상)에 대한 3D모델링 완성



냉각유로형상

3-1) Ceramic 3D Printing을 활용한 Ceramic Core 제작(FDM / Ceramic)  
가스터빈 블레이드의 냉각 유로 형상을 제작하기 위해서 세라믹 3D프린팅을 실시하여 세라믹 코어 제작



세라믹 3D프린팅(FDM)

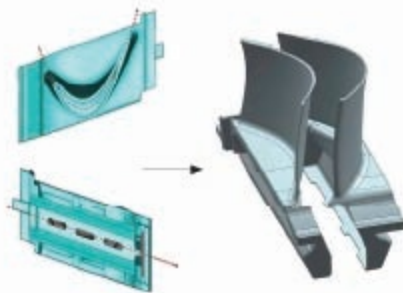
3-2) Ceramic 3D Printing을 활용한 Ceramic Core 제작(DLP / Pocolite)



세라믹 3D프린팅(DLP)

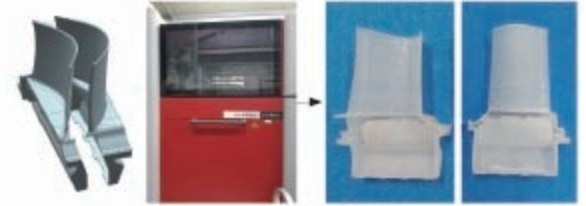
4) 터빈 블레이드 모델링 분할

- 세라믹 코어를 안착하여 터빈 블레이드 제작을 위해 터빈블레이드 외형을 상하 분리형으로 모델링 분할



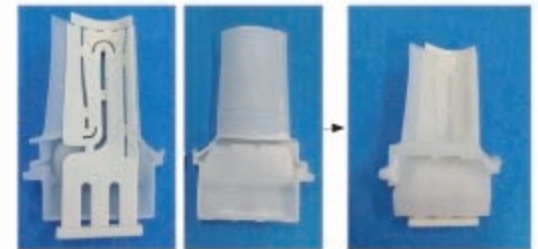
터빈 블레이드 모델링

5) Wax 3D Printing을 활용한 Wax Pattern 제작(Binder Jet / PMMA)  
- 분할된 터빈 블레이드 모델링을 활용하여 Wax 3D Printing을 실시하여 분할 Pattern 제작



왁스 3D프린팅(Binder Jet)

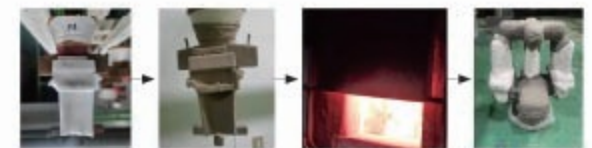
6) Ceramic Cored Wax Pattern 제작



Cored Pattern

7) 진공 정밀주조 터빈 블레이드 시제품 제작

- 3D프린팅으로 제작된 세라믹 코어가 조립된 Wax Pattern을 사용하여 진공 정밀주조를 실시하여 터빈 블레이드 시제품을 제작하였다.

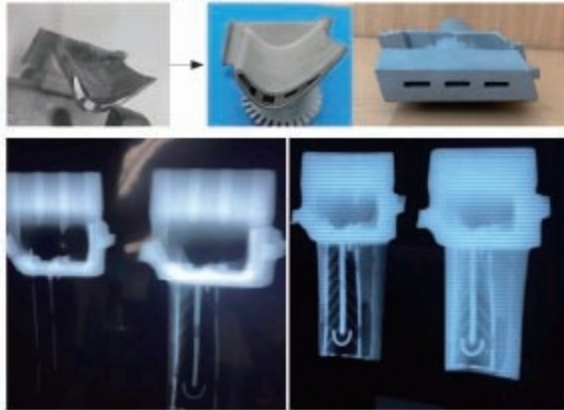


Wax Pattern 조립    Ceramic Shell Coating    Dewaxing & Burn-Out    Shell보강 및 단열



진공 정밀 주조    후처리-탈사 완료    주조 시제품

- 정밀 구조된 터빈 블레이드 시제품의 세라믹 코어를 알칼리 용액을 이용하여 제거한 후 비파괴 검사(X-Ray) 실시



## 2. 창의 혁신성

### 기존 유사 3D프린팅 적용 사례 대비 본 사례의 차별성

Ceramic Core의 3D Printing 제작은 국내 최초로 수행한 것이며, 터빈 블레이드의 정밀구조 시제품 제작을 위한 Ceramic Cored Pattern의 경우 해외에서 일부 수행 중인 기술로 국내 최초 적용된 사례임.

국내에서 기존에는 Core가 없는 Solid 형상의 Wax Pattern을 3D프린팅을 실시하여 Leading에 구조 시제품을 제작한 사례는 있음.

### 전통방식(기존 3D프린팅 미적용 방식) 대비 개선 정도

기존에는 세라믹 코어와 Wax Pattern의 금형을 제작하고 세라믹 코어를 개발해서 정밀구조 공정적용을 위한 Cored Pattern을 제작하는 데 약 2년 정도의 시간이 필요하나, 본 기술로 개발된 세라믹 3D프린팅을 적용할 경우 모델링 완료 후 약 2개월 이내에 정밀구조 공정개발에 필요한 Cored Pattern을 제작할 수 있음.

### 3D프린팅 적용에 따른 형상개선(DFAM) 활용 정도

가스터빈 제작기관에서 가스터빈의 성능평가등을 거쳐 최적의 효율을 가진 터빈 엔진을 설계·제작하고자 하나, 가스터빈 고온부품제작사의 제작 난해성에 따른 형상 변경요구등으로 엔진 전체의 성능 재해석 및 효율이 뒤쳐지는 형상으로 변경되어지는 경우가 많아 엔진 제작설계시 부품의 제작 가능성을 검토하고 형상을 설계하나 3D 프린팅으로 세라믹 코어의 제작시 효율의 손해 없는 형상으로 가스터빈 블레이드를 제작 가능함.

## 3. 기술활용 역량

### 3D프린팅 기술적용을 지속할 수 있는 기술역량개발(교육이수) 현황 또는 향후 확보 계획 등 자체역량

- 당사에서는 세라믹 FDM 3D 프린터를 포함 2대를 보유하고 있으며, 경기과학기술대학 장비인 CJP 3D 프린터를 전용으로 활용하여 3D 프린팅 시제품을 제작하고 있으며, 3D프린터 제작사인 한국 캐리마, Reprotech 등과 기술협력체제를 구축하고 기술개발과 산업용 3D 프린팅 시제품 개발을 진행중임.
- 당사는 2019년 3D 프린팅 서비스 바우처 사업의 수요기업으로 선정되어 터빈 부품의 3D프린팅 모형 제작을 시작하였으며, 이후 3D SYSTEMS, 에이엠코리아, 한국기술(주) 등에서 실시한 3D 프린팅 관련 웨비나와 기술교육과정에 참여하여 역량을 개발중임.
- 2023년에는 세라믹 DLP 3D 프린터를 구입하여 가스터빈 터빈 블레이드의 세라믹 코어를 개발하여 산업화에 적용하고자 계획중이며, 관련 세라믹 재료의 국산화 개발을 위해 관련 기관들과 산학연 협력연구를 준비중임.

### 조력자(교수 또는 전문가) 및 학내외 지원 인프라의 활용 수준(컨설팅, 장비 등) 또는 외부 전문가 및 협력업체와의 협업 수준(컨설팅, 장비 등)

- 3D프린팅을 활용한 Ceramic Cored Wax Pattern을 제작하여 가스터빈용 터빈 블레이드를 개발하는 데 함께 협력하고 있는 주요 기관(담당자)은 하기와 같음.
- 인하대학교(김동섭교수, 조진연교수) : 가스터빈 블레이드 역설계 개발 협력
- 한국 세라믹 기술원(한윤수 박사) : 세라믹 3D프린팅 재료 개발 협력
- 한국생산기술연구원(김백진 박사) : DLP 세라믹 재료 개발 협력
- 3D융합지원센터(도한명 연구원) : SLA 방식의 세라믹 3D프린팅을 활용한 세라믹 코어 제작 기술 개발 협력
- 알피캐스트(박경준 대표) : Wax Pattern 3D프린팅 기술 협력
- 한국 캐리마(이광민 부사장/ DLP) : 세라믹 코어 제작을 위한 재료개발 전용 DLP 세라믹 3D Printer 개발 기술 협력
- 예비그린텍(주) : 세라믹 코어 소결 Parameter 개발 기술 협력
- 국방과학연구원(송영범 박사, 김규식 박사) : 가스터빈용 터빈 블레이드 국산화 개발

## 4. 실현 가능성

### 3D프린팅을 통한 산업적인 파급효과 측면으로 구체적 작성

- 가스터빈용 터빈 블레이드의 국산화 개발을 위해서 반드시 확보해야 하는 기술인 세라믹 코어 제조기술은 양산용 코어제작과 공정개발용 제작으로 나눌 수 있으며, 공정개발용의 경우 금형 등의 추가 비용절감과 기간단축에 많은 장점을 가진 3D프린팅의 활용은 세계적인 추세라고 할 수 있어 기

- 출개발 시 공정개발용 세라믹 코어 제작 부분은 바로 산업화가 가능한 상황이며, 초기 양산용의 경우 비교적 소형인 항공기용 가스터빈의 개발 시 적용이 가능함.
- 공정 개발용 Ceramic Cored Pattern
  - 예상 매출액 : 3억 원/년, 가스터빈 고온부품 제작 산업 : 3억/년 비용절감 효과 전망
  - 양산용 Ceramic Core - 매출 예상액: 5억 원/년

#### 본 사례 관련한 향후 시장에서의 성장 가능성, 사업성 측면에서 자유롭게 작성

- 국방과학연구소와 한국항공우주연구원 및 한화에어로스페이스㈜가 협력하여 개발 중인 항공기용 가스터빈 엔진의 경우도 세라믹 코어의 형상 등에 설계 자유도를 높이고 성능이 향상된 엔진의 개발을 위해 새로운 세라믹 코어 제조기술개발을 위해 한국세라믹기술원에 의뢰하고 있는 상황으로 전략적으로 세라믹 코어의 개발은 반드시 필요한 기술임.
- 두산 에너빌리티㈜에서 대형 가스터빈을 국산화 개발하여 실증 사업을 진행 중이며, 보다 성능이 향상된 추가 모델을 국산화 개발하고 있으며, 터빈 블레이드는 해외 제작과 국산화 개발을 병행하고 있으나 아직 국산화에 성공하지 못하고 있는 상황으로 Ceramic Core를 3D프린팅으로 제작 시 터빈 블레이드의 국산화 성공을 단축시키는 중요한 요소기술이 될 것으로 사료됨.
- GE Power의 최신 가스터빈인 9HA의 경우 냉각유로에 세라믹 3D프린팅을 활용한 Advanced Blade Cooling System을 적용하고 있으며, 두산 에너빌리티㈜의 후속 모델에도 세라믹 3D프린팅 형상도 후보 형상으로 고려되고 있음.
- 세계적인 세라믹 코어 제작사인 프랑스 에비농과 일본의 노리다케에서도 이미 세라믹 코어를 3D프린팅으로 개발하여 시장에 출시하고 있는 등 세라믹 코어의 시장은 3D프린팅의 산업화가 가속화 되어가고 있는 실정임.

## "3D-FAB 교육은 혼자가 아님을 알려주는 계기가 됐습니다!"

윤병관(51, 지연 캐스트 대표)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 귀한 상을 수여해 주심에 감사드립니다. 세라믹 3D프린팅 부분은 국내 시장 형성이 안 되어있고 특히 가스터빈용 세라믹 코어 분야는 국가 전략 반드시 필요한 기술이라고 생각하지만 시장이 작다는 이유로 연구개발도 안 되어 있어 1인 창업은 도전이 아닐 수 없었습니다. 그동안 홀로 연구개발을 하면서 외롭다고 느낄 때도 많았는데 3D-FAB 교육을 통해 위로와 격려가 되었습니다. 자부심을 갖고 더 분발해서 국가적으로 반드시 필요한 가스터빈의 국산화에 도움이 될 수 있도록 열심히 하겠습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 가스터빈 고온부품의 국산화에 일조하고 싶은 마음으로 국내의 기술이 상대적으로 낮은 세라믹 코어를 3D프린팅으로 개발해 보고자 관심을 갖게 되었습니다. 아직 해당 분야는 시장형성이 안 되어 있고 국내에서 연구개발이 되고 있지 않은 부분이기에 제가 한번 도전해 보고 싶었습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 세라믹 프린팅을 해주는 곳이 없어 제가 직접 프린팅을 해야 했습니다. 장비의 특성을 잘 몰라서 공정 개발에 어려움을 느끼던 중 AM 오피레이터 교육이 있다는 공고를 보고 신청하게 되었습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 다양한 3D프린팅 장비들의 사용법과 후처리 방법 및 각 장비의 특징에 대해서 실습을 하면서 직접 배우고 알아가고 싶었습니다. 정밀주조용 Pattern을 제작하는 데 있어 기존에는 Binder Jet 방식으로 제작을 했는데 표면조도에 문제가 있어 이에 개선이 가능한 SLA 장비를 통해서 제작을 하는 것과 세라믹 3D프린팅 제작을 해외에서는 DLP 3D프린팅으로 하고 있다고 소개되어 DLP 장비의 활용법에 대해서 배우고 싶었는데 마침 AM 오피레이팅 교육과정에서 SLA 방식과 DLP 방식의 실습을 할 수 있는 기회가 있어 참여하게 되었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 다양한 3D프린팅 장비에 대해서 실습을 통해서 구체적인 교육을 받고 직접 후처리 등을 통해서 각 장비들의 사용법과 장단점을 비교해 볼 수 있었습니다. 어떤 제품을 개발할 것인가에 따라서 장비의 선택을 하는데 많은 도움이 되었습니다. 또한 제가 제공한 모델링을 활용해서 필요한 샘플을 직접 제작해 주시어 감사했습니다. 그리고 단순 이론 교육이 아닌 실습 교육으로 3D프린팅 작업을 위한 사전 준비과정, 모델링 배치, 프린팅 설비 활용 및 후처리 과정까지 일련의 3D프린팅 공정을 모두 체험할 수 있어서 좋은 것 같습니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 이다'라고 정의한다면?

A6. '22년 3D-FAB 교육은 다양한 산업 분야에 필요한 기술을 알려주는 시간'이었다고 생각합니다. 저처럼 시장이 작은 분야의 경우 해당 설비나 관련 연구개발의 파트너를 구하기도 어려울 때, 소량의 개발을 필요로 하는 사람들에게도 혼자가 아니라고 알려주고 느끼게 해주는 귀중한 시간이었습니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 세라믹 DLP 3D프린터를 활용하여 세라믹 코어 제작을 위한 재료의 개발을 위해 한국 캐리마, 한국세라믹기술원, 재료연구원 및 창원대학교 등 산학연 협력연구를 추진하여 정밀주조용 세라믹 코어를 3D프린팅으로 개발하고, 왁스 3D프린팅 기술과 SLA 3D프린팅 기술을 활용해서 표면 조도가 더 좋은 가스터빈 블레이드 모형을 제작하여 3D프린팅과 전통 기술을 접목하는 Hybrid Investment Casting을 국내 적용하여 가스터빈 블레이드의 국산화 개발을 추진하고자 합니다.

Mini interview

2022년 3D프린팅 스타트업 경진대회 우수상

# 개인 손톱의 곡률과 모양에 맞춘 커스터마이징 네일팁



박석훈  
(28, 네일리데일리 기술연구원)

3D-FAB 글로벌 우수 현상

22년 AM 오피레이터,  
22년 리버스 엔지니어

## 1. 사례 개요

### 1-1. 추진 배경

"시중 셀프네일착용감 및 디자인 한계 체감"

1) 플라스틱 네일팁부터 반건조 네일팁 등 여러 셀프 네일팁을 사용해보았지만 "곡률과 크기가 맞지 않아 착용 시, 들뜨거나 남는 부분이 생겨 착용감 불편"

셀프네일착용감 만족도 부분 소비자조사(20~30대 셀프네일 경험 있는 50명)

	대단히 만족	어느 정도 만족	보통	다소 불만족	매우 불만족	계
응답수 (%)	0명 (0%)	3명 (6%)	7명 (14%)	22명 (44%)	18명 (36%)	50명 (100%)

2) 시중 셀프 네일팁 중 반건조 네일팁은 특성상, 큰 파츠를 올리지 못하는 등의 디자인 한계가 존재하며, 그 외 네일팁들도 대량 공정 방식으로 디자인 수정이 불가능한 일방향적 디자인 구조

셀프네일디자인 만족도 부분 소비자조사(20~30대 셀프네일 경험 있는 50명)

	대단히 만족	어느 정도 만족	보통	다소 불만족	매우 불만족	계
응답수 (%)	3명 (6%)	10명 (20%)	14명 (28%)	15명 (30%)	8명 (16%)	50명 (100%)

- pain point 1. 셀프네일은 화려한 파츠가 들어간 디자인은 없어서 밋밋하다고 느낌.

- pain point 2. 셀프네일 디자인은 어느 정도 만족하나, 손가락별 수정을 하고 싶은 경우가 많음

3) 기존 셀프 네일팁은 규격을 정한 후, 다양한 사이즈를 함께 판매해 소비자가 자신에게 맞는 사이즈를 고르는 방식으로, 사용하지 않는 사이즈들은 불필요한 쓰레기(환경쓰레기)를 생성.

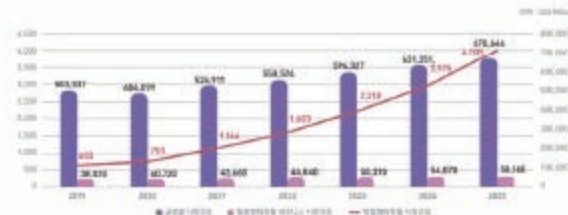
(Ex, 시중 네일팁 한통의 개수는 30개로, 열손가락에 붙인 것을 제외한 20개는 버려지게 됨)

착용감 문제	디자인 한계	환경쓰레기
들뜨거나 남는 부분이 생기고, 손톱 곡률이 달라 착용감이 불편	네일팁 생산 공정상, 큰 파츠를 올리지 못하는 등 디자인 한계 존재	30개의 손가락팁을 제공해서, 20개의 쓰레기 발생

"개인맞춤형 네일 큐레이션 플랫폼 부재"  
높아지는 맞춤형 뷰티에 대한 선호, MZ세대의 초개인화 니즈  
이들을 위한 "개인맞춤형 네일 큐레이션 플랫폼 필요"

글로벌 맞춤형 화장품 시장규모와 성장률

(시중의약품안전서 자료)



1) 셀프 네일 수요자는 지속적으로 증가하고 있지만, 기존 셀프 네일의 한계를 느끼고 있음



- 내 취향에 맞는 디자인을 찾기 위해서 많은 시간 소요해서 찾아야 함
- 취향에 맞더라도, 열손가락 모두 취향에 맞기는 쉽지 않아 수정 원함
- 하지만, 대량생산 공정상 개인의 취향에 맞게 디자인을 변경하는 것은 불가능

2) 맞춤형 뷰티 서비스를 원하는 소비자가 지속적으로 증가하면서, 내일 시장의 맞춤형 뷰티 서비스를 원하는 소비자가 늘어나고 있지만, 맞춤형 내일 서비스는 부재한 상황

- 자신의 취향에 맞는 내일 큐레이션 서비스 부재



### 1-2. 정부 지원 사업 및 협업 진행

1) 호서대학교 창업중심대학 '에비창업패키지' 정부 지원 사업을 수행 멘토링 및 컨설팅을 받으며 창업을 진행 중

2) 호서대학교 장비운영센터에서의 시제품 출력 진행  
호서대학교 장비운영센터에서의 'Lite 600(Union Tech)'와 'ATOMm-8000(CMET)' 장비를 통해 시제품 출력을 행하여 여러 테스트를 진행하고 있으며, 실제 이를 활용한 내일립, 내일 아트를 제작하여 고객 만족도 조사를 실시할 계획이다. 다음은 제품서비스 개발 프로세스이며, 이를 통해 최종적으로 호서대학교 장비 운영센터에서의 내일립 샘플링을 진행한 자료이다.

제품 서비스 프로세스
소비자맞춤형 커스터마이징 내일립 (특허출원) 개인의 손톱 곡률과 크기 에 맞는 '소비자 맞춤형 내일립 구현으로, 3d스캐닝부터 데이터 가공 및 3D프린터로 출력까지의 일련의 과정이다.



## 2. 창의 혁신성

### 2-1. 신체 데이터 활용을 통한 3D프린팅의 활용

1) 신체 데이터 취득 및 가공  
기존에도 3D스캐닝을 통하여 개인의 신체 데이터를 취득하여, 3D프린팅을 통해 맞춤형 제품을 제공하는 서비스가 있었으며, 대표적인 사례로는 보청기, 풍봉형 깃스 등이 있다. 신체 데이터를 취득하여 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 것이 내일아트 시장에서의 개인 손톱에 맞지 않아 착용감이 불편한 페인포인트에 대한 솔루션을 제공하는 데 적합하다고 판단하였다.

### 2-2. 3D프린터를 통한 생산 효율 개선

1) 개인의 손톱 곡률과 모양에 맞는 맞춤형 내일립  
3D프린팅을 통해 개인 맞춤형 제품을 생산할 수 있는 점을 활용하여, 개인의 손톱에 맞게 설계된 내일립은 착용감과 자유로운 shape, length로, 기존에 제한이 많아 불편함을 겪던 내일아트 이용자들의 니즈를 충족시켜 준다.

2) 불필요한 사이즈의 내일립 폐기 문제 개선  
기존의 여러 사이즈의 가성품 내일립을 손톱에 입일이 비교해보고, 사이즈

가 맞지 않는 네일팁은 폐기해야 하던 문제를, 맞춤형 네일팁을 제작함으로써, 1인당 평균 10개의 네일팁 제작으로 불필요한 쓰레기 문제를 해결한다.

3) 출력 대상물의 표면 조도 및 소재 선정

현재 출력 대상물인 네일팁의 평균 두께가 0.25mm임에 따라, 0.1mm 수준의 적층 두께를 0.05mm까지 세팅하여, 출력되는 네일팁의 표면 조도를 높이는 과정을 진행하고 있다. 또한 투명하며 예폭시 계열의 소재를 사용하여 기존의 유채색의 레이어가 겹겹이 쌓인 네일아트 방식 이외의 design의 제안을 시도하고자 한다.

3. 기술활용 역량

3-1. 3D프린터 운용 역량 및 교육

1) AM 오퍼레이터 과정을 통해 fdm, sla, dlp, sls 등 여러 타입의 출력 방식을 비교하며 운용하여, 본 대상물 출력에 적합한 프린터 type을 선별하였다. 최소 두께가 0.25mm인 대상물의 출력을 위해 후가공, 후처리(서포터 제거, 알코올 및 초음파 세척 등)과정 프로세스를 모두 고려하여 광경화식 프린터의 운용을 결정하고 출력을 진행하고 있다.

추가로 리버스 엔지니어링 과정을 통해, 여러 스캐너의 특징에 대해 파악하고 직접 운용해본 경험을 토대로, 신체 데이터 취득에 적합한 scanner를 찾아 본 사업 서비스에 적용하여 손뽌 데이터를 취득하고 있다.

2) 정부지원 사업 수행 및 호서대학교 장비운영센터, 창업마루나비

예비창업패키지 정부지원사업을 수행하며 사업 컨설팅 및 멘토링을 받고 있으며, 호서대학교 장비운영센터의 SLA프린터로 시제품에 대한 테스트 샘플링을 진행하고 있다. 또한 충남 창조경제혁신센터 '창업마루나비' 입주 기업으로, 3D프린터 및 스캐너, 시제품자금 등을 지원받고 있다.

4. 실현 가능성

4-1. 생산 방식 패러다임의 전환

1) 기존의 볼륨성 다수를 타깃으로 하여 여러 사이즈의 네일팁을 한 번에 생산하는 비효율적인 방식에서, 3D프린터의 활용을 통해 개인에게 필요한 아이템을 맞춤화해서 생산하는 방식으로 변화를 시도하였다. 이 과정에서 착용감과 디자인 또한 제한 없이 개인에게 커스터마이징 할 수 있는 자유가 생기고, 타사 대비 차별성을 가질 수 있는 것이 큰 장점으로 작용하였다.

- 네일리 데일리는 맞춤형 네일팁으로 소비자 개인의 손뽌 곡률, 크기에 맞춰 제작되어서 타사대비 탁월한 착용감을 느낄 수 있다. (Ex. 자신의 손뽌

제품명	****	****	****	네일리 데일리
판매금액	약 800억원	약 1000억원	약 297억원	-
방식	플라스틱 네일팁 방식	반경화젤네일 스티커방식	젤네일 스티커방식	커스터마이징 네일팁방식
가격	7,900 ~18,900원	9,900 ~14,900원	9,900 ~14,900원	30,000 ~80,000원
재사용 여부	x	x	x	o
경제성 (10회사용시 회당 가격)	79,000 ~189,000원	99,000 ~149,000원	99,000 ~149,000원	30,000 ~80,000원 (50% 이상 저렴)
착용감	F	중	중	상 (맞춤형) 네일팁
디자인	중	중	F	상 (디자인제한x)
맞춤형 서비스	x	x	x	o

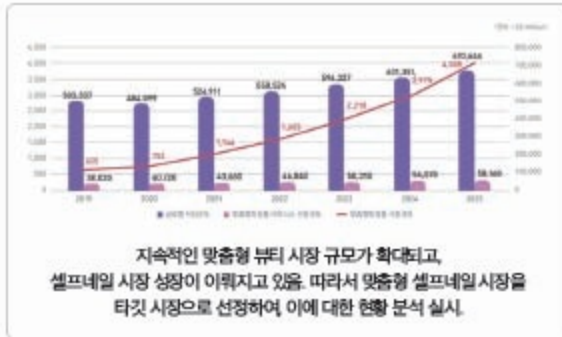
곡률에 안 맞는 네일팁 착용 시 조이는 느낌이 들고 답답하며, 들뜸 현상이 쉽게 발생)

- 네일리 데일리는 대량생산되어 디자인 수정이 불가능한 타사 디자인과 달리 자신이 원하는 대로 네일 디자인을 커스터마이징 할 수 있음

4-2. 내수 시장에서의 경쟁 및 판매 가능성

• 타깃 내수 시장

- 셀프 네일 시장은 연간 50% 성장률을 보여주며, 23년에는 3,000억 원까지 크게 성장할 전망
- 1. 시장 현황 및 분석



2023년도 전반기 예상 매출액 : 90,000,000원
일매출 : 50,000x15=750,000원 (일15개 판매예상)
월매출 : 750,000x30=22,500,000원 (월450개 판매예상)
목표 유지 확보 후, 예상 매출액
2023년도 후반기 예상 매출액 : 600,000,000원
일매출 : 50,000x100=5,000,000원 (일100개 판매예상)
월매출 : 5,000,000x30=150,000,000원 (월 3,000개 판매예상)
이후, 분기별 200% 성장목표

### 1.C2B네일아트플랫폼

기존에는네일아트를 위해네일샵 방문이나 셀프네일을 구매하지만 향후 소비자들은 C2B 플랫폼을활용해 자신에게 맞는 맞춤형 네일아트(on-demand) 서비스를 필요로 할 가능성이 높다.

### 2.4차산업 주문형 플랫폼 전환

C2B 플랫폼은 편의성,가성비,올바른 접근성을 장점으로 소비자에게 맞춤형네일아트를 제공 AI,사물인터넷(IoT) 등 첨단기술이 소비자 중심의 맞춤형(on-demand) 경제를 견인 무비(Libea) 넷플릭스(Netfix) 등 4차산업은 주문형 플랫폼으로 급속히 전환됨

### 3.어디에서나 가능한네일 (anywhere nail art)

네일시장의 경우, 디스럽션(disruption)이 더디지만, 소비자가 초개인화 시대로 넘어오면서, 소비자들이 AI,IoT 5G 등 첨단 기술을 활용한 맞춤형 서비스를 찾게 되면서, 네일샵을 방문하는 게 아닌 언제 어디서나 가능한네일아트(anywhere nail art)가 필요

### 4.맞춤형 뷰티 시장으로 변화되면서 맞춤형네일시장을 견인

뷰티산업의 향후 향방이 맞춤형 커스터마이징으로 변화되는 점을 감안 시 네일리테일리의 맞춤형 네일팁과 네일 큐레이션은 기존 셀프네일팁에 불편함을 느끼고 있는 이들을 위한 해결책이 될 것으로 예상

- 주 소비자층은 기존 셀프네일의 한계를 느끼며, 맞춤형 뷰티의 니즈가 강한 소비자
- 모바일 기반의 맞춤형 쇼핑 편의성을 원하는 뷰티 소비자

### 4-3. 목표 매출액

목표 매출액	제품 단가	커스터마이징 네일팁	30,000~80,000원 (평균 50,000원)
		추가용품	10,000원(care)

## "3D-FAB 교육은 소중한 자산이라고 생각합니다!"

박석훈(28, 네일리데일리 기술연구원)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 현재 스타트업을 성장시켜 나가며 3D프린터 관련하여 부족한 지식 때문에 여러 문제를 겪고 있었습니다. 고가의 장비여서 평소 다뤄볼 수 있던 3D프린터를 통해 교육 및 실습을 진행해 주셔서, 너무 좋은 경험이 자 자산이 되었습니다. 이를 토대로 3D프린터 산업과 같이 좋은 기업으로 성장할 수 있도록 하겠습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 개인 맞춤형 서비스가 트렌드로 자리 잡음에 따라, 제조 형태 또한 다 품종 소량 생산에 용이한 3D프린팅 방식이 필수적인 것으로 생각되어, 관심을 갖게 되었습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 현재 진행하고 있는 사업에 활용될 적합한 3D프린터 방식과 후처리 및 제조 시설에 대해 알기 위해 교육에 참여하였습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 현재 개발하고 있는 제품의 특성상, 매우 얇은 대상을 출력 가능하며,

후가공 후처리 공정이 간단하며, 간편한 제조, 환기 시설을 필요로 하는 3D프린터가 필요했습니다. '22년 3D-FAB교육을 통해 FDM, SLA, SLS 등 여러 type 프린터의 원리에 대해 이론 교육을 받고 실제로 운용하는 실습까지 진행하게 되었는데, 이를 통해 각 프린터들마다 관리해야 하는 방식, 후가공 및 후처리 방식에 대해 알게 되었고, 출력물들의 표면 조도까지도 샘플링을 통해 알 수 있었습니다. 이 경험을 토대로 현재 개발하고자 하는 제품에 어떤 3D프린팅 방식이 적합한지 결론을 내릴 수 있게 되었습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 워낙 고가의 장비들이라 보니, 평소 보기도 힘든 것들인데, 직접 파일 출력을 제작 및 3D프린터로 데이터 전송, 출력을 후가공 및 후처리까지 교육생들이 장비를 직접 다룰 수 있는 실습형 교육이었다는 것이 정말 좋은 경험이 되었습니다. 특히 기본 교육 이외에 실전에서 활용되는 노하우들을 알게되어, 3D프린터를 운용하기 위해 전용 소프트웨어를 사용할 줄 알아야 하는데, 이 부분에서 프린터 원리별 배치 방식, 출력을 필터나 시간 감소를 위해 여러 요소를 고려한 Data 배치에 대해서도 학습하여, 더욱 효과적으로 운용할 수 있는 방법에 대해서 배울 수 있게 되었습니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 이다'라고 정의한다면?

A6. '22년 3D-FAB교육은 '소중한 자산입니다. 어디에서도 이러한 고가의 장비들에 대해 교육과 직접 다룰 수 있는 실습의 기회는 주지 않을 것 같습니다. 저희에게 이러한 고가의 장비들을 직접 실습하게 해준다는 것에는, 저희 교육생들을 위한 사전 교육의 퀄리티가 좋기 때문에 가능한 일이라고 생각합니다. 사전 이론 교육들이 질이 좋지 않다면, 결코 교육생들에게 고가 장비 실습을 진행할 수 없지 않았을까 생각합니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 고객 맞춤형 제품을 생산하는데 계속해서 3D프린팅을 활용할 예정이며, 점점 여러 소재로 제품군을 넓혀가며, 고객들이 원하는 제품 스펙에 적합하게 맞춤 제작을 할 수 있도록 발전해 나가도록 하겠습니다.

Mini interview

### III. 人Site

세분화된 교육,  
지원체계의 요람을 만나다!

#### 2022년 3D-FAB 교육이수자 수기공모전 최우수상

이동형 자동 캔압축기 제작 프로젝트를 수행하며  
김승연 (32, 마이커스페이스 메카랩 인턴)

#### 2022년 3D-FAB 교육이수자 수기공모전 우수상

3D프린터로 빈려동물 체중계 시제품을 제작하며  
장석환 (26, 단국대학교 기계공학과)

금속 3D프린터 프로세스 엔지니어 교육을 이수하며  
어유경 (48, 의왕메이커스페이스 메카랩 데니지)

2022년 3D-FAB 교육이수자 수기및모전 최우수상

## 이동형 자동 캔압축기 제작 프로젝트를 수행하며!



김승연  
(32, 메이커스페이스 메카랩)

3D-FAB 교육이수 현상

'22년  
리버스 엔지니어

### 1. 사례의 동기 및 배경

역설계 교육을 통해 배운 내용을 인턴십 성과 제출에 활용할 수 있었습니다. 저는 메이커스페이스에 근무하면서 처음으로 3D모델링을 시작하게 된 인턴입니다. 기초적인 모델링 교육은 이수하였지만, 실무에서 활용하기엔 부족함을 느껴서 능력 개발을 위해 공부를 계속하고 있었지만, 독학으로는 한계를 느끼고 있었습니다. 그러던 중 매니저님의 추천으로 3D-FAB 교육프로그램들을 알게 되었고 역설계 방법에 대한 교육에 참여하게 되었습니다.

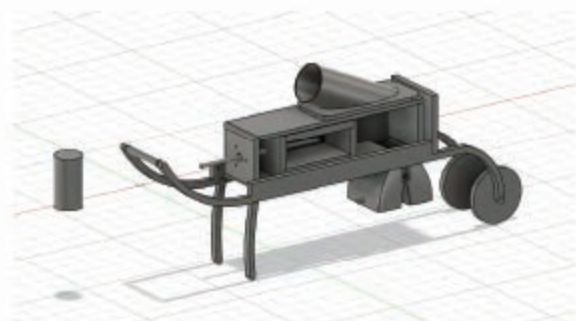
교육을 통해 배운 내용들은 3D모델링 실력 향상에 많은 도움이 되었습니다. 스캔 데이터를 활용하고 기존 제품들을 모방하는 과정을 통해 설계 능력을 빠르게 향상할 수 있었습니다. 그렇게 향상한 모델링 능력을 활용하여 인턴십 성과 제출용 프로젝트에 활용할 수 있었고, 기존의 제품을 스캔하며 제작한 목표는 직원분들께도 긍정적인 평가를 받을 수 있었습니다. 업사이클 특화 메이커스페이스인 만큼 업사이클 사례, 업사이클 두려움 제품으로 전시하여 홍보용으로 사용할 만한 만족스러운 제품이 나올 수 있었던 것에는 3D-FAB에서 교육받은 부분들이 큰 도움이 되었습니다.

제가 이렇게 빠른 성장을 할 수 있었던 것에는 3D-FAB 교육이 정말 큰 역할을 해주었다고 생각합니다. 이런 저의 경우를 보면서 다른 신규 직원, 인턴분들도 교육에 참여하실 시간을 내주셨으면 좋겠습니다.

### 2. 사례의 주요 내용

기존의 거치형 캔 압축기가 수동이고 많은 힘이 필요하여 활용 빈도가 낮은 점을 보고 문제점을 개선하며 추가적인 압축물 분류기능을 추가한 제품입니다. 상단부로 캔, 페트병을 투입한 후 버튼을 누르면 모터의 힘으로 압착 실린더가 압착 후 복귀하며, 압착된 캔, 페트병은 두 개의 판으로 분리되어 배출되는 장치입니다.

투입되고 압축되는 캔의 형태에 적합한 형태를 만들어야 하였으며 캔을 압착하기 위해 어느 정도의 힘이 필요한지 그리고 기존의 제품들은 어떤 방식으로 힘을 전달하였는지를 분석하는 역설계 과정이 필요하였습니다.



모델링 데이터 캡처 이미지



제품 제작 사진

### 3. 성과 및 효과



#### [가성 부품을 역설계하여 모델링에 활용]

고장 나서 버려진 3D프린터의 부품을 업사이클 하여 구동부에 사용하게 되면서 모터, 스크루, 배전부의 설계에 기존의 3D 프린터 부품들의 캔처 데이터를 활용해야 하였습니다.



#### [기존 제품들의 작동구조를 참고하여 도식화]

기존의 캔 압축기들의 압축과정을 분석하면서 도식화하고 전자부의 순서도를 구성할 수 있었습니다.



#### [압축된 캔들의 결과 데이터를 기반으로 배출구 크기 조절]

이동형으로 제작하기 위하여 모터의 힘이 약해졌고, 그에 맞춘 캔 배출구를 만들기 위해 적은 힘으로 압축된 캔들의 데이터를 기반으로 배출구의 크기를 설계하였습니다.

기존에 단순히 모델링 볼을 다루는 방법만을 교육받던 저에게는 쉽지 않을 프로젝트였습니다. 실제 제품으로 만들기 위해서는 다양한 파트들이 정교하게 결합해야 했으며, 제품에 사용되는 기존 부품들에 맞추어서 모델링을 해야 하는 범용성이 필요하였습니다.

이러한 제품이 실제로 조립되고 동작할 수 있도록 모델링을 하는 과정에서 역설계에 대하여 교육받은 내용들은 큰 도움이 되어 주었고, 그 덕분에 스페이스 홍보용으로 활용할 수 있는 완성도 높은 제품설계가 가능하였습니다.

## “3D-FAB 교육은 실무자간 교류의 장이라고 생각합니다!”

김승연(32, 메이커스페이스 메이커 인턴)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 좋은 교육을 비용 없이 받는 것만으로도 감사했는데 이렇게 상까지 주시니 정말 감사합니다. 올해 6월에 기초 교육만을 받고 메이커스페이스 인턴으로 업무를 시작하면서 3D프린터 실물을 처음으로 보게 되었습니다. 모든 것이 마숙했지만, 열심히 공부하는 것을 보신 매니저님의 권유로 3D-FAB 교육에 참여할 수 있었는데요. 매니저님의 지원과 3D-FAB의 교육 덕분에 정말 빠르게 성장할 수 있었다고 생각합니다. 3D-FAB의 다른 교육들도 참여하며 지식을 쌓고 3D 프린터를 활용하며 즐겁게 메이커로서 활동하겠습니다. 그래서 다음번에는 교육 수기가 아닌 경진대회에 도전해보고 싶습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 메이커스페이스에 출근한 첫날 3D프린팅 샘플들을 보여주셨습니다. 그중 하나였던 카메라 조리개의 워킹 목업은 제게 큰 자극이 되었습니다. 수용성 서포터를 활용하면 복잡한 구조로 작동하는 물체도 한 번에 구현해낼 수 있다는 것은 정말 큰 매력이라고 생각합니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 인턴으로 근무하면서 3D프린팅에 대한 기초교육은 받았지만, 그것만

으로는 부족함을 느꼈던 중 매니저님의 권유로 교육에 참여하게 되었습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 3D프린터 운용기능사에 나오는 정도의 모델링은 할 수 있게 되었지만 그걸 실제 활용하는 단계로의 스کیل업을 하지 못하고 있었습니다. 그래서 기존 제품들의 설계를 따라 모델링을 해보았지만 잘 되지 않았습니다. 이 부분을 매니저님의 권유로 3D-FAB의 역설계 교육을 통해 해결하고자 하였습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 저에게 필요한 과정을 골라서 교육받을 수 있다는 점이 참 좋았습니다. 전체과정 교육에 비해서 짧은 기간에 필요한 부분을 교육받을 수 있어서 시간이 매우 절약된 것 같습니다. 또한 역설계 교육을 위해 로봇암에 연결된 초고가의 스캐너 실물을 준비해주셔서 직접 장비를 사용해 보는 과정은 정말 신기하고 즐거운 경험이었습니다. 거기에 다른 회사에서 교육받으려 오신 실무자분들과 교류할 수 있는 기회가 주어진 것도 저에겐 좋은 경험이 되었습니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 [ ]이다'라고 정의한다면?

A6. 내게 있어 '22년 3D-FAB 교육은 '실무자 커뮤니티'이다. 3D프린터에 대한 기초만을 배운 상태로 실무에 투입되어 부족함이 많았지만 근무 시간에는 선배님들에게 배울 시간이 없었습니다. 3D-FAB 교육에 참여하는 시간은 숙련된 선배님들에게 직접 질문을 하며 부족한 부분들을 배울 수 있는 시간이었고, 또한 저와 비슷한 고민을 하고 교육을 신청한 분들과 고민을 공유할 수 있는 시간이었습니다. 저에게 3D-FAB 교육은 밖에선 찾기 힘들 실무자간에 교류가 이루어지고 성장할 수 있는 즐거운 커뮤니티 장소였습니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 메이커스페이스에 근무하면서 1인 창업 기업들의 목업 제작을 지원해드리고 있습니다. 지금은 쉬운 난이도의 모델링과 업체에서 모델링을 완성하신 제품들의 출력률 등을 돕고 있지만 역설계 교육을 통해 배운 모델링기술을 활용하여 더 복잡하고 정교한 제품 설계를 지원하고, 내년에는 금속 프린팅 교육을 받고 금속 프린팅에도 도전하고 싶습니다.



Mini interview



2022년 3D-FAB 교육이수자 후기모집 우수작

## 금속 3D프린터 프로세스 엔지니어 교육을 이수하며!



정석환  
(26, 단국대학교 기계공학과)

3D-FAB 교육이수 현황

'22년 프로세스 엔지니어  
\_금속

### 1. 사례의 동기 및 배경

저는 단국대학교 기계공학과에 재학하며 기계설계에 3D를 활용하는 수업을 수강하던 중 완성된 결과물을 FDM 3D프린터로 출력해 보는 경험을 하였습니다. 처음 3D프린터를 경험해 본 후 집에서 컴퓨터로 설계한 도면이 매우 쉽게 실제 제품으로 제작되는 것을 경험한 후 3D프린터에 대한 관심이 높아졌습니다. 그 후 지도교수님과 정기 상담 중 3D프린터에 관심이 있다면 학부 내에 관련 연구실이 있으니 그곳에 참여해 보라는 제안을 받고 웨어러블 제조 실증센터에 학부연구생으로 소속되어 3D프린터와 관련한 업무를 시작하였습니다.

연구실에서는 교수님들과 선임연구원님께 FDM과 Polyjet 방식의 3D프린터의 운용법과 후처리 방법 등을 배우며 제품설계와 모델 출력 등을 다수 경험해 보았습니다. 저희 연구실은 프로토타입 등의 외부업체와의 교류가 많아 3D프린팅된 최신 시편 등을 접할 기회가 많았습니다. 그러던 중 우연히 SLS 방식으로 제작된 시편들을 접했습니다. 선임연구원님이 시편을 보여주시며 앞으로 산업계에서 금속 3D프린터를 활용하는 경우가 가장 많아질 것이라는 설명을 해주셨습니다.

그동안 보아왔던 ABS, PLA 재질의 FDM 방식의 출력물이나 레진 재질의 SLA, Polyjet 출력물과는 완전히 다른 물성치를 보여주는 금속 3D프린팅 시

편에 저는 3D프린팅에 대하여 아는 것이 굉장히 적다는 점을 느꼈습니다. 바로 실제 사용되는 기계부품으로 사용이 가능한 만큼의 완성도를 보여주는 시편을 보여 금속 3D프린팅에 대한 관심이 높아지던 중 교수님과 선임연구원님의 소개로 정보통신산업진흥원에서 시행하는 3D-FAB 전문인력양성교육 모집 공고문을 접했습니다. 마침 금속 3D프린터 프로세스 엔지니어 교육과정이 있는 것을 확인하고 실제로 금속 3D프린터를 다뤄볼 수 있는 좋은 기회라고 생각하여 망설이지 않고 교육에 지원하였습니다.

### 2. 사례의 주요 내용

금속 3D프린터 프로세스 엔지니어 교육을 이수한 후 저는 다음과 같은 성과를 얻었습니다. 먼저 3D프린팅에 대한 전반적인 개념을 완벽히 정리했습니다. ASTM에서 정의한 AM(적층제조)의 제조방식에 대한 7가지 분류법(광중합, 재료압출, 판재적층, 재료분사, 적각분사, 분말소결, 고에너지 조사)을 통해 각각의 제조방법의 특징과 장단점, 활용처를 배웠습니다.

두 번째, 위의 방식들 중 SLS 방식 금속 3D프린터의 운용에 대하여 자세하게 학습했습니다. 금속 3D프린터의 특징으로는 다른 프린트 방식과는 다르게 서포트의 목적이 하중 지지보다 열방출을 위한 것이라는 것과 잔여 파우더 배출을 위한 채널이 필요하다는 점을 학습하고, 초기 파라미터값 설정, 실린더 교체, 리코더 장착, 소프트웨어를 이용한 CAD 데이터 G-CODE변환 등의 운용 전 작업과 프린트 후 필요한 디마우더링, 서포트 제거, 열처리 등의 후처리 과정을 학습했습니다.

이러한 고가의 장비를 실제로 운용하며 학습하는 것은 이번 기회가 아니면 학교에서는 절대로 경험할 수 없었던 귀중한 것이었습니다. 아래는 교육을 수강하며 제작한 모델과 제작과정의 사진입니다.





### 3. 성과 및 효과

저는 이번에 경험한 내용을 대학원 지원 서류에 적었습니다. 그리고 대학원 면접에서 관련 질문에 훌륭히 대답하여 대학원에 합격하였습니다. 이번 교육을 통해 3D프린팅 업계와 그 기술은 미래가 아주 유망한 산업이라는 사실을 깨달았으며 특히 발전 가능성이 무궁무진하다는 사실을 배웠습니다. 그래서 저는 발전하는 3D 산업에 더욱 도움이 되는 인력이 되고자 현재 학부연구생으로 소속되어 있는 연구실에 석사과정 지원을 하였습니다.

대학원의 이력서와 연구계획서에 이번에 교육받은 경험을 담아내었고, 대학원 면접에서 금속 3D프린터 교육을 수강한 것에 대하여 질문을 받았습니다. 교육을 받은 대로 SLS 방식의 특징과 실제 운용 경험에 대하여 답변을 드리자 질문하신 교수님은 답변에 만족을 하셨으며 얼마 후 대학원 합격 통지를 받게 되었습니다. 이번 교육을 받지 않았다면 이런 전문적인 경험은 결코 쌓지 못했을 것입니다.

또한 이번 교육을 통해 3D프린팅에 더욱 관심을 얻게 되어 내년 1분기에 시행되는 자격증 시험에도 응시할 예정입니다. 본래 일반기계기사만 준비하고 있었지만 3D프린터 운용기능사와 3D프린터 개발산업기사 자격증 취득을 목표로 공부 중입니다. 아래 사진은 대학원 합격 사진입니다.



## "제가 있어 3D-FAB 교육은 미래를 비춰주는 등대입니다!"

정석환(26, 단국대학교)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 먼저 지도해주신 교수님과 연구원님께 감사드립니다. 3D프린터에 대해 백지상태였던 저를 기초부터 지도해 주신 덕분에 이러한 성과를 얻을 수 있었습니다. 또한 금속 3D프린팅 교육을 지원해 주신 프로토타입의 관계자분들께도 감사드립니다. 그분들의 열정적인 지도와 전문적인 지식들을 교육해 주셔서 산업성이 높은 금속 3D프린터에 대하여 깊은 이해를 갖게 되었습니다. 앞으로는 4차 산업혁명을 선도하는 3D프린팅 산업의 발전을 위해 더욱 노력하겠습니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 4차 산업혁명으로 제조산업 전반에 걸쳐 혁신이 있을 것이며, 3D프린팅이 핵심적인 역할을 할 것이라는 미래 예측 등을 종종 들어왔습니다. 그러던 중 수강하던 기계공학과 교과목에서 제품을 설계한 후 학교에 설치된 3D프린터를 이용해 실제로 제작해 보는 과정이 있었습니다. 제가 설계한 제품이 매우 쉽고 정밀하게 제작되는 경험은 무척 인상 깊었습니다. 그 후 막연하게만 생각하였던 3D프린터가 이미 많이 현실화되었다는 것을 깨닫고 더욱 관심을 갖게 되었습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. 학부연구생으로 활동 중 교수님과 연구원님의 추천으로 교육 홍보를 접했습니다. 3D 프린터 중 산업성이 뛰어나지만, 고가의 가격 때문에 접하기 힘들었던 금속 3D프린터에 대한 경험을 쌓을 좋은 기회라고 생각하여 신청을 하였습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 교육 이수 전까지는 3D프린터를 FDM(플라스틱)과 SLA(레진) 방식의 장비만 경험해 보아서 3D프린팅된 결과물들에 대해 신뢰성에 의문을 갖고 있었습니다. 하지만 금속 3D프린터로 제작한 시편을 접하고 산업성이 뛰어나다고 생각하여 3D프린터가 미래 산업에 핵심적인 역할을 맡을 수 있을지 확인하기 위해 참여하였습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. '22년 3D-FAB교육을 통해 얻게 된 가장 좋았던 점은 고가의 금속 3D프린터를 통해 원하는 제품을 직접 생산해본 경험입니다. 가장 큰 특징과 장점은 3D프린팅 인력 양성 및 산업발전을 위해 각종 인프라를 지원해주는 것입니다. 성능이 뛰어나지만 고가의 장비가격으로 인해 접근성이 떨어졌던 3D프린터를 직접 다루며 학습해보거나 시제품 제작을 가능하게 도와주는 3D-FAB교육은 한국의 3D프린팅 산업의 발전을 위해 필수적인 역할을 하고 있습니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 이다'라고 정의한다면?

A6. 제가 있어 '22년 3D-FAB 교육은 '미래를 비춰주는 등대'라고 생각합니다. 4차 산업혁명의 시대를 맞아 격변하는 산업동향에 불확실한 진로를 고민하고 있던 저에게 3D-FAB 교육은 3D프린팅에 대한 확고한 방향을 잡는 것을 도와주는 역할을 했습니다. 이것은 어두운 밤에 항구를 비춰주는 등대와 같다고 생각하였습니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 3D프린팅은 개인 맞춤형 제품을 제작하는 것에 가장 장점이 있다고 생각합니다. 저는 기계공학과 대학원생으로서 뛰어난 제품을 제작하는 과정에 3D프린팅을 적용하여 사용자에게 최적의 효과를 제공하는 것을 주제로 연구할 계획입니다.

Mini interview

2022년 3D-FAB 교육이슈가 수거공모전 우수상

## “3D프린터로 반려동물 체중계 시제품을 제작하며!”



어유경  
(48, 의왕메이커스페이스 메카랩 매니저)

3D-FAB 교육이슈 헌정

'22년 리버스 엔지니어

### 1. 사례의 동기 및 배경

현재 의왕시 메이커스페이스 메카랩에 재직 중입니다. 교육프로그램과 장비 운용을 전담하면서 지속적인 스킬업의 필요성을 느껴왔었고, 특히나 3D프린팅에 비해 아직은 인력이 적은 역할계 부분에 관심을 가져왔었습니다. 여러 가지 교육을 찾던 중에 3D프린팅 전문인력 양성교육 중에서 리버스 엔지니어 4차 교육을 통해서 역할계 과정을 이수했습니다.

현재 메이커스페이스 메카랩에서는 창업예정자 및 초기창업자, 청년창업자, 중소기업 지원하는 일을 하며, 3D프린터와 3D스캐너 등의 장비를 보유하고 교육 프로그램 및 창업지원 업무를 하고 있습니다. 메카랩 실무자들이 이번 리버스 엔지니어 4차 교육을 이수한 후에 기존의 3D스캐너 사용 교육과 스캔 파일 생성 이외에도 역할계 지원을 통해 중소기업과 초기창업자들에게 시제품이나 단종된 부품의 파일을 제공할 수 있게 되었습니다.

### 2. 사례의 주요 내용

#### 사례 내용

메카랩이 보유한 3D스캐너의 활용도를 높여서 기존에 스캔 데이터를 제공만 하던 과정에서 한 단계 더 나아가 역할계를 통해 단종된 부품의 파일을 만들도록 지원하였습니다. 사진 속의 해당 기업(원플레이어)은 창업 초기 단계에서 시제품을 개발하는 중인데 부품의 금형이 단종되어 별도의 금형 제작이 필요한 상황이라서 메카랩의 3D스캐너를 활용해서 데이터를 만들고 도움을 받았습니다. 해당 기업은 반려동물 제품을 생산 중이고, 필요했던 부품은 반려동물 체중계 내부 센서와 관계있는 것이었습니다.



현재 3D프린터와 3D스캐너 지원을 통해 반려동물 체중계의 시제품이 완성되었고, 초기 생산을 준비 중인 것으로 알고 있습니다. 창업 초기 단계의 기업은 시제품 제작이나 장비 구비에 어려움을 겪기 마련인데, 해당 기업은 메카랩의 지원으로 무료로 3D 데이터와 시제품을 제작하여 예산을 해결했습니다. 이러한 케이스가 계속 누적되어가고 있으며, 향후로도 메이커스페이스의 실적뿐만 아니라 시제품 제작으로 여러 기업에 많은 도움이 되기를 기대하고 있습니다.



### 3. 성과 및 효과

3D프린팅 전문인력 양성교육을 이수함으로써 메카랩의 장비 활용률을 더 높이게 되었고, 메이커스페이스의 목적인 시제품 제작과 창업지원을 가속화할 수 있게 되어 무척 만족하고 있습니다. 메카랩에서는 3D프린터와 3D스캐너를 활용해서 창업자와 일반인을 위한 기초 교육 프로그램과 기초 역할계 교육을 추가로 준비 중에 있으며, 향후로도 3D프린팅연구조합의 재직자 교육에 꾸준히 참여하려고 합니다.

대부분의 메이커스페이스에는 여러 장비가 구비되어 있는데, 실무자들이 이러한 재직자 교육을 통해 장비 사용 능력을 더 높여 창업자와 중소기업 지원에 지속적인 도움이 되도록 하면 좋겠습니다. 메이커스페이스 장비 인력은 이직률이 높고, 관리해야 할 많은 장비들 때문에 하드웨어나 소프트웨어에 대해 깊은 이해도를 갖추기까지 많은 노력이 필요합니다. 양질의 재직자 교육 과정이 꾸준히 이루어진다면 스킬업에 많은 도움이 되리라 생각합니다.

## "3D-FAB 교육은 더 나은 결과로 이끄는 성장 통로입니다!"

이유경 (48, 의왕메이커스페이스 메카랩 매니저)



### Q1. 수상을 축하드립니다. 수상소감은?

A1. 무료로 재직자를 대상으로 한 전문 분야의 교육을 받을 수 있어서 감사했습니다. 그런데 사례 제출을 통해 수상의 영예까지 안게 되어 더욱 감사하게 생각합니다.

### Q2. 3D프린팅에 관심을 갖게 된 계기는?

A2. 메이커스페이스를 사용하기 시작할 때부터 3D프린팅에 관심이 있었습니다. 이후 메이커스페이스에서 본격적으로 근무하게 되면서부터 전문적인 3D프린팅에 대해 꾸준히 공부하고 있습니다.

### Q3. 3D-FAB 교육에 참여하게 된 계기는 무엇인가요?

A3. '22년 3D프린팅 교육 중 세라믹스 엔지니어링 교육에 참가했습니다. 해당 분야는 3D프린팅 기술 중에서 아직 접해보지 못한 분야였던 만큼 관심을 갖게 돼 교육을 신청하게 되었습니다.

### Q4. 3D-FAB 교육을 통해 어떤 어려움을 해결하셨나요?

A4. 현재 근무 중인 메이커스페이스에서는 3D스캐너를 보유하고 있습니

다. 기존에는 담당자로서 다른 분들께 스캐너 사용법과 파일 생성 방법을 교육해 왔는데요. 교육 이수 이후로는 기존 업무에 역설계 과정을 추가해서 단종된 부품의 파일을 생성하고 제공하는 것까지 가능해졌습니다.

### Q5. 3D-FAB 교육을 평가한다면?

A5. 전문 분야의 교육을 받게 되어서 무척 좋았고, 차근차근 진행해 주셔서 충분한 시간을 가지고 실습을 해볼 수 있어서 좋았습니다. 가장 큰 특장점이라면 일단 전문 교육임에도 무료 교육이라는 점이 가장 큰 장점이라고 생각합니다. 제 신분이 재직자이지만 교육이나 공부, 실습 부분은 별도의 지원이 없이 스스로 해야 하는 상황인데 이런 교육을 통해서 해당 분야의 스킬을 익힐 수 있어서 감사했습니다.

### Q6. 내게 있어 '3D-FAB 교육은 [ ]이다'라고 정의한다면?

A6. '22년 3D-FAB 교육은 '성장의 통로'라고 말하고 싶습니다. 재직자는 많은 업무로 인해서 스킬업이나 심화 교육의 기회를 얻기가 어렵습니다. 교육을 통해서 스스로 더욱 성장시키고 그 성장을 통해서 회사와 동료들에게 더 나은 결과를 제공할 수 있는 부분에서 성장이라는 단어를 선택했습니다.

### Q7. 3D프린팅과 관련해 앞으로의 계획은?

A7. 앞으로도 기회가 된다면 3D프린팅 교육을 꾸준히 받고 싶습니다. 이를 통해 다양한 3D분야의 스킬을 갖춘 전문가가 되고 싶습니다.

Mini interview

## IV. Into the 3D Printing

### 증인1

사진으로 보는 '2022년 3D프린팅 스칼업 경진대회' 및  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 통합 시상식

### 증인2

2022년 3D프린팅 스칼업 경진대회 및  
3D-FAB 교육이수자 수기공모전 소개

출연1

# 사진으로 보는 '2022년 3D프린팅 스킬업 경진대회' 및 '3D-FAB 교육이수자 수기공모전' 통합 시상식



2022년  
3D프린팅 스킬업  
경진대회  
(마취업자 부문)

최우수상



정보통신산업진흥원장상

박수현  
인하대학교 기계공학과

우수상



3D융합산업협회장상

노현준  
단국대학교 기계공학과

우수상



3D프린팅연구조합이사장상

김현수  
안양대학교 화장품발명디자인학과

2022년  
3D프린팅 스킬업  
경진대회  
(자작자 부문)



정보통신산업진흥원장상

이청래  
현대두산인프라코어 책임연구원

3D-FAB  
교육이수자  
수기공모전



정보통신산업진흥원장상

김승연  
메이커스페이스 메카랩 인턴



3D융합산업협회장상

윤병관  
지연 캐스트 대표



3D융합산업협회장상

정석환  
단국대학교 기계공학과



3D프린팅연구조합이사장상

박석훈  
네일리데일리 기술연구원



3D프린팅연구조합이사장상

어유경  
의왕메이커스페이스 메카랩 매니저



4인2

# 3D프린팅 스킬업 경진대회 & 3D-FAB 교육이수자 수기공모전 소개



## 경진대회& 공모전 소개

올해 처음으로 개최된 정보통신산업진흥원이 주최하고, 3D융합산업협회와 3D프린팅연구조합이 공동 주관한 '3D프린팅 스킬업 경진대회(이하 경진대회)'와 '3D-FAB 교육이수자 수기공모전(이하 수기공모전)'이 성황리에 종료됐습니다. 이번 경진대회와 수기공모전은 2021년 이후 2년 동안 '3D-FAB 전문인력양성 교육사업'에 참여한 교육이수자를 대상으로 진행됐으며, 이분들의 우수사례를 적극 발굴 및 공유하는 데 그 목적을 두고 있습니다.

이를 통해 사업 성과를 널리 그리고 제대로 알리는 물론, 우수사례를 통해 3D프린팅에 관심이 있거나 3D프린팅과 관련해 어려움을 겪고 있는 많은 분에게 실질적인 도움을 드리고자 마련됐습니다. 다양한 목소리를 경청하기 위해 대학생 등 미취업자의 경우, 교육이수 후 자격취득, 취업, 창업 등 교육생 개인이 얻은 성과나 유익한 사례를, 재직자는 교육이수 후 해당 업무에 유용했거나 소속업체의 사업적 효과를 확보한 사례를 발굴하고자 하였습니다.

본 사례집에 수록된 총 9편의 경험담은 경진대회와 수기공모전에서 최우수상 및 우수상을 수상한 실제 사례들입니다. 이분들의 목소리가 3D프린팅에 도전하고 싶지만 주저하는 분들이나 3D프린팅과 관련해 어려움을 겪고 계신 분들에게도움이 되길 기대해 봅니다.

## 심사절차는?

· 심사절차 : 서류심사 종합평점 최고득점 순 시상순위 확정



대학에서 이과로 전공하던 3D프린팅을 연구한다고 했을 때, 두려움과 걱정이 앞섰습니다. 이번엔 받은 우수상은 전 선택에 대한 끝없는 응원에 답이 되었습니다.

노현준  
단국대학교 기계공학과

제가 있어 3D-FAB 교육은  
결집이였습니다.  
3D-FAB 교육은  
제니바항을 잡지못할 때  
올바른 길을 제시해 주었기  
때문입니다.

박수현  
인하대학교 기계공학과

고등학생  
연구개발을 하면서  
의욕이 떨어지기도 많았는데  
3D-FAB 교육이 우물과  
적용이 되었습니다.  
자부심을 갖고  
더 분발하겠습니다.

윤병관  
지연캐스트 대표