

**인더스트리 포커스**

3D 프린팅을 활용한 첨단 제조  
어디까지 진화할 것인가 ..... 02



9 772288 490002  
ISSN 2288-4904 ₩6,000

**산업기술 경제동향**

매력적이지만 만만치 않은 장비 시장  
선도 장비 기업들의 성공 공식 ..... 08

**TREND & ISSUE**

하이브리드 3D 프린팅  
기술 동향 ..... 14

**이달의 산업기술상 신기술**

표면처리 기술의 새로운 장을 쓰다  
한국기계연구원 부설 재료연구소 ..... 26

**기술의 프론티어**

KIST 계산과학연구센터  
문평은 센터장 ..... 72

**이달의 산업기술상 시범화**

더 이상 위험한 고압산소통은 필요 없다  
(슈엔에프) ..... 32

11

NOVEMBER 2018  
vol.62

# 이달의 신기술

NEW TECHNOLOGY  
OF THE MONTH

향후 성장세 가늠할 수 없는 3D 프린팅  
**제조업 혁명 선도하다**



# CONTENTS



등록일자 2013년 8월 24일

발행일 2018년 10월 31일

발행인 한국산업기술평가관리원 원장 성시현

발행처 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원,

한국산업기술진흥원, 한국공학한림원

주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32 (신서동) 한국산업기술평가관리원

후원 산업통상자원부

편집위원 산업통상자원부 이상훈 국장, 김홍주 과장, 성시내 사무관,

김덕기 사무관, 조원철 사무관, 강민구 사무관, 우석중 사무관,

전소원 사무관, 오지연 주무관, 강미래 주무관

한국산업기술평가관리원 김상태 본부장, 신성윤 단장,

하석호 팀장, 박종성 책임

한국에너지기술평가원 이화웅 본부장

한국산업기술진흥원 장필호 본부장

한국산업기술문화재단 정경영 상임이사

한국공학한림원 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4845)

인쇄 송일미디어그룹㈜ (1800-3673)

구독신청 02-360-4845 / power96@hankyung.com

문의 한국산업기술평가관리원 (042-712-9230)

집지등록 대구동, 라00026

※ 본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술평가관리원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.

## THEME

### 02 인더스트리 포커스

3D 프린팅을 활용한 첨단 제조,  
어디까지 진화할 것인가

### 08 산업기술 경제동향

매력적이지만 만만치 않은 장비 시장  
선도 장비 기업들의 성공 공식

### 14 TREND & ISSUE

정밀 가공 기술을 품은 3D 프린팅,  
하이브리드 3D 프린팅 기술 동향

## TECH

### 26 ① 이달의 산업기술상 신기술\_ 한국기계연구원 부설 재료연구소

표면처리 기술의 새로운 장을 쓰다

② 이달의 산업기술상 사업화\_ (주)엔에프  
더 이상 위험한 고압산소통은 필요 없다

### 37 이달의 새로 나온 기술

### 42 유망기술

장비 · 제어 · 공정 통합 가상공작기계 기술 및  
공작기계 지능화

### 46 R&D 프로젝트\_ (주)휴메디스

기능성 의료용 천연하이드로젤 기반  
3차원 스캐폴드 복합 소재



## PASSION

- 48 R&D 기업\_ (주)퍼셉션  
최적의 디자인 솔루션을 찾아서

## FUTURE

- 52 TOPIC  
스마트 공장을 움직이는 9가지 핵심 기술

- 56 MATCH  
'4D 프린팅'이 온다

- 60 KEY WORD  
학생들이 드릴로 3D 모형 만들다

- 64 EXHIBITION  
2018 대한민국 산업기술 R&D 대전  
로봇, 드론 등 체험하는 '손에 잡히는 미래'

- 68 이달의 아이템  
스마트폰 대격돌  
카메라 · AI · 펜으로 '필살기 전쟁'

## CULTURE

- 72 기술의 프론티어  
KIST 계산과학연구센터  
문명운 센터장

- 76 기술과 문화  
'스타트렉'의 리플리케이터에서  
3D · 4D 프린터가 열어갈 미래를 본다

- 78 리쿠르팅

- 79 Q&A

- 80 News



# 3D 프린팅을 활용한 첨단 제조, 어디까지 진화할 것인가

3D 프린팅은 3D 프린터를 이용해 3차원 모형을 실제 만질 수 있는 물체로 프린팅하는 기술을 의미한다. 3D 프린팅은 제조혁명을 일으킬 핵심 수단의 하나로 부각되고 있다. 3D 프린팅 기술은 1987년 미국 3D Systems가 세계 최초로 3D 프린터를 판매한 것을 시작으로 현재까지 약 25년의 역사를 가지고 있다. 이후 프린팅 소재 개발을 포함한 기술적 발전과 가격 하락으로 기술 수용성이 높아지면서 기업, 학교, 그리고 정부 차원에서의 관심이 급격히 증대되고 있다. 미국 타임지는 '미국에서 급성장하는 10대 산업'의 하나로 '3D 프린터 제조(3D Printer Manufacturing)'를 꼽은 바 있다.

김광석 [삼성KPMG경제연구원 수석연구원]

## 산업 전체에 3D 프린팅 적용 가능

3D 프린팅은 컴퓨터의 3D 설계 자료를 3D 프린터로 전송하면, 3D 프린터는 고분자 물질이나 금속가루 같은 원재료를 설계도에 맞게 충분히 쌓은 후 자외선이나 레이저를 쏘아 재료를 굳혀 입체감 있는 제품을 제조하는 방식이다. 3D 프린팅 기술이 한 층 한 층 미세물질을 쌓아올려 입체적인 물체를 제조한다고 해서 첨삭 가공(Additive Manufacturing, 혹은 적층 가공이나 첨가 제조) 또는 쾌속 조형(Rapid Prototyping)이라고 부른다.

이러한 3D 프린팅은 제품 개발 시간을 단축하고 비용 절감이 가능하며, 향후 개인이 손쉽게 제품을 만드는 자가 생산이 가능하다는 특징을 지닌다. 기존에는 제품 개발 과정에서 설계 수정 시 금형을 여러 번 외주 제작해야 하므로 상당한 개발 시간과 보안 유지에 어려움이 있었다. 하지만 3D 프린팅에서는 자체 제작 또는 외부에서 구입한 3D CAD 설계도만 변경해 프린팅하면 제작이 완료되므로 저렴한 비용에 신속한 제작이 가능하다. 이에 따라 기존 제조업의 원가 절감뿐만 아니라 나아가

대량 차별화(Mass Customization), 자가 생산에 적합한 새로운 방식의 제조 모델로의 변혁이 가능해졌다.

적용 영역으로는 물체를 제작하는 거의 모든 분야를 대상으로 한다. 기업 연구소, 산업디자이너의 산업용 제조 샘플을 제작하거나 영업용 콘셉트 부품 제작이나 최종 완제품 생산에 적용 가능하다. 현재는 기업을 중심으로 도입되고 있는데, 기술 개발과 가격 인하에 따라 점차 가정용, 교육용, 개인용으로 확산될 것으로 예상된다.

〈표 1〉 3D 프린팅 적용 사례

적용 영역	적용 방법	적용 사례
의료산업	- 수술 전 수술 부위의 상태를 파악하기 위한 시뮬레이션 모형 제작, 손상된 신체 부위를 대항하는 신체 기관을 제작하는 데 활용	- 두 살 여아에게 로봇팔 부착, 환자의 턱을 원형 그대로 만들어 시술
자동차산업	- 완성차나 차량 부품의 모형을 제작하는 데 활용	- 테스트용 새시, 조향장치 등을 제작해 검사와 조립 시간 단축
항공기산업	- 항공기 설계 모형, 소형 항공기 부품 제작	- 1.2m의 무인비행기 SULSA 제작, 비행
중·소형 소재산업	- 영화 소품 및 장난감 제조	- 영화 '아이언맨 2'의 소품을 3D 프린터로 즉석 제작해 활용 - 레고 사는 레고 블록 프로토타입 제작 시 활용



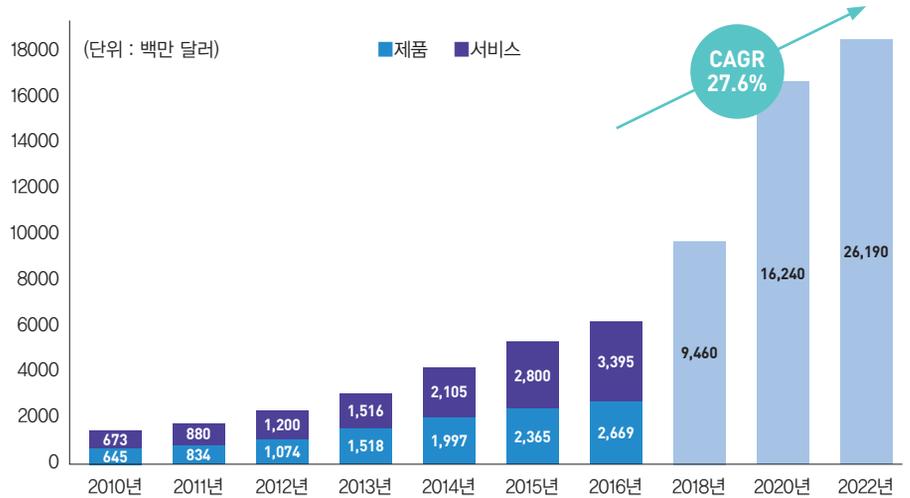
### 향후 성장세 가능할 수 없을 정도

3D 컴퓨팅 비즈니스가 시작된 지 약 25년이 지났지만, 기술 개발 등의 문제로 아직까지 본격적인 상용화 시장이 형성되지 않은 단계라고 할 수 있다. 미국 시장조사 업체 Gartner는 3D 프린팅은 2011년 7월 기준으로 현재 관련 기술에 대한 관심이 높아지는 관심 고조기에 막 들어가는 단계이며, 주류 기술로 수용되기까지는 앞으로 5~10년은 지나야 할 것으로 예상하고 있다.

전 세계 3D 컴퓨터 시장은 향후 소재 등 기술 개발과 가격 하락에 따라 크게 확대될 전망이다. 부품을 3D 프린팅으로 생산하면 미리 생산해 창고에 비축할 필요가 없으며, 오래된 부품도 도면만 있으면 다시 3D 프린팅으로 제작할 수 있어 제조 효율성을 크게 증대시킬 수 있기 때문이다. 3D 프린터 시장조사기관인 Wohlers는 전 세계 3D 프린팅 시장 규모가 2010년 이후 연평균 25% 이상의 높은 성장률을 기록해 2016년에는 약 60억 6000만 달러(약 7조 원)를 기록했다고 보고했다.

특히 최근 들어 제품 시장보다 서비스 시장이 더욱 가파르게 성장 중이다. 3D 프린팅 시장은 2016년부터 연평균 27.6% 성장해 2022년에 이르면 262억 달러에 달하는 시장이 될 것으로 전망된다. 아직은 기업이 거의 대다수 수요를 차지하고 있으나, 보급형 3D 프린터의 대중화로 최종 소비자의 수요도 늘어날 것으로 예상된다.<sup>1)</sup> Wohlers는 “3D 프린팅은 현재 1960년대 반도체산업과 비슷한 수준에 도달했으며, 앞으로 얼마나 성장할지는 알 수 없다”고 말했다.<sup>2)</sup>

Wohlers Associates, Inc(2017년) 자료에

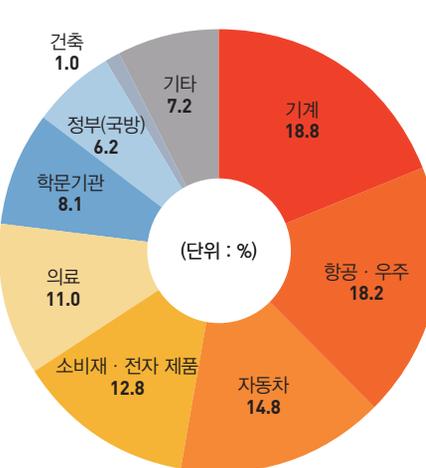


〈그림 1〉 전 세계 3D 프린팅 관련 시장 현황 및 전망

출처 : Wohlers Associated(2017)  
 ※주 : 1) 제품 시장 : 장비, 소재, SW 및 AS용 부품 등  
 2) 서비스 시장 : 3D 프린팅 출력물 제작·판매, 교육, 컨설팅 등

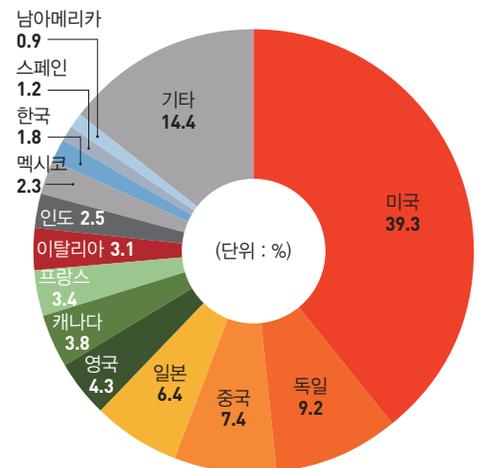
따르면, 3D 프린터의 산업별·국가별 시장 점유율 현황은 주로 전자제품과 선진국을 중심으로 시장이 형성돼 있음을 알 수 있다. 먼저, 산업별 점유율을 보면 기계(18.8%), 항공·우주(18.2%), 자동차(14.8%), 소비자·가전(12.8%), 의료(11.0%) 분야 중심으로 활용되고 있으며, 사용 용도는 기능

성 부품 제작, 맞춤 조립 시제품 제작, 교육·연구개발 순을 차지하고 있다. 한편, 국가별 점유율을 살펴보면 원천 기술 확보, 산업용 장비 및 부품 생산 등이 가장 활발한 미국이 1위(39.3%)를 차지했다. 이어 독일 2위(9.2%), 중국 3위(7.4%)이고, 한국은 1.8%의 점유율을 보이고 있다.



〈그림 2〉 글로벌 3D 프린팅 산업 활용도

출처 : Wohlers Associated(2017)



〈그림 3〉 국가별 3D 프린팅 시장 점유율

출처 : Wohlers Associated(2017)

1) 3D Systems의 부사장인 Rajeev Kulkarni는 “5년 전 가장 저렴한 3D 프린터는 2만5000달러에서 5만 달러 정도였는데, 지금은 약 1000달러에 불과하다”고 말했다(출처 : CNN Money, “3-D printers will be your next home accessory”, June 6, 2011).  
 2) Computerworld, “3D Printers : Almost Mainstream”, December 21, 2011.

2017년 국내 3D 프린팅 시장은 2016년 2527억 원보다 37.3% 증가한 3469억 원을 기록했으며, 2022년까지 연평균 성장률 24.1%로 성장해 1조 원 규모에 달할 것으로 예상된다. 특히 교육기관 중심으로 보급형 3D 프린터의 수요가 급증하고 3D 모델링을 위한 3D 스캐너 등의 매출이 증가하면서 지속적인 성장세를 유지할 것으로 전망된다.

해외 시장과 달리 국내 3D 프린팅 장비 및 소재의 제품 시장(61.2%)은 SW 및 서비스 시장(38.8%)에 비해 큰 비중을 차지하고 있다. 장비 시장에서 3D 프린터 매출은 증가하고 있으나 외국산 장비의 대체 효과 미미, 소재 시장 미성숙 등의 한계를 보이고 있다. 반면 서비스 시장은 교육 분야 활성화 등으로 2016년 대비 10.2%의 높은 성장세를 기록했다.

최근 보급형 3D 프린터의 확산으로 유통업체가 늘어남에 따라 3D 프린팅 기업은 2016년 기준 302개로, 2015년(253개)에 비해 19.4% 증가했다. 이 중에서 서비스 기업은 41.4%(125개)로 나타났다. 업체별 종사자 현황을 보면 50명 미만 사업장이 전체 72.9%를 차지하는 등 아직은 규

〈표 2〉 해외 주요 기업의 매출액 현황(산업용 장비 시장 기준)

주요기업	2015년 매출 (백만 달러)	2016년 매출 (백만 달러)	2017년 매출 (백만 달러)	출처 : Factset	
				2016년 연간성장률	2017년 연간성장률
3D Systems	666	678	737	2%	9%
Stratasys	696	714	778	3%	9%
ExOne	40	51	63	26%	25%
Arcam AB	576	736	936	28%	27%
Voxeljet	25	33	43	30%	31%
SLM Solutions	64	89	122	40%	37%
Materialise	111	132	157	19%	19%
Photo Labs	264	335	406	227%	21%

모의 경제를 이룰 만한 성장에는 미치지 못하고 있다.

### 소수의 기업이 세계 시장 선도

현재 전 세계 산업용 3D 프린팅 장비 시장의 주요 8개 기업을 대상으로 한 '해외 주요 기업의 매출액 현황'은 〈표 2〉와 같다. 산업용 3D 프린팅 장비 시장 점유율은 Stratasys와 3D Systems 양사가 전체 판매량의 약 55% 이상을 차지하고 있다. 매출 측면에서도 양사가 가장 큰 수치를 기록하고 있으나, 세계 유일의 EBM(Electron Beam Melting) 방식 메탈 3D 프린터를 제조하는 스웨덴의 Arcam AB의 성장률이 급증하는 양상을 보이고 있다.

소수의 3D 프린터 전문 기업이 세계 시

장을 선도하는 가운데, 글로벌 기업의 3D 프린터 제조 및 3D 프린팅 기술 적용이 확산되고 있는 추세다. 미국 Stratasys와 3D Systems가 세계 3D 프린팅 시장의 21.7% (산업용은 약 55%)를 차지하며, 지속적인 투자로 시장을 선도하고 있다. 또한 2017년 9월 HP가 새롭게 3D 프린팅 시장에 진출하는 등 산업용 3D 프린터 제조사가 크게 증가하고 있다(2015년 62개사 → 2016년 97개사). GE는 3D 프린팅 기술을 활용해 항공부품을 제작하고 있으며, Philips는 램프 제조 공정에 적용하는 등 제조 혁신을 추진하고 있다.

미국, 유럽, 중국 등 주요국은 3D 프린터의 기능 개선(제작 속도, 정밀도 향상 등), 티타늄 등 다양한 신소재 개발, 바이오 등 차세대 핵심 분야 연구에 집중적으로 기술 개발 투자를 진행하고 있다. 세계 특허는 연평균 40.1% 증가세를 기록하고 있으며, 이 중 2016년 산업 활용 분야 특허가 76%, 3D 프린터 소재·SW가 14%를 차지한다.

특히 근래 시장 선도 업체를 중심으로 M&A가 단행되면서 대형화가 진행 중이다. 3D Systems는 2012년 1월 3일 Z Corporation 과 Vidar Systems 인수를 완료했고, Objet는 2012년 4월 Stratasys(미국) 인수를 발표했



〈그림 4〉 국내 3D 프린팅 관련 시장 현황 및 전망

출처 : 정보통신산업진흥원

다. 그뿐만 아니라 3D 프린터 시장에 대형 기업의 진입이 확대될 전망이다. 2010년에는 세계 최대 프린터 업체인 HP가 Stratasys와 공동 협력하면서 시장에 진입했다. 최근 HP와 애플, 아마존 등 대형 기업이 3D 프린터 시장 진입을 고려하며 사업 기회를 분석하고 있다.

한편, 3D 프린팅 기술은 제조업에서 최종 생산하게 될 상품의 모형인 목업(Mock-up)을 제작할 때 주로 이용된다. 목업 상태에서는 수정이 용이해 제작 시간과 비용을 크게 줄일 수 있기 때문이다. 실제 상품 중 3D 프린팅이 가장 먼저 실용화된 분야는 부품 제조다. 이미 미국의 항공기 제조사인 보잉은 비행기 조립에 사용할 300여 개의 부품을 3D 프린팅으로 생산하고 있다. GE항공, 보잉 등은 수년 내 3D 프린터를 이용한 제트엔진 제조 및 산업 육성을 위해 관련 회사를 인수하거나 소형 부품을 생산하고 있다. 의료 분야도 3D 프린팅 도입에 적극적이는데, 그 이유는 신체를 정확하게 측정해 특정 신체 구조와 사이즈에 맞게 적용할 수 있기 때문이다.<sup>3)</sup>

국내 3D 프린터 제조 기업 캐리마는 1983년 설립된 회사로, 2011년 자본금 20억원, 매출액 60억 원의 강소기업이다. 캐리마는 자체적으로 3D 모델링 데이터를 기반으로 실제와 동일한 시제품 모형을 만드는 3D 프린터 기기를 개발했으며, 이를 이용해 디자인 모형과 각종 시제품을 제작하는 서비스를 제공한다. 이외에 3dpmart, 아이씨뱅크, 준팩토리 등 국내 10여 개 3D 프린터 제조, 유통, 재료, 콘텐츠 포털 기업이 이름을 올릴 정도로 국내 업체의 진출은 미미한 상황이다.

### 미·중의 3D 프린팅 개발 프로젝트

2012년 8월, 미국 정부는 제조업 부활과 국내 투자 촉진을 위해 3D 프린팅 연구개발에 관한 Additive Manufacturing 프로젝트를 추진했다. 총 7000만 달러를 투입했고, 정부와 컨소시엄이 각각 3000만 달러, 4000만 달러를 투자했다. 미국 정부는 '제조업 혁신 국가 네트워크 법령' 초안을 의회에 제출하고, 본 프로젝트를 지원하기 위한 정부-산업계-학계 컨소시엄인 National Additive Manufacturing Innovation Institute(NAMII)를 설립하기로 발표했다. 본 컨소시엄은 40개 기업, 9개 대학연구기관, 5개 지역대학, 11개 비영리조직으로 구성됐다. 미국 정부는 저임금 국가와의 경쟁을 통한 제조업 발전의 핵심 기술로 3D 프린팅을 선정하고, 관련 법령 정비, 산학 연계 연구지원을 추진 중이다. 관련 파일럿 프로그램으로 오하이오의 Youngstown(제조업이 흥했으나 공장 이전으로 쇠퇴한 도시)을 선정하고, 3D 프린터를 중심으로 투자할 계획이라고 밝혔다.

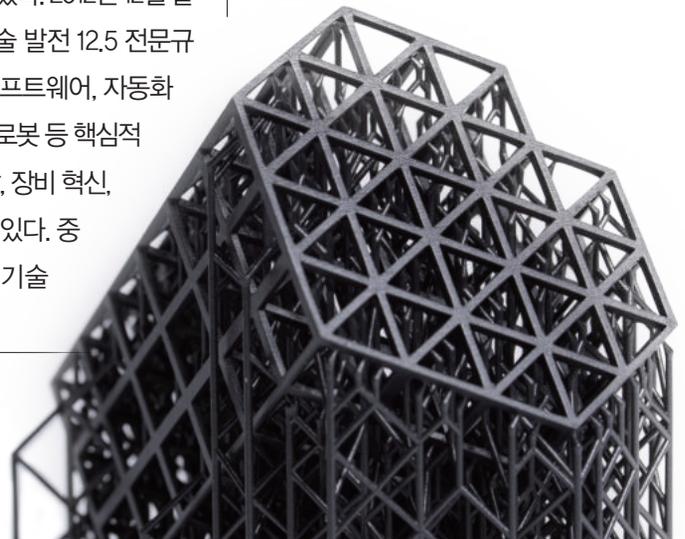
중국의 경우 지능형 제조업 발전 촉진을 일환으로 3D 프린팅 정책을 추진하고 있다. 지능형 제조업은 지능 기술을 제품의 설계, 생산, 관리, 서비스 등 제조 활동의 전 과정에 응용하는 것이며 제조 장비와 제조 서비스업을 포함하고 있다. 2012년 12월 발표한 '지능형 제조 기술 발전 12.5 전문규획'에서 CAD, 공업 소프트웨어, 자동화 제어, 3D 프린터, 산업로봇 등 핵심적인 지능 기술 연구개발, 장비 혁신, 시범응용을 추진하고 있다. 중국은 연구소 중심의 기술

개발 및 기업 육성 등을 진행 중이다. 중국 쿤산에는 20여 개의 3D 프린터 개발사와 연구소가 밀집돼 있다. 칭화대 연구진이 만든 '베이징타이얼'은 2011년 기준으로 약 3000만 대의 3D 프린터를 판매하며 세계 시장의 4%를 점유하고 있다.

그 밖에 여러 국가도 3D 프린팅 산업을 각국의 주요 산업으로 선정하고 진흥시키기 위해 다양한 정책을 제시하고 있다. 일본의 경우 중소기업을 중심으로 의료 분야 기술 개발 및 제품 확산을 진행하고 있다. 로봇 개발 업체 스기우라 기계설계사무소는 합성수지를 활용한 로봇팔을 생산하고 있고, 의료기기 전문업체 파소텍은 의료기구, 틀니 등을 3D 프린팅을 통해 생산하고 있다. 2014년 1월 일본 사가대와 도쿄 바이오 벤처기업이 3D 프린팅 기술을 활용해 환자의 피부에서 동맥을 제작하는 기술을 공동 개발했다고 밝힌 바 있다.

영국의 경우 셰필드대에 3D 프린터 연구 센터를 설립해 전문 연구를 진행하고 있다. 특히 영국 정부는 2012년 10월 3D 프린터 산업의 연구개발에 700만 파운드를 투자할 계획이라고 발표했다. 독일의 경우에도 프라운호퍼연구소에 20여 대의 3D 프린터를 설치하고 각종 금속을 이용한 기술 연구를 진행하고 있다.

3) 한국디자인진흥원(2013), "3D 프린팅은 어떻게 소비 문화를 바꾸는가."



## 한국도 3D 프린팅 산업 육성 나서

한국 정부도 3D 프린팅 산업 육성을 위해 본격적인 시동을 걸었다. 산업통상자원부는 산학연과 함께 2013년 7월 신제조업 패러다임을 주도할 핵심 분야로 부상 중인 3D 프린팅 산업 육성을 위한 '3D 프린팅 산업 발전전략 포럼' 발대식을 개최한 바 있다. 2016년 12월 정부는 3D 프린팅 산업 진흥 및 이용자 보호와 국내 산업 경쟁력 제고를 위한 종합적인 정책 추진 방향과 실천 전략으로 '3D 프린팅 산업진흥기본 계획(2017~2019년)'을 마련했다. 2019년 까지 3D 프린팅 글로벌 선도 국가 도약이라는 비전을 구현하기 위해 2017년부터 본격적으로 정책을 추진 중이다. 기본 계획에 따라 4대 추진 전략과 12대 정책 과제를 선정하고, 기본 계획의 충실한 이행을 위한 구체적인 계획이 수립됐다. 글로벌 시장 점유율을 2015년 4.0%에서 2019년 6.0%까지 제고하고, 국내외 특허출원 등 기술력 확보 역시 20% 수준으로 올리기 위한 구체적인 정책을 시행 중이다.

첫째, 시장 확대 측면에서는 공공·의료·산업 분야의 시범 및 선도 사업을 통해 수요를 창출하고, 시장 규모를 확대해 나갈 계획이다. 공공 분야에서는 전투용 부품 등 군수 및 안전 제품 제작을, 의료 분야에서는 환부 모형, 수술 도구 등 의료 기기 및 3D 프린팅 맞춤형 치료물 개발을, 산업 분야에서는 메탈 경량화 및 스마트 제조 제품 제작을 추진 중이다.

둘째, 기술 개발 측면에서는 의료·바이오 등 차세대 핵심 분야에 2017년 기준 232억 원을 투자해 선진국과의 기술 격차 축소 등 기술력 향상에 주력하고 있다. 미국과의 기술 격차는 2016년 현재 29년 정도로, 2017년에는 26년 정도로 줄여나가기 위한 노력을 기울이고 있다. 아울러 국제표준화기구의 연구 그룹 신설 주도 및 국가기술표준 제정 등 기술표준을 선도해 나갈 계획이다. 조선, 자동차 등 주력 제조업에 필요한 3D 프린팅 장비·소재 원천 기술개발을 위해 9개 핵심 과제에 총 113억9000만 원 규모의 투자 계획이 수립됐다. 이를 통해 3D 프린팅 원천 기술 및 이를 활용한 제조업의 고도화를 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 인프라 고도화 측면에서는 3D 프린팅 제품 제작 기반 확충 등 산업 인프라 고도화를 추진하고 있다. 3D 프린팅 지역 센터(8개), 제조혁신지원센터(6개)에 3D 프린터 장비를 확충하는 등의 구체적인 방안도 마련했다. 한편, 3D 프린팅 기업 역량 향상 프로그램 운영 등을 통한 전문 기업 육성도 추진 중이다.

마지막으로 법·제도 개선 측면에서는 3D 프린팅 신뢰성 평가체계 구축 등 장비·소재·SW의 신뢰 기반 마련을 위한 제도화를 추진하고 있다. 3D 프린터 품목을 한국표준산업분류에 반영해 산업통계 기능을 강화하고, 3D 프린팅 기업 육성을 위한 세제지원 확대 등의 제도 개선도 추진할 계획이다.

## 제조업 혁명 선도할 3D 프린팅

3D 프린팅 사업은 제조 기술과 IT의 결합으로 미래 제조서비스 사업의 성장을 이끌 것으로 예상된다. 디지털 기술을 이용한 3D 프린터 제조, 그리고 주문형 제품 제작

〈표 3〉 핵심 연구개발 과제 및 세부 내용

출처 : 정보통신산업진흥원

연구개발 과제	주요 적용 분야	추진내용
주물사 3D 프린터	중대형 선박부품	차세대 조선부품 제조에 적합한 주물사 3D 프린팅 제조공정 기술 개발 추진
광중합 3D 프린터	자동차 내장재	대형 조형물 출력이 가능한 광중합 3D 프린터 기술 개발
복합가공 3D 프린터	스마트 금형	금형 제작용 복합가공 3D 프린팅 장비 및 금형강 분말 제조기술 개발
고에너지 3D 프린터	발전용 부품	에너지 발전용 터빈엔진 부품제조용 3D 프린팅 공정기술 개발
의료·수술·소재 3D 스캐너	3D 스캐너	3D 휴대용 스캐너 개발 기반 구축 및 애로기술 지원
초정밀, 대형 3D 프린터	산업용 부품	표면정밀도 7 $\mu$ m급 초대형 부품 제작용 금속 3D 프린터 개발
플라스틱 3D 프린터	스포츠·재활보조	스포츠·재활보조기구 제작용 다중노즐 강화플라스틱 3D 프린터 개발
티타늄 3D 프린터	환자용 인공고관절	인공고관절 제작용 티타늄 복합가공기 개발
코발트크롬 3D 프린터	환자용 인공슬관절	인공슬관절 제작용 초고속 코발트크롬 3D 프린터 개발

사업이 가능하다. 제조업 부흥의 방편으로 제조업 강국을 중심으로 3D 프린팅 관련 기술 개발이 추진되고 있어 시장이 급격히 확대될 것으로 예상된다. 아직 기술 개발 단계이고, 소규모 시장이기 때문에 정부 지원책이 중요한 시점이다. 주요국 대비 기술 및 제품 경쟁력을 갖출 수 있도록 R&D 및 표준화 등의 차원에서 지원이 필요하다. 더욱이, 글로벌 시장을 분석해 적용이 빨리 이루어지고 있는 B2B 부품 또는 모형 제작, 그리고 B2C 완제품을 대상으로 적합한 사업 진출을 모색할 수 있도록 활로를 개척할 필요가 있다.

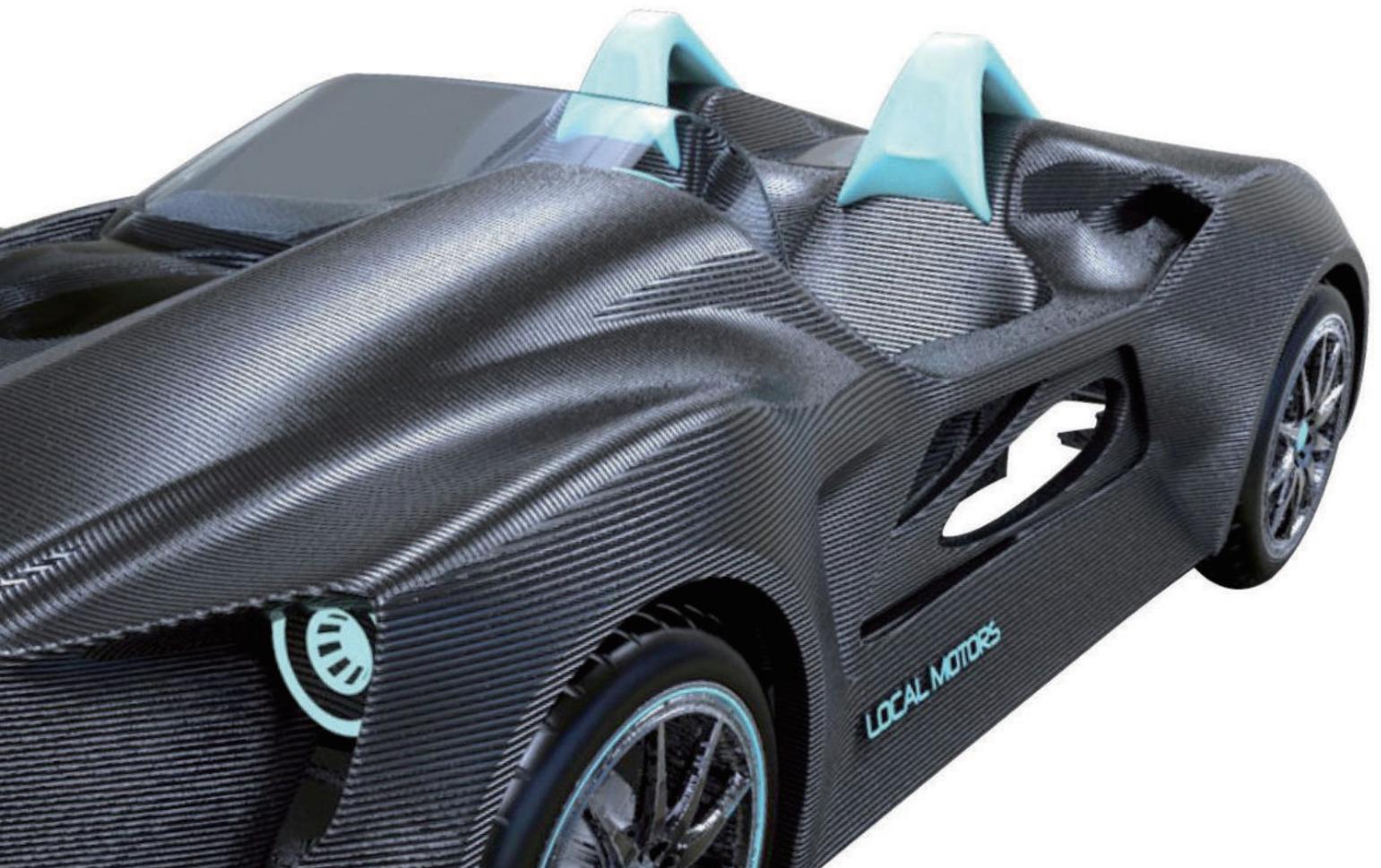
국내 3D 프린팅 사업의 육성을 위해서는 기술적 과제가 남아 있다. 3D 프린터의 가격은 점차 하향 평준화되고 있으며, 3D 프린팅을 응용한 제조 영역도 급속도로 확대되고 있다. 나노 단위로 물체를 만들 수 있

을 정도로 정교해지고, 출력 속도도 빠르게 개선되고 있다. 더욱이 3D 프린팅을 응용할 수 있는 크기에 제약이 많았으나, 최근에는 집, 자동차와 같은 크기가 큰 내구재를 3D 프린팅 하겠다는 계획들이 세계적으로 발표되고 있다. 하지만 국내 3D 프린팅 기술은 실제 소비자에게 판매될 상품을 제조하기에 상품성이 크게 떨어지고, 가격경쟁력이 매우 낮은 상황이다. 세계 주요국이 3D 프린팅 기술을 바탕으로 주요 시장을 선점하기에 앞서 기술경쟁력을 갖추어 시장을 이끌 필요가 있다.

3D 프린팅 산업에 있어 주요한 과제 중 하나는 바로 표준화이다. 시중에 판매되고 있는 일반 2D 프린터의 분명한 카테고리 와 잉크에 대한 정보가 제공되고 있는 것처럼, 3D 프린터 역시 일반 소비자도 알기 쉽도록 관련 용어나 재료가 표준화돼야 한

다. 3D 프린팅 기술도 아직까지 새롭게 개척되고 있는 기술의 범주에 들어가기 때문에 국제표준을 선점하는 데 노력을 기울일 필요가 있다. 국제표준화는 국내 3D 프린팅 산업과 기술을 세계적인 수준으로 육성하는 데 중추적인 역할을 할 것이다.

특히, 미국의 사례와 같이 한국도 국내 제조업 육성책을 통해 내실을 도모하고, 수출 주도적 성장 전략에서 '생산-고용-소비 선순환 구조' 전략으로의 변화책을 마련해야 하는 시점이다. 더불어 한국의 고용률 70% 달성의 정책목표 이행을 위해서도 제조업을 기반으로 한 고용증대가 필요한 상황이다. 따라서 제조업 혁명을 선도할 3D 프린팅 기술과 3D 프린팅 제조산업을 집중적으로 육성함으로써 한국의 잠재성장률을 끌어 올려 견실한 경제 선순환 구조를 이룰 필요가 있다.



# 매력적이지만 만만치 않은 장비 시장 선도 장비 기업들의 성공 공식

제조업은 고용 창출 효과와 같은 부가가치가 큰 산업이고 장비산업은 그러한 제조업의 성장을 가능하게 하는 핵심 기반 산업이다. 그렇기 때문에 우리나라 역시 '제조업 혁신 3.0 전략' 등을 발표하며 제조 장비 고도화 촉진과 장비 전문 인력 확대 등의 장비 역량 강화 정책을 추진 중이다. 하지만 이런 노력에도 불구하고 글로벌 장비 시장에서 활약하고 있는 국내 기업이 아직은 많지 않다. 이에 글로벌 선도 장비 기업들이 지금까지 걸어왔던 성공 공식과 미래 준비 모습을 통해 국내 장비 기업들이 글로벌 시장에서 성공하기 위해 나아가야 할 길을 살펴본다.

정운석 [LG경제연구원 선임연구원]



#### 4차 산업혁명 시대의 핵심 요소, 제조 장비

제조 장비 기업(이하 장비 기업)에 대한 관심이 꾸준히 높아지고 있다. 4차 산업혁명 공론화 이후 생산 현장에도 빅데이터, 인공지능(AI) 등 첨단 정보기술(IT), 소프트웨어 기술이 빠르게 도입되고 있지만 제조 장비는 여전히 기업의 생산 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소이기 때문이다. CPS(Cyber Physical System)와 같이 최근 주목받는 신개념 공법도 장비 자체의 성능이나 호환성이 떨어질 경우 무용지물이 될 수도 있다는 것이다. 그렇기 때문에 중국의 '중국 제조 2025', 독일의 'Industry 4.0'과 같은 각국의 제조업 육성 정책에도 장비 성능 고도화를 위한 재정 및 인력 지원 등의 내용이 포함돼 있다. 이에 따라 주요 글로벌 장비 기업들의 시장 가치도 빠르게 상승하는 중이다.

장비 시장은 모든 하드웨어, 소프트웨어 요소가 맞물려 이루어지는 생산 현장의 특성 때문에 명확한 구분을 하기 어렵다. 하지만 본 글에서는 PLC, 모터

와 같이 생산 라인을 보조하며 공정의 자동화를 돕는 자동화 장비와 반도체 공정의 노광 장비처럼 제품 생산에 직접적으로 연관된 장비인 생산 장비로 구분 지어 보았다. Technavio가 작성한 보고서에 따르면 자동화 장비 시장의 규모는 2014년 883억 달러에서 2016년 989억 달러 규모로 지속적으로 확대되고 있으며 향후에도 꾸준한 성장을 이룰 것으로 예상된다. 자동화 장비의 대표적인 기업은 Siemens, GE, Rockwell 등으로 자사의 자동화 장비를 MES(Manufacturing Execution System)와 같은 기존의 IT 솔루션, 그리고 AI 기반의 데이터 플랫폼(Siemens의 MindSphere 등)과 결합하면서 시장에서 확고한 우위를 점하고 있다.

또 하나의 영역인 생산 장비 시장은 반도체, 디스플레이, 정밀가공 장비 등으로 제조산업마다 다양하게 구성돼 있다. 시장 자체의 성장성은 2014년 1310억 달러 규모에서 2016년 1320억 달러로 높지 않을 수 있지만 이익률이 큰 시장이다. 2017년 최고의 호황을 누렸던 반도체산업을 예로 들면,



#### 4차 산업혁명과 더불어 장비 기업 가치 크게 상승

반도체 장비 선도 기업인 Applied Materials(AMAT)의 주가는 2011년부터 2015년까지 약 11% 상승했으나, 4차 산업혁명이 공론화된 2016년부터 2018년 상반기(6월 30일 기준)까지 약 177% 급등했다. 마찬가지로, 공장 자동화 장비 선도 기업인 Rockwell Automation의 주가는 2011년부터 2015년까지 약 26% 증가했으나, 2016년 이후부터 2018년 상반기까지 약 96% 상승했다.



〈그림 1〉 Applied Materials 주가 추이



〈그림 2〉 Rockwell Automation 주가 추이

2017년 반도체 제조 장비 기업 상위 5개의 영업이익률 평균은 28.4%로, 반도체 제조 기업(Foundry) 상위 5개의 20.1%를 상회한다. 반도체라는 고수익 시장 내에서도, 특히 높은 수익성을 유지하고 있는 것이다. 제조 장비의 대표적인 기업으로는 AMAT, ULVAC, Hitachi 등이 있다.

이처럼 장비 시장은 각국 정부와 기업이 관심을 가지고 투자할 만한 매력적인 시장이지만 그와 동시에 진입장벽이 높은 시장이다. B2B 시장 중에서도 극도로 보수적인 성격을 가지고 있으며, 공정의 기술 난도가 높아 신규 업체가 새로 진입하기 어렵기 때문이다. 예를 들어, 반도체 공정은 전 공정만 해도 300개 이상의 세부 공정이 있으며, 기존 반도체 업계 내에서의 구축 실적 등 레퍼런스(Reference)가 검증된 업체가 아니면 고객에게 선택받기 어렵다. 2007년과 2017년 반도체 장비 기업 상위 5개를 비교해 봤을 때도 신규 진입 기업은 찾아 볼 수 없다. 이미 진입한 업체조차도 타 업체를 인수하는 방법을 제외하고는 포트폴리오 확장이 어렵고, 세부 공정 간에도 핵심 기술 요소가 모두 상이하기 때문이다.

이와 같은 특징을 지닌 장비 시장에서 선도 기업들은 어떻게 사업을 시작했으며,

어떤 방식으로 확장했고, 어떻게 미래를 준비하고 있는지 살펴보는 것도 의미가 있을 것이다.

### 인정받는 기술, 노하우를 바탕으로 초기 시장 공략

앞서 말한 것처럼 장비 시장은 반도체, 디스플레이 등 분야 자체의 높은 기술장벽, 그리고 보수적인 고객 성향이 있기 때문에 '적당한 수준'의 기술로는 진입하기 어렵다. 그런 맥락에서 선도 기업들도 대부분 시장에서 레퍼런스로 받아들여질 수 있는 자신만의 기술과 노하우가 분명한 영역에 진입해 정착했다는 공통점이 있다.

일본의 반도체 디스플레이 장비 업체인 ULVAC는 1950년대부터 '진공 처리 기술' 기반의 사업을 전개했으며 이 분야에서 오랜 기간 자신만의 노하우를 쌓아왔다. 그렇게 축적된 진공 처리 기술과 노하우를 바탕으로 1970년대에는 반도체 장비 사업, 1990년대에는 디스플레이 장비 사업에 진입했다. ULVAC는 현재도 업계 내에서 선도 기업으로 인식되고 있으며, 2017년 1분기 기준 글로벌 디스플레이 장비 시장 점유율이 약 10%로 5위에 올라 있다.

Canon도 1930년대부터 현미경 사업을 진행하며 '광학 기술' 기반의 전문성과 노하우를 축적했으며, 1970년대에는 광학 기술이 핵심인 반도체 노광 장비 시장에 진



입했다. 노광 분야에서 지속적으로 역량을 축적한 Canon은 2017년 1분기 기준 디스플레이 노광 장비 시장에서 50% 이상의 점유율을 차지하며 글로벌 선도 기업에 올랐다. ULVAC, Canon 모두 오랜 기간 진공, 광학 분야에서 기술을 연구하며 노하우와 레퍼런스를 축적해 왔기 때문에 그 기술이 적용된 장비도 고객이 신뢰할 수 있었던 것이다.

또한 주요 장비 기업들이 특정 산업의 태동기에 진입했거나, 특정 국가의 초기 발전 단계에 진입해 정착한 사실에도 주목할 필요가 있다. 보수적인 장비 시장에서는 고객과 판매자 간 거래 구조가 잘 바뀌지 않아 경쟁자보다 시장에 먼저 진입해 '선발자의 효과'를 추구하는 것이 중요하기 때문이다.

AMAT은 반도체 산업 태동기인 1967년

<표 1> 반도체 장비 시장 점유율 순위

출처 : VLSI Research

	2007년	2017년
1	Applied Materials	Applied Materials
2	Tokyo Electron	LAM Research
3	ASML	Tokyo Electron
4	KLA-Tencor	ASML
5	LAM Research	KLA-Tencor



반도체 화학 증착 장비 'AMV 300'을 최초로 외부 고객에게 판매하며 장비 전문 판매 업체로서 시장에 진입했다. 이후 줄곧 시장을 선도해 왔으며, 2017년 기준 매출 약 160억 달러로 글로벌 반도체 장비 시장 점유율 1위에 올라 있다. 산업용 로봇 기업 Fanuc은 경쟁사보다 먼저 중국 시장에 본격 진입해 정착한 경우다. 글로벌 경쟁사 ABB가 2005년, Yaskawa와 Kuka가 2013년 중국 현지에 공장을 설립한 반면, Fanuc은 2002년 중국 현지 공장을 설립해 중국 내에서 증가하는 산업용 로봇 수요에 선제적으로 대응할 수 있었다. 그 결과 Fanuc은 글로벌 산업용 로봇 시장 점유율에서는 ABB에 뒤져 있지만, 2016년 기준 중국 산업용 로봇 시장에서는 ABB를 제치고 시장 점유율 1위를 달리고 있다.

### 철저히 레퍼런스 기반 둔 사업 확장

장비 시장이 지닌 보수적인 특징은 사업을 확장하는 단계에서도 적용된다. 대부분 선도 기업들의 사업 확장 전략은 레퍼런스 확보에 초점이 맞춰져 있다. 단, 레퍼런스를 확보하는 패턴은 여러 유형으로 나타난다. 이미 고객 기반이나 구축 실적을 갖춘 기존 브랜드를 인수하거나, 내부의 생산 현장에서 충분한 파일럿 테스트(Pilot Test)를 통해 직접 레퍼런스를 만든 후 외부 사업으로 확장하는 방식 등이 있다.

Siemens의 경우 IT 솔루션을 결합한 공장 자동화 사업을 성장시키기 위해 최근 10년 동안 18건의 IT 솔루션 기업을 인수했다. 주목할 점은 인수한 기업 대부분이 인수 당시 이미 10년 이상의 업력을 통해 시장 내에서 충분한 레퍼런스를 확보한 기업이었다는 점이다. 일례로 Siemens가 현재

PLM(Product Lifecycle Management) 시장을 선도할 수 있는 것도 그 분야 선두 기업인 UGS를 인수해서였다. 이와 같은 방식으로 Siemens는 경쟁사보다 빠르고 효과적으로 시장을 선도할 수 있었다. 미국의 공장 자동화 기업 Rockwell Automation은 다른 지역으로 사업을 확대할 때도 기존 브랜드를 인수하는 방식을 활용했다. 2007년 유럽 바이오·제약 시장 진입 당시에는 유럽 시장에서 오랜 기간 사업을 진행하고 있던 아일랜드 회사 ProsCon을 인수했으며, 2011년 아프리카 자원 시장 공략 시에는 남아프리카공화국 기업 Hiprom을 인수했다. 이런 방식으로 Rockwell은 현재 5000개 이상의 글로벌 영업 네트워크를 보유할 만큼 전 세계적으로 사업을 확장하는 데 성공했다. 이처럼 기존에 영향력 있는 기업을 인수해 새로운 산업이나 지역으로 사업을 확장하는 모습은 선도적인 장비 기업에서 흔히 볼 수 있는 접근법이다.

자체적인 생산 현장을 보유한 기업의 경우에는 자체 현장에서 충분한 기술과 노하우를 쌓은 후 이를 레퍼런스 삼아 외부로 확장하는 모습을 공통적으로 볼 수 있다. 글로벌 자동화 기업 ABB의 전신인 Asea AB는 1940년대부터 광산 사업을 전개하며 광산 분야 노하우를 쌓았고, 그 과정에서 개발한 자체 IT 플랫폼을 광물 개발 기업 Boliden AB에 판매하면서 사업을 확장했다. 이후에도 에너지, 제철 등 자체 사업에서 축적된 노하우를 통해 인접 영역으로 자동화 사업을 확장하고 있다. Siemens 역시 마찬가지다. 우선 Siemens의 암베르크 공장을 대상으로 자체적인 자동화 장비와 솔루션을 적용해 스마트 팩토리화한 후 여

기서 축적된 노하우와 성공 사례를 바탕으로 BMW, Maserati 등으로 외부 사업을 확장했다. 특히 확장된 고객군을 대상으로 지속적으로 생산 현장에서의 데이터를 수집, 분석하면서 새로운 솔루션을 개발하고 있다.

이외에도 AMAT, Canon 등 일부 장비 기업은 반도체 장비 시장에서 축적한 자신들의 사업 레퍼런스를 기반으로 공정이 유사한 디스플레이, 태양광 장비 시장으로 방향 확장하는 모습을 보여왔다. 이 역시 고난도 기술 영역에서의 성과를 레퍼런스 삼아 사업을 확장하는 모습이다.

### 선도적 장비 기업들의 미래 준비, '토탈 솔루션'

최근 선도적 장비 기업들에서 볼 수 있는 또 하나의 패턴이 있다. 기존의 장비 단품 판매 방식을 넘어 토탈 솔루션 사업을 지향해 나간다는 점이다. 대부분의 선도 기업들이 장비 단품 외에도 생산관리(MES)와 같은 IT 솔루션 및 설계, 유틸리티, 유지·보수 등의 역량을 갖추고 고객에게 라인 및 공장 턴키와 같은 종합적인 서비스를 제공하기 시작했다.

앞서 말한 Siemens는 PLC와 같은 기존의 자동화 설비 외에도 UGS, Elan Software 등의 소프트웨어 기업을 인수하면서 공장 IT 솔루션 역량을 강화했으며, Pace Global 등을 인수해 리스크 및 에너지 솔루션 기술을 내재화했다. 이렇게 확보된 역량을 기반으로 Siemens는 단순한 솔루션 단품 판매가 아닌 공장 전반의 레이아웃 컨설팅과 같은 Front-engineering 사업에 집중하고 있다.

용접 기기와 같은 가공 장비를 판매하는 Panasonic은 Data Collection Systems를 인수하며 MES 등의 공장 솔루션 역량을 강화했고, Firepro Systems 인수를 통해 안전 및 보안 관리 등의 유틸리티 역량까지 확보했다. 특히 Panasonic은 자체적으로 보유하지 않은 검사, 물류 장비나 기술 등은 외부의 전문 기업들과 적극적으로 제휴하면서 토탈 솔루션 서비스를 제공하고 있다. 이 외에도 GE, Hitachi, Rockwell 등 대부분의 기업이 장비와 IT 솔루션, 엔지니어링 등 생산 현장과 관련한 모든 역량을 갖춘 후 고객에게 토탈 솔루션을 제공 중이다.

이와 같이 시장 내에서 토탈 솔루션 사업이 확산되는 데에는 여러 요인이 있다. 우선 센서, 네트워크와 같은 사물인터넷(IoT) 기술 요소가 생산 현장에 본격적으로 스며들면서 모든 요소 간의 호환성이 그 어느 때보다 중요해지고 있다는 점을

들 수 있다. 과거에는 생산 효율을 높이는 데 있어서 개별 장비의 성능이 무엇보다 중요했지만 최근에는 장비, IT 솔루션 등 생산 현장 내에서 발생하는 모든 데이터가 통합적으로 수집, 분석되면서 생산 효율을 극대화하는 접근법이 가능해지고 있다. 이와 같은 환경에서는 하나의 사업자가 장비와 IT 솔루션을 함께 취급하는 것이 기술적 호환성 측면에서 유리할 수밖에 없다. 예를 들어, GE가 제공하는 APM (Asset Performance Management) 솔루션은 생산 현장 내의 통합적인 데이터 분석을 통해 개별 장비 내부의 부품 교체 시기, 설계 변경까지 제안하며 이를 통해 유지관리 비용을 최소화하고 예상치 못한 장비의 고장도 막아준다. 이는 GE가 자신들이 제공하는 장비 내의 부품 위치, 설계 구조와 같은 세세한 정보까지 모두 파악하고 있기 때문이다.



현장 관리에 대한 고객의 업무 효율성 측면에서도 토털 솔루션의 가치가 더 높다. 아무래도 현장에서 다수의 판매자를 관리하는 것보다는 하나의 판매자와 거래할 때 중요한 정보나 기술 유출의 위험성이 낮아지기 때문이다. 경우에 따라서는 구매, 운영 비용 절감 측면에서도 하나의 판매자와 거래하는 것이 고객에게 더 유리할 수 있다. 장비와 IT 솔루션을 별도의 사업자를 통해 구매한다면 각각의 판매자에게 모두 마진이 지불돼야 한다. 하지만 토털 솔루션 역량을 갖춘 단일 판매자와 거래한다면 상황에 따라서 장비는 무상으로 제공받고, IT 솔루션을 장기로 계약하면서 사용료를 지불하는 등 다양한 형태의 가격 모델이 가능해지기 때문이다. 이는 실제로 업계 내에서 활용되고 있는 방식이다.

특히나 제조 노하우가 부족한 신흥국 고

객에게는 토털 솔루션 수요가 높을 수밖에 없다. 일본의 기계가공 장비 기업 DMG Mori를 포함한 선도 기업들은 이러한 신흥국 수요에 대응하기 위해 토털 솔루션 전용 공장 라인을 별도로 구축해 운영 중이다.

### 국내 제조 장비 사업, 토털 솔루션 역량에 주목할 때

요약하면, 글로벌 장비 시장의 선도 기업들은 공통적으로 자신만의 전문 영역을 바탕으로 한 시장 선점, 그리고 새로운 브랜드 인수를 거치면서 성장해 왔다. 또한 변화하는 제조 패러다임에 대응해 토털 솔루션 역량을 강화하고 있다. 물론 글로벌 선도 기업들과 국내 장비 기업들의 업력, 역량 간에는 차이가 있는 것이 분명하다. 하지만 후발 진입자로서 국내 기업들이 참조할 만한 포인트는 분명히 있다.

첫째, 글로벌 시장에서 레퍼런스로 인정받을 수 있는 우리만의 사업 영역을 찾아내야 한다는 것이다. 이는 국내 전방산업의 시장 지위 속에 힌트가 있을 것이다. 예를 들어 조선, 반도체, 디스플레이 등은 전통적으로 국내 기업들의 경쟁력이 강한 영역이다. 이러한 산업에서 축적된 우리만의 기술, 공정 노하우는 글로벌 시장에서도 인정받을 가능성이 높다. 따라서 차별적인 장비와 솔루션을 개발할 수 있다면 이를 발판으로 글로벌 시장에 진출하는 것도 가능할 것이다.

둘째, 우리만의 사업 영역을 찾아낸 이후에는 '선발자의 이점'을 활용할 수 있는 신흥 시장 내 사업 기회를 적극적으로 모색해야 한다. 예를 들어, 2020년 중국과 인도의 디스플레이 설비 투자 규모는 각각 6조 달러와 1조 달러 수준으로 향후 상당한 수익을 창출할 것으로 전망된다. 또한 모로

코, 케냐, 나이지리아 등 아프리카 국가의 경우 자국 제조업을 육성하기 위해 기업들의 설비 투자비를 지원해 주거나 투자 금액에 대한 세금을 면제해 주는 등 여러 지원 정책을 운영 중이다. 이와 같이 잠재력이 큰 신흥국 내 설비 투자 기회를 먼저 파악하고, 경쟁자보다 한발 앞서 진입하는 전략이 필요하다.

셋째, 사업 모델에 관해서는 국내 기업 역시 토털 솔루션 역량을 추구할 필요가 있다. 향후 우리가 목표로 할 신흥국 제조 기업은 상대적으로 기술력이 미흡하기 때문에 하나의 업체가 모든 프로세스를 맡아서 제공해 주는 토털 솔루션에 대한 수요가 충분할 것으로 보인다. 따라서 공장의 설계·엔지니어링부터 장비, IT 솔루션, 유틸리티, 유지·보수, 컨설팅을 포괄하는 토털 솔루션 모델로 신규 시장에서 사업 기회를 모색할 필요가 있다. 하지만 대부분의 국내 기업은 아직 장비 단품을 제외하면 IT 솔루션을 포함한 토털 솔루션 제공 역량이 부족한 것이 사실이다. 부족한 역량은 내부 R&D와 적극적인 인수를 통해 강화하거나 국내외 기업과의 제휴를 통해 확보해 나가야 할 것이다.

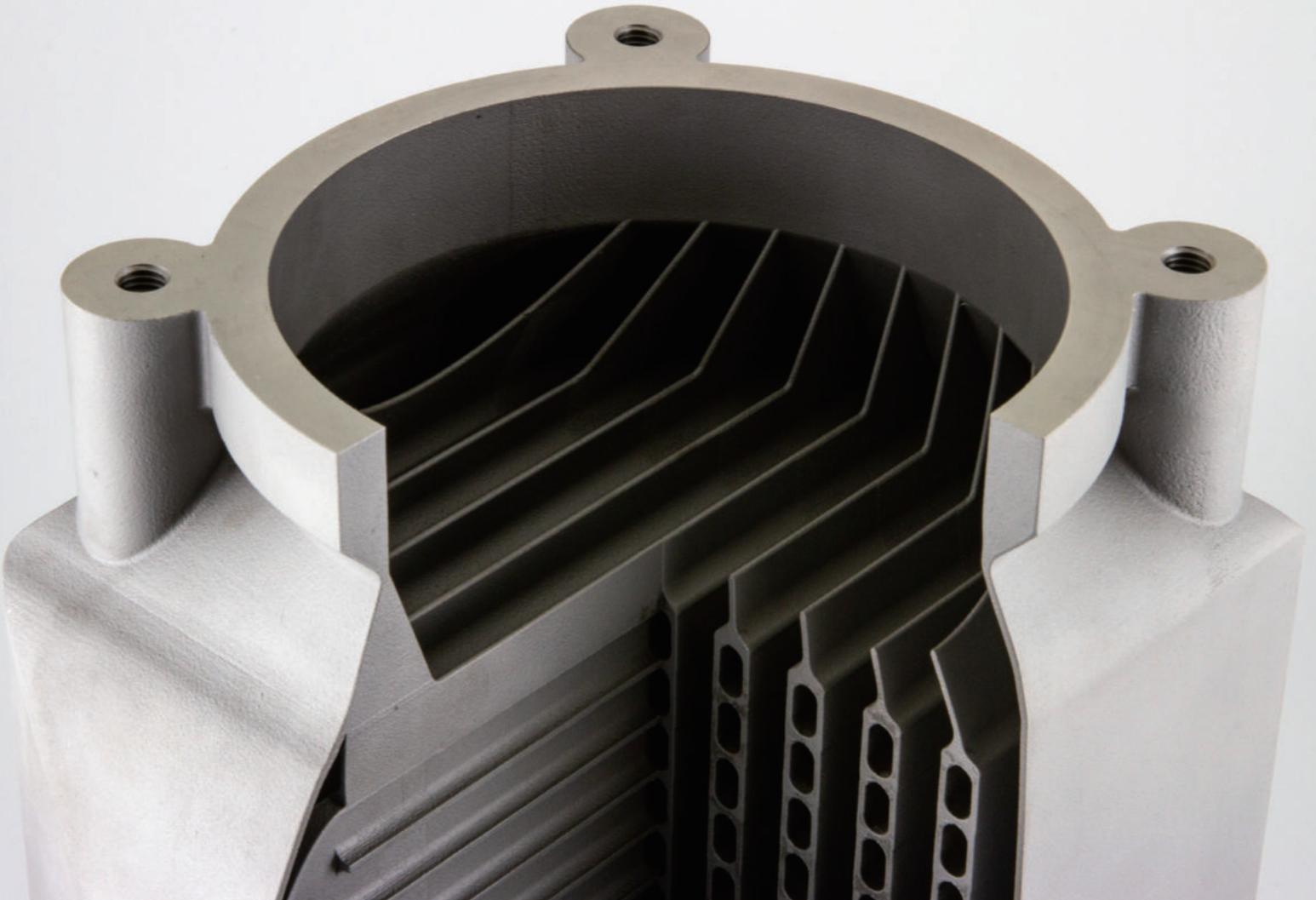
서두에 언급했듯이 장비 시장은 글로벌 주요 국가들이 미래 성장동력으로 육성 중인 고부가가치 산업이다. 한국의 경우 지금까지 반도체, 디스플레이 등 전방산업에서의 글로벌 시장 지위는 확고한 반면, 장비 시장에서의 존재감은 상대적으로 부족했던 것이 사실이다. 하지만 선도 기업들의 성공 방식을 잘 연구한 후 우리만의 강점을 바탕으로 준비한다면 한국의 또 다른 성장 산업으로 성장할, 잠재력이 큰 시장인 것 역시 분명한 사실이다.

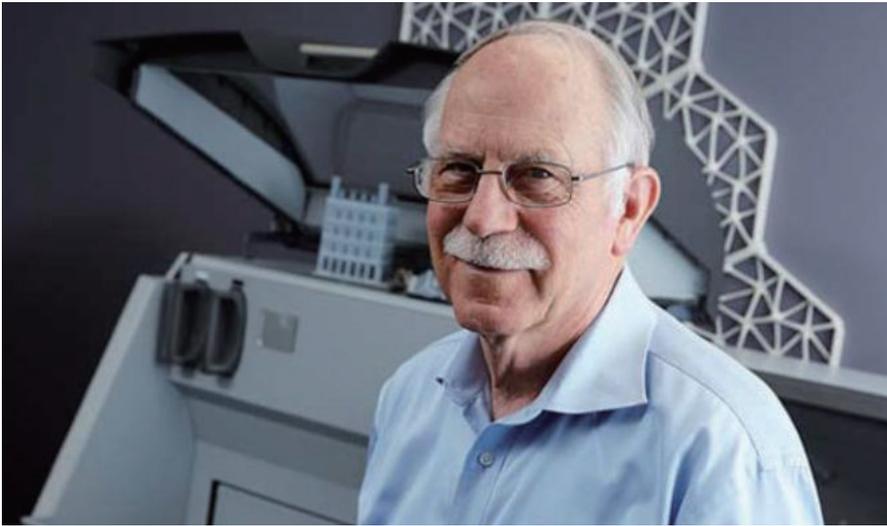


## 정밀 가공 기술을 품은 3D 프린팅, 하이브리드 3D 프린팅 기술 동향

3D 프린팅은 2014년 중요 핵심 특허가 만료된 이후 가파르게 시장 규모가 성장하고 있으며, 각종 미래 전망 보고서에서 미래를 바꿀 핵심 기술로 언급되고 있다. 3D 프린팅 시장조사 보고서에 따르면 세계 시장 규모는 연간 31%씩 성장해 나가고 있으며, 단순 프로토타입 제작에서 정밀 부품의 직접생산 수준으로 발전해 나가고 있다. 하지만 보다 많은 산업에 적용되기 위해서는 후처리 기술, 전용 소재 개발 등 아직 해결해야 할 기술적인 어려움도 있어 많은 연구자가 해결책을 마련하기 위해 노력하고 있다. 이러한 노력의 일환으로 제안된 기술이 하이브리드 3D 프린팅이며 최근 3D 프린터 업체, 가공 장비 업체가 하이브리드 3D 프린팅 기술을 상용화하기 위해 적극적인 개발을 추진하면서 점차 가시적인 시장 개척이 이뤄지고 있다. 이에 미국을 중심으로 하이브리드 3D 프린팅 기술 개발 동향을 파악하고 주요 기업의 사업화 추진 방향을 살펴봄으로써 향후 하이브리드 3D 프린팅의 전망에 대해 알아본다.

김병재 [한국산업기술평가관리원 미국거점 소장]  
전병국 [퍼듀대학교 기계공학과 교수]  
김동민 [퍼듀대학교 방문연구원]





〈그림 1〉 3D Systems 창업자 척 헐

### 3D 프린팅, 새로운 시작

3D 프린팅은 1981년 일본 나고야 시공업 연구소 연구자였던 고다마 히데오가 원시적인 3D 프린팅 기법으로 최초의 입체물을 제작한 이후 1984년 미국의 척 헐이 창안한 스테레오리소그래피 입체 모델링 인쇄기법\*이 오늘날 3D 프린팅 기본 공정으로 자리를 잡았다. 과거 3D 프린팅 기술은 새로운 제품을 개발하는 단계에서 디자인을 검토하기 위해 실물과 비슷하게 제작하는 중간 과정에 주로 사용돼 왔다. 이를 프로토타입(Prototype)이라 하며, 흔히 3D 프린팅 공정을 프로토타이핑 공정이라 부르기도 했다.

**\*스테레오리소그래피 입체 모델링 인쇄기법 (Stereo Lithography Apparatus : SLA)**  
- 아크릴이나 에폭시 계열의 광경화성 수지를 액체 상태로 뿌려 레이저빔을 주사함으로써 얇은 막을 생성하면서 입체적인 물체를 만드는 방식.

이러한 3D 프린팅 공정은 주로 플라스틱 재질과 같이 적은 에너지로도 쉽게 녹일 수 있는 재료만 사용 가능했으나, 지속적인 연구를 통해 선택적 레이저 소결, 직접 금속 레이저 소결, 선택적 레이저 용융 등 금속

소결 및 용융 기법이 개발되면서 적용 분야가 크게 확대되고 있다. 사실 2014년 3D 프린팅을 위한 중요 핵심 특허 90여 건이 만료되기 전에는 특허 문제, 기술적 난이도, 사업모델 한계 등의 이유로 보편적인 기술 개발이 진행되지 못했다. 하지만 특허가 만료된 후 많은 기업이 기술 개발에 참여함으로써 플라스틱을 비롯한 금속, 세라믹처럼 자동차, 핸드폰, 생활제품 등에 사용되던 재료도 3D 프린팅이 가능하게 됐다. 이러한 노력을 통해 오늘날 신발, 건축, 자동차 부품, 인공지능 등 다양한 산업에 적용되기 시작했으며, MIT Technical News 등 각종 미래 유망 기술 전망에서도 수십 년 내 글



〈그림 2〉 미 해군 3D 프린팅 콘크리트 막사  
출처 : newatlas

로벌 제조업 경쟁력 재편의 동력으로 여겨지고 있다. 미국에서는 2013년 백악관 국정연설을 시작으로 정부 차원의 국가제조혁신 네트워크를 추진해 오고 있으며, 정부와 기업에서 적극적인 투자가 이뤄지고 있다. 하지만 3D 프린팅 기술이 전통적인 제조 공정을 완전히 대체하기에는 정밀도, 내구성, 가격경쟁력 등을 고려한 공정, 소재 기술 개발이 필요할 것으로 예상된다.

### 정밀도와 표면조도 확보 위한 하이브리드 3D 프린팅 공정

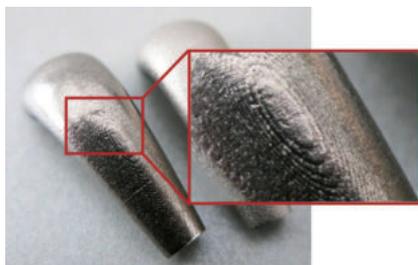
기존 생산 방식은 원재료의 필요한 부분을 제외한 나머지 부분을 선삭이나 밀링 공정으로 제거하거나, 소재를 용융시켜 틀에 주입해 원하는 형상을 생산하는 반면, 3D 프린팅 공정은 재료를 한 층씩 쌓아 올리는 작업을 통해 최종 형상을 제작해 나가는 방식이다. 원재료를 얇게 적층해 생산하기 때문에 기존 생산 방식에 비해 재료 소모가 적으며, 특히 티타늄, 인코넬 등과 같이 값비싼 소재를 사용하는 경우에는 뛰어난 가격경쟁력을 확보할 수 있는 장점이 있다. 하지만 3D 프린팅 공정의 큰 단점 중 하나는 표면조도와 형상 정확도 확보가 어렵다는 점이다. 〈그림 4〉에서 보여지는 것과 같이 3D 프린팅의 기본 원리가 층을



〈그림 3〉 아디다스, 3D 프린팅을 이용한 스니커즈  
출처 : www.adidas.com/us/futurecraft

쌓고 그 위에 다시 층을 쌓음으로써 적층의 두께가 얇더라도 제품 표면에 계단형 무늬가 생기게 된다. 이러한 표면형상을 전문용어로 'Stair Casing Effect'라 하며 3D 프린팅으로 생산한 제품의 치수 정밀도와 표면조도에 가장 큰 영향을 주게 된다. <그림 4>는 ExOne의 3D 프린터를 이용해 곡선을 가진 형상을 제작한 것으로, 확대된 사진과 같이 깊이 방향으로 계단형 무늬(Stair Casing)가 생긴 것을 확인할 수 있다. 또한 금속이나 세라믹 등 녹는점이 높은 재료를 3D 프린터에 이용하기 위해서는 레이저처럼 아주 큰 에너지를 낼 수 있는 특수 장비가 필요하다. 이때 작은 레이저 스폿이 면을 색칠하는 것과 같은 방식으로 움직이게 되는데, 스폿의 이동 속도가 빠르거나 금속 파우더를 순간적으로 제대로 용융시키지 못하면 <그림 5>처럼 표면의 상태가 거칠어지거나 불균일해지는 문제가 생기게 된다.

이러한 이유로 3D 프린팅 공정 이후에 표면조도를 향상시키고 치수 정밀도를 높이기 위해 별도의 후처리(Post-processing) 공정이 반드시 필요하다. 특히 생산 제품이



<그림 4> 미국, ExOne의 금속 적층 공정으로 인해 표면에 나타나는 무늬

출처 : [www.sculpteo.com/en/materials/binder-jetting-material/binder-jetting-stainless-steel-316/](http://www.sculpteo.com/en/materials/binder-jetting-material/binder-jetting-stainless-steel-316/) ; [www.iconbuild.com](http://www.iconbuild.com)

고정밀도나 높은 표면조도를 요구하는 부품인 경우 후처리는 필수다. 하지만 별도 후처리 공정 이후 이에 따른 변형 여부를 확인하기 위해 전체 또는 일부에 대한 검사가 필요하므로 추가적인 공정이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 후처리로 인해 3D 프린터의 장점 중 하나인 생산 속도 향상에 어려움이 생기게 된다. 이에 생산 공정은 최소화하면서도 부품의 품질을 높이기 위해 3D 프린팅과 후처리를 동시에 진행할 수 있는 하이브리드 3D 프린팅 생산시스템에 대한 개념이 2013년 제안됐으며, 이후 기존 공정이 지닌 단점을 보완하고 생산 속도 향상 및 고품질의 제품을 인쇄하기 위해 적극적인 기술 개발이 추진되고 있다.

다양한 3D 프린팅 공정 소재가 개발되면서 적용 분야도 확대되고 있으나, 현재까지는 제품별 요구사항에 맞춰 표면 상태나 형상 정확도 향상을 위한 별도 후처리 공정을 통해 제품을 생산하고 있다. 이러한 후처리 공정이 많아질수록 3D 프린팅 공정의 기술 경쟁력이 떨어지므로 이를 최소화하기 위해 하이브리드 3D 프린팅 생산시스템에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다.

### 주요 하이브리드 3D 프린팅 기술 개발 동향

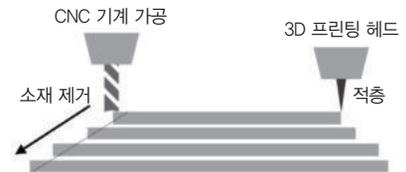
하이브리드 3D 프린팅 기술은 산업적 특성에 따라 다양한 방식으로 공정을 결합해 기술 개발이 추진되고 있다. 하이브리드



<그림 5> 3D systems의 금속 적층 공정의 거친 표면 상태

출처 : [www.3dsystems.com/3d-printers?smtNoredir=1](http://www.3dsystems.com/3d-printers?smtNoredir=1)

3D 프린팅 방식은 크게 기계 가공 공정이 결합된 방식과 레이저 등 직간접적으로 인쇄된 제품에 에너지를 가할 수 있는 보조 공정이 결합된 방식으로 구분할 수 있다. 기계 가공 공정이 결합된 방식은 전통적인 CNC(Computer Numerical Control) 머시닝 장비를 3D 프린팅 헤드와 결합해 부가적인 후처리 없이 제품을 생산하는 방식이다. CNC 머시닝은 제작하고자 하는 부품의 형상에 맞게 기계 가공을 해 최종 형상을 만들어 나가는 공정을 말한다. 이러한 기계 가공에는 Milling, Turning 가공 기술이 대표적이며 가공 장비에 3D 프린팅 적층용 헤드를 부착함으로써 <그림 8>와 같이 하이브리드 3D 프린팅 공정을 구현할 수 있다. 3D 프린팅 헤드를 통해 출력된 생산품은 계단 모양의 형상을 가지고 있으므로 별도 장비로 이동할 필요 없이 Milling 공구로 표면을 매끄럽게 가공함으로써 제품의 품질을 향상시키고 생산력을 높일 수 있는 장점이 있다. 또한 기존 상용화된 CNC 센터에 적층 헤드만 간단히 부착해 하이브리드 공정이 가능하기 때문에 가공 장비 업체를 중심으로 상용화를 위해 많은 연구가 진행되고 있다.



<그림 6> 3D 프린팅과 CNC 기계 가공 공정이 결합한 하이브리드 공정의 개념

3D 프린팅 공정과 CNC 기계 가공 공정이 결합한 하이브리드의 경우 시스템 구성에 따라 4가지로 분류가 가능하다[1]. 첫 번째로는 Turning 공정과 Milling 공정이 가능

한 Turn-mill 시스템에 탈부착이 가능한 3D 프린팅 헤드를 결합하는 공정이다.

〈그림 6〉과 같이 적층으로 제작한 생산품의 곡면을 가공하기에 기술적인 접근이 쉽다는 장점이 있다. 두 번째로는 탈부착이 가능한 형태의 3D 프린팅 헤드를 5축 CNC 가공기에 결합하는 공정이다. 자동공구교환장치(ATC)를 통해 밀링 공구와 헤드를 쉽게 교환할 수 있다. Turn-mill 시스템과 다르게 적층 바닥면에도 접근이 가능하기 때문에 타 공정 대비 새로운 구조나 복잡한 구조를 가진 부품 생산이 용이하다는 장점이 있다. 세 번째 형태로 〈그림 5〉의 오른쪽에 나타낸 것과 같이 기존 3축 또는 5축 가공기에 영구적으로 3D 프린팅 헤드를 부착하는 공정이다. 이 경우 기존 가공 기계(NC) 조작 방법으로 3D 프린팅 적층 공정과 기계 가공 공정을 할 수 있다는 장점이 있다. 마지막으로 로봇팔에 적층 헤드를 부착해 3축 또는 5축 가공기와 동시에 적층 공정이 가능하게 하는 방법이 있다. 하드웨어, 제어기 등 현재까지는 기반 기술이 부족해 많은 연구가 필요한 공정이다.

하이브리드 3D 프린팅 공정 연구는 일반적으로 기계 가공 공정과 결합해 있는 경우가 대부분으로 프린팅과 정밀 가공을 동시에 처리할 수 있어 생산 속도가 빠르고 생산 부품의 품질이 우수하다.

보조 공정 결합 방식은 3D 프린팅 헤드에 레이저나 전자빔 등 열에너지를 가할 수 있는 장비를 결합하는 방식이다.

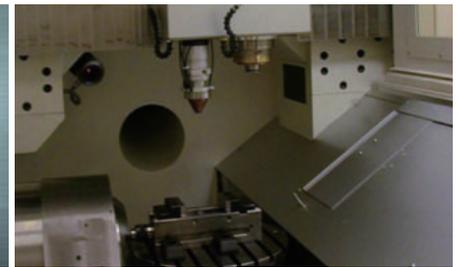
〈그림 9〉와 〈그림 10〉과 같이 3D 프린팅 이후에 표면조도 향상 및 개질을 위해 표면에 열에너지를 가함으로써 제거, 침식, 재가열 등의 보조 공정을 추가하는 것을 의미한다. 이런 보조 공정은 〈그림 11〉에 보여지는 것과 같이 레이저를 이용한 보조

	Turn-mill+ATC 적층 헤드	5축+ATC 적층 헤드	3·5축+영구 적층 헤드	3·5축+로봇팔 적층 헤드
자유도	X, Y, Z(직선) A, B, C1, C2(회전)	X, Y, Z(직선) A, B(회전)	X, Y, Z(직선) A, B(회전)	로봇 자유도에 따라 다름(6축)
생산 가능 형상 복잡도	상	중	하	최상
응용 분야	핵원자로 내부 부품 엔진 Blade 등 곡면 가공	엔진 Blade 로켓 분사구	일반 부품 단차가 낮은 제품	-
제어 난이도	최상	상	중	최상
상용화	O	O	O	X



〈그림 7〉 Turn-mill CNC 가공기 기반 3D 프린팅 하이브리드 생산시스템

출처 : [www.productionmachining.com/products/additive-app-offers-integrated-programming-and-simulation](http://www.productionmachining.com/products/additive-app-offers-integrated-programming-and-simulation)



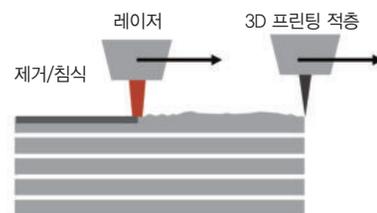
〈그림 8〉 5축 CNC 가공기에 영구적으로 적층 헤드가 결합된 하이브리드 생산시스템

출처 : 참고자료 [1]

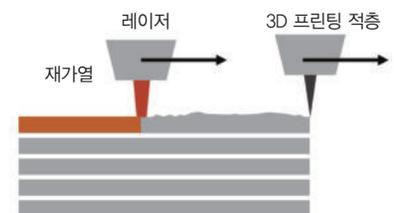
공정을 통해 표면조도를 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다[2]. 레이저를 이용한 보조 공정은 기계 가공 공정과 달리 직접적인 접촉이 없기 때문에 비교적 공정 속

도가 빠르고 단순한 장점이 있다. 하지만 레이저나 전자빔과 같은 특수 장비 때문에 전체 장비 가격이 비싸지는 단점이 있다.

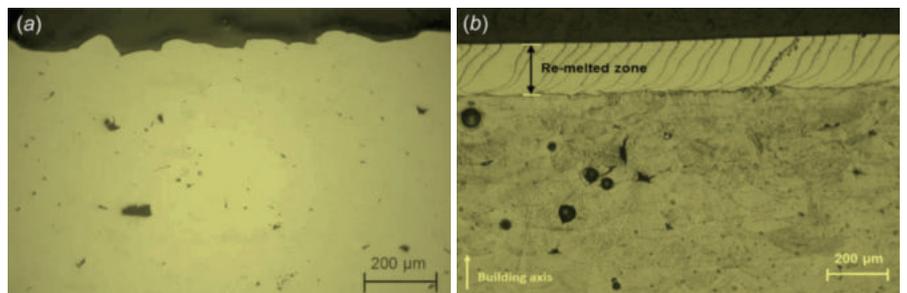
또한 인쇄된 제품의 내부 응력을 제거해



〈그림 9〉 레이저 2차 보조 공정으로 표면 제거 및 침식에 의한 표면 품질 향상



〈그림 10〉 레이저 2차 보조 공정으로 표면 재가열을 통한 표면 품질 향상



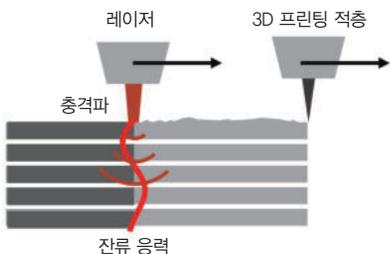
〈그림 11〉 (a) 3D 금속 프린팅 공정 직후 관찰한 단면도, (b) 재가열(Re-melting)을 통해 향상된 표면 및 내부 단면도

출처 : 참고자료 [2]

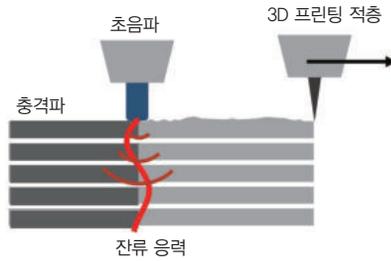
생산 제품의 품질을 개선하는 보조 공정을 추가하는 하이브리드 방식도 있다. 3D 프린팅으로 제작된 부품은 적층 과정에서 재료를 녹이는 열에 의해 내부 재료의 성질이 달라지거나 응력(Stress) 분포가 불균일해 형상이 뒤틀리게 되는 현상이 발생되기도 한다. 이런 현상을 해소하기 위해 3D 프린팅 후 보조 공정으로 제품 표면에 피닝(Peening)\* 공정을 추가함으로써 프린팅 공정에서 발생하는 잔류응력을 완화시키고 내부식성, 내마모성을 향상시키는 것이다.

**\*피닝(Peening)**  
- 표면에 충격을 주어서 내부의 잔류응력을 완화시켜 변형을 줄이고 강도를 높이는 공정.

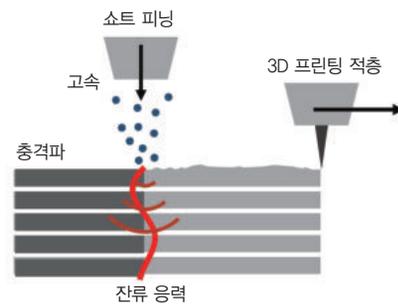
피닝 공정에 사용되는 에너지 소스에 따라 <그림 12~14>와 같이 레이저 피닝, 초음파(Ultrasonic) 피닝, 쇼트(Shot) 피닝으로 구분할 수 있으며, 레이저 피닝은 레이저를 이용해 인쇄된 부품의 표면에 충격파(Shock Wave)와 열에너지를 가함으로써 표면 개질 및 미세구조 재배열(Recast)이 가능한 공정이다. 초음파 피닝은 초음파를 제품 표면에 가해 레이저 피닝 대비 빠른 속도로 작업이 가능하며 내부식성, 내마모성을 향상시킬 수 있다[2]. 쇼트 피닝은 미세한 금속구



<그림 12> 레이저 피닝이 결합한 하이브리드 공정



<그림 13> 초음파 공정이 결합한 하이브리드 공정

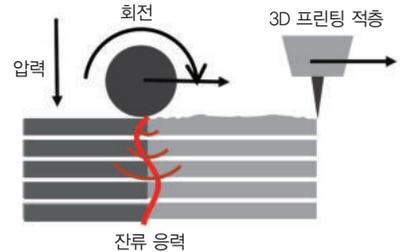


<그림 14> 쇼트 피닝 공정이 결합한 하이브리드 공정

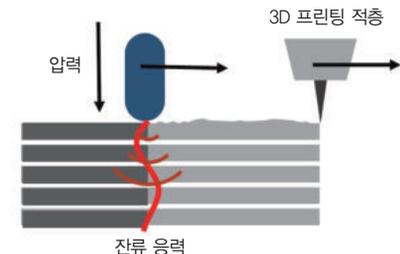
(Metal Sphere)나 세라믹구(Ceramic Sphere)를 빠른 속도로 분사시켜 인쇄 제품의 기계적 성질을 향상시키는 방식이다.

또한 <그림 15~18>과 같이 직접 접촉해 표면을 개질하는 롤링(Rolling), 버니싱(Burnishing), 교반 마찰 공정(Friction Stir Process), 연삭(Grinding) 방식도 있으며, 롤링과 버니싱 공정은 표면에 직접 접촉해 강한 압력으로 표면을 눌러주는 공정을 의미한다. 기계 가공 공정과 마찬가지로 직접 접촉하는 공정이지만 재료를 제거하는 공정이 아니기 때문에 표면에 공백이나 불균일이 발생하지 않아 추가적인 검사 공정이 필요 없는 장점이 있으며 표면에 강한 압축응력을 발생시켜 내부 미세구조와 잔류응력을 변화시킴으로써 강도, 내구성 등 기계적 특성을 향상시킬 수 있다. <그림 19>에서는 3D 프린팅 후 롤링 공정으로 표면 상태가 개선되는 것을 확인할 수 있으며, 롤러와 부품이 접촉하는 방식에 따라 다양한 방식으

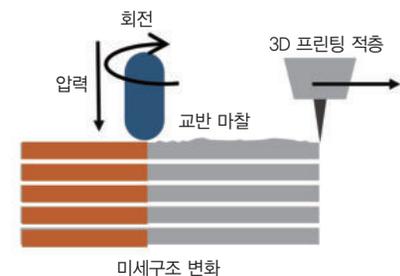
로 기술을 적용할 수 있다[5]. 교반 마찰 공정은 빠른 속도로 회전하는 공구를 3D 프린팅 부품 표면에 직접 접촉시키면서 교반에 의한 발생하는 열을 이용해 재료 내부의 불균일한 미세구조를 재배열하거나 형상을 개선하는 방식으로 표면조도 및 형상 오차를 보정하는데 효과적인 방식이다.



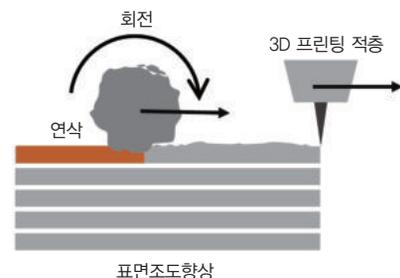
<그림 15> 롤링과 결합한 하이브리드 공정



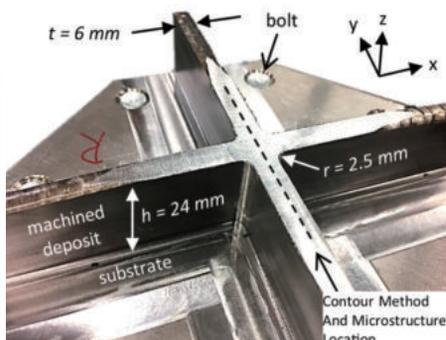
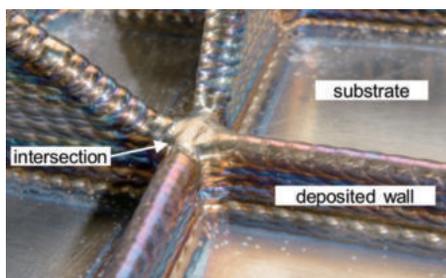
<그림 16> 버니싱과 결합한 하이브리드 공정



<그림 17> 교반마찰공정과 결합한 하이브리드 공정



<그림 18> 연삭공정과 결합한 하이브리드 공정



〈그림 19〉 3D 프린팅 시편의 롤링 공정 전(좌), 후(우) 비교  
출처 : 참고자료 [5]

이처럼 하이브리드 3D 프린팅 공정은 기존 3D 프린팅으로 생산된 제품의 여러 가지 결함을 보완할 수 있고 기술별 장단점이 있어 현재 다양한 하이브리드 기술 개발이 추진되고 있으며, 많은 기업이 보유 기술의 강점을 극대화하고 시장을 선점하기 위해 다양한 하이브리드 3D 프린터를 개발하고 있다.

해 만든 것으로 LENS™ 프린팅 헤드를 영구적으로 부착해 하이브리드 공정이 가능하도록 했다. 이러한 하이브리드 가공 기술을 Smart Additive Manufacturing(SmartAM) 이라고 명명했다. Optomec은 하이브리드 기술을 기반으로 America Makes로부터 투자를 받았으며 GE Ventures와 Autodesk로부터 600만 달러에 해당하는 투자를 받

은 상태다. CNC 기계 공정과 결합한 하이브리드 공정 제품으로 LENS® 500Series와 860Series를 가지고 있다(그림 20). 두 기계는 각각 출력 크기와 레이저 파워가 350×350×500[mm], ~2000[W]와 598×600×610[mm], ~3000[W]로 적용 분야에 따라 다르게 사용 가능하다. 또한 LENS® 860 Series는 기계 가공 공정을 위한 스펀의 파워가 7kW로 주로 대형 부품에 적합하도록 설계됐다. 〈그림 21〉은 Optomec의 하이브리드 가공기로 제작한 부품을 보여주고 있다. 매우 복잡한 하우징의 전체 형상을 프린팅 공정으로 빠르게 출력하고, 출력 후 필요한 부분을 CNC 가공 기계로 가공하면서 형상 정확도, 표면조도 등을 향상시킨 제품을 만들어내는 것이 특징이다.

### 하이브리드 3D 프린팅 공정 주요 기업 및 제품 현황



미국 뉴멕시코 주 앨버커키에 위치한 Optomec은 1997년 창업해 Sandia National Lab\*과 공동으로 LENS(Laser Engineered Net Shape) 프로세스를 개발했으며, 1998년 처음으로 LENS 3D 프린터를 출시했다. 이후 2015년부터 자사의 금속 3D 프린팅 기술인 LENS™와 Milling 가공기를 결합한 하이브리드 생산시스템 기술을 발표하고 상용화 제품을 출시하기 시작했다.

\*Sandia National Laboratory  
- 2차 세계대전의 원자폭탄을 제조한 맨해튼 프로젝트를 기반으로 1945년 설립된 미국 에너지부 산하 국립연구소.

이 상용화 제품은 CNC 가공 기계를 개량



〈그림 21〉 Optomec의 하이브리드 가공기로 제작한 Applications  
출처 : www.optomec.com

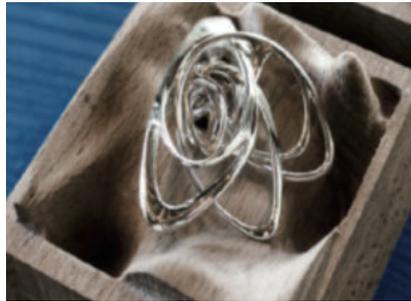
〈그림 20〉 LENS® 500 Series  
출처 : www.optomec.com

**solid**scape  
HIGH PRECISION 3D PRINTERS

금속 이외에도 폴리머 Micro-jetting 공정과 기계 가공 공정이 가능한 하이브리드 공정 기계도 있다. 대표적인 3D 프린팅 장비 업체인 Solidscape는 2011년 Stratasys에 합병된 이후 2018년 8월 프랑스 3D 프린팅 장비 업체인 Prodways에 합병됐다. 미국 뉴햄프셔에 위치한 Solidscape는 1994년 창립됐다. 금속 캐스팅을 위한 고해상도의 서모플라스트(Thermoplastic) 왁스 패턴을 만드는 3D 프린터 제조 회사로, 폴리머 재료를 기반으로 한 Jetting 인쇄 장치와 Planar Milling 공정을 결합한 하이브리드 장비를 개발했다. 이 회사는 프로세스 속도가 느린 대신 부품의 정확도 및 해상도가 상대적으로 우수해 보석 및 치과 시장을 타깃으로 사업화를 추진해 오고 있다.



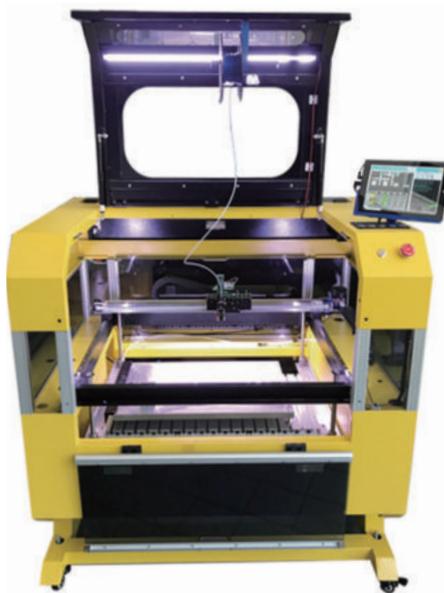
〈그림 22〉 Solidscape의 Jewelry 3D 프린터  
출처 : [www.solidsscape.com/jewelry/](http://www.solidsscape.com/jewelry/)



〈그림 23〉 Solidscape의 Jewelry 3D 프린터 제품  
출처 : [www.solidsscape.com/jewelry/](http://www.solidsscape.com/jewelry/)

**HYREL 3D**  
HIGH RELIABILITY

2012년 킥스타터(Kick Starter) 프로그램을 통해 창업한, 미국 조지아 주 애틀랜타에 위치한 Hyrel 3D의 주요 제품군은 Hydra Series다. 주로 폴리머용 3D 프린팅 장비에 기계 가공용 스피들을 부착해 하이브리드 공정이 가능하며, 최대 5개까지 헤드를 확장할 수 있다. 레이저 가공용 헤드를 장착하는 경우에는 레이저 커팅이 가능한 것도 특징이다.



〈그림 24〉 Hyrel 3D의 Hydra 16A 모델  
출처 : [www.solidsscape.com/jewelry/](http://www.solidsscape.com/jewelry/)

**nSCRIPT**

미국 플로리다 주 올랜도에 위치한 nScript는 자사의 제품인 3Dn System에 nMill™을 부착함으로써 3D 프린팅 및 밀링, 드릴링, 폴리싱이 가능한 하이브리드 공정 시스템을 판매 중이다. 기존 3D 프린팅 기계에 고속(5만 rpm) 스피들을 부착해 마이크로 정밀 하이브리드 공정이 가능하도록 제작했다. 또한 nScript는 10마이크로미터 만큼의 작은 노즐로 100피코리터까지 정밀하게 토출시킬 수 있는 SmartPump에 강점을 가지고, 현재 국제우주정거장(SS)의 무중력 환경에서 사람에게 이식 가능한 장기를 제조하는 3D 바이오 프린터를 중점 개발하고 있다.



〈그림 27〉 nScript의 SmartPump™  
출처 : [www.nscript.com](http://www.nscript.com)

〈그림 26〉 nScript의 nMill™ 고속 스피들  
출처 : [www.nscript.com](http://www.nscript.com)



〈그림 25〉 nScript의 nScript 3Dn 프린터  
출처 : [www.nscript.com](http://www.nscript.com)



미국 텍사스 주 매키니에 위치한 Hybrid Manufacturing Technologies는 2007년 창업돼 2013년 세계 최초로 상업용 하이브리드 공정 AMBIT™ Processing Head를 제작 및 판매하고 있다. 이 회사는 하이브리드 공정을 위해 프린팅 헤드(Additive Head), 가공용 헤드(Subtractive Head), 검사용 헤드(Inspection Head)를 사용할 수 있는 공정을 개발했으며, 기존 CNC 기계에 탈부착할 수 있도록 밀링용 어댑터와 결합해 설계했다. ATC에도 탈부착이 쉽고, 고속 필드 버스 시스템으로 이더넷을 장착한 PC 기반 제어 플랫폼을 사용해 최적화된 기계 통신을 지원함으로써 적층용 헤드로 교환 후에는 자동으로 레이저, 금속 파우더, 가스가 공급될 수 있도록 지원한다. 또한 블레이드 부품이 높은 회전 속도 및 온도에 따라 마모 및 부식이 일어나는데, 블레이드의 끝단 및 형상

을 적층용 헤드로 수리함으로써 생산 제품의 품질 보장 및 연속 생산이 가능하다. 이 회사는 기존 CNC 4축 및 5축 가공기에 호환이 가능해[3] Mazak, Hamuel, Mitsui Seiki 등 공작기계 제조업체와 하이브리드 공작 기계를 공동 개발하고 있다.



미국 캘리포니아 주 실비치에 위치한 3D Hybrid Solutions도 기존 CNC 가공기를 기반으로 3가지 3D 프린팅 공정이 가능한 제품을 선보인 바 있다. 와이어-아크 기반 적층 공정(Wire-Arc Additive Manufacturing), 레이저 금속 적층 공정(Laser Metal Deposition), 콜드스프레이 기반 적층 공정(Cold Spray)이 가능하도록 제품을 제작 중이며, 와이어-아크 기반 적층 공정 헤드 시제품 제작 및 시연까지 선보였다. 3D Hybrid Solutions의 제품



〈그림 30〉 3D Hybrid Solutions의 3가지 Hybrid 3D 프린팅 헤드  
출처 : www.3dhybridsolutions.com

은 기존 CNC 가공기에 바로 부착할 수 있도록 적층 헤드 위에 밀링 어댑터가 결합돼 있는 방식이며, 최근 CNC 시뮬레이션 소프트웨어 VERICUT의 개발사인 CGTech와 파트너십을 체결해 대형 몰드 작업이나 항공우주부품 제작을 시뮬레이션 및 검증할 수 있는 사전 시뮬레이션 기능을 구현해 관심을 받고 있다.

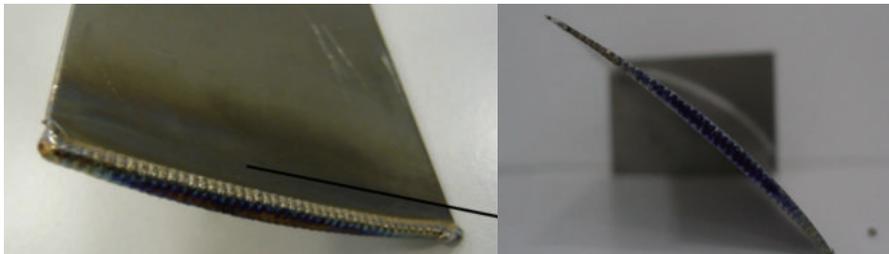


프린팅 헤드를 이용하지 않고 초음파로 적층하고, 이를 기계 가공하는 방식의 하이브리드 시스템도 상용화됐다.

미국 Fabrisonic은 초음파를 이용한 상온 3D 인쇄와 3축 CNC 밀링 공정이 가능한 제품을 출시했다. 현재는 SonicLayer® 4000, SonicLayer® 7200 두 가지 제품군이 출시돼 판매 중이다. 초음파 금속 용접(Ultrasonic Metal Welding : UMW)은 마치 겨울에 손을 녹이기 위해 비비면 온도가 높아지는 원리와 유사하게 얇은 금속판을 초음파를 이용해 국부적으로 온도를 높여 압력을 가함으로써 순간적으로 위아래 금속판을 붙이는 방식이다. 금속끼리 원자 결합이 가능한 최소한의 열과 면적만 필요하기 때

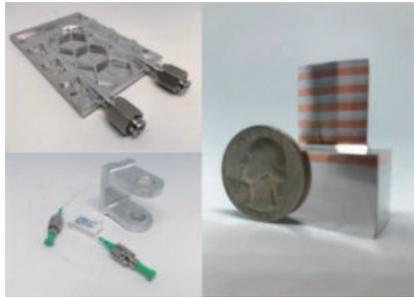


〈그림 28〉 Hybrid Manufacturing Technologies의 자동 교환이 가능한 AMBIT™ Processing Head  
출처 : www.hybridmanutech.com



〈그림 29〉 RECLAIM CNC 기계 가공기에 AMBIT™ 적층 헤드를 이용한 Blade 수리 공정 적용 예시. 적층(좌), 기계 가공 후(우)  
출처 : 참고자료 [6]

문에 낮은 온도 환경에서도 용접이 가능하며, 높은 열을 사용하는 3D 프린팅 공정과 비교해 재료의 구조나 성질을 변화시키지 않는다. Fabrisonic의 경우 2개의 20kHz 초음파 에너지와 금속 테이프를 이용해 빠르게 적층이 가능하며, 표면 및 형상 공차를 해소하기 위해 CNC 밀링 공정을 이용해 최종 제품을 생산한다. 또한 깊은 방향으로 서로 다른 성질의 금속 재료를 적층해 생산할 수 있어 방사선 차폐 및 제어, 무게 경량, 두께 경량 등 특수 목적용 제품 생산이 가능하다. 대표적인 예로 미 항공우주국(NASA)과 함께 복잡한 내부 형상을 가진 열교환기(Heat Exchanger)를 제작하고, 'Digital Twin' 프로그램에서 광섬유 변형 센서(Fiber Optic Strain Sensor)가 내장된 무인 항공기용 브라켓과 스트럿 구조 부품을 개발한 바 있다. 더불어 컴퓨터부품, 전기 장치 등 사물인터넷(IoT)에 사용될 수 있는 여러 가지 부품을 제작 및 시연한 바 있다.



〈그림 32〉 복잡한 형상을 갖는 쿨링 채널(좌상), 이종 재료 적층 제품(우), 광섬유 변형 센서를 내장한 적층 부품(좌하)

출처 : www.fabrisonic.com

### 대형 하이브리드 3D 프린팅 개발 동향

2016년 이후에는 수송기, 자동차 등 대형 제품에 적용될 수 있는 Big Area Additive Manufacturing(BAMM) 개념이 도입되기 시작했다. 미국의 오크리지 국립연구소와 록히드마틴은 BAMM 개념을 적용한 3D 프린팅 공정을 개발했으며, Cincinnati Incorporated와 함께 시간당 15.9kg의 적층이 가능한 대형 3D 프린팅 기계를 개발해 출시했다. 주로 사출 몰드 또는 외형을 만

들기 위해 ULTEM(Polyetherimide 일종), PEKK, ABS, 카본 소재 기반 폴리머 등을 압출하는 방식으로 제품을 생산하며, 최근 BAAM 3D 프린팅 공정과 CNC 라우터 기술을 결합한 하이브리드 공정 제품도 출시됐다.

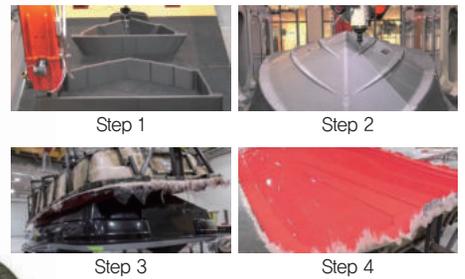
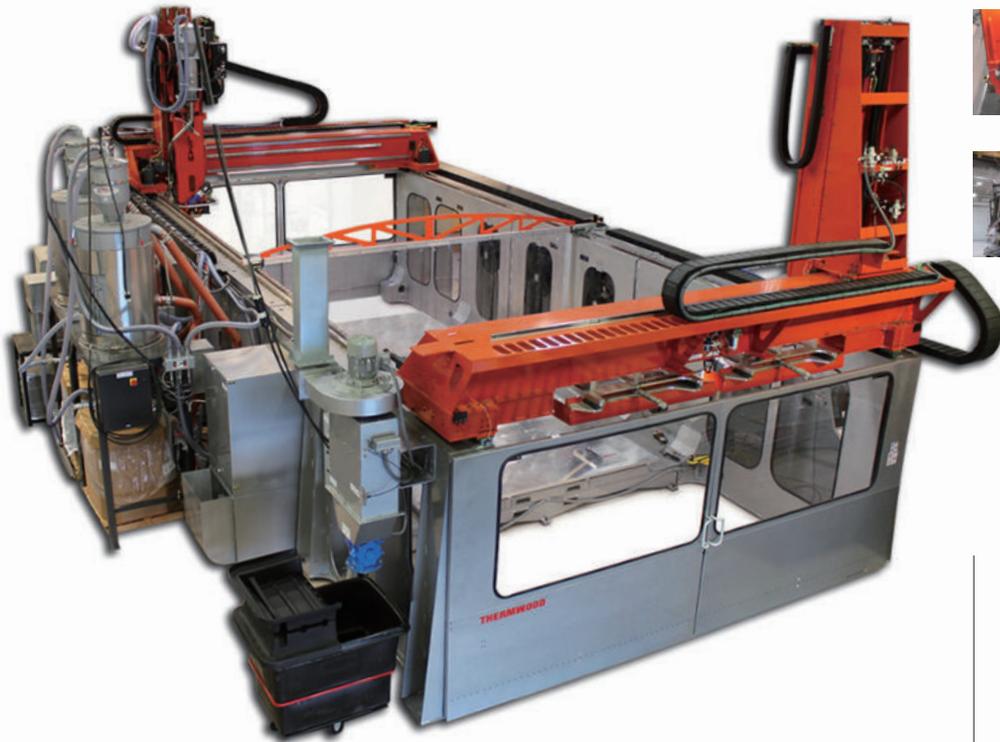
## THERMWOOD

미국 Thermwood는 BAAM 개념을 확장시켜 LSAM®(Large Scale Additive Manufacturing) 기술을 응용한 제품을 출시했다. 산업용 기계, 패턴, 금형 등 층별로 3차원 형상으로 제작되며 CNC 기술로 최종 크기 및 형상을 만들어낸다. LSAM® 기술은 적층을 위한 온도 유지 장치가 따로 필요 없고, 실온에서도 충분히 작동하기 때문에 빠르게 생산할 수 있다. 최대 12m 길이를 가진 제품을 프린팅해 후처리 공정까지 가능하다. LSAM® 하이브리드 공정용 기계는 총 2개의 แก트리 헤드를 가졌으며, 각각 적층용 헤드, 라우팅용 헤드가 설치돼 있다. 적층용 헤드는 스크루를 통해 공급받은 폴리머를 용융하기 위한 히터 및 노즐이 설치돼 균일하게 적층하도록 설계됐다. 3D 프린팅 공정 제어를 위해 별도 모니터링 시스템이 있으며, 이를 통해 보다 정밀한 생산이 가능하다. 적층된 제품의 표면 다듬질을 위해 두 번째 แก트리 헤드를 이용해 CNC 라우팅 공정을 실시한다. 라우팅 공정은 5축 스피들을 이용해 다양한 곡면에 대응 가능하다. 스피들은 12마력(HP), 2만4000RPM의 성능을 지녔으며 총 12개의 공구를 교환할 수 있도록 ATC\*가 함께 제공된다. 이 장비는 보정 및 위치 제어를 위해 레이저를 이용하여 공구 직경



〈그림 31〉 SonicLayer® 4000

출처 : www.fabrisonic.com



〈그림 33〉 Thermwood LSAM® 하이브리드 공정을 통한 Boat Hull Pattern 제작 과정  
출처 : www.thermwood.com

및 공구 길이를 측정, 자동으로 기준 지점을 잡도록 설계돼 있으며, 큰 규모의 제품을 가공하기 때문에 충격 방지 기능이 설치돼 있다. 〈그림 33〉에는 Boat Hull Pattern을 제작하는 과정 예시가 나타나 있다. Step 1에서 Thermoplastic을 적층해 최종 제품보다 약간 크게 제작한다. 전체 형상이 제작된 이후 Step 2에서 5축 밀링 가공용 헤드를 통해 설계 요구 조건에 맞도록 표면을 가공하고 크기 공차에 적합하도록 소재 제거를 한다. Step 3에서 표면 처리 후 유리섬유를 통해 몰딩을 제작한다. Step 4에서 몰드 표면 페인팅 및 최종 다듬질을 통해 제품을 생산하는 방식이다.

**\*자동공구교환장치(ATC)**  
- 기계 가공 공정에 필요한 공구를 특정 장소(매거진)에 모아 순서에 따라 자동으로 교환하도록 하며, 스피들에 정확하게 설치하도록 하는 장치다. 추가적으로 보정하는 작업이 필요 없어 공정 효율성을 높일 수 있다.

### 하이브리드 3D 프린팅의 향후 전망

정밀 가공이 가능한 하이브리드 3D 프린팅 공정 기술은 아직 많은 연구가 진행 중이며, 일부 출시 제품도 이제 막 시장에 진출하기 시작한 단계다. 하지만 전체 3D 프린팅 시장 규모가 연간 31%씩 성장해 2022년 260억 달러(약 29조 원)에 달할 것이라는 예측에 비춰보면 하이브리드 3D 프린팅 시장도 동반 성장해 나갈 것으로 전망된다. 또한 하이브리드 3D 프린팅 적용 분야 역시 산업기계, 항공우주, 자동차산업뿐만 아니라 바이오, 메디컬 등 새로운 영역으로 시장을 확대해 나갈 것으로 예상된다. 최근 GE, HP와 같은 글로벌 대기업이 3D 프린팅 시장에 진출하면서 향후 3D 프린팅 시장은 프린팅 공정뿐만 아니라 장비, 소재, SW(인공지능, 빅데이터 등), 컨설팅 등을 종합적으로 서비스하

는 토탈 솔루션의 형태로 발전할 것으로 전망된다. 이 과정에서 다양한 기능을 구현할 수 있는 정밀 가공 하이브리드 3D 프린팅의 중요성이 더욱 커질 것으로 예상되므로 기술 개발 동향 및 시장 변화에 지속적으로 관심을 가져야 할 것으로 판단된다.

### 참고자료

- [1] FLYNN, Joseph M., et al. Hybrid additive and subtractive machine tools—Research and industrial developments. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2016, 101: 79-101.
- [2] SEALY, Michael P., et al. Hybrid Processes in Additive Manufacturing. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2018, 140.6: 060801.
- [3] JONES, Jason B. The Synergies of Hybridizing CNC and Additive Manufacturing. 2014.
- [4] MAAMOUN, Ahmed; ELBESTAWI, Mohamed; VELDHUIS, Stephen. Influence of shot peening on AISI10Mg parts fabricated by additive manufacturing. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 2018, 2.3: 40.
- [5] HÖNNIGE, J. R., et al. Residual stress and texture control in Ti-6Al-4V wire+ arc additively manufactured intersections by stress relief and rolling. *Materials & Design*, 2018, 150: 193-205.
- [6] JONES, Jason B., et al. Remanufacture of turbine blades by laser cladding, machining and in-process scanning in a single machine. 2012.



# 이달의 산업기술상

---

INDUSTRIAL  
TECHNOLOGY  
AWARDS



신기술 부문  
산업통상자원부 장관상

## 표면처리 기술의 새로운 장을 쓰다

한국기계연구원 부설 재료연구소

이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과 확산과 연구자의 사기 진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 신기술 부문은 최근 최종 평가를 받은 R&D 과제 중에서 혁신성이 높은 기술 또는 해당 기간 성과물이 탁월한 기술을 뽑는다. 한국기계연구원 부설 재료연구소가 '1.5m급 대형 표면처리용 선형 이온빔 인출장치 기술 개발' 연구과제를 통해 제품이나 소재 표면을 코팅하기 전에 이물질을 효과적으로 제거할 수 있는 대형 표면처리용 선형 이온빔 인출장치를 개발했다. 이를 통해 태양전지, 식품포장재, 자동차, 가전제품 및 바이오산업에 사용되는 표면처리 공정의 핵심 기술을 국산화하고 선점할 것으로 예상됨에 따라 영예의 장관상에 선정됐다.

# 표면처리 기술의 새로운 장을 쓰다



황제 조면진 사진 사범세

1.5m급 대형 표면처리용  
선형 이온빔 인출장치  
기술 개발

제품의 부식을 방지하기 위한 차원에서 시작된 표면처리 기술은 오늘날 없어서는 안 될 핵심 기술이며, 사실상 소재에서부터 완제품에 이르기까지 산업의 모든 과정에 대한 이해가 없다면 확보하기 힘든 기술임에 분명하다. 이런 가운데 한국기계연구원 부설 재료연구소 김종국 책임연구원(이하 박사)이 기존 기술과는 다른 선형 이온빔(플라즈마) 발생 장치를 통한 대면적 표면처리 기술 개발에 성공해 주목을 받고 있다.

## 고부가가치 대면적 표면처리 기술 개발 성공

대면적 표면처리 기술은 디스플레이, 태양전지 등의 첨단 산업뿐만 아니라 식품용 포장재 코팅, 기능성 의류 표면처리, 강판재 표면처리 등을 비롯한 실생활에 필요한 다양한 분야에 적용되고 있으며, 이러한 중요성 때문에 고부가가치 산업으로 큰 시장을 형성하고 있다.

기존의 대면적 표면처리 기술은 배치 (Batch) 형식의 대면적 플라즈마 기술을 기



## How to

역발상의 개념으로 소형 이온원을 개량해 기초 실험을 진행할 때 똑같은 일을 여러 번 반복하는데도 동일한 결과가 나오지 않았다. 그 원인이 제작된 기계가 아닌 실험 환경, 특히 각 실험자의 인식에서 파생된 것임을 깨달은 것이 기술 개발 성공의 밑바탕이 됐다.

## The Minister Award for New Technology

### 김종국

한국기계연구원 부설 재료연구소 책임연구원

**사업명** 신성장동력장비경쟁력강화사업

**연구과제명** 1.5m급 대형 표면처리용

선형 이온빔 인출장치 기술 개발

**제품명** 선형이온원(Linear Ion Source)

**개발기간** 2012. 9 ~ 2017. 8 (60개월)

**총정부출연금** 3,990백만 원

**개발기관** 한국기계연구원 부설 재료연구소 /

경남 창원시 성산구 창원대로 797 /

055-280-3000 / www.kims.re.kr

**참여연구원** 김종국, 강용진, 장영준, 김도현, 김동식,  
류호준, 김재일, 이상진(이상 재료연구소),  
여기호, 김종협(이상 제이엔엘테크),  
최원호(KAIST)

반으로 반도체, 디스플레이 및 태양전지 분야에 널리 활용돼 왔다. 그러나 10여 년 전부터 대량생산, 저가 공정 개발을 위한 인라인(In-line) 공정 및 롤투롤(Roll-to-Roll, R2R) 공정의 필요성이 대두되면서 선형 이온빔 발생 장치를 통한 대면적 표면처리 기술의 개발이 요구되어 왔다.

또한 유연기판을 활용한 응용 산업, 예를 들면 유연 디스플레이, 유연 태양전지, 유연 저장매체 등의 중요성이 커짐에 따라 유연 기판 처리에 필수적인 롤투롤 기반 표면처리 공정 개발의 중요성이 부각되고 있으며, 대면적 인라인 또는 롤투롤 표면처리 공정 개발을 위해 광폭 표면처리가 가능한 1m 이상의 선형 이온빔 인출 장치의 수요가 전 세계적으로 증가하고 있는 실정이다.

이런 가운데 김 박사의 이번 기술 개발 성공은 단순히 성공의 의미를 뛰어넘어 시장에 큰 영향을 줄 것으로 전망되고 있다. 김 박사는 “우수한 성능의 선형 이온빔 인출 장치를 개발할 경우 대면적 플렉시블 디스플레이 및 태양전지의 전처리·유연소자 보호막 증착 공정에 적용할 수 있다”면서 “고부가가치 강판 소재인 내부식 코팅 냉

연강판의 생산 공정 중 핵심 기술인 강판 산화물 초고속 식각 공정에 적용 가능하며 동시에 고부가가치 산업의 기술 국산화를 달성함으로써 해외 기술 의존도를 낮춰 국가 기술 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것”이라고 밝혔다.

### 해외 선진 기술보다 기술력 우위, 가격경쟁력까지 갖춰

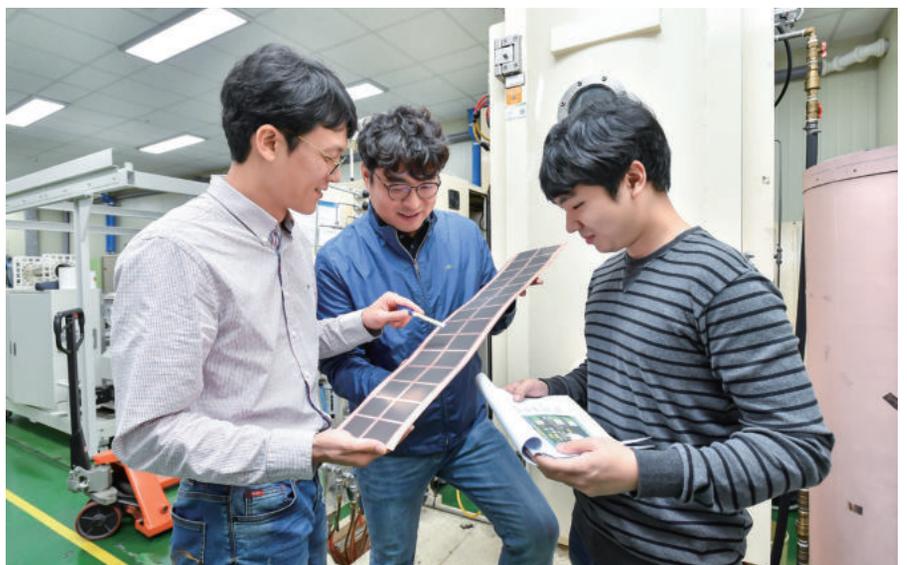
현재, 국내 산업계의 이온빔 인출장치 관련 기술은 기존에 개발된 해외 제품을 모방해 개선한 수준이며, 이온빔 인출 거동 및 Closed Drifting Magnetron 방전에 대한 정확한 분석이 이루어지지 않아 전처리에서 증착까지 다양한 공정에 적용하기에는 부적합한 구조를 가지고 있다.

이로 인해 국내 제품을 해외 제품과 동일 방전 조건에서 비교할 경우, 인출되는 이온빔 전류의 밀도가 떨어지는 데다 최대 인가 가능 전압이 낮아 1keV(전자볼트) 이상의 고에너지 이온빔 인출을 통한 고속 전처리 공정에 적합하지 않다.

그리고 국내 표면처리 시장 중 이온빔 표면처리는 전체 시장의 약 25%를 차지하고 있지만 관련 선형 이온 소스 제작 기술의

## 이온빔

Ion Beam, 이온 흐름의 덩어리로 전하를 띤 분자나 원자의 집단이다. 전기장을 이용해 가속할 수 있으며, 자기장을 가하면 원운동을 하면서 더 높은 에너지를 갖게 된다.





김종국 한국기계연구원 부설 재료연구소 책임연구원

경우 몇몇 국내 기업을 중심으로 해외 선진 기업 제품을 카피해 사용하고 있는 실정이다.

반면, 김 박사가 개발에 성공한 기술은 선형 이온원 폭 1.5m 이상, 가속전압 1500V 이상, 빔전류 밀도 1mA/cm<sup>2</sup>, 균일도 10% 이내의 높은 수준을 달성한 것으로, 기존 대

비 2.3배 이상의 성능 향상은 물론 메인テナンス 작업의 효과적인 시간 배분과 활용 인력의 최소화로 생산성을 높였다.

이에 대해 김 박사는 “본 과제를 통한 선형 이온 소스 제작 및 표면처리 공정 개발로 지식재산권과 관련된 특허를 중심으로 기술 경쟁력을 확보했으며, 개발 이후 선형 이온 소스 성능 주요 인자 및 전극 구조 개선을 통해 초기 선형 소스 대비 2.3배 이상의 성능 향상 및 ±6.0% 이내의 균일도를 확보했다”며 “사용 목적에 따라 최적화해 제작 설계안을 도출했고 광폭(1.5m 이상) 선형 이온빔을 장시간(>50hr) 안정적으로 인출해 현재 생산 현장에서 활용하고 있다”고 말했다.

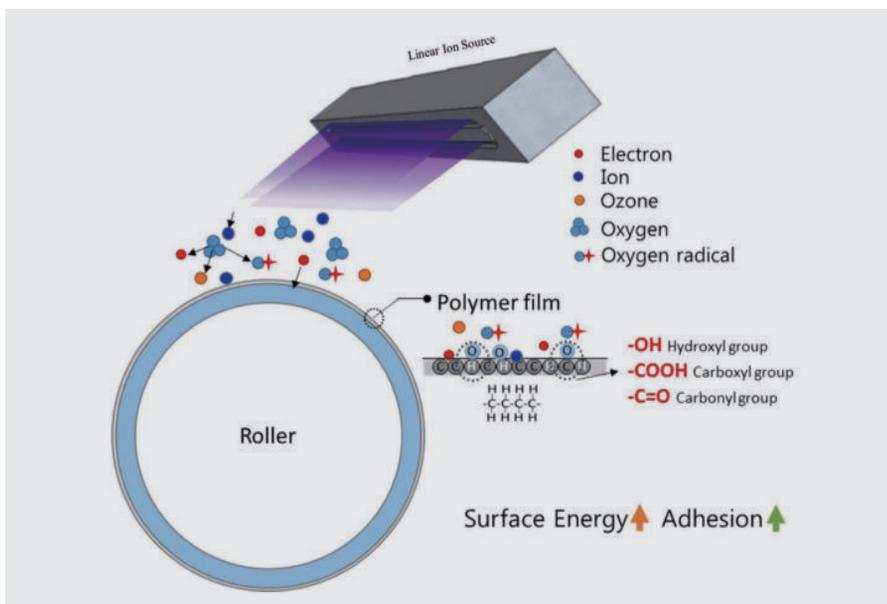
더불어 “양산 공정 시 숙련된 작업자의 메인テナンス 시간을 4시간에서 0.5시간으로 대폭 단축시킴으로써 작업자가 장비 유지 및 보수에 소비하는 시간을 줄이고 업무의 기동력을 확보했으며, 같은 시간(0.5시간)에 메인テナンス을 끝내기 위해 동원되는 인력을 절반가량으로 줄였다”고 덧붙였다.

## 다양한 애플리케이션 개발 통해 기술 확장 모색

한편 앞으로의 계획 및 목표와 관련해 김 박사는 우선 “진공 플라즈마 장치산업에서 한국은 유럽, 미국, 일본 등에 뒤져 있으며, 국내 대기업의 경우 IT, 가전, 디스플레이 분야 등에서 수조~수십조 원의 매출을 올리고는 있지만 생산 인프라 구성 시 생산시설을 확보해야 하는 것은 물론 진공 플라즈마 장비 또한 외국에서 도입하는 실정”이라며 “이번에 개발한 기술이 선진 기술보다 우위에 있고 가격경쟁력도 갖춘 것으로 전망돼 앞으로 본 기술이 적용된 장치가 국내외로도 많이 수출될 것으로 기대된다”고 강조했다.

그는 또 “양극층 선형 이온빔 기술은 1950년대부터 개발하기 시작해 관련 원천 기술의 특허권이 공개돼 있으나 기본적인 원천 기술 자료는 1990년대 동유럽에서만 활용, 서유럽권이나 국내에서 자료를 찾을 수 없어 개발하는 데 상당히 애를 먹었다”며 “본 기술이 적용된 산업 현장에서 각종 사례들을 수집해 데이터베이스를 축적하고 다양한 애플리케이션을 개발하는 등 기술 확장성에 중점을 둘 계획”이라고 밝혔다.

또한 “참여기관인 제이엔엘테크의 경우 이 기술을 활용해 국내 대기업과 해외 업체에까지 선형 이온빔 및 이와 관련된 장치를 수출하고 있기에 앞으로 더 많은 수요가 창출될 수 있도록 기술 지원은 물론이고 협력체계를 공고히 함으로써 연구소 본연의 임무와 목적 실현에 앞장서겠다”고 말했다.



더 나은 내일을 위한 동행,  
이제 신한은행과 함께 하세요

전용  
대출

기술사업화  
컨설팅

금융  
프로그램  
(법률자문 서비스 등)

산업통상자원부와 신한은행이 함께하는

# R&D 수행 중소·중견기업 지원 프로그램 안내

신한은행은 산업통상자원부 R&D 자금 전담은행으로  
다음과 같은 지원 프로그램을 운영하고 있습니다.

## R&D 사업화자금 전용 대출

R&D 수행 중소·중견기업을 위해 대출을 시행하고 있습니다.  
(신한 산업기술 우수기업 대출)

## 기술사업화 컨설팅

기술사업화 컨설팅 제공을 통해 기업의 성공을 지원합니다.

## 신한은행 대표 금융프로그램 (법률자문 서비스 등)

지역변호사회 연결을 통한 법률자문 서비스 등 기업에게  
꼭 필요한 다양한 프로그램을 제공합니다.

- 신청대상 산업통상자원부 선정 R&D 과제 수행 중소·중견기업
- 신청방법 신한은행 기관고객1본부 산업통상자원부 R&D 자금전담은행 담당자 전화 ☎ 02-2151-5581)

※금융기관 신용관리대상자 등 여신부적격자에 대하여 대출이 제한될 수 있습니다.





# 이달의 산업기술상

INDUSTRIAL  
TECHNOLOGY  
AWARDS



사업화 기술 부문  
산업통상자원부 장관상

## 더 이상 위험한 고압산소통은 필요 없다

(주)엔에프

이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과의 확산과 연구자의 사기 진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 사업화 기술 부문은 종료 후 5년 이내 과제 중 매출·수출 신장, 고용 확대 등의 사업화 성과 창출에 크게 기여한 기술을 시상한다. (주)엔에프가 '외부 진단 및 원격 감시 모니터링시스템을 탑재한 병원용 자동산소공급시스템 개발' 연구과제를 통해 사물인터넷 기술과 접목해 사용자 편의성을 높인 전기 발생 방식 산소공급시스템을 개발했다. 전기로 산소를 발생시켜 공급하는 이 시스템은 기존의 대형 위주로 활용되던 제품을 산소 발생 유닛의 장치 소형화를 통해 실용성을 확보함으로써 사업화 성과가 기대됨에 따라 영예의 장관상을 수상했다.

# 더 이상 위험한 고압산소통은 필요 없다



취재 조명한 사진 사범세

외부 진단 및 원격 감시  
모니터링시스템을 탑재한  
병원용 자동산소공급시스템 개발

일반적으로 병원용 산소공급시스템은 고압산소통을 사용해 병실에 위치한 중환자에게 산소를 공급하는 방식이다. 그러나 폭발 위험성은 물론이고 교환주기가 짧아 산소가 완전히 소모될 경우 별도의 알람을 통해 경고하며, 예비 산소 미확보 시 위험한 상황을 초래하는 문제점을 안고 있어 이에 대한 개선이 요구돼 왔다. 이런 가운데 의료·산업용 산소공급시스템을 주력으로 생산하는 (주)엔에프가 원격 모니터링 시스템을 탑재한 병원용 자동산소공급시

스템을 개발해 화제가 되고 있다.

## IoT 기술 접목한 안전하고 지속적인 자동산소공급시스템 개발

‘일본의 슈바이처’로 추앙받는 세균학자 노구치 히데오(野口英世)가 그의 논문에서 ‘모든 질병은 산소 결핍으로부터 온다’고 주장했듯이 산소는 지구상에 존재하는 모든 생명체에게 없어서는 안 될 가장 중요한 물질이다.

2016년 국내 의료사고 중 안타까운 사건



### How to

사물인터넷(IoT) 기술 접목 과정에서 중소기업의 특성상 상당히 어려운 부분이 많았지만 소프트웨어 개발 능력을 갖춘 외부업체 정보를 최대한 활용, 협력이 가능한 업체를 선정해 기술 구현에 집중할 결과 현재 개발 제품 기술을 확보할 수 있었다. 무엇보다 사용자의 요구사항을 철저히 그리고 지속적으로 반영한 것이 성공의 바탕이 됐다.

**The Minister Award for Commercialization Technology**

**이상곤**  
(주)엔에프 대표이사

**사업명** 사업화연계기술개발사업  
**연구과제명** 외부 진단 및 원격 감시 모니터링시스템을 탑재한 병원용 자동산소공급시스템 개발  
**제품명** O2REX (MOSS-450GS, 300GS)  
**개발기간** 2016. 7 ~ 2017. 12 (18개월)  
**총정부출연금** 1,050백만 원  
**개발기관** (주)엔에프 / 부산광역시 기장군 기장읍 기장대로 413번길 86 / 051-505-1192 / www.nfeco.co.kr  
**참여연구진** 이상곤, 김회곤, 서재권, 김승철, 이종구, 김상훈, 황태웅, 서화진, 진준엽, 이지용, 정지오

이 하나 있었다. 10세 어린이가 산소 공급을 제때 받지 못해 의식불명 상태에 빠진 것. 이렇듯 중환자에게 있어 산소 공급은 생사를 결정하는 중요한 요소다.

그러나 현재 병원의 산소공급시스템은 여전히 아날로그 시대에 머물러 있다. 몇몇 대학병원을 제외하고 중소병원의 산소공급시스템은 아직도 정압시설을 통해 가스를 공급하는 것과 유사한 방식을 사용하고 있다. 따라서 의료사고의 위험성이 늘상존하는 게 현실이다.

이런 가운데 엔에프의 '외부진단 및 원격감시 모니터링시스템을 탑재한 병원용 자동산소공급시스템 개발'의 성공은 고순도의 산소를 안정적으로 공급해 환자의 건강과 생명을 좀 더 쉽게 관리할 수 있게 됐다는 점에서 좋은 평가를 받고 있다.

이와 관련해 이상곤 대표는 "본 기술 개발 및 사업화 성공은 주요 사용처인 병원에서 보다 안전하고 지속적인 산소 공급을 통해 환자의 건강과 생명을 관리하기 위한 최적의 의료 환경을 구축하고 기존 산소발생 기술에 IoT 기술을 접목, 사용자 편의성 향상과 시스템 안정화를 구현했다는 측면에서 큰 의미가 있다"고 말했다.

**산소 발생 유닛 소형화 및 잔여 산소 충전시스템 독자 개발**

엔에프가 개발에 성공한 기술은 병원에서 사용하고 있는 고압산소통 대신 전기를 활용해 무한 발생하는 산소를 공급 분배기인 매니폴더를 통해 병실 환자들에게 안전하게 공급하는 기술이다. 주요 기술로는 외부진단 및 원격감시 모니터링 기술과 산소발생장치의 안정화 기술을 들 수 있다.

우선 외부진단 및 원격감시 모니터링 기술은 관리자가 시스템 운전 상황 및 향후 위험 상황을 쉽게 예측함으로써 신속하게 시스템을 관리하고 대응하기 위한 기술이다. 시스템 특징은 운영 정보의 정량적 데이터를 확보하기 위해 각종 센서를 활용, 획득한 데이터를 디지털 신호로 변환해 서버가 이를 수집한 후 데이터를 송출하고 웹과 애플리케이션이 데이터를 시각적으로 표현함으로써 모니터링이 가능한 정보를 제공하는 것이다.

다음으로 산소발생장치 안정화 기술은 병원에서 보다 안전하고 지속적으로 산소를 공급해 환자의 건강과 생명을 관리하는 한편 최적의 의료환경을 구축하기 위한 기술이며, 이는 병원 현장에서 사용하는 의

**IoT**

Internet of Things의 약자로 사물인터넷을 뜻함. 유·무선 통신망으로 연결된 기기들이 사람의 개입 없이 센서 등을 통해 수집한 정보를 서로 주고받아서 스스로 일을 처리하는 것을 의미한다. 1999년 케빈 애쉬턴 미국 매사추세츠공대(MIT) 교수가 처음 용어를 사용했다.





이상곤 (주)엔에프 대표이사

로기기로서 지속적인 산소 공급의 안전성에 중점을 두고 있다.

이를 위해 엔에프는 산소 발생 제올라이트 흡착탑과 산소발생장치 전용 솔레노이드 밸브를 자체 개발한 것은 물론이고 특허를 획득한 산소발생장치 수분 제거 전처

리 기술과 내부 적정 온도 관리를 위해 분리형 케이스 및 잔여 산소 충전 시스템을 개발했다.

이 대표는 “기존 시스템의 경우 아날로그 방식으로 산소만 공급하는 형태였던 반면, 이번 기술은 IoT 플랫폼을 적용해 시스템 정보를 사용자에게 제공함으로써 사용자의 불편을 해소하고 정보 제공의 편의성을 향상시켰으며, 대형 위주로 활용되고 있는 기존 시스템과 달리 산소 발생 유닛의 장치 소형화를 통해 실용성을 확보(MA-PSA 특허기술)하는 등 차별화를 뒀다. 또 산소가 사용되지 않는 환경에 대비해 잔여 산소를 충전하는 충전시스템 기술을 확보함으로써 시스템 사용의 재활용과 안전성 확보 기술을 구현했다”고 설명했다.

### 해외 시장에서 각광, 공기질 관리 분야 글로벌 강소기업 목표

한편 이러한 기술 개발 성과는 곧바로 사업화에도 청신호로 이어졌다. 이미 국내의

경우 의료용 산소공급시스템 분야에서 후발업체가 거의 없는 독보적 상태인 데다 기존에 관리 중인 병원 약 500곳 외에 개발에 성공한 이 기술이 적용된 제품을 상용화하면 시장 점유율을 95% 이상 확보할 수 있을 것으로 전망된다.

여기에 촉진BD(Business Development)와 연계된 기술사업화를 위해 전시회 참가 등 해외 마케팅 활동을 통해 인도, 필리핀, 베트남 등 바이어 확보와 지속적인 판로 개척 활동을 펼친 결과 2017년 6월 인도 CALITECH와 의료용 제품 공급계약을 체결했고, 같은 해 12월에는 필리핀 대상 국내 공급업체인 씨앤케이바이오(주), 베트남 Ocean Medical과 공급 계약을 체결하는 등 주로 동남아시아 시장에서 두각을 나타내고 있다.

앞으로의 계획 및 목표와 관련해 이 대표는 “호흡기기(산소발생장치) 의료 분야의 신기술 확보로 환자생명유지장치 응용 기술 선점을 비롯해 자동산소발생장치의 내구성, 안전성 등과 관련된 차세대 기술 확보와 제어·운영시스템 구축으로 신규 시장을 확보할 계획이다. 또한 수산, 양식, 재난대비용 등 산소가 필요한 다양한 분야에 기술을 응용함으로써 응용 산소 공급 기술 분야로 사업을 확대해 나갈 것”이라고 밝혔다.

또한 “최근 환경오염 문제가 심각한 수준에 이르렀다. 이에 따라 공기 정화에 관심이 높아지고 있는데 특히 산소를 이용한 청정 공기 정화 분야로 사업을 확대할 방침이며, 향후 지속적인 기술 개발로 공기 살균 기능을 접목함으로써 이 시장을 선점해 공기질 관리 분야 글로벌 강소기업이 되는 게 목표”라고 덧붙였다.



# Innovation Bank of Korea

## 나는 새롭다

은행을 벗어나자  
금융이 있어야 할 곳은 고객의 옆이다

당신을 이롭게 금융을 혁신하다  
Innovation **Bank of Korea**



IBK캐피탈 IBK투자증권 IBK연금보험 IBK자산운용 IBK저축은행 IBK시스템 IBK신용정보



참! 좋은 은행

**IBK기업은행**

# 최고의 금융파트너 우리나라 1등은행이 함께합니다



## R&D 수행 중소·중견기업 사업화 지원 프로그램 종합안내



R&D 사업화자금  
전용 대출

R&D 사업수행  
중소·중견기업을 위한

우리 R&D 플러스론



고객만족을 위한  
맞춤형 컨설팅

다양한 분야별  
컨설팅 제공을 통한

기업의 성공 지원



우리은행 대표  
금융프로그램

R&D 기업대상  
수출입 업무 등 교육지원

다양한 프로그램 제공

**신청대상** 산업통상자원부 선정 R&D 과제 수행 중소·중견기업

**신청방법** 우리은행 기관영업전략부 산업통상자원부 R&D자금 전담은행 담당자 전화(☎02-2002-3348)  
※ 금융기관 신용관리대상자 등 여신부적격자에 대하여 대출이 제한될 수 있습니다.

# 이달의 새로 나온 기술

산업통상자원부 연구개발 과제 중  
최근 성공적으로 개발이 완료된 신기술을 소개한다.  
화학 2개, 지식서비스 1개, 전기·전자 1개로  
총 4개의 신기술이 나왔다.

## 화학

- 나노 소재 수요 연계 제품화
- 은나노세라믹컴퍼지트를 적용한 항생물막 플라스틱 및 강관 위생수도관

## 지식서비스

- 나노 입체 필름의 독점적 기술을 활용한 3D 네일 제품과 전용 큐어링 램프

## 전기·전자

- 외부 충전 없이 반영구적으로 사용이 가능한  $10\text{mWh}/\text{cm}^2$ 급 동위원소 기반 전고상 하이브리드 전지 원천 기술

# 나노 소재 수요 연계 제품화

이달의 새로 나온 기술 화학 부문

나노융합산업연구조합\_ 나노소재수요연계제품화적용기술개발

기술의 의의 혁신적 나노 융합 제품 출시 및 나노 융합 산업 경쟁력 제고.

» 나노 소재는 하나의 기술내용 제품이 다양한 산업 분야 제품에 융·복합할 수 있으며, 기존 제품의 고부가가치화 및 신시장 창출이 가능한 분야임. 이에 따라 140개 정부 국정과제의 '창조경제 생태계 조성 전략' 중 융합 신산업 육성 분야에 포함돼 기술 융합을 통한 창조산업 육성 및 견인에 기여할 핵심 분야로 인식되고 있음. 하지만 현재 나노 제품은 기초 소재 및 중간재, 부품이 주류로서 수요처 제품에 적용되기 위해서는 수요 제품 연계 및 적용 기술 개발 등의 노력이 필요한 실정임. 한편 나노 기업은 소재기업이 50%를 차지, 원료 및 중간재 생산 비중(65%)이 높

아 나노 소재 응용 제품의 융합 제품화가 나노 융합 사업화 촉진의 시발점임. 이에 나노 소재의 사업화 및 산업 생태계 조성, Supply-chain 형성 등 나노 소재가 수요처에 적용돼 융합 제품을 창출하고 기업 활동을 촉진해 줄 수 있는 기술 개발 지원이 시급함. 이러한 가운데 본 연구과제를 통해 나노기업의 소재와 부품이 수요기업의 제품에 적용돼 우수 융합 제품이 출시될 수 있도록 지원 및 사업 다각화를 실현함. 이와 관련해 기존 제품의 성능과 기능을 혁신하는 나노 융합 제품 출시 및 사업화 성과를 창출함. 또한 나노-수요기업의 수요가 반영된 사업화 유망 나노 소재 제품의 융합 제품화 기술 개

발을 통해 신제품 · 신산업을 창출하고 나노 융합 제품의 사업화 성공 모델을 제시함. 더불어 나노 소재 · 제품이 타 산업과 융합돼 나노 중소기업이 매출을 증대시킬 수 있는 생태환경을 조성하고, 고부가가치 신시장 창출을 통한 창조경제 실현을 견인함.

» 적용분야 알루미늄 나노 복합 소재를 적용한 전기차 동차용 배터리 커버 부품 개발, 무접촉제 2층 FCCL용 동박막 제조를 위한 나노 소재 공정 개발, 초선도 선재를 이용한 산업용 인덕션 개발, CNT 첨가제로 고효율 1, 2차전지용 개발, 30분 이상 차열성을 가진 차열방화문용 나노실리카 내화단열심재 개발.

» 향후계획 초전도선재 개발(고자기장하에서의 초전도 전력기기의 최적화 제작업체와 초전도 전력기기 등을 주요 고객으로 수요처 발굴), CNT슬러리를 통한 국내외 전시회사 인증 테스트를 시작으로 산업용 및 특수용도의 리튬 1, 2차전지 모델 개발 판매 계획.

» 연구개발기관 나노융합산업연구조합 / 031-548-2028 / www.nanokorea.net

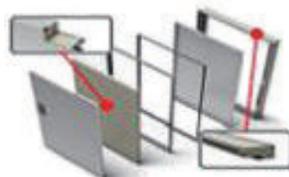
» 참여연구진 나노융합산업연구조합 이남양, 한상록, 박재민, 박주영 외



1, 2차전지용 양극 · 음극의 전도성 첨가제로서의 CNT슬러리 적용 제품



저가 나노 재료 적용 금속 박막층 형성 및 시스템 개발



초다공질 실리카 기반 차열 방화문용 내화단열 심재

# 은나노세라믹컴퍼지트를 적용한 항생물막 플라스틱 및 강관 위생수도관

이달의 새로 나온 기술 화학 부문

(주)테라하임\_ 나노소재수요연계제품화학적용기술개발

## 기술의 의의

깨끗한 물 보급이라는 신뢰도 회복은 물론이고 경제적인 관망관리가 가능함.

» 우리나라 국민의 수  
기술내용 |-dot 물 만족도는 59%지  
만 직접 음용률은 5%  
수준으로, 영국 미국 일본 등 음용  
률이 50%를 넘는 선진국에 비해 턱  
없이 모자란 것으로 알려져 있음.  
현재 국내에서는 건강한 수돗물을  
만드는 데 매년 5조 원이 넘는 예산  
을 투입하고 있으나 효과는 미미한  
수준임. 양질의 수돗물을 안전하게  
공급받기 원하는 소비자들의 욕구  
가 증가하고 있으나, 수돗물 급·배  
수계통에서 처리수의 수질이 저하  
될 수 있어 급·배수시설의 운영 및  
유지 관리에 대한 중요성이 부각되  
고 있음. 따라서 수도관을 수돗물을  
공급하는 파이프라는 단순한 개념  
을 넘어 위생과 안전 기능을 가진  
고기능 고부가가치 제품으로 업그  
레이드해 새로운 시장을 창출할 필

요가 있음. 이에 본 기술 및 제품 개  
발을 통해 항생물막(Anti-biofilm)  
수도관으로의 교체 사업, 교체 후  
유지 갱생 사업을 통한 고용 창출,  
파이프산업 발전 등이 이루어질 수  
있음. 이때 항생물막 수도관을 적  
용, 청소주기를 현저하게 낮추고  
수돗물 직음용률을 높여 획기적인  
비용 절감을 도모할 수 있음. 이러  
한 수도관은 선진국에서의 수돗물  
품질 향상 노력과 수인성 전염병에  
쉽게 노출되는 저개발국가의 환경  
을 고려할 때 기존 수도관을 대체  
할 수 있는, 전 세계적으로 새로운  
수도관 시장 형성과 패러다임의 변  
화를 가져올 수 있음. 이와 관련해  
TerraSAN은 은나노세라믹컴퍼지  
트 성분으로 안정적이고 무독성임  
에도 높은 항균성을 띠는 물질로,  
본 연구과제에서 이 소재를 플라스

틱이나 강관 코팅 도료에 섞어 수도  
관에 적용, 수도관 내 생물막 형성  
을 저지하는 기술을 개발함.

» △산업체 대상 : 미생  
적용분야 | 물 오염에 민감한 산  
업 분야(제약, 식품산  
업 등) 생산라인의 배관, 스마트팜이  
나 대량 비닐하우스와 동물사육시설  
의 물 공급 배관 등 △공공설비 : 광  
역 및 지방 신설 수도관망 및 수도관  
갱생 사업용 배관과 자재, 정수장 등  
수돗물 생산 및 공급시설 관련 배관  
△건설 분야 : 주거용 건축물의 옥내  
배관 및 특수 배관

» TerraSAN 항생물막  
향후계획 | 콤팩트 자가진단 정수  
기, 항생물막 물탱크,  
항생물막 멤브레인 등 관련 제품의  
개발로 산업 및 소비재 시장에 진출  
할 계획임.

» (주)테라하임 /  
연구  
개발기관 | 070-7794-7401 /  
www.terraheim.co.kr

» (주)테라하임 이해경, 최  
참여  
연구진 | 길배, 유련, 신상호, 주  
성이엔지(주)양기영 외



TerraSAN 항생물막 HDPE이중관(샘플)과 코팅 강관



TerraSAN 항생물막 수도관의 원료(투명한 레진과 달리 탁한 우윳빛 레진이 TerraSAN 매스터 배지, 검은색은 수도관 착색용 탄소 알갱이)



생산된 샘플 파이프

# 나노 입체 필름의 독점적 기술을 활용한 3D 네일 제품과 전용 큐어링 램프

이달의 새로 나온 기술 지식서비스 부문

(주)엔에스디자인\_글로벌디자인전문기업육성

## 기술의 의의

고난도 위조 방지 3D 입체 기술을 통해 뷰티 시장에 새로운 트렌드를 제시함.

» 뷰티 관련(네일) 산업은 경기 침체에도 불구하고 지속적으로 성장 중인 유망 산업임. 따라서 네일 시장에 대한 주도권을 확보하기 위해 전 세계 독점적 입체 기술을 활용해 글로벌 네일 시장 선점이 필요함. 한편, 현재까지 개발된 네일 제품과 기법은 모두 평면적인 표현과 효과에 적용할 수 있는 방법으로 개발됐음. 이에 본 연구과제를 통해 세계 최초로 입체 효과를 나타내는 네일 제품 개발을 추진함. 본 개발에 적용될 핵심 기술은 지폐에 적용된 위조 방지 보완 나노 입체 기술로 세계적으로도 2개국만 구현 가능한 독점적

기술임. 제품 개발 후 사용하는 방법에서도 기존 제품과 차별화된 사용 방법을 제시, 현재 가장 문제가 되고 있는 손톱 손상의 근본적 문제를 해결하고자 함. 이렇듯 본 개발 제품은 3D 입체 효과 네일뿐만 아니라 직접 손톱 표면에 젤을 바르지 않은 사용자 환경을 구축해 UV LED 램프의 노출 해소로 손톱 건강을 지킴. 특히 본 사업에 적용된 기술은 고난도 위조 방지 3D 입체 기술로 독점적 특허를 가지고 있으며 한국조폐공사에 납품됨. 이처럼 우수한 특성의 기술 소재가 특수한 분야에만 적용되고 있어 해당 기술을 뷰티 제품군에 응용함으로써 관련 산업 규모의 확

대와 뷰티 시장에 새로운 트렌드를 제시하는 상호 보완 성장이 가능함.

**적용분야** » 손톱 손상과 중금속 검출 등 유해성이 문제가 되는 젤 타입의

큐어링 시장을 대체하는 패션 네일 큐어링 분야. 기존 평면 네일아트를 뛰어넘은 새로운 3D 입체 네일팁 시장, 네일숍 또는 개인이 직접 큐어링 가능한 시장 확보 등.

**향후계획** » 3D 입체 필름의 대량 생산(Roll)을 통해 단가를 낮추고, 다양한 색상 점

목과 나노 패턴을 개발해 입체 효율을 더욱 끌어올린 필름을 만들어 뷰티 분야뿐 아니라 일반 산업 제품의 소재로 적용할 수 있도록 사용 영역을 확장.

**연구 개발기관** » (주)엔에스디자인 / 053-625-5288 / www.ensdesign.co.kr

**참여 연구진** » (주)엔에스디자인 박흥식, 이수향, 김남수, 쓰리에스엠케이 강명석,

박성한 외



# 외부 충전 없이 반영구적으로 사용이 가능한 10mWh/cm<sup>2</sup>급 동위원소 기반 전고상 하이브리드 전지 원천 기술

이달의 새로 나온 기술 전기·전자부문

(재)대구테크노파크나노융합실용화센터\_나노융합산업핵심기술개발사업

## 기술의 의의

국내 최초로 외부 환경 조건에 상관없이 반영구적(최소 10년 이상)으로 사용 가능한 하이브리드 전지의 핵심 원천 기술 개발.

» 기존 물리전지는 온도·습도 등 외부 조건에 따라 성능 저하가 크며, 수명의 한계로 인해 전원 공급이 장기간 필요한 곳에서는 활용에 제약을 받음. 반면 새로운 물리전지인 동위원소 기반 하이브리드 전지는 자가충전식이며 방사성 동위원소의 반감기에 비례해 장수명임. 또 외부 조건에 영향을 받지 않고 전원 공급이 가능해 그 활용성을 크게 확장할 수 있는 차세대 전지 기술임. 방사성 동위원소 전지에서 지속적으로 나오는 초미세 전력을 직접 사용하기보다는 이를 저장 후 활용하기 위한 저장 소자로 폭발 위험

성 및 자가방전율이 기존 2차전지에 비해 획기적으로 낮은 전고체 전지의 개발이 필수적이어서 최근 전세계적으로 차세대 전지로 연구개발이 진행 중임. 이러한 가운데 본 연구과제를 통해 미소전력의 출력 범위에서 반영구(최소 10년 이상)적으로 사용 가능한 방사성 동위원소(순 베타선원) 기반 전고상 하이브리드 전지 핵심 원천 기술을 개발함.

» 방사능 및 극한 환경인 원전 사고, 사회기반 시설 외부 환경 독립형 자가전력공급원 등 국민 안전과 국방 및 우주·항공 분야인 DoD Anti-

damper, 심우주 탐사선, 블랙박스 등에 장수명 배터리로 사용이 가능함. 의료 분야인 DBS, Pacemaker, 인공심장, 광유전학 신경질환 치료용 발광체 등 장수명 배터리 확보에 따른 생명 유지의 혁신(배터리 교체 시기 5년→20년 이상)을 불러올 것으로 예상됨.

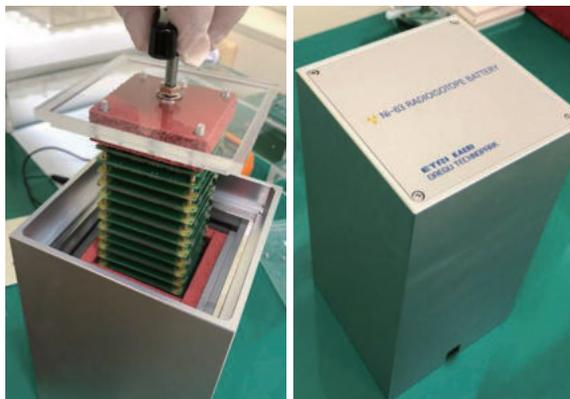
» 재난안전, 환경감시 등 국민 안전과 직결되는 분야를 모니터링하기 위한 안전 감시 시스템에 대한 수요가 늘어남에 따라 베타전지 기반 반영구 독립전원 시스템을 전력 공급원으로 사용하는 안전 감시 시스템의 상용화 사업을 추진할 계획임.

» (재)대구테크노파크나노융합실용화센터 / 053-602-1716 / www.ttp.org

» (재)대구테크노파크나노융합실용화센터 황철균, 김보성, 한국전자통신연구원 최병건, 한국원자력연구원 손광재, 가천대 윤영수, 한양대 신동욱, 경기대 박용준, (재)포항산업과학연구원 남상철, (주)AVACO 도진영, (주)맨텍 김우정 외



베타전지를 이용한 LED·LCD 구동 시연



세계 최고 수준의 반영구 베타전지 시제품

# 장비 · 제어 · 공정 통합 가상공작기계 기술 및 공작기계 지능화

가상공작기계는 가상환경에서 실물 공작기계를 대체해 표현, 분석, 시험평가(가공품질, 생산성)를 할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모델이다. 초기에는 가상 시제품(Virtual Prototyping)을 통한 신제품 개발 단계에서의 시행착오 방지, 개발 비용 · 시간 단축에 방점을 찍었으나 오늘날에는 디지털 트윈(Digital Twin) 또는 CPS(Cyber Physical System) 개념과 결합돼 실제 공작기계와의 실시간 동기 및 장비 지능화 관점으로 관심이 확대되고 있다.

## 개발이 필요한 이유

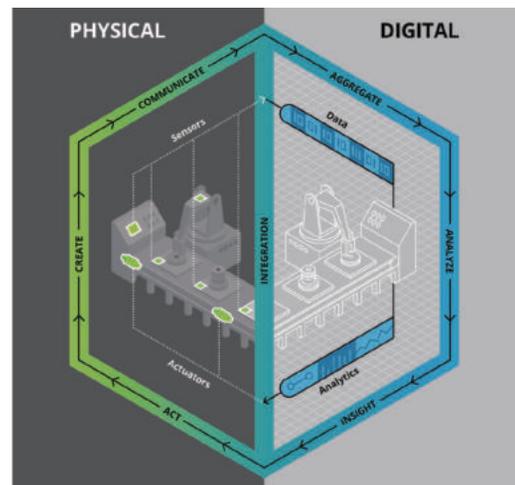
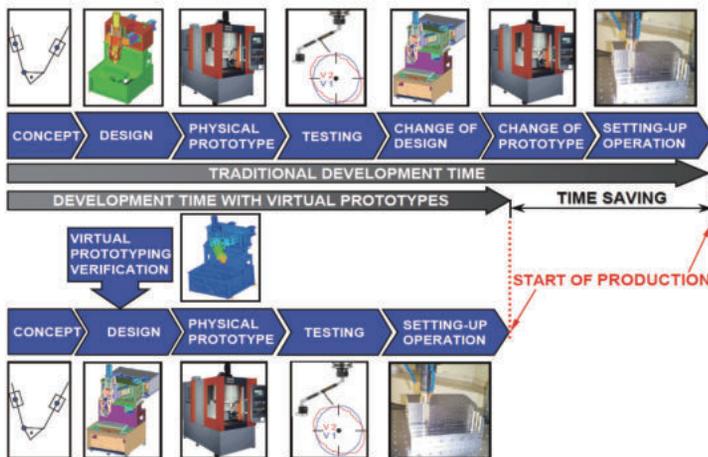
4차 산업혁명을 선도하는 인더스트리 4.0에서 정보통신기술(CT)을 바탕으로 생산설비 스스로 작업 방식을 결정하는 스마트 공장(Smart Factory) 구현을 위해서는 장비 단위의 지능화가 필수적이다.

특히 금형, 자동차, 항공산업 등 첨단 고부가가치 기계부품의 수요가 증가하고 휴대폰 케이스와 같이 전통적으로 대량생산되던 부품에서 기계 가공이 확대 적용됨에 따라 전 세계적으로 가공장비 지능화에 대

한 요구가 증가하고 있다. 더불어 인구 감소와 함께 제조업 기피 현상으로 가공 전문인력의 지속적인 감소가 예상되며, 작업자의 노하우에 의존하는 가공 프로세스를 장비 · 공정 지능화를 통해 무인화하는 개념으로 획기적 전환이 필요한 상황이다. 또한 기존 자동화 기술로는 달성할 수 없는 지능화 레벨을 최신 ICT를 활용한 가상 가공시스템 개념을 통해 구현함으로써 신규 시장 창출도 가능하다.

이러한 가공장비의 지능화를 위해서는

스마트 센서 네트워크 단계, 단순 데이터의 정보화 단계, 사이버 공간에서의 물리적 모델링, 인지 및 결정능력 단계, 스스로 최적화하는 단계로 구분할 수 있는 기능이 필요하다. 이런 기능을 바탕으로 가공장비는 모니터링 → 제어 · 예견 → 최적화 → 자율운전 순으로 발전할 수 있다. 이와 관련해 현재 사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 장비 유지보수, 공정지원 관련 지능화 서비스가 활발히 진행 중(지능화 단계 1, 2)이다.



〈그림 1〉 가상공작기계 기술 트렌드

출처 : Y. Altintas, "Virtual Machine Tool", CIRP Annals, 2005(좌) / Deloitte, "Industry 4.0 and the digital twin—Manufacturing meets its match", 2017(우)

하지만 가공장비나 공정의 물리적 모델에 기반을 두지 않은 상태에서 비교적 짧은 기간에 추출된 신호에만 의존한 진단 방식은 판단의 정확도에 한계가 있으며, 지능화 단계 3 이상으로의 진입을 위한 기술 투자가 필요한 상황이다. 또한 사전 최적화 및 공정 모니터링·진단 등에서 다양한 상용화 시스템·솔루션이 출시되고 있으나, 장비 간 성능·노후도 편차, 가공물 형상·가공량 변화에 대한 고려가 미흡하고 오작동이 빈번해 활용성 및 신뢰성 측면에서 한계가 존재한다.

한편, 지능형 가공장비, ICT 요소 및 소프트웨어(SW), 시스템 패키지, CNC를 포함한 지능형 가공시스템 세계 시장 규모는 2010년 293억 달러에서 스마트 공장 확산에 따라 연평균 10.7%의 성장률로 2020년 813억 달러의 시장을 형성할 것으로 전망되며, 장비-시스템-운영솔루션(SW·서비스)이 결합된 시스템 패키지 비즈니스로 패러다임이 바뀌고 있다.

### 핵심 기술 및 주요 연구내용

본 프로젝트의 목표는 실제 장비·공정 거동의 정확한 시뮬레이션 및 가공 공정과의 실시간 연동이 가능한 가상공작기계 구현과 이에 기반해 HMI에 연계 가능한 공작기계 지능화 원천 기술 개발이다. 위치 변동에 따른 장비의 구조특성 변화, 상용 CNC 제어기, 가공 공정의 특성을 반영해 동적 공구 경로 예측, 가공 공정 고속 시뮬레이션이 가능한 가상공작기계 기술 및 시간에 따른 장비·공정 특성 변화를 가상공작기계 모델에 자동으로 반영할 수 있는 주요 파라미터 식별 기술과 가상공작기계 기술에 기반한 NC 코드 최적화(가공품질, 생산성), 공정 이상 진단(공구 마모·파손, 채터에 대한 진단·대응 신뢰성 향상), 가공 오차 예측, 노후에 따른 장비 상태 이력 모니터링 등을 수행할 수 있는 HMI에 연계 가능한 지능화 제어·운영 솔루션 기술을 포함한다.

핵심 기술은 크게 3가지로 첫째, 장비·제어기·가공 공정을 통합한 가상공작기

계 구현 및 정확도 향상 기술 개발이다. 이와 관련해 장비 구조모델과 상용 CNC 제어기 모델을 통합한 동적 공구 경로 시뮬레이션 기술을 비롯해 실가공과의 동기화를 위한 GPU 병렬연산 활용 고속 모사 가공 기술, 가상공작기계 정확도 향상을 위한 공정·장비 구조모델의 자동식별 기술 개발을 추진한다. 둘째, 가상공작기계 기반 공작기계 지능화 원천 기술 개발이다. 이와 관련해 장비·제어 성능, 가공부하, 가공품질을 고려한 NC 코드 최적화 기술을 비롯해 가공부하 실시간 예측·비교를 통한 공정 이상 진단 신뢰성 향상 기술, 공정 모니터링 기반의 이송계·스핀들 노후도 진단 및 제어 최적화 기술 개발을 추진한다. 셋째, 가상공작기계·지능화 원천 기술 통합 및 상용 장비 대상 실증이다. 이와 관련해 가상공작기계·지능화 원천 기술의 통합 및 HMI와 연계 가능한 지능화 SW를 개발하고, 3축 메탈케이스 및 5축 자동차부품 가공을 대상으로 한 원천 기술을 실증한다.

<표 1> 지능형 가공시스템 세계 시장 규모

(단위 : 억 달러)

출처 : ICT 융합 스마트 가공시스템 기술 동향 및 개발 방향(2015), 한국산업기술평가관리원

분야	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2016년	2018년	2020년	CAGR
가공장비	180.8	193.5	207.0	238.1	273.8	362.0	478.8	550.6	11.8%
ICT 요소 및 SW, 시스템 패키지	54.9	59.3	64.0	73.6	84.6	111.9	148.0	170.2	12.0%
CNC	57.3	60.2	63.2	66.3	69.4	76.2	83.7	92.0	4.8%
계	293.0	313.0	334.2	378.0	427.8	550.1	710.5	812.8	10.7%

<표 2> 지능형 가공시스템 국내 시장 규모

(단위 : 억 원)

출처 : ICT 융합 스마트 가공시스템 기술 동향 및 개발 방향(2015), 한국산업기술평가관리원

분야	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2016년	2018년	2020년	CAGR
가공장비	11,499	12,303	13,165	15,140	17,411	23,026	30,451	40,272	13.4%
ICT 요소 및 SW, 시스템 패키지	3,489	3,768	4,070	4,681	5,383	7,119	9,415	12,451	13.6%
CNC	7,047	7,400	7,770	8,158	8,566	9,445	10,523	11,602	5.1%
계	22,035	23,471	25,005	27,979	31,360	39,590	50,389	64,325	11.3%



이렇듯 순차적으로 개발되는 가상공작 기계 원천 기술과 지능화 원천 기술을 검증하기 위해 3축 메탈케이스 및 5축 자동 차부품 가공을 대상으로 실증을 추진한다. 1, 2차연도에는 지능화용 센서 및 측정모듈을 구비한 3축 밀링가공기(실증 1호기·3축)를 대상으로 제어기와 가상공작 기계 시스템의 신호 입출력 및 센서 측정 신호의 품질을 확인하고 개발 단계의 물리 모델을 모듈별로 검증한다. 2, 3차연도에는 검증을 마친 실증기를 바탕으로 가공물 반송장치를 포함한 3대 규모의 연속가공 설을 설계·제작 및 통합 SW를 탑재하며 4차연도에 휴대폰 메탈케이스 모사 가공물을 연속 가공하면서 개발된 SW의 성능을 실증한다. 5차연도에는 실증 1호기(3축)에 킬링테이블을 추가해 5축 가공이 가능하도록 개조하고 5축 동기제어가 필요한 자동차용 부품을 가공함으로써 5축으로 확장된 지능화 SW의 성능을 실증한다.

### 기대 및 파급효과

장비·제어·공정 통합 가상공작기계 기술 및 이에 기반한 공작기계 지능화 원천 기술 개발을 통해 무엇보다도 장비·제어기·공정이 통합된 본격적인 가상공작

기계 원천 기술 확보를 기대할 수 있다. 가공품질 예측 및 장비·공정 물리모델의 지속적 보정을 추구해 기존 상용화 기술과는 차별될 뿐만 아니라 기업 단독으로는 개발이 힘든 기술로 국내 공작기계 업체에 대한 기술적 파급효과를 기대할 수 있다. 다음으로 가상공작기계 기술을 활용한 공작기계 분야 차세대 지능화 기술 기반을 구축할 수 있다. 설계 검증, 가공 전 사전 최적화, 가공 중 이상 진단 및 대처, 예지·보전 서비스 등 전 주기에 걸쳐 활용이 가능하며, 공작기계뿐만 아니라 반도체·디스플레이 장비 등 타 분야에 파급 가능한 공통 기술이다.

또한 지능형 공작기계 개발을 통한 공작기계산업의 고부가가치화를 유도하고, 장비 단위에서의 디지털 트윈 기술 확보를 통한 정부 스마트 공장 고도화 정책에도 대응한다. 특히 본 프로젝트에서 개발된 원천 기술 및 개발 결과물은 원천 기술 개발기관 관점에서 중·장기적으로 스마트 공작기계, 선진적 사전 최적화 SW, 공작기계 설계 기술 고도화 등에서 활용 및 사업화가 가능할 것으로 전망된다.

이와 관련한 사업화대상으로는 SW 및 하드웨어(HW) 결과물을 집약한 스마트 팩

(Smart Pack·가칭)을 탑재한 고부가가치 스마트(또는 지능형) 공작기계의 사업화가 대표적이다. 공작기계 기업을 대상으로 기술 이전을 실시해 각사의 지능형 공작기계에 부착되는 스파트 팩의 라이선스 베이스(License Base) 사업화 모델을 추구하고, 대규모 양산형 생산라인에서의 원격 장비관리 서비스(공작기계 기업) 또는 장비 상태·노후도 정보를 수요기업의 자체 상위 시스템에 제공하는 사업화 모델이 가능하다.

더불어 현재 절삭부하 조절에 의한 생산성 위주의 NC 코드 최적화에서 생산성 및 가공품질을 동시에 고려해 NC 코드 및 제어기를 최적화하는 선진적 사전 최적화 SW의 사업화도 있다. 이와 관련해서는 NCB, NX 등 국내외 사전 최적화 SW 전문 기업과의 협력을 통한 상용화가 필요하다.

이외에도 타깃 부품의 정밀도, 생산성까지 고려한 가상환경에서의 통합 설계 및 해석 기술을 제공해 국내 공작기계 기업의 설계 기술 고도화에 활용할 수 있다. 이를 위해 국내 공작기계 기업의 역량 및 수요를 고려한 맞춤형 기술 이전을 추진할 계획이다.



## (주)휴메딕스가 수행하는 R&D 프로젝트 기능성 의료용 천연하이드로젤 기반 3차원 스캐폴드 복합 소재

인구 노령화에 따른 국내 의료비 지출은 연평균 증가율 11.6%로 급격하게 성장하고 있으나 관련 소재의 해외 의존도가 매우 높은 실정이다. 특히 히알루론산 소재 시장의 해외 의존도가 매우 높아 이를 대체 및 해소할 수 있는 획기적인 기능성 제품이 필요한 실정이다. 이에 (주)휴메딕스가 '분자량 저하율 30% 이하인 의료용 천연하이드로젤 기반 기능성 스캐폴드 복합 소재 개발' 프로젝트를 통해 고부가가치 제품 개발뿐만 아니라 조직공학 및 재생의학 분야 소재 관련 신시장 창출에 나섰다.

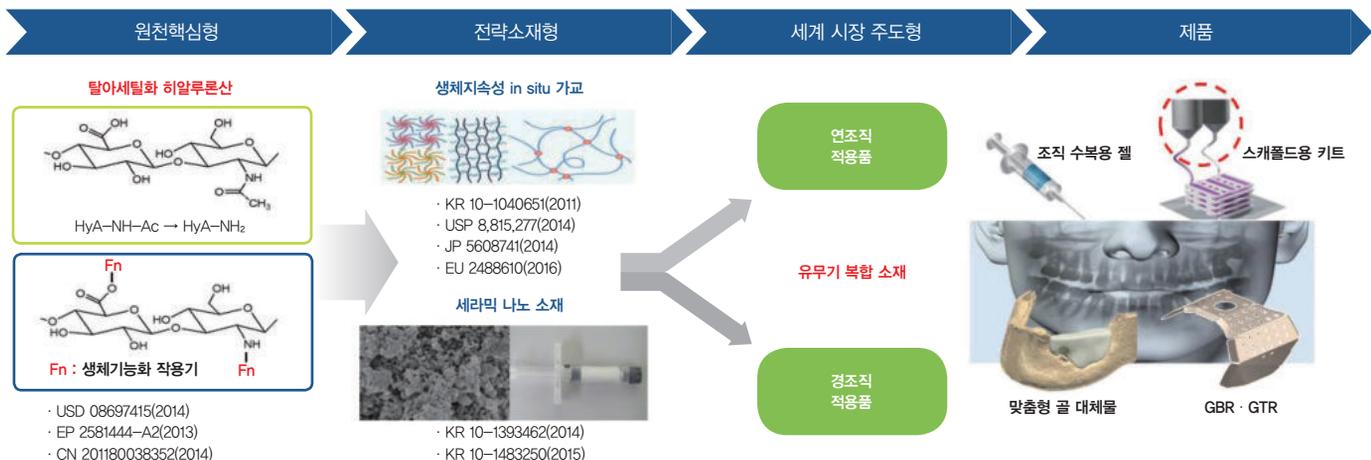
### 개인 맞춤형 3차원 인공조직 및 장기 개발

현대사회의 발전에 따른 안전사고 급증 및 고령화로 인해 인체 조직 및 장기 손상 환자가 증가하고 있는 추세이며, 손상된 조직 및 장기를 재생·대체하기 위한 조직공학 및 재생의학 제품이 개발돼 상품화되고 있지만 전 세계적으로 아직은 미미한 실정이다. 더 나아가 3D 프린팅 기술의 발전으로 개인 맞춤형 3차원 인공조직 및 장기의

개발이 활발히 이루어지고 있으므로 가까운 미래에 새로운 패러다임의 의료산업이 실현될 것으로 전망되고 있다. 이러한 가운데 휴메딕스가 '분자량 저하율 30% 이하인 의료용 천연하이드로젤 기반 기능성 스캐폴드 복합 소재 개발' 프로젝트를 통해 개인 맞춤형 3차원 인공조직 및 장기 개발에 나섰다.

휴메딕스는 본 프로젝트를 통해 분자량 감소를 최소화하고, 물리적인 저항성 및

생체 내 효소 저항성을 높여 하이드로젤의 강도 및 생체 내 지속성 등을 향상시키기 위해 효소 반응을 이용한 생물학적 탈아세틸화 방법으로 제조될 수 있는 생물전환 탈아세틸화 히알루론산을 제조한다. 더불어 제조된 생물전환 탈아세틸화 히알루론산을 3D 프린팅용 바이오 잉크의 소재로 사용해 연조직 또는 경조직을 재생·대체하기 위한 개인 맞춤형 3차원 인공조직 및 장기 개발을 추진한다.



〈그림 1〉 의료용 천연하이드로젤 복합 소재의 제품화 로드맵



## 헬스케어 시장 선도하는 글로벌 헬스케어 전문기업 (주)휴메딕스

2003년 한약마을로 시작해 천연물 신약 개발에 역량을 집중한 휴메딕스는 인체에 높은 안전성을 지닌 생체적합성 고분자 히알루론산(Hyaluronic Acid)의 핵심 원천 기술을 응용해 관절염 치료제와 필러 생산 원천 기술을 보유한 바이오 기업이다. 2010년 휴온스글로벌의 자회사로 편입된 휴메딕스의 주요 사업은 히알루론산 기반의 필러와 골관절염 치료제, 기능성 화장품뿐만 아니라 점안제, 의약품, 의료기기, 원료 생산 분야로 사업영역을 넓히고 있다. 휴메딕스는 뛰어난 자체 히알루론산 기술을 통해 코스메틱 분야를 더욱 강화하는 한편, 최신식 글로벌 GMP급 신공장을 전략적으로 활용해 글로벌 GMP 시장에서 '메인 플레이어'가 되겠다는 목표로 경주하고 있다. 이를 통해 글로벌 헬스케어 전문기업으로 입지를 다져 국내외 헬스케어 시장을 선도한다는 청사진을 가지고 있다.

〈그림 2〉 (주)휴메딕스  
GMP 시설이 갖춰진 제천 신공장



### 소재의 한계 극복하고 응용 제품 출시

휴메딕스가 추진하는 본 프로젝트의 목적은 기존 조직공학 및 재생의학 분야에 활용 가능한 스캐폴드 소재인 기능성 히알루론산을 핵심 소재로 개발하는 데 있다. 기능성 히알루론산 소재는 기능성 작용기 결여에 의한 가교 기술, 하이드로젤의 강도, 생체친화성, 생체 내 지속성 등의 한계점을 극복하고 천연하이드로젤 기반의 기능성 스캐폴드 복합 소재의 뿌리 기술로 개발함으로써 세계 시장 주도 및 독점이 가능한 전략적 핵심 소재다. 또한 천연하이드로젤 기반 기능성 스캐폴드 소재는 세포와 동시에 3D 프린팅이 가능하고, In Situ 가교형으로 외부 자극에 따라 줄에서 젤로 변환되는 특징을 보유하고 있기 때문에 3차원 개인 맞춤형 스캐폴드를 위한 3D 프린팅용 바이오 잉크 소재(연조직·경조직)로 활용이 가능한 생체 소재다.

이러한 프로젝트의 핵심 기술은 생물전환 탈아세틸화 히알루론산 제조 기술이다. 지금까지 히알루론산의 탈아세틸화 반응은 화학적으로 반응시킴으로써 결합력이 큰

N-아세틸기보다 결합력이 매우 약한 β-1,4 에테르 결합이 먼저 파괴되어 고분자량의 히알루론산이 저분자량의 탈아세틸화 히알루론산으로 분자량이 현저히 감소하게 된다. 이는 가교에 의한 하이드로젤의 강도 및 생체 내 지속성 개선 등의 문제점을 해결하지 못해 탈아세틸화 반응 산물의 소재화에 한계가 있었다. 따라서 화학적 탈아세틸화 방법의 단점인 분자량 감소를 최소화하고, 물리적 저항성 및 생체 내 효소 저항성을 높여 하이드로젤의 강도 및 생체 내 지속성 등을 향상시키기 위해 효소 반응을 이용한 생물학적 탈아세틸화 방법으로 제조될 수 있는 생물전환 탈아세틸화 히알루론산으로 히알루론산 소재의 한계를 극복할 수 있다.

한편, 현재 생물학적 탈아세틸화 히알루론산의 탈아세틸화도 및 분자량 조절의 원천 기술을 보유한 참여 기업 한국원자력의학원과 기술 이전에 대해 논의 중이며, 기술 이전 후에는 기존 제품(필러, 골관절염 치료제, 구강악안면 차폐막 등)을 대체할 수 있는 소재로 다양한 응용 제품을 출시할 예정이다.



## 최적의 디자인 솔루션을 찾아서 (주)퍼셉션

과거 '체력은 국력'이라는 말이 있었다. 하지만 이제는 '디자인이 국력'이라고 해도 과언이 아니다. 선진국의 제품일수록 우수한 과학 기술력뿐만 아니라 앞서가는 디자인을 통해 미적 가치와 실용성, 나아가 부가가치까지 높이고 있기 때문이다. 우수한 디자인 컨설팅 및 디자이너 교육 프로그램으로 우리나라의 디자인 역량을 높이는 데 기여하는 기업, (주)퍼셉션을 만나 보았다.

취재 이동훈 사진 서범세

사실 우리나라의 디자인 수준은 선진국에 비해 많이 떨어진다. 이는 의외로 큰 문제다. “먹고사는 데 불편하지만 않으면 됐지 디자인이니 미적 감각이니 그런 것들이 왜 필요해?” 하는 식으로 항변하는 독자가 있을지도 모르겠다. 그런 게 바로 절대빈곤 시대로부터 물려받은 ‘먹고사니즘’이다. 그리고 우리가 힘들여 만든 제품이 세계 시장에서 제값을 받지 못하는 데도 알고 보면 그런 인식이 일조하고 있다. 이러니저러니 해도 인간은 시각의 지배를 강하게 받는 동물이다. ‘이왕이면 다홍치마’라고 다른 모든 조건이 동일하면 예쁘고 쓰기 편한 물건을 더 비싼 돈을 주고서라도 선택하기 마련이다. 좋은 디자인이 부가가치를 창출하는 이유가 바로 이것이다. 개별 제품뿐 아니라 기업 역시 브랜드가 전면에 녹아든 우수한 디자인을 갖추는 게 좋다. 다른 기업과 확실히 차별되는 이미지를 가지고 있어야 고객에게 깊은 인상을 주고 경쟁에서도 유리하기 때문이다. 이는 특히 기업의 규모가 커질수록 중요하다. 그러나 그런 좋은 디자인, 즉 미적 감각과 실용성, 독창성을 갖추고 고객의 필요에 딱 들어맞으면서 하나의 컨셉 아래 조화를 이룬 디자인은 만들어 내기도, 판정하기도 의외로 어렵다.

### 차마 말할 수 없는 고객의 니즈를 알아내라

2002년 9월 11일 설립된 퍼셉션은 현재 이러한 어려운 일을 수행하고 있는 회사다. 국내 및 글로벌 기업을 대상으로 브랜드 디자인 컨설팅을 하고 있는, 우리나라에선 몇 안 되는 회사 중 하나다. 디자인 컨설팅이란 고객이 가장 만족스러운 디자인을 얻도록 조언해 주는 것을 말한다. 고객을 위해 여러 디자인 솔루션과 가이드라인을 제시하고, 의사결정을 지원하며, 관련 디자인 역량을 강화하는 등의 일을 한다. 이 회사는 이를 위해 디자인 싱킹, 이미지

커뮤니케이션 방법론, 브랜드 컨셉 개발 방법론, 브랜드 이미지와 자아 이미지 간 일치성 연구, 아이디어이션(ideation) 방법론 등을 중점적으로 연구하고 있다. 또한 디자인방법론 특허도 보유하고 있다. 특허 제10-1623523호 ‘이미지 해석 시스템’이 바로 그것이다. ‘이미지 설문 기반의 컨셉 제안 장치 및 방법’도 특허 출원 중이다. 또한 특허된 디자인 컨설팅 방법론을 기반으로 중국 등 해외의 컨설팅 수주를 확대하고 있다. 아크옐리스, 포말하우트 등 자체 상표도 있다.

퍼셉션의 사업 전개는 정부 정책(산업통상자원부의 2014~2018년 생활산업고도화정책)을 선도하고 있다. 아울러 대한민국 디자인대상 국무총리상 수상, 산업통상자원부 K-BrainPower(두뇌역량우수 전문기업) 선정, 산업통상자원부 우수디자인전문회사 선정, 고용노동부 사업내자력검정(PDCC) 인정 등 정부 우수기업 표창 및 인증도 다수 획득했다.

이 회사는 산업통상자원부 과제로 이미지 해석틀 기능을 포함한 디자인 컨설팅 지원 시스템과 특허 방법론 적용을 통한 인재육성 프로그램 개발 및 이를 통한 생활 소비재의 패키지 디자인 개발을 수행했다.

글로벌 리빙 SPA 상품 개발을 위한 브랜드 프로파일링 도출용 특화 디자인 리서치 툴 개발



컨설팅 지원 시스템은 문자 그대로 디자인 컨설팅을 지원하는 시스템이다. 디자인 컨설팅을 수행할 때에는 특유의 문제점이 있다. 우선 컨설팅을 맡기는 고객 스스로 어떤 컨셉의 디자인을 원하는지를 명확히 알지 못하는 경우가 많다. 설령 안다 하더라도 디자인 특성상 본인들이 원하는 디자인을 정확하게 표현하지 못하는 경우도 있다. 그렇게 되면 고객이 원하는 디자인을 구현하기가 어려울 수밖에 없다.

그래서 퍼셉션은 이미지 해석 시스템을 사용해 고객이 원하는 디자인을 알아내고 데이터화하는 방법을 개발했다. 이는 여러 이미지 중 고객이 선호하는 이미지를 통해 희망 컨셉을 파악하고, 이에 맞춰 호

율적으로 디자인 컨설팅을 진행하는 방식이다.

인재 육성 프로그램은 바로 이러한 디자인 컨설팅을 할 수 있는 디자인 컨설턴트를 양성하는 과정이다. 주로 미술(특히 디자인) 전공자들을 대상으로 진행되는 이 과정에서는 프로젝트 유효성 검사, 인터뷰 기법, 논리적 사고, 컨설팅 분석 기법, 크리에이티브 워크숍 방법론, 디자인 리더십 등을 1년 동안 가르친다. 디자인 능력뿐 아니라 컨설팅 능력과 분석 능력을 갖춘 디자이너를 양성하는 것이 목표다.

### 제품과 기업의 가치를 높이는 디자인을

이러한 프로젝트를 통해 얻을 수 있는 이득은 무엇인가. 첫 번째, 국내 생활용품 시장 및 해외 글로벌 기업 브랜딩 컨설팅을 중심으로 한 고부가가치 컨설팅 사업으로의 확장이 가능하다. 두 번째, 자체 상품 및 공동 브랜드 상품 개발을 확대시킬 수 있다. 생활용품 FMCG의 글로벌 트렌드와 현지 문화 및 정서적 이해를 바탕으로 경쟁력 있는 자체 상품을 개발해 활로를 개척할 수 있다. 세 번째로 디자인 리서치 시스템 유료화를 통한 수익 창출이 가능하다. 리서치 시스템의 경쟁력을 지속적으로 강화하고, 이 시스템의 자체 활용을 원하는 기업을 위한 유료화 모델을 개발해 디자인 리서치 툴 유료 BM을 확대하는 것이다. 마지막으로 디자인 리서치 시스템 교육을 통한 디자인 전문역량을 제고하고 새로운 수익모델을 만들 수 있다. 기업 및 개인을 대상으로 디자인 전문 역량과 컨셉 도출 경쟁력을 강화하고, 컨설팅 능력을 향상시켜주는 교육 프로그램을 통한 사업 확장 및 수익모델을 구축할 수 있다. 디자인 컨설팅의 시장은 작지만 꾸준히 성장하고 있기에 이러한 블루오션을 노릴 수 있는 것이다.

현재 퍼셉션은 글로벌 리빙 SPA 상품 개발을 위한 브랜드 프로파일링 도출용 특화 디자인 리서치 툴 개발 및 수출용 시범 제품 30종을 개발하고 있다. 최근 트렌디하고 빠른 상품기획과 합리적 가격을 가진 SPA 브랜드가 리빙 제품 영역에까지 확대돼 급성장



(주)퍼셉션 오기석 고문

하고 있으며, 한중 자유무역협정(FTA) 타결로 중국 진출 기회 또한 많아지고 있다. 그러나 중국 및 해외 수출용 상품 개발에 대한 국내 중소기업의 준비 현황은 미미한 수준이다. 따라서 다양한 해외 시장의 취향을 쉽고 빠르게 파악해 브랜드 및 상품 개발에 반영할 수 있는 디자인 리서치 툴을 활용, 짚아진 제품 수명 주기에 대응할 만한 상품 개발 능력을 지원하고자 하는 것이다.

리서치 툴 및 시범 제품 개발로 검증된 유효한 시스템을 만들고, 이를 통해 기업 내 디자인 프로세스의 합리화 및 비용 절감, 국내 제조기업의 자체 브랜드 개발 능력 배양, 한국 디자인의 해외 수출 확대 지원이 궁극적인 목표다. 현재까지 퍼셉션은 SK D&D, 필립 모리스, 하이마트 프리미엄, 스페이스 오디티, 코웨이, 모니터, 플레이스, 유니랩, 플래티넘 비어 등의 브랜드 및 디자인 개발을 진행해 왔다. 기술사업화로 컨설팅 시스템의 활용도를 높이고, 시스템 유료화 및 교육사업화 등 사업화 추진, 시스템의 지속적인 업그레이드가 향후 퍼셉션의 목표다.

### 수평적인 조직문화와 양질의 교육훈련을

퍼셉션은 또한 훌륭한 일자리 문화를 갖춘 기업으로도 잘 알려져 있다.

우선 조직문화가 수평적이고, 사원 간 협력을 중시한다. 다른 디자인 기업들의 경우 흔히 사원 개개인에게 프로젝트를 담당하는 반면 퍼셉션은 프로젝트에 맞게 편성된 태스크포스형 조직에 할당한다. 이 조직에 속한 팀원들이 협동해서 프로젝트를 진행하는 것이다. 그리고 이 조직을 이끄는 프로젝트 매니저는 직급과 상관없이 적격자 위주로 부여된다. 즉, 최고경영자가 태스크포스에 팀원으로 들어가서, 평사원 프로젝트 매니저의 지시에 따라 업무를 진행할 수도 있는 것이다. 일하는 환경도 자유롭고 재미있어 아이디어 생산력과 몰입도를 한층 높인다.

또한 퍼셉션은 인재 육성 프로그램을 개발한 회사답게 직원 개개인에 대한 교육훈련을 매우 중요

시한다. 디자인도 결국은 사람이 하는 것이므로 이들에 대한 교육은 너무나 당연하다. 교육 등 개인 발전 비용 및 도서구입비는 회사에서 무제한 지원해 준다.

그 외에도 3개월 1시즌 단위로 진행되는 수요 세션을 통해 지속적인 직원 재교육을 실시한다. 수요 세션에서는 디자인 컨설팅 과정, 독서 토론, 디자인 사례 연구 및 공유, 그 외 기초 역량을 교육한다.

퍼셉션의 모든 디자인 컨설팅 절차는 철저히 매뉴얼화돼 있으며, 이 매뉴얼의 학습을 독려하기 위한 사내 자격증인 디자인 컨설턴트 자격증도 운용하고 있다. 디자인 업계에서는 유일하게 고용노동부의 인가를 받은 이 자격증을 취득하면 월 50만 원의 자격 수당도 주어진다. 보통 1년 이상 근무하며 학습해야 이 자격증을 취득할 수 있으며, 자격증 취득 과정은 내년부터 외부인에게도 개방할 예정이다. 또한 인사이드 투어 및 워크숍을 해외에서 실시해 선진 사례를 보고 영감을 얻도록 하고 있다. 이러한 우수한 교육과정에 힘입어 타사 대비 직원들의 숙련도를 더욱 빨리 높일 수 있다는 것을 자랑으로 삼고 있다.

아울러 연차제도 외에 특별휴가제도를 운영하고 있으며, 회의실을 겸하는 사내 카페에서는 전문 바리스타가 제조한 음료가 무제한으로 제공된다. 근무제도도 유연해서 시차출퇴근제, 탄력적 근로시간제, 재량근로제 등을 시행하고 있다. 또한 필요에 따라 일정 기간 근무시간을 줄여 일하고 이후 정상근무로 전환하는 전환형시간제, 업무집중시간 등도 운영된다.

아직 한국의 디자인 능력은 갈 길이 먼 게 사실이다. 디자인 교육 여건도 척박하고, 그나마 어렵게 키워 낸 훌륭한 디자이너들은 상당수가 더욱 큰 시장인 외국에서 활동한다. 훌륭한 디자인은 합리적이고 창의적인 접근법, 철저한 관찰과 분석을 통해야 나올 수 있다. 그리하여 언젠가는 우리나라도 디자인 강국으로 우뚝 서기를 기원해 본다.

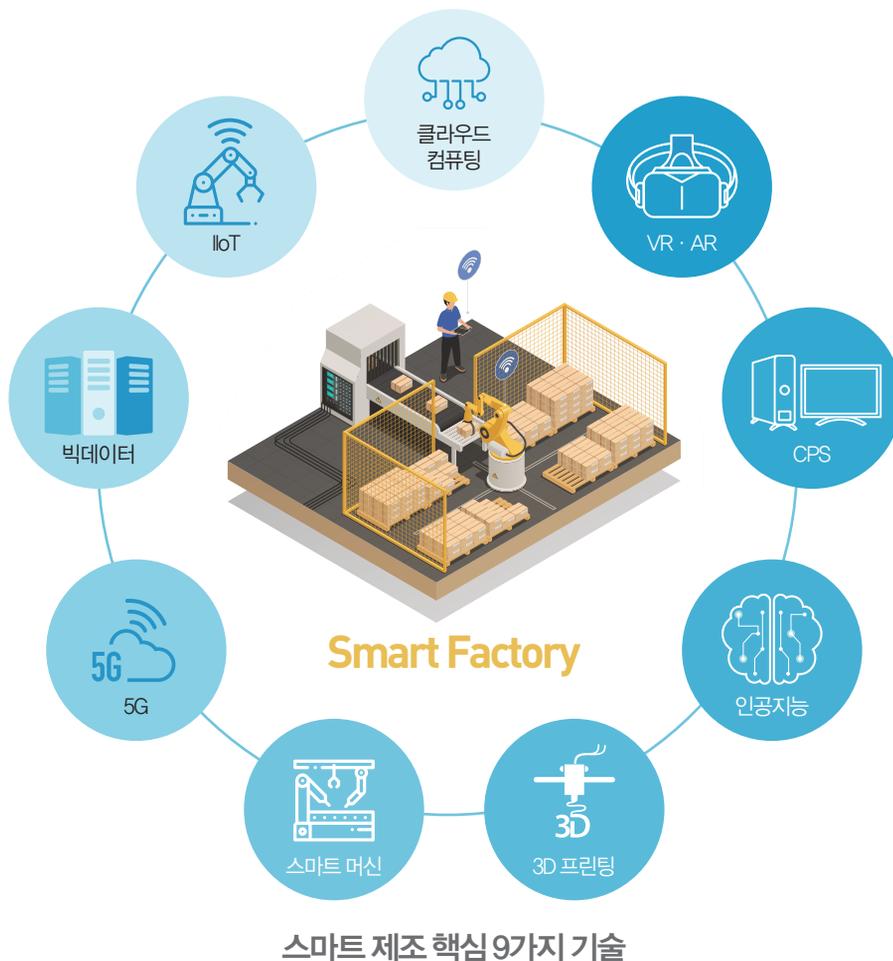


(\*)퍼셉션의 사내 카페. 카페에는 이런저런 놀이기구도 있다.

# 스마트 공장을 움직이는 9가지 핵심 기술

스마트 공장은 디지털 기반의 신기술을 접목한 지능화된 공장이다. 단어 그대로 알아서 일을 처리하는 '똑똑한 공장'이라고 보면 된다. 공장에 적용된 다양한 기술은 불량품을 줄여 제품의 질을 높여준다. 효율적인 시간 관리를 통해 생산능력도 크게 향상시킬 수 있다. 국내외 제조업체가 급변하는 4차 산업혁명 시대에 발맞춰 경쟁력을 강화하기 위해 스마트 공장 구축에 사활을 걸고 있는 것도 이 때문이다.

김정우 [한경비즈니스 기자]



## 완성형 스마트 공장은 아직 없어

스마트 공장의 궁극적인 모습은 대략 이렇다. 스마트 공장은 현장이 아닌 공간에서도 가상현실(VR)을 통해 공장에 이상이 있는지 점검하는 것을 지향한다. 과거처럼 뒤늦게 공장에 문제가 생긴 것을 발견해 손실이 커지는 것을 미연에 방지할 수 있다.

VR로 공장 내부를 들여다보고 있지 않더라도 걱정할 필요가 없다. 인공지능(AI)이 이를 알려주기 때문이다. AI는 공장 내부에 어떤 문제가 원인이 돼 불량품이 생산됐는지부터 해결책까지 상세하게 제시해 준다. 인력을 현장에 투입해 원인 규명 및 해결책을 마련하기 위한 시간과 노력을 들일 필요가 없어지게 되는 것이다. 향후 AI 기술이 발전하면 직접 원인을 해결할 수 있는 능력도 갖추게 될 전망이다. 시시각각 변하는 고객의 요구에 발맞춰 생산 모듈을 빠르게 변화시키는 것도 스마트 공장을 구축하면 결코 어렵지 않다. 물론 이처럼 고도화된 스마트 공장의 모습은 아직은 먼 미래의 얘기다.

민관합동스마트공장추진단(이하 추진단)에 따르면 스마트 공장은 기초 수준, 중간 수준1, 중간 수준2, 고도화 수준 등 4단계로 나뉜다. 제너럴일렉트릭(GE)을 비롯한 국내외 제조업체는 이 기준으로 보면 이제 막 고도화 수준에 접어들어 있다. 아직은 추가적으로 구축해야 할 기술이 남아 있다. 대부분의 중소기업과 중견기업은 중간 수준1과 중간 수준2 사이에 머물러 있는 정도라고 볼 수 있다. 김광범 추진단 책임 연구원은 “엄밀히 따지면 중간 수준2까지



는 스마트 공장 구축을 위한 준비 단계”라며 “고도화 수준부터가 글로벌 기준으로 봤을 때 진짜 스마트 공장이라고 볼 수 있다”고 설명했다.

이는 혁신의 정도에 따라 구분된다. 송병훈 전자부품연구원 스마트팩토리ICT사업 단장은 “혁신이란 온 몸으로 체감할 수 있을 정도의 변화가 이뤄졌을 때 비로소 사용할 수 있는 단어”라며 “기초 수준부터 중간 수준2까지의 스마트 공장은 혁신이라는 단어를 쓸 수 있을 정도로 발전된 공장이라고 보기 어렵다”고 강조했다. 정보통신기술(ICT)에 기반한 설비·물류 자동화를 구축한 정도라고 보면 된다고 설명했다.

수준별 개념을 들여다보면 스마트 공장 첫 단계인 기초 수준은 말 그대로 가장 기본적인 ICT를 활용하는 것을 의미한다.

ICT를 아예 미적용한 제조 공장에서도 요즘엔 생산실적 정보 등을 관리할 때 엑셀 등을 활용한다. 하지만 이런 문서가 모기업(본사)과 자동으로 공유되지 않는다.

#### 스마트 공장 규정하는 표준작업 한창

기초 수준의 스마트 공장은 바코드 등을 이용해 직원이 일일이 정리하던 공장 내 생산실적 등 기초적인 정보를 일정 수준까지 자동으로 집계할 수 있다. 또 이를 모기업과도 공유한다. 물류 관리 측면에서는 자재와 제품 생산이력을 관리해 역추적이 가능하다. 이를 통해 공장 내부나 모기업에서 효율화된 생산실적 관리나 작업 지시를 내릴 수 있다. 제품 개발과 납기 일정 등 중요한 정보를 전사적으로 공유할 수 있는 시스템이 갖춰진 상태라고 보면 된다.

중간 수준1은 여기에서 한 발 더 나아간 개념이다. 공장 운영의 자동화가 본격적으로 시작되는 단계다. 중간 수준1에서는 단순한 생산실적뿐만 아니라 수많은 설비 정보를 자동으로 획득할 수 있다. 이를테면 측정 센서의 고도화를 통해 인장 강도나 정밀도, 온도·습도의 신뢰성 높은 정보를 모기업과 공유할 수 있다. 이를 활용한 이점은 상당하다. 매 순간 공정 품질 분석이 가능해지고 문제 발생 시 신속한 의사결정을 내릴 수 있다. 즉, 공장 운영 현황을 실시간으로 파악할 수 있게 되는 셈이다.

고도화 바로 직전인 중간 수준2는 스마트 공장 구축을 위한 자동화 기반 기술이 공장 내부에 완전히 자리 잡은 상태다. 이전 수준보다 더 발전된 기술이 적용돼 설비 정보는 기본이고 이를 자동으로 실시간

제어할 수 있다. 제품 역시 시물 레이션을 가동해 오차 없이 생산되는지 미리 확인해 볼 수 있다. 즉, 최적화된 제품 생산 환경 조성이 가능해지는 단계로, 본격적인 스마트 공장 구축을 위한 기반이 완전히 마련된 상태다.

송 단장은 “초·중·고 교육을 받지 않고 바로 대학에 진학하기가 어려운 것처럼 각각의 단계를 거치며 탄탄한 기초를 마련해야만 비로소 진짜 스마트 공장이라고 할 수 있는 고도화 단계에 진입할 수 있다”고 강조했다. 그는 “최근 우리 중소·중견기업도 스마트 공장 구축과 관련한 기초가 튼튼하게 다져졌다”며 “본격적으로 고도화를 위한 작업에 돌입할 필요가 있다”고 덧붙였다.

### 기술이 어우러져야 진짜 ‘스마트’

‘진짜 스마트 공장’이라고 볼 수 있는 고도화 단계의 공장을 구축하기 위해 필요한 기술은 무엇일까. 아직까지 GE 같은 기업도 완벽한 고도화 수준의 스마트 공장을 구축했다고 볼 수 없는 만큼 정확하게 답을 제시하기 어렵다. 다만 그 윤곽이 최근 서서히 보이고 있다. 스마트 공장과 관련한 국내외 연구소·기관이 ‘이런 기술을 갖춰야 스마트 공장’이라는 표준작업에 최근 돌입한 상황이다.

이와 함께 스마트 공장을 구축하기 위해선 ‘9대 기술’을 적용해야 한다는 쪽으로 점차 그 의견이 모아지는 추세다. 물론 이



#### 스마트 공장 기술 테스트베드 ‘데모 스마트 공장’

경기안산 스마트제조혁신센터 내에 있는 ‘데모 스마트 공장’은 스마트 공장 핵심 기술의 ‘실험형 공장(테스트베드)’이다. 즉, 스마트 제조 핵심 기술을 실제 공장에 적용하기 전에 비교시험할 수 있도록 하기 위해 정부와 민간기업이 공동 투자해 구축했으며, 민관합동스마트공장추진단과 전자부품연구원이 함께 운영 중이다. 지난해 처음 문을 연 이후 현재(2018년 9월 기준)까지 2500여 명에 달하는 대·중소기업 관계자가 스마트 공장 구축 및 자사 기술 시연을 목적으로 데모 스마트 공장을 찾았다. 스마트 제조혁신센터 방문예약 홈페이지(<https://smic.nlobbygo.kr/visitor>)에서 신청하면 이곳을 방문할 수 있다.

민관합동스마트공장추진단의 한 직원이 경기 안산의 데모 스마트 공장에서 VR·AR 기술을 어떻게 공장에서 활용 가능한지 시연 중이다.



는 언제든지 바뀔 수 있다. 송 단장은 “스마트폰을 만들 계획을 세울 때 처음부터 당시 존재하지 않던 기술인 5G를 염두에 두지 않았던 것처럼 언제든지 스마트 공장에 반드시 적용해야만 하는 새로운 개념의 기술이 등장할 수 있다”고 말했다.

현재 언급되는 9대 기술은 산업용 사물인터넷(IoT), 가상물리시스템(CPS), 클라우드 컴퓨팅, VR·증강현실(AR), 빅데이터, AI, 5G, 스마트 머신, 3D 프린팅 등을 꼽을 수 있다. 각각의 기술은 서로 유기적으로 작용하며 비로소 모든 제조업체가 목표로 하는 스마트 공장의 모습을 만들어 낸다.

개별 기술별로 스마트 공장에서 수행하는 역할을 살펴보자. 먼저 IoT는 사물인터넷(loT)의 산업용 버전이다. IoT와 같이 사물에 센서를 부착해 실시간으로 데이터를 인터넷으로 주고받는 기술은 같다. 다만 산업용 목적에 중점을 뒀 IoT보다 센서의 응답성이 뛰어나다. 공장에서 어떤 특정 설비를 작동한다고 가정해 보자. 해당 설비는 1초 만에 응답해야 정확하게 제품을 생산할 수 있다. 하지만 일상에서 사용하는 것이 목적인 기존의 IoT는 중간에 연결이 늦어지거나 반응 속도가 느려 응답 시간이 지연될 가능성이 높다. 공장은 센서의 응답 속도가 단 1초만 지연되더라도 생산 과정에서 심각한 문제가 생길 수 있다. 즉, IoT는 이런 부분을 보완한 산업용 IoT다. 이를 구축해 전체 공급망의 효율성과 생산성을 향

상시킬 수 있다. 사람과 기계가 조화롭게 작업하도록 돕는 역할도 한다.

CPS는 사이버상에서 공장을 가상으로 가동해 보는 시스템이다. 스마트 공장에서는 CPS를 돌려 가동률 등을 미리 예측한다. 문제점이 발생하면 보완할 수도 있다. 최적화된 설비와 인력의 배치 또한 CPS를 이용해 결정할 수 있다.

공장에서 모든 직원이 숙련된 기술자라면 좋겠지만 실상은 그렇지 못하다. VR·AR은 이런 부분을 보완하는 데 유용하게 쓰인다. 구현을 위해서는 공장 설비마다 바코드를 부착해야 한다. 스마트 글라스를 쓴 뒤 바코드를 바라보면 자동으로 이를 인식해 설비에 대한 정보가 눈앞에 펼쳐진다. 한 기계가 일정 시간 동안 얼마나 많은 작업 결과물을 만들어 냈고 제대로 움직이고 있는지 등에 대한 것이다. 이를 바탕으로 비숙련 기술자도 빠른 판단과 선택을 내릴 수 있다.

일반적인 공장은 생산 방식을 변경하려면 기존에 있던 라인을 새롭게 깔아야 해 많은 돈과 시간이 투입된다. 스마트 로봇이 탑재된 스마트 머신은 사진과 같이 각각 블록 형태로 구성돼 있어 쉽게 넣었다 빼낼 수 있고, 빠르게 생산 방식을 바꿀 수 있다



비숙련 기술자가 기계 조작에 어려움을 겪을 때도 도움이 된다. 스마트 글라스를 착용하고 기계를 비추면 사무실 내부에서 해당 영상을 뜨게 할 수 있어 숙련 기술자가 원격으로 업무 지시를 내릴 수 있다. 더 나아가 향후엔 직원의 건강 상태 등을 점검하는 방향으로 발전할 것으로 예상된다.

### 3D 프린팅 기술은 속도가 관건

로봇으로 대표되는 스마트 머신 역시 스마트 공장의 한 축을 담당하는 중요한 요소다. 스마트 공장에 배치된 로봇은 과거와 비슷한 단순작업 위주의 역할을 부여받는다. 사람이 같은 작업을 반복하면 실수하기 마련인데 로봇은 그렇지 않기 때문이다.

이전과 다른 점이 있다면 스스로 판단할 수 있는 능력을 갖춘 것이다. 자신이 언제 정비가 필요한지 등을 체크해 정보를 전달하며 미리 대비할 수 있게 해준다. 또한 사람에게 기계가 달으면 자동으로 멈추는 기능을 갖춰 위험하지도 않다. 라인의 구성을 자유롭게 바꿀 수 있어 유연한 생산체계를 갖출 수 있는 것도 장점이다.

기존 공장이 생산 방식을 변경하려면 기존에 있던 라인을 새롭게 깔아야 해 많은 돈과 시간이 투입된다. 스마트 로봇이 탑재된 스마트 머신은 각각의 라인을 레고 블록처럼 쉽게 넣었다 뺄 수 있어 고객의 요구가 갑자기 변하더라도 여기에 맞춰 새로운 형태의 제품을 생산할 수 있다. 이처럼 공장 내에서 IIoT와 CPS, 스마트 머신 등이 각자 역할을 해내며 생기는 정보는 모두 빅데이터에 저장된다. 빅데이터는 클라우드 컴퓨팅을 통해 플랫폼화되고 시는

이를 활용해 보다 신속하고 완벽한 의사결정에 기여한다.

CPS 등을 통한 시뮬레이션 결과는 100% 정확하지 않다. 90% 정도의 정확도를 보이는데 나머지 10%의 오차는 클라우드 컴퓨팅에서 플랫폼화된 정보를 토대로 시가 책임지고 해결한다는 얘기다. 어떤 제품이 불량인지에 대한 정보를 데이터를 활용해 수집한 뒤 시에 입력하면 시는 불량 제품이 나올 때마다 실시간으로 이를 발견한다. 더 나아가 문제가 되는 부분을 파악하고 보다 최적화된 결과물을 CPS에 전달한다. CPS는 이를 기반으로 다시 시뮬레이션하는 작업을 반복하며 보다 뛰어난 생산품을 만들어 낼 수 있는 환경을 조성한다.

곧 상용화 단계에 접어들 것으로 예상되는 5G는 스마트 공장의 성패를 좌우할 핵심 기술로 주목된다. 각종 설비를 포함한 사물이 데이터를 생산하게 되면 이를 전송하기 위해선 지금보다 빠르고 정확한 연결망이 요구된다. 기존 4G는 이를 완벽하게 소화하기엔 다소 부족한 점이 있다는 업계의 설명이다.

3D 프린팅 역시 핵심 기술 중 하나로 꼽힌다. 다만 일각에서는 9대 기술에 포함해야 하는지에 대한 의문의 목소리도 나온다. 해당 기술을 공장에 접목하면 여러 제품을 한 번에 생산 가능하지만 문제는 시간이다. 스마트 공장의 핵심은 빠르고 정확한 생산인데, 3D 프린팅은 한 제품을 생산하는데 아직까지 많은 시간이 소요된다. 속도 문제만 해결되면 스마트 공장 구축에 반드시 포함해야 하는 기술이 될 것이라는 데는 전문가들의 의견이 일치한다.

## ‘4D 프린팅’이 온다 트랜스포머처럼 스스로 외관 바꾼다

2015년 미국 미시간대 의대는 새로운 도전에 성공했다. 4차원(4D) 프린팅 기술을 활용해 기관지를 다친 생후 5개월 된 아기를 치료한 것. 형태를 바꿀 수 있는 플라스틱인 ‘폴리카프로락톤(PCL)’을 프린터로 인쇄해 목에 대는 부목으로 활용했다. 부목은 아이가 자라면서 조금씩 커지고 기관지가 자리를 잡는 3년 후엔 물에 녹아 없어진다. 4D 프린팅 기술이 여러 번의 수술을 감내해야 할 아기의 고통을 덜어준 셈이다.





신발 밑창을 3D 프린터로 출력해 만든 아디다스 스니커즈

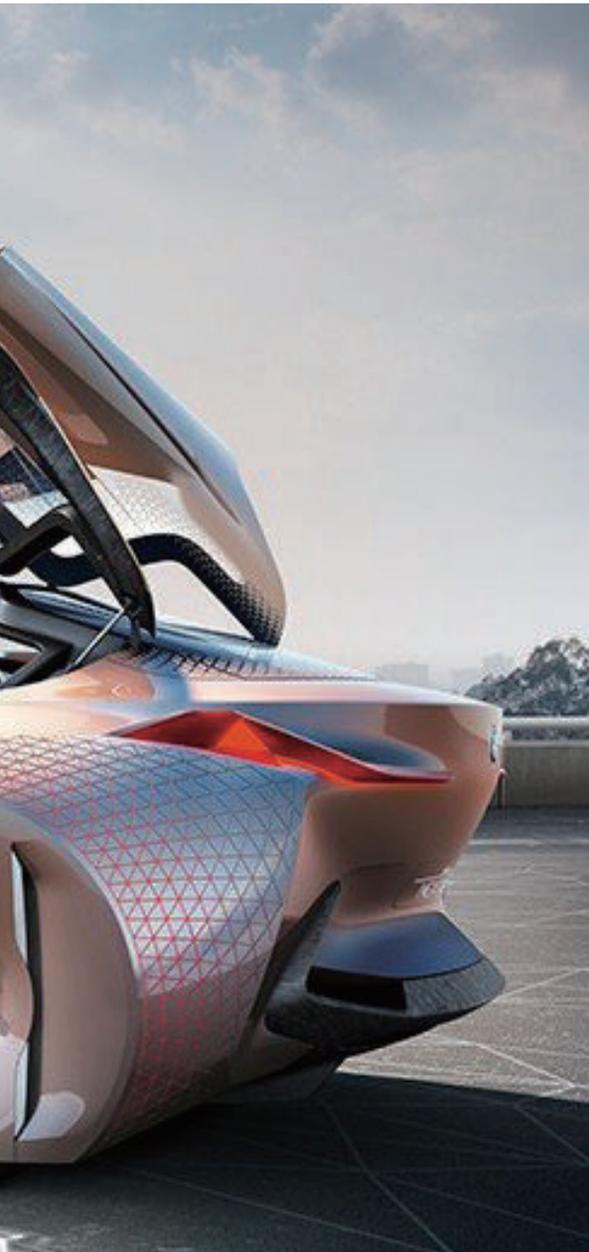
#### 4D 프린팅의 등장

3차원(3D) 프린팅 기술의 진화 속도가 눈부시다. 프린팅 속도가 개선됐고 활용할 수 있는 소재도 다양해졌다. 특정한 온도나 환경이 되면 외형을 바꾸는 형상기억 물질을 3D 프린팅의 원료로 활용하기 시작한 것도 주목할 만한 변화 중 하나다. 4D 프린팅은 3D 프린팅에 '시간'의 개념이 더해진 기술로, 3D 프린팅에 '변형'이라는 새로운 특성을 더했다는 의미에서 4D 프린팅으로 불린다. 3D 프린터로 제품을 만드는 것은 동일하지만 시간이 지나 제품이 특정 환경 조건에 반응해 스스로 형태를 바꿀 수 있다는 점에서 이런 이름이 붙여졌다.

즉, 물 · 온도 · 압력 등 외부 환경 변화에 반응하는 특수 소재로 제품을 만들면 그 제품이 이후 다른 모양으로 바뀔 수 있다. 따라서 4D 프린팅을 사용하면 제품의 모양이

어떤 조건에서 어떻게 바뀔지 미리 설정해 상황에 맞는 기능을 수행할 수 있는 스마트 제품을 만들 수 있다.

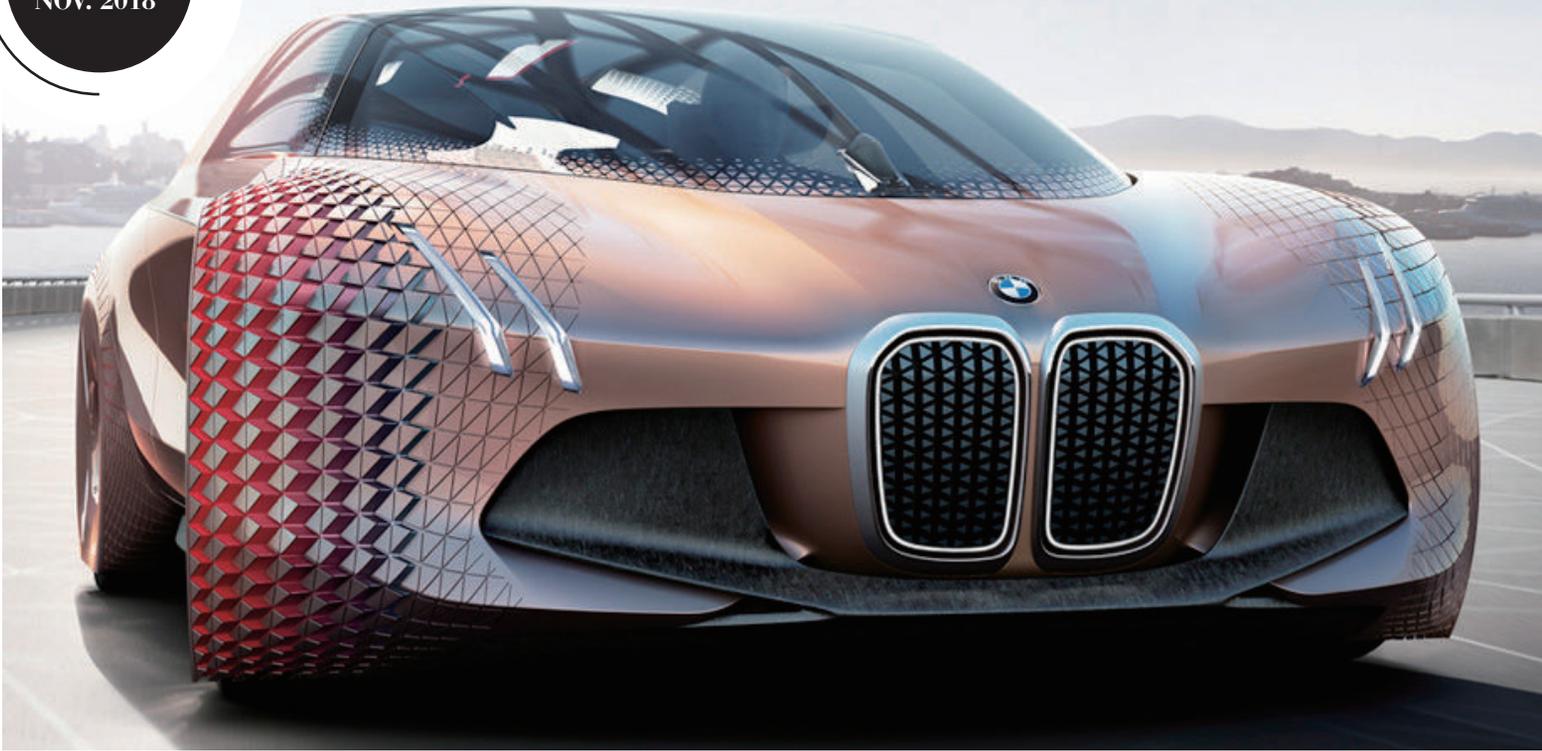
4D 프린팅이라는 용어는 스카일러 티비츠 미국 매사추세츠공대(MIT) 교수가 2013년 테드(TED) 강연에서 처음 사용했다. 티비츠 교수가 TED 강연회에서 '4D 프린팅의 출현'이라는 주제발표를 하면서 4D 프린팅이 대중의 주목을 받게 됐다. 티비츠 교수는 여기에서 1차원의 선이 물속에서 3차원 정육면체로 변하는 과정을 시연했다. 그는 이처럼 특정 환경에서 형태가 변형되는 소재를 활용한다면 상황에 따라 필요한 기능을 위해 크기와 모양을 자유롭게 바꿀 수 있는 혁신적인 제품을 만들 수 있을 것이라고 주장했다. 티비츠 교수의 강연은 온라인에서 수백만 건의 조회 수를 기록할 정도로 화제가 됐다.



BMW의 콘셉트카인 비전 넥스트 100. 이 차량은 4D 프린팅 기술을 활용해 기후 및 도로 조건 등에 따라 외관이 바뀌도록 설계됐다.



스카일러 티비츠 교수  
출처 : ted.com



### 프린터로 '트랜스포머' 찍어내

4D 프린팅 기술은 활용 분야가 무궁무진하다. 온도나 습도, 중력, 기압 등의 조건에 따라 모습을 바꾸는 의류, 자동차, 건축물 등을 구현할 수 있다. 독일 자동차 업체 BMW가 공개한 4D 프린팅 스포츠카 '비전 넥스트 100(Vision Next 100)'이 대표적인 사례다.

BMW는 이 콘셉트카의 바퀴 휠 등에 4D 프린팅 신소재를 적용했다. 바람이 불거나 운전대를 돌릴 때 외관의 형태가 달라진다. 영화 '트랜스포머'가 현실화할 수 있다는 가능성을 보여줬다.

신발에도 4D 프린팅 기술이 들어간다. MIT 어셈블리랩에서 선보인 신발은 자유자재로 모습을 바꾼다. 조깅할 때는 발바닥에 가해지는 압력이 높아지기 때문에 신발이 알아서 수축한다. 조깅을 멈추면 신발이 늘어나 착용자의 발을 편안하게 해준다.

### 공장을 대체하는 3D 프린팅

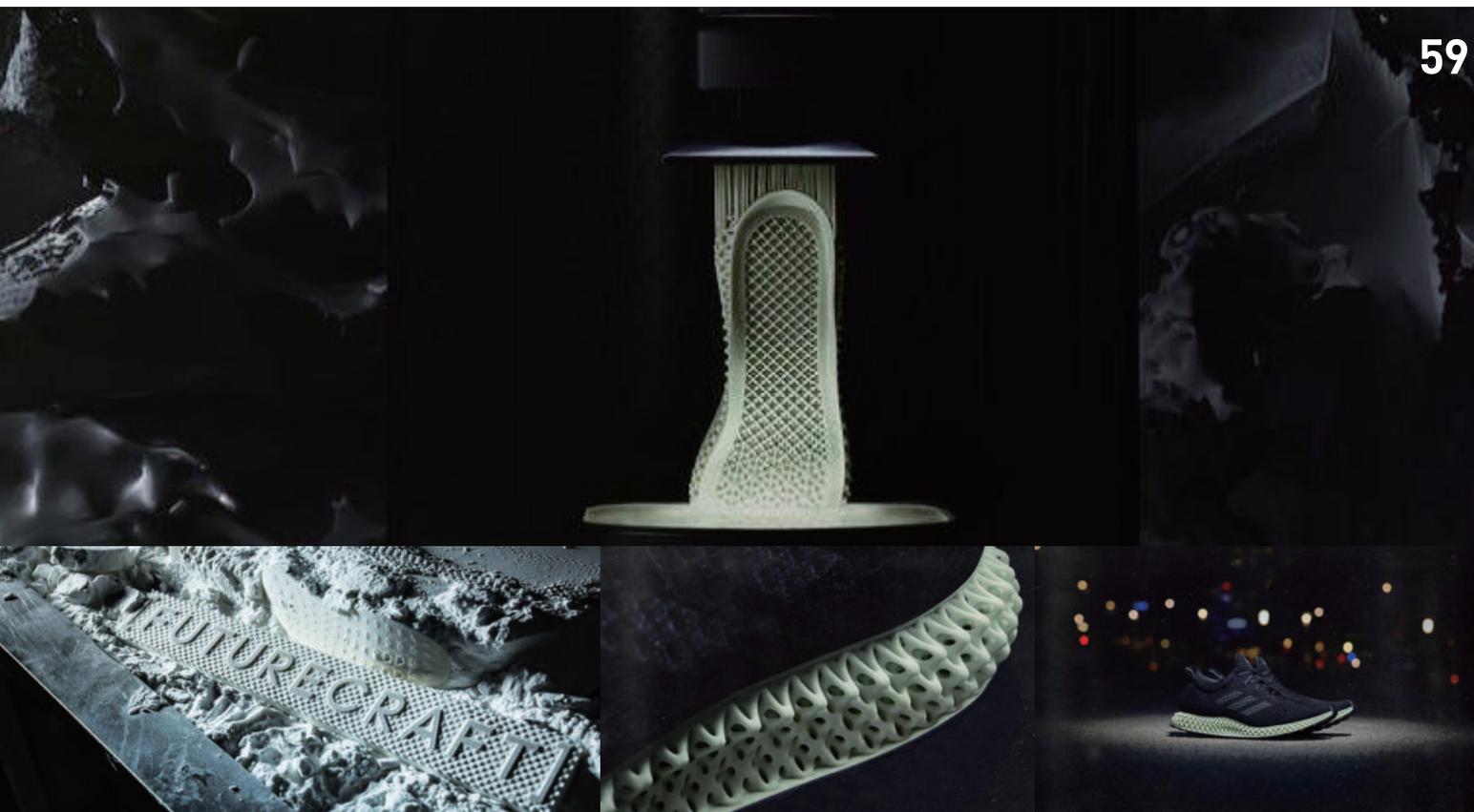
3D 프린팅 시장도 성장세가 가파르다. 신발 등 일부 산업에선 공장 프레스 기계의 역할을 3D 프린터가 대신 맡기 시작했다. 프린팅 속도가 제품을 대량으로 찍어낼 만큼 빨라졌다.

선두 업체는 아디다스다. 이 회사는 지난해부터 3D 프린팅 업체 카본과 손잡고 켈레당 300달러짜리 한정판 스니커즈를 내놨다. '퓨처크래프트(Futurecraft) 4D'란 이름이 붙은 스니커즈의 비밀은 신발 밑창에 해당하는 미드솔(Mdsole)에 있다. 고객의 취향과 몸무게, 운동습관 등에 맞게 미드솔의 폭신한 정도, 형태 등을 다르게 프린팅하는 게 핵심이다. 아디다스는 수년 내로 주요 거점 매장에 3D 프린터를 갖추고 미드솔을



4D 프린팅 기술 제품들 출처 : atelier.bnpparibas





즉석에서 프린팅할 계획이다. 빅데이터와 3D 프린팅 기술을 결합해 맞춤형 신발을 대중화하겠다는 의도다.

플라스틱, 합성수지뿐 아니라 금속도 3D 프린팅 소재로 활용되기 시작했다. 프린터로 찍어낼 수 있는 제품 종류가 훨씬 더 다양해진다는 의미다. 프린터 업체 HP는 최근 금속 제품을 양산할 수 있는 메탈 바인더젯(Metal Binder Jet) 3D 프린터를 선보였다. 분말 형태 소재 위에 액체 접착제를 분사해 금속층을 쌓는 게 이 프린터의 원리다. 소형 기계부품을 직접 프린트해 쓸 수 있다. 2021년부터 일반에 판매될 예정이다.

한국에서도 4D 프린팅 기술 연구가 활발하다. 문명한 한국과학기술연구원(KIST) 계산과학연구센터장은 맞춤형 깁스를 개발했다. 형상기억 소재를 사람 팔보다 굵은 원통으로 제작하는 방식이다. 착용 후 헤어드라이어로 열을 가하면 팔의 형태에

맞게 깁스 크기가 줄어든다. KIST는 일정 시간 이상 열과 연기가 감지되면 흡착 소재가 팽창해 연기를 빨아들이는 '4D 화재 시스템'을 개발하고 있다.

전문가들은 4D 프린팅과 관련해 더 다양한 시도가 이뤄질 것으로 전망했다. 환경에 따라 외관을 바꾸는 소재가 속속 등장하고 있기 때문이다. 글로벌 조사기관마켓앤드마켓은 4D 프린팅 시장 규모가 2025년 5억3800만 달러(약 5900억 원)에 달할 것으로 내다봤다.

HP의 메탈 바인더젯(Metal Binder Jet) 3D 프린터



INNOVATION

BRIGHTWORKS

SCHOOL

## 세상에서 가장 혁신적인 학교 '브라이트웍스' 학생들이 드릴로 3D 모형 만든다

학년도 없다. 시험도 없다. 심지어 교사도 없다. 미국 샌프란시스코에 있는 '별난 학교' 브라이트웍스(Brightworks) 얘기다. 2011년 설립된 대안학교 브라이트웍스는 이른바 '팅커링(Tinkering)' 스쿨로 불린다. 학생 스스로 생각하고(Think) 만들면서(Make) 프로젝트에 기반한 학습을 하는 학교라는 뜻이다. 설립자인 게이버 털리 씨는 "아이들은 무엇이든 만들 수 있고, 만들기를 통해 무엇이든 배울 수 있다"는 철학을 가지고 학교를 운영 중이다.

### '드릴 · 절삭기' 들고 공부하는 학교

브라이트웍스에는 학년이 없는 대신 '밴드'라는 게 있다. 레드, 블루, 그린, 인디고, 앰버 등 다양한 색깔 이름이 붙은 밴드에서는 최대 세 살까지 차이가 나는 8명 안팎의 학생이 가족처럼 함께 지낸다. 유치원부터 고등학교 수준까지의 학생 90여 명이 있다. 털리 씨는 "학생 사이에 나이 차가 있어서 롤모델이 자연스럽게 형성된다"며

"나이가 많은 학생은 스스로 모범을 보이며 책임감 있게 행동한다"고 말했다. 각 밴드에는 교사 대신 '컬래버레이터(협력자)'가 배정된다. 단순히 무언가를 알려주고 가르치는 게 아니라 아이들이 자율성과 창의력을 기를 수 있도록 옆에서 도와주는 사람이라는 뜻이다.

학교 안으로 들어서면 놀이터처럼 뽕뽕린 공간이 이색적이다. 원래 마요네즈 공장



# brightworks

an extraordinary school



게이머 톨리 브라이트웍스  
설립자가 학생들과 함께  
수업을 하고 있다.  
출처 : 브라이트웍스

으로 쓰던 3층 높이의 건물이다. 천장에는  
형형색색의 모빌 등이 주렁주렁 매달려 있  
는 게 눈에 띈다. 옛된 학생들이 귀여운 고  
슴도치와 함께 생물 공부를 하는 모습도 볼  
수 있었다. 다른 한쪽에서는 학생들이 드라  
이버, 드릴, 절삭기 등을 직접 들고 집을 짓  
거나 3차원(3D) 모형을 만들고 있었다.

톨리 씨는 “아이들이 절삭기를 쓴다고 하  
면 학부모들이 처음에는 놀라곤 한다”며  
“하지만 지금까지 수백 명의 아이가 수천  
번 넘게 사용했지만 단 한 번도 사고가 없  
었다”고 말했다. 철저한 안전교육이 이뤄  
질 뿐만 아니라 컬래버레이터가 옆에서 지  
켜보면서 도와주고 있어 사고율이 ‘제로’라  
는 설명이다.

## 열기구도 직접 제작해 띄워

브라이트웍스는 다양한 프로젝트에 기반  
한 융합교육을 시도하고 있다. ‘사람과 사  
물의 움직임’이라는 주제로 수업을 하면 물  
리 교육뿐만 아니라 교통신호체계부터 자  
동차, 비행기 원리까지 공부하는 식이다.  
초등학생 수준으로 구성된 한 밴드는 프랑  
스 몽골피에 형제가 1783년 열기구를 제작  
해 인간을 최초로 하늘에 올려 보냈다는 사  
실을 알게 됐고, 이후 직접 기상 관측용 열  
기구도 제작했다.

약 한 달간 뜨거운 바람을 거대한 풍선 안  
에 어떻게 유지시킬 수 있을지 탐구했고,  
탐재 장비를 안전하게 떨어뜨리기 위한 낙  
하 실험도 했다. 열기구가 떠오른 뒤 어느



INNOVATION

BRIGHTWORKS

SCHOOL

방향으로 움직일지 알아내기 위해 풍향과 지도 축척을 공부했다. 학생들이 제작한 열기구들은 성공적으로 하늘로 띄워져 8만 2000피트(약 25km) 상공까지 올라갔다. 이후 기압 차로 열기구가 터지고, 탑재 장비는 낙하산을 펼쳐며 지상으로 떨어졌다.

털리 씨는 “프로젝트에 참여한 학생들은 앞으로 20년 뒤에도 열기구의 원리를 잊지 않을 것”이라며 “단순히 교과서에 있는 지식이 아니라 실제 경험을 통해 원리를 배워야 하는 이유”라고 설명했다.

### ‘메이커 운동’ 강조하는 미국

브라이트웍스 학생들은 불을 가지고 놀기도 하고, 옷은 엉망이 되기 일쑤다. 가전 제품을 직접 분리해 보기도 하고, 예술 작품도 만든다. 구글링으로 쉽게 답을 찾아내는 지식을 넘어 학생 스스로 프로젝트를 구상하고 실험해 보는 과정을 중시한다. 미국 경제전문지 ‘비즈니스인사이드’는 “세계에서 가장 혁신적인 학교”라고 치켜세우기도 했다.

미국 정부는 브라이트웍스와 같은 창의



MS는 나델라 CEO의 뜻에 따라 '디지털 디바이드(정보기술 격차)'를 줄이고, 창의·융합 인재를 양성하기 위해 다양한 투자를 하고 있다.

고등학생을 대상으로 하는 'TEALS (Technology, Education and Literacy in Schools)' 프로그램은 컴퓨터공학을 효과적으로 배울 수 있도록 도움을 준다. 정보통신기술(ICT) 업계 전문가들이 고등학교 교사와 함께 컴퓨터 수업을 하는 방식이다. 미국 내 348개 학교에서 학생 1만2000여 명이 TEALS 과정을 거쳤다.

MS뿐만 아니다. 구글, 인텔, IBM 등 다양한 ICT 기업은 학교에서 배운 지식이 기업의 실무에 어떻게 접목되는지 현장체험 등을 통해 알려주고 있다. 구글은 컴퓨터 프로그래밍 경험을 제공하기 위한 'CAPE(Computer and Programming Experience)'라는 프로그램을 운영 중이다. 미국 전역에 있는 구글 지사에서 여름방학 동안 진행되는 4주간의 프로그램으로, 8학년 학생(한국의 중학교 2학년)을 대상으로 하고 있다. 현재까지 800명 이상의 학생이 CAPE 프로그램을 수료했다.

IBM은 뉴욕시립대 등과 협력해 고등학교와 전문대 과정(9~14학년)

을 통합한 미국 최초의 6년제 학교인 'P테크'를 2011년 설립했다. P테크에 입학한 학생은 기업이 제공하는 인턴십과 현장 체험 등을 할 수 있다. 교육 과정이 끝나면 2년제 대학 학위를 받는다. 이 학교는 저소득층 자녀가 실리콘밸리에 입성할 수 있는 교두보라는 평가를 받고 있다. 재학생 중 저소득층 자녀가 차지하는 비중이 96%에 달한다.

인텔은 과학, 수학 원리를 활용해 결과물을 도출하는 국제과학기술경진대회(ISEF) 등을 열어 융합교육을 적극 지원하고 있다. 인텔 관계자는 "세계 각지에서 1700명 이상의 중·고등학생이 참가하는 ISEF는 글로벌 문제를 해결하기 위한 열정을 공유하는 장"이라며 "총 400만 달러(약 45억 원)의 장학금을 준다"고 말했다.

교육을 강조하며 다양한 투자를 하고 있다. 버락 오바마 전 대통령은 미국을 '메이커의 나라'라고 선언하며 2015년 6월 메이커 교육을 확대하는 주요 정책을 내놨다. 연방기관, 비영리기관, 시 정부, 학교 등을 통해 1000개 이상의 메이커 공간을 구축하도록 했다. 박물관, 과학관, 도서관 등을 활용해 메이커가 창작 프로젝트를 할 수 있는 환경도 제공했다.

메이커 운동의 창시자로 꼽히는 데일 도허티 메이커 최고경영자(CEO)는 "젊은이들이 뛰어난 재능을 활용해 만들고, 창조하고, 혁신할 수 있도록 도와야 한다"며 "급격히 변하는 미래 사회에 대비하기 위해서는 전통적 교육 방식에서 벗어나야 한다"고 말했다.

## 메이커 교육에 공들이는 글로벌 IT 기업

사티아 나델라 마이크로소프트(MS) 최고경영자(CEO)는 교육의 중요성을 강조하며 자신의 저서 '히트 리프레시'에 "교육 + 혁신"에 기술 수준을 곱하면 그 나라의 '경제 성장' 수치가 나온다"고 기술했다.



사티아 나델라  
마이크로소프트 CEO

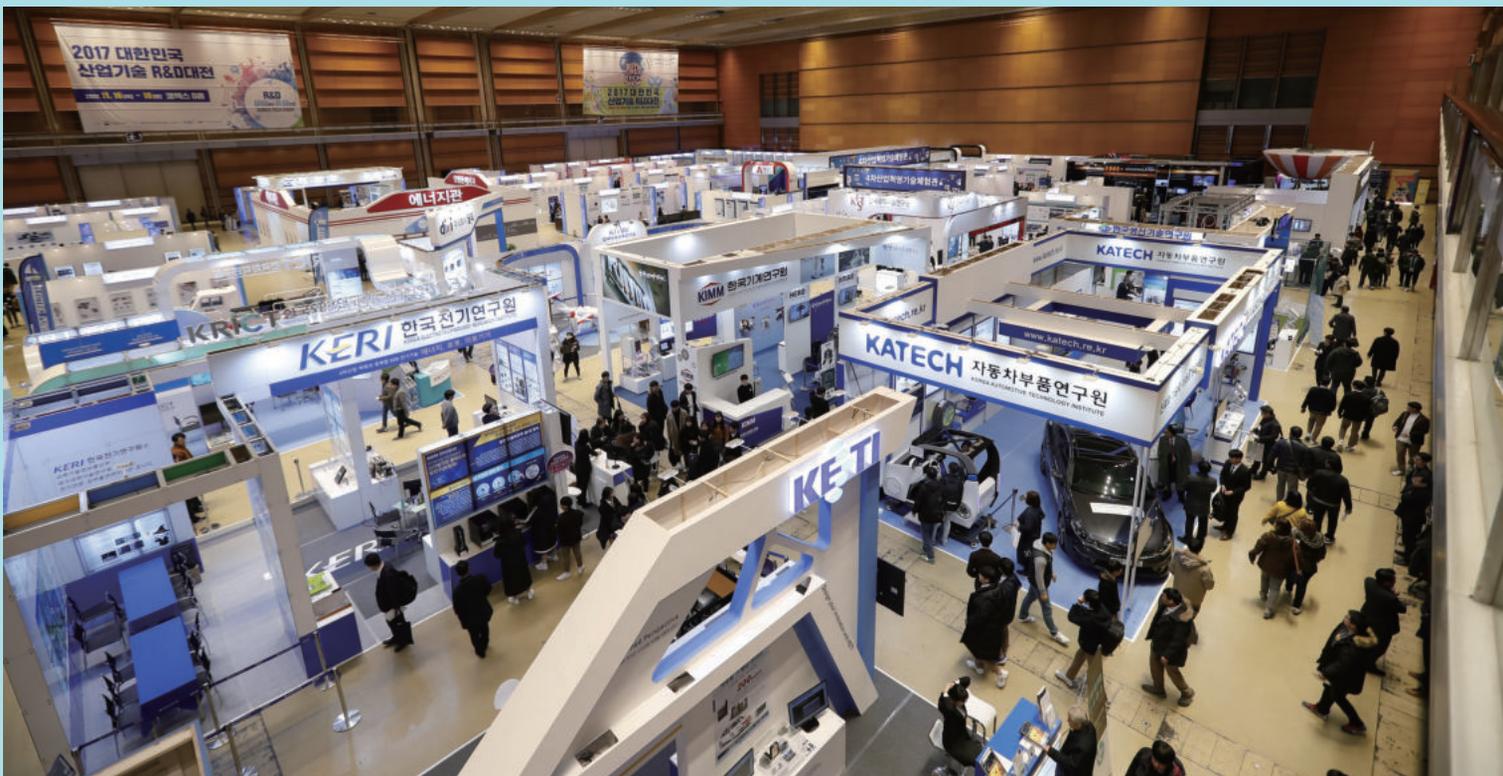
## 2018 대한민국 산업기술 R&D 대전 로봇, 드론 등 체험하는 '손에 잡히는 미래'

2018 대한민국 산업기술 R&D 대전이 12월 5~7일 3일간 서울 코엑스에서 개최된다. 신산업 및 4차 산업혁명 관련 산업부 R&D 성과물을 국민에게 홍보해 미래 산업의 방향성을 제시할 '2018 대한민국 산업기술 R&D 대전'은 현재의 기술과 미래의 발전 방향을 함께 보여줄 수 있는 행사의 장으로 마련된다.

### '4차 산업혁명' 기술로 미래를 만나다

산업통상자원부가 주최하고 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원, 한국산업기술진흥원이 주관하는 '2018 대한민국 산업기술 R&D 대전'은 미래 산업을 주도할 혁신적인 신기술·신제품 개발 성과 공유 및 연구개발자의 자긍심 고취를 통한 산업기술 R&D 대국민 공감대 형성을 목적으로 개최된다. 이를

위해 산업기술혁신사업 및 기업 자체 R&D 등 새로운 성장동력으로 기대되는 신산업 분야와 4차 산업혁명 관련 Best R&D Product(기술·제품)를 소개한다. 또한 산업 기술의 중요성을 널리 알리고 사회적 공감대를 확산시키기 위해 기술대상 및 유공자에 대한 포상 등 시상제를 시행한다. 더불어 다양한 분야의 상호연계성 강화를 위해 '신산업 분야'를 중심으로 분야별 기





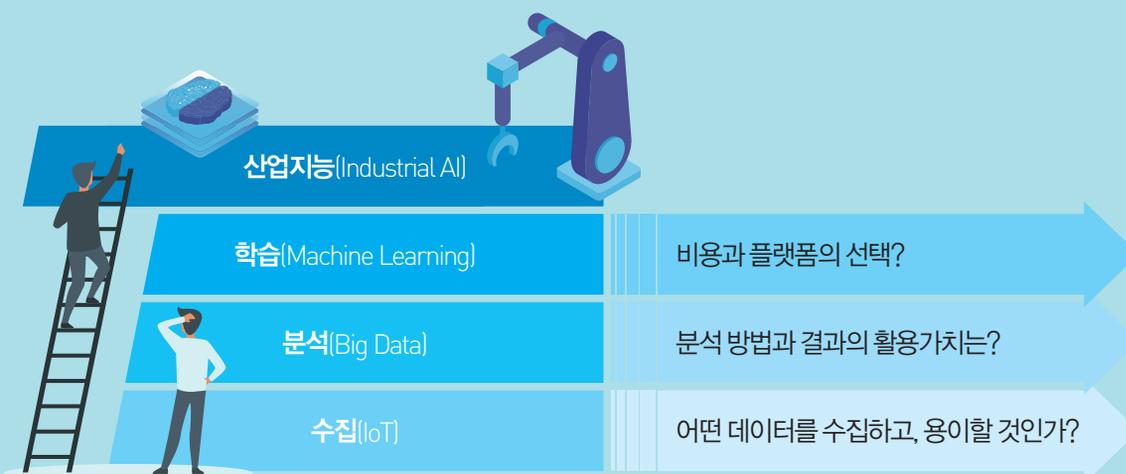
술·정보 교류회를 개최한다.

한편, 전시관은 ‘신산업’ 및 ‘4차 산업혁명’ 관련 기술 제품을 중심으로 대한민국의 미래를 이끌어갈 산업 기술 R&D 방향과 성과를 한눈에 조망할 수 있도록 조성된다. 이와 관련해 산업혁신관에는 신산업 분야 등 정부 R&D 또는 기업 자체 R&D로 개발해 기술적·경제적 성과를 창출한 우수한 제품·기술과 국제 공동연구 성과가 전시된다. 기술교류관에서는 글로벌 기술 협력, B2B 상담, 4차 산업혁명 관련 신기술 체험, 경진대회, 잡페스티벌 등이 진행된다. 산업 R&D 30년관에는 ‘공업발전법 제정’(1986년), ‘생산기술발전 5개년 계획’(1991~95년) 등 산업 발전을 위한 산업부의 정책 발전 방향과 개발된 우수 제품을 한눈

에 볼 수 있도록 타임테이블이 설치되고 영상물이 홍보 전시된다.

### 혁신 성장 위한 ‘산업지능(Industrial AI)’ 구현하다

혁신 기술과 산업 간 융합 기술인 산업지능(Industrial AI)의 필요성과 산업 적용 극대화를 위한 확산 전략을 논의하는 ‘2018 산업지능’이 12월 7일 코엑스 B홀 특설무대에서 진행된다. ‘2018 산업지능’에서는 산업지능의 국내외 현황 및 성공 사례를 공유한다. 더불어 추진 현황 및 혁신 성장 전략과 연계 방안을 논의하고, 데이터 기반 신산업 인프라 조성을 위한 전략을 논의할 예정이다.



〈그림 1〉 산업지능 사다리 전략

특히 이 행사를 통해 인공지능(AI) 기술의 이해와 산업생태계의 효과적인 도입 확산을 위한 '산업지능 사다리 전략'이 제시될 예정이다. 관련 프로그램은 키워드(산업지능) Keynote, 국내 AI 경쟁력, 산업지능 도입 단계 문제점, 가치사슬상 도입 경쟁력 부분, 산업지능 기술의 성공적 도입 사례 등으로 구성된다.

### 미래 산업 리드할 '신산업'에 집중하다

'신산업 핵심 분야 기술·정보 교류회'를 통해 산업 핵심, 글로벌 전문 기술, 소재·부품 등의 주요 사업에서 전략산업(제품) 과제 간 기술·정보 교류를 통해 연구 효율성 및 사업화 촉진을 제고한다. 신산업 분야는 전기·자율주행차, 바이오·헬스, IoT 가전, 반도체·디스플레이 등이다.

전기·자율차 분야와 관련해 '장거리 고품의 전기구동자동차분야 기술·정보 교류회'가 7일 코엑스 컨퍼런스룸 203호에서 열린다. 교류회에서는 이차전지, 전동기, 전력변환기 및 충전시스템 등 관련 분야의 기술 개발 현황과 성과를 소개하고, 전기자동차 분야 차년도 기획 방향 및 협력 방안에 대해 토론한다. 이를 통해 전기자동차 관련 과제 수행자 간 기술 개발 현황 및 우수 사례 공유를 통한 연구효율성 향상을 기대하고 있다. 더불어 소재, 부품, 시스템 및 제품 등 관련 연

관 산업의 협력 방안 토론을 통해 시너지 효과 창출을 기대하고 있다.

바이오·헬스 분야와 관련해 '2018 바이오산업 성과 공유 및 전략산업 기술·정보 교류회'가 6일 코엑스 그랜드볼룸 101호에서 진행된다. 교류회에서는 시장 지향적인 바이오산업 성과 창출 촉진을 위해 우수 기업·연구개발자 시상 및 바이오 분야 연구자를 격려하고, 바이오헬스 전략산업인 '맞춤형 바이오 진단·치료'와 '디지털 헬스케어' 분야의 향후 지원 방향을 소개한다. 이외에도 바이오헬스 분야 과제 수행자 간 우수 연구사례를 공유한다. 이를 통해 바이오 기업, 학연 관련 연구개발자 간 정보 교류 및 상호 협력 효율화를 제고한다.

IoT가전 분야와 관련해 '재난 및 국민안전로봇 분야 기술·정보 교류회'가 7일 코엑스 컨퍼런스룸 202호에서 진행된다. 교류회에서는 국민안전을 증진하기 위한 재난·재해 대응 로봇 기술 분야의 개발 추진 현황을 공유하고 기술을 교류한다. 이번 교류회에서는 산업부와 미국 국방부 협업 과제로 추진하는 한미 공동 R&D의 추진 현황을 점검하고 선진 기술 동향을 파악하는 자리를 마련한다. 더불어 국민안전로봇프로젝트로 추진하는 국민안전로봇 분야 지원 과제의 성과 및 추진 현황 등을 공유해 국가 R&D 과제의 공공성





을 소개한다. 이외에도 재난·재해로봇 과제 수행자 간 우수 연구사례를 공유하고 향후 기술 교류 기회를 부여한다.

반도체·디스플레이 분야와 관련해 '미래 반도체소재 분야 기술·정보 교류회'가 7일 코엑스 컨퍼런스룸 201호에서 진행된다. 미래 반도체소재 기술 교류 및 성과 확산을 위한 통합연구회로 진행되는 교류회는 과제별 연구 추진 방향에 대한 기술 교류, 투자기관 전문가그룹 의견수렴, 문제 해결 방안 도출 등으로 구성된다. 이를 통해 미래 반도체소재 과제 수행자와 투자기관 전문가 간 네트워크를 구축하고, 투자기관 전문가 의견수렴 등 정보 공유의 장으로 활용된다.



### 다채로운 부대행사 펼쳐지다

신산업 정책 방향 공유 및 글로벌 기술 협력 활성화 방안을 모색하기 위해 해외 한인공학자를 초청해 운영될 '글로벌기술협력포럼'이 한국산업기술진흥원(KIAT) 주관으로 6일 열린다. 이번 포럼은 '신산업과 글로벌 기술 협력'을 주제로 국내외 한인 공학자 주제발표 및 패널 토론회 등으로 구성된다. 세션 I인 글로벌기술협력 포럼에서는 개방형 혁신을 활용한 4차 산업혁명 활성화 방안을 모색하고, 세션 II인 신산업 기술 협력 세미나에서는 분야별 국내외 한인 공학자 간 R&D 정보 공유 및 기술 협력 방안을 모색한다. 세션 III인 기술상담회는 해외 한인 공학자와 국내 연구자 간 기술 협력 상담회로 운영된다. 이렇듯 국내 중소·중견기업의 국제 기술 협력 및 글로벌 기술 사업화를 통해 기술 혁신 역량을 강화하고 해외 시장 진출을 지원한다.

이외에도 ① 융합신산업-인증·표준 Bridging 포럼 ② 기술 사업화 대전 ③ 에너지 기술 혁신 우수 성과 기술정보 교류회 ④ 임베디드 SW 경진대회 ⑤ 산업융합 아이디어 경진대회 ⑥ 마이스터고 공동 협력 사업 활성화 ⑦ 우수 전시기업과의 라이브스테이션 ⑧ 한-이스라엘 기술 협력 세미나 등 다양한 부대행사가 진행될 예정이다.

삼성전자 갤럭시노트9을 시작으로 애플의 아이폰XS와 아이폰XS맥스, LG전자의 V40 씽큐(ThinQ), 구글의 픽셀3, 픽셀3XL까지 주요 스마트폰 제조업체의 전략 스마트폰이 잇따라 공개됐다. 6인치 이상 대화면 디스플레이를 장착하고 카메라 기능을 강화했다는 점은 대부분 비슷하지만 제품마다 서로 다른 개성을 갖고 있다.

## 스마트폰 대격돌

카메라 · AI · 펜으로 '필살기 전쟁'

APPLE iPhone XS Max



SAMSUNG Galaxy Note 9



LG V40 THINQ



〈표 1〉 하반기 발표된 주요 프리미엄 스마트폰

구분	삼성전자	애플		LG전자	구글	
제품	갤럭시노트9	아이폰XS	아이폰XS맥스	V40 씽큐	픽셀3	픽셀3XL
크기(mm)	161.9×76.4×8.8	143.6×70.9×7.7	157.5×77.4×7.7	158.7×75.8×7.7	145.6×68.2×7.9	158.0×76.5×7.9
무게(g)	201	177	208	169	148	184
화면	6.4인치 OLED	5.8인치 OLED	6.5인치 OLED	6.4인치 OLED	5.5인치 OLED	6.3인치 OLED
프로세서	스냅드래곤845 엑시노스9810	A12바이오닉		스냅드래곤845	스냅드래곤845	
램(GB)	6.8	4		6	4	
저장공간(GB)	128,512	64,258,512		64,128	64,128	
카메라	전면 800만 화소 후면 1200만 화소 듀얼카메라	전면 700만 화소 후면 1200만 화소 듀얼카메라		전면 500만 · 800만 화소 듀얼, 후면 트리플 카메라	전면 800만 화소 듀얼카메라, 후면 1220만 화소 싱글카메라	
배터리(mAh)	4000	2658	3174	3300	2915	3430
가격	109만~135만 원	999~1349달러	1099~1449달러	104만 원	799,899달러	899,999달러

### OLED 대화면 · 카메라 성능 향상

4개 회사 제품 모두 OLED(유기발광다이오드) 디스플레이를 장착했다. OLED 디스플레이는 전력 소모가 적고 풍부한 색감을 표현할 수 있다. 삼성전자는 스마트폰 사업 초창기부터 고급 제품에 OLED 디스플레이를 사용했고 LG 전자와 애플은 작년 제품부터 OLED를 도입했다. 6인치 이상 대화면 디스플레이가 주류를 이룬다는 점도 같다. 아이폰XS맥스가 가장 큰 6.5인치 화면을 채택했고 갤럭시노트9과 V40 씽큐는 6.4인치, 픽셀3XL은 6.3인치다. 6인치 미만 제품은 아이폰XS(5.8인치), 픽셀3(5.5인치)뿐이다.

수화부 양옆까지 디스플레이 영역을 늘린 노치 디자인을 채택한 제품도 늘었다. 갤럭시노트9과 픽셀3를 제외한 아이폰XS · 아이폰XS맥스, V40 씽큐, 픽셀3XL이 노치 디자인을 적용했다.

저마다 카메라를 제품의 특징으로 내세운 것도 동일하다. 갈수록 스마트폰 기술이 상향평준화되면서 차별화할 수 있는 부분이 카메라밖에 없다는 방증이기도 하다. V40 씽큐가 전면 2개, 후면 3개로 가장 많은 5개 카메라를 장착했고 갤럭시노트9과 아이폰XS · 아이폰XS맥스는 전면 1개, 후면 2개다. 픽셀3 · 픽셀3XL은 반대로 전면 2개, 후면 1개의 카메라를 달았다.

GOOGLE Pixel 3



## SAMSUNG Galaxy Note 9

### 갤럭시노트9, 블루투스 적용한 S펜과 대용량 배터리

삼성전자는 갤럭시노트 시리즈의 상징인 S펜에 블루투스 기능을 도입했다. 가장 사용이 잦은 용도는 카메라 리모컨이다. 셀프카메라를 찍거나 스마트폰을 먼 곳에 두고 사진을 찍을 때 힘들이지 않고 펜의 버튼을 누르면 된다. 그 밖에 프레젠테이션을 하거나 갤러리에서 사진을 볼 때 화면을 넘기는 용도로도 쓸 수 있다. HDMI 케이블로 갤럭시노트9를 모니터·TV와 연결해 PC와 비슷하게 쓸 수 있는 데스(DEX) 모드를 이용하면 발표하기 위해 굳이 노트북을 연결할 필요가 없다.

4000mAh 대용량 배터리도 장점이다. 미국 소비자연맹이 발간하는 컨슈머리포트는 “갤럭시노트9는 배터리 지속시간이 29시간으로 현재 출시된 대부분의 스마트폰보다 우수하다”고 평가했다.



### 아이폰XS맥스, 6.5인치 패블릿(폰+태블릿) 제품 선보여

애플은 격년으로 새 제품과 업그레이드 제품을 내놓는다. 아이폰XS는 전작인 아이폰X의 업그레이드 모델이다. 새로운 A12바이오닉 프로세서가 탑재되는 등 여러 부분이 개선됐지만 외관상에선 커다란 변화를 찾기 어렵다. 반면 아이폰XS맥스는 처음 등장한 라인업이다. 애플이 처음으로 내놓은 6.5인치 패블릿(폰+태블릿) 제품으로 갤럭시노트9(6.4인치)보다 크다.

커진 화면만큼 가격도 올랐다. 아이폰X는 64기가바이트(GB) 모델이 999달러, 256GB 모델이 1149달러였지만 아이폰XS맥스는 1099달러(64GB)부터 시작해 가장 비싼 모델은 1449달러(512GB)에 이른다. 작년 아이폰X 256GB 모델의 한국 출고가가 163만원이었던 점을 감안하면 아이폰XS맥스 512GB 모델은 200만원을 넘을 것으로 예상된다.

## APPLE iPhone XS Max



### V40 씩큐, 전면 듀얼 · 후면 트리플 ‘5개의 카메라 눈’

V40 씩큐는 5개의 카메라를 탑재했다. 후면 트리플 카메라로 초광각(화각 107도), 일반각(78도), 망원(45도) 3개의 화각 가운데 하나를 택해 찍을 수 있다. 전면 듀얼 카메라는 셀프 카메라를 찍을 때 심도 조절을 편리하게 할 수 있다.

트리플 카메라를 활용한 새로운 사용자경험(UX)도 도입했다. ‘트리플 샷’은 초광각부터 망원까지 각기 다른 렌즈로 사진을 찍어 하나의 영상으로 합성해준다. 줌인, 줌아웃 등 영상 효과를 자유자재로 바꿀 수도 있다. 선택한 부분만 움직이고 나머지는 정지 상태로 만들 수 있는 ‘매직 포토’도 새로 선보인 기능이다.

LG V40 THINQ



GOOGLE  
Pixel 3

### 픽셀3, 시가 모르는 전화받아응대

픽셀 시리즈는 구글이 직접 만드는 레퍼런스폰이다. 구글의 인공지능(AI) 기능이 가장 먼저 탑재된다. 이 전화기에는 지난 5월 구글이 공개한 ‘구글 듀플렉스’가 내장됐다. 일종의 AI 전화응답기다. 모르는 번호의 전화가 오면 시가 전화를 받아 응대하고 내용도 기록해준다.

타사 프리미엄 제품과 달리 후면에 카메라 렌즈가 하나 밖에 없다. 대신 구글의 AI 기능으로 부족한 카메라 개수를 보완했다. 구글의 머신러닝 기능으로 디지털 줌을 광학식 줌처럼 바꿔주는 ‘슈퍼 레스 줌’이나 어두운 환경에서 밝은 사진을 찍을 수 있는 ‘나이트 사이트’ 등이 대표적이다. 아쉬운 점은 전작처럼 한국에선 정식 발매되지 않을 가능성이 높다. 이 제품을 써보려면 해외 직구를 이용해야 할 것으로 보인다.

# KIST 계산과학연구센터 문명한 센터장

4차 산업혁명의 한 축을 이루며 생산 방식을 급변시키고 있는 3D·4D 프린팅. 하지만 아직도 많은 사람이 그 효용성과 잠재력에 의구심을 품고 있다. 실용적인 3D·4D 프린팅 연구로 그러한 의구심을 불식시키는 데 큰 역할을 하고 있는 연구자, 문명한 센터장을 만났다.

이경원 [과학칼럼니스트]



3D·4D 프린팅은 아직 일반인에게는 생소한 분야다. 그저 좀 신기한 플라스틱 장난감 만들기일 뿐, 대체 실생활에 무슨 소용이 있느냐며 냉소를 날리는 사람도 있다. 그러나 한국

01

문명한 센터장

과학기술연구원(KIST)의 계산과학 연구센터 문명한 센터장은 그러한 시각을 거부한다. 그에게 3D·4D 프린팅은 먼 미래가 아닌, 지금 이 순간 이미 세상을 바꾸고 있는 혁신 기술이다.

1974년생인 문 센터장은 서울대 금속공학과(학사), 동 대학원 재료공학부(석사 및 박사)를 거쳐 하버드대에서 박사후 과정 연구원을 지냈고, 2007년부터 현재까지 KIST 계산과학연구센터에서 근무하면서 2015년 센터장으로 취임했다. 또한 그는 3D·4D 프린팅 관련 연구를 통해 지난해 다산기술상 공공부문상 및 올해 발명의 날 산업포장을 받을 만큼 열성적인 연구자다.

## 나노 표면 소재 연구로부터 시작된 3D·4D 프린팅 연구

그는 원래 10여 년간 나노 표면 소재를 연구해 왔다. 하지만 소재, 특히 구조 소재(Bulk Material)에 의존하고 자체적으로 부가가치를 갖기 어려운 표면 소재의 한계를 향상시키고 있었다. 그러던 중 원하는 형상

및 시스템을 제작할 수 있는 3D 프린팅 기술을 접했고, 2013년 하반기부터 본격적으로 시작하게 됐다.

특히 3D 프린팅 기술은 3차원 구조체는 물론 3차원 표면 구조체를 만들 수 있다는 장점이 있다. 따라서 그가 알고 있던 표면 나노구조화 기술을 접목할 수 있어 연구를 지속할 수 있었다. 또한 나노입자 같은 기능성 소재와 형상기억고분자 같은 구조 소재를 프린팅 가능한 소재와 혼합함으로써 새로운 가능성을 가지는 구조물을 제작할 수 있다. 이를 통해 4D 프린팅 기술로 발전할 수 있었다. 4D 프린팅 기술 분야에서는 소재 중심 기능화 기술 및 다양한 소재를 프린팅할 수 있는 다물질 프린팅 기술이 매우 중요하다. 문 센터장은 이들에 대한 기초 기술도 보유하고 있어 해당 분야 연구가 가능했다.

그는 3D 프린팅 기술 분야에서 소재 및 응용 분야를 연구하고 있다. 3D 프린팅 기술의 역사는 이미 30년이 넘었기 때문에 프린팅 기계를 중심으로 하는 공정 기술은 어느 정도

## 02



들을 가지고 있다. 특히 7종류의 프린팅 공정 기술은 거의 대부분의 소재를 활용할 수 있으며 원하는 형상 또한 제한 없이 제작할 수 있는 수준이다. 그러나 3D 프린팅은 목업용 시제품 생산에는 많이 사용되고 있으나 아직 일반 시장에서는 크게 활용되지 못하고 있다. 3D 프린팅 기술만의 장점을 활용한 응용 분야의 부재와 적절한 기능 소재가 개발되지 못한 것이 그 원인이다. 3D 프린팅은 소재를 가루를 내서 사출해 레이어로 만들어 쌓아야 하므로 물성이 약할 수밖에 없다.

그래서 그는 연구에서 2가지에 주안점을 두었다. 첫 번째는 3D 프린팅 기술 분야만으로도 충분히 활용

성을 높이기 위한 중대형 건축용 3D 프린팅 기술 개발이다. 특히 흙, 모래, 나무 중심의 전통 건축 소재를 이용해 중대형 건축용 3D 프린팅 소재를 개발하고 공정 기술과 접목해 한옥과 같은 구조물을 개발하는 것이다. 두 번째는 기능성 3D 프린팅 소재를 개발하는 것이다. 특히 나노 소재와 형상기억고분자 등의 소재를 이용한 기능성 3D 프린팅 기술 및 4D 프린팅 기술 연구를 수행하고 있다. 4D 프린팅 기술은 개념이 나온 지 4~5년밖에 되지 않은 신생 분야지만 많은 연구자가 관심을 갖고 있다. 그는 4D 프린팅 기술이 앞으로의 3D 프린팅 기술 분야를 견인할 것으로 내다보고 있다.

## 02

3D 프린터로 만든 문화재 모형. 명학교 학생들의 학습 효과를 크게 증진시켰다.

## 4D 프린팅이란?

그렇다면 4D 프린팅이란 무엇인가? 1D(Dimension, 차원)와 2D는 각각 선과 면을 뜻한다. 3D는 2D에 수직 방향이 추가돼 부피를 가지는 형상이다. 3D에 시간이라는 새로운 차원이 추가된 것이 바로 4D다. 즉, 4D 프린팅이란 외부 자극(온도, 습도, 전자기장 등)에 대해 시간에 따라 그 물성(형상이나 성질)이 달라지는 3차원 구조체의 프린팅이다. 3D 프린팅으로 나온 결과물은 이론상으로는 시간이 무한히 흘러도 그 특성이 바뀌지 않는다. 그러나 4D 프린팅의 결과물에 외부 자극을 주게 되면 그 특성이 바뀐다. 또한 다른 자극에 의해 원래의 상태로 복구될 수

도 있다. 문 센터장은 영화 '제5원소'의 주인공 릴루의 부활 시술 장면이 야말로 4D 프린팅의 핵심을 제대로 짚었다고 말한다. 손만 남았던 릴루의 시체를 다양한 소재를 사용해 원형을 복구하고, 그 몸에 빛의 자극이라는 외부 충격을 가해 비로소 생명을 주고 움직이게 하는 것, 이것이 4D 프린팅이 아니고 무엇이란 말인가. 그렇기에 사람들은 4D 프린팅에 열광할 수밖에 없다는 것이다.

문 센터장 연구팀은 기능성 소재

## 03

거대한 3D 프린터 앞에 선 문명운 센터장. 실제로 우주 식민지 건설에도 3D 프린터를 사용하는 안이 검토되고 있다.

와 3D 프린팅 설계 기술을 활용, 자외선에 반응해 색상이 변하는 형상(예: 꽃)이나 열에 의한 소재의 변형을 이용해 자가 접이식 박스나 구부러지는 손 등을 제작할 수 있다. 또한 3D 프린팅 공정 중 조건을 제어해 구불구불한 패턴을 만들어 변형을 향상시키는 연구 등을 수행하고 있다.

예를 들어 물에 반응하는 소재는 물을 흡수해 팽창하는 원리를, 빛에 반응하는 소재는 빛에 노출되면 소재 내에 있는 염색 물질의 구조가 변하는 원리를, 온도에 반응하는 소재는 유리 전이 온도 이상에서 고분자 구조가 끊어지는 특성을 이용해 형상을 변형시킨다. 다만 이러한 소재 자체 변화는 변형이 작아 시스템에 적용하기엔 무리가 있다. 그래서 더욱 획기적으로 반응이 나타나게 하기 위한 프린팅 구조체의 설계 기술이 매우 중요하다. 예를 들면 고기능성 형상 고분자 소재를 이용, 손가락이나 팔목이 골절을 당했을 때 고정할 수 있는 스마트 깁스와 같은 변형이 크게 일어날 수 있는 구조체 연구를 수행하고 있다. 4D 프린팅에서는 형상기억고분자와 같은 소재를 이용해 소재가 가지는 특성을 이용하게 된다.

4D 프린팅은 미래 시장에서의 활용 가치가 매우 높으며 응용 분야 또한 다양하다. 웨어러블 기기, 로봇, 생명공학, 항공우주, 군사, 선박, 자동차, 의류 등 첨단 과학 기술 분야에 적용이 가능하며 특히 의료 분야

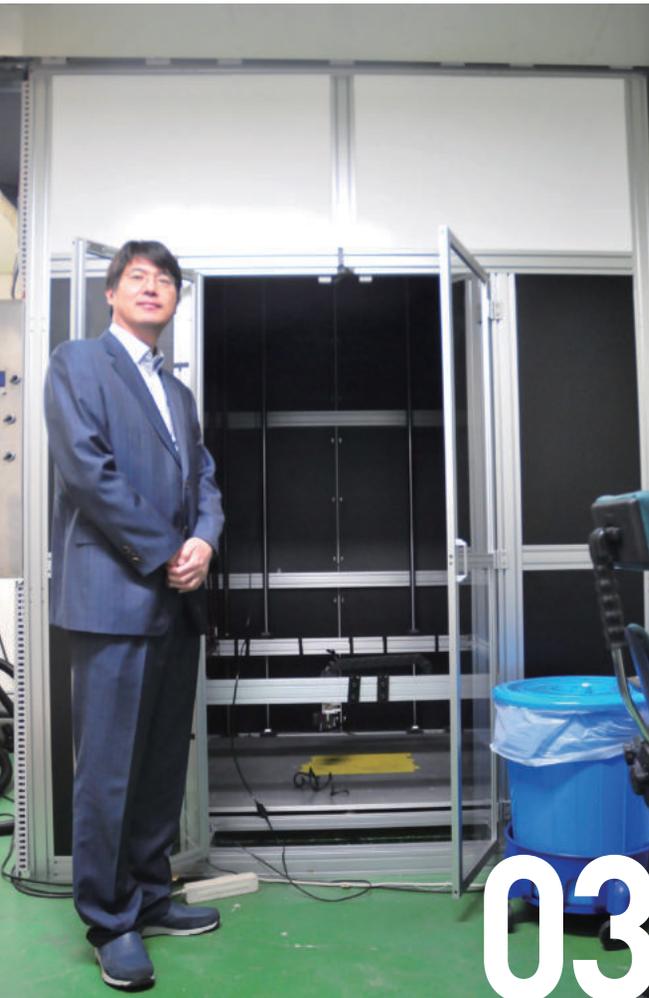
에서는 개인 맞춤형 형상에 대한 보급이 가장 절실하다.

### 이미 현실로 다가온 3D·4D 프린팅 시대

그에게 3D, 4D 프린팅은 이미 현실을 바꾸어 나가고 있는 기술이다. 그가 3D 프린팅 기술로 개발한 맹학교 학생들의 학습 교재만 봐도 그 사실을 알 수 있다. 맹학교의 학생들은 전원 시각장애인이다. 그런데 교과목 중에는 시각이 절대적으로 필요한 과목이 많다. 예를 들면 국사가 그렇다. 지도와 문화재의 모습을 외워야 한다. 그러나 맹학교 학생들은 시각이 미약하기 때문에 이런 과목을 제대로 학습할 수 없다. 당연히 학습 효율도 성적도 떨어지고 학습 의욕이 생길 리도 없다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 교과서에 나오는 지도와 문화재의 모습을 만져서 알 수 있는 모형으로 제공해야 한다.

그러나 시각장애인은 전 인구에 비해 비교적 소수다. 그런데도 교과목 특성상 매우 다양한 종류의 모형을 필요로 한다. 기존의 생산 방식은 이러한 다품종 소량 생산에 적합하지 않다. 금형의 경우만 보더라도 한 벌에 수천만 원이 드는 등 초기 투자비용이 엄청나기 때문이다. 그러나 3D 프린팅이라면 그리 큰 초기 투자비용 없이 이들을 위한 교재를 만들 수 있다.

그가 만든 교재로 공부한 맹학교 학생들은 싫어하던 국사 과목에 비



03



로스 흥미를 붙이게 됐다. 또한 물리, 수학, 국어, 미술 등의 과목도 더욱 쉽게 가르칠 수 있게 됐다. 학생들이 더욱 쉽게 자기 이름을 쓰고, 여러 미술품을 만져서 감상하는 모습을 보고 문 센터장은 큰 보람을 느꼈다고 한다.

기름 제거 나노 뜰채 역시 기존 기술의 한계를 돌파하기 위한 시도였다. 해양에서 기름 누출 사고가 벌어질 경우 기존에는 보통 오일펜스로 기름이 퍼지는 것을 막고, 흡착포로 기름을 제거한다. 그러나 오일펜스는 물을 막기만 하기 때문에 물살이 세면 터지거나 뒤집어지는 경우가 많다. 기존 흡착포도 효율이 좋지 않다. 흡착포에 달라붙는 액체 중 물이 95%인 것이다. 게다가 사용한 흡착포를 소각 폐기하면서 환경이 오염된다.

따라서 문 센터장은 연잎의 마이크로, 나노 구조를 모방한 표면 구조를 지니고 있어 물은 거르고 기름만 흡수 가능한 기름 제거 뜰채를 3D

프린터로 만들었다. 이 뜰채 1개는 무려 흡착포 900장 분량의 기름을 제거할 수 있으며, 1회용인 흡착포와는 달리 재사용이 가능하다. 또한 이 뜰채의 표면구조를 오일펜스에도 적용하면 물은 통과시키고 기름은 막을 수 있다. 해경 연구과제로 100억 원을 지원받아 만든 이 기름 제거 뜰채는 이미 실용화됐으며, 11월까지 수출이 목표다. 그는 이 기술로 다산기술상 공공부문상(2017년도)과 발명의 날 산업포장(2018년도)을 받았다.

그가 해 준 이야기 중에는 국내의 아쉬운 연구 현실을 보여주는 부분도 있었다. 2014~16년에 걸쳐 3D·4D 프린팅에 큰 관심이 몰리면서 연구비도 크게 늘었다. 하지만 개념 자체가 생소한 것이고 연구자가 많지 않았다. 2017~18년에 걸쳐 해당 분야 연구비는 크게 줄고 말았다. 이미 연구계 일각에서는 우리나라의 3D·4D 프린팅 연구 지원 수준으로는 파스트 팔로어 수준에도 미칠 수 없을 것이

04

관련 연구로 받은 다산기술상 공공부문상 및 발명의 날 산업포장, 산업포장 앞의 작은 인형도 3D 프린터로 만들었다.

라며 우려를 나타내고 있다. 문 센터장 역시 체계적인 지원과 전문가 양성 없이는 세계 무대에서 경쟁력 있는 연구개발을 할 수 없을 것이라고 경고한다.

3D·4D 프린팅은 제조업 관련 직종의 양상도 크게 바꾸어놓을 것이다. 특히 기술 발전으로 제조의 난이도가 하락하면서 소프트웨어의 비중이 높아질 것이다. 이에 따라 높은 창의성으로 만들어진 디자인을 소프트웨어와 3D·4D 프린팅을 통해 구현할 수 있는 인재가 각광받을 것이라고 그는 예측한다.

3D 프린팅 소재는 디자인 기술과 함께 매우 중요한 분야다. 이를 위해 소재 설계부터 제작 및 대량화를 통한 3D 프린팅 기술 분야가 더욱 융성하게 발전할 수 있도록 힘쓰고 싶다고 그는 포부를 밝혔다. 소재의 경우 우리나라 연구계에서 강점이 있는 기능성 소재(나노 소재, 스마트 소재, 다물질 소재)를 3D 프린팅 소재화하는 연구를 지속할 예정이다.

# ‘스타트렉’의 리플리케이터에서 3D·4D 프린터가 열어갈 미래를 본다

SF 장르의 상상력은 결코 우습게 볼 수 없다. SF 작가들은 실제 과학자들과 공학자들보다 먼저 우주와 해저를 탐사하고, 첨단 과학 기술을 개발해 그것이 바꾸어 갈 세계를 예견했다. 4차 산업혁명의 상징적 기술 중 하나인 3D·4D 프린터는 미래의 세계를 어떻게 바꾸어 갈 것인가? 그 답을 SF 영화의 고전 ‘스타트렉’에서 찾아보자.

이동훈 [과학칼럼니스트]



‘스타트렉’에서 리플리케이터로 음식을 만들어 먹는 주인공들.

어울리는 것은 역시 리플리케이터(Replicator·물질 재조합장치라고도 불린다)일 것이다.

## 스타트렉 속 삶을 크게 바꾼 혁신 기술

그럼 이 리플리케이터란 대체 무엇인가. 물론 트레키(Trekki·스타트렉 팬을 지칭하는 신조어)인 분들은 잘 알겠지만 그렇지 못한 분들을 위해 짚고 넘어가기로 하자.

아주 간단히 말하자면, 리플리케이터는 사전에 프로그램을 통해 원하는 분자 구조를 정하고, 이를 토대로 물질을 만들 수 있는 장치라 할 수 있다. 단, 반물질이나 딜리티움(워프 드라이브의 연료로 쓰이는 극중 가공의 광물), 라티늄(스타트렉 세계에서 현금으로 쓰이는 가공의 광물), 생명체 등은 만들 수 없다.

좀 더 자세히 들어가 보면, 우주 어디에나 풍부한 아원자 입자의 배열 상태를 바꾸어 물체를 만들어내는 방식이라는 설정이다. 예를 들어, 돼지고기를 만들 경우 아원자 입자를 가지고 탄소 수소 질소 등의 원자를 만든 다음, 이 원자들을 조립해 아미노산, 단백질, 세포 등을 만들어 돼지고기로 완성시킨다는 것이다.

이는 같은 작품에 나오는 트랜스포터와도 유사한 면이 있다. 그러나 사람만 전송하는 트랜스포터와는 달리 리플리케이터는 훨씬 다양한 종류의 물질에 대응해야 한다. 이 때문에 트랜스포터가 양자 단위의 복제가 가능한 데 비해 리플리케이터는 분자 단위의 설계 저장과 복제만 가능하다. 양자 단위 설계까지 저장

1966년에 처음 등장해 현재 무수한 영화와 소설 등으로도 미디어 믹스돼 있는 미국 SF TV 드라마 ‘스타트렉’, ‘스타워즈’와 함께 명실공히 오늘날 미국 SF의 양대 산맥 중 하나다. 배경은 24세기. 지구에서 건조한 우주 군함 ‘USS 엔터프라이즈’가 우주를 여행하며 다양한 외계인과 외계 문명을 접하면서 벌어지는 사건들을 다루고 있다. 그것을 통해 문명 간의 충돌을 묘사하고, 궁극적으로는 보편적인 도덕에 관한 의문을 던지는 것이 이 시리즈를 관통하는 주제 의식이다.

하지만 이것도 명색이 SF 작품이라 본지 독자들이 관심을 가질 만한 미래적 기술이 여럿 나온다. 사람은 트랜스포터를 통해 빛의 속도로 이동한다. USS 엔터프라이즈 역시 워프 드라이브를 통해 초광속으로 움직인다. 하지만 이런 것 중 이번 호의 테마와 가장 잘

STAR TREK



했다가는 메모리 용량이 너무 커지기 때문이다. 양자적 구조가 매우 복잡한 반물질, 딜리타움, 라티늄, 생명체를 만들어내지 못하는 것도 이 때문이라는 설정이다(단, 실제 세계에서 생명체의 양자적 구조는 반드시 비생명체보다 복잡한 것은 아니다).

이러한 리플리케이터는 극중에서도 매우 중요한 혁신 기술로 여겨지고 있다. 우주선의 주요 식량과 식수 공급원으로 사용되고 있다. 또한 승무원들이 호흡할 산소도 공급해 주고, 이산화탄소를 분해하기도 한다. 따라서 이들 물자를 우주선 내에 저장해 둘 필요가 적어졌다. 리플리케이터는 예비 부품 생산에도 사용되고 있어 우주선 손상 시 우주기지로 돌아가지 않고도 수리가 가능하다. 그 외에도 승무원들의 피복, 장난감, 기념품 등을 만드는 데 사용되고 있다. 병기나 독극물 등 위험물의 무단 복제는 안전 규정으로 금지돼 있다.

또한 물질을 에너지로 바꾸는 데도 쓰인다. 리플리케이터의 작동 절차를 역으로 돌리면 물체를 아원자 입자로 분해할 수 있기 때문이다. 이 과정에서 생성되는 에너지를 저장해 재사용할 수 있다. 이는 못 쓰게 된 물건들의 재활용에도 응용된다. '스타트렉'에서는 이러한 리플리케이터를 이용해 우주선의 거대 구성품뿐만 아니라 자연 재해를 당한 외계 문명을 재건하는 장면이 나온다. 자원의 희소성을 없앤 리플리케이터로 인해 '스타트렉' 세계의 경제에는 돈이 사실상 필요 없게 되었다.



## 현실에는 3D · 4D 프린터가?

여기까지 읽은 독자분이라면 아마 우리 현실 속의 3D · 4D 프린터와 강한 유사성을 느꼈을 것이다. 다만 차이점이 있다면, 스타트렉 속 리플리케이터는 사실상 무에서 유를 만들어낼 정도로 기술적 완성도가 높은 데 비해 3D · 4D 프린터는 기존에 존재하는 물질을 가지고 형태만 잡아나간다는 것이다. 또한 프린팅할 수 있는 물질의 종류도 플라스틱, 금속, 점토 정도로 제한적이다.

그러나 3D · 4D 프린터의 출력물질도 식량, 콘크리트 등으로 다양화가 이루어지고 있는 것이 사실이다. 특히 2013년 미국 오하이오 주 신생 기업인 비헥스는 장기 우주 비행에 필요한 식량을 3D 프린터로 제작하는 기술을 개발하기 위해 미국항공우주국(NASA)으로부터 지원금을 받았다. 이 회사는 공공 목적으로 식품을 제조하는 3D 프린터도 개발하고 있다.

또한 스타트렉의 리플리케이터로부터 직접적인 영감을 받은 프로젝트들도 있다. 2014년 네슬레의 연구자들은 개인별로 영양 성분을 맞춘 식사를 만들어낼 수 있는 기기를 연구개발 중이라고 밝혔다. 2015년에는 식량뿐 아니라 대피소, 에너지, 교통수단, 심지어는 마을 전체를 만들어낼 수 있는 리플리케이터 에뮬레이터 프로젝트가 제안되기도 했다. 미국과 우리나라 해군에서도 함정에 3D 프린터를 설치해 유사 시 예비 부품을 생산하는 프로젝트를 진행하고 있다. 우리가 '스타트렉'에서 본 미래의 세계, 그것을 실현시키는 것은 3D · 4D 프린터일지도 모른다.



3D · 4D 프린터는 명실공히 '스타트렉' 속 미래 세계를 현실로 만들어 나가고 있다.

# R&D 관련 구인 및 구직

연구개발(R&D) 관련 직종의 구인 및 구직을 소개합니다.  
R&D 관련 직종(연구직, 기획, 관리, 홍보 등)의 구인 및 구직  
관련 자료(구인공고, 자기소개서)를 이메일로 보내주세요.



보낼 곳 eco\_news@naver.com  
문의 042-712-9421,  
'이달의 신기술' 담당  
김은아 기자



(주)티맥스소프트(kr.tmaxsoft.com)

[TmaxOS/R&D]PM 제품 기술 기획 및 개발 관리 담당

- **담당업무**: 제품 기술 기획 및 개발 관리 업무, 제품 분석, 경쟁 제품 벤치마킹, 사용자 요구사항 분석을 통해 제품 방향·전략 수립, 제품 기능 목록 도출 및 기능 개발 검수, 클라우드 제품 기획·관리 및 데이터 센터 구축 및 관리(2명), 제품 보안 모듈 기획·개발 관리 및 인증 작업(Technical Writing) 담당(1명)
- **응모자격 및 우대사항**: 학사 이상(졸업 예정자 가능), 신입, 컴퓨터·전산·전자·전공자, 개발자와의 원활한 커뮤니케이션 능력 및 Writing 능력
- **근무형태**: 정규직
- **근무처**: 경기 성남시 분당구
- **모집기간**: 상시모집(채용 시 마감)
- **문의전화**: 031-8018-1000



(주)서치앤델브(the-surch.com)

R&D 중장기 전략 기획 전문 컨설턴트

- **담당업무**: R&D 중장기 전략 기획(R&D 타당성 확보, 기술 포트폴리오 전략), 산업 및 시장 분석, 경제성 분석(BC Ratio)
- **응모자격 및 우대사항**: 학사 이상, 신입·경력(3년 이상), 석·박사 학위 수여자, 해당 직무 경험자
- **근무형태**: 정규직(수습 3개월)
- **근무처**: 서울 영등포구
- **모집기간**: 2019년 1월 16일까지(채용 시 마감)
- **문의전화**: 02-6376-6302



(주)미소야파트너스(misoya.co.kr)

미소야 본사 R&D 직원

- **담당업무**: R&D, 메뉴 개발, 교육
- **응모자격 및 우대사항**: 학사 이상, 경력 2년 이상, 국가유공자, 인근 거주자, 유관 업무 경력자
- **근무형태**: 정규직
- **근무처**: 서울 송파구
- **모집기간**: 상시모집(채용 시 마감)
- **문의전화**: 02-587-3000



티엔씨퍼스트(tnfirst.co.kr)

R&D 부문 HW 개발자

- **담당업무**: 회로 설계, ARTWORK(PADS, Orcad 등), 시제품 제작 및 테스트
- **응모자격 및 우대사항**: 학사 이상, Wifi·LTE 경험자, ARM·Cortex 개발 경험자
- **근무형태**: 정규직(수습 3개월)
- **근무처**: 서울 마포구
- **모집기간**: 12월 16일까지(채용 시 마감)
- **문의전화**: 02-324-5883

## QUIZ.

3D 프린팅에 '시간'의 개념이 더해진 이 기술은 3D 프린팅에 '변형'이라는 새로운 특성을 더했다는 의미를 담고 있다. 3D 프린터로 제품을 만드는 것은 동일하지만 시간이 지나 제품이 특정 환경 조건에 반응해 스스로 형태를 바꾸는 이 기술은 무엇일까요?

### 61호 정답 및 당첨자

탄소섬유강화플라스틱  
(Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP)



이호준, 배재성, 박상환, 최석준



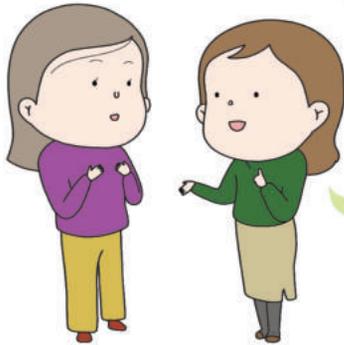
무드알람  
큐브변색 탁상시계

※ 독자선물은 교환, 환불이 불가능합니다.  
※ 주소 불명 등으로 반송 시 재발송하지 않습니다.

**Q&A**

**기술료 및 성과관리**

기업 규모별로 기술료 징수율이 다른가요?  
또 기술료는 현금으로 납부해야 하는지 궁금합니다.



네, 우선 정액기술료를 기준으로 했을 때 실시기업이 납부해야 하는 기술료는 해당 기업이 각각 사용한 정부출연금을 기준으로 산정하게 됩니다. 기술료 부과 이후 현재 기업 규모에 따라 기술료 징수율이 적용됩니다.

더불어 기술료 납부는 현금을 원칙으로 합니다. 다만 일시불 납부에 대한 부담을 줄여주기 위해 정액일 경우 분할 납부가 가능한데, 최대 5년까지 분할 납부할 수 있습니다. 1년 이상 분할 납부 시 보증 또는 담보(은행도약속어음, 지급이행보증보험증권, 공증약속어음, 은행지급보증서, 전자어음 등)를 제출해야 합니다.

**Q** 주관기업이 참여기관인 대학의 기술료까지 납부해줘야 하나요?

- 과제 종료**
  - 혁신성과
  - 보통
  - 성실수행
- 실시권 획득 & 기술료 징수**

비영리 기관 기술료 납부 X, 비영리 기술료 대신 부담 X

과제 종료(조기 종료 포함) 후 평가 결과 혁신성과, 보통, 성실수행인 과제의 영리 주관기관 또는 영리 참여기관에게 성과물에 대한 실시권을 획득하는 대가로 기술료를 징수하게 됩니다. 비영리기관은 기술료를 납부하지 않으므로 해당 과제의 영리참여기관에서 비영리의 기술료를 대신 부담하지 않아도 됩니다.

**Q** 단계평가 과제의 기술료 납입 시기는?

ATC 사업처럼 1, 2단계로 나뉜 과제는 일반적인 과제와 마찬가지로 최종 종료된 후 사용한 정부출연금의 총액에 대해 기술료를 산정하도록 돼 있습니다.



1단계로 종료시 이에 해당되는 기술료 납부

다만, 1단계로 종료된 과제가 발생할 경우 해당 과제에 대해서는 1단계에 해당되는 정부출연금에 대한 기술료 납부가 필요합니다. 그 외에는 1, 2단계 총액을 기준으로 기술료를 산정, 징수합니다.

**Q** 경상기술료 선택 시 매출정률기술료 발생이 급증된 경우 대안은?

우선 경상기술료의 경우 과제 종료 후 중소기업은 1%, 중견기업 2%, 대기업은 4%의 착수기본료를 납부해야 합니다.

	중소기업	중견기업	대기업
착수기본료	1%	2%	4%
누적징수액 납부한도	12%	24%	48%

이후 기술 개발 성과를 활용한 매출액의 일정 비율(중소기업 1%, 중견기업 2%, 대기업 4%)을 곱해 납부하되 너무 많은 부담이 되지 않도록 지원받은 정부출연금을 초과해 징수할 수 없도록 상한선을 설정해냈습니다. (정부출연금 기준 중소기업 100분의 12, 중견기업 100분의 24, 대기업 100분의 48). 물론 정액기술료와 마찬가지로 중소(중견)기업 수행과제가 혁신성과로 평가받았을 때는 착수기본료 및 매출정률기술료 납부 한도 금액의 30%를 감경해주고 있습니다.

**Q** 기술료 납부 시 감경할 수 있는 방법은?



혁신성과로 평가된 중소(중견)기업 수행과제에 대해서는 총액의 30%를 감경해주는데, 이때 감경받은 기술료는 참여연구원에 대한 연수, 교육 등 인센티브 재원으로 사용해야 합니다. 더불어 「청년인력 고용연계 기술료 감면 제도」가 있습니다. R&D 과제 종료 후 중소(중견)기업이 기술개발 결과의 사업화 등을 목적으로 청년인력을 신규 채용하고, 기준일로부터 2년 유지 시 기술료 납부 유예 및 감경(지급한 금액의 50% 이내)이 가능합니다.

## 항공우주부품기술개발(R&D)

### 사업 공고

산업통상자원부는 '항공우주부품기술개발사업'의 2018년도 하반기 신규 지원 과제(총 6개)를 10월 15일 공고했다. 2018년 하반기 항공우주부품기술개발사업 지원 과제는 전기추진 모터, 항공기 데이터 제어 시스템, 비행시험 시뮬레이터 및 플랫폼, 회전형 서보 구동기, 전기식 선형 구동시스템, 유인기 모션과 소형 무인기 자선의 공중 분리·재결합 시스템이다. 이번 지원 과제는 4차 산업혁명의 흐름에 맞춰 전기추진 엔진 기술, 항공전자·정보통신기술(CT) 융합 기술, 무인기 응용 기술 등의 핵심 기술과 수출 경쟁력 확보에 초점이 맞춰져 있으며 향후 5년간 총 339억 원을 투입하기로 했다. 특히 항공부품산업 분야 사업화의 최대 애로사항인 시험평가와 인증 획득까지 지원해 개발 완료 후 즉시 사업화를 도모할 수 있도록 기획했으며, 개발 완료와 사업화 이후부터 10년간 최대 약 5600억 원의 수출이 가능할 것으로 기대되고 있다. 이번 기술 개발 지원 과제는 산업부(www.motie.go.kr)와 한국산업기술평가관리원(itech.keit.re.kr) 홈페이지에 게재되며 11월 13일까지 사업 신청을 받고, 11월 중 최종 사업자를 선정할 예정이다.

문의처 산업통상자원부 자동차항공과(044-203-4315)

## '2018 엔지니어링 주간 행사'

### 개최

산업통상자원부는 한국엔지니어링협회와 함께 올해로 15회째를 맞이하는 '2018 엔지니어링산업 주간행사'를 10월 18, 19일 이틀간 63컨벤션센터(서울 영등포구)에서 개최했다. 기념식에서는 엔지니어링산업 발전에 기여한 유공자 42명에 대한 포상과 산업설계대전 입상자 10명에 대한 시상을 했다. (주)도화엔지니어링 박승우 대표이사에게 금탑산업훈장, (주)대한건설이엔지 설명만 대표이사에게 동탑산업훈장, (주)금진건설 박상수 대표이사에게 산업포장을 수여했다. 이외에도 대통령 표창 5명, 국무총리 표창 4명, 장관 표창 30명 등 총 42명에게 정부 포상과 표창을 수여했다. 설계대전 분야의 대상인 산업통상자원부장관상은 해상 태양광발전의 효율성을 높이기 위해 파도에 따른 영향을 최소화한 '파동 감쇠를 통한 자이로 해양 태양광 발전모듈'을 설계한 서영우(현대모비스)·서종욱(현대자동차)·백상열(부산대) 연합팀이 수상했다. 한편, 엔지니어링산업 기술세미나에서는 '스마트시티, 제4차 산업혁명을 실험하다'라는 주제로 KAIST 정재승 교수의 기초강연에 이어 4차 산업혁명의 기반 기술을 활용한 사례 발표를 통해 엔지니어링 기술의 발전 방향을 모색했다. 이와 함께 전시장에서는 비아이엠(BIM), 드론, 증강·가상현실 등 4차 산업혁명 기반 기술을 활용한 새로운 설계기법 등을 시연하고, 관련 기술을 전시했다. 이외에도 와이피(YP: Young Professionals) 세미나와 엔지니어링포럼을 개최해 국내 젊은 엔지니어 양성에 대한 정책적 제언과 토론 등이 진행됐다.

문의처 산업통상자원부 엔지니어링디자인과(044-203-4231)



NOVEMBER 2018

VOL.  
**62**

NEW  
TECHNOLOGY  
OF THE  
MONTH

# 이달의 신기술

정기구독 안내

계좌번호

038-132084-01-016 기업은행

1005-102-350334 우리은행

전화

02-360-4845

온라인 신청

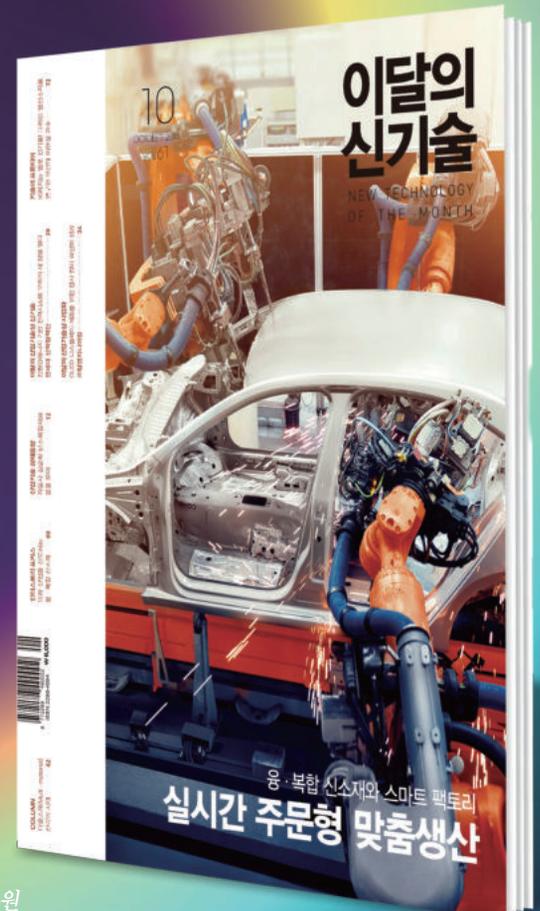
<https://goo.gl/u7bsDQ>

이메일 접수

[power96@hankyung.com](mailto:power96@hankyung.com)

구독료

50,000원 (연간)



산업통상자원부 산하 한국산업기술평가관리원, 한국산업기술진흥원  
한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 등 R&D 대표기관 및  
최고 권위인 공학기술자단체가 공동으로 발행하는 <이달의 신기술>

